

폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축(V)

(최종 보고서)

2008. 12

주관연구기관
한국해양연구원

협동연구기관
광주대학교, 해양생태기술 연구소,
안양대학교

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

본 보고서를 “폐기물 해양배출 종합관리시스템 구축 (Ⅴ)”
용역의 최종 보고서로 제출합니다.

2008. 12. 30.

총괄연구책임자	김영일	(한국해양연구원)
공동연구책임자	양성렬	(광주대학교)
	손민호	(해양생태기술연구소)
	박경수	(안양대학교)
세부연구책임자	홍기훈	(한국해양연구원)
	김석현	(한국해양연구원)
	정창수	(한국해양연구원)
	최진우	(한국해양연구원)
	박영규	(한국해양연구원)
	김평중	(국립수산과학원)

참 여 연 구 원 (한국해양연구원)

김창준, 최기영, 강정애, 이현미, 김유진, 최은희, 전지연,
김혜은, 이상훈, 박순영, 문병호, 최아라, 양동범, 안유환,
민홍식, 이하웅, 장영석, 박상훈, 박희영, 김명우, 김동철,
최보형, 홍성진, 김공래, 안성욱, 강진석, 하규영, 신신영,
강운정, 최진영, 방재현, 이성규, 민원기, 김선영, 이은혜,
김낙규, 이철구, 이상영, 황근춘, 염승식, 손성희, 서진영,
박소현, 김종관, 김보라

(광주대학교)

이인태, 정희원, 이광희, 김주희, 조 리, 맹위광, 서영달,
여엽빈

(해양생태기술연구소)

서인수, 김미향, 곽석남, 최병미, 김현정, 박규진

(국립수산과학원 서해수산연구소)

안경호, 박승운, 손재경, 김형철, 허 승, 이승민, 주현미,
이완석, 노유정, 윤이구, 이상백, 지종호

(안양대학교)

조기웅, 임상민, 이성미, 최근형, 정진송, 김해림, 이자영,
신준호, 백기운, 정종훈

요 약 문

□ 과제명 : 폐기물 해양배출 종합관리시스템 구축 (V)

1 부 과업의 목적 및 필요성

1 장 목 적

- 정부의 폐기물 배출제도 운영에 필요한 기술정책 프로그램
- 폐기물 해양배출 감축을 위한 기술과 제도 개발 지원
- 런던협약 준수를 위한 기술 지원
- 폐기물 해양배출 저감을 위한 대국민 홍보활동

2 장 필 요 성

1. 연구개발의 과학기술, 사회경제적 중요성

가. 기술적 측면

- 폐기물 배출해역 해양환경 오염
 - 해양에 배출되는 폐기물은 위해성 물질을 상당량 포함하고 있음
 - 폐기물 배출로 인해 배출해역 해저 퇴적물이 유해물질로 심각하게 오염되어 있음.
 - 배출해역 해저퇴적물에 서식하는 수산생물 오염피해 사례 발생
 - 배출해역의 오염, 생물 서식지 파괴 또는 수산자원의 소실등 기존 해양 이용권자와의 마찰 증대.
 - 이에 따라 배출해역의 환경보호 및 오염된 배출해역을 정화·복원 할 수 있는 과학적 자료에 근거한 기술개발 및 관리 방안이 시급히 필요한 상황임.
- 국제적 상황 변화
 - 우리나라는 국제사회에서 산업폐기물 해양배출 국가로 낙인되어 있고, 현재에도 국제조약 위반물질을 배출하고 있음 (예 : 적토)

- 폐기물 및 기타 물질의 해양배출에 의한 해양오염방지에 대한 국제협약인 1972 런던협약 및 '96의정서(이하 런던의정서)가 2006년 3월 24일 발효되어 폐기물 해양배출 규제 강화 추세.
- 아국과 황해를 공유하는 중국은 2006년, 동해를 공유하는 일본은 2007년에 런던의정서 당사국이 되었음.
- 의정서회의에서 동해와 황해의 문제가 거론될 경우 우리나라는 발언권이 없어 실제로 불이익을 당할 수 있으므로 아국의 조속한 런던의정서 가입이 필요함

○ 국내 해양배출 폐기물 관리체제 정비

- 현재 해양배출 폐기물별 배출 감축 촉진 관리체계가 미흡함
- 폐기물 해양배출전 영향평가 축소로 인한 배출해역 해양환경 보호에 대한 제도적 장치 미흡
- 따라서 '72런던협약 당사국으로서 의무 및 2007년 런던의정서의 조속한 가입과 배출해역 해양환경 보호를 위한 폐기물의 해양배출 수요감축 제도와 폐기물 배출전 영향평가 마련 등과 같은 제도의 미흡한 부분의 정비가 시급히 필요함.

○ 해양배출 폐기물 정보망 운영

- 폐기물 배출 해역의 해양환경 보호 및 배출량 감축을 위해 폐기물 발생원 및 해양배출의 국내·외 현황, 폐기물 배출에 따른 해양환경 영향, 대체방안 기술 등 해양배출 폐기물에 관련된 모든 정보를 제공
- 배출 폐기물 특성 및 배출해역 환경상태를 데이터베이스를 만들고, 런던 의정서와 기타 국제동향 정보를 홈페이지를 통해 제공하고, 강연회, 워크샵, 발간물 등을 통해 폐기물관련 정책자, 업체 및 대국민을 대상으로 홍보 및 교육 실시.
- 폐기물 종류별로 해양처분 이외의 대안을 제시하고, 정책 결정자와 산업계 및 학계에게 폐기물 재활용 관련 서비스를 제공하고 홍보함으로써 해양배출 폐기물을 사전에 감축시켜 해양환경 보호를 위한 체계를 마련함.

○ 국가 폐기물 해양배출 관리 정책의 선진화

- 해양의 특수성을 감안한 과학적 기준설정과 사전 평가 및 사후관리를 포함한 종합 관리체제 수립을 통하여 배출해역 환경 보호 효과를 증대시킴.

나. 경제·산업적 측면

○ 해양의 부가가치 향상

- 해양배출 폐기물에 대한 평가체제의 개발로 폐기물 배출량을 감축하여 쾌적한 해양환경 조성과, 안전한 수산자원의 공급으로 해양의 부가가치를 향상 시킴.

○ 폐기물 재활용 산업 육성

- 폐기물의 해양배출 감축으로 인해 육상 재활용 시장의 활성화와 국내 폐기물 재활용 기술개발 촉진.

○ 사업집행 효율성

- 오염된 해양환경을 복원하는 것은 국가적으로 많은 노력과 예산이 소요됨.
- 따라서, 사전예방 차원에서 해양배출 폐기물 신청 시 폐기물 특성, 해양배출 외의 대체방안 검토와 관리방안, 처리기준 및 해역에 미치는 영향 등 각 단계별로 과학적 근거에 의해 개발된 평가체제는 해양 오염을 최소화함으로써 오염복원시 소요될 수 있는 많은 시간과 예산을 절감할 수 있음.

다. 사회·문화적 측면

○ 국민건강보호 및 수산업 보호

- 해양배출 폐기물에 함유된 유해물질들은 해양생물이 직접 섭취하고, 먹이사슬에 따라 점차 농축됨으로써 최종소비자인 국민 건강에 위해를 줄 수 있음.
- 따라서, 폐기물 해양배출 감축 및 배출해역 환경보호는 수산물의 오염 방지를 통해 해양의 부가가치를 증대시킴으로써 수산업 보호를 위해 매우 중요함.

○ 해양배출 제도 운영의 국민적 공감대 확보

- 폐기물 처분관리 정책 체계의 미흡과 국민의 폐기물 처분에 관한 인식 부족으로 폐기물 해양배출이 증가하여 해양환경 보호의 국민적 요구와 서로 상충됨.
- 불가피하게 해양에 처분이 요구될 시에 해양은 오염되기 때문에 불가피성에 대한 국민적 합의가 필요함.
- 따라서 과학적이고 체계적인 해양배출에 대한 정책과 효율적인 배출해역 관리는 국민의 공통된 인식과 합리적인 해결방안을 도출할 수 있음.

3 장 연구개발 내용 및 범위

1. 폐기물 배출해역 건강상태 정밀 조사

가. 목적

- 폐기물 배출해역의 정밀 조사를 통하여 폐기물 배출해역의 건강상태 파악 및 오염된 배출해역의 정화·복원 방안 모색

나. 과업 내용

- 폐기물 배출해역 건강상태 정밀조사
 - 서해병 배출해역의 표영생태계 건강상태조사
 - 표영생태계 일차생산자 서식환경 조사
 - 표영생태계 일차생산자 생산성 조절 요인
 - 표영생태계 일차생산자 생리 건강상태 조사평가
 - 표영생태계 일차생산자 생물 종조성
 - 표영생태계 유해물질 위해성 평가용 현장자료 획득
 - 서해병 배출해역의 해저퇴적물 건강상태 조사
 - 해저 퇴적물내 유해물질 축적 거동 조사
 - 해저 퇴적물내 유해성 평가
 - 서해병 배출해역의 해양생물 건강상태 조사
 - 저서 생태계 건강상태 조사
 - 주요 수산생물 건강상태 조사
 - 해양생물 및 인간 유해성 평가
 - 생물농축 계수 산출
 - 노출 평가
 - 위험 규명
 - Microcosm을 이용한 해양배출물질의 저서생물영향 연구
 - 해양배출폐기물의 유기물 자연분해능력 평가
 - 해양배출물질이 저서생물의 가입(recruitment)에 미치는 영향 평가
 - PFU(polyurethane foam unit)를 이용한 내서생물(內棲) 영향평가
 - 폐기물 이동·확산 조사
 - 배출해역 내의 폐기물 이동·확산 특성 파악
- 서해병 배출해역 복원 타당성 검토
 - 복원 후보 기술별 기술적 타당성 검토
 - 복원 후보 기술별 경제성 검토

- 서해병해역 폐기물 배출제도 개선
 - 배출전 폐기물 해양환경 영향평가 지침서(안) 개발
 - 서해병 배출폐기물 특성 데이터베이스 구축

2. 런던의정서 준수 지원

가. 목적

- 런던협약 및 런던의정서 준수를 위한 기술 지원

나. 과업 내용

- 정부간 회의지원
 - 과학그룹 회의 1건 : 런던
 - 국가 제출문서 작성 지원
 - 작업반 문서작성 지원 (회기간)
 - 훈령안 작성지원
 - 회의 진행 지원
 - 회의록 보고서 지원
 - 의정서 회의 보고서 번역
 - 국가 입장 분석
 - 당사국회의 1건 : 런던
 - 국가 제출문서 작성 지원
 - 작업반 문서작성 지원 (회기간)
 - 훈령안 작성지원
 - 회의 진행 지원
 - 회의록 보고서 지원
 - 의정서 회의 보고서 번역
 - 국가 입장 분석
- 관련 국제회의 및 행사 참가
 - UN 정규과정 회의 1건
 - 관련 국제회의 결과 보고서
 - 배출해역 모니터링 기술회의 1건
 - 관련 국제회의 결과 보고서
 - 선진국 배출제도 운영 현장학습 1건
 - 외국의 폐기물 배출제도 및 운영 사례 비교 분석 보고서

- 세계 준설총회 1건
 - 관련 국제회의 결과 보고서
- 폐기물 처리·처분·재활용 박람회 1건
 - 외국의 폐기물 처리·처분·재활용 기술 사례 수집 및 정리
- 배출해역 환경현황 연례보고
 - 폐기물 배출해역 환경현황 영문 보고서(안) 작성
- 아국 배출로 인한 인접국과의 국제법 상의 관계 검토
 - 황해 국가 경계와 배출영향의 국제법적 합의 분석
 - 폐기물 국가 관할권 외부 이동 가능성 평가
 - 이동가능성 관련 국제법상 조치내용 (보상등) 검토
 - 대 중국에 대한 아국의 대응방안 검토
 - 동해병 및 정해역 경계선 확정 재검토
 - 일본과의 북부 대륙붕 협정에 근거한 새로운 동해병 및 정해역 경계선 제정(안) 마련
 - 아국 배출폐기물의 타국관리 해역 이동 가능성 조사·검토
 - 위성자료 자료 해석
 - 폐기물 이동·확산 자료 해석
- 외국의 배출로 인한 아국 피해 감시
 - 인접국가 배출 동향 파악 (일본, 중국)
 - 일본 및 중국의 배출해역별 배출 폐기물 종류 및 현황 파악
 - 인접국가 배출물의 아국 이동 가능성 조사·검토
 - 외국의 배출에 대한 잠재영향에 대한 아국의 대응방안 검토안
 - 러시아 핵폐기물 배출영향에 대한 국제법상 아국의 대응방안
 - 러시아 동해 핵폐기물 배출영향 조사

3. 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영 및 홍보사업

가. 목적

- 배출해역 환경보호를 위한 폐기물 배출감축 촉진방안(재활용) 모색을 위한 정보 제공

나. 과업 내용

- 해양배출 폐기물 특성정보 제공
 - 폐기물 특성 데이터 베이스 구축
 - 각 배출 폐기물별 이화학적 특성 분석

- 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영
 - 배출 폐기물별 유해물질 함량 정보 제공
 - 각 배출 폐기물별 이화학적 특성 정보제공
 - 폐기물 특성에 근거한 육상 재활용 방안 정보 제공
 - 폐기물 특성 데이터베이스 수요처 제공
 - 해양배출 폐기물 통계 정보 제공
 - 폐기물 종류별, 해역별 폐기물 배출량 통계
 - 배출허가 (위탁신고, 배출해역 지정) 현황 데이터베이스 구축
 - 배출해역 환경상태 정보 제공
 - 배출해역 이용현황(배출빈도) 데이터베이스 구축
 - 배출해역환경상태 정보 구축
 - 의정서 회의 동향
 - 각국의 폐기물 해양배출 금지 조치 내용정보
 - 각국의 배출해역 모니터링 기술 정보
 - 의정서 개정현황
- 해양배출 폐기물 교환 전자 창구운영
 - 해양배출 수요감축 방안 개발
 - 폐기물 위탁처리 신고량 정보 제공
 - 폐기물 재활용 기회 정보 제공
 - 해양배출 폐기물의 처리·재활용 기술 데이터 베이스 구축
 - 국내·외 폐기물 재활용 기술 홍보란 운영
 - 재활용 기술 전시회 개최 (water journal 합동)
 - 발생업자와 재활용 업자간의 시장 조성
 - 폐기물 발생량 정보 제공
 - 폐기물 위탁업체 정보 제공
- 대국민 홍보활동
 - 홍보 및 발간물 출판
 - 학회, 워크샵, 세미나 참석
 - 홍보물 및 발간물 제작
 - 해양배출저감을 위한 시민단체 홍보운동 지원

4. 폐기물 배출제도 개선 지원

가. 목적

- 폐기물 해양배출 감축을 위한 제도 정비 및 관리 정책 기술 지원

나. 과업 내용

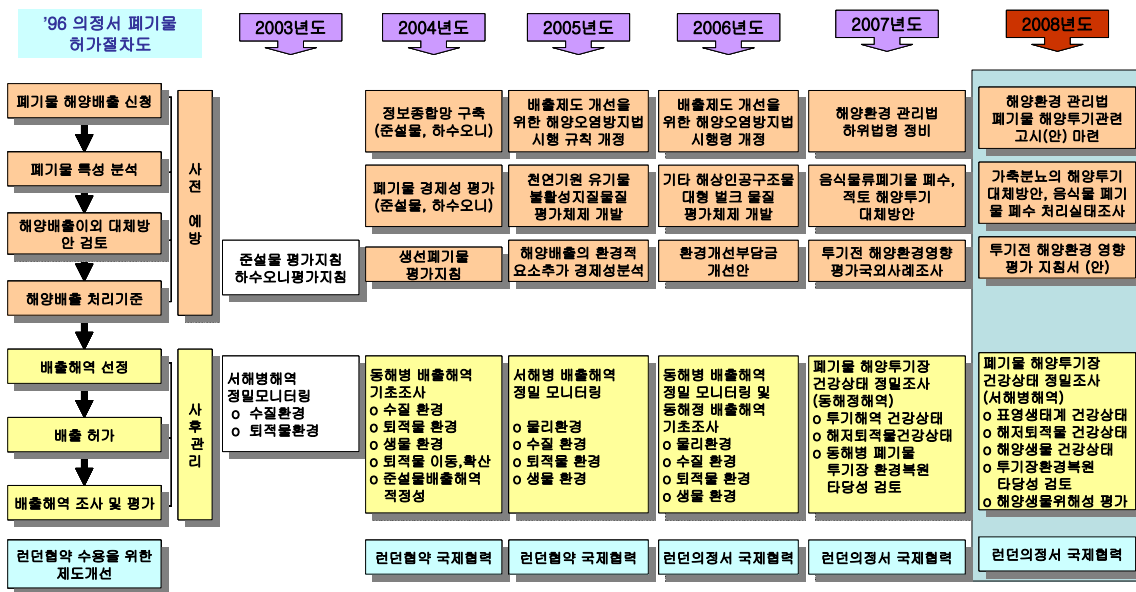
- 해양환경 관리법 고시(안) 제정
 - 해양환경 관리법 폐기물 해양배출 관련 필요 고시(안) 마련
 - 폐기물 배출전 해양환경 영향평가 고시(안)
 - 동해병 및 정해역 경계 고시(안)
- 해양배출 폐기물 대체처분 방안
 - 가축분뇨 해양배출 대체 처분 방안
 - 가축분뇨 이화학적 특성 분석
 - 가축분뇨 특성정보를 바탕으로 해양환경 위해성 평가
 - 가축분뇨 육상처리 방안 검토
 - 음식물류 폐기물 처리 실태 조사 및 비용분석
 - 음식물류 폐기물 처리업체의 처리실태 파악
 - 음폐수 처리비용 구조분석 및 필요시 해양처리비용 인상방안 검토 제시

4장 계획서의 당해년도 연구내용

과업명	세부과제	세부과업
폐기물 배출해역 건강상태 정밀조사	서해병 배출해역의 표영생태계 건강상태조사	표영생태계 일차생산자 서식환경 조사
		표영생태계 일차생산자 생산성 조절 요인
		표영생태계 일차생산자 생리 건강상태 조사평가
		표영생태계 일차생산자 생물 종조성
		표영생태계 유해물질 위해성 평가용 현장자료 획득
	서해병 배출해역의 해저퇴적물 건강상태 조사	해저 퇴적물내 유해물질 축적 거동 조사
		해저퇴적물내 유해성 평가
	서해병 배출해역의 해양생물 건강상태 조사	저서 생태계 건강상태 조사
		주요 수산생물 건강상태 조사
	해양생물 및 인간 유해성 평가	생물농축 계수 산출
		노출 평가 및 위험규명
	폐기물 이동·확산 조사	배출해역 내의 폐기물 이동·확산 특성 파악
Microcosm을 이용한 해양배출 물질의 저서생물영향	해양배출물질 유기물 자연분해능력, 저서생물가입, 내서생물 영향평가	
서해병 배출해역 복원 타당성 검토	복원 후보 기술별 기술적 타당성 검토	
	복원 후보 기술별 경제성 검토	
서해병해역 폐기물 배출제도 개선	배출전 폐기물 해양환경 영향평가 지침서(안) 개발	
	서해병 배출폐기물 특성 데이터베이스 구축	

과업명	세부과제	세부과업
런던 의정서 준수지원	정부간 회의지원	과학그룹 회의 1건 : 런던 당사국회의 1건 : 런던
	관련 국제회의 및 행사 참가	UN 정규과정 회의 1건 배출해역 모니터링 기술회의 1건 선진국 배출제도 운영 현장학습 1건 세계 준설회회 회의 및 폐기물 처리·처분·재활용 박람회 1건
	배출해역 환경현황 연례보고	동해 폐기물 배출해역 환경현황 영문 보고서(안) 작성
	아국 배출로 인한 인접국과의 국제법 상의 관계 검토	황해 국가 경계와 배출영향의 국제법적 함의 분석 동해빙 및 정해역 경계선 획정 재검토 아국 배출폐기물의 타국관리 해역 이동 가능성 조사·검토
	외국의 배출로 인한 아국 피해 감시	인접국가 배출 동향 파악 (일본, 중국) 인접국가 배출물의 아국 이동 가능성 조사·검토 러시아 핵폐기물 배출영향에 대한 국제법상 아국의 대응방안
	해양배출 폐기물 특성정보 제공	폐기물 특성 데이터 베이스 구축
폐기물 해양배출 종합관리 정보망 운영 및 홍보사업	해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영	배출 폐기물별 유해물질 함량 정보 제공 해양배출 폐기물 통계 및 배출해역 환경상태 정보 제공 의정서 회의 동향
	해양배출 폐기물 교환 전자 창구 운영	해양배출 수요감축 방안 개발 해양배출 폐기물의 처리·재활용 기술 데이터 베이스 구축 발생업자와 재활용 업자간의 시장 조성
	대국민 홍보활동	홍보 및 발간물 출판 해양배출 저감을 위한 시민단체 대국민홍보활동 지원
	폐기물 배출제도 개선지원	해양환경 관리법 고시(안) 제정 해양환경 관리법 폐기물 해양배출 관련 필요 고시(안) 마련 가축분뇨 해양배출 대체 처분 방안 음식물류 폐기물 처리 실태 조사 및 비용분석

5장. 추진체계



2부 주요 연구 결과

1장 폐기물 배출해역 건강상태 정밀조사

1. 서해병해역 배출폐기물 현황조사

- 서해병해역의 경우 1988년 547천³m³으로 배출을 시작하여 1998년부터 약 2,400천³m³으로 배출허가량을 고정하여 2005년까지 배출되어 왔다. 2005년 이후 정부의 폐기물 해양배출량 감축정책에 의해 점차 감소하여 2007년에는 1,878천³m³ 배출되었고, 2008년에는 1587천³m³으로 2007년에 비해 291천³m³(-18%) 감소하였다.
- 배출된 폐기물 종류별 변동 양상은, 배출 초기부터 폐수가 가장 많은 부분을 차지하였으며 1998년까지 증가한 후 다소 감소하고, 이후 하수처리오니가 급격히 증가하여 1995년 9천³m³ 배출된 것이 2005년에는 856천³m³으로 95배 증가한 후, 2008년에는 539천³m³으로 2005년 대비 37% 감소하였지만, 서해병해역 배출 폐기물 중 가장 많은 양을 차지한다.
- 한편, 2004년부터 음식물류폐기물 폐수가 폐수와 별개로 통계 처리되어 245천³m³ 배출된 후 2005년 503천³m³으로 증가하고, 2006년부터 점차 감소하여 2008년에는 354천³m³ 배출되었다.(그림 1).

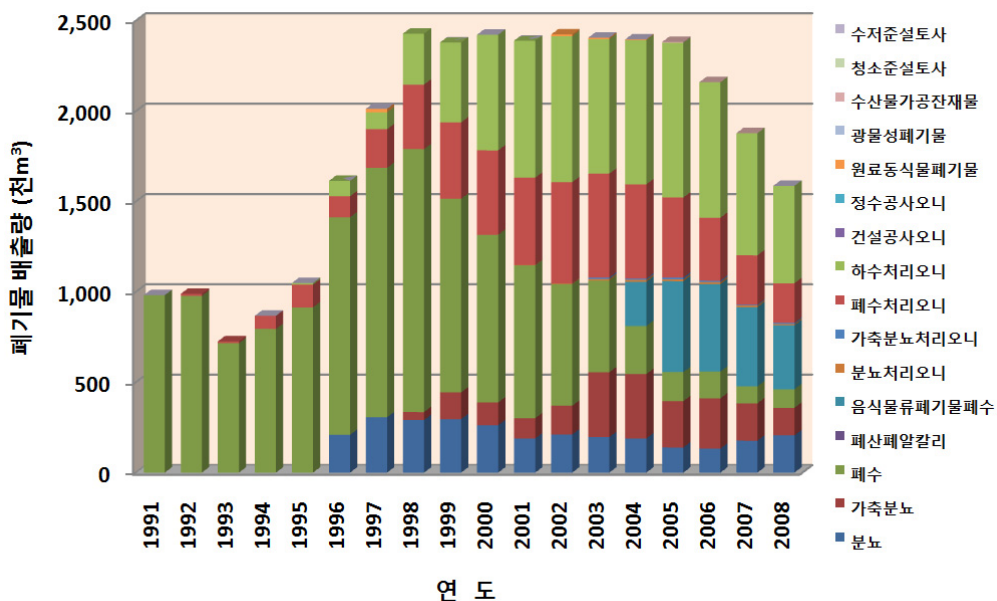


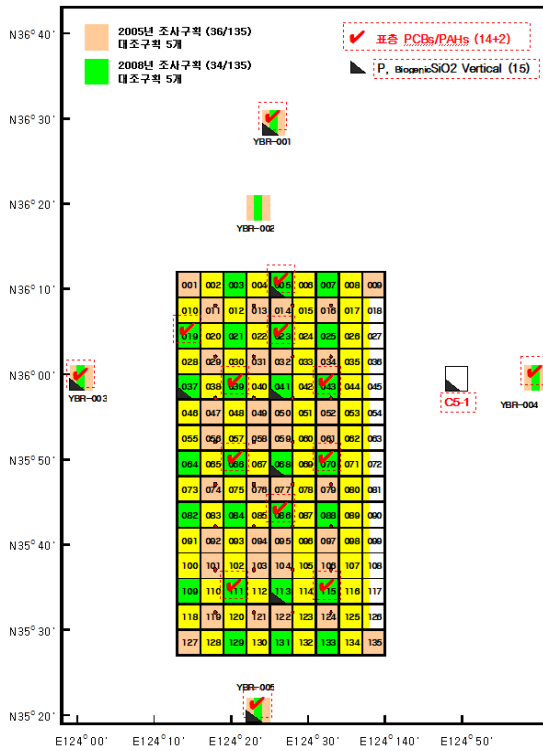
그림 1 서해병해역 연도별 폐기물 배출량

2. 서해병해역 건강상태 평가 정밀조사

○ 현장 조사 일시 및 정점 수

- 2008년 7월 4일 ~ 7월 16일, 7월 17일 ~ 24일 2차에 걸쳐 한국해양연구원 전문 해양조사 연구선인 이어도호(357톤)를 이용하여 서해병해역의 해수, 퇴적물, 표영 및 저서생물 등에 대한 건강상태 평가를 위한 정밀조사를 실시하였다.
- 2008년 조사 정점 수는 서해병해역 34개 구획, 대조구획 5개로 총 39개 구획이다(그림 2).

● 1차 조사 정점(해수)



● 2차 조사 작업 순서(퇴적물)

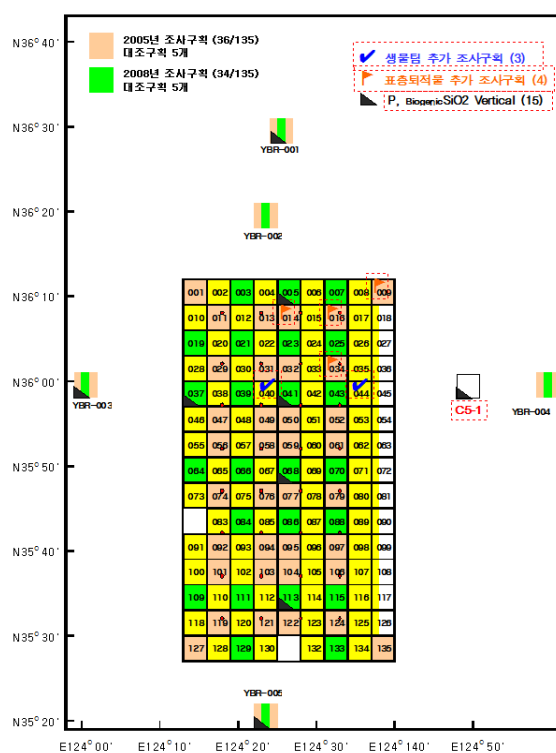


그림 2 2007년 동해정해역 해양조사 구획

가. 해역현황

○ 서해병해역 수온 및 염분

- 2008년 7월 서해병해역 수온은 표층에서 20.98~23.56℃(평균 22.02℃), 저층에서는 6.80~8.71℃(평균 7.26℃) 범위이고, 북동부해역에 비해 남서부 해역에서 수온약층 범위가 깊게 나타났다.
- 염분은 31.45~33.11psu(평균 32.51)psu로서 북부해역에 위치한 정점에서만 수심별로 큰 차이를 보였다(그림 3).

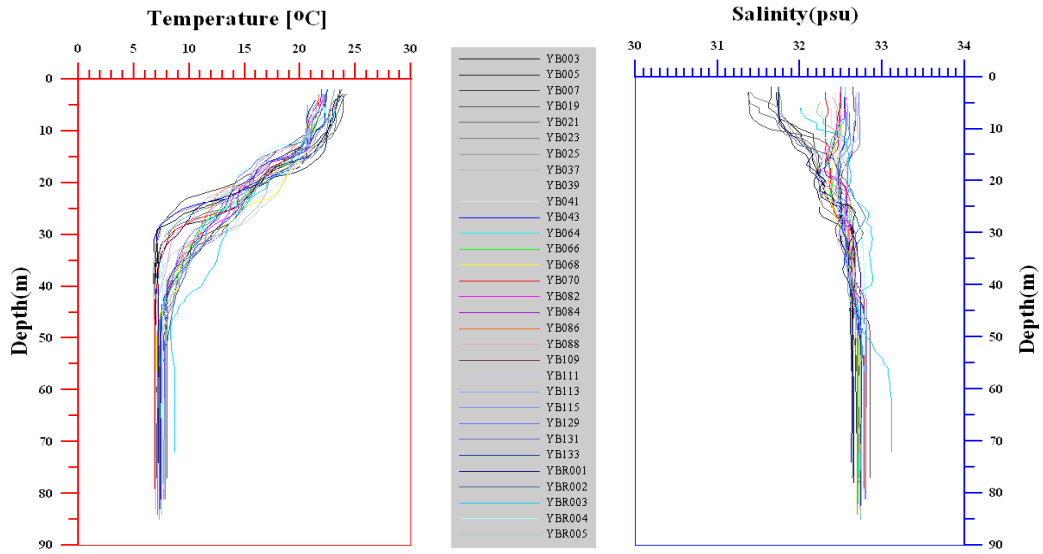


그림 3 서해병해역 해수 중 수온 및 염분의 수직분포

○ 서해병해역 수산자원

- 서해병해역 폐기물 해양배출로 인한 수산자원의 변동 파악을 위해 최근 6년간의 어업별 조업실태 및 어획동향을 분석하였다.
- 총 17개 업종에서 조업척수는 2003년에 42척, 2004년 38척, 2005년 32척, 2006년 45척, 2007년 30척으로 연간 증감은 뚜렷하지 않았다.
- 어업별로는 근해유자망업이 전체 어업척수의 21.5%를 차지한다.

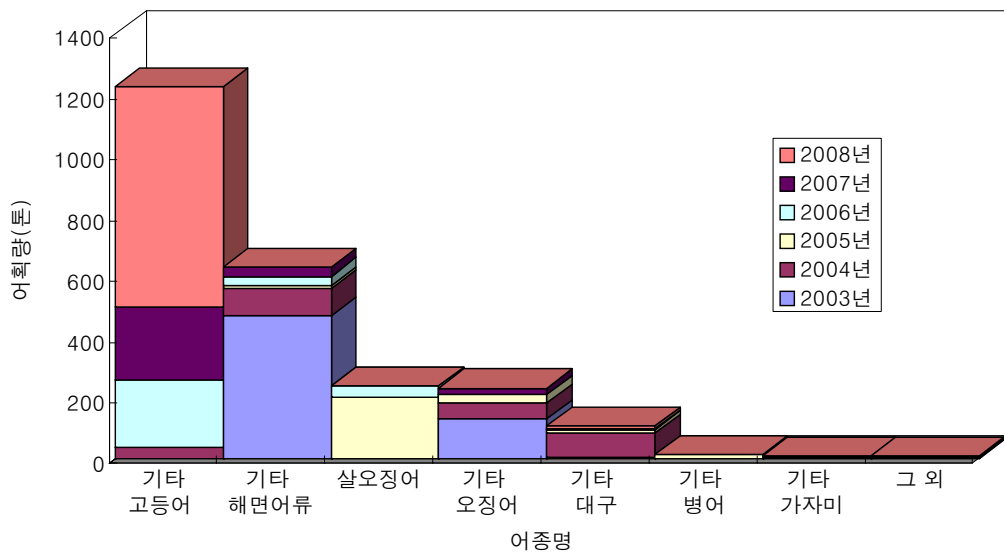


그림 4 서해병해역 연도별 어종별 어획량 비율

- 연도별 어획량은 2003년 615톤, 2004년 262톤, 2005년 273톤, 2006년 290톤, 2007년 302톤으로 2008년 737톤으로 2003년 해면어류 및 2008년 고등어의 어획이 급격히 증가한 두해를 제외한 2003년부터 2007년까지는 매년 일정한 어획량을 보였다.
- 어획 어종별로는 고등어류, 해면어류, 살오징어, 오징어, 대구 및 가자미 순으로 어획되었다.(그림 4).

나. 서해병해역 해수 및 표영생태계 건강상태

○ 서해병해역 해수 건강상태

- 폐기물 해양배출로 인한 영향을 파악하기 위해 2008년 7월 서해병해역 현장조사를 실시하였고, 2005년 5월 조사한 자료를 함께 해역 수질 기준(환경정책기본법)과 비교한 결과를 정리하면 표 1과 같다.
- pH는 전체적으로 I등급을 나타내었고, 2005년에 비해 변화폭도 좁고 양호하였다.
- 용존산소는 I~II등급으로 농도변화폭이 2005년에 비해 좁지만 유사한 수준이었다.

표 1 서해병해역 해역수질 등급 총괄표

항목	2008년 7월 (총 31개 정점)	수질등급	2005년 5월 (총 34개 정점)	수질등급
pH	8.29~8.32	I	7.91~8.38	I ~ II
용존산소(mg/l)	7.13~9.22	I ~ II	6.67~9.69	I ~ II
화학적산소요구량(mg/l)	0.40~3.20	I ~ III	0.03~3.49	I ~ III
총질소(mg/l)	0.08~2.24	I~등급초과	-	-
총인(mg/l)	0.008~0.084	I ~ III	-	-

- 2008년 7월 서해병해역 표층수의 용존성 Co 함량은 ND~0.072 μ g/l, Ni은 0.009~0.392 μ g/l, Cu는 0.196~0.530 μ g/l, Zn이 0.103~4.745 μ g/l, Cd은 ND~0.064 μ g/l 범위를 보였고,
- Co, Ni, Cu 농도의 평균값은 2005년에 비해 2008년에 약간 감소하였고, Zn, Cd, Pb 농도의 평균값은 2005년에 비해 다소 높았다.
- 전반적으로 화학적산소요구량은 2005년 조사와 농도차가 크게 나타나지 않았으나 공통적으로 저층보다 낮은 수심에서 높은 농도를 보여 폐기물이 배출되는 과정에서 수질에 영향을 주고 있다는 것을 시사했다.

- 총질소는 본 조사시 등급을 초과하는 해역이 나타나 지속적인 조사를 통하여 보다 정밀하게 폐기물 배출로 인한 환경영향을 정량적으로 평가할 필요가 있다.

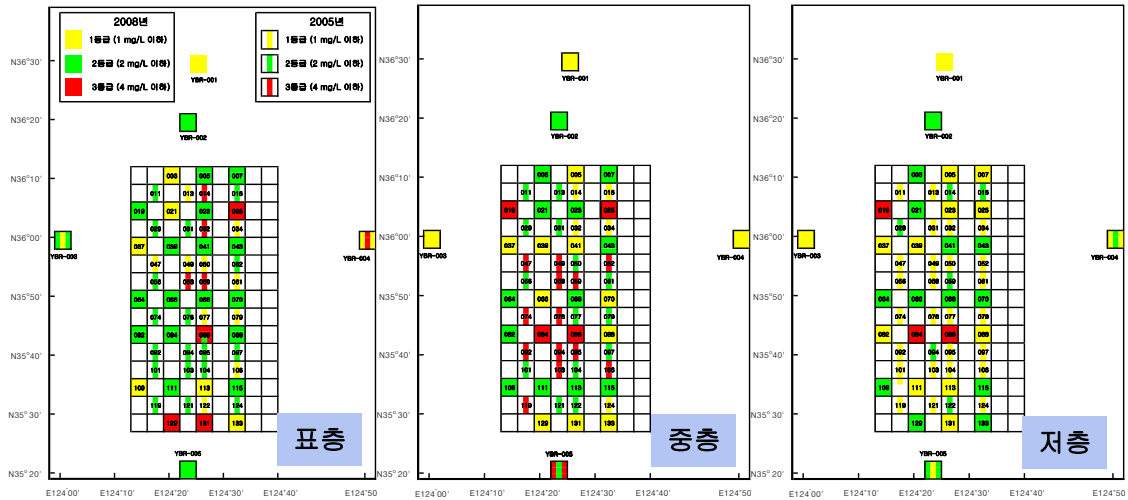


그림 5 서해병해역 해수 중 화학적 산소요구량

- 유기독성화합물과 용매추출 유분(동식물유지류 광유류)은 2005년 조사보다 낮은 농도를 보였으나 생활환경기준을 초과하였고,
 - 시안과 페놀은 2005과 유사한 농도분포를 보였으나 페놀의 경우 2008년 조사시 사람의 건강보호기준을 초과하는 정점이 나타났다.
- 서해병해역 표영생태계 건강상태 (식물플랑크톤)
- 2005년 5월 서해병해역에서 채집된 식물플랑크톤은 총 110종에 이르며 규조류 47.27%로 가장 높은 출현종수를 나타냈고 다음으로 와편조류가 우점하였다. 2008년 7월에는 식물플랑크톤 총 61종이 나타났고 규조류가 92.2%로 우점군으로 나타나 대부분을 차지했고, 다음으로 와편모조류가 공통적으로 우점하였다. 2005년 조사에 비해 식물플랑크톤의 현존량과 종수가 감소하는 경향을 보였다.
 - 또한 우점종은 2005년에는 *Asterionellopsis sp.*가 가장 우점하였고, 두번째로 *Thalassiosira sp.*, 세번째로 *Skeletonema costatum*으로 나타난 것에 비해 2008년 조사시에는 *Chaetoceros didymus*, 두번째 우점종은 *Cheatoceeros brevis*, 세번째 우점종은 2005년과 같은 종 *Skeletonema costatum*에서 나타났다.

다. 서해병해역 해저퇴적물 건강상태 조사

○ 퇴적물 조성 및 함수율

- 서해병해역의 동쪽 일부분은 빨질모래이고, 대부분이 모래가 섞인 빨질(Mud + Sandy mud)로 구성되어 있었다.(그림6).

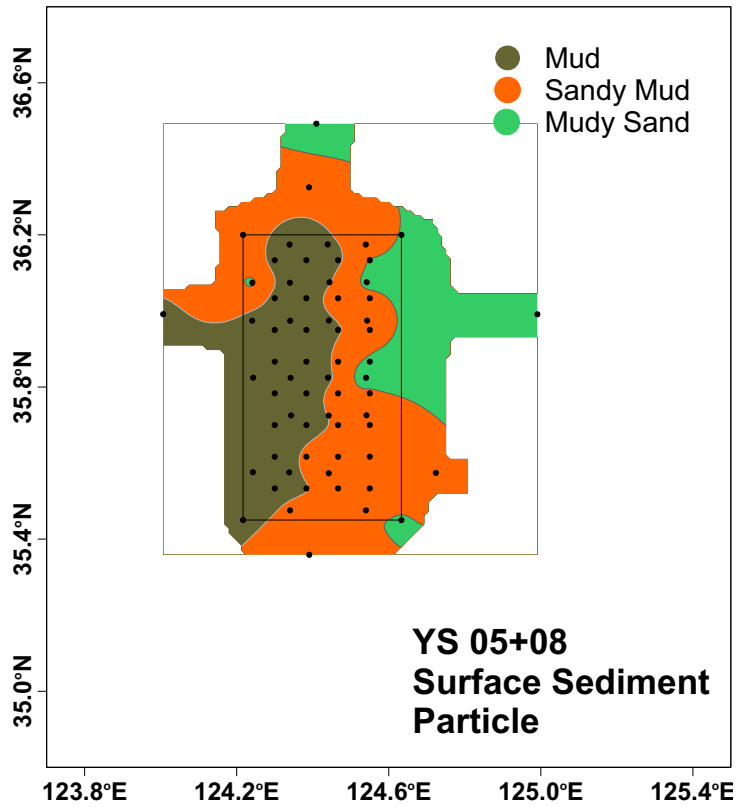


그림 6 서해병해역 표층퇴적물 입도 분포

표 2 서해병해역 표층퇴적물 유기물 및 중금속 농도범위

항목	서해병해역 (총 60개 구획)	대조해역 (총 5개 정점)
화학적산소요구량(mg-O ² /g-dry)	6.39~67.16(26.06±12.19)	7.50~21.48(16.19±5.66)
총유기탄소 (%)	0.49~2.56(1.30±0.45)	0.09~0.95(0.60±0.37)
총질소(%)	0.10~0.47(0.20±0.07)	0.08~0.20(0.13±0.06)
비소(ppm)	4.54~17.27(11.96±3.74)	4.78~10.72(8.09±2.62)
카드뮴(ppm)	0.04~0.40(0.14±0.06)	0.07~0.17(0.13±0.04)
크롬(ppm)	55.7~482.5(127.4±82.5)	29.2~113.1(77.6±321.6)
구리(ppm)	16.15~157.00(37.22±20.77)	7.98~34.15(23.42±10.10)
수은(ppm)	0.02~0.35(0.07±0.06)	0.02~0.05(0.03±0.01)
니켈(ppm)	24.50~95.44(38.74±12.52)	12.24~45.55(31.31±12.51)
납(ppm)	24.25~67.27(36.06±8.25)	23.98~34.52(27.91±4.34)
아연(ppm)	64.47~238.56(113.41±28.41)	31.29~112.66(76.11±30.71)

○ 표층퇴적물 건강상태 평가

- 서해병해역 표층퇴적물의 유기물, 중금속 등 함량 분포는 대부분 배출빈도가 높은 지역이 상대적으로 높은 함량을 보였다 (표 2).
- 특히 표층퇴적물의 중금속 농도는 배출해역내에서 카드뮴을 제외한 모든 중금속이 미국해양대기청(NOAA)의 ERL(Effect Range Low : 생물영향 하한농도)을 초과하는 구획이 출현하였고, 크롬, 니켈, 총PCB는 ERM(Effect Range Medium : 생물영향 중간농도)을 초과하는 구획도 출현하였다.

○ 퇴적물 유해물질 수직분포를 통한 축적 평가

- 유기물질과 중금속 수직분포를 보면, 퇴적물 깊이별로 몇몇 성분은 다소 분산이 있지만 대체로 배출해역내의 표층에서 높고, 퇴적물 깊이가 깊어질수록 감소하여 퇴적물 깊이 약 5cm 이심에서 일정한 분포를 나타내었다. 이상의 결과로부터 폐기물 배출로 인해 인위적으로 유입된 유기물과 중금속이 표층퇴적물에 축적되어 있고 그 영향은 퇴적물 깊이 약 5~10cm까지 미치고 있는 것으로 판단된다(그림 7).

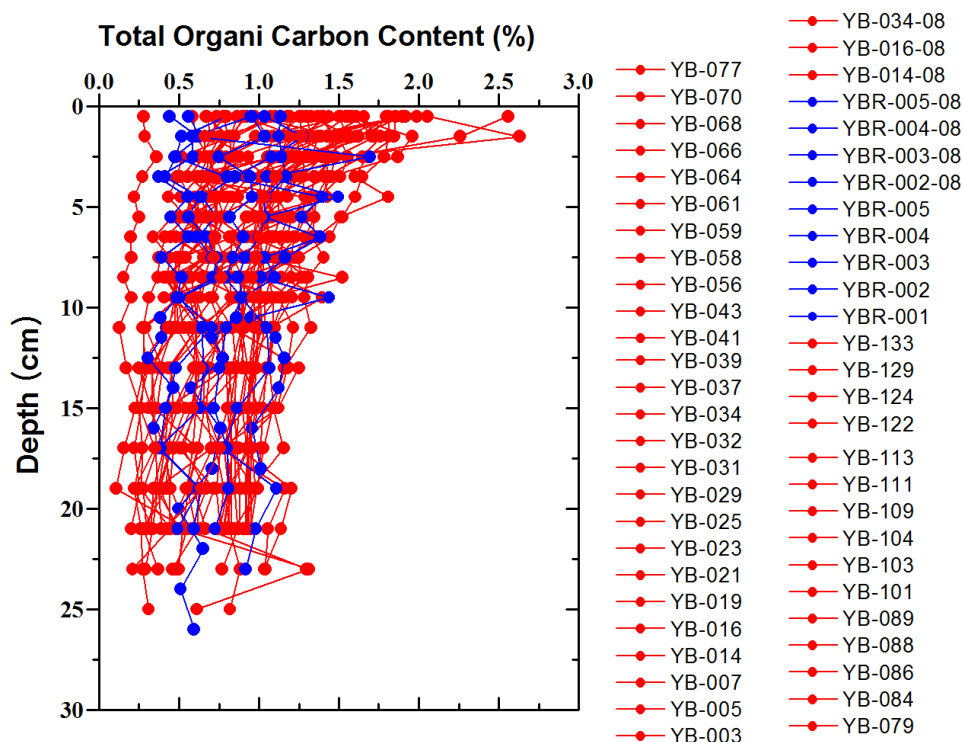


그림 7 서해병해역 퇴적물중 유기탄소 및 크롬 농도분포

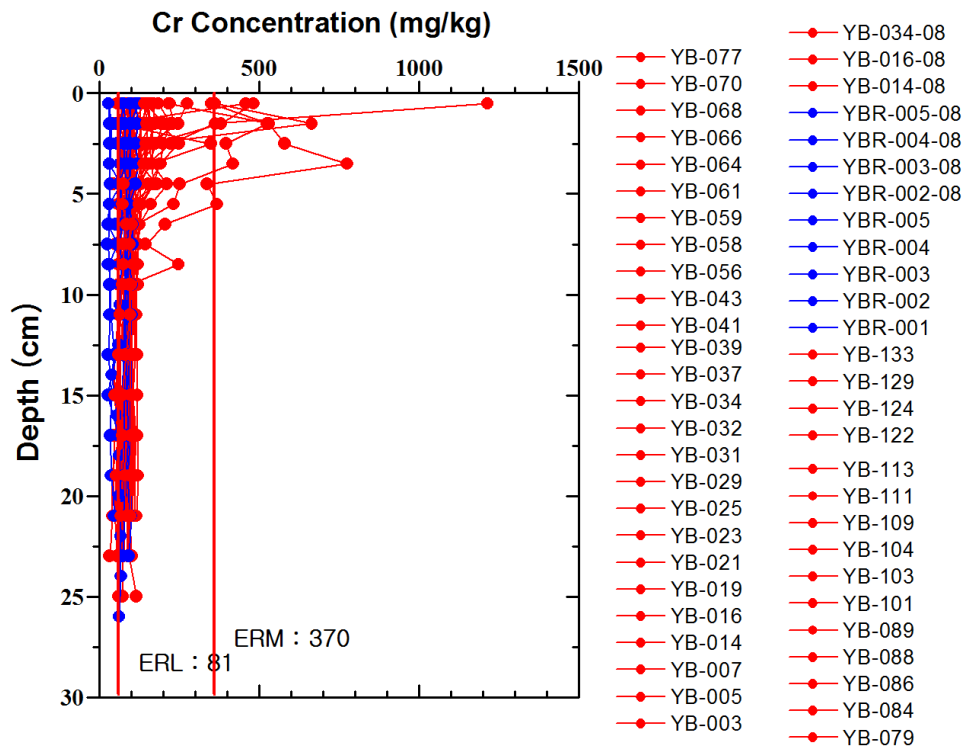


그림 7 (계속)

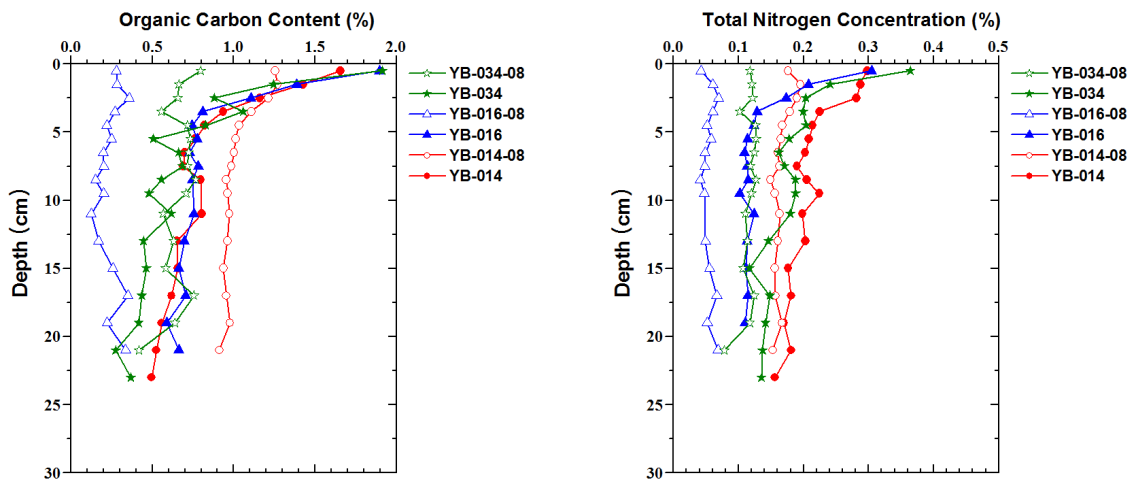


그림 8 서해병 퇴적물의 휴식년제 전과 후의 유기물 및 중금속의 농도분포 비교

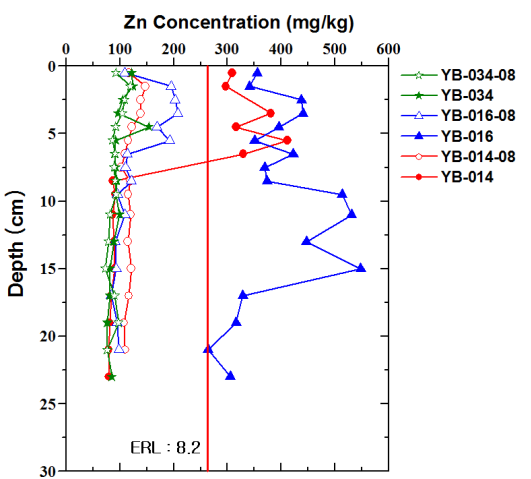
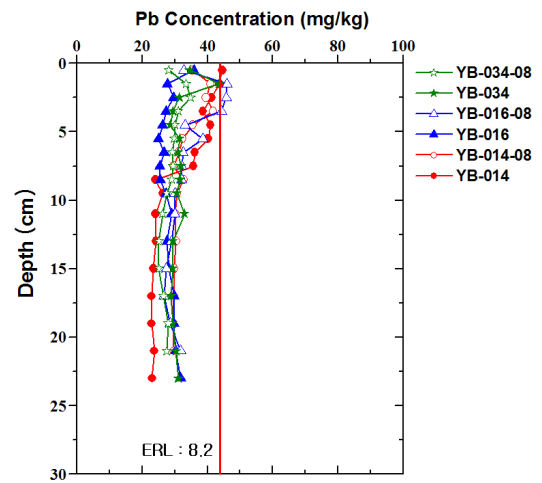
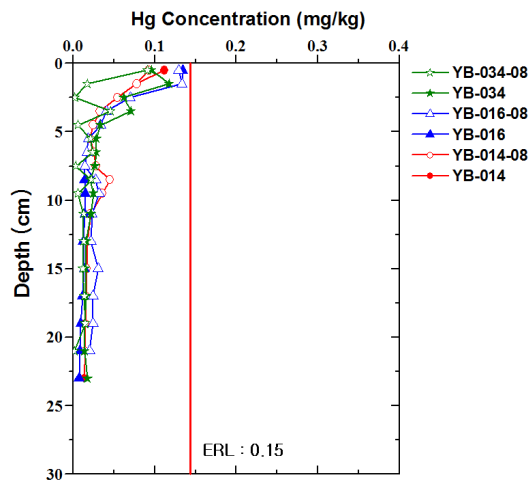
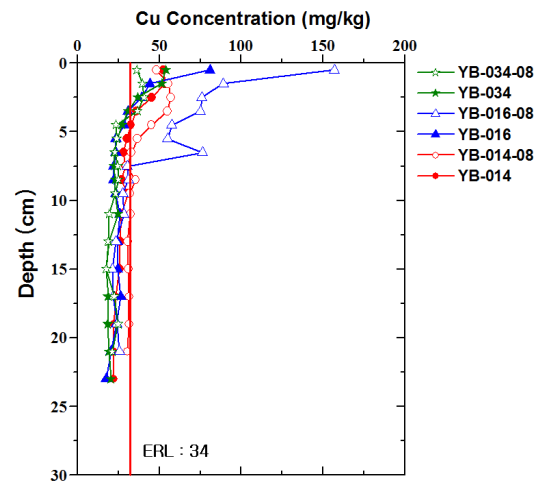
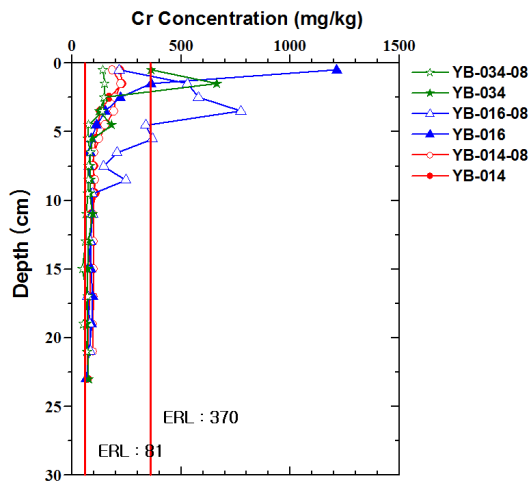


그림 8 (계속)

- 서해병해역의 해저퇴적물 연도별 오염현황의 변화를 살펴보기 위하여 오염이 극심한 해역(휴식년제 구역)에서 2005년과 2008년의 유기물 및 중금속 농도의 차이를 살펴본 결과
 - 표층퇴적물의 유기물량은 유기탄소 및 총질소 모두 25% 이상 감소하였음.
 - 일부 중금속 농도 역시 감소하였으나 그 효과는 아직 미비함
 - 오염이 극심한 지역의 휴식년제를 확대하고, 집중적으로 관리하여 오염해역의 정화·복원 양상을 지속적으로 모니터링을 해 나가야 함.

라. 서해병해역 저서생태계 건강조사

- 2008년 7월 서해병 배출해역 26개 정점에서는 75종, 922개체/m², 100g/m²의 군집조성을 보였고, 대조해역 5개 정점에서는 57종, 776 개체/m², 57g/m²의 군집조성을 보였음.
 - 출현종수, 서식밀도, 생물량 모두 배출해역이 대조해역보다 높게 나타났음.
- 서해병 배출해역에서는 다모류의 황금빨사슴갯지렁이(*Melinna elisabethae*)가 가장 우점하였고, 대조해역에서는 등가시버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 가장 우점하였음.
 - 황금빨사슴갯지렁이(*M. elisabethae*)는 오염지시종은 아니나 생태학적으로 지위가 매우 넓은 종임.
 - 등가시버들갯지렁이류(*M. californiensis*)는 기회종으로 대조해역 뿐 아니라 배출해역에도 분포하고 있음.
- 서해병 배출해역의 저서생물 군집은 크게 2개의 그룹으로 구분이 되었음.
 - 퇴적상의 차이로 인해 YBR-004가 나머지 정점들과 차이를 보임.
 - YBR-004를 제외한 나머지 정점들은 현재 배출이 진행되고 있는 구획들과 휴식년 구획들로 구분이 되었음.
- 건강도지수와 군집지수를 이용한 서해병해역의 건강도 평가
 - 현재 배출이 진행중인 해역에 위치한 정점들에서 건강도가 낮았음.
 - 배출해역 내 정점들이 대조해역 정점들보다 저서생물군집의 건강도가 낮았음.

마. 해양생물 및 인간 유해성 평가

- 성게 수정실험에서는 모든 정점에서 85% 이상의 수정률을 보임.
- 성게 발생 실험에서 YB-041 정점을 제외한 모든 정점에서 발생률에 공극수의 영향이 미치는 것으로 나타남.
 - 현재 배출이 진행중인 해역 내 정점들에서 발생률이 낮게 나타남.

- 중금속 특이 발현 유전자를 다모류에서 탐색하여 총 41종의 유전자 단편 분리 및 각 단편의 염기서열 분석을 완료하였음.
- 생체 지표로서 MT 항체의 적용 가능성을 확보하였음.

바. 서해병해역 해양생물 건강상태 조사

- 서해병해역 수산물 중금속 축적 조사
 - 서해병해역 수산물 중금속 축적조사를 위해 배출해역 3개 정점과 비배출해역 3개 정점에서 시료를 채취·분석하였다.
 - 배출해역에서 어획된 어류 아귀, 광어, 가자미 등의 근육 내의 중금속(비소, 카드뮴, 크롬, 구리, 납, 아연, 니켈, 철, 망간, 수은)의 농도는 배출 및 비배출해역간 유의한 농도차는 보이지 않았고, 우리나라 수산물 잔류허용기준(납 : 2ppm, 수은 : 0.5ppm) 이내이었다.
- Micocosm을 이용한 해양배출물질 저서생물 영향
 - 해양배출물질이 저서생물의 가입에 미치는 영향을 평가하기 위하여 갯벌 microcosm 및 PFU (Polyurethane Foam Unit)를 이용한 연구를 수행하였다. 배출물질은 하수 및 폐수오니 5종을 이용하였으며, 각 microcosm별 대형 및 중형 저서생물의 가입을 평가하였다. 또한 각 오니별 유기물 분해를 평가하기 위하여 SRB (Sulfate Reducing Bacteria)를 이용한 유기물 분해 능력을 평가하였다.
 - 저서생물의 가입은 모든 오니에서 대조구 및 무투여구와 유의한 차이를 보였으며, 특히 피혁공장오니 및 공단오니에서 대형 및 중형 저서생물의 가입이 낮았다.
 - SRB에 의한 배출물질내 유기물은 초기 3주 동안에 급격한 분해가 이루어졌으며 (약 50%), 나머지 6주 동안은 일정하였다. 그러나 강열감량 (Ignition Loss)은 실험기간 동안 감소가 거의 없었다.
 - 따라서 해양배출오니는 저서생물의 가입에 심각한 영향을 초래하며, 박테리아에 의한 유기물 분해도 배출후 수주내로 제한되며, 박테리아에 의한 폐기물내 생물학적 분해는 매우 제한적인 것으로 사료된다.

2장 런던 의정서 준수 지원

1. 런던협약 준수 보고 및 회의 지원

○ 준수 보고서 작성 및 협조

- 런던협약 당사국의 의무인 배출허가 발행 보고와 관련하여 런던협약 사무국에 제출 2003~2007년 기간 시행된 아국의 배출허가발행 보고서 작성 및 발송에 자문협조 (2008년 런던협약 및 런던의정서 합동 당사국회의 문서(LC30/6/1)에 아국이 2007년까지 배출허가발행보고한 국가로 기재).
- 런던협약 제출을 위한 서해병해역 환경현황 연례 보고(안)을 작성

○ 런던협약/런던의정서 당사국의 폐기물 해양배출 동향 분석

- 당사국들의 배출허가발행보고서를 토대로 1999~2005년까지의 주요 당사국들의 해양배출 폐기물 품목 및 해양배출량을 정리.
- 일본과 아국을 제외한 대부분의 당사국들의 주요 해양배출 폐기물 품목은 준설물이고, 일본은 2007년부터 하수오니 해양배출을 금지하여 현재 당사국중 유일한 하수오니 해양배출 국가는 아국임.

런던협약/의정서 주요 당사국들의 폐기물 해양배출량 현황(단위: 천톤/년)								
국가	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	비고
일본	11,386	10,264	10,606	9,477	7,129	13,207	7,581	준설물+하수오니+보크사이트잔재물
중국	67,613	52,336	143,440	139,892	164,853	190,593	250,588	준설물
호주	1,506	1,732	5,601	753	11,017	13,498	6,464	준설물
스페인	2,829	2,144	4,722	6,292	175	1,191	4,692	준설물
영국	56,839	33,057	18,513	16,372	17,512	15,673	31,038	준설물+생선폐기물
미국	56,651	76,343	74,462	104,132	65,362	59,009	46,756	준설물
캐나다	3,725	2,008	3,453	3,955	3,542	4,033	3,774	준설물+생선폐기물
독일	26,040	11,016	9,800	10,629	7,790	9,724	20,966	준설물
네덜란드	13,988	15,782	16,029	10,750	7,719	11,337	12,945	준설물

○ 런던협약, 런던의정서 및 기타 국제협약 회의 지원

- 2008년 런던협약 및 런던의정서 과학그룹회의 및 당사국회의 지원
- 개최 일시 및 장소

회의 명	개최 일	개최 장소
제31차 런던협약/제2차 런던의정서 과학그룹회의	2008. 5. 19~23	에콰도르 콰야킬
제 30차 런던협약/제3차 런던의정서 당사국회의	2008. 10. 27~31	영국 런던 국제해사기구본부

- 주요 논의 사항 및 결과

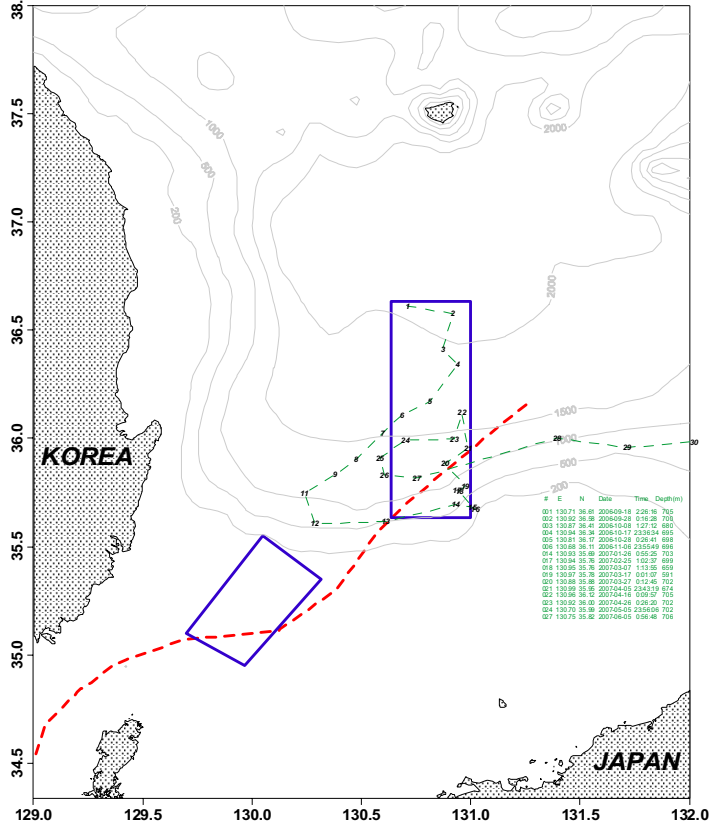
주요 사안	동향
회의 진행 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약과 런던의정서 회의는 합동으로 개최하나, 회의 진행은 의정서 위주로 진행됨으로서 의정서 가입 중요성이 강조됨
런던협약/의정서 당사국 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약 (총 85개국; 아국은 1992년 12월 가입) • 런던의정서 (총 36개국; 중국은 2006년, 일본은 2007년 가입)
아국의 의정서 가입의사 표명	<ul style="list-style-type: none"> • 5월 과학그룹회의시 아국의 의정서 가입을 위한 당사국 협조 기반 조성 및 10월 당사국회의에서 아국의 정부대표가 2008년내 의정서 가입 의지 표명
아국의 런던협약/의정서 지원 (국가 위상 증대)	<ul style="list-style-type: none"> • 과학그룹 부의장국으로 재선출되어 국가신뢰도를 증대시킴. • 유엔 정규 해양환경상태 보고서 작성을 위한 소요비용 지원 • 기술공동협력사업 소요비용 지원 • 작업반 반장국 역할 기여 (폐기물평가지침 작업반 등)
준수평가위원회 작업 개시	<ul style="list-style-type: none"> • 10월 당사국회의에서 당사국 준수를 평가하는 위원들(자격요건: 의정서 당사국)이 선정되어 평가업무가 개시됨. • 중국은 임기 3년, 일본은 임기 2년의 위원국으로 선출되어 향후 아국의 해양배출에 대한 평가가 한층 강화될 것으로 예상
당사국 준수 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 2003년 기간까지 배출허가발행보고서 미제출 당사국 명단 공개및 해당국 장관에게 공식서한을 발송하여 준수 촉구
해양 시비(施肥)	<ul style="list-style-type: none"> • 지구온난화 저감을 위한 철을 포함한 대규모 해양시비는 해양환경에 대한 불확실성으로 연구목적의 해양시비 사업만 허용하고, 타 목적사업은 불허하는 결의서를 채택함 (순수 연구 목적의 사업인 경우에도 심사를 받도록 함).
지침 채택	<ul style="list-style-type: none"> • 인공어초 배치지침 • 손상화물 관리 교본 • 선박방오도로 제거를 위한 최적관리 이행 지침
의장국 선출	<ul style="list-style-type: none"> • 당사국회의 : 의장 (중국), 부의장 (호주) • 과학그룹회의 : 의장 (영국), 부의장 (한국, 캐나다)

- 런던협약의 최근 동향 파악을 위해 당해 연도를 포함한 최근 5년간 런던협약/의정서 관련 회의의 주요 논의 사항에 대하여 의제별 동향 분석요약.
- 2008년 런던협약/의정서 과학그룹회의 및 당사국회의에 참가하여 의제정밀 검토, 작업반 참여 및 회의록 번역, 그 외 회기중 서신반 보고서 작성 등에 적극 참여 및 결과를 보고서에 정리
- 2008년 런던협약 및 당사국회의에서 비준된 ① 손상화물관리 지침, ② 선박 방오도료 제거를 위한 최적관리 이행지침 및 ③ 인공어초 배치지침은 번역하여 보고서에 게재
- 과학그룹회의 및 당사국회의 보고서 번역 및 발간물로 배포

2. 아국 배출로 인한 인접국과의 국제법상의 관계

- 황해 국가 경계와 배출영향의 국제법적 함의 분석
 - 런던의정서 제15조(책임 및 배상)에서는 다른 국가의 환경이나 여타 지역의 환경에 대해 손해를 끼쳤을 경우, 국가 책임 원칙에 따라 해당국가에 대해 책임을 물을 수 있는 절차를 개발하도록 규정하고 있어 2006년 런던협약과 의정서 합동 당사국회의에서부터 동 절차 개발을 위한 작업이 진행 중
 - 서해병해역은 폐기물 해양배출로 인해 직접(배출물질 월경) 및 간접적(회유성 어류 오염)으로 주변국가가 영향을 받을 수 있을 경우에는 쌍방 협의를 해야 하기 때문에(유엔해양법협정 210조) 이에 대한 대비가 필요
 - 환경협정 의무 준수와 관련한 국가책임제도, 다자기구를 통한 감독 및 관리, 의정서 제11조에 의거한 준수절차 및 방법에 대해 정리
- 폐기물 국가관할권 외부 이동 가능성 평가
 - 동해병해역에 투기된 폐기물의 이동 경로를 예측하기 위해 2001년~2008년까지의 ARGO 부이 이동 궤적 자료들을 이용하여 폐기물 배출해역 해수 이동 및 체류기간을 산정
 - 동해병해역에서 추정된 해수체류기간은 10~170일 범위이고, 해수 이동 경로로 부터 동해병해역 남부에 배출된 폐기물은 국가관할권 밖으로 이동할 수 있음을 제시(그림: 2006년 Argo 부이 이동 궤적, 실선은 대륙붕경계역임)

ID 2900788



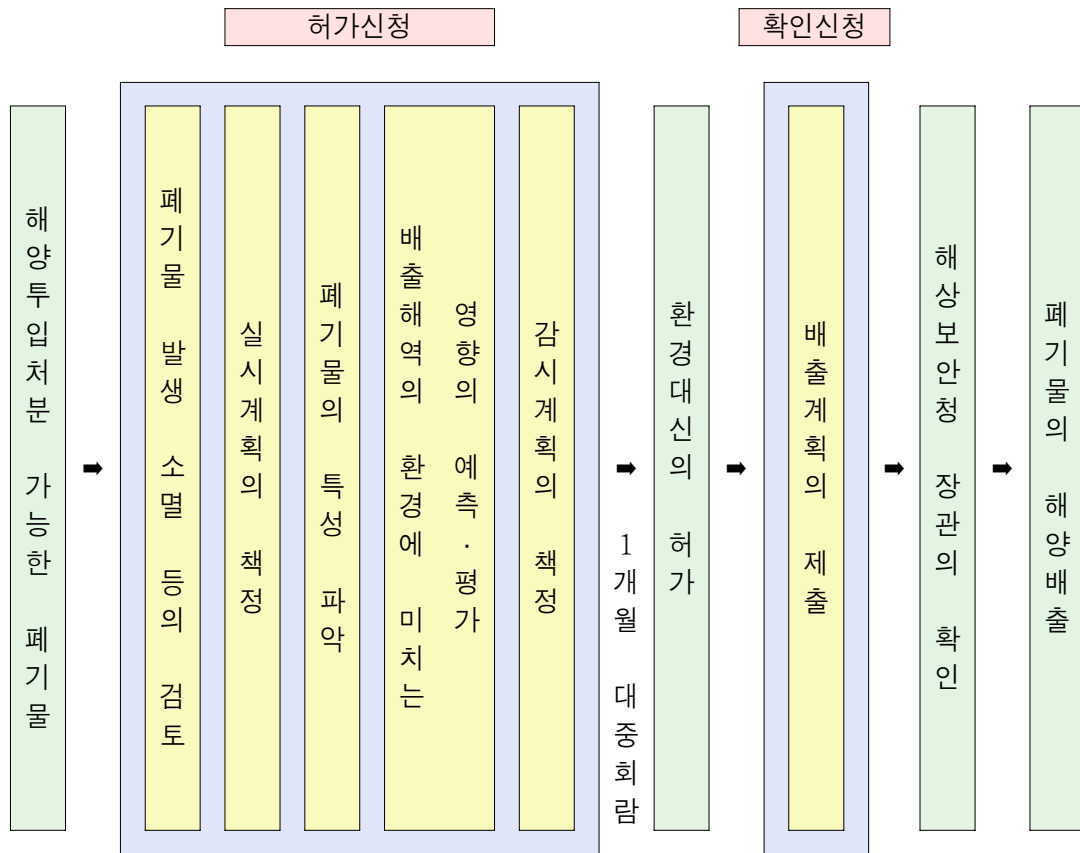
3. 외국의 배출로 인한 아국 피해 감시

○ 인접국가 배출동향

- 주변국 폐기물 해양배출로 인한 아국 피해 감시의 초기 작업으로서 중국과 일본의 폐기물 해양배출 제도 및 해양배출 해역, 배출 품목 및 배출량 정보를 입수하여 정리 및 요약

내용	중국	일본
관련 제도	해양환경보호법, 해양투기관리조례 (사전허가제도)	해양오염방지법 ('04. 5. 19 개정: 허가제도 신설, 하수오니 해양투기 품목 삭제 등)
런던의정서	2006년 9월 29일 가입	2007년 10월 2일 가입
투기해역	총 98개로서 연안에 위치함	I해역(현재 중단), II, III해역(건설공사오니, 적토, 유기성오니), IV해역(준설물)
투기품목	준설물	준설물, 하수오니, 적토
2005년 해양투기 총량 ('08년 런던협약 보고)	250,588천톤(준설물)	7,581천톤/년(준설물+하수오니+적토)

- 일본의 폐기물 해양투입처분 허가 신청 및 확인 심사 절차



3장 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영 및 홍보사업

1. 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 및 폐기물 유통교환 전자창구

○ 폐기물 종합관리 정보망 운영

- 웹사이트 주소 : www.oceandumping.re.kr
- 콘텐츠는 ①시스템개요, ②심의대상폐기물, ③폐기물시험방법, ④선박, ⑤해양배출현황, ⑥자료실, ⑦런던협약, ⑧참여마당, ⑨폐기물 유통 전자창구로 구성하여 지속적으로 새로운 정보를 게재.
- 현재 등록된 회원은 폐기물 재활용업체와 위탁업체가 각각 2007년에 8.9%, 4%에서 2008년도에는 28%, 14%로 급증하였고, 학생 및 학계가 각각 26% (2007년 24%), 15% (2007년 11%)으로 전년도에 비해 약간 증가하였고, 그 외 공무원 (7%), 언론직 (2%) 순으로서 다양한 직종의 구성원들이 본 정보시스템을 이용하고 있음.

- 본 시스템 관리모드에 설정된 접속자 통계를 토대로 한 접속자 수는 2008년에 월 평균 약 18,000명으로서 많은 대중들이 폐기물 해양배출에 큰 관심을 갖고 있음을 시사.

○ 폐기물 해양배출관련 정보 제공

- 1997년 12월 31일 법률 제3079호로 해양오염방지법 제정부터 2007년 1월 해양환경관리법까지 개정 내용을 정리하여 회원자료실에 제공.
- 서해병, 동해병, 동해정해역의 폐기물배출방법 및 이용현황에 대한 변혁과정 정보를 회원자료실에 제공.
- 폐기물 해양배출 현황 및 통계 정보 제공.
- 런던협약 및 런던의정서 가입국 현황 및 당사국 폐기물 해양배출 현황 정리

가입 순위	국가명	런던의정서 비준일	가입 순위	국가명	런던의정서 비준일
1	덴마크	'97.04.17	2	독일	'98.10.16
3	영국	'98.12.15	4	남아프리카공화국	'98.12.23
5	바누아투	'99.02.18	6	스페인	'99.03.24
7	노르웨이	'99.12.16	8	트리니다드 & 토바고	'00.03.06
9	그루지아	'00.04.18	10	캐나다	'00.05.15
11	스위스	'00.09.08	12	스웨덴	'00.10.16
13	호주	'00.12.04	14	아일랜드	'01.04.26
15	뉴질랜드	'01.07.30	16	앙골라	'01.10.04
17	아이슬란드	'03.05.21	18	통가	'03.10.18
19	프랑스	'04.02.07	20	이집트	'04.05.26
21	세인트키트스&네비스	'04.10.07	22	룩셈부르크	'05.11.21
23	불가리아	'06.01.25	24	사우디아라비아	'06.02.07
25	벨기에	'06.02.13	26	멕시코	'06.02.23
27	슬로베니아	'06.03.06	28	중국	'06.09.29
29	바바도스	'06.07.24	30	이탈리아	'06.10.13
31	수리남	'07.02.11	32	일본	'07.10.02
33	케냐	'08.02.13	34	시에라리온	'08.03.12
35	마셜군도	'08.05.09	36	네덜란드	'08.09.24

※ 이들 국가들의 주요 해양배출 폐기물 품목은 준설품이고, 일본이 2007년에 하수오니 해양배출을 금지하여 런던협약 및 런던의정서 당사국 중 아국이 유일한 하수오니 대량 해양배출 국가임.

런던협약/런던의정서 주요 당사국들의 연도별 폐기물 해양배출량(단위:천톤/년)								
국가	품목	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
일본	준설물	6,628	5,425	6,273	5,586	3,290	9,424	4,087
	천연기원유기물	273	267	164	144	132	185	235
	적토	2,595	2,869	2,643	2,457	2,685	2,702	2,477
	하수오니	1,889	1,702	1,498	1,265	1,006	870	770
	부패옥수수	-	-	-	6	-	-	-
	폭발물	0.1	-	0.4	1.0	0.6	0.7	-
	소계	13,384	12,263	12,579	11,460	9,116	15,185	9,574
중국	준설물	67,613	52,336		139,373	164,853	190,593	250,588
호주	준설물	1,506	1,732	5,601	752,974	11,016	13,498	6,464
스페인	준설물	2,829	2,144	4,722	6,292	175	1,191	4,693
독일	준설물	26,040	11,016	9,800	10,629	7,790	9,724	20,966
캐나다	준설물	1,934	1,622	2,938	3,406	2,568	3,070	2,638
	불활성무기지질물질	1,740	322	455	481	910	900	1,070
	생선폐기물	51	64	60	68	64	63	67
	천연기원	-	-	-	0.2	-	-	0.2
	소계	97,988	67,228	20,123	909,268	183,834	215,006	282,711
영국	준설물	56,839	33,057	18,512	16,372	17,512	15,673	46,755
	생선폐기물	-	-	0.3	0.1	-	-	-
미국	준설물	56,651	76,343	74,462	104,132	65,362	59,009	46,755
	불활성무기지질물질	-	-	-	-	-	-	58

- 국내 지방자치단체 하수오니 해양배출 금지 대비 동향 분석
 - 2012년부터 하수오니 해양배출 금지에 따른 지방자치단체들의 준비 상황을 파악하기 위해 연도별 각 지자체별 하수오니 발생량 대비 해양배출 의존도를 분석·정리
 - 일부 지자체들은 하수오니 해양배출 금지 대비하여 건조·소각로, 바이오가스시설 설치 및 증설을 통해 하수오니 해양배출 의존도를 줄이고 있지만, 2006년 기준(참조: 2007년 하수도통계)으로 각 지자체의 하수오니 발생량 대비 해양배출 의존도는 47~100% (평균 73%) 범위로 아직도 상당히 미흡한 상황임.
 - 2008년 국정감사에서 하수오니 재활용이 미흡한 것으로 지적되어 하수오니 해양배출 금지 대비한 지자체들의 지속적인 감시가 필요.

2. 폐기물 유통교환 전자창구

- 폐기물 재활용관련 언론보도 제공
 - 당해연도에 총 380개의 재활용관련 언론보도 정보를 제공하여 폐기물 재활용에 대한 건전여론 조성 및 공감대 확보에 주력

- 폐기물 재활용업체의 기술 홍보 창구 운영
 - 기업/신기술 제품홍보실, 국내외기술인증사례, 회원자료실 및 회원사 엘로우페이지를 지속 운영하여 육상에서 발생된 폐기물의 재활용 촉진과 위탁업체와 재활용업체를 상호 연결할 수 있는 폐기물 유통교환 전자 창구를 지속적으로 운영 중

3. 폐기물 해양배출 수요 감축 및 육상처리 건전여론 조성을 위한 대외 홍보활동

- 런던협약 및 런던의정서는 사전예방 원칙으로 폐기물 해양배출 허가 발급시 사전에 해양배출 이외 대안을 검토하도록 규정, 또한 해양환경 관리법 제4조는 국내법보다 국제협약 효력을 우선하도록 규정하고 있어, 사전예방 원칙 도입을 위해 적극적인 홍보가 필요
- 폐기물 해양배출 감축 및 육상처리 확대를 위한 이해당사자들의 공감대 확보를 위해 워크숍 개최(6회), 재활용기술전시회(1회), 교육(1회), 학술발표(총 18편), 발간물 배포(총 5편)를 실시

4장 폐기물 배출제도 개선 지원

1. 해양환경관리법 고시(안) 지원

- 폐기물 배출해역 지정신청 사업계획서 작성 지침 고시(안)
 - 해양환경관리법 시행규칙 제13조 제1항의 배출해역 지정신청을 위한 사업계획서 내용에 대한 구체적인 작성요령 등을 제시하여 배출해역 지정권자인 관할 해양경찰서장이 배출해역을 지정할 때 사업계획서 자료를 토대로 지정 여부를 판단할 수 있도록 『폐기물 배출해역 지정신청 사업계획서 작성 지침(안)』을 마련하였다.
- 동해병 및 동해정해역 경계 고시(안)
 - 아국의 폐기물 배출해역은 중국 및 일본과 접한 해역에 위치하고 있어 폐기물 해양배출에 따른 월경 오염 가능성이 높기 때문에 2008년 3월 개최한 국제법 전문가 토론회 결과와 폐기물 이동 및 확산 모델 결과를 토대로 동해 병·정해역 경계에 대한 조정(안)을 제시

2. 해양배출이외의 폐기물 대체방안

- 가축분뇨 해양배출이외의 대체방안 및 제도 개선(안)
 - 2007년 가축분뇨 해양배출량은 2,019천 m^3 으로 총 해양배출량 (7,451천 m^3) 중

27%를 차지하였다. 또한 해양배출 위탁 축산 농가 중 돼지 500마리 이상 사육하는 기업형 축산농가가 가축분뇨 총 해양배출량 중 약 60%이상을 차지하고 있음.

- 가축분뇨의 해양배출 비용은 20,000~33,000원으로 퇴비(약 20,000원), 정화처리 및 공공 가축분뇨 처리장(약 10,000원)에 비해 비용이 높음.
- 가축분뇨 발생 및 해양배출 현황, 화학적 특성, 해양에 미치는 영향 해양배출 이외의 대체방안 소개 및 축산농가들의 해양배출 선호 요인들을 분석하여 해양배출 수요 감축을 위한 해양환경관리법에서의 제도 개선(안)을 제시
- 개선안의 주요 내용은 『가축분뇨의 관리와 이용에 관한 법률과 해양환경관리법간의 불일치 조항 개선』 및 『해양환경관리법에서의 폐기물 해양배출 허가 발급시 육상처리 가능성 사전 검토』임.
- 가축분뇨 재활용을 통한 해양배출 감축을 위해 물종합 기술연찬회의 폐기물 해양배출 관리분과를 개최(2008년 3월 12일)하여 가축분뇨 재활용업계 전문가들을 초빙하여 기술발표를 실시하여 발표 자료를 본 보고서 부록에 게재

○ **음식물류 폐기물 폐수(음폐수)의 처리실태 조사 및 비용 분석**

- 음식물류 폐기물 폐수 처리실태 조사 및 비용분석을 통해 현재 해양배출 수분함량 행정적 조치로서 실시되고 있는 음식물폐기물폐수 수분함량 92%를 93%로 상향 조정하기 위한 타당성을 검토
- 전국음식물폐기물 처리업체 중 음식물류 폐기물 폐수중 액상의 것을 해양배출 위탁하는 업체들을 대상으로 설문 조사한 결과 응답한 100개 업체 중 96%가 수분함량 92%를 준수하고 있고, 또한 58%는 수분함량 93%도 유지 가능함.
- 전국 하수처리장의 하수처리능력, 처리 여유용량, 음폐수 병합처리 여부, 향후 병합처리 계획 및 병합처리 비용에 대한 분석 결과도 수분함량 93% 상향시에 발생할 수 있는 문제는 없는 것으로 판단됨
- 연구 결과는 본 보고서외의 별도 보고서(SCPM50901-1982-7)로 발간.

목 차

제 출 문

요 약 문 1

목 차 31

표 목 차 36

그림 목차 41

제 1 장 서 론 1

제 1 절 서론 3

제 2 절 폐기물 해양배출 현황 및 제도의 개론 7

1. 폐기물 해양배출 제도 7

2. 폐기물 해양배출 현황 9

3. 폐기물 해양배출의 문제점 12

제 3 절 폐기물 해양배출 규제에 대한 국제 동향 15

1. 1972 런던협약과 런던의정서의 역사적 배경 15

2. 런던의정서의 주요 내용 16

3. 런던의정서의 현황 18

제 4 절 연구 필요성 19

1. 연구 배경 19

2. 연구 목적 19

3. 연구과제추진 체계도 19

제 2 장 폐기물 배출해역 건강상태 정밀조사 21

제 1 절 연구 목적 및 내용 23

1. 연구목적 23

2. 연구수행기관 23

3. 주요과업내용	23
4. 달성된 주요성과	26
제 2 절 서해의 자연환경	27
1. 배출해역 위치	27
2. 서해의 자연환경	28
제 3 절 서해병해역 폐기물 배출현황	49
1. 서해병해역 폐기물 배출현황	49
제 4 절 서해병해역 건강상태 정밀조사	54
1. 해양환경조사	54
제 5 절 서해병해역 표영생태계 건강상태 조사	63
1. 시료 채집 및 분석방법	63
2. 2005년 서해병해역 표영생태계 건강상태 조사 결과	71
3. 조사결과	73
제 6 절 서해병해역 표영생태계 건강상태 (식물플랑크톤)	135
1. 서해병해역 식물플랑크톤 군집구조 평가	135
제 7 절 서해병해역 해저퇴적물 건강상태	146
1. 시료채집 및 분석방법	146
2. 2005년 1차 서해병해역 퇴적물 건강상태 조사결과 요약	153
3. 조사결과	155
4. 종합토의	313
제 8 절 서해병해역 저서생태계 건강조사	323
1. 서론	323
2. 시료 채집 및 분석방법	323
3. 조사 결과	325
4. 토의 및 결론	336
제 9 절 해양생물 및 인간 유해성 평가	337
1. 서론	337
2. 시료 채집 및 분석방법	339
3. 결과	343

제 10 절 서해병해역 수산생물 중금속 축적 조사	351
1. 서해 주요 수산물별 중금속 축적 조사	351
2. 결과 및 고찰	354
3. 결론 및 요약	369
제 11 절 Microcosm을 이용한 해양배출물질 저서생물영향	371
1. 서론	371
2. 시료 채취 및 분석방법	373
3. 조사 결과	377
4. 토의 및 결론	417
제 12 절 서해병 물리환경 조사	422
1. 서론	422
2. 조사방법	423
3. 서해병해역의 해수 물성 분포 특성	423
제 13 절 서해병 물리환경 조사	433
1. 서론	433
2. 모래 배출의 영향	433
3. 점토 배출의 영향	434
4. 준설토 배출에 따른 영향	440
제 3 장 런던의정서 준수지원	443
제 1 절 연구목적 및 내용	445
1. 연구목적	445
2. 연구수행기관	445
3. 주요과업 내용	445
4. 달성된 주요성과	446
제 2 절 서론	447
제 3 절 런던협약 준수사항	448
1. 런던협약/런던의정서 준수 지원	448
2. 2008년 런던협약/런던의정서 회의 지원 및 동향 분석	473

제 4 절 아국 배출로 인한 인접국과의 국제법 상의 관계 검토	518
1. 서론	518
2. 황해 국가경계와 배출영향의 국제법적 함의 분석	519
3. 동해 폐기물 배출해역 경계선 획정 재검토	528
제 5 절 외국의 배출로 인한 아국 피해 감시	541
1. 인접국가 배출동향 파악	541
제 6 절 러시아 동해 핵폐기물 배출영향 조사	585
1. 서론	585
2. 해양으로 유입되는 방사능	586
3. 우리나라 주변 해역의 인공방사능	594
제 4 장 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영 및 홍보사업 ..	605
제 1 절 연구목적 및 내용	607
1. 연구목적	607
2. 연구수행기관	607
3. 주요과업 내용	607
4. 달성된 주요성과	608
제 2 절 서론	609
제 3 절 폐기물 해양배출 종합관리 정보망 운영 및 홍보	610
1. 폐기물 해양배출 종합관리 정보 시스템 운영	610
2. 폐기물 유통교환 전자창구 운영	701
3. 대외 홍보 활동	715
제 5 장 폐기물 배출제도 개선 지원	719
제 1 절 연구목적 및 내용	721
1. 연구목적	721
2. 연구수행기관	721
3. 주요과업 내용	721
4. 달성된 주요성과	722

제 2 절 해양환경 관리법 고시(안) 제정	723
1. 해양환경관리법 폐기물 배출관련 필요 고시(안)	723
제 3 절 해양배출 폐기물 대체처분 방안	748
1. 가축분뇨 해양배출 대체처분 방안	748
참고문헌	759
부 록	775

표 목 차

표 1-2-1 연도별 폐기물 종류별 해양배출량	10
표 1-3-1 2008년 12월 기준 런던의정서 비준국 현황	17
표 2-2-1 서해병해역에서의 어업별 조업척수, 2003년~2008년	38
표 2-2-2 서해병해역에서의 어업별 조업일수, 2003년~2008년	39
표 2-2-3 서해병해역에서의 어업별 어획량, 2003년~2008년	40
표 2-2-4 서해병해역에서의 소해구별 조업척수, 2003년~2008년	41
표 2-2-5 서해병해역에서의 소해구별 조업일수, 2003년~2008년	42
표 2-2-6 서해병해역에서의 소해구별 어획량, 2003년~2008년	43
표 2-2-7 서해병해역에서의 시도별 조업척수, 2003년~2008년	44
표 2-2-8 서해병해역에서의 시도별 조업일수, 2003년~2008년	45
표 2-2-9 서해병해역에서의 시도별 어획량, 2003년~2008년	46
표 2-3-1 서해병 배출해역 폐기물 종류별 투입량	51
표 2-4-1 해양환경조사 일정	54
표 2-4-2 서해병해역 해양조사 구획별 위치	57
표 2-4-3 서해병해역 해양조사 각 구획별 조사항목	59
표 2-5-1 CASS-4 의 분석결과 비교	68
표 2-5-2 PCBs 분석에 사용한 GC-ECD 기기 분석조건	69
표 2-5-3 PAHs 분석에 사용한 GC-MSD 기기 분석조건	70
표 2-5-4 PCBs 분석에 사용된 정량용 표준물질	70
표 2-5-5 PAHs 분석에 사용된 정량용 표준물질	71
표 2-5-6 1996년부터 현재까지의 서해병배출해역의 수온, 염분, 용존산소와 영양염의 평균농도 비교	91
표 2-5-7 서해병해역 수층별 일차생산량.	100
표 2-5-8 서해병해역 표층수 용존성 중금속의 함량.	119
표 2-5-9 서해병해역의 표층수에서 PAHs의 정점별 입자상태 (Particulate phase: PP)농도.	124
표 2-5-10 서해병해역의 표층수에서 PAHs의 정점별 용존상태 (Dissolved phase: DP)농도.	125

표 2-5-11 서해병해역의 표층수 중 입자상태(Particulate phase: PP)와, 용존상태(Dissolved phase: DP) PCBs 농도	127
표 2-5-12 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층수 중금속의 분배계수 ...	129
표 2-5-13 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층수 중금속의 농축계수 ...	130
표 2-5-14 우리나라의 해역환경기준(환경부, 2001)	133
표 2-6-1 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층 식물플랑크톤 우점종 변화 ...	140
표 2-6-2 2008년 7월조사시 서해병해역의 10m층 식물플랑크톤 우점종 변화 ...	141
표 2-6-3 2008년 7월조사시 서해병해역의 20m층 식물플랑크톤 우점종 변화 ...	142
표 2-7-1 캐나다 국립연구소 및 미국 국립지질조사소의 해양퇴적물 표준시료 분석결과 비교.	148
표 2-7-2 서해병해역의 표층퇴적물 입도분포(단위 : %)	157
표 2-7-3 서해병해역 표층퇴적물의 총 유기탄소 및 총 질소 함량	160
표 2-7-4 서해병해역 퇴적물의 총 유기탄소 함량(단위 : %)	172
표 2-7-5 서해병해역의 퇴적물의 총 질소의 함량	179
표 2-7-6 서해병해역 표층퇴적물 중금속 농도	187
표 2-7-7 서해병해역 퇴적물 중 비소 농도	234
표 2-7-8 서해병해역 퇴적물 중 카드뮴 농도	241
표 2-7-9 서해병해역 퇴적물 중 크롬 농도	248
표 2-7-10 서해병해역 퇴적물 중 구리 농도	255
표 2-7-11 서해병해역 퇴적물 중 수은 농도	262
표 2-7-12 서해병해역 퇴적물 중 니켈 농도	269
표 2-7-13 서해병해역 퇴적물 중 납 농도	276
표 2-7-14. 서해병해역 퇴적물 중 아연 농도	283
표 2-7-15 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 PAHs 농도	293
표 2-7-16 몇몇 PCBs 종의 TEF 값	298
표 2-7-17 외국 항구 퇴적물 중 PCBs 농도	299
표 2-7-18 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 PCBs 농도	302
표 2-7-19 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 OPPs 농도	308
표 2-8-1 대형저서동물 군집의 건강성 평가기준	325
표 2-8-2 2008년 7월 서해병해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 각 분류군별 출현종수, 평균서식밀도(개체/m ²) 및 생물량(g/m ²)	326

표 2-8-3 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물의 주요 우점종	327
표 2-8-4 2008년 7월 서해병해역 및 대조해역에서 출현한 대형저서동물의 해역별 우점종	328
표 2-8-5 Cluster 및 MDS 배열법으로 구분된 각 그룹의 주요 우점종	333
표 2-9-1 국내외 수산물의 중금속 잔류농도 기준	348
표 2-9-2 식품의 중금속별 1일 섭취허용량	349
표 2-10-1 서해병해역 폐기물 배출 및 비배출해역 수산물 어획조사 위치도(2008년)	352
표 2-10-2 Dogfish 근육(muscle)과 간(liver)의 표준물질인 DORM-2를 이용한 중금속 분석 정확도 검증결과.	353
표 2-10-3 서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 2005년 및 2008년 어획된 수산물 중금속 평균함량	356
표 2-10-4 주요 국가별 수산물 미량금속 잔류허용기준	357
표 2-10-5 세계 해양에서 주요 생물의 중금속 축적 농도 (단위 ppm dry weight)	358
표 2-11-1 폐기물 4종 현장매립 모식도	375
표 2-11-2 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 가입 밀도	395
표 2-11-3 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 가입 밀도	395
표 2-11-4 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 가입 밀도	395
표 2-11-5 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량	397
표 2-11-6 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량	398
표 2-11-7 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량	398
표 2-11-8 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교	403

표 2-11-9 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교	404
표 2-11-10 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교	404
표 2-11-11 각 수거 시기별 오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 분류군별 개체수	414
표 2-13-1 거제 옥포 준설물질의 입도 비율(%)	433
표 2-13-2 입자의 정의와 침강 속도(The International Soil Science Society)	434
표 3-3-1 런던협약 제출을 위한 해양투기 허가발행 보고서 전자 양식 1	451
표 3-3-2 런던협약 제출을 위한 해양투기 허가발행 보고서 전자 양식 2	451
표 3-3-3 런던협약/의정서 주요 당사국들의 폐기물 해양투기량 현황	453
표 3-4-1 ARGO 부이를 이용한 투기해역내에서의 해수체류기간 추정치	540
표 3-5-1 일본의 연도별 폐기물 해양투기량(단위: 천톤/년)	549
표 3-5-2 일본의 2006년과 2007년 폐기물 해양투기 허가발급 현황 및 해역도	550
표 3-5-3 중국의 연도별 폐기물 해양투기량(단위: 천톤/년)	556
표 3-5-4 중국의 준설물 해양투기해역별 승인·폐쇄 일시, 투기품목 및 누계 투기량	557
표 3-6-1 해양표층수중 천연방사성핵종의 농도	587
표 3-6-2 천연물질 중의 방사성핵종 농도	588
표 3-6-3 각 국가별, 해역별 알파, 베타/감마, 삼중수소의 해양 투기현황 (1949-1982년)	592
표 3-6-4 2005~2008년까지 조사된 동해의 인공방사성핵종 농도	597
표 3-6-5 기원별 방사성핵종비 비교표	601
표 3-6-6 1993-2001년간 동해해역 인공방사성 핵종비 범위	602
표 3-6-7 2005~2008년 동해 해수중 표층과 저층의 주요 인공방사성 핵종비	602

표 4-3-1 폐기물 해양배출 제도 주요 연혁	614
표 4-3-2 2006년 시행규칙 개정으로 조정된 해양배출 폐기물 종류	614
표 4-3-3 서해병해역 구심점 위치	682
표 4-3-4 우리나라 배출해역 폐기물 종류별 투입량	688
표 4-3-5 서해병해역 폐기물 종류별 투입량	689
표 4-3-6 동해병해역 폐기물 종류별 투입량	690
표 4-3-7 동해정해역 폐기물 종류별 투입량	691
표 4-3-8 배출해역별 폐기물 종류별 총 누적량	692
표 4-3-9 해양배출 폐기물 위탁처리업체의 업종별 업체수(2008년 10월) ...	696
표 4-3-10 시·도별 폐기물 해양배출업체 수 (참조: 폐기물해양배출정보시스템)	697
표 4-3-11 런던의정서 가입 현황(2008년 12월 기준)	698
표 4-3-12 런던협약/의정서 당사국들의 연도별 폐기물 해양투기량	699
표 4-3-13 지방자치단체 하수오니 발생량 대비 해양배출량 및 의존도 (자료; 하수도통계, 2007)	700
표 4-3-14 2007년 언론사별 폐기물 해양배출 관련 보도 일시 및 내용 ...	702
표 5-3-1 국내 사육돼지 수 및 축산 농가 수	749
표 5-3-2 사육 돼지수별 축산농가 비율	749
표 5-3-3 가축분뇨 연간 해양투기량	750
표 5-3-4 가축분뇨의 화학적 특성	751
표 5-3-5 가축분뇨 처리 및 처분 비용 비교	753

그림 목차

그림 1-2-1 우리나라 폐기물 배출해역	8
그림 1-2-2 연도별 폐기물 해양 배출량의 변화	9
그림 1-2-3 해양으로 배출된 폐기물의 거동 모식도	13
그림 1-2-4 폐기물 배출이 해양에 미치는 영향	13
그림 2-2-1 서해병해역	27
그림 2-2-2 서해의 수심도 (Choi, 1999).	28
그림 2-2-3 연평균 표층 해류와 표층 수온 (2m)	30
그림 2-2-4 연평균 10m 해류와 수온	30
그림 2-2-5 연평균 30m 해류와 수온	31
그림 2-2-6 연평균 50m 해류와 수온	32
그림 2-2-7 2월 평균 표층 해류와 표층 수온	32
그림 2-2-8 5월 평균 표층 해류와 표층 수온	33
그림 2-2-9 8월 평균 표층 해류와 표층 수온	33
그림 2-2-10 11월 평균 표층 해류와 표층 수온	34
그림 2-2-11 서해의 표층퇴적물 입도분포(Chough, 1983).	36
그림 2-2-12 서해병해역에서의 월별 어업별 전체 조업일수	47
그림 2-2-13 서해병해역에서의 연도별 어획량	48
그림 2-3-1 서해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화	49
그림 2-3-2 2008년 서해병해역 폐기물 종류별 투기비율	50
그림 2-3-3 배출해역에서의 선박으로부터 폐기물 배출 사진 (확산식)	52
그림 2-3-4 서해병해역 휴식년 및 책임관리 구역	53
그림 2-4-1 해양조사에 이용된 이어도호	54
그림 2-4-2 서해병해역 해양조사 구획	55
그림 2-4-3 로젯샘플러(Rosette sampler)를 이용한 채수 및 CTD 측정	61
그림 2-4-4 박스코어러를 이용한 해저퇴적물 채취	61
그림 2-4-5 그랩을 이용한 해저퇴적물 채취	62
그림 2-5-1 해양연구원 조사선 이어도호에 장착되어 있는 CTD (Rosette sampler)	64

그림 2-5-2 서해병해역에서 수온의 연직분포	73
그림 2-5-3 서해병해역에서 염분의 연직분포	74
그림 2-5-4 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수온과 염분의 수평분포	75
그림 2-5-5 2008년 7월조사와 2005년 5월조사시 서해병해역에서의 T-S diagram.	76
그림 2-5-6 서해병해역 표면수온 인공위성영상(2008년 7월 8일~14일)	77
그림 2-5-7 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 pH의 연직분포	78
그림 2-5-8 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수심별 pH의 수평분포	79
그림 2-5-9 2008년 7월조사시 서해병해역에서 용존산소의 연직분포	80
그림 2-5-10 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수심별 용존산소의 수평분포 ...	80
그림 2-5-11 2008년 7월조사시 서해병해역의 정점별 수온·염분·온도의 연직분포	81
그림 2-5-12 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 아질산염의 연직분포 ...	83
그림 2-5-13 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 아질산염의 수평분포 ...	84
그림 2-5-14 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 질산염의 연직분포 ...	85
그림 2-5-15 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 질산염의 수평분포 ...	86
그림 2-5-16 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 인산염의 연직분포 ...	87
그림 2-5-17 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 인산염의 수평분포 ...	88
그림 2-5-18 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 규산염의 연직분포 ...	89
그림 2-5-19 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 규산염의 수평분포 ...	90
그림 2-5-20 2008년 7월조사시 서해병해역 용존 무기영양염류의 상관관계 ...	91
그림 2-5-21 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총 유기탄소의 연직분포	92
그림 2-5-22 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 총유기탄소 수평분포	93
그림 2-5-23 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 용존유기탄소 수평분포	94
그림 2-5-24 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 용존유기탄소의 연직분포	94
그림 2-5-25 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 입자성 부유물질의 연직분포	96
그림 2-5-26 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 입자성 부유물질의 수평분포	97
그림 2-5-27 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 Chlorophyll a의 연직분포	98

그림 2-5-28	2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 Chlorophyll a의 수평분포	99
그림 2-5-29	2008년 7월조사시 서해병해역에서 일차생산력의 연직분포 ...	102
그림 2-5-30	서해병해역의 수직 적분한 시간당 일차 생산력 분포.	103
그림 2-5-31	서해병해역의 수직 적분한 일일 일차 생산력 분포.	104
그림 2-5-32	2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 FDCMU-F의 연직분포	105
그림 2-5-33	2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 Fd-F의 수평분포	106
그림 2-5-34	동해정해역의 엽록소-a와 생체형광(in vivo fluorescence; F), DCMU 첨가 후 생체형광 (DCMU fluorescence; FDCMU), DCMU 사용전과 후의 차 FDCMU-F 사이의 상관관계.	106
그림 2-5-35	2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 FRI의 연직분포 ...	107
그림 2-5-36	2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 FRI의 수평분포도 ...	109
그림 2-5-37	2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 FRI의 분포도	109
그림 2-5-38	2008년 7월조사시 서해병해역에서 표·중·저층에서 화학적 산소요구량의 수평분포	110
그림 2-5-39	2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총질소의 연직분포	111
그림 2-5-40	2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총질소, 총인의 수평분포	112
그림 2-5-41	2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총인의 연직분포	113
그림 2-5-42	2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총 질소, 총 인의 수평분포	114
그림 2-5-43	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Co의 농도분포	115
그림 2-5-44	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Ni의 농도분포	116
그림 2-5-45	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Cu의 농도분포	116
그림 2-5-46	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Zn의 농도분포	117
그림 2-5-47	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Cd의 농도분포	118
그림 2-5-48	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Pb의 농도분포	118

그림 2-5-49	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 광 유류의 수평분포	120
그림 2-5-50	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 시안화합물의 수평분포	121
그림 2-5-51	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 페놀류의 수평분포	122
그림 2-5-52	서해병해역의 표층수에서 정점별 PAHs의 입자상태(Particle phase: PP)와 용존상태(Dissolved phase: DP)농도	123
그림 2-5-53	서해병해역의 표층수에서 정점별 PCBs의 입자상태 (Particulate phase: PP)와 용존상태(Dissolved phase: DP)농도	126
그림 2-5-54	2008년 7월조사시 서해병해역 표층 중금속 분배계수의 수평분포	128
그림 2-5-55	2008년 7월조사시 서해병해역에서 표·중·저층에서 화학적 산소요구량의 오염분포도	131
그림 2-5-56	2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총질소, 총인의 오염분포도	132
그림 2-5-57	2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총 질소, 총 인의 오염분포도	133
그림 2-6-1	2008년 7월, 식물플랑크톤의 분류군에 따른 종조성	138
그림 2-6-2	2008년 7월 식물플랑크톤의 출현총수	139
그림 2-6-3	2007년 4월, 6월 식물플랑크톤의 현존량(cells/ l)	139
그림 2-6-4	2007년 4월, 6월 다양도지수변화(H)	139
그림 2-7-1	2005년 1월 이전(▼) 및 2005년 1월 이후(▲)의 구심점과 중금속 오염이 심한 지역 (○) 비교	154
그림 2-7-2	폐기물 해양배출로 인한 해저퇴적물로의 오염물질 영향깊이	155
그림 2-7-3	서해병해역의 표층퇴적물 입도분포(단위 %)	156
그림 2-7-4	서해병해역의 표층퇴적물 입도분포	156
그림 2-7-5	서해병해역 표층퇴적물의 총 유기탄소 및 총 질소 함량 분포	159
그림 2-7-6	서해병해역 퇴적물 중 총 유기탄소의 수직분포	163
그림 2-7-7	서해병해역 퇴적물 중 총 질소의 수직분포	167
그림 2-7-8	서해병해역 표층퇴적물 화학적산소 요구량 분포	186
그림 2-7-9	서해병해역 표층퇴적물 비소 분포	189
그림 2-7-10	서해병해역 표층퇴적물 카드뮴 분포	190
그림 2-7-11	서해병해역 표층퇴적물 크롬 분포	191
그림 2-7-12	서해병해역 표층퇴적물 구리 분포	192
그림 2-7-13	서해병해역 표층퇴적물 수은 분포	192

그림 2-7-14 서해병해역 표층퇴적물 니켈 분포	193
그림 2-7-15 서해병해역 표층퇴적물 납 분포	194
그림 2-7-16 서해병해역 표층퇴적물 아연 분포	195
그림 2-7-17 서해병해역 퇴적물 비소의 수직 분포	197
그림 2-7-18 서해병해역 표층퇴적물 중 카드뮴의 수직분포	201
그림 2-7-19 서해병해역 표층퇴적물 중 크롬의 수직분포	206
그림 2-7-20 서해병해역 퇴적물 중 구리의 수직분포	210
그림 2-7-21 서해병해역 퇴적물 중 수은의 수직분포	215
그림 2-7-22 서해병해역 퇴적물 중 니켈의 수직분포	219
그림 2-7-23 서해병해역 납퇴적물 중 납의 수직분포	224
그림 2-7-24 서해병해역 퇴적물 중 아연의 수직분포	228
그림 2-7-25 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 Σ PAHs(16)의 수평분포	291
그림 2-7-26 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 Σ PAHs(27)의 수평분포	292
그림 2-7-27 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 35PCBs의 수평분포	300
그림 2-7-28 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 tPCBs의 수평분포	301
그림 2-7-29 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 OPPs의 수평분포	306
그림 2-7-30 2003년까지 서해병해역의 폐기물 배출빈도	313
그림 2-7-31 서해병해역의 폐기물 배출빈도(좌 : 2004년, 우 : 2005년) ...	313
그림 2-7-32 2006년 6월 이후 서해병해역 휴식년 구역 및 책임관리 구역 ...	314
그림 2-7-33 표층퇴적물 중 구리의 농도분포(좌 : 2005년, 우 : 2008년) ...	314
그림 2-7-34 서해병해역 주상퇴적물의 유기탄소 및 유기질소 수직분포 ...	317
그림 2-7-35 서해병해역 주상퇴적물의 중금속 수직분포	318
그림 2-7-36 휴식년제 시행 전후의 퇴적물 중 유기물 분포변화 양상	321
그림 2-7-37 휴식년제 시행 전후의 퇴적물 중 중금속 분포변화 양상	321
그림 2-8-1 대형저서동물 조사구획	324
그림 2-8-2 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 종수, 평균 서식밀도 및 생물량의 지역적 분포양상	329
그림 2-8-3 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 주요 우점종의 지역적 분포양상	330
그림 2-8-4 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역의 군집지수의 지역적 분포양상	331

그림 2-8-5	2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 수지도 및 MDS 배열.	332
그림 2-8-6	2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 오염지시종의 지역적 분포양상	334
그림 2-8-7	2008년 7월 서해병해역 및 주변해역의 저서생물지수의 지역적 분포양상	335
그림 2-9-1	2008년 7월 서해병해역의 퇴적물 공극수에 노출한 성게 배아의 수정률	344
그림 2-9-2	2008년 7월 서해병해역의 퇴적물 공극수에 노출한 성게 배아의 발생률	344
그림 2-9-3	다모류 기원 중금속 특이 발현 유전자지표의 발굴을 위한 DD-PCR 결과. 1, 대조군; 2, 20ng/ l 노출군; 3, 200ng/ l 노출군	346
그림 2-9-4	청충의 카드뮴 노출 실험군을 대상으로 한 dot bot 분석. 1, Rat brain 기원 단백질; 2, 카드뮴에 노출하지 않은 대조군(청충); 카드뮴(20ng/ l)에 노출한 실험군(청충) 기원 단백질	347
그림 2-10-1	수산물 어획 위치도	352
그림 2-10-2	한국 서해에 서식하는 황아귀	354
그림 2-10-3	서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 황아귀 근육 내 평균 중금속 함량	355
그림 2-10-4	한국 서해에 서식하는 넙치	360
그림 2-10-5	서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 평균 중금속 함량	361
그림 2-10-6	한국 서해에 서식하는 양태	362
그림 2-10-7	서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 양태 근육 내 평균 중금속 함량	363
그림 2-10-8	한국 서해에 서식하는 돌가자미	364
그림 2-10-9	서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 돌가자미 근육 내 평균 중금속 함량	366
그림 2-10-10	한국 서해에 서식하는 농어	367
그림 2-10-11	서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 농어 근육 내 평균 중금속 함량	368

그림 2-11-1 실험용 퇴적물 제조 및 폐기물 채취	373
그림 2-11-2 Microcosm의 제작 형태	374
그림 2-11-3 Microcosm 형태에 따른 가입 종수	377
그림 2-11-4 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m ²)	378
그림 2-11-5 Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성	378
그림 2-11-6 Microcosm 형태에 따른 가입 종수	379
그림 2-11-7 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m ²)	379
그림 2-11-8 Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성	380
그림 2-11-9 Microcosm 형태에 따른 가입 종수	380
그림 2-11-10 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m ²)	381
그림 2-11-11 Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성	381
그림 2-11-12 Microcosm 형태에 따른 가입 종수	382
그림 2-11-13 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m ²)	383
그림 2-11-14 Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성	383
그림 2-11-15 조사시기별 Microcosm 형태에 따른 가입 종수	384
그림 2-11-16 조사시기별 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수 변화	384
그림 2-11-17 조사기간 Microcosm에 가입된 저서동물의 전체 종조성	385
그림 2-11-18 폐기물 종류에 따른 가입 종수(종수/0.12m ²)	386
그림 2-11-19 폐기물 종류에 따른 가입 개체수(개체/0.12m ²)	387
그림 2-11-20 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성	387
그림 2-11-21 폐기물 종류에 따른 가입 종수 및 개체수(개체/0.12m ²)	389
그림 2-11-22 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성	390
그림 2-11-23 폐기물 종류에 따른 가입 종수 및 개체수(개체/0.12m ²)	391
그림 2-11-24 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성	392
그림 2-11-25 조사시기에 따른 폐기물의 농도별 가입 종수	392
그림 2-11-26 조사시기에 따른 폐기물 종류 및 농도별 가입 개체수	393
그림 2-11-27 조사기간 실험구에 가입된 저서동물의 전체 종조성	394
그림 2-11-28 각 정점별 수거 시기별 전체 microcosm내의 중형저서동물 서식 밀도 비교	396
그림 2-11-29 폐기물 혼합 실험구의 수거시기별 중형저서동물 서식밀도 비교	396
그림 2-11-30 폐기물 종류별 microcosm에서 출현한 중형저서동물 서식밀도 비교(각 혼합비율 실험구별 합산값)	397
그림 2-11-31 각 정점별 회수 시기에 따른 중형저서동물 가입 생체량 비교	399

그림 2-11-32	폐기물 혼합 실험구의 수거시기별 중형저서동물 생체량 비교	400
그림 2-11-33	폐기물 종류별 microcosm에서 출현한 중형저서 동물 생체량 비교(각 혼합비율 실험구별 합산값)	400
그림 2-11-34	각 정점별 회수 시기에 따른 가입 중형저서동물 출현 분류군 수 변동 비교	401
그림 2-11-35	2008년 10월 10일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류군 조성비 비교	402
그림 2-11-36	2008년 10월 31일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류 조성비 비교	402
그림 2-11-37	2008년 11월 21일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류군 조성비 비교	403
그림 2-11-38	2008년 10월 10일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교	405
그림 2-11-39	2008년 10월 31일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교	405
그림 2-11-40	2008년 11월 21일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교	405
그림 2-11-41	전체 시기별로 합산된 각 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교	406
그림 2-11-42	폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화	406
그림 2-11-43	폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화	407
그림 2-11-44	폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화	408
그림 2-11-45	폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화	408
그림 2-11-46	폐기물의 시간 경과에 따른 저질내 강열감량 변화	409
그림 2-11-47	SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 활성도를 이용한 유기물의 cell수 변화	410
그림 2-11-48	시간 경과에 따른 폐기물 25%구간의 유기물 cell수 변화	411
그림 2-11-49	시간 경과에 따른 폐기물 50%구간의 유기물 cell수 변화	412
그림 2-11-50	시간 경과에 따른 폐기물 75%구간의 유기물 cell수 변화	413
그림 2-11-51	각 수거 시기별 오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 개체수 비교(각 PFU mesh 크기별 합산량)	415
그림 2-11-52	실험구와 대조구의 시기별 PFU에 가입한 저서생물 평균 개체수 비교	416

그림 2-11-53	오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 개체수 비 (시기별, 크기별 PFU 합산량)	416
그림 2-11-54	실험구와 대조구의 PFU mesh 사이즈에 따른 가입 저서생물 평균 개체수 비교	417
그림 2-12-1	황해 지형도와 서해병해역 및 관측 정점	422
그림 2-12-2	수온의 연직 구조	425
그림 2-12-3	염분의 연직구조	426
그림 2-12-4	2008년 7월 수층별 수온 수평 분포	427
그림 2-12-5	2008년 7월 수층별 염분 수평 분포	428
그림 2-12-6	동서단면과 남북단면의 위치	429
그림 2-12-7	동서단면 1의 수온(좌)과 염분(우) 분포	430
그림 2-12-8	남북단면 2의 수온(좌)과 염분(우) 분포	430
그림 2-12-9	남북단면 3의 수온(좌)과 염분(우) 분포	431
그림 2-12-10	남북단면 4의 수온(좌)과 염분(우) 분포	432
그림 2-12-11	남북단면 5의 수온(좌)과 염분(우) 분포	432
그림 2-13-1	해상도 1/10도 재분석 모델에서 나타난 동해 남서부의 표층 해류	435
그림 2-13-2	서해의 표층 해류	436
그림 2-13-3	유속에 따른 농도의 시간 변화. 동해의 배경농도(0.2g/m ³)와 서해의 배경농도(1g/m ³)를 함께 도시함	436
그림 2-13-4	거리에 따른 농도의 시간 변화	437
그림 2-13-5	배출횟수에 따른 농도의 시간 변화	438
그림 2-13-6	배출량에 따른 농도의 시간 변화	438
그림 2-13-7	배출량에 따른 농도의 시간 변화	439
그림 2-13-8	해류 방향 20km에서 흐름의 수직 방향으로의 농도의 시간 변화	440
그림 2-13-9	동해병해역의 4개 후보 배출 구획	441
그림 2-13-10	동해정해역의 4개 후보 배출 구획	442
그림 2-13-11	동해병해역의 4개 후보 배출 구획	442
그림 3-4-1	Argo 부이 이동 궤적(상부: 동해병해역, 하부: 동해정해역, 점선은 한·일대륙붕 경계선임)	530

그림 3-5-1 중국의 폐기물 해양투기해역	541
그림 3-5-2 일본 폐기물 해양투기해역	546
그림 3-5-3 일본의 폐기물 해양투기 허가 신청 및 확인 심사 절차	547
그림 3-5-4 일본의 연도별 하수오니 해양투기량 변화	549
그림 3-6-1 2005년 10월 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포	599
그림 3-6-2 2006~2008년 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포	599
그림 3-6-3 2007~2008년 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포	600
그림 3-6-4 2005~2008년 동해 해수중 표층과 저층의 주요 인공방사성 핵종비	603
그림 4-3-1 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 메인화면	610
그림 4-3-2 회원 구성도	612
그림 4-3-3 접속자 통계	613
그림 4-3-4a 서해병해역(2002년 1월~ 2004년 12월)	680
그림 4-3-4b 서해병해역(2005년 1월 이후)	681
그림 4-3-5 동해병해역	683
그림 4-3-6 동해정해역	684
그림 4-3-7 배출해역 휴식년 시행 구역(동해병 및 서해병해역)	684
그림 4-3-8 연도별 폐기물 해양배출량의 변화	685
그림 4-3-9 서해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화	686
그림 4-3-10 동해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화	686
그림 4-3-11 동해정해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화	687
그림 4-3-12 배출해역별 폐기물 종류별 총 누적량	687
그림 4-3-13 배출해역별 폐기물 배출 총 누적량의 배출비율	693
그림 4-3-14 배출된 폐기물 종류별 총 누적량의 배출비율(1991년~2008년) ..	693
그림 4-3-15 해양배출 폐기물 총량의 종류별 배출비율(2008년)	694
그림 4-3-16 배출해역별 해양배출 폐기물 종류별 총 누적 배출 비율	694
그림 4-3-17 해양배출 폐기물 위탁업체수의 연도별 변동양상	695
그림 4-3-18 해양배출 폐기물 위탁업체의 업종별 비율(2006년 기준)	696
그림 4-3-19 폐기물 배출해역 환경상태 현황	697
그림 4-3-20 폐기물 전자유통창구의 기업/신기술 제품 홍보실	714
그림 5-3-1 제주도 사육돼지 두수별 가축분뇨 해양투기 위탁현황	750
그림 5-3-2 가축분뇨 처리 및 처분 방안	755

부 록

부록 2-5-1. 서해병해역 해수성분 농도	777
부록 2-10-1. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 황아귀 근육 내 중금속 함량 조사결과	793
부록 2-10-2. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 중금속 함량 조사결과	793
부록 2-10-3. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 양태 근육 내 중금속 함량 조사결과	794
부록 2-10-4. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 돌가자미 근육 내 중금속 함량 조사결과	794
부록 2-10-5. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 농어 근육 내 중금속 함량 조사결과	795
부록 5-3-1. 유기성폐기물 해양배출 방지를 위한 대책	796
부록 5-3-2. 2단 중온 혐기소화 바이오가스 플랜트 실증사례	809
부록 5-3-3. 고농도 폐수의 에너지화 및 감량화	819
부록 5-3-4. 돈·분뇨 자원화 및 정화방류 공법	829

제 1 장

서 론

제 1 절 서 론

폐기물이란 「폐기물 관리법 제2조」에서 “쓰레기, 연소제, 오니, 폐유, 폐산, 폐알칼리, 동물의 사체등으로써 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질을 말한다”라고 정의하고 있다. 이러한 폐기물은 인간활동의 결과에 의해 필요불가결하게 발생된다. 한편 인간은 물, 공기, 토양이라는 환경요소에 둘러싸여있고, 맑은 물, 맑은 공기, 깨끗한 토양을 추구함으로써 쾌적한 생활을 얻고자 한다. 이와같은 환경요소의 관리 수준은 한 나라 국민의 삶의 질을 결정하고 또한 경제적 선진국과 개발도상국을 가름하는 잣대이기도 하다. 따라서 쾌적한 생활은 일상생활과 산업활동의 부산물로 발생하는 폐수와 폐기물을 인간 생활영역으로부터 격리하고 고립시킴으로서 가능해진다.

폐기물의 처리 및 처분



이와 같이 폐수를 포함한 폐기물이나 기타 더 이상 용도가 없어진 물질은 인간 생활영역으로부터 격리·고립하기 위해 주변 환경으로 배출하는 것을 최종 처분이라고 한다. 이 최종처분이 가능한 매체는 육상 (주로 매립), 대기 (주로 소각으로 소각후 남은 재를 다시 처분해야하는 중간처분 임), 해양 (해안 배출과 투기)과 같이 3가지가 있다. 이러한 최종처분에는 필연적으로 환경오염 문제가 발생한다. 각 국가는 환경오염을 방지하기 위하여 처분기준을 설정하여 관리하고 있다. 하지만 처분기준은 환경오염을 방지하기 위한 것이라고 하기 보다는 처분기준까지는 사회적으로 협의하여 해당 환경을 오염시키는 것을

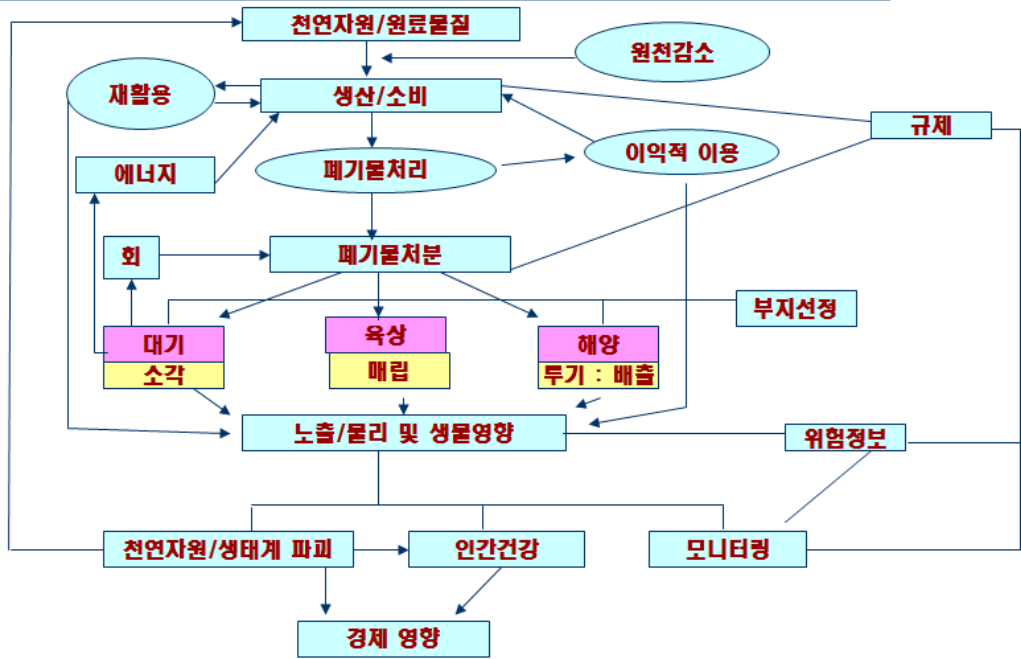
용인하는 제도이다. 따라서 배출기준은 과학, 기술, 경제 여건에 따라 수시로 개정되고 있다.

오랜 과거로부터 인간은 식량자원 확보와 이동의 용이성 때문에 바다 주변에서 살아오면서 인간활동의 결과 생성되는 모든 폐기물은 주변의 환경에 처분하여 왔다.

특히 해양은 자정능력이 무한하다는 인식에 의해 많은 폐기물이 인간의 거주지로부터 해양으로 처분되어 왔다.

그러나 근대화와 함께 인구는 급격하게 증가하였고, 산업 역시 급속히 발전하여 이에 따라 다양한 폐기물의 발생량도 급격히 증가하였다. 또한 매년 새롭게 만들어지는 다양한 물질들에 의해 폐기물에 함유된 유해물질 또한 다양화되면서 해양으로 처분된 폐기물은 해양환경에 여러가지 문제를 일으키고 있다.

▶ 폐기물 관리: 발생하는 폐기물을 주변 환경에 처분함으로써 환경오염 발생



해양은 육상과 대기와 같은 타 처분매체와는 그 특성이 다르기 때문에 육상의 경우처럼 처분장을 고립시키거나 대기처럼 유동성이 커서 확산에 의존하는 방법으로 폐기물을 처분할 수 없다. 즉 해양에서의 확산은 그 범위가 비교적 한정되어 있고, 침강, 재부유 등이 과정들이 혼재하고 있고, 그 외 어업, 레저 등 여러 가지 목적으로 해양은 이용되어 인간활동과 밀접하게 연관되어 있다.

통용되는 해양오염의 정의는 “오염이란 어업 및 기타 해양의 합법적 사용, 해수의 사용에 대한 질의 저하, 그리고 쾌적성 감소를 포함한 생물자원 및 해양생태계, 인류의 건강, 해양활동들의 방해 같은 악영향을 초래하거나 초래할 가능성이 큰 인간활동에 의한 폐기물 혹은 기타 물질의 직·간접적인 해양으로의 입력“을 의미한다.

해양은 다양하고 풍부한 생물자원을 가지고 있고 인간에게 식량자원으로서 중요한 역할을 담당하고 있다.

특히 해양은 닫힌 공간이 아닌 열린 공간으로 지구상에 해안에 접한 모든 국가가 공유하기 때문에 한 국가에서의 폐기물 해양배출로 인한 해양오염은 인접한 타 국가에게도 심각한 영향을 미치게 된다.

따라서 폐기물 투기로부터 해양환경을 보호하기 위한 “폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염 방지에 관한 협약“인 1972 런던협약이 탄생되었다. 이 1972 런던협약은 몇 번의 개정 작업을 거쳐 1993년에 현재의 체제를 갖추었고, 1996년에는 의정서를 체결하여, 2006년 3월 24일 런던의정서가 발효되었다.

이러한 런던협약 및 런던의정서는 해양투기 폐기물에 대한 종합적인 관리 시스템을 제시하고 있다. 즉 폐기물 해양투기 이전에 폐기물 발생 특성을 고려하여 사전처리, 재활용, 소각, 매립 등 육상처리원칙의 대체방안을 강구하고, 불가피할 경우 해양에 투기가 가능한 기준을 만족시킨 후, 각각의 폐기물 특성에 적합한 투기해역을 선정하며, 해양투기 이후에도 정밀 모니터링을 통해 허가 조건이 충족되었는지, 허가 검토와 투기해역 선정시 행해졌던 가설이 환경 보호를 위해 제대로 이루어 졌는지, 그리고 도출된 문제점을 보완하도록 하는 폐기물 발생부터 투기 이후까지 종합적인 관리를 통해 시행하도록 요구하고 있다.

현재 미국, 유럽 등 선진국들에서의 폐기물 정책은 감량화→재활용→소각→매립→해양 순으로 검토하고 있다.

폐기물 감량화는 폐기물 발생을 원천적으로 차단시키고, 처리비용을 저감시킬 수 있어 가장 우선적으로 검토된다.

재활용 또한 소각, 매립 및 해양투기량을 근본적으로 감축시킴으로서 대기오염 감소와 매립장 및 투기해역의 수명을 연장시키고, 또한 재활용 산업을 육성함으로써 고용 창출 등 경제적으로도 큰 이익이 될 수 있다.

소각은 배출 가스에 의한 대기오염 문제가 발생할 수 있지만 소각 기술의

발달로 문제를 해결할 수 있고, 소각에 의해 발생하는 열에너지를 회수하여 재활용하는 잇점도 있다.

매립은 침출수에 의한 지하수 오염의 문제가 발생할 수 있지만 침출수 방지시설 등으로 해결 가능하고, 분해 산물로 발생하는 메탄가스 등을 이용하여 소각과 같이 열에너지를 회수할 수 있다.

그러나 해양투기의 경우에는 일단 폐기물이 투기되어 문제가 발생되어도 회수가 불가능하고, 또한 유기물 분해에 따른 산소 고갈, 유해물질의 해양생물 체내 축적과 이에 따른 인간 건강 위협과 주변 국가들과의 환경 분쟁 초래 등 상당한 문제를 초래할 수 있다.

따라서 폐기물 배출해역의 환경보호와 2009년 1월 가입예정에 있는 2006년 3월 24일 발효된 런던의정서의 당사국 의무 준수를 위한 국내제도의 미비점을 보완하고, 폐기물 배출해역의 환경상태를 파악하여 지속적인 사후관리가 필요하다.

제 2 절 폐기물 해양배출 현황 및 제도의 개론

1. 폐기물 해양배출 제도

가. 폐기물 해양배출제도 개관

우리나라의 해양배출 제도는 1977년 12월 31일 법률 제3079호로 『해양오염방지법』이 제정되어 제10조 (선박으로 부터의 폐기물 배출금지) 4항 (산업폐기물 등으로 육지에서 처리가 곤란한 폐기물을 대통령령으로 정하는 처리방법 및 지정해역에 배출)에 처음으로 도입되어 1978년 7월 1일부터 당시의 지방해운항만청에서 시행하였다. 1978년 9월 25일 대통령령 제9175호에 의해 『해양오염방지법 시행령』이 제정되어 제8조(산업폐기물 등의 처리방법 및 지정해역) 2항 (지정해역은 갑·을·병·정·무해역으로 구분 및 해역의 범위 지정)에 의해 폐기물의 처리방법(처리기준 포함)과 처분이 가능한 지정해역이 규정되었고, 이어 1979년 5월 31일 내무부령 제294호로 『해양오염방지법 시행규칙』이 만들어지고 같은 해 8월 10일 교통부령 634호로 『해양오염방지에 관한 규칙』의 제10조 (폐기물운반선의 등록신청서)에서 배출되는 폐기물 운반선의 요건도 만들어졌다. 그리고 1993년 1월 8일 총리령 417호로 현재의 동해병, 동해정, 서해병의 배출해역이 지정되고 오니류, 폐수, 폐산 및 폐알칼리, 수산가공잔재물, 준설토사 등이 배출되었고, 1996년에는 16개의 폐기물 해양배출업체가 배출해역에서 배출을 하고 있었다.

이러한 폐기물 배출제도는 관할기관이 보건사회부에서 환경부로 그리고 1996년 8월 8일 정부조직법의 개정에 의해 해양수산부가 발족되어 폐기물 해양배출의 업무가 현재의 해양수산부로 이관되면서 몇 번의 개정을 거쳐 국가정책 및 제도개선에 관한 업무는 해양수산부 장관, 그 집행업무인 배출해역 지정·폐기물 해양배출업의 등록 및 위탁처리 신고업무는 해양경찰서장에게 위임되었고, 폐기물 배출해역지정은 해양경찰서장이 해양경찰청장의 승인을 받도록 하는 것과 같이 현재의 배출제도로 정립되어 2007년 12월 20일까지 『해양오염방지법』 제16조 4항 (“육지에서 처리가 곤란한 폐기물을 그 배출이 가능한 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 처리하고 이 경우 해양배출이 가능한 폐기물의 종류, 배출해역의 범위 및 배출자에 대한 배출해역 지정절차, 기타 필요한 사항은 해양수산부령으로 정함”)에 의해 집행되어왔고, 현재는 해양환경관리법 제23조 (육상에서 발생한 폐기물의 해양배출 금지 등)에 의해 이루어지고 있다.

해양배출이 가능한 품목은 분뇨, 가축분뇨, 폐수, 음식물류 폐기물 폐수, 하수처리오니, 폐수처리오니, 분뇨처리 오니, 원료동식물 폐기물, 수산물가공잔재물, 수저준설토사로 정해져 있다.

폐기물이 배출되는 해역은 동해에 2개소 (동해병해역, 동해정해역), 서해에 1개소 (서해병해역) 그리고 준설물질이 배출되는 무해역이 있다 (그림 1-2-1).

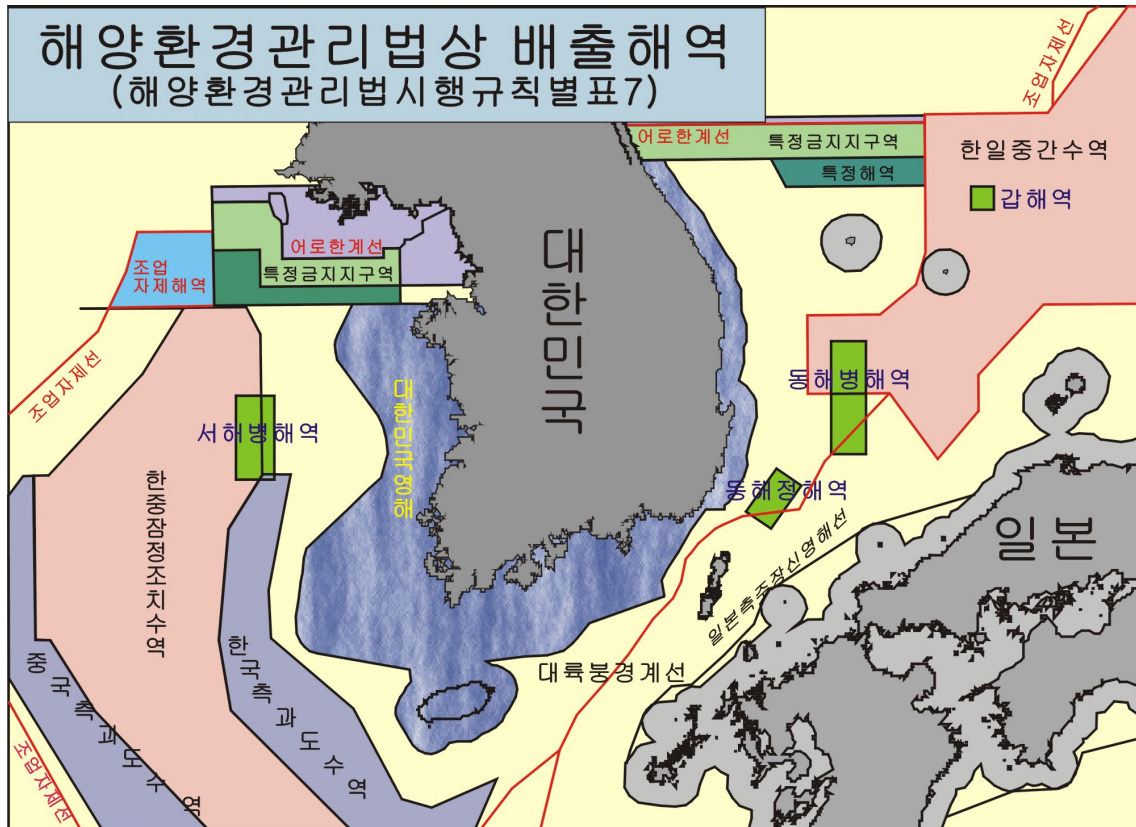


그림 1-2-1. 우리나라 폐기물 배출해역

무해역은 해안에서 0~12 해리(영해)의 영역에 속하는 해역으로 주로 수저준설토사가 배출되고 있다. 동해정해역은 울산동방 63km 떨어진 곳으로 면적은 1,616km²으로 주로 분뇨, 축산폐수, 폐수, 수산물가공잔재물, 수저준설토사등이 배출되고 있다. 동해병해역은 포항동방으로 125km 떨어진 곳으로 면적은 3,700km²으로 배출되는 물질은 분뇨, 축산폐수, 유기성폐수, 수산물가공잔재물, 수저준설토사, 하수처리오니, 원료사용동식물 폐기물, 정수·건설오니 등이다. 서해병해역은 군산에서 서쪽으로 200km 떨어진 해역으로 면적은 3,165km²으로 배출되는 물질은 분뇨, 축산폐수, 유기성폐수, 하수처리오니, 원료사용동식물 폐기물 등이 배출되고 있다.

또한 그림 1-2-1에서 나타나듯이 우리나라 배출해역은 일본 및 중국과 공유하고 있는 동해와 서해에 위치하여, 동해정 및 병해역은 일부가 일본과의 북부대륙붕 경계선을 넘어가 있고, 서해병해역은 약 2/3가 중국과의 한·중 잠정 조치수역에 포함되어 있어 폐기물 배출로 인한 오염물질의 월경문제로 주변 국가와의 마찰 가능성도 내포하고 있다. 실제로 2008년에 중국으로부터 자국 해역의 해저퇴적물 오염이 서해병해역에 배출된 폐기물 기인이기 때문에 배출 중지 및 폐쇄 요청, 그리고 일본으로부터 북부대륙붕 경계면을 초과하여 자국 영해로 침범해 있는 동해병 및 정해역의 일부 해역에 대하여 구체적인 배출 자료 및 배출해역 조정 등과 같은 요청이 있었다.

2. 폐기물 해양배출 현황

배출해역에 배출된 폐기물 배출량 자료는 1980년대 초중반의 기록은 주정 폐액에 대하여 일부 기록이 남아 있고, 1988년부터 1990년까지는 각 배출해역별 연간 총배출량 기록이 있고, 폐기물의 종류별로 분류된 배출자료는 1991년 자료부터 남아있다. 1991년부터 2008년 10월까지 폐기물 종류별 배출량의 연도 변화를 그림 1-2-2와 표 1-2-1에 나타내었다. 1988년에 547천³ 배출되었고 매년 급격히 증가하여 2005년에는 9,929천³으로 18년간 18.2배가 늘어났다. 2006년부터 정부의 폐기물 배출량 감축 정책으로 인하여 매년 조금씩 감소하기 시작하여 2008년 6,561³ 배출되었다.

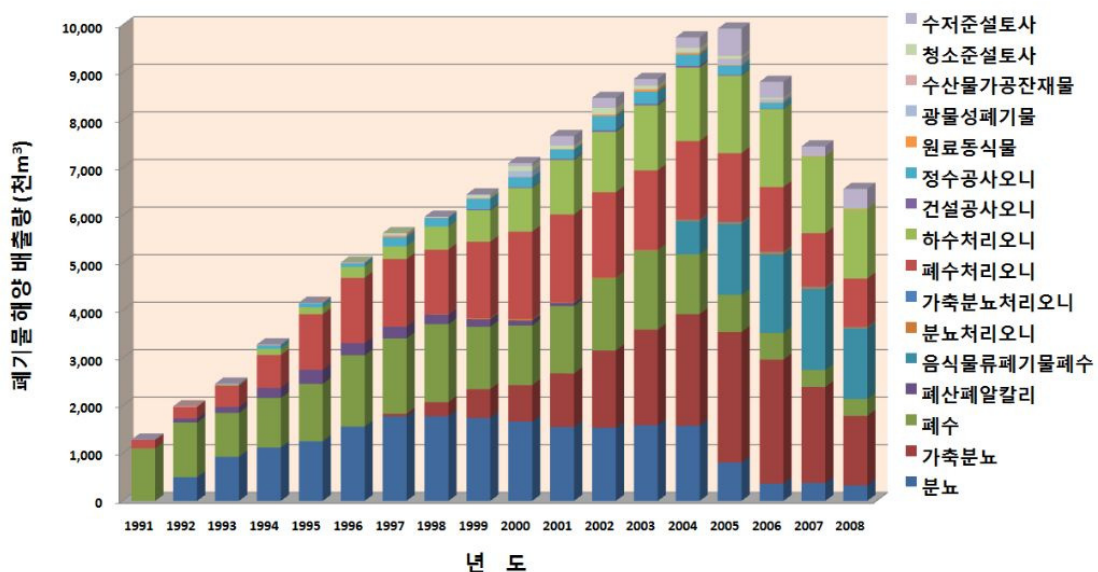


그림 1-2-2. 연도별 폐기물 해양 배출량의 변화

표 1-2-1 연도별 폐기물 종류별 해양배출량 (단위 m³)

년도	액상류				유기성 오니류				무기성 오니류		원료 동식물	광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분노	축산폐수	폐수	폐수 폐알칼리	음폐수	분노 처리오니	축산폐수 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건성 공사오니				점수 공사오니	침수 준설토사	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	738
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,068
1991	0	0	1,105	0	0	0	179	0	0	0	0	0	0	2	0	1,592
1992	499	0	1,148	87	0	0	241	0	0	0	0	0	0	15	0	1,990
1993	929	0	921	125	0	0	450	10	0	10	0	0	0	20	0	2,465
1994	1,124	0	1,040	213	0	0	692	129	0	76	0	0	0	17	0	3,291
1995	1,256	0	1,203	298	0	0	1,169	143	0	87	0	0	0	13	0	4,169
1996	1,562	0	1,500	257	0	0	1,374	231	0	72	0	0	0	17	1	5,014
1997	1,778	52	1,586	249	0	0	1,419	266	0	199	20	0	0	24	38	5,631
1998	1,780	297	1,637	206	0	8	1,356	484	2	182	0	0	0	13	11	5,976
1999	1,746	605	1,311	157	0	24	1,607	658	19	223	5	11	8	8	55	6,444
2000	1,666	765	1,257	107	0	30	1,837	920	14	210	5	119	8	8	101	7,104
2001	1,554	1,126	1,417	67	0	11	1,848	1,145	22	196	6	0	6	6	77	7,671
2002	1,538	1,626	1,520	0	0	12	1,794	1,268	35	301	28	0	5	5	137	8,475
2003	1,593	2,006	1,660	0	0	18	1,666	1,364	35	259	45	0	5	5	74	8,874
2004	1,582	2,346	1,258	0	698	23	1,650	1,547	35	238	31	4	12	12	95	9,749
2005	807	2,745	777	0	1,498	26	1,441	1,629	13	196	18	97	28	28	67	9,929
2006	364	2,607	562	0	1,657	43	1,352	1,640	7	122	14	47	9	9	40	8,812
2007	377	2,019	356	0	1,710	35	1,123	1,609	0	0	14	34	11	11	0	7,454
2008	328	1,460	356	0	1,484	24	1,014	1,457	0	0	14	23	3	3	0	6,561
sum	20,483	17,654	20,614	1,766	7,047	254	22,212	14,500	182	2,371	200	335	216	696	2,291	113,553

해양으로 배출되는 폐기물의 증가원인을 제도적, 경제적, 사회적 측면으로 아래와 같이 정리하였다.

○ 제도적 측면 : 불합리한 폐기물처리 및 관련 불합리한 폐기물 처리 및 처분 제도

- 환경부의 폐기물관리법시행규칙 별표4에 2005년 1월 19일부터 시행된 음식물류폐기물과 1997년 개정후 2003년 7월 1일부터 시행된 유기성오니의 육상직매립에 대한 제한(사실상 금지) 요건들에 의해 육상에서 처리가 불가능하게 된 음식물류폐기물폐수와 유기성 오니의 해양배출 증가.

<p>폐기물관리법 시행규칙 별표 4 <개정 2000.7.22, 2000.12.30, 2002.8.17, 2004.8.11, 2004.11.13, 2005.1.19, 2005.7.18, 2005.12.31> 폐기물의 수집·운반·보관·처리에 관한 구체적 기준 및 방법(제8조관련) 3. 음식물류폐기물의 기준 및 방법 라. 처리의 경우 (4) 특별시·광역시 또는 시 지역에서 발생하는 음식물류폐기물은 이를 바로 매립 하여서는 아니되며, 소각·퇴비화·사료화·소멸화·탄화·소화 또는 부속토 생산 등 재활용공정에서 발생하는 재활용 용도에 적합하지 아니한 헝잡물과 잔재물만을 매립하여야 한다. 다만, 특별시·광역시 또는 시 지역 중 환경부장관이 고시하여 정하는 산간·오지 또는 도서 지역에서 발생하는 음식물류폐기물은 그러하지 아니하다.</p> <p>4. 사업장일반폐기물의 기준 및 방법 라. 처리의 경우 (2) 사업장일반폐기물의 종류별 처리기준 및 방법 (나) 오니 ㉠ 「수질환경보전법」 제25조의 규정에 의한 1일 처리용량 1만세제곱미터 이상인 폐수종말처리시설, 「하수도법」 제2조제5호의 규정에 의한 1일 처리용량 1만세제곱미터 이상인 하수종말처리시설과 「수질환경보전법」 제2조제5호의 규정에 의한 1일 폐수배출량 2천세제곱미터 이상인 폐수배출시설의 유기성 오니는 ㉠의 규정에 불구하고 바로 매립하여서는 아니된다. 다만, 수분함량이 75퍼센트 이하인 유기성오니는 그러하지 아니하다.</p>
--

- 농림부의 비료관리법 제4조의 비료공정규격에서 도시 및 공단지역 폐수처리오니를 비료로 사용 불가능한 원료로 규정하여 재활용 기회가 소실됨. 즉 공단 및 도시지역에서 발생한 폐수처리오니라도 그 속에 함유된 유해물질의 농도에 따라 비료의 원료로 사용할 수 있는 가능성에 대한 검토 없이 단순히 지역적으로 구분하여 재활용 가능성이 원천적으로 상실됨.

비료관리법 제4조

비료공정규격 [2002. 11. 8 농촌진흥청고시 제2002-23호]

3. 사용불가능한 원료

원료 범위
1. 산업용 화합물 제조업 및 기타 화학제품제조업(제약포함) 부산물 및 폐수처리오니
2. 고무제품 및 플라스틱 제조업 부산물 및 폐수처리오니
3. 제1차 금속 제조업 부산물 및 폐수처리오니
4. 조립금속 제품, 기계 및 장비제조업 부산물 및 폐수처리오니
5. 석유제조 및 정제업 부산물 및 폐수처리오니
6. 가죽 및 모피제품 제조업 부산물 및 폐수처리오니
7. 비금속광물 제품 제조업 부산물 및 폐수처리오니
8. 육상운수 및 자동차 부산물 및 폐수처리오니
9. 수선업 및 세탁업 부산물 및 폐수처리오니
10. 인쇄, 출판 및 사진처리업 부산물 및 폐수처리오니
11. 전기업 부산물 및 폐수처리오니
12. 도시 및 공단지역 폐수처리오니
13. 기타 사용불가로 명시된 폐기물과 유사한 물질도 포함

○ 사회적 측면 : 폐기물 처분에 대한 국민의 인식부족

- 인구의 증가 및 산업발전에 따른 폐기물 절대배출량의 증가
- NIMBY(Not In My Backyard)현상에 따른 육상에 폐기물 처리 및 재활용시설의 곤란.
- 폐기물을 재활용한 제품에 대한 잘못된 인식으로 인하여 이용을 기피하여 재활용품의 수요처 확보가 되지 않아 결국 해양배출을 증가시키는 원인이 됨.

3. 폐기물 해양배출의 문제점

해양으로 배출된 폐기물은 해수에 희석되어 이동·확산되고 일부는 해저로 가라앉게 된다. 이렇게 확산된 폐기물은 생물이 섭취하고 폐기물에 포함된 중금속 등 오염물질은 생태계내에서 고등생물로 올라 갈수록 축적이 된다. 그리고 해저로 가라앉은 퇴적물의 일부는 해저에 서식하는 저서생물이 섭취하고, 다시 재부유한 후에 다시 가라앉기를 반복하면서 최종적으로 해저 퇴적물 속으로 매몰된다. 한편 해류에 의해 이동된 폐기물은 인접하는 국가의 바다로 유입되기도 하여 인접국가와의 국제적 문제의 소지도 내포하고 있다 (그림 1-2-3).



그림 1-2-3. 해양으로 배출된 폐기물의 거동 모식도

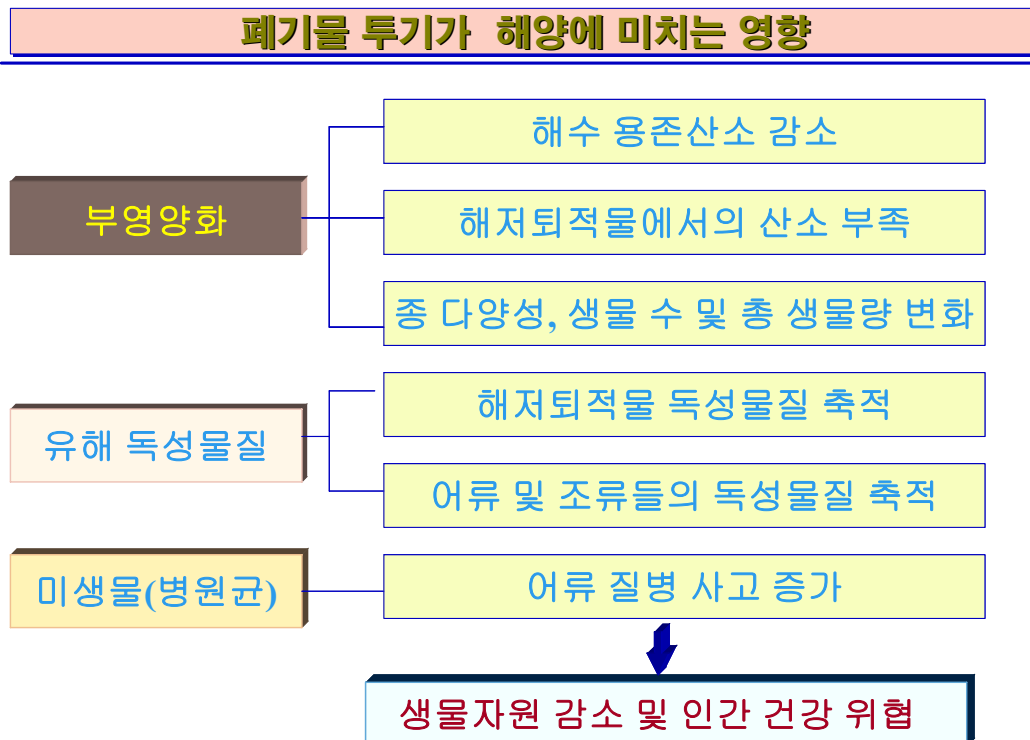


그림 1-2-4. 폐기물 배출이 해양에 미치는 영향

폐기물은 그 자체가 높은 유기물을 가지고 있고 또 중금속이나 유기오염물질등과 같은 오염물질을 포함하고 있다. 따라서 유기물이 풍부한 폐기물이 해양에 유입되면 유기물 분해로 인하여 부영양화를 일으켜 해수중에 용존 산소를 감소시키고, 해저퇴적물에 축적된 유기물이 분해하면서 산소를 소비하여 해저퇴적물중의 산소 역시 부족하게 된다. 그 결과로 해양에 서식하는 생물의 종다양성, 생물의 수 등에 변화를 일으켜 생물자원 감소를 야기한다. 또한 폐기물에 함유되어 있는 중금속과 유해독성 물질과 같은 오염물질은 해수중에서 생물이 섭취하여 먹이사슬을 통하여 수산자원에 농축되거나 해저퇴적물에 농축되어 퇴적물에 서식하는 생물체내에 농축되어 결국은 수산자원의 안정성에 영향을 미치고 생물자원감소와 국민건강을 위협하게 될 것이다 (그림 1-2-4).

제 3 절 폐기물 해양배출 규제에 대한 국제 동향

1. 1972 런던협약과 런던의정서의 역사적 배경

해양은 인간의 주생활 근거지로부터 비교적 멀리 떨어져 있을 뿐만 아니라 물리적으로도 폐기물을 무한대로 희석시킬 수 있는 거대한 수용체이고, 해양투기가 국내적 문제라는 개념에서 대부분의 연안국가들은 급증하는 폐기물량과 막대한 처리비용 문제를 해결하기 위해 해양투기를 적극 활용해왔었다. 결과로서 선진 공업국인 영국, 독일, 미국 등은 산업과정에서 발생하는 하수오니, 준설물질, 방사성물질 등 막대한 양의 산업폐기물을 해양투기하였다.

그러나 이러한 산업폐기물의 해양투기로 인해 해양오염이 심화되고, 특히 1960년대 후반 발틱해의 높은 해수중 비소 농도는 1930년대 콘크리트 컨테이너에 넣어서 해양투기 되었던 비소 때문이라는 사실이 밝혀짐에 따라 세계 각국은 해양에서의 폐기물 투기 문제가 결코 안전하지 않고 해양에 악영향을 줄 수 있다는 인식이 확산되어 국제적으로 해양투기에 대한 규제의 필요성이 제기되었다.

이에따라 북해, 발틱해 주변국들인 독일, 프랑스를 비롯한 12개국들은 해양 환경오염의 심각성을 인식하여 1972년 최초로 해양투기를 규제하기 위한 지역 협정인 “선박 및 항공기로부터 투기에 의한 해양오염방지에 관한 협약 (일명 오슬로 협약 : Oslo Dumping Convention)”을 체결하였다.

뒤이어 해양오염은 범지구적 문제라는 인식이 확산됨에 따라 해양오염 방지를 목적으로 오슬로협약을 모체로 하여 1972년에 스톡홀름에서 열린 유엔 인간환경회의에서 82개국 대표와 UN 기구 등이 참석한 런던회의에서 “폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염방지에 관한 협약” 즉 1972 런던투기협약 (London Dumping Convention 1972)이 탄생하였다. 동 협약은 1975년 8월에 15개국이 협약을 비준함으로써 1975년 8월 30일 발효되었다. 그러나 동 협약은 대상분야가 “투기” 이외에 해상 소각 등으로 확대됨으로서 “투기”라는 용어의 부적절성이 제기되어 1992년 제15차 당사국 자문회의에서 “런던협약 (London Convention 1972)”로 개명되었다. 동 협약은 1993년에 부속서를 개정하여 산업폐기물과 하수오니의 해상소각 금지, 저준위 방사성폐기물을 포함한 모든 방사성 폐기물의 해양투기 금지, 그리고 1995년 12월 31일까지 산업폐기물의 해양투기를 전면 금지하는 규정을 채택하였다.

이 협약은 2008년 12월 기준으로 85개국이 가입하였다. 우리나라는 1993년 12월에 런던협약에 가입하여 1994년 3월에 당사국 지위를 획득하였다. 런던협약에 가입한 국가는 매년 자국이 해양에 투기하는 폐기물 현황을 협약 사무국에 보고해야 할 의무를 지고 있다. 그러나 런던협약 몬트리올 의정서처럼 무역 규제 조항을 담고 있지 않아, 가입국이 협약 내용을 준수하지 않을 경우에도 구속력이 약하기 때문에 많은 당사국들이 해양투기 현황을 보고하지 않음으로서, 런던협약이 내포하고 있는 한계를 극복하기 위한 새로운 대안의 필요성이 1990년 제13차 당사국회의에서 대두되었다. 이후 런던협약의 근본적 개편을 위한 수차례 논의를 통해 1996년 11월 7일 런던협약 개정을 위한 특별회의에서 협약을 의정서로 개정하여 구속력을 지닌 “1972런던협약의 1996의정서(1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Materials, 1972)”가 채택되었다. 이 의정서는 폐기물의 해양투기를 더욱 강력하게 규제하며, 폐기물 소각을 금지시킴으로서 기존의 런던협약에서 규제하여 온 폐기물의 해양투기를 한층 강화시켰다.

이 1996의정서 (이하 런던의정서)는 2006년 3월 24일에 발효되어 명칭을 “런던의정서”로 개정하였고, 2008년 12월 기준으로 36개국이 가입하였다.

2. 런던의정서의 주요 내용

1996년 11월 7일 런던협약 개정을 위한 특별회의에서 채택된 런던의정서 (1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Waste and Other Materials, 1972)에서는 기존의 런던협약에서 규제하여온 폐기물의 해양투기를 한층 강화시켰다.

개정된 런던의정서가 기존의 런던협약 1972와 비교하여 크게 달라진 부분은 사전예방원칙의 채택 (제3조)과 투기대상물질의 축소 (부속서 1), 적용범위의 내해로의 확대 (제7조), 폐기물 평가체제 강화 (부속서 2), 중재절차 도입 (부속서 3) 등이다.

제3조 (일반 의무)에서는 “당사국은 투기행위와 그로인한 영향간의 상관 관계를 입증할 결정적인 증거가 없다고 할지라도, 해양환경에 유입된 폐기물 및 기타물질이 해를 미칠 수 있다고 생각할 만한 사유가 있는 경우에는 적절한 예방조치를 취해야 한다”라고 해양투기로부터 환경을 보호하기 위한 사전예방 원칙이 명시되어 있다.

표 1-3-1 2008년 12월 기준 런던의정서 비준국 현황

가입순서	국가	'72협약 가입	'96의정서 비준일
1	덴마크	○	1997. 4. 17.
2	독일	○	1998. 10. 16.
3	영국	○	1998. 12. 15.
4	남아프리카	○	1998. 12. 23.
5	바누아투	○	1999. 2. 18.
6	스페인	○	1999. 3. 24.
7	노르웨이	○	1999. 12. 16.
8	트리니다드 앤드 토바코	×	2000. 3. 6.
9	그루지아	×	2000. 4. 18.
10	캐나다	○	2000. 5. 15.
11	스위스	○	2000. 9. 8.
12	스웨덴	○	2000. 10. 16.
13	호주	○	2000. 12. 4.
14	아일랜드	○	2001. 4. 26.
15	뉴질랜드	○	2001. 7. 30.
16	앙골라	×	2001. 10. 4.
17	아이슬란드	○	2003. 5. 21.
18	통가	○	2003. 10. 18.
19	프랑스	○	2004. 2. 7.
20	이집트	○	2004. 5. 26.
21	세인트 키츠스앤드네비스	×	2004. 10. 7.
22	룩셈부르크	○	2005. 11. 21.
23	불가리아	×	2006. 1. 25.
24	사우디 아라비아	×	2006. 2. 7.
25	벨기에	○	2006. 2. 13.
26	멕시코	○	2006. 2. 23
27	슬로베니아	○	2006. 3. 6
28	중국	○	2006. 6. 29
29	바바도스(Barbados)	○	2006. 7. 24
30	이탈리아	○	2006. 10. 13
31	수리남	○	2007. 2. 11
32	일본	○	2007. 10. 2
33	케냐	○	2008. 2. 11
34	시에라리온	○	2008. 3. 12
35	마셜군도	×	2008. 5. 9
36	네델란드	○	2008. 9. 24

부속서 1의 투기가 가능한 물질 목록은 준설물질, 하수오니 등을 포함한 7가지 (표 67)이며, 해양투기시 사전 허가 등을 필요로 하고 있다. 즉 1972 런던협약은 해양투기 제한 (negative list)을 목적으로 하고 있지만, 런던의정서는 투기금지를 원칙 (positive list)으로 하고 있다.

3. 런던의정서의 현황

1996 의정서(런던의정서) 제25조의 효력의 발생 조항에서는 “최소한 15개 협약 당사국을 포함하여 최소 한 26개국 이 의정서의 당사국이 되겠다는 의사 표시가 있을 경우, 30일 이후 효력이 발생한다. 이후 당사국이 되기로 동의한 국가는 동의 표시 날짜로부터 30일 이후 효력이 발생한다.”라고 규정되어 있다. 이에 따라 2006년 3월 24일 멕시코가 26번째 가입국이 됨으로서 1996의정서는 런던의정서로 이름을 바꾸어 발효가 되었다. 런던의정서가 발효에 따라 제23조의 의정서와 협약간의 관계 (본 의정서는 협약에 우선한다)에 의거하여 런던협약 체약당사국들은 의정서의 규정을 준수해야 한다.

특히 2006년 6월 29일 중국의 런던의정서를 비준하고, 일본도 2007년 10월 2일에 가입함으로써 동해와 황해를 일본 및 중국과 공유하고 있는 우리나라는 런던의정서의 조속한 가입이 필요한 상황에 있기 때문에 2009년 1월에 가입 예정에 있다. 2008년 12월 기준으로 런던의정서를 비준한 국가는 36개국으로 표 1-3-1에 그 비준국 현황표를 나타내었다.

제 4 절 연구 필요성

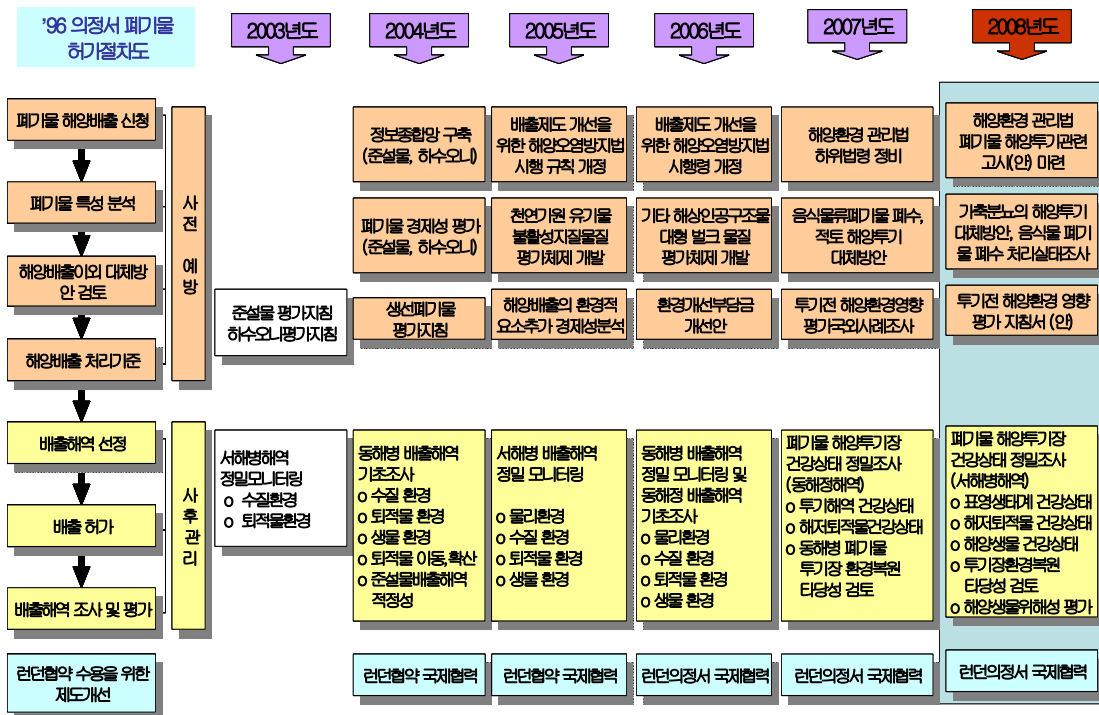
1. 연구 배경

해양배출이 시작된 이후 20년간 급격히 증가한 해양배출 폐기물로 인한 배출해역 오염방지와 과학적이고 효율적인 관리 방안 마련 및 1972 런던협약과 런던의정서 수용을 위한 폐기물 해양배출 종합관리 방안을 제시하여, 국내 제도를 개선하고, 해양환경 보호, 미래 친환경산업 (폐기물 육상 처리, 재활용) 경쟁력 확보 및 국제 위상에 기여하고 자 용역과제가 추진됨.

2. 연구 목적

- 정부의 폐기물 배출제도 운영에 필요한 기술정책 프로그램
- 폐기물 해양배출 감축을 위한 기술과 제도 개발 지원
- 런던협약 준수를 위한 기술 지원

3. 연구과제추진 체계도



제 2 장

폐기물 해양배출해역 건강상태 정밀조사

제 1 절 연구목적 및 내용

1. 연구목적

- 폐기물 배출해역의 정밀 조사를 통하여 배출해역의 건강상태 파악 및 오염된 배출해역의 정화·복원 방안 모색

2. 연구수행기관

- 한국해양연구원 특정해역 보전관리 연구센터
- 한국해양연구원 기후·연안재해 연구부
- 한국해양연구원 남해특성 연구부
- 국립수산과학원 서해수산연구소
- 광주대학교
- 해양생태기술 연구소

3. 주요과업 내용

※ 조사 기획 : 총 44개(대조기획 10개 포함) 기획

- 서해병 배출해역의 표영생태계 건강상태조사
 - 표영생태계 일차생산자 서식환경 조사
 - 물리특성 조사 (T, S 수평, 수직 분포)
 - 수괴분포 조사(T, S 수평수직 분포)
 - 표영생태계 일차생산자 생산성 조절 요인
 - 친생물 인자 성분 조사 (영양염류, DO, POC, PON, pH)
 - 광조절 요인 성분 조사 (SS)
 - 표영생태계 일차생산자 생리 건강상태 조사평가
 - 클로로필-a, 일차생산력, 생체형광, 생체형광지수(FRI)
 - 표영생태계 일차생산자 생물 종조성
 - 식물플랑크톤 종조성

- 표영생태계 유해물질 위해성 평가용 현장자료 획득
 - 유해물질 농도 조사 (COD, 총질소, 총인, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, PCB, PAH, 유분, 시안, 페놀)
 - 분배계수 (부유물농도/해수농도 = kd)
 - 표영생물 농축계수 (생물체농도/해수농도 = CF) 추정
 - 해역기준 초과여부 조사
- 서해병 배출해역의 해저퇴적물 건강상태 조사
 - 해저 퇴적물내 유해물질 축적 거동 조사
 - 해저 퇴적물 입도
 - 해저 퇴적물 함수율
 - 해저 퇴적물 유기탄소 함량
 - 해저퇴적물 총질소 함량
 - 알루미늄 함량
 - 퇴적율(속도) 조사
 - 해저퇴적물내 유해성 평가
 - 유해물질 함량 조사
 - 유기물 : COD,
 - 중금속 : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
 - 유기오염물질 : PCBs, PAHs, 유기인, 광유류
- 서해병 배출해역의 해양생물 건강상태 조사
 - 저서 생태계 건강상태 조사
 - 저서생물조사
 - 저서 동물 조사
 - 종조성, 종풍부도 조사
 - 서식밀도
 - 군집구조
 - 저서생물 오염지수 산출
 - 오염지시 생물 현존량
 - 오염민감 생물 현존량
 - 저서오염지수 산출

- 주요 수산생물 건강상태 조사
 - 서해병해역 수산자원 조사
 - 어류, 패류, 갑각류
 - 연간 어획량 변동평가
 - 주요 어구어법별 어업통계
 - 수산생물 중금속 함량
- 해양생물 및 인간 유해성 평가
 - 생물농축 계수 산출
 - 노출 평가
 - 위험 규명
 - 해양생물 유해물질 추적조사
 - 유해물질 노출 경로 평가
 - 유해물질 섭취 건강 위험도 산정
- Microcosm을 이용한 해양배출물질의 저서생물영향 연구
 - 해양배출폐기물의 유기물 자연분해능력 평가
 - 해양배출물질이 저서생물의 가입(recruitment)에 미치는 영향 평가
 - PFU(polyurethane foam unit)를 이용한 내서생물(內棲) 영향평가
- 폐기물 이동·확산 조사
 - 배출해역 내의 폐기물 이동·확산 특성 파악
 - 폐기물 이동·확산관점에서의 해역개황
 - 현장조사 CTD-수괴구분
 - 이동확산 모형 개선
 - 동 모형의 민감도 분석
- 서해병 배출해역 복원 타당성 검토
 - 복원 후보 기술별 기술적 타당성 검토
 - 자연회복 감시 기술 검토
 - 해저 수중 매립 기술 검토
 - 청정물질 피복 기술 검토
 - 표층 오염부분 제거 후 처리 기술 검토
 - 복원 후보 기술별 경제성 검토
 - 자연회복 감시 기술 경제성 검토
 - 해저 수중 매립 기술 경제성 검토
 - 청정물질 피복 기술 경제성 검토
 - 표층 오염부분 제거 후 처리 기술 경제성 검토

- 서해병해역 폐기물 배출제도 개선
 - 배출전 폐기물 해양환경 영향평가 지침서(안) 개발
 - 외국 폐기물 배출전 해양환경 영향평가 사례 정리 분석
 - 국내 적합 배출전 폐기물 해양환경 영향평가 지침서 (안) 개발
 - 서해병 배출폐기물 특성 데이터베이스 구축
 - 각 배출 폐기물별 이화학적 특성 분석
 - 물리적 특성 : 비중, 함수율
 - 화학적 특성 : 해양환경 관리법에 근거한 유해물질 항목 (COD, BOD, TN, TP, 광유류, 시안, 페놀, 크롬, 아연, 구리, 카드뮴, 수은, 유기인, 비소, 납, PCBs, PAHs)

4. 달성된 주요성과

- 폐기물 배출로 인한 서해병해역 표영 주요 생물 영향규명
- 조사항목별 오염현황
- 수괴별 오염현황
- 해역기준 초과여부
- 구획별 표영생태계 오염지도
- 배출해역 퇴적물내 유해물질 추적 거동 추적용 환경자료
- 퇴적물 오염현황 파악
- 구획별 조사성분별 오염도 지도
- 배출해역과 비배출해역과의 생태환경 분석
- 배출해역내의 구획별 생태환경 차이 분석
- 구획별 생태환경지도
- 연도별 수산자원 변동현황
- 폐기물 배출로 인한 수산자원 변화여부
- 폐기물 배출로 인한 수산생물 중금속 추적 여부
- 폐기물 배출로 인한 해양환경 및 인간건강 위해성 평가
- 배출해역 해류 및 수괴 특성 파악
- 서해병해역 정화·복원 방안 기술 검토 보고서
- 경제성 검토 보고서
- 해양환경 영향평가 지침서(안)
- 배출 폐기물 이화학적 특성 데이터베이스

제 2 절 서해의 자연환경

1. 배출해역 위치

서해병 배출해역의 위치는 군산에서 서쪽으로 약 200km 떨어진 북위 35도 27분에서 북위 36도 12분과 동경 124도 13분에서 124도 38분으로 둘러싸인 해역으로 가로 38km와 세로 83.3km로 총면적은 3,165km² 이다. 그리고 평균 수심은 약 80m 이다 (그림 2-2-1)



그림 2-2-1. 서해병해역

2. 서해의 자연환경

가. 서해의 지리적 특성

발해를 포함한 서해의 총면적은 약 460,000km²이고 총 용량은 18,000km³, 최대 수심이 105m, 평균수심이 40m 정도로 수심이 얇은 대륙붕해역으로서, 서쪽과 북쪽으로는 중국, 동쪽으로는 한반도에 의하여 삼면이 육지로 에워싸여져 있으며 남쪽으로는 동중국해를 거쳐 태평양으로 연결된다. 서해의 등심선은 대체로 해안선에 평행하여 남북방향이고 수심 80m 이상의 골이 북위 30° 선 이남, 동경 125° 선 이서지역의 서해 중앙부에 남북으로 뻗어있다(그림 2-2-2).

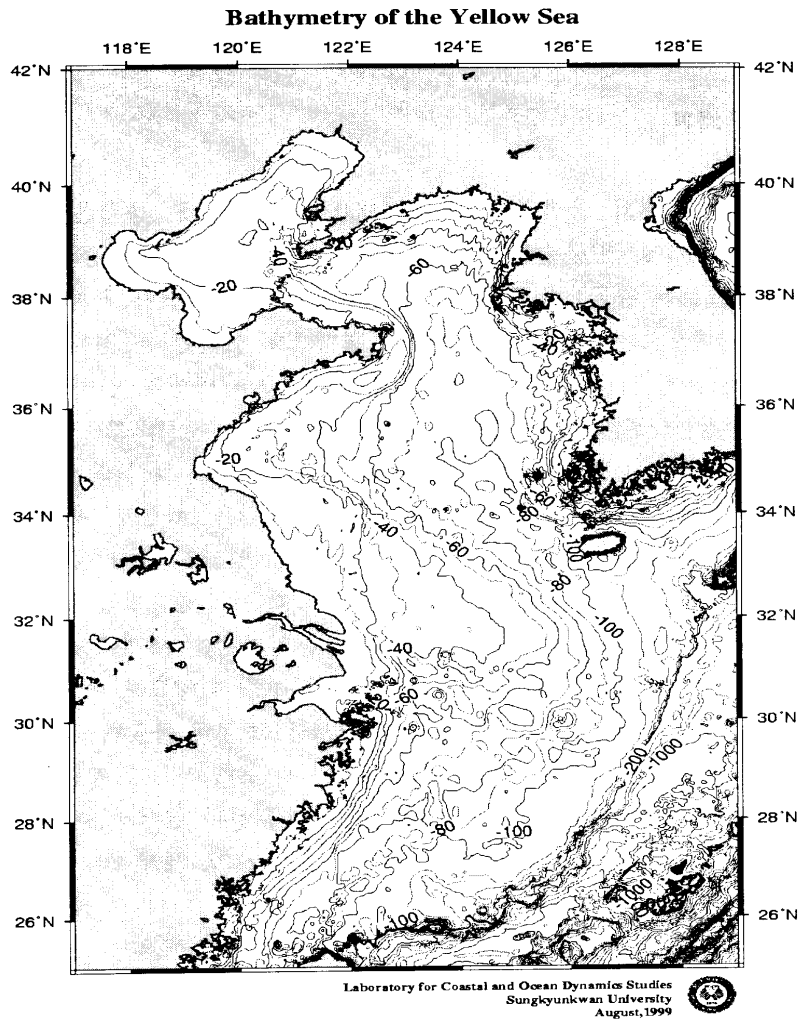


그림 2-2-2. 서해의 수심도 (Choi, 1999).

서해로는 양자강, 압록강 등 30개 정도의 크고 작은 하천이 유입된다. 한반도에서는 북에서부터 남으로 대동강, 한강, 금강, 영산강 등이 유입된다. 따라서, 서해는 육상의 풍화산물, 인간활동에 의한 각종 오염물질들의 유입에 있어서 하천이 차지하는 비중이 크다. 이들 중에서 양자강은 세계에서 유량이 다섯 번째로 큰 강으로 연간 $921 \times 109 \text{ m}^3/\text{yr}$ 의 담수를 해양으로 유출시키며 유역면적은 $1.81 \times 106 \text{ km}^2$ 에 달한다. 여름철 양자강으로부터 유출된 담수에 의해 희석된 해수는 서해 남부 뿐만 아니라 한국 남해안 및 동해까지 그 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 발해만으로 유입되는 황하는 유량에 있어서는 작은 편이나 부유물질의 방출량에 있어서는 $1,080 \times 106 \text{ ton/yr}$ 로 세계에서 두 번째로 크다.

서해 연안은 최근 수십년간 급속한 산업화와 도시화의 진행으로 인하여 많은 인구가 밀집하여 있으며 또한 이들 활동의 부산물로 연안역의 오염은 가속화되고 있는 실정이다. 서해본역으로의 오염물 이동은 하천과 연안을 통한 방출의 이동·확산과 대기를 통한 경로를 들 수 있다. 최근의 연구에 의하면 (한국해양연구소, 1995), 오염물의 서해로의 기여는 하천유입으로부터의 영향이 적은 서해중앙부와 같은 지역에서는 대기로부터의 금속원소의 기여가 상대적으로 더 많은 비중을 차지하게 되는 것으로 나타났다.

나. 서해의 해수 유동 특성

서해의 3차원 해수 유동 특성을 수평격자 크기가 약 10km이며 연직으로 20개 층인 Regional Ocean Modeling System(ROMS) 모델을 이용하여 구하였다. 표층 바람조건으로 ECMWF 재분석 일평균 해상풍이 사용되었고, 개방경계에서 조석파와 조류가 유입되고 해류 및 수온과 염분, 그리고 해수면 높이도 북서 태평양 모델에서 계속 제공되도록 하였으며, 모델 내부에 양자강과 황하가 있어서 담수가 유입되도록 하였다. 서해는 조류가 강한 곳으로서 순간적으로 빠른 조류에 의하여 150cm/s 이상의 유속이 생성 될 수도 있으나 조류는 왕복성이 있어서 그 평균값은 매우 작다.

서해의 연평균 표층 해류는 전체적으로 남향이며 황해 중앙부에서 크기가 상대적으로 크다. 서해병해역에서는 북쪽에서 평균적으로 크기가 약 1.7cm/s인 남서향류이며 남쪽에서는 미약한 남향류를 보인다. 연평균 표층 수온은 중앙부가 따뜻하고 수심이 얇은 중국연안과 한국 연안에서 상대적으로 낮다 (그림 2-2-3).

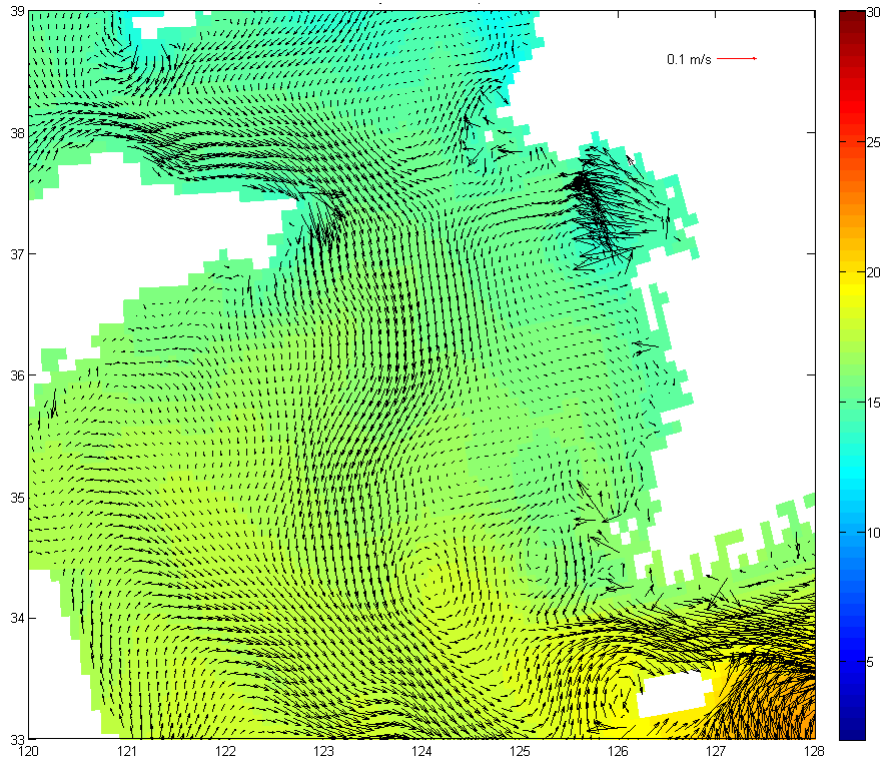


그림 2-2-3. 연평균 표층 해류와 표층 수온 (2m)

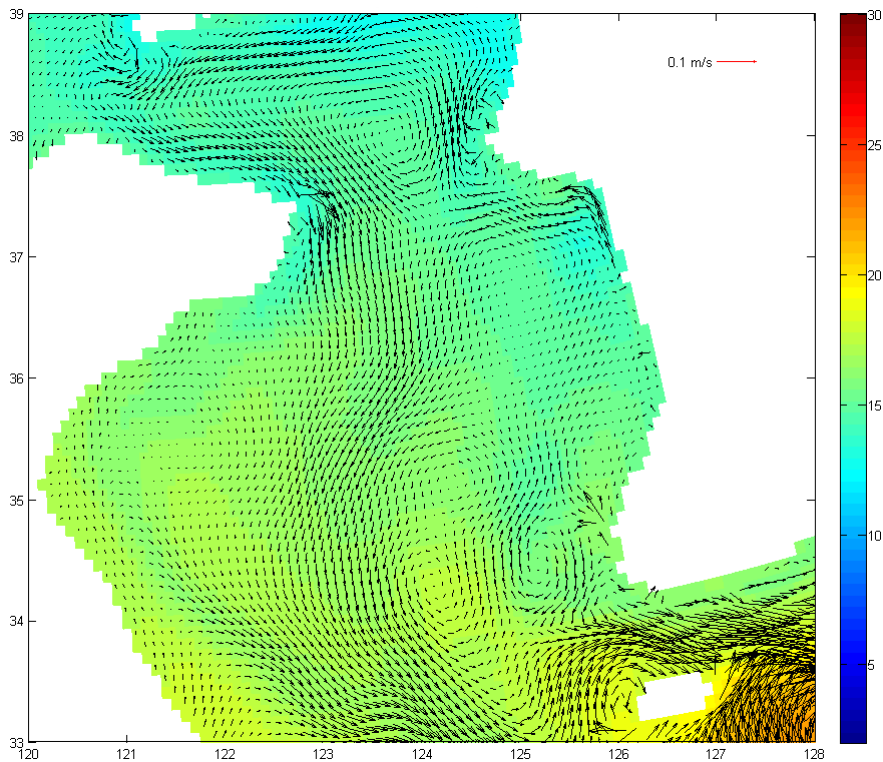


그림 2-2-4. 연평균 10m 해류와 수온

10m 수심의 연평균 해류도 2m 수심의 유속보다 작기는 하지만 전체적으로 남쪽을 향해 흐른다. 서해병해역은 남향류가 상대적으로 큰 서해 중앙부의 동쪽에 위치하며 가장 빠른 유속은 약 2cm/s이다(그림 2-2-4). 30m 수심의 연평균 해류는 서해 서쪽은 남쪽으로 동쪽은 북쪽으로 향하며 서해병해역은 방향이 다른 두 해류 사이에 위치한다(그림 2-2-5). 50m 수심의 연평균 해류는 전체적으로 북향류이나 계절마다 그 방향과 크기가 다르며 특별히 짧은 시간동안은 조류에 의해서 해수 유동 방향이 정해진다. 서해병해역의 유속은 0.4cm/s 이하로 매우 작다(그림 2-2-6).

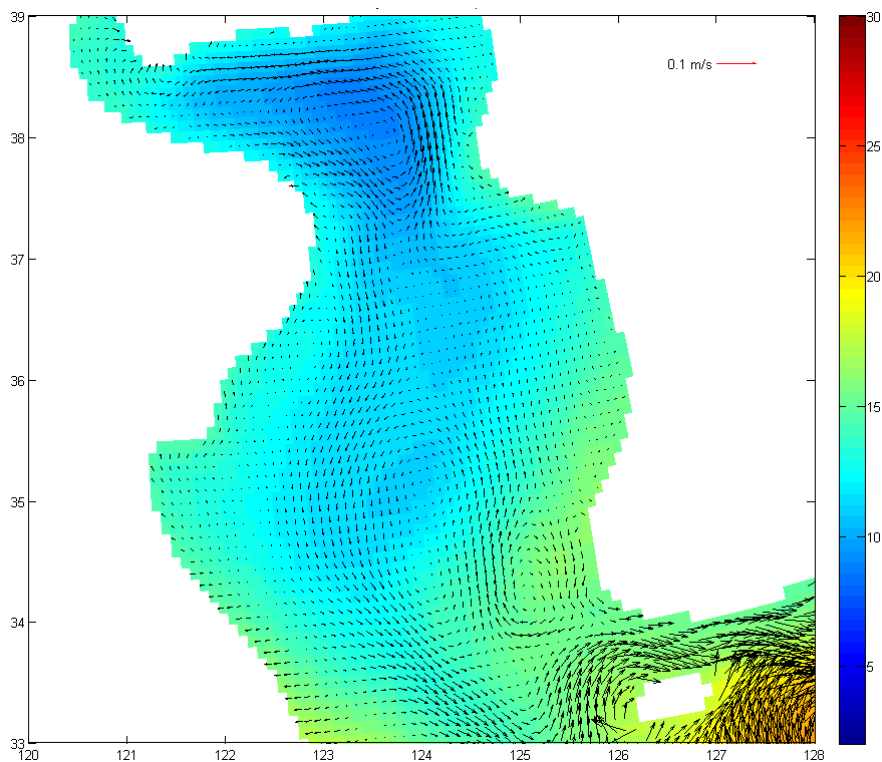


그림 2-2-5. 연평균 30m 해류와 수온

계절에 따른 표층 해류와 수온의 변화는 다음과 같다. 2월의 표층 수온은 수심이 얕은 중국 연안과 한국 연안에서 5°C 이하로 낮으며 서해병해역은 약 7~12°C 이이다. 바람의 영향을 크게 받는 표층 해류는 서해병해역에서 남쪽 또는 남서쪽으로 흐르며 그 크기는 약 4.7cm/s이다(그림 2-2-7). 5월에는 중국 연안과 한국 연안에서 표층 수온이 20°C 정도로 높아지며 서해병해역은 약 12~17°C 가 된다. 해류는 서해 중앙에서는 전체적으로 남쪽으로 흐르고 한국 연안 근처에서는 북쪽을 향해 흐르기 시작한다.

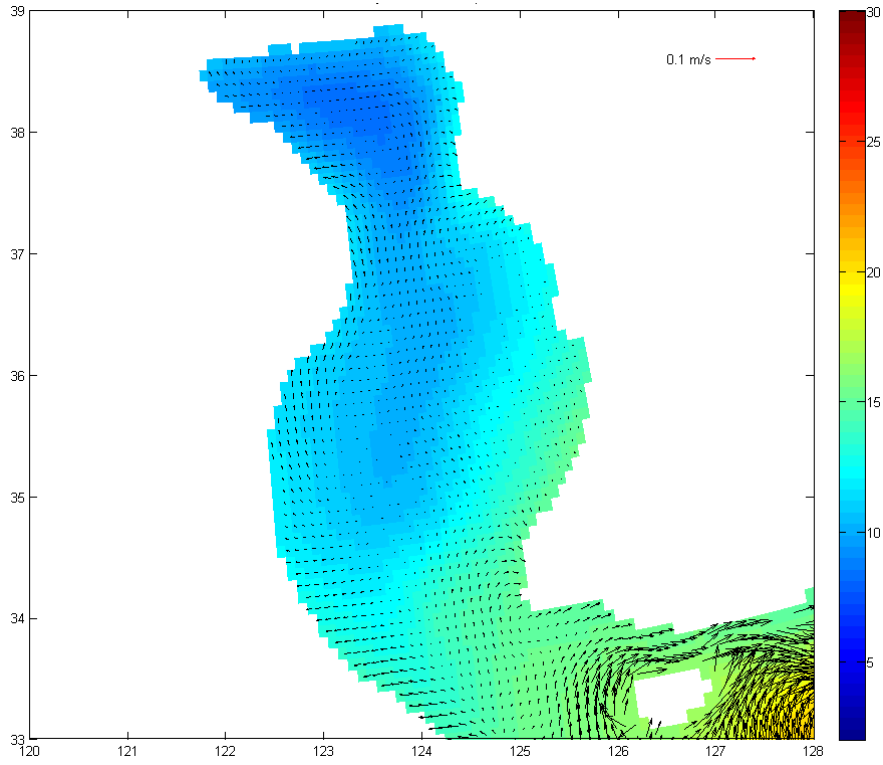


그림 2-2-6. 연평균 50m 해류와 수온

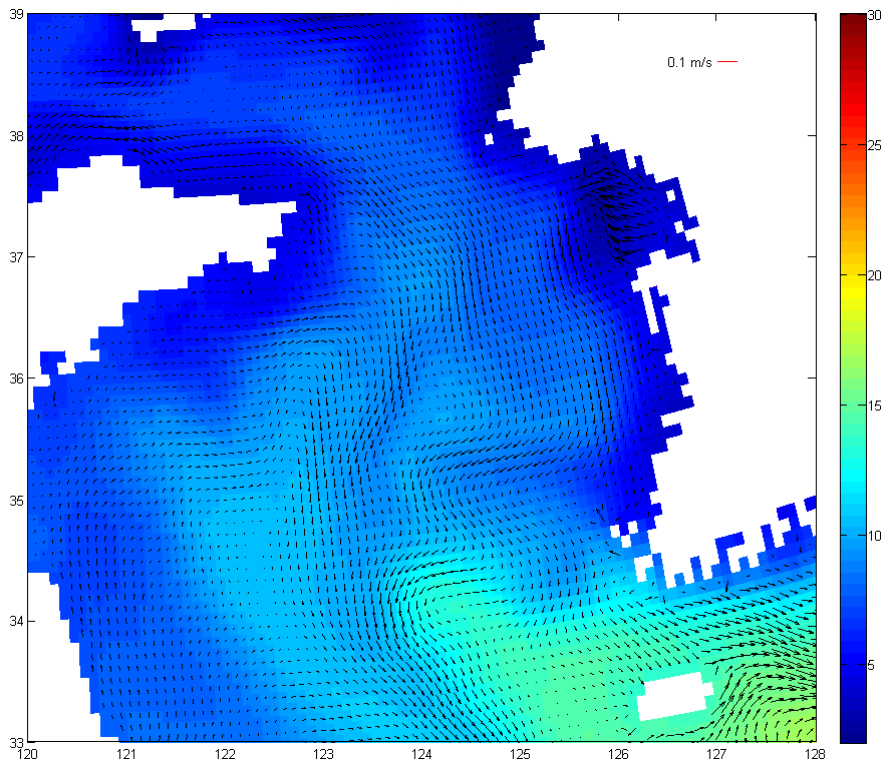


그림 2-2-7. 2월 평균 표층 해류와 표층 수온

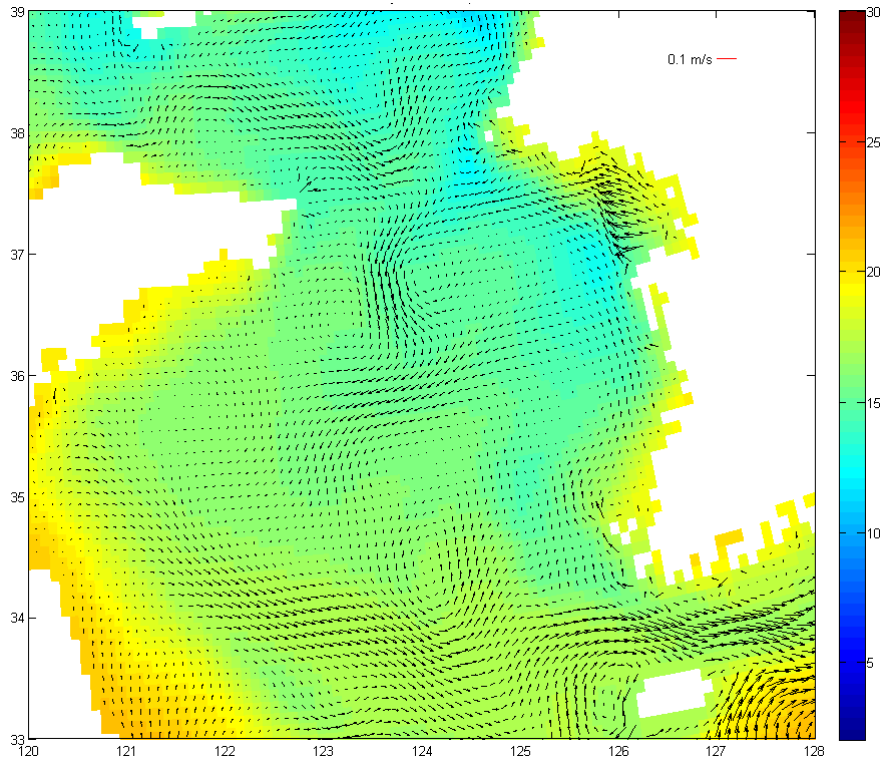


그림 2-2-8. 5월 평균 표층 해류와 표층 수온

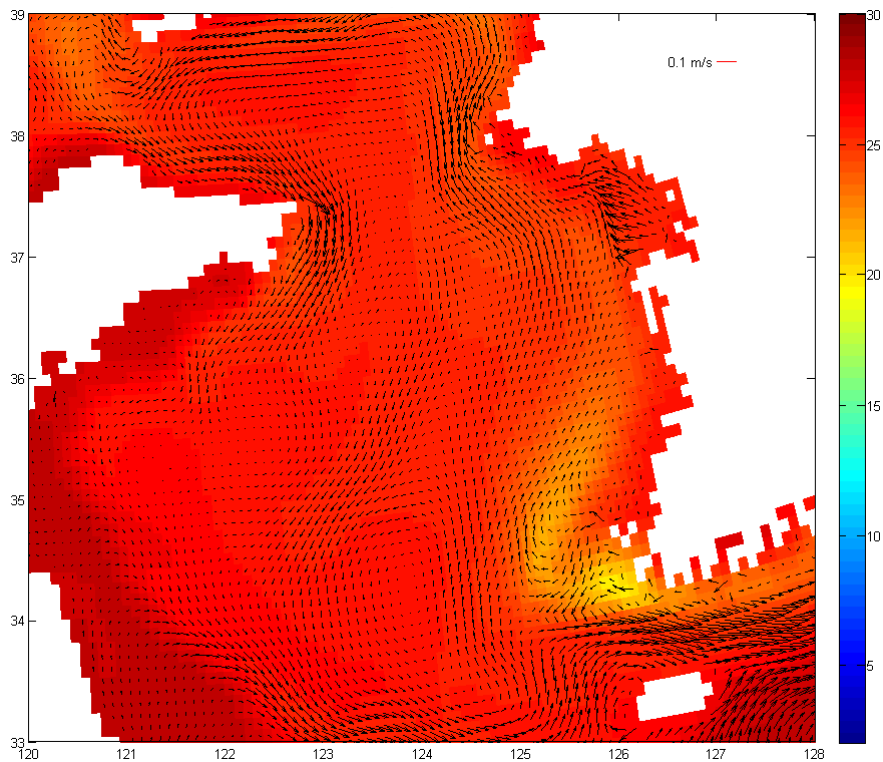


그림 2-2-9. 8월 평균 표층 해류와 표층 수온

서해병해역에서는 남서쪽으로 흐르고 강한 곳은 약 5cm/s이다(그림 2-2-8). 8월에는 조석 혼합이 활발한 한국 남서연안에서만 18~20℃로 낮은 점을 제외하면 표층 수온은 전체적으로 20℃ 이상이며 서해병해역에서는 21~28℃이다. 해류는 서해 서쪽해역에서 남쪽으로 흐르고 동쪽해역과 한국 연안에서는 북쪽으로 흐른다. 서해 중앙부에서는 남쪽으로 흐르는 경향이 있으며 서해병해역에서 빠른 곳은 4.5cm/s에 이른다(그림 2-2-9). 11월에는 표층 수온이 낮아져 약 13~20℃를 나타내며 경기만과 중국 연안, 한국 연안의 수온이 가장 낮고 서해병해역은 약 13~21℃이다. 표층 해류는 전체적으로 남쪽으로 흐르며 서해병해역에서는 해류가 상대적으로 커서 약 5.5cm/s의 남향류가 나타난다(그림 2-2-10).

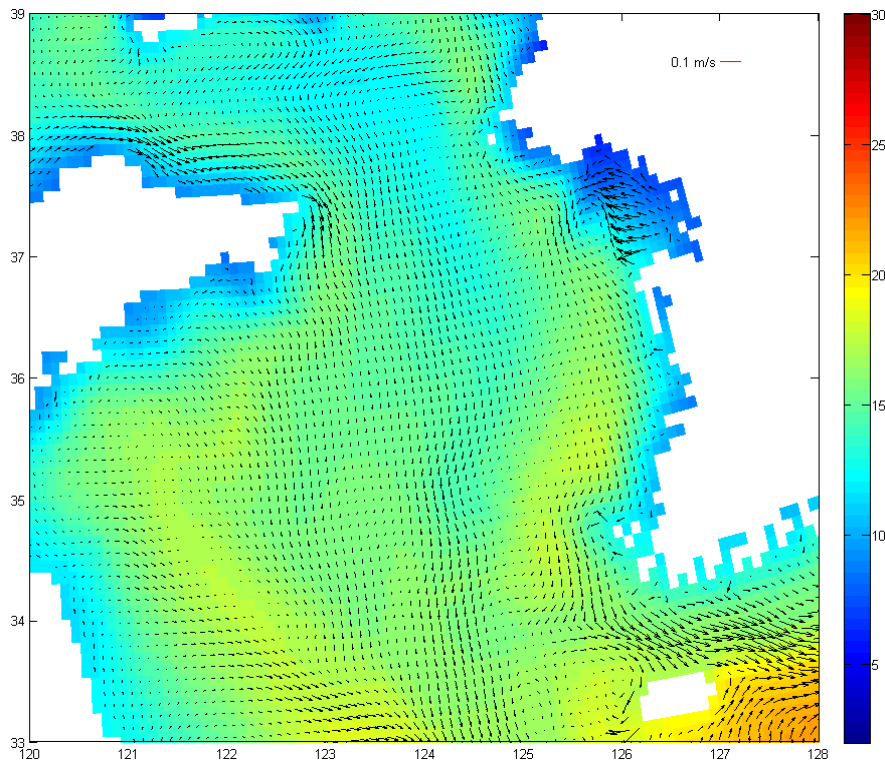


그림 2-2-10. 11월 평균 표층 해류와 표층 수온

다. 서해의 해수특성

계절변동이 큰 온대 몬순기후에 속하는 서해는 수층의 계절적인 특성이 뚜렷하게 나타난다(과학기술처, 1992). 하계에는 밀도 성층이 발달해 표층수에서 유입되는 유기물의 재광물화 작용으로 영양염의 축적이 일어나 영양염의 농도가 증가한다. 추계에는 상대적으로 성층이 약해지지만 표층수에는 여전히 영양염이

고갈되어 있지만 저층수에는 지속적으로 영양염의 축적이 일어나 높은 농도를 나타내게 된다. 동계에는 강한 북서풍에 의한 냉각 효과로 저층수와 표층수간의 혼합이 일어나 수직적으로 균일한 수괴특성을 나타낸다(과학기술부, 1998). 한편 춘계에는 일반적으로 서해난류수의 유입으로 서해 내 여러 화학인자들이 공간적으로 재분포되며, 수직적인 수괴의 혼합이 용이하여 표층수에서 저층으로 영양염의 공급이 원활히 일어난다. 이러한 결과, 표층수에는 저층수로부터 공급되는 풍부한 영양염과 일사량의 증가로 인한 식물플랑크톤이 대증식되어(과학기술처, 1992; 화학기술부, 1998) 무기영양염의 고갈이 야기된다(Harris, 1986; Millero and Sohn, 1992). 김(2000)에 따르면, 4월의 서해수괴특성은 광역적으로는 양자강 희석수가 세력이 약화되고, 서해난류수가 상대적으로 세력이 강화된다. 그 결과 서해난류수는 서해 중앙해역까지 진입되어 서해골에 위치한 정점에서 영양염 농도가 낮게 된다고 한다. 중국 및 한국연안에서 높은 영양염 분포를 나타내는 것은 하천수의 유입과 조석에 의한 수괴의 혼합의 결과라고 해석된다. 또 지역적으로 형성된 조석전선은 영양염의 이동을 제한하여 영양염의 수평적인 분포에 영향을 주기도 한다. 그리고 전선역의 높은 식물플랑크톤 생체량은 표층수의 영양염을 고갈시켜 수직적인 영양염 분포에 영향을 미치기도 한다고 하였다.

서해 일부해역의 제한된 자료를 기반으로 하여 아래와 같은 서해 생태환경 특성을 규명하였다(Hong et al., 1994). 서해의 식물 플랑크톤 대번식은 동계 영양염류 저장(winter reserve)을 이용하여 4월에 일어나며, 서해의 연평균 기초생산력은 $165 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ 이다(Hong et al., 1994). 연안 천해 조석기인 혼탁해역에서는 기초생산력은 동계를 제외하고는 광의 가용여부에 의하여 결정되나 서해 본역에서는 영양염류의 가용여부에 의하여 결정된다. 식물플랑크톤 성장에 대한 영양염류와 광의 가용성에 따른 서해 생태환경을 구분하면 3구역으로 나누어지는데 저생물량의 청정(저입자 농도)본역으로 성층이 발달하는 해역, 저생물량의 매우 혼탁하고 수직적으로 잘 혼합된 연안해역, 그리고 고생물량의 전선역으로 구분된다. 영양염류는 일반적으로 유광대(0~30m 수심)에서는 고갈되고, 유광대 아래에는 농축되어 있다(Chung et al., 1991). 유광대 아래의 영양염과 용존산소 그리고 총 현존량의 시계열 변이에 의하여 식물플랑크톤 생산량은 약 12%가 상부층으로 영양염류 확산에 의하여 지지된다(Hong et al., 1993; Hong et al., 1994).

라. 서해의 해저 퇴적물 개관

서해의 해저지형 및 퇴적물의 분포 특성을 살펴보면, 다음과 같다. 서해의 평균 깊이는 약 40m 정도이고 해저는 대체로 평탄하다. 등심선은 주로 해안선에

평행하고 80m 이상의 최고수심지역은 중국대륙보다는 한반도에 치우쳐 있다. 제주도 근방에서 수심이 110m에 이른다. 일반적으로 수심은 남쪽보다는 북쪽에서 더 얕으며 해저면 경사는 서쪽보다 동쪽에서 더 급하다. 서해의 서쪽은 산둥반도의 기반암 노출지역과 북부 장수평야의 니질과 사질의 해안으로 둘러 싸여 있고 황하와 양자강의 고삼각주로서 수심이 40m 이하로 얕다.

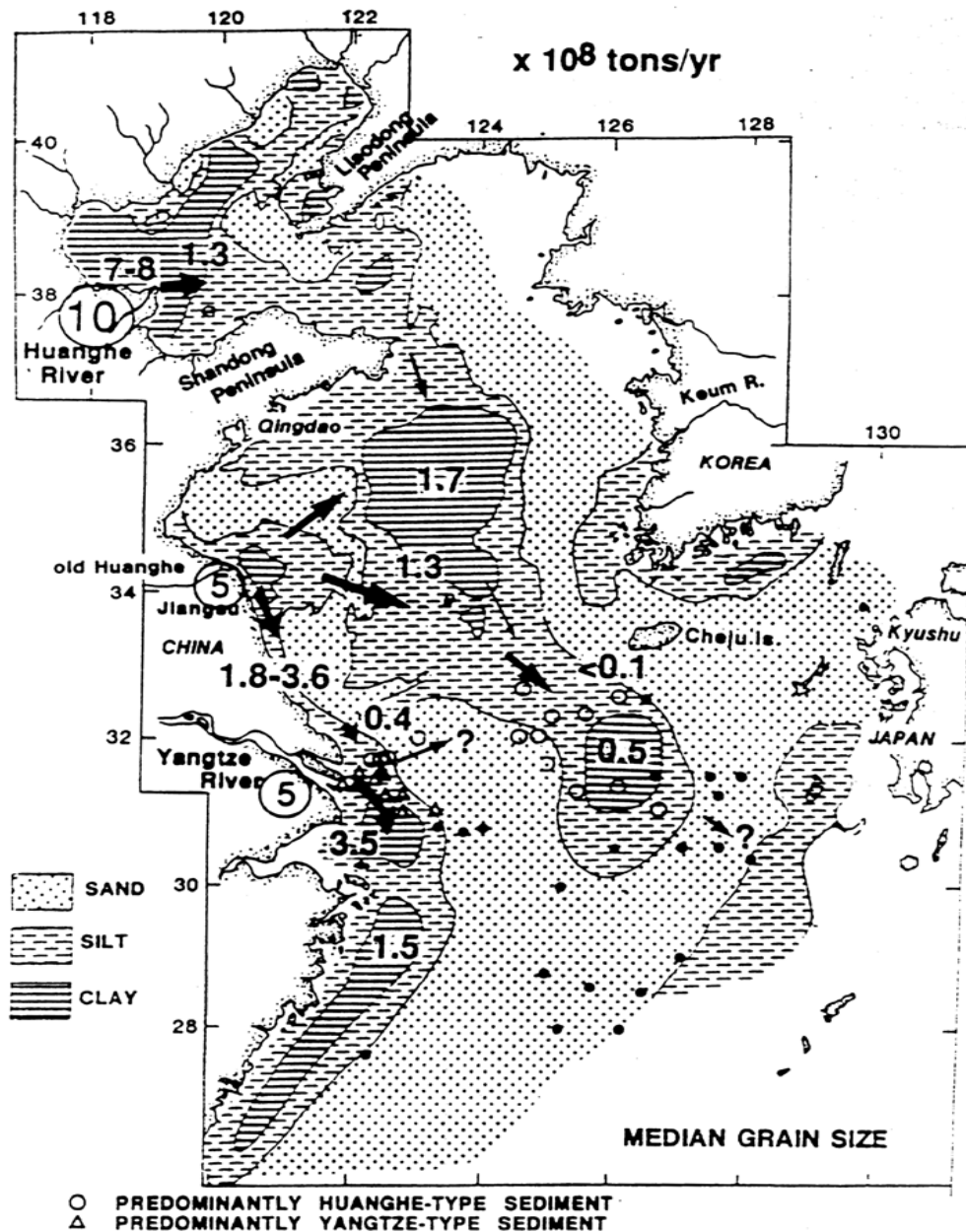


그림 2-2-11. 서해의 표층퇴적물 입도분포(Chough, 1983).

서해의 동쪽은 여러섬과 조간대가 광범위하게 발달한 한반도에 의해 둘러싸여 있다. 서해의 지체구조는 안정되어 있고 최근 빙하기 이후에 해수에 잠겨 있다. 서해로는 여러 하천으로부터 많은 쇄설성 퇴적물이 유입되어 퇴적된다. 서해로 많은 퇴적물을 내보내는 황하는 그 하구가 수시로 바뀌어 왔으며 1855년 서해에서 발해로 이동한 후 장수해안은 내륙으로 17km 정도 침식되었고 발해만의 린진 부근에서는 새로운 삼각주가 해양으로 28km나 발달하였다(Wang and Aubrey, 1987). 양자강 하구의 토사 퇴적율은 매년 0.5m 정도이고, 이는 다시 연안류에 의하여 남쪽으로 이동한다(DeMaster et al., 1985).

한국측 해안은 대규모 조석환경으로 사질이나 니질 조간대로 형성되어 있다. 따라서 계절풍에 의하여 퇴적물이 재분배되며 특히 겨울철 폭풍에 의하여 남쪽으로 이동한다(Park et al., 1995). 현재 서해 본역의 퇴적물 축적율은 산동반도 수하삼각주의 정적층에서 연간 1~2mm, 전치층에서 연간 4~9mm, 기저층 기부에서 연간 2~4mm이고, 기저층의 말단에 해당하는 서해중앙부에서는 연간 0.3~0.9mm로서 가장 낮다. 이는 퇴적물 무게로는 서해중앙부에서는 연간 280~600g/m²이고 장수연안에서는 약 3kg/m²이다(Hong et al., 1999a). 우리나라에 인접한 서해의 표층퇴적물중의 입도분포는 그림 4-2-3와 같다. 서해안 연안 해역은 비교적 강한 조류의 영향으로 소규모의 해저골과 사퇴가 곳곳에 분포되어 있다. 사퇴의 주방향은 북동-남서가 우세하며, 전연안에 걸쳐 광범위하게 분포되어 있다.

마. 서해의 수산자원

서해병해역에 있어서 해양폐기물 배출로 인한 수산자원의 변동을 파악하기 위하여 최근 5년 10개월, 2003~2008년간(2007년은 1월에서 10월 자료)에 대한 어업별 조업실태 및 어획 동향을 분석하였다.

서해병해역은 폐기물 배출해역에 대한 조업실태 및 어획량을 정밀하게 파악하기 위해 소해구별로 조사를 실시하였다. 폐기물 배출해역에 대한 소해구는 170해구에 170-5, 170-6, 170-9의 3개 소해구, 171해구에 171-4, 171-7의 2개 해구, 180해구에 180-2, 180-3, 180-8, 180-9의 4개 소해구, 181해구에 181-4, 181-7의 2개 소해구, 190해구에 190-2, 190-3의 2개 소해구, 191해구의 191-1의 1개 소해구를 대상으로 총 14개의 소해구를 대상으로 하였다.

각 소해구에 대한 조업실태를 파악하기 위해 수협 무선국에서 집계하고 있는 일별 위치보고 및 어획량 자료를 조사하여 분석하였다.

(3) 결과 및 고찰

(가) 어업별 폐기물 배출해역의 조업실태

1) 조업척수

수협 무선국 자료에 의한 서해병 해역의 일별 위치보고 자료를 분석한 결과(표 2-2-1), 총 17개의 업종에서 177척이 조업을 한 것으로 나타났다. 연도별로 살펴보면, 2003년 42척, 2004년 38척, 2005년 32척, 2006년 46척, 2007년 45척으로 다소 증가하는 양상이었으며, 2008년에 30척으로 나타났다. 2008년 자료는 10개월분 자료를 이용하였다.

표 2-2-1 서해병해역에서의 어업별 조업척수, 2003년~2008년.

어업별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
근해유자망어업	1	11	10	11	15	11	38
근해채낚기어업	12	4	3	15	8	1	37
쌍끌이대형기선저인망어업	23	7	10	7	2		34
근해연승어업	2	5	3	2	9	5	22
대형선망어업		1		4	6	10	16
대형트롤어업			3		2	1	6
근해외줄낚시어업	1	1	1	2	1		5
쌍끌이서남해구기선저인망어업			4			4	
장어통발어업		4					4
근해고정자망어업	1	3	1	1	1		3
기타통발어업		1				1	2
근해안강망어업		1					1
소형선망어업	1						1
연안개량안강망어업					1		1
연안복합어업						1	1
연안자망어업			1				1
패류형망어업	1						1
합계	42	38	32	46	45	30	177

각 어업별로 살펴보면, 근해채낚기어업이 근해유자망어업이 38척, 근해채 낚기어업이 37척, 쌍끌이대형기선저인망어업이 34척으로 각각 전체 조업척수의

21.5%, 20.9%, 19.2%로 많은 조업을 하고 있었다. 다음으로 근해연승어업, 대형선망어업이 많은 조업을 하고 있었으며, 그 외에 대형트롤어업, 근해외줄낙시어업의 순으로 나타났다.

연도별로 살펴보면, 근해유자망어업은 2003년 1척에서 점점 증가하여 2007년에 15척으로 점점 증가하는 양상이었다. 근해 채낚기어업은 2006년에 15척으로 가장 높은 값을 보인 후 감소하는 양상이었다. 쌍끌이 대형기선저인망어업은 2003년에 23척이 조업을 하였으나 매년 조업척수가 감소하는 양상이었다.

2) 조업일수

조업일수를 살펴보면(표 2-2-2), 5년 10개월간 177척이 522일을 조업 한 것으로 나타났다. 연도별로 살펴보면, 2003년도에 115일, 2004년 132일, 2005년에 71일로 매년 감소하였다. 다음해인 2006년에는 111일로 증가하였다가 이후 2007년 59일, 2008년 34일로 감소하는 양상을 보였다.

표 2-2-2 서해병해역에서의 어업별 조업일수, 2003년~2008년.

어업별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
근해유자망어업	6	54	23	54	24	13	174
쌍끌이대형기선저인망어업	86	29	31	14	2		162
근해채낚기어업	13	5	3	17	8	1	47
근해연승어업	3	9	4	4	12	7	39
근해고정자망어업	4	17	1	1	1		24
대형선망어업		1		5	7	10	23
쌍끌이서남해구기선저인망어업			14			14	
기타통발어업		11				1	12
대형트롤어업			7		3	1	11
근해외줄낙시어업	1	1	1	2	1		6
장어통발어업		4					4
근해안강망어업		1					1
소형선망어업	1						1
연안복합어업						1	1
연안자망어업			1				1
패류형망어업	1						1
합계	115	132	71	111	59	34	522

각 어업별로 살펴보면, 근해유자망어업이 174일, 쌍끌이대형기선저인망어업이 162일로 전체 조업일수의 33.3%, 31.0%로 가장 많은 조업을 하고 있었다. 다음으로 근해채낚기어업이 47일(9.0%), 근해연승어업이 39일(7.5%), 근해고정자망어업이 24일(4.6%), 대형선망어업이 23일(4.4%)로 많은 조업일수를 보였다. 그 외 쌍끌이서남해기선저인망어업, 기타통발어업, 대형트롤어업 순이었다.

연도별로 살펴보면, 근해유자망어업은 2003년 6일로 가장 낮은 값을 보였으며 이후 2006년까지 증가하여 54일을 조업하였으며 이후 감소하는 양상이었다. 쌍끌이대형기선저인망어업은 2003년에 86일로 가장 높은 조업일수를 보였는데 이후 계속 감소하여 2007년 2일로 가장 낮은 조업일수를 보였다. 근해채낚기어업은 2003년 13일에서 감소하여 2005년 3일로 낮은 값을 보인 이후 2006년에 17일로 가장 높은 값을 보였으며 이후 감소하는 양상이었다.

3) 어획량

어획량으로 살펴보면(표 2-2-3), 5년 10개월간 177척이 522일 조업을 하여 2,478톤을 채집한 것으로 나타났다. 연도별로 살펴보면, 2002년도에 615톤으로 많은 채집량을 보였으나, 이후 2004년에 262톤, 2005년에 273톤, 2006년에 290톤, 2007년에 301톤으로 감소하였다. 2008년에 737톤으로 높은 어획량을 보였다.

표 2-2-3. 서해병해역에서의 어업별 어획량, 2003년~2008년

어업별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
대형선망어업		48.0		233.0	248.0	728.0	1,257.0
쌍끌이대형기선저인망어업	599.5	123.0	248.1	28.0	18.0		1,016.6
근해유자망어업	3.6	48.3	10.8	8.3	7.2	4.4	82.6
대형트롤어업			11.8		23.0		34.8
근해연승어업	1.2	14.1	0.2	0.3	2.3	4.2	22.3
근해채낚기어업	7.1	0.7	1.4	6.0	2.3	0.0	17.4
근해고정자망어업	1.5	12.2	0.5		0.4		14.6
쌍끌이서남해구기선저인망어업			14.0			14.0	
기타통발어업		11.0					11.0
장어통발어업		2.8					2.8
근해외줄낚시어업	0.5	0.5	0.1	0.4	0.5		2.0
근해안강망어업		1.0					1.0
소형선망어업	1.0						1.0
패류형망어업	1.0						1.0
연안개량안강망어업					0.1		0.1
연안자망어업			0.1				0.1
연안복합어업					-		-
합계	615.4	261.6	273.0	290.0	301.8	736.6	2478.4

각 어업별로 살펴보면, 대형선망어업이 1,257톤, 쌍끌이대형기선저인망어업이 1,017톤으로 각각 전체 어획량의 50.7%, 41.0%를 차지하며 어획량이 많았다. 그외 근해유자망어업이 83톤(3.3%), 대형트롤어업이 35톤(1.4%)로 많았으며, 그외 근해연승어업, 근해채낚기어업, 근해고정자망어업, 쌍끌이서남해구기선저인망어업, 기타통발어업의 순으로 나타났다.

연도별로 살펴보면, 대형선망어업이 2004년 48톤을 어획하였고 2005년에는 채집량이 없었다. 이후 2006년에 233톤으로 채집하여 이후 증가하여 2008년 728톤으로 가장 높은 채집량을 보였다. 쌍끌이대형기선저인망어업은 2003년 600톤의 어획량으로 가장 높은 값을 보였다. 이후 감소하여 2007년 18톤을 어획하였으며, 2008년에는 어획량이 없었다. 근해유자망어업은 2003년 4톤, 2004년에 48톤을 어획하여 가장 높은 어획량을 보였으며, 이후 매년 감소하여 2008년에 4톤을 어획하였다. 대형트롤어업은 2005년에 12톤, 2007년에 23톤을 어획하였다.

(나) 해구별 폐기물 배출해역의 조업실태

1) 조업척수

총 14개의 소해구를 대상으로 조업 척수를 살펴보면, 171-4 소해구에서 60척으로 전체 척수에 22.8%로 가장 높은 값을 보였다. 다음으로 171-7 소해구가 51척(19.4%), 191-1 소해구가 35척(13.3%), 170-5 소해구가 30척(11.4%)의 순으로 나타났다(표 2-2-4).

표 2-2-4. 서해병해역에서의 소해구별 조업척수, 2003년~2008년

소해구별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
170-5	8	12	2	7	2	5	30
170-6	2	10		1		3	15
170-9		8		6			12
171-4	18	11	12	16	17	2	60
171-7	14	7	9	14	13		51
180-2	2	1				1	4
180-3	2	9	2	1		1	12
180-8		1	1				2
180-9			1				1
181-4	2	1	5	5	1	7	20
181-7		1	4	3	5	1	14
190-2		1		1			2
190-3			1	2	2		5
191-1		5	5	5	10	11	35
합계	48	67	42	61	50	31	263

연도별로 살펴보면, 171-4 소해구는 2003년에 18척이었다. 2004년에 11척으로 감소한 후 이후 계속 증가하여 2007년에 17척이 조업을 하였다. 171-7 소해구에서는 2003년 14척이 조업을 하였다. 이후 2004년에 7척으로 낮은 조업척수를 보인 후 증가하여 2006년 14척, 2007년 13척이 조업을 하였다. 191-1 소해구는 2003년에는 조업척수가 없었으며, 2004년에서 2006년에 5척이 조업을 하였으며, 2007년에 10척, 2008년 11척이 조업을 하였다. 170-5 소해구에서는 2003년 8척이 조업하였으며 2004년에 12척이 조업하여 가장 높은 값을 보였으며, 이후 조업척수가 적었다.

2) 조업일수

조업일수를 살펴보면(표 2-2-5), 소해구별로 171-4 소해구가 168일로 전체 조업일수의 32.2%로 가장 높은 값을 보였다. 다음으로 171-7 소해구에서 106일(20.3%), 170-5 소해구에서 90일(17.2%)의 순으로 높은 값을 보였다. 180-8 소해구와 190-2 소해구는 2일, 180-9 소해구는 1일로 가장 낮은 값을 보였다.

표 2-2-5. 서해병해역에서의 소해구별 조업일수, 2003년~2008년

소해구별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
170-5	18	41	2	21	2	6	90
170-6	2	10		1		4	17
170-9		17		13			30
171-4	69	26	26	20	24	3	168
171-7	14	17	24	36	15		106
180-2	2	1				1	4
180-3	2	11	2	1		1	17
180-8		1	1				2
180-9			1				1
181-4	8	1	5	6	1	7	28
181-7		1	4	5	5	1	16
190-2		1		1			2
190-3			1	2	2		5
191-1		5	5	5	10	11	36
합계	115	132	71	111	59	34	522

3) 어획량

어획량으로 살펴보면(표 2-2-6), 171-4 소해구가 874톤, 191-1 소해구가 806톤으로 각각 전체 어획량의 35.3%, 32.5%로 가장 높은 값을 보였다. 다음으로 181-4 소해구가 240톤(9.7%), 181-7해구가 236톤(9.5%), 171-7 소해구가 152톤(6.1%)의 순으로 채집량이 많았다. 180-9 소해구는 1톤 미만으로 가장 적은 어획량을 보였다.

(다) 시도별 폐기물 배출해역의 조업실태

1) 조업 척수

시도별로 살펴보면(표 2-2-7), 부산광역시가 51척으로 가장 많은 어선들이 조업을 하고 있었다. 다음으로 경상남도가 35척, 전라남도가 22척, 경상북도가 20척의 순으로 조업을 하고 있었다. 다음으로 충청남도 16척, 강원도 9척, 전라북도와 제주도에서 7척, 경기도가 4척이 서해병해역에서 조업을 하고 있었다.

표 2-2-6. 서해병해역에서의 소해구별 어획량, 2003년~2008년

소해구별	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
170-5	31.2	35.1	0.2	21.0	0.2	4.4	92.1
170-6	0.8	6.0				0.8	7.6
170-9		16.0		1.5			17.5
171-4	504.7	82.0	207.4	7.4	71.8	0.7	873.9
171-7	17.5	51.5	19.8	7.9	54.8		151.5
180-2	2.0	0.1				2.0	4.1
180-3	1.0	13.9	0.5	0.7		-	16.1
180-8		0.1	0.2				0.3
180-9			0.2				0.0
181-4	58.3	4.0	26.1	114.5	36.0	0.7	239.6
181-7		2.0	16.1	101.0	116.6		235.7
190-2		-		5.0			5.0
190-3			1.2	28.0	0.1		29.3
191-1		50.8	1.6	3.0	22.4	728.0	805.8
합계	615.4	261.6	273.0	290.0	301.8	736.6	2478.4

표 2-2-7. 서해병해역에서의 시도별 조업척수, 2003년~2008년. (단위 : 척)

선적항		2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
강원도	고성군				3	5		8
	동해시			1				1
강원도 합계			1	3	5		9	9
경기도	인천시		4		1	1	1	4
	경기도 합계		4	1	1	1	4	4
경상남도	마산시					1		1
	사천시	8	5	4	10	2		23
	통영시		9	3	3	3	2	11
경상남도 합계		8	14	7	13	6	2	35
경상북도	영덕군				5			5
	울릉군			1		1		2
	포항시	11			4			13
경상북도 합계		11		1	9	1		20
부산광역시	기장군		1		2			2
	부산	16	7	7	10	13	11	49
부산광역시 합계		16	8	7	12	13	11	51
전라남도	목포시			1		4	3	8
	신안군			3		2	2	6
	여수시			2		2		4
	영광군			1			3	4
전라남도 합계				7		8	8	22
전라북도	군산시	3	2	3			3	7
	전라북도 합계	3	2	3			3	7
제주도	제주		1			1	1	3
	추자도			1	1	2		2
	한림읍						2	2
제주도 합계			1	1	1	3	3	7
충청남도	보령군		5	3	4	6	1	10
	서천군	2						2
	태안군	1	3	2	3	2		4
충청남도 합계		3	8	5	7	8	1	16
총합계		41	37	32	46	45	29	171

2) 조업 일수

시도별로 살펴보면(표 2-2-8), 부산광역시가 162일로 가장 높은 값을 보였으며, 다음으로 충청남도 122일, 경상남도 99일을 조업한 것으로 나타났다. 다음으로 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경기도, 제주도, 강원도의 순으로 나타났다.

표 2-2-8. 서해병해역에서의 시도별 조업일수, 2003년~2008년.(단위 :일)

선적항		2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
강원도	고성군				5	5		10
	동해시			1				1
강원도 합계				1	5	5		11
경기도	인천시		15		1	1	1	18
경기도 합계			15		1	1	1	18
경상남도	마산시					2		2
	사천시	16	11	11	26	2		66
	통영시		13	3	7	4	4	31
경상남도 합계		16	24	14	33	8	4	99
경상북도	영덕군				5			5
	울릉군			1		1		2
	포항시	12			4			16
경상북도 합계		12		1	9	1		23
부산광역시	기장군		1		2			3
	부산	71	20	21	20	16	11	159
부산광역시 합계		71	21	21	22	16	11	162
전라남도	목포시			2		4	3	9
	신안군			4		3	2	9
	여수시			6		2		8
	영광군			1			3	4
전라남도 합계				13		9	8	30
전라북도	군산시	10	20	4			5	39
전라북도 합계		10	20	4			5	39
제주도	제주		2			1	1	4
	추자도			1	7	3		11
	한림읍						3	3
제주도 합계			2	1	7	4	4	18
충청남도	보령군		29	13	29	10	1	82
	서천군	2						2
	태안군	4	21	3	5	5		38
충청남도 합계		6	50	16	34	15	1	122
총합계		115	132	71	111	59	34	522

3) 어획량

시도별로 살펴보면(표 2-2-9), 부산시가 2,147톤으로 가장 많은 어획량을 올렸다. 다음으로 경상남도가 125톤, 충청남도가 69톤, 경기도가 52톤으로 어획량이 많았다. 다음으로 전라북도 전라남도, 경상북도, 제주도, 강원도의 순으로 나타났다.

표 2-2-9. 서해병해역에서의 시도별 어획량, 2003년~2008년.(단위 : 톤)

선적항		2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	전체
강원도	고성군				1.2	1.7		2.9
	동해시			0.1				0.1
강원도 합계				0.1	1.2	1.7		3.0
경기도	인천시		44.1		0.1	8.0	-	52.2
	경기도 합계		44.1		0.1	8.0	-	52.2
경상남도	마산시					0.5		0.5
	사천시	66.0	5.4	13.5	28.5	0.3		113.7
	통영시		7.5	0.7	1.4	0.8	0.5	10.8
경상남도 합계		66.0	12.9	14.2	29.9	1.5	0.5	125.0
경상북도	영덕군				2.1			2.1
	울릉군			1.2		0.5		1.7
	포항시	6.1			12.9			19.0
경상북도 합계		6.1		1.2	15.0	0.5		22.8
부산광역시	기장군		0.5		0.4			0.9
	부산	534.0	140.0	225.0	237.2	282.1	728.0	2,146.3
부산광역시 합계		534.0	140.5	225.0	237.6	282.1	728.0	2,147.2
전라남도	목포시			0.2		2.8	0.3	3.3
	신안군			0.2		0.2	0.1	0.5
	여수시			21.4		0.5		21.9
	영광군			0.1			0.3	0.4
전라남도 합계				21.9		3.5	0.7	26.1
전라북도	군산시	5.8	15.3	0.8			6.4	28.3
전라북도 합계		5.8	15.3	0.8			6.4	28.3
제주도	제주		1.5			0.9		2.4
	추자도			0.3	0.8	0.3		1.4
	한림읍						0.8	0.8
제주도 합계			1.5	0.3	0.8	1.2	0.8	4.6
충청남도	보령군		31.6	8.1	5.0	2.1	0.2	47.0
	서천군	2.0						2.0
	태안군	1.5	15.7	1.4	0.4	1.2		20.2
충청남도 합계		3.5	47.3	9.5	5.4	3.3	0.2	69.2
총합계		615.4	261.6	273.0	290.0	301.8	736.6	2,478.4

주) - : 0.1톤 미만

(라) 월별 서해병해역의 조업실태

월별 조업실태를 살펴보면(그림 2-2-12), 전체 어업별 조업일수는 1월에서 5월까지의 조업일수가 10일 이하로 낮은 값을 보였다. 이후 6월에 63일의 조업일수를 보였으며, 이후 증가하여 8월에 212일로 가장 높은 값을 보였으며, 이후 12월까지 감소하는 양상이었다.

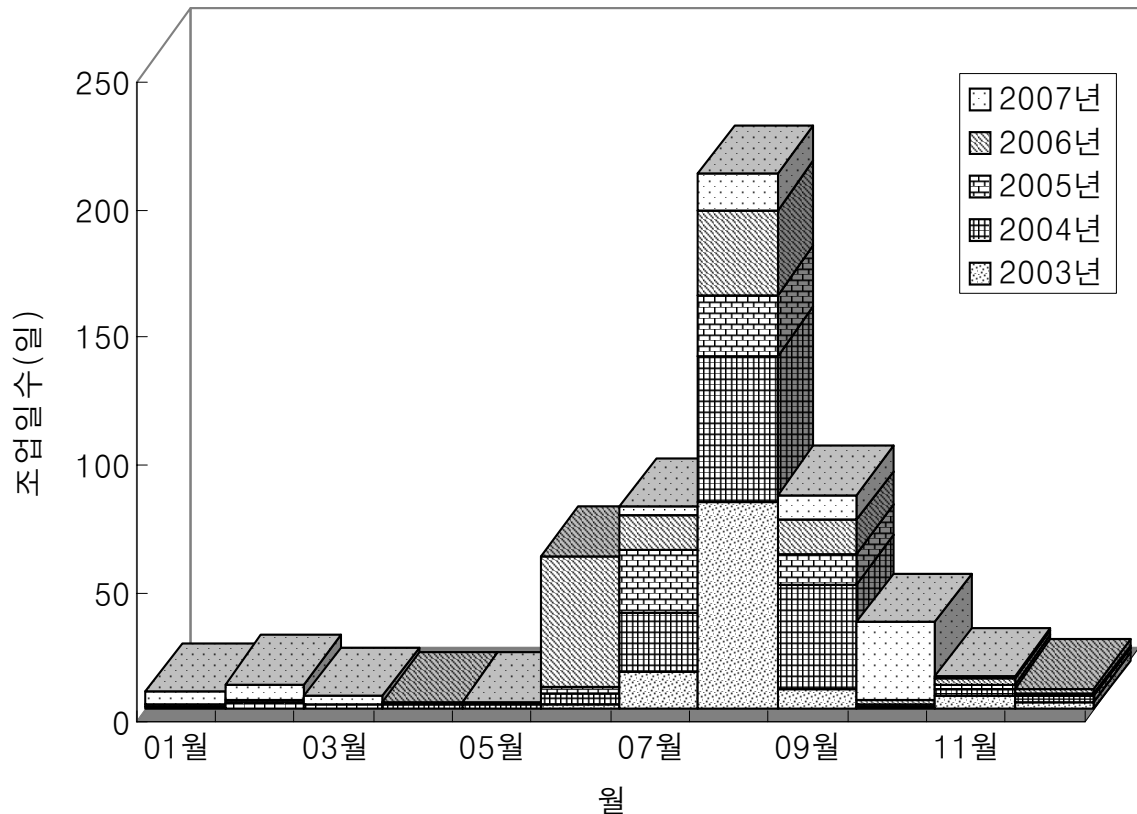


그림 2-2-12. 서해병해역에서의 월별 어업별 전체 조업일수

(마) 어종별 서해병해역의 조업실태

어종별 조업실태를 알아보기 위해 서해병해역에서 조업한 171척을 대상으로 6년(2003년~2008년, 2008년은 1~10월)의 총 조업일수를 대상으로 우점종에 대한 어획량 자료를 이용하여 어획동향을 분석하였다.

전체 어업별 어획량을 년도별로 살펴보면(그림 2-2-13), 2003년도에 615톤의 어획량을 보였는데, 기타 해면어류가 473톤으로 어획량의 77.0%를 차지하며 우점하였다. 2004년에는 262톤이 채집되었는데, 기타 해면어류가 88톤으로 33.5%, 기타 대구가 82톤으로 어획량의 31.2%를 차지하며 우점하였다. 2005년에는 273톤이 어획되었는데 이 중 살오징어가 206톤이 채집되어 어획량의 75.3%를

차지하며 우점하였다. 2006년에는 290톤, 2007년에는 302톤을 어획하였는데, 우점하는 종은 각각 기타 고등어로 전체 75.5%, 79.5%를 차지하였다. 2008년에 1~10월까지 조업을 하여 737톤으로 가장 많은 어획량을 보였으며, 이 중 기타 고등어가 99%를 차지하며 우점하였다.

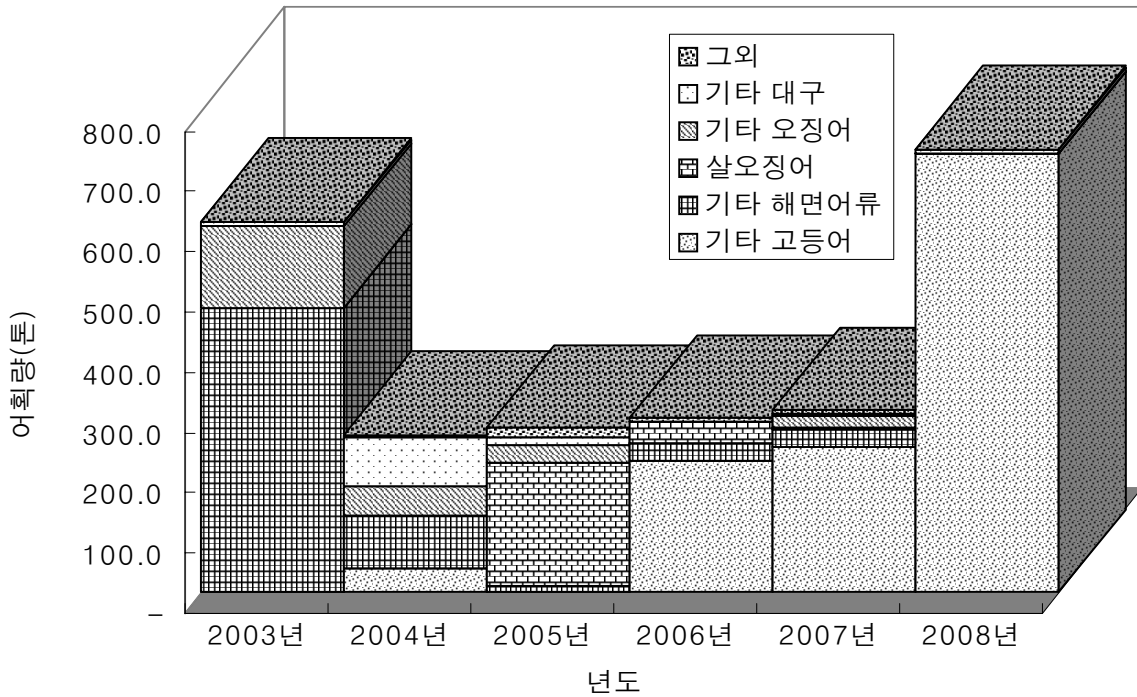


그림 2-2-13. 서해병해역에서의 연도별 어획량

제 3 절 서해병해역 폐기물 배출 현황

1. 서해병해역 폐기물 배출 현황

가. 배출품목 및 배출량 현황

서해병해역의 경우 1988년 547천^m으로 배출을 시작하여 1998년부터 약 2,400천^m으로 배출허가량을 고정하여 2005년까지 투기되어 왔다 (그림 2-3-1). 2005년 이후 정부의 폐기물 해양배출량 감축정책에 의해 점차 감소하여 2007년에는 1,878천^m 배출되었고, 2008년에는 1,587천^m 배출되었다.

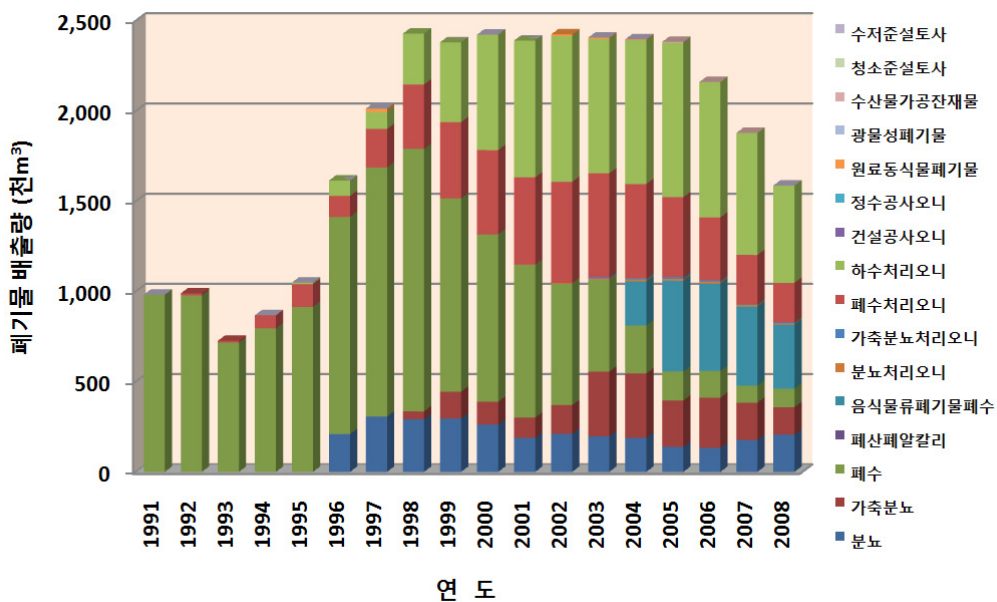


그림 2-3-1 서해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화

배출된 폐기물 종류별 변동 양상은, 투기 초기부터 폐수가 가장 많은 부분을 차지하였으며 1998년까지 증가한 후 다소 감소하고 2003년 및 2004년은 거의 일정한 수준이지만, 2004년부터 음식물류폐기물 폐수가 폐수에서 차지하는 양이 통계 처리되어 245천^m 배출된 후 매년 증가하여 2007년에는 438천^m 배출되고, 2008년에는 354천^m 배출되었다.

그 외 폐수에 포함된 상세한 폐수의 종류에 관한 자료가 없어 향후 폐수의 세부품목의 변동을 고려해야 할 것이다. 폐수처리오니의 경우 1992년부터

11천㎥으로 투기가 시작되어 지속적으로 증가하여 2005년에는 444천㎥으로 40배 증가하였다. 이후 조금씩 감소하여 2008년에는 219천㎥ 배출되었다. 하수처리오니는 1995년 9천㎥으로 투기가 시작된 후 급격히 증가하여 2005년에는 856천㎥으로 95배가 증가하였다. 이후 조금씩 감소하여 2008년에는 539천㎥으로 서해병해역 배출 폐기물중 가장 많은 양을 차지하고 있다. 가축분뇨 역시 1998년 44천㎥으로 투기가 시작된 후 2005년에 256천㎥으로 6배가 증가하였고, 2008년에는 153천㎥ 배출되었다. 2006년 이후 총폐기물 배출량은 감소하고 있으나, 2007년에 비해 2008년에 분뇨 29.5천㎥, 폐수 8.7천㎥ 및 가축분뇨처리오니가 1.3천㎥ 증가하였다.

폐기물 종류별 총 투기량의 비율은 그림 2-3-2에 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 서해병해역의 경우 하수처리오니가 34%로 가장 많았고, 음식물류 폐기물 폐수 22.3%, 폐수처리오니 13.8%, 분뇨 13%, 가축분뇨 9.6%의 순으로 나타났다.

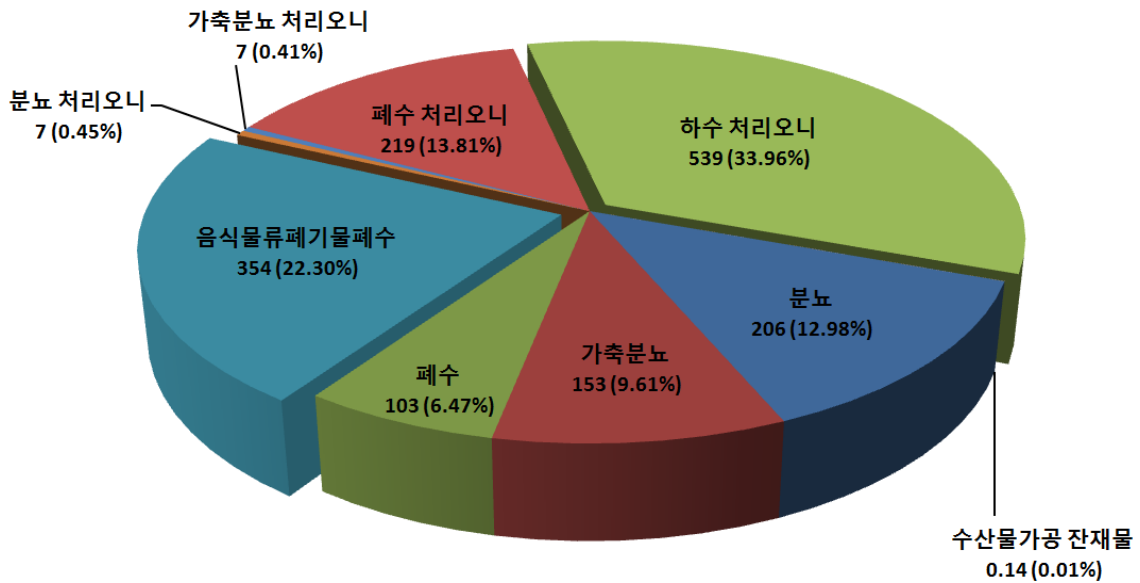


그림 2-3-2 2008년 서해병해역 폐기물 종류별 투기비율

표 2-3-1. 서해명 배출해역 폐기물 종류별 투입량 (단위 : 천m³)

년도	액상류				유기성 오니류				무기성 오니류				원료 동식물	광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분노	추산폐수	폐수	폐사 페일칼리	음폐수	분노 처리오니	추산폐수 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건설 공사오니	정수 공사오니	원료 동식물				수산물가 공 잔재물	정수 준설토사	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	738
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	896
1991	0	0	982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	982	
1992	0	0	978	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	989	
1993	0	0	716	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	726	
1994	0	0	795	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	868	
1995	0	0	914	0	0	0	0	126	9	0	0	0	0	0	0	0	1,049	
1996	209	0	1,204	0	0	0	0	116	85	0	0	0	0	0	0	0	1,614	
1997	306	0	1,380	0	0	0	0	214	93	0	0	0	20	0	0	0	2,013	
1998	291	44	1,455	0	0	0	0	357	282	0	0	0	0	0	0	0	2,429	
1999	296	148	1,071	0	0	0	0	423	442	0	0	0	0	0	0	0	2,380	
2000	262	126	928	0	0	0	0	467	640	0	0	0	0	0	0	0	2,423	
2001	189	112	846	0	0	2	0	483	758	0	0	0	0	0	0	0	2,390	
2002	211	159	673	0	0	3	0	561	808	0	0	0	9	0	0	0	2,424	
2003	197	358	507	0	0	9	0	575	744	0	0	0	8	0	0	0	2,406	
2004	189	356	266	0	245	10	7	522	798	0	0	0	4	0	0	0	2,397	
2005	139	256	161	0	503	10	10	443	856	0	0	0	0	0	5	0	2,383	
2006	133	278	148	0	484	11	8	349	749	0	0	0	0	0	0	0	2,160	
2007	177	207	94	0	438	9	5	273	676	0	0	0	0	0	0	0	1,878	
2008	206	153	103	0	354	7	7	219	539	0	0	0	0	0	0	0	1,587	
sum	2,804	2,196	13,221	0	2,024	61	45	5,221	7,479	0	0	0	41	0	5	0	35,279	

나. 서해병해역의 폐기물 배출 방법

그림 2-3-3에 폐기물 배출선박이 확산식으로 폐기물을 해양에 배출하는 것을 나타내었다. 확산식으로 폐기물을 배출하게 되면 그림과 같이 폐기물이 부유하면서 해류에 의해 확산되어 넓게 퍼지게 되지만, 실제로는 많은 부분이 빠른 시간내에 퇴적물로 침강하여, 직접적으로 해저 퇴적물에 영향을 미치는 것으로 사료된다.



그림 2-3-3 배출해역에서의 선박으로부터 폐기물 배출 사진 (확산식)

서해병해역의 경우 집중식으로 배출하는 폐기물은 거의 없고, 2008년의 경우 집중식 배출은 전혀 없었다.

서해병해역의 폐기물배출 방법은 그림 2-3-4에 나타낸 것과 같이 휴식년구역과 4개의 책임구역제를 실시하여 이용하고 있다.

휴식년구역은 과거 배출업체의 선박이 배출해역의 일부해역에서만 집중하여 폐기물을 배출함에 따라 그 해역의 퇴적물 오염이 심각하여 2006년 6월부터 폐기물배출을 금지한 해역을 말한다. 이때 배출해역의 이용방법도 바뀌어 구심점방식으로 이용하던 것을 4개의 책임구역을 설정하여 각 배출업체별로 대각선으로 일정주기로 교대하면서 이용하고 있다. 이 책임구역은 각 배출업체에게 배출해역의 관리에 대한 책임의식을 분담하여 지우고, 배출해역의 오염을 저감하는 취지로 만들어졌다. 하지만 각 책임구역의 담당업체 및 배출 폐기물 종류와 배출량에 대한 구체적인 자료는 알 수가 없다.

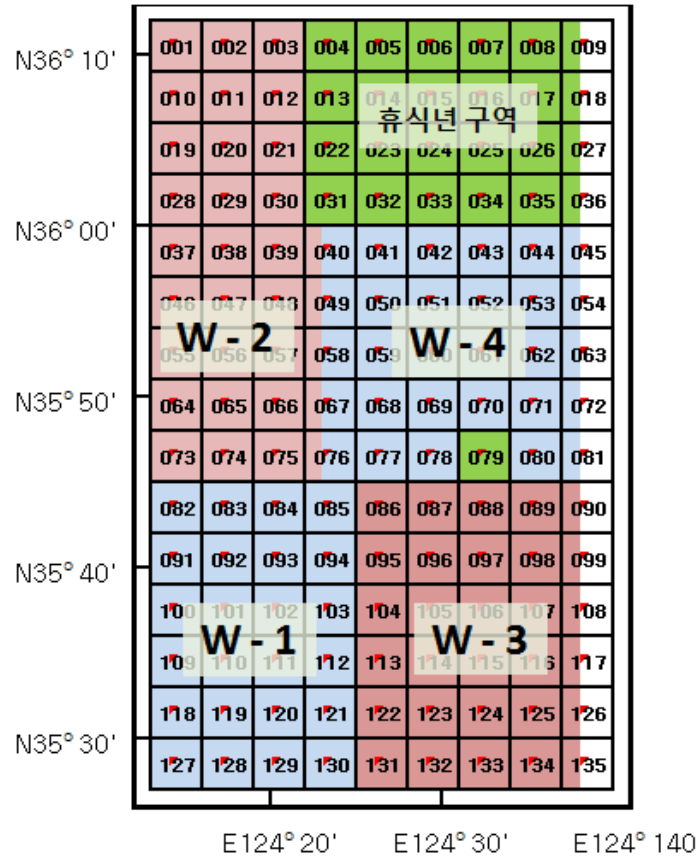


그림 2-3-4 서해병해역 휴식년 및 책임관리 구역

제 4 절 2008년 서해병해역 건강상태 정밀조사

1. 해양환경조사

가. 조사 시기 및 조사 선박

서해병해역의 해양조사는 2008년 7월 4일부터 7월 16일, 7월 17일부터 7월 24일까지 총 2차에 걸쳐 20일간 한국해양연구원의 전문 해양조사 연구선인 이어도호(357톤)를 사용하여 실시하였다.

표 2-4-1. 해양환경조사 일정

조 사 년 도	조 사 시 기	사 용 선 박	조 사 내 용
2008년	7월 4일~7월 16일	이어도호	표영생태계
	7월 17일~7월 24일	이어도호	퇴적물건강상태 저서생태계



그림 2-4-1. 해양조사에 이용된 이어도호

나. 조사정점

폐기물 배출해역 조사에서는 그림 2-4-2에 나타난 것과 같이 서해병해역 구획 34개, 대조구획 10개(연안의 영향여부 대조구획 5개 포함)의 총 44개 구획에서 수질환경, 퇴적물 환경, 생물환경에 대하여 조사를 실시하였다.

● 1차 조사 정점(해수)

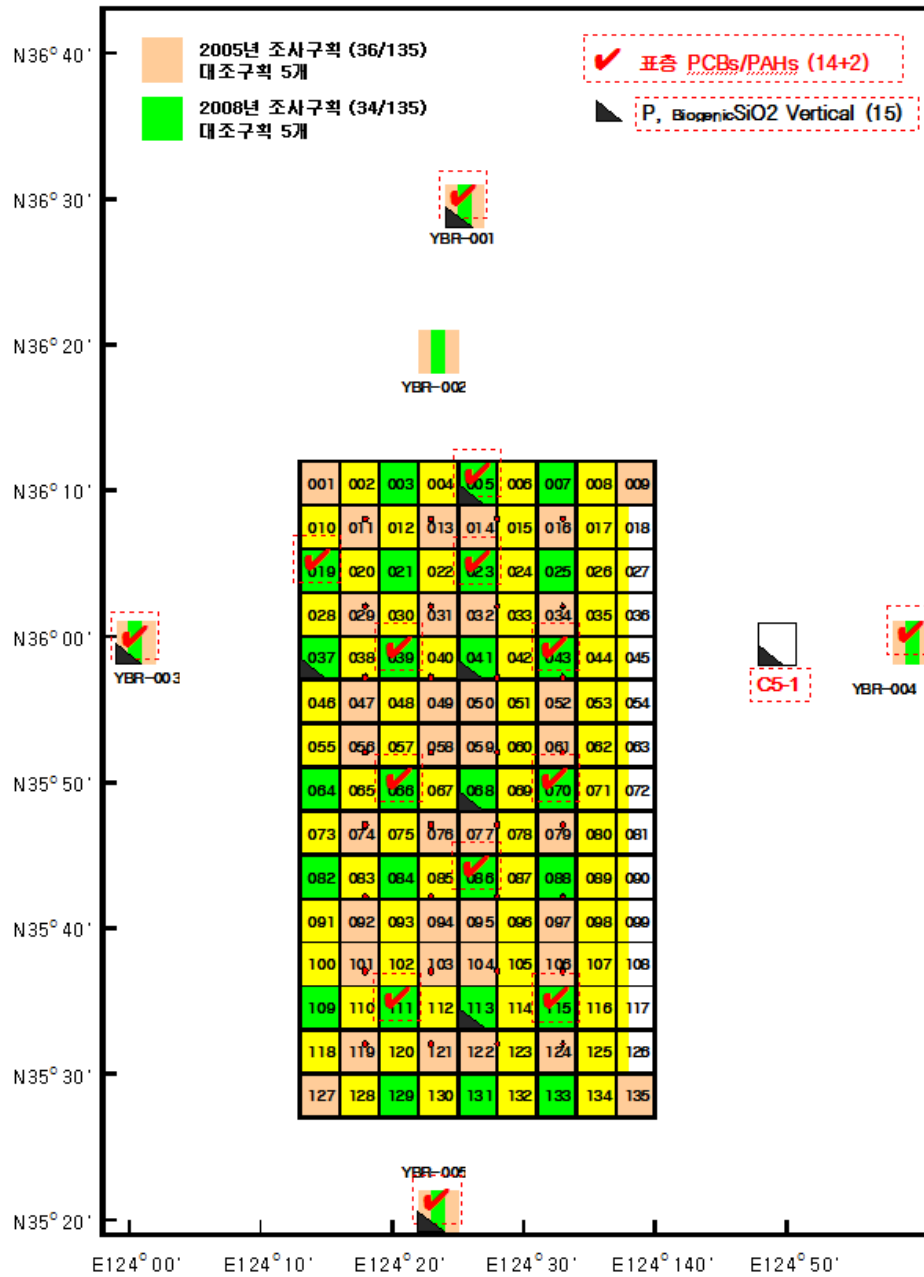


그림 2-4-2. 서해병해역 해양조사 구획

● 2차 조사 작업 순서(퇴적물)

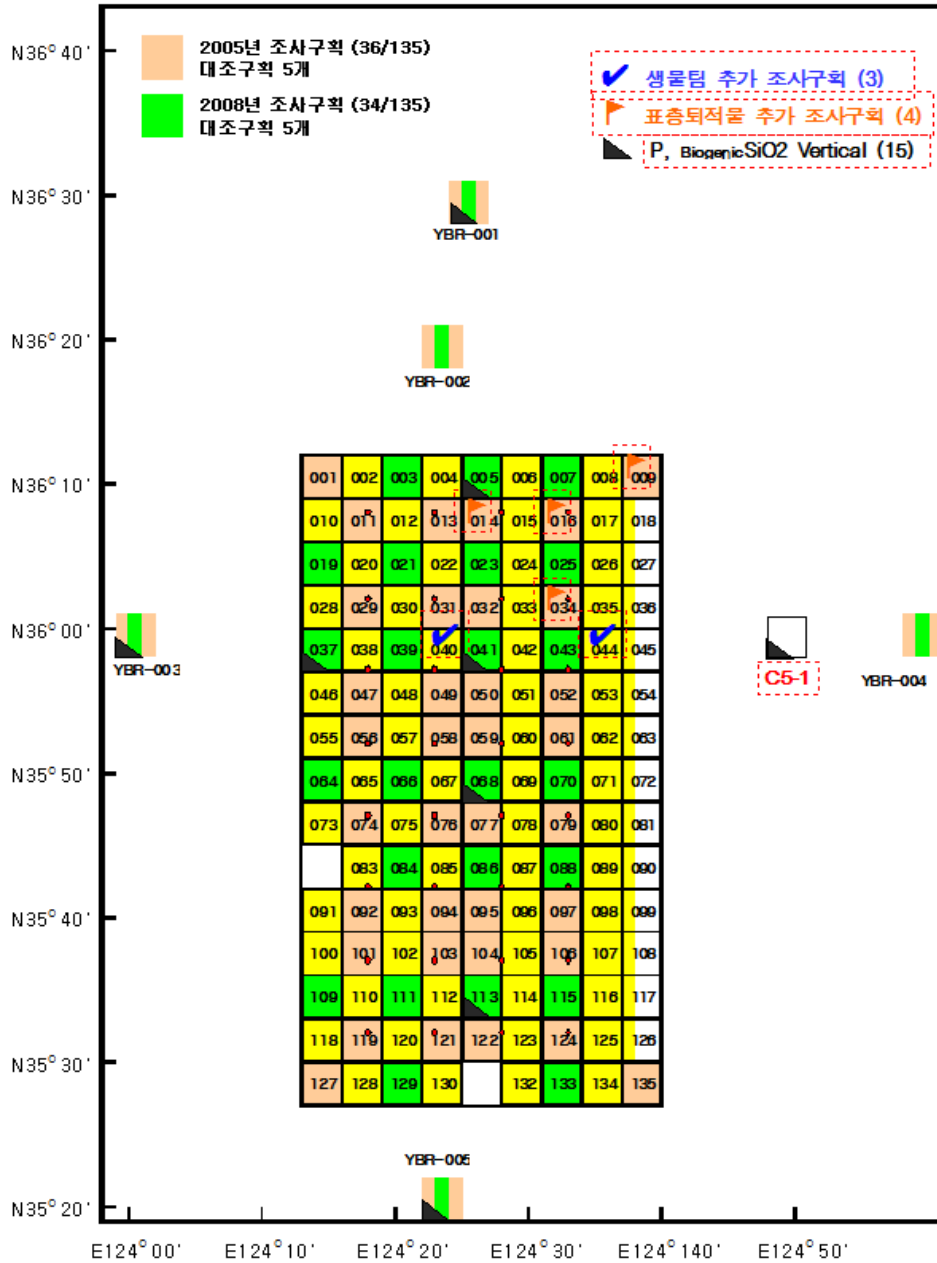


그림 2-4-2 (계속)

조사구획은 휴식년제구역 설정 이후 2년간 폐기물 배출이 금지된 후 변화 양상을 살펴보기 위하여 2005년 1차 정밀조사구획 중 퇴적물 중금속 오염이 극심한 지역(현재 휴식년제구역) 4개 구획을 선정하였다. 그리고 대조구획은 기존의 대조구획을 그대로 선정하였고, 배출해역내의 구획은 2005년 1차 정밀조사 구획과 겹치지 않게 하여 배출해역 전체의 상황을 살펴 볼 수 있도록

선정하였다. 또한 연안으로부터의 영향을 살펴보기 위하여 북위 36도선상에 군산에서부터 배출해역까지 직선으로 5개의 구획을 선정하였다.

다. 조사항목

조사항목은 배출해역의 물리 및 표영생태계를 평가하기 위하여 수온, 염분, 용존산소, pH, 영양염류(인산염, 규산염, 질산염, 아질산염, 암모니아), 엽록소-a, 일차생산력, 유기질소, 유기탄소, 부유물질, 화학적산소요구량, PCBs, PAHs, 유기인, 시안, 페놀, 유분, 중금속류(용존태, 입자태)를 측정하였다.

표 2-4-2 서해병해역 해양조사 구획별 위치

● 1차 서해병해역 조사 (표영생태계 조사)

Station No.	Location								이동거리 (km)	수심 (m)	소요시간(분)			도착시간	출발 시간
	60분율				100분율						이동	CTD 채수 표층수	퇴적물 기타		
	경도	위도	경도	위도	경도	위도	경도	위도							
장목					128	40.59	34	59.58							2008/07/05 14:00
YBR-005	124	23.50	35	21.50	124	39.17	35	35.83	136	85	814	240	0	2008/07/06 14:00	2008/07/06 18:00
YB-129	124	20.50	35	28.50	124	34.17	35	47.50	7	85	42	180	0	2008/07/06 18:42	2008/07/06 21:42
YB-131	124	26.50	35	28.50	124	44.17	35	47.50	6	85	33	180	0	2008/07/06 22:15	2008/07/07 01:15
YB-133	124	32.50	35	28.50	124	54.17	35	47.50	6	85	33	600	0	2008/07/07 01:48	2008/07/07 11:48
YB-115	124	32.50	35	34.50	124	54.17	35	57.50	6	85	33	240	0	2008/07/07 12:22	2008/07/07 16:22
YB-113	124	26.50	35	34.50	124	44.17	35	57.50	6	85	33	240	0	2008/07/07 16:55	2008/07/07 20:55
YB-111	124	20.50	35	34.50	124	34.17	35	57.50	6	85	33	240	0	2008/07/07 21:28	2008/07/08 01:28
YB-109	124	14.50	35	34.50	124	24.17	35	57.50	6	85	33	600	0	2008/07/08 02:02	2008/07/08 12:02
YB-082	124	14.50	35	43.50	124	24.17	35	72.50	8	85	50	180	0	2008/07/08 12:52	2008/07/08 15:52
YB-084	124	20.50	35	43.50	124	34.17	35	72.50	6	85	33	180	0	2008/07/08 16:25	2008/07/08 19:25
YB-086	124	26.50	35	43.50	124	44.17	35	72.50	6	85	33	240	0	2008/07/08 19:58	2008/07/08 23:58
YB-088	124	32.50	35	43.50	124	54.17	35	72.50	6	85	33	600	0	2008/07/09 00:32	2008/07/09 10:32
YB-070	124	32.50	35	49.50	124	54.17	35	82.50	6	85	33	240	0	2008/07/09 11:05	2008/07/09 15:05
YB-068	124	26.50	35	49.50	124	44.17	35	82.50	6	85	33	240	0	2008/07/09 15:38	2008/07/09 19:38
YB-066	124	20.50	35	49.50	124	34.17	35	82.50	6	85	33	240	0	2008/07/09 20:12	2008/07/10 00:12
YB-064	124	14.50	35	49.50	124	24.17	35	82.50	6	85	33	600	0	2008/07/10 00:45	2008/07/10 10:45
YBR-003	124	0.50	35	59.50	124	0.83	35	99.17	16	85	96	240	0	2008/07/10 12:21	2008/07/10 16:21
YB-037	124	14.50	35	58.50	124	24.17	35	97.50	13	85	78	240	0	2008/07/10 17:39	2008/07/10 21:39
YB-039	124	20.50	35	58.50	124	34.17	35	97.50	6	85	33	240	0	2008/07/10 22:12	2008/07/11 02:12
YB-041	124	26.50	35	58.50	124	44.17	35	97.50	6	85	33	600	0	2008/07/11 02:45	2008/07/11 12:45
YB-043	124	32.50	35	58.50	124	54.17	35	97.50	6	85	33	240	0	2008/07/11 13:19	2008/07/11 17:19
YBR-004	124	59.50	35	59.50	124	99.17	35	99.17	25	85	150	240	0	2008/07/11 19:49	2008/07/11 23:49
YB-025	124	32.50	36	4.50	124	54.17	36	7.50	31	85	183	600	0	2008/07/12 02:52	2008/07/12 12:52
YB-023	124	26.50	36	4.50	124	44.17	36	7.50	6	85	33	240	0	2008/07/12 13:26	2008/07/12 17:26
YB-021	124	20.50	36	4.50	124	34.17	36	7.50	6	85	33	180	0	2008/07/12 17:59	2008/07/12 20:59
YB-019	124	14.50	36	4.50	124	24.17	36	7.50	6	85	33	180	0	2008/07/12 21:32	2008/07/13 00:32
YB-003	124	20.50	36	10.50	124	34.17	36	17.50	8	85	47	600	0	2008/07/13 01:19	2008/07/13 11:19
YB-005	124	26.50	36	10.50	124	44.17	36	17.50	6	85	33	240	0	2008/07/13 11:53	2008/07/13 15:53
YB-007	124	32.50	36	10.50	124	54.17	36	17.50	6	85	33	180	0	2008/07/13 16:26	2008/07/13 19:26
YBR-002	124	23.50	36	19.50	124	39.17	36	32.50	12	85	71	180	0	2008/07/13 20:37	2008/07/13 23:37
YBR-001	124	25.50	36	29.50	124	42.50	36	49.17	9	85	57	600	0	2008/07/14 00:33	2008/07/14 10:33
C5-1	124	50.00	36	0.00	124	83.33	36	0.00	36	85	213	240	0	2008/07/14 14:06	2008/07/14 18:06
C4	125	30.00	36	0.00	125	50.00	36	0.00	15	85	89	240	0	2008/07/14 19:35	2008/07/14 23:35
C3	126	0.00	36	0.00	126	0.00	36	0.00	6	85	33	600	0	2008/07/15 00:09	2008/07/15 10:09
C2	126	15.00	36	0.00	126	25.00	36	0.00	14	85	83	240	0	2008/07/15 11:32	2008/07/15 15:32
C1	126	30.00	36	0.00	126	50.00	36	0.00	14	50	83	240	0	2008/07/15 16:55	2008/07/15 20:55
군산					126	42.00	35	59.00	4	10	27	0	0	2008/07/15 21:22	

● 2차 서해병해역조사 (퇴적물 건강상태, 저생태계 조사)

Station No.	Location				이동거리 (km)	수심 (m)	소요시간(분)			도착시간	출발 시간				
	60분율		100분율				이동	CTD 채수 표층수	퇴적물 기타						
	경도	위도	경도	위도											
군산					126	42.00	35	59.00							
C1	126	30.00	35	0.00	126	50.00	36	0.00	4	10	27	0	120	2008/07/17 14:26	2008/07/17 16:26
C2	126	15.00	36	0.00	126	25.00	36	0.00	14	82	83	0	120	2008/07/17 17:50	2008/07/17 19:50
C3	126	0.00	36	0.00	126	0.00	36	0.00	14	83	83	0	120	2008/07/17 21:13	2008/07/17 23:13
C4	125	30.00	36	0.00	125	50.00	36	0.00	6	84	33	0	120	2008/07/17 23:46	2008/07/18 01:46
YBR-004	124	29.50	35	59.50	124	99.17	35	99.17	23	85	135	0	600	2008/07/18 04:02	2008/07/18 14:02
C5-1	124	50.00	36	0.00	124	83.33	36	0.00	23	84	141	0	120	2008/07/18 16:23	2008/07/18 18:23
YBR-001	124	25.50	36	29.50	124	42.50	36	49.17	36	85	213	0	120	2008/07/18 21:56	2008/07/18 23:56
YBR-002	124	23.50	36	19.50	124	39.17	36	32.50	9	85	57	0	120	2008/07/19 00:52	2008/07/19 02:52
YB-009	124	38.50	36	10.50	124	64.17	36	17.50	16	86	97	0	600	2008/07/19 04:30	2008/07/19 14:30
YB-007	124	32.50	36	10.50	124	54.17	36	17.50	6	85	33	0	120	2008/07/19 15:03	2008/07/19 17:03
YB-016	124	32.50	36	7.50	124	54.17	36	12.50	3	88	17	0	120	2008/07/19 17:20	2008/07/19 19:20
YB-014	124	26.50	36	7.50	124	44.17	36	12.50	6	87	33	0	120	2008/07/19 19:53	2008/07/19 21:53
YB-005	124	26.50	36	10.50	124	44.17	36	17.50	3	85	17	0	120	2008/07/19 22:10	2008/07/20 00:10
YB-003	124	20.50	36	10.50	124	34.17	36	17.50	6	85	33	0	600	2008/07/20 00:43	2008/07/20 10:43
YB-019	124	14.50	36	4.50	124	24.17	36	7.50	8	85	47	0	120	2008/07/20 11:30	2008/07/20 13:30
YB-021	124	20.50	36	4.50	124	34.17	36	7.50	6	85	33	0	120	2008/07/20 14:03	2008/07/20 16:03
YB-023	124	26.50	36	4.50	124	44.17	36	7.50	6	85	33	0	120	2008/07/20 16:37	2008/07/20 18:37
YB-025	124	32.50	36	4.50	124	54.17	36	7.50	6	85	33	0	120	2008/07/20 19:10	2008/07/20 21:10
YB-044	124	35.50	35	58.50	124	59.17	35	97.50	17	86	101	0	120	2008/07/20 22:51	2008/07/21 00:51
YB-043	124	32.50	35	58.50	124	54.17	35	97.50	3	87	17	0	600	2008/07/21 01:08	2008/07/21 11:08
YB-034	124	32.50	36	1.50	124	54.17	36	2.50	19	88	117	0	120	2008/07/21 13:05	2008/07/21 15:05
YB-041	124	26.50	35	58.50	124	44.17	35	97.50	20	89	121	0	120	2008/07/21 17:06	2008/07/21 19:06
YB-040	124	23.50	35	58.50	124	39.17	35	97.50	3	90	17	0	120	2008/07/21 19:23	2008/07/21 21:23
YB-039	124	20.50	35	58.50	124	34.17	35	97.50	3	91	17	0	120	2008/07/21 21:39	2008/07/21 23:39
YB-038	124	17.50	35	58.50	124	29.17	35	97.50	3	92	17	0	120	2008/07/21 23:56	2008/07/22 01:56
YB-037	124	14.50	35	58.50	124	24.17	35	97.50	3	93	17	0	600	2008/07/22 02:13	2008/07/22 12:13
YBR-003	124	0.50	35	59.50	124	0.83	35	99.17	13	94	78	0	120	2008/07/22 13:31	2008/07/22 15:31
YB-064	124	14.50	35	49.50	124	24.17	35	82.50	16	95	96	0	120	2008/07/22 17:06	2008/07/22 19:06
YB-066	124	20.50	35	49.50	124	34.17	35	82.50	6	85	33	0	120	2008/07/22 19:40	2008/07/22 21:40
YB-068	124	26.50	35	49.50	124	44.17	35	82.50	6	85	33	0	120	2008/07/22 22:13	2008/07/23 00:13
YB-070	124	32.50	35	49.50	124	54.17	35	82.50	6	85	33	0	600	2008/07/23 00:46	2008/07/23 10:46
YB-088	124	32.50	35	43.50	124	54.17	35	72.50	6	85	33	0	120	2008/07/23 11:20	2008/07/23 13:20
YB-086	124	26.50	35	43.50	124	44.17	35	72.50	6	85	33	0	120	2008/07/23 13:53	2008/07/23 15:53
YB-084	124	20.50	35	43.50	124	34.17	35	72.50	6	85	33	0	120	2008/07/23 16:26	2008/07/23 18:26
YB-082	124	14.50	35	43.50	124	24.17	35	72.50	6	85	33	0	120	2008/07/23 19:00	2008/07/23 21:00
YB-109	124	14.50	35	34.50	124	24.17	35	57.50	8	85	50	0	120	2008/07/23 21:50	2008/07/23 23:50
YB-111	124	20.50	35	34.50	124	34.17	35	57.50	6	85	33	0	600	2008/07/24 00:23	2008/07/24 10:23
YB-113	124	26.50	35	34.50	124	44.17	35	57.50	6	85	33	0	120	2008/07/24 10:56	2008/07/24 12:56
YB-115	124	32.50	35	34.50	124	54.17	35	57.50	6	85	33	0	120	2008/07/24 13:30	2008/07/24 15:30
YB-133	124	32.50	35	28.50	124	54.17	35	47.50	6	85	33	0	120	2008/07/24 16:03	2008/07/24 18:03
YB-131	124	26.50	35	28.50	124	44.17	35	47.50	6	85	33	0	120	2008/07/24 18:36	2008/07/24 20:36
YB-129	124	20.50	35	28.50	124	34.17	35	47.50	6	85	33	0	120	2008/07/24 21:10	2008/07/24 23:10
YBR-005	124	23.50	35	21.50	124	39.17	35	35.83	7	85	42	0	120	2008/07/24 23:52	2008/07/25 01:52
장목					128	40.59	34	59.58	136	86	814	0	0	2008/07/25 15:26	2008/07/25 15:26

해저퇴적물의 건강상태를 평가하기 위하여 입도, 함수율, 유기탄소함량, 총질소함량, 알루미늄함량, 퇴적율(속도) 조사, 그리고 해저퇴적물내 유해성을 평가하기 위하여 유기물(COD), 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 등 8종), 유기오염물질(Total PCBs, Total PAHs, 유기인, 광유류)를 분석하였다.

그리고 배출해역의 해양생물의 건강상태를 조사하기 위하여 저서생물조사, 저서동물조사, 종조성, 종풍부도, 서식밀도, 군집구조, 오염지시 생물현존량,

오염민감생물 현존량, 저서오염지수 계산, 수산자원조사, 수산생물 중금속 함량을 분석하였다.

표 2-4-3 서해병해역 해양조사 각 구획별 조사항목

● 1차 서해병해역 조사 (표영생태계 조사)

Station No.	작업내용																				천연 및 인공 방사능			
	수질(수평, 수직분포)										수질(표층분포)						퇴적물		생물					
	COD 수은 염분 DO 탁도	DO	pH	TOC DOC TN, TP	영양염류	Chl-a 일차 생산	POC PON SS	Bio SiO ₂	Total P	Organic/ Inorganic P	COD (표층, 저)	식물 플랑크톤	PCB PAH	Bio SiO ₂	Total P	Organic/ Inorganic P	시안 페놀 유분	중금속 (용존, 입자)	표층	주상		저서 생물	생물 특성	
장목																								
YBR-005	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
YB-129	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-131	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-133	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-115	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-113	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-111	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-109	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-082	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-084	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-086	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-088	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-070	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-068	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-066	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-064	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YBR-003	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
YB-037	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-039	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-041	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-043	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YBR-004	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
YB-025	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-023	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-021	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-019	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-003	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YB-005	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆						
YB-007	◆	◆	◆	◆	◆	◆					◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆						
YBR-002	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
YBR-001	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
C5-1	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
C4	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
C3	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
C2	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
C1	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
균산																								

● 2차 서해병 해역 조사 (수질, 생물 및 표층퇴적물 채취)

Station No.	작업내용																				천연 및 인공 방사능		
	수질 (수평, 수직분포)										수질 (표층분포)						퇴적물		생물				
	CID 수은 염분 DO 탁도	DO	pH	TOC DOC TN, TP	영양염류	Chl-a 일차 생산	POC PON SS	Bio SiO ₂	Total P	Organic/ Inorganic P	COD (표중, 자)	식물 플랑크톤	PCB PAH	Bio SiO ₂	Total P	Organic/ Inorganic P	시안 페놀 유분	중금속 (용존, 입자)	표층	주상		저서 생물	생물 독성
균산																							
C1																			◆	◆	◆		
C2																			◆	◆	◆		
C3																			◆	◆	◆		
C4																			◆	◆	◆		
YBR-004																			◆	◆	◆		
C5-1																			◆	◆	◆		
YBR-001																			◆	◆	◆		
YBR-002																			◆	◆	◆		
YB-009																				◆			
YB-007																			◆	◆	◆		
YB-016																				◆			
YB-014																				◆			
YB-005																			◆	◆	◆		
YB-003																			◆	◆	◆		
YB-019																			◆	◆	◆		
YB-021																			◆	◆	◆		
YB-023																			◆	◆	◆		
YB-025																			◆	◆	◆		
YB-044																				◆			
YB-043																			◆	◆	◆		
YB-034																				◆			
YB-041																			◆	◆	◆		
YB-040																				◆			
YB-039																			◆	◆	◆		
YB-038																				◆			
YB-037																			◆	◆	◆		
YBR-003																			◆	◆	◆		
YB-064																			◆	◆	◆		
YB-066																			◆	◆	◆		
YB-068																			◆	◆	◆		
YB-070																			◆	◆	◆		
YB-088																			◆	◆	◆		
YB-086																			◆	◆	◆		
YB-084																			◆	◆	◆		
YB-082																			◆	◆	◆		
YB-109																			◆	◆	◆		
YB-111																			◆	◆	◆		
YB-113																			◆	◆	◆		
YB-115																			◆	◆	◆		
YB-133																			◆	◆	◆		
YB-131																			◆	◆	◆		
YB-129																			◆	◆	◆		
YBR-005																			◆	◆	◆		
장북																							

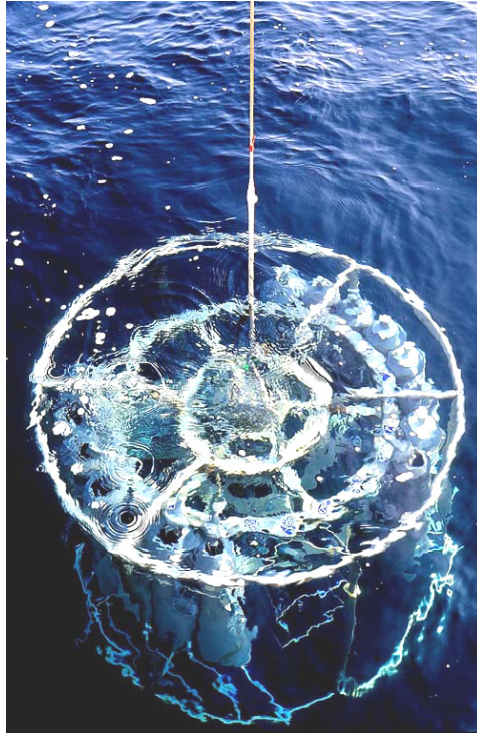


그림 2-4-3 로젯샘플러(Rosette sampler)를 이용한 채수 및 CTD 측정



그림 2-4-4 박스코어러를 이용한 해저퇴적물 채취

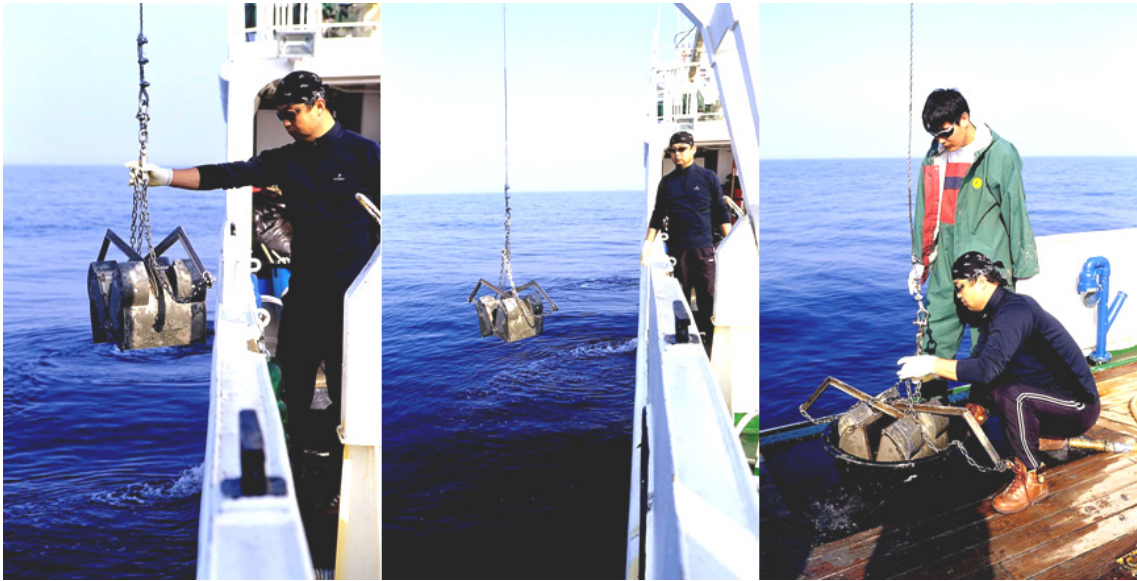


그림 2-4-5 그랩을 이용한 해저퇴적물 채취

제 5 절 서해병해역 표영생태계 건강상태 조사 (해수 건강상태)

1. 시료채집 및 분석방법

가. 시료채집

서해병해역 표층해수 시료는 Rosette sampler에 장착된 10ℓ Niskin 채수기를 이용하여 채수하였고, 채수수심은 국제물리해양학회(International Association of Physical Sciences of the Ocean; IAPSO)에서 추천한 표준 수심 (0, 10, 20, 30, 50m, 저층)에서 채수하였다(그림 2-5-1).

조사항목은 표영생태계 일차생산자 서식환경을 조사하기 위하여 물리 특성조사와 수괴분포 조사(수온, 염분)를 수행하였고, 표영생태계 일차생산자 생산성 조절요인을 파악하기 위하여 친생물인자 성분조사(영양염류, 용존산소, 입자태 유기탄소, 입자태 유기질소, pH), 광조절 요인 성분조사(부유물질)를 수행하였다. 그리고 일차생산자 생리건강상태 조사평가(클로로필-a, 일차생산력, 생체현광, 생체현광지수(FRI)) 및 표영생태계 일차생산자 생물 종조성(식물 플랑크톤 종조성)을 수행하였고, 표영생태계 유해물질 위해성 평가용 현장 자료획득을 위하여 유해물질 농도조사(화학적 산소요구량, 총질소, 총인, 용존성 중금속 6종(Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb), 유분, 페놀, 시안 그리고 다환 방향족 탄화수소(PAH's), 폴리클로리네이티드비페닐(PCB's)을 조사하였다.

나. 분석방법

(1) 표영생태계 건강상태조사

(가) 수온과 염분관측

본 조사에서는 SBE-911+ CTD를 사용하여 2008년 7월 6일부터 14일 사이에 총 31개 구획에서 수온과 염분 등의 해수물성자료를 획득하였으며, 관측은 표층에서 저층 부근까지 실시하였으며, 획득된 자료는 수심 1m 간격으로 평균하여 분석하였다(그림2-5-2~5).

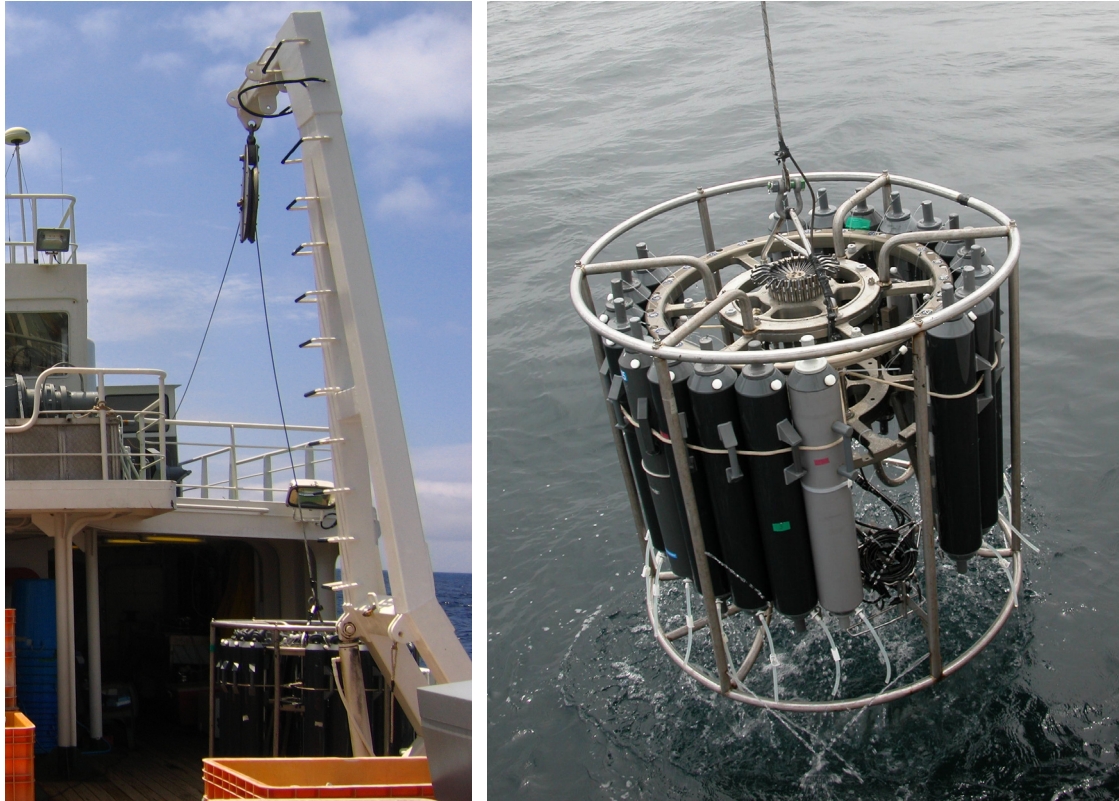


그림 2-5-1 해양연구원 조사선 이어도호에 장착되어 있는 CTD (Rosette sampler)

(2) 일차생산자 생산성 조절요인

(가) 수소이온 농도(pH)

측정용 시료는 기체의 출입에 따른 변화를 방지하기 위하여 채수 후 잘 밀봉하였으며, Orion 920 pH meter를 사용하여 현장에서 측정하였다.

(나) 용존산소(Dissolved Oxygen)

용존산소 함량을 구하기 위해 기존의 Winkler 방법이 갖는 실험상의 오차를 줄이기 위해 현장에서 spectrophotometer를 이용한 비색측정법(Pai et al., 1993)을 사용하였다. 표준시료는 일련의 해수시료(주로 표층해수)에 potassium iodate standard solution (5mM KIO_3)을 각각 0, 1, 2, 3ml 넣고 각각의 흡광도를 측정하여, 용존산소 함량을 측정하였다.

(다) 용존무기영양염류(Dissolved inorganic nutrients)

영양염(아질산염, 질산염, 암모니아, 규산염, 인산염)은 채수 된 해수시료를 25mm GF/F filter로 여과한 후 그 여액을 20ml LDPE(Low Density Poly

Ethylene) 바이알에 담아 분석 시 까지 냉동보관하고 Parsons et al.(1984) 방법에 준하여 Autoanalyzer (TRAACS 2000, Bran-Luebbe)를 이용하여 측정하였다.

질산염 (NO_3^-) : 시료를 Cu-Cd 컬럼에 통과시켜서 아질산염으로 환원시킨 후 550nm 파장에서 측정하였다.

암모니염(NH_4^+) : 시료에 phenol과 sodium nitroprusside 혼합용액 및 sodium citrate와 sodium dichlorophenol indophenol 혼합용액을 가한 후 660nm 파장에서 측정하였다.

인산염(PO_4^{3-}) : 시료에 ammonium molybdate, potassium antimonyl tartrate와 황산의 혼합시약을 가하고, ascorbic acid로 환원시킨 후 880nm 파장에서 측정하였다.

규산염($\text{Si}(\text{OH})_4$) : 시료에 ammonium molybdate를 가하여 silicomolybdate complex를 만든 다음, oxalic acid와 ascorbic acid를 가한 후 810nm 파장에서 측정하였다.

(라) 입자성 유기탄소 및 유기질소 (POC, PON)

회화로를 이용하여 550°C 에서 4시간 이상 태운 GF/F(glass fiber, 0.7 μm) 여과지를 이용하여 해수시료 4l를 여과한 후, 증류수로 5~6회 세척하여 염분을 완전히 제거하였다. 여과지는 냉동보관하여 실험실로 옮겨 건조용 오븐에서 105°C, 12시간 건조시키고 진한 염산(12N HCl)으로 acid fuming하여 무기탄소산염의 탄소를 제거한 후 원소분석기(FlashEA, 1112series, Thermo)로 분석하였다.

(마) 부유물질(SS)

Nucleopore(PC membrane, 0.4 μm)를 건조용 오븐을 이용하여 70°C 에서 24~48시간 동안 건조시키고 데시케이터에서 충분히 방냉 시킨 후 측정할 무게를 항량으로 하였다. 현장에서 해수 시료를 2l여과한 후, 증류수로 5~6회 세척하여 염분을 완전히 제거한 다음 냉동 보관하여 실험실로 옮겨 60°C 에서 24시간 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 여과하기 전의 여과지 무게를 감하여, 입자성 부유물질의 무게를 계산하였다.

(3) 일차생산자 생리 건강상태 조사

(가) 엽록소 a(Chlorophyll a)

엽록소 a 농도측정은 해수 2l를 25mm GF/F filter로 여과하여 90% acetone 용액에 -20°C 의 냉암소에서 24시간 동안 추출한 후에 UV-Vis

spectrophotometer(Unicam 4-100)를 이용하여 750, 663, 645, 630nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다(Parsons *et al.*, 1984).

(나) 광량 및 유광층수심

광량은 하루의 광량(PAR)을 5분 단위로 측정하였다. 진광대란 표층광도의 1%에 해당되는 빛이 도달하는 깊이로서 보통, 폭넓은 의미에서 1차생산자에 의한 광합성 등 생물활동이 집중적으로 이루어지는 범위를 말하는데, Secchi disk를 이용하여 그 깊이를 추정할 수 있다. 보통, 깊이에 따른 빛의 감소는 지수적 감소를 보이는데, 그 식은 아래와 같다.

$$I_0 = I_z \times e^{-kz}$$

여기서 I_0 는 표층에서의 광도, I_z 는 깊이 z 에서의 광도, k 는 소광계수(extinction coefficient), z 는 깊이를 말한다. 여기서, 진광대의 깊이는 z 깊이에서의 광도가 표층광도의 1%되는 깊이이므로 $I_z/I_0=0.01$ 이라 할 수 있다.

양변을 조작하면 다음과 같다.

$$\frac{I_z}{I_0} = 0.001 = e^{-kz}$$

따라서 깊이 z 는 양변에 대수조작을 하여 풀어 쓰면, 아래와 같다.

$$z = (\ln 0.01) \div k$$

k 는 소광계수이며 Poole and Atkins(1929)에 의해 제시된 $k \times D_s$ (Secchi depth)=1.7을 사용하였다.

(다) 기초생산

일차생산성(primary productivity)은 유광층내(표층광의 1%까지) 6개 수심에서 시료 1ℓ를 취하여 $4\mu\text{Ci }^{14}\text{C-NaHCO}_3$ 를 주입하여 3~6시간 동안 배양하였다. 배양을 위한 해수시료는 Rosette 채수기에 부착된 10ℓ Niskin 채수병을 이용하여 100, 49, 30, 15, 3.5, 1% 광투과 수심(LPD: Light penetration depth)에서 채수하였다. 광도는 채수수심의 광도로 조절하기 위하여 250ml polycarbonate bottle을 천공된 nickel screen으로 포장하였다(Stork Veco, Bedford, MA, U.S.A.). 배양은 표층해수로 냉각한 on-deck incubator 에서 행하였다. 배양 후 시료를 여과한 후 여과지를 산훈증 후 섬광계수기(scintillation counter)를 이용하여 dpm을 측정, Steeman-Nielsen(1952) 방법에 기초한 Parsons *et al.* (1984)에 따라 ^{14}C 의 흡수율을 구하였다.

(라) 생체형광 및 형광반응지수

생체 형광의 측정은 fluorometer(Turner Designs Inc., Sunnyvale, CA)를 이용하는 방법으로 해수를 채수하여 식물플랑크톤의 생체형광(in vivo fluorescence; F)을 측정하였으며, Photosystem II에서 Photosystem I으로 전달되는 전자를 차단하는 전자전달계의 저해제인 DCMU [3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea]를 가하여 증가된 형광(Fd)을 측정하여 두 형광차이를 비교함으로써 식물플랑크톤의 광합성능력을 평가하고(Samuelsson and Öquist 1976), 이로부터 형광 증가비율(fluorescence enhancement ratio)인 형광반응지수(fluorescence response index, FRI)를 측정하여 광합성계의 활성도를 추정하였다(Cullen and Renger 1979).

$$FRI = \frac{(Fd - F)}{Fd}$$

(4) 유해물질 위해성 평가 자료

(가) 화학적 산소요구량(COD)

분석용 현장에서 채취한 해수시료를 운반·보관 중 미생물의 활동을 저지하기 위해 1% CuSO₄용액을 1ml/l 단위로 첨가하여 냉동 보관하였다. 실험실로 옮긴 후 해수시료 중 피산화성 물질(주로 유기물)을 알칼리성하에서 강산화제인 KMnO₄로 가열, 산화시킨 후, 남은 KMnO₄량을 적정하는 100°C 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량하였다(해양공정시험법 2006).

(나) 총유기탄소(TOC), 용존 유기탄소(DOC)

총유기탄소 분석용 해수시료 50ml를 Teflon 병에 담아 4°C 이하로 운반하여 실험실에서 TOC 분석기(Shimadzu TOC 5000A)를 이용하여 측정하였다.

용존 유기탄소(Dissolved Organic Carbon) 분석용 해수시료는 채취된 각각 표층, 중층, 저층으로 나누어 채취하였다. 이들을 GF/F 여과지로 여과한 후 2N HCl을 이용하여 무기탄소를 제거하였고, 4°C 이하로 운반하여 실험실에서 TOC 분석기(Shimadzu TOC 5000A)를 이용하여 측정하였다.

(다) 총 질소(T-N), 총 인(T-P)

총 질소는 시료 중의 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 유기성질소, 입자성 질소등을 알칼리성 과황산칼륨으로 분해하여 질산질소로 산화시킨 후 카드뮴-구리 환원칼럼을 통과시켜 질산이온을 아질산 이온으로 환원하여 비색 정량하였다.

총인은 시료 중의 유기물을 과황산칼륨으로 산화분해 하여 용존 인화합물을 인산염(PO_4^{3-})형태로 변환시킨 다음 인산염을 아스코르빈산환원 흡광광도법으로 정량하여 총인의 농도를 구하였다.

(라) 중금속

해수시료는 표층수를 채취하여 분석하였다. 선박으로 인한 시료의 오염을 최소화하기 위해 약 1~2kt의 저속 운항을 유지하면서 채수하였고, 특수 제작된 테플론 재질의 채수기와 정량 펌프를 이용하였다. 채집한 해수시료는 염산으로 세척한 1ℓ 테플론 병에 담고 먼지의 유입을 막기 위해 폴리에틸렌 비닐백으로 포장한 후 조사선에 장착한 무균장치(Class 100)내에서 고순도 염산으로 세척한 0.4 μm Polycarbonate Membrane 여과지를 사용하여 여과하였다. 여과액은 고순도의 염산을 이용하여 pH 2 정도로 유지시켜 보존하였다.

여과된 시료 150ml를 APDC-DDTC-Freon 용매 추출법으로 50배 농축한 후 (Bruland et al., 1979) 유도결합플라즈마질량분석기(Termo Elemental CCTed)로 측정하였다. 한편, 본 분석 자료의 신뢰도를 확보하기 위하여 캐나다 국립연구원 (NRCC)에서 제조한 CASS-4 용존성 중금속의 표준시료도 동일한 방법으로 측정하였다.

표 2-5-1. CASS-4 의 분석결과 비교 (단위: $\mu\text{g}/\ell$).

	본 연구 (N=5)	공인 값	회수율 (%)
Co	0.024 ± 0.0004	0.026 ± 0.003	92.5
Ni	0.276 ± 0.007	0.314 ± 0.030	88.0
Cu	0.527 ± 0.007	0.592 ± 0.055	89.1
Zn	0.369 ± 0.104	0.381 ± 0.057	96.9
Cd	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.003	99.9

(마) 유기독성화합물

1) 광유류

광유류는 표층해수 시료를 pH 4 이하의 산성으로 처리한 후, 유기 물질들을 노말 헥산으로 추출하여 활성규산마그네슘 (또는 실리카겔이나 플로리실) 칼럼을 이용하여 동식물유지류를 흡착·제거하고 광유류 만을 분리해 낸 후 정제된 광유류의 질량을 측정하였다(환경공정시험법, 2006).

2) 시안화합물(CN)

시안화합물은 해수시료 표층수 시료를 pH 2이하의 산성에서 에틸렌디아민 테트라초산나트륨을 넣고 가열 증류하여 시안화물 및 시안착화합물의 대부분을 시안화수소로 유출시키고 수산화나트륨용액에 포집하였다. 포집된 시안이온을 중화하고 클로라민 T를 넣어 염화시안으로 만든 후 피리딘-피라졸론 혼합용액을 넣어 나타나는 청색을 UV-Vis spectrophotometer(Unicam 4-100)를 이용하여 620nm에서 측정하였다(해양 공정시험법, 2006).

3) 페놀류

페놀류는 표층해수 시료를 증류한 시료에 염화암모늄-암모니아 완충액을 첨가하고 pH 10으로 조절한 음 4-아미노안티피린과 페리시안화칼륨을 넣어 생성된 적색의 안티피린계색소를 UV-Vis spectrophotometer (Unicam 4-100)의 460nm에서 측정하였다(해양공정시험법, 2006).

4) 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs), 다환방향족탄화수소(PAHs)

폴리클로리네이티드비페닐과 다환방향족탄화수소는 표층 해수 80ℓ를 채취하여 분석하였다. 선박으로 인한 시료의 오염을 최소화하기 위해 약 1~2kt의 저속 운항을 유지하면서 채수하였고, 특수 제작된 테플론 재질의 채수기와 정량 펌프를 이용하였다. 채집한 해수시료는 GF/F 여과지와 XAD-2레진 컬럼을 이용하여 입자상태(Particle phase: PP)와 용존상태 (Dissolved phase: DP)로 각각 나누어 냉장보관한 후 실험실로 운반하여 미국환경보호청 (EPA, 1998)의 방법 (US EPA method 8082)에 의거하여 분석하였다.

표 2-5-2 PCBs 분석에 사용한 GC-ECD 기기 분석조건.

Agilent 6890N Gas Chromatography	
column	60m×0.32mm i.d., 0.25µm(thickness) DB-XLB
injection mode	splitless mode
oven temp.	100°C(2min)-30°C/min→200°C(10min) -5°C/min→250°C(10min) -5°C/min→300°C(10min)
carrier gas	Nitrogen
injection temp.	220°C
Electron Capture Detector(µ-ECD)	
Detector temp.	320°C
Make-up gas	Nitrogen (80ml/min)

표 2-5-3 PAHs 분석에 사용한 GC-MSD 기기 분석조건.

Agilent 6890N Gas Chromatography	
column	30m×0.25mm i.d., 0.25µm(thickness) DB-5MS (5%-Phenyl)-methylpolysiloxane
injection mode	splitless mode
oven temp.	60°C-10°C/min→250°C -8°C/min→320°C/min(5min)
carrier gas	Helium
injection temp.	280°C
Agilent 5973 Mass Selective Detector(MSD)	
solvent delay	5min
mass range	80~330 amu
Quad temperature	150°C
Source temperature	230°C
transferline temp.	280°C

표 2-5-4 PCBs 분석에 사용된 정량용 표준물질

IUPAC 번호	세부명	IUPAC 번호	세부명
8	2,4'-DiCB	123	2',3,4,4',5-PentaCB
15	4,4'-DiCB	126	3,3',4,4',5-PentaCB
18	2,2',5-TriCB	128	2,2',3,3',4,4'-HexaCB
28	2,4,4'-TriCB	138	2,2'3,4,4',5'-HexaCB
31	2,4',5-TriCB	149	2,2'3,4',5',6-HexaCB
37	3,4,4'-TriCB	153	2,2',4,4',5,5'-HexaCB
44	2,2',3,5'-TetraCB	156	2,3,3',4,4',5-HexaCB
49	2,2',4,5'-TetraCB	157	2,3,3',4,4',5'-HexaCB
52	2,2',5,5'-TetraCB	167	2,3',4,4',5,5'-HexaCB
60	2,3,4,4'-TetraCB	169	3,3',4,4',5,5'-HexaCB
70	2,3',4',5-TetraCB	170	2,2',3,3',4,4',5-HeptaCB
77	3,3',4,4'-TetraCB	180	2,2',3,4,4',5,5'-HeptaCB
81	3,4,4',5-TetraCB	187	2,2',3,4',5,5',6-HeptaCB
87	2,2',3,4,5'-PentaCB	189	2,2,3',4,4',5,5'-HeptaCB
101	2,2',4,5,5'-PentaCB	194	2,2'3,3',4,4',5,5'-OctaCB
105	2,3,3',4,4'-PentaCB	195	2,2'3,3',4,4',5,5'-OctaCB
114	2,3,4,4',5-PentaCB	206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-NonaCB
118	2,3',4,4',5-PentaCB	209	DecaCB(회수을검정표준물질)

채집한 해수시료는 GF/F 여과지와 XAD-2레진 컬럼을 이용하여 입자상태 (Particle phase: PP)와 용존상태 (Dissolved phase: DP)로 각각 나누어 냉장보관 한 후 실험실로 운반하여 미국환경보호청 (EPA, 1998)의 방법 (US EPA method 8082)에 의거하여 분석하였다.

표 2-5-5 PAHs 분석에 사용된 정량용 표준물질

	화합물명		화합물명
1	acenaphthene	15	1-methyl naphthalene
2	acenaphthylene	16	2-methyl naphthalene
3	anthracene	17	2,6-dimethyl naphthalene
4	benzo(a)anthracene	18	2,3,5-trimethyl naphthalene
5	1-methyl anthracene	19	phenanthrene
6	2-methyl anthracene	20	1-methyl phenanthrene
7	9-methyl anthracene	21	2-methyl phenanthrene
8	dibenzo(a,h)anthracene	22	perylene
9	chrysene	23	benzo(g,h,i)perylene
10	fluoranthene	24	pyrene
11	benzo(b)fluoranthene	25	benzo(a)pyrene
12	benzo(k)fluoranthene	26	benzo(e)pyrene
13	fluorene	27	indeno(1,2,3-cd)pyrene
14	naphthalene		

2. 2005년 서해병해역 표영생태계 건강상태 조사결과

- 2005년 서해병해역 수온 및 염분
 - 2005년 5월 서해병해역의 수온은 표층에서 11.36~13.27°C(평균 12.52°C), 저층에서 6.51~8.47°C(평균 7.22°C) 범위를 보여, 표층과 저층의 온도 차이는 4~5°C로 나타났음.
 - 염분은 32.07~33.21psu(평균 32.75psu)를 나타냈는데, 남서부에서 북부 해역으로 갈수록 염분이 감소하는 양상을 보임(그림 3).
- 2005년 서해병해역 해수 건강상태
 - pH는 7.9~8.4 범위를 나타냈으며, 전반적으로 표층에서 높고 남부해역의 저층에서는 감소경향을 보였는데 이는 유기물 산화에 따른 CO₂의 증가에 의한 것으로 해석됨.
 - 용존산소의 농도는 6.67~9.69mg/l(평균 7.71mg/l) 범위를 나타냈으며, 수온약층인 13~36m에서 최대값을 나타냈음.
 - 화학적 산소요구량은 표층에서 0.40~3.21mg/l(평균 1.73mg/l), 중층에서 0.17~0.49mg/l(평균 2.02mg/l), 저층에서 0.03~2.15mg/l(평균 1.07mg/l) 범위를 보여 중층에서 가장 높았고, 저층에서 가장 낮았음.
 - 입자성 부유물질은 0.07~8.57mg/l(평균 0.94mg/l) 범위를 보였고, 특히 50m 보다 깊은 수심에서는 농도가 크게 증가하였음.

- 용존 무기영양염류 중, 아질산염은 0.003~0.448 (평균 0.075) μm , 질산염은 0.012~4.737(평균 1.25) μm , 암모니아는 0.030~3.718(평균 0.631) μm , 인산염은 0.008~0.993 μm (평균 0.346) μm , 규산염은 0.291~18.718(평균 5.397) μm 로 나타났음.
- 용존 무기영양염류의 수직분포를 보면, 수온약층에서 가장 낮은 농도를 보였으며 저층으로 갈수록 높은 농도로 증가하였음.
- 질산염의 농도는 수온약층을 경계로 4배 이상 급격히 증가하였고, 인산염도 약 3배 증가하였는데, 이는 저층으로 침강, 유입된 유기물의 일부가 분해과정에 의해 재생산된 것으로 해석됨.
- 용존 무기영양염류의 수평분포는 전반적으로 배출해역 남부해역에서 높게 나타났음.
- 용존성 중금속의 농도범위는 Co의 경우 0.006~0.024 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.011 $\mu\text{g}/\ell$), Ni은 0.273~0.468 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.365 $\mu\text{g}/\ell$), Cu는 0.222~0.720 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.446 $\mu\text{g}/\ell$), Zn은 0.194~1.971 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.692 $\mu\text{g}/\ell$), Cd은 0.037~0.056 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.045 $\mu\text{g}/\ell$)의 범위를 나타냈으며, 2005년 5월 집중적으로 투기가 이루어진 북동부와 북서부해역에서 중금속 농도가 높았음.
- 페놀, 시안화합물, PCBs, PAHs 의 농도는 전 정점에서 해역환경 기준치에 미치지 못하는 낮은 값을 나타냈음.
- 엽록소-a 농도는 0.05~3.61 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.68 $\mu\text{g}/\ell$)의 범위를 보여주었고 수온약층에서 높은 생물량을 나타냈는데, 이것은 수온약층 상부층이 광과 영양염이 풍부하기 때문에 식물플랑크톤이 성장하기 좋은 것으로 해석됨.
- 단위 시간당 엽록소량의 생산성은 0.075~12.941mgC/mgChl-a/h의 범위로 나타났으며, 수직 적분한 일일 생산력은 252.65~1979.22mgC/m²/day의 범위를 보였으며,
- 대체적으로 서남부 해역에 위치한 정점에서 높게 측정되었음.
- 생체형광지수는 0.022~0.725(평균 0.411) 범위를 보였으며, 서남부해역의 일부 10m 이하 수심에서도 0.25 이하를 나타내 식물플랑크톤이 생리적으로 심한 스트레스를 받기도 하였으나, 전반적으로 표층부터 30m까지는 높은 광합성도를 보여주었음.

3. 조사결과

가. 표영생태계 일차생산자 서식환경 조사

(1) 물리특성 조사

(가) 수온과 염분

2008년 7월조사시 서해병해역에서 수온을 측정한 결과 수온분포는 6.80~23.56℃(평균 14.05℃)의 범위를 보였으며, 정점 YB023과 YB025의 저층에서 가장 낮고, YB019 표층에서 가장 높게 나타났다. 수온약층은 북동부 해역에 위치한 정점에서는 10~30m 부근에서 나타난 반면 남서부해역에서는 10~45m로 15m가량 깊은 수심까지 수온약층이 형성되어 수온변화가 완만히 이루어졌다. 전반적으로 표층과 저층간의 평균수온 차이는 14.76℃를 보여주었고, 북부해역에서 수온차이가 1℃ 이상 크게 나타났다(그림 2-5-2).

