

연차(단계)실적계획서

연 차 (단 계) 실 적 계 획 서															
① 사 업 명		해양환경기술개발사업		②과제번호		E21105711H190000110		공개가능여부 (Y, N)							
③ 국토해양기술분류		대분류		MEV		중분류		MEV01							
								소분류							
								MEV010 ₃							
④국가과학기술표준분류체계		연구분야		1순위		O		O04							
				2순위		O		O06		O0602					
				3순위		O		O06		O0601					
		적용분야 (대분류만 기재)								O					
								⑤국가기술지도 (NTRM) B030306							
⑥ 과 제 분 류		과제유형		※ 기초:1, 응용:2, 개발:③		실용화 대상여부		※실용화:①, 비실용화:2							
과 제 명		국문		지속가능 해양오염퇴적물 정화기술 개발				⑦ 보안등급							
		영문		Development of Sustainable Remediation Technology of Contaminated Marine Sediments											
⑧ 주관연구기관		환경대학교		소재지		경기도									
⑨세부과제 연구기관 및 협동(공동, 위탁, 참여 기업)연구기관		구분		(세부)과제명		기관명		당해연차 총 연구비(천원)							
		협동		현장 처리기술 개발		한국해양과학기술원		457,000							
		위탁		법령 개정 초안 개발		한양대학교		30,000							
		위탁		처리기술 공정 개념설계		코오롱위터앤에너지		30,000							
⑩ 주관연구책임자		성 명(한문)		김 영 기 (金 榮 琦)											
		소속 및 부서명		환경대학교 화학공학과		직 위		교 수							
		연락처		전 화		[REDACTED]		휴대폰		[REDACTED]					
				E-mail		[REDACTED]		Fax		[REDACTED]					
총 연구기간		2011. 08. 16.		~		2016. 08. 15. (5년 0월)									
다년도 협약 연구기간															
당해연차 연구기간		2012. 08. 16.		~		2013. 08. 15. (1년 0월)									
연구개발비 및 참여연구원수 (단위 : 천원, 명)															
연도		정부 출연금		기업부담금			정부외 출연금			상대국 부담금		합계		참 여 연구원수	
				현금	현물	소계	현금	현물	소계						
1차년도		1,144,000		0	0	0					1,144,000	79			
2차년도		1,145,000		0	0	0					1,145,000	47			
3차년도															
4차년도															
총계															
국 제 공 동 연 구		상 대 국 연구기관명				상 대 국 연구개발비		신청액				천원			
								확정액				천원			
		상 대 국 연구책임자				상 대 국 연구개발기간		신청							
								확정							
「국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정」 및 제반 관계규정을 준수하면서 본 연구 개발과제를 성실히 수행하고자 연차(단계)실적보고서를 다음과 같이 제출합니다.															
2012 년 8 월 일															
주관연구책임자: 김영기 (인)															
주관연구기관장: 환경대학교 산학협력단장 (직인)															
한국해양과학기술진흥원장 귀하															

1. 당해연차 실적

1. 연구개발 목표

가. 연구개발 최종목표

본 연구개발사업은 해양오염퇴적물 정화사업을 위해 주로 수행되고 있는 수거(준설)/최종처리방법이 런던의정서에 의한 해양투기 가능 준설물질 규제강화로 위기에 놓여있는 상황에서 환경친화적이고 경제성을 가지는 대안기술을 개발하고 실증화를 추진하는 것을 목표로 하며, 구체적인 목표는 다음과 같음

- 피복(capping)정화기술 개발
- 현장처리기술 개발
 - 우리나라 해역 및 퇴적물 오염 특성에 적합하며, 해양오염퇴적물 수거(준설) 현장에서 처리(오염도 제어, 유효활용 등)할 수 있는 기술 개발이 목표임
 - 현장처리기술은 오염도 저감 기작이 유사한 오염토양 정화기술 중 입자분리(Particle separation), 세척(Soil washing) 기술을 기반으로 미세입자에 함유된 오염물질을 제어할 수 있는 처리기작(Mechanism)을 개발하며, 이를 기초로 분리 및 세척 기반 기술을 통합하는 처리 기술을 개발함
 - 현장 처리기술의 실증화를 위해서 파일럿(Pilot) 시험과 상용 장치를 위한 모듈(Module)화 기술 개발을 통하여 처리기술의 최적화를 확보한 다음, 개발된 처리기술을 시험대상 해역의 오염퇴적물에 적용하여 처리기술의 성능 평가를 통하여 실증화 기반을 구축함
 - 또한 상용 플랜트 제작, 적용을 위한 공정설계 및 설계 지침서를 개발하여 제시함
- 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발
 - 본 과제를 통하여 개발될 해양오염퇴적물 처리기술을 포함하여 다양한 처리기술을 정화사업 현장에서 적용될 수 있도록 현행 해양환경관리법의 문제점과 개정 방안을 검토하여 법령 개정안을 마련하여 중앙정부(해양수산부)에 제안

(1) 정량적 성과목표 및 성과지표(1차년 보고서 내용 인용)

연차 (단계)	연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
1차년도	해양퇴적물 정화 기술 역량 강화	총논문건수	SCI(E)논문+ 비SCI(E)논문 발표건수	5	20
		SCI(E)논문 학술회의발표	SCI(E)논문 발표한 건수	3	10
				8	10
	연구성과 확산노력	연구개발홍보 기술확산교류	세미나, 워크샵 등 교류실적	2	5
				3	10
핵심기술 지적재산권 확보	특허출원	특허출원건수	2	20	

	연구성과의 산업적 활용	기술공개/이전	기술이전건수	1	10
	해양오염 퇴적물 정화기술의 실용화 및 상용화	시제품출시	시제품출시건수 (현장처리 피복정화재료 등)	1	10
	해역오염도 시험 및 조사	시험·조사	해역퇴적물 오염도 조사 및 관측건수	1	5
	소 계				100
2차년도	해양퇴적물 정화기술 역량 강화	총논문건수	SCI(E)논문+ 비SCI(E)논문 발표건수	20	10
		SCI논문	SCI(E)논문	10	5
		학술회의발표	발표한 건수	12	5
	연구성과 확산노력	연구개발홍보	세미나, 워크샵, 등	1	5
		기술확산교류	교류실적	2	10
	핵심기술 지적재산권 확보	특허출원	특허출원건수	5	15
		특허등록	특허등록건수	2	15
	연구성과의 산업적 활용	기술공개/이전	기술이전건수	1	10
	해양오염 퇴적물 정화기술의 실용화 및 상용화	현장시험	오염퇴적물 정화 요소기술의 검증 현장시험 건수	1	20
	해역오염도 시험 및 조사	시험·조사	해역퇴적물 오염도 조사 및 관측건수	2	5
소 계				100	
3차년도	해양퇴적물 정화기술 역량 강화	총논문건수	SCI(E)논문+ 비SCI(E)논문 발표건수	25	4
		SCI논문	SCI(E)논문	12	3
		학술회의발표	발표한 건수	13	1
	연구성과 확산노력	연구개발홍보	세미나, 워크샵, 등	2	1
		기술확산교류	교류실적	2	1
	핵심기술 지적재산권 확보	특허출원	특허출원건수	8	5
		특허등록	특허등록건수	4	5
		디자인-상표등록	등록건수	1	5
	연구성과의 산업적 활용	기술공개/이전	기술이전건수	3	20
	해양오염 퇴적물 정화기술의 현장적용을 위한 기술인증	인증	신기술승인/인정 건수	3	20
	해양오염 퇴적물	시제품출시	시제품출시건수 (현장처리 피복정화재료 등)	1	10

	정화기술의 실용화 및 상용화	현장시험	오염퇴적물 정화 요소기술의 검증 현장시험 건수	2	8
	정책제안·활용	정책제안실적	정책제안건수	1	1
		정책채택활용실적	정책채택건수	1	1
	해역오염도 시험 및 조사	시험·조사	해역퇴적물 오염도 조사 및 관측건수	1	5
	환경개선·환경산업경쟁력	환경규제대응기술	대응기술건수	1	5
	공정공사 기간단축	공정·공사기간 단축기술	정화사업 기간단축을 위한 기술 개발 건수	1건	5
소 계					100
4차년도	해양퇴적물 정화기술 역량 강화	총논문건수	SCI(E)논문+ 비SCI(E)논문 발표건수	25	2
		SCI논문	SCI(E)논문	13	2
		학술회의발표	발표한 건수	14	1
	연구성과 확산노력	연구개발홍보	세미나, 워크샵, 등	2	1
		기술확산교류	교류실적	2	1
	핵심기술 지적재산권 확보	특허출원	특허출원건수	5	2
		특허등록	특허등록건수	5	5
	연구성과의 산업적 활용	기술공개/이전	기술이전건수	1	10
	해양오염 퇴적물 정화기술의 현장적용을 위한 기술인증	인증	신기술승인/인정 건수	2	10
	해양오염 퇴적물 정화기술의 실용화 및 상용화	시제품출시	시제품출시건수 (현장처리 피복정화재료 등)	0	4
		현장시험	오염퇴적물 정화 요소기술의 검증 현장시험 건수	2	4
		사업화/제품화	제품화건수	2	10
	정책제안·활용	정책제안실적	정책제안건수	1	1
		정책채택활용실적	정책채택건수	1	1
	해역오염도 시험 및 조사	시험·조사	해역퇴적물 오염도 조사 및 관측건수	1	1
환경개선·환경산업경쟁력	환경개선실적	정화사업실적 및 물량	20,000 m ³	40	
공정공사기간단축	신기술, 공정개발 및 개선	신기술 현장적용 실적 건수	2	5	
소 계					100
5차년도	해양퇴적물 정화기술	총논문건수	SCI(E)논문+ 비SCI(E)논문 발표건수	25	1

역량 강화	연구성과 확산노력	SCI(E)논문	12	1
	특허	발표한 건수	13	1
연구성과 확산노력	연구개발홍보	세미나, 워크샵, 등	2	1
	실용화 및 상용화	교류실적	1	1
핵심기술	특허출원	특허출원건수	5	3
지적재산권 확보	시험 및 조사	특허등록건수	4	2
해양오염 퇴적물 정화기술의 현장적용을 위한 기술인증	인증	신기술승인/인정 건수	1	3
해양오염 퇴적물 정화기술의 실용화 및 상용화	현장시험	오염퇴적물 정화 요소기술의 검증 현장시험 건수	2	13
	사업화/제품화	제품화건수	1	4
정책제안·활용	정책제안실적	정책제안건수	1	0.5
	정책채택활용실적	정책채택건수	1	1
해역오염도 시험 및 조사	시험·조사	해역퇴적물 오염도 조사 및 관측건수	1	0.5
환경개선·환경산업경쟁력	환경관리능력제고	오염퇴적물정화기술향상	200%	5
	환경규제대응기술	대응기술건수	3	3
	환경개선실적	정화사업실적 및 물량	20,000m ³	30
공정공사 기간단축	비용절감효과	기존정화사업단가대비	20%	20
	공정·공사기간 단축기술	정화사업 기간단축을 위한 기술 개발 건수	2건	5
	신기술, 공정개발 및 개선	신기술현장적용 실적	2	5
소 계				100