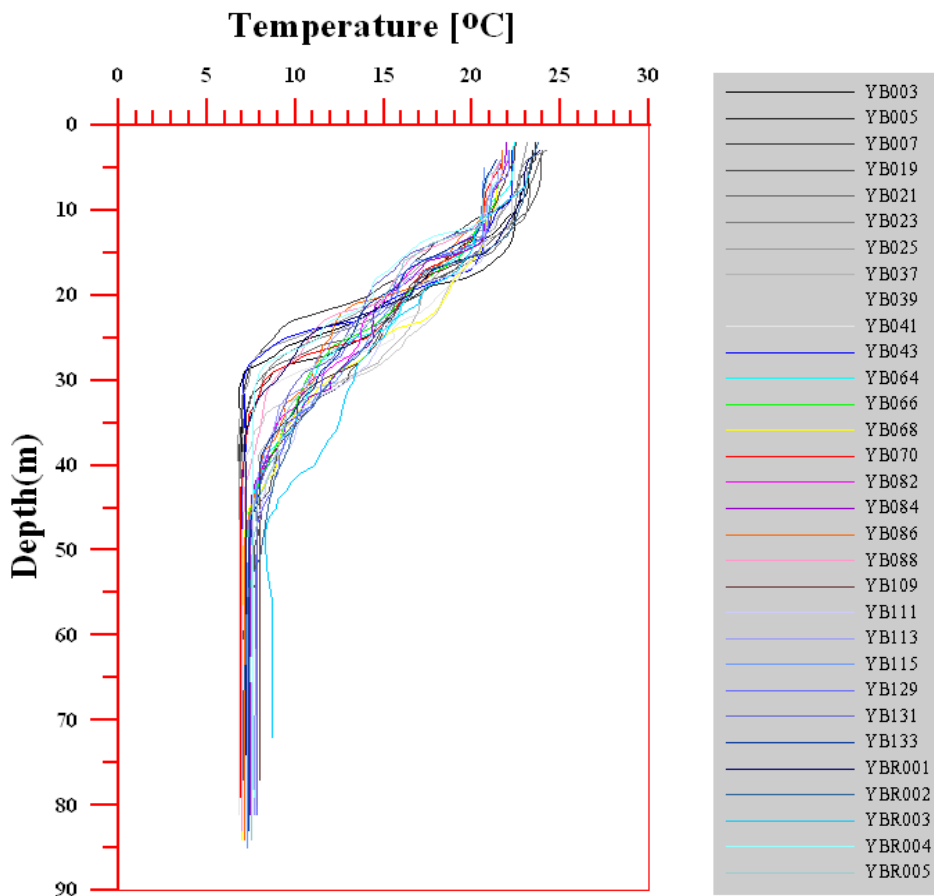


그림 2-5-2 서해병해역에서 수온의 연직분포

수층별 수평분포변화는 표층에서 20.98~23.56℃ 범위를 보였고 평균 22.02℃를 나타낸 반면 저층에서는 6.80~8.71℃를 보였고 평균 7.26℃로 나타나 표층과 저층에서 수온차이가 크게 나타났고 해역별 수온차이는 표층에서 크게 나타났다. 10m 이하의 얇은 수심에서는 북서부해역에서 수온이 높았고, 30m 이상으로 수심이 깊어질수록 서부와 남부해역에서 높게 나타났다(그림 2-5-4).

서해병해역의 염분분포는 31.45~33.11psu(32.51psu) 범위를 보였으며, 최소값은 YB019의 표층에서 나타났고 최대값은 정점 YBR003의 저층에서 나타났다. 수온과 마찬가지로 북부해역에서만 얇은 수심에서 저염수가 나타나 5~25m에서 염분약층을 형성하였다. 이 때 북부해역에 위치한 정점은 평균 0.93psu의 염분차이 보였고, 이를 제외한 나머지 해역에서는 평균 0.28psu의 염분차이를 나타냈다(그림 2-5-3). 염분의 수층별 수평분포는 10m 이하의 얇은 수심에서는 북부해역에서 염분이 낮게 나타났고 수심이 증가함에 따라 북서부해역에서도 염분이 증가하였으며, 저층에서는 서부해역에 위치한 대조구에서 고염수가 나타났다. 또한 배출해역 중앙보다 대조구에 인접한 해역에서 염분이 다소 높게 나타났다(그림 2-5-4).

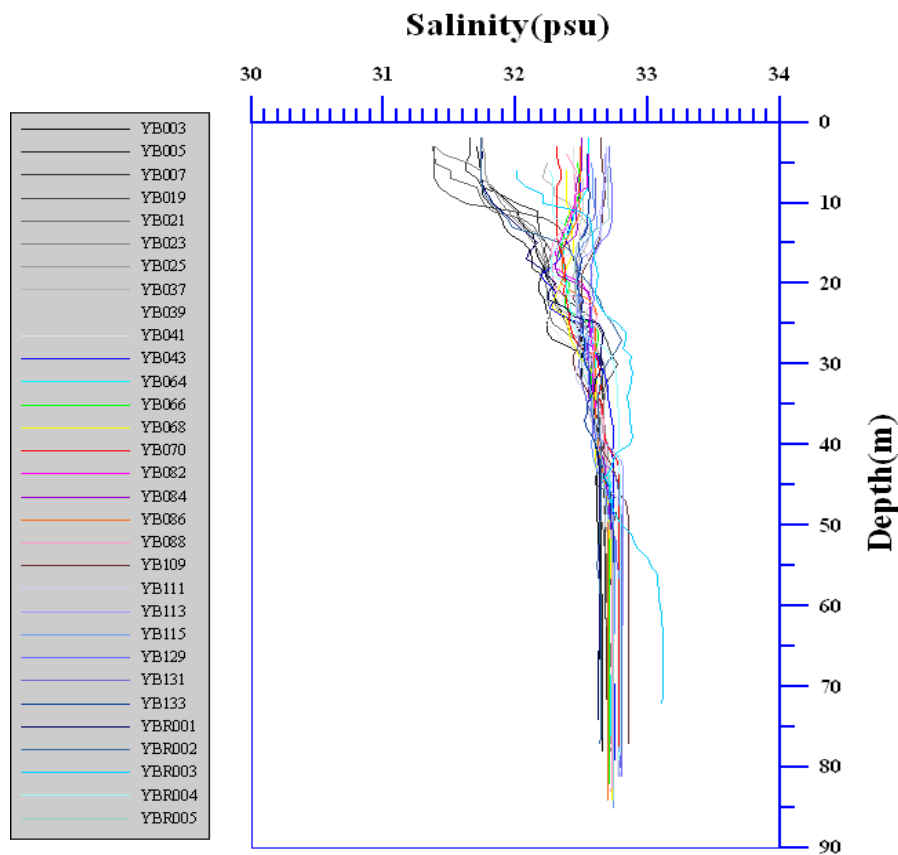


그림 2-5-3 서해병해역에서 염분의 연직분포

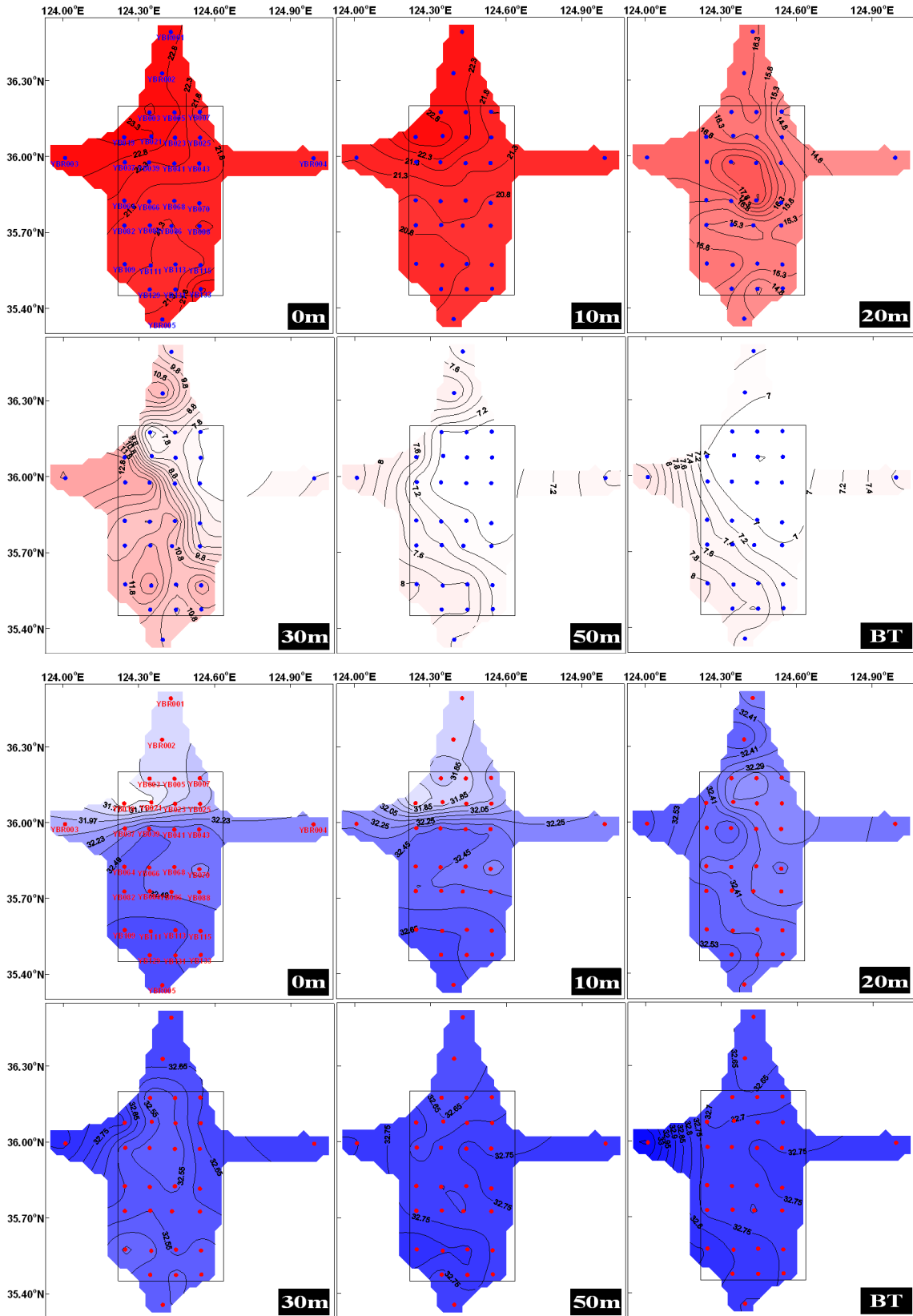


그림 2-5-4 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수온과 염분의 수평분포

Yellow Sea

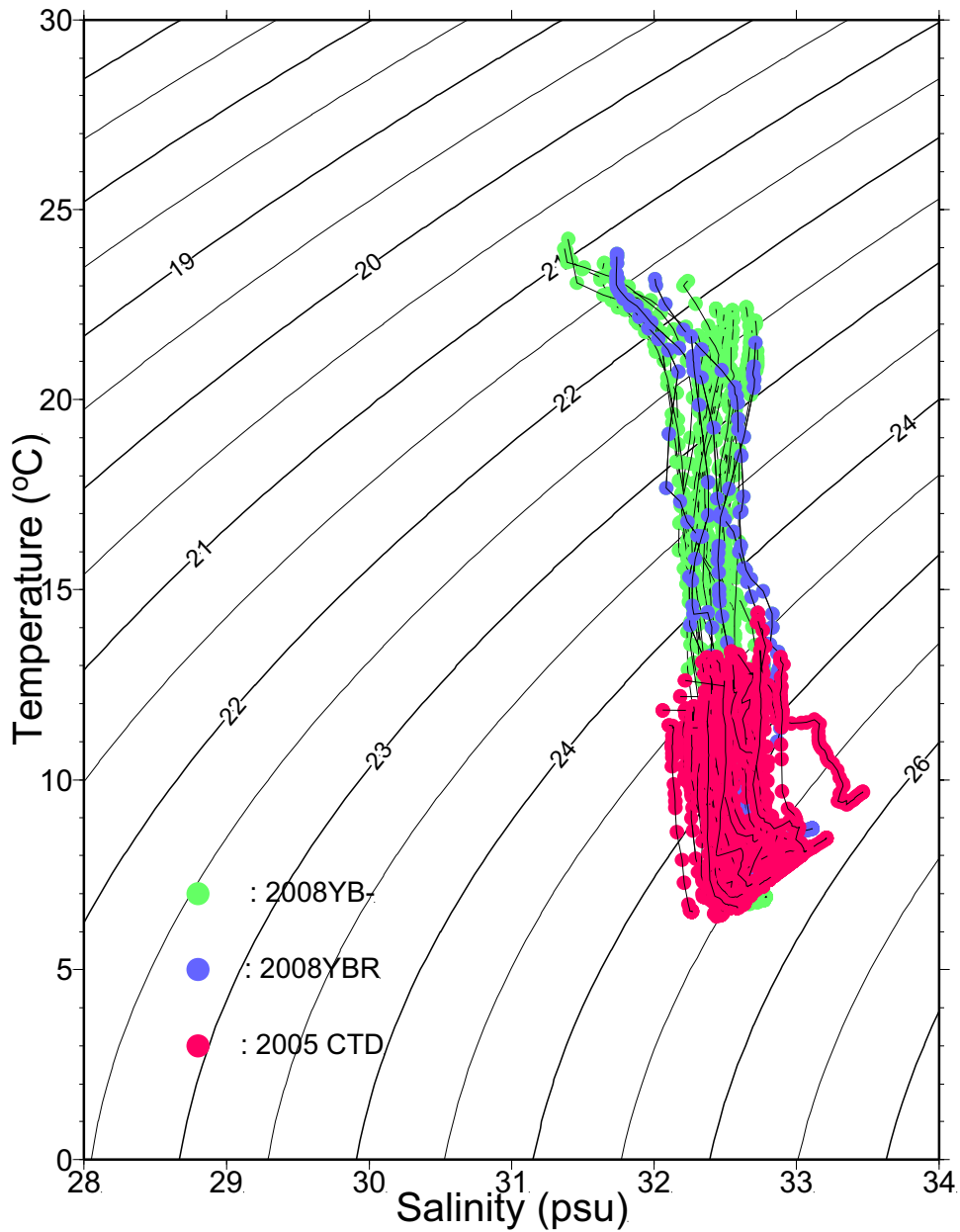


그림 2-5-5 2008년 7월조사와 2005년 5월조사시 서해병해역에서의 T-S diagram.

(나) 인공위성 영상에 의한 수온의 수평분포

인공위성에 탑재되어 있는 적외선 센서는 광범위한 해수면 수온을 동시에 반복적으로 관측할 수 있다는 장점으로 인해 1980년대 이후 활발히 이용되고 있다. 수신한 인공위성의 관측시각은 2008년 7월 8일~14일까지이며, 위성명은 NOAA-12, 15, 18로 연구해역의 해표면 수온 분포를 참고하고자 하였다.

서해병해역 해수면의 표면수온영상으로 본 자료는 7월조사시 22~25°C 범위를 나타냈으며, 현장에서 실시간 CTD 관측을 해 얻은 자료는 20.98~23.56°C(평균 22.02°C) 범위를 보여 표면수온영상 자료와 CTD의 현장조사 자료가 2~3°C 차이가 나타남을 알 수 있었다. 표면수온영상 자료는 일부해역에서 25°C 이상의 높은 수온을 나타냈고 북서부해역에서 냉수괴가 나타나 배출해역에 다소 영향을 주는 것으로 보였으나 배출해역 전역에 영향을 주지는 않았다(그림 2-5-6).

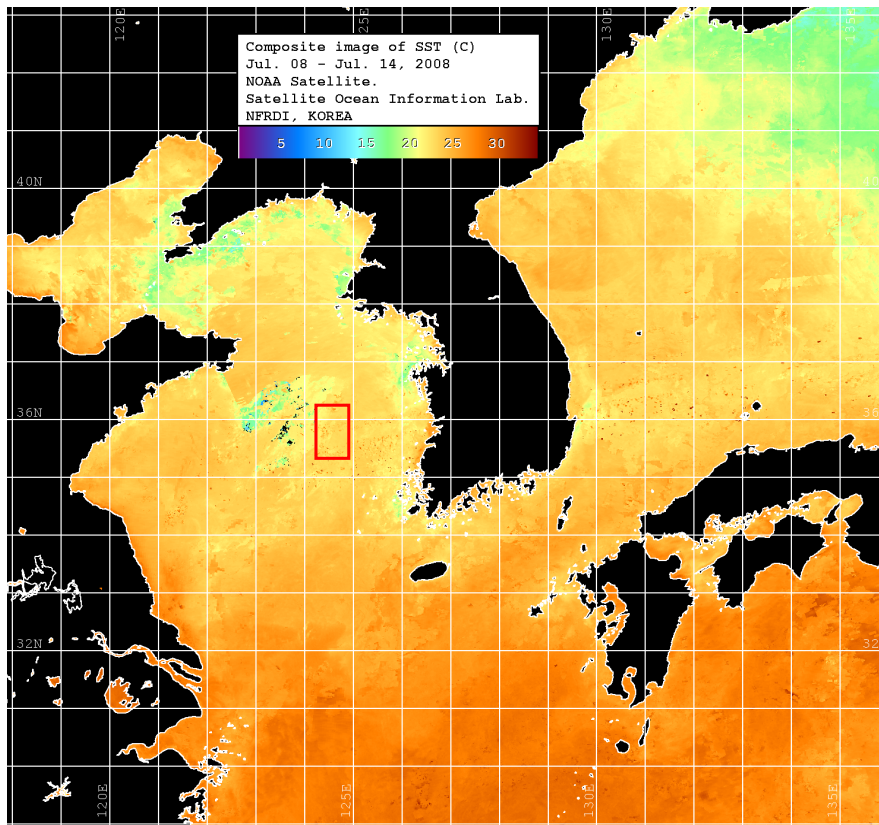


그림 2-5-6 서해병해역 표면수온 인공위성영상(2008년 7월 8일~14일)

나. 표영생태계 일차생산자 생산성 조절요인

(1) 친생물 인자 성분조사

(가) 수소이온농도(pH)

2008년 7월조사시 pH는 8.29~8.32(평균 8.36) 범위를 보였고, 북동부해역에 위치한 정점에서는 20m 수심에서 최대값을 보였고 그 이상의 깊은 수심에서는 감소하는 양상을 나타냈다. 서부해역에서는 30m까지 유사한 농도를 나타내다

저층으로 갈수록 크게 감소하는 양상을 나타냈다. 최소값은 정점 YB068, YB70의 저층에서 나타났고 YB005의 20m층에서 최대값을 보였다. 전반적으로 표층과 저층의 농도차이는 수심이 깊어질수록 다소 감소하는 경향을 보였다.

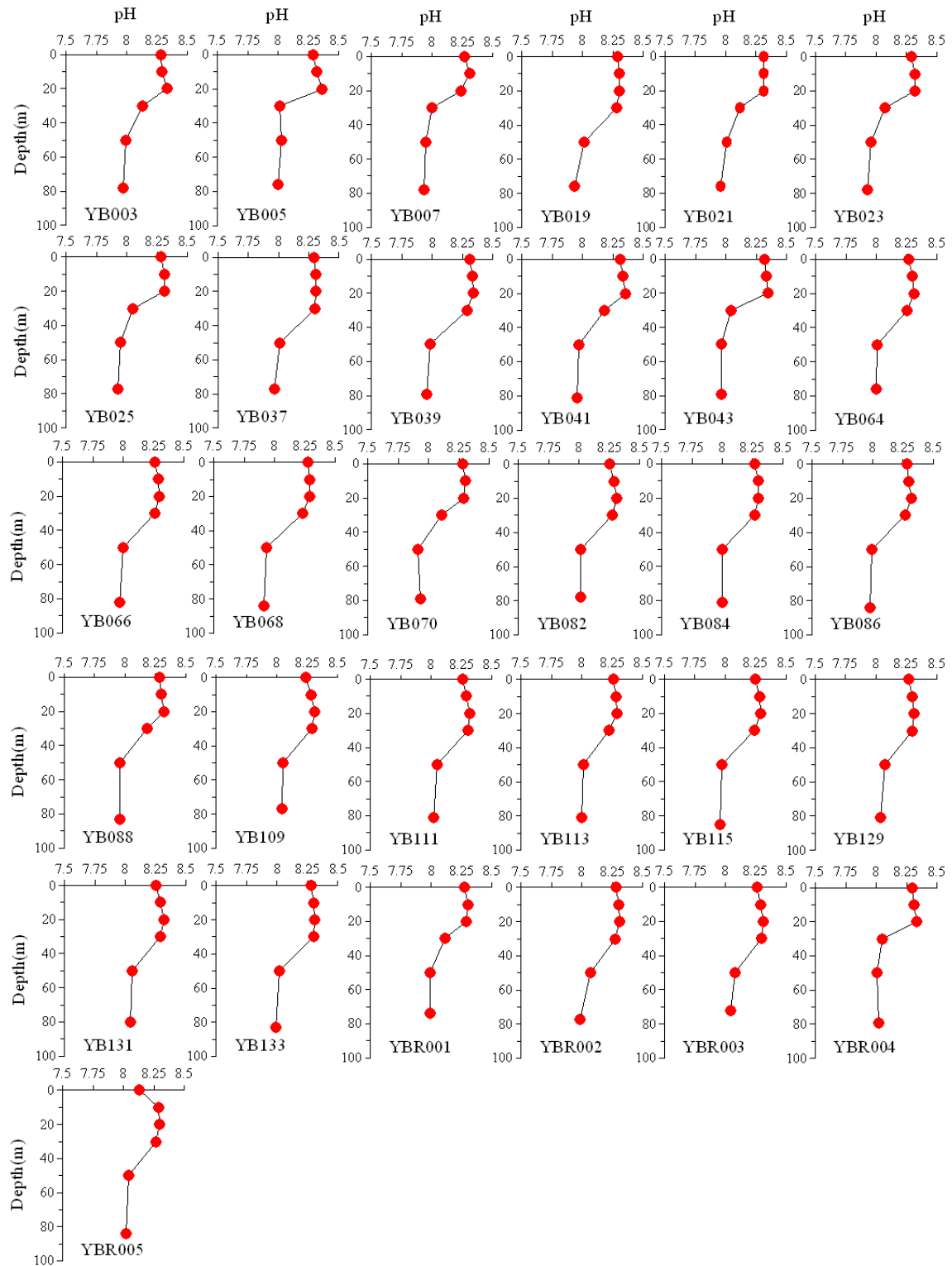


그림 2-5-7 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 pH의 연직분포

이는 해수는 일반적으로 강한 완충능력을 가지고 있어 pH에 있어서 큰 차이는 나지 않으나, 표·저층간의 밀도약층의 구분이나 저층에서 유기물질의 활발한 산화로 인해 다소 pH가 낮아지는데 원인이 있다(그림 2-5-7). 수층별 수평분포는 30m보다 얇은 수심에서는 대조구에 비해 배출해역에서 높은 농도를 보였고 그보다 깊은 수심에서는 서부와 남부해역에서 높은 농도를 보였고 수온과 매우 유사한 분포를 나타내 높은 상관성을 나타냈다(그림 2-5-8).

해역 수질등급의 생활환경기준을 살펴보면, 배출해역 내 20m 수심의 북부해역에서 8.3이상을 보여 II 등급을 나타냈고 나머지 해역에서 I 등급을 보였다(표2-5-3).

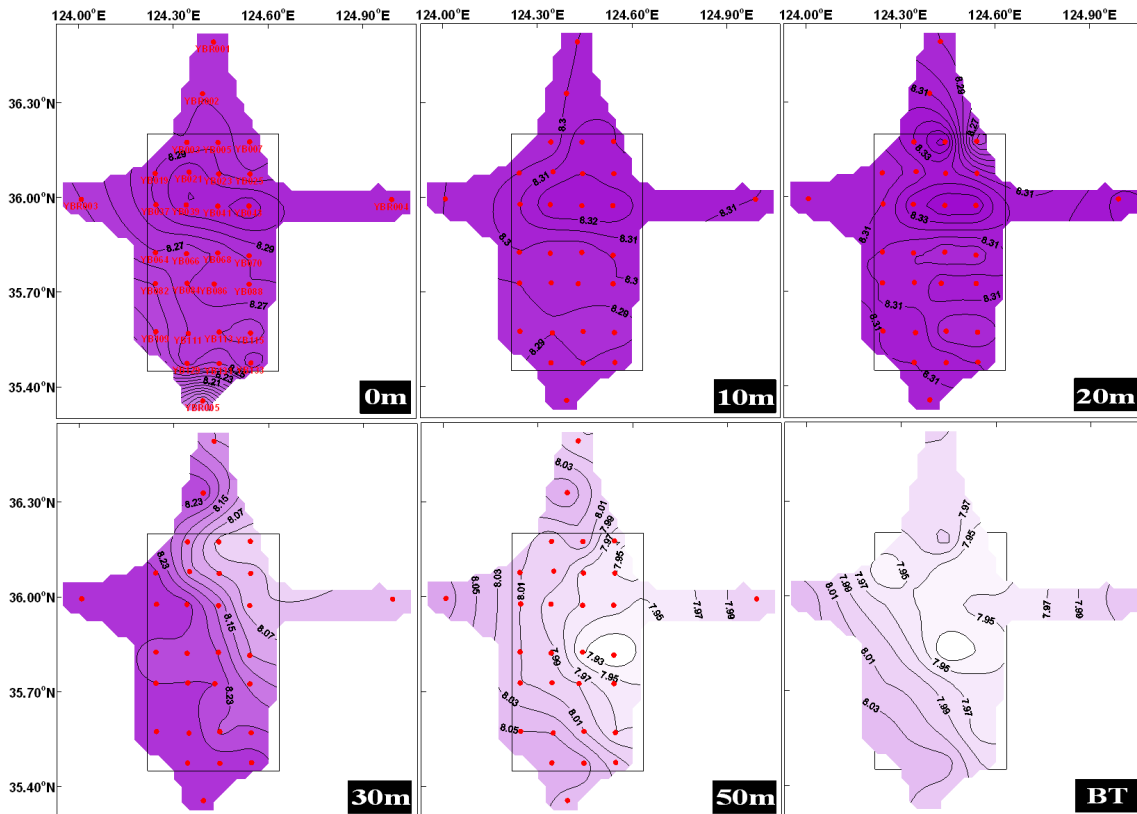


그림 2-5-8 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수심별 pH의 수평분포

(나) 용존산소

2008년 7월조사시 용존산소의 연직분포는 7.13~9.22mg/l 범위를 보였고 평균 7.87mg/l로 나타났다. 용존산소도 수온과 마찬가지로 북부해역과 남부해역에서 다른 양상을 보였다. 북부해역의 경우 25m 부근에서 최대값을 나타냈고 수심이 깊어지면서 급격히 감소하는 반면 남부해역에서는 25~40m 부근에서

전체적으로 높은 농도를 나타냈다. 이를 수온, 염분과 함께 나타낸 결과 수온 약층에서 용존산소의 변화가 크고 저층에서 일정한 농도를 보였다(그림 2-5-9, 11).

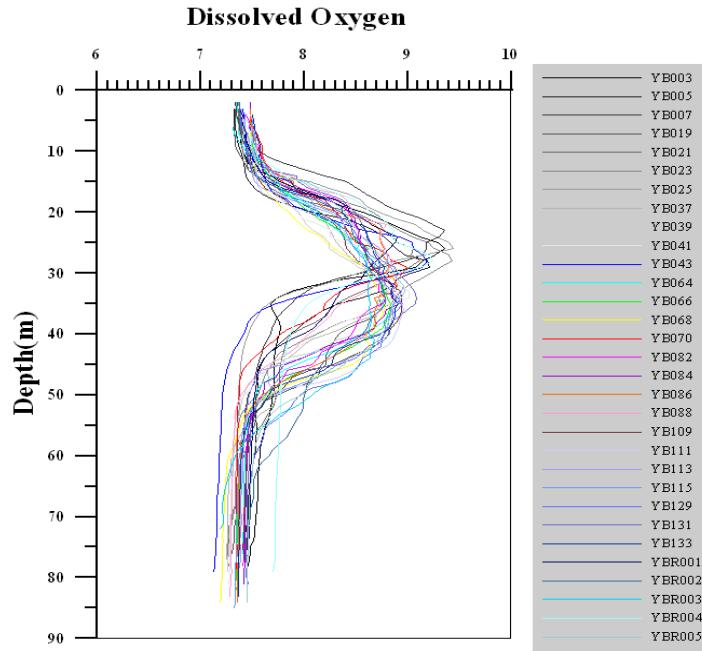


그림 2-5-9 2008년 7월조사시 서해병해역에서 용존산소의 연직분포

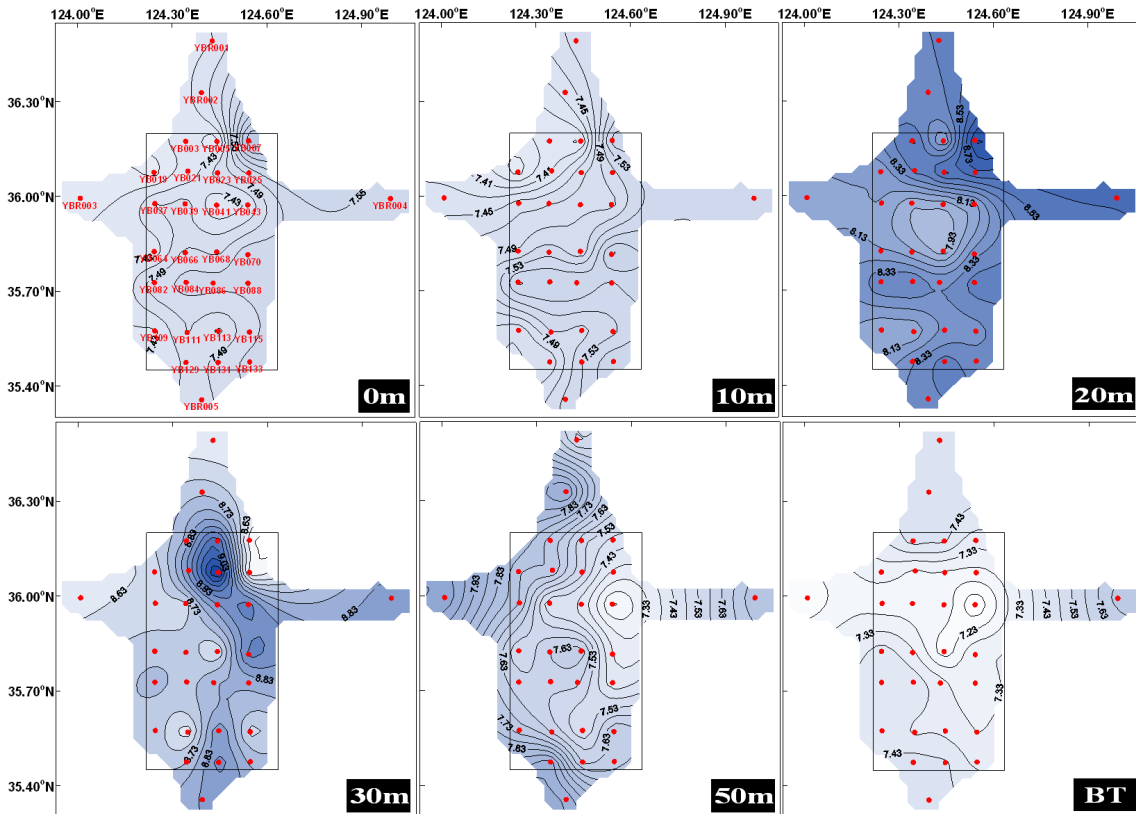


그림 2-5-10 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수심별 용존산소의 수평분포

수층별 수평분포는 얇은 수심에서는 북동부해역에서 높은 농도를 보였고, 30m 수층의 북동부해역을 제외하고 전체적으로 배출해역보다 대조구에서 높은 농도를 보였다. 최대값을 나타낸 YB023의 30m에서는 배출해역 내의 북부해역과 동부해역에서 높은 농도를 보이기도 하였다(그림 2-5-10). 해역수질등급은 표층과 저층에서 7.5mg/l 미만 5.0mg/l 이상을 나타내 II 등급을 나타냈고 나머지 수층에서 I 등급을 보였다(표 2-5-9).

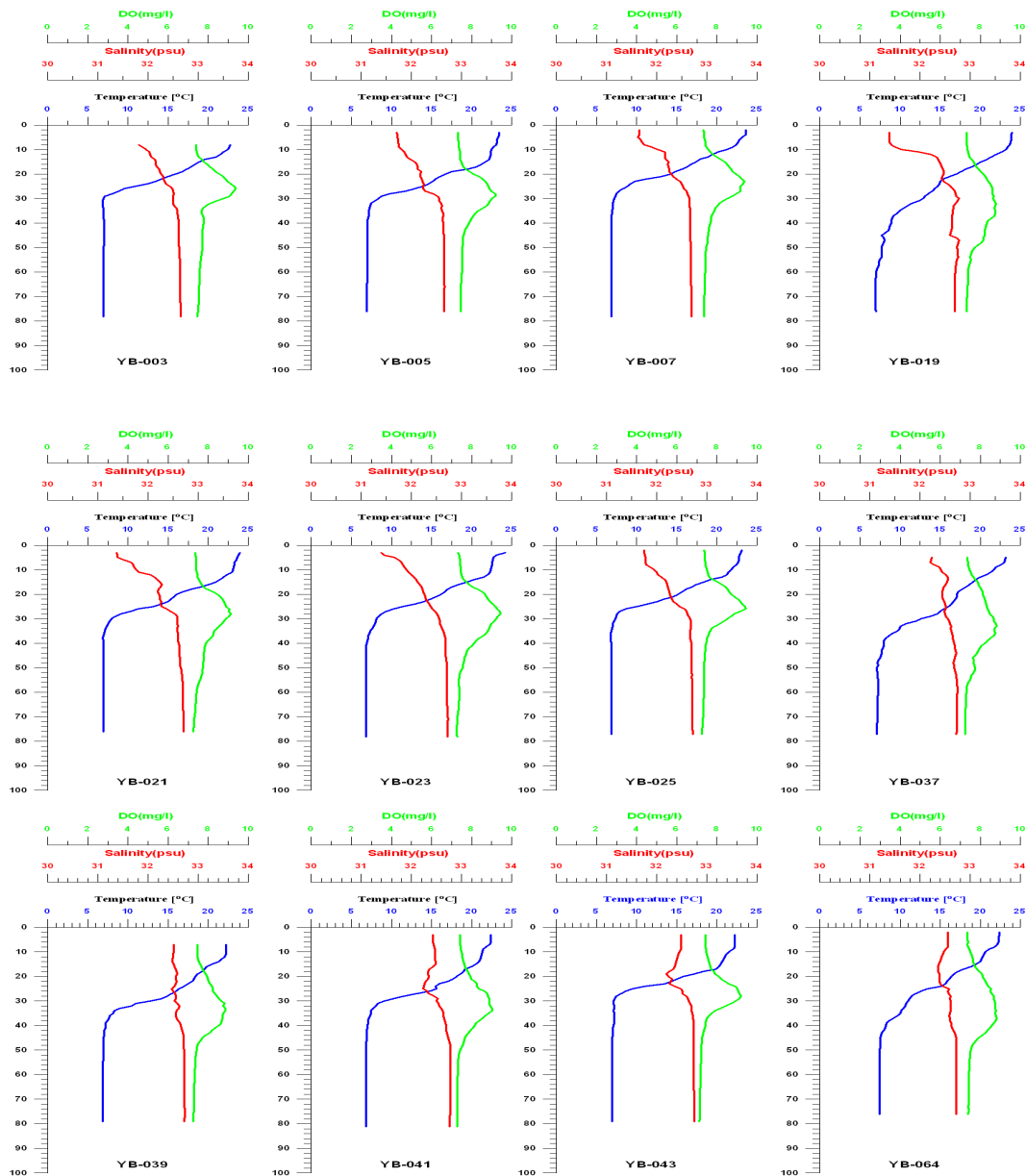


그림 2-5-11 2008년 7월조사시 서해병해역의 정점별 수온·염분·온도의 연직분포



그림 2-5-11 (계속)

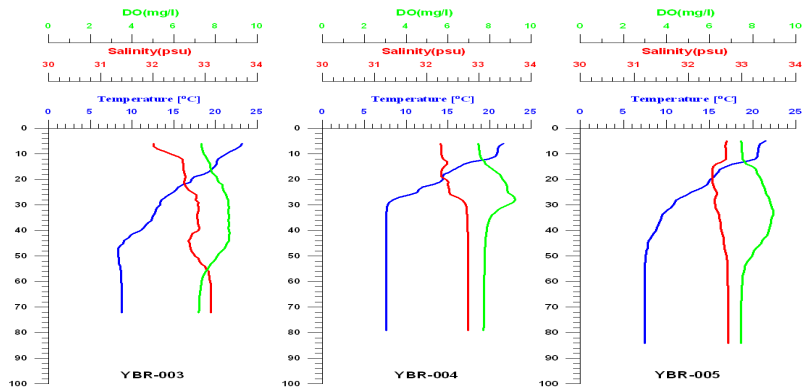


그림 2-5-11 (계속)

(다) 영양염류

1) 아질산염(NO_2^-)

아질산염의 분포는 0.057~0.554(평균 0.162) μM 범위를 보였고 최저농도는 YB084의 50m에서 나타났으며 최고농도는 YBR003의 표층에서 나타났다. 아질산염은 대조구와 배출해역의 남부를 제외하고 전반적으로 표층과 저층의 농도차이가 나타나지 않았으며 평균 이하의 낮은 농도를 나타냈다.

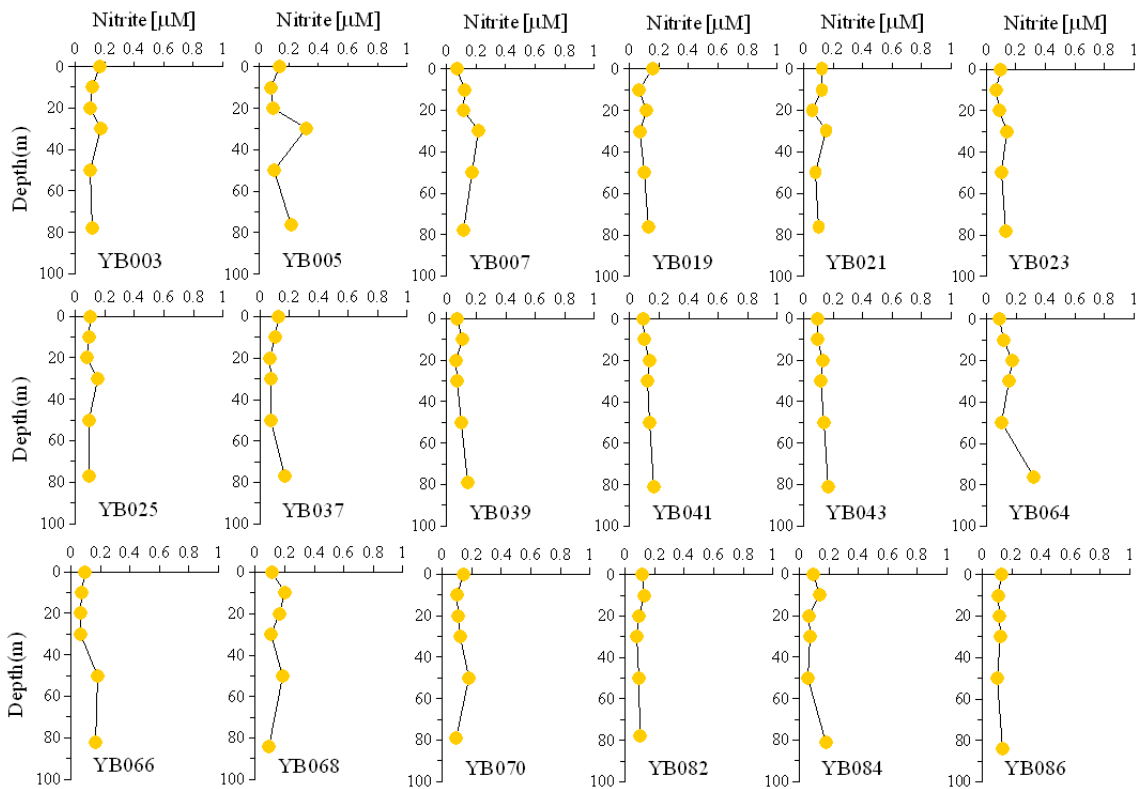


그림 2-5-12 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 아질산염의 연직분포

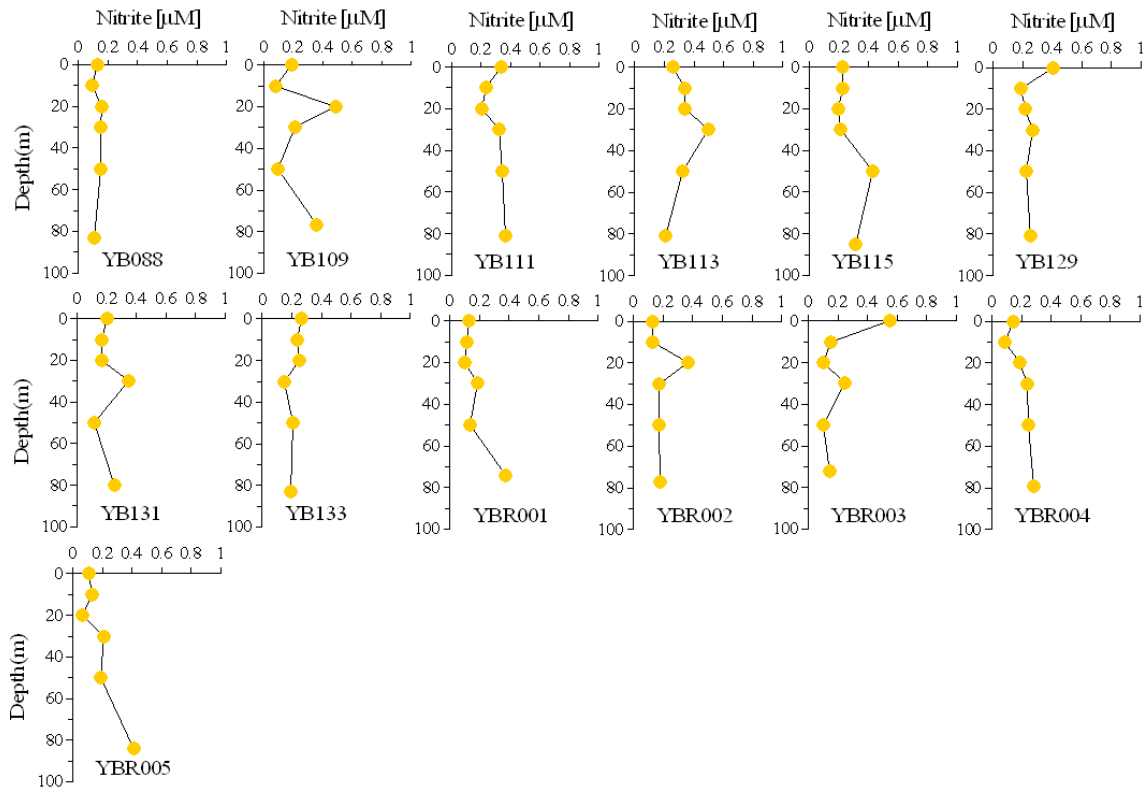


그림 2-5-12 (계속)

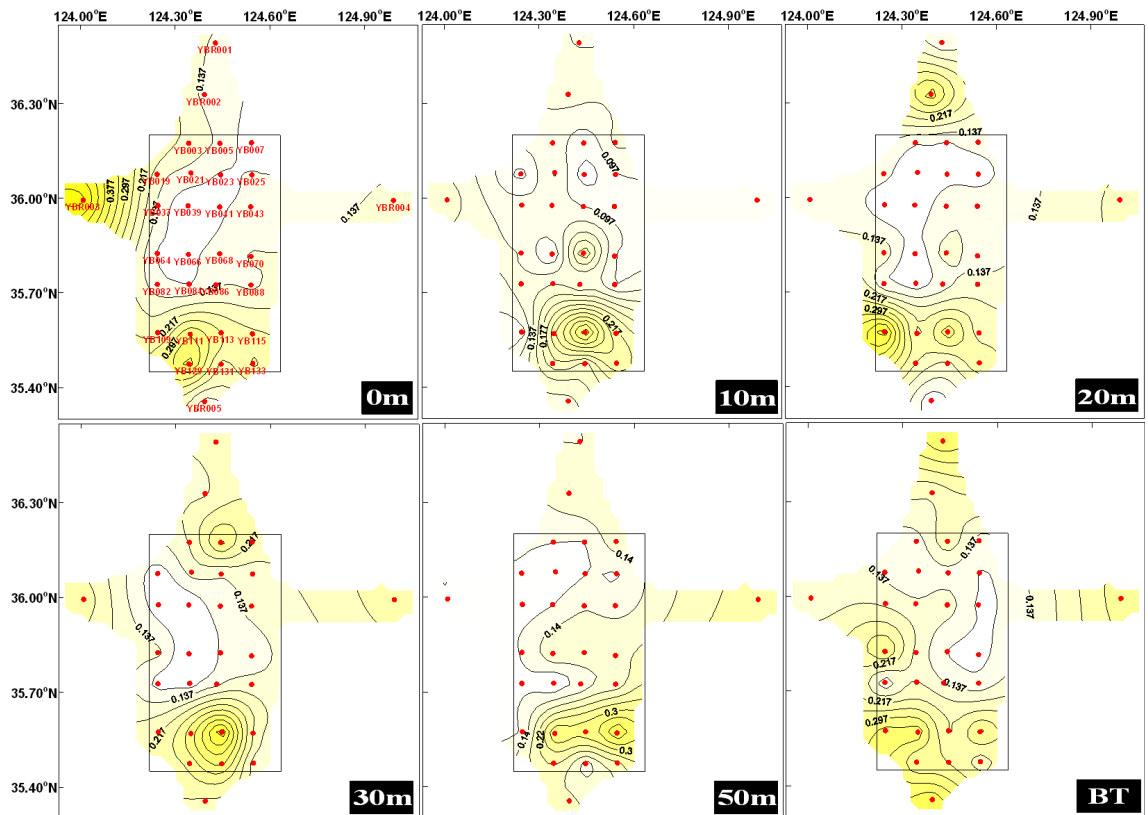


그림 2-5-13 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 아질산염의 수평분포

남부해역에서는 0.2 μM 이상 높은 농도를 보이고 수층별 농도변화도 다른 해역에 비해 크게 나타났다(그림 2-5-12). 수평분포는 배출해역의 남부해역과 대조구에서 높은 농도를 보였고 이를 제외한 배출해역 내에서 낮은 농도를 보였고 정점간에 등고선 간격이 넓게 나타나 유사한 농도분포를 보였다.

표층은 서부해역에 위치한 대조구 YBR003에서 가장 높은 농도를 보였으며 10m, 30m는 YB113, 20m는 YB109, 저층은 대조구 YBR005에서 가장 높은 농도를 나타내 표층을 제외하고 전체적으로 남부해역에서 높게 나타나고 있었다(그림 2-5-13).

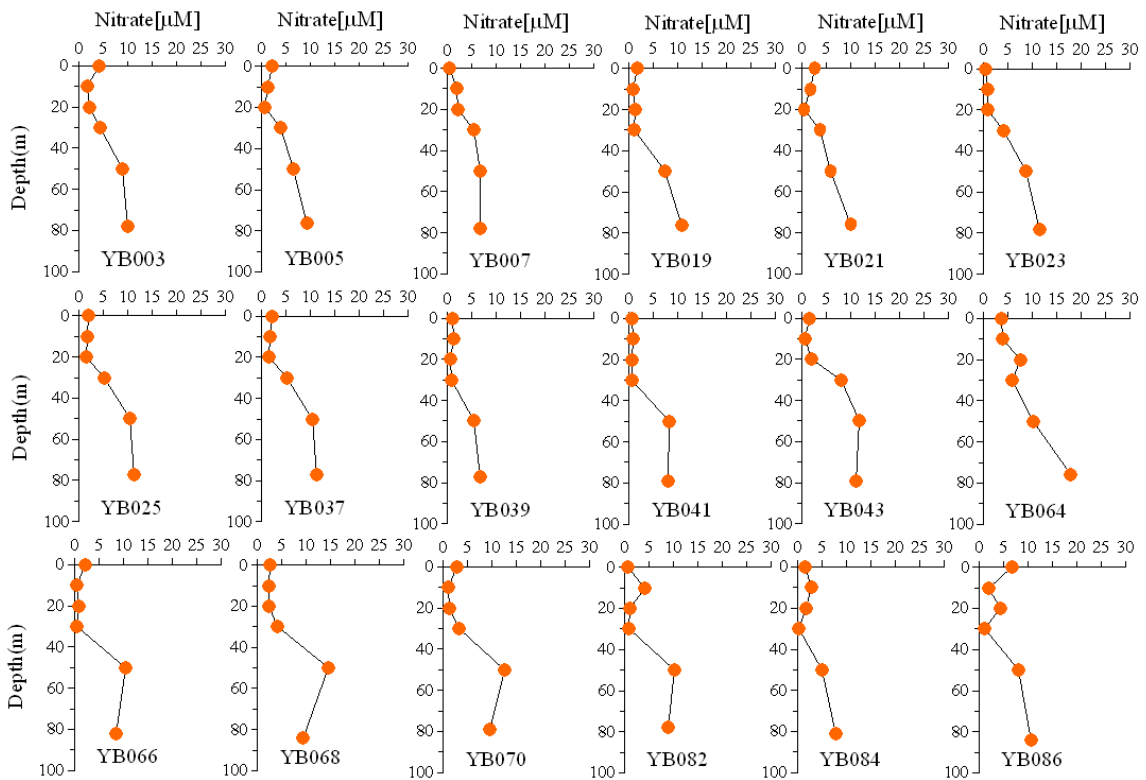


그림 2-5-14 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 질산염의 연직분포

2) 질산염(NO_3^-)

질산염의 분포는 2008년 7월조사시 0.326~30.422 μM (평균 4.900 μM) 범위를 보였으며 최소값은 정점 YB109의 10m에서 나타났고, 최대값은 YB115의 50m 수심에서 나타났다. 수직분포는 전반적으로 저층으로 갈수록 질산염이 증가하였으나 배출해역 중앙부와 동쪽에 위치한 정점은 50m 수층에서 저층보다 높은 농도를 보이기도 하였다. 표층~30m 수심에서는 대조구 YBR003과 남부해역의 일부 표층을 제외하고 전체적으로 평균 이하의 매우 낮은 농도를 보였으며 50m 수층부터 평균보다 높은 농도를 나타냈다(그림 2-5-14). 수평분포는 표층의

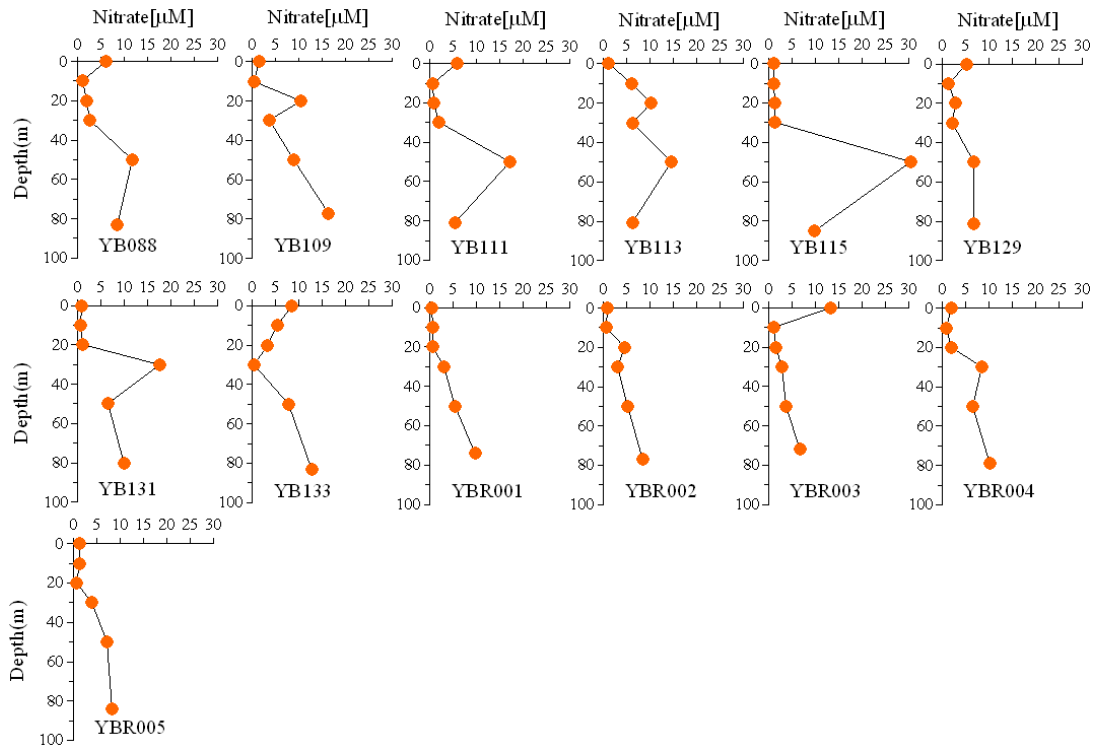


그림 2-5-14 (계속)

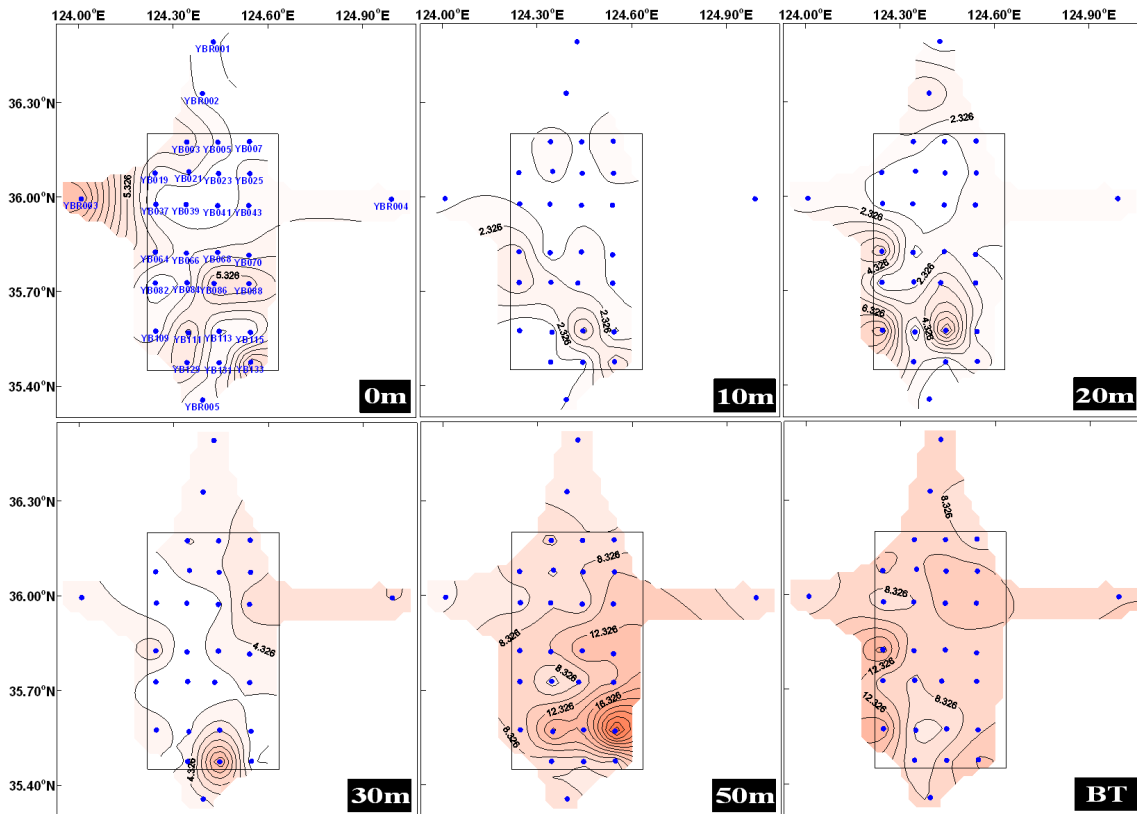


그림 2-5-15 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 질산염의 수평분포

경우 서부해역의 대조구에서 가장 높은 농도를 보였고, 배출해역에서는 저층을 제외하고 남부해역에서 높은 농도를 나타냈다(그림 2-5-15).

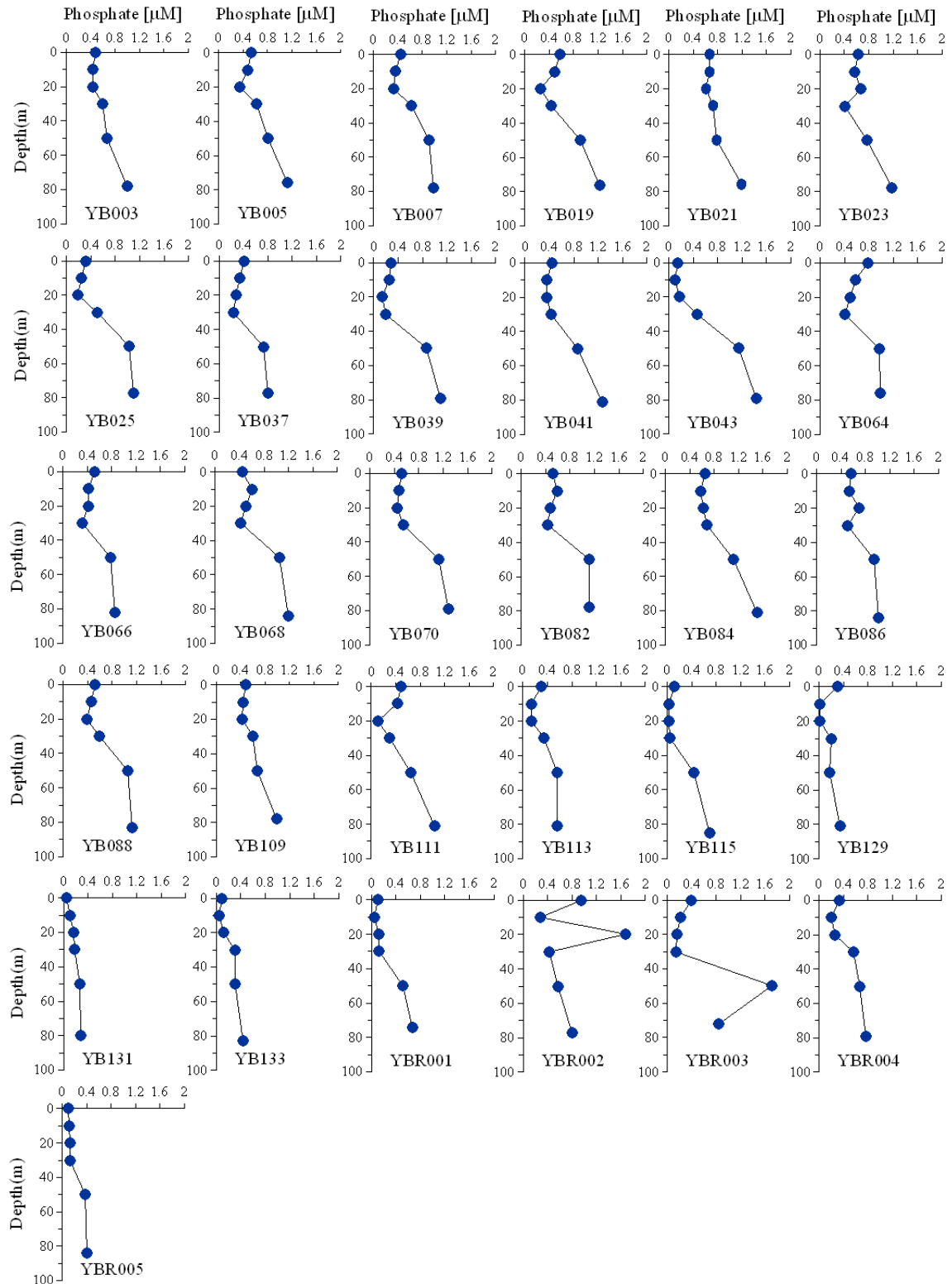


그림 2-5-16 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 인산염의 연직분포

3) 인산염(PO_4^{2-})

2008년 8월조사시 인산염의 농도분포는 $0.017\sim 1.706\mu M$ (평균 $0.550\mu M$) 범위를 보였으며, 최소값은 YB129의 20m 수심에서 나타났고, 최대값은 YBR003의 50m층에서 나타났다. 대체로 표층에서 30m층까지는 농도변화가 크게 나타나지 않았으나 다소 감소하는 형태를 보였고 저층으로 갈수록 크게 증가하였다. 주로 30m에서 50m 사이에서 농도변화가 가장 크게 나타났다(그림 2-5-16). 수층별 수평분포는 표층과 10m 수심에서는 가장 북부에 위치한 비교해역 YBR001을 제외하고 배출해역 내의 북부와 서부해역에서 높은 농도를 보였으며 20m층은 YBR002를 제외하고 전체적으로 낮은 농도를 나타냈고 30m층부터 저층으로 갈수록 배출해역 안의 동부해역에서 농도가 증가하였다. 인산염은 20m층의 YBR002와 50m층의 YBR003을 제외하고 비교해역에 비해 배출해역 내부에서 높은 농도를 보였다(그림 2-5-17). 인산염은 질산염과 마찬가지로 저층으로 갈수록 증가하는 양상을 보였으나 질산염의 경우 대부분 50m 층까지 증가하다 저층에서 감소하여 상관성이 높게 나타나지 않았다.

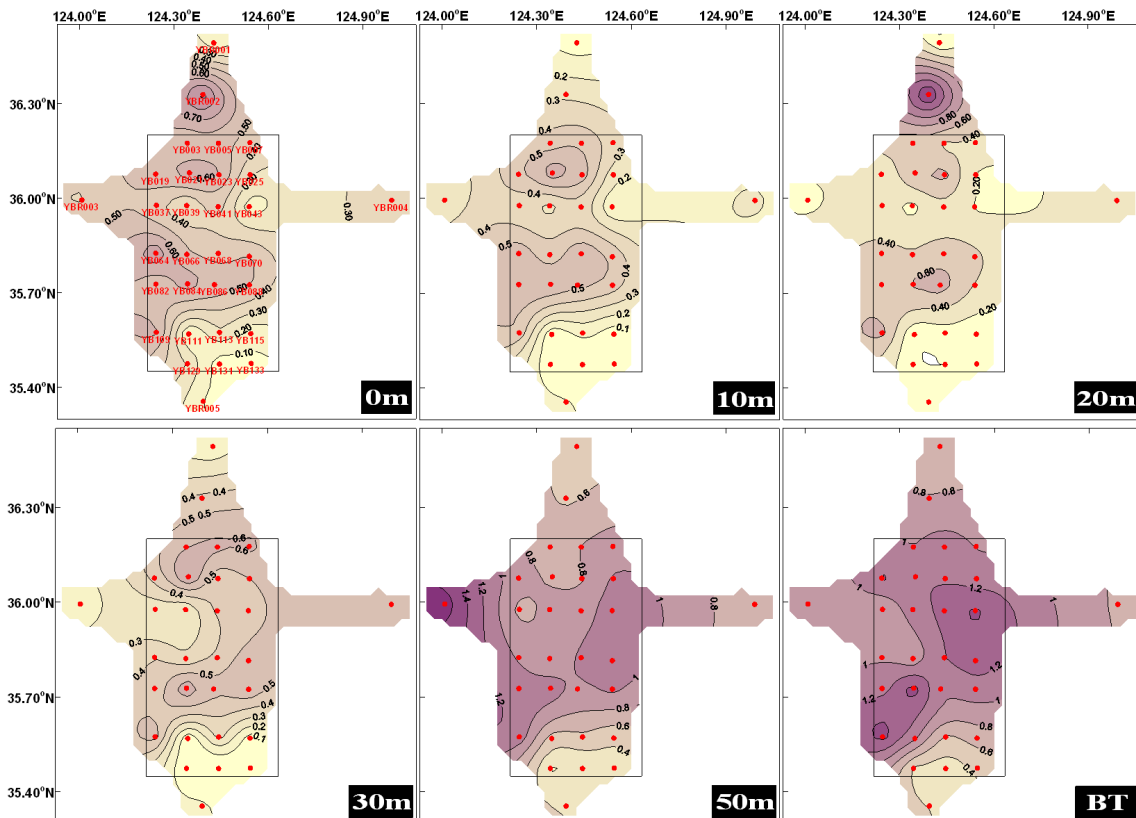


그림 2-5-17 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 인산염의 수평분포

4) 규산염(Si(OH)₄)

2008년 7월조사시 규산염의 농도분포는 0.047~13.035 μ M(평균4.554 μ M) 범위를 보였으며, 최소값은 YB043의 20m 수심에서 나타났고, 최대값은 YB109의 50m 수심에서 나타났다. 질산염과 마찬가지로 표층에서 20~30m 전후로 감소하였으며 50m 층까지 급격히 증가하다 저층으로 갈수록 소폭 증가하거나 감소하였다(그림 2-5-18). 수층별 농도분포는 표층에서는 YB003, YB019에서 8 μ M 이상의 높은 농도를 보였으며 배출해역 중앙에 위치한 YB068, YB086와 서부에 위치한 정점 YB064, YB109, YB111에서도 5 μ M 이상의 높은 농도를 나타냈다. 이와 다르게 10~20m 수심에서는 대조구보다 배출해역에서 높은 농도를 보였으나 최대 4 μ M 이하의 낮은 농도였다. 30m 층에서는 표층과 달리 동부해역에서 5 μ M 이상의 높은 농도를 보였고 저층으로 갈수록 전체적으로 농도차가 크게 나타나지 않고 평균 9 μ M 이상으로 나타났다(그림 2-5-19).

규산염과 다른 영양염과의 상관성은 질산염과는 R²이 0.63으로 높게 나타났으나 인산염과는 R²이 0.40로 나타나 상관성을 보이지 않았다(그림 2-5-20).

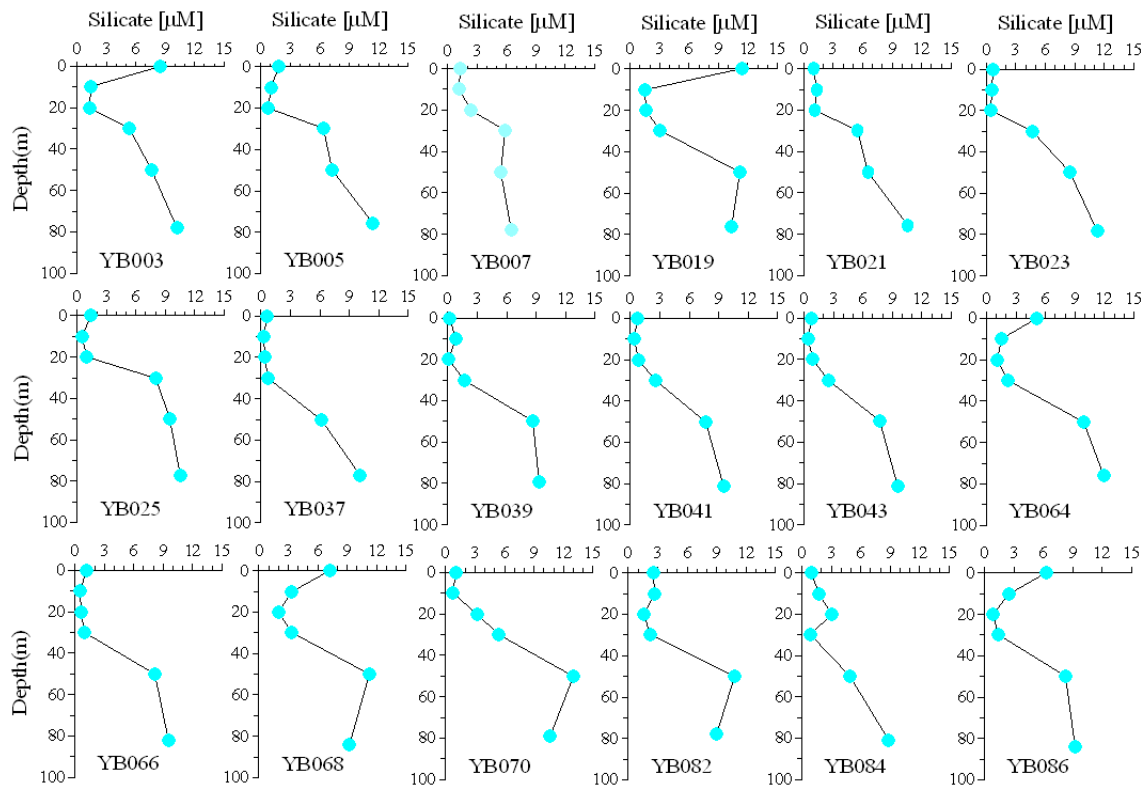


그림 2-5-18 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 규산염의 연직분포

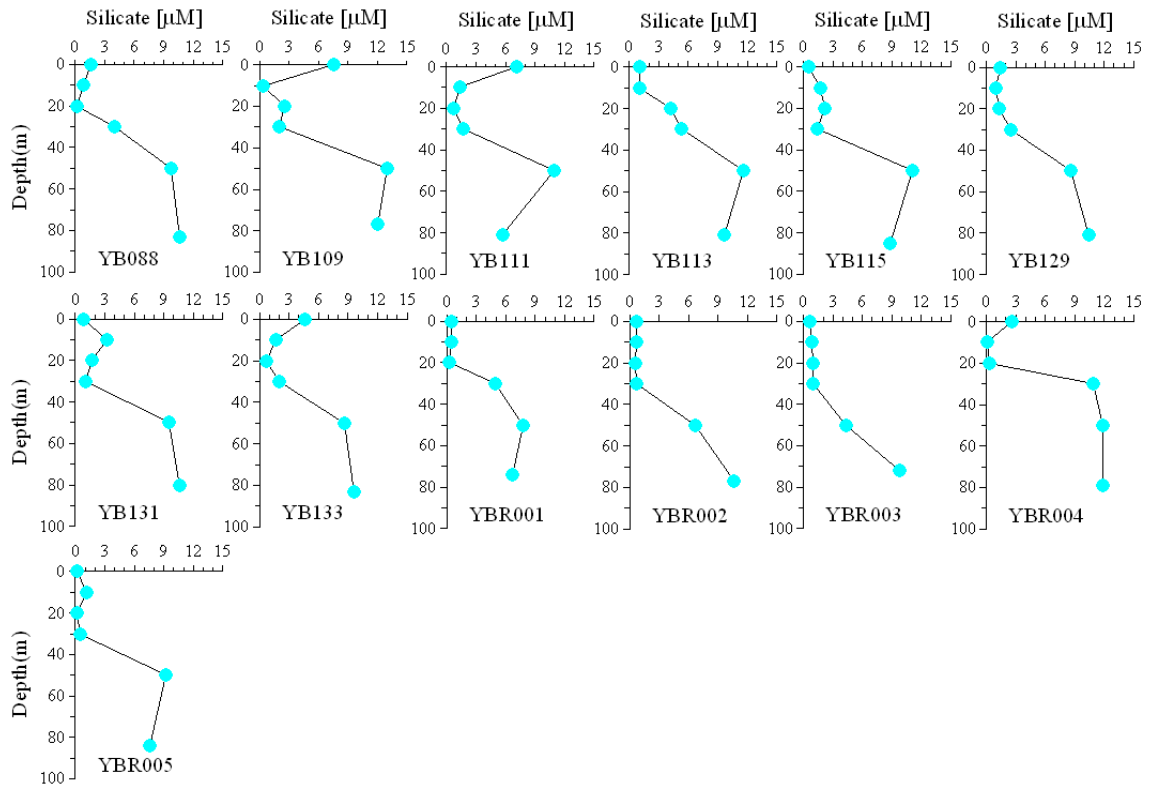


그림 2-5-18 (계속)

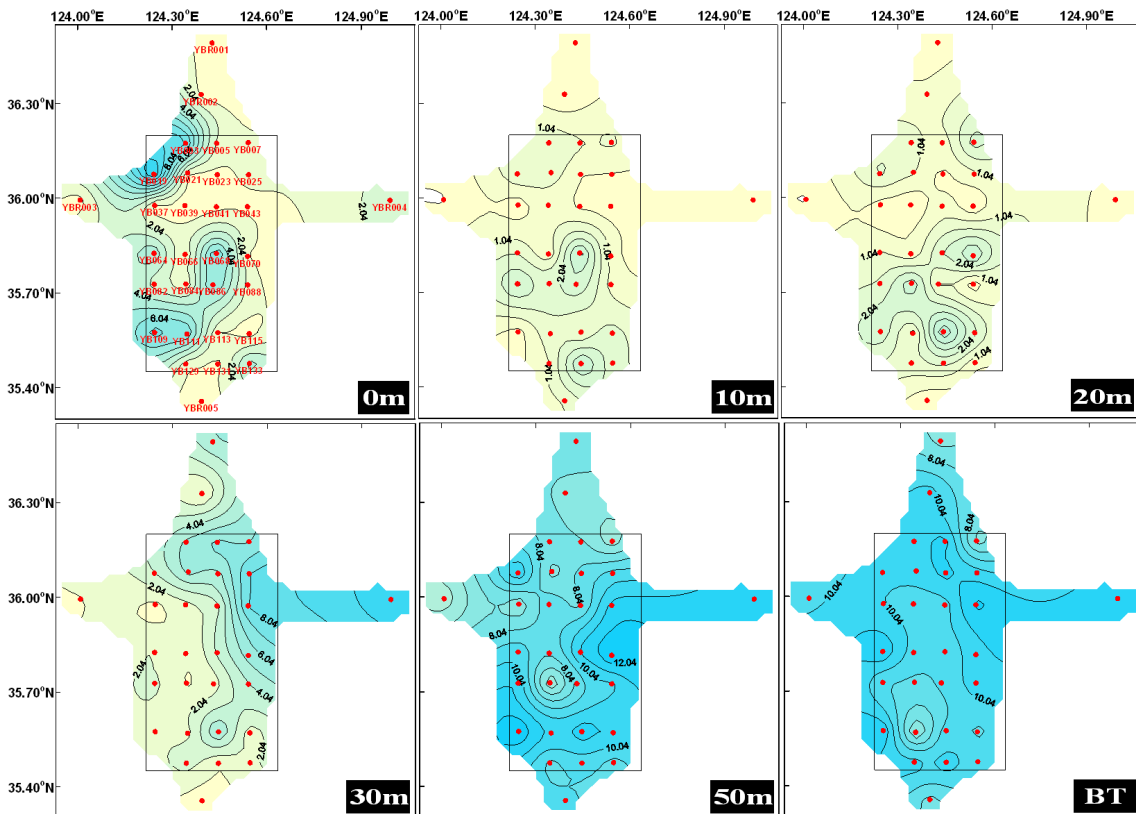


그림 2-5-19 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 규산염의 수평분포

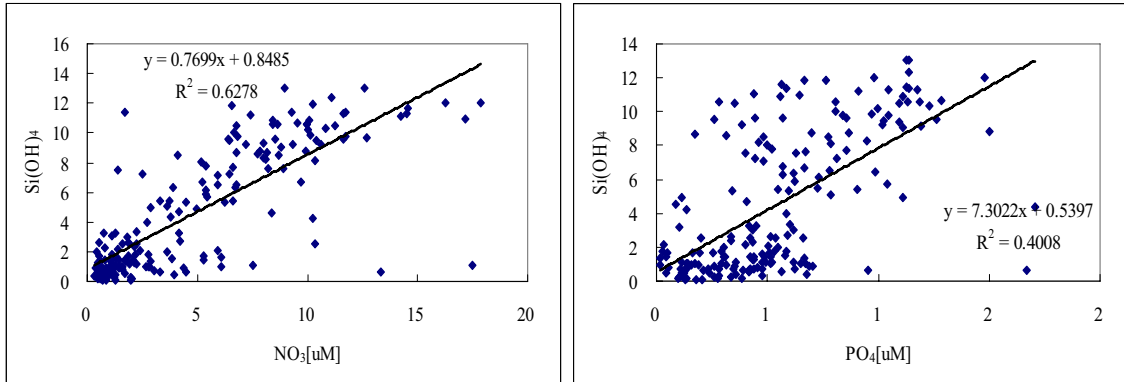


그림 2-5-20 2008년 7월조사시 서해병해역 용존 무기영양염류의 상관관계

이는 배출해역에서 해수의 영양보다 외부에서 유입되는 영양염의 영향을 받고 있거나 북서부해역에서 질산염을 풍부하게 함유한 해수의 유입이 나타났음을 지시할 수 있다. 이는 과거의 서해병해역의 평균 영양염 농도와 본 조사시기를 비교한 결과에서도 확인할 수 있었다. 질산염의 경우 2000년대 이후 전반적으로 증가하다 2005년도에 매우 낮고 본 조사시기에 다시 4배가량 증가하였고 인산염도 마찬가지로 2005년보다 1.6배 감소하였으나 2000년대 이후 가장 높은 농도를 나타냈다.

표 2-5-6 1996년부터 현재까지의 서해병배출해역의 수온, 염분, 용존산소와 영양염의 평균농도 비교

year	Month	Temp.	Sal.	DO	NO ₃	PO ₄	Si(OH) ₄	N/P	Si/N	Si/P
		(°C)	(psu)	(μM)	(μM)	(μM)	(μM)			
1992	sep.	13.34	32.36	270	3.97	0.72	4.43	5.5	1.1	6.1
1996	Apr.	6.68	32.62	-	4.6	-	7.2	-	1.6	-
1996	Oct.	-	-	225.3	4.22	0.67	10.29	6.3	2.4	15.4
1997	Jul.	10.67	32.69	245.3	4.58	-	-	-	-	-
1997	Nov.	11.75	32.83	256.1	4.92	0.46	7.87	10.6	1.6	17
1998	May	-	-	274.6	4.06	0.42	-	9.6	-	-
1999	Feb.	7.58	32.5	307.6	2.46	0.44	5.12	5.6	2.1	11.7
2000	Apr.	7.31	32.45	-	1	0.13	1.59	7.8	1.6	12.4
2000	Sep.	12.56	32.24	-	4.72	0.47	5.78	10	1.2	12.2
2001	Feb.	7.4	32.23	-	4.87	0.26	8.19	19	1.7	31.9
2001	Apr.	10.27	32.28	306	5.9	0.38	10.28	15.5	1.7	27.1
2005	May	9.59	32.57	240.2	1.25	0.35	5.4	18.1	3.2	27
2008	Jul.	14.05	32.51	244.9	4.9	0.55	4.55	-	0.6	10.2

N/P 비율도 마찬가지로 전반적으로 증가하여 해수의 제한인자인 질소함유량의 유입이 증가함을 시사한다. 반면 해수에 다량 함유된 규산염은 1992년 이후로 가장 낮은 농도를 나타냈고 Si/N와 Si/P 또한 감소하였다(표 2-5-6).

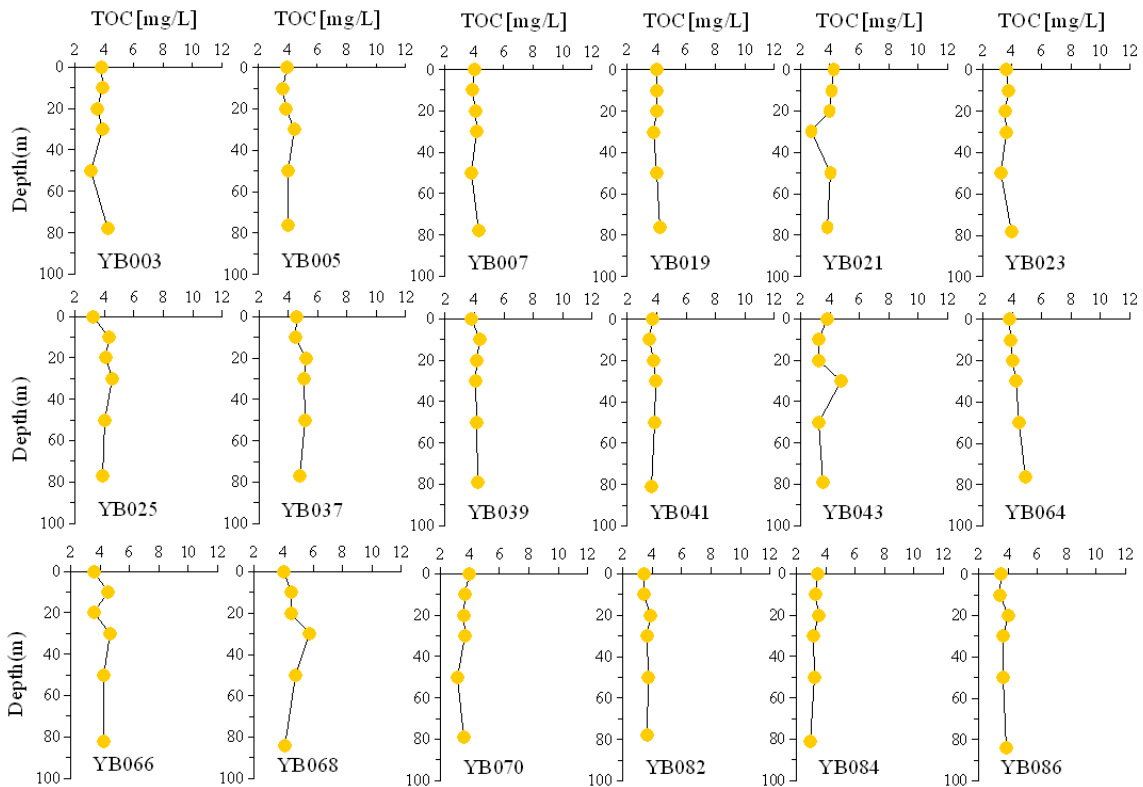


그림 2-5-21 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총 유기탄소의 연직분포

(라) 총유기탄소(TOC)와 용존성유기탄소(DOC)

2008년 7월조사시 총유기탄소는 2.74~38.39mg/l 범위를 나타냈으며 평균은 4.36mg/l로 나타났다. 가장 낮은 농도는 YB021의 30m 층에서 보였고 최고농도는 YB113의 30m에서 나타났으며 동일정점의 표층에서도 15.53mg/l로 매우 높은 농도를 보였다. 총 유기탄소는 전반적으로 저층에 비해 30m 층과 표층에서 높은 농도를 보였고 간헐적으로 높은 농도를 보인 몇 정점을 제외하고 농도 변화가 크지 않았다(그림 2-5-21). 수층별 수평분포는 정점 YB113의 표층과 30m 수심에서 눈에 띄게 높은 농도를 보였으며 대조구는 서부해역에 위치한 YBR003에서 높게 나타났다. 나머지 수심에서는 배출해역의 남부해역과 서부해역에서 높은 농도를 보였다(그림 2-5-22).

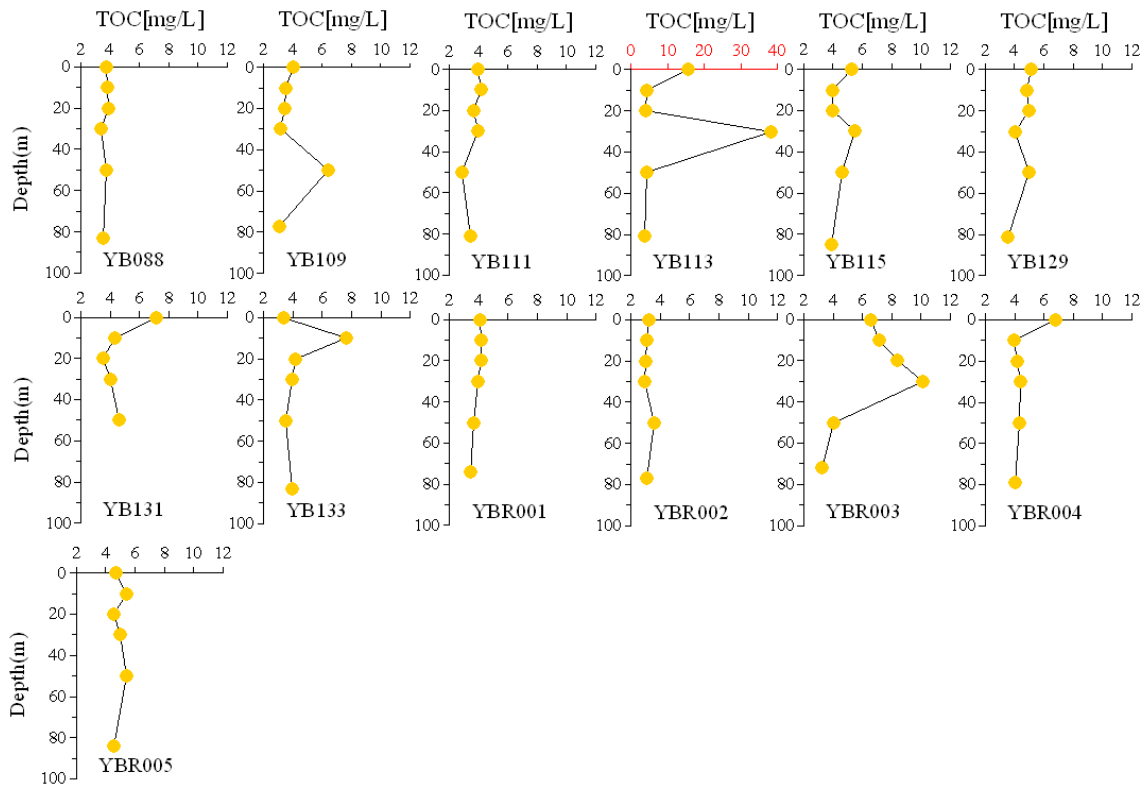


그림 2-5-21 (계속)

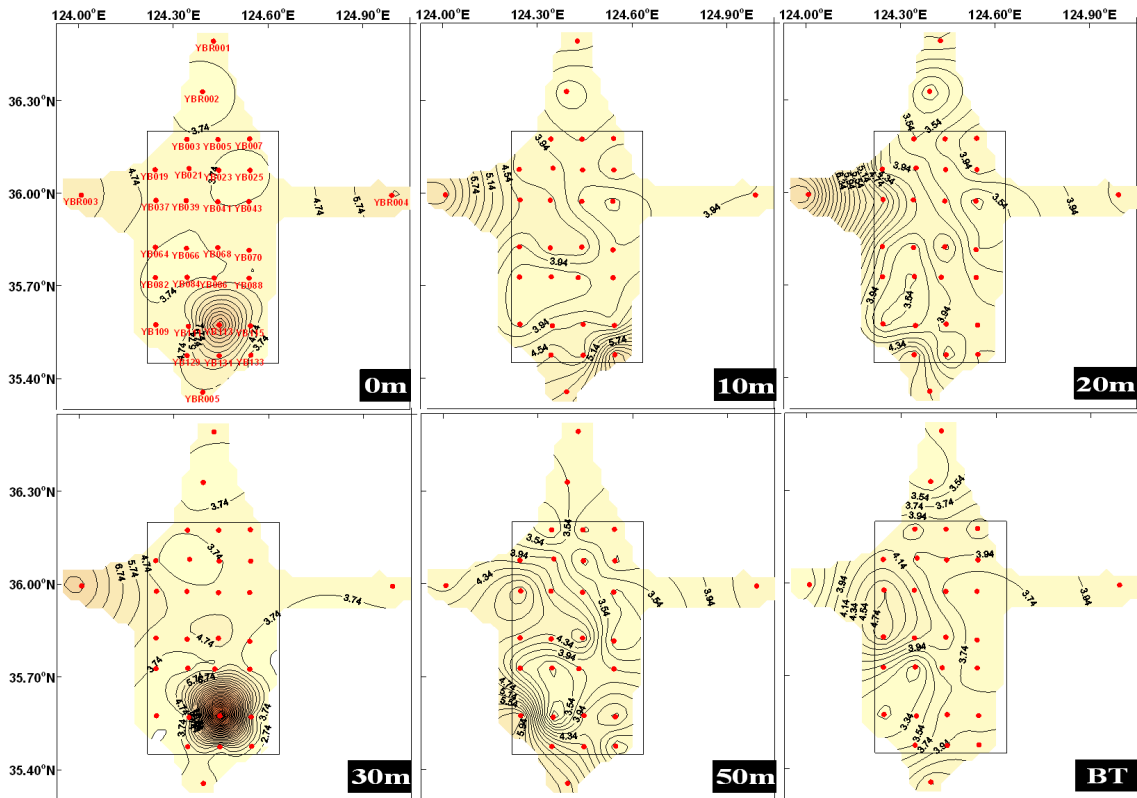


그림 2-5-22 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 총유기탄소 수평분포

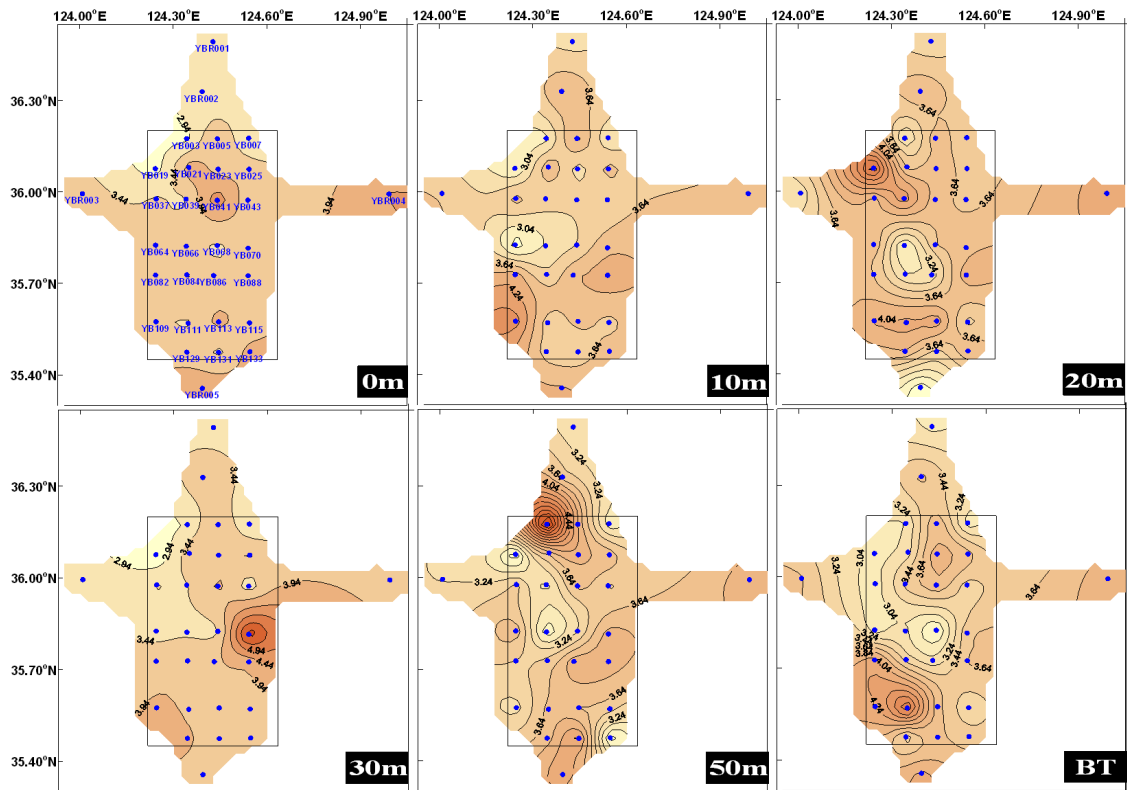


그림 2-5-23 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 용존유기탄소 수평분포

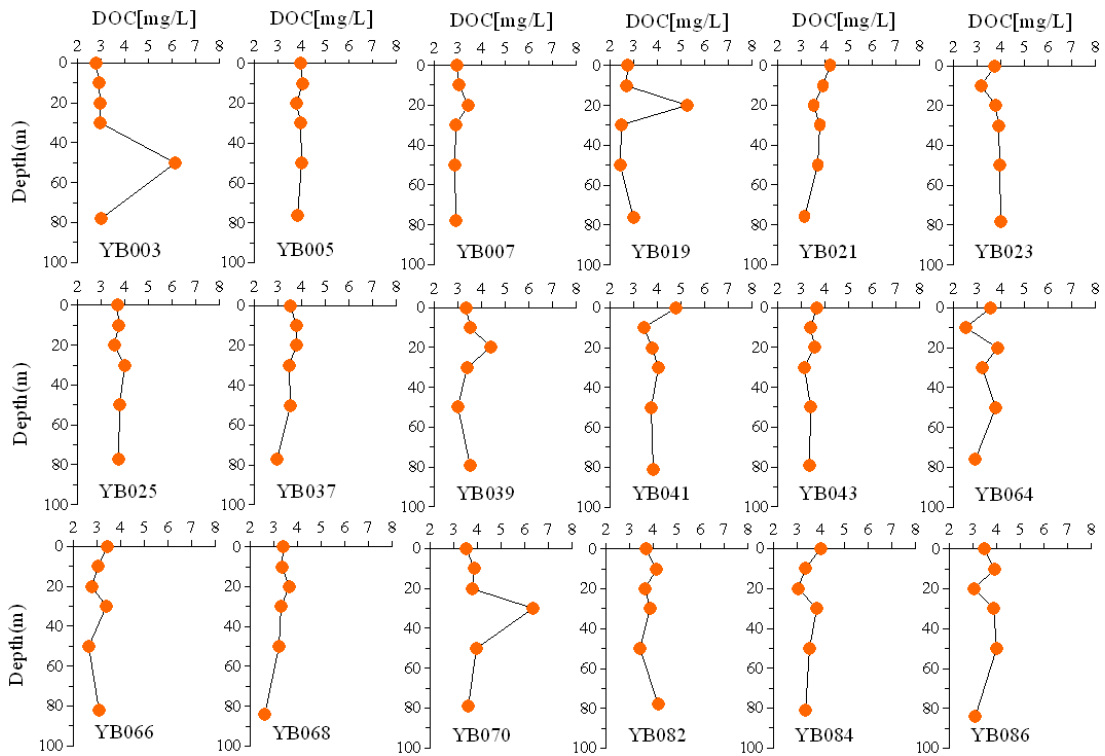


그림 2-5-24 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 용존유기탄소의 연직분포

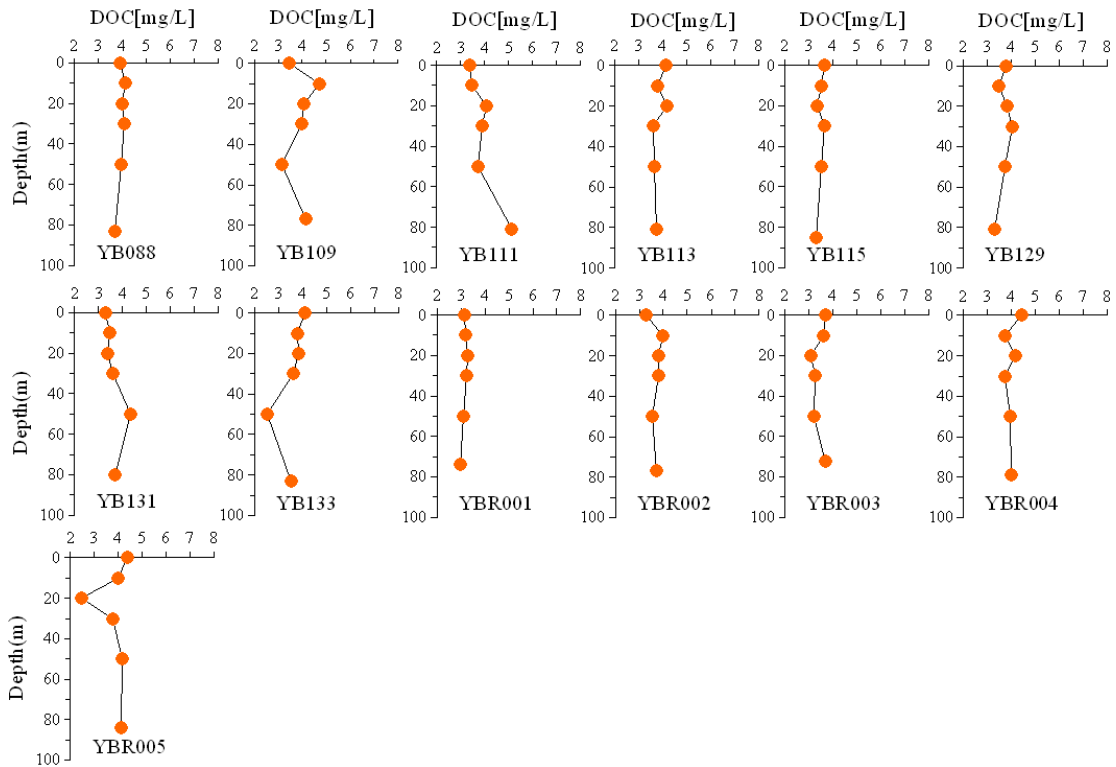


그림 2-5-24 (계속)

용존성유기탄소는 2.44~6.34mg/l 범위를 보였고 평균은 3.61mg/l로 나타났다. 총유기탄소와는 달리 전반적으로 표층과 저층의 농도차이가 크게 나타나지 않았다. 최소값은 정점 YB019의 50m 수심에서 나타났고 최대값은 YB070의 30m 수심에서 나타났다. 수층별 수평분포는 표층~10m의 경우 북서부해역에서 낮은 농도를 나타냈고 전반적으로 유사한 농도를 보였으며 20m 수심에서는 북서부해역에서 높게 나타났다. 30m에서는 최대값을 보인 YB070을 제외하고 유사한 농도분포를 보였으며 저층으로 갈수록 배출해역 내에서 정점간의 농도차이가 크게 나타났다(그림 2-5-23, 24).

(2) 광조절 요인 성분조사

(가) 부유물질(SS)

2008년 7월조사시 입자성 부유물질의 수직분포는 0.140~11.840mg/l 범위를 보였으며, 평균농도는 1.632mg/l를 나타냈다. 최소값은 정점 YBR005의 10m에서 나타났으며, 같은 정점의 저층에서는 최대값을 나타냈다. 전반적으로 표층에서 저층으로 갈수록 농도가 증가하였고 30m 이상의 깊은 수심에서는 북부해역에 비해 남부해역에서 부유물질농도가 급격하게 증가하였다(그림 2-5-25). 수층별

수평분포는 표층은 0.150~1.869mg/l(평균 0.631mg/l) 범위를 보였고 저층에서 1.575~11.840mg/l(평균 4.803mg/l) 범위를 보여 표층과 저층의 농도가 7배 이상의 차이를 보였다.

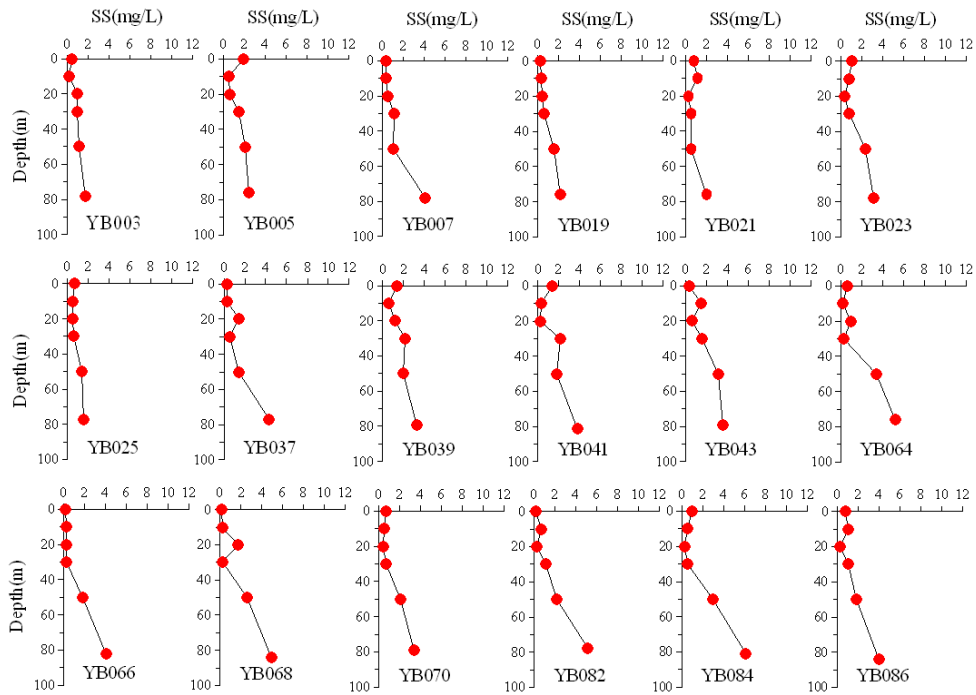


그림 2-5-25 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 입자성 부유물질의 연직분포

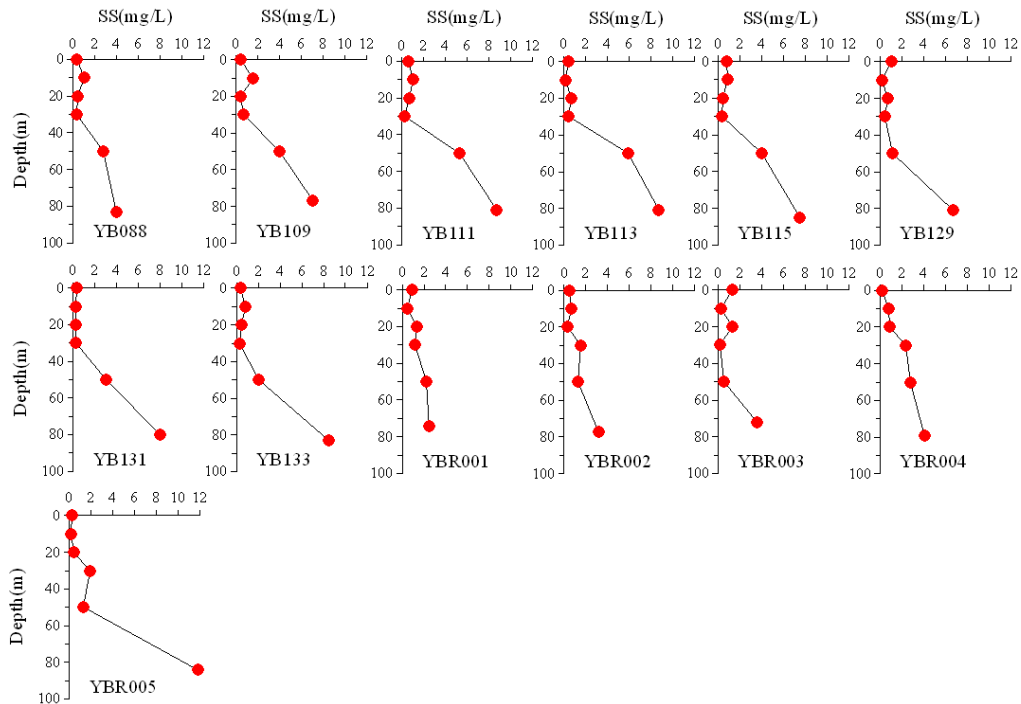


그림 2-5-25 (계속)

30m 이하의 얇은 수심에서는 정점별로 농도변화가 크게 나타나지 않았으며 배출해역의 일부 정점에서 다소 높은 농도를 보였고 깊은 수심에서는 남부해역에서 높은 농도를 보였다(그림 2-5-26). 부유물질과 NO_3 , $\text{Si}(\text{OH})_4$ 와 상관성을 조사한 결과 R^2 이 0.6을 가리켜 양의 상관성을 보이기도 하였다.

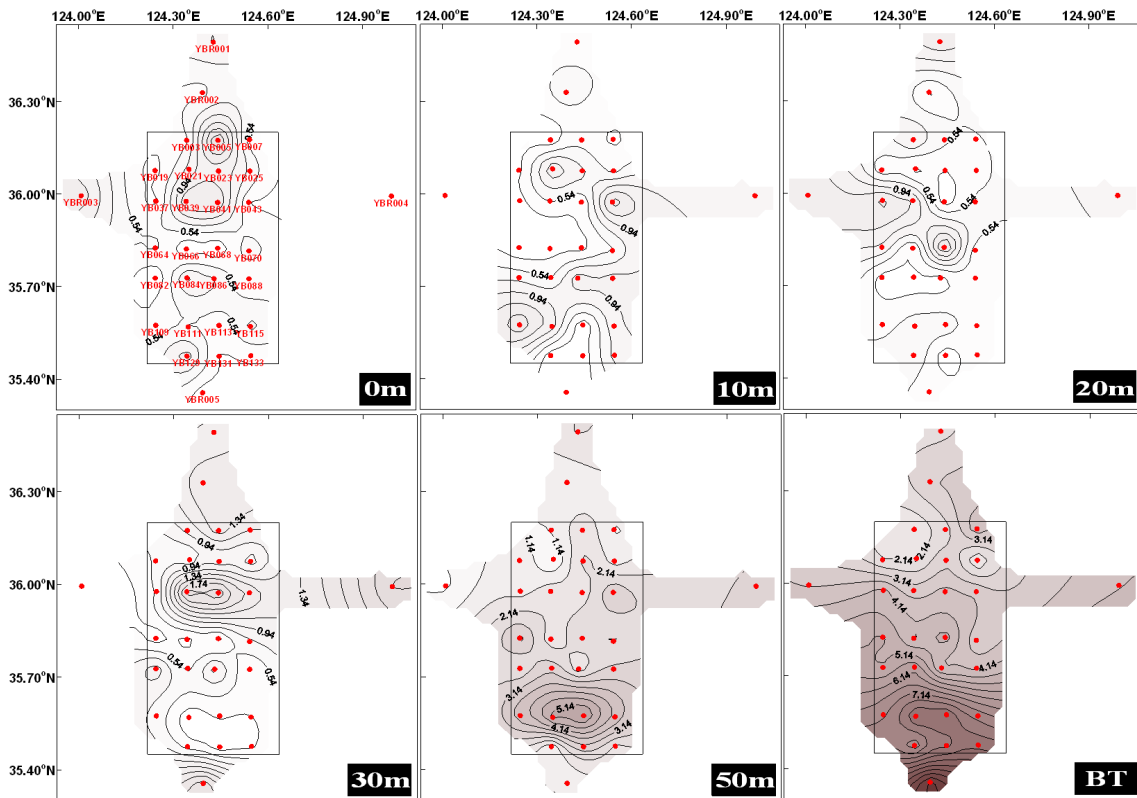


그림 2-5-26 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 입자성 부유물질의 수평분포

다. 표영생태계 일차생산자 생리 건강상태 조사평가

(1) 클로로필-*a*

2008년 7월조사시 클로로필-*a*의 농도분포는 $0.019 \sim 2.278 \mu\text{g}/\text{l}$ 범위를 보였으며, 평균농도는 $0.565 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다. 최소값은 정점 YB039의 표층에서 나타났고 전 해역에서 일반적으로 수온약층 부근 20~30m 수층에서 가장 높은 농도를 보였으며 특히, 정점 YB021의 30m 층에서 가장 높은 농도를 나타냈다. 또한 30m 보다 깊은 수심에서는 엽록소 *a*가 낮아지는 경향을 보였으며 저층에서 다소 증가하는 정점도 나타났다(그림 2-5-27). 수층별 수평분포는 표층에서 $0.019 \sim 0.770 \mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $0.369 \mu\text{g}/\text{l}$), 10m층에서 $0.087 \sim 1.007 \mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $0.433 \mu\text{g}/\text{l}$), 20m 층에서

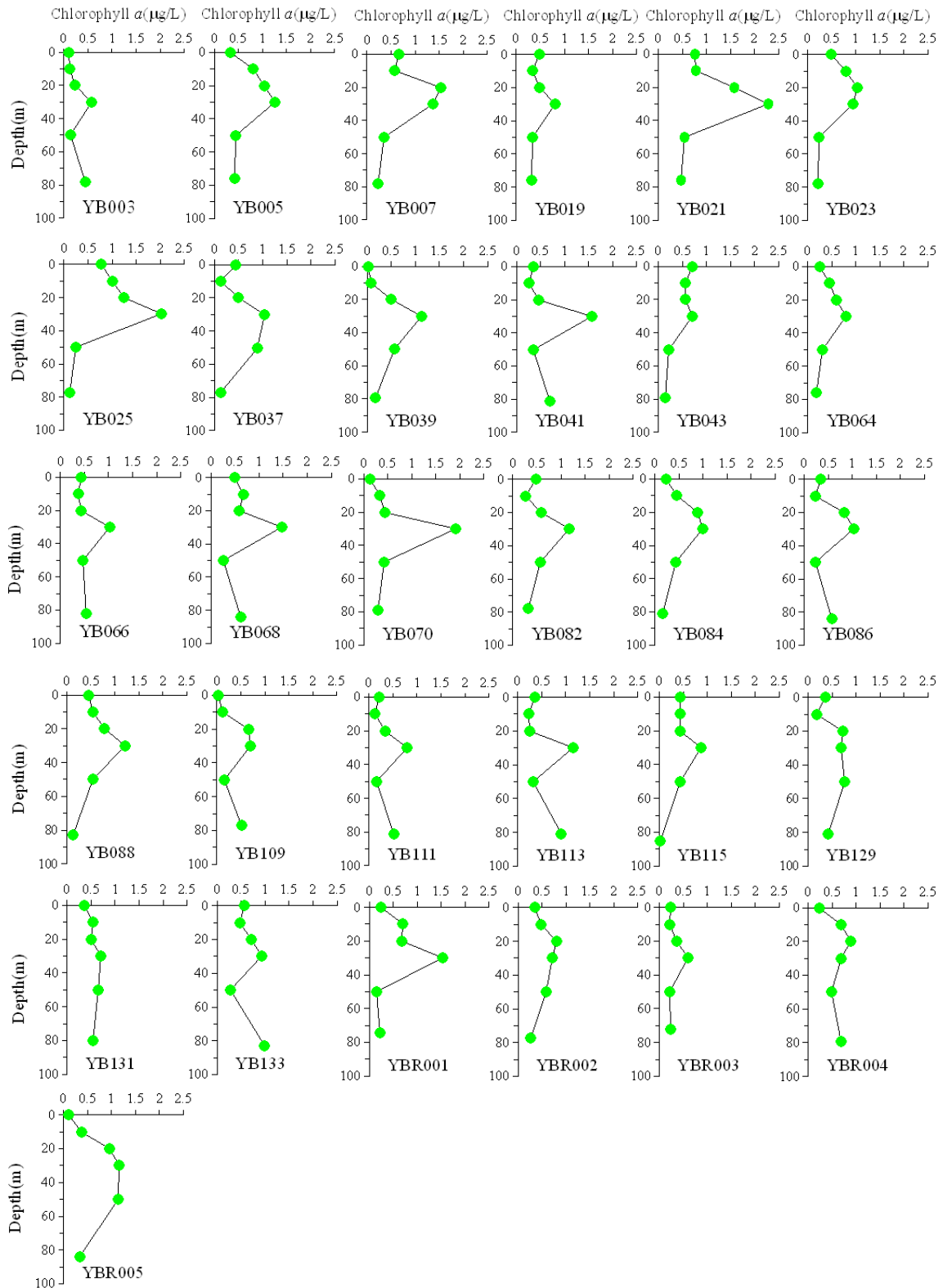


그림 2-5-27 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 Chlorophyll a의 연직분포

0.222~1.584 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.697 $\mu\text{g}/\text{l}$), 0.579~2.278 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 1.091 $\mu\text{g}/\text{l}$), 50m층에서 0.134~1.134 $\mu\text{g}/\text{l}$ (0.418 $\mu\text{g}/\text{l}$), 저층에서 0.028~0.988 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균0.382 $\mu\text{g}/\text{l}$) 범위를 보여 수심이 깊어지면서 점차로 클로로필 *a*가 증가하다 50m 층부터 감소함을 확인할 수 있었다. 0~30m 수층에서는 북동부해역에서 높은 농도를 보였고 50m 수층에서는 남부와 서부해역에서 높은 농도를 보이다 저층에서 배출해역 중앙부에서 높게 나타났다. 이는 북동부해역에서 수온약층이 10~30m에서 나타났고 남서부해역에서는 보다 깊은 45m까지 수온약층이 나타난 결과와 잘 일치하였다(그림 2-5-28).

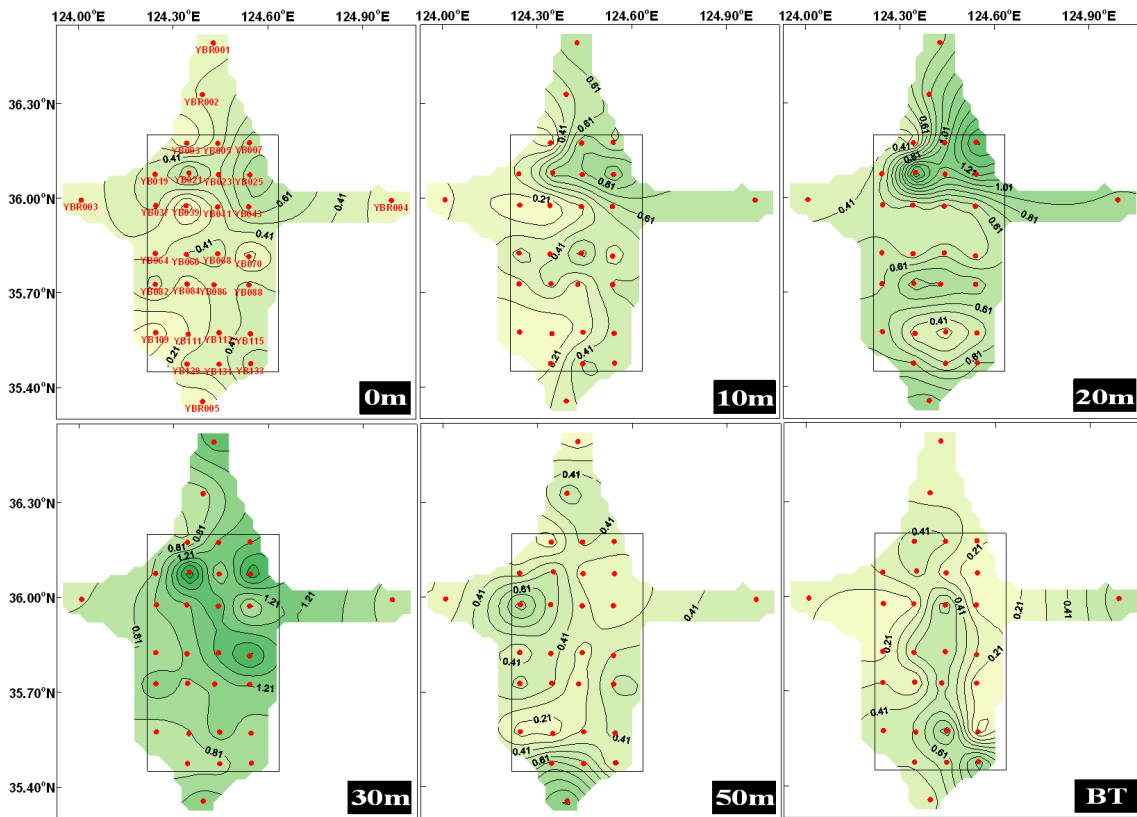


그림 2-5-28 2008년 7월조사시 서해병해역에서 수층별 Chlorophyll *a*의 수평분포

(2) 일차생산력

2008년 7월에 서해병해역에서 기초생산조사를 총 14개 정점 YB003, YB019, YB064, YB066, YB068, YB082, YB109, YB111, YB113, YB115, YBR001, YBR003, YBR004에서 실시하였다. 조사시 Secchi depth는 5~14m 내외로 비교적 얇았으며 최저수심은 YB115에서 나타났고, 최고 수심은 YBR004에서 나타났다(표 2-5-7).

표 2-5-7 서해병해역 수층별 일차생산량.

Station	Light	Depth	<i>P.P.</i>	<i>P^B</i>	<i>Int P.P.</i>	
	(%)		(m)	(mgC/m ³ /hr)	(mgC/mgchl- <i>a</i> /hr)	(mgC/m ³ /hr)
YB-003 Secchi 11	100	0	5.100	49.463	112.459	991.362
	49	5	4.438	39.763		
	30	8	4.278	35.623		
	15	12	3.640	30.306		
	3.5	22	3.333	14.988		
	1	30	3.088	5.336		
YB-019 Secchi 10	100	0	11.163	23.392	59.510	464.188
	49	4	2.446	5.715		
	30	7	1.633	4.176		
	15	11	1.379	4.036		
	3.5	20	1.248	2.621		
	1	27	0.838	1.025		
YB-064 Secchi 11	100	0	2.528	9.923	53.458	405.280
	49	5	2.188	6.126		
	30	8	1.938	4.632		
	15	12	1.614	3.513		
	3.5	22	1.597	2.691		
	1	30	1.597	1.999		
YB-066 Secchi 11	100	0	64.703	151.814	241.962	1,870.079
	49	5	11.500	28.826		
	30	8	3.546	9.269		
	15	12	2.151	5.787		
	3.5	22	1.742	4.079		
	1	30	0.998	0.965		
YB-068 Secchi 13	100	0	1.939	3.943	56.960	633.418
	49	5	2.726	0.659		
	30	9	1.848	2.720		
	15	15	1.734	2.919		
	3.5	26	1.277	0.863		
	1	35	0.686	0.464		
YB082 Secchi 13	100	0	2.180	4.580	40.252	1,376.967
	49	5	1.682	4.512		
	30	9	1.223	4.539		
	15	15	1.230	2.073		
	3.5	26	0.854	0.731		
	1	35	0.435	0.372		
YB109 Secchi 7	100	0	1.359	41.948	8.618	99.032
	49	3	0.804	24.809		
	30	5	0.485	4.041		
	15	8	0.410	3.410		
	3.5	14	0.272	0.695		
	1	19	0.047	0.070		

(표 2-5-7 계속)

Station	Light	Depth	<i>P.P.</i>	<i>P^B</i>	<i>Int P.P.</i>	
	(%)				(m)	(mgC/m ³ /hr)
YB111 Secchi 7	100	0	4.053	19.655	41.578	338.486
	49	3	2.754	13.354		
	30	5	2.470	15.252		
	15	8	1.916	16.280		
	3.5	14	1.938	8.480		
	1	19	1.357	4.000		
YB113 Secchi 7	100	0	3.183	8.914	32.557	253.452
	49	3	2.381	7.281		
	30	5	2.065	6.953		
	15	8	2.214	9.340		
	3.5	14	0.970	3.951		
	1	19	0.677	2.667		
YB-115 Secchi 5	100	0	2.436	5.705	22.899	204.429
	49	2	2.143	5.018		
	30	4	1.794	4.201		
	15	6	1.621	3.729		
	3.5	10	1.612	3.643		
	1	14	1.024	2.315		
YBR-001 Secchi 9	100	0	3.614	14.996	41.561	392.088
	49	4	2.465	10.226		
	30	6	1.705	3.632		
	15	10	1.701	2.437		
	3.5	18	1.340	1.958		
	1	24	0.682	0.616		
YBR-002 Secchi 10	100	0	1.508	4.384	49.044	462.686
	49	4	2.896	7.367		
	30	7	1.918	4.462		
	15	11	1.793	3.744		
	3.5	20	1.571	1.959		
	1	27	1.386	1.936		
YBR-003 Secchi 12	100	0	5.583	23.321	127.687	1,272.208
	49	5	5.097	22.794		
	30	8	4.964	23.183		
	15	13	3.832	18.441		
	3.5	24	3.536	9.881		
	1	33	1.895	3.185		
YBR-004 Secchi 14	100	0	2.275	10.122	61.682	507.842
	49	6	2.024	4.461		
	30	10	1.887	2.764		
	15	16	1.688	1.902		
	3.5	28	1.539	2.249		
	1	38	0.713	1.443		

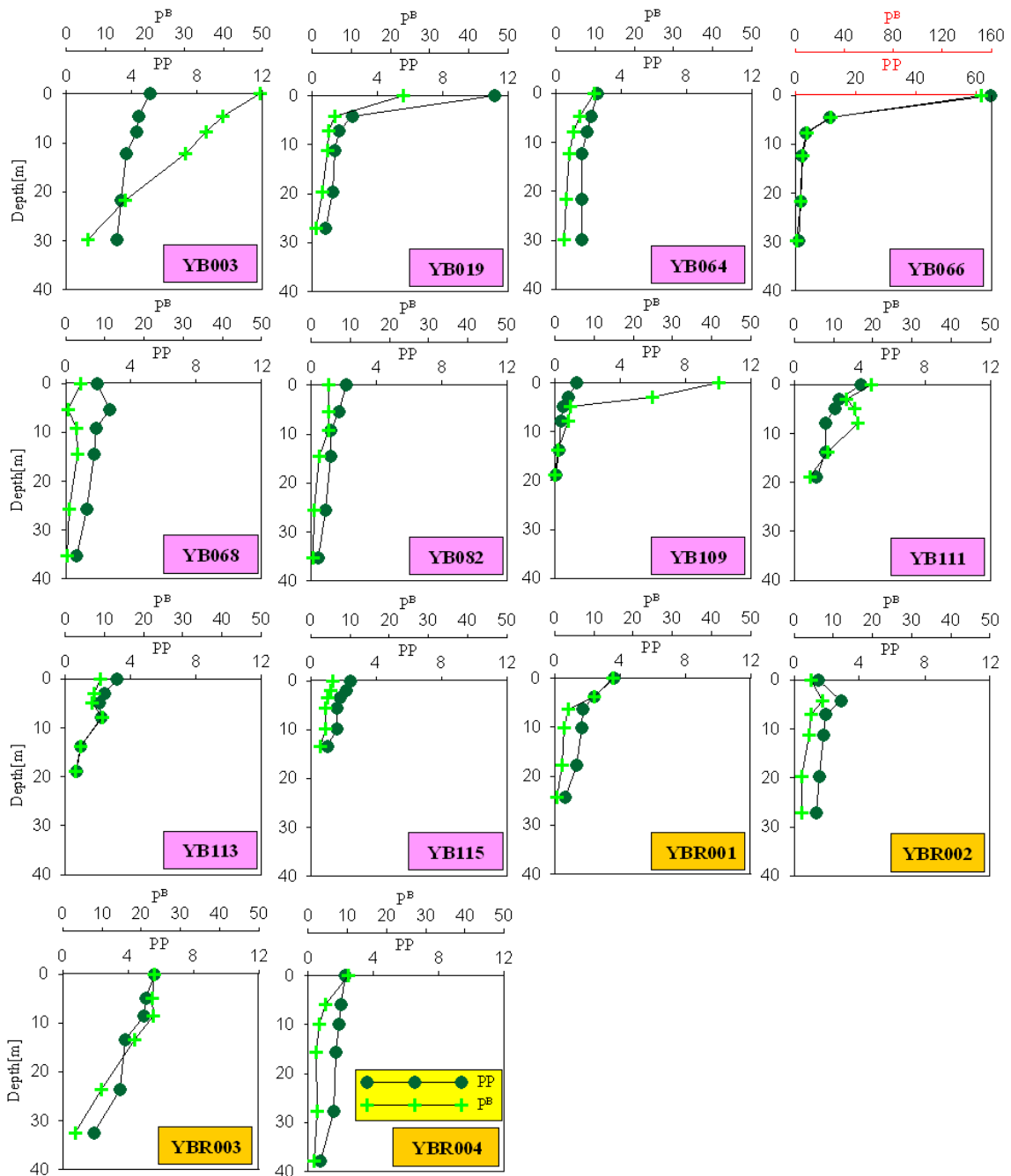


그림 2-5-29 2008년 7월조사시 서해병해역에서 일차생산력의 연직분포

본조사시 생산성은 대부분 100%의 광투과 수심(LPD; Light Penetration Depth)에서 최대치를 나타내었고 정점 YB068, YBR002에서는 49%의 광투과 수심에서 높은 생산성을 보였다. 여름철 조사임에도 불구하고 대부분 표층에서 생산력이 높게 나타나 광저해현상과 성층화로 인한 표층의 영양염 결핍은 나타나지 않은 것으로 보인다. 정점별 단위시간 단위체적당 최대 생산성은

0.047(YB109, 1% LPD)~64.703(YB066, 100% LPD)mgC/m³/hr 범위로 평균은 3.025mgC/m³/hr로 나타났다. 최대치는 배출해역 중앙에 서부쪽에 위치한 YB066에서 5배 이상 높은 생산력을 나타냈으며 다음으로 YB019의 100% LPD에서 11.163mgC/m³/hr로 높게 나타났고 이 두 정점을 제외하고 표층과 저층의 생산력차이가 크게 나타나지 않았다. 또한 나머지 해역에서는 5mgC/m³/hr 이하의 생산성을 나타냈다.

단위 엽록소량에 대한 정점별 최대 생산성(chlorophyll normalized productivity)은 0.070(YB109, 1% LPD)~151.814(YB066, 49% LPD)mgC/mgchl-*a*/hr 범위를 보였고 평균 10.376mgC/mgchl-*a*/hr를 나타냈다. 단위 엽록소량에 대한 생산성도 마찬가지로 YB066, YB019를 포함하여 YB003, YB109에서도 표층에서 눈에 띄게 높은 값을 나타냈는데 이는 표층에서 엽록소 *a*가 매우 낮게 나타났기 때문이다(그림 2-5-29). 유광층(1% LPD까지)의 수층적분한 생산성은 8.618(YB109)~241.962(YB066)mgC/m²/hr 범위를 보였으며 평균 67.873mgC/m²/hr를 나타냈다. 서부해역의 대조구 YBR003를 포함한 정점 YB003, YB066의 경우 평균 2배 이상의 최고치를 보였으며 이를 제외한 나머지 정점에서는 평균 이하의 값을 나타냈다. 전반적으로 북부해역에 비해 남부해역에서 낮은 생산력을 나타냈다(그림 2-5-30).

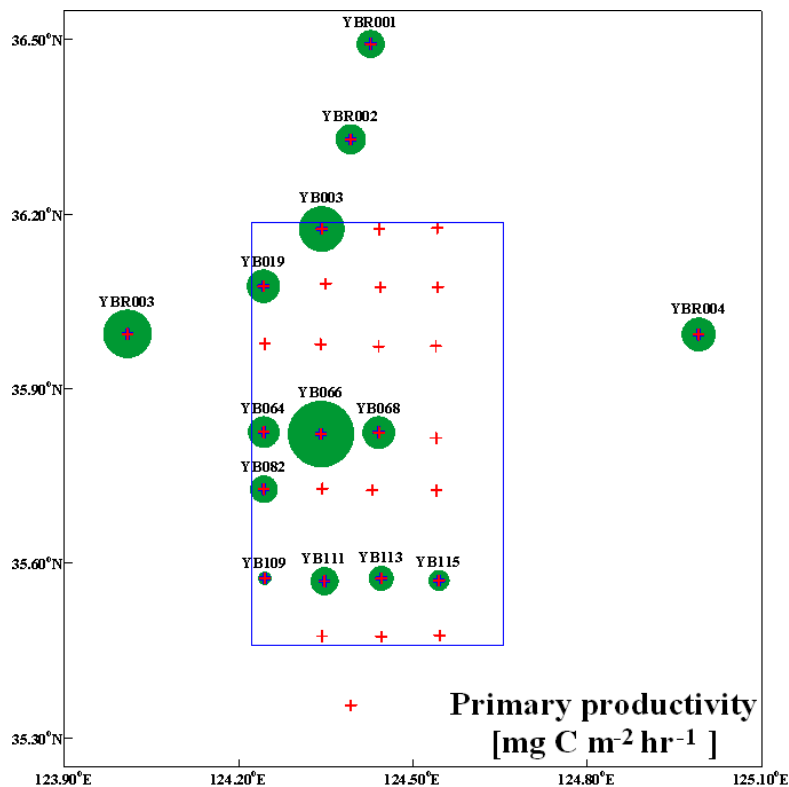


그림 2-5-30 서해병해역의 수직 적분한 시간당 일차 생산력 분포

일일 수직 적분한 생산력은 99.032(YB109)~1,870.079(YB066)mgC/m²/day 범위를 보였으며 평균 662.251mgC/m²/day로 나타났다. 대조구 YBR003을 제외하고 비교해역보다 배출해역 내부에서 높은 생산성을 나타냈으며 특히 배출해역 중앙에 위치한 정점에서 크게 나타났다. 대조구에서는 서부해역에서 평균 이상의 높은 생산성을 나타냈고 나머지 해역에서 평균이하로 나타났다(그림 2-5-31, 표 2-5-4).

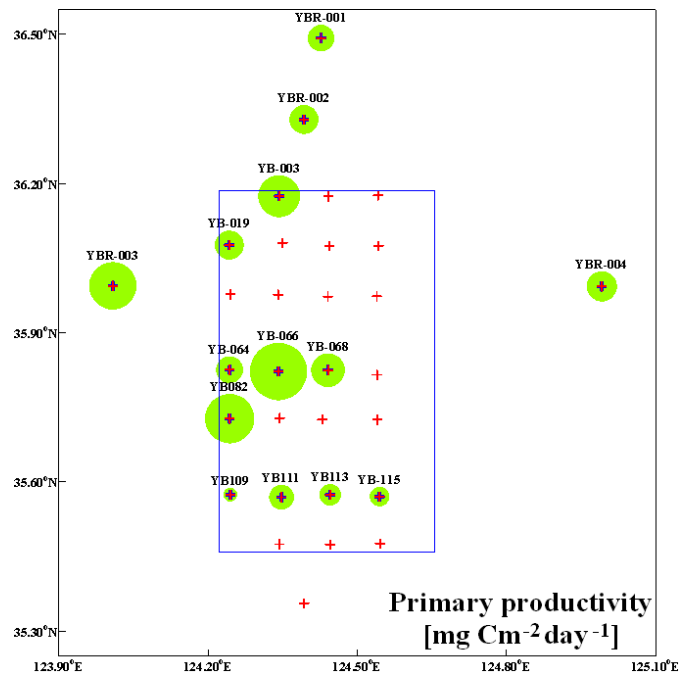


그림 2-5-31 서해병해역의 수직 적분한 일일 일차 생산력 분포.

(3) 생체형광

식물플랑크톤의 광합성능력을 평가하고자 DCMU 사용 전(invivo ; F)과 후 (F_{DCMU})의 형광차이를 나타낸 결과 F_{DCMU}-F는 0.02~2.40 범위를 보였으며, 평균은 0.56으로 나타났다. 최소값은 정점 YB113의 저층에서 나타났고 전 해역에서 일반적으로 수온약층 부근 20~30m 수층에서 가장 높은 농도를 보였으며 클로로필 a와 마찬가지로 정점 YB021의 30m 층에서 가장 높게 나타났다. 50m와 저층은 매우 낮은 값을 보였으며 정점 YB037, YBR002, YBR003에서는 50m에서도 높은 값을 나타내기도 하였다(그림 2-5-32). 수층별 수평분포는 0~30m 수층에서는 북동부해역에서 높은 농도를 보였고 50m 수층에서는 북부와 서부해역의 대조구와 YB037, 남부해역의 YB129에서 다소 높은 값을 나타냈다(그림 2-5-33).

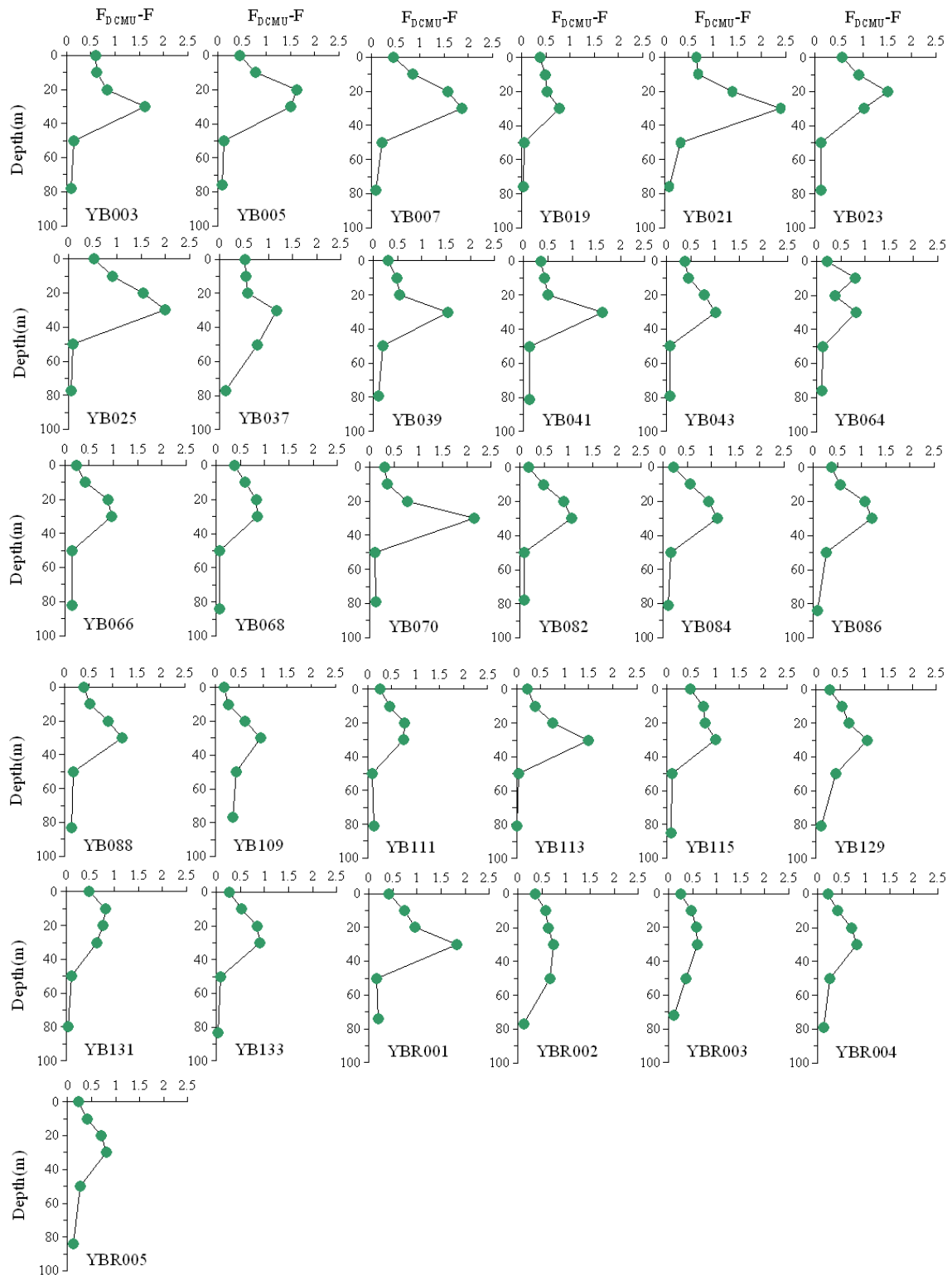


그림 2-5-32. 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 FDCMU-F의 연직분포

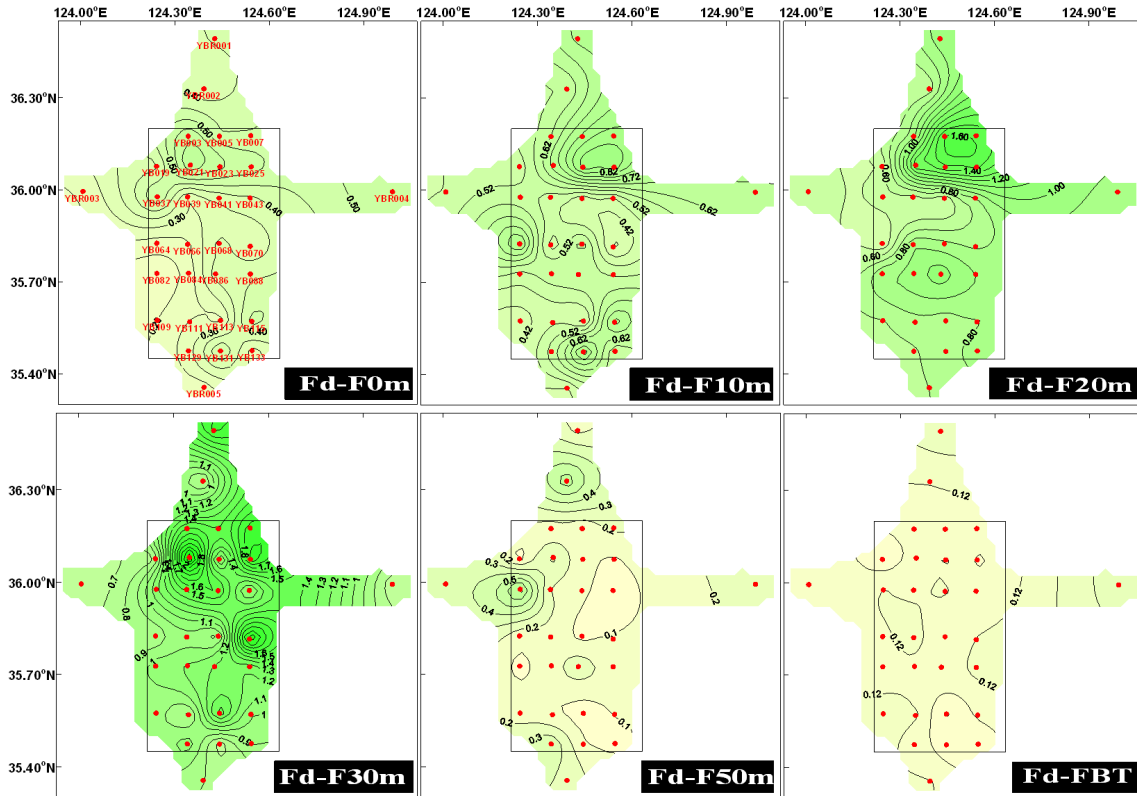


그림 2-5-33. 2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 Fd-F의 수평분포

광합성 생물량의 지시자인 chlorophyll *a*와 생체형광과의 상관관계를 살펴본 결과 생체형광 *F*는 $R^2=0.710$, DCMU 첨가후 형광 F_{DCMU} 는 $R^2=0.693$ DCMU 사용전과 후의 차인 $F_{DCMU}-F$ 는 $R^2=0.625$ 를 나타내 높은 상관성을 나타냈다(그림 2-5-34).

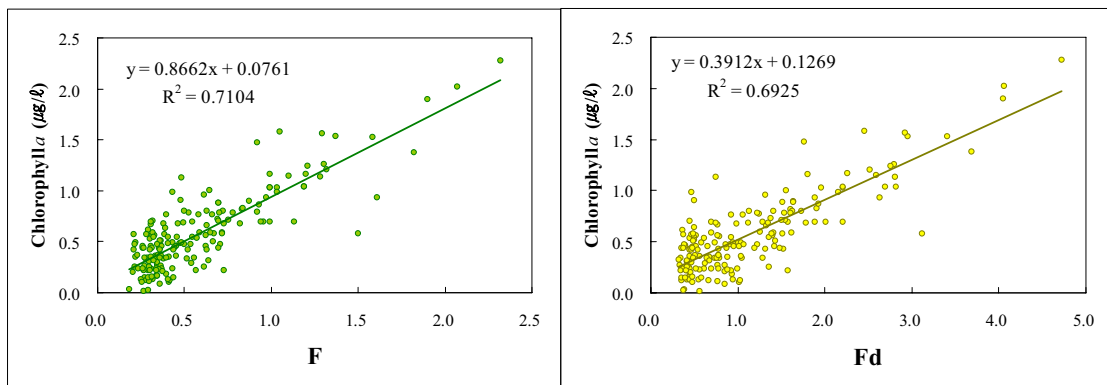


그림 2-5-34 동해정해역의 엽록소-a와 생체형광(in vivo fluorescence; *F*), DCMU 첨가 후 생체형광 (DCMU fluorescence; F_{DCMU}), DCMU 사용전과 후의 차 $F_{DCMU}-F$ 사이의 상관관계.

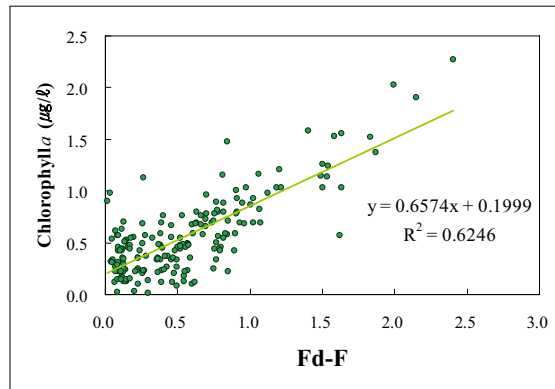


그림 2-5-34 (계속)

(4) 생체형광지수

식물플랑크톤의 상대적인 광합성 활성도를 나타내는 형광반응지수를 나타내는 형광반응지수(FRI; Fluorescence Response Index) 값은 0.6 이상일 경우 일반적으로 매우 높은 광합성 활성도를 지시하며, 0.25 이하의 낮은 값은 식물플랑크톤이 생리적으로 심한 스트레스를 받고 있음을 나타낸다.

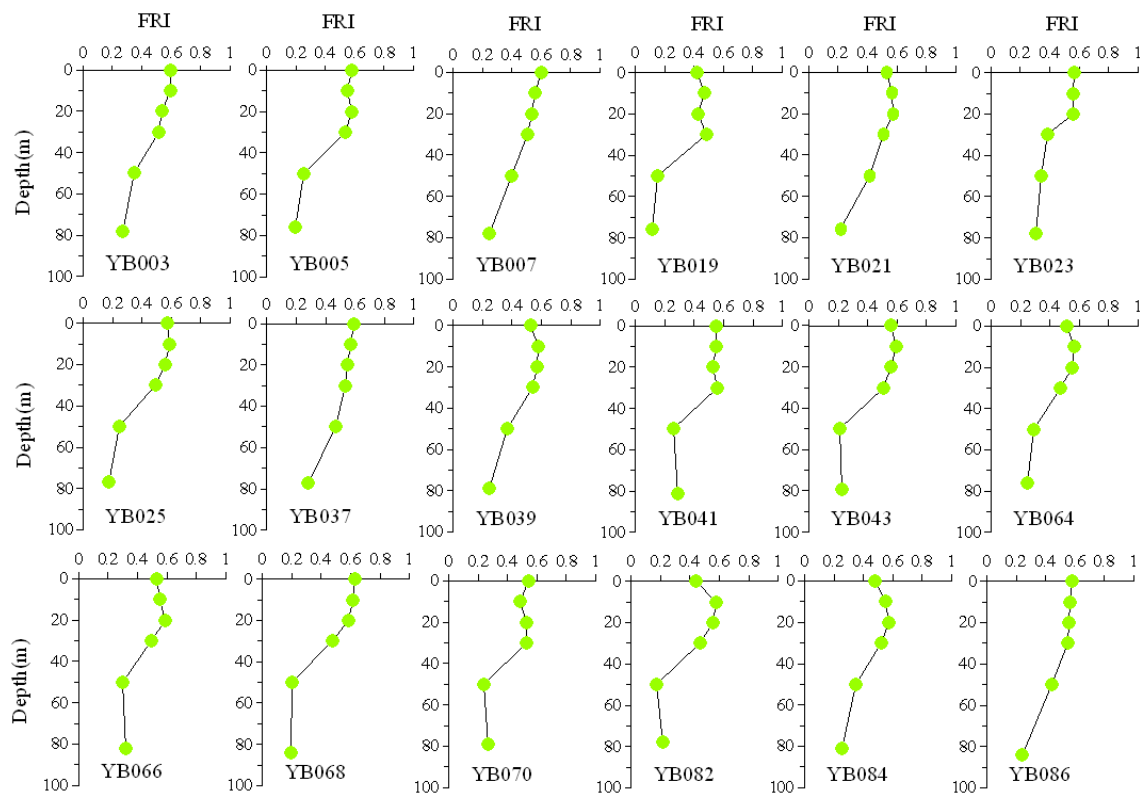


그림 2-5-35 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 FRI의 연직분포

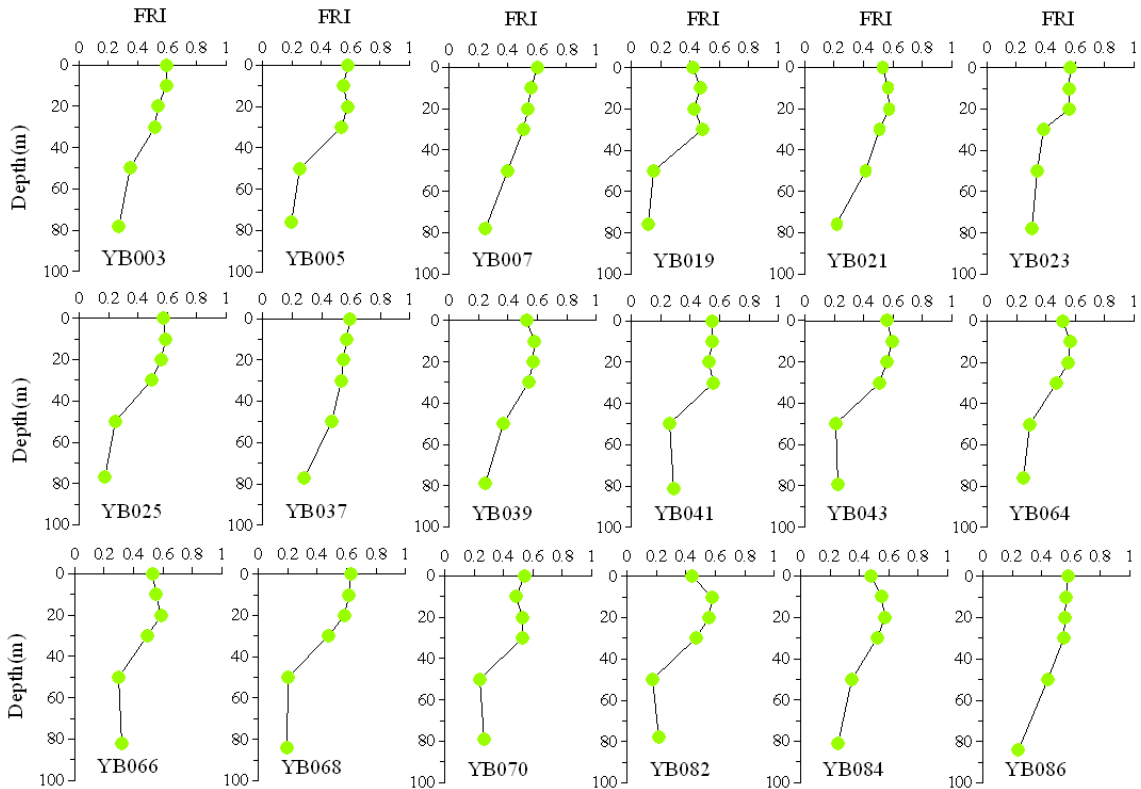


그림 2-5-35(계속)

서해병해역에서 수직분포에 따른 형광반응지수는 0.030~0.631(평균 0.449) 범위를 나타냈으며 30m보다 깊은 수심에서 크게 감소하였다. 수층별 FRI는 표층~20m층에서는 평균 0.544, 0.567, 0.551을 나타내 양호한 환경을 보였으며 30m층은 0.498, 50m층은 0.300, 저층은 0.234로 나타나 수심이 깊어지고 생체 형광이 높게 관측되는 수심에서 영양염 결핍 등으로 인하여 식물플랑크톤이 생리적으로 심한 스트레스를 받아 형광반응 지수가 낮게 나타남을 확인 할 수 있었다(그림 2-5-35). 형광반응 지수는 각 층에서 유사한 값을 보였고 표층~30m층은 비교해역에 비해 배출해역에서 약간 높은 값을 나타냈으나 전체적으로 광합성 활성도가 양호하였고, 50m 이상의 심에서는 대조구에서 다소 높고 배출해역내에서는 0.25 이하로 매우 낮은 값을 나타냈다(그림 2-5-36, 37). 표층에서의 감소는 강한 광과 영양염의 빈곤으로 인하여 광합성 활성도가 감소하는 광저해(photoinhibition)현상을 반영하며, 저층에서의 감소는 광부족으로 인한 광합성의 감소 및 노화하거나 사멸되어가는 식물플랑크톤의 군집에 기인하는 것으로 보인다.

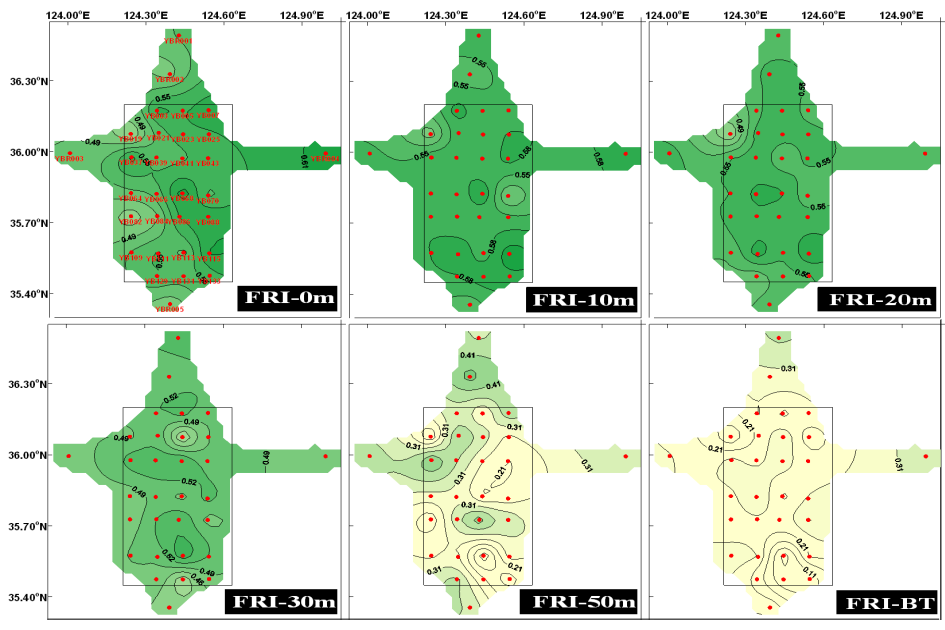


그림 2-5-36 2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 FRI의 수평분포도

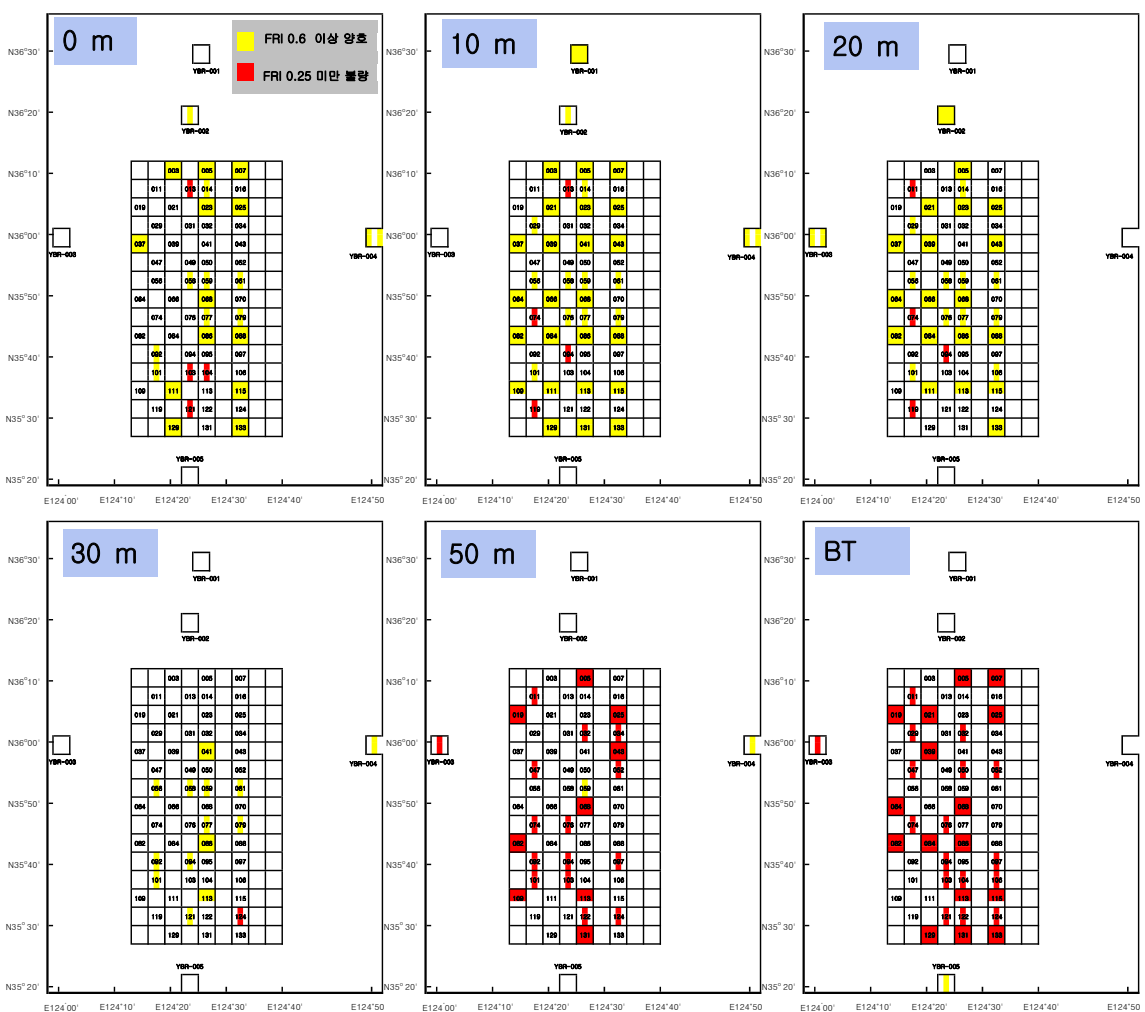


그림 2-5-37 2007년 7월조사시 서해병해역의 수층별 FRI의 분포도

본 생체형광 반응지수는 조사결과에 따르면 식물플랑크톤은 2008년 7월의 조사는 표층보다는 10~30m수층에서 높은 값을 형성하였으나 광합성 활성도는 30m층에서부터 감소하여 영양염결핍 등이 나타나기 시작한 것으로 보이며, 전반적으로 저층으로 갈수록 많은 스트레스를 받고 있음을 알 수가 있었다.

라. 표영생태계 유해물질 위해성 평가

(1) 유해물질 농도 조사

(가) 화학적 산소 요구량

2008년 7월조사시 총 31개 정점에서 표층, 중층(30m), 저층으로 구분하여 측정하였다. 표층의 화학적 산소요구량은 0.80~3.20mg/l(평균 1.72)mg/l, 수심 30m에서 측정한 중층은 0.40~3.20mg/l(평균 1.69mg/l), 저층은 0.40~2.80mg/l(평균 1.59mg/l) 범위로 나타났다. 전반적으로 전 수심에서 유사한 농도분포를 나타냈고 대조구에 비해 배출해역 에서 높은 농도를 보였다. 전 수층에서 배출해역 중앙에 위치한 YB084, YB086에서 높은 농도를 보였고, 표층은 중층과 저층에서 낮은 농도를 보인 남부해역에서도 높은 농도를 보이기도 하였다. YB025는 표층과 중층에서만 높은 농도를 나타냈다(그림 2-5-38). 본조사 결과를 2005년 5월 조사자료와 비교한 결과 2005년 조사 시에는 0.03~3.49mg/l(평균 1.61mg/l)의 범위를 보여 전체적으로 2008년에 평균 0.05mg/l 증가하였으며 수층별로 비교한 결과 표층과 중층은 2005년 조사시 평균 1.73, 2.02mg/l로 나타나 2008년에 낮고 저층은 평균 1.07mg/l를 보여 본조사 시기에 증가하였다. 대체로 비교해역에 비해 배출해역 내에서 높은 농도를 보인 것은 유사하게 나타났다.

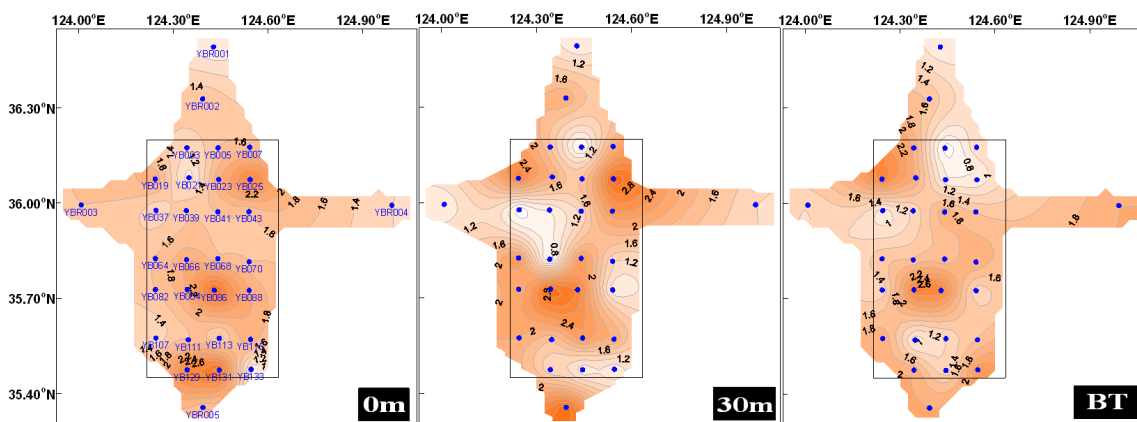


그림 2-5-38 2008년 7월조사시 서해병해역에서 표·중·저층에서 화학적 산소 요구량의 수평분포

(나) 총 질소

2008년 7월조사시 총질소의 수직분포는 0.08~2.22mg/l 범위를 보였으며 평균 0.65mg/l를 나타냈다. 전반적으로 낮은 수심보다 저층에서 높은 농도를 보였으며 30m보다 얇은 수심에서는 배출해역 중앙부에서 대부분 평균 농도를 밑도는 낮은 농도를 나타냈고, 서부해역과 남부해역의 일부 정점에서만 평균보다 높은 농도를 보였다. 30m 이상의 깊은 수심에서는 평균 이상의 높은 농도를 보이기도 하였다. 대조해역은 저층보다 20m 수층에서 높은 농도를 보였고 YBR001, YBR005는 저층으로 갈수록 다소 증가하는 양상을 보였다(그림 2-5-39). 수층별 수평분포는 20m보다 얇은 수심에서는 동부해역에서 배출해역 중앙부까지 낮은 농도를 보였으며 북부와 남부해역에서 높은 농도를 보이기도 하였다. 30m 이상의 깊은 수심에서는 표층에 비해 전반적으로 농도가 증가하였으며 북서부 해역에서 높은 농도를 보였고, 낮은 수심과 마찬가지로 배출해역의 중앙부에서 낮은 농도를 나타냈다(그림 2-5-40).

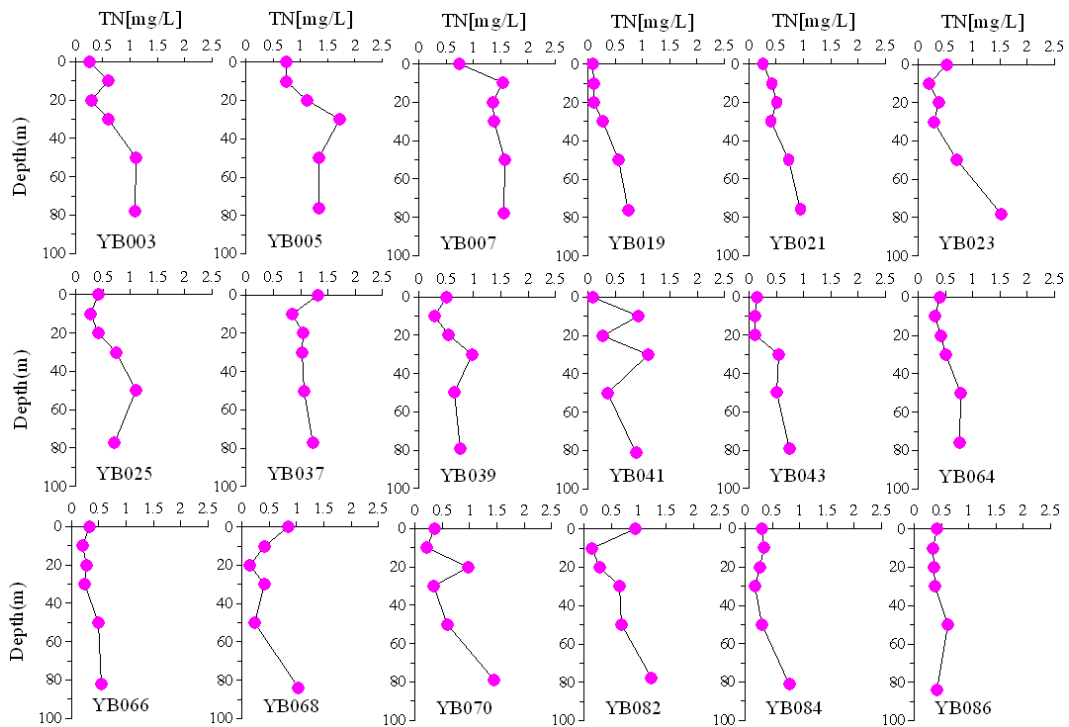


그림 2-5-39 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총질소의 연직분포

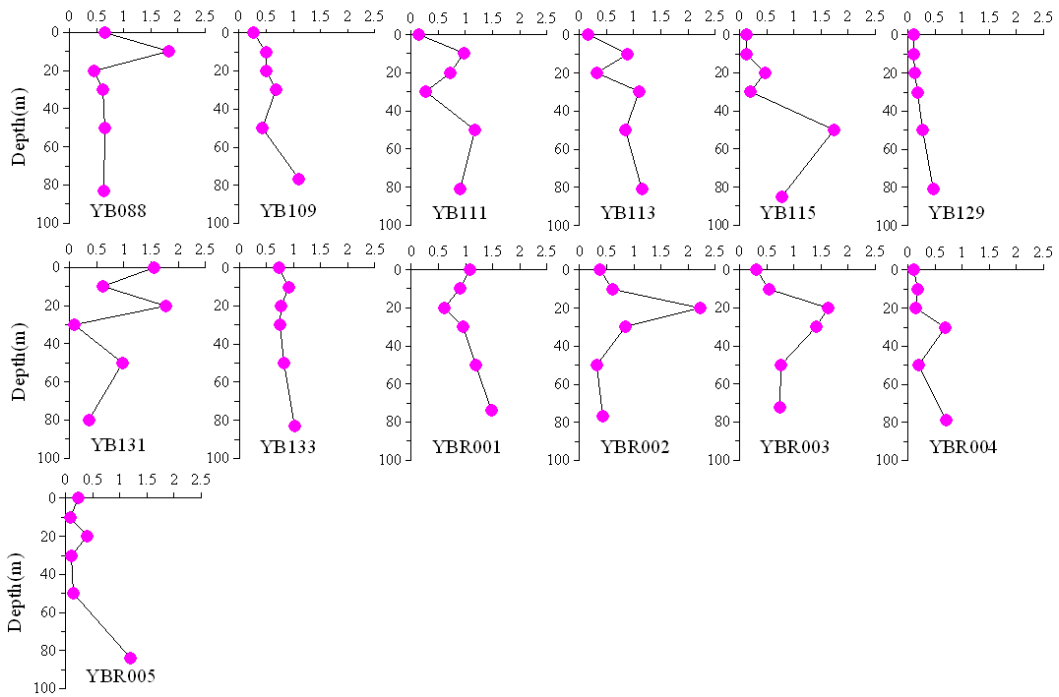


그림 2-5-39 (계속)

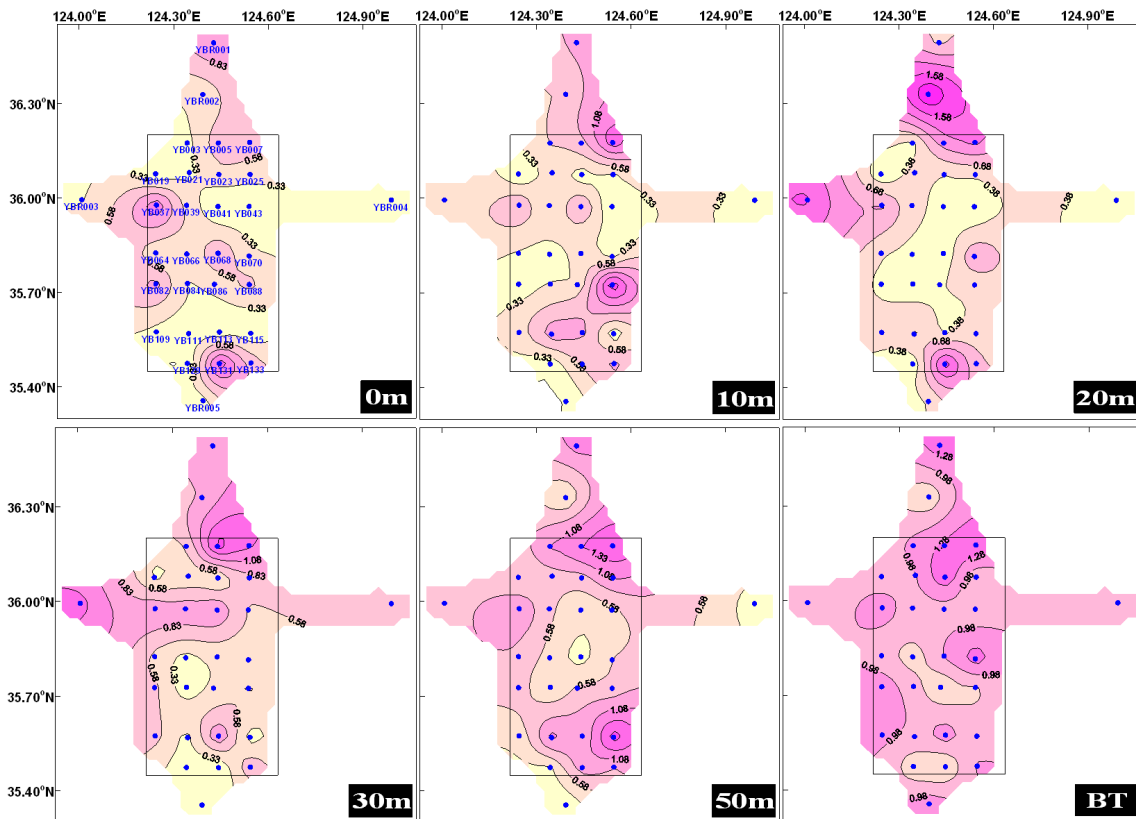


그림 2-5-40 2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총질소, 총인의 수평분포

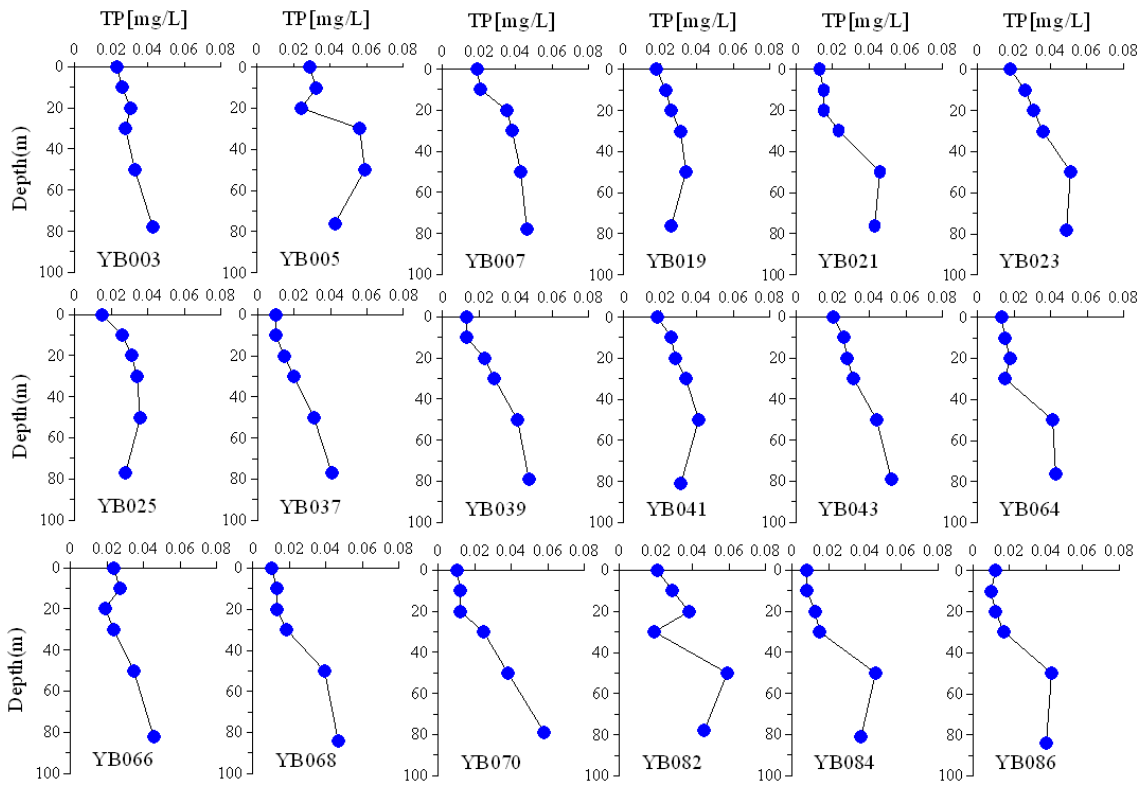


그림 2-5-41 2008년 7월조사시 서해병해역에서 정점별 총인의 연직분포

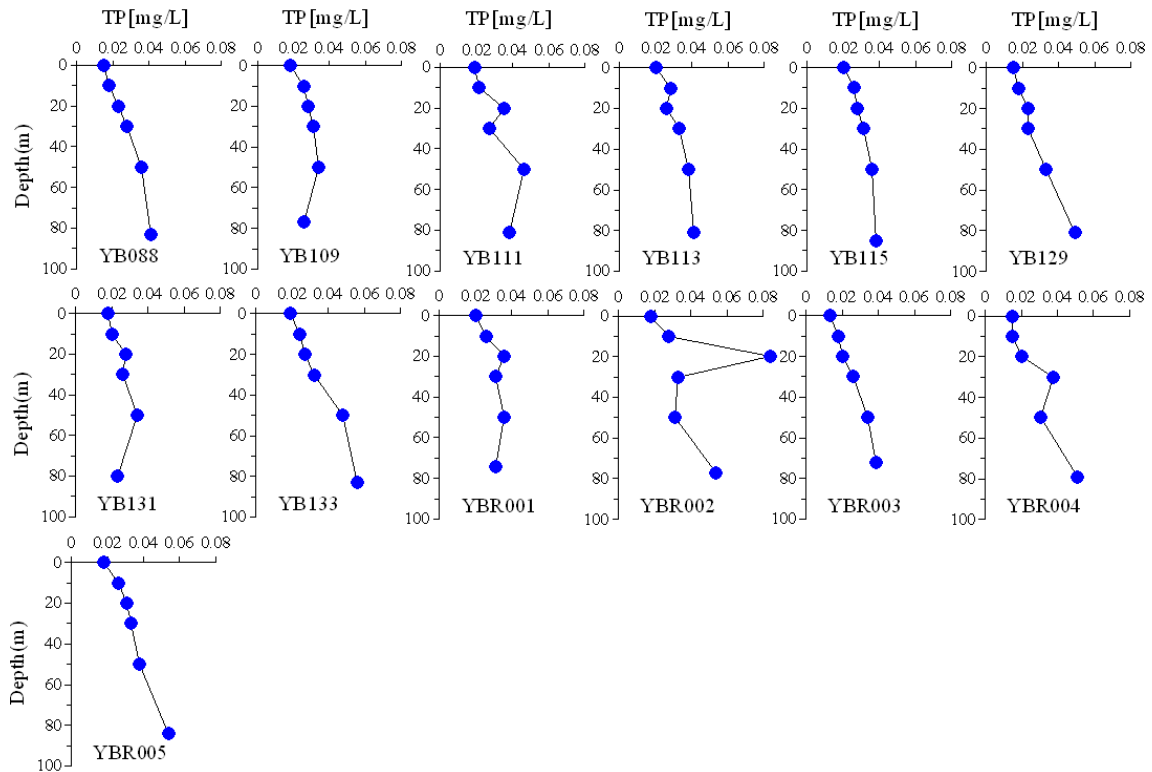


그림 2-5-41 (계속)

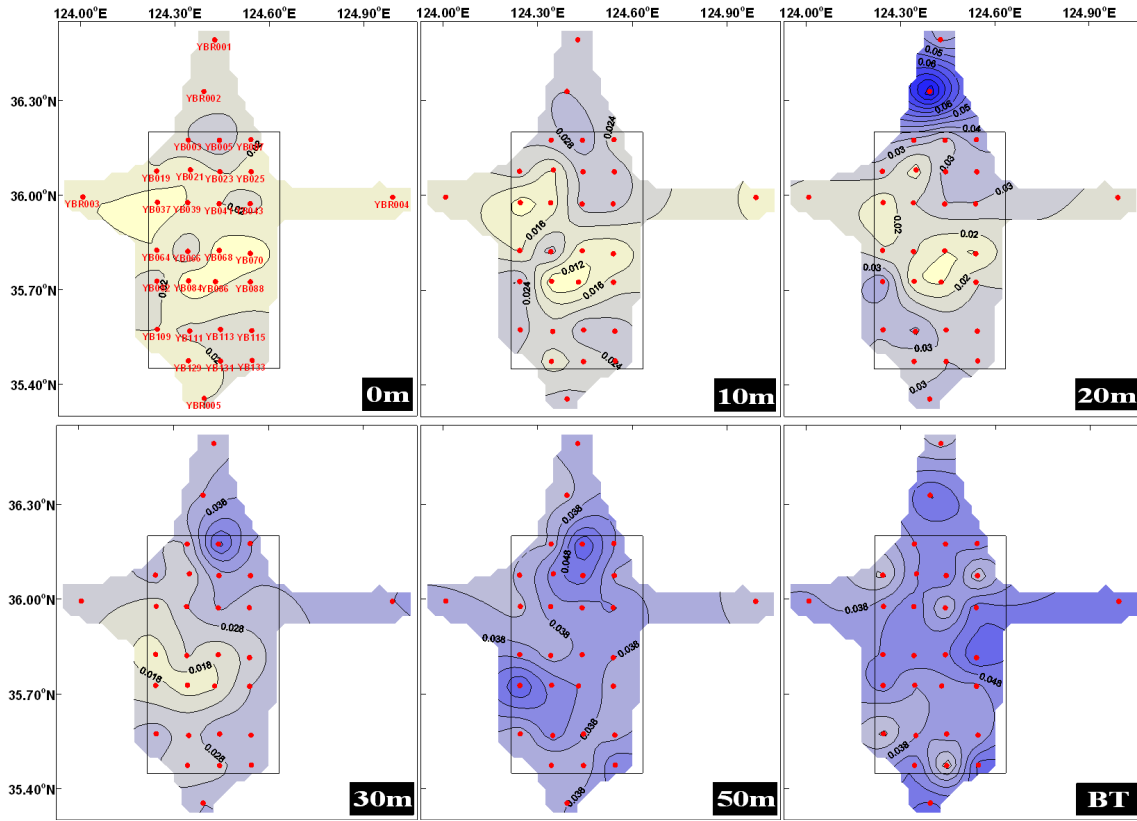


그림 2-5-42 2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총 질소, 총 인의 수평분포

(다) 총 인

2008년 7월조사시 총인의 농도분포는 0.008~0.084mg/l 범위를 보였으며, 평균 0.029mg/l를 나타냈다. 최대값은 YBR002의 20m에서 나타났고 최소값은 YB084의 표층과 10m층에서 나타났다. 총인도 총질소와 마찬가지로 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타냈으며 저층보다 50m 수심에서 가장 높은 농도를 보이기도 하였다(그림 2-5-41). 수층별 오염분포도는 표층은 배출해역 중앙부에서 낮게 나타난 반면 깊은 수심에서는 배출해역 내에서 높은 농도를 보였다. 대조해역은 YBR002에서 가장 높게 나타났고 나머지 대조해역에서는 유사한 농도를 나타냈다(그림 2-5-42). 총질소와 총인의 N/P 비율은 본 조사 시 평균 24.58을 나타내 일반적인 해수에서의 평균비율이 16:1인 것을 감안하여 볼 때 매우 높은 값을 나타냈다.

(라) 중금속

2008년 7월조사시 서해병해역의 표층에서 용존성 중금속 Co의 농도는 0.000~0.072 μ g/l의 범위를 보였으며 평균 농도는 0.009 μ g/l를 나타냈다. 전반적으로

조사해역에서 유사한 농도를 보였으나 남동부해역의 YB133에서 10배 이상 높은 농도를 보였으며 YB086, YBR005에서도 평균 이상의 높은 값을 나타냈다. 최대값의 경우 지난 2000년 4월, 2005년 5월에 서해병해역에서 조사된 농도 $0.003\sim 0.013\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $0.008\mu\text{g}/\text{l}$), $0.006\sim 0.024\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $0.011\mu\text{g}/\text{l}$) 보다도 7배가량 높은 농도였다(그림 2-5-43). 그러나 남동부해역의 위 정점을 제외하면 2008년 조사 시 가장 낮은 평균을 보였다(한국해양연구원, 2001, 2005). 대조구 또한 배출해역 평균농도 수준을 보였으나 남부해역의 YBR005는 평균이상의 높은 농도를 나타냈다.

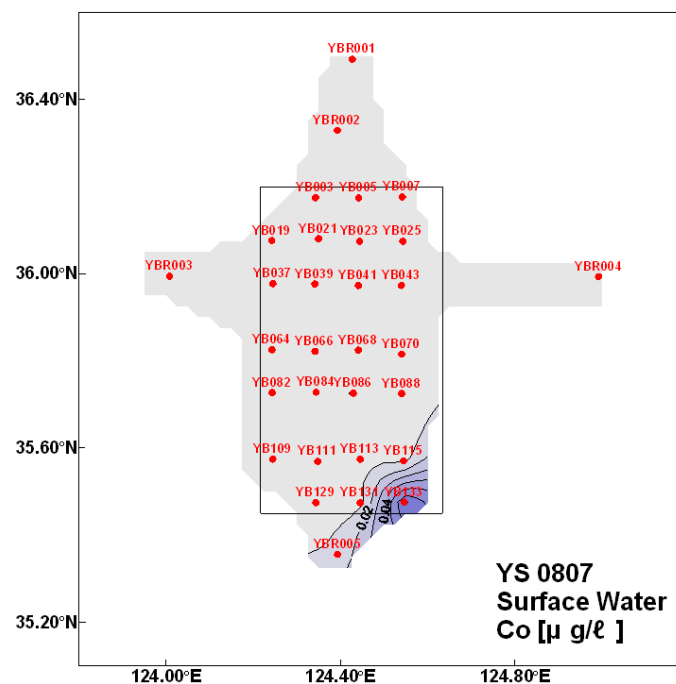


그림 2-5-43 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Co의 농도분포

용존성 Ni 의 농도는 $0.009\sim 0.392\mu\text{g}/\text{l}$ 범위를 보였고 평균 $0.317\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다. 전체적으로 북서부해역에서 높게 나타났고 동부해역에서 낮은 농도를 보였으며 특히 대조구 YBR004에서 가장 낮은 농도를 나타냈다(그림 2-5-44). 참고로 과거 서해병배출해역 자료와 비교한 결과 2000년 4월 조사에는 $0.254\sim 0.383\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $3.18\mu\text{g}/\text{l}$), 2005년 5월조사시에는 $0.273\sim 0.468\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 $0.365\mu\text{g}/\text{l}$) 범위로 용존성 Co와 마찬가지로 2000년 자료와 유사한 농도분포를 보였고, 2005년조사시 1.15배가량 높은 농도를 나타냈다(한국해양연구원, 2001, 2005)

용존성 Cu의 농도는 $0.196\sim 0.530\mu\text{g}/\text{l}$ 범위를 보이고 평균 $0.409\mu\text{g}/\text{l}$ 를

나타냈다. 최소값은 배출해역 중앙의 동부해역에 위치한 YB070에서 나타났고, 최대값은 북서부해역의 YB019에서 나타났다. 수평분포는 Ni과 유사한 형태로 북부와 서부해역에서 높은 농도를 보였고 대조구 YBR004를 제외하고 배출해역보다 대조구에서 높은 농도를 보였다(그림 2-5-45).

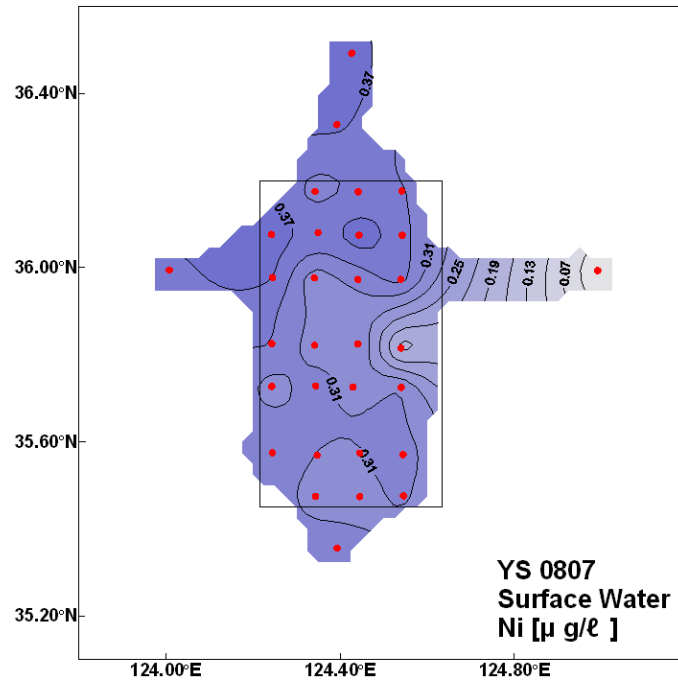


그림 2-5-44 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Ni의 농도분포

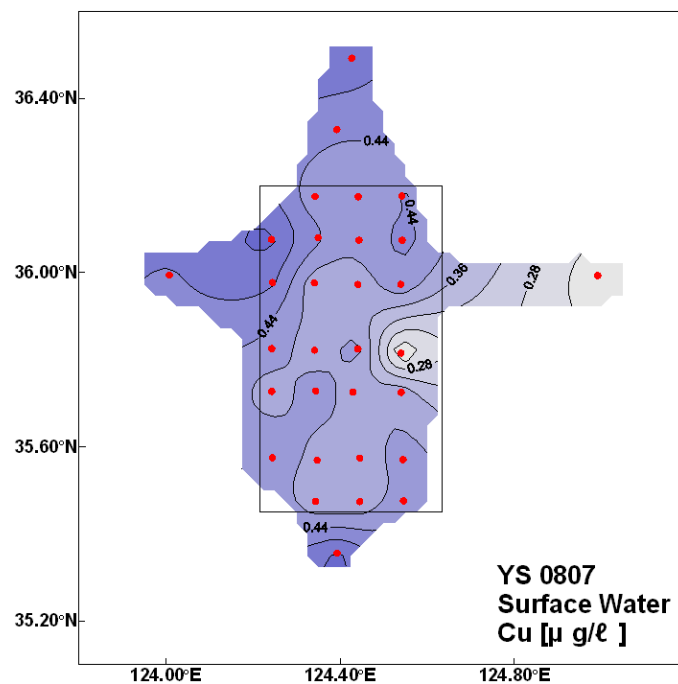


그림 2-5-45 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Cu의 농도분포

지난 2000년 4월 조사와 2005년 5월 조사는 각각 0.420~0.580 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.491 $\mu\text{g}/\text{l}$), 0.222~0.720 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.446 $\mu\text{g}/\text{l}$) 범위를 보여, 2008년 현재 점차로 농도가 감소하는 것을 알 수 있었다(한국해양연구원, 2001, 2005). 본 조사결과 용존성 Cu는 사람의 건강보호 기준에 미치지 못하는 매우 낮은 농도이며 배출해역 및 그 주변에서 투기로 인한 이상 증가현상이 발견되지 않고 있다.

용존성 Zn의 농도는 0.103~4.745 $\mu\text{g}/\text{l}$ 범위이며, 평균농도는 1.147 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다(표 2-5-6). 최고값을 보인 정점은 북동부해역의 YB025에서 나타났고 남서부 해역의 YB109, YB129에서도 평균보다 2~3배가량 높은 농도를 나타냈다. 최소값은 YB131에서 나타났고 대체로 배출해역의 중앙부에서 낮고 대조구는 북부와 서부해역에서 낮게 나타났다(그림 2-5-46). 참고로 과거자료와 비교한 결과 2000년에는 0.100~0.430 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.261 $\mu\text{g}/\text{l}$), 2005년에는 0.194~1.971 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.692 $\mu\text{g}/\text{l}$) 범위였으며 용존성 Cu와는 달리 전반적으로 농도가 증가하였으며 2000년에 비해 7배, 2005년에 비해 2배가량 증가하였다(표 3-2-5). 그러나 이 농도 또한 해역수질등급 중 사람의 건강보호 기준 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ 에 못 미치는 매우 낮은 농도를 나타냈다.

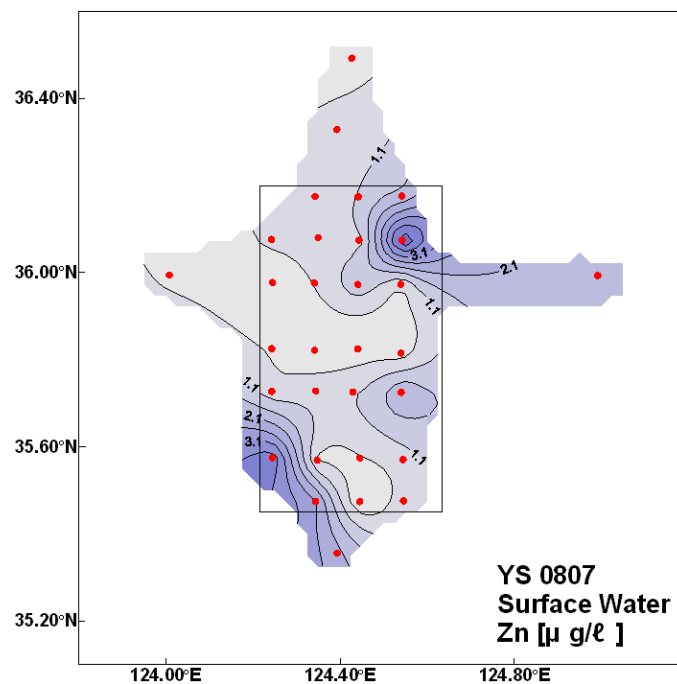


그림 2-5-46 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Zn의 농도분포

용존성 Cd의 농도는 0.000~0.064 $\mu\text{g}/\text{l}$ 범위이며, 평균 농도는 0.046 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다. 최대농도는 북서부해역의 YB019에서 나타났고 최소값은 동부해역에 위치한 대조구 YBR004에서 나타났다. 용존성 Ni, Cu와 마찬가지로 북서부

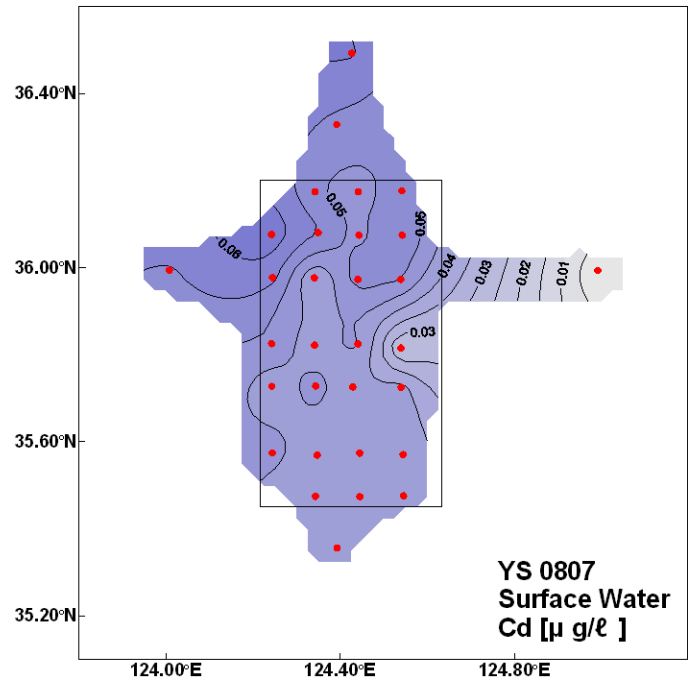


그림 2-5-47 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Cd의 농도분포

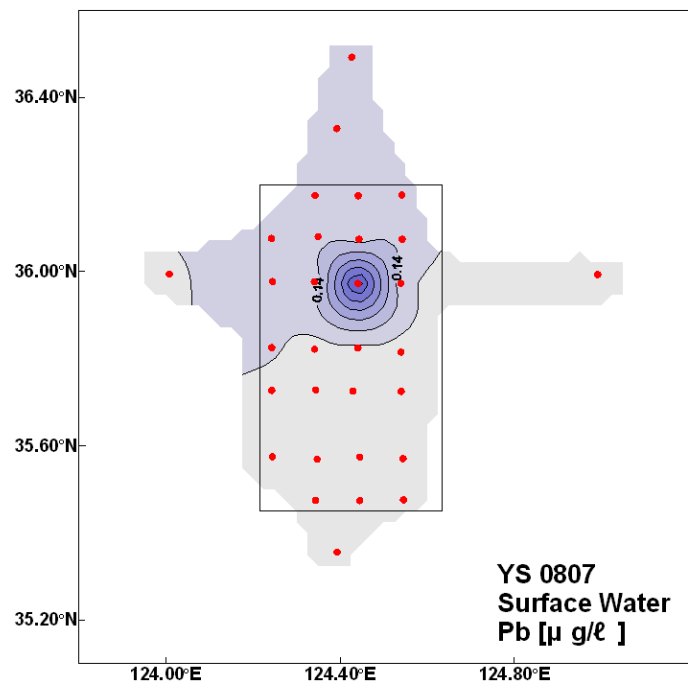


그림 2-5-48 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 용존성 중금속 Pb의 농도분포

해역에서 높고 동부해역에서 낮은 농도를 보였고 배출해역 중앙해역보다 북부와 서부에 위치한 대조구에서 높은 농도를 보였다(그림2-5-47).

표 2-5-8 서해병해역 표층수 용존성 중금속의 함량

Station	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
	($\mu\text{g}/\ell$)	($\mu\text{g}/\ell$)	($\mu\text{g}/\ell$)	($\mu\text{g}/\ell$)	($\mu\text{g}/\ell$)	($\mu\text{g}/\ell$)
YB003	0.006	0.325	0.410	N.D.	0.051	0.083
YB005	0.006	0.342	0.401	1.117	0.048	0.104
YB007	0.007	0.344	0.443	1.678	0.052	0.111
YB019	0.008	0.392	0.530	0.720	0.064	0.114
YB021	0.007	0.364	0.448	0.925	0.055	0.118
YB023	0.007	0.390	0.409	0.834	0.049	0.105
YB025	0.007	0.351	0.451	4.745	0.054	0.123
YB037	0.007	0.373	0.488	0.168	0.057	0.097
YB039	0.005	0.289	0.371	0.623	0.039	0.087
YB041	0.007	0.318	0.373	1.513	0.052	0.544
YB043	0.007	0.352	0.433	0.503	0.050	0.092
YB064	0.007	0.342	0.429	0.560	0.049	0.082
YB066	0.005	0.295	0.371	0.189	0.042	0.033
YB068	0.006	0.311	0.418	0.288	0.046	0.049
YB070	0.003	0.169	0.196	0.316	0.024	0.031
YB082	0.006	0.298	0.374	0.765	0.042	0.058
YB084	0.006	0.323	0.427	0.956	0.047	0.040
YB086	0.011	0.296	0.377	1.055	0.041	0.024
YB088	0.006	0.313	0.393	2.083	0.042	0.023
YB109	0.006	0.330	0.432	3.989	0.046	0.070
YB111	0.006	0.309	0.388	0.482	0.043	0.071
YB113	0.005	0.308	0.380	0.573	0.043	0.041
YB115	0.006	0.322	0.415	0.886	0.044	0.059
YB129	0.006	0.299	0.365	2.725	0.040	0.045
YB131	0.006	0.298	0.369	0.103	0.042	0.031
YB133	0.072	0.314	0.418	0.813	0.043	0.018
YBR001	0.007	0.386	0.507	0.344	0.061	0.098
YBR002	0.006	0.376	0.450	0.816	0.053	0.094
YBR003	0.007	0.362	0.476	0.476	0.054	0.062
YBR004	0.000	0.009	0.210	1.927	0.000	0.013
YBR005	0.013	0.324	0.528	2.250	0.042	0.049
Min.	0.000	0.009	0.196	0.103	0.000	0.013
Max.	0.072	0.392	0.530	4.745	0.064	0.544
Aver.	0.009	0.317	0.409	1.147	0.046	0.083

2000년 4월조사시에는 0.019~0.028 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.022 $\mu\text{g}/\ell$) 범위를 나타냈고, 2005년 5월에는 0.037~0.056 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 0.045 $\mu\text{g}/\ell$) 범위를 보여 2000년에 비해 본조사시 2배 이상의 농도가 증가하였으며 2005년과는 평균 0.001 $\mu\text{g}/\ell$ 나타나

유사한 농도를 보였다. 그러나 이 농도는 해역등급 중 사람의 건강보호 기준에 크게 못 미치는 농도이다.

용존성 Pb의 농도는 0.013~0.544 $\mu\text{g}/\text{l}$ 범위를 보였으며, 평균 0.083 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다. 수평분포를 확인한 결과 최대값은 YB041에서 눈에 띄게 높은 농도를 보였고 이는 평균의 6.5배 이상을 나타내는 농도였다. 최소값은 동부해역의 대조구 YBR004에서 나타났다. 전체적으로 북서부 해역에서 위치한 정점에서 평균 이상의 높은 농도를 나타냈고 남부해역에서 평균 이하의 낮은 농도를 보였다. 대조구도 마찬가지로 북부해역에 위치한 대조구를 제외하고 평균이하의 낮은 값을 나타냈다(그림 2-5-48, 표 2-5-8). 2000년 4월조사시에는 0.006~0.027 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 0.012 $\mu\text{g}/\text{l}$) 위를 보여 본 조사 시기에 평균 7배가량 증가하였다. 전반적으로 6개 조사 항목 모두 해역 기준 중 사람의 건강보호 기준에 크게 못 미치는 농도를 보였다(표 2-5-10).

(마) 유분

광유류 농도는 본조사시 0.020~0.600 mg/l 범위로 측정되었고 평균농도는 0.233 mg/l 를 나타냈다. 최고값은 YB025, 최소값은 YB082에서 나타났고 전반적으로 배출해역 내에서는 북동부와 남동부해역에서 높은 농도를 보였고 중앙부분의 해역에서 낮게 나타났다.

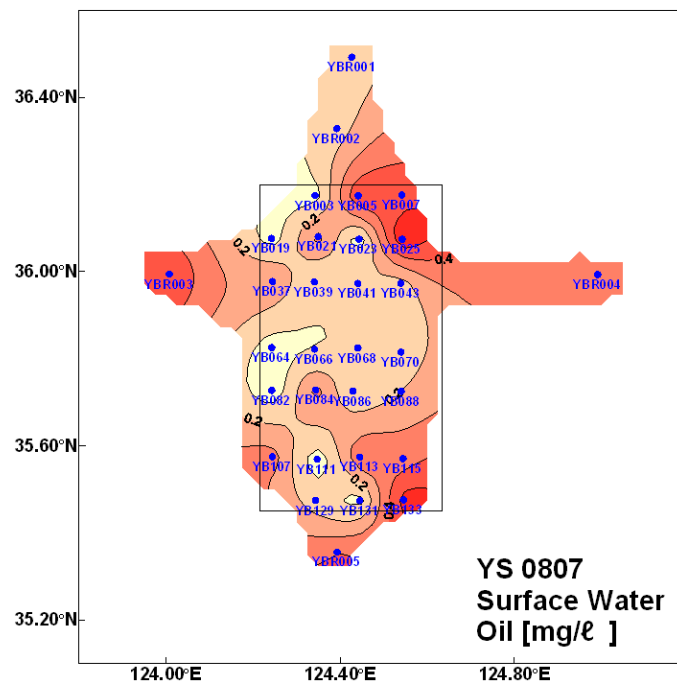


그림 2-5-49 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 광 유류의 수평분포

대조구에서는 서부해역의 YBR003에서 가장 높고 YBR001에서 가장 낮게 나타났다. 2005년 5월 서해병해역에서는 0.043~1.700mg/l(평균 0.58mg/l) 범위를 나타내 본 조사시기보다 2배 이상 높은 농도를 보여 광유류가 점차 감소하였다(한국해양연구원, 2005). 또한 환경정책기본법 시행령 별표1 중 용매추출 유분의 기준이 0.01mg/l 이하로 규정되어 있으나 본조사시 광유류는 2005년에 비해 감소하고 있으나 전 정점들에서 용매추출 유분기준(동식물유지류+광유류)을 초과하고 있어 광유류를 다량 함유한 폐기물(예; 음식물류폐기물 폐수 등)의 해양투기 신청시 더욱 엄격한 관리가 필요하다.

(바) 시안

2008년 시안화합물 농도는 0.000~0.005mg/l(평균 0.002±0.001mg/l) 범위를 보였으며 평균 0.002mg/l를 나타냈다. 전반적으로 정점간의 농도차이는 크지 않았으며 유분과는 달리 배출해역 내 중앙부근 해역에서 높은 농도를 보였다. 최저 농도는 YB023, YB039, YB070, YB082, YB109에서 검출되지 않았으며 YB113에서 최고농도를 나타냈다(그림 2-5-50). 전반적으로 시안화합물은 전 정점에 걸쳐 불검출 수준으로 사람의 건강보호 기준 0.01mg/l를 초과하지 않았다. 2005년 5월 조사도 마찬가지로 2008년과 같은 농도범위를 보였으며 시안화합물이 극미량 수준으로 검출되었다(표 2-5-12).

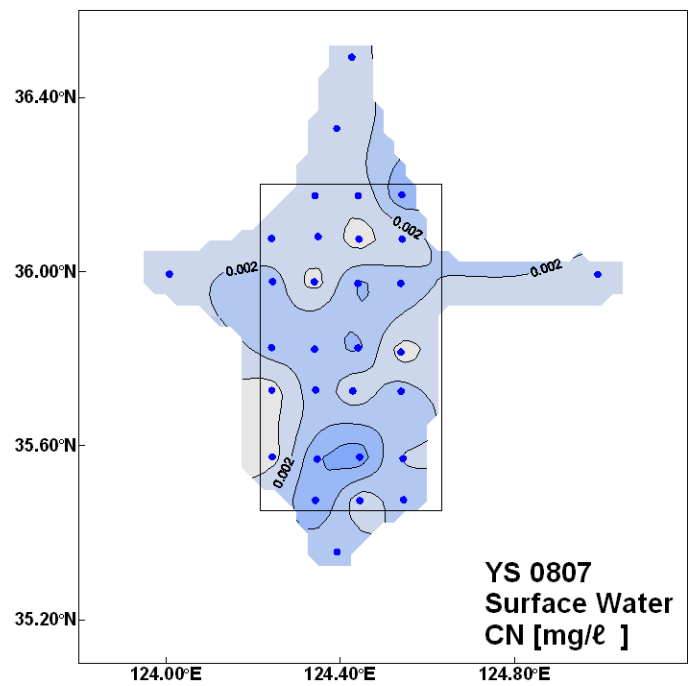


그림 2-5-50 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 시안화합물의 수평분포

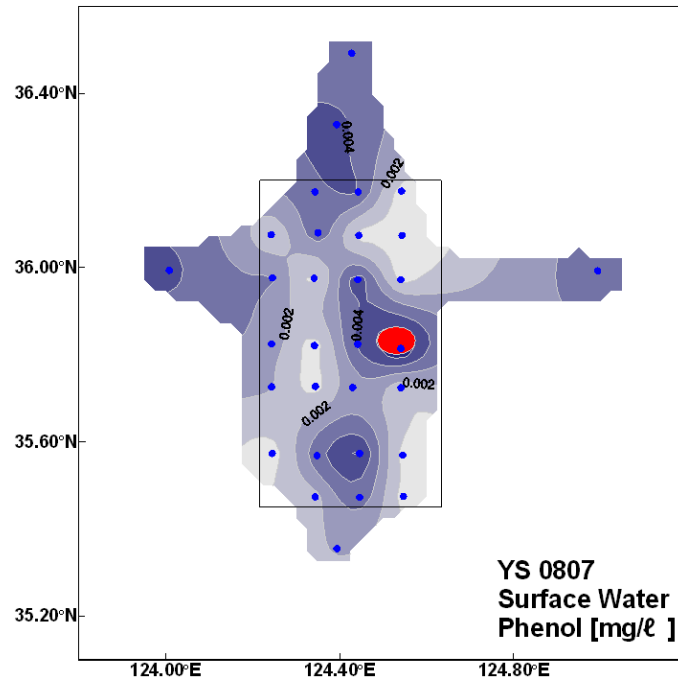


그림 2-5-51 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 페놀류의 수평분포

(라) 페놀

2008년 페놀류 농도는 0.001~0.006mg/l 범위를 보였으며 평균 0.003mg/l로 측정되었다. 배출해역 내에서는 정점 YB070에서 사람의 건강보호 기준 0.005mg/l를 초과하여 최고농도를 보였으며 이 주변 YB041과 남부해역의 정점 YB113에서도 평균보다 높은 농도를 보였고 나머지 해역에서 평균이하의 낮은 농도를 나타냈다. 대조구에서는 남부해역에서 평균 보다 낮은 농도를 보였고 배출해역 주변의 YBR002, YBR003, YBR004에서는 평균보다 높은 농도를 나타냈다(그림3-2-51). 2005년 조사시에는 0.000~0.005mg/l(0.002±0.001mg/l) 범위를 나타내 2008년에 페놀의 농도가 평균 0.001mg/l 증가하였다(한국해양연구원, 2005).

(사) 유기오염물질 (PCBs, PAHs)

1) 다환방향족탄화수소(PAHs), 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)

가) 다환방향족탄화수소(PAHs)

PAHs는 탄소고리 위치와 개수에 따라 100개 이상이 존재하지만, 실제적으로 생물에 대한 악영향을 미치는 것은 일부이며 이중 미국 환경보호청은 인간 건강 및 해양생물에 유해 정도에 따라 다음과 같은 16종을 선정하여 관리하고 있다.

Naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(k)-fluoranthene, benzo(b)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenzo(ah)perylene, indeno(123-cd)pyrene, benzo(ghi)perylene

따라서 본 연구에서는 미국 환경보호청이 지정한 16종의 개별 PAHs를 분석하였고, 이들의 총합을 Σ PAHs(16)으로 표시하였고, PAHs의 입자상태(Particulate phase)와 PAHs의 용존상태(Dissolved phase)로 분리하여 측정하였다.

서해병해역 표층수에서는 총 14개 정점에서 측정하였으며, 분석된 총 16종의 개별 PAHs의 입자상태를 합한 Σ PAHs(16) 함량은 각각 5.95~9.33 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 6.67 $\mu\text{g}/\text{l}$) 범위로서 YB005에서 최소값을 나타냈고 대조구 YBR005에서 최대값을 나타냈다. 배출해역 내에서는 북서부해역에 위치한 YBR019에서 높게 나타났다(그림 2-5-52, 표 2-5-9). 반면 용존상태를 합한 Σ PAHs(16) 함량은 각각 12.90~43.75 $\mu\text{g}/\text{l}$ (평균 25.44 $\mu\text{g}/\text{l}$) 범위로서 입자상태에서 낮은 농도를 보인 정점에서 높은 농도를 보였으며 예외적으로 YBR005에서는 용존상태에서도 최대값을 나타냈다. 전반적으로 입자상태 보다 용존상태의 Σ PAHs(16) 함량이 4배 이상 높은 농도로 나타났다(그림 2-5-52, 표 2-5-10). PAHs의 입자상태와 용존상태를 합한 PAHs 함량은 극미량 수준으로 검출되었다.

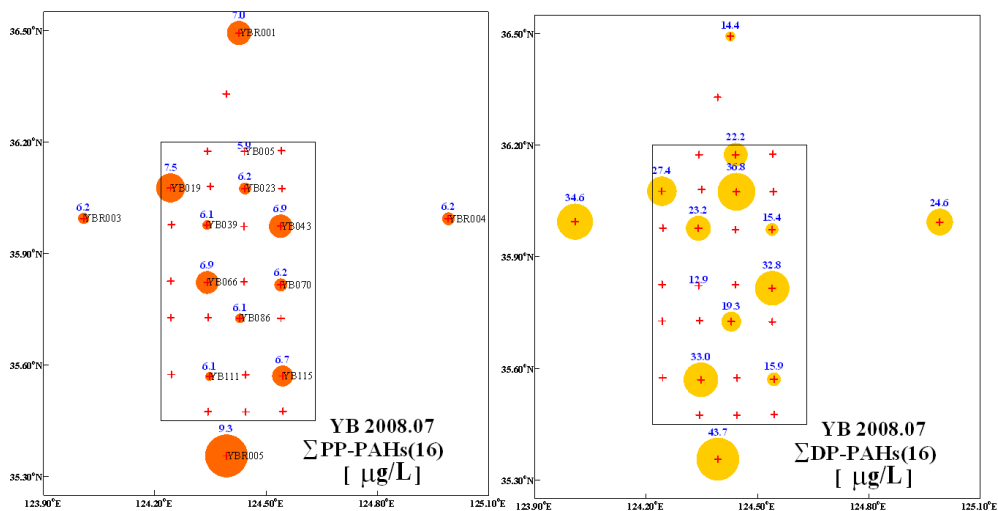


그림 2-5-52 서해병해역의 표층수에서 정점별 PAHs의 입자상태(Particle phase: PP)와 용존상태(Dissolved phase: DP)농도.

표 2-5-9 서해병해역의 표층수에서 PAHs의 정점별 입자상태(Particulate phase: PP)농도.

Sea ($\mu\text{g}/\ell$)	YB005	YB019	YB023	YB039	YB043	YB066	YB070	YB086	YB111	YB115	YBR001	YBR003	YBR004	YBR005
recovery(%)	143.70	156.66	132.21	161.63	156.67	127.55	162.32	133.01	122.37	115.38	149.60	155.98	162.31	183.97
1 naphthalene	0.46	0.60	0.55	0.43	0.56	0.54	0.54	0.52	0.49	0.52	0.57	0.50	0.52	0.74
2 2-methyl naphthalene	0.44	N.D	0.51	N.D	0.51	0.51	0.51	0.50	N.D	0.50	0.51	0.50	0.50	0.68
3 1-methyl naphthalene	0.43	N.D	0.50	N.D	0.51	0.50	0.50	0.49	N.D	0.49	0.49	0.49	0.49	0.67
4 2,6-dimethyl naphthalene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5 acenaphthylene	0.59	0.81	0.68	0.67	0.69	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68	0.68	0.91
6 acenaphthene	0.45	0.63	0.52	0.49	0.53	0.51	0.52	0.48	0.48	0.49	0.50	0.50	0.52	0.70
7 2,3,5-trimethyl naphthalene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.60	N.D	N.D	N.D	N.D
8 fluorene	0.51	N.D	N.D	N.D	0.59	0.59	N.D	N.D	N.D	0.59	0.60	N.D	N.D	0.79
9 phenanthrene	0.50	0.69	0.57	0.56	0.60	0.59	0.58	0.56	0.56	0.59	0.64	0.55	0.57	0.80
10 anthracene	0.72	0.98	0.82	0.81	0.85	0.84	0.83	0.81	0.81	0.84	0.89	0.80	0.82	1.14
11 2-methyl phenanthrene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.66	N.D	N.D	0.88
12 2-methyl anthracene	0.67	0.91	0.77	0.77	0.79	0.78	0.77	0.76	0.77	0.77	0.84	0.77	0.77	1.05
13 1-methyl anthracene	0.38	0.52	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.50	0.44	0.43	0.58
14 1-methyl phenanthrene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.52	N.D	N.D	0.70
15 9-methyl anthracene	0.64	0.86	0.72	0.74	0.72	0.73	0.75	0.68	0.71	0.71	0.72	0.73	0.75	0.98
16 fluoranthene	0.62	0.86	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.95
17 pyrene	0.67	0.94	0.77	0.77	0.76	0.77	0.76	0.74	0.76	0.75	0.75	0.75	0.76	1.01
18 benzo(a)anthracene	0.43	0.63	0.45	0.54	0.51	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.52	0.53	0.53	0.75
19 chrysene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
20 benzo(b)fluoranthene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
21 benzo(k)fluoranthene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
22 benzo(e)pyrene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
23 benzo(a)pyrene	0.97	1.34	1.11	1.12	1.13	1.12	1.11	1.12	1.11	1.11	1.14	1.14	1.12	1.52
24 perylene	0.85	1.17	0.97	0.98	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0.96	1.00	0.99	0.98	1.33
25 indeno(1,2,3-cd)pyrene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
26 dibenzo(a,h)anthracene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
27 benzo(g,h,i)perylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Sum of 16 PAHs	5.95	7.48	6.19	6.10	6.94	6.88	6.24	6.10	6.07	6.73	7.01	6.16	6.22	9.33
Sum of 27 PAHs	9.37	10.94	10.09	9.02	10.89	10.81	10.17	9.94	8.96	11.21	12.24	10.08	10.14	16.18

표 2-5-10 서해병해역의 표층수에서 PAHs의 정점별 용존상태(Dissolved phase: DP)농도.

Sea ($\mu\text{g}/\ell$)	YB005	YB019	YB023	YB039	YB043	YB066	YB070	YB086	YB111	YB115	YBR001	YBR003	YBR004	YBR005
recovery(%)	134.50	146.59	150.30	228.91	207.12	171.73	243.05	210.81	246.64	223.78	209.59	189.25	247.08	164.44
1 naphthalene	13.85	15.52	27.20	13.28	5.54	3.05	22.59	9.42	22.92	5.64	4.43	24.71	14.44	30.05
2 2-methyl naphthalene	7.10	7.70	11.49	2.59	1.85	0.98	2.59	1.68	3.12	2.63	2.87	3.48	4.47	12.58
3 1-methyl naphthalene	4.05	4.31	6.30	1.61	1.36	0.81	1.66	1.22	1.90	2.83	2.16	2.08	2.59	7.04
4 2,6-dimethyl naphthalene	0.87	1.06	1.19	0.72	0.67	0.55	0.74	0.69	0.79	0.83	0.79	0.79	0.88	1.78
5 acenaphthylene	0.62	0.82	0.71	0.71	0.70	0.69	0.73	0.71	0.71	0.71	0.72	0.71	0.74	0.99
6 acenaphthene	0.51	0.67	0.61	0.55	0.54	0.52	0.60	0.55	0.59	0.61	0.56	0.58	0.59	0.95
7 2,3,5-trimethyl naphthalene	0.57	0.76	0.67	0.64	0.65	0.63	0.66	0.62	0.65	0.71	0.67	0.65	0.68	1.07
8 fluorene	0.70	0.90	0.81	0.83	0.83	0.79	0.89	0.86	0.85	0.92	0.86	0.81	0.90	1.23
9 phenanthrene	0.88	1.17	1.00	1.06	1.05	0.91	1.16	1.08	1.09	1.20	1.12	1.08	1.18	1.54
10 anthracene	0.66	1.48	0.75	0.76	0.76	1.20	0.77	0.76	0.76	0.77	0.77	0.76	0.77	1.01
11 2-methyl phenanthrene	0.61	0.85	0.70	0.73	0.87	0.71	0.73	0.73	0.73	0.81	0.73	0.74	0.73	1.20
12 2-methyl anthracene	0.73	1.05	0.84	0.85	1.06	0.84	0.88	0.86	0.86	0.98	0.87	0.91	0.95	1.53
13 1-methyl anthracene	0.43	0.60	0.50	0.62	0.50	0.50	0.53	0.52	0.53	0.57	0.52	0.52	0.53	0.69
14 1-methyl phenanthrene	0.49	0.72	0.56	0.58	0.79	0.56	0.58	0.62	0.61	0.72	0.62	0.62	0.58	1.11
15 9-methyl anthracene	0.61	0.78	0.67	0.70	0.70	0.66	0.70	0.70	0.72	0.70	0.69	0.70	0.68	0.94
16 fluoranthene	0.71	0.97	0.82	0.85	0.83	0.80	0.87	0.84	0.85	0.84	0.84	0.85	0.86	1.07
17 pyrene	0.70	0.93	0.80	0.80	0.80	0.76	0.80	0.83	0.83	0.81	0.79	0.81	0.80	1.06
18 benzo(a)anthracene	0.43	0.64	0.52	0.70	0.68	0.58	0.71	0.64	0.73	0.71	0.69	0.63	0.72	0.77
19 chrysene	0.60	0.83	0.69	0.69	0.69	0.68	0.70	0.69	0.69	0.72	0.70	0.70	0.69	0.90
20 benzo(b)fluoranthene	0.80	1.08	0.92	0.92	0.97	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.92	1.37
21 benzo(k)fluoranthene	0.79	1.07	0.91	0.92	0.95	0.91	0.90	0.92	0.90	0.92	0.91	0.91	0.91	1.34
22 benzo(e)pyrene	0.70	0.98	0.83	0.80	0.81	0.83	0.82	0.82	0.82	0.80	0.83	0.82	0.83	1.12
23 benzo(a)pyrene	0.96	1.29	1.10	1.11	1.10	1.10	1.13	1.12	1.12	1.11	1.09	1.10	1.10	1.46
24 perylene	0.87	1.20	1.00	1.08	1.04	1.03	1.11	1.04	1.09	1.07	1.10	1.05	1.10	1.29
25 indeno(1,2,3-cd)pyrene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
26 dibenzo(a,h)anthracene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
27 benzo(g,h,i)perylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Sum of 16 PAHs	22.21	27.36	36.84	23.17	15.44	12.90	32.77	19.32	32.96	15.87	14.39	34.56	24.63	43.75
Sum of 27 PAHs	39.23	47.38	61.58	34.09	25.74	21.02	43.78	28.83	44.79	28.51	26.24	46.91	38.65	74.09

나) 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)

PCBs는 표층의 14개의 정점을 선정하여(YB005, YB019, YB023, YB039, YB043, YB066, YB070, YB086, YB111, YB115, YBR001, YBR003, YBR004, YBR005) 96ℓ 채수하여 분석하였다. 또한 본 연구에서는 총 209종의 PCBs를 분석한 농도 총합을 총 PCBs로 입자상태(Particle phase)와 용존상태(Dissolved phase)로 분리하여 측정하였다.

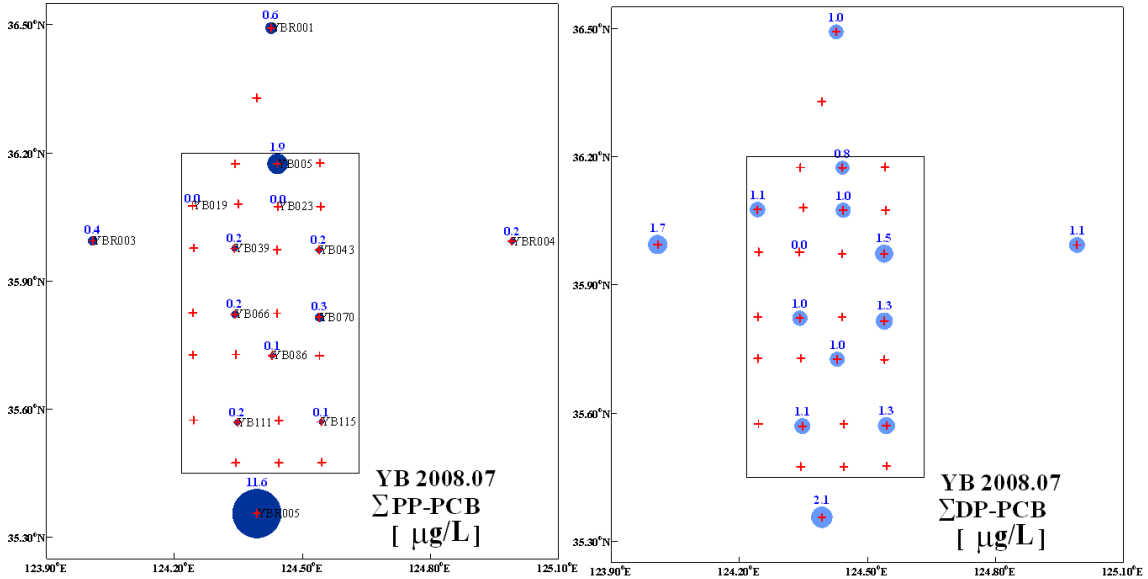


그림 2-5-53 서해병해역의 표층수에서 정점별 PCBs의 입자상태(Particulate phase: PP)와 용존상태(Dissolved phase: DP)농도.

서해병해역의 입자상태 Σ PP-PCBs 농도는 0.00~11.59 (평균 1.14 $\mu\text{g}/\ell$) 범위를 나타냈고 YB019, YB023에서는 PCBs가 검출되지 않았다. PAHs와 마찬가지로 대조구 YBR005에서 최대값을 나타냈고, 배출해역 내에서는 YB005에서 높은 값을 나타냈으나 6배가량 낮은 농도였다. 나머지 해역은 평균이하의 낮은 농도를 나타냈으며 대체로 YBR004을 제외하고 배출해역보다 대조구에서 높은 농도로 발견되었다. 용존상태 Σ PCBs 농도는 0.00~2.09 $\mu\text{g}/\ell$ (평균 1.15 $\mu\text{g}/\ell$) 범위로 입자상태보다 매우 낮은 농도를 나타냈고 정점들 사이에 농도차이가 크게 나타나지 않았다. 용존상태 Σ PCBs는 YB039에서 검출되지 않았고, YBR005에서 최대값을 나타냈다(그림 2-5-53, 표 2-5-11). 해역환경 기준 중 사람의 건강 보호기준에 못 미치는 매우 낮은 농도를 나타냈다(표 2-5-14).

또한 PCBs 종들 중 특히 독성이 강한 것으로 알려져 특별 관리되고 있는 35개 항목 중 하나인 PCBs-18이 북부해역의 대조구 YBR001에서 발견되기도 하였으나 나머지 항목에서는 검출되지 않았다.

표 2-5-11 서해병해역의 표층수 중 입자상태(Particulate phase: PP)와, 용존 상태(Dissolved phase: DP) PCBs 농도

station	35PCBs	tPCBs	35PCBs	tPCBs
YB005	0.000	1.948	0.000	0.847
YB019	0.000	0.000	0.000	1.064
YB023	0.000	0.000	0.000	1.032
YB039	0.000	0.174	0.000	0.000
YB043	0.000	0.158	0.000	1.489
YB066	0.000	0.210	0.000	1.042
YB070	0.000	0.343	0.000	1.341
YB086	0.000	0.138	0.000	1.008
YB111	0.000	0.153	0.000	1.143
YB115	0.000	0.116	0.000	1.316
YBR001	0.310	0.611	0.000	0.959
YBR003	0.000	0.379	0.000	1.705
YBR004	0.000	0.165	0.000	1.116
YBR005	0.000	11.590	0.000	2.092
최소값	0.000	0.000	0.000	0.000
최대값	0.310	11.590	0.000	2.092
평균값	0.022	1.142	0.000	1.154

(2) 분배계수

2008년 7월 조사된 항목 중 중금속 항목을 분배계수로 나타냈다. 이는 조사해역에서 농축되는 정도를 가늠하고자 각 정점의 부유물질 농도를 각 항목의 해수농도로 나누어 구하였다.

중금속의 분배계수는 Co의 경우 6.26~163.62(평균 71.03), Ni는 1.16~51.67(평균 3.04), Cu는 0.86~2.31(평균 1.16), Zn 0.01~4.41(평균 0.86), Cd 7.11~18.73(9.91), Pb는 0.83~35.64(평균 9.35)로 나타나 코발트의 경우 가장 높고 Cd>Pb>Ni>Cu>Zn 순으로 나타났다. 각 항목별 수평분포를 나타낸 결과 최대 값은 Co, Cu, Cd은 YB088에서 가장 높고, Ni, Pb는 대조구 YBR004에서 높게 나타나 아연을 제외하고 전체적으로 동부해역에서 높은 값을 보였다. 아연은 다른 항목과 달리 남부해역의 정점 YB131에서 높게 나타났다(그림 2-5-54, 표 2-5-12).

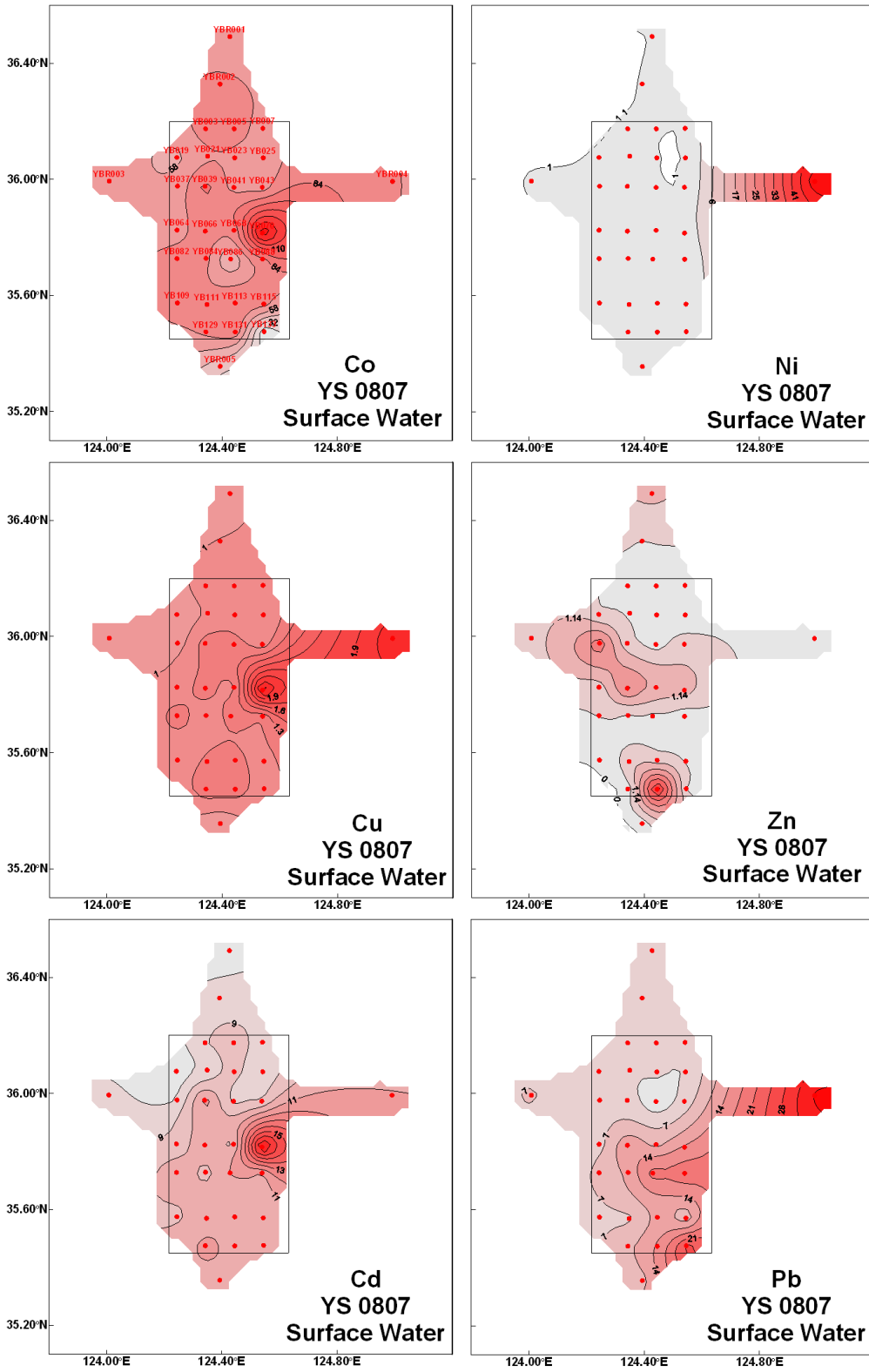


그림 2-5-54 2008년 7월조사시 서해병해역 표층 중금속 분배계수의 수평분포

표 2-5-12 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층수 중금속의 분배계수.

Station No.	분 배 계 수					
	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
YB003	77.37	1.39	1.11	-	8.97	5.49
YB005	76.73	1.33	1.13	0.41	9.49	4.38
YB007	66.67	1.32	1.02	0.27	8.64	4.07
YB019	54.28	1.16	0.86	0.63	7.11	3.99
YB021	69.22	1.24	1.01	0.49	8.18	3.83
YB023	67.77	1.16	1.11	0.54	9.31	4.30
YB025	67.90	1.29	1.01	0.10	8.41	3.68
YB037	62.58	1.22	0.93	2.69	8.01	4.68
YB039	88.57	1.57	1.22	0.73	11.49	5.18
YB041	66.15	1.42	1.22	0.30	8.67	0.83
YB043	62.67	1.29	1.05	0.90	8.99	4.95
YB064	61.52	1.33	1.06	0.81	9.24	5.51
YB066	82.52	1.53	1.22	2.40	10.78	13.64
YB068	75.31	1.46	1.08	1.57	9.81	9.31
YB070	163.62	2.68	2.31	1.44	18.73	14.42
YB082	79.43	1.52	1.21	0.59	10.77	7.86
YB084	75.67	1.40	1.06	0.47	9.69	11.40
YB086	42.38	1.53	1.20	0.43	11.09	18.91
YB088	78.18	1.45	1.15	0.22	10.77	19.63
YB109	76.65	1.38	1.05	0.11	9.81	6.49
YB111	74.11	1.47	1.17	0.94	10.59	6.37
YB113	83.92	1.47	1.19	0.79	10.63	11.17
YB115	78.09	1.41	1.09	0.51	10.40	7.65
YB129	74.14	1.52	1.24	0.17	11.27	10.03
YB131	81.93	1.52	1.23	4.41	10.72	14.61
YB133	6.26	1.45	1.09	0.56	10.58	25.70
YBR001	62.11	1.18	0.89	1.32	7.48	4.65
YBR002	74.24	1.20	1.01	0.56	8.47	4.84
YBR003	65.83	1.25	0.95	0.95	8.32	7.34
YBR004	-	51.67	2.16	0.24	-	35.64
YBR005	35.15	1.40	0.86	0.20	10.73	9.22
최소값	6.26	1.16	0.86	0.10	7.11	0.83
최대값	163.62	51.67	2.31	4.41	18.73	35.64
평균값	71.03	3.04	1.16	0.86	9.91	9.35

(3) 농축계수

2008년 7월 조사된 해수 중금속자료와 체내에 높은 수준으로 축적하는 생물에 농축된 중금속자료를 이용하여 농축계수를 나타냈다. 이는 조사해역에서 생물체에 농축되는 정도를 가늠하고자 각 정점의 생물체 농도를 각 항목의 해수농도로 나누어 구하였다. 생물체 농도는 제10절 수산생물 중금속 축적

조사자료를 이용하였으며 조사정점은 배출 1구역은 YB066, YB068 정점을 대입하였고, 배출 2구역은 정점 YB111, YB113, 비배출구역 1, 2는 각각 YBR001, YBR004를 대입하였다. 아귀, 광어, 양태, 가자미, 농어의 평균 중금속 농도를 이용하였으며 전반적으로 대조구 YBR004에서 가장 높은 값을 보였고 아연과 구리가 가장 높게 나타났다. 이는 다른 해역에 비해 생물체 농도가 높고 해수농도는 매우 낮은 값을 보였기 때문이다. 어종에 따른 농축계수는 YBR004을 제외하고 아귀는 구리의 경우 다른 해역에 비해 YB113에서 높게 나타났고, 나머지 중금속은 YB066에서 높은 값을 보였다. 양태도 마찬가지로 배출 1구역에서 높게 나타났으나 카드뮴은 배출 2구역에서 더 높게 나타났다. 가자미는 YBR001에서 높은 값을 나타냈다. 전반적으로 배출해역 내에서는 가자미를 제외한 어종은 YB066에서 농축정도가 높게 나타났다.

표 2-5-13 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층수 중금속의 농축계수.

어종	정점		농축계수				
			Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
아귀	배출1	YB066	13.2	847.4	31,662.5	260.0	418.2
		YB068	12.5	752.3	20,734.2	236.5	285.5
	배출2	YB111	7.4	882.3	12,029.5	27.0	191.4
		YB113	7.4	900.4	10,120.3	27.1	335.5
	비배출1	YBR001	7.0	624.4	16,435.0	147.1	170.0
		YBR004	615.1	1,414.3	3,089.4	54,497.3	2,856.1
광어	배출1	YB066	16.0	852.3	19,998.8	37.3	283.1
		YB068	15.2	756.6	13,096.2	33.9	193.3
	비배출1	YBR001	5.9	586.0	12,261.4	29.0	72.7
		YBR004	441.9	1,582.2	2,317.7	6,773.1	3,013.8
양태	배출1	YB066	10.4	1,373.2	25,768.1	28.4	590.8
		YB068	9.9	1,219.0	16,874.2	25.8	403.4
	배출2	YB111	7.8	664.1	8,592.6	63.5	156.8
		YB113	7.8	677.7	7,228.9	63.7	274.9
	비배출1	YBR001	8.4	715.7	20,152.0	0.0	166.5
		YBR004	325.1	2,509.2	2,588.4	16,425.1	1,728.4
가자미	배출1	YB066	5.9	792.2	27,386.7	67.0	666.6
		YB068	5.6	703.2	17,934.1	60.9	455.2
	배출2	YB111	6.1	1,357.2	11,807.1	44.0	88.2
		YB113	6.2	1,385.0	9,933.2	44.1	154.6
	비배출1	YBR001	8.9	737.4	17,889.1	71.7	68.4
		YBR004	591.6	2,189.1	4,387.1	157,841.7	854.4
농어	배출1	YB066	5.4	1,445.8	49,726.3	42.7	223.4
	비배출1	YBR001	5.2	1,283.5	32,563.3	38.9	152.5
최소값			5.2	586.0	2,317.7	0.0	68.4
최대값			615.1	2,509.2	49,726.3	157,841.7	3,013.8
평균값			89.4	1,093.8	16,440.7	9,870.2	575.2

(4) 해역기준 초과여부

2008년 7월 서해병해역의 해역기준 초과여부를 확인하기 위하여 환경정책기본법 시행령 별표1을 참고하였다. 생활환경기준 항목 중 pH는 배출해역내 20m 수심의 북부해역에서 8.3이상을 보여 II 등급을 나타냈고 전반적으로 I 등급을 보였고, 용존산소는 표층과 저층에서 II 등급을 나타냈고 나머지 수층에서 I 등급을 나타내 양호한 상태로 나타났다. 화학적 산소요구량의 경우 생활환경기준은 평균적으로 II 등급을 나타냈으며 표층은 배출해역 내 동부와 남부해역에 위치한 YB025, YB086, YB129, YB131, 중층은 YB019, YB025, YB084, YB086, YBR005, 저층은 YB019, YB084, YB086에서 III 등급을 나타냈다(그림 2-5-55).

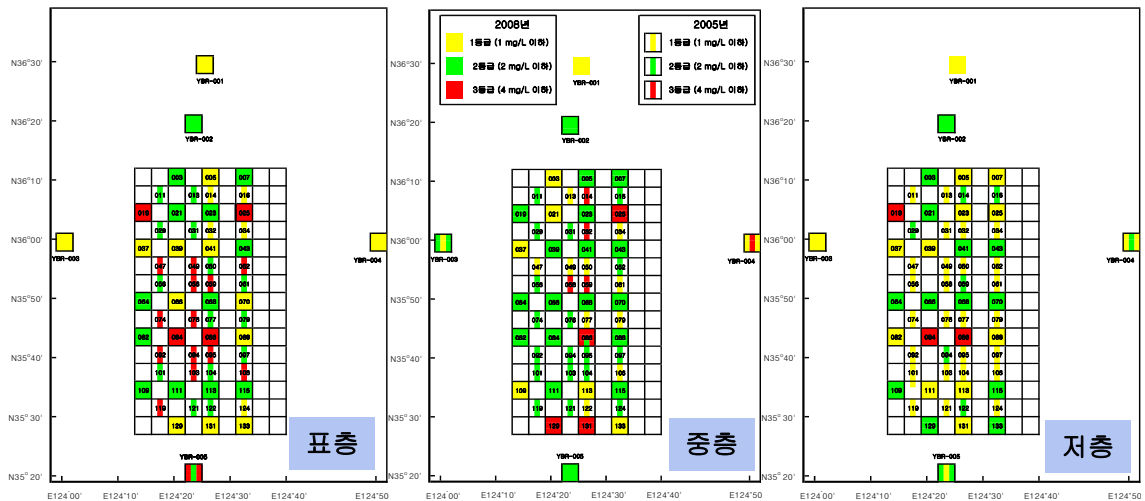


그림 2-5-55 2008년 7월조사시 서해병해역에서 표층-저층에서 화학적 산소요구량의 오염분포도

총질소는 전체평균 0.65 mg/l 으로 나타나 III 등급에 해당하였으며 각 수층마다 등급을 초과하는 정점이 나타났다. 표층의 경우 정점 YB037, YB131, 10m에서는 YB007, YB088에서 초과하였고 20m보다 깊은 수심에서는 북부해역에 위치한 대부분의 해역에서 등급을 초과하는 해역이 넓게 분포하였고 배출해역의 중앙부에서 II~III 등급의 분포를 보였다. 대조구도 마찬가지로 수심의 증가에 따라 YBR001, YBR003, YBR005에서 등급을 초과하는 높은 농도를 나타내기도 하였다(그림 2-5-56).

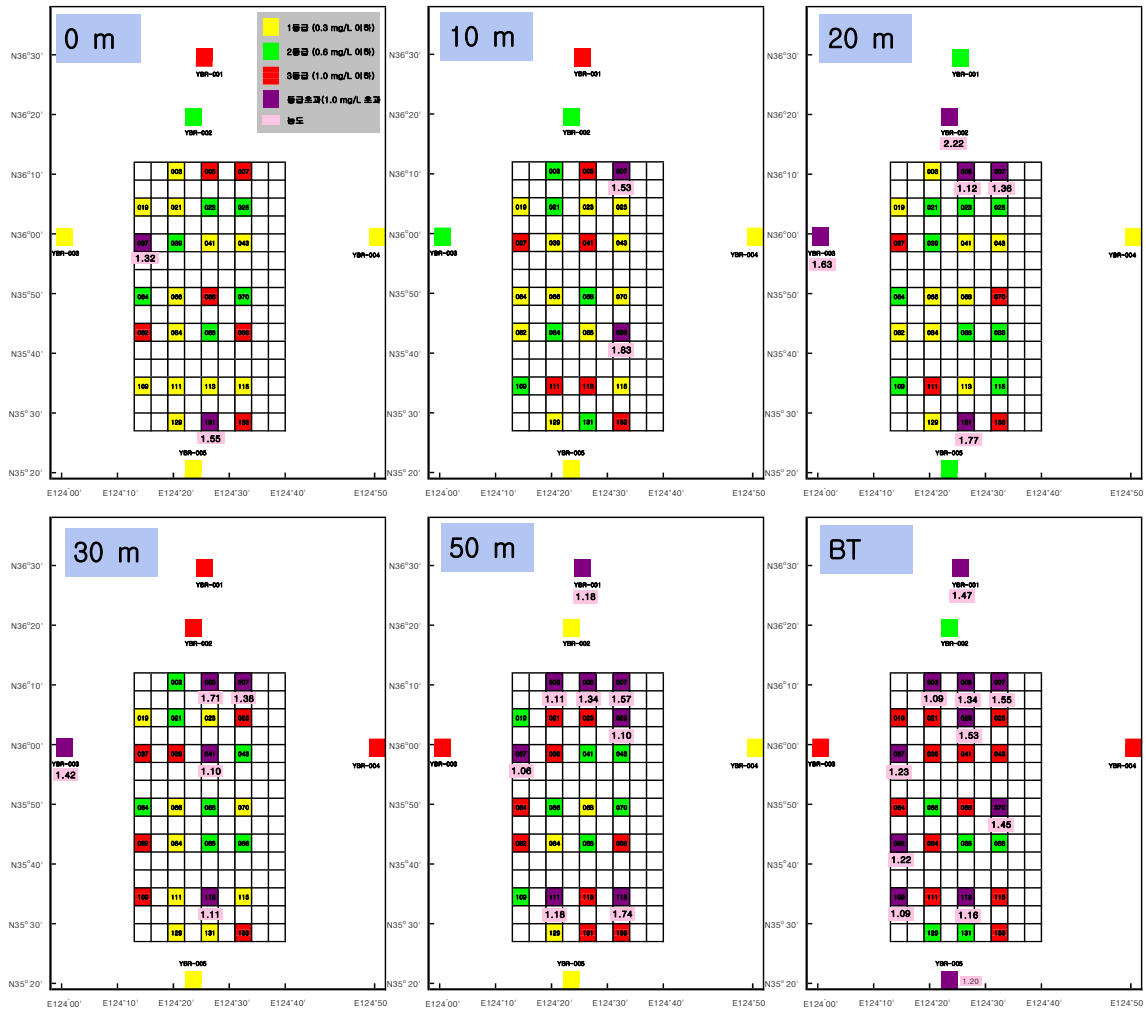


그림 2-5-56 2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총질소 총인의 오염분포도

총인은 10m 이하의 낮은 수심에서는 전 해역에서 I 등급을 나타냈고, 30m에서는 배출해역 안의 북부해역에 위치한 YB05에서 III 등급, YB07, YB23에서 II 등급을 보였다. 50m 이상 깊은 수심에서는 전반적으로 II 등급을 나타냈으며 YB05, YB82에서 III 등급을 보였고, 저층은 YB070, YB133에서 III 등급을 나타냈다(그림 2-5-57). 용매추출 유분은 전 정점들에서 용매추출 유분 기준(동식물유지류+광유류)을 초과하여 높은 농도를 나타냈다.

사람의 건강보호기준 항목 중 시안, 페놀, Cd, Pb, Zn, Cu, Cn, 폴리염화 비페닐(PCBs)을 조사하였으며 이중 페놀만 배출해역 내에 정점 YB070에서 건강보호 기준 0.005 mg/l 를 초과하였고 나머지 항목에서는 불검출 수준으로 극미량 검출되었다.

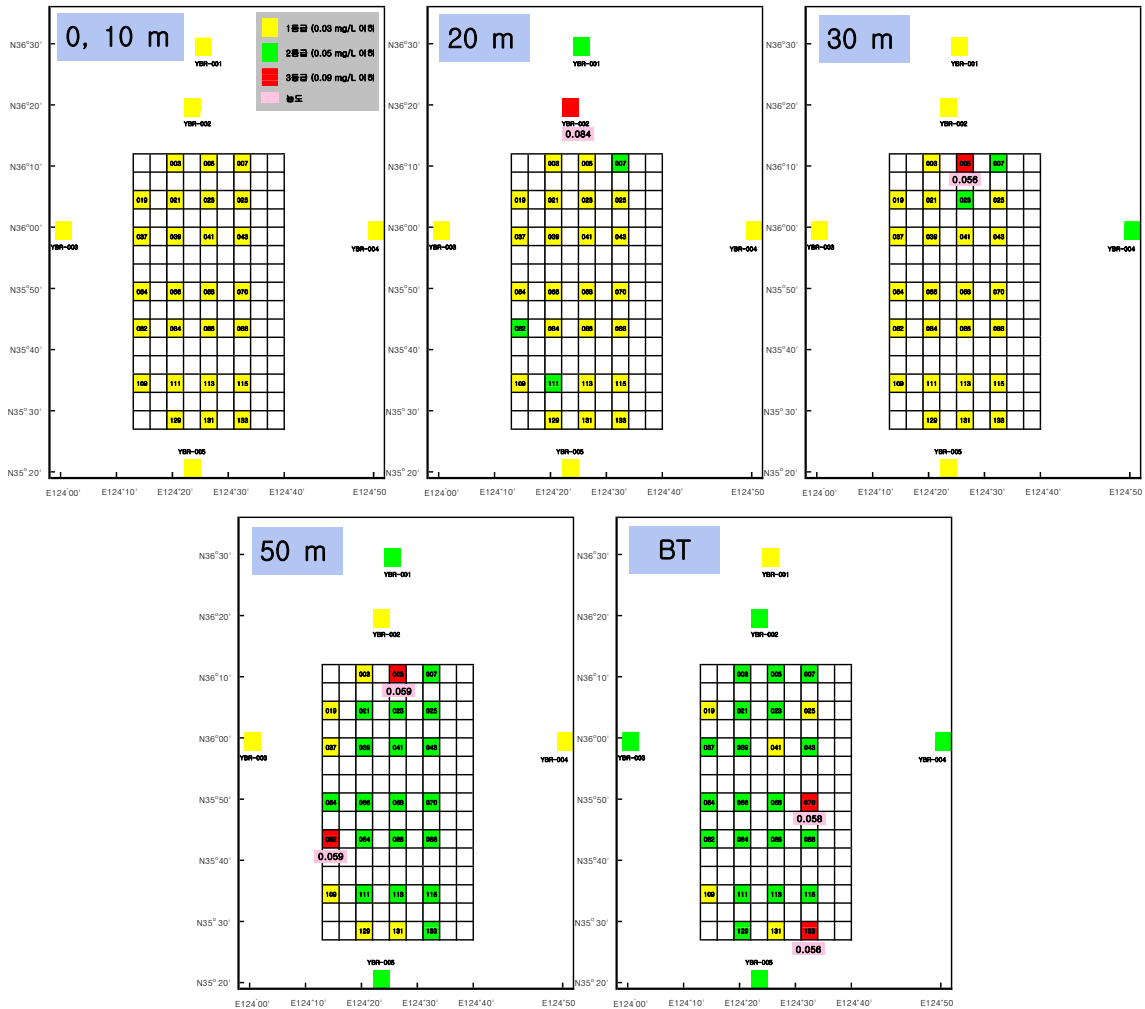


그림 2-5-57 2008년 7월조사시 서해병해역의 수층별 총 질소 총 인의 오염분포도

표 2-5-14 우리나라의 해역환경기준 (환경부, 2001)

<생활환경>

등급	수소이온 농도(pH)	화학적 산소 요구량(COD) (mg/l)	용존산소량 (DO) (mg/l)	대장균군수 (MPN/100ml)	용 매 추출유분 (mg/l)	총질소 (mg/l)	총 인 (mg/l)
I	7.8~8.3	1 이하	7.5 이상	1000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하
II	6.5~8.5	2 이하	5 이상	1000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하
III	6.5~8.5	3 이하	2 이상	-	-	1.0 이하	0.09 이하

〈사람의 건강보호〉

등 급	항 목	기 준 (mg/L)	항 목	기 준 (mg/L)
전수역	6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05	구리(Cu)	0.02
	비소	0.05	시안(CN)	0.01
	카드뮴(Cd)	0.01	수은(Hg)	0.0005
	납(Pb)	0.05	폴리클로리네이티 -드비페닐(PCB)	0.0005
	아연(Zn)	0.1	페놀	0.005

해역의 수질을 해역이용 목적에 따라 효율적으로 관리하기 위하여 수질 기준을 I, II, III등급으로 나누어 관리하고 있다. I 등급 해역 수질은 수산생물의 서식 및 산란에 적합한 수질을 말하며, II 등급 해역은 해수욕, 관광 및 여가선용에 적합한 해역이고, III 등급 해역은 공업용 냉각수 및 선박정박에 이용할 수 있는 해역을 말한다.

그러나 환경부기준은 육지의 영향을 크게 받는 연안역을 대상으로 한 것으로서 외양역의 기준치는 없는 실정이다.

제 6 절 서해병해역 표영생태계 건강상태(식물플랑크톤 조사)

1. 서해병해역 식물플랑크톤 군집구조 평가

가. 서론

해양생태계에서는 일차생산자인 식물플랑크톤과 이를 먹이로 하는 이차생산자인 동물플랑크톤, 그리고 생물체가 죽고 나면 이를 분해하는 박테리아 등으로 유기적인 관계를 형성하여 잘 조직된 하나의 계로 기능을 발휘하며 기초생태계를 형성하고 있다. 해양에서 기초 생태계는 매질인 해수의 물리, 화학적인 변화에 따라 시, 공간적으로 정성적, 정량적인 변동을 보이면서 각 생태구성 요소에 영향을 미치게 된다. 특히 이러한 해양생태계에서 구성 생물 중 생태계를 유지하는 데 있어서 중심기능을 수행하고 있는 플랑크톤 군집에 대한 조사는 필수적이다. 따라서 플랑크톤의 생물량, 생산력 등 생물학적 지표와 함께 직·간접적으로 영향을 미치는 물리적, 화학적 요인을 포함하는 기초생태계를 조사하는 것이 매우 중요하다.

나. 시료 채집 및 분석방법

(1) 시료채집

서해병해역 및 주변 해역의 부유생물 군집 조사를 위하여 2008년 7월에 총 31개의 구획에서 Rosette sampler에 장착된 10ℓ Niskin 채수기를 이용하였다. 채집된 해수시료는 1ℓ 용 폴리에틸렌 표본병에 넣어 Lugol 용액으로 최종농도가 0.2% 되도록 현장에서 고정하였다.

(2) 분석방법

실험실에서 고정된 해수시료를 침전법에 의하여 24시간 침전시킨 후 상등액을 버리고 농축된 시료를 사용하여 정량과 정성 분석하였다. 시료의 농축은 Siphone을 이용하여, 자연낙하방법에 의하여 최종농도가 100~200ml가 되도록 농축하여 검경 시료로 사용하였다. 정량분석을 위하여 농축된 시료를 균일하게

회석한 후 1ml를 취하여 Sedgwick Rafter 계수판에 넣고 광학현미경 (BX41, Olympus)의 150배에서 엽록체를 함유하고 있는 세포를 계수한 후 해수의 단위체적당 세포수를 플랑크톤 현존량으로 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료를 적당량 slide glass위에 놓고 400~1000배하에서 검정·동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 심(1994), Cupp(1943), Dodge(1982), Chihara and Murano(1997), Tomas(1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

우점종의 선별은 전체 현존량의 5% 이상 생물량을 기록한 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 구획의 식물플랑크톤 현존량 중에서 어떤 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제1우점종으로 선정하였다. 그리고 부유식물 밀도의 시기별 평균값(Average Value at Each sampling Time; 이하 AVET)과 최대값(Maximum Density at Each sampling Time; 이하 MDET)을 계산하여 이용하였다. AVET는 한 조사 시기에 채집한 모든 시료(모든 구획과 모든 깊이) 각각에서 부유식물 밀도의 값을 구한 뒤 이를 평균한 값이고, MDET는 동시기 모든 시료 중 가장 높은 값을 택한 것이다.

또한 식물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 다양성 지수(H')를 계산하였으며, 다음 식에 의해 산출하였다.

$$\text{다양성 지수} : H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \ln(P_i)$$

Shannon-Wiener Function (Pielou, 1969)

S : 출현 종수

Pi : 총 출현 개체수(N)에 대한 i번째 종의 개체수 (ni)의 비율(ni/N)

다. 2005년 서해병해역 식물플랑크톤 조사 결과

○ 2005년 서해병해역 표영생태계 건강상태 (식물플랑크톤)

- 총 출현한 식물플랑크톤은 110종이었고, 규조류는 52종(47.27%), 와편모조류가 28종(25.45%), 황갈조류가 4종(3.64%), 은편모조류가 1종(0.9%), 착편모조류가 1종(0.9%) 순으로 출현하였고, 규조류와 와편모조류가 우점함.
- 식물플랑크톤 현존량은 배출해역은 20~390cells/ml, 대조구는 27~316cells/ml의 분포를 보여 유사하게 나타남.
- 서해병해역의 우점종은 전체적으로 제 1우점종은 *Asterionellopsis sp.*로 상층수에서 우점하였고, 제2우점종은 *Thalassiosira sp.*로 30m이하의 저층수에서 우점, 제3우점종은 *Skeletonema costatum* 50m 이하의 저층수에서 우점함.

라. 조사결과

(1) 식물플랑크톤 군집구조 분석

(가) 식물플랑크톤의 종 조성 및 현존량 분포

2008년 7월 서해병 폐기물 배출해역 31개 정점에서 채집한 식물플랑크톤 시료를 분석한 결과, 출현한 식물플랑크톤은 규조류(*Bacillariophyceae*)가 48종, 와편모류(*Dinophyceae*)가 7종, 규질편모류(*Silicoflagellate*)가 2종, 그리고 은편모류(*Cryptophyceae*)가 1종, 남조류(*cyanophyceae*)가 3종 출현하여 총 61종이 출현하였다(부록 2-6-1). 총 출현한 61종 중 규조류가 전체 식물플랑크톤 출현종수의 92.2%를 차지하여 완전한 우점군으로 나타났고 와편모류는 1.0%, 규질편모류는 3.6%, 은편모류는 2.9%, 남조류는 0.3%로 출현하였다. 출현종류 중 규조류는 *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros brevis*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros decipiens*, *Cheatocerois lorenzianus*, *Chaetoceros affinis* 등의 출현빈도가 높았으며, 와편모조류는 *Prorocentrum sp.*, *Prorocentrum minimum*, *Ceratium furca* 등에서 전 수심에 걸쳐 나타났다. 수층별 출현빈도가 높게 나타난 출현종은 0m에서 *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros affinis*가 다량 출현하였고, 10m 수심에서는 *Chaetoceros brevis*, *Cheatocerois lorenzianus*, *Chaetoceros decipiens*, 20m 수심에서는 *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros danicus*, *Skeletonema costatum*로 나타나 표층과 20m 층에서 다량 출현한 종이 유사하게 나타났다.

출현종수는 전반적으로 25~45종으로 대조구 YBR002를 제외한 북부해역에서 평균치 이하로 단조로운 출현양상을 보였으며 표층~10m층은 남서부해역에서 출현종이 다양하게 나타난 반면 20m 층에서는 남동부해역에서 출현종이 다량 나타났다. 전 조사 수심에서 정점 YB003, YB007, YB039에서 출현종이 가장 적게 나타났다.

식물플랑크톤 현존량은 27,123(YB064, 표층)~86,428(YB007, 20m)cells/l의 범위로 분포하였으며, 표층에서 가장 적고, 10m 층에서 가장 많은 양이 발생하였다. 폐기물 배출해역과 비교해역 간의 현존량을 비교해 보면, 폐기물 배출해역은 27,123~86,428(평균 51,845)cells/l의 분포 범위를 보였고 대조구역은 46,060~78,573(평균 64,711)cells/l 분포 범위를 보여 배출해역 내부 보다 배출해역에 인접한 대조구에서 식물플랑크톤의 현존량이 높게 나타났다. 또한, 출현종수와 달리 북부해역에서 식물플랑크톤이 다량 발생하였고 현존량의 평균값(Average Value at Each sampling Time; 이하 AVET)은 53,921cells/l로 나타났다.

(나) 우점종 및 다양성 지수

2008년 서해병해역의 제1우점종은 *Chaetoceros didymus*로 , 수심별 우점율은 표층수에서 8.2%, 10m 수층에서 7.5%, 20m 수층에서 10.4%로 주로 20m 층에서 주로 우점하는 것으로 나타났으며, 제2우점종인 *Cheatoceros brevis*의 수심별 우점율은 표층수에서 4.4%, 10m 수층에서 13.8%, 20m 수층에서 6.0%로 주로 10m에서 우점하는 것으로 나타났다. 제3우점종인 *Skeletonema costatum*의 수심별 우점율은 표층수에서 5.8%, 10m 수층에서 8.3%, 20m 수층에서 8.1%로 나타나 10~20m 층에서 우점하는 것으로 나타나 우점종에 따른 수심별 출현 빈도의 차이를 보였다(표 2-6-1, 2).

Species	현존량 (cells/l)	종조성 (%)	종수
BACILLARIOPHYCEAE	4,623,082	92.2%	47
DINOPHYCEAE	48,540	1.0%	7
SILICOFLAGELLATE	178,535	3.6%	2
CRYPTOPHYCEAE	147,611	2.9%	1
CYANOPHYCEAE	16,849	0.3%	3
Total	5,014,617	100.0%	60

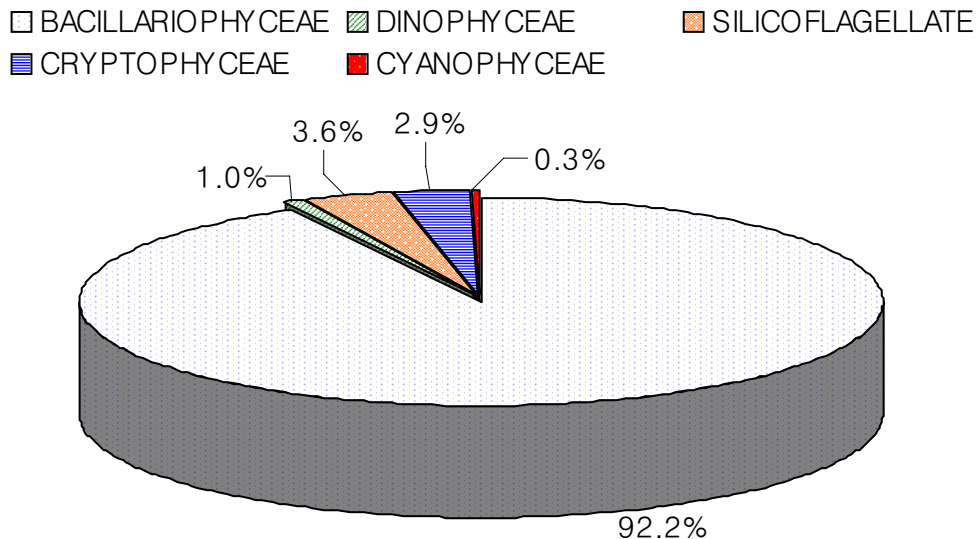


그림 2-6-1 2008년 7월, 식물플랑크톤의 분류군에 따른 종조성

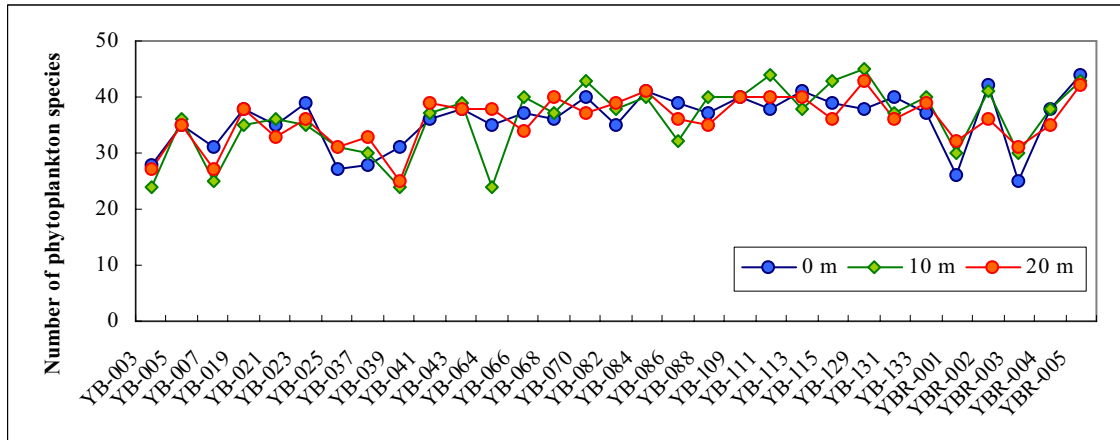


그림 2-6-2 2008년 7월 식물플랑크톤의 출현총수

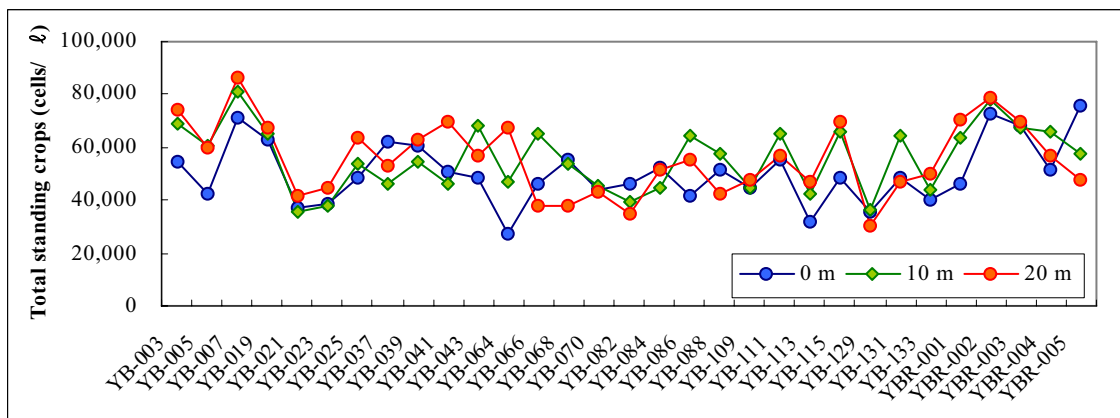


그림 2-6-3 2007년 4월, 6월 식물플랑크톤의 현존량(cells/l)

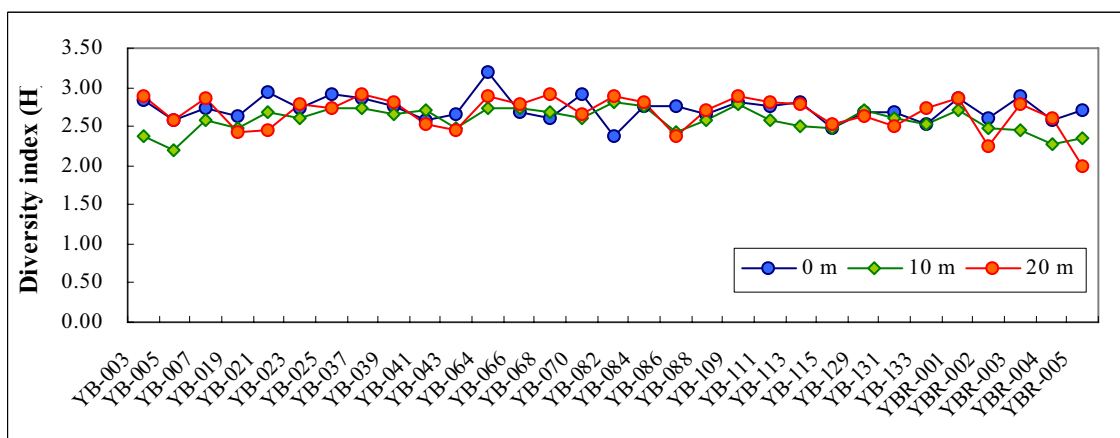


그림 2-6-4 2007년 4월, 6월 다양도지수변화(H)

생태계의 안정성을 나타내는 군집 다양성지수(H)는 YBR005의 20m에서 1.984로 가장 낮았고, YB064의 표층에서 3.204 가장 높았으며 전체 조사정점의 다양성지수 평균값은 2.659을 보였다. 전반적으로 서부해역에서 다소 높은 종다양성지수를 나타내 안정된 군집구조를 보였다(그림 2-6-5).

표 2-6-1 2008년 7월조사시 서해병해역의 표층 식물플랑크톤 우점종 변화

YB-003	YB-005	YB-007	YB-019
Navicula elegans(15%) Caloneis sp.(14%) Tropidoneis sp.(11%)	Chaetoceros affinis (24%) Chaetoceros danicus(21%) Chaetoceros brevis(16%)	Navicula elegans(18%) Caloneis sp.(16%) Diploneis sp.(14%)	Chaetoceros didymus(25%) Chaetoceros affinis(18%) Chaetoceros decipiens(16%)
YB-021	YB-023	YB-025	YB-037
Chaetoceros danicus(17%) Thalassiosira eccentricus(14%) Nitzschia closterium(7%)	Chaetoceros affinis(33%) Chaetoceros lorenzianus(9%) Cryptomonas sp.(7%)	Tropidoneis sp.(12%) Diploneis sp.(11%) Amphiprora paludosa (11%)	Navicula elegans(20%) Tropidoneis sp.(9%) Diploneis sp.(9%)
YB-039	YB-041	YB-043	YB-064
Navicula elegans(21%) Diploneis sp.(17%) Tropidoneis sp.(9%)	Chaetoceros didymus(31%) Chaetoceros decipiens(20%) Chaetoceros sp.(7%)	Chaetoceros affinis (22%) Chaetoceros didymus(18%) Chaetoceros danicus(16%)	Eucampia zodiacus(12%) Eucampia groenlandica(8%) Dictyocha fibula(7%)
YB-066	YB-068	YB-070	YB-082
Chaetoceros decipiens(22%) Chaetoceros danicus(20%) Chaetoceros brevis(14%)	Chaetoceros affinis(23%) Chaetoceros danicus(18%) Chaetoceros decipiens(18%)	Chaetoceros decipiens(25%) Chaetoceros brevis(14%) Chaetoceros didymus(7%)	Chaetoceros didymus(37%) Chaetoceros danicus(23%) Eucampia groenlandica(5%)
YB-084	YB-086	YB-088	YB-109
Chaetoceros lorenzianus(21%) Chaetoceros didymus(17%) Chaetoceros danicus(15%)	Skeletonema costatum(27%) Chaetoceros decipiens(21%) Dictyocha fibula(5%)	Skeletonema costatum (21%) Chaetoceros affinis(19%) Chaetoceros danicus(15%)	Chaetoceros danicus(35%) Chaetoceros sp.(7%) Chaetoceros lorenzianus(6%)
YB-111	YB-113	YB-115	YB-129
Chaetoceros lorenzianus(23%) Skeletonema costatum(19%) Chaetoceros brevis(14%)	Chaetoceros affinis(35%) Cryptomonas sp.(8%) Dictyocha speculum(5%)	Nitzschia sigma(37%) Ditylum sol(19%) Pleurosigma angulatum(7%)	Skeletonema costatum(34%) Chaetoceros lorenzianus(15%) Chaetoceros decipiens(4%)
YB-131	YB-133	YBR-001	YBR-002
Skeletonema costatum(25%) Nitzschia closterium(24%) Thalassiosira eccentricus(6%)	Chaetoceros didymus(31%) Chaetoceros brevis(17%) Chaetoceros danicus(14%)	Tropidoneis sp.(12%) Diploneis sp.(12%) Amphiprora paludosa(11%)	Chaetoceros brevis(21%) Chaetoceros didymus(18%) Skeletonema costatum(17%)
YBR-003	YBR-004	YBR-005	
Coscinodiscus sp.(19%) Thalassiosira eccentricus(11%) Coscinodiscus eccentricus(10%)	Chaetoceros decipiens(29%) Chaetoceros lorenzianus(17%) Chaetoceros brevis(15%)	Chaetoceros didymus(20%) Skeletonema costatum(17%) Chaetoceros decipiens(12%)	

표 2-6-2 2008년 7월조사시 서해병해역의 10m층 식물플랑크톤 우점종 변화

YB-003	YB-005	YB-007	YB-019
Chaetoceros didymus (37%) Chaetoceros lorenzianus(16%) Chaetoceros danicus(7%)	Chaetoceros affinis(37%) Chaetoceros brevis(29%) Nitzschia sigma (4%)	Chaetoceros didymus (19%) Skeletonema costatum(14%) Chaetoceros brevis(14%)	Chaetoceros decipiens(29%) Chaetoceros brevis(19%) Chaetoceros didymus(15%)
YB-021	YB-023	YB-025	YB-037
Chaetoceros danicus(35%) Cryptomonas sp.(9%) Chaetoceros brevis(7%)	Chaetoceros brevis (42%) Chaetoceros sp. (6%) Aulacodiscus kittoni(3%)	Chaetoceros lorenzianus(23%) Skeletonema costatum(16%) Chaetoceros danicus(10%)	Chaetoceros lorenzianus(27%) Chaetoceros danicus(11%) Chaetoceros decipiens(8%)
YB-039	YB-041	YB-043	YB-064
Chaetoceros brevis(21%) Chaetoceros lorenzianus(20%) Chaetoceros danicus(8%)	Chaetoceros brevis(27%) Chaetoceros didymus(21%) Eucampia zodiacus(6%)	Chaetoceros affinis(33%) Chaetoceros decipiens(15%) Chaetoceros brevis(13%)	Chaetoceros brevis(24%) Chaetoceros didymus(11%) Chaetoceros danicus(10%)
YB-066	YB-068	YB-070	YB-082
Chaetoceros lorenzianus(19%) Chaetoceros affinis(16%) Chaetoceros brevis(16%)	Chaetoceros lorenzianus(20%) Skeletonema costatum(19%) Chaetoceros didymus(18%)	Chaetoceros lorenzianus(27%) Skeletonema costatum(24%) Chaetoceros danicus(5%)	Chaetoceros affinis(28%) Chaetoceros decipiens(14%) Dictyocha fibula(6%)
YB-084	YB-086	YB-088	YB-109
Chaetoceros decipiens(22%) Chaetoceros brevis(20%) Chaetoceros lorenzianus(13%)	Chaetoceros brevis(25%) Chaetoceros didymus(19%) Skeletonema costatum(18%)	Chaetoceros brevis(23%) Skeletonema costatum(19%) Chaetoceros didymus(18%)	Chaetoceros affinis(28%) Chaetoceros didymus(20%) Eucampia groenlandica(3%)
YB-111	YB-113	YB-115	YB-129
Chaetoceros danicus(19%) Skeletonema costatum(19%) Chaetoceros lorenzianus(17%)	Chaetoceros decipiens(30%) Chaetoceros affinis(27%) Chaetoceros sp.(5%)	Chaetoceros brevis(24%) Skeletonema costatum(20%) Chaetoceros decipiens(18%)	Chaetoceros lorenzianus(38%) Rhizosolenia sp.(11%) Chaetoceros didymus(4%)
YB-131	YB-133	YBR-001	YBR-002
Chaetoceros decipiens(25%) Eucampia groenlandica(19%) Chaetoceros danicus(11%) Hemioniscus hauckii(11%)	Chaetoceros danicus(30%) Eucampia sp.(27%) Skeletonema costatum(3%)	Chaetoceros brevis(18%) Chaetoceros lorenzianus(17%) Skeletonema costatum(14%)	Chaetoceros decipiens(28%) Chaetoceros brevis(20%) Skeletonema costatum(14%)
YBR-003	YBR-004	YBR-005	
Chaetoceros decipiens(33%) Chaetoceros brevis(17%) Chaetoceros didymus(13%)	Chaetoceros decipiens(34%) Chaetoceros brevis(20%) Chaetoceros didymus(16%)	Skeletonema costatum(27%) Chaetoceros danicus(24%) Chaetoceros lorenzianus(17%)	

표 2-6-3 2008년 7월조사시 서해병해역의 20m층 식물플랑크톤 우점종 변화

YB-003	YB-005	YB-007	YB-019
Nitzschia closterium(15%) Skeletonema costatum(14%) Thalassiosira eccentricus(10%)	Chaetoceros affinis(22%) Skeletonema costatum(18%) Chaetoceros didymus(17%)	Coscinodiscus sp.(15%) Nitzschia closterium(13%) Skeletonema costatum(12%)	Chaetoceros didymus(33%) Chaetoceros decipiens(19%) Chaetoceros brevis(9%)
YB-021	YB-023	YB-025	YB-037
Chaetoceros didymus(30%) Chaetoceros sp.(24%) Nitzschia sigma(5%)	Chaetoceros didymus(22%) Chaetoceros danicus(16%) Chaetoceros sp.(12%)	Chaetoceros sp.(15%) Nitzschia closterium(15%) Skeletonema costatum(14%)	Chaetoceros sp.(18%) Nitzschia sigma(10%) Chaetoceros decipiens(10%)
YB-039	YB-041	YB-043	YB-064
Coscinodiscus sp.(20%) Thalassiosira eccentricus(12%) Coscinodiscus eccentricus(11%)	Chaetoceros affinis(31%) Chaetoceros decipiens(19%) Chaetoceros brevis(9%)	Chaetoceros lorenzianus(38%) Chaetoceros danicus(18%) Chaetoceros didymus(7%)	Coscinodiscus sp.(19%) Thalassiosira eccentricus(11%) Coscinodiscus eccentricus(10%)
YB-066	YB-068	YB-070	YB-082
Chaetoceros didymus(27%) Chaetoceros sp.(17%) Cryptomonas sp.(6%)	Skeletonema costatum(30%) Nitzschia sigma(7%) Cryptomonas sp.(6%)	Chaetoceros didymus(24%) Skeletonema costatum(24%) Chaetoceros danicus(8%)	Chaetoceros danicus(29%) Chaetoceros decipiens(10%) Nitzschia sigma(7%)
YB-084	YB-086	YB-088	YB-109
Chaetoceros brevis(24%) Chaetoceros danicus(19%) Chaetoceros didymus(8%)	Chaetoceros danicus(31%) Chaetoceros didymus(23%) Chaetoceros brevis(13%)	Chaetoceros brevis(23%) Chaetoceros lorenzianus(23%) Nitzschia closterium(5%)	Chaetoceros danicus(22%) Chaetoceros brevis(18%) Chaetoceros decipiens(11%)
YB-111	YB-113	YB-115	YB-129
Chaetoceros sp.(19%) Eucampia zodiacus(18%) Chaetoceros danicus(17%)	Skeletonema costatum(26%) Chaetoceros danicus(15%) Chaetoceros didymus(14%)	Chaetoceros danicus(18%) Chaetoceros didymus(18%) Skeletonema costatum(18%)	Chaetoceros lorenzianus(44%) Skeletonema costatum(4%) Phormidium lucidum(4%)
YB-131	YB-133	YBR-001	YBR-002
Chaetoceros didymus(27%) Chaetoceros danicus(25%) Skeletonema costatum(12%)	Chaetoceros brevis(25%) Chaetoceros danicus(13%) Chaetoceros lorenzianus(13%)	Chaetoceros sp.(14%) Skeletonema costatum(13%) Chaetoceros didymus(10%)	Chaetoceros didymus(29%) Chaetoceros danicus(28%) Chaetoceros decipiens(13%)
YBR-003	YBR-004	YBR-005	
Nitzschia closterium(22%) Chaetoceros didymus(14%) Coscinodiscus eccentricus(11%)	Chaetoceros decipiens(24%) Chaetoceros brevis(17%) Chaetoceros lorenzianus(17%)	Skeletonema costatum(48%) Chaetoceros sp.(23%) Dictyocha speculum(2%)	

라. 고찰

서해병배출해역의 31개 정점에서 표영생태계 건강상태조사를 위해 일차 생산자 서식환경, 생산성 조절요인, 일차생산자의 생리건강상태, 그리고 표영 생태계에 유해 물질을 분석 평가하였다.

표영생태계의 서식환경조사를 위해 물리특성을 조사한 결과 수온은 6.80~23.56°C 범위를 보였다. 수온약층은 북동부해역에서 10~30m, 남서부해역에서는 10~45m 사이에서 형성되었으며, 표층과 저층간의 평균수온 차이는 14.76°C를 나타냈다. 염분은 31.45~33.11psu 범위를 보였고 북부해역에서만 얇은 수심에서 저염수가 나타나, 염분약층은 5~25m에서 형성되었다.

수소이온농도(pH)는 8.29~8.32 범위로 나타났으며, 상대적으로 북동부해역에서 낮고, 남서부해역에서 높게 나타났다. 또한 표층에서 저층으로 갈수록 수소이온농도가 감소하였는데, 해수는 강한 완충능력을 가지고 있으므로 pH는 큰 차이가 나지 않는 것이 일반적이다. 그러나 이 경우는 표층과 저층 사이에 밀도약층 그리고 저층에서 유기물질의 활발한 산화로 인해 pH가 다소 낮아진 것으로 해석된다. 30m보다 얇은 수심에서는 대조구보다 배출해역에서 높은 농도를 보였고, 그보다 깊은 수심에서는 서부와 남부해역에서 높은 농도를 보였는데, 수온분포와 매우 유사하게 나타났다. 용존산소도 수온과 마찬가지로 북부해역의 25m 부근에서 최대값을 나타냈고, 수심이 깊어지면서 급격히 감소하였고, 남부해역에서는 25~40m에서 높은 농도를 나타냈다.

용존무기영양염류 중 질소를 함유한 영양염은 남부해역에서 농도변화가 크게 나타났다. 아질산염의 경우, 대조구와 배출해역의 남부해역을 제외하고 전반적으로 표층과 저층의 농도차이는 나타나지 않고, 평균 이하의 값을 나타냈다. 한편 남부해역에서는 0.2 μ m 이상 높은 농도를 보이고 수층별 농도변화도 다른 해역에 비해 크게 나타났다. 질산염도 30m 이하의 얇은 수심에서는 남서부해역에서 높게 나타났고, 북부와 동부해역에서는 평균이하의 낮은 농도를 나타냈다. 단 50m 이상의 깊은 수심에서는 농도가 크게 증가하였다. 인산염의 농도변화는 표층에서 30m까지는 크게 나타나지 않다가, 이후 저층으로 갈수록 크게 증가하였고 다른 영양염류와는 다르게 전 수층의 남부해역에서 매우 낮은 농도를 나타냈다. 규산염은 표층에서 20~30m 사이까지 감소하다가 50m 까지 급격히 증가하였고, 이후 저층으로 갈수록 거의 비슷한 농도를 보여주었다. 규산염의 수층별 농도분포는 표층의 경우 북서부와 서부해역에서 평균 이상의 높은 농도를 보였으며, 30m 수심에서는 북동부에서 높고 남서부 해역에서 낮게 나타났다. 영양염 사이의 상관성은 질산염과 규산염은 R^2 이 0.63으로 높게 나타났고, 전체적으로는 상관성을 보이지 않았다. 이는 해수로 부터의 유입이 아닌 외부에서 유입되는 영양염의 영향을 받고 있거나, 북서부해역에서 질산염을 풍부하게 함유한 해수의 유입이 있음을 나타내는 것이다. 과거 서해병해역 자료와 비교하면, 질산염은 4배, 인산염은 1.5배 이상 증가하여

배출해역 내 영양염이 점차로 증가하고 있음을 보여주고 있다. 반대로 해수에 다량 함유된 규산염의 경우 1992년 이후로 가장 낮은 농도를 나타냈고 Si/N과 Si/P 이 감소하였다. 총 유기탄소는 저층보다 30m 층과 표층에서 높은 농도를 보였고, 일부 정점을 제외하고 농도변화가 크지 않았다. 용존성유기탄소는 이와 다르게 표층과 저층의 농도차이가 크게 나타나지 않았고, 20m 수심의 북서부 해역에서 상대적으로 높게 나타났다. 광조절의 영향을 주는 부유물질은 전반적으로 표층에서 저층으로 갈수록 농도가 증가하였고, 30m 이상의 깊은 수심에서는 북부해역보다 남부해역에서 부유물질농도가 급격히 증가하였다 부유물질과 NO₃, Si(OH)₄와 상관성을 조사한 결과, R²이 0.6을 나타내 양의 상관성을 보여주었다.

클로로필-*a*는 북동부해역의 0~30m에서 높게 나타났고, 남부와 서부해역 50m 수심에서 높은 농도로 측정되었다. 일차생산성은 대부분 100%의 광투과 수심(LPD; Light Penetration Depth)에서 최대치를 나타냈다. 여름철 조사임에도 불구하고, 대부분은 표층에서 생산력이 높게 나타나 광저해현상과 성층화로 인한 표층의 영양염 결핍은 나타나지 않은 것으로 추정된다. 최대치는 배출해역의 서부에 위치한 YB066에서 (무엇보다) 5배 이상 높은 생산력을 나타냈으며, 다음으로 YB019의 100% LPD에서 11.163mgC/m³/hr로 높게 나타났다. 이 두 정점을 제외하고 표층과 저층의 생산력차이가 크지 않고 5mgC/m³/hr 이하의 생산성을 나타냈다. 단위 엽록소량에 대한 생산성도 YB066, YB019를 포함하여 YB003, YB109에서도 표층에서 눈에 띄게 높은 값을 나타냈는데, 이는 표층에서 엽록소 *a*가 매우 낮게 나타났기 때문이다. 일일 수직 적분한 생산력은 평균 662.251mgC/m³/day로 나타났고 대조구 YBR003을 제외하고 비교해역보다 배출해역 내부에서 높은 생산성을 나타냈는데 특히 배출해역 중앙에서 크게 나타났다. 대조구에서는 서부해역에서는 평균 이상의 높은 생산성을, 나머지 해역에서는 평균이하로 나타났다.

식물플랑크톤의 광합성능력을 평가하고자 나타낸 F_{DCMU-F}는 수온약층 부근에서 가장 높은 농도를 보였으며, 클로로필 *a*와 동일하게 정점 YB021의 30m 층에서 가장 높게 나타났다. 광합성 생물량의 지시자인 클로로필-*a*와 생체형광과의 상관관계를 살펴본 결과, R²=0.625를 나타내 높은 상관성을 나타냈다. 2008년 7월의 형광반응지수는 표층보다는 10~30m 수심에서 높은 값을 형성하였으나, 광합성 활성도는 30m 층에서부터 감소하여 영양염 결핍 등이 나타나기 시작한 것으로 보이며, 전반적으로 저층으로 갈수록 많은 스트레스를 받고 있음을 알 수 있었다.

유해물질 위해성 평가 조사 결과, 조사해역에서 농축되는 정도를 알아보고자 나타낸 분배계수는 Co>Cd>Pb>Ni>Cu>Zn 순으로 나타났고 남부해역에서 높은 아연을 제외하고는 전체적으로 동부해역에서 높은 값을 보였다.

해역기준초과 여부조사는 생활환경기준의 경우 pH, DO, TP는 전반적으로 I 등급으로 나타났고, 화학적 산소요구량은 II 등급, 총질소는 III 등급, 용매추출유분(동식물유지류+광유류)은 생활환경기준을 초과하였고 사람의 건강보호기준 항목 중 폐놀만 배출해역 내 정점 YB070에서 기준 0.005mg/l를 초과하였다. 나머지 항목에서는 불검출 수준으로 극미량 검출되었다.

그러나 위 환경부기준은 육지의 영향을 크게 받는 연안역을 대상으로 한 것으로서 배출해역과 같은 외양역에 대한 기준치는 없는 실정이다.

2008년 7월 서해병 폐기물 배출해역에서 출현한 식물플랑크톤은 규조류가 48종, 와편모류가 7종, 규질편모류가 2종, 은편모류가 1종 그리고 남조류가 3종 출현하여 총 61종이 출현하였다. 출현종수는 전반적으로 25~45종으로 북부해역에서는 평균치 이하로 단조로운 출현양상을 보였지만, 남부해역에서는 출현종이 상대적으로 다량 나타났다.

식물플랑크톤 현존량은 표층보다 10m 층에서 많은 양이 발생하였고, 배출해역에 인접한 대조구에서 식물플랑크톤의 현존량이 높게 나타났다. 첫번째 우점종은 20m에서 우점한 *Chaetoceros didymus*, 두번째 우점종은 10m에서 우점한 *Cheatoceeros brevis*, 세번째 우점종은 10~20m에서 우점하였던 *Skeletonema costatum* 으로 각각 수심별 출현빈도의 차이를 보였다 생태계의 안정성을 나타내는 군집 다양성지수(H)는 전반적으로 서부해역에서 다소 높아, 종다양성지수는 안정된 군집구조를 보였다.

제 7 절 서해병해역 해저 퇴적물건강상태

1. 시료 채집 및 분석방법

가. 시료 채집

해저 퇴적물 시료는 2종류의 채니기를 사용하였다. 퇴적물중 화학성분의 수직분포를 파악하기 위하여 박스코어러를 사용하여 표층 퇴적물을 채취한 후 현장 부시료 채취코어를 사용하여 주상퇴적물을 채취하였다. 저서생물군집용 시료와 생물 독성용 공극수 시료는 그랩을 이용하여 표층 퇴적물을 채취하였다.

채취한 표층 퇴적물 시료는 각 분석성분별로 미리 전처리와 사전에 무게를 측정된 전용 용기에 현장에서 채취하여 측정성분의 특성에 맞추어서 냉장 또는 냉동보관하여 연구실로 가져왔다.

주상퇴적물은 박스코어로부터 2개의 부시료를 채취하여 1개는 중금속 분석용으로 현장에서 깊이별로 잘라서 미리 세척하여 무게를 측정된 비닐백에 넣어 냉동보관하고, 나머지 1개의 부시료는 진공을 이용한 공극수 채취장비로 현장에서 바로 채취하여 냉동보관하여 연구실로 가져왔다.

나. 분석방법

(1) 입도

약 5g의 채집된 퇴적물을 1,000ml 비이커에 담아 조개껍질 등의 탄산염 성분 물질에 의한 오차를 없애기 위해 0.1N HCl로 반응시켜 탄산염을 제거하였다. 또한 유기물을 제거하기 위하여 10M 과산화수소수(H_2O_2)로 24시간 이상 반응시켰다.

입도 분석이 준비된 시료는 4.0 ϕ 체를 이용하여 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질과 세립질 퇴적물로 분리하였다.

4.0 ϕ 이하의 모래 시료는 0.5 ϕ 간격으로 Gradex 2000 입도 분석기 (Particle size analyzer)로 약 10분간 체질한 후 입도 등급별로 무게 백분율을 구하였다. 4.0 ϕ 이상의 펄 시료는 전체를 대표할 수 있는 시료 2g을 취해 80ml의 0.1% calgon 용액을 넣고 초음파 분쇄기와 자기진동기로 시료를 균일하게 분산시킨 후, X선 자동입도 분석기인 Sedigraph 5100을 사용하여 입도

무게 백분율을 구하였다.

입도별 무게 백분율은 Folk and Ward(1957)의 Inclusive Graphic Method에 의하여 평균입도, 분급도 등의 통계 변수들을 구하였고, 입도의 명칭은 Folk(1980)의 방법을 따랐다.

(2) 함수율

표층퇴적물 시료 약 5g을 오븐에서 110°C로 하루동안 건조시킨 다음 건조기내에서 실온으로 냉각 건조시켜 무게를 측정 한 후 다음과 같은 식에 의하여 함수율(W; water content)을 구하였다.

$$W(\%) = \frac{(W_w - W_d) \times 100}{W_w}$$

여기서 W_w 는 자연상태의 건조하기 전 시료의 무게이며, W_d 는 건조 후의 퇴적물 시료 무게이다.

(3) 화학적 산소 요구량(COD)

습시료 약 1g의 무게를 정확히 취하여 250ml 삼각플라스크에 담고 0.1N 과망간산칼륨용액 100ml와 10% 수산화나트륨용액 5ml를 넣고 잘 흔든다. 시료와 시약이 담긴 플라스크를 1시간 동안 중탕한 후 실온에서 식히고, 10% 요오드화칼륨용액 10ml와 4% 아지드나트륨용액 한방울을 넣는다. 증류수를 가해 500ml로 만든 후 잘 흔들어 유리섬유여과지로 여과하여, 여과용액 100ml를 30% 황산용액을 넣고 잘 흔든다. 이를 0.1N 티오황산나트륨 용액으로 적정한다.

(4) 유기탄소 및 유기질소

냉동 건조되어 곱게 간 후 시료를 오븐에서 105°C로 하루밤 건조시킨 후, 데시케이터에 두시간 방치하였다.

사전에 무게를 측정한 유리병에 시료 약 0.5g을 정확하게 넣고, 1N HCl 10ml를 첨가하여 탄산염을 제거하였다. 다음에 70°C에서 하룻밤동안 수분과 잔류염산을 날려보낸 후 105°C에서 2시간 건조시키고 상온에서 2시간 방치하고 무게를 측정하였다. 산으로 탄산염을 제거하기 전·후의 무게비를 구하여 분석 후에 측정된 유기탄소 농도를 보정하였다.

분석은 수mg 시료를 주석박막으로 말아 원소분석기로 측정하였다(Iperen and Helder, 1985).

분석결과의 신뢰도를 측정하기 위하여 캐나다 국립연구소(NRC)의 표준 퇴적물 비교 시료인 BCSS-1을 같은 방법으로 측정하여 비교하였다.

표 2-7-1. 캐나다 국립연구소 및 미국 국립지질조사소의 해양퇴적물 표준시료 분석결과 비교.

원소	MESS-1			MAG-1		
	본조사(N=12)	인정값	회수율(%)	본조사(N=12)	인정값	회수율(%)
	(unit : %)			(unit : %)		
Al	5.95 ± 0.22	5.80 ± 0.20	103	8.83 ± 0.34	8.68 ± 0.16	102
Fe	3.18 ± 0.12	3.00 ± 0.20	106	5.13 ± 0.20	4.76 ± 0.42	108
	(unit : mg/kg)			(unit : mg/kg)		
Mn	523 ± 328	513 ± 25	102	783 ± 34	759 ± 70	103
Cr	69.7 ± 5.6	71 ± 11	98	109 ± 4	97 ± 8	113
Co	12.4 ± 0.3	10.8 ± 1.9	114	23.7 ± 0.6	20 ± 1.6	119
Ni	29.5 ± 0.5	29.5 ± 2.7	100	55.3 ± 1.4	53 ± 8	104
Cu	28.1 ± 0.9	25.1 ± 3.8	112	31.6 ± 1.5	30 ± 3	105
Zn	191 ± 4	191 ± 17	100	145 ± 5	130 ± 6	112
As	10.0 ± 1.2	10.6 ± 1.2	95	9.4 ± 1.6	9.2 ±	102
Cd	0.66 ± 0.05	0.59 ± 0.1	113	0.23 ± 0.04	0.2 ± 0.03	117
Pb	35.8 ± 1.7	34.0 ± 6.1	105	28.3 ± 1.4	24 ± 3	118
원소	MESS-1			BCSS_1		
	본조사(N=3)	인정값	회수율(%)	본조사(N=3)	인정값	회수율(%)
	(unit : mg/kg)			(unit : mg/kg)		
Hg	0.171 ± 0.006	0.171 ± 0.014	100	0.130 ± 0.010	0.129 ± 0.012	101

(5) 중금속

표층퇴적물 중 구리(Cu), 카드뮴(Cd), 망간(Mn), 비소(As), 아연(Zn), 납(Pb)을 분석하기 위하여 동결 건조하여 전처리 한 퇴적물을 초단파산분해기(microwave-oven Model)에 0.5g 씩을 정확히 달아 teflon cell에 넣은 후 ultra-pure급 진한 질산(HNO₃) 2.5ml, supra 급 진한과염소산 1ml(HClO₄), ultra-pure급 진한불소산(HF) 2.5ml를 더하여 250watt에서 10분간, 500watt에서 10분간, 750watt에서 10분간 산분해 시킨 후 실온으로 방냉시킨 후 미리 산세척된 teflon 50ml 비이커로 옮긴다. 만약 시료가 완전 분해되지 않고 잔사가 남을 경우 위의 조작은 한번 더 수행한다. 테프론 코팅된 세라믹 hot plate 및 석영(quartz) hot plate의 온도를 130°C로 맞춘 후 테프론 비이커에 담겨진 시료를 완전건조 시킨다. 완전히 건조된 테프론 비이커를 실온으로 낮춘 후 다시 ultra-pure급 진한 질산 2ml를 더하여 다시 완전 건조시킨 다음 이의 과정을 한번 더 수행한 후 따스한 1% 질산 용액(50°C 이하)으로 중금속 원소들을 용출시켜 낸 다음 GF/C 11cm 여지 혹은

Watman No. C 11cm 여지를 사용하여 여과시켜 100ml로 정용하여 유도결합질량 분석기(ICP-MS, PekinElmer Elan 9000)을 사용하여 분석하였다(해양수산부, 2002).

수은 분석을 위해서는 금아말감 수은 전용분석기(Milestone Ltd., Model: DMA 80)를 사용하여 동결 건조시켜 미세하게 간 퇴적물 시료 0.5g을 정확히 달아 니켈 boat에 담아 분석 정량하였다.

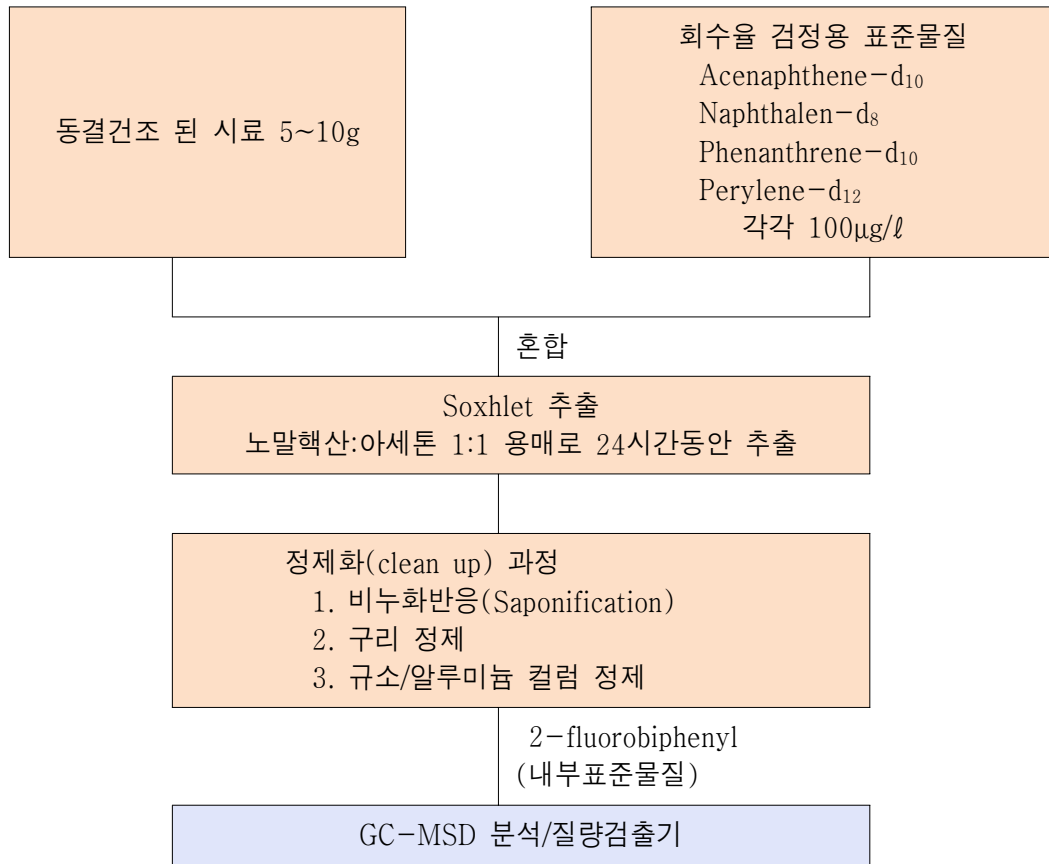
(6) 총 PAHs

PAHs 채집 및 측정을 위한 모든 채집병 및 초자기구는 초순수로 잘 세척한 후, muffle furnace에서 500°C로 약 4시간 태운 후, methylene chloride로 세척하였다. 분석은 미국환경보호청 표준시험법(EPA method 8100)을 바탕으로 Aceves 등(1988)과 Moreda 등(1988)의 방법을 응용하여 분석하였다.

분석된 PAHs 항목들은 acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo(a)anthracene, 1-methyl anthracene, 2-methyl anthracene, 9-methyl anthracene, dibenzo(a,h)anthracene, chrysene, fluoranthene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, fluorene, naphthalene, 1-methyl naphthalene, 2-methyl naphthalene, 2,6-dimethyl naphthalene, 2,3,5-trimethyl naphthalene, phenanthrene, 1-methyl phenanthrene, 2-methyl phenanthrene, perylene, benzo(g,h,i)perylene, pyrene, benzo(a)pyrene, benzo(e)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene 등 총 27종들이고 기기 분석조건은 다음과 같다.

Agilent 6890N Gas Chromatography	
column	30m×0.25mm i.d., 0.25µm(thickness) DB-5MS(5%-Pyenyl)-methylpolysiloxane
injection mode	splitless mode
oven temp.	60°C-10°C/min→250°C-8°C/min→320°C/min(5min)
carrier gas	Helium
injection temp.	280°C
Agilent 5973 Mass Selective Detector(MSD)	
solvent delay	5min
mass range	80~330 amu
Quad temperature	150°C
Source temperature	230°C
transfer line temp.	280°C

PAHs 분석은 동결 건조된 시료 5~10g을 취해 soxhlet 추출과 정제화 과정을 거쳐 가스크로마토그래피-질량분석(GC-MSD)으로 분석하였다. 분석 과정은 다음과 같다.



(7) 총 PCBs

PCBs 측정을 위한 시료는 세제와 초순수로 잘 세척하여, 건조기에서 건조시켜 농약분석용 노르말핵산으로 세척한 1ℓ 갈색 유리병에 담아 밀봉한 후, 실험실로 운반하여 미국환경보호청(EPA, 1998)의 방법(US EPA method 8082)에 의거하여 분석하였다.

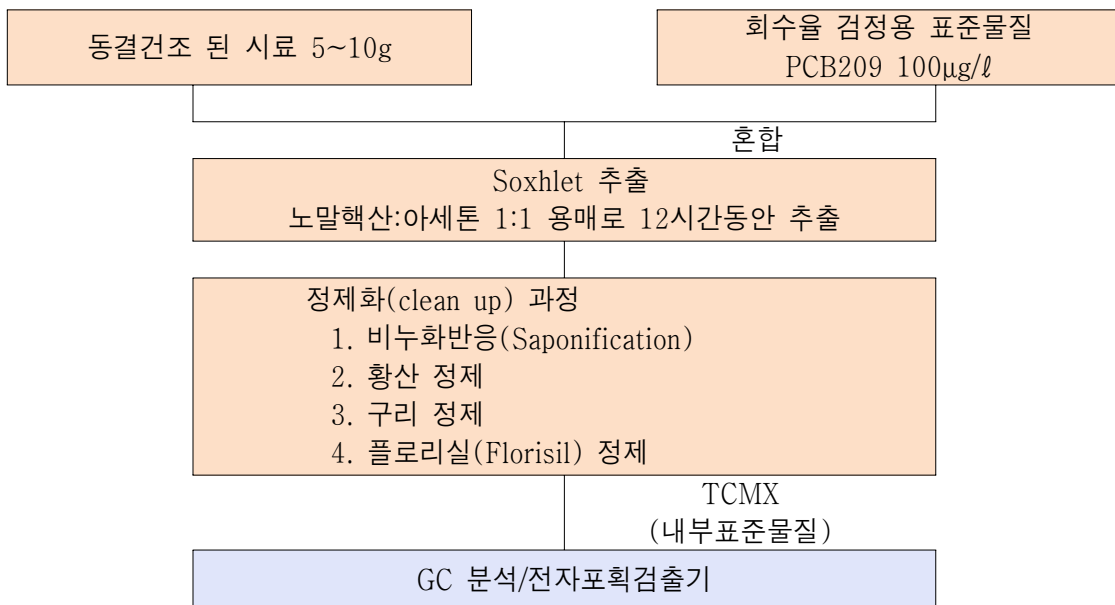
기기 분석조건은 다음과 같다.

Agilent 6890N Gas Chromatography	
column	60m×0.32mm i.d., 0.25µm(thickness) DB-XLB
injection mode	splitless mode
oven temp.	100°C(2min)-30°C/min→200°C(10min)-5°C/min →250°C(10min)-5°C/min→300°C(10min)
carrier gas	Nitrogen
injection temp.	220°C
Electron Capture Detector(µ-ECD)	
Detector temp.	320°C
Make-up gas	Nitrogen(80ml/min)

분석된 PCBs 항목들은 PCB-8, 15, 18, 28, 31, 37, 44, 49, 52, 60, 70, 77, 81, 87, 101, 105, 114, 118, 123, 126, 128, 138, 149, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 180, 187, 189, 194, 195, 206로서 총 35개로서 이들에 대한 세부명들은 다음과 같다.

IUPAC번호	세부명	IUPAC번호	세부명
8	2,4'-DiCB	123	2',3,4,4',5-PentaCB
15	4,4'-DiCB	126	3,3',4,4',5-PentaCB
18	2,2',5-TriCB	128	2,2',3,3',4,4'-HexaCB
28	2,4,4'-TriCB	138	2,2'3,4,4',5'-HexaCB
31	2,4',5-TriCB	149	2,2'3,4',5',6-HexaCB
37	3,4,4'-TriCB	153	2,2',4,4',5,5'-HexaCB
44	2,2',3,5'-TetraCB	156	2,3,3',4,4',5-HexaCB
49	2,2',4,5'-TetraCB	157	2,3,3',4,4',5'-HexaCB
52	2,2',5,5'-TetraCB	167	2,3',4,4',5,5'-HexaCB
60	2,3,4,4'-TetraCB	169	3,3',4,4',5,5'-HexaCB
70	2,3',4',5-TetraCB	170	2,2',3,3',4,4',5-HeptaCB
77	3,3',4,4'-TetraCB	180	2,2',3,4,4',5,5'-HeptaCB
81	3,4,4',5-TetraCB	187	2,2',3,4',5,5',6-HeptaCB
87	2,2',3,4,5'-PentaCB	189	2,2',3',4,4',5,5'-HeptaCB
101	2,2',4,5,5'-PentaCB	194	2,2'3,3',4,4',5,5'-OctaCB
105	2,3,3',4,4'-PentaCB	195	2,2'3,3',4,4',5,5'-OctaCB
114	2,3,4,4',5-PentaCB	206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-NonaCB
118	2,3',4,4',5-PentaCB	209	DecaCB(회수올검정표준물질)

PCBs 분석은 동결 건조된 시료 5~10g을 취해 soxhlet 추출과 정제화 과정을 거쳐 가스크로마토그래피(GC)로 분석하였다. 과정은 다음과 같다.