(2) 연구목표 및 내용(총괄)(1차년 보고서 내용 인용)

연차	연구목표	주요 연구내용
	▪해역(오염)유형별 최적 정화공법 선정 (KIOST)	▪선진 처리방법 비교 검토 후 해역별 최적 정화방법 선정 ▪해역 유형 및 오염도에 따른 정화공법 선정 의사결정도구 초안 개발
	▪해양퇴적물 오염특성별 해역유형 구분 기준개발 (환경대/KIOST)	▪오염퇴적물 오염특성 기존조사 자료 분석 ▪오염퇴적물 사업해역 해역이용 특성조사 분석 ▪현장특이성을 고려한 오염도 모니터링기법 및 지형탐사기술 현황 및 사례분석 ▪해양퇴적물 오염특성별 해역유형 구분 기준개발
	▪해역유형별 해양폐기물	▪저비용·친환경 해양폐기물 수거 방법 개발

1차년도	최적 수거공법 개발 (한경대/KIOST)	<ul style="list-style-type: none"> ▪선박부착형 오탁확산방지 시설 설계 및 성능시험
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 피복정화 기술 개발 (한경대/건기연/서강대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪국외 피복정화공법 설계지침, 피복정화 성능평가지침, 운영 사례 조사 및 분석 ▪피복공법 설계·시공 매뉴얼 기본계획 수립 ▪피복공법 개략 건설비 산정 및 검토 ▪건설공법 및 자재운반에 대한 조사 ▪설계시공 매뉴얼 주요항목 도출 ▪중금속 및 유기오염물 오염퇴적물 환경영향 저감 피복물질 성능실험 ▪오염지역 현장특이성 분석을 위한 지역환경 탐사기법 조사 및 분석(초음파 및 ACDP 장비의 적용성 등) ▪지형 탐사 모니터링 장비 및 운영 알고리즘 조사 ▪해양퇴적물 채취 및 현장오염도 측정장비 및 운영기술 조사 ▪장기 오염도 모니터링 장비 및 운영 기술 조사 ▪넓은지역에 대한 신속한 사전 예비탐사기술 확립 ▪정화사업 유형별 퇴적물 재부유 및 오염물질 용출특성 조사 ▪질소, 인, 중금속 성분의 제거능이 우수한 미세조류 선별 ▪해양퇴적 영양분을 이용한 미세조류의 고농도 세포배양법의 선정 ▪저분자 유기오염물, 중금속 성분의 제거능이 우수한 해양 미생물 균주 선별 ▪해양퇴적 영양분을 이용한 미생물의 배양법의 선정 ▪중금속 흡착에 관련된 세포표면 기능기의 생흡착 기작 및 생체 내 축적을 통한 중금속 제거에 대한 기초적 특성 파악 ▪저분자 유기오염물 활용 미생물 성장을 통한 유기오염물 제거에 대한 기초적 특성 파악 ▪ArcGIS내 오염퇴적물 분포 및 자료 관리를 위한 모듈 설계
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 현장처리 기술 개발 (한경대/해양대/RIST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물의 부영영화 유발 특성 기존 자료 분석 ▪해양오염퇴적물의 부영영화 유발 특성 현장조사 ▪해양오염퇴적물 내 부영양 물질 처리공정 및 기술 조사 ▪부영양 물질의 물리화학적 처리 기반기술 확립 ▪바이오스파징(biosparging)을 통한 부영양 물질의 생물학적 분해능 향상 성능 실험 ▪연안저질로부터 오염물질의 용출을 막기 위한 차단제 개발 ▪슬래그계 복토재 성능평가 ▪슬래그계 현장처리 정화재 성능평가 ▪Pilot 시험 최적 Eng.방안 도출
<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 효율평가 모니터링 방법 정립 ((주)네오엔비즈) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪오염퇴적물 정화기술(최적수거공법, 피복공법, 현장처리기술 등)의 적용 전후 효율평가 모니터링에 대한 자료 수집 및 사례 분석 ▪기존 오염퇴적물 정화기술 효율평가 모니터링, 인체 및 생태계 위해성평가 방법 조사 및 기반 연구 실시 	
1차년도		

		<ul style="list-style-type: none"> ▪효율평가를 위한 모니터링 조사항목(물리, 화학, 생물학적 조사) 설정을 위한 기반 연구 실시 ▪기존 오염퇴적물 환경모니터링 기법을 제외한 생물독성평가 분야의 효율평가 기법의 개발 ▪퇴적물 정화기술 적용에 따른 환경영향평가 사례 및 기초적용 연구
	<ul style="list-style-type: none"> ▪사업의 경제성 분석 및 평가 (서울여대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 현황과 정화 실태 조사 ▪해양오염퇴적물 정화기술 연구개발 현황 분석 ▪오염퇴적물 정화사업의 경제적 가치 분석과 관련한 국내외 유사 연구문헌 분석 ▪사업과 관련한 상위계획 및 관련 계획의 검토를 통해 사업의 적절성과 국고지원의 적정성 기준을 검토 ▪해양오염퇴적물 정화기술 개발 사업의 경제성 분석 ▪지역균형발전, 정책 일관성 및 추진의지, 사업추진상의 위험요인(재원조달 가능성, 환경성 등)에 대한 평가 ▪퇴적물 오염이 생태계 및 인간건강에 미치는 효과 및 오염정화에 따른 경제성 분석 ▪결론 및 정책 제언 제시
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪해역유형별 해양폐기물 최적 수거공법 개발 (한경대/KIOST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪선박탐재형 해양폐기물 세척, 분리 공법 개발 ▪해양폐기물 수거시 부유물 발생으로 인한 환경 영향 저감 기준 개발 ▪선박탐재형 해양폐기물 세척 및 분리기 파일럿 제작 ▪선박탐재형 해양폐기물 세척 및 분리기 파일럿 성능시험 ▪해역 시험용 선박부착형 오탁확산방지시설 제작 ▪선박부착형 오탁방지 시설 실험 성능시험
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 피복정화 기술 개발 (한경대/건기연/서강대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪국내 오염 및 해역 특성을 고려한 반응성 피복물질 개발 (흡착제 및 산화제) ▪오염물질별 피복(반응성) 물질 도출 ▪피복재 충전율에 따른 오염물질 거동 분석 ▪피복공법 기본계획 타당성 검토 및 보완 ▪환경을 고려한 최적 피복형상 모델링 ▪최적 피복 형상에 대한 실험실증 성능평가 ▪국내 전문가 설문조사 및 분석 ▪피복공법 시공 방안 제시 ▪유력 후보지 해저지반 역학적 거동 분석 ▪피복공법의 안정성 검토 ▪피복재 최적 시공기술 개발 ▪퇴적물 및 저층 해수 시료 채취 등 현장 조사기술 확립 ▪동수역학적 특성에 따른 오염물질 거동특성 구명 ▪지형 탐사 모니터링 장비 도입 및 운영 알고리즘 적용 및 연구 ▪해양퇴적물 채취 및 현장 오염도 측정 장비 도입, 운영 기술 개발 ▪장기 오염도 모니터링 장비 도입, 운영 기술 개발 ▪미세조류 바이오매스의 효율적 획득을 위한 광배양 최적 조

		<ul style="list-style-type: none"> 건 탐색 ▪중금속 흡착에 관련된 세포표면 기능기의 생흡착 기작에 대한 기초적 특성 파악 ▪해양오염물 처리를 위한 미생물 생물자원의 효율적 획득을 위한 배양조건 최적화 ▪해양미생물의 중금속 생흡착 및 생체 내 축적을 통한 중금속 제거기술 확립 ▪해양미생물의 저분자 유기오염물 활용 성장을 통한 해양오염물 제거 기술 확립 ▪해양오염 퇴적물 정화용 미생물담체 개발을 위한 담체 확보 ▪해양오염퇴적물의 정화를 위한 미생물 고정화 기법 개발 ▪저분자 유기오염물, 중금속 성분의 제거능이 우수한 해양미생물 신규주 분리 동정 기술 확보 ▪ ArcGIS 내 오염퇴적물 및 수질 조사 자료 정리
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 현장처리 기술 개발 (한경대/해양대/RIST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪기능성 철강부산물을 활용한 해양오염퇴적물의 현장처리기술 상용화 ▪Pilot 시험 기본설계 수행 ▪물리화학적 처리 단계(퇴적물에서의 부영양 물질 분리, 부영양 물질 분해, 공정수 정화, 퇴적물 회수)별 최적 기술 확립 및 모듈 구조 구성 ▪생물학적 분해능 향상 기술 및 생물활성촉진제와의 연계 방안 검토 ▪Pilot-scale 부영양물질 처리공정 scale-up factor 도출 및 상세설계 ▪오염된 연안저질의 자정능력 제고를 위한 생물활성촉진제 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 효율평가 모니터링 방법 정립 (네오엔비즈) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 적용시 위해도 저감 평가 및 잔류 위해도 정량 기법 개발 ▪퇴적물 정화기술 적용 효율평가 위한 장기 모니터링 계획 수립 ▪분야별 모니터링 조사항목 설정 및 방법 표준화 연구 ▪퇴적물 정화기술 적용에 따른 환경영향평가 기법 개발
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪해역유형별 해양폐기물 최적 수거공법 개발 (한경대/KIOST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪선박탐재형 해양폐기물 세척 및 분리기 시범운용 및 운용법 작성 ▪선박부착형 오탁확산방지 시설 시범운용 및 운용법 작성 ▪해역유형별 해양폐기물수거공법에 대한 세부기술 지침 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 피복정화 기술 개발 (한경대/건기연/서강대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪선정된 피복물질의 성능 평가 및 적용 지침안 개발 ▪최적 시공 모니터링 방안 제시 ▪피복공법 정밀 안정성 검토 ▪시범사업 대상지역 해역 및 오염 특성 조사, 분석 ▪피복공법 설계·시공 매뉴얼(안) 작성 ▪환경외력에 따른 장기 최적피복 형상 도출 및 분석 ▪생분해로 인한 오염퇴적물 유해가스 처리 방안 마련 ▪가스발생에 대한 피복재 안정성 평가 ▪피복재 수명연장 기술개발

3차년도		<ul style="list-style-type: none"> ▪퇴적물 및 피복재의 중장기 유지관리 기술 도출 ▪퇴적물 조사 및 시료채취를 위한 프로토콜 정립 ▪오염현황 평가 및 의사결정 지원 자료 제공에 요구되는 데이터 관리용 GIS/DB 모듈 구축 ▪지형 탐사 모니터링 장비 및 운영 알고리즘 개발 ▪해양퇴적물 채취 및 현장 오염도 측정 장비 개발 ▪장기 오염도 모니터링 장비 개발 ▪해양오염퇴적물의 정화를 위한 세포 고정화 기법 개발 ▪미세조류 적용을 통한 유기영양분의 감소특성 및 중금속 흡착 제거의 공정 모델링 및 매개변수 분석 ▪다종 해양미생물 동시 고정화법 개발 ▪저분자 유기오염물, 중금속 성분의 제거능이 우수한 해양미생물 신규주 분리 동정 ▪해양오염 퇴적물 정화용 미생물담체를 활용한 해양오염물 정화공정 최적화 및 이를 통한 오염물 제거 효율 향상
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 현장처리 기술 개발 (한경대/해양대/RIST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Pilot-scale 현장처리 공정 제작 ▪실해역 실증시험을 통한 부영양물질 저감 및 2차오염 방지 성능 검증 및 보완 ▪부영양오염퇴적물 현장 처리 공정 설계 지침초안 작성 ▪현장 조건에서 반응성 차단제 및 생물활성촉진제의 효능 검증 ▪반응성 차단제 및 생물활성촉진제의 효능극대화를 위한 최적운영조건 연구 ▪기능성 철강부산물을 활용 시험해역 조사 ▪기능성 철강부산물을 활용 시험 기본설계 ▪기능성 철강부산물을 활용 모니터링 및 평가방법 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 효율평가 모니터링 방법 정립 (네오엔비즈) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪퇴적물 정화기술 적용에 따른 환경영향평가 지침 작성 ▪위해도 저감 평가 및 잔류 위해도 정량 기법 및 분야별 모니터링 지침 작성 ▪분야별 조사항목별 정화기술 적용 이전 실해역모니터링실시 ▪정화기술별 사업 사전 환경영향평가 시범 실시
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪시범사업 경제성 평가 (서울여대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪오염퇴적물 정화사업의 경제적 가치 분석과 관련한 국내외 연구문헌 분석 ▪사업과 관련한 상위계획 및 관련 계획의 검토를 통해 사업의 적절성과 국고지원의 적정성 기준을 검토 ▪오염퇴적물로 인한 생태적, 경제적 손실 검토 ▪1단계(1-3차년도) 연구개발 기간을 통해 만들어 낼 피복정화와 현장처리 두 가지 해양오염퇴적물 처리기술의 시범사업 (실해역 정화사업에 적용)의 의의를 기술 ▪3차년도 국가예산 절감효과, 환경개선 효과, 상업화 효과, 기술 파급효과 등 측면에서 시범사업의 경제성을 검토 ▪연차별 투자계획 및 유지관리비 등 사업의 비용 추정 ▪해양오염퇴적물 정화사업의 편익 요인 식별 및 편익 추정 ▪해양 정화로 인한 해양활용도의 증가 등 유형·무형의 가치를 분석 ▪편익, 비용, 할인을 변화에 대한 민감도 분석 ▪해양오염정화 시범사업이 다른 연관 산업에 미치는 파급효

		<p>과 등 경제적 효과를 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪지역균형발전, 정책 일관성 및 추진의지, 사업추진상의 위험요인(재원조달 가능성, 환경성 등)에 대한 평가 ▪결론 및 정책 제언 제시
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 피복정화 기술 개발 (환경대/건기연/서강대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪피복공법 건설비 산정 및 검토 ▪피복공법의 최적 시공 방안 수립 ▪설계 매뉴얼에 따른 건설환경을 고려한 최적 피복 형상 설계 ▪설계된 피복형상에 대한 정밀 안정성 검토 ▪시범사업지의 오염물질에 따른 최적 피복공법 결정 ▪반응성 피복물질의 시범구역 실증상세계획(최적 공법 및 시공방안)수립 ▪시범사업지역에 대한 퇴적물 분포 및 오염 현황 조사 ▪시범해역에 대한 실증시험 및 기술 보완 ▪오염도 모니터링 장비 개발 및 시험 운영 ▪미세조류 고정화의 최적화 및 고효율 생물정화 기술 개발 ▪해양미생물을 이용한 고효율 해양오염 퇴적물의 처리기술 확립
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 현장처리 기술 개발 (환경대/KIOST/해양대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪상용화 시범사업 대상해역 조사 ▪시범사업 기본설계 ▪현장 시범사업 실시 ▪사후 모니터링 및 평가 ▪부영양오염퇴적물 현장처리 1차 시범사업 구역 상세 분석 ▪1차 시범사업용 현장 처리 모듈 구성, 처리공정 상세 설계 및 제작 ▪1차 시범사업 시행, 평가 및 개선 ▪공정 보완 사항 개선
	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 효율평가 모니터링 방법 정립(시범운영 후 정화기술별 효율평가 최적기술 도출) (네오엔비즈) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술별 오염퇴적물 정화기술 효율평가 ▪분야별 조사항목별 정화기술 적용 전후 실험 모니터링 시범 실시 ▪위해도 저감 평가 및 잔유 위해도 평가 시범 실시 ▪정화기술별 사업 환경영향평가 시범 실시
5차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪해역(오염)유형별 최적 정화공법 선정 (KIOST) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪해역 유형 및 오염도에 따른 공법 선정 의사결정도구 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ▪해양오염퇴적물 피복정화 기술 개발 (환경대/건기연/서강대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪시공사업계획에 따른 시공 완료 및 모니터링 ▪반응성 피복구역에 대한 정화성능 평가 및 이에 따른 기술 보완 ▪시범사업지역에 대한 현장 계측 및 GIS/DB 시스템 구축 ▪중장기 유지관리 방안 수립

		<ul style="list-style-type: none"> ▪피복공법 설계·시공 매뉴얼(안) 보완 ▪시범사업지역에 대한 현장 계측 및 GIS/DB 시스템 구축 ▪오염도 모니터링 장비 시험 운영 및 개선 ▪저비용 고효율 생물정화공법의 현장적용 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ▪부영양화관련 해양오염퇴적물 현장처리기술 개발 (한경대/KIOST/해양대) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪부영양물질오염퇴적물 현장처리 현장 적용 시범사업 계속 ▪사후 모니터링 및 평가 ▪최종 상용화기반 구축/기술 패키징 (기술이전) ▪부영양오염퇴적물 현장처리 2차 시범사업 구역 상세 분석 ▪2차 시범사업용 현장 처리 모듈 구성, 처리공정 상세 설계 및 제작 ▪2차 시범사업 시행, 평가 및 개선 ▪부영양오염퇴적물 현장처리 공정 설계 지침안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술 효율평가 모니터링 방법 정립(시범운영 후 정화기술별 효율평가 최적기술 도출) (네오엔비즈) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪정화기술별 오염퇴적물 정화기술 효율평가 ▪분야별 조사항목별 정화기술 적용 전후 실험역 모니터링 시범 실시 ▪위해도 저감 평가 및 잔류 위해도 평가 실시 ▪정화기술별 사업 환경영향평가 시범 실시

나. 당해연차 연구개발목표

해양오염퇴적물 정화·복원사업에서 현재 사용되는 기술(준설, 중간 및 최종처리)의 문제(수거 해양오염퇴적물 처리, 최종처리장 확보 애로 등)를 해결하기 위한 대안으로 피복정화 및 현장처리기술을 개발하기 위한 기반연구 수행(2차년도).

- 피복정화기술로는 유기오염물질 및 중금속 안정화를 위한 피복소재와 피복정화공법 설계·시공을 위한 피복재 침강 및 침식 해석시스템을 개발
- 현장처리기술은 퇴적물의 부영양물질 처리 기작(Mechanism)을 개발하고 처리공정별 설계인자를 도출하며 개념설계를 실시

(1) 당해연차 정량적 성과지표 달성도(협동기관, 위탁포함)

연차별 성과목표	성과지표	추정방법	목표치	가중치	달성치
연구 성과물	논문	총논문편수	1		300
	학술회의 발표	학술회의 발표건수	1		800
	연구개발홍보	세미나, 워크샵 개최 건수	2		100
	기술확산교류	기술교류회 개최 건수	1		100
	특허출원	특허출원 건			
	시험 및 조사	오염해역 조사/관측 건수	1		300
	정책제안실적	정책제안 건수	1		200

기술적 성과	반응성 피복소재 개발	중금속·유기오염물 피복소재 개발 건수			
		피복소재 상호 간섭효과 분석건수			
	오염정화 생물소재 개발	자정능력 제고를 위한 생물활성촉진제 개발 건수			
		중금속 안정화 미생물 개발 중수			
	피복 설계·시공기술 개발	피복재 침강 및 침식 해석시스템구축 건수			
현장처리기술 개발 시험 및 조사	처리 단위공정별 개념설계 건수	3		100	
	부영양물질 처리기작 개발 건수	2		100	
총 계			100%		

(2) 당해연차 연구목표 및 내용(2차년 연구계획서 내용 인용)

<2차년도 세부 연구목표 및 주요연구내용 요약>

연구목표	세부연구목표	주요연구내용
오염퇴적물 피복정화기술 개발 (주관기관: 한경대학교)	반응성 피복 소재 개발 (한경대)	<ul style="list-style-type: none"> • 국내해역 오염특성을 고려한 중금속 및 유기오염물질 안정화 성능을 가진 반응성 피복소재 도출 (6종) <ul style="list-style-type: none"> - 중금속대상 반응성 피복소재 3종 - 유기오염물대상 반응성 피복소재 3종
		<ul style="list-style-type: none"> • 도출된 반응성 피복소재들의 오염물질 이동 물리적 차단 및 오염물질 안정화·고정화 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 중금속 존재형태 변화에 의한 안정화성능 평가 - 유기오염물질 흡착에 의한 고정화 성능 평가
		<ul style="list-style-type: none"> • 국내 오염특성에 부합하기 위하여 각각 다른 특징을 가지는 반응성 피복소재를 복합사용할 경우 단일피복소재 사용과 비교하여 피복성능 비교(간섭효과, 상승효과 등 분석) <ul style="list-style-type: none"> - 단일 피복소재와 혼합 피복소재간의 비교시험 - 중금속과 유기오염물질간 상호 간섭작용 시험
		<ul style="list-style-type: none"> • 현장적용시의 생태학 영향 파악을 위한 피복소재의 안정성 검증 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 산업부산물 피복소재의 위해성 분석을 위한 독성평가 수행