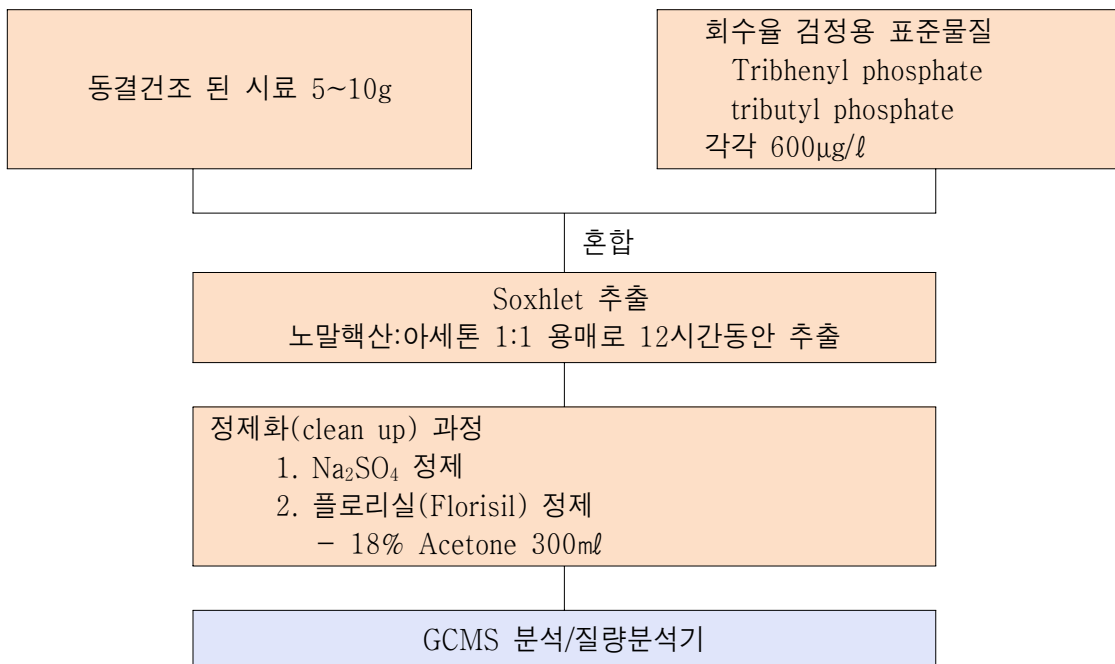


(8) 유기인 화합물

유기인화합물 측정을 위한 시료 채집은 세제와 초순수로 잘 세척하여, muffle furnace에서 500°C로 4 시간 이상 건조시켜 유기물을 제거하고, 염화메틸렌으로 3회 이상 세척된 1ℓ 갈색 유리병을 이용하였다. 시료는 밀봉한 후 -20°C 이하에서 동결 건조하여 실험전까지 보관하였고, 미국환경보호청(EPA, 1998)의 방법(US EPA method 8720)을 이용하여 다음과 같은 전처리과정을 거쳐 분석하였다.

기기 분석조건은 다음과 같다.

Shimadzu GC2010 Gas Chromatography	
column	30m×0.32mm i.d., 0.25µm(thickness) DB-5MS(5%-Phenyl)-methylpolysiloxane
injection mode	splitless mode
oven temp.	60°C (10min)-20°C/min→160°C (5min)-5°C/min→220°C (5min)-10°C/min→280°C-20°C/min→300°C
carrier gas	Helium
injection temp.	250°C
Shimadzu GCMS-QP2010plus Mass Detector	
solvent delay	5 min
mass range	40-480 amu
Ion source temp.	200°C
Interface temp.	300°C



분석된 OPPs 항목들은 Chloropyrifos, Demeton-S, Demeton-S-methyl, Diazinon, Dioxation, Disulfoton, Ethoprophos, EPN, Ethion, Famphur, Fenchlorfos, Malathion, Methyl chloropyrifos, Methyl parathion, Parathion, Phenthoate, Phorate, Sulfotep, Terbufos, Thionazin, Tributyl phosphorotrithioate 등과 같이 총 21종들이다.

OPPs 분석은 동결 건조된 시료 5~10g을 취해 soxhlet 추출과 정제화 과정을 거쳐 가스크로마토그래피-질량분석(GC-MSD)으로 분석하였다. 분석 과정은 상기와 같다.

2. 2005년 1차 서해병해역 퇴적물 건강상태 조사결과 요약

	배출해역	대조(비배출)해역	비고
화학적산소요구량 (mg/g 건중량)	12.4 ~ 87.4	10.6 ~ 62.5	배출 집중된 북동지역에서 상대적으로 높음.
유기탄소(%)	0.11 ~ 2.56	0.44 ~ 0.95	배출이 집중된 북동지역에서 1.2% 이상의 높은 유기탄소 축적을 보임
유기질소(%)	ND ~ 0.47	0.08 ~ 0.20	
비소 (mg/kg 건중량)	4.54 ~ 17.74	6.36 ~ 12.62	대부분의 구획들에서 ERL 초과
카드뮴 (mg/kg 건중량)	0.026 ~ 0.403	0.028 ~ 0.077	ERL 이하이나, 상대적으로 북쪽 구획들에서 높음.
크롬 (mg/kg 건중량)	55.7 ~ 1214.6	28.3 ~ 121.3	북쪽 3구획에서 ERM 초과
구리 (mg/kg 건중량)	16.15 ~ 83.78	5.81 ~ 29.96	북동해역에서 ERL 초과
수은 (µg/kg 건중량)	25.39 ~ 134.18	10.41 ~ 59.19	북동해역에서 ERL 초과
납 (mg/kg 건중량)	24.15 ~ 67.27	23.88 ~ 40.04	북동해역에서 ERL 초과
∑PAHs (27종) (µg/kg 건중량)	227 ~ 467	213 ~ 330	북동해역에서 상대적으로 높은 농도를 보임
총PCBs (µg/kg 건중량)	4.00 ~ 132.17	2.75 ~ 23.70	
유기인화합물 (µg/kg 건중량)	4.00 ~ 132.17	2.75 ~ 23.70	

○ 표층 해저 퇴적물 유해물질 농도 분포

- 서해병해역의 중금속, 총PCBs, 총PAHs 농도는 대조구역(비배출해역)에 비해 높고, 비소, 구리, 수은, 납은 대부분의 구획들에서 미국 해양 대기국의 오염퇴적물 관리 기준인 ERL(생물영향 하한농도)을 초과

하였다. 특히 폐기물 배출이 집중되었던 서해병해역의 북동지역에서 크롬은 ERM(생물영양 중간농도)을 초과하였다..

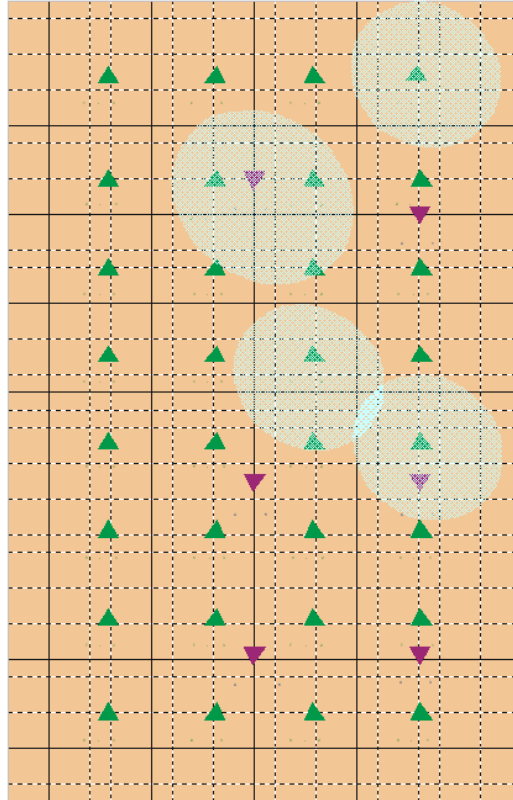


그림 2-7-1 2005년 1월 이전(▼) 및 2005년 1월 이후(▲)의 구심점과 중금속 오염이 심한 지역 (○) 비교

○ 퇴적물 깊이별 오염물질 추적

- 폐기물 해양배출로 인한 해저퇴적물의 오염물질 추적(영양) 정도를 파악할 수 있는 깊이에 따른 오염물질 농도는 유기물(예; 총유기탄소)과 중금속(예; 크롬) 농도 모두 퇴적물 표층에서 높고 퇴적물 깊이가 깊어짐에 따라 서해병해역의 자연상태 배경농도로 급격히 감소하고 있고 오염물질이 퇴적물속 약 5cm까지 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있었다.
- 서해의 자연상태의 퇴적속도는 0.1~0.2cm/yr으로서 5cm의 깊이는 약 30년 전의 서해병해역의 자연적인 퇴적물을 의미하지만, 퇴적물에 서식하는 저서생물 및 서해의 강한 저층해류의 영향으로 표층의 높은 유해물질이 5cm 깊이까지 혼합되어 높게 나타나고 있었다. 따라서 5cm 이하의 깊이를 자연상태로 가정한다면 그림의 주황색 부분

(3~5cm 깊이)은 폐기물배출로 인하여 극심하게 오염물질이 축적되고 있음을 의미한다.

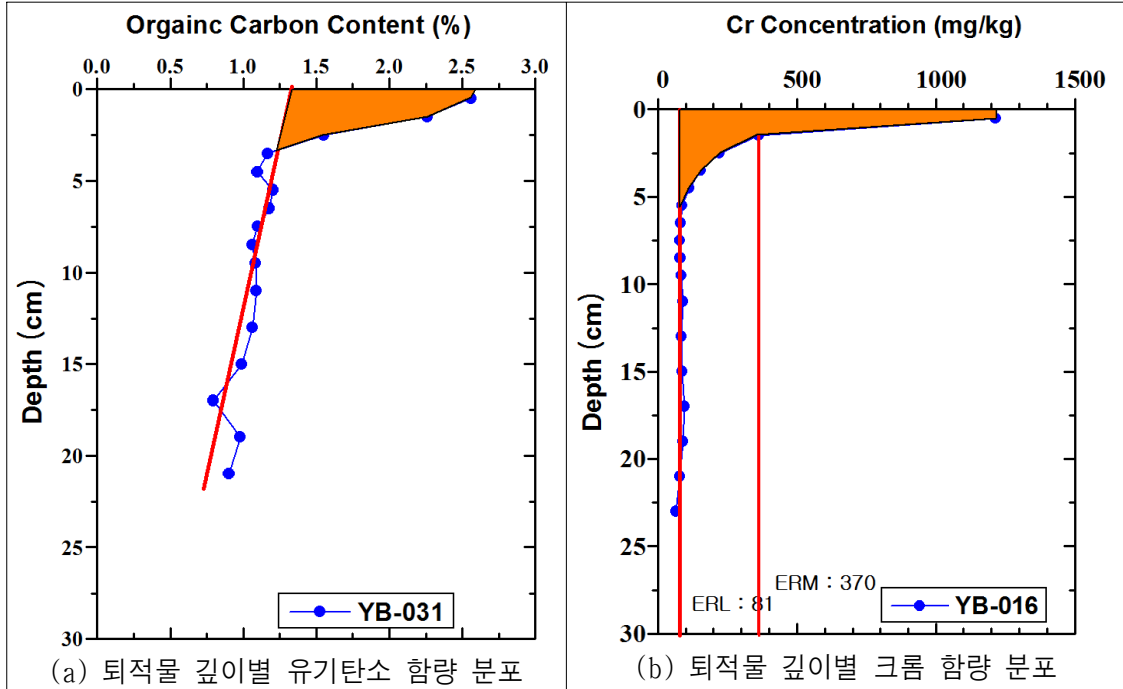


그림 2-7-2 폐기물 해양배출로 인한 해저퇴적물로의 오염물질 영향깊이

3. 조사결과

서해병해역의 퇴적물 오염상태를 파악하기 위하여 본 조사기간에 채취된 퇴적물 자료와 기존의 자료(2005년)를 포함하여 해석하였다. 자료의 해석에 사용된 모든 조사 구획을 그림 2-4-2에 나타내었다. 자료해석은 주로 대조해역과 배출해역으로 나누어서 비교하여 기술하였다.

가. 해저퇴적물내 유해물질 축적 거동 조사

(1) 해저퇴적물 입도

서해병해역 표층퇴적물의 입도분포를 그림 2-7-3-4 및 표 2-7-2에 나타내었다. 조사된 구획 중 대부분이 모래가 섞인 빨질(sandy mud)로 구성되어 있으며, 배출해역의 구획 YB-009, YB-025, YB-070과 대조구역 구획 YBR-001, YBR-004에서는 빨질이 섞인 모래(muddy sand)로 구성되어 있으며, 배출해역 구획 YB-011, YB-013, YB-047, YB-049, YB-056, YB-058, YB-092는 빨질(mud)로 나타났다.

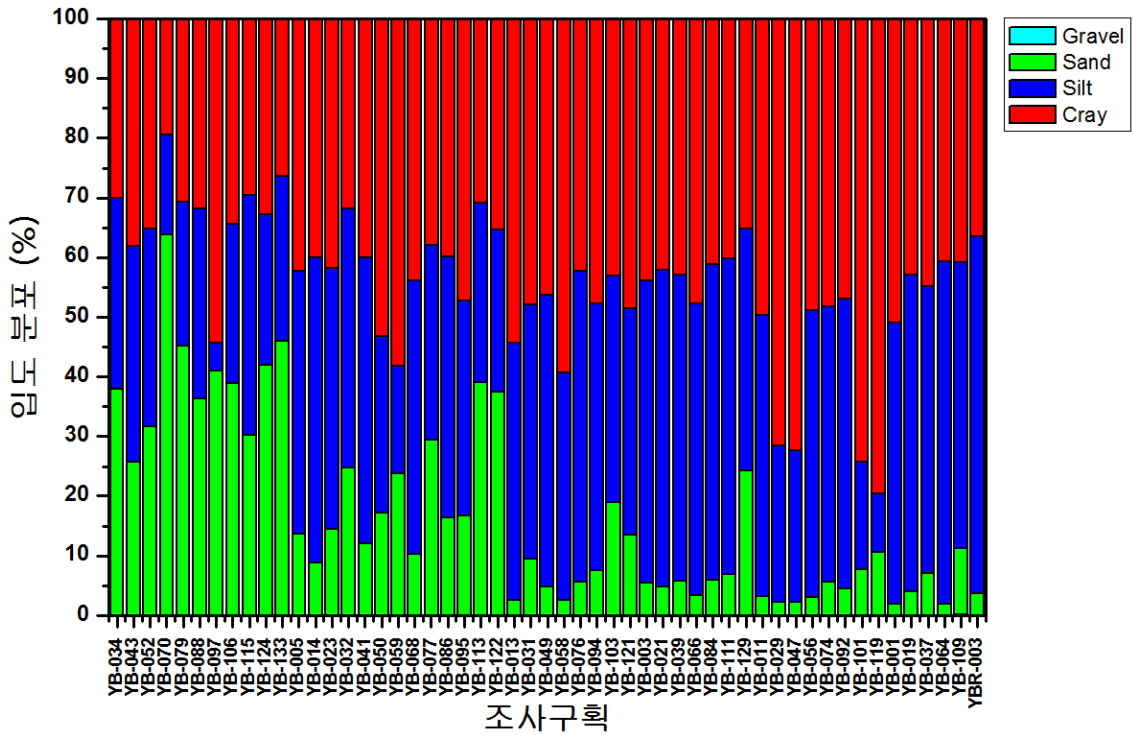


그림 2-7-3. 서해병해역의 표층퇴적물 입도분포(단위 %)

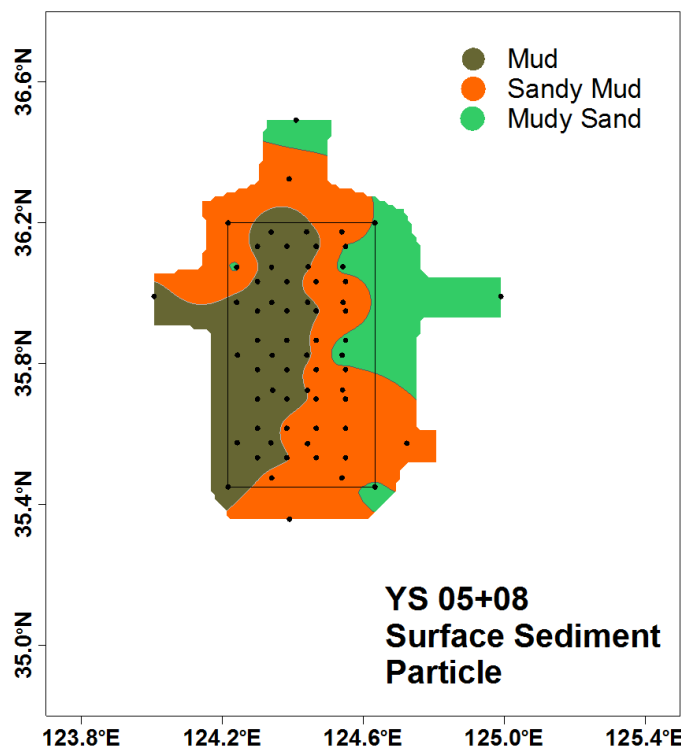


그림 2-7-4. 서해병해역의 표층퇴적물 입도분포

표 2-7-2. 서해병해역의 표층퇴적물 입도분포(단위 : %)

Station	Gravel	Sand	Silt	Clay	Sediment Type	Mz	SI	SKI	KG
YB-001		1.99	47.00	51.01	sM	6.05	3.08	-0.18	0.67
YB-002									
YB-003	0.02	5.49	50.63	43.85	sM	7.80	2.28	0.01	0.96
YB-004									
YB-005		13.59	44.18	42.22	sM	7.36	2.83	-0.13	0.98
YB-006									
YB-007		27.34	33.98	38.68	sM	6.59	3.39	-0.20	0.68
YB-008									
YB-009		50.88	23.18	25.94	ms	4.84	3.39	0.44	0.63
YB-010									
YB-011		3.20	47.16	49.64	M	7.90	1.91	-0.10	0.90
YB-012									
YB-013		2.62	43.11	54.27	M	8.23	1.79	-0.05	0.84
YB-014		8.79	51.11	40.10	sM	7.51	2.44	-0.06	1.10
YB-015									
YB-016		48.75	24.36	26.89	sM	5.06	3.62	0.26	0.67
YB-017									
YB-018									
YB-019	0.03	3.88	53.17	42.92	sM	7.87	2.09	0.08	1.04
YB-020									
YB-021		4.82	53.07	42.11	sM	7.78	2.23	0.06	0.96
YB-022									
YB-023		14.50	43.65	41.86	sM	7.32	2.90	-0.10	0.85
YB-024									
YB-025	0.12	51.17	23.75	24.96	mS	4.68	3.53	0.44	0.67
YB-026									
YB-027									
YB-028									
YB-029		2.28	26.19	71.54	sM	7.65	2.35	-0.23	1.22
YB-030									
YB-031		9.43	42.67	47.90	sM	7.65	2.35	-0.23	1.22
YB-032		24.73	43.45	31.82	sM	6.34	3.08	-0.12	0.79
YB-033									
YB-034	0.02	37.91	32.07	30.00	sM	5.83	3.37	-0.09	0.65
YB-035									
YB-036									
YB-037	0.07	6.94	48.18	44.80	sM	7.81	2.42	-0.07	1.07
YB-038									
YB-039		5.81	51.28	42.91	sM	7.82	2.37	0.01	1.08
YB-040									
YB-041		12.08	47.83	40.09	sM	7.39	2.69	-0.10	1.03
YB-042									
YB-043		25.72	36.27	38.01	sM	6.50	3.41	-0.23	0.74
YB-044									
YB-045									
YB-046									
YB-047		2.18	25.43	72.39	M	8.42	1.60	-0.56	1.22
YB-048									
YB-049		4.85	48.86	46.29	M	7.78	2.08	-0.06	0.91
YB-050		17.14	29.56	53.31	sM	7.35	3.10	-0.41	0.96
YB-051									
YB-052		31.72	33.16	35.13	sM	6.13	3.32	-0.17	0.60
YB-053									
YB-054									
YB-055									
YB-056		2.99	48.11	48.90	M	7.96	1.98	-0.05	0.86
YB-057									
YB-058		2.56	38.10	59.34	M	7.74	1.60	-0.38	1.39
YB-059		23.70	18.14	58.15	sM	6.83	3.11	-0.55	0.77
YB-060									

표 2-7-2. (계속)

Station	Gravel	Sand	Silt	Clay	Sediement Type	Mz	SI	SKI	KG
YB-061									
YB-062									
YB-063									
YB-064		1.93	57.42	40.65	sM	7.77	2.03	0.14	0.97
YB-065									
YB-066		3.34	48.87	47.79	sM	8.02	2.13	0.03	0.92
YB-067									
YB-068		10.35	45.78	43.87	sM	7.58	2.61	-0.11	1.04
YB-069									
YB-070		63.81	16.76	19.43	mS	3.98	3.45	0.68	0.73
YB-071									
YB-072									
YB-073									
YB-074		5.67	46.02	48.31	sM	7.79	2.19	-0.14	0.94
YB-075									
YB-076		5.66	52.00	42.34	sM	7.59	2.10	-0.05	0.95
YB-077		29.40	32.69	37.91	sM	6.43	3.23	-0.13	0.59
YB-078									
YB-079		45.20	24.07	30.72	sM	5.68	3.34	0.09	0.60
YB-080									
YB-081									
YB-082									
YB-083									
YB-084		5.90	53.00	41.10	sM	7.63	2.19	-0.02	1.03
YB-085									
YB-086		16.31	43.82	39.86	sM	7.16	3.00	-0.12	0.96
YB-087									
YB-088		36.37	31.75	31.88	sM	5.93	3.56	-0.14	0.66
YB-089									
YB-090									
YB-091									
YB-092		4.43	48.68	46.89	M	7.84	2.03	-0.06	0.91
YB-093									
YB-094		7.43	44.78	47.79	sM	7.73	2.24	-0.17	0.99
YB-095		16.75	36.03	47.21	sM	7.10	2.82	-0.34	0.92
YB-096									
YB-097		40.95	4.70	54.35	sM	6.69	3.41	-0.66	0.50
YB-098									
YB-099									
YB-100									
YB-101		7.74	17.94	74.32	sM	8.40	2.15	-0.48	1.68
YB-102									
YB-103		18.88	37.98	43.14	sM	6.83	3.07	-0.24	0.82
YB-104									
YB-105									
YB-106		38.92	26.69	34.39	sM	5.92	3.37	-0.15	0.58
YB-107									
YB-108									
YB-109	0.14	11.12	47.86	40.89	sM	7.50	2.89	-0.12	1.25
YB-110									
YB-111		6.93	52.81	40.27	sM	7.61	2.43	0.01	1.06
YB-112									
YB-113		39.10	30.04	30.85	sM	5.76	3.62	-0.12	0.62
YB-114									
YB-115		30.23	40.16	29.60	sM	5.80	3.56	-0.22	0.66
YB-116									
YB-117									
YB-118									
YB-119		10.51	9.87	79.62	sM	8.80	2.16	-0.58	2.21
YB-120									

표 2-7-2. (계속)

Station	Gravel	Sand	Silt	Clay	Sediement Type	Mz	SI	SKI	KG
YB-121		13.40	38.00	48.60	sM	7.35	2.38	-0.39	1.09
YB-122		37.50	27.10	35.40	sM	6.08	3.36	-0.06	0.58
YB-123									
YB-124		42.05	25.13	32.82	sM	5.98	3.16	0.09	0.55
YB-125									
YB-126									
YB-127									
YB-128									
YB-129		24.34	40.53	35.13	sM	6.45	3.32	-0.23	0.85
YB-130									
YB-131									
YB-132									
YB-133		45.95	27.72	26.33	sM	5.24	3.38	0.08	0.63
YB-134									
YB-135		48.75	23.62	27.63	sM	5.12	3.37	0.29	0.60
YBR-001		65.30	19.61	15.09	mS	4.01	2.93	0.65	0.81
YBR-002		19.92	46.15	33.93	sM	6.54	3.05	-0.15	0.90
YBR-003		3.71	59.77	36.52	sM	7.53	2.00	0.09	1.06
YBR-004		76.22	10.55	13.23	mS	3.26	3.09	0.74	1.98
YBR-005		28.05	33.81	38.14	sM	6.55	3.41	-0.21	0.65

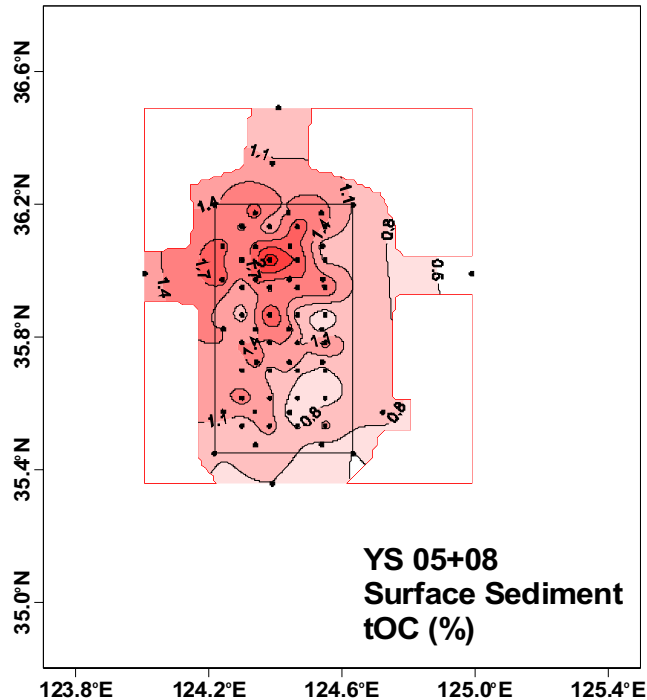


그림 2-7-5. 서해병해역 표층퇴적물의 총 유기탄소 및 총 질소 함량 분포

표 2-7-3 서해병해역 표층퇴적물의 총 유기탄소 및 총 질소 함량

Station	함수율 (%)	총유기탄소 (%)	총질소 (%)	COD (mg-O ₂ /g-dry)	Station	함수율 (%)	총유기탄소 (%)	총질소 (%)	COD (mg-O ₂ /g-dry)
YB-001	66.17	1.38	0.17	24.31	YB-061	55.78	0.58	0.17	19.28
YB-002					YB-062				
YB-003	65.74	1.90	0.26	22.98	YB-063				
YB-004					YB-064	65.85	1.40	0.20	21.49
YB-005	55.83	1.40	0.19	25.50	YB-065				
YB-006					YB-066	61.49	1.37	0.19	22.51
YB-007	49.54	1.56	0.21	30.50	YB-067				
YB-008					YB-068	64.12	1.58	0.22	26.99
YB-009	53.36	0.84	0.12	19.50	YB-069				
YB-010					YB-070	68.34	0.67	0.10	18.99
YB-011	57.86	1.34	0.20	41.34	YB-071				
YB-012					YB-072				
YB-013	55.78	1.10	0.17	29.79	YB-073				
YB-014	65.17	1.66	0.30	26.98	YB-074	64.78	1.41	0.19	26.02
YB-015					YB-075				
YB-016	63.04	1.90	0.30	26.49	YB-076	58.36	1.34	0.18	31.79
YB-017					YB-077	63.30	1.10	0.21	25.99
YB-018					YB-078				
YB-019	59.32	1.81	0.25	27.47	YB-079	57.01	1.57	0.29	33.84
YB-020					YB-080				
YB-021	71.38	1.81	0.25	25.99	YB-081				
YB-022					YB-082				
YB-023	67.46	1.79	0.24	26.49	YB-083				
YB-024					YB-084	60.05	1.55	0.23	23.49
YB-025	49.47	0.97	0.14	19.99	YB-085				
YB-026					YB-086	59.18	1.44	0.20	21.00
YB-027					YB-087				
YB-028					YB-088	56.98	0.86	0.12	17.49
YB-029	73.76	1.33	0.22	57.13	YB-089				
YB-030					YB-090				
YB-031	70.73	2.56	0.47	67.16	YB-091				
YB-032	67.87	1.99	0.34	65.64	YB-092	61.51	1.21	0.16	21.55
YB-033					YB-093				
YB-034	56.35	1.92	0.36	25.00	YB-094	61.43	0.98	0.14	15.64
YB-035					YB-095	62.02	0.87	0.13	12.67
YB-036					YB-096				
YB-037	65.67	1.86	0.24	21.50	YB-097	63.19	0.76	0.12	6.39
YB-038					YB-098				
YB-039	70.42	1.85	0.25	24.99	YB-099				
YB-040					YB-100				
YB-041	66.74	1.61	0.22	27.99	YB-101	68.82	1.50	0.22	21.36
YB-042					YB-102				
YB-043	65.37	1.51	0.21	27.98	YB-103	64.88	1.18	0.20	10.18
YB-044					YB-104	57.71	0.68	0.11	-
YB-045					YB-105				
YB-046					YB-106	62.55	0.67	0.10	17.19
YB-047	68.99	1.09	0.16	14.15	YB-107				
YB-048					YB-108				
YB-049	59.34	1.35	0.19	24.51	YB-109	61.25	1.27	0.18	22.50
YB-050	63.30	1.66	0.23	34.52	YB-110				
YB-051					YB-111	62.71	1.30	0.18	22.98
YB-052	65.45	1.78	0.24	22.98	YB-112				
YB-053					YB-113	51.19	0.68	0.10	15.98
YB-054					YB-114				
YB-055					YB-115	55.14	0.91	0.13	18.99
YB-056	66.69	0.95	0.28	53.93	YB-116				
YB-057					YB-117				
YB-058		2.06	0.35	54.50	YB-118				
YB-059	68.02	0.90	0.18	23.06	YB-119	63.37	0.81	0.12	12.37
YB-060					YB-120				

표 2-7-3 (계속)

Station	함수율 (%)	총유기탄소 (%)	총질소 (%)	COD (mg-O ₂ /g-dry)	Station	함수율 (%)	총유기탄소 (%)	총질소 (%)	COD (mg-O ₂ /g-dry)
YB-121	62.00	1.25	0.17	31.90					
YB-122	61.03	0.78	0.20	18.53					
YB-123									
YB-124	59.57	1.20	0.19	27.89					
YB-125									
YB-126									
YB-127	59.57	0.82	0.13						
YB-128									
YB-129	57.88	0.92	0.13	19.00					
YB-130									
YB-131									
YB-132									
YB-133	50.57	0.74	0.11	17.49					
YB-134									
YB-135	63.01	0.49	ND	17.46					
YBR-001	38.86	0.09	ND	14.99					
YBR-002	55.61	0.44	0.08	21.00					
YBR-003	66.83	0.56	0.09	21.48					
YBR-004	31.46	0.95	0.20	7.50					
YBR-005	49.00	0.95	0.16	16.00					
YBR-006									

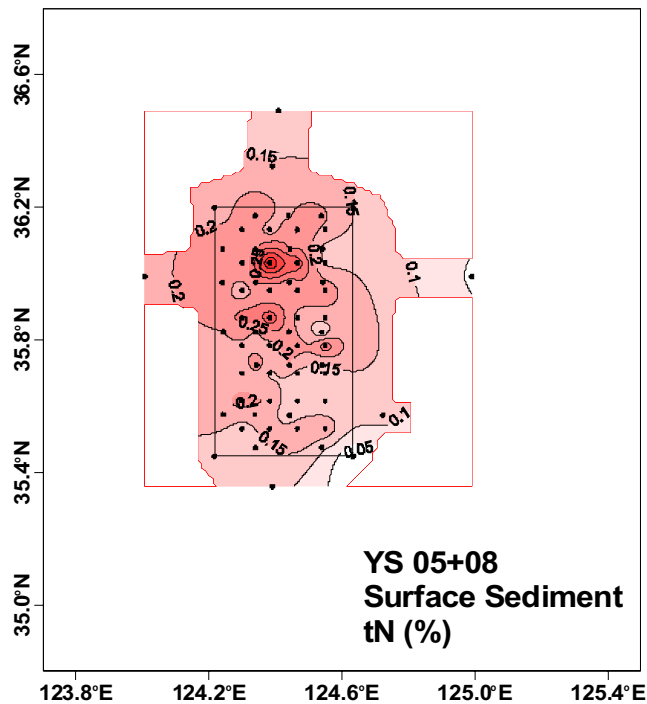


그림 2-7-5 (계속)

(2) 해저퇴적물 유기탄소 및 총질소 함량

(가) 표층분포 특성

표층퇴적물의 총유기탄소는 조사 배출 해역 전체에서 0.09~2.56%의 범위로 조사구획에 따라 1자리수 이상 농도 차이가 났으며, 평균 1.24%(n=65)이었고, 대조해역은 0.09~0.95%의 범위, 평균 0.60%(n=5)로 배출해역이 대조해역에 비해 2배 높았다(그림 2-7-5).

총질소 역시 총유기탄소와 마찬가지로 표층에서 0.08~0.47%로 조사구획에 따라 1자리수 이상의 차이를 나타냈으며, 배출해역에서 0.08~0.47%의 범위, 평균 0.20%(n=65)였으며, 대조해역은 ND~0.20% 범위, 평균 0.13%(n=5)로 유기탄소와 마찬가지로 배출해역에서 대조해역에 비해 높았다. 총유기탄소 및 총질소 농도의 표층 분포는 YB-031구획에서 가장 높게 나타났다.

(나) 수직분포 특성

퇴적물 중 총유기탄소의 수직분포는 깊이별로 분산이 심하지만 대체로 퇴적물 깊이가 깊을수록 점차 감소하여 깊이 10cm 이심에서는 거의 일정한 농도를 나타내었다(그림 2-7-6, 표 2-7-4). 그리고 대체로 대조 해역에 비해 배출 해역에서 높은 농도를 나타냈다.

총질소 함량의 수직분포는 총유기탄소의 분포에 비해 분산이 작고 표층에서는 대조해역과 배출해역 사이의 차이가 크지 않았으나, 연안의 영향을 받는 대조해역을 제외하면 퇴적물의 깊이가 깊을수록 뚜렷하게 배출 해역이 대조해역에 비해 높은 농도를 나타냈다. 또한 총유기탄소와 유사하게 표층에서 퇴적물 깊이 10cm까지 감소하고 그 이심에서는 일정한 농도 분포를 나타냈다(그림 2-7-7, 표 2-7-5).

일반적으로 퇴적물의 유기탄소의 함량은 퇴적물의 입도, 수심, 퇴적속도 등에 의해 결정된다. 퇴적물이 세립질일수록 유기탄소의 함량이 증가하고, 표층에서 유입이 동일한 경우에는 수심이 증가할수록 수층에서의 분해로 인해 유기탄소의 함량이 감소한다. 그리고 퇴적속도가 클수록 유기탄소의 보존율이 커진다. 따라서 총유기탄소 및 총질소 모두 배출 해역에서 높은 것은 폐기물의 배출로 인하여 유입된 유기물이 배출 해역의 퇴적물에 영향을 미치고 있기 때문인 것으로 사료된다.

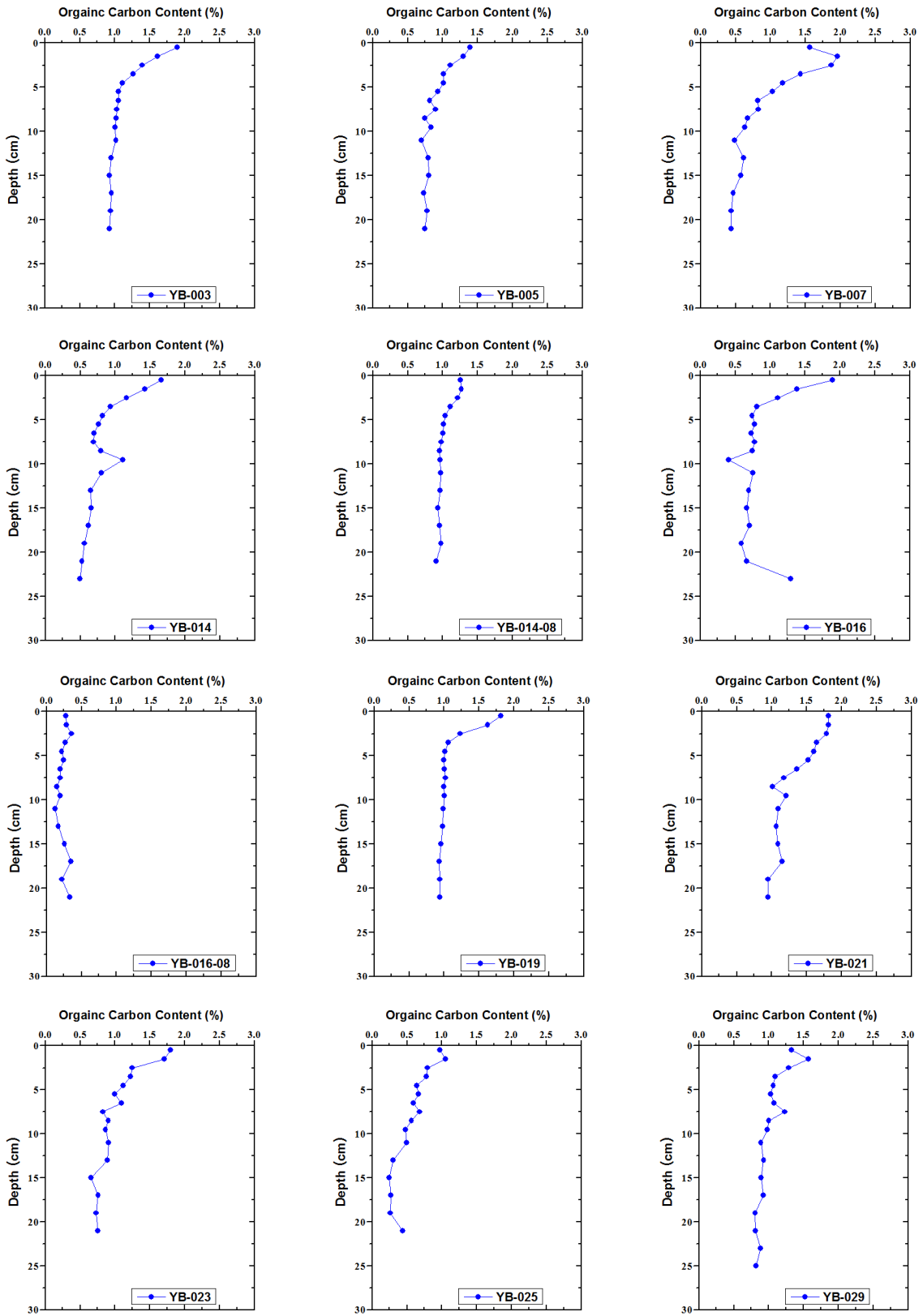


그림 2-7-6 서해병해역 퇴적물 중 총 유기탄소의 수직분포

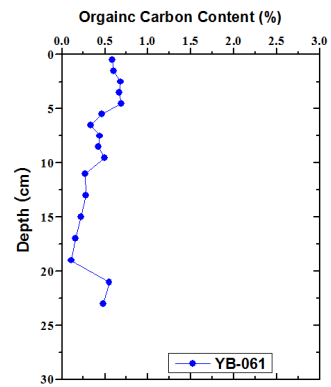
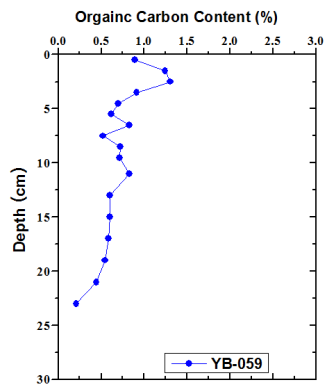
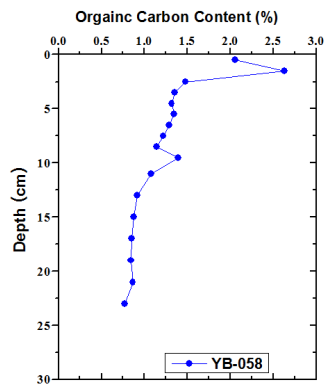
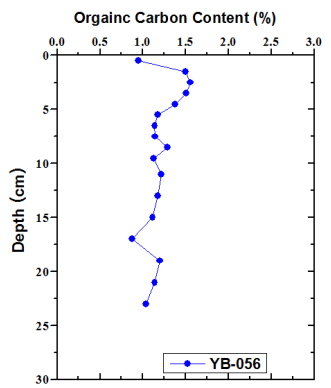
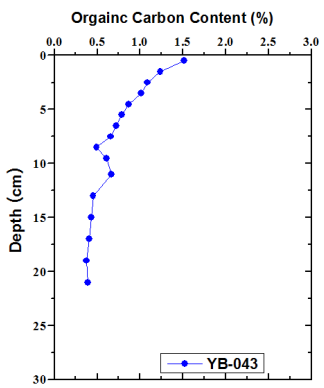
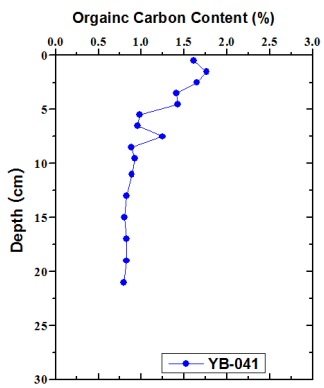
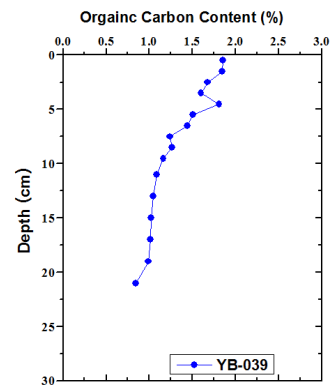
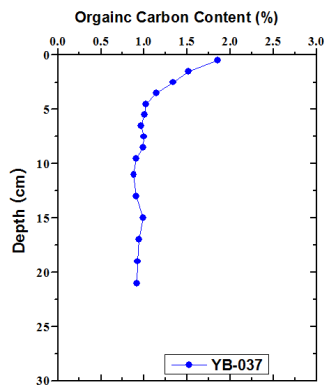
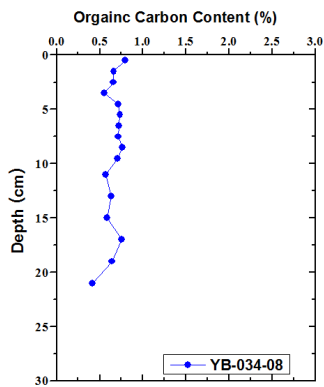
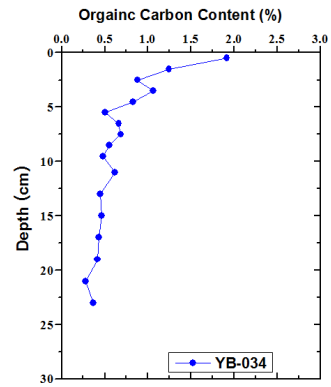
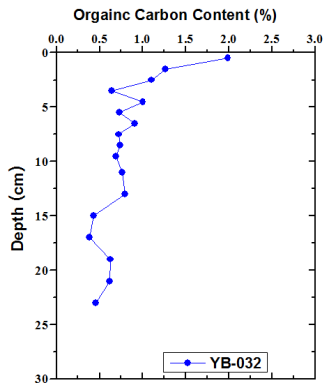
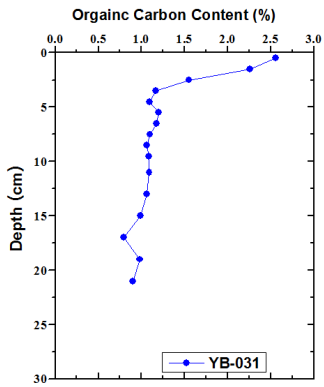


그림 2-7-6 (계속)

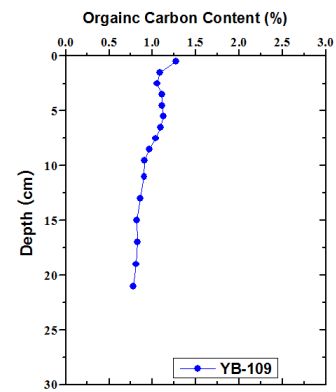
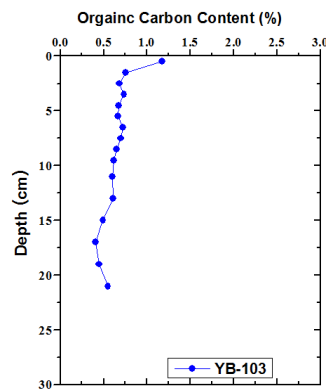
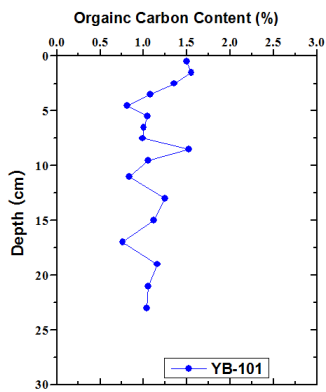
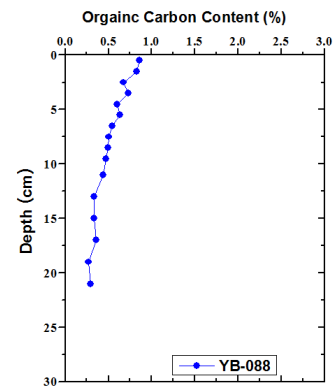
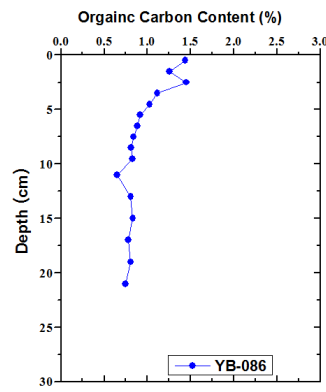
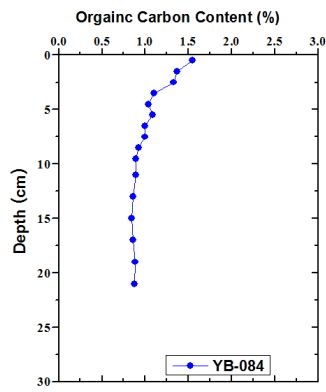
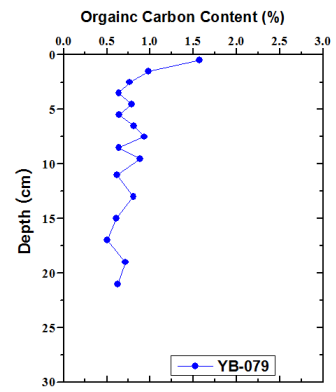
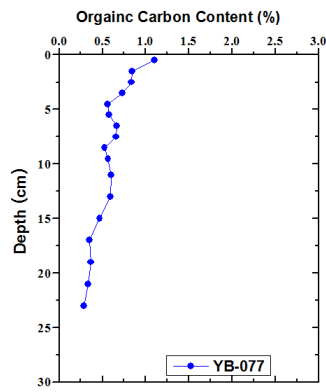
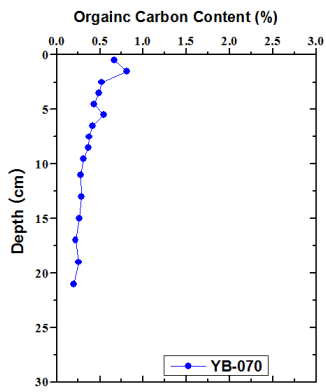
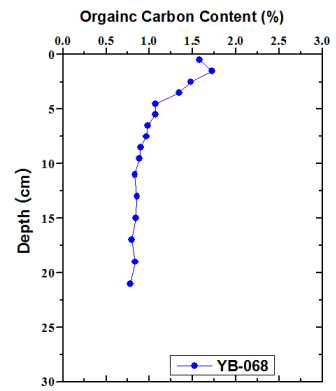
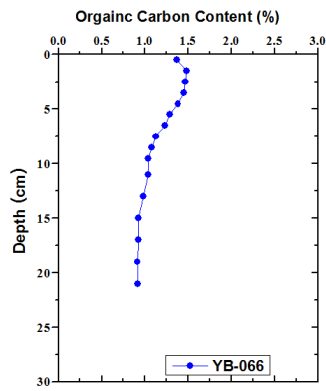
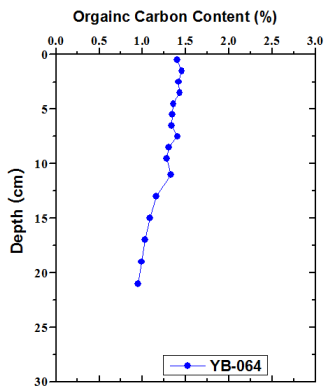


그림 2-7-6 (계속)

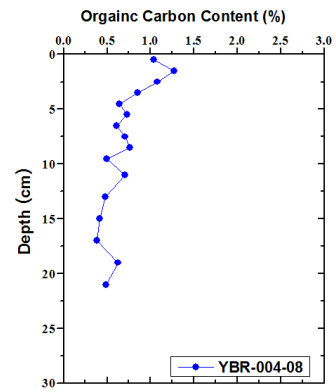
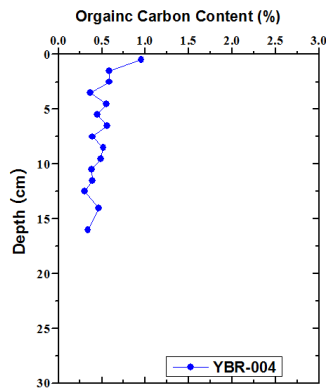
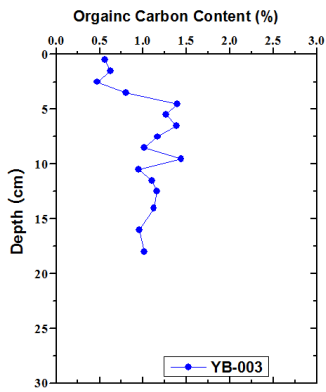
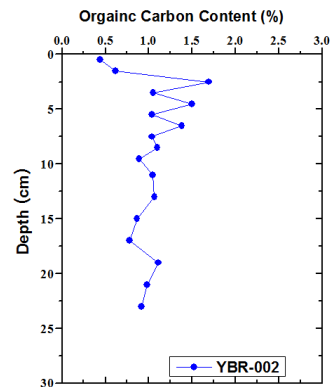
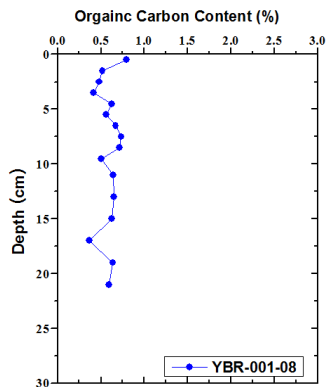
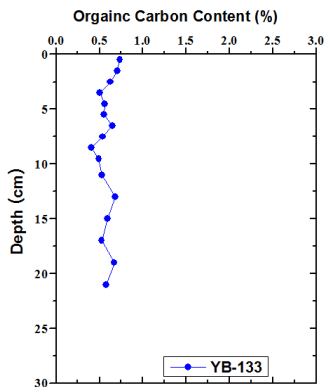
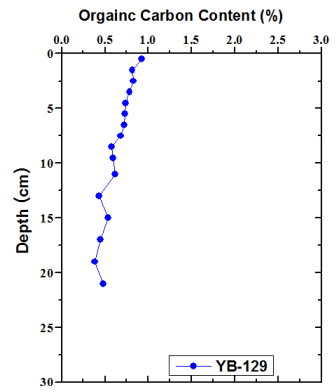
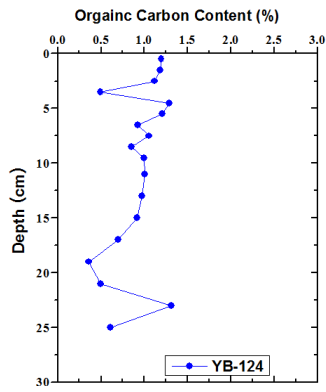
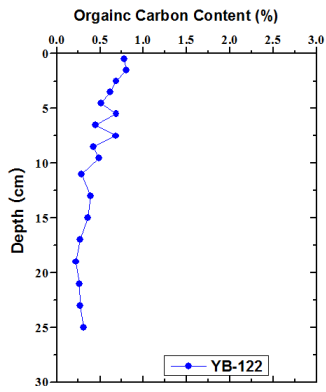
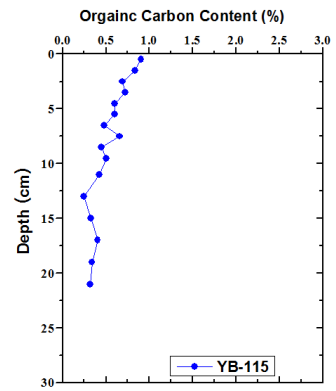
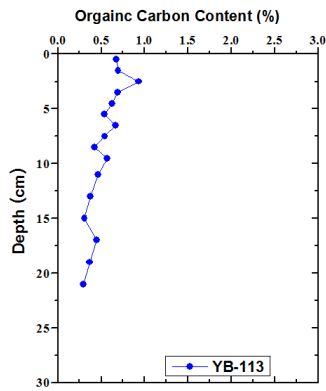
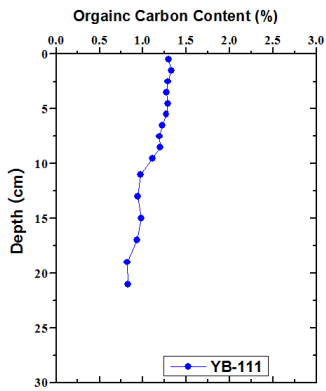


그림 2-7-6 (계속)

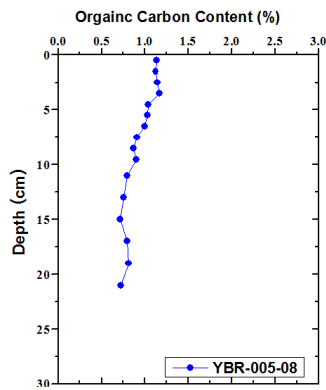
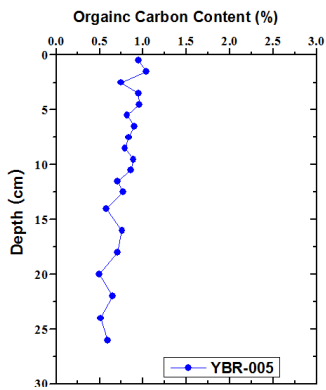


그림 2-7-6 (계속)

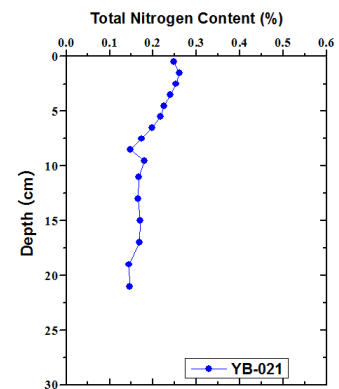
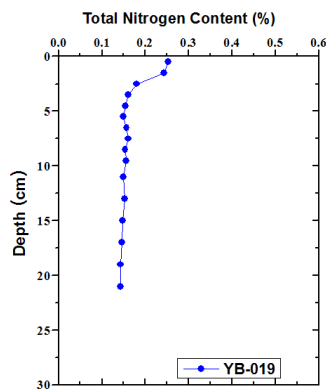
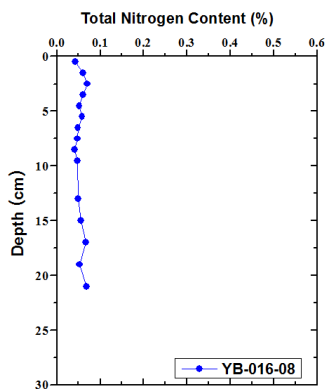
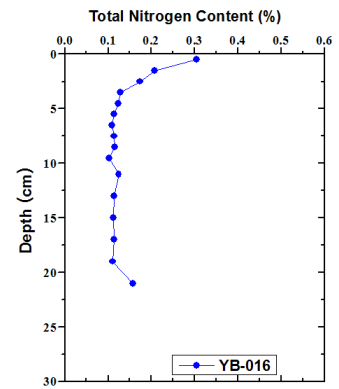
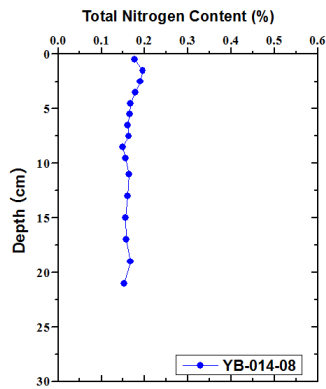
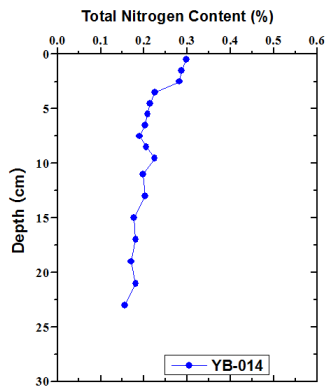
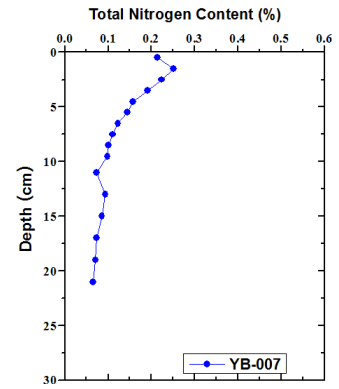
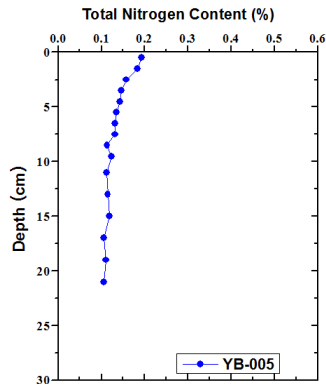
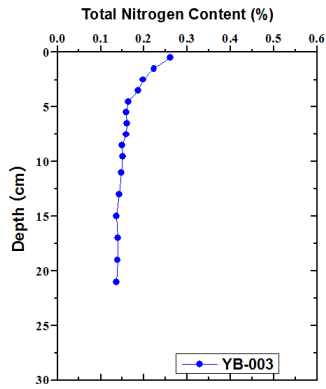


그림 2-7-7. 서해병해역 퇴적물 중 총 질소의 수직분포

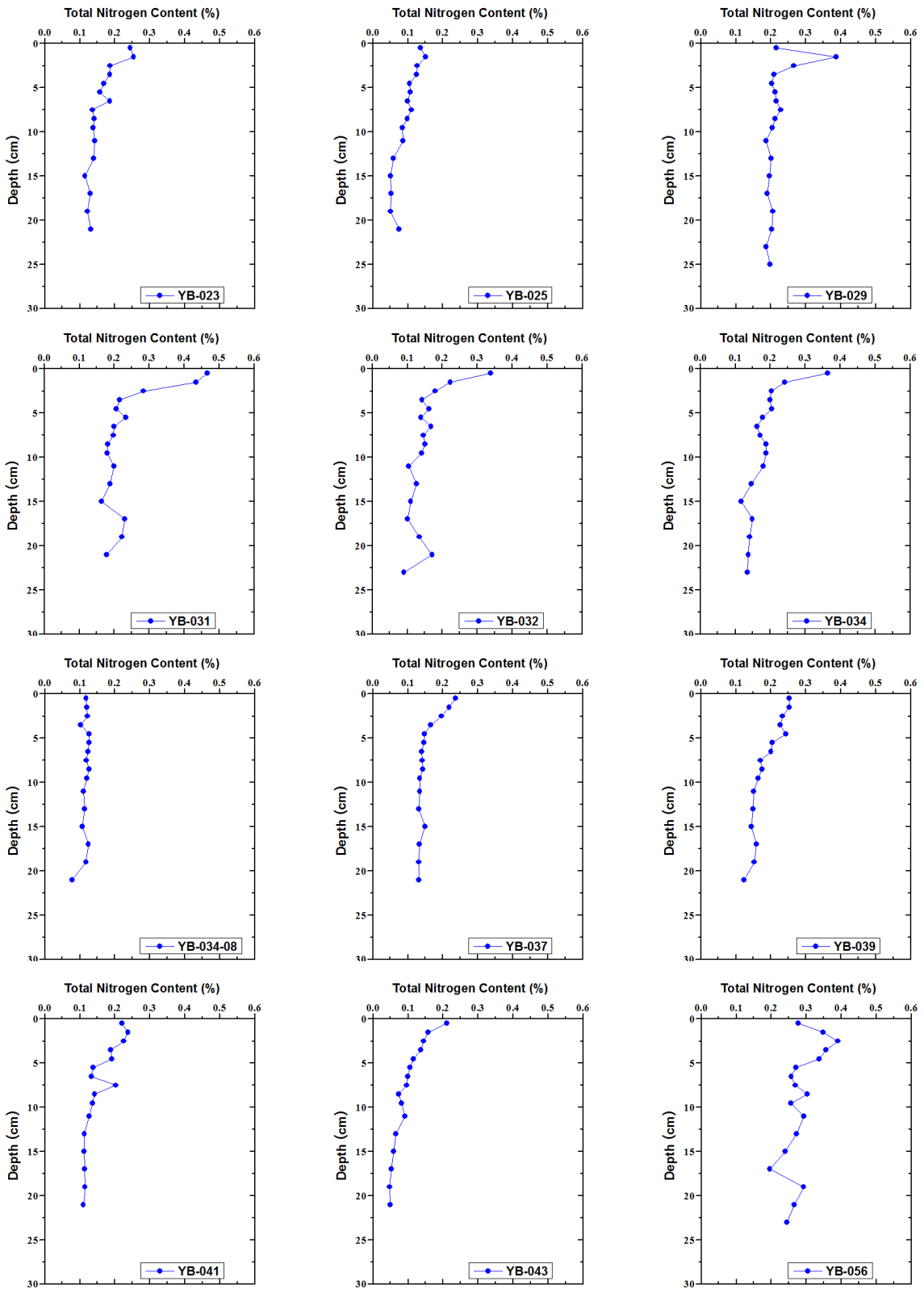


그림 2-7-7. (계속)

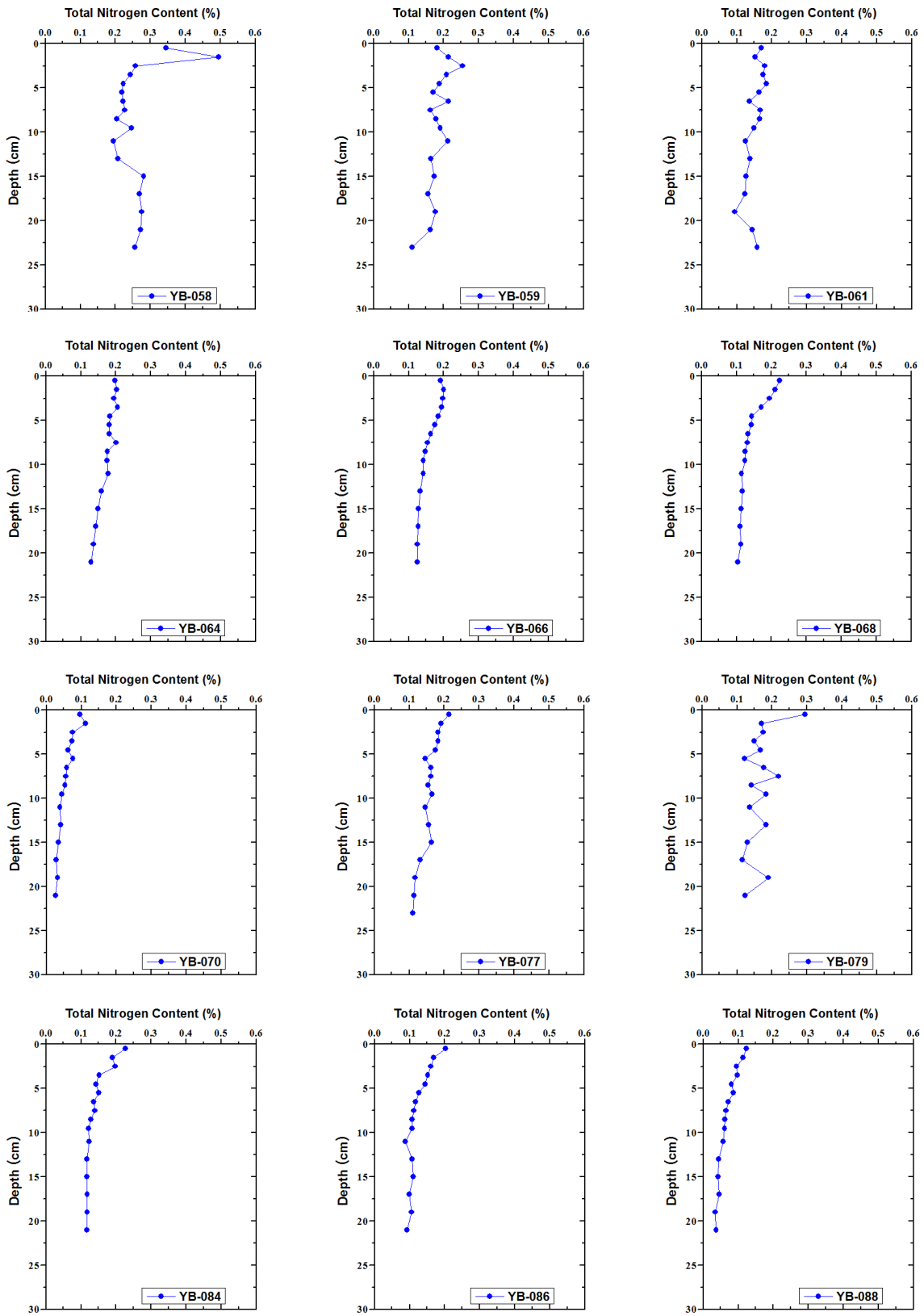


그림 2-7-7. (계속)

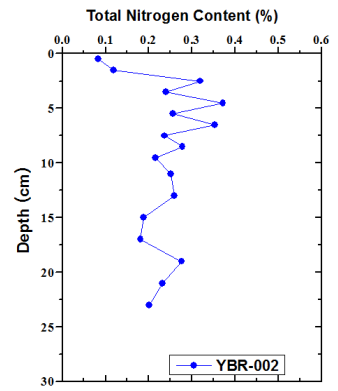
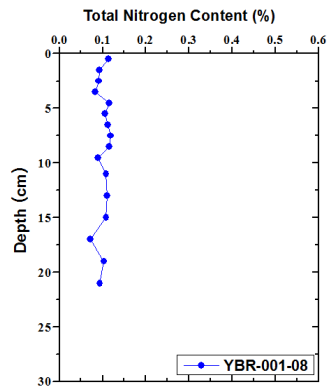
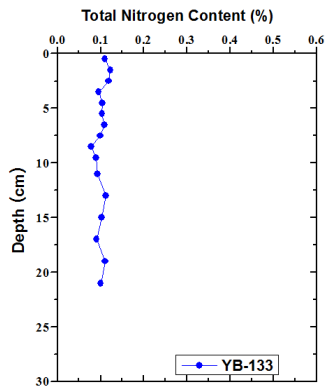
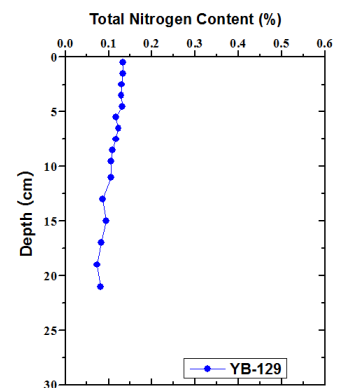
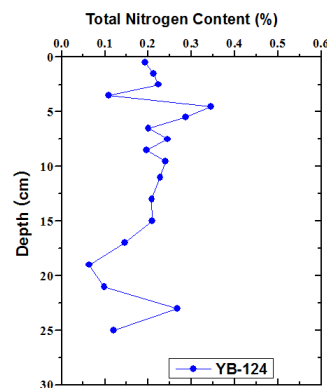
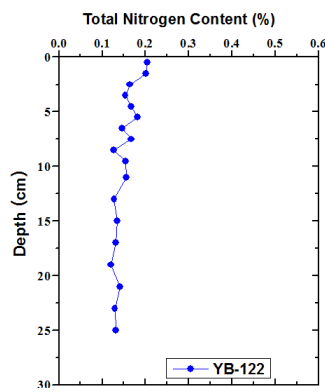
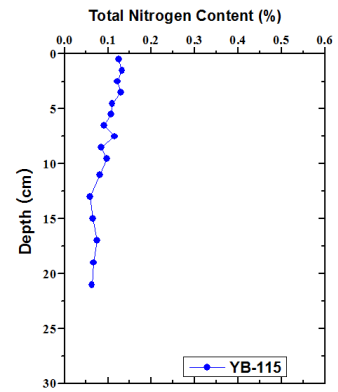
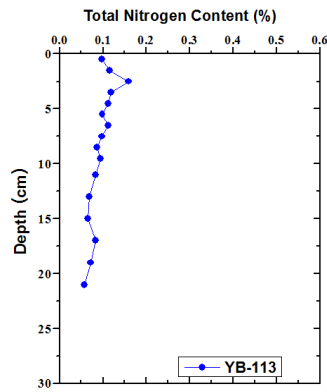
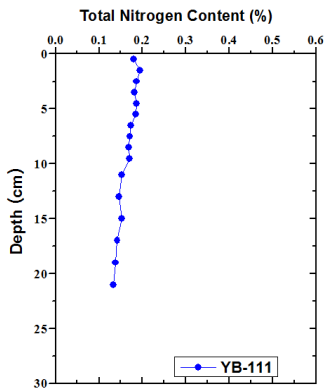
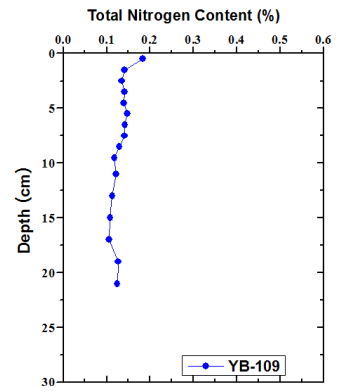
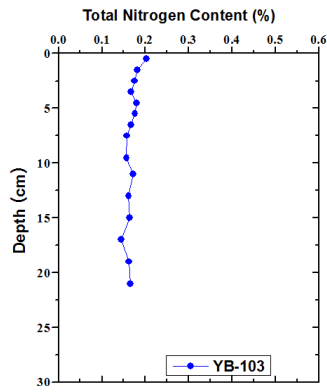
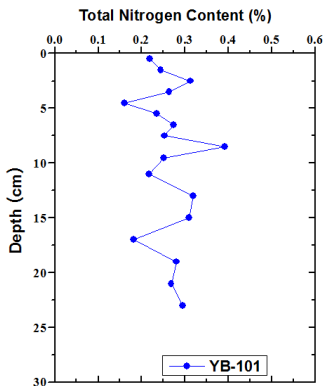


그림 2-7-7. (계속)

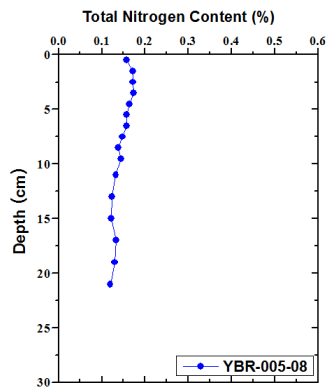
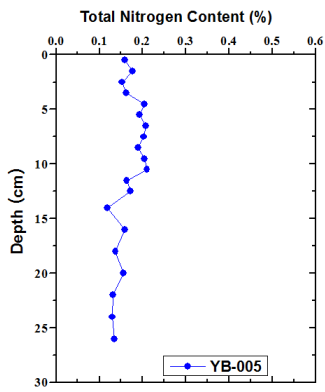
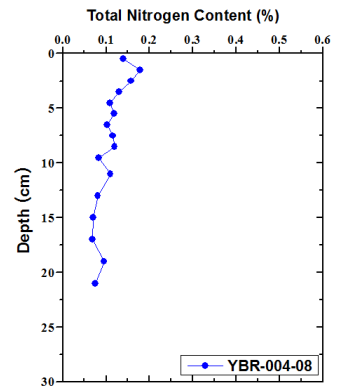
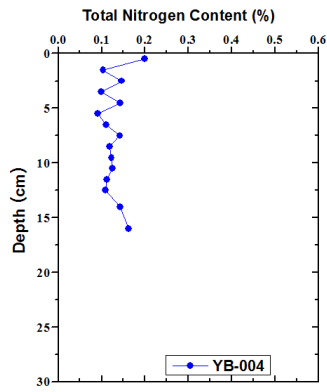
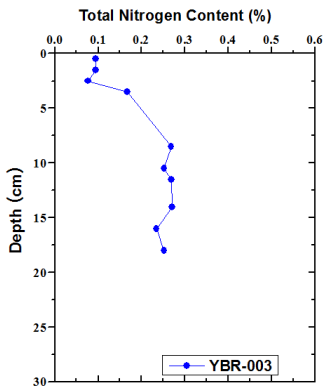


그림 2-7-7. (계속)

표 2-7-4 서해병해역 퇴적물의 총 유기탄소 함량(단위 : %)

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			1.90		1.40		1.56		1.08					1.66		1.90				1.81
1.5			1.61		1.30		1.96		0.82					1.43		1.39				1.62
2.5			1.40		1.11		1.87		0.72					1.16		1.11				1.23
3.5			1.26		1.01		1.43		0.66					0.94		0.81				1.06
4.5			1.11		1.01		1.18		0.60					0.82		0.74				1.01
5.5			1.05		0.93		1.03		0.64					0.76		0.78				1.00
6.5			1.06		0.82		0.82		0.55					0.70		0.73				1.00
7.5			1.03		0.90		0.83		0.49					0.69		0.78				1.02
8.5			1.02		0.75		0.67		0.47					0.80		0.75				1.00
9.5			1.00		0.84		0.63		0.47					1.11		0.41				1.00
10.5																				
11.0			1.02		0.70		0.49		0.47					0.80		0.75				0.99
11.5																				
12.5																				
13.0			0.95		0.79		0.62		0.33					0.65		0.70				0.98
14.0																				
15.0			0.92		0.81		0.58		0.35					0.66		0.66				0.95
16.0																				
17.0			0.95		0.73		0.47		0.61					0.62		0.70				0.93
18.0																				
19.0			0.94		0.78		0.44		0.55					0.56		0.59				0.94
20.0																				
21.0			0.92		0.74		0.44		0.60					0.53		0.66				0.94
22.0																				
23.0														0.50		1.30				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	1.81		1.79		0.97				1.33		2.56	1.99		1.92			1.86			1.85
1.5	1.81		1.70		1.05				1.57		2.26	1.26		1.25			1.51			1.85
2.5	1.78		1.25		0.79				1.29		1.55	1.10		0.88			1.33			1.68
3.5	1.64		1.22		0.78				1.09		1.17	0.64		1.06			1.14			1.60
4.5	1.60		1.12		0.64				1.06		1.10	1.00		0.83			1.02			1.81
5.5	1.52		1.00		0.66				1.03		1.20	0.73		0.51			1.01			1.51
6.5	1.36		1.09		0.59				1.08		1.18	0.91		0.66			0.97			1.44
7.5	1.17		0.83		0.68				1.23		1.10	0.73		0.69			1.00			1.24
8.5	1.01		0.90		0.56				1.00		1.06	0.74		0.56			0.99			1.26
9.5	1.21		0.86		0.48				0.98		1.08	0.69		0.48			0.91			1.16
10.5																				
11.0	1.10		0.91		0.50				0.89		1.09	0.76		0.62			0.88			1.08
11.5																				
12.5																				
13.0	1.06		0.89		0.30				0.93		1.06	0.79		0.45			0.91			1.05
14.0																				
15.0	1.09		0.66		0.25				0.89		0.99	0.43		0.46			0.99			1.02
16.0																				
17.0	1.15		0.76		0.27				0.92		0.80	0.39		0.44			0.94			1.01
18.0																				
19.0	0.95		0.73		0.26				0.81		0.98	0.62		0.42			0.92			0.99
20.0																				
21.0	0.95		0.76		0.44				0.81		0.90	0.62		0.27			0.92			0.85
22.0																				
23.0									0.88			0.46		0.37						
24.0																				
25.0									0.82											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	1.61		1.51													0.95		2.06	0.90	
1.5	1.76		1.24													1.50		2.63	1.24	
2.5	1.65		1.08													1.55		1.48	1.31	
3.5	1.41		1.01													1.51		1.35	0.91	
4.5	1.43		0.87													1.38		1.32	0.70	
5.5	0.98		0.79													1.17		1.35	0.61	
6.5	0.96		0.72													1.14		1.29	0.83	
7.5	1.25		0.66													1.14		1.22	0.52	
8.5	0.88		0.49													1.29		1.14	0.73	
9.5	0.92		0.61													1.13		1.39	0.71	
10.5																				
11.0	0.89		0.66													1.21		1.08	0.83	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.83		0.45													1.18		0.92	0.60	
14.0																				
15.0	0.80		0.43													1.11		0.87	0.60	
16.0																				
17.0	0.83		0.41													0.87		0.85	0.58	
18.0																				
19.0	0.82		0.37													1.20		0.85	0.54	
20.0																				
21.0	0.80		0.39													1.14		0.87	0.44	
22.0																				
23.0																1.04		0.77	0.21	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	0.58		1.40	1.37	1.58	0.67										1.10	1.57			
1.5	0.60		1.45	1.48	1.73	0.82										0.85	0.98			
2.5	0.68		1.42	1.47	1.48	0.52										0.83	0.76			
3.5	0.66		1.43	1.45	1.34	0.49										0.73	0.64			
4.5	0.69		1.36	1.38	1.07	0.43										0.56	0.79			
5.5	0.46		1.35	1.29	1.07	0.54										0.58	0.64			
6.5	0.34		1.33	1.23	0.98	0.41										0.67	0.81			
7.5	0.44		1.41	1.13	0.97	0.37										0.66	0.93			
8.5	0.42		1.31	1.08	0.90	0.37										0.52	0.64			
9.5	0.50		1.28	1.04	0.88	0.31										0.56	0.89			
10.5																				
11.0	0.27		1.33	1.04	0.83	0.28										0.60	0.61			
11.5																				
12.5																				
13.0	0.28		1.16	0.98	0.85	0.29										0.59	0.81			
14.0																				
15.0	0.22		1.09	0.93	0.85	0.26										0.47	0.61			
16.0																				
17.0	0.15		1.03	0.93	0.80	0.22										0.35	0.51			
18.0																				
19.0	0.11		0.99	0.91	0.83	0.25										0.36	0.72			
20.0																				
21.0	0.55		0.95	0.92	0.78	0.20										0.33	0.63			
22.0																				
23.0	0.48															0.29				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100	
0.5				1.55		1.44		0.86													
1.5				1.37		1.25		0.83													
2.5				1.33		1.45		0.68													
3.5				1.10		1.11		0.73													
4.5				1.03		1.03		0.60													
5.5				1.09		0.92		0.63													
6.5				0.99		0.89		0.54													
7.5				0.99		0.84		0.51													
8.5				0.92		0.81		0.50													
9.5				0.89		0.83		0.47													
10.5																					
11.0				0.90		0.65		0.44													
11.5																					
12.5																					
13.0				0.86		0.81		0.33													
14.0																					
15.0				0.84		0.83		0.33													
16.0																					
17.0				0.86		0.78		0.36													
18.0																					
19.0				0.88		0.81		0.27													
20.0																					
21.0				0.88		0.75		0.30													
22.0																					
23.0																					
24.0																					
25.0																					
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	1.50		1.18						1.27		1.30		0.68		0.91					
1.5	1.55		0.75						1.09		1.33		0.69		0.83					
2.5	1.35		0.68						1.05		1.29		0.93		0.69					
3.5	1.08		0.74						1.11		1.27		0.69		0.72					
4.5	0.81		0.67						1.11		1.29		0.63		0.60					
5.5	1.05		0.66						1.13		1.27		0.54		0.60					
6.5	1.00		0.72						1.10		1.22		0.66		0.48					
7.5	0.99		0.70						1.04		1.19		0.54		0.66					
8.5	1.52		0.65						0.96		1.20		0.42		0.45					
9.5	1.06		0.62						0.91		1.11		0.57		0.50					
10.5																				
11.0	0.83		0.60						0.90		0.97		0.46		0.42					
11.5																				
12.5																				
13.0	1.25		0.61						0.86		0.94		0.38		0.25					
14.0																				
15.0	1.12		0.49						0.82		0.98		0.31		0.32					
16.0																				
17.0	0.76		0.41						0.83		0.93		0.44		0.40					
18.0																				
19.0	1.16		0.45						0.81		0.82		0.36		0.34					
20.0																				
21.0	1.05		0.55						0.78		0.83		0.30		0.32					
22.0																				
23.0	1.04																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-4 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		0.78		1.20					0.92				0.74			0.80	0.44	0.56	0.95	0.95
1.5		0.80		1.18					0.82				0.71			0.52	0.62	0.63	0.58	1.04
2.5		0.69		1.12					0.83				0.63			0.48	1.69	0.47	0.59	0.75
3.5		0.62		0.49					0.78				0.51			0.41	1.05	0.80	0.37	0.95
4.5		0.51		1.29					0.74				0.56			0.63	1.50	1.39	0.56	0.96
5.5		0.69		1.21					0.73				0.55			0.56	1.03	1.27	0.45	0.82
6.5		0.45		0.93					0.72				0.65			0.67	1.38	1.39	0.56	0.90
7.5		0.68		1.06					0.68				0.54			0.74	1.04	1.16	0.39	0.84
8.5		0.42		0.85					0.58				0.41			0.71	1.10	1.01	0.52	0.79
9.5		0.49		1.00					0.59				0.49			0.50	0.89	1.44	0.49	0.89
10.5																		0.95	0.38	0.86
11.0		0.29		1.00					0.62				0.53			0.64	1.05			
11.5																		1.10	0.39	0.70
12.5																		1.16	0.30	0.77
13.0		0.39		0.97					0.43				0.68			0.65	1.07			
14.0																				
15.0		0.36		0.92					0.54				0.60			0.63	0.86			
16.0																				
17.0		0.27		0.70					0.45				0.52			0.37	0.78			
18.0																				
19.0		0.22		0.36					0.38				0.67			0.64	1.11			
20.0																				
21.0		0.26		0.50					0.48				0.58			0.59	0.98			
22.0																				
23.0		0.27		1.31													0.92			
24.0																				
25.0		0.31		0.61																
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5. 서해병해역의 퇴적물의 총 질소의 함량

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			0.26		0.19		0.21		0.15					0.30	0.30				0.25	
1.5			0.22		0.18		0.25		0.12					0.29	0.21				0.24	
2.5			0.20		0.16		0.22		0.11					0.28	0.17				0.18	
3.5			0.19		0.15		0.19		0.11					0.23	0.13				0.16	
4.5			0.16		0.14		0.16		0.10					0.21	0.12				0.15	
5.5			0.16		0.13		0.14		0.10					0.21	0.11				0.15	
6.5			0.16		0.13		0.12		0.09					0.20	0.11				0.16	
7.5			0.16		0.13		0.11		0.08					0.19	0.11				0.16	
8.5			0.15		0.11		0.10		0.08					0.21	0.12				0.15	
9.5			0.15		0.12		0.10		0.07					0.22	0.10				0.16	
10.5																				
11.0			0.15		0.11		0.07		0.07					0.20	0.12				0.15	
11.5																				
12.5																				
13.0			0.14		0.11		0.09		0.06					0.20	0.11				0.15	
14.0			0.14		0.12		0.09		0.06					0.18	0.11				0.15	
15.0			0.14		0.11		0.07		0.09					0.18	0.11				0.15	
16.0			0.14		0.11		0.07		0.09					0.18	0.11				0.15	
17.0			0.14		0.11		0.07		0.09					0.18	0.11				0.15	
18.0			0.14		0.11		0.07		0.08					0.17	0.11				0.14	
19.0			0.14		0.11		0.07		0.08					0.17	0.11				0.14	
20.0			0.14		0.11		0.07		0.09					0.18	0.16				0.14	
21.0			0.14		0.11		0.07		0.09					0.18	0.16				0.14	
22.0														0.16						
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	0.25		0.24		0.14				0.22		0.47	0.34		0.36			0.24		0.25	
1.5	0.26		0.25		0.15				0.39		0.43	0.22		0.24			0.22		0.25	
2.5	0.25		0.19		0.13				0.26		0.28	0.18		0.20			0.20		0.23	
3.5	0.24		0.19		0.12				0.21		0.22	0.14		0.20			0.17		0.23	
4.5	0.23		0.17		0.10				0.20		0.21	0.16		0.20			0.15		0.24	
5.5	0.22		0.16		0.11				0.21		0.23	0.14		0.18			0.15		0.20	
6.5	0.20		0.19		0.10				0.22		0.20	0.17		0.16			0.14		0.20	
7.5	0.17		0.14		0.11				0.23		0.20	0.15		0.17			0.14		0.17	
8.5	0.15		0.14		0.10				0.21		0.18	0.15		0.19			0.14		0.17	
9.5	0.18		0.14		0.09				0.20		0.18	0.14		0.19			0.13		0.16	
10.5																				
11.0	0.17		0.14		0.09				0.19		0.20	0.10		0.18			0.13		0.15	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.17		0.14		0.06				0.20		0.19	0.13		0.15			0.13		0.15	
14.0																				
15.0	0.17		0.11		0.05				0.20		0.16	0.11		0.12			0.15		0.14	
16.0																				
17.0	0.17		0.13		0.05				0.19		0.23	0.10		0.15			0.13		0.16	
18.0																				
19.0	0.14		0.12		0.05				0.21		0.22	0.14		0.14			0.13		0.15	
20.0																				
21.0	0.15		0.13		0.07				0.20		0.18	0.17		0.14			0.13		0.12	
22.0																				
23.0									0.19			0.09		0.14						
24.0																				
25.0									0.20											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	0.22		0.21													0.28		0.35	0.18	
1.5	0.24		0.16													0.35		0.50	0.21	
2.5	0.23		0.14													0.39		0.26	0.25	
3.5	0.19		0.14													0.36		0.24	0.21	
4.5	0.19		0.12													0.34		0.22	0.19	
5.5	0.14		0.11													0.27		0.22	0.17	
6.5	0.13		0.10													0.26		0.22	0.21	
7.5	0.20		0.10													0.27		0.23	0.16	
8.5	0.14		0.07													0.30		0.20	0.18	
9.5	0.14		0.08													0.26		0.25	0.19	
10.5																				
11.0	0.13		0.09													0.29		0.19	0.21	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.11		0.07													0.27		0.21	0.16	
14.0																				
15.0	0.11		0.06													0.24		0.28	0.17	
16.0																				
17.0	0.11		0.05													0.20		0.27	0.16	
18.0																				
19.0	0.11		0.05													0.29		0.27	0.18	
20.0																				
21.0	0.11		0.05													0.27		0.27	0.16	
22.0																				
23.0																0.25		0.26	0.11	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	0.17			0.20		0.19		0.22		0.10							0.21		0.29	
1.5	0.15			0.20		0.20		0.21		0.11							0.19		0.17	
2.5	0.18			0.19		0.20		0.19		0.07							0.18		0.17	
3.5	0.18			0.21		0.19		0.17		0.07							0.18		0.15	
4.5	0.19			0.18		0.18		0.14		0.06							0.17		0.17	
5.5	0.16			0.18		0.17		0.14		0.08							0.15		0.12	
6.5	0.14			0.18		0.16		0.13		0.06							0.16		0.18	
7.5	0.17			0.20		0.15		0.13		0.06							0.16		0.22	
8.5	0.17			0.18		0.15		0.13		0.05							0.15		0.14	
9.5	0.15			0.18		0.14		0.12		0.05							0.17		0.18	
10.5																				
11.0	0.12			0.18		0.14		0.11		0.04							0.15		0.14	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.14			0.16		0.13		0.12		0.04							0.16		0.18	
14.0																				
15.0	0.13			0.15		0.13		0.11		0.03							0.16		0.13	
16.0																				
17.0	0.12			0.14		0.13		0.11		0.03							0.13		0.12	
18.0																				
19.0	0.09			0.14		0.12		0.11		0.03							0.12		0.19	
20.0																				
21.0	0.14			0.13		0.13		0.10		0.03							0.11		0.12	
22.0																				
23.0	0.16																0.11			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100
0.5				0.23		0.20		0.12												
1.5				0.19		0.17		0.11												
2.5				0.20		0.16		0.10												
3.5				0.15		0.15		0.10												
4.5				0.14		0.15		0.08												
5.5				0.15		0.13		0.09												
6.5				0.14		0.12		0.07												
7.5				0.14		0.11		0.07												
8.5				0.13		0.11		0.06												
9.5				0.12		0.11		0.06												
10.5																				
11.0				0.12		0.09		0.06												
11.5																				
12.5																				
13.0				0.12		0.11		0.05												
14.0																				
15.0				0.12		0.11		0.04												
16.0																				
17.0				0.12		0.10		0.05												
18.0																				
19.0				0.12		0.11		0.04												
20.0																				
21.0				0.12		0.09		0.04												
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	0.22		0.20						0.18		0.18		0.10		0.13					
1.5	0.24		0.18						0.14		0.19		0.12		0.13					
2.5	0.31		0.18						0.14		0.19		0.16		0.12					
3.5	0.26		0.17						0.14		0.18		0.12		0.13					
4.5	0.16		0.18						0.14		0.19		0.11		0.11					
5.5	0.24		0.18						0.15		0.18		0.10		0.11					
6.5	0.27		0.17						0.14		0.17		0.11		0.09					
7.5	0.25		0.16						0.14		0.17		0.10		0.12					
8.5	0.39								0.13		0.17		0.09		0.08					
9.5	0.25		0.16						0.12		0.17		0.09		0.10					
10.5																				
11.0	0.22		0.17						0.12		0.15		0.08		0.08					
11.5																				
12.5																				
13.0	0.32		0.16						0.11		0.15		0.07		0.06					
14.0																				
15.0	0.31		0.16						0.11		0.15		0.07		0.07					
16.0																				
17.0	0.18		0.14						0.11		0.14		0.08		0.08					
18.0																				
19.0	0.28		0.16						0.13		0.14		0.07		0.07					
20.0																				
21.0	0.27		0.17						0.12		0.13		0.06		0.06					
22.0																				
23.0	0.30																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-5 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		0.20		0.19					0.13				0.11			0.11	0.08	0.09	0.20	0.16
1.5		0.20		0.21					0.13				0.12			0.09	0.12	0.09	0.10	0.18
2.5		0.16		0.22					0.13				0.12			0.09	0.32	0.08	0.15	0.15
3.5		0.15		0.11					0.13				0.10			0.08	0.24	0.17	0.10	0.16
4.5		0.17		0.35					0.13				0.10			0.12	0.37	0.46	0.14	0.20
5.5		0.18		0.29					0.12				0.10			0.11	0.26	0.33	0.09	0.19
6.5		0.15		0.20					0.12				0.11			0.11	0.35	0.36	0.11	0.21
7.5		0.17		0.25					0.12				0.10			0.12	0.24	0.31	0.14	0.20
8.5		0.13		0.20					0.11				0.08			0.12	0.28	0.27	0.12	0.19
9.5		0.15		0.24					0.11				0.09			0.09	0.22	0.37	0.12	0.20
10.5																		0.25	0.13	0.21
11.0		0.16		0.23					0.11				0.09			0.11	0.25			
11.5																		0.27	0.11	0.16
12.5																		0.31	0.11	0.17
13.0		0.13		0.21					0.09				0.11			0.11	0.26			
14.0																				
15.0		0.13		0.21					0.09				0.10			0.11	0.19			
16.0																				
17.0		0.13		0.15					0.08				0.09			0.07	0.18			
18.0																		0.25		0.14
19.0		0.12		0.06					0.07				0.11			0.10	0.28			
20.0																				
21.0		0.14		0.10					0.08				0.10			0.09	0.23			0.16
22.0																				
23.0		0.13		0.27													0.20			0.13
24.0																				
25.0		0.13		0.12																0.13
26.0																				
27.0																				0.13
29.0																				

나. 해저퇴적물내 유해성 평가

(1) 화학적 산소요구량 (COD)

표층퇴적물의 화학적 산소요구량은 6.4~67.2mg-O₂/g-dry의 범위(n=65, 평균 25.3mg-O₂/g-dry)로써 해역에 따라 농도 차이가 크게 나타났다(표 2-7-3). 배출 해역 내에서는 6.4~67.2mg-O₂/g-dry 범위(n=60, 평균 26.1mg-O₂/g-dry)로 대조 해역은 7.5~21.5mg-O₂/g-dry의 범위(n=5, 평균 16.2mg-O₂/g-dry)로 구획 YB-029, YB-031, YB-032, YB-056, YB-058에서는 50mg-O₂/g-dry 이상의 높은 농도를 나타냈다.

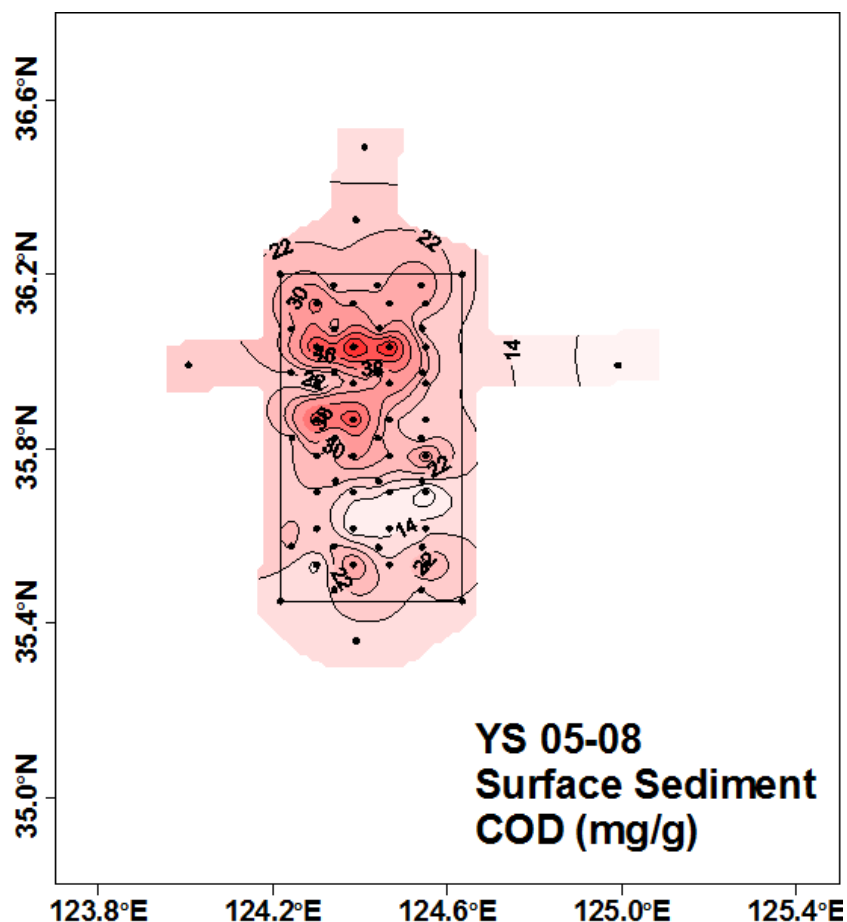


그림 2-7-8 서해병해역 표층퇴적물 화학적산소 요구량 분포

(2) 중금속

서해병해역에서 폐기물 배출로 인한 퇴적물의 중금속 오염 여부를 조사하기 위해 알루미늄(Al)과 같이 지각에 높은 농도로 존재하여 원소들의 농도 분포가 오염에 의해 크게 영향을 받지 않는 원소를 포함하여 그 외의 중금속 원소

비소(As), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 수은(Hg), 니켈(Ni), 납(Pb), 아연(Zn) 등의 농도를 측정하였다(표 2-7-6).

표 2-7-6. 서해병해역 표층퇴적물 중금속 농도

Station	Al (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
YB-001	9.14	15.59	0.09	109.26	32.96	0.04	39.97	38.76	120.39
YB-002									
YB-003	8.91	17.3	0.18	153	45	0.086	43	38	122
YB-004									
YB-005	9.57	11.5	0.16	143	37	0.130	36	33	99
YB-006									
YB-007	8.35	11.8	0.24	350	43	0.105	35	33	107
YB-008									
YB-009	7.44	9.7	0.12	96	25	0.043	27	28	70
YB-010									
YB-011	9.44	14.55	0.09	98.59	30.72	0.03	39.33	43.52	118.48
YB-012									
YB-013	9.39	15.81	0.09	98.87	29.12	0.03	36.90	39.79	116.94
YB-014	8.59	11.0	0.19	184	48	0.093	40	35	116
YB-015									
YB-016	7.85	10.3	0.22	217	157	0.129	32	33	109
YB-017									
YB-018									
YB-019	8.49	15.3	0.15	144	45	0.074	44	38	134
YB-020									
YB-021	9.13	15.1	0.16	151	46	0.099	43	37	122
YB-022									
YB-023	8.82	13.6	0.23	275	52	0.094	40	36	116
YB-024									
YB-025	7.78	9.4	0.16	145	34	0.350	28	31	92
YB-026									
YB-027									
YB-028									
YB-029	3.45	13.95	0.14	162.61	44.42	0.08	41.82	31.45	150.06
YB-030									
YB-031	9.12	16.88	0.40	458.03	83.78	0.12	65.95	67.27	238.56
YB-032	7.76	16.79	0.27	482.52	85.94	0.18	49.85	51.98	196.99
YB-033									
YB-034	8.99	8.9	0.18	142	36	0.091	30	28	92
YB-035									
YB-036									
YB-037	9.34	13.5	0.18	121	43	0.089	44	36	120
YB-038									
YB-039	8.74	15.4	0.17	140	48	0.093	42	41	140
YB-040									
YB-041	8.65	11.9	0.22	170	50	0.141	42	34	129
YB-042									
YB-043	8.45	11.5	0.17	146	43	0.070	36	35	108
YB-044									
YB-045									
YB-046									
YB-047	8.98	15.35	0.09	79.10	24.30	0.04	37.13	40.97	91.84
YB-048									
YB-049	9.05	16.97	0.09	110.19	32.75	0.04	95.44	39.16	120.37
YB-050	8.42	15.23	0.09	143.31	43.15	0.08	37.30	43.82	130.07
YB-051									
YB-052	8.11	16.29	0.09	185.26	46.66	0.11	35.32	46.97	135.21
YB-053									
YB-054									
YB-055									
YB-056	8.40	9.66	0.06	108.26		0.05	41.05	30.64	123.90
YB-057									
YB-058	7.46	9.12	0.09	126.83	42.13	0.06	40.32	35.45	139.21
YB-059	7.92	7.50	0.18	71.08	37.44	0.06	38.06	66.57	106.96
YB-060									

표 2-7-6 (계속)

Station	Al (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
YB-061	9.84		0.07	110.37	27.51	0.03	33.56	48.83	90.38
YB-062									
YB-063									
YB-064	9.56	11.34	0.17	106.45	37.43	0.06	42.50	35.99	116.39
YB-065									
YB-066	8.79	10.80	0.18	116.31	41.95	0.08	45.51	36.79	124.28
YB-067									
YB-068	8.92	8.87	0.21	125.19	42.76	0.07	41.63	33.98	114.37
YB-069									
YB-070	6.80	5.98	0.14	68.67	22.93	0.04	24.50	24.95	64.47
YB-071									
YB-072									
YB-073									
YB-074	8.73	15.99	0.09	90.18	27.40	0.04	30.00	44.52	111.25
YB-075									
YB-076	8.88	16.99	0.09	107.83	32.01	0.04	34.71	42.73	125.06
YB-077	8.99	4.54	0.06	105.87	30.86	0.06	24.55	27.16	123.08
YB-078									
YB-079	8.88	7.59	0.06	76.76	22.36	0.23	36.43	39.66	98.73
YB-080									
YB-081									
YB-082									
YB-083									
YB-084	8.15	9.65	0.19	89.54	39.64	0.09	37.18	27.09	107.47
YB-085									
YB-086	9.07	9.23	0.13	93.31	32.93	0.06	36.40	33.43	101.62
YB-087									
YB-088	7.97	7.26	0.12	67.91	41.59	0.04	30.91	30.29	164.10
YB-089									
YB-090									
YB-091									
YB-092	9.29	15.43	0.09	94.24	27.79	0.03	36.18	39.47	118.73
YB-093									
YB-094	8.19	15.40	0.09	93.65	27.16	0.03	36.29	36.76	120.76
YB-095	7.97	15.61	0.09	83.05	24.43	0.02	31.95	36.68	103.19
YB-096									
YB-097	7.34	16.19	0.09	74.31	20.69	0.02	93.89	35.69	90.62
YB-098									
YB-099									
YB-100									
YB-101	11.12	11.38	0.07	91.99	29.37	0.03	42.32	34.46	124.09
YB-102									
YB-103	7.81	7.20	0.06	88.49	26.99	0.03	32.17	30.19	107.34
YB-104	9.09	15.94	0.10	88.70	23.79	0.02	35.36	32.75	105.05
YB-105									
YB-106	6.47	15.40	0.09	74.07	20.82	0.02	30.95	35.06	92.01
YB-107									
YB-108									
YB-109	8.58	9.16	0.20	97.33	36.21	0.06	40.58	31.32	117.53
YB-110									
YB-111	9.10	8.27	0.16	94.88	36.26	0.05	41.02	34.35	119.50
YB-112									
YB-113	7.45	5.90	0.14	69.04	25.44	0.03	28.76	27.13	68.16
YB-114									
YB-115	8.73	6.88	0.16	80.95	25.49	0.05	31.02	26.30	92.42
YB-116									
YB-117									
YB-118									
YB-119	8.87	14.96	0.09	94.55	26.58	0.02	38.12	32.75	109.51
YB-120									

표 2-7-6 (계속)

Station	Al (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
YB-121	8.99	16.05	0.09	101.92	31.02	0.03	38.40	38.95	124.29
YB-122	7.13	7.92	0.06	72.30	19.46	0.03	30.78	34.97	94.18
YB-123									
YB-124	5.96	6.01	0.04	55.69	16.15	0.03	30.00	24.25	73.66
YB-125									
YB-126									
YB-127	9.16	15.30	0.10	93.24	25.14	0.02	37.07	29.92	106.78
YB-128									
YB-129	8.30	7.52	0.17	82.31	27.88	0.05	36.80	28.63	90.44
YB-130									
YB-131									
YB-132									
YB-133	8.01	6.22	0.15	63.60	20.56	0.03	26.64	28.79	70.09
YB-134									
YB-135	7.61	14.60	0.09	63.94	17.07	0.02	28.54	28.61	76.78
YBR-001	8.10	8.04	0.10	73.73	20.72	0.03	27.06	24.01	64.04
YBR-002	8.33	10.61	0.17	113.06	30.25	0.05	35.92	28.84	92.40
YBR-003	9.18	10.72	0.13	96.95	34.15	0.04	45.55	34.52	112.66
YBR-004	5.98	4.78	0.07	29.21	7.98	0.02	12.24	23.98	31.29
YBR-005	9.12	6.27	0.17	74.82	24.02	0.02	35.78	28.19	80.15

(가) 비소(As)

비소는 농도 범위 4.5~17.3mg/kg, 평균 11.7mg/kg(n=65)을 나타내 조사 구획에 따라 2.5배의 농도 차이를 보였다(그림 2-7-9). 배출 해역 내의 비소의 농도 범위는 4.5~17.3mg/kg, 평균 12.0mg/kg(n=60)으로, 대조구역의 농도범위 4.5~8.1mg/kg, 평균 10.7mg/kg(n=5) 보다 높은 분포를 나타냈다.

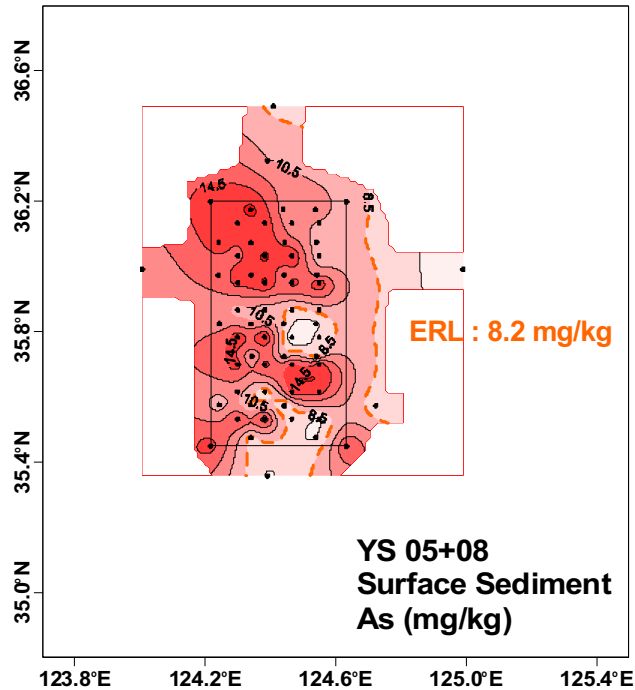


그림 2-7-9. 서해병해역 표층퇴적물 비소 분포

한편, 미국의 해양대기청(NOAA)에서는 퇴적물에서의 유해물질의 농도가 저서생물에 미치는 독성에 대한 통계치를 가지고 기준을 설정한 바가 있는데, 저서생물에 대하여 독성이 나타나는 농도범위들 중 초기 10%에 해당하는 값을 ERL (Effect Range Low), 독성을 나타내는 농도범위들의 중간값에 해당하는 값을 ERM (Effect Range Median)으로 설정하여 해양환경 평가에 이용하고 있다. 비소의 ERL값은 8.2mg/kg이며 ERM값은 70mg/kg이다. 본 조사결과를 이 값들과 비교해 보면 배출해역의 대부분과 대조구역 구획 YBR-002, YBR-003에서 ERL을 초과하는 농도를 나타내고 있었다.

(나) 카드뮴(Cd)

카드뮴은 0.04~0.40mg/kg의 농도 범위, 평균 0.14mg/kg(n=65)으로 해역에 따라 약 10배의 농도 차이가 났다(그림 2-7-10). 배출 해역에서는 0.04~0.40mg/kg 농도 범위, 평균 0.14mg/kg(n=60)를 나타내어 대조 해역의 0.07~0.17mg/kg, 평균 0.13mg/kg(n=5)과 유의한 차이를 나타내지 않았다.

배출해역의 구획 YB-031에서 가장 높은 농도를 보였으며, 배출해역의 북동쪽 구획들에서 상대적으로 높은 농도 분포를 나타냈다. 미국해양대기청(NOAA) 기준의 ERL값은 1.20mg/kg이며 ERM은 9.6 mg/kg이다. 본 조사결과를 이 값들과 비교해 보면 모든 조사구획에서 ERL값을 초과하지는 않았다.

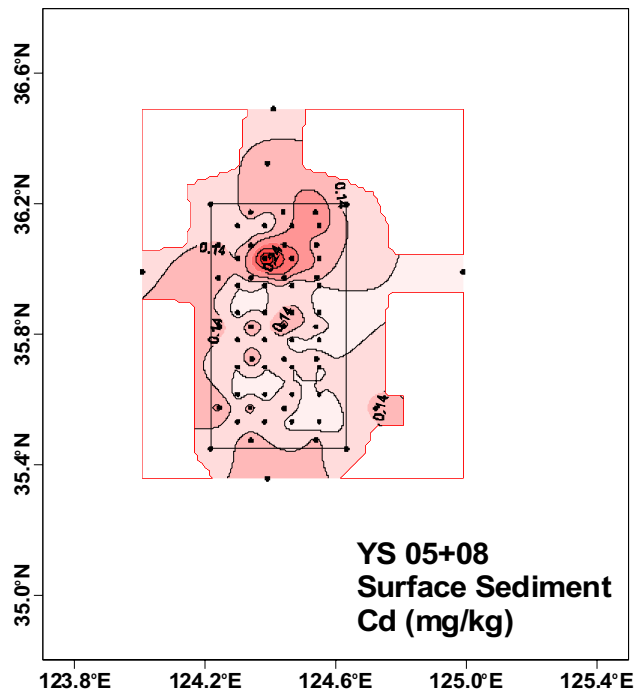


그림 2-7-10. 서해병해역 표층퇴적물 카드뮴 분포

(다) 크롬(Cr)

크롬은 29~483mg/kg의 농도 범위, 평균 123mg/kg(n=65)으로 조사 해역에 따라 약 17배의 농도 차이를 나타냈다(그림 2-7-11). 배출 해역에서는 56~483mg/kg의 농도 범위, 평균 127mg/kg(n=60)로 대조 해역의 29~113mg/kg, 평균 78mg/kg(n=5)보다 높은 농도 분포를 보였다. 크롬의 ERL값은 81mg/kg이며 ERM값은 370mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면 배출해역의 대부분의 구획과 대조해역 구획 YBR-002, YBR-003에서 ERL농도를 초과하였으며, 특히 배출해역의 YB-031, YB-032 구획에서는 ERM값을 상회하는 높은 농도 값을 보였다.

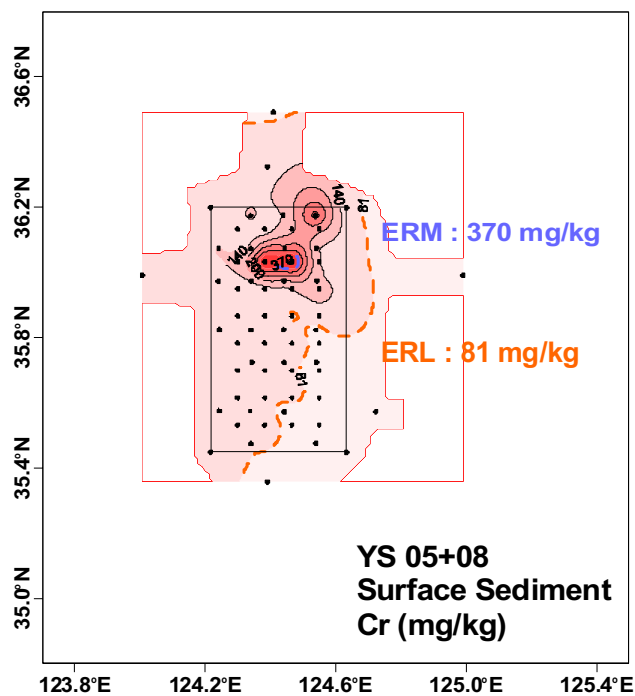


그림 2-7-11. 서해병해역 표층퇴적물 크롬 분포

(라) 구리(Cu)

구리는 조사 해역 전체에서 8~157mg/kg의 농도 범위, 평균 36mg/kg(n=65)으로 해역에 따라 20배의 농도 차이가 났다(그림 2-7-12). 배출 해역의 구리 농도는 16~157mg/kg의 범위로서 평균 37mg/kg(n=60)을 나타내어 대조 구역의 8~34mg/kg, 평균 23mg/kg (n=5)에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타냈다. 특히 배출해역의 구획 YB-016에서 가장 높은 농도를 보였으며, 구획 YB-031, YB-032에서도 다른 구획보다 상대적으로 높은 분포를 나타냈다. NOAA 기준의 ERL값은 34mg/kg이며 ERM값은 270mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면 배출해역의 북쪽절반의 대부분 구획과 대조해역의 YBR-003에서 ERL을 초과하였다.

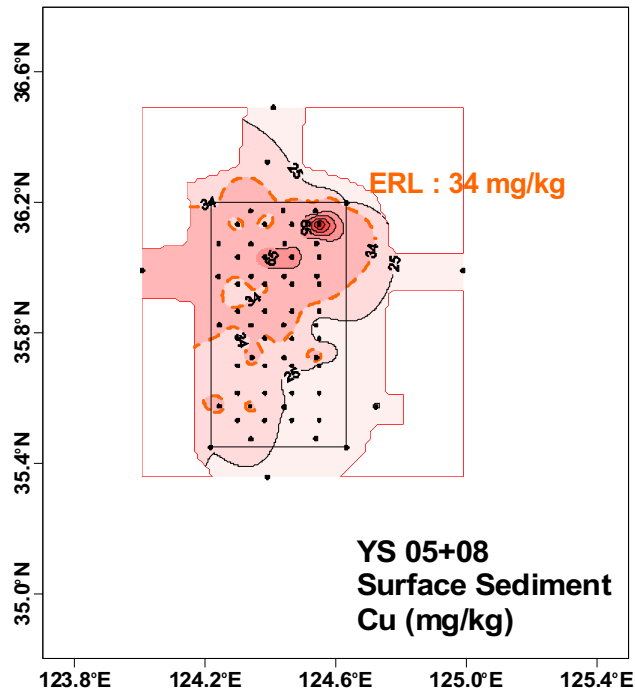


그림 2-7-12. 서해병해역 표층퇴적물 구리 분포

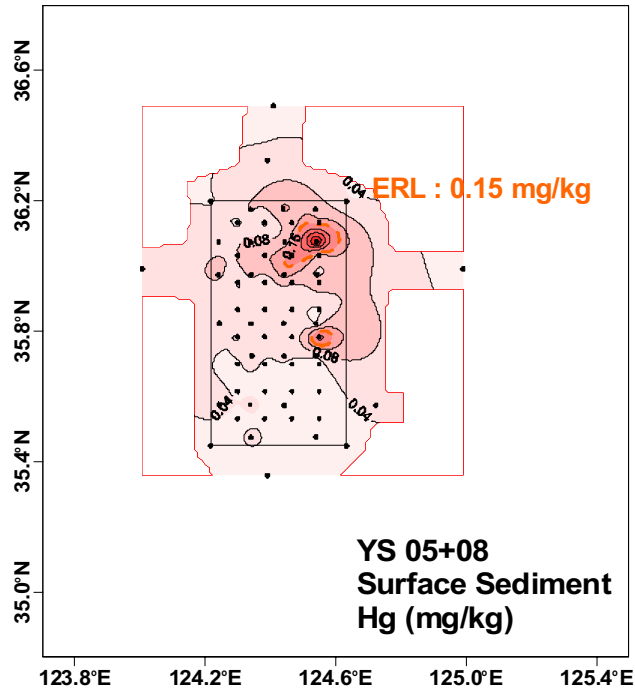


그림 2-7-13. 서해병해역 표층퇴적물 수은 분포

(마) 수은(Hg)

수은은 0.02~0.35mg/kg 농도 범위, 평균 0.06mg/kg(n=65)을 나타내 해역에 따라 약 22배의 농도 차이가 났다(그림 2-7-13). 배출 해역에서는 0.02~0.35mg/kg의 농도 범위, 평균 0.07mg/kg(n=60)로 대조 해역의 0.02~0.05mg/kg, 평균 0.03mg/kg (n=5)에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타냈다. 특히 배출해역의 구획 YB-025에서 가장 높은 농도를 보였으며, 구획 YB-032, YB-079에서도 다른 구획보다 상대적으로 높은 분포를 나타냈다. 수은의 ERL값은 0.15mg/kg이며 ERM값은 0.71mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면 배출 해역의 구획 YB-025, YB-032, YB-079에서 ERL농도를 초과하였다.

(바) 니켈(Ni)

니켈은 12.2~95.4mg/kg, 평균 38.2mg/kg(n=65)으로 조사 구획에 따라 16배의 농도 차이를 나타냈다(그림 2-7-14). 배출 해역에서는 24.5~95.4mg/kg 농도 범위, 평균 38.8mg/kg(n=60)로 대조 해역의 12.2~45.5mg/kg, 평균 31.3mg/kg(n=5)에 비해 다소 높은 농도를 나타냈다.

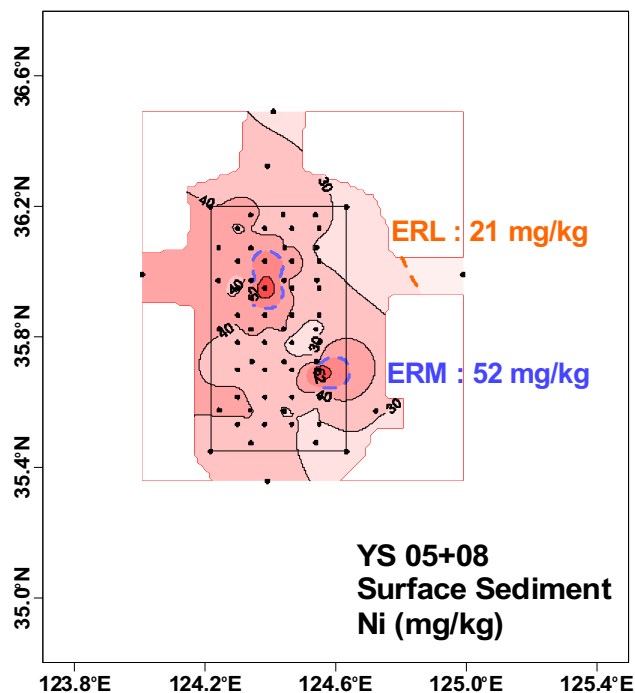


그림 2-7-14. 서해명해역 표층퇴적물 니켈 분포

특히 배출해역의 구획 YB-049에서 가장 높은 농도를 보였으며, 구획 YB-031, YB-097에서도 다른 구획보다 상대적으로 높은 농도를 나타냈다. 니켈의 ERL값은 21mg/kg이며 ERM값은 52mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면

대조구역 구획 YBR-004를 제외한 모든 구획에서 ERL농도를 초과하였으며, 배출해역의 구획 YB-031, YB-049, YB-097에서는 ERM농도를 상회하는 높은 농도를 나타냈다.

(사) 납(Pb)

납은 24.0~67.3mg/kg의 농도 범위, 평균 35.5mg/kg (n=65)으로 해역에 따라 약 2.8배의 농도 차이가 났다(그림 2-7-15). 배출 해역에서는 24.2~67.3mg/kg의 농도 범위, 평균 36.1mg/kg(n=60)로 대조 해역의 27.9~34.5mg/kg, 평균 24.0mg/kg (n=5)에 비해 다소 높은 농도를 나타냈다. 특히 배출해역의 구획 YB-031에서 가장 높은 농도를 보였으며, 구획 YB-032, YB-059, YB-061에서도 다른 구획보다 상대적으로 높은 분포를 나타냈다. 납의 ERL값은 46.7mg/kg이며 ERM값은 218mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면 배출 해역의 구획 YB-031, YB-032, YB-052, YB-059, YB-061에서 ERL농도를 초과하였다.

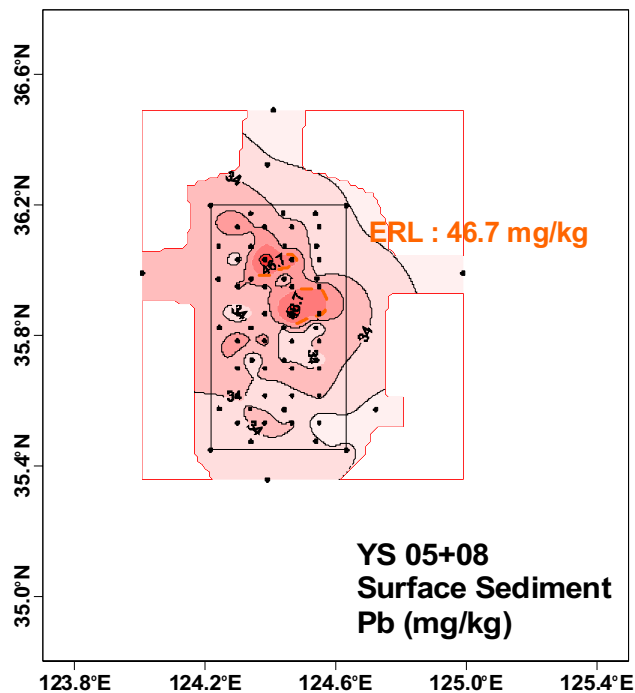


그림 2-7-15. 서해병해역 표층퇴적물 납 분포

(아) 아연(Zn)

아연은 31~239mg/kg의 농도 범위, 평균 110mg/kg(n=65)으로 해역에 따라 약 8배의 농도 차이가 났다(그림 2-7-16). 배출 해역은 64~239mg/kg의 농도 범위, 평균 114mg/kg (n=60)로 대조해역의 31~113mg/kg, 평균 76mg/kg(n=5)에 비해

상대적으로 높은 농도를 나타냈다. 특히 배출해역의 구획 YB-031에서 가장 높은 농도를 보였으며, 구획 YB-029, YB-032에서도 다른 구획보다 상대적으로 높은 분포를 나타냈다. 아연의 ERL값은 150mg/kg이며 ERM값은 410mg/kg이다. 본 조사결과를 위 값들과 비교해 보면 배출 해역의 구획 YB-029, YB-031, YB-032, YB-88에서 ERL농도를 초과하였다.

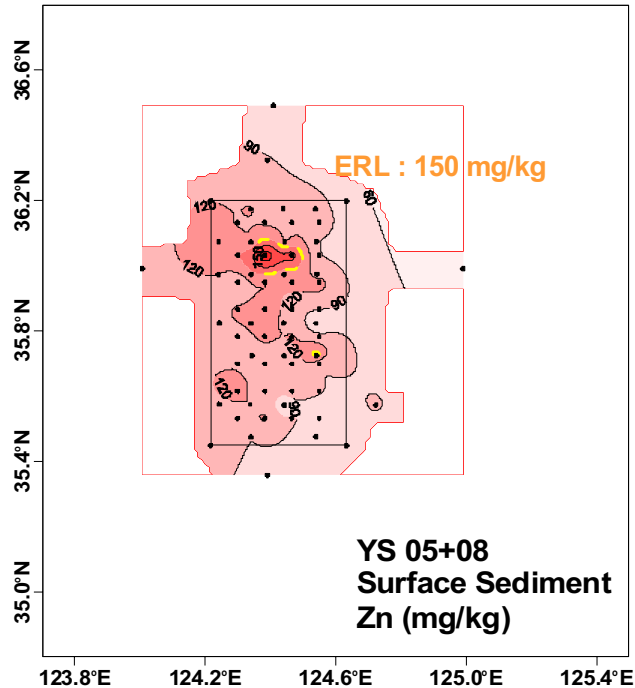


그림 2-7-16. 서해병해역 표층퇴적물 아연 분포

서해병해역의 주상퇴적물 중의 중금속 농도의 수직분포 특성을 그림 2-7-17~2-7-24, 표 2-7-7~2-7-15에 나타내었다.

비소(As)는 대부분의 조사 구획에서 표층에서 높고, 조사 구획에 따라 깊이의 차이는 있지만 퇴적물 깊이 약 10cm까지 감소한 후 10-15cm 깊이에서 다시 농도가 깊이에 따라 증가되는 분포를 나타냈다(그림 2-7-17).

카드뮴(Cd)은 대부분 조사 구획에서 구획 YB-031를 제외한 거의 모든 구획에서 퇴적물 깊이에 따라 농도가 증가하는 분포를 나타내었다(그림 2-7-18). 또한 대조 구역과 배출 해역의 농도 차이가 유사하게 나타내었다.

크롬(Cr)은 대부분 퇴적물 깊이에 따라 표층에서 농도가 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소한 후 일정한 농도 분포를 나타냈다(그림 2-7-19). 대조 구역 구획 YBR-004, YBR-005를 제외한 모든 구획의 모든 깊이에서 ERL값을

초과하였으며, 특히 구획 YB-007, YB-016, YB-031, YB-032, YB-034의 표층-5cm 깊이에서는 ERM값을 넘는 분포를 나타냈다.

구리(Cu)는 거의 모든 구획에서 표층에서 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소하는 경향을 보였으며 그 이후 깊이에서는 일정한 농도를 나타냈다(그림 2-7-20). 구획 YB-009, YB-061, YB-070, YB-113, YB-115, YB-122, YB-124, YB-129, YB-133, YBR-001-08, YBR-004, YBR-004-08, YBR-005, YBR-005-08을 제외한 모든 구획에서 표층-5cm 깊이에서 ERL값을 초과하는 분포를 나타냈다.

수은(Hg)은 거의 모든 구획에서 표층에서 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소하는 경향을 보였으며 그 이후 깊이에서는 일정한 농도를 나타냈다(그림 2-7-21). 구획 YB-025, YB-031, YB-032, YB-041, YB-079, YB-084의 표층-5cm 깊이에서 ERL값을 초과하는 분포를 나타냈다.

니켈(Ni)은 구획 YB-031, YB-032에서는 표층에서 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소하는 경향을 보였으며 그 이후 깊이에서는 일정한 농도를 나타냈다. 그러나 다른 모든 구획에서는 깊이에 따른 농도변화가 뚜렷하게 보이지 않았다(그림 2-7-22). 또한 구획 YBR-004-08을 제외한 모든 구획의 모든 깊이에서 ERL값을 초과하였다.

납(Pb)은 거의 모든 구획에서 표층이나 2cm깊이에서 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소하는 경향을 보였으며 그 이후 깊이에서는 일정한 농도를 나타냈다(그림 2-7-23). 구획 YB-021, YB-029, YB-031, YB-032, YB-039, YB-059, YB-061, YB-077, YB-079의 표층-2cm 깊이에서 ERL값을 초과하고 있으며, 대조구역 구획 YBR-002, YBR-004, YBR-005의 5-10cm 깊이범위에서 ERL농도를 초과하는 깊이들이 존재하는 분포를 나타냈다.

아연(Zn)은 거의 모든 구획에서 표층에서 높고 퇴적물 깊이 약 5cm까지 감소하는 경향을 보였으며 그 이후 깊이에서는 일정한 농도를 나타냈다(그림 2-7-24). 구획 YB-003, YB-007, YB-014, YB-014-08, YB-016, YB-016-08, YB-019, YB-021, YB-023, YB-029, YB-031, YB-032, YB-034, YB-039, YB-041, YB-043, YB-056, YB-058, YB-064, YB-088, YB-111, YB-113의 표층-5cm 깊이나 다른 깊이에서 ERL값을 초과하는 분포를 나타냈다.

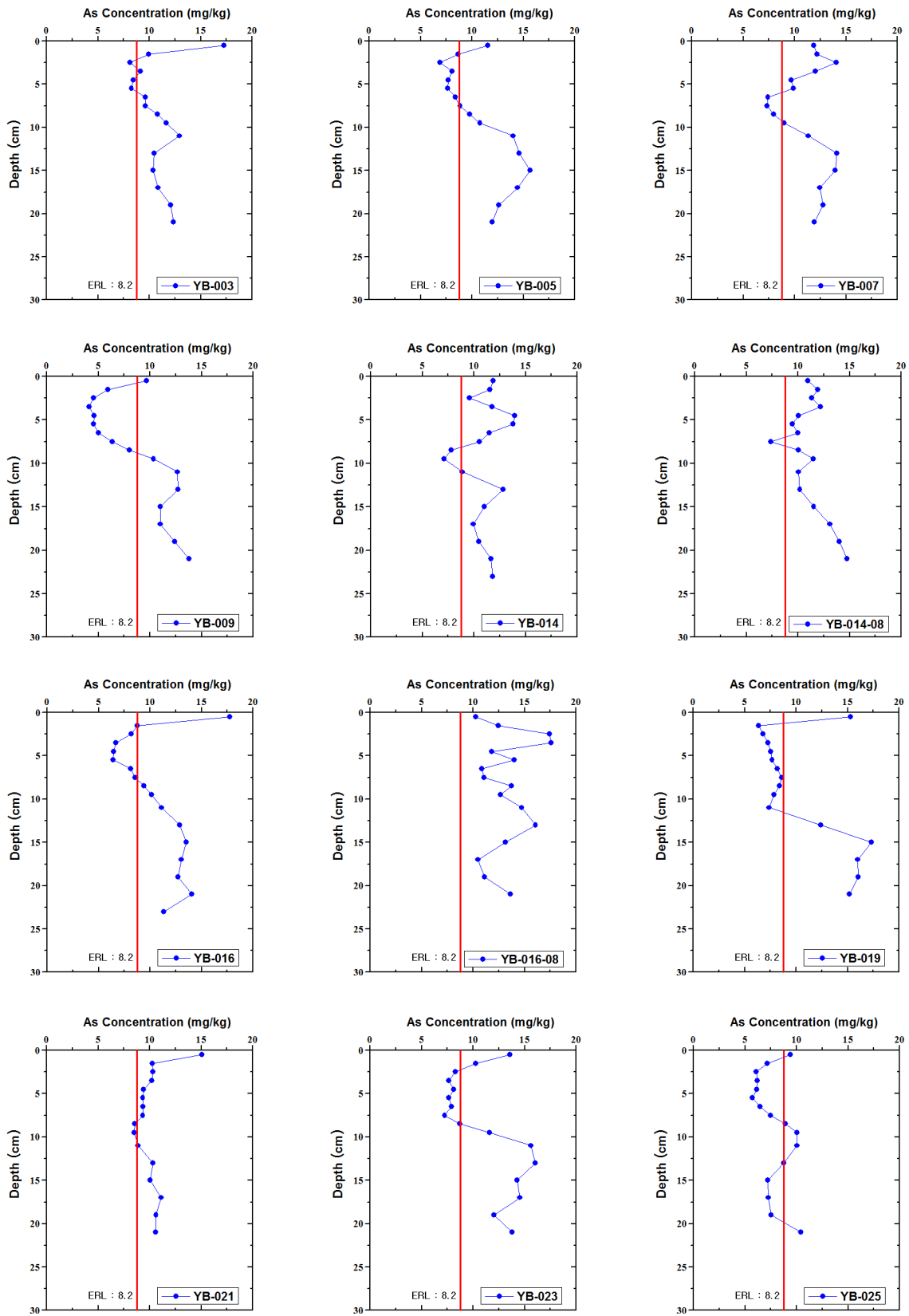


그림 2-7-17. 서해병해역 퇴적물 비소의 수직 분포

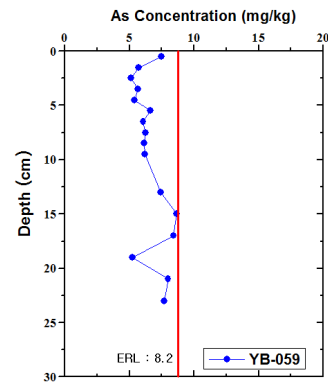
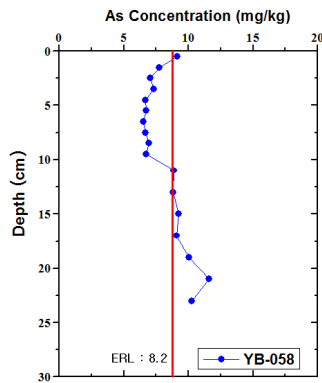
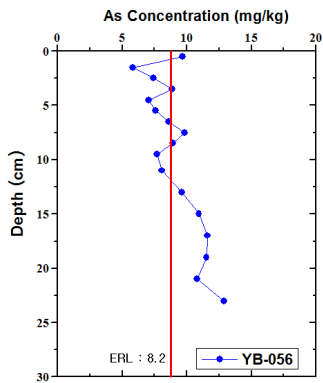
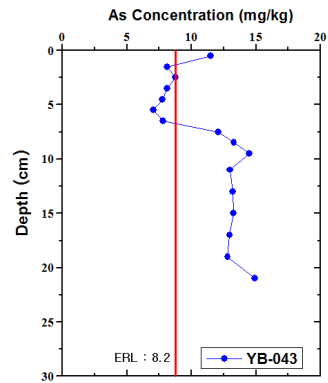
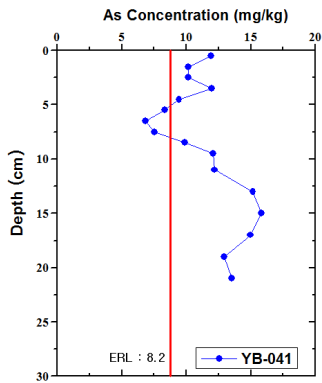
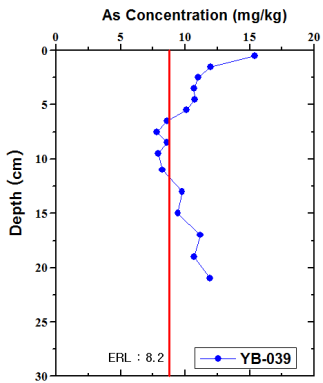
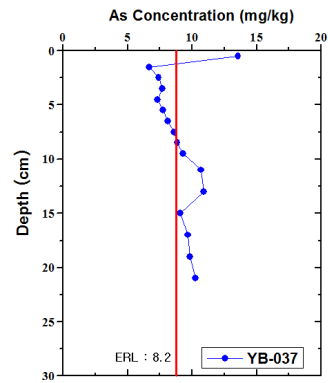
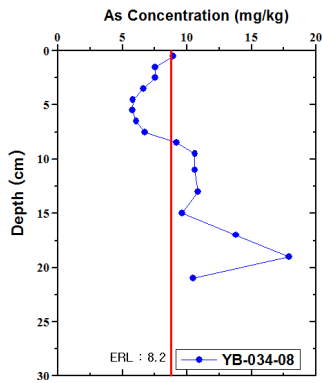
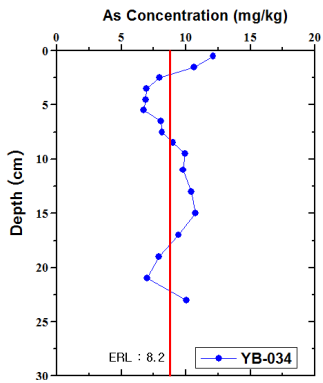
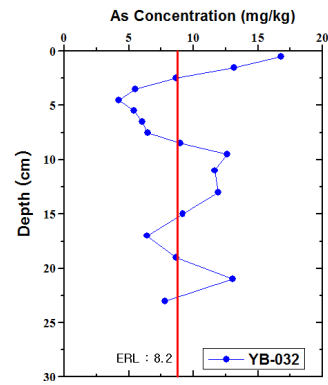
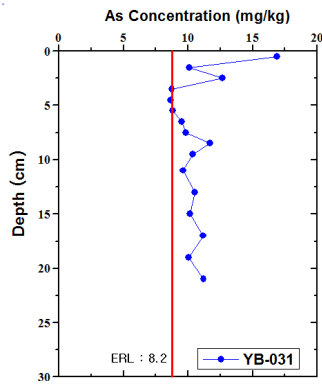
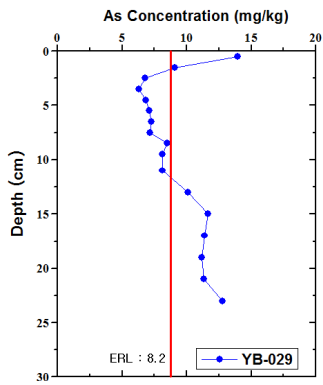


그림 2-7-17 (계속)

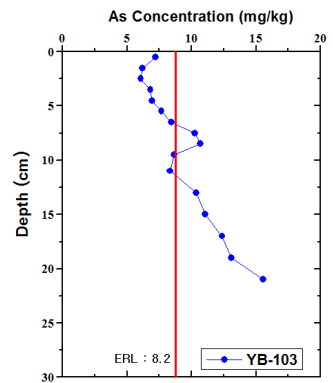
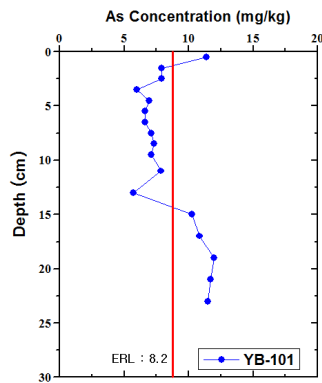
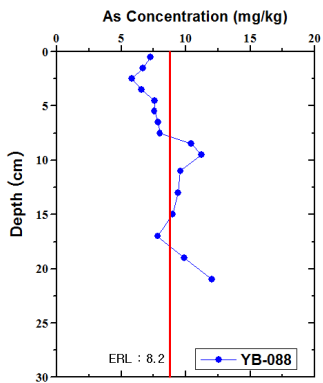
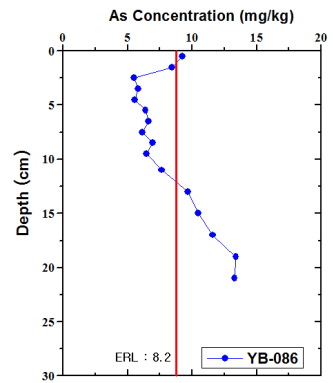
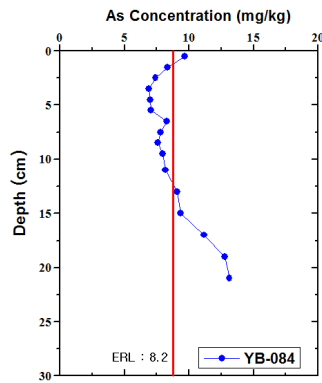
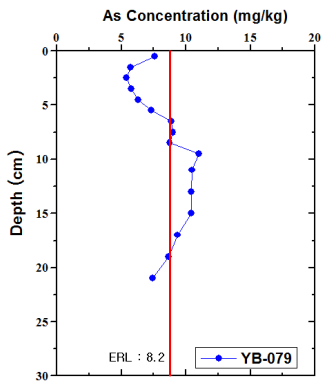
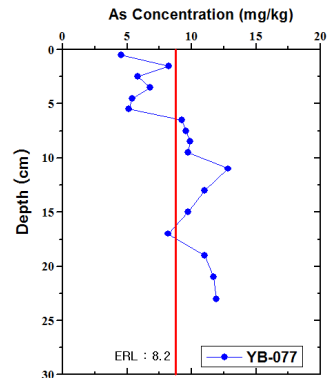
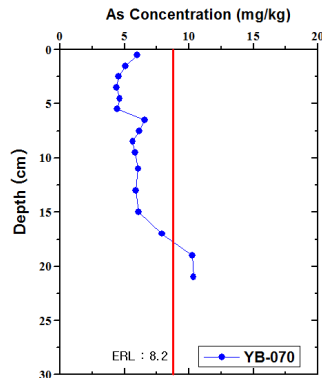
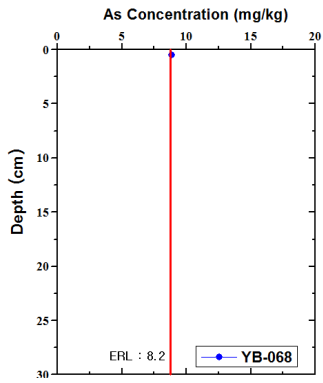
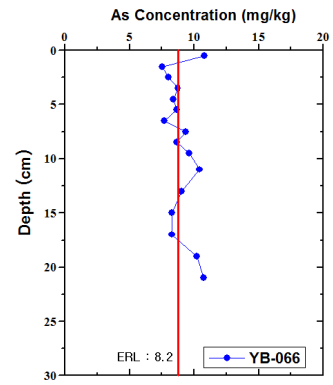
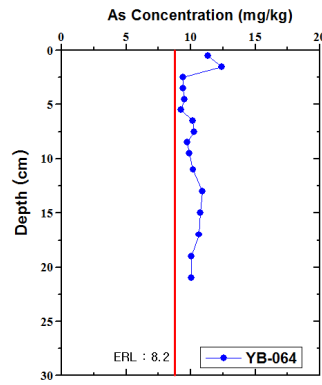
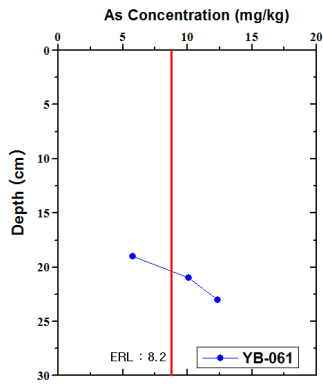


그림 2-7-17 (계속)

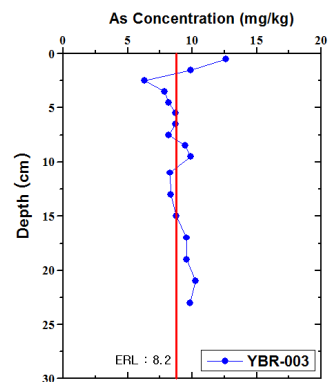
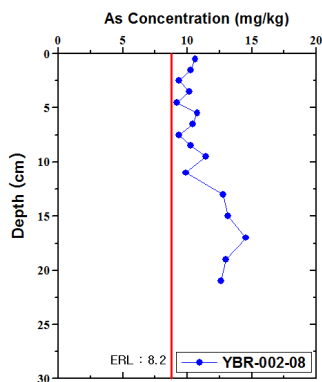
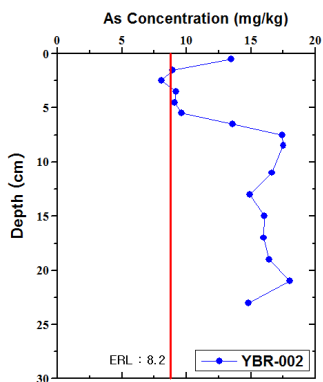
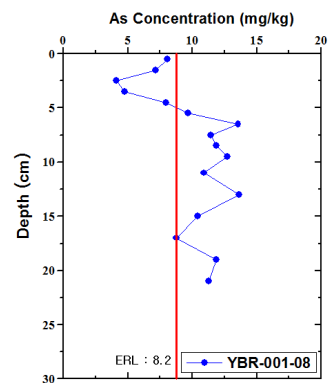
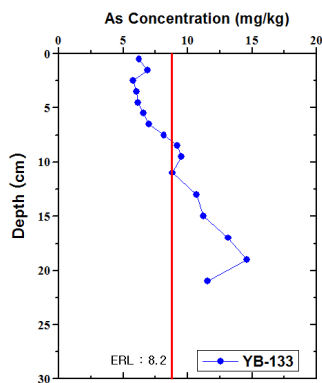
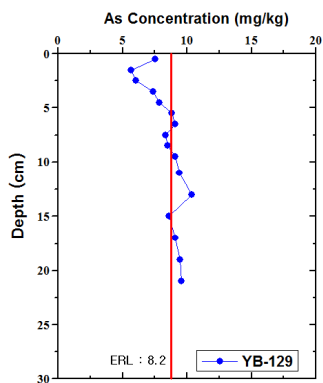
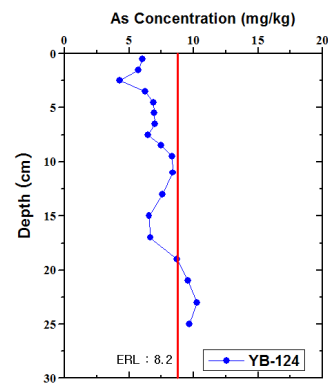
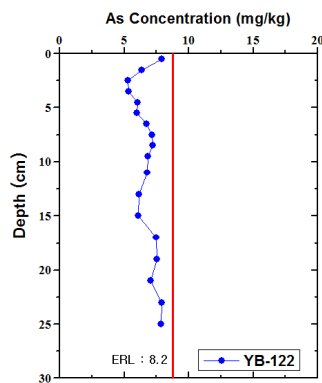
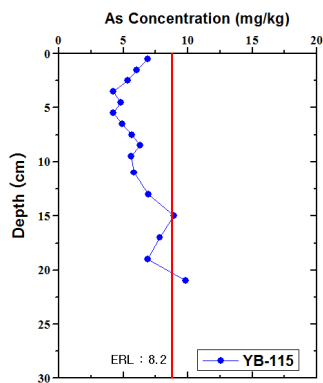
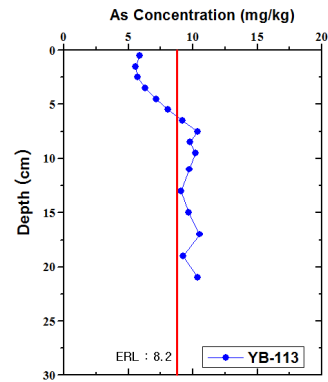
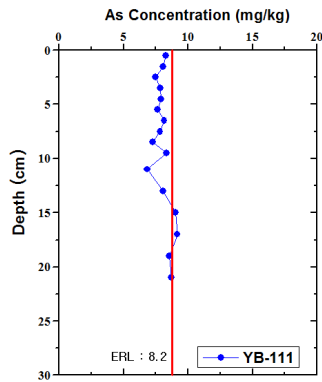
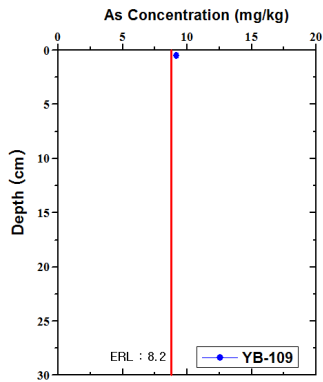


그림 2-7-17 (계속)

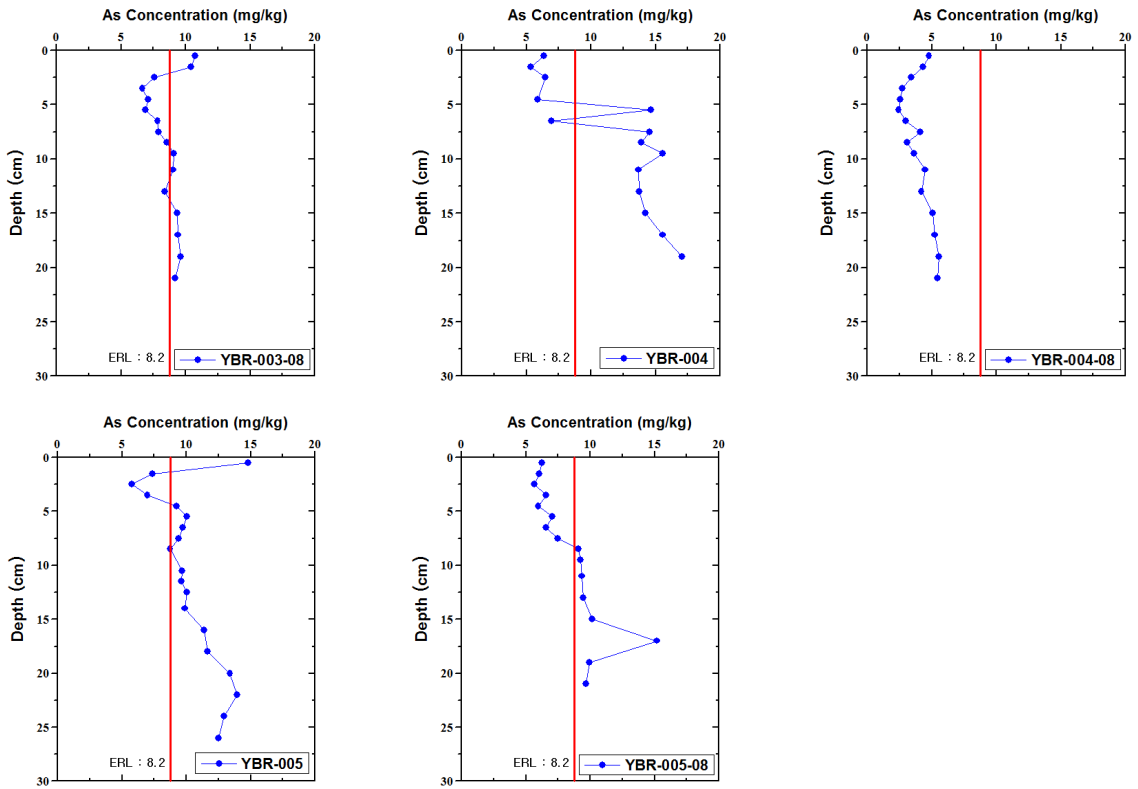


그림 2-7-17 (계속)

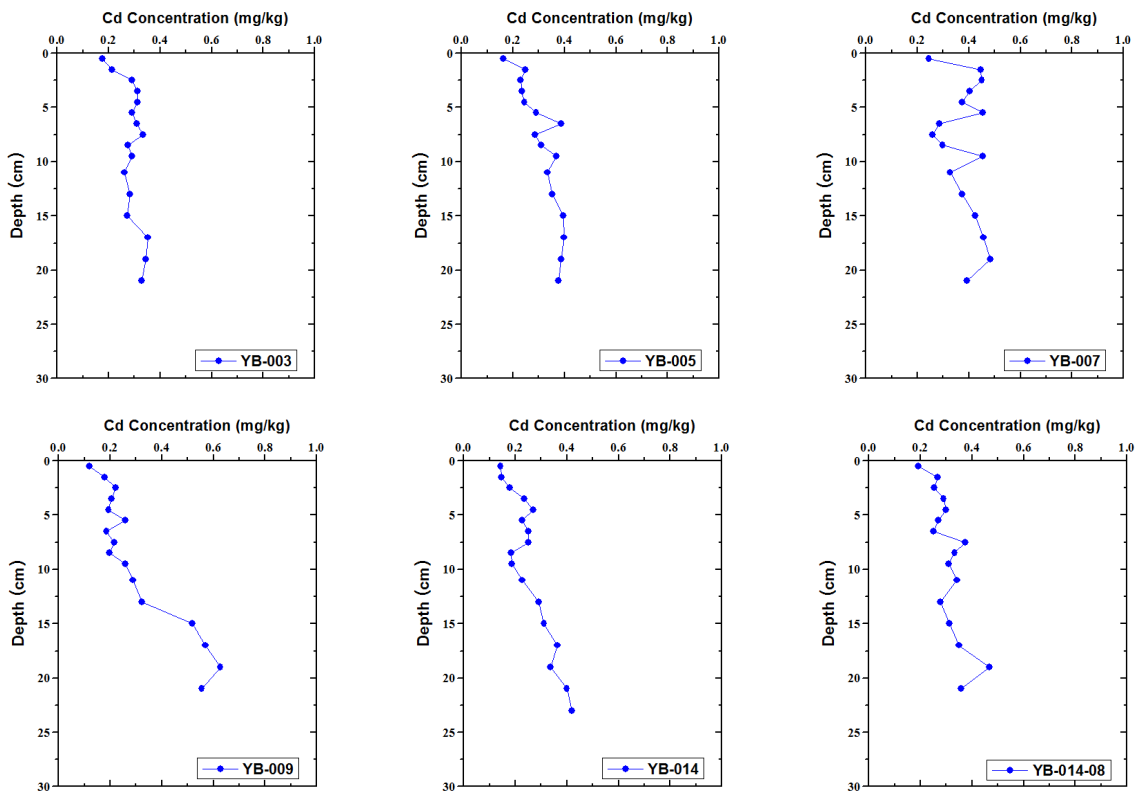


그림 2-7-18. 서해병해역 표층퇴적물 중 카드뮴의 수직분포

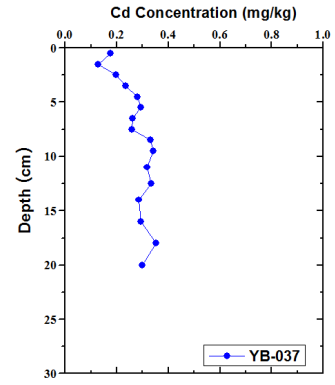
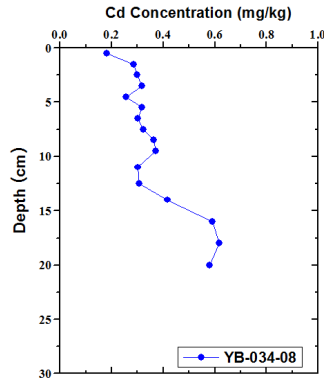
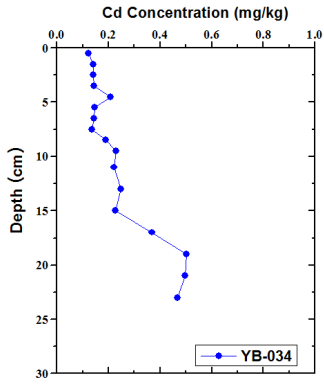
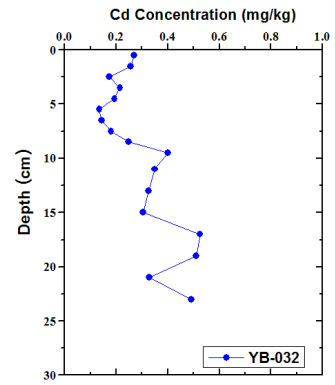
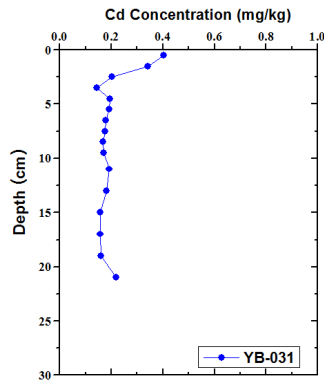
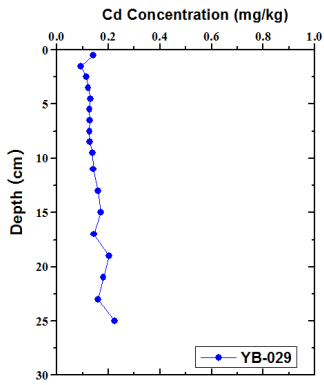
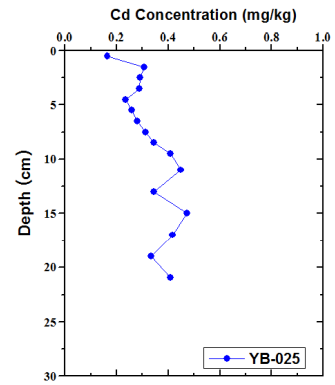
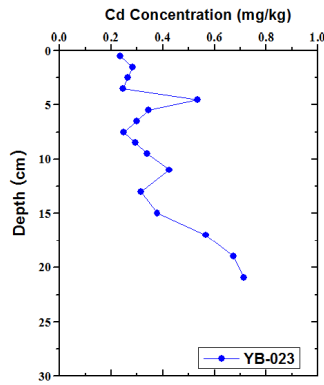
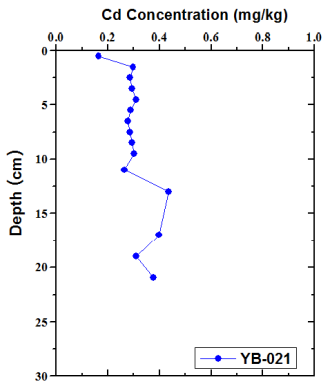
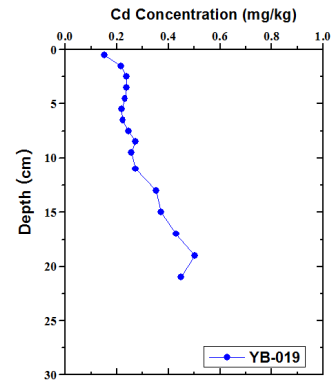
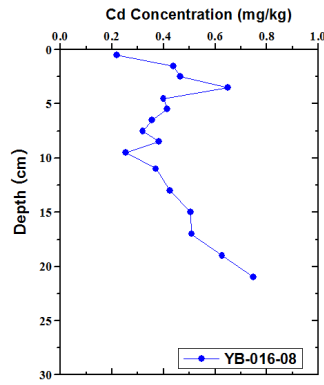
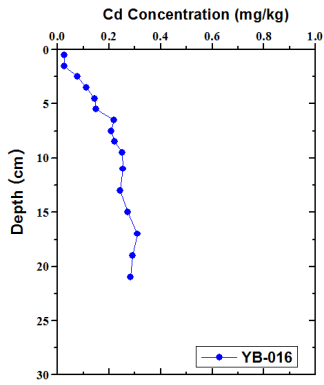


그림 2-7-18 (계속).

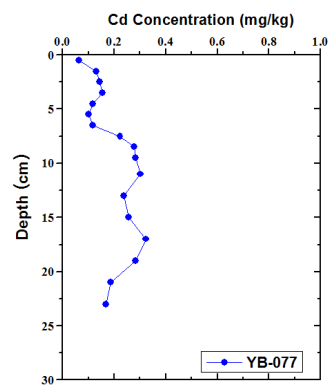
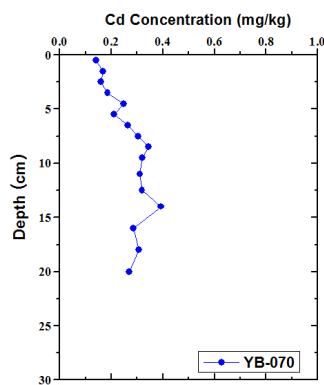
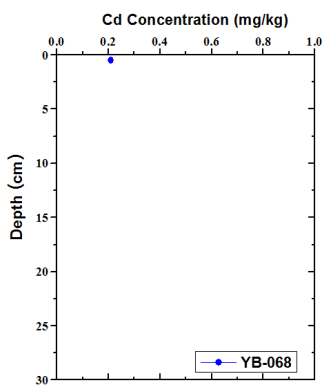
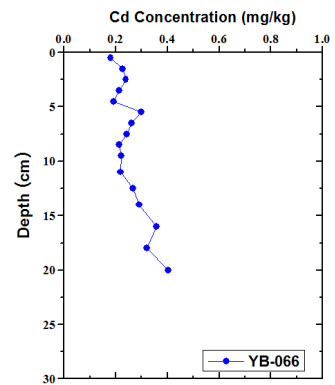
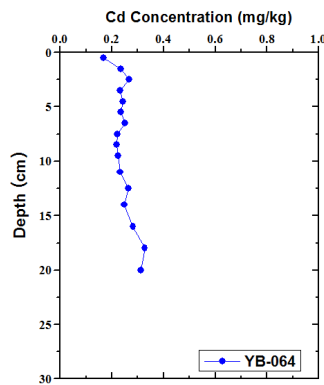
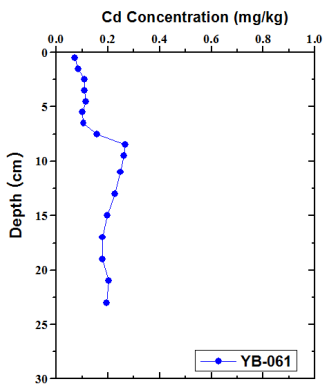
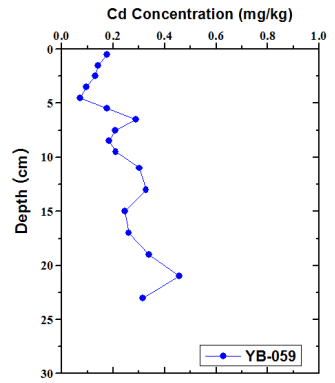
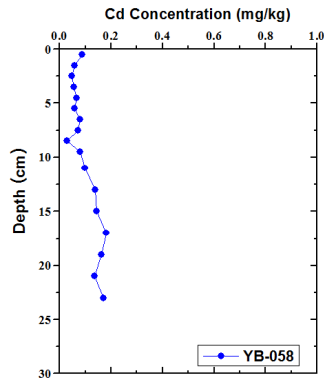
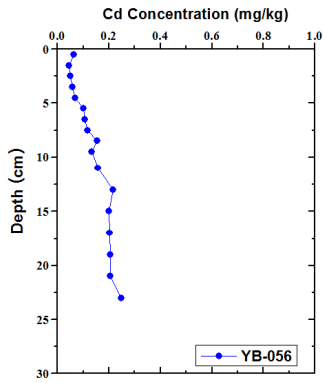
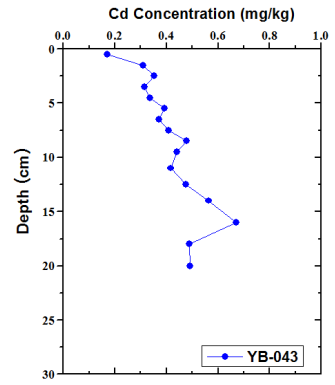
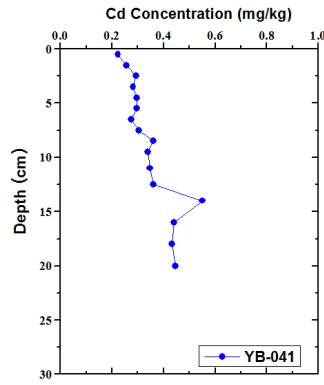
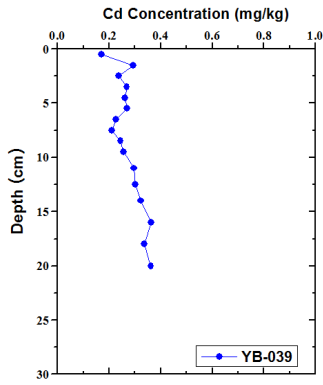


그림 2-7-18 (계속).

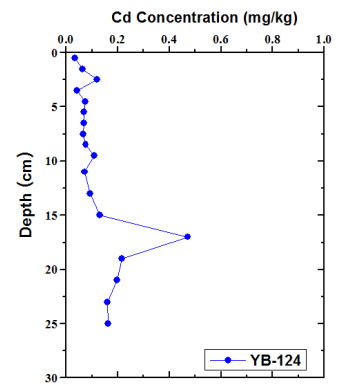
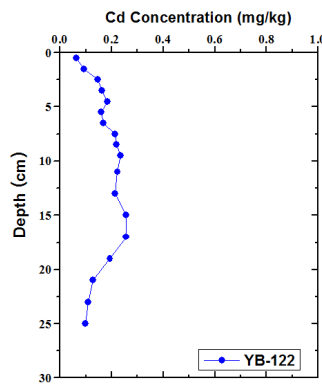
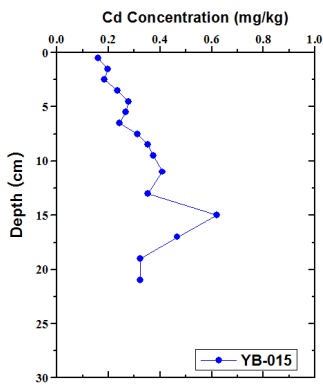
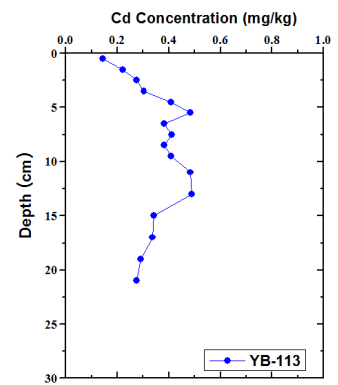
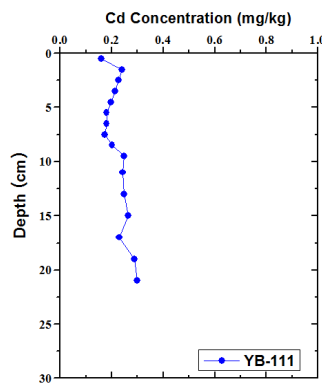
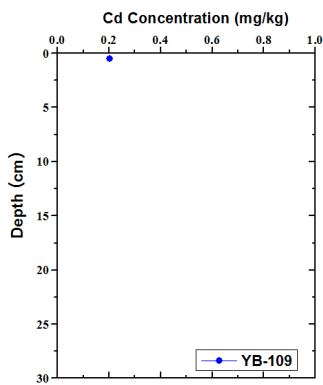
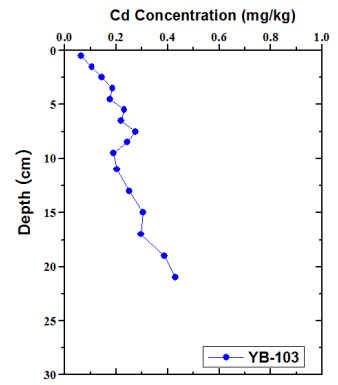
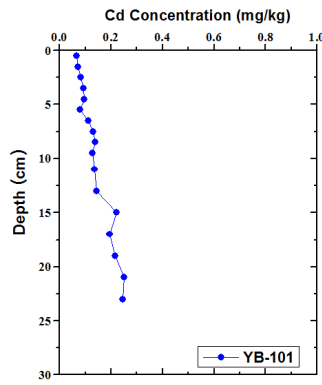
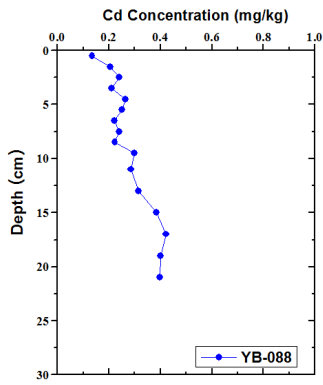
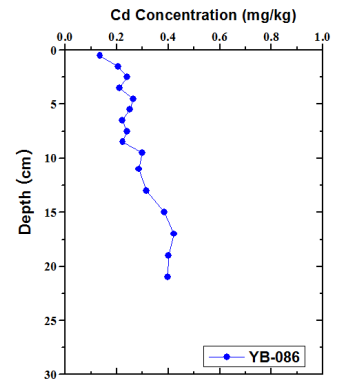
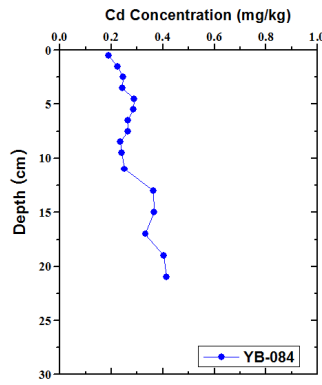
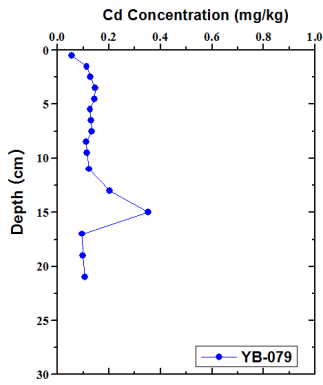


그림 2-7-18 (계속).

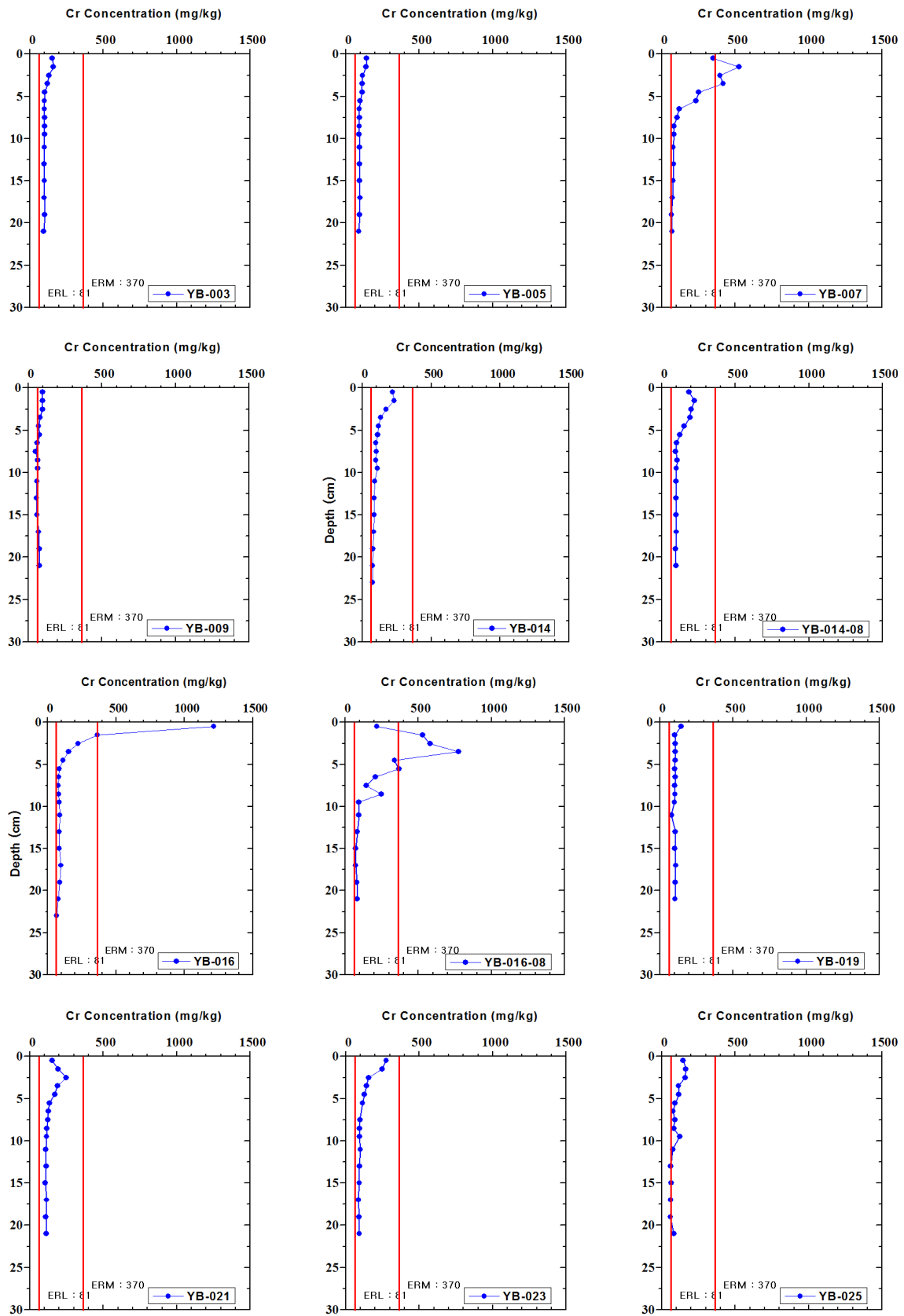


그림 2-7-19. 서해병해역 표층퇴적물 중 크롬의 수직분포

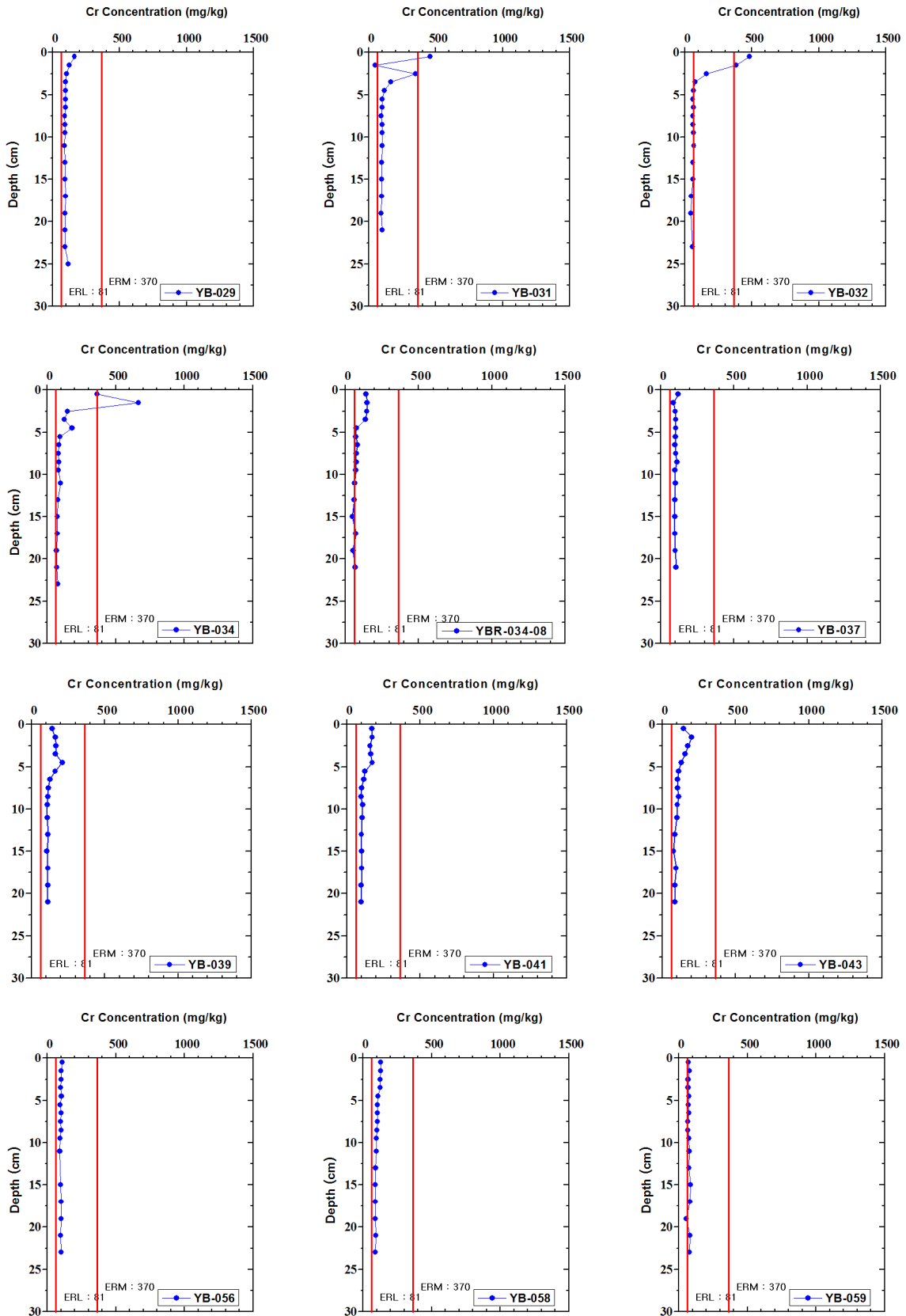


그림 2-7-19 (계속)

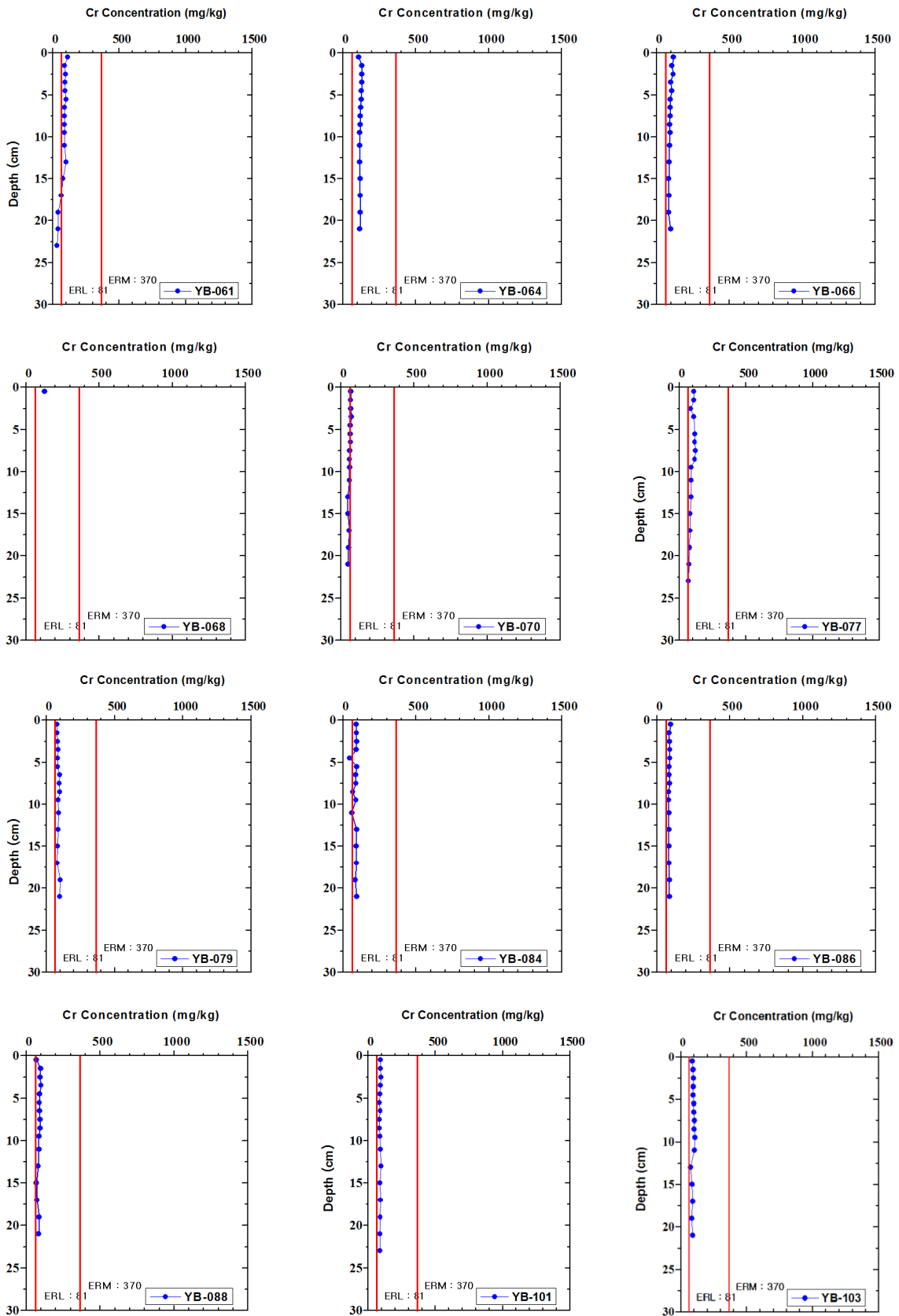


그림 2-7-19 (계속)

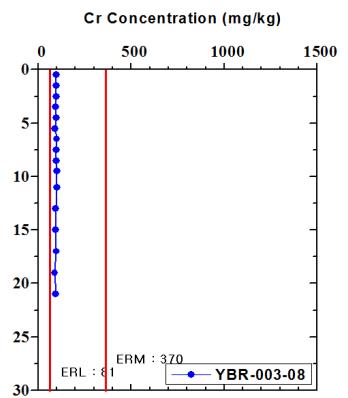
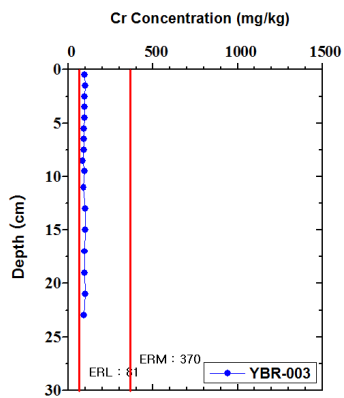
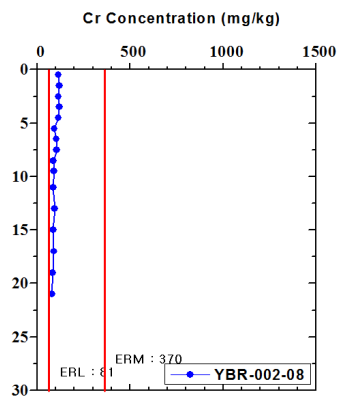
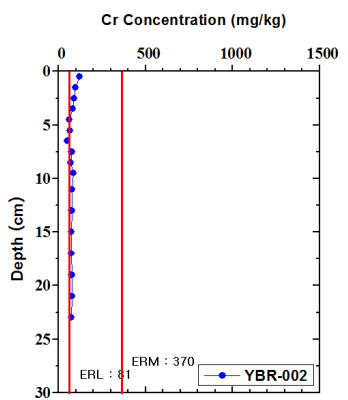
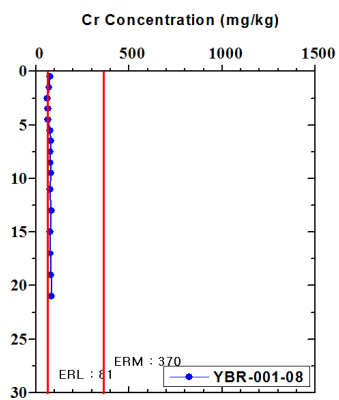
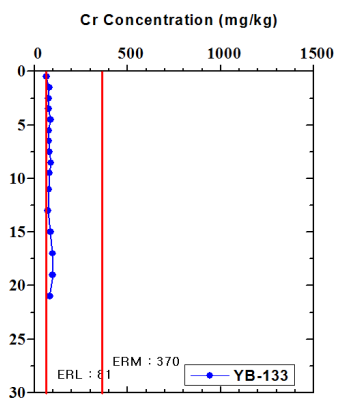
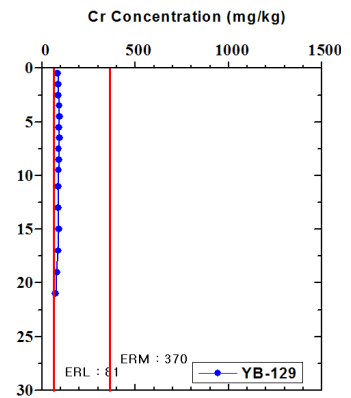
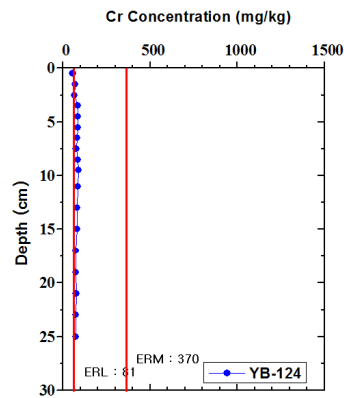
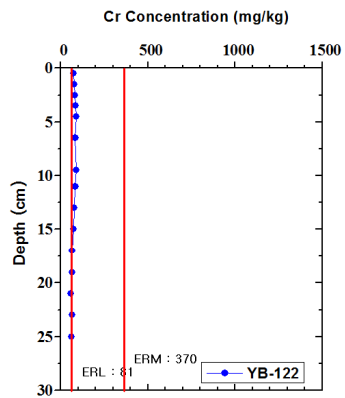
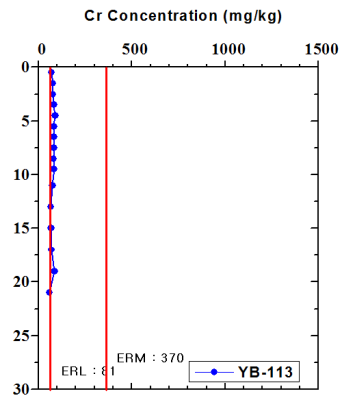
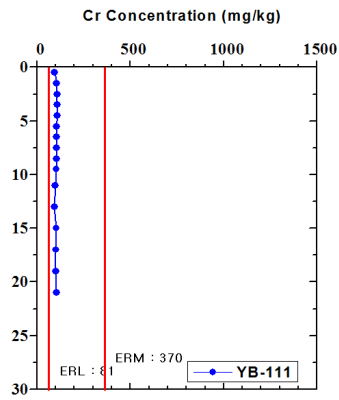
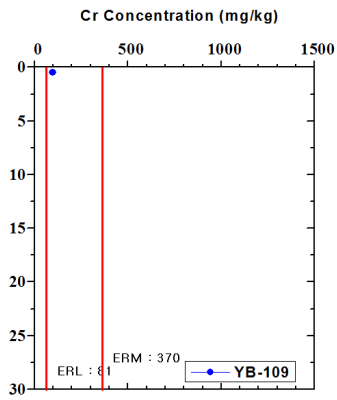


그림 2-7-19 (계속)

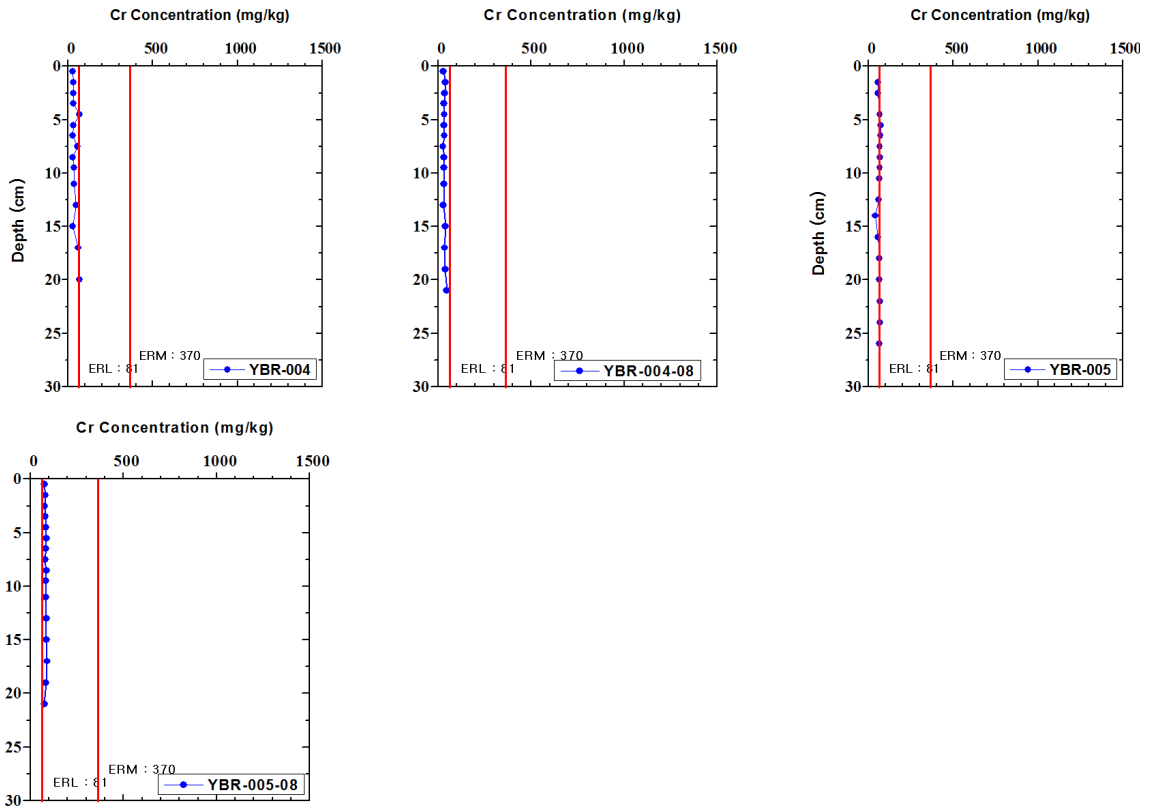


그림 2-7-19 (계속)

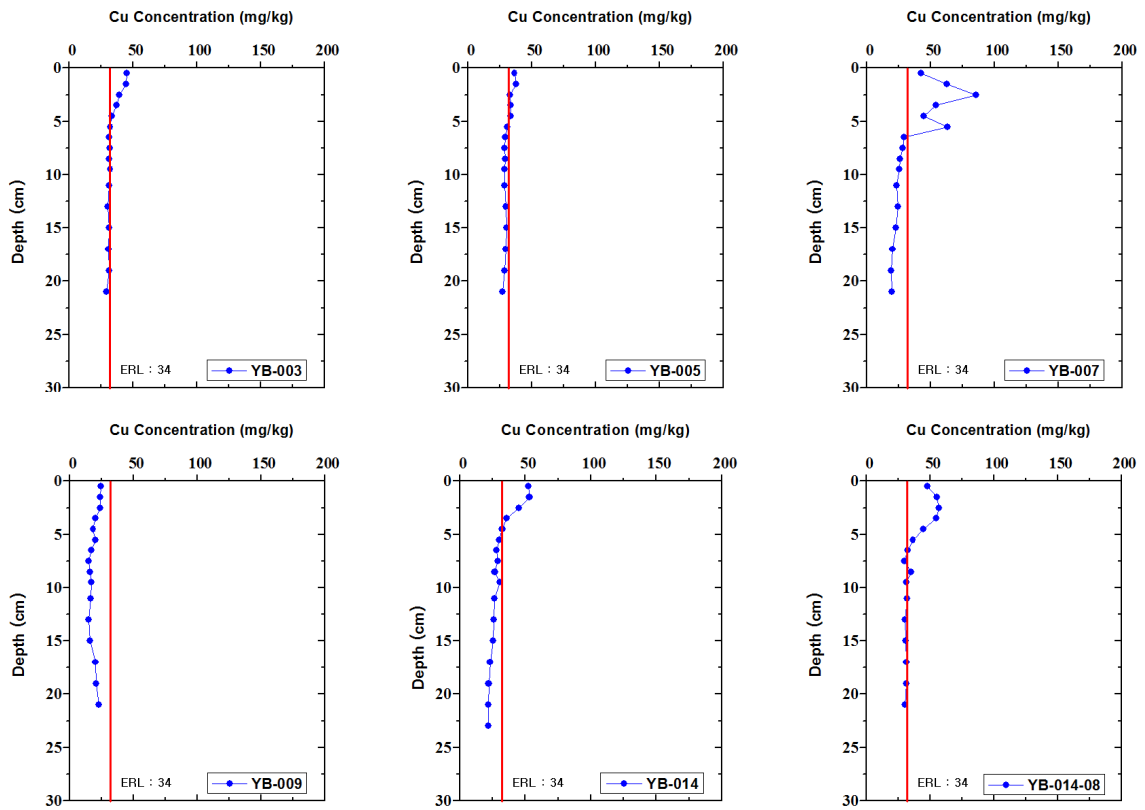


그림 2-7-20. 서해병해역 퇴적물 중 구리의 수직분포

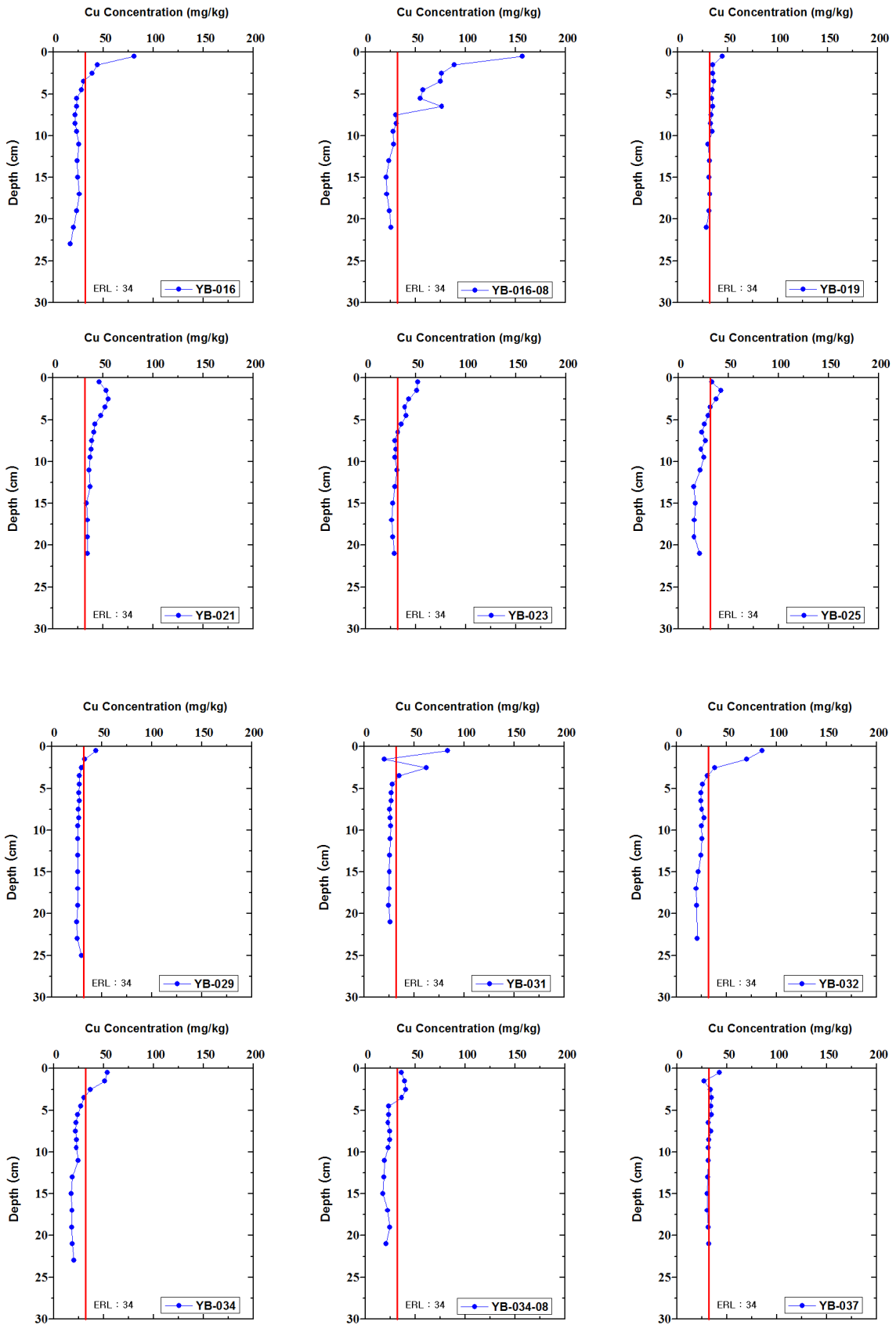


그림 2-7-20 (계속)

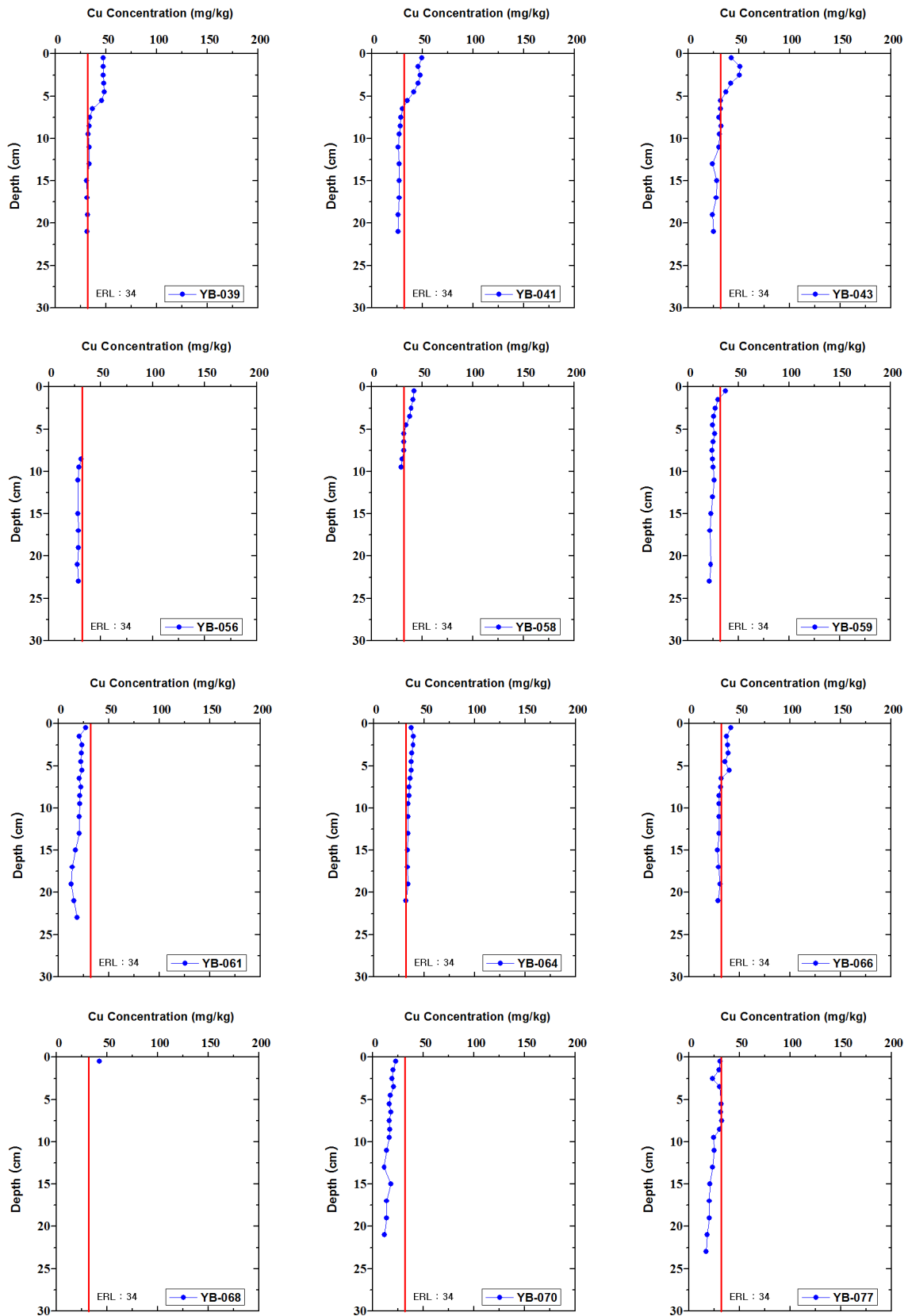


그림 2-7-20 (계속)

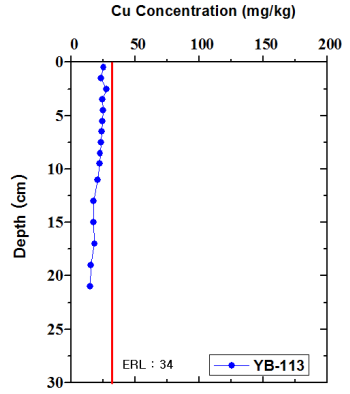
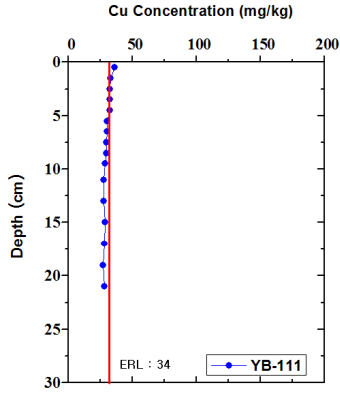
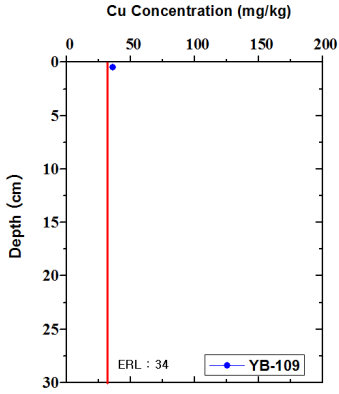
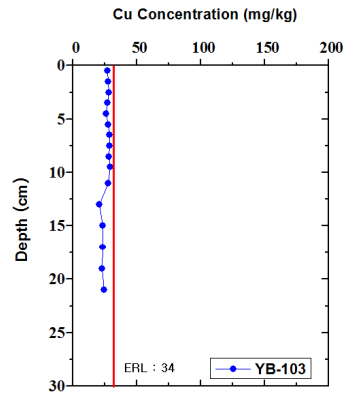
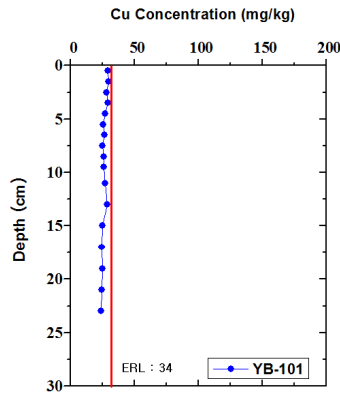
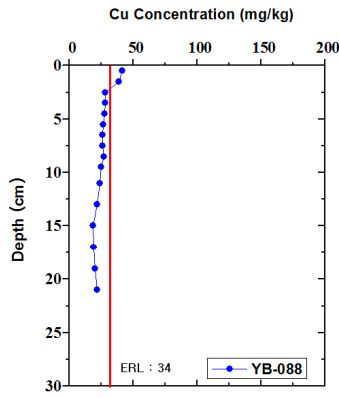
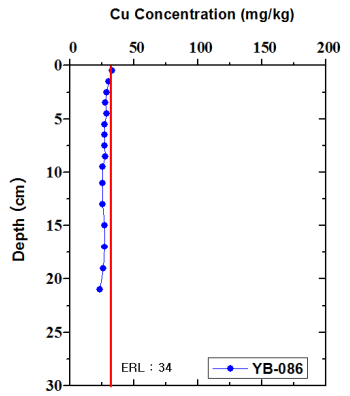
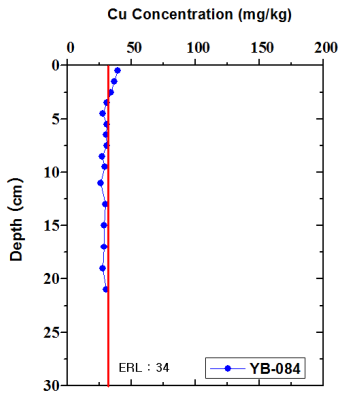
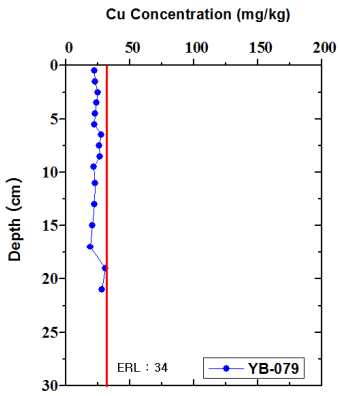
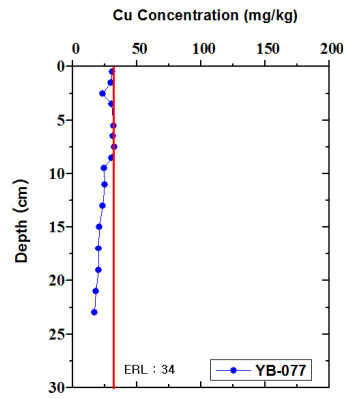
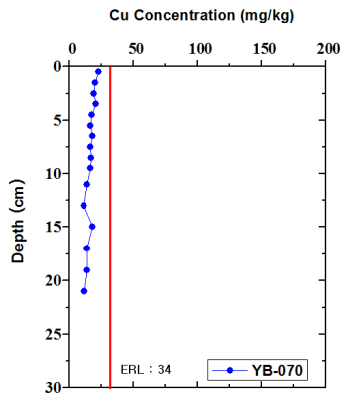
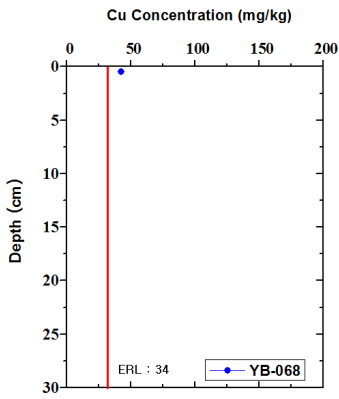


그림 2-7-20 (계속)

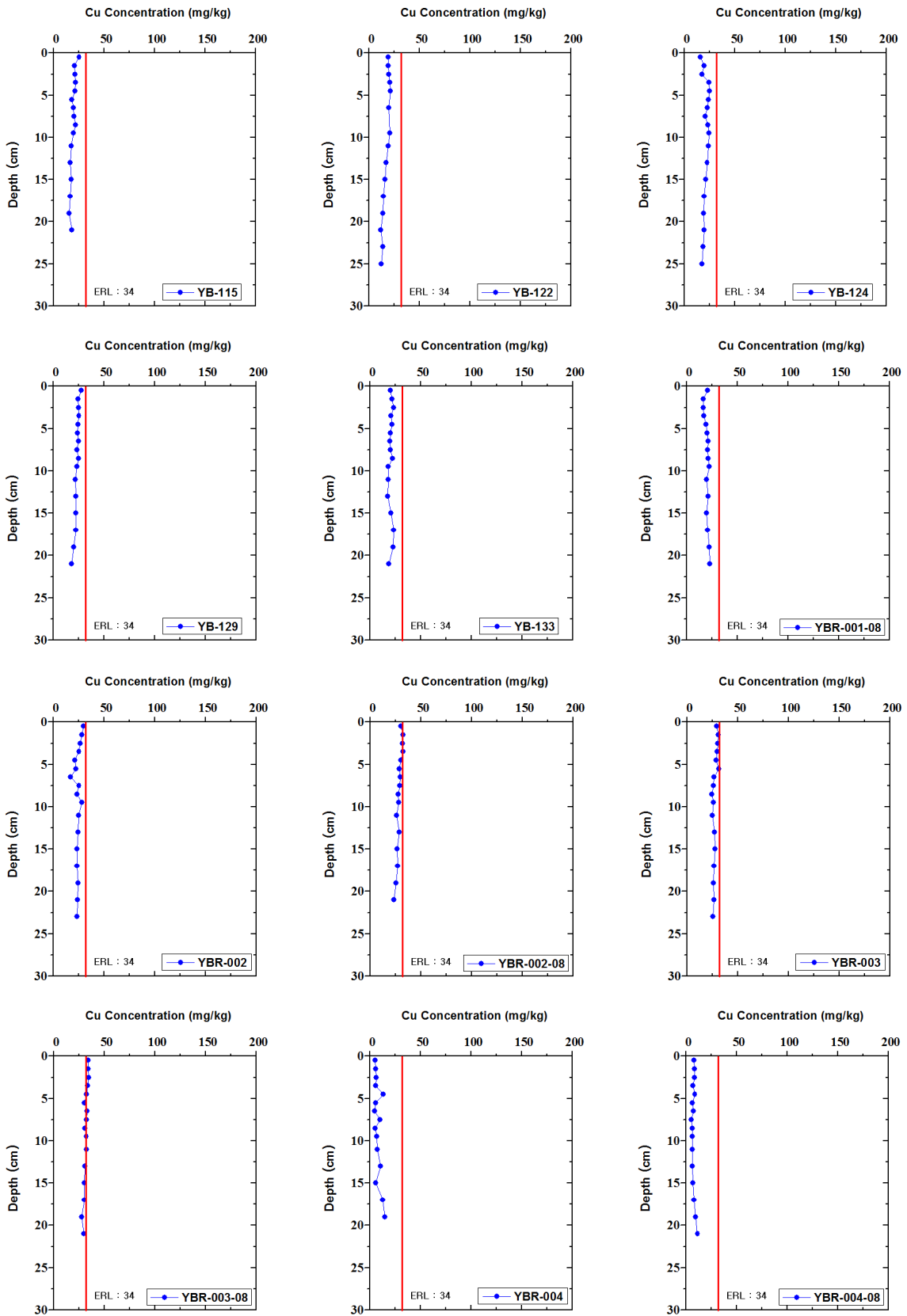


그림 2-7-20 (계속)

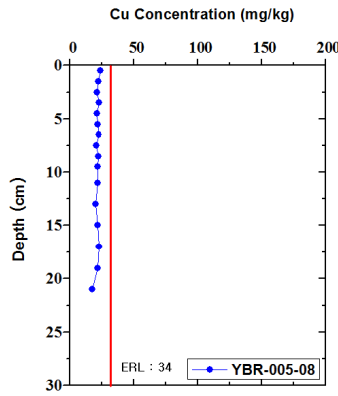
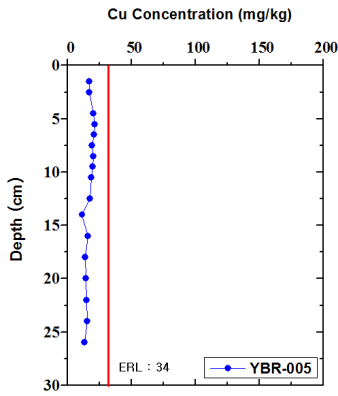


그림 2-7-20 (계속)

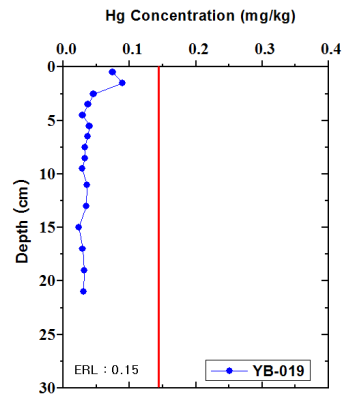
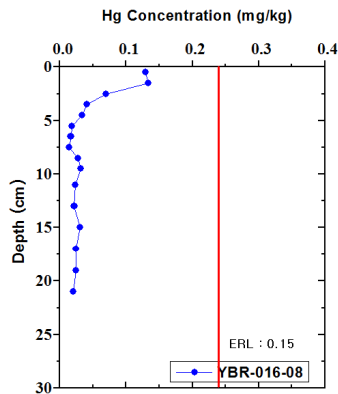
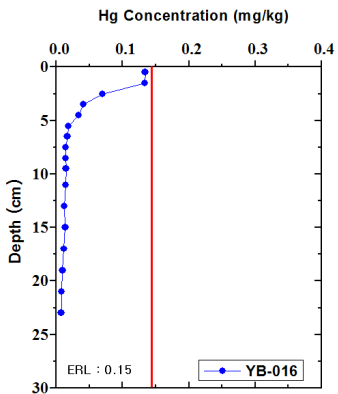
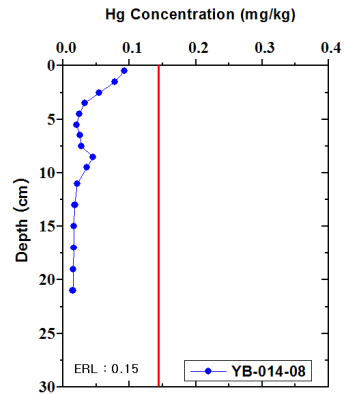
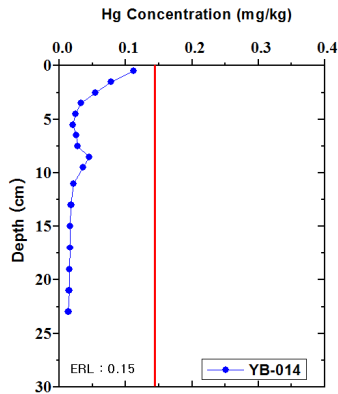
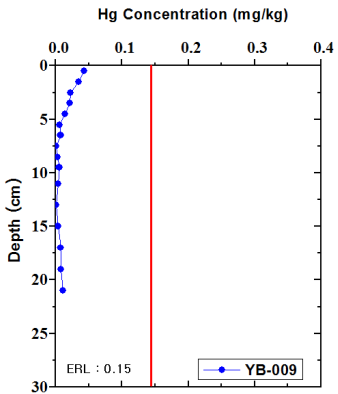
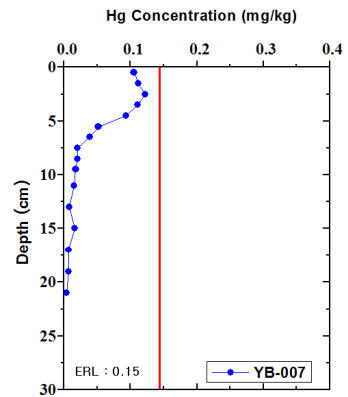
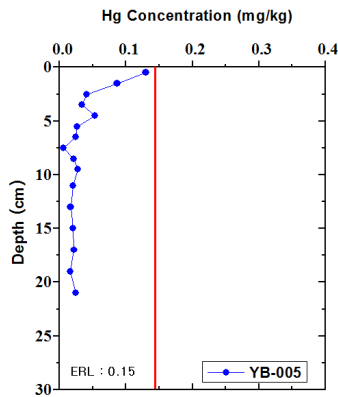
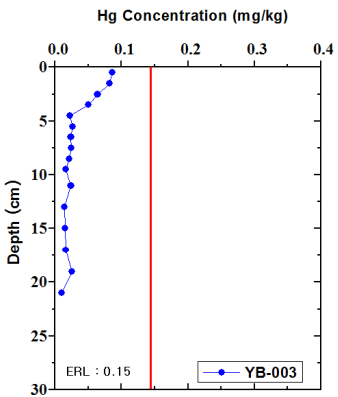


그림 2-7-21. 서해병해역 퇴적물 중 수은의 수직분포

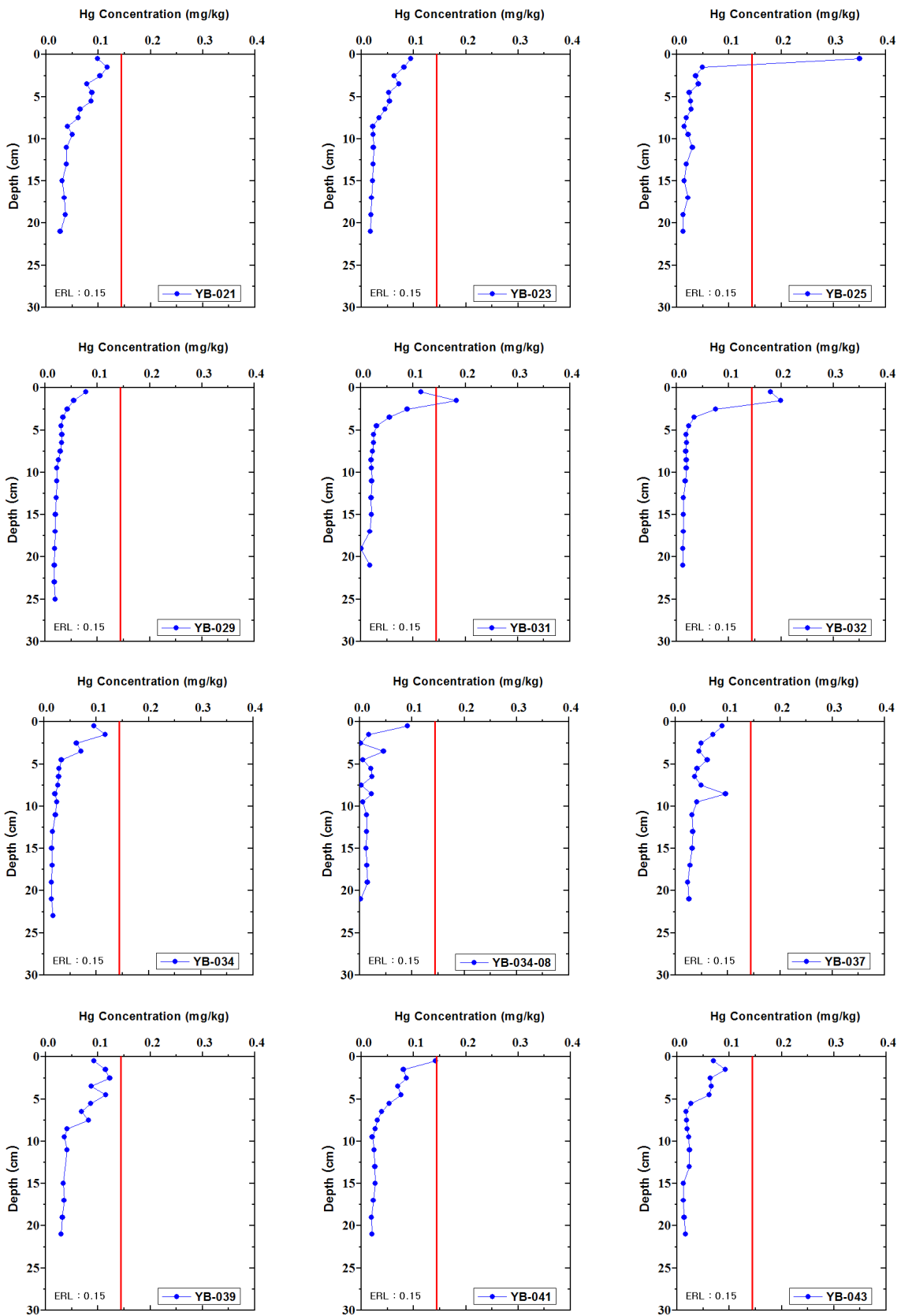


그림 2-7-21 (계속)

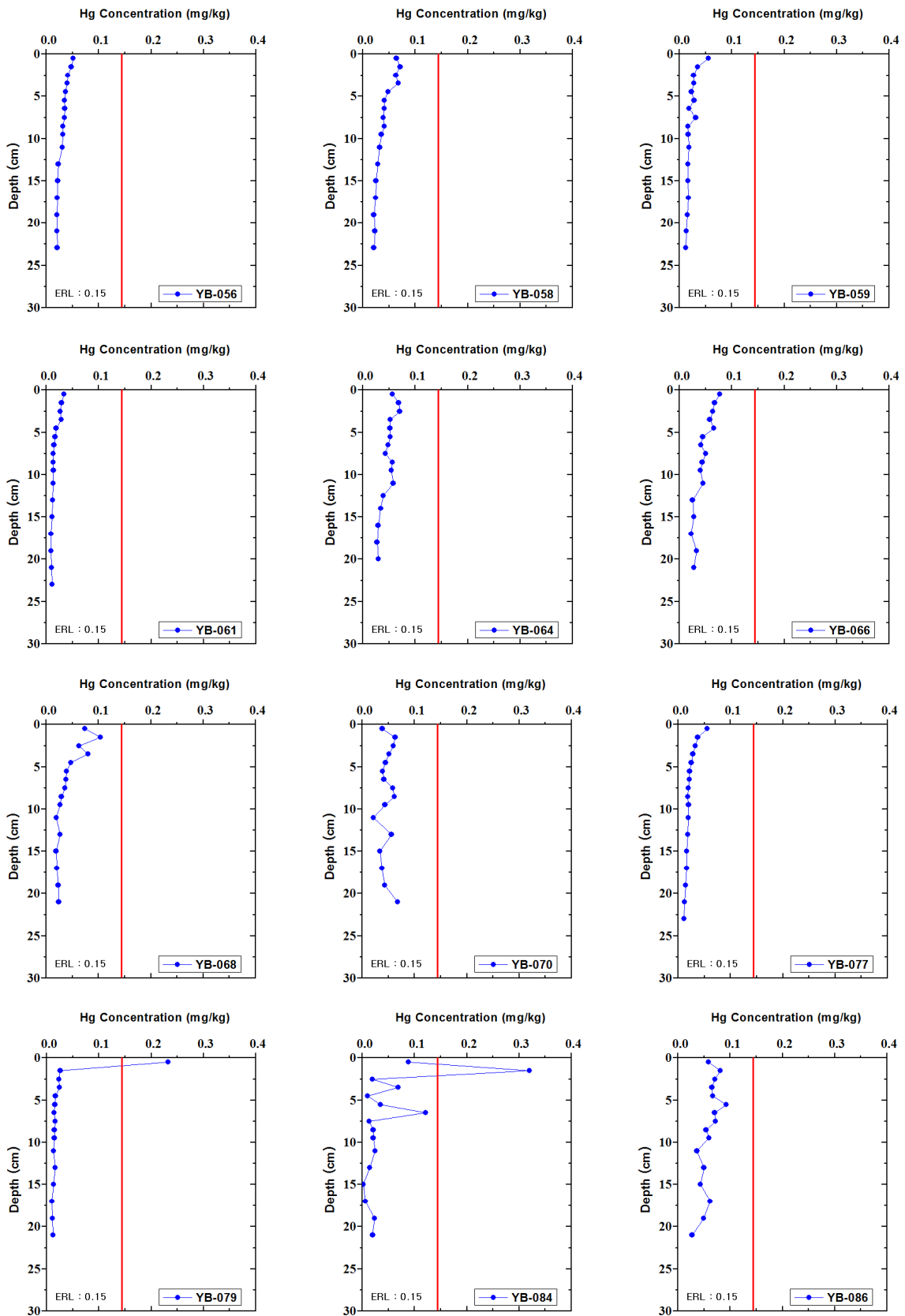


그림 2-7-21 (계속)

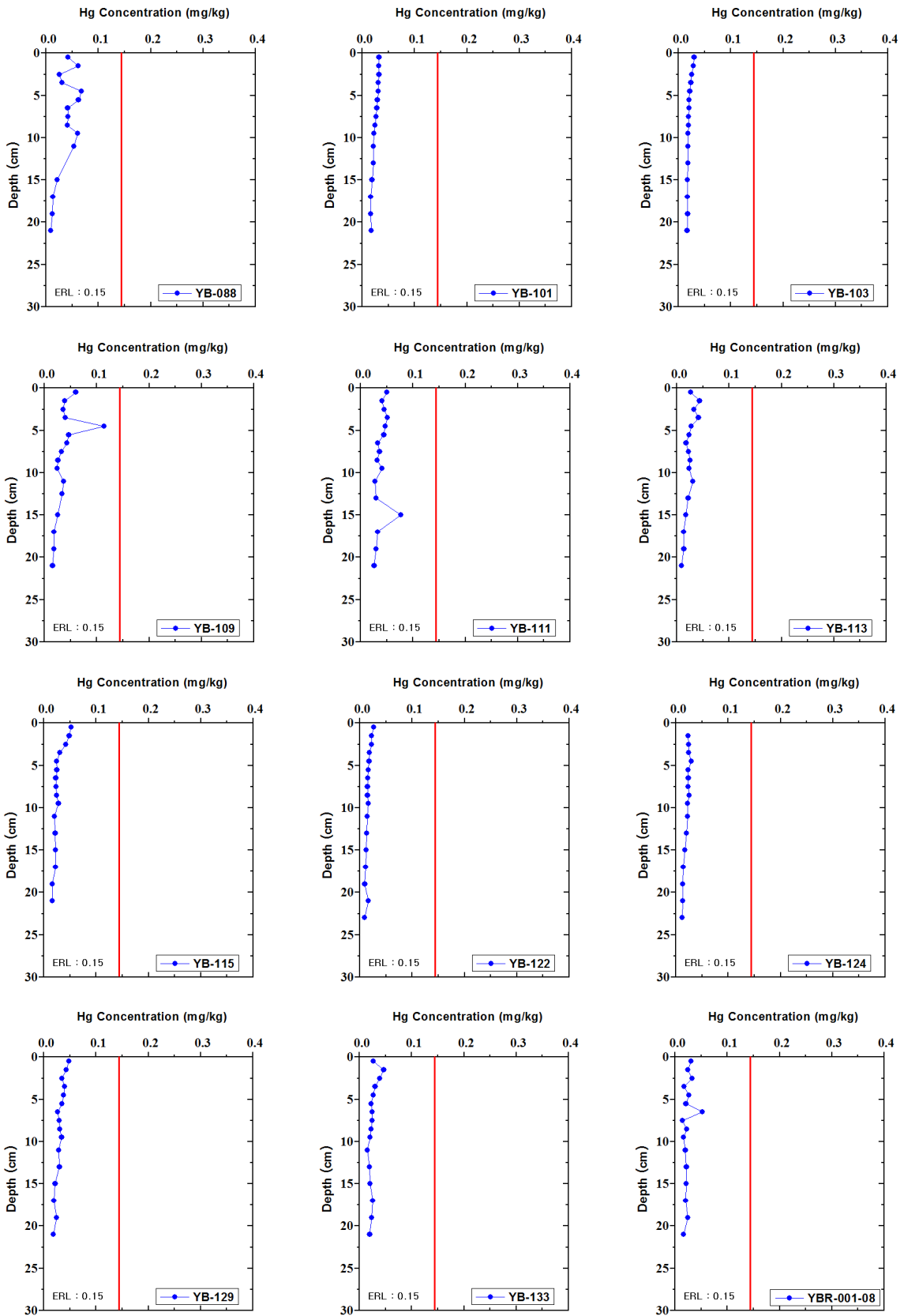


그림 2-7-21 (계속)

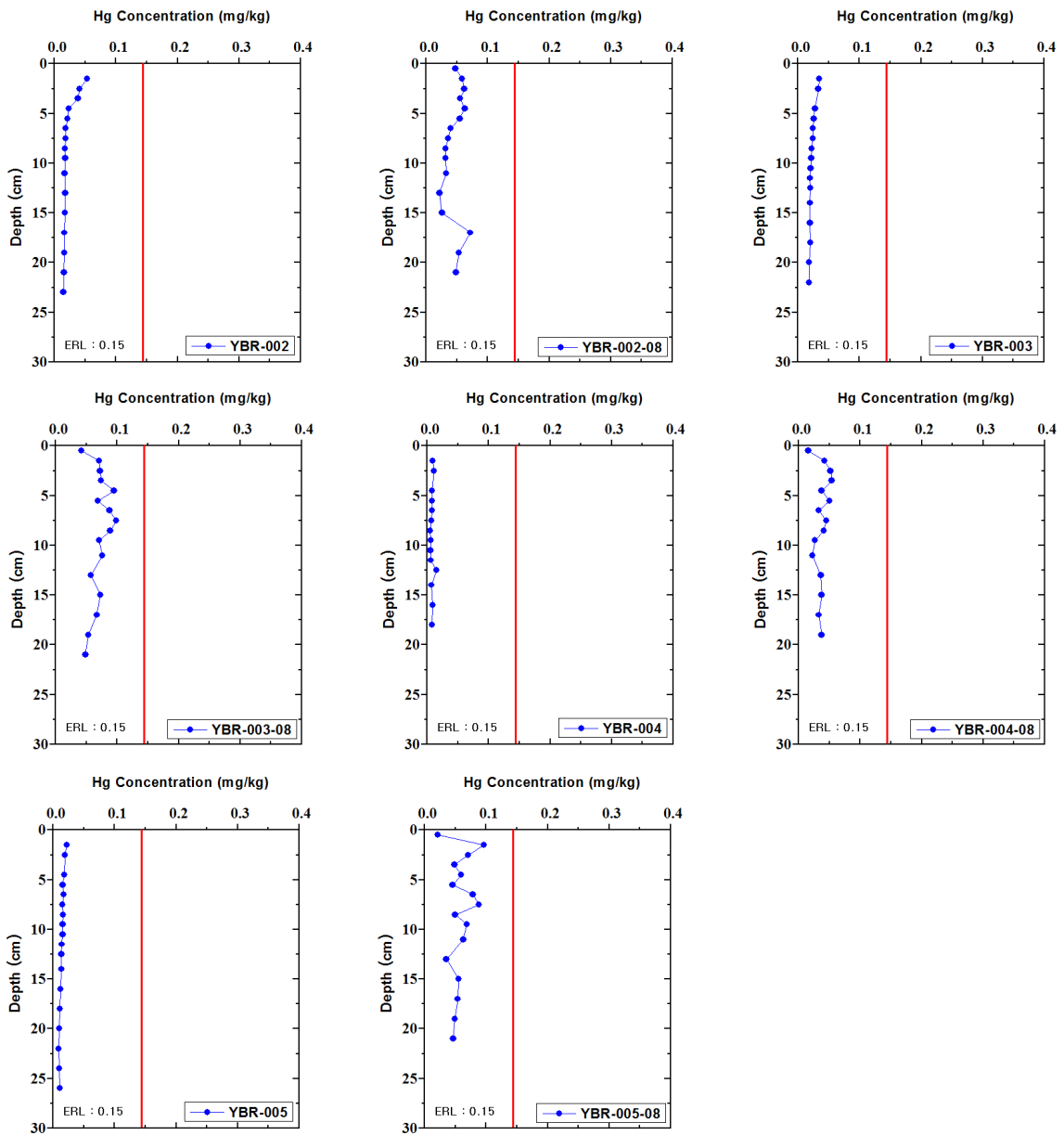


그림 2-7-21 (계속)

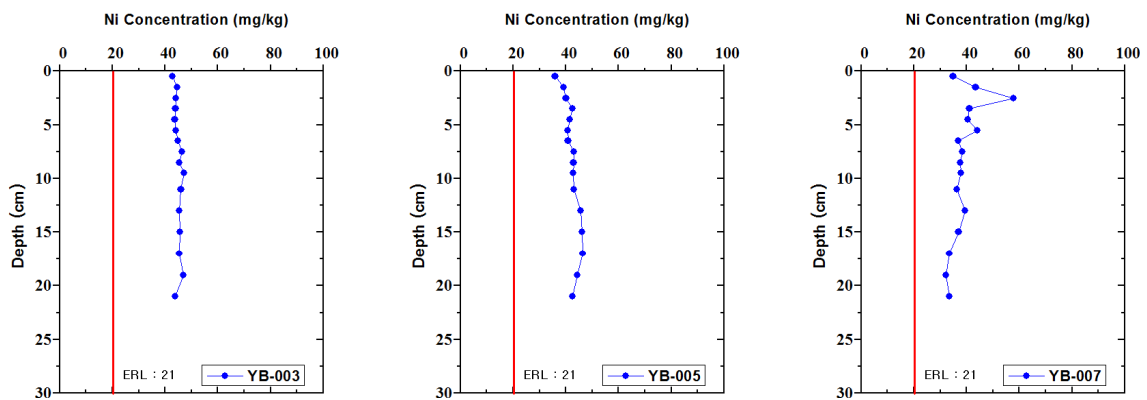


그림 2-7-22. 서해병해역 퇴적물 중 니켈의 수직분포

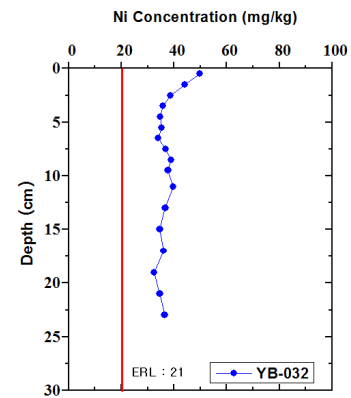
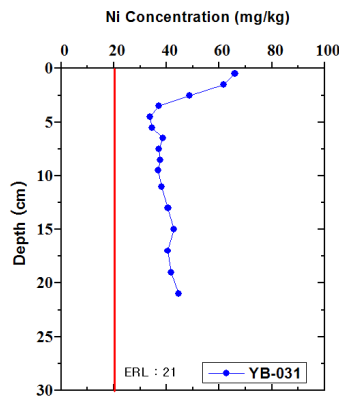
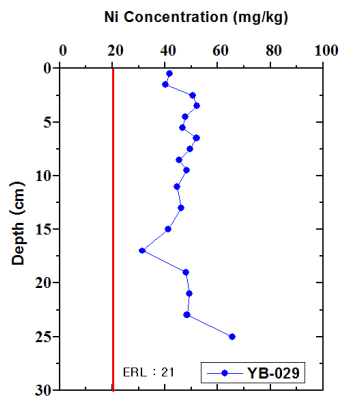
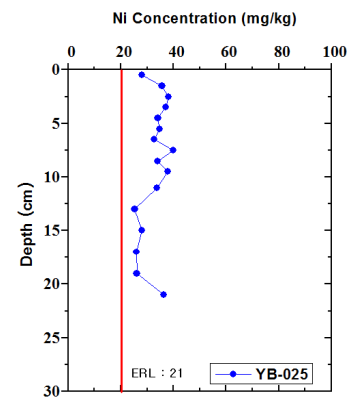
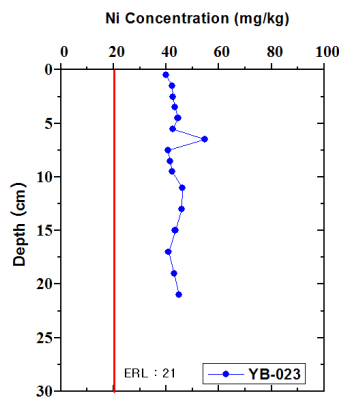
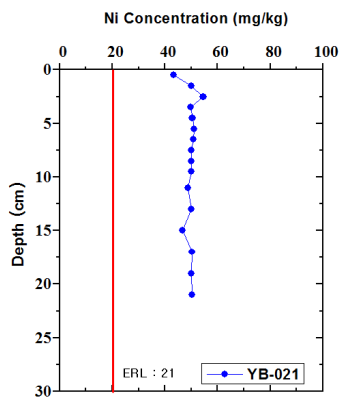
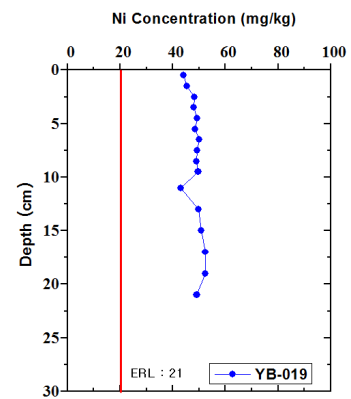
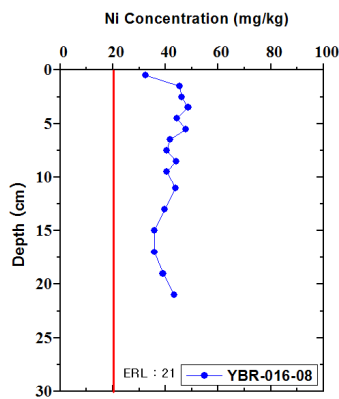
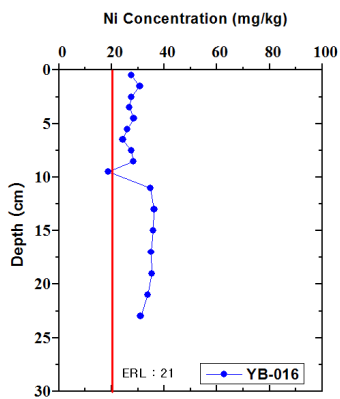
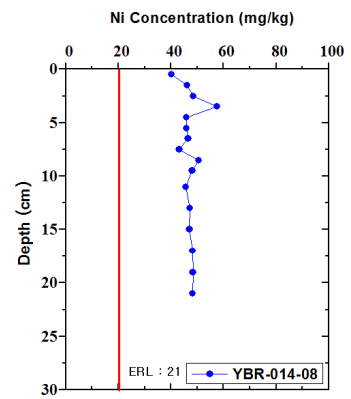
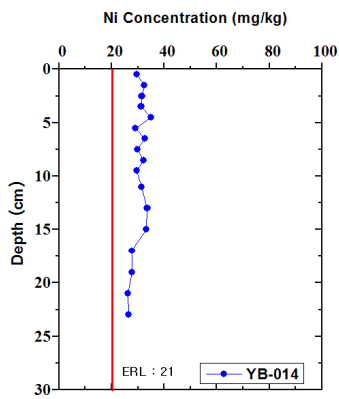
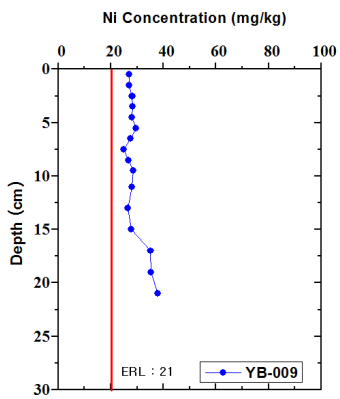


그림 2-7-22 (계속)

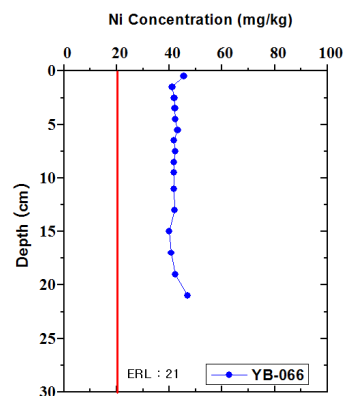
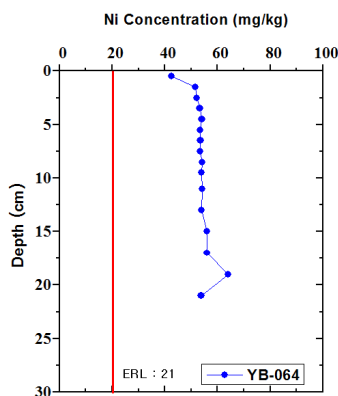
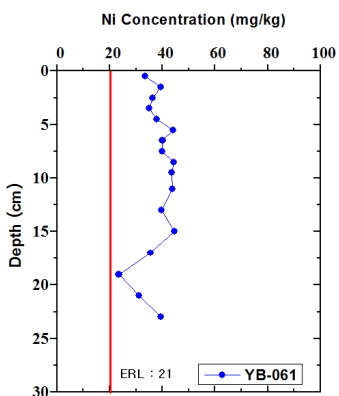
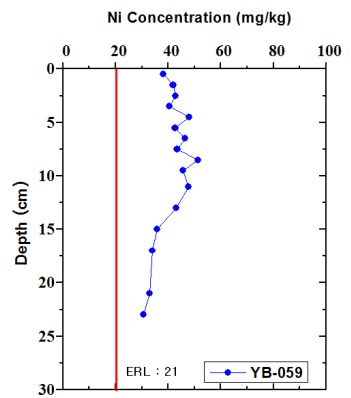
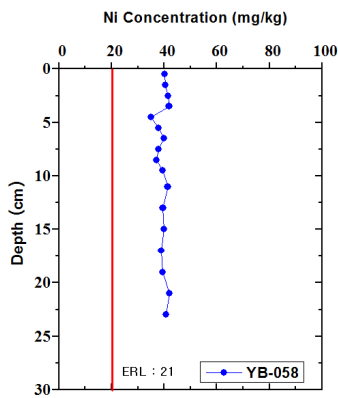
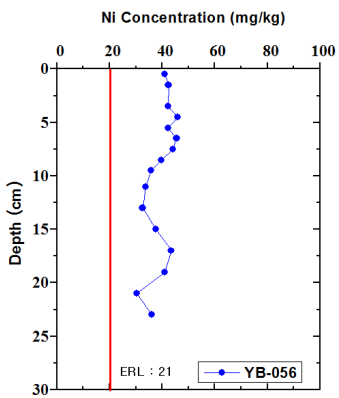
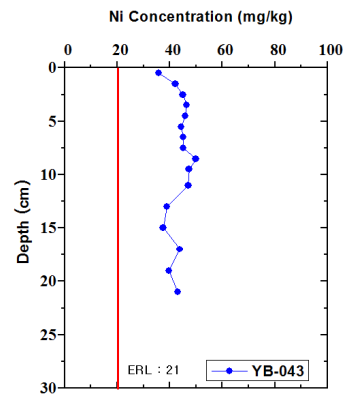
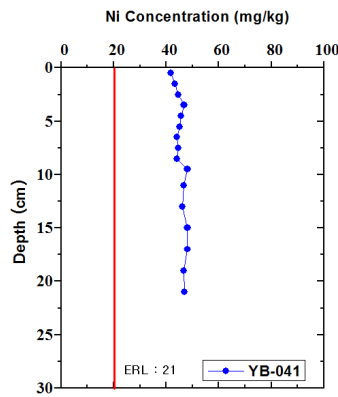
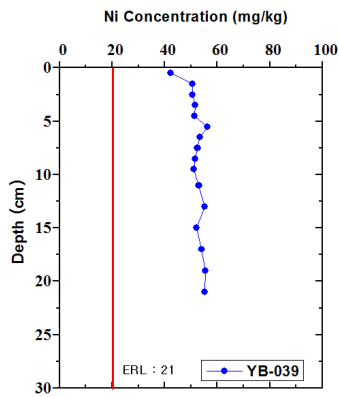
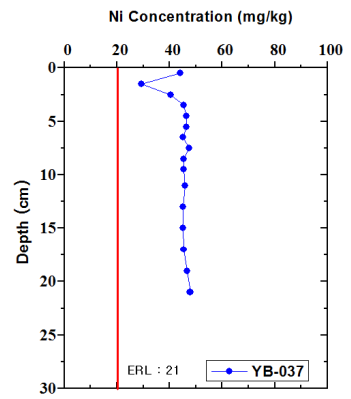
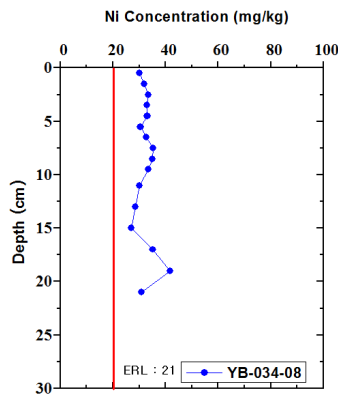
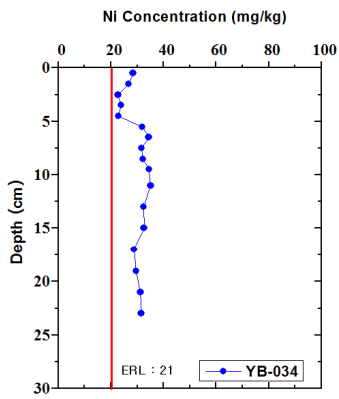


그림 2-7-22 (계속)

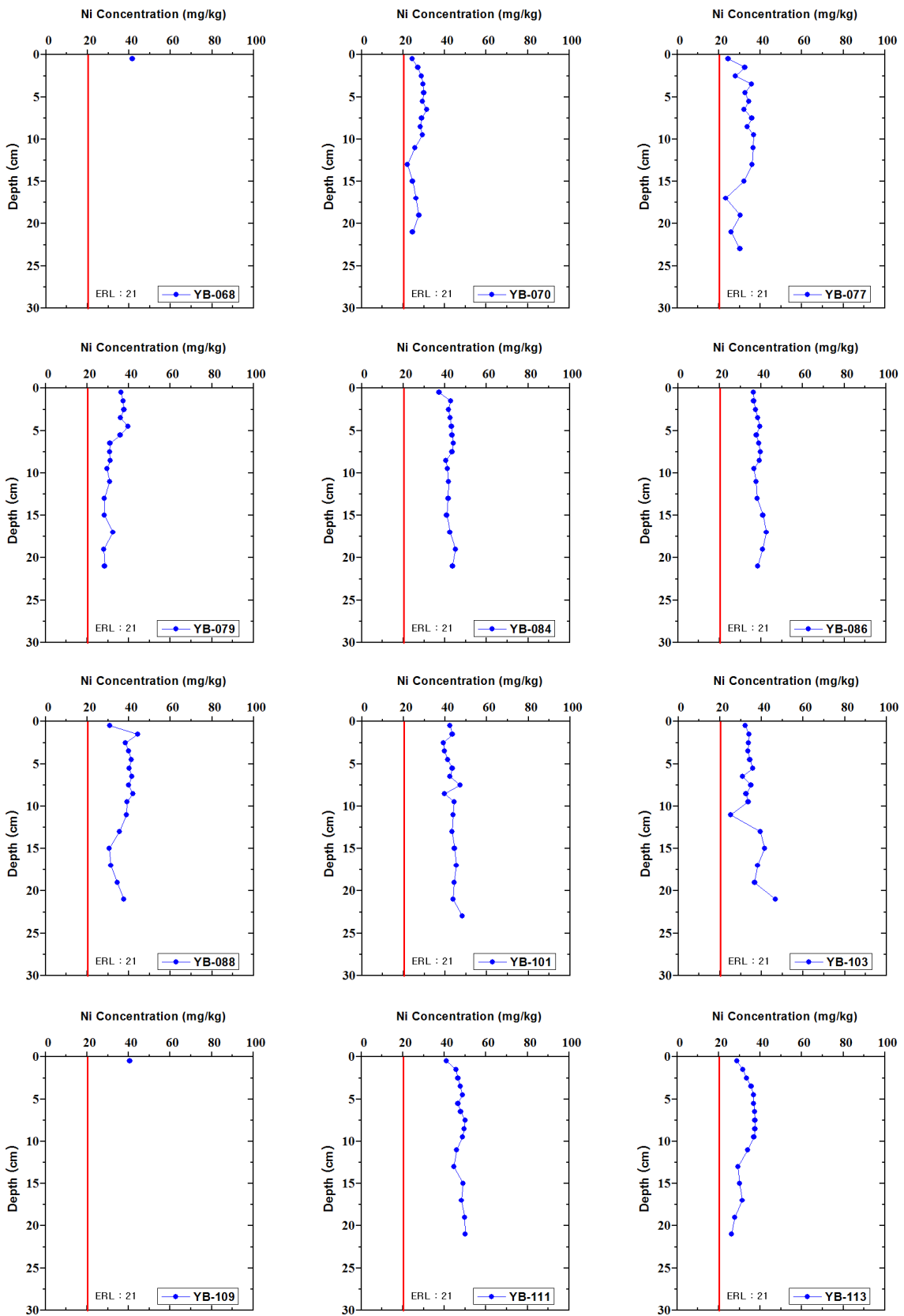


그림 2-7-22 (계속)

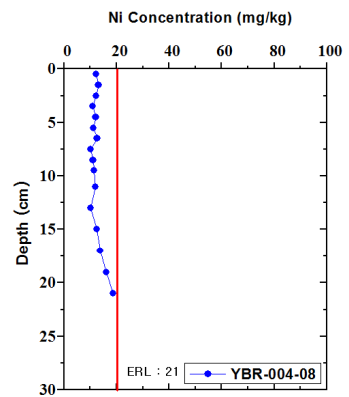
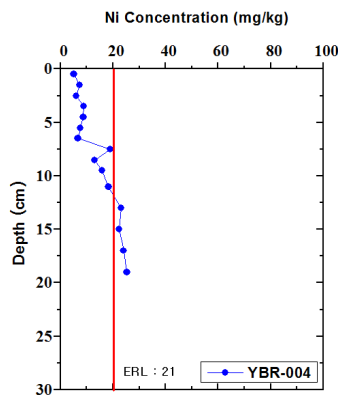
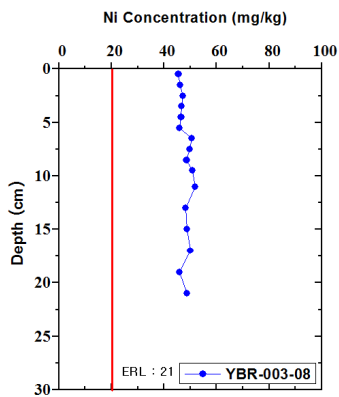
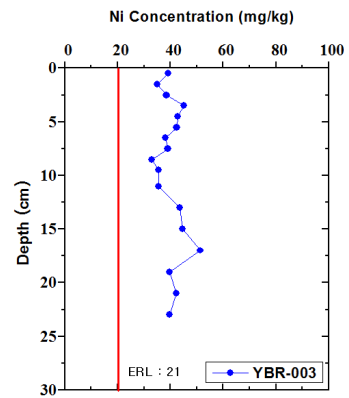
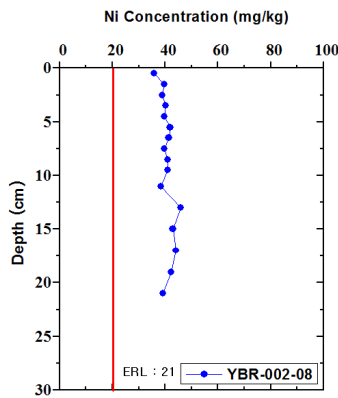
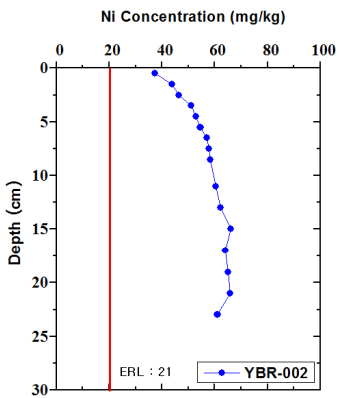
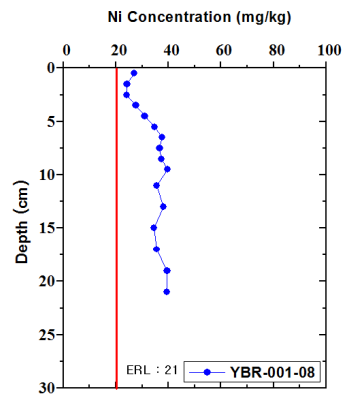
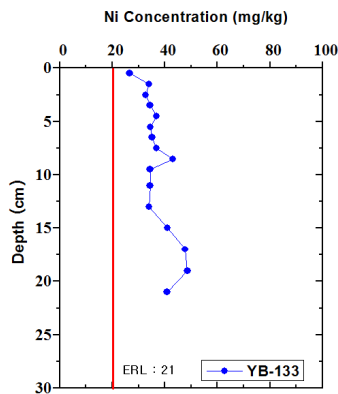
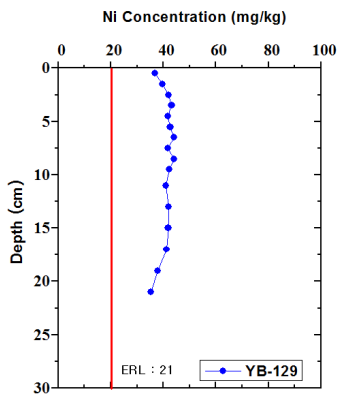
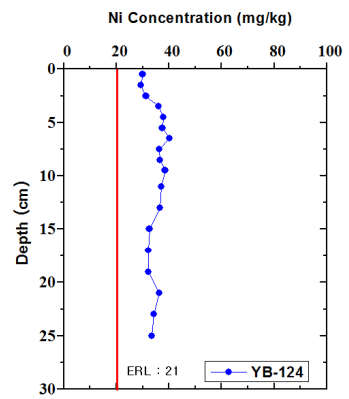
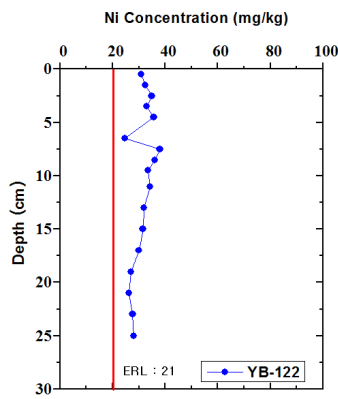
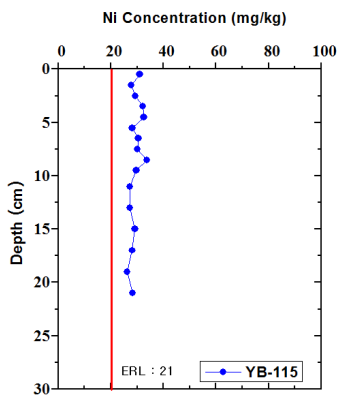


그림 2-7-22 (계속)

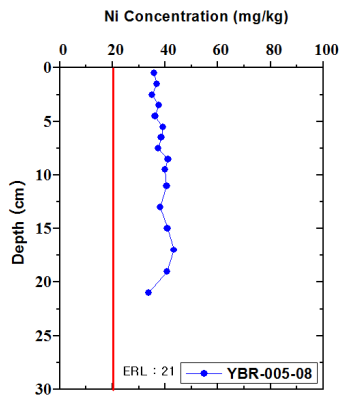
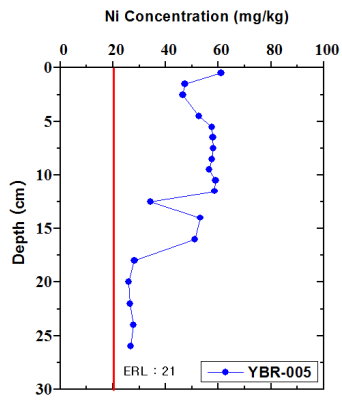


그림 2-7-22 (계속)

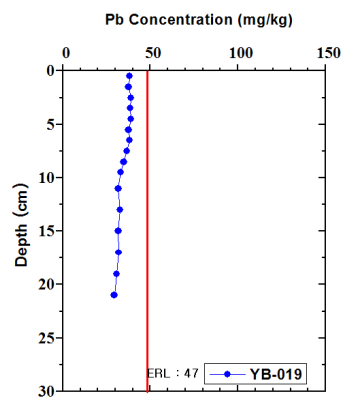
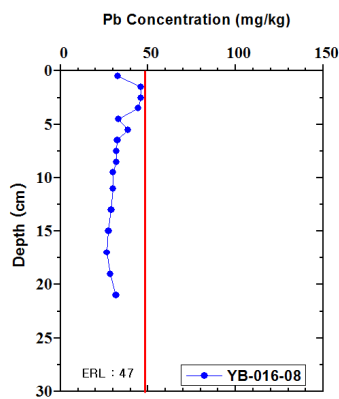
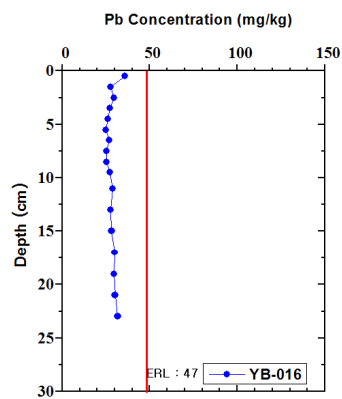
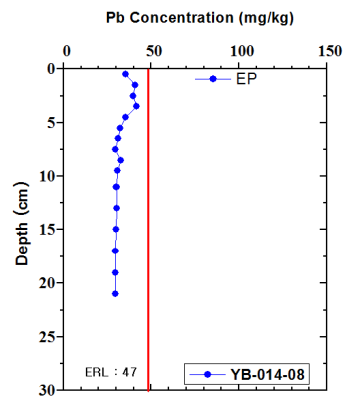
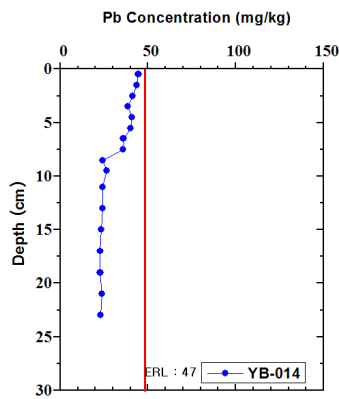
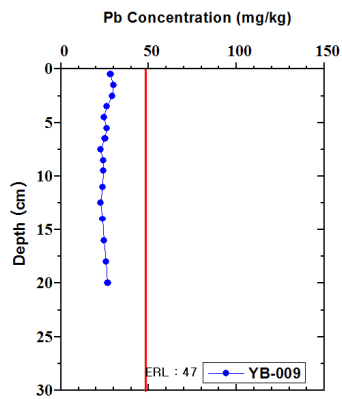
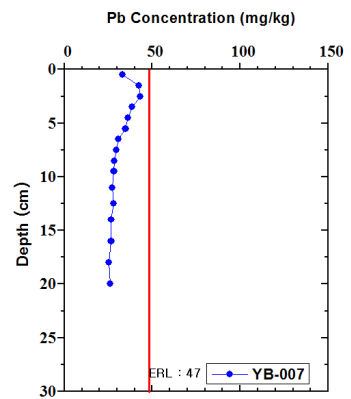
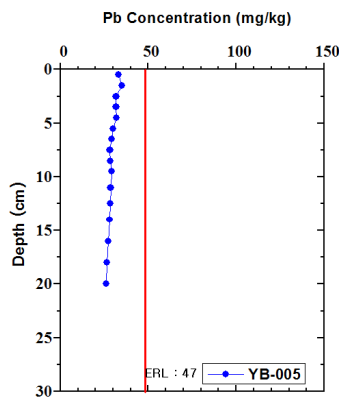
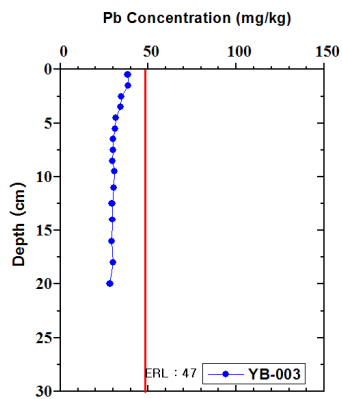


그림 2-7-23. 서해병해역 납퇴적물 중 납의 수직분포

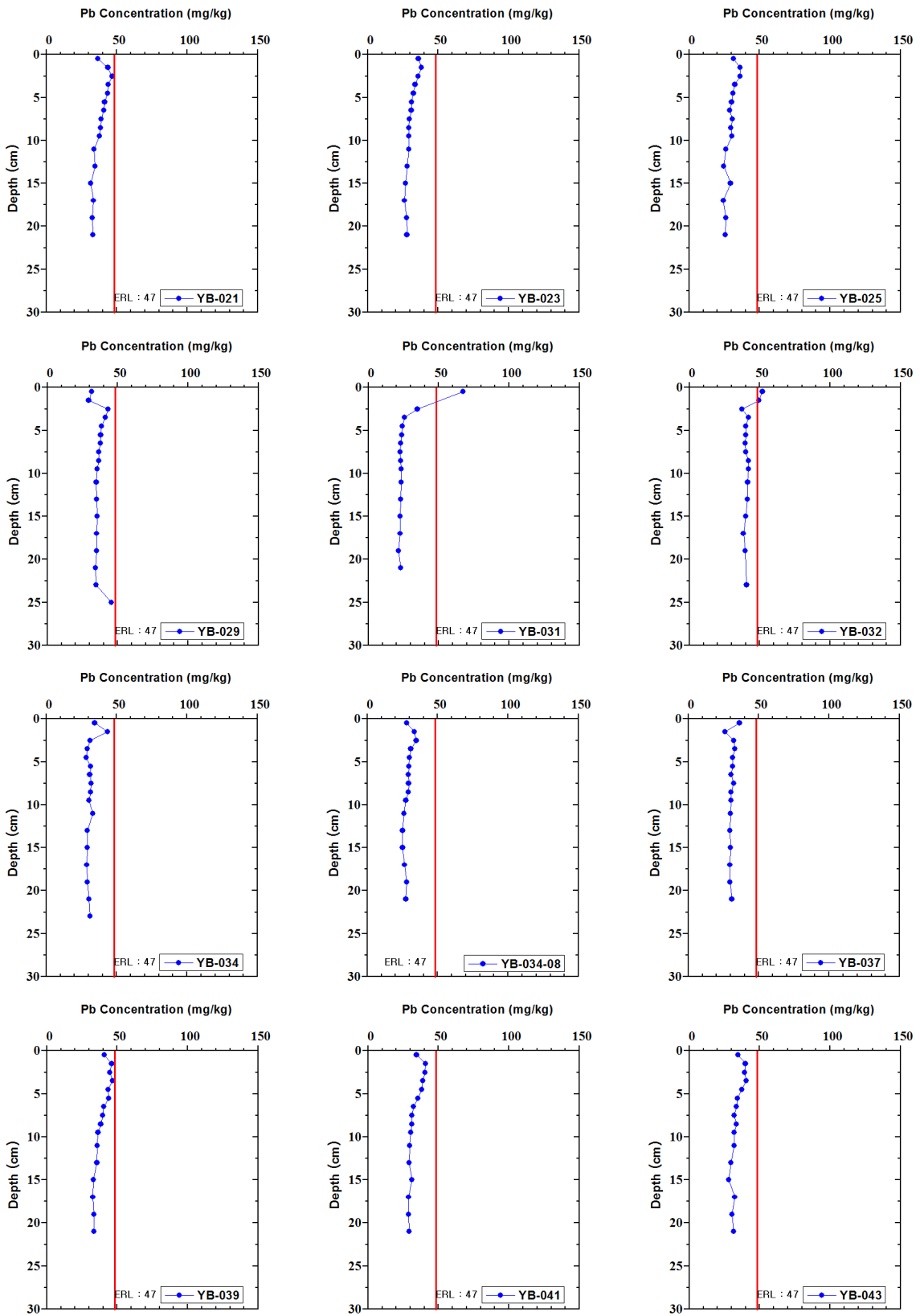


그림 2-7-23 (계속)

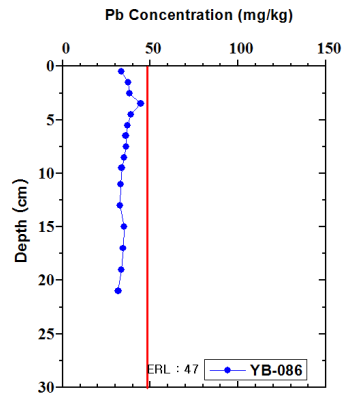
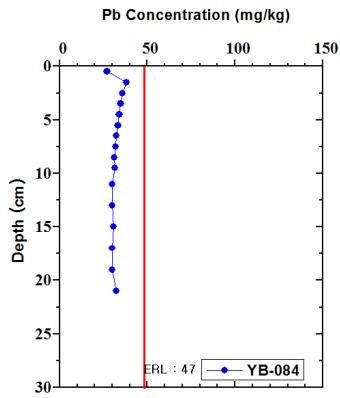
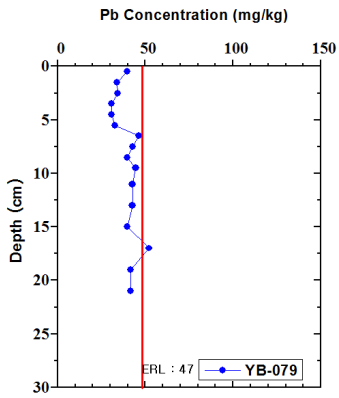
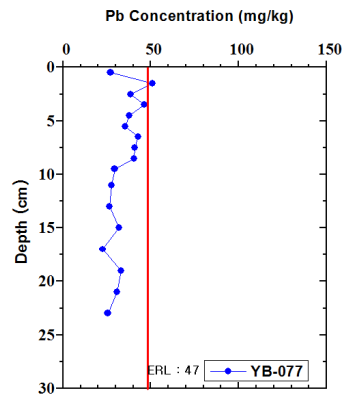
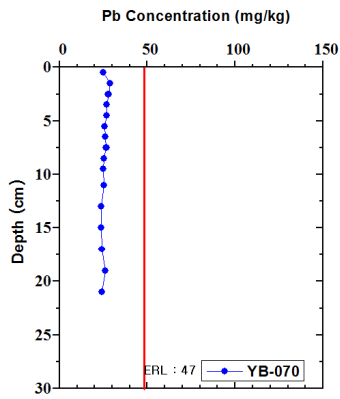
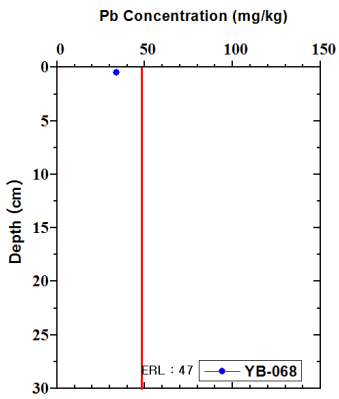
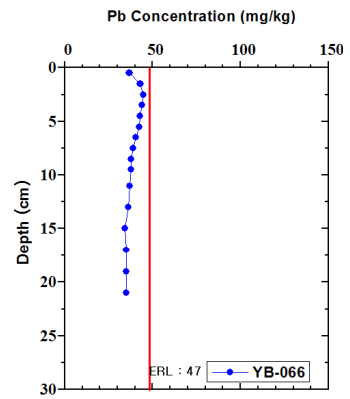
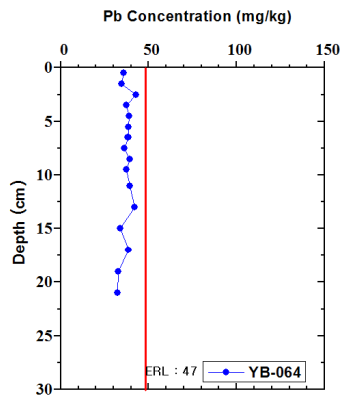
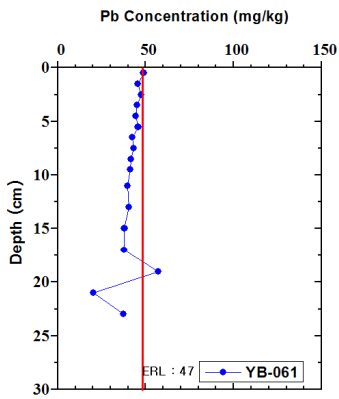
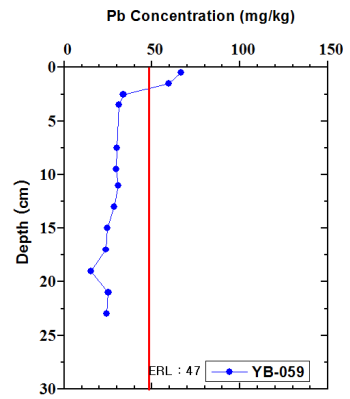
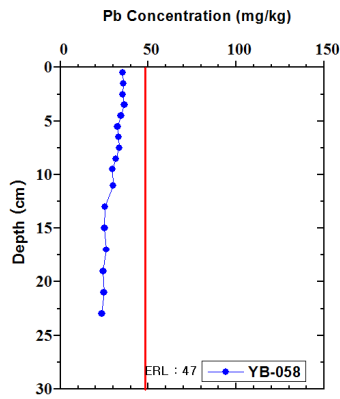
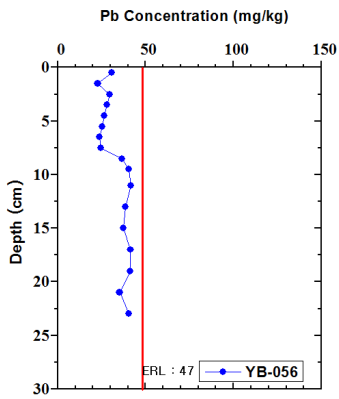


그림 2-7-23 (계속)

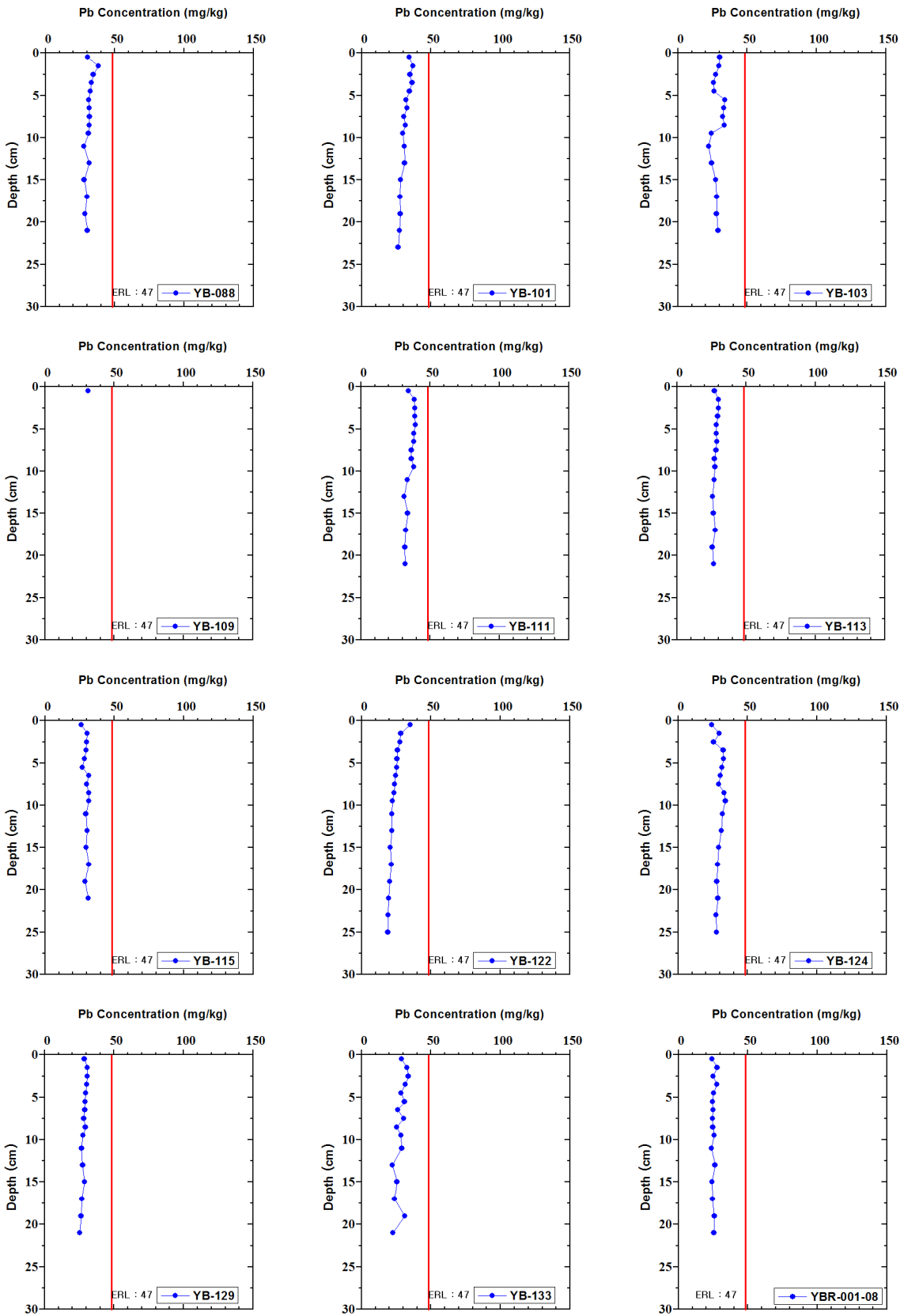


그림 2-7-23 (계속)

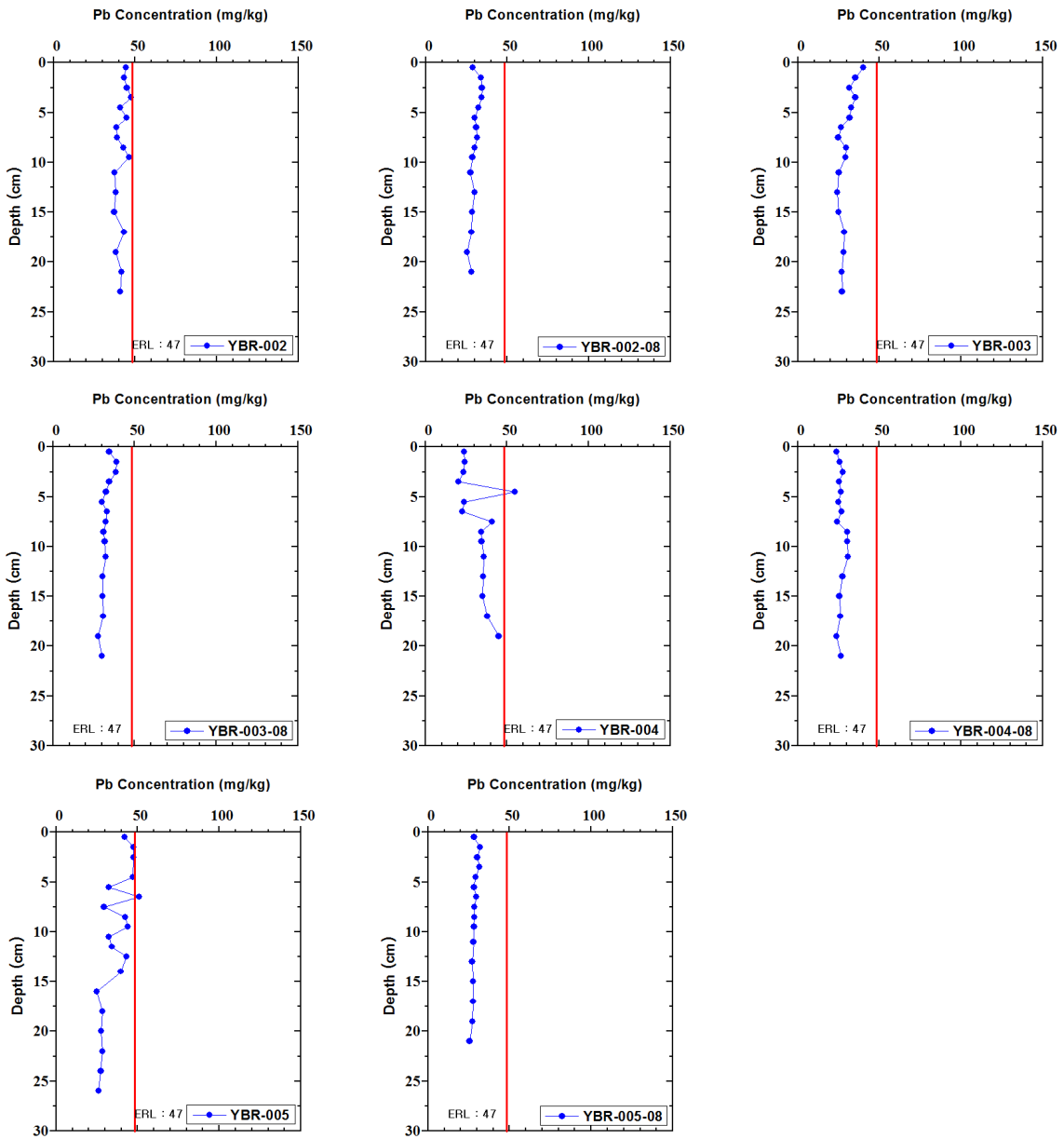


그림 2-7-23 (계속)

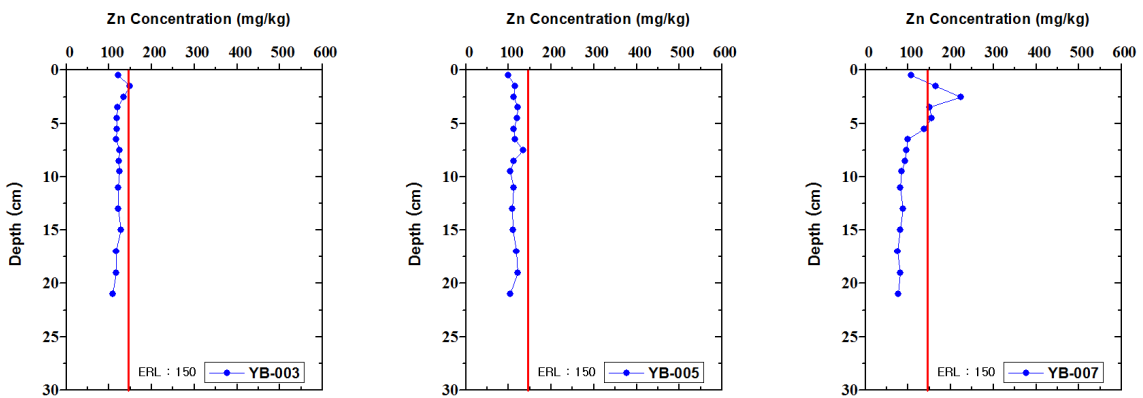


그림 2-7-24. 서해병해역 퇴적물 중 아연의 수직분포

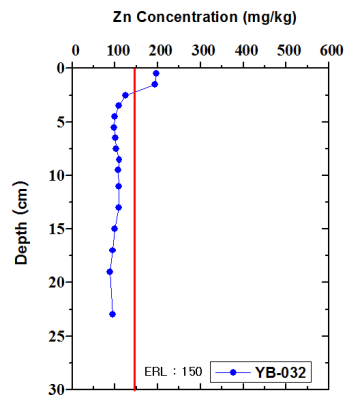
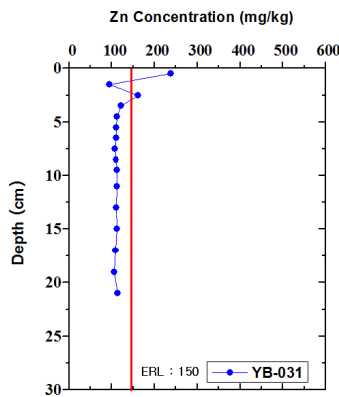
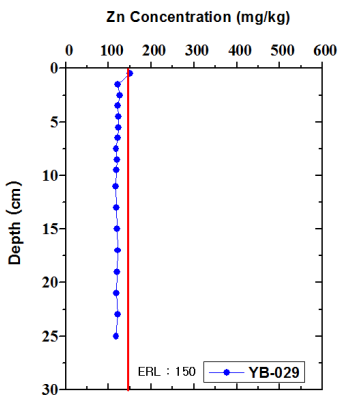
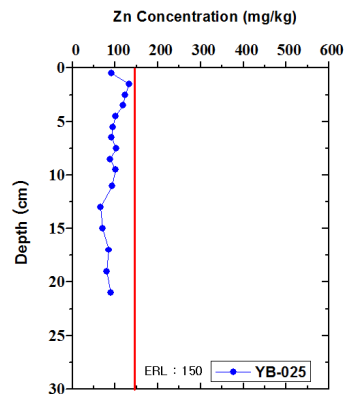
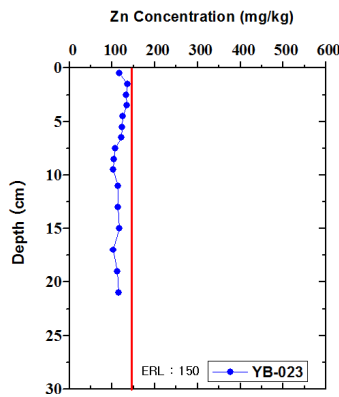
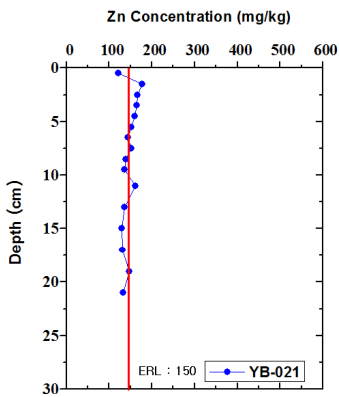
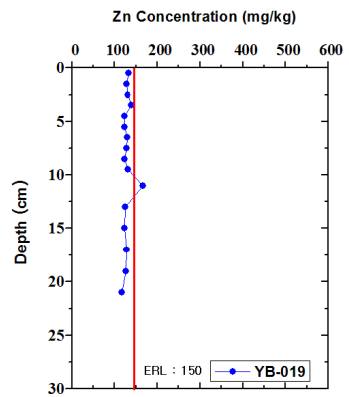
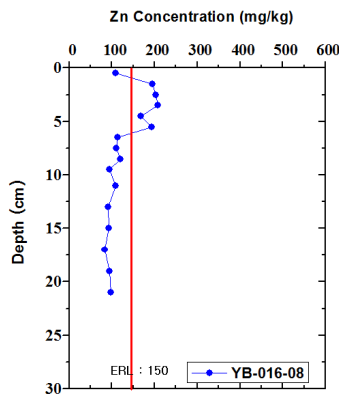
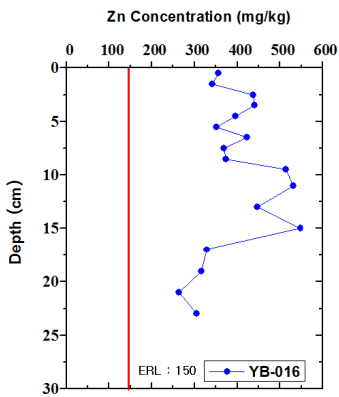
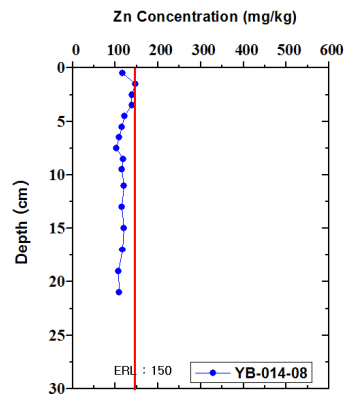
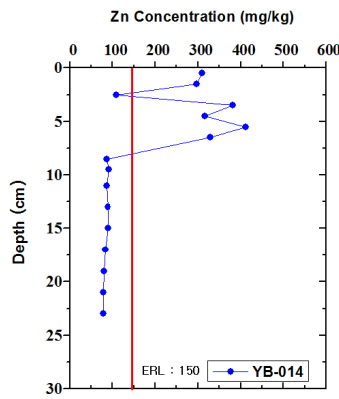
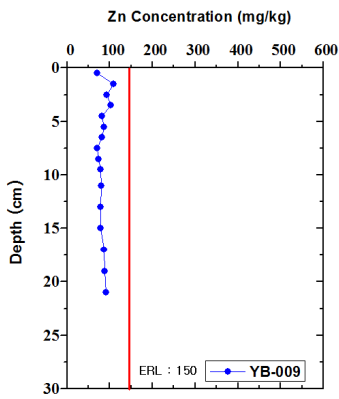


그림 2-7-24 (계속)

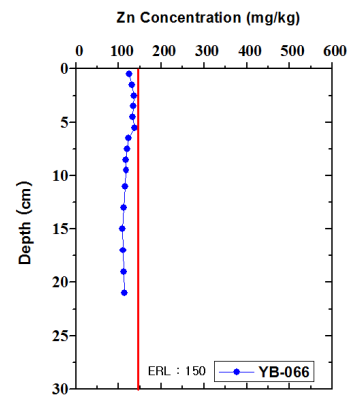
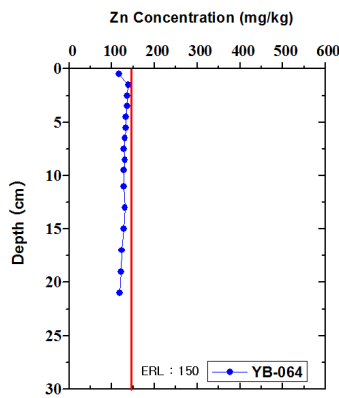
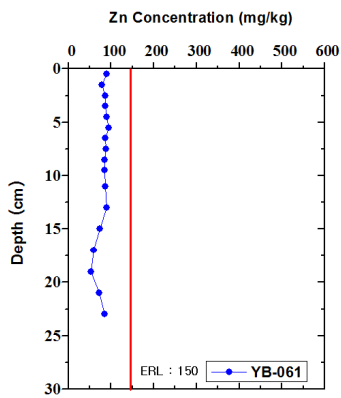
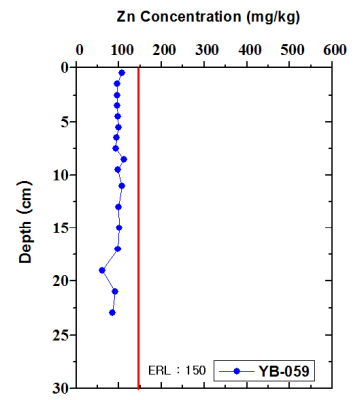
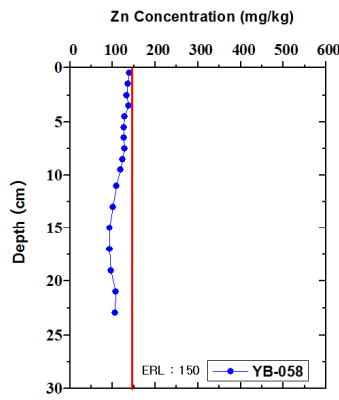
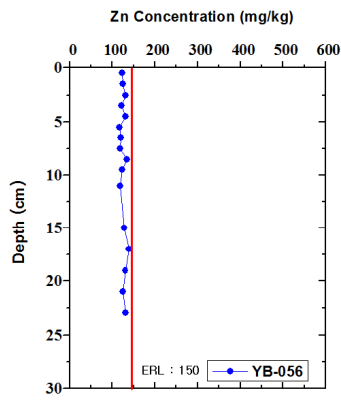
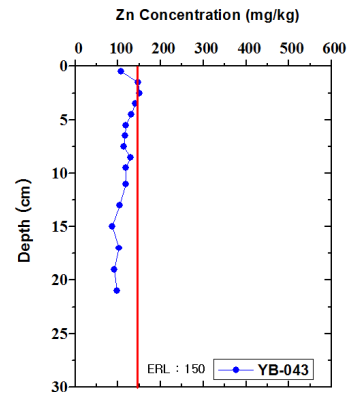
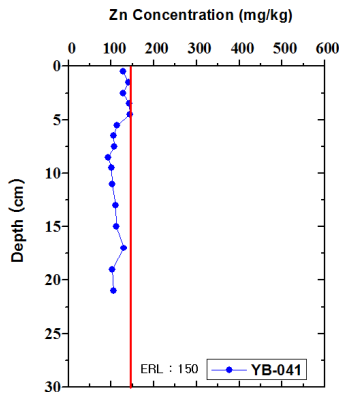
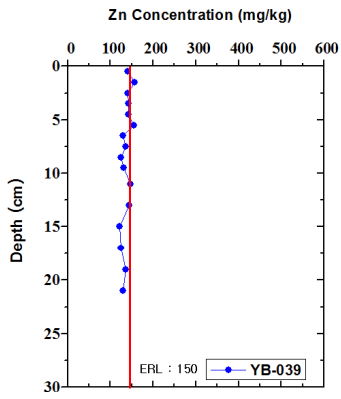
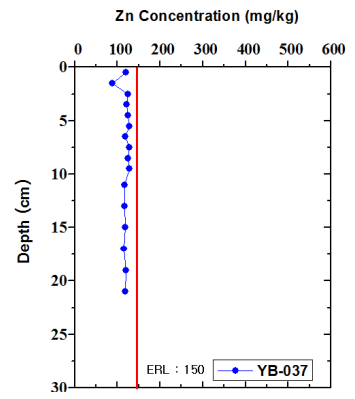
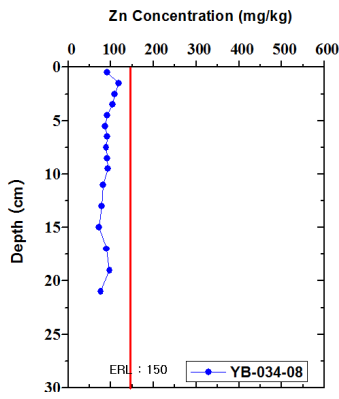
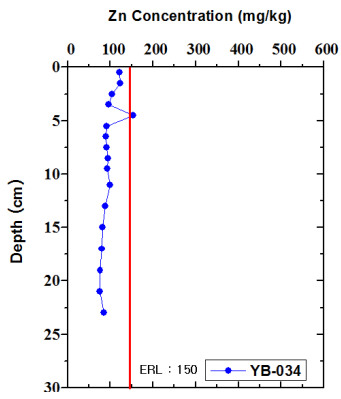


그림 2-7-24 (계속)

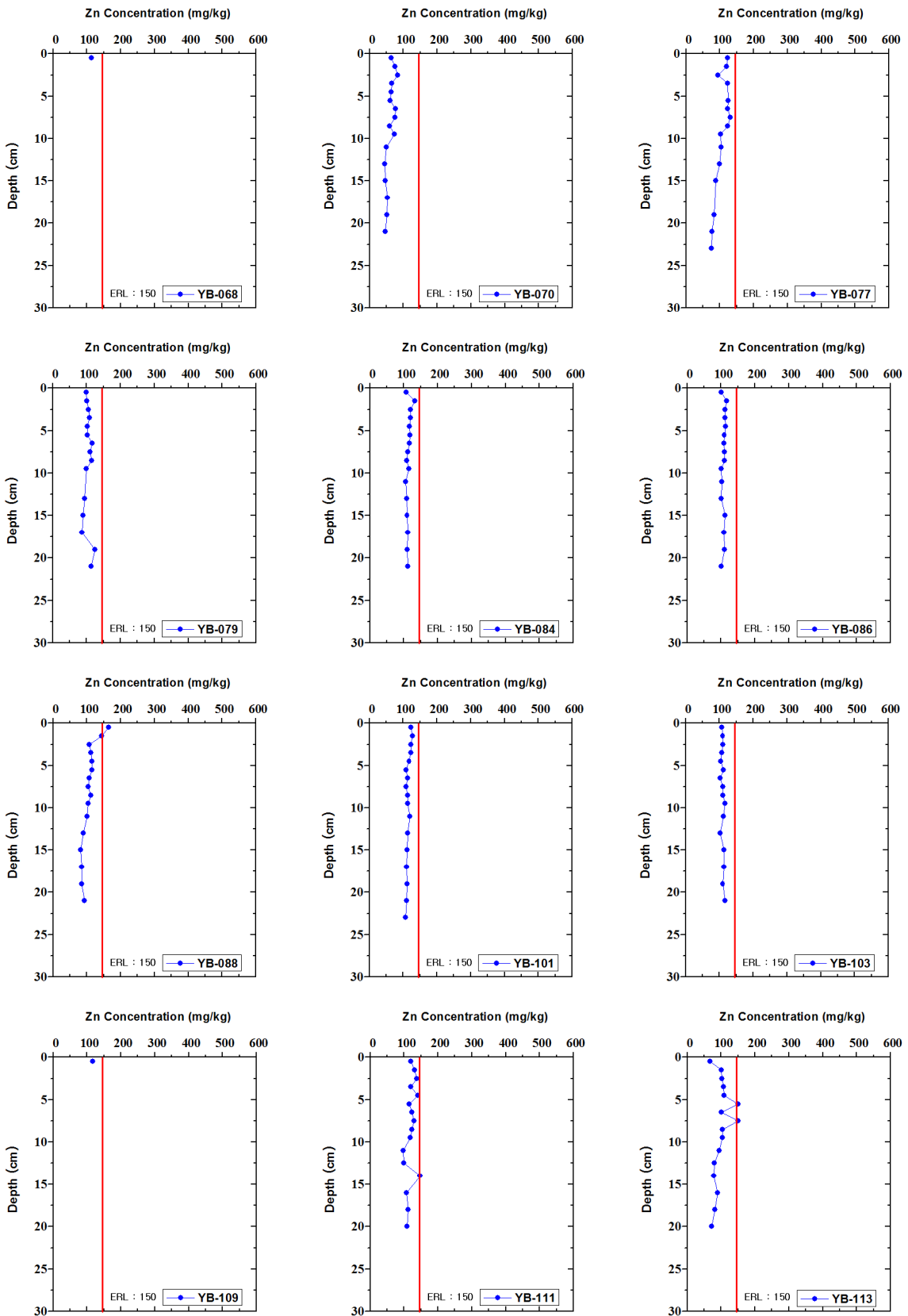


그림 2-7-24 (계속)

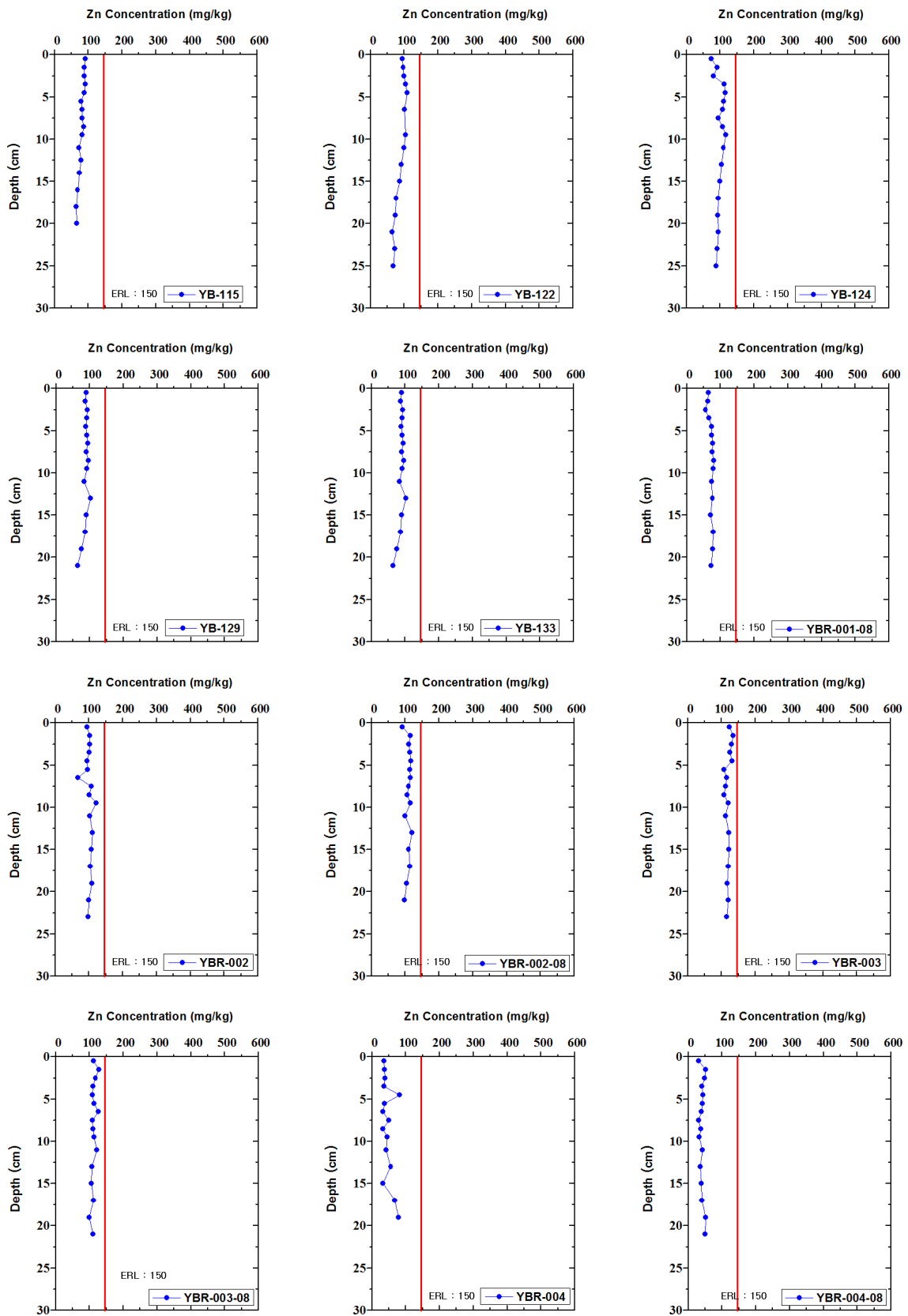


그림 2-7-24 (계속)

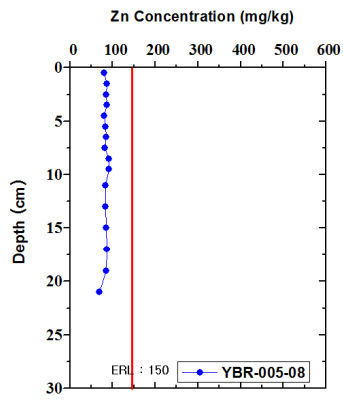
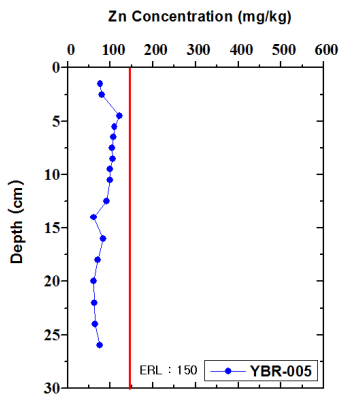


그림 2-7-24 (계속)

표 2-7-7. 서해명해역 퇴적물 중 비소 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			17.27		11.54		11.84		9.66					11.84		17.74				15.28
1.5			9.93		8.67		12.17		5.91					11.53		8.78				6.36
2.5			8.13		6.88		14.07		4.55					9.55		8.18				6.79
3.5			9.14		8.09		12.04		4.13					11.74		6.69				7.24
4.5			8.45		7.67		9.64		4.57					13.95		6.46				7.51
5.5			8.25		7.65		9.86		4.56					13.78		6.42				7.67
6.5			9.63		8.39		7.40		5.00					11.48		8.14				8.18
7.5			9.60		8.85		7.34		6.35					10.51		8.56				8.59
8.5			10.78		9.80		7.97		8.02					7.81		9.39				8.39
9.5			11.65		10.76		8.96		10.34					7.11		10.16				7.85
10.5																				
11.0			12.92		13.99		11.33		12.66					8.89		11.11				7.36
11.5																				
12.5																				
13.0			10.48		14.58		14.09		12.70					12.81		12.86				12.41
14.0																				
15.0			10.38		15.66		13.93		11.03					11.00		13.51				17.30
16.0																				
17.0			10.84		14.42		12.44		11.01					9.92		13.01				16.00
18.0																				
19.0			12.07		12.60		12.75		12.38					10.47		12.74				16.01
20.0																				
21.0			12.35		11.98		11.93		13.76					11.64		14.02				15.18
22.0																				
23.0														11.82		11.32				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	15.06		13.58		9.41				13.95		16.88	16.79		12.10			13.55		15.40	
1.5	10.24		10.24		7.15				9.08		10.10	13.16		10.64			6.68		11.96	
2.5	10.30		8.30		6.11				6.79		12.68	8.66		7.95			7.40		10.99	
3.5	10.22		7.64		6.21				6.29		8.73	5.50		6.96			7.70		10.65	
4.5	9.41		8.11		6.11				6.83		8.65	4.22		6.87			7.31		10.75	
5.5	9.33		7.63		5.73				7.11		8.83	5.38		6.71			7.75		10.09	
6.5	9.37		7.90		6.48				7.28		9.49	6.04		8.06			8.11		8.62	
7.5	9.33		7.24		7.46				7.17		9.84	6.46		8.14			8.62		7.78	
8.5	8.57		8.72		8.93				8.50		11.70	8.97		9.00			8.84		8.57	
9.5	8.52		11.62		10.06				8.10		10.39	12.64		9.92			9.31		7.92	
10.5																				
11.0	8.86		15.60		10.03				8.10		9.63	11.64		9.79			10.71		8.24	
11.5																				
12.5																				
13.0	10.32		16.02		8.78				10.07		10.54	11.93		10.39			10.91		9.75	
14.0																				
15.0	10.04		14.25		7.22				11.65		10.16	9.16		10.73			9.07		9.43	
16.0																				
17.0	11.13		14.53		7.25				11.39		11.18	6.40		9.43			9.67		11.18	
18.0																				
19.0	10.60		12.03		7.53				11.16		10.05	8.63		7.88			9.85		10.68	
20.0																				
21.0	10.56		13.78		10.44				11.30		11.19	13.05		7.00			10.27		11.93	
22.0																				
23.0									12.75			7.78		10.06						
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	11.90		11.50													9.66		9.12	7.50	
1.5	10.13		8.12													5.82		7.75	5.71	
2.5	10.14		8.76													7.42		7.05	5.15	
3.5	11.98		8.13													8.87		7.32	5.66	
4.5	9.42		7.74													7.04		6.69	5.38	
5.5	8.33		7.02													7.61		6.72	6.62	
6.5	6.85		7.81													8.61		6.53	6.05	
7.5	7.54		12.06													9.84		6.69	6.26	
8.5	9.88		13.28													8.93		6.94	6.12	
9.5	12.09		14.50													7.68		6.75	6.20	
10.5																				
11.0	12.20		12.97													8.08		8.86		
11.5																				
12.5																				
13.0	15.15		13.19													9.63		8.80	7.41	
14.0																				
15.0	15.79		13.25													10.93		9.22	8.67	
16.0																				
17.0	14.96		12.96													11.59		9.09	8.41	
18.0																				
19.0	12.93		12.80													11.52		10.06	5.25	
20.0																				
21.0	13.50		14.89													10.78		11.62	7.98	
22.0																				
23.0																12.90		10.23	7.70	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5				11.34		10.80		8.87		5.98							4.54		7.59	
1.5				12.42		7.51				5.09							8.24		5.71	
2.5				9.42		8.02				4.56							5.80		5.40	
3.5				9.42		8.74				4.36							6.78		5.76	
4.5				9.52		8.38				4.62							5.41		6.32	
5.5				9.25		8.65				4.43							5.10		7.31	
6.5				10.13		7.69				6.56							9.25		8.85	
7.5				10.27		9.35				6.16							9.54		8.99	
8.5				9.73		8.63				5.63							9.89		8.73	
9.5				9.89		9.63				5.84							9.72		10.99	
10.5																				
11.0				10.18		10.40				6.05							12.81		10.48	
11.5																				
12.5																				
13.0				10.90		9.05				5.90							11.02		10.45	
14.0																				
15.0				10.76		8.30				6.10							9.74		10.45	
16.0																				
17.0				10.63		8.27				7.91							8.16		9.37	
18.0																				
19.0	5.74			10.03		10.19				10.23							10.98		8.65	
20.0																				
21.0	10.10			10.06		10.72				10.34							11.70		7.44	
22.0																				
23.0	12.34																11.89			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100	
0.5				9.65		9.23		7.26													
1.5				8.34		8.46		6.70													
2.5				7.40		5.48		5.80													
3.5				6.88		5.81		6.56													
4.5				7.02		5.52		7.57													
5.5				7.05		6.38		7.56													
6.5				8.26		6.63		7.86													
7.5				7.78		6.16		7.99													
8.5				7.58		6.94		10.41													
9.5				7.96		6.44		11.24													
10.5																					
11.0				8.17		7.65		9.58													
11.5																					
12.5																					
13.0				9.06		9.69		9.38													
14.0																					
15.0				9.34		10.46		8.95													
16.0																					
17.0				11.18		11.59		7.82													
18.0																					
19.0				12.76		13.39		9.87													
20.0																					
21.0				13.12		13.28		12.03													
22.0																					
23.0																					
24.0																					
25.0																					
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	11.38		7.20						9.16		8.27		5.90		6.88					
1.5	7.91		6.20								8.05		5.54		6.02					
2.5	7.90		6.06								7.46		5.72		5.34					
3.5	5.99		6.80								7.85		6.32		4.23					
4.5	6.93		6.93								7.89		7.13		4.81					
5.5	6.60		7.66								7.62		8.05		4.21					
6.5	6.60		8.46								8.15		9.17		4.92					
7.5	7.10		10.27								7.82		10.36		5.68					
8.5	7.32		10.69								7.25		9.78		6.27					
9.5	7.11		8.68								8.32		10.21		5.59					
10.5																				
11.0	7.85		8.32								6.86		9.72		5.82					
11.5																				
12.5																				
13.0	5.70		10.35								8.08		9.06		6.95					
14.0																				
15.0	10.28		11.08								9.05		9.67		8.91					
16.0																				
17.0	10.85		12.37								9.16		10.54		7.83					
18.0																				
19.0	11.95		13.08								8.56		9.24		6.88					
20.0																				
21.0	11.73		15.55								8.69		10.38		9.82					
22.0																				
23.0	11.47																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-7 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		7.92		6.01					7.52				6.22			8.04	13.46	12.62	6.36	14.80
1.5		6.35		5.72					5.67				6.90			7.18	8.93	9.89	5.34	7.38
2.5		5.27		4.29					6.01				5.76			4.10	8.08	6.32	6.48	5.77
3.5		5.35		6.23					7.39				6.03			4.76	9.18	7.83		6.98
4.5		6.01		6.91					7.84				6.15			7.97	9.09	8.19	5.87	9.25
5.5		5.99		6.96					8.79				6.59			9.67	9.62	8.70	14.63	10.04
6.5		6.74		7.00					9.10				6.98			13.54	13.57	8.68	6.95	9.70
7.5		7.16		6.44					8.35				8.14			11.44	17.41	8.16	14.53	9.39
8.5		7.21		7.51					8.50				9.21			11.85	17.50	9.47	13.91	8.73
9.5		6.83		8.33					9.06				9.50			12.71		9.89	15.57	
10.5																				9.67
11.0		6.76		8.38					9.38				8.80			10.88	16.61	8.27	13.67	
11.5																				9.62
12.5																				10.03
13.0		6.12		7.57					10.39				10.66			13.61	14.92	8.33	13.74	9.87
14.0																				
15.0		6.10		6.55					8.62				11.23			10.40	16.04	8.78	14.20	
16.0																				
17.0		7.48		6.64					9.08				13.15			8.76	15.96	9.58	15.58	11.39
18.0																				
19.0		7.53		8.70					9.46				14.58			11.86	16.39	9.55	17.06	11.63
20.0																				
21.0		7.04		9.56					9.56				11.55			11.26	17.99	10.25		13.38
22.0																				
23.0		7.93		10.28																13.92
24.0																				
25.0		7.86		9.64																12.92
26.0																				
27.0																				12.48
29.0																				

표 2-7-8. 서해병해역 퇴적물 중 카드뮴 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			0.18		0.16		0.24		0.12					0.14		0.03			0.15	
1.5			0.21		0.25		0.45		0.18					0.15		0.03			0.22	
2.5			0.29		0.23		0.45		0.22					0.18		0.08			0.24	
3.5			0.31		0.24		0.40		0.20					0.24		0.11			0.24	
4.5			0.31		0.24		0.37		0.19					0.27		0.14			0.23	
5.5			0.29		0.29		0.45		0.26					0.23		0.15			0.22	
6.5			0.31		0.39		0.29		0.19					0.25		0.22			0.22	
7.5			0.33		0.29		0.26		0.22					0.25		0.21			0.24	
8.5			0.27		0.31		0.30		0.20					0.18		0.22			0.27	
9.5			0.29		0.37		0.45		0.26					0.19		0.25			0.26	
10.5																				
11.0			0.26		0.33		0.33		0.29					0.23		0.25			0.27	
11.5																				
12.5																				
13.0			0.28		0.35		0.37		0.32					0.29		0.24			0.35	
14.0																				
15.0			0.27		0.40		0.42		0.52					0.31		0.27			0.37	
16.0																				
17.0			0.35		0.40		0.46		0.57					0.36		0.31			0.43	
18.0																				
19.0			0.35		0.39		0.48		0.63					0.34		0.29			0.50	
20.0																				
21.0			0.33		0.38		0.39		0.55					0.40		0.28			0.45	
22.0																				
23.0														0.42						
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	0.16		0.23		0.16				0.14		0.40	0.27		0.12			0.18		0.17	
1.5	0.30		0.28		0.31				0.09		0.34	0.26		0.14			0.13		0.29	
2.5	0.29		0.26		0.29				0.11		0.20	0.17		0.14			0.20		0.24	
3.5	0.29		0.25		0.29				0.12		0.14	0.21		0.14			0.23		0.27	
4.5	0.31		0.53		0.24				0.13		0.19	0.19		0.21			0.28		0.26	
5.5	0.29		0.34		0.26				0.13		0.19	0.13		0.15			0.29		0.27	
6.5	0.28		0.30		0.28				0.13		0.18	0.14		0.15			0.26		0.23	
7.5	0.29		0.25		0.31				0.13		0.18	0.18		0.14			0.26		0.21	
8.5	0.29		0.30		0.35				0.13		0.17	0.25		0.19			0.33		0.24	
9.5	0.30		0.34		0.41				0.14		0.17	0.40		0.23			0.34		0.26	
10.5																				
11.0	0.26		0.42		0.45				0.14		0.19	0.35		0.22			0.32		0.30	
11.5																				
12.5																	0.33		0.30	
13.0	0.44		0.32		0.34				0.16		0.18	0.33		0.25			0.29		0.32	
14.0																				
15.0			0.38		0.47				0.17		0.16	0.30		0.23			0.29		0.36	
16.0																	0.29			
17.0	0.40		0.57		0.42				0.14		0.16	0.53		0.37			0.35		0.34	
18.0																				
19.0	0.31		0.67		0.33				0.20		0.16	0.51		0.50			0.30		0.36	
20.0																				
21.0	0.38		0.71		0.41				0.18		0.22	0.33		0.50			0.30		0.36	
22.0																				
23.0									0.16			0.49		0.47						
24.0																				
25.0									0.22											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	0.22		0.17													0.06		0.09	0.18	
1.5	0.26		0.31													0.05		0.06	0.14	
2.5	0.29		0.35													0.05		0.05	0.13	
3.5	0.28		0.32													0.06		0.06	0.10	
4.5	0.30		0.34													0.07		0.07	0.07	
5.5	0.30		0.39													0.10		0.06	0.18	
6.5	0.28		0.37													0.11		0.08	0.29	
7.5	0.30		0.41													0.12		0.07	0.21	
8.5	0.36		0.48													0.15		0.03	0.18	
9.5	0.34		0.44													0.13		0.08	0.21	
10.5																				
11.0	0.35		0.42													0.16		0.10	0.30	
11.5																				
12.5	0.36		0.48																	
13.0																0.22		0.14	0.33	
14.0	0.55		0.56																	
15.0																0.20		0.14	0.25	
16.0	0.44		0.67																	
17.0																0.20		0.18	0.26	
18.0	0.43		0.49																	
19.0																0.20		0.16	0.34	
20.0	0.44		0.49																	
21.0																0.21		0.14	0.46	
22.0																				
23.0																0.25		0.17	0.31	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	0.07			0.17		0.18		0.21		0.14							0.06		0.06	
1.5	0.09			0.23		0.23				0.17							0.13		0.11	
2.5	0.11			0.27		0.24				0.16							0.14		0.13	
3.5	0.11			0.23		0.21				0.19							0.15		0.15	
4.5	0.11			0.24		0.19				0.25							0.12		0.14	
5.5	0.10			0.23		0.30				0.21							0.10		0.13	
6.5	0.11			0.25		0.26				0.27							0.12		0.13	
7.5	0.16			0.22		0.24				0.30							0.22		0.13	
8.5	0.27			0.22		0.21				0.34							0.28		0.11	
9.5	0.26			0.22		0.22				0.32							0.28		0.11	
10.5																				
11.0	0.25			0.23		0.22				0.31							0.30		0.12	
11.5																				
12.5				0.27		0.27				0.32										
13.0	0.23																0.24		0.20	
14.0				0.25		0.29				0.39										
15.0	0.20																0.26		0.35	
16.0				0.28		0.36				0.29										
17.0	0.18																0.32		0.10	
18.0				0.33		0.32				0.31										
19.0	0.18																0.28		0.10	
20.0				0.31		0.40				0.27										
21.0	0.20																0.19		0.11	
22.0																				
23.0	0.19																0.17			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100
0.5				0.19		0.13		0.12												
1.5				0.22		0.21		0.33												
2.5				0.25		0.24		0.26												
3.5				0.24		0.21		0.35												
4.5				0.29		0.26		0.32												
5.5				0.29		0.25		0.32												
6.5				0.26		0.22		0.39												
7.5				0.26		0.24		0.46												
8.5				0.23		0.22		0.52												
9.5				0.24		0.30		0.41												
10.5																				
11.0				0.25		0.29		0.37												
11.5																				
12.5																				
13.0				0.36		0.32		0.40												
14.0																				
15.0				0.37		0.38		0.45												
16.0																				
17.0				0.33		0.42		0.46												
18.0																				
19.0				0.40		0.40		0.37												
20.0																				
21.0				0.41		0.40		0.33												
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	0.07		0.06						0.20		0.16		0.14		0.16					
1.5	0.07		0.10								0.24		0.22		0.20					
2.5	0.08		0.14								0.23		0.27		0.18					
3.5	0.09		0.19								0.21		0.30		0.24					
4.5	0.09		0.18								0.20		0.41		0.28					
5.5	0.08		0.23								0.18		0.48		0.27					
6.5	0.11		0.22								0.18		0.38		0.24					
7.5	0.13		0.27								0.17		0.41		0.31					
8.5	0.14		0.24								0.20		0.38		0.35					
9.5	0.13		0.19								0.25		0.41		0.37					
10.5																				
11.0	0.14		0.20								0.24		0.48		0.41					
11.5																				
12.5																				
13.0	0.14		0.25								0.25		0.49		0.35					
14.0																				
15.0	0.22		0.31								0.26		0.34		0.62					
16.0																				
17.0	0.20		0.30								0.23		0.34		0.47					
18.0																				
19.0	0.22		0.39								0.29		0.29		0.32					
20.0																				
21.0	0.25		0.43								0.30		0.27		0.32					
22.0																				
23.0	0.24																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-8 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		0.06		0.04					0.17				0.15			0.10	0.05	0.08	0.03	
1.5		0.09		0.06					0.27				0.17			0.14	0.08	0.06	0.03	0.10
2.5		0.15		0.12					0.33				0.26			0.17	0.11	0.14	0.04	0.13
3.5		0.16		0.04					0.25				0.25			0.28	0.15	0.21	0.04	0.21
4.5		0.18		0.07					0.29				0.27			0.30	0.19	0.20	0.05	0.28
5.5		0.16		0.07					0.29				0.34			0.28	0.17	0.18	0.05	0.24
6.5		0.17		0.07					0.26				0.40			0.29	0.29	0.20	0.05	0.22
7.5		0.21		0.07					0.31				0.35			0.25	0.39	0.19	0.09	0.25
8.5		0.22		0.08					0.34				0.40			0.26	0.34	0.21	0.08	0.27
9.5		0.23		0.11					0.36				0.42			0.25	0.38	0.19	0.08	
10.5																				0.31
11.0		0.22		0.07					0.41				0.32			0.26	0.39	0.19	0.09	
11.5																				0.24
12.5																				0.29
13.0		0.21		0.09					0.41				0.43			0.22	0.41	0.19	0.09	
14.0																				0.37
15.0		0.26		0.13					0.63				0.65			0.25	0.55	0.20	0.09	
16.0																				0.29
17.0		0.26		0.47					0.47				0.42			0.32		0.24	0.09	
18.0																				0.19
19.0		0.19		0.22					0.46				0.42			0.32	0.58	0.21	0.09	
20.0																				0.14
21.0		0.13		0.20					0.37				0.41			0.34	0.45	0.20		
22.0																				0.13
23.0		0.11		0.16													0.49	0.23		
24.0																				0.15
25.0		0.10		0.16																
26.0																				0.13
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9. 서해병해역 퇴적물 중 크롬 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			152.69		142.68		349.78		95.54					219.54		#####			143.63	
1.5			159.72		138.13		524.73		96.92					230.63		361.38			101.90	
2.5			129.48		113.31		395.65		95.44					170.43		221.92			104.86	
3.5			120.10		109.91		417.90		79.46					130.20		153.33			104.70	
4.5			101.50		110.10		251.03		69.26					115.80		112.18			103.66	
5.5			99.01		98.10		232.06		77.12					110.18		86.27			101.31	
6.5			99.57		92.06		117.95		61.80					97.83		81.79			105.17	
7.5			99.88		92.98		103.77		50.17					100.79		76.82			101.77	
8.5			100.01		91.53		82.12		62.56					95.90		79.08			103.01	
9.5			99.97		90.52		83.51		62.91					107.66		84.16			99.61	
10.5																				
11.0			98.96		94.40		77.15		58.27					88.04		89.51			78.46	
11.5																				
12.5																				
13.0																				
14.0			97.04		94.36		80.32		55.65					84.31		84.38			104.51	
15.0			99.38		93.51		76.86		58.92					85.27		85.64			101.72	
16.0																				
17.0			98.69		96.34		72.16		69.81					78.89		95.02			106.92	
18.0																				
19.0			101.02		95.36		66.57		74.32					75.27		88.95			106.31	
20.0																				
21.0			93.56		88.12		69.66		76.33					73.21		78.42			102.40	
22.0																				
23.0														72.62		64.52				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	151.27		275.12		145.05				162.61		458.03	482.52		361.26			120.68		139.73	
1.5	192.76		245.42		164.34				124.29		47.76	381.03		664.36			87.53		162.11	
2.5	247.79		154.91		159.18				102.08		348.84	161.36		149.27			99.55		167.46	
3.5	188.06		139.96		114.09				96.00		163.65	74.26		124.86			102.24		164.79	
4.5	170.21		126.64		116.83				94.87		117.08	63.14		180.63			103.09		210.24	
5.5	132.52		113.17		90.38				93.76		100.31	57.63		92.20			101.21		160.94	
6.5	126.13		516.32		77.72				94.44		100.59	64.19		83.51			97.80		125.85	
7.5	121.09		95.83		89.24				89.02		92.91	57.16		81.46			103.03		114.52	
8.5	115.95		94.93		81.53				92.16		98.88	59.44		84.64			110.79		111.22	
9.5	113.18		92.33		121.28				91.60		97.72	62.23		81.87			97.72		108.19	
10.5																				
11.0	109.03		99.17		75.04				87.55		97.79	65.47		95.25			100.54		108.30	
11.5																				
12.5																				
13.0	111.29		92.92		60.52				93.05		96.87	57.20		76.06			96.93		112.91	
14.0																				
15.0	105.05		91.20		64.62				92.07		95.71	60.76		71.61			96.86		105.20	
16.0																				
17.0	113.26		84.99		60.63				93.46		95.25	46.46		71.91			97.28		110.33	
18.0																				
19.0	109.71		90.11		58.93				93.16		91.27	41.96		67.64			99.60		111.40	
20.0																				
21.0	112.24		91.99		81.39				92.83		98.48			70.12			104.75		110.46	
22.0																				
23.0									92.50			55.03		75.76						
24.0																				
25.0									116.00											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	169.68		145.93													108.26		126.83	71.08	
1.5	171.68		200.36													100.17		129.02	77.67	
2.5	157.56		175.60													101.86		124.63	66.75	
3.5	161.72		156.16													95.47		122.18	67.69	
4.5	172.13		128.73													102.99		107.90	71.36	
5.5	123.93		110.15													94.19		103.77	68.97	
6.5	114.47		105.57													99.17		105.84	72.30	
7.5	100.71		103.37													95.88		104.18	64.84	
8.5	95.85		112.66													100.36		100.61	63.49	
9.5	106.49		102.18													94.11		97.09	74.09	
10.5																				
11.0	103.95		100.33													90.69		96.92	74.62	
11.5																				
12.5																				
13.0	98.73		86.25															90.84	72.80	
14.0																				
15.0	100.75		77.25													96.41		89.84	84.44	
16.0																				
17.0	101.26		93.41													99.39		87.69	81.77	
18.0																				
19.0	98.10		84.60													99.36		88.92	52.31	
20.0																				
21.0	97.04		86.93													95.65		92.98	79.50	
22.0																				
23.0																100.73		89.22	75.62	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	110.37			106.45		116.31		125.19		68.67							105.87		76.76	
1.5	87.79			130.63		104.74				66.02							105.68		77.65	
2.5	94.80			130.90		113.08				67.07							83.57		79.94	
3.5	92.92			130.17		96.90				72.71							108.44		83.69	
4.5	90.78			127.89		105.11				63.43									79.66	
5.5	98.06			125.91		93.07				63.18							114.85		81.56	
6.5	86.12			122.50		94.28				66.27							113.47		96.89	
7.5	88.48			119.32		92.51				61.92							120.27		92.47	
8.5	85.94			120.46		90.28				58.25							113.24		97.16	
9.5	88.27			116.65		92.38				59.89							85.90		84.80	
10.5																				
11.0	87.68			116.36		88.95				58.24							88.64		87.09	
11.5																				
12.5																				
13.0	98.80			117.12		86.94				47.30							85.72		84.79	
14.0																				
15.0	74.89			118.94		83.61				48.78							80.12		80.95	
16.0																				
17.0	62.32			117.78		84.80				57.77							78.05		77.09	
18.0																				
19.0	38.26			120.10		81.92				52.78							77.10		101.17	
20.0																				
21.0	40.30			116.18		95.91				50.31							71.62		96.49	
22.0																				
23.0	31.81																68.74			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100
0.5				89.54		93.31		67.91												
1.5				91.27		83.27		97.32												
2.5				92.88		85.06		92.53												
3.5				89.89		87.88		99.60												
4.5				43.66		87.77		89.91												
5.5				93.38		83.82		88.61												
6.5				84.54		82.59		90.91												
7.5				88.09		86.90		92.16												
8.5				65.93		80.22		94.09												
9.5				88.49		78.62		85.73												
10.5																				
11.0				59.27		81.88		84.66												
11.5																				
12.5																				
13.0				92.91		81.49		79.95												
14.0																				
15.0				89.58		82.15		68.25												
16.0																				
17.0				91.08		82.03		71.88												
18.0																				
19.0				82.88		85.10		87.68												
20.0																				
21.0				92.41		84.57		82.31												
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	91.99		88.49						97.33		94.88		69.04		80.95					
1.5	93.08		94.97								106.43		77.70		65.98					
2.5	95.13		97.75								107.81		77.27		63.28					
3.5	91.61		96.37								107.58		81.34		77.67					
4.5	86.19		94.42								109.39		88.88		69.19					
5.5	83.45		100.77								103.71		81.80		64.53					
6.5	89.76		99.87								105.95		83.21		65.90					
7.5	85.17		104.40								105.31		84.32		66.47					
8.5	84.89		102.97								105.01		80.57		72.75					
9.5	88.15		109.18								102.99		82.96		66.55					
10.5																				
11.0	93.04		104.92								98.63		74.60		58.93					
11.5																				
12.5																				
13.0	93.77		75.43								92.84		66.71		61.82					
14.0																				
15.0	85.89		87.66								102.21		66.97		65.12					
16.0																				
17.0	90.47		91.05								100.78		69.71		62.14					
18.0																				
19.0	89.58		84.56								100.74		85.60		55.76					
20.0																				
21.0	87.25		91.90								103.48		58.81		70.04					
22.0																				
23.0	88.33																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-9 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005	
0.5		72.30		55.69					82.31				63.60		73.73	121.29	93.22	28.32			
1.5		77.81		69.32					87.16				78.78		69.22	97.58	98.22	30.86		56.60	
2.5		78.94		63.56					87.58				73.35		60.90	88.49	97.54	31.65		56.70	
3.5		83.60		85.76					91.49				75.62		64.13	80.55	96.64	30.64			
4.5		87.97		85.40					93.02				85.91		64.61	60.35	96.87	66.68		65.34	
5.5				83.77					90.49				77.25		73.49	65.94	90.31	30.79		70.81	
6.5		82.57		79.97					92.18				77.70		79.17	50.31	90.31	26.88		70.01	
7.5				75.41					87.72				78.95		76.96	75.08	90.72	56.42		65.09	
8.5				84.05					90.78				88.20		77.48	70.14	83.24	27.74		68.55	
9.5		86.99		88.14					87.92				80.50		80.40	85.70	93.56	35.69		65.46	
10.5																				63.94	
11.0		82.33		84.48					87.14				77.30		75.31	78.78	89.45	35.59			
11.5																					
12.5																				60.39	
13.0		76.34		81.28					84.52				71.24		81.20	75.24	98.36	46.65			
14.0																					
15.0		72.99		80.16					88.94				84.96		75.88	71.23	98.90	26.79		39.13	
16.0																					
17.0		64.99		71.78					84.58				95.78		77.60	71.56	96.89	59.17		56.67	
18.0																				62.23	
19.0		63.87		72.19					77.79				98.25		79.59	74.60	95.39				
20.0																		66.93			
21.0		55.89		75.37					72.46				81.96		82.68	78.20	99.29			66.09	
22.0																					
23.0		64.46		72.35												73.80	91.73			66.82	
24.0																					
25.0		59.26		72.06																	
26.0																				61.48	
27.0																					
29.0																					

표 2-7-10. 서해병해역 퇴적물 중 구리 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			45.28		36.67		42.84		24.83					52.55		80.93			44.82	
1.5			45.04		38.13		63.08		23.91					53.25		44.29			35.22	
2.5			39.55		32.94		85.66		24.18					45.23		39.17			35.42	
3.5			37.63		33.85		54.35		20.51					35.85		30.67			36.36	
4.5			33.55		33.58		44.93		18.56					32.44		28.31			34.88	
5.5			32.36		30.98		63.27		20.18					30.19		23.43			34.11	
6.5			31.69		29.49		29.58		17.38					28.10		23.43			35.25	
7.5			32.08		29.08		28.36		15.19					29.33		21.92			33.85	
8.5			31.65		29.43		25.98		16.09					26.79		21.94			33.43	
9.5			32.31		29.19		25.71		17.43					30.79		23.40			34.58	
10.5																				
11.0			31.51		28.80		23.72		16.41					26.68		25.73			30.54	
11.5																				
12.5																				
13.0			30.79		29.75		24.86		15.23					26.06		24.30			32.21	
14.0																				
15.0			31.29		30.26		23.01		16.28					25.62		24.54			31.72	
16.0																				
17.0			30.98		29.69		20.16		20.38					23.23		26.37			32.37	
18.0																				
19.0			31.33		29.10		19.49		21.10					22.15		23.84			31.76	
20.0																				
21.0			29.44		27.17		20.00		22.93					21.86		20.33			29.01	
22.0																				
23.0														21.98		17.32				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	46.34		52.03		33.51				44.42		83.78	85.94		53.95			42.73		47.54	
1.5	53.51		51.51		42.52				33.42		20.46	70.27		51.53			27.36		47.62	
2.5	55.38		43.31		37.89				29.67		62.21	38.73		36.69			33.76		47.30	
3.5	52.17		39.28		31.86				27.95		35.29	30.89		30.77			34.61		48.13	
4.5	47.93		40.44		30.17				28.05		28.39	25.99		27.20			34.22		48.44	
5.5	42.39		36.04		26.04				27.57		27.25	24.41		23.91			34.49		46.09	
6.5	40.83		32.42		23.52				27.68		27.29	24.78		22.29			31.79		36.85	
7.5	38.82		29.58		27.14				26.79		25.84	25.49		22.25			34.20		34.38	
8.5	38.36		30.61		22.84				27.24		26.14	27.63		22.91			31.91		33.69	
9.5	37.69		29.32		25.78				26.42		26.65	25.19		22.73			31.63		32.77	
10.5																				
11.0	36.20		31.75		22.15				26.04		26.02	25.64		24.74			31.36		33.51	
11.5																				
12.5																				
13.0	37.38		29.43		15.71				26.04		25.77	24.82		18.95			30.85		33.67	
14.0																				
15.0	33.50		27.26		17.09				26.10		25.50	22.04		17.67			30.54		31.25	
16.0																				
17.0	34.82		26.35		16.37				26.45		25.15	19.85		18.49			30.72		31.76	
18.0																				
19.0	35.02		27.52		15.82				25.96		24.34	20.16		18.37			31.62		31.98	
20.0																				
21.0	34.80		28.74		21.59				25.36		26.14			18.91			31.93		31.43	
22.0																				
23.0									25.72			21.19		20.24						
24.0																				
25.0									29.83											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	49.85		42.93															42.13	37.44	
1.5	45.69		51.02															41.35	29.82	
2.5	47.98		50.76															39.25	27.29	
3.5	45.76		42.00															38.01	25.55	
4.5	41.56		37.39															34.06	24.86	
5.5	35.38		32.22															31.86	26.78	
6.5	30.39		32.14															32.10	25.24	
7.5	28.73		30.29															32.05	24.27	
8.5	28.26		32.44													31.11		30.71	24.57	
9.5	27.44		31.21													29.17		29.35	25.12	
10.5																				
11.0	26.40		30.56													28.21			26.08	
11.5																				
12.5																				
13.0	27.43		23.99																24.47	
14.0																				
15.0	27.55		28.59													28.08			23.11	
16.0																				
17.0	27.42		27.69													28.58			21.71	
18.0																				
19.0	26.39		24.07													28.57				
20.0																				
21.0	26.17		25.26													27.58			22.73	
22.0																				
23.0																28.69			21.52	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	27.51			37.43		41.95		42.76		22.93							30.86		22.36	
1.5	21.17			39.66		37.52				20.61							30.13		23.12	
2.5	23.68			39.20		38.22				19.59							23.59		25.36	
3.5	22.87			38.10		38.87				20.73							30.38		24.11	
4.5	22.66			37.66		35.75				18.01									22.91	
5.5	23.89			37.50		39.90				16.68							32.13		22.65	
6.5	21.19			36.45		32.11				18.09							31.45		27.98	
7.5	22.42			35.23		31.27				16.92							32.74		26.38	
8.5	21.46			35.24		29.82				17.04							30.49		26.84	
9.5	21.43			34.15		29.84				16.45							24.63		21.98	
10.5																				
11.0	20.81			34.05		30.17				14.08							25.10		23.22	
11.5																				
12.5																				
13.0	21.00			34.07		30.18				11.61							23.50		22.69	
14.0																				
15.0	17.39			33.83		28.32				18.09							20.85		20.86	
16.0																				
17.0	13.86			33.75		29.36				13.80							20.65		19.56	
18.0																				
19.0	13.09			33.92		30.88				14.19							20.48		31.09	
20.0																				
21.0	15.79			31.89		29.16				11.98							18.32		28.41	
22.0																				
23.0	19.04																17.31			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100
0.5				39.64		32.93		41.59												
1.5				36.70		30.70		38.80												
2.5				34.41		28.79		28.56												
3.5				31.08		28.11		28.45												
4.5				27.74		28.61		28.03												
5.5				30.94		27.01		26.63												
6.5				30.57		27.51		26.53												
7.5				31.24		27.24		26.31												
8.5				27.48		27.63		27.37												
9.5				29.20		25.87		24.98												
10.5																				
11.0				26.34		25.65		24.03												
11.5																				
12.5																				
13.0				29.83		25.68		21.95												
14.0																				
15.0				28.74		27.32		18.65												
16.0																				
17.0				29.11		27.55		19.31												
18.0																				
19.0				27.77		26.26		20.50												
20.0																				
21.0				30.24		23.85		21.78												
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	29.37		26.99						36.21		36.26		25.44		25.49					
1.5	30.10		27.76								33.43		23.79		20.93					
2.5	28.59		28.29								32.84		27.78		21.35					
3.5	29.35		27.28								32.59		24.65		21.69					
4.5	27.51		26.45								32.58		24.98		21.39					
5.5	25.83		28.03								30.50		24.45		18.10					
6.5	26.86		28.63								30.68		24.17		19.83					
7.5	25.23		28.99								29.65		23.70		20.18					
8.5	26.17		28.33								29.74		22.80		21.73					
9.5	26.34		29.50								29.07		22.70		19.65					
10.5																				
11.0	27.29		28.04								27.64		21.19		17.58					
11.5																				
12.5																				
13.0	28.70		21.23								27.71		17.75		16.83					
14.0																				
15.0	25.10		23.87								28.65		17.64		17.78					
16.0																				
17.0	24.66		23.41								28.23		18.50		16.76					
18.0																				
19.0	25.07		23.06								27.27		15.80		15.49					
20.0																				
21.0	24.64		24.74								28.18		14.95		18.14					
22.0																				
23.0	23.90																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-10 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		19.46		16.15					27.88				20.56			20.72	29.96	29.22	5.81	
1.5		19.49		19.82					24.75				22.03			16.53	28.24	31.08	6.23	17.38
2.5		20.00		17.81					25.28				23.85			16.45	26.66	30.72	6.41	17.29
3.5		20.71		24.82					25.39				20.91			17.16	25.50	29.74	6.01	
4.5		21.58		24.93					24.63				21.92			19.07	21.33	29.13	13.33	20.62
5.5				24.04					23.92				20.31			20.08	22.52	31.76	5.99	21.49
6.5		19.95		23.27					25.01				19.81			21.41	17.23	26.64	5.05	21.05
7.5				20.96					23.79				20.47			21.06	25.37	26.12	10.24	19.56
8.5				23.55					25.24				22.55			21.61	23.46	24.56	5.66	20.09
9.5		20.90		24.87					23.69				18.44			22.37	28.23	26.49	7.06	19.73
10.5																				18.74
11.0		19.13		23.94					22.15				18.24			20.02	25.35	25.26	7.69	
11.5																				
12.5																				17.58
13.0		17.08		22.78					22.71				17.50			21.66	24.42	27.45	10.97	
14.0																				
15.0		16.28		21.48					22.55				20.79			20.00	23.61	27.61	6.24	11.57
16.0																				
17.0		14.77		19.67					22.47				23.31			20.75	23.73	26.91	13.12	16.01
18.0																				13.93
19.0		14.10		19.57					20.25				23.05			22.45	24.69	26.10	15.36	
20.0																				14.56
21.0		11.87		19.80					18.31				19.00			23.10	24.32	26.94		15.20
22.0																				
23.0		13.91		18.78													23.40	25.53		15.47
24.0																				
25.0		12.40		17.78																
26.0																				13.28
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11. 서해병해역 퇴적물 중 수은 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			0.086		0.130		0.105		0.043					0.112		0.134			0.074	
1.5			0.082		0.087		0.112		0.095					0.078		0.134			0.089	
2.5			0.064		0.041		0.122		0.022					0.054		0.070			0.046	
3.5			0.050		0.034		0.111		0.021					0.033		0.040			0.037	
4.5			0.022		0.053		0.093		0.014					0.024		0.033			0.029	
5.5			0.027		0.027		0.052		0.006					0.021		0.019			0.039	
6.5			0.024		0.025		0.039		0.007					0.026		0.017			0.037	
7.5			0.024		0.006		0.021		0.001					0.028		0.014			0.032	
8.5			0.021		0.021		0.020		0.003					0.045		0.014			0.033	
9.5			0.016		0.028		0.018		0.005					0.036		0.015			0.029	
10.5																				
11.0			0.024		0.020		0.015		0.004					0.021		0.014			0.036	
11.5																				
12.5																				
13.0			0.014		0.017		0.008		0.001					0.018		0.012			0.034	
14.0																				
15.0			0.015		0.020		0.016		0.003					0.016		0.013			0.023	
16.0																				
17.0			0.016		0.022		0.006		0.007					0.016		0.012			0.029	
18.0																				
19.0			0.026		0.016		0.007		0.008					0.015		0.009			0.032	
20.0																				
21.0			0.010		0.024		0.004		0.011					0.015		0.008			0.030	
22.0																				
23.0														0.014		0.007				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	0.099		0.094		0.350				0.078		0.115	0.180		0.096			0.089		0.093	
1.5	0.117		0.081		0.049				0.055		0.183	0.199		0.117			0.072		0.114	
2.5	0.103		0.062		0.036				0.042		0.089	0.075		0.062			0.049		0.123	
3.5	0.078		0.071		0.042				0.034		0.055	0.034		0.071			0.045		0.087	
4.5	0.088		0.052		0.024				0.030		0.030	0.023		0.033			0.061		0.115	
5.5	0.086		0.054		0.027				0.032		0.024	0.019		0.028			0.042		0.086	
6.5	0.065		0.045		0.027				0.031		0.024	0.019		0.028			0.037		0.069	
7.5	0.062		0.034		0.018				0.029		0.023	0.018		0.027			0.049		0.082	
8.5	0.041		0.022		0.014				0.026		0.020	0.019		0.021			0.096		0.041	
9.5	0.050		0.023		0.022				0.022		0.020	0.019		0.025			0.041		0.036	
10.5																				
11.0	0.039		0.023		0.030				0.022		0.021	0.017		0.022			0.031		0.041	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.039		0.022		0.018				0.022		0.020	0.013		0.016			0.033			
14.0																				
15.0	0.030		0.021		0.014				0.020		0.020	0.013		0.015			0.032		0.034	
16.0																				
17.0	0.035		0.019		0.021				0.019		0.017	0.013		0.016			0.028		0.035	
18.0																				
19.0	0.037		0.019		0.012				0.019			0.012		0.014			0.023		0.032	
20.0																				
21.0	0.027		0.017		0.012				0.018		0.017	0.012		0.014			0.026		0.029	
22.0																				
23.0									0.018					0.017						
24.0																				
25.0									0.020											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	0.141		0.070													0.051		0.064	0.055	
1.5	0.081		0.093													0.048		0.071	0.035	
2.5	0.086		0.063													0.041		0.063	0.027	
3.5	0.070		0.065													0.040		0.068	0.027	
4.5	0.076		0.062													0.036		0.048	0.023	
5.5	0.053		0.026													0.034		0.041	0.028	
6.5	0.039		0.017													0.035		0.041	0.018	
7.5	0.031		0.018													0.035		0.039	0.031	
8.5	0.026		0.019													0.031		0.041	0.016	
9.5	0.021		0.023													0.032		0.035	0.017	
10.5																				
11.0	0.024		0.024													0.030		0.032	0.018	
11.5																				
12.5																				
13.0	0.026		0.023													0.023		0.029	0.016	
14.0																				
15.0	0.026		0.012													0.022		0.025	0.016	
16.0																				
17.0	0.023		0.012													0.021		0.025	0.017	
18.0																				
19.0	0.019		0.014													0.020		0.021	0.015	
20.0																				
21.0	0.020		0.016													0.020		0.023	0.013	
22.0																				
23.0																0.021		0.021	0.012	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	0.033			0.056		0.077		0.074		0.038							0.055		0.232	
1.5	0.029			0.068		0.067		0.104		0.063							0.037		0.026	
2.5	0.026			0.070		0.063		0.062		0.060							0.032		0.023	
3.5	0.029			0.052		0.058		0.080		0.051							0.028		0.025	
4.5	0.019			0.052		0.066		0.047		0.044							0.025		0.017	
5.5	0.017			0.052		0.044		0.039		0.039							0.022		0.016	
6.5	0.015			0.048		0.041		0.038		0.041							0.021		0.014	
7.5	0.013			0.043		0.050		0.036		0.058							0.019		0.016	
8.5	0.013			0.056		0.044		0.029		0.062							0.018		0.015	
9.5	0.013			0.055		0.040		0.026		0.044							0.020		0.015	
10.5																				
11.0	0.013			0.058		0.045		0.019		0.021							0.019		0.013	
11.5																				
12.5				0.039																
13.0	0.012					0.025		0.026		0.056							0.018		0.016	
14.0				0.034																
15.0	0.011					0.027		0.019		0.034							0.016		0.013	
16.0				0.029																
17.0	0.008					0.022		0.021		0.038							0.016		0.010	
18.0				0.027																
19.0	0.009					0.033		0.023		0.043							0.014		0.011	
20.0				0.030																
21.0	0.010					0.027		0.024		0.068							0.012		0.012	
22.0																				
23.0	0.011																0.011			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100	
0.5				0.089		0.068		0.042													
1.5				0.320		0.081		0.061													
2.5				0.019		0.070		0.025													
3.5				0.069		0.065		0.030													
4.5				0.010		0.067		0.068													
5.5				0.034		0.092		0.062													
6.5				0.121		0.070		0.042													
7.5				0.013		0.072		0.042													
8.5				0.021		0.054		0.041													
9.5				0.021		0.060		0.060													
10.5																					
11.0				0.024		0.036		0.053													
11.5																					
12.5																					
13.0				0.014		0.050															
14.0																					
15.0				0.001		0.043		0.022													
16.0																					
17.0				0.006		0.061		0.013													
18.0																					
19.0				0.024		0.049		0.012													
20.0																					
21.0				0.020		0.027		0.009													
22.0																					
23.0																					
24.0																					
25.0																					
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	0.032		0.030						0.060		0.050		0.027		0.052					
1.5	0.031		0.029						0.039		0.041		0.044		0.048					
2.5	0.032		0.026						0.036		0.045		0.033		0.042					
3.5	0.031		0.024						0.040		0.051		0.041		0.031					
4.5	0.031		0.022						0.114		0.047		0.027		0.024					
5.5	0.029		0.020						0.047		0.045		0.023		0.025					
6.5	0.028		0.021						0.043		0.033		0.018		0.023					
7.5	0.026		0.019						0.032		0.036		0.022		0.023					
8.5	0.025		0.019						0.026		0.031		0.026		0.024					
9.5	0.023		0.018						0.025		0.041		0.024		0.028					
10.5																				
11.0	0.022		0.018						0.037		0.028		0.030		0.020					
11.5																				
12.5									0.034											
13.0	0.022		0.018								0.030		0.022		0.022					
14.0																				
15.0	0.019		0.017						0.026		0.077		0.017		0.022					
16.0																				
17.0	0.016		0.017						0.018		0.033		0.013		0.023					
18.0																				
19.0	0.016		0.018						0.018		0.029		0.013		0.016					
20.0																				
21.0	0.017		0.017						0.016		0.026		0.008		0.016					
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-11 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		0.026		0.025					0.048				0.027			0.031	0.059	0.034	0.010	0.030
1.5		0.023		0.024					0.043				0.047			0.024	0.053	0.035	0.009	0.022
2.5		0.023		0.024					0.035				0.039			0.032	0.041	0.033	0.011	0.019
3.5		0.019		0.024					0.040				0.030			0.017	0.038			
4.5		0.018		0.030					0.038				0.027			0.027	0.023	0.028	0.008	0.018
5.5		0.016		0.024					0.034				0.023			0.021	0.021	0.026	0.008	0.016
6.5		0.015		0.024					0.026				0.024			0.052	0.019	0.024	0.008	0.017
7.5		0.015		0.023					0.029				0.025			0.014	0.018	0.024	0.007	0.015
8.5		0.015		0.026					0.031				0.022			0.022	0.017	0.022	0.005	0.016
9.5		0.016		0.022					0.034				0.021			0.016	0.018	0.022	0.006	0.016
10.5																		0.021	0.005	0.016
11.0		0.014		0.022					0.029				0.015			0.020	0.017			
11.5																		0.020	0.006	0.014
12.5																		0.020	0.015	0.014
13.0		0.013		0.020					0.030				0.019			0.022	0.018			
14.0		0.012		0.017														0.020	0.006	0.014
15.0		0.011		0.014					0.022				0.021			0.021	0.017			
16.0																		0.020	0.008	0.012
17.0		0.010		0.013					0.019				0.026			0.020	0.016			
18.0																		0.020	0.008	0.011
19.0		0.010		0.013					0.024				0.023			0.025	0.016			
20.0		0.016		0.013														0.018		0.010
21.0									0.018				0.020			0.016	0.016			
22.0																		0.018		0.009
23.0		0.009		0.012													0.015			
24.0																				0.010
25.0																				
26.0																				0.011
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12. 서해병해역 퇴적물 중 니켈 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			42.75		35.96		34.95		26.97					29.54		27.48			44.23	
1.5			44.62		39.19		43.42		26.91					32.33		30.77			45.33	
2.5			44.03		40.08		57.86		28.16					31.54		27.48			48.29	
3.5			43.94		42.50		41.11		28.41					31.24		26.83			48.00	
4.5			43.67		41.56		40.53		28.00					35.03		28.47			49.33	
5.5			44.15		40.69		44.06		29.61					29.01		25.85			48.46	
6.5			44.79		40.90		36.81		27.44					32.71		24.29			50.12	
7.5			46.31		43.07		38.33		25.01					29.87		27.58			49.16	
8.5			45.33		42.93		37.54		26.70					32.22		28.33			49.06	
9.5			47.31		42.79		37.85		28.53					29.55		18.67			49.67	
10.5																				
11.0			46.05		43.08		36.36		28.11					31.40		34.69			43.00	
11.5																				
12.5																				
13.0			45.38		45.60		39.48		26.44					33.62		36.21			49.81	
14.0																				
15.0			45.72		46.23		37.00		27.69					33.33		35.83			50.90	
16.0																				
17.0			45.43		46.34		33.55		35.16					27.73		34.98			52.28	
18.0																				
19.0			46.99		44.45		32.24		35.39					27.86		35.22			52.44	
20.0																				
21.0			43.85		42.57		33.42		37.76					26.16		33.76			49.14	
22.0																				
23.0																				
24.0														26.55		30.99				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	43.35		39.85		27.94				41.82		65.95	49.85		28.47			44.01		42.23	
1.5	50.05		42.30		35.67				40.33		61.77	44.18		26.80			29.36		50.63	
2.5	54.56		42.50		38.06				50.64		48.79	38.61		22.75			40.44		50.69	
3.5	49.71		43.37		37.03				52.21		37.07	35.82		23.93			45.35		51.61	
4.5	50.47		44.51		34.12				47.69		33.66	34.67		22.90			46.41		51.41	
5.5	51.08		42.59		34.89				46.63		34.46	35.27		31.83			46.50		56.26	
6.5	50.74		54.70		32.74				51.96		38.73	33.90		34.38			45.11		53.48	
7.5	50.09		40.72		39.83				49.46		37.15	36.89		31.70			47.45		52.53	
8.5	49.96		41.49		33.94				45.43		37.60	38.89		32.22			45.37		51.54	
9.5	50.14		42.37		37.79				48.16		36.83	37.73		34.58			45.46		51.19	
10.5																				
11.0	48.75		46.11		33.68				44.57		38.13	39.66		35.16			45.80		53.04	
11.5																				
12.5																				
13.0	50.16		45.81		25.31				46.16		40.57	36.69		32.42			45.06		55.29	
14.0																				
15.0	46.71		43.44		27.99				41.34		42.84	34.65		32.60			45.23		52.14	
16.0																				
17.0	50.37		40.88		25.87				31.43		40.36	36.04		28.89			45.44		54.03	
18.0																				
19.0	50.11		43.05		26.12				47.93		41.66	32.41		29.57			46.62		55.46	
20.0																				
21.0	50.22		44.77		36.43				49.27		44.58	34.64		31.29			47.87		55.15	
22.0																				
23.0									48.36			36.46								
24.0																				
25.0									65.63											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	41.85		35.76													41.05		40.32	38.06	
1.5	43.29		42.11													42.45		40.52	41.90	
2.5	44.65		45.01															41.48	42.79	
3.5	46.85		46.45													42.26		41.89	40.34	
4.5	45.57		45.80													45.79		34.97	47.99	
5.5	45.16		44.43													42.35		37.83	42.65	
6.5	44.16		45.24													45.51		39.90	46.43	
7.5	44.53		45.16													44.22		37.95	43.48	
8.5	44.04		49.95													39.81		37.13	51.32	
9.5	48.08		47.32													35.85		39.52	45.77	
10.5																				
11.0	46.76		47.03													33.81		41.42	47.67	
11.5																				
12.5																				
13.0	46.19		38.88													32.56		39.55	43.01	
14.0																				
15.0	48.06		37.50													37.66		39.99	35.88	
16.0																				
17.0	48.09		43.89													43.44		38.82	33.93	
18.0																				
19.0	46.70		39.75													40.95		39.49		
20.0																				
21.0	47.02		43.10													30.38		42.08	33.05	
22.0																				
23.0																36.03		40.67	30.64	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	33.56			42.50		45.51		41.63		24.50							24.55		36.43	
1.5	39.51			51.62		41.09				27.11							32.57		37.44	
2.5	36.38			52.16		41.91				28.78							27.96		37.72	
3.5	34.97			53.31		42.12				29.64							35.71		36.12	
4.5	37.83			54.05		42.28				29.99							32.70		39.60	
5.5	44.05			53.46		43.19				29.27							34.51		35.92	
6.5	40.09			53.52		41.75				31.41							32.29		31.06	
7.5	39.84			53.38		42.32				28.98							35.93		30.82	
8.5	44.27			54.15		41.73				28.26							33.64		31.18	
9.5	43.52			53.91		41.85				29.35							36.93		29.60	
10.5																				
11.0	43.80			54.20		41.79				25.67							36.65		30.88	
11.5																				
12.5																				
13.0	39.63			53.88		42.02				22.01							36.12		28.28	
14.0																				
15.0	44.60			55.97		39.93				24.57							32.29		28.23	
16.0																				
17.0	35.52			56.01		40.75				26.32							23.35		32.50	
18.0																				
19.0	23.55			64.10		42.31				27.64							30.45		27.92	
20.0																				
21.0	31.18			53.83		46.98				24.59							25.86		28.46	
22.0																				
23.0	39.51																30.24			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100	
0.5				37.18		36.40		30.91													
1.5				42.78		36.45		44.35													
2.5				41.66		37.38		38.41													
3.5				42.48		38.34		39.98													
4.5				43.15		39.38		41.14													
5.5				43.44		37.75		40.20													
6.5				44.05		38.83		41.45													
7.5				43.48		39.64		40.00													
8.5				40.55		39.19		41.97													
9.5				41.24		36.60		39.16													
10.5																					
11.0				41.81		37.59		38.86													
11.5																					
12.5																					
13.0				41.60		38.25		35.53													
14.0																					
15.0				40.90		40.91		30.63													
16.0																					
17.0				42.41		42.61		31.39													
18.0																					
19.0				45.13		40.69		34.58													
20.0																					
21.0				43.69		38.41		37.65													
22.0																					
23.0																					
24.0																					
25.0																					
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	42.32		32.17						40.58		41.02		28.76		31.02					
1.5	43.42		33.99								45.65		31.78		27.74					
2.5	39.26		33.86								46.52		33.44		29.43					
3.5	39.78		33.44								47.68		35.67		32.28					
4.5	41.17		34.39								48.65		36.93		32.57					
5.5	43.46		35.76								46.56		36.75		28.16					
6.5	42.21		30.77								47.87		37.27		30.50					
7.5	47.10		34.91								50.14		37.49		30.06					
8.5	39.77		32.58								49.54		37.47		33.75					
9.5	44.42		33.64								48.80		37.00		29.73					
10.5																				
11.0	43.77		25.24								45.93		34.06		27.32					
11.5																				
12.5																				
13.0	43.34		39.47								44.71		29.37		27.36					
14.0																				
15.0	44.50		41.52								48.96		30.18		29.18					
16.0																				
17.0	45.26		38.13								48.26		31.49		28.15					
18.0																				
19.0	44.23		36.69								49.76		27.77		26.26					
20.0																				
21.0	43.93		46.73								50.12		26.34		28.25					
22.0																				
23.0	48.31																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-12 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		30.78		30.00					36.80				26.64			27.06	37.37	39.25	5.16	61.05
1.5		32.48		29.28					39.70				33.96			24.27	43.90	35.02	7.39	47.32
2.5		34.93		31.23					42.05				32.72			24.09	46.40	38.55	6.03	46.56
3.5		32.93		36.06					43.17				34.43			27.62	51.01	45.26	8.80	
4.5		35.67		37.87					41.87				36.93			31.05	52.88	42.69	8.76	52.61
5.5				37.52					42.67				34.48			34.67	54.57	42.41	7.60	57.51
6.5		24.67		40.19					44.12				35.16			37.55	57.11	38.12	6.66	57.97
7.5		38.05		36.38					41.78				36.93			36.71	57.80	39.08	18.90	58.04
8.5		36.10		36.56					44.08				43.11			37.42	58.37	32.90	12.97	57.51
9.5		33.53		38.56					42.24				34.38			39.80		35.59	15.91	56.45
10.5																				58.95
11.0		34.17		37.08					41.00				34.44			35.56	60.36	35.62	18.32	
11.5																				58.54
12.5																			34.37	
13.0		32.01		36.65					42.00				34.08			38.21	62.25	43.55	23.05	
14.0																				
15.0		31.55		32.55					41.89				40.96			34.57	66.00	44.65	22.24	53.14
16.0																				
17.0		29.99		32.19					41.28				47.64			35.54	63.94	51.35	24.08	51.07
18.0																				28.17
19.0		26.88		32.16					37.87				48.63			39.56	65.04	39.75	25.26	
20.0																				25.99
21.0		26.28		36.42					35.27				40.85			39.41	65.79	42.34		26.45
22.0																				
23.0		27.66		34.17													61.01	39.76		27.81
24.0																				
25.0		27.97		33.42																26.83
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13. 서해병해역 퇴적물 중 납 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			38.34		32.93		33.06		28.22					44.56		35.86			38.17	
1.5			38.51		34.96		42.41		29.93					43.72		27.69			37.60	
2.5			34.77		31.72		43.11		29.22					41.27		29.52			38.86	
3.5			34.27		31.80		38.73		26.29					38.58		27.28			38.65	
4.5			31.71		31.97		36.18		24.56					40.97		26.26			38.99	
5.5			31.25		30.05		34.87		26.06					40.20		25.02			37.66	
6.5			30.08		29.06		30.74		25.10					36.11		26.78			38.29	
7.5			29.93		28.27		29.54		22.76					35.71		25.40			36.48	
8.5			29.83		28.59		28.34		24.00					24.07		25.51			34.82	
9.5			30.70		29.15		28.21		24.25					26.42		27.33			33.06	
10.5																				
11.0			30.42		28.70		27.38		23.72					24.12		28.94			31.75	
11.5																				
12.5			29.50		28.46		28.12		22.51											
13.0														24.19		27.67			32.87	
14.0			29.57		28.14		26.70		23.89											
15.0														23.49		28.24			31.74	
16.0			29.06		27.32		26.65		24.69											
17.0														22.85		29.84			32.06	
18.0			30.15		26.63		25.50		25.77											
19.0														22.83		29.72			30.93	
20.0			28.22		26.27		26.00		26.72											
21.0														23.76		30.24			29.45	
22.0																				
23.0														23.05		31.77				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040
0.5	36.58		36.05		31.46				31.45		67.27	51.98		34.57			36.36		40.86	
1.5	43.81		38.17		36.16				29.47			49.50		43.62			26.25		46.11	
2.5	46.88		35.80		36.13				43.27		34.90	37.35		31.37			32.30		44.75	
3.5	43.95		33.79		32.59				41.09		25.74	42.08		29.39			33.11		46.72	
4.5	43.67		32.54		31.18				38.53		24.06	40.18		28.59			31.39		43.67	
5.5	41.42		31.10		30.20				37.99		23.81	40.12		31.48			31.46		44.16	
6.5	40.93		31.02		28.86				37.78		23.09	39.82		30.98			30.28		40.60	
7.5	38.93		29.55		30.66				36.48		22.76	40.20		31.92			32.22		39.54	
8.5	38.61		29.21		29.62				36.49		22.92	41.95		31.52			30.35		38.43	
9.5	37.74		29.21		30.57				35.38		23.42	42.02		30.56			30.36		36.40	
10.5																				
11.0	34.02		29.23		26.29				34.83		23.31	41.43		32.94			30.12		35.95	
11.5																				
12.5																				
13.0	34.65		28.18		24.67				34.98		23.12	41.11		29.36			29.75		35.62	
14.0																				
15.0	31.52		26.98		29.47				35.36		22.65	40.18		29.31			29.89		33.18	
16.0																				
17.0	33.53		26.09		24.33				35.23		22.58	38.35		28.80			29.56		32.77	
18.0																				
19.0	32.82		27.83		26.22				34.99		21.54	39.87		29.36			29.65		33.66	
20.0																				
21.0	33.18		27.91		25.83				34.15		23.03			30.34			30.99		33.55	
22.0																				
23.0									34.75			40.72		31.11						
24.0																				
25.0									45.59											
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	34.49		34.78													30.64		35.45	66.57	
1.5	40.91		39.90													22.86		35.72	59.45	
2.5	40.55		39.36													29.56		35.40	33.72	
3.5	39.01		40.46													28.00		36.44	31.34	
4.5	38.09		37.34													26.59		34.48		
5.5	35.46		34.15													25.24		32.52		
6.5	32.32		33.40													23.93		32.93		
7.5	31.32		32.00													24.75		33.41	30.00	
8.5	31.18		33.63													36.63		31.69		
9.5	30.60		31.95													40.62		29.65	29.65	
10.5																				
11.0	29.79		32.08													41.76		30.03	30.84	
11.5																				
12.5																				
13.0	29.28		29.64													38.56		25.53	28.49	
14.0																				
15.0	31.36		28.09													37.36		25.10	24.55	
16.0																				
17.0	28.90		32.46													41.48		26.14	23.67	
18.0																				
19.0	28.95		30.31													41.37		24.36	15.39	
20.0																				
21.0	29.35		31.51													35.35		24.78	25.17	
22.0																				
23.0																40.42		23.61	24.11	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	48.83			35.99		36.79		33.98		24.95							27.16		39.66	
1.5	45.53			34.77		43.06				28.90							50.84		33.98	
2.5	47.39			42.81		44.68				27.86							38.54		34.41	
3.5	45.25			37.23		43.97				26.75							46.21		30.64	
4.5	44.43			38.89		42.78				26.80							37.86		30.91	
5.5	45.81			38.68		42.60				25.83							35.36		32.67	
6.5	42.50			38.42		40.46				26.27							42.89		46.38	
7.5	43.35			36.18		38.81				26.65							40.91		42.80	
8.5	41.85			39.46		37.79				25.43							40.46		39.76	
9.5	41.18			37.32		37.68				24.91							29.47		44.54	
10.5																				
11.0	39.59			39.30		37.09				25.34							27.70		42.68	
11.5																				
12.5																				
13.0	40.35			41.89		36.19				23.72							26.42		42.72	
14.0																				
15.0	37.99			33.84		34.27				23.97							32.14		39.61	
16.0																				
17.0	37.68			38.46		35.14				24.06							22.69		52.22	
18.0																				
19.0	57.36			32.89		35.19				26.05							33.18		41.64	
20.0																				
21.0	20.27			32.18		35.04				24.12							30.83		41.84	
22.0																				
23.0	37.27																25.57			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100	
0.5				27.09		33.43		30.29													
1.5				38.00		37.51		38.14													
2.5				35.85		38.28		34.56													
3.5				34.87		44.59		33.15													
4.5				34.03		38.90		32.46													
5.5				33.36		36.92		31.24													
6.5				32.31		36.11		31.61													
7.5				31.88		36.25		31.78													
8.5				31.27		34.97		31.49													
9.5				31.54		33.72		30.95													
10.5																					
11.0				29.88		33.25		27.62													
11.5																					
12.5																					
13.0				29.98		32.81		31.42													
14.0																					
15.0				30.79		34.95		27.86													
16.0																					
17.0				30.06		34.48		29.91													
18.0																					
19.0				29.92		33.67		28.61													
20.0																					
21.0				32.29		31.79		30.21													
22.0																					
23.0																					
24.0																					
25.0																					
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	34.46		30.19						31.32		34.35		27.13		26.30					
1.5	36.97		29.60								38.76		30.04		30.49					
2.5	34.86		27.39								38.78		29.95		30.03					
3.5	36.43		25.77								39.06		29.42		29.56					
4.5	34.48		26.17								39.44		28.50		28.36					
5.5	32.09		33.86								38.13		28.49		27.05					
6.5	32.71		33.21								38.16		28.79		31.46					
7.5	30.46		32.31								36.42		28.27		29.93					
8.5	31.62		33.43								36.43		27.14		31.48					
9.5	29.65		24.28								38.31		27.50		31.62					
10.5																				
11.0	30.81		22.20								33.41		27.00		29.47					
11.5																				
12.5																				
13.0	30.97		24.35								31.32		25.69		30.61					
14.0																				
15.0	27.97		27.24								33.70		26.33		29.66					
16.0																				
17.0	27.71		28.09								32.48		27.59		31.70					
18.0																				
19.0	27.95		27.93								31.76		25.54		28.76					
20.0																				
21.0	27.27		28.95								31.93		26.52		31.09					
22.0																				
23.0	26.37																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-13 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		34.97		24.25					28.63				28.79			24.01	44.38	40.04	23.88	42.17
1.5		28.27		29.51					30.72				32.88			27.90	43.35	35.27	24.05	47.53
2.5		27.69		25.62					30.72				33.75			25.05	44.99	31.53	23.25	47.57
3.5		25.87		32.53					30.61				31.43			27.53	47.59	35.34	20.30	
4.5		25.55		32.73					29.65				28.43			25.46	40.79	32.66	54.77	46.97
5.5		25.31		31.67					29.31				31.01			24.55	44.90	31.80	23.98	32.17
6.5		24.61		30.57					28.99				26.00			25.07	38.65	26.57	22.47	50.94
7.5		23.90		29.31					28.28				30.50			24.72	38.82	24.77	40.96	29.47
8.5		23.44		33.21					29.47				25.36			24.82	42.82	29.70	34.35	42.47
9.5		22.43		34.12					27.58				28.51			25.67	46.43	29.07	34.54	43.90
10.5																				32.20
11.0		21.99		32.13					26.72				28.97			23.91	37.28	25.17	35.72	
11.5																				34.22
12.5																				43.36
13.0		21.83		31.20					27.42				22.18			26.37	38.19	24.26	35.41	
14.0																				39.84
15.0		20.77		29.26					28.76				25.64			24.03	37.17	24.97	35.04	
16.0																				25.02
17.0		21.36		28.32					26.86				23.80			24.55	43.31	28.37	37.99	
18.0																				28.35
19.0		20.23		27.88					26.38				31.21			25.94	38.00	28.01	44.96	
20.0																				27.65
21.0		19.65		28.66					25.42				22.51			25.59	41.84	26.87		
22.0																				28.48
23.0		19.09		27.39													41.03	27.09		
24.0																				27.41
25.0		18.92		27.77																
26.0																				26.12
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14. 서해병해역 퇴적물 중 아연 농도

Depth (cm)	YB-001	YB-002	YB-003	YB-004	YB-005	YB-006	YB-007	YB-008	YB-009	YB-010	YB-011	YB-012	YB-013	YB-014	YB-015	YB-016	YB-017	YB-018	YB-019	YB-020
0.5			122.07		99.44		107.19		70.13					309.27		355.57			133.90	
1.5			149.07		115.33		164.99		108.65					297.05		341.40			127.79	
2.5			134.88		113.05		223.46		93.69					109.53		438.01			130.67	
3.5			120.80		121.49		150.87		102.53					381.28		440.58			139.04	
4.5			118.96		119.45		155.04		81.57					316.20		396.11			124.01	
5.5			118.65		112.08		137.52		86.99					411.84		350.99			122.52	
6.5			117.25		115.46		99.22		81.95					329.49		422.84			129.28	
7.5			125.75		134.75		96.52		70.98							369.28			127.32	
8.5			122.71		112.68		93.73		73.09					86.84		374.14			123.61	
9.5			125.76		103.62		85.67		78.17					91.63		513.86			131.05	
10.5																				
11.0			122.22		113.08		82.39		80.11					86.26		531.43			166.86	
11.5																				
12.5																				
13.0			122.17		109.15		88.12		78.60					88.93		447.18			125.47	
14.0																				
15.0			128.99		110.25		81.66		78.99					90.29		548.43			122.99	
16.0																				
17.0			116.77		118.41		74.98		86.56					83.75		328.62			128.22	
18.0																				
19.0			116.50		121.13		81.29		87.88					80.86		316.11			126.70	
20.0																				
21.0			108.40		104.93		77.23		92.01					78.90		264.29			117.34	
22.0																				
23.0														79.34		305.58				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-021	YB-022	YB-023	YB-024	YB-025	YB-026	YB-027	YB-028	YB-029	YB-030	YB-031	YB-032	YB-033	YB-034	YB-035	YB-036	YB-037	YB-038	YB-039	YB-040	
0.5	121.80	116.37	91.78	150.06	238.56	196.99	121.81	120.07	140.10												
1.5	176.99	136.25	133.45	122.17	94.48	193.74	123.93	88.32	156.11												
2.5	167.35	133.51	123.26	127.15	160.98	124.98	104.99	124.59	140.71												
3.5	165.48	134.90	119.18	122.18	122.06	108.50	96.78	121.70	142.09												
4.5	159.54	125.21	100.39	123.91	112.60	99.27	153.47	125.86	143.04												
5.5	152.59	122.77	95.36	122.46	111.38	98.32	91.59	128.53	154.67												
6.5	144.91	122.42	91.35	121.85	110.93	100.76	89.94	118.47	129.58												
7.5	152.38	106.74	101.81	117.89	107.48	103.39	91.63	127.34	136.27												
8.5	138.86	104.05	88.64	120.13	110.00	109.75	93.76	124.20	124.91												
9.5	136.51	103.09	101.15	118.16	112.64	107.43	92.48	129.03	131.75												
10.5																					
11.0	161.33	113.34	93.56	116.35	112.70	108.82	99.13	116.50	147.17												
11.5																					
12.5																					
13.0	136.88	114.40	66.43	118.06	111.33	109.40	88.80	116.42	144.73												
14.0																					
15.0	130.33	116.94	70.99	121.01	111.47	98.90	81.23	118.29	122.38												
16.0																					
17.0	131.29	102.42	85.21	121.78	109.50	94.99	80.79	114.83	125.51												
18.0																					
19.0	146.90	112.88	80.00	120.26	106.47	88.52	76.32	119.63	136.73												
20.0																					
21.0	132.76	116.15	89.81	119.15	113.74		75.83	118.58	129.52												
22.0																					
23.0				121.21			84.49														
24.0																					
25.0				117.87																	
26.0																					
27.0																					
29.0																					

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-041	YB-042	YB-043	YB-044	YB-045	YB-046	YB-047	YB-048	YB-049	YB-050	YB-051	YB-052	YB-053	YB-054	YB-055	YB-056	YB-057	YB-058	YB-059	YB-060
0.5	128.62		107.71													123.90		139.21	106.96	
1.5	140.77		147.12													125.34		136.83	95.81	
2.5	128.60		150.33													131.18		133.26	96.08	
3.5	142.61		140.56													122.00		138.01	96.16	
4.5	143.62		130.81													131.66		127.67	97.89	
5.5	113.71		118.86													116.94		125.99	98.86	
6.5	106.54		116.85													120.99		126.99	94.23	
7.5	108.08		113.62													118.05		127.91	93.22	
8.5	92.98		129.85													133.97		123.07	112.69	
9.5	100.44		119.32													123.44		118.68	98.53	
10.5																				
11.0	102.40		118.82													118.62		108.76	106.95	
11.5																				
12.5																				
13.0	110.07		103.62															100.42	98.62	
14.0																				
15.0	111.91		87.27													127.69		93.62	101.62	
16.0																				
17.0	129.26		102.45													140.07		93.21	97.28	
18.0																				
19.0	102.99		91.78													130.50		95.61	61.80	
20.0																				
21.0	106.30		97.44													124.51		107.57	90.94	
22.0																				
23.0																131.28		105.86	85.55	
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-061	YB-062	YB-063	YB-064	YB-065	YB-066	YB-067	YB-068	YB-069	YB-070	YB-071	YB-072	YB-073	YB-074	YB-075	YB-076	YB-077	YB-078	YB-079	YB-080
0.5	90.38		116.39		124.28		114.37		64.47							123.08			98.73	
1.5	78.58		138.56		131.30				75.18							120.41			101.39	
2.5	87.01		135.82		135.86				84.27							94.50			105.39	
3.5	87.57		136.88		134.53				65.75							123.69			108.41	
4.5	89.83		132.75		132.96				63.82										103.00	
5.5	94.53		133.38		137.08				61.95							124.49			102.18	
6.5	85.85		130.67		123.48				77.56							124.09			117.11	
7.5	88.79		127.97		120.19				75.31							130.87			110.35	
8.5	84.84		130.53		117.47				60.00							124.02			115.46	
9.5	85.65		128.12		117.98				73.27							101.74			99.85	
10.5																				
11.0	86.06		128.14		115.90				49.79							103.64				
11.5																				
12.5																				
13.0	89.50		130.79		112.96				44.38							99.81			94.41	
14.0																				
15.0	73.28		128.26		108.79				47.34							88.45			89.68	
16.0																				
17.0	60.05		123.83		110.25				52.86										85.85	
18.0																				
19.0	53.60		122.21		113.16				51.87							84.12			125.25	
20.0																				
21.0	72.18		118.12		113.67				47.41							77.75			113.87	
22.0																				
23.0	85.64															75.01				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-081	YB-082	YB-083	YB-084	YB-085	YB-086	YB-087	YB-088	YB-089	YB-090	YB-091	YB-092	YB-093	YB-094	YB-095	YB-096	YB-097	YB-098	YB-099	YB-100
0.5				107.47		101.62		164.10												
1.5				132.17		116.57		144.68												
2.5				121.09		111.93		108.06												
3.5				119.37		112.14		112.33												
4.5				117.06		113.92		116.20												
5.5				118.83		109.78		114.94												
6.5				117.20		108.67		106.82												
7.5				112.38		111.11		104.61												
8.5				108.54		111.23		111.53												
9.5				114.95		100.61		103.73												
10.5																				
11.0				106.18		102.13		100.41												
11.5																				
12.5																				
13.0				108.74		101.43		89.59												
14.0																				
15.0				109.87		112.20		82.63												
16.0																				
17.0				113.16		108.74		84.98												
18.0																				
19.0				110.22		110.19		85.67												
20.0																				
21.0				111.72		100.61		92.86												
22.0																				
23.0																				
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-101	YB-102	YB-103	YB-104	YB-105	YB-106	YB-107	YB-108	YB-109	YB-110	YB-111	YB-112	YB-113	YB-114	YB-115	YB-116	YB-117	YB-118	YB-119	YB-120
0.5	124.09		107.34						117.53		119.50		68.16		92.42					
1.5	128.21		109.83								131.62		101.25		88.79					
2.5	123.44		111.35								137.73		103.22		88.54					
3.5	123.44		107.59								120.63		106.71		92.15					
4.5	117.77		104.62								141.28		108.67		88.37					
5.5	109.38		112.62								115.63		149.91		78.76					
6.5	113.77		102.57								124.10		101.37		82.67					
7.5	109.58		110.89								130.18		150.83		82.02					
8.5	113.40		110.34								123.62		103.65		86.35					
9.5	114.01		116.40								118.12		104.53		81.18					
10.5																				
11.0	121.10		112.59								97.56		95.23		72.21					
11.5																				
12.5											99.88		80.40		78.05					
13.0	113.74		102.39																	
14.0											147.65		79.07		73.19					
15.0	112.54		114.09																	
16.0											108.24		89.39		68.43					
17.0	110.10		113.67																	
18.0											112.37		81.14		64.97					
19.0	112.92		109.97																	
20.0											109.37		72.46		65.85					
21.0	110.85		117.16																	
22.0																				
23.0	107.75																			
24.0																				
25.0																				
26.0																				
27.0																				
29.0																				

표 2-7-14 (계속)

Depth (cm)	YB-121	YB-122	YB-123	YB-124	YB-125	YB-126	YB-127	YB-128	YB-129	YB-130	YB-131	YB-132	YB-133	YB-134	YB-135	YBR-001	YBR-002	YBR-003	YBR-004	YBR-005
0.5		94.18		73.66					90.44				70.09			64.04	95.48	123.59	35.14	
1.5		96.99		91.30					87.03				85.38			62.14	102.97	135.21	37.72	76.35
2.5		99.13		80.17					92.83				79.97			55.74	102.37	130.26	39.44	79.67
3.5		103.58		112.16					91.77				80.40			66.08	101.12	124.77	35.97	
4.5		108.67		115.70					88.73				84.53			74.16	95.46	131.21	82.33	121.65
5.5				110.42					91.31				79.37			74.01	96.67	107.92	36.73	109.96
6.5		101.11		107.48					94.35				83.95			77.17	67.76	114.91	31.94	108.20
7.5				95.00					89.80				81.67			75.78	107.75	111.77	49.44	103.57
8.5				107.52					96.53				90.96			80.77	101.44	108.04	33.29	105.45
9.5		104.19		117.43					91.49				78.38			78.05	122.10	119.70	44.50	99.14
10.5																				96.78
11.0		99.98		109.79					83.41				76.57			74.26	103.45	112.37	42.69	
11.5																				
12.5																				91.90
13.0		91.45		104.53					101.84				74.49			76.22	110.31	122.40	55.58	60.56
14.0																				
15.0		87.15		99.06					90.14				90.54			70.11	107.88	122.12	32.21	
16.0																				83.35
17.0		76.42		94.43					86.67				98.43			78.24	103.64	119.63	67.14	
18.0																				71.33
19.0		73.71		93.58					74.80				99.58			76.55	108.46	117.38	79.08	
20.0																				60.58
21.0		64.56		95.47					65.03				83.12			72.07	99.70	120.70		63.26
22.0																				
23.0		72.77		91.21														115.99		63.88
24.0																				
25.0		67.06		88.04																74.99
26.0																				
27.0																				
29.0																				

바. 유기오염물질

(1) 다환방향족 탄화수소 (PAHs)

해저퇴적물은 무기물질, 광물입자, 분해도중의 유기물로 구성되어 있는 복합물질이다. 이들은 천연적인 변수와 인위적인 변수들에 의하여 민감하게 변화한다. 다환방향족 탄화수소(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 해양퇴적물에 항상 존재하는 유기 오염물질 중의 하나이다. PAHs는 강한 소수성으로 생분해에 대한 내성이 강하고, 돌연변이와 암 등을 유발할 수 있기 때문에 인간 건강과 생태계에 악영향을 미칠 수 있다. 더구나, PHAs는 부유입자에 빠르게 흡착된다. 이러한 점들을 고려하여 미국 환경보호청은 16종의 PAH를 1973년 우선 오염물 목록에 삽입하였다. 일반적으로 PAHs는 전 해역에 걸쳐 분포되어 있으나 특히, 도시나 산업단지 인근에 위치한 해양의 해저 퇴적물에서 산업 폐수, 가로분진 처분수, 화석연료 연소 후 생성된 입자와 탄화 된 석탄 제품 처분 등의 특정 인위적 입력으로 인해 그 함량이 높고 그 조성의 변이 또한 높다. 연안 해양퇴적물 내의 PAHs는 대부분 두 가지 기원에 의하며 첫 번째가 천연적 기원이고 두 번째가 인위적 기원이다. 인위적 기원의 경우는 특히 연소기원(pyrolytic)과 석유기원(petrogenic)이 가장 중요하다. 연소기원은 화석연료의 연소, 혹은 목초나 삼림의 화재 등이 예 이고 석유기원은 유류유출(oil spill)이나 도로건설 자재로 사용되는 석유 제품에 의한 기원을 예로 들 수 있는데, 해양환경에선 연소기원에 의한 영향이 더 우세하다. 한편, 연소기원의 PAHs와 석유기원의 PAHs는 해양 퇴적물 내에서 서로 다른 화학적 특성 및 분포를 갖는다. 특히 연소기원의 PAHs는 석유기원의 PAHs보다 퇴적물에 대한 친화도가 더 강하며 미생물 분해에 대한 내성도 높다. 여러 연구들에 의해 PAHs와 해저 퇴적물의 흡착에 유기물들이 주요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌다. 동일한 분자량을 갖는 PAHs 화학종들 간의 비를 이용하면 PAHs의 생성과 기원, 및 속성(diagenesis)을 이해할 수 있다. 화학종들 간의 비를 이용하는 이러한 연구 방법은 저온(low-temperature)환경에선 석유 형성과정의 경우와 같이 열역학(thermodynamics) 메커니즘이 더 우세하고 반대로, 고온(high-temperature)환경에선 유기물들의 열분해 과정과 같이 반응속도론(kinetic factor)적 메커니즘이 더 우세하다라는 사실에 기인한다. 이처럼 기원이 다른 PAHs의 분포 및 생성과정은 주위의 온도환경에 의해 결정되어 진다. 기원 규명에 대한 또 다른 방법으로는 특정 PAH들 간의 조성비를 통한 방법으로서, 알킬기 치환 PAHs/알킬기 없는 PAHs (alkylated PAH/ nonalkylated PAH)의 비가 클수록 석유기원이고, phenanthrene / anthracene의 경우는 그 비가

10이하이면 연소기원으로, 50이상이면 석유기원으로 유추할 수 있다. 또한 fluoranthene/pyrene의 비가 1이하이면 석유기원이고, benzo(a)anthracene/chrysene의 비가 0.4 보다 적을 경우에도 석유기원으로 유추할 수 있으며, 4,5개의 고리 구조의 비율이 높을수록 이는 연소기원으로 유추할 수 있다.

서해병해역의 표층퇴적물 중 PAHs의 농도분포를 Σ PAHs(16)와 Σ PAHs(27)으로 각각 그림 2-7-25, 26에 나타내었다. Σ PAHs(16)와 Σ PAHs(27)의 농도는 배출해역 전역에 걸쳐 각각 138~368 μ g/kg, 197~467 μ g/kg의 분포를 나타내었고 특히 YB-109 지역에서 Σ PAHs(16)와 Σ PAHs(27)의 농도가 각각 913 μ g/kg, 1,076 μ g/kg로 가장 높은 농도분포 값을 나타내었다. 또한, 그림에서 볼 수 있듯이 투기장 내 동북부해역의 표층퇴적물 PAHs 농도가 다소 감소하였음을 알 수 있는데, 이는 최근 2006년 6월 이후 도입된 휴식년구역제의 영향인 것으로 사료된다.

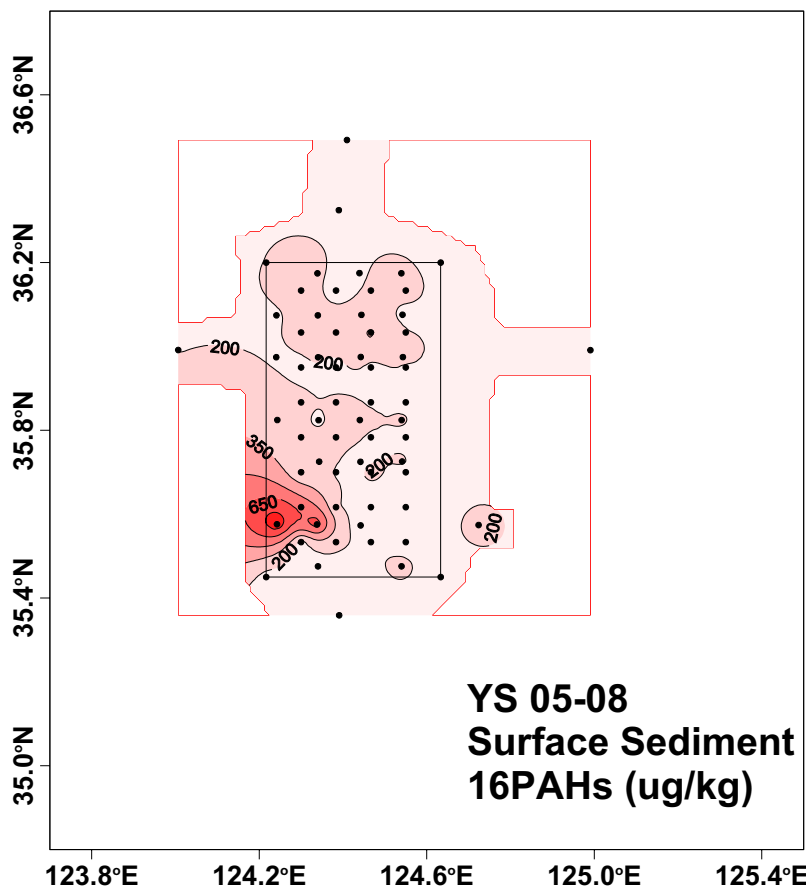


그림 2-7-25 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 Σ PAHs(16)의 수평분포

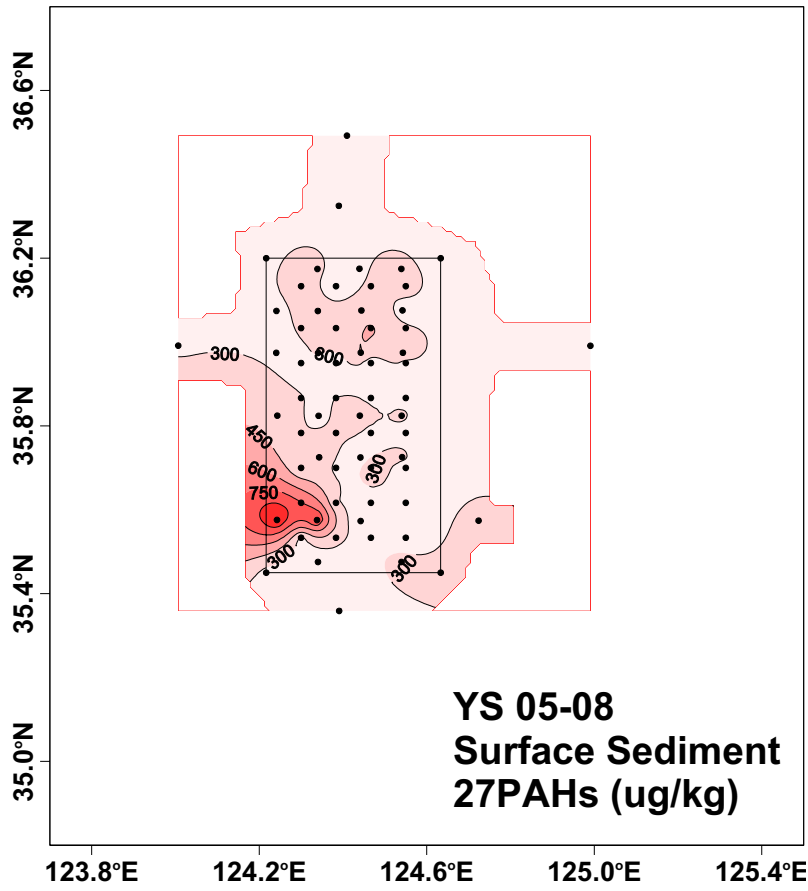


그림 2-7-26 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 Σ PAHs(27)의 수평분포

표 2-7-15 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 PAHs 농도

단위 ug/kg	YB001	YB003	YB005	YB007	YB009	YB011	YB013	YB014	YB016	YB019	YB021	YB023	YB025	YB029	YB031
naphthalene	N.D.	7.75	7.25	7.86	5.56	N.D.	N.D.	7.60	18.38	5.16	8.16	6.23	5.16	N.D.	3.81
2-methyl naphthalene	1.04	8.78	8.34	9.28	6.13	1.30	N.D.	9.37	11.21	5.69	9.40	7.77	5.93	1.57	11.44
1-methyl naphthalene	0.36	6.45	6.32	6.47	4.98	0.52	N.D.	6.71	7.39	4.53	6.52	5.65	6.14	0.69	6.72
2,6-dimethyl naphthalene	2.89	10.20	8.94	14.93	6.25	3.61	2.93	10.94	13.61	6.02	11.23	10.00	6.81	4.21	13.83
acenaphthylene	5.58	6.54	6.03	5.98	5.78	5.98	5.55	5.70	5.79	5.39	6.19	5.67	5.22	5.96	6.49
acenaphthene	2.04	5.12	4.87	5.30	4.30	2.29	2.01	5.16	5.57	4.92	5.34	5.91	4.59	2.57	3.26
2,3,5-trimethyl naphthalene	3.34	5.65	5.96	6.00	5.25	3.72	3.25	5.71	6.19	4.84	5.76	5.56	4.73	3.99	5.81
fluorene	4.01	7.00	6.29	7.03	5.60	4.71	3.72	6.30	7.14	5.58	6.86	14.44	6.23	5.45	7.81
phenanthrene	14.34	18.80	13.85	17.26	10.32	17.33	8.97	15.19	18.52	13.48	17.87	25.65	13.29	19.62	23.15
anthracene	10.42	8.74	7.68	8.67	6.81	11.76	11.49	7.96	8.40	6.92	8.26	9.64	8.59	9.66	10.93
2-methyl phenanthrene	9.10	9.47	8.40	8.30	6.61	9.75	7.84	8.60	8.06	5.18	8.27	9.86	6.10	10.69	11.72
2-methyl anthracene	10.75	10.03	9.36	9.61	7.73	11.43	12.70	8.85	7.79	8.27	9.75	9.99	7.44	9.53	11.24
1-methyl anthracene	11.80	9.57	7.77	10.89	5.34	12.49	13.00	7.64	9.92	9.28	8.02	12.81	5.87	11.42	13.30
1-methyl phenanthrene	2.84	7.57	7.73	8.14	5.95	3.24	2.03	8.74	7.94	6.33	7.71	10.06	5.63	4.23	5.54
9-methyl anthracene	11.44	6.27	5.94	9.48	5.65	11.80	14.02	5.70	10.42	5.42	5.64	6.91	5.16	9.20	10.46
fluoranthene	38.86	35.87	27.31	33.55	18.30	45.87	26.23	32.56	34.95	28.29	38.31	40.55	23.32	39.91	41.54
pyrene	12.04	23.16	18.25	23.08	13.24	15.73	8.14	20.54	22.85	17.47	23.75	24.84	16.06	14.69	20.74
benzo(a)anthracene	10.85	4.62	3.54	5.51	4.48	14.69	8.96	4.29	4.95	3.81	4.32	4.74	5.37	13.92	14.10
chrysene	9.93	10.99	9.55	10.77	10.57	12.28	7.16	14.28	15.64	13.34	17.65	15.30	11.17	13.33	12.02
benzo(b)fluoranthene	31.19	28.84	25.01	29.06	19.07	41.88	21.07	29.19	30.71	27.33	34.81	31.75	20.83	34.34	30.10
benzo(k)fluoranthene	9.03	11.86	11.32	11.81	10.00	11.39	7.43	12.02	12.37	11.02	13.48	12.08	9.48	7.99	7.80
benzo(e)pyrene	12.28	15.36	13.96	15.55	11.48	16.06	9.51	15.21	16.23	14.07	17.86	16.45	11.65	12.49	11.98
benzo(a)pyrene	7.01	13.08	11.78	14.14	10.66	9.57	6.26	11.97	12.82	11.06	13.28	12.65	10.28	7.27	7.85
perylene	13.25	13.04	11.48	12.66	10.32	15.23	12.95	13.20	12.95	12.60	14.30	13.78	10.66	12.32	11.01
indeno(1,2,3-cd)pyrene	26.93	11.64	16.40	18.24	13.96	36.86	19.34	18.03	18.67	10.91	20.76	19.29	9.51	33.91	26.52
di benzo(a,h)anthracene	6.71	9.46	9.23	9.38	9.10	8.79	6.94	8.99	9.23	8.65	9.66	8.95	8.13	6.66	6.89
benzo(g,h,i)perylene	12.72	14.76	13.14	15.07	11.55	16.65	9.97	13.92	14.84	13.36	15.83	15.69	11.26	15.16	15.01
sum of 16 PAHs	201.66	218.24	191.51	222.73	159.29	255.78	153.25	213.72	240.83	186.69	244.53	253.36	168.49	230.45	238.03
sum of 27 PAHs	280.76	320.63	285.70	334.04	234.96	344.94	231.48	314.99	352.57	269.93	348.98	362.19	244.61	310.79	351.08

표 2-7-15 (계속)

단위 ug/kg	YB032	YB034	YB037	YB039	YB041	YB043	YB047	YB049	YB050	YB052	YB056	YB058	YB059	YB061	YB064
naphthalene	N.D.	7.69	5.73	5.95	10.35	11.33	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7.57
2-methyl naphthalene	2.92	9.30	5.91	6.80	13.00	12.98	1.02	1.18	1.11	2.17	1.09	1.16	1.36	1.74	8.18
1-methyl naphthalene	1.60	6.73	4.96	5.09	9.86	10.21	0.36	0.46	0.43	1.57	0.41	0.45	0.55	0.76	7.38
2,6-dimethyl naphthalene	8.02	10.56	5.98	9.14	20.98	15.92	2.99	3.48	3.66	8.44	3.47	3.80	3.56	4.12	8.89
acenaphthylene	5.76	5.59	6.51	5.59	11.17	11.10	5.45	5.61	5.60	5.74	5.62	5.78	5.71	5.76	9.94
acenaphthene	2.32	5.91	4.91	4.58	8.77	8.91	2.02	2.15	2.30	2.66	2.23	2.40	2.12	2.19	7.06
2,3,5-trimethyl naphthalene	4.35	5.74	5.65	5.13	10.32	10.30	3.20	3.35	3.42	5.01	3.80	3.98	3.67	3.63	8.86
fluorene	7.88	7.57	6.34	11.01	11.48	11.44	3.85	4.10	4.18	5.99	4.66	4.89	4.40	4.78	9.66
phenanthrene	41.34	19.20	13.46	15.46	20.79	19.77	10.65	10.43	10.61	17.90	17.84	17.65	13.67	13.52	16.75
anthracene	15.68	14.41	7.77	7.40	13.90	13.80	9.95	9.56	9.21	8.69	10.03	10.57	10.14	9.89	11.99
2-methyl phenanthrene	13.52	7.21	7.40	7.60	12.72	13.59	7.62	7.44	7.49	12.62	10.72	10.76	9.10	8.34	12.72
2-methyl anthracene	10.66	8.94	9.02	9.04	15.41	15.15	10.71	10.25	9.73	10.20	10.38	10.65	11.17	9.84	13.55
1-methyl anthracene	13.26	8.23	9.52	11.84	11.01	10.36	11.31	10.84	10.48	12.65	11.95	12.14	12.15	10.78	9.24
1-methyl phenanthrene	6.05	7.41	7.10	7.10	13.52	12.54	2.21	2.20	2.37	5.99	3.72	3.82	2.95	2.76	9.86
9-methyl anthracene	9.79	18.53	6.46	6.93	11.10	11.36	11.63	11.04	10.63	9.64	10.52	10.84	11.80	10.25	9.86
fluoranthene	75.32	28.31	25.11	34.25	38.05	33.02	31.93	26.70	27.26	24.27	39.45	36.95	29.99	25.86	31.91
pyrene	33.09	20.33	16.92	20.41	26.04	24.14	9.98	9.61	8.95	13.13	14.35	13.96	12.02	11.11	21.23
benzo(a)anthracene	32.17	4.84	4.40	3.81	5.46	5.79	10.37	9.41	8.81	10.65	12.86	13.29	11.20	10.84	4.95
chrysene	22.54	12.83	9.79	15.09	15.46	18.14	8.50	8.13	7.18	8.26	13.24	12.88	10.21	9.73	18.11
benzo(b)fluoranthene	44.00	23.68	24.97	29.65	34.15	30.46	26.87	21.13	19.88	21.45	34.43	32.78	24.08	21.78	32.23
benzo(k)fluoranthene	10.68	10.60	11.62	11.63	18.72	17.77	8.31	6.73	5.70	6.89	9.71	8.50	8.08	6.68	17.31
benzo(e)pyrene	17.22	13.10	14.20	15.43	20.91	19.48	10.82	8.82	8.09	9.51	13.65	12.71	10.82	9.58	19.35
benzo(a)pyrene	15.67	11.21	12.10	11.91	20.41	19.87	6.52	5.66	5.09	6.59	8.04	7.90	7.41	6.53	18.48
perylene	12.04	11.58	12.16	12.69	20.24	18.94	13.74	13.14	11.07	10.39	13.62	13.02	11.88	10.04	19.02
indeno(1,2,3-cd)pyrene	35.80	15.32	17.60	17.49	25.63	19.07	24.97	19.81	17.28	18.96	29.77	29.05	22.01	18.41	24.25
dibenzo(a,h)anthracene	7.81	8.52	10.19	8.97	17.64	17.50	6.57	5.89	5.28	6.30	6.86	7.55	7.27	6.34	16.29
benzo(g,h,i)perylene	18.42	12.43	14.11	14.12	21.69	20.57	11.68	9.71	8.90	10.33	14.32	14.12	11.69	10.44	19.90
sum of 16 PAHs	368.49	208.44	191.53	217.30	299.69	283.17	177.63	154.62	146.22	167.81	223.42	218.26	180.00	163.86	267.64
sum of 27 PAHs	467.91	315.78	279.88	314.09	458.75	434.01	253.24	226.82	214.69	256.01	306.75	301.59	259.02	235.70	394.55

표 2-7-15 (계속)

단위 ug/kg	YB056	YB058	YB070	YB074	YB076	YB077	YB079	YB-084	YB086	YB088	YB092	YB094	YB095	YB097	YB103
naphthalene	4.00	8.53	7.56	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.68	4.03	7.21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2-methyl naphthalene	4.32	9.64	7.96	1.15	0.94	1.14	1.19	9.70	4.27	7.93	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.07
1-methyl naphthalene	3.68	8.19	7.90	0.45	0.33	0.44	0.48	8.28	4.27	7.43	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.37
2,6-dimethyl naphthalene	5.26	10.18	8.28	3.52	2.61	3.15	3.31	9.75	4.41	8.44	2.99	2.82	N.D.	2.85	2.97
acenaphthylene	4.94	10.56	10.31	5.68	5.09	5.67	5.36	10.70	5.27	9.77	5.68	5.46	5.68	5.51	5.77
acenaphthene	3.49	7.77	8.08	2.23	1.80	2.19	2.13	7.67	3.69	6.90	2.05	1.95	N.D.	1.97	2.05
2,3,5-trimethyl naphthalene	4.29	9.48	8.97	2.85	2.85	3.67	3.31	9.66	4.61	8.89	3.46	3.14	N.D.	3.14	3.34
fluorene	4.87	10.61	9.30	4.55	3.27	4.32	4.02	10.38	5.04	9.08	4.05	3.64	N.D.	3.57	3.82
phenanthrene	11.69	19.44	12.19	17.00	15.51	13.43	11.92	17.45	10.24	13.33	14.88	10.11	11.55	8.65	16.86
anthracene	6.27	12.75	11.74	10.60	11.19	9.66	9.11	12.52	6.39	11.38	11.08	11.32	24.63	12.39	11.26
2-methyl phenanthrene	8.94	12.04	10.67	10.76	12.32	9.01	8.13	12.12	7.33	10.50	10.35	8.09	15.90	7.75	12.83
2-methyl anthracene	7.77	14.09	12.59	11.24	12.72	10.69	10.08	14.19	7.62	12.28	12.02	12.40	29.04	13.97	12.98
1-methyl anthracene	6.05	10.00	6.86	12.79	14.89	11.73	10.96	9.89	5.63	7.95	13.56	12.84	29.36	14.17	15.04
1-methyl phenanthrene	5.87	10.40	8.80	3.77	4.26	2.99	2.64	10.79	5.82	9.59	3.56	2.28	4.11	2.01	4.30
9-methyl anthracene	5.77	10.16	11.17	11.51	13.51	11.16	10.62	10.38	5.21	14.38	12.76	13.50	32.35	15.56	14.05
fluoranthene	29.08	34.13	20.12	40.39	49.93	30.43	25.35	31.29	23.89	21.76	39.47	33.83	53.92	22.98	43.23
pyrene	18.04	23.25	16.22	16.24	11.92	10.66	10.86	22.13	16.06	16.81	13.42	11.09	10.24	7.82	11.89
benzo(a)anthracene	3.75	5.56	5.81	13.18	11.57	10.61	9.76	5.21	3.41	4.02	12.34	10.79	10.76	8.60	12.46
chrysene	13.51	14.16	11.56	11.79	11.73	10.26	9.00	18.29	8.90	11.63	11.55	8.84	9.30	6.87	13.33
benzo(b)fluoranthene	27.22	31.41	20.96	35.68	38.20	24.03	20.86	30.83	23.67	22.65	32.88	28.11	26.98	16.30	32.92
benzo(k)fluoranthene	11.08	17.43	15.14	9.21	9.26	7.56	7.31	17.57	10.59	14.90	10.27	9.73	12.78	7.64	9.11
benzo(e)pyrene	14.19	19.46	15.08	13.85	14.28	10.33	9.63	19.28	13.27	15.53	13.68	12.29	14.57	9.03	13.19
benzo(a)pyrene	10.86	19.11	17.08	8.24	7.49	6.72	6.53	19.21	10.98	16.76	8.31	7.99	10.54	6.77	7.79
perylene	12.65	19.31	16.66	14.25	13.43	10.98	10.23	19.12	11.77	16.44	15.15	16.14	18.23	12.86	13.59
indeno(1,2,3-cd)pyrene	16.42	23.87	19.25	29.21	31.68	23.17	18.28	23.81	15.35	19.42	27.27	24.01	22.66	13.03	31.93
dibenzo(a,h)anthracene	8.10	16.74	16.32	7.90	7.65	6.32	6.30	16.93	8.65	15.53	7.65	8.00	11.29	7.33	7.37
benzo(g,h,i)perylene	12.78	20.22	17.02	14.26	14.96	11.52	10.14	19.88	12.36	16.87	13.83	12.69	14.65	8.89	14.68
sum of 16 PAHs	186.12	275.53	218.65	226.17	231.24	176.55	156.91	272.55	168.53	218.02	214.73	187.56	224.98	138.32	224.47
sum of 27 PAHs	264.92	408.48	333.60	313.22	323.39	251.85	227.50	405.71	242.74	337.38	302.26	271.05	368.55	219.65	318.18

표 2-7-15 (계속)

단위 ug/kg	YB104	YB106	YB109	YB111	YB113	YB115	YB119	YB121	YB122	YB124	YB127	YB129	YB133	YB135
naphthalene	N.D.	N.D.	9.12	8.06	6.80	6.83	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.28	7.08	N.D.
2-methyl naphthalene	N.D.	N.D.	10.68	8.82	5.42	7.22	N.D.	N.D.	1.05	1.07	N.D.	5.29	7.66	N.D.
1-methyl naphthalene	N.D.	N.D.	8.76	8.83	4.52	7.17	N.D.	N.D.	0.37	0.38	N.D.	4.45	7.63	N.D.
2,6-dimethyl naphthalene	N.D.	2.86	8.96	9.47	5.04	7.59	N.D.	2.86	3.14	3.09	N.D.	5.00	7.98	N.D.
acenaphthylene	N.D.	5.52	18.18	11.27	5.39	9.35	N.D.	5.54	5.62	5.64	N.D.	5.30	9.77	N.D.
acenaphthene	N.D.	1.98	9.62	8.24	4.10	7.19	N.D.	2.01	2.20	2.07	N.D.	4.09	7.81	N.D.
2,3,5-trimethyl naphthalene	N.D.	3.12	6.07	9.73	4.91	8.00	N.D.	3.23	3.53	3.23	2.97	4.84	8.65	N.D.
fluorene	3.35	3.54	53.46	14.91	5.15	8.68	3.46	3.80	4.15	3.77	3.35	5.19	9.03	N.D.
phenanthrene	9.10	8.81	228.88	45.63	9.18	12.50	8.20	17.50	14.12	11.57	7.05	10.02	12.97	10.16
anthracene	21.43	14.35	69.51	53.20	6.12	11.00	19.12	14.51	10.79	6.78	15.24	6.03	11.22	29.29
2-methyl phenanthrene	12.29	8.25	21.64	23.14	5.78	10.17	10.82	12.96	10.05	5.03	9.04	5.79	11.08	14.72
2-methyl anthracene	25.15	16.58	11.96	15.18	6.98	11.98	22.44	16.58	12.31	7.79	17.88	7.03	12.30	34.65
1-methyl anthracene	24.75	16.40	15.79	21.59	3.91	7.78	21.92	17.31	13.28	8.07	17.68	6.89	7.90	33.37
1-methyl phenanthrene	2.67	1.92	14.97	20.70	4.99	8.51	2.22	4.44	3.10	1.44	1.93	5.66	8.73	2.80
9-methyl anthracene	28.25	18.52	13.85	10.63	5.80	14.09	26.00	16.41	13.01	8.48	20.98	6.20	12.96	39.55
fluoranthene	30.57	22.75	217.12	132.18	13.56	22.28	23.11	48.20	30.46	17.62	19.32	14.93	21.75	32.26
pyrene	7.87	11.49	25.71	72.84	10.17	16.46	7.28	13.73	12.15	8.83	6.21	10.78	16.35	6.55
benzo(a)anthracene	9.14	9.92	52.60	82.56	4.77	5.21	8.77	16.24	12.02	11.01	7.74	4.23	4.92	9.09
chrysene	7.02	7.71	62.20	106.87	6.49	13.79	6.47	14.57	11.91	10.20	5.76	8.48	11.65	6.60
benzo(b)fluoranthene	14.49	18.97	61.52	63.55	13.82	23.37	14.13	33.82	29.19	27.69	17.70	15.27	23.02	14.91
benzo(k)fluoranthene	8.30	10.59	24.04	27.57	8.47	14.83	9.06	10.85	9.86	8.92	10.91	8.79	15.02	9.85
benzo(e)pyrene	9.43	12.06	31.16	32.68	9.03	15.51	10.07	14.37	13.43	12.36	12.10	9.49	15.64	10.93
benzo(a)pyrene	7.76	9.72	35.16	32.00	8.89	16.31	8.75	9.23	8.86	8.10	10.30	8.78	16.67	9.49
perylene	17.24	17.33	19.08	24.09	9.70	17.35	21.19	16.35	14.26	14.21	22.82	10.33	17.43	16.57
indeno(1,2,3-cd)pyrene	12.95	16.68	9.64	27.66	10.83	19.15	12.20	29.87	23.35	25.61	14.66	11.10	19.43	13.70
dibenz(a,h)anthracene	8.93	11.04	10.58	17.97	8.37	15.06	10.14	8.03	8.91	8.26	12.03	8.33	15.45	11.00
benzo(g,h,i)perylene	9.72	12.46	25.98	22.55	9.44	16.60	10.36	15.33	13.34	13.10	12.34	9.66	16.80	11.38
sum of 16 PAHs	150.64	165.54	913.32	727.05	131.56	218.62	141.04	243.24	196.93	169.18	142.60	137.26	218.95	164.28
sum of 27 PAHs	270.43	262.57	1076.25	911.92	197.64	334.00	255.69	347.75	284.47	234.32	248.00	208.22	336.93	316.88

표 2-7-15 (계속)

단위 ug/kg	YBR001	YBR002	YBR003	YBR004	YBR005
naphthalene	5.31	4.96	5.49	4.21	4.04
2-methyl naphthalene	5.32	5.35	5.56	4.00	4.08
1-methyl naphthalene	4.37	4.43	4.63	4.00	4.07
2,6-dimethyl naphthalene	5.37	6.12	4.97	4.10	4.21
acenaphthylene	5.53	5.67	5.90	5.28	5.12
acenaphthene	4.01	4.13	4.21	4.04	3.54
2,3,5-trimethyl naphthalene	4.98	4.91	5.30	4.33	4.51
fluorene	5.15	5.71	5.64	4.63	4.78
phenanthrene	9.50	13.05	13.62	5.98	7.88
anthracene	6.28	7.07	7.26	5.74	6.00
2-methyl phenanthrene	6.04	7.98	8.25	5.15	6.22
2-methyl anthracene	7.13	8.47	8.59	6.24	6.75
1-methyl anthracene	4.95	6.51	6.53	3.92	4.52
1-methyl phenanthrene	5.39	6.82	6.57	4.31	4.88
9-methyl anthracene	5.34	5.74	5.31	5.15	5.34
fluoranthene	15.85	26.19	25.62	9.96	14.37
pyrene	11.85	17.51	17.75	8.15	10.35
benzo(a)anthracene	8.72	9.22	10.34	5.48	4.14
chrysene	7.11	9.12	9.79	5.78	8.45
benzo(b)fluoranthene	16.52	22.98	26.51	11.02	15.77
benzo(k)fluoranthene	8.83	10.16	11.08	7.53	8.48
benzo(e)pyrene	10.12	12.91	14.30	7.87	9.67
benzo(a)pyrene	9.69	11.55	12.17	8.75	9.32
perylene	9.50	11.02	11.82	8.20	12.37
indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.61	15.69	17.90	10.10	12.08
di benzo(a,h)anthracene	8.55	8.83	9.35	8.13	8.33
benzo(g,h,i)perylene	10.84	12.64	13.72	8.93	10.23
sum of 16 PAHs	143.34	184.49	196.36	113.72	132.86
sum of 27 PAHs	211.86	264.75	278.17	170.99	199.47

(2) 폴리클로리네이티드바이페닐류 (PCBs)

다염화바이페닐(Polychlorinated biphenyls, PCBs)은 바이페닐 분자에 2~10개의 염소원자가 붙어 있고 열역학적으로 매우 안정한 소수성 유기화합물질로서, 각각의 이성체(congener)들은 동일한 기본 화학구조와 유사한 물리적 특성을 가지며 염소의 치환 정도에 따라 액상 혹은, 고상왁스(wax solid)의 형태로 존재한다. PCBs는 총 209종의 congener가 존재하며 모두 인공 합성물이고 자연적으로 생성되지는 않는다. 상업적 PCBs 혼합물은 미국에서는 Aroclor라는 상품명으로 알려져 있다.

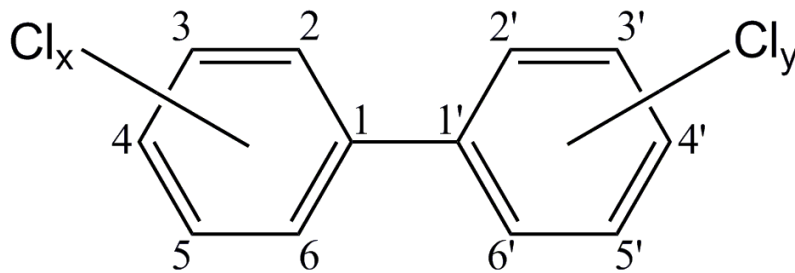


표 2-7-16 몇몇 PCBs 종의 TEF 값

Congener Number	IUPAC Chlorobiphenyl Prefix	1994 WHO TEFs	1997 WHO TEFs(2)		
			Humans/Mammals	Fish	Birds
PCB-77	3,3',4,4'-Tetra-	0.0005	0.0001	0.0001	0.05
PCB-81	3,4,4',5-Tetra-	-	0.0001	0.0005	0.1
PCB-105	2,3,3',4,4'-Penta-	0.0001	0.0001	<0.000005	0.0001
PCB-114	2,3,4,4',5-Penta-	0.0005	0.0005	<0.000005	0.0001
PCB-118	2,3',4,4',5-Penta-	0.0001	0.0001	<0.000005	0.00001
PCB-123	2',3,4,4',5-Penta-	0.0001	0.0001	<0.000005	0.00001
PCB-126	3,3',4,4',5-Penta-	0.1	0.1	0.005	0.1
PCB-156	2,3,3',4,4',5-Hexa-	0.0005	0.0005	<0.000005	0.0001
PCB-157	2,3,3',4,4',5'-Hexa-	0.0005	0.0005	<0.000005	0.0001
PCB-167	2,3',4,4',5,5'-Hexa-	0.00001	0.00001	<0.000005	0.00001
PCB-169	3,3',4,4',5,5'-Hexa-	0.01	0.01	0.00005	0.001
PCB-170	2,2',3,3',4,4',5-Hepta-	0.0001	-	-	-
PCB-180	2,2',3,4,4',5,5'-Hepta-	0.00001	-	-	-
PCB-189	2,2,3',4,4',5,5'-Hepta-	0.0001	0.0001	<0.000005	0.00001

이들은 비가연성, 화학적 안정성, 고비등점과 전기 절연성 등의 많은 장점으로 인해 전기 및 열전도, 유압장치를 포함하여 도료, 플라스틱과 고무 제품의 첨가제로서 색소, 염료, 무탄소 복사지 등의 수많은 산업적 및 상업적 제품들에 폭넓게 사용되어져 왔지만, 암이나 만성피부질환 등을 유발할 수 있고 내분비계, 신경계 및 면역체계 등에 심각한 장애를 유발할 수 있는 위험성으로 인해 1977년에 사용을 금지하게 되었다. 그 이후 PCBs 사용은 우리나라에서도 금지되었으나 여전히 주위환경에 잔류되어 있다. PCBs는 DDT와 마찬가지로 간과 지방조직에 축적되고 가장 독성이 강한 congener는 “ortho“ 위치(2, 2' 혹은 6, 6')를 제외한 그 외의 위치에 염소가 많이 즉, 4개 혹은 그 이상 치환된 것들이다. 이들은 “의사-dioxin“으로 간주되며 이들은 Aroclor에는 극미량 포함되어 있다.

일반적으로 PCBs의 독성은 2.3.7.8-TCDD(다이옥신)의 독성을 1.0으로 하고 이에 대한 상대적인 독성의 비(Toxic Equivalent Factor, TEF)로 나타낸다. (표 2-7-16)

PCBs의 함량은 각 연구자별로 분석한 congener들이 같지 않은 경우가 많고 또한, 각각의 congener들의 TEF 값이 동일하지 않으므로 타 연구 결과들과 직접 비교하는 것은 용이하지 않다. 그러나 일반적으로 PCBs의 생물 독성 기준으로 ERL은 22.7ng/g이고 ERM은 189ng/g으로 여겨진다(Long *et al.*, 1995). 그리고 총 PCBs의 함량이 5ng/g 이하이면 거의 오염되지 않은 해역이라고 여겨진다. 참고로 세계 여러 해역 해저 퇴적물의 총 PCBs 함량은 다음 표와 같다. 대체로 산업이 발달한 선진 공업국의 항구에는 함량이 높은 편이다.

표 2-7-17 외국 항구 퇴적물 중 PCBs 농도

해역	총 PCBs (ng/g dw)	분석 PCB 총수	reference
Long Island SOUND, USA	86.0	23	He et al. 2002
New Bedford Harbor, USA	304,000	23	He et al. 2002
Elizabeth River, USA	473	23	He et al. 2002
New York Harbor, USA	408	23	He et al. 2002
Baltimore Harbor, USA	261	23	He et al. 2002
Bayou Verdine, USA	73.7	23	He et al. 2002
Osaka Bay, Japan	40-2000		Fowler, 1990
North Sea	11.5-40.5		Fowler, 1990
Masan Bay, Korea	1.2-41.1	22	Hong et al. 2003

서해병 투기해역의 표층퇴적물 중 PCBs의 농도분포를 Σ PCBs(35)와 tPCBs로 각각 그림 2-7-27, 28에 나타내었다. Σ PCBs(35)와 tPCBs의 농도는 투기해역 전역에 걸쳐 각각 0~37 μ g/kg, 2.5~185 μ g/kg의 분포를 나타내었다. 특히 YB-003과 YB-005 해역에서의 농도분포가 다른 주변 해역들에 비해 매우 높게 나타났으며 이 해역에서의 Σ PCBs(35)와 tPCBs의 농도는 YB-003에서 각각 68 μ g/kg, 83 μ g/kg, YB-005에서 각각 59 μ g/kg, 184 μ g/kg로 조사 되었다. 이는 앞에서 고찰한 PAHs의 농도분포와는 상이한 분포 경향으로, 향후 이에 관한 세부적이고 종합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

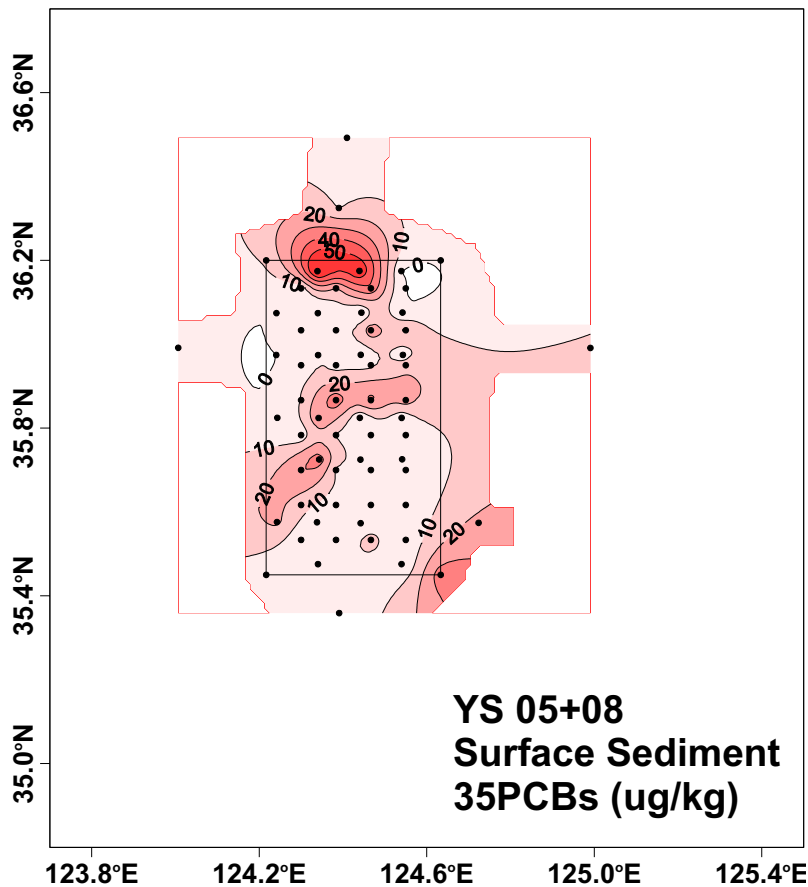


그림 2-7-27 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 35PCBs의 수평분포

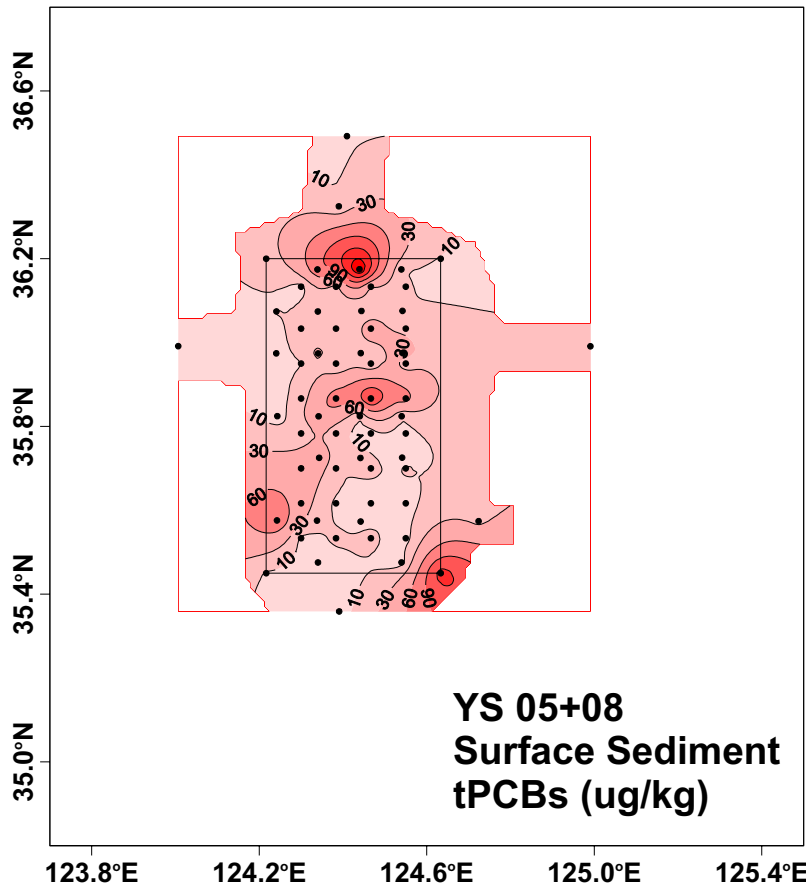


그림 2-7-28 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 tPCBs의 수평분포

표 2-7-18 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 PCBs 농도

단위 ug/kg	YB001	YB003	YB005	YB007	YB008	YB011	YB013	YB014	YB016	YB019	YB021	YB023	YB025	YB029	YB031	YB032	YB034	YB037	YB039	YB041
8	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.45	ND	0.94	ND	ND	ND	ND
18	2.11	ND	ND	ND	0.95	ND	0.17	37.88	ND	ND	0.50	ND	ND	0.67	1.39	1.09	22.37	ND	0.41	ND
15	ND	50.72	ND	ND	0.69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.16	2.58	ND	ND	ND	ND	ND
31	3.54	16.98	51.50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	0.33	ND	ND	ND	ND	1.18
28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.45	ND	ND	ND	ND	ND
52	ND	ND	7.53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
49	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.53	ND	ND	ND	ND	ND
44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.07	ND	0.05	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.49	0.41	ND	ND	ND	ND
70	ND	ND	ND	ND	0.92	0.93	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	0.20	ND	ND	ND	ND
101	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	15.41	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.47	ND	0.85	ND	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	0.44	ND	ND	ND	ND
87	0.77	ND	ND	ND	ND	0.62	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.29	ND	0.89	ND	ND	ND	ND
81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.09	ND	0.29	ND	ND	ND	ND
77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.07	ND	0.09	ND	ND	ND	ND
149	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.52	ND	14.42	ND	ND	ND	ND
123	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.93	ND
118	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	0.10	ND	ND	7.26	ND
114	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18	ND	0.03	ND	ND	ND	ND
153	ND	ND	ND	ND	ND	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	ND	0.16	ND	ND	ND	ND
105	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.13	ND	0.44	ND	ND	ND	ND
138	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	0.20	ND	ND	ND	ND
187	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.25	ND	ND	ND	ND	ND
126	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.32	ND	ND	ND	ND
128	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	0.08	ND	ND	ND	ND
167	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.29	ND	ND	ND	ND	ND
156	0.38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.29	0.10	0.05	ND	ND	ND	ND
157	0.40	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.49	0.00	ND	ND	ND	ND
180	0.53	ND	ND	ND	ND	0.36	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18	ND	0.19	ND	ND	ND	ND
170	0.25	ND	ND	ND	ND	ND	0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	ND	1.02	ND	ND	ND	ND
169	1.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	ND	0.10	ND	ND	ND	ND
189	0.62	ND	ND	ND	ND	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.12	0.39	0.33	ND	ND	ND	ND
195	0.56	ND	ND	ND	ND	0.08	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18	ND	0.32	ND	ND	ND	ND
194	0.42	ND	ND	ND	ND	0.02	0.00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00	ND	0.11	ND	ND	ND	ND
206	0.85	ND	ND	ND	ND	0.03	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.62	2.06	1.77	ND	ND	ND	ND
102																0.47				
103																				
110							0.02									1.15				
sum of 3PCBs	11.79	67.70	59.04	ND	0.95	3.18	18.35	37.88	ND	ND	ND	0.60	0.00	8.01	9.33	26.53	22.37	ND	10.60	1.18
sum of 4PCBs	21.03	83.46	193.75	12.24	9.44	3.86	22.60	28.82	13.37	10.44	27.57	18.16	12.96	14.00	13.89	41.51	25.70	6.14	35.96	21.77

PB congeners

표 2-7-18 (계속)

단위 ug/kg	YB047	YB049	YB050	YB052	YB055	YB058	YB059	YB061	YB064	YB066	YB068	YB070	YB074	YB076	YB077	YB079	YB-084	YB086	YB088	YB092	YB094
8	0.93	1.55	ND	0.10	1.35	0.74	0.67	0.56	ND	ND	ND	ND	0.17	0.37	0.08	ND	ND	ND	ND	2.42	0.38
18	0.52	ND	1.99	0.82	1.65	10.10	ND	4.13	ND	ND	ND	ND	0.23	ND	0.12	0.13	ND	ND	ND	6.00	1.45
15	ND	1.52	ND	2.24	2.92	12.81	29.91	11.36	ND	16.87	ND	2.44	ND	0.31	1.37	2.67	27.72	6.87	ND	13.28	2.40
31	ND	0.18	0.07	1.06	0.62	ND	ND	ND	ND	10.73	ND	0.31	ND	ND	0.19	ND	8.35	2.15	ND	0.50	0.85
28	ND	0.06	ND	2.07	0.46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	0.25	ND	ND	ND	ND	0.18
52	ND	ND	0.35	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.92	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
49	ND	ND	0.64	0.57	ND	0.34	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
44	0.11	ND	ND	0.01	0.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.07
37	0.06	ND	ND	ND	ND	0.47	0.01	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	0.41	ND
70	0.02	ND	ND	0.18	0.34	7.12	ND	2.81	ND	ND	ND	ND	0.10	0.10	ND	0.91	ND	ND	ND	5.02	ND
101	0.38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.59	0.43	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
60	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
87	0.52	0.57	0.83	0.76	0.69	0.14	ND	0.79	ND	ND	ND	ND	0.44	0.43	0.52	0.15	ND	ND	ND	0.75	0.31
81	0.16	ND	ND	ND	0.02	ND	0.07	ND	ND	ND	ND	ND	0.40	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
77	ND	ND	0.16	2.76	ND	1.26	0.39	ND	ND	ND	ND	ND	0.12	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
149	0.14	0.02	ND	ND	0.23	ND	ND	2.65	ND	ND	ND	ND	0.22	5.89	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	0.22
123	ND	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
118	ND	ND	ND	ND	0.15	ND	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	0.17	ND
114	0.01	0.01	0.08	0.40	ND	0.43	ND	0.41	ND	ND	ND	ND	0.04	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
153	ND	ND	ND	ND	0.48	0.30	ND	0.07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.60	ND	ND	ND	ND	0.34	ND
105	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
138	0.00	ND	0.47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
187	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
126	ND	ND	0.98	0.12	ND	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
128	ND	ND	0.06	0.14	0.02	0.18	0.21	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	0.02	ND
167	ND	ND	0.25	0.08	0.07	0.22	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.07	ND	ND	ND	0.04	ND
156	0.06	0.08	ND	0.08	ND	0.04	0.04	0.02	ND	ND	ND	ND	0.23	0.07	0.30	ND	ND	ND	ND	ND	0.04
157	0.01	0.31	0.10	0.41	0.34	0.08	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.00	0.20	0.13	ND	ND	ND	0.02	0.16
180	0.10	0.28	0.41	0.96	0.17	ND	ND	0.20	ND	ND	ND	ND	0.08	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	0.18
170	0.05	ND	ND	0.18	0.27	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08	0.08	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND
169	ND	ND	0.04	0.08	0.03	0.17	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
189	0.08	ND	0.15	0.11	0.24	0.41	0.20	0.17	ND	ND	ND	ND	0.06	0.04	0.31	0.13	ND	ND	ND	0.06	0.04
195	0.05	0.15	0.06	0.10	0.12	0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.13	0.05	ND	0.01	ND	ND	ND	0.02	0.03
194	ND	0.17	0.32	0.22	0.08	0.15	0.08	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	0.09	0.05	ND	ND	ND	ND	0.08	0.06
206	0.17	1.01	1.56	1.12	0.21	0.67	0.54	1.01	ND	ND	ND	ND	0.17	0.15	0.20	ND	ND	ND	ND	0.01	ND
102	0.02																				
103				3.01									0.08	0.67	0.41					0.47	
110					0.15															0.19	
sum of 35PCBs	3.13	5.89	8.05	17.45	10.42	35.81	32.78	24.73	ND	28.52	0.19	2.75	3.08	9.31	4.71	4.84	36.07	9.02	ND	29.94	8.38
sum of tPCBs	9.15	10.15	11.91	19.41	19.20	72.79	125.37	89.57	5.44	57.47	11.23	11.78	12.62	15.46	5.16	6.20	50.20	15.56	4.54	44.51	12.46

PB congeners

표 2-7-18 (계속)

단위 ug/kg	YB985	YB987	YB103	YB104	YB106	YB109	YB111	YB113	YB115	YB119	YB121	YB122	YB124	YB127	YB129	YB133	YB195
8	ND	0.23	ND	0.25	0.11	ND	ND	ND	ND	0.70	ND	0.56	0.81	ND	ND	ND	16.67
18	5.28	0.17	0.46	1.06	0.43	ND	ND	ND	ND	0.15	1.40	0.37	0.40	1.84	ND	ND	8.59
15	0.20	ND	2.28	0.01	ND	ND	ND	ND	17.24	ND	1.62	2.29	ND	0.27	ND	ND	ND
31	ND	ND	0.28	ND	ND	20.30	1.37	ND	4.91	ND	1.82	0.66	0.30	ND	ND	ND	ND
28	0.01	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.70	ND	0.06	ND	ND	ND	0.15
52	0.06	0.06	ND	0.01	0.01	1.77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	ND	ND	0.22
49	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
44	0.08	0.08	ND	0.04	0.02	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	0.09	ND	ND	0.50
37	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	0.04	ND	ND	0.18
70	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	0.04	ND	ND	0.13
101	0.59	0.16	ND	0.12	0.20	ND	ND	ND	0.23	ND	ND	ND	ND	0.29	ND	ND	1.30
60	0.12	0.02	ND	0.05	0.06	ND	ND	ND	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
87	0.38	0.23	ND	0.39	ND	ND	ND	ND	0.73	1.08	0.21	ND	0.21	ND	ND	ND	0.45
81	0.16	0.88	ND	ND	0.51	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.09	ND	ND	0.55
77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	ND	ND	0.13
149	0.04	0.08	ND	0.11	0.06	ND	ND	ND	0.29	ND	0.29	ND	ND	0.14	ND	ND	0.49
123	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18
118	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10	ND	ND	0.15	ND	ND	0.30
114	0.00	0.10	ND	0.01	0.10	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	0.08	0.02	ND	ND	0.06
153	0.00	ND	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.44	0.07	0.07	0.03	ND	ND	0.30
105	0.15	ND	0.12	0.08	ND	ND	ND	ND	0.11	ND	0.08	ND	ND	0.26	ND	ND	0.66
138	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.42	ND	ND	0.00	ND	ND	0.37
187	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
126	0.05	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.31
128	ND	ND	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	0.03	0.03	0.06	0.06	0.03	ND	ND	ND	ND
167	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
156	0.08	0.35	0.13	ND	0.42	ND	ND	ND	ND	ND	0.16	0.16	0.08	ND	ND	ND	0.13
157	ND	ND	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.20	0.31	0.23	0.23	ND	ND	ND	0.08
180	0.18	0.11	ND	0.08	0.07	ND	ND	ND	0.05	0.25	ND	ND	ND	0.17	ND	ND	0.44
170	0.11	0.08	0.06	0.07	0.03	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	0.02	0.11	ND	ND	0.40
169	ND	ND	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	0.13	0.11	0.11	ND	ND	ND	0.37
189	0.02	0.03	0.48	ND	0.02	ND	ND	ND	0.08	0.09	0.35	0.22	0.22	0.02	ND	ND	0.30
195	0.21	0.08	ND	0.14	0.05	ND	ND	ND	0.08	0.02	ND	ND	0.08	0.17	ND	ND	1.08
194	ND	0.03	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.04	0.10	0.10	0.06	0.02	ND	ND	0.23
206	0.15	0.29	ND	0.11	0.12	ND	ND	ND	0.22	0.04	0.08	0.08	0.07	0.11	ND	ND	0.67
102	0.06								0.10					0.18			0.44
103																	
110											0.31		0.01	0.07			
sum of 35PCBs	8.02	3.26	4.42	2.19	2.61	22.07	1.37	ND	22.16	1.95	8.24	14.33	2.77	4.24	ND	ND	35.70
sum of tPCBs	13.74	11.32	6.53	4.00	5.58	85.67	16.80	3.92	24.52	5.82	13.03	16.78	4.47	8.32	2.57	3.64	132.17

PB congeners

표 2-7-18 (계속)

단위 ug/kg	YBR001	YBR002	YBR003	YBR004	YBR005
8	ND	ND	ND	ND	ND
18	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	1.84	ND
31	ND	ND	ND	ND	ND
28	ND	ND	ND	ND	ND
52	ND	ND	ND	ND	ND
48	ND	ND	ND	ND	ND
44	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	ND	ND	ND
70	ND	ND	ND	ND	ND
101	ND	ND	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND	ND	ND
87	ND	ND	ND	ND	ND
81	ND	ND	ND	ND	ND
77	ND	ND	ND	ND	ND
149	ND	ND	ND	ND	ND
123	ND	ND	ND	ND	ND
118	ND	ND	ND	ND	ND
114	ND	ND	ND	ND	ND
153	ND	ND	ND	ND	ND
105	ND	ND	ND	ND	ND
138	ND	ND	ND	ND	ND
187	ND	ND	ND	ND	ND
126	ND	ND	ND	ND	ND
128	ND	ND	ND	ND	ND
167	ND	ND	ND	ND	ND
156	ND	ND	ND	ND	ND
157	ND	ND	ND	ND	ND
180	ND	ND	ND	ND	ND
170	ND	ND	ND	ND	ND
169	ND	ND	ND	ND	ND
189	ND	ND	ND	ND	ND
195	ND	ND	ND	ND	ND
194	ND	ND	ND	ND	ND
206	ND	ND	ND	ND	ND
102					
103					
110					
sum of 35PCBs	ND	ND	ND	1.84	ND
sum of tPCBs	1.34	7.20	1.41	5.58	15.95

PB congeners

(3) 유기인계농약류 (OPPs)

유기인계 농약(Organophosphorus Pesticides, OPPs)은 지금까지 알려진 가장 강력한 살충제로서, 1970년대 유기염소계 농약의 사용이 금지된 이후 가장 널리 사용되어지고 있는 유기농약성분이다. 잘 알려진 바와 같이 유기인계 농약은 유기염소계 농약에 비해 생물체 내 지방 축적도가 적고 환경에서 비교적 빠르게 분해되지만 사람이나 가축에 대한 위험성은 매우 크다. 특히 생물체 내에서 신경전도물질인 아세틸콜린(acetylcholine)을 분해하는 콜린에스테라아제(cholinesterase)의 기작을 방해하여 아세틸콜린의 축적을 가중시켜 콜린의 작용을 받는 신경을 과도하게 자극함으로써 증세를 나타낸다. 또한 중추신경을 자극하여 현기증, 권태, 두통, 발열, 의식혼탁, 언어장애 등을 일으키며, 척수신경을 자극하여 근육 경련을 일으킨다. 또 교감신경을 자극하여 혈압상승을, 부교감신경을 자극하여 구토, 복통, 설사, 침흘림, 강제배뇨변 등을 일으킨다. 특히, 심하게 중독되어 호흡근이 마비되면 사망할 수 있다.

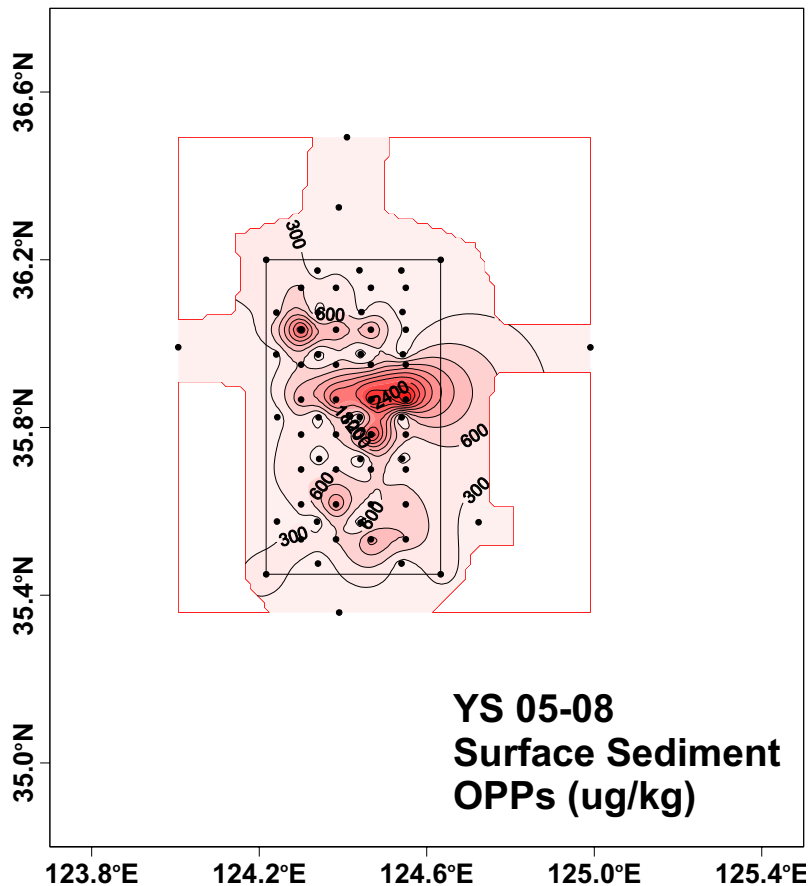


그림 2-7-29 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 OPPs의 수평분포

서해병해역의 표층퇴적물 중 OPPs의 농도분포를 Σ OPPs(21)로 그림 2-7-29에 나타내었다. Σ OPPs(21)의 농도는 투기해역 전역에 걸쳐 46~3,453 μ g/kg의 분포를 나타내었다. 이들의 분포경향은 투기해역의 중심부에서의 농도가 다른 해역에 비해 높은 경향을 보이며, 특히 YB-059과 YB-061 해역을 중심으로 높은 농도분포 나타내었고 이 해역에서의 Σ OPPs(21)의 농도는 각각 3,209 μ g/kg, 3,453 μ g/kg로 조사되었다.

표 2-7-19 서해병 투기해역 표층퇴적물 중 OPPs 농도

단위 ug/kg	YB001	YB003	YB005	YB007	YB009	YB011	YB013	YB014	YB016	YB019	YB021	YB023	YB025	YB029
Thionazin	23.41	8.58	ND	14.91	ND	23.73	21.66	ND	ND	ND	3.81	ND	3.27	37.21
Demeton-S-methyl	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Ethoprophos	33.14	ND	ND	ND	ND	32.80	35.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	38.98
Sulfotep	N.D	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N.D
Phorate	20.76	ND	2.61	ND	ND	20.81	N.D	ND	ND	16.66	ND	ND	ND	28.05
Demeton-S	19.86	ND	ND	ND	4.53	19.98	20.09	ND	ND	ND	5.22	4.13	ND	22.22
Diazinon	31.10	ND	ND	ND	ND	31.96	30.22	4.35	8.28	4.02	ND	5.38	5.05	39.89
Terbufos	22.76	ND	ND	ND	ND	21.67	21.89	54.89	ND	95.58	10.80	ND	ND	45.37
Disulfoton	33.83	5.03	ND	ND	ND	34.08	35.39	4.82	ND	4.60	ND	4.91	ND	37.50
Methyl chloropyrifos	N.D	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N.D
Fenchlorfos	N.D	ND	3.63	ND	2.97	N.D	N.D	4.53	ND	ND	5.31	ND	ND	20.89
Methyl parathion	61.01	21.31	5.36	29.09	5.90	60.95	61.49	9.77	25.80	4.82	5.11	23.67	9.75	66.78
Malathion	24.44	ND	ND	ND	ND	25.12	25.10	ND	4.30	ND	4.71	ND	ND	28.68
Chloropyrifos	19.05	ND	ND	ND	ND	19.18	19.47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	77.37
Parathion	47.97	14.13	14.55	23.69	10.59	49.61	48.20	27.75	ND	11.50	13.84	ND	ND	134.04
Phenthoate	-	7.28	ND	ND	ND	-	-	ND	14.43	ND	8.39	ND	8.75	-
Dioxatlon	26.78	13.49	4.81	22.34	8.19	35.05	34.77	6.53	41.70	6.37	18.19	15.49	22.72	1496.94
Tributyl phosphorothioate	16.64	13.10	9.80	74.83	1.46	18.85	18.71	19.34	10.25	131.68	0.84	101.18	81.66	72.12
Ethion	32.88	6.03	ND	25.12	5.13	33.20	32.95	ND	33.14	ND	ND	ND	ND	38.89
Famphur	20.40	6.19	ND	ND	4.73	20.69	20.64	5.39	6.20	4.98	ND	5.40	ND	22.85
EPN	20.30	2.12	1.65	ND	1.69	29.94	20.59	ND	3.14	15.63	2.09	ND	ND	22.23
sum of 5 OPPs	143.67	16.25	16.20	10.59	16.81	156.60	144.20	32.10	15.72	31.15	25.86	9.51	5.05	247.05
sum of 21 OPPs	598.01	138.97	60.60	271.39	64.54	634.22	590.38	196.25	210.36	422.63	111.86	228.82	187.41	2477.06

표 2-7-19 (계속)

	YB031	YB032	YB034	YB037	YB039	YB041	YB043	YB047	YB049	YB050	YB052	YB056	YB058	YB059
단위 ug/kg														
Thionazin	103.66	77.12	ND	ND	ND	ND	ND	22.11	25.31	29.03	56.70	26.02	27.89	33.74
Demeton-S-methyl	-	-	2.83	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-
Ethoprophos	35.09	54.44	ND	ND	ND	ND	ND	34.86	36.05	34.35	43.02	35.26	36.67	36.66
Sulfotep	N.D	20.90	ND	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Phorate	24.05	23.86	ND	ND	ND	ND	ND	20.97	21.59	22.98	24.58	22.45	22.32	24.77
Demeton-S	20.87	21.04	ND	ND	4.02	ND	ND	19.97	19.98	20.69	22.70	23.04	19.57	20.69
Diazinon	55.52	41.49	6.40	4.29	4.42	4.27	4.94	30.51	31.09	34.63	52.20	36.39	39.31	33.85
Terbufos	69.97	56.77	21.79	ND	7.63	ND	ND	21.48	26.30	33.67	57.90	170.53	513.59	43.37
Disulfoton	35.31	35.12	ND	ND	4.07	4.70	ND	34.17	33.73	34.78	36.05	35.74	33.45	34.80
Methyl chloropyrifos	23.08	23.29	ND	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	N.D	24.26	N.D	N.D	N.D
Fenchlorfos	19.90	19.53	3.97	2.79	ND	ND	ND	N.D	N.D	19.53	20.35	N.D	18.90	19.29
Methyl parathion	63.93	61.72	32.75	6.70	4.15	7.57	7.61	61.26	59.91	61.59	67.72	64.17	62.37	61.39
Malathion	44.29	40.19	ND	ND	ND	ND	ND	25.21	26.60	27.95	40.98	32.06	26.07	29.78
Chloropyrifos	31.25	63.99	ND	ND	ND	ND	ND	19.53	19.88	23.07	23.21	21.02	57.37	20.33
Parathion	53.93	62.76	ND	ND	ND	26.78	ND	46.94	49.84	54.28	56.14	54.04	52.82	71.59
Phenthoate	-	-	15.21	5.85	ND	ND	7.08	-	-	-	-	-	-	-
Dioxatlon	366.56	494.75	60.84	7.69	8.27	6.51	15.36	32.67	67.88	80.35	385.42	382.34	1017.27	2503.50
Tributyl phosphorotrithioate	23.25	18.25	18.77	68.19	19.08	10.41	36.45	19.68	16.98	18.85	32.25	31.83	53.18	20.95
Ethion	46.97	52.27	20.41	6.43	4.63	ND	13.75	32.89	33.13	34.20	62.54	34.95	33.83	36.04
Famphur	22.00	23.50	ND	ND	ND	ND	ND	20.56	20.59	20.80	25.10	21.72	20.31	20.83
EPN	22.67	22.00	ND	14.80	1.57	10.12	10.69	20.97	19.62	20.89	21.99	22.25	20.23	21.09
sum of 5 OPPs	197.28	187.48	6.40	19.08	10.02	41.18	15.63	143.60	147.09	158.44	194.01	167.77	157.99	177.00
sum of 21 OPPs	1259.59	1340.48	261.39	166.76	82.56	100.52	136.97	607.36	655.53	730.08	1247.12	1181.58	2213.14	3209.67

표 2-7-19 (계속)

단위 ug/kg	YB061	YB064	YB066	YB068	YB070	YB074	YB076	YB077	YB079	YB_084	YB086	YB088	YB092	YB094
Thionazin	37.63	ND	ND	ND	ND	24.20	21.87	23.25	26.64	7.42	3.01	ND	22.51	22.05
Demeton-S-methyl	-	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	ND	2.77	ND	-	-
Ethoprophos	50.42	ND	ND	ND	ND	33.14	32.80	41.51	38.61	ND	ND	ND	33.64	32.91
Sulfotep	N.D	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	ND	ND	ND	N.D	N.D
Phorate	34.01	ND	ND	3.26	3.29	20.99	20.99	21.21	21.60	ND	ND	3.15	N.D	N.D
Demeton-S	30.22	ND	3.45	ND	4.26	20.22	19.50	20.69	20.57	ND	ND	4.38	20.32	20.14
Diazinon	46.14	3.98	4.30	4.31	ND	32.74	33.33	34.55	33.93	ND	4.66	4.94	32.13	30.55
Terbufos	868.73	ND	6.29	4.63	ND	26.55	30.95	788.66	25.96	ND	ND	5.44	20.96	28.53
Disulfoton	51.50	ND	4.86	4.91	ND	34.43	33.13	34.29	34.76	4.99	ND	4.21	N.D	34.45
Methyl chloropyrifos	N.D	ND	2.33	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	ND	ND	ND	N.D	N.D
Fenchlorfos	N.D	2.80	3.69	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	2.87	3.37	ND	N.D	N.D
Methyl parathion	95.88	ND	20.58	ND	3.30	61.64	60.73	61.70	62.72	ND	1.79	11.58	62.16	62.15
Malathion	38.62	4.19	ND	4.34	ND	25.41	23.99	26.01	26.19	ND	ND	4.40	25.00	25.66
Chloropyrifos	110.92	5.04	ND	11.71	ND	19.87	19.52	66.69	21.65	13.92	4.30	ND	19.69	19.44
Parathion	72.07	14.21	4.58	28.22	56.19	49.82	47.19	54.89	49.45	17.88	ND	14.91	49.62	49.13
Phenthoate	-	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	ND	ND	ND	-	-
Dioxation	1633.20	6.38	12.37	6.42	7.03	35.00	53.32	1363.01	87.13	6.47	6.61	6.62	28.87	47.80
Tributyl phosphotriithioate	56.00	31.03	0.39	18.60	62.73	19.42	29.35	32.42	17.08	24.80	5.82	8.39	18.74	17.49
Ethion	50.88	ND	3.98	6.01	ND	33.48	33.17	33.35	33.74	6.16	ND	ND	33.17	33.20
Famphur	31.10	ND	5.93	ND	ND	20.71	20.58	21.08	20.84	ND	ND	ND	N.D	23.40
EPN	29.81	18.00	8.27	3.55	ND	20.18	19.98	19.94	25.50	1.82	ND	9.66	21.65	20.57
sum of 5 OPPs	216.86	40.37	20.61	40.42	60.45	148.36	144.00	156.08	155.65	19.70	4.66	38.29	148.72	146.05
sum of 21 OPPs	3453.95	122.32	115.78	137.07	195.41	626.14	644.40	2799.35	702.02	123.32	46.19	110.95	537.17	613.50

표 2-7-19 (계속)

단위 ug/kg	YB095	YB097	YB103	YB104	YB106	YB109	YB111	YB113	YB115	YB119	YB121	YB122	YB124	YB127
Thionazin	23.85	22.23	23.88	23.24	28.10	6.79	10.73	3.05	8.55	21.39	21.87	25.09	37.93	20.58
Demeton-S-methyl	-	-	-	-	-	3.90	ND	ND	3.57	-	-	-	-	-
Ethoprophos	36.13	35.54	34.54	33.54	41.35	ND	ND	ND	ND	33.84	34.06	35.23	35.49	32.23
Sulfotep	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	ND	ND	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Phorate	21.72	N.D	20.55	N.D	N.D	ND	ND	3.27	ND	N.D	N.D	20.51	21.28	N.D
Demeton-S	20.68	20.15	19.95	20.13	25.12	11.01	ND	4.29	ND	19.95	20.22	19.76	21.36	N.D
Diazinon	31.51	29.59	33.51	29.04	36.66	ND	ND	ND	3.71	28.69	32.16	31.27	42.17	27.15
Terbufos	22.11	25.33	349.36	25.00	31.96	ND	ND	11.24	6.56	23.19	24.07	28.77	62.73	19.74
Disulfoton	35.42	N.D	33.51	N.D	N.D	ND	ND	ND	ND	N.D	34.79	33.44	35.03	N.D
Methyl chloropyrifos	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	ND	2.50	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Fenchlorfos	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	3.75	3.29	ND	ND	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Methyl parathion	63.64	62.01	61.75	61.70	77.04	ND	4.78	ND	ND	61.51	61.72	60.49	62.77	59.64
Malathion	26.21	24.97	30.87	24.82	31.17	ND	ND	ND	3.98	25.58	26.19	24.36	33.11	24.59
Chloropyrifos	20.28	19.81	20.61	19.79	24.57	ND	0.00	ND	ND	19.49	20.62	19.41	22.14	N.D
Parathion	49.87	48.98	52.33	47.86	60.54	16.23	7.68	9.01	4.11	47.75	50.97	48.68	50.18	46.29
Phenthoate	-	-	-	-	-	ND	5.25	ND	ND	-	-	-	-	-
Dioxation	42.15	34.20	641.19	27.09	33.24	7.40	ND	ND	ND	32.45	52.28	794.30	193.71	28.53
Tributyl phosphotriithioate	17.63	18.34	21.01	16.95	21.79	4.10	21.22	1.51	30.75	17.51	18.47	18.22	26.76	N.D
Ethion	34.36	33.22	32.83	32.92	41.40	ND	ND	ND	4.32	32.81	33.43	32.00	46.32	N.D
Famphur	21.31	21.16	20.28	N.D	N.D	8.96	ND	ND	ND	N.D	23.12	20.13	22.81	19.91
EPN	20.95	20.41	19.56	22.43	44.65	1.65	2.78	3.59	1.52	50.55	20.47	19.51	20.40	20.16
sum of 5 OPPs	149.23	144.09	156.22	144.28	198.13	28.89	10.46	16.89	13.32	172.52	150.01	143.58	167.21	118.19
sum of 21 OPPs	637.05	560.03	1571.89	528.80	695.73	91.12	83.16	51.39	95.82	587.23	624.45	1374.75	901.40	417.02

표 2-7-19 (계속)

단위 ug/kg	YB129	YB133	YB135	YBR001	YBR002	YBR003	YBR004	YBR005
Thionazin	ND	3.68	20.27	ND	ND	4.32	ND	ND
Demeton-S-methyl	3.77	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Ethoprophos	ND	ND	31.68	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep	3.30	ND	N.D	3.05	ND	ND	3.50	3.97
Phorate	3.13	3.16	N.D	2.85	ND	ND	ND	ND
Demeton-S	3.98	ND	18.91	3.49	ND	4.14	4.00	ND
Diazinon	4.22	ND	26.79	ND	4.46	ND	ND	5.35
Terbufos	14.12	41.21	19.65	4.47	ND	7.39	4.23	ND
Disulfoton	ND	ND	N.D	3.83	5.31	ND	ND	ND
Methyl chloropyrifos	ND	2.55	N.D	ND	2.78	ND	2.62	2.99
Fenchlorfos	ND	ND	N.D	2.91	ND	3.05	2.93	ND
Methyl parathion	3.76	9.69	58.04	ND	14.82	5.02	ND	3.61
Malathion	ND	ND	23.72	3.97	ND	4.65	ND	ND
Chloropyrifos	ND	ND	N.D	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion	ND	ND	44.91	ND	51.17	ND	ND	15.31
Phenthoate	ND	ND	-	ND	ND	5.57	5.69	ND
Dioxation	6.55	9.57	21.12	4.92	7.06	12.16	5.88	6.21
Tributyl phosphotriethioate	0.80	19.46	N.D	19.82	10.97	27.67	22.18	7.24
Ethion	4.14	4.33	N.D	ND	5.64	ND	ND	ND
Famphur	4.71	5.53	N.D	ND	ND	6.14	4.80	ND
EPN	1.97	1.97	N.D	1.84	ND	2.49	1.60	2.65
sum of 5 OPPs	10.17	1.97	114.34	9.31	55.64	11.27	5.60	23.31
sum of 21 OPPs	77.80	144.50	379.43	73.10	146.02	117.98	82.04	67.61

4. 종합 토의

가. 서해병해역 퇴적물 건강 상태 평가

- 폐기물 해양배출 빈도수와 유해물질 농도 분포 비교
 - 서해병해역 퇴적물 중의 유해물질들은 2003년까지는 배출이 집중되었던 배출해역의 북동부 모서리 부분이 가장 높았고, 이후, 구심점제, 휴식년제 및 책임구역제를 실시함에 따라 서해병해역 전반에 걸쳐 점차 높아지는 양상을 나타내고 있다(그림 2-7-30~33).

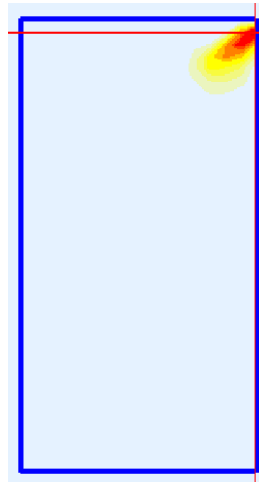


그림 2-7-30 2003년까지 서해병해역의 폐기물 배출빈도

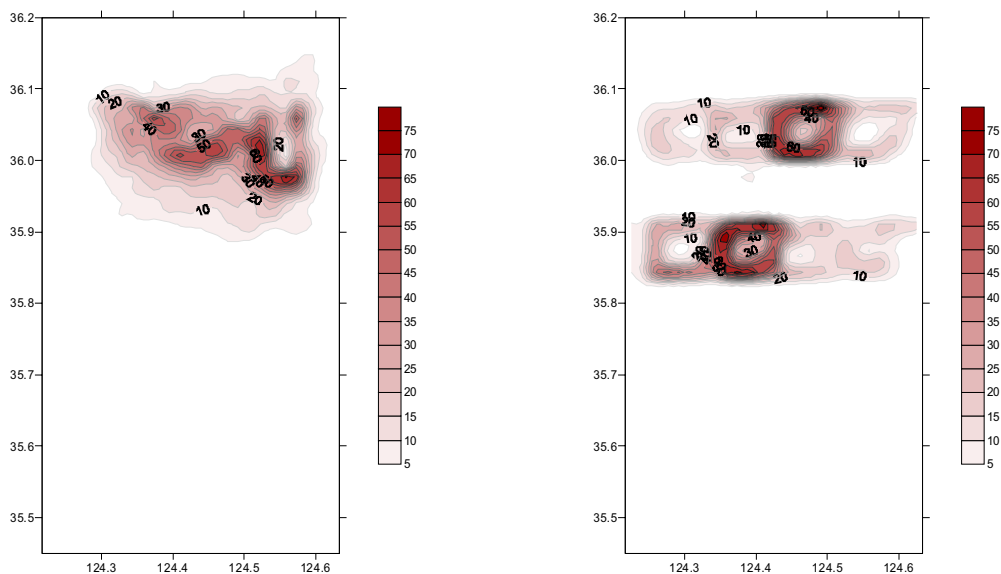


그림 2-7-31 서해병해역의 폐기물 배출빈도 (좌 : 2004년, 우 : 2005년)

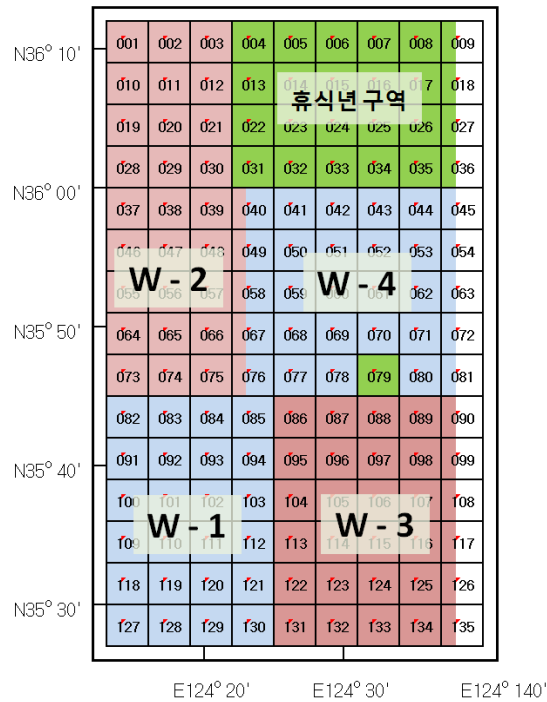


그림 2-7-32 2006년 6월 이후 서해병해역 휴식년 구역 및 책임관리 구역

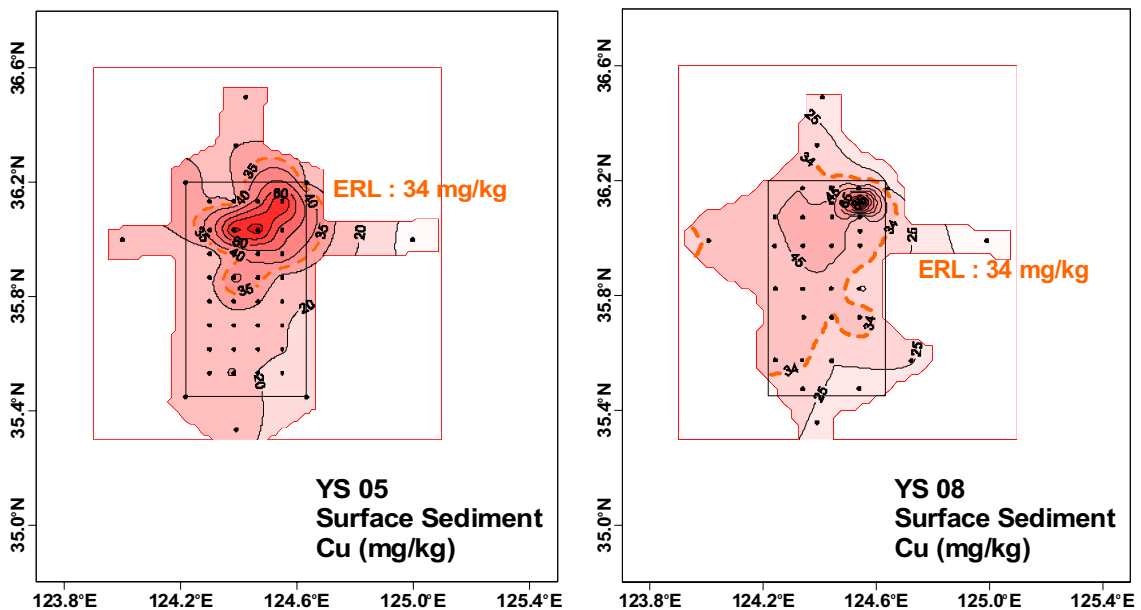


그림 2-7-33 표층퇴적물 중 구리의 농도분포 (좌 : 2005년, 우 : 2008년)

- 점토질이 많은 서해병해역의 표층퇴적물 중 중금속 농도는 모래의 구성비가 높은 동해정해역에 비해서는 중금속의 종류에 따라 약 ~8배 높지만, 같은 점토로 구성된 동해병해역에 비해 아연의 경우 약 4배 정도 낮지만, 나머지 중금속은 유사한 수준이었다.

항목	서해병해역	동해병해역	동해정해역
구리(ppm)	16.15~157.00	29.94~243.88	2.33~15.39
납(ppm)	24.25~67.27	41.51~323.12	11.34~21.93
카드뮴(ppm)	0.04~0.40	0.21~12.56	0.03~0.22
수은(ppm)	0.02~0.35	0.03~2.57	0.01~0.08
크롬(ppm)	55.69~482.52	54.0~483.2	15.7~61.5
비소(ppm)	4.54~17.27	7.94~37.92	2.23~5.06
아연(ppm)	64.47~238.56	124.1~919.0	19.3~83.2
니켈(ppm)	24.50~95.44	39.78~71.33	2.8~23.6

- 서해병해역 표층퇴적물 중금속 농도를 미국 환경보호청의 퇴적물 오염 기준과 비교할 경우 평균값으로는 구리, 크롬, 아연, 니켈은 중간오염 정도로 나타나지만, 납, 카드뮴, 비소, 아연, 니켈은 극심오염을 나타내는 해역도 존재하고 있었다.

항목	오염 순위			서해병해역
	비 오염	중간 오염	극심 오염	
구리(ppm)	<25	25~75	>200	16.15~157.00(평균 37.15)
납(ppm)	<40	40~60	>60	24.25~67.27(평균 36.11)
카드뮴(ppm)	-	-	>6	0.04~0.40(평균 0.14)
크롬(ppm)	<25	25~75	>75	55.69~482.52(평균 127.07)
아연(ppm)	<90	90~200	>200	64.47~238.56(평균 113.53)
니켈(ppm)	<20	20~50	>50	24.50~95.44(평균 38.76)

- 서해병해역 퇴적물 중 유해물질이 생물에 미치는 영향을 평가하기 위해 미국 해양대기청(NOAA, 1991)의 기준과 비교할 경우의 각 중금속별 ERL과 ERM을 초과하는 구획수는 다음표와 같다.

항목	기준(mg/kg)		서해병해역 (총 56개 조사구획)		
	ERL	ERM	농도범위	ERL초과구획	ERM초과구획
구리(ppm)	34	270	16.15~157.00	29	0
납(ppm)	46.7	218	24.25~67.27	5	0
카드뮴(ppm)	1.2	9.6	0.04~0.40	0	0
크롬(ppm)	81	370	55.69~482.52	44	2
아연(ppm)	150	410	64.47~238.56	3	0
니켈(ppm)	20.9	51.6	24.50~95.44	53	3
수은(ppm)	0.15	0.71	0.02~0.35	3	0
비소(ppm)	8.2	70	4.54~17.27	46	0
총PCBs(ppb)	23	180	1.9~28.2	10	1

- 특히 OSPAR(북동대서양의 해양환경보호에 관한 협약)의 생물독성 평가 기준과 비교할 경우, 서해병해역 퇴적물 중금속 농도는 카드뮴과 수은을 제외하고 모두 하한기준을 초과하고 있었고, 카드뮴, 수은 및 아연을 제외하고 상한기준을 초과하여 긴급조치가 필요한 해역도 나타났다.

항목	OSPAR 생물독성평가기준		서해병해역
	하한	상한	
구리(ppm)	5	50	16.15~157.00(평균 37.15)
납(ppm)	5	50	24.25~67.27(평균 36.11)
카드뮴(ppm)	0.1	1	0.04~0.40(평균 0.14)
수은(ppm)	0.05	0.5	0.02~0.35(평균 0.07)
크롬(ppm)	10	100	55.69~482.52(평균 127.07)
비소(ppm)	1	10	4.54~17.27(평균 12.02)
아연(ppm)	50	500	64.47~238.56(평균 113.53)
니켈(ppm)	5	50	24.50~95.44(평균 38.76)
<ul style="list-style-type: none"> • 기준에 따른 OSPAR 관리 조치 <ul style="list-style-type: none"> - 하한기준 이하 ; 예상되는 생물 영향은 없음 - 하한 ~ 상한 : 지속적 감시 - 상한기준 초과 : 긴급 조치 필요 (해양배출 금지 포함) 			

○ 서해병해역 퇴적물의 유해물질 축적 평가

- 유기물질과 중금속 수직분포를 보면, 퇴적물 깊이별로 몇몇 성분은 다소 분산이 있지만 대체로 배출해역내의 표층에서 높고, 퇴적물 깊이가 깊어질수록 감소하여 퇴적물 깊이 약 5cm 이심에서 일정한 분포를 나타내었다 (그림 2-7-34~35).

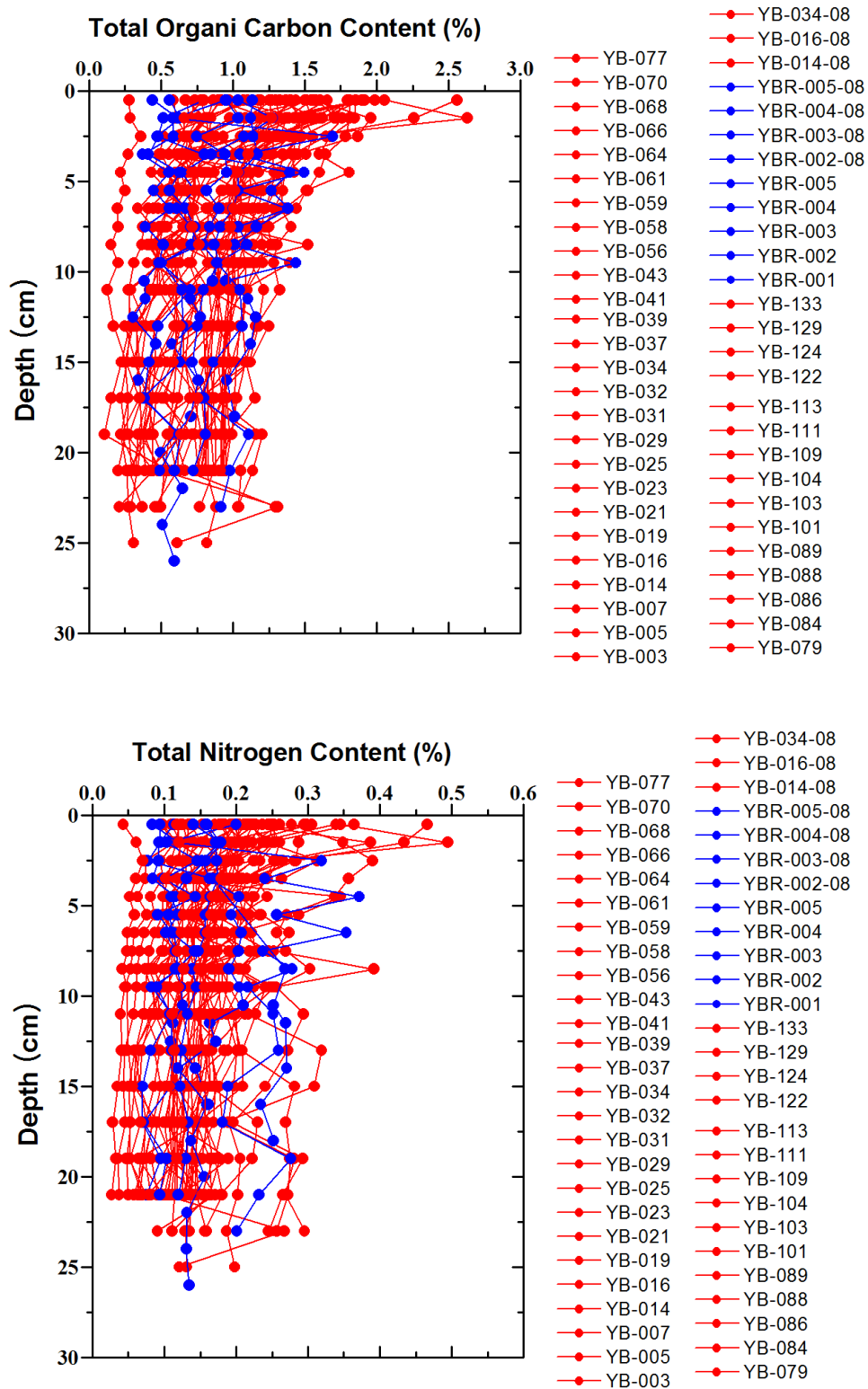


그림 2-7-34. 서해병해역 주상퇴적물의 유기탄소 및 유기질소 수직분포

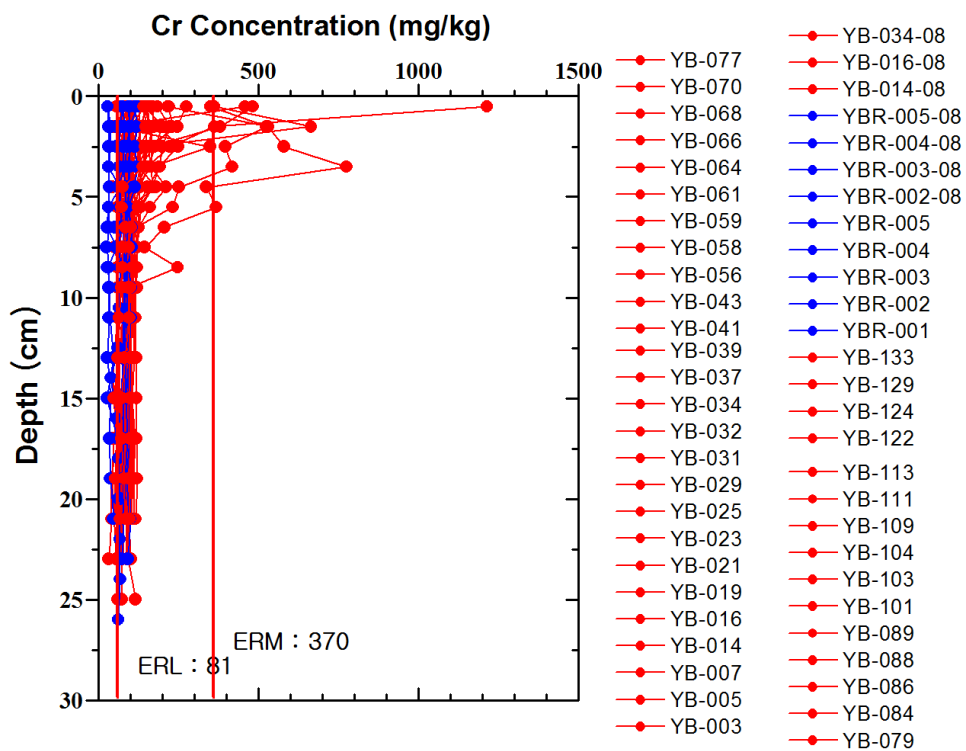
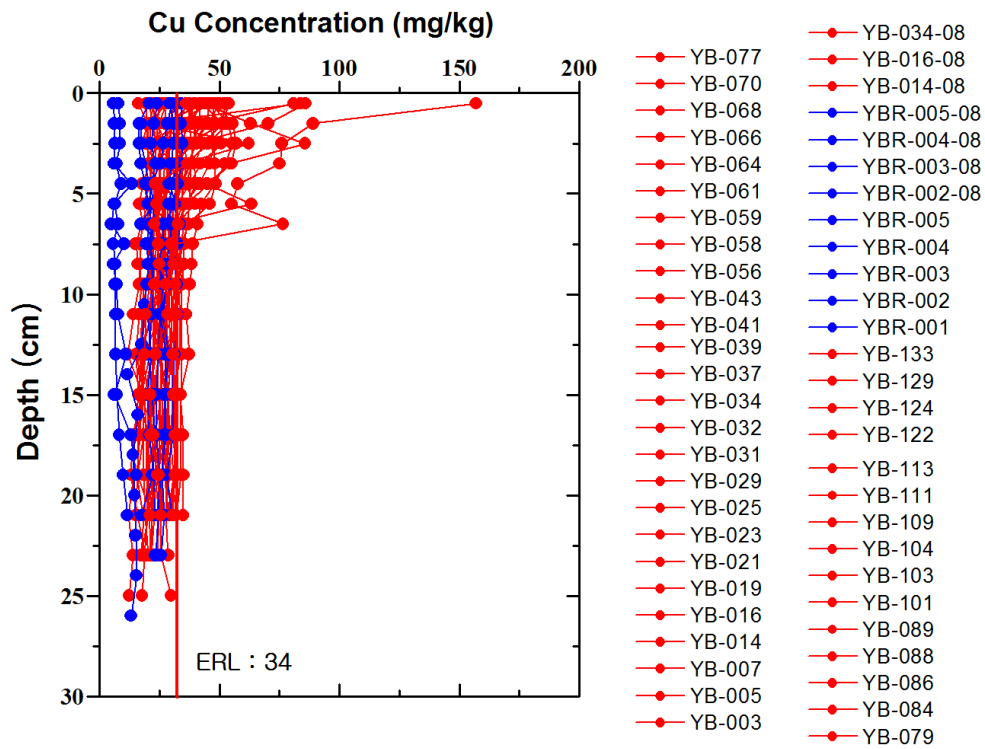


그림 2-7-35. 서해병해역 주상퇴적물의 중금속 수직분포

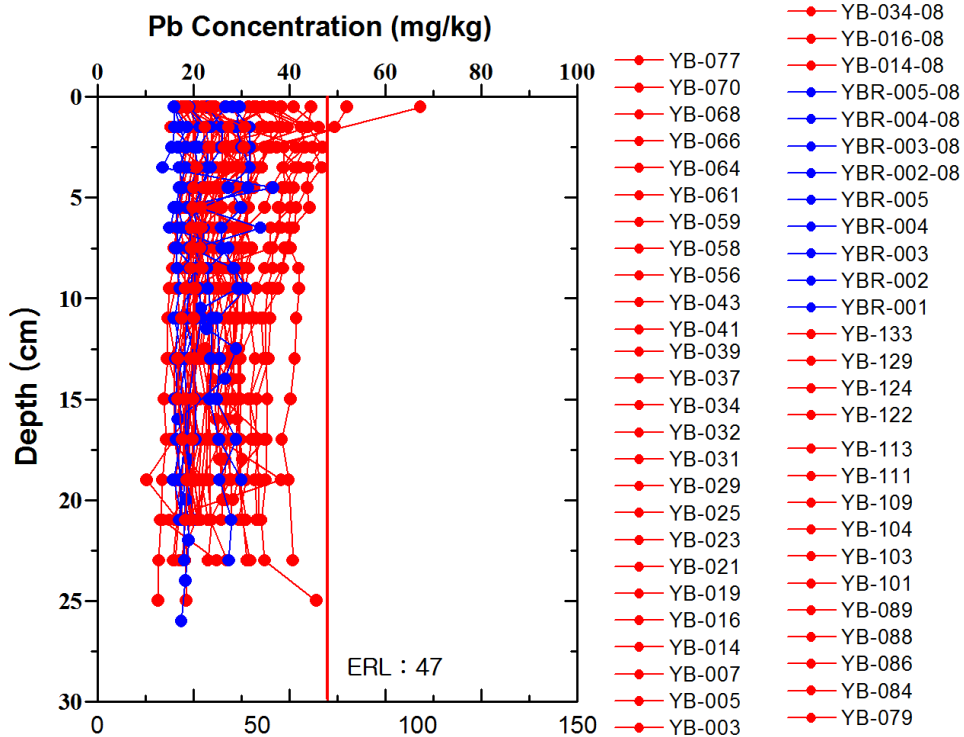
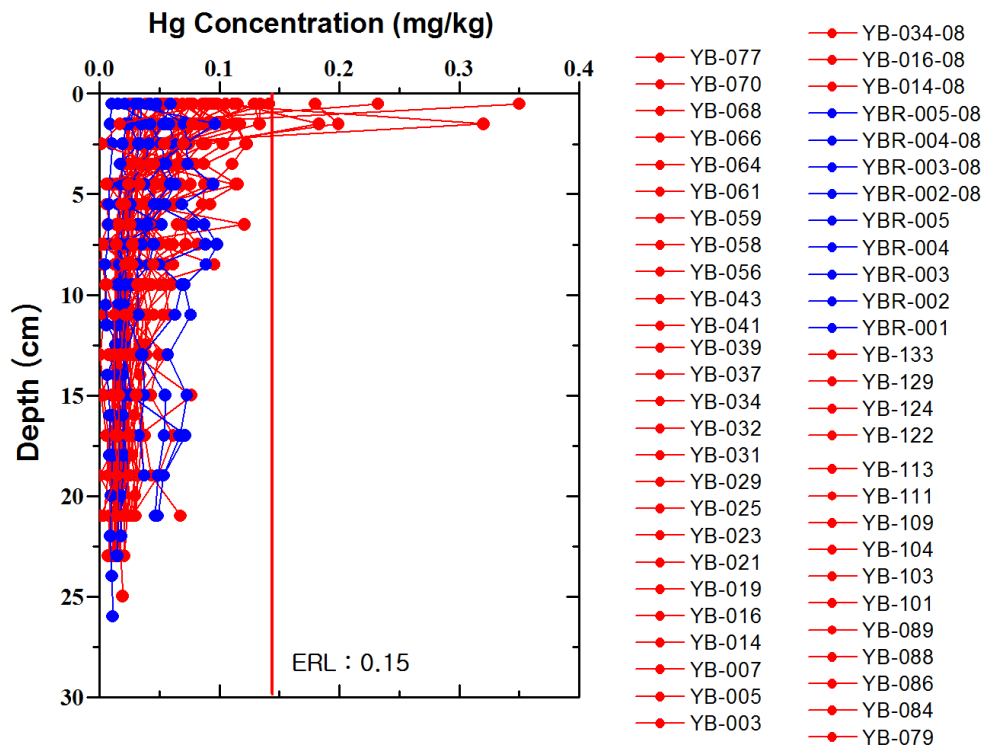


그림 2-7-35 (계속)

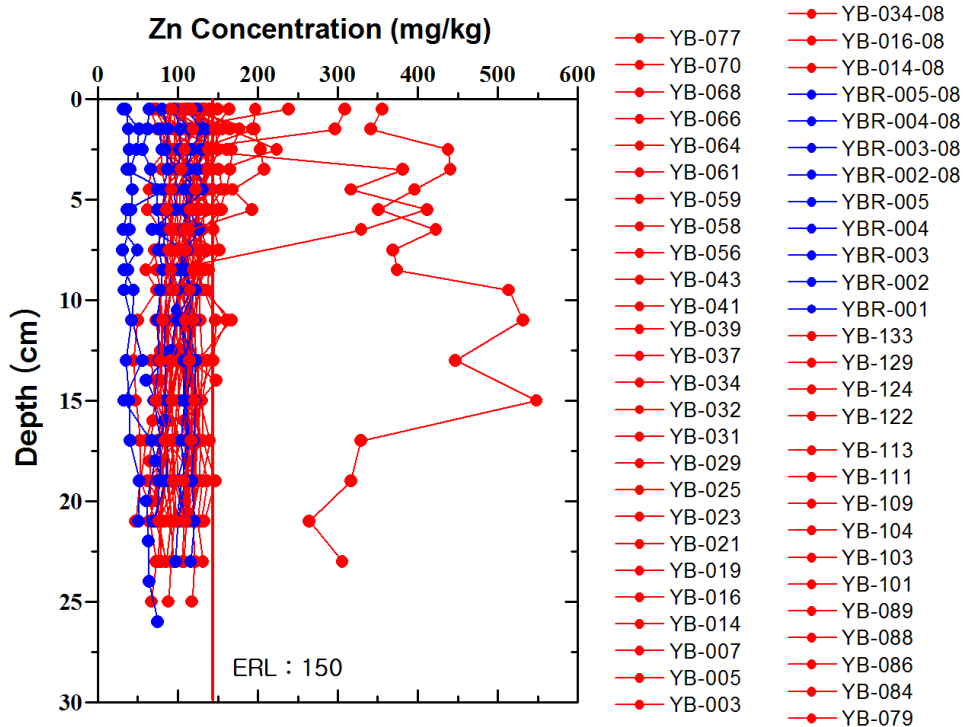


그림 2-7-35 (계속)

- 이상의 결과로부터 폐기물 배출로 인해 인위적으로 유입된 유기물과 중금속이 표층퇴적물에 축적되어 있고 그 영향은 퇴적물 깊이 약 5~10cm까지 미치고 있는 것으로 판단된다.

다. 서해병해역 오염현황의 연도변화

- 오염이 극심한 해역주변을 약 2년간 폐기물을 배출하지 않은 휴식년제 운영결과
 - 표층퇴적물의 유기물양은 유기탄소량으로 25~80%까지 감소효과가 있음 (그림 2-7-36)
 - 일부 중금속 농도 역시 감소하였으나 그 효과는 아직 미비함(그림 2-7-37)
 - 오염이 극심한 지역의 휴식년제를 확대하고, 집중적으로 관리하여 오염해역의 정화·복원 양상을 지속적으로 모니터링을 해 나가야 함.

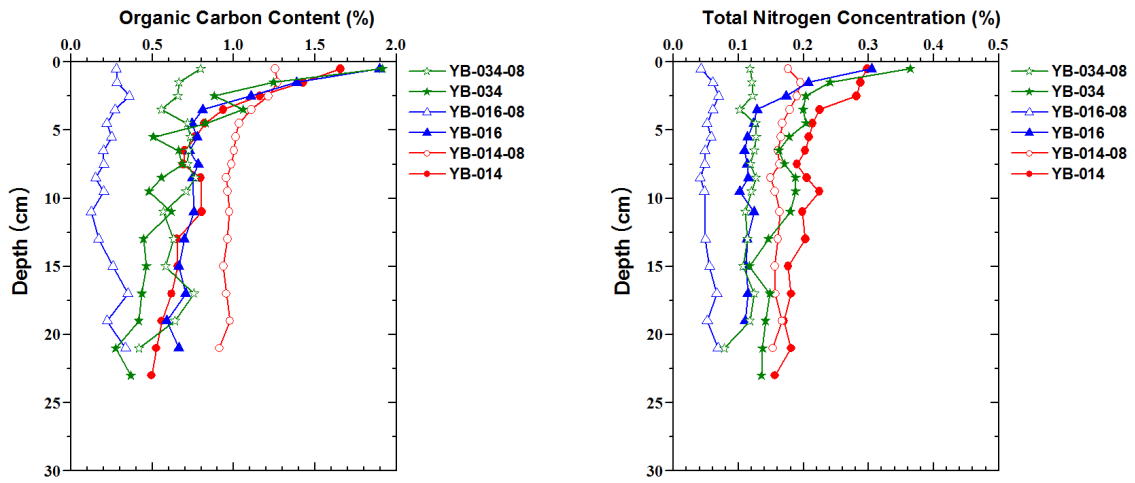


그림 2-7-36 휴식년제 시행 전후의 퇴적물 중 유기물 분포변화 양상

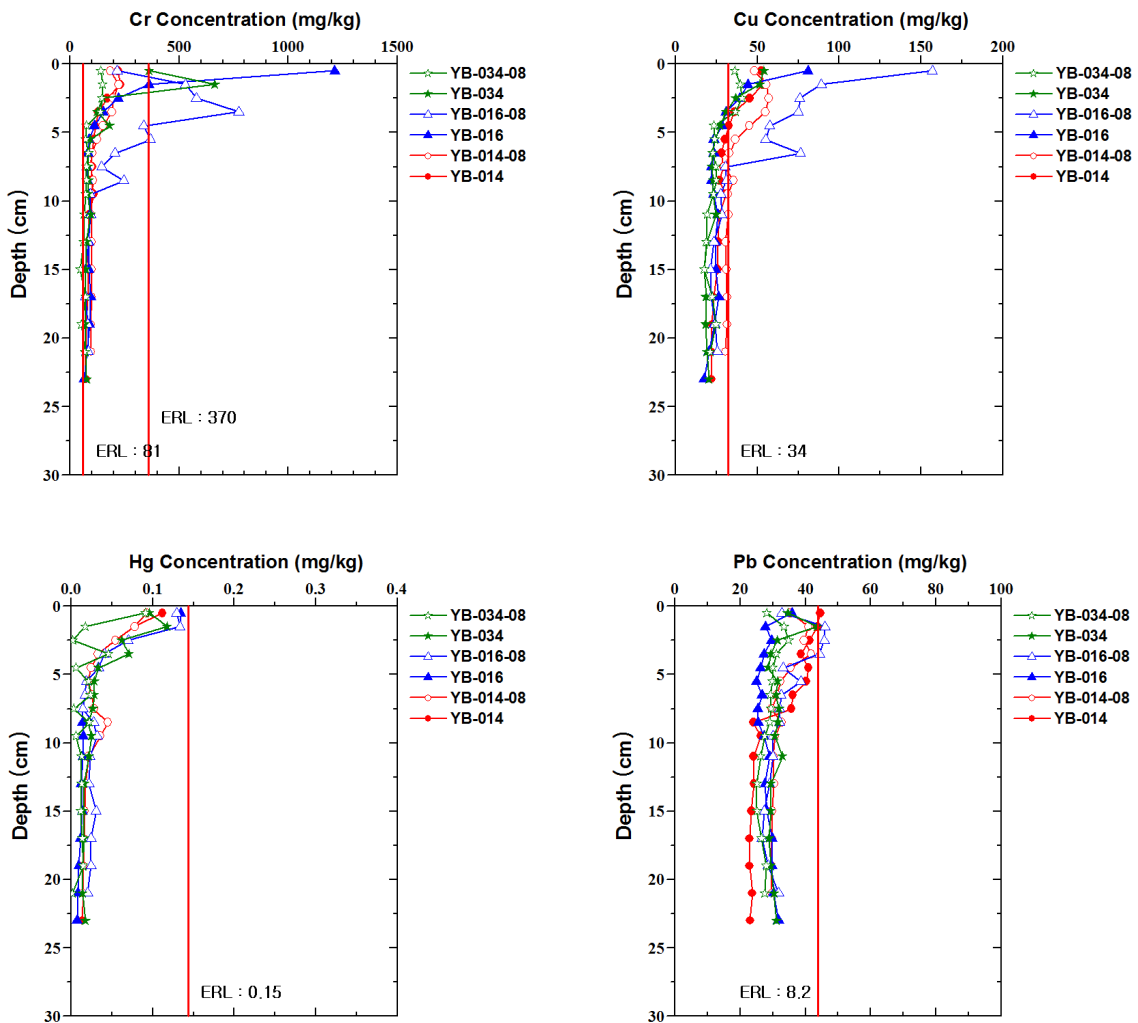


그림 2-7-37 휴식년제 시행 전후의 퇴적물 중 중금속 분포변화 양상

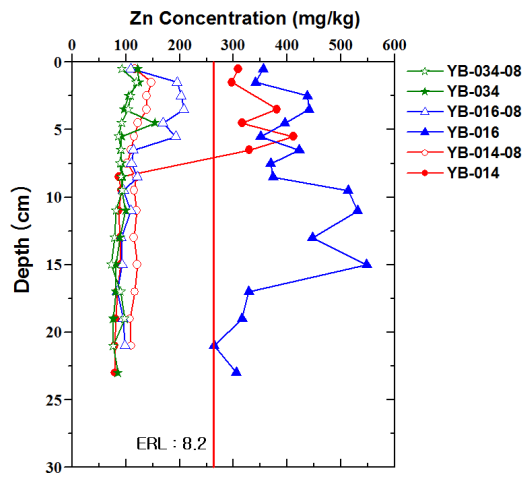


그림 2-7-37 (계속)

제 8 절 서해병해역 저서생태계 건강조사

1. 서론

연안역 조하대 저서생물군집은 저서생태계의 물질이나 에너지 흐름에 관여하는 생태학적 과정에 있어서 주도적인 역할을 담당하고 있는 중요한 구성원들로 이루어져 있다. 저서생물은 다양한 유형의 서식지를 점유하여 다양한 형태의 생명활동을 하고 있어서 저서환경의 변화정도나 건강상태를 나타내 주기도 하며, 해양생태계에 유입된 독성물질에 대한 초기경고시스템에도 개체나 개체군수준, 또는 군집수준에서 이용되고 있다(Word, 1978). 또한 유기물 유입량에 반응하여 감소나 증가하는 정도에 따라 저서생물을 크게 5개의 생물군으로 구분하여 각 생물군의 조성비율에 의해 생물계수(AMBI: Azti's marine biotic index)를 구하여 저서환경의 건강도를 평가하는 방법이 최근 유럽을 중심으로 사용되고 있는데(Borja *et al.*, 2000), 이러한 방법을 본 조사에서도 적용하고자 하였다.

본 연구에서는 퇴적물의 조성이 니질로 구성되어 있어서 입도 조성이 매우 유사한 서해병해역의 니질 퇴적물에 서식하는 저서동물군집의 종조성을 조사하여 지금까지 계속되어온 유기물의 해양배출에 따른 저서환경변화를 파악하고 향후 환경변화를 감시함에 필요한 사전 기초자료로 활용될 수 있도록 하였다.

2. 시료채집 및 분석방법

서해병해역과 그 바깥 해역에 서식하는 대형저서동물을 정량적으로 채집하기 위해서 2008년 7월에 배출해역(26개)과 바깥해역(5개)에 조사구획을 선정하여 (그림 2-8-1), Van-Veen그랩(0.1m²)을 사용하여 구획당 3회씩 퇴적물을 채집하였다. 채집된 퇴적물은 인양한 후 망목크기 1mm인 체에 걸러 남은 것을 해수로 중화된 포르말린에 고정하였다. 고정된 저서생물 시료는 실험실에서 주요 분류군으로 선별한 후 습중량을 측정하였고, 각 분류군별로 가능한 종 수준까지 동정하고 계수하였다. 선별된 대형저서동물 군집의 개체수 자료를 이용하여 종다양성지수(Shannon and Weaner, 1963), 종풍부도지수(Margalef, 1958) 및 종균등도지수(Pielou, 1966)를 산출하였다. 저서생물 건강도지수는 저서오염지수

(Benthic pollution index; BPI)(이 등, 2003; 최 등 2003), Azti's 생물지수(Azti's marine biotic index; AMBI)(Borja et al., 2000), 저서생물통합지수(Benthic-index of biological Integrity; BIBI)(Pearson and Rogenberg, 1978)를 산출하였다. 이 등(2003)에 의하여 경기만의 시화호 저서생물군집에 적용된 BPI의 경우 크게 5개의 오염상태로 평가하였으며, 본 연구에서도 동일한 기준을 적용하였다(표 2-8-1). 국외에서 사용되고 있는 저서생물지수 AMBI의 경우 현재 유럽에서 적용하고 있는 건강상태를 평가 기준에 채용하였으며, BIBI는 Chesapeake Bay의 기준을 따랐다. 집괴분석에는 Bray-Curtis의 유사도지수를 구하여 가중평균 결합법으로 구획에 대한 수지도를 작성하였다. 또한 출현 개체수 자료를 이용하여 NDS(Non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 하였다.

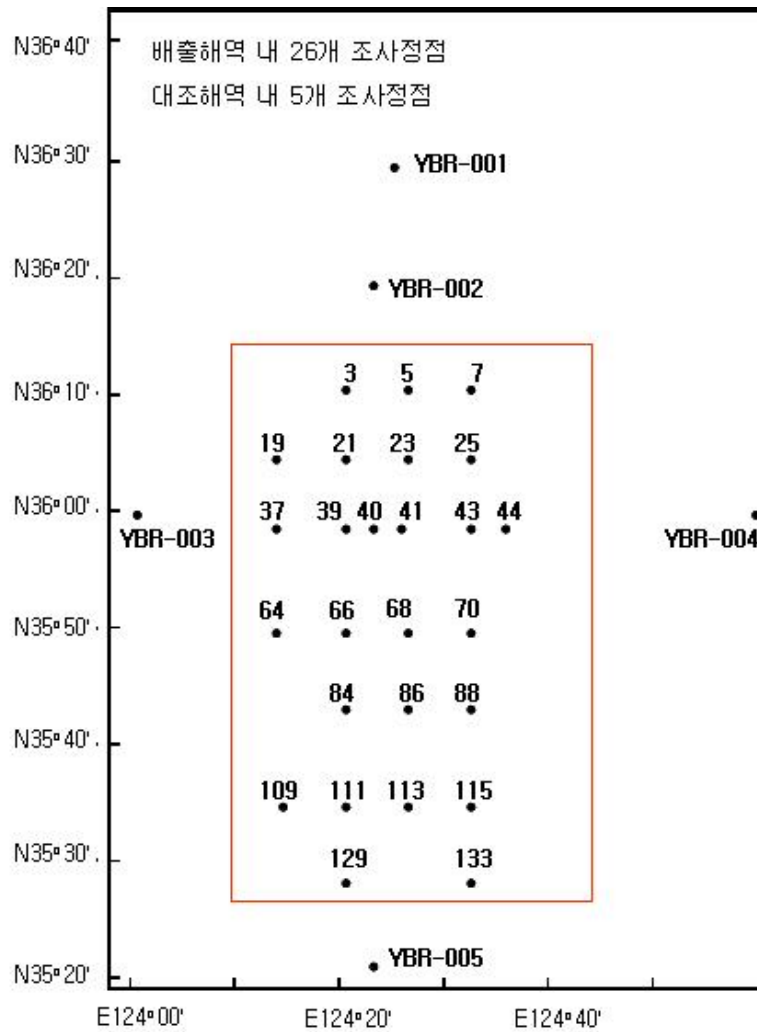


그림 2-8-1. 대형저서동물 조사구획.

표 2-8-1. 대형저서동물 군집의 건강성 평가기준

Condition / Index	BPI	AMBI	Condition / Index	BIBI
Normal	≥60	0-1.2	Meets restoration goals	≥3.0
Slightly polluted	40-60	1.2-3.2	Marginal	2.7-3.0
Moderately polluted	30-40	3.2-5.0	Degraded	2.0-2.7
Highly polluted	20-30	5.0-6.0	Severely degraded	≤2.0
Very highly polluted	≤20	6.0-7.0		

3. 조사결과

가. 저서생물조사

(1) 군집조성

2008년 7월 조사에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 190종, 평균서식밀도는 898개체/m², 생물량은 93.4g/m²였다(표 2-8-2). 출현종수는 환형동물이 90종, 전체의 47.4%로 가장 높았고, 절지동물이 55종(28.9%), 연체동물 26종(13.7%)순으로 나타났다. 평균 서식밀도는 환형동물이 572개체/m²(63.7%)로 가장 높았고, 연체동물 122개체/m²(13.6%), 극피동물 111개체/m²(12.3%), 절지동물 55개체/m²(6.2%)의 순으로 나타났다. 생물량은 환형동물이 31.2g/m²(33.4%)로 가장 높았고, 연체동물 24.9g/m²(26.7%), 극피동물 11.0g/m²(11.7%), 절지동물 2.1g/m²(2.3%)의 순으로 나타났다.

서해병해역 내 위치한 26개 조사구획에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 75종, 서식밀도는 922개체/m², 생물량은 100.4g/m²였다(표 2-8-2). 출현종수에서는 다모류가 33종(44.0%)으로 가장 높았고, 절지동물이 22종(29.3%), 연체동물 10종(13.3%), 극피동물 2종(2.7%)의 순으로 나타났다. 평균 서식밀도는 다모류가 616개체/m²(66.8%)로 가장 높았고, 극피동물 122개체/m²(13.2%), 연체동물 98개체/m²(10.6%), 절지동물 46개체/m²(5.0%)의 순으로 나타났다. 생물량은 다모류가 34.4g/m²(34.2%)로 가장 높았고, 연체동물 24.9g/m²(24.8%), 극피동물 12.1g/m²(12.1%), 절지동물 2.5g/m²(2.5%)의 순으로 나타났다. 서해병해역 외 대조해역 5개 구획에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 57종, 서식밀도는 766개체/m², 생물량은 56.9g/m²였다. 대조해역에 비해 배출해역에

위치한 구획들에서 다소 높은 군집조성을 보였다(표 2-8-2). 출현종수에서는 다모류가 30종(52.6%)으로 가장 높았고, 절지동물이 12종(21.1%), 연체동물 8종(14.0%), 극피동물 1종(1.8%)의 순으로 나타났다. 평균서식밀도는 다모류가 342개체/m²(44.0%)로 가장 높았고, 연체동물 249개체/m²(32.1%), 절지동물 106개체/m²(13.6%), 극피동물 55개체/m²(7.1%)의 순으로 나타났다. 생물량은 연체동물 25.2g/m²(44.2%)로 가장 높았고, 다모류가 14.5g/m²(25.5%), 극피동물 4.8g/m²(8.4%), 절지동물 0.2g/m²(0.3%)의 순으로 나타났다. 출현종수, 평균서식밀도 생물량 모두 배출해역이 대조해역에 비해 높게 나타났는데, 출현종수는 절지동물에서 10종 이상 많이 출현하였다. 평균서식밀도는 다모류가 대조해역에 비해 2배 이상 많이 출현하였고, 연체동물은 대조해역에서 더 높은 서식밀도를 보였다.

표 2-8-2. 2008년 7월 서해병해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 각 분류군별 출현종수, 평균서식밀도(개체/m²) 및 생물량(g/m²)

Taxa	Dumping sites		Reference sites		Total	
	Species	%	Species	%	Species	%
Mollusca	10	13.3	8	14.0	26	13.7
Polychaeta	33	44.0	30	52.6	90	47.4
Crustacea	22	29.3	12	21.1	55	28.9
Echinodermata	2	2.7	1	1.8	7	3.7
Others	8	10.7	6	10.5	12	6.3
Total	75	100.0	57	100	190	100.0
Taxa	Density	%	Density	%	Density	%
Mollusca	98	10.6	249	32.1	122	13.6
Polychaeta	616	66.8	342	44.0	572	63.6
Crustacea	46	5.0	106	13.6	55	6.2
Echinodermata	122	13.2	55	7.1	111	12.3
Others	41	4.4	25	3.2	38	4.2
Total	922	100.0	776	100.0	898	100.0
Taxa	Biomass	%	Biomass	%	Biomass	%
Mollusca	24.9	24.8	25.2	44.2	24.9	26.7
Polychaeta	34.4	34.2	14.5	25.5	31.2	33.4
Crustacea	2.5	2.5	0.2	0.3	2.1	2.3
Echinodermata	12.1	12.1	4.8	8.4	11.0	11.7
Others	26.5	26.4	12.3	21.6	24.2	25.9
Total	100.4	100.0	56.9	100.0	93.4	100.0

(2) 우점종

2008년 7월 조사에서 가장 우점한 종은 다모류의 황금빨사슴갯지렁이 (*Melinna elisabethae*)로 326개체/m²가 출현하여 전체의 57.1%를 차지하였다 (표 2-8-3). 그 외에도 다모류의 등가시버들갯지렁이류(*Mediomastus californiensis*) (121개체/m², 23.4%), 고리집갯지렁이(*Nothria geophiliformis*)(92개체/m², 18.5%), 극피동물의 빗살무늬거미불가사리(*Ophiura kinbergi*)(118개체/m², 22.1%), 연체동물의 쇠개랑조개(*Raetellops pulchella*)(36개체/m², 7.1%)등이 우점하였다.

서해병해역내 26개 조사구획에서는 다모류의 *M. elisabethae*(36.7%), *M. californiensis*(11.6%), *N. geophiliformis*(11.3%), 극피동물의 *O. kinbergi*(13.1%), 연체동물의 *R. pulchella*(5.1%)등이 우점하였다(표 2-8-4). 대조해역에서는 다모류의 *M. californiensis*(21.6%), 연체동물의 *R. pulchella*(13.6%), 말발조개(*Thyasira tokunagai*)(11.6%), 쿠마류의 *Eudorella sp.*(9.5%)등 이 우점하여 배출해역과 다소 차이를 보였다.

표 2-8-3. 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물의 주요 우점종(단위:개체/m²)

Species name	Taxa	Density	%
<i>Melinna elisabethae</i>	P	326	57.1
<i>Mediomastus californiensis</i>	P	121	23.4
<i>Ophiura kinbergi</i>	E	118	22.1
<i>Nothria geophiliformis</i>	P	92	18.5
<i>Raetellops pulchella</i>	M	76	11.3
<i>Eudorella sp.</i>	C	36	7.1
<i>Thyasira tokunagai</i>	M	42	6.8
<i>Ampharete arctica</i>	P	54	4.6
<i>Anthozoa unid.2</i>	O	80	3.7
<i>Ennucula niponica</i>	P	16	2.9
<i>Maldane cristata</i>	P	36	2.6
<i>Yoldia notabilis</i>	M	15	2.4
<i>Praxillella affinis</i>	P	40	1.8
<i>Stomphia japonica</i>	O	12	1.7
<i>Baseodiscus sp.</i>	O	11	1.4

표 2-8-4 2008년 7월 서해병해역 및 대조해역에서 출현한 대형저서동물의
해역별 우점종(단위:개체/m²)

Dumping sites				Reference sites			
Species	Taxa	Sum	%	Species	Taxa	Sum	%
<i>Melinna elisabethae</i>	P	352	36.7	<i>Mediomastus californiensis</i>	P	168	21.6
<i>Ophiura kinbergi</i>	E	131	13.1	<i>Raetellops pulchella</i>	M	105	13.6
<i>Mediomastus californiensis</i>	P	111	11.6	<i>Thyasira tokunagai</i>	M	90	11.6
<i>Nothria geophiliformis</i>	P	104	11.3	<i>Eudorella sp.</i>	C	74	9.5
<i>Raetellops pulchella</i>	M	67	5.1	<i>Ophiura kinbergi</i>	E	55	7.1
<i>Eudorella sp.</i>	C	29	3.0	<i>Ampharete arctica</i>	P	82	4.2
<i>Thyasira tokunagai</i>	M	30	2.5	<i>Nothria geophiliformis</i>	P	28	3.6
<i>Ampharete arctica</i>	P	49	2.3	<i>Ennucula niponica</i>	M	23	3.0
<i>Anthozoa unid.2</i>	O	101	2.1	<i>Praxillella affinis</i>	P	35	1.8
<i>Maldane cristata</i>	P	45	1.5	<i>Chaetozone setosa</i>	P	67	1.7
<i>Ennucula niponica</i>	M	14	1.4	<i>Yoldia notabilis</i>	M	20	1.6
<i>Yoldia notabilis</i>	M	14	1.3	<i>Nuculana yokoyamai arai</i>	M	20	1.5
<i>Stomphia japonica</i>	O	12	1.1	<i>Anthozoa unid.2</i>	O	29	1.5
<i>Praxillella affinis</i>	P	42	0.9	<i>Tharyx sp.</i>	P	57	1.5
<i>Baseodiscus sp.</i>	O	11	0.8	<i>Nothria shirikishinaiensis</i>	P	47	1.2

(3) 지역적 분포양상

2008년 7월 서해병해역에서 출현한 대형저서동물의 평균 출현종수는 9~39종/0.3m², 서식밀도는 125~3,628개체/m², 생물량은 17~304g/m²였다(그림 2-8-2). 출현종수는 서해병해역내 위치한 구획 YB-040에서 가장 낮았고, YB-133에서 가장 높게 나타났다. 평균서식밀도는 YB-037에서 가장 낮았고, YB-070에서 가장 높았다. 생물량은 대조해역의 구획 YBR-003에서 가장 낮았고, YB-070에서 가장 높게 나타났다. 구획 YB-070에서 높은 서식밀도와 생물량을 보인 이유는 2008년 7월 조사에서 가장 우점하였던 다모류의 황금뿔사슴갯지렁이(*Melinna elisabethae*)가 대량으로 출현하였기 때문이다(그림 2-8-3). 황금뿔사슴갯지렁이(*M. elisabethae*)는 YB-070외에도 YB-043, 068에서도 대량으로 출현하였는데, 주로 현재 해양배출이 진행되고 있는 구획들이었다. 다모류의 등가시버들갯지렁이류(*Mediomastus californiensis*)는 배출해역내 YB-109, 111, 115에서 우점하였고, 대조해역의 YBR-004에서도 우점하였다.

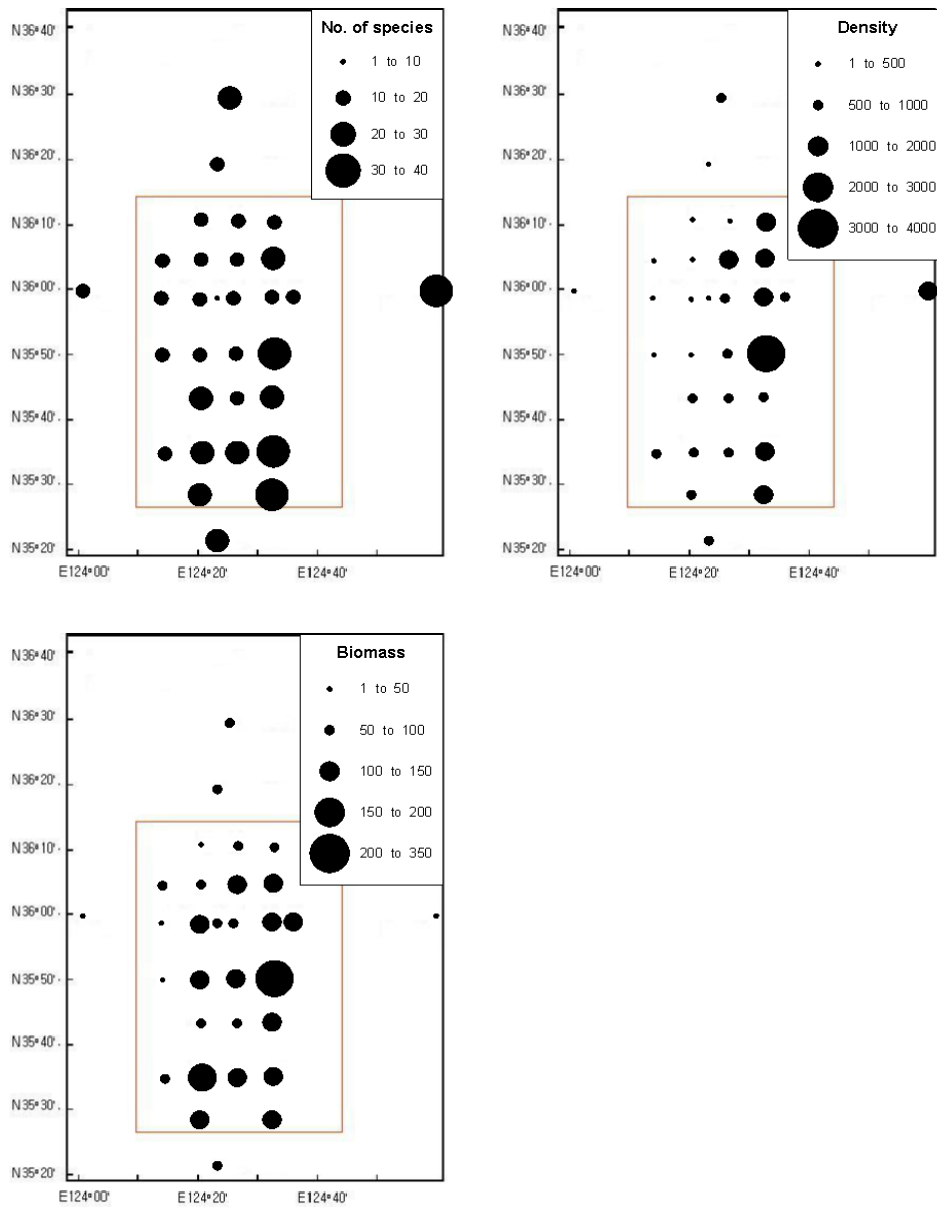


그림 2-8-2 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 종수, 평균 서식밀도 및 생물량의 지역적 분포양상.

(4) 군집지수

2008년 7월 조사에서의 종다양성지수는 0.6~2.7의 범위를 보였고, 종균등도지수는 0.2~0.9, 종풍부도지수는 1.6~5.1의 범위를 보였다(그림 2-8-4). 종다양성지수는 배출해역 내 YB-133에서 가장 높았고, YB-007에서 가장 낮았다. 종균등도지수는 YB-003과 YBR-003에서 가장 높았고, YB-007에서 낮게 나타났다. 종풍부도지수는 YB-113에서 가장 높았고, YB-040에서 가장 낮았다. 배출해역의

종다양성지수는 평균 1.8, 종균등도지수는 평균 0.6, 종풍부도지수는 평균 2.8이었고, 대조해역의 종다양성지수는 평균 2.3, 종균등도지수는 평균 0.8, 종풍부도지수는 평균 3.4로 대조해역이 배출해역에 비해 군집지수가 높게 나타났다.

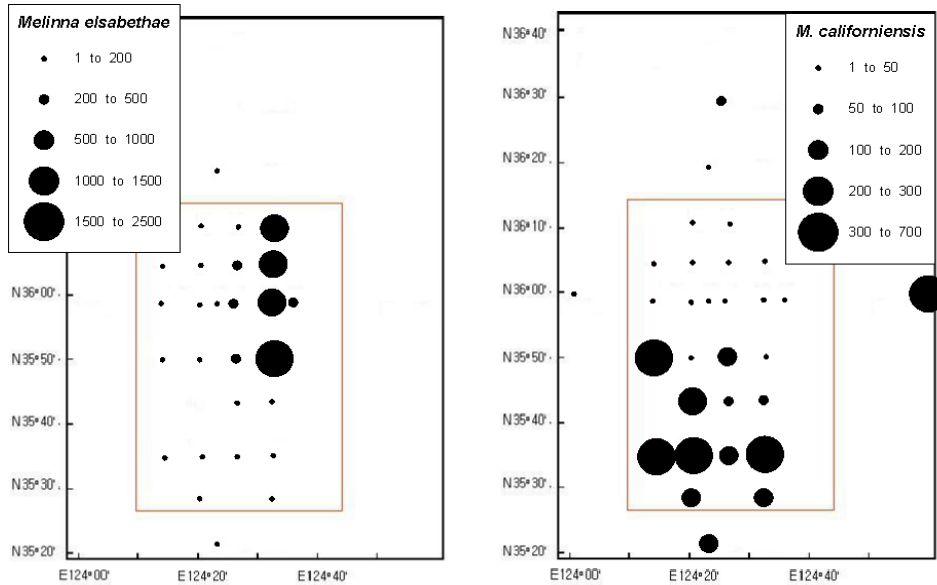


그림 2-8-3 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 주요 우점종의 지역적 분포양상

(5) 군집분석

2008년 7월 조사에서 집괴분석 및 MDS 배영법 산출 결과, YBR-004(그룹 A)와 배출해역 내 북쪽의 구획들(그룹 B), 배출해역 내 남쪽의 구획들(그룹 C)로 구분이 되었다(그림 2-8-5). 그룹 B에는 YB-007에서 YB-068까지의 구획들이 포함되었는데, 이 구획들은 과거에 배출이 되었으나 현재는 휴식년에 들어간 구획들이었다. 그룹 C는 YBR-001, 002, 003을 포함한 YB-070~113까지의 구획들로, 현재 배출이 진행되고 있는 구획들이 대거 포함되어 있었다. 그룹 A, B, C는 퇴적상 및 배출진행 여부에 따라 구분이 되었는데, 우점종에서도 약간 차이를 보였다. 그룹 A에서는 다모류의 등가시머들갯지렁이(*Mediomastus californiensis*), 연체동물의 말발조개(*Thyasira tokunagai*), 쿠마류의 *Eudorella sp.* 등이 우점하였고, 그룹 B에서는 다모류의 황금빨사슴갯지렁이(*Melinna elisabethae*), 고리집갯지렁이(*Nothria geophiliformis*), 극피동물의 빗살무늬거미불가사리(*Ophiura kinbergi*), 그룹 C에서는 다모류의 황금빨사슴갯지렁이(*M. elisabethae*), 등가시머들갯지렁이(*M. californiensis*), 고리집갯지렁이(*N. geophiliformis*), 연체동물의 쇠개랑조개(*Raetellops pulchella*) 등이 우점하였다(표 2-8-5).

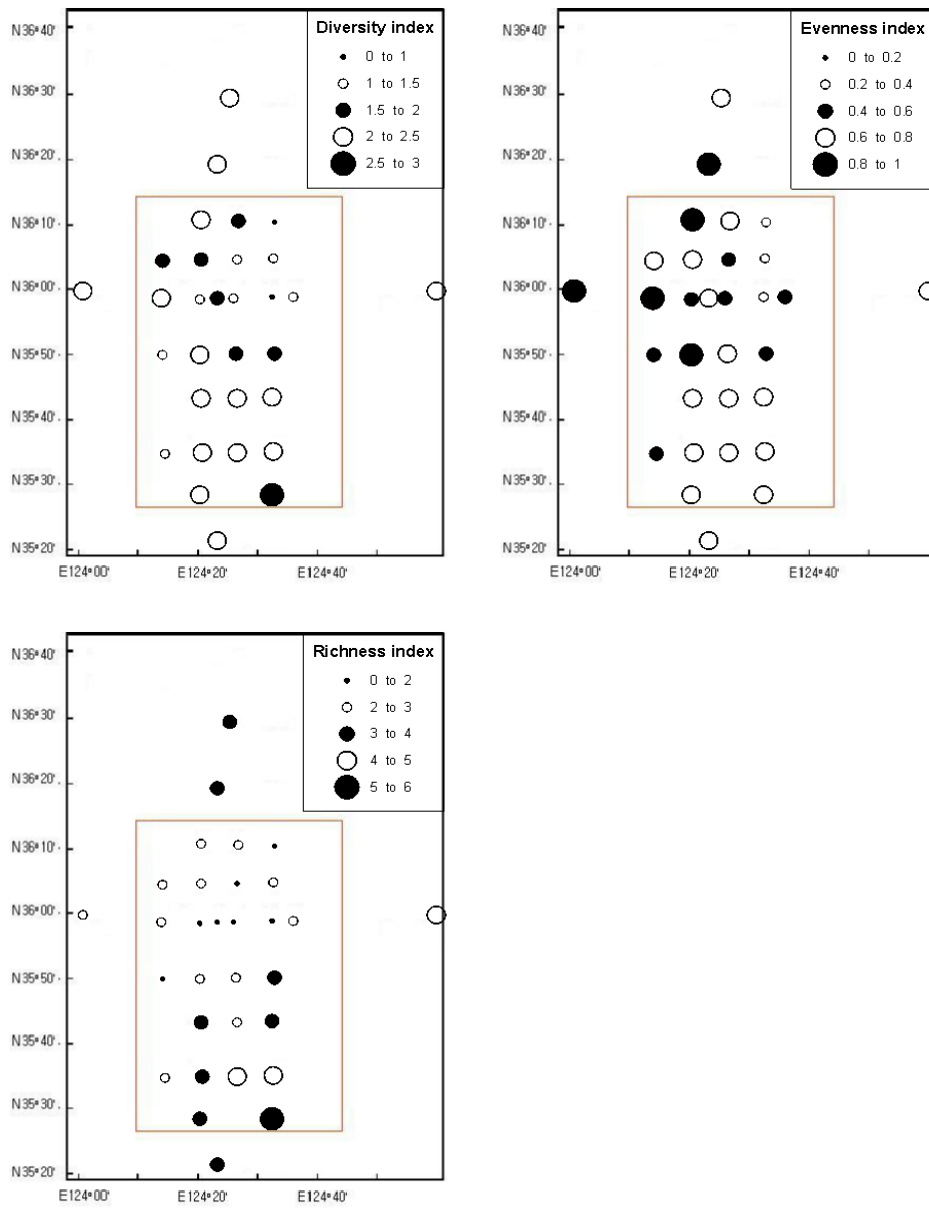


그림 2-8-4 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역의 군집지수의 지역적 분포양상.

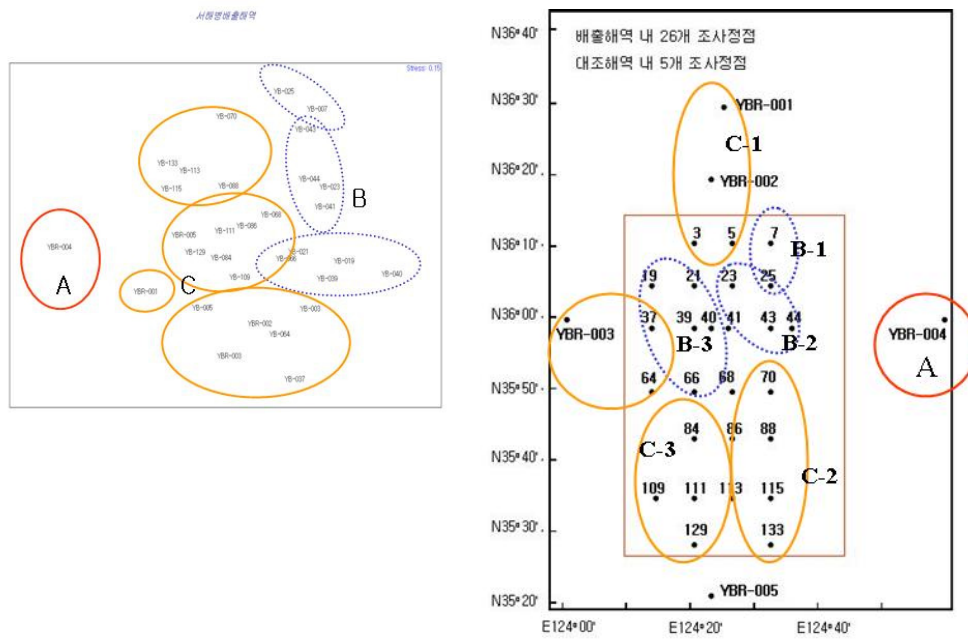
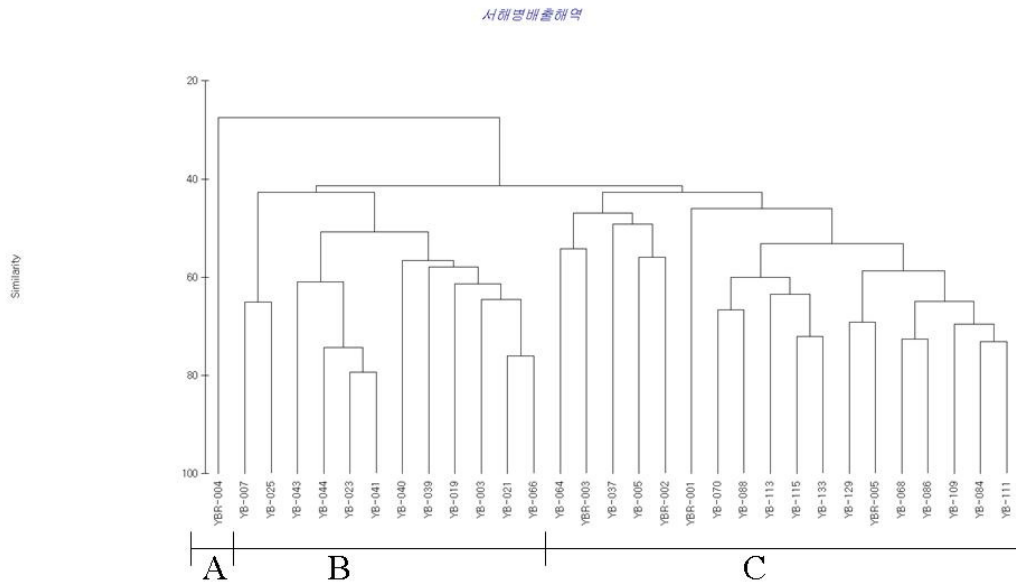


그림 2-8-5 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 대형저서동물 군집의 수지도 및 MDS 배열.

표 2-8-5 Cluster 및 MDS 배열법으로 구분된 각 그룹의 주요 우점종(단위:개체/m²)

	Species name	Taxa	Density	%
Group A	<i>Mediomastus californiensis</i>	P	533	29.5
	<i>Thyasira tokunagai</i>	M	313	17.4
	<i>Eudorella sp.</i>	C	210	11.6
	<i>Ampharete arctica</i>	P	153	8.5
	<i>Chaetozone setosa</i>	P	67	3.7
	<i>Tharyx sp.</i>	P	57	3.2
	<i>Nothria shirikishinaiensis</i>	P	47	2.6
	<i>Nothria geophiliformis</i>	P	43	2.4
	Species name	Taxa	Density	%
Group B	<i>Melinna elisabethae</i>	P	455	46.7
	<i>Ophiura kinbergi</i>	E	179	18.3
	<i>Nothria geophiliformis</i>	P	43	4.4
	<i>Eudorella sp.</i>	C	26	2.6
	<i>Thyasira tokunagai</i>	M	20	2.1
	<i>Mediomastus californiensis</i>	P	18	1.8
	<i>Stomphia japonica</i>	O	17	1.7
	<i>Raetellops pulchella</i>	M	15	1.5
	Species name	Taxa	Density	%
Group C	<i>Melinna elisabethae</i>	P	224	16.4
	<i>Mediomastus californiensis</i>	P	164	12.0
	<i>Nothria geophiliformis</i>	P	127	9.3
	<i>Raetellops pulchella</i>	M	102	7.5
	<i>Ophiura kinbergi</i>	E	84	6.2
	<i>Eudorella sp.</i>	C	80	5.9
	<i>Thyasira tokunagai</i>	M	49	3.6
	<i>Anthozoa unid.2</i>	O	41	3.0

나. 저서생물 오염지수 산출

(1) 오염지시종 분포양상

2008년 7월 조사에서 출현한 오염지시종은 다모류의 등가시버들갯지렁이류(*M. californiensis*), *Spiochaetopterus costarum*, *Sigambra tentaculata*, *Polydora socialis*, *Scolelepis sp.*, 연체동물의 쇄개랑조개(*R. pulchella*), 말발조개(*T. tokunagai*)로 총 7종이었다. 그 중 우점한 다모류의 *M. californiensis*는 배출해역의 남서쪽, 즉 현재 배출이 진행되고 있는 해역에서 주로 많이 분포하고 있었고, 연체동물의 쇄개랑조개(*R. pulchella*)는 대조해역의 구획 YBR-001, 현재 배출이 진행되고 있는 YB-113, 115, 129 등에 많이 분포하고 있었다(그림 2-8-6). 연체동물의 말발조개(*T. tokunagai*)는 대조해역의 YBR-004에서 가장 우점하였고, 배출해역의 YB-084, YB-111등에서 다소 높게 나타났다.

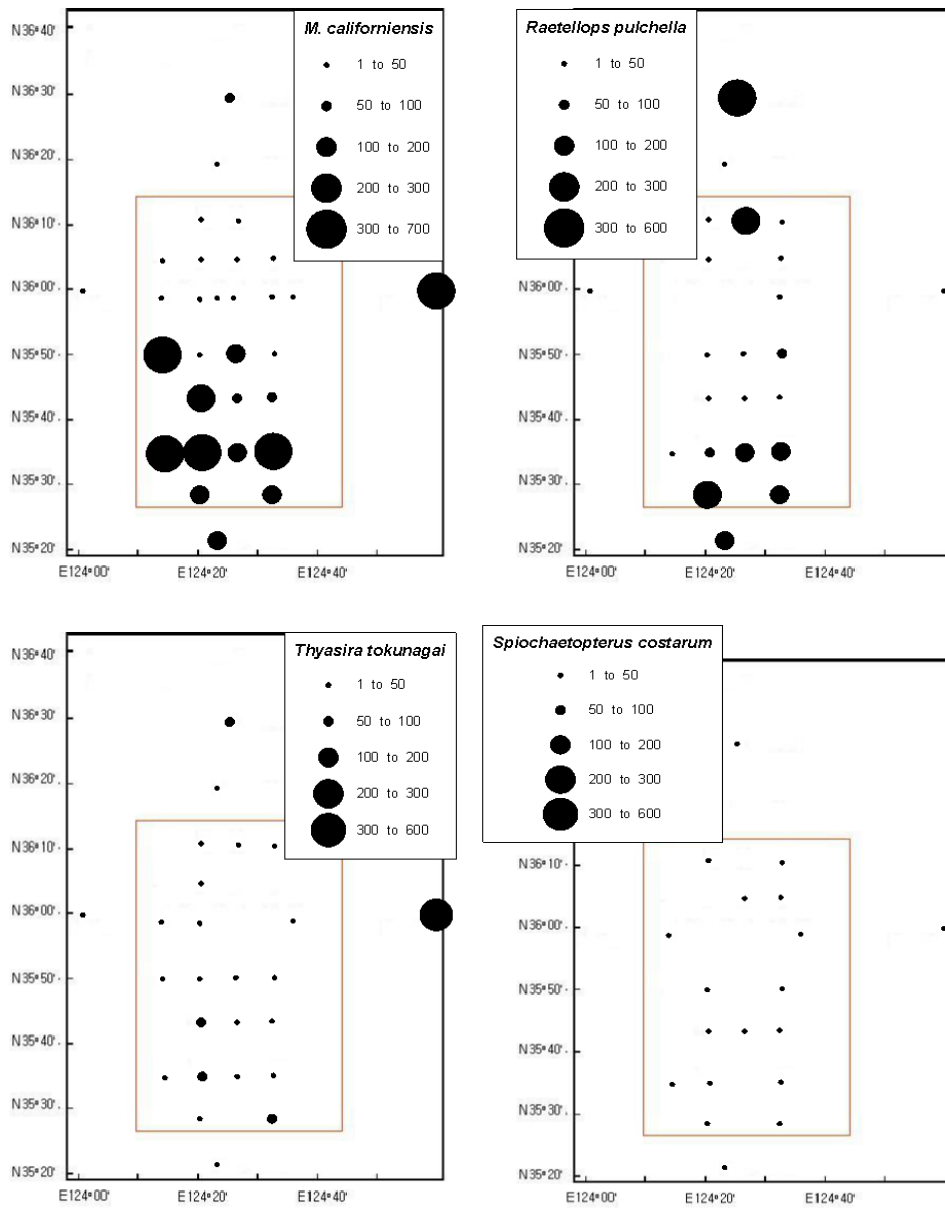


그림 2-8-6 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역에서 출현한 오염지시종의 지역적 분포양상.

(2) 저서생물지수

2008년 7월 조사에서 출현한 대형저서동물의 저서건강도를 살펴 본 결과, 저서오염지수(BPI)는 29.9~76.9(평균 61.0), Azti's 생물지수(AMBI)는 0.2~3.69(평균 1.8), 저서생물통합지수(BIBI)는 1.7~4.0(평균 2.7)의 범위를 보였다.(그림 2-8-7). 저서

생물지수는 2개의 구획(YBR-001, YB-005)에서 매우 오염된 상태로 나타났고, 저서생물통합지수는 현재 배출이 진행되고 있는 YB-088, YB-111, YB-115에서 매우 오염된 상태로 나타났다. Azti's 생물지수로선 심각한 수준의 오염을 보인 구획은 없었고, 구획 YB-064, YB-109, YBR-001에서 약간 오염이 진행된 상태로 나타났다. 저서오염지수(BPI)에서 문제가 나타났던 구획 YB-005와 YBR-001에서는 오염지시종인 연체동물의 쇄개량조개(*Raetellops pulchella*)가 우점하였고, 저서생물통합지수(BIBI)에서 문제를 보였던 YB-109, YB-111, YB-115에서는 다모류의 등가시버들갯지렁이(*Mediomastus californiensis*)가 우점하였다.

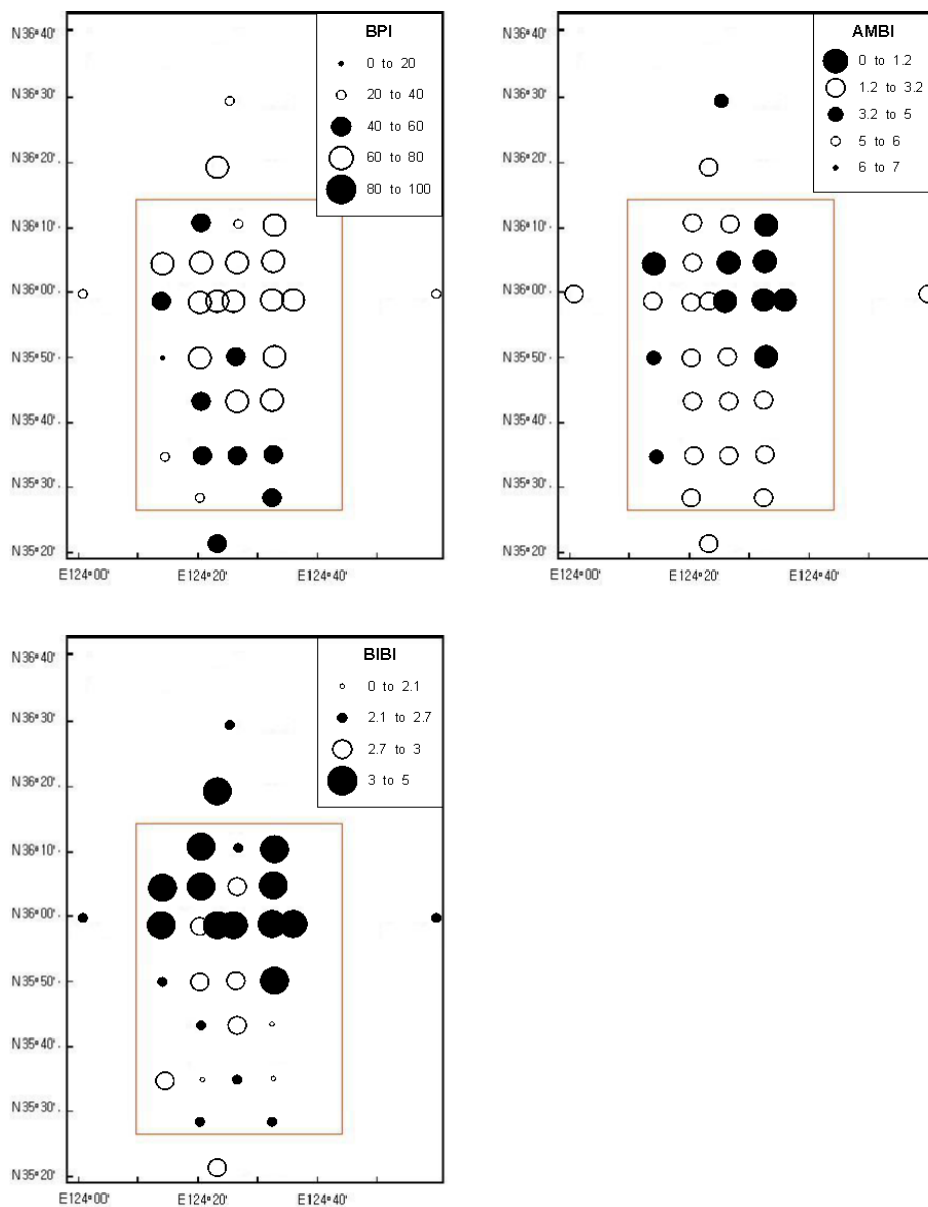


그림 2-8-7 2008년 7월 서해병해역 및 주변해역의 저서생물지수의 지역적 분포양상

4. 토의 및 결론

2008년 7월 조사에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 190종, 평균서식밀도는 898개체/m², 생물량은 93.4g/m²였다. 출현종수, 서식밀도, 생물량 모두 환형동물에서 가장 높았다. 서해병해역내 위치한 26개 조사구획에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 75종, 서식밀도는 922개체/m², 생물량은 100.4g/m²였고, 대조해역 5개 구획에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 57종, 서식밀도는 776개체/m², 생물량은 56.9g/m²로 대조해역에 비해 대출해역에 위치한 구획들에서 다소 높은 군집조성을 보였다. 서해병해역에서 우점한 종은 다모류의 황금빨사슴갯지렁이(*Melinna elisabethae*), 등가시버들갯지렁이류(*Mediomastus californiensis*), 고리집갯지렁이(*Nothria geophiliformis*), 연체동물의 쇄개랑조개(*Reatellops pulchella*), 극피동물의 빗살무늬거미불가사리(*Ophiura kinbergi*)등 이었는데, 다모류의 황금빨사슴갯지렁이(*M. elisabethae*)는 주로 배출해역에서 우점하였고, 등가시버들갯지렁이류(*M. californiensis*)는 대조해역에서 우점하였다. 군집지수는 대조해역에 비해 배출해역의 군집지수가 낮게 나타나 배출해역의 건강도가 낮은 것으로 나타났고, 저서생물지수는 오염지시종인 연체동물의 쇄개랑조개(*R. pulchella*), 다모류의 *M. californiensis*가 대량으로 출현한 현재 배출이 진행 중인 구획들에서 건강도가 낮게 나타났다. 이러한 결과는 군집분석 결과에서도 잘 나타났는데, 퇴적상에 차이를 보였던 대조해역의 YBR-004가 다른 구획들과 구분이 되었고, 나머지 구획들은 현재 배출이 진행되고 있는 구획들과 휴식년의 구획들로 구분이 되었다.

과거의 연구와 비교를 해보면, 2004년 조사에서는 20개 조사구획에서 10종, 210개체/m²이 출현하여 2008년 7월 조사에 비해 낮은 군집조성을 보였다 (해양수산부, 2005). 2004년 조사에서 우점한 종은 다모류의 *M. elisabethae*, *Nothria rirdescens*, *Ampharete arctica* 등으로 이 종들은 2008년 조사에서도 우점하는 종으로 큰 차이를 보이지는 않았다. 다만 2008년에는 2004년 조사에서 우점하지 않았던 오염지시종인 *M. californiensis*가 우점하여 다소 차이를 보였다. 그러나 2004년 연구와 본 연구는 채집면적도 상이하고 채집 구획도 다소 차이가 있어 직접적인 비교는 어려울 것으로 판단되어진다.

제 9 절 해양생물 및 인간 유해성 평가

1. 서론

배출해역에서 이루어지고 있는 폐기물의 배출이 저서 생태계에 어떠한 악영향을 일으키고 있는지를 평가하기 위하여 배출해역 퇴적물의 공극수에 대하여 독성 조사를 실시하였다. 독성조사에 사용된 대상 생물로는 둥근성게 (*Strongylocentrotus nudus*)이다. 단각류와 성게를 이용한 독성 조사는 이미 여러 나라에서 환경평가 및 모니터링의 기본항목으로 채택하고 있다. 이들 생물이 민감도가 좋고, 실험 방법 또한 아주 간단한 장점을 갖고 있다 (Nacci *et al.*, 1986; Dinnel *et al.*, 1987).

성게의 수정률 실험은 정자가 오염물질에 어느 정도의 영향을 받는지를 파악하는 것으로, 건강한 정자를 일정시간 동안 오염물질에 노출시킨 후 알을 넣어서 수정률을 측정하는 방법이다(Nacci *et al.*, 1986; Dinnel *et al.*, 1987; Carr *et al.*, 1996). 발생률 실험은 이미 수정된 수정란을 오염물질에 노출시켜 발생이 진행되도록 하는 실험으로 정상적인 유생(pluteus)으로 발생하는 시간이 경과된 후, 실제로 정상적인 유생으로 발생한 정도가 얼마인 지를 측정하는 방법이다(ASTM, 1995; USEPA, 1995). 수정률과 발생률 실험 모두 그 절차가 간단하며, 한 쌍의 어미로부터 얻은 배우체를 이용하여 동시에 많은 량의 시료를 한꺼번에 분석할 수 있는 장점이 있다. 뿐만 아니라, 성게의 수정률과 발생률은 이미 많은 나라에서 연안 퇴적물의 오염평가를 위한 표준 방법으로 사용하고 있어서(Kobayashi, 1981; Dinnel *et al.*, 1982; Pagano *et al.*, 1986; Nacci *et al.*, 1986; Carr *et al.*, 1996; Meador *et al.*, 1990) 실험 방법 또한 잘 개발되어 있고, 국내의 경우에도 둥근성게(*S. nudus*)를 이용한 수정률 및 발생률 실험의 표준화가 이루어져 있다(Lee, 2000; Won, 2000).

Metallothionein(MT) 단백질은 다량의 cystein을 함유하고 있는 저분자량 (약 7kDa)의 금속결합 단백질로써, 원핵동물로부터 진핵생물에 이르는 다양한 생물에서 그 존재가 확인된 바 있다(Olafson *et al.*, 1988). 이들의 생물학적 기능에 대해서는 여러 가지 이견이 있으나, 일반적으로 구리나 아연과 같은 필수금속원소의 항상성 조절의 기능을 갖고(Browder *et al.*, 1989), 금속독성의 해독과정에도 관계되어 있는 것으로 알려져 있으며(Roesijadi, 1992), 항산화 작용에도 관여하는 것으로 알려져 있다(Viarengo *et al.*, 1999). MT 단백질의 합성이 금속오염원에 의해서 유도된다는 것이 다양한 생물에서 확인되어,

생체내의 MT 단백질 및 유전자의 양이 금속 노출에 대한 생체지표로 이용되고 있다(Cheung *et al.*, 2004; Cho *et al.*, 2005; Hayes *et al.*, 2004; Lemoine *et al.*, 2000; Russo *et al.*, 2003; Soazig and Marc, 2003; Van Cleef-Toedt *et al.*, 2001; Woo *et al.*, 2006).

현재 수산물 섭취에 대한 안전성 관리는 식품의약품안전청(Korea Food & Drug Administration)에서 기준을 정하여 식품별 중금속 관리를 주관하고 있다. 관리방향은 크게 현장 모니터링, 위해성평가, 기준마련 등의 절차를 거친다. 중금속의 경우 모니터링에서는 식품별 중금속 함량을 조사하고, 위해성 평가에서는 식품내 함유량과 섭취량, 독성학적 정보 등을 통한 위해성평가를 수행하며, 기준마련에서는 건강 위해도가 크고, 섭취량이 많은 수산물을 대상으로 ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 원칙에 의거하여 과학적 근거를 토대로 인간 건강에 위해성이 없는 농도수준을 최대허용기준으로 결정하며, 사후 모니터링을 수행한다. 국제적인 식품관리기관으로는 FAO/WHO의 합동 식품첨가물 전문가위원회(Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서 중금속 등에 대해서 주간섭취허용량(Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) 설정 등으로 오염물질 안전성 평가를 하고 그 결과를 WHO의 기술보고서에 수록한다. 미국에서는 인체건강을 보호하기 위한 수질기준의 하나로 메칠수은에 대한 일일최대섭취량을 산정하였고(USA EPA, 2001), 자연 생태계를 보호하기 위한 방안으로 최근 문제가 되고 있는 selenium의 수계내 위해도평가(Lemly, 1995), 수생태계 내에서의 selenium 이동과 생물축적(Lemly, 1999), 환경적으로 안전한 최대일일유입량(Total Maximum Daily Load, TMDL) 산정(Lemly, 2002) 등의 일련의 연구를 수행한 바가 있다.

본 조사에서는 서해병해역의 표층 퇴적물 및 공극수가 가지는 독성이 현장에 서식하는 저서생물에 미치는 영향을 평가하기 위해서 시험생물인 둥근성게(*Strongylocentrotus nudus*)의 수정율과 발생율을 측정하였다. 또한 중금속 오염의 영향 정도를 평가하기 위해서 무척추동물인 두토막참갯지렁이(*Perinereis aibuhitensis*)를 대상으로 MT 유전자를 탐색하여 현장에 서식하고 있는 저서 무척추동물이 MT유전자 발현정도를 파악함으로써 중금속 오염의 잠재적인 악영향을 평가하고자 하였다. 또한 배출해역에 서식하는 상위 영양단계에 위치한 저서어류의 체내 오염물질 농도로부터 인간이 어류를 섭취할 경우 받을 수 있는 영향을 파악하기 위한 일일최대허용섭취량을 산정하고자 하였다. 이러한 기초자료는 향후 자연생태계 보호와 인체 건강보호를 위해서 적정 농도 이하로 유지하기 위한 배출해역의 중금속 오염물질의 총최대일일유입량(Total Maximum Daily Load, TMDL)을 산정하는 과정에도 이용될 것이다.

2. 시료채집 및 분석방법

가. 퇴적물 및 공극수 시료의 준비

퇴적물 및 공극수의 독성을 알아보기 위한 현장시료의 채집은 2008년 7월에 배출해역내의 5개 구획(구획 YB-037, 41, 43, 68, 113)과 배출해역 외곽의 2개 구획(구획 YBR-003, YBR-004)에서 이루어졌다. 각 구획에서 Van-Veen grab sampler를 이용하여 퇴적물을 채취하였고, 표층퇴적물(5cm 깊이)을 긁어 비닐 봉지에 담고 잘 밀봉한 후, 즉시 호일로 감싸서 냉장 보관하였다. 시료를 실험실로 옮긴 후 성게 실험을 위한 공극수 추출에 사용하였다. 공극수는 3,000rpm에서 10분간 원심분리를 2회 반복하여 추출하였다. 추출된 공극수 시료는 실험이 이루어지기 전까지 냉동 보관하였다.

나. 성게를 이용한 공극수 독성 검사

실험에 사용된 둥근성게(*Strongylocentrotus nudus*)는 경남 거제도 주변 해역에서 잠수작업을 통하여 채집되었다. 채집된 성게 어미를 실험실로 옮겨 2톤 용량의 수조에 실험이 실시되기 전까지 사육하였다. 사육하는 동안 먹이로는 건조된 다시마(*Laminaria sp.*)를 공급하였고, 물은 2일에 1회 1/2씩 환수하였고, 사육수의 온도는 18°C로 조절하였다.

성게를 이용한 독성실험은 ASTM(1995)과 USEPA(1995)의 표준지침서를 Lee(2000) 및 Won(2000)에 의해 수정된 방법을 적용하여 수행되었다. 성게를 이용한 독성 실험의 최종반응(endpoint)으로는 수정률과 발생률의 두 가지가 있으며, 본 조사에서는 두 가지 모두 측정하였다. 각각의 실험 방법을 기술하면 다음과 같다.

수정률 실험은 정자를 시료에 노출시켜 정자의 활력이 얼마나 감소하는지를 알아보는 실험이다. 정자와 알을 어미로부터 얻기 위하여 1N KCl 용액을 어미의 입 주위로 주사하여 산란을 유발하였다. 정자의 경우 파스퇴르피펫을 이용하여 생식공으로부터 방출되는 정자를 직접 수집하여 1.5ml 용량의 원심분리 튜브에 옮겨 담고 5°C에서 보관하였다. 알의 경우 해수가 가득 담긴 비이커에 암컷을 거꾸로 뒤집어 놓아 방출된 알이 바닥으로 흘러내려 가라앉도록 하였다. 수집된 알을 세척하기 위하여, 비이커를 격렬히 흔들어 알이 떠오르게 한 후, 10분간 가라 앉혀 상등액을 버리는 작업을 3회 반복하였다. 이 과정을 통하여 크기가 작거나 성숙이 덜 이루어진 알을 제거할 수 있었다. 수정률 실험을 위한

알의 최종 밀도는 300eggs/ml이 되도록 조절하였다. 수정률 실험에서 최적의 민감도를 얻을 수 있도록 정자의 희석비율을 결정하였는데, 정액을 1/250, 1/500, 1/1,000, 1/2,000, 1/4,000, 1/8,000, 1/16,000, 1/32,000 등의 비율로 희석한 후, 각각의 경우에서의 수정률을 관찰하였고, 이때 수정률이 85~95% 범위를 나타내는 희석비율을 최적 비율로 결정하였다. 정자의 최적 희석비율을 결정한 후, 이 비율대로 미리 준비된 시료에 정자를 노출시켰다. 실험 용기로는 24-well plate(Corning)를 사용하였다. 시료를 각 농도 당 3 반복으로 well에 주입하고, 각 well마다 50 μ l의 정자 희석액을 첨가하였다. 20 분 동안 노출시킨 후, 각 well마다 100 μ l의 알을 주입하였다. 정자와 알이 만나 수정이 이루어지도록 20분간 더 기다린 후, 10% 완충포르말린을 100 μ l씩 주입하여 실험을 종료하였다. 실험이 종료된 수, 알의 바깥쪽에 투명한 막(수정막)이 형성되어 있는지 여부를 직접 관찰하여 수정란과 미수정란으로 구별하였다. 각 well별로 100개의 알을 전도현미경하에서 계수하였다. 수정률은 수정된 알의 백분율로 계산하였다.

발생률 실험은 수정란을 시료에 노출시켜 정상적인 유생으로 발생이 진행되는지 여부를 알아보는 실험이다. 발생률 실험을 위한 수정란의 최종 밀도는 100eggs/ml이 되도록 조절하였다. 준비된 알에 정액을 5방울 떨어뜨려 수정을 시키고, 수정률이 95% 이상일 경우에만 실험을 실시하였다. 수정란이 들어 있는 용액 내에 수정하지 못하고 남아 있는 정자를 제거하기 위하여 40 μ m 크기의 체를 이용하여 5회 이상 세척하였다. 시료는 각 농도별로 3회의 반복구를 설정하였다. 실험 용기로는 20ml scintillation vial(Wheaton)을 사용하였다. 시료의 각 농도별로 5ml씩 vial에 주입하였고, 여기에 100 μ l의 수정란을 첨가하였다. 배양은 20 $^{\circ}$ C에서 48시간 동안 이루어졌고, 배양 후 10% 완충 포르말린을 100 μ l씩 주입하여 실험을 종료하였다. 실험이 종료된 후, 각 vial에서 1ml씩 뽑아 Sedgwick-Rafter Chamber에 넣고, 발생도중 사망한 알(dead), 발생이 지연된 알(retarded), 발생은 되었으나 기형인 알(malformed), 정상적으로 발생한 알(normal)로 구분하여 각각을 계수하였다. 발생률은 정상적으로 발생한 알의 백분율로 계산하였다. 본 조사에서는 모든 구획에서 추출된 공극수 원액에서 발생률이 대조구에서의 값보다 낮았기 때문에, 공극수 시료를 50% 및 25%까지 희석하여 실험을 반복하였다.

공극수 시료에서 측정된 수정률 또는 발생률이 공극수 내 독성물질의 영향을 받았는지 여부는 Dunnett's t-test(Sokal and Rohlf, 1981)를 이용하여 대조구(여과해수)에서의 수정률 또는 발생률과 비교하여 판단하였다. 계산은 TOXSTAT 프로그램을 이용하였다.

다. MT 유전자 및 MT 단백질을 이용한 현장노출 평가

중금속의 세포내 해독기전에 중요한 역할을 하는 metallothionein 유전자 및 다양한 중금속 유전자지표를 다모류에서 발굴하기 위해, 청충(*Perinereis aibuhitensis*)을 카드뮴에 노출시키고, RNA를 추출하여, differential display PCR법을 수행하였다. 그 방법은 다음과 같다.

(1) 카드뮴 노출

페트리디쉬(지름 15cm)에 해수에 희석된 카드뮴 용액(20ng/l 및 200ng/l)을 20ml씩 분주하였다. 각 페트리디쉬에 청충(*P. aibuhitensis*) 3마리씩 넣어 12시간 동안 배양하였다. 일반해수에 배양한 청충(*P. aibuhitensis*)을 대조구로 이용하였다.

(2) RNA 추출 및 정제

청충(*P. aibuhitensis*)을 적당한 크기로 자른 후, 차게 식힌 glass homogenizer에 넣고, 조직 0.5g당 1ml의 Trizol Reagent를 넣어 조직을 완전히 파쇄하였다. 조직 용액을 1.5ml tube에 옮기고 5분간 얼음에서 배양하고, 0.2ml의 chloroform 용액을 첨가하여 잘 섞어주었다. 다시 얼음에서 2~3분간 배양하고, 13,000rpm, 4°C에서 20분간 원심분리하였다. 상등액만 취하여 새 tube로 옮기고, 0.5ml isopropanol을 첨가하여 조심스럽게 섞고, 얼음에서 10분간 반응시킨 후, 13,000rpm, 4°C에서 20분간 원심분리하였다. 상등액을 제거하고, 침전물을 취하였다. 침전물에 75% 에탄올 1ml 첨가하여 세척하고, 13,000rpm, 4°C에서 5분간 원심분리하였다. 에탄올을 제거하고, 공기중에서 말린 후 적당량의 DEPC 처리수에 RNA 침전물을 녹였다. RNA 용액은 -70°C에 보관하였다.

(3) First-strand cDNA의 합성

추출한 RNA 3 μ g, 5X reactin buffer 4 μ l, 2mM dNTP 5 μ l, 10 μ M dT-ACP1(5'cgt gaa tgc tgc gac tac gat iiiit(18)-3') 10 μ l, RNasin RNase inhibitor 0.5 μ l(40U/ μ l), Moloney murin leukemia reverse transcriptase 1 μ l (200U/ μ l)를 넣고, 증류수를 첨가하여 최종 부피를 20 μ l로 적정하였다. 합성반응은 42°C에서 1.5 시간동안 수행하였다.

(4) Differential display(DD-) PCR

- ① 합성된 First-strand cDNA에 80 μ l의 증류수를 넣어서 희석하였다.
- ② 희석된 First-strand cDNA 3~5 μ l(약 50ng), dT-ACP2(10 μ M) 1 μ l, 10 μ M arbitrary ACP 1 μ l, 2X Master Mix(seegene) 10 μ l를 넣고 D.W를

이용 final volume 20 μ l로 적정하였다.

- ③ 94 $^{\circ}$ C 1분, 50 $^{\circ}$ C 3분, 72 $^{\circ}$ C 1분, 1cycle; 94 $^{\circ}$ C 40초, 65 $^{\circ}$ C 40초, 72 $^{\circ}$ C 40초, 40cycle; 72 $^{\circ}$ C 5분 1cycle 로 PCR을 수행하였다.
- ④ 증폭된 PCR 산물은 2% agarose gel에서 분리하였으며, ethidium bromide로 염색하여 발현량의 차이를 보이는 유전자를 확인하였다.

(5) western blot

Metallothionein 단백질 차등 발현을 이용하여, 중금속 위해성을 평가하기 위하여 어류의 MT 항체를 이용한 western blot 분석을 계획하였으며, 그 이전 단계로 단백질 dot blotting에 의해 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 그 과정은 다음과 같다.

(가) 단백질의 추출 및 정량

카드뮴에 노출한 실험군의 청충과 대조군의 청충 조직을 차게 식힌 glass homogenizer에 넣고, 1 \times PBS 1.5ml 정도 첨가하여 조직을 완전히 파쇄하였다. 파쇄된 조직액은 2ml tube에 옮겨 1,000g의 속도로 20분간 원심분리하고, 상등액을 취하여 새로운 tube로 옮겼다. 단백질의 정량에는 Bradford법을 이용하였다.

(나) Dot blot 분석

Nitrocellulose membrane를 준비하고, 연필로 시료를 찍을 위치를 연필로 표시하였다. 입구가 좁은 pipet tip을 이용 시료 2 μ l을 nitrocellulose membrane에 spotting 하고 membrane을 건조시켰다. Membrane을 상온의 5% BSA in TBS-T용액에 넣었다. 0.1~10 μ g/ml의 정제된 항체와 반응시키고, BSA/TBS-T용액에 희석된 1차 항체와 30분간 반응시켰다. TBS-T용액으로 5분씩 3회에 걸쳐 membrane을 세척하고, 2차 항체와 반응시켰다. 여분의 2차 항체를 TBS-T용액으로 15분 1회, 5분 1회 세척하였다. ECL 용액에 1분간 반응시킨 후, 표면의 용액을 제거하고 암실에서 X-ray film 에 노출시켰다.

라. 중금속 오염의 인간 유해성 평가

서해병해역에서 어획되는 수산물의 체내 중금속 오염농도는 본 조사 시기와 동일한 2008년에 채집되어 분석된 자료를 사용하였다.

수산물의 중금속 잔류농도기준이 되는 어류의 체내 잔류 농도 (tissue residual concentration, TRC)는 다음의 수식으로 구해진다.

$$TRC = BW \times \frac{RfD - RSC}{\sum(FI)}$$

여기서 *TRC*는 어류체내 잔류농도기준으로 mg/kg fish의 단위이고, *RfD* (reference dose)는 대조구의 노출농도로서 암이 유발되지 않는 농도(미국 EPA 기준에서는 메틸수은의 경우 0.1µg/kg body wt./day임)이며, *RSC* (relative source contribution)는 상대적인 오염원 기여량(메틸수은의 경우 0.027µg/kg body wt./day 임)이며, *BW*는 성인의 체중(보통 70kg으로 줌), *FI*(fish intake)는 상위 먹이영양단계에 있는 어류들의 일일 어류 섭취량(메틸수은의 경우 17.5g fish/day for adults)이다. 메틸수은의 경우 *TRC*는 0.3mg methyl mercury/kg fish tissue로 계산됨. 수계나 퇴적물의 중금속이 생태계의 먹이망을 통하여 생물농축이나 생체축적이 발생하면 상위 포식자인 어류의 체내 잔류농도는 해수농도에 비해 크게 증가한다. 생물축적요인(*BAF*, bioaccumulation factor)은 다음 수식으로 구해진다.

$$BAF(\ell/kg) = \frac{C_{tissue}(\text{mg/kg})}{C_{water}(\text{mg}/\ell)}$$

따라서 어떤 중금속 오염물질에 대한 *BAF*를 알 경우에는 인간 건강보호를 위해서 허용되는 어류의 체내 잔류농도를 적용하면 대상 해역의 해수내 허용 농도를 구할 수 있고, 대상 해역으로 유입되는 일일 최대 유입량 (TMDL)을 산출할 수 있다. 이러한 과정은 인체건강 보호뿐만 아니라 자연 생태계에 존재하는 다양한 생물체의 재생산과 생존을 보호하기 위해서도 산정된다 (Lemly, 2002).

3. 결과

가. 성계 수정률 실험

서해병해역 5개 구획과 대조해역 2개 구획의 공극수에 성계의 알과 정자를 노출시켜 수정률을 구한 결과, 대조실험(control)에서는 94.1%의 수정률을 보였다(그림 2-9-1). 수정률은 배출해역의 구획 YB-037에서 93.7%로 가장 높았고, YB-041에서 85.7%로 가장 낮은 수정률을 보였다. 그러나 모든 조사구획에서 수정률이 85%이상으로 나와 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

나. 성게 발생률 실험

발생과정은 크게 Dead, Retard, Malform, Normal의 4개의 단계로 구분하여 계수를 하였다.

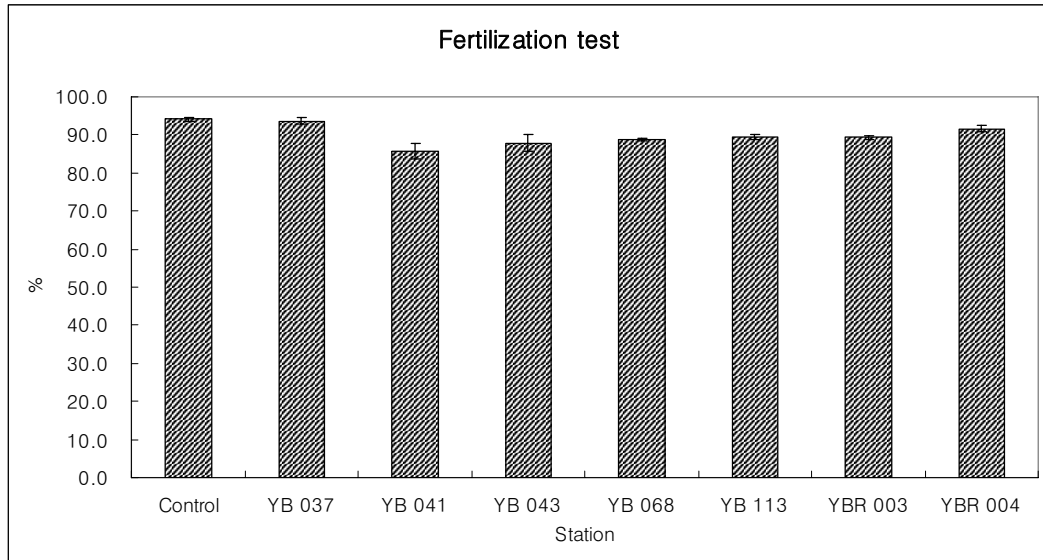


그림 2-9-1 2008년 7월 서해병해역의 퇴적물 공극수에 노출한 성게 배아의 수정률

서해병해역의 YB-037은 25% 공극수와 100% 공극수에서 정상적인 발생이 나타나지 않아 통계적으로 차이를 보였다(그림 2-9-2). 25% 공극수에서는 정상적인 플루테우스 유생보다 약간 크기가 작은 형태의 변형된 플루테우스 유생(malform)이 관찰되었다.

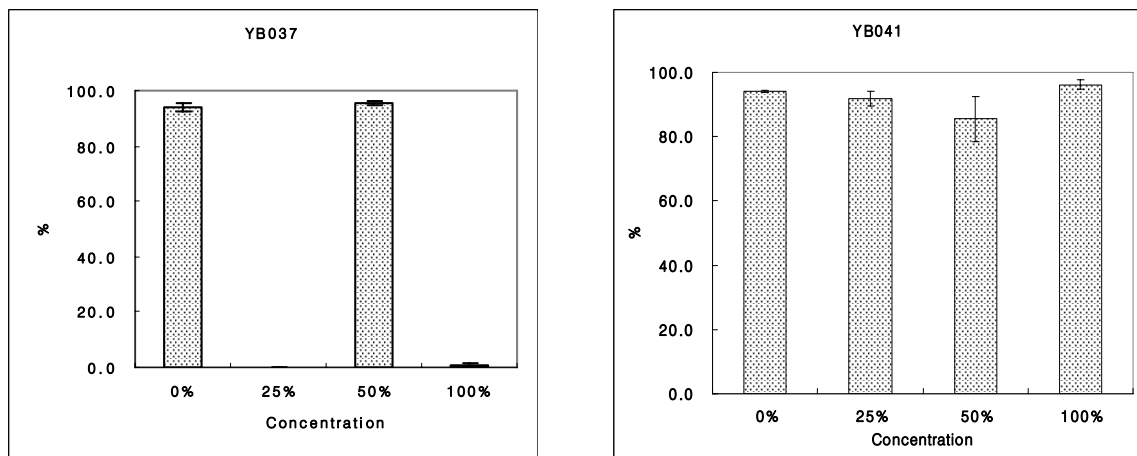


그림 2-9-2 2008년 7월 서해병해역의 퇴적물 공극수에 노출한 성게 배아의 발생률.

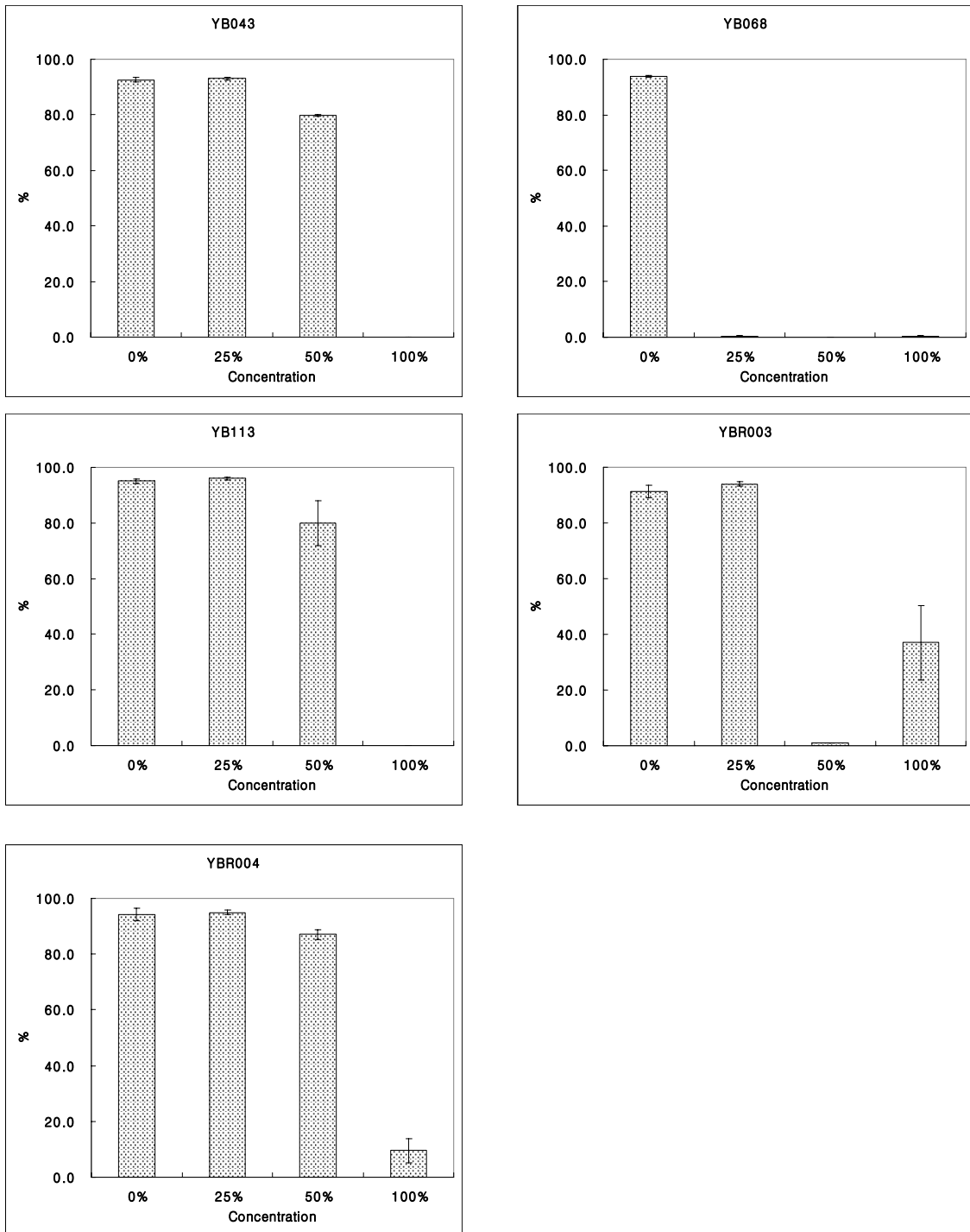


그림 2-9-2 (계속)

구획 YB-041에서는 모든 농도의 공극수에서 85% 이상의 정상 발생률을 보였다. YB-043에서는 100% 공극수에서만 정상적인 발생이 되지 않았고, 다른 농도에서는 모두 80%이상의 정상 발생률을 보였다. YB-068에서는 모든 농도에서

정상적으로 발생이 나타나지 않았다. 100% 공극수와 50% 공극수에서는 모두 Dead 상태였고, 25% 공극수에서는 크기가 작고 약간 변형된 형태의 플루테우스 유생이 관찰되었다. YB-113에서는 100% 공극수에서 정상적인 발생이 되지 않았고, 다른 농도의 공극수에서는 0% 이상의 정상 발생이 이루어 졌다.

대조해역의 구획 YBR-003에서는 25% 공극수 까지 정상발생이 진행되었고, YBR-004에서는 50% 공극수 까지 정상적인 발생이 나타났다. 성체의 발생률은 주로 배출해역의 남동쪽 구획에서 낮게 났고, 일부 대조 해역 내 공극수에서도 발생이 정상적으로 나타나지 않았다.

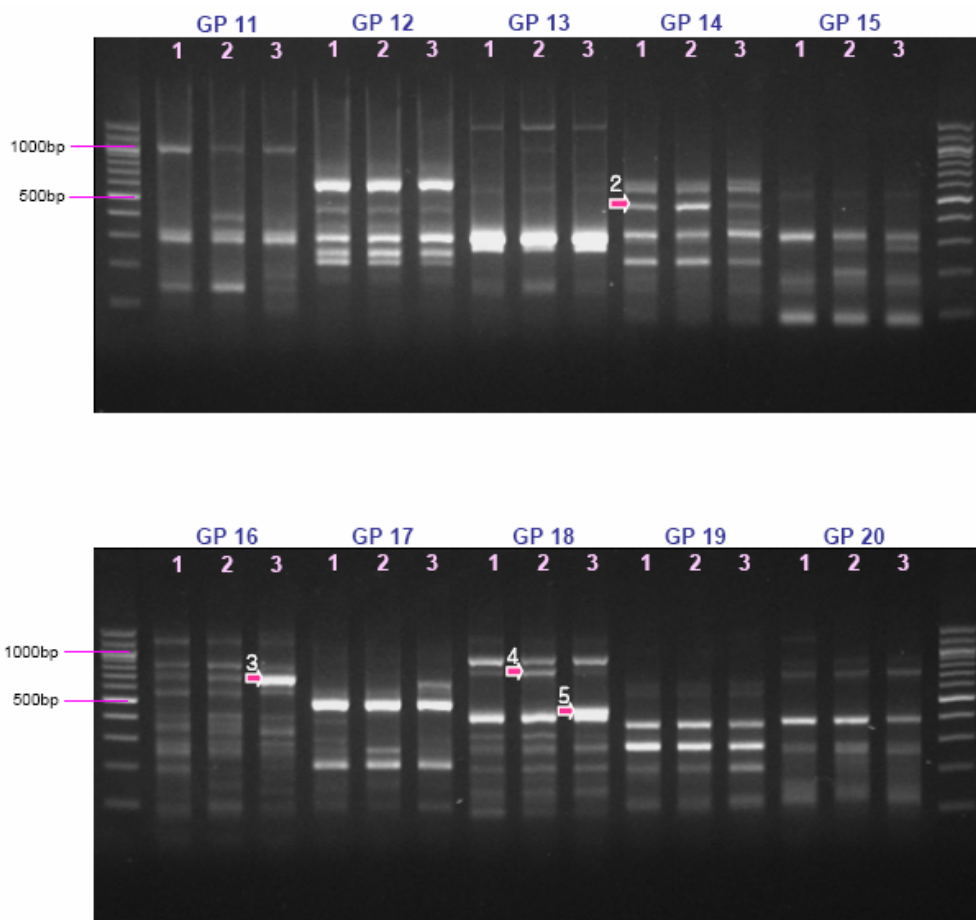


그림 2-9-3 다모류 기원 중금속 특이 발현 유전자지표의 발굴을 위한 DD-PCR 결과. 1, 대조군; 2, 20ng/l 노출군; 3, 200ng/l 노출군.

다. MT 유전자 및 MT 단백질을 이용한 현장노출 평가

(1) 다모류 기원 중금속 유전자 생물지표 탐색

Random primer 120종류를 이용하여 DD-PCR을 수행한 결과, 41종의 중금속 특이 발현 유전자 후보를 얻었다. DD-PCR 결과 중 일부를 그림 2-9-3에 나타내었다. 이들 단편을 분리하여, 클로닝과정을 거친 후, 각각의 염기서열 분석을 완료하여, 현재 새로운 중금속 생물지표로의 활용 가능성을 탐색하고 있다.

(2) 어류 기원 MT 단백질 항체를 이용한 현장 노출 평가

중금속 노출에 의해 MT 단백질의 발현이 증가된다는 점에 착안하여, MT 단백질의 항체를 생물위해성 평가에 적용하고자 시도하였다. 현장시료에 적용하기 이전, 그 유용성을 확인하고자, 청충의 카드뮴 노출군 및 비노출 대조군에서 추출된 단백질을 이용하여 dot blot 분석을 수행하였다. 그림 2-9-4에서와 같이 총 단백질량 50 μ g을 blotting 하였을 경우, 대조군에 비하여 카드뮴에 노출한 실험군 단백질에서의 항체반응이 높게 나타나는 것이 확인되었다. 본 예비실험을 통해 어류기원 MT 항체를 이용하여, 중금속 노출 다모류의 MT 단백질 발현 변화의 검출이 가능함을 확인하였다. 현재, 서해병해역에서 채집된 다모류 및 배출해역의 퇴적물 추출 공극수에 노출한 청충을 대상으로 MT 단백질 발현 변화 분석을 수행중에 있다.

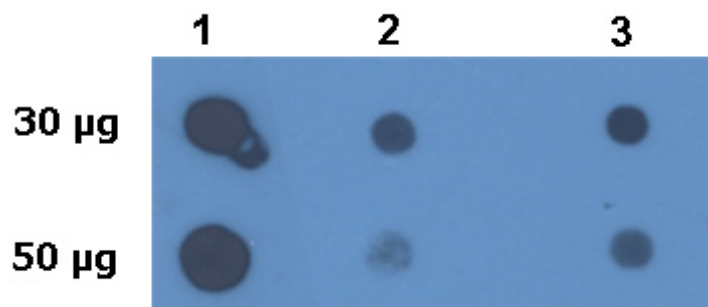


그림 2-9-4 청충의 카드뮴 노출 실험군을 대상으로 한 dot blot 분석. 1, Rat brain 기원 단백질; 2, 카드뮴에 노출하지 않은 대조군(청충); 카드뮴(20ng/l)에 노출한 실험군(청충) 기원 단백질.

라. 인체 건강 유해성 평가

현재 국내에서는 인체건강에 영향을 미치는 양은 어패류의 중금속 잔류농도 기준은 납, 카드뮴, 수은 등 단지 3종류 중금속에 대한 기준만이 제시되어 있는 실정이다. 해산 어패류 체내 잔류허용기준을 보면 총수은의 경우에는 0.5mg/kg(심해성 어류 및 참치류 제외), 메틸수은의 경우에는 1.0mg/kg(심해성 어류 및 참치류), 카드뮴과 납의 경우에는 모두 2.0mg/kg으로 설정되어 있다 (표 2-9-1).

표 2-9-1. 국내외 수산물의 중금속 잔류농도 기준 (mg/kg)

중금속	수산물명	한국	일본	미국	EU	Codex
납	어류	2			0.3	0.3
	패류	2			1.5	
	연체류	2			1	
	갑각류				0.5	
카드뮴	어류				0.05~0.1	
	패류	2			1	2
	두족류					2
	갑각류				0.5	
총수은	어패류	0.5 ⁽¹⁾	0.4		0.5/1.0 ⁽⁵⁾	
메틸수은	어류	0.5 ⁽⁵⁾	0.3 ⁽³⁾	1.0		0.5/1.0 ⁽⁴⁾

(1) 심해성 어류, 다랑어류, 새치류 제외, (2) 심해성 어류, 다랑어류, 새치류, (3) 심해성 어류, 다랑어류, 하천어류, 갑각류 제외, (4) 육식성 어류, 창꼬치, 상어, 황새치, 다랑어, (5) 아귀, 메기, 다랑어, 청새치, 창꼬치, 가오리, 상어, 황새치 등

중금속의 식품오염을 관리하는 국제적인 기구인 FAO/WHO 합동식품첨가물 전문가위원회의 권고사항을 보면 성인 체중 당 주간 및 일일 섭취허용량 (mg/kg BW/week)이 제시되어 있다 (표 2-9-2).

서해병해역에서 채집된 해산 어류의 체내 잔류농도는 저서성 어류에서 부유성 어류 보다 더 높은 것으로 조사되었다. 따라서 저서어류를 대상으로 인체 건강의 유해성을 검토하는 것이 더 안전성이 높다고 판단된다. 아귀체내의 중금속 농도를 보면 납의 경우 0.002~0.100mg/kg, 카드뮴의 경우 0.002~0.121mg/kg 이었다. 광어에서는 납의 농도가 0.244~0.653mg/kg, 카드뮴의 농도가 0.89~1.44mg/kg, 수은 농도는 0.047~0.054mg/kg으로 측정되었다. 가지미의 체내 중금속 농도는 납의 경우 0.001~0.021mg/kg, 카드뮴의 경우 0.004~0.226mg/kg, 수은은 0.027~0.035mg/kg으로

조사되었다. 이들 중금속의 체내 농도는 근육에서 간 등을 분리하여 측정된 값으로서 실제 가식 부위인 근육만을 대상으로 한다면 거의 최소값 범위에 있었다.

표 2-9-2. 식품의 중금속별 1일 섭취허용량

번호	Contaminants		허용량 (mg/kg bw)	1일 섭취허용량(mg/kg)		최종 JECFA 평가
				성인(55kg)	성인(60kg)	
1	납 (Pb)	PTWI	0.025	0.196	0.214	1999
2	카드뮴 (Cd)	PTWI	0.007	0.055	0.06	2003
3	수은 (Hg)	PTWI	0.005	0.039	0.043	1978
4	메틸수은 (MeHg)	PTWI	0.0016	0.013	0.014	2003
5	무기비소 (As)	PTWI	0.015	0.118	0.129	1988
6	주석 (Sn)	PTWI	14	110	120	2000
7	알루미늄 (Al)	PTWI	7	55	60	1988
8	아연 (Zn)	PMTDI	0.3~1	16.5~55	18~60	1982
9	구리 (Cu)	PMTDI	0.05~0.5	2.75~27.5	3.0~30	1982
10	철 (Fe)	PMTDI	0.8	44	48	1983
11	요오드 (I)	PMTDI	0.017	0.935	1.02	1983

서해배출해역에서 채집된 저서성 어류의 체내 중금속 농도는 어패류 잔류기준치보다 10분의 1 수준으로 매우 낮은 값이며, 정상적인 한국인들의 어패류 식생활 습관에 따라서 섭취한다면 인체 유해성이 거의 없는 수준이었다. 메틸수은에 대한 어패류 체내 허용 잔류농도가 국내에서는 0.5mg/kg으로 설정된 것은 최근 미국 EPA에서 산정한 0.3mg/kg 보다 약간 높은 값이다. 미국 허용잔류기준은 미국인 성인이 하루 17.5g의 어류를 섭취한다는 통계자료에 의거하여 구해진 것이다. 만일 한국인이 이 보다 더 많은 양의 어류를 섭취하게 된다면 어류의 허용잔류농도는 더 낮아져야 한다. 이러한 관점에서 보면 국내 메틸수은에 대한 어류 허용잔류농도 0.5mg/kg은 매우 높게 설정된 것으로 판단된다. 만일 미국인 보다 3배 정도 더 많은 어류를 한국인이 섭취한다면 허용잔류농도에 대한 기준을 메틸수은의 경우에는 0.1mg/kg으로 대폭 낮추는 것이 국민 건강을 보호하는데 필요할 것이다.

메틸수은의 생물농축계수 (BAF, bioaccumulation factor)은 초식자에게는 120,000(l/kg)이고, 일차육식자인 3단계 영양단계에 있는 생물에서는 BAF가 680,000(l/kg)으로 증가하고, 최종 소비자인 상위 포식자인 어류에서는 BAF가 2,700,000(l/kg)으로 급증하는 것으로 보고하였다 (USA EPA, 2001). 생물농축계수는 다음의 수식으로 구해지므로 즉,

$$BAF(\ell/\text{kg}) = \frac{C_{\text{tissue}}(\text{mg}/\text{kg})}{C_{\text{water}}(\text{mg}/\ell)}$$

에서 어류의 메틸수는 체내허용농도와 농축계수를 수식에 대입하여 관심대상
해역의 해수 중 농도를 추정할 수 있다. 국내 기준치인 0.5mg/kg과 생물농축
계수 2,700,000을 사용하면 해수 농도는 0.185pg/l의 값이 계산된다. 즉, 인간이
가자미를 안전하게 섭취할 수 있기 위해서는 서해배출해역의 메틸수는 해수
농도는 0.185pg/l 이하로 유지해야함을 의미한다.

제 10 절 서해병해역 수산생물 중금속 축적 조사

1. 서해 주요 수산물별 중금속 축적 조사

일반적으로 해양생태계 내에서 철, 구리, 아연, 코발트, 망간, 크롬, 폴리브덴, 바나듐, 셀렌, 니켈 및 주석 등은 생물체 구성 성분과 대사과정 중 꼭 필수적인 원소로 작용하지만 농도가 과도 체내 축적을 일으킬 경우 여러 가지 독성을 보인다. 특히, 납(Pb), 카드뮴(Cd) 및 수은(Hg)은 해양 동식물뿐만 아니라 먹이사슬을 통해서 오염된 수산물을 인간인 섭취할 경우 치명적인 독성을 보이는 원소로써 전 세계의 대부분의 국가에서는 모든 식품류에 이들 성분의 잔류허용기준을 정하여 자국민의 보건 안정성을 확보하고 있다. 그러므로 해역의 오염정도를 파악하기 위해서는 수질의 직접 측정 방법과 이를 보완하기 위한 방법으로써 고착성 생물로서 장기간 생존이 가능하며, 지속성 유기 혹은 무기오염물질을 체내에 축적하는 패류를 bioindicator(생물감시자)로 이용한 오염감시가 “Mussel Watch Program“로 조사를 수행하여 오고 있다(Goldberg *et al.*, 1983).

본 연구해역은 지난 20여년간 육상 폐기물을 해양에 배출해온 해역으로써 현재 퇴적물내 다량의 중금속류의 오염해역으로 분류할 수 있다. 그러나 본 연구해역은 수심이 깊고 이러한 정착성 부착 생물인 홍합이 연구해역에 생존하고 있지 않기 때문에 비교적 이동성이 적고 저서성 생물인 황아귀(*Lophiomus litulon*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 양태(*Platycephalus indicus*), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*)를 어획하여 근육 내 생물농축을 평가하고자 배출 및 비배출해역에서 어획된 이러한 생물들을 이용하여 생체 내의 중금속을 분석하였다.

가. 시료의 어획

서해 병해역의 폐기물 배출해역은 남측의 경우 서쪽은 북위 35° 27', 동경 124° 13', 동쪽의 경우 북위 35° 27' 및 동경 124° 27' 내측, 북측 해역의 경우 서쪽은 북위 36° 12', 동경 124° 13' 및 동쪽은 북위 36° 12', 동경 124° 38'의 내측 해역으로 남북으로 길고 동서로는 다소 짧게 구획되어져 있다(그림 2-10-1). 이 해역은 우리나라 어업인들이 이용하는 한국연안 해구도의 대해구 중 170, 171, 180, 181, 190 및 191의 6개 대해구에 포함되어 있으며,

1개의 대해구는 위·경도 30분에 해당하고, 1개 대해구에는 위·경도 10분 크기에 해당하는 9개의 소해구로 구성되어져 있다. 본 폐기물 배출해역의 경우 170해구에 170-5, 170-6, 170-9의 3개 소해구, 171해구에 171-4, 171-7의 2개 해구, 180해구에 180-2, 180-3, 180-8, 180-9의 4개 소해구, 181해구에 181-4, 181-7의 2개 소해구, 190해구에 190-2, 190-3의 2개 소해구, 191해구의 191-1의 1개 소해구를 대상으로 총 14개의 소해구가 폐기물 배출해역에 해당된다.

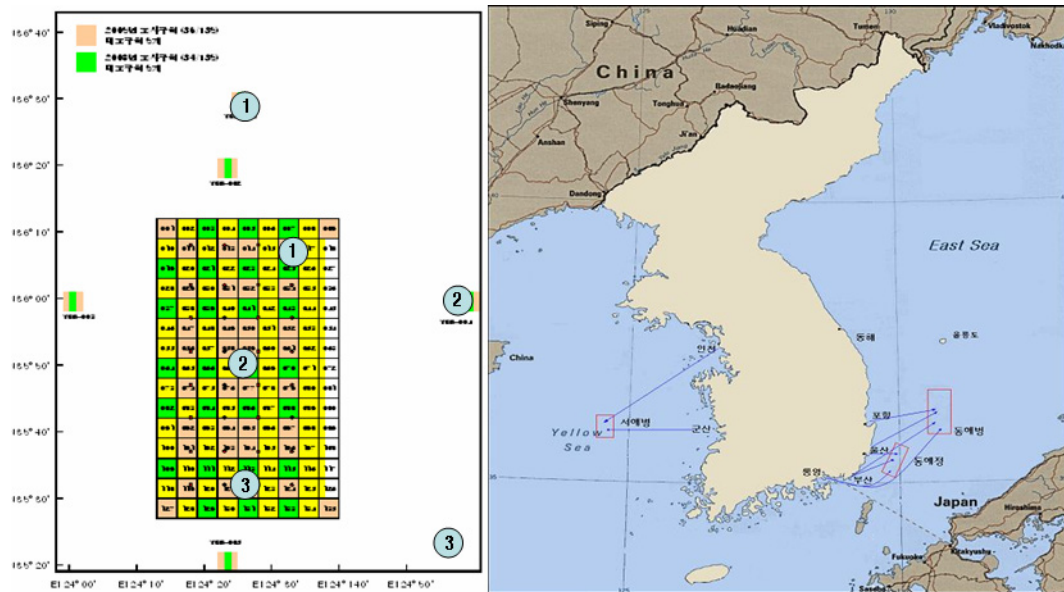


그림 2-10-1. 수산물 어획 위치도

폐기물 배출해역과 비배출해역 사이에서 어획된 유용수산물 중 중금속 오염 정도를 파악하기 위하여 2008년 4월 28일부터 5월 5일까지 국립수산과학원 서해수산연구소 연구선 탐구 8호(300톤)를 이용하여 저층 트롤을 2~3knot의 속도로 10~15분간 예인하여 배출해역 3개 정점, 비배출해역 3개 정점에서 어류를 포획 하였고(표 2-10-1 및 그림 2-10-1). 포획된 어류는 즉시 지퍼백에 담아 급속 냉동 보관하였다.

표 2-10-1. 서해병해역 폐기물 배출 및 비배출해역 수산물 어획조사 위치도(2008년)

해역구분	조사정점	위도	경도
배출해역	1	36° 08'	124° 26'
	2	35° 49'	124° 26'
	3	35° 31'	124° 26'
비배출해역	1	36° 30'	124° 25'
	2	36° 00'	124° 57'
	3	36° 22'	124° 58'

나. 시료의 전처리

(1) 어류의 전처리

동결된 어류 시료를 해동시 수분이 제거되지 않도록 냉장고 내에서 약간 해동 시킨 다음 실험실 분진 등의 오염원으로부터 시료오염을 최소화하기 위해서 clean booth(class 10,000zone) 내에서 근육, 껍질과 내장 등으로 구분하고 즉시 다시 급속 동결하였다. 동결된 근육은 동결건조기로 건조하여 막자사발을 이용하여 최대한 잘 혼합되도록 갈아서 시료로 준비하였다.

(2) 산분해(acid digestion)

이들 시료중 건중량으로 약 2~3g 정도를 정확하게 무게를 측정하여 microwave-oven open vessel에 담아 ultra급 진한질산 5ml, 과염소산 1ml 및 과산화수소 1ml를 넣어 하룻밤 동안 class 100의 laminar clean booth에서 방치한 후 microwave-oven digestion system(Milestone Ltd. Model Ethos Plus)으로서 200watt 10분, 400watt 20분간 분해시킨 후 1N HNO₃용액을 사용하여 100ml로 정용하였다. 또한, 각각의 시료는 3반복 이상 준비 하였다.

(3) 시료 분석

시료중 중금속을 분석하기 위하여 비소(As), 구리(Cu), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 아연(Zn), 니켈(Ni)은 유도결합플라즈마 (ICP-MS, PerkinElmer Co., Model Elan 6900)로 분석하였으며, 수은(Hg)은 금 아말감수은분석기(Milestone ltd., Model DMA 80)로 분석하였으며, 시료와 동일한 과정을 거쳐 분석한 표준 물질분석결과를 표 2-10-2에 나타내었다.

표 2-10-2 Dogfish 근육(muscle)과 간(liver)의 표준물질인 DORM-2를 이용한 중금속 분석 정확도 검증결과.

원소	검증된 값(Certified Value)	분석된 농도(Mean ± SD)	회수율(%)	분석 수(N)
비소(As)	18.0 ± 1.1	17.9 ± 0.85	99.6	21
카드뮴(Cd)	0.043± 0.008	0.043± 0.001	100.2	21
코발트(Co)	0.182± 0.031	0.187± 0.010	103.0	21
크롬(Cr)	34.7 ± 5.5	34.8 ± 1.1	100.1	21
구리(Cu)	2.34 ± 0.16	2.31 ± 0.16	98.8	21
니켈(Ni)	19.4 ± 3.1	19.3 ± 1.2	99.6	21
납(Pb)	0.065± 0.007	0.065± 0.026	99.9	21
아연(Zn)	25.6 ± 2.3	25.5 ± 1.9	99.8	21
수은(Hg)	4.64 ± 0.26	4.43 ± 0.32	95.5	27

2. 결과 및 고찰

가. 황아귀(*Lophiomus litulon*)



그림 2-10-2. 한국 서해에 서식하는 황아귀

황아귀(*Lophiomus litulon*, 그림 2-10-2)는 아귀목(*Order Lophiiformes*) 아귀과(*Family Lophiidae*)에 속하며 우리나라 서해 남부해역, 남해, 동해남부, 일본 홋카이도 이남해역, 동중국해, 서태평양 등에서 분포하며, 우리나라 연안에서는 가을철 동중국해에서 수온 17~20℃, 수심 55~150m에서 주로 서식한다. 회유 경로는 동중국해에서 분포하는 어군의 경우 4~5월경 산란차 중국연안으로 이동하는 것으로 추정된다. 산란 시기는 4~8월로 이 시기가 되면 중국 연안의 산란장에서는 수많은 알들이 한천질에 싸여 띠 모양으로 되어 떠다니는 것을 볼 수 있다. 크기는 보통 25cm 크기가 많이 어획되며, 식성은 제1등지느러미의 첫번째 가시가 변형된 유인 장치를 이용하여 주로 어류를 잡아먹는다(명 등, 2002).

폐기물 배출 및 비배출해역 에서 어획된 아귀 근육 내 중금속 함량을 부록 2-10-1과 근육 내 평균함량을 그림 2-10-3에 나타내었으며, 세계 해양에서 주요 생물의 중금속 축적 농도 분포를 표 2-10-5에 나타내었다. 폐기물 배출 해역에서 조사 정점 1과 2에서 어획된 아귀의 근육 내 중금속 성분의 농도 범위는 각각 비소(As) 4.87~10.48mg/kg.wet(평균 7.77 ± 2.16 mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.000~0.019mg/kg.wet(평균 0.006 ± 0.008 mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.165~0.231mg/kg.wet (평균 0.204 ± 0.024 mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.251~0.504mg/kg.wet(평균 0.328 ± 0.093), 니켈(Ni) 0.001~0.005mg/kg.wet(평균 0.003 ± 0.001), 망간(Mn) 0.114~0.433mg/kg.wet(평균 0.263 ± 0.129), 납(Pb) 0.008~0.022mg/kg.wet(평균 0.014 ± 0.006 mg/kg.wet), 아연(Zn)

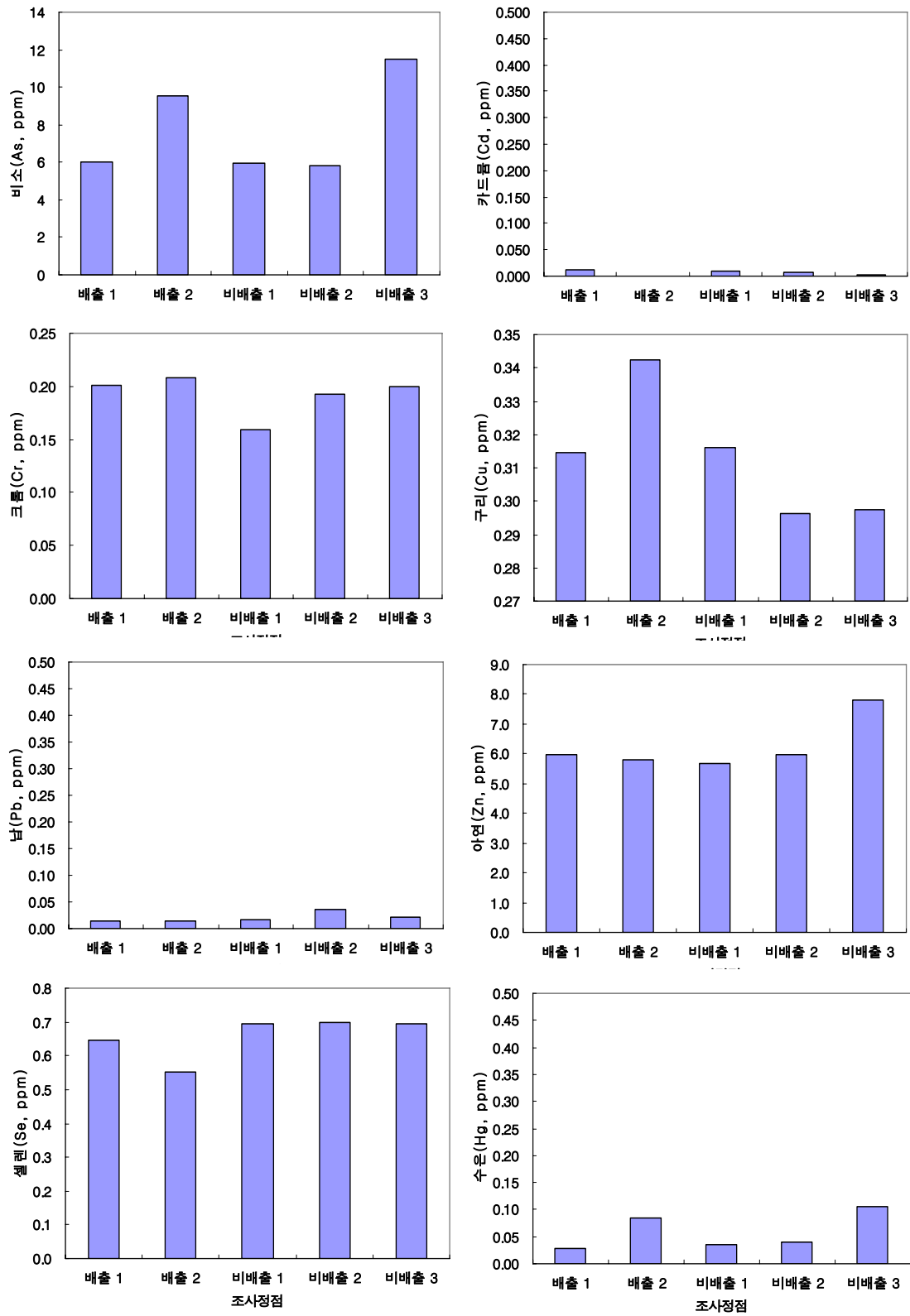


그림 2-10-3. 서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 황아귀 근육 내 평균 중금속 함량

표 2-10-3. 서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 2005년 및 2008년 어획된 수산물 중금속 평균함량

조사 해역	조사 시기	어종	측 정 원 소(mg/kg.w)							
			As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
배출	2005	아구	2.80	0.002	0.032	0.255	0.002	0.021	4.01	0.047
		가자미	4.80	0.007	0.247	0.808	0.039	0.002	14.08	0.035
		멸치	1.17	0.012	0.137	0.949	0.081	0.091	11.56	0.026
		곰치	2.80	0.006	0.527	0.541	0.027	0.001	12.76	0.018
		조피볼락	2.57	0.037	0.243	2.956	0.048	0.002	10.57	0.029
		계	6.59	1.024	2.744	30.478	5.614	0.634	22.56	0.055
	2008	새우	6.33	0.223	0.329	12.637	0.354	0.248	8.67	0.036
		황아귀	7.77	0.0060	0.204	0.328	0.263	0.014	5.88	0.056
		넙치	6.02	0.0016	0.071	0.316	0.005	0.009	3.77	0.026
		양태	6.40	0.0020	0.073	0.384	0.003	0.015	4.50	0.047
비배출 해역	2005	돌가자미	37.15	0.0023	0.053	0.410	0.002	0.014	5.43	0.030
		농어	8.90	0.0018	0.057	0.537	0.002	0.007	9.37	0.053
		아귀	2.53	0.013	0.341	0.295	0.015	0.006	3.15	0.046
		곰치	2.06	0.009	0.241	0.53	0.027	0.026	11.22	0.023
		가자미	10.07	0.006	0.214	0.561	0.028	0.002	6.38	0.032
		삼세기	4.92	0.004	0.245	0.383	0.023	0.012	3.05	0.058
		흰배도라치	0.85	0.02	0.173	0.415	0.057	0.002	15.99	0.011
		대구	6.09	0.017	0.343	2.012	0.045	0.002	10.57	0.033
	2008	쥐노래미	4.32	0.006	0.197	0.627	0.038	0.001	5.90	0.096
		새우	5.85	0.208	0.367	14.015	0.260	0.019	13.87	0.029
2008	계	9.36	1.137	1.255	44.143	3.235	0.324	23.58	0.049	
	황아귀	7.75	0.0061	0.184	0.303	0.266	0.025	6.48	0.060	
	넙치	5.82	0.0011	0.066	0.296	0.003	0.019	4.18	0.030	
	양태	3.44	0.0014	0.078	0.409	0.004	0.021	5.86	0.044	
	돌가자미	29.10	0.0102	0.209	0.362	0.003	0.013	6.53	0.032	
		농어	8.96	0.0010	0.045	0.193	0.001	0.004	5.49	0.034

4.87~7.02mg/kg.wet(평균 5.88±0.73mg/kg.wet), 셀렌(Se) 0.537~0.773mg/kg.wet(평균 0.598±0.092mg/kg.wet), 철(Fe) 2.17~7.11mg/kg.wet(평균 4.92±1.73mg/kg.wet), 및 수은(Hg) 0.027~0.087mg/kg.wet(평균 0.056±0.033mg/kg.wet)였으며, 폐기물 비배출해역에서 어획된 아귀의 근육 내 중금속 성분의 농도범위는 각각 비소(As) 5.53~13.26mg/kg.wet(평균 7.75±2.94mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.001~0.015mg/kg.wet(평균 0.006±0.005mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.144~0.225mg/kg.wet(평균 0.184±0.023mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.220~0.391mg/kg.wet(평균 0.308±0.064mg/kg.wet), 니켈(Ni) 0.002~0.007mg/kg.wet(평균 0.004±0.002mg/kg.wet), 망간(Mn) 0.139~0.369mg/kg.wet(평균 0.266±0.075mg/kg.wet), 납(Pb) 0.009~0.038mg/kg.wet(평균 0.025±0.012mg/kg.wet), 아연(Zn) 4.83~13.19mg/kg.wet(평균 6.48±2.58mg/kg.wet),

표 2-10-4. 주요 국가별 수산물 미량금속 잔류허용기준

국가	한국	일본	미국	EU	캐나다	호주
총수은	- 해산어패류 (연체류포함), 냉동대구머리 가공품, 냉동 창란(심해산 어류 및 참치류 제외), 담수어 (생물기준) : 0.5ppm	-총수은 : 0.4ppm -메틸수은 : 0.3ppm (심해산어패류, 담수산어패류, 다랑어류 제외)	- 메틸수은 : 1.0ppm 이하	- 일반수산물 : 0.5ppm - 상어, 참치, 뱀장어등18종 : 1.0ppm	- 0.5ppm (상어, 다랑어, 새치류제외)	- 갑각류, 어류, 연체류, 패류 : 0.5ppm - 상어, 다랑어, 가오리류 : 1ppm
납	- 해산어패류 (연체류포함), 냉동대구머리 가공품·냉동 창란(생물로 기준할 때), 담수어(생물 기준) : 2.0ppm		- 갑각류 : 1.5ppm - 굴, 홍합, 대합, 조개 : 1.7ppm	- 일반어류 : 0.2ppm - 뱀장어, 농어 등 11종 : 0.4ppm - 갑각류 (게갈색근 제외) : 0.5ppm - 이매패류 : 1.5ppm - 두족류(내장 제외) : 1.0ppm	- Fish Protein Concentrate (FPC) : 0.5ppm	- 어류 : 0.5ppm - 연체류, 패류 : 2ppm
카드뮴	- 패류(생물 기준) : 2.0ppm		- 갑각류: 3ppm - 굴, 홍합, 대합, 조개 : 4ppm	- 일반어류 : 0.05ppm - 뱀장어, 농어 등 9종 : 0.1ppm - 갑각류 (게갈색근 제외) : 0.5ppm - 이매패류 : 1.0ppm - 두족류 (내장제외) : 1.0ppm		- 연체류, 패류 : 2ppm
니켈			- 갑각류 : 70ppm - 굴, 홍합, 대합, 조개 : 80ppm			
비소			- 갑각류: 76ppm - 굴, 홍합, 대합, 조개 : 86ppm		- Fish Protein Concentrate (FPC) : 3.5ppm	- 갑각류, 어류 : 2ppm - 연체류, 패류, 해조류 : 1ppm
크롬			- 갑각류 : 12ppm - 굴, 홍합, 대합, 조개 : 13ppm			

표 2-10-5. 세계 해양에서 주요 생물의 중금속 축적 농도(단위 ppm dry weight)

중금속	종명	측정부위	농도	지역	참고문헌
카드뮴	arctic char	muscle	2.3	Arctic lake	Bohn and Fallis, 1978
	shorthorn sculpins	muscle	1.4	Arctic estuary	Bohn and Fallis, 1978
		liver	4.1	Arctic estuary	Bohn and Fallis, 1978
	whiting	muscle	2.5	Severn Estuary(UK)	Badsha and Sainsbury, 1977
	cod	average	1.3	NE coastal waters(UK)	Wright, 1976
	flatfish	average	1.4		
	littoral gastropods	average	9-550	Severn Estuary(UK)	Butterworth et al., 1972
크롬	Dog whelks (Necella lapillus)		500-1200	Bristol Channel(UK)	Stenner and Nickless, 1974
	polychaetes (Hermodice carunculata)	whole body	5.6	Mediterranean(Lebanon)	Shiber, 1981
	polychaetes (Nereis diversicolor)	whole body	0.1-2.4	Cornwall(UK)	Bryan and Hummerstine, 1977
	Molluscs (Mytilus edulis)	soft part	19.9 (4-49)	Trondheims fjorden(Norway) metal mines	Lande, 1977
	brown shrimp	whole body	2.1 (0.4-3.8)	Gulf of Mexico(USA)	Horowitz and Presley, 1977
	rock shrimp	whole body	2.8 (1.8-4.2)		
	Bivalve (Scrobicularia plana)	digestive gland	3.6	SW England	Bryan and Hummerstine, 1977
mantle and siphons		2.1			
foot and gonad		1.9			
구리	marine gastropod (Thais lapillus)	digestive gland/gonad	554	coast of Wales(UK)	Irelan and Wooton, 1977
		body	61		
	Fish	muscle	0.5-2.0	polluted marine waters	Moore and Ramamoorthy, 1983
납	Flounder	muscle	0.34	Medway estuary(UK)	Van Den Broek, 1979
		liver	0.77		
		gut wall	0.72		
	Plaice	muscle	0.94	Medway estuary(UK)	
		liver	1.30		
		gut wall	1.32		
수은	Mytilus edulis	muscle	0.3 (0.2-0.7)	Fjords(Norway)	Stenner and Nickless, 1974
	fish	muscle	0.3	Mediterranean	Moore and Ramamoorthy, 1983
		liver	0.41		
		kidney	0.76		
아연	Mytilus edulis	digestive gland	3-240	California	Young et al., 1978
		gonad	4-360		
		muscle	3-210		
	Fish	average	0.5-33	Mediterranean coast(Israel)	Roth and Hornung, 1977

셀렌(Se) 0.510~0.804mg/kg.wet(평균 0.697 ± 0.087 mg/kg.wet), 철(Fe) 1.55~9.76mg/kg.wet(평균 4.46 ± 2.73 mg/kg.wet), 및 수은(Hg) 0.034~0.110mg/kg.wet(평균 0.060 ± 0.036 mg/kg.wet)로써 전 조사 성분이 폐기물 배출 및 비배출해역 간 유의한 농도차이가 없이 유사한 평균 농도분포를 보였다. 비소(As)의 경우 비배출해역의 정점 3과 배출해역 조사 정점 2에서 어획된 황아귀 근육 내에서 배출해역 조사 정점 1, 비배출해역 조사정점 1과 2에서 어획된 함량에 비해 다소 높은 농도함량을 보였으며, 우리나라 수산물잔류허용기준은 비소(As)에 대한 기준은 없으며, 캐나다의 경우 3.5mg/kg.wet이하, 호주의 경우 2mg/kg.wet이하로써(표 2-10-4) 본 조사시 황아귀 근육 내 비소의 함량은 이들 두나라의 기준에 비해 다소 높은 농도함량을 보였다. 그러나 배출 및 비배출해역사이에 유의한 농도차를 보이지 않았다. 우리나라 수산물잔류허용기준의 경우 카드뮴(Cd) 및 납(Pb)의 경우 2mg/kg.wet이며, 수은의 경우 0.5mg/kg.wet이하로써 본 조사시 어획된 황아귀의 근육 내 납(Pb) 카드뮴(Cd), 망간(Mn) 및 니켈(Ni)의 경우 기기의 검출한계 수준의 매우 낮은 함량을 보였고, 수은의 경우도 0.1mg/kg.wet이하의 농도로써 수산물 잔류허용기준 내의 양호한 함량을 보였으며, 그 외 크롬(Cr), 아연(Zn) 및 셀렌(Se)의 함량도 조사 정점간 유의한 농도차이를 보이지 않았다. 구리(Cu)의 경우 배출해역 정점 2에서 최대 함량을 보였으나, 배출해역 조사 정점 1과 비배출해역 조사정점 1의 경우 평균농도가 0.32mg/kg.wet 정도로 유사하였으며, 비배출해역의 조사정점 2와 3의 경우 평균농도가 0.3mg/kg.wet 이하로 유사한 함량을 보였다. 또한, 2005년 서해 병해역의 주변의 배출 및 비배출해역에서 어획되어진 아귀 근육 내 비소의 함량에 비해 다소 높은 함량을 보였고 그 외 성분들은 유사한 함량을 보였다(표 2-10-3).

나. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)

넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 일명 우리나라 방언으로 광어라 불리우며, 눈이 왼쪽으로 몰려 있고 입이 큰 것이 가자미류와의 차이점이다. 눈이 있는 쪽은 흑갈색, 황갈색, 녹갈색 바탕에 흰색반점이 있으며 눈이 없는 쪽은 흰색이다. 우리나라 전 연안, 일본, 동중국해에 서식하며 봄철에 얕은 곳으로 나와 산란한다. 육식성으로 어류를 주로 먹으며 1.5cm 전후에 눈이 한쪽으로 몰려 저서생활을 하며 80~90cm까지 성장한다. 본 조사시 폐기물 배출해역 조사정점 1과 비배출해역 조사정점 1, 2, 3점에서 어획되었다. 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 넙치의 근육 내 평균중금속 함량을 그림 2-10-5과 부록 2-10-2에 나타내었으며, 중금속 성분의 각각 농도범위는 비소(As) 2.87~16.15mg/kg.wet

(평균 $5.87 \pm 3.56 \text{mg/kg.wet}$), 카드뮴(Cd) $0.0000 \sim 0.0034 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.0012 \pm 0.0011 \text{mg/kg.wet}$), 크롬(Cr) $0.062 \sim 0.079 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.068 \pm 0.005 \text{mg/kg.wet}$), 구리(Cu) $0.205 \sim 0.399 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.301 \pm 0.061 \text{mg/kg.wet}$), 망간(Mn) $0.086 \sim 0.186 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.114 \pm 0.028 \text{mg/kg.wet}$), 니켈(Ni) $0.001 \sim 0.010 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.003 \pm 0.002 \text{mg/kg.wet}$), 납(Pb) $0.004 \sim 0.057 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.016 \pm 0.016 \text{mg/kg.wet}$), 아연(Zn) $3.37 \sim 5.86 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $4.08 \pm 0.72 \text{mg/kg.wet}$), 셀렌(Se) $0.433 \sim 0.748 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.582 \pm 0.097 \text{mg/kg.wet}$), 철(Fe) $0.88 \sim 3.81 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $2.36 \pm 0.91 \text{mg/kg.wet}$), 및 수은(Hg) $0.022 \sim 0.038 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.029 \pm 0.006 \text{mg/kg.wet}$)였으며, 폐기물 배출해역과 비배출해역 사이에서 어획된 넙치 근육 내 전 조사 중금속 평균함량은 유의한 차이를 보이지 않았다.



그림 2-10-4. 한국 서해에 서식하는 넙치

황아귀 근육 내 납, 카드뮴, 망간 및 니켈의 함량과 마찬가지로 넙치의 근육내 중금속 역시 기기의 검출한계 수준의 매우 낮은 농도였으며, 배출 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 비소(As)의 평균함량 4.0mg/kg.wet 이상으로 호주(2.0mg/kg.wet 이하) 및 캐나다(3.5mg/kg.wet 이하)를 다소 상회하는 농도지만 비소를 제외한 전 성분의 미량금속 함량은 우리나라 및 선진 외국의 수산물잔류 허용 기준 이내의 양호한 농도분포를 보였다(표 2-10-4).

다. 양태(*Platycephalus indicus*)

양태과(*Platycephalidae*)에 속하는 양태(*Platycephalus indicus*)의 생태 및 형태적 특징은 부레가 없고 머리가 납작하며 몸통이 가늘고 긴 형이고, 바닥 생활을 서식하는 종류이다(그림 2-10-6).