		<ul style="list-style-type: none"> • 컬럼 및 모형수조를 이용한 현장 모사조건에서의 피복소재 성능 검증 - 회분식과 연속식 조건에서의 중금속 및 유기오염물질 용출 차단 컬럼 실험 - 모형수조를 이용한 현장 모사 시험
	<p>오염 정화를 위한 생물소재 개발 (서강대/한국해양대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내해역별 오염특성을 고려한 중금속 안정화 성능을 가진 생물소재 도출 (2종) - 양이온성 중금속에 대한 생물소재 1종 - Cr, As와 같은 비양이온성 중금속에 대한 생물소재 1종 <ul style="list-style-type: none"> • 해양오염 퇴적물 생물학적 정화를 위한 미생물 담체 확보 - 천연광물 또는 활용 가능한 산업부산물 등 저가 후보물질 선별 <ul style="list-style-type: none"> • 연안저질에 존재하는 자생미생물(황산염환원균 등)의 활성 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 생물활성촉진제의 조성 및 제법연구 <ul style="list-style-type: none"> • 생물활성촉진제의 효능검증 (유기물분해, 중금속고정 등)
	<p>피복공법 적용을 위한 설계·시공기술 개발 (건기연)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 오염정화대상지의 현장 시공조건과 환경외력 분석 - 정화대상지의 가용장비 도출 및 환경외력(태풍, 파고, 수심별 유속 등) 분석 <ul style="list-style-type: none"> • 피복공법 적용을 위해서는 경제성과 시공성에 가장 영향을 미치는 피복재 공급원 선정 - 준설사업현황, 피복재 육상 공급원, 여유부지 조성, 장비현황 분석 <ul style="list-style-type: none"> • 지반환경공학적인 측면에서 필요한 시료채취를 위해 현장 정밀 지반 조사 상세 계획 수립 - 오염물 심도를 고려한 Setting Barge 현황, 지반조사 장비 수급현황, 소요일정과 경비도출 <ul style="list-style-type: none"> • 현장조건을 반영한 실대형 모형실험과 수치해석을 통한 피복공법 현장 적용성 평가 - 피복재 침강 및 침식 해석 기법을 정립

	<p>개발기술 적용 예정해역 사전 조사 (환경대/해양연/건기연 공동추진)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 모사를 위한 컬럼 및 수조 실험에 필요한 오염해역 해양퇴적물 채취 • 처리기술 시험을 위한 대상 해역 기초 조사 및 퇴적물 시료 채취 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 해역 퇴적물 특성(오염도 및 물성) 기초 조사 - 단위 공정 시험, 개발을 위한 퇴적물 시료채취
<p>오염퇴적물 현장처리기술 개발 (협동기관: 한국해양과학기술원 (KIOST))</p>	<p>해양오염 퇴적물 처리 기작(Mechanism) 개발 (KIOST)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발 - 부영양물질 오염퇴적물 처리기작 규명 및 기술개발 방안 개발 - 세척 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발 - 입자분리 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발 - 관련 사례, 유사기술 조사 및 세척/입자분리 기반 처리기술 통합 방안 기초 개발 - 대상 해역 퇴적물을 시료로 사용하여 처리기술 공정별 처리 능력 검토(실험실 규모)
	<p>현장 처리기술 공정 설계 (KIOST/코오롱위터앤에너지)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내·외 관련 처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출 - 관련 처리기술 및 유사기술(입자분리 및 세척 기반 처리기술, 현장 처리기술 등) 세부 공정별 검토 - 공정별 처리 흐름, 반응기 특성(용량, 재질, 첨가제, 처리시간, 에너지 등) 검토 및 설계인자 도출
		<ul style="list-style-type: none"> • 현장처리장치를 구성하는 단위공정별 개념설계 - 단위 공정별 처리 흐름, 소요 설비 검토 및 개념설계
	<p>해양 오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발 (KIOST/한양대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경관리법 개정 논리 및 방향 개발 - 해양환경관리법 개정 필요성 검토 및 논리개발 - 해양환경관리법 개정 방향 및 범위 설정 • 정화사업 관련 법률 용어 개념 정립 및 해양환경관리업 정비 방안 개발 - 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법률 용어의 개념 정립 방안 개발 - 다양한 처리기술 실현을 위한 법령 정비(법, 시행령, 시행규칙) 방안 기초 개발

가) 오염퇴적물 피복정화기술 개발

(1) 반응성 피복소재 개발

- 국내 해역별 오염특성을 고려한 중금속 및 유기오염물 안정화 성능을 가지는 반응성 피복소재의 도출
 - 중금속 및 유기오염물 안정화 성능을 가지는 반응성 피복소재 6종(천연광물 4종, 활용 가능한 산업부산물 2종)을 선별함
 - 1차년도(천연광물:제올라이트,석회석, 활용 가능한 산업부산물:적니, 굴폐각)에 이어서 혼합 중금속 (Cd, Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, As) 제거를 위한 반응성 피복소재 3종(순환골재, 제강슬래그, 벤토나이트, 활성탄 등) 선별 및 혼합 중금속 제거 성능 평가
 - 유기오염물질(PAH, PCB 등) 제거를 위한 반응성 피복소재 3종(활성탄, 유기점토, 벤토나이트, 제올라이트 등) 선별
- 도출된 반응성 피복소재들의 오염물질 용출 물리적 차단 및 오염물질 안정화·고정화 성능 평가
 - 해양퇴적물에서 중금속은 크게 5가지 형태로 존재하고 있다. 물리화학적 환경변화 발생시 가장 쉽게 수계로 용출이 되는 순서로 이온교환 (Exchange) 형태, 탄산염(Carbonate)형태, 철·망간(수)산화물(Oxide)형태, 유기물 결합(Organic)형태, 잔류물(Residual)형태로 구분된다. 잔류물 형태가 물리화학적으로 가장 안정화 상태에 있기 때문에 반응성 피복소재 3종을 이용해 수계로 쉽게 용출할 가능성이 큰 이온교환 형태, 탄산염 형태, 수산화물 형태를 비교적 안정한 형태인 유기물 결합 형태 및 잔류물 형태로의 변화를 측정함. 또한 7가지 중금속 각각의 형태 변화의 차이를 파악함으로써 피복소재간의 안정화 성능을 비교 평가함
 - 유기오염물질인 TBT와 PCB에 있어서 각각의 피복소재(3종)별에 따른 흡착에 의한 물리적 차단 특성을 알아보고, 그 결과에 의한 각각의 피복소재(3종)의 오염물질 차단 성능을 평가함
- 국내 오염특성에 부합하기 위하여 각각 다른 장점을 가지는 반응성 피복소재를 복합사용할 경우 단일피복소재 사용과 비교하여 피복성능 비교(간섭효과 등 분석)
 - 중금속과 유기오염물질 제거에 대한 단일피복소재와 복합 피복소재 사용 시, 중금속과 유기오염물질의 제거 성능의 차이를 분석하여 복합 소재사용의 적용성을 평가함
 - 해양오염퇴적물은 단순히 중금속 또는 유기오염물질처럼 단일 오염이 아닌 다종의 중금속과 유기오염물질 포함되어 있는 다중 오염의 특성을 가지므로 피복소재에 따른 목적 용출 차단 물질의 제거능 평가시 타 오염물질에 의한 간섭효과에 대한 평가가 필요함. 따라서 서로간의 간섭효과를 평가하기 위해 단일 오염물질과 다중 오염물질에 있어서 피복소재의 제거 기작을 파악하고 그 간섭효과를 평가함.
- 현장적용시의 생태학 영향 파악을 위한 피복소재의 안정성 검증 시험
 - 활용 가능한 산업부산물 중 위해성이 예상되는 피복소재에 대해 해양생물에 대한 생태환경 안전성 평가를 전문기관에 의뢰하여 분석함.
- 컬럼 및 모형수조를 이용한 현장 모사조건에서의 피복소재 성능 검증
 - 컬럼 실험을 통해 피복소재들에 의한 해양오염퇴적물로부터 용출되는 중금속 및 유기오염물질

차단 및 안정화 효과 검증항(그림.1)

- 모형 수조를 이용해서 해양오염퇴적물에 있어서 현장 피복 소재에 대한 수리학적 영향(유속 등)에 따른 피복소재의 변동 상황 평가

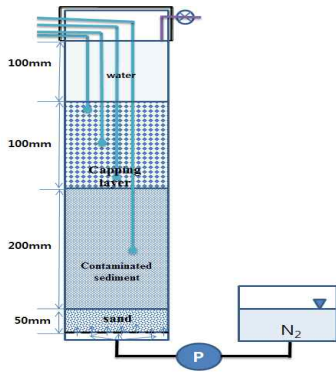


그림 1. 컬럼 실험장치 개념도(왼쪽)와 실제 사진(오른쪽)

(2) 오염정화를 위한 생물소재 개발

- 생물학적 정화기법에서 미생물들이 에너지를 사용하여 능동적으로 금속을 체내로 전달시켜 무기금속화합물 동화과정을 거치면서 금속을 생체내 축적하거나 능동적인 에너지의 사용없이 미생물의 세포벽 표면에 있는 리간드나 기능성 그룹과 금속이온이 복합체를 형성하여 흡착하면서 오염물질인 중금속이 제거되는 기작을 이해하고 이를 통한 효과적인 중금속 제거 기술을 확립함(Cd, Zn, Cu, Pb, Ni). 그리고 As, Cr과 같이 용해된 상태에서 산소와 결합한 음이온을 형성하여 최종적으로 음전하를 띠거나 전하를 띠지 않으므로 정전기적 결합을 통한 제거를 기대할 수 없는 중금속에 대한 제거 기작을 이해하고 황산염환원균을 통한 제거 기술을 확립함.
- 해양오염 퇴적물 생물학적 정화를 위한 미생물 담체를 확보하고 담체와 미생물의 고정화 조건을 확립함. 담체는 향후 실용화에 대한 경제성을 고려하여 천연광물과 활용 가능한 산업부산물에서 선별함.
- 연안저질에 존재하는 자생미생물(황산염환원균)의 활성 연구
 - 회분식 실험을 통하여 자생미생물의 활성에 미치는 영향인자(pH, 온도, 유기물 등) 연구
 - 자생미생물의 활성에 대한 석회, 황산염, 철염, 질소, 인등의 전자수용체, 영양염 등의 영향 연구
- 생물활성촉진제의 조성 및 제법연구
 - 자생미생물의 활성촉진에 구성성분(석회, 제올라이트, 황토, 영양염 등)에 대한 연구
 - 생물활성촉진제의 크기, 용해속도 등이 자생미생물의 활성에 미치는 영향연구
 - 생물활성촉진제의 제조기법(건조, 소결 등)을 연구
- 생물활성촉진제의 효능검증 (유기물분해, 중금속고정 등)
 - 실험실 규모의 연안 모형 수직관에 생물활성 촉진제를 혼합한 오염저질을 충전하고 상부에 1

- 차년도에 개발한 반응성 차단제를 일정한 깊이(15cm 이상)로 복토한 뒤에 해수를 충전하여 유기오염물질 분해에 대한 생물활성 촉진제의 효능 검증
- 황산염 환원균에 의해 생성되는 황화물을 이용한 중금속 고정화정도를 시험하고, 중금속(Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, As 등) 위해성 감소효과를 평가.