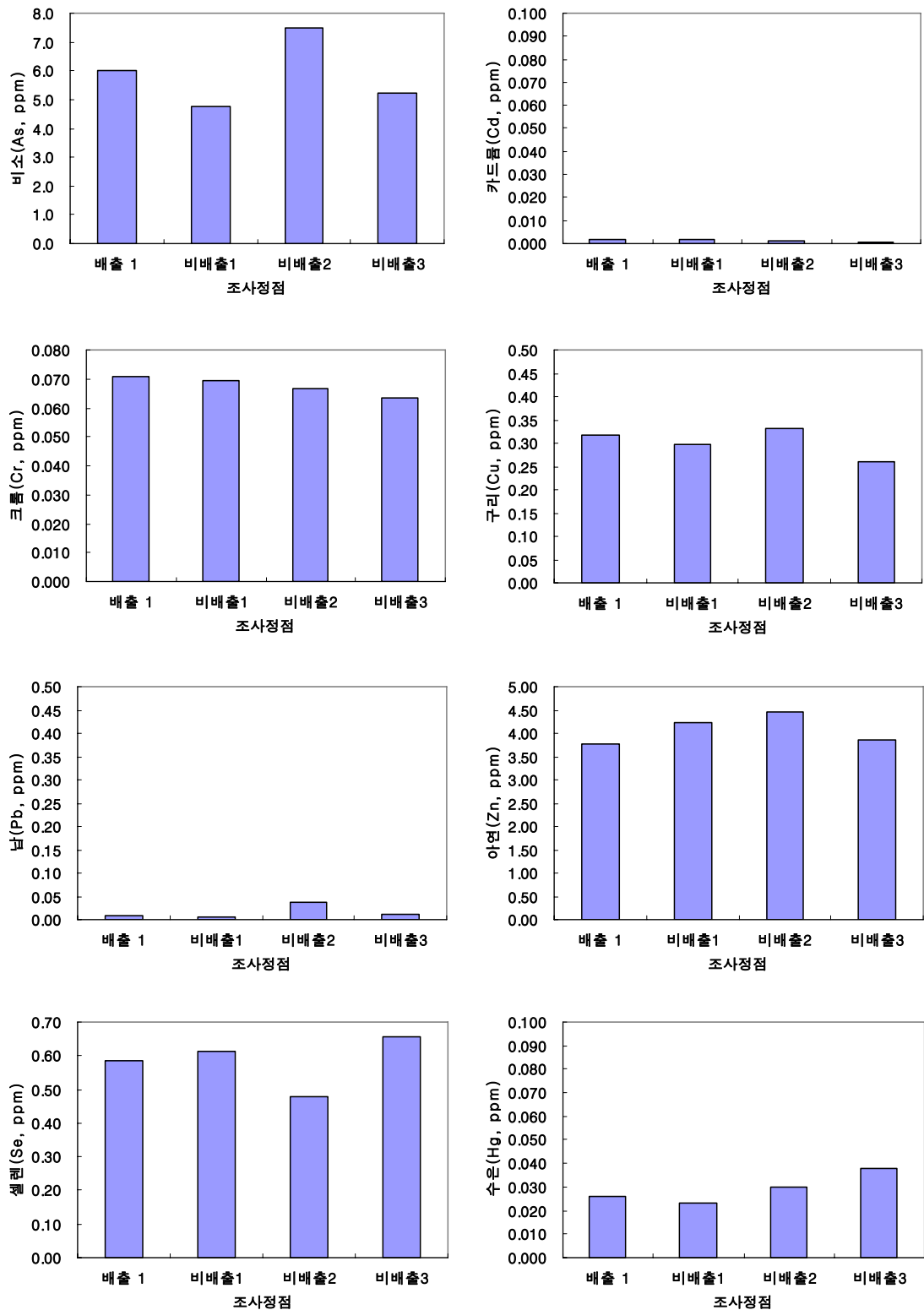


그림 2-10-5. 서해명 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 평균 중금속 함량



그림 2-10-6. 한국 서해에 서식하는 양태

서식 수심은 2~60m이고, 겨울철이 되면 월동을 하는 생활사를 갖는다. 산란기는 5~7월경이며 자웅동체이다. 성장 및 식성은 새우, 게류, 오징어, 문어류, 환충류, 성게류 외에 쌍둥가리 등 바닥에서 서식하는 작은 동물이나 어류를 먹고 사는 육식성으로 밝혀졌다. 바닥 생활을 시작하기 전인 자·치어기에는 입 크기에 맞는 소형 플랑크톤을 잡아먹는다. 배출해역 정점 1과 2 및 비배출해역 조사 1, 2, 3점에서 어획 되었으며, 어획된 양태의 근육 내 평균중금속 함량 조사결과를 그림 2-10-7과 부록 2-10-3에 나타내었다. 폐기물 배출해역에서 어획된 양태의 근육 내 중금속 성분의 각각 농도범위는 비소(As) 2.81~10.03mg/kg.wet (평균 6.40 ± 3.51 mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.0000~0.0029mg/kg.wet(평균 0.0020 ± 0.0011 mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.065~0.082mg/kg.wet(평균 0.073 ± 0.007 mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.224~0.683mg/kg.wet(평균 0.384 ± 0.172 mg/kg.wet), 망간(Mn) 0.077~0.165mg/kg.wet(평균 0.102 ± 0.033 mg/kg.wet), 니켈(Ni) 0.002~0.005mg/kg.wet(평균 0.003 ± 0.001 mg/kg.wet), 납(Pb) 0.006~0.029mg/kg.wet(평균 0.015 ± 0.008 mg/kg.wet), 아연(Zn) 3.99~5.58mg/kg.wet(평균 4.50 ± 0.60 mg/kg.wet), 셀렌(Se) 0.425~0.461mg/kg.wet (0.443 ± 0.014 mg/kg.wet), 철(Fe) 1.89~3.79mg/kg.wet(평균 2.71 ± 0.88 mg/kg.wet), 및 수은(Hg) 0.040~0.054mg/kg.wet(평균 0.047 ± 0.007 mg/kg.wet)였으며, 폐기물 비배출해역의 경우 비소(As) 1.32~4.68mg/kg.wet(평균 3.44 ± 1.52 mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.0000~0.0037mg/kg.wet(평균 0.0014 ± 0.0015 mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.069~0.096mg/kg.wet (평균 0.078 ± 0.012 mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.258~0.558mg/kg.wet(평균 0.409 ± 0.108 mg/kg.wet), 망간(Mn) 0.069~0.108mg/kg.wet(평균 0.087 ± 0.015 mg/kg.wet), 니켈(Ni) 0.002~0.009mg/kg.wet(평균 0.004 ± 0.002 mg/kg.wet), 납(Pb) 0.006~0.032mg/kg.wet (평균 0.021 ± 0.009 mg/kg.wet), 아연(Zn) 4.61~7.32mg/kg.wet(평균 5.86 ± 0.99 mg/kg.wet), 셀렌(Se) 0.402~0.608mg/kg.wet(평균 0.494 ± 0.076 mg/kg.wet), 철(Fe) 1.66~2.87mg/kg.wet

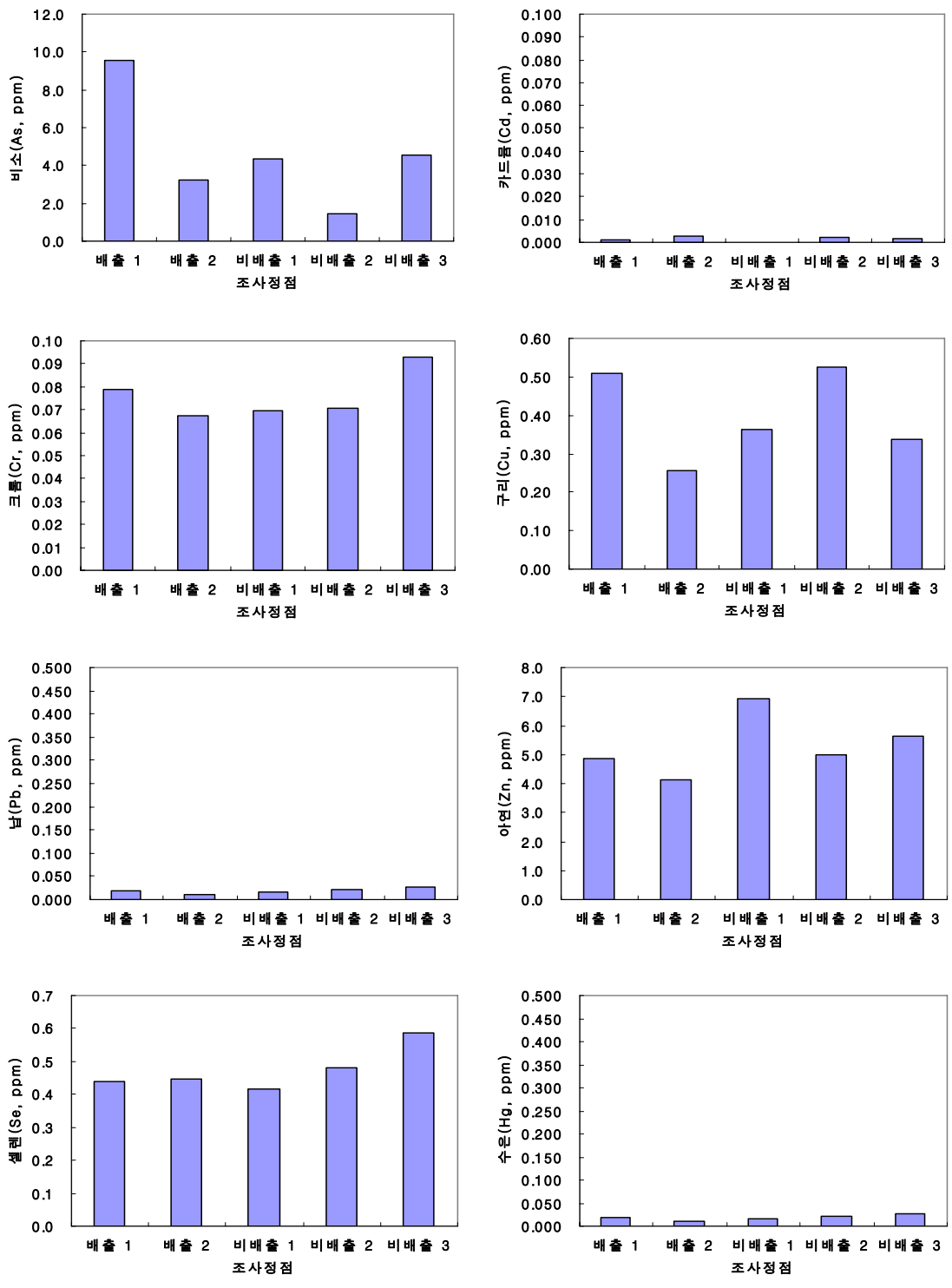


그림 2-10-7. 서해명 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 양태 근육 내 평균 중금속 함량

(평균 $2.20 \pm 0.40 \text{mg/kg.wet}$), 및 수은(Hg) $0.039 \sim 0.048 \text{mg/kg.wet}$ (평균 $0.044 \pm 0.003 \text{mg/kg.wet}$)로써 폐기물 배출해역과 비배출해역 사이에서 어획된 넙치 근육내 전 조사 중금속 평균함량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 황아귀 근육 내 납, 카드뮴, 망간 및 니켈의 함량과 마찬가지로 넙치의 근육내 중금속 함량은 기기의 검출한계 수준의 매우 낮은 농도였으며, 배출 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 비소(As)의 평균함량 4.0mg/kg.wet 이상으로 호주(2.0mg/kg.wet 이하) 및 캐나다(3.5mg/kg.wet 이하)를 다소 상회하는 농도지만 비소를 제외한 전 성분의 미량금속 함량은 우리나라 및 선진 외국의 수산물잔류허용 기준 이내의 양호한 농도분포를 보였다(표 2-10-4).

라. 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)



그림 2-10-8. 한국 서해에 서식하는 돌가자미

돌가자미(*Kareius bicoloratus*)는 가자미과(Pleuronectidae)로서 분포특성은 우리나라, 일본, 황해, 대만 및 동중국해에 분포하며, 회유의 경우 우리나라 서해안에서 여름철에 백령도와 압록강 사이에 분포하고 있던 어군이 수온이 내려가기 시작하는 가을부터 남쪽으로 이동하기 시작하여 백령도이남 해역에서 월동하고 다시 봄이 되면 북으로 이동한다(그림 2-10-8). 산란 시기는 12~3월로서 연안의 얕은 바다에서 산란하며, 암,수 모두 만 2년생이 되어야 성숙하고, 포란수는 체장 20cm이면 20만, 30cm 이면 80만, 35cm이면 150만개 이다. 성장은 수컷의 경우 만 2년이면 체장 28cm, 3년이면 30~32cm, 4년이면 32~34cm, 5년이면 35cm로

자라지만 암컷은 만 2년이면 32~34cm, 3년이면 37~40cm, 4년이면 37~46cm, 5년이면 39~50cm로 암컷이 수컷보다 성장이 좋다. 식성은 체장 5~13cm 범위에서는 갯지렁이류, 젓새우류, 소형 갑각류를 주로 먹고, 14cm 이상이 되면 새우류와 망둑어류 등 저서동물을 먹기도 한다.

양태와 마찬가지로 배출해역 정점 1과 2 및 비배출해역 조사 1, 2, 3점에서 어획되어 졌으며, 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 돌가자미의 체내에서 평균중금속 함량을 그림 2-10-9와 부록 2-10-4에 나타내었다. 폐기물 배출해역에서 어획된 돌가자미의 근육 내 중금속 성분의 각각 농도범위는 비소(As) 26.7~50.7mg/kg.wet(평균 37.1 ± 11.0 mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.0017~0.0037mg/kg.wet(평균 0.0023 ± 0.0008 mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.045~0.063mg/kg.wet(평균 0.053 ± 0.008 mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.261~0.694mg/kg.wet(평균 0.410 ± 0.158 mg/kg.wet), 망간(Mn) 0.125~0.367mg/kg.wet(평균 0.217 ± 0.091 mg/kg.wet), 니켈(Ni) 0.001~0.002mg/kg.wet(평균 0.002mg/kg.wet), 납(Pb) 0.002~0.023mg/kg.wet(평균 0.014 ± 0.009 mg/kg.wet), 아연(Zn) 5.02~6.14mg/kg.wet(평균 5.43 ± 0.46 mg/kg.wet), 셀렌(Se) 0.595~0.827mg/kg.wet(평균 0.716 ± 0.113 mg/kg.wet), 철(Fe) 2.63~8.02mg/kg.wet(평균 5.01 ± 2.56 mg/kg.wet), 및 수은(Hg) 0.024~0.035mg/kg.wet(평균 0.030 ± 0.006 mg/kg.wet)였으며, 폐기물 비배출해역의 경우 비소(As) 16.7~45.0mg/kg.wet(평균 29.1 ± 10.3 mg/kg.wet), 카드뮴(Cd) 0.0021~0.0511mg/kg.wet(평균 0.0102 ± 0.0156 mg/kg.wet), 크롬(Cr) 0.049~0.553mg/kg.wet(평균 0.209 ± 0.231 mg/kg.wet), 구리(Cu) 0.213~0.643mg/kg.wet(평균 0.362 ± 0.128 mg/kg.wet), 망간(Mn) 0.103~1.158mg/kg.wet(평균 0.430 ± 0.397 mg/kg.wet), 니켈(Ni) 0.000~0.008mg/kg.wet(평균 0.003 ± 0.003 mg/kg.wet), 납(Pb) 0.003~0.035mg/kg.wet(평균 0.013 ± 0.011 mg/kg.wet), 아연(Zn) 4.53~9.05mg/kg.wet(평균 6.53 ± 1.61 mg/kg.wet), 셀렌(Se) 0.709~3.501mg/kg.wet(평균 1.416 ± 0.976 mg/kg.wet), 철(Fe) 1.46~6.33mg/kg.wet(평균 3.50 ± 1.51 mg/kg.wet) 및 수은(Hg) 0.013~0.040mg/kg.wet(평균 0.032 ± 0.011 mg/kg.wet)로써 황아귀, 넙치, 양태와 마찬가지로 카드뮴, 납, 망간 및 니켈의 경우 기기의 검출한계 정도의 매우 낮은 함량을 보였다. 비소(As)의 경우 배출해역 정점 1에서 어획된 돌가자미 근육 내 최대 농도를 보였으며, 비배출해역의 정점 2에서 가장 낮은 농도분포를 보였으나, 비소의 경우 본 조사시 각각의 정점에서 어획된 돌가자미 근육 내 함량 평균농도가 15mg/kg.wet 이상으로써 황아귀, 넙치, 양태 및 농어의 근육 내 함량에 비해 2배 정도 높은 평균 농도를 보이는 것은 아마도 돌가자미의 생리적 특징으로 보인다. 또한 다른 어종과 마찬가지로 비소의 함량은 캐나다 및 호주의 수산물 잔류허용기준을 상회하는 함량을 보였다. 크롬의 경우 비배출해역 조사정점 1에서 어획된 돌가자미의 근육 내 평균 농도는 0.5mg/kg.wet

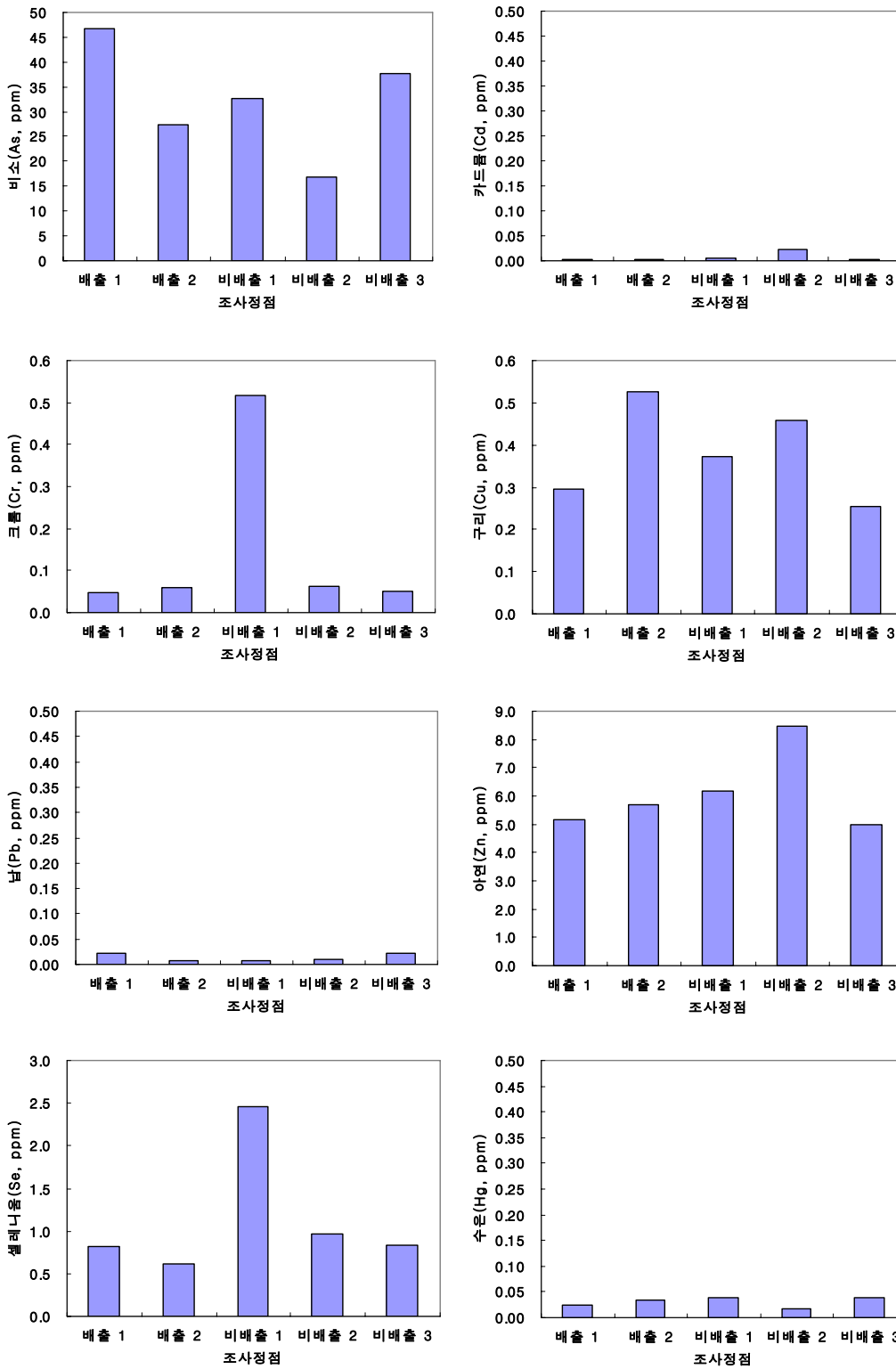


그림 2-10-9. 서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 돌가자미 근육 내 평균 중금속 함량

이상으로서 다른 정점에 비해 대략 10배 정도 높은 농도를 보이는 것이 특징이었으며, 셀렌 함량도 역시 다른 정점에 비해 3배 이상의 고농도를 보였다. 구리의 경우 배출해역 조사 정점 2와 아연의 경우 비배출해역 조사 정점 2에서 각각 최대 농도를 보였다. 그 외 정점들에서는 각각의 정점들 사이의 유의한 농도차를 보이지는 않았다. 또한, 2005년 서해 병해역의 주변의 배출 및 비배출해역에서 어획되어진 가자미류 근육 내 비소의 함량에 비해 다소 높은 함량을 보였고 그 외 성분들은 유사한 함량을 보였다(표 2-10-3). 비소의 경우 비배출 해역에서 포획된 눈가자미의 근육 내에서 내장에 비해 높은 농도분포를 보여주는 것을 제외하면 대부분의 원소가 근육에 비해 내장에서 높은 농도분포를 보였다. 이는 아마도 내장내에는 간이 포함되어있기 때문으로 생각되어진다.

마. 농어(*Lateolabrax japonicus*)

농어과(*Moronidae*)에 속하는 농어(*Lateolabrax japonicus*)의 형태적 특징은 비교적 둥글고 긴 몸통을 가져 날씬한 모습을 하고 있으며(그림 2-10-10), 등지느러미와 뒷지느러미의 가시가 강하여 짜임새 있는 몸매를 유지한다. 채색은 등쪽이 푸른빛을 조금 띤 회색이며 배쪽은 희고, 체측은 등쪽에 치우쳐 작은 흑점이 산재하고 있는데 일반적으로 이 흑점은 어릴 때에는 뚜렷하다가 대형급으로 성장하면서 차츰 소실된다. 식성은 한마디로 육식성이라 할 수 있지만, 먹이가 되는 종류는 서식 장소의 생물 조성 특성에 따라 다양하다. 또한 성장 단계에 따라 서식 장소가 바뀌므로 먹이 생물의 구성은 더욱 다양해진다. 체장이 2~3cm의 소형 곤쟁이류, 단각류, 새우류 등을 포식하고, 체장이 14~20cm로 자라면 새우류를 중심으로 작은 어류와 곤쟁이 등을 섞어 포식하게 된다.



그림 2-10-10. 한국 서해에 서식하는 농어

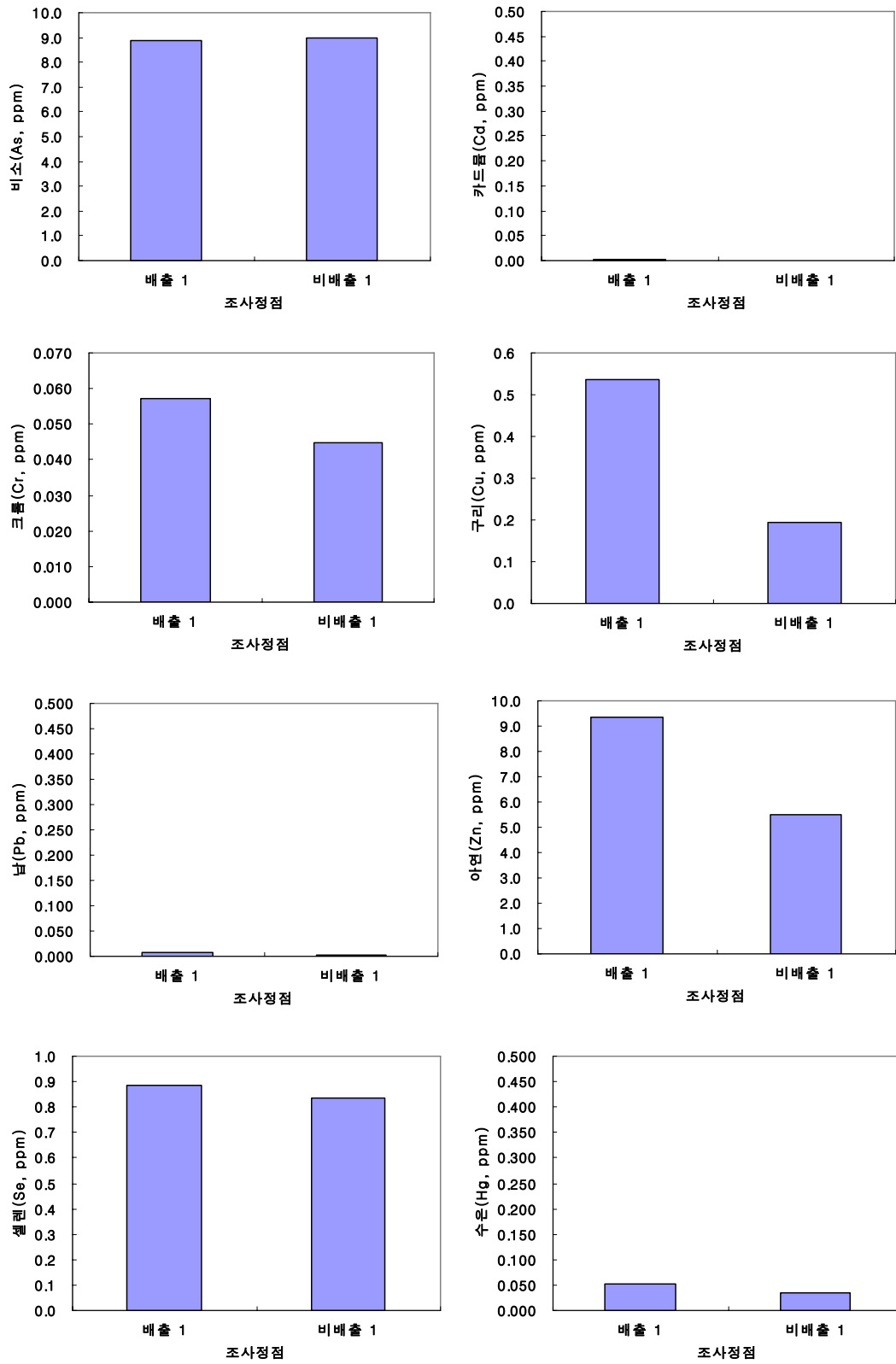


그림 2-10-11. 서해병 폐기물 배출해역 및 비배출해역에서 어획된 농어 근육 내 평균 중금속 함량

체장이 20cm 이상 성어가 되면 물고기(특히 멸치)를 잘 먹는데, 멸치가 연안으로 몰려오는 봄여름이면 멸치 때를 쫓아 연안을 회유한다.

농어의 어획은 폐기물 배출 및 비배출해역의 정점 각각 1에서 어획되었으며, 농어 근육 내 평균중금속 함량을 그림 2-10-11과 부록 2-10-5에 나타내었다. 폐기물 배출해역 정점 1에서 어획된 농어 근육 내 중금속 성분의 평균값은 비소(As) $8.90 \pm 1.50 \text{mg/kg.wet}$, 카드뮴(Cd) $0.0018 \pm 0.0002 \text{mg/kg.wet}$, 크롬(Cr) $0.057 \pm 0.002 \text{mg/kg.wet}$, 구리(Cu) $0.537 \pm 0.081 \text{mg/kg.wet}$, 망간(Mn) $0.066 \pm 0.018 \text{mg/kg.wet}$, 니켈(Ni) 0.002mg/kg.wet , 납(Pb) $0.007 \pm 0.006 \text{mg/kg.wet}$, 아연(Zn) $9.37 \pm 1.69 \text{mg/kg.wet}$, 셀렌(Se) $0.885 \pm 0.033 \text{mg/kg.wet}$, 철(Fe) $7.33 \pm 1.49 \text{mg/kg.wet}$, 및 수은(Hg) $0.053 \pm 0.004 \text{mg/kg.wet}$ 였으며, 폐기물 비배출해역의 경우 근육내 중금속 평균값은 비소(As) $8.96 \pm 0.53 \text{mg/kg.wet}$, 카드뮴(Cd) 0.0010mg/kg.wet , 크롬(Cr) $0.045 \pm 0.008 \text{mg/kg.wet}$, 구리(Cu) $0.193 \pm 0.029 \text{mg/kg.wet}$, 망간(Mn) $0.055 \pm 0.006 \text{mg/kg.wet}$, 니켈(Ni) 0.001mg/kg.wet , 납(Pb) 0.004mg/kg.wet , 아연(Zn) $5.49 \pm 0.16 \text{mg/kg.wet}$, 셀렌(Se) $0.834 \pm 0.063 \text{mg/kg.wet}$, 철(Fe) $3.05 \pm 0.68 \text{mg/kg.wet}$ 및 수은(Hg) 0.034mg/kg.wet 로써 본 조사 기간동안 폐기물 배출해역에서 어획된 농어 근육 내 농도가 다소 높게 나타나지만 단지 폐기물 배출 및 비배출해역 1개 정점에서 조사된 결과이므로 폐기물 배출의 영향인지를 판단하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 생각되어지며, 그 외 성분들은 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 농어의 근육 내 중금속 함량은 유의한 농도차이를 보이지 않았으며 이전 조사 시 어획된 어류의 근육 내의 농도와 유사한 함량을 보였다(표 2-10-3). 또한 비소를 제외한 각국의 수산물 잔류허용기준 이내의 양호한 농도분포를 보였고(표 2-10-4), 세계의 주요 수산물 근육 내 중금속 함량보다 낮거나 유사한 농도를 보였다(표 2-10-5).

3. 결론 및 요약

서해 폐기물 투기해역인 병해역과 비투기 해역에서 어획된 유용수산물중 중금속 오염 평가를 위하여 황아귀(*Lophiomus litulon*), 돌가자미(*Dexistes rikuzenius*), 광어(*Engraulis japonicus*), 양태(*Pholis fangi*), 농어(*Liparis tanaki*) 근육 내에서 비소(As), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 니켈(Ni), 납(Pb), 아연(Zn), 셀렌(Se), 철(Fe) 및 수은(Hg) 등의 중금속 성분을 조사 분석하였다.

본 연구 조사시 어획된 어류 근육 내 비소(As)의 평균함량은 각각 황아귀 7.76mg/kg.wet , 넙치 5.87mg/kg.wet , 양태 4.63mg/kg.wet , 돌가자미 32.32mg/kg.wet , 및

농어 8.92mg/kg.wet로써 호주(2.0ppm이하) 및 캐나다(3.5ppm이하) 수산물 잔류 허용기준을 상회하는 농도를 보였으며, 그 외 성분들은 우리나라 및 외국의 수산물 잔류허용기준 이내의 양호한 함량을 보였다. 또한, 카드뮴, 납, 수은, 니켈, 및 망간의 경우 전 조사 어종의 근육 내 함량은 기기의 검출한계 수준의 매우 낮은 함량으로써 폐기물 배출해역 및 비배출해역 사이의 유의한 함량 차이를 보이지 않았으며, 그 외 성분들도 일반적인 해역에서 어획된 어류의 근육 내 함량과 유사하거나 다소 낮은 함량을 보였다. 이는 아마도 본 조사 해역에서 어획된 어류라 할지라도 이들 해역에서 정착해서 서식하기 보다는 먹이 및 산란 등을 위한 회유과정 중에 어획된 어류로써 해역의 수질 및 퇴적물 환경에 직접적인 영향을 받지 않기 때문으로 여겨진다.

제 11 절 Microcosm을 이용한 해양배출물질 저서생물 영향

1. 서론

해양오염은 해양에 배출되는 폐기물에 의하여 야기되는 환경피해와 해양에서 발생하는 폐기물 또는 폐기물 자체를 포함한다. 최근 급속한 산업의 다변화와 대규모화 및 인구의 도시 집중화로 발생하는 각종 폐기물의 배출량은 급증하는 추세이며 이러한 폐기물을 처리하는 방법은 육상매립, 소각, 재활용 및 해양배출 등으로 크게 구분할 수 있다. 유럽과 미국의 경우 하수오니는 해양배출을 금지하고 일본의 경우 발생량 중 0.1%만 해양배출을 해왔으나 2007년 이후 해양배출을 금지하여 소각 및 재활용으로 처리하고 있다. 반면 국내에서는 2000년대 이후 육상 직매립을 금지하면서 소각 및 재활용율도 같이 감소하는 경향을 보이면서 해양배출은 매년 증가하여 해양 의존도가 급증하고 있는 실정이다.

해양으로 배출되는 폐기물은 분뇨, 가축분뇨, 유기성폐수, 하수오니, 및 동식물폐기물 등 다양한 종류의 폐기물이 배출되고 있으며 본 연구에 사용된 축산폐기물은 고농도의 유기물로 구성되어 있고 인구 증가와 더불어 축산물의 수요가 늘어나면서 사육하는 가축수의 증가에 따라 해양으로 배출되는 양 또한 매년 증가하고 있다. 하수오니 경우는 합성세제 및 식용배수, 분뇨, 음식찌꺼기 등 유기화합물이 많은 물질로서 독성은 강하지 않지만 오염부하량이 크고 양이 많으며 오염원이 넓게 퍼져 있어 정화하기 힘든 어려운 점이 있다. 또한 공단폐수나 피혁에서 생기는 폐기물은 그 성상이 다양하며 다량의 유·무기 물질이 함유되어 분해가 어려우며 오염도가 높아 그의 처리에도 매우 어려움을 겪고 있는 현실이다. 이러한 폐기물이 수년간 해양으로 유입 또는 배출됨으로서 광역화, 장기화, 독성화의 특성이 나타나 해수 및 해저의 용존산소의 감소와 이에 따른 부영화가 발생하면서 매년 적조발생과 생물다양성의 변화를 가져왔다. 이처럼 가속화되는 해양오염을 방지하기 위한 최선의 예방은 오염물질을 근본적으로 차단하는 것이라 할 수 있지만 이는 현실적으로 실현 불가능한 것으로 차선책은 오염물질의 발생량을 최소화 하며 현행 폐기물 평가 및 관리방법을 체계화하는 노력이 필요할 것이다.

이러한 폐기물을 관리하고 평가하기 위한 생물학적 독성 평가 방법은 퇴적물

독성 실험과 수질 독성 실험, 오염물질 축적 실험 등으로 구분되어 있다. 폐기물 독성 실험은 폐기물을 폐기하는 과정이나 그 이후에 폐기물이 주변 환경에 어떤 영향을 미치는 지를 평가하기 위해 실시된다. 자연 생태계는 생물적 구성요소가 생산자, 소비자, 분해자로 구성되어 있으며(Odum 1971), 생물종의 구성에 따라 다양하고 복잡한 양상을 나타내므로(Margalef 1969) 특정 생물종이나 단일종을 이용한 독성평가법으로는 수환경에 대한 종합적인 평가가 불충분하기 때문에 이에 대한 보완대책으로 다중생물계를 이용할 필요가 있다(Hill and Weigert 1980; Abrams *et al.* 1994; Forster *et al.* 1995). 즉 자연생태계의 영향을 평가하는데 있어서 중요한 요소인 에너지 흐름이나 물질순환, 생물간 상호작용을 포함한 다중생물계를 이용한 평가가 필요한데 그 시험법의 하나로 microcosm을 들 수 있다(Matthewa *et al.* 1996).

국외의 경우 폐기물 해양배출에 관한 연구방법은 생물이용도, 독성시험 및 생물축적은 미국 환경보호국(USEPA) 방법이 널리 사용되고 있으며 일반적으로 폐기물의 오염 평가에 이용되는 생물학적 처리기준으로는 해양 저서생물을 이용한 퇴적물의 독성을 평가하는 방법이 많이 사용되고 있다. 중형저서동물과 관련된 연구는 주요 연안 오염원인 부영양화, 중금속, 유류유출 등에 대한 주요 중형저서동물 분류군에 대한 반응 및 영향에 관한 연구들이 있다(Coull & Chandler, 1992; Hill *et al.*, 1996; Kress *et al.*, 1998; Borja *et al.*, 2000; Schratzberger *et al.*, 2004; Reiss & Kröncke, 2005; Shimboura *et al.*, 2007). 반면 국내의 경우는 개체나 개체군 수준에서 폐기물에 관한 독성평가가 이루어졌고(Park *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2008), 통영 가두리해역과 시화호, 여자만 등의 연안에서의 오염 영향을 고찰한 몇 편의 간접적인 중형저서생물 관련 연구가 있을 뿐이며(Kim *et al.*, 1998; 김과 이, 2000; 김과 이, 2001; 김 등, 2000), 해양배출 폐기물을 이용한 해양생태계에 직접 적용하여 평가하는 방법은 아직까지 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 폐기물의 해양배출시 침강에 따른 퇴적물의 폐기물 축적에 따라 발생하는 저서생태계의 변화를 규명하기 위한 방법으로 해양생태계 가운데 다양한 생물들의 서식장소이고 해양동물의 산란장과 성육장으로 이용되며 육상에서 유입되는 오염원을 정화하는 역할을 담당하는 갯벌을 선정하여 생태계와 유사한 인공소형시스템(microcosm)을 제작하여 해양배출 폐기물 종류 및 농도에 따른 생태적 영향 및 저서생물 가입률을 평가함으로써 폐기물 해양 배출에 따른 저서생태계에 미치는 영향을 규명하고 그에 따른 생태적 영향을 최소화하는데 목적이 있다.

2. 시료채취 및 분석방법

가. 시료채취

실험에 사용된 퇴적물은 강화남단 선두리 조간대에서 채취하였으며 갯벌 내에 서식하는 저서생물을 제거하기 위하여 건조과정을 거쳐 분쇄한 후 5mm 체를 사용하여 이물질을 제거한 후 microcosm 용기에 담아 사용하였다. 또한 본 연구에 사용된 폐기물은 발생량이 많은 4종(하수오니, 축산, 공단, 피혁)을 선정하여 하수처리공정에 따라 최종적으로 슬러지 탈수기를 거쳐 나오는 탈수 케익을 수거하여 본 실험에 사용하였다(그림 2-11-1).



그림 2-11-1. 실험용 퇴적물 제조 및 폐기물 채취

나. 분석방법

(1) Microcosm 형태별 실험

(가) Microcosm의 형태

해양생태계 수준의 독성을 평가하기 위하여 형태 및 종류에 따라 microcosm을 3가지 타입으로 제작하였다. 플라스틱 바구니(basket), 그물망(mesh), 및 양식용 채롱(cage)을 구입하여 이용하였으며 그에 따른 형태적 특징은 basket의 경우 가로×세로×높이가 30cm×40cm×8cm이고 cage의 경우는 40cm×40cm×10cm이며 mesh의 경우는 basket과 같은 부피로 제작하였다. 본 microcosm은 갯벌에 이식되어 저서생물의 가입 및 장기간 노출에 따른 피해를 최소화 시킬 수 있는 방법을 결정하기 위하여 동일한 조건하에 노출시켜 실험을 실시하였다(그림 2-11-2).

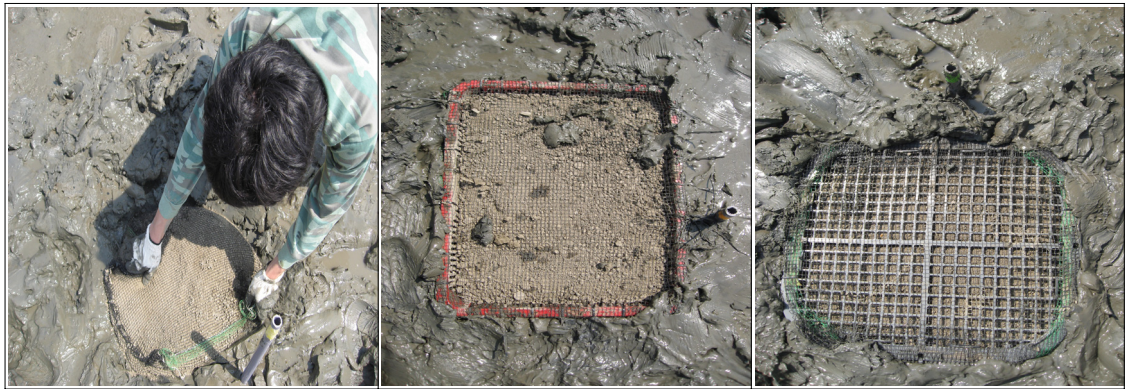


그림 2-11-2. Microcosm의 제작 형태

(나) 실험기간 및 분석방법

실험기간은 2008년 4월부터 6월까지 강화남단 선두리 조간대에 설치한 microcosm을 2주 간격으로 총 4회 수거하여 저서동물을 분리하기 위하여 1mm 망목 sieve로 체질하였으며 10% 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 잔여 퇴적물과 저서동물을 분류하는 과정을 거친 후 해부 현미경하에서 동정을 실시하였다.

(2) 해양배출물질별 저서생물 가입량 조사

(가) 대형저서동물조사

폐기물 종류 및 농도에 따른 대형저서동물의 가입량을 조사하기 위하여

폐기물함량을 75%, 50%, 25% 및 무투여구로 설정하였고 건조한 갯벌과 혼합하여 100%로 조절하였으며 control 구간은 자연 갯벌을 사용하였다(표 2-11-1). 실험은 사전조사에서 microcosm type으로 결정된 basket을 사용하였으며 실험기간은 3주 간격으로 총 3회 시료를 채취하여 1mm 망목 sieve로 체질하였으며 10% 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하여 잔여 퇴적물과 저서동물을 분류하는 과정을 거친 후 해부 현미경하에서 동정을 실시하였다.

표 2-11-1 폐기물 4종 현장매립 모식도

공단:건조갯벌			피혁:건조갯벌			가축분뇨:건조갯벌			생활하수:건조갯벌		
75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25	75:25
50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50	50:50
25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75	25:75
건조갯벌 (100%)			건조갯벌 (100%)			건조갯벌 (100%)					
control			control			control					

(나) 중형저서동물조사

중형저서동물 정량분석을 위한 시료는 현장에서 직접 직경 2.6cm의 밑단이 절단된 플라스틱 주사기를 사용하여 퇴적물의 표층에서 5cm 깊이까지 채집한 후, 로즈벵갈(Rose Bengal) 단백질 염색제를 혼합한 5% 중성 포르말린으로 고정했다. 연구실로 운반되어진 생물 시료는 연구실에서 각 크기의 체(1mm, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m)로 크기별로 걸러내어 광학현미경 하에서 분류 및 계수하였다. 생체량 분석은 Shirayama(1983)의 중형저서동물의 주요 분류군별 개체 크기별 ash free dry weight(μ g) 환산 값을 사용하였다.

(3) 해양배출 폐기물 유기물 자연분해능력 평가

(가) 강열감량(Ignition Loss)

강열감량은 550°C에서 강열할 경우 산화되는 유기물질의 양을 나타내는 것으로서 본 실험 방법은 시료 약 5g의 무게를 정확히 측정하여 110°C로 건조한 도가니에 넣어 110°C에서 항량으로 될 때까지 건조한 후 전기로에 시료를 넣고 550°C의 온도로 2시간 가열하였다. 가열이 끝나면 전기로의 온도가 100°C 정도 내려간 후 도가니를 꺼내어 데시케이터 안에서 실온으로 식힌 후 시료가 담긴 도가니의 무게를 측정하였다.

(나) SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 활성도를 이용한 유기물 분해 평가

본 실험을 위하여 난분해성유기물의 분해능력이 일반적으로 가장 높은 것으로 알려진 bacteria (*Pseudomonas putida*, *Burkholderia cepacia*) 2종류를 이용한 유기물 분해효과를 조사하였으며 실험조건은 *P.putida*와 *B.cepacia* 두 균주를 SWC plate에 1차 streaking 하여 25°C incubator에 1일 간 배양하였다. plate에 자란 *P.putida*와 *B.cepacia*를 액체배지에 접종 후 1일 간 배양한 후 액체배지에 배양된 *P.putida*와 *B.cepacia*를 centrifuge bottle에 넣은 뒤 10~20분 동안 centrifuge 하였다. 현탁액은 버리고 bottle에 남아있는 pellet에 멸균해서 20ml를 넣고 vortexing 한 후 recentrifuge하여 현탁액과 pellet으로 나누어 주었다. pellet에 멸균해수 10ml를 넣고 small bottle에 옮겨 담아 spectrophotometer를 이용하여 *P.putida*와 *B.cepacia*의 균액이 660nm에서 1이 되도록 설정하였다.

100ml 삼각플라스크에 각각의 실험구간 sample wet 20g을 넣어준 후 14개의 삼각플라스크에 *P.putida* 1ml를 넣어주고 나머지 삼각플라스크 14개에는 *B.cepacia*를 1ml를 넣어주었다. 멸균해수 20ml를 넣어주고 입구를 알루미늄호일로 막아 25°C incubator에서 일주일간 shaking 하며 배양조건을 맞춰주었다. 일주일간 배양한 sample을 멸균해수에 1/1,000의 희석비율로 희석하고 10 μ l를 피펫을 이용하여 SWC 배지에 도말한 후 control이 되는 시료에는 1g을 채취하여 멸균해수 10ml를 넣고 vortexing 한 후, 멸균해수와 1/1,000비율로 희석하여 SWC배지에 도말하였다. 25°C incubator에 1일 간 배양 후 counting하여 cell의 숫자를 계산하였다.

(4) PFU(polyurethane foam unit)를 이용한 내서생물 영향평가

본 실험에 사용된 PFU(polyurethane foam unit)는 입자 크기에 따라 大, 中, 小로 구분하여 사용하였으며 폐기물 종류에 따라(공단, 축산, 하수오니1, 하수오니2, 하수오니3) 구분하여 2주간 폐기물에 흡착시킨 후 갯벌에 매립하여 3주 간격으로 총 3회 조사하였다.

3. 조사결과

가. Microcosm 형태별 실험

(1) 종조성 및 현존량

Microcosm 형태에 따른 실험구 설치 2주 후 1차 조사 결과 확인된 저서동물의 종 조성은 전 실험구간에서 1~4종이 가입되었고 mesh에서 4종으로 가장 높게 가입되었다. 반면 대조구에서는 총 12종이 가입하여 비교적 많은 차이를 보였다(그림 2-11-3).

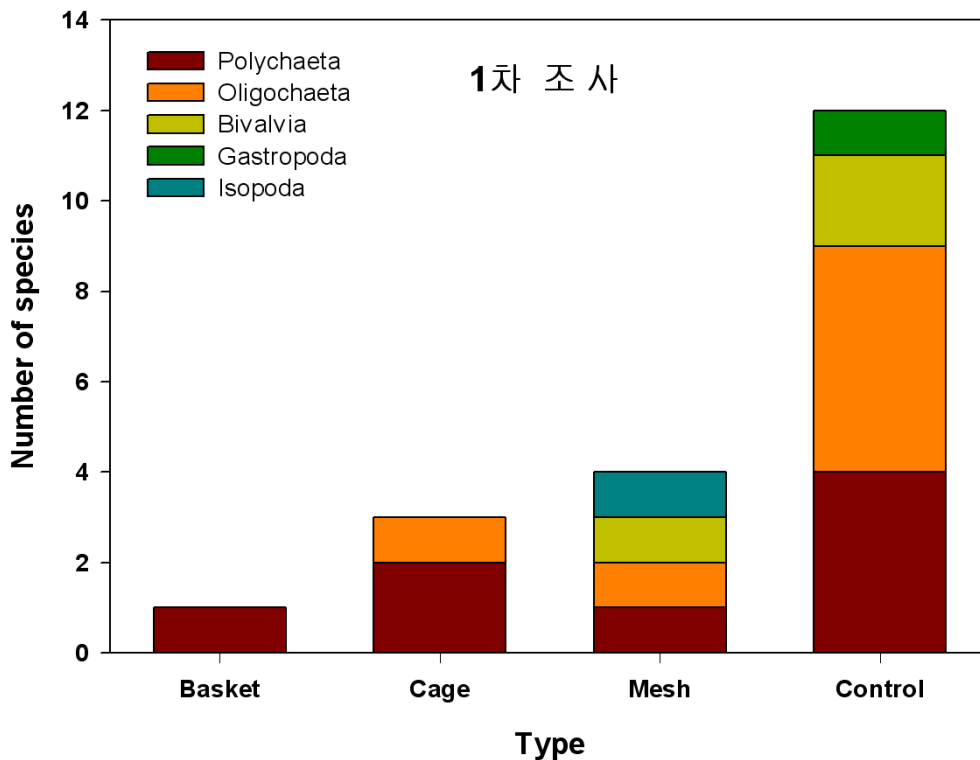


그림 2-11-3. Microcosm 형태에 따른 가입 종수

1차 조사 결과 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수는 8~664개체/m²의 범위를 보였으며 실험구간에서는 mesh에서 49개체/m²로 가장 많이 나타났으며 대조구에서는 총 664개체/m²로 조사되었다(그림 2-11-4). 1차 조사결과 실험구에 가입된 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 34%로 가장 많이 가입되었으며 다음으로는 *Oligochaeta*가 33%를 차지하였고 연체동물 *Bivalvia* 25%를 차지하였으며 절지동물 *Isopoda* 8%로 가장 낮게 가입되었다(그림 2-11-5).

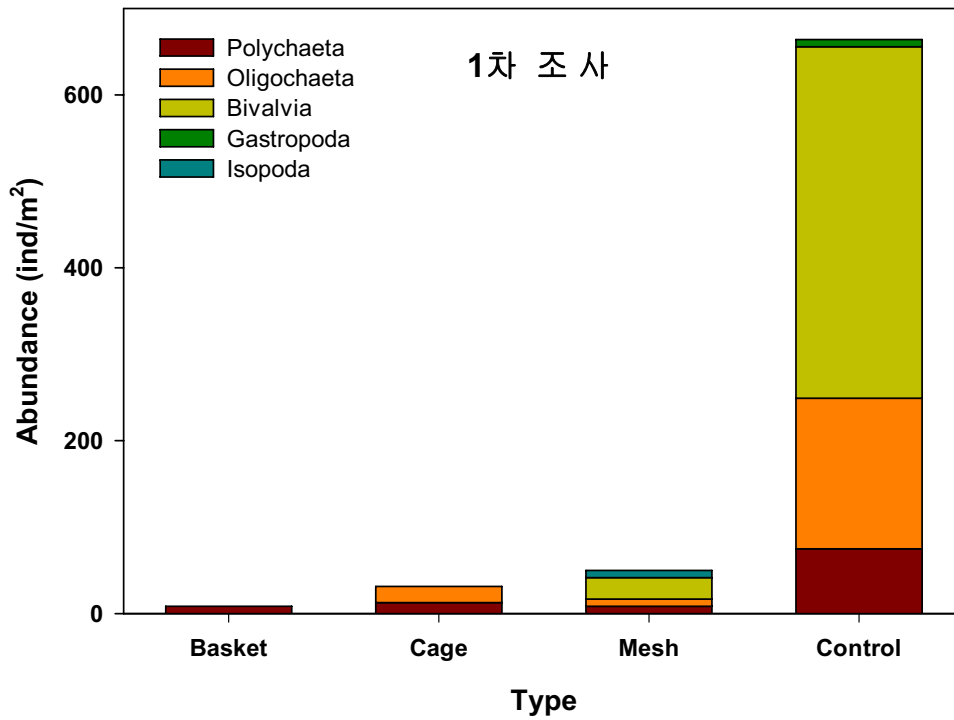


그림 2-11-4. Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m²)

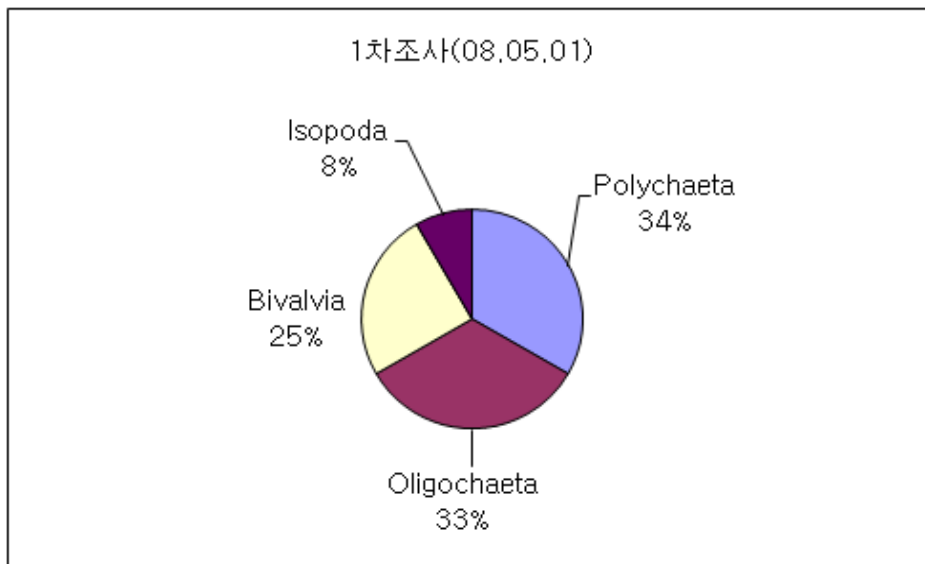


그림 2-11-5. Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성

Microcosm 형태에 따른 실험구 설치 4주 후 2차 조사 결과 확인된 저서동물의 종 조성은 전 실험구간에서 3~12종이 가입하였으며 mesh에서 12종으로 가장 높게 가입하였다(그림 2-11-6).

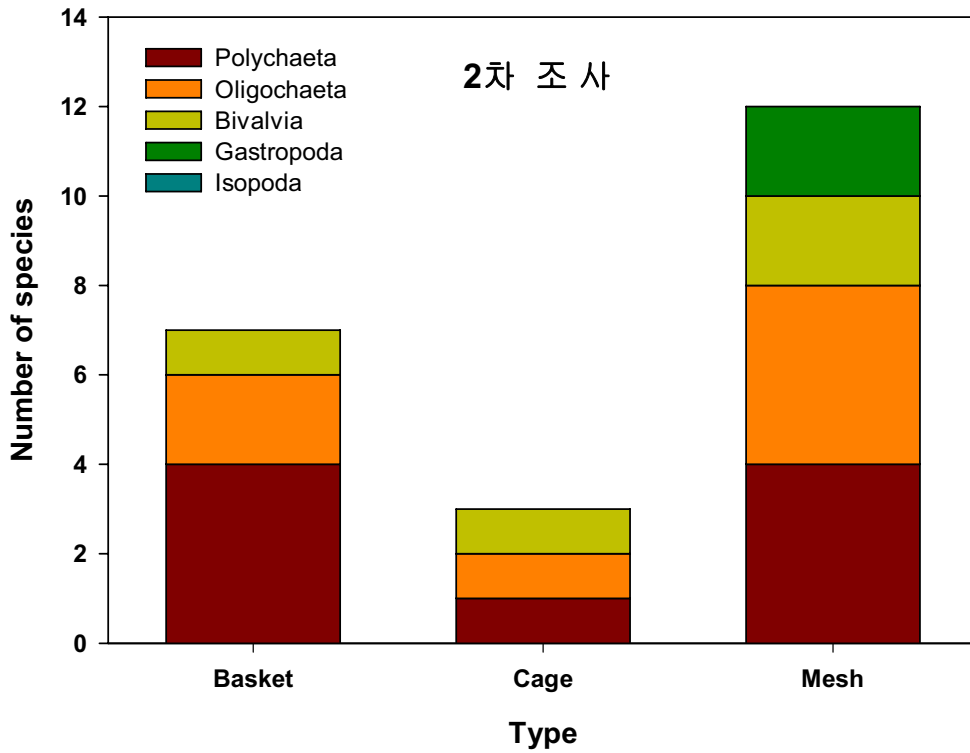


그림 2-11-6. Microcosm 형태에 따른 가입 종수

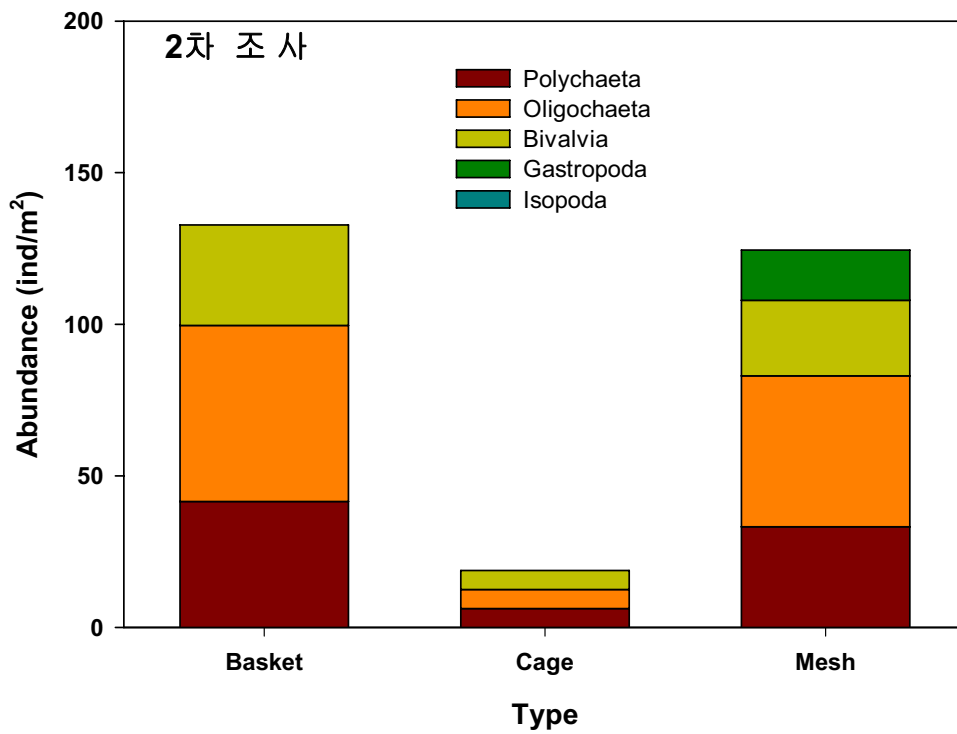


그림 2-11-7. Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m²)

2차 조사 결과 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수는 18~132개체/m²의 범위를 보였으며 basket에서 132 개체/m²로 가장 높은 가입이 이루어진 반면 cage에서는 18개체/m²로 가장 낮은 가입을 보였다(그림 2-11-7).

2차 조사결과 실험구에 가입한 저서동물 분류군 중 *Annelida Oligochaeta* 41%로 가장 높은 가입을 보였으며 다음으로는 *Polychaeta*가 29%를 차지하였고 연체동물 *Bivalvia*가 24%를 차지하였으며 *Gastropoda*는 6%로 가장 낮게 가입되었다(그림 2-11-8).

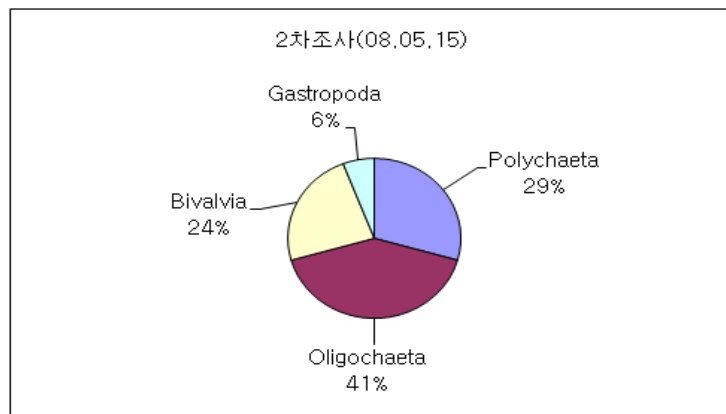


그림 2-11-8. Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성

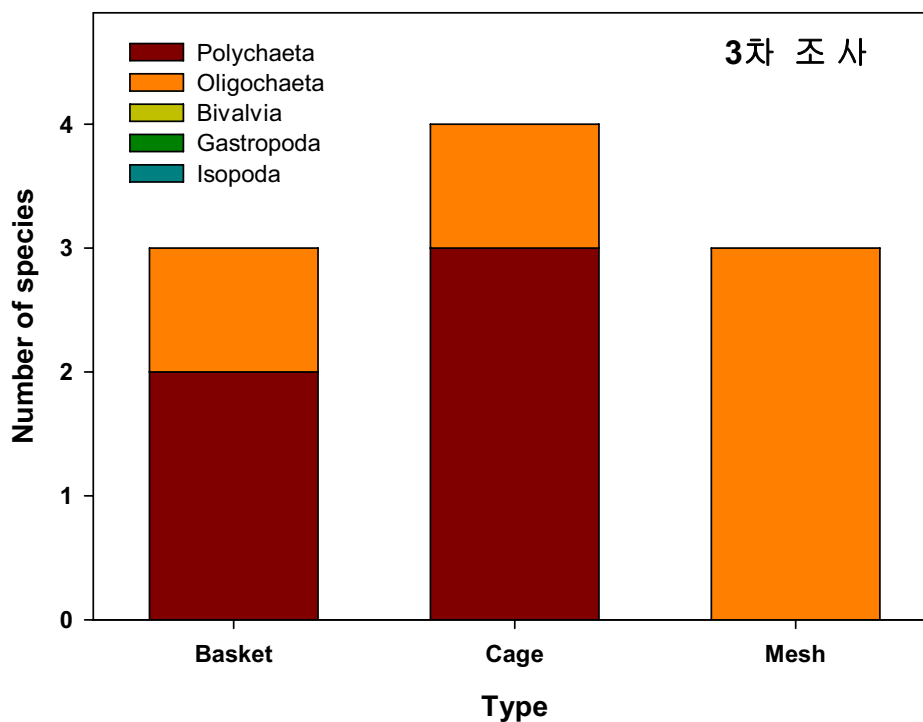


그림 2-11-9. Microcosm 형태에 따른 가입 종수

Microcosm 형태에 따른 실험구 설치 6주가 지난 3차 조사 결과 확인된 저서동물의 종 조성은 전체 실험구간에서 3~4종이 출현하였으며 cage에서 가장 높은 가입양상을 보였다(그림 2-11-9).

3차 조사 결과 microcosm 형태에 따른 가입 개체수는 24~33개체/m²의 범위를 보였으며 basket 실험구에서 33개체/m²로 가장 높게 나타났으며 mesh에서는 24개체/m²로 가장 낮은 가입을 보였다(그림 2-11-10).

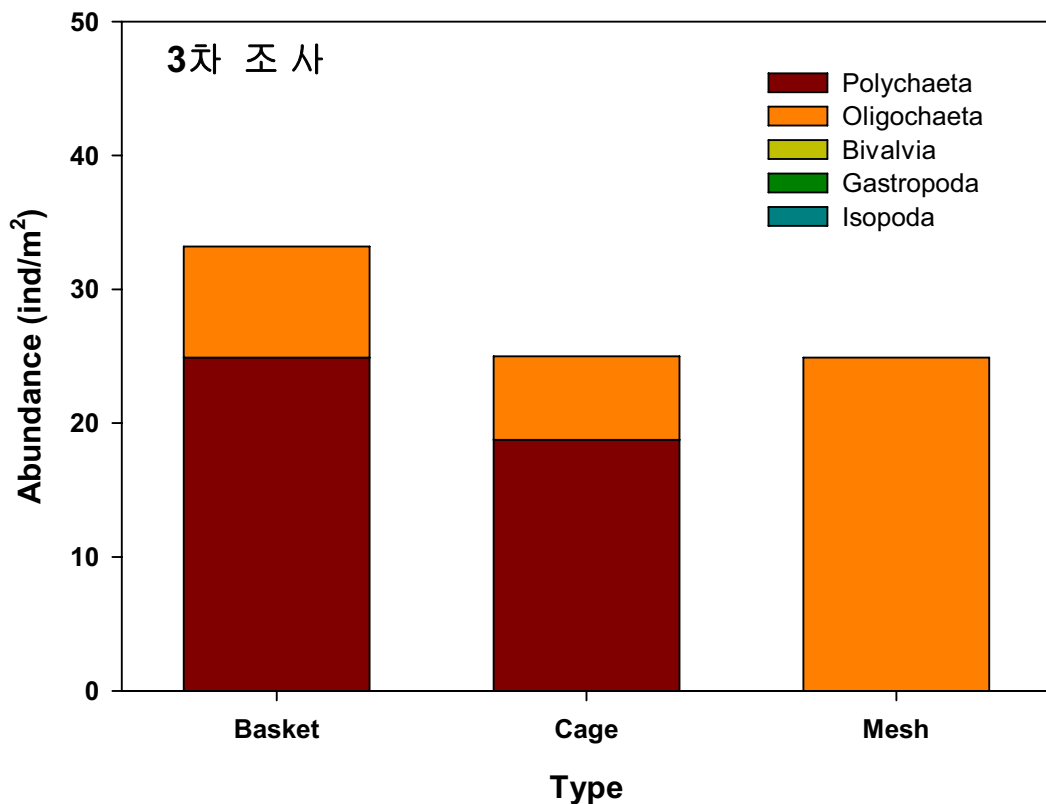


그림 2-11-10. Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m²)

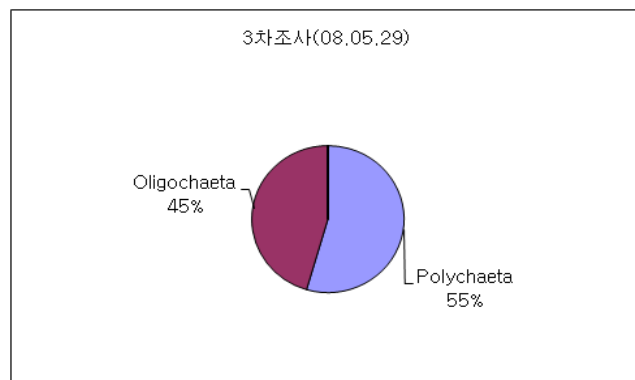


그림 2-11-11. Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성

3차 조사결과 실험구에 가입한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 55%로 가장 높은 가입을 보였으며 다음으로는 *Oligochaeta*가 45%의 가입을 보였다(그림 2-11-11).

Microcosm 형태에 따른 실험구 설치 8주가 지난 4차 조사 결과 확인된 저서동물의 종 조성은 전 실험구간에서 7~11종이 가입이 이루어 졌으며 cage와 대조구에서 11종으로 가장 높은 가입을 보인 반면 mesh에서 7종으로 가장 낮은 가입을 나타냈다(그림 2-11-12).

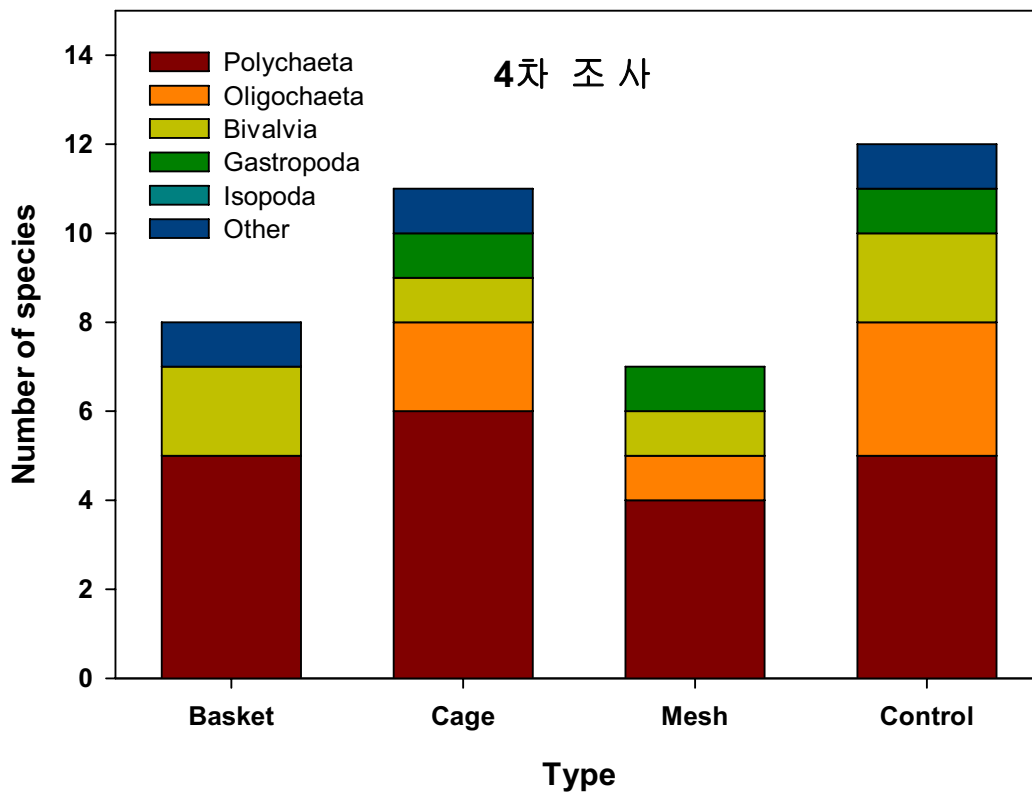


그림 2-11-12. Microcosm 형태에 따른 가입 종수

4차 조사 결과 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수는 107~406개체/㎡의 범위를 보였으며 실험구간에서는 basket에서 215개체/㎡로 가장 높은 가입을 보였으며 대조구에서는 406개체/㎡가 조사되었다(그림 2-11-13).

4차 조사결과 실험구에 출현한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 74%로 가장 높은 비율로 가입이 이루어졌으며 다음으로는 연체동물 *Bivalvia* 13%를 차지하였고 *Oligochaeta*가 7%, *Gastropoda*가 3%로 가장 낮은 가입을 보였다(그림 2-11-14).

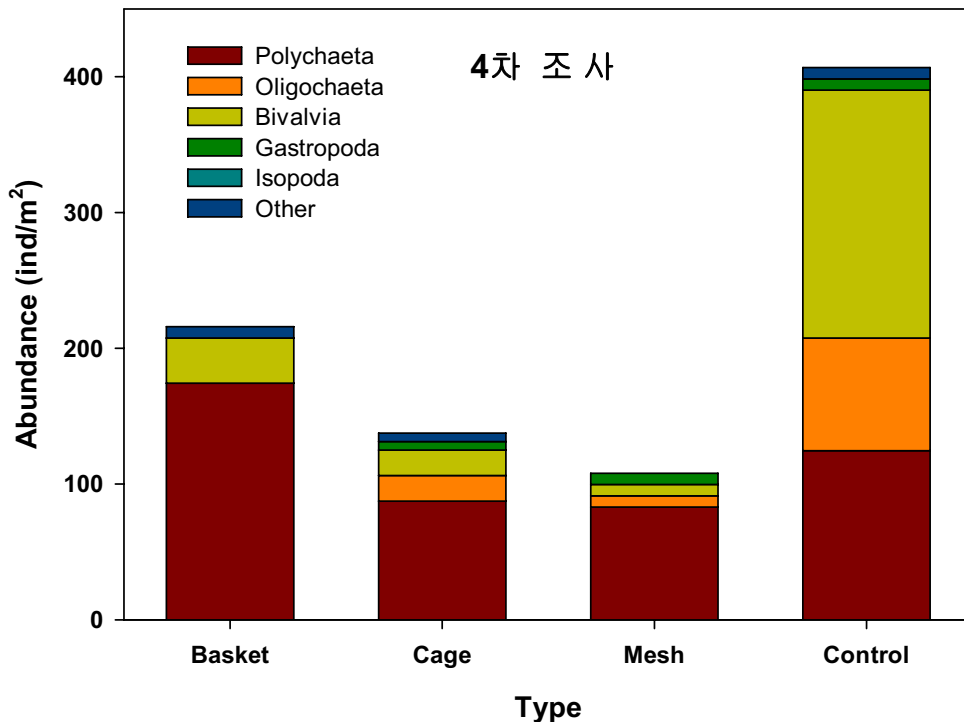


그림 2-11-13. Microcosm 형태에 따른 가입 개체수(개체/m²)

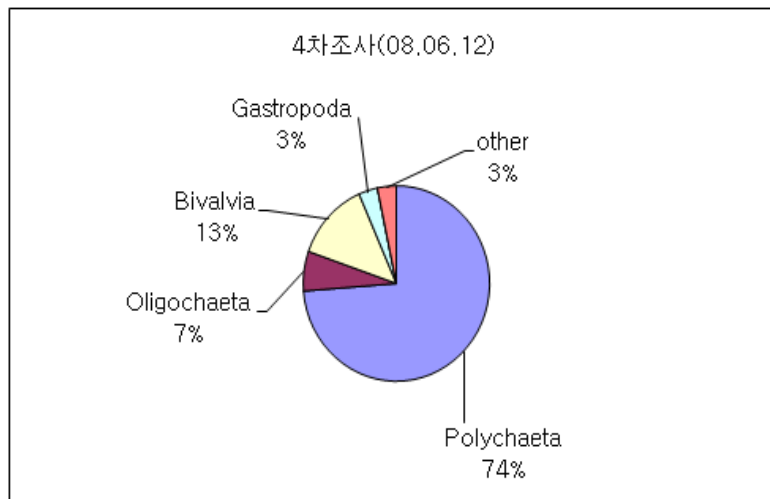


그림 2-11-14. Microcosm에 가입된 저서동물의 종조성

조사 시기별 출현종수를 살펴보면, mesh 실험구의 경우 2차 조사에서 가장 높은 출현비율을 보였으나 이후 3차 시기에는 급격히 감소하여 4차 조사 시기에는 다소 상승하는 변화 양상을 나타냈으며 basket 실험구의 출현양상은

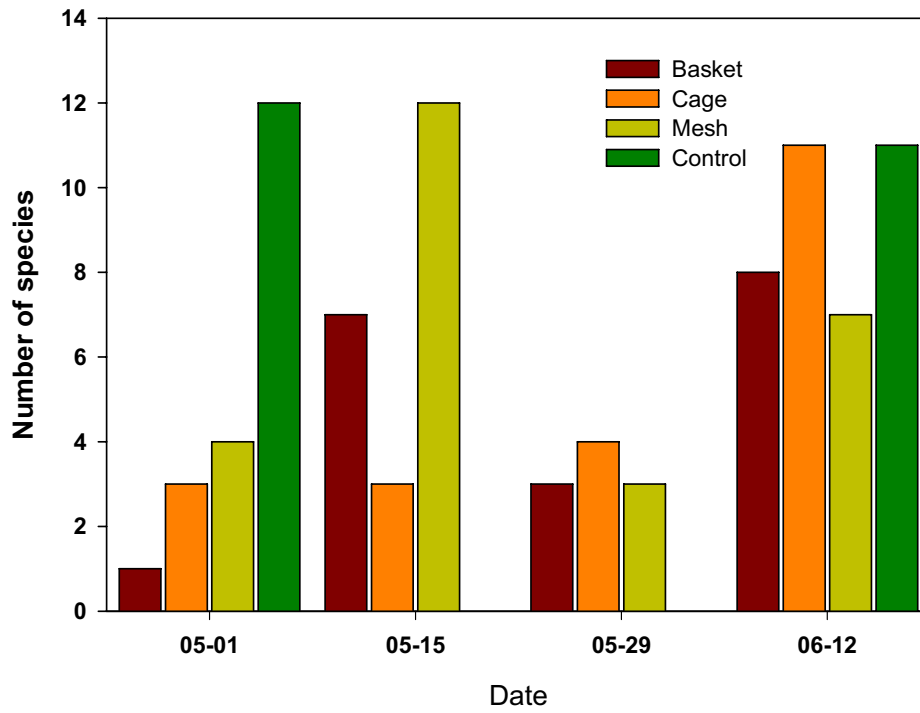


그림 2-11-15. 조사시기별 Microcosm 형태에 따른 가입 종수

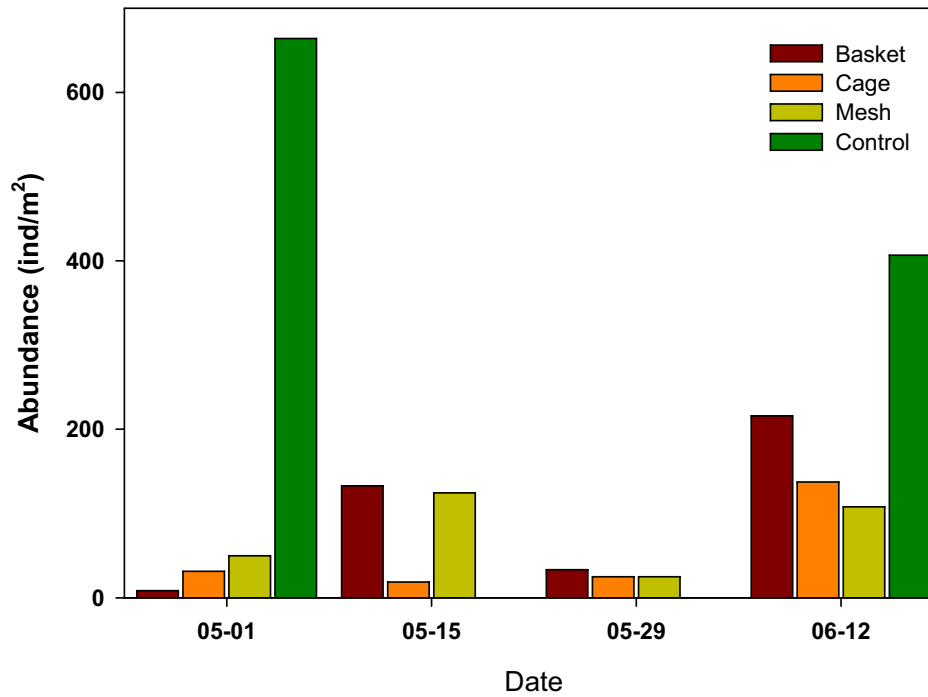


그림 2-11-16. 조사시기별 Microcosm 형태에 따른 가입 개체수 변화

4차 조사에서 가장 높은 출현종수가 나타났고 2차와 3차 순으로 증감이 뚜렷이 나타났다. 반면 cage 실험구의 경우는 실험 초기에는 가입이 타 실험구간에 비교하여 상대적으로 낮았으나 4차 조사에서는 대조구와 동일한 출현종수를 보임으로서 시간경과에 따른 가입이 늘어나는 것으로 나타났다(그림 2-11-15).

조사시기별 개체수 변동을 그림 2-11-16에서 살펴보면 1차조사시에는 전 실험구간에서 대조구와 비교하여 가입량의 차이가 높게 나타났으나 시간경과에 따른 개체수가 증가하는 것으로 나타났으며 4차 조사시기에는 대조구와 비교하여 basket 실험구에서 가장 높은 개체수가 가입되었다.

조사기간 동안 출현한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 55%로 가장 많이 가입하였으며 다음으로는 *Oligochaeta*가 23%를 차지하였으며 연체동물 *Bivalvia* 16%를 차지하였고 *Gastropoda* 3%, other 2%, *Isopoda* 1%순으로 나타났다(그림 2-11-17).

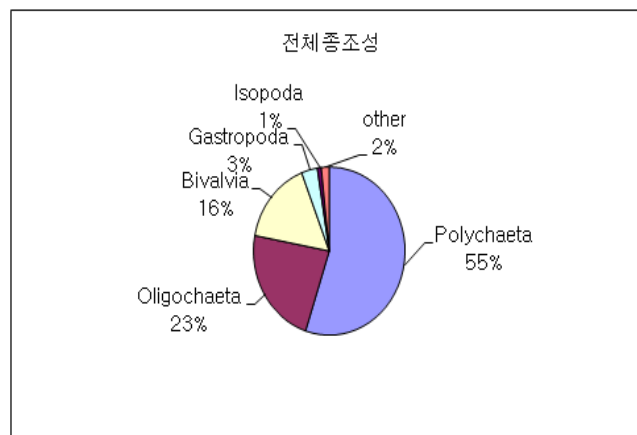


그림 2-11-17. 조사기간 Microcosm에 가입된 저서동물의 전체 종조성

나. 해양배출물질이 저서생물의 가입에 미치는 영향평가

(1) 대형저서동물조사

폐기물 4종(공단, 피혁, 축산, 하수오니)을 이용한 대형저서동물의 가입을 비교한 결과 1차 조사시 대형저서동물의 종 조성은 공단의 경우 75%와 50% 구간에서는 가입이 이루어 지지 않았으며 25%의 구간에서는 *Gastropoda*, *Crustacea*가 각각 1종씩 나타났다. 축산의 경우 75%구간에서 *Polychaeta*가 2종,

25%구간에서는 *Polychaeta*가 3종 *Oligochaeta*와 *Crustacea*가 각각 1종씩 가입되었다. 생활하수의 경우 75%에서 *Oligochaeta*와 *Bivalvia*와 *Crustacea*가 각각 1종씩 가입되었으며 50%에서는 *Bivalvia* 1종만 조사되었다. 또한 폐기물을 첨가하지 않은 무투여구의 경우 *Polychaeta*가 2종, *Oligochaeta*가 2종, *Gastropoda*가 1종 가입되었다.

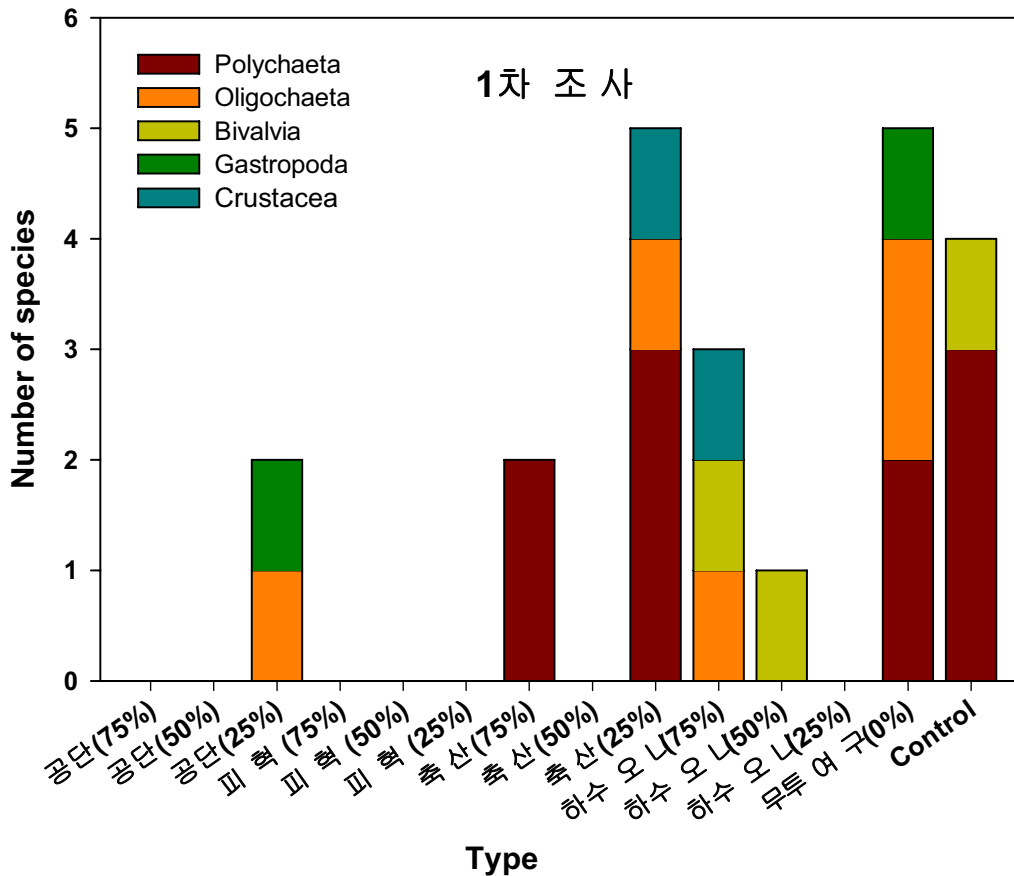


그림 2-11-18. 폐기물 종류에 따른 가입 종수(종수/0.12㎡)

반면 피혁은 전 구간에서 가입이 이루어 지지 않은 것으로 보아 1차 조사에서는 폐기물의 종류 및 농도에 따른 대형저서생물의 가입양상에 변화가 있음을 알 수 있었다(그림 2-11-18).

1차 조사 결과 실험구간별 개체수는 2~7개체/0.12㎡의 범위를 보였고 공단 25%와 무투여구 구간에서 7개체/0.12㎡로 가장 높은 가입을 보였으며 대조구에서는 4 개체/0.12㎡가 출현하였다. 반면 피혁 전구간과 공단 75%, 50%, 축산 50% 및 하수오니 25% 구간에서는 저서동물의 가입이 이루어지지 않았다(그림 2-11-19).

1차 조사결과 실험구에 출현한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 41%로 가장 높은 비율을 보였고 다음으로는 *Oligochaeta*가 34%, 연체동물 *Bivalvia* 13%를 차지하였으며 *Gastropoda*, *Crustacea*가 6%로 가장 낮은 가입을 보였다(그림 2-11-20).

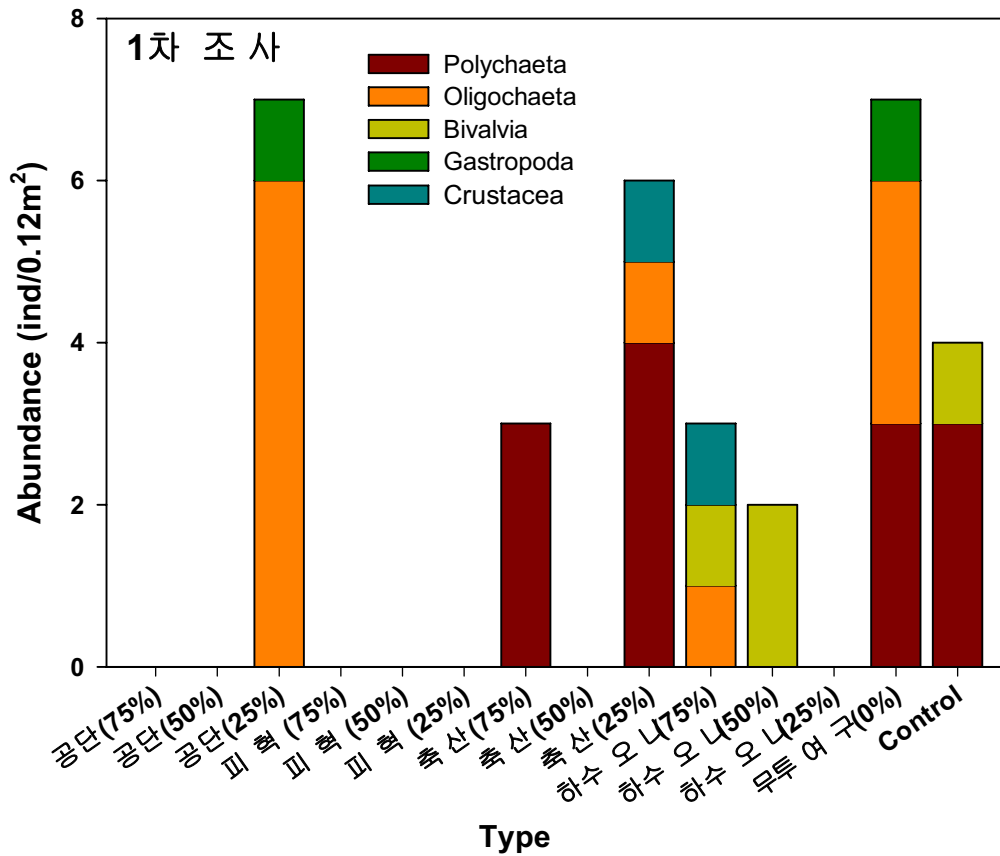


그림 2-11-19. 폐기물 종류에 따른 가입 개체수(개체/0.12m²)

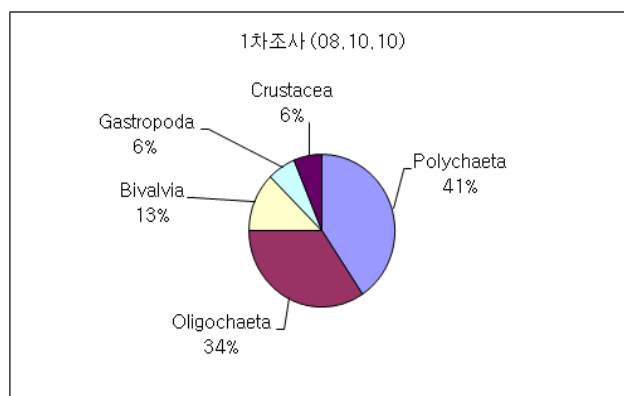


그림 2-11-20. 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성

실험개시 6주 경과 후 2차 조사한 대형저서동물의 종수와 개체수를 비교한 결과는 그림 2-11-21과 같다. 1차 조사와 유사한 형태를 보였으나 종수 및 개체수의 가입이 전체적으로 늘어난 것으로 조사되었으며 공단 75%에서 *Polychaeta*가 1종, *Oligochaeta*가 1종을 나타내었고 25%에서는 *Polychaeta* 1종만 나타났다. 개체수는 종수와 동일하게 공단 75%에서 *Polychaeta*와 *Oligochaeta*가 각각 1개체/0.12m², 25%에서 *Polychaeta*가 1개체/0.12m² 가입되었으며 피혁의 경우 폐기물 농도가 가장 낮은 25% 구간에서 *Polychaeta* 1종이 확인되었다. 1, 2차 조사 결과 피혁에서는 다른 구간과 비교하여 생물 가입이 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 반면, 축산분뇨의 경우에는 75%, 50%, 25% 모든 구간에서 종들이 다양하게 분포하였고 축산 75%구간에서는 *Polychaeta*가 1종, *Crustacea*가 2종, 50%구간에서는 *Polychaeta*가 3종 25%구간에서는 *Oligochaeta*가 1종 가입되었다. 개체수는 축산 75%는 *Polychaeta*가 1개체/0.12m², *Crustacea*가 2개체/0.12m²가 가입되었고 50%구간에서는 *Polychaeta*가 9개체/0.12m²로 타 실험구간에 비교하여 개체수 가입이 높았으며 25%구간에서는 *Oligochaeta*가 1개체/0.12m²가 가입되었다. 하수오니 경우에는 75%, 50%, 25%에서 *Bivalvia*가 각각 1종을 나타내었고, 50% 경우에는 *Polychaeta* 2종, *Oligochaeta* 1종이 가입 되었다.

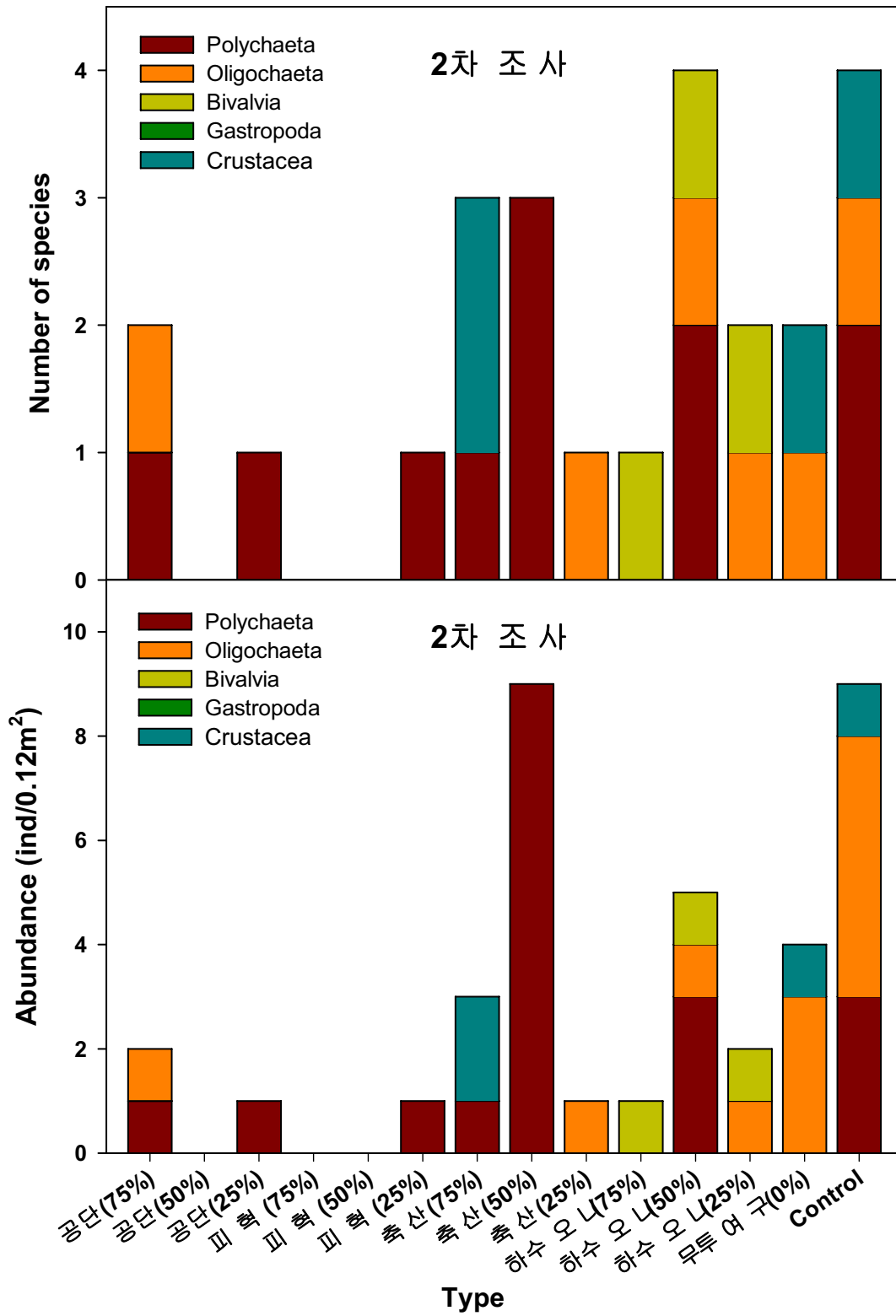


그림 2-11-21. 폐기물 종류에 따른 가입 종수 및 개체수(개체/0.12m²)

하수오니 25%에서는 *Polychaeta* 외에 *Oligochaeta*가 1종이 가입되었으며 개체수의 경우에는 하수오니 75%에서 *Bivalvia*종이 1 개체/0.12㎡, *Polychaeta* 종이 3개체/0.12㎡, *Oligochaeta*와 *Bivalvia*가 각각 1개체/0.12㎡, 25%에서 *Oligochaeta*종과 *Bivalvia*가 각각 1개체/0.12㎡씩 가입 되었다. 대조구 구간으로서 폐기물이 첨가되지 않은 무투여구에서는 *Oligochaeta*와 *Crustacea*가 1종씩 가입되었고, control 구간에서는 *Polychaeta* 2종, *Oligochaeta* 1종, *Crustacea*가 1종이 출현하였다. 무투여구에서는 *Oligochaeta*종이 3개체/0.12㎡, *Crustacea*종이 1개체/0.12㎡ 가입하였고, control 구간에서는 *Polychaeta*종이 3개체/0.12㎡, *Oligochaeta*종이 5개체/0.12㎡, *Crustacea*종이 1개체/0.12㎡가 조사되었다. 5월 microcosm type 실험과 비교하여 개체수와 종수의 차이가 나타났는데 이러한 이유는 계절변화에 따른 생물량의 감소에서 나타나는 것으로 판단된다.

2차 조사결과 실험구에 출현한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 50%로 1차 조사와 비교하여 더욱 높은 비율을 보였고 다음으로는 *Oligochaeta*가 32%, 연체동물 *Bivalvia* 8%를 차지하였으며 *Crustacea*가 6%이었다. 반면 *Gastropoda*는 2차 조사에서 가입되지 않았다(그림 2-11-22).

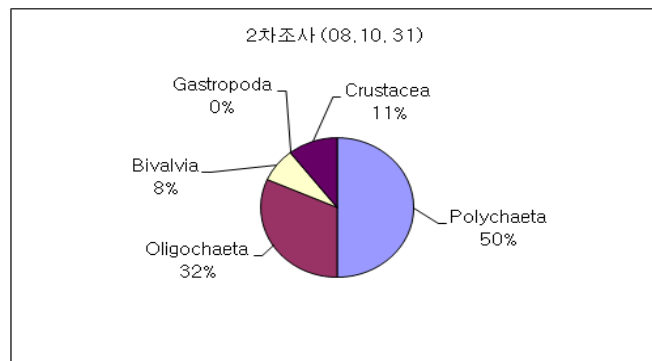


그림 2-11-22. 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성

3차 조사는 실험 종료시인 9주경과 후 실시하였으며 1, 2차 조사와 비교하여 생물량의 가입이 가장 낮은 것으로 조사되었다. 피혁의 경우에는 가입이 없었으며 공단 25%에서 *Polychaeta* 1종과 *Oligochaeta* 1종이 확인되었다. 축산 75%에서 *Oligochaeta*가 1종, 25%에서 *Polychaeta*가 2종, *Bivalvia*가 1종이 가입되었다. 하수오니는 75%와 50% 구간에서 가입이 이루어 지지 않았으며 25%에서 *Polychaeta*가 2종, *Oligochaeta*가 1종이 가입되었다. 반면 폐기물을 첨가하지 않은 무투여구에서는 *Oligochaeta*와 *Crustacea*가 각각 1종이 가입

되었으며 control에서는 *Polychaeta*가 2종, *Oligochaeta*와 *Crustacea*가 각각 1종씩 출현하였다. 또한 개체수의 가입량을 보면 공단 25%구간에서 *Polychaeta* 1개체/0.12m², *Oligochaeta* 2개체/0.12m²가 가입되었고 축산 75%구간에서는 *Oligochaeta* 1개체/0.12m², 25%구간에서는 *Polychaeta* 3개체/0.12m², *Bivalvia* 1개체/0.12m²가 가입되었으며 하수오니 25%에서는 *Polychaeta* 3개체/0.12m², *Oligochaeta* 1개체/0.12m²가 가입되었다. 반면 폐기물이 첨가되지 않은 무투여구에서는 *Oligochaeta*종이 7개체/0.12m², *Crustacea*종이 3개체/0.12m²로서 가장 많은 가입량을 보였다. control 경우에는 *Polychaeta* 4개체/0.12m², *Oligochaeta*과 *Crustacea*가 각각 2개체/0.12m²가 출현하였다(그림 2-11-23).

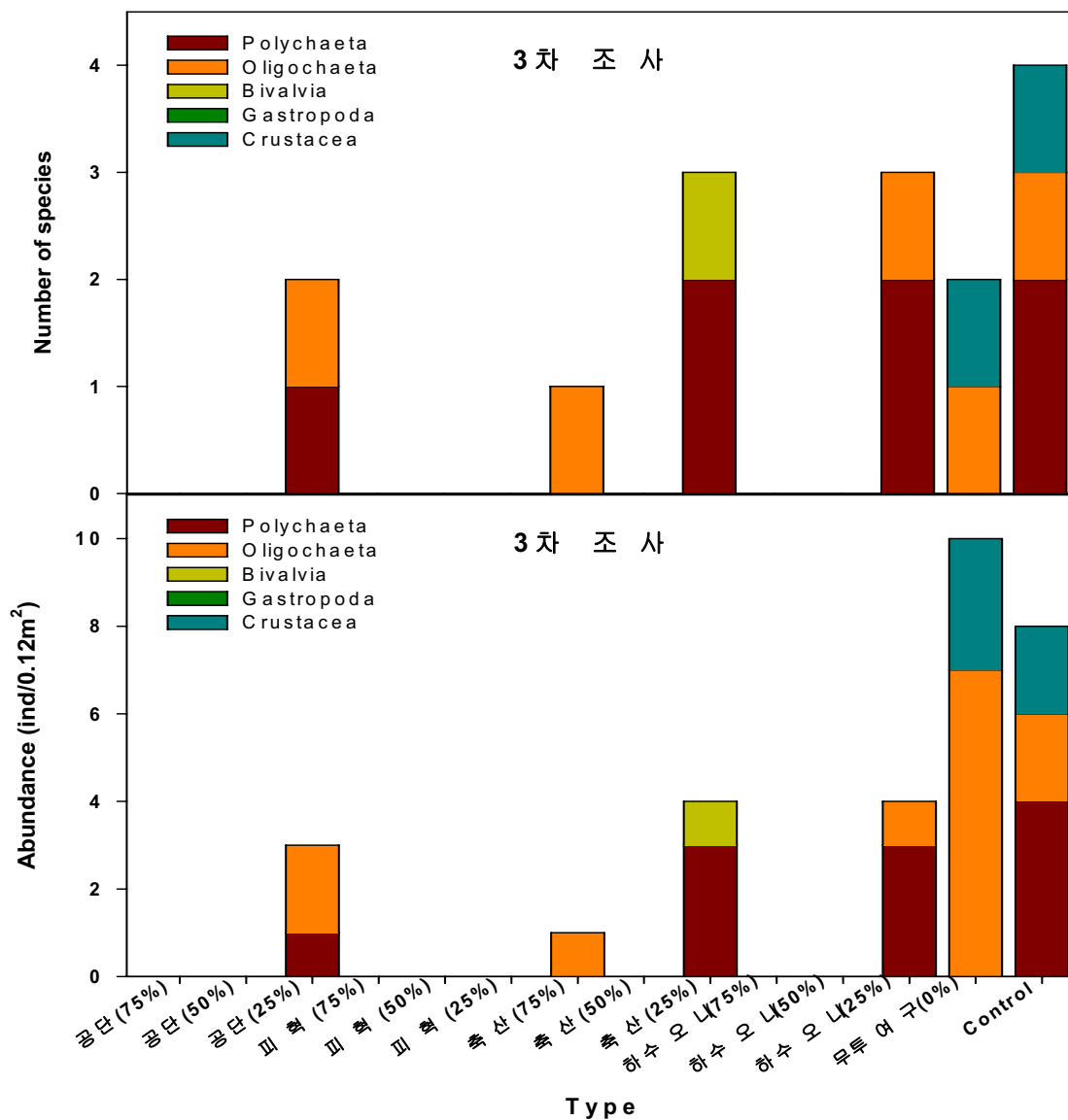


그림 2-11-23. 폐기물 종류에 따른 가입 종수 및 개체수(개체/0.12m²)

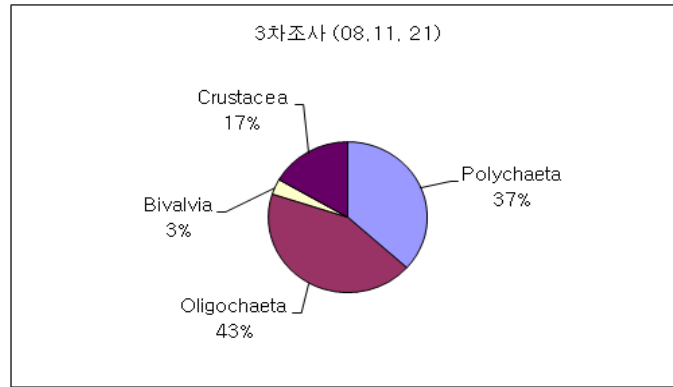


그림 2-11-24. 폐기물 종류에 따른 저서동물의 종조성

3차 조사결과 실험구에 출현한 저서동물 분류군 중 *Oligochaeta*가 43%로 가장 높은 출현을 보였으며 1, 2차 조사에서 가장 출현율이 높았던 *Annelida Polychaeta*가 37%로 낮게 나타났다. 또한 *Crustacea*가 17%, 연체동물 *Bivalvia* 3% 순으로 출현하였으며 *Gastropoda*는 출현하지 않았다(그림 2-11-24).

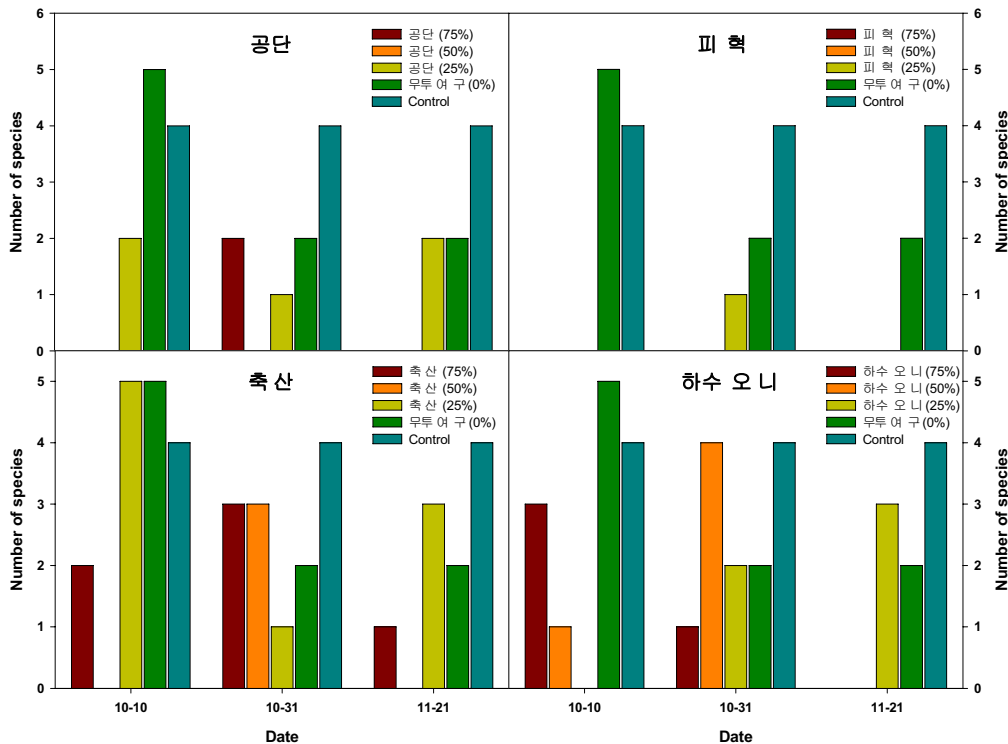


그림 2-11-25. 조사시기에 따른 폐기물의 농도별 가입 종수

조사시기에 따른 폐기물의 농도별 가입 종수는 그림 2-11-25에 나타내었다. 대조구와 비교하여 폐기물을 첨가하지 않은 무투여 구간은 1차 조사시

대조구보다 높은 종수를 보였다가 2차와 3차 조사에서는 종수가 낮아졌다. 공단의 경우는 25%구간에서는 전체 조사기간 동안 종의 가입이 이루어 졌으나 50%구간은 2차시기 2종의 가입을 보였으며 75% 구간에서는 실험기간 동안 가입이 이루어지지 않았다. 또한 축산과 하수오니의 경우는 타 실험구간과 비교하여 높은 가입 종수를 보였는데 축산의 경우 가장 농도가 높은 75% 구간에서도 1, 2, 3차조사 모두 가입이 이루어지는 것으로 나타났고 50%의 구간에서는 2차 조사시기 폐기물을 첨가하지 않은 무투여구와 동일한 종수가 가입되어 타 실험구간과 비교하여 가장 높은 종수의 가입률을 보였다. 하수 오니의 경우 실험개시 후 1차 조사 75%구간에서 가입 종수가 가장 높았으나 이후 감소하는 추세를 보였으며 저농도에서는 시간경과에 따라 가입종수가 늘어나는 것으로 조사되었다. 반면 피혁의 경우 2차 조사 25%구간에서 1종만 가입되었고 다른 조사 시기에는 가입이 이루어 지지 않았다. 이러한 결과 폐기물 종류에 따른 대형저서동물의 가입은 축산, 하수오니, 공단, 피혁 순으로 나타났다.

조사 시기에 따른 폐기물 종류 및 농도별 개체수의 가입을 살펴보면 대조구인 control구간과 비교하여 폐기물을 첨가하지 않은 무투여 구간에서는 대조구와 비슷한 수준의 개체수의 가입이 이루어진 반면 폐기물을 첨가한 구간에서는 축산, 하수오니, 공단, 피혁 순으로 조사되었다(그림 2-11-26).

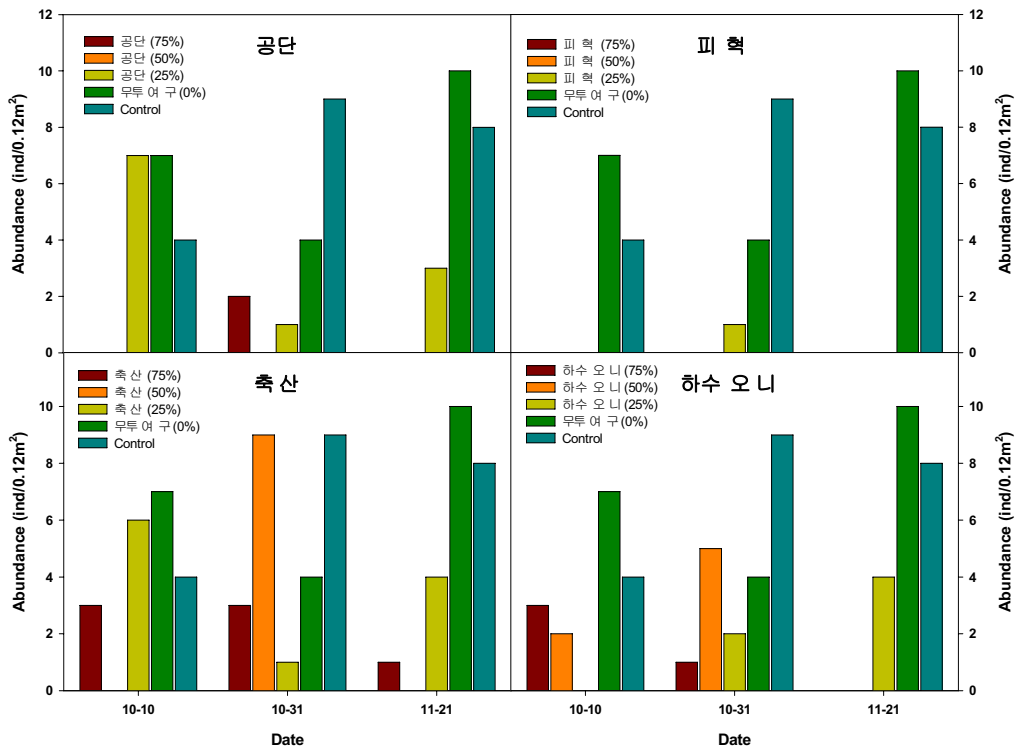


그림 2-11-26. 조사시기에 따른 폐기물 종류 및 농도별 가입 개체수

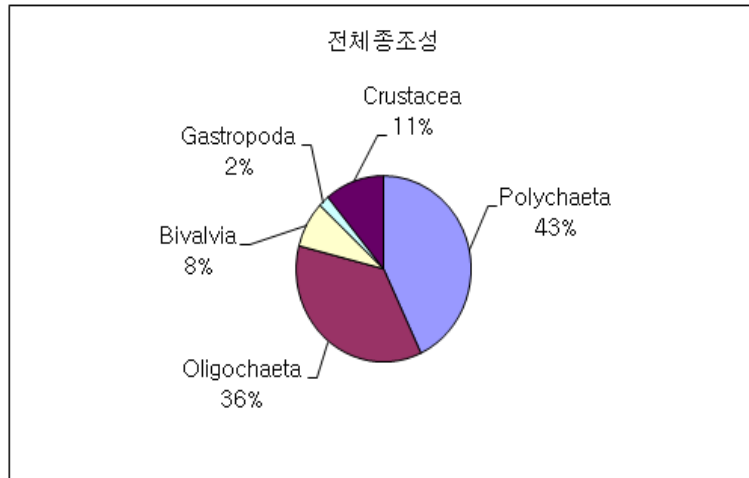


그림 2-11-27. 조사기간 실험구에 가입된 저서동물의 전체 종조성

조사기간 동안 출현한 저서동물 분류군 중 *Annelida Polychaeta* 43%로 가장 높게 가입되었고 다음으로는 *Oligochaeta* 36%를 차지하였으며 *Crustacea* 11%, 연체동물 *Bivalvia* 8%, *Gastropoda* 2% 순으로 나타나 비교적 이동력이 강한 환형동물문에서 높은 가입을 보였다(그림 2-11-27).

(2) 중형저서동물조사

(가) 조사구역별 가입량

1) 서식밀도

폐기물 종류별로 설치된 각 노출기간별 microcosm 실험구에서 수거된 전체 퇴적물을 분석한 결과, 정점별 평균 0~1,765개체/10cm³의 중형저서생물 서식밀도 범위를 보였다(표 2-11-2~4). Microcosm 설치 후 6주 후인 10월 31일에 수거된 시료중 공단, 축산, 하수오니, 피혁 등의 폐기물 종류별로 50%, 75% 혼합된 실험구에서 최저 서식밀도를 나타냈는데 공단과 하수오니 폐기물 실험구에서는 25%를 제외하고는 단 한 개체의 서식도 나타나지 않았다(표 2-11-3). 최대 중형저서동물 서식밀도는 설치 후 3주 지난 첫 번째 수거된 시료인 10월 10일 대조구에서 1,765개체/10cm³로 나타났다(표 2-11-2).

표 2-11-2. 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물
가입 밀도 (unit : 개체/10cm²)

2008. 10. 10	공단			축산			하수오니			피혁			무투여	control
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	0%	
Nematodes	15	5	10	146	19	5	34	13	3	36	3	5	75	1694
Sarcomastigophorans	2			8	3	2							3	54
Harpacticoids												2	2	5
Ostracods														6
Nauplius														5
Turbellarians							2							2
Ciliophorans			2											
total	16	5	11	154	23	6	36	13	3	36	3	6	80	1765

표 2-11-3. 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물
가입 밀도 (unit : 개체/10cm²)

2008. 10. 31	공단			축산			하수오니			피혁			무투여	control
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	0%	
Nematodes	41			143	2		84			106	3		242	1025
Harpacticoids													5	15
Nauplius														2
total	41			143	2		84			106	3		247	1041

표 2-11-4. 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물
가입 밀도 (unit : 개체/10cm²)

2008. 11. 21	공단			축산			하수오니			피혁			무투여	control
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	0%	
Nematodes	86	2	2	57	6	18	21	28	3	32	6	6	573	1223
Sarcomastigophorans	3			6			2						3	130
Harpacticoids	2	3											3	18
Nauplius													2	10
Ostracods														3
Bivalves														2
total	91	5	2	63	6	18	23	28	3	32	6	6	581	1385

Microcosm의 수거 시기별로 각 폐기물 종류별 서식밀도를 비교해 보면, 대조구에서 가장 높은 서식밀도를 시기별로 보였고, 그 다음으로는 무투여구에서 높은 값을 나타냈다(그림 2-11-28). 대조구에서 1,200개체/10cm² 전후의 서식 밀도를 나타낸데 비하여 무투여구에서는 300개체/10cm² 전후의 값을 보였고, 이에 비하여 각 폐기물 종류별 실험구에서는 100개체/10cm² 이하의 상대적으로 낮은 서식밀도를 보였는데, 폐기물 종류별, 혼합비 별로 차이를 보였다(그림 2-11-29).

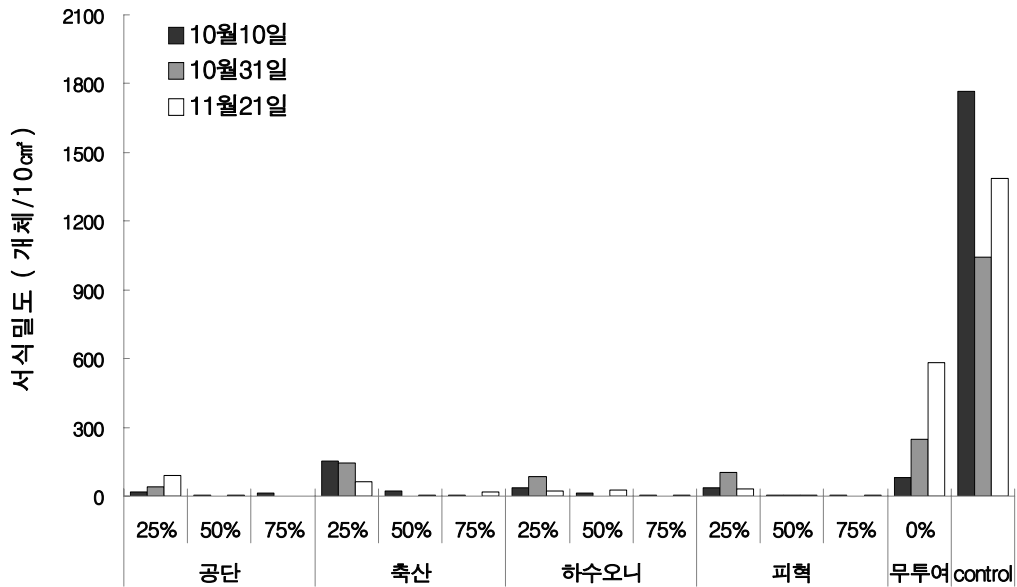


그림 2-11-28. 각 정점별 수거 시기별 전체 microcosm내의 중형저서동물 서식 밀도 비교

무투여구에서 microcosm 설치 후 3주 후인 10월 10일에는 80개체/10cm²의 중형저서동물이 가입하였는데, 6주 후인 10월 31일에는 247개체/10cm², 9주 후인 11월 21일에는 동일시기 대조구의 절반 정도의 서식밀도에 해당되는 591개체/10cm²의 서식밀도를 보여, 시간의 경과에 따라 점차적으로 가입이 증가하는 경향을 잘 나타내었다. 이에 비하여 실험구에서는 각 오염원 종류별로 다소의 차이가 있기는 하지만 25% 처리구에서만 다소의 가입이 나타났다.

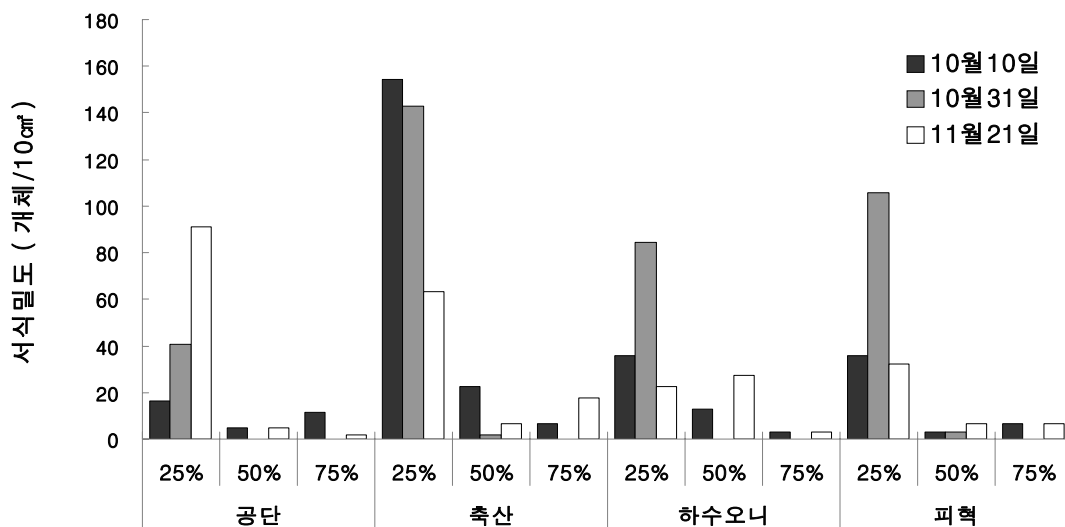


그림 2-11-29. 폐기물 혼합 실험구의 수거시기별 중형저서동물 서식밀도 비교

공단 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 가장 적으나 시간에 따라 점차적으로 증가하는 양상 보였으며, 유기물함량이 가장 높은 축산 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 무투여구보다 높은 가입량을 보이거나 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하는 양상 보였다. 하수오니와 피혁 폐기물의 실험구에서는 소폭 가입후 다소 증가했다가 다시 감소하는 양상을 나타냈다(그림 2-11-29). 각 시기별 실험구의 폐기물 농도 구배별 가입량을 합하여 폐기물 종류별로 가입정도를 비교해보면, 축산>피혁>하수오니>공단 순으로 나타났으나, 피혁과 하수오니와 공단 폐기물은 거의 비슷한 값이었다(그림 2-11-30).

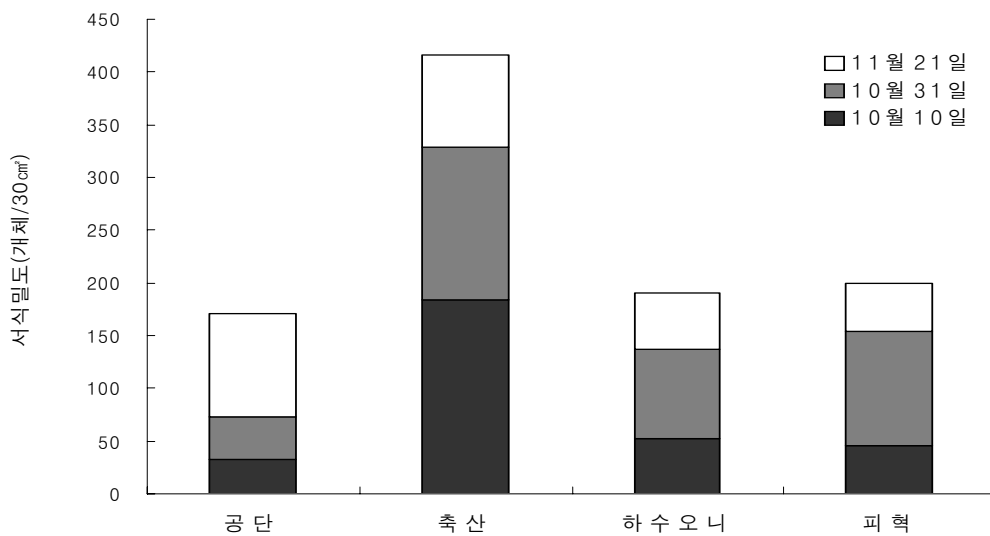


그림 2-11-30. 폐기물 종류별 microcosm에서 출현한 중형저서동물 서식밀도 비교(각 혼합비율 실험구별 합산값)

표 2-11-5. 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량 (unit : $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$)

2008. 10. 10		nematodes	copepods	rhizopods	others	total
공단	25%	6.001		0.666		6.667
	50%	1.989				1.989
	75%	3.638			1.949	5.587
축산	25%	52.877		1.380		54.258
	50%	14.519		0.357		14.876
	75%	2.452		0.666		3.118
하수오니	25%	6.772			0.325	7.097
	50%	2.290				2.290
	75%	0.666				0.666
피혁	25%	9.111				9.111
	50%	2.306				2.306
	75%	0.438	13.317			13.755
무투여	0%	19.366	1.315	0.357		21.039
control		401.120	14.762	9.575	18.598	444.055

2) 생체량

폐기물 종류별로 설치된 각 노출기간별 microcosm 실험구에서 수거된 전체 퇴적물을 분석한 결과, 정점별 평균 0~549 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 의 중형저서생물 생체량 범위를 보였다(표 2-11-5~7). 서식밀도의 분석결과와 거의 비슷한 패턴을 보여서 microcosm 설치 후 두 번째 수거 시기인 10월 31일에 수거된 시료 중에 폐기물 종류별로 50%, 75% 혼합된 실험구에서 최저 생체량 값을 나타냈다(표 2-11-6). 최대 중형저서동물 서식밀도는 설치 후 3번째 수거 시기인 11월 21일 대조구에서 약 594 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 나타났다(표 2-11-7).

표 2-11-6. 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량(unit : $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$)

2008. 10. 31		nematodes	copepods	rhizopods	others	total
공단	25%	12.204				12.204
	50%					
	75%					
축산	25%	52.390				52.390
	50%	0.146				0.146
	75%					
하수오니	25%	26.699				26.699
	50%					
	75%					
피혁	25%	33.000				33.000
	50%	1.039				1.039
	75%					
무투여	0%	70.676	3.946			74.623
control		197.145	9.468		0.325	206.938

표 2-11-7. 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 폐기물 종류별 중형저서동물 생체량(unit : $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$)

2008. 11. 21		nematodes	copepods	rhizopods	others	total
공단	25%	40.105	1.315	0.844		42.265
	50%	0.520	1.445			1.965
	75%	0.146				0.146
축산	25%	12.415		1.093		13.508
	50%	0.958				0.958
	75%	1.608				1.608
하수오니	25%	9.208		0.666		9.874
	50%	8.753				8.753
	75%	0.292				0.292
피혁	25%	13.504				13.504
	50%	2.972				2.972
	75%	2.598				2.598
무투여	0%	172.769	2.631	0.357	0.325	176.082
control		444.538	60.104	37.459	7.314	549.415

Microcosm의 수거 시기별로 각 폐기물 종류별 생체량을 비교해 보면, 서식 밀도와 거의 비슷한 결과를 보여서, 대조구에서 가장 높은 생체량 값을 시기별로 보였고, 그 다음으로는 무투여구에서 높은 값을 나타냈다(그림 2-11-31). 대조구에서 200~600 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 전후의 생체량을 나타내는데 비하여 무투여구에서는 100 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 전후의 값을 보였고, 이에 비하여 각 폐기물 종류별 실험구에서는 50 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 이하의 상대적으로 낮은 생체량 값을 보였는데, 폐기물 종류별, 혼합비 별로 차이를 보였다(그림 2-11-32).

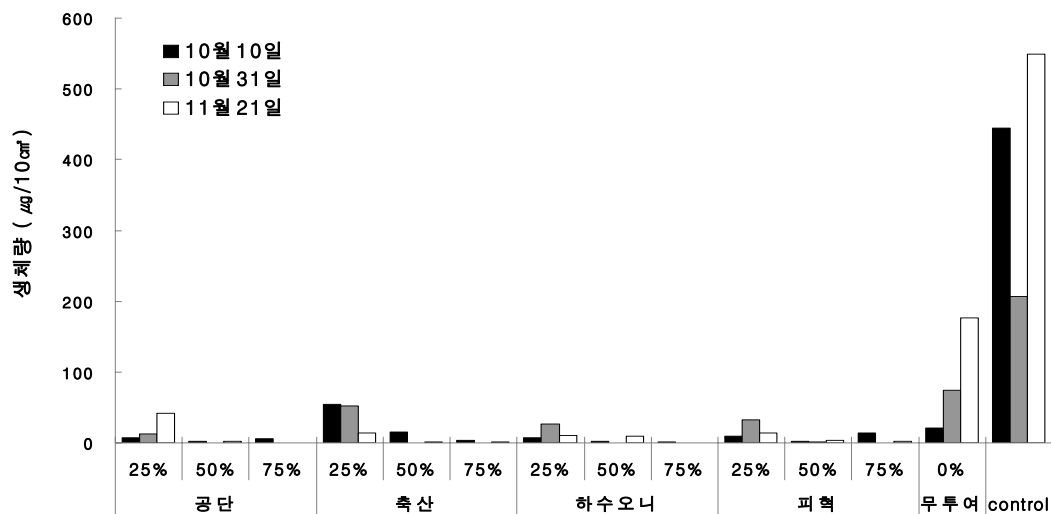


그림 2-11-31. 각 정점별 회수 시기에 따른 중형저서동물 가입 생체량 비교

중형저서동물 서식밀도 변화와 마찬가지로 무투여구에서 microcosm 설치 후 시간의 경과에 따라 점차적으로 가입이 증가하는 경향을 잘 나타내었다. 이에 비하여 실험구에서는 각 오염원 종류별로 다소의 차이가 있기는 하지만 25% 처리구에서만 다소의 가입에 의한 생체량 값이 나타났다. 생체량 분석 결과 역시 공단 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 가장 적으나 시간에 따라 점차적으로 증가하는 양상 보였으며, 유기물함량이 가장 높은 축산 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 무투여구를 웃도는 가입량을 보이거나 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하는 양상 보였다(그림 2-11-32). 하수오니와 피혁 폐기물의 실험구에서는 소폭 가입후 다소 증가했다가 다시 감소하는 양상을 나타냈다(그림 2-11-32). 각 시기별 실험구의 폐기물 농도 구배별 가입 생체량 값을 합하여 폐기물 종류별로 가입정도를 비교해보면, 축산>피혁>공단>하수오니 순으로 나타나서 공단과 하수오니 순서를 제외하고는 서식밀도와 거의 비슷한 패턴을 보였으며, 마찬가지로 피혁과 하수오니와 공단 폐기물은 거의 비슷한 값이었다(그림 2-11-33).

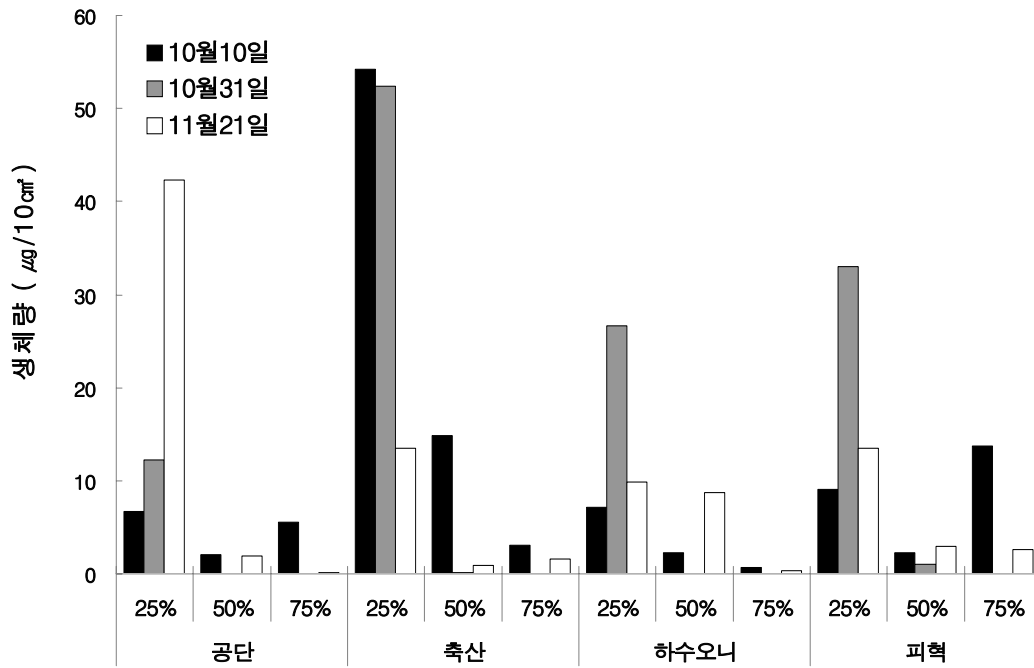


그림 2-11-32. 폐기물 혼합 실험구의 수거시기별 중형저서동물 생체량 비교

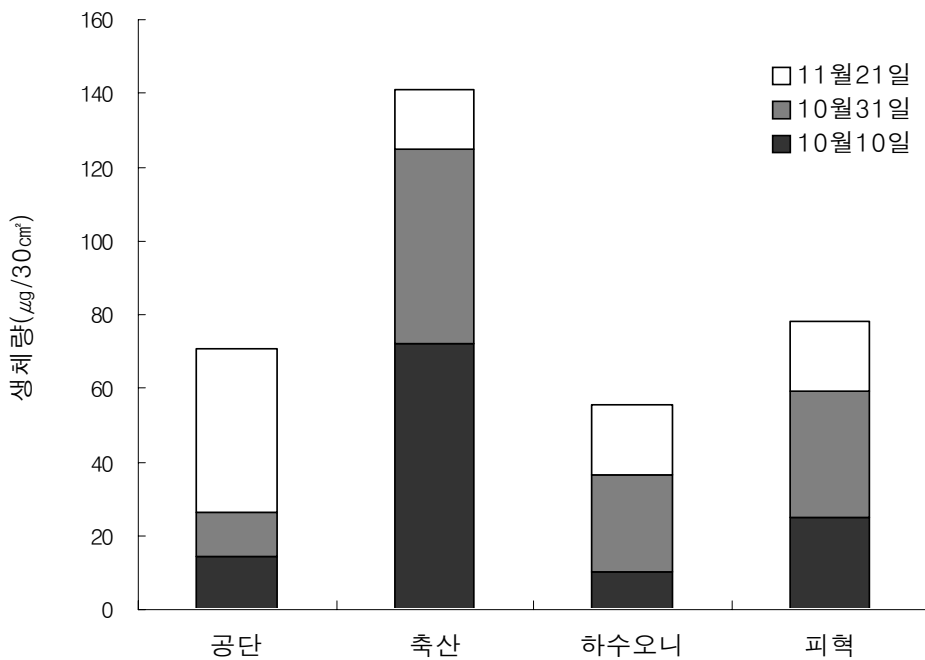


그림 2-11-33. 폐기물 종류별 microcosm에서 출현한 중형저서 동물 생체량 비교(각 혼합비율 실험구별 합산값)

3) 출현 분류군 및 조성비

폐기물 종류별로 설치된 각 노출기간별 microcosm 실험구에서 수거된 전체 퇴적물을 분석한 결과, 정점별 0~6개/10cm²의 중형저서생물 분류군이 출현하였다 (그림 2-11-34). 서식밀도와 생체량 분석 결과와 마찬가지로 최소 출현분류군 수는 microcosm 설치 후 6주 후인 10월 31일에 수거된 폐기물 실험구 시료 중 50%, 75% 혼합된 실험구에서 나타났다. 최대 중형저서동물 출현 분류군 수는 대조구의 10월 10일 수거시기와 11월 21일 수거한 퇴적물에서 6개로 나타났다 (그림 2-11-34).

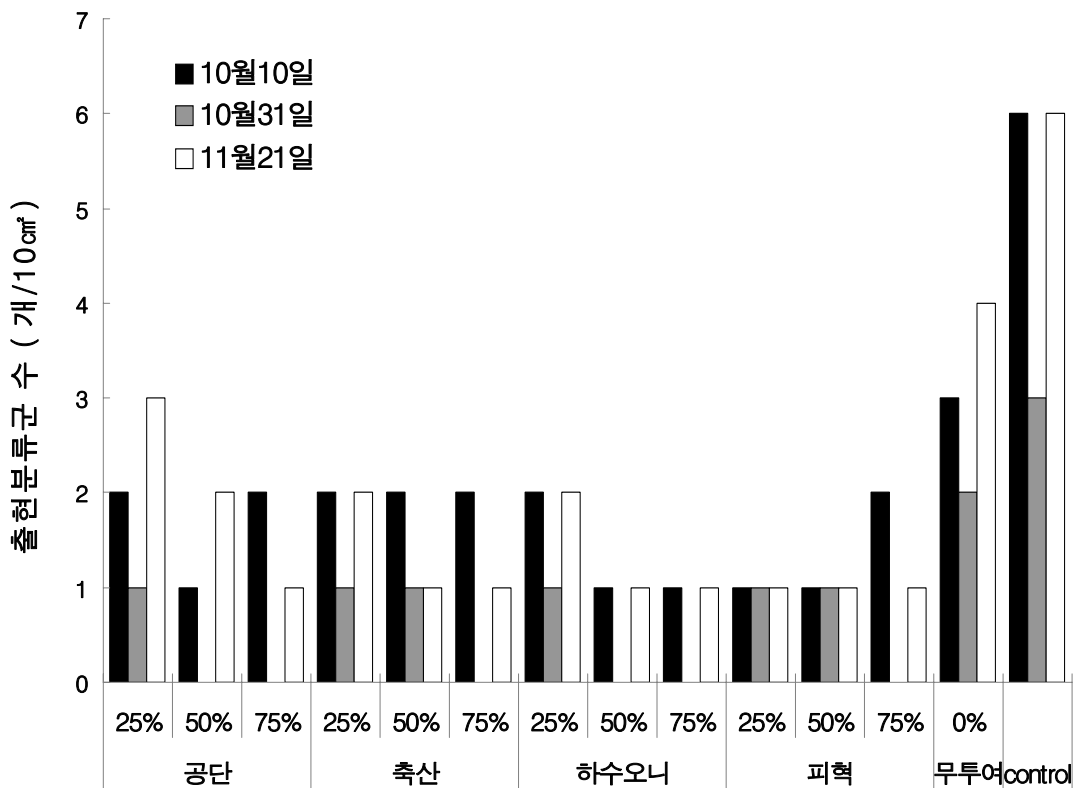


그림 2-11-34. 각 정점별 회수 시기에 따른 가입 중형저서동물 출현 분류군 수 변동 비교

전 조사시기와 전체 처리구를 합해서 가장 우점하게 출현한 중형저서동물은 선충류(*nematodes*)로 나타났으며, 일부 극소수가 출현한 실험구를 제외하고 거의 모든 시료에서 80% 이상의 우점양상을 보였다(그림 2-11-35~37). 그 다음으로 많은 개체수를 보인 분류군은 저서성요각류(*haracticoids*)와 저서유공충류(*sarcomastigophorans*)였다. 그러나, 현장의 실험구에 가입한 중형저서동물의 대부분은 선충류로서 대조구에서의 출현분류군 조성비와 비교할 때, 선충류의 우점양상은 비슷하지만 저서성 요각류의 비율이 실험구에서는 공단과

피혁의 일부 실험구를 제외하고는 거의 나타나지 않았다. 이에 비하여 무투여구는 개체수로는 적지만 저서성 요각류의 가입이 각 조사시기별로 나타나서, 저서성 요각류는 폐기물 처리 실험구 microcosm으로 가입을 회피하는 것으로 추측된다 (그림 2-11-35~37).

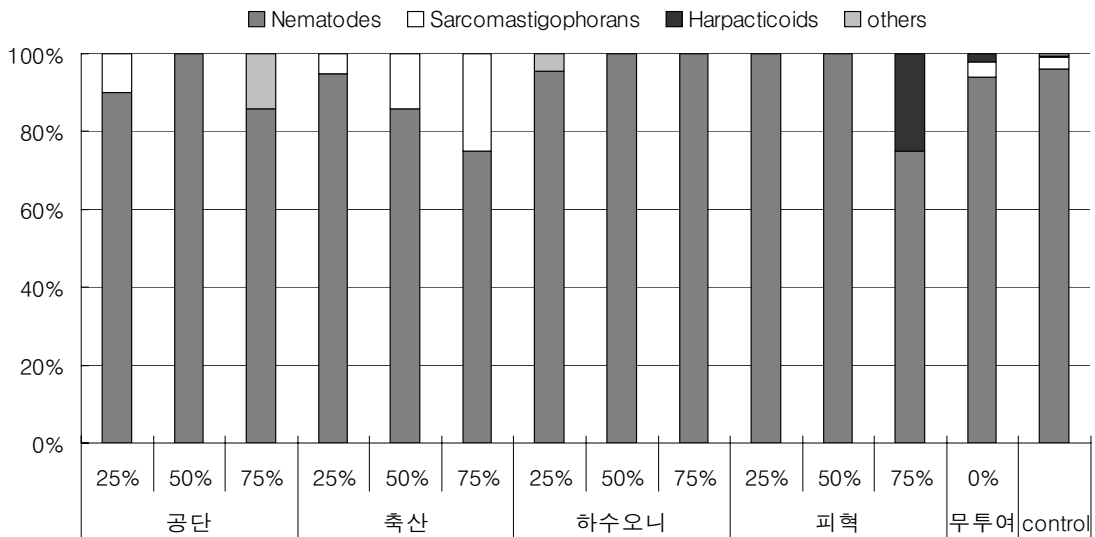


그림 2-11-35. 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류군 조성비 비교

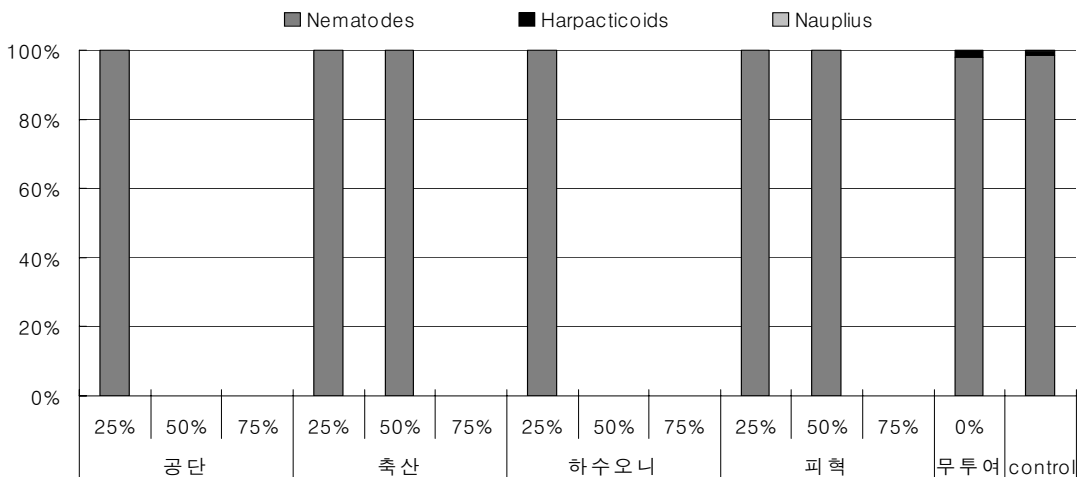


그림 2-11-36. 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류군 조성비 비교

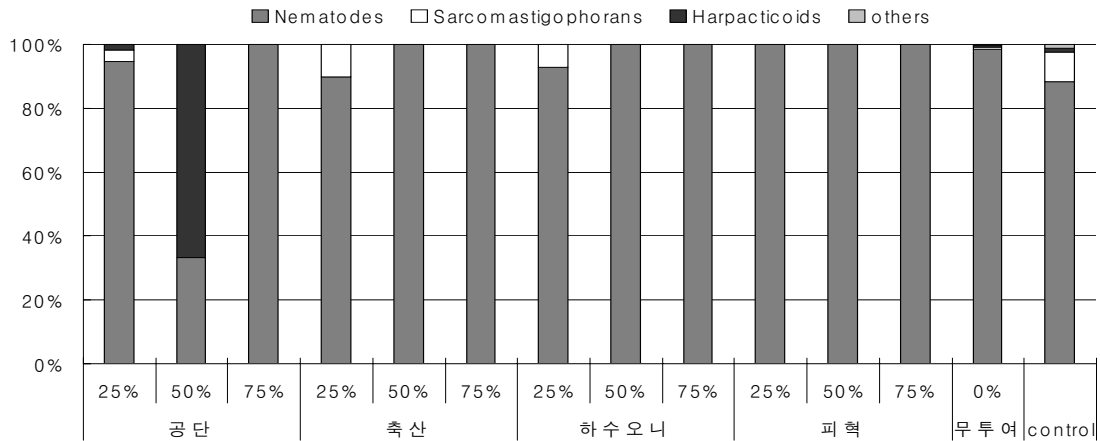


그림 2-11-37. 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 중형저서동물 우점 분류군 조성비 비교

4) 크기별 분포

폐기물 종류별로 설치된 각 노출기간별 microcosm 실험구에서 출현한 중형 저서동물의 크기분포 특성을 분석한 결과, 대부분의 개체들이 0.25mm의 망목의 체를 통과하여 0.125mm의 체에 걸리거나 0.063mm의 체에 걸리는 크기를 가진 개체들이 우점하는 것으로 나타났다(표 2-11-8~10).

표 2-11-8. 2008년 10월 10일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교 (unit : 개체/10cm²)

2008. 10. 10		0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	total
공단	25%		3	8	3	2	16
	50%		2		2	2	5
	75%		2	6	3		11
축산	25%	2	18	70	58	6	154
	50%	2	5	6	10		23
	75%		2	3	2		6
하수오니	25%		2	10	21	3	36
	50%			5	8		13
	75%			2	2		3
피혁	25%		3	11	21		36
	50%		2	2			3
	75%		2		5		6
무투여	0%		6	29	39	5	80
control		15	62	611	1010	68	1765

표 2-11-9. 2008년 10월 31일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교
(unit : 개체/10cm²)

2008. 10. 31		0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	total
공단	25%		6	11	11	11	41
	50%						
	75%						
축산	25%	3	11	70	45	13	143
	50%				2		2
	75%						
하수오니	25%		15	23	31	16	84
	50%						
	75%						
피혁	25%	5	5	6	54	36	106
	50%			3			3
	75%						
무투여	0%	5	15	84	84	58	247
control		6	34	258	529	213	1041

표 2-11-10. 2008년 11월 21일 수거된 실험구의 중형저서동물 체크기별 가입량 비교
(unit : 개체/10cm²)

2008. 11. 21		0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	total
공단	25%		24	37	28	2	91
	50%			3	2		5
	75%				2		2
축산	25%		3	19	37	3	63
	50%			2	5		6
	75%				18		18
하수오니	25%		6	5	11		23
	50%		3	13	11		28
	75%				3		3
피혁	25%		6	18	6	2	32
	50%		2	3	2		6
	75%		2	2	3		6
무투여	0%	6	36	265	266	8	581
control		18	122	742	468	36	1385

시기별로 보면, 10월 10일 첫 번째 수거 시료에서는 폐기물 종류별로 공단, 축산, 피혁 폐기물 처리구에서 상대적으로 큰 크기인 0.25mm의 체에 걸리는 개체들이 다수 출현하였으나,공단 폐기물 실험구와 무투여구에서는 전 노출

기간에서 비슷한 값을 보였고, 축산 폐기물 실험구에서는 노출기간이 늘어나면서 이보다 작은 크기의 개체의 서식비율이 높아지는 양상을 보였다(그림 2-11-38~40). 전반적으로 무투여구와 대조구는 거의 비슷한 크기별 조성비를 보여서, 자연상태에서 크기별 가입양상의 차이는 거의 없는 것으로 보인다. 각 시기에서 출현한 중형저서동물의 크기별 값을 합산하여 이를 무투여구 및 대조구와 비교한 결과, 비교적 차이를 나타낸 실험구는 공단 폐기물 처리구와 피혁 폐기물 처리구로 나타났다(그림 2-11-41).

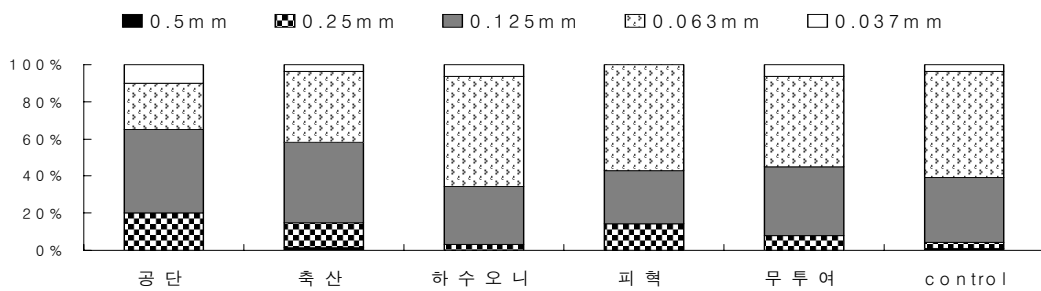


그림 2-11-38. 2008년 10월 10일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교

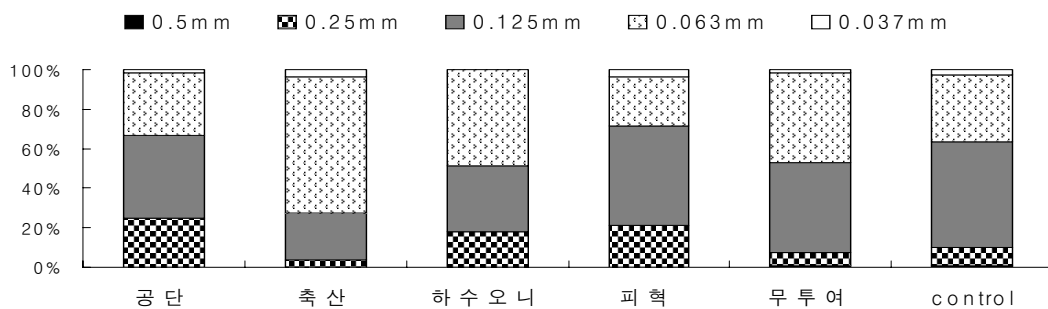


그림 2-11-39. 2008년 10월 31일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교

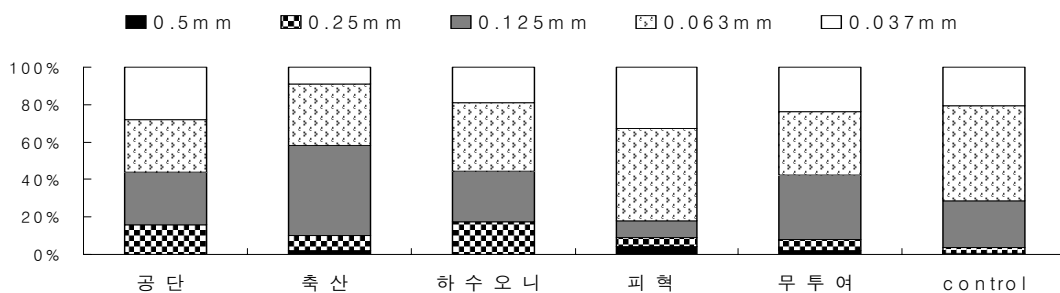


그림 2-11-40. 2008년 11월 21일 수거된 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교

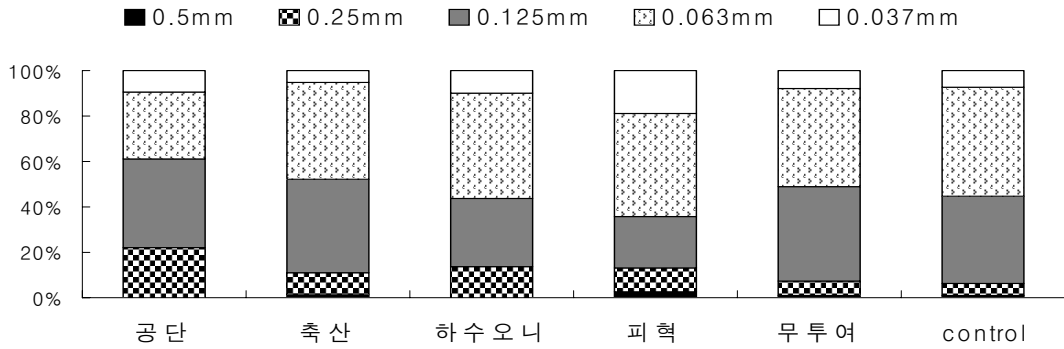


그림 2-11-41. 전체 시기별로 합산된 각 실험구에서 출현한 중형저서동물 크기별 조성비 비교

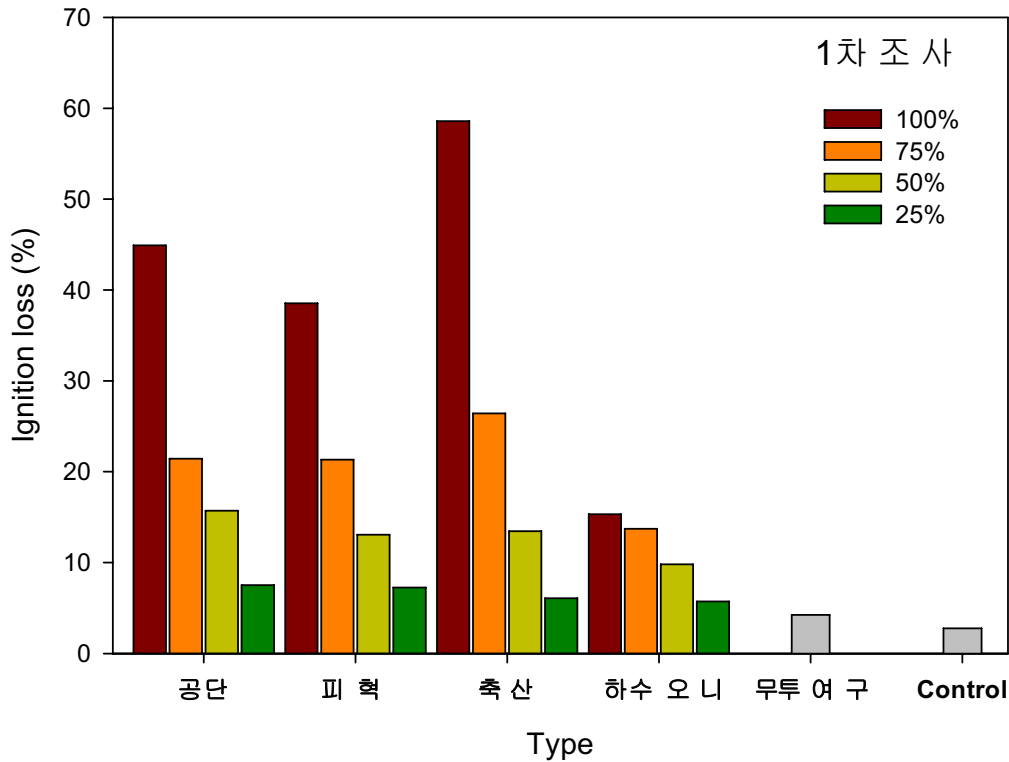


그림 2-11-42. 폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화

다. 해양배출 폐기물 유기물 자연분해능력 평가

(1) 강열감량(Ignition Loss)

유기물 함량의 정도를 간접적으로 나타내는 강열감량은 실험개시시 깃별에 매립하기 전에 실험구간별로 채취하여 조사하였으며 범위는 2.8~58.6%로 조사되었다. 실험 현장에서 채취한 깃별 control구간에서는 2.8%로 가장 낮았으며

폐기물을 첨가하지 않은 무투여구에서는 4.2%로서 control 구간과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 반면 폐기물 함량 100%구간에서는 15.3~58.6%의 범위를 보임으로서 폐기물 종류에 따른 유기물 함량의 차이가 뚜렷하였으며 축산의 경우 58.6%로서 가장 높은 유기물 함량을 보였고 하수오니는 15.3%로 폐기물 실험 구간에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 또한 폐기물 농도가 낮아지면 유기물 함량도 낮아지는 것으로 조사되었다(그림 2-11-42).

갯벌에 매립하여 3주 경과 후 2차 조사에서는 2.9~20.5%의 범위로 조사되었고 control 구간에서 2.9%로 가장 낮았으며 축산 75%구간에서 20.5%, 공단 75% 구간에서는 19.8% 그리고 피혁 75% 구간에서 18.5%의 순으로 유기물 함량이 높은 것으로 나타났다. 2차 조사에서도 폐기물 농도가 낮아지면 유기물 함량이 낮아지는 것을 볼 수 있었다(그림 2-11-43).

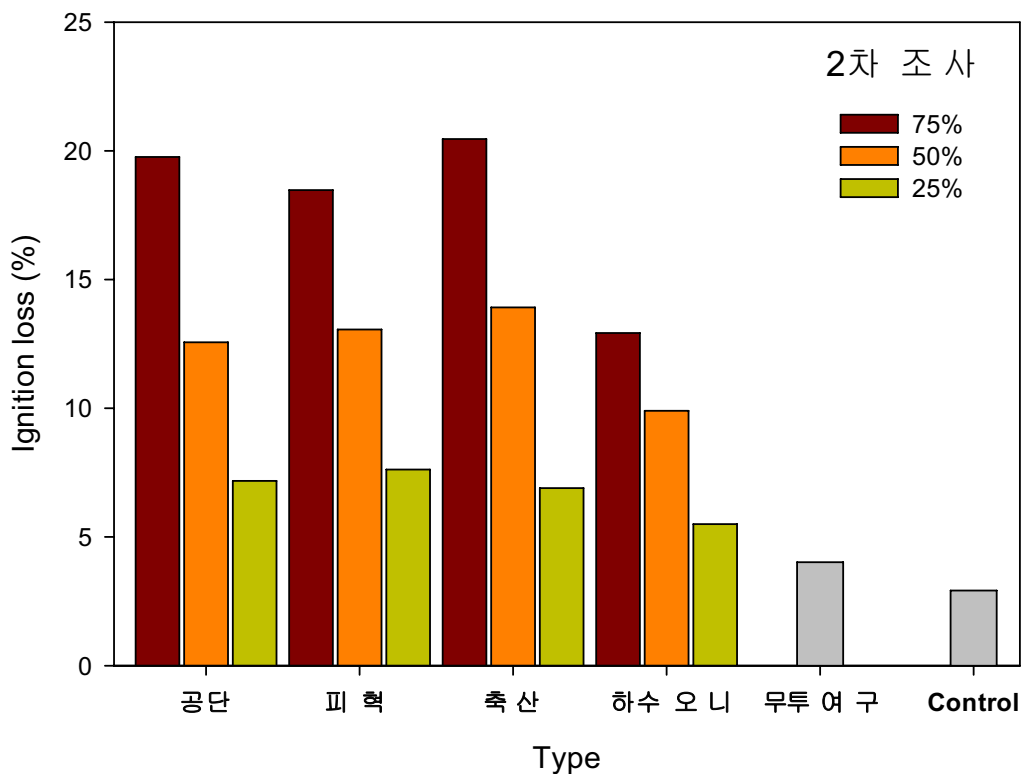


그림 2-11-43. 폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화

갯벌 매립 6주 경과 후 3차 조사는 4.2~23.2%의 범위로 조사되었다. control 구간에서 4.2%로 2차 조사 시보다 약간 높은 값을 보였으며 피혁 75% 구간에서 23.2%, 축산 75%구간에서는 20.7% 그리고 하수오니 75% 구간에서 18.5%의 순으로 나타났다. 2차 조사까지는 축산 75% 구간에서 가장 높은 값을

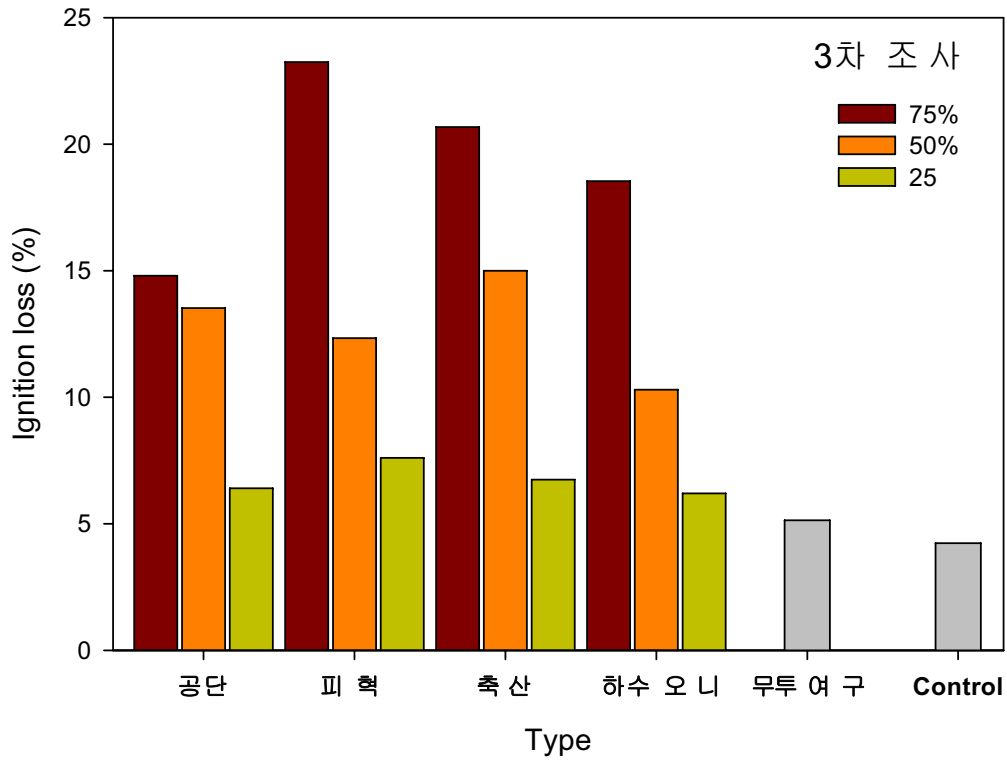


그림 2-11-44. 폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화

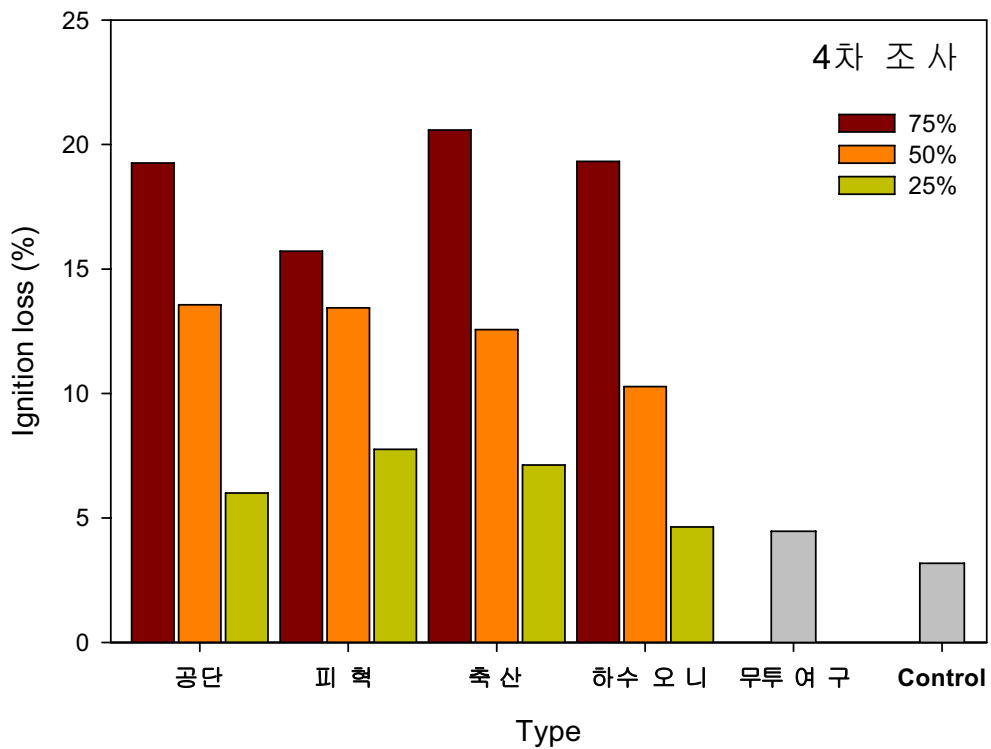


그림 2-11-45. 폐기물 종류 및 농도에 따른 강열감량 변화

보였으나 3차 조사에서는 피혁 75%의 구간이 가장 높게 나타나 유기물의 분해 속도는 폐기물의 종류에 따라 차이를 보이는 것으로 나타났다(그림 2-11-44).

실험종료시인 갯벌 매립 9주 경과 후 4차 조사는 3.2~20.6%의 범위로 조사되었다. control 구간에서는 3.2%이었으며 폐기물을 첨가하지 않은 무투여구는 4.5%를 나타냈다. 축산 75%구간에서 20.6%, 하수오니 75%구간에서는 19.3% 그리고 공단 75% 구간에서 19.3%의 순으로 나타났다(그림 2-11-45).

시간경과에 따른 폐기물내의 유기물 함량 변화를 그림 2-11-46에서 살펴보면 폐기물 농도에 따른 유기물 함량은 낮아지는 것으로 나타난 반면 시간 경과에 따른 유기물의 감소 변화는 실험종료시인 4차 조사까지 폐기물 전체 구간에서 차이가 나타나지 않았다. 이는 폐기물이 탈수 케익이라는 특성상 자연 분해되는 속도의 차이라고 판단되며 향후 장기간 노출에 따른 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

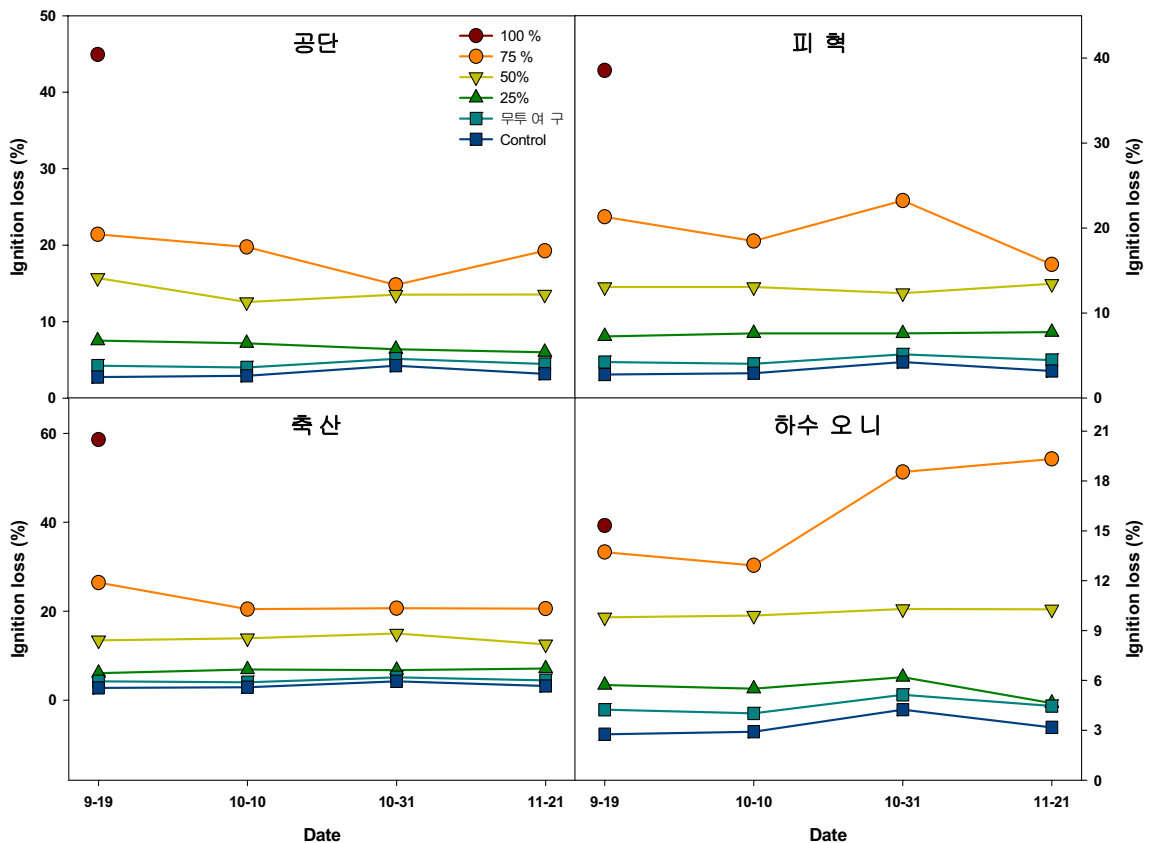


그림 2-11-46. 폐기물의 시간 경과에 따른 저질내 강열감량 변화

(2) SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 활성도를 이용한 유기물 분해 평가

SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 활성도를 이용한 유기물의 분해과정을 살펴본 결과, 1차 조사에서는 축산의 경우 CFU가 가장 낮게 조사되었고 하수오니의 경우 control 구간에서 가장 높은 CFU 수치를 보였다. 또한 피혁의 경우 폐기물 함량이 높을수록 *B.cepacia*의 CFU 값이 가장 높은 것을 볼 수 있었는데 이는 피혁을 *B.cepacia*가 더 잘 분해함으로서 cell의 증가를 보이는 것으로 판단된다. 2, 3차 조사에서는 1차 조사와 비교하여 control과 SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 CFU 값이 전체적으로 떨어지는 경향을 보였다. 이러한 원인은 쉽게 분해될 수 있는 유기물(아미노산, 다당류 등)이나 전자 수용체가 줄어드는 것으로 판단된다(그림 2-11-47).

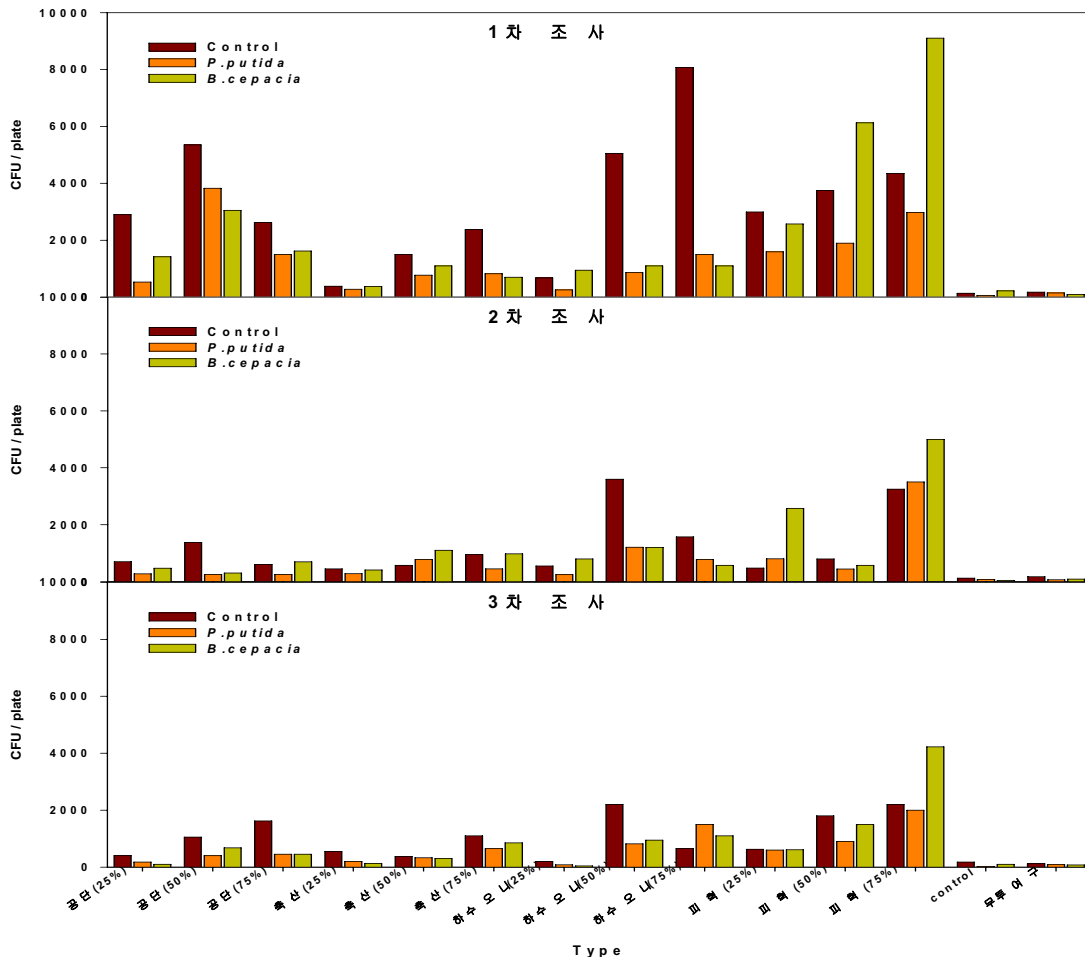


그림 2-11-47. SRB(Sulfate Reducing Bacteria)의 활성도를 이용한 유기물의 cell수 변화

시간경과에 따른 폐기물 25% 구간의 유기물 cell 수의 변화를 살펴보면 무투여구나 control의 경우 박테리아 CFU 값이 매우 낮고 변화가 전혀 없는 것으로 조사된 반면, 공단과 피혁에서 CFU 값이 가장 높게 나왔다. 또한 두 종류의 SRB는 피혁속의 유기물에서 가장 잘 자라는 것으로 나타났으며 특히 *B.cepacia*가 더 효과적인 것으로 나타났으나 약 두 달 후에는 이들의 활성도가 상당히 떨어지는 것을 볼 수 있었는데 이는 이 두 박테리아의 분해능력이 제한적인 것으로 판단된다(그림 2-11-48).

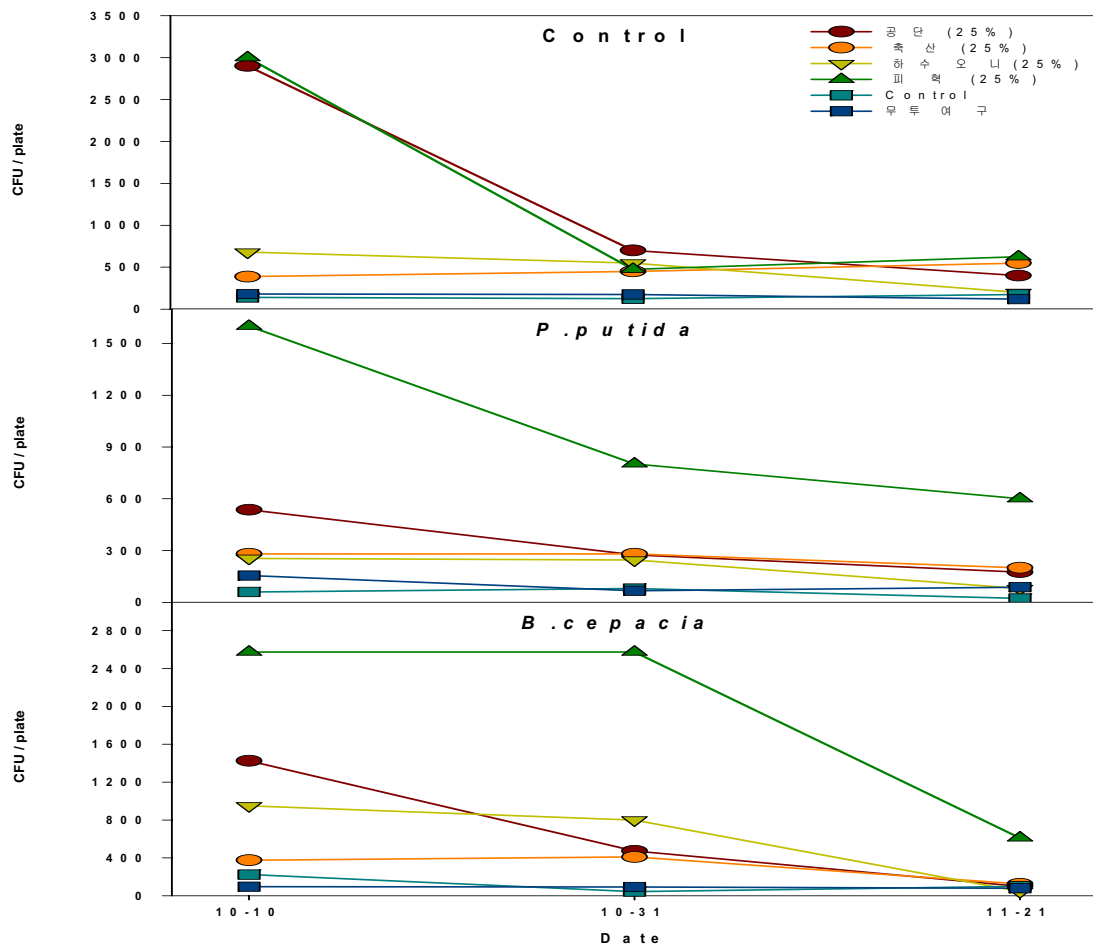


그림 2-11-48. 시간 경과에 따른 폐기물 25%구간의 유기물 cell수 변화

시간경과에 따른 폐기물 50% 구간의 유기물 cell 수의 변화를 살펴보면 무투여구나 control의 경우 25% 구간과 비슷한 박테리아의 CFU 값이 매우 낮고 변화가 전혀 없는 것으로 조사되었으며 공단과 하수오니에서 CFU 값이 가장 높게 나타났다. *B.cepacia*는 25%와 마찬가지로 피혁에서 CFU가 가장 높게 나타났고 CFU가 *P.putida*의 약 2배의 수치를 보였다. 따라서 *B.cepacia*가 피혁폐기물 분해에 더 효과적으로 판단되지만 약 두 달 후에는 이들의 활성도가 상당히 떨어지고 있는 것으로 나타나 두 박테리아의 분해능력이 제한적인 것으로 생각된다(그림 2-11-49).

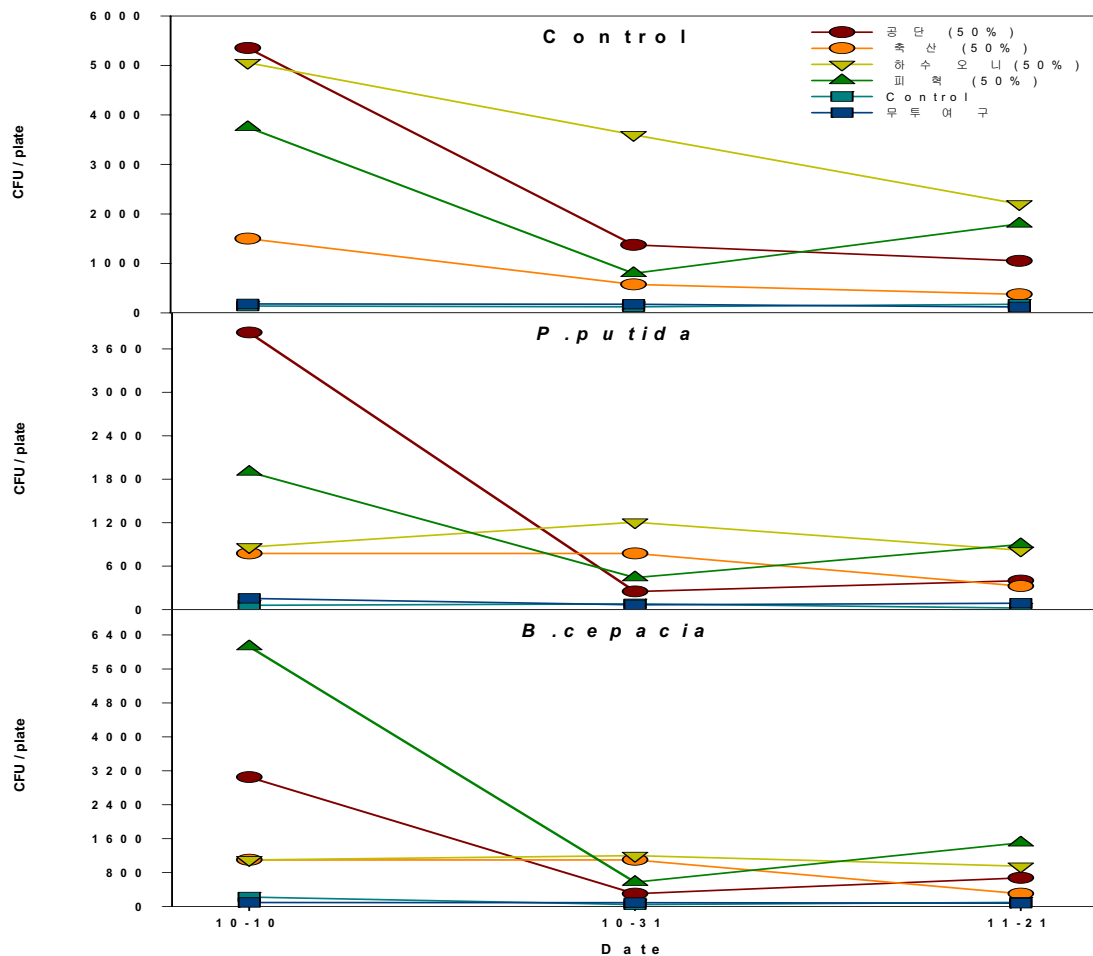


그림 2-11-49. 시간 경과에 따른 폐기물 50%구간의 유기물 cell수 변화

시간경과에 따른 폐기물 75% 구간의 유기물 cell수의 변화를 살펴보면 무투여구나 control의 경우 박테리아의 CFU가 매우 낮고 변화가 전혀 없었다. Control의 경우 하수오니에서 CFU가 가장 높게 나왔고 두 SRB들은 25%에서 보인바와 같이 피혁에서 가장 높게 나왔다. 실험 종료시에도 두 박테리아의 CFU가 높은 값을 유지하고 있음을 알 수 있었다(그림 2-11-50).

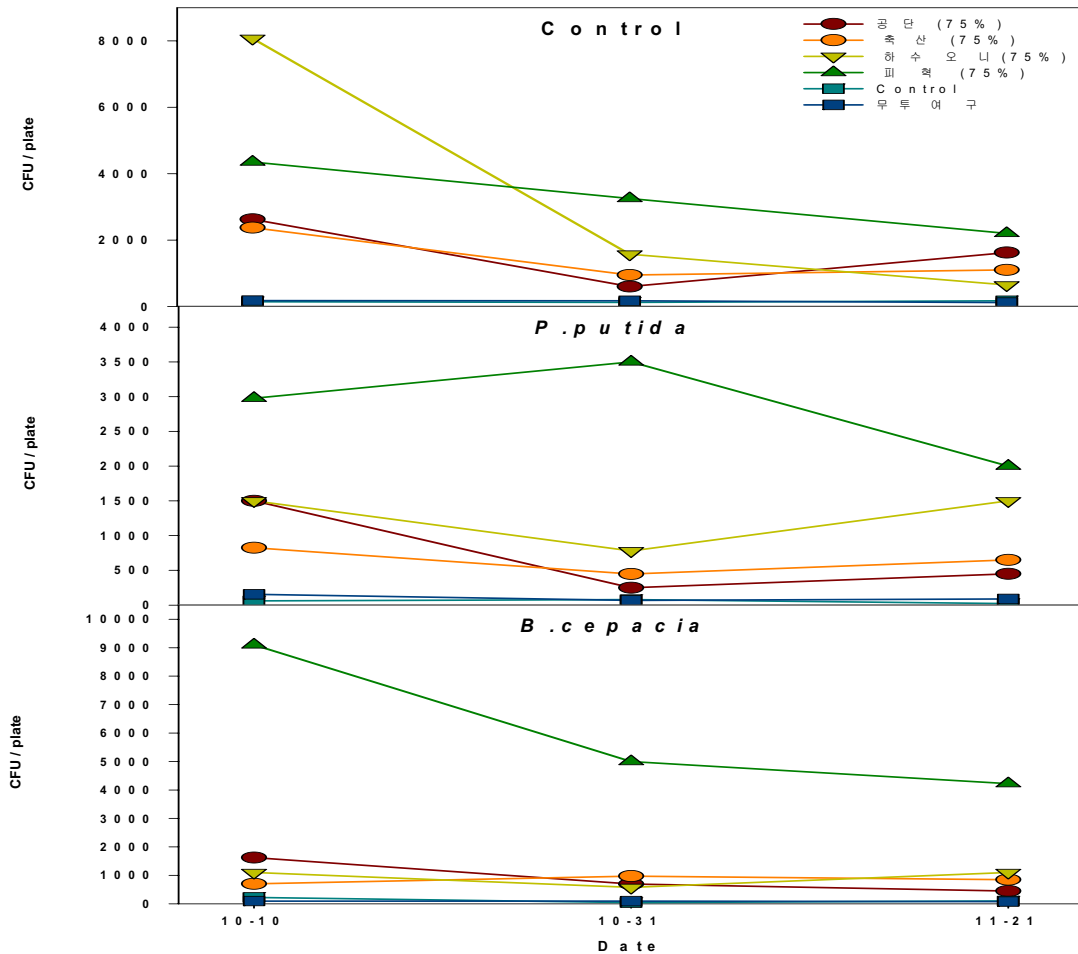


그림 2-11-50. 시간 경과에 따른 폐기물 75%구간의 유기물 cell수 변화

라. PFU(polyurethane foam unit)를 이용한 내서생물 영향평가

(1) 서식밀도

폐기물 종류별로 설치된 각 노출기간별 전체 PFU 실험구에서 수거된 물질을 분석한 결과, 정점별 평균 0~76개체의 중형저서생물이 출현하였다(표 2-11-11).

표 2-11-11. 각 수거 시기별 오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 분류군별 개체수 (unit : 개체/PFU)

taxon	공단									축산								
	10. 10			10. 31			11. 21			10. 10			10. 31			11. 21		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
Nematodes	15	8		8	1	2	3	7	1	24	17	10	2	11	27	3	7	1
Cumaceans									2									3
Polychaetes	1									1		1						
Amphipods															1			
Harpacticoids																		
Bivalves																		
Ostracods																		
Insects																		
total	16	8		8	1	2	3	7	3	25	17	11	2	11	28	3	7	4
taxon	하수오니1									하수오니2								
	10. 10			10. 31			11. 21			10. 10			10. 31			11. 21		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
Nematodes	9	16	5	1	17	6		29	8	9	18	3	1	3	4	1	4	9
Cumaceans																		
Polychaetes						1							1					
Amphipods																		
Harpacticoids																		
Bivalves																		
Ostracods																		
Insects																		
total	9	16	5	1	17	7		29	8	9	18	3	2	3	4	1	4	9
taxon	하수오니3									control								
	10. 10			10. 31			11. 21			10. 10			10. 31			11. 21		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
Nematodes	8	4	2	1	2	6	56	8	51	60	12	10	76	23	16	1	5	14
Cumaceans																1		5
Polychaetes																		
Amphipods														3				
Harpacticoids									1	1		1						
Bivalves														1				1
Ostracods																		1
Insects										1								
total	8	4	2	1	2	6	56	8	52	62	12	11	76	27	16	2	5	21

단 한 개체도 가입하지 않은 PFU 실험구는 10월 10일 수거된 공단 PFU 중 가장 작은 공극을 가지는 실험구로 나타났으며, 가장 많은 개체가 가입한 실험구는 PFU 설치 후 6주 후인 10월 31일에 수거된 대조구 시료 중 가장 큰 공극을 가지는 PFU로 나타났다.

각 시기별, 폐기물 종류별, 공극의 크기별로 각각 다른 가입양상을 보였는데, 전반적으로 대조구에서의 가입량이 크게 나타났으며, 하수오니1, 3 처리구를 제외하고 대부분 가장 오래 노출된 12월 21일 수거된 PFU에서 낮은 서식양상을 보였다(그림 2-11-51). 폐기물 처리된 PFU에서 초기 가입은 축산 폐기물 처리구에서 가장 높은 서식밀도를 보였으며, 시간 경과에 따라 감소하였다. 가장 낮은 초기 가입율을 보인 하수오니3 처리구는 3차 수거된 11월 21일 처리구에서 선충류의 매우 높은 서식밀도가 나타났다. 대조구에서는 3차 수거시기에 매우 감소한 출현 개체수를 보였다. 하수오니 처리구에서는 하수오니 3의 3차 수거를 제외하고는 전반적으로 하수오니 1의 PFU 에서 가장 높은 가입률을 보였다(그림 2-11-51).

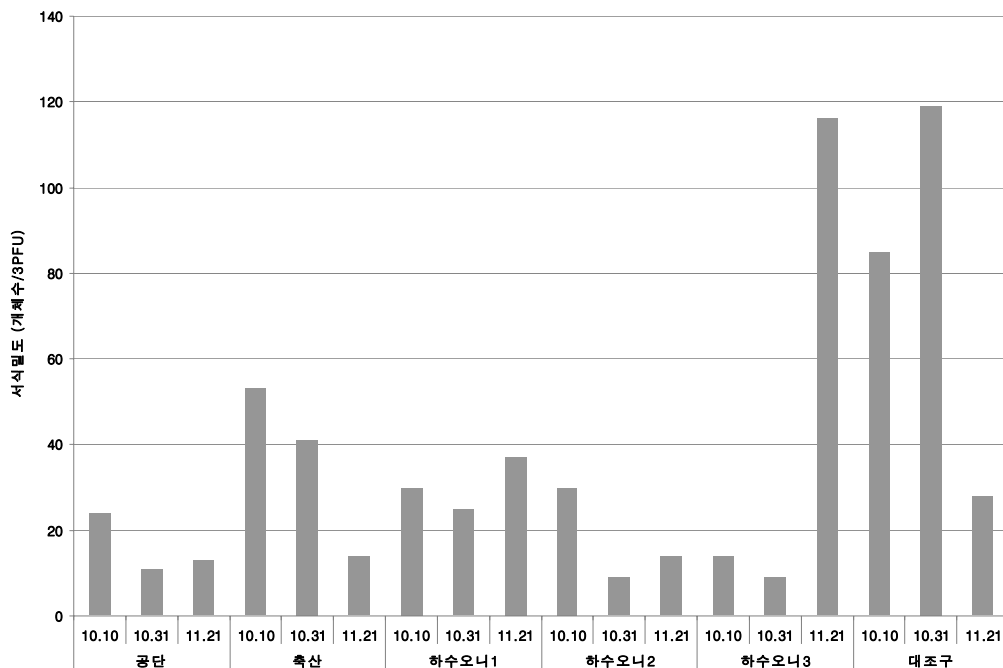


그림 2-11-51. 각 수거 시기별 오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 개체수 비교(각 PFU mesh 크기별 합산량)

시기별로 폐기물 처리구와 대조구를 합하여 비교한 결과, 대조구의 편차가 크게 나타나는 했지만 대조구에서는 초기 가입량이 크고 노출시간이 경과하면서

서식량이 증가하다가 감소하는 경향을 보이는데 비하여 폐기물에서는 초기 가입이 상대적으로 적고, 시간 경과에 따라 일부정점을 제외하고 감소하는 경향이 나타났다(그림 2-11-52).

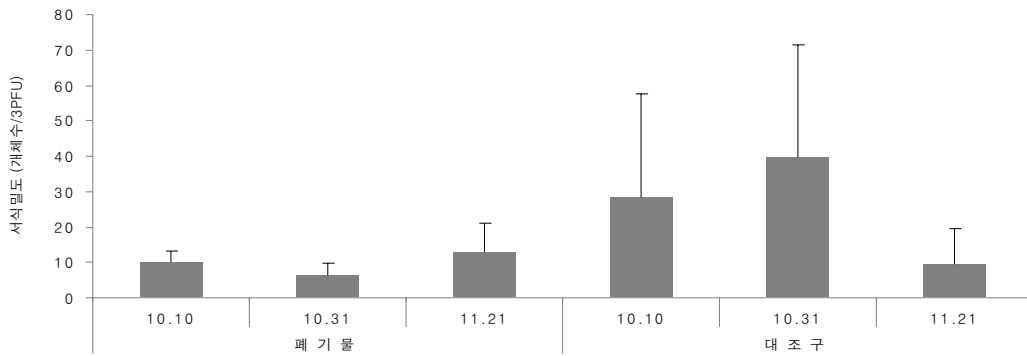


그림 2-11-52. 실험구와 대조구의 시기별 PFU에 가입한 저서생물 평균 개체수 비교

각 폐기물 종류별 처리구에서의 가입양상을 비교하기 위해 전시기의 각 공극크기별로 가입 개체수를 합하여 비교한 결과, <대조구><하수오니3><축산><하수오니1><하수오니2><공단> 순으로 나타났으나 공단과 하수오니1 폐기물은 거의 비슷한 값이었다(그림 2-11-53).

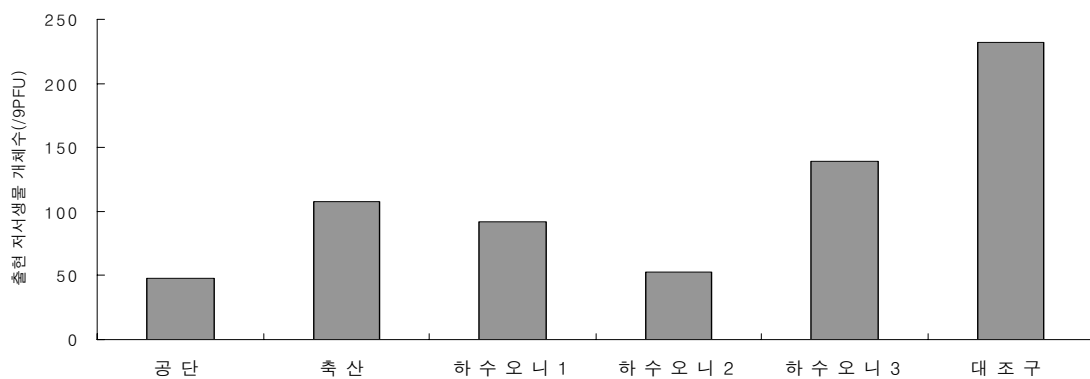


그림 2-11-53. 오염물 종류에 따라 PFU에 가입한 저서생물 개체수 비(시기별, 크기별 PFU 합산량)

가입한 저서생물상을 살펴보면, 전체적으로 선충류가 가입 생물 중 가장 높은 비율을 차지하고 있었으며, 특히 폐기물 처리 실험구 PFU의 대부분에서 일부정점을 제외하고 선충류만 가입한 양상을 보였다(표 2-11-11). 이에 비하여

대조구에서는 PFU별로 1~4개 종류의 중형저서동물 분류군이 출현하였는데, 쿠마류와 단각류, 저서성 요각류, 이매패류 등이 1~5개체의 서식밀도로 나타났다. 폐기물 처리구에서는 다모류 3개체와 저서성 요각류 1개체를 제외하고는 전 정점에서 선충류만 가입하였다.

각 실험구의 PFU에 적용된 공극의 크기별 가입양상 차이를 비교하기 위해 폐기물 처리구와 대조구의 각 시기별, 폐기물 종류별 출현개체수를 공극 크기별로 합산하여 분석한 결과, 폐기물 처리 실험구 PFU에서는 공극 크기에 따른 차이가 거의 없는 반면에, 대조구에서는 공극의 크기가 큰 PFU에서 중간크기나 작은크기의 공극을 가지는 PFU보다 더 많은 개체들이 가입한 것으로 나타났다(그림 2-11-54).

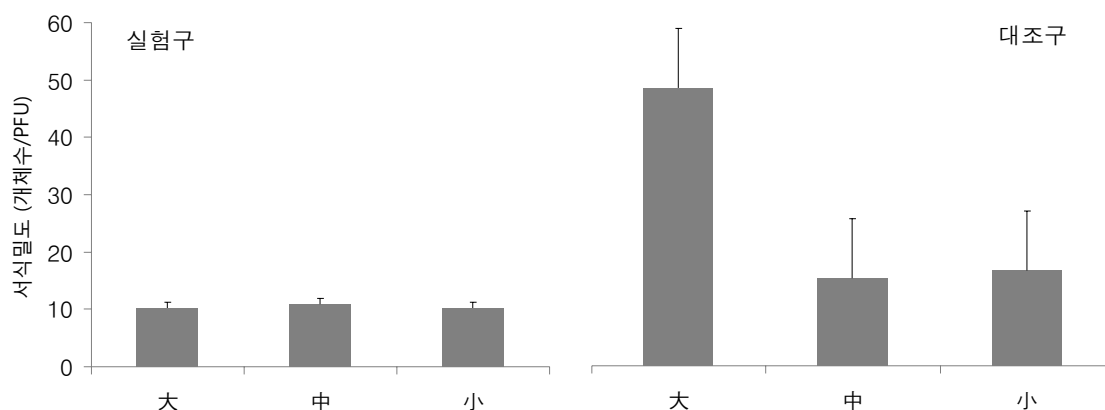


그림 2-11-54. 실험구와 대조구의 PFU mesh 사이즈에 따른 가입 저서생물 평균 개체수 비교

4. 토의 및 결론

해양으로 배출되는 폐기물이 해양생태계에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 자연생태계를 이용한 폐기물의 분해 및 저서생물들에게 미치는 영향을 조사하였다. microcosm은 생물간의 상호작용을 연구하는 하나의 계(system)라고 할 수 있다. 따라서 이러한 시스템을 구성하고 생태계에 직접적용하기 위하여 3종류의 매체(mesh, basket, cage)를 사용하여, 형태별, 종류별로 설치하고 2주 간격으로 4회 조사 실시하였다. 실험 초기 1차 조사에서는 대조구와 비교하여 상대적으로 종수 및 개체수가 낮았지만 실험구 설치 후 약 2주후부터 저서동물의 가입이

이루어지는 것을 알 수 있었으며 또한 이동력이 강한 환형동물문이 가장 먼저 가입이 이루어짐을 알 수 있었다.

2차 조사는 1차 조사시와 비교하여 mesh 실험구에서 가입율이 가장 높게 나타났다. 이러한 이유는 mesh 구조가 갯벌에 가장 빠르게 흡수되어 저서동물의 이동과 연관성이 높은 것으로 판단되어지며 반면 cage의 경우는 가장 넓은 면적을 보이면서도 1차 조사와 비교하여 뚜렷한 종수의 변화를 나타내지는 않았다.

3차 조사는 전구간에서 가입 생물의 감소가 나타났으나 이러한 현상은 실험구의 위치가 조간대 상층부에 노출시킴으로서 조사 기간에 내린 강우에 따른 일시적인 현상으로 판단되어지며 향후 microcosm을 이용한 현장적용 실험에서는 장마에 따른 기상상황과 조간대의 위치선정도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

4차 조사는 mesh 실험구에서 2차 조사시보다 더 낮은 출현종을 보였으며 또한 조수 간만의 차이에 따른 실험구의 유실도 높은 것으로 나타났다. 반면 cage와 basket 실험구에서는 대조구와 비슷한 출현종수를 보임으로서 실험구 설치 후 약 8주정도의 시간경과에 따라 저서동물은 대조구와 동일한 수준까지 가입하는 것으로 판단된다.

사전 조사기간 동안 microcosm의 형태 및 종류에 따른 저서동물의 가입 양상에 차이가 나타나는 것을 알 수 있었으며 또한 basket과 cage가 mesh 구조보다 시간경과에 따른 외부적 환경에 비교적 안정된 틀을 유지하며 실험구의 유실 방지 및 가입생물의 증감을 비교해 보았을 때 basket 실험구가 본 실험에서는 microcosm을 이용한 생태독성 평가용으로서 가장 효율적이며 적합한 것으로 판단된다. 이러한 사전조사 결과를 바탕으로 폐기물을 이용한 현장적용 실험에서는 basket을 사용하여 가입생물 및 환경변화에 대한 조사를 실시하였다. 사전조사의 경우 봄에 실시하였고 폐기물의 현장 적용실험은 가을에 실시하여 계절적 차이에 따른 저서생물의 가입량이 상대적으로 낮은 반면 폐기물의 종류 및 농도에 따른 대형, 중형저서동물의 출현 양상은 비슷한 결과를 보였다. 대형저서생물의 경우 시간경과에 따른 가입 양상은 뚜렷한 차이를 보이지는 않았으나 피혁과 공단의 경우 타 실험구와 비교하여 가입이 가장 낮은 것으로 나타나 폐기물내의 성분이 저서생물의 가입을 기피하게 하는 원인으로 판단된다. 또한 중형저서동물의 가입은 실험구와 대조구간의 명확한 가입양상의 차이를 나타냈다. 양적으로 보면, 자연갯벌에서는 1,200~1,800개체/10cm²의 서식밀도를 나타냈고 폐기물을 혼합하지 않은 무투여구에서는 노출시간에

따라 점차적으로 가입량이 증가하여 설치 9주 후에는 자연갯벌의 서식밀도의 절반 정도에 해당하는 약 600개체/10cm²의 서식밀도를 보여서 자연적 가입 현상이 명백하게 나타났으나, 폐기물 처리구에서는 100개체/10cm² 이하의 매우 낮은 서식밀도를 나타내어 폐기물 처리구로의 가입 회피 양상이 나타났다. 중형저서동물의 생체량 역시 서식밀도와 거의 같은 패턴을 보여서 폐기물 처리구의 가입 생물량이 매우 적은 것으로 분석되었다. 가입생물의 종류에 있어서도 폐기물 처리 실험구에서는 1~2 분류군이 가입한데 비하여 무투여구에서는 3분류군 이상이 출현하고 자연갯벌에서는 6분류군 정도가 출현하는 차이를 보였다. 또한, 폐기물 처리 실험구에 가입한 중형저서동물의 종류는 대부분 선충류(nematodes)로 나타났는데 비해, 대조구인 무투여구에서는 자연갯벌에 비하여 개체수는 적지만 저서성 요각류의 가입이 각 조사시기별로 나타나서, 저서성 요각류는 폐기물 처리 실험구 microcosm으로 가입을 회피하는 것으로 추측된다. 저서성 요각류는 빈산소환경에 민감하고 환경의 악화, 특히 유기오염의 진행에 따라 개체수가 감소하며, 선충류는 그룹 자체로써 환경의 변동에 내성이 높은 것 뿐 아니라, 일부 그룹들은 빈산소 환경을 보다 더 좋아하는 서식 특성을 갖고 있기 때문에(Raffaelli & Mason, 1981), 폐기물 처리구로의 가입 생물상의 차이가 나타나는 것으로 보인다.

이처럼 폐기물 처리구와 대조구의 가입양상의 차이는 양적으로 질적으로 분명한데 비하여, 폐기물 종류에 따라서는 명확한 차이를 보이지 않았다. 폐기물의 혼합 농도별로 비교해 보면, 각 폐기물의 실험구에서는 각 오염원 종류별로 다소의 차이가 있기는 하지만 25% 처리구에서만 다소의 가입이 나타났고 50%이상의 농도에서는 거의 가입이 나타나지 않았다. 폐기물 종류별 가입 특성을 보면, 공단 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 가장 적으나 시간에 따라 점차적으로 증가하는 양상 보였으며, 유기물함량이 가장 높은 축산 폐기물 실험구에서는 초기 가입량은 무투여구를 웃도는 가입량을 보이던 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하는 양상을 보였다. 하수오니와 피혁 폐기물의 실험구에서는 소폭 가입 후 다소 증가했다가 다시 감소하는 양상을 나타냈다. 각 시기별 실험구의 폐기물 농도 구배별 가입량을 합하여 폐기물 종류별로 가입정도를 비교해보면, 축산>피혁>하수오니>공단 순으로 나타났으나, 피혁과 하수오니와 공단 폐기물은 거의 비슷한 값이었다.

이상의 결과에서 폐기물로 인한 중형저서동물의 미가입은 폐기물 혼합량이 50% 이상의 거의 모든 폐기물 처리구에서 나타났고, 25%에서는 미약한 가입이 나타났지만 폐기물을 혼합하지 않은 대조구와는 가입생물의 종류 및 가입량의 분명한 차이를 보이는 가입회피 현상이 나타났다. 처리구에서의 가입 양상은

폐기물 종류별로 다소 특징적인 차이를 보였지만, 전체 설치기간(9주) 내에서는 시간에 따라 분명한 구배를 나타내는 폐기물의 분해 효과에 따른 구체적이고 명확한 가입량의 증가는 나타나지 않았다. 따라서, 향후에는 실험구의 폐기물의 혼합농도를 25% 이내에서 좀더 세분화하고, microcosm의 설치간격 및 기간을 늘려서 실험하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

갯벌에 PFU를 이용하여 폐기물의 종류별 가입 양상의 차이를 보고자 실시한 PFU 실험결과 역시, 현장의 퇴적물을 사용한 가입실험 결과와 마찬가지로 대조구와 폐기물 처리구의 가입량과 생물상의 차이는 명확히 나타났다. 다만, 퇴적물을 사용한 실험에 비하여 대조구와 폐기물 처리한 실험구의 편차가 다소 적게 나타나는 결과를 보였다. 대조구에서는 초기 가입량이 크고 노출시간이 경과하면서 서식량이 증가하다가 설치후 9주 후에는 급감하는 경향을 보인데 비하여 폐기물 처리구에서는 초기 가입이 대조구에 비해 상대적으로 적고, 시간 경과에 따라 일부정점을 제외하고 3주 후부터 서식량이 감소하는 경향이 나타났다. PFU의 mesh크기에 따른 가입양상의 차이는 대조구에서는 가장 큰 사이즈의 mesh에서 가입량이 다소 높게 나타나는 경향이 나타났으나, 시기별 편차가 다소 크게 나타났으며, 폐기물 처리구에서는 PFU mesh 크기에 따른 가입량의 차이는 거의 나타나지 않았다. 가입 생물상은 퇴적물을 이용한 가입실험과 거의 같은 결과를 보여서 선충류의 가입이 대부분으로 저서성 요각류는 거의 대부분의 폐기물 처리구에서 서식하지 않는 것으로 분석되었다.

PFU 가입실험 역시 퇴적물을 이용한 가입실험과 마찬가지로 폐기물의 자연 분해 효과에 따른 구체적인 가입량 및 서식생물상 변화를 명확히 보기 위해서는 설치간격과 기간을 다소 늘리는 추가 실험이 필요한 것으로 생각된다. PFU 가입실험은 실험의 절차 및 처리방법 측면에서 퇴적물을 이용한 가입 실험보다 다소 간편하고 유리하기 때문에, 향후 활용가능성이 높을 것으로 판단된다.

강화도 남단 갯벌에서 혐기성 미생물에 의한 평균 유기물 분해능($42.5\text{mmolC}/\text{m}^2/\text{day}$)을 갯벌 면적(약 90km^2)으로 환산하면 하루 동안 약 46 ton의 유기물이 분해되는 것이라 할 수 있으며 국내의 식생이 발달되지 않은 갯벌에서도 상당량의 유기물이 분해되고 있음을 알 수 있다(현 등, 2004; Kostka et al., 2002a, 2002b; Krstensen et al., 1992; Krstensen et al., 2000). 본 실험 결과에서도 자연 갯벌의 유기물 함량과 폐기물의 종류 및 농도에 따른 유기물 분해 속도의 차이가 나타남을 알 수 있었으며 특히 축산의 경우는 그 분해속도가 타 실험구에

비교하여 가장 빠르게 나타났으나 피혁의 경우는 분해속도가 매우 늦어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 이유는 저서생물의 가입량과 비슷한 양상으로서 피혁은 가입 생물량이 가장 낮음으로서 저서동물의 활동이 유기물 분해 및 분해 경로에 직접적인 영향을 주는 것으로 판단되어 향후 이러한 과정을 연구하기 위한 조사도 필요할 것으로 생각된다.

제 12 절 서해병해역 물리환경 조사

1. 서론

서해는 중국대륙과 한반도로 둘러싸인 만 형태로 해저지형이 100m 이내의 대륙붕이며 남쪽으로는 동중국해 북서부와 연결 연결되어 있는 천해이다(그림 2-12-1). 서해의 평균수심은 44m로 중앙부에는 60~80m의 골이 존재하고 골 양쪽으로 완만한 대륙사면이 분포하는데 서해병해역은 중앙부의 골 근처에 위치하여 서해병해역의 해수 유동은 중국연안과 한국연안의 해수 유동의 영향을 받기보다는 골 부근 중앙부의 해수 유동에 더 연관되어 있을 가능성이 높다.

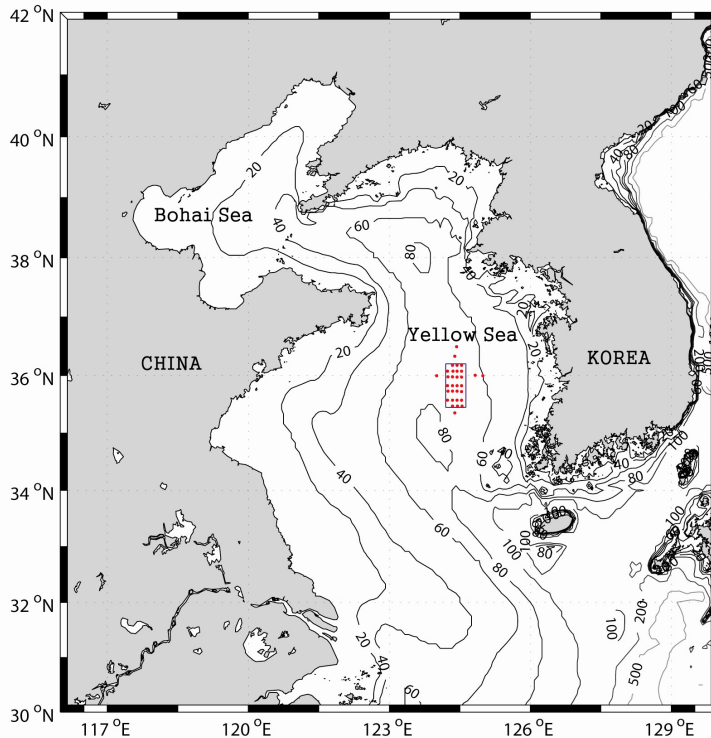


그림 2-12-1. 황해 지형도와 서해병해역 및 관측 정점

조석 현상은 서해의 해수 유동에서 중요한 요소로서 연안역에서는 강한 조류에 의해 연직혼합이 활발히 이루어져 조석 전선이 잘 형성된다. 서해는 수심이 낮기 때문에 기상 및 천문학적인 외력에 빠르게 반응하여 수온과 염분의 수직구조에서 뚜렷한 계절적 변화가 나타나며 해수의 유동이 외력에 의해 크게 좌우된다.

겨울철에는 시베리아 고기압과 알류산 저기압의 기단 배치로 일어나는 차고 건조한 북풍계열의 강한 바람에 의해 황해의 해수면이 남쪽으로 밀려 쌓인다. 또한 지속적이고 강한 바람에 의해 풍성류가 발달하고, 표층의 냉각에 의해 표층 수온이 낮아져 수직적으로 혼합되어 균질한 분포가 나타난다. 반면, 여름철에는 만주지방에 발달하는 저기압과 오츠크해 고기압 및 북태평양 고기압기단에 사이에 형성된 장마전선에 의한 집중강우와 태양 복사열이 황해 해황에 절대적인 영향을 미치며 강한 복사열의 유입에 의한 해수면 온도상승, 담수유입에 의한 저염화와 수온약층의 발달로 고온의 상층수와 저온의 저층수로 이루어진 안정된 2층 구조가 형성된다.

황해 여름철 표층은 연안수의 유입과 양자강 희석수의 확장으로 저염화 되고 저층은 지난해 겨울의 해수의 특성을 가진 황해냉수가 존재하며, 겨울철 표층의 수온분포는 쿠로시오 지류의 일부가 제주도 서쪽을 통과하여 제주난류의 혼합수가 제주난류역으로부터 황해로 혀모양으로 확장하는 듯한 분포가 나타난다.

2. 조사방법

서해병해역 내에 26개 정점과 서해병해역과 비교하기 위한 비교정점인 서해병해역의 북쪽에 2개 정점, 동쪽에 2개 정점, 서쪽과 남쪽에 각각 1개 정점에서 2008년 7월에 CTD를 이용하여 수온과 염분을 관측하였다. 표층부터 바닥까지 전 수층의 수온 염분의 분포와 구조를 파악하기 위해 CTD를 최대한 바닥까지 하강시켜 바닥근처의 해수 물성을 측정하였다.

3. 서해병해역의 해수 물성 분포 특성

가. 서해병해역 부근에 존재하는 해수 특성

서해에 일반적으로 존재하는 해수로는 고염고온의 황해난류수, 저온의 황해저층냉수, 저염·저온의 한국연안수와 중국연안수 및 고온저염의 양자강 희석수 등이 있다. 황해난류수는 동중국해로부터 황해로 유입된 해수로서 수온은 5~12°C, 염분은 33.8~34.0psu의 범위를 보이며 겨울철에 제주도 북서쪽의 전선역 가장 자리에서 산동반도 쪽으로 전 수심에 걸쳐 혀모양으로

분포한다. 전 수심에 걸쳐 유사하게 나타나는 겨울철에 비교하여 여름철에는 황해난류수의 특징인 고염수의 혀모양의 분포 형태가 저층에 약하게 남아 있기는 하지만 상층과 뚜렷이 대비되는 저온의 특징을 보이는 저층수를 황해저층냉수로 구분한다. 즉, 황해저층냉수는 여름철 서해 중앙부의 골을 중심으로 분포하는 저온수로 여름철에 강한 성층에 의해 고립되어 있는 해수로 서해 남쪽 골에서 8°C 이하의 저온수핵과 32.0~33.5psu의 염분분포를 보인다.

한반도에서 공급 되는 담수의 영향과 연안의 강한 조석에 의해 혼합된 해수인 한국연안수는 겨울철에 수온은 7°C 이하, 염분은 33psu 이하임에 비해 여름철에는 수온은 18°C 이상, 염분은 32psu까지 하강하는 큰 연변화폭을 보이며 연안류를 따라 이동 한다. 중국 연안에 존재하는 중국연안수는 겨울철에는 수온 7°C 이하, 염분 32psu 이하로, 여름철에는 수온 18°C 이상, 염분 31.4psu 이하로 구분되며, 연중 산둥반도 동쪽을 통과하여 남하하는 연안류로부터 공급되는 해수와 산둥반도와 양자강 사이에 분포하는 연안 해수를 포함한다. 한편, 양자강 희석수는 양자강 담수에 의한 영향을 크게 받아 유출량에 따라 계절과 연변동이 매우 크다. 양자강에서 유출된 담수는 겨울철에는 중국 연안을 따라 남하하고 여름철에는 북동쪽으로 확장 된다.

나. 수온 염분의 수직구조

수온과 염분의 수직구조를 효과적으로 파악하기 위하여 관측정점을 해역에 따라 6개 군으로 나눠 수온과 염분의 수직구조를 그림 2-12-2와 2-12-3에 도시하였다. 북쪽 정점들은 두 정점을 제외하면 대부분 표층 10m부근까지 존재하는 23°C 이상의 수온을 보이는 표층혼합층 아래에서 수심에 따라 급격하게 수온이 하강하는 수온약층이 약 30m 까지 존재하며 그 아래에는 수온이 약 8°C로 일정한 특징을 보인다. 남쪽 정점들은 북쪽 정점들과 비교하여 수온약층의 수심에 따른 수온구배가 완만하며 40m 이심에서 비로소 바닥까지 균일한 수온구조가 나타난다. 한편 일부 북쪽 정점을 제외하면 수온약층의 구조가 단순하지 않고 계단형태를 띠며 이는 수온약층이 존재하는 수심에서 해수의 혼합이 일어나고 있음을 의미한다.

염분의 연직구조에서 두드러진 특징은 북쪽 정점에서는 표층에서 가장 염분이 낮고 수심에 따라 염분이 증가하다가 바닥까지 수직적으로 균질해지는 형태를 띠는 것에 비해 남쪽 정점에서는 표층에서 염분이 가장 낮지 않고 표면혼합층 아래인 20m 부근의 중간 수심에서 염분이 가장 낮은 점이다. 따라서 표면혼합층의 수온이 높고 염분이 낮은 북쪽 정점들에서는 성층

정도가 강해 수직적인 혼합이 약함에 비해 남쪽정점에서는 수온구배도 작고 염분구배도 작아 수직적인 안정도가 낮다.

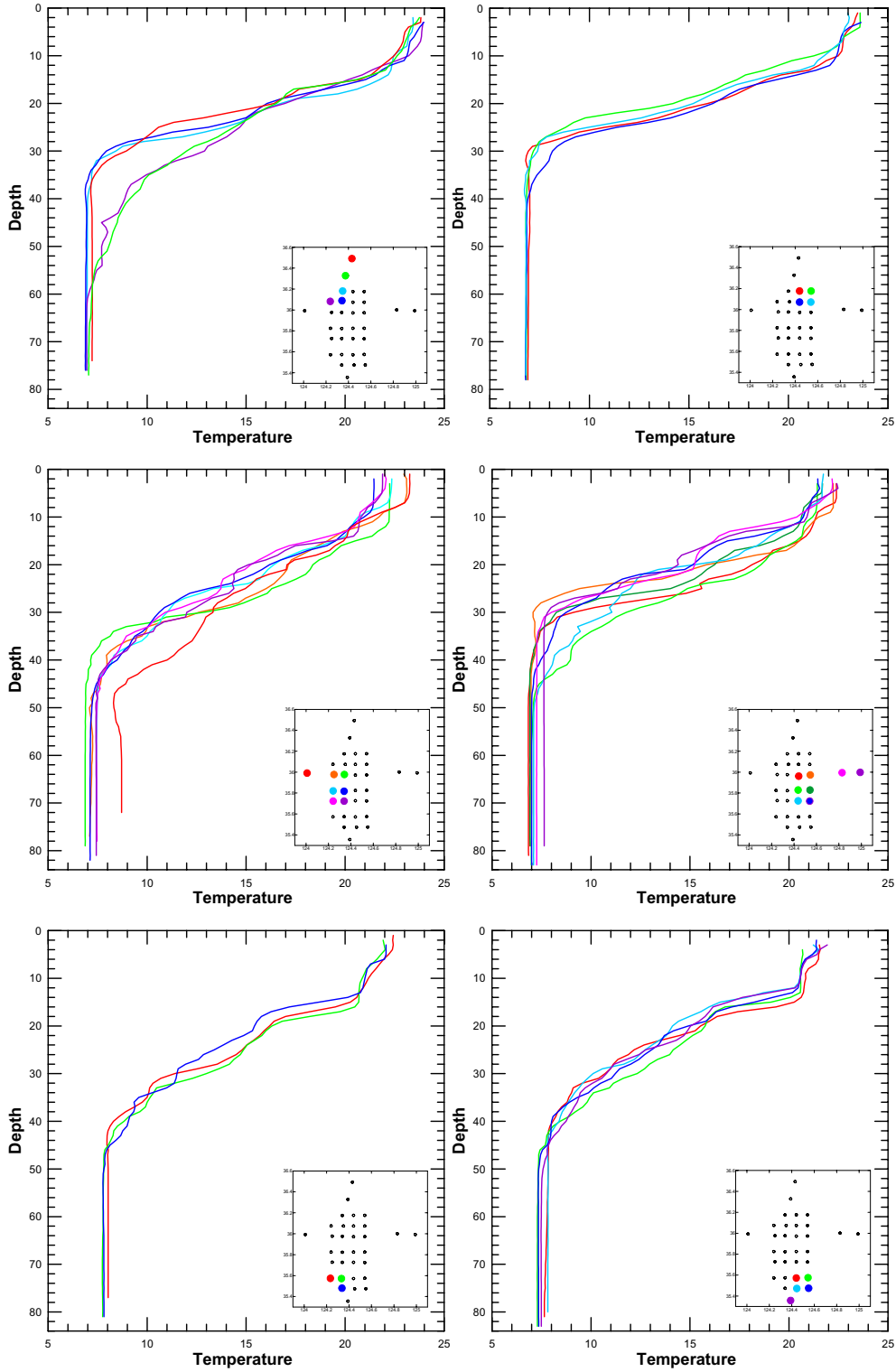


그림 2-12-2. 수온의 연직 구조

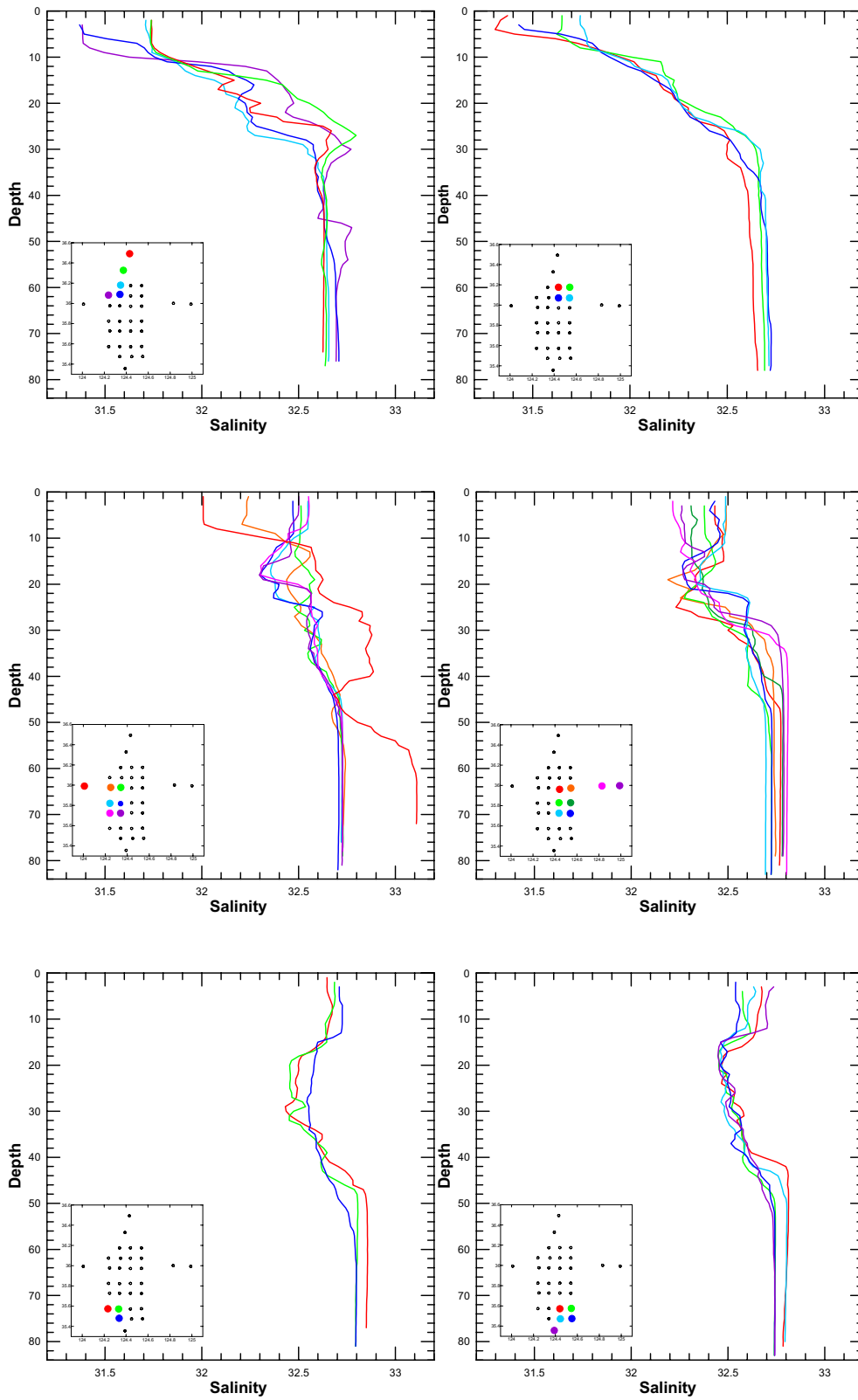


그림 2-12-3. 염분의 연직구조

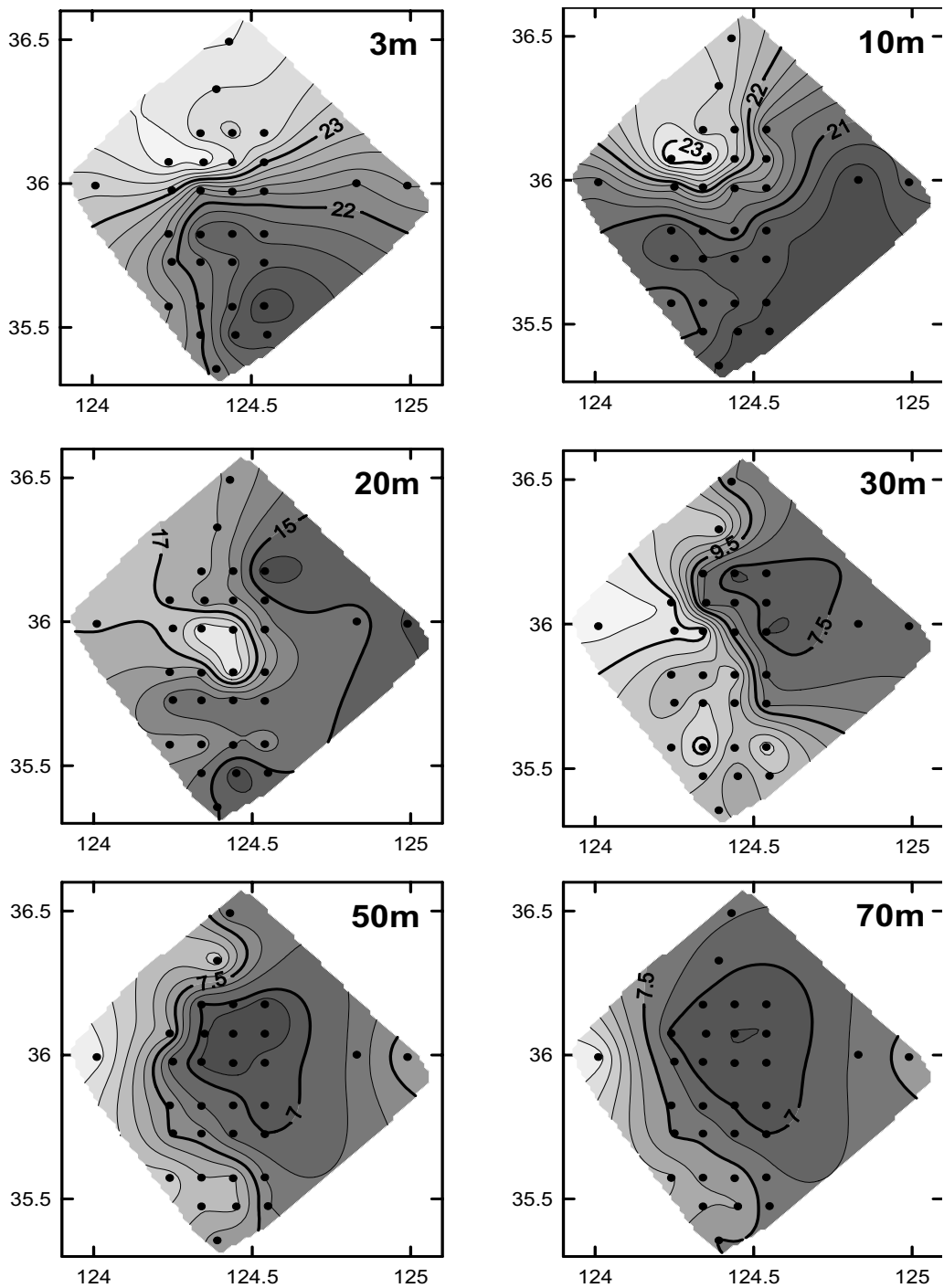


그림 2-12-4. 2008년 7월 수층별 수온 수평 분포

다. 수온 염분의 수평분포

2008년 7월의 서해병해역의 표층, 10m, 20m, 30m, 50m, 70m 층에서 수온과 염분의 수평분포를 그림 2-12-4과 2-12-5에 도시하였다. 표층혼합층을 이루고 있는 표층과 10m층의 수온과 염분의 분포는 유사하며 수온은 여름철 태양복사의

영향으로 21~24°C의 범위를 염분은 31.3~32.8psu의 범위를 보인다. 북위 36도 부근에서 남북으로 구배가 존재하여 북쪽에는 상대적으로 고온저염수가 분포하고 남쪽에는 저온고염수가 분포한다. 수온약층 하부에 해당하는 30m층의 분포는 표층의 분포와는 현저히 달라 수온구배가 동서방향 염분의 경우에는 남쪽에서 북쪽으로 확장되는 형태를 띠면서 서해병해역의 중앙부에 상대적으로

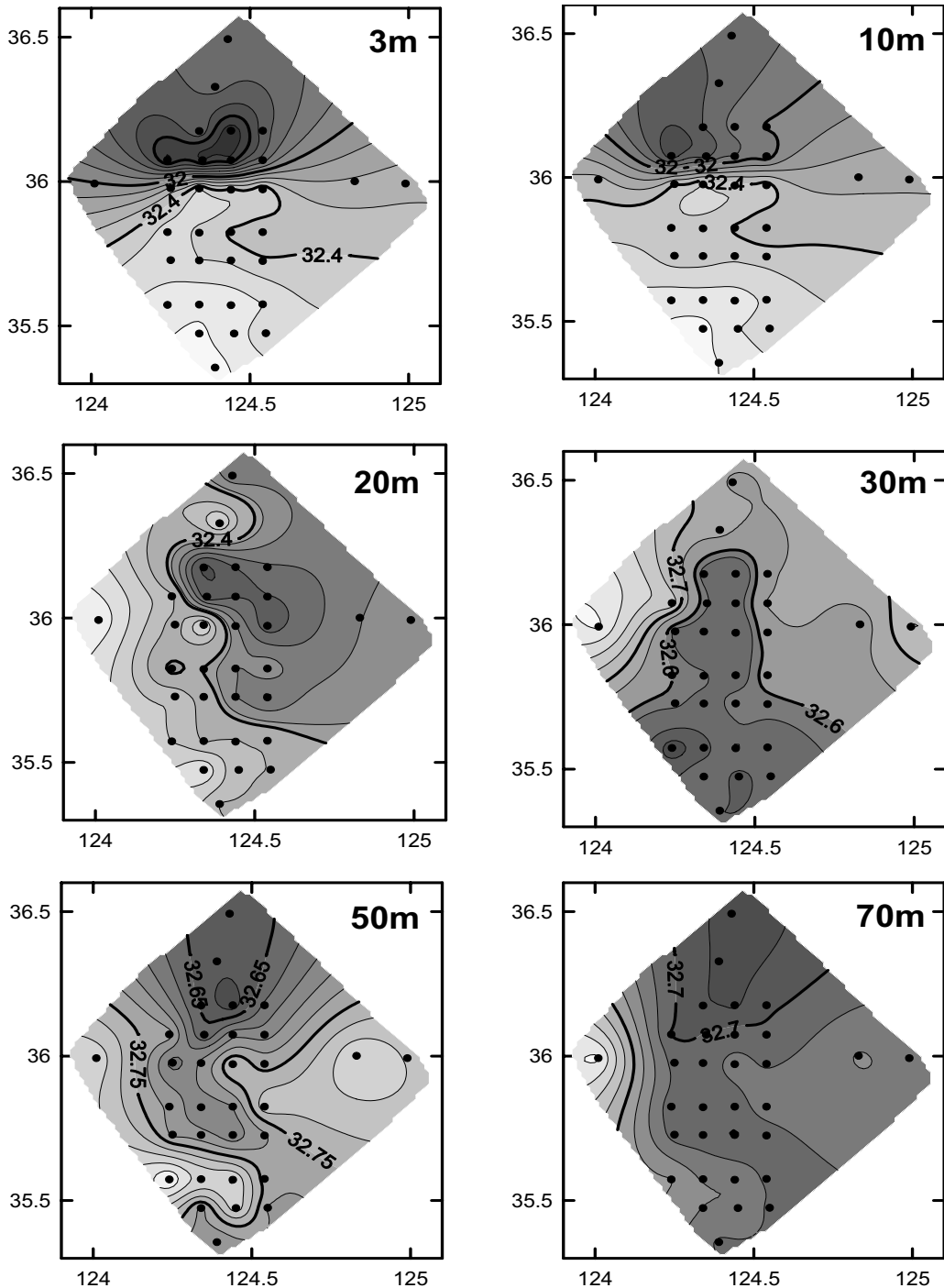


그림 2-12-5. 2008년 7월 수층별 염분 수평 분포

저염의 해수가 존재하고 동서방향의 구배가 보인다. 바닥부근에서는 수온과 염분의 수평방향으로 차이가 작긴 하지만 서해병해역의 북동쪽 부근이 7℃ 이하로 수온이 낮으며 염분은 북쪽부근에서 가장 낮다.

라. 수온 염분의 연직단면구조

서해병해역의 관측정점을 동서방향 1개 단면과 남북방향 4개의 단면으로 나누어(그림 2-12-6) 수직분포를 조사하였다.

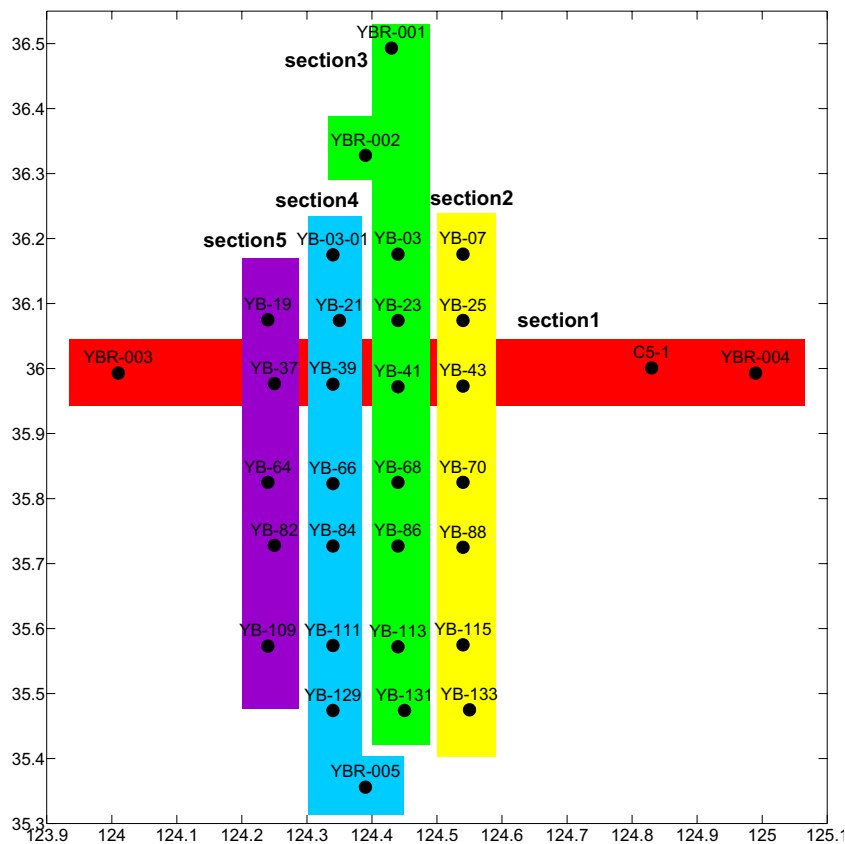


그림 2-12-6. 동서단면과 남북단면의 위치

동서단면에서는 표층 10m의 21℃ 이상의 표면혼합층이 보이며 표면혼합층 아래 수온약층은 동쪽은 10~30m 수심에 위치함에 비해 동쪽보다 수온약층의 연직수온구배가 완만한 서쪽은 10~40m에 위치하여 동쪽에서 서쪽으로 갈수록 등수온선의 수심이 깊다(그림 2-12-7). 염분은 동쪽에서 표층의 염분이 작은 점을 제외하면 서쪽 끝 정점을 제외하면 동서방향의 염분차이는 작다.

서해병해역의 동쪽에 해당하는 남북단면 2에서는 표층의 수온은 남쪽보다 북쪽이 높으며, 북위 35.5도보다 남쪽에서는 연직방향으로 혼합이 잘 된 수온

20°C 이상의 표면혼합층이 잘 발달되어 있지만 북쪽에서는 수온이 표층에서부터 감소하여 잘 혼합된 표면혼합층이 존재하지 않는다(그림 2-12-8). 북위 35.9도 부근을 경계로 북쪽은 표층의 수온이 남쪽보다 높으며 수온약층의 수온구배도 크에 비해 남쪽은 수온약층의 구배가 완만하다.

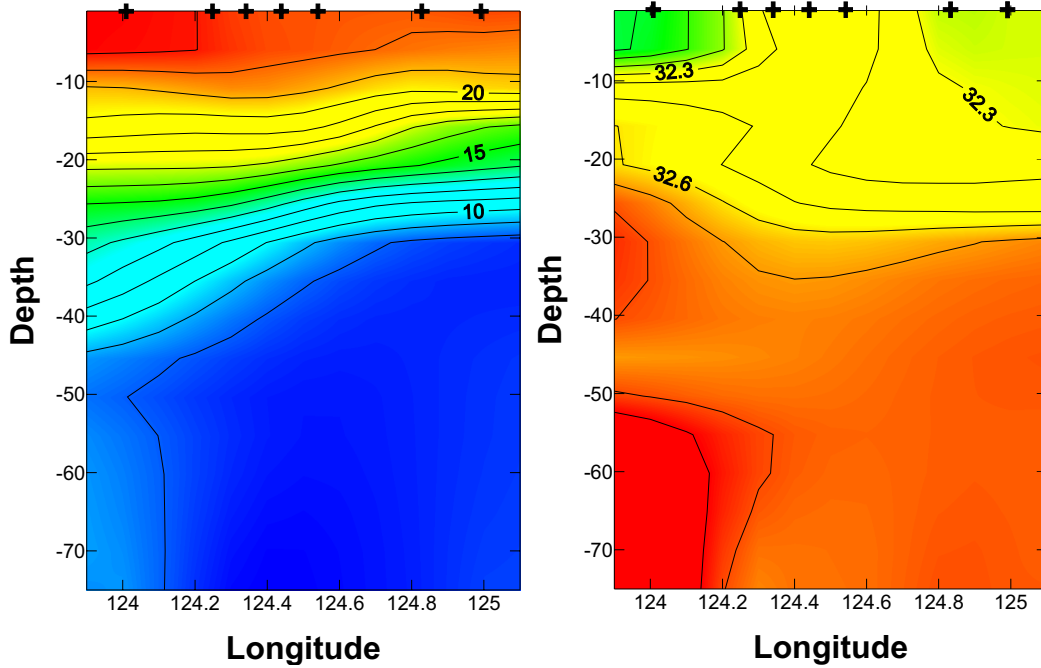


그림 2-12-7. 동서단면 1의 수온(좌)과 염분(우) 분포

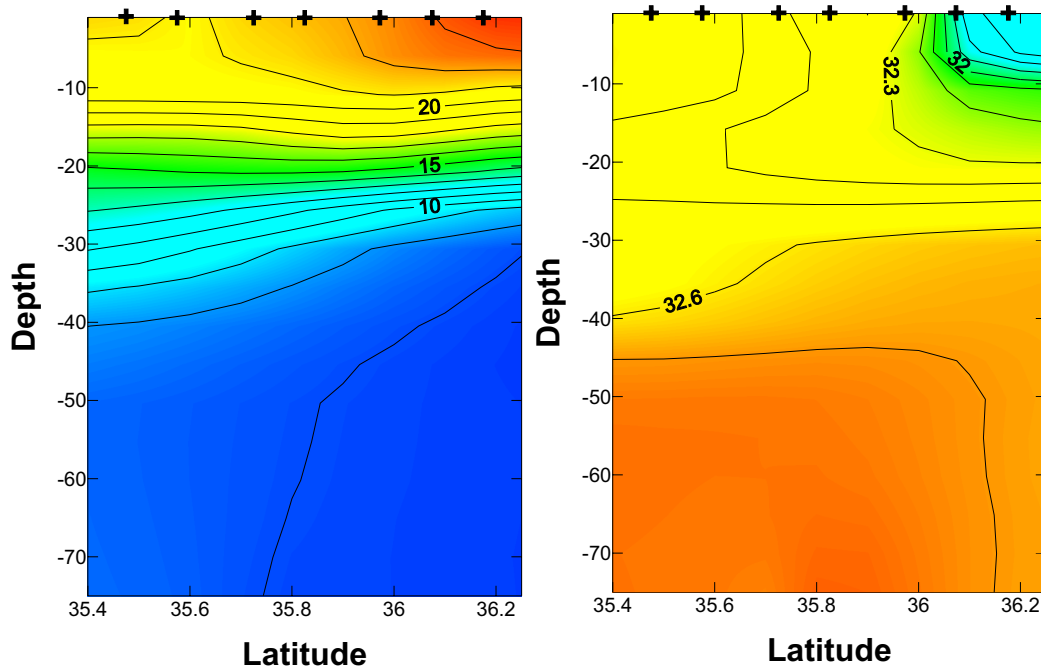


그림 2-12-8. 남북단면 2의 수온(좌)과 염분(우) 분포

수온약층의 수온은 20m 보다 얇은 수심에서는 등수온선이 평행함에 비해 20m보다 깊은 수심에서는 남쪽으로 갈수록 등수온선이 깊다. 염분은 35.9도 부근을 경계로 하여 북쪽에는 상층부에 저염의 존재함에 비해 남쪽에는 저염이 존재하지 않아, 상층에서 북쪽의 고온저염수와 남쪽의 저온고염수의 대비가 뚜렷하다.

남북단면 3에서는 수온의 경우 대부분 약 10m 부근까지 수온이 22℃ 이상인 점 등 남북방향 구배가 뚜렷하지 않고 등수온선이 거의 수평으로 평행하게 분포한다(그림 2-12-9). 염분의 경우는 북위 36도 부근을 경계로 북쪽에 32.3psu이하의 저염이 표층에 나타나며 황해저층냉수에 해당하는 부분에서는 남쪽의 염분이 북쪽보다 약간 높게 나타난다.

남북단면 4와 5에서 수온의 분포와 염분의 분포는 비슷한 경향이 있다(그림 2-12-10와 2-12-11). 즉, 표층에서 북쪽의 수온이 높고 염분이 낮은 형태와 황해저층냉수의 수온이 북쪽에서 낮고 염분이 남쪽에서 높은 형태가 유사하다.

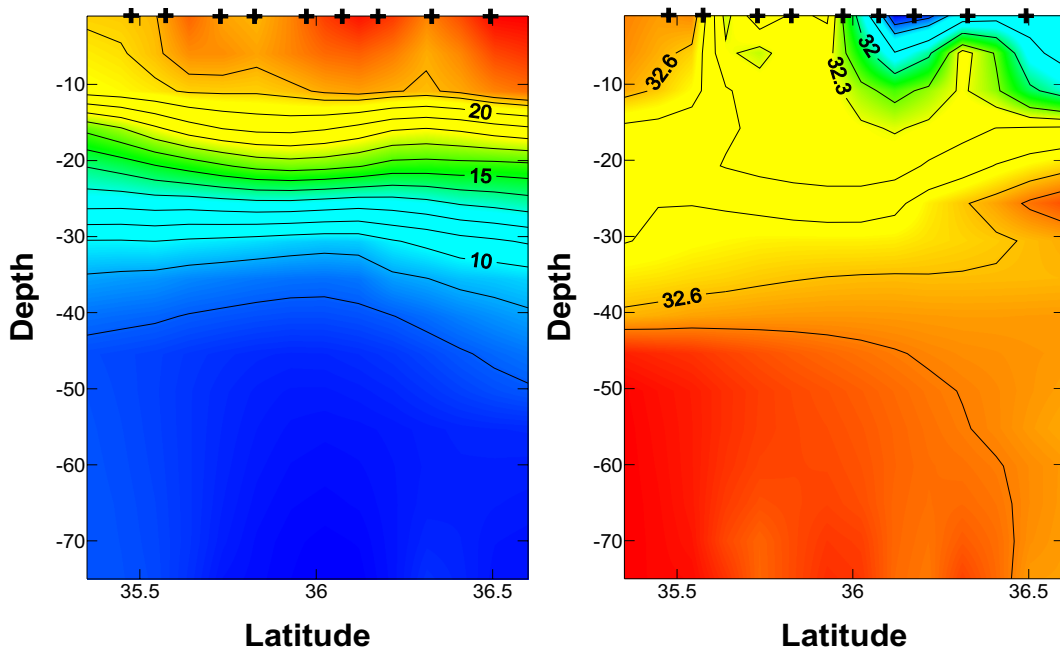


그림 2-12-9. 남북단면 3의 수온(좌)과 염분(우) 분포

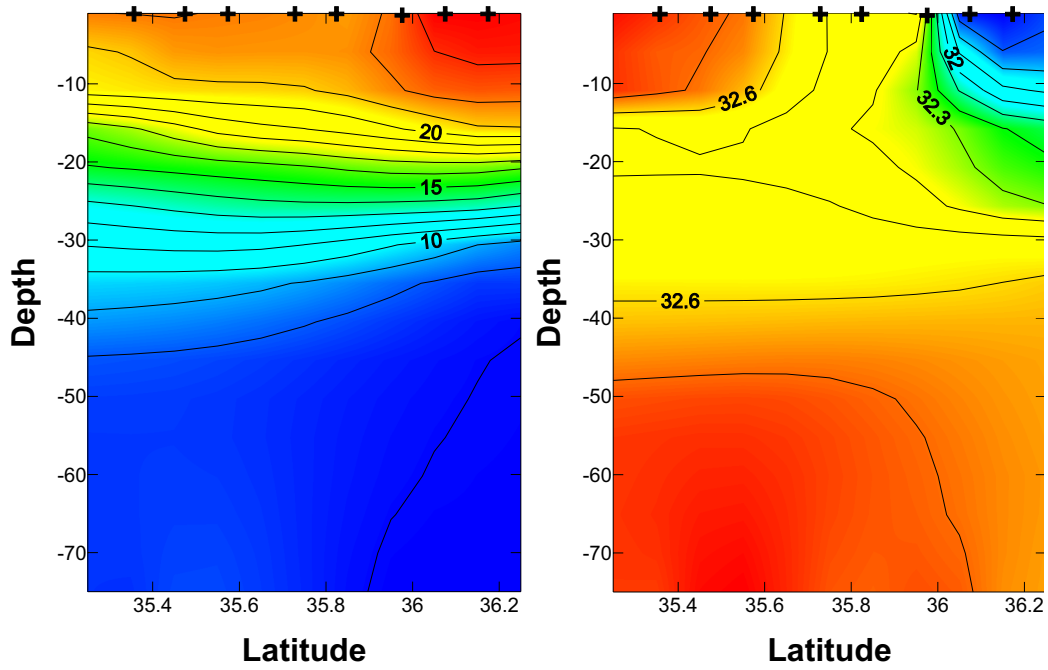


그림 2-12-10. 남북단면 4의 수온(좌)과 염분(우) 분포

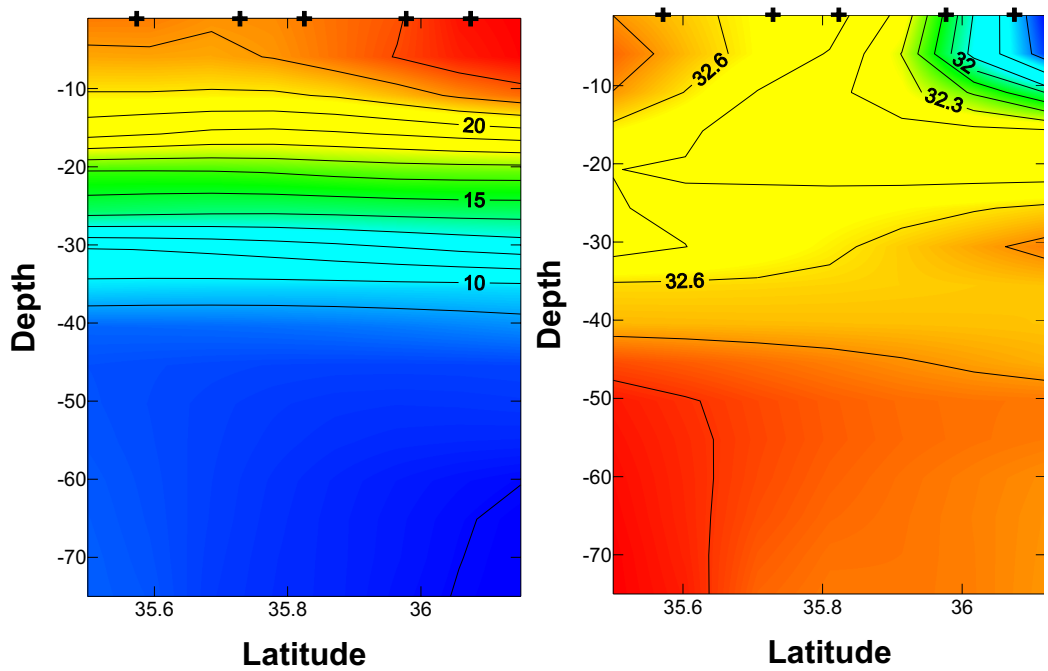


그림 2-12-11. 남북단면 5의 수온(좌)과 염분(우) 분포

제 13 절 준설토 배출해역지정에 따른 준설토 이동확산 범위

1. 서론

준설토 배출에 의해 해양환경이 받는 영향에는 준설토가 가라앉아 바닥에 퇴적되는 형태와 준설토가 해수 내에 존재하는 형태가 있다. 거제 옥포에서 구한 시료를 분석한 결과 준설토사를 구성하는 가장 중요한 두 성분은 전체의 63%를 차지하는 모래(sand)와 23%를 차지하는 점토(clay)이다(표 2-13-1). 따라서 준설토 배출에 의한 영향을 평가하는데 있어 준설토의 구성 성분 중 모래와 점토만을 고려했다.

표 2-13-1. 거제 옥포 준설토의 입도 비율(%)

정점	Gravel	sand	silt	clay
01	2.37	71.60	7.16	18.87
02	2.15	70.43	7.47	19.15
03	6.59	68.64	6.50	18.27
04	2.24	64.86	8.66	24.24
05	4.47	60.4	9.45	25.73
06	0.00	44.89	25.97	29.14
평균	2.97	63.47	10.87	22.57

2. 모래 배출의 영향

모래는 크기가 커 해류의 영향을 받기 전에 바닥으로 가라앉는다. 예를 들어 동해병해역의 수심이 1,000~2,000m이므로 모래가 1,500m를 침강하는데 걸리는 시간을 모래의 평균 침강속도를 이용하여 구하면 약 55시간이다(표 2-13-2참조). 즉 해류에 의해 모래가 55시간동안 이동하는 거리는 무시할 수 있다. 따라서 모래의 영향범위는 배출된 양과 범위에서 계산할 수 있는 해저면 퇴적물이다.

표 2-13-2. 입자의 정의와 침강 속도(The International Soil Science Society).

입자의 종류	자갈(gravel)	모래(sand)	침니 (silt)	점토(clay)
직경	2mm 이상	2~0.02mm	0.02~0.002mm	0.002mm 이하
침강속도	1.56m/s 이상	1.56m/s ~ 0.0156cm/s	0.0156cm/s ~ 0.00156mm/s	0.00156mm/s 이하
100m 침강하는데 걸리는 시간	0.18시간 이하	0.18시간~7.4일	7.4일~741일	741일 이상
1,000m 침강하는데 걸리는 시간	1.8시간 이하	1.8시간~74일	74일~7410일	7410일 이상
2,000m 침강하는데 걸리는 시간	3.6시간 이하	3.6시간~14.8일	148일~14820일	14820일 이상

거제 옥포 준설물의 약 63%인 모래의 총량은 7백만톤×63%=441만톤이다. 젖은 모래의 밀도가 약 2ton/m³인 점을 고려하면 모래의 부피는 2,205,000m³이다. 만약 이러한 부피의 모래가 10km×10km 영역에 균질하게 배출되어 침강한다면 매년 2.21cm 만큼 쌓이게 된다.

3. 점토 배출의 영향

모래와 달리 점토는 입자가 매우 작아 가라앉는 속도가 매우 느리다. 따라서 점토의 영향은 부유물 형태로 나타나고 점토의 영향범위는 확산과 해류에 의한 이동에 의해 결정된다. 영향범위를 평가할 때 고려해야 할 두 가지 요소는 배출 직후 나타나는 높은 부유물 농도와 배출에 의한 부유물 농도가 배경농도 이상으로 지속되는 시간이다(동해의 부유물 배경농도는 0.2g/m³, 서해병해역의 배경농도는 1g/m³로 고려).

점토의 직경을 0.001mm로 설정하면 침강속도는 약 3.4cm/day이다. 이 경우 점토가 100m를 침강하는데 소요되는 시간은 8년가량이다. 그러므로 점토 배출의 영향을 평가할 때 침강을 고려하지 않고 이류와 확산을 평가하는 것이 타당하다.

거제 옥포 준설물에서 점토가 차지하는 비율이 약 23%이므로 점토의 배출 총량은 7백만톤×23%=161만톤이다. 이 양을 동해병해역과 동해정해역에 균질하게 1회에 배출한다면 부유물의 농도가 상층 20m에서 15g/m³이 된다. 물론 배출 횟수를 늘리면 횟수에 반비례하여 농도가 줄어든다.

점토의 배출이 해양 환경에 미치는 영향은 여러 요인에 의해 다를 수 있다. 따라서 여러 요인을 고려한 수치 실험을 통해 점토의 배출에 의한 영향을 평가하였다. 즉, 혼합층을 20m로 설정하고 유속, 거리, 배출횟수, 배출량, 수평확산계수 등 여러 조건에 따른 점토 농도 변화를 계산하였다.

가. 유속에 따른 농도 변화

수치 모델 결과를 이용하여 동해병해역, 동해정해역, 서해병해역의 평균 표층 해류를 추정하였다. 동해병해역의 평균 표층 해류는 10cm/s 정도로 남동향하고 동해 정해역은 10~20cm/s 정도로 북향하며(그림 2-13-1), 서해병해역의 2~3cm/s 정도로 남남서향한다(그림 2-13-2).

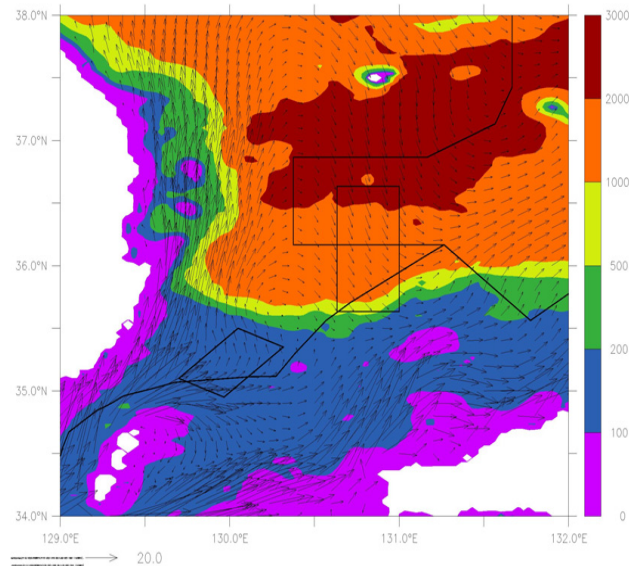


그림 2-13-1. 해상도 1/10도 재분석 모델에서 나타난 동해 남서부의 표층 해류

서해와 동해의 평균 표층 해류를 고려하며 유속이 2, 10, 20cm/s인 경우에 배출 장소에서 흐름 방향으로 20km 지점의 점토 농도 변화를 계산하였다(그림 2-13-3). 이 때 수평확산계수는 $3.45 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 로 설정하였으며 연간 400만톤을 12회로 나누어 배출하는 상황을 가정하였다.

배출 장소에서 20km 하류에 위치한 곳에서 농도는 유속이 강할수록 초기에는 높게 나타났으나 시간이 지남에 따라 빨리 흘러서 사라지는 것으로 계산되었다. 동해병해역의 해류는 약 10cm/s이고 동해정해역의 해류는 약 20cm/s이므로 다른 조건이 같다면 해류의 영향으로 인해 동해정해역이 동해병해역보다 부유물의 농도가 배경농도($0.2 \text{ g}/\text{m}^3$)이상인 기간이 약 1.3일 정도 짧다.

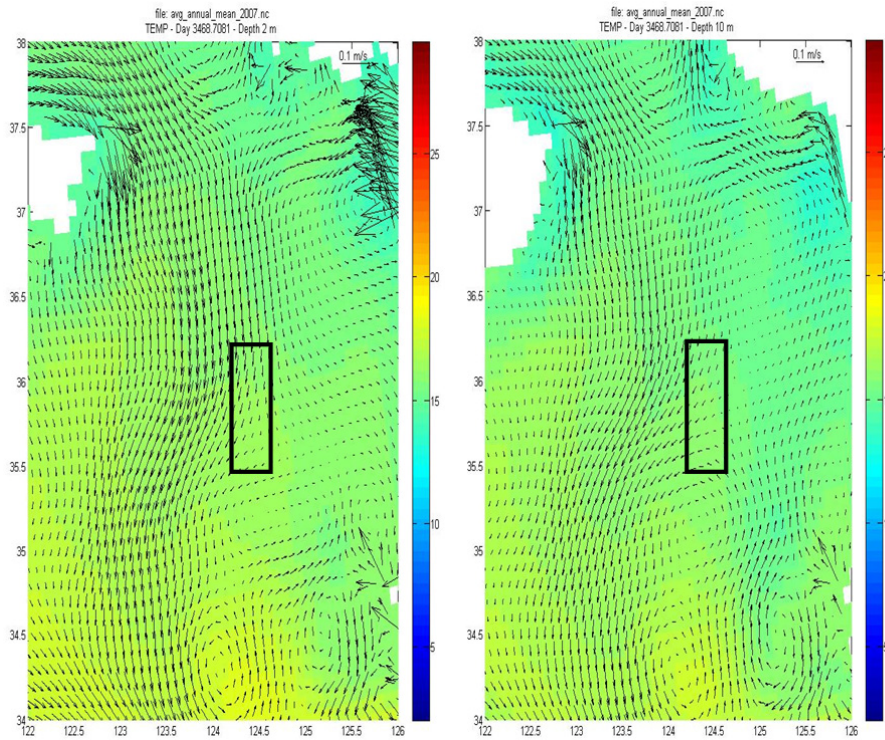


그림 2-13-2. 서해의 표층 해류

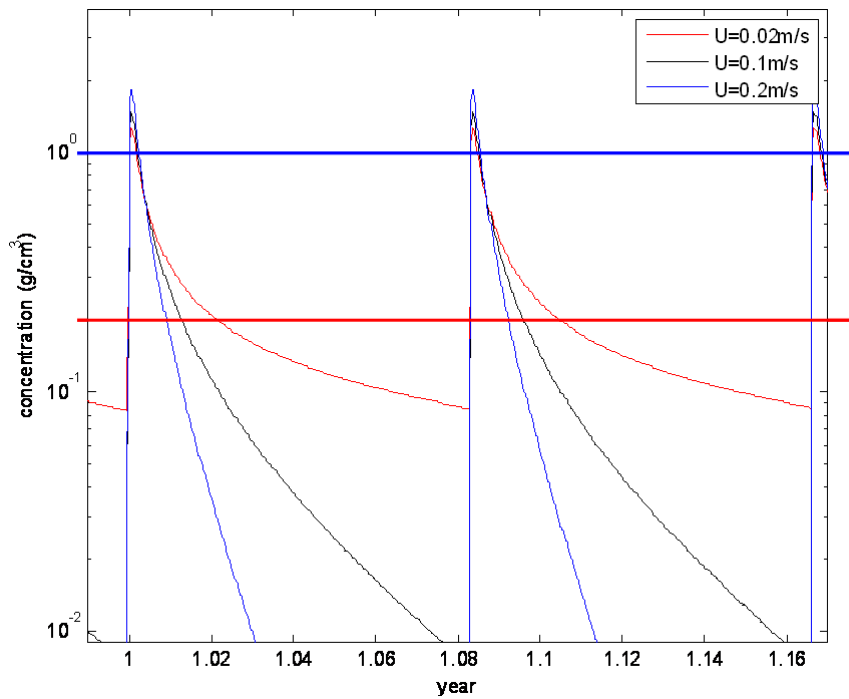


그림 2-13-3. 유속에 따른 농도의 시간 변화. 동해의 배경농도($0.2\text{g}/\text{m}^3$)와 서해의 배경농도($1\text{g}/\text{m}^3$)를 함께 도시함

서해병해역에서는 해류가 느려 부유물의 농도가 아주 작은 값으로 줄어드는 데 시간이 오래 걸린다. 그러나 배경농도($1\text{g}/\text{m}^3$)가 상대적으로 높아 배경농도 이상의 값이 나타나는 기간은 해류의 영향을 크게 받지 않는다.

나. 거리에 따른 농도 변화

매년 1월 1일 400만톤의 준설토를 배출하는 경우 배출 장소에서 해류 방향으로 40km, 20km, 16km 떨어진 곳에서의 부유물의 농도변화는 계산하였다(그림 2-13-4). 유속은 $10\text{cm}/\text{s}$ 로 설정하였으며 수평확산계수는 $3.45 \times 10^3 \text{m}^2/\text{s}$ 로 설정하였다.

배출이 시작된 직후 농도가 순간적으로 급격히 증가한 후 감소하여 배경농도인 $0.2\text{g}/\text{m}^3$ 까지 감소하는 데 약 24일 정도가 걸린다. 거리가 가까우면 농도가 더 급격히 증가하고 조금 더 빨리 감소한다. 예를 들면, 16km 떨어진 곳에서는 준설토가 배출된 초기에는 농도가 $26\text{g}/\text{m}^3$ 까지 증가하여 40km 떨어진 곳의 $5\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 약 5배가량 높으나 감소하는 비율이 높아서 40km 떨어진 곳에 비해 약 2~3일 먼저 배경농도에 도달한다.

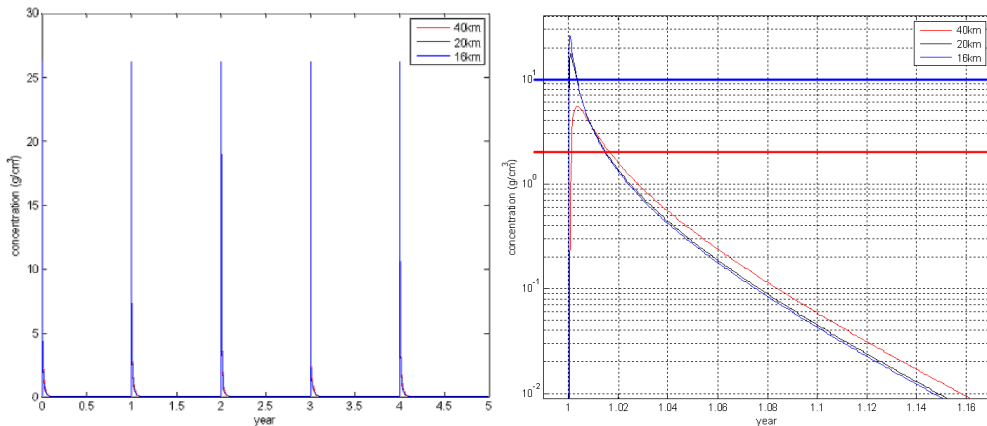


그림 2-13-4. 거리에 따른 농도의 시간 변화

다. 배출횟수에 따른 농도 변화

연간 400만톤의 준설토를 1회, 6회, 12회, 24회, 48회, 96회로 나누어 배출할 경우 배출 장소에서 해류방향으로 20km 떨어진 곳에서 부유물의 농도변화를 계산하였다(그림 2-13-5). 유속은 $10\text{cm}/\text{s}$ 로 설정하였으며 수평확산계수는 $3.45 \times 10^3 \text{m}^2/\text{s}$ 로 설정하였다.

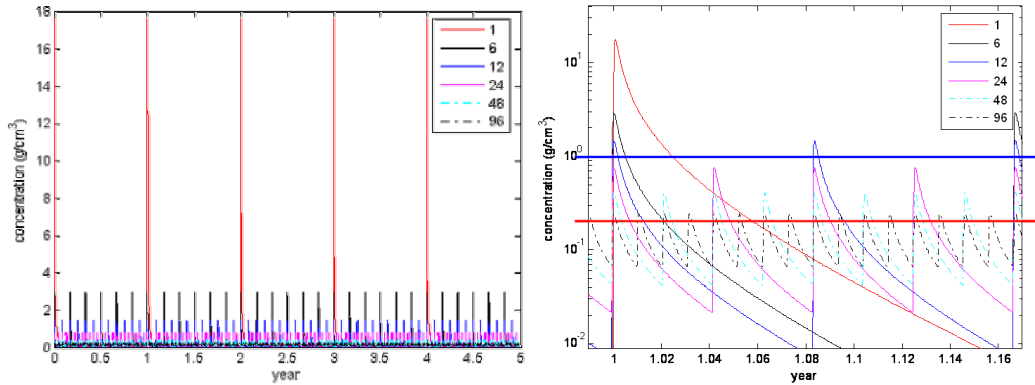


그림 2-13-5. 배출횟수에 따른 농도의 시간 변화

배출횟수를 늘리면 배출 직후에 부유물의 농도가 증가하는 정도는 줄어드나, 배경농도 이상의 부유물이 발견되는 횟수는 증가한다. 연간 1회 배출하면 부유물의 농도가 배출 직후 19g/m³ 정도까지 증가하였다가 약 18일 후 동해의 배경농도 이하로 감소한다. 연간 48회로 나누어 배출하면 최대 부유물 농도는 0.4g/m³ 정도로 나타나며 약 1.3일이 지나면 동해의 배경농도 이하로 감소하나, 부유물이 배경농도 이상으로 증가하는 경우는 48회, 연 일수는 62일로 증가한다.

연간 96회로 나누어 배출하면 배출 직후 12시간 정도만 부유물의 농도가 동해의 배경농도 이상으로 나타난다. 이 경우 최대 부유물 농도는 0.24g/m³이다. 한편, 연간 24회로 나누어 배출하면 서해의 배경농도 이상으로 나타나는 경우가 없다.

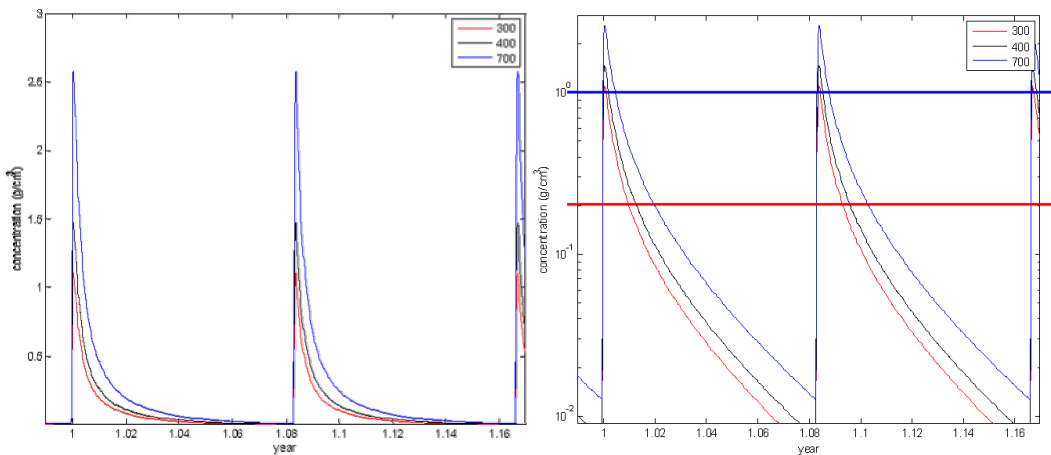


그림 2-13-6. 배출량에 따른 농도의 시간 변화

라. 배출량에 따른 농도 변화

연간 배출량이 300만, 400만, 700만톤으로 이를 12회로 나누어 배출하는 상황에서 해류방향으로 20km 떨어진 곳의 부유물 농도변화를 유속이 10cm/s이고 수평확산계수가 $3.45 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 인 경우에 대해 계산하였다(그림 2-13-6). 예상대로 배출량이 증가한 만큼 배경농도도 증가한다. 동해에서 12회로 나누어 300만톤을 배출하면 배출 직후 약 2.9일 간 배경농도 이상인 농도가 나타나며 700만톤을 배출하면 배출 직후 약 6.8일 간 배경농도 이상인 농도가 나타난다.

마. 수평확산계수에 따른 농도 변화

수평으로 혼합되는 정도를 나타내는 수평확산계수가 동해에서 알려진 최대값과 최소값 사이에서 변화하는 경우 부유물의 농도변화를 계산하였다. 즉, 연간 400만톤을 12회로 나누어 배출하는 경우, 수평확산계수가 1.7×10^3 , 3.45×10^3 , $5.2 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 일 때 20km 떨어진 곳에서의 부유물 농도변화를 계산하였다. 이 때 유속은 10cm/s로 설정하였다(그림 2-13-7).

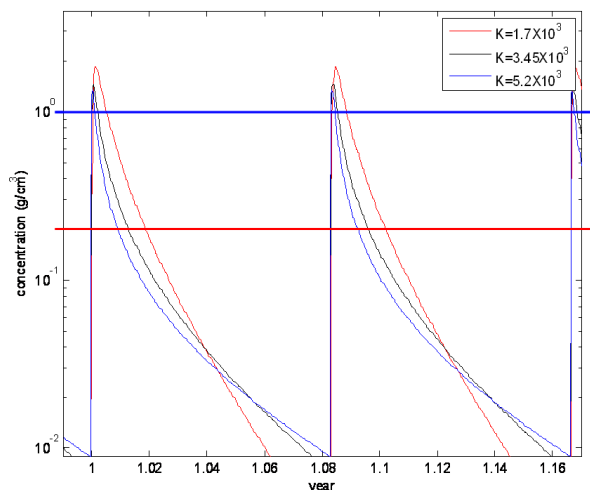


그림 2-13-7. 배출량에 따른 농도의 시간 변화

동해에서 확산계수가 최소일 때 부유물 농도가 배경농도 이상이 되는 기간이 확산계수가 최대일 때 비하여 2배 정도 길게 나타난다. 수평확산계수가 $1.7 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 이면 배출 직후 약 7일 정도 부유물 농도가 배경농도 이상이며 $5.2 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 이면 배출 직후 약 3.4일 정도 부유물 농도가 배경농도 이상이다.

서해의 수평확산계수는 아직 정확하게 파악되지 않았으나 동해와 유사하다고 가정하면, 수평확산계수가 $1.7 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 이면 배출 직후 약 0.5일 정도 부유물

농도가 배경농도 이상이고, $5.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ 이면 배출 직후 약 2일 정도 부유물 농도가 배경농도 이상이다.

바. 흐름의 수직방향으로의 농도 변화

연간 400만톤을 12회로 나누어 배출하고, 유속이 10cm/s이며 수평확산계수가 $3.45 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 인 경우 흐름의 하류 20km 지점에서 흐름의 수직 방향으로의 농도가 어떻게 변하는지 계산하였다. 수직 방향으로 0, 5, 10, 20km 떨어진 곳의 농도 변화를 그림 2-13-8에 도시하였다.

동해의 경우 배출 직후 부유물이 배경농도 이상인 기간의 차이는 거의 없다. 하지만 배출 직후 나타나는 최대 농도는 거리가 멀어지면 감소한다.

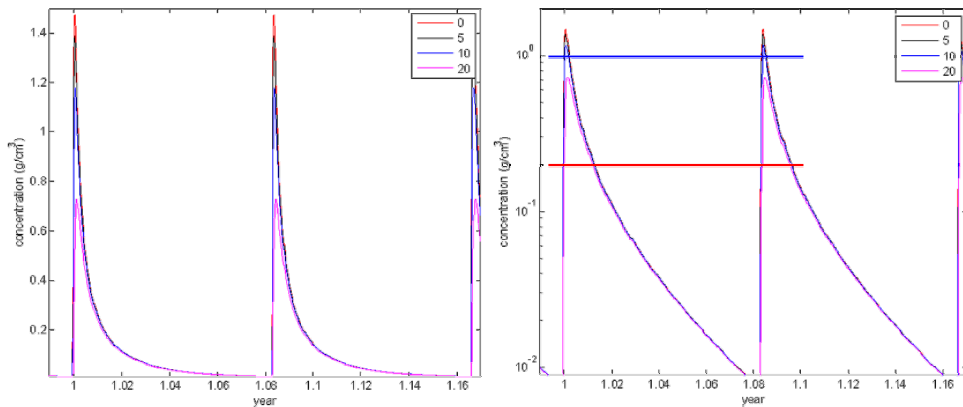


그림 2-13-8. 해류 방향 20km에서 흐름의 수직 방향으로의 농도의 시간 변화

4. 준설토 배출에 따른 영향

준설토 중 침강하지 않는 점토를 대상으로 이동-확산 계산을 수행하여 배출에 따른 영향을 계산하였다. 거제 옥포 준설토 입도자료(표 2-13-1)를 참조하여 점토가 전체 준설토의 23%를 차지하는 경우를 고려하였다. 주변에 영향을 최소화하기 위해 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 로 4개의 후보 배출구획을 선정하여 400만톤을 후보 배출구획의 중심에서 배출하여 표층 20m층에 균질하게 확산된다는 가정을 하였으며, 수평확산계수는 $3.45 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ 로 설정하였다. 해류의 흐름에 따라 이동 확산되어 주변의 부유물질 배경농도와 같은 수준이 될 때까지의 거리를 계산하였다.

동해병해역의 4개 후보 배출구획(그림 2-13-9의 A, B, C, D)의 중심과

대륙붕경계선간 최단 거리는 각각 76, 67, 58, 73km이다. 동해병해역의 해류는 남동 방향이며 그 크기가 10cm/s인 것으로 가정하였다. 연간 24회 이상 배출하는 경우는 대륙붕 경계면에서 부유물질 농도가 0.2g/m³ 이하이며 연간 48회 이상 배출하는 경우는 C 구획을 제외하고 대륙붕 경계면에서 부유물질 농도가 0.1g/m³ 이하가 된다. 그러므로 C 구획을 제외하고는 연간 400만톤 배출이 가능하나, B 구획이 가장 적게 영향을 미치는 것으로 나타난다.

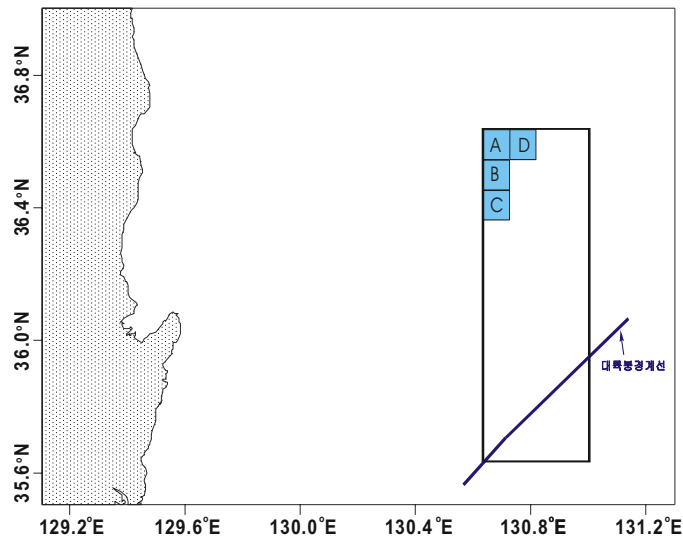


그림 2-13-9. 동해병해역의 4개 후보 배출 구획

동해정해역의 4개 후보 배출구획(그림 2-13-10의 A, B, C, D)의 중심과 대륙붕 경계면까지의 최단 거리는 각각 34, 30, 22, 22km이다. 동해정해역의 해류는 북향이며 그 크기는 15cm/s로 가정하여 배출 영향을 계산하였다.

연간 12회 이상 배출하는 경우 A 구획에서만 대륙붕 경계면에서 농도가 0.2g/m³ 이하이며, 연간 36회 이상 배출하는 경우는 대륙붕 경계면에서 농도가 0.2g/m³ 이하이고 96회 배출하는 경우 모든 구획에 배출하여도 대륙붕 경계면에서 농도가 0.1g/m³ 이하로 나타난다. 그렇지만, 흐름 방향인 우리나라 동해안에서는 같은 거리 떨어진 점에서 각각 0.7g/m³, 최대 0.5g/m³, 최대 0.2g/m³ 이다. 즉, 대륙붕경계면에는 영향이 적게 나타나나 흐름방향인 우리나라 동해안에는 배경농도보다 큰 값이 나타난다.

서해병해역의 4개 후보 배출구획(그림 2-13-11의 A, B, C, D)의 중심과 중국쪽 경계까지 직선거리는 각각 33, 33, 33, 23km이다. 서해병해역의 해류의 크기가 2cm/s이고 서남향으로 흐른다고 가정하여 배출 영향을 계산하였다. 연간 12회 이상 배출하면 중국쪽 경계에서 부유물질 농도가 1g/m³ 이하가 되고 24회 이상 배출하면 중국쪽 경계에서 부유물질 농도가 0.6g/m³ 이하가 된다.

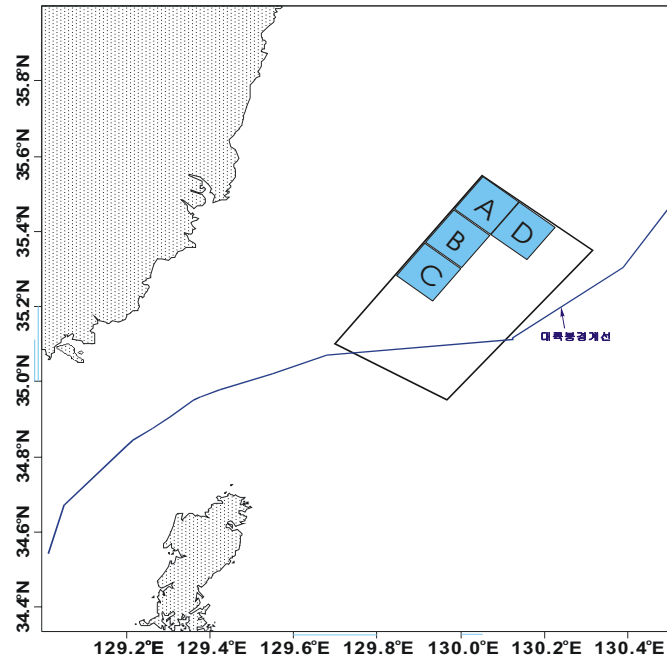


그림 2-13-10. 동해정해역의 4개 후보 배출 구획

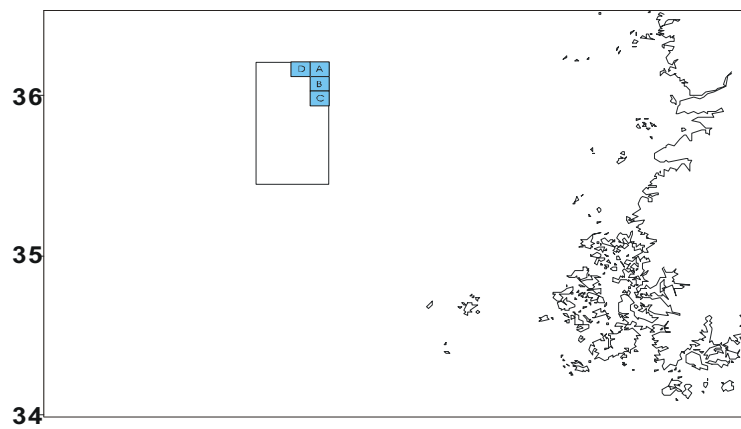


그림 2-13-11. 동해병해역의 4개 후보 배출 구획

제 3 장

런던의정서 준수지원

제 1 절 연구목적 및 내용

1. 연구목적

- 런던협약 및 런던의정서 준수를 위한 기술 지원

2. 연구수행기관

- 한국해양연구원 특정해역 보전관리센터

3. 주요과업 내용

- 런던협약/런던의정서 회의 및 준수 지원
 - 투기허가 발급 현황 연례보고 작성 지원
 - 폐기물 종류별 해양투기량 통계 및 투기허가 발급 현황
 - 런던협약/런던의정서 및 기타 국제협약 회의 지원
 - 런던협약/런던의정서 당사국회의·과학그룹회의 훈령 및 결과 보고서
 - 작업반 참여 및 결과보고
 - 배출해역 환경상태 보고 준수(배출해역 환경현황 연례보고)
 - 동해 폐기물 배출해역 환경현황 영문 보고서(안) 작성
 - : 동해 폐기물 배출해역의 군집 구조 및 저서 생태계
- 아국 배출로 인한 인접국과의 국제법 상의 관계 검토
 - 황해 국가 경계와 배출영향의 국제법적 합의 분석
 - 폐기물 국가 관할권 외부 이동 가능성 평가
 - 이동가능성 관련 국제법상 조치내용(보상등) 검토
 - 대 중국에 대한 아국의 대응방안 검토
 - 동해병 및 정해역 경계선 확정 재검토
 - 일본과의 북부 대륙붕 협정에 근거한 새로운 동해병 및 정해역 경계선 제정(안) 마련
 - 아국 배출폐기물의 타국관리 해역 이동 가능성 조사·검토
 - 위성자료 자료 해석
 - 폐기물 이동·확산 자료 해석

- 외국의 배출로 인한 아국 피해 감시
 - 인접국가 배출 동향 파악(일본, 중국)
 - 일본 및 중국의 배출해역별 배출 폐기물 종류 및 현황 파악
 - 인접국가 배출물의 아국 이동 가능성 조사·검토
 - 외국의 배출에 대한 잠재영향에 대한 아국의 대응방안 검토안
 - 러시아 핵폐기물 배출영향에 대한 국제법상 아국의 대응방안
 - 러시아 동해 핵폐기물 배출영향 조사

4. 달성된 주요성과

- 각종 작성 지원 영문 문서 및 보고서(안)
- 관련 회의 및 행사 결과 보고서
- 아국관련 정책 합의 분석
- 영문 보고서(안)
- 폐기물 이동가능성에 대한 아국의 대응방안 검토안 마련
- 동해병 및 정해역의 새로운 경계선 좌표(안)
- 이동 가능성 평가 보고서
- 일본 및 중국 배출동향 보고서
- 이동 가능성 평가 보고서
- 동해 인공방사능 자료

제 2 절 서 론

폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염 방지에 관한 협약, 일명 런던 협약은 산업폐기물 해양투기로 인한 오염을 방지하기 위한 지구적 차원의 다자간 환경협정으로서 1972년 체결되었다.

1996년에는 더욱 강화된 규제성을 갖는 1996 의정서가 채택되어, 2006년 3월 24일에 발효되었다. 중국은 2006년 9월에, 일본은 2007년 10월에 동 의정서에 가입하였으며, 우리나라는 2008년내 의정서 가입을 목표로 추진 중에 있다.

1972 런던협약과 1996 의정서는 사전예방을 중시하여, 해양투기 이외의 대체방안이 있을 경우에는 해양투기를 금지하도록 규정하고 있다. 특히 런던 의정서 제11조는 의정서 발효 후 2년 내에 당사국회의가 런던의정서의 준수 상황을 평가하고 촉진하는데 필요한 절차와 기작을 확립하도록 규정하고 있다. 이를 토대로 2008년 런던협약/런던의정서 합동 당사국회의에서 준수위원회 위원들이 선정되어 당사국들의 준수 평가 작업이 시작되었다. 이는 런던협약 및 런던의정서의 실효성 제고에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 당사국들의 의무 이행에도 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

사례로 일본은, 최근 논란이 되고 있는 보크사이트 폐기물(적토) 해양투기 조기 종료를 위한 방안으로써 외국에 합작공장 설립을 추진하고 원료를 보크 사이트에서 수산화알루미늄으로 전환하였으며, 하수오니의 경우 2007년부터 해양투기를 종료하는 등 런던협약/의정서 규정 준수를 위해 적극적인 조치를 취하고 있다.

따라서 런던협약 및 의정서 현황 파악 뿐만 아니라 폐기물 해양투기 관련 모니터링 기술 동향 파악은 우리나라가 규정 준수를 위한 제도 개선 및 실천 전략을 마련하는데 있어 상당히 중요하다.

본 장에서는 최근 5년간 런던협약/의정서 관련 회의(당사국회의, 과학그룹 회의) 동향에 대해 정리하였고, 올해 개최된 당사국회의 및 과학그룹회의의 논의 사항을 상세히 소개하였다. 또한 이들 회의 시 작업반에 적극 참여하여 수행한 결과들도 정리하였다.

또한 해양투기 폐기물의 월경으로 인해 발생할 수 있는 국제법상 조치 사례와 과학적인 결과를 토대로, 서해병해역에 투기된 폐기물이 중국 해역으로 이동할 가능성에 대해서도 정리하였다.

제 3 절 런던협약 준수사항

1. 런던협약/런던의정서 준수 지원

가. 투기허가 발급 보고

(1) 런던협약/런던의정서의 허가서 발급 및 보고 규정

런던협약 제6조 및 의정서 제9조(허가서의 발급 및 보고)에 의거하여, 당사국들은 자국이 수행한 투기활동들에 대해 런던협약 사무국에 보고하고, 당사국회의가 지정한 기구에서 평가하여, 이를 당사국회의에 보고하도록 하고 있다.

○ 런던협약 제 6 조(허가증 발급과 보고)

- 1 당사국은 다음의 업무를 수행하기 위한 적절한 당국을 지정한다.
 - (a) 부속서 2에 열거된 물질의 투기를 위하여 사전에 필요한, 또는 제5조 제2항에 규정된 상황에서 필요로 하는 특별허가증의 발급
 - (b) 기타 모든 물질의 투기를 위하여 사전에 필요로 하는 일반허가증의 발급
 - (c) 투기되어지도록 허용되는 모든 물질의 특성과 양, 투기의 장소 시간 및 방법에 관한 기록의 유지
 - (d) 개별적으로 또는 다른 당사국 및 전문 국제기구와 협력하여 이 협약의 목적을 위한 해양의 상태의 감시
- 2 당사국의 적절한 당국은 투기하려고 하는 다음 물질에 대하여 제1항에 의해 사전에 특별허가증, 또는 일반허가증을 발행하여야 한다.
 - (a) 자기나라의 영토 안에서 선적된 물질
 - (b) 선적이 이 협약의 당사국이 아닌 국가의 영토 내에서 이루어지는 경우에는, 자국 영토 안에 등록되어 있거나 또는 자국의 국기를 게양하고 있는 선박 또는 항공기에 의하여 선적된 물질
- 3 제1항(a) 호 및(b) 호에 의거하여 허가증을 발급함에 있어서, 해당 당국은 부속서 3을 준수하며 또한 적절하다고 판단하는 추가적인 기준, 조치 및 요건을 준수하여야 한다.
- 4 당사국은, 직접적으로 또는 지역협정에 따라 설치된 사무국을 통하여, 제1항(c)호 및 (d)호에 규정된 정보와 제3항에 따라 자국이 채택한 기준, 조치 및 요건을 기구와 해당되던 타 당사국에 통보하여야 한다. 이러한 보고를 하는 절차와 내용은 당사국 간에 협의하여 합의하여야 한다.

○ 의정서 제 9 조(허가증 발급과 보고)

1. 각 당사국은 다음 업무를 수행할 적절한 기관을 지정한다.
 - .1 동 의정서에 의거한 허가증의 발급
 - .2 투기 허가증이 발급된 폐기물 또는 그 밖의 물질의 특성 및 량과 가능하면 실제로 투기된 양과 장소, 시간 및 투기 방법에 대한 기록을 유지

2. 당사국의 해당기관은 투기 또는 8.2조에 기술한 해상소각을 목적으로 하는 폐기물이나 그 밖의 물질에 관해 이 의정서에 의거 허가증을 발급한다.
 - .1 당사국 영토 내에서 선적된 물질
 - .2 선적이 이 의정서의 당사국이 아닌 국가의 영토 내에서 이뤄지는 경우, 그(당사국) 영토 내에 등록되어 있거나 그 국기를 게양하고 있는 선박 또는 항공기에 선적된 물질
3. 허가증을 발급하는데 있어, 해당기관은 제4조의 의무와 함께 적절하다고 고려하는 추가적인 기준, 조치 및 의무를 준수한다.
4. 각 당사국은 직접적으로 또는 지역협정에 따라 설치된 사무국을 통하여 아래 내용을 국제해사기구(IMO)와 다른 당사국에 통보한다
 - .1 제1항 제2호(허가서가 발급된 폐기물 및 그 밖의 물질의 성질 및 양 및 실제 투기된 양, 장소, 시간, 방법 등에 대한 기록) 및 제1항 제3호(허가가 이 의정서의 목적에 적합한가 여부에 대한 개별적 혹은 당사국 및 권한 있는 국제기구와의 협력을 통한 허가 후의 통제)에 규정된 사항
 - .2 이 의정서의 조항을 실행하기 위해 취해진 행정적, 입법적 조치
 - .3 제4항 제2호에 언급된 조치의 결과 및 그 적용상 발생하는 문제점들
 - .4 제1항 2호 및 제1항 제3호에 언급된 사항들은 매년 보고되어야 한다. 제4항 제2호 및 제4항 제3호에 언급된 사항들은 정기적으로 보고되어야 한다.
 - .5 제4항 제2호 및 제4항 제3호에 의거 보고된 사항들은 당사국회의가 지정한 기구에서 평가되어야 한다. 그 기구는 평가 결과를 당사국 특별회의 또는 당사국회의에서 보고하여야 한다.

(2) 투기허가 발행 보고 양식

2006년 11월 29일에 런던협약 및 의정서에서는, 2003년부터 2005년까지 기간 동안의 폐기물 해양처분 관련 활동 보고서 제출을 촉구하는 서신(LC-LP. 1/Circ. 6)을 각 당사국들에게 배포하였다.

폐기물 해양처분 활동에 대한 일반허가 발급 보고서는 다음 정보를 기재하여야 한다(런던협약 및 의정서 공통).

- 발행 당국(issuing authority)
- 허가개시일자/종료일자(permit start date/permit expiry date)
- 폐기물 또는 기타물질의 출처 및 선적항구(country of origin of wastes or other matter and port of loading)
- 폐기물 또는 기타물질의 상세 사항 및 그 폐기물이나 기타물질이 만들어진 공정 기술(detailed specification of waste, or other matter, and description of the process from which the waste or other matter is derived)
- 투기시의 폐기물 또는 기타물질의 형태, 예; 고상, 액상 또는 오니(액상이나 오니의 경우 불용성 화합물들의 무게 백분율)(form in which waste, or other matter, is presented for disposal, i.e. solid, liquid or sludge(in the case of liquids or sludge include weight per cent of insoluble compounds))
- 해당 폐기물 또는 기타물질 총량(미터 톤 단위)(total quantity(in metric tonnes) of waste or other matter covered)

- 투기 예상 빈도(expected frequency of dumping)
 - 폐기물 또는 기타물질의 화학 조성(이는 적절한 정보를 제공할 정도로 상세하여야 함. 특히 협약 부속서 I과 II에 열거된 물질 함량에 대해서 상세하여야 함; 중량 대 중량 단위의 농도, 건조량 농도)
 - 폐기물 또는 기타물질이 성질들(properties of waste or other matter)
 - 용해도(solubility)
 - 상대밀도(비중)(relative density(specific gravity))
 - pH
 - 포장 방법(method of packaging)
 - 배출 방법(method of release)
 - 후속 탱크 세척을 위한 절차 및 장소(procedure and site for subsequent tank washing)
 - 인가된 투기장(approved dumping site)
 - 지리적 위치(위도와 경도)
 - 수심(depth of water)
 - 가장 가까운 해안으로 부터의 거리(distance from nearest coast)
 - 감시 필요조건들과 계획들(monitoring requirements and plans)
 - 협약 부속서 III에 열거된 인자들에 관한 추가 정보, 특히 폐기물이나 기타물질의 독성에 대한 정보(독성시험의 형태, 예; 96시간 LC50, 사용된 검정생물종).
- 화학제품 폐기물일 경우, 그 폐기물의 생분해도에 대한 모든 가용한 정보를 제공할 것.

특별허가 발급에 대한 보고(런던협약에 한함)에는 다음 정보가 기재되어야 한다.

- 국가명(name of country)
 - 허가발행 연도(year permit(s) issued)
 - 인가된 투기장(approved dumping sites)
 - 투기된 폐기물 성질 및 톤 단위의 투기량(nature and quantity(tonnes) of waste dumped)
 - 사용된 투기 방법(dumping method used)
- 상기 5가지 사항들은 일반허가 발행의 최소한의 보고 필수사항이지만, 일반추가로 투기장 모니터링 수행 여부에 대한 정보도 제공해야 한다.

(3) 연간 투기허가발급 보고를 위한 전자 양식

2004년 제26차 런던협약 당사국회의에서는 당사국들의 폐기물 해양처분 관련 보고 촉진을 위한 '런던협약 하의 단기 및 장기전략'을 승인하였다. 이는 엑셀 형태의 양식으로 디스켓이나 이메일을 통해 당사국들이 자국의 연간 폐기물 해양투기 활동을 사무국에 보내는 것이다. 양식은 표 3-3-1과 3-3-2에 나타내었다.

표 3-3-1. 런던협약 제출을 위한 해양투기 허가발행 보고서 전자 양식 1

Contracting Party :				
Waste category	Number of permit issued	Number of operations regulated by other	Tonnes licensed*	Notes
		Means	(dry weight)	
Dredged material				
Inert Material				
Fish waste				
Vessels				
Platforms				
Sewage sludge				
Bulky waste				

표 3-3-2. 런던협약 제출을 위한 해양투기 허가발행 보고서 전자 양식 2

LC/LP codes	Categories of waste							Dredged material		Total quantity		Geographical position	Active/Inactive Site	Notes
	Deposit Site	Dredged Material	Inert Material	Fish Waste	Vessels	Plat-forms	Sewage sludge	Bulky waste	Origin Name of water system	Dredging operation type* Capital Main-tenance	Dry weight			

나. 당사국 투기허가 발급 보고 현황 및 해양투기량

(1) 당사국 투기허가 발급 보고 현황

상기 규정에 따라 런던협약/의정서 당사국들은 자국의 폐기물 해양투기 관련 사안들을 매년 런던협약/의정서 사무국에 회기 전년도에 발급된 일반 허가 기록을 보고해야 한다. 특별허가인 경우에는 허가 발급 직후 즉시 런던협약/사무국에 보고하도록 규정하고 있다.

특히 2004년 제26차 런던협약 당사국회의에서는 당사국들의 협약 준수 이행을 촉진시키기 위해 폐기물 해양투기 현황 미보고 당사국들의 명단을 공개하고, 해당국 장관들에게 준수 보고를 촉구하는데 합의하였다.

이에 따라 금번 제30차 런던협약 및 제3차 의정서 당사국회의에서는 2003년 기간까지 자국의 폐기물 해양투기 현황을 보고하지 않은 32개국 명단을 공개하였고(LC 30/6/1), 해당 국가들은 대부분 아프리카 및 남아메리카 국가들로서 다음과 같다.

아프가니스탄, 앙골라, 아제르바이젠, 볼리비아, 케이프 버즈, 코스타리카, 코트데이보르, 크로아티아, 쿠바, 콩고, 도미니카, 가봉, 그루지아, 과테말라, 하이티, 온두라스, 요르단, 케냐, 키리바시, 리비아, 모로코, 나우루, 오만, 파파뉴기니아, 세인트루시아, 솔로몬군도, 세르비아, 세이셸, 수리남, 트리니다드토바고, 튀니지, 우크라이나

본 연구에서는 우리나라의 투기허가 발행 보고서 작성 및 제출에 대한 자문을 하였고, 런던협약/런던의정서의 규정을 준수하여 회기 전년도인 2007년까지의 투기허가 발행보고서가 런던협약 사무국에 제출되었다.

[참고] 런던협약/의정서 당사국들의 투기허가 발행보고서 제출 현황(LC30/6/1)

LC 30/6/1
ANNEX 1
Page 3

Reporting on dumping and incineration at sea under the London Convention 1972 and its 1996 Protocol

COUNTRY (6)	Year	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07			
LUXEMBOURG																	S*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
MALTA																	S*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
MARSHALL ISLANDS																																				
MEXICO				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
MONACO			S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
MONTENEGRO (6)																																				
MOROCCO			S					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NAURU								S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NETHERLANDS				S*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NEW ZEALAND		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NIGERIA		S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NORWAY		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OMAN										S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
PAKISTAN																						S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
PANAMA																						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
PAPUA NEW GUINEA						S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
PERU																																				
PHILIPPINES		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
POLAND																		S*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
PORTUGAL				S*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
REPUBLIC OF KOREA																					S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
RUSSIAN FEDERATION (1)		S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

(2) 당사국 폐기물 해양투기 현황

런던협약에서는 부속서 1에 열거된 폐기물이나 기타 물질은 해양투기를 금지하고 있고, 단지 제IV(1)(b)에서는 부속서 2에 열거된 폐기물이나 기타 물질의 투기는 사전의 특별허가증 발급을 요구하고 있다. 또한 부속서 1과 2에 해당되지 않는 폐기물에 대해서는 사전의 일반 허가증을 요구하고 있다. 반면, 런던의정서에서는 이와 같은 구분을 하지 않고, 부속서 1에서 해양투기를 심의할 수 있는 7가지 폐기물에 대한 허가증 발급에 대해 보고하도록 하고 있다.

2008년 제30차 런던협약 및 제2차 의정서 당사국회의에서는 각 당사국들이 제출한 2005년 발급된 투기허가 발급 자료를 취합한 문서(LC 30/WP. 1)를 공개하였다.

런던협약 및 의정서 당사국들의 폐기물 해양투기 동향을 파악하기 위하여 상기 문서와 이전 런던협약/의정서 회의에서 보고된 일반허가 발급 자료를 토대로 1999년 이후의 주요 당사국들의 폐기물 해양투기량 현황을 표 3-2-1에 정리하였다.

표 3-3-3. 런던협약/의정서 주요 당사국들의 폐기물 해양투기량 현황(단위 : 천톤/년)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	비 고
일본	11,386	10,264	10,606	9,477	7,129	13,207	7,581	준설물+보크사이트 +식품가공+하수오니
중국	67,613	52,336	143,440	139,892	164,853	190,593	250,588	준설물
호주	1,506	1,732	5,601	753	11,017	13,498	6,464	준설물
스페인	2,829	2,144	4,722	6,292	175	1,191	4,692	준설물
영국	56,839	33,057	18,513	16,372	17,512	15,673	31,038	준설물+생선폐기물
미국	56,651	76,343	74,462	104,132	65,362	59,009	46,756	준설물
캐나다	3,725	2,008	3,453	3,955	3,542	4,033	3,774	준설물+생선폐기물
독일	26,040	11,016	9,800	10,629	7,790	9,724	20,966	준설물
네덜란드	13,988	15,782	16,029	10,750	7,719	11,337	12,945	준설물

표 3-2-1에서 나타난 바와 같이 일본을 제외한 거의 대부분의 당사국들은 현재 준설물에 한해서만 해양투기를 하고 있다. 그러나 일본도 2007년부터 하수오니의 해양투기 금지를 시행하고 있기 때문에, 2007년의 투기허가 발행 보고서에서는 우리나라가 하수오니를 해양투기하는 유일한 국가로 게재될 것이다.

다. 폐기물 해양 투기장 환경상태 보고

런던협약 제6조 및 런던의정서 제9조의 '허가증 발급과 보고'에서는 당사국들이 폐기물 해양투기 해역을 모니터링한 결과를 국제해사기구 및 다른 당사국들에게 보고하도록 규정하고 있다.

○ 런던협약 제 6 조(허가증 발급과 보고)

- 1 당사국은 다음의 업무를 수행하기 위한 적절한 당국을 지정한다.
 - (d) 개별적으로 또는 다른 당사국 및 전문 국제기구와 협력하여 이 협약의 목적을 위한 해양의 상태의 감시
- 4 당사국은, 직접적으로 또는 지역협정에 따라 설치된 사무국을 통하여, 제1항(c)호 및 (d)호에 규정된 정보와 제3항에 따라 자국이 채택한 기준, 조치 및 요건을 기구와 해당 되면 타당사국에 통보하여야 한다. 이러한 보고를 하는 절차와 내용은 당사국간에 합의하여야 한다.

○ 의정서 제 9 조(허가증 발급과 보고)

1. 각 당사국은 다음 업무를 수행할 적절한 기관을 지정한다.
 - .3 동 의정서의 목적을 위하여 해역의 상태를 개별적으로 또는 다른 당사국 및 유관 국제기구들과 협력을 통하여 감시(모니터링)
4. 각 당사국은 직접적으로 또는 지역협정에 따라 설치된 사무국을 통하여 아래 내용을 국제해사기구(IMO)와 다른 당사국에 통보한다
 - .3 제4항 제2호에 언급된 조치의 결과 및 그 적용상 발생하는 문제점들
 - .4 제1항 2호 및 **제1항 제3호에 언급된 사항들은 매년 보고되어야 한다.** 제4항 제2호 및 제4항 제3호에 언급된 사항들은 정기적으로 보고되어야 한다.

이에 따라 본 연구에서는 국제해사기구 제출을 위한 '동해 폐기물 배출 해역의 군집 구조 및 저서 생태계'를 다음과 같이 영문으로 작성하였다.

(1) 동해 폐기물 배출해역의 군집구조 및 저서 생태계

The community structure of macrozoobenthos in the Donghaejung waste dumping area in the East Sea(Sea of Japan)

Abstract

The abundance and biological diversity of the macrobenthos was monitored to assess the impact of wastes disposed at the Donghaejung area(1,616km²) in the southwestern part of the East Sea during June 2007. The area was designated to receive sewage sludge since 1993 and scheduled to be closed by 2012. The total wastes disposed at the area

amounted to 20,800m³ from 1993 to the year of 2003. A total of 202 species were identified and the average faunal density was 922ind./m². The study area was dominated by a polychaete, *Spiophanes kroyeri* in offshore muddy sand region and *Maldane cristata* in coastal muddy sediments. These worms were dominant species during 1980's surveys. Some opportunistic species responding to the high organic matter input were found with its low population density in this survey. The study area sustained three different macrobenthic communities and their mean density increased twice during 20 years from 1980's to 2007. The health condition of macrofaunal community was under the normal or slightly disturbed condition.

1. Introduction

The abundance and the community structure of the macrobenthic infauna have been used to examine the health of the benthic environments because of the site-specific characters accumulated over their life span arisen from their less motile life style. The influence of organic pollution in the bottom sediment has been reported to be pronounced in macrozoobenthos community structure and biomass widely in the aquatic environment(Pearson and Rosenberg, 1978; Weston, 1990). Also their species composition might be changed from pollution sensitive species to pollution-tolerant species, and opportunistic species or pollution indicator species under the influence of chemical pollution or other environmental stresses(Gray, 1982; Warwick, 1988), and the dominant species would also change along the pollution gradient(Clark, 1990; Warwick, 1986). Using these ecological responses of macrobenthos, there were several studies tried to present the ecological status into indices which can be comparable and quantified(Borja *et al.*, 2003; Weisberg *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2003).

The Donghaejung area(1,616km²) in the southwestern part of the East Sea was assigned as a waste dumping area in 1993. However, prior to 1993, waste materials derived from food factories had been dumped around the area. The area was designated to receive sewage sludge since 1993 and might be closed by 2012. The total wastes disposed at the area amounted to 20,800m³ from 1993 to the year of 2003. There were few previous studies on the macrobenthos in the East Sea on the polychaete worms(Choi

and Koh, 1988; 1989) and on the molluscan community(Je, 1993) surveyed during 1982-1984.

In this study, we examined the community structure and the present ecological status of macrobenthic faunal assemblages of the Donghaejung dumping area within the East Sea. We also compared the species composition of macrobenthos from before dumping to the present dumping events in 2007.

2. Materials and Methods

Macrobenthic fauna were collected from two oceanographic sampling cruises during April and June, 2007(Fig. 1). Three replicate samples were taken at each site using a van Veen grab sampler(0.1m²), and sediment samples were washed through 1mm mesh screen on deck and preserved in 4% formaldehyde solution buffered with seawater.

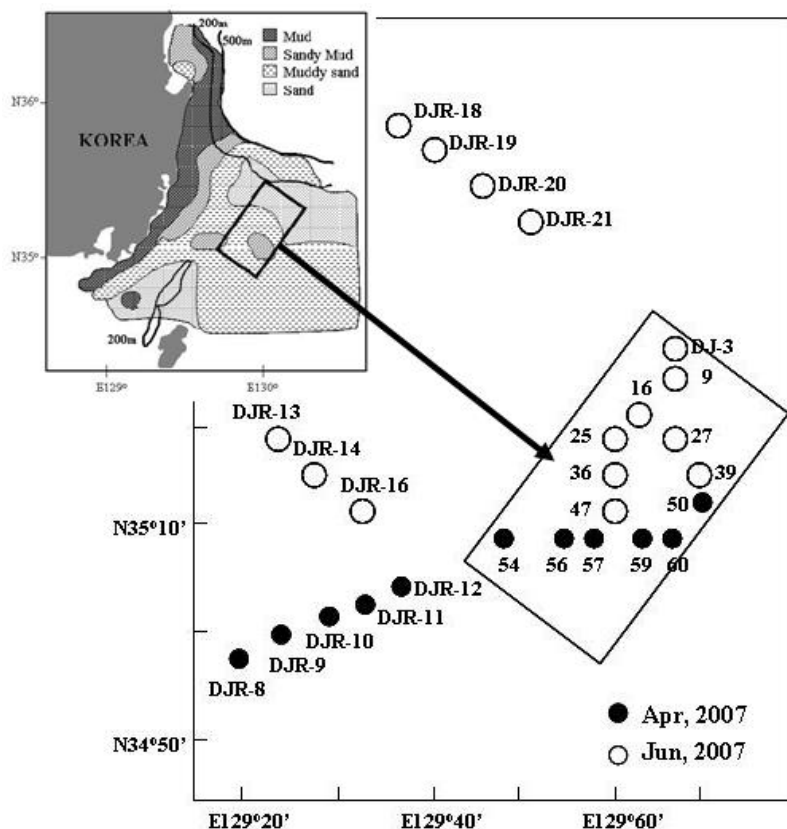


Fig.1. The study area and sampling sites in the East Sea during April and June 2007. There are very complicated sedimentary facies around the Donghaejung dumping area(included in a rectangle).