(3) 피복공법 적용을 위한 설계·시공기술 개발

- 피복공법의 현장시공에 필요한 오염정화대상지의 현장 시공조건과 환경외력을 분석하고자 함
 - 피복재로 일반적으로 사용되는 깨끗한 모래 포설을 위해 필요한 최적 피복공법 적용 장비를 도출
 - 피복재 침강 및 침식해석을 위해 오염퇴적물 정화사업지의 환경외력 (태풍빈도, 파고, 수도별 유속 등) 분석 수행
 - 일반 피복재를 이용하여 개발된 기술은 본 연구를 통해 발생한 반응성 피복소재에도 적용 가능
- 피복공법 적용을 위해서는 경제성과 시공성에 가장 영향을 미치는 피복재 공급원 선정이 필요함
 - 1차년도 기 작성된 시나리오를 바탕으로 정화사업지 주변의 준설사업현황, 피복재 육상 공급원의 필요성, 여유부지 조성, 장비현황 등과 같은 주변여건을 분석
- **지반환경공학적 측면에서 필요한 시료채취를 위해 현장 정밀지반 조사 상세 계획을 수립하고자 함**
 - **오염물 심도를 고려한 Setting Barge 현황, 지반조사 장비 수급현황, 소요일정과 경비 도출**
- 성공적인 피복공법 현장시공을 위해 우선적으로 현장조건(적용장비 및 환경외력)을 반영한 실대형 모형실험과 수치해석을 통한 피복공법 현장 적용성을 평가하고자 함
 - 정화사업지의 환경외력과 적용장비를 토대로 현장과 유사한 상황에서 피복재(모래)의 침강 및 침식을 모사하도록 실대형 파랑전파 실험장비와 피복재 포설 윈터치 개폐장비를 활용한 실대형 모형실험과 수치해석을 통해 결과를 비교하고 분석(그림.2)
 - 이러한 일련의 절차를 통해 피복재별 침강 및 침식 해석 기법을 정립



그림 2. 실대형 파랑전파 실험장비

(4) 유력한 해양오염퇴적물 정화사업지 사전 조사

- 현장 모사 실내 실험을 위한 컬럼 및 수조 실험에 필요한 오염 해역 해양퇴적물 채취
- 처리기술 시험을 위한 대상 해역 기초조사 및 퇴적물 시료 채취
 - 1차년도 관련 기관 협의로 기 선정된 처리기술 시험 대상 해역 퇴적물 특성(오염도, 물성 등)을 기초 조사
 - 채취한 퇴적물은 단위 공정별 시험, 기술개발을 위한 시료로 사용

나) 오염퇴적물 현장처리기술 개발

(1) 해양오염퇴적물 처리 기작(Mechanism) 개발(KIOST)

- 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발
 - 기존 오염 우려 해역 조사 자료를 기초로 주로 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물의 특성(퇴적물의 오염도, 주요 오염물질, 물성 등)에 대응할 수 있는 처리 기작을 문헌 검토 및 실험(실험실 규모)을 통하여 개발(예: 오염물질 처리를 위한 입자분리, 산화, 용출, 추출, 세척을 통한 오염물질 저감 등)
 - 우리나라 오염해역 특성에 부합하는 현장처리기술 개발을 위하여 필요한 공정을 검토하고, 상기 개발된 처리 기작을 실현할 수 있는 처리기술의 적용 방안을 개발
- 세척 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발
 - 오염물질의 처리 기작이 유사하며, 국내 상용 오염토양 정화·복원기술 중 보완 시 해양오염 퇴적물 정화·복원에 사용 가능한 세척(Soil washing)을 기반으로 하는 처리기술 및 유사 기술의 실제 적용 사례를 조사, 검토하여 오염해역 특성에 적합한 단위 공정을 개발
 - 이를 위하여 용수에 의한 처리 한계, 첨가제(산화제, 계면활성제, 킬레이트제, 산/염기) 사용 시 처리 가능성, 초음파 등 사용 가능한 부가 공정의 활용 가능성 및 처리 과정에서 발생하는 폐액의 처리 및 처리수를 공정수로 재활용 방안을 위주로 단위 공정을 개발
- 입자분리 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발
 - 오염물질의 처리 기작이 유사하며, 국내 상용 오염토양 정화·복원기술 중 일부 보완 시 해양오염퇴적물 정화·복원에 사용 가능한 입자분리(Particle separation)를 기반으로 하는 처리기술 및 유사 기술의 실제 적용 사례를 조사, 검토하여 오염해역 특성에 적합한 단위 공정을 개발
 - 공정의 개발은 기존 오염해역 퇴적물의 오염도와 물성을 기초로 싸이클론(마이크로 싸이클론 포함) 등 상용 입자분리기의 사용 한계를 고려하여 현장처리를 위해서 필요한 입경별 분리 범위를 규명하고, 효율적인 입자분리 방안을 위주로 개발
- 관련 사례, 유사기술 조사 및 세척/입자분리 기반 처리기술 통합 방안 기초 개발
 - 국내외 처리기술 및 유사기술의 사례 연구를 기초로 세척과 입자분리를 기반으로 하는 처리 기술 각 공정의 장점과 단점, 처리 능력, 제한 사항 등을 검토하여, 각 공법의 장점을 극대화 시킬 수 있는 처리기술 통합 방안을 기초 개발
 - 현장처리기술 개발 과정에서는 대상해역(1차년도 관련 기관 협의로 선정)에서 채취한 퇴적

- 물을 시료로 사용하여 각 공정별 처리 능력을 검증(실험실 규모)
- 또한, 학회, 세미나, 기술교류회 등을 통하여 관련 분야 전문가들의 의견을 수렴하고, 이를 기술개발에 활용.

(2) 현장처리기술 공정 설계(코오롱워터앤에너지)

- 국내·외 관련 처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출
 - 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 처리기술 및 유사기술(입자분리 및 세척 기반 처리기술, 현장 처리기술(In-situ treatment)등)을 세부 공정별로 조사, 검토
 - 검토 결과를 기초로 현장처리기술 개발에 필요한 각 공정별 처리 흐름, 반응기의 특성(재질, 용량, 첨가제, 처리시간, 에너지 등)을 개발하고 설계인자를 도출
- 현장처리장치를 구성하는 단위공정별 개념설계
 - 개발된 단위 공정별 처리 흐름에 따른 소요 설비 등을 검토하고 현장처리기술 개발을 위한 개념설계(오염물질 저감 목표, 처리기작, 처리 절차 등)를 수행

(3) 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발(한양대)

- 해양환경관리법 개정 논리 및 방향 개발
 - 해양오염퇴적물 관리의 통일성과 효율성을 제고하기 위하여 해양환경관리법에 해양오염퇴적물의 환경기준, 수거부터 처리(중간, 최종)까지 일련의 규정을 설정하고 다른 법령과의 충돌을 방지하는 규정을 만드는 방향으로 법령 개정 방안을 개발
- 정화사업 관련 법률 용어 개념 정립 및 해양환경관리업 정비 방안 개발
 - 퇴적물, 오염퇴적물, 준설토사 및 오염퇴적물의 수거, 처리 등 정화사업 관련 법률용어에 대한 개념을 정립하고, 해양환경관리업 등록기준을 보완하여 개발 예정 처리기술을 포함하여 다양한 장비, 기술, 공정이 실현될 수 있도록 해양환경관리법 개정안 기초 개발
 - 또한, 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 분야 학계, 연구계 및 산업계 등 전문가의 의견을 수렴(예: 전문가 세미나 개최 등)하고, 그 결과를 법령 개정안 개발에 반영

2. 연구수행 내용 및 결과

연구개발결과 요약

연차	연구 내용	연구 결과
2 차 년 도	I. 반응성 피복소재 개발(한경대) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 중금속 및 유기오염물질 안정화를 위한 반응성 피복소재 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 중금속 및 유기오염물질 안정화·고정화 성능을 가진 반응성 피복소재 도출 (총 6종) <ul style="list-style-type: none"> - 중금속 피복소재: 순환골재, 제강슬래그, 벤토나이트, 활성탄(4종) - 유기오염물질 피복소재: 활성탄, 유기점토, 벤토나이트, 제올라이트 (4종)

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도출된 피복소재들에 의한 오염물질의 물리적 차단 및 안정화·고정화 성능 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 피복소재들을 이용한 오염퇴적물 내 오염물질 물리화학적 차단 성능 평가 결과 <ul style="list-style-type: none"> - 중금속인 경우: 피복소재종류에서는 활성탄 > 순환골재 > 제강슬래그, 벤토나이트 순으로 물리화학적 차단 성능이 높았고, 중금속 종류별로 보면 대체적으로 Cu, Pb (90%) > Ni, Zn (70% 이상) > Cd (50%) > As, Cr (50% 미만)의 흡착 차단 효율을 보였음. - PAH(나프탈렌)에서 활성탄과 유기점토는 90% 이상의 흡착능을 나타냈고, 벤토나이트 및 제올라이트에서는 60-70%의 흡착능을 나타냈다. 그 외 순환골재, 석탄재 등에서는 50% 미만의 흡착능을 나타냄. 반면 PCB(트리클로로비페닐)에서는 활성탄(70% 이상)의 높은 제거율을 나타냈지만 유기점토, 벤토나이트, 제올라이트 등은 낮은 흡착능(10%미만)을 나타냄. • 피복소재들을 이용한 오염퇴적물 내 중금속 안정화·고정화 성능 평가 결과 <ul style="list-style-type: none"> - 중금속인 경우 용출이 비교적 쉬운 1단계~3단계의 존재 형태 비율이 순환골재에서 약 50-70% 감소, 제강슬래그에서 50% 미만 감소, 벤토나이트에서 50%미만, 순환골재/벤토나이트 혼합조서에서 50% 미만의 감소를 나타냄. - 중금속별 안정화는 순환골재일때는 Ni에서 70-90%의 높은 안정화를 보인 반면, 제강슬래그(Cd), 벤토나이트(Cu, Zn) 및 순환골재/벤토나이트(Cr, Zn)를 제외한 중금속에서는 50% 미만의 중금속 안정화 효율을 나타냄. - 유기오염물질 고정화
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 피복소재들(또는 오염물질)의 단일 및 혼합 사용에 따른 성능평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 피복소재(또는 오염물질)의 단일 및 혼합 사용에 따른 성능 평가 결과 <ul style="list-style-type: none"> - 중금속 종류별 흡착제거율에서는 Pb, Cu > Ni, Zn > Cd > As, Cr 순으로 높은 흡착 경향을 보여 중금속 종류에 따른 흡착능 경향은 단일 및 혼합 피복소재에 상관없이 비슷한 경향을 나타냄.
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 피복소재의 안전성(생태학 독성) 검증영향 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 피복소재 중 천연물질이 아닌 산업부산물(순환골재 및 제강슬래그)에 대한 생태독성 평가 • 순환골재를 이용한 해양미생물(발광박테리아, 미

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 컬럼 및 모형수조를 이용한 현장 모사조건 피복소재 성능 검증 	<p>세조류)에 대한 생태독성평가</p> <ul style="list-style-type: none"> - 발광박테리아(<i>Vibrio fischeri</i>) 상대발광저해율 실험: 상대발광저해율이 0% (독성없음) - 미세조류 (<i>Dunaliella tertiolecta</i>) 성장 저해실험 EC₅₀ : > 100% (독성없음) • 제강슬래그의 생태독성은 미생물 및 해양생물에 대한 독성 영향 없음(1차 연구보고서 참고) - 해양생물 영양 단계별(박테리아, 식물 플랑크톤, 해조류, 로티퍼, 어류 등) 독성평가(EC₅₀) 결과 독성 영향 없음(EC₅₀ : > 100%)으로 나타남. <ul style="list-style-type: none"> • 컬럼을 이용한 중금속 및 유기오염물 피복 성능 평가[피복소재 2종] <ul style="list-style-type: none"> - 영양염류(P)의 용출차단 결과 피복두께 3cm 이상 오염물질 농도 10 mg/L이하일 경우가 매우 효과적인 결과로 나타남 - 유기오염물질(PAHs) 용출차단 테스트 결과 차단율 100%를 나타냄 • 모형수조를 이용한 현장 모사조건에서의 피복소재 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> - 오염퇴적물 내 중금속 용출차단 결과 차단율 100%를 나타내었고, 안정화 테스트 결과 1~3단계의 중금속존재형태 비율이 감소함[피복소재 6종] - 오염퇴적물 내 유기오염물질 용출차단 테스트 완료[피복소재 3종]
<p>II. 오염정화를 위한 생물 소재 개발(서강대/한국해양대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 국내 해역별 오염특성을 고려한 중금속 안정화 성능을 가진 생물 소재 도출(2종)-서강대 <ul style="list-style-type: none"> - 양이온성 중금속에 대한 생물 소재 1종 - Cr, As와 같은 비양이온성 중금속에 대한 생물소재 1종 ◦ 해양오염 퇴적물 생물학적 정화를 위한 미생물 담체 확보-서강대 ◦ 연안저질에 존재하는 자생미생물(황산염환원균 등)의 활성 연구-해양대 ◦ 생물활성촉진제의 조성 및 제법연구-해양대 ◦ 생물활성촉진제의 효능검증(유기 	<ul style="list-style-type: none"> • - - • - -

<p>III. 피복공법 적용을 위한 설계·시공기술 개발(건기연)</p>	<p>물분해, 중금속 고정 등)-해양대</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 오염정화대상지의 현장 시공조건과 환경외력 분석 ◦ 피복공법 적용을 위해서는 경제성과 시공성에 가장 영향을 미치는 피복재 공급원 선정 ◦ 지반환경공학적 측면에서 필요한 시료채취를 위해 현장 정밀 지반조사 상세 계획 수립 ◦ 현장조건을 반영한 실대형 모형실험과 수치해석을 통한 피복공법 현장 적용성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 부산 K항 및 인천 I항의 해양퇴적물 5지점 채취 후 혼합 사용 - 현장 모사 실내 실험을 위한 컬럼 및 수조 실험에 필요한 오염해역 해양 퇴적물 채취 완료(I해역) - 미립질 약산성(pH 8)의 특징을 갖고 있는 오염 퇴적물의 중금속 오염은 Ni, Cu, Zn, As, Cd는 기준 1을 초과, 또한 유기오염물질 TBT도 기준 1을 초과하는 특성을 나타냄(K해역) • 시험 대상 3개 해역(M, N, R)에서 주로 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물의 처리 기작(Mechanism)을 개발하기 위하여 퇴적물 시료를 각각 약 40 kg 채취 (KIOST)
<p>IV. 개발기술 적용 예정해역 사전 조사(한경대/KIOST/ 건기연)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 현장 모사를 위한 컬럼 및 수조 실험에 필요한 오염해역 해양퇴적물 채취 ◦ 처리기술 시험을 위한 대상 해역 기초 조사 및 퇴적물 시료 채취 - 대상 해역 퇴적물 특성(오염도 및 물성) 기초 조사 - 단위 공정 시험, 개발을 위한 퇴적물 시료채취 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 대상 3개 해역(M, N, R)에서 주로 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물의 처리 기작(Mechanism)을 개발하기 위하여 퇴적물 시료를 각각 약 40 kg 채취 (KIOST)
<p>V. 해양오염퇴적물 처리 기작(Mechanism) 개발(KIOST)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발 - 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발 방안 개발 - 세척 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발 - 입자분리 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발 - 관련 사례, 유사기술 조사 및 세척/입자분리 기반 처리기술 통합 방안 기초 개발 - 대상 해역 퇴적물을 시료로 사용하여 처리기술 공정별 처리 능력 검토(실험실 규모) 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 대상 해역(M, N, R) 퇴적물의 특성 평가 결과 - 입도 <ul style="list-style-type: none"> R: 63μm 이하 80% 이상(32μm 이하 50% 이상) M: 63μm 이하 80% 이상(32μm 이하 70% 이상) N: 63μm 이하 80% 이상(32μm 이하 60% 이상) - 부영양화 정화지수(CI_{ET}) <ul style="list-style-type: none"> 입자가 세립 할수록 오염도 증가 32μm 이상, 이하의 퇴적물은 CI_{ET}는 8~12 - 유해화학물질 정화지수(CI_{HC}) <ul style="list-style-type: none"> 입자가 세립 할수록 오염도 증가 대부분 입경에서 기준1 이상 • 입자분리 기반 처리기술 기작 개발 - 시험 대상 해역 퇴적물 시료를 균질화, 동결 건조 후 재 균질화 후 자동 체질기(Fritsch, Germany)로 시료의 입자 분리 - 입자 분리 범위: >1mm, >500μm, >250μm,

		<p>>125μm, >63μm, >32μm, <32μm</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시험 대상 해역 퇴적물은 평균 63μm 이상 14.6%, 32μm 이상 21.4%, 32μm 이하 64% - 부영양화 정화지수 <ul style="list-style-type: none"> R: 0~6 M: 3~6 N: 5~12 입자가 세립 할수록 오염도가 높음 N 해역의 오염도가 가장 높음 - 모든 해역의 32μm 이하에서 유해화학물질 정화 지수 20이상으로 정화·복원 필요 - 32μm 이상, 32μm 이하 : 오염도 저감 필요 - 대상 해역에서 처리대상 미세입자의 분리 범위를 32 μm 이상과 이하로 할 경우, 기존 국내 상용 정화기술 대비 78.2% 이상 처리 가능 범위 확대 - 실질적으로 63μm 이상, 32 μm 이상, 32 μm 이하의 범위로 입자분리를 하는 것이 용이 - 입경별 부영양물질 분포 및 공정의 용이성, 비용의 절감을 위하여 입자분리의 범위를 63μm 이상, 32 μm 이상, 32 μm 이하의 범위로 선정하는 것이 가장 효율적 - 퇴적물을 입자분리 시 험잡물(Debris) 및 자갈 등(Over sized gravel etc.)을 상용 장치로 분리한 다음 실제 처리할 입경별로의 분리는 몇 단계로 입경별 분리가 가능한 다단 하이드로 사이클론으로 분리하는 것이 적합함 - 입자분리 공법 중 하이드로 사이클론방식이 가장 입도한계범위가 유동적이며 비교적 입자가 작은 범위까지 분리하기가 가장 용이하므로 해양오염퇴적물의 미세 입자 분리에 가장 적합한 것으로 보임 • 세척 기반 처리기술 단위 공정 개발 - 오염퇴적물내의 조립입자 및 미세입자는 크기 및 오염물질 분포의 특성에 큰 차이를 보임 - 실험대상 해역의 퇴적물은 육상토양과 달리 실트질이 우세한 세립질 퇴적물로 이루어져 있음 - 퇴적물 입자가 작아질수록 표면적이 증가하고 오염물질들이 흡착 또는 결합하기가 용이함 - 실제로 대상해역의 퇴적물에서도 세립질 일수록 부영양화 관련 오염물질이 농도가 증가하는 경
--	--	---

			<p>향을 나타냄</p> <ul style="list-style-type: none"> - 작은 미세 입자는 상호간 흡착하려는 경향이 있으므로 계면활성제를 이용하여 부영양화 관련 오염물질을 처리하는 것이 효과적으로 판단됨 - 화학적 산화는 생물학적 정화와 함께 적용 가능하며, 무기, 유기 및 혼합 오염 물질에 대해 광범위하게 적용되고 있으므로 산화제를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리가 효과적으로 판단됨 - 세척처리 공정방법의 선정 시 고려사항으로는 적용할 퇴적물의 분량, 화학적 처리제 및 분해산물의 생분해능력 및 독성, 재활용 및 재사용 능력, 비용 등이 있음 <p>• 입자분리 및 세척 기반 처리기술 통합방안 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기초 실험 <ul style="list-style-type: none"> 산화제 기초 실험 <p>5M H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량) 1M KMnO₄ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량) 반응시간: 1h</p> 계면활성제 기초 실험 <p>0.5% Triton X-100 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량) 반응시간: 1h</p> - 기초 실험 결과 <p>부영양화 관련 오염물질 제거효율은 1M 과망간산칼륨이 가장 우수하였음 부영양화 관련 오염물질 제거효율은 5M 과산화수소와 계면활성제인 0.5% Triton X-100은 비슷한 효율을 나타냈음</p> <p>현장처리공정 적용 시 2차 오염, 환경적인 안정성, 공정단가를 고려하면 과산화수소와 계면활성제가 화학적 처리제로 적합한 것으로 판단됨</p> <p>과산화수소와 계면활성제 제거효율을 증가시키기 위해 물리적 처리기술을 고려할 필요가 있으며, 적용가능한 계면활성제의 종류를 다양화하고 산화제인 과산화수소 농도를 변화시켜 처리비용을 저감할 수 있는 공정에 대한 기초 실험 필요한 것으로 판단됨</p>
--	--	--	---