Macrofauna were sorted into major faunal groups from sediment mixture and total wet weight was measured. All faunal specimens were identified into species level if it is possible, and their abundance was counted. Most specimens were classified and assigned to a trophic group based on their ecological information(Choi and Koh, 1988; 1989). Using the abundance data of each species, we calculated the Shannon-Wiener species diversity(H'). After some data transformation and the calculation of similarity matrix, we performed the multivariate analysis such as cluster analysis and ordination like MDS plots.

In order to evaluate the ecological health status of macrozoobenthic community in the waste dumping area and its neighboring area, three biotic indices were applied. Both BPI(Benthic Pollution Index)(Lee *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2007) and AMBI(AZTI's Marine Biotic Index)(Borja *et al.*, 2003) were based on the functional groups of macrobenthos, however BIBI(Benthic Index of Biotic Integrity)(Weisberg *et al.*, 1997) was calculated using some metric representing community properties. BPI and AMBI were calculated based on the relative abundance of four feeding guilds and five functional groups within the macrobenthic community, respectively. BPI was calculated using the next equation as follows:

$$BPI = \left[1 - \frac{a \times N_1 + b \times N_2 + c \times N_3 + d \times N_4}{d \times (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} \right] \times 100$$

Where N_1 , N_2 , N_3 , N_4 are the abundance of carnivores and filter feeders, surface deposit feeder, subsurface deposit feeders, and opportunistic or pollution indicative species, respectively. The weight constants in the equation, a to d, were given as 0, 1, 2, and 3, respectively. Thus BPI is given as 0 when all macrobenthos were composed of opportunistic or pollution indicative species, while the value of BPI is given as 100 when all specimen were carnivores or filter feeders. AMBI was calculated by the following equation:

$$AMBI = (0.0 \times N_1 + 1.5 \times N_2 + 3.0 \times N_3 + 4.5 \times N_4 + 6.0 \times N_5)$$

Where N_1 , N_2 , N_3 are the abundance of pollution sensitive, pollution insensitive, and pollution tolerant species, respectively. N_4 and N_5 are the

abundance of second pollution indicative and first pollution indicative species, respectively. Thus the value of AMBI will be in the range of 0.0 (when all specimens are included in the N_1 group) to 6.0 (when all specimens in the N_5 group). When no fauna was found, AMBI is given as 7.0.

BIBI was calculated by averaging the metric scores; in this study only 5 metric were used like H' , abundance, biomass, percentage of pollution indicative species, percentage of pollution sensitive species. The index value of BIBI will range from 1 to 5.

The ecological quality criteria using these indices were not established firmly in both indices until now, but used as preliminary ones to apply the macrobenthic communities in the various benthic environments (Borja *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003). The scores of each metric of BIBI were assigned based on the data from reference sites (Table 1).

Table 1. The scores of each metric used at a modified biotic index, BIBI

Polyhaline sand	5	3	1
Shannon–Wiener(H')	≥ 2.8	1.1–2.8	< 1.1
Abundance(ind./m ²)	$\geq 2,110$	520–2,110	< 520
Biomass(g/m ²)	≥ 629	12–629	< 12
Abundance of pollution–indicative taxa(%)	≤ 0	0–8.1	> 8.1
Abundance of pollution–sensitive taxa(%)	≥ 65.5	3.1–65.5	< 3.1

Table 2. The community composition of macrobenthos occurred in the Donghaejung area and adjacent area during April and June, 2007 (Spp.: species number, A: density, ind./m², B: biomass, wet-g/m²)

Taxa/ St.	Dumping sites			Reference sites			Total		
	Spp.	A	B	Spp.	A	B	Spp.	A	B
Mollusca	24	313	60.9	29	282	55.1	33	298	58.0
Polychaeta	75	615	25.6	78	397	32.4	92	506	29.0
Crustacea	31	74	0.7	31	143	0.8	45	108	0.8
Echinodermata	8	24	17.0	10	74	41.7	12	49	29.4
Others	16	19	2.7	16	37	64.2	20	28	33.4
Total	154	1045	107.0	164	933	194.2	202	989	150.6

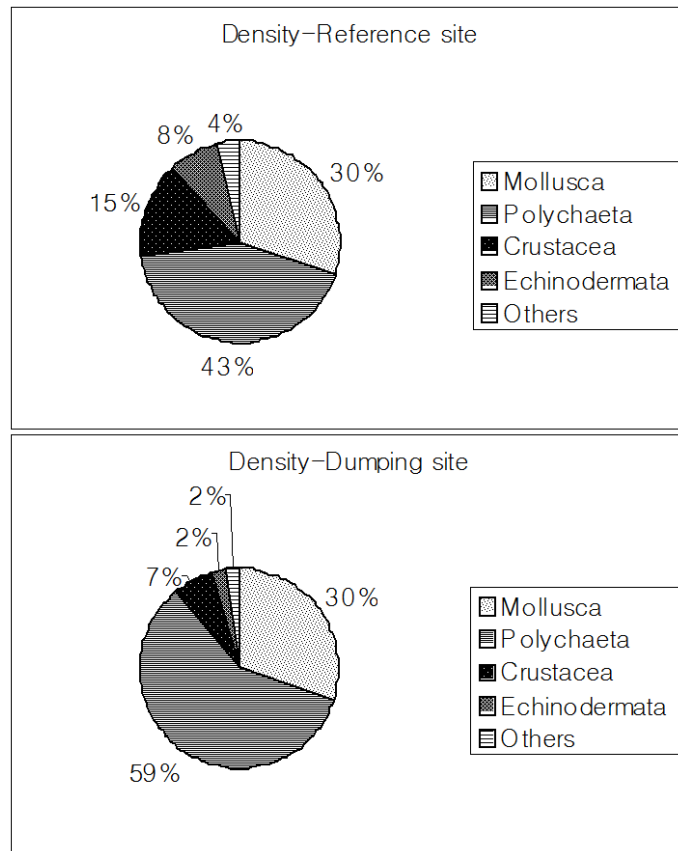


Fig.2. The abundance composition of macrobenthos occurred at both dumping and reference sites in the Donghaehung area.

3. Results and Discussions

(1) Community composition

The macrozoobenthos collected during 2007 surveys composed of 202 species in the 8 animal phyla and the mean faunal density was 922 ind./m². polychaete worms comprised 92 species and were the most abundant faunal group accounted for 51% of total abundance in the benthic community (Table 2). The species number of major benthic faunal group between the reference area and waste dumping area was very similar level in a total species and in each faunal group. However in the case of mean density, the dumping area showed higher density than the reference area, especially in the polychaete worms. Some faunal groups like crustaceans and echinoderms showed higher density in the reference area. polychaete worms were the most dominant faunal group in both areas accounting for

50% of total macrofauna(Fig. 2). The mean biomass of macrofauna in the study area was 137g/m²; the reference area had more biomass(150.6g/m²) than the dumping area(107.0g/m²). Most macrofaunal biomass was comprised by molluscans, echinoderms and polychaete worms(Fig. 3).

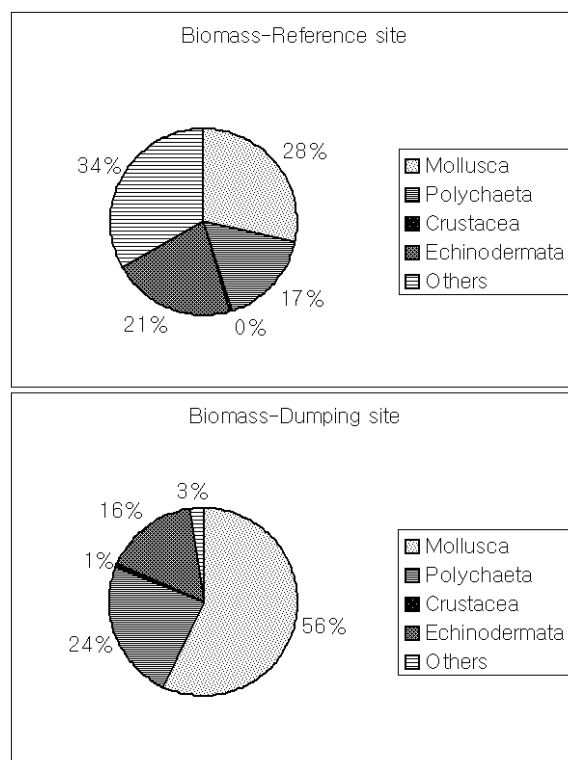


Fig. 3. The biomass composition of macrobenthos occurred at both dumping and reference sites in the Donghaehung area.

The most abundant macrobenthic species in the waste dumping area were a polychaete worm, *Spiophanes kroyeri* (21.1%), a bivalve *Musculus senhausia* (20.1%), and a polychaete *Maldane cristata* (12.3%) and a small bivalve *Thyasira tokunagai* (3.1%)(Table 3). In the reference area, a bivalve *Ennucula nipponica* (21.1%), polychaete worms, *Maldane cristata* (10.3%) and *Ophelina acuminata* (9.0%), and an ophiuroide *Ophiura sarsi* (7.8%) occurred as most dominant species(Table 4).

Before waste dumping, there were the *Spiophanes kroyeri* assemblage mainly occupied in the broad offshore area including the Donghaejung dumping area, and the *Ophelina acuminata* assemblage located at the coastal area, and between these areas the *Myriochele* assemblage and *Terebellides-Aglaophamus* assemblage occupied(Choi and Koh, 1988).

Table 3. Dominant species occurred in the waste dumping area and accounted for more than 1% of total abundance(unit: ind./0.3m²)

Species / St.	Taxa	3	9	16	25	27	36	39	47	50	54	56	57	59	60	Sum	%
<i>Spiophanes Kroyeri</i>	P	1			259	85	259	100	57	23	2	83	50	11	22	952	21.7
<i>Musculus senhausia</i>	M			882												882	20.1
<i>Maldane cristata</i>	P		5	5	62	19	53		7		108	62	218	1		540	12.3
<i>Thyasira tokunagai</i>	M				3	1	4		77	16	7	1	10	5	12	136	3.1
<i>Ophelina acuminata</i>	P	5	2	3	4	1	8	15	9	4	25	45	3	3		127	2.9
<i>Ampelisca sp.</i>	C			1	6	1	7	9	6	3	29	28	29	6	2	127	2.9
<i>Nothria sp.1</i>	P	8	2	1	8		6	5	9	19	3		7	28	6	102	2.3
<i>Ophiura sp.</i>	E	1		6	7	15	16	6	4		17	4	2			78	1.8
<i>Goniada maculata</i>	P	6	3	3	6	4	5	8	6	10		5	8	6	3	73	1.7
<i>Laonice cirrata</i>	P	1	1	30	6	4	5	2		9	4		2	3	2	69	1.6
<i>Terebellidae unid.</i>	P	42	6	15			1									64	1.5
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	P				12	1	2	4	7	5		3	5	2	11	52	1.2
<i>Antalis sp.</i>	M		30		10			2					1	2		45	1.0
<i>Thelepus sp.</i>	P	12		1	15	9	3					2		1		43	1.0

(M: Mollusca, P: Polychaeta, C: Crustacea, E: Echinodermata)

Table 4. Dominant species occurred in the reference area and accounted for more than 1% of total abundance(unit: ind./0.3m²)

Species / St.	Taxa	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R16	R18	R19	R20	R21	Sum	%
<i>Ennucula niponica</i>	M	1		54	2		338	12		83	69	26		585	21.1
<i>Maldane cristata</i>	P	8		98	6	27	1	126	20					286	10.3
<i>Ophelina acuminata</i>	P			169	8	1	11	38	8				15	250	9.0
<i>Ophiura sp.</i>	E	37	26	56	4		7	28	16	1	22	10	9	216	7.8
<i>Modiolus margaritaceus</i>	M	6	10		27				152					195	7.0
<i>Byblis japonicus</i>	C	1	4		124	8		1	1				3	142	5.1
<i>Chaetozone setosa</i>	P	2			1					1	78		7	89	3.2
<i>Spiophanes kroyeri</i>	P	17	16	2		21			32					88	3.2
<i>Erictonius pugnax</i>	P				77									77	2.8
<i>Lumbrineris longifolia</i>	P				4	1	55	1		8			3	72	2.6
<i>Ampelisca sp.</i>	C			3	24	15	6	1	1				14	64	2.3
<i>Erictonius sp.</i>	C									57			2	59	2.1
<i>Cnidaria sp. 4</i>	Cn			4						48				52	1.9
<i>Thyasira tokunagai</i>	M			1			2		1	27	19	2		52	1.9
<i>Limopsidae unid.</i>	M		47		2	2								51	1.8
<i>Amphicteis gunneri</i>	P			2	1		5		2	1		1	37	49	1.8
<i>Owenia fusiformis</i>	P												43	43	1.6
<i>Scaphopoda</i>	M	30	6		3									39	1.4
<i>Gammaridae unid.</i>	C	2	2	1	16	3	5	3	1		1	1	1	36	1.3
<i>Ampharete arctica</i>	P	17	10		2	1	1		2				2	35	1.3
<i>Lumbrineris japonica</i>	P		2	3	1	1	1	6	1	3	6	10	1	35	1.3
<i>Laonice cirrata</i>	P		2	9	9	3	2		1				8	34	1.2
<i>Nothria sp.1</i>	P				5	11				13			2	31	1.1
<i>Praxillella affinis</i>	P	2		2	4	4		3		5		2	8	30	1.1
<i>Aphiura sinicola</i>	E								2	11	4	12		29	1.0

(M: Mollusca, P: Polychaeta, C: Crustacea, E: Echinodermata, Cn: Cnidaria)

There were some pollution indicative species occurred at sites in the dumping area during this survey period; they were *Paraprionospio pinnata*, *Dorvillea* sp., *Polydora ligni*, *Spiochaetopterus* sp., *Euchone analis*, etc. These species were not found in the previous studies during 1980's when no waste dumping into the open sea was carried(Choi and Koh, 1988; 1989). However the abundance of these pollution indicative species is not so high comparable to those in the coastal semi-enclosed bays.

(2) Spatial distribution patterns

Within the dumping area, the species number was in the range of 28 to 58 species/0.3m²(Table 5). The highest species number was found at site D59 located in the southeastern part of the dumping area whereas the lowest species number, 28 species/0.3m², at site D9 located in the northern part where water depth increase and sedimentary facies is mud(Fig. 4). In the reference area, the species number ranged from 14 to 71 species/0.3m² (Table 6).

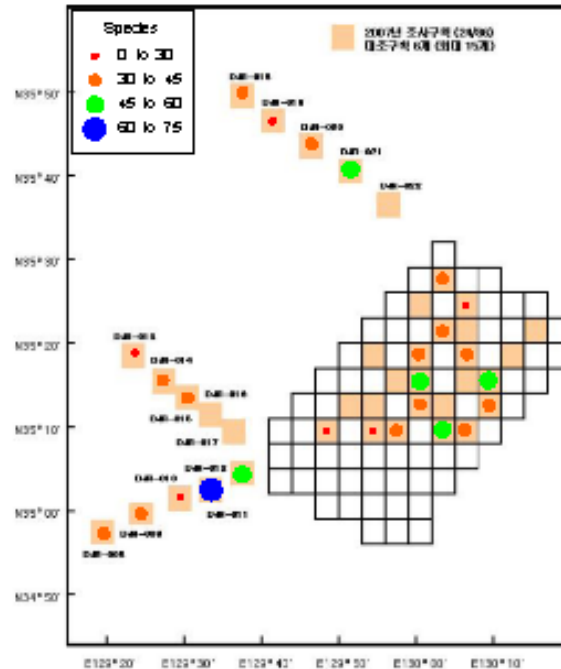


Fig. 4. The spatial distribution in the species number of macrobenthos occurred in the Donghaejung dumping area.

Table 5. The number of species, abundance and biomass of macrobenthos occurred at each site of the waste dumping area during April and June, 2007

(1) species number(spp./0.3m²)

Taxa / St.	3	9	16	25	27	36	39	47	50	54	56	57	59	60	total
Mollusca	2	4	1	9	10	6	6	7	3	5	7	10	10	5	24
Polychaeta	25	14	29	21	19	33	28	16	20	14	14	12	38	20	75
Crustacea	10	4	8	6	3	6	8	5	6	5	4	5	5	4	31
Echinodermata	3	2	2	2	3	2	1	1	1	2	1	3	0	1	8
Others	1	4	3	5	3	3	3	4	2	3	3	4	5	1	16
sum	41	28	43	43	38	50	46	33	32	29	29	34	58	31	154

(2) density(ind./m²)

Taxa / St.	3	9	16	25	27	36	39	47	50	54	56	57	59	60	mean
Mollusca	17	110	2,940	107	117	33	93	427	60	57	43	130	123	120	313
Polychaeta	517	230	380	1,347	480	1,400	610	387	330	513	707	1,023	457	233	615
Crustacea	147	80	70	43	30	47	123	47	33	123	103	123	50	17	74
Echinodermata	20	7	23	27	60	57	20	13	3	63	13	13	0	10	24
Others	3	17	17	33	17	10	13	20	20	30	40	27	20	3	19
sum	703	443	3,430	1,557	703	1,547	860	893	447	787	907	1,317	650	383	1,045

(3) biomass(g/m²)

Taxa / St.	3	9	16	25	27	36	39	47	50	54	56	57	59	60	mean
Mollusca	0.5	10.1	508.8	13.4	21.3	7.0	22.4	193.7	1.5	2.5	13.1	28.6	22.9	7.0	60.9
Polychaeta	24.8	7.8	50.9	46.0	20.2	26.8	13.5	7.8	14.7	45.1	30.2	40.6	16.7	13.3	25.6
Crustacea	2.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.5	5.1	0.6	0.6	0.0	0.7
Echinodermata	0.2	3.1	108.3	5.0	32.1	16.6	15.3	6.5	1.9	27.8	7.1	12.4	0.0	2.2	17.0
Others	0.3	0.5	1.1	1.1	0.4	6.5	2.0	0.3	0.4	4.0	5.7	1.8	4.1	9.6	2.7
sum	27.8	21.6	669.3	65.6	74.3	57.1	53.5	208.5	18.7	79.9	61.3	84.0	44.3	32.2	107.0

The highest macrofaunal density, 3,430ind./m², was found at site D16 where a bivalve species *Musculus senhousia* showed its high population density of 882 ind./0.3m²(Fig. 5; Table 3). The lowest density was at site D9 where the lowest species number was found; only 443ind./m² was counted.

It seemed that there was no clear sign of environmental disturbance on the benthic faunal abundance until now. However the mean macrofaunal density in this survey was as high as twice than that in 1980's counted as less than 400ind./m²(Choi and Koh, 1988). This high macrobenthic density may be attributed by the organic matter input through the waste dumping activities in this area.

Table 6. The number of species, abundance and biomass of macrobenthos occurred at each site of the reference area during April and June, 2007

(1) species number(spp./0.3m²)

Taxa / St.	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R16	R18	R19	R20	R21	total
Mollusca	3	6	6	8	5	5	6	4	5	3	6	6	28
Polychaeta	20	19	15	39	31	17	13	20	20	10	16	26	78
Crustacea	6	7	4	15	9	4	7	4	2	3	6	8	31
Echinodermata	2	3	1	3	1	1	2	2	3	2	4	2	10
Others	2	2	3	6	3	2	3	3	2	3	3	3	16
sum	33	37	29	71	49	29	31	33	32	21	35	45	163

(2) density(ind./m²)

Taxa / St.	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R16	R18	R19	R20	R21	mean
Mollusca	27	237	223	147	30	1,147	140	520	387	297	187	40	282
Polychaeta	277	170	987	330	423	310	677	290	207	327	207	563	397
Crustacea	47	43	23	900	133	50	37	13	237	53	23	153	143
Echinodermata	130	100	187	23	10	23	97	60	43	87	87	37	74
Others	103	23	27	37	10	7	13	10	163	10	17	13	36
sum	583	573	1,447	1,437	607	1,537	963	893	1,037	773	520	807	931

(3) biomass(g/m²)

Taxa / St.	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R16	R18	R19	R20	R21	mean
Mollusca	2.4	254.4	40.5	24.7	1.3	44.6	50.4	191.8	26.3	5.9	17.3	1.7	55.1
Polychaeta	2.6	5.1	70.1	11.9	9.0	14.8	84.3	9.2	67.8	25.0	43.9	44.7	32.4
Crustacea	0.4	0.2	0.0	4.2	0.6	0.3	0.3	0.1	0.8	0.3	0.2	2.9	0.8
Echinodermata	31.4	29.3	33.8	18.1	0.7	19.4	29.3	22.9	40.8	60.0	128.8	86.2	41.7
Others	24.9	3.7	46.1	40.5	0.1	19.0	83.6	0.4	493.8	19.6	10.5	27.9	64.2
sum	61.8	292.6	190.5	99.5	11.7	98.0	247.8	224.4	629.4	110.8	200.7	163.4	194.2

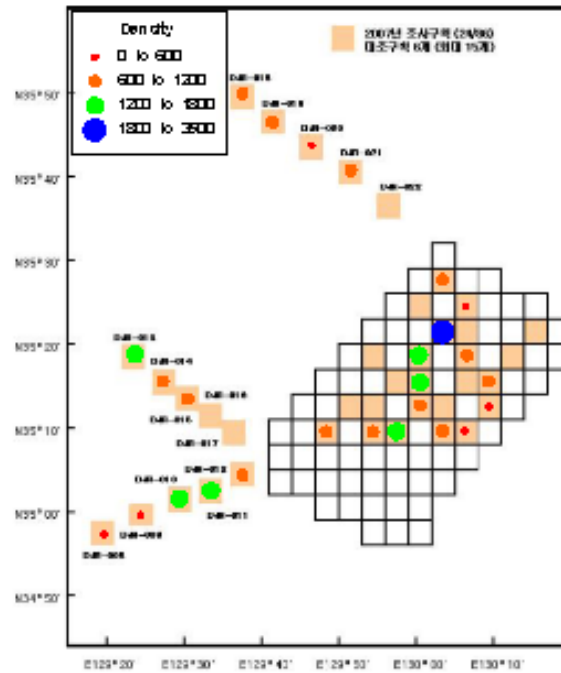


Fig. 5. The spatial distribution in the density of macrobenthos occurred in the Donghaejung dumping area.

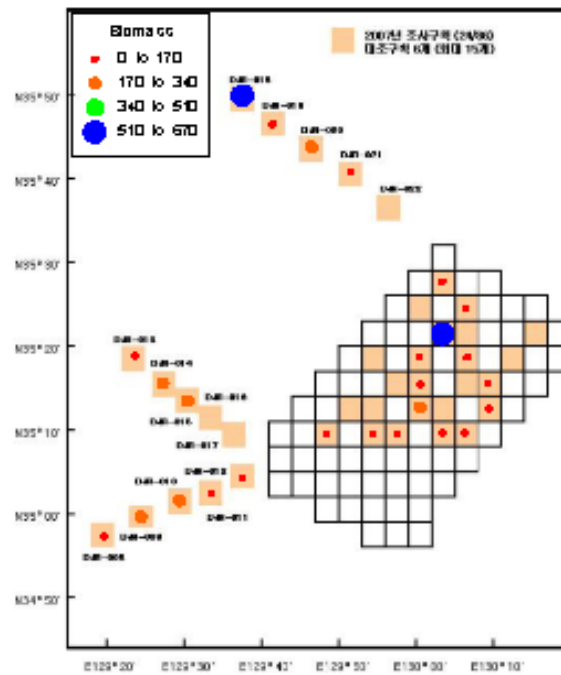


Fig. 6. The spatial distribution in biomass of macrobenthos occurred in the Donghaejung dumping area.

The biomass of macrobenthos was in the range of 11.7g/m² to 669.3g/m², which was depended on the high occurrence of bivalve mollucan species(Fig. 6). At most dumping sites, the mean biomass was lower than that at reference sites. There was no data to compare the macrobenthic biomass directly before and after the waste dumping in this area.

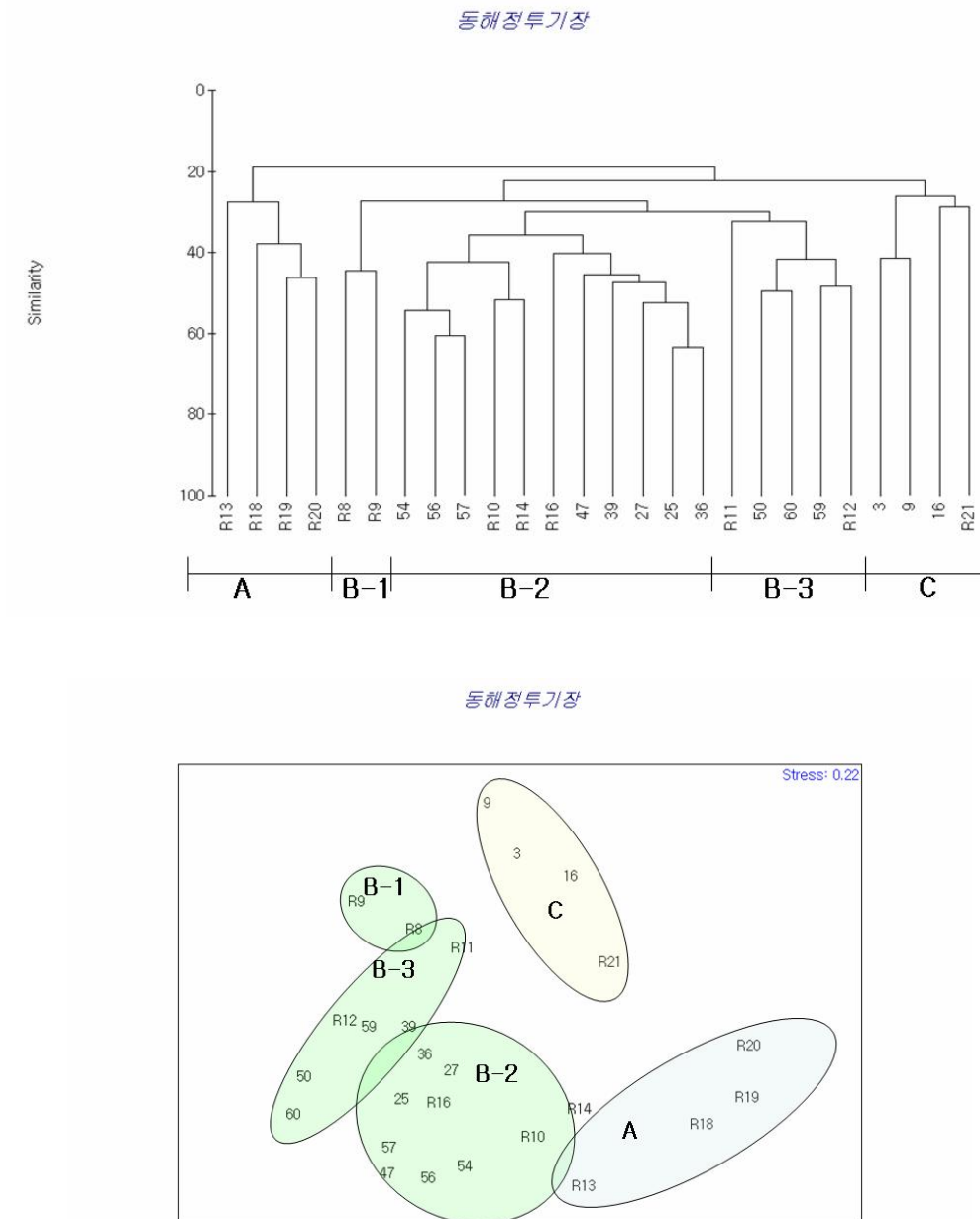


Fig. 7. The dendrogram and MDS plot resulted from the cluster analysis and MDS ordination based on the macrofaunal abundance in the Donghaejung dumping area.

Based on the abundance data of macrofauna occurred in the study area during 2007, the sites were delineated to be aggregated with similar species composition by the cluster analysis and MDS ordination(Fig. 7). The study area was largely divided 3 site groups(Fig. 8). One group located in the coastal region(Group A) and second group located in the northern part of dumping area(group C), and the last one composed of most dumping sites and reference sites near dumping area(group B). The site group B showed a gradient in the species composition along the distance from dumping area and depending on the variation in the sedimentary composition.

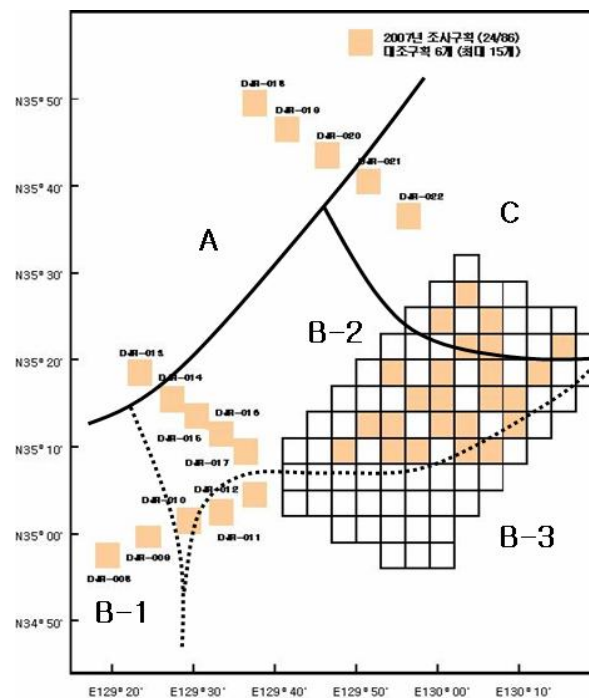


Fig. 8. The spatial delineation of sampling sites from cluster analysis and MDS ordination analysis in the Donghaejung dumping area during 2007.

(3) Community health conditions

In order to assess the healthy condition of the macrobenthic community using a simple index based on the tropical composition of macrobenthos resulted from the responses to the environmental stresses e.g. marine dumping activities. For this we applied three biotic indices like BPI, AMBI, and BIBI to the macrobenthic community in the waste dumping area. The

critical values assessing the healthy condition of macrobenthic community were temporary determined and assigned to the 5 or 4 health categories (Table 7).

Table 7. Critical values of each benthic index assessing the health condition of macrobenthic community

Condition / Index	BPI	AMBI	Condition / Index	B-IBI
Normal	≥ 60	0–1.2	Meets restoration goals	≥ 3.0
Slightly polluted	40–60	1.2–3.2	Marginal	2.7–3.0
Moderately polluted	30–40	3.2–5.0	Degraded	2.1–2.7
Highly polluted	20–30	5.0–6.0	Severely degraded	≤ 2.0
Very highly polluted	≤ 20	6.0–7.0		

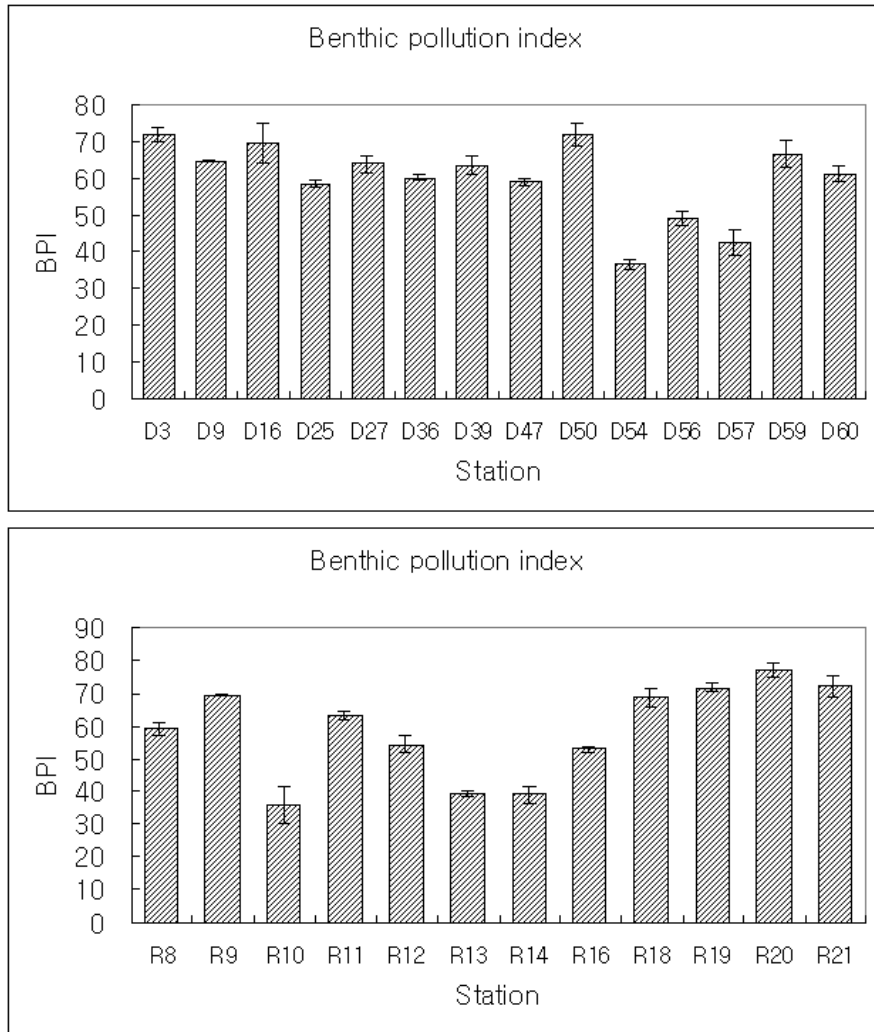


Fig. 9. The values of benthic pollution index (BPI) at the dumping sites and reference sites in the Donghaejung dumping area.

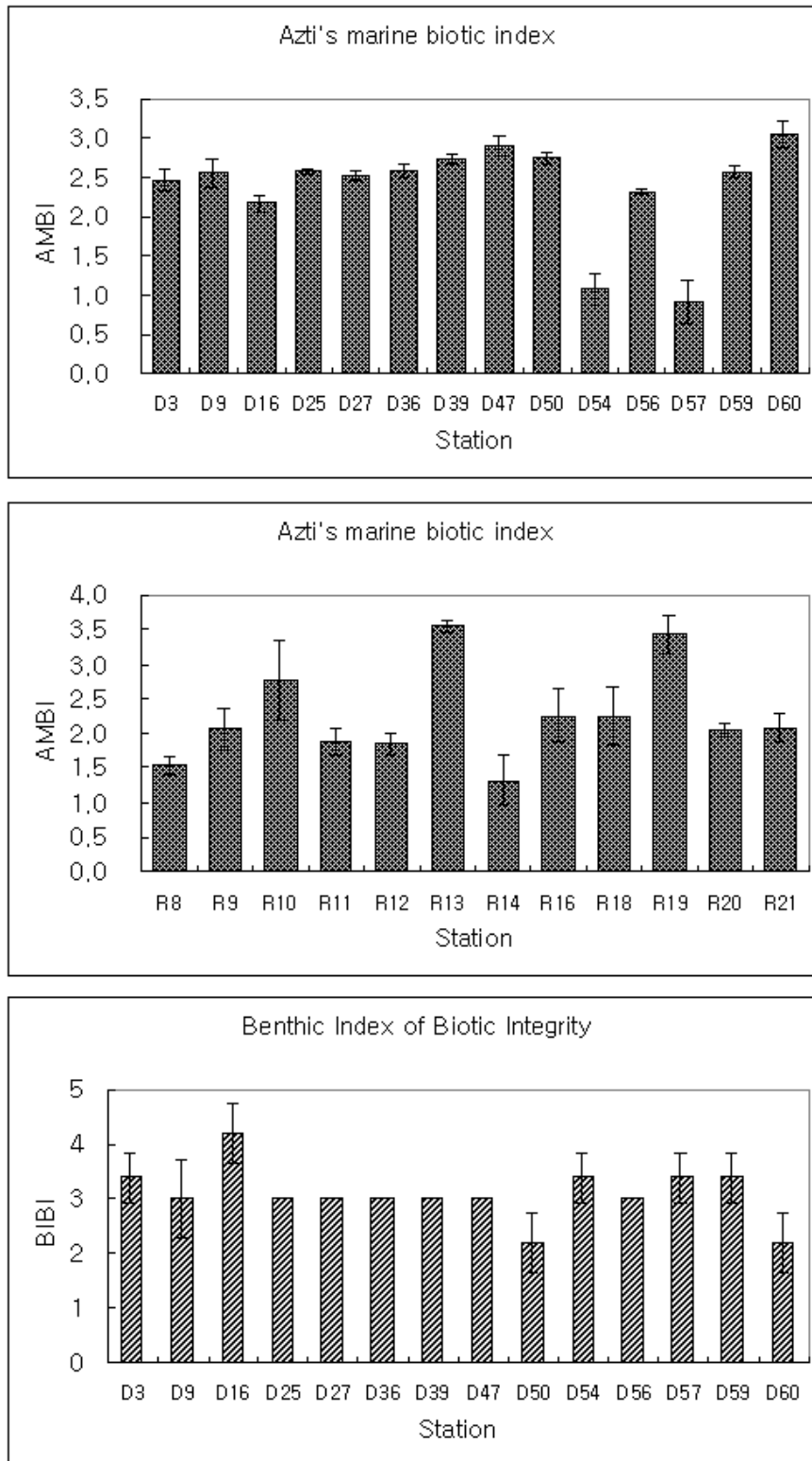


Fig. 10. The values of AMBI and BIBI at the dumping sites and reference sites in the Donghaejung dumping area.

At most sites in the dumping area except 3 sites(D54, D56, and D57), the BPI values were above the normal condition level of 60(Fig. 9). In the case of reference area, there were also some sites of which BPI values were less than 60(site R10, R13, and R14). These low BPI value sites indicate the high proportion of opportunistic species responding to the organic input in macrobenthic community and that there has been a large supply of POM.

However, in most sites, AMBI values were greater than 1.2 and this indicated that the benthic community was under slightly polluted condition at most sites except for 4 sites(D54, D57, R8, and R14)(Fig. 10). The low AMBI was attributed by the high density of a sub-surface deposit feeder, *Maldane cristata* which was assigned to be the pollution sensitive species, that is, functional group I(Borja et al., 2000) in contrast to the assignment of functional group III in the BPI(Choi et al., 2003). In the case of BIBI, most dumping sites were in the normal condition except for 2 sites(D50 and D60) under slightly disturbed condition in 2007. These two sites sustained relatively lower faunal density and a slightly impoverished community within the Donghaejung dumping area.

Until now all three biotic indices did not indicated that the macrofaunal community in the Donghaejung dumping area was suffering from severe environmental stresses although there were some kind of opportunistic species with very low density responding to the organic matter input.

4. Summary and conclusion

The macrofaunal community in the Donghaejung waste dumping area was examined by detailed sampling scheme using a R/V Eardo during April and June of 2007 in order to gathering basic information and to assess the health condition. A total of 202 species were identified and the average faunal density was 922ind./m². The study area was dominated by a polychaete, *Spiophanes kroyeri* in offshore muddy sand region and *Maldane cristata* in coastal muddy sediments. These worms were dominant species during 1980's surveys. Some opportunistic species responding to the high organic matter input were found with its low population density in this

survey. The study area sustained three different macrobenthic communities and their mean density increased twice during 20 years from 1980's to 2007. The health condition of macrofaunal community was under the normal or slightly disturbed condition.

References

- Borja, A., . Franco, and V. Perez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 1100-1114.
- Borja, A., Muxica, I., Franco, J., 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft bottom benthic communities along European coasts. *Mar. Pollut. Bull.*, 46: 835-845.
- Choi, J.-W. and C.-H. Koh, 1988. The polychaete assemblages on the continental shelf off the southeastern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23:169-183.
- Choi, J.-W. and C.-H. Koh, 1989. polychaete feeding guilds from the continental shelf off the southeastern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 24: 84-95.
- Choi, J.-W., J.-Y. Seo, 2007. Application of biotic indices to assess the health condition of benthic community in Msan Bay, Korea. *Ocean and Polar Res.*, 29: 339-348(in Korean).
- Clarke, K.R. 1990. Comparisons of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 138: 143-157.
- Gray, J.S. and T.H. Pearson, 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 111-119.
- Lee, J.-H., J.-Y. Park, H.-G. Lee, H.-S. Park, and D. Kim, 2003. Environmental assessment of the Shihwa Lake by using the Benthic Pollution Index. *Ocean & Polar Res.*, 25: 183-200(in Korean).

- Pearson, T.H. and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist*, 102: 243-282.
- Warwick, R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92: 557-562.
- Warwick, R.M., 1988. Effects on community structure of a pollutant gradient summary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46: 207-211.
- Weisberg, S.B., J.A. Ranasinghe, D.M. Dauer, L.C. Schaffner, R.J. Diaz, and J.B. Frithsen, 1997. An estuarine benthic index of biotic integrity(B-IBI) for the Chesapeake Bay. *Estuaries*, 20: 149-158.
- Weston, D.P., 1990. Quantitative examination of macrobenthic community change along an organic enrichment gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61: 233-244.

2. 2008년 런던협약/런던의정서 회의 지원 및 동향 분석

2008년 런던협약 및 런던의정서 관련하여 개최된 과학그룹회의와 당사국 회의는 다음과 같다.

회의명	개최일	개최장소
제31차 런던협약/제3차 런던의정서 과학그룹회의	2008. 5.19 ~ 5.23	에콰도르 과야킬
제30차 런던협약/제2차 런던의정서 당사국회의	2008.10.27 ~ 10.31	영국 런던 국제해사기구본부

2006년 3월 24일 런던의정서가 발효된 후, 런던협약과 런던의정서 합동으로 회의를 개최하고 있지만 회의는 런던의정서 위주로 진행되고 있다.

2008년도 과학그룹회의와 당사국회의에서의 주요 사안과 동향 및 아국의 기여는 다음과 같다.

주요 사안	동향
회의 진행 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 런던협약 및 의정서 회의를 합동으로 개최하나, 회의 진행은 의정서 위주로 진행됨으로서 의정서 가입 중요성이 강조됨
런던협약/의정서 당사국 현황	<ul style="list-style-type: none"> · 런던협약(총 85개국; 아국은 1992년 12월 가입) · 런던의정서(총 36개국; 중국은 2006년, 일본은 2007년 가입)
아국의 의정서 가입의사 표명	<ul style="list-style-type: none"> · 5월 과학그룹회의시 아국의 의정서 가입을 위한 당사국 협조 기반을 조성하고, 10월 당사국회의에서 아국의 정부대표가 2008년내 의정서 가입 의지를 표명함
아국의 런던협약/의정서 지원 (국가 위상 증대)	<ul style="list-style-type: none"> · 과학그룹 부의장국으로 재선출되어 국가신뢰도를 증대시킴. · 유엔 정규 해양환경상태 보고서 작성을 위한 소요비용 지원 · 기술공동협력사업 소요비용 지원 · 작업반 반장국 역할 기여(폐기물평가지침 작업반 등)
준수평가위원회 작업 개시	<ul style="list-style-type: none"> · 10월 당사국회의에서 당사국 준수를 평가하는 위원들(자격요건: 의정서 당사국)이 선정되어 평가업무가 개시됨 · 중국은 임기 3년, 일본은 임기 2년의 위원국으로 선출되어 향후 아국의 해양투기에 대한 평가가 한층 강화될 것으로 예상
당사국 준수 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 2003년 기간까지 투기허가발행보고서 미제출 당사국 명단을 공개하고, 해당국 장관에게 공식서한을 발송하여 준수를 촉구
해양 시비(施肥)	<ul style="list-style-type: none"> · 지구온난화 저감을 위한 철을 포함한 대규모 해양시비는 해양환경에 대한 불확실성으로 연구 목적의 해양시비 사업만을 허용하고, 타 목적사업은 불허하는 결의서를 채택(순수 연구 목적의 사업인 경우에도 소정의 심사를 받도록 함)
지침 채택	<ul style="list-style-type: none"> · 10월 당사국회의에서 채택된 지침은 다음과 같다 <ol style="list-style-type: none"> ① 인공어초 배치지침 ② 손상화물 관리 교본 ③ 선박방오도로 제거 최적관리 지침
의장국 선출	<ul style="list-style-type: none"> · 당사국회의 : 의장(중국), 부의장(호주) · 과학그룹회의 : 의장(영국), 부의장(한국, 캐나다)

가. 최근 5년간 런던협약/의정서 회의 주요 의제별 동향 분석

(1) 과학그룹회의

의 제 명		주요 논의 결과
이산화탄소 격리 · 해저지질구조 격리 · 해양 시비		<ul style="list-style-type: none"> ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 런던협약/의정서 범위내에서 해저지질구조로의 이산화탄소 격리에 따른 해양 환경의 잠재적 위험과 이익에 대해 작업반을 구성하여 검토하고, 정책결정을 위한 기술적 검토자료를 작성함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 해저지질구조로의 처분을 위한 이산화탄소 스트림 평가 특정지침서 초안을 준비할 작업반을 구성 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5/스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 평가특정지침서안을 수정하고, 당사국회의 검토를 위해 송부하기로 함 · 이산화탄소 해저지질구조 격리사업의 허가현황 보고 양식을 개발하기로 함 · 영리목적의 해양 철 시비 중지 선언문 채택 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 해저지질구조 격리된 이산화탄소 스트림의 월경에 대한 법적·기술적 검토 추진 · 이산화탄소 해저지질구조 격리사업의 허가현황 보고 양식을 채택, 당사국 회의로 송부함 · 해양시비 규모 등 제안서 평가서 개발 추진
폐기물 평가지침	포괄적 지침서 (WAG/1997)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('05. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 해양처분을 위한 퇴적물 채집지침서를 완료 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 지침서를 항목별로 검토하고 수정함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 1997 해양투기 폐기물 및 기타물질 평가를 위한 지침 개정안을 검토하고, 회기간 검토를 지속하기로 함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 일부 수정 채택 및 미비점은 차기 회의까지 보강 ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 포괄적 지침 개정안을 채택, 당사국회의로 송부함
	'96의정서 의거 긴급 상황제기하고 결정하는 절차 및 기준	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 의정서 8.1과 8.2항(긴급상황, 비상사태)을 구분 적용하는 흐름도를 완성하고, 당사국회의에 송부함
	불활성무기 지질물질 평가지침서	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 과학그룹회의('02. /) <ul style="list-style-type: none"> · 일본의 보크사이트 잔재물 해양투기가 불활성무기지질물질 범주 해석에 주요 문제가 있음을 지적하고, 불활성무기지질물질 평가를 위한 특정지침서를 심의하기로 함 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 작업반을 구성하여 지침서의 애매모호한 용어를 결정할 수 있는 기준을 정리하기로 함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 회기간서신반이 작성한 불활성무기지질물질 적격여부 판단을 위한 단계별 문답식 기준안을 검토, 보완하여 교본으로 채택함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 불활성무기지질물질 평가 특별지침서의 재검토를 차기 회의에 하기로 함

의 제 명		주요 논의 결과
폐기물 평가지침	불활성무기 지질물질 평가지침서	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 불활성무기지질물질 적격기준을 평가지침 부속서에 포함시키고 평가지침서를 채택, 당사국회의로 송부
	대형물체 평가지침서	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) · 차기회의까지 검토하여 '08년 당사국회의에서 채택 목표로 추진 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 회기간 서신반을 재구성하여 작업 추진
	준설물질 처리기준 개발 지침	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 과학그룹회의('02. 5) · 포괄적 지침서 범위내에서 각 당사국이 자국의 처리기준을 개발하고, 투기로 인한 인간건강과 해양환경에 미치는 잠정영향을 다루는 기술지침을 제공하기로 결의 ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('05. 5 / 케냐) · 생물독성 분석에 기반을 둔 처리기준에 관한 정보를 포함시킬 것을 요청함 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) · 작업반을 구성하고 각 항목별로 지침서를 작성할 회기간 서신반을 선정함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 작업반을 소집하여 회기간서신반이 작성한 지침서를 검토하고, 미비점 보완을 위한 서신반 설정 ○ 30차 런던협약/의정서('07. 5 / 스페인) · 서신반 초안에 대해 논의, 차기회의에서 완성하기로 함 ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 총 8장으로 구성된 준설물 처리목록 및 처리기준 개발 지침서를 채택, 당사국회의로 송부함
인공어초 배치 국제지침	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('05. 5 / 케냐) · 런던협약/의정서의 목적에 부합되는 인공어초 배치에 관한 세계적 지침서를 개발하기로 합의함(회기간 교신반 구성) ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) · 단순처분 이외의 목적을 위한 물질 배치에 대한 미국의 사례 및 경험을 소개함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · UNEP가 국가별 인공어초 지침, 이행 및 사례연구들을 수집한 자료를 소개 및 검토하고, 지침서 개발을 위한 서신반을 구성함(스페인 반장) ○ 30차 런던협약/1차 의정서 과학그룹회의('07. 5) · 서신반이 작성한 지침서 초안을 검토하고, 미비점 보강(환경영향평가, 청소 및 준비절차, 모니터링)하여'08년 완성하기로 함 ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 인공어초 배치 지침안을 채택, 당사국회의로 송부 	
투기허가 발행보고 심의 및 보고서 제출 개선 노력	투기허가 현황 검토 및 보고 개선	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) · 당사국 투기허가 발행 보고율이 낮은 점을 개선하기 위해 전략적 행동계획을 작성하여 보고서 양식을 개발하기로 함 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) · 기존보고양식을 새로운 전자양식으로 개선할 것을 제안하고, 작업반을 구성함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 1999-2002년 기간 당사국들의 투기현황을 검토하고 정리된 내용을 회의에 보고함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서 과학그룹회의('07. 5) · 1999-2002년 당사국 투기현황보고 현황을 데이터베이스로 구축하고, 1년간 시범운영 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 빠른 시일내 데이터베이스를 완료하기로 함

의 제 명		주요 논의 결과
투기허가 발행보고 심의 및 보고서 제출 개선 노력	당사국 투기허가 발행보고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) · 1999년과 2000년의 당사국 투기발행 현황보고를 검토함- 한국의 적토 해양투기의 부적절함이 제기되었고, 1999년에 비해 2000년 투기량이 증가한 사유에 대한 설명을 차기회의에서 할 것을 요청함(일본도 한국의 투기장이 자국의 EEZ와 가까운데 대해 사건으로 우려를 표시함) ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) · 2002년의 당사국 투기발행현황보고를 검토함-한국의 건설공사오니, 정수 오니 해양투기가 지적됨 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 2003년의 당사국 투기허가발행보고를 검토함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서 과학그룹회의('07. 5) · 2004년의 당사국 투기허가발행 보고 검토 및 미보고 국가(33개국) 명단 공개 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 2005년의 당사국 투기허가발행 보고 검토 및 미보고 국가(32개국) 명단 공개
	모니터링 보고서 및 투기장 환경상태 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) · 미국(인산비료제조시설 폐수 긴급처분)과 캐나다, 영국(준설물질 모니터링 결과)이 보고함 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) · 일본, 영국, 캐나다, 미국, 프랑스, 이탈리아, 독일이 자국의 모니터링 및 해양환경 평가 보고 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 캐나다, 영국이 제출한 모니터링 보고서를 검토하고 자문함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) · 영국, 캐나다, 미국이 준설물질 모니터링 결과를 보고 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 영국, 미국, 벨기에가 모니터링 활동 보고
해양환경 모니터링 및 평가	유엔정규 과정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 한국의 유엔 정규과정 설립에 대한 현황 보고와 회기중 서신반을 구성하여 모니터링 보고서 이용이 정규과정에 유용한 기여를 할 수 있는 지를 검토하기로 함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) · 작업반(아국 반장)이 유엔에서 평가사업의 평가를 '09년 목표로 착수함 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 아국이 유엔정규 해양환경상태보고서 작성을 위한 소요비용(\$8,000) 지원 표명
	방오도로 화합물과 내분비계 장애물질의 해양처분	<ul style="list-style-type: none"> ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) · 런던협약/의정서하의 실천 지침을 개발할 수 있는 지를 검토함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) · 영국의 사례보고와 당사국들에게는 관련 모니터링과 평가에 대한 사례 보고를 요청 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) · 영국의 유기주석금지에 따른 환경변화 소개
	해양투기 영향 평가용 신기법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) · 스페인, 이탈리아가 준설물 생물독성기법을 소개함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) · 영국이 고분해능 사이드스캔소나와 그랩 시료 채취기에 비디오 카메라 장착 기술을 소개

의 제 명		주요 논의 결과
해양오염 방지 활동 관련 연안관리 사안	MEPC와의 협력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 마폴 73/78 부속서 5의 화물연관 폐기물 해양투기에 따른 문제가 제기되고, 사무국에게 IMO와 접촉하여 규모와 형태를 파악할 것을 지시함 ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 런던협약의 선박 “정상운용” 면제에 대한 MEPC와의 공동협력과 당사국들이 선박의 정상운용 대신 투기로 간주하는 사례를 검토기로 하고, 실무자 그룹을 구성하기로 결정함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 런던협약/마폴 간 합동서신반 결과를 검토할 작업반을 구성함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 작업반이 손상화물과 화물잔류물에 대한 양 조약간 차이를 분명히 하고, 선장에 대한 권고(초안) 작성과, 이를 기록하는 방안을 검토 ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 손상화물 관리 지침안 채택 및 당사국회의로 송부
	선박 TBT 도로 제거용 최적관리 지침서 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 당사국들에게 차기회의에 TBT에 대한 자료를 제출할 것을 요청함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 작업반이 각국 우수사례를 수집하고 소개함 ◎ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5/에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 지침안을 채택하고 당사국회의로 송부
	하수처리 시설 및 하수오니 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 한국에게 하수오니 투기에 관련한 모니터링관련 문서를 제출할 것을 요청함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 한국이 하수오니 현황 및 해양투기 감축을 위한 정부 노력을 보고함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 마폴 부속서 V에서 회색지대인 크루즈선의 하수오니 사안을 차기 과학그룹 회의에서 의제로 채택함
서식지 보완 및 개선	<ul style="list-style-type: none"> ○ 28차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 영국이 세립질 준설물을 배치하여 얻은 이익적활동 결과를 소개함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 영국이 자국의 서식지 제고에 대한 경험을 소개함 ○ 31차 런던협약/2차 의정서('08. 5 / 에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 영국, 미국, 일본이 준설물 이익적 활용 사례 소개 	
기 타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 과학그룹회의('04. 5 / 케냐) <ul style="list-style-type: none"> · 한국이 정규 해양환경 상태보고화 평가에 대한 기여(GMA 과정) 전문가 회의 결과를 보고함 ○ 29차 런던협약 과학그룹회의('06. 6 / 중국) <ul style="list-style-type: none"> · 한국이 생선폐기물 출처, 형태, 유해물질 함량 및 제도화된 처리기준을 소개함 ○ 30차 런던협약/1차 의정서('07. 5 / 스페인) <ul style="list-style-type: none"> · 한국이 해양쓰레기 수거, 처리, 처분에 관한 정책과 기술개발 성과를 보고함 ○ 1차 런던협약/2차 의정서('08. 5 / 에과도르) <ul style="list-style-type: none"> · 의장(Chris Vivian; 영국), 부의장(홍기훈; 한국, Linda Porebski; 캐나다)을 재선출 	

(2) 당사국회의

주요 의제		주요 논의 결과
런던협약/의정서 현황보고		<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 80개국 · 1996 의정서 가입국 ; 18개국 ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 80개국 · 1996 의정서 가입국 ; 20개국 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 81개국 · 1996 의정서 가입국 ; 21개국 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 81개국 · 1996 의정서 가입국 ; 30개국(중국 가입) ※ '06년 3월 24일 발효 ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11/영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 82개국 · 1996 의정서 가입국 ; 32개국(일본 가입) ○ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10/영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1972 런던협약 가입국 ; 총 85개국 · 1996 의정서 가입국 ; 36개국
의정서 발효를 위한 준비	의정서 8.1-2(예외), 18.6항 기준과 집행절차	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 면제 및 긴급상황 결정 기준 및 절차관련 초안을 과학그룹회의에서 정밀 검토하도록 요청함 ◎ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 8.1(해상 불가항력), 8.2(비상시 해양투기) 기준과 18.6(그 집행절차)에 대한 IMO 안전위원회 검토의견을 수용함
	의정서 11.1항 (준수절차) 수립<11.1항 : 의정서 발효후 2년이내 의정서 준수를 평가, 증진하기 위한 절차 및 기작을 구축한다>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 24차 당사국회의에서 결의된 준수절차과 기구 개발 관련 질문서를 당사국들이 회신한 결과를 보고하고, 기구 기능과 당사국 역할 등을 작업반에서 작성함 ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 준수절차 및 기구 설정을 위한 회기간 작업반의 초안을 검토하고, 초안의 쟁점사항들(준수기구 형태등) 정리를 지속하기로 함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 의정서 준수기구 설립에 대해, 공개 비상설기구와 상설 소수참여 기구 2가지를 두고 검토하기 위한 회기중 교신반을 구성하여, 차기회의에서 검토하기로 함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 의정서 준수기구로 임시소수 상설기구 설치를 협의 → 각 대륙(국가)별 총 15인으로 구성하고, 회의 결과는 공개하기로 함 ◎ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 당사국의 의정서 준수를 평가하기 위한 준수 절차 및 기작 규정이 일부 조항 수정 후 채택됨 → 준수위원회 위원 선정(아시아 3명), 임기(1회기; 5명, 2회기; 5명, 3 회기; 5명), 합의는 참석위원중 3/4 다수결 투표
준수 사안	투기현황보고 (런던협약 6조/의정서 9조 의거)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 한국은 '99~'02년도 투기허가 현황을 보고하였고, 회의는 미보고 국가들에게 보고해줄 것을 강력히 요청함 ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 1999, 2000년의 투기허가발행 보고를 42%만 함. 보고개선을 위한 전략을 검토(최근 5년이상 미보고 국가 명단을 사무국이 제출 등)

주요 의제		주요 논의 결과
준수 사안	투기현황보고 (런던협약 6조/의정서 9조 의거)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 투기발급 현황을 전자식 형태의 개발 웹사이트에 게재하고, 적용 경험을 통보해줄 것을 요청함 · 당사국에 보고 준수 이행을 촉구하고, 최근 5년간 미보고 국가들의 각료급에 공한 발송하기로 합의함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 투기허가 현황 보고(1995-2003) ; 41개국만 제출하였음 / 최근 5년간 미보고 국가(30개국) ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 투기허가 현황보고(1995-2004); 최근 5년간(~ 2002년) 미보고 33개 당사국 명단 공개 ○ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 투기허가 현황보고(1995-2005); 최근 5년간(~ 2003년) 미보고 32개 당사국 명단 공개
이산화탄소 격리 · 해저지질구조 격리 · 해양시비		<ul style="list-style-type: none"> ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 기후변화협약에서는 이산화탄소 해저저장을 권장하나, 런던협약에서는 금지하고 있어, 법적 성격을 면밀히 검토하기로 함 · 이산화탄소 해저지질구조 격리에 따른 환경영향과 혜택을 과학그룹에서 평가하도록 건의함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 해저지질구조 이산화탄소 격리를 용이하게 하거나 규제하는 방안, 의정서와 협약 명료화하기 위한 방안들을 심의할 회기중 작업반회의 소집계획을 '06. 2. 1일까지 사무국에 제출하도록 요청함 · 협약/의정서 관점에서 격리에 대한 해양환경위험성과 해양환경혜택을 검토함 · '06년 4월 회기중 작업반을 소집하기로 함. ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 법률작업반회의('06.4) 보고서 검토 → 10개 결론사항을 승인 · 이산화탄소 해저지질구조 격리를 추가한 의정서 부속서 I 개정안이 채택됨 (투기 심의가능 폐기물이 7개에서 8개로 추가됨) · 작업반회의('06.4) 보고서 검토 → 10개 결론사항을 승인 · 이산화탄소 평가지침서 개발 필요성 인정→과학그룹에게 관련기술 개발을 요청 · 이산화탄소 위해평가지침서는 과학그룹회의에서 개발하여 차기 당사국 회의에서 채택 예정 ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 이산화탄소 위해 평가지침서가 채택됨 · 대규모 해양 시비(철 시비 포함)는 런던협약/의정서에 위배하는 것으로 결정하고, 이에대한 과학그룹 위임사항과 법적사안을 평가하는 회기간 서신반을 설립함 · 이산화탄소 해저저장동안 국가간 이동여부와 방법 및 법적 측면을 검토할 작업반을 설립함 ○ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 해저지질격리 이산화탄소 스트림 월경에 대한 향후조치 권고(6조 개정 대안, 근본적 정책목적, 범위, 수출과 이동에 대한 개념 명료화) · 해양시비사업 금지와 해양시비관련 과학조사 연구사업계획서 심의제 도입에 대한 결의서 채택

주요 의제		주요 논의 결과
1972 런던협약 해석	산업폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 과학그룹이 검토한 산업폐기물의 규정을 면제하는 기준 보고에 따라, 불활성 지질물질, 천연기원유기물 특정지침의 적합성을 작업반 구성하여 검토하기로 함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 불활성무기지질물질 사전심의 기준안의 합의에는 실패하여, '06년 과학그룹 회의에서 최종 검토하고, 2007년에 종료하기로 함 ◎ 28차 런던협약/2차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 불활성무기지질물질 적격 기준을 인준함
	마폴/런던 협약 경계해석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 선박의 정상운영에서 발생하는 폐기물 배출을 면제하는 협약 조항에 대해 검토하고, 런던협약에서 구체 사례 수집과 입장 정리 후, MEPC에 유권해석을 요청하기로 함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 손상화물 관련 런던협약과 마폴간의 경계구분 명확을 위한 작업을 시작함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 손상화물 최적관리방안 지침서 개발 작업반을 구성함('07년 완료 목표) ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 손상화물 및 선박으로부터의 TBT 페인트 관리지침을 완료시킬 수 있도록 당사국에 협조 당부 ◎ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 손상화물 관리 교본을 인준함 · 선박 방오도로 제거 최적관리 지침을 인준함
	단순처분 목적 이외의 배치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 단순처분 이외 목적을 위한 물질 배치는 런던협약 범위에 속하지 않음을 확인하였으나, 선박을 인공어초 목적으로 해저에 배치하는 경우에는 '99 OSPAR 지침서가 유용함을 인정함 ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 침몰선박 관리로서 IMO 좌초선박제거협약 초안과 의정서 선박평가 특정 지침서를 비교검토하고, DWRC의 안전규정을 수용하기로 함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 처분목적으로 배치하는 것을 협약에서 금하고 있어, 배치에 대한 각국 의견 제시와, 의제에 계속 포함할 것을 제시함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 인공어초 지침서 개발 상황 보고 ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 인공어초 지침서 개발 일정 합의('08년 완료 목표) ◎ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 인공어초 배치 지침을 인준함
방사성폐기물 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 국제원자력기구 TECDOC-1375(인간에 대한 방사선 방호) 문서를 채택하고, 향후 환경과 해양동,식물에 대한 방사선 방호도 폐기물 해양투기시 고려하도록 요청함 · 러시아에게 방사능 폐기물의 해양투기를 금지하는 런던협약 결의 LC.51(16) 수용을 촉구함 ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) <ul style="list-style-type: none"> · 러시아가 내부준비 일정으로 방사능폐기물 해양투기 금지 결의 LC.51(16)를 '06년에야 수용 가능함을 표명함 	

주요 의제		주요 논의 결과
방사성폐기물 관리		<ul style="list-style-type: none"> ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) · 러시아가 방사능폐기물 해양투기 금지결의(LC.51(16) 수용을 선언함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) · 방사능폐기물 해양투기와 해양사고로 인한 방사능물질 유출 방지 데이터 베이스 구축을 위해 당사국들이 IAEA(국제원자력기구)에게 관련자료 보고 요청 · IAEA가 동해 방사선 평가를 위한 한,일 공동조사에 대해 보고 ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) · 방사능관련 환경보호 분야에서의 국제작업을 소개함 ○ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) · 국제원자력기구가 방사성물질로부터 환경보호 기준치 개발 작업 상황을 보고
런던협약 목적 모니터링	준수 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) · 투기장 감시보고서 제출이 미비하여, 당사국들에게 규정 준수를 촉구함 ('95-'03년까지 10개국만 제출) ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) · 미국이 발간된 연안해양상태보고서를 소개함 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) · 해양에 투입처분된 방오도로와 내분비계 장애물질 관리에 대해 논의(영국이 당사국들에게 조선소 등 해안시설에서 선박에서 벗겨낸 페페인트 관리제도와 관행자료를 제출해 줄 것을 요청)
	유엔 정규과정 (GMA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) · 한국이 유엔정규과정(범지구적 해양평가) 전문가 회의 참여 결과를 보고하였고, 본 회의에서는 '04년 UN 총회 추이를 보면서 협약입장에서 대응하기로 함 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10 / 영국) · 한국이 2차 정규과정 워크샵 결과를 보고함 ○ 28차 런던협약/2차 의정서('06. 11 / 영국) · 사무국이 유엔정규과정 조정위원회에 참여하여 보고서 요건을 파악, 확대 작업반에 통보할 것을 요청
기 타		<ul style="list-style-type: none"> ○ 25차 런던협약 당사국회의('03. 10 / 영국) · 의장(카라우/캐나다), 부의장(빅터에스코바/스페인, 호세이니/이란) ○ 26차 런던협약 당사국회의('04. 11 / 영국) · 의장(카라우/캐나다), 부의장(빅터에스코바/스페인, 호세이니/이란) 유임 ○ 27차 런던협약 당사국회의('05. 10/영국) · 의장(빅터에스코바/스페인), 부의장(첸유엔/중국, 호세이니/이란) 선출 ○ 28차 런던협약/1차 의정서('06. 11 / 영국) · 의장(빅터에스코바; 스페인) / 부의장(첸유엔;중국) ○ 29차 런던협약/2차 의정서('07. 11 / 영국) · 의장(빅터에스코바; 스페인) / 부의장(첸유엔;중국) 유임됨. ○ 30차 런던협약/3차 의정서('08. 10 / 영국) · 의장(Chen Yuan; 중국), 1부의장(Matthew Johnston; 호주) 선출, 2부의장은 공석으로 둠 · '09년 회의 일정 (과학그룹회의 : '09. 5. 25~29, 이탈리아 로마) (당사국회의 : '09. 10. 26~30, 영국 런던)

나. 2008년 런던협약 및 런던의정서 합동회의 상세 결과

(1) 제31차 런던협약 및 제1차 런던의정서 합동 과학그룹회의

(가) 회의 개요

회의명	제31차 런던협약 / 제2차 의정서 합동 과학그룹회의
기간/ 장소	2008. 5. 19 ~ 23 / 에콰도르 콰야킬
참가국 및 국제단체	<ul style="list-style-type: none"> · 런던협약 당사국(아국포함 18개국) · 의정서 당사국(14개국) · 비협약국(1개국) · UN 기구 및 국제기구(4개) · 비정부간 기구(2개)

(나) 회의 일정(총 16개 의제)

일 시		런던협약	'96의정서	의 제
5. 19(월)	오전	개 회		
		의제 1	의제 1	의제 채택
	의제 2	의제 2	해양 시비	
	오후	의제 2	의제 2	(계속)
5. 20(화)	오전	의제 3	의제 3*	폐기물 평가지침
	오후	의제 3	의제 3	(계속)
		-	의제 4*	이산화탄소 해저지질 격리
5. 21(수)	오전	의제 5	의제 5*	인공어초 배치 지침 개발
		의제 6	의제 6	투기활동 보고
	오후	의제 7	의제 7*	기술협력 및 지원
		의제 9	의제 9*	연안관리 문제
5. 22(목)	오전	작업반 또는 초안그룹 보고서 검토		
		의제 8	의제 8	해양환경 모니터링 및 평가
		의제 10	의제 10	서식지 보완 및 개선
		의제 12	의제 12	지침, 매뉴얼, 참고서 등
	오후	과학의 날(기후변화 및 해양 산성화)		
5.23(금)	오전	의제 11	의제 11	과학의 날 결과
		의제 13	의제 13	향후 작업 프로그램
		의제 14	의제 14	기타 사안
		의제 15	의제 15	과학그룹 의장/부의장 선출
		의제 16	의제 16	보고서 심의 채택
		회 의 종 료(14:00)		

(다) 의제별 논의 결과

의제 1 : 의제 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 사무국이 런던협약 제28차/런던의정서 제1차 당사국회의에서의 논의를 바탕으로 준비한 본 회의 잠정 의제를 검토하고 채택 	<ul style="list-style-type: none"> 사무국의 제안 16개 의제를 본 회의 의제로 채택함

의제 2 : 해양시비(施肥)

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> '07년 과학그룹회의에서 이산화탄소 격리를 위한 해양시비(철분 시비포함)가 해양환경과 인간건강에 부정적 영향 가능성 제기에 따라 의제에 포함 런던협약/의정서하의 해양시비 규제 및 법적, 과학적 문제 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 해양시비의 과학기술적 측면 검토 보고서 작성 <ul style="list-style-type: none"> 해양시비 가능물질 목록 해양시비 이전활동들의 양 및 규모 해양시비 제안서 평가 검토 목록 미국 등의 일부국가 소재 기업체가 기후변화 완화수단으로 해양 철분 시비(施肥) 사업을 제안하고 있으나, 실제 효용이 없다는 것이 여타 미국 정부를 포함한 당사국들의 대체적인 분위기임

의제 3 : 폐기물 평가지침

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 포괄적 지침서 검토(WAG/1997) <ul style="list-style-type: none"> 회기간 서신반(반장 : 아국)을 구성하여 2003년 부터 포괄적 지침서('97 채택)에 대한 보완 추진 	<ul style="list-style-type: none"> '회기간 서신반의 작업 결과(일반특별지침에 대한 웹사이트 명칭, 폐기물 평가지침 일부 개정)를 검토하고 본 회기에서 채택
<ul style="list-style-type: none"> 불활성무기지질물질 평가지침서 <ul style="list-style-type: none"> 불활성무기지질물질 적격기준(eligibility criteria)('06년 채택)을 참작하여 불활성 무기지질물질 평가 지침서 보완 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 회기간 작업반(반장국: 미국)의 작업결과 (불활성무기지질물질 적격 기준을 평가지침 부속서에 포함시키고 일부 문구 개정)를 작업반을 소집(아국 참여)하여 검토한 후 본 회기에서 채택
<ul style="list-style-type: none"> 대형물체 평가지침서 <ul style="list-style-type: none"> '03년 당사국회의 요청에 따라 철, 강철, 콘크리트 등으로 구성된 대형물체의 평가를 위한 특정지침서 개정 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 소규모 도서 국가들을 포함시켜 동 평가지침 갱신을 위해 회기간 작업반(반장국: 중국)을 구성하였으나, 동 회의 이전까지 서신 교환이 이루어지지 않아 회기간 서신반을 재구성하는 데 합의하고, 각 당사국이 2008년 7월 1일까지 코멘트를 보내줄 것을 요청

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> ● 준설품질의“처리기준”개발 지침 논의 <ul style="list-style-type: none"> - 2002년 과학그룹은 포괄적 지침서의 범위 내에서 각 당사국이 자국의 처리기준을 개발하고, 투기로 인한 인간 건강과 해양 환경에 미치는 잠정영향을 다루는 데 기술적 지침을 제공하기로 결의 - 회기간 교신반(반장: 캐나다)을 설립하여 지침서 개발 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ● 작업반을 구성(아국 포함 10개국 참여)하여 회기간 작업반(반장국; 캐나다)의 작업결과 (총 8장으로 구성된 준설품 처리목록 및 처리기준 개발을 위한 지침서)를 검토하고 채택

의제 4 : 이산화탄소 해저지질구조 격리

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> ● 이산화탄소 해저지질구조 격리 허가 특정 보고양식 개발 <ul style="list-style-type: none"> - '06년 당사국회의에서 해저지질구조 이산화탄소 격리 사업 허용에 따른 보고양식 개발 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ● 96의정서 과학그룹회의는 작업반(반장국: 노르웨이)을 소집, 제안된 양식(안)이 포함된 작업반 보고서를 채택하고, 구체적으로 '런던 의정서하의 해저지질구조내 이산화탄소 스트림 저장에 대한 보고 양식'으로 진척시키는 데 합의
<ul style="list-style-type: none"> ● 해저지질구조 격리 이산화탄소의 越境에 대한 법적·기술적 검토 <ul style="list-style-type: none"> - '07년 과학그룹회의에서 작업반을 설립하여 격리된 이산화탄소 스트림의 월경에 대비한 법적·기술적 검토 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ● 사무국이 2008. 2. 25~27 독일에서 소집된 작업반의 결과를 소개

의제 5 : 인공어초 배치 국제지침

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> ● 인공어초의 투입은 투기가 아닌 배치 (placement) 행위로서 협약/의정서의 범위 밖이나, 폐기물의 투기로 가장하여 이루어져서는 아니 되고, 배치에 사용되는 물질은 해양환경에 미치는 악영향이 없어야 한다는 규정하에, ● '05년 당사국회의는 인공어초 배치를 의제에서 유지하고 런던협약 및 의정서의 목적에 부합하는 세계적 지침서를 개발하기로 합의하였으며, 회기간 작업반(반장 : 스페인)을 구성하여 용역을 발주 	<ul style="list-style-type: none"> ● 작업반(반장국; 스페인)을 소집하여 인공어초 배치 지침안을 검토한 후, 작업반 보고서를 채택하고, 당사국회의에서 배서된 후, UNEP/IMO 문서로서 발간하고 배포하는데 합의

의제 6 : 투기활동 보고

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 런던협약 및 의정서 당사국의 의무사항 중 하나인 투기허가 현황보고서에 대해 검토하고, 투기허가 보고 개선을 위한 사안들에 대해 논의 	<ul style="list-style-type: none"> 투기 보고의 검토 및 보고 개선을 위한 노력 <ul style="list-style-type: none"> 당사국들의 2005년 투기허가보고 문서를 검토한 후, 런던협약 및 의정서 위반사항에 대해 지적(이탈리아가 일본의 화학 투기를 지적했으나, 일본 대표단이 2006년 이후 투기가 종료되었음을 표명) 사무국은 투기허가 평가 서신반 검토를 거친 후, 2005년 투기허가보고 최종안과 2006년 투기허가발급 보고 초안이 당사국 회의('08. 10)에 제출 될 것이라고 안내함. 전자 양식(E-Form) 보고에 대한 검토 <ul style="list-style-type: none"> 과학그룹은 OSPAR(북동대서양의 해양환경 보호에 관한 협약)의 보고양식 검토가 끝나면, 전자 양식 검토를 권고하는 데 합의 투기 보고에 대한 데이터베이스 개발 <ul style="list-style-type: none"> 투기보고 평가 서신반(반장국; 벨기에)은 가까운 장래에 데이터베이스 개발을 완료하겠다고 표명 투기활동 보고에 관해 UNEP 및 기타 기구들과의 공동협력 논의 <ul style="list-style-type: none"> UNEP-MAP 대표가 2005년 사이프러스 회의와 투기활동 보고 관련한 문제들을 제기하기 위한 워크숍들을 소개

의제 7 : 기술 협력 및 지원

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 폐기물 평가 지침(WAG) 교본 검토, 협약/의정서 관련 워크숍, 기술협력 사업 및 신탁 기금 조성 등을 논의 	<ul style="list-style-type: none"> 준수 장벽 제거 사업 검토 <ul style="list-style-type: none"> 작업반을 구성(아국 참여)하여 원조제공, 시범사업 대상국가 선정, 런던의정서 국가 이행계획서 개발 등에 대한 이행 계획안을 검토하고, 과학그룹은 작업반 보고서를 채택하고, 당사국회의('08. 10)에 제출하기로 함 폐기물 평가지침(WAG) 교본 검토 <ul style="list-style-type: none"> 작업반을 구성(반장국: 미국)하여 강사 매뉴얼과 전자슬라이드세트 등을 검토하고, 과학그룹은 작업반 보고서를 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 폐기물 평가 지침(WAG) 교본 검토, 협약/의정서 관련 워크숍, 기술협력 사업 및 신탁기금 조성 등을 논의 	<ul style="list-style-type: none"> 저급 기술 기법에 근거한 준설물질 평가지침의 확충 검토 <ul style="list-style-type: none"> 과학그룹은 WODA(세계준설협회) 제안서를 승인하고, 동 사업이 계획대로 진행할 수 있도록 가능한 한 빨리 CEDA(중앙준설협회)와 접촉할 것을 사무국에 요청 런던협약/의정서 관련 국가 워크숍 <ul style="list-style-type: none"> 이탈리아가 차기 과학그룹회의를 2009년 4월 20~24일 로마에서 주최하겠다고 통보(지중해국가 런던의정서 워크숍: 4월 15~17일) 남부 및 동부 아프리카 SEA-WASTE 네트워크 사업 <ul style="list-style-type: none"> 과학그룹은 사무국이 동 사업에 관심을 보인 앙골라, 케냐, 네덜란드 등에 연락을 유지하고, 당사국회의(2008년 10월)에서 결과를 보고하도록 요청 신탁기금 조성 <ul style="list-style-type: none"> 과학그룹은 다년도 신탁기금 수정안을 당사국회의에서 검토할 수 있도록 2008년 6월 30일까지 정리할 것을 사무국에 요청

의제 8 : 해양 환경 모니터링 및 평가

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 모니터링 보고서 및 투기장 환경상태 평가 <ul style="list-style-type: none"> 각 당사국들이 제출한 투기장 해양 상태 감시 보고서를 심의 유엔의 해양환경상태 보고 및 평가 지원(유엔 정규과정 사업) 	<ul style="list-style-type: none"> 모니터링 보고서 및 투기장 환경상태 평가 <ul style="list-style-type: none"> 당사국들이 자국 투기장 해양환경 상태 관련 문서를 소개 <ul style="list-style-type: none"> 영국 : 2005~2006 환경상태 모니터링 미국 : 국가 하구 프로그램 연안역 상태 보고서, 국가 해양 쇄설물 모니터링 프로그램(NMDMP) 벨기에: 2006~2007 해양처분장의 모니터링 활동 해양환경 상태의 세계적 보고 및 평가(UN 정기과정)에 대한 기여관련 작업반 결과 검토 <ul style="list-style-type: none"> 2003년 구성(반장국: 아국)된 동 작업반은 과학그룹회의와 당사국회의 2개 의장단과 사무국에서 Bureau를 구성하여 추진되어 오고 있음 아국은 런던협약이 추진하는 “UN 정규 해양 환경 상태보고서” 작성을 위한 소요비용(8천\$) 지원의사 표명

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> ● 모니터링 보고서 및 투기장 환경상태 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 각 당사국들이 제출한 투기장 해양 상태 감시 보고서를 심의 - 유엔의 해양환경상태 보고 및 평가 지원 (유엔 정규과정 사업) 	<ul style="list-style-type: none"> - 아국도 2010년에는 “UN 정규 해양환경 상태 보고 및 평가과정” 국가보고서를 제출하게 될 예정이므로 타 국가들과는 달리 하수오니 등 산업폐기물의 다량 투기국가 입장에서 “투기”관련부문의 보고서 작성에 국제사회의 인식을 감안할 참고자료의 사전 확보차원에서 지원 조치 - 과학그룹회의 참가국들은 아국의 재정 지원에 감사를 표명하는 등 아국에 대한 우호적 분위기 조성에 기여함. ● 방오도로 화합물과 내분비계 장애물질의 해양처분 <ul style="list-style-type: none"> - 영국이 유기주석 금지에 따른 대형생물군집 회복 관련 논문을 소개

의제 9 : 해양오염방지 활동에 관련된 연안 관리 사안

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> ● MEPC와의 협력 <ul style="list-style-type: none"> - 런던협약/MEPC 간의 공동작업반을 설치하고 손상화물 해양투기관련 MARPOL 부속서 V와 런던협약간의 경계를 명확히 하는 작업을 시작 	<ul style="list-style-type: none"> ● 작업반(반장국: 캐나다)을 구성하여 손상 화물 관리에 관한 조언, MARPOL 부속서V 검토를 위한 해양환경보호위원회(MPEC) 서신반에 대한 조언 및 부패화물 관리 지침안을 검토하였고, 과학그룹은 작업반 보고서 및 동 지침안을 채택
<ul style="list-style-type: none"> ● 선박 TBT 도료 제거용 최선관리지침서 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 방오도로협약(AFS Convention, 2001)에 의거 2008년까지 주석 함유 도료를 선체로부터 제거하게 됨에 따라 동 작업으로부터 TBT 함유 폐기물이 발생하게 되고 이로 인한 해양 투입처분을 방지하고자하는 지침서 개발 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ● 작업반(반장국 : 영국)을 소집하여 지침안을 채택하고, 서신반을 설립하여 금번 당사국 회의 전까지 교본(안)을 마무리하기로 함
<ul style="list-style-type: none"> ● 기타 사안 <ul style="list-style-type: none"> - 하수처리시설 및 하수오니 관리 - 선박발생 하수오니 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ● 하수 처리시설 및 하수오니 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 금번회기에 제출된 문서가 없어 의장은 차기 회의에서는 당사국들의 하수처리 시설 및 하수오니 관리 성공사례를 발표해 줄 것을 독려 ● 선박으로부터 발생하는 하수오니 <ul style="list-style-type: none"> - 미국 환경보호청(EPA)이 '07년 12월에 발간된 '항해선박 배출 평가 보고서'를 소개

의제 10 : 서식지 보완 및 개선

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 당사국이 제출한 준설물질을 해양에 투기하는 대신 매립, 해빈보완, 피복(capping) 물질이나 매움 재료로 사용하거나, 양식이나 구조물로 이용하여 어업생산을 증가하거나, 습지 복원, 육지 서식지 개발 등 환경개선제로 사용하는 방안을 심의 	<ul style="list-style-type: none"> • 당사국들이 폐기물의 유익한 활용 및 서식지 개선 활동 사례 소개함. <ul style="list-style-type: none"> - 영국 : 'Essex 연안 습지 복원 사례 및 Blackwater 하구역 관리' 논문 소개 - 미국 : '준설물을 이용한 이익적 이용 계획 매뉴얼'을 소개 - 일본 : 준설물의 이익적 이용으로서 환경 복원 활동에 대해 소개

의제 11 : 과학의 날

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 타기구와의 협력, 심포지엄이나 워크숍, 기타 정보 교환 	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 및 해양 산성화의 영향 관련 총 6편의 주제 발표를 함

의제 12 : 지침, 매뉴얼, 참고서 등

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 타기구와의 협력, 심포지엄이나 워크숍, 기타 정보 교환 	<ul style="list-style-type: none"> • 사무국 및 당사국의 출판물 현황 및 출판 계획 보고 <ul style="list-style-type: none"> - WODA(세계준설협회)에서 “준설의 환경적 측면”의 신판발간 소개

의제 13 : 향후 프로그램 작업

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 본 회의 성과를 바탕으로 본 회의에서 개정한 장기사업계획에 대한 심의 	<ul style="list-style-type: none"> • '08~'10년 런던협약 및 의정서 장기 프로그램을 검토하고, 일부 계획을 수정

의제 14 : 기타 사업

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 당사국 또는 참관기구 등이 제기한 안건 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 그린피스가 세계 도처 광산 활동으로부터 발생하는 선광 잔재물과 관련 폐기물의 하천 및 해저 처분에 대해 소개하고 업장 평가 및 효율적 관리의 필요성을 제기

의제 15 : 과학 그룹 간부(의장, 부의장) 선출

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 과학그룹 간부(의장, 부의장) 선출 <ul style="list-style-type: none"> 런던협약과 의정서 합동으로 과학그룹회의를 진행할 의장단을 선출 	<ul style="list-style-type: none"> 합동회의 의장단으로 의장은 영국((Dr. Chris Vivian), 제1부의장은 아국(홍기훈 박사, 한국해양연구원), 제2부의장은 캐나다 (Ms. Linda Porebski)가 재선출되어 차기 회의까지 역할을 수행('08. 5 ~ '09. 5).

의제 16 : 보고서 검토 및 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 본 회기 동안 심의된 각 의제들의 회의 결과를 심의하고 사무국이 작성한 보고서를 채택 	<ul style="list-style-type: none"> 본 회기동안 심의된 총 16개 의제들의 회의 결과를 심의하고 사무국이 작성한 보고서를 채택

(라) 회의 평가 및 아국 관련 사안

1) 회의장 분위기 등 논의 동향

○ 채택된 주요 의제

- 금번 회의에서는 회기간 작업반에서 작성한 폐기물 평가지침 개정안 (일반지침, 불활성무기질물질 특별지침, 준설물질 처리목록과 처리기준 개발지침, 인공어초 배치지침)이 채택되어 당사국회의('08. 10) 인준을 받기위해 제출될 예정
- 아국은 '일반지침'에 대한 회기간 작업반 반장국으로서 역할 수행

○ 작업반 논의 동향

- 아국은 금번 회의 중심 의제인 “철분시비(施肥)” 작업반을 주재하여 입지 기반 강화에 기여
- 스페인, 미국, 영국, 캐나다, 노르웨이, 남아프리카공화국이 인공어초 배치 지침 작업반 등의 반장국으로서 회의를 주도

2) '과학의 날' 발표 동향

- 회의 종료 전날에 개최된 “과학의 날“에서는 “기후변화 및 해양산성화의 영향“ 주제하에 총 4편이 발표
 - 아국은 2부 발표의 좌장을 맡아 국가 위상을 증대시킴
- 발표된 내용들은 전반적으로 해양시비(철 시비 포함)의 해양환경 영향에 대한 불확실성을 재확인

3) 아국 관련 주요 사안

○ 아국의 96의정서 가입 시급

- 런던협약72 과학그룹회의와 96의정서 과학그룹 회의가 한자리에서 병행 개최 되었으나 실질적으로는 96의정서 가입국 위주로 회의가 진행되고 있어 아국의 의정서 가입이 시급
- 현 상황에서는 아국의 가입 지연사유 등 그간의 국내 사정을 당사국 회의('08. 10)에서 충분히 설명한 후 당사국들이 자연스럽게 아국의 가입을 유도하도록 하는 것이 바람직

○ 수산알루미늄폐기물 해양투기 지적에 대비한 대응책 강구 필요

- 본 회의에서는 당사국들의 「2005년 폐기물 해양투기 허가」 보고에 대해 검토를 하고, 일부 당사국들의 보고에 이의를 제기함.
 - 이탈리아가 일본의 2005년 화약 해양투기허가 발행건에 대해 지적하였으나, 일본 대표단이 2006년 이후 투기가 종료되었다고 보고하여 향후 당사국회의('08. 10)에는 보고하지 않기로 함
 - 아국은 런던협약 및 96의정서 위반사항인 수산화알루미늄폐기물 해양투기허가보고서를 제출하였으나, 의제 폭증으로 금번 회기 보고 문서에는 포함되지 않아 공식석상에서 당사국으로부터 지적 등 특별한 언급은 없었음.
 - 그러나 향후 당사국회의('08. 10)에서는 동 협약 위반 지적이 예상되므로 아국의 대책 마련 필요성에 대해 조언받음(런던협약 사무국장)

○ 적조구제용 “황토“의 런던협약 위반여부 검토 등 대책 강구 필요

- 아국에서는 여름철 남해안에서 발생하는 해양식물플랑크톤(적조생물)를 구제하기 위해 연간 수십만톤의 황토를 살포하고 있음
- 적조 구제물질로 살포한 '황토'가 해양환경에 미치는 악영향이 존재할 경우에는 런던협약/의정서를 위반하는 것이므로 해양생물에 손상을 입히거나 해양의 다른 합법적인 이용을 방해할 가능성이 있는지 등을 사전에 평가하여 향후 문제제기 가능성에 관련부서와 대비 필요

○ 해양 施肥(철분 시비 포함)관련 부정적 동향에 대비

- 철을 포함한 대규모 해양 시비는 해양환경 영향 불확실성으로 인해 런던협약 목적에 위배된다는 것이 본 회의에서 재확인
- 미국 등의 일부국가 소재 기업체가 기후변화완화수단으로 해양 철분 시비사업을 제안하고 있으나, 실제 효용이 없다는 것이 당사국들의 대체적인 분위기

- 이러한 철분 시비를 포함한 해양 施肥 국제 동향은 국내에서도 인지되어 관련 연구 등에 참고할 필요
- 인공어초 배치에 관한 국제기술지침서안 채택에 따른 국내 제도 정비
 - 인공어초 배치에 관한 국제기술지침서안이 본 회의에서 채택되고, 당사국회의('08. 10)로 인준을 위해 송부함.
 - 이와 관련하여 인공어초 관련부서와 제도 정비 필요
- 이산화탄소 해저지질 격리 허가 특정보고양식 채택에 따른 국내제도 정비
 - 본 회의에서는 작업반을 소집하여 이산화탄소 해저지질 격리 허가 특정보고 양식안을 채택하였고, 런던의정서하의 해저지질구조내 이산화탄소 스트림 저장에 대한 보고양식으로 진척시키는 데 합의
 - 아국에서도 이산화탄소 해저지질 격리 관련한 국제 동향을 인지하여 대응 전략 마련이 필요
- 런던의정서 가입관련 아국 지지유도를 위한 기반 조성
 - 런던협약이 추진하는 “UN 정규해양환경 상태보고 및 평가과정에 제출할 보고서 작성“을 위한 소요비용(\$8,000) 지원 의사를 표명
→ 과학그룹회의 참가국들은 아국의 재정 지원에 감사를 표명하는 등 아국에 대한 우호적인 분위기를 조성
 - 아국의 과학그룹회의 부의장국 재선출(5년 연속 선출) : 홍기훈 박사 (한국해양연구원)가 부의장으로 재선출('08. 5 ~ '09. 5)

(2) 제30차 런던협약 및 제3차 런던의정서 합동 당사국회의

(가) 회의 개요

회의명	제30차 런던협약 / 제3차 의정서 당사국회의
기간/ 장소	2008. 10. 27 ~ 31 / 영국 런던 국제커피기구 본부
참가국 및 국제단체	<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약 당사국 : 아국포함 19개국 • 런던의정서 당사국 : 26개국 • 비협약국 : 9개국 • UN 기구 및 국제기구 : 4개 • 정부·비정부간 기구 : 10개

(나) 회의 일정(총 16개 의제)

일 시		런던협약	'96의정서	의 제
10. 27(월)	오전	개 회		
		의제 1	의제 1	의제 채택

일 시		런던협약	'96의정서	의 제
10. 27(월)	오전	의제 2	의제 2	런던협약과 의정서 현황
		의제 6	의제 6	준수사안(의정서 준수위원 선출)
		의제 3	의제 3	과학그룹 보고서 검토
	오후	의제 3	의제 3	(계속)
		의제 4	의제 4	해양 시비*
10. 28(화)	오전	의제 4	의제 4	(계속)
			의제 5	이산화탄소 해저지질구조 격리*
		의제 6	의제 6	준수 사안(기타 사안)
	오후	의제 6	의제 6	(계속)
		의제 7	의제 7	기술 공동협력 및 지원*
10. 29(수)	오전	의제 7	의제 7	(계속)
		의제 8	의제 8	인공어초 배치 지침 개발
		의제 9	의제 9	런던협약 및 의정서 해석
	오후	의제 10	의제 10	방사능폐기물 관리 관련 사안
		의제 11	의제 11	협약 및 의정서 목적을 모니터링
10. 30(목)	오전	작업반 또는 초안그룹 보고서 검토		
		의제 12	의제 12	의정서 가입유망 당사국 홍보 및 타 기구와의 관계
		의제 13	의제 13	행정 사안 및 향후 작업
	오후	(회의 보고서 준비)		
10.31(금)	오전	의제 14	의제 14	기타 사업
		의제 15	의제 15	당사국회의 의장/부의장 선출
		의제 16	의제 16	보고서 심의 채택
		회의 종료		

(다) 의제별 논의 결과

의제 1 : 의제 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 사무국이 런던협약/런던의정서 당사국회의에서의 논의를 바탕으로 준비한 본 회의 잠정 의제를 검토하고 채택 	<ul style="list-style-type: none"> 사무국 제안 16개 의제를 본 회의 의제로 채택함

의제 2 : 1972 런던협약 및 1996 의정서 현황

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 1972 런던협약과 1996 의정서 비준 당사국들의 현황 및 채택된 개정안과 관련된 정보를 당사국들에 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 사무국의 런던협약 및 런던의정서 가입 현황 보고 <ul style="list-style-type: none"> - 런던협약 : 총 85개국(아국: 1993년 12월 21일 가입)

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과																												
<ul style="list-style-type: none"> 1972 런던협약과 1996 의정서 비준 당사국들의 현황 및 채택된 개정안과 관련된 정보를 당사국들에 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 사무국의 런던협약 및 런던의정서 가입 현황 보고 <ul style="list-style-type: none"> 의정서 : 총 36개국(2008년에 케냐, 시에라리온, 마살군도, 네덜란드 가입) 런던의정서 가입국 수 현황 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>년도</th> <th>1997</th> <th>1998</th> <th>1999</th> <th>2000</th> <th>2001</th> <th>2002</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가입국수</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>년도</th> <th>2003</th> <th>2004</th> <th>2005</th> <th>2006</th> <th>2007</th> <th>2008</th> </tr> <tr> <td>가입국수</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> 런던의정서 미가입 당사국들의 준비현황 보고 <ul style="list-style-type: none"> 대한민국, 아르헨티나, 브라질, 미국, 나이지리아, 가나가 자국의 의정서 가입 준비 현황에 대해 보고함. 아국은 수석대표 발언을 통해 그간의 의정서 가입을 위한 노력 및 협의 경과에 대해 설명하고, "국내법상 적토의 한시적 해양투기 허용을 토대로 한 의정서 가입 의사를 표명함. 아국 수석대표 발언에 대한 당사국 등의 반응 <ul style="list-style-type: none"> 당사국회의 이전에 런던협약 사무국과 긴밀히 협의하고, 7개 핵심 당사국 수석대표에게 협조서신을 발송하는 등 사전 정지작업 진행 수석대표의 가입의사 발언에 대해 당사국회의 의장 및 사무국은 환영의사를 표명하였고, 당사국들로부터 이의제기는 없었음. 그린피스는 아국 수석대표와의 개별 면담에서 아국의 의정서 가입 노력 및 솔직한 현황 소개 등을 높이 평가하고, 보오크사이트 잔재물 육상처리방안에 대한 정보 제공 등 우호적 의사를 표명 	년도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	가입국수	1	3	3	6	3	0	년도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	가입국수	2	3	1	8	2	4
년도	1997	1998	1999	2000	2001	2002																							
가입국수	1	3	3	6	3	0																							
년도	2003	2004	2005	2006	2007	2008																							
가입국수	2	3	1	8	2	4																							

의제 3 : 과학그룹 보고서 검토 및 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 2008년 런던협약/의정서 과학그룹 결과에 대해 당사국회의에서 검토·채택 	<ul style="list-style-type: none"> 제31차 런던협약 및 제2차 의정서 합동과학 그룹회의(2008년 5월 19~23일 에콰도르 과야킬) 결과 보고서 검토 후 인준

의제 4 : 해양 시비(施肥)

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
	<ul style="list-style-type: none"> 해양시비관련 성명서 발표

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> '07년 합동과학그룹회의에서 이산화탄소 격리를 위한 대규모 해양시비(철 시비 포함) 관련 제출물들을 검토하고, 해양환경과 인간 건강에 부정적인 영향을 줄 수 있다는 견해로 당사국회의에 대규모 철 시비와 해양시비 검토 요청을 함. '07년 합동당사국회의에서 해양시비 관련 과학그룹의 위임사항 개발과 회기간 법률서신 검토반(LICG)을 설립하여 해양시비에 대한 법적 견해를 정리하기로 함. 	<ul style="list-style-type: none"> - CBO(생물다양성협약) 및 호주가 대규모 해양시비의 부정적 견해를 포함한 성명서를 문서(LC30/J10, J11)로 제출하고, 이를 발표함. • 법률서신반 보고서 검토 및 작업반 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 영국(서신반 반장국)이 해양시비의 런던 협약/의정서별 법적 합치성에 대한 질의서를 배포하고, 접수된 당사국 및 참관기구의 답변내용을 정리한 결과보고서를 보고함. - 해양시비 적정성, 과학적 연구 평가 등에 대한 작업반(영국; 반장국, 아국 참여)을 구성하고, 논의 후 다음 결과를 채택함. • 해양시비 연구사업계획서를 심의하기 위한 평가체제 개발을 위한 임시회의가 차기 과학그룹회의(5월 25-29) 직전 주에 소집 • 해양시비사업 금지와 해양시비관련 과학조사 연구사업계획서 심의제 도입에 대한 다음의 결의서를 채택

의제 5 : 이산화탄소 해저지질구조 격리

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> '06년 합동 당사국회의에서 부속서 I(해양투기 심의가능 폐기물)에 이산화탄소 해저지질구조 격리를 추가 채택 • 후속 조치로 상기 사업 보고를 위한 특정 보고 양식 개발 및 해저지질구조 격리 이산화탄소의 월경(越境)에 대비한 법적기술적 검토 작업반을 설립, 작업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 해저지질구조 격리 이산화탄소의 越境에 대한 법적·기술적 검토 작업반 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 해저 지중격리 이산화탄소의 월경(越境)에 대한 법적·기술적 보고서 검토 및 향후 조치로서 회기간 서신반을 구성하여 다음 사항들을 검토할 것을 권고함. <ul style="list-style-type: none"> • 의정서 6조(폐기물 수출금지) 개정 대안 • 근본적 정책 목적 • 범위 ; 월경 이동은 비당사국에게도 허가되어야 함. • “수출(export)” 및 “이동(migration)”의 명확한 개념 이해 • 이산화탄소 해저 지중격리 기술 및 적용에 대한 경험 소개 : 당사국이 이산화탄소 해저 지중격리 기술 및 이의 적용 경험을 소개함. • 이산화탄소 격리사업에 대한 보고양식 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 2008년 5월 의정서 과학그룹이 회기간 서신반을 통해 개발한 보고양식을 검토한 후, 이를 인준함. - 개발된 보고양식은 ①준수에 관한 이행 보고, ②발행된 허가 및 저장지역 보고로 구분되며, 이에 대한 세부 사항들을 기재하도록 구성.

의제 6 : 준수 사안

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과																					
<ul style="list-style-type: none"> ○ 준수위원회 <ul style="list-style-type: none"> - 의정서 제11조(준수절차)에 의거 당사국 회의는 의정서 발효 후 2년 이내에 준수를 평가하고 촉진하기 위해 필요한 절차와 기작을 설치해야 함. - 런던 제29차 런던협약 / 제2차 당사국회의('07. 11)에서 준수 절차 및 기작 지침이 채택됨으로서 본 회기에 준수 평가위원회 및 임원을 선출 - 런던협약 및 의정서 당사국의 의무사항 중 하나인 투기허가 현황보고서에 대해 검토하고, 투기허가 보고 개선을 위한 사안들에 대해 논의 	<ul style="list-style-type: none"> ● 준수반 1차 회기 위원 선출 및 규정 재조정 <ul style="list-style-type: none"> - 의정서 제11조에 의거 의정서 당사국들이 2008년 9월 5일까지 적정 후보를 추천, 10월 27일 위원을 선출하였고, 10월27일~29일 1차 회기 준수반이 소집됨. - 준수반 임기는 제3차 런던의정서 당사국회의 개시일로부터 제4차 런던의정서 당사국회의 종료일까지로 재조정됨. - 금번 당사국회의에서 3명의 위원을 제시하지 못한 지역(유엔 5개 지역)은 당사국회의 의장과 부의장 승인을 얻어 회기간에 제시할 수 있음. [참고] 1차 준수반 당사국 및 위원 명단 <table border="1" data-bbox="810 891 1353 1182" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>임기</th> <th>당사국명</th> <th>위원 성명</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3년</td> <td>중국</td> <td>Ms. Zhou Qian</td> </tr> <tr> <td>3년</td> <td>캐나다</td> <td>Ms. Anne Daniel</td> </tr> <tr> <td>2년</td> <td>일본</td> <td>Prof. Hisakazu Kato</td> </tr> <tr> <td>2년</td> <td>불가리아</td> <td>Ms. Marinka Bogdanova</td> </tr> <tr> <td>2년</td> <td>이탈리아</td> <td>Captain Federico Crescenzi</td> </tr> <tr> <td>1년</td> <td>남아프리카공화국</td> <td>Mr. Mongezi Nquoro</td> </tr> </tbody> </table> ● 준수반 1차 회의 결과 보고서 검토 및 채택 <ul style="list-style-type: none"> - 의장 및 부의장 선출 <ul style="list-style-type: none"> • 의장 : Ms. Anne Daniel(캐나다) • 부의장 : Ms. Zhou Qian(중국) - 작업 언어 결정 : 모든 작업은 영어로 하고, 영어가 아닌 제출물 및 문서는 필요할 경우 번역하기로 함. - 준수절차 및 메카니즘의 3.5항(임기) 조정 필요성 검토 : 3.5항에 대한 개정 필요성을 검토하고, 다음 사항을 권고함. <ul style="list-style-type: none"> • 조항 임기 조정 필요성은 없음. • 긴급 사안으로서, 준수반위원이 미달된 지역그룹은 2차 준수반 회의 이전에 준수반 위원을 지명할 수 있음. - 위탁 보고서 처리방식 ; 준수절차 및 메카니즘 6.2, 6.3, 6.4, 6.5항(보고서 및 기록물 관련)에 의거하여 위탁된 보고서 처리방식을 검토하고, 다음을 권고함. <ul style="list-style-type: none"> • 기존 의정서 당사국들은 늦어도 2009년 9월 1일 이전까지 의정서 9.4.2와 9.4.3항에 의거한 첫번째 보고서를 제출 	임기	당사국명	위원 성명	3년	중국	Ms. Zhou Qian	3년	캐나다	Ms. Anne Daniel	2년	일본	Prof. Hisakazu Kato	2년	불가리아	Ms. Marinka Bogdanova	2년	이탈리아	Captain Federico Crescenzi	1년	남아프리카공화국	Mr. Mongezi Nquoro
임기	당사국명	위원 성명																				
3년	중국	Ms. Zhou Qian																				
3년	캐나다	Ms. Anne Daniel																				
2년	일본	Prof. Hisakazu Kato																				
2년	불가리아	Ms. Marinka Bogdanova																				
2년	이탈리아	Captain Federico Crescenzi																				
1년	남아프리카공화국	Mr. Mongezi Nquoro																				

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 준수위원회 <ul style="list-style-type: none"> - 의정서 제11조(준수절차)에 의거 당사국 회의는 의정서 발효 후 2년 이내에 준수를 평가하고 촉진하기 위해 필요한 절차와 기작을 설치해야 함. - 런던 제29차 런던협약 / 제2차 당사국회의('07. 11)에서 준수 절차 및 기작 지침이 채택됨으로서 본 회기에 준수 평가위원회 및 임원을 선출 - 런던협약 및 의정서 당사국의 의무사항 중 하나인 투기허가 현황보고서에 대해 검토하고, 투기허가 보고 개선을 위한 사안들에 대해 논의 	<ul style="list-style-type: none"> • 2008년에 가입한 의정서 당사국은 늦어도 3년 이내에 첫번째 보고서를 제출 • 첫번째 보고서가 접수되면, 준수반은 의정서 제9조에 의거 보고 주기에 대한 권고를 하기로 함. - 보고양식 검토 ; 현재 양식을 그대로 사용하기로 함. - 향후 작업프로그램 검토 : 2차 회의를 포함한 향후 프로그램을 검토하고 다음을 권고함. • 가능성 있는 개개의 비준수 사례가 제기될 경우 작업프로그램에서 우선적으로 처리 • 준수 장벽 제거사업 최종 보고들을 연구하여 준수반 작업에 기여하는 방법을 검토 • 준수절차 및 메카니즘 6.2항에 의거 준수반에 위탁되는 투기 보고서를 검토 • 의정서 9.4.2와 9.4.3조에 의거하여 접수된 보고 검토 • 의정서의 국가이행지침을 가입유망 국가들을 위한 효율적인 도구로 활용하는 방법 검토 - 차기 준수반 회의 : 차기 당사국회의와 병행하여 개최하기로 권고함. • 작업프로그램이 필요시 서신이나 이메일을 활용하여 작업하기로 함.
<ul style="list-style-type: none"> • 기타 준수 사안 	<ul style="list-style-type: none"> • 통보 및 보고 준수에 관한 사무국 현황 보고 및 제출 촉구 - 통보 및 보고 준수에 관한 사무국 현황 보고서 및 당사국들의 2005년 투기허가발행보고서를 검토하고, 차기 회의 검토를 위한 2006년 투기허가발행보고 제출을 촉구함. ※ 아국은 '07년까지의 투기발행허가 보고를 완료. • '07년까지 당사국 투기허가 발행보고 현황 및 최근 5년간('03~'07) 미보고 당사국 명단을 공개함(총 33개국)

의제 7 : 기술 협력 및 지원

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약 기술 공동협력 및 지원 프로그램하에 제안된 활동 및 진행중인 활동에 대해 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 이행계획(안) 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 준수 장벽 제거사업의 전략적 접근('07년 채택)을 위해 '08년 5월 과학그룹이 개발한 '이행 계획안'을 검토하고 채택함

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 런던협약 기술 공동협력 및 지원 프로그램하에 제안된 활동 및 진행중인 활동에 대해 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 계획 추진반(반장국; 이탈리아)을 소집하여 향후 계획이 설계되는 대로 추진반 참여국(아국 포함)에 이메일로 통보하여 조정 후, 차기 당사국회의에 제출하기로 함. 당사국들의 기술공동협력사업 재정 지원 표명: 스페인(£30,000), 미국(£100,000), 영국(£20,000), 캐나다(\$25,000), UNEP(\$12,000), 중국(기술전문가제공) ※ 아국은 수석대표(임기택 국토해양관) 발언을 통해 기술공동협력사업 중 "준수장벽 제거 사업의 이행계획(the Implementation Plan of the Barriers to Compliance)" 사업을 위한 재정 지원의사를 표명함. 계획되거나 진행중인 활동에 대한 현황 보고 <ul style="list-style-type: none"> 2000~2005년의 투기활동에 대한 범지구적 목록을 개발함. 폐기물 평가지침(WAG) 교본 2단계(준설물 평가 하급기술 기법) 개발에 관한 현황 보고서, 전자슬라이드 세트, 강사 매뉴얼 완성을 위한 활동들을 검토함. 남동부 아프리카 폐기물 통합관리에 대한 SEA-WASTE 네트워크 국가간 상호 기술협력 사업 진행 상황 및 당사국/비당사국의 워크숍 개최 계획 등을 보고함.

의제 8 : 인공어초 배치 지침 개발

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과				
<ul style="list-style-type: none"> 인공어초의 투입은 투기가 아닌 배치(placement) 행위로서 협약/의정서의 범위 밖이나, 폐기물의 투기로 가장하여 이루어져서는 아니 되고, 배치에 사용되는 물질은 해양환경에 미치는 악영향이 없어야 하는 목적을 토대로, '05년 당사국회의는 인공어초 배치를 의제에서 유지하고 런던협약 및 의정서의 목적에 부합하는 세계적 지침서를 개발하기로 합의 하였으며, 회기간 작업반(반장 : 스페인)을 구성하여 용역을 발주 '07~'08년 과학그룹회의(작업반)에서 인공어초 배치 지침안을 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 인공어초 배치를 위한 런던협약/의정서, UNEP 지침안 검토 및 채택 : 스페인(인공어초 배치 지침 개발 작업반 반장국)이 지침안 배경 및 내용에 대해 설명한 후, 당사국회의가 이를 인준함. <p>[참고] 인공어초 배치 지침안(총 4장으로 구성)</p> <table border="1" data-bbox="805 1675 1348 1890"> <tr> <td>1장. 서론 - 인공어초 목적, 정의, 형태, 잠재 영향</td> </tr> <tr> <td>2장. 제도 - 인공어초 관련 국제협약 및 당사국 국내 제도 사례, 허가과정 및 조건</td> </tr> <tr> <td>3장. 인공어초 사업 평가 기술기준</td> </tr> <tr> <td>4장. 참고자료</td> </tr> </table>	1장. 서론 - 인공어초 목적, 정의, 형태, 잠재 영향	2장. 제도 - 인공어초 관련 국제협약 및 당사국 국내 제도 사례, 허가과정 및 조건	3장. 인공어초 사업 평가 기술기준	4장. 참고자료
1장. 서론 - 인공어초 목적, 정의, 형태, 잠재 영향					
2장. 제도 - 인공어초 관련 국제협약 및 당사국 국내 제도 사례, 허가과정 및 조건					
3장. 인공어초 사업 평가 기술기준					
4장. 참고자료					

의제 9 : 런던협약 및 의정서 해석

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약과 의정서 규정 명료화 <ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 해양 투기를 규제하는 런던협약과 선박으로부터의 폐기물 배출을 규제하는 IMO 해양환경보호위원회(MEPC)간의 합동 작업반 사업 결과를 심의 - 선박의 유기주석 함유 방오도료 제거에 관한 최적 관리 공정 개발, 하수 처리시설 및 하수오니 관리 등 당사국 제출 사안 심의 	<ul style="list-style-type: none"> • 경계 사안에 대한 해양환경보호위원회 (MEPC)와의 협력 <ul style="list-style-type: none"> - 2008년 5월 과학그룹의 손상 화물 관리에 관한 최종 교본안을 검토한 후, 인준함 <p>[참고] 교본안 구성 내용</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • 서론 • 손상화물 관리에 대한 런던협약/의정서와 마폴 73/73 부속서 V와의 적용가능성 • 손상화물 관리 계획 • 손상화물 기존문서 검토 • 허가 신청 • 긴급 허가 • 임시 저장 조치 • 일부 손상화물에 있는 외래종 및 병원성균 경감 • 해양투기가 허용되지 않을 경우 대체방안 </div> <ul style="list-style-type: none"> • 선박 방오도료 제거 최적관리지침서 개발 <ul style="list-style-type: none"> - '08년 9월 17일 발효되는 AFS협약(선박 방오도료시스템 협약)에 대한 대비로서 개발된 선박 방오도료 제거 최적관리 공정 지침(안)을 검토한 후 인준함. <p>[참고] 지침안은 총 7장으로 구성됨;</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1장. 배경 및 서론 - 런던협약에서 지침 개발 이유 및 진행과정 등 2장. 일반 개요 - 지침 구성 내용 3장. 기본 시설 필요조건 - 설계, 직원, 시설에서 폐기물(폐수) 수집 및 관리 등 4장. 선체 세척 방법 - 세척 장소, 설비, 도구 등 5장. 육상에서의 방오도료 제거 - 방오도료 제거 방법, 필요조건, 평가 및 조치 등 6장. 방오도료 폐기물 - 방오시스템 폐기물 및 폐수 수거 및 처리 7장. 참고문헌 </div>

의제 10 : 의제 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
	<ul style="list-style-type: none"> • 국제원자력기구(IAEA)가 다음의 정보를 문서(LC30/J7) 제공

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 국제원자력기구(IAEA)의 사업 보고 <ul style="list-style-type: none"> 1999년 런던협약하의 최소면제기준(De Minimis) 개념의 적용 지침이 채택되었고, 2003년에 이를 위한 IAEA의 평가 지침이 채택됨. <p>[참고] 최소면제기준</p> <p>런던협약에 의거 방사능을 함유한 물질은 해양 투기가 금지됨. 그러나 퇴적물과 불활성물질을 포함한 모든 물질은 자연 또는 인공(과거 핵실험) 기인 방사능을 함유하고 있는 것을 감안, 해양투기물질이 방사능 통제로부터 면제받을 수 있는 최소허용기준임.</p> <ul style="list-style-type: none"> 2006년 당사국회의에서 i) 방사능폐기물의 해양처분 목록(1999년 제출), ii) 방사능 물질관련 해양사고 및 손실 목록(2001년 제출)을 갱신하도록 IAEA에 요청함 	<ul style="list-style-type: none"> 방사성 폐기물 해양처분 및 방사성 물질을 포함한 해양사고 및 손실에 관한 데이터 베이스 갱신

의제 11 : 1972 런던협약 및 의정서 목적을 위한 모니터링

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 당사국들의 모니터링 활동 및 성과 보고 및 정보 교환 	<ul style="list-style-type: none"> 금번 회기에 제출된 보고서는 없고, 의장이 준수 모니터링 보고서 중요성을 언급, 당사국들에게 보고서 제출을 위한 노력을 강조함. ※ 동 의제와 관련하여 당사국회의 의장은 해양 환경상태의 국제적 보고 및 평가서 작성을 아국이 지원(\$8,000)해 준 데 대해 감사를 표명함.

의제 12 : 의정서 가입 유망국을 위한 홍보

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 의정서 가입을 위한 홍보 활동 소개 	<ul style="list-style-type: none"> 의장은 런던의정서 가입 촉진을 위해 대사관 홍보 및 지역 워크샵의 중요성을 강조함. 최근 발행되었거나 계획된 발간물 목록이 소개됨. <ul style="list-style-type: none"> 폐기물 및 기타물질 투기로 인한 해양오염 방지 협약에 대한 지침; 1972~2006판 해양투기 준설물 시료채집 및 분석 지침(2003년 발행) 런던협약과 런던의정서 소책자(2008년 초 완료) 인공어초 배치 지침(2009년 발행 예정) 준설물 처리목록 및 처리기준 개발 지침(2009년 중순 발행 예정) 대형폐기물 포함 폐기물 평가 지침(2010년 초 발행 예정) 2000~2005년 기간의 해양투기 상태(2009년 3월 완료 예정)

의제 13 : 행정 사항 및 향후 작업

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> • 의정서 행정 예산 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 준수위원회 운용 비용 추정 및 예산계획을 심의하고 채택함.
<ul style="list-style-type: none"> • 차기 런던협약/의정서 회의 일정 및 	<ul style="list-style-type: none"> • 차기 당사국회의/과학그룹회의 일정 및 장소 <ul style="list-style-type: none"> - 제32차 런던협약 / 3차 의정서 과학그룹회의 : 2009년 5월 25~29일(장소: 이탈리아 로마) - 제31차 런던협약/ 4차 의정서 당사국회의 : 2009년 10월 26~30일(장소: 영국 IMO본부) • 차기 당사국회의 잠정의제 : 과학그룹보고서 검토, 준수사안, 런던협약 및 의정서 목적을 위한 모니터링, 기술공동협력 및 지원, 해양 시비, 이산화탄소 해저지질구조 격리, 런던협약 및 의정서 해석, 방사능폐기물 관리, 가입유망국 홍보, 행정사안 및 향후 작업
<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약/의정서 합동 장기프로그램 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 당사국회의에서는 '09~'11 런던협약/의정서 합동 장기 프로그램을 의제별로 검토하여 우선순위 및 완료 년도를 정한 프로그램을 검토, 채택함(아래 참조).

[참고] 장기 프로그램(2008 ~ 2010)

내 용	2008	2009	2010	완료목표 시기
	30차	31차	32차	
	XXX: 최우선순위, XX: 중간 우선순위, X: 낮은 우선순위			
1.1 커뮤니케이션 신 교본				
- 런던협약 웹사이트 갱신	XX	XX	XX	진행 중
- 유엔 발간물내의 협약 정보 재고	X	XX	X	2009
- "런던투기협약 과거와 미래" 1991년 발간물 갱신	X	X	XX	2010
1.2 당사국과 사무국 보고서				
- 국제회의에서의 런던협약 및 의정서 촉진	XX	XX	XX	진행 중
2.1 의정서 11.1조하의 준수 절차 및 기작 개발				
- 준수 절차 및 기작 개발	XXX	X	X	2008
2.2 기술, 행정 및 법적 지원				
- 런던의정서 준수를 향한 유예기간 요청 응답	XX	XX	XX	진행 중
2.3 런던협약 VI(4)조, 의정서 0.4조하의 보고 준수				
- 보고 필요사항				
• 1단계 : 투기 보고서 제출	XXX	XXX	XXX	진행 중
• 2단계 : 런던협약 웹사이트상의 편집물 검토	XX	XX	XX	진행 중

내 용	2008	2009	2010	완료목표
	30차	31차	32차	시기
	XXX: 최우선순위, XX; 중간 우선순위, X: 낮은 우선순위			
• 3단계 : 2004년 활동에 대한 1차 편집물 보고안 준비 - 런던협약하의 보고 개선을 위한 2004 전략 이행	XX	XX	XX	진행 중
• 1단계 : 당사국들의 전자양식에 따른 경험 보고	XX	X	X	진행 중
• 2단계 : 당사국 장관에게 투기활동 보고 촉구 연락 지속	XX	XX	XX	격년마다
• 3단계 : 최근 5년동안 미보고한 당사국 명단	XX	XX	XX	진행 중
• 4단계 : 지역협약에 제출된 투기보고 수집 지속	XX	XX	XX	진행 중
• 5단계 : 투기보고 데이터베이스 개발 서신 자문반	XXX	X		2008
2.4 범지구적 해양환경 상태에의 런던협약 기여(유엔정규과정) - '정규과정' 이행 모니터링 및 보고서	XX	X	-	2008
- 현장 모니터링 보고서 제출	XX	XX	XX	진행 중
- 유엔 정규과정에의 기여 작업 지속	XX	X		2008
2.5 국제투기조약(런던협약 및 의정서)에 위배할 수 있는 투기사건 목격에 대한 보고 절차 - 투기사건 목격 보고 절차 촉진				
• 1단계 : 웹을 기반으로 한 사건 보고 제출물 모니터링과 수집	X	X	X	진행 중
• 2단계 : 사건 보고서가 제출될 수 있도록 인식 증대	X	X	X	진행 중
3.1 이산화탄소 격리사업 특정보고 양식 개발 - 이산화탄소 격리사업 보고 양식	XX	XXX	X	2009
3.2 이산화탄소 격리 관련 질의 검토 - 다자협정하의 책임사안관련 개발 개요	X	X	X	진행 중
3.3 다른 포럼들에서 수행된 이산화탄소 격리 작업과의 관계 - 적정 정보 공유를 위한 다른 포럼들과의 상호교류	X	X	X	진행 중
- 이산화탄소 격리관련 해양보호 사안에 대한 조직내 공동 협력 효율성 확보	X	X	X	진행 중
3.4 월경관련 이산화탄소 격리 사안 - "월경관련 이산화탄소 격리 사안" 기술 및 법적 작업반 회의	XXX	X	X	2008
4.1 폐기물 평가지침 - "대형"품목 특정지침 검토	XX	XXX		2010
- 부속서 1 폐기물(준설물과 이산화탄소 제외) 처리목록과 처리기준 개발 지침	XXX	XXX		2010
- 준설물 평가용 저기술 적용 WAG 교본확장을 위한 세계 준설협회와의 협력 계획 개발	XXX			2009
- 국가 처리기준 및 적용	XX	XX	XX	진행 중
- WAGs 실제 이행 경험	XX	XX	XX	진행 중
- 생물평가기술 적용	XX	XX	XX	진행 중
- 대체 폐기물 관리 방안	XX	XX	XX	진행 중
- 처분 관리 조치(예; 피복)	XX	XX	XX	진행 중
4.2 모니터링 및 평가 - 모니터링 보고 및 평가	XXX	XXX	XXX	진행 중
- 유엔 정규과정에의 기여	XXX	XXX		2010
- 신 기술	X	X	X	진행 중
- 국가 및 지역 전략	X	X	X	진행 중
- 해양 처분 물질내 방오도로 및 다른 우려 화합물(예; PBDEs)	XX	XX	XX	진행 중

내 용	2008	2009	2010	완료목표
	30차	31차	32차	시기
	XXX: 최우선순위, XX: 중간 우선순위, X: 낮은 우선순위			
4.3 서식지 수정/향상 - 폐기물 이익적 활용 - 서식지 향상에 대한 경험	XX XX	XX XX	XX XX	진행 중 진행 중
4.4 해양오염에 대한 연안관리 및 예방 - MEPC와의 공동협력 ·선박 유기주석 도료 제거에 대한 최적관리 이행 지침 개발	XXX	X		2010
·선박 외피 스크래핑	XXX	X	X	진행 중
- 광산 선광부스러기의 연안 및 해양배출관련 UNEP 프로그램과의 공동협력	XX	XX	XX	2011
- 하수 처리/오니 처분	X	X	X	진행 중
- 해양오염 방지: 폐기물 방지 및 관리	X	X	X	진행 중
4.5 과학의 날 - 과학의 날 ; 새로운 주제	XX	XX	XX	
5.1 이온화방사선 영향으로 부터의 환경 보호 지침 - 이온화방사선 영향으로 부터의 환경보호 기작 개발	XX	XX	XX	진행 중
5.2 해양에서의 방사능폐기물 처분/사고 및 손실에 관한 데이터베이스 갱신을 위한 국제원자력기구에 새로운 정보를 보고				
- 당사국들에 의한 보고	XX	XX	XX	진행 중
6.1 산업폐기물에 대한 이해 - 일본의 보크사이트 잔재물 단계적 금지 과정 및 대체 활용 과정 보고	X	X	X	특별한 목적시
6.2 런던협약과 마포간 경계사안(런던협약 III 예외조항/손상화물 관리) 명료화를 위한 MEPC와의 공동협력				
- 경계사안 작업반 ; 손상화물	XXX	X		2008
6.3 단순처분이외 목적의 물질 배치 지침 - 범지구적 인공어초 배치 지침 개발	XXX	X		2008
7 기술 공동협력 및 지원 ; 과학그룹 작업프로그램 참조				
8.1 다른 적정 국제기구와의 공동협력 개발 및 이행 - 유엔환경프로그램(UNEP)과의 공동협력 이행	XX	XX	XX	진행 중
- 국제해양연구소(IOI)와의 공동협력 이행에 대한 보고	XX	XX	XX	진행 중
- 정부간 해양위원회(UNESCO-IOC)와의 공동협력 조사	XX	XX	XX	진행 중
- 식량농업기구(FAO)와의 공동협력 조사	XX	XX	XX	진행 중
8.2 특별 사안에 대한 국제기구로 부터의 자문 - GESAMP로 부터의 자문 요청을 위한 제안 검토	XX	XX	XX	진행 중
과학그룹 작업 프로그램 - 과학그룹 작업 프로그램	XXX	XXX	XXX	매년 갱신

의제 14 : 기타 사안

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 회의 중 당사국 제기 사안 	<ul style="list-style-type: none"> 제출된 문서는 없고, 본 회의에서는 전임 당사국회의 의장(Mr. Victor Escobar ; 스페인)에게 노고를 표함

의제 15 : 의장 및 부의장 선출

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 합동회의(런던협약/의정서) 임원진 선출 	<ul style="list-style-type: none"> 의장(Ms. Chen Yuan; 중국), 제1 부의장(Mr. Matthew Johnston; 호주)가 선출됨. 부의장 1명은 공석중임.

의제 16 : 보고서 검토 및 채택

의제 배경 및 내용	주요 논의 결과
<ul style="list-style-type: none"> 보고서 채택 	<ul style="list-style-type: none"> 총 16개 의제들에 대한 최종 보고서를 검토하고 채택함.

다. 2008년 런던협약 및 런던의정서 당사국회의에서 비준된 안건

2008년에 발효되었거나, 2008년 제30차 런던협약 및 제3차 의정서 당사국 회의에서 비준되어 효력을 가진 안건들인 ① 손상화물 관리지침(LC 30/9/1), ② TBT 도료를 포함한 선박 방오도료 제거를 위한 최적 관리 이행 지침을 아래에 번역하여 정리하였다.

(1) 손상화물 관리지침

【서 론】

- 항해 중에 가끔 화물이 손상되어 선원들은 그 문제를 처리해야 할 필요에 직면한다. 동 지침은 해당 선박 또는 화물에 대해 결정할 책임을 가진 사람들을 위한 것이다; 이들은 항해사 또는 선장(숙련된 선원)일 수도 있고 당국 또는 회사 관리자(숙련된 선원이 아닌)와 같이 연안측 대표자들일 수 있다.

2. 항해 중 손상된 화물을 처리하는 이상적인 방법은 그 화물을 선박으로부터 하적하여 육상에서 처리하는 것이다: 대체 이용, 재활용 회수 가능 물질용으로 팔든지 혹은 친환경적 방법으로 처분하는 것이다.

손상화물 해양투기는 오직 다음 상황에만 검토되어야 한다 : 긴급 상황, 육상 시설을 이용할 수 없을시, 그리고 손상화물이 환경 또는 인간 건강에 유해하지 않을 시

【손상화물 관리에 대한 런던협약/의정서와 마폴 73/78 부속서 V의 적용 가능성】

3. 런던협약과 의정서는 폐기물 또는 기타 물질의 해양투기를 규제한다. 마폴 73/78 부속서 V는 선박으로부터의 쓰레기에 의한 오염 방지를 규제한다.
4. 런던협약과 의정서는 폐기물 또는 기타 물질의 해양투기를 규제한다. 마폴 73/78 부속서 V는 선박으로부터의 쓰레기에 의한 오염 방지를 규제한다. 부속서 V는 폐기물을 “모든 종류의 식품, 날 생선과 그 일부를 제외한 생활 및 운용중 발생하는 폐기물, 선박 통상적 운용중 발생된 폐기물과 지속적 또는 주기적으로 처분되는 폐기물”로 정의한다.
5. 마폴 73/78 부속서 V의 이행 지침은 만일 손상화물이 부속서 V에 의거한 폐기물로서 분류될 수 있는지를 결정하는데 있어서 유용한 추가적인 정의를 제공한다(동 지침에서 매겨진 번호에 따라).

1.7.7 '운용중 발생하는 폐기물은 1.7.10에서 쓰레기로 정의된 모든 화물 관련 폐기물 및 유지관련 폐기물과 화물 잔재물을 의미한다.'

1.7.5 '화물관련 폐기물은 화물 적재와 취급을 위해 선박 선상에서 사용 결과로서 폐기물이 된 모든 물질을 의미한다.'

1.7.6 '보수관리 폐기물은 그을음, 기계류 침전물, 벗겨진 페인트, 갑판 청소 폐기물, 닦아낸 폐기물 및 닳아 마 등과 같이 선박을 보수 관리하고 운용하는 동안 갑판부와 기관부에 의해 채집된 물질들을 의미한다.'

1.7.10 '동 지침 목적을 위한 화물 잔재물은 적정 화물칸에 들 수 없는 선상 화물 잔재물(선적 과다 및 유출물) 또는 하적 절차 완료 후 화물칸과 기타 장소에 남아있는 선상 화물 물질 잔재물(적하 잔재물 및 유출물)로서 정의된다. 그러나 화물 잔재물은 소량일 것으로 예상된다.'

6. 손상화물이 부속서 V하의 '쓰레기' 정의에 부합하는지를 결정하는 것은 사례별로 행해지겠지만, 대부분의 손상화물은 이러한 '쓰레기' 정의에 부합하지는 않을 것 같다.

7. 손상화물이 부속서 V하의 “쓰레기“에 해당하는 상기 정의에 부합되지 않을 경우 런던협약하의 투기 통제를 받을 것이다. 런던협약과 의정서는 폐기물 또는 기타 물질 해양투기를 규제한다.

런던협약과 의정서는 해양투기 전에 허가를 받도록 하는 체계를 갖추고 있다. 따라서 투기 발생 해역에 대해 관할권을 가진 국가로부터 허가를 받거나, 또는 당해 투기가 국가 관할권 밖의 해양에서 행해질 계획이라면 기선 국가로부터 허가를 받을 필요가 있다.

【손상화물 관리 계획】

8. 선박 소유주 또는 이들의 대표는 기항 국가 또는 기선국가 규제 당국에 의한 시기적절한 결정을 용이하게 하고, 선박 지체를 최소화하게 하기 위해 우발사고 대책 개발을 검토할 수 있다.
9. 자신들의 특정 형태의 화물을 다루기 위해 설정된 우발사고 대책을 갖는 것은 선박들, 특히 시간에 걸쳐 동일 화물 형태를 운송하는 선박들에게 유용할 것이다. 현물 계약 서비스로 종사하는 선박들은 화물이 손상될 경우 일반 우발사고 대책을 가질 수 있다. 우발사고 대책은 다음을 검토해야 한다;
 1. 위험성, 잠재량 및 손상을 줄이기 위해 이용 가능한 조치를 포함하여 지정된 경로에서 발생하는 화물 손상에 대한 잠재성 평가;
 2. 화물 소유주, 기항국가 또는 선박 기선국가의 항만 당국 및 규제 당국에게 통보;
 3. 손상화물이 육상 처분 폐기물로서 또는 대체이용을 위해 판매되어야 하는지를 결정하는 과정;
 4. 손상화물을 수용할 권한이 있는 이용 가능한 육상기반 시설을 결정하고 조정하는 과정;
 5. 만일 육상기반 대안들이 이용 가능하지 않거나 또는 실행 가능하지 않을 경우 해양투기 허가를 위해 누구와 접촉할 것인가를 제시하는 의사소통 과정;
 6. 만일 투기가 선택될 경우 허가를 얻기 위해 필요한 과정 및 정보

【기존 손상화물 문서 검토】

10. 선박이 소지하고 있는 기존 문서들은 손상화물 관리를 위해 필요한 많은 정보를 제공해 줄 수 있다. 주요 문서들은 부속서 V의 9조에 의거한 선적 신청서, 화물 송장, 선박 항해일지 및 쓰레기 기록부를 포함한다.

11. 손상화물이 부속서 V하의 '쓰레기'로서 정의될 수 있는 드문 경우에 손상화물 배출은 쓰레기 기록부에 기록되어야 한다. 만일 그 쓰레기가 선박 폐기물로서 육상 관리를 위해 항구에서 하적 될 경우도 손상화물은 쓰레기 기록부에 기록되어야 한다.
12. 만일 그렇지 않을 경우, 서류는 런던협약 또는 의정서하의 투기허가를 얻기 위해 필요한 다음의 정보를 포함해야 한다.
 - .1 폐기물 또는 기타 물질의 양과 성질;
 - .2 화물이 손상된 방식;
 - .3 손상 화물의 포장 및 배출 방법;
 - .4 지리적 위치(위도, 경도), 수심과 가장 가까운 연안으로 부터의 거리를 포함하여 제안된 투기장소; 그리고
 - .5 손상화물 처분으로 예상되는 환경 결과 및 잠재 영향
13. 선장 또는 선박 소유주는 화물의 성질에 대한 정보를 확실하게 갖출 수 있도록 화물 소유주와 상의하여야 한다. 지방 해운업소는 적정 투기장의 선정에 대한 자문을 받을 수 있다. 투기장 선정은 허가 과정 일부분이기 때문에 적정 투기장 선정에 대한 허가 발급 정부에게 상의할 필요가 있다.

【투기 신청】

14. 런던협약은 대체적인 육상기반의 처리, 처분 또는 제거 방법에 대한 실제 가용성 검토를 요구하고 있다.
런던의정서는 만일 허가 당국이 인간 건강이나 환경에 과도한 위험 또는 부적절한 비용 부담 없이 폐기물을 재이용, 재활용 또는 처리할 적절한 기회가 있다고 결정할 경우 해양투기 허가는 기각될 것이라고 명시하고 있다. 따라서 해양투기 이외의 손상화물 관리 대안을 검토할 필요가 있다. 이와 같은 대안들은 대체 활용을 위한 재판매, 재활용, 매립, 안전 매립, 소각, 퇴비 및 이용 또는 매립을 위한 처리가 포함될 수 있다.
15. 화물 소유주와 상의하여 선박 소유주, 선장 또는 지정된 간부선원은 허가 신청서를 준비하여야 한다. 화물 소유주는 허가 신청을 선호할 수 있다. 허가 신청은 투기를 하려고 계획된 해역 관할권 국가 정부에 제출되어야 한다. 적정 국가 정부에 대한 접촉은 국제해사기구에 있는 런던협약 및 의정서 사무소로부터 얻을 수 있다.

【비상사태 허가】

16. 인간건강, 안전성 또는 해양환경에 수용 불가능한 위협 및 실현가능한 해법이 없는 비상사태의 경우, 비상사태 허가가 발급될 수 있다.

비상사태 허가 하의 해양처분은 해양환경 영향을 최소화하는 방식으로 수행될 필요가 있다.

【임시 저장 조치】

17. 해양처분 허가는, 폐기물 및 기타 필요조건들에 대한 상세한 평가가 필요하며 허가를 얻는데도 많은 시간이 걸릴 수 있다. 운송선박으로 하여금 통상적 활동을 계속하게 하면서 우발사고 조치들은 허가를 얻는 동안 처분 물질을 임시적으로 보관할 장소에 두어야 한다.

18. 만일 손상화물을 관리하기 위해 선호된 대안이 해양처분일 경우, 검토해야 할 또 다른 측면은 화물이 손상된 선박의 배치가 해양투기 할 수 있게 손상화물을 조정할 수 없도록 되어있을 경우이다. 이 경우에 우발사고 대책은 육상 또는 다른 선박에 임시로 저장한 다음, 투기를 위한 적정 장비를 선적하는 것을 검토할 수 있다.

19. 임시 저장 대책은 허가 신청서 심사에서 검토될 필요가 있고, 그 대책들은 장소, 운송 및 취급을 위한 세부계획, 예상 시간 계획, 봉쇄 조치,(만일 필요하다면) 비상사태 대응과 우발성을 포함해야 한다.

【일부 손상화물에 있는 침입종 및 병원균에 대한 경감】

20. 일부 손상화물에 존재하면서 살아있는 생물로부터 침입종 또는 유해한 병원균이 운송될 우려도 있다. 그 물질이 해양투기 될 경우 우려가 되는 침입종들은 항구에서 항구로 잠재적으로 운송되는 육상 종 또는 해수로 오염된 화물을 통해 들어오는 해양종일 수 있다. 조치들에는 처분 또는 저장소 선정, 만일 저장이 필요할 시 격납, 그리고 피복 또는 다른 한정 처분을 포함한 처분장소에서의 격납에 대해 특별한 검토들이 포함될 수 있다. 처리 또한 의심되는 생물 유형과 시설들을 토대로 검토될 수 있으며 분쇄와 소각도 포함할 수 있다.

21. 침입종 운송 위험이 있는 화물 운송에 종사하는 선원들은 자신들의 관리 계획에 손상화물을 관리하기 위한 조치들을 포함시켜야 한다. 수입 국가의 규제 당국들로부터 자문을 받을 수도 있다.

22. 패류와 가축과 같이 살아있는 동물 의 폐사는 주요 관심사안일 수 있는데, 특히 가축 무역을 위해 해상 해운업에 의존하는 국가들의 경우에는 더욱 그러하다.

가축의 경우 식량농업기구 자문은 가축 사체에 대해서는 소각과 육상에 보관되도록 하여야 한다는 것이다.

사체의 선상 보관은 선상의 선상에 있는 다른 동물로 병원성균 전이를 방지하기 위해 격리되어야 한다.

23. 육상에서 질병 전이에 대한 위험 관리 또한 몇 가지 특별한 검토가 필요할 수 있다. 어떤 경우 육상기반 처분 방안들은 인간 건강과 환경에 더 큰 위험을 줄 수 있다. 인간 건강과 환경에 처한 잠재적 영향과 특성 상황들과 관련하여 육상처분과 해양처분 간의 상대적 위험을 평가해야 한다. 사체를 접수하는 기항국의 지역 규제당국과 자문을 위해 연락해야 한다. 해운업자는 도착 이전에 기항국과의 연락을 촉진하여야 한다.

24. 기타 조치들에는 인부(선원과 선창 인부) 노출을 막기 위한 기계적 취급과 장소 선정 검토(해양의 다른 이용자와의 잠재적 마찰을 막는 것), 보관이 필요할 경우 안전 격납 및 피복 또는 다른 한정 처분을 포함한 장소 상에서의 다른 안전 격납을 포함할 수 있다.

만일 병원성균이 알려진 것이라면 인부 건강(인간 건강 위험에 대해)을 모니터링 또는 지역 환경을 모니터링(만일 물질이 야생생물에 위험이 있을 경우)하도록 조치들이 설정될 수 있다.

처리 또한 의심되는 생물의 유형과 시설을 토대로 검토될 수 있다.

【해양투기가 허용되지 않을 경우 대체방안】

25. 실용적 또는 적정 육상기반 방안이 이용 가능하지 않을 경우라 할지라도 손상화물의 유형 또는 접수하는 환경의 민감성을 토대로 해양투기가 허용되지 않을 수 있다.

26. 투기 허가가 손상 화물의 유형으로 인해 승인되지 않을 경우, 항내에서 하적 되도록 대책들이 마련되어야 한다. 만일 주어진 항구에 이용가능한 시설이 없을 경우 대책 과정의 일부로서 항구와 지역 당국은 다음에 대해 논의하여야 한다;

.1 시설을 설립할 수 있는 가능성

- .2 잠재적 손상화물을 지역 산업에서 이용되도록 하는 방안; 또는
 - .3 관할 영역 내에 인가된 시설로의 운송 가능성
27. 만일 기항국내에서 이용가능한 시설이 없을 경우, 우발사고 대책들은 손상화물을 선상에 보류하고 다른 화물 선적을 위해 계획된 경로나 또는 직선 경로로 적하 시설을 갖춘 가장 가까운 항구로 항행하는 것을 검토해야 한다. 비용을 관리하기 위해 이들 대책들은 보험기관들과 화물 소유주와 논의하여 개발되어야 한다.

(2) TBT 도료를 포함한 선박 방오도료 제거를 위한 최적관리 이행 지침
(Guidance on best management practices for removal of anti-fouling coatings from ships, including TBT hull paints)

1. 배경 및 서론

1.1 방오 시스템(anti-fouling systems)은, 선체 부착물(fouling)이 견인(drag) 및 연료 소모, 그리고 연소 생성물 방출에 미칠 수 있는 영향을 줄이기 위해 선박의 선체에 사용된다. 방오 시스템들은 살충제를 함유하고 있거나 혹은 살충제가 없을 수도 있다. 비록 조선업이 TBT 시스템을 금지하는 추세라 할지라도, 살충제 TBT와 구리는 가장 일반적인 방오 유독 물질들이다.

가장 효율적인 유독성 방오 시스템들은, 유독 물질의 깨끗한 층을 노출시키기 위해, 선박이 해수를 통해 나아갈 때에 마멸되는 스스로 광택을 내는 중합물 도료들(self-polishing polymer coatings)로 확립되어 있다. 선체로부터 해수로 용해되는 유독 물질들은 목표 대상이 아닌 생물체들에게 부정적인 영향을 끼칠 수도 있다. 방오 도료 제거 활동은 환경에 대한 TBT 방출에 있어서 또 다른 주요 근원지가 될 수 있다.

방오 시스템의 선택, 선체 세척 방법, 그리고 사용된 도료의 수집·처리 및 처분은 유독 물질의 환경에의 방출에 영향을 미치며, 적용 및 제거 활동이 행해진 곳에서 가까운 지역의 해양 퇴적물에서 고농도의 유독 물질이 발견될 수도 있다. 방오 시스템의 적용 및 제거에 있어서 환경 친화적인 관리 절차를 채택함으로써 유독 물질의 자연환경으로의 방출을 감축시킬 수 있다.

1.2 본래 모든 방오 살충제들은 유독하며, 선체 부착(fouling)을 야기하는 생물체의 범위를 넘어 광범위한 생물체들에게 영향을 끼칠 수 있다.

TBT는 1ppt 농도에서도 해양 달팽이과 특정 종의 생식 이상 현상들 및 개체수 영향들을 야기하며 다른 생물체들의 내분비적 영향과도 관련이 있었다. 낮은 수준의 TBT에 노출된 조개류는 해산물로서의 가치를 경감시키는 껍데기 기형을 보일 수 있다. TBT는 다른 해양 생물종들에 대해 면역 억제 및 기타 부정적 영향들과 관련이 있으며, 천천히 감소하고 또한 영향을 받는 많은 생물종들이 생활하며 먹이를 먹는 퇴적물 내에서는 분해되기가 상당히 어렵다.

1.3 2008년 9월 17일 발효될 예정인, 선박에서의 위해 방호 시스템의 관리에 관한 국제 협약(AFS 협약)은 선박에 사용되는 방호 도료에 유기주석 유독 물질의 사용을 금지할 것이다.

결론적으로, 선박들에 현존하는 유기주석 기반의 방호 시스템들을 교체하거나 혹은 보호용 코팅을 해야만 할 것이다. 만약 소유권자/경영자들이 2008년 9월 이전에 이행 완수를 시도할 때에 조선소 혹은 기타 시설에서 생성될 것으로 예상되는 다량의 TBT 함유 폐기물이 적절하게 관리되지 않는다면, 이는 부근 해역의 하부 퇴적물들 성질에 부정적으로 영향을 끼칠 것이다. 당해 협약에 대한 향후 개정은 선박 선체로부터의 기타 방호 도료 제거에 대한 요구로 귀결될 수 있으며, 유기주석 기반 폐기물 관리를 위한 방법들은 대부분 기타 방호 폐기물들로 전이될 수 있다.

1.4 준설물질에 대한 런던의정서 부속서 2 제4항에서 언급된 것처럼, 폐기물 관리 목적은 오염 출처를 식별하고 관리하는 것이어야 한다. 이는 폐기물 금지 전략의 이행을 통해 달성되어야 하며, 오염의 주요 출처 및 점원과 비점원의 통제와 연관된 관련 지역/국가 기관들 간의 협력을 필요로 한다.

1.5 이러한 이유들로 인해, 런던협약 및 의정서에서 설립된 과학그룹들은 2006년에 선박으로부터의 방호 도료 제거를 위한 최적관리 절차에 관한 지침 개발을 시작하였다. 과학그룹들은 2007년 6월 최적 관리 절차(BMPs)에 대한 최초 보고서를 논의하였다(LC/SG 30/8 and LC/SG 30/14).

1.6 2007년 11월에 런던 협약 및 의정서 당사국 회의는, 방호 시스템 협약(the AFS Convention)이 2008년 9월 17일 발효하게 됨에 따라, 동 쟁점이 이제 매우 시급하게 되었다는 것을 주목하였다. 선박으로부터의 방호 시스템의 환경 친화적 제거 방법들에 있어서 과학 그룹에서 수집된 최근 정보를 잠정적 권고의 방식으로 MEPC 57에 알려주기로 합의하였으며, 이는 MEPC 57/INF. 2 문서로 귀결되었다. 2008년 5월 동 과학 그룹들은

계획된 대로 그들의 작업을 지속하였으며, MEPC 58 및 2008년 10월의 당사국 회의에 제출하기 위한 '진행작업'보고서를 마련하였다(LC/SG 31/16, annex 11).

1.7 오염 출처의 관리 및 내해에서 발생하는 활동들에 관한 런던협약 및 의정서의 제한된 권한을 인식함에 따라 본 최적 관리 절차(BMPs)는 방오 시스템 재료의 처리 및 관리에 관한 도구로서 제안되었다.

1.8 동 문서의 후미에는 참고 문헌이 제시되어 있다.

2. 개요

2.1 최적 관리 절차(BMPs)는 일반적으로 다음 두 가지 방법을 포함한다:

- .1 출처 관리 방법(예를 들어, 선박 덮개, 정화, 폐기물 더미 차폐, 그리고 폐기물 및 도료의 복토 저장); 그리고
- .2 수집, 여과 및 처리방법(예를 들어, 탱크 및 여과 장치를 안정화시키는 선체 세척 용수). 이러한 최적 관리 절차(BMPs)는, 서로 다른 유형의 조선술 및 유지 시설들에 대한 몇몇 기본적 필요조건들에 따라 좌우된다.

2.2 방오 시스템 폐기물이 생성될 수 있는 활동에는 다음 사항들이 포함된다:

- .1 선체 세척, 당해 활동을 통해 선체 표면은, 선체에 부착된 생물체들의 축적된 생장을 제거하기 위해 세정되거나 혹은 스크랩된다. 실용적인 방오 시스템이 존재하는 경우라 할지라도 어느 정도의 선체 부착물은 예상되며, 일부 운전자들은 방오 시스템의 적용 간 선체 세척이 선박 운용상 필요하다고 여긴다. 그리고
- .2 방오 시스템 도료의 제거, 당해 활동을 통해, 새로운 도료 적용 준비시 선체 도료층이 제거된다. 방오 시스템 폐기물은 또한 선체 도료를 적용하는 동안에도 발생할 수 있으나, 동 과정은 여기에서 논의하지 않는다.

2.3 TBT 선체 도료의 제거와 관련한 폐기물의 유형에는 다음이 포함된다:

- .1 생물체 자체와 함께 TBT 도료를 제거할 가능성이 있는 선체 부착 생물체들을 제거하기 위한 표면 세척
- .2 스크래핑(scraping) 및 샌딩(sanding)으로 건조된 도료 조각 및 기타 도료 잔재물들 혹은 세척 용수나 습식 블라스팅(wet blasting)에 사용된 용수에 남아 있는 도료 조각 및 기타 도료 잔재물들
- .3 세척 용수 및 습식 블라스팅(wet blasting)에 사용된 용수에 있는 용해된 TBT 및 분해물

- .4 블라스팅에 사용된 오염된 모래 및 자갈 그리고
 - .5 여과 혹은 연수화 같은 물리적 수단에 의해 폐기 물질로부터 제거된 TBT
- 2.4 기타 방오 유독물질들에 있어서, 폐기 물질들은 상기에 기술된 바와 같거나 혹은 유사해야 한다.
- 2.5 동 지침 문서는, 선체 세척 방법 및 방오 시스템 제거 기법들에 관한 정보를 제공해 준다. 선체 세척 및 방오 시스템 제거 폐기물을 제어하기 위한 환경 보호적 조치들이 기술되어 있다. 최적 관리 절차(BMPs) 및 관련 정보를 위한 권장 출처 저작 목록이 포함되어 있다.

3. 필요한 기본 시설

- 3.1 선체가 세척되거나 혹은 방오 시스템 도료들이 제거되는 모든 시설들은, 철저한 문서 보존, 물질 및 장비의 안전화, 그리고 좋은 작업 습관 및 위생에 관한 인부 교육 등과 같은 훌륭한 관리 유지 관행들을 따라야 한다. 매일의 선체 유지 활동들은, 안전하고 표층수, 지하수 및 공기에 오염원을 노출시키지 않는 방식으로 행해져야 한다.
- 3.2 시설 유형이 어떤 것이라 할지라도, 경영자는 안전한 운용을 위한 명확한 체제를 확립할 책임이 있으며, 또한 환경친화적 안전 관행들을 지지하여 책임을 할당할 의무가 있다. 관리자는 명확한 실천규범을 모든 직원들에게 전달해야 한다. 이러한 실천 규범은, 인간의 과실, 홍수, 화재 및 기타 상황들로 인해 폐기 물질을 잘못 처리하거나 방출하는 경우에 대비한 비상 조치에 관한 서술을 포함해야 한다. 긴급 사태 대응을 위한 가장 최선의 절차는 시설 및 당해 사건의 특정 상황에 따라 차이가 있을 것이며, 동 문서에서 명시적으로 다루지는 않는다.
- 3.3 선체가 세척되고 방오 시스템 도료가 제거되는 시설들은 그 기술적 정교성의 수준에 있어서 매우 다양하다. 선박 유지 및 수리 작업을 위해 특별히 고안되거나 설비를 갖춘 장소들은 적은 작업량을 처리하기 위해 설립되었을 수 있다. 대용량의 작업을 처리하는 여타 시설들은 더 훌륭한 설비를 갖추고 있을 수 있으며 건조물들(예를 들어, 드라이 독) 및 선체 세척 활동 전용의 숙련된 직원을 포함하고 있을 수 있다. 그 사이사이에 모든 수준의 장소가 가능하며, 약간 못한 설비를 갖춘 시설물들에 적용할 수 있는 최적 관리 절차에 대해 특별한 관심을 기울여야 한다.
- 3.4 시설 설계 : 최소한 모든 시설물들은,(드라이 독에서 찾아볼 수 있는 것처럼) 방오 시스템 제거 혹은 선체 세척을 하는 동안 생성되는 폐수들

위한 용수 수집 및 봉쇄 시스템과 함께, 건조 도료의 제거(예를 들어, 스크래핑, 그릿 블라스팅)를 위한 불침투성 바닥 혹은 작업 지면을 보유해야 한다. 그 바닥은 작업을 개시할 때 청결해야 하며 당해 작업 완료 후 철저히 세척되어야 한다. 만약 불침투성 바닥이 존재하지 않는다면, 폐기 물질의 봉쇄 및 폐수의 안전한 수집을 보장할 수 있는 임시 불침투성 표면(예를 들어, 방수천)이 설치되어야 한다. 동 작업을 개시하기 전에, 표식이 있는 폐기물 컨테이너의 설치 및 인신 보호 장비의 사용을 포함하여, 여타 필수적인 환경적이고 안전한 준비들이 마련되어야 할 것이다. 추가적으로, 방오 시스템의 제거 및 대기로부터의 먼지와 폐기 물질, 샌드블라스팅 잔해의 회수를 맡을 수 있도록 적절한 공기 정화 시스템이 권고된다. 불침투성 바닥과 기타 주안점들의 설계 및 건설에 관한 세부 사항들은 추가 열람 추천 및 참고 문헌에서 찾아 볼 수 있다(하단 참조).

3.5 시설 직원 : 시설은 선체 도료 폐기물 및 폐수 관리를 책임지는 지정 직원을 보유해야 한다.

3.6 시설에서의 입자성 폐기물의 수집 및 그의 처리 : 방오 시스템 제거 및 기타 작업들로 인해 발생하는 서로 다른 유형의 입자성 폐기물은, 처리 및 처분을 기다리는 동안 개별적으로 저장되어야 한다. 저장 컨테이너들은 명확하게 표식이 되어야 한다. 당해 폐기물 컨테이너들의 내용물들은 처리 및 처분을 위하여 적절한 폐기물 관리 시설에서 제거되어야 한다.

3.7 안전한 폐수 수집 : 선체 도료 폐기물로 오염된 용수는, 이를 처리할 수 있을 때까지 당해 시설에서 저장을 할 때에, 기타 액체 물질들로부터 분리되어 수용되어야 한다. 폐수는 폐쇄된 보유 탱크 혹은 컨테이너에 수집되어야 한다. 선체 도료를 제거하는 동안 방오 시스템에 의해 오염된 폐수는, 의심되는 미립자들이 가라 앉아 그 용수로부터 물리적으로 분리될 수 있도록, 괴어 있는 채로 남겨두어야 한다. 방오 시스템 제거 장소에서 수집된 표면에 뜨는 폐수는, 폐수에 존재하고 있을 수 있는 선체 부착 생물체들로부터 화학 오염 물질 및 외래 종들의 도입을 방지하기 위해서, 적절한 허가에 따라 처리 및 방출되어야 한다.

3.8 폐수의 처리 : 의심이 가는 침전 입자들은 표면에 뜨는 용수로부터 분리되어야 하며, 처리 및 처분을 위해 허가 시설로 이송되어야 한다. 폐수에 용해되어 있는 유기주석을 제거하기 위한 방법들을 이용할 수

있으므로, 그러한 폐수는 용해되어 있는 방오 도료 성분을 제거할 수 있도록 처리되어야 한다.

3.9 방출수 필요조건 : 어떤 날짜에 방출되는 용수의 총량은 관계 당국들에 보고되어야 한다. 방출수에 있어서 어떤 극소량의 적재물(일반적 원칙은 100mg/l일 것이다)도 초과되어서는 안 될 것이다(Ten Hallers-Tjabbes, 2007 참조). 방출 용수의 폐하 지수(pH)는 어떤 제한(예를 들어, 6.5와 9 pH 단위 사이) 내에 있어야 할 것이다. 민감한 해역에 이러한 방오 시스템 오염 물질을 방출하는 것은 피해야 할 것이다.

4. 선체 세척 방법

4.1 선체 세척은 밑에 있는 방오 도료를 거의 손상되지 않고 사용할 수 있게 유지하면서, 축적된 선체 부착물 증대(accumulated fouling growth)를 제거하기 위한 목적의 것이다. 선체 세척은 아마, 선체 부착 생물체들과 함께 일정량의 방오 도료를 제거할 것이다. 대개 두 가지의 선체 세척 방법이 있다: 수중에서의 방법 및 육상에서의 방법.

4.2 유독성의 방오 시스템 도료를 가지고 있는 선박의 선체를 수중에서 세척하는 활동은, 그 폐기물들(선체 부착 물질 자체 및 부수적으로 제거되는 방오 시스템)을 봉쇄하는 것이 불가능하기 때문에 환경에 대한 위험들을 내포하고 있다. 그러므로 수중 선체 세척의 방법은 권장되지 않는다. 세척은 선체 보호 장비를 사용하여 행해져야 한다. 초기 단계에서는 선체 부착물을 제거하는데 연한 브러쉬가 적당하지만, 도료 폐기물을 수중으로 방출하는 데는 연한 브러쉬가 거센 브러쉬보다 적절치 않다.

4.3 육상에서의 선체 세척은, 하단의 5절에서 약술된 바와 같은 기본적인 시설 필요조건들을 따라야 할 것이다.

5. 육상에서의 방오도료 시스템 제거

5.1 방오 시스템 제거에 관해, 대체로 3가지 방법이 있다:

- .1 긁어 내기 : 그 도료를 벗겨내기 위해, 손 혹은 장비를 가지고, 모래로 닦거나 갈아내는 것, 혹은 긁어내는 것
- .2 블라스팅 : 그릿 블라스팅(건식 블라스팅, 습식 블라스팅); 그리고
- .3 용수 블라스팅/세척(저압, 중압, 고압).

5.2 방오 시스템 제거를 위한 필요조건들 : 선체 세척 및 도료 제거를 위한 모든 시설에 있어서, 당해 시설을 위한 기본 필요조건은, 불침투성 바닥 혹은 작업 표면과 방오 시스템 폐기물, 선체 부착 물질, 먼지, 그리고 제거에 용수가 사용된 경우 폐기물로 오염된 용수 등을 포착하여 봉쇄하기 위한 수단 등이다. 상기 3.4절에서 언급되었듯이, 그 바닥 혹은 작업 표면은 작업을 개시할 때 청결해야만 한다. 블라스팅을 하는 동안 필요하지 않은 당해 작업 공간 내의 구조물 및 물질들은 작업 장소에서 제거되어야 한다. 방오 시스템 도료의 제거에 관련된 인부들은 개인 보호 장비를 착용해야 한다(이를 테면, 유동성 불침투성 장갑, 안면 보호구, 안전 안경, 보호 슈트 만일 폐기 물질이 공기로 운반될 수 있을 경우에는 호흡기 보호를 권할 만하다). 고압의 공기 혹은 용수의 사용이 수반되고 상당한 지역에 걸쳐 도료가 잠재적으로 확산될 수 있기 때문에, 그릇 블라스팅은, 불침투성 작업 표면 및 봉쇄 시스템을 포함하여 방오 시스템 도료 잔재물들을 함유한 연무질 미립자, 고체 및 액체를 수집할 수 있는 특성을 가진, 둘러싸인 지역 혹은 드라이 독 안에서만 권고된다.

5.3 방오 시스템 제거를 위한 예비 평가 및 조치 : 가능하다면 방오 도료 제거 활동의 개시 이전에, 당해 시설은 선체의 방오 시스템 유형을 확인해야 할 것이다. 이러한 정보는, 방오 시스템 협약에 의해 요구되는 당해 선박의 선적 서류를 통해 이용 가능할 것이다. 방오 시스템의 유형이 알려진 경우에는, 제거, 취급, 처리 및 처분을 하는 동안 적절한 조치들이 취해질 수 있다. 예를 들어, 유독하지 않은 도료로부터 나온 폐기물은, 유독한 도료로부터 나온 폐기물보다는 다르게 처분될 수 있을 것이다. 폐기 물질의 화학 처리는 그 유독 물질의 성질에 따라 다를 수 있다.

5.4 그릇 블라스팅은 방오 시스템 제거를 위한 가장 일반적인 방법이다. 그릇 블라스팅에 사용되는 연마용 물질들은 다양하다 이러한 물질에는 강철, 블라스팅 그릇, 구리 숯(copper cinder), 강옥(corundum), 알루미늄 및 유리 구슬(glass beads) 등이 포함된다. 그릇 블라스팅의 매개물 선택에 있어서, 몇몇 경험에 바탕을 둔 방법들은 다음과 같다:

1. 최소적으로 침략적인 매개물(the least aggressive media)을 선택한다 (기계적 및 화학적 특성의 견지에서 볼 때); 이는 더 적은 마멸 및 더 낮은 장비 유지 비용으로 귀결될 것이다.

- .2 가장 작은 매개물 입자 크기를 사용하며, 이는, 초 당 더 많은 영향들 (more impacts per second)이 더 빠른 처리 과정을 산출할 것이므로, 더욱 효율적이다 그리고
 - .3 당해 도료 제거에 있어 효율적인 최저의 블라스팅 압력을 찾는다. 이렇게 하는 것은, 더 적은 마멸 및 더 낮은 유지 비용 뿐만 아니라 감소한 압축 공기 조건에서 에너지 절약을 가져올 것이다.
- 5.6 그릿 블라스팅에 의한 작업 및 폐기물 수집 : 건식 블라스팅으로 발생한 공기로 운반되는 미립자)들은, 공기 여과 시스템이 있는 격실에서 작업을 하거나, 당해 시설 주변에 촘촘한 그물막을 치거나, 혹은 그 미립자들을 포획하여 작업 바닥에 가라앉힐 수 있는 수막에 의해 봉쇄될 수 있다. 이러한 조치들은, 그 조치만으로 인부의 흡입 노출을 감소시킬 것이라고 기대되지는 않는다. 그릿(grit) 및 입자 흡입으로부터 인부들을 보호하기 위한 조치들이 취해져야 한다. 용수 사용으로 완수되는 그릿 블라스팅은, 공기로 운반되는 입자들 및 폐수를 포획하여 제거할 수 있는 시스템을 갖춘 시설에서만 행해져야 한다.

6. 방오 폐기물 봉쇄

- 6.1 방오 시스템은 폐기물로 환경에 유입되는 것을 막아야 하는 유독 물질을 포함하고 있을 수 있다. 인부 및 기타 인원들에 대한 노출을 제한할 수 있는 조치들이 취해져야 한다. 방오 시스템 폐기물 수집에 있어서 예방적 접근이 지지되어야 한다. 예를 들어, 방오 시스템 제거가 일어나고 있는 지역에 오직 필요한 인원만 존재해야 하며, 또한 바람이 부는 날에는 옥외 작업이 수행되어서는 안 된다.
- 6.2 방오 시스템 폐기물 수집 : 서로 다른 유형의 폐기물은, 오직 그 특정 유형의 폐기물을 위해 고안된 개별적인 컨테이너에 보관되어야 한다. 당해 작업의 완료 후에, 당해 폐기물 컨테이너들은 특수 시설에서의 추가 폐기물 처리를 위해 제거되어야 한다. 폐기물은, 용수로 세척하거나 혹은 이를 환경으로 털어내는 것에 의해 제거되지 않아야 한다. 당해 폐기물은 또한 결코 매립·소각되거나, 혹은 그 시설에 영구적으로 저장되어서는 안 된다.
- 6.3 방오 시스템 폐수 수집 : 선체 도료 폐기물에 의해 오염된 용수는, 처리될 수 있을 때까지, 당해 시설의 저장소에 있는 다른 액체 물질들로부터 분리되어 보관되어야 한다. 폐수는 폐쇄된 오수 탱크 혹은 컨테이너에 수집되어야 한다. 선체 도료 제거를 하는 동안 방오 시스템에 의해서 오염된 폐수는, 의심되는 미립자들이 가라앉아 그 용수로부터 물리적으로 분리될 수 있도록, 괴어 있는 채로 남겨두어야 한다. 방오 시스템 제거

장소에서 수집된 표면에 뜨는 폐수는, 폐수에 존재하고 있을 수 있는 선체 부착 유기체들로부터 화학 오염 물질 및 외래 종들의 도입을 방지하기 위해서, 적절한 허가에 따라 처리 및 방출되어야 한다.

6.4 미립자 폐기물의 수집 및 당해 시설에서의 처리 : 건조 폐기물은 스크래핑, 그라인딩(grinding) 및 샌딩(sanding), 혹은 그릿 블라스팅(grit blasting)에 의해 생성된다. 그릿은 여러 번 재사용될 수 있다. 그릿과 도료 부스러기와 같은 미립자들은, 작업이 완료된 후에 혹은 당해 작업이 며칠 걸린다면 매일 수집되어 당해 지역에서 제거되어야 한다.

6.5 방오 시스템 폐수 취급 및 처리 : 수집된 폐수는, 사전에 정의된 폐수 내 부유 고형물 총계 항목을 충족시키기 위해, 오염된 폐기물을 제거하는 시스템에 위임되어야 한다(상기 3.9 참조). 사전 정의된 기준을 충족하는 처리된 폐수는 위생 하수 시스템을 통해 처분될 수 있다 이러한 경우, 지역 하수 당국에 사전에 통보되어야 한다. 오염된 퇴적물은, 폐수로부터 분리되었으므로, 처리 및 안전한 처분을 위해 허가 시설로 운송되어야 한다. 처분 시스템을 위한 허가 체계가 부재한 경우, 오염 퇴적물은, 토지 혹은 표층 해수에 폐기 물질이 여과되는 것을 방지하기 위하여 불침투성 깔판으로 메워진 매립지로 보내져야만 한다.

6.6 그릿 블라스팅(grit blasting)에 있어서 방오 시스템 폐기물 봉쇄 : 오염된 그릿은, 깨진 그릿 조각들을 체로 걸러낸 후에 재사용될 수 있으며, 이는 다른 목적을 위해 재활용되거나 혹은 고열 세척을 사용하여 세척될 수 있다. 재사용 및 재활용에 적합하지 않은 분리된 그릿 티끌과 오염된 그릿은, 환경으로부터 보호되기 위한 허가 시설에서 처분되어야 한다. 만일, 당해 시설이 그릿을 재활용하거나 세척할 수 없다면, 오염된 그릿 및 체로 걸러내는 폐기물은 제거되어야 하며, 블라스팅 그릿을 세척할 수 있는 승인을 받은 시설로 수송되어야 한다.

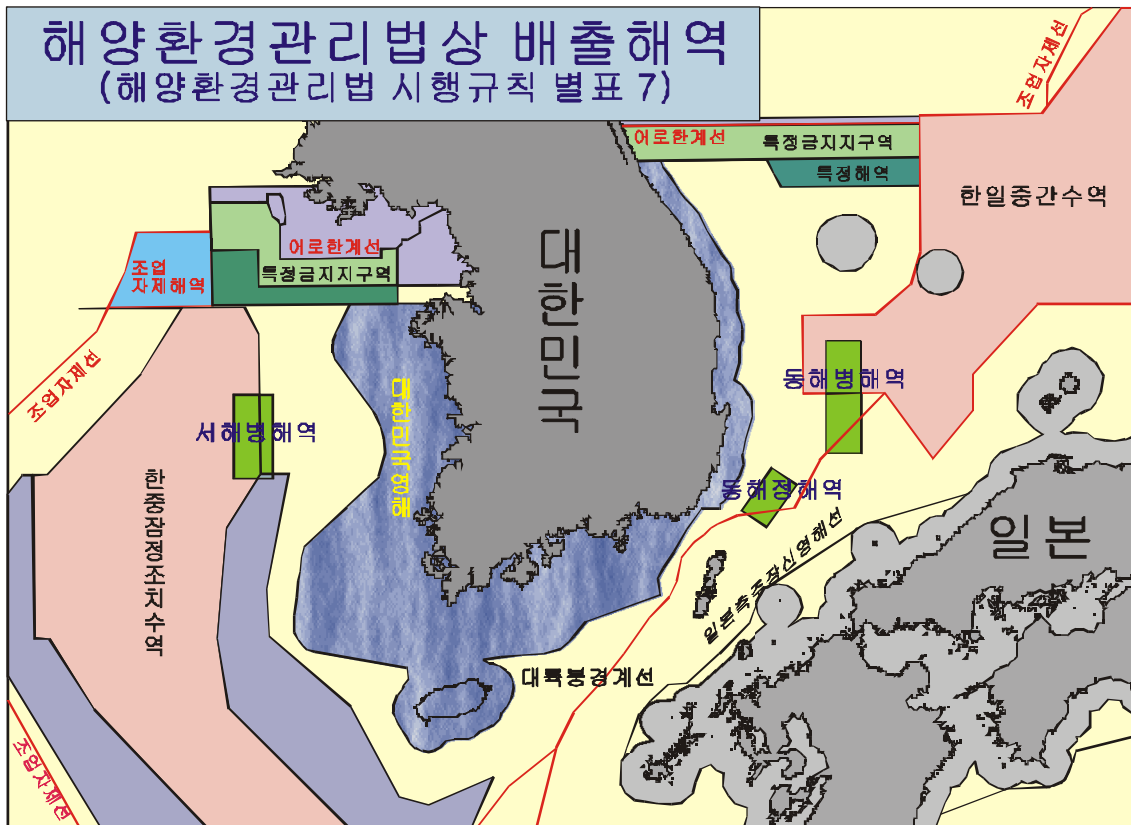
6.7 그릿 블라스팅 폐기물 취급 : 습식 그릿 블라스팅으로부터 발생한 폐수는 포획되어 제거되고 봉쇄되어야 한다. 바닥에 남아있는 그릿은, 재이용, 재활용, 세척 혹은 안전한 처분을 위해 수집되어 제거되어야 한다. 오염된 그릿과 오염된 그릿에서 분리된 어떤 폐기물은, 재이용될 것이 아니라면, 처리 및 안전한 처분을 위해 허가시설로 수송되어야 한다. 처분 시스템을 위한 허가 체계가 부재한 경우, 오염 그릿은, 토지 혹은 표층 해수에 폐기 물질이 여과되는 것을 방지하기 위하여 불침투성 깔판으로 메워진 매립지로 보내져야만 한다.

제 4 절 아국 투기로 인한 인접국과의 국제법 상의 관계 검토

1. 서론

런던의정서 당사국회의에서는 2006년 11월 월경 오염에 대한 국가 책임을 묻는 절차를 개발하기로 합의함에 따라 향후 수년간 이에 대한 논의가 진행될 것으로 예상된다.

이에 따라 폐기물 배출해역이 중국과 일본에 접한 우리나라는 월경 오염에 대한 국가 책임 가능성을 사전에 검토하여 대비할 필요가 있다.



1993년에 우리나라의 폐기물 지정 배출해역이 지정(해양오염방지법) 이후, 한·중중점조치수역, 배타적경제수역, 대륙붕경계선 등 동북 아시아 해역에서 우리나라와 인접한 중국 및 일본과 여러 목적의 국가 간 관할 건을 한정하는 해양 경계선도 설정되었다.

본 장에서는 우리나라의 폐기물 지정 투기해역 경계와 타 목적의 경계와의 상호관계를 심도있게 검토하기 위해 ① 황해(서해병해역)에 투기된 폐기물이 중국 해역으로 월경할 가능성과 ② 2008년 3월 19일 외교안보연구원에서 개최된 '동해 폐기물 투기해역 범위 조정 전문가 토론회'의 논의 결과를 토대로 동해 폐기물 투기해역 조정을 위한 제도 개선안을 제시하였다.

2. 황해 국가경계와 배출영향의 국제법적 합의 분석

한국과 중국은 황해에 대해 배타적 경제수역을 설정했지만, 경계는 아직까지도 교섭 중이다.

또한 상기 배타적 경제수역 관리를 위해 체결된 한·중, 한·일 어업협정은 각각 제14조, 제15조에 의거하여 어업에 관한 부분만 해당된다(참조: 폐기물 해양투기관련 국제동향 분석 전문가 토론회, 2007).

따라서 황해에 있는 우리나라 투기해역(서해 병해역)은 한·중 어업협정에만 의거되기 때문에 한·중 배타적 경제수역 경계가 합의되기 전까지는 문제는 없다. 그러나 해양투기로 인해 직접(투기물질 월경) 및 간접적(회유성 어류 오염)으로 주변국가가 영향을 받을 수 있을 경우에는 쌍방 협의를 하도록 하고 있기 때문에(해양법 협정 210조) 이에 대한 대비도 필요하다.

이에 따라 본 절에서는 환경협정 위반에 대한 국제법상 조치 사례와 우리나라의 서해병해역에 배출되는 폐기물이 중국측 해역으로 월경할 가능성에 대해 정리하였다.

가. 환경협정 위반에 대한 국제법상 조치 검토

런던협약의 런던의정서에서는 여러 가지 의무 준수 메카니즘의 골격을 갖추고 있다.

또한 런던의정서는 당사국회의를 통해 의정서의 이행 상황을 검토하고 의정서의 실효성을 평가하도록 규정하고 있다(제11조).

상기 규정에 의거하여 2007년 제29차 런던협약 및 제2차 런던의정서 합동 당사국회의에서 준수 절차 및 기작 규정이 채택되었다(3)항 참조).

특히 동 규정에 따라 당사국 이행상황을 검토하고 실효성을 평가하는 준수 위원회가 2008년 11월에 개최된 제30차 런던협약 및 제3차 런던의정서 합동

당사국회의에서 설치되어 당사국들의 의정서 준수를 평가하고 촉진시키기 위한 작업이 시작되었다.

런던의정서 제15조(책임 및 배상)에서는 다른 국가의 환경이나 여타 지역의 환경에 대해 손해를 끼쳤을 경우, 국가책임의 원칙에 따라 해당국가에 대해 책임을 물을 수 있는 절차를 개발하도록 규정하고 있다. 동 조항에 의거하여 2006년 제28차 런던협약 및 제1차 런던의정서 합동 당사국회의에서는 동 절차 개발을 위한 작업을 시작하였다.

따라서 본 절에서는 현재의 국제 환경협정에서 주변국가 환경에 손해를 미쳤을 경우의 국가 책임, 감독 및 관리 사례에 대해 정리한 백과 흥(2006) 자료를 인용하였다.

다자간 환경협정 의무에 대한 준수를 담보하는 절차와 메카니즘은 다양하지만, 크게 두 가지의 유형, 즉 국가 책임제도와 다자기구를 통한 감독 및 관리로 나누어 볼 수 있다.

(1) 국가 책임 제도

첫째는 국제법의 전통적인 국가책임(State Responsibility) 제도를 이용할 수 있다. 이는 다자간 환경협정의 의무 위반으로 피해를 입은 국가가 의무 위반국에 대해 보상을 요구하는 것이다. 이 경우 피해국과 가해국은 상호 교섭을 통해 문제를 해결할 수도 있지만 이것이 여의치 않을 경우 제3자에게 해결을 맡길 수도 있다. 제3자에 의한 해결에는 사법적 해결이 포함된다. 이는 국제법원에 국제법 의무 위반에 대해 제소함으로써 국제법 의무위반에 대한 책임을 추궁하며, 또 이를 통해 미래에 유사한 의무위반의 발생을 억제하는 효과를 기대한다.

이러한 국가책임제도는 환경협정상 의무 준수를 담보하는 중요한 수단임에는 분명하지만 여러 가지 제약점을 내포하고 있다. 우선 국가책임제도는 국가에 의해서만 원용될 수 있을 뿐 아니라 실제 피해를 입은 국가만이 제기할 수 있다. 이런 점에서 공해나 오존층 등과 같은 소위 “global commons“의 보호에는 국가책임 제도로는 한계가 있을 수 밖에 없다. 뿐만 아니라 환경협정의 위반 여부를 판정하는 과정에서 불가피하게 제기되는 불확실성 문제, 환경에 대한 피해 정도를 계량하기 어렵다는 점, 환경문제에 있어서는 사후 보상보다는 사전 예방이 중요하다는 점 등을 고려할 때 협정 위반에 대한 사후 보상을 핵심으로 하는 국가책임 제도는 원천적이 제약이 있는 것이다. 이런 점에서 다자간 환경협정의 실효성을 담보하기 위해서는 전통적인 국가책임 제도를 보완할 수 있는 창의적 메카니즘이 필요하다. 바로 이런 맥락에서 국제기구나

다자제도(multilateral institutions)에 의한 의무 준수 메카니즘이 발달하였다. 실제 다자간 환경협정, 더 나아가 국제협정의 의무이행에 있어서 국제기구나 다자기구의 역할은 날로 증가하고 있을 뿐 아니라 또 다양해지고 있다.

(2) 다자기구를 통한 감독 및 관리

국제협정의 의무 준수에 있어서 국제기구나 다자제도의 역할은 다음 몇 가지로 나누어 진다. 첫째는 “보고 및 검토“ 절차이다. 보고 및 검토 제도는 협정 당사국이 협정에 정해진 지침에 따라 정기적으로 협정상 의무 이행 상황에 대해 보고하고 이를 협정에 따라 구성된 위원회, 당사국회의, 기타 적절한 기구에서 검토·평가하게 된다. 위원회를 비롯한 해당기구는 보고 내용에 대해 질문을 하기도 하며, 때로는 소위원회나 개별 보고자를 지정하여 상세한 문의를 하기도 한다. 이러한 검토를 바탕으로 위원회는 협정 당사국의 협정상 의무 이행 여부에 대해 평가를 내리고 이를 협정 당사국회의(또는 관련 국제기구)에 보고하게 된다.

이 절차의 기원은 1차 대전 이후 국제연맹에 의해 시행되었던 위임통치 제도의 보고 및 검토에 있으며, 2차 대전 이후 많은 인권조약에서 채택되어 사용되고 있다. “정치적·시민적 권리에 관한 국제인권규약“상의 보고 및 검토 절차가 가장 대표적인 것이라고 할 수 있다. 이러한 보고 및 검토 절차는 국제노동기구(ILO)에 의해서도 빈번히 사용되고 있으며, 각종 다자간 환경협정에서도 거의 정형화된 절차로서 채택되고 있다. 가령, 유해폐기물의 국제이동에 관한 바젤협약의 경우 당사국으로 하여금 폐기물의 국제교역에 관한 모든 정보를 매년 보고하도록 하고 있다. 최근에는 이러한 정보를 당사국회의에 보고하는 것에서 더 나아가 정보를 공개하도록 하여 비정부기구를 포함한 각종 유관 단체들이 검증하도록 하는 협정도 늘고 있다.

이러한 보고 및 검토 절차는 협정 당사국들로 하여금 스스로의 의무 이행 정도를 보고하게 하고 이를 비교적 독립적인 기관이 평가하도록 함으로써 협정 당사국의 의무 준수를 유도·고무하기 위한 것이다. 위원회가 해당국이 협정 의무를 충실히 이행하지 않았다고 평가할 경우에도 이에 따른 법률적 제재는 없지만 당사국은 대외적 이미지를 신경 쓰지 않을 수 없다. 협정 불성실 이행국이라는 불명예를 피하기 위해서 당사국들은 협정상 의무를 충실히 이행하려고 노력하게 된다. 이처럼 보고 및 검토 절차는 소위 “부정적 평판“이라는 압력을 가함으로써 당사국들의 협정 의무 준수를 유도하는 제도라고 할 수 있다. 물론 이러한 제도의 취약점은 당사국이 보고를 부실하게 하거나 허위로 할 경우 이를 검증하기가 결코 쉽지 않다는 점이다.

둘째는 협정 의무 위반에 대한 개인 또는 국가의 청원절차를 들 수 있다. 협정상 의무 위반으로 피해를 입은 개인 또는 국가는 이에 대해 협정에 따라 구성된 위원회나 보고자에게 청원할 수 있으며, 위원회나 보고자는 청원 사항에 대해 조사하여 그 결과를 협정 당사국 회의나 관련 국제기구에 보고하게 된다. 이 경우에도 위원회나 보고자의 조사 결과는 법적 구속력은 없지만 협정 의무 위반을 판정받은 국가는 대외 이미지에 상당한 타격을 받게 된다. 보고 및 검토 절차와 마찬가지로 청원 절차도 이처럼 부정적 평판의 압력을 이용하여 협정 당사국의 의무 준수를 유도하는 셈이다. 이러한 청원 절차는 상당수 국제인권조약에서 채택되고 있으며, 다자간 환경협정의 경우는 오존층 보호에 관한 몬트리올 의정서에서 처음으로 채택된 바 있다. 몬트리올 의정서는 의무이행 위원회를 설치하여 의무 이행과 관련된 당사국들의 청원을 검토하게 했으며, 그 결과를 당사국회의에 보고하도록 한 바 있다. 당사국회의는 의정서상 의무의 이행에 필요한 조치를 채택할 수 있다.

세 번째 유형으로는 국제기구나 다자기구가 사실 확인에 나서거나 국가들의 의무이행 여부를 감시·감독할 뿐 아니라 직접 현장사찰에 나서는 경우를 들 수 있다. 이러한 유형의 의무이행 메카니즘은 물론 원칙적으로 당사국의 동의가 있어야 시행 가능하다. 이러한 유형의 절차는 군축조약에서 자주 활용되고 있으나 다자간 환경협정에서도 종종 채택되고 있다. 가령 국제포경위원회(IWC)는 당사국의 의무 준수 여부를 확인하기 위해서 직접 오퍼버를 포경선에 승선시키기도 한다. 더 나아가 남극환경보호의정서는 당사국의 동의 없이도 의정서 위반 여부를 감독할 오퍼버를 지정할 수 있도록 하였다. 이는 핵확산금지조약(NPT)에 따라 국제원자력기구(IAEA)가 행하는 특별 사찰과 마찬가지로 당사국의 동의 없이도 행해진다는 점에서 가장 강력한 형태의 의무 이행 메카니즘이라고 할 수 있다.

네 번째 유형은 조약상 의무 위반국에 대한 제재를 들 수 있다. 의무 위반국에 부과되는 제재는 조약 당사국에게 의무 이행에 관한 인센티브를 제공한다. 가령 대부분의 국제기구들은 해당기구의 한정상의 의무를 계속 악의적으로 위반하는 국가에 대해 기구로부터 축출을 포함한 여러 가지 제재를 규정하고 있다. 특히 유엔의 경우 현장의 핵심이라고 할 수 있는 국제평화와 안전의 유지에 관한 의무를 위반한 국가에 대해서는 심지어 군사적 수단의 제재까지 부과할 수 있다. 유엔헌장 제7장은 국제 평화를 파괴·위협하거나 타국을 무력 침공한 국가에 대해서 군사적 수단과 비군사적 수단을 포함하는 강제조치를 시행할 수 있도록 하였다. 그러나 이러한 제재가 다자간 환경협정에 채택된 경우는 매우 드물다. 이보다는 비당사국과 특정한 거래를 금지시켜 비 당사국들로

하여금 다자간 환경협정에 참가하도록 하는 경우는 종종 있다. 가령 멸종 위기에 처한 동식물의 보호에 관한 협정(CITES), 오존층 보호에 관한 몬트리올 의정서, 유해물질 국제이동에 관한 바젤협정 등은 비당사국과 해당물질의 거래를 금지시키고 있다.

마지막 유형은 협정상 의무의 준수를 실질적으로 도와주는 절차라고 할 수 있다. 이러한 유형의 절차는 협정 당사국이 의무를 준수할 의사는 있지만 능력이 미흡할 경우에 효과적일 수 있다. 앞서 지적하였듯이 다자간 환경협정의 준수에는 상당한 비용이 소요될 수 있으며 이러한 비용을 당사국이 감당하기 어려운 경우 협정은 여러 가지 지원 방안을 제시할 수 있다. 대부분의 다자간 환경협정은 당사국들의 의무 준수를 용이하게 하기 위해 재정적·기술적 지원을 제공하는 규정을 포함하고 있다.

(3) 의정서 제11조에 의거한 준수 절차 및 기작(LC 29 29/WP. 6)

【부속서】

1. 일반 지침

- 1.1 준수 절차 및 기작 목적은, 완전하고 공개적인 정보의 교환을 고려하여, 건설적인 방법으로 1972년 런던 협약에 대한 1996년 의정서(이하 '의정서')의 준수를 평가하고 촉진시키기 위함이다.
- 1.2 당사국 회의는 준수 사안들에 대한 총체적 책임을 계속 보유할 것이다.
- 1.3 준수에 관한 모든 작업은 이러한 절차 혹은 당사국 회의에 의해 인정된 절차들에 따라야 할 것이다.
- 1.4 이에 따라, 당사국 회의는 준수반을 설립한다.

2. 준수 관련 기구들의 기능들

2.1 당사국회의는

1. 준수 사안들(발생 가능한 개개의 불이행의 경우들, 체계상 쟁점들, 그리고 기타 준수 문제들)을 준수반 또는 런던의정서 과학그룹에 위탁할 수 있다.
2. 동 의정서에 의거하여 제출된 정보 및 이러한 절차들과 메커니즘들을 통해 이루어진 권고들을 충분히 고려한 후에, 당사국들과 비당사국들에게 권고, 원조 혹은 협력을 제공할 수 있다.

- .3 준수반, 런던의정서 과학그룹, 그리고 당사국회의 자체의 역할들을 포함해, 당해 준수 절차들 및 기작들의 실효성을 주기적으로 검토할 수 있다.
- .4 제6장에 의거한 제9조 4항 1호, 제9조 4항 2호, 제9조 4항 3호, 제10조 3항, 제26조 5항 및 제26조 6항 하에서의 보고서들을 검토하고, 동 보고서들에 대한 준수반 또는 런던의정서 과학그룹으로부터의 권고를 적절히 고찰할 수 있다.
- .5 적절한 경우, 준수를 촉진시키기 위한 기타의 활동들을 착수할 수 있다.

2.2 준수반은

- .1 제4장에 따라, 사실 관계 및 가능한 원인들, 그리고 특정 상황들을 확인하기 위한 목적으로, 준수반에 회부된, 발생 가능한 당사국 개개의 불이행의 경우를 검토하고 평가할 수 있다.
- .2 준수반에 회부되거나 혹은 준수반이 수행하기로 계획한 체계상 준수 쟁점들에 관해 당사국 회의에 권고할 수 있다.
- .3 제5장에서 기술된 바와 같이, 발생 가능한 개개의 불이행의 경우들에 대해 당사국 회의에 권고할 수 있다.
- .4 준수를 촉진시키기 위한 기타 활동들에 관해 당사국 회의에 권고할 수 있다.
- .5 준수에 관한 당사국 회의의 권고 및 결정들의 이행을 검토할 수 있다.
- .6 제6장에 기술된 바와 같이, 제출된 보고서들 및 기록들에 관해 당사국 회의에 권고를 검토 및 제공할 수 있다.
- .7 준수 쟁점들을 지체 없이 처리하기 위한 목적으로, 당사국 회의에 의해 검토될 때까지, 당사국에게 권고 및 지침을 제공할 수 있다.
- .8 비당사국의 요청에 관해, 동 비당사국이 의정서의 당사국이 되는 것을 촉진할 수 있도록 권고 및 지침을 제공할 수 있다.
- .9 런던의정서 과학그룹으로부터 권고 및 정보를 요청할 수 있다.

2.3 런던의정서 과학그룹은, 그 위탁 범위 내에서 준수반의 작업에 기여할 수 있을 것이다.

3. 준수반의 특성 및 활동

- 3.1 준수반은 규모에 있어서 15명의 회원으로 제한된다.
- 3.2 준수반은 개인들로 구성되며, 이들은 과학적, 기술적, 그리고 법적 전문지식에 기초하여 선출된다.

- 3.3 회원들은 객관성을 갖고 동 의정서의 준수를 촉진시키기 위해 근무해야 한다.
- 3.4 회원들은, UN의 5개 지역 그룹들에서 공평하고 균형적인 지리적 대표성에 기초해 당사국들에 의해 천거되며, 당사국 회의에 의해 선출된다.
- 3.5 당사국 회의는 1년 임기의 회원 5명, 2년 임기의 회원 5명, 그리고 3년 임기의 회원 5명을 선출한다. 그 후에 당사국 회의는 매년 정례 회의에서, 공직 기간이 만기되거나 막 만기되려는 회원들을 대신할 3년 정식 임기의 신규 회원들을 선출한다. 회원들은 3년 연임 기간 이상으로 근무할 수 없다. 동 결정을 위해, 'term'이란, 정례 당사국 회의의 종료 시점에 시작되어 차기 정례 당사국 회의 회기에 끝나는 기간을 의미한다.
- 3.6 준수반은 독자적인 의장 및 부의장을 선출한다.
- 3.7 준수반은 적어도 연 1회 필요한 경우에 회합을 하며, 당사국 회의에 의해 그렇게 하도록 특별히 요청이 있을 때 회합을 한다. 회합 일정을 결정할 때에는, 당사국 회의 및 의정서 하의 기타 관련 기구들의 회합 일정들을 적절히 고려해야만 한다.
- 3.8 개개의 준수 상황들이 준수반에 의해 검토 중일 때 그 준수가 본건에 있는 당사국이 요청하여 그 회의가 비공개인 경우를 제외하고는, 어떤 당사국 혹은 비당사국 참관자도 준수반 회의에 참가할 수 있다.
- 3.9 준수반의 회원들은 모든 문제들에 있어서 총의에 의한 합의에 이르기 위해 모든 노력을 기울여야 한다. 총의에 이르기 위한 모든 노력들이 소진되었으나 아무런 합의에 이르지 못하였다면 준수반은 최후 수단으로서, 참석하여 투표하는 회원들의 4분의 3 다수결 투표에 의해 결정해야만 한다. 총의가 이루어질 수 없는 경우, 당해 보고서는 준수반의 모든 회원들의 견해를 반영해야만 한다.
- 3.10 준수반 회원들의 3분의 2는 정족수를 구성한다.
- 3.11 준수반은 그 기능들을 수행함에 있어서, 믿을만하다고 간주하는 어떤 출처로부터도, 관련 정보를 찾거나 혹은 수령하거나 검토를 할 수 있다.

4. 기탁 및 절차

- 4.1 발생 가능한 개개의 불이행 상황들에 관한 쟁점은 다음 당국들에 의해 제기될 수 있다:
 - .1 당사국 회의
 - .2 자국에 관한 당사국

- 4.3 자국이 그러한 발생 가능한 불이행에 의해 영향을 받거나 받을 가능성이 있는 이해 관계를 가질 때, 다른 당사국의 의정서상 의무의 준수에 관해 유보를 선언한 당사국. 동 하위 조항에 따라 기탁을 하고자 하는 당사국은 그렇게 하기 전에, 그 문제를 해결하기 위한 목적으로, 그 준수가 본건에 있는 당사국과 의미 있는 협의를 수행하여야 한다.
- 4.2 준수반은 법적 검토 가치가 거의 없고 명백히 정당한 이유가 없거나 익명이라고 간주하는 기탁에 대해 각하를 권고할 수 있다.
- 4.3 4.1항에 따른 기탁은 사무국에 서신으로 제출되어야 하며, 다음의 내용을 상술해야만 한다:
 - .1 우려가 되는 문제
 - .2 동 의정서의 관련 조항들
 - .3 당해 기탁을 입증하는 정보
- 4.4 사무국은 모든 기탁들을 수령 후 2주 내에, 차기 회의에서의 검토를 위해 준수반에 회송해야 한다. 자국의 준수에 관한 당사국에 의한 기탁 이외의 경우에, 사무국은 수령 후 2주 내에 사본을 그 준수가 본건에 있는 당사국에게 송부해야 한다.
- 4.5 그 준수가 본건에 있는 당사국에 의해 답변으로서 제출된 논평 및 정보는, 그 당사국이 연장을 요청하지 않는 한, 당해 당사국이 그 기탁을 수령한 후 3달 내에 사무국에 제출되어야 한다. 그러한 연장은 합리적인 정당성이 있는 경우 의장에 의해 90일에 이르는 기간까지 부여될 수 있다. 이러한 논평 혹은 정보는 차기 회의에서의 검토를 위해서, 사무국에 의해 즉각적으로 준수반에 회송되어야 한다.
- 4.6 국제원자력기구는 방사성 폐기물 및 기타 방사성 물질에 관한 모든 쟁점들과 인간 및 해양 환경의 방사성 보호에 대해 관할권을 갖는 국제기구이다. 어떤 기탁이 방사성 폐기물 및 기타 방사성 물질에 관한 준수 문제들을 제기하는 경우, 사무국은, 기술적 평가 및 검토를 위해 준수반을 대신하여 그 문제를 국제원자력기구(IAEA)에 위탁해야만 한다. 준수반은 그 문제를 검토함에 있어서 국제원자력기구(IAEA)의 평가를 고려해야만 한다.

5. 조치들

- 5.1 발생 가능한 당사국의 불이행에 관한 쟁점을 검토 및 평가한 후에, 관련 당사국의 수용 능력과 4.5항에 따라 제출된 논평 및 정보, 그리고

불이행의 원인, 유형, 정도 및 빈도수를 검토하여, 준수반은 당사국 회의에, 다음의 조치들 중 하나 혹은 그 이상을 취하도록 권고할 수 있다.

- .1 관련 당사국이 동 의정서를 이행하도록 돕기 위한 조언 및 권고 부여
 - .2 협력 및 원조의 촉진
 - .3 당사국 혹은 관련 당사국들의 협력을 통한, 목표치 및 시간 계획을 포함한 준수 조치 계획의 작성
 - .4 당사국의 준수 상황에 관한 공식적인 우려의 성명서 발표
- 5.2 당사국 회의가 어떤 당사국의 준수 상황에 관하여 하위 조항 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 에서 언급된 조치들에 동의를 하는 경우, 당해 당사국은 그 상황에 관하여 당사국 회의에 성명서를 발표할 수 있다.
- 5.3 준수반은 당사국 회의에 권고를 제출하기 전에, 관련 당사국에 의한 검토 및 논평의 기회를 위하여, 그 결론 및 권고들을 관련 당사국과 공유하여야 한다. 논평의 기회 특성 및 당사국에 의해 제출된 논평들은 당사국 회의에 대한 준수반의 보고서에 첨부되어야 한다.
- 5.4 당사국 회의는 발생 가능한 당사국의 불이행에 대해, 준수반에 의해 제안된 어떤 조치들이 취해질 것인가에 관해 최종 결정을 내려야 한다. 당사국 회의는 또한 위임의 범위 내에서, 관련 당사국에 의한 준수를 촉진하기 위해, 적절하게 추가적 조치들을 고려할 수 있다.

6. 보고서 및 기록물

- 6.1 제9조 4항 1호, 제9조 4항 2호 및 제9조 4항 3호, 제10조 3항, 26조 5항에 의거하여 작성된 보고서들 및 기록물들은 다음 단락에서 기술된 것처럼 처리되어야 한다.
- 6.2 당사국들은 제9조 4항 1호 하에서의 자국의 기록물들을 유지하여야 하며, 이를 사무국에 제출하여야 하고, 사무국은 이를 런던의정서 과학그룹 및 준수반에 보낸다. 런던의정서 과학그룹은 위임 권한에 따라 이 정보를 평가하고, 당사국 회의뿐만 아니라 준수반에 적절히 권고를 할 것이다.
- 6.3 (집행 조치의 요약에 포함하여 동 의정서의 규정들을 이행하기 위해 취해진 행정 및 입법적 조치들, 그러한 조치들의 유효성 및 그의 적용시 발생하는 기타 문제점들에 관한) 제9조 4항 2호 및 제9조 4항 3호 하에서의 당사국들의 보고서들이 일단 사무국에 제출되면, 사무국은 동 보고서들을, 평가를 위해 준수반에 회부해야 한다. 준수반은 적절한

당사국 회의 혹은 특별 당사국 회의에 그 결론들을 보고할 것이다.

6.4 사무국은 제10조 3항 하에서 수령한 '문제 정보 양식들을 편집하고, 검토를 위해, 그리고 적절한 경우, 준수반 혹은 런던의정서 과학 그룹에의 위탁을 위해 이러한 양식들의 편집물을 각 당사국 회의에 제출해야 한다.

6.5 잠정 기간의 필요성에 관한 제26조 1항에 따라 통보를 한 당사국은 제26조 5항 및 제26조 6항에 의거한 보고서들을, 동 잠정 기간 동안 개최되는 각 당사국 회의 이전에, 사무국에 제출해야 한다. 당사국 회의는, 적절한 경우 준수반 및 런던의정서 과학 그룹에의 위탁을 포함하여, 동 보고서들에 대한 조치를 취해야 한다.

6.6 준수반은 각 당사국 회의에 다음 사항들을 표시한 보고서를 제출해야 한다.

- .1 당사국 회의에 대한 어떤 권고들을 포함하여, 개개의 당사국들의 준수에 관해 준수반이 그 기능들을 완수함에 있어서 수행한 작업
- .2 당사국 회의에 대한 권고들을 포함하여, 체계적 준수 쟁점들에 관해 준수반이 그 기능들을 완수함에 있어서 수행한 작업
- .3 당사국 회의에 의한 검토 및 승인을 위한 준수반의 향후 작업 계획

7. 동 의정서의 기타 규정들과의 관계

동 기작은 분쟁 해결에 관한 동 의정서 제16조 규정을 침해하지 않아야 한다.

3. 동해 폐기물 배출해역 경계선 확정 재검토

가. 폐기물 국가관할권 외부 이동 가능성 평가

: 우리나라 폐기물 배출해역 해수 이동 및 체류기간 추정

【요약】

우리나라 산업폐기물 배출해역의 해수유동 특성에 대한 정량적 이해는 배출 폐기물의 이동확산과 분해등 거동을 파악하는 데 필요한 핵심 자료이다. 2008년도 연구에서는 처음으로 Argo 부이 자료를 통해 “동해병해역”의 700m 수심역의 해수의 거동과 체류기간을 Argo 부이를 통하여 추정 분석하였다. “동해병해역”을 통과한 Argo 부이 10개의 자료를 분석한 결과 평균 69일 이었다. 그리고 “동해병해역” 북부의 흐름은 시계방향이고 남부는 대체로 시계 반대

방향으로 구분이 되는 경우가 다수 관찰되었다. 따라서 배출해역 모니터링을 위하여 대조정점(control station)을 지정하는 경우 배출해역 남부에서는 서쪽(우리나라쪽)을, 배출해역 북부에서는 북쪽을 지정하지 않아야 될 것이다.

(1) 서론

해양에 배출해역을 설정하는 목적은 한시적으로 육상에서 처분(disposal)이 곤란한 폐기물을 처분하기 위함이나, 투기된 폐기물은 궁극적으로 해양환경에 악영향을 미칠 수 밖에 없으므로 엄정한 관리를 요한다. 특히 연안해역에 투기하는 경우에는 인접 해안국(coastal state)의 환경에 영향을 미치지 않도록 주의해야 한다. 폐기물 배출해역 내와 바깥과의 해수교환과 배출해역 내의 해수 체류기간은 배출해역 환경관리에 중요한 요소이다. 즉 체류기간은 투기한 폐기물이 배출해역 바닥으로 가라앉을 시간이 충분한지, 그리고, 생물적으로 분해될 수 있는 성분들이 얼마나 배출해역 내에서 분해되는 지를 파악하고, 그 분해산물이 해역에 미치는 물질 수지를 평가하는 데 기초적인 자료가 된다. 즉 체류기간이 너무 짧으면 투기한 폐기물이 투기해역 경계면을 넘어가서 다른 해역을 오염시키게 되고, 체류기간이 너무 길면 투기해역의 오염이 심화된다. 물론 이는 투기하는 폐기물의 종류와 양에 직접적으로 상관된다.

그러나 광대한 해역에서 해수의 유동을 추적하기란 매우 어렵고 비용이 많이 소요된다. 최근 인공위성을 이용한 해양심부자동부이(sub surface profiling floats)인 ARGO(Array for Realtime Geostrophic Oceanography, global float array with the Jason satellite altimeter mission.)의 한국 자료 센터(<http://argo.kordi.re.kr>)에서 제공하는 자료를 이용하였다. 한국해양연구원에서 투입한 부이는 수심 약 700m에서 10일간 체류(해수의 흐름에 따라 이동하도록 neutrally buoyant 함) 하다가 해표면을 상승하여 수온염분수심자료를 위성에 송신하고 다시 수심 700m로 잠수하도록 프로그램되었다. 따라서 여기서의 자료는 수심 700m 영역의 해수 이동 자료이다.

본 년도에서는 상기 자료를 이용하여 배출해역의 해수의 체류기간을 조사하는 1차 년도로서 배출해역을 통과하는 부이를 자료베이스에서 찾고, 각각의 부이를 궤적으로 분석하였다.

(2) 자료

Argo 부이 자료 중 위치자료와 시간자료를 이용하였다. 해수의 배출해역내 체류기간은 부이가 배출해역에 들어온 시간부터 배출해역 바깥으로 나가기 직전까지의 시간으로 정하였다. 부이의 고정 수심이 약 700m 이므로 700m

수심역을 대표한다. 동해의 심부(deep water) 나 해저면 인접 수역(benthic boundary layer)에서는 이와 다를 수 있다.

(가) Float 2900202

Argo 부이는 2001년 12월~2월 동안 동해병 해역의 북부 구간(북단에서 남쪽으로약 37km 구간)에서 약 71일을 체류하였다(그림 3-4-1). 이 구간에서는 동쪽에서 서쪽으로 해수가 진입하여 서쪽(한반도쪽)으로 빠져나갔다. 따라서 북부구간에 배출한 물질은 배출해역을 벗어나서 서쪽으로 이동할 가능성이 있다.

남부 구간(36 °N 이남)에서는, 2005년 4월에는, 남동단에 진입한 해수가 북동방향으로 이동하여 일본관할 해역으로 진입하였다. 그 속도는 20일만에 약 60마일로서 약 6.3km/day의 속도로 빠르게 통과하였다.

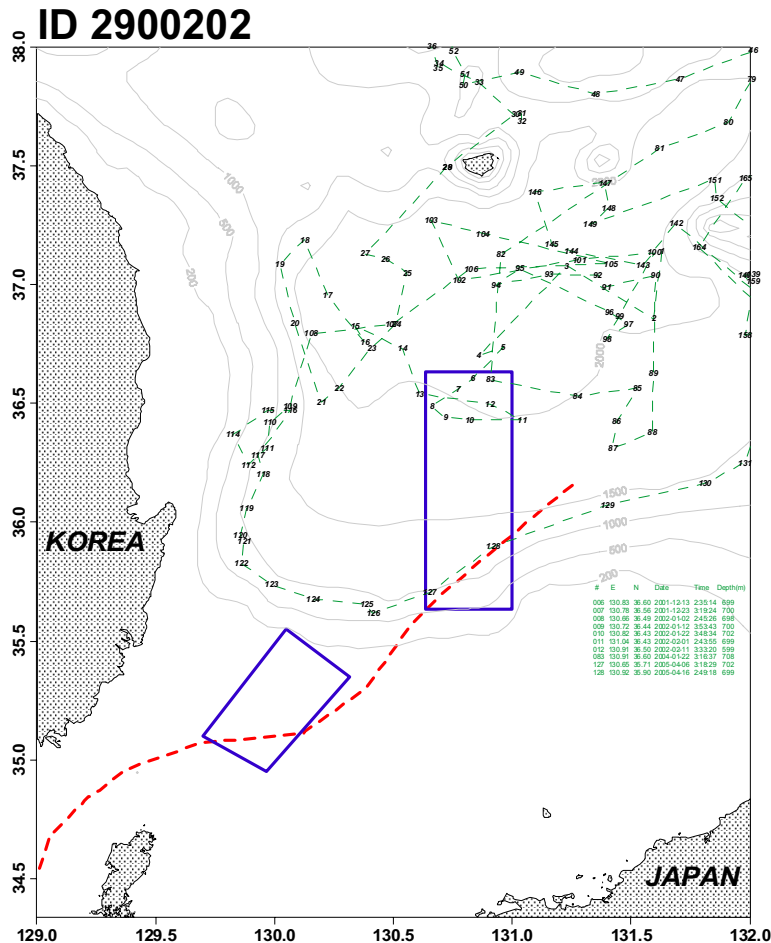


그림 3-4-1. Argo 부이 이동 궤적(상부: 동해병해역, 하부: 동해정해역, 점선은 한·일대륙붕 경계선임)

(나) Float 2900209

2003년 1월~6월에 걸친 Argo 부이 궤적이다. 동해병해역의 서쪽 중반부(36°N)에서 진입하여 남동으로 진행하다가 북동으로 빠져나갔다. 배출해역 내의 해수 체류기간은 약 150일이다.

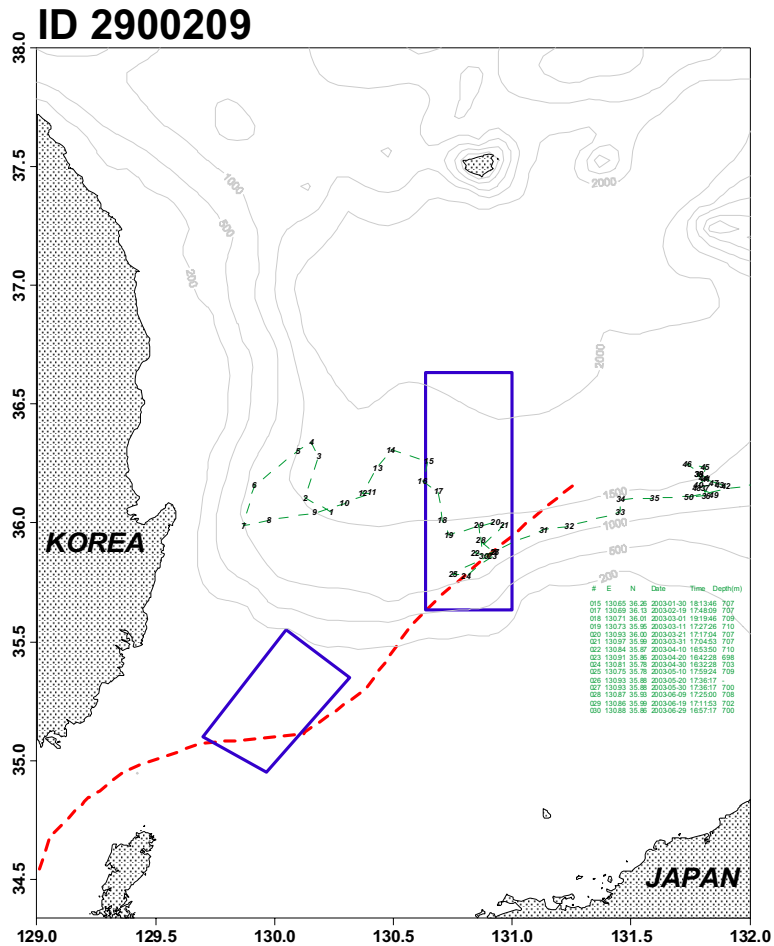


그림 3-4-1. (계속)

(다) Float 290225

2003년 5월에 9월에 걸친 Argo 부이 궤적이다. 동해 병해역의 서쪽 중반부 (36° N) 이남에서 서쪽에서 시작된 해수는 배출해역을 가로질러 동쪽의 일본 해역에 약 40일 머무르다가 배출해역으로 진입하여 110일간을 체류하였다.

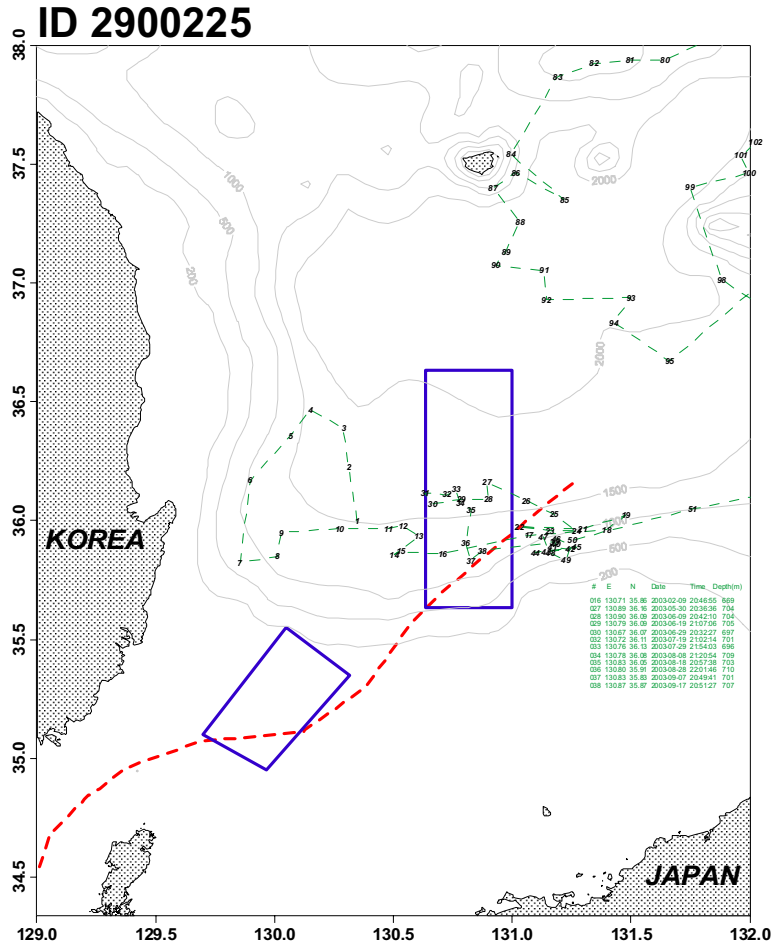


그림 3-4-1. (계속)

(라) Float 2900445

2005년 1월에서 7월에 걸친 Argo 부이 궤적으로서 동해병해역 전반을 움직인 궤적이다. 체류기간은 약 170일이었다.

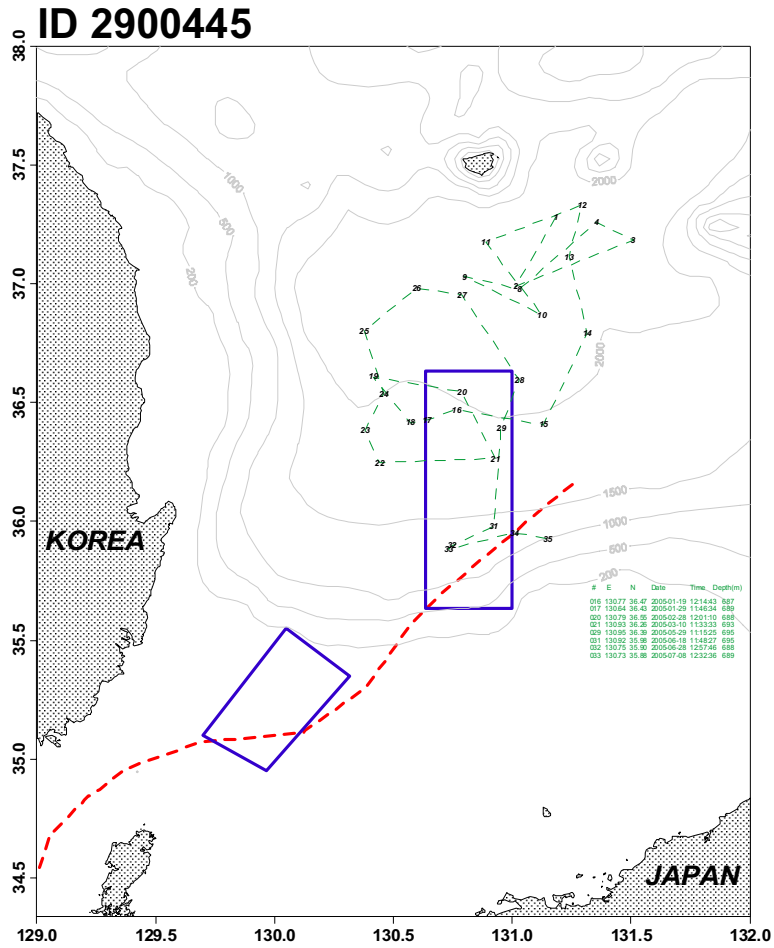


그림 3-4-1. (계속)

(마) Float 2900453

북쪽 상단역 : 2004년 10월부터 11월에 걸쳐 약 20일간 체류하고 북쪽으로 나감.

동쪽 중부역 : 2004년 5월에 약 20일간 체류하고 동쪽으로 나감.

남쪽 : 2007년 6~7월의 것으로 40일 체류하고 서쪽으로 나감. 2007년 12월부터 2008년 1월까지의 것으로 60일 체류하고 서쪽으로 나감. 2008년 6월부터 7월까지 서쪽에서 진입하여 30일간 체류 중.

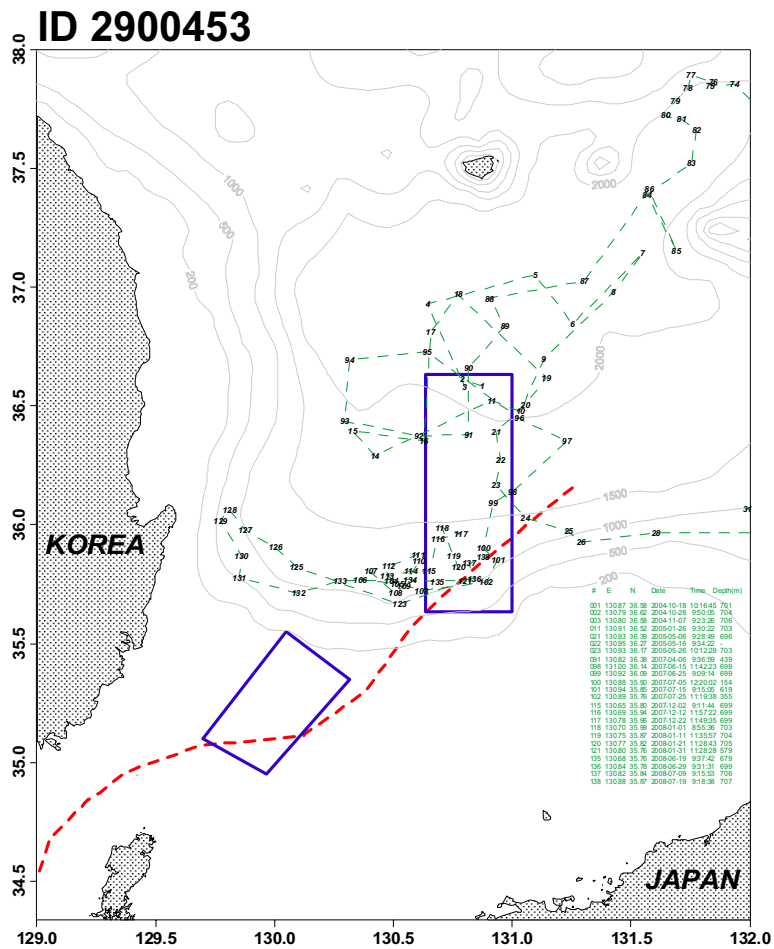


그림 3-4-1. (계속)

(바) Float 2900604

북부역 : 시계방향와류에 배출해역이 놓여있어서 해수는 서쪽 북단에서
진입하고 동북단으로 나감. 체류기간 40일,

남부역 : 남쪽 일본역에서 북쪽으로 진입하여 서쪽으로 나감, 체류기간 40일.

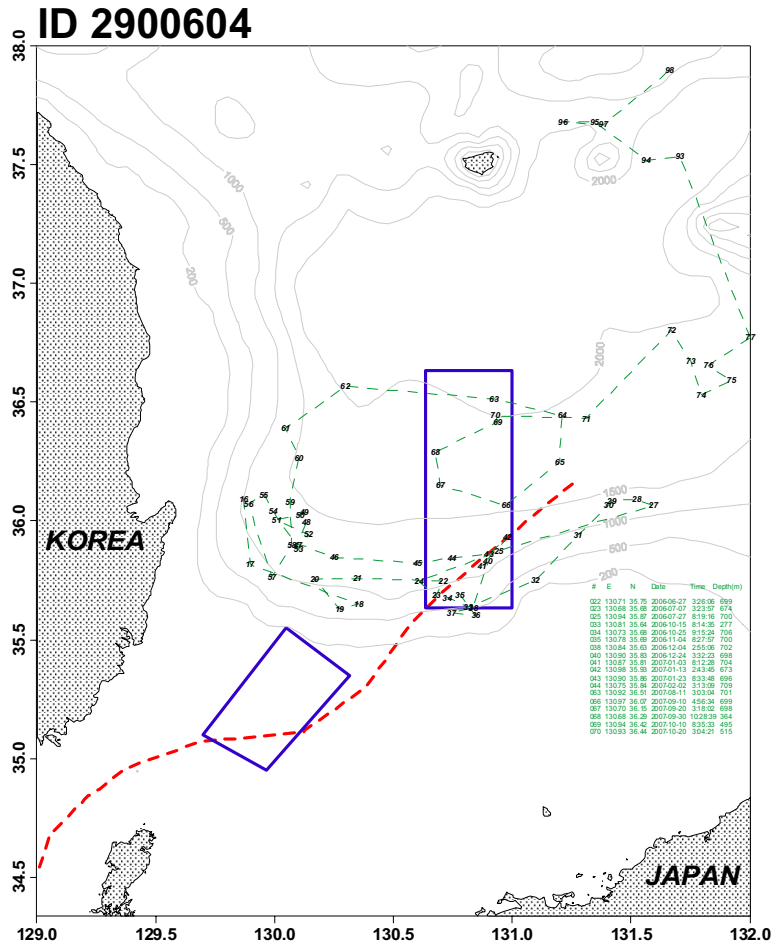


그림 3-4-1. (계속)

(사) Float 2900612

북부역 : 북부 와류와 교류, 중부역은 동쪽에서 해수가 진입하여 원을 그리고 동북쪽으로 나감. 체류 기간 80일.

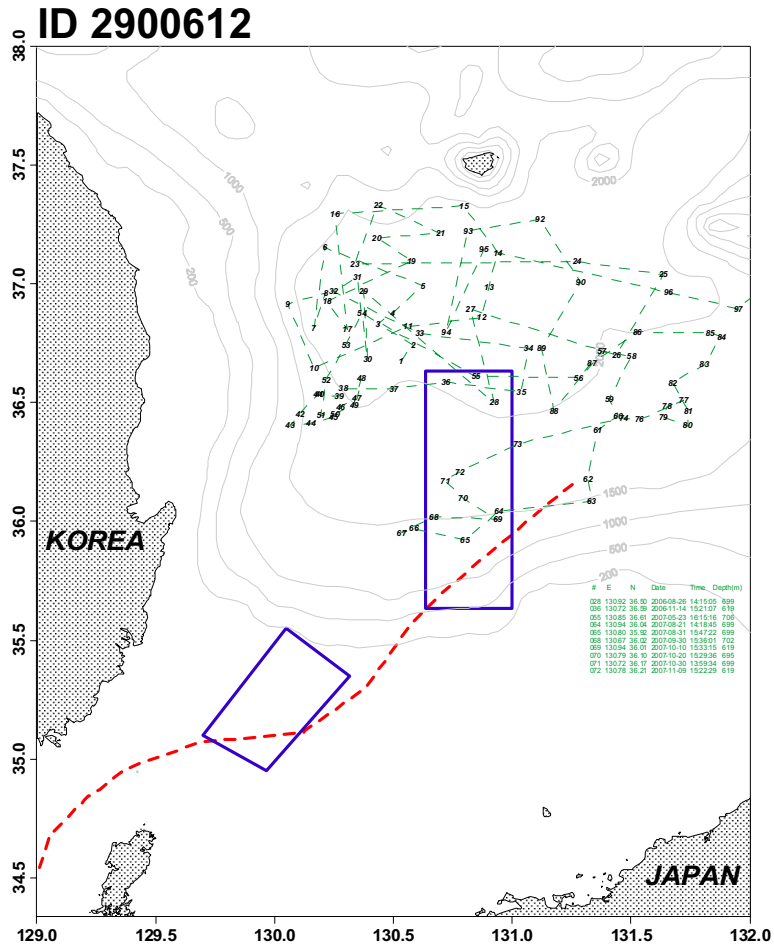


그림 3-4-1. (계속)

(아) Float 2900788

북부역 : 2006년 9월에서 11월에 걸쳐 북에서 진입하여 서남쪽으로 나감.
체류기간 49일.

남부역 : 2007년 1월에서 6월에 걸쳐, 서쪽에서 진입하여 동쪽으로 일본
관할해역으로 진입함. 체류기간은 130일이다.

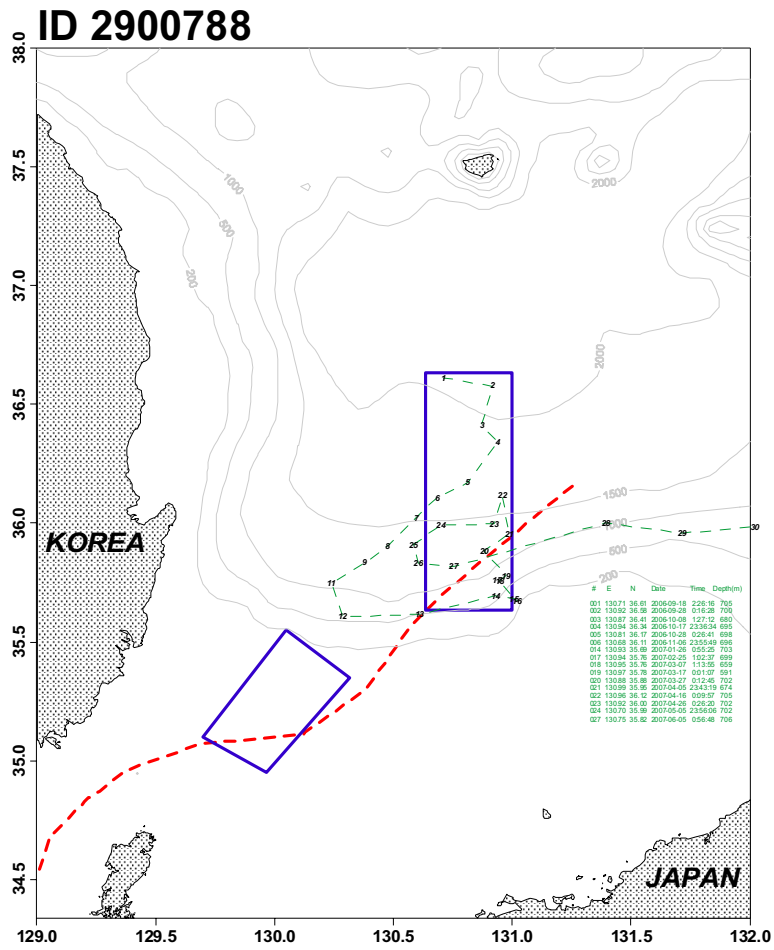


그림 3-4-1. (계속)

(자) Float 2900792

2007년 3월에서 6월에 걸쳐서 북에서 남으로 시계방향(북쪽), 그리고 시계 반대방향(남쪽)의 와류를 형성함. 체류간은 90일 임.

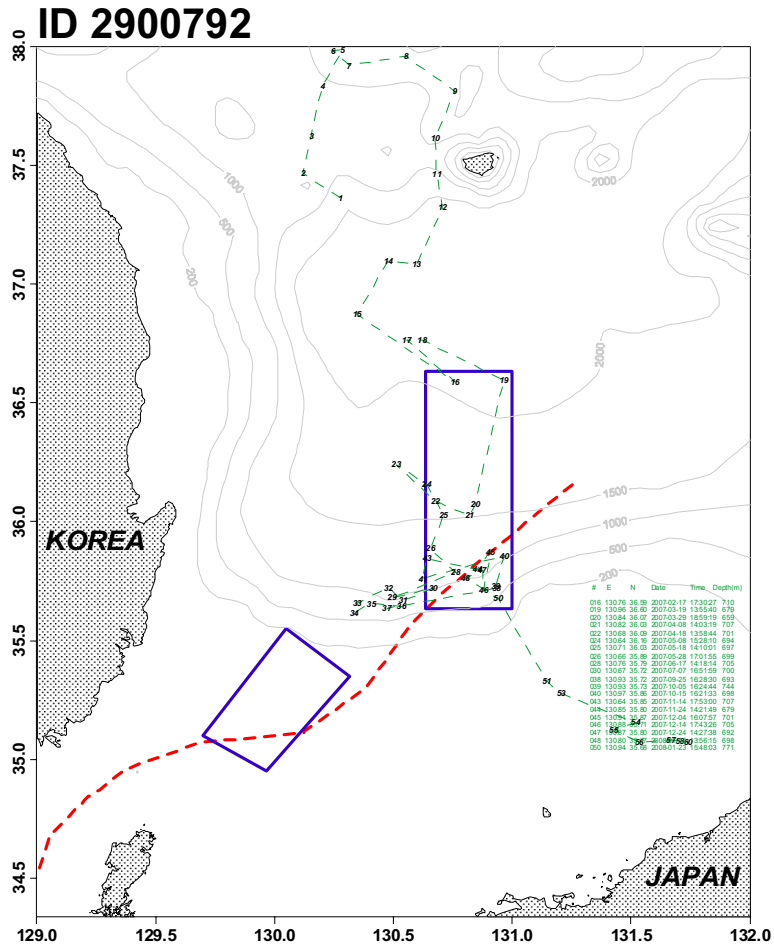


그림 3-4-1. (계속)

(차) Float 2900795

2007년 10월에서 12월에 걸쳐 동해병해역의 전반에 채류. 채류기간은 60일이다. 동해병해역 남부(36°N 이남)에서 30일만에 동해정해역에 도달하였음은 동해병해역 배출폐기물이 남쪽으로 이동하여, 일본 관할 해역으로 포함하여, 정해역으로 이동될 수 있음을 보여주는 자료로 볼 수 있다. 동해정해역의 수심은 200m 미만으로 부이가 해저면에 고착되어 빠져나오지 못한 것을 보인다. 따라서 동해정해역의 해수 채류기간을 추정하지 아니하였다.

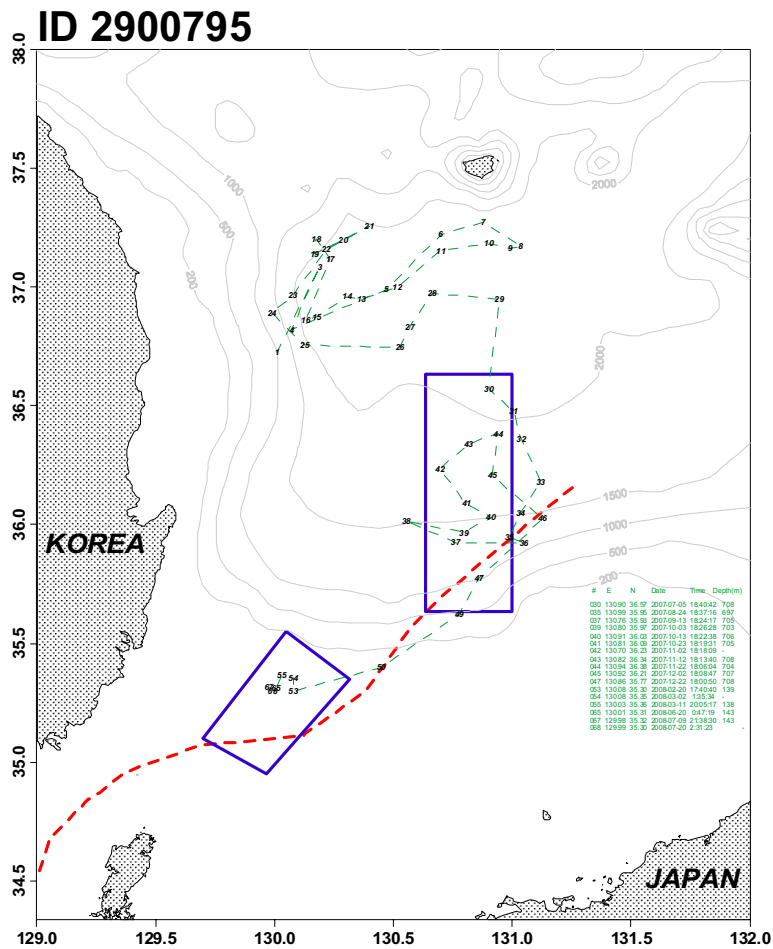


그림 3-4-1. (계속)

(3) 분석 결과

동해병해역의 해수 체류기간은 위치와 시기에 따라 다르기는 하나 대체로 69 ± 46 일이다(표 3-4-1). 해수는 대체로 서쪽에서 동쪽으로 배출해역으로 진입하나 남부에서는 배출해역에서 서쪽으로 이동하는 경우도 상당수 발견되었다(그림 3-4-1). 따라서 배출해역 남부 해역에서는 대조구 조사 정점을 설정할 수 없을 것으로 사료된다.

표 3-4-1. ARGO 부이를 이용한 투기해역내에서의 해수체류기간 추정치

Float ID	Entering Date	Leaving Date	Residing Days
2900202	2001-12-13	2002-02-22	71
			10
2900209	2003-01-30	2003-06-29	150
2900225	2003-05-30	2003-09-17	110
2900445	2005-01-19	2005-07-08	170
2900453	2004-10-18	2004-11-07	20
	2004-05-06	2004-05-26	20
	2007-06-15	2007-07-25	40
	2007-12-02	2008-01-31	60
	2008-06-19	2008-07-19	30
2900604	2007-09-10	2007-10-20	40
	2006-12-24	2007-02-02	40
2900612	2006-08-26	2006-11-14	80
	2007-08-21	2007-11-09	80
2900788	2006-09-18	2006-11-06	49
	2007-01-26	2007-06-05	130
2900792	2007-03-19	2007-06-17	90
2900795	2007-10-03	2007-12-02	60

제 5 절 외국의 배출로 인한 아국 피해 감시

1. 인접국가 배출동향 파악

가. 중국 및 일본의 폐기물 투기해역 및 제도

(1) 중국

(가) 폐기물 투기해역

현재 중국의 폐기물 해양투기해역은 총 98개로서 육지 가까운 연안에 위치하고 있다(그림 3-5-1).



그림 3-5-1. 중국의 폐기물 해양투기해역

(나) 폐기물 해양투기 제도

중국의 폐기물 해양투기 관련 제도는 「해양환경보호법」, 「해양투기관리 조례」, 「해양투기 관리조례 실시방법」으로서 해양투기관리 기준, 해양투기 관할범위, 해양투기 주관부문, 해양투기 허가증 제도, 폐기물 분류규정, 해양투기 관리 대상, 해양투기구 선정과 법률책임등이 규정되어 있다.

중국의 폐기물 해양투기 제도와 관련되어 진행되어 온 사항은 다음과 같다.

- 1983년3월1일 「중화인민공화국해양환경보호법」, 「해양투기관리조례」 실시
- 1985년3월6일 국무원 「중화인민공화국해양투기관리조례」 반포
- 1985년 「런던협약」 가입
- 1990년 9월25일, 국가해양국 「중화인민공화국 해양투기관리조례실시방법」
- 1992년 국가해양국 「중화인민공화국해양투기실시세칙」 제정
- 2006년 9월 29일 『런던의정서』 가입

1) 해양폐기물투기의 주관관리

“해양투기관리조례“ 제4조에 “해양폐기물투기의 주관관리부문은 중화인민공화국 국가해양국 및 그 파견기구“로 규정하고 있다.

2) 해양투기허가증 제도

「해양환경보호법」 제55조 22장의 “폐기물의 투기가 필요한 기관은 반드시 국가해양행정주관부문에 신청서를 제출하여 승인을 받아 허가증을 발급받은 후 투기할 수 있다“는 조항에 준한다. 또한 「해양투기관리조례」 제6조 제14조와 「해양투기관리조례실시방법」 제10조에서 26조까지 해양투기허가증제도에 대한 구체적인 규정이 나와있다.

3) 폐기물 분류의 규정

런던협약에 규정한 3종: 1종은 “블랙리스트“의 폐기물로 수은, 유기산화물질, 강방사성폐기물, 원유와 석유품, 플라스틱원료 폐기물 등이며, 2종은 “회색리스트“, 3종은 “화이트리스트“- 1,2류를 제외한 무독무해하거나 독성이 아주 약한 폐기물의 기준을 따른다.

「해양투기관리조례」 11조와 「해양투기관리조례실시방법」 제15조는 폐기물의 분류에 대해 명확한 규정이 나와있는데 폐기물의 독성과 유해물질 함량과 해양 환경에 미칠 요소에 따라 3종류로 나누고 있다. 즉 1종 「해양투기관리조례」 첨부 1에서 보는 블랙리스트 물질(해양투기를 금하고 있다), 2종은 「해양투기관리조례」 첨부 2에서 보는 회색리스트물질, 3종은 1,2를 제외한 물질로 규정하고 있다.

4) 해양투기구 선정 원칙

「해양투기관리조례」 제5조 “해양투기구는 주관부문과 관련부문이 상의하여 과학적이고 합리적이며 안전과 경제성의 원칙에 따라 선정하고 국무원의 승인확정을 받는다”는 조항에 준한다. 「해양투기관리조례실시방법」 제7조에서 9조까지는 1, 2종의 폐기물의 투기구는 국가해양국이 조직 선정하고 3종구나 임시구, 시험구는 해구 주관부문이 조직 선정한다고 규정되어 있다. 1,2,3류 투기구는 관련 부문과 상의를 거친 후 국가해양국이 국무원에 승인을 받으며 국가해양국이 공포하고 임시 시험구는 국가해양국이 승인 확정하여 국무원에 준비안을 제출한다.

5) 법률책임

「해양환경보호법」 제73조에서 94조까지 규정되어 있으며 행정처분책임, 민사법률책임, 형사법률책임 등이 나타나 있다. 여기서는 법규를 위반한 자는 기간 내에 환경복구를 하고 오염부담금과 오염 처리 비용을 내고 국가의 손실을 보상하도록 되어 있다.

6) 해양투기의 감독관리 권한

「해양투기관리조례」 제4조에 “해양투기의 관리부문은 중화인민공화국 국가해양국과 그 파견기구”로 되어 있다.

「해양투기관리조례」가 발표된 80년대 중기에는 감독관리부문은 국가해양국과 북, 동, 남해분국으로 이는 국가해양행정관리 체제와 일치한다.

90년대에는 지방해양관리기구가 건립됨에 따라 연해성, 자치구, 직할시가 점차 해양폐기물관리의 조건을 갖추게 되어 「해양투기관리조례실시방법」에서 권한 부여의 방식으로 연해지방에 해양투기관리 기능을 주게 되었다. 여기서는 명확하게 “연해성, 자치구, 직할시의 해양관리기구는 주관부문으로부터 권한을 받아 본 방법의 지방관리를 할 수 있는 기구가 된다.”라고 규정되어 있어 이로부터 국가와 지방성이 결합된 해양투기관리 체제가 형성된 것이다.

7) 투기심사실시

해양투기실시방법 에는 주관부문이 투기에 대한 심사를 실시하게 되어 있다. 여기서는 “투기작업의 선박, 비행기와 기타 운반시설이 투기를 할 때, 허가증을 발급한 주관부문의 심사를 받아야 한다고 규정되어 있다. 여기서 주관부문의 심사는 수속이 완전한지, 허가증의 사항과 투기 내용이 일치하는지, 투기 방법은 허가증에서 규정한 대로인지 등을 심사한다. 이외에 순항감시(선박, 비행기 등을

이용한 순항), 모니터링, 경외 관련 투기활동에 대한 관리를 실시하고 있다.

중국의 폐기물 해상투기관련 품목, 투기해역 선정, 투기허가 및 모니터링 등을 다음과 같이 정리하였다.

투기대상 분류
<p>① 준설물 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 중요 준설물 : 항도, 항구, 매립, 간척, 해저개발 굴삭 및 준설 등 유형의 공사 중 천연 암토 위주의 준설물 • 보호보수성 준설물 : 해안유지, 해저공정 설계지표나 공사운영에 필요한 준설물로 자연 운동으로 형성되거나 인류 생활등으로 생성된 준설물 • 점오준설물 : 인류활동으로 일어나는 점오성 준설물 <p>② 공업폐료 : 주로 공업용 고상찌꺼기를 말하며, 대부분 육상처리한다.</p> <p>③ 생활쓰레기 : 주로 연안지구에서 하천을 통해 배출</p>

해양투기 관리 절차 및 방법(중화인민공화국 해양투기 관리조례)	
가. 해상투기구의 선정과 심사	<p>해상투기구의 선정은 해양공간과 해양환경의 흡수용량을 고려하여 최소비용의 최대효과를 원칙으로 한다. 해양주관 부문(국가해양국)의 조사연구를 기초로 하여 투기물질의 유형에 따라 투기구의 유형을 확정한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 선정기준 <ul style="list-style-type: none"> - 과학성 : 과학적 논증을 거친다. <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 폐기물의 성질, 물질성분, 수량과 해수의 침강, 현탁, 용해, 변화를 고려하여 해역 생태환경과 생명자원에 대한 영향 고려 - 안전성 : 투기구의 사용 후 기타 개발활동에 영향이 있어서는 안됨(항행, 양식 등) <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 해구의 환경이나 자원에 해를 적게 미쳐야 함 - 경제성 : 투기 주체자의 경비가 적게 들어야 함(투기구 거리 짧고, 투기구 사용 시간이 길어야 함) • 투기구 선정에 있어서 몇 가지 요소 <ul style="list-style-type: none"> - 투기물질의 성분: <ul style="list-style-type: none"> • 물질의 형태(고체, 액체, 오니, 준설물), 물질의 물리(가용성, 비중), 화학과 생물화학(산소요구량, 영양염) 및 생물학(병독, 세균, 기생충)의 특징, 독성, 내구성 및 생물 축적성 해양환경의 물리, 화학, 생물과정에서의 변화 - 투기구의 자연환경의 특징 : <ul style="list-style-type: none"> • 물리해양학: 해양수체운동 특징으로 투기구의 천이와 확산을 결정 • 가장 중요한 평가 지표는 평형방향의 선택 초기 희석농도의 고저 • 두 번째로는 퇴적학적인 요소로 퇴적물이 해수중에서 오염물을 제거하는 기능을 고려(퇴적이 활발한 지역을 투기구로 선정) • 마지막으로 생물학적인 문제를 고려, 생물민감도를 평가하고 어장과 해수양식 산란장과 회유노선을 피한다. - 투기구 환경가치조사 : <ul style="list-style-type: none"> • 투기구 환경가치조사는 일반환경요소와 주요오염물(금속, 석유류 등)의 수체, 표층퇴적물, 생물체 중 농도 조사, 생태와 지질형태 등 조사

해양투기 관리 절차 및 방법(중화인민공화국 해양투기 관리조례)	
가. 해상투기구의 선정과 심사	<ul style="list-style-type: none"> ● 투기구 선정 과정 : <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 중국해양투기관리제도에 따라 국가해양관리 부문에 신청 해양관리부문이 투기구 선정 조직 ● 투기신청제출 <ul style="list-style-type: none"> - 해양행정주관 부문에 투기신청서 제출 : 투기물 종류, 성분, 수량, 과정 시간, 투기방식과 투기할 만한 투기구 건의 등 - 초보심사와 투기구 선정 : 주관부문은 신청을 받은 후 신청자료와 법률 규정에 따라 허가여부 심사. ● 기술심사와 협조 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 투기 구역을 선정하고 구역을 관련 전문가와 대표단을 구성해서 논증과 기술심사 ● 해상투기구승인심사 <ul style="list-style-type: none"> - 승인심사는 엄격한 편, 「해양투기관리조례실시방법」 제9조에 규정된 "1,2,3류의 투기구는 관련 부문과 상의한 후 국가해양국이 국무원의 승인을 받아 공표한다고 규정. 해구 주관부문의 해구관련 기관과 테스트한 후 국가해양국 심사확정하고 국무원에 준비안을 보고한다. 시범적으로 해양투기구를 시행한 후 다시 국무원에게 정식으로 승인을 받는다. 임시 투기구는 해구 주관부문의 심사 승인에 의하며 국가해양국에게 준비안을 제출한다. 사용기간이 만료되면 즉시 봉쇄하고 원칙상으로 해양 투기는 금한다. 시험 투기구와 임시 투기구만 해양행정 주관부문의 승인권이 있다. 나머지는 다 국무원의 승인을 받아야 한다.
나. 해양투기 허가증의 발급	<p>「중화인민공화국투기관리조례」 제6조에 해양투기가 필요한 기관은 먼저 주관부문에 신청서를 제출해야 한다고 규정되어 있으며 규정된 신청서를 제출한다. 주관 부문은 2개월 이내에 승인을 하며 허가증을 발급한다. 어떤 기관이나 선박, 항공기, 플랫폼 및 기타 운송기구도 주관부문에 승인을 거치지 않고는 해양에 투기할 수 없다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 허가증의 유형 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 「해양투기관리조례」에 따라 폐기물 투기 긴급 허가증, 특별허가증, 보통 허가증의 세 종류로 발급하며 허가증 분류의 근거가 되는 것은 폐기물의 분류(종류)이다. 1종 폐기물, 특별허가증은 중 폐기물, 보통 허가증은 3종 폐기물에 적용된다. - 긴급 허가증 : 일회성 허가증 - 특별허가증 : 6개월 유효 - 보통허가증 : 1년 이하 유효하다.
다. 해양투기구 모니터링과 관리	<p>해양투기구의 모니터링은 3단계로서, 시작전(투기구 선정과 함께 진행 투기구의 환경요소에 대한 모니터링, 생물생태, 기선의 상황)투기 시작 시기(이에 대한 감시 모니터링)투기과정의 상시 모니터링(생물, 생태 환경의 장기적인 영향에 대한 모니터링)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 모니터링 항목 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 환경요소와 오염물 함량 수준 모니터링을 비롯 투기물질의 형태에 따라 해산물리학, 수환경화학, 부유물질과 수체의 상호작용, 퇴적학, 퇴적학의 전이 속도 방향 등

(2) 일본

(가) 폐기물 투기해역

일본의 폐기물 투기해역은 I~IV 해역으로 구분하고 있지만, 현재 I해역은 투기가 중단되었고, II와 III해역에서는 건설공사오니, 적토, 유기성오니가 해양 투기되고 있다. IV 해역의 해양투기 품목은 준설물질이다(그림 3-5-2).

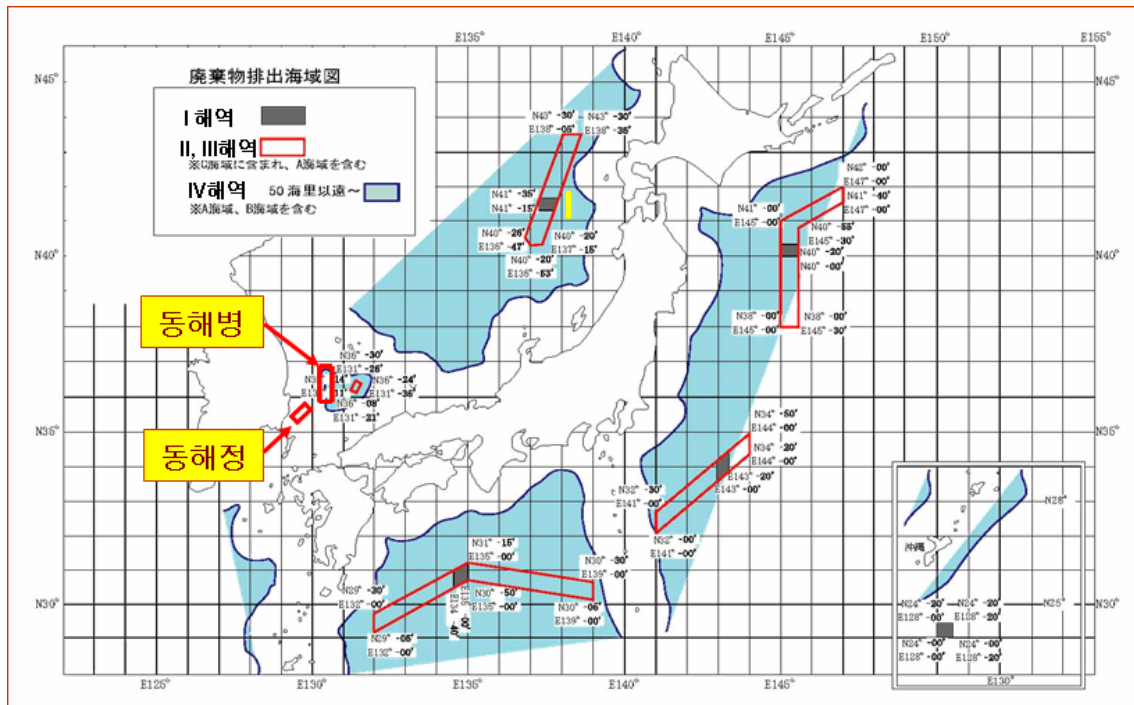


그림 3-5-2. 일본 폐기물 해양투기해역

(나) 폐기물 해양투기 제도

일본에서 폐기물 해양투기 관련 제도는 “해양오염방지법”으로서 런던 의정서가 요구하는 해양에서의 폐기물 등의 처리에 관한 규정 준수를 위해 동 법을 개정하여 2004년 5월 19일에 공표하였다.

주된 개정 내용은 육상에서 발생하는 폐기물 등의 해양투입 처분을 허가 제도 신설이다.

또한 본 허가제도의 운용에 있어서 필요한 사항을 “폐기물 해양투입 처분의 허가제도 등에 관한 성령(이하 “허가성령 “이라고 총칭함)에 허가신청서 및 첨부서류의 기재방법을 구체적으로 정하는 지침인 “폐기물 해양투입처분의 허가 신청에 관한 필요한 사항을 정하는 건(이하 “고시“라고 총칭함) “에 나타내었다.

개정된 해양오염방지법에서는 폐기물 등의 해양투입 처분을 실시할 경우에는 “환경대신의 허가”가 필요하다. 본 허가제도 효력 발생은 2007년 4월 1일부터 이고, 허가신청의 접수는 허가제도 효력발생 6개월 전인 2006년 10월 1일부터 시행하였다.

허가를 받기 위해서는 규정에 따라 환경대신에게 허가신청을 하여 심사를 받고, 해양투입처분 전에 투기계획을 해상보안청에 제출하여 신청된 계획이 환경대신의 허가에 적합한 것인지 사전 확인을 받는다.

그림 3-5-3은 신청자가 폐기물 해양투기 허가 신청 및 확인을 받는 절차이다.

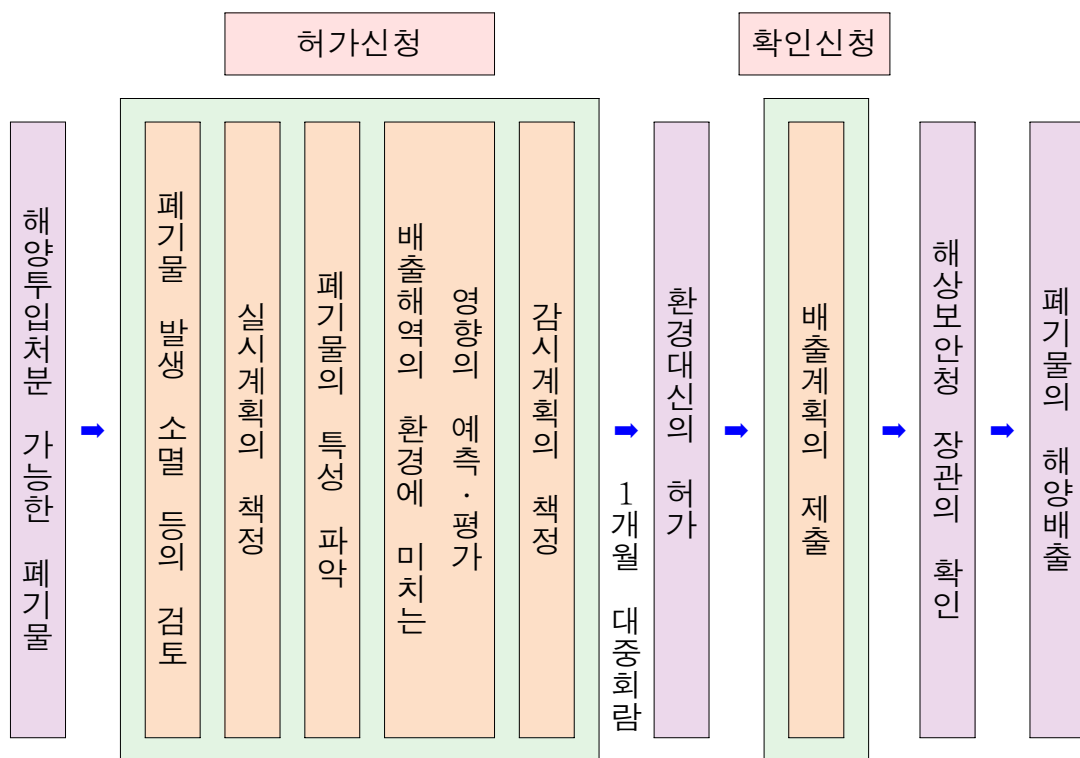


그림 3-5-3. 일본의 폐기물 해양투기 허가 신청 및 확인 심사 절차

1) 폐기물 해양투기 허가신청 심사 : 환경성 지구환경국 환경보호대책과 허가 신청서에는 폐기물 발생 및 소멸 과정(발생원, 발생과정, 처리과정 등), 실시계획, 폐기물 특성, 투기해역 환경에 미치는 영향, 감시계획 등을 기재하도록 하고 있다.

2) 실시 계획

폐기물 해양투기 실시계획에는 다음의 항목들을 기재하여야 한다.

폐기물의 해양투입처분 하려는 기간(해양투입 처분 기간)	사업계획 등으로부터 해양투입처분을 필요로 하는 기간을 기입한다. 단, 5년을 초과하여 처분이 예상되면 5년으로 신청한다(허가기간은 최대 5년이다)
해양투입처분을 하려는 폐기물의 수량	앞서 말한 기간동안 해양투입 처분하려는 폐기물의 총량(건적량)을 중량 및 용량으로 기재한다.
단위기간에 있어서 해양 투입 처분을 하려는 폐기물의 수량	해양투입처분 기간이 1년을 초과할 경우에는 1년마다(마지막에 1년 미만의 기간이 생길 경우에는 그 기간을 포함)의 해양투입처분 하려는 폐기물의 총량을 중량 및 용량으로 기재한다.
폐기물의 배출해역	허가성령 제6조(동별표)에 정하는 기준에 따라 해양투입 처분하려고 하는 장소를 위도·경도, 반경등으로 특정하여 나타낸다. 신청서에는 해도에 구체적인 범위를 개재한 것을 첨부한다. 범위를 설정할 경우에는 해양투입 처분 실시할 때 배출선박이 바람과 취송류에 의해 이동하는 것 등을 고려하여 배출선박에 의한 처분행위가 수렴되는 구체적인 해역을 원형 또는 사각형으로 명시해야 한다.
폐기물의 배출방법	허가성령 제6조(동별표)에서 정하는 기준에 따라 해당폐기물의 배출방법을 도면 등을 사용하여 적절한 방법으로 알기 쉽게 기재한다.

3) 폐기물 배출해역 오염현황 감시 계획

감시계획에는 다음 사항들에 대한 감시 방법 및 빈도가 기록되어야 한다.

	감시의 방법	감시의 빈도
수량의 실적	폐기물처리 기록부등에 의해 실적을 확인한다.	1년에 1회(허가의 유효기간이 1년 미만의 경우에는 당해 허가의 유효기간에 대해 1회)의 빈도로 확인한다.
판정기준의 적합상황	공정등의 변경이 없고, 적합상황의 변화가 없다고 판단되는 경우에는 그 취지를 보고한다. 그 외의 경우에는 새로 분석해야 한다. 단 건설오니는 정기적으로 분석해야한다.	1년에 1회(허가의 유효기간이 1년 미만의 경우에는 당해 허가의 유효기간에 대해 1회)의 빈도로 확인한다. 단 건설오니는 1개월에 1회의 빈도로 분석해야 한다.
배출해역의 상황	뒤에서 기술하는 사전평가에 사용된 방법(문헌조사, 설문조사, 야외조사등)으로 상황을 파악한다.	해양투입처분에 의한 해역상황의 변화를 총괄적으로 파악하는데 있어 적당한 기간(기본은 허가기간의 종료 직후). 단 허가의 유효기간이 3년을 초과할 경우에는 앞서 기술한 감시까지의 사이에 중간적인 감시를 실시한다.

나. 중국과 일본의 해양투기 폐기물 품목 및 투기량 현황

(1) 일본

표 3-5-1은 1999년부터 2005년까지 일본이 런던협약 및 런던의정서 사무국에 제출한 투기허가발행보고서를 토대로 하여 정리한 해양투기 품목 및 해양투기량이다.

표 3-5-1. 일본의 연도별 폐기물 해양투기량(단위: 천톤/년)

국가	폐기물 품목	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
일본	준설물+하수오니 +보크사이트잔재물	11,386	10,264	10,606	9,477	7,129	13,207	7,581

그러나 일본은 1999년 이후부터 하수오니 해양투기 감축을 지속적으로 실시하여 2007년부터는 해양투기가 금지되었다(그림 3-5-4).

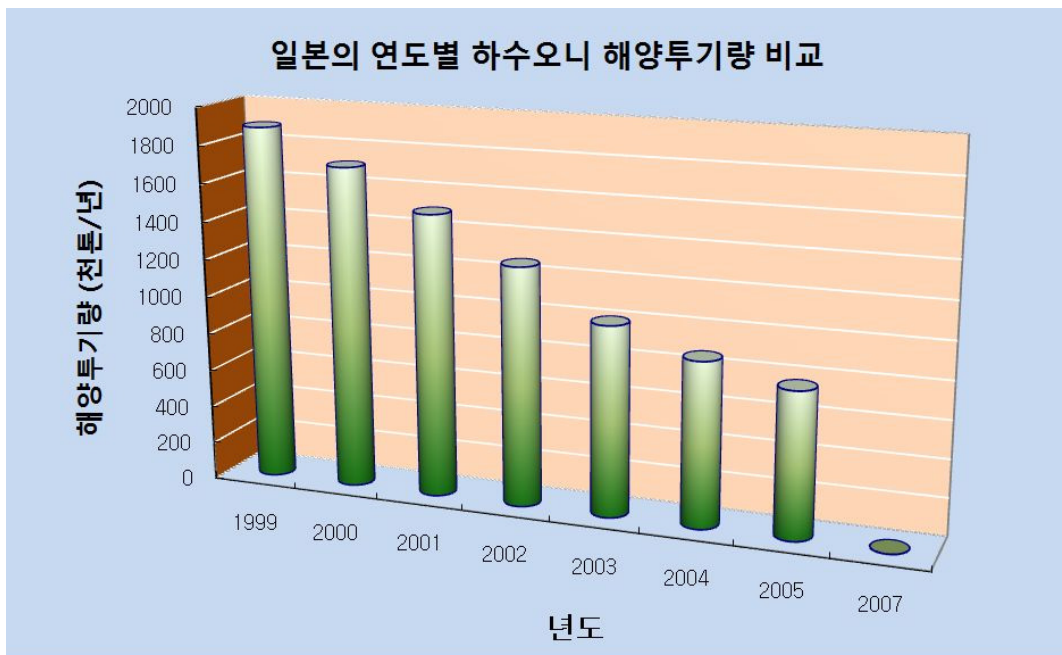


그림 3-5-4. 일본의 연도별 하수오니 해양투기량 변화

표 3-5-2는 일본 환경성에서 발표된 일본의 2006년부터 2008년까지 폐기물 해양투기 허가발급 현황 및 해당 폐기물이 투기된 배출해역의 상세지도이다. 해양투기 허가 발급 품목은 적토, 일반수저토사, 건설오니, 가축분뇨, 폐산(소주가공 찌꺼기)이다.

표 3-5-2. 일본의 2006년과 2007년 폐기물 해양투기 허가발급 현황 및 해역도

허가번호	허가발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입처분량	배출해역	해역도	비고
6-0-0-1	2006년 12월 28일	日本軽金属株式会社	적토	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	2,250,000m ³	[1]동경 141°25'00"의 라인과 II해역 북측경계선의 교차점 [2]북위 32°27'00" 동경 141°25'00" [3]북위 32°09'00" 동경 141°00'00" [4]북위 32°30'00" 동경 141°00'00" 이상 4점의 내측	6-0-0-1 해역도	
6-0-0-2	2006년 12월 28일	住友化学株式会社	적토	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	2,000,000m ³	[1][2]와 북위 30°33'00" 동경 133°50'00"을 연결하는 선의 연장과 [2]해역의 북측경계선의 교차점 [2]북위 30°27'18" 동경 133°54'18" [3]30°19'00" 동경 133°50'00" [4]30°07'00" 동경 133°30'00" [5][4]와 북위 30°15'00" 동경 133°18'00"을 연결하는 선의 연장과 II해역의 북측경계선의 교차점 이상 5점의 내측	6-0-0-2 해역도	
6-0-0-3	2006년 12월 28일	昭和電工株式会社	적토	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	1,900,000m ³	[1]동경 141°30'00"의 라인과 II해역 북측경계선의 교차점 [2]북위 32°30'00" 동경 141°30'00" [3]북위 32°12'00" 동경 141°05'00" [4]동경 141°05'00"의 라인과 II해역 북측경계선의 교차점 이상 4점의 내측	6-0-0-3 해역도	
6-0-0-4	2006년 12월 28일	住友大阪セメント 株式会社	일반 수저토사	2007년 4월 1일부터 2007년 5월 31일까지	30,000m ³	북위 32°47'00", 동경 135°03'03"을 중심으로한 반경 4km의 해역	6-0-0-4 해역도	
7-0-0-1	2007년 2월 13일	福島県小名浜 港湾建設事務所 (四倉漁港・久之浜港)	일반 수저토사	2007년 7월 1일부터 2010년 3월 31일까지	30,000m ³ (四倉: 15,000 久之浜: 15,000)	북위 37°03.45', 동경 141°06.80' 을 중심으로한 반경 약 500m의 해역	7-0-0-1 해역도	
7-0-0-2	2007년 2월 13일	国土交通省 北陸地方整備局新潟港湾・空港 整備事務所	일반 수저토사	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	4,900,000m ³	북위 37°59'57.486", 동경 139°04'8.656" 을 중심으로한 반경 250m의 해역	7-0-0-2 해역도	
7-0-0-3	2007년 2월 13일	福島県小名浜港湾建設事務所 (豊間漁港: 豊間地区, 沼之内地区)	일반 수저토사	2007년 7월 1일부터 2010년 3월 31일까지	19,500m ³ (豊間: 12,000 沼之内: 7,500)	북위 36°59.840', 동경 141°05.015' 을 중심으로한 반경 약 500m의 해역	7-0-0-3 해역도	

표 3-5-2. (계속)

허기번호	허기발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입처분량	배출해역	해역도	비고
7-004	2007년 2월 13일	福島県小名浜港灣建設事務所 (勿来漁港)	일반 수저토사	2007년 7월 1일부터 2010년 3월 31일까지	4,500m ³	북위 36°51'00", 동경 141°01'00" 을 중심으로한 반경 500m의 해역	7-004 해역도	
7-005	2007년 2월 13일	東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所	일반 수저토사	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	335,000m ³	[1]북위 37°24'40.6", 동경 138°33'35.4" [2]북위 37°24'33.2", 동경 138°33'53.5" [3]북위 37°24'47.6", 동경 138°34'02.7" [4]북위 37°24'55", 동경 138°33'44.6" 이상의 4점으로 둘러싸인 범위의 내측	7-005 해역도	
7-006	2007년 2월 13일	株式会社ヨコハマ全建	건설오나	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	2,200,000m ³	[1]북위 33°03'00", 동경 141°42'00" [2]북위 33°29'00", 동경 142°15'00" [3]북위 33°13'00", 동경 142°15'00" [4]북위 32°48'00", 동경 141°42'00" 이상의 4점으로 둘러싸인 범위의 내측	7-006 해역도	
7-007	2007년 3월 20일	栄伸産業株式会社	건설오나	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	2,000,000m ³	II해역 북위 33°15', 동경 142°17.5' 을 중심으로한 반경 10km 원내의 해역	7-007 해역도	
7-008	2007년 3월 26일	小正醸造株式会社 他5社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	10,600m ³	북위 30°20', 동경 128°31' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km) 이내의 해역	7-008 해역도	
7-009	2007년 3월 26일	小正醸造株式会社 他5社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	101,400m ³	북위 30°45', 동경 132°10' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-009 해역도	
7-010	2007년 3월 26일	山元醸造株式会社 他5社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	16,000m ³	북위 30°58.5', 동경 128°15.5' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-010 해역도	
7-011	2007년 3월 26일	山元醸造株式会社 他5社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	16,000m ³	북위 30°45', 동경 132°10' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-011 해역도	
7-012	2007년 3월 26일	薩摩酒造株式会社 他15社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	752m ³	북위 30°20', 동경 128°31' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-012 해역도	

표 3-5-2. (계속)

허기번호	허기발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입치분량	배출해역	해역도	비고
7-013	2007년 3월 26일	薩摩酒造株式会社 他15社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	154,242m ³	북위 30°58.5', 동경 128°15.5' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-013 해역도	
7-014	2007년 3월 26일	薩摩酒造株式会社 他15社	폐산 (소주粕)	2007년 4월 1일부터 2012년 3월 31일 까지의 5년간	54,006m ³	북위 30°42', 동경 132°19.5' 및 북위 30°45', 동경 132°10' 을 중심으로 하는 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-014 해역도	
7-015	2007년 3월 26일	山形県(吹浦漁港)	일반 수저토사	2007년 4월 1일부터 2010년 3월 31일 까지의 3년간	254,000m ³	북위 39°04'04", 동경 139°50'25" 을 중심으로 하는 반경 약 200m의 해역	7-015 해역도	
7-016	2007년 3월 30일	出光興産株式会社 愛知製油所	일반 수저토사	2007년 4월 1일부터 2007년 6월 30일 까지의 3개월	30,229m ³	북위 33°31', 동경 137°37' 을 중심으로 하는 반경 9.5km의 해역	7-016 해역도	
7-017	2007년 3월 30일	新潟県 新潟地域振興局 新潟港湾事務所	일반 수저토사	2007년 6월 1일부터 2012년 5월 31일까지	300,000m ³	북위 37°59'57.486", 동경 139°04'8.656" 을 중심으로 하는 반경 250m의 해역	7-017 해역도	
7-018 -02	2008년 5월 27일	南関東防衛局	일반 수저토사	2007년 6월 1일부터 2008년 8월 16일까지	600,000m ³ (地山ベース) ほぐされた状態 750,000m ³	북위 34°13'00", 동경 140°38'00" 을 중심으로한 반경 7.0km의 해역	7-018 -02 해역도	기간 연장 등에 의한 변경 가능
7-019	2007년 4월 10일	新潟造船株式会社	일반 수저토사	2007년 5월 1일부터 2012년 3월 31일까지	25,000m ³	북위 37°59'57.486", 동경 139°04'8.656" 을 중심으로한 반경 250m의 해역	7-019 해역도	
7-020	2007년 4월 10일	山形県(由良漁港)	일반 수저토사	2007년 4월 10일부터 2010년 3월 31일까지	14,100m ³	북위 38°43'35", 동경 139°40'30" 을 중심으로한 반경 약 45m의 해역	7-020 해역도	
7-021	2007년 4월 10일	山形県(小波渡漁港)	일반 수저토사	2007년 4월 10일부터 2010년 3월 31일까지	6,300m ³	북위 38°42'15", 동경 139°37'30" 을 중심으로한 반경 약 200m의 해역	7-021 해역도	
7-022	2007년 4월 10일	山形県(米子漁港)	일반 수저토사	2007년 4월 10일부터 2010년 3월 31일까지	14,100m ³	북위 38°39'15", 동경 139°33'20" 을 중심으로한 반경 약 200m의 해역	7-022 해역도	

표 3-5-2. (계속)

허기번호	허기발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입처분량	배출해역	해역도	비고
7-024	2007년 6월 15일	銚子漁港事務所	일반 수저토사	2007년 6월 20일부터 2012년 3월 31일까지	360,000m ³	犬吠崎부터 지방위 90°~95° 36km~38km의 범위	7-024 해역도	
7-025	2007년 7월 3일	JFE스틸株式会社 知多製造所	일반 수저토사	2007년 7월 3일부터 2007년 8월 31일까지	6,613m ³	북위 33°49'00", 동경 137°45'00" 을 중심으로한 반경 1 k m의 해역	7-025 해역도	
7-026 -02	2007년 10월 5일	코스모石油株式会社 四日市製油所	일반 수저토사	2007년 10월 5일부터 2008년 7월 31일까지	110,070m ³	북위 33°59'00", 동경 137°00'30" 을 중심으로한 반경 1 km	7-026 -02 해역도	해역변 경에 의한 변경허 변경허 가
7-027 -02	2007년 7월 6일	長崎県 壱岐市	일반 수저토사	2007년 8월 1일부터 2008년 3월 30일까지	51,697m ³	북위 33°52'11.7", 동경 129°55'31.7" 을 중심으로한 반경 200m의 해역	7-027 -02 해역도	해역변 경에 의한 변경허 변경허 가
7-028	2007년 7월 20일	아사히팩株式会社	가축분뇨	2007년 7월 20일부터 2012년 7월 19일까지	17700m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-028 해역도	
7-029	2007년 7월 31일	有限会社 太陽畜産	가축분뇨	2007년 8월 1일부터 2012년 7월 31일까지	600m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-029 해역도	
7-030	2007년 7월 31일	有限会社 호크시즈에비노팜	가축분뇨	2007년 8월 1일부터 2012년 7월 31일까지	150m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-030 해역도	
7-031	2007년 7월 31일	長崎県五島地方局	일반 수저토사	2007년 8월 1일부터 2008년 3월 31일까지	1,200m ³	북위 32°25'00", 북위 129°07'00" 을 중심으로한 반경 300m의 해역	7-031 해역도	
7-032	2007년 7월 31일	鹿児島県鹿児島地域振興局	일반 수저토사	2007년 8월 1일부터 2012년 7월 31일까지	101,000m ³	북위 29°49'20", 동경 129°50'13" 을 중심으로한 반경 200m의 해역	7-032 해역도	
7-033	2007년 8월 13일	柿内重光	가축분뇨	2007년 8월 13일부터 2012년 8월 12일	2,000m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-033 해역도	
7-034	2007년 8월 13일	明石酒造株式会社	폐산 (소주粕)	2007년 8월 13일부터 2010년 8월 12일	600m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역	7-034 해역도	
7-035	2007년 9월 5일	徳島県高松総合県民局 (鞆奥漁港)	일반 수저토사	2007년 9월 5일부터 2012년 9월 4일까지	23,000m ³	북위 33°27'30", 동경 134°33'40" 을 중심으로한 반경 250m의 해역	7-035 해역도	

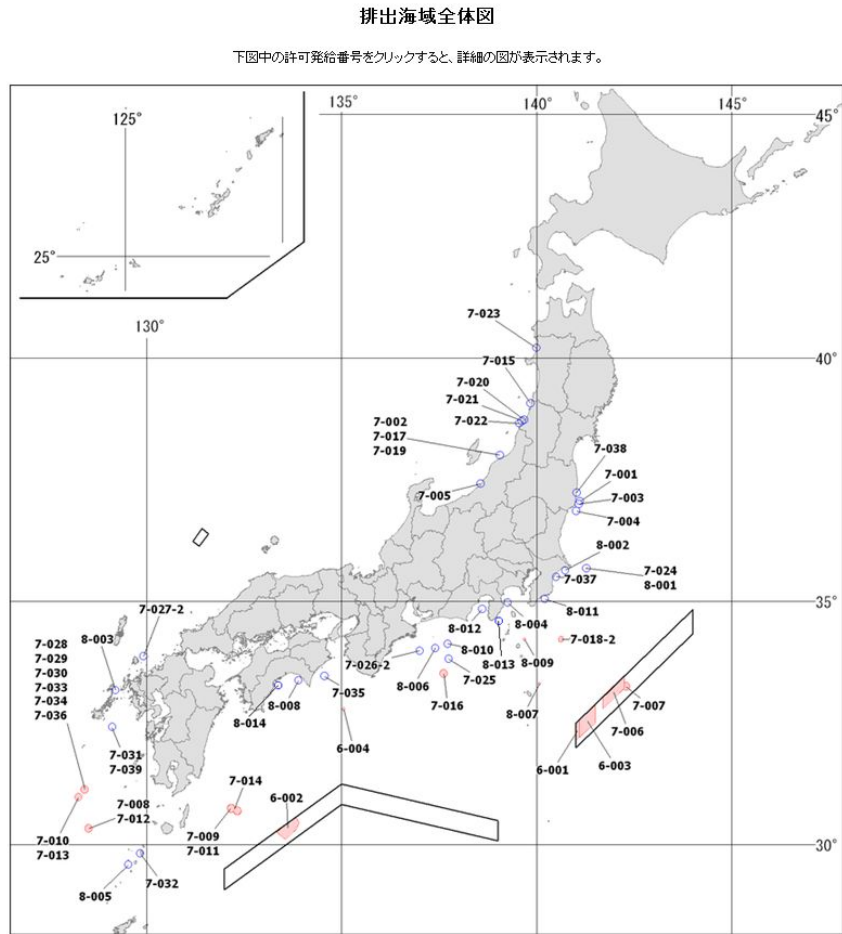
표 3-5-2. (계속)

허가번호	허가발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입저분량	배출해역	해역도	비고
7-036	2007년 9월 5일	神楽瀬造船株式会社	폐산 (소주제)	2007년 9월 5일부터 2011년 9월 4일까지	560m ³	북위 31°08'00", 동경 128°25'00" 을 중심으로한 반경 5마일(약 9.3km)의 해역 북위 35°30.466'00", 동경 140°29.816'00" 북위 35°30.266'00", 동경 140°29.583'00" 북위 35°30.083'00", 동경 140°29.816'00" 북위 35°30.266'00", 동경 140°30.05'00" 이상 4점의 내측	7-036 해역도	
7-037	2007년 11월 2일	千葉県銚子漁港事務所 (片貝漁港)	일반 수저토사	2007년 11월 2일부터 2012년 11월 1일까지	85,000m ³	[1]북위 37°14'05.1", 동경 141°01'33.9" [2]북위 37°14'05.5", 동경 141°01'33.0" [3]북위 37°13'45.5", 동경 141°01'20.4" [4]북위 37°13'45.8", 동경 141°01'19.5" 이상 4점에 둘러싸인 해역	7-037 해역도	
7-038	2007년 12월 28일	東京電力株式会社 中央火力事業所 広野火力発電所	일반 수저토사	2007년 12월 28일부터 2008년 3월 31일까지	50,000m ³	북위 32°25', 동경 129°07' 을 중심으로한 반경 300m의 해역	7-038 해역도	
7-039	2007년 12월 28일	五島市(貝津漁港)	일반 수저토사	2008년 2월 1일부터 2008년 3월 31일까지	1,900m ³	북위 32°25', 동경 129°07' 을 중심으로한 반경 300m의 해역	7-039 해역도	
8-001	2008년 2월 13일	千葉県銚子漁港事務所 (外川漁港)	일반 수저토사	2008년 2월 13일부터 2013년 2월 12일까지	99,500m ³	大崎崎부터 자방위 90°~95°.36km~38km 의 범위	8-001 해역도	
8-002	2008년 2월 13일	千葉県銚子漁港事務所 (飯岡漁港)	일반 수저토사	2008년 2월 13일부터 2013년 2월 12일까지	80,000m ³	북위 35°38'14", 동경 140°43'56" 북위 35°38'04", 동경 140°43'56" 북위 35°38'04", 동경 140°44'08" 북위 35°38'14", 동경 140°44'08" 이상 4점의 내측	8-002 해역도	
8-003	2008년 2월 27일	長崎県(小値賀漁港)	일반 수저토사	2008년 2월 27일부터 2010년 3월 31일까지	62,500m ³	북위 33°10'20", 동경 129°12'36" 을 중심으로한 반경 500m의 해역	8-003 해역도	
8-004	2008년 3월 7일	熱海土木事務所(伊東港)	일반 수저토사	2008년 3월 7일부터 2011년 3월 6일까지	46,000m ³	북위 34°58'11", 동경 139°15'48" 을 중심으로한 반경 250m의 해역	8-004 해역도	
8-005	2008년 3월 13일	鹿児島県十島村(東之浜港)	일반 수저토사	2008년 3월 13일부터 2011년 3월 12일까지	31,600m ³	북위 29°35'20", 동경 129°32'00" 을 중심으로한 반경 200m의 해역	8-005 해역도	
8-006	2008년 3월 13일	三重県 (津松坂・鳥羽・白子・千代崎)	일반 수저토사	2008년 4월 1일부터 2011년 3월 31일까지	341,000m ³	북위 34°02'15", 동경 137°24'20" 을 중심으로한 반경 1km의 해역	8-006 해역도	
8-007	2008년 5월 16일	東京都 (神楽瀬港, 神湊港, 洞輪沢漁港)	일반 수저토사	2008년 5월 16일부터 2011년 5월 15일까지	42,600m ³	북위 33°18'14", 동경 140°04'31" 을 중심으로한 반경 4km의 해역	8-007 해역도	

표 3-5-2. (계속)

허가번호	허가발급일	회사명 및 명칭	폐기물종류	처분기간	투입저분량	배출해역	해역도	비고
8-008	2008년 5월 16일	高知県安田町長 (安田漁港)	일반 수저토사	2008년 5월 16일부터 2010년 3월 31일까지	10,000m ³	북위 33°22'24.20", 동경 133°53'38.00" 을 중심으로한 반경 250m의 해역	8-008 해역도	
8-009	2008년 5월 16일	東京都 (三浦漁港, 御蔵島港)	일반 수저토사	2008년 5월 16일부터 2013년 5월 15일까지	261,000m ³	북위 34°12'57", 동경 139°41'05" 을 중심으로한 반경 3.5km의 해역	8-009 해역도	
8-010	2008년 7월 22일	日本金屬工業株式会社 衣浦製造所	일반 수저토사	2008년 7월 25일부터 2008년 8월 15일까지	6,120m ³	북위 34°07'30", 동경 137°43'00" 을 중심으로한 반경 1.0km의 해역	8-010 해역도	
8-011	2008년 7월 25일	鴨川市(浜藪漁港)	일반 수저토사	2008년 8월 1일부터 2009년 3월 31일까지	18,000m ³	북위 35°02'44", 동경 140°12'30" 을 중심으로한 반경 300m의 해역	8-011 해역도	
8-012	2008년 7월 25일	静岡県大井川町 (大井川港)	일반 수저토사	2008년 8월 1일부터 2013년 7월 31일까지	15,000m ³	[1]북위 34°50'11", 동경 138°36'11" [2]북위 34°50'30", 동경 138°36'11" [3]북위 34°50'30", 동경 138°36'35" [4]북위 34°50'11", 동경 138°36'35" 이상의 4점에 둘러싸인 해역	8-012 해역도	
8-013	2008년 12월 18일	静岡県下田土木事務所 (下田港・手石港)	일반 수저토사	2009년 1월 10일부터 2010년 1월 9일까지	5,000m ³	북위 34°34'12", 동경 139°00'48" 을 중심으로한 반경 100m의 해역	8-013 해역도	
8-014	2008년 12월 18일	日鉄鉱業株式会社 鳥形山鉱業所	일반 수저토사	2008년 12월 18일부터 2009년 3월 31일까지	43,800m ³	북위 33°17'47", 동경 133°22'03" 을 중심으로한 반경 200m의 해역	8-014 해역도	

표 3-5-2. (계속)



(2) 중국

표 3-5-3은 1999년부터 2005년까지 중국이 런던협약 및 런던의정서 사무국에 제출한 투기허가발행보고서를 토대로 하여 정리한 해양투기 품목 및 해양투기량이다. 중국은 준설물만 해양투기했다고 보고되었다.

표 3-5-3. 중국의 연도별 폐기물 해양투기량(단위: 천톤/년)

국가	폐기물 품목	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
중국	준설물	67,613	52,336	143,440	139,892	164,853	190,593	250,588

표 3-5-4에는 인터넷 검색을 통해 입수된 1986년부터 2008년까지 중국의 준설물 해양투기해역별 해양투기 실적을 발췌하였다. 표에서도 해양투기 품목은 준설물로만 기재되어 있다.

표 3-5-4. 중국의 준설물 해양투기해역별 승인·폐쇄 일시, 투기품목 및 누계 투기량

번호	명칭	위 치	심사비준	승인일자	폐쇄일자	투기물질유형	누계투기양 (만m ³)	본월 (m ³)
1	溫州港臨時投棄區	40°32'00"N, 121°07'30"E, 반경 0.5km	국가해양국	2002년 10월	2008년 6월 30일	3류준설물	1,100.18	257,000
2	葫蘆島新港一期工程 臨時海洋傾倒區	40°34'00"N, 120°59'00"E, 반경 1.0km	국가해양국	2005년 8월	2007년 8월 30일	3류준설물	83.5	122,000
3	大連港庄河港區黃圈 碼頭通用泊位工程臨 時海洋傾倒區	39°33'00"N, 123°20'00"E, 반경 1km	국가해양국	2006년 2월	2008년 12월 31일	3류준설물	153.49	111,000
4	大連大窑灣二期工程 臨時海洋傾倒區	122°05'40"E, 38°57'48"N, 반경 0.5km	국가해양국	2006년 6월 27일	2008년 6월 30일	3류준설물	44.5	674,000
5	秦皇島港東港區臨時 海洋傾倒區	39°54'00"N, 119°46'00"E, 반경 1.0km	국가해양국	2005년 4월	2006년 12월 31일	3류준설물	336.2	127,000
6	秦皇島西港區航運改 造工程臨時海洋傾倒區	39°45'00"N, 119°44'00"E, 반경 1km	국가해양국	2006년 2월	2007년 12월 31일	3류준설물	235	110,000
7	京唐港臨時傾倒區	39°06'20"N, 119°03'24"E, 반경 1km	국가해양국			3류준설물	1,382.6	80,000
8	天津港臨時傾倒區A區	38°59'55"N, 117°58'45"E, 반경 0.5km	국가해양국			3류준설물	2,732.8	84,000
9	黃驛港C1區臨時傾倒區	38°30'30"N, 118°06'00"E, 반경 1.5km	국가해양국	2004년 7월	2005년 6월 30일	3류준설물	3,029	1,900,000
10	青島正式傾倒區	35°58'39"-35°59'24"N, 120°18'00"-120°20'00"E	국무원	1986년 11월		3류준설물	6,898.1247	596,470
11	日照港臨時海洋傾倒區	35°17'00"-35°18'16"N, 119°36'06"-119°36'54"E	국가해양국			3류준설물	3,778.3118	429,629
12	岚山港臨時海洋傾倒區	中心点 35°00'00"N, 119°24'00"E, 반경 1.0km	국가해양국		2005년 12월 31일	3류준설물	201.254	286,000
13	烟台港海洋傾倒區	37°37'12"-37°38'06"N, 121°31'45"-121°33'15"E	국무원	1988년 1월		3류준설물	874.941	51,000
14	吳淞口北傾倒區	○11, ○12 灯浮(31°26'06"N, 121°30'50"E ; 31°26'27"N, 121°30'21"E) 联线以北600米和以南400米水域。	국무원	1990년 9월		준설물	3,565.81	165,018
15	洋山深水港一期工程 臨時傾倒區	在 122°18'21"E, 30°34'43"N ; 122°19'37"E, 30°36'13"N ; 122°18'53"E, 30°36'41"N ; 122°17'37"E, 30°35'12"N 四点范围	국가해양국	2004년 8월		준설물	1,577	600,000

표 3-5-4. (계속)

번호	명칭	위 치	심사기준	승인일자	폐쇄일자	투기물질유형	누계투기양 (만m ³)	본질 (m ³)
16	甬江口七里屿与外游山连线以西涨潮倾倒区 甬江口七里屿与外游山连线以东落潮倾倒区	在 121°44'28"E, 29°59'32"N ; 121°45'16"E, 29°59'32"N; 121°45'02"E, 29°58'54"N ; 121°44'28"E, 29°58'54"N 四点范围和 121°46'20"E, 29°58'42"N; 121°45'56"E, 29°59'18"N; 121°47'08"E, 29°59'18"N; 121°47'08"E, 29°58'42"N 四点范围	국무원	1993년 3월		준설물	262.97	200,000
17	浯屿3类浚淤物临时倾倒区	在以下四点连线范围内： 118°09.27'E, 24°20.00'N; 118°09.57'E, 24°20.00'N; 118°09.81'E, 24°19.52'N; 118°09.50'E, 24°19.52'N。	국가해양국 동해분국	1995년 10월		준설물	1,240.58	180,000
18	连云港北倾倒区	在以下四点范围: 34°46'10"N, 119°29'28"E; 34°46'49"N, 119°31'47"E; 34°45'40"N, 119°29'36"E; 34°46'20"N, 119°31'54"E	국무원	1993년 3월		준설물	1,677.04	300,000
19	连云港南倾倒区	在以下四点范围内: 34°43'18"N, 119°32'03"E; 34°43'00"N, 119°32'10"E; 34°43'57"N, 119°34'28"E; 34°43'40"N, 119°34'36"E	동해분국	1992년 1월		준설물	3,228.68	922,000
20	连云港15万吨级航道扩建工程临时倾倒区	在以下四点范围内: 34°44'43.3"N, 119°39'45.0"E; 34°45'14.8"N, 119°39'32.1"E; 34°44'26.2"N, 119°38'24.5"E; 34°43'54.7"N, 119°36'37.5"E	국가해양국	2006년 2월		준설물	148.68	523,200
21	厦门港扩建工程临时海洋倾倒区	以118°10'15"E, 24°11'52"N为中心, 半径2公里的圆形海域。	국가해양국	2006년 6월		준설물	34.26	342,600
22	汕头港疏浚临时性海洋倾倒区	116°49'00"E, 23°14'00"N; 116°50'00"E, 23°14'00"N; 116°49'30"E, 23°12'00"N; 116°48'30"E, 23°12'00"N 以上四点连线范围	국가해양국	1992년		준설물	2,277.23	198,000
22	汕头港疏浚临时性海洋倾倒区	116°49'00"E, 23°14'00"N; 116°50'00"E, 23°14'00"N; 116°49'30"E, 23°12'00"N; 116°48'30"E, 23°12'00"N 以上四点连线范围	국가해양국	1992년		준설물	2,277.23	198,000
23	荷包岛南临时海洋倾倒区	21°43'00"-21°45'30"N 113°09'00"-113°11'00"E	국가해양국	2003년 9월		준설물	1,676.17	1,473,000

표 3-5-4. (계속)

번호	명칭	위 치	심사비준	승인일자	폐쇄일자	투기물질유형	누계투기양 (만㎡)	본월 (㎡)
23	荷包岛南 临时海洋倾倒区	21°43'00"-21°45'30"N 113°09'00"-113°11'00"E	국가해양국	2003년 9월		준설물	1,676.17	1,473,000
24	黄茅岛倾倒区	22°01'00"-21°58'00"N 113°38'30"-113°40'30"E	국무원	1986년		준설물	642.11	112,000
25	九澳岛东南倾倒区	以113°36'12"E22°06'24"N 为中心, 半径520M范围内	국무원	1987년		준설물	2,445.0195	289,200
26	深圳铜鼓航路临时倾 倒区	113°55'18"E21°59'49"N, 113°57'19"E21°59'49"N, 113°53'46"E 21°57'11"N, 113°55'46"E 21°57'11"N 四点连线范围内	국가해양국	2005년		준설물	674.6129	482,780
27	淇澳岛东北倾倒区	22°27'18"-22°30'00"N, 113°42'00"-113°43'10"E	국무원	1988년		준설물	604.7	43,000
28	大亚湾疏浚临时海 洋倾倒区	114°42'E-114°44'E, 22°22'30"N-22°24'30"N	국가해양국	2003년		준설물	1304.7	1,690,000
29	饶平七星礁南疏浚泥 临时性海洋倾倒区	以117°15'24"E, 23°25'53"N 为中心, 半径0.8公里的范围内	국가해양국	2005년		준설물	82.72	150,000
30	惠来电厂吹填区	116°33'03.78", 23°00'10.8", 116°33'21.68", 23°00'17.55", 116°33'13.39", 23°00'36.39" 与岸线围成的区域	남해본국	2005년		준설물	100.06	140,000
31	汕尾发电厂疏浚泥临 时性海洋倾倒区	115°39'59"E-115°41'09"E, 22°41'56"N-22°42'44"N	국가해양국	2006년		준설물	37.748	192,790
32	洋浦海洋倾倒区	19°45'00" N 108°58'00"E	국가해양국	1990년 9월 19일		깨끗한준설물 (1类)	399.5194	20,000
33	马村海洋倾倒区	20°00'45" N 110°01'00"E	국가해양국	1990년 9월 25일		깨끗한준설물	173.71	80,000
합 계	합 계							12,931,687

상기에서 중국의 각 투기구별 준설물질 투기위치 및 투기량에 대해서 살펴보았다. 이하에서는 입수가능한 매월별 상세한 준설물질 투기량과 투기구에 대해서 2005년 7월부터 2008년 8월까지의 투기현황을 정리하였다. 2005년부터 2006년까지는 구체적인 폐기물 성분검사 신청기관에 관한 자료는 없어 각 기관별 투기현황을 알 수 없었고, 2007년 이후에는 매월 각 성분검사 신청기관별 투기현황 자료를 표로 정리하였다.

(가) 2005년 준설물 투기현황

□ 2005년 7월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 32개(임시 투기구 23개)
- 투기준설물 : 15,232,064m³
- 발급 투기허가증 정본 : 36부
- 승인 투기 준설물 : 14,808,184m³
- 투기비 징수액 : 704,640위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 24개

□ 2005년 8월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 35개(임시 투기구 26개)
- 투기준설물 : 13,284,612m³
- 발급 투기허가증 정본 : 33부
- 승인 투기 준설물 : 21,676,182m³
- 투기비 징수액 : 1,081,052위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 16개

□ 2005년 9월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 34개(임시 투기구 24개)
- 투기준설물 : 14,551,132m³
- 발급 투기허가증 정본 : 39부
- 승인 투기 준설물 : 13,486,166m³
- 투기비 징수액 : 673,808위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 16개

□ 2005년 10월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 33개(임시 투기구 24개)
- 투기준설물 : 17,482,630m³
- 발급 투기허가증 정본 : 36부
- 승인 투기 준설물 : 39,702,364m³
- 투기비 징수액 : 1,985,118위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 15개

□ 2005년 11월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 38개(임시 투기구 24개)
- 투기준설물 : 15,462,946m³
- 발급 투기허가증 정본 : 64부
- 승인 투기 준설물 : 11,543,344m³
- 투기비 징수액 : 576,987위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 55개

□ 2005년 12월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 32개(임시 투기구 24개)
- 투기준설물 : 13,023,954m³
- 발급 투기허가증 정본 : 43부
- 승인 투기 준설물 : 26,776,472m³
- 투기비 징수액 : 1,509,468위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 27개

(나) 2006년 준설물 투기현황

□ 2006년 1월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 30개(임시 투기구 23개)
- 투기준설물 : 12,902,696m³
- 발급 투기허가증 정본 : 62부
- 승인 투기 준설물 : 37,533,921m³
- 투기비 징수액 : 8,326,406위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 28개

□ 2006년 2월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 29개(임시 투기구 21개)
- 투기준설물 : 12,121,237m³
- 발급 투기허가증 정본 : 27부
- 승인 투기 준설물 : 11,349,672m³
- 투기비 징수액 : 3,148,301위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 7개

□ 2006년 3월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 31개(임시 투기구 21개)
- 투기준설물 : 11,651,472m³
- 발급 투기허가증 정본 : 55부
- 승인 투기 준설물 : 32,471,132m³
- 투기비 징수액 : 8,418,840위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 21개

□ 2006년 4월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 36개(임시 투기구 29개)
- 투기준설물 : 12,248,785m³
- 발급 투기허가증 정본 : 40부
- 승인 투기 준설물 : 17,193,345m³
- 투기비 징수액 : 4,230,704위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 26개

□ 2006년 5월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 37개(임시 투기구 29개)
- 투기준설물 : 14,929,784m³
- 발급 투기허가증 정본 : 41부
- 승인 투기 준설물 : 10,464,280m³
- 투기비 징수액 : 2,590,282위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 16개

□ 2006년 6월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 34개(임시 투기구 26개)
- 투기준설물 : 16,137,303m³
- 발급 투기허가증 정본 : 28부
- 승인 투기 준설물 : 2,774,329m³
- 투기비 징수액 : 832,298위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 17개

□ 2006년 7월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 31개(임시 투기구 24개)
- 투기준설물 : 15,471,776m³
- 발급 투기허가증 정본 : 28부
- 승인 투기 준설물 : 17,358,712m³
- 투기비 징수액 : 4,087,484위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 17개

□ 2006년 8월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 36개(임시 투기구 27개)
- 투기준설물 : 16,109,225m³
- 발급 투기허가증 정본 : 39부
- 승인 투기 준설물 : 13,054,287m³
- 투기비 징수액 : 3,843,386위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 19개

□ 2006년 9월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 37개(임시 투기구 29개)
- 투기준설물 : 14,655,150m³
- 발급 투기허가증 정본 : 39부
- 승인 투기 준설물 : 19,489,795m³
- 투기비 징수액 : 5,119,838위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 17개

□ 2006년 10월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 36개(임시 투기구 29개)
- 투기준설물 : 16,950,559m³
- 발급 투기허가증 정본 : 35부
- 승인 투기 준설물 : 11,405,175m³
- 투기비 징수액 : 1,689,540위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 15개

□ 2006년 11월 해양투기 현황

- 국무원 승인 준설물 투기구 : 34개(공중 방유구 4개)
- 사용투기구 : 38개
- 투기준설물 : 14,529,893m³
- 발급 투기허가증 정본 : 29부
- 승인 투기 준설물 : 15,490,596m³
- 투기비 징수액 : 1,346,679위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 20개

□ 2006년 12월 해양투기 현황

- 국무원이 승인한 준설물 투기구 : 34개(공중방유구 4개)
- 사용된 투기구 : 35개(임시:29개)
- 총 투기 준설물 : 16,805,025m³
- 발급 투기허가증(정본)35부
- 투기 승인 준설물 : 15,299,841m³
- 투기비 징수액 : 647,452위안
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 22개

(다) 2007년 준설물 투기현황

□ 2007년 1월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 1개
- 실제 이용된 투기구 : 29개
- 투기 준설물 : 1,517.2만^m(지난 달에 비해 338.8만^m 감소)
- 발급 허가증 정본 : 43부(지난 달에 비해 8부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 4,575.6만^m(지난 달에 비해 3,045.6만^m 증가)
- 투기비 징수액 : 155.8만 위안(지난 달에 비해 791.1만 위안 증가)
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 22개(지난 달과 같음)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (^m)	당월실제 투기량 (^m)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	8	14	14,270,000	4,264,641	2,273,500	1
2	동해	0	5	6	29,880,000	5,834,260	8,964,000	18
3	남해	1	12	0	0	4,280,679	0	1
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	0	0	17,190	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	
9	상해	0	1	18	424,395	424,395	127,318	0
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	4	1,051,660	0	154,351	2
12	광둥	0	0	1	130,000	0	39,000	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	2	0	0	351,400	0	00
합계		1	29	43	45,756,055	15,172,565	11,558,169	22

□ 2007년 2월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용 투기구 : 27개
- 투기 준설물 : 1,279.3만^m³(지난 달에 비해 237.9만^m³ 감소)
- 발급 허가증 정본 : 23부(지난 달에 비해 20부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 403.6만^m³(지난 달에 비해 4,172만^m³ 감소)
- 투기비 정수액 : 114.8만 위안(지난 달에 비해 1,041만 위안 감소)
- 폐기물 성분검수 신청기관 : 13개(지난 달에 비해 9개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 정수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	9	8	1,320,000	3,217,925	333,500	1
2	동해	0	5	2	1,100,000	5,615,542	330,000	4
3	남해	0	12	4	1,143,000	3,571,926	342,900	4
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	6	53,246	53,246	15,973.8	0
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	1	3	419,878	120,000	125,963	4
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	0	0	214,100	0	0
합계		0	27	23	4,036,124	12,792,739	1,148,336.8	13

□ 2007년 3월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 32개
- 투기 준설물 : 1,445.9만^m³(지난 달에 비해 166.6만^m³ 증가)
- 투기 유골 : 400합
- 발급 허가증 정본 : 38부(지난 달에 비해 15부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 5,379.3만^m³(지난 달에 비해 4,975.7만^m³ 증가)
- 투기비 징수액 : 1,244.3만 위안(지난 달에 비해 1,129.5만 위안 증가)
- 승인 투기 유골 : 978합
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 23개(지난 달에 비해 10개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	11	10	19,415,940	4,295,530	2,774,782	1
2	동해	0	4	2	3,861,662	5,501,163	1,158,498.6	10
3	남해	0	14	8	29,418,000	4,467,841	8,325,400	8
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	4	600,000 +유골548합	23,310	35,000	2
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	11	171,437 +유골400합	171,437 +유골 400합	51,431.1	0
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	3	326,000 +유골30합	0	97,800	2
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	0	0	0	0	0	0
합계		0	32	38	53,793,039+ 유골 978합	14,459,281 +유골 400합	12,442,911.7	23

□ 2007년 4월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 37개
- 투기 준설물 : 1,791.8만^m (지난 달에 비해 345.9만^m 증가)
- 투기 유골 : 300합
- 발급 허가증 정본 : 46부(지난 달에 비해 8부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 1,136.8만^m(지난 달에 비해 4,242.5만^m 감소)
- 투기비 징수액 : 285.8만 위안(지난 달에 비해 958.5만 위안 감소)
- 승인 유골 투기 : 300합
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 25개(지난 달에 비해 2개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	14	10	3,830,000	4,538,729	961,500	1
2	동해	0	6	1	360,000	6,447,742	108,000	19
3	남해	0	12	2	5,630,000	6,415,184	1,324,500	4
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	3	21	326,260 +유골300합	32,6260	97,878	0
10	절강	0	0	9	576,134	0	172,840	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	2	600,000	0	180,000	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	2	1	46,000	190,361	13,800	1
합계		0	37	46	11,368,394 +유골 300합	17,918,276 +유골 300합	2,858,518	25

□ 2007년 5월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 39개
- 투기된 준설물 : 1,253.4만^m³(지난 달에 비해 538.4만^m³ 감소)
- 유골 투기 : 187합
- 발급 허가증 정본 : 17부(지난 달에 비해 29부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 1,702.7만^m³(지난 달에 비해 565.9만^m³ 증가)
- 투기비 징수액 : 484.9만 위안(지난 달에 비해 199.1만 위안 증가)
- 승인 유골 투기 : 187합
- 폐기물 성분 검수 신청기관 : 9개(지난 달에 비해 16개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	16	4	1,450,000	3,832,520	185,000	1
2	동해	0	6	4	13,500,000	2,662,070	4,050,000	1
3	남해	0	12	2	1,433,000	5,770,287	429,900	2
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	0	0	34300	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	5	234,700 +유골187합	234,700 +유골187합	70,410	4
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	2	2	410,000	0	114,000	1
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	0	0	0	0	0	0
합계		0	39	17	17,027,700 +유골 187합	12,533,877 +유골 187합	4,849,310	9

□ 2007년 6월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 35개
- 투기 준설물 : 1,343만^m(지난 달에 비해 89.6만^m 증가)
- 발급 허가증 정본 : 28부(지난 달에 비해 11부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 3,555.4만^m(지난 달에 비해 1,852.7만^m 증가)
- 투기비 징수액 : 996.6만 위안(지난 달에 비해 511.7만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청기관 : 20개(지난 달에 비해 11개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	14	4	6,500,000	3307,180	950,000	1
2	동해	0	6	3	26,500,000	5,571,367	7,950,000	0
3	남해	0	12	2	1,820,000	4,163,320	846,000	2
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	1	200000	1,1800	60,000	1
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	0	17	508,927	286,427	152,678	15
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	1	25,000	90,000	7,500	1
합계		0	35	28	35,553,927	13,430,094	9,966,178	20

□ 2007년 7월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 32개
- 투기된 준설물 : 1,728.0만^m³(지난 달에 비해 385.0만^m³ 증가)
- 발급허가증 정본 : 34부(지난 달에 비해 6부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 1,248.9만^m³(지난 달에 비해 2,306.5만^m³ 감소)
- 투기비 징수액 : 368.7만 위안(지난 달에 비해 627.9만 위안 감소)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 20개(지난 달과 동일)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	12	5	812,000	5,380,600	243,600	1
2	동해	0	6	7	4,500,000	6,639,110	1,350,000	2
3	남해	0	11	7	7,010,000	5,019,309.5	2,055,800	7
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	15	167,004	125,804	37,741	10
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	2	0	0	115,000	0	0
합계		0	32	34	12,489,004	17,279,823.5	3,687,141	20

□ 2007년 8월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제사용된 투기구 : 32개
- 실제 투기된 준설물 : 1,752.5만^m(지난 달에 비해 24.5만^m 증가)
- 발급 허가증 정본 : 31부(지난 달에 비해 3부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 665.3만^m(지난 달에 비해 583.6만^m 감소)
- 투기비 징수액 : 109.0만 위안(지난 달에 비해 259.7만 위안 감소)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 19개(지난 달에 비해 1개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	12	7	4,150,000	4,305,820	320,000	1
2	동해	0	6	3	600,000	7,726,378	180,000	1
3	남해	0	11	3	1,150,000	4,784,802	345,000	3
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	2	200,000 +(유골 168합)	13,578	60,000	1
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	16	753,244	618,244	185,473	13
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	0	0	90,000	0	0
합계		0	32	31	6,653,244	17,525,257.58	1,090,473	19

□ 2007년 9월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 30개
- 실제 투기된 준설물 : 1,808.3만^m³(지난 달에 비해 55.8만^m³ 증가)
- 발급허가증 정본 : 13부(지난 달에 비해 18부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 1,298.5만^m³(지난 달에 비해 633.2만^m³ 증가)
- 투기비 징수액 : 258.5만 위안(지난 달에 비해 149.5만 위안 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	11	8	7,515,000	5,917,070	1,004,500	2
2	동해	0	7	0	0	7,015,637	0	0
3	남해	0	12	5	5,470,000	5,150,037	1,581,000	5
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	00
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	0	0	0	0	0	0
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	0	0	0	0	0	0
합계		0	30	13	12,985,000	18,082,744	2,585,500	7

□ 2007년 10월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 4개
- 실제 투기된 준설물 : 1,907.3만^m₃(지난 달에 비해 99만^m₃ 증가)
- 양자강 입구 유골 임시 투기구에 유골 800합 투기
- 발급허가증 정본 : 30부(지난 달에 비해 17부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 674.5만^m₃(지난 달에 비해 624만^m₃ 감소)
- 투기비 징수액 : 147.5만 위안(지난 달에 비해 111만 위안 감소)
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 20개(지난 달에 비해 13개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	12	4	2,500,000	6,807,015	200000	0
2	동해	0	7	1	1,077,000	6,610,011	323100	3
3	남해	0	12	2	2,120,000	5,300,764	636000	2
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	1	300,000	0	90000	1
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	17	210,790 +유골 800합	215,590 +유골 800합	64677	9
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	4	518,037	0	155411	4
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	1	20,000	140,000	6000	1
합계		0	34	30	6,745,827	19,073,380	1475188	20

□ 2007년 11월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 35개
- 실제 투기된 준설물 : 1,459.6만^m³(지난 달에 비해 447.7만^m³ 감소)
- 발급허가증 정본 : 40부(지난 달에 비해 10부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 2,096.4만^m³(지난 달에 비해 1,421.9만^m³ 증가)
- 투기비 징수액 : 398.9만 위안(지난 달에 비해 251.4만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 29개(지난 달에 비해 9개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	13	7	10,200,000	3,982,020	760,000	0
2	동해	0	7	4	1,606,400	6,428,258	481,920	3
3	남해	0	12	3	8,750,000	3,484,109	2,625,000	3
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	1	150,000	417,000	45,000	10
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	23	234554	234,554	70,366	20
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	2	22,842	0	6,853	2
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	0	0	50,000	0	0
합계		0	35	40	20,963,796	14,595,941	3,989,139	29

□ 2007년 12월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 37개
- 실제 투기된 준설물 : 1,959.2만^m3(지난 달에 비해 499.6만^m3 증가)
- 발급허가증 정본 : 39부(지난 달에 비해 1부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 633.3만^m3(지난 달에 비해 1,463.1만^m3 감소)
- 투기비 징수액 : 123.4만 위안(지난 달에 비해 275.5만 위안 감소)
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 31개(지난 달에 비해 2개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	12	4	4,770,000	8,092,660	760,500	0
2	동해	0	7	1	0	6,846,008	0	0
3	남해	0	13	3	851,500	3,881,783	255,450	0
4	요녕	0	0	0	0	0	0	
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	4	31	711,908	711,908	217,977	28
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	0	0	60,000	0	0
합계		0	37	39	6,333,408	19,592,359	1,233,927	31

(라) 2008년 준설물 투기현황

□ 2008년 1월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 24개
- 실제 투기된 준설물 : 1,246.7만^m₃(지난 달에 비해 712.5만^m₃ 감소)
- 발급허가증 정본 : 46부(지난 달에 비해 7부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 41,94.5만^m₃(지난 달에 비해 3,561.2만^m₃ 증가)
- 투기비 징수액 : 1,274.2만 위안(지난 달에 비해 1,150.8만 위안 증가)
- 폐기물 성분 검수 신청 기관 : 30개(지난 달에 비해 1개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	8	13	3,310,000	4,749,155	1,448,000	2
2	동해	0	4	7	31,253,000	4,755,225	9,375,900	5
3	남해	0	9	8	6,714,650	2,471,086	1,739,395	6
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	17	442,086	442,086	134,894	15
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0		183,790	0	31,595	1
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	1	1	42,000	50,000	12,600	1
합계		0	24	46	41,945,526	12,467,552	12,742,384	30

□ 2008년 2월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 21개
- 실제 투기된 준설물 : 1,125.6만^m³(지난 달에 비해 121.1만^m³ 감소)
- 발급허가증 정본 : 25부(지난 달에 비해 21부 감소)
- 승인된 준설물 투기량 : 411.3만^m³(지난 달에 비해 3,783.2만^m³ 감소)
- 투기비 징수액 : 124.0만 위안(지난 달에 비해 1,150.2만 위안 감소)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 17개(지난 달에 비해 13개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	5	4	1,900,000	4,305,970	570,000	0
2	동해	0	4	0		4,529,471	0	0
3	남해	0	8	4	1,907,300	2,180,950	572,190	4
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	0	0	0	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	5	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	15	144,585	144,585	49,775	11
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	3	2	160,800	95,000	48,240	2
합계		0	21	25	4,112,685	11,255,976	1,240,205	17

□ 2008년 3월 해양투기 현황

- 새로 승인된 투기구 : 없음
- 실제 사용된 투기구 : 27개
- 실제 투기된 준설물 : 1,477.9만^m(지난 달에 비해 352.3만^m 증가)
- 발급허가증 정본 : 46부(지난 달에 비해 21부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 2,772.9만^m(지난 달에 비해 2,361.6만^m 증가)
- 투기비 징수액 : 249.1만 위안(지난 달에 비해 125.1만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 26개(지난 달에 비해 9개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	10	8	14,380,000	5,687,155	1,214,000	0
2	동해	0	4	1	600,000	5,624,445	180,000	0
3	남해	0	8	2	11,085,000	2,784,650	625,500	2
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	0	3	220,000 +유골198합	0	66,000	2
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	27	656,324 +유골329합	656,324 +유골329합	199,562	19
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	4	180,000	0	24,000	2
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	3	1	608,000	27,000	182,400	1
합계		0	27	46	27,729,324 +유골 527합	14,779,574 +유골 29합	2,491,462	26

□ 2008년 4월 해양투기 현황

- 실제 사용된 투기구 : 29개
- 실제 투기된 준설물 : 1,292.3만^m(지난 달에 비해 185.6만^m 감소)
- 발급허가증 정본 : 39부(지난 달에 비해 7부 감소)
- 승인준설물 투기량 : 1,762.7만^m(지난 달에 비해 1,010.2만^m 감소)
- 투기비 징수액 : 442.3만 위안(지난 달에 비해 193.2만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청기관 : 24개(지난 달에 비해 2개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	10	9	6,850,000	5,975,315	1,187,500	0
2	동해	0	4	4	6,110,000	4,935,440	1,833,000	7
3	남해	0	10	7	4,400,000	1,667,904	1,320,000	7
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	0	0	77,300	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	17	167,140 +유골 351합	167,140 +유골 351합	52,572	9
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	2	2	100,000	100,000	30,000	1
합계		0	29	39	17,627,140 +유골 351합	12,923,099 +유골 351합	4,423,072	24

□ 2008년 5월 해양투기 현황

- 임시 해양투기구 1개구 승인
- 실제 사용 투기구 : 30개
- 실제 투기된 준설물 : 1,371.2만^m₃(지난 달에 비해 78.9만^m₃ 증가)
- 발급허가증 : 정본 32부(지난 달에 비해 7부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 1,094.0만^m₃(지난 달에 비해 668.7만^m₃ 감소)
- 투기비 징수액 : 153.5만 위안(지난 달에 비해 288.8만 위안 감소)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 24(지난 달과 같은 수준 유지)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	11	6	10,400,000	6,681,844	1370,000	6
2	동해	0	5	3	0	5,300,001	0	0
3	남해	1	11	1	228,300	1,397,182	68,490	1
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	1	20,000	41,170	,6000	1
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	2	21	292,100 +유골 515합	292,100 +유골515합	90,854	16
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	0	0	0	0	0
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	0	0	0	0	0	0
합계		1	30	32	10,940,400 +유골 515합	13,712,297 +유골 515합	1,535,344	24

□ 2008년 6월 해양투기 현황

- 실제 사용된 투기구 : 29개
- 실제 투기된 준설물 : 1,824.0만㎥(지난 달에 비해 452.8만㎥ 감소 증가)
- 발급 허가증 정본 : 35부(지난 달에 비해 3부 증가)
- 승인 준설물 투기량 : 1,824.9만㎥(지난 달에 비해 730.9만㎥ 증가)
- 투기비 징수액 : 167.5만 위안 징수(지난 달에 비해 14.0만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 23개(지난 달에 비해 1개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (㎥)	당월실제 투기량 (㎥)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	0	10	6	1,4600,000	10,744,110	755,000	2
2	동해	0	5	3	300,000	4,969,464	90,000	0
3	남해	0	9	7	1,605,000	2,035,517	431,500	7
4	요녕	0	0	0	0	0	0	0
5	하북	0	0	0	0	0	0	0
6	천진	0	1	0	0	48,330	0	0
7	산둥	0	0	0	0	0	0	0
8	강소	0	0	0	0	0	0	0
9	상해	0	1	15	284,795	284,795	87,424	12
10	절강	0	0	0	0	0	0	0
11	복건	0	0	4	1,459,391	0	311,817	2
12	광둥	0	0	0	0	0	0	0
13	광서	0	0	0	0	0	0	0
14	해남	0	3	0	0	58,000	0	0
합계		0	29	35	18,249,186	18,240,216	1,675,741	23

□ 2008년 7월 해양투기 현황

- 전국 실제 사용된 투기구 : 23개
- 실제 투기된준설물 : 1,575.1만^m(지난 달에 비해 248.8만^m 감소)
- 발급허가증 : 정본 28부(지난 달에 비해 7부 감소)
- 승인 준설물 투기량 : 2595.2만^m(지난 달에 비해 770.3만^m 감소)
- 투기비 징수액 : 771.4만 위안 징수(지난 달에 비해 603.8만 위안 증가)
- 폐기물 성분검수 신청 기관 : 19개(지난 달에 비해 4개 감소)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (위안)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	2	10	6	2,700,000	9,297,310	735,000	3
2	동해	0	3	2	20,000,000	4,105,744	6,000,000	0
3	남해	1	8	4	2,494,200	1,577,060	748,260	4
4	요녕	0	0	0	0			0
5	하북	0	0	0	0			0
6	천진	0	1	1	20,000	33480	6,000	1
7	산둥	0	0	0	0			0
8	강소	0	0	0	0			0
9	상해	0	1	15	737,819	737,819	224,715	11
10	절강	0	0	0	0			0
11	복건	0	0	0	0			0
12	광둥	0	0	0	0			0
13	광서	0	0	0	0			0
14	해남	0	0	0	0			0
합계		3	23	28	25,952,019	15,751,413	7,713,975	19

□ 2008년 8월 해양투기 현황

- 전국 실제 사용된 투기구 : 27개
- 실제 투기된 준설물 : 1279.3만^m(지난 달에 비해 295.8만^m 감소)
- 발급 허가증 정본 : 27부(지난 달에 비해 감소1부)
- 승인 준설물 투기량 : 1,000.3만^m(지난 달에 비해 1,594.9만^m 감소)
- 투기비 징수액 : 270.7만원 징수(지난 달에 비해 500.7만 원안 감소)
- 폐기물 성분 검수 신청 기관수 : 24개(지난 달에 비해 5개 증가)
- 해양투기관리 현황표

순서	기관	승인 투기구수 (개)	사용 투기구수 (개)	허가증 발급수 (장)	당월승인 투기량 (m ³)	당월실제 투기량 (m ³)	투기비 징수액 (만원)	폐기물 성분 검수 신청 기관수(개)
1	북해	2	11	7	1,530,000	6,027,290	159,000	2
2	동해	2	4	2	6,600,000	4,481,538	1,980,000	6
3	남해	0	8	3	1,500,000	1,833,839	450,000	3
4	요녕	0	0	0	0	0		0
5	하북	0	0	0	0	0		0
6	천진	0	0	0	0	0		0
7	산둥	0	0	0	0	0		0
8	강소	0	0	0	0	0		0
9	상해	0	1	14	350,076	350,076	111,161	13
10	절강	0	0	0	0	0		0
11	복건	0	0	0	0	0		0
12	광둥	0	0	1	23,500	0	7,050	0
13	광서	0	0	0	0	0		0
14	해남	0	3	0	0	100,000		0
합계		4	27	27	10,003,576	12,792,743	2,707,211	24

제 6 절 러시아 동해 핵폐기물 배출영향 조사

1. 서론

지구상의 화학원소의 기원은 우주의 시작(원소 생성)으로 거슬러 올라가 수소가 헬륨으로 융합하는 “Big Bang“으로 시작하여 다양한 핵융합과 핵분열을 거쳐 현재의 화학원소가 만들어졌다. 그리고 현재까지 알려진 5,000여종의 핵종중 95%가 방사능을 지닌다. 수소의 핵융합은 현재 태양의 에너지원이다. 즉 태양의 이 핵에너지가 지표면의 열, 빛과 모든 생물의 먹이를 공급하는 기초 생산력인 광합성의 에너지원이다. 그리고 지구 내부에 집적되어 있는 지구시초물질인 방사능물질의 붕괴에 의한 열에너지의 방출의 형식으로 조산 운동, 화산활동, 대륙이동이 일어난다. 따라서 우리 지구상의 모든 물질과 환경은 방사능을 띠고 있으며 이러한 방사환경에서 인류를 포함한 모든 생물들이 진화하여 온것이다. 만일 대기에 오존층이 발달되지 않았다면 지상에는 우주에서 침입하는 방사선에 의하여 생물체가 존재하지 못하였을 것이다. 현재의 생물들은 체내와 체외의 방사성물질의 일정 피폭수준에는 적응되어 있으나 허용량을 초과하여 피폭을 받게 되면 피해를 입게 된다.

원자력은 현대과학의 최대 산물의 하나이나 원자력 군사적 이용이 산업적 이용보다 일반대중에게 전면에 부상하게 되어 많은 오해와 때로는 불필요한 우려를 불러일으키고 있다. 또한 정의가 불확실한 “자연방사능수준“이라는 표현이 언론에 발표되어서 인공방사능만 위험한 것으로 오해마저 되고 있다. 시멘트 재질로 만들어진 건물이나 지하 공간은 자연방사능인 라돈가스의 축적이 우려되므로 환기를 자주 하여야 하는 것은 일반적인 상식이다.

해양에 존재하는 방사성 핵종의 기원은 천연적인 것으로는 우주와 지구 시초물질 및 그 물질에서부터 붕괴하는 각 계열의 딸 핵종이고, 인공적인 기원으로서는 대기중 핵무기 시험 낙진, 태평양의 지상 핵무기 시험장, 해양에서의 핵무기 유실, 핵 잠수함 선박으로 부터의 유도 방사성 폐기물의 해양 배출 등 군수 산업과 핵연료 재처리시설, 방사성 폐기물의 해양 투기, 원자력 발전소의 폐수 해안배출 및 인공위성 추진체(로켓)의 지상 귀환 등 민간 산업 그리고 시멘트 제조나 인산비료 제조 등 비핵산업으로부터 방사성 핵종이 해양으로 입력된다.

과거 50년간 전 세계적으로 상당량의 인공방사성 핵종들이 대기 핵폭발

또는 핵 시설물 방출에 의해 해양에 입력됨으로서 해양의 방사능 오염 문제가 지속적으로 제기되어 오고 있다. 우리나라의 경우에도 1990년대 초 구소련 및 러시아 연방에 의한 동해 핵폐기물 투기로 인해 전 세계와 일본 등과 함께 러시아의 국제법 위반과 신의 상호존중 위배에 대한 항의와 계획된 방사성 폐기물의 해양투기 행위의 중지를 요청하고, 일본과 공동조사를 실시해 왔다.

일반적으로 방사성 핵종의 해양에서의 농도는, 주요 공급원인 하천 및 대기를 통한 입력률과 해수에서의 제거율에 따라 조절된다. 즉 해양으로 유입된 방사성 핵종들은 수평적으로는 지역류에 의해 수직적으로는 난류 운동과정에 의해 이동하면서 부유 퇴적물 및 해저퇴적물에 의해 해수로부터 제거된다. 따라서 이들 방사성 핵종 함량 분포는 시·공간적 차이에 따라 다른 특성을 보인다.

외국에서는 해양의 주요 인공 방사성 핵종 함량에 대하여 1960년대부터 조사를 시행하였고 60년대에 이미 대양의 심층수가 인공방사능으로 오염되어 있음을 발견하였다.

따라서 여기서는 동해의 해수 중 인공방사성 핵종들의 시·공간적 분포 특성으로부터 구소련 및 러시아 연방의 동해 핵폐기물 투기 영향을 파악하기 위한 기초자료를 수집하는데 목적을 두었다.

2. 해양으로 유입되는 방사능

가. 천연방사성 핵종

(1) 지구 시초물질 및 그 방사붕괴 계열

해양에 존재하는 천연방사성 핵종의 농도는 표 3-6-1과 같고 이중에서 ^{40}K 은 해수 중 방사능 농도의 대부분을 차지한다. 그러나 생물체에 대한 피폭 정도는 생체내의 흡수, 축적과 관련되기 때문에 해양생물의 인공방사성 핵종 섭취로 피폭영향을 평가하기 위하여서는 천연방사성 피폭량 평가가 선행되어야 한다. 최근의 자료에 의하면 ^{210}Po 은 해수 중에 생활하는 생물체에 대한 천연 방사능 피폭량의 90%이상을 차지하는 반면, 심해서식 동물체내 자연방사성 농도는 ^{40}K 이 대부분을 차지한다. 이것은 ^{210}Po 의 경우 생물체에 쉽게 농축되기 때문이다. ^{210}Po 은 라돈의 손자핵종이고 라돈은 지각이나 해수, 해저퇴적물 속에 함유된 라듐(^{226}Ra)의 붕괴로부터 생성되는 기체(^{222}Rn , 반감기 3.8일)이며 대기 중에서 붕괴하여 ^{210}Pb , ^{210}Bi 을 생성하고 ^{210}Pb 은 알파입자 방출 핵종인

^{210}Po 을 생성한다. 해양동물은 먹이섭취과정을 통하여 ^{210}Po 을 체내에 농축한다. 또한 중층(600~1500m 수심)에 서식하고 있는 동물이 표층 서식동물보다는 자연 방사선 피폭량이 높다(Cherry and Meyr명,1982). 이것은 ^{210}Po 이 어미핵종인 ^{210}Pb 보다 동물플랑크톤의 분변립(feacl pellet)이나 부유입자에 많기 때문이며, 이때의 $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ 의 비는 2이다. 그러나, 새우의 간체장에서 이 비는 100에 이른다.

표 3-6-1. 해양표층수중 천연방사성핵종의 농도

핵종	반감기 (year)	평행을 이루고 있는 딸핵종	농도(mBq/l)
^3H	12.3	무	22~110(=1Tu)
^{14}C	5.73×10^3	무	5.9~6.7
^{40}K	1.28×10^9	무	1.18×10^4
^{87}Rb	4.80×10^{10}	무	107
^{238}U	4.47×10^9	^{234}Th , ^{234}Pa	44
^{234}U	2.45×10^5	무	48
^{230}Th	8.00×10^4	무	$(0.2 \sim 0.5) \times 10^{-2}$
^{226}Ra	1.60×10^3	무	1.3~3.1
^{222}Rn	1.05×10^{-2}	^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po	~0.7
^{210}Pb	22.3	^{210}Bi	0.4~0.5
^{210}Po	3079×10^{-1}	무	0.19~-3.7
^{232}Th	1.4×10^{10}	무	$(0.4 \sim 20) \times 10^{-3}$
^{228}Ra	5.376	^{228}Ac	$(0.437) \times 10^{-1}$
^{228}Th	1.91	^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl	$(0.7 \sim 12) \times 10^{-2}$
^{235}U	2.45×10^5	^{231}Th	1.9

새우류 중 *Penaeids shrimp* 종에서 ^{210}Po 함량은 표층 서식 종이 건조중량당 0.23~0.87Bq/g의 범위이고 평균값은 0.58Bq/g이며 중층 서식 종은 0.93~4.3Bq/g이고 평균값은 1.57Bq/g이다.

표층 서식 종보다 중층 서식 종의 ^{210}Po 함량이 높다. 두족류와 갑각류 등의 간 체장 그리고 어류의 간에는 다른 장기에 비하여 특히 ^{210}Po 이 높게 농축되어 있다. 평균적으로 *penaeid* 새우의 간체장에는 21.61Bq/g, *Carid penaeid* 새우중 *Gennedes valens* 종의 전신에는 5.11Bq/g이 함유되어 있고, 간체장에는 31.67Bq/g이나 농축되어 있다.

(2) 비핵관련 산업

화석연료에서 나오는 방사능은 그간 가장 잘 조사되어 있으면서도 일반에서 가장 잘 알려져 있지 않은 높은 준위의 자연방사능 배출원으로서 석탄, 석유, 천연가스등이 이에 해당한다. 석탄을 사용하는 화력발전소에서 1GW 전기를 생산하는데 연간 ^{220}Rn 과 ^{222}Rn 은 $1\sim 10^2\text{GBq/yr}$, ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th , ^{238}U 은 각각 $0.1\sim 10\text{GBq/yr}$ 이 대기로 배출된다. 이러한 계속적인 배출은 정상 가동중인 원자력 발전소에서 배출되는 방사능량과 거의 대등한 것이다. 전 세계적으로 화력발전소에서의 총 배출량은 U은 5,000톤, Th은 8,000톤이고 U과 Th의 딸핵종들은 모두 합하여 연간 600TBq의 알파핵종을 대기로 배출한다. 이에 의한 집적선량은 200manSv이고 평균선량은 연 50uSv이다.

화력발전소에서의 비산분진 폐기물은 휘발과 흡착과정을 통하여 원래의 석탄보다 방사능을 훨씬 더 농축하게 된다. 실제 비산분진 폐기물은 벽돌 등 건축자재로도 사용이 되므로 이런 물질은 건축된 건물에서는 감마선량이 높고 라돈 발산 또한 높다.

석유나 천연가스를 연소하는 경우에는 Ra과 Rn이 문제되는 핵종이다. ^{222}Rn 은 지하의 천연가스나 석유저장소에 스며들어서 붕괴하므로 그 딸 핵종이 천연가스나 석유에는 비교적 많이 함유되어 있다. 발전소에서 이들 천연가스나 석유가 연소될때 Rn등 핵종이 대기로 방출된다. 실제 천연가스 화력발전소 주변에는 해조류나 대형엽식물의 섭취로 인한 ^{222}Rn 섭취로 인한 피폭량은 20uSv에 달하는 경우도 있다(표 3-6-2)

표 3-6-2. 천연물질 중의 방사성핵종 농도

물질/핵종	^{40}K	^{235}U	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{232}Th	^{238}U
석탄	50	20	20	20	20	20	
플라이애쉬	265	200	240	930	1700	70	
화산암	800		48			48	48
화강암			90			80	
퇴적암	330		26			14	24
일반토양	440		70			40	24
시멘트	90		300			25	
인체조직	60		0.003			0.0002	0.003
책	100		$0.9\sim 30(^{210}\text{Po})$				
인산비료			770			20	740
건초	600		$300(^{210}\text{Po})$				

나. 인공방사능

(1) 비핵관련 산업에서의 방사능 배출

산업현장과 환경 분야 모두에서 자연방사능의 노출에 대한 경각심이 점차 증가되고 있다. 그러나 불행하게도 핵 관련 산업에 관련된 배경 방사능(ambient radioactivity)에 관하여 오해가 존재하고 특히 방사능은 어쨌든 비자연적이라는 가정에서 오해가 주로 비롯된다. 여기서 비핵관련 산업에서의 방사능 배출을 언급하는 것은 핵관련, 비핵관련 산업 모두 객관적인 차원에서 배출 방사능에 대한 영향평가를 수행하는데 균형감각을 제공하는데 있다.

우주탄생은 핵반응의 조합이고 현재 지상에 존재하는 모든 물질을 생성시킨 것은 방사능이다. 우주의 원소별 양적 존재비는 핵 안정도(nuclear stability)에 의하여 정해진 것이다. 현재까지 알려진 5000여 핵종중 95%가 방사능을 발생시킨다. 방사능이란 현상은 지상에서는 지극히 정상적인 것이다. 따라서 우리 지구상의 모든 물질과 환경은 방사성이고 이온화시키는 피폭(ionizing radiation)에 노출되어 있다. 이 방사능으로 부터의 에너지(열)가 지진, 화산활동, 조산활동, 대륙이동 등의 지각변동을 일으키는 원동력이다.

자연방사능 환경은 또한 지구상 생명체 자체의 진화를 유발시키고 주요 진화단계에서 깊숙이 관련되어 있다. 또한 핵융합로인 태양과 항성은 핵에너지를 지상에 빛과 열의 형태로 공급하여 기후를 형성하고, 2차적인 에너지원인 석탄, 석유, 천연가스, 목재 등을 생산하는 에너지원이다. 따라서 모든 산업체와 가정의 열원은 1차적으로는 핵에너지로서 공급되며, 모든 물질은 방사성이다. 또한 자연방사성 핵종은 자연과정의 진행율과 그 기작을 이해하는 주요 도구이다. 왜냐하면 방사능 붕괴는 대자연의 유일하고 독립적인 시간이 알려진 “시계”로서 이를 이용하여 우리는 암석, 퇴적물, 토양과 고고학적 유물들의 연대를 결정할 수 있다.

우리가 일상으로 접하는 물질에서의 방사능 농도는 그 범위가 크다. 참고로 일반적으로 방사성 물질은 방출하는 방사선량이 100~1000uSv/yr이면 방사성 물질로 취급한다(각 국가별로 다를 수가 있다.) 사실 우리 주변의 일상생활과 밀접한 물질(비핵물질) 방사능 준위는 이 하한선 보다 높은 경우가 많으나 피폭경로와 피폭기간이 피폭량을 결정하는 주요 요인이다. 그러나 천연 방사능 핵종(주로 ^{40}K , U, Th 계열 핵종)은 자연물질이나 인공물질에서 상당히 높게 존재할 수 있으며 따라서 방사성 물질로도 분류될 수 있고 경우에 따라서는 상당량의 피폭을 가져올 수 있다. 이러한 일상물질로부터 자연방사능의 중요성을

인식하여 유엔방사능 과학적 피폭효과 조사위원회(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)에서는 자연방사능 피폭 허용 수준을 1962년 50uSv에서 1972년 150uSv, 1992년에는 1400uSv로 상향 조정하였다.

(2) 핵무기 폭발 시험에 따른 핵물질 방출

핵폭발 시험을 지상에서 행하게 되면 핵찌꺼기는 대륙권으로부터 성층권까지 솟아 오른다. 성층권에 머무르고 있는 방사능 물질은 위도 45°에서는 성층권 대기가 대류권으로 하강하게 되는 봄에 지상과 해상으로 내려오게 된다. 이때 걸리는 시간은 2~3년이다. 대규모 지상 핵폭발 시험은 1945년 미국에 의해 시작되었고 2차 대전중 일본의 원자폭탄 투하 등 미국, 영국, 소련, 프랑스에 의하여 1962년 핵실험 금지조약이 체결되기 이전까지 실시되었으며 이 실험들로부터 생성된 낙진(fall out)의 대부분은 1962, 63, 64년에 지표면으로 낙하하였다. 각 핵종의 화학 특성에 따라서 육상에 낙하한 낙진이 주로 육상에 머무르거나 또는 하천에 의하여 운반되어서 해양에 도달한다. ^3H 은 대부분 해양으로 모이게 되지만 Sr은 육상토양에 거의 머무르게 된다. 일단 해양이나 해저퇴적물에 쌓이게 되면 해수나 해저퇴적물이 방사능의 근원(source)으로서 작용하게 된다. 핵폭발 시험이 주로 북반구에서 행하여졌으므로 낙진은 북반구에 주로 낙하하였다. 핵폭발로 인한 대기로 부터의 낙진 총량은 ^{239}Pu , ^{240}Pu 은 0.013pBq이고, ^{99}Tc 는 0.14pBq, ^{137}Cs 은 103pBq이다.

한편 태평양에서는 미국과 프랑스에 의하여 핵실험이 장기간 실시되었다. 미국의 자료만 보면 1946년부터 1958년 사이에 비키니 환초(Bikini Atoll)에서 2회의 대기로 부터 낙하 폭발시키거나 2회 수중폭파, 3회의 해표면 폭파, 바지선상 폭파(18회) 등의 방법으로 핵실험이 1958년 미국법으로 금지되기 전까지 시행되었다. 그로부터 25년이 경과한 후에도 장수명 핵분열산물(fission products)인 ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{155}Eu , $^{133\text{m}}\text{Cd}$ 과 활성화산물(activation products)인 ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{207}Bi 그리고 초우라늄 핵종 ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu 과 ^{241}Am 이 비키니 환초에 아직도 남아 있다. 해양환경에서는 오염된 퇴적물이 어류 등 해양생물에 대한 인공방사능 핵종의 공급원이 된다.

각 국가별 핵무기 폭파시험 현황은 다음과 같다. 미국은 1945-1962년 까지 2차 대전중 히로시마와 나가사키에 투하한 원자폭탄을 포함하여 약 200회, 영국은 1952-1965년 사이 24회 실시, 소련은 1949-1962년 까지 130회 실시, 프랑스는 1960년부터 1974년 까지 50여회 실시, 중국은 1964년부터 1976년 까지 21회나 실시하였다.

(3) 해안 민간 핵시설로부터의 방사능 물질 배출

(가) 원자력발전소

전 세계에서 1990년 기준으로 현재 가동중인 원자로(nuclear power reactor)는 423기이고 총 발전량은 325873 MWe이며 건설중인 것은 총 83기이고 발전량은 65760MW이다. 이것은 전 세계의 전력생산량의 약 17%에 해당된다. 원자력발전이 한 국가의 총 전력공급에서 차지하는 비중이 30% 이상인 국가는 벨기에, 불가리아, 핀란드, 프랑스, 독일, 헝가리, 한국, 스페인, 스웨덴, 스위스 등이다. 이중 원자력 발전이 전력생산에 가장 크게 기여하는 나라로서는 프랑스가 74%, 벨기에 60%이다.

핀란드와 영국의 원자력발전소에서는 정상가동시 ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{54}Mn 등이 극소량 누출이 된다. 특히 이들 중에서 ^{54}Mn 와 ^{60}Co 은 저서생물체의 피폭선량율이 타 핵종들에 비하여 $10\sim 10^{10}$ 까지 높다. 체르노빌원전사고에 대한 피해규모는 전 지구인들을 공포의 도가니로 몰아 넣을 정도로 심각하며 그 피해범위 또한 광범위하였다. 체르노빌 사고후 흑해에서 조사된 ^{137}Cs 의 표층수중 농도는 흑해에서는 낙진이 큰 동부해역에서 높게 나타나며 1986년 6월과 7월 중에 보고된 최대 농도는 사고전의 30배에 달한다. 핀란드 방사능 당국은 핀란드 해양연구소와 합동으로 발트해역의 환경방사능을 1960년부터 감시해오고 있다.

(나) 핵재처리 시설

핵재처리 시설로서 가장 잘 알려진 영국과 프랑스에서 배출되는 ^{137}Cs , Pu, ^{241}Am 등은 대서양에 존재하는 핵무기기원 방사능낙진 총 현존량을 능가하는 것이다.

(다) 인공위성

인공위성이 필요로 하는 추진력, 열, 전기를 얻기 위하여 우주선에는 방사능 열전기 발전기(radioisotope thermoelectric generator, RTG)가 사용된다. 주로 미국이 사용하는 RTG에 가장 많이 쓰이는 핵종은 ^{238}Pu (반감기 87.7년)이다. 정상적인 작동시에는 인공위성의 가동기간이 끝나면 RTG 형 원자로는 더 높은 궤도로 쏘아 올려져서 최소 500년 이상 머무르게 되어 핵분열 산물이 우주 공간에서 방사붕괴하도록 설계되어 있다. 그러나 대기권으로 진입하게 되면 폭발하여 전체 지구 표면을 오염시키게 된다.

(라) 항공기, 선박, 잠수함의 핵물질 관련사고 및 핵물질 유실

항공기가 핵물질을 운반도중 유실하거나 폭발사고를 당한 것은 미국이 1950년부터 1986년 까지 12건으로 대부분 핵탄두 관련 사고이다. 표층선박이

핵물질을 운반하는 도중에 사고를 당하거나 핵물질을 유실한 경우는 프랑스 1건, 일본 1건, 영국 1건, 미국 1건 이고 잠수함에서 핵무기를 유실한 것은 영국이 1건 이며, 미국은 1기의 잠수함을 유실하였고(잠수함 원자로에는 1.3PBq의 방사능 함유), 소련은 1968년부터 1989년 까지 6건의 잠수함(원자로)과 핵무기를 유실하였다. 군사용 핵잠수함의 숫자는 자세히 알려져 있지 않으나 러시아만 250여척을 보유하고 있다. 일반적으로 잠수함의 원자로 용기는 밀폐된 철 외피로 쌓여있어 정상가동시나 사고시에 오염을 막을 수 있게 설계되어 있어서 주위 해양환경으로의 누출은 극소수이다. 또한 해양에서의 항해, 건설, 유전개발 등 해상작업에는 밀봉선원(sealed source)이 많이 사용되어서 안전 사고의 위험은 상존하므로 각별히 유의하여야 한다.

(마) 핵폐기물의 해양 투기(Low level solidified radioactive wastes)

대서양과 태평양의 50여 지점에서 저준위 고체 폐기물의 해양투기가 12개국에 의하여 1946년부터 1982년까지 이루어졌다. 각 국가별 현황을 표 3-6-3에 나타내었다.

표 3-6-3. 각 국가별, 해역별 알파, 베타/감마, 삼중수소의 해양 투기현황 (1949-1982년)

	알파 GBq	베타/감마 GBq	삼중수소 총량 GBq	총투기량중 GBq	백분율 %
대서양					
벨기에	292,43	2,091,090	786,968	2,120,333	4.63
프랑스	8,476	344,915	-	353,391	0.77
독일	20	180	-	200	0.0004
이탈리아	74	111	-	185	0.0004
네덜란드	1,113	334,940	99,430	336,053	0.73
스웨덴	938	2,305	-	3243	0.01
스위스	4,318	4,415,025	3,902,242	4,419,343	9.64
영국	626,269	34,451,318	10,781,207	35,077,587	76.55
미국	-	-	-	2,942,165	6.42
소계	670,451	41,639,884	15,569,847	45,252,500	98.75
태평양					
일본	252	15,189	-	15,442	0.03
한국	-	-	-	-	-
뉴질랜드	1,039	-	-	1,039	0.002
미국	-	-	-	554,247	0.21
소계	1,291	15,189	-	570,728	0.25
총계	671,742	41,655,074	15,569,847	45,823,228	100.00

여기에 구소련은 자국의 해양투기 현황을 보고하지 않았다. IAEA는 1957년부터 해양투기가 인간이나 해양생물에 위해를 주지 않는 수준에서 이루어지도록 노력을 하였다. 1972년 폐기물과 다른 물질의 해양투기에 의한 해양오염방지 협약(LDC)에서 IAEA를 방사성 폐기물 해양 투기관련 전문 기술 당국으로 지정하였다. 1946년부터 1982년 사이에 해양에 투기된 저준위 방사성 물질의 총량은 46PBq 이다. 투기된 방사성 물질은 주로 연구목적, 의료, 핵산업, 군수 활동의 폐기물로서 주로 200ℓ들이 금속제 포장용기에 콘크리트나 시멘트 혼합물로서 고화시킨 후 해역에 투기하였다.

또한 포장되지 않은 고체 및 액체 폐기물이 1950년부터 1960년까지 투기되었다. 총 방사능 폐기물 중 베타선 방출 계기물이 98%를 차지한다. 현재까지 심해저에 투기한 핵폐기물에 대한 해양 생물체에 미치는 영향을 포함한 공식적 보고는 북동대서양에 있는 NEA(Nuclear Energy Agency) site와 관련된 것이 유일한 것이다. 저준위 방사능 폐기물의 출처로는 1)핵발전소 가동, 2)핵원료 가동과 재처리 시설 가동, 3)의약, 연구 및 산업에 이용되는 방사능 핵종과 4)저장 시설이나 장비 세척이나 처리등에서 기인한다. 알파선 방출 핵종에서는 Pu, Am이 대부분을 차지하며 베타,감마선 방출 핵종에서는 ^3H 가 60% 정도를 차지하나 이를 제외하면 ^{241}Pu 이 대부분을 차지한다.

한편 해양투기 후 감시활동과 그 결과를 보면 1977년 까지는 각 국가에 의하여 해양투기가 행하여 졌으나 1977년 경제협력개발기구(Council of the Organization for Economic Co-operation and Development, OECE) 국가들은 상호자문 및 감시기구(multilateral consultation and surveillance mechanism)를 수립하고 공동연구 및 환경감시 계획(Co-ordinated Research and Environmental Surveillance Program, CRESP)이 투기해역에 대한 타당성을 검토하였다. 그리고 NEA(Nuclear Energy Agency)에서는 회원국들의 저준위 방사성 폐기물의 해양 처리를 조사해오고 있다. 1982년 까지 이용되어온 북동 대서양 투기 해역은 1977년 이후 CRESP에 의하여 매년 방사능 오염여부가 조사되었다. 태평양과 북서 대서양은 미국 환경청에 의하여 부정기적으로 투기된 물체로 부터의 인근 해역의 오염 여부가 조사되었다. 대부분의 투기 해역에서는 채취된 해수, 퇴적물, 심해생물에서 핵무기 낙진(nuclear weapons fallout) 이상의 수준으로 검출되지 않았으나 극소수 일부 해역에서는 방사성 Cs 과 Pu이 용기 외부로 누출되는 것이 발견되었다.

이후 1993년 「폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염방지에 관한 협약(1972런던협약)」이 개정되어 저준위 방사성폐기물을 포함한 모든 방사성 폐기물의 해양투기가 금지 되었다.

3. 우리나라 주변 해역의 인공방사능

1993년 러시아에 의한 동해 핵폐기물 투기는 전 국민의 동요를 유발한 사회적 사건으로서 이후 우리나라 주변해역에 대한 환경 방사능 감시 및 예보 체제도입의 필요성이 제기되었다.

인공방사성 핵종들은 대부분이 긴 반감기(^{137}Cs ; 30년, ^{239}Pu ; 240년, ^{240}Pu ; 6570년, ^{90}Sr ; 28.8년)를 가지고 있어 과거 대기 핵실험시 생성되어 주변 토양에 잔존되어 있다가 건조기에 재 부상되어 대기를 통해 범지구적 대기 낙진 형태로 해양에 입력되고 있다. 따라서 전 세계 해양 어디에나 존재하는 이들 핵종들의 분포, 기원 및 거동을 규명하여 우리나라 주변해역의 해양환경 방사능에 대한 감시 및 투명성확보가 필요하다.

또한 인공 방사성 핵종은 해양 환경으로의 입력 시기가 다른 오염물질에 비하여 비교적 잘 알려져 있고, 안정성 핵종보다는 자연 환경내에서 추적하기가 용이하므로 자연 환경에서의 오염물질의 거동 규명연구에 선도적인 추적자(tracer)로서 이용될 수 있다. 따라서 선진각국에서 인공방사성 핵종연구는 방사선 안전 규제차원 뿐만 아니라 방사성 핵종은 스스로 방사 붕괴라는 시계의 역할을 제공함으로써 환경연구의 주요한 연구 도구로서도 매우 중요시 한다. 즉 대기 오염 물질의 해양내의 부유물 및 생물과의 상호 작용, 침강, 해수 유동에 의한 수송 등 거동, 해양분지의 해수의 체류 기간, 해저 퇴적물의 침적율, 먹이 연쇄를 통한 오염물질의 이동 기작을 규명하는 데 매우 유용한 추적자이다. 이러한 해양 환경 추적자로서 핵기술의 개발은 환경 기술의 선진화를 위하여서도 매우 필요하다.

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있으나 각 해역에 대한 환경방사능 자료는 극히 미미하다. 동해 해양환경에서의 인공방사능은 일본자료에 의하면 1993년 4월 일본 과기청 발표에 의하면 동해 서북부 해역을 제외한 전 해역에서 ^{137}Cs 은 표층수에서 2.7~3.8, 중.심층수에서 ~3.0mBq/l이고, $^{239,240}\text{Pu}$ 은 표층수에서 3.5~14uBq/l, 심층수에서 11~37uBq/l이다. 그리고 한국해양연구원의 안인진 부근 해상 4km에서의 표층수에서 측정된 자료에서 ^{137}Cs 은 3.06mBq/l이었다. 참고로 지중해에서 1989년 ^{137}Cs 은 표층에서 4.0mBq/l, 2000m 수심에서 1.2mBq/l 이었고 $^{239,240}\text{Pu}$ 은 표층에서 30uBq/l이고 2000m 저층에서 20uBq/l이다. 2000m까지의 ^{137}Cs 방사능 중 36% 정도는 러시아 원전 체르노빌 폭발사고로부터 유래된 것이다. ^{239}Pu 총 현존량중 33%가 1976~1982년에는 수심 1000m 보다 깊은 수심에서 존재 하였으나 1989년에는 46%가 수심 1000m 보다 깊은 수심에 존재한다. 이는 해수대류와 수중입자에 부착되어서 심층으로 하강된 때문이다 (IAEA, "IAEA Marine Environmental Laboratory-Monaco", Biennial Report 1989-1990(1991), p.80.).

해양에 존재하는 인공방사성 핵종 중 특히 ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ 및 ^{90}Sr 은 높은 방사독성을 갖고 있어 이들의 우리나라 동해해역에서의 분포 특성을 규명하고 러시아의 동해 핵폐기물 투기 이후 우리나라 해역의 영향여부를 모니터링하는데 필요한 자료를 수집하였다.

가. 우리나라 동해의 주요 인공방사성 핵종 분포 특성

주요 인공방사성 핵종(^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ 및 ^{238}Pu)에 대한 우리나라 동해에서의 분포 특성을 규명하기 위하여 2005년부터 2008년동안 매년 해수를 채집하고 해양관측을 동시에 실시하였다.

주요 인공방사성 핵종 농도의 수직 분포는 핵종 별로 차이가 뚜렷하다. 수심이 500m이상으로 깊은 동해의 용존 ^{137}Cs 는 표면 혼합층(0~400m)에서 높고 수심 증가에 따라 감소하고, 친입자성인 $^{239+240}\text{Pu}$ 현존량은 수심증가에 따라 용존 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도는 급격하게 증가하다가 상대적으로 생산력이 높은 표면 혼합층에서 Pu은 입자성물질에 쉽게 흡착되어 가라앉고, 입자성 Pu은 침강 도중 심층에서 분해됨으로서 재생된 Pu이 다시 해수로 방출되기 때문이다.

우리나라 주변해역의 용존 ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ 평균 농도는 핵무기 대기중 시험 낙진 (배경 환경방사능)으로만 오염된 태평양 및 인도양 수준이고, 핵재처리 시설이 밀집해 있는 북해 및 Irish 해보다는 월등히 낮다.

나. 재료 및 방법

(1) 시료 채집 및 시료 보관

해수의 경우, 표층수는 선박의 갑판에서 양수펌프를 이용하여 시료를 채취하고, 표면 밑 해수시료는 수심을 알 수 있는 장비인 CTD(Conductivity, Temperature, Depth)가 장착된 대용량 해수채취 장비를 이용하여 채수하였다. 채수된 해수시료는 여과장치로 여과하여 입자성 부유물질을 제거하였다. 여과된 해수는 방사성 핵종이 시료 용기벽에 달라붙는 것을 방지하기 위하여 현장에서 산을 첨가하여 보존하였다.

(2) 분석방법

현장에서 채집된 해수시료 80ℓ에 방사능핵종이 시료 보관통에 흡착되지 않고, 또한 미생물의 번식을 억제시키기 위해 진한 염산(20ℓ당 5ml)을 넣어 pH 1~2로 조절하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 Pu, Cs, Sr의 연속 분리를

위해 대형 혼합조에서 농도를 알고 있는 ^{242}Pu (20~40mBq), Cs 운반체 및 ^{85}Sr 추적자를 첨가하여 4시간 동안 20분 간격으로 잘 저어 준 후 $\text{Pu} \rightarrow \text{Cs} \rightarrow \text{Sr}$ 순으로 공침작업 (1일 간격)을 진행하였다.

1) $^{239+240}\text{Pu}$

25ml의 포화 KMNO_4 용액을 첨가하고, 4시간 동안 20분 간격으로 잘 혼합한 후 10N NaOH 를 첨가하여 pH9~10이 되게 하였다. 0.4N MnCl_2 용액을 50ml 첨가 하면서 저어준 후 하룻밤동안 방치하여 Mn 수산화물을 침전시켰다. 침전된 Mn 수산화물을 비이커에 회수하여 하룻밤 방치한 후 상등액을 버리고, 원심 분리하여 침전물을 오븐에서 건조시킨 다음 8N 질산용액을 이용하여 시료를 녹인 후, Pu를 정제하고 분리하기 위한 작업을 수행한후 stainless steel disc 에 전기 장착하여 MCA부착 α -spectrometry로 계수하였다.

2) Cs

^{137}Cs 분석은 AMP(ammonium phosphomolybdate) 공침법을 이용하였다. 산성화(pH 1~2)시킨 해수시료에 AMP를 첨가하여 4시간동안 20분 간격으로 잘 섞은 후 하룻밤 동안 방치하여 AMP 침전을 시켰다. 시료를 소량화시키기 위해 다음날, 침전된 AMP 공침물을 비이커에 회수한 후 진한 NaOH 용액으로 녹여 가열하고, AMP를 약 2일 동안 분해시킨 후 원심 분리하여 상등액을 취하였다. 상등액에 400ml의 증류수를 넣고 진한 질산으로 시료를 pH 1~2로 산성화시킨 다음 AMP 1g으로 하룻밤 동안 방치하여 재공침시켰다. 침전된 AMP를 회수하여 NaOH 용액에 녹여 고순도 게르마늄(+HPGe) 검출기로 ^{137}Cs 등 감마선 핵종을 측정하였다. ^{137}Cs 의 농도 계산은 먼저 감마 검출기 검출효율을 Isotope Products Lab.에서 제작 판매하는 multinuclides standard solution을 측정시료와 동일한 용기에 같은 높이(4cm)로 맞추어 10,000 이상(계수오차 1% 이내) 계수하여 dpm/cpm ratio를 구하였다. 이 dpm/cpm ratio에 시료의 측정값 (cpm)을 곱하여 시료의 dpm 값을 계산한 후 시료량을 보정하여 시료채취 시간으로 시간 보정하여 계산하였다.

다. 결 과

(1) 동해 해수중 인공방사성 핵종 분포

동해의 주요 인공 방사성 핵종 분포 특성을 조사하기 위해 2005년 부터 2008년까지 4회에 걸쳐 시료채취를 하였다.

각 주요 인공 방사성 핵종의 수직 농도 분포를 표 3-6-4과 그림 3-6-1~3에 나타내었다.

표 3-6-4. 2005~2008년까지 조사된 동해의 인공방사성핵종 농도

Station	Location				Water depth (m)	Depth (m)	¹³⁷ Cs	^{239,240} Pu	²³⁸ Pu
	Longitude	Latitude	(mBq/kg)	(μBq/kg)					
June 2005									
PM-1	131	21.5	37	38	2000	0	7.61 ± 0.50	3.66 ± 0.53	0.07 ± 0.07
						10	8.94 ± 0.54	2.86 ± 0.37	0.28 ± 0.11
						20	4.89 ± 0.28	3.58 ± 0.43	0.48 ± 0.15
						30	5.09 ± 0.33	4.66 ± 0.46	0.08 ± 0.06
						50	11.01 ± 0.87	3.47 ± 0.43	0.67 ± 0.19
						75	11.24 ± 0.83	5.78 ± 0.61	0.12 ± 0.09
						100	5.69 ± 0.38	4.29 ± 0.52	0.60 ± 0.19
						200	11.02 ± 0.74	6.14 ± 0.59	0.36 ± 0.14
						300	10.14 ± 0.69	12.26 ± 0.96	0.25 ± 0.13
						500	8.10 ± 0.46	18.14 ± 1.02	0.85 ± 0.20
						750	5.66 ± 0.32	21.87 ± 0.88	0.82 ± 0.15
						1000	9.57 ± 0.69	23.66 ± 0.91	0.61 ± 0.12
						1500	1.79 ± 0.26	22.84 ± 0.99	0.55 ± 0.13
1800	1.06 ± 0.15	22.07 ± 0.96	0.61 ± 0.14						
PM-2	131	45	37	18	2000	0	16.38 ± 1.11	4.39 ± 0.69	0.10 ± 0.10
						10	14.11 ± 0.89	6.89 ± 1.12	2.62 ± 0.67
						20	11.85 ± 0.56	3.37 ± 0.62	0.00 ± -
						30	17.74 ± 0.94	6.00 ± 1.37	0.86 ± 0.50
						50	6.22 ± 0.38	4.73 ± 0.55	0.81 ± 0.20
						75	18.15 ± 0.96	3.65 ± 0.53	0.48 ± 0.17
						100	10.82 ± 0.48	5.32 ± 0.40	0.33 ± 0.09
						200	5.37 ± 0.28	8.94 ± 0.52	0.40 ± 0.10
						300	10.53 ± 0.63	14.35 ± 1.26	0.41 ± 0.15
						500	5.56 ± 0.33	18.11 ± 1.58	0.74 ± 0.21
						750	16.20 ± 1.15	20.67 ± 2.51	1.14 ± 0.51
						1000	11.68 ± 0.95	27.35 ± 2.70	2.20 ± 0.65
						1500	3.32 ± 0.35	24.07 ± 1.05	0.95 ± 0.18
2050	2.65 ± 0.91	21.25 ± 1.04	0.68 ± 0.16						
October 2006									
M(E6)	131	0	37	0	2198	0	3.68 ± 0.19	4.86 ± 0.87	1.00 ± 0.38
						10	3.09 ± 0.16	1.49 ± 0.40	1.17 ± 0.36
						20	2.30 ± 0.13	1.33 ± 0.60	0.27 ± 0.27
						30	2.67 ± 0.14	9.99 ± 1.27	0.42 ± 0.24
						50	3.08 ± 0.17	7.52 ± 0.84	0.17 ± 0.12
						75	6.00 ± 0.34	8.87 ± 0.93	0.25 ± 0.15
						100	5.05 ± 0.22	6.29 ± 0.96	0.80 ± 0.33
						200	4.13 ± 0.25	9.11 ± 1.38	1.27 ± 0.49
						300	2.73 ± 0.16	9.92 ± 0.99	0.51 ± 0.21
						500	8.80 ± 0.41	17.84 ± 2.40	1.76 ± 0.67
						750	3.85 ± 0.22	27.92 ± 3.30	0.80 ± 0.46
						1000	3.55 ± 0.27	25.10 ± 2.67	1.01 ± 0.46
						1250	1.67 ± 0.18	27.10 ± 3.00	2.90 ± 0.86

표 3-6-4 (계속)

Station	Location				Water depth	Depth (m)	¹³⁷ Cs	^{239,240} Pu	²³⁸ Pu						
	Longitude	Latitude	(mBq/kg)	(μBq/kg)											
June 2007															
E22	130	16	35	38	793	0	1.73 ± 0.10	2.85 ± 0.53	0.48 ± 0.21						
						5	2.52 ± 0.12	2.45 ± 0.40	0.37 ± 0.15						
						20	2.10 ± 0.14	3.20 ± 0.34	0.84 ± 0.17						
						50	1.84 ± 0.11	4.42 ± 0.49	0.31 ± 0.13						
						75	2.86 ± 0.15	4.91 ± 0.47	0.33 ± 0.12						
						100	2.29 ± 0.15	5.39 ± 0.71	0.55 ± 0.22						
						150	2.23 ± 0.13	6.69 ± 0.58	0.99 ± 0.21						
						400	2.36 ± 0.11	14.22 ± 2.13	3.59 ± 0.99						
M(E6)	131	0	37	0	2198	0	1.60 ± 0.10	3.26 ± 0.36	0.46 ± 0.13						
						5	1.80 ± 0.10	3.00 ± 0.53	0.40 ± 0.19						
						20	2.46 ± 0.18	3.80 ± 0.40	0.39 ± 0.12						
						50	2.15 ± 0.13	4.80 ± 0.49	1.14 ± 0.23						
						75	1.93 ± 0.10	4.91 ± 0.56	0.12 ± 0.08						
						100	2.35 ± 0.16	5.48 ± 0.66	0.81 ± 0.25						
						150	3.04 ± 0.16	7.20 ± 0.72	0.58 ± 0.19						
						400	2.90 ± 0.13	13.21 ± 0.92	1.08 ± 0.24						
						750	1.91 ± 0.11	24.36 ± 1.54	0.61 ± 0.20						
						1000	1.31 ± 0.10	21.71 ± 1.57	1.22 ± 0.32						
April 2008	131	0	37	0	2198	1500	0.80 ± 0.07	24.90 ± 1.91	0.60 ± 0.25						
						1800	0.20 ± 0.04	19.71 ± 1.08	0.65 ± 0.17						
						April 2008									
						E22	130	16	35	38	793	0	2.92 ± 0.16	3.02 ± 0.31	0.48 ± 0.21
												5	2.53 ± 0.19	2.65 ± 0.25	0.37 ± 0.15
												20	2.74 ± 0.21	3.40 ± 0.39	0.84 ± 0.17
												50	2.84 ± 0.30	3.82 ± 0.42	0.83 ± 0.19
												75	2.66 ± 0.22	4.65 ± 0.46	0.53 ± 0.15
												100	2.92 ± 0.26	5.80 ± 0.64	0.25 ± 0.13
												150	2.95 ± 0.17	10.16 ± 0.81	0.32 ± 0.13
400	2.52 ± 0.17	15.33 ± 1.98	3.59 ± 0.99												
M(E6)	131	0	37	0	2198	750	1.75 ± 0.11	20.41 ± 1.88	0.05 ± 0.05						
						0	2.96 ± 0.14	3.66 ± 0.53	0.46 ± 0.13						
						5	3.06 ± 0.19	3.10 ± 0.24	0.40 ± 0.19						
						20	3.28 ± 0.18	4.01 ± 0.54	0.39 ± 0.12						
						50	3.09 ± 0.23	4.92 ± 0.88	1.14 ± 0.23						
						75	3.01 ± 0.17	4.87 ± 0.91	0.61 ± 0.31						
						100	3.11 ± 0.20	5.52 ± 0.86	0.24 ± 0.17						
						150	3.53 ± 0.18	6.21 ± 0.79	0.18 ± 0.13						
						400	2.97 ± 0.20	15.24 ± 1.34	0.18 ± 0.13						
						750	2.14 ± 0.16	20.81 ± 1.76	0.52 ± 0.23						
M(E6)	131	0	37	0	2198	1000	2.21 ± 0.19	22.93 ± 1.86	0.60 ± 0.24						
						1500	1.10 ± 0.09	25.18 ± 2.27	0.39 ± 0.23						
						1800	0.60 ± 0.10	24.62 ± 2.05	0.44 ± 0.22						

동해의 주요 인공방사성 핵종농도의 수직분포는 핵종에 따라 뚜렷한 차이를 나타내었다. 수심이 500m이상으로 깊은 동해의 용존 ¹³⁷Cs는 0~750m에서 높고 수심 증가에 따라 감소하고, 친입자성인 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 현존량은 수심증가에 따라 용존 ^{239,240}Pu 농도는 급격하게 증가하여 PM정점에서 1000m에서, E22에서는 500~750m, M(E6) 정점에서 1500m에서 최대값을 보였다.

표층수의 용존 ^{137}Cs 농도는 1.60~16.38(평균 5.3)mBq/kg이고, PM-1과 2 정점에서선 평균 12.00mBq/kg이지만 정점 E22과 M(E6)는 2.58mBq/kg으로 약 5배 정도 낮게 나타났다. 반면 표층수 용존 $^{239+240}\text{Pu}$ 농도는 2.85~4.86(평균 3.67) uBq/kg 범위로 모든 정점에서 비슷한 수준으로 나타났다.

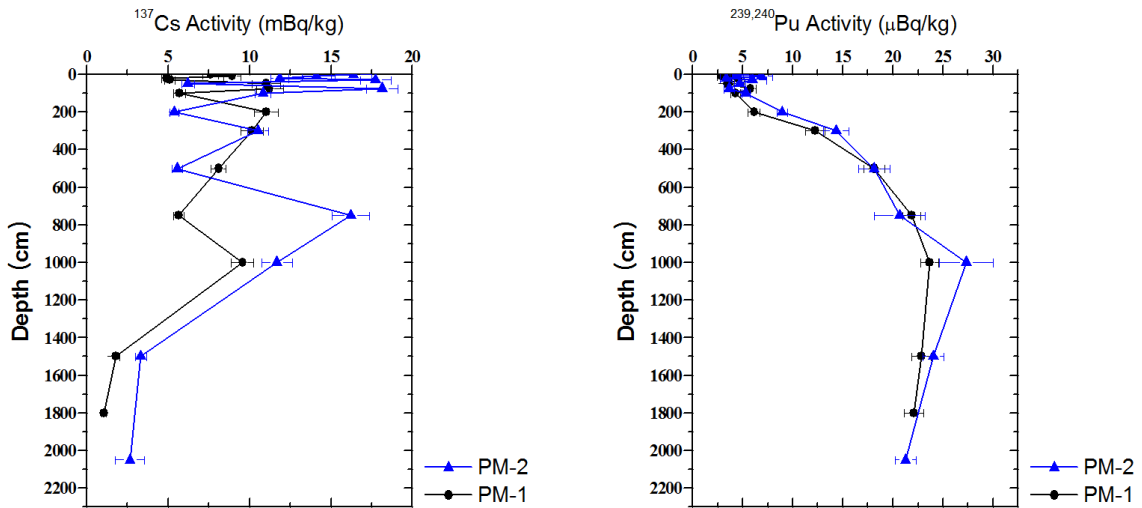


그림 3-6-1. 2005년 10월 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포

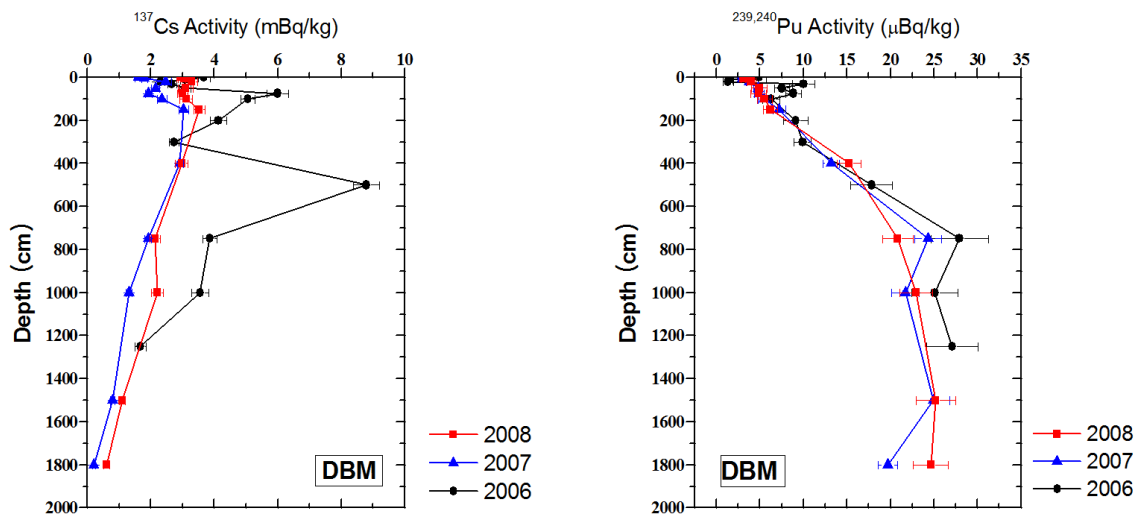


그림 3-6-2. 2006~2008년 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포

(2) 기원별 인공방사성 핵종비

1980년 대기 핵 실험이 종료된 후, 토양의 재부유는 표층 대기 및 대기낙진의 주요 인공방사성 핵종들을 유지하는 주요 기작이다(Rosner et al., 1997). Pu를 포함한 방사성 핵종들의 재부유는 주로 과거 대기 핵 실험 장소인 건조 지역에서 발생한다(Nicholson, 1988).

각각의 공급원별 또는 핵종별 상대적 중요성의 결과로서 산출된 인공방사성 핵종간의 비는 표 3-6-5와 같이 서로 크게 다르기 때문에 이러한 핵종비를 이용하면 우리나라 주변 해역의 인공방사성 핵종 기원을 추적하는데 유용하게 활용할 수 있다. 표 3-6-6은 1993-2001년간 동해해역 인공방사성 핵종비에 대한 한국해양연구원의 통계자료이다

동해 표층수의 $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ 비는 0.02~0.21(평균: 0.12)으로서 한국해양연구원 data값과 유사하나 범 지구적 대기낙진 비(0.026; UNSCEAR, 1993)에 비해서는 약 5배 높다.

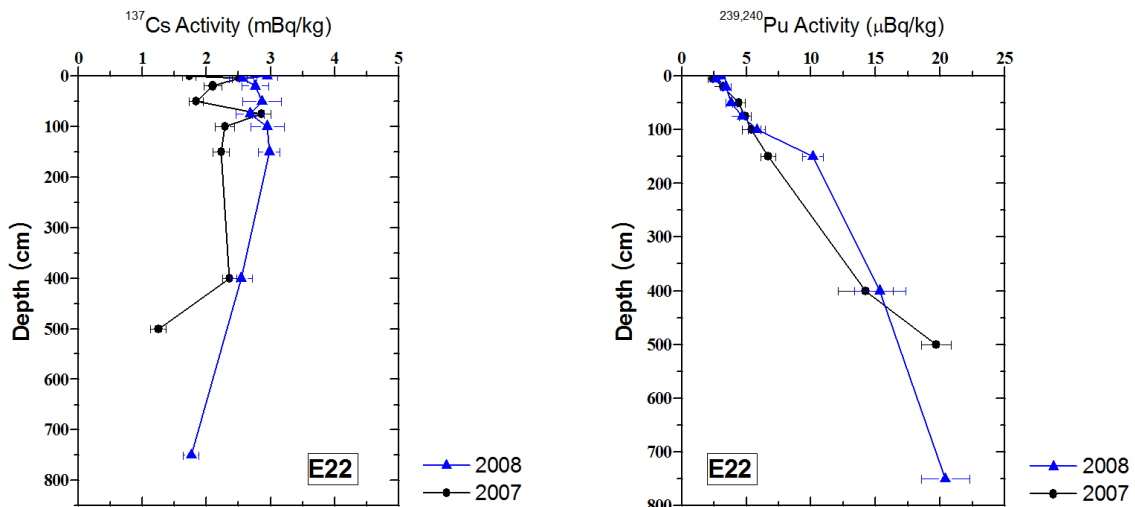


그림 3-6-3. 2007~2008년 동해 해수중 ^{137}Cs 과 $^{239,240}\text{Pu}$ 농도 수직분포

표 3-6-5. 기원별 방사성핵종비 비교표

Source	$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	$^{241}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{239,240}\text{Pu}/^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	$^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs}$	$^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$
Global fallout	0.18 ¹	-	0.026 ³	0.011 ³	0.018 ³	1.5 ¹⁴ , 1.6 ³	-	0.49 ¹
Nuclear weapons test(1961-1962)		15 ⁹	0.25 ⁹					
Fallout after Chinese tes		5.5, 11	0.02~0.03 ^{11,12}					
Nevada test site	0.035 ¹							
Pacific Proving Ground	0.21~0.36 ³	26 ¹⁰						
Nuclear fuel reprocessing plants		25 ⁸	0.25 ⁸					
Sellafield discharge water						6.7 ⁷		
Chernobyl		85 ¹³	0.5 ¹³			5.0 ¹⁵		
SNAP-9A		85 ¹³	0.25 ¹³					
Open Ocean								
(표층)				0.002~0.003 ⁶		1.5 ⁵	0.001 ^{5,6}	
(심층)						2.0 ⁵		
한반도 토양			0.038 ⁴			10.7 ⁴		

1 : Buesseler(1997), 3 : UNSCEAR(1993), 4 : Kimetal.(1998a), 5 : USSC(1993), 6 : Holm(1994), 7 : Bowenetal.(1974), 8 : Holmetal.(1986), 9 : Miyakeetal(1979), 10 : Hisamatsu&Sakanoue(1978), 11 : Hirose(1995), 12 : Hiroseetal.(2000), 13 : IAEA(1986), 14 : Livingston(1988), 15 : IAEA(2001)

표 3-6-6. 1993-2001년간 동해해역 인공방사성 핵종비 범위

Area	Sampling year	$^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{239,240}\text{Pu}/^{90}\text{Sr}$	$^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
surface	1993~1997	0.03~0.05 (0.03)	-	0.11~0.25 (0.15)	2.63~6.67 (3.45)
	2000. 01.	0.03~0.19 (0.10)	0.001~0.004 (0.003)	0.001~0.003 (0.002)	0.51~2.38 (1.53)
	1999. 04 ~2000.05	0.02~1.81 (0.24)	0.002~0.005 (0.003)	0.001~0.003 (0.002)	1.22~2.61 (1.78)
	2001.08.	0.01~0.13 (0.06)	0.001~0.004 (0.003)	0.001~0.003 (0.002)	0.71~1.71 (1.31)
	1999. 10 ~2000.11	0.03~0.39 (0.15)	0.001~0.003 (0.002)	0.001~0.002 (0.001)	1.08~1.62 (1.39)
	average	0.02~1.81 (0.16)	0.001~0.005 (0.003)	0.001~0.003 (0.002)	0.51~2.61 (1.56)
bottom (St. E6)	1999. 10. (1900m)	0.03	0.024	0.024	1.01

표 3-6-7. 2005~2008년 동해 해수중 표층과 저층의 주요 인공방사성 핵종비

Station	Water depth (m)	Depth (m)	$^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$
June 2005				
PM-1	2000	0	0.0200 ± 0.0202	0.0005 ± 0.0001
		1800	0.0275 ± 0.0063	0.0208 ± 0.0031
PM-2	2000	0	0.0227 ± 0.0230	0.0003 ± 0.0000
		2050	0.0320 ± 0.0078	0.0080 ± 0.0028
October 2006				
M(E6)	2198	0	0.2059 ± 0.0866	0.0013 ± 0.0002
		1250	0.1071 ± 0.0337	0.0162 ± 0.0025
June 2007				
E22	793	0	0.1667 ± 0.0811	0.0016 ± 0.0003
		500	0.0025 ± 0.0025	0.0158 ± 0.0018
M(E6)	2198	0	0.1420 ± 0.0433	0.0020 ± 0.0003
		1800	0.0328 ± 0.0087	0.0969 ± 0.0201
April 2008				
E22	793	0	0.1573 ± 0.0725	0.0010 ± 0.0001
		750	0.0024 ± 0.0024	0.0117 ± 0.0013
M(E6)	2198	0	0.1266 ± 0.0404	0.0012 ± 0.0002
		1800	0.0179 ± 0.0091	0.0408 ± 0.0078

2005년부터 2008년까지 동해에서 측정된 해수중 표층과 저층의 주요 인공방사성 핵종비를 표 3-6-7과 그림 3-6-4에 나타내었다.

표층수의 $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 의 평균비는 0.0003~0.002(평균 : 0.0011) 범위로서 범지구적 낙진비($^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$: 0.011)에 비해서는 1/10 수준으로 낮다.

이러한 이유는 해수에서 Pu은 입자와 반응성이 크기 때문에 해수나 대기 중의 입자에 쉽게 흡착되어 제거될 수 있으나, 입자와 반응성이 미약한 Cs은 용액상에서 제거되지 않고 상존하기 때문에 $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 비가 낮아진다.

우리나라 동해 표층수의 이들 핵종 비는 비교적 핵 오염으로부터 영향을 덜 받고 인공방사성 농도 분포가 단지 범 지구적 대기낙진에 의해서만 결정되는 대양표층수의 비와 거의 같은 수준으로 나타났다.

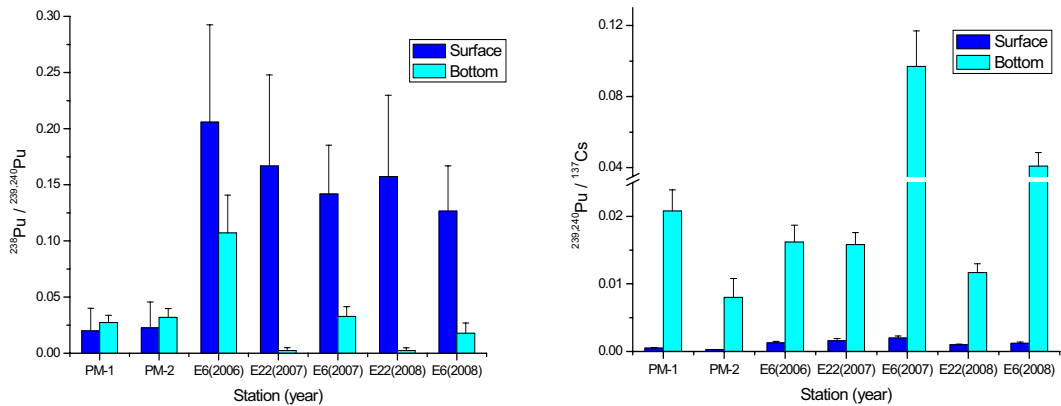


그림 3-6-4. 2005~2008년 동해 해수중 표층과 저층의 주요 인공방사성 핵종비

제 4 장

해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영 및 홍보사업

제 1 절 연구목적 및 내용

1. 연구목적

- 해양환경 보호를 위한 폐기물 배출 감축 촉진방안(재활용) 모색을 위한 정보제공 및 홍보

2. 연구수행기관

- 한국해양연구원 특정해역 보전관리 연구센터

3. 주요과업 내용

- 해양배출 폐기물 종합관리 정보망 운영
 - 해양배출 폐기물 특성 정보 제공
 - 해양배출 폐기물별 이화학적 특성 정보제공
 - 물리적 특성 : 비중, 함수율
 - 화학적 특성 : 해양환경 관리법에 근거한 유해물질 항목(COD, BOD, TN, TP, 광유류, 시안, 페놀, 크롬, 아연, 구리, 카드뮴, 수은, 유기인, 비소, 납, PCBs, PAHs)
 - 폐기물 특성에 근거한 육상 재활용 방안 정보 제공
 - 폐기물 특성 데이터베이스 수요처 제공
 - 해양배출 폐기물 통계 정보 제공
 - 폐기물 종류별, 해역별 폐기물 배출량 통계
 - 배출허가(위탁신고, 배출해역 지정) 현황 데이터베이스 구축
 - 배출해역 환경상태 정보 제공
 - 배출해역 이용현황(배출빈도) 데이터베이스 구축
 - 배출해역환경상태 정보 구축
 - 의정서 회의 동향
 - 각국의 폐기물 해양배출 금지 조치 내용정보
 - 각국의 배출해역 모니터링 기술 정보
 - 의정서 개정현황

- 해양배출 폐기물 교환 전자 창구운영
 - 해양배출 수요 감축 방안 개발
 - 폐기물 위탁처리 신고량 정보 제공
 - 폐기물 재활용 기회 정보 제공
 - 해양배출 폐기물의 처리·재활용 기술 데이터베이스 구축
 - 국내·외 폐기물 재활용 기술 홍보란 운영
 - 재활용 기술 전시회 개최(water journal 합동)
 - 발생업자와 재활용 업자간의 시장 조성
 - 폐기물 발생량 정보 제공
 - 폐기물 위탁업체 정보 제공
- 대국민 홍보활동
 - 홍보 및 발간물 출판
 - 학회, 워크샵, 세미나 참석
 - 홍보물 및 발간물 제작
 - 해양배출 저감을 위한 시민단체 홍보운동 지원

4. 달성된 주요성과

- 해양배출 폐기물 이화학적 특성 데이터베이스
- 폐기물 종류별, 해역별 폐기물 해양배출량 통계
- 배출허가 현황 통계
- 배출해역 이용현황(배출빈도) 지도
- 배출해역 환경상태 정보
- 의정서 회의 동향 정보
- 폐기물 종류별 위탁처리 신고량 자료
- 재활용 업체 회원가입 유치
- 재활용 기술 정보 제공
- 기술 전시회 및 폐기물분과 발표
- 폐기물 발생량 정보 제공
- 폐기물 위탁업체 정보 제공

제 2 절 서 론

인간의 경제활동은 필연적으로 많은 폐기물을 발생시킨다. 이에 따라 발생된 폐기물을 처리·처분하는 것이 전 세계 국가들이 해결해야 할 중요한 당면 과제로 대두되어져 왔다.

국가의 폐기물 관리 시스템은 폐기물 발생 감축 → 재활용 → 소각 → 매립 → 해양투기 순으로 최종처분보다는 사전예방 정책이 기본적으로 이루어져야 한다. 이는 해양환경은 육상과는 달리 최종처분 후 문제가 발생되더라도 복구가 불가능하고, 또한 해양생물이 오염된 폐기물을 먹어 체내에 오염물질이 축적됨으로서 생태계 파괴 및 궁극적으로는 오염된 수산물을 섭취하는 인간 건강에도 큰 위해를 줄 수 있기 때문이다. 이런 관점에서 외국에서 유기성 폐기물(하수오니, 가축분뇨 등)은 폐기물이 아닌 유용자원으로 인식되어 전량이 육상에서 재활용 또는 처리되고 있다.

또한 폐기물 해양투기로 인한 악영향으로 인해 폐기물 해양투기 허가시에도 국민적 공감대 확보를 위해 관보 또는 관련 웹사이트를 통해 폐기물에 대한 모든 정보를 제공함으로써 효과적인 폐기물 관리를 유도하고 있다.

이러한 국제적 추세와는 달리, 우리나라의 경우 2006년 기준으로 총 하수오니 발생량 2,742천톤 중 약 73%(2,012천톤)가 해양배출 되었다(하수도통계, 2007). 폐기물 해양배출 의존도가 급증된 것은 제도 및 처리시설 미흡 등 여러 가지 이유들이 있겠지만, 해양은 무한대 자정능력을 갖고 있고, 또한 멀리 떨어져 있어 눈에 보이지 않는다는 인식도 상당 부분 차지하고 있다.

따라서 해양배출 폐기물 관련 정책입안·집행자, 업체 및 대국민을 대상으로 하는 정보제공 및 홍보는 상당히 중요하다.

본 장에서는 대중매체인 웹사이트, 홍보물, 교육 및 워크샵 등을 이용하여 해양배출 폐기물 발생 및 배출 통계자료, 국내·외 재활용 정보 및 런던협약 관련 국제 동향 제공 등 해양배출 폐기물관련 모든 이해당사자들에게 제공함으로써 환경친화적인 폐기물 최적 관리를 위한 공감대 확보에 중점을 두었다.

제 3 절 폐기물 해양배출 종합관리 정보망 운영 및 홍보

1. 폐기물 해양배출 종합관리 정보 시스템 운영

지금까지 폐기물이 발생되어 처분되기까지의 과정에 대한 정보 부족으로 자원으로 활용 가능한 폐기물이 경제적으로 이용되지 않고 낭비되는 경우가 많았다.

즉, 각 정부 부처, 지방자치 단체별로 폐기물의 처분 운영을 하고 있기 때문에 배출되는 폐기물의 발생원, 종류, 성상과 같은 특징, 그리고 처분지 등에 대한 정보가 산재되어 있어 최종 처분의 통계가 제대로 이루어지지 않고, 재활용을 할 수 있는 부분을 회수하는데도 많은 어려움이 있다.

따라서 본 폐기물 해양배출 종합관리 정보망은 누구나 접할 수 있는 웹사이트를 운영하여, 폐기물 발생현황, 폐기물 해양투기에 대한 국제동향, 국내외 제도, 폐기물을 경제적으로 활용할 수 있는 국내외 모든 정보를 제공·홍보하여 발생된 폐기물을 해양배출하기 이전에 발생원부터 감축을 유도하고, 폐기물 해양배출 방지를 위한 대국민 건전 여론을 조성하는 목적으로 구축되었다(그림 4-3-1).



그림 4-3-1. 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 메인화면

홈페이지의 구성은 크게 다음의 8가지 핵심 콘텐츠로 구성되어 있고, 최신 자료로 대체하여 운영 중에 있다.

구 분	주 요 내 요	구 성
시스템 개요	시스템 소개	<ul style="list-style-type: none"> • 구축배경 및 목적 • 구축 방향 • 구축 내용
	폐기물 해양배출 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 제도 개요 • 개선 배경 • 개정 방향 • 규제 방향
심의대상 폐기물	런던협약/의정서 해양투기 심의가능 폐기물 품목	<ul style="list-style-type: none"> • 준설물질 • 하수오니 • 생선폐기물 • 불활성지질물질 • 천연기원유기물 • 선박플랫폼 등 • 강철콘크리트 재질 등
폐기물 시험방법	해양환경공정시험방법	<ul style="list-style-type: none"> • 목적 및 범위 • 시료 채취 및 보관 • 분석시료 통계 및 처리방법 • 항목별 시험방법
해양배출 현황	국내 해양배출 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 해양배출 현황 • 배출해역 환경상태 • 배출해역 이용현황
자료실	해양배출 폐기물관련 정보	<ul style="list-style-type: none"> • 관련법령 조회 • 참고자료실 • 발간물 • 언론보도 • 관련 사이트
런던협약	런던협약/런던의정서 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 런던협약 개요 • 폐기물 평가체제 • 회의 결과보고/회의록 • 국제동향
참여마당		<ul style="list-style-type: none"> • 공지사항 • 서식자료 • 게시판
폐기물 유통전자창구	폐기물 재활용 업체 홍보 및 기술 정보	<ul style="list-style-type: none"> • 신기술 제품 홍보실 • 회원자료실 • 회원사 옐로우 페이지 • 묻고 답하기

가. 회원 구성 및 이용도

본 정보시스템은 기본적으로 회원 방식으로 운영되고, 일반 국민 및 비회원은 해양배출 심의대상 폐기물에 대한 일반 정보 및 폐기물 시험방법, 자료실, 런던협약과 참여마당을 이용할 수 있고, 회원일 경우(주로 폐기물 위탁업체 및 재활용업체)는 폐기물 전자유통창구에서 발생하는 폐기물 현황에 대한 정보를 실시간으로 이용하고 재활용 가능한 폐기물에 대해서는 상호간에 매도 또는 양도하여 재활용할 수 있는 기회를 부여받게 된다. 또한 정책입안자 및 특별회원은 해양배출현황과 배출해역의 환경상태 정보를 이용할 수 있도록 하고 있다.

현재 등록된 회원은 폐기물 해양배출 수요 감축에 있어서 중요한 구성원인 폐기물 재활용업체와 발생업체가 각각 전년도에 8.9% → 28%, 4% → 14%로 급증하였고, 학생 및 학계가 각각 26%(’07년 24%), 15%(’07년 11%)으로 전년도에 비해 약간 증가하였다. 나머지는 공무원(7%), 언론직(2%) 순으로서 다양한 직종의 구성원들이 본 정보시스템을 이용하고 있다(그림 4-3-1).

차기년도에도 더욱 많은 업체들, 특히 폐기물 발생업체들이 참여할 수 있도록 적극 홍보할 계획이다.

폐기물 해양배출 종합관리 정보 시스템 회원 구성도

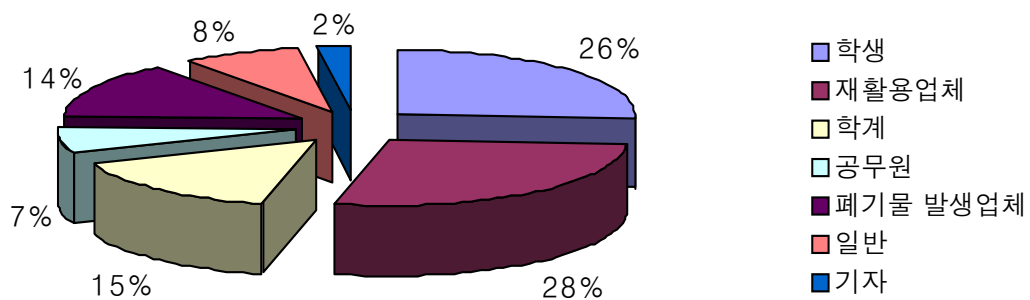


그림 4-3-2. 회원 구성도

또한 본 정보시스템의 관리모드에 있는 기간별 접속 통계는 1월부터 10월까지 월 평균 약 18,000명이 본 정보시스템 방문을 증빙함으로써 다양한 계층의 많은 대중들이 폐기물 해양배출에 큰 관심을 갖고 있음을 알 수 있다.

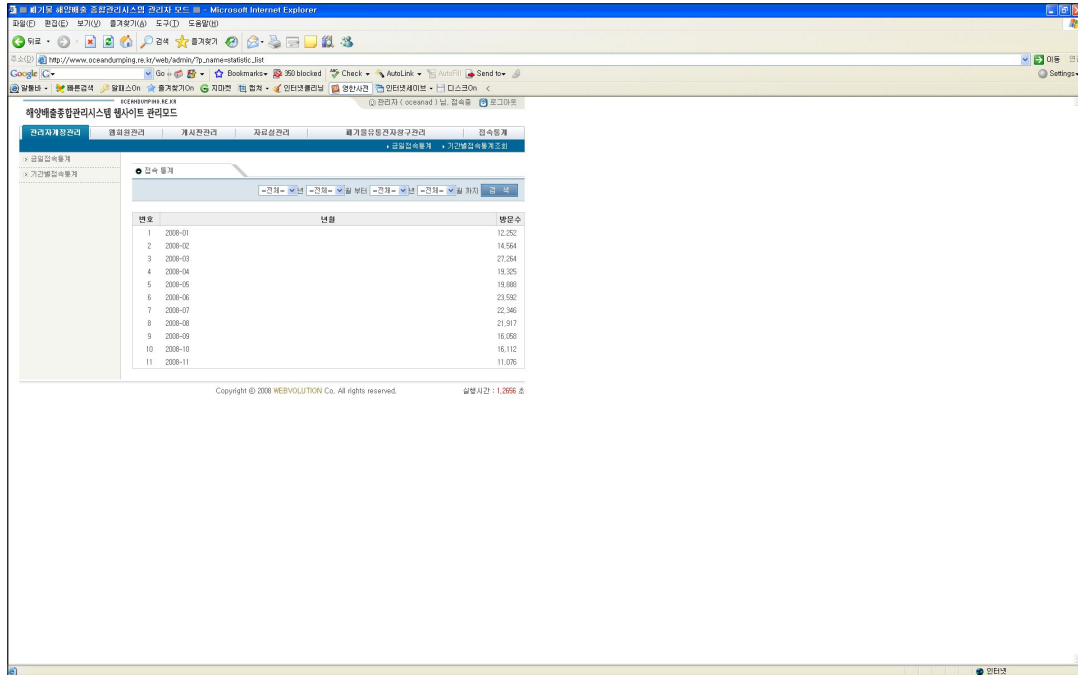


그림 4-3-3. 접속자 통계

나. 폐기물 해양배출관련 정보 제공

본 정보시스템을 통해 폐기물 해양배출 국내 제도 및 폐기물 배출해역 관리 연혁 정보, 해양배출 폐기물 통계, 배출해역 환경상태, 해양배출 폐기물 특성 정보 제공 등 폐기물 해양배출과 관련된 많은 정보를 이해당사자들에게 제공함으로써 폐기물 해양배출 수요 감축을 위한 공감대 확보 및 육상처리 유도를 위한 기반 조성에 기여하고자 하였다.

(1) 폐기물 해양배출 제도

표 4-3-1에서 요약 정리된 바와 같이 우리나라의 해양배출 제도는 1977년 12월 31일 법률 제 3079호로 『해양오염방지법』 제정부터 시작하여 2007년 1월 해양오염방지법에서 해양환경관리법으로 대체될 때 까지 많은 개정 작업이 진행되어 왔다.

표 4-3-1. 폐기물 해양배출 제도 주요 연혁

연 도	주 요 내 용
1977	• 보건사회부령으로 해양오염방지법 제정
1978	• 산업폐기물 처분방법 • 갑, 을, 병, 정 지정해역 구분
1987	• 처분기준이 포함된 처리방법 • 산업폐기물, 분뇨, 폐각류, 수저토사가 신규로 추가 • 지정해역 해양환경 영향평가 실시
1991	• 처분방법 • 해양배출 폐기물 종류 구분(시행규칙 별표 4); 오니, 폐수, 폐산폐알칼리, 수산물가공잔재물, 준설토사 등으로 구분 시작
1993	• 현재의 3개 배출해역 지정(서해 병, 동해 병 및 정) • 해양에 미치는 영향조사를 지방환경청장이 환경처장관에게 보고
1996	• 건설공사오니, 적토를 해양배출 허용 폐기물로 추가 • 해양수산부 발족(8. 8)되어 환경처에서 해양수산부로 업무 이관
2002	• 해양환경개선 부담금 신설
2004	• 음식물류폐기물폐수를 해양배출 허용 폐기물로 추가
2006	• 3개 배출품목 삭제(정수오니, 건설공사오니, 하수도준설토), 보크사이트 폐기물 (적토)는 2015년 해양배출 금지(부칙에 삽입) • 처리기준을 세분화하여 강화
2007	• 해양환경관리법 공포(1. 19) ; 국제협약 우선, 오염원인자 책임조항 신설
2008	• 폐기물 해양배출 처리기준 시행(8. 23) • 해양환경공정시험방법 개선(수저준설토사 시료채집, 분석 강화)

표 4-3-2. 2006년 시행규칙 개정으로 조정된 해양배출 폐기물 종류(해양환경 관리법 시행령 별표 3의 폐기물 종류를 토대로 정리함)

개 정 전	개 정 후('06. 2)	비 고
분뇨	분뇨	
축산폐수	가축분뇨	2012년 해양배출 금지 예정
하수처리오니	하수처리오니	
폐수	음식물류 폐기물 폐수 폐수	2013년 해양배출 금지예정
분뇨처리오니	분뇨처리오니	
폐수처리오니	폐수처리오니	
원료동식물폐기물	원료동식물폐기물	
수산화알루미늄 제조공정에서 발생하는 광물성 폐기물	수산화알루미늄 제조공정에서 발생하는 광물성 폐기물	2015년 해양배출 금지 예정 (런던협약 위반 품목)
수산가공잔재물	수산가공잔재물	
수저준설토사	수저준설토사	
건설공사오니	건설공사오니	2007년 해양배출 금지
정수공사오니	정수공사오니	2007년 해양배출 금지
하수도준설토	하수도준설토	2007년 해양배출 금지

규정 별로 상세한 개정 변혁 사항은 다음과 같다.

○ 용어의 정의

개정일	법 조 항	변경내용
해양오염방지법 1977년 12월 31일 법률 제3079호	제2조(용어의 정의) 이 법에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다. 2. "폐기물"이라 함은 사람이 필요로 하지 아니하게 된 물질등으로서 원활한 해양 이용을 저해하는 물질(기름을 제외한다)로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다. 3. "배출"이라 함은 기름·폐기물 또는 광재등을 해양에 투출·유출 또는 투기하는 것을 말한다. 다만, 오염의 경감 또는 통제에 대한 적법한 과학적 조사·연구를 목적으로 하는 기름·폐기물 또는 광재등의 유출은 포함하지 아니한다.	
1986년 12월 31일 법률 제4053호	2. "폐기물"이라 함은..... 보건사회부령 으로	2. 대통령령→보건사회부령 변경
1989년 12월 30일 법률 제4183호	2. "폐기물"이라 함은 총리령 으로	2. 보건사회부령→총리령 변경
1991년 3월 8일 법률 제4365호	6. "폐기물"이라 함은 해양에 배출되었을 경우 해양환경의 보전을 저해하는 물질(기름 및 유해액체물질등을 제외한다)로서 총리령 이 7. "배출"이라 총리령 이 정하는 바에 따라 미리 환경처장관의 승인을 얻어 행하여지는 유출 및 투기를 포함하지 아니한다.	6. 6항으로 변경후 정의의 내용변경 7. 배출방법의 내용 변경
1995년 12월 29일 법률 제5098호	6. "폐기물"이라 환경부령 이 7. "배출"이라 환경부령 이 정하는 바에 따라 미리 환경부장관의 승인을	6. 총리령→환경부령 변경 7. 환경처장관→환경부장관 변경
1997년 4월 10일 법률 제5336호	6. "폐기물"이라 해양수산부령 이 7. "배출"이라... 해양수산부령 이 정하는 바에 따라 미리 해양경찰청장의 승인을 ...	6. 환경부령→해양수산부령 변경 7. 환경부장관→해양경찰청장 변경
1999년 2월 8일 법률 제5915호	6. "폐기물"이라 함은 해양에 배출되었을 경우 해양환경의 보전을 저해하는 물질..... 7. "배출"이라하다만, 오염의 경감·방지를 위한 과학적 조사·연구를 목적으로 행하여지는 유출 및 투기를 포함하지 아니한다.	6. 정의의 내용 변경 7. 해양경찰청장 승인 삭제

2005년 12월 29일 법률 제7787호	<p>6. "폐기물"이라 ...(<u>기름·유해액체물질 및 포장유해물질을 제외한다</u>)... 7. "배출"이라 함은 <u>기름·유해액체물질·포장유해물질 또는 광재(광재)</u> 등 폐기물을 해양에 누출·유출 또는 투기하거나 <u>선박·해양시설로부터 대기오염물질을 대기로 누출 또는 유출하는 것</u>을 말한다. 다만, 오염의 경감·방지 또는 제거를 위한 과학적 조사·연구를 목적으로 행하여지는 유출 및 투기를 포함하지 아니한다.</p>	<p>6. 유해물질→포장유해물질로 변경 7. 대기오염물질 항목 추가</p>
<p>해양환경관리법 2007년 1월 19일 법률 제8260호</p>	<p>제2조(정의) 이 법에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다. 3. "배출"이라 함은 <u>오염물질 등을 유출·투기하거나 오염물질이 누출·용출되는 것</u>을 말한다. 다만, 해양오염의 감경·방지 또는 제거를 위한 학술목적의 조사·연구의 실시로 인한 유출·투기 또는 누출·용출을 제외한다. 4. "폐기물"이라 함은 <u>해양에 배출되는 경우 그 상태로는 쓸 수 없게 되는 물질로서 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 물질</u>(제5호·제7호 및 제8호에 해당하는 물질을 제외한다)을 말한다.</p>	<p>3. 정의의 내용 변경 4. 정의의 내용변경</p>

○ 국제협약과의 관계

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호</p>	<p>제4조 해양환경 및 해양오염과 관련하여 <u>국제적으로 발효된 국제협약에서 정하는 기준과 이 법에서 규정하는 내용이 다른 때에는 국제협약의 효력을 우선한다</u>. 다만, 이 법의 규정내용이 국제협약의 기준보다 강화된 기준을 포함하는 때에는 그러하지 아니하다.</p>	<p>신설</p>

○ 오염원인자 책임의 원칙

개정일	법 조 항	변경내용
해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호	제7조 자기의 행위 또는 사업활동으로 인하여 <u>해양환경의 훼손 또는 해양오염을 야기한 자(이하 "오염원인자"라 한다)는 훼손·오염된 해양환경을 복원할 책임을 지며, 해양환경의 훼손·오염으로 인한 피해의 구제에 소요되는 비용을 부담함을 원칙으로 한다.</u>	신설

○ 선박으로부터의 폐기물의 배출금지

개정일	법 조 항	변경내용
해양오염방지법 1977년 12월 31일 법률 제3079호	제10조(선박으로부터의 폐기물의 배출금지) ① 누구든지 해양에서 선박으로부터 폐기물을 배출하여서는 아니된다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. ④ 제1항 본문의 규정은 산업폐기물등으로서 료지에서 처리가 곤란한 폐기물을 대통령령으로 정하는 처리방법 및 지정해역에 배출하는 경우에는 이를 적용하지 아니한다.	신설
1986년 12월 31일 법률 제3905호	④제1항 본문의 규정 ... <u>보건의사회부령</u> 으로 <개정 1986.12.31>	④ 대통령령→보건사회부령 변경
1989년 12월 30일 법률 제4183호	④제1항 본문의 규정... <u>총리령</u> 으로 <개정 1986.12.31, 1989.12.30>	④ 보건사회부령→총리령 변경
1991년 3월 8일 법률 제4365호	<u>제16조(선박으로부터의 폐기물의 배출금지)</u> ① 누구든지 해양에서 선박으로부터 폐기물을 배출하는 행위를 하여서는 아니된다. ④ 제1항 본문의 규정은 육지에서 처리가 곤란한 폐기물을 그 배출이 가능한 해역에서 총리령이 정하는 처리방법에 따라 배출하는 경우에는 이를 적용하지 아니한다. 이 경우 해양배출이 가능한 폐기물의 종류·배출해역의 범위 및 배출자에 대한 배출해역 지정절차 기타 필요한 사항은 총리령으로 정한다.	④ 배출해역의 범위, 지정절차 및 기타 사항 추가
1995년 12월 29일 법률 제5098호	④ 제1항 본문의 ... <u>환경부령</u> 이 사항은 <u>환경부령</u> 으로 정한다.<개정 1995.12.29>	④ 총리령→환경부령 변경

1997년 4월 10일 법률 제5336호	④ 제1항 본문의 <u>해양수산부령</u> 이 사항은 <u>해양수산부령</u> 으로 정한다.<개정 1995.12.29, 1997.4.10>	④ 환경부령→해양수산부령 변경
1999년 2월 8일 법률 제5915호	④ 제1항 본문의... <u>처리기준 및 방법</u> 에....<개정 1995.12.29, 1997.4.10, 1999.2.8>	④ 처리기준 및 방법이 추가
해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호	<p>제23조(육상에서 발생한 폐기물의 해양배출금지 등)</p> <p>① 누구든지 육상에서 발생한 폐기물을 해양에 배출할 수 없다. 다만, 해양수산부장관은 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 육상에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양수산부령이 정하는 폐기물에 한하여 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출하게 할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 배출하게 할 수 있는 폐기물 중 제76조제1항의 규정에 따라 폐기물위탁자가 위탁처리를 신고한 폐기물에 한하여 폐기물해양배출업자로 하여금 이를 처리하게 할 수 있다.</p> <p>③ 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 배출하게 할 수 있는 폐기물에 해당하지 아니하는 폐기물 해양수산부령이 정하는 바에 따라 미리 검사하여야 한다.</p> <p>④ 해양수산부장관은 제3항의 규정에 따른 검사업무를 대통령령이 정하는 바에 따라 전문검사기관에게 대행하게 할 수 있다.</p> <p>⑤ 제1항 단서의 규정에 따른 폐기물배출해역의 신청 및 지정절차 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>	<p>해양오염방지법 → 해양환경관리법</p> <p>신박으로부터의 폐기물 배출금지→ 육상에서 발생한 폐기물의 해양배출 금지로 변경</p>
해양환경관리법 2008년 3월 28일 법률 제9037호	<p>① ... 다만, <u>국토해양부장관</u>은 ... <u>국토해양부령</u>이 정하는 ... <u>국토해양부령</u>이 정하는 해역에서 <u>국토해양부령</u>이 정하는 ... 배출하게 할 수 있다.</p> <p>② <u>국토해양부장관</u>은 ... 이를 처리하게 할 수 있다.</p> <p>③ <u>국토해양부장관</u>은 .. 해당하지 아니하는 여부를 <u>국토해양부령</u>이 ... 검사하여야 한다.</p> <p>④ <u>국토해양부장관</u>은 ... 대행하게 할 수 있다.</p> <p>⑤ 제1항 단서의 ... 필요한 사항은 <u>국토해양부령</u>으로 정한다.</p>	해양수산부령→국토해양부령 변경

○ 해양환경개선부담금

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 2001년 9월 12일</p>	<p>제46조의 3(해양환경개선부담금) ① 해양수산부장관은 해양환경 및 생태계에 현저한 영향을 미치는 사업으로서 다음 각호에 해당하는 사업에 대하여는 해양환경개선부담금(이하 "부담금"이라 한다)을 부과·징수한다. 1. 폐기물해양배출업자의 폐기물 해양배출행위 2. 그 밖에 대통령령이 정하는 규모 이상의 기름 등 배출행위 ② 해양수산부장관은 국가·지방자치단체 및 공공기관이 시행하는 사업, 그 밖에 국방목적 또는 공익상 중요한 사업으로서 대통령령이 정하는 사업에 대하여는 부담금을 감면할 수 있다. ③ 해양수산부장관은 제1항의 규정에 의한 부담금을 「어업협정체결에 따른 어업인 등의 지원 및 수산업발전특별법」 제22조의 규정에 의한 수산발전기금으로 납입하여야 한다. <개정 2005.12.29> ④ 제1항의 규정에 의한 부담금의 산정·감면기준 및 부과·징수절차 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. [본조신설 2001.9.12] 제46조의4(부담금의 강제징수) ① 해양수산부장관은 제46조의3의 규정에 의하여 부담금을 납부하여야 할 자가 납부기한 이내에 이를 납부하지 아니한 경우에는 30일 이상의 기간을 정하여 이를 독촉하여야 한다. 이 경우 체납된 부담금에 대하여는 100분의 5에 상당하는 가산금을 부과한다. ② 제1항의 규정에 의하여 독촉을 받은 자가 기한 이내에 부담금과 가산금을 납부하지 아니한 경우에는 국세체납처분의 예에 의하여 이를 징수할 수 있다. ③ 해양수산부장관은 제1항의 규정에 의한 가산금을 「어업협정체결에 따른 어업인 등의 지원 및 수산업발전특별법」 제22조의 규정에 의한 수산발전기금으로 납입하여야 한다. <개정 2005.12.29> [본조신설 2001.9.12]</p>	<p>신설</p>

<p>해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호</p>	<p>제19조(해양환경개선부담금)</p> <p>①</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제70조제1항제1호의 규정에 따른 폐기물해양배출업을 하는 자(이하 "폐기물해양배출업자"라 한다)가 폐기물을 해양에 배출하는 행위 2. 선박 또는 해양시설에서 대통령령이 정하는 규모 이상의 오염물질을 해양에 배출하는 행위 ② 부담금은 오염물질의 종류 및 배출량을 고려하여 산정하되, 오염물질의 배출량에 단위당 부과금액을 곱한 후 오염물질의 종류별 부과계수를 적용하여 부과한다. 이 경우 오염물질의 배출량·단위당 부과금액 및 종류별 부과계수 등은 대통령령으로 정한다. ③ 해양수산부장관은 납부의무자가 부담하여야 할 부담금을 분할하여 납부하게 할 수 있다. ④ 해양수산부장관은 제1항의 규정에 따른 부담금 및 제20조제2항의 규정에 따른 가산금을 「어업협정체결에 따른 어업인 등의 지원 및 수산업발전특별법」 제22조의 규정에 따른 수산업전기금(이하 "기금"이라 한다)으로 납입하여야 한다. ⑤ 제1항 및 제2항의 규정에 따른 부담금의 징수절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <p>제21조(부담금의 용도) 제19조제4항의 규정에 따라 기금으로 납입된 부담금은 다음 각 호의 사업을 위하여 사용되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해양오염방지 및 해양환경의 복원에 관한 사업 2. 해양환경의 보전·관리에 관한 사업 3. 친환경적 해양이용사업자 및 연안주민에 대한 지원사업 4. 제18조제1항의 규정에 따른 해양환경개선조치에 대한 사업 5. 해양환경 관련 연구개발사업 6. 해양환경의 조사·연구·홍보 및 교육에 관한 지원사업 7. 해양오염에 따른 어업인 피해의 지원 등 수산업지원사업 8. 제1호 내지 제7호와 관련된 사업으로서 대통령령이 정하는 사업 	<p>해양오염방지법 → 해양환경관리법 일부 조항 개정</p>
<p>해양환경관리법 2008년 3월 28일 법률 제9037호</p>	<ol style="list-style-type: none"> ③ 국토해양부장관은 ... 납부하게 할 수 있다. ④ 국토해양부장관은 ... 납입하여야 한다. 	<p>해양수산부 → 국토해양부 변경</p>

○ 해양환경개선부담금의 산정

개정일	법 조 항	변경내용
해양오염방지법 시행령 2002년 9월 11일 대통령령 제17738호	제22조의3(해양환경개선부담금의 산정) ① 법 제46조의 3 제1항 제1호의 규정에 의한 폐기물해양배출업자의 폐기물 해양배출행위에 대한 해양환경개선부담금(이하 "부담금"이라 한다)은 다음의 기준에 따라 산정한다. $\text{폐기물해양배출량} \times \text{단위당기준부과금액} \times \text{부과계수}$ ② 폐기물해양배출량의 단위기준은 세제곱미터로 한다. 이 경우 세제곱미터 미만은 반올림하여 적용한다. ③ 단위당기준부과금액은 800원으로 하되 2004년 1월 1일부터는 3년간 매년 100원씩 인상한다. ④ 부과계수는 별표 4의 2와 같다. [별표 4의 2] <신설 2002. 9. 11> 폐기물 종류별 부과계수(제22조의 3 관련)	신설

폐기물 종류	부과계수 산출기준			부과계수 (A×B×C)
	유해성배출비율(계수(A))	오염도계수(B)	정체계수(C)	
역상류	분뇨	1.0	1.0	1.2
	축산폐수	1.0	1.0	1.2
	폐수	1.2	1.0	1.32
유기성 오너류	분뇨처리오니	1.3	1.5	1.2
	폐수처리오니	1.1	1.5	1.4
	하수처리오니	1.0	1.5	1.5
무기성 오너류	건설공사오니	1.3	1.5	1.0
	정수공사오니	1.1	1.5	1.3
	원료동식물폐기물	1.2	1.5	1.8
광물성폐기물 수상기밀산제물	광물성폐기물	1.1	1.5	1.4
	수상기밀산제물	1.1	1.3	1.65
	정수준설토사(하수도준설, 정화용 준설등) 준설토사(항로준설, 항만개발 등)	1.0	1.5	1.0
		1.0	1.0	1.0

비고 : 1. 폐기물의 종류를 확정하기 어려운 때에는 해양오염방지법 제16조제4항의 규정에 의한 해양배출이 가능한 폐기물의 종류를 고려하여 유사한 종류로 분류한다.
 2. 폐기물의 특성상 무게단위(톤)로 거래가 이루어지는 폐기물에 대하여는 그 비중을 1.2의 계수로 나누어 환산적용한다.

○ 해양배출업자 규정

개정일	법 조 항	변경내용
해양오염방지법 1999년 2월 8일 법률 제5915호	<p>제18조(폐기물해양배출업) 제16조제4항의 규정에 의하여 육지에서 처리가 곤란한 폐기물을 그 배출이 가능한 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출하는 업(이하 "폐기물해양배출업"이라 한다)을 영위하고자 하는 자는 대통령령이 정하는 기준에 의한 폐기물운반선·시설·인력 및 장비를 갖추어 해양수산부장관에게 등록하여야 한다.</p> <p>제21조(등록의 취소등) ①해양수산부장관은 폐기물해양배출업자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그 등록을 취소하거나 6월 이내의 기간을 정하여 영업의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호 또는 제2호에 해당하는 경우에는 그 등록을 취소하여야 한다.<개정 1995·12·29, 1997·4·10, 1999.2.8, 2005.12.29></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제20조 각호의 1에 해당하게 된 경우. 다만, 법인의 임원중 제20조제5호에 해당하는 자가 있는 경우 6월 이내에 그 임원을 개임한 때에는 그러하지 아니하다. 2. 허위 기타 부정한 방법으로 등록을 한 경우 3. 1년에 2회 이상 영업정지처분을 받은 경우 4. 제16조4항의 규정에 위반하여폐기물을 해양에 배출한 행위를 한 경우 5. 등록후 1년 이내에 영업을 개시하지 아니하거나 계속하여 1년 이상 영업실적이 없는 경우 5의2. 제18조의 규정에 의한 등록요건에 미달하게 된 경우 6. 제19조제2항의 규정에 의한 폐기물 처리명령을 이행하지 아니한 경우 7. 영업정지기간 중에 영업을 한 경우 <p>제22조(폐기물기록부)</p> <p>① 제18조의 규정에 의한 폐기물운반선과 해양수산부령이 정하는 일정규모 이상의 선박의 선장은 당해 선박에 폐기물기록부를 비치하고 폐기물처리량등을 기록하여야 한다.<개정 1995·12·29, 1997·4·10> ②제1항의 규정에 의한 폐기물 기록부의 보존기간은 최종기재를 한 날부터 3년으로 하며, 그 기재사항·보존 방법 기타 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.<개정 1995·12·29, 1997·4·10></p>	

<p>해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호</p>	<p>제23조(폐기물위탁자의 의무등) ① 제품의 생산등 사업활동에 따라 발생한 폐기물을 폐기물배출업자에게 위탁하여 처리하고자 하는 자는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 신고하여야 한다. 신고사항이 변경되는 경우에도 또한 같다.<改正 1995.12.29, 1997.4.10, 1999.2.8> ②제1항의 규정에 의하여 위탁처리하는 폐기물은 제16조제4항의 규정에 의한 해양배출이 가능한 폐기물서 등조동항의 규정에 의한 처리기준에 적합한 것이어야 한다.<개정 1999.2.8></p>	
<p>해양환경관리법 2008년 1월 19일 법률 제8260호</p>	<p>제70조(해양환경관리업) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(이하 "해양환경관리업"이라 한다)을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 등록하여야 한다. 1. 폐기물해양배출업 : 해양투기에 필요한 선박·설비 및 장비를 갖추고 폐기물을 해양에 투기하는 사업. 제72조(해양환경관리업자의 의무) ① 해양환경관리업자는 폐기물의 해양투기, 오염물질의 방제, 오염물질의 청소·수거, 부유·침적된 폐기물의 수거 및 퇴적된 오염물질의 준설·수거 등에 관한 처리 실적서를 작성하여 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 제출하여야 하며, 그 처리대장을 작성하고 해당 선박 또는 시설에 비치하여야 한다. ② 해양환경관리업자가 선박 또는 해양시설등으로부터 오염물질을 수거하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 오염물질수거확인증을 작성하고 해당 오염물질의 위탁자에게 이를 교부하여야 한다. ③ 폐기물해양배출업자는 해양투기의 대상이 되는 폐기물을 해양수산부령이 정하는 바에 따라 보관·관리하여야 하며, 해양수산부령이 정하는 폐기물인계·인수서를 작성하여 이를 해양수산부장관에게 제출하여야 한다. ④ 제1항 내지 제3항의 규정에 따른 처리실적서·처리대장, 오염물질수거확인증 및 폐기물인계·인수서의 작성방법·보존기간 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. 제73조(위탁폐기물 등의 처리명령 등) 해양수산부장관 또는 해양경찰청장은 해양환경관리업자(휴·폐업한 경우를 포함한다)가 처리를 위탁받은 폐기물 등 처리대상이 되는 오염물질을 이 법에 따라 처리하지 아니하고 방치하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 그 적정한 처리를 명령할 수 있다.</p>	<p>폐기물 해양배출업 → 해양환경 관리업으로 변경 해양환경관리업자 의무를 구체적으로 보완</p>

	<p>제74조(해양환경관리업의 승계 등)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 해양환경관리업자가 그 사업을 양도하거나 사망한 때 또는 법인의 합병이 있는 때에는 그 사업의 양수인·상속인 또는 합병 후 존속하는 법인이나 합병에 의하여 설립되는 법인이 그 권리·의무를 승계한다. ② 「민사집행법」에 따른 경매, 「채무자 회생 및 파산에 관한 법률」에 따른 환가(換價) 및 「국세징수법」·「관세법」 또는 「지방세법」에 따른 압류재산의 매각 그 밖에 이에 준하는 절차에 따라 환경관리업자의 시설·설비의 전부를 인수한 자는 그 권리·의무를 승계한다. ③ 제1항 및 제2항의 규정에 따라 해양환경관리업자의 권리·의무를 승계한 자는 1개월 이내에 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 신고하여야 한다. ④ 제71조의 규정은 제1항 및 제2항의 규정에 따른 승계에 있어 이를 준용한다. <p>제75조(등록의 취소 등)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 해양수산부장관 또는 해양경찰청장은 해양환경관리업자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 영업정지를 명령할 수 있다. 다만, 제1호 내지 제4호에 해당하는 경우에는 등록을 취소하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 1. 제71조 각 호의 어느 하나에 해당하는 때, 다만, 법인의 임원 중 제71조제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 경우로서 6개월 이내에 그 임원을 바꾸어 임명한 때에는 그러하지 아니하다. 2. 거짓 그 밖의 부정한 방법으로 등록을 하거나 변경등록을 한 경우 3. 1년에 2회 이상 영업정지처분을 받은 경우 4. 영업정지기간 중에 영업을 한 경우 5. 정당한 사유 없이 등록한 사항을 이행하지 아니한 경우 6. 제72조의 규정에 따른 의무에 위반한 경우 7. 제73조의 규정에 따른 명령에 따르지 아니하거나 거부한 경우 8. 등록 후 1년 이내에 영업을 하지 아니하거나 계속하여 1년 이상 영업실적이 없는 경우 ② 제1항의 규정에 따른 행정처분의 세부기준은 그 위반행위의 유형과 정도 등을 참작하여 해양수산부령으로 정한다.
--	--

<p>해양환경관리법 2008년 3월 28일 법률 제9037호</p>	<p>제76조(폐기물위탁자의 의무 등) ① 폐기물해양배출업자에게 폐기물을 위탁·처리하려는 자는 해양수신부령이 정하는 바에 따라 해양수신부장관에게 신고하여야 한다. 이 경우 신고한 사항 중 해양수신부령이 정하는 중요한 사항을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다. ② 제1항의 규정에 따라 폐기물 위탁·처리의 신고를 한 자(이하 "폐기물위탁자"라 한다)는 해양수신부령이 정하는 바에 따라 위탁·처리하려는 폐기물의 성분·농도·무게·부피를 측정하고, 해양수신부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 이를 위탁·처리하여야 한다. ③ 폐기물위탁자는 제2항의 규정에 따른 폐기물의 성분·농도·무게·부피의 측정에 관한 업무를 대통령령이 정하는 바에 따라 폐기물의 측정능력이 있는 자에게 대행하게 할 수 있다.</p>	<p>③ 신설</p>
		<p>해양수신부→국토해양부 변경</p>

○ 폐기물 종류

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 시행규칙 1987년 8월 31일 보건사회부령 제806호</p>	<p>제2조(폐기물) 해양오염방지법(이하 "법"이라 한다) 제2조제2호의 폐기물은 별표 1과 같다. [별표 1] 폐기물(제2조 관련) 1. 특정폐기물 가. 특정유해폐기물 (1)카드뮴 및 그 화합물 (2)수은 및 그 화합물 (3)유기할로겐화합물 (4)시아나화합물 (5)유기인화합물 (6)연 및 그 화합물 (7)6가크롬 및 그 화합물 (8)비소 및 그 화합물 (9)동 및 그 화합물 (10)아연 및 그 화합물 (11)유기실리콘화합물 (12)불화물 (13)기타 환경청장이 정하는 유해물질 나. 폐합성수지 및 폐합성고분자화합물(합성고무, 합성섬유, 합성피혁을 포함한다) 다. 폐산 및 폐알카리(특정유해폐기물을 함유하지 아니한 것) 2. 일반폐기물 가. 유기물류폐기물 (1)폐지류 (2)폐목재류 (3)폐천연섬유 및 폐천연고무류 (4)폐천연가죽류 (5)동·식물성 고형물 (6)분뇨 (7)오니류(특정폐기물을 함유하지 아니한 것) (8)수승, 어로, 기타 선박의 통상활동에서 생기는 오수 나. 무기물류폐기물 (1)금속편류 (2)유리편류, 도자기편류 및 건축폐재류등 비금속물질 (3)광재(특정폐기물을 함유하지 아니한 것) (4)연소재(특정폐기물을 함유하지 아니한 것)</p>	

<p>해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일 해양수산부령 제33호</p>	<p>(5)분진류(특정폐기물을 함유하지 아니한 것) (6)수저토사류 (7)패각류</p> <p>제5조(폐기물) 법 제2조제6호에서 "해양수산부령이 정하는 물질"이라 함은 별표 1의 폐기물을 말한다.</p> <p>[별표 1] 폐기물(제5조관련)</p> <p>1. 육지폐기물</p> <p>가. 폐기물관리법 제2조의 규정에 의한 폐기물</p> <p>나. 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 제2조의 규정에 의한 오수·분뇨 및 축산폐수</p> <p>다. 수질환경보전법 제2조의 규정에 의한 폐수</p> <p>라. 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수도·공공하수도 및 종말처리장의 유지·관리와 관련하여 발생하는 준설물질 및 오니류</p> <p>마. 총포·도검·화약류 등 단속법 제2조의 규정에 의한 화학류 중 쓸 수 없게 된 것</p> <p>바. 기타 육지에서 발생되어 쓸 수 없게 된 물질(육지안의 하천·호소 등에서 발생되어 쓸 수 없게 된 준설물질을 포함한다)</p> <p>2. 해양폐기물</p> <p>가. 해저준설토사(굴착토사 및 암석류를 포함한다)</p> <p>나. 선박 및 해양시설에서 사람의 일상적인 활동에 따라 발생하는 분뇨</p> <p>다. 화물류의 운송중에 그 상태로는 쓸 수 없게 된 물질</p> <p>라. 부유성의 화물용골개 및 끼우개, 화물용내장재, 포장물질 기타 가연성 폐기물 (마호 내지 사호에 의한 가연성폐기물을 제외한다)</p> <p>마. 음식찌꺼기, 종이제품, 냄마, 유리, 금속, 병, 도기류 기타 유사한 폐기물</p> <p>바. 포장유해물질(위험물선박운송및저장규칙 제2조제1호의 규정에 의하여 해양수산부장관이 고시한 위험물과 그 포장용기)</p> <p>사. 합성로프·합성어망·페어구 및 플라스틱제의 쓰레기류를 포함한 플라스틱류</p>
--	--

전면 개정
신설

<p>해양오염방지법 시행규칙 2005년 3월 12일 해양수산부령 제290호</p>	<p>[별표 1] <개정 2005.3.12> <u>폐기물</u>(제5조관련) 2. 해양폐기물 가. 해저준설토사(굴착토사를 포함한다)</p>	<p>2. 가. 암석류 삭제</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2006년 5월 19일 해양수산부령 제337호</p>	<p>[별표 1] <개정 2005.3.12, 2006.5.19> <u>폐기물</u>(제5조관련) 2. 해양폐기물 아. <u>선박의 의료구역 및 동물윤송구역에서 발생하는 오수</u></p>	<p>2. 아. 신설</p>

○ 해양배출이 가능한 폐기물 종류

개정일	법 조 항	변경내용											
<p>1987년 8월 31일 보건사회부령 제 806호</p>	<p>제6조(산업폐기물등의 처리방법 및 지정해역) ① 법 제10조제4항의 규정에 의하여 산업폐기물등을 해양에 배출하고자 하는 자는 환경청장으로부터 배출해역의 지정을 받아야 하며, 배출하는 경우의 처리방법과 환경청장이 지정할 수 있는 해역의 범위는 별표 4와 같다. 다만, 선박의 통상 활동에 의하여 생긴 폐기물을 배출하는 경우에는 배출해역의 지정을 받지 아니하고 배출할 수 있다.</p> <p>[별표 4] 산업폐기물등의 처리방법과 지정해역(제6조제1항 관련)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="673 1265 703 1715">폐 기 물</th> <th data-bbox="673 819 703 1265">치 리 방 법</th> <th data-bbox="673 692 703 819">지정해역</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="703 1265 916 1715"> <p>1. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리된 정도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p> </td> <td data-bbox="703 819 916 1265"> <p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.2이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> </td> <td data-bbox="703 692 916 819"> <p>김해역</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="916 1265 1278 1715"> <p>2. 공장 또는 사업장에서 발생하는 폐기물 또는 수저토사류로서 특정유해폐기물(카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐 화합물을 제외한다)을 함유한 폐기물</p> </td> <td data-bbox="916 819 1278 1265"> <p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고정화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm(6가 크롬으로서) (5)비소 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타: 환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것.</p> </td> <td data-bbox="916 692 1278 819"> <p>김해역</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1278 1265 1356 1715"> <p>3. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정</p> </td> <td data-bbox="1278 819 1356 1265"> <p>가. 선박에 적재시의 수소가온농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것</p> </td> <td data-bbox="1278 692 1356 819"> <p>을해역</p> </td> </tr> </tbody> </table>	폐 기 물	치 리 방 법	지정해역	<p>1. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리된 정도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p>	<p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.2이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>김해역</p>	<p>2. 공장 또는 사업장에서 발생하는 폐기물 또는 수저토사류로서 특정유해폐기물(카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐 화합물을 제외한다)을 함유한 폐기물</p>	<p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고정화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm(6가 크롬으로서) (5)비소 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타: 환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것.</p>	<p>김해역</p>	<p>3. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정</p>	<p>가. 선박에 적재시의 수소가온농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것</p>	<p>을해역</p>
폐 기 물	치 리 방 법	지정해역											
<p>1. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리된 정도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p>	<p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.2이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>김해역</p>											
<p>2. 공장 또는 사업장에서 발생하는 폐기물 또는 수저토사류로서 특정유해폐기물(카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐 화합물을 제외한다)을 함유한 폐기물</p>	<p>가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고정화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm(6가 크롬으로서) (5)비소 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타: 환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것.</p>	<p>김해역</p>											
<p>3. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정</p>	<p>가. 선박에 적재시의 수소가온농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것</p>	<p>을해역</p>											

<p>유해폐기물을 다음 기준이하로 함유한 것 가. 시안(CN) : 1ppm(CN으로서) 나. 유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) 다. 연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) 라. 6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm(6가 크롬으로서) 마. 비소 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) 바. 동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) 사. 아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) 아. 기타:환경청장이 정하는 기준</p>	<p>나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>	
<p>4. 총포,도검,화약류단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류중 폐화약류</p>	<p>가. 비중 1.20이상의 상태로 하여 배출할 것 나. 분말의 상태로 배출하지 아니할 것 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>을해역</p>
<p>5. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 함유하지 아니한 폐산 및 폐알카리</p>	<p>가. 공장 또는 사업장에서 발생한 것은 선박에 적재할 때의 수소이온농도지수가 5.00이상 9.00이하일 것 나. 선박의 통상활동으로부터 발생한 것은 배출전의 수소이온 농도지수가 5.00이상 9.00이하일 것 다. 수중깊이 배출할 것 라. 항행중에 배출할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>6. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 수송·어로 활동 기타 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 가연성의 폐기물</p>	<p>가. 작열길이 15%이하로 할 것 나. 비중 1.20이상의 상태로 할 것 다. 분말의 상태가 아닐 것 라. 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>7. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 오니류(유기물 및 수용성 무기물에 한한다) 및 일반폐기물중 불연성의 액상폐기물</p>	<p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 항행중에 배출할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>8. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 일반 폐기물중 불연성의 폐기물(액상의 것을 제외한다)</p>	<p>가. 비중 1.20이상의 상태로 할 것 나. 분말의 상태가 아닐 것 다. 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>9. 분뇨</p>	<p>가. 황산 제1철 또는 염화 제1철을 0.1%이상 혼합하여 미채할 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>	<p>정해역</p>
<p>10. 수송·어로활동 기타선박의 통상활동에 따라</p>	<p>처리방법은 한정하지 아니한다</p>	<p>정해역</p>

<p>1991년 9월 9일 총리령 제 393호</p>	<p>발생하는 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 오수</p> <p>11. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 어로 활동에 수반하여 발생하는 폐각류</p> <p>12. 준설 또는 선박의 통상활동에 따라 생기는 특정유해폐기물을 함유하지 아니하는 수저 토사류</p> <p>주 1. 간, 을, 범, 정, 무의 해역의 범위는 다음의 해역으로 한다. 가. 갑해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도15분의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 을해역 (1) 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 (2) 북위 36도36분과 동경 131도15분의 점, 북위 36도20분과 동경 131도1분의 점, 북위 36도14분과 동경 131도11분의 점 및 북위 36도30분과 동경 131도25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 다. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역 라. 정해역 : 다음의 해역외의 해역 (1) 항만법에서 규정하는 항만의 구역 (2) 국토이용관리법에 의한 수산자원보전지구 (3) 별표2의 규정에 의한 제1해역 (4) 대한민국의 영해의 기선으로부터 50해리 이내에서 농림수산부장관이 수산동식물의 생육환경이나 해양환경보전상 필요하다고 인정하여 지정하는 해역과 범 제44조의3제1항의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 마. 무해역 : 모든 해역(다만 "라"의 "(1)", "(2)" 및 "(4)"에서 규정한 해역을 제외한다) 2. 배출시의 시멘트의 고품화기준은 별표3의 기준에 의한다.</p> <p>제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류 등) ② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 폐기물을 해양에 배출할 경우 해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리기준은 각각 별표5 및 별표6과 같다.</p>	
	<p>진면개정 신설</p>	

[별표 5] 해역별 배출폐기물의 종류 및 처리방법 (제6조제2항 관련)

해역	배출폐기물의 종류	처리방법
갑해역	1. 시멘트로 고품화처리한 것.	다음과 같은 집중적 처리방법(이하 "집중식 처리방법"이라 한다)에 의하여 배출할 것 가. 비중 1.2이상의 상태로 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출하기 위하여 처리하지 아니할 것

		<p>다. 분말의 상태로 처리하지 아니할 것 라. 폐기물이 부유되지 아니하도록 처리할 것 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>
<p>을해역 1. 무기성 오니류 2. 해저준설토사 3. 총포·도검·화약류등 단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류 중 쓸 수 없게 된 것</p>		
<p>병해역</p>	<p>1. 별표4의 육지폐기물 중 가 내지 다(수산물 가공시 발생하는 폐각류를 제외한다)에서 정한 폐기물 2. 별표4의 해양폐기물 및 수산물가공시 발생하는 폐각류</p>	<p>1. 다음과 같은 확산식 처리방법(이하 "확산식 처리방법"이라 한다)에 의하여 처리할 것 가. 해면하에 배출되도록 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출되도록 처리할 것 다. 혐점물을 제거할 것 2. 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>
<p>정해역</p>	<p>1. 별표4의 육지폐기물 중 가·나(1) 및 다 (2)(폐각류를 제외한다)에서 정한 폐기물 2. 별표4의 해양폐기물 및 수산물가공시 발생하는 폐기물</p>	<p>1. 확산식처리방법 및 다음의 방법에 의하여 처리할 것 가. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1% 이상 혼합하여 마쇄할 것(처리되지 아니한 분뇨에 한한다) 나. 마쇄하여 처리할 것 2. 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>
<p>무해역</p>	<p>1. 수산물가공시 발생하는 폐각류 및 해저준설 토사 비고: 1. 갑·을·병·정·무의 해역의 범위는 다음과 같다. 가. 갑해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도15분의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 을해역 (1) 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역(2) 북위 36도36분과 동경 131도15분의 점, 북위 36도20분과 동경 131도1분의 점, 북위 36도14분과 동경 131도11분의 점 및 북위 36도 30분과 동경 131도25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 다. 병해역: 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역 라. 정해역: 다음의 해역외의 해역 (1) 항만법에서 규정하는 항만구역 (2) 국토이용관리법에 의한 수산자원보전지역과 어항법에서 규정하는 어항구역 (3) 별표2의 규정에 의한 제1해역 (4) 수산업법에 의한 보호수면 및 육상수면과 법 제61조제1항의 규정에 의하여 지정된 연안오염특별 관리해역</p>	<p>집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 1991년 9월 9일 총리령 제393호</p>	<p>마. 무해역:모든 해역, 다만, 라의(1)(2) 및(4)에서 규정한 해역을 제외한다. 2. 해양배출시 시멘트로 고정화하는 경우의 기준은 다음과 같다. 가. 시멘트는 수경성시멘트를 사용할 것 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1㎡당 150kg이상 혼합하고 균질하게 섞을 것 다. 시멘트로 고정화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100kg/cm² 이상일 것 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것 (1) 부피와 1면의 표면적의 비가 5이상일 것 (2) 변의 길이는 최대와 최소의 비가 3이하일 것 (3) 최소변의 길이는 30cm이상일 것 3. 해역별 배출폐기물이 구체적으로 명시되지 아니한 폐기물은 폐기물의 형태·성상등을 보아 가장 유사한 해역과 처리방법에 따른다. 4. "신박의 항행중"이라 함은 대수속도 3노트이상으로 항행하는 경우를 말한다.</p>	
	<p>제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ① 법 제16조제4항의 규정에 의하여 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양 배출이 가능한 폐기물은 별표4와 같다. [별표 4] 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물(제6조제1항 관련) 1. 육지폐기물로서 다음의 1에 해당되는 폐기물 가. 오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률 제2조의 규정에 의한 분뇨 (1)번소에서 수거된 분뇨로서 전처리 된 분뇨 (2)정화조 오니 나. 수질환경보전법 제2조의 규정에 의한 폐수 (1)동법시행규칙 별표3에 의한 폐수배출시설의 아목 내지 차목의 배출시설에서 배출되는 폐수중 생물화학적산소구량 또는 화학적산소구량의 평균적 성분이 3,000mg/l를 초과하는 폐수 및 그 방지시설에서 발생된 오니중 수분함량 95%이상인 오니 (2)동법시행규칙 별표4의 규정에 의한 수질오염방지시설중 생물화학적처리 시설에서 발생된 오니중 수분함량 95%이상인 오니 다. 폐기물관리법에 의한 폐기물중 다음의 것 (1)폐산 및 폐알카리 (2)수산물기공잔재물 (3)위 나의(1) 및(2)의 오니중 수분함량 95%미만인 오니</p>	<p>전면개정 신설</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 1993년 1월 8일 총리령 제417호</p>	<p>라. 총포·도검·화약류등단속법 제2조의 규정에 의한 화약류중 쓸 수 없게 된 것 마. 기타 환경처장관이 해양배출이 가능하다고 인정하여 고시하는 폐기물 2. 해양폐기물로서 다음의 1에 해당하는 폐기물 가. 해저준설토사 나. 기타 환경처장관이 해양배출이 가능하다고 인정하여 고시하는 폐기물</p>	<p>전면개정 확산식과 집중식 폐기물을 분류</p>
	<p>제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ① 법 제16조제4항의 규정에 의하여 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물은 별표4와 같다. [별표 4]<개정 1993.1.8> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물 (제6조제1항 관련)</p> <p>1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 오수·분뇨 및 축산폐수의처리에 관한 법률 제2조의 규정에 의한 분뇨와 오수정화시설·축산폐수정화시설 또는 분뇨처리시설에서 발생된 액상(수분의 함량이 95%이상이거나 고형물의 함량이 5%미만인 것을 말한다. 이하 같다)의 것. 다만, 전처리가 필요한 분뇨는 전처리된 것에 한한다. 나. 수질환경보전법 제2조의 규정에 의한 폐수중 다음의 것 (1)수질환경보전법시행규칙 별표 3의 폐수배출시설중 아목 내지 차목의 배출 시설에서 배출되는 폐수 및 그 수질오염방지시설에서 발생된 액상의 것 (2)수질환경보전법시행규칙 별표 4의 수질오염방지시설중 생물화학처리 시설에서 발생된 액상의 것 다. 폐기물관리법 제2조의 규정에 의한 폐기물중 다음의 것 (1)폐산 및 폐알카리(액상의 것에 한한다) (2)수산물가공잔재물(패각등 각질류의 것을 제외한다) (3)오니(수분의 함량이 95%미만이거나 고형물의 함량이 5%이상인 것을 말한다. 이하 같다)로서 다음의 것 (가)가목의 오수정화시설·축산폐수정화시설 또는 분뇨처리시설, 나목의 수질오염방지시설 또는 생물화학처리시설에서 발생된 것 (나)하수도법 제2조의 규정에 의한 증말처리장에서 발생된 것</p>	<p>1. 가. 축산폐수정화시설에서 발생된 액상 및 오니항목 추가.</p>

	<p>라. 기타 환경처장관이 확산식처리방법에 의하여 해양배출이 가능하다고 인정하여 고시하는 폐기물</p> <p>2. 집중식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물</p> <p>가. 수산물가공잔재물중 폐각등 각질류의 것</p> <p>나. 수저준설토사로서 협잡물을 제거한 것</p> <p>다. 음용수·공업용수·냉각수·소방용수등의 저장 또는 처리시설에서 발생한 것 (액상의 것을 포함한다)</p> <p>라. 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수도에서 발생하는 준설물질로서 협잡물을 제거한 것</p> <p>마. 총포·도검·화약류등단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류중 쓸 수 없게 된 것</p> <p>바. 기타 환경처장관이 집중식처리방법에 의하여 해양배출이 가능하다고 인정하여 고시하는 폐기물</p> <p>비고:</p> <p>1. 확산식처리방법의 경우에는 다음과 같이 배출하여야 한다.</p> <p>가. 해면아래에서 배출되도록 할 것</p> <p>나. 대수속도 4노티이상으로 항행하면서 배출할 것</p> <p>다. 협잡물을 제거할 것</p> <p>라. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1%이상 혼입하여 마쇄할 것(분노처리 시설등에 의하여 처리되지 아니한 분노에 한한다)</p> <p>마. 마쇄하여 배출할 것(각질류를 제외한 수산물가공잔재물에 한한다)</p> <p>2. 집중식처리방법의 경우에는 다음과 같이 배출하여야 한다.</p> <p>가. 비중 1.2이상의 상태로 배출할 것</p> <p>나. 항행중에 배출하지 아니할 것</p> <p>다. 분말의 상태로 배출하지 아니할 것</p> <p>라. 폐기물 또는 포장된 용기등이 부유되지 아니하도록 처리할 것</p>	<p>2.</p> <p>가. 수산물가공잔재물(폐각류등) 추가</p> <p>다. 정수오니 추가</p> <p>라. 하수도 준설물 추가</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 1996년 7월 15일 환경부령 제22호</p>	<p>[별표 4]<개정 1993.1.8, 1996.7.15> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물(제6조제1항 관련)</p> <p>1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물</p>	<p>1.</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일 해양수산부령 제33호</p>	<p>다. 폐기물관리법 제2조의 규정에 의한 폐기물종 다음의 것 (2)오니(수분의 함량이 95%미만이거나 고형물의 함량이 5%이상인 것을 말한다. 이하 같다)로서 다음의 것 <u>(나) 나목의 배출시설에서 발생하는 공정오니 및 그 방지시설에서 발생한 것</u> <u>(다) 수질환경보전법시행규칙 별표 4의 수질오염방지시설중 생물화학적 처리시설에서 발생한 것</u> 리시설에서 발생한 것 (3) 나목의 배출시설에 원료로 사용된 동식물폐기물 2. 집중식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 마. 건설공사에서 배출된 오니 바. 수산화알루미늄의 제조공정에서 발생한 광물성의 폐기물</p>	<p>다.(1) 폐산 및 폐알칼리 식재 (2)(나) 및(다) 신설 (3) 신설 2. 마. 건설공사오니 추가 바. 적토 추가</p>
<p>제35조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ① 법 제16조제4항의 규정에 의하여 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물은 별표 14와 같다. [별표 14] 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물(제35조제1항관련)</p>	<p>1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 또는 축산폐수와 오수정화시설·축산폐수처리시설·축산폐수정화시설 나. 수질환경보전법 제2조의 규정에 의한 폐수종 다음의 것 (1) 제1호 내지 제23호 및 제128호의 다. 폐기물관리법 제2조의 규정에 의한 폐기물종 다음의 것 (2) 오니(수분의 (가) 축산폐수처리시설·축산폐수정화시설 (나) 나목(1)의 바. 해양수산부장관이 2. 집중식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 수산물가공잔재물 또는 수산업법 제72조의2의 규정에 의한 연안수역의 정화시에 수거되는 조개껍질 등 각질류의 것 나. 수저준설토사로서 잡것이 섞인 물건을 제거한 것</p>	<p>환경처차관 → 해양수산부장관으로 변경 1. 나. (1) 해당 조문 변경 다 (2) (가) 축산폐수처리시설 추가 (나) 나목→나목(1) 변경 바. 환경처차관→해양수산부장관 변경 2. 가. 수산업법 제72조의2의 규정 부분 추가 나. 합잡물→잡것이 섞인물건 변경</p>

	<p>다. 먹는물·공업용수..... 라.로서 잡것이 섞인 물건을 제거한 것 사. 해양수산부장관이</p> <p>비 고 :</p> <p>1. 확산처리방법의 경우에는 다음 각목과 같이 배출하여야 한다. 다. 잡것이 섞인 물건을 제거할 것 라. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1%이상 섞어넣어 갈아서 부술 것(분노처리 시설등에 의하여 처리되지 아니한 분노에 한한다) 마. 갈아서 부수어 배출할 것(각질류를 제외한 수산물가공잔재물에 한한다)</p>	<p>다. 음용수→먹는물 변경 라. 합잡물→잡것이 섞인물건 변경 사. 환경처리관→해양수산부장관 변경</p> <p>비고 :</p> <p>1. 다. 합잡물→잡것 변경 라. 마쇄→갈아서 부술것 마. 마쇄→갈아서 부술것</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2002년 2월 11일 해양수산부령 제159호</p>	<p>[별표 14] <개정 2000.2.11> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물 (제35조제1항관련)</p> <p>1. 확산처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 다. 폐기물관리법 제2조의 규정에 의한 폐기물중 다음의 것 (2) 오니(수분의 (가) 가목의 오수처리시설·축산폐수처리시설 또는 분노처리시설에서 발생된 것 (4) <u>폐산 및 폐알카리</u></p> <p>비 고 :</p> <p>3. <u>폐산 및 폐알카리는 1998년의 배출량을 기준으로 1999년에는 90퍼센트 이내, 2000년에는 75퍼센트 이내, 2001년에는 50퍼센트 이내에 해당하는 양을 배출 할 수 있으며, 2002년 1월 1일부터는 이를 배출하여서는 아니된다.</u></p>	<p>1. 다. (2) (가) 축산폐수정화시설 삭제 (4) 폐산 및 폐알카리 신설</p> <p>비고 :</p> <p>3. 폐산 및 폐알카리 유예기간 신설</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2002년 9월 11일 해양수산부령 제234호</p>	<p>[별표 14] <개정 2000.2.11, 2002.9.11> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물(제35조제1항관련)</p> <p>1. 확산처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 나. 수질환경보전법 제2조의 규정에 의한 폐수중 다음의 것 (1) 수질환경보전법시행규칙 별표 3의2. 폐수배출시설의 분류중 제4호 내지 제15호 및 제73호의 배출시설에서 배출되는</p>	<p>1. 나. (1) 관련법조문 변경</p>

	<p>2. 집중식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 수산물가공잔재물 또는 어장관리법 제14조의 규정에 의한 어장정화·정비를 실시하는 때에 수거되는 조개껍질 등 각질류의 것</p>	<p>2. 가. 수산업법72조→어장관리법14조 변경</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2004년 3월 19일 해양수산부령 제270호</p>	<p>[별표 14] <개정 2000.2.11, 2002.9.11, 2004.3.19> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한 폐기물(제35조제1항관련)</p> <p>1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 라. 폐기물관리법시행령 제4조의 규정에 따른 폐기물처리시설에서 발생한 폐수중 다음의 것 (1)기계적 처리시설중 음식물류 폐기물을 처리하는 연료화시설에서 발생한 액상의 것 (2)생물학적 처리시설중 음식물류 폐기물을 처리하는 사료화·퇴비화시설 및 호기성(호기성)·혐기성(혐기성) 분해시설에서 발생한 액상의 것 마. 어류·패류의 젓갈 또는 그 젓갈의 생산·유통 및 보관과정에서 발생한 폐기물</p>	<p>1. 나. 신설 마. 신설</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2006년 2월 21일 해양수산부령 제330호</p>	<p>[별표 14] <개정 2006.2.21> 육지에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양배출이 가능한폐기물(제35조제1항 관련)</p> <p>1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 나. (2) 「수질환경보전법 시행규칙」 별표 4 제4호 각..... 다. 「폐기물관리법」 제2조제1호의 규정에 따른 폐기물 중 오니(수분의 함량이 95% 미만이거나 고형물의 함량이 5% 이상인 것을 말한다. 이하 같다)로서 다음의 것 라. (2)(「수질환경보전법 시행규칙」 별표 3 제2호의 배출시설란 제10호의 음식물류폐기물을 원료로 하는 사료제조시설에서 발생한 것을 포함한다)</p> <p>2. 집중식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 나. 수저(水底)준설토사로서 합성로프·페어구·플라스틱류·닝마 또는 고무제품 등 이물질이 섞인 물건을 제거한 것</p>	<p>1. 나. (2) 별표4→별표4 제4호 변경 다. 제2조→제2조제1호 변경</p> <p>라. (2)(수질환경) 추가</p> <p>2. 나. 잡것을 구체적 기술</p> <p>※비고</p>

	<p>1. 확산식처리방법의 경우에는 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다. 다. 합성로프, 페어구, 플라스틱류, 냄마, 고무제품, 머리카락, 동물의 털 등 이 물질이 섞인 물건을 제거할 것</p> <p>2. 집중식처리방법의 경우에는 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다. 다. 가루의 상태로 배출하지 아니할 것</p>	<p>1. 잡것을 구체적 기술</p> <p>2. 다. 분말→가루 변경</p>
<p>해양환경관리법 시행규칙 2008년 1월 18일 해양수산부령 제401호</p>	<p>제12조(해양배출이 가능한 육상폐기물의 종류 등) ① 법 제23조제1항 단서에 따라 육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출할 수 있는 폐기물은 별표 6과 같고, 그 배출해역 및 처리방법은 별표7과 같다. [별표 6] 육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출가능한 폐기물(제12조제1항 관련)</p>	<p>해양오염방지법 → 해양환경관리법</p> <p>[별표 14] → [별표 6] 변경</p> <p>육상에서 처리가 곤란한 폐기물로서 → 육상에서 발생한 폐기물 중</p>
<p>해양환경관리법 시행규칙 2008년 3월 14일 국토해양부령 제4호</p>	<p>[별표 6] 3. 그 밖에 국제협약에서 ... 국토해양부장관이 .. 고시하는 폐기물</p>	<p>해양수산부령→국토해양부령 변경</p>

○ 산업폐기물 등의 처리방법 및 지정해역

개정일	법 조 항	변경내용						
<p>해양오염방지법 시행령 1978년 9월 25일 대통령령 제9175호</p>	<p>제8조(산업폐기물 등의 처리방법 및 지정해역) ① 법 제10조제4항의 규정에 의한 산업폐기물 등의 처리방법과 그 지정해역은 별표 4와 같다. ② 제1항의 규정에 의한 지정해역은 갑·을·병·정·무의 해역으로 구분하되, 그 해역의 범위는 다음과 같이 한다. 1. 갑의 해역은 북위 38도선의 북위 37도 45분의 선, 동경 132도 15분의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러싸인 해역으로 한다. 2. 을의 해역은 다음의 해역으로 한다. 가. 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 북위 36도 36분과 동경 131도 15분의 점, 북위 36도 20분과 동경 131도 1분의 점, 북위 36도 14분과 동경 131도 11분의 점 및 북위 36도 30분과 동경 131도 25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 3. 병의 해역은 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50海里 밖의 해역으로 한다. 4. 정·무의 해역은 다음의 해역이외의 해역으로 한다. 가. 항만법에서 규정하는 항만의 구역 나. 국토이용관리법에 의한 수산자원 보전지구 다. 제6조제1항의 별표2의 규정에 의한 제1해역 라. 무의 해역중 농수산부장관이 지정하는 해역 5. 무의 해역은 모든 해역으로 한다. 다만, 대한민국의 영해의 기선으로부터 50海里 이내에서 농수산부장관이 수산동식물의 생육환경이나 해양환경보전상 필요하다고 인정하여 지정하는 해역을 제외한다.</p> <p>[별표 4] 산업폐기물 등의 처리방법 및 지정해역(제8조 관계)</p> <table border="1" data-bbox="1236 694 1340 1724"> <thead> <tr> <th>폐기물</th> <th>처리방법</th> <th>지정해역 (제8조 제2항 참조)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 공장 또는 사업장에서 배출하는</td> <td>가. 비중 1.20이상의 상태로하여</td> <td>"갑"해역에서 배출할 것</td> </tr> </tbody> </table>	폐기물	처리방법	지정해역 (제8조 제2항 참조)	1. 공장 또는 사업장에서 배출하는	가. 비중 1.20이상의 상태로하여	"갑"해역에서 배출할 것	
폐기물	처리방법	지정해역 (제8조 제2항 참조)						
1. 공장 또는 사업장에서 배출하는	가. 비중 1.20이상의 상태로하여	"갑"해역에서 배출할 것						

	<p>폐기물 및 준설 또는 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 수저토사중 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 염 및 그 화합물, 유기인 화합물, 6가 크롬화합물, 비소 및 그 화합물, 시안화합물이 함유된 오니</p> <p>배출 할 것. 나. 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물과 시안화합물의 경우에는 이를 다음 기준에 적 함하도록 한 후 시멘트로 고형화하여 배출할 것. (1)수은 및 그 화합물은 0.005mg/l 이하 (2)카드뮴 및 그 화합물은 0.1mg/l 이하 (3)시안화합물은 1ppm이하 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> <p>가. 비중1.20이상의 상태로 하여 배출 할 것 나. 분말의 상태로 배출하지 아니 할 것. 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> <p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 선박의 항행중에 배출할 것</p> <p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 선박의 항행중에 배출할 것</p> <p>"을"해역에서 배출할 것</p>
<p>2. 집중식 처리 대상폐기물 가. 중포화약류단속법 제3조의 규정에 의한 화약류중 폐화약류 나. 가연성의 폐기물(폐 화약류를 제외한다)을 강열감량 15퍼센트 이하로 소각한 것 다. 불연성의 폐기물(오니 및 분뇨를 제외한다) 라. 공장 또는 사업장에서 생기는 재(강열감량 15퍼센트 이하의 것에 한한다) 마. 공장 또는 사업장에서 생기는 금속조각(PCB)을 제거하지 아니한 것을 제외한다. 바. 광재</p> <p>3. 확산식 처리대상 폐기물 가. 불연성의 폐기물(오니 및 분뇨를 제외한다)중 액상의 것 나. 공장 또는 사업장에서 생기는 오니(유기물 및 수용성의 무기물에 한한다) 다. 공장 또는 사업장에서 생기는 폐산 또는 폐염카리로서 선박에 적재할 때의 수소 이온농도 지수를 5.0 이상 9.0이하의 상태로 한 것.</p>	<p>폐기물 및 준설 또는 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 수저토사중 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 염 및 그 화합물, 유기인 화합물, 6가 크롬화합물, 비소 및 그 화합물, 시안화합물이 함유된 오니</p> <p>배출 할 것. 나. 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물과 시안화합물의 경우에는 이를 다음 기준에 적 함하도록 한 후 시멘트로 고형화하여 배출할 것. (1)수은 및 그 화합물은 0.005mg/l 이하 (2)카드뮴 및 그 화합물은 0.1mg/l 이하 (3)시안화합물은 1ppm이하 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> <p>가. 비중1.20이상의 상태로 하여 배출 할 것 나. 분말의 상태로 배출하지 아니 할 것. 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> <p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 선박의 항행중에 배출할 것</p> <p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 선박의 항행중에 배출할 것</p> <p>"을"해역에서 배출할 것</p>

<p>해양오염방지법 시행령 1987년 7월 1일 대통령령 제12206호</p>	<p>4. 수송·어로활동 기타 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 폐기물중 강열감량 15퍼센트 이하로 처리한 폐기물과 무기성의 폐기물(수저토사를 제외한다)</p> <p>5. 수송·어로활동 기타 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 폐기물중 식물성의 것(나무조각에 있어서는 최대 직경 15센티미터 이하로 분쇄하거나 절단한 것에 한한다).</p> <p>6. 수송·어로활동 기타 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 폐기물중 동물성의 것과 동활동에 따라 생기는 오수중 교통부령으로 정하는 기준에 적합하지 아니 한 화물창의 세정수.</p> <p>7. 오니 또는 분뇨로서 황산 제1철 또는 염화 제2철을 0.1퍼센트 이상 함유하거나 파쇄한 것.</p> <p>8. 잔설 또는 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 수저토사(유해수저 토사를 제외한다) 및 수송·어로 활동 기타 선박의 통상의 활동에 따라 생기는 오수(위 제6호의 화물창의 세정수를 제외한다)</p> <p>(주) 해양투기시 시멘트로 고형화 하는 경우의 기준 (1)결합제는 수경시멘트로 할 것 (2)1축의 압축강도는 100kg/cm²이상일 것 (3)형상 및 크기 (가) 부피(cm³)와 일면의 표면적(cm²)의 비가 5 이상일 것 (나) 변의 길이는 최대와 최소 3 이하일 것 (다) 최소변의 길이는 30cm 이상일 것</p>	<p>가. 비 중 1.2이 상의 상태 로 하여 배출 할 것. 나. 분 말의 상태 로 배출 하지 아니 할 것.</p> <p>선박의 항행중에 배출 할 것.</p> <p>처리방법은 한정하지 아니한다.</p> <p>선박의 항행중에 수증교이 배출할 것.</p> <p>가. 수저 토사에 있어서는 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것. 나. 오 수는 처리방법을 한정하지 아니한다.</p>	<p>"병"해역에서 배출할 것</p> <p>"병"해역에서 배출할 것</p> <p>"정"해역에서 배출할 것</p> <p>"정"해역에서 배출할 것</p> <p>"무"해역에서 배출할 것</p>	
<p>해양오염방지법 시행규칙</p>	<p>제6조(산업폐기물등의 처리방법 및 지정해역) ① 법 제10조제4항의 규정에 의하여 산업폐기물등을 해양에 배출하고자 하는</p>	<p>사 책 제</p>	<p>시행령→시행규칙으로 옮김</p>	

1987년 8월 31일
 보건사회부령
 제 806호

자는 환경청장으로부터 배출해역의 지정을 받아야 하며, 배출하는 경우의 처리 방법과 환경청장이 지정할 수 있는 해역의 범위는 별표 4와 같다. 다만, 선박의 통상활동에 의하여 생긴 폐기물을 배출하는 경우에는 배출해역의 지정을 받지 아니하고 배출할 수 있다.

[별표 4] 산업폐기물등의 처리방법과 지정해역(제6조제1항 관련)

폐 기 물	처 리 방 법	지정해역
1. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리된 농도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm	가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것	감해역
2. 공장 또는 사업장에서 발생하는 폐기물 또는 수지토사부로서 특정유해폐기물(카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐 화합물을 제외한다)을 함유한 폐기물	가. 시멘트로 고정화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고정화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가 크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타 : 환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것.	감해역
3. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 다음 기준이하로 함유한 것 가. 시안(CN) : 1ppm(CN으로서) 나. 유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) 다. 연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) 라. 6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm(6가 크롬으로서) 마. 비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서)	가. 선박에 적재시의 수소이온농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것	을해역

<p>바. 동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) 사. 아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) 아. 기타 : 환경청장이 정하는 기준</p>			<p>가. 비중 1.2이상의 상태로 하여 배출할 것 나. 분말의 상태로 배출하지 아니할 것 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>을해역</p>
<p>4. 총포, 도검, 화약류 단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류 중 폐화약류</p>			<p>가. 공장 또는 사업장에서 발생한 것인 선박의 적재할 때의 수소가 온농도 지수가 5.0이상 9.0이하일 것 나. 선박의 통상활동으로부터 발생한 것은 배출전의 수소가 온농도 지수가 5.0이상 9.0이하일 것 다. 수중깊이 배출할 것 라. 항행중에 배출할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>5. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 함유하지 아니한 폐산 및 폐알카리</p>			<p>가. 작업감량 15%이하로 할 것 나. 비중 1.2이상의 상태로 할 것 다. 분말의 상태가 아닐 것 라. 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>6. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 수송·어로 활동 기타 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 가연성의 폐기물</p>			<p>가. 수중깊이 배출할 것 나. 항행중에 배출할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>7. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 오니류(유기물 및 수용성 무기물에 한한다) 및 일반폐기물 중 불연성의 액상폐기물</p>			<p>가. 비중 1.2이상의 상태로 할 것 나. 분말의 상태가 아닐 것 다. 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>범해역</p>
<p>8. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 일반폐기물 중 불연성의 폐기물(액상의 것을 제외한다)</p>			<p>가. 황산 제1철 또는 염화 제1철을 0.1%이상 혼합하여 미채할 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>	<p>정해역</p>
<p>9. 분뇨</p>			<p>처리방법은 한정하지 아니한다</p>	<p>정해역</p>
<p>10. 수송·어로활동 기타 선박의 통상활동에 따라 발생하는 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 오수</p>			<p>항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>정해역</p>
<p>11. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 어로 활동에 수반하여 발생하는 폐각류</p>			<p>항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>정해역</p>
<p>12. 준설 또는 선박의 통상활동에 따라 생기는 특정유해폐기물을 함유하지 아니하는 수저토사류</p>			<p>항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>무해역</p>

	<p>주 1. 갑, 을, 병, 정, 무의 해역의 범위는 다음의 해역으로 한다. 가. 갑해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도15분의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 을해역 (1) 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 (2) 북위 36도36분과 동경 131도15분의 점, 북위 36도20분과 동경 131도1분의 점, 북위 36도14분과 동경 131도11분의 점 및 북위 36도30분과 동경131도25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 다. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역 라. 정해역 : 다음의 해역외의 해역 (1)항만법에서 규정하는 항만의 구역 (2)국토이용관리법에 의한 수산자원보전지구 (3)별표2의 규정에 의한 제1해역 (4)대한민국의 영해의 기선으로부터 50해리 이내에서 농림수산부장관이 수산동식물의 생육환경이나 해양환경보전상 필요하다고 인정하여 지정하는 해역과 법 제44조의3제1항의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 마. 무해역 : 모든 해역(다만 "라"의 "(1)", "(2)" 및 "(4)"에서 규정한 해역을 제외한다) 2. 배출시의 시멘트의 고형화기준은 별표3의 기준에 의한다.</p>						
<p>해양오염방지법 시행규칙 1988년 5월 25일 보건사회부령 제816호</p>	<p>[별표 4] 산업폐기물등의 처리방법과 지정해역(제6조제1항 관련) 주. 3. 위 표에서 함유가 허용되지 아니하는 특정유해폐기물은 환경보전법시행규칙 별표 6에서 규정한 폐수(가지역)의 배출 허용기준이상의 것을 말한다.</p>						
<p>해양오염방지법 시행규칙 1991년 9월 9일 총리령 제393호</p>	<p>제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류 등) ② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 폐기물을 해양에 배출할 경우 해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리기준은 각각 별표5 및 별표6과 같다. [별표 5] 해역별 배출폐기물의 종류 및 처리방법(제6조제2항 관련)</p> <table border="1" data-bbox="1125 705 1342 1715"> <thead> <tr> <th>해역</th> <th>배출폐기물의 종류</th> <th>처리방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>갑해역</td> <td>1. 시멘트로 고형화처리한 것.</td> <td>다음과 같은 집중적 처리방법(이하 "집중식 처리방법"이라 한다)에 의하여 배출할 것 가. 비중 1.2이상의 상태로 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출하기 위하여 처리하지 아니할 것 다. 분말의 상태로 처리하지 아니할 것</td> </tr> </tbody> </table>	해역	배출폐기물의 종류	처리방법	갑해역	1. 시멘트로 고형화처리한 것.	다음과 같은 집중적 처리방법(이하 "집중식 처리방법"이라 한다)에 의하여 배출할 것 가. 비중 1.2이상의 상태로 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출하기 위하여 처리하지 아니할 것 다. 분말의 상태로 처리하지 아니할 것
해역	배출폐기물의 종류	처리방법					
갑해역	1. 시멘트로 고형화처리한 것.	다음과 같은 집중적 처리방법(이하 "집중식 처리방법"이라 한다)에 의하여 배출할 것 가. 비중 1.2이상의 상태로 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출하기 위하여 처리하지 아니할 것 다. 분말의 상태로 처리하지 아니할 것					

<p>을해역</p>	<p>1. 무기성 오투류 2. 해저준설토사 3. 총포·도검·화약류 등 단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류 중 살 수 없게 된 것</p>	<p>라. 폐기물이 부유되지 아니하도록 처리할 것 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>	
<p>병해역</p>	<p>1. 별표4의 육지폐기물 중 가 내지 다(수산물 가공시 발생하는 폐각류를 제외한다)에서 정한 폐기물 2. 별표4의 해양폐기물 및 수산물가공시 발생하는 폐각류</p>	<p>1. 다음과 같은 확산식 처리방법(이하 "확산식 처리방법"이라 한다)에 의하여 처리할 것 가. 해면하에 배출되도록 처리할 것 나. 선박의 항행중에 배출되도록 처리할 것 다. 협잡물을 제거할 것 2. 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>	
<p>정해역</p>	<p>1. 별표4의 육지폐기물 중 가나(1) 및 다(2) (폐각류를 제외한다)에서 정한 폐기물 2. 별표4의 해양폐기물 및 수산물가공시 발생하는 폐기물</p>	<p>1. 확산식처리방법 및 다음의 방법에 의하여 처리할 것 가. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1% 이상 혼합하여 마쇄할 것(처리되지 아니한 분뇨에 한한다) 나. 마쇄하여 처리할 것 2. 집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>	
<p>무해역</p>	<p>1. 수산물가공시 발생하는 폐각류 및 해저준설 토사</p> <p>비고: 1. 갑·을·병·정·무의 해역의 범위는 다음과 같다. 가. 갑해역: 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도15분의 선, 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 을해역 (1) 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역(2) 북위 36도36분과 동경 131도15분의 점, 북위 36도20분과 동경 131도11분의 점, 북위 36도14분과 동경 131도11분의 점 및 북위 36도 30분과 동경 131도25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 다. 병해역: 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역 라. 정해역: 다음의 해역외의 해역 (1) 항만법에서 규정하는 항만구역 (2) 국토이용관리법에 의한 수산자원보전지역과 어항법에서 규정하는 어항구역 (3) 별표2의 규정에 의한 제1해역 (4) 수산업법에 의한 보호수면 및 육상수면과 법 제61조제1항의 규정에 의하여 지정된 연안오염특별 관리해역</p> <p>마. 무해역: 모든 해역, 다만, 라의(1),(2) 및(4)에서 규정한 해역을 제외한다. 2. 해양배출시 시멘트로 고정화하는 경우의 기준은 다음과 같다.</p>	<p>집중식처리방법에 의하여 처리할 것</p>	

<p>해양오염방지법 시행규칙 1993년 1월 8일 총리령 제417호</p>	<p>가. 시멘트는 수경성시멘트를 사용할 것 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1㎡당 150kg이상 혼합하고 균질하게 섞을 것 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100kg/cm² 이상일 것 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것 (1) 부피와 1면의 표면적의 비가 50이상일 것 (2) 변의 길이는 최대와 최소의 비가 3이하일 것 (3) 최소변의 길이는 30cm이상일 것 3. 해역별 배출폐기물이 구체적으로 명시되지 아니한 폐기물은 폐기물의 형태·성상등을 보아 가장 유사한 해역과 처리방법에 따른다. 4. "선박의 항행중"이라 함은 대수속도 3노트이상으로 항행하는 경우를 말한다.</p>																	
<p>제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 폐기물을 해양에 배출할 경우 배출 해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리기준은 각각 별표5 및 별표6과 같다.<개정 1993.1.8></p> <p>[별표 5]<개정 1993.1.8> 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법(제6조제2항관련)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>해역 구분</th> <th>배출해역</th> <th>배출가능폐기물의 종류</th> <th>처리 방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 김해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도 15분의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러 싸인 해역</td> <td>김해역 전역</td> <td>시멘트 로 고형화 처리한 것</td> <td>집중식처리방법에 의하여 배출할 것</td> </tr> <tr> <td>2. 을해역 : 다음의 해역 가. 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역</td> <td>가. 동해울1해역 : 을해역중 기에 해당되는 해역</td> <td>(1) 무기성오니류 (2) 수저준설토사 (3) 총포도금 화약류 등 단속법 제2조 제3항의 규정에 의한 화약류 중 될 수 없게 된 것</td> <td>집중식처리방법에 의하여 배출할 것</td> </tr> <tr> <td>나. 북위 36도 36분과 동경 131도 15분의 점, 북위 36도 20분과 동경 131도 01분의점 북위</td> <td>나. 동해울 2해역 : 을해역중 나에 해당되는 해역</td> <td>동해울 1해역의 배출 가능한 폐기물의 종류와 같다.</td> <td>동해울 1해역의 처리 방법과 같다.</td> </tr> </tbody> </table>	해역 구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리 방법	1. 김해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도 15분의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러 싸인 해역	김해역 전역	시멘트 로 고형화 처리한 것	집중식처리방법에 의하여 배출할 것	2. 을해역 : 다음의 해역 가. 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역	가. 동해울1해역 : 을해역중 기에 해당되는 해역	(1) 무기성오니류 (2) 수저준설토사 (3) 총포도금 화약류 등 단속법 제2조 제3항의 규정에 의한 화약류 중 될 수 없게 된 것	집중식처리방법에 의하여 배출할 것	나. 북위 36도 36분과 동경 131도 15분의 점, 북위 36도 20분과 동경 131도 01분의점 북위	나. 동해울 2해역 : 을해역중 나에 해당되는 해역	동해울 1해역의 배출 가능한 폐기물의 종류와 같다.	동해울 1해역의 처리 방법과 같다.	<p>전면개정</p>
해역 구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리 방법															
1. 김해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도 15분의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러 싸인 해역	김해역 전역	시멘트 로 고형화 처리한 것	집중식처리방법에 의하여 배출할 것															
2. 을해역 : 다음의 해역 가. 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역	가. 동해울1해역 : 을해역중 기에 해당되는 해역	(1) 무기성오니류 (2) 수저준설토사 (3) 총포도금 화약류 등 단속법 제2조 제3항의 규정에 의한 화약류 중 될 수 없게 된 것	집중식처리방법에 의하여 배출할 것															
나. 북위 36도 36분과 동경 131도 15분의 점, 북위 36도 20분과 동경 131도 01분의점 북위	나. 동해울 2해역 : 을해역중 나에 해당되는 해역	동해울 1해역의 배출 가능한 폐기물의 종류와 같다.	동해울 1해역의 처리 방법과 같다.															

<p>36도 14분과 동경 131도 11분의 점 및 북위 36도 30분과 동경 131도 25의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역</p> <p>3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역</p>	<p>가. 동해 병해역 : 북위 36도 38분의 선, 북위 35도 38분의 선, 동경 130도 38분의 선 및 동경 131도의 선으로 둘러싸인 해역</p> <p>나. 서해병해역 : 북위 36도 12분의 선, 북위 35도 27분의 선, 동경 124도 13분의 선 및 동경 124도 38분의 선으로 둘러싸인 해역</p>	<p>(1) 별표 4제1호에서 정한 폐기물</p> <p>(2) 별표 4제2호 중 미목을 제외한 폐기물, 다만, 동 폐기물은 동해 병해역 중 북위 36도의 선과 북위 36도 10분의 선안의 해역에서 배출하여야 한다.</p> <p>(1) 별표 4제1호에서 정한 폐기물</p> <p>(2) 별표 4제2호 중 기목 및 나뭇가지에서 정한 폐기물</p>	<p>확산식처리 방법에 의하여 배출할 것</p> <p>집중식처리방법에 의하여 배출할 것. 다만, 당해 폐기물의 유기물함량이 40% 이상이거나 액상인 경우 또는 해수 등을 회식 하여 배출하는 때에는 확산식처리 방법에 의하여 배출할 수 있다.</p> <p>확산식처리 방법에 의하여 배출할 것</p> <p>집중식처리방법에 의하여 배출할 것</p>
<p>4. 정해역 : 병해역과 무해역 사이의 해역</p>	<p>가. 동해정해역 : 북위 35도 30분과 동경 130도 08분의 점, 북위 35도 21분과 동경 130도 19분의 점, 북위 35도 06분과 동경 129도 42분의 점 및 북위 34도 57분과 동경 129도 58분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역</p>	<p>(1) 별표 4의 제1호 중 기목·나뭇가지 및 정한 폐기물</p> <p>(2) 별표 4의 제2호 기목 및 나뭇가지에서 정한 폐기물</p>	<p>확산식처리 방법에 의하여 배출할 것</p> <p>집중식처리 방법에 의하여 배출할 것</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 1996년 7월 15일 환경부령 제22호</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="284 1357 480 1718"> <p>5. 무해역 : 영해 및 접속수역 법 제1조의 규정에 의한 영해의 범위 안의 해역</p> </td> <td data-bbox="284 1137 480 1357"> <p>나. 동해정해역을 제외한 정해역</p> </td> <td data-bbox="284 918 480 1137"> <p>별표 4의 제2호중 가목 및 나목에서 정한 폐기물</p> </td> <td data-bbox="284 710 480 918"> <p>집중식처리 방법에 의하여 배출할 것</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="4" data-bbox="480 710 817 1718"> <p>비고 : 1. 무해역에는 다음의 해역을 제외한다. 가. 항만법에 의한 항만구역 및 어항법에 의한 어항구역 나. 국토이용관리법에 의한 수산자원보존지역 다. 수산업법에 의한 보호수면 및 육상수면과 법 제61조의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 2. 해양배출시 시멘트로 고형화하는 경우의 기준은 다음과 같다. 가. 시멘트는 수경성 시멘트를 사용할 것 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1㎡당 150kg이상 혼합하고 균질하게 섞을 것 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100 kg/cm² 이상일 것 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것 (1)부피와 1면의 표면적의 비가 50이상일 것 (2)면의 길이는 최대와 최소의 비가 3이하일 것 (3)최소면의 길이는 30cm이상일 것</p> </td> </tr> </table>	<p>5. 무해역 : 영해 및 접속수역 법 제1조의 규정에 의한 영해의 범위 안의 해역</p>	<p>나. 동해정해역을 제외한 정해역</p>	<p>별표 4의 제2호중 가목 및 나목에서 정한 폐기물</p>	<p>집중식처리 방법에 의하여 배출할 것</p>	<p>비고 : 1. 무해역에는 다음의 해역을 제외한다. 가. 항만법에 의한 항만구역 및 어항법에 의한 어항구역 나. 국토이용관리법에 의한 수산자원보존지역 다. 수산업법에 의한 보호수면 및 육상수면과 법 제61조의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 2. 해양배출시 시멘트로 고형화하는 경우의 기준은 다음과 같다. 가. 시멘트는 수경성 시멘트를 사용할 것 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1㎡당 150kg이상 혼합하고 균질하게 섞을 것 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100 kg/cm² 이상일 것 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것 (1)부피와 1면의 표면적의 비가 50이상일 것 (2)면의 길이는 최대와 최소의 비가 3이하일 것 (3)최소면의 길이는 30cm이상일 것</p>								
<p>5. 무해역 : 영해 및 접속수역 법 제1조의 규정에 의한 영해의 범위 안의 해역</p>	<p>나. 동해정해역을 제외한 정해역</p>	<p>별표 4의 제2호중 가목 및 나목에서 정한 폐기물</p>	<p>집중식처리 방법에 의하여 배출할 것</p>											
<p>비고 : 1. 무해역에는 다음의 해역을 제외한다. 가. 항만법에 의한 항만구역 및 어항법에 의한 어항구역 나. 국토이용관리법에 의한 수산자원보존지역 다. 수산업법에 의한 보호수면 및 육상수면과 법 제61조의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 2. 해양배출시 시멘트로 고형화하는 경우의 기준은 다음과 같다. 가. 시멘트는 수경성 시멘트를 사용할 것 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1㎡당 150kg이상 혼합하고 균질하게 섞을 것 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100 kg/cm² 이상일 것 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것 (1)부피와 1면의 표면적의 비가 50이상일 것 (2)면의 길이는 최대와 최소의 비가 3이하일 것 (3)최소면의 길이는 30cm이상일 것</p>														
<p>해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일 해양수산부령 제33호</p>	<p>제35조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등)</p> <p>[별표 5]<개정 1993.1.8> 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법(제6조제2항관련)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="999 1357 1098 1718">해역 구분</th> <th data-bbox="999 1137 1098 1357">배출해역</th> <th data-bbox="999 918 1098 1137">배출가능폐기물의 종류</th> <th data-bbox="999 710 1098 918">처리방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1098 1357 1158 1718">2. 유희역 : 나.</td> <td data-bbox="1098 1137 1158 1357"></td> <td data-bbox="1098 918 1158 1137">수저준설토사 (2)별표 4제2호의 폐기물.</td> <td data-bbox="1098 710 1158 918"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1158 1357 1190 1718">3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역</td> <td data-bbox="1158 1137 1190 1357">가. 동해 병해역 :.....</td> <td data-bbox="1158 918 1190 1137"></td> <td data-bbox="1158 710 1190 918"></td> </tr> </tbody> </table>	해역 구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법	2. 유희역 : 나.		수저준설토사 (2)별표 4제2호의 폐기물.		3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역	가. 동해 병해역 :.....			<p>2. 나. 내용변경 3. 나. 내용변경</p>
해역 구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법											
2. 유희역 : 나.		수저준설토사 (2)별표 4제2호의 폐기물.												
3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역	가. 동해 병해역 :.....													
	<p>제35조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ② 별표 15 및 별표 16과 같다.</p>	<p>제6조→제35조 변경 ② 별표5 및 별표 6→별표15 및 별표16 변경</p>												

	<p>[별표 15] 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법(제35조제2항관련)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>해역구분</th> <th>배출해역</th> <th>배출가능폐기물의 종류</th> <th>처리방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2. 을해역 : 다음의 해역 가. ... 나. ...</td> <td>가. ... 나에 해당... 가. ... 가에 해당...</td> <td>수저준설토사</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역</td> <td>가. 동해병해역 : ... 나. 서해병해역 : ...</td> <td>(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... (1)별표14제1호... (2)별표14제2호...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. 정해역 : 병해역과 무해역사이의 해역</td> <td>가. 동해정해역 : ... 나. 동해정해역을 제 외한 정해역</td> <td>(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... 별표14제2호</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. 무해역 : ...</td> <td></td> <td>별표14제2호</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	해역구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법	2. 을해역 : 다음의 해역 가. ... 나. ...	가. ... 나에 해당... 가. ... 가에 해당...	수저준설토사		3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역	가. 동해병해역 : ... 나. 서해병해역 : ...	(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... (1)별표14제1호... (2)별표14제2호...		4. 정해역 : 병해역과 무해역사이의 해역	가. 동해정해역 : ... 나. 동해정해역을 제 외한 정해역	(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... 별표14제2호		5. 무해역 : ...		별표14제2호		<p>2. 가. 내용변경 나. 내용변경</p> <p>3. (1)별표4→별표14 변경</p>
해역구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법																			
2. 을해역 : 다음의 해역 가. ... 나. ...	가. ... 나에 해당... 가. ... 가에 해당...	수저준설토사																				
3. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역	가. 동해병해역 : ... 나. 서해병해역 : ...	(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... (1)별표14제1호... (2)별표14제2호...																				
4. 정해역 : 병해역과 무해역사이의 해역	가. 동해정해역 : ... 나. 동해정해역을 제 외한 정해역	(1)별표14제1호... (2)별표14제2호... 별표14제2호																				
5. 무해역 : ...		별표14제2호																				
<p>2000년 2월 11일 해양수산부령 제159호</p>	<p>[별표 15] <개정 2000.2.11> 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법 제35조제2항관련)</p>	<p>을해역 삭제</p>																				
<p>해양오염방지법 시행규칙 2005년 3월 12일 해양수산부령 제290호</p>	<p>[별표 15] <개정 2000.2.11> 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법(제35조제2항관련) 비고 1. 무해역은 다음 각목의 해역을 제외한 해역으로 한다. 나. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조의 규정에 의한 수산지원보호구역</p>	<p>비고 1 나. 해당 법령명 변경</p>																				
<p>해양오염방지법 시행규칙 2006년 2월 21일 해양수산부령 제330호</p>	<p>[별표 15] <개정 2005.3.12, 2006.2.21> 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류별 처리방법(제35조제2항관련)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>해역구분</th> <th>배출해역</th> <th>배출가능폐기물의 종류</th> <th>처리방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3. 병해역 : ...</td> <td>가.</td> <td>(2)</td> <td>...다만 액상인 경우...</td> </tr> <tr> <td>4. 정해역 : ...</td> <td>가.</td> <td>(1)....</td> <td>바목에서</td> </tr> </tbody> </table> <p>비고 1. 무해역은 다음 각목의 해역을 제외한 해역으로 한다. 가.....제2조제4호의 규정에</p>	해역구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법	3. 병해역 : ...	가.	(2)	...다만 액상인 경우...	4. 정해역 : ...	가.	(1)....	바목에서	<p>3. 병해역 처리방법 중 단서조항인 다만 “등해 폐기물의 유기물함량이 40% 이상이거나” 문구를 삭제</p> <p>비고 1. 가. 해당 법조문 변경</p>								
해역구분	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법																			
3. 병해역 : ...	가.	(2)	...다만 액상인 경우...																			
4. 정해역 : ...	가.	(1)....	바목에서																			

<p>해양환경관리법 시행규칙 2008년 1월 18일 해양수산부령 제401호</p>	<p>제12조(해양배출이 가능한 육상폐기물의 종류 등) ① 법 제23조제1항 단서에 따라 육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출할 수 있는 폐기물은 별표 6과 같고, 그 배출해역 및 처리방법은 별표7과 같다. [별표 7] 육상에서 발생한 폐기물의 배출해역 및 처리방법 (제12조제1항관련)</p>	<p>해양오염방지법 시행규칙 → 해양환경 관리법 시행규칙으로 전환 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류별 처리방법 → “육상에서 발생한 폐기물의 배출해역 및 처리방법”으로 조문 변경</p>
---	--	--

○ 폐기물의 해양배출 처리기준

개정일	법 조 항	변경내용												
<p>해양오염방지법 시행규칙 1987년 8월 31일 보건사회부령 제806호</p>	<p>제6조(산업폐기물 등의 처리방법 및 지정해역) ① 법 제10조제4항의 규정에 의하여 산업폐기물 등을 해양에 배출하고자 하는 자는 환경청장으로 부터 배출해역의 지정을 받아야 하며, 배출하는 경우의 처리방법과 환경청장이 지정할 수 있는 해역의 범위는 별표 4와 같다. 다만, 선박의 통상 활동에 의하여 생긴 폐기물을 배출하는 경우에는 배출해역의 지정을 받지 아니하고 배출할 수 있다.</p> <p>[별표 4] 산업폐기물 등의 처리방법과 지정해역(제6조제1항 관련)</p>													
<p>1. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리전 농도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p> <p>2. 공장 또는 사업장에서 발생하는 폐기물 또는 수저토사류로서 특정 유해폐기물 (카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐 화합물을 제외한다)을 함유한 폐기물</p> <p>3. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="683 1267 727 1727">폐 기 물</th> <th data-bbox="683 819 727 1267">처 리 방 법</th> <th data-bbox="683 692 727 819">지정해역</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="727 1267 938 1727"> <p>가. 시멘트로 고형화하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리전 농도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p> </td> <td data-bbox="727 819 938 1267"> <p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> </td> <td data-bbox="727 692 938 819"> <p>감해역</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="938 1267 1302 1727"> <p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> </td> <td data-bbox="938 819 1302 1267"> <p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p> </td> <td data-bbox="938 692 1302 819"> <p>감해역</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1302 1267 1353 1727"> <p>가. 선박에 적재시의 수소이온농도지수가</p> </td> <td data-bbox="1302 819 1353 1267"></td> <td data-bbox="1302 692 1353 819"> <p>을해역</p> </td> </tr> </tbody> </table>	폐 기 물	처 리 방 법	지정해역	<p>가. 시멘트로 고형화하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리전 농도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p>	<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>감해역</p>	<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>감해역</p>	<p>가. 선박에 적재시의 수소이온농도지수가</p>		<p>을해역</p>	
폐 기 물	처 리 방 법	지정해역												
<p>가. 시멘트로 고형화하거나 선박의 통상활동에 의해 발생하는 것으로서 처리전 농도가 다음 기준 이하인 카드뮴 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 유기할로겐화합물을 함유한 폐기물 가. 카드뮴 및 그 화합물 0.1ppm 나. 수은 및 그 화합물 0.005ppm 다. 유기할로겐화합물 0.003ppm</p>	<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>감해역</p>												
<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>가. 시멘트로 고형화하여 비중 1.20이상으로 할 것 나. 시멘트로 고형화하여 용출시험 결과가 다음 기준이하일 것 (1)시안(CN) : 1ppm(CN으로서) (2)유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) (3)연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) (4)6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) (5)비스 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) (6)동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) (7)아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn으로서) (8)기타:환경청장이 정하는 기준 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>감해역</p>												
<p>가. 선박에 적재시의 수소이온농도지수가</p>		<p>을해역</p>												

		<p>통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 다음 기준이하로 함유한 것 가. 시안(CN) : 1ppm(CN으로서) 나. 유기인화합물 : 1ppm(유기인으로서) 다. 연 및 그 화합물 : 1ppm(Pb로서) 라. 6가크롬 및 그 화합물 : 0.5ppm (6가크롬으로서) 마. 비소 및 그 화합물 : 0.5ppm(As로서) 바. 동 및 그 화합물 : 3ppm(Cu로서) 사. 아연 및 그 화합물 : 1ppm(Zn로서) 아. 기타:환경정장이 정하는 기준</p> <p>4. 총포,도검,화약류단속법 제2조제3항의 규정에 의한 화약류중 폐화약류</p>	
<p>5.0이상 9.0이하일 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>	<p>가. 비중 1.20이상의 상태로 하여 배출할 것 나. 분말의 상태로 배출하지 아니할 것 다. 선박의 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 함유하지 아니한 폐산 및 폐알카리</p> <p>5. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 함유하지 아니한 폐산 및 폐알카리</p>	<p>을해역</p> <p>병해역</p>
<p>가. 작열감량 15%이하로 할 것 나. 비중 1.20이상의 상태로 할 것 다. 분말의 상태가 아닐 것 라. 항행중에 배출하지 아니할 것</p>	<p>가. 공장 또는 사업장에서 발생한 것은 선박에 적재할 때의 수소이온농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것 나. 선박의 통상활동으로부터 발생한 것은 배출전의 수소이온 농도지수가 5.0이상 9.0이하일 것 다. 수중깊이 배출할 것 라. 항행중에 배출할 것</p>	<p>6. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 수송·어로 활동 기타 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 특정 유해폐기물을 함유하지 아니한 가연성의 폐기물</p> <p>7. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 오니류(유기물 및 수용성 무기물에 한한다) 및 일반폐기물중 불연성의 액상폐기물</p> <p>8. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 선박의 통상활동에 의하여 발생하는 것으로서 일반폐기물중 불연성의 폐기물(액상의 것을 제외한다)</p> <p>9. 분노</p>	<p>병해역</p> <p>병해역</p> <p>병해역</p> <p>병해역</p> <p>정해역</p>
<p>가. 황산 제1철 또는 염화 제1철을 0.1%이상 혼합하여 미쇄할 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>	<p>가. 황산 제1철 또는 염화 제1철을 0.1%이상 혼합하여 미쇄할 것 나. 수중깊이 배출할 것 다. 항행중에 배출할 것</p>		

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="272 1267 336 1727">10. 수송·어로활동·기타신박의 통상활동에 따라 발생하는 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 오수</td> <td data-bbox="272 819 336 1267">처리방법은 한정하지 아니한다</td> <td data-bbox="272 239 336 819">정해역</td> </tr> <tr> <td data-bbox="336 1267 392 1727">11. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 어로 활동에 수반하여 발생하는 폐각류</td> <td data-bbox="336 819 392 1267">항행중에 배출하지 아니할 것</td> <td data-bbox="336 239 392 819">정해역</td> </tr> <tr> <td data-bbox="392 1267 472 1727">12. 준설 또는 신박의 통상활동에 따라 생기는 특정유해폐기물을 함유하지 아니하는 수저 토사류</td> <td data-bbox="392 819 472 1267">항행중에 배출하지 아니할 것</td> <td data-bbox="392 239 472 819">무해역</td> </tr> </table> <p>주 1. 갯, 을, 범, 정, 무의 해역의 범위는 다음의 해역으로 한다. 가. 갑해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도15분의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 나. 을해역 (1) 북위 38도의 선, 북위 37도45분의 선, 동경 132도의 선 및 동경 132도30분의 선으로 둘러싸인 해역 (2) 북위 36도36분과 동경 131도15분의 점, 북위 36도20분과 동경 131도1분의 점, 북위 36도14분과 동경 131도11분의 점 및 북위 36도30분과 동경 131도25분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역 다. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리밖의 해역 라. 정해역 : 다음의 해역외의 해역 (1) 항만법에서 규정하는 항만의 구역 (2) 국토이용관리법에 의한 수산자원보전지구 (3) 별표2의 규정에 의한 제1해역 (4) 대한민국 영해의 기선으로부터 50해리 이내에서 농림수산부장관이 수산동식물의 생육환경이나 해양환경보전상 필요하다고 인정하여 지정하는 해역과 별 제44조의3제1항의 규정에 의하여 지정된 연안오염 특별관리해역 마. 무해역 : 모든 해역(다만 "라"의 "(1)", "(2)" 및 "(4)"에서 규정한 해역을 제외한다)</p> <p>2. 배출시의 시멘트의 고형화기준은 별표3의 기준에 의한다.</p>	10. 수송·어로활동·기타신박의 통상활동에 따라 발생하는 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 오수	처리방법은 한정하지 아니한다	정해역	11. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 어로 활동에 수반하여 발생하는 폐각류	항행중에 배출하지 아니할 것	정해역	12. 준설 또는 신박의 통상활동에 따라 생기는 특정유해폐기물을 함유하지 아니하는 수저 토사류	항행중에 배출하지 아니할 것	무해역
10. 수송·어로활동·기타신박의 통상활동에 따라 발생하는 특정유해폐기물을 함유하지 아니한 오수	처리방법은 한정하지 아니한다	정해역								
11. 공장 또는 사업장에서 발생하거나 어로 활동에 수반하여 발생하는 폐각류	항행중에 배출하지 아니할 것	정해역								
12. 준설 또는 신박의 통상활동에 따라 생기는 특정유해폐기물을 함유하지 아니하는 수저 토사류	항행중에 배출하지 아니할 것	무해역								
해양오염방지법 시행규칙 1988년 5월 25일 보건사회부령 제816호	<p>[별표 4] 산업폐기물등의 처리방법과 지정해역(제6조제1항 관련)</p> <p>주. 3. 위 표에서 합유가 허용되지 아니하는 특정유해폐기물은 환경보전법시행규칙 별표 6에서 규정한 폐수(가지역)의 배출 허용기준이상의 것을 말한다.</p>	주. 3. 신설								
해양오염방지법 시행규칙 1991년 9월 9일 총리령 제393호	제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 폐기물을 해양에 배출할 경우 해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리기준은 각각 별표5 및 별표6과 같다.	전면개정 신설								

구분	집중식처리방법에 의하여 처리하는 폐기물(mg/l)		확산식처리방법에 의하여 처리하는 폐기물(mg/kg, mg/l)	
	감·울·병해역	정·무해역	감·울·병해역	정·무해역
수 소 이 온 농 도	-	-	-	5.0 - 9.0
유 시 안 화 합 물	1 이하	1 이하	20 이하	5 이하
크롬 또는 그 화합물	2 이하	1 이하	8 이하	1 이하
아연 또는 그 화합물	5 이하	3 이하	40 이하	2 이하
구리 또는 그 화합물	3 이하	2 이하	8 이하	5 이하
카드뮴 또는 그 화합물	0.1 이하	0.05 이하	0.5 이하	3 이하
수은 또는 그 화합물	0.005 이하	0.002 이하	0.02 이하	0.1 이하
유 기 인 화 합 물	1 이하	0.5 이하	1 이하	0.005 이하
비 소 또는 그 화합물	0.5 이하	0.3 이하	3 이하	1 이하
납 또는 그 화합물	1 이하	0.5 이하	3 이하	1 이하
6 가 크 륬	0.5 이하	0.3 이하	3 이하	0.5 이하
불 소 화 합 물	15 이하	8 이하	60 이하	15 이하
P C	0.003 이하	0.001 이하	0.010 이하	0.003 이하
폐 료	5 이하	3 이하	15 이하	5 이하

비고 : 폐기물중류별 처리기준에의 적합 여부의 판단은 다음의 시험방법에 의한다.
1. 집중식처리방법에 의하여 처리하는 폐기물은 용출시험방법에 의한다.
2. 확산식처리방법에 의하여 처리하는 폐기물은 함유시험방법에 의한다.

[별표 6] 해역별 폐기물의 배출기준 (제6조제2항 관련)

해양오염방지법
시행규칙
1993년 1월 8일
총리령 제417호

제6조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등)
② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 폐기물을 해양에 배출할 경우 배출
해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리기준은 각각
별표5 및 별표6과 같다.<개정 1993.1.8>

[별표 6] <개정 1993.1.8>
폐기물의 해양배출처리기준 (제6조제2항 관련)

구 분	고상폐기물 (검액 : mg/L)	액상폐기물 (시료 : mg/L)
유 분		50 이하

전면개정

	<p>시안 화합물 또는 그 화합물 아연 또는 그 화합물 구리 또는 그 화합물 카드뮴 또는 그 화합물 수은 또는 그 화합물 유기 인 화합물 비소 또는 그 화합물 납 또는 그 화합물 6가 크롬 또는 그 화합물 P, C, B, 기타 화합물</p> <p>1 이하 2 이하 5 이하 3 이하 0.1 이하 0.005 이하 1 이하 0.5 이하 1 이하 0.5 이하 15 이하 0.003 이하 5 이하</p> <p>1 이하 20 이하 90 이하 15 이하 1 이하 0.05 이하 1 이하 5 이하 1 이하 5 이하 200 이하 0.03 이하 50 이하</p> <p>비고: 1. 폐기물종류별 처리기준에의 적합여부판단은 다음의 시험방법에 의한다. 가. 고상폐기물 및 폐기물관리법상 폐기물로 분류되는 액상폐기물:폐기물관리법 제11조의 규정에 의한 폐기물공정시험방법에 의한다.다만, 시험방법이 명시되지 아니한 항목에 대하여는 수질환경보전법 제7조의 규정에 의한 수질오염공정시험방법중 수질편의 시험방법을 준용할 수 있다. 나. 가목외의 액상폐기물:수질환경보전법 제7조의 규정에 의한 수질오염공정시험방법중 수질편의 시험방법에 의한다. 2. 별표4중 제1호의 가목과 제2호의 가목·나목 및 마목에 해당되는 폐기물은 위 기준을 적용하지 아니한다. 다만, 다른 폐기물과 혼합된 경우에는 그러하지 아니하다. 3. 유분은 광유류를 말한다.</p>							
<p>1996년 7월 15일 환경부령 제22호</p>		<p>총리령→환경부령 변경</p>						
<p>해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일 해양수산부령 제33호</p>	<p>제35조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ② ...별표 15 및 별표 16과 같다. [별표 16] 폐기물의 해양배출처리기준(제35조제2항관련)</p> <table border="1" data-bbox="1094 752 1190 1671"> <tr> <td>구분 또는 그 화합물</td> <td>고상폐기물 (검액 : mg/L)</td> <td>액상폐기물 (시료 : mg/L)</td> </tr> <tr> <td>납</td> <td></td> <td>10 이하</td> </tr> </table>	구분 또는 그 화합물	고상폐기물 (검액 : mg/L)	액상폐기물 (시료 : mg/L)	납		10 이하	<p>환경부령→해양수산부령 변경 제6조→제35조 변경 별표5 및 별표6→별표15 및 별표16 변경 납 기준 1 이하→10 이하 변경</p>
구분 또는 그 화합물	고상폐기물 (검액 : mg/L)	액상폐기물 (시료 : mg/L)						
납		10 이하						
<p>해양오염방지법 시행규칙 2006년 2월 21일 해양수산부령</p>	<p>제35조(해양배출이 가능한 폐기물의 종류등) ② 법 제16조제4항의 규정에 의하여 제1항의 규정에 의한 폐기물을 해양에 배출할 경우 그 배출해역·배출해역별 배출가능폐기물의 종류 및 처리방법과 그 처리 기준은 각각 별표 15 및 별표 16과 같다.</p>	<p>분석방법을 기존 용출법에서 해양관련 국제공인분석법인 함량법(완전분해법)으로 변경하고, 처리기준을 재설정함.</p>						

제 330 호

[별표 16] <개정 2006.2.21>

폐기물의 해양배출치리기준(제35조제2항 관련)

1. 별표 14 제1호 가목 내지 라목 및 사목의 폐기물(mg/kg, 건중량기준)

구 분	제 1 기 준	제 2 기 준
유분(광유류)	10,000	2,000
시안화합물	200	40
페놀류	4,000	800
크롬 또는 그 화합물	1,850	370
아연 또는 그 화합물	9,000	1,800
구리 또는 그 화합물	2,000	400
카드뮴 또는 그 화합물	20	4
수은 또는 그 화합물	5	1
유기인화합물	100	20
비스 또는 그 화합물	145	29
납 또는 그 화합물	1,100	220
폴리클로리네이티드비페닐 - 28	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 52	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 101	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 118	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 138	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 153	0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 180	0.15	0.03
나프탈렌	4	0.8
페난트렌	5	1
안트라센	4	0.8
벤조(a)피렌	4.5	0.9
플루오란텐	10	2.5
벤조(a)안트라센	5	1
벤조(b)플루오란텐	4	0.8

2. 별표 14 제1호 마목·바목 및 제2호 가목의 폐기물(mg/kg, 건중량기준)			
구 분		제1기준	제2기준
수은 또는 그 화합물		5	1
폴리클로리네이티드비페닐 - 28		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 52		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 101		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 118		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 138		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 153		0.15	0.03
폴리클로리네이티드비페닐 - 180		0.15	0.03

3. 별표 14 제2호 나목의 폐기물(mg/kg, 건중량기준)			
구 분		제1기준	제2기준
크롬 또는 그 화합물		370	80
아연 또는 그 화합물		410	200
구리 또는 그 화합물		270	65
카드뮴 또는 그 화합물		10	2.5
수은 또는 그 화합물		1.2	0.3
비스 또는 그 화합물		70	20
납 또는 그 화합물		220	50
니켈 또는 그 화합물		52	35
총 폴리클로리네이티드비페닐		0.180	0.023
총 다환방향족탄화수소		45	4

※ 비고

- 제1기준과 제2기준의 적용방법은 다음과 같다.
가. 별표 14의 규정에 따라 해양배출이 가능한 폐기물로서 제1기준을 넘는 폐기물은 해양에 이를 배출할 수 없다.
나. 별표 14의 규정에 따라 해양배출이 가능한 폐기물로서 제1기준 이하이면서 제2기준 이상인 폐기물은 배출적합성을 판정하기 전에 정밀평가를 거쳐 이를 해양에 배출할 수 있다.
- 폐기물종류별 처리기준에의 적합여부 판단은 별 제4조의3제3항의 해양환경정지시험방법에 의한다.
- "총 폴리클로리네이티드비페닐"은 폴리클로리네이티드비페닐 - 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180의 합을 말한다.
- "총 다환방향족탄화수소"는 나프탈렌, 페난트렌, 안트라센, 벤조(a)피렌, 플루오란텐, 벤조(a)안트라센, 벤조(b)플루오란텐의 합을 말한다.

<p>해양환경관리법 시행규칙 2008년 1월 18일 해양수산부령 제401호</p>	<p>제12조(해양배출이 가능한 육상폐기물의 종류 등) ② 해양수산부장관은 법 제23조제3항에 따라 해양배출이 가능한 폐기물인지 여부를 검사할 때에는 법 제10조에 따른 해양환경공정시험기준 및 별표 8의 처리기준에 적합하지 여부를 검사하여야 한다. [별표 8] 폐기물의 해양배출처리기준(제12조제2항 관련)</p>	<p>해양오염방지법 시행규칙 → 해양환경 관리법 시행규칙으로 변경</p>
<p>해양환경관리법 시행규칙 2008년 3월 14일 국토해양부령 제4호</p>	<p>제12조 ② 국토해양부장관은 ... 검사하여야 한다.</p>	<p>처리기준은 동일함 해양수산부장관 → 국토해양부장관으로 변경</p>

○ 폐기물 배출해역 지정신청

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 시행규칙 1987년 8월 31일 보건사회부령 제806호</p>	<p>제6조(산업폐기물등의 처리방법 및 지정해역) ② 제1항의 규정에 의한 산업폐기물등의 배출해역의 지정해역의 지정은 받고자 하는 자는 별지 제1호서식에 의한 신청서에 해양관련 국가연구기관(정부가 출연하는 특정연구기관을 포함한다) 또는 해양관련 대학부설연구기관에서 작성한 별표 5의 자료를 첨부하여 환경청장에게 제출하여야 한다. 다만, 별표 4의 "무"해역에서 배출할 수 있는 폐기물만을 배출하기 위한 경우에는 별표 5의 자료를 제출하지 아니할 수 있다.</p> <p>[별표 5] 배출해역의 지정에 필요한 자료(제6조제2항 관련) 1. 물질의 특성 및 성분 가. 배출물질의 총량과 평균적 성분 나. 배출물질의 형태 다. 속성 : 물리적, 화학적 및 생물학적 라. 독성 마. 지속성 바. 수산자원의 시장성을 감소시키는 오염 또는 기타의 변화를 일으키는 개연성 2. 배출장소의 특성과 배출방법 가. 위치(배출장소의 좌표, 깊이 및 해안으로부터의 거리) 나. 단위시간당 처분율 다. 포장 및 폐쇄방법 라. 배출초기의 희석화 마. 분산특성 바. 배출장소의 해수의 특성(온도, PH, 염도, 용존산소등) 사. 계절적인 변동 아. 해저의 특성 3. 일반적인 고려사항 및 조건 가. 쾌적성에 대한 영향 나. 해양생물, 어패류의 양식, 어장등에 대한 영향 다. 공업용수 : 구조물의 수면하부식 및 선박의 항행등에 미치는 영향 라. 육지에서의 처리와 해양배출과의 비교(처리의 난이성, 경제성등)</p>	

<p>해양오염방지법 시행규칙 1991년 9월 9일 총리령 제393호</p>	<p>제7조(폐기물배출해역의 지정신청등) ① 법 제16조제4항의 규정에 의하여 폐기물배출해역지정신청서에 다음 각호의 사항이 포함된 별지 제3호서식의 폐기물배출해역지정신청서에 다음 각호의 사항이 포함된 사업계획서와 제2항의 규정에 의한 폐기물해양배출조사·평가보고서를 환경처 장관 또는 지방환경청장(배출대상폐기물이 해저 준설토사 또는 폐각류인 경우에 한한다. 이하 제9조제1항에서 같다)에게 제출하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 폐기물의 수집대상 지역과 사무소의 소재지 2. 운반선등의 시설·장비 및 기술인력 확보계획서 3. 폐기물을 선적할 부두확보계획서 <p>② 폐기물해양배출보고서는 다음 각호의 1에 해당되는 기관(해양배출대상 폐기물이 해저준설토사 또는 폐각류인 경우에는 작성기관의 제한을 받지 아니한다)이 작성한 것이어야 하며, 동보고서에 포함되어야 할 배출예정해역의 조류등 해양 환경에 관한 사항, 배출예정폐기물의 종류·성상등 폐기물에 관한 사항, 해양 이용등의 현황과 염료등을 이용한 해양확산실험등에 기초한 해양환경에 미치는 영향등의 내용과 보고서작성방법 기타 필요한 사항은 환경처장관이 이를 정하여 고시한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 국·공립 해양관련 연구기관 2. 대학부설 해양관련 연구기관 3. 특정연구기관육성법시행령 제3조의 규정에 의한 한국해양연구소 4. 기타 환경처장관이 당해보고서를 작성할 수 있는 전문성을 보유하였다고 인정 하여 고시하는 연구기관 <p>제8조(폐기물배출해역의 지정등) ① 환경처장관 또는 지방환경청장이 폐기물배출해역의 지정을 하고자 할 때에는 미리 수산청장(배출예정해역이 영해범에 의한 영해범의 경우에 한한다) 또는 당해해역을 관할하는 시·도지사(시·도지사외 협의하여야 하며, 협의요청을 받은 수산청장 또는 시·도지사는 수산자원의 보호·육성을 고려하여 그의 적정여부에 관한 의견을 통보하여야 한다.) ② 환경처장관 또는 지방환경청장은 폐기물해양배출조사·평가보고서를 검토함에 있어서 필요하다고 인정하는 경우에는 관계전문가의 자문을 받을 수 있다. 이 경우 예산의 범위안에서 수당을 지급할 수 있다.</p>
---	---

	<p>③ 환경처장관 또는 지방환경청장이 폐기물배출해역을 지정한 때에는 별지 제4호 서식의 <생략:서식4%> 폐기물배출해역지정서를 신청인에게 교부하여야 하며, 지정해역의 이용을 제한하거나 배출해역의 위치를 변경하도록 하는등의 필요한 조건을 붙일 수 있다.</p> <p>제9조(폐기물배출해역의 지정사항 변경등)</p> <p>① 제8조제3항의 규정에 의하여 폐기물배출해역지정서를 교부받은 자가 지정서의 내용을 변경하고자 할 때에는 그 사유가 발생한 날 부터 15일 이내에 별지 제5호 서식의 <생략:서식5> 폐기물배출해역지정사항변경신청서에 다음 각호의 구분에 의한 서류와 폐기물배출해역지정서를 첨부하여 환경처장관 또는 지방환경청장에게 제출하여야 한다.</p> <p>1. 변경사항이 지정해역 또는 배출허용량인 경우: 폐기물해양배출조사·평가보고서</p> <p>2. 제1호외의 경우: 그 변경내용을 증명하는 서류</p> <p>② 환경처장관 또는 지방환경청장은 제1항의 규정에 의한 신청이 있는 경우 그 타당성을 검토하여 적합하다고 인정할 때에는 폐기물배출해역지정서의 기재 사항을 고쳐 신청인에게 교부하여야 한다.</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 1993년 1월 8일 총리령 제417호</p>	<p>전문개정</p> <p>제7조(폐기물배출해역의 지정신청 등)</p> <p>① ... 사업계획서를 첨부하여 법 제18조의 규정에 의하여 등록하고자 하는 선박의 선적함을 관할하는 지방환경청장에게 제출하여야 한다. 다만, 수저준설토사, 폐각류 또는 이와 유사한 폐기물을 배출하고자 하는 자가 당해 폐기물의 배출에 관하여 공유수면관리법 제4조제1항의 규정에 의한 허가를 받은 경우에는 폐기물 배출해역의 지정을 받은 것으로 본다.</p> <p>1. 폐기물의 특성 및 성분</p> <p>2. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법</p> <p>3. 폐기물운반선등의 시설·장비 및 기술인력 확보계획</p> <p>4. 해양환경에 미치는 영향</p> <p>5. 기타 필요한 사항</p> <p>② 제1항의 규정에 의한 사업계획서의 작성방법 기타 필요한 사항은 환경처장관이 정하여 고시한다.</p> <p>[전문개정 1993.1.8]</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 1994년 10월 14일 총리령 제468호</p>	<p>제7조(폐기물배출해역의 지정신청등) ①... <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장에게</u> <개정 1994.10.14> 제8조(폐기물배출해역의 지정등) ① <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1994.10.14> ② <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1994.10.14> ④ <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1994.10.14> ⑤ <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1994.10.14> ⑥ <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1994.10.14> ⑦ <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장이</u> <개정 1994.10.14> 제9조(폐기물배출해역의 지정사항 변경등) ① <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장에게</u> <개정 1993.1.8, 1994.10.14> ② <u>환경관리청장 또는 지방환경관리청장은</u> <개정 1993.1.8, 1994.10.14></p>	<p>지방환경청장→환경관리청장 지방환경관리청장 변경 또는</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 1996년 7월 15일 환경부령 제22호</p>	<p>제7조(폐기물배출해역의 지정신청등) ② ... <u>환경부장관이</u>.... <개정 1996.7.15> 제8조(폐기물배출해역의 지정등) ① ... <u>환경부장관의</u> 승인을 <개정 1994.10.14, 1996.7.15> ⑥ ... <u>환경부장관에게</u> 보고..... <개정 1994.10.14, 1996.7.15> 제9조(폐기물배출해역의 지정사항 변경등) ② <u>환경부장관의</u> 승인을 ... <개정 1993.1.8, 1994.10.14, 1996.7.15></p>	<p>환경처장관→환경부장관 변경</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일</p>	<p>제36조(폐기물배출해역의 지정신청등) ① ... <u>별지 제6호서식의 ... 해양철거서장에게</u> ② 제1항의 규정에 의한 사업계획서의 작성방법 기타 필요한 사항은 <u>해양수산부 장관</u>이 정하여 고시한다.</p>	<p>환경부령→해양수산부령 변경 제7조→제36조 변경 제8조→제37조 변경 제9조→제38조 변경 별지 제3호서식→별지 제6호서식 변경</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 제33호 해양수산부령 제33호</p>	<p>제37조(폐기물배출해역의 지정등) ① 해양경찰서장은 법 제16조제4항의 규정에 의하여 해양경찰청장의 ② 해양경찰서장은 ④ 해양경찰서장은 ...별지 제7호서식의 ⑤ 해양경찰청장은 ... 수질상황을 매년 1회이상 조사하여 ... 해양수산부장관에게 ...</p> <p>제38조(폐기물배출해역의 지정사항변경등) ① 제37조제4항의 ... 별지 제8호서식의 해양경찰서장에게 ② 해양경찰서장은 제1항의 규정에 의한 신청이 있는 경우 그 타당성을 검토하여 적합하다고 인정할 때에는 폐기물배출해역지정서의 기재사항을 고쳐 신청인에게 교부하여야 한다. 이 경우 지정사항중 지정해역 또는 배출허용량(증가하는 경우에 한한다)을 변경하고자 할 때에는 미리 해양경찰청장의 승인을 얻어야 한다.</p>	<p>제36조 ① 환경관리청장 또는 지방환경관리청장→해양경찰청장 변경 5. 삭제 ② 환경부장관→해양수산부장관 변경</p> <p>제37조 ① 법 제16조제4항규정 추가 ④ 별지 제4호서식→별지 제7호서식 변경 ⑤⑥⑦ 삭제 ⑤ 수질상황 매년1회이상 추가</p> <p>제38조 ① 제37조제4항 추가</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 1999년 1월 14일 해양수산부령 제90호</p>	<p>제36조(폐기물배출해역의 지정신청<개정 1999.1.14>) ① 해양경찰서장에게 ..<개정 1999.1.14> ② 삭제<1999.1.14></p> <p>제37조(폐기물배출해역의 지정등) ③...., 매회 3년의...<개정 1999.1.14></p> <p>제38조(폐기물배출해역의 지정사항변경등) ① 30일이내에<개정 1999.1.14></p>	<p>제36조 ① 법 제18조..... 삭제 ② 삭제</p> <p>제37조 ③ 매회1년→매회3년 변경</p> <p>제38조 ① 15일이내→30일이내 변경</p>
<p>해양오염방지법 시행규칙 2000년 2월 11일 해양수산부령 제159호</p>	<p>제36조(폐기물배출해역의 지정신청<개정 1999.1.14>) ② 제1항 각호외의 부분 단서의 경우에 허가를 한 행정기관의 장은 허가한 날부터 10일 이내에 그 허가서 사본을 해양경찰서장에게 제출하여야 한다.<신설 2000.2.11></p>	<p>제36조 ② 신설</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 2004년 8월 7일 해양수산부령 제277호</p>	<p>제36조(폐기물배출해역의 지정신청<개정 1999.1.14>) ①폐기물배출해역지정신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 공유 수면관리법 제5조제1항의 ... <개정 1999.1.14, 2000.2.11, 2004.8.7></p> <p>제38조(폐기물배출해역의 지정사항변경등) ① 폐기물배출해역지정사항변경신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 다만, 전자정부구현을위한행정업무등의전자화추진에관한법을 제21조제1항의 규정에 의한 행정정보의 공동이용을 통하여 첨부서류에 대한 정보를 확인할 수 있는 경우에는 그 확인으로 첨부서류에 갈음할 수 있다. <개정 1999.1.14, 2004.8.7></p>	<p>제36조 ① 전자문서... 추가 제4조1항→제5조1항 변경</p> <p>제38조 ① 전자문서... 및 전자정부 구현... 추가</p>
--	--	---

○ 폐기물 해양배출업의 등록기준

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 시행령 2002년 2월 9일 대통령령 제17120호</p>	<p>제10조(폐기물해양배출업의 등록기준) ① 법 제18조의 규정에 의한 폐기물해양배출업(이하 “폐기물해양배출업”이라 한다)의 등록기준은 별표 4와 같다. ② 제1항의 규정에 의한 기준중 폐기물운반선 및 저장시설의 규모·구조 및 설비 기준은 해양수산부령으로 정한다.<전문개정 2000. 2. 9></p> <p>[별표 4] <신설 2000. 2. 9> 폐기물해양배출업의 등록기준(제10조 제1항 관련)</p> <p>1. 기술인력 : 수질환경기사·폐기물처리기사 또는 해양환경기사 1인 이상 2. 폐기물운반선 : 1척 이상 3. 저장시설 : 폐기물의 적재지별로 저장시설을 갖추되, 그 규모는 주된 적재지(통상적으로 적재량이 가장 많은 곳을 말한다. 이하 같다)에서는 폐기물운반선중 최대규모의 선박 총톤수에 2m³ 공간 용량에서 부속선의 폐기물적재용량을 뺀 용량 이상이어야 하며, 주된 적재지가 아닌 곳에서는 폐기물운반선중 최소규모의 선박 총톤수에 1m³를 곱한 용량에서 부속선의 폐기물적재용량을 뺀 용량 이상일 것</p> <p>비 고 :</p> <p>1. 수저준설토사·조개껍질류 또는 이와 유사한 폐기물의 운반을 전용으로 하는 경우에는 기선과 부선으로 조합된 선박을 폐기물운반선으로 할 수 있고, 저장시설을 갖추지 아니할 수 있다. 2. 폐기물을 저장하지 아니하고 폐기물운반선에 직접 적재하는 경우에는 저장시설을 갖추지 아니할 수 있다. 3. 폐기물운반선 또는 저장시설을 전용으로 임차한 경우에는 이를 갖춘 것으로 본다.</p>	

○ 폐기물 운반선 등록관련

개정일	법 조 항	변경내용
1979년 8월 10일 교통부령 634호 (해양오염방지에 관한 규칙)	제10조(폐기물운반선의 등록신청서) ① 영 제9조의 규정에 의한 폐기물운반선의 등록신청서는 별지 제3호서식에 의한다. ② 영 제9조제3호의 교통부령으로 정하는 서류는 선박의 일반배치도와 제11조 각호의 설비 및 구조의 개요를 표시하는 도면으로 한다. ③ 관할 지방해양수산청은 영 제9조의 규정에 의한 폐기물 운반선의 등록신청이 있는 경우에 필요하다고 인정될 때에는 선박국적증서·선박검사증서 기타 선박에 관한 사항을 증명하는 서류의 제시를 요구할 수 있다.	
해양오염방지법 시행규칙 1997년 11월 4일 해양수산부령 33호	제41조(폐기물운반선의 등록요건 등) ① 법 제18조제2항의 규정에 의한 폐기물운반선의 시설·인력·장비의 등록요건은 별표 18과 같다. [별표 18] 폐기물운반선의 등록요건(제41조 제1항 관련) 1. 기술인력 : 환경기사(수질환경분야 또는 폐기물 처리분야) 1인 이상 2. 자본금 또는 재산 가. 법 인 : 자본금 1억원 이상 나. 개 인 : 재산평가액 2억원 이상 3. 저장시설 배출 폐기물의 저장시설 폐기물 적재지별로 저장시설을 갖추되 그 규모는 주된 적재지(통상적으로 적재량이 가장 많은 곳을 말한다. 이하 같다)에서는 주운반선중 최대규모의 선박 총톤수에 2m ³ 를 곱한 용량이상이 되어서 주운반선중 최소규모의 선박 총톤수에 1m ³ 를 곱한 용량이상이 되어야 한다. 다만, 폐기물을 주운반선 또는 소운반선에 직접 적재하는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다. (1)폐기물은 별표 15의 배출해역별 배출가능 폐기물의 종류에 따라 배출해역별로 구분하여 저장할 수 있도록 하여야 하며 누구든지 이를 식별할 수 있도록 표시하여야한다. (2)폐기물의 누출·유출 및 악취의 발생을 방지할 수 있어야 한다. (3)빗물등의 다른 물질이 혼입되지 아니하여야 하며 폭발등의 위험을 방지할 수 있어야 한다.	

	<p>(4)폐기물의 저장량을 계속할 수 있는 구조이거나 그 양을 확인할 수 있도록 되어 있어야 한다. (5)구조적으로 압력·외력등에 안전하도록 설치하여야 한다.</p>
	<p>4. 폐기물운반선 가. 주운반선 : 1척 이상 (1)지정된 폐기물배출해역의 위치에 따라 선박안전법시행규칙 제28조의 규정에 의한 각 항행구역의 운항에 적합한 규모이상의 선박이어야 한다. (2)별표 19제1호의 규정에 의한 주운반선의 설비 및 구조기준에 적합한 선박이어야 한다. (3)스스로 항행할 수 있는 선박이어야 하며, 기선과 부선으로 조합되는 선박이 아니어야 한다. 다만, 해양경찰서장이 지정된 폐기물배출해역까지 항행이 가능하다고 인정하는 경우와 수저준설토사·조개껍질류 또는 이와 유사한 폐기물을 별표 15중 정해역 또는 무해역에 배출하는 경우에는 그러하지 아니하다. 나. 소운반선 : 1척이상(선적부두에 주운반선까지의 운반에 필요한 경우에 한한다) 별표 19제2호의 규정에 의한 소운반선의 설비 및 구조기준에 적합한 선박이어야 한다. 비 고 : 수저준설토사·조개껍질류 또는 이와 유사한 폐기물을 배출하고자 하는 때에는 제1호 내지 제4호의 등록요건을 갖추지 아니한 경우에도 주운반선만으로 등록할 수 있다. 제41조(폐기물운반선의 등록요건 등) ② 제1항의 규정에 의한 폐기물운반선의 설비 및 구조기준은 별표 19와 같다. [별표 19] 폐기물운반선의 설비 및 구조기준(제41조제2항 관련) 1. 주운반선의 설비 및 구조기준 가. 폐기물의 배출을 위한 다음의 설비나 구조중 당해 선박에서 배출하는 폐기물의 성상 및 배출방법에 비추어 적절한 것을 갖춘 것 (1)하역설비 (가)펌프 및 관 : 폐기물의 적재 및 배출에 전용되는 것이어야 하며, 펌프 전후의 관에는 개폐밸브가 장치되어 있을 것</p>

<p>해양오염방지법 시행규칙 2000년 2월 11일 해양수산부령 159호</p>	<p>(나)기타 하역설비 : 폐기물을 적정하게 배출할 수 있는 것일 것 (2)신저배출밸브 : 폐쇄된 상태에서는 수밀구조로 되는 것일 것 (3)선저개폐문 : 폐쇄된 상태에서 폐기물이 탈락하지 아니하는 구조의 것이어야 하며, 또한 선체의 동요등에 의하여 개방되지 아니하는 장치가 있는 것일 것 나. 화물창에는 선체의 동요등에 의하여 폐기물이 탈락·유출 또는 흘날리지 아니하도록 해치커버나 덮는 포 또는 이와 유사한 설비나 구조를 갖추어야 하며, 노출된 갑판에 폐기물을 실는 선박에 있어서는 적절한 방책 및 결박장치가 있을 것 다. 화물창에 물밸러스트를 적재하는 선박에 있어서는 당해 화물창의 세정장치가 있을 것 라. 본선의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 수신기가 있을 것. 다만, 해저준설 토사 또는 조개껍질류를 정해역 또는 무해역에 배출하고자 하는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다. 마. 당해 선박의 시간대별 속도·위치 및 항행거리등 항행상황과 폐기물의 배출 일시, 배출상황 및 그 당시의 선박의 위치를 자동적으로 기록하는 장치가 있을 것. 다만, 해저준설토사 또는 조개껍질류를 정해역이나 무해역에 배출하고자 하는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다. 2. 소운반선의 설비 및 구조기준 가. 화물창은 수밀구조일 것 나. 폐기물을 옮겨 실을 수 있는 장치가 있을 것. 다만, 주운반선에 그 장치가 설치되어 있는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다.</p>	
	<p>제39조의 2(폐기물운반선 등의 기준) 영 제10조제2항의 규정에 의한 폐기물운반선 및 저장시설의 규모·구조 및 설비기준은 별표 17의2와 같다. [본조신설 2000.2.11] [별표 17의2]<신설 2000.2.11> 폐기물운반선 및 저장시설의 규모·구조 및 설비기준(제39조의2관련)</p> <p>1. 폐기물운반선 가. 지정된 폐기물배출해역의 위치에 따라 선박안전법시행규칙 제27조의 규정에 의한 각 항행구역의 운항에 적합한 규모 이상의 선박이어야 한다.</p>	<p>전면개정 신설</p>

	<p>나. 당해 선박에서 배출되는 폐기물의 상상 및 배출방법에 따라 다음의 실시중 적절한 것을 갖추어야 한다.</p> <p>(1)하역설비</p> <p>(가)펌프 및 관 : 폐기물의 적재 및 배출에 전용되는 것이어야 하며, 펌프 전후의 관에는 개폐밸브가 장치되어 있을 것</p> <p>(나)기타 하역설비 : 폐기물을 적정하게 배출할 수 있는 것</p> <p>(2)선저배출밸브 : 폐쇄된 상태에서 수밀구조(수밀구조)로 되는 것</p> <p>(3)선저개폐문 : 폐쇄된 상태에서 폐기물이 떨어지지 아니하는 구조의 것이어야 하며, 또한 선체의 동요 등에 의하여 개방되지 아니하는 장치가 있는 것</p> <p>다. 화물창에는 선체의 동요 등에 의하여 폐기물이 유출 또는 흘날리지 아니하도록 창구덮개 또는 이와 유사한 설비나 구조를 갖추어야 하며, 노출된 갑판에 폐기물을 싣는 선박에 있어서는 적절한 방책 및 결박장치가 있어야 한다. 다만, 수저준설토사 또는 조개껍질류를 배출하고자 하는 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다.</p> <p>라. 화물창에 물벨러스트를 적재하는 선박에 있어서는 당해 화물창의 세정장치가 있어야 한다.</p> <p>마. 선박의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 수신기가 있어야 한다.</p> <p>바. 선박의 시간대별 속도·위치 및 항행거리 등 항행상황과 폐기물의 배출일시·배출 상황 및 선박의 위치를 자동적으로 기록하는 장치가 있어야 한다.</p> <p>사. 폐기물을 선적부두에서 폐기물운반선까지 운반하는 선박에 대하여는 나목·마목 및 바목의 기준을 적용하지 아니한다.</p> <p>2. 저장시설</p> <p>가. 폐기물은 별표 15의 배출해역별 배출가능 폐기물의 종류에 따라 배출해역별로 구분하여 저장할 수 있도록 하며, 누구든지 이를 식별할 수 있도록 표시하여야 한다.</p> <p>나. 폐기물의 누출·유출 및 악취의 발생을 방지할 수 있어야 한다.</p> <p>다. 빗물 등의 다른 물질이 혼입되지 아니하여야 하며 폭발 등의 위험을 방지할 수 있어야 한다.</p> <p>라. 폐기물의 저장량을 측정할 수 있는 구조이거나 그 양을 확인할 수 있도록 되어 있어야 한다.</p>
--	--

<p>해양오염방지법 시행규칙 2006년 2월 21일 해양수산부령 제 330호</p>	<p>마. 구조적으로 압력·외력 등에 안전하도록 설치되어야 한다. [별표 18]삭제<2000.2.11> [별표 19]삭제<2000.2.11> [별표 17의2] <개정 2005.3.12, 2006.2.21></p>	
	<p>폐기물운반선 및 저장시설의 규모·구조 및 설비기준(제39조의2관련)</p> <p>1. 폐기물운반선 가. 저장된 ...스스로 항해할 수 있는 선박 ... 2. 저장시설 나. 폐기물의 누출·유출방지 및 「악취방지법」에서 규정하는 배출기준에 따라 악취의 발생을 방지할 수 있어야 한다.</p>	<p>1. 가. 스스로 항해할... 추가 2. 나. 악취방지법 규정 추가</p>

○ 해역이용협의

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제84조(해역이용협의) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 면허·허가 또는 지정 등(이하 "면허등"이라 한다)을 하고자 하는 행정기관의 장(이하 "처분기관"이라 한다)은 면허등을 하기 전에 대통령령이 정하는 바에 따라 미리 해양수산부장관과 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 협의(이하 "해역이용협의"라 한다)를 하여야 한다. 이 경우 제85조제1항의 규정에 따른 해역이용영향평가대상사업은 해역이용협의를 행한 것으로 본다.</p> <p>1. 「공유수면관리법」 제5조의 규정에 따른 공유수면 점용·사용의 허가. 다만, 제5호 및 제6호의 규정에 따른 바다갈채채취의 허가 및 바다갈채단지의 지정에 따른 공유수면 점용·사용의 허가는 제외한다.</p> <p>2. 「공유수면매립법」 제9조의 규정에 따른 공유수면매립의 면허</p> <p>② 제1항제1호 및 제2호의 규정을 적용함에 있어 다른 법률에서 「공유수면관리법」에 따른 공유수면 점용·사용의 허가 또는 「공유수면매립법」에 따른 공유수면매립의 면허를 받은 것으로 보도록 규정하고 있는 경우에도 해역이용협의 절차를 거쳐야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업과 관련된 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <p>⑤ 해역이용협의의 시기, 제3항 및 제4항의 규정에 따른 해역이용협의서의 작성 방법 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>제85조(해역이용영향평가) ① 처분기관은 제84조의 규정에 따라 해양수산부장관과 해역이용협의를 함에 있어 해당 면허대상사업 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위가 대통령령이 정하는 규모 이상에 해당하는 때에는 그 행위로 인하여 해양환경에 미치는 영향에 대한 평가(이하 "해역이용영향평가"라 한다)를 해양수산부장관에게 요청하여야 한다. 다만, 「환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법」 제4조제3항의 규정에 따른 환경영향평가 대상사업 중 대통령령이 정하는 사업을 제외한다.</p> <p>1. 「공유수면관리법」 제5조제1항제7호의 규정에 따른 행위 중 준설토의 해양투기</p>	

<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>② 처분기관은 해역이용영향평가를 해양수산부장관에게 요청하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 제1항 각 호의 규정에 따른 해역이용영향평가의 대상이 되는 면허대상사업을 하려는 자(이하 "평가대상사업자"라 한다)가 작성한 해역이용영향평가를 함께 제출하여야 한다.</p> <p>③ 평가대상사업자가 제2항의 규정에 따라 해역이용영향평가를 작성하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 설명회 또는 공청회 등을 개최하고, 이해관계자의 의견수렴 등 필요한 절차를 거쳐야 한다.</p> <p>④ 평가대상사업자가 제2항의 규정에 따라 해역이용영향평가를 작성하는 경우에는 제86조제1항의 규정에 따른 평가대상자로 하여금 대행하게 할 수 있다.</p> <p>⑤ 해역이용영향평가서의 내용·작성방법 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>제86조(평가대행자의 등록)</p> <p>① 제85조제4항의 규정에 따른 해역이용영향평가서의 작성을 대행하는 사업을 영위하려는 자는 해양수산부령이 정하는 기술능력·시설 및 장비를 갖추어 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 등록하여야 한다. 이 경우 해역이용영향평가서의 작성을 대행하는 사업의 등록을 한 자(이하 "평가대행자"라 한다)가 등록한 사항 중 해양수산부령이 정하는 중요 사항을 변경하려는 때에도 또한 같다.</p> <p>② 평가대행자의 등록절차 및 등록증의 교부 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>제87조(결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 평가대행자로 등록할 수 없다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 금치산자 및 한정치산자 2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자 3. 평가대행자의 등록이 취소된 후 2년이 경과되지 아니한 자 4. 이 법을 위반하여 징역 이상의 실형의 선고를 받고 그 형의 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행을 받지 아니하기로 확정된 후 2년이 경과되지 아니한 자 5. 대표이사가 제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 법인
--	--

<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제88조(해양이용사업자 등의 준수사항) 해양이용사업자 및 평가대행자는 대통령령이 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다른 해양이용영향평가서 등의 내용을 복제하지 아니할 것 2. 작성한 해양이용영향평가서 등을 해양수산부령이 정하는 기간 동안 보존할 것 3. 해양이용영향평가서 등의 작성의 기초가 되는 자료를 거짓으로 작성하지 아니할 것 4. 등록증 또는 그 명의를 다른 사람에게 대여하지 아니할 것 5. 도급받은 해양이용영향평가의 업무를 일괄하여 하도급하지 아니할 것 <p>제89조(평가대행자의 등록취소 등)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 해양수산부장관은 평가대행자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 업무정지를 명령할 수 있다. 다만, 제1호 내지 제5호에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 1. 거짓 그 밖의 부정한 방법으로 등록하거나 변경등록을 한 때 2. 제86조제1항의 규정에 따른 기술능력·시설 및 장비의 요건에 미달하게 된 때 3. 제87조 각 호의 어느 하나에 해당하는 때. 다만, 법인의 대표이사가 제87조제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 경우로서 6개월 이내에 그 대표이사가 개임한 때에는 그러하지 아니하다. 4. 등록 후 2년 이내에 해양이용영향평가의 업무를 개시하지 아니하거나 계속하여 2년 이상 해양이용영향평가의 업무실적이 없는 때 5. 최근 1년 이내에 2회의 업무정지처분을 받고 다시 업무정지처분에 해당하는 행위를 한 때 6. 제88조의 규정을 위반한 때 7. 해양이용영향평가서를 거짓으로 작성하거나 고의 또는 중대한 과실로 해양이용영향평가서를 부실하게 작성한 때 ② 제1항의 규정에 따른 행정처분의 세부기준은 그 위반행위의 유형과 정도 등을 참작하여 해양수산부령으로 정한다.
<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제90조(등록취소 또는 업무정지된 평가대행자의 업무계속)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 제89조의 규정에 따라 등록취소 또는 업무정지의 처분을 받은 평가대행자는 그 처분 전에 체결한 해양이용영향평가서의 작성에 관련한 업무에 한정하여 계속할 수 있다. ② 제1항의 규정에 따라 해양이용영향평가서의 작성대행 업무를 계속하는 평가대행자는 그 업무를 완료하는 때까지 이 법에 따른 평가대행자로 본다.

	<p>제91조(의견통보 등)</p> <p>① 해양수산부장관은 처분기관으로부터 해역이용협의 또는 해역이용영향평가(이하 "해역이용협의등"이라 한다)의 요청을 받은 때에는 제출받은 해역이용협의서 또는 해역이용영향평가서를 검토한 후 대통령령이 정하는 바에 따라 그 의견을 통보하여야 한다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항의 규정에 따라 해역이용협의등의 의견을 통보하기 전에 대통령령이 정하는 해역이용협의등에 따른 영향검토기관(이하 "해역이용영향검토기관"이라 한다)의 의견을 들어야 한다.</p> <p>④ 해역이용협의등의 의견을 통보받은 처분기관이 면허등을 한 때에는 이를 해양수산부장관에게 통보하여야 한다.</p> <p>제92조(이의신청)</p> <p>① 해역이용사업자·평가대상사업자(이하 "해역이용사업자등"이라 한다) 또는 처분기관은 제91조의 규정에 따라 해양수산부장관으로부터 통보받은 의견에 대하여 이의가 있는 때에는 대통령령이 정하는 바에 따라 90일 이내에 해양수산부장관에게 이의신청을 할 수 있다. 이 경우 해역이용사업자등은 처분기관을 거쳐 이의신청을 하여야 한다.</p> <p>② 제1항의 규정에 따라 이의신청을 받은 해양수산부장관은 이의신청 내용의 타당성 여부를 검토하여 그 결과를 대통령령이 정하는 바에 따라 60일 이내에 이의신청을 한 자에게 통보하여야 한다. 다만, 부득이한 사정이 있는 때에는 30일의 범위 이내에서 통보시한을 연장할 수 있다.</p>
<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제93조(사후관리)</p> <p>① 해양수산부장관은 처분기관이 해역이용협의등을 거치지 아니하고 면허등을 하거나 해역이용협의등의 의견을 반영하지 아니하고 면허등을 한 때에는 그 면허등의 취소, 사업의 중지, 공작물의 철거·운영정지 및 원상회복 등 필요한 조치를 할 것을 해당 처분기관에게 요청할 수 있다. 이 경우 당해 처분기관은 특별한 사유가 없는 한 그 요청에 따라야 한다.</p> <p>② 처분기관은 해역이용사업자등이 제84조제1항의 규정에 따른 해양수산부장관의 해역이용협의등에 대한 의견을 이행하고 있는지 여부를 확인하여야 하며, 해역이용사업자등이 이를 이행하지 아니하는 때에는 대통령령이 정하는 바에 따라 그 이행에 필요한 조치를 명령하여야 한다.</p>

	<p>제94조(사업계획 변경에 따른 해역이용협의 등)</p> <p>① 해역이용사업자등이 처분기관으로부터 면허등을 받은 후 사업계획을 변경하는 때에는 해역이용협의 또는 해역이용영향평가 절차를 다시 거쳐야 한다.</p> <p>② 제1항의 규정에 따른 해역이용협의 또는 해역이용영향평가의 내용과 절차에 대하여는 제84조·제85조 및 제91조 내지 제93조의 규정을 준용한다.</p> <p>제95조(해양환경영향조사 등)</p> <p>① 해역이용사업자등은 면허등을 받은 후 행하는 사업으로 인하여 발생될 수 있는 해양환경에 대한 영향을 조사(이하 "해양환경영향조사"라 한다)를 실시하고 그 결과를 처분기관 및 해양수산부장관에게 통보하여야 한다. 이 경우 해역이용사업자등은 평가대행자에게 해양환경영향조사의 업무를 대행하게 할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항의 규정에 따라 통보된 해양환경영향조사 결과 해양환경에 피해가 발생하는 것으로 인정되는 때에는 처분기관으로 하여금 해양수산부령이 정하는 바에 따른 필요한 조치를 하도록 하여야 한다. 이 경우 처분기관은 조치결과를 해양수산부장관에게 통보하여야 한다.</p> <p>④ 제1항의 규정에 따라 해양환경영향조사를 하여야 하는 대상사업·조사항목 및 기간 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.</p>
--	---

○ 별첨

개정일	법 조 항	변경내용
<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제126조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처한다.</p> <p>2. 제93조제2항의 규정에 따른 명령에 위반한 자</p> <p>제127조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처한다.</p> <p>1. 제22조제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 및 해양시설로부터 폐기물·유해액체물질·포장유해물질을 배출한 자</p> <p>제128조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 2년 이하의 징역 또는 2천만원 이하의 벌금에 처한다.</p> <p>1. 과실로 제22조제1항 및 제2항의 규정을 위반하여 선박 또는 해양시설로부터 폐기물·유해액체물질·포장유해물질을 배출한 자</p> <p>10. 제70조제1항의 규정에 따른 등락을 하지 아니하고 해양환경관리업을 한 자</p> <p>11. 제75조의 규정에 따라 등락이 취소된 자가 영업을 하거나 또는 영업정지명령을 받은 자가 영업정지기간 중 영업을 한 자</p> <p>12. 제77조제1항의 규정에 따른 해양오염영향조사를 실시하지 아니한 자</p> <p>13. 제82조제1항 및 제89조제1항의 규정에 따라 지정이 취소된 자가 업무를 하거나 또는 영업정지명령을 받은 자가 영업정지기간 중 업무를 한 자</p> <p>14. 제85조제2항의 규정에 따른 해역이용영향평가서를 거짓으로 작성한 자</p> <p>15. 제86조제1항의 규정에 따른 평가대행자의 등락을 하지 아니하고 해역이용영향평가서의 작성을 대행한 자(제85조제4항의 규정을 위반하여 해역이용영향평가를 대행한 자를 포함한다)</p> <p>16. 제95조제1항의 규정에 따른 해양환경영향조사의 결과를 거짓으로 작성한 자</p> <p>17. 제110조제9항의 규정에 따라 형식승인 또는 검정이 취소되거나 영업정지명령을 받은 자가 영업정지기간 중 업무를 한 자</p>	

<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>제129조(벌칙) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다. 2. 제23조제1항의 규정을 위반하여 지정해역 외에서 폐기물을 해양에 배출한 자 12. 제88조제1호 내지 제3호의 규정을 위반하여 다른 해역이용영향평가서 등의 내용을 복제 또는 법령이 정하는 기간 동안 보관하지 아니하거나 이를 거짓으로 작성한 자 ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 500만원 이하의 벌금에 처한다. <개정 2007.12.21> 1. 제23조제2항의 규정을 위반하여 신고하지 아니한 폐기물을 위탁받아 해양에 배출한 자 2. 제25조제2항의 규정에 따른 기준에 위반하여 폐기물오염방지설비를 설치하거나 이를 유지·작동한 자</p> <p>제132조(과태료) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1천만원 이하의 과태료에 처한다. 1. 제77조제1항의 규정에 따른 해양오염영향조사의 결과를 거짓으로 통보한 자 2. 제85조제2항의 규정에 따른 해역이용영향평가서를 제출하지 아니하거나 동 평가서를 부실하게 작성한 자 ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 500만원 이하의 과태료에 처한다. 1. 제22조제2항의 규정을 위반하여 해양공간으로부터 대통령령이 정하는 오염물질을 배출한 자</p>
<p>해양오염방지법 2007년 12월 21일 법률 제8788호</p>	<p>6. 제70조제3항의 규정에 따른 변경등록을 하지 아니한 자 7. 제72조제3항의 규정을 위반하여 폐기물을 보관·관리한 자 및 폐기물 인계·인수서를 작성하지 아니하거나 거짓으로 작성한 자 8. 제74조제3항의 규정을 위반하여 해양환경관리업자의 권리·의무 승계에 대한 신고를 하지 아니하거나 거짓으로 신고한 자 9. 제76조제1항의 규정을 위반하여 신고하지 아니한 폐기물의 처리를 위탁한 자 10. 제88조의 규정에 따른 준수사항을 위반한 자 11. 제95조제1항의 규정에 따른 해양환경영향조사를 실시하지 아니한 자 또는 그 조사결과를 통보하지 아니하거나 거짓으로 통보한 자 12. 제95조제2항의 규정에 따른 필요한 조치를 하지 아니한 자</p>

	<p>제133조(과태료의 부과·징수 등)</p> <p>① 제132조의 규정에 따른 과태료는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관 또는 해양경찰청장이 부과·징수한다.</p> <p>② 제1항의 규정에 따른 과태료부과처분에 불복이 있는 자는 그 처분이 고지된 날부터 30일 이내에 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 이의를 제기할 수 있다.</p> <p>③ 제1항의 규정에 따른 과태료부과처분을 받은 자가 제2항의 규정에 따라 이의를 제기한 때에는 해양수산부장관 또는 해양경찰청장은 지체 없이 관할 법원에 그 사실을 통보하여야 하며, 그 통보를 받은 관할 법원은 「비송사건절차법」에 따른 과태료의 재판을 한다.</p> <p>④ 제2항에 따른 기간 이내에 이의를 제기하지 아니하고 과태료를 납부하지 아니한 때에는 국세체납처분의 예에 따라 이를 징수한다.</p>	
--	--	--

(2) 폐기물 해양배출해역 관리 연혁

(가) 해양배출 구심점제도

해양경찰청에서는 국소적인 오염의 가중을 줄이기 위하여 분산하여 배출하기 위하여 2002년 1월부터 서해병 배출해역과 동해정 배출해역은 6개, 동해병 배출해역은 8개의 배출구심점을 지정하여 운영하였지만, 그 효과가 부족하여 2005년 1월부터 서해병해역은 다시 32개로 배출구심점을 조정하여 현재 운영중에 있다(그림 4-3-4~4-3-6, 표 4-3-3). 구심점은 배출선박이 폐기물을 배출시 반드시 그 지점을 우회하면서 배출해야 하는 지점을 말한다.

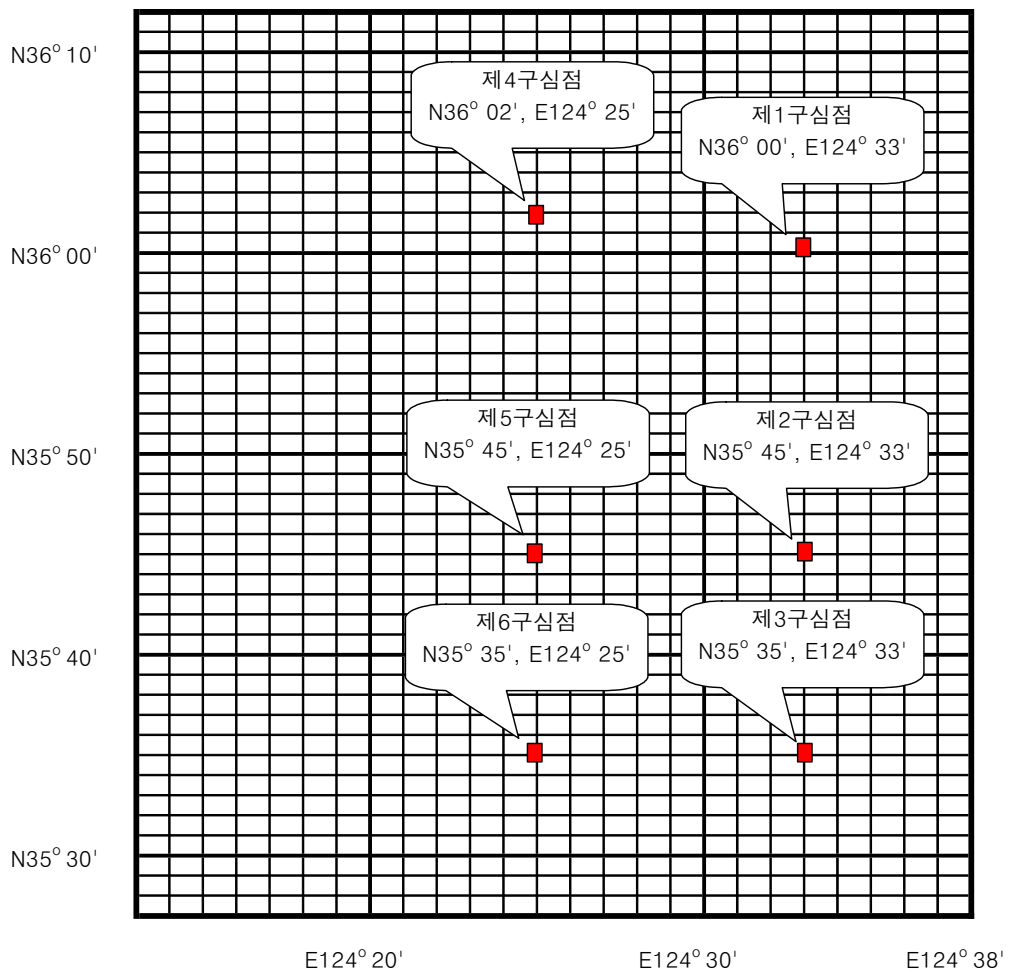


그림 4-3-4a. 서해병해역(2002년 1월~ 2004년 12월)

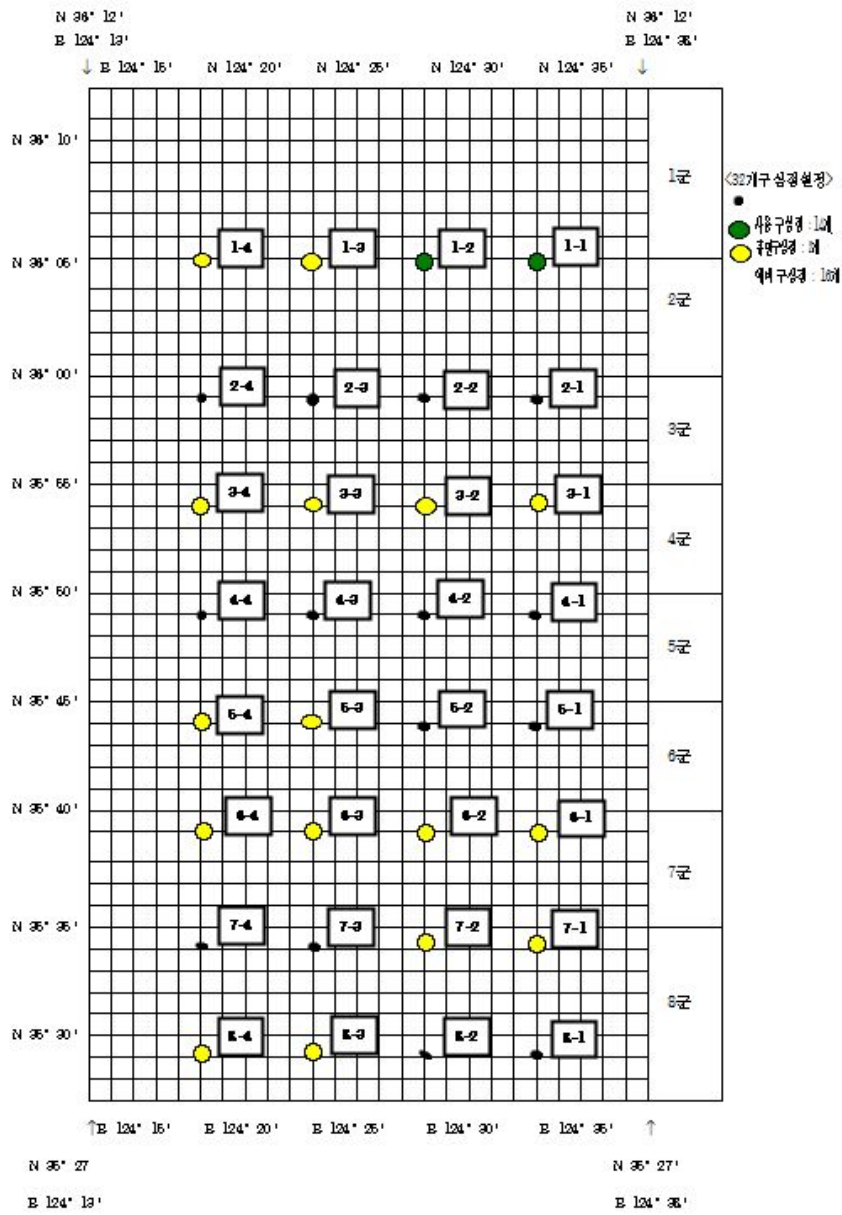


그림 4-3-4b. 서해병해역(2005년 1월 이후)

표 4-3-3. 서해병해역 구심점 위치

군	구심점	위치	군	구심점	위치
1군	1-1번	북위 36도08분,동경124도33분	5군	5-1번	북위 35도47분,동경124도33분
	1-2번	북위 36도08분,동경124도28분		5-2번	북위 35도47분,동경124도28분
	1-3번	북위 36도08분,동경124도23분		5-3번	북위 35도47분,동경124도23분
	1-4번	북위 36도08분,동경124도18분		5-4번	북위 35도47분,동경124도18분
2군	2-1번	북위 36도02분,동경124도33분	6군	6-1번	북위 35도42분,동경124도33분
	2-2번	북위 36도02분,동경124도28분		6-2번	북위 35도42분,동경124도28분
	2-3번	북위 36도02분,동경124도23분		6-3번	북위 35도42분,동경124도23분
	2-4번	북위 36도02분,동경124도18분		6-4번	북위 35도42분,동경124도18분
3군	3-1번	북위 35도57분,동경124도33분	7군	7-1번	북위 35도37분,동경124도33분
	3-2번	북위 35도57분,동경124도28분		7-2번	북위 35도37분,동경124도28분
	3-3번	북위 35도57분,동경124도23분		7-3번	북위 35도37분,동경124도23분
	3-4번	북위 35도57분,동경124도18분		7-4번	북위 35도37분,동경124도18분
4군	4-1번	북위 35도52분,동경124도33분	8군	8-1번	북위 35도32분,동경124도33분
	4-2번	북위 35도52분,동경124도28분		8-2번	북위 35도32분,동경124도28분
	4-3번	북위 35도52분,동경124도23분		8-3번	북위 35도32분,동경124도23분
	4-4번	북위 35도52분,동경124도18분		8-4번	북위 35도32분,동경124도18분

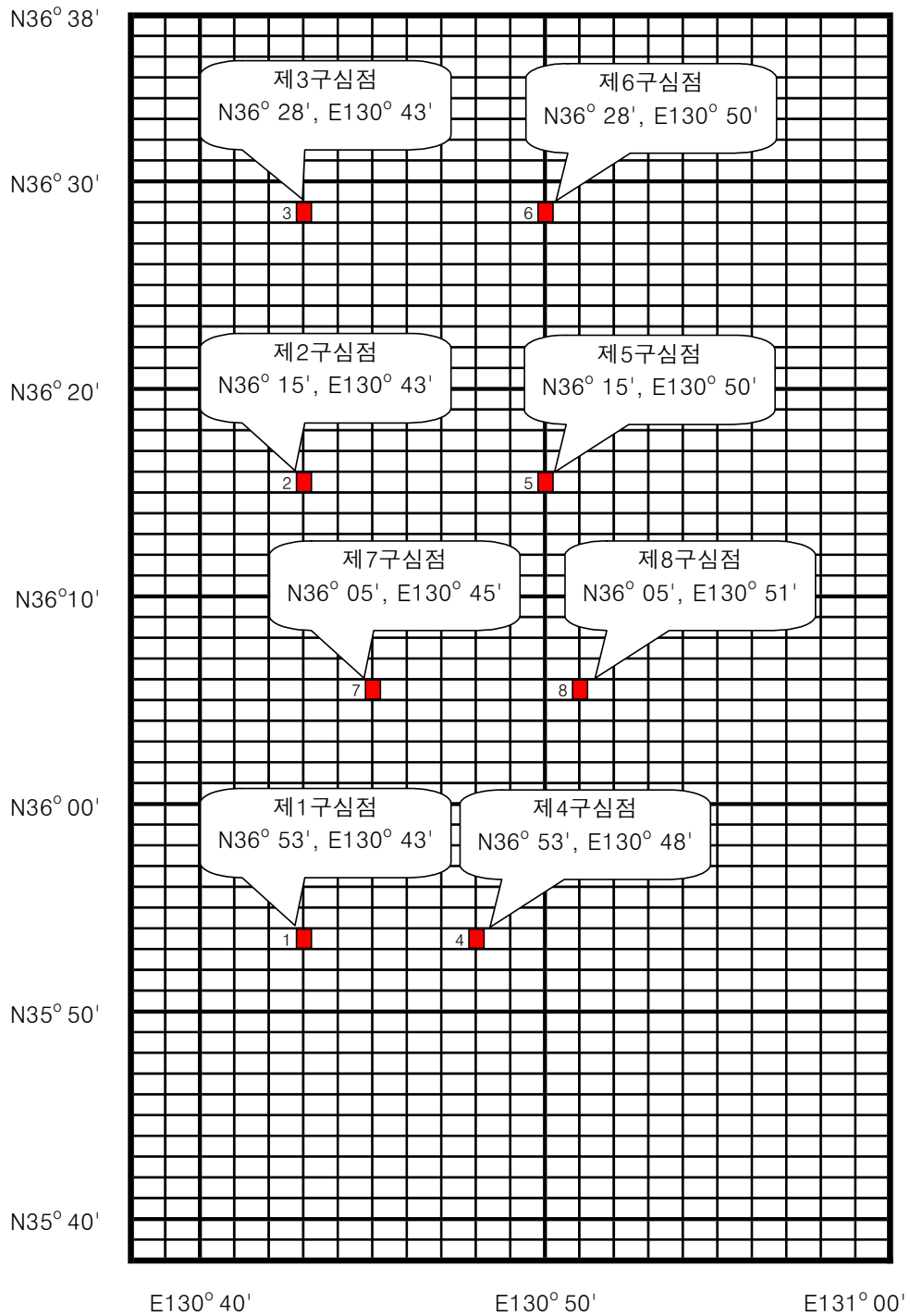


그림 4-3-5. 동해병해역

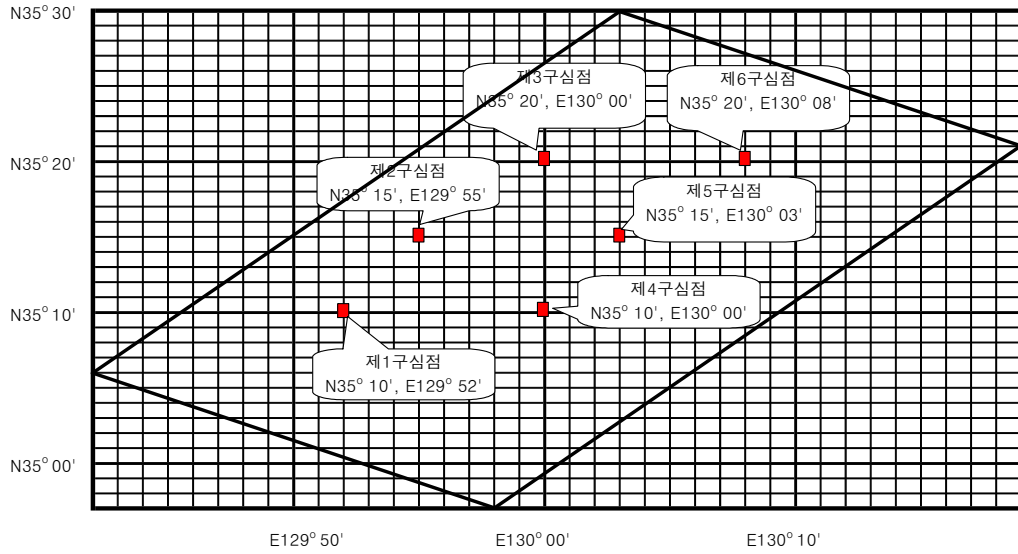


그림 4-3-6. 동해정해역

그러나 2006년 6월부터 상기 구심점들 중에서 표층퇴적물 중금속 농도가 표층퇴적물 중금속 농도가 ERM(Effect Range Medium)¹⁾을 초과하고, 환경조사 결과에서도 해저서식생물에 영향을 미치는 것으로 판단되는 지역에 대해 2006년부터 해양배출을 금지하는 휴식년제를 실시하고 있다(그림 4-3-7).

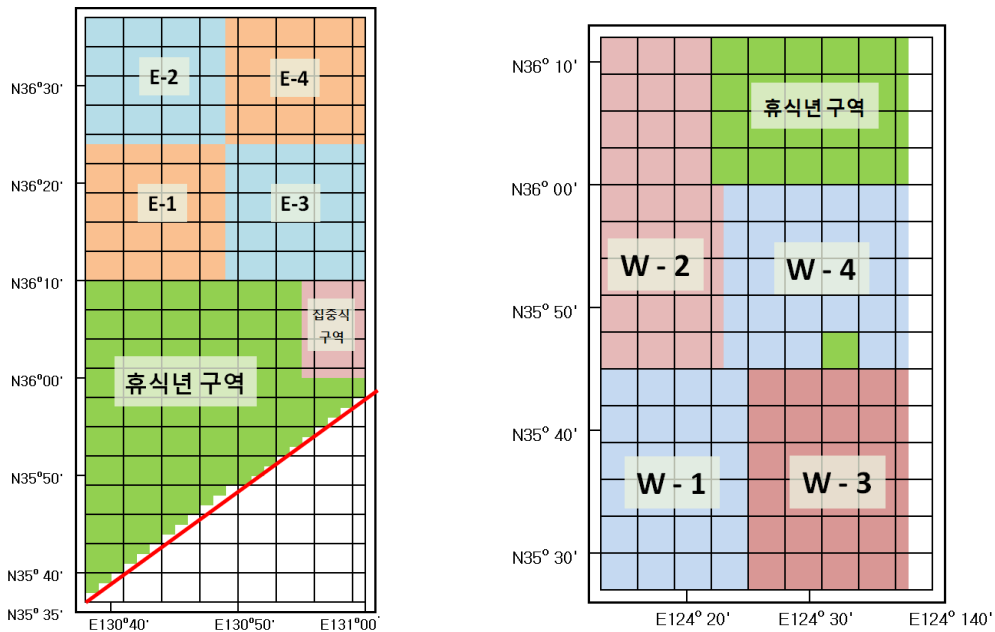


그림 4-3-7. 배출해역 휴식년 시행 구역(동해병 및 서해병해역)

1) ERM(Effect Range Medium) : 미국 대기해양국(NOAA)에서 지정한 퇴적물 기준으로 생물영양 하한농도(서식하는 생물 50% 이상이 악영향을 받는 농도)

(3) 폐기물 해양배출 현황 및 통계

(가) 연도별 폐기물 해양배출 현황

배출해역에 배출된 폐기물 배출량 자료는 현재 입수 가능한 자료는 1988년부터 이지만, 폐기물의 종류별로 분류된 배출자료는 1991년 자료부터 남아있다. 그림 4-3-8~12와 표 4-3-4~7에 1991년부터 2008년까지 폐기물 종류 및 해역별 배출량의 연도 변화를 나타내었다.

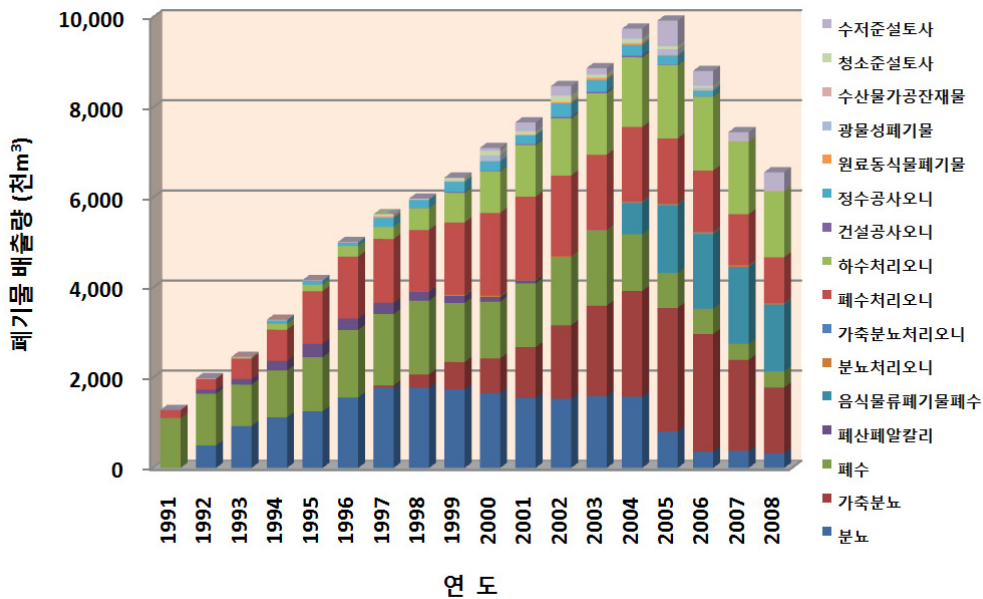


그림 4-3-8. 연도별 폐기물 해양배출량의 변화

1988년 547천^m 배출을 시발로 하여 매년 급격히 증가하여 2005년에는 9,929천^m으로 18년간 18.2배가 늘어났다. 2006년부터 정부의 폐기물 배출량 감축 정책으로 인하여 2006년에 8,812천^m으로 2005년에 비해 -11.3% 감소하였고, 그 이후 계속 매년 10% 이상 감소하기 시작하였다. 폐기물 종류별 변동추이를 살펴보면 총 15개 배출품목 중 분뇨, 축산폐수, 폐수, 폐수처리오니, 하수처리오니가 대부분을 차지한다.

분뇨는 1992년부터 1997년까지 증가하였고, 2004년까지 약간 감소한 후 약 1,500천^m 정도로 일정수준을 유지한 후 2005년부터 감소하고 있는 추세이다.

폐수는 1991년에는 1,105천^m으로 매년 지속적으로 증가한 후 2005년에는 1991년에 비해 약 2배가 증가하여 2,275천^m에 달한다.

폐수처리오니는 1991년 179천^m에서 2001년까지 지속적으로 증가하다가

그 이후 다소 감소한 후, 2005년 1,441천㎥으로 약 8배 증가하였다. 이에 비해 하수처리오니는 1993년에 10천㎥으로 배출을 시작해 급격하게 증가하여 2005년에는 1,629천㎥으로 약 163배가 증가하였다. 축산폐수 역시 1997년 52천㎥으로 시작된 배출이 2005년에 2,745천㎥으로 43배나 증가하였다.

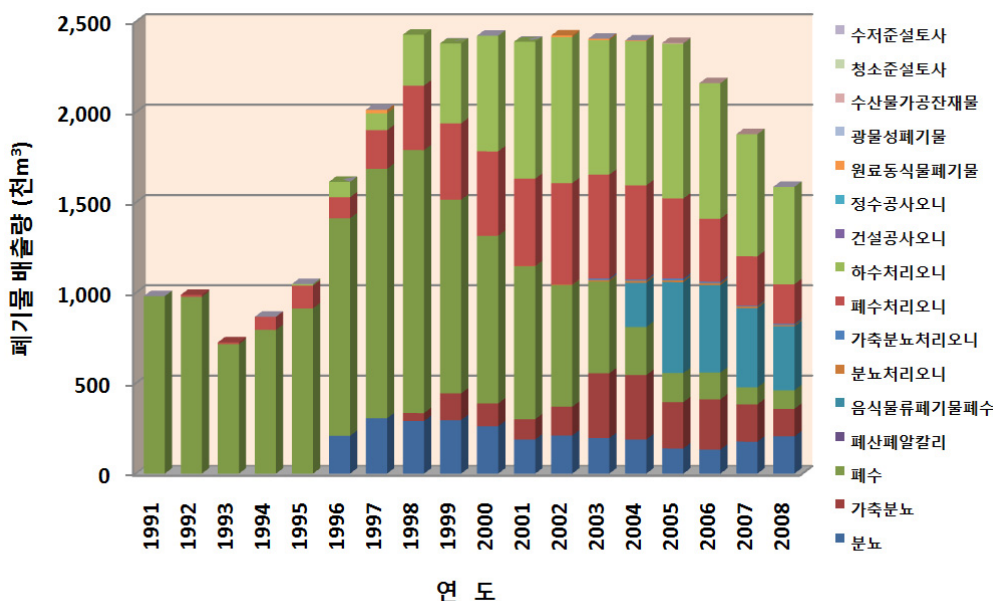


그림 4-3-9. 서해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화

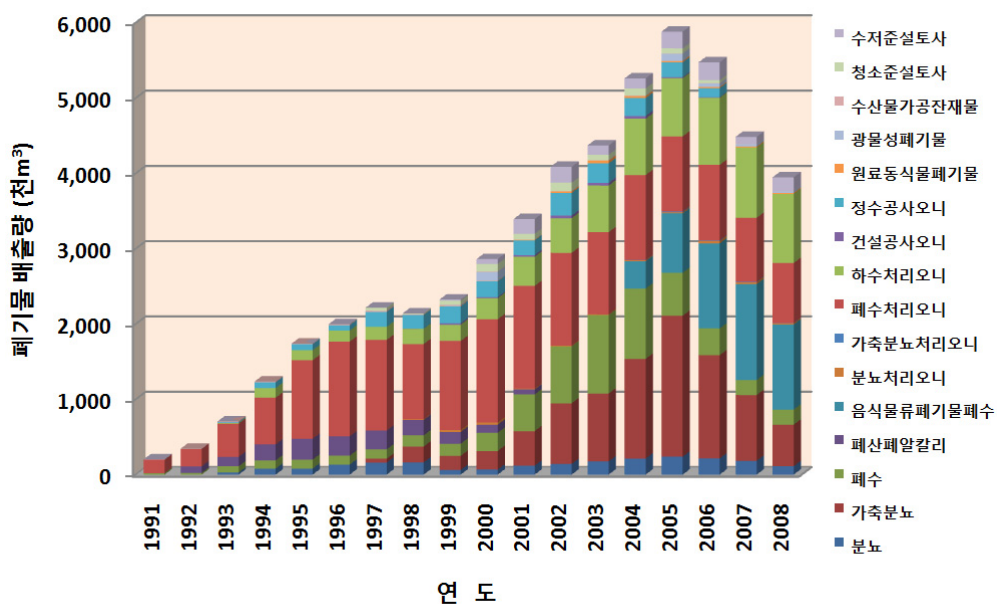


그림 4-3-10. 동해병해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화

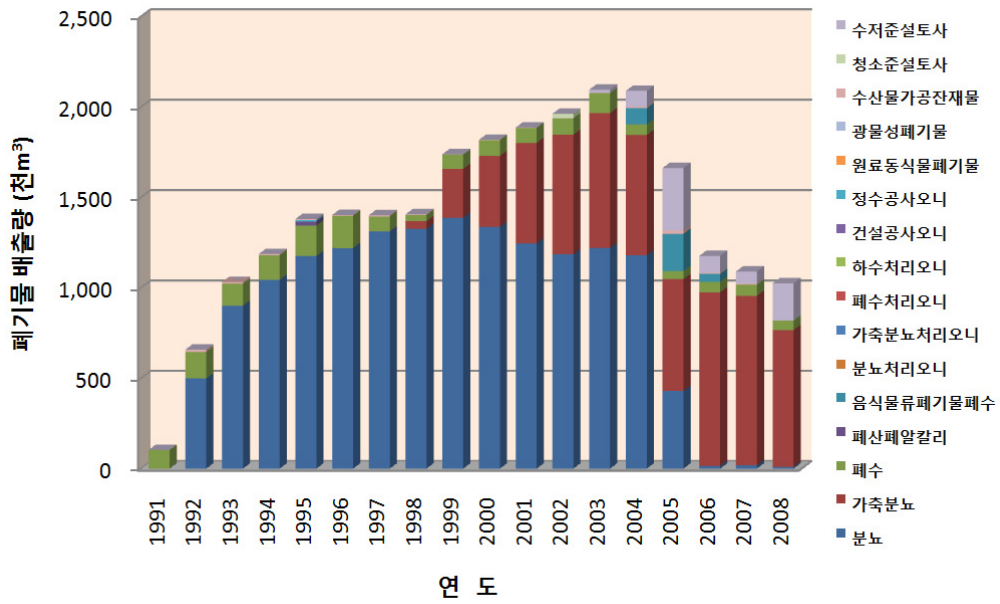


그림 4-3-11. 동해정해역 연도별 폐기물 해양배출량의 변화

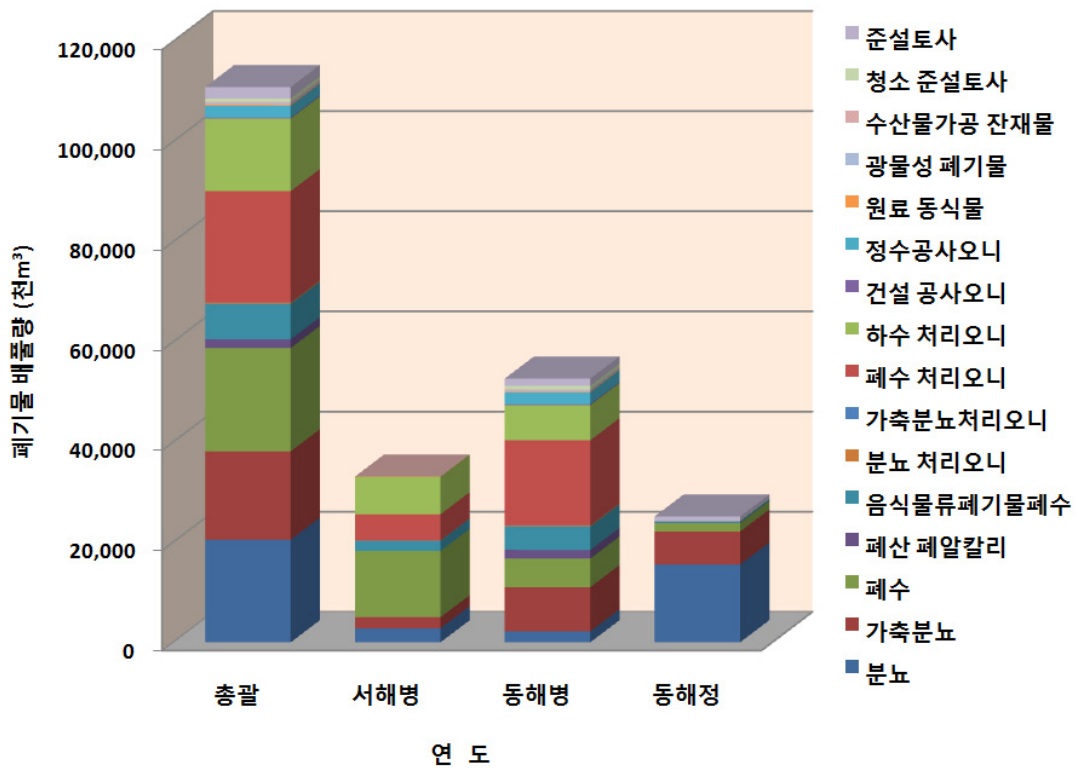


그림 4-3-12. 배출해역별 폐기물 종류별 총 누적량

표 4-3-4. 우리나라 배출해역 폐기물 종류별 투입량(단위 : 천 m³)

년도	역상류				유기성 오니류				무기성 오니류				원료 동식물	광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분노	가축분뇨	폐수	폐사 폐알칼리	음폐수	분뇨 처리오니	가축분뇨 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건성 공사오니	정수 공사오니	원료 동식물				침소 준설토사	수지준설 토사	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	738
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,068
1991	0	0	1,105	0	0	0	0	179	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,592
1992	499	0	1,148	87	0	0	0	241	0	0	0	0	0	0	15	0	0	1,990
1993	929	0	921	125	0	0	0	450	10	0	10	0	0	0	20	0	0	2,465
1994	1,124	0	1,040	213	0	0	0	692	129	0	76	0	0	0	17	0	0	3,291
1995	1,256	0	1,203	298	0	0	0	1,169	143	0	87	0	0	0	13	0	0	4,169
1996	1,562	0	1,500	257	0	0	0	1,374	231	0	72	0	0	0	17	1	0	5,014
1997	1,778	52	1,586	249	0	0	0	1,419	266	0	199	0	20	0	24	38	0	5,631
1998	1,780	297	1,637	206	0	8	0	1,356	484	2	182	0	0	0	13	11	0	5,976
1999	1,746	605	1,311	157	0	24	0	1,607	658	19	223	0	5	11	8	55	15	6,444
2000	1,666	765	1,257	107	0	30	0	1,837	920	14	210	0	5	119	8	101	65	7,104
2001	1,554	1,126	1,417	67	0	11	0	1,848	1,145	22	196	0	6	0	6	77	196	7,671
2002	1,538	1,626	1,520	0	0	12	0	1,794	1,268	35	301	0	28	0	5	137	211	8,475
2003	1,593	2,006	1,660	0	0	18	8	1,666	1,364	35	259	0	45	0	5	74	141	8,874
2004	1,582	2,346	1,258	0	698	23	10	1,650	1,547	35	238	0	31	4	12	95	220	9,749
2005	807	2,745	777	0	1,498	26	19	1,441	1,629	13	196	0	18	97	28	67	568	9,929
2006	364	2,607	562	0	1,657	43	15	1,352	1,640	7	122	0	14	47	9	40	332	8,812
2007	377	2,019	356	0	1,710	35	10	1,123	1,609	0	0	0	14	34	11	0	156	7,454
2008	328	1,460	356	0	1,484	24	10	1,014	1,457	0	0	0	14	23	3	0	387	6,561
sum	20,483	17,654	20,614	1,766	7,047	254	72	22,212	14,500	182	2,371	200	335	216	696	2,291	113,553	

표 4-3-5. 서해병해역 폐기물 종류별 투입량(단위 : 천m³)

년도	역상류				유기성 오니류				무기성 오니류				원료 동식물	광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분노	가축분뇨	폐수	폐사 폐알칼리	음폐수	분노 처리오니	가축분뇨 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건성 공사오니	정수 공사오니	원목 동식물				광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547	
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	738	
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	896	
1991	0	0	982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	982	
1992	0	0	978	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	989	
1993	0	0	716	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	726	
1994	0	0	795	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	868	
1995	0	0	914	0	0	0	126	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1,049	
1996	209	0	1,204	0	0	0	116	85	0	0	0	0	0	0	0	0	1,614	
1997	306	0	1,380	0	0	0	214	93	0	0	0	20	0	0	0	0	2,013	
1998	291	44	1,455	0	0	0	357	282	0	0	0	0	0	0	0	0	2,429	
1999	296	148	1,071	0	0	0	423	442	0	0	0	0	0	0	0	0	2,380	
2000	262	126	928	0	0	0	467	640	0	0	0	0	0	0	0	0	2,423	
2001	189	112	846	0	0	2	483	758	0	0	0	0	0	0	0	0	2,390	
2002	211	159	673	0	0	3	561	808	0	0	0	9	0	0	0	0	2,424	
2003	197	358	507	0	0	9	575	744	0	0	0	8	0	0	0	0	2,406	
2004	189	356	266	0	245	10	522	798	0	0	0	4	0	0	0	0	2,397	
2005	139	256	161	0	503	10	443	856	0	0	0	0	0	0	5	0	2,383	
2006	133	278	148	0	484	11	349	749	0	0	0	0	0	0	0	0	2,160	
2007	177	207	94	0	438	9	273	676	0	0	0	0	0	0	0	0	1,878	
2008	206	153	103	0	354	7	219	539	0	0	0	0	0	0	0	0	1,587	
sum	2,804	2,196	13,221	0	2,024	61	45	5,221	7,479	0	0	41	0	0	5	0	35,279	

표 4-3-6. 동해병해역 폐기물 종류별 투입량(단위 : 천 m³)

년도	액상류				유기성 오폐수				무기성 오폐수				원료 동식물	광물 성분 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분뇨	가축분뇨	폐수	폐사 폐알칼리	음폐수	분뇨 처리오니	가축분뇨 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건성 공사오니	정수 공사오니	하수 처리오니				하수 처리오니	침소 준설토사	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	0	0	20	0	0	0	0	179	0	0	0	0	0	0	2	0	0	201
1992	0	0	23	87	0	0	0	230	0	0	0	0	0	0	3	0	0	343
1993	28	0	83	125	0	0	0	440	10	0	10	0	0	0	11	0	0	707
1994	80	0	109	213	0	0	0	619	129	0	76	0	0	0	10	0	0	1,236
1995	80	0	120	276	0	0	0	1,043	134	0	79	0	0	0	7	0	0	1,739
1996	133	0	118	257	0	0	0	1,258	146	0	72	0	0	0	12	1	0	1,997
1997	160	51	124	249	0	0	0	1,205	173	0	199	0	0	0	17	38	0	2,216
1998	162	211	148	206	0	8	0	999	202	2	182	0	0	0	9	11	0	2,140
1999	62	187	161	157	0	24	0	1,184	216	19	223	5	11	6	55	15	0	2,325
2000	67	246	242	107	0	30	0	1,370	280	14	210	5	119	6	101	65	0	2,862
2001	119	458	488	67	0	9	0	1,365	387	22	196	6	0	4	77	196	0	3,394
2002	141	806	756	0	0	9	0	1,233	460	35	301	19	0	4	113	211	0	4,088
2003	175	902	1,042	0	0	9	0	1,091	620	35	259	37	0	4	74	124	0	4,372
2004	213	1,324	934	0	363	13	3	1,128	749	35	238	27	4	3	95	133	0	5,262
2005	238	1,871	571	0	789	16	9	998	773	13	196	18	97	4	67	223	0	5,883
2006	216	1,369	356	0	1,129	32	7	1,003	891	7	122	14	47	3	40	238	0	5,475
2007	182	875	200	0	1,272	26	5	851	933	0	0	14	34	5	0	90	0	4,486
2008	112	551	201	0	1,130	17	4	795	918	0	0	14	23	3	0	181	0	3,949
sum	2,169	8,850	5,696	1,744	4,683	192	27	16,991	7,021	182	2,363	159	335	113	672	1,476	0	52,674

표 4-3-7. 동해정해역 폐기물 종류별 투입량(단위 : 천 m³)

년도	액상류			유기성 오니류				무기성 오니류			원료 동식물	광물 성 폐기물	수산물가 공 잔재물	준설물질		총계
	분노	가축분뇨	폐수	폐사 폐알칼리	음폐수	분뇨 처리오니	가축분뇨 처리오니	폐수 처리오니	하수 처리오니	건성 공사오니				정수 공사오니	침소 준설토사	
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172
1991	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	409
1992	499	0	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	658
1993	901	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1,032
1994	1,044	0	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1,187
1995	1,176	0	169	22	0	0	0	0	0	0	8	0	6	0	0	1,381
1996	1,220	0	178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1,403
1997	1,312	1	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1,402
1998	1,327	42	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1,407
1999	1,388	270	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,739
2000	1,337	393	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,819
2001	1,246	556	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,887
2002	1,186	661	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	0	1,963
2003	1,221	746	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	2,096
2004	1,180	666	58	0	90	0	0	0	0	0	0	0	9	0	87	2,090
2005	430	618	45	0	206	0	0	0	0	0	0	0	19	0	345	1,663
2006	15	960	59	0	43	0	0	0	0	0	0	0	6	0	94	1,177
2007	18	938	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	66	1,090
2008	10	757	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	1,025
sum	15,510	6,608	1,698	22	339	0	0	0	0	0	8	0	98	24	815	25,600

2008년에는 2007년에 비해 평균 12% 감소하였고, 종류별로 대부분 폐기물이 조금씩 감소하였지만 폐수 0.2%, 가축분뇨처리오니 4.3%, 원료동식물폐기물 1.5%, 수저준설토사는 148% 증가하였다.

(나) 폐기물 해양배출 누적량

2008년까지 배출된 폐기물 총누적량은 113,553천³으로 서해병해역 35,279천³, 동해 병해역 52,674천³ 및 동해정해역 25,600천³으로 배출해역 별로 배출 비율은 서해병해역 31%, 동해 병해역 46% 및 동해정해역 23% 이었다(그림 4-3-13~15, 1-2-19 및 표 4-3-8).

표 4-3-8. 배출해역별 폐기물 종류별 총 누적량(단위 : 천³)

폐기물 종류	총괄	서해병	동해병	동해정
분뇨	20,483	2,804	2,169	15,510
가축분뇨	17,654	2,196	8,850	6,608
폐수	20,614	13,221	5,696	1,698
폐산 폐알칼리	1,766	0	1,744	22
음폐수	7,047	2,024	4,683	339
분뇨 처리오니	254	61	192	0
축산폐수 처리오니	72	45	27	0
폐수 처리오니	22,212	5,221	16,991	0
하수 처리오니	14,500	7,479	7,021	0
건설 공사오니	182	0	182	0
정수공사오니	2,371	0	2,363	8
원료 동식물	200	41	159	0
광물성 폐기물	335	0	335	0
수산물가공 잔재물	216	5	113	98
청소 준설토사	696	0	672	24
준설토사	2,291	0	1,476	815
총계	113,553	35,279	52,674	25,600

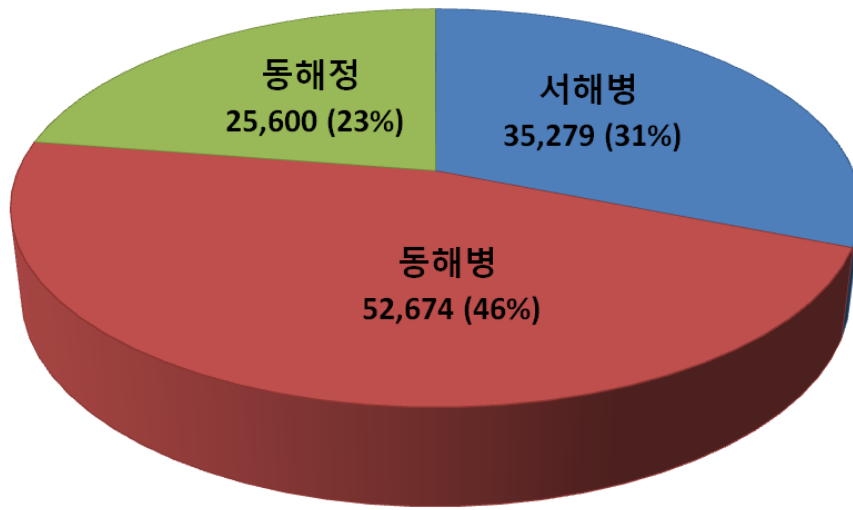


그림 4-3-13. 배출해역별 폐기물 배출 총 누적량의 배출비율

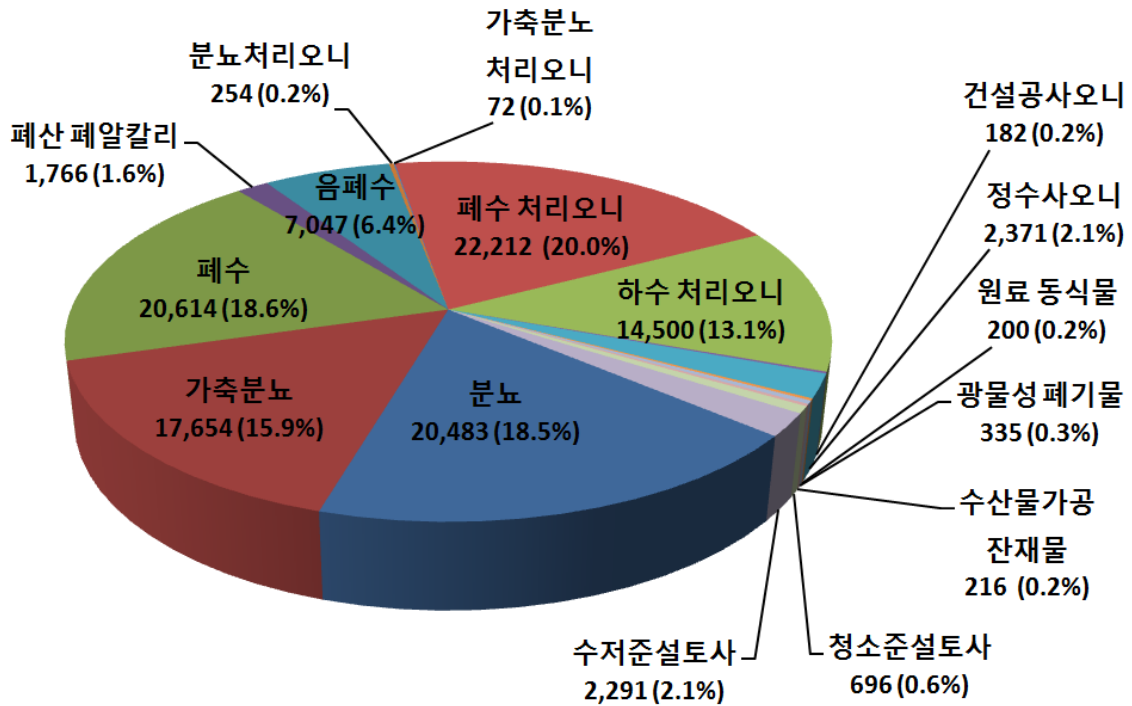


그림 4-3-14. 배출된 폐기물 종류별 총 누적량의 배출비율(1991년~2008년)

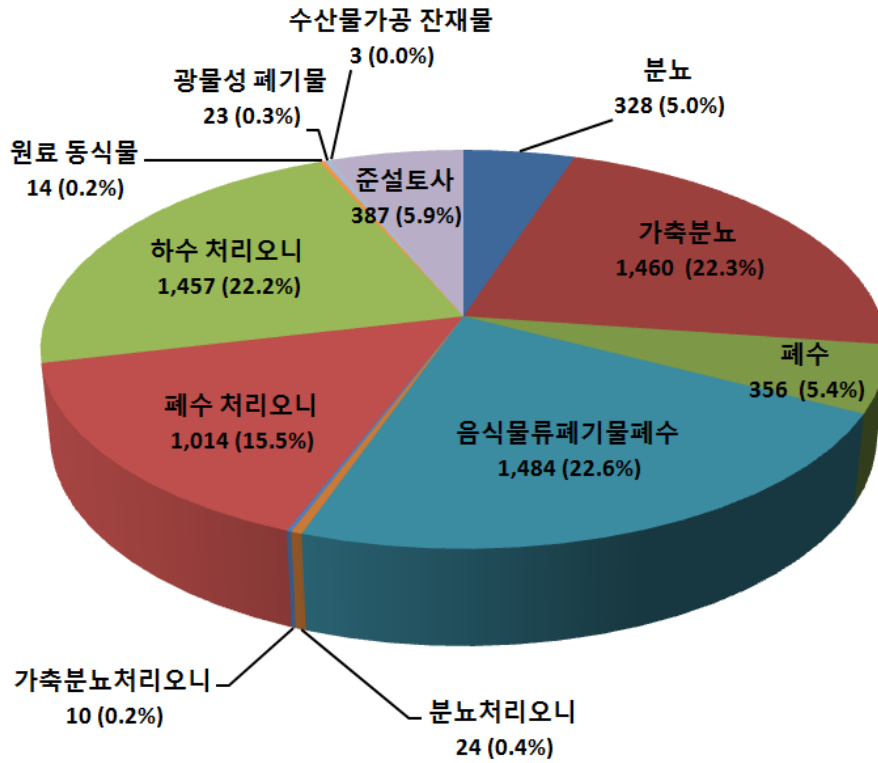


그림 4-3-15. 해양배출 폐기물 총량의 종류별 배출비율(2008년)

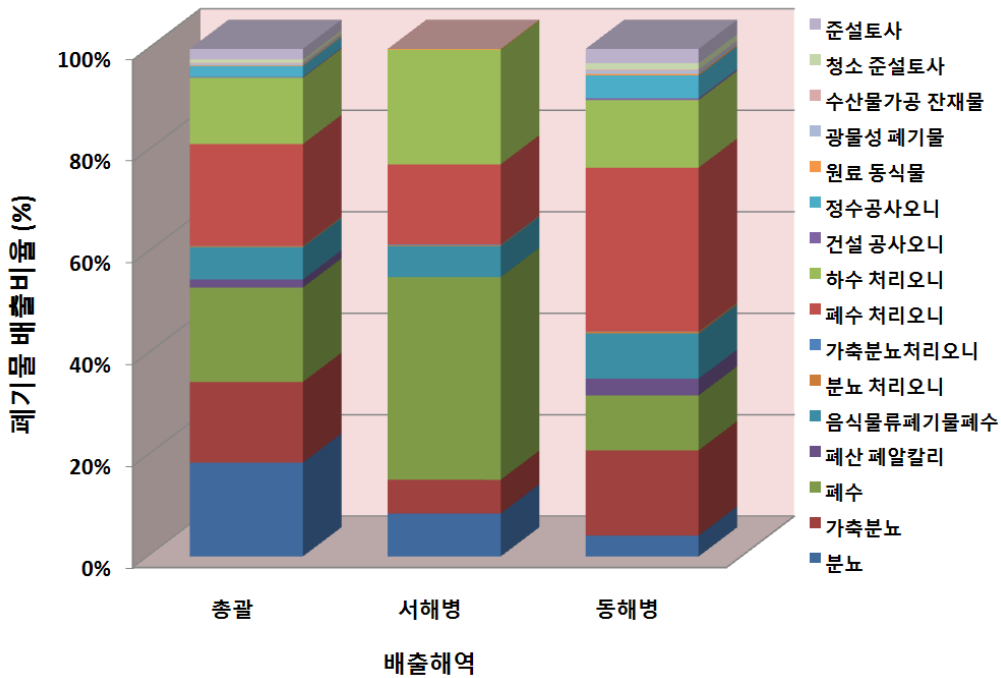
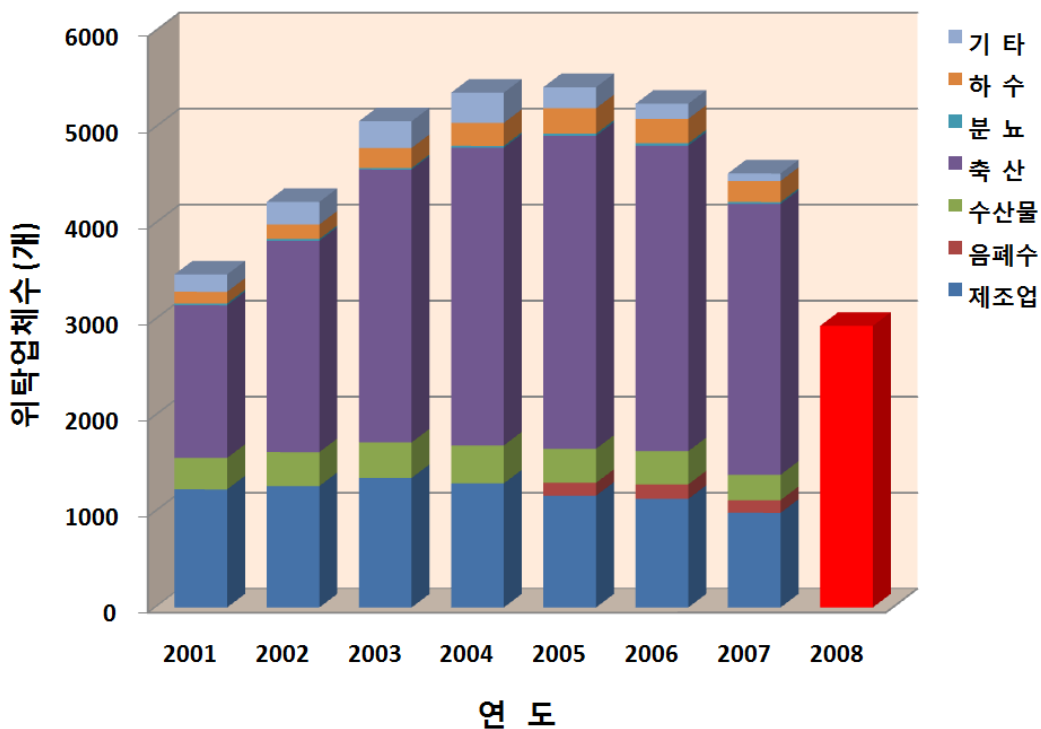


그림 4-3-16. 배출해역별 해양배출 폐기물 종류별 총 누적 배출 비율

각 해역별 폐기물 종류별 총배출량의 비율은 그림 4-3-16에 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 배출해역별 특성에 따라 배출되는 종류 및 주된 배출폐기물은 서로 다르고, 서해병해역은 폐수(음식물류폐기물폐수 포함)(46.1%), 하수처리오니(22.6%), 폐수처리오니(15.8%), 분뇨(8.5%), 가축분뇨(6.6%), 동해병해역은 폐수처리오니(32.3%), 폐수(음식물류폐기물폐수 포함)(19.9%), 가축분뇨(16.8), 하수처리오니(13.3%), 정수공사오니(4.5%), 동해정해역은 분뇨(61.7%), 가축분뇨(26.3%), 폐수(음식물류폐기물폐수 포함)(8.2%), 준설물질(청소준설토사 + 준설토사 : 3.3%)이 많은 양 순으로 배출이 되었다.

(4) 해양배출 폐기물 위탁업체 및 배출업체 현황

위탁업체는 폐기물을 해양배출업체에게 폐기물 해양배출을 위탁하는 업체를 말한다. 전국의 폐기물 해양배출 위탁업체수의 연도별 변동양상을 살펴보면 2001년에 3,468개소에서 지속적으로 증가하여 2005년에는 5,410개소로 1.6배 증가한 후 2006년부터 서서히 감소하기 시작하여 2008년 10월 기준으로 2,933개의 위탁업체가 전국에서 폐기물을 해양에 배출하고 있다(그림 4-3-17~18, 표 4-3-9~10).



☞ 2008년 : 업종구분 자료가 없어 전체 위탁업체수 (2008년 10월 기준)

☞ 기타 : 수저준설토사, 기타

그림 4-3-17 해양배출 폐기물 위탁업체수의 연도별 변동양상

위탁업체의 종류별 변동양상을 살펴보면, 피혁, 화학, 섬유염색, 의약, 식음료, 제지, 적토 등의 제조업과, 음식물류폐기물 폐수, 수산물가공, 분뇨처리, 기타(도시하수, 일반하수, 수저준설토사, 기타) 업체의 수는 거의 일정한데 비해 축산업체의 수는 눈에 띄게 증가하여 2003년에 1,589개소에서 2005년 3,259개소로 2.1배가 증가하였다.

2008년 10월 기준으로 해양배출 폐기물 위탁업체의 업종별로는 가축분뇨 위탁업체수가 1,599개소(가축분뇨처리오니 포함)로 전체의 54.2%를 차지하고, 폐수처리오니 473개소(16.1%), 폐수 458개소(15.6%), 하수처리오니 185개소(6.3%), 음식물류폐기물폐수 130개소(4.4%)로 전체의 96.6%를 차지하고 있다.

표 4-3-9. 해양배출 폐기물 위탁처리업체의 업종별 업체수(2008년 10월)²⁾

구분	계	분뇨	가축분뇨	폐수	음식물류 폐기물 폐수	분뇨처리 오니	폐수처리 오니	가축분뇨 처리오니	하수처리 오니	광물성 폐기물	수산물 가공 잔재물	원료 동식물 폐기물	수저준설 토사
위탁 업체수	2,933	7	1,590	458	130	24	473	9	185	1	35	9	12

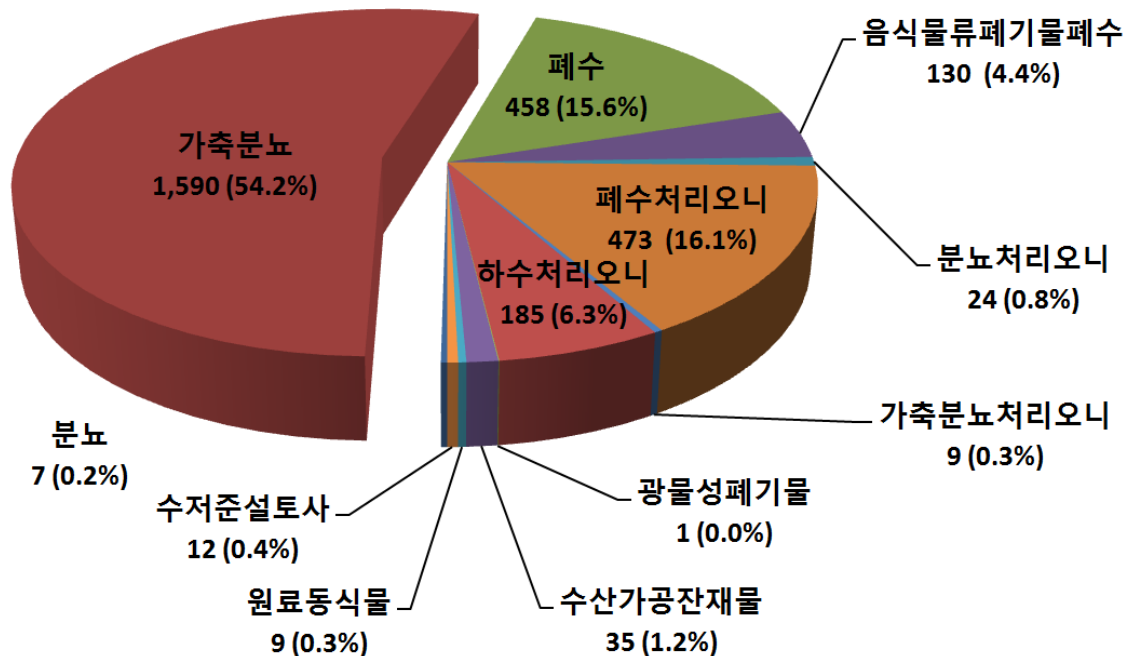


그림 4-3-18. 해양배출 폐기물 위탁업체의 업종별 비율(2006년 기준)

2) 2008년 해양경찰청 자료

배출업체는 상기에서 언급된 위탁업체들로부터 폐기물을 위탁받아 해양 배출하고 있다. 현재 전국적으로 19개의 배출업체가 등록되어 있다(표 4-3-10).

표 4-3-10 시·도별 폐기물 해양배출업체 수(참조: 폐기물해양배출정보시스템)

지역	인천	부산	울산	전남	전북	경남	경북	제주
배출업체 수	2	2	4	2	1	3	3	2

(5) 배출해역 환경상태 정보

본 정보시스템에서는 각 폐기물 배출해역별로 정밀 모니터링 결과를 제공하고 있다(그림 4-3-19).

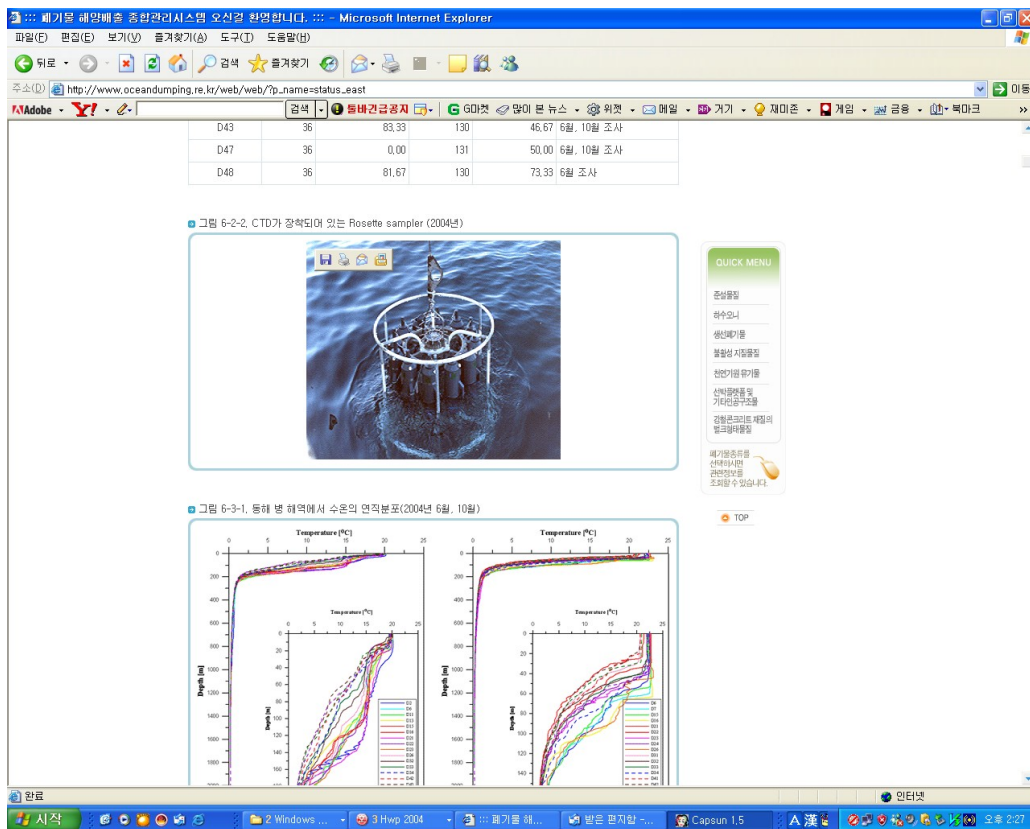


그림 4-3-19. 폐기물 배출해역 환경상태 현황

(6) 국제 동향 정보 제공

본 정보시스템에서는 또한 런던협약 및 런던의정서 당사국 가입 현황, 폐기물 해양배출관련 국제 동향 파악 및 정보 제공 목적으로 런던협약/런던의정서

개요 및 규정, 폐기물 평가체제, 정기 회의 결과 및 GPA, 유엔해양법협약 및 마폴협약 정보를 제공하고 있다.

(가) 런던협약 및 런던의정서 가입 현황

런던협약은 2008년 12월 기준으로 85개국이 가입하고 있고, 우리나라는 1993년 12월에 런던협약에 가입하여 1994년 3월에 당사국 지위를 획득하였다. 런던의정서는 현재 36개국이 가입되어 있는데, 주변국가인 중국은 2006년, 일본은 2007년에 가입하였다(표 4-3-11). 우리나라는 2009년 1월에 가입예정에 있다.

표 4-3-11. 런던의정서 가입 현황(2008년 12월 기준)

가입 순위	국가명	런던의정서 비준일	가입 순위	국가명	런던의정서 비준일
1	덴마크	'97.04.17	2	독일	'98.10.16
3	영국	'98.12.15	4	남아프리카공화국	'98.12.23
5	바누아투	'99.02.18	6	스페인	'99.03.24
7	노르웨이	'99.12.16	8	트리니다드 & 토바고	'00.03.06
9	그루지아	'00.04.18	10	캐나다	'00.05.15
11	스위스	'00.09.08	12	스웨덴	'00.10.16
13	호주	'00.12.04	14	아일랜드	'01.04.26
15	뉴질랜드	'01.07.30	16	앙골라	'01.10.04
17	아이슬란드	'03.05.21	18	통가	'03.10.18
19	프랑스	'04.02.07	20	이집트	'04.05.26
21	세인트키트스&네비스	'04.10.07	22	룩셈부르크	'05.11.21
23	불가리아	'06.01.25	24	사우디아라비아	'06.02.07
25	벨기에	'06.02.13	26	멕시코	'06.02.23
27	슬로베니아	'06.03.06	28	중국	'06.09.29
29	바바도스	'06.07.24	30	이탈리아	'06.10.13
31	수리남	'07.02.11	32	일본	'07.10.02
33	케냐	'08.02.13	34	시에라리온	'08.03.12
35	마셜군도	'08.05.09	36	네덜란드	'08.09.24

(나) 런던협약/런던의정서 당사국 폐기물 해양배출 동향

표 4-3-12에 런던협약 및 런던의정서 주요 당사국들이 2008년 당사국회의에 제출한 1999년부터 2005년의 폐기물 품목별 해양배출량을 정리하였다.

현재 동 당사국들의 주요 해양배출 품목은 준설물이다. 또한 표 4-3-12에는 일본이 하수오니를 해양배출한 것으로 보고되어 있지만, 2007년 1월부터 하수오니 해양배출은 금지됨으로서 현재 동 당사국들 중 우리나라가 유일한 하수오니 해양배출 국가이다.

표 4-3-12. 런던협약/의정서 당사국들의 연도별 폐기물 해양투기량(단위: 천톤/년)

국가	품목	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
일본	준설물	6,628	5,425	6,273	5,586	3,290	9,424	4,087
	천연기원유기물	273	267	164	144	132	185	235
	적토	2,595	2,869	2,643	2,457	2,685	2,702	2,477
	하수오니	1,889	1,702	1,498	1,265	1,006	870	770
	부패옥수수	-	-	-	6	-	-	-
	폭발물	0.1	-	0.4	1.0	0.6	0.7	-
	소계	11,385	10,263	10,578	9,459	7,114	13,182	7,569
중국	준설물	67,613	52,336		139,373	164,853	190,593	250,588
호주	준설물	1,506	1,732	5,601	752,974	11,016	13,498	6,464
스페인	준설물	2,829	2,144	4,722	6,292	175	1,191	4,693
독일	준설물	26,040	11,016	9,800	10,629	7,790	9,724	20,966
캐나다	준설물	1,934	1,622	2,938	3,406	2,568	3,070	2,638
	불활성무기지질물질	1,740	322	455	481	910	900	1,070
	생선폐기물	51	64	60	68	64	63	67
	천연기원	-	-	-	0.2	-	-	0.2
	소계	32,309	16,514	23,061	773,301	21,549	27,483	34,761
영국	준설물	56,839	33,057	18,512	16,372	17,512	15,673	46,755
	생선폐기물	-	-	0.3	0.1	-	-	-
미국	준설물	56,651	76,343	74,462	104,132	65,362	59,009	46,755
	불활성무기지질물질	-	-	-	-	-	-	58

(7) 국내 지방자치단체 하수오니 해양배출 금지 대비 동향 분석

2006년 수립되어 시행되고 있는 “육상폐기물 해양투기관리 종합대책“에 의거하여 하수오니는 2012년 1월부터 해양배출이 금지된다.

이에 따라 각 지방자치단체들의 해양배출 금지 대비 동향 파악을 위해 하수오니 발생량 대비 해양배출량 및 의존도를 표 4-3-13에 정리하였다.

2006년 국내 하수오니 해양배출량은 2,012천톤으로서 하수오니 발생량(2,742천톤) 중 약 73%에 달하고 있다. 해양배출 의존도가 2002년 80% 이상으로 상당히 높았던 서울과 경기도는 하수오니 해양배출 금지에 대비하여 지속적으로 해양배출 의존도를 줄이고 있는 반면에, 대구, 광주, 대전, 울산과 제주도는 발생량 중 거의 전량을 해양배출에 의존하고 있다. 일부 지방자치단체들은 하수오니 건조소각로 증설(김해, 청주, 마산 등) 등 하수오니 해양배출 금지에 대비하고 있지만, 예산 미확보 및 지역 주민과의 갈등 등으로 부지확보 및 처리시설 설치가 지연 및 무산되는 경우도 많은 것으로 보도되고 있다.

하수도통계 자료 수집 어려움으로 2007년 지방자치단체의 동향은 정리하지 못했지만, 2008년 국정감사에서 하수오니 해양배출 의존도가 80% 이상으로 상당히 높은 낙동강유역, 전남 및 제주 등의 2007년 공공하수처리시설에서의 하수오니 재활용이 미흡한 것으로 지적되었다.

따라서 하수오니, 가축분뇨, 음식물폐기물폐수 해양배출 금지에 대한 지방자치단체들의 대비 현황을 지속적으로 감시할 필요가 있다.

표 4-3-13. 지방자치단체 하수오니 발생량 대비 해양배출량 및 의존도(자료; 하수도통계, 2007)

발생지	하수오니 발생량(천톤/년)					해양배출량(천톤/년) 및(의존도)				
	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년
서울특별시	675	691	669	682	657	549 (81%)	412 (60%)	495 (61%)	339 (58%)	311 (47%)
부산광역시	144	129	154	169	178	130 (90%)	117 (91%)	146 (95%)	160 (95%)	166 (93%)
대구광역시	142	145	145	153	161	142 (100%)	145 (100%)	145 (100%)	153 (100%)	159 (99%)
인천광역시	43	54	62	67	66	43 (100%)	54 (100%)	62 (100%)	67 (100%)	26 (40%)
광주광역시	69	69	75	86	90	69 (100%)	69 (100%)	75 (100%)	86 (100%)	90 (100%)
대전광역시	73	76	67	74	83	0 (0%)	40 (53%)	67 (100%)	74 (100%)	83 (100%)

발생지	하수오니 발생량(천톤/년)					해양배출량(천톤/년) 및(의존도)				
	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년
울산광역시	15	34	40	47	54	15 (100%)	34 (100%)	40 (100%)	47 (100%)	54 (100%)
경기도	472	585	658	740	772	286 (61%)	402 (69%)	489 (74%)	563 (76%)	566 (73%)
강원도	41	54	55	51	57	0 (61%)	28 (69%)	54 (74%)	48 (76%)	49 (73%)
충청북도	68	69	77	73	77	23 (34%)	30 (43%)	30 (39%)	32 (44%)	37 (47%)
충청남도	45	56	71	76	78	9 (20%)	41 (73%)	40 (56%)	53 (70%)	61 (78%)
전라북도	83	88	82	92	173	76 (92%)	88 (100%)	82 (100%)	91 (99%)	172 (99.5%)
전라남도	25	31	53	49	51	9 (36%)	21 (68%)	43 (81%)	44 (90%)	35 (69%)
경상북도	101	99	114	87	122	92 (91%)	90 (91%)	105 (92%)	82 (94%)	103 (85%)
경상남도	58	69	85	103	111	28 (48%)	46 (67%)	67 (79%)	84 (81%)	88 (80%)
제주도	16	16	16	11	13	0 (0%)	7 (44%)	16 (100%)	11 (99%)	13 (98%)
전국	2,070	2,265	2,423	2,561	2,742	1,471 (71%)	1,624 (72%)	1,866 (77%)	1,994 (78%)	2,012 (73%)

2. 폐기물 유통교환 전자창구 운영

가. 폐기물 재활용관련 언론보도 신속 제공

지난 해에 이어 당해연도에도 폐기물 재활용과 관련된 신문, 잡지, TV 등 대중매체에서 보도된 기사를 눈에 잘 띄는 본 정보 시스템 메인화면에 신속히 링크시켜 국민 및 이해당사자들이 해양배출 폐기물 감축 및 재활용 촉진에 관심을 갖고 또한 공감대를 형성하도록 하였다. 또한 이러한 정보는 육상처리에 대한 장애요인 분석과 유기성폐기물 해양배출 금지 대비 지방자치단체들의 동향을 분석하는데도 유용하게 이용될 수 있다.

표 4-3-14에 본 정보시스템에 링크된 2008년 언론사별 폐기물 해양배출 관련 보도 제목 및 일시를 정리하였다.