			<p>32μm 미만에서도 모든 해역별로 부영양물질 제거율이 평균 약 40%임</p> <p>- 심화 실험 적용 가능한 세 가지 종류의 계면활성제와(0.5% Triton X-100, Tween 60, Tween 80) 산화제인 과산화수소(5M, 1% H₂O₂)의 농도를 변수로 함 전처리(pre-oxidation) 및 반응성 향상을 위한 미세기포(micro bubble: 100μm 이하)공정 추가 1차 기초실험과 같이 반응시약 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량) 반응시간은 현장처리시 적용이 가능한 시간으로 제한</p> <p>- 심화 실험 결과 계면활성제 중 Tween 80이 다른 계면활성제보다 좋은 제거 효율을 나타냄 미세기포 + 계면활성제 처리실험에서의 부영양화 관련 오염물질의 제거효율: >63μm 입자에서는 증가 >32μm, <32μm 입자에서는 제거효율이 향상되지 않음 미세기포 + 1% H₂O₂ + 계면활성제 처리실험에서 >32μm, <32μm 입자에서의 부영양화관련 오염물질의 제거효율: 미세기포 + 계면활성제 처리실험의 제거효율 보다 높음 1% H₂O₂ + 계면활성제 처리실험에서 부영양화관련 오염물질의 제거효율은 미세기포 + 1% H₂O₂ + 계면활성제 처리실험보다 대체로 좋은 제거효율을 보임 이는 미세기포 처리를 화학적 처리제와 동시에 하는 것보다 전처리(pre-oxidation)과정으로 적용하는 것이 적합한 것으로 판단됨 5M 과산화수소 + 계면활성제 처리실험이 가장 우수한 부영양화관련 오염물질의 제거효율을 나타내고 있으며, 계면활성제 중 Tween 80을 사용하였을 때 >32μm, <32μm 입자에서의 제거효율이 가장 높았음 위의 결과를 바탕으로 실트질이 우세한 해양오염 퇴적물에서의 부영양화관련 오염물질 저감을 위한 화학적 처리제로는 5M 과산화수소 + 계면활성제 Tween 80을 이용한 처리가 적절한 것으로</p>
--	--	--	--

		<p>판단됨</p> <p>심화실험에서 처리된 산물은 토양오염 우려기준 중 3지역 기준에 적합하며, 63μm 이상 처리 산물은 수저준설토사 유효활용기준에 적합함</p> <p>부영양물질 처리 과정에서 생물이용성 (Bio-availability)이 높은 부분의 중금속(Ni, Cu, Zn, Cd, Pb)은 부분적으로 제거 가능</p>
<p>VI. 현장 처리기술 공정 설계 (KIOST/(주)코오롱워터앤에너지)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 국내·외 관련 처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출 - 관련 처리기술 및 유사기술 (입자분리 및 세척 기반 처리 기술, 현장 처리기술 등) 세부 공정별 검토 - 공정별 처리 흐름, 반응기 특성(용량, 재질, 첨가제, 처리 시간, 에너지 등) 검토 및 설계인자 도출 ◦ 현장처리장치를 구성하는 단위공정별 개념설계 - 단위 공정별 처리 흐름, 소요 설비 검토 및 개념설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 본 연구과제와 유사한 국내·외 하상퇴적토 정화 및 처리기술에 대한 특허를 분석한 결과, 화학적 정화 또는 처리공법(25%)이 주를 이루고 있으며, 물리적 분리/처리 기술도 약 16%정도를 차지함. <ul style="list-style-type: none"> - 특허보유 국가는 미국 (38%), 일본, 유럽 등이 점유율이 높으며, 대기업 중심의 연구개발이 이루어지고 있으며, 국내의 경우 2008년 이후 4대강 사업 등 국책사업과 맞물려 특허출원이 급등세임. • 공정설계의 가장 중요한 설계인자는 입자분포이며, 입자분포에 따른 오염물질 특성을 고려한 물리적 처리기술인 입자분리 처리기술과 및 화학적 처리기술인 세척기반 처리기술을 적용함. • 해양퇴적물의 특성상 일반적인 토양세척시스템에서 활용하는 분리입경인 0.072mm 보다 낮은 입경인 0.032mm를 분리하기 위한 다단 멀티마이크로 사이클론을 적용함으로써 세척공정의 처리가능 영역을 극대화 함. • 입자분리시스템에서 분리된 0.032mm 이하의 미세오염퇴적물의 정화를 위한 공동현상 즉 캐비테이션을 활용한 고도처리 공정을 추가하여 연속적으로 처리할 수 있도록 개념 설계함. • 해양오염퇴적물 내에 오염물질 중 부영양화관련 오염물질 뿐만 아니라 비소, 카드뮴, 크롬, 구리, 수은, 니켈, 납, 아연, PCBs, PAHs 등 중금속과 유기화합물 처리도 가능하도록 개념설계 하였으며, 처리가 어려움 0.032mm 이하의 오염퇴적물에 대하여는 고형화/안정화 처리공정과의 융합을 통하여 처리 후 재활용 할 수 있도록 개념 설계 함.

<p>VII. 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발(한양대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 해양환경관리법 개정 논리 및 방향 개발 해양환경관리법 개정 필요성 검토 및 논리개발 - 해양환경관리법 개정 방향 및 범위 설정 ◦ 정화사업 관련 법률 용어 개념 정립 및 해양환경관리업 정비 방안 개발 - 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법률 용어의 개념 정립 방안 개발 - 다양한 처리기술 실현을 위한 법령 정비(법, 시행령, 시행규칙) 방안 기초 개발 	<ul style="list-style-type: none"> •가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정안 개발 -해양오염퇴적물, 수거, 처리, 정화 등 주요 개념을 정의 -해양오염퇴적물 수거와 처리의 법적 근거를 둠 <ul style="list-style-type: none"> ① 오염원인자 책임의 원칙 ② 해양오염퇴적물의 수거·처리기준 및 방법 ③ 재활용, 자연정화, 현장피복, 공유수면예의 매립, 해양고립처분, 해양배출 등 ④ 위반사항에 대한 조치명령 -해양오염퇴적물수거업, 해양오염퇴적물처리업 신설 •해양오염퇴적물 정화·복원사업 시행과 그 기준 및 방법에 대한 법적 근거 부여를 통하여 다양한 처리기술 실현을 가능하게 함
---	---	--

V. 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발 (KIOST)




1. 시험대상 해역 퇴적물의 특성 평가

가. 대상해역의 개요

(1). 조사해역

- 1차년도 연구결과 중앙정부(해양수산부)에서 '04년부터 '11년까지 조사한 국내 오염 우려 해역 중 피복 및 현장처리기술 시험 대상 해역으로 3개 해역(M, N, R)을 선정하였음. 기 선정된 3개 해역에서 주로 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물의 처리 기작을 개발하기 위하여 조사 및 퇴적물 시료를 각각 약 40 kg 채취함. 3개 해역의 개요를 표 V-1에 정리함

표 V-1. 조사해역 개요

대상 해역	M 해역	N 해역	R 해역
조사 기간	2012. 11. 6 ~ 11. 8	2013. 1. 21 ~ 1. 22	2013. 1. 23 ~ 1. 24
조사 정점	35° 07.2325 ' N, 129° 03.8207 ' E.	35° 12.4809 ' N, 128 35.1712 ' E. 35° 12.4993 ' N, 128° 35.2069 ' E. 35° 12.4832 ' N, 128° 35.2501 ' E.	37° 29.5818 ' N, 126° 37.6277 ' E. 37° 29.5905 ' N, 126° 37.6051 ' E. 37° 29.5841 ' N, 126° 37.6304 ' E.
조사 사진			
주요 오염물질	유기물, 중금속 오염	유기물, 중금속 오염	유기물, 중금속 오염
시료 특성	실트질 우세	실트질 우세	실트질 우세

(2). 조사방법

- 조사지역 표층퇴적물의 퇴적물 특성 및 부영양화물질 제거기작 실험을 위하여 그랩 퇴적물 채취기 (grab sampler)를 이용하여 시료를 채취

(3). 분석항목 및 분석방법

- 분석항목
 - 일반항목: 함수율, 입도, 총 유기탄소(TOC), 총 질소(TN)
 - 부영양화 정화지수(CI_{ET}) 관련: 화학적 산소요구량(COD), 산 휘발성황화물(AVS), 강열감량(IL)
 - 유해화학물질 정화지수(CI_{HC}) 관련: 알루미늄(Al), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 납(Pb), 니켈(Ni), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 비소(As), 수은(Hg), PCB, PAH
- 분석방법 : 해양환경공정시험기준

나. 대상 해역 퇴적물의 입도분포

(1). 입도분석 결과

- 입도분석 결과를 그림 V-1와, 표 V-2에 나타내었음
 - 각 해역의 퇴적물의 평균입도: 모래실트질(sZ)인 5.25 ~ 6.14Φ 범위
 - 각 퇴적물의 분급도: 2.01 ~ 2.30Φ였으며 왜도는 -0.04 ~ 0.06의 범위
 - R 해역: >63μm이하 퇴적물이 80% 이상, <32μm 퇴적물이 50%이상
 - M 해역: >63μm이하 퇴적물이 80% 이상, <32μm 퇴적물이 70%이상
 - N 해역: >63μm이하 퇴적물이 80% 이상, <32μm 퇴적물이 60%이상
- ⇒ 육상 토양에 비해 63μm이하의 세립한 입자의 비율이 우세함
- 기존 오염 우려 해역 조사결과¹⁾ 10개 해역에서 평균 Silt는 40.1%, Clay는 38.0%로 미세입자가 78.1%임