표 4-3-14. 2007년 언론사별 폐기물 해양배출 관련 보도 일시 및 내용

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
2008 달라지는 해양환경정책	2008. 1. 1	환경일보
[환경이 돈이다] 한-베트남 협력체계구축이후	2008. 1. 2	동아일보
음식물쓰레기 처리기 설치않으면 준공불허	2008. 1. 2	연합뉴스
광주시, 음식물류폐기물 자원으로 재활용	2008. 1. 3	뉴스와이어
가축분뇨 공동자원화사업 대상자 확정	2008. 1. 3	환경일보
[횡성] 가축분뇨자원화시설 사업 난항	2008. 1. 4	강원일보
남광건설 환경부장관상 수상	2008. 1. 4	전남일보
음식물폐수서 메탄가스 추출	2008. 1. 6	한국일보
경남 고성, 모든 농지서 친환경 농업	2008. 1. 7	동아일보
정읍시, 축산기반 구축에 252억원 투자	2008. 1. 7	연합뉴스
유기성 폐기물 체계적 관리 시급	2008. 1. 7	제민일보
유기성폐기물 자원화가 선결과제	2008. 1. 7	제민일보
감글 찌꺼기로 만든 포장지 특허	2008. 1. 9	중앙일보
진주시 FTA 대응 축산경쟁력 강화를 위한 지원사업 확대	2008. 1. 9	연합뉴스
가축분 퇴비 복에 지원을	2008. 1.10	농민신문
동해안 해양폐기물 10% 감소	2008. 1.10	데일리안
울주군, 가축분뇨 자원화사업 신청 접수	2008. 1.10	뉴시스
군위군, 가축분뇨 처리시설 마을에 20억원 지원	2008. 1.14	매일신문
경기도 '남북 신재생에너지 개발' 국제심포지엄	2008. 1.14	연합뉴스
농림부, 환경친화축산농장 지정기준 발표	2008. 1.14	아시아경제신문
축산분뇨로 전기 생산	2008. 1.14	조선일보
가축분뇨 '걱정' 한번에 싹 -	2008. 1.15	대전일보
용인시 신, 재생에너지 적극 보급	2008. 1.15	연합뉴스
평택 자연순환 농업 선도하다	2008. 1.16	연합뉴스
한국 최대 환경에너지 종합산업전시회 개막 초읽기	2008. 1.16	연합뉴스
'온실가스 감축' 기업 불만 쏟아져	2008. 1.16	서울경제
친환경 양돈으로 거센 수입파고 넘어요	2008. 1.17	세계일보

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
제주도 올해 가축분뇨처리체계 전면 혁신의 해 지정	2008. 1.17	국민일보
유엔 관계자 경기도 가축분뇨 처리시설 방문	2008. 1.19	데일리안
용인시, 축산환경개선 지원사업 시행	2008. 1.19	뉴시스
해역개발 이용, 환경영향평가 강화	2008. 1.20	마니투데이
'통합 해양환경 행정시대' 개막	2008. 1.21	아시아경제신문
'온난화에 몰린' 충북특산물 황해도서 기른다	2008. 1.21	한겨레신문
덜익은 감귤열매 가공 경제성 높다	2008. 1.22	연합뉴스
액비냄새 없앤 양돈협회 여주지부	2008. 1.23	내일신문
에너지 선순환 생태산업단지 모델 오래말에 구체화	2008. 1.23	헤럴드경제
서해바다가 오염되고 있다	2008. 1.24	국민일보
'축분 이용한 바이오시스템' 전남에 최적	2008. 1.24	연합뉴스
'쓰레기장' 가서 놀까	2008. 1.25	조선일보
작물재배, 축산농가 협력 돋보이는 파주,연천지역	2008. 1.25	내일신문
왕궁축산단지에 바이오 발전시설,연구센터조성	2008. 1.27	조선일보
음식물쓰레기 친환경방식으로 처리해요	2008. 1.28	연합뉴스
평택시 축산 미생물 공급으로 친환경 축산기틀 구축	2008. 1.29	연합뉴스
인프라, 생명, 환경분야 미래 유망산업	2008. 1.30	디지털타임즈
안성시, 양돈농가 정화방류시설 지원	2008. 1.30	뉴시스
자연순환농업 전북 지역에 확산	2008. 1.30	내일신문
영동군, 축산업 육성 총력	2008. 1.31	대전일보
작물재배농가에서 축산분뇨 자원화 앞장서	2008. 2. 1	내일신문
'농업의 블루오션' 자연순환농업	2008. 2. 1	한겨레
고양 바이오매스 시설 건설 시동	2008. 2. 2	데일리안
자연도 지키고, 수익도 늘어납니다.	2008. 2. 4	농림부
올해 자연순환농업 지원대상 19곳	2008. 2. 4	내일신문
태평양은 세계의 쓰레기장	2008. 2. 5	국민일보
음식물쓰레기 폐수처리대책추진..2013년 해양투기금지	2008. 2. 6	뉴시스
코오롱건설, 폐기물자원화사업 진출	2008. 2.12	이데일리

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
15년새 해양쓰레기 투기 10배 폭증	2008. 2.13	뉴시스
음식물폐수 '에너지원'으로 활용한다	2008. 2.13	연합뉴스
음식물폐수서 대체에너지 뽑아쓴다	2008. 2.13	한국일보
"분뇨 버릴것 없어요" 부산시 전량 재활용 추진	2008. 2.13	연합뉴스
해양투기량 2006년부터 매년 10%이상씩 감소세 전환	2008. 2.13	국정브리핑
음식물쓰레기로 전기,버스연료 생산	2008. 2.13	머니투데이
일산사업장 폐수 해양배출량 급증	2008. 2.13	제민일보
카이스트 음식물쓰레기 절감기술 개발	2008. 2.14	중도일보
하수슬러지 버릴 곳 없다	2008. 2.14	부산일보
증평군 축산발전사업 10억여원 투입	2008. 2.17	뉴시스
풍력, 태양광으로 거둬낸 강원도의 힘	2008. 2.18	서울신문
울산은 지금 음식물쓰레기 감량전쟁 중	2008. 2.18	연합뉴스
'환경'노력하는 기업이 더많은 이윤확보한다	2008. 2.16	조선일보
'쓰레기 해양투기국' 불명예	2008. 2.16	조선일보
음식물폐기물 활용 바이오가스 생산 모델화	2008. 2.19	사이언스타임즈
골치꺼리 음식물쓰레기 재활용시설 3개선정	2008. 2.19	메디컬투데이
당진군 첨단 가축분뇨처리시설 건립	2008. 2.19	연합뉴스
진주시 사료값 인상에 따른 축산농가 자체사업 지원확대	2008. 2.19	연합뉴스
경북도, 사료가격 급상승에 따른 대책협의회 개최	2008. 2.19	연합뉴스
축산,분뇨 처리시설 추진	2008. 2.19	대전일보
연근해 수산자원의 안정적 생산기반 확보	2008. 2.20	해양수산부
정부는 해양쓰레기 투기를 즉각 중단하라	2008. 2.20	연합뉴스
"OECD 국가중 우리만 바다에 분뇨 투기한다	2008. 2.20	고뉴스
[자연순환농업]농업미래 판가름할 농법	2008. 2.20	내일신문
해양투기 음식물폐기물 에너지원으로 활용	2008. 2.20	남양주투데이
광주시 공공음식물자원화시설 환경부장관상수상	2008. 2.21	연합뉴스
[울산] '음식물처리 신기술' 전국에 보급한다	2008. 2.21	SBS
신경제혁명 6개분야 20대 핵심과제는	2008. 2.22	한라일보

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
철원군 가축분뇨 자원화 사업 우수	2008. 2.22	강원도민일보
전주 음식물쓰레기처리장 또 고장	2008. 2.22	뉴시스
해양배출 폐기물 성분검사 강화한다	2008. 2.23	데일리안
성장동력키우기 한마음	2008. 2.23	동아일보
'가축분뇨 자원화 어떻게..' 축산환경공무원한자리에	2008. 2.24	국정브리핑
울산버스는 음식물쓰레기로 달린다	2008. 2.24	한국일보
고성군 생명환경농업 '첫발'	2008. 2.25	조선일보
액비 시용에 대한 교육	2008. 2.25	전북중앙신문
군산해경 폐기물 해양배출 관리강화	2008. 2.25	전라일보
경북도, 친환경 유기질비료 물량 및 지원단가 대폭확대	2008. 2.26	연합뉴스
경기도-중국 지린성, 환경협력 협약 체결	2008. 2.26	연합뉴스
대구시 '환경기초시설 3곳 3년내 완공'	2008. 2.27	연합뉴스
고성군 의회 알찬 해외연수.. 관광사설	2008. 2.27	연합뉴스
진주시 2009년 투,웅자농림사업 1,327억원 신청	2008. 2.27	연합뉴스
진주시 과학적 토양관리로 친환경농업 실현	2008. 2.29	연합뉴스
고성군 156ha서 무농약쌀 생산	2008. 3. 2	연합뉴스
미래 경쟁력 신재생에너지 선두주자 일본	2008. 3. 3	연합뉴스
경기도-독일 신재생에너지 1억불 투자협약	2008. 3. 3	뉴시스
가축분뇨 음식물쓰레기 섞어 전기 만들어요	2008. 3. 4	조선일보
축산농가 축분 고층 선진기술로 확 날려	2008. 3. 4	CNB News
한경대, 바이오가스 전력 생산시설 준공	2008. 3. 4	안성신문
논산시, 유기농업 지원 가축분뇨자원화시설 설치	2008. 3. 4	대전일보
고품질 1차산업 경쟁력 강화	2008. 3. 5	제민일보
진주 축산분뇨 처리시설 '주춤'	2008. 3. 6	경남도민일보
강릉시 폐기물 처리사업 지지부진	2008. 3. 7	강원일보
'쓰레기도 돈된다' 건설사 에너지사업 참여	2008. 3. 7	이데일리
고사위기 농가 긴급자금 투입	2008. 3. 7	조선일보
가축분뇨, 음식물쓰레기에서 전기생산한다	2008. 3. 7	연합뉴스

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
문경에 축산분뇨 이용 전력 생산시설 조성	2008. 3. 7	매일경제
전기와 가축용 사료로..폐기물의 화려한 부활	2008. 3. 8	SBS
동해해경, 음식물류 처리업체 일제점검	2008. 3. 9	뉴스시스
가축분뇨로 전기만든다	2008. 3.10	동아일보
농촌 혁신을 꿈꾸다	2008. 3.10	매일신문
폐기감귤, 축산분뇨 신에너지원으로 각광	2008. 3.10	서울경제
청원군, 가축분뇨 퇴,액비화 우수지자체 선정	2008. 3.11	충북일보
분뇨와 음식쓰레기도 가스전력원	2008. 3.11	YTN
제주농협, 경제살리기 올인..10대실천과제추진	2008. 3.12	뉴스시스
[남원] 농업발전 '3년대계' 착수	2008. 3.12	전라일보
축산분뇨 악취로 주민 불편 호소	2008. 3.13	환경일보
축산분뇨와 음식쓰레기로 '바이오가스 전력'생산	2008. 3.13	씨앤비뉴스
부산시, 하수슬러지 문제 해결해야	2008. 3.14	부산일보
대북 농업지원물자 내달 첫 전달	2008. 3.16	연합뉴스
경남, 유기농밸리 63곳 만든다	2008. 3.16	한국일보
강원도, 친환경 농업 종합기술지원으로 친환경 선진도 위상제고	2008. 3.17	연합뉴스
전남도, 신재생에너지 생산량 전국 최다	2008. 3.17	연합뉴스
건설사들 너도나도 '환경사업 진출'	2008. 3.18	조선일보
[독자마당] 가축분뇨 공동자원화사업 불편	2008. 3.19	부산일보
동해 해저는 '중금속 밭'	2008. 3.21	문화일보
음식물쓰레기 침출수 에너지로 탈바꿈	2008. 3.23	경향신문
고흥, 축산농 "국제 곡물가 상승 대책" 촉구	2008. 3.24	뉴스시스
하수슬러지 건조장 건설 반대	2008. 3.24	경남일보
통영해경, 준설토사 해양배출 관리감독 강화	2008. 3.24	뉴스시스
하수처리장, 상무소각장 등 혐오시설 생태공원으로 재탄생	2008. 3.25	전남매일
대전 충청광역자치단체, 음식물폐기물폐수 공동대처	2008. 3.25	뉴스시스
(주)이앤티환경산업.. 폐기물을 '제 3의 자원'으로	2008. 3.25	한국경제
홍성군, "한우,돼지 계통출하 비중 높여야"	2008. 3.26	대전일보

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
익산 유용미생물 축사농가에 공급	2008. 3.26	연합뉴스
유니슨, 농가 축산분뇨를 바이오가스로	2008. 3.27	한국일보
위험한 부산시의 하수슬러지 정책	2008. 3.27	부산일보
성암 생활폐기물 소각시설 환경영향 없음	2008. 3.31	뉴시스
유용미생물, 친환경농산물	2008. 3.31	YTN
가축분뇨 친환경 처리방안 마련	2008. 4. 1	CNB
경기도 가축분뇨 공공처리시설 확충	2008. 4. 1	연합뉴스
가축분뇨 시설사업에 154억여원 지원	2008. 4. 1	미디어제주
익산시장 음식물처리시설설치반대 해결나서	2008. 4. 2	연합뉴스
제천 바이오밸리 침출수 처리 장기화	2008. 4. 2	뉴시스
똥이 에너지다. 돼지분뇨로 전력생산	2008. 4. 5	주간조선
경기, 가축분뇨 2015년까지 하루 4,533t 추가처리	2008. 4. 7	농민신문
파주, 미생물발효열이용 양돈농가 고민 한번에 해결	2008. 4. 7	뉴시스
평택시, 양축-경종농가 조화로 친환경농업실현	2008. 4. 7	연합뉴스
담양군, 경,축 순환농업센터 설립 추진상황설명회 실시	2008. 4. 8	연합뉴스
통영해경, 해양오염 집중단속	2008. 4.10	뉴시스
전주, 음식물자원화시설 이전 추진	2008. 4.10	매일경제
롯데건설, 생활폐기물을 연료로 재활용하는 기술 개발	2008. 4.14	연합뉴스
제주, 웰빙시대 맞아 친환경농업으로 대전환	2008. 4.14	연합뉴스
국내 첫상용화, 이천 바이오가스 열병합발전시설	2008. 4.14	조선일보
플라스틱 섞인 퇴비 유통 파문	2008. 4.15	강원일보
바이오메탄 자동차 연료화 사업 오늘 협약식	2008. 4.16	강원일보
[홍천]축산용 톱밥지역 내 생산 필요	2008. 4.16	강원일보
바이오메탄 자동차연료화 추진	2008. 4.17	중앙일보
화순군, 농촌폐기물종합처리시설 "설치승인 무효소송 기각"공사 정상 추진	2008. 4.17	연합뉴스
악취없앤 축산분뇨 비료 주목	2008. 4.18	YTN
유통업계에 '녹색바람'이 분다	2008. 4.21	매일경제

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
홈플러스, 부천에 '그린스토어'	2008. 4.21	한국경제
수도권매립지 공사 특허 취득(음폐수관련)	2008. 4.22	시민일보
폐기물 재활용률, 선진국 수준 '업그레이드'	2008. 4.23	뉴시스
가축분뇨 액비저장조 침전물 처리	2008. 4.24	강원일보
축산분뇨가 고품질 비료로	2008. 4.25	헤럴드경제
강화군, 가축분뇨 공공처리시설 준공	2008. 4.27	뉴시스
횡성 가축분뇨처리장 난항	2008. 4.28	강원일보
화학비료 절감기술 개발 보급으로 비료값 상승대응	2008. 4.29	농촌진흥청
케너텍, 캄보디아 바이오 복합단지 개발	2008. 4.30	매일경제
부산 EEZ서 폐기물 처리하던 선원질식 2명 사상	2008. 5. 1	연합뉴스
가축분뇨의 효율적 처리를 위한 워크숍	2008. 5. 1	CNB
(주)이레, 분뇨 해양투기 금지 따른 능동적 대응가능	2008. 5. 2	현대축산신문
환경사업소 침출수 수질기준에 적합	2008. 5. 4	뉴시스
횡성 가축분뇨 자원화시설 표류	2008. 5. 6	강원일보
독일 주류정책 100년 발자취, 역시 독일	2008. 5. 5	데일리안
가축분뇨 해양오염 '걱정 끝'	2008. 5. 7	세계일보
가축분뇨처리시스템 '1석2조'	2008. 5.13	제주일보
[횡성] 가축분뇨 자원화시설 무산위기	2008. 5.14	강원일보
폐기물 시멘트 중금속 기준치 이하	2008. 5.15	매일경제
똥은 돈이다	2008. 5.16	조선일보
애물단지 가축분뇨, 음식물쓰레기 자원화한다	2008. 5.19	마니투데이
가축분뇨 자원화사업 인허가 절차 너무 복잡	2008. 5.22	문화일보
횡성 가축분뇨 자원화시설 본격화	2008. 5.26	강원일보
환경부, 폐기물 에너지화 종합대책	2008. 5.27	아시아경제
전기, 퇴비생산에 오염방지 '일석삼조'	2008. 5.28	서울경제
제주양돈축협 가축분뇨 공동자원화공장 개장	2008. 5.30	제주일보
바이오에너지 어떻게 있나	2008. 6. 1	한국경제
가축분뇨 이용 친환경 쌀 생산 조사료 재배	2008. 6. 2	매일신문

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
제주도, 퇴·액비 이용 자연순환농업 추진	2008. 6. 3	뉴시스
용호만 40여년 묵힌 악취 주민 고통	2008. 6. 2	부산일보
생활폐기물 재활용률 62% 목표	2008. 6. 6	제주일보
부산남항 오염퇴적물 대대적 준설	2008. 6. 6	부산일보
대구시, 음식물쓰레기 대란 현실화되나?	2008. 6. 7	뉴시스
고유가시대, 에너지사업에 나선 건설사들	2008. 6. 9	아시아경제
[횡성] 가축분뇨자원화시설 반드시 필요	2008. 6. 9	강원일보
대구시, 우려된 음식쓰레기 대란은 없어	2008. 6.10	연합뉴스
"환경경영", 통린기업의 필수과목	2008. 6.10	연합뉴스
혐오시설이 효자됐다	2008. 6.12	문화일보
'건설+신성장산업' 블루오션 찾아라	2008. 6.12	아시아경제
음식물쓰레기공공처리시설 확대 불가피	2008. 6.13	영남일보
지자체, 경제불안 타파 자구책 비상	2008. 6.15	중도일보
음식쓰레기, 이젠 걱정마세요	2008. 6.16	문화일보
건설사, '폐기물자원화 종합대책'	2008. 6.16	알경뉴스
인천해경 폐기물해양배출 관련업체 간담회개최	2008. 6.16	중부일보
횡성 축산분뇨 처리 '골머리'	2008. 6.16	강원도민일보
음식쓰레기 가정에서 직접 갈아버린다	2008. 6.16	경향신문
대구 음식물쓰레기 수거재개	2008. 6.19	동아일보
절약에서 생산으로..폐기에서 재생으로..	2008. 6.20	동아일보
건설사 성장의 화두는 '환경'	2008. 6.23	동아일보
김제서 생산된 유기질비료 40톤 북한간다	2008. 6.24	연합뉴스
폐자원에서 에너지 뽑아 발전소 돌린다	2008. 6.24	매일경제
자급자족 3대 '자연엔 다 있어요'	2008. 6.24	중앙일보
울산 폐기물소각장 폐에너지 자원화시설 준공	2008. 6.24	연합뉴스
한국, 환경미래유망기술력 선진국의 50-60%	2008. 6.26	연합뉴스
부산시, 폐기물 에너지화 및 기후변화 대응전략설명회	2008. 6.27	연합뉴스
자연에너지 이용하는 부안군 등룡마을	2008. 6.30	연합뉴스

계재 제목	계재 일시	매체 명칭
음식물쓰레기 재활용 절실	2008. 6.30	대구신문
부천시 생활폐기물로 연료만든다	2008. 7. 1	KBS
독일의 바이오가스산업	2008. 7. 1	연합뉴스
청원, 가축분뇨 자원화시설 착공	2008. 7. 4	충청투데이
환경산업 3년 연속 두자리수 증가	2008. 7. 3	울산매일신문
양돈협회 고성군지부 액비살포시연회	2008. 7. 4	양돈협회
화순 농촌폐기물처리시설 행정소송 주민항소 기각	2008. 7. 4	뉴시스
해양투기되던 감귤박 포장상자로 재탄생	2008. 7. 7	제민일보
도농기원, 양돈분뇨, 수산부산물 비료화 추진	2008. 7. 8	뉴시스
지자체 '해양투기 금지' 발등의 불	2008. 7.10	경향신문
표류하는 가축분뇨 공동자원화사업	2008. 7.10	뉴시스
당진군, 가축분뇨 악취줄이는 기술개발 농가보급	2008. 7.11	매일경제
SK에너지, 쓰레기서 가스 뽑아낸다	2008. 7.14	매일경제
하수처리오니로부터 발전용 메탄가스 생성	2008. 7.18	중앙일보
김해시 하수슬러지 자원화 처리시설 완공	2008. 7.20	뉴시스
군산해경, 해양배출폐기물 성분검사 해야	2008. 7.22	뉴시스
영광군, 축산분뇨 공동자원화시설 준공	2008. 7.26	데일리안
축산분뇨, 폐목, 쓰레기 '대체에너지'로	2008. 7.28	경향신문
에너지기술개발에 1천474억원 지원	2008. 7.28	연합뉴스
충주 분뇨처리시설 개선사업 '급물살'	2008. 7.29	뉴시스
폐수도 못버려요. 한푼이 아쉬운 판에..	2008. 7.29	한국일보
부천시 음식물쓰레기 메탄가스로 재활용	2008. 7.29	중부일보
횡성군 축산분뇨 활용 연료개발	2008. 8. 4	연합뉴스
축산분뇨, 에너지 황금알로	2008. 8. 4	전자신문
바닷속 폐기물 된 '인공어초'	2008. 8. 4	KBS
청림동, 해양폐기물 관련 간담회	2008. 8. 4	경북일보
혐오시설? 이젠 다 옛말이죠	2008. 8. 7	동아일보
가축분뇨 부산물 비료화	2008. 8. 8	제주일보

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
환경연합, 전남도 여수시 해양투기선창 폐쇄하라	2008. 8.13	마이데일리
보은군 가축분뇨 활용 자연순환농업 호응 커	2008. 8.17	충청투데이
횡성 '가축분뇨' 시설 본격화	2008. 8.17	강원도민일보
폐수슬러지 '해양투기 금지' 발등의 불	2008. 8.19	오마이뉴스
축산분뇨 처리?비료값?여주액비유통센터에 물어봐	2008. 8.20	데일리안경기
일본 해저에 이산화탄소 저장 나선다	2008. 8.20	조선일보
가축분뇨 먹고 큰 100kg 왕호박	2008. 8.20	중앙일보
축산분뇨 액비살포 벼 작황 좋아	2008. 8.21	경남일보
적조피해 줄일 수 없나	2008. 8.21	경남일보
쓰레기가 신재생에너지 핵심	2008. 8.21	내일신문
군산해경, 폐기물 해양배출 처리기준 함량법 시행	2008. 8.24	아시아투데이
하수침전물 처리시설 3곳 응모	2008. 8.25	전북중앙신문
폐기물 해양배출 함량법으로 강화	2008. 8.25	전국 매일
미래의 물관리 방안 마련돼야	2008. 8.27	제민일보
폐기물처리의 패러다임이 바뀌고 있다	2008. 8.27	동아사이언스
'마르지않는 유전' 폐기물 에너지화 추진	2008. 8.27	매일경제
청주시 환경기초시설물 '제자리 걸음'	2008. 8.27	충청투데이
환경오염이던 가축분뇨, 새로운 에너지원으로 변신	2008. 8.28	중앙일보
칠레 환경이 돈이다. 돼지분뇨 재처리	2008. 8.29	한국경제
자연순환농법, 가축분뇨로 유용자원 만든다	2008. 8.29	농민신문
청원 '축산분뇨 자원화시설' 또 표류	2008. 8.29	충청투데이
돼지똥의 짜릿한 변신	2008. 9. 2	한겨레
쓰레기 매립장 매립가스도 돈이된다	2008. 9. 2	중앙일보
소, 돼지 똥으로 에너지 만든다	2008. 9. 3	에너지경제신문
김제, 가축분뇨 공동자원화 공장 준공	2008. 9. 4	전라일보
해양폐기물 배출 금지사태 오나	2008. 9. 4	제주투데이
고창군 하수슬러지 처리시설공사 본격 추진	2008. 9. 7	전북중앙신문
음식쓰레기도 귀한 몸.. '돈버는 재활용'	2008. 9. 7	SBS

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
대전시 '하수찌꺼기 자원화'	2008. 9.10	매일경제
'돼지 오줌을 식수로'.. 선진국 에너지 절약 총력전	2008. 9.10	연합뉴스
청원군 축산분뇨 처리 진퇴양난	2008. 9.10	충청투데이
쓰레기 썩는 악취, 차연료, 도시가스로 변신	2008. 9.12	메디컬투데이
폐기물 가스 이용한 청소차 내년 첫선	2008. 9.12	파이낸셜뉴스
굴 패각 관련 법령 개정 절실	2008. 9.12	경남일보
가축분뇨 공동자원화 공장 준공	2008. 9.12	김제시민신문
음식물쓰레기 '감량→재활용' 자원전쟁?	2008. 9.15	메디컬투데이
'가축분뇨 자원화시설 조기 건립하라'	2008. 9.17	충청투데이
쓰레기 악취가 그린에너지 자원된다	2008. 9.18	환경일보
부천시, 음식물류폐기물 에너지화사업 MOU 체결	2008. 9.18	한국일보
영암 가축분뇨 공공처리 본격화	2008. 9.21	광남일보
냄새나는 음식물쓰레기의 '무한변신'	2008. 9.22	SBS
준설토의 지정해역내 배출 및 별도 관리방안 시행	2008. 9.24	투데이코리아
'동해안 흥게 사건'을 기억하시나요	2008. 9.24	환경일보
돼지 분뇨로 청정 전기 만든다	2008. 9.29	세계일보
국내 최초 축산분뇨 에너지 발전기 가동	2008. 9.29	대전일보
전주 자원화시설 이전지역 '삼산지구'	2008. 9.30	연합뉴스
준설토 투기장 환경규제 강화 시급	2008.10. 1	인천일보
해남군, '액체비료화 사업' 농가 호응 높아	2008.10. 4	데일리안
고성 축산분뇨처리장 설치 '하세월'	2008.10. 9	경남도민일보
문경시, 축산분뇨 활용 전력생산 본격화	2008.10. 9	매일경제
가축분뇨 공동자원화시설 확대 설치	2008.10.12	제민일보
가축분뇨가 대체 에너지원으로 거듭난다	2008.10.12	광남일보
마산·창원 하수슬러지 처리시설 준공	2008.10.14	마이뉴스코리아
도내 소규모 하수처리시설 '낙제점'	2008.10.14	제주일보
<국감> 광주전남 하수처리장 절반 미흡	2008.10.14	뉴시스
경기도 신.재생에너지 산업단지 4곳 조성(종합)	2008.10.16	매일경제

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
장성군 분뇨공공처리사업 '청신호'	2008.10.21	광남일보
쓰레기, 새로운 에너지원으로 각광	2008.10.27	뉴시스
제주시, 가축분뇨 공해상 배출 '제로화 사업' 도전!	2008.10.27	제주의 소리
가축분뇨 액비화장치 개발	2008.10.27	농민신문
돼지축분에서 하루 1000kW 바이오가스 발전	2008.10.31	뉴시스
서산 하수처리장 폐기물 자원화	2008.11. 3	대전일보
돼지 분뇨 이용 발전시설 완공	2008.11. 3	서울신문
수도권 매립지, 신재생에너지 센터로	2008.11. 6	중앙일보
의왕시 폐기물종합처리시설 재건축	2008.11. 9	연합뉴스
가축분뇨 자원화사업 농가호응 높다	2008.11.11	환경일보
지자체, 음식물 쓰레기 처리비용 "그때 그때 달라요"	2008.11.11	한겨레
국내 최초 통합형 바이오가스 플랜트 준공	2008.11.13	전자신문
낙동강유역환경청 하수처리시설 절반이 운영 미흡	2008.10.15	뉴시스
동양동 음식폐기시설 건립 가시화	2008.11.16	인천일보
음식물쓰레기 에너지화 '득보다 실'	2008.11.16	한겨레
남원, 가축분뇨 공동자원화 사업 선정	2008.11.17	전북중앙신문
폐기물활용 신바이오 연료 개발해야	2008.11.20	디지털타임즈
전남도 가축분뇨 등 해양투기 방지대책 소홀	2008.11.21	매일경제
거름용 돼지분뇨, 농가에서 인기	2008.11.23	매일경제
대우건설, 바이오가스 발전설비로 유럽시장 '노크'	2008.11.24	한국경제
울산바이오가스 생산시설 설치 순조	2008.11.25	매일경제
생활폐기물 에너지화 사업 주민설명회 개최	2008.11.25	포항뉴스
청주시, 하수처리장 여과시설·소각로 증설	2008.11.26	뉴시스
하수슬러지를 그린 에너지로	2008.11.27	YTN
에너지 미래, 자연서 답을 구하다	2008.11.27	충청투데이
하수슬러지의 고급 연료화 기술 세계 최초 개발	2008.11.27	중도일보
축산폐수처리장 곁에 축분자원화 시설	2008.12. 1	조선일보
음식물·폐목재 재활용...신재생에너지도 유행?	2008.12. 1	메디컬투데이

게재 제목	게재 일시	매체 명칭
고농도 가축분뇨도 거뜬히 처리	2008.12. 1	조선일보
'순창 가축분뇨처리시설' 추진 반발	2008.12. 1	전남일보
강원도, 폐기물 자원화(에너지)를 통한 녹색성장 기대	2008.12. 3	뉴스와이어
협오시설서 '관광 아산' 희망을 찾다	2008.12. 3	충청투데이
전북도, 가축분뇨 처리시설 3개 건립	2008.12. 4	매일경제
[정밀농업을 준비하자] ⑥일본 농촌의 명암	2008.12. 5	매일신문
축산분뇨 수거처리 '척척'... 냄새 걱정도 '씩'	2008.12. 8	인천일보
예산군 도 축산사업시책 종합평가 최우수	2008.12.11	중도일보
내년 친환경농업 2개지구 9억원 투입	2008.12.16	미디어제주
"악취민원 해결에 직접 주민이 나선다"	2008.12.17	뉴시스
인천시 2013년까지 온실가스 9% 절감	2008.12.17	매일경제
건설업계, 환경.. 에너지.. 미래동력 발굴 총력전	2008.12.18	아시아경제



그림 4-3-20. 폐기물 전자유통창구의 기업/신기술 제품 홍보실

나. 폐기물 유통교환 전자창구

폐기물 관리의 기본 원칙은 감량과 재활용이다. 그러나 경제성, 재활용산업 발달의 부진, 정부의 지원대책 미흡 등으로 해양배출 의존도가 심화되고 있는 상황이다. 이것은 폐기물관련 법/제도 미흡, 저렴한 해양처분 단가 등 여러 원인들에도 기인되지만, 재활용이 가능한 폐기물에 대한 이용자간 정보가 효율적으로 제공되지 못한 점도 지적될 수 있다.

현재 해양배출되고 있는 폐기물중 거의 대부분은 풍부한 유기물이 함유됨으로서 위탁자에게는 폐기물이지만, 이를 재활용하는 이용자는 원료로서 활용될 수 있다. 그러나 극히 제한된 정보로 인해 재활용될 수 있는 폐기물이 효율적으로 유통되지 못해 해양배출이 한층 심화되고 있는 상황이다.




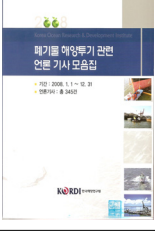
이에 따라 지난 해에 이어 당해연도에도 폐기물 발생자와 이용자간 상호 정보를 신속하게 제공할 수 있는 전자유통창구를 지속 운용중에 있다.

3. 대외 홍보 활동

당해연도에도 홍보물 발간, 교육 및 세미나 개최 등을 통해 폐기물 해양배출 감축 당위성과 육상처리 특히 재활용 촉진 유도에 주력하였다. 이에 대한 주요 활동들은 다음과 같다.

가. 홍보물 및 발간물

번호	제 목	표 지	발행일
1	2008년도 런던협약/런던의정서 과학그룹회의 결과 보고서		2008.06
2	폐기물 해양배출 제도 운영 참고자료집		2008.07

번호	제 목	표 지	발행일
3	런던협약/런던의정서 및 폐기물 해양배출제도		2008.12
4	음식물류 폐기물 폐수처리 실태 조사 및 비용분석 연구보고		2008.12
5	2008년도 런던협약/런던의정서 당사국회의 결과 보고서		2008.12
6	2008년도 폐기물 해양투기 관련 언론기사 모음집		2008.12

나. 자문, 강연, 교육 및 세미나 개최

구 분	내용 및 참석자
<p>▶ 물중합기술연찬회 폐기물 해양배출 관리분과 주최</p> <ul style="list-style-type: none"> • 목적 : 폐기물 해양배출 감축 당위성 및 재활용 촉진 유도 • 일시 : 2008. 3. 12 • 장소 : 강원랜드 	<ul style="list-style-type: none"> • 공무원, 폐기물 관련 이해당사자 등 150명 참석 • 총 11편 주제 발표(발표 기관) <ol style="list-style-type: none"> ① 육상폐기물 배출 저감 대책(국토해양부) ② 가축분뇨처리 종합대책(환경부) ③ 폐기물 배출로 인한 해양환경영향(해양연구원) ④ 런던협약의 이해(해양연구원) ⑤ 해양오염퇴적물 처리처분방안(해양연구원) ⑥ 축산분뇨 특성 및 해양배출현황(해양연구원) ⑦ 해양배출 해결을 위한 기술제안(한국환경학술단체연합회) ⑧ 돈분뇨 자원화 및 정화방류공법(주)비씨코리아 ⑨ 혐기소화 바이오가스플랜트(주)유니슨

구 분	내용 및 참석자
	⑩ 고농도폐수 에너지 및 감량화(주)에코데이 ⑪ 축산폐수처리시스템(주)공기엔진세계
▶ 동해 폐기물 배출해역 범위조정 전문가 토론회 개최 • 목적 : 폐기물 배출로 인한 주변국가들과의 마찰 사전방지 • 일시 : 2008. 3. 19 • 장소 : 외교안보연구원	• 공무원, 국제 전문가 등 30명 참석 • 토론 내용 ① 배출해역의 범위 설정 및 주변국가들과의 해양경계선과의 관계 ② 배출해역 범위 조정 필요성 ③ 배출해역 지리적 위치와 관련된 국내/국제 법적 의미 분석 ④ 제도 정비안 도출
▶ 폐기물 해양배출관련 학술발표 • 목적 : 폐기물 해양배출 감축 당위성 • 일시 : 2008. 4. • 장소 : 한국해양환경공학회 춘계학술발표회	• 해양분야 전문가 등 100명 참석 • 해양배출폐기물관련 총 5편의 학술발표 ① 축산폐수 중금속 함량분포 ② 해양배출 축산분뇨의 PAHs 특성 ③ 축산폐수 총 유기탄소, 총질소, 총인의 함량 ④ 해양환경시료중 총 PCBs ⑤ A novel method of Pd catalyzed reductive hydrodechlorination of PCBs
▶ 폐기물 해양배출관련 교육 • 목적 : 폐기물 해양배출 감축 당위성 • 일시 : 2008. 7. 7 • 장소 : 인재개발교육원	• 국토해양부 공무원 50명 참석 • 발표 주제: 해양배출제도
▶ 폐기물 해양배출관련 학술지 게재 • 목적 : 폐기물 해양배출 감축 당위성 • 게재지 : 한국해양환경공학회지 2008년 8월호	• 전국 해양분야 전문가 열람 • 해양배출폐기물관련 총 2편 게재 ① 해양철분시비 사업의 국제관리체제 예비분석 ② 축산분뇨 해양배출 수용억제를 위한 법적개선
▶ 폐기물 해양배출의 법적 문제 • 목적 : 폐기물 해양배출 제도 개선 • 일시 : 2008. 12. 12 • 장소 : 부산대	• 공무원, 학계, 법 전문가 등 50명 참석 • 발표 및 토론 내용 ① 폐기물 해양배출의 현황 및 문제점 개관 ② 해양배출의 공법적 과제 ③ 해양배출의 국제법적 과제

다. 국외 홍보(국가 신뢰도 증대)

구 분	일시·장소	홍보 대상
런던협약 과학그룹회의 부의장국 재선(홍기훈; 한국해양연구원)	2008. 5~2009. 5	런던협약/ 의정서 당사국 및 비당사국, 정부및비정부 기구
런던협약 이산화탄소 법적·기술적 작업반참여 및 보고서 작성	2008. 2	
런던협약 이산화탄소 해저격리 작업반회의 참여 및 보고서 작성	2008. 5	
런던협약 해양시비 작업반회의 참여 및 보고서 작성 기여	2008. 5 & 2008. 10	

제 5 장

폐기물 배출제도 개선 지원

제 1 절 연구목적 및 내용

1. 연구목적

- 폐기물의 해양투기 감축을 위한 제도 정비 및 관리 정책 기술지원

2. 연구수행기관

- 한국해양연구원 특정해역 보전관리 연구센터

3. 주요과업 내용

- 해양환경 관리법 고시(안) 지원
 - 해양환경 관리법 폐기물 해양배출 관련 필요 고시(안) 마련
 - 폐기물 배출해역 지정신청 사업계획서 작성지침 고시(안)
 - 동해병 및 정해역 경계 고시(안)
- 해양배출 폐기물 대체처분 방안
 - 가축분뇨 해양배출 대체 처분 방안
 - 가축분뇨 이화학적 특성 분석
 - 물리적 특성 : 비중, 함수율
 - 화학적 특성 : 해양환경 관리법에 근거한 유해물질 항목(COD, BOD, TN, TP, 광유류, 시안, 페놀, 크롬, 아연, 구리, 카드뮴, 수은, 유기인, 비소, 납, PCBs, PAHs)
 - 가축분뇨 특성정보를 바탕으로 해양환경 위해성 평가
 - 가축분뇨 함유 유해물질의 해양환경에 미치는 영향 검토
 - 가축분뇨 육상처리 방안 검토
 - 가축분뇨 육상처리 기술 검토
 - 가축분뇨 처리·처분 방법별 비용 비교 검토
 - 음식물류 폐기물 처리 실태 조사 및 비용분석
 - 음식물류 폐기물 처리업체의 처리실태 파악
 - 전국 음식물 처리업체별 처리실태 조사

- 함수율 91.5% 이상 준수 여부
- 함수율 1% 상향조정 검토
- 음폐수 처리비용 구조분석 및 필요시 해양처리비용 인상방안 검토 제시
- 음폐수 처리비용 구조분석
- 음폐수 처리방법별 소요비용 파악 및 비교(분석)
- 육상처리 비용과 해양처리비용 비교(분석)
- 음폐수 육상처리 확대방안 검토 제시

4. 달성된 주요성과

- 고시(안)
 - 폐기물 배출해역 지정신청 사업계획서 작성 지침(안)
 - 동해병 및 정해역 경계 고시(안)
- 가축분뇨의 이화학적 특성 데이터베이스
- 가축분뇨의 해양환경 영향 보고서
- 가축분뇨의 육상처리 방안 보고서
- 음폐수 처리업체 실태 조사 보고서 제2절 투기량 감축지원 경제적 타당성

제 2 절 해양환경 관리법 고시(안) 제정

1. 해양환경관리법 폐기물 배출관련 필요 고시(안)

가. 폐기물 배출해역 지정신청 사업계획서 작성 지침(안)

폐기물 해양배출을 규율하는 종래 해양오염방지법은 선박으로부터의 폐기물 해양배출을 원칙적으로 금지하고(제16조 제1항) 해양수산부장관의 허가를 받아 배출할 수 있도록 규정하고 있으나(제16조 제4항), 사전예방 장치로서의 기능이 미흡하였다.

이를 보완하기 위해 2007년 12월 21일 개정된 해양환경관리법에서는 육상에서 발생한 폐기물의 해양배출 금지 등으로 확대하고(제23조 제1항), 국토해양부령이 정하는 폐기물에 한해 처리기준 및 방법에 따라 배출할 수 있도록 하였다. 또한 오염원인자 책임 원칙(제7조)과 국내법과 국제적으로 발효된 기준과 다를 경우 국제협약 효력을 우선하도록 개정되었다(제4조).

폐기물 해양배출과 관련한 국제협약인 런던협약과 런던의정서는 오염원인자 책임원칙과 사전예방 원칙을 주요 목적으로 두고 있고, 부속서에서는 폐기물 해양배출 신청부터 배출해역 감시까지 최적 관리를 위한 평가체제를 제공하고 있다.

런던협약 부속서 3와 런던의정서 부속서 2에서는 폐기물 해양배출 허가증 발급시 폐기물의 특성과 성분, 육상처리 가능성, 해양환경에 미치는 영향등을 사전에 심사 평가하고, 불가피한 경우에만 해양배출을 허가하도록 요구하고 있다.

이에 따라 해양환경관리법에서도 폐기물 해양배출 신청시 사전예방 원칙에 근거한 폐기물 해양배출 해역 지정 절차의 도입이 필요하다.

해양환경관리법 제23조 제1항에서는 해양환경의 보전관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 육상에서 처리가 곤란한 폐기물로서 국토해양부령이 정하는 폐기물과 해역에서 국토해양부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출할 수 있게 하고 있다. 그리고 동법 시행규칙 제13조(폐기물 배출해역 지정 신청)에 의거하여 다음 사항들이 포함된 사업계획서를 해양경찰서장에게 제출하도록 하고, 상기 사업계획서의 작성에 필요한 사항은 국토해양부장관이 정하여 고시하도록 규정하고 있다(시행규칙 제13조 제2항).

- 폐기물의 특성, 성분 및 양
- 폐기물의 수집, 운반 및 해양배출 방법
- 폐기물운반선의 시설, 장비 및 기술 인력 확보계획
- 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향

본 장에서는 상기 규정에 의거하여 폐기물 배출해역의 지정 신청 사업계획서 작성 지침(안)을 다음과 같이 제시하였다.

(1) 법적근거 : 해양환경관리법시행규칙 제13조제2항

- 사업계획서의 작성에 필요한 사항을 국토해양부장관이 정하여 고시
 - ※ 폐기물투기에 관한 국제협약인 런던협약(부속서3)과 96의정서(부속서2)에서는 폐기물 해양투기 허가증 발급시 폐기물의 특성과 성분, 육상처리가능성, 해양환경에 미치는 영향 등을 사전에 심사 평가하고, 불가피한 경우에만 해양투기를 허가하도록 요구하고 있음

(2) 제정 목적

- 폐기물을 해양에 배출하고자 하는 자가 관할 해양경찰서장으로부터 배출해역 지정을 받고자 제출하는 서류 중 '사업계획서'의 구체적인 내용(작성요령 등)을 적시
- 배출해역지정권자인 관할 해양경찰서장이 배출해역을 지정할 때 사업계획서 자료만으로도 지정여부를 판단할 수 있도록 하기 위함

(3) 사업계획서에 반영될 주요내용

- 폐기물의 특성, 성분 및 양
- 폐기물해양배출방법, 폐기물운반선의 시설장비 및 기술인력 배치계획
- 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향 등

국토해양부 고시 제 호

해양환경관리법시행규칙 제13조제2항의 규정에 의하여 폐기물 배출해역 지정 신청시 제출하는 '사업계획서'의 기재사항과 그 작성방법 등에 관한 지침을 다음과 같이 제정·고시 합니다.

2008년 월 일
국토해양부 장관

'사업계획서' 기재사항과 그 작성 방법 등에 관한 지침

제1조(목적)

이 고시는 해양환경관리법시행규칙 제13조제2항의 규정에 의하여 폐기물 배출해역 지정 신청시 제출하는 '사업계획서'의 기재사항과 그 작성방법 등에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(사업계획서의 구성 등)

사업계획서는 다음 각호의 사항을 순서대로 기재한다.

1. 폐기물의 특성, 성분 및 양
2. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법
3. 폐기물운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획
4. 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향
5. 그 밖에 필요한 사항

제3조(사업계획서의 작성 양식 및 기재사항)

사업계획서의 작성양식 및 기재할 내용은 [별표1]과 같다

제4조(작성방법 등)

제3조의 규정에 의한 사업계획서 작성방법은 [별표2]와 같다.

제5조(사업계획서의 보완)

신청인은 지정기관의 장이 그 내용이 극히 부실하여 심의에 적합하지 아니하다고 인정되어 보완을 요청하는 경우 이에 응하여야 한다.

제6조(사업계획서 공람부 작성)

- ① 지정기관은 배출해역 지정신청에 대한 사업계획서 공람부(별지1호 서식)를 작성, 비치하여야 한다.
- ② 지정기관은 일반인이 공람을 요구한 경우 이를 허락하고 제1항의 공람부를 작성하도록 한다.

[별표 1] 사업계획서 작성양식 및 기재사항

1. 폐기물의 특성, 성분 및 양
가. 배출물질 종류 :
나. 배출물질 총량 :
다. 배출물질 속성 1) 물리적 속성 : 2) 화학적 속성 : 3) 생물학적 속성 :
2. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법
가. 폐기물 수집·운반(저장) 방법 :
나. 폐기물 해양배출 방법 1) 폐기물 선적항 명 : 2) 선적 폐기물과 물의 비율(확산식일 경우 해당) : 3) 폐기물 해양배출 방법(집중식 또는 확산식) : 4) 폐기물 해양배출속도(확산식일 경우 해당) : 5) 폐기물 해양배출 빈도
3. 폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획
가. 폐기물 운반선의 시설, 장비 1) 폐기물 운반선 명, 소유주, 주소 및 전화번호 : 2) 폐기물 운반선 등록내용(등록 항구명, 자체중량, 만재톤수): 3) 선박자동식별장치 등 설치여부 : 4) 폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획
4. 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향
가. 쾌적성에 대한 영향 나. 해양생물, 어류 및 패류의 양식, 어군 및 어업, 해조류의 수확 및 양식에 미칠 수 있는 영향 다. 그 밖의 이용에 미칠 수 있는 영향
5. 그 밖에 필요한 사항
가. 해양배출 신청 폐기물의 육지에서 처리가 곤란한 사유 1) 신청 폐기물의 육상 처리 및 처분 방법 종류 : 2) 해양배출을 선택할 수 밖에 없는 사유 :

[별표 2] 폐기물 배출해역 지정 신청에 대한 사업계획서의 작성방법

1. 폐기물의 특성, 성분 및 양	
가. 배출물질의 종류	<p>① 대분류 : 액상류, 유기성오니류, 무기성오니류, 원료동식물폐기물, 수산가공잔재물, 준설토사중 1가지를 선택하여 기재하고,</p> <p>② 중분류 : 다음 중분류중 1가지를 선택</p> <ul style="list-style-type: none"> - 액상류 : 분뇨, 가축분뇨, 폐수, 음폐수중 택일 - 유기성오니류 : 분뇨처리오니, 가축분뇨처리오니, 폐수처리오니, 하수처리오니중 택일 - 무기성오니류 : 수산화알루미늄의 제조 공정에서 발생하는 광물성폐기물 - 원료동식물폐기물 : 원료동식물종류를 구체적으로 기재 - 수산물가공잔재물 : 원 수산물의 종류 또는 조개껍질 등으로 구분하여 기재 - 준설토사 : 해저준설토사(항로준설, 항만개발 등), 육지준설토사(하천준설 등)중 택일 <p>③ 해양환경관리법시행규칙 [별표 6]에서 해당되는 조항 기재</p> <p>※ 작성례</p> <p>① 대분류 : 준설토사</p> <p>② 중분류 : 해저준설토사(항로육지준설)</p> <p>② [별표6] 제2호 나목 : 수저준설토사로서 합성로프, 폐어구, 플라스틱류, 넝마 또는 고무제품 등 이물질이 섞인 물건을 제거한 것.</p>
나. 배출물질 량	<p>배출예정인 폐기물의 총량을 용량(m³) 또는 중량(톤)으로 기재한다(연간 총량, 월평균량을 기재)</p> <p>※ 작성례</p> <p>연간총량 : 1,200m³(월평균발생량 100m³)</p>
다. 배출물질 속성	
1) 물리적 속성 :	<p>비중, 함수율을 기재한다.</p> <p>※ 작성례</p> <ul style="list-style-type: none"> - 비중 : 1, - 함수율 : 95%
2) 화학적 속성 :	<p>① 해양환경관리법시행규칙 [별지 제44호서식] 폐기물위탁처리 신고서상의 '폐기물의 오염도 항목((COD, BOD, TN, TP)'을 순서대로 기재하고</p> <p>② 해양환경관리법 [별표8]의 해당 폐기물의 해양배출처리기준 항목 농도를 기재한다.</p> <p>※ 작성례(준설토사의 경우)</p> <p>① 위탁처리신고서상 항목별 오염도</p> <ul style="list-style-type: none"> - COD : 3ppm - BOD : 10ppm - TN : - TP :

1. 폐기물의 특성, 성분 및 양	
2) 화학적 속성 :	② [별표8] 해양배출처리기준 항목별 농도 - 크롬 또는 그 화합물 : 370 mg/kg - 아연 또는 그 화합물 : 410 mg/kg - 구리 또는 그 화합물 : 270 mg/kg - 카드뮴 또는 그 화합물 : 10 mg/kg - 수은 또는 그 화합물 : 1.2 mg/kg - 비소 또는 그 화합물 : 70 mg/kg - 납 또는 그 화합물 : 220 mg/kg - 니켈 또는 그 화합물 : 52 mg/kg - 총 폴리염화비페닐 : 0.180 mg/kg - 총 다환방향족탄화수소 : 45 mg/kg
3) 생물학적 속성 :	해양환경공정시험기준상 생물독성시험 결과를 기재한다(단, 해양환경관리법시행규칙 [별표8]의 제1기준 이하이면서 2기준 이상일 경우에만 작성하되, 2011년 2월 22일 이후부터 적용함) ※ 작성례 ① 발광박테리아를 이용한 시험결과 : 검사대상 실험구(폐기물)의 발광저해율이 대조구(오염되지 않은 청정물질)와 비교한 결과 그 차이가 5%로서 독성이 없음 ② 저서성 단각류를 이용한 시험결과 : 검사대상 실험구(폐기물)의 생존률이 대조구의 생존률과 비교한 결과 그 차이가 10%로서 독성이 없음

2. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법	
가. 폐기물 수집·운반(저장) 방법	해양배출 폐기물을 운반선박에 선적하기 이전의 수집·운반(저장) 방법을 기재한다. ※ 작성례 - 해저준설토사의 경우 : 준설향장에서 직접 운반선에 선적함 - 가축분뇨의 경우 : 해양배출업체의 수거차량(15톤)으로 위탁업체의 가축분뇨 저장탱크에서 직접 인계받아 포항항 신항부두에 위치한 저장시설에 일시 저장하였다가 다시 폐기물운반선에 직접 파이프를 연결 선적함
나. 폐기물 해양배출 방법	폐기물을 해양배출하기 위해 선적한 항명을 기재한다. ※ 작성례 - 해저준설토사의 경우 : 부산신항 5부두 건설현장에서 직접 운반선에 선적 - 가축분뇨의 경우 : 포항항 신항부두
1) 폐기물 선적항 명칭	폐기물을 해양배출하기 위해 선적한 항명을 기재한다.
2) 선적 폐기물과 물의 비율	폐기물 운반선에 폐기물을 선적한 후 폐기물과 물과의 비율을 기재한다 (단, 확산식일 경우에만 해당) ※ 작성례(하수처리오니의 경우) - 폐기물 : 60%, - 물 : 40%

2. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법	
3) 해양배출 방법	<p>확산식 또는 집중식중 택일하여 해당하는 해양배출방법을 기재한다.</p> <p>※ 작성례</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해저준설토사의 경우 : 집중식 - 가축분뇨의 경우 : 확산식
4) 폐기물 해양배출 속도	<p>배출해역에서 폐기물 해양배출시 선박속도 및 배출속도를 기재한다 (단 확산식일 경우에 해당)</p> <p>※ 작성례(가축분뇨)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 선박속도 5노트 ② 배출속도 : 1,000톤/시간당
5) 폐기물 해양배출 빈도	<p>배출해역에서의 배출 빈도수를 기재한다.</p> <p>※ 작성례</p> <ul style="list-style-type: none"> - 배출빈도 수 : 주 3회 또는 월 2회

3. 폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획	
가. 폐기물 운반선의 시설, 장비	
1) 폐기물 운반선명, 소유자, 주소 및 전화번호	<p>폐기물을 운반하는 운반선별 명칭, 소유자, 주소 및 전화번호를 기재한다.</p> <p>※ 작성례</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대한민국1호 : 인천시 중구 ○○○업체(032-835-0000) - 국토해양호 : 상동
2) 폐기물 운반선 등록 내용	<p>운반선별 등록항구명, 항행구역, 총톤수, 순톤수를 기재한다</p> <p>※ 작성례</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대한민국1호 : 인천항, 근해구역, 700톤, 200톤 - 국토해양호 : 인천항, 근해구역, 1,000톤, 500톤
3) 선박자동식별장치 등 설치여부	<p>선박자동식별장치와 선박의 시간대별 위치, 속력, 침로 등 항행 상황과 폐기물 배출밸브의 개폐여부에 관한 정보를 연계하여 자동으로 저장하는 장치를 설치하여야는 지 여부와 설치시 그 장치명(모델명)을 구체적으로 기재한다</p> <p>※ 작성례(설치한 경우에만 기재)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 대한민국 1호 <ul style="list-style-type: none"> - 설치일시 : - 설치모델명(또는 회사명) : ② 국토해양호 <ul style="list-style-type: none"> - 설치일시 : - 설치모델명(또는 회사명) :

3. 폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획	
4) 폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획	<p>폐기물 운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획등을 구체적으로 기재한다.</p> <p>※ 구체적 내용</p> <p>① 폐기물운반선 : 구입 또는 전용임차 등 폐기물운반선 확보 계획 등을 기재</p> <p>② 저장시설(해당되는 경우) : 설치 위치 및 규모 등 구체적 설치계획을 기재</p> <p>③ 운반차량 : 구입 대수 및 규모 등을 기재</p> <p>④ 선적부두(선석) 확보 계획 : 관할 지방해양청의 부두사용 승인서 등을 참고하여 선석위치 등을 기재</p> <p>⑤ 기술인력 : 해당기사 자격증을 참고하여 인적사항 및 자격 보유현황을 기재</p> <p>⑥ 사무실 위치 및 규모, 기타 장비 현황 등을 기재함</p>

4. 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향	
가. 쾌적성에 대한 영향	<p>부유물질, 탁도, 불쾌한 냄새, 변색 및 거품 형성의 존재 여부에 대해 기재한다.</p> <p>※ 구체적 내용</p> <p>어업인, 폐기물 배출선박 선원 등 현장에서 업무에 종사하는 사람, 전문가, 폐기물 배출 직후 사진, 기존문헌 등 활용가능한 정보를 토대로 부유물질, 탁도, 불쾌한 냄새, 변색 및 거품 형성의 존재 여부에 대해 기술</p>
나. 해양생물, 어류 및 패류의 양식, 어군 및 어업, 해조류의 수확 및 양식에 미칠 수 있는 영향	<p>신청해역에서 어획되는 수산물 종류를 기재하고, 폐기물 해양배출로 인한 이들 수산자원의 서식지 파괴, 회유, 시장성예의 영향 가능성 여부에 대해 기재한다.</p> <p>※ 구체적 내용</p> <p>① 어획 수산물 종류 : 홍게, 아귀, 가자미</p> <p>② 현장에서 업무에 종사하는 사람, 전문가, 신청폐기물에 대한 생물독성관련 기존문헌, 보고서 등 활용가능한 정보를 토대로 폐기물 해양배출로 인한 영향 여부에 대해 기술</p>
다. 그 밖의 이용에 미칠 수 있는 영향	<p>부유물로 인한 선박운항 방해, 폐기물 해지면 침적으로 인한 어업 방해 가능성 여부에 대해 기재한다,</p> <p>※ 구체적 내용</p> <p>현장에서 업무에 종사하는 사람, 전문가, 신청폐기물에 대한 침적 관련 기존문헌, 보고서 등 활용가능한 정보를 토대로 부유물로 인한 선박운항 방해, 폐기물 해지면 침적으로 인한 어업 방해 가능성 여부에 대해 기술</p>

5. 그 밖에 필요한 사항	
가. 해양배출 신청 폐기물의 육지에서 처리가 곤란한 사유	
1) 신청 폐기물의 육상 처리 및 처분 방법 종류 :	신청 폐기물에 대한 육상처리 및 처분 방안을 기존 문헌을 참조하여 기재한다. ※ 작성례 준설토사: 해안매립, 복토재, 성토재, 건설재료 ...
2) 해양배출을 선택할 수 밖에 없는 사유	신청폐기물을 해양배출을 할 수 밖에 없는 사유를 기재한다. ※ 구체적 내용 상기 육상처리 및 처분방안에 대한 행정청 허가 거부, 경제성, 기술 수준 미흡, 민원 등 신청폐기물을 해양배출 할 수 밖에 없는 구체적인 사유를 기재

[별지 제1호 서식]

배출해역 지정 신청관련 '사업계획서' 공람부					
① 현황		지정해역(위치)			
		배출물질(종류)			
		배출량(m ³)		m ³ /월(m ³ /연간)	
② 지정기관의 장					
③ 공람장소				④ 공람 기간	
일련 번호	공람일	공 람 자			비 고
		성명	주소	전화번호	
공람책임자 소속:		직급:	성명:	(서명 또는 인)	

210mm × 297mm[신문용지 54g/m²(재활용품)]

나. 동해병 및 정해역 경계 고시(안)

2006년 11월 제28차 런던협약 및 제1차 런던의정서 합동당사국회의에서는 한 당사국이 해양투기한 폐기물이 타 국가 해역으로 월경하여 피해를 주었을 경우 국가 책임을 묻는 절차를 개발하기로 합의하였고, 이후 이에 대한 논의가 진행 중에 있다.

우리나라 폐기물 배출해역은 중국과 일본과 접한 해역에 위치하고 있어 아국의 폐기물 해양투기에 따른 월경 오염 가능성이 상당히 높다. 특히 우리나라 동해 병 및 정해역에서의 폐기물 해양투기가 2008년 2월 12일 조선일보에 게재된 직후 일본 정부에서 우려 표명하는 등 국제적인 환경분쟁 소지도 항상 존재한다. 이에 따라 과학적 결과 및 국제법 등을 토대로 한 동해 병 및 정해역 경계역 타당성 분석은 시급한 사안으로 대두되었다.

이에 대한 대비로서 2008년 3월 19일 외교안보연구원에서 개최한 폐기물 배출해역 조정관련 전문가 토론회를 개최하였고, 회의 결과를 토대로 동해 병 및 정해역 경계에 대한 조정안을 제시하였다.

(1) 「폐기물배출해역 조정」 관련 전문가토론회 결과

(가) 회의개요

- 1) 일시/장소 : 2008. 3. 19(수) 14시~18시 / 외교안보연구원 회의실
- 2) 주최 : 한국해로연구회/한국해양연구원
- 3) 참석자 : 18명(해로연구회, 학계, 외교부, 해경청 및 우리부 관계자)

(나) 회의주제

- 1) 육상폐기물 해양배출해역(동해병·정해역 2곳)의 범위조정(축소) 타당성 논의
- 2) 동해병·정 배출해역과 한·일대륙붕경계선과의 관계, 배출해역 범위 조정(축소)방안 등

(다) 회의진행(방법) : 전문가 주제 발표 및 참석자 자유토론(비공개)

(라) 회의결과(내용)

- 1) 동해병 및 동해정 배출해역의 일부가 일본측 대륙붕경계를 넘어선 것에 대한 국제협약 위반 여부 및 대응전략

⇒ 월경지역에 배출을 하지 아니하였기 때문에 국제법적 문제제기 가능성은 낮으나 越境性 汚染(Transboundary Pollution)에 따른 해양 환경보호 측면에서 동해배출해역을 대폭 조정할 필요가 있음

2) 최초 폐기물배출해역을 지정('93. 1. 8 해양오염방지법시행규칙 개정)할 시 일부 구역이 한·일간 대륙붕경계획정선('78. 6. 22 발효)을 넘어감

⇒ 월경 면적률 : 동해병해역(3,660km²)의 582km²(15.9%), 동해정해역(1,610km²)의 270km²(16.7%)

3) 그러나 현재 동해에는 배타적경제수역(EEZ)의 경계선이 확정되지 아니한 상태이므로 배출해역 그 존재 자체로 일본의 EEZ¹⁾를 침범했다고 보기는 어려움

4) 다만, 배출해역 일부가 일본측 대륙붕 경계를 침범하고는 있으나 동 월경구역에는 배출을 하지 아니하였기 때문에 국제법적 문제제기 가능성은 낮음

⇒ 그러나 동 배출해역 배출로 인해 일본측 해역으로 영향(해류에 의한 폐기물 이동확산 등)을 미칠 가능성이 있어 일본의 대응 가능성이 예상되는 만큼 해양배출의 지속적 감축정책 추진이 요구되고,

⇒ 또한, 배출해역을 조정하되 폐기물 이동확산 특성 및 퇴적물오염도를 고려하여 대폭적인 조정(월경구역만을 축소하지 않고)이 필요함

※ 배출해역 조정안(붙임1 참조)

- 동해병해역(79%감소) : 조정전(총 3,700km², 현1,739km²)²⁾→ 조정후(765km²)

- 동해정해역(41%감소) : 조정전(1,616km²)→ 조정후(952km²)

5) 한편, 배출해역 조정문제가 시급히 조치해야하나 즉시 개정할 경우 자칫 언론 보도 및 일본대사관 이의제기 등에 의해 이루어지는 것으로 비춰질 수 있으므로, 배출해역조정(해양환경관리법시행규칙 개정)은 충분한 시간을 가지고 타 법조항 개정 소요가 있을 경우에 함께 추진하는 것이 바람직함

⇒ 다만, 월경성 오염우려 등을 고려하여 시행규칙 개정전까지는 가급적 배출해역조정안 범위내에서만 해양배출이 이루어지도록 행정처분 등으로 적극 유도할 필요(해경청)

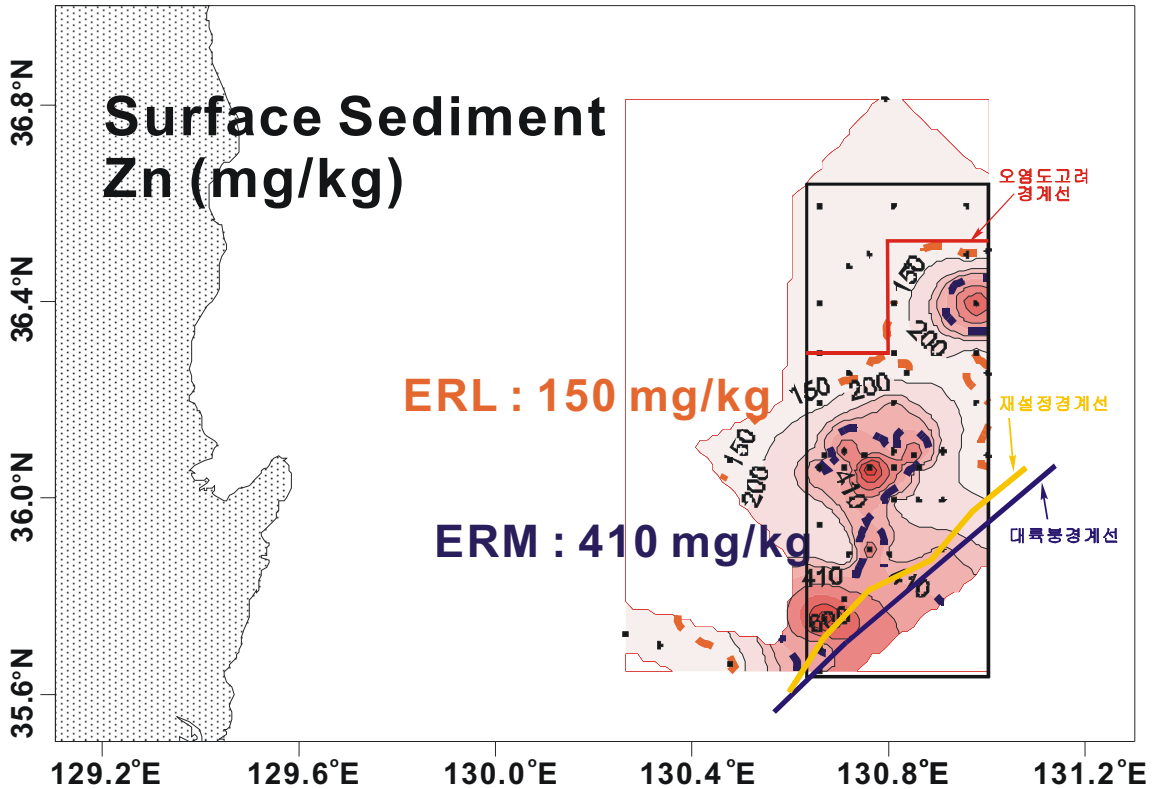
1) 동해에는 한·일간 EEZ경계선이 아직 확정되지않아서 한·일 양국 모두 EEZ가 존재하지 않음.

2) 현 휴식년제 실시구역을 감안한 수치

(2) 동해병 및 정해역 경계 조정(안)

(가) 동해병해역

1) 제1안 : 폐기물 이동확산 특성 범위 + 퇴적물 오염도까지 고려한 경계선

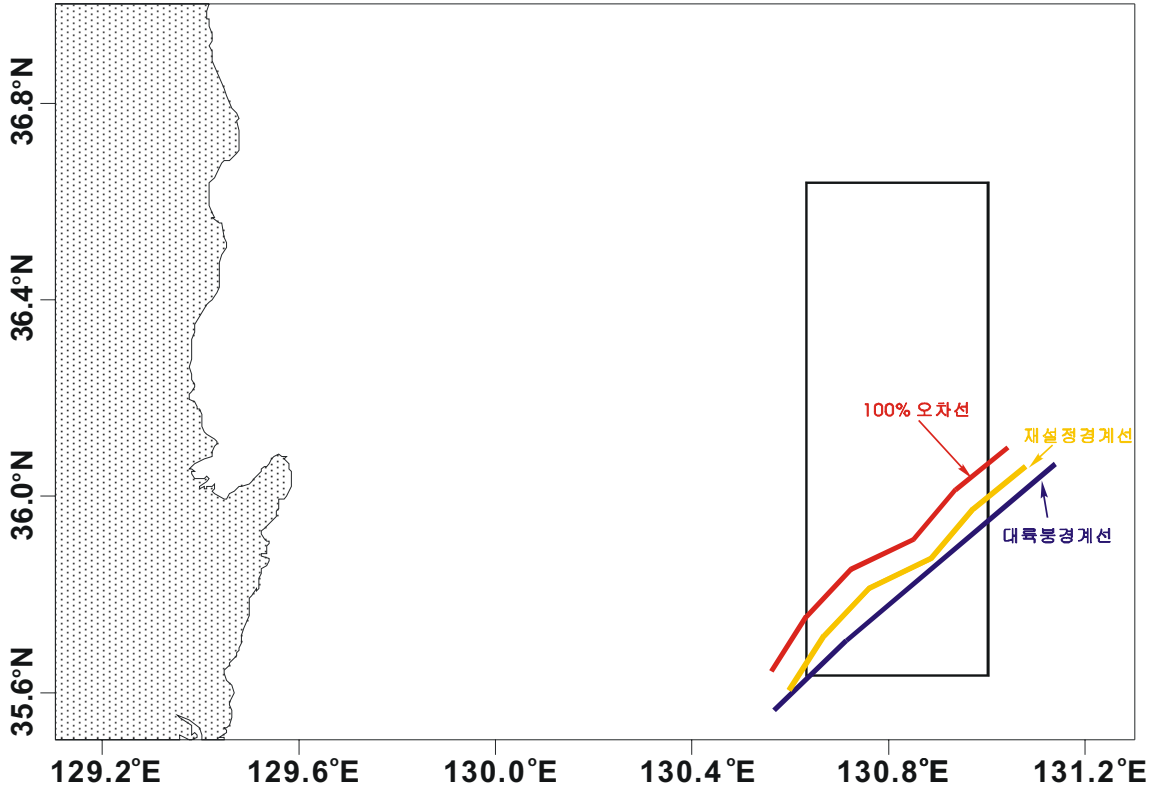


조정된 투기해역 좌표	북위 36도 18분과 동경 130도 38분의 점, 북위 36도 18분과 동경 130도 48분의 점, 북위 36도 31분과 동경 130도 48분의 점, 북위 36도 31분과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 130도 38분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	3,700km ² (100%)
변경후 면적	765km ² (21%)
면적 차이	2,935km ² (79%)

※ 2006년 6월 1일부터 북위 36도 10분 이하 투기 종료

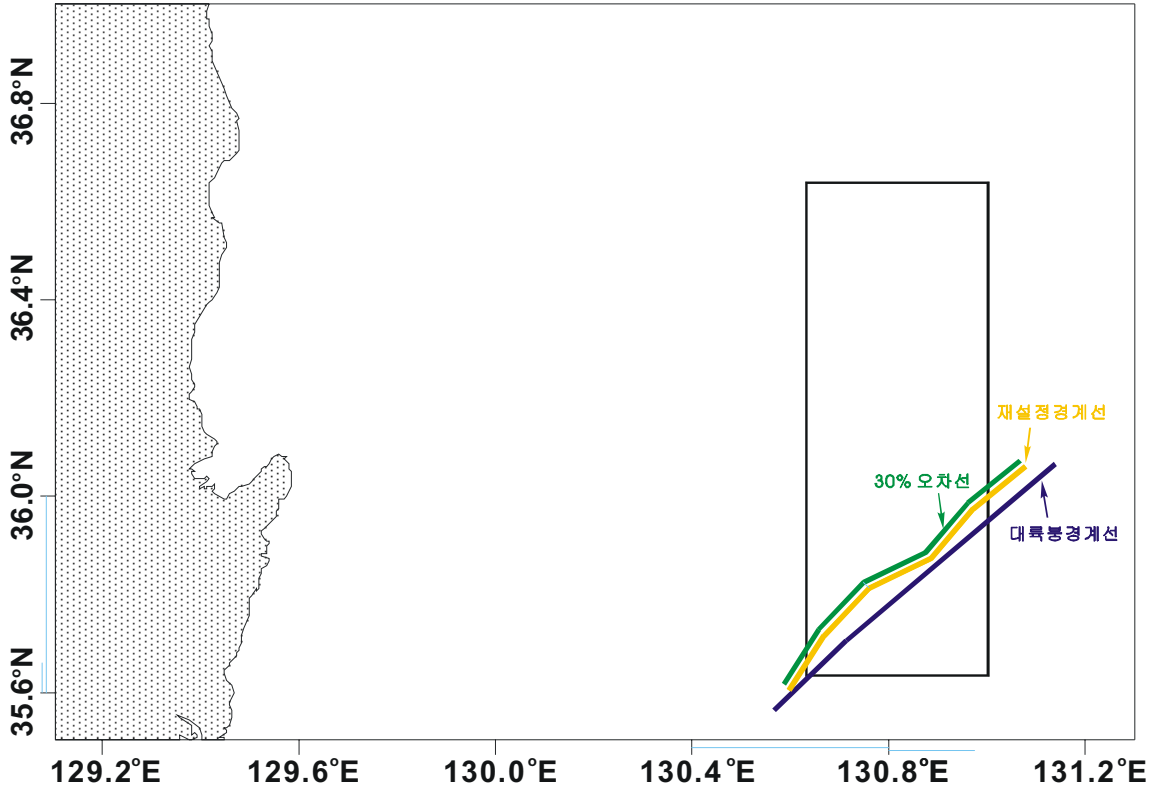
정부정책 + 폐기물 이동확산 특성을 고려하여 추후 조정 예정

2) 제2안 : 폐기물 이동확산 범위(보수적 범위설정)를 고려한 경계선



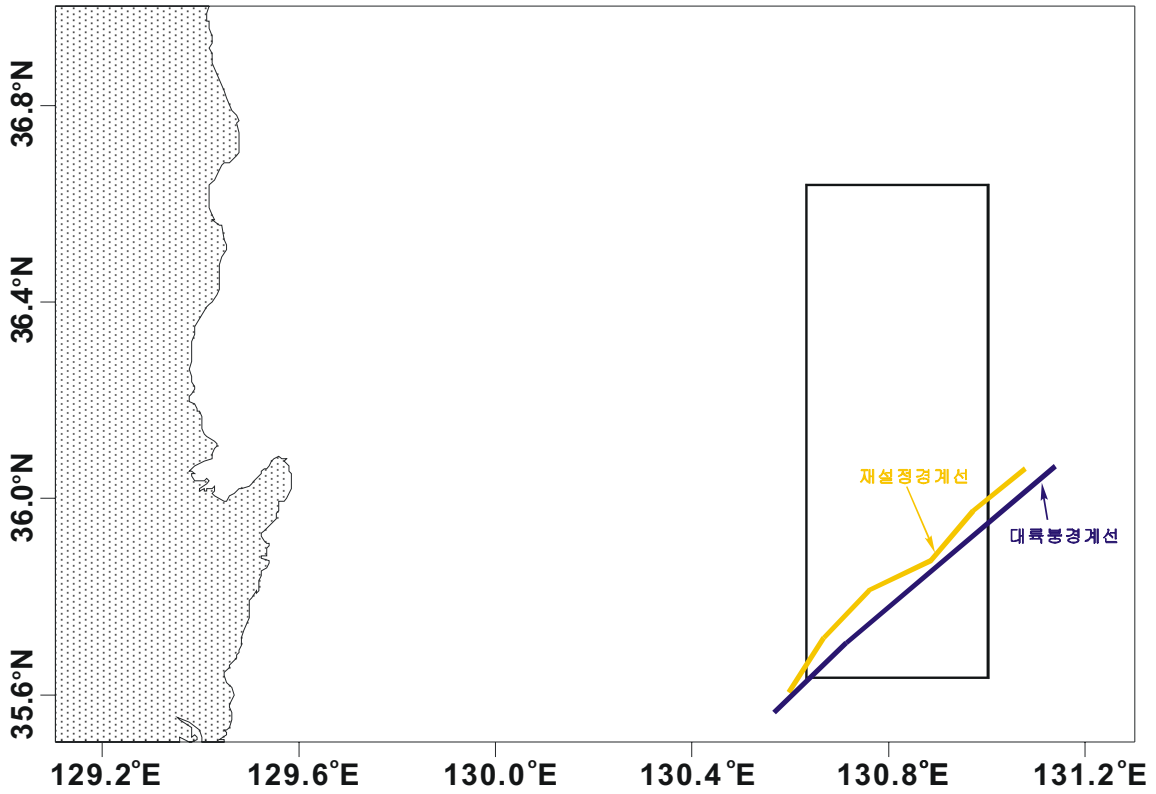
조정된 투기해역 좌표	북위 35도 45분과 동경 130도 38분의 점, 북위 35도 51분과 동경 130도 44분의 점, 북위 35도 55분과 동경 130도 51분의 점, 북위 36도 1분과 동경 130도 56분의 점, 북위 36도 4분과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분의 점과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 130도 38분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	3,700km ² (100%)
변경후 면적	2,677km ² (72%)
면적 차이	1,022km ² (28%)

3) 제3안 : 폐기물 이동확산 범위(안전인자 30%)를 고려한 경계선



조정된 투기해역 좌표	북위 35도 42분과 동경 130도 38분의 점, 북위 35도 44분과 동경 130도 40분의 점, 북위 35도 50분과 동경 130도 45분의 점, 북위 35도 53분과 동경 130도 53분의 점, 북위 35도 59분과 동경 130도 58분의 점, 북위 36도 12분의 점과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 130도 38분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	3,700km ² (100%)
변경후 면적	2,877km ² (78%)
면적 차이	823km ² (2%)

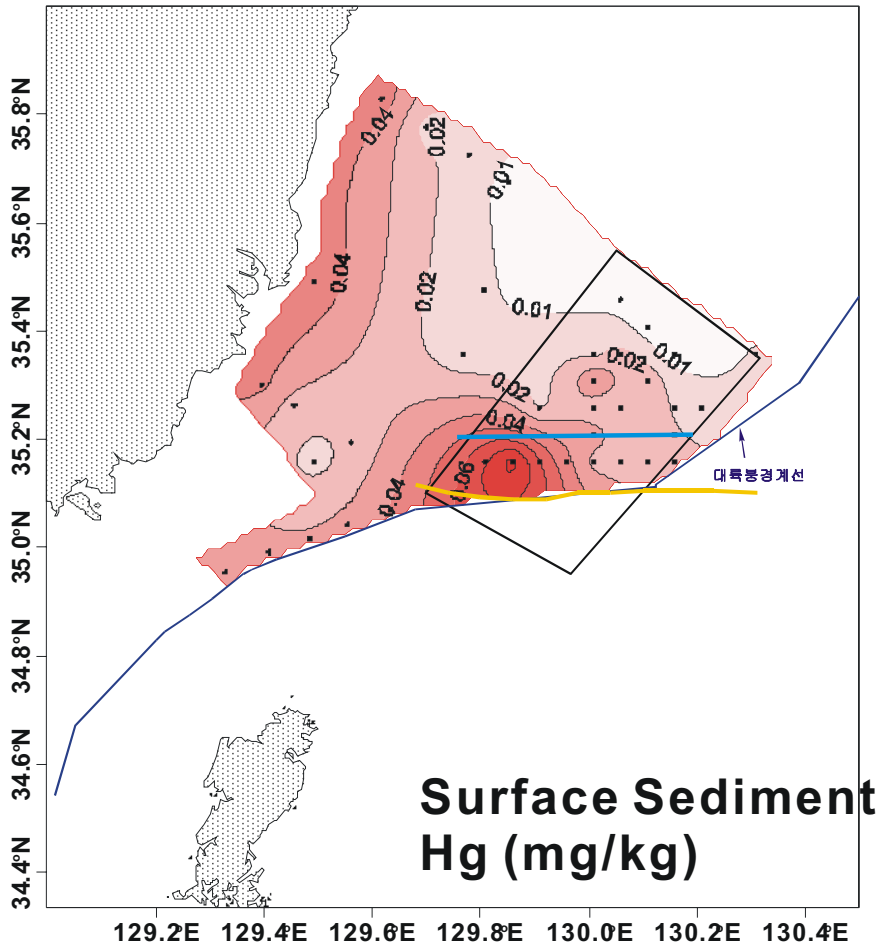
4) 제4안 : 폐기물 이동확산 특성으로 부터 고품폐기물의 이동거리만을 고려한
경계선



조정된 투기해역 좌표	북위 35도 40분과 동경 130도 38분의 점, 북위 35도 43분과 동경 130도 40분의 점, 북위 35도 49분과 동경 130도 46분의 점, 북위 35도 52분과 동경 130도 56분의 점, 북위 35도 58분과 동경 130도 59분의 점, 북위 36도의 점과 동경 131도의 점, 북위 36도 38분과 동경 131도의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	3,700km ² (100%)
변경후 면적	2,941km ² (79%)
면적 차이	759km ² (21%)

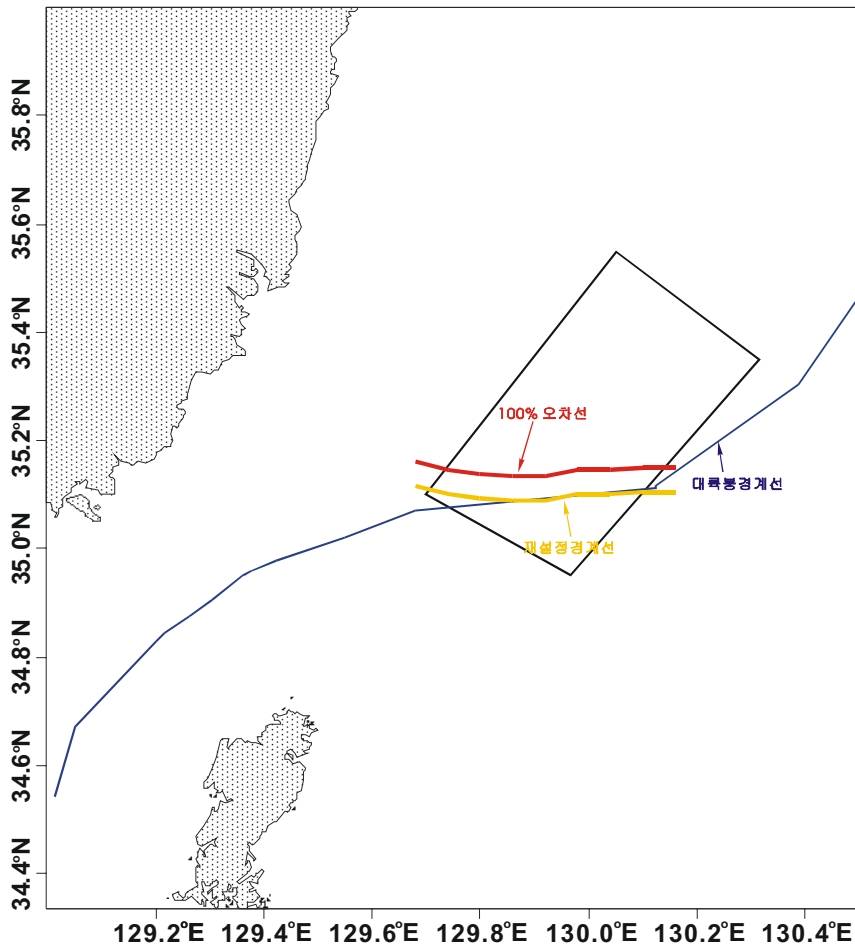
(나) 동해정해역

1) 제1안 : 폐기물 이동확산 특성 범위 + 퇴적물 오염도까지 고려한 경계선



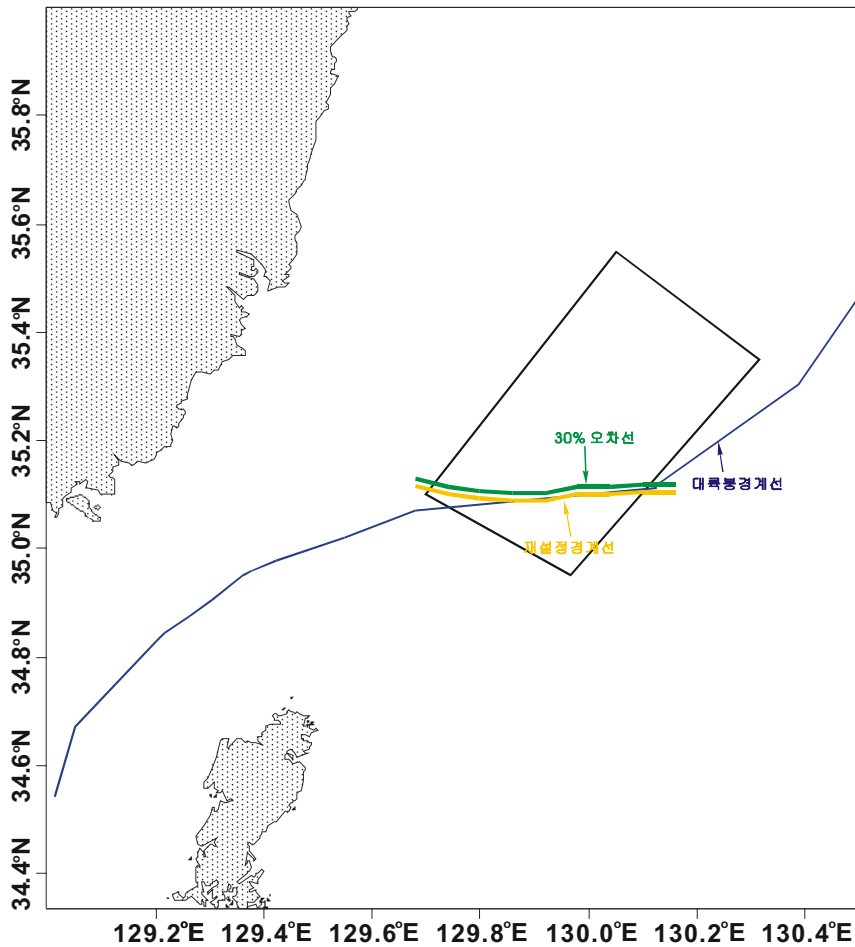
조정된 투기해역 좌표	북위 35도 12분과 동경 129도 47분의 점, 북위 35도 12분과 동경 130도 11분의 점, 북위 35도 21분과 동경 130도 19분의 점, 북위 35도 30분과 동경 130도 03분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	1,616km ² (100%)
변경후 면적	952km ² (59%)
면적 차이	664km ² (41%)

2) 제2안 : 폐기물 이동확산 범위(보수적 범위설정)를 고려한 경계선



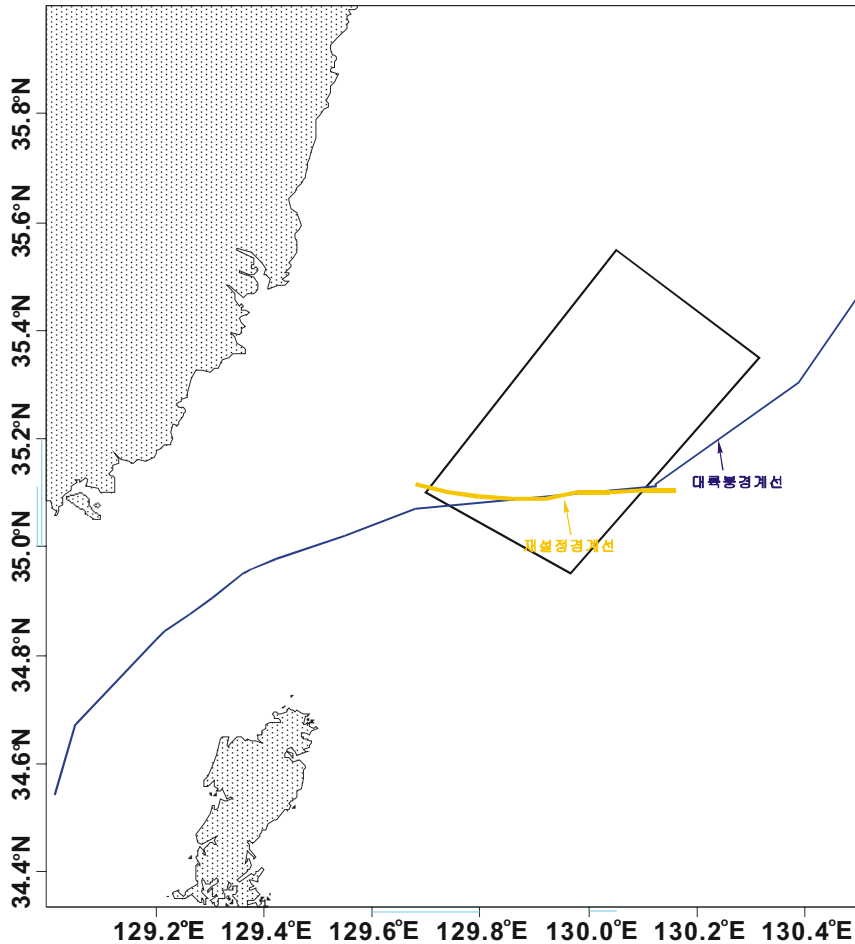
조정된 투기해역 좌표	북위 35도 8.7분과 동경 129도 44.5분의 점, 북위 35도 8.3분과 동경 129도 45분의 점, 북위 35도 8.0분과 동경 129도 48분의 점, 북위 35도 8.0분과 동경 129도 52분의 점, 북위 35도 8.7분과 동경 129도 56분의 점, 북위 35도 8.7분과 동경 129도 59분의 점, 북위 35도 8.9분과 동경 130도 02분의 점, 북위 35도 8.9분과 동경 130도 8.4분의 점, 북위 35도 21분과 동경 130도 19분의 점, 북위 35도 30분과 동경 130도 03분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	1,616km ² (100%)
변경후 면적	1,190km ² (74%)
면적 차이	426km ² (26%)

3) 제3안 : 폐기물 이동확산 범위(안전인자 30%)를 고려한 경계선



조정된 투기해역 좌표	북위 35도 7.1분과 동경 129도 42.5분의 점, 북위 35도 6.8분과 동경 129도 45분의 점, 북위 35도 6.4분과 동경 129도 48분의 점, 북위 35도 6.1분과 동경 129도 52분의 점, 북위 35도 6.1분과 동경 129도 56분의 점, 북위 35도 6.9분과 동경 129도 59분의 점, 북위 35도 6.8분과 동경 130도 02분의 점, 북위 35도 7.1분과 동경 130도 6.7분의 점, 북위 35도 21분과 동경 130도 19분의 점, 북위 35도 30분과 동경 130도 03분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	1,616km ² (100%)
변경후 면적	1,299km ² (80%)
면적 차이	317km ² (20%)

4) 제4안 : 폐기물 이동확산 특성으로 부터 고형폐기물의 이동거리만을 고려한
경계선



조정된 투기해역 좌표	북위 35도 6.5분과 동경 129도 42분의 점, 북위 35도 6.0분과 동경 129도 45분의 점, 북위 35도 5.5분과 동경 129도 48분의 점, 북위 35도 5.3분과 동경 129도 52분의 점, 북위 35도 5.3분과 동경 129도 56분의 점, 북위 35도 6.0분과 동경 130도 59분의 점, 북위 35도 6.0분과 동경 130도 02분의 점, 북위 35도 6.6분과 동경 130도 58분의 점, 북위 35도 21분과 동경 130도 19분의 점, 북위 35도 30분과 동경 130도 03분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역
현재 면적	1,616km ² (100%)
변경후 면적	1,357km ² (84%)
면적 차이	259km ² (16%)

(3) 동해병 및 정해역 경계 고시(안)

본 절에서는 앞 절에서 제시한 동해 병 및 정해역 경계 조정(안)을 해양 환경관리법 시행규칙 별표 7(육상에서 발생한 폐기물의 배출해역 및 처리방법) 개정에 대한 법적 근거, 목적 및 내용과 고시(안)을 정리하였다.

(가) 법적근거

1) 해양환경관리법

가) 제23조 제1항 : 국토해양부령이 정하는 해역

나) 동법 시행규칙

○ 제12조 제1항 : 배출해역 및 처리방법

○ 제14조 제1항 : 폐기물 해양배출 지정시 지정해역의 이용제한, 위치 변경 등 필요한 조건을 붙일 수 있음

2) 런던협약 및 런던의정서

가) 런던협약

○ 제1조 : 폐기물 해양투기로 인한 오염 방지를 위해 모든 구체적인 방법을 취함

나) 런던의정서

○ 제4조 : 당사국은 허가 발급 및 허가 조건이 부속서 2에 적합하도록 행정적, 법적 조치를 채택하여야 함

● 부속서 2 : 모니터링 결과를 토대로 해양투기 지속, 개선 또는 종료에 대한 여부를 지시하여야 함

○ 제15조(국가 책임 및 배상) : 다른 국가의 환경에 미치는 손해에 대한 국가 책임은 국제법의 원칙을 따라야 함

(나) 목적

○ 폐기물 해양배출로 인한 주변 국가와의 환경분쟁 사전 방지

(다) 주요내용

○ 해양환경관리법 시행규칙 별표 7(육상에서 발생한 폐기물의 배출해역 및 처리방법)의 동해병 및 정해역 경계 재조정

(라) 개정 방안별 효과 분석

1) 제1안 : 배출(투기)해역의 좌표를 변경

[별표 7] 육상에서 발생한 폐기물의 배출해역 및 처리방법(제12조제1항 관련)

해역	배출해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법
1. 갑해역 : 북위 38도의 선, 북위 37도 45분의 선, 동경 132도 15분의 선 및 동경 132도 30분의 선으로 둘러싸인 해역	갑해역 전역	시멘트로 고형화 처리한 것	집중식처리 방법에 따라 배출할 것
2. 병해역 : 모든 국가의 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역	가. 동해 병해역 : 북위 aa도 bb분의 선, 북위 도 cc분의 선, 동경 ddd도 ee분의 선 및 동경 hhh도의 선으로 둘러싸인 해역	1) 별표6 제1호에 따른 폐기물 2) 별표6 제2호에 따른 폐기물 다만 동해 병해역 중 북위 00도의 선과 북위 00도 00분의 선 안의 해역에서 배출하여야 한다.	확산식처리 방법에 따라 배출할 것 집중식처리 방법에 따라 배출할 것. 다만, 액상인 경우 또는 해수 등을 회석하여 배출하는 경우에는 확산식 처리방법에 따라 배출할 수 있다.
	나. 서해 병해역 : 북위 36도 12분의 선, 북위 35도 27분의 선, 동경 124도 13분의 선 및 동경 124도 38분의 선으로 둘러싸인 해역	1) 별표6 제1호에 따른 폐기물 2) 별표6 제2호에 따른 폐기물	확산식처리 방법에 따라 배출할 것 집중식처리 방법에 따라 배출할 것
3. 정해역 : 병해역과 무해역 사이의 해역	가. 동해 정해역: 북위 aa도 bb분과 동경 ccc도 dd분의 점, 북위 ee도 ff분과 동경 ggg도 hh분의 점, 북위 ii도 jj분과 동경 kkk도 ll분의 점 및 북위 mm도 nn분과 동경 ooo도 pp분의 점을 연결한 선으로 둘러싸인 해역	1) 별표6 제1호가목·나목 1) 및 바목에 따른 폐기물	확산식처리방법에 따라 배출할 것
		2) 별표6 제2호에 따른 폐기물 별표6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리 방법에 따라 배출할 것 집중식처리 방법에 따라 배출할 것
4. 무해역 : 「영해 및 접속수역법」 제1조에 따른 영해의 범위 안의 해역	해양경찰서장이 해역 관리청과 협의하여 지정 하는 해역	별표6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리 방법에 따라 배출할 것

비고

1. 무해역은 다음 각 목의 해역을 제외한 해역으로 한다.

가. 「항만법」 제2조제4호에 따른 항만구역 및 「어촌·어항법」 제2조제4호에 따른 어항구역

- 나. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조에 따른 수산자원보호구역
 다. 「수산업법」 제65조에 따른 보호수면 및 같은 법 제68조에 따른 육성수면
 라. 법 제15조제1항에 따른 환경관리해역
2. 해양배출 시 시멘트로 고형화하는 경우의 기준은 다음 각 목과 같다.
- 가. 시멘트는 수경성시멘트를 사용할 것
 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1m³당 150kg 이상 혼합하고 균질하게 섞을 것
 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100kg/cm² 이상일 것
 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것
- 1) 부피와 1면의 표면적 비가 5 이상일 것
 - 2) 변의 길이는 최대와 최소의 비가 3 이하일 것
 - 3) 최소변의 길이는 30cm 이상일 것
3. 확산식처리방법은 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다.
- 가. 해면 아래에서 배출되도록 할 것
 나. 평균 대수속도 4노트 이상으로 항해하면서 배출할 것
 다. 합성로프, 페어구, 플라스틱류, 텀마, 고무제품, 머리카락, 동물의 털 등 이물질이 섞인 물건을 제거할 것
 라. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1% 이상 섞어 넣어 갈아서 부술 것(분뇨처리시설 등에 의하여 처리되지 아니한 분뇨로 한정한다)
 마. 갈아서 부수어 배출할 것(각질류를 제외한 수산물가공잔재물로 한정한다)
4. 집중식처리방법은 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다.
- 가. 비중 1.2 이상의 상태로 배출할 것
 나. 항해 중에 배출하지 아니할 것
 다. 가루의 상태로 배출하지 아니할 것
 라. 폐기물 또는 포장된 용기 등이 떠다니지 아니하도록 처리할 것

2) 제2안

배출해역 구분은 두되 갑해역은 실제 1998년 이후 사용되지 않고 있는 바, 이를 삭제하고, 동해병, 동해정 해역을 또한 삭제- 즉 상설 폐기물 투기 해역을 폐지함. 대신 행정청이 폐기물 배출(투기) 해역을 지정할 때 1안의 지역 내에서 투기해역을 지정하여 주도록 행정청 내부 방침으로 운영

해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법
2. 병해역 : 모든 국외 영해의 기선으로부터 50해리 밖의 해역	1) 별표6 제1호에따른 폐기물	확산식처리방법에 따라 배출할 것
	3. 정해역 : 병해역과 무해역 사이의 해역	집중식처리방법에 따라 배출할 것. 다만, 액상인 경우 또는 해수 등을 희석하여 배출하는 경우에는 확산식처리방법에 따라 배출할 수 있다.
3. 정해역 : 병해역과 무해역 사이의 해역	1) 별표 6 제1호가목·나목 1) 및 바목에 따른 폐기물	확산식처리방법에 따라 배출할 것
	2) 별표 6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리방법에 따라 배출할 것
	별표 6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리방법에 따라 배출할 것
	2) 별표 6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리방법에 따라 배출할 것
	별표 6 제2호에 따른 폐기물	집중식처리방법에 따라 배출할 것

해역	배출가능폐기물의 종류	처리방법
4. 무해역 : 「영해 및 접속수역법」 제1조에 따른 영해의 범위 안의 해역	별표 6 제2호에서 다른 폐기물	집중식처리방법에 따라 배출할 것

비고

1. 무해역은 다음 각 목의 해역을 제외한 해역으로 한다.
 - 가. 「항만법」 제2조제4호에 따른 항만구역 및 「어촌·어항법」 제2조제4호에 따른 어항구역
 - 나. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조에 따른 수산자원보호구역
 - 다. 「수산업법」 제65조에 따른 보호수면 및 같은 법 제68조에 따른 육성수면
 - 라. 법 제15조제1항에 따른 환경관리해역
2. 해양배출 시 시멘트로 고형화하는 경우의 기준은 다음 각 목과 같다.
 - 가. 시멘트는 수경성시멘트를 사용할 것
 - 나. 시멘트의 양은 콘크리트 1m³당 150kg 이상 혼합하고 균질하게 섞을 것
 - 다. 시멘트로 고형화하여 양생한 후 1축의 압축강도가 100kg/cm² 이상일 것
 - 라. 형상 및 크기는 다음과 같이 할 것
 - 1) 부피와 1면의 표면적 비가 5 이상일 것
 - 2) 변의 길이는 최대와 최소의 비가 3 이하일 것
 - 3) 최소변의 길이는 30cm 이상일 것
3. 확산식처리방법은 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다.
 - 가. 해면 아래에서 배출되도록 할 것
 - 나. 평균 대수속도 4노트 이상으로 항해하면서 배출할 것
 - 다. 합성로프, 페어구, 플라스틱류, 냄마, 고무제품, 머리카락, 동물의 털 등 이물질이 섞인 물건을 제거할 것
 - 라. 황산제1철 또는 염화제2철을 0.1% 이상 섞어 넣어 갈아서 부술 것(분뇨처리시설 등에 의하여 처리되지 아니한 분뇨로 한정한다)
 - 마. 갈아서 부수어 배출할 것(각질류를 제외한 수산물가공잔재물로 한정한다)
4. 집중식처리방법은 다음 각 목과 같이 배출하여야 한다.
 - 가. 비중 1.2 이상의 상태로 배출할 것
 - 나. 항해 중에 배출하지 아니할 것
 - 다. 가루의 상태로 배출하지 아니할 것
 - 라. 폐기물 또는 포장된 용기 등이 떠다니지 아니하도록 처리할 것

3) 제4안

별표 7 전면 삭제 하고 법령을 개정하고 '배출해역지정에 관한 내부지침'으로 대체

제23조(육상에서 발생한 폐기물의 해양배출금지 등) ① 누구든지 육상에서 발생한 폐기물을 해양에 배출할 수 없다.	제12조(해양배출이 가능한 육상폐기물의 종류 등) ① 법 제23조제1항 단서에 따라 육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출할 수 있는 폐기물은 별표 6과 같다. ② 해양수산부장관은 법 제23조제3항에 따라 해양배출이 가능한 폐기물인지 여부를 검사할 때에는 법 제10조에 따른 해양환경공정시험기준 및 별표 8의 처리기준에 적합한지 여부를 검사하여야 한다.
--	---

<p>다만, 해양수산부장관은 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 육상에서 처리가 곤란한 폐기물로서 해양수산부령이 정하는 폐기물에 한하여 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출하게 할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 배출하게 할 수 있는 폐기물 중 제76조 제1항의 규정에 따라 폐기물 위탁자가 위탁처리를 신고한 폐기물에 한하여 폐기물해양배출업자로 하여금 이를 처리하게 할 수 있다.</p>	<p>제13조(폐기물배출해역의 지정 신청)</p> <p>① 법 제23조제5항에 따라 폐기물배출해역의 지정을 신청하려는 자는 별지 제9호서식의 폐기물배출해역 지정신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 해양경찰서장에게 제출하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 다음 각 목의 사항이 기재된 사업계획서 <ul style="list-style-type: none"> 가. 폐기물의 특성, 성분 및 양 나. 폐기물의 수집·운반 및 해양배출방법 다. 폐기물운반선의 시설, 장비 및 기술인력 확보계획 라. 폐기물 해양배출이 해양환경에 미치게 될 영향 마. 그 밖에 필요한 사항 법 제84조의 해역이용협의서 또는 법 제85조의 해역이용영향평가서(「공유수면관리법」 제5조제1항에 따라 준설토를 해양에 투기할 목적으로 신청하는 경우로 한정한다) <p>② 제1항 제1호에 따른 사업계획서의 작성에 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.</p>
<p>③ 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 배출하게 할 수 있는 폐기물에 해당하는지 여부를 해양수산부령이 정하는 바에 따라 미리 검사하여야 한다.</p> <p>④ 해양수산부장관은 제3항의 규정에 따른 검사업무를 대통령령이 정하는 바에 따라 전문검사기관에게 대행하게 할 수 있다.</p> <p>⑤ 제1항 단서의 규정에 따른 폐기물 배출해역의 신청 및 지정절차 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>	<p>제14조(폐기물배출해역의 지정 등)</p> <p>① 해양경찰서장은 제13조에 따른 신청에 따라 폐기물배출해역을 지정하는 경우 지정해역의 이용제한, 지정해역의 위치변경, 배출폐기물의 종류 또는 폐기물 배출량의 조정 등 필요한 조건을 붙일 수 있다.</p> <p>② 폐기물배출해역의 지정기간은 1년 이내에서 정하되, 매회 1년의 범위에서 연장할 수 있다.</p> <p>③ 해양경찰서장은 제1항 및 제2항에 따라 폐기물배출해역을 지정한 경우에는 별지 제10호서식의 폐기물배출해역 지정서를 신청인에게 발급하여야 한다.</p> <p>④ 제1항제1호에 따른 폐기물배출해역지정에 필요한 사항은 국토해양부장관이 정한다.</p>

다. 별표 7(배출해역 및 처리방법) 개정 방안별 효과분석

안	내용	장·단점	채택여부
1안	<p><좌표조정></p> <p>시행규칙 별표7을 현행대로 두되, 문제된 배출해역의 좌표를 조정하여 발생 가능한 외교적 분쟁을 미연에 방지하고자 함. 현행제도와 유사</p>	<p>(1)폐기물 투기장을 타국의 해역에 영향을 미칠 수 있는 해역에 상설로 운영하여 국제적인 부담 지속</p> <p>(2)폐기물 투기 종료 계획 이행에 부담</p>	<p>좌표는 조정되나, 배출해역이 법령에서 명시적으로 언급되고 있어, 향후 일본으로부터 주목을 받거나 또는 피해배상을 요구받는 등의 문제의 소지가 여전히 있음. 따라서 좋은 방안은 아니라고 판단됨</p>

안	내용	장·단점	채택여부
2안	<p><해역구분만 별표에 남김> (1)해역은 그대로 두되, 배출해역의 좌표를 삭제함으로써 상설 배출해역은 삭제함 (2)별표7에 각 해역마다 배출가능폐기물의 종류가 상이하게 규정되어 있으므로 배출업자나 배출해역을 지정하여야 하는 행정청의 업무에 기본적인 지침이 됨</p>	(1)지도상 지정되어 있는 배출해역이 없어지게 됨으로 외교적 분쟁을 사전에 방지할 수 있음 (2)현행정청의 지정 건수는 연간 19건 내외로서 특별히 행정적 부담을 늘리는 것이 아님. (3)투기장의 지속이용 가능성을 차단하여 건전한 폐기물관리 유도	3안이 불가한 경우에 고려할 수 있음
3안	<p><투기해역표기를 전면 삭제> (1)별표7을 완전히 삭제하고 이를 내부 방침으로 변경하는 방안임 (2)폐기물의 해양투기는 불가피한 경우 한정적으로 정부가 허용하는 제도의 취지에 부합 (3)타국과의 마찰소지 사전 방지</p>	(1)폐기물 해양투기는 원칙적으로 금지되어야 한다는 취지에 부합하는 측면이 있음 (2)현행정청의 지정 건수는 연간 19건 내외임 (3)향후 투기 허가 건수가 급격히 증가한다면 행정 권한의 행사에 억제 장치가 필요함	(1)현 행정청의 능력이 우수하고, 배출건수도 연간 19건 내외로서 많지 않은 바, 별표7을 없애고, 해양배출건수가 생길 때마다 행정청의 재량적 판단에 따라 배출여부 및 배출해역지정 등을 하도록 하는 것이 바람직함 (2)모든 해역이용을 공유수면 관리법에 연계하기 용이함

제 3 절 해양배출 폐기물 대체처분 방안

1. 가축분뇨 해양배출 대체처분 방안

가. 서론

“가축“은 “소, 돼지, 말, 닭 그 밖에 대통령령이 정하는 사육동물“이고, “가축분뇨“는 “가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육과정에서 사용된 물 등이 분뇨에 섞인 것“으로 정의하고 있다(가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제2조).

본 보고서에서는 상기 가축 중 돼지발생 분뇨에 대해 정리하였다.

약 30년까지만 해도 가축분뇨는 두엄으로서 농경지에 거의 대부분 활용되었지만, 산업 발달, 농민 고령화 및 육상 환경 규제 강화 등으로 인해 농가들은 값싸고 사용하기 쉬운 화학비료를 사용해 오고 있다.

가축분뇨는 질소, 인, 칼리, 마그네슘 등 미량원소들이 다량 포함되어 있어 토지 개량제 및 비료로서의 활용과 바이오가스 생산 등 높은 경제적 가치가 있다(정 등[2004], Hsu and Lo[1999], Chen and Lin[2004]). 가축분뇨의 비료성분에 대한 경제적 가치는 약 4천2백6억원이고, 작물의 증수 및 환경보호, 화학비료 절감 등의 효과까지 감안할 경우 경제적 가치가 1조원 이상이라고 축산신문(2001년 10월 26일)이 보도하였다. 여기에 축산분뇨 분해에서 발생된 바이오가스 활용을 포함시킬 경우 그 가치는 막대할 것이다.

이에 따라 미국, 일본 및 유럽국가들은 가축분뇨 퇴비·액비화 기술, 정화처리 기술, 바이오가스 생산 기술 개발 등에 집중 투자하여 자연순환형 친환경 농업 및 에너지 생산을 주도하고 있다(농림부, 환경부[2004]).

그러나 우리나라의 경우, 2006년 해양투기된 가축분뇨는 2,607천^m³으로서 상당히 높고, 해양투기 폐기물 총량(8,812천^m³)에서도 30%를 차지하였다(해양경찰청[2007]). 또한 축산분뇨는 축사 소독으로 인한 폐놀과 돼지 성장 촉진 등을 위해 사료에 첨가된 구리 및 아연으로 인해 가축분뇨에는 이들 성분 함량이 다른 폐기물에 비해 상당히 높아 해양투기 시 해양환경에 악영향을 미칠 수 있다(정 등[2004], 김 등[2007]).

폐기물 해양투기 관련 국제협약인 런던협약의 1996의정서(런던의정서) 부속서 II에서는 투기허가 발행시 엄격한 평가를 통하여 만일 육상처리

가능하거나, 투기로 인해 해양환경에 중대한 악영향이 초래될 것으로 예상되면 폐기물 해양투기 허가발행을 금지하도록 규정하고 있다(홍 등[2000], 홍 등[2003]).

이에 따라 본 보고서는 가축분뇨 해양투기 현황과 함유된 오염물질을 분석하고, 축산농가들의 축산분뇨 해양투기 선호요인을 통한 문제점을 도출하여 해양투기 수요 감축 방안을 제시하고자 한다.

나. 가축분뇨 발생량

2007년 기준으로 돼지는 9,606천두, 사육농가수는 9.8천호로서 지역별로는 경기, 충남, 전남·북, 경남이 전체 농가수 중 77%를 차지하고 있다(표 5-3-1; 국립농산물품질관리원[2007]).

표 5-3-1. 국내 사육돼지 수 및 축산 농가 수

	1983	1990	1995	2000	2005	2006	2007
사육돼지 수(단위: ×1,000마리)	3,648	4,528	6,461	8,214	8,961	9,382	9,606
축산농가 수(단위: ×1,000호)	539	133	45.9	23.8	12.3	11.3	9.8

축산농가당 평균 돼지 사육두수(돼지사육두수/축산농가수)는 1983년에 약 6.8마리에 불과하였으나, 2000년에는 약 345마리, 2007년 980마리로 대규모로 사육하는 전업농가가 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다.

2000년까지 1,000마리 이하 사육농가는 전체 농가 중 90% 이상으로 거의 대부분을 차지하였으나, 2005년에 76%, 2006년 73%, 2007년 68%로 비중이 점차 줄어들고, 반면에 1,000~5,000마리를 사육하는 전업농가가 급격히 증가하고 있다(표 5-3-2; 국립농산물품질관리원[2007]).

표 5-3-2. 사육 돼지수별 축산농가 비율(단위 : %)

	1983	1990	1995	2000	2005	2006	2007
<1,000마리	99.9	99.7	97.6	90.2	76.0	72.7	67.9
1,000~4,999 마리	0.02	0.3	2.3	9.3	22.4	25.3	29.5
5,000~9,999 마리	0.00	0.02	0.08	0.4	1.1	1.5	1.7
>10,000 마리	0.00	0.01	0.04	0.1	0.5	0.6	0.7

다. 가축분뇨 해양투기 현황

가축분뇨 해양투기 위탁농가는 2006년에 3,055호로 전체 축산농가(11,309호) 중 27%를 차지하고 있고, 지역별로는 경남, 전남·북 등 투기해역 가까운 지역이 연간 10만톤 이상으로 해양투기 위탁량이 많다(김 등 [2007]).

가축분뇨 해양투기량은 1997년에 51천㎥에서 시작되어 2001년 1,127천㎥, 2005년 2,745천㎥, 2006년 2,607천㎥, 2007년 2,019천㎥으로서 2005년까지 급격히 증가해 왔지만, 2006년부터는 다소 감소하는 추세이다(표 5-3-3; 해양경찰청[2007]).

표 5-3-3. 가축분뇨 연간 해양투기량(단위: ×1,000㎥)

	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
동해병해역	211	187	246	458	806	902	1,324	1,871	1,369	875
동해정해역	42	270	393	556	661	746	666	618	960	937
서해병해역	44	148	126	112	159	358	356	256	278	207
총계	297	605	765	1,127	1,626	2,006	2,346	2,745	2,607	2,019

표 1의 돼지 1두당 1일 평균 8.6kg(세정수 포함; 환경부고시 제1999-109호, 강[2003])의 분뇨 발생을 토대로 한 2007년 전국 돼지 사육두수에 따른 분뇨 발생량은 82,612톤/일(30,153,380톤/년)이다. 이를 근거로 산정한 2007년 전국 가축분뇨 발생량 중 해양투기 비율은 약 6.7%이다.

제주 돼지 사육두수별 해양투기 위탁현황

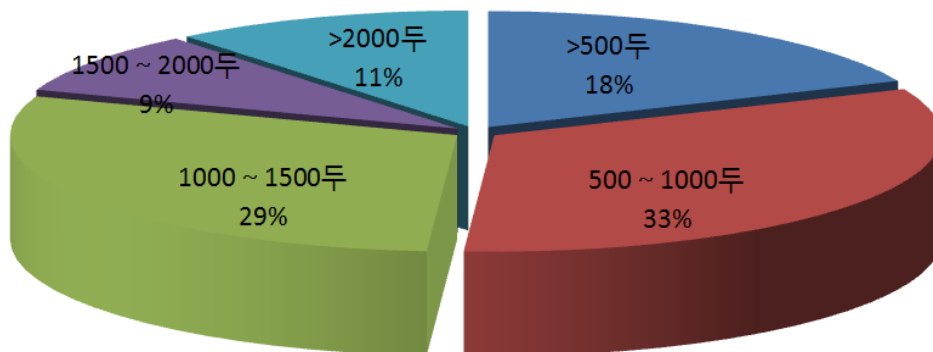


그림 5-3-1. 제주도 사육돼지 두수별 가축분뇨 해양투기 위탁현황

국내 전체의 축산농가 해양투기 위탁처리 자료 방대함으로 인해 단지 제주도 돼지 사육두수별 축산농가(n=95)의 2007년 해양투기 위탁현황만을 토대로 하면, 500두 이하가 18% 이고, 500~1,000두는 33%, 1000~1,500두 29%로 약 60%를 차지하고 있다(그림 5-3-1; 자료: 2007 해양경찰청 폐기물 위탁처리필증).

라. 가축분뇨 특성

가축분뇨는 일반적으로 분, 뇨, 오수와 사료 등을 포함하고 있고, 동 분뇨의 성상과 이화학적 특성은 사료 종류, 계절 및 돼지의 영양상태 등에 따라 다소 차이가 있지만, 평균적으로 화학적산소요구량(COD)과 강열감량은 건중량 기준으로 각각 $930,726 \pm 380,801 \text{mg/kg d.w}$, $59 \pm 3\%(n=50)$ 로 유기물 함량이 높다(표 5-3-4; 김 등[2007]).

표 5-3-4. 가축분뇨의 화학적 특성(단위:mg/kg d.w, n=50; 김 등 [2007])

	COD	강열감량 (%)	총질소	총인	폐놀	크롬	아연	구리	카드뮴	수은	비소	납
평균	930,726	59	32,462	22,268	2,275	3.3	2,610	679	0.4	0.027	1.3	2.4
표준편차	380,801	3	8,541	10,950	2,116	2.1	1,589	341	0.3	0.023	0.6	1.7
최소	488,280	51	16,402	11,735	97	0.8	340	23	0.0	0.001	0.1	0.1
최대	1,964,989	66	45,661	52,843	7,607	8.5	6,365	1,241	1.3	0.084	2.3	7.4

특히 돼지의 성장촉진 및 질병예방을 위해 구리와 아연이 포함된 사료를 이용하기 때문에 가축분뇨에는 이들 중금속들의 함량이 높다. 또한 소독 등으로 인해 폐놀 함량이 일부 가축분뇨에서는 상당히 높아 분석 대상 축산농가 50개중 약 16%가 2008년 8월 22일부터 시행되는 해양환경관리법 시행규칙 별표8 해양배출처리기준의 1기준(구리; 2,000mg/kg, 아연; 9,000mg/kg, 폐놀; 4,000mg/kg)을 초과하였다(표 5-3-4).

마. 가축분뇨 해양투기에 따른 영향

가축분뇨는 유기물로만 구성되어 있기 때문에 해양투기에 의한 영향은 미미 할 것으로 생각할 수 있지만, 현재와 같이 대량으로 해양투기될 경우에는 해양환경에 미치는 영향이 크다.

예로서 가축분뇨가 폐기물 해양투기량 중 대부분('07년 82%)을 차지하는 동해정해역 표층수에서의 질소/인 비율이 30 이상으로서 일반 해수에서의 비(16)에

비해 상대적으로 질소 함량이 높아 부영양화로 인한 적조 발생도 우려된다. 실제로 2007년 4월 조사에서는 동해 정해역 서쪽수역 일부 정점들에서 와편 모조류의 출현이 관측되었다(김 등[2007]).

또한 앞 절에서도 언급했듯이 가축분뇨는 구리가 고농도 함유되어 있어 구리 평균농도와 해양투기량을 토대로 산정된 동해 정해역 구리 입력량은 다음과 같다.

가축분뇨 평균 구리함량 $679 \pm 341 \text{mg/kg d.w}$ 및 함수율 94.6%, 2007년 가축분뇨의 정해역 해양투기량 937천 m^3 을 토대로 정해역에 가축분뇨가 균등하게 투기되고, 비중이 1.2이라 하면, 다음 식에서 유추된 2007년 가축분뇨 해양투기에 의한 구리 입력량은 약 41톤/년이다.

$$\begin{aligned} \text{구리 입력량(톤)/년} &= \text{축산분뇨 해양투기량(m}^3) \times \text{비중(밀도)} \times [1 - (\text{함수율}\%/100) \times \\ &\text{구리 평균함량(mg/kg)}] = 41.2 \text{톤/년} \end{aligned}$$

구리 입력량을 정해역 면적($1,616 \text{km}^2$)으로 나누면 단위 면적당 연간 구리 입력량은 $0.025 \text{g/m}^2/\text{yr}$ ($7.0 \times 10^{-5} \text{g/m}^2/\text{d}$)이다. 이는 동해 투기장 바깥 해역 수심 1,000m에서의 입자물질에 의한 자연적인 구리 침강량($1.1 \times 10^{-5} \text{g/m}^2/\text{d}$; 김 등 [1998])보다도 6.4배 높다.

특히 동해 병해역의 경우, 하수오니 및 가축분뇨에 포함되어 가라앉은 이물질(머리카락, 돼지 털등)이 상업용 수산물(예; 붉은대게)에 부착되어 상품질 하락을 초래함으로써 사회·경제적 문제로 대두된 바도 있다. 상기 문제로 인해 2007년 8월 2일 이후부터는 동해병해역에서의 붉은대게 조업이 금지되었다(해양수산부 고시 제2007-52호).

바. 축산농가 해양투기 선호에 대한 동기 분석

앞 절에서 제시한 바와 같이 가축분뇨 해양투기는 해양환경과 생물에 악영향을 줄 수 있다. 따라서 폐기물 최적관리를 위해서는 가축분뇨 발생 감축 → 재활용 → 소각 → 매립 → 해양투기 순으로 정책이 수행되어야 한다.

양질의 가축분뇨는 풍부한 질소, 인과 칼리(K_2O)가 풍부하기 때문에 화학비료 대체용으로 충분한 경제적 가치를 갖고 있다(Shen and Lin[2004]). 또한 풍부한 유기물을 함유하고 있어 바이오가스으로도 유용하게 활용될 수 있고, 이산화탄소 배출 저감에도 효과가 있어 독일 및 덴마크 등 유럽국가들은 이미

오래전에 축산분뇨 해양투기를 금지하고, 육상처리 방안 개발을 위해 집중 투자해 왔다(박 등[2002]).

폐기물 해양투기 관련 국제협약인 런던협약과 런던의정서에서도 사전예방을 위해 엄격한 평가체제를 통해 해양투기 이외의 대안이 있을 경우 해양투기 허가발행을 금지하도록 규정하고 있다. 그러나 국내의 경우, 2,029천³의 막대한 양이 2007년에 해양투기 되었다.

(1) 경제성 측면

가축분뇨 해양투기 비용은 '05년 이전에는 톤당 12,000~22,000원 정도로 저렴하였지만, 최근에는 톤당 20,000~33,000원으로 가격이 상승함으로서 퇴비, 고액분리 및 공공처리시설 위탁 등에 비해서도 소요비용이 높다(표 5-3-5; 강[2003]).

표 5-3-5. 가축분뇨 처리 및 처분 비용 비교

항 목	비용(원/톤)
해양투기	20,000~33,000
퇴비	20,000
정화처리	10,000
공공 가축분뇨 폐수처리장	10,000

(2) 사회·제도적 측면

해양투기 비용이 타 비용에 비해 높은데도 불구하고 아직도 축산농가들이 해양투기를 선호하고 있다. 선호 이유 분석을 통한 가축분뇨 해양투기 문제점 파악을 위해 언론 보도, 학술발표지 및 해당 이해당사자들과의 면담 등을 참조하여 분석한 주요 요인들은 다음과 같다.

액 비 사 용 제한	농경지 면적 제한 등	- 돼지 두당 640 ² 액비 살포 농경지 확보가 쉽지 않음 (농경지 소유주 대부분이 외지인)
	악취 발생 규제	- 주거지역 반경 200m 이내 살포 금지 - 액비 살포기준에는 냄새나지 않도록 규정, 농가 200m 이내에 농경지 위치하여 거리제한 불필요
	액비사용지역	- 초지, 농경지뿐만 국한
	시비처방서	- 액비 살포시마다 토양분석 후 시비처방서를 발급을 받아야 함 (액비 살포시기를 놓치는 경우도 발생)
	저장시설 설치	- 공동자원화 사업시 6개월 저장시설 설치 의무(개별시설과 중복, 공법에 따라 부속시기 단축)

엄격한 방류수 규제	- 축산농가 시설 중 순수 정화방류시설은 8% 이하이고, 방류수 규제로 제대로 가동되지 않음(관리와 운영 미숙 포함)
공공처리장 유입 제한	- 신고미만(면적<50㎡) 농가에 대해서만 허용 - 1,000마리 미만 사육농가는 '95년에 98%이었으나, 점차 전업화되어 '07년에는 67%에 불과함.
처리시설 설치 규제	- 농지관리지역에 가축분뇨 처리시설 신·증설 어려움
기타	- 민원 발생, 생산된 퇴·액비 불신, 재활용품 수요처 확보 미비, 수입유기질비료 보조금 지급, 처리시설 설치 의무 유예 등

기존 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률에 의거하여 그동안 가축분뇨 해양투기를 촉진 시켰던 “해양배출업체 위탁시 처리시설 면제” 조항은 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령’으로 개정('07. 9. 27)되면서 삭제되었다. 이에 대한 근거는 다음과 같다.

오수분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 시행령	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령(2007. 9. 27 개정)
제15조(축산폐수처리시설의 설치면제) ① 법 제25조제1항 단서에서 "대통령령이 정하는 경우"라 함은 다음 각호의 1에 해당하는 경우를 말한다.<개정 02.11.14> 1. 법 제20조의 규정에 의하여 축산폐수 재활용의 신고를 한 자에게 축산폐수의 처리를 전량 위탁하는 경우 2. 법 제21조의 규정에 의한 분뇨처리시설, 법 제30조의 규정에 의한 축산폐수공공처리시설 또는 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수종말처리시설에 축산폐수를 유입하여 처리하거나 그 처리를 위탁하는 경우 3. 법 제35조제2항제2호의 규정에 의한 분뇨등 처리업자에게 축산폐수의 처리를 전량 위탁하는 경우 4. 법 제24조의2제4항의 규정에 의한 축산폐수배출시설에서 발생한 축산폐수를 해양오염방지법 제18조의 규정에 의한 폐기물 해양배출업자에게 전량 위탁하는 경우	제9조(처리시설의 설치의무 등 면제) 법 제12조제1항 단서에 따라 처리시설의 설치 또는 변경의 의무가 면제되는 경우는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우로 한다. 1. 공공처리시설이나 「하수도법」 제2조제10호에 따른 분뇨처리시설에 가축분뇨를 유입·처리하거나 그 처리를 위탁하는 경우 2. 재활용신고자에게 가축분뇨의 처리를 전량 위탁하는 경우 3. 법 제28조제2항제2호에 따른 가축분뇨 처리업을 경영하는 자에게 가축분뇨의 처리를 전량 위탁하는 경우 4.(삭제)

개정된 규정에 따르면 “공공처리시설 또는 분뇨처리시설, 재활용신고자 및 가축분뇨 처리업을 경영하는 자에게 가축분뇨의 처리를 전량 위탁하는 경우”에만 가축분뇨 처리시설 설치가 면제될 수 있다. 즉, 동 시행령의 시행일시인 2007년 9월 27일 이후 축산농가는 발생한 가축분뇨를 처리할 시설을 갖추거나 또는 공공처리시설(분뇨처리시설 포함)이나 재활용업자에게 전량 위탁해야 한다.

그럼에도 불구하고 현재도 처리시설을 갖추고 있지 않은 축산농가들로부터

해양투기 위탁이 지속되고 있다. 이에 대한 근본적인 원인은 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령“과 “해양환경관리법 시행규칙“간의 불일치 때문인 것으로 판단된다.

사. 가축분뇨 육상처리 방안

서론에서 언급되었듯이 가축분뇨는 질소, 인, 칼리, 마그네슘 등 미량원소들이 다량 포함되어 있어 토지 개량제 및 비료로서의 활용과 바이오가스 생산 등 높은 경제적 가치가 있다(정 등[2004], Hsu and Lo[1999], Chen and Lin[2004]). 가축분뇨의 비료성분에 대한 경제적 가치는 약 4천2백6억원이고, 작물의 증수 및 환경보호, 화학비료 절감 등의 효과까지 감안할 경우 경제적 가치가 1조원 이상이라고 축산신문(2001년 10월 26일)이 보도하였다. 여기에 축산분뇨 분해에서 발생된 바이오가스 활용을 포함시킬 경우 그 가치는 막대할 것이다.

가축분뇨 처리방안으로서는 크게 재활용과 정화처리로 구분할 수 있다 (그림 5-3-2).

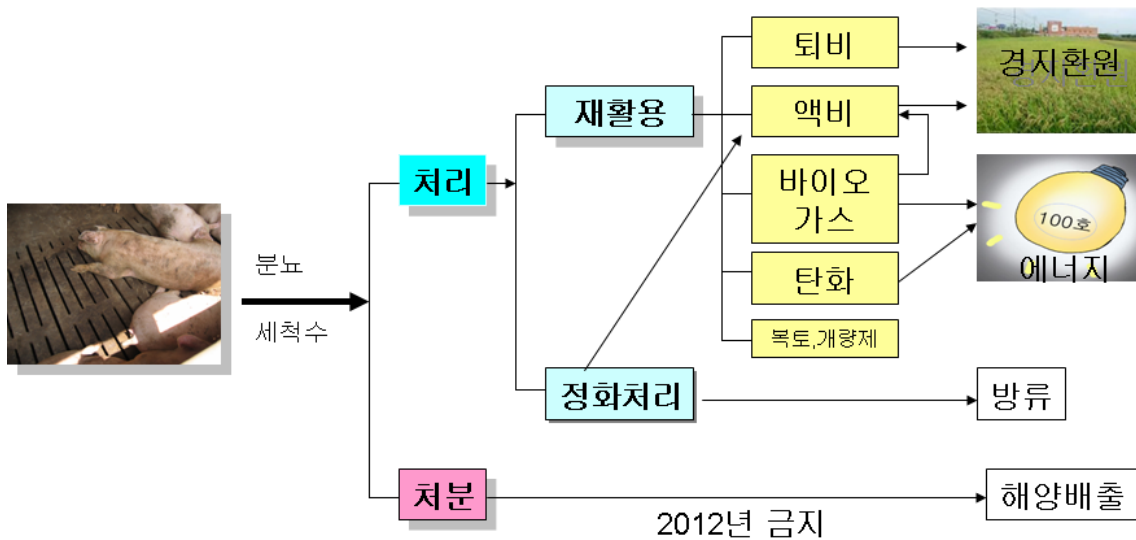


그림 5-3-2. 가축분뇨 처리 및 처분 방안

본 연구에서는 가축분뇨 육상처리 활성화를 통한 해양투기 수요 감축을 목표로 물종합 기술연찬회에서 폐기물 해양배출 관리분과를 개최(2008년 3월 12일)하고 가축분뇨 재활용업계 전문가들을 초빙하여 기술 발표를 실시하였다.

발표 분야는 가축분뇨 재활용에 초점을 맞추어 ① 유기성폐기물 해양투기

방지를 위한 기술적 대책, ② 양돈 분뇨 자원화 및 정화방류 공법, ③ 2단 중온혐기소화 바이오가스플랜트 실증 사례, ④ 고농도 폐수의 에너지화 및 감량화, ⑤ 공기발전기를 이용한 축산폐수 처리시스템 등 총 5편이 발표되었다. 이에 대한 상세 내용은 본 보고서 부록에 게재하였다.

아. 가축분뇨 해양투기 수용 억제를 위한 제도 개선

(1) 가축분뇨 관련 법률과의 일치를 위한 개선

해양환경관리법 시행규칙 별표 6(육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출 가능한 폐기물)의 1항(확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물)에서는 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제2조(정의)에 따른 가축분뇨와 정화 시설에서 발생한 액상 또는 오니는 해양투기가 가능한 폐기물”로 규정되어 있다.

가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	해양환경관리법 시행규칙 별표 6 (육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출가능한 폐기물)
제2조 (정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다. 2. "가축분뇨"라 함은 가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것을 말한다. 7. "정화시설"이라 함은 가축분뇨를 침전·분해 등 환경부령이 정하는 방법에 따라 처리(이하 "정화"라 한다)하는 시설을 말한다.	1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 「하수도법」에 따른 분뇨 및 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 가축분뇨 중 다음의 것 2) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제2조에 따른 가축분뇨와 정화 시설에서 발생한 액상의 것 다. 「폐기물관리법」 제2조제1호에 따른 폐기물 중 오니(수분의 함량이 95% 미만이거나 고형물의 함량이 5% 이상인 것을 말한다. 이하 같다)로서 다음의 것 1) 가목2)의 정화시설에서 발생한 것

앞서 언급한 바와 같이, 축산농가는 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령 제9조에 의거하여 발생한 가축분뇨를 공공처리시설 또는 재활용업자에게 전량 위탁해야 만 처리시설을 면제받을 수 있다.

그러나 해양환경관리법 시행규칙 별표 8에서는 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제2조에서 정의된 '가축분뇨'를 해양배출 가능하도록 규정하고 있어 처리시설이 없는 축산농가도 해양투기할 수 있는 근거를 마련해 주고 있다.

이는 축산농가들의 해양투기 선호 요인들로 인해 '가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령' 개정 취지를 무력화시킬 수 있다.

따라서 동 시행령과 해양환경관리법 시행규칙간의 상충성을 방지하기 위해서는 별표 6에서의 '가축분뇨' 조항을 삭제하고 다음과 같이 정화시설에서 발생된 액상으로만 국한시켜 개정되어야 할 것이다.

해양환경관리법 시행규칙 별표 6의 개선(안) (육상에서 발생한 폐기물 중 해양에 배출가능한 폐기물)
1. 확산식처리방법에 의하여 배출하여야 하는 폐기물 가. 「하수도법」에 따른 분뇨 및 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 가축분뇨 중 다음의 것 2) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제2조에 따른 정화시설에서 발생된 액상의 것

(2) 가축분뇨 육상처리 원칙 도입

또한 현재 해양환경관리법 체제하에서 축산분뇨 해양투기 억제 방안으로는 2008년 8월 21일 이후부터 시행하는 처리기준 충족 여부에 대한 평가 뿐이다 (해양환경관리법 시행규칙 별표 8 해양배출 처리기준).

런던협약/의정서 부속서 II에서는 예방원칙의 일환으로 폐기물 해양투기 신청시, 육상 처리 가능성을 평가한 후, 해양투기 허가발행을 하도록 규정하고 있다(홍 등[2000], [2003]). 이를 근거로 1993년 1월 해양오염방지법 시행규칙이 개정되기 이전에 별표 5의 3항 라호에서도 다음과 같이 육상처리 가능성을 배출해역 지정요건으로 제출하도록 하였다.

해양오염방지법 시행규칙 별표 5(배출해역의 지정에 필요한 자료)
3. 일반적인 고려사항 및 조건 라. 육지에서의 처리와 해양배출과의 비교(처리의 난이성, 경제성 등)

그러나 그 당시 폐기물 해양투기량은 많지 않고, 기업 규제 완화차원에서 1993년 1월 8일 동법 시행규칙 개정에서 상기 조항이 삭제되었다.

이후 가축분뇨 처리기준 적용 면제(해양오염방지법 시행규칙 별표 16), 해양배출업자에게 전량 위탁시 축산농가 처리시설 설치 면제(오수분뇨 및 축산폐수 처리에 관한 법률 시행령 제15조), 유기성폐기물 직매립 금지 시행(2003년 7월) 및 기타 행정 규제 등으로 가축분뇨 해양투기량은 1997년에 51천㎥에서 2007년 2,029천㎥으로 무려 40배가 증가하였다.

따라서 가축분뇨 해양투기 급증에 따른 해양환경 손실을 방지하고, 육상처리 가능성을 최우선으로 평가하는 런던협약/의정서 규정을 준수하기 위하여 상기 규정은 해양환경관리법 시행규칙에 재도입되어야 할 것이다.

참고문헌

참고문헌

- 강원구, 2003. 전업농가의 분뇨처리 해결방안과 효율적인 자원화 방안, 월간 양돈 5월호
- 강정훈, 김웅서, 심재형, 2002. 독도 주변에서 춘계와 추계의 동물플랑크톤 종조성과 개체수. *Ocean and Polar Res.*, 24:407-417.
- 공태식, 음식물류 폐기물 자원화시설의 설치 및 운영현황평가에 의한 개선방안에 관한 연구, 서울산업대학교, 2004
- 국립농산물품질관리원, 2007. 농업통계정보; 가축통계
- 김동성, 이재학. 2000. 시화호 오염수 방류에 따른 중형저서동물의 군집 변동. *한국환경생물학회지*. 18, 205-216.
- 김동성, 이재학. 2001. 시화호 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 군집구조에 관하여. *한국환경생물학회지*, 19, 159-171.
- 김동성, 제종길, 신상호. 2000. 가막만의 중형저서생물을 활용한 오염모니터링. *한수지*. 33, 307-319.
- 김석현 등, 1998. 해양투기장 해역의 환경모니터링기술, 환경부 용역보고서, 747p.
- 김영일 등, 2007. 폐기물 해양배출 종합관리시스템 구축 (IV) 보고서, 해양수산부 용역보고서, 1,240p..
- 김훈수, 1973. 한국동식물도감-제 14권 동물편 (집게, 게)-문교부, pp. 694.
- 농림부, 환경부, 2004. 가축분뇨 관리·이용대책, 259p.
- 농촌진흥청, 2007. 가축분뇨 자원화 연구동향 및 금후 연구 추진방향 연구보고서, 260p.
- 명정인, 김병일, 이선명, 전길봉. 2002. 우리나라 어류도감. 다락원, p288.
- 박철, 최중기, 동해 전선역 동물플랑크톤 군집: 1. 종 목록, 우점종 분포, 중간 유연관계. *J. Korean Fish. Soc.*, 30:225-238.

- 박치호 등, 2002. 가축분뇨처리를 위한 Biogas 이용기술 개발 (축산분뇨를 이용한 Biogas 생산이용 현장적용 기술), 농촌진흥청 시험연구보고서
- 백의인, 1989. 한국동식물도감-제 31권 동물편 (갯지렁이)-. 문교부. pp. 764.
- 수도권매립지공사, 2005. 유기성오니 처리체계 개선에 관한 연구, 수도권매립지공사, 2005. 12
- 수도권매립지공사, 2005. 음식물류폐기물 수거·운반·처리비용 산정기준 제정을 위한 연구, 수도권매립지공사, 2005. 8
- 식약청, 2000. 식품공전. 43p.
- 이재학, 박자양, 박홍식, 이형곤, 김동성. 2003. 저서오염지수 (BPI)를 이용한 시화호 환경평가. *Ocean and Polar Res.*, 25, 183-200.
- 이창래, 박철, 문창호, 2004. 울산-감포 해역의 냉수 출현과 동물플랑크톤 분포. 바다, 9:51-63.
- 정재춘 외, 「음식물류폐기물 수거 운반 처리비용 산정기준 제정을 위한 연구」, 수도권매립지관리공사, 2005.8
- 정창수 등, 2004. 하수오니 해양배출 평가체제 개발 연구용역, 해양수산부, 390p.
- 정창수, 1989. 서해중부해역의 모악류 분포에 관한 연구. 인하대학교 석사학위 논문. 87pp.
- 정창수, 2005. 런던협약 및 폐기물 배출해역 환경상태; 가축분뇨 해양배출 현황과 전망 세미나, '05. 6. 15 한국축산환경시설기기협회 개최, 31-44p.
- 최미희, 서세욱, 유기성 폐기물 자원화 사업별 환경성 경제성 분석, 사업평가 현안분석 제14호, 국회예산정책처 2006.6
- 최진우, 현상민, 장만. 2003. 저서동물에 의한 여름철 광양만의 저서환경 상태파악, 환경생물학회지, 21, 101-113.
- 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축(II): 법제편(해양수산부 : 2005.12)
- 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축(III): 법제편(해양수산부 : 2006.12)
- 해양경찰청, 2007. 연구보고서 2권, 214p.

- 해양수산부, 2005. 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축 (II); 최종보고서. 867-878 pp.
- 현정호, 목진숙, 조혜연, 조병철, 최중기, 2004. 하계 강화도 갯벌의 혐기성 유기물 분해능 및 황산염 환원력. 한국습지학회, 6:117-132
- 홍기훈, 김석현, 정창수, 김영일, 2003. 런던협약의 이해; 국가 폐기물 및 기타 물질의 최종처분 관리 정책 자료집, 범신사, 304p.
- 홍기훈, 김석현, 정창수, 정종률, 2000. 해양환경영향평가개론; 폐기물 및 기타 물질 최종처분과 해양환경관리, 시그마프레스, 502p.
- 환경부, 2005. 환경과 경제를 살리는 일 남은 은식물 자원화(음식물류폐기물 처리시설 운영사례), 환경부, 한국환경자원공사, 2005. 8
- ASTM, 1995. Standard guide for conducting static acute toxicity tests with echinoid embryos. E1563-95. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. 19 pp.
- ASTM. 1996. Standard guide for acute toxicity test with the rotifer Brachionus. ASTM 11.05, E1440-91, American Soc. Testing and Ma
- Badsha, K.S., and M. Sainsbury. 1977. Uptake of zinc, lead and cadmium by young whiting in the Severn estuary. Marine Pollution Bulletin 8:164-166.
- Bohn, A., and B.W. Fails. 1978. Metal concentrations(As, Cd, Cu, Pb, and Zn) in shorthorn sculpins. *Myoxocephalus scorpius* (Linnaeus) and Arctic char,
- Bohn, A., and B.W. Fails. 1978. Metal concentrations(As, Cd, Cu, Pb, and Zn) in shorthorn sculpins. *Myoxocephalus scorpius* (Linnaeus) and Arctic char, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus), from the vicinity of Strathcona Sound, Northwest Territories. Water Research. 12:659-663.

- Borja, A., J. Franco and V. Pérez, 2000. A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Poll. Bull.*, 40, 1100-1114.
- Borja, A., J. Franco and V. Pérez, 2000. A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Poll. Bull.*, 40, 1100-1114.
- Borja, A., J. Franco and V. Perez. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Mar. Poll. Bull.*, 40, 1100-1114.
- Butterworth, J., P. Lester, and G. Nickess. 1972. Distribution of heavy metals in the Seven estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 3:72-74.
- Carr, R.S. E.R. Long, H.L. Windom, D.C. Chapman, G. Thursby, G. Sloane, and D.A. Wolfe, 1996. Sediment quality assessment studies of Tampa Bay, Florida. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15(7): 1218-1231.
- Chen S-Y. and Lin J-G., 2004. Bioleaching of heavy metals from livestock sludge by indigenous sulfur-oxidizing bacteria: effects of sludge solids concentration. *CHEMOSPHERE*, Vol. 54, No. 3, 283-289.
- Cheng, Q. et al., 1974. On the plankton copepods of the Yellow Sea. Cyclopoida and Harpacticoida. *Studia Marina Sinica* :27-100.
- Cheng, Q., S. Zhang, 1965. The planktonic copepods of the East China Sea. Calanoida. *Studia Marina Sinica*. 7:20-122.
- Cho, Y.-K., and K. Kim, 1998; Structure of the Korea Strait bottom cold water and its seasonal variation in 1991, *Continental Shelf Research*, 18, 791-804
- Coull, B.C. 1999. Role of meiofauna estuarine soft-bottom habitats, *Australian J. Ecol.*, 24, 327-343.

- Coull, B.C. and T. Chandler. 1992. Pollution and meiofauna : Field, laboratory, and mesocosm studies. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 30, 191-271.
- Coull, B.C., G.R.F. Hicks and J.B.J. Wells. 1981. Nematode/Copepod ratio for monitoring pollution: A rebuttal. *Mar. Poll. Bull.*, 12, 378-381.
- Dinnel, P.A., J.M. Link, and Q.J. Stober, 1987. Improved methodology for a sea urchin sperm cell bioassay for marine waters. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 16: 23-32.
- Dinnel, P.A., Q.J. Stober, S.C. Crumley, and R.E. Nakatani, 1982. Development of a sperm cell toxicity test for marine waters. In: Pearson, J.G., Foster, R.B., and Bishop, W.E. (eds.) *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Fifth conference*, ASTM STP 766. American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA. 82098.
- Dunnett, C. W. 1964. New table for multiple comparisons with a control, *Biometrics*, 20, 482.
- FAO/WHO Food and Agriculture Organization / World Health Organization. 1992. Evaluation of certain food additives and of contaminants Hg, Pb, and Cd. 16th report, Rome, p84.
- Forget, J. 1998. Neurotoxic impact of contaminants on the acetylcholinesterase activity of the marine copepod *Tigriopus brevicornis* (Muller) Ph.D. Thesis, University of Paris VI, 180pp
- Fulks, W. and K.L. Main. 1991. Rotifer and microalgae culture. Proceedings of a US-Asia Workshop. The Oceanic Institute, Makapuu Point, Hawaii USA. 364 pp.
- Hill J, Weigert RG (1980) Microcosms in ecological modeling. In: Giesy JP, (ed) *Microcosms in Ecological Research*. U. S. Department of Energy, Symp. 52. National Information Service, Springfield, VA. pp 138-163

- Hill, R.T., W.L. Straube, A.C. Palmisano, S.L. Gibson and R.R. Colwell. 1996. Distribution of sewage indicated by *Clostridium perrfingens* at a deep-water disposal site after cessation of sewage disposal. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 1741-1746.
- Horowitz, A., and B.J. Presley. 1977. Trace metal concentrations and partitioning in zooplankton, neuston, and benthos from the south Texas outer continental shelf. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 5:241-225.
- Hsu J.H., and Lo S.L., 1999. Recycling of separated pig manure: characterization of maturity and chemical fractionation of elements during composting. *WATER SCIENCE & TECHNOLOGY*. Vol. 40, No. 1, 121-127.
- Ireland, M.P., and R.J. Wootton. 1977. Distribution of lead, zinc, copper and manganese in the marine gastropods *Thais lapillus* and *Littorina littorea* around the coast of Wales. *Environmental Pollution*. 12:27-41.
- ISO. 1995. Water quality - Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*. ISO 10253:1995(E).
- Kim, D. Y., 1985. Taxonomical study on Calanoid Copepod in Korean Waters. HanYang Univ. Ph.D Thesis. 240 pp.
- Kim, D.S., J.W. Choi and J.G. Ge 1998. Community structure of meiobenthos for monitoring pollution in mariculture farms in Tongyung coastal area, Southern Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 217-225.
- Kim, Y. H., Y.-B. Kim, K. Kim, K.-I. Chang, S. J. Lyu, Y.-K. Cho, and W. Teague, 2007; Seasonal variation of the Korea Strait bottom cold water and its relation to the bottom current, *Geophysical Research Letters*, 33, L24604, doi:10.1029/2006GL027625

- Kobayashi, N. 1981. Comparative toxicity of various chemicals, oil extracts, and oil dispersant extracts to Canadian and Japanese sea urchin eggs. *Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.*, 226: 123-133.
- Komis, A. 1992. Improved production and utilization of the rotifer *Brachionus plicatilis* Muller in European sea bream (*Sparus auratus* Linnaeus) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus) larviculture. Ph.D. thesis, Univ. of Ghent, Belgium.
- Kostka, J.E., B. Gribsholt, E. Petrie, D. Dalton, H. Skelton, and E. Kristensen, 2002b. The rates and pathways of carbon oxidation in bioturbated saltmarsh sediments, *Limnol. Oceanogr.*, 47: 230-240.
- Kress, N., H. Hornung and B. Herut. 1998. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in Deep Sea Benthic Fauna from the Southeastern Mediterranean Sea_ A Comparison Study Between Fauna Collected at a Pristine Area and at Two Waste Disposal Sites. *Mar. Pollut. Bull.*, 36, 911-921.
- Kristensen, E., A.H. Devol, S.I. Ahmed, and S. Monawwar, 1992. Preliminary study of benthic metabolisms and sulfate reduction in a mangrove swamp of the Indus Delta, Pakistan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 90:287-297.
- Kristensen, E., F. Ø. Anderson, N. Holmboe, M. Holmer, and N. Thongtham, 2000. Carbon and nitrogen mineralization in sediments of the Bangrong mangrove area, Phuket, Thailand. *Aquat. Microb. Ecol.* 22: 199-213.
- Kwok, K. W. H., and K. M. Y. Leung. 2005. Toxicity of antifouling biocides to the intertidal harpacticoid copepod *Tigropus japonicus* (Crustacea, Copepoda) : Effects of temperature and salinity. *Marine pollution Bulletin* 51 : 830 - 837.
- Landau and Lifshitz, 1959, Fluid Mechanics, Pergamonn Press

- Lande, D. 1977. Heavy metal pollution in Trondheimsfjorden, Norway, and the recorded effects on the fauna and flora. *Environmental Pollution*. 12:187-197.
- Lee, C.-H., 2000. A study on the sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) bioassay: Sperm and fertilized egg tests. Ph.D. Thesis. Seoul National University. 185 pp. (in Korean)
- Lee, D.-K., and Niiler P. P. 2005; The energetic surface circulation patterns of the Japan-East Sea. *Deep-Sea Research II*, 1547-1563.
- Margalef, R. 1969. Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence. Pages 25-37 in *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Symp. Biol. no. 22.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36-71.
- Marine Consents and Environment Unit. 2001. *The Control of Marine Works, Dredging & Disposal at Sea and Approval of Oil Dispersants*.
- McAllen R, Taylor Ac, Davenport J. 1999. The effects of temperature and oxygen partial pressure on the rate of oxygen consumption of the high shore rock pool copepod *Tigropus brevicornis*. *Comp Biochem physiol A* 123 : 195 - 202
- McAllen, R., Taylor, A. 2001. The effect of salinity change on the oxygen consumption and swimming activity of the high-shore rockpool copepod *Tigriopus brevicornis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263: 227-240.
- MCMU(Marine Consents and Environment Unit), Incorporating Licence & Approval Charge Effective From 1 November 2004, 'The control of marine works dredging / disposal at sea and approval of oil dispersants' .

- Meador, J.P., B.D. Ross, P.A. Dinnel, and S.J. Picquelle, 1990. An analysis of relationship between a sand-dollar embryo elutriate assay and sediment contaminants from stations in an urban embayment of Puget Sound, Washington. *Mar. Environ. Res.*, 30: 251-272.
- Moore. J.W. and Ramamoorthy S. 1983. *Heavy Metals in Natural Waters*. New York Berlin Heidelberg Tokyo.
- Mori, T., 1964. The pelagic copepoda from the Neighbouring Waters of Japan. 326 pp.
- Nacci, D.E., R. Walsh, and E. Jackim, 1986. Guidance manual for conducting sperm cell tests with the sea urchin, *Arbacia punctulata*, for use in testing complex effluents. In: *Aquatic Toxicology Testing Manual*. USEPA Environmental Res. Lab., Narragansett, R.I. 34 pp.
- NIWA. 1998. Marine Algae (*Dunaliella tertiolecta*) Chronic Toxicity Test Protocol, National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, 30pp
- Nogrady, T., R. L. Wallace, and T. W. Snell. 1993. Rotifera. In H. J. Dumont (ed.), *Biology, ecology and systematics*. Vol. 1, Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishers bv, The Hague, The Netherlands.
- OECD. 1996. "Integrated Pollution Prevention and Control : the Status of Member Country Implement of Council Recommendation C(90) 164/Final" ; "Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control" ; Official Journal of the European Communities L257/26-40.
- Oh, I. S., V. Zhurbas, W. Park, 2000; Estimating horizontal diffusivity in the East Sea (Sea of Japan) and the northwest Pacific from satellite-tracked drifter data, *J. Geophysical Research*, 105 (C3), 6483-6492

- Pagano, G., M. Cipollaro, G. Corsale, A. Esposito, E. Ragucci, G.G. Giordano, and N.M. Trieff, 1986. The sea urchin: Bioassay for the assessment of damage from environmental contaminants. In: Cairns, J. Jr. (ed.), Community Toxicology Testing. ASTM STP 920. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. 66-92.
- Park, G.S., C.S. Chung, S.H. Lee, G.H. Hong, S.H Kim, S.Y. Park, S.J. Yoon, and S.m. Lee. 2005. Ecotoxicological evaluation of sewage sludge using bioluminescent marine bacteria and rotifers. *Ocean Science Journal* 40(2): 91-100
- Reiss, H. and I. Kröncke. 2005. Seasonal variability of benthic indices: An approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. *Mar. Pollut. Bull.*, 50, 1490-1499.
- Park, Y.-G., K.-H. Oh, K.-I Chang, and M.-S. Suk, 2004, Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats, *Geophysical Research Letters*,31, L13213, doi:10.1029/2004GL020424
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16, 229-311.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13:131-144.
- Roth, I, and H. Hornung. 1977. Heavy metal concentrations in water, sediments and fish fro Mediterranean coastal area, Israel. *Environmental Science and Technology* 11:265-269.
- Schratzbergera, M., S.G. Bolamb, P. Whomersleyb, K. Warra and H.L. Rees. 2004. Development of a meiobenthic nematode community following the intertidal placement of various types of sediment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 303, 79-96.

- Shannon, C.E., and W. Weaver, 1963. Diversity indices. In Ludwig, J.A., and J.F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. John Wiley & Sons, pp. 89-92.
- Shapiro, S. S. and M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete sample), *Biometrika*, 52, 591-611.
- Shiber, J.G. 1981. Metal concentrations in certain coastal organism from Beirut. *Hydrobiologia* 83:181-195.
- Shim, J.H., T.S. Lee, Studies of the plankton in the Southern Waters of the East Sea(III) zooplankton-standing stock, composition and distribution. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 21:146-155.
- Simboura, N., E. Papathanassiou and D. Sakellariou. 2007. The use of a biotic index (Bentix) in assessing long-term effects of dumping coarse metalliferous waste on soft bottom benthic communities. *Ecological Indicators*, 7, 164-180.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1989. Statistical Methods, 8th Edition, Iowa State University Press, 502pp.
- Snell, T. W., and Persoone, G. 1989. Acute Toxicity Bioassays Using Rotifers: I. A Test for the Marine Environment with *Brachionus plicatilis*, *Aquatic Toxicology*, Vol 14 : 65-80.
- Sokal, R.R. and F.J. Rholf, 1981. Biometry, 2nd edition. W.H. Freeman, San Francisco, CA, USA. 776 pp.
- Stenner, R.D., and G. Nickless. 1974. Absorption of cadmium, copper and zinc by dog whelks in the Bristol Channel. *Nature* 247:198-199
- Teague, W., D. Ko, G. Jacobs, H. Perkins, J. Book, S. Smith, K.-I. Chang, M.-S. Suk, K. Kim, S. J. Lyu, and T. Tang, 2006; Currents through the Korea/Tsushima Strait-A review of LINKS observations, *Oceanography* 19(3), 50-63

- Teague, W., G. Jacobs, H. Perkins, J. Book, K.-I. Chang, and M.-S. Suk, 2002; Low-frequency current observations in the Korea/Tsushima strait, *Journal of Physical Oceanography*, 32, 1621-1641
- U.S. EPA OPPT. 2005. Sediment Management Work Group Comments on U.S. EPA' 'S PCB Cleanup and Disposal Regulations.
- UNESCO, 1976. Zooplankton fixation and preservation. UNESCO Press, Paris:1-350.
- United States Environmental Protection Agency Washington, D.C. 2002. Principles for Managing Contaminated Sediment Risks at Hazardous Waste Sites.
- USEPA, 1995. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms. United States Environmental Protection Agency, EPA/600/R-95/136.
- USEPA,2002, "Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving water to freshwater and marine organisms", United States Environmental Protection Agency, 1~122.
- Van den Broek, W.L.F. 1979. Seasonal levels of chlorinated hydrocarbons and heavy metals in fish and brown shrimps from the Medway Estuary, Kent. *Environmental Pollution*. 19:21-38.
- Weisberg, S.B., J.A. Ranasinghe, D.M. Dauer, L.C. Schaffner, R.J. Diaz and J.B. Frithsen. 1997. An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for the Chesapeake Bay. *Estuaries*, 20, 149-158.
- Won, N.-I., 2000. Sea urchin bioassay using Korean purple sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. Standardization of well plate method. MS Thesis. Seoul National University. 106 pp. (in Korean)

- Word, J.Q. 1978. The infaunal trophic index, in southern California Coastal Water Reseacher project Annual Report, El Segundo, CA, pp. 19-39.
- Young, D.R., T.K. Jan, and T.C. Heesen. 1978. Cycling of ttrace metal chlorinated hydrocarbon wastes in the southern California Bight. In; M.L. Wiley (ed), Estuarine interactions. Academic Press, New York, pp 481-496.

부록



부록 2-5-1 서해명해역 해수성분 농도

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl.-a (ug/L)	
YB-003	2008. 7/14	0	11	22.63	31.82	8.28	7.43	0.45	1.2	3.79	2.78	0.25	0.023	0.167	4.108	4.532	0.483	8.520	0.599	0.59	0.103	
		10		22.50	31.95	8.29	7.41	0.18		3.86	2.91	0.60	0.026	0.113	1.708	2.550	0.441	1.438	0.616	0.60	0.120	
		20		15.92	32.26	8.33	8.57	0.99		3.53	2.96	0.29	0.031	0.099	2.120	1.873	0.432	1.299	0.845	0.54	0.222	
		30		6.93	32.50	8.13	8.79	0.99	1.6	3.87	2.96	0.60	0.028	0.177	4.468	3.010	0.594	5.300	1.620	0.52	0.579	
		50		6.96	32.62	7.99	7.70	1.16		3.06	6.13	1.11	0.033	0.101	8.910	2.413	0.673	7.608	0.146	0.35	0.134	
		bt		6.91	32.66	7.97	7.46	1.72		4.28	3.01	1.09	0.043	0.115	10.047	2.815	0.998	10.213	0.095	0.27	0.444	
YB-005	2008. 7/13	0		23.28	31.73	8.29	7.37	1.87	1.6	3.94	3.97	0.74	0.029	0.132	2.167	2.588	0.533	1.775	0.454	0.58	0.342	
		10		22.45	31.80	8.32	7.38	0.48		3.61	4.05	0.74	0.032	0.076	1.190	1.1341	0.478	1.075	0.780	0.55	0.802	
		20		16.75	32.18	8.36	8.08	0.58		3.89	3.79	1.12	0.024	0.090	0.661	1.203	0.346	0.712	1.630	0.58	1.039	
		30		8.43	32.55	8.01	9.04	1.47	0.4	4.45	3.93	1.71	0.056	0.314	3.887	3.473	0.618	6.348	1.500	0.54	1.261	
		50		6.98	32.65	8.03	7.54	2.09		4.02	4.00	1.34	0.059	0.097	6.473	1.004	0.812	7.210	0.119	0.25	0.445	
		bt		6.95	32.65	8.00	7.44	2.41		4.02	3.83	1.34	0.043	0.217	9.301	1.087	1.125	11.423	0.086	0.19	0.430	
YB-007	2008. 7/14	0		21.17	31.98	8.27	7.71	0.37	1.6	3.99	2.93	0.74	0.019	0.072	0.480	0.989	0.439	1.234	0.457	0.60	0.669	
		10		21.27	32.01	8.31	7.56	0.29		3.85	3.05	1.53	0.021	0.124	1.917	1.194	0.356	1.145	0.843	0.56	0.581	
		20		14.19	32.29	8.24	8.95	0.52		4.09	3.45	1.36	0.035	0.117	2.139	1.140	0.337	2.347	1.580	0.54	1.536	
		30		7.19	32.65	8.00	8.54	1.14	2.0	4.14	2.89	1.38	0.038	0.212	5.381	1.231	0.622	5.895	1.870	0.51	1.379	
		50		6.82	32.67	7.95	7.46	1.06		3.77	2.87	1.57	0.043	0.169	6.615	1.863	0.904	5.385	0.222	0.40	0.360	
		bt		6.83	32.69	7.93	7.35	4.05		4.27	2.89	1.55	0.046	0.117	6.781	0.801	0.989	6.479	0.089	0.25	0.226	
YB-011	2005. 5/14	0		13.03	32.34	8.22	7.79		2.1					0.068	0.119	0.654	0.204	0.750	0.193	0.30	0.221	
		10		11.31	32.37	8.24	8.05								0.043	0.055	0.273	0.241	0.954	0.416	0.45	0.389
		20		10.98	32.41	8.27	8.12								0.052	0.096	0.222	0.173	0.915	0.360	0.19	0.901
		30		7.99	32.41	8.13	8.28		2.4						0.090	0.822	0.219	0.376	4.486	3.070	0.49	1.531
		50		6.89	32.55	8.06	7.05								0.094	1.703	0.272	0.674	9.250	0.120	0.22	0.323
		bt		6.98	32.58	8.08	6.96		0.7						0.064	1.575	0.355	0.647	9.750	0.077	0.15	0.309

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-013	2005.	0	16	13.04	32.36	8.26	7.73	1.3						0.069	0.230	0.449	0.209	1.061	0.148	0.22	0.442
	5/14	10		11.41	32.36	8.36	7.95							0.048	0.093	0.269	0.183	1.347	0.228	0.22	0.625
		20		11.15	32.34	8.36	8.17							0.043	0.040	0.238	0.130	0.653	0.513	0.29	0.901
		30		7.27	32.35	8.28	8.43	2.3						0.053	0.223	0.219	0.224	2.179	8.955	0.48	3.320
		50		6.66	32.51	8.13	6.90							0.071	1.939	0.219	0.958	10.482	0.219	0.40	0.172
		bt		6.74	32.60	8.12	6.68	1.2						0.078	1.958	0.562	0.993	11.109	0.239	0.35	0.308
YB-014	2005.	0		12.16	32.42	8.28	7.77	2.8						0.018	0.256	0.077	0.045	0.758	3.040	0.73	0.410
	5/13	10		11.59	32.40	8.24	7.87							0.018	0.116	0.071	0.040	0.805	4.336	0.66	0.786
		20		11.05	32.39	8.27	8.08							0.018	0.122	0.151	0.045	1.003	5.720	0.56	1.280
		30		7.67	32.46	8.21	8.52	0.4						0.045	0.334	0.305	0.174	3.291	8.560	0.55	2.150
		50		6.64	32.57	8.06	6.89							0.045	1.639	0.957	0.392	8.402	1.718	0.40	0.620
		bt		6.65	32.58	8.04	6.79	1.6						0.058	2.080	1.479	0.337	7.699	0.950	0.36	0.295
YB-016	2005.	0		12.45	32.45	8.34	7.83	1.6						0.026	0.085	0.067	0.160	1.139	0.869	0.38	0.243
	5/13	10		11.45	32.46	8.36	7.95							0.016	0.025	0.031	0.080	1.069	0.596	0.34	0.189
		20		10.93	32.43	8.38	8.20	0.8						0.017	0.123	0.042	0.129	0.781	0.918	0.36	0.292
		30		7.69	32.49	8.27	8.15							0.020	0.073	0.068	0.134	2.550	3.916	0.48	1.072
		50		6.66	32.59	8.11	6.76							0.064	2.250	0.715	0.601	10.840	0.927	0.33	0.409
		bt		6.66	32.59	8.10	6.74	1.2						0.065	1.930	0.649	0.723	10.046	1.168	0.36	0.428
YB-019	2008.	0	10	23.56	31.45	8.29	7.36	0.27	2.0	4.02	2.73	0.08	0.018	0.156	1.698	1.927	0.583	11.400	0.381	0.42	0.477
	7/14	10		23.21	31.62	8.30	7.36	0.29		4.03	2.67	0.10	0.023	0.067	0.819	2.217	0.486	1.462	0.493	0.47	0.342
		20		16.95	32.48	8.30	8.14	0.38		4.00	5.27	0.10	0.026	0.114	1.312	2.571	0.254	1.662	0.517	0.42	0.476
		30		12.90	32.77	8.28	8.65	0.57	2.8	3.79	2.47	0.26	0.031	0.074	1.103	3.427	0.431	3.031	0.772	0.48	0.817
		50		7.70	32.74	8.01	7.74	1.58		4.04	2.44	0.56	0.034	0.098	7.436	0.683	0.910	11.180	0.052	0.15	0.342
		bt		6.95	32.69	7.93	7.31	2.15	2.8	4.23	2.98	0.74	0.026	0.130	10.820	2.466	1.230	10.322	0.036	0.11	0.326

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-021	2008	0		23.44	31.53	8.31	7.41	0.78	0.8	4.23	4.21	0.26	0.013	0.125	2.651	3.001	0.670	1.036	0.660	0.53	0.770
	7/13	10		23.13	31.76	8.31	7.41	1.15		4.08	3.91	0.42	0.015	0.123	1.749	2.240	0.664	1.334	0.694	0.57	0.787
		20		16.05	32.22	8.31	8.47	0.27		3.93	3.54	0.51	0.015	0.059	0.576	0.753	0.616	1.114	1.400	0.57	1.584
		30		7.95	32.58	8.12	8.89	0.53	2.0	2.74	3.78	0.41	0.023	0.155	3.707	1.601	0.727	5.451	2.400	0.51	2.278
		50		6.92	32.65	8.01	7.73	0.50		4.01	3.69	0.72	0.046	0.078	5.921	0.923	0.782	6.549	0.326	0.42	0.550
	bt			6.88	32.71	7.96	7.26	2.00	2.0	3.84	3.13	0.95	0.043	0.099	9.996	2.063	1.189	10.561	0.085	0.22	0.463
YB-023	2008	0		22.52	31.83	8.29	7.48	1.03	2.0	3.63	3.76	0.52	0.018	0.092	0.458	1.160	0.622	0.677	0.567	0.57	0.493
	7/13	10		22.43	31.90	8.32	7.47	0.77		3.75	3.18	0.20	0.026	0.064	0.811	1.296	0.562	0.565	0.909	0.56	0.802
		20		16.19	32.26	8.32	8.67	0.34		3.54	3.79	0.38	0.031	0.086	0.935	1.021	0.676	0.406	1.500	0.56	1.038
		30		8.14	32.55	8.07	9.22	0.79	1.6	3.60	3.94	0.30	0.036	0.139	4.185	1.501	0.407	4.686	1.020	0.39	0.935
		50		6.86	32.71	7.96	7.55	2.35		3.21	3.98	0.71	0.051	0.100	8.714	0.980	0.777	8.516	0.134	0.34	0.242
	bt			6.80	32.72	7.93	7.27	3.15	0.8	3.94	4.00	1.53	0.049	0.129	11.650	1.236	1.178	11.319	0.126	0.30	0.224
YB-025	2008	0		22.05	31.86	8.28	7.52	0.71	2.8	3.24	3.71	0.42	0.015	0.101	2.062	1.324	0.310	1.446	0.530	0.57	0.770
	7/13	10		21.78	31.94	8.31	7.50	0.46		4.29	3.76	0.27	0.026	0.096	1.697	0.529	0.240	0.511	0.905	0.58	1.007
		20		15.21	32.26	8.31	8.72	0.48		4.08	3.56	0.42	0.031	0.075	1.421	0.953	0.187	0.924	1.540	0.56	1.242
		30		7.39	32.67	8.05	8.53	0.61	3.2	4.49	4.02	0.75	0.034	0.148	5.148	1.276	0.498	8.041	1.990	0.49	2.026
		50		6.81	32.70	7.95	7.37	1.38		4.00	3.79	1.10	0.036	0.094	10.410	1.160	1.023	9.487	0.089	0.25	0.241
	bt			6.80	32.71	7.93	7.26	1.58	0.8	3.86	3.73	0.71	0.028	0.093	11.267	1.389	1.096	10.530	0.062	0.18	0.123
YB-029	2005.	0		11.61	32.42	8.23	7.95		1.6					0.043	0.313	0.739	0.010	1.124	4.300	0.53	0.510
	5/12	10		11.56	32.42	8.26	7.99							0.028	0.126	0.602	0.014	1.265	4.280	0.58	0.430
		20		10.62	32.35	8.29	8.32							0.049	0.542	0.820	0.008	0.561	4.490	0.52	0.700
		30		7.59	32.44	8.23	9.69	2.4						0.036	0.337	0.757	0.012	0.831	9.500	0.55	2.390
		50		6.61	32.51	8.06	7.16							0.060	1.863	1.529	0.025	8.525	0.758	0.40	0.156
	bt			6.67	32.54	8.05	7.06	1.6						0.068	2.110	1.687	0.088	11.584	0.260	0.13	0.292

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sal. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)		
YB-031	2005 5/15	0		11.75	32.38	8.22	7.81		1.6					0.040	0.564	1.109	0.020	0.336	2.709	0.45	0.374		
		10		11.62	32.38	8.16	7.86								0.029	0.253	0.773	0.035	0.432	3.047	0.53	0.340	
		20		10.60	32.38	8.21	8.19									0.027	0.126	0.835	0.030	0.682	4.580	0.53	0.546
		30		7.42	32.48	8.13	8.27			3.2						0.049	0.243	1.427	0.020	0.352	4.200	0.42	1.130
		50		6.63	32.53	8.00	6.95									0.058	1.596	1.929	0.134	5.987	0.580	0.31	0.188
		bt		6.72	32.58	7.98	6.82		0.4					0.079	1.914	3.564	0.209	7.787	0.819	0.26	0.632		
YB-032	2005 5/15	0		11.55	32.42	8.06	7.86		3.6					0.049	0.361	0.598	0.022	0.836	1.074	0.35	0.051		
		10		11.20	32.43	8.12	8.01								0.052	0.509	1.200	0.029	0.718	1.250	0.36	0.168	
		20		10.46	32.39	8.13	9.07									0.054	0.293	0.869	0.027	1.073	3.360	0.46	0.679
		30		7.33	32.47	8.04	7.98			0.2						0.078	0.762	1.384	0.038	2.035	5.477	0.46	1.400
		50		6.76	32.63	7.91	6.69									0.086	2.494	3.718	0.143	8.860	0.767	0.25	0.309
		bt		6.76	32.63	7.92	6.67		0.8					0.078	1.970	3.364	0.186	11.214	0.730	0.20	0.625		
YB-034	2005	0		11.60	32.44	8.14	7.81		1.2					0.041	0.203	0.661	0.036	0.491	0.890	0.29	0.232		
		10		11.58	32.43	8.31	7.91								0.064	0.448	0.721	0.066	1.469	1.090	0.32	0.297	
		20		10.32	32.45	8.31	8.23									0.075	0.480	0.904	0.060	1.927	2.300	0.39	0.770
		30		7.80	32.54	8.23	8.12			0.8						0.045	0.513	0.609	0.030	1.371	4.506	0.43	1.430
		50		6.71	32.62	8.06	6.76									0.037	1.922	1.878	0.267	9.532	0.570	0.20	0.460
		bt		6.74	32.63	8.05	6.76		1.0					0.230	3.409	2.756	0.358	10.934	1.810	0.40	0.930		
YB-037	2008 7/14	0		22.61	32.28	8.29	7.46	0.27	1.2	4.59	3.51	1.32	0.010	0.127	1.028	1.539	0.415	0.627	0.515	0.59	0.443		
		10		21.71	32.41	8.31	7.46	0.28		4.52	3.78	0.85	0.010	0.107	1.247	1.110	0.337	0.248	0.540	0.57	0.135		
		20		17.13	32.44	8.31	8.14	1.40		5.21	3.77	1.04	0.015	0.069	0.573	0.797	0.284	0.356	0.570	0.55	0.490		
		30		12.62	32.55	8.30	8.67	0.54	0.4	5.05	3.48	1.02	0.020	0.076	0.862	2.051	0.235	0.723	1.180	0.53	1.034		
		50		7.09	32.68	8.01	7.74	1.44		5.15	3.51	1.06	0.031	0.076	5.365	0.544	0.731	6.143	0.768	0.47	0.901		
		bt		7.10	32.72	7.97	7.25	4.33	0.8	4.76	2.95	1.23	0.041	0.169	6.674	1.204	0.807	10.051	0.123	0.28	0.130		

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)	
YB-039	2008	0		22.23	32.50	8.31	7.47	1.36	1.6	3.78	3.35	0.50	0.013	0.066	0.497	1.514	0.278	0.163	0.294	0.53	0.019	
	7/8	10		22.22	32.51	8.33	7.47	0.56		4.34	3.49	0.29	0.013	0.104	0.748	1.297	0.261	0.855	0.492	0.58	0.087	
		20		18.37	32.56	8.34	7.94	1.18		4.18	4.39	0.53	0.023	0.060	0.681	1.074	0.132	0.093	0.538	0.57	0.490	
		30		12.89	32.53	8.29	8.66	2.10	0.8		4.1	3.39	0.98	0.028	0.071	0.538	0.519	0.197	1.701	1.530	0.54	1.139
		50		6.89	32.72	7.98	7.42	1.94			4.17	2.97	0.65	0.041	0.097	8.175	0.806	0.868	8.714	0.190	0.37	0.562
		bt		6.87	32.73	7.95	7.26	3.30	1.2		4.23	3.52	0.76	0.047	0.142	7.989	1.021	1.096	9.355	0.112	0.25	0.170
YB-041	2008	0		22.41	32.43	8.31	7.40	1.36	1.6	3.74	4.77	0.09	0.018	0.094	0.806	1.289	0.439	0.739	0.364	0.54	0.356	
	7/8	10		21.36	32.47	8.33	7.48	0.32		3.51	3.41	0.91	0.026	0.097	1.263	1.358	0.356	0.418	0.423	0.55	0.270	
		20		18.13	32.34	8.35	7.95	0.21		3.81	3.75	0.26	0.028	0.132	0.879	2.000	0.351	0.866	0.498	0.52	0.460	
		30		9.14	32.50	8.18	8.87	2.14	1.2		3.94	4.03	1.10	0.034	0.117	1.604	1.228	0.421	2.536	1.630	0.56	1.563
		50		6.84	32.77	7.97	7.42	1.83			3.82	3.74	0.36	0.041	0.137	6.595	1.423	0.859	7.701	0.119	0.26	0.356
		bt		6.85	32.77	7.95	7.27	3.83	2.0		3.66	3.83	0.89	0.031	0.164	11.646	1.384	1.264	9.560	0.126	0.29	0.703
YB-043	2008	0		22.22	32.49	8.32	7.43	0.33	1.6	3.77	3.64	0.15	0.020	0.104	1.620	1.362	0.139	0.804	0.388	0.56	0.696	
	7/8	10		21.49	32.45	8.33	7.48	1.50		3.2	3.41	0.11	0.026	0.082	0.631	0.695	0.101	0.209	0.454	0.59	0.562	
		20		15.83	32.23	8.35	8.08	0.61		3.23	3.56	0.11	0.028	0.129	1.995	0.927	0.179	0.047	0.779	0.56	0.563	
		30		7.08	32.64	8.04	8.96	1.53	2.4		4.75	3.14	0.55	0.031	0.152	8.118	1.074	0.461	8.211	1.021	0.51	0.696
		50		6.96	32.74	7.96	7.22	3.11			3.26	3.39	0.51	0.044	0.118	11.711	0.320	1.140	11.396	0.070	0.21	0.223
		bt		6.91	32.74	7.96	7.13	3.57	1.6		3.53	3.34	0.74	0.052	0.090	11.112	0.684	1.138	12.363	0.079	0.23	0.149
YB-047	2005	0		13.04	32.41	8.11	7.69		0.8					0.048	0.116	0.474	0.218	1.147	0.396	0.43	0.275	
	5/14	10		11.57	32.43	8.23	7.94							0.044	0.086	0.252	0.176	0.813	0.715	0.54	0.460	
		20		11.07	32.39	8.21	8.05							0.047	0.201	0.351	0.185	1.191	0.650	0.36	0.680	
		30		9.29	32.38	8.15	8.60	3.6						0.078	0.395	0.360	0.268	1.613	2.690	0.43	1.510	
		50		6.64	32.46	8.02	7.24							0.077	1.862	0.407	0.758	9.071	0.141	0.25	0.324	
		bt		6.73	32.56	8.01	6.96	1.2						0.089	1.972	0.542	0.832	10.338	0.102	0.19	0.372	

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-049	2005	0		13.23	32.36		7.65	0.8						0.099	0.180	0.839	0.191	0.350	0.239	0.35	0.347
	5/14	10		11.65	32.38		7.79							0.099	0.206	0.386	0.190	0.326	0.266	0.45	0.226
		20		11.12	32.37		8.03							0.048	0.055	0.506	0.157	0.291	0.578	0.52	0.435
		30		7.78	32.45		8.09	2.9						0.153	2.385	0.356	0.697	8.973	3.290	0.48	1.664
		50		6.57	32.49		6.97							0.107	2.005	0.590	0.741	9.359	0.137	0.27	0.308
		bt			6.74	32.58		6.91	1.2					0.074	0.620	0.500	0.774	12.615	0.300	0.42	0.323
YB-050	2005	0		13.13	32.39	8.12	7.60	0.5						0.061	0.139	0.653	0.296	1.323	0.179	0.36	0.173
	5/14	10		11.80	32.41	8.27	7.78							0.043	0.113	0.318	0.237	1.116	0.300	0.42	0.265
		20		11.11	32.39	8.27	8.03							0.041	0.060	0.285	0.161	1.313	0.437	0.44	0.410
		30		7.91	32.48	8.20	8.14	2.0						0.061	0.243	0.276	0.203	0.844	2.020	0.48	1.187
		50		7.00	32.60	8.07	7.03							0.066	1.759	0.264	0.815	9.388	0.279	0.35	0.426
		bt			6.84	32.63	8.03	6.89	0.1					0.067	1.965	0.690	0.947	10.955	0.110	0.20	0.348
YB-052	2005	0		13.23	32.43	8.05	7.59	1.9						0.049	0.102	0.344	0.224	1.313	0.270	0.44	0.323
	5/15	10		11.77	32.42	8.27	7.77							0.045	0.069	0.203	0.258	1.211	0.302	0.36	0.429
		20		10.94	32.42	8.25	8.04							0.059	0.156	0.179	0.225	1.143	0.650	0.48	0.661
		30		7.28	32.54	8.15	8.01	2.8						0.062	0.932	0.175	0.534	5.114	0.663	0.47	0.702
		50		6.78	32.61	8.05	6.86							0.125	2.248	0.312	0.963	11.324	0.114	0.21	0.355
		bt			6.80	32.62	8.05	6.80	0.7					0.069	1.824	0.654	0.868	10.294	0.081	0.16	0.372
YB-056	2005	0		11.60	32.39	8.30	7.97	1.6						0.034	0.273	0.625	0.032	6.998	3.294	0.48	0.410
	5/11	10		11.48	32.38	8.32	8.01							0.040	0.346	0.599	0.030	1.254	4.388	0.57	0.509
		20		10.31	32.36	8.31	8.24							0.034	0.305	0.401	0.025	0.663	8.470	0.62	1.440
		30		8.08	32.43	8.17	8.51	2.0						0.049	0.722	0.936	0.015	0.838	7.096	0.58	1.180
		50		6.94	32.56	8.12	7.17							0.055	1.295	1.066	0.136	3.466	1.279	0.51	0.172
		bt			6.99	32.59	8.11	7.11	0.8					0.060	1.839	1.217	0.154	11.235	0.602	0.33	0.205

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-058	2005.	0		11.78	32.39	8.24	7.86		7.2					0.055	0.233	0.448	0.016	0.647	3.316	0.56	0.736
	5/11	10		11.69	32.39	8.27	7.89							0.038	0.091	0.525	0.027	0.424	4.478	0.60	0.646
		20		10.79	32.38	8.29	8.10							0.046	0.469	0.477	0.020	0.311	4.904	0.54	1.274
		30		7.56	32.47	8.23	8.17	4.3						0.038	0.386	0.793	0.017	0.412	8.342	0.59	1.700
		50		6.79	32.58	8.07	7.18							0.051	1.582	0.791	0.103	3.318	0.927	0.44	0.095
		bt		6.98	32.66	8.06	7.18	1.2						0.056	1.893	1.135	0.089	5.915	0.399	0.30	0.068
YB-059	2005.	0		11.82	32.40	8.23	7.81		2.8					0.057	0.365	0.945	0.010	1.882	3.594	0.60	0.409
	5/11	10		11.62	32.39	8.27	7.85							0.038	0.230	0.567	0.015	2.833	3.842	0.60	0.440
		20		10.00	32.44	8.22	8.36							0.038	0.221	0.744	0.012	1.523	4.086	0.64	0.465
		30		7.18	32.48	8.16	7.73	2.8						0.054	0.596	1.805	0.008	1.818	8.300	0.58	1.546
		50		6.80	32.60	8.05	7.13							0.081	1.741	0.890	0.086	6.393	1.359	0.61	0.354
		bt		6.91	32.65	8.05	7.08	1.6						0.094	2.189	1.694	0.075	7.643	0.784	0.41	0.520
YB-061	2005.	0		11.81	32.45	8.19	7.93		1.2					0.028	0.407	1.080	0.012	1.324	4.460	0.60	0.500
	5/11	10		11.69	32.45	8.23	8.06							0.033	0.305	0.811	0.016	1.495	4.762	0.58	0.512
		20		10.76	32.46	8.25	8.29							0.052	0.340	0.937	0.012	1.235	9.370	0.62	1.660
		30		8.22	32.56	8.18	8.28	2.4						0.037	0.548	0.783	0.018	0.634	7.820	0.59	1.270
		50		6.96	32.68	8.04	7.14							0.056	2.258	1.749	0.096	5.853	0.691	0.38	0.054
		bt		6.96	32.68	8.03	7.13	1.2						0.058	2.300	1.777	0.142	6.925	0.900	0.41	0.272
YB-064	2008.	0	11	22.19	32.55	8.27	7.41	0.58	1.6	3.78	3.58	0.39	0.013	0.090	3.614	0.924	0.785	5.064	0.225	0.51	0.255
	7/8	10		20.65	32.47	8.30	7.49	0.18		3.85	2.54	0.31	0.015	0.117	3.838	2.092	0.580	1.523	0.799	0.56	0.459
		20		16.40	32.38	8.31	8.14	0.93		4.05	3.85	0.42	0.018	0.171	7.546	1.335	0.491	1.094	0.382	0.55	0.593
		30		11.01	32.60	8.25	8.71	0.22	2.4	4.24	3.21	0.51	0.015	0.152	5.913	1.740	0.399	2.115	0.814	0.47	0.799
		50		7.48	32.73	8.01	7.53	3.35		4.49	3.8	0.78	0.041	0.102	10.153	1.974	0.973	9.877	0.120	0.29	0.309
		bt		7.45	32.72	8.00	7.41	5.23	1.6	4.92	2.91	0.76	0.043	0.316	17.881	3.692	0.980	12.007	0.110	0.24	0.170

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-066	2008. 7/8	0	11	21.49	32.48	8.26	7.50	0.15	2.0	3.56	3.46	0.33	0.024	0.095	2.232	0.887	0.518	1.133	0.238	0.53	0.426
		10		20.95	32.45	8.29	7.52	0.25	4.54	3.06	0.21	0.027	0.073	0.549	1.214	0.418	0.565	0.428	0.55	0.372	
		20		16.19	32.40	8.30	8.05	0.29	3.6	2.77	0.27	0.019	0.068	0.897	0.664	0.416	0.596	0.893	0.59	0.427	
		30		10.61	32.58	8.26	8.72	0.27	4.65	3.38	0.23	0.024	0.065	0.427	0.519	0.315	0.924	0.971	0.50	1.034	
		50		7.21	32.70	8.00	7.64	1.85	4.27	2.66	0.49	0.035	0.181	10.368	1.315	0.787	8.141	0.154	0.30	0.459	
		bt		7.12	32.70	7.97	7.34	4.08	1.6	4.21	3.08	0.54	0.046	0.166	8.540	0.965	0.858	9.610	0.142	0.32	0.533
YB-068	2008. 7/8	0	13	21.41	32.38	8.27	7.48	0.17	1.6	4.03	3.38	0.84	0.010	0.113	2.532	1.341	0.443	7.237	0.368	0.63	0.492
		10		21.19	32.39	8.29	7.49	0.25	4.53	3.32	0.42	0.013	0.203	2.264	1.698	0.599	3.344	0.600	0.61	0.679	
		20		18.58	32.34	8.29	7.85	1.67	4.48	3.64	0.15	0.013	0.165	2.408	1.607	0.504	2.061	0.826	0.59	0.594	
		30		11.79	32.53	8.23	8.62	0.25	2.4	5.71	3.29	0.42	0.018	0.102	4.163	1.850	0.420	3.271	0.841	0.48	1.479
		50		7.09	32.71	7.93	7.67	2.54	4.8	3.2	0.24	0.039	0.182	14.496	1.034	1.048	11.307	0.068	0.20	0.269	
		bt		6.99	32.72	7.91	7.19	4.92	1.6	4.09	2.58	1.02	0.047	0.094	9.345	1.240	1.195	9.177	0.070	0.19	0.615
YB-070	2008. 7/7	0		21.38	32.33	8.28	7.55	0.66	1.6	3.9	3.5	0.36	0.010	0.143	2.757	1.894	0.513	0.998	0.25	0.55	0.295
		10		20.63	32.31	8.30	7.60	0.49	3.66	3.87	0.21	0.012	0.097	1.067	1.587	0.474	0.743	0.38	0.73	0.353	
		20		16.24	32.37	8.29	8.30	0.41	3.54	3.78	0.97	0.012	0.108	1.285	1.870	0.448	3.240	0.70	1.48	0.784	
		30		8.25	32.63	8.11	8.96	0.70	1.2	3.62	6.34	0.34	0.025	0.120	3.315	1.527	0.548	5.443	1.90	4.05	2.150
		50		6.91	32.78	7.91	7.37	2.04	3.14	3.94	0.59	0.038	0.176	12.612	1.445	1.125	13.020	0.36	0.47	0.109	
		bt		6.93	32.78	7.93	7.34	3.33	2.0	3.57	3.61	1.45	0.058	0.088	9.537	0.965	1.283	10.627	0.34	0.46	0.123
YB-074	2005. 5/15	0		12.68	32.38	8.13	7.66		2.4			0.042	0.148	0.460	0.187	0.417	0.301	0.35	0.273		
		10		11.51	32.36	8.28	7.87				0.076	0.424	0.327	0.171	1.716	0.395	0.24	0.650			
		20		10.99	32.33	8.26	8.02				0.052	0.534	0.551	0.194	3.063	0.420	0.21	0.800			
		30		7.54	32.48	8.19	7.97	2.6			0.058	0.998	0.310	0.452	8.035	2.170	0.45	1.308			
		50		6.91	32.55	8.14	7.07				0.089	1.999	0.354	0.725	10.552	0.105	0.24	0.069			
		bt		7.27	32.72	8.14	6.85	1.3			0.059	1.862	0.440	0.740	10.818	0.108	0.16	0.340			

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-076	2005	0		13.08	32.37	8.25	7.56		1.3					0.045	0.081	0.606	0.191	0.370	0.292	0.47	0.172
	5/15	10		11.90	32.39	8.27	7.67							0.053	0.290	0.339	0.157	1.637	0.853	0.60	0.476
		20		11.02	32.37	8.27	7.91							0.058	0.396	0.401	0.300	2.603	0.960	0.44	0.863
		30		7.43	32.47	8.18	8.03		3.0					0.061	1.552	0.322	0.659	7.670	0.630	0.38	0.661
		50		6.92	32.64	8.10	6.98							0.070	2.503	0.444	0.907	12.912	0.065	0.11	0.391
		bt		7.26	32.76	8.11	6.87	1.0						0.065	2.687	0.498	0.860	12.592	0.086	0.13	0.440
YB-077	2005	0		11.85	32.44	8.28	7.94		0.8					0.230	2.830	1.191	0.123	8.234	3.783	0.63	0.337
	5/10	10		11.73	32.44	8.30	7.99							0.170	2.061	0.682	0.163	3.154	3.808	0.60	0.375
		20		10.58	32.44	8.30	8.28							0.276	3.967	0.868	0.163	1.227	4.683	0.59	0.529
		30		7.19	32.48	8.17	8.04		1.6					0.330	4.327	0.897	0.320	2.637	7.910	0.61	1.280
		50		6.80	32.60	8.09	7.19							0.320	3.930	1.493	0.650	10.738	0.686	0.30	0.171
		bt		6.99	32.67	8.08	7.14	0.6						0.355	4.432	1.173	0.785	12.718	1.004	0.39	0.309
YB-079	2005	0	14	11.67	32.51	8.25	7.96		0.4					0.080	0.334	0.930	0.070	9.100	3.418	0.58	0.459
	5/10	10		11.51	32.51	8.29	8.05							0.046	0.286	0.566	0.037	5.825	6.016	0.66	0.900
		20		10.62	32.54	8.31	8.33							0.026	0.144	0.431	0.026	1.039	7.220	0.54	1.666
		30		8.10	32.55	8.21	8.47		1.6					0.024	2.718	0.920	0.082	1.079	7.891	0.55	1.840
		50		7.20	32.76	8.08	7.12							0.120	2.062	0.526	0.297	0.592	1.186	0.51	0.291
		bt		7.20	32.76	8.08	7.11	1.2						0.314	2.777	0.740	0.413	11.257	1.278	0.45	0.577
YB-082	2008.	0	13	21.63	32.54	8.25	7.51		1.6	3.46	3.69	0.94	0.021	0.112	0.553	1.953	0.514	2.594	0.169	0.44	0.476
	7/7	10		20.71	32.45	8.29	7.58			3.43	4.14	0.15	0.029	0.125	4.197	2.128	0.593	2.699	0.492	0.58	0.269
		20		15.23	32.50	8.31	8.43			3.9	3.64	0.29	0.038	0.093	1.156	1.310	0.479	1.574	0.896	0.56	0.593
		30		10.92	32.59	8.27	8.75		2.0	3.66	3.84	0.65	0.019	0.079	0.790	1.679	0.436	2.273	1.060	0.47	1.168
		50		7.46	32.72	8.01	7.60			3.7	3.43	0.69	0.059	0.095	10.083	2.458	1.110	10.886	0.080	0.17	0.572
		bt		7.47	32.73	8.01	7.41	5.08	1.2	3.65	4.21	1.22	0.046	0.098	8.821	2.254	1.111	9.038	0.090	0.22	0.317

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)	
YB-084	2008. 7/7	0		21.40	32.47	8.27	7.53	0.99	2.0	3.44	4.00	0.31	0.008	0.091	1.520	1.516	0.651	1.021	0.216	0.48	0.238	
		10		20.79	32.45	8.30	7.57	0.51		3.32	3.37	3.37	0.35	0.008	0.137	2.754	2.414	0.585	1.763	0.557	0.55	0.459
		20		15.12	32.44	8.30	8.44	0.30		3.50	3.03	3.03	0.27	0.013	0.067	1.805	1.519	0.620	2.992	0.944	0.58	0.885
		30		12.00	32.55	8.27	8.71	0.49	3.2	3.17	3.85	3.85	0.19	0.015	0.072	0.349	0.548	0.689	0.905	1.120	0.52	0.988
		50		7.41	32.72	8.00	7.59	3.01		3.26	3.51	3.51	0.31	0.046	0.057	4.974	1.415	1.113	4.894	0.168	0.35	0.442
		bt		7.43	32.72	8.00	7.42	6.08	2.8	2.94	3.35	0.81	0.038	0.180	7.859	3.021	1.503	8.806	0.116	0.25	0.168	
YB-086	2008. 7/7	0		21.25	32.47	8.28	7.53	0.77	3.2	3.52	3.47	0.42	0.012	0.133	6.701	3.545	0.571	6.309	0.377	0.58	0.341	
		10		20.70	32.48	8.30	7.57	1.09		3.47	3.92	3.92	0.34	0.010	0.112	1.914	3.082	0.536	2.521	0.568	0.57	0.239
		20		15.21	32.34	8.32	8.31	0.24		4.03	3.07	3.07	0.37	0.012	0.114	4.361	2.330	0.702	0.893	1.064	0.56	0.830
		30		11.06	32.59	8.27	8.78	1.04	2.8	3.67	3.86	3.86	0.39	0.017	0.125	1.024	4.171	0.515	1.442	1.211	0.55	1.035
		50		7.13	32.69	7.99	7.59	1.79		3.70	3.99	3.99	0.62	0.043	0.100	7.981	2.287	0.948	8.277	0.270	0.45	0.239
		bt		7.10	32.69	7.98	7.35	4.02	2.8	3.91	3.08	0.41	0.040	0.138	10.599	2.045	1.020	9.262	0.090	0.24	0.572	
YB-088	2008. 7/7	0		21.95	32.43	8.28	7.53	0.35	2.0	3.79	3.88	0.66	0.015	0.126	6.076	2.239	0.510	1.651	0.391	0.60	0.457	
		10		20.72	32.46	8.30	7.55	1.03		3.86	4.13	4.13	1.83	0.018	0.094	1.110	1.690	0.456	0.812	0.515	0.56	0.545
		20		15.15	32.29	8.32	8.49	0.41		3.9	3.97	3.97	0.46	0.023	0.155	2.026	3.239	0.387	0.155	0.902	0.56	0.783
		30		8.75	32.58	8.18	8.79	0.36	0.8	3.37	4.06	4.06	0.61	0.028	0.151	2.706	2.540	0.584	3.994	1.200	0.48	1.210
		50		7.00	32.73	7.96	7.39	2.78		3.74	3.94	3.94	0.65	0.036	0.147	11.750	2.683	1.048	9.773	0.172	0.35	0.546
		bt		7.01	32.72	7.96	7.28	3.96	1.2	3.54	3.67	0.63	0.041	0.105	8.620	1.874	1.133	10.604	0.139	0.31	0.130	
YB-092	2005. 5/15	0		Q2.56	32.40	8.24	7.67		2.4					0.081	0.283	0.143	0.134	1.528	0.307	0.48	0.172	
		10		11.64	32.41	8.28	7.80								0.077	0.196	0.104	0.176	2.654	0.302	0.23	0.646
		20		9.82	32.51	8.27	8.31								0.044	0.064	0.137	0.184	2.651	0.989	0.56	0.746
		30		8.25	32.75	8.19	8.07	2.6							0.062	0.648	0.217	0.354	3.584	2.786	0.57	1.309
		50		7.55	32.86	8.08	6.89								0.074	2.855	0.171	0.868	14.447	0.098	0.19	0.205
		bt		7.66	32.89	8.08	6.80	1.5						0.067	2.897	0.166	0.900	16.227	0.027	0.04	0.307	

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-094	2005.	0		12.56	32.40	8.24	7.67	2.4						0.081	0.283	0.143	0.134	1.528	0.307	0.48	0.172
	5/15	10		11.64	32.41	8.28	7.80							0.077	0.196	0.104	0.176	2.654	0.302	0.23	0.646
		20		9.82	32.51	8.27	8.31							0.044	0.064	0.137	0.184	2.651	0.989	0.56	0.746
		30		8.25	32.75	8.19	8.07	2.6						0.062	0.648	0.217	0.354	3.584	2.786	0.57	1.309
		50		7.55	32.86	8.08	6.89	1.5						0.074	2.855	0.171	0.868	14.447	0.098	0.19	0.205
		bt			7.66	32.89	8.08	6.80	1.5					0.067	2.897	0.166	0.900	16.227	0.027	0.04	0.307
YB-095	2005	0		13.15	32.43	8.11	7.63	2.5						0.068	0.952	0.271	0.239	0.484	0.710	0.55	0.459
	5/15	10		11.91	32.45	8.26	7.82							0.097	1.235	0.220	0.258	1.328	0.695	0.37	0.623
		20		11.05	32.41	8.22	8.22							0.096	1.125	0.253	0.417	4.119	1.524	0.46	1.122
		30		8.91	32.60	8.15	8.25	2.8						0.103	1.440	0.256	0.392	4.208	1.403	0.43	1.088
		50		7.42	32.79	8.09	7.09	1.0						0.085	3.240	0.287	0.855	14.542	0.601	0.53	0.340
		bt			7.50	32.85	8.09	6.92	1.0					0.066	2.745	0.205	0.870	17.400	0.190	0.29	0.290
YB-097	2005	0		13.19	32.52	8.25	7.64	1.8						0.056	0.670	0.411	0.200	1.898	0.329	0.42	0.221
	5/15	10		11.82	32.55	8.28	7.85							0.049	0.700	0.285	0.246	2.675	0.680	0.35	0.798
		20		9.98	32.58	8.26	8.48							0.067	2.356	0.265	0.356	4.838	2.415	0.44	1.477
		30		8.17	32.68	8.11	7.96	1.9						0.054	1.470	0.272	0.790	11.156	0.747	0.35	0.916
		50		7.33	32.77	8.07	7.06							0.072	3.224	0.299	0.905	14.283	0.034	0.06	0.372
		bt			7.38	32.81	8.06	6.95	0.9					0.113	3.523	0.269	0.968	14.838	0.065	0.16	0.119
YB-101	2005.	0		12.20	32.57	8.20	8.01	2.0						0.124	2.934	0.684	0.750	9.200	2.759	0.55	0.447
	5/10	10		12.13	32.56	8.22	8.04							0.068	1.060	0.666	0.307	4.247	3.336	0.59	0.614
		20		11.30	32.54	8.22	8.36							0.058	0.740	0.778	0.273	1.137	7.781	0.57	1.380
		30		8.90	32.67	8.09	8.71	2.4						0.089	1.806	1.060	0.252	3.177	6.290	0.58	1.010
		50		7.50	32.83	8.01	7.15							0.104	2.717	0.545	0.599	6.951	0.413	0.21	0.167
		bt			7.68	32.91	8.03	6.95	1.2					0.098	1.898	1.091	0.838	10.838	1.864	0.52	0.544

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-103	2005.	0		12.06	32.48	8.24	8.06		2.3					0.167	2.844	0.850	0.286	1.356	0.459	0.13	0.677
	5/10	10		11.53	32.49	8.29	8.25							0.380	4.264	0.640	0.249	1.548	4.355	0.51	1.326
		20		10.97	32.59	8.33	8.50							0.160	2.514	0.500	0.266	0.530	6.060	0.52	1.621
		30		8.89	32.77	8.29	8.53	4.4						0.125	1.538	0.760	0.239	0.915	11.022	0.51	3.210
		50		7.68	32.91	8.11	7.17							0.245	3.026	0.840	0.269	3.645	0.316	0.10	0.271
		bt		7.90	32.99	8.11	7.05	2.2						0.448	4.737	0.890	0.889	12.442	0.505	0.15	0.425
YB-104	2005	0	15	13.02	32.57	8.27	7.65	1.9						0.036	2.659	0.277	0.215	1.125	0.140	0.25	0.119
	5/15	10		12.02	32.59	8.30	7.87							0.034	2.924	2.147	0.121	1.219	0.366	0.41	0.223
		20		11.41	32.64	8.25	8.02							0.026	0.075	1.733	0.103	1.419	0.581	0.52	0.340
		30		9.02	32.80	8.20	8.15	2.1						0.054	0.688	1.790	0.274	4.882	4.956	0.50	2.053
		50		7.80	32.94	8.06	6.85							0.048	2.881	1.737	0.860	14.486	0.119	0.27	0.119
		bt		7.88	32.97	8.06	6.82	1.0						0.031	2.784	2.785	0.854	17.218	0.068	0.17	0.185
YB-106	2005	0		13.23	32.59	8.10	7.64	1.5						0.069	2.739	0.208	0.199	1.617	0.243	0.37	0.221
	5/15	10		11.80	32.62	8.26	7.93							0.044	2.884	0.181	0.187	1.413	0.353	0.40	0.237
		20		11.17	32.67	8.27	8.19							0.030	1.700	0.215	0.184	1.606	0.922	0.55	0.459
		30		8.47	32.86	8.15	7.73	2.7						0.024	1.240	0.339	0.356	6.175	4.330	0.50	1.934
		50		7.80	32.92	8.04	6.98							0.021	1.300	0.260	0.774	11.416	0.503	0.48	0.443
		bt		7.87	32.96	8.04	6.84	1.3						0.042	1.700	0.452	0.675	14.316	0.010	0.02	0.119
YB-109	2008.	0	7	21.46	32.66	8.24	7.42	0.38	1.2	4.04	3.44	0.26	0.018	0.192	1.400	2.756	0.630	7.542	0.200	0.52	0.032
	7/7	10		21.18	32.66	8.28	7.45	1.52		3.51	4.71	0.50	0.026	0.082	0.326	0.753	0.478	0.325	0.387	0.58	0.120
		20		16.18	32.50	8.31	8.03	0.44		3.44	4.07	0.50	0.028	0.491	10.356	8.034	0.662	2.513	0.693	0.53	0.662
		30		11.40	32.44	8.29	8.72	0.66	2.0	3.14	3.97	0.68	0.031	0.213	3.638	3.984	0.549	1.991	0.926	0.49	0.696
		50		8.03	32.85	8.05	7.70	3.96		6.38	3.16	0.42	0.034	0.099	8.980	1.688	1.139	13.035	0.145	0.25	0.149
		bt		8.03	32.85	8.04	7.42	7.05	2.0	3.08	4.17	1.09	0.026	0.356	16.249	6.146	1.480	11.984	0.139	0.28	0.516

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)		
YB-111	2008. 7/7	0	7	21.33	32.69	8.26	7.49	0.54	1.6	3.96	3.38	0.14	0.019	0.339	5.944	3.362	0.482	7.114	0.253	0.56	0.206	
		10		20.86	32.65	8.29	7.51	1.06		4.19	3.46	0.98	0.021	0.234	0.606	3.283	0.4239	1.396	0.463	0.61	0.118	
		20		16.29	32.45	8.32	8.04	0.67		3.68	4.09	0.72	0.035	0.204	0.881	2.480	0.1091	0.754	0.766	0.60	0.339	
		30		12.99	32.47	8.30	8.59	0.19	1.6	3.95	3.89	0.26	0.027	0.320	1.841	3.613	0.291	1.731	0.753	0.49	0.783	
		50		7.81	32.81	8.05	7.62	5.32		2.89	3.71	1.18	0.046	0.348	17.185	3.220	0.645	10.944	0.107	0.27	0.150	
		bt		7.75	32.79	8.02	7.37	8.69	0.8	3.43	5.12	0.90	0.038	0.368	5.427	3.110	1.041	5.691	0.130	0.27	0.514	
YB-113	2008. 7/7	0	7	21.04	32.66	8.26	7.45	0.37	1.2	15.53	4.13	0.16	0.020	0.259	1.052	2.006	0.293	1.043	0.226	0.51	0.357	
		10		20.85	32.65	8.28	7.50	0.16		4.34	3.75	0.89	0.028	0.340	6.088	2.810	0.141	1.004	0.387	0.56	0.237	
		20		15.53	32.47	8.29	8.24	0.66		4.03	4.18	0.32	0.026	0.338	10.251	4.834	0.137	4.226	0.747	0.55	0.254	
		30		10.71	32.58	8.22	8.88	0.39	2.4	38.39	3.61	1.11	0.033	0.496	6.221	3.300	0.341	5.345	1.490	0.58	1.152	
		50		7.84	32.81	8.01	7.47	5.85		4.21	3.63	0.85	0.038	0.325	14.563	3.317	0.566	11.647	0.042	0.06	0.318	
		bt		7.64	32.78	8.00	7.37	8.66	1.2	3.88	3.71	1.16	0.041	0.210	6.375	1.668	0.567	9.598	0.015	0.03	0.908	
YB-115	2008. 7/7	0	5	21.13	32.60	8.25	7.51	0.82	2.0	5.27	3.64	0.12	0.020	0.225	1.072	1.965	0.123	0.543	0.479	0.61	0.427	
		10		20.58	32.59	8.28	7.52	0.87		4.00	3.54	0.12	0.026	0.222	1.124	2.702	0.025	1.766	0.751	0.63	0.442	
		20		15.76	32.45	8.29	8.28	0.45		3.99	3.34	0.48	0.028	0.194	1.403	3.405	0.034	2.146	0.793	0.61	0.427	
		30		12.33	32.52	8.24	8.65	0.33	2.0	5.46	3.66	0.20	0.031	0.207	1.447	3.655	0.041	1.416	1.002	0.52	0.869	
		50		7.34	32.74	7.97	7.69	4.04		4.65	3.54	1.74	0.036	0.429	30.422	4.730	0.438	11.090	0.105	0.28	0.442	
		bt		7.29	32.74	7.96	7.33	7.46	1.6	3.91	3.30	0.79	0.038	0.312	9.930	2.317	0.701	8.783	0.081	0.22	0.028	
YB-119	2005. 5/10	0	19	12.97	32.55	8.23	7.65		2.0					0.036	0.701	0.208	0.139	2.421	0.209	0.38	0.119	
		10		11.89	32.55	8.28	7.86								0.046	0.141	0.123	0.112	2.951	0.184	0.25	0.238
		20		10.79	32.63	8.27	8.45								0.052	0.363	0.160	0.149	2.118	2.780	0.49	1.477
		30		8.93	32.75	8.16	8.19		2.7						0.057	1.536	0.099	0.447	6.509	3.552	0.53	1.610
		50		7.64	32.89	8.08	6.82								0.046	2.464	0.030	0.673	12.210	0.127	0.34	0.093
		bt		7.74	32.93	8.07	6.70		1.2						0.043	2.450	0.047	0.764	13.570	0.102	0.28	0.119

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-121	2005	0		13.27	32.59	8.23	7.65		1.7					0.018	0.053	0.895	0.175	2.020	0.095	0.17	0.244
	5/15	10		12.60	32.69	8.26	7.77							0.018	0.056	0.299	0.175	2.689	0.426	0.45	0.430
		20		11.86	32.65	8.26	7.99							0.015	0.101	0.336	0.154	2.387	1.140	0.54	0.906
		30		8.72	32.85	8.13	7.88	2.1						0.077	1.933	0.325	0.618	9.126	1.584	0.56	1.035
		50		8.12	32.99	8.07	7.01							0.028	2.747	0.087	0.857	15.511	0.259	0.39	0.280
		bt		8.14	32.07	8.07	6.82	1.3						0.034	2.868	0.209	0.839	17.367	0.135	0.25	0.221
YB-122	2005.	0	15	13.08	32.74	8.31			1.2					0.028	0.489	0.258	0.943	13.441	1.787	0.31	1.019
	5/10	10		12.00	32.73	8.30								0.038	0.680	0.531	0.295	3.989	3.550	0.40	1.550
		20		11.40	32.72	8.26		1.2						0.081	1.107	0.324	0.337	4.728	4.086	0.49	1.240
		30		10.26	32.76	8.19								0.065	2.196	0.564	0.685	9.970	4.163	0.54	1.130
		50		8.11	33.05	8.13								0.076	2.169	0.610	0.806	13.518	0.382	0.11	0.410
		bt		8.24	33.12	8.13		1.6						0.084	2.134	0.339	0.849	15.224	0.259	0.08	0.499
YB-124	2005	0		12.94	32.73	8.23	8.58		1.5					0.025	0.305	0.470	0.740	9.091	2.843	0.43	1.019
	5/10	10		12.05	32.72	8.22								0.036	0.663	0.609	0.301	4.139	1.960	0.40	0.735
		20		11.50	32.73	8.19								0.053	1.149	0.698	0.307	3.846	2.714	0.41	1.190
		30		9.72	32.71	8.07		0.4						0.084	2.506	0.454	0.478	6.757	1.025	0.24	0.674
		50		7.76	32.93	8.01								0.091	2.587	0.587	0.717	11.940	0.153	0.05	0.385
		bt		7.82	32.96	8.01		0.0						0.094	2.695	0.224	0.816	13.785	0.235	0.07	0.411
YB-129	2008.	0		20.98	32.72	8.27	7.46	1.07	2.8	5.12	3.77	0.11	0.015	0.404	5.272	2.205	0.304	1.420	0.281	0.55	0.373
	7/6	10		21.00	32.73	8.30	7.45	0.18		4.87	3.49	0.11	0.018	0.191	1.305	1.843	0.018	0.977	0.540	0.58	0.183
		20		15.42	32.58	8.31	8.32	0.73		5.01	3.85	0.12	0.023	0.218	2.860	1.842	0.017	1.331	0.689	0.50	0.728
		30		11.51	32.55	8.30	8.72	0.45	1.2	4.03	4.04	0.18	0.023	0.266	2.251	2.055	0.198	2.531	1.070	0.49	0.696
		50		7.82	32.72	8.07	7.96	1.15		4.99	3.73	0.28	0.033	0.226	6.767	0.408	0.176	8.656	0.400	0.38	0.766
		bt		7.82	32.79	8.04	7.46	6.69	2.0	3.53	3.30	0.47	0.049	0.254	6.758	1.166	0.352	10.490	0.098	0.18	0.423

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YB-131	2008.	0		21.14	32.61	8.25	7.50	0.32	3.2	7.15	3.30	1.55	0.018	0.200	0.960	3.220	0.053	0.785	0.468	0.53	0.356
	7/6	10		20.54	32.60	8.29	7.53	0.24		4.36	3.46	0.62	0.020	0.164	0.746	0.633	0.101	3.211	0.814	0.60	0.546
		20		14.12	32.47	8.32	8.49	0.19		3.55	3.37	1.77	0.028	0.164	1.160	0.760	0.165	1.677	0.767	0.54	0.506
		30		10.10	32.48	8.29	8.91	0.20	0.8	4.00	3.57	0.08	0.026	0.349	17.519	4.103	0.177	1.070	0.631	0.40	0.696
		50		7.84	32.80	8.06	7.61	2.99		4.61	4.34	0.97	0.034	0.112	6.468	1.177	0.263	9.529	0.109	0.22	0.639
	bt			7.82	32.79	8.04	7.44	7.96	1.2		3.69	0.36	0.023	0.255	9.961	1.289	0.284	10.582	0.041	0.07	0.541
YB-133	2008.	0		22.94	32.54	8.28	7.53	0.39	0.8	3.36	4.10	0.73	0.019	0.268	8.391	2.118	0.088	4.565	0.273	0.57	0.577
	7/7	10		20.56	32.55	8.30	7.57	0.83		7.61	3.80	0.91	0.024	0.236	5.283	2.117	0.047	1.700	0.517	0.60	0.474
		20		14.91	32.46	8.31	8.37	0.49		4.17	3.84	0.77	0.027	0.254	3.306	2.578	0.124	0.647	0.844	0.55	0.711
		30		11.23	32.53	8.30	8.76	0.29	0.8	3.95	3.64	0.75	0.032	0.151	0.436	2.542	0.305	2.027	0.909	0.48	0.933
		50		7.36	32.73	8.02	7.66	2.00		3.52	2.54	0.83	0.048	0.208	7.722	2.391	0.313	8.575	0.081	0.13	0.287
	bt			7.36	32.74	7.99	7.36	8.49	2.4	3.96	3.52	1.02	0.056	0.189	12.713	1.610	0.442	9.652	0.033	0.07	0.988
YBR-001	2008.	0	9	22.94	31.74	8.27	7.43	0.95	0.8	4.09	3.15	1.08	0.020	0.128	0.416	1.564	0.112	0.466	0.406	0.52	0.241
	7/14	10		22.47	31.83	8.30	7.48	0.44		4.12	3.21	0.89	0.026	0.116	0.504	3.186	0.043	0.474	0.735	0.57	0.698
		20		16.42	32.30	8.29	8.45	1.32		4.12	3.28	0.60	0.036	0.099	0.656	1.529	0.1213	0.239	0.958	0.54	0.684
		30		8.95	32.65	8.11	8.59	1.16	0.8	3.94	3.23	0.95	0.031	0.188	2.878	2.443	0.115	4.934	1.830	0.54	1.528
		50		7.23	32.63	7.99	7.52	2.19		3.65	3.12	1.18	0.036	0.138	5.409	2.280	0.518	7.810	0.168	0.35	0.155
	bt			7.22	32.63	7.99	7.46	2.47	0.8	3.42	2.97	1.47	0.031	0.376	9.682	2.188	0.667	6.691	0.206	0.37	0.226
YBR-002	2008.	0	10	22.89	31.75	8.28	7.45	0.47	1.6	3.18	3.29	0.38	0.018	0.126	0.854	1.450	0.955	0.670	0.360	0.48	0.344
	7/14	10		22.63	31.82	8.30	7.44	0.68		3.10	3.96	0.60	0.028	0.125	0.548	1.706	0.280	0.736	0.572	0.53	0.479
		20		16.52	32.56	8.31	8.36	0.30		2.96	3.81	2.22	0.084	0.369	4.457	2.657	1.667	0.624	0.631	0.56	0.802
		30		12.00	32.69	8.27	8.72	1.51	2.0	2.95	3.80	0.85	0.033	0.170	3.027	2.150	0.425	0.731	0.746	0.50	0.716
		50		8.07	32.64	8.07	8.01	1.24		3.54	3.54	0.31	0.031	0.171	5.210	1.449	0.568	6.726	0.673	0.48	0.582
	bt			7.04	32.64	7.98	7.44	3.15	1.6	3.10	3.71	0.42	0.054	0.181	8.450	1.247	0.809	10.552	0.123	0.29	0.256

Station No.	일시	수심 (m)	Secchi (m)	Temp (°C)	Sa1. (psu)	pH	DO (mg/L)	SMP (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	Fd-FI	FRI	chl-a (ug/L)
YBR-003	2008. 7/8	0	12	23.11	32.01	8.26	7.39	1.27	1.6	6.54	3.71	0.31	0.013	0.554	13.340	1.094	0.392	0.608	0.260	0.50	0.239
		10		21.32	32.33	8.29	7.44	0.22		7.16	3.61	0.55	0.018	0.150	1.073	1.572	0.213	0.642	0.472	0.56	0.208
		20		17.07	32.61	8.31	8.09	1.33		8.36	3.09	1.63	0.020	0.104	1.601	1.135	0.156	0.965	0.588	0.57	0.358
		30		13.33	32.87	8.30	8.61	0.16	0.8	10.11	3.27	1.42	0.026	0.246	2.819	0.681	0.137	1.016	0.601	0.48	0.595
		50		8.33	32.80	8.08	8.08	0.54		4.04	3.23	0.76	0.034	0.100	3.789	1.277	1.706	4.373	0.359	0.39	0.222
		bt		8.71	33.11	8.04	7.19	3.58	1.2	3.21	3.67	0.74	0.039	0.143	6.838	0.390	0.842	9.752	0.107	0.26	0.224
YBR-004	2008. 7/9	0	14	21.49	32.26	8.30	7.53	0.17	1.2	6.80	4.45	0.10	0.015	0.149	1.861	0.313	0.338	2.623	0.547	0.62	0.225
		10		20.90	32.28	8.31	7.53	0.81		3.95	3.72	0.17	0.015	0.088	0.856	2.141	0.207	0.074	0.658	0.59	0.683
		20		14.40	32.38	8.33	8.64	0.88		4.19	4.18	0.15	0.020	0.188	1.952	1.121	0.258	0.270	0.817	0.54	0.887
		30		7.81	32.74	8.05	8.87	2.36	1.2	4.38	3.72	0.69	0.038	0.243	8.443	0.633	0.561	10.871	0.622	0.46	0.684
		50		7.63	32.79	8.01	7.78	2.78		4.32	3.97	0.19	0.031	0.246	6.571	0.970	0.664	11.886	0.258	0.35	0.494
		bt		7.64	32.78	8.02	7.70	4.09	2.0	4.05	3.98	0.70	0.051	0.282	10.262	2.602	0.766	11.890	0.254	0.34	0.686
YBR-005	2008. 7/6	0		21.48	32.71	8.13	7.48	0.23	1.6	4.67	4.39	0.23	0.018	0.112	1.266	1.433	0.099	0.124	0.223	0.47	0.108
		10		20.58	32.70	8.29	7.52	0.14		5.45	3.98	0.09	0.026	0.130	1.285	1.918	0.111	1.093	0.412	0.53	0.371
		20		15.02	32.46	8.30	8.40	0.44		4.53	2.47	0.40	0.031	0.063	0.596	1.208	0.134	0.170	0.700	0.53	0.963
		30		10.78	32.50	8.27	8.84	1.91	3.2	4.96	3.78	0.10	0.033	0.209	3.947	3.325	0.123	0.451	0.807	0.45	1.162
		50		7.58	32.71	8.04	7.97	1.31		5.43	4.17	0.14	0.038	0.191	7.206	0.436	0.382	9.210	0.261	0.35	1.134
		bt		7.49	32.74	8.02	7.45	11.84	2.0	4.55	4.11	1.20	0.054	0.414	8.204	1.864	0.399	7.591	0.124	0.26	0.346

부록 2-10-1. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 황아귀 근육 내
중금속 함량 조사결과(2008년)

해역 구분	조사 정점	비소 (As)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)	셀렌 (Se)	철 (Fe)	수은 (Hg)
배출	1	4.87	0.011	0.211	0.348	0.003	0.382	0.020	6.16	0.619	6.306	0.028
		7.37	0.019	0.227	0.282	0.005	0.433	0.013	6.07	0.773	7.110	0.027
		5.83	0.002	0.165	0.313	0.004	0.302	0.009	5.68	0.543	5.011	
	2	10.48	0.003	0.199	0.504	0.004	0.188	0.022	7.02	0.578	4.157	0.087
		8.58	0.000	0.231	0.272	0.002	0.114	0.011	5.49	0.537	4.750	0.082
		9.50	0.000	0.192	0.251	0.001	0.157	0.008	4.87	0.538	2.169	
비배출	1	6.01	0.005	0.168	0.384	0.003	0.223	0.009	5.61	0.667	2.767	0.034
		6.05	0.015	0.144	0.241	0.002	0.223	0.013	5.31	0.703	2.521	0.037
		5.83	0.007	0.165	0.324	0.003	0.270	0.028	6.05	0.717	2.746	
	2	5.53	0.015	0.196	0.350	0.007	0.369	0.038	6.62	0.761	6.357	0.038
		5.55	0.007	0.184	0.240	0.007	0.335	0.034	5.17	0.683	9.755	0.040
		6.31	0.002	0.199	0.299	0.003	0.358	0.038	6.06	0.652	6.600	
3	11.39	0.001	0.194	0.391	0.003	0.228	0.015	13.19	0.804	5.480	0.102	
	9.81	0.001	0.181	0.220	0.003	0.139	0.014	4.83	0.510	1.551	0.110	
	13.26	0.002	0.225	0.282	0.003	0.246	0.033	5.45	0.776	2.395		

부록 2-10-2. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 넙치 근육 내 중금속
함량 조사결과(2008년)

해역 구분	조사 정점	비소 (As)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)	셀렌 (Se)	철 (Fe)	수은 (Hg)
배출	1	6.16	0.0010	0.066	0.252	0.086	0.003	0.007	3.37	0.589	1.03	0.026
		5.87	0.0019	0.079	0.299	0.107	0.010	0.011	4.44	0.590	0.88	0.026
		6.04	0.0018	0.067	0.399	0.098	0.002	0.010	3.50	0.575	2.03	
	1	3.31	0.0000	0.070	0.358	0.113	0.003	0.037	3.58	0.495	3.20	0.022
		16.15	0.0029	0.062	0.355	0.129	0.006	0.057	5.86	0.433	3.81	0.024
		2.95	0.0000	0.068	0.282	0.126	0.003	0.020	3.96	0.505	2.55	
비배출	2	5.31	0.0000	0.065	0.326	0.087	0.002	0.009	3.92	0.644	1.57	0.030
		6.93	0.0009	0.063	0.205	0.088	0.002	0.010	3.39	0.579	2.01	0.030
		3.45	0.0008	0.062	0.251	0.105	0.001	0.013	4.26	0.740	2.14	
	3	6.65	0.0034	0.065	0.364	0.186	0.004	0.012	4.85	0.607	3.23	0.038
		4.75	0.0009	0.073	0.222	0.106	0.001	0.004	3.73	0.748	2.98	0.038
		2.87	0.0009	0.070	0.304	0.135	0.002	0.005	4.08	0.479	2.86	

부록 2-10-3. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 양태 근육 내 중금속
함량 조사결과(2008년)

해역 구분	조사 정점	비소 (As)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)	셀렌 (Se)	철 (Fe)	수은 (Hg)
배출	1	10.03	0.0016	0.074	0.470	0.105	0.003	0.011	4.754	0.435	3.68	0.042
		9.99	0.0020	0.082	0.376	0.084	0.002	0.029	4.236	0.461	3.79	0.040
		8.70	0.0000	0.080	0.683	0.165	0.005	0.019	5.583	0.425	2.95	
	2	2.81	0.0025	0.067	0.243	0.103	0.003	0.016	4.422	0.435	1.99	0.053
		3.35	0.0028	0.065	0.224	0.079	0.002	0.006	3.988	0.459	1.89	0.054
		3.53	0.0029	0.070	0.305	0.077	0.003	0.011	4.008	0.443	1.97	
비배출	1	4.53	0.0000	0.071	0.442	0.095	0.004	0.032	6.549	0.402	1.97	0.046
		4.37	0.0000	0.070	0.352	0.069	0.003	0.010	6.941	0.408	1.93	0.048
		4.18	0.0000	0.069	0.294	0.075	0.003	0.006	7.317	0.437	1.66	
	2	1.32	0.0009	0.069	0.544	0.108	0.003	0.031	5.170	0.467	1.97	0.042
		1.46	0.0032	0.071	0.475	0.106	0.003	0.014	5.037	0.495	2.37	0.045
		1.52	0.0028	0.072	0.558	0.098	0.003	0.021	4.758	0.477	2.53	
3	4.68	0.0037	0.088	0.258	0.082	0.009	0.025	4.611	0.593	1.95	0.039	
	4.40	0.0009	0.095	0.435	0.080	0.003	0.024	6.145	0.557	2.87	0.043	
	4.54	0.0009	0.096	0.321	0.069	0.002	0.029	6.199	0.608	2.58		

부록 2-10-4. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 돌가자미 근육 내
중금속 함량 조사결과(2008년)

해역 구분	조사 정점	비소 (As)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)	셀렌 (Se)	철 (Fe)	수은 (Hg)
투기	1	50.7	0.0027	0.045	0.326	0.283	0.001	0.021	5.02	0.810	2.82	0.024
		41.8	0.0037	0.047	0.295	0.184	0.002	0.023	5.23	0.827	2.63	0.025
		47.8	0.0020	0.048	0.261	0.125	0.002	0.022	5.23	0.817	2.81	
	2	27.6	0.0017	0.056	0.439	0.150	0.002	0.002	6.14	0.595	6.13	0.035
		28.2	0.0021	0.063	0.694	0.192	0.002	0.011	5.86	0.629	8.02	0.035
		26.7	0.0019	0.060	0.446	0.367	0.002	0.006	5.06	0.616	7.66	
비투기	1	38.0	0.0078	0.553	0.370	0.614	0.003	0.011	6.85	1.191	4.44	0.039
		26.4	0.0021	0.493	0.314	0.113	0.002	0.004	6.06	3.501	3.23	0.038
		33.8	0.0032	0.502	0.437	0.107	0.006	0.005	5.57	2.664	3.91	
	2	16.7	0.0053	0.059	0.417	0.857	0.003	0.003	7.77	0.915	3.11	0.013
		17.0	0.0108	0.069	0.317	0.624	0.008	0.004	8.55	0.932	4.61	0.022
		17.1	0.0511	0.060	0.643	1.158	0.005	0.026	9.05	1.040	6.33	
3	45.0	0.0041	0.049	0.255	0.135	0.001	0.014	4.53	0.948	2.02	0.040	
	35.2	0.0033	0.049	0.213	0.155	0.000	0.019	5.35	0.846	1.46	0.038	
	32.6	0.0038	0.049	0.291	0.103	0.000	0.035	5.04	0.709	2.36		

부록 2-10-5. 서해병 폐기물 배출 및 비배출해역에서 어획된 농어 근육 내 중금속
 함량 조사결과(2008년)

해역 구분	조사 정점	비소 (As)	카드뮴 (Cd)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)	셀렌 (Se)	철 (Fe)	수은 (Hg)
		10.20	0.0017	0.055	0.456	0.086	0.002	0.013	7.626	0.873	8.193	0.051
배출	1	7.25	0.0020	0.058	0.538	0.051	0.001	0.007	9.494	0.859	5.610	0.056
		9.24	0.0017	0.058	0.617	0.062	0.002	0.002	11.003	0.922	8.190	
		9.52	0.0010	0.038	0.177	0.061	0.001	0.004	5.593	0.864	2.799	0.034
비배출	1	8.89	0.0011	0.042	0.226	0.052	0.001	0.004	5.569	0.876	2.534	0.034
		8.46	0.0010	0.054	0.175	0.051	0.001	0.003	5.308	0.762	3.824	



유기성폐기물 . 해양투기 방지를 위한 기술적 대책

2008. 3. 12

류 재 근 박사
한국환경 학술단체연합회 회장
한국물환경학회 고문
(전)한국환경연구원 원장

이 창 규 소장
(주)유기자원 대표이사
피롤농법 연구소 소장

1. 환경 문제의 심각성

인류는 **지구의 온난화와, 유가파동, 식량자원의 무기화가** 현실로 다가오는 위기의 시대가 도래함

- 부족한 에너지를 대체할 수 있는 **대체에너지의 개발이 시급**
- 대규모 가축의 사육은 **가축분뇨의 해양 투기로** 인한 **온난화와 해양환경오염**
- **기후와 날씨의 변화에** 안정적 식량 확보
- 차량 증가로 인한 **대기오염도 증가**



좌측 사진은 바다에 폐기물을 버리는 과정을 KBS기자가 촬영한 것임

해양투기선에서 버려지는 폐기물은

- 각종 오폐수 슬러지
- 축산분뇨

출처 '해양투기 17년' 이렇게 제작했다 - 2007년 11월06일 KBS 스페셜김명선 기자

2. 해양투기의 문제점

1980년 후반 이후 국민소득 증대에 따른 소비생활이 향상됨에 따라 **공장의 폐수, 생활폐수, 가축분등**을 해양 투기한 결과

- ✓검은 슬러지 덩어리가 수십 센티미터의 깊이로 박혀있는 퇴적층 형성
- ✓어류자원에서 **유독성 중금속**이 식품 기준치를 크게 초과해 검출
 - 홍계에서 최고 6.4ppm이 검출
 - 카드뮴은 고동에서 최고 20.7ppm이 검출
- ✓환경호르몬 물질인 PCB는
 - 홍계에서 19PPB,
 - 고동에서 최고 6PPB가 검출

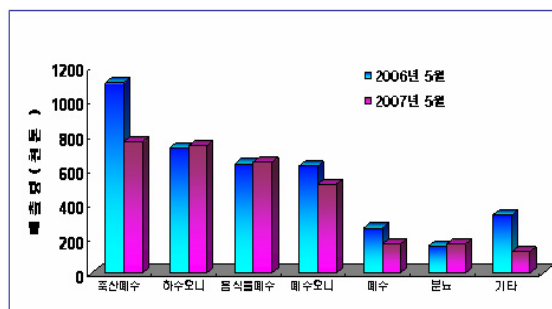
자료출처: KBS

- 환경호르몬 물질인 PCB는 **다이옥신과 함께** 사람에게 악영향을 미치는 환경호르몬 물질로 경고
- 국립 수산물 품질 검사원은 '현재로선 이들 수산물이 식품에 적합하지 않다고 평가'

자료출처 : 2007년 11월06일 KBS 스페셜 김명섭 기자

3. 해양투기의 원인

해양투기 물질별 배출량은 축산폐수, 하수오니, 음식물 쓰레기 순으로 나타나고 있으며, 현재 축산농가의 대부분이 슬러지 돈사로 인해 해양투기의 문제가 가중됨



해양 투기의 원인

◆ **악취, 품질 미흡 등으로 인해 생산된 퇴.액비의 사용처 발굴 곤란**

◆ **가축분뇨처리 시설 미 활용**

- 처리효율 저하, 유지관리비 과다소요, 퇴.액비 처리 곤란, 설비고장, 고령화로 인한 일손 부족 등

6. 축산 농가의 일반적 분뇨처리방법 및 비용, 문제점

2) 단 점

- 가) 배출된 분뇨가 BOD 60,000ppm 이상으로 고농도 정화처리의 요구에 따른 처리의 어려움.
- 나) 함수율이 96% 이상으로 퇴비제조 시 적정 함수율55%로 조절하기 위해서는 다량의 톱밥 및 왕겨 등이 필요하나 원활한 공급이 어려움
- 다) 장기저장으로 인한 악취 및 파리, 구더기 등 해충 발생 및 주변 환경오염으로 인한 민원이 속출함
- 라) 액비 저장조에서 발생하는 악취로 인하여 가동이 중지되고 미처리된 액상분뇨를 농토에 살포 시 악취가 더욱더 심하게 확산되어 주민의 민원이 속출함
- 마) 경종농가의 사용기피
 - 미 숙성된 상태로 토양에 살포시 악취와 더불어 2차 발효로 인한 작물의 피해로 액비 사용을 기피하고 있음

7. 외국의 석회 안정화 기술개발 현황

1. 석회 안정화의 화학적 측면
2. 슬러지를 중화하는 기작
3. 석회 안정화에 관한 물리적 효과
4. 석회 안정화에 의한 살균
5. 비옥하게 하는 효과 등
6. 산성토양의 개간을 위한 사용
7. 새로운 liming공정의 개발

8. 외국의 석회 안정화 시설현황

- 유럽의 하수처리장 6백5십만톤 처리(1991-1992)
- 소규모 하수처리장 슬러지 처리에 적합(wpcf 1985)
- 덴마크 Novo Nordisk에 생명공학 처리장
91,000톤의 sludge처리
- 미국의 소규모 하수처리장
- 일본 축산분뇨 안정화(1980-현재)



* 시아노박테리아란?

약 35억년전 지구에 나타난 미생물로서 탄산가스의 탄소와 물의 수소 및 빛을 이용, 광 합성하여 지구상에 산소를 만든 독립영양 미생물로서 토양 속에 유기물과 산소를 공급하여 토양을 활성화하는 유능한 균입니다



관행농법과 피롤농법

관행농법으로 작물을 경작시 토양에서는 **탄산가스**가 나오지만 **피롤농법**으로 경작시 는 신선한 **산소**가 나와 **새 부리의 신장을 촉진**함

관행농법에서 활동하는 토양미생물(세균, 유산균, 초산균, 방선균)등은 호기성균으로 토양중의 **유기물**을 분해하는데 **산소**를 소모하고 **탄산가스(CO₂)**를 방출

피롤농법에서는 시아노박테리아가 토양중의 **탄소(C)** 와 **수소(H)**를 광합성에 이용하고 **산소(O)**를 방출

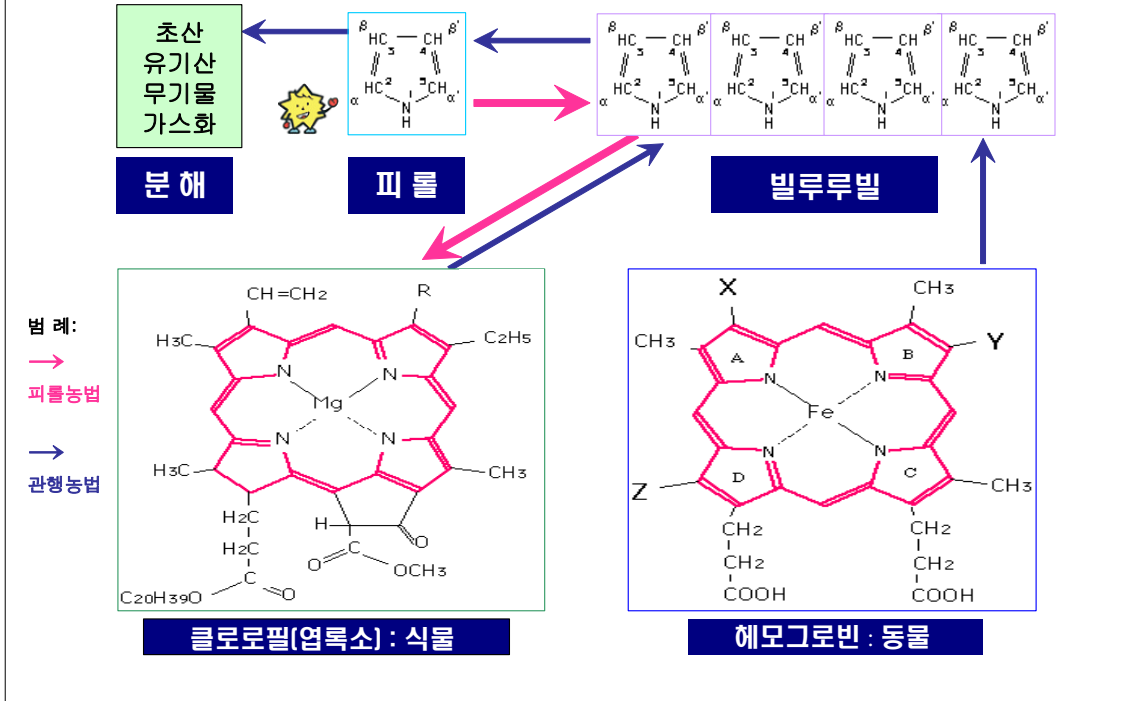
이와 같이 **관행농법**의 상식으로는 **이해하기 어려운 정반대의 현상**이 토양에서 일어남

관행농법과 피롤농법의 차이



- 관행농법에서는 **엽록소(유기물)**에서 **유기산과 초산**으로 분해과정이 진행되나,
- **피롤농법**에서는 역으로 시아노박테리아의 작용으로 **빌리루빈**에서 다시 **엽록소**로 **합성**과정이 진행됨

관행농법의 분해와 피롤농법의 합성 과정



피롤-엘곤의 원리

- 피롤비료는 특수한 반응과정을 통해서 제조된 특수피막이 형성된 3중 코팅입자로 제조되어 있음
- 토양에 투입되면 토양 속에서 수분과 이산화탄소와 접촉하면서 중탄산 (HCO_3^-) 이 서서히 흘러나오고 토양의 산도는 약 알칼리성으로 교정됨 (pH 7.2-8.0)
- 이러한 과정 중에 피롤비료에 포함되어 있는 유기양분들과 미네랄이 유리되기 시작하고, 어느 정도 시간이 경과하면 토양은 독립영양 미생물들이 살기 좋은 환경으로 조성됨

피롤-엘곤의 원리

- 산성화된 토양을 선호하는 병원성 종속영양 미생물의 생장은 억제되고, 극미하게 생존하던 독립영양미생물인 시아노박테리아 성장시작
- 토양에서 시아노박테리아가 성장함에 따라 광합성작용, 질소고정작용, 토양 광물 용해작용, 그리고 분비물 생산작용을 통해서 각종 유기양분들, 산소 그리고 킬레이트*가 식물에게 공급되고, 토양 입단화가 조장되어 토양의 보수력과 보비력 증진

* 킬레이트 : 식물이 수용하기 쉬운 상태로 만들어진 미네랄

피롤-엘곤의 원리

시아노박테리아의 사체는 놀라울 정도로 완벽한 기능성 영양소로 구성되어 있다

시아노박테리아 사체는

단백질이 약65% ,

탄수화물이 15~20%

기타 칼슘, 마그네슘을 다량 함유할 뿐만 아니라 아연, 망간, 셀레늄,

구리 등 유기미네랄을 다양하게 함유하고 있어 그 영양적 가치는 아주 높음

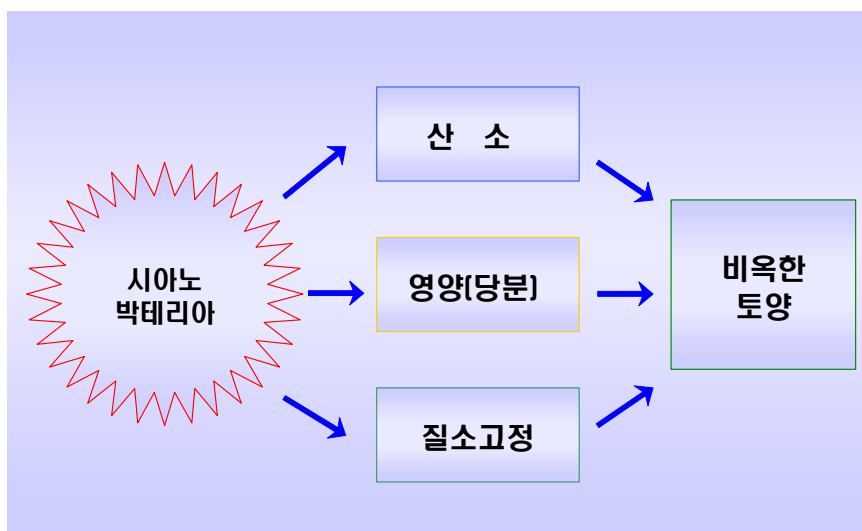
이들이 분비하는 다당류인 점액성 물질이 토양입단을 형성하여 양분의

흡수효율을 높여 주기 때문에 작물이 잘 성장할 수 있음

피롤 비료는 이상적인 비료입니다.

1. 산성화된 토양(pH 5~6) → (pH 7.2~8)로 높여준다.
2. 시아노박테리아가 번식하여 토양유기물이 증대
3. 시아노박테리아의 작용으로 토양에 신선한 공기가 공급되어 건강한 뿌리 성장이 촉진
4. 토양이 입단화되어 보비력 및 보수력이 높아지며 염기의 균형이 유지되어 당도가 높은 신선한 고품질의 작물이 증수
5. 토양이 약알칼리성으로 활성화되어 병해충의 피해가 예방, 감소됨
6. 탄저와 역병 예방이 가능
7. 별도의 석회와 고토를 시비하지 않아도 됨

시아노박테리아와 비옥한 토양



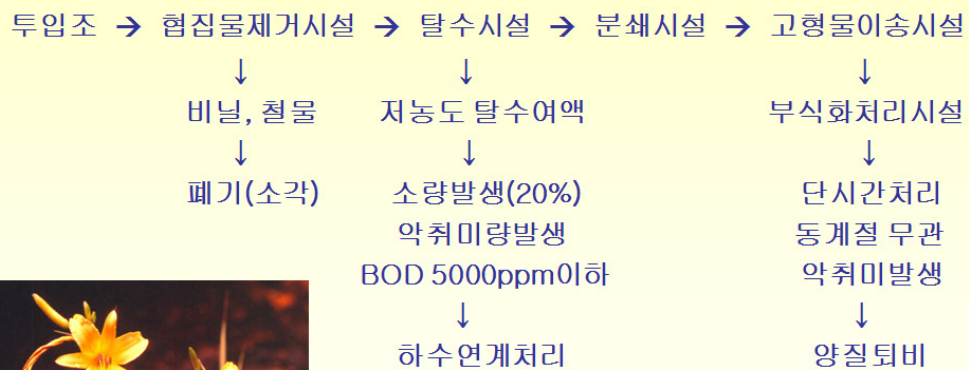
1) 음식폐기물

■ 현행처리계통



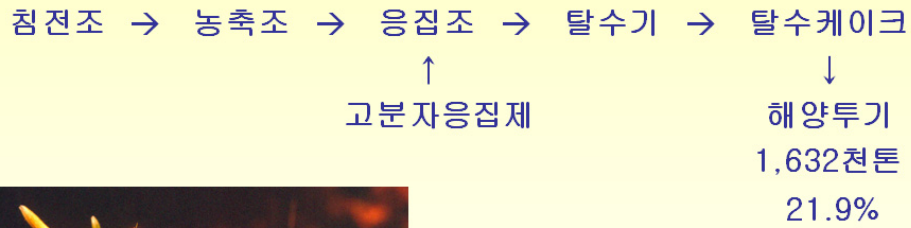
1) 음식폐기물

■ 신공법 처리공정도



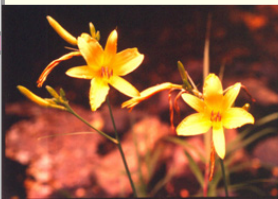
3) 하수오니

■ 현행처리 공정도



3) 하수오니

■ 신기술 처리공정도



피롤비료의 착색 및 비대 실증 실험 (사과)

월곡농원에 피롤비료를 사용하여 무 농약 재배를 하여 나타난 놀라운 결실



일 시	장 소	시험목적	실험작물	사용농가
07년09월 13일	장수군 월곡마을	제조제 대응, 무 농약실험, 신초 맞춤, 생육 실험	사 과	정 학 식

피롤비료의 시비부터 수확까지의 실증 실험 (사과)

천향원에서 피롤비료를 사용하여 저 농약 사과 재배 후 결실까지의 과정



일 시	장 소	시 험 목 적	실험작물	사용농가
07년09월 13일	장수군 천향원	제조제 대응, 무 농약실험, 신초 맞춤, 생육 실험	사 과	송 재 기

피롤비료와 일반퇴비 대조구 (딸기)

함양군 백전마을 딸기농장 딸기 정식후 잡초의 발생과 생장상태 비교



피롤비료 사용



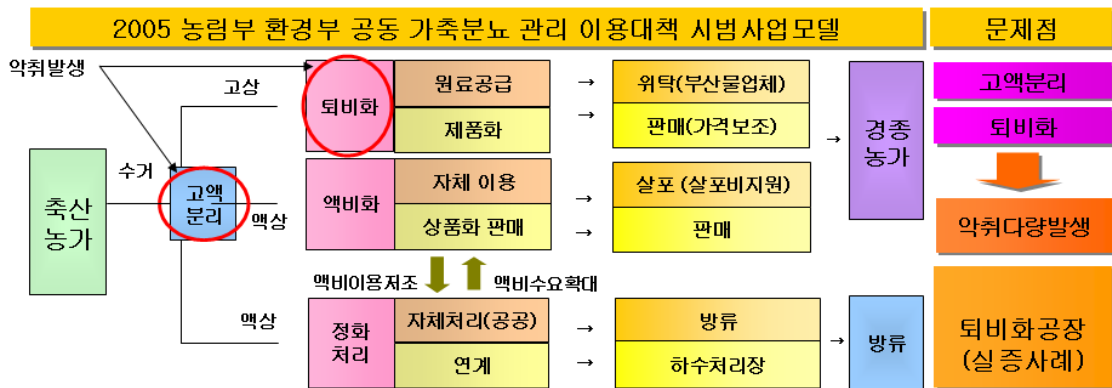
일반 퇴비 사용

일 시	장 소	시험목적	실험작물	사용농가
07년10월 06일	함양군 벽진마을	딸기 발 비교 실험	딸 기	정 석 현

부록 5-3-2 2단 중온 혐기소화 바이오가스 플랜트 실증사례



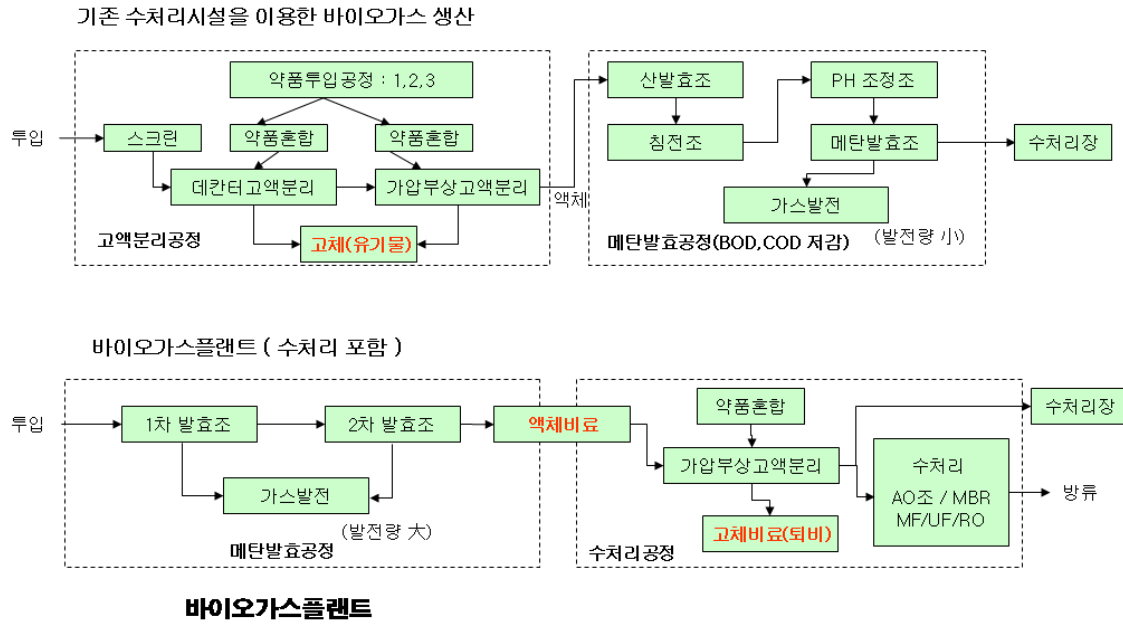
1. 축산분뇨 처리모델 (기존)



시범사업모델은 처리에 관점을 두었음 / 악취문제 발생
 바이오가스플랜트와 같이 혐기발효공정을 두어 처리하여 악취제거 후 고액분리를 하여야 함.

지자체 가축분뇨 처리현황	처리방법	현황/문제점
	저장조보급사업 (액비화)	전국 6,000여개 보급 / 경종농가 사용기피로 저장조 만수 상태 일정기간 동안 버퍼 작용을 하였으나 새로운 문제로 부각
	자연부숙(저장조) 액비의 문제점	악취발생 (악취가 완전제거 되지 않아 살포시 민원발생) 병원균 및 잡초씨앗, 중금속의 잔재 (다량 살포시 식물생육에 문제)
	공공처리장	농기별 고액분리요구 / 액상만 수처리 후 방류 (지원하 하지 않음)
	개별축산농가	자체 퇴비화 (듬뿍이용) / 공공처리 및 해양투기

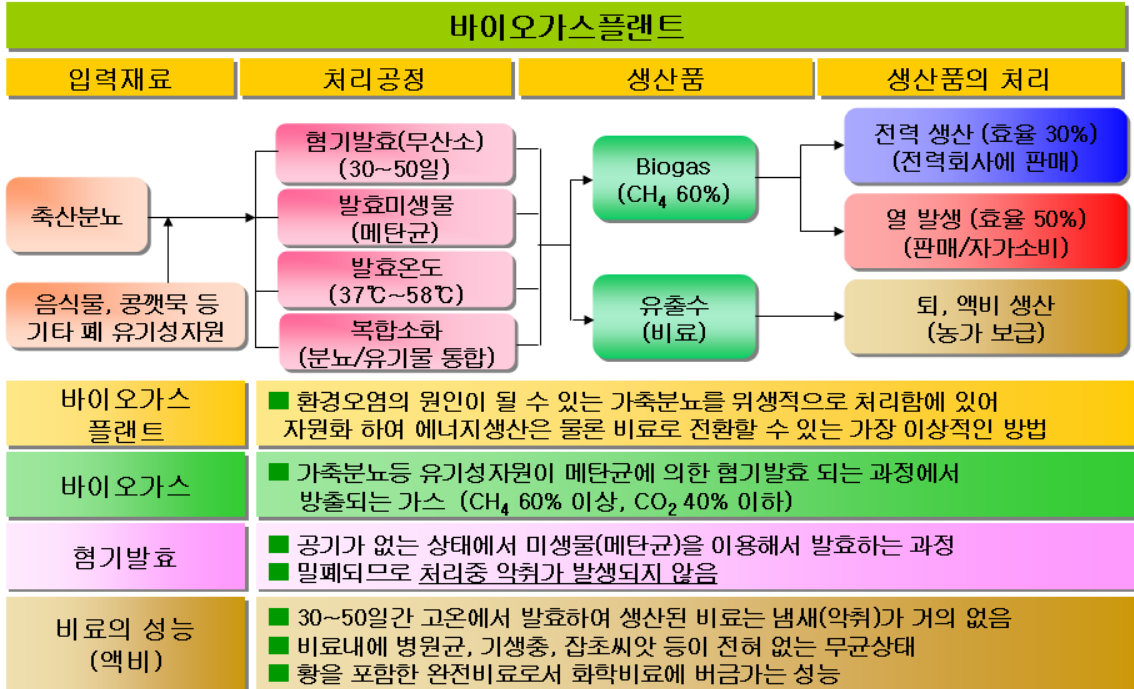
2. 축산분뇨 처리시설 비교분석



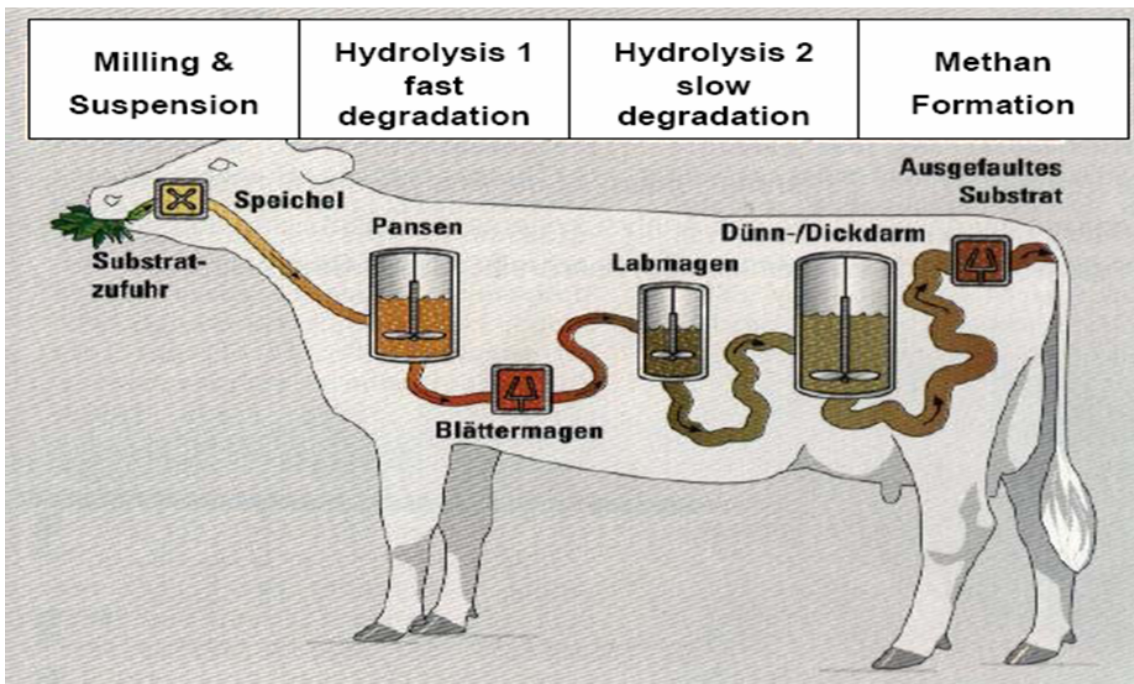
3. 기존 축산 처리장 문제점

원수 관리	▶ 유입되는 원수의 성상과 유입수의 변화에 대한 상시 정보 및 관리의 부재로 부하변동 시 별다른 대책 없이 지속 처리함으로써 문제 발생
전처리 공정	▶ 원수의 전처리, 퇴비화 과정으로 인한 악취 발생
	▶ 전처리 공정의약품 소요량이 많고 처리효율의 잦은 변화 발생
	▶ 전처리 후 슬러지의 퇴비화를 위한 수분조절제 필요에 의한 비용, 수급문제 발생
	▶ 전처리 의존에 의한 원수의 성상 및 일정 부하량 유지관리 소홀
소화조 운영	▶ 전처리로 인한 소화조 용량 최소화 및 처리시간 최대 단축으로 부하변동 시 대처 능력이 현저히 떨어지며 정상운전 시 까지 많은 시간 소요
	▶ 소화조 내 문제발생 시 빠른 조치가 어렵고 전문 기술인력이 부족함
	▶ 입상구조물 형태로 부식이 빠르고 보수 시 다른 처리 방안이 없음
공정 효율	▶ 소화조 효율이 낮아 메탄가스를 이용한 열 회수의 어려움으로 보온 등의 연료 소요
	▶ 초기 시설의 효율 저하로 추가 시설 및 확장의 경우가 많아 적절한 운전 및 공정관리가 어려우며 각 공정별 효율 증감으로 관리가 어려움
자원화 미숙	▶ 시설의 노후 및 효율 감소된 부분의 적절한 교체 및 상시 관리를 통한 효율 관리
	▶ 수처리 위주의 시설 즉, 단계별 농도감소 단계로 구성되어 자원화에 대한 시설의 효율 및 에너지 이용에 대한 이해가 부족함

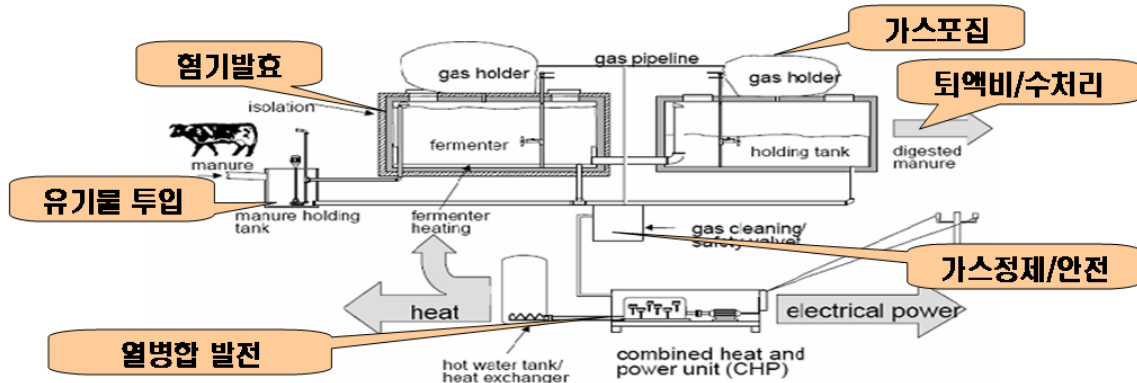
4. 바이오가스플랜트 개요



5. 바이오가스플랜트의 원리



6. 바이오가스 플랜트 구성



공정구분	유기물 투입	유기물 분쇄기, 유기물 선별기, 고액 분리기, 곡류 투입기
	혐기발효	발효조(토목, 철재), 보온장치, 가온장치, 교반장치
	가스포집	가스관, 밸브, 가스포, 가스저장탱크, 압력조절, 안전밸브
	가스정제	황화수소제거장치 [공기주입 제거, 흡착식 제거]
	열병합 발전	배관, 발전기, 배출가스, 열교환장치, 전력품질, 안전장치

7. 해외사례 덴마크바이오가스플랜트



(LIBE 바이오가스플랜트 : 축분 80%, 유기물 20%)



(주변 11km내 80개 농장 : 일 420톤 규모)



(LINKO 바이오가스플랜트 : 축분 75%, 유기물 25%)



(주변 7.5km내 60개 농장 : 일 540톤 규모)

8. 해외사례 독일바이오가스플랜트



(노출형)



(매립형)



(반 매립형)



집단형 (250kW x 5 = 1250kw)

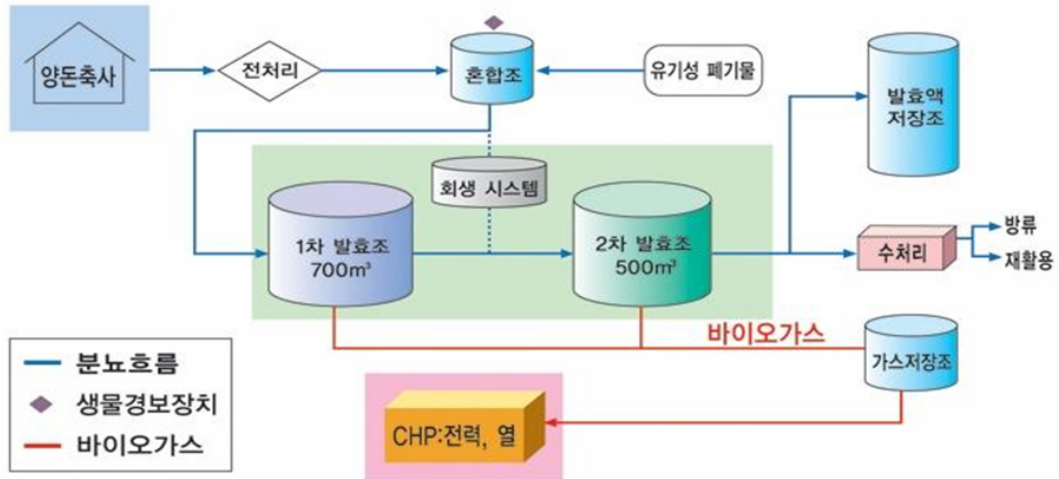
9. 유니슨 바이오가스플랜트 조감도



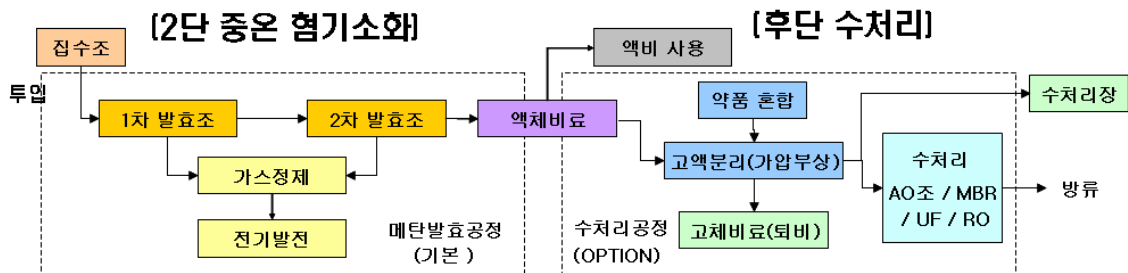
1. 집수조 2. 제1발효조(700m³) 3. 제2발효조(500m³) 4. 발전실 5. 액비저장조 6. 폐수처리장
7. 퇴비장

10. 플랜트개요

- 위치 : 충청남도 청양군 청양읍 장산리 458-2 여양농장 내 (양돈 4,000두)
- 처리용량 : 양돈분뇨 20톤/일 (원수 BOD 농도 약 35,000~50,000 ppm)
- 전기발전 : 용량 60kW (연간 약 400MWh의 발전 가능)



11. 유니슨 바이오가스플랜트 공정

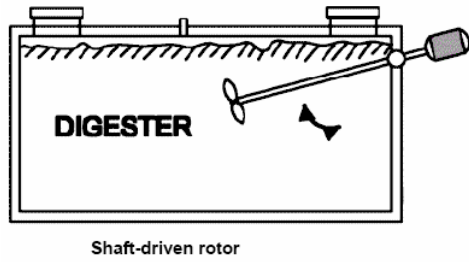


공정의 특징 :

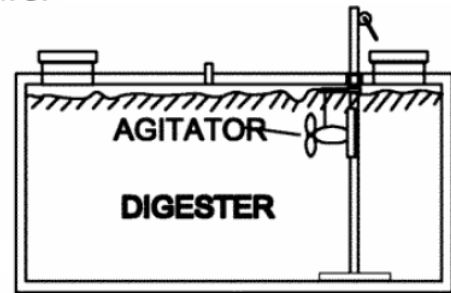
- 축분 투입 시 고액분리 공정 없이 모든 유기물 투입 (고농도 유기물 유입가능)
- 전량 밀폐발효를 통한 초단 악취 방사 제한 (별도의 악취 저감시설 없음)
- 1차 및 2차발효를 통한 충분한 유기물 분해 (가스생산량 증대, 경제성 증가)
- 효율 저하 시 병렬 및 역방향 운전이 가능함 (처리부하율이 높아도 안정성 유지)
- 양질의 액체비료 제공 (발효조 내 탈황, 액비 내 황 성분 첨가)
- 수처리공정을 통한 유출수 방류기준 만족 (MBR 및 막분리공정을 통한 방류기준 만족 가능)
- 수처리 시 혼합약품비 최소화로 경제성확보

14. 시설특징(3중 복합 교반장치)

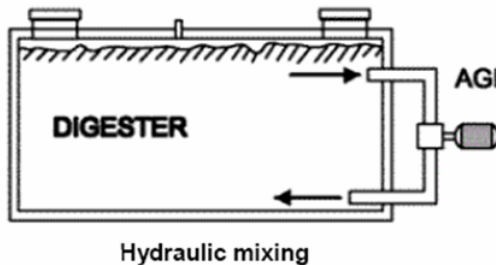
- 유기물 농도가 높은 재료에도 대응가능 : AS 및 교환 용이
- 슬러지 침적량 최소화



Shaft-driven rotor



Submerged motor with rotor stirring

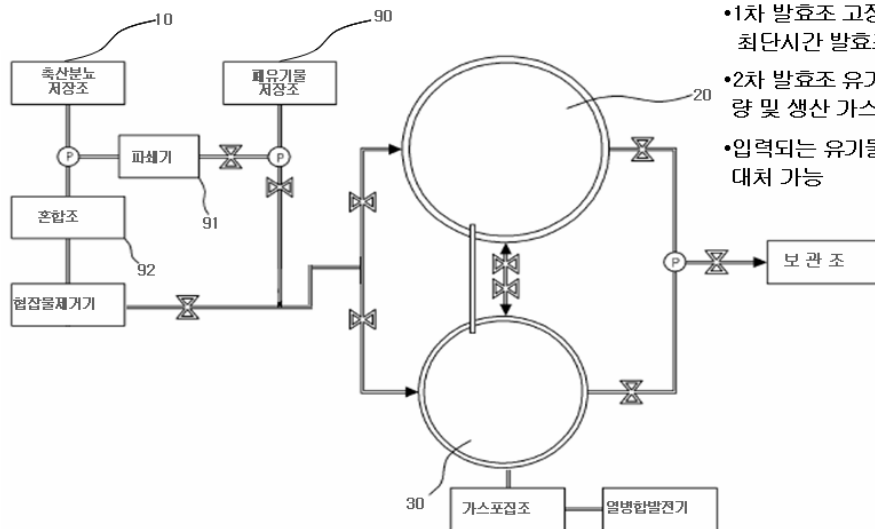


Hydraulic mixing

- 3가지 교반장치 복합적용
- 용도에 따른 효율적 교반
- 고점성 물질 대응
- 신뢰성증가

15. 시설특징(2단 직렬 및 병렬발효)

특허등록번호 : 10-0743373

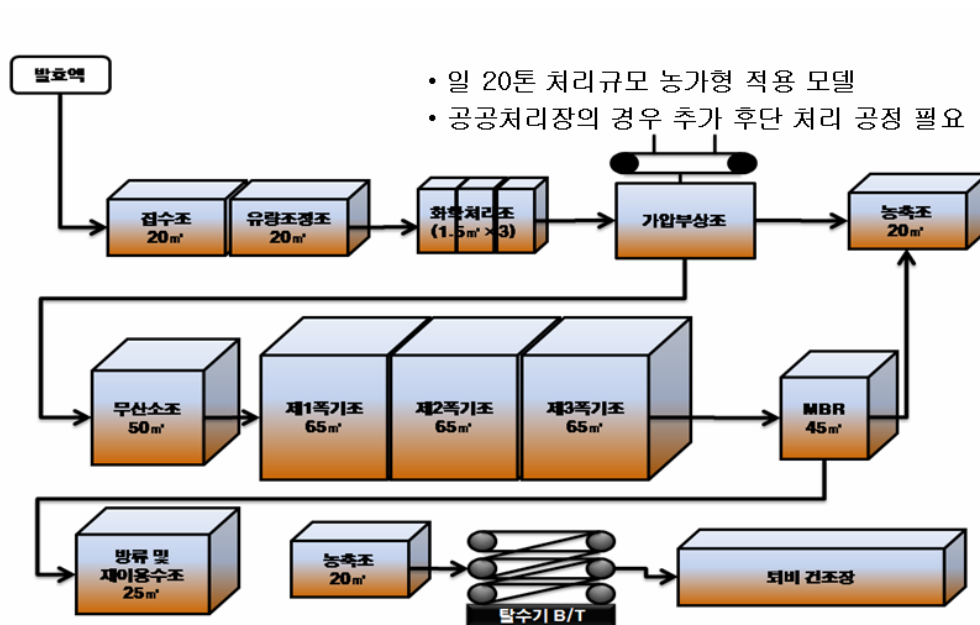


- 1차, 2차 발효조 직, 병렬운전 가능
- 1차 발효조 고장시 2차 발효조 대응
최단시간 발효조 정상화(회생시스템)
- 2차 발효조 유기물 투입으로 처리용
량 및 생산 가스량 증대
- 입력되는 유기물 부하변동에 안정적
대처 가능

16. 시설의 성능

항 목	단 위	실 적	비 고
수리학적 체류시간	일	약 40 ~ 50	전처리 투입시 약 20일 원수 직접 투입시 약 40~50일
허용가능 유기물부하	Kg BOD/m ³ 일	약 35	
소화효율(유기물제거율)	%	85 내외	슬러지분리 화학적 처리후 96%
소화온도	℃	35 ~ 40	중온소화
메탄가스발생량	Nm ³ /ton - CH ₄	24 (40:바이오가스 기준)	BOD : 35,000ppm 기준
바이오가스 순도	% - CH ₄	60 ~ 75	40% 이상에서 점화 발전가능
발전용량	kW	60	일 20톤 처리기준
발전방식		가스전소 발전	열병합발전

17. 수처리 공정



18. 수처리 성능

항 목	단 위	발효 전	발효 후	화학처리 후	수 처리 후	법률규정 (허가,기타지역)
BOD	ppm	35,000	3,500	-	30 이하	150 이하
SS	ppm	32,000	4,000	-	10 이하	150 이하
TN	ppm	8,000	3,500	-	100 이하	-
TP	ppm	5,000	2,000	200이하	5 이하	-

(가압부상조)



(폭기조)



- 적용 사례 : 일 20톤 처리 허가대상 축가 적용(충남 청양 여양농장)
- 허가대상, 특정지역(BOD,SS,TP : 50ppm 이하, TN : 260이하)에 적용 가능
- * 공공형의 경우 후단 처리공정이 더 필요함(질소 제거 시설)

고농도 폐수의 에너지화 및 감량화

(주)에코데이 이사 이재기

Tel. 02-993-1494~6

lejk@unitel.co.kr

서론

축산분뇨, 음식물 폐수, 하수슬러지와 같은 고농도 유기성 폐수는 오랜 연구를 통해 많은 기술 개발비를 투자하고도 육상에서 처리할 수 있는 기술력의 부족으로 대부분 해양배출에 의지하고 있다. 그러나 2006년 3월 해양배출 금지에 대한 국제협약인 '96런던의정서 발효와 해양오염방지법 강화에 의해 배출기준이 강화되고, 비용에 대한 부담도 점점 증가하고 있으며, 향후 해양배출 전면금지를 목표로 하고 있어 이에 대한 처리대안 마련은 어느 때보다도 시급한 실정이라 할 수 있다.

이처럼 부정적으로만 인식되고 있던 고농도 폐수는 최근 화석에너지 비용 상승 및 기후변화협약 발효로 인한 선진 각국의 환경규제 강화에 효과적으로 대응할 수 있는 바이오 연료로 새롭게 부각되고 있다. 전 세계 에너지 흐름은 석탄에서 석유→석탄, 천연가스→바이오매스 쪽으로 진행되고 있으며, 특히 유기성 폐수와 같이 재생 가능한 탄소원료를 사용해서 생산되는 바이오 연료 산업은 화석연료에 비해 대기오염 물질 배출이 적고, 고유가 대응, 소득 증대 등의 효과를 기대할 수 있다. 이론적으로 1kg의 유기물질(COD기준)이 혐기성 소화가 된다면 약 0.35m³의 메탄가스를 얻을 수 있다. 1m³의 메탄가스는 35,800kJ/m³의 열량을 가지는데 이는 천연가스(LNG, 메탄가스 85%)와 비슷한 열량으로, 혐기성 소화를 통해 생산된 메탄가스도 이와 비슷한 경제적 가치를 가지는 대체에너지원으로써 이용될 수 있다. 2011년 음식물 폐수와 하수슬러지 예상 발생량은 약 20,000m³/일로 혐기성소화에 의해 700천m³/일의 메탄가스를 생산할 수 있으며, 이는 천연가스 버스 5,200여대를 운행할 수 있으며 전력 생산 시 2,500천kwh로 240천 가구가 사용할 수 있는 양으로 경제성이 뛰어나 석탄·석유 연료를 일부 대체할 수 있다.

고농도 폐수 처리 기술

1) 고농도 폐수의 혐기성 처리(에너지화)

혐기성 소화는 “메탄발효” 라고도 하며, 주된 목적은 폐수 혹은 폐기물 처리와 동시에 메탄이라는 에너지를 회수하기 위하여 적용되고 있다. 혐기성 소화라는 용어 내에 포함된 것과 같이 산소가 없는 무산소 상태에서 분해 가능한 유기물을 분해시켜 메탄으로 전환시키는 것으로, 초기에는 가수분해와 산발효를 시키고, 산소가 고갈되는 지점에서 메탄균이 메탄을 생성하게 된다. 이론적으로 1kg의 유기물질(COD 기준)이 혐기성 소화가 된다면 약 0.35m³의 메탄가스를 얻을 수 있다. 1m³의 메탄가스는 35,800kJ/m³의 열량을 가지는데 이는 천연가스(LNG, 메탄가스 85%)와 비슷한 열량으로, 2008년 1월 현재 1m³의 LNG 가격은 545.3원(산업용)으로 고농도 폐수를 통해 생산된 메탄가스도 이와 비슷한 경제적 가치를 가지는 대체에너지원으로써 이용될 수 있다.

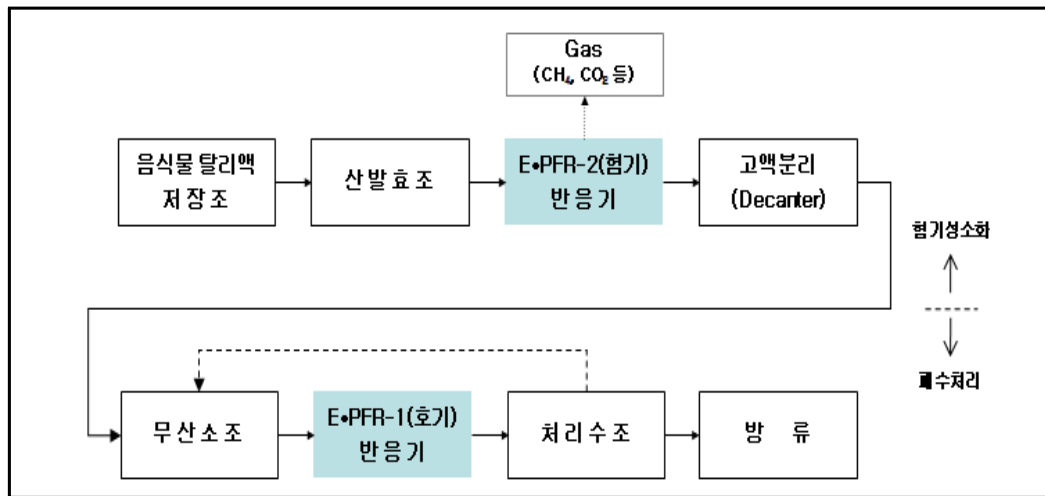


Fig. 1. Pilot Plant 음식물 폐수 혐기성소화 공정도

이처럼 고농도 유기성 폐수를 대체에너지원으로 활용하기 위해 혐기성 소화 공정을 통한 메탄가스 생산 기술을 개발 하였다. 본 기술 개발에 앞서 주관기관에서는 생물학적 처리 반응조 기술, 축산분뇨 정화 및 액비화 기술, 고농도 유기성 음식물 폐수에 대한 혐기성 소화에 대한 지속적인 연구를 수행하여 왔으며, 음식물 폐수에 대한 메탄가스 생성 pilot plant를 운영하고 있다. 음식물 폐수는 음식물 쓰레기를 자원화하는 과정에서 발생하는 탈리액·침출수 등의 고농도 폐수로 축산분뇨에 비해 3배 이상 더 높은 유기물과 고형물 농도를

갖는다. 아래의 공정도에서와 같이 유입된 음식물 폐수는 산발효조를 거쳐 E·PFR-2(혐기)반응기에서 메탄가스를 생산하며, 혐기성 소화액은 고액분리하여 정화처리공정을 거쳐 방류된다.

본 pilot plant에서 사용된 E·PFR-2(혐기)반응조는 입상형 원통반응기로 반응기 내부를 여러 개의 단으로 나누어, 유입된 폐수가 각단별로 순차적으로 처리될 수 있는 독특한 구조를 갖는 반응기이다. 이러한 E·PFR-2(혐기)반응기를 통하여 소화된 VS 제거율은 약 82.5%로 나타났으며, 가스발생량은 0.45~0.6m³/kg·VS, 발생가스 중 메탄의 함량은 65~70%로 매우 높은 혐기성 소화 효율을 얻을 수 있었다. 이는 일반 혐기성 소화시 가스발생량 약 0.25~0.75m³/kg·VS와 비교해볼 때 유사한 것으로 나타났다.

안정화 기간 이후로 HRT 15일로 안정적인 운전 상태가 유지되었으며, 음식물 폐수 1m³당 평균 50m³의 가스가 발생되었다. 이러한 높은 메탄가스 발생효율은 E·PFR-2(혐기) 반응기 내부 각 단에 Sludge Blanket이 형성되어 소화율이 높은 것으로 볼 수 있다. 혐기성반응조의 안정성 면에서도 원수(pH 3.98~4.32)를 그대로 유입시킴에도 불구하고, 혐기성 반응조 내에서 pH6.8~7.45로 안정적인 상태를 유지할 수 있었으며, E·PFR-2(혐기) 반응기의 각 단별 pH 변화에서도 하부 원수 유입 Zone(1단) pH6.5를 제외 하고는 pH7 이상을 유지하여 반응기 내에서 pH 완충역할이 탁월함을 나타내었다.

Table 1. 각 공정별 평균농도 (단위:mg/L)

항 목	BOD	CODMn	SS	T-N	T-P	TS
원수(음식물 탈리액)	79,000	46,250	79,200	3,525	1,132	112,000
E·PFR-2(혐기) 반응기 유출수	4,040	2,382	10,533	1,520	192	15,000
소화액(고액분리 후)	3,350	1,860	433	582	14	3,000
E·PFR-1(호기) 반응기 유출수	96	96.5	11.5	54	3.7	-

Table 2. Pilot Plant로부터 도출된 설계인자

항 목	설 계 인 자
유입부하	20kgBOD/m ³ ·d
HRT	15 일
가스발생량	0.45~0.6m ³ /kg·VS, 50m ³ /m ³ wastewater
메탄 함량	65~70%

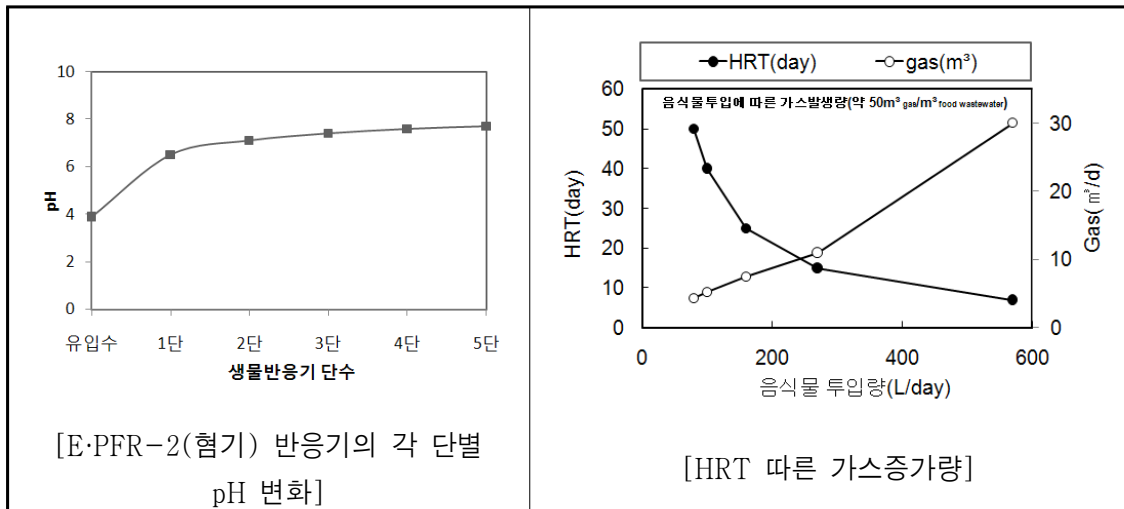


Fig. 2. Pilot plant 혐기성소화 결과

다음은 본 기술의 메탄 생성에 대한 경제성을 국내외 유사기술의 효율과 비교한 것으로 설계조건은 음식물량 100m³/일 (고형물량 20%, VS 90% 기준, 비중 1)로 동일하게 적용하였다.

Table 3. 기술의 경제성 비교

항 목	국 내 기 술		국 외 기 술		에 코 데 이 개 발 기 술
	기 존 기 술 (근거:산자부)	최대예측발생량 (근거:환경부)	E社 (독 일)	S社 (스웨덴)	
소화효율 (%)	10~30 (20)	55~85 (70)	30~50 (40)	55~70 (62.5)	75~90 (82.5)
Gas yield (m³/kg.VS)	0.2~0.4 (0.3)	0.3~0.5 (0.4)	0.3~0.4 (0.35)	0.3~0.4 (0.35)	0.45~0.60 (0.52)
메탄발생량 (m³/day)	864	4,032	2,016	3,150	6,177
가스발생량 (m³/day)	1,330	6,203	3,101	4,846	9,504
m³ 당 gas발생량 (m³ gas/m³)	13.3	62.0	31.0	48.5	95.0
VS 잔량	11,520kg (80%)	4,320kg (30%)	8,640kg (60%)	5,400kg (37.5%)	2,520kg (17.5%)
에너지 이 용	전력: 370 가구 or LNG 버스: 8대	전력:1,400 가구 or LNG 버스: 30대	전력: 861 가구 or LNG 버스: 18대	전력:1,346 가구 or LNG 버스: 28대	전력:2,640 가구 or LNG 버스: 57대

2) 고농도 폐수의 호기성 처리(정화처리)

호기성 생물학적 처리를 위한 일반적인 포기조는 완전혼합반응기(CSTR, Continuously Stirred Tank Reactor)의 형태로 폐수가 유입되는 즉시 반응조 내에서 완전혼합이 일어나게 되며, 유출되는 처리수는 반응조 내 폐수의 농도와 같게 된다. 따라서 CSTR 형태는 방류수에 가까운 저농도에서 처리해야 하므로 처리속도가 매우 낮아지는 한계점이 있다. 그러나 점진적으로 농도가 변화하는 PFR(Plug Flow Reactor) 형식의 흐름은 고농도에서 반응을 유도할 수 있고 유입수와 유출수가 분리되어 처리속도와 처리효율을 동시에 높일 수 있다. 이러한 두 가지 흐름의 장점만을 결합하여 개발된 E·PFR-1(호기) 반응기는 반응기 각단에 기체가 체류할 수 있는 공간을 확보한 독특한 구조로 modified-PFR 형태의 흐름을 갖는다. 여기서 말하는 modified-PFR 흐름은 각단에서는 CSTR, 반응기 전체적으로는 PFR 흐름으로 물질전달 및 확산(용해, 탈기)이 일어날 수 있는 유리한 조건을 확보하였다. 특히 E·PFR-1(호기) 반응기는 높은 산소전달효율, 높은 미생물(MLVSS) 유지와 유기물 농도 모두가 PFR흐름을 갖어 고농도 폐수 처리에 유리하다.

E·PFR-1(호기) 반응기의 특징은 반응기 내부 각단에 공기가 일정 시간동안 체류할 수 있는 공간(air holdup space)을 형성하여 기/액 접촉면이 증가하고 산소전달과 혼합을 효과적으로 유도함으로써 기/액간 고효율 산소전달이 가능할 뿐만 아니라, 별도의 산기장치 없이 단순배관을 통하여 공기를 주입하므로 통기저항이 낮아 소요되는 동력비가 낮고 산기관 교체 등의 문제가 없어 유지관리비가 적게 소요되며, 고농도의 미생물(MLVSS) 유지 및 활성 최대화로 하수 슬러지, 음식물 폐수, 축산폐수와 같은 고농도 폐수처리에 적용하여 우수한 처리결과 얻을 수 있었다. 특히, 각단의 단위조 유체의 상대속도에 의해서 폐수의 선속도가 최대화되어 유체의 다양한 기작(유체유동, 혼합, 수면에서의 재포기 등)을 유도함으로써 유기물, 난분해성 물질, 다양한 오염원, 고형물, 고농도의 질소 및 인이 포함된 고농도 유기성폐수(음식물 폐수, 축산폐수, 하수 슬러지 등) 처리 시에도 안정적인 처리가 가능하다.

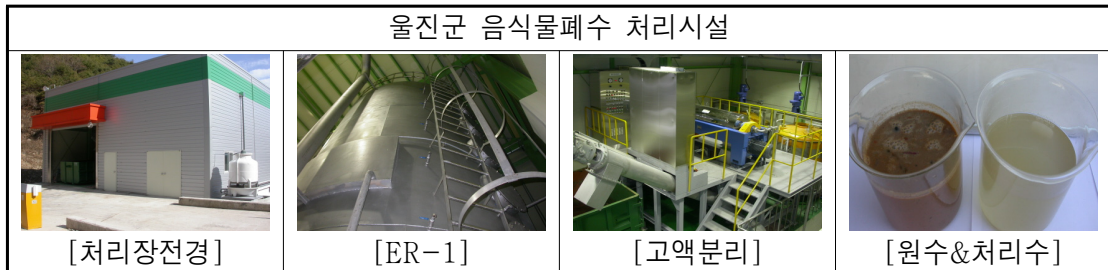
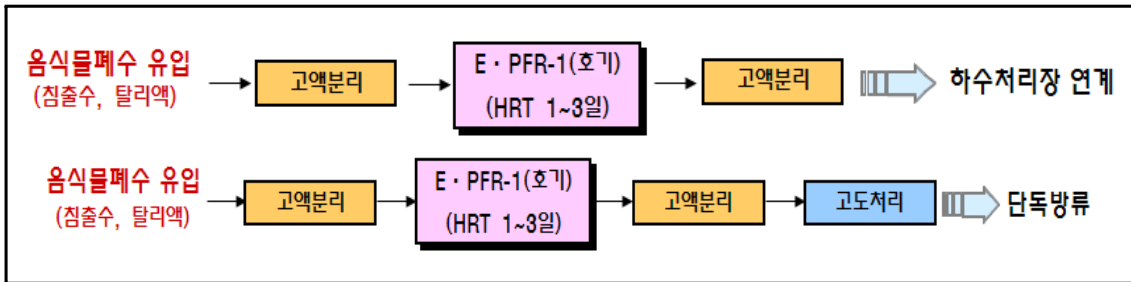
- E·PFR-1(호기)을 이용하여 처리시간이 짧고(1~4일), 부지소요면적이 적음.
- 적용시설 현황에 따라 원통입상형 반응기 또는 토목형 Block으로 적용 가능.
- 고농도 미생물 유지 및 높은 산소전달효율에 의해 유입부하변동에 강함.

○ 밀폐형 반응기로 악취제어 용이.

○ 유입수 부하 및 처리수질에 따라 시설투자비 1,500~5,000만원/톤.

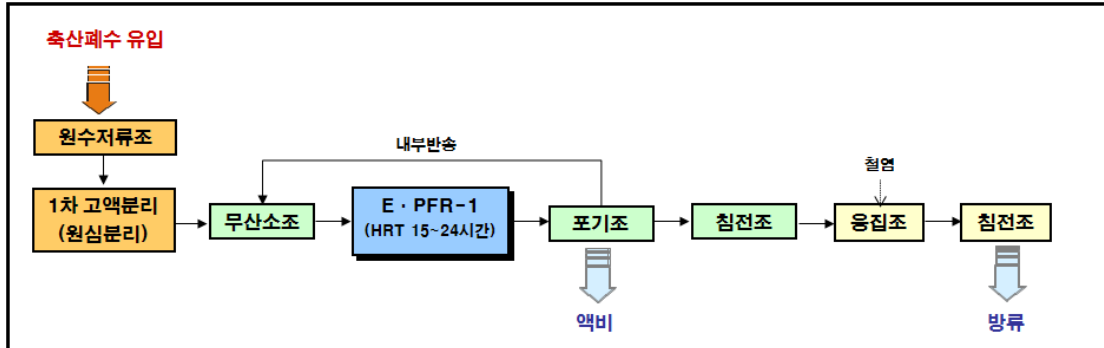
E·PFR-1(호기) 반응기는 대표적인 고농도 폐수인 음식물 폐수, 축산폐수, 식품폐수 등에 여러 건의 적용실적이 있으며, 대표적인 시설과 처리효율에 대해서는 아래에 소개한다.

□ 음식물폐수 처리공정(호기성)



구 분		유 량 (m ³ /일)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
울진 운영 수질	유입수질	20	110,000	70,000	90,000	3,500	400
	목표수질	18.4	4,000	3,000	4,500	1,500	130
	공인분석결과	경북보건 환경연구원	733	1,151	230	497	15.6
홍성 운영 수질	유입수질	30	16,500	8,600	8,000	1,520	700
	공인분석결과	화학시험 연구원	187	192	57.3	37.4	62.2

□ 축산폐수 처리공정(호기성)



mg/L	BOD	COD	SS	T-N	T-P
원수	20,790	11,220	41,700	3,963	477
ER-1	1,980	2,094	-	1,543	12.6
포기조	290	1,170	-	493	12.2
방류수	12.0	46.2	15.0	133	4.0
수질법규	150	-	150	-	-

기술 적용 실적

시 설 명		처리용량
축 산 분 뇨	상록수농장 축산폐수처리시설	25 m ³ /일
	대운농장 축산폐수처리시설	17 m ³ /일
	신천농장 축산폐수처리시설	35 m ³ /일
	가화양돈영농조합 축산폐수처리시설	30 m ³ /일
	포내농장 축산폐수처리시설	25 m ³ /일
	부림농장 축산폐수처리시설	25 m ³ /일
	대나루농장 축산폐수처리시설	35 m ³ /일
	만해농장 축산폐수처리시설	30 m ³ /일
	금암농장 축산폐수처리시설	30 m ³ /일
음 식 물 폐 수	경북 울진군 음식물자원화시설 폐수처리시설공사	20 m ³ /일
	충남 홍성군 음식물자원화시설 폐수처리시설공사	30 m ³ /일
	경기도 파주시 음식물자원화시설 폐수처리시설공사(공사중)	130 m ³ /일
	경기도 오산시 음식물자원화시설 폐수처리시설공사(실시설계반영)	88.2 m ³ /일
	서울시 00구 음식물자원화시설 폐수처리시설공사(실시설계반영)	150 m ³ /일
	전북 김제시 음식물자원화시설 폐수처리시설공사(실시설계반영)	25 m ³ /일
식품 폐수	경기도 양평군 양동농협 단무지가공공장 폐수처리시설공사	49 m ³ /일
	경기도 양평군 지제농협 전통장류가공공장 폐수처리시설공사	20 m ³ /일

신기술 및 산업재산권

구 분	기 술 명	인증번호	인증기간
NET (신기술)	Gas Holdup을 이용한 일체형 호기성 생물반응기의 생물학적 처리기술	제K055호	04.12.10~08.12.09 (4년)
NEP (신제품)	가스체류방식을 이용한 다단 호기성 생물반응기	NEP-2004-021	04.12.31~07.12.30 (3년)
조달청 우수제품	고효율 생물반응기	제2005068호	05.06.23~08.06.22 (3년)

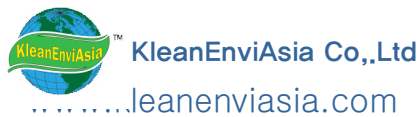
등록번호	고안의 명칭	출 원 일	등 록 일
20-0341811	가스용해 및 반응장치	2003.10.31	2004.02.03
20-0346814	기액 접촉 반응장치	2003.12.31	2004.03.24
10-0447812	일체형 오폐수 처리장치의 생물 반응조 구성 방법 및 장치	2002.04.18	2004.08.30
10-0470925	유체유동에 의한 수처리공정 및 장치	2003.03.31	2005.01.31
10-0481821	기체용해 및 물질분리에 의한 수처리장치	2002.09.19	2005.03.30
10-0547199	기체의 용해 및 혼합을 이용한 오폐수 처리 장치	2003.04.29	2006.01.20
10-0592039	평막 및 균일한 산기시설에 의한 수처리 장 치	2004.06.02	2006.06.14
10-0592038	고형물과 액상물질로 총분리된 오폐수로부터 액상물질을 효과적으로 배출하기 위한 장치	2004.03.31	2006.06.14
10-0628481	수처리 처리장치 및 공정	2005.02.03	2006.09.19
10-0639296	생물학적 수처리 장치	2005.09.16	2006.10.20
10-0686191	화학적 수처리장치	2005.09.29	2007.02.15
10-0674510	수처리 공정 및 장치	2005.06.15	2007.01.19
10-0701107	저밀도 물질의 제거가 용이한 수처리장치	2005.07.29	2007.03.22
10-0703890	혐기 및 호기성소화에 의한 고농도 오폐수 처리장치 및 방법	2006.05.26	2007.03.29
10-0728300	폐수처리의약품혼합장치	2006.07.14	2007.06.07
PCT/KR2004/001419	FLUIDS FLUXION METHOD AND PLANT FOR WASTEWATER TREATMENT	2004.06.15	
PCT/KR2006/003915	PLANT FOR WASTEWATER TREATMENT	2006.09.29	

상기의 국내 특허 출원 2건, 해외특허 출원 2건

회사소개

회 사 명	(주)에코데이	대 표 자	최 흥 복
설립년월일	2003년 3월 25일	홈페이지	www.ecodays.co.kr
사업자등록번호	209-81-34504	법인등록번호	110111-2745573
소재지	서울시 노원구 월계4동 인덕대창업센터 521호		
전화번호	02-993-1494~6	팩스번호	02-993-1497
홈페이지	www.ecodays.co.kr		
생산품목	고농도 오폐수 처리시설(혐기/호기), 고효율 생물반응기(E-PFR)		
회 사 연 혁			
년 월 일	내 용		
2003.03.25	(주)에코데이 설립(자본금 50백만원)		
2003.11.26	수질오염방지시설업 등록(등록번호 제892호)		
2004.02.04	부설환경연구소 설립(제20041054호)		
2004.09.21	벤처기업확인(제061128031-2-00578호, 신기술개발기업)		
2004.12.09	신기술인증(NET 제K055호)		
2005.01.04	자본증자(자본금 100백만원)		
2005.06.23	조달청 우수제품인증(제2005068호)		
2006.01.01	신제품인증(NEP-2004-021)		
2007.01.10	공장등록(소재지: 경기도 광주시 오포읍)		
2007.04.10	기술혁신형중소기업확인서(제7014-1383호) 획득		
2007.07.04	경영혁신형중소기업확인서(제070101-01783호) 획득		
2007.11.15	2007 대한민국 창업대전 대통령직속 중소기업특위위원장상 수상		
2007.11.19	연구개발서비스업신고(제20071023호)		
2007.11.23	자본증자(자본금 300백만원)		

돈·분뇨 자원화 및 정화방류 공법



돈 분뇨처리 현황 및 공법 개발 배경

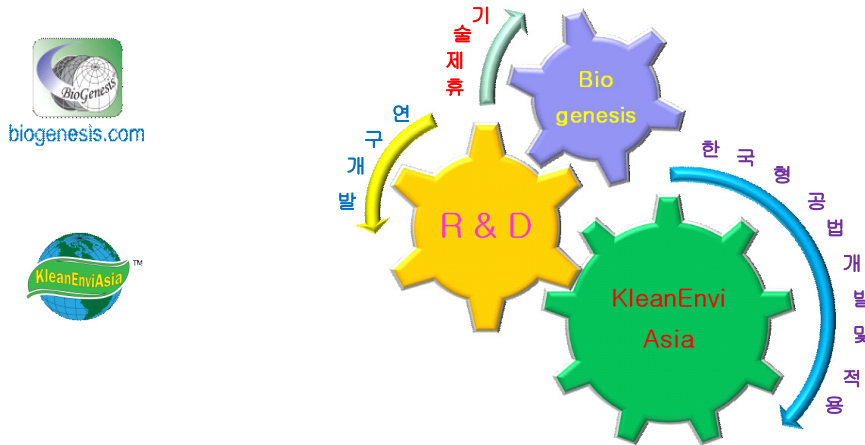
가축분뇨처리 형태 (해양배출 : 27%) (2006년말 기준)



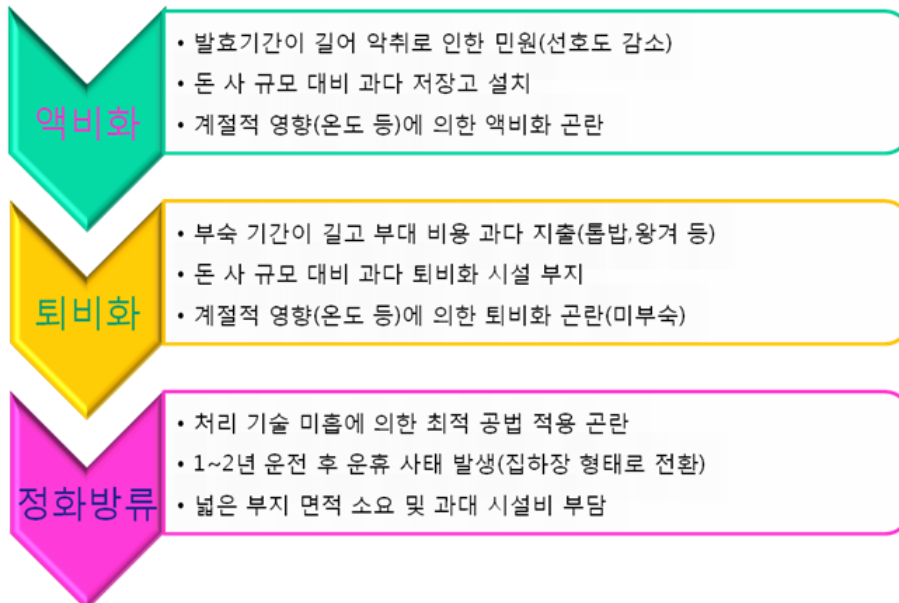
수치는 이상적! 현실은 비 이상적!

회사소개

- ◆ 미국 환경부(EPA)인증 연구소인 BIOGENESIS사와의 기술 제휴
(고농도 유기 폐수처리, 오염토양정화, 생태 복원 등)
- ◆ 대한민국 환경에 적합한 기술 개발



돈 분뇨처리 현황 및 공법 개발 배경



돈 분뇨처리 현황 및 공법 개발 배경

액비화

- 단 시간 내 액비를 생산할 수 있다면?
- 약취없이 고효능 액비를 생산할 수 있다면?
- 경농가의 선호도 증진과 농작물의 성장을 증대시킬 수 있다면?

퇴비화

- 시설부지면적을 줄일 수 있다면?
- 퇴비화 운영비를 절감할 수 있다면?
- 경농가의 선호도 증진과 농작물의 성장을 증대시킬 수 있다면?

정화방류

- 당일 발생량의 당일처리가 가능하다면?
- 자원화와 병행하여 설비가 가능하다면?
- 적은 부지 면적으로 설비가 가능하다면?
- 시설 운영 및 유지가 편리하다면?

육상처리가 가능하다면?
해양투기가 없이 전량?

돈 분뇨 자원화 및 정화방류 공법

K.E.A 돈분뇨 처리 공법이란?

- 돈 분뇨내의 토착 호기성 미생물의 활성도를 높여 처리하는 생물학적 처리공법으로 자원화와 정화방류의 병행을 통해 최대의 효과를 얻을 수 있다.

K.E.A 돈분뇨 처리 공법의 구성

- 액비화 - 돈 분뇨를 단 시간내에 고효능의 액비로 생산
- 퇴비화 - 돈 분뇨 처리과정 중 발생한 고형분을 토양개량제로 환원
- 에너지화 - 돈 분뇨 처리과정 중 발생한 고형분을 고열량 연료로 환원
- 정화방류 - 완벽한 정화 방류로 돈사 재 이용수로 환원.

돈 분뇨처리 현황 및 공법 개발 배경



돈 분뇨 자원화의 핵심기술1- Econamix

* Econamix® System 이란 ?

미국 BioGenesis사의 개발품으로써 KleanEnviAsia와의 공동연구로 한국형에 맞게 설계되어진 장치로서 Ecological (생태학적)과 Dynamics (동력학)의 합성고유명사으로써 물리적 동력학을 이용한 생태학적 처리시스템으로 유기물의 급속한 산화를 통한 악취 및 점성을 제거함과 동시에 유해성 병원균들을 살균 처리하여 주며 특히 고형물을 감량 시키는 고압진공기계장치입니다.

•KleanEnviAsia의 유기폐수 자원화 및 정화공정의 독보적 기술내용

제 1단계 공정인 생물학적 처리공정에 사용되어지는 Econamix는 첨단 생물학(바이오)기술의 집합체로써 전 세계적에서 유일한 독보기술로써 유기폐수인 인분뇨, 축분뇨, 돈분뇨, 음식물 침출수, 하수농축슬러지등의 처리에 매우 적합합니다.

효능

- 악취 및 점성 제거 효율 증대 (24시간 이내)
- 액화에 따른 고형물량 감소 → 폐기물 감소
- 고효율 액비 생산력 증대 및 정화방류 최적 조건 완성 → 난 분해성 유기물 산화



돈 분뇨 자원화의 핵심기술2- Biodon2

•KleanEnvi Asia의 유기폐수 자원화 및 정화공정의 독보적 기술내용 2

돈사내 소독제 대신 사용하여 돈사내 유해 병원성 세균 사멸, 악취 제거, 유기물 산화, 점성제거의 효과를 통하여 청정 돈사 환경을 유지할 수 있으며 단 시간내 생물학적 반응의 진행으로 자원화와 정화방류 시스템의 효율 증대효과를 얻을 수 있는 전 세계적으로 유일한 독보기술로서 유기폐수인 인분뇨, 축분뇨, 돈분뇨, 음식물 찌꺼기, 하수농축슬러지등의 처리에 매우 적합합니다. 특히 Econamix와의 병행 사용으로 최대의 효과를 얻을 수 있습니다.



효능

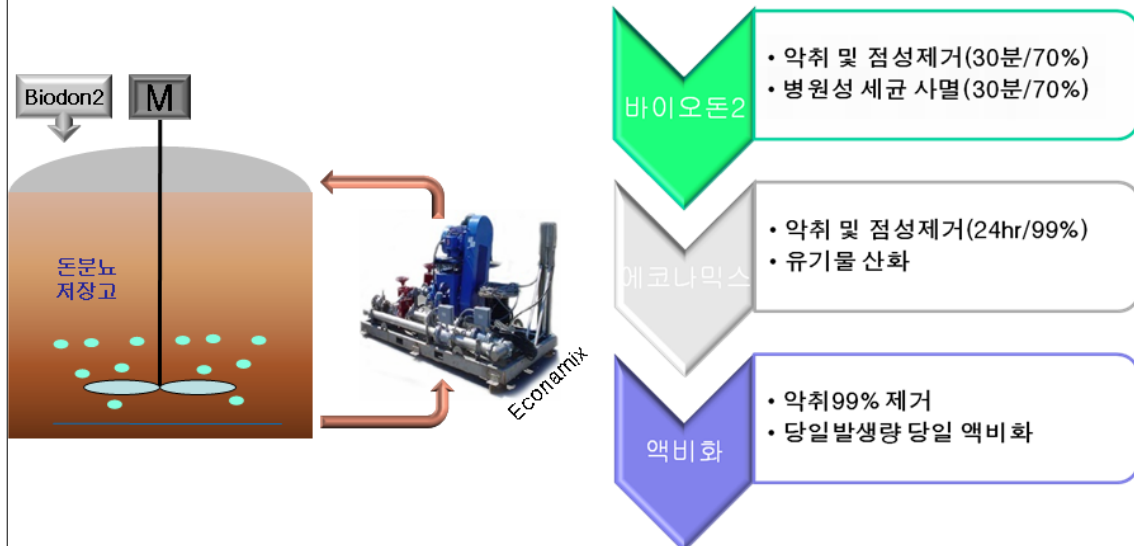
- 악취 및 점성 제거 효율 증대 (돈분뇨 이송 자유로움)
- 액화에 따른 고형물량 감소 → 폐기물 감소
- 고효율 액비 생산력 증대 및 퇴비화 조건 완성, 정화방류 조건 완성

부대효과

- 소독제 대신 사용하여 청정 돈사 유지 및 폐사율 현격히 감소
- 돈사내 찌든 분뇨 액화 제거에 따른 품질 향상
- 액화에 따른 이송관 막힘 현상 방지

☞ 미국 농무성 돼지 생체 실험에서 100% 안정성 입증 제품!

돈 분뇨 액비화 공정



돈 분뇨 액비화 공정-농장 실증 테스트

장 소 : 연기군 소재 H농장



Econamix+Biodon2



Econamix+2ton 탱크



Biodon2 투입



액비 살포차로 경농지 이송



생산되어진 액비



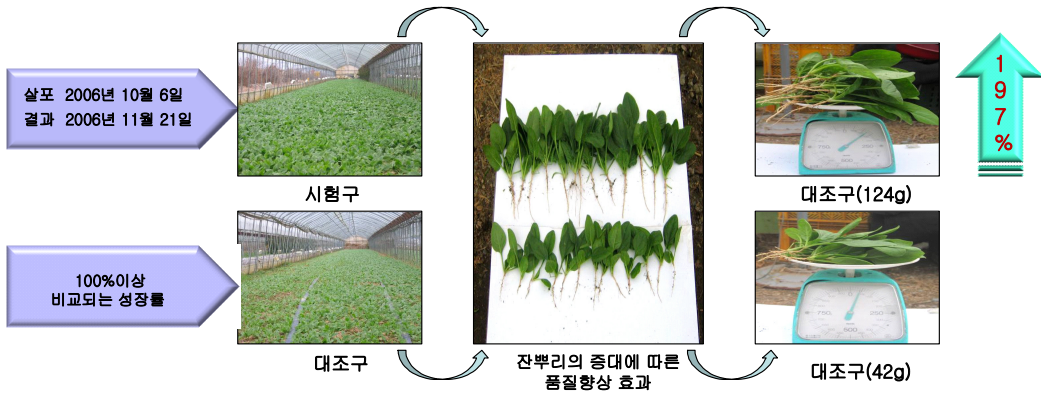
유기물 산화 과정
(약취, 점성, 병원성 세균사멸)

돈 분뇨 액비화 공정- 액비 성능 검사표

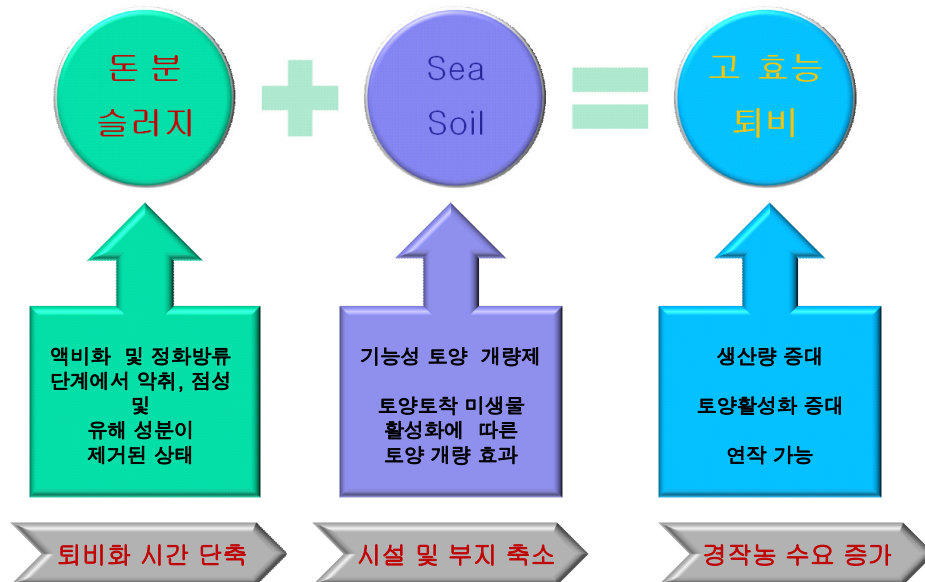
분석기간	2007. 01. 12 ~ 2007. 01. 16		시료명	처리후	시료 개수	1EA
용도	성분분석용					
검 사 성 적						
시료명	항 목	공정규격 (가축분뇨발효비료)	성 적	비 고		
처리후	염분(%)	0.3%이하	0.12			
	비소(mg/kg)	5mg/kg이하	ND*			
	카드뮴(mg/kg)	0.5mg/kg이하	ND			
	수은(mg/kg)	0.2mg/kg이하	ND			
	납(mg/kg)	15mg/kg이하	ND			
	크롬(mg/kg)	30mg/kg이하	1			
	구리(mg/kg)	50mg/kg이하	11			
	니켈(mg/kg)	5mg/kg이하	ND			
	아연(mg/kg)	130mg/kg이하	92			
* : None Detection						
1. 본 분석결과를 학회논문발표, 연구과제수행, 기타 연구 개발에 이용하신 분은 저희 회사로 연락주시기 바랍니다.						
2. 이 분석결과는 위탁자가 임의로 제출한 시료의 분석치로서 소송 및 기타 구속력이 있는 자료로 사용하는 데는 적합치 않으며, 성분분석용으로 사용이 가능합니다.						
2007. 01. 16						
분석기관 : (주)판코리아부속농업환경과학연구소 (직인)						

돈 분뇨 액비화 공정- 액비 성능 테스트

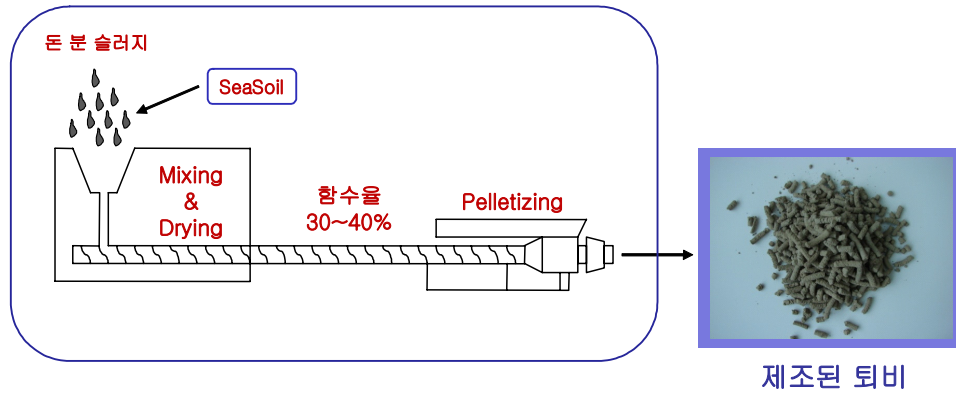
장 소 : 충남 성환 K농장



돈 분뇨 퇴비화 공법



돈 분뇨 퇴비화 공법-공정

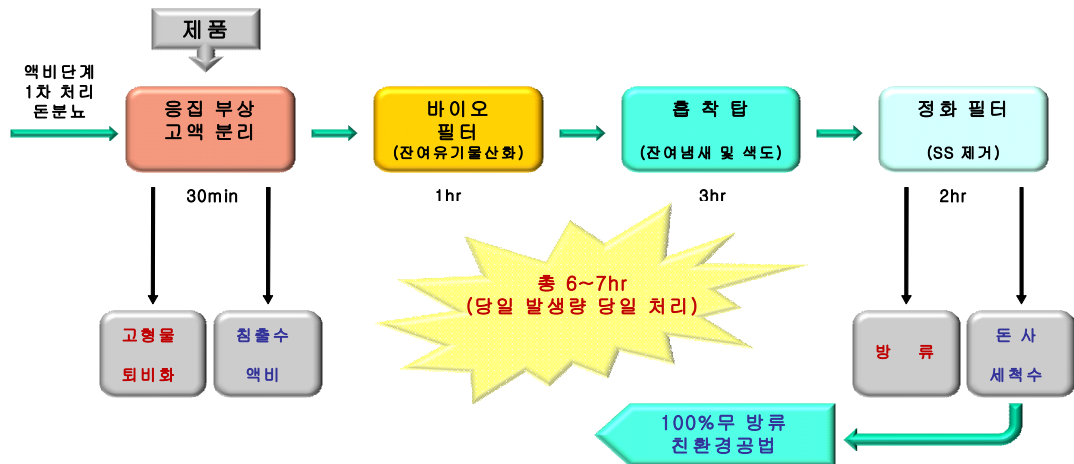


(돈 분뇨 퇴비화 공정도)

돈 분뇨 정화처리 공법- 특징점



돈 분뇨 정화처리 공법- 공정도



돈 분뇨 정화처리 공법- 실증 테스트



실증 테스트 장치 사진



처리수 배출 모습



각 단계별 처리수



처리수 사진

돈 분뇨 정화처리 공법- 수질DATA

재취일시	2007년 6월 19일		시요제취자	지장시요 (서명)
측정항목	관련 기준	측정분석값	측정분석방법 (기기명)	비고
⑤ COD	mg/l	37.1	PH-METER COD 분자량치 (수욕조) BOD인큐베이터 진공함프 DRY OVEN 울광광도계(UV) 원자흡광광도계(AA) HEATING MANTLE	수질오염 공정시험 방법참고
BOD	mg/l	30.2		
SS	mg/l	8.0		
구리	mg/l	0.037		
색도	도	0		
대장균	개/ml	불검출		
T-P	mg/l	2.510		
T-N	mg/l	58.525		
분석기간	6월 19일 - 6월 25일		분석책임자	이윤숙
위와 같이 측정분석결과를 사신대로 기록합니다. 2007년 6월 25일 대한환경주식회사 대전광역시 대덕구 평촌동 133 대표이사 김문환				

샘플 항목	원수	처리수	처리율
COD	40,000	37.1	99.9%
BOD	34,000	30.2	99.9%
SS	530 (1차처리수)	8.0	99%
대장균	1,800 (1차처리수)	불검출	100%
T-P	58	2.510	96%
T-N	490	58.525	88%

(최종 처리수 수질 DATA)

★ 특정지역 방류수 수질기준 적합

결론 및 고찰

1

양돈농가의 돈 분뇨 처리 문제 해결

양돈농가의 숙원 과제인 돈 분뇨 처리를 해결함으로써 양돈농가의 생산활동을 증대시킬 수 있으며 FTA 시대에 양돈 산업의 국가 경쟁력을 강화시킬 수 있다.

2

100%자연순환 농법에 따른 농업기반육성

고효능의 액비 및 퇴비의 생산을 통하여 경작농가들의 인식 및 선호도를 증대시키므로써 농작물의 생산성 증대 및 화학비료등에 의한 토양의 산성화, 2차오염등을 방지할 수 있다.

3

100%자원화에 따른 폐기물 미발생

고효능의 액비 및 퇴비의 생산과 정화방류에 따라 해양 투기 폐기물량의 발생이 없으며 이에 따라 런던협약에 따른 2012년 해양투기금지 정책을 해결할 수 있다.

4

시설부지와 시설비용의 절감효과

자원화와 정화방류가 일련의 과정으로 구성되어지며 정화방류 시스템 또한 단순 공정으로 구성되어지기 때문에 시설부지를 줄일 수 있으며 운영 및 유지 관리가 용이하다.