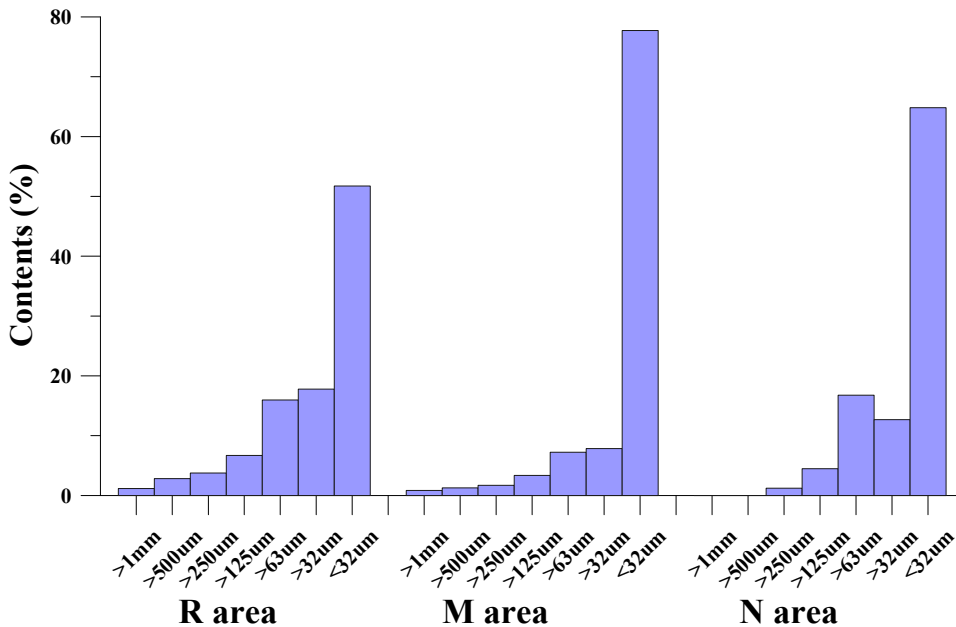


그림 V-1. 각해역의 입자별 함량

1) 해양오염퇴적물 조사, 정화·복원체계 구축(Ⅲ), 해양수산부, 2007 (조사기관: 한국해양과학기술원)

표 V-2. 각해역의 함수율 및 입도분석 결과

St	WC	Gravel	Sand	Silt	Clay	Mz	Sort	Skew	Kurt	Sediment type
	%	%	%	%	%	Φ				(Folk, 1968)
R	54.2	0	30.5	58.2	11.3	5.25	2.30	0.06	1.03	sZ
M	48.6	0	14.4	71.6	14.0	6.14	2.01	-0.13	1.31	sZ
N	51.2	0	22.5	63.6	13.9	5.83	2.07	-0.04	0.87	sZ

다. 대상 해역 퇴적물에 대한 해양오염퇴적물의 오염특성 파악

(1). 부영양화 정화지수²⁾ 관련 오염물질의 입자별 농도

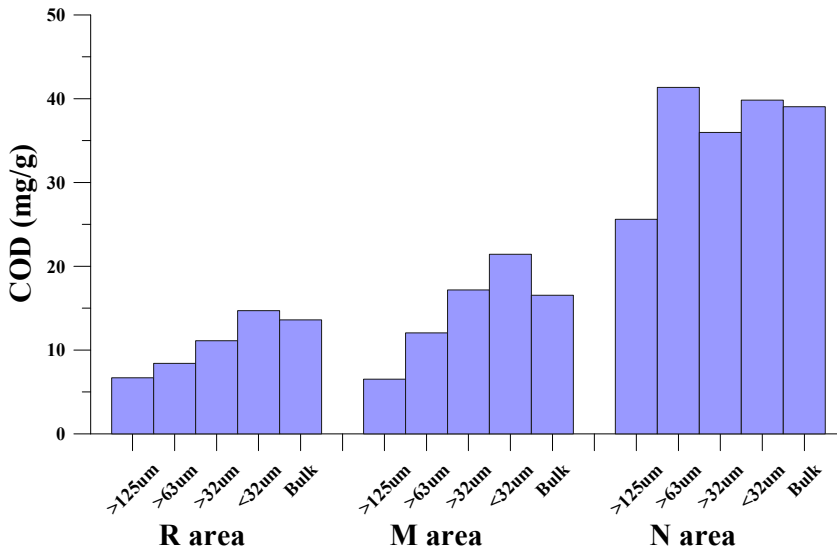


그림 V-2. 각해역의 입자별 화학적 산소요구량(COD) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 화학적 산소요구량(COD)의 농도 분포는 R해역에서 6.7~14.7 mg/g, M해역에서 6.5~21.4 mg/g, N해역에서 25.6~39.8 mg/g의 범위를 나타냄
- 입자가 세립 할수록 COD 값이 증가
- N해역에서 가장 높은 농도를 보임

2) 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 범위 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제2011-700호, 2011.11.30.

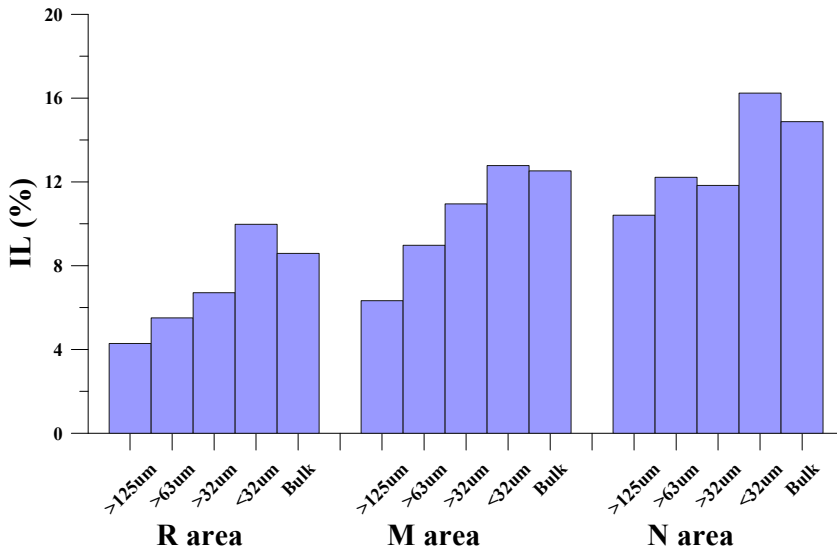


그림 V-3. 각해역의 입자별 강열감량(IL) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 강열감량(IL)의 농도 분포는 R해역에서 4.3~10.0%, M해역에서 6.3~12.8 %, N해역에서 10.4~16.2 %의 범위로 나타남
- 입자가 세립 할수록 강열감량 값이 증가하는 경향을 보임
- N해역에서 가장 높은 농도로 나타남

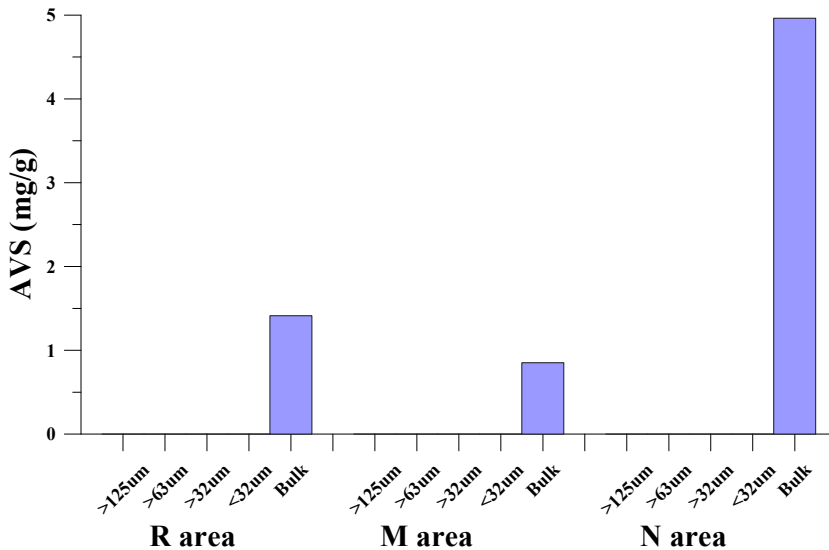


그림 V-4. 각해역의 입자별 산 휘발성황화물(AVS) 농도

- 각 해역의 전체 퇴적물의 산 휘발성황화물(AVS)의 농도 분포는 R해역에서 1.41 mg/g, M해역에서 0.85 mg/g, N해역에서 4.96 mg/g의 범위로 나타남
- 입자분리 후 산 휘발성황화물(AVS)농도를 측정하기가 불가능하여 전체퇴적물에만 분석하였음
- N해역에서 가장 높은 농도로 나타남

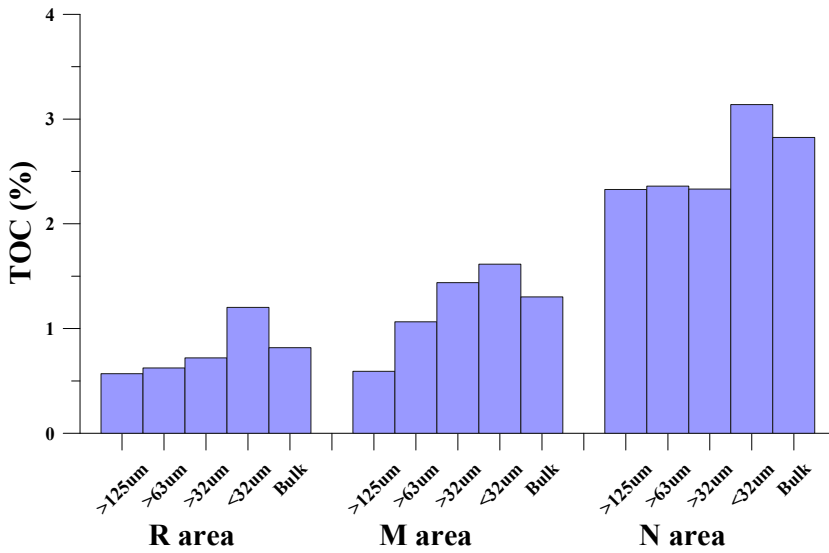


그림 V-5. 각해역의 입자별 총 유기탄소(TOC) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 총 유기탄소(TOC)의 농도 분포는 R해역에서 0.57~1.20 %, M해역에서 0.59~1.61 %, N해역에서 2.33~3.14 %의 범위로 나타남
- 입자가 세립 할수록 강열감량 값이 증가
- N해역에서 가장 높은 농도로 나타남
- >32 µm, <32 µm의 퇴적물에서 부영양화 정화지수 평가 결과 8~12 값으로 정화·복원이 필요($CI_{ET} \geq 6$)할 정도로 오염이 심각함을 나타내며, 총 유기탄소의 농도값과 대응됨

(2) 유해화학물질 정화지수³⁾ 관련 오염물질의 입자별 농도분포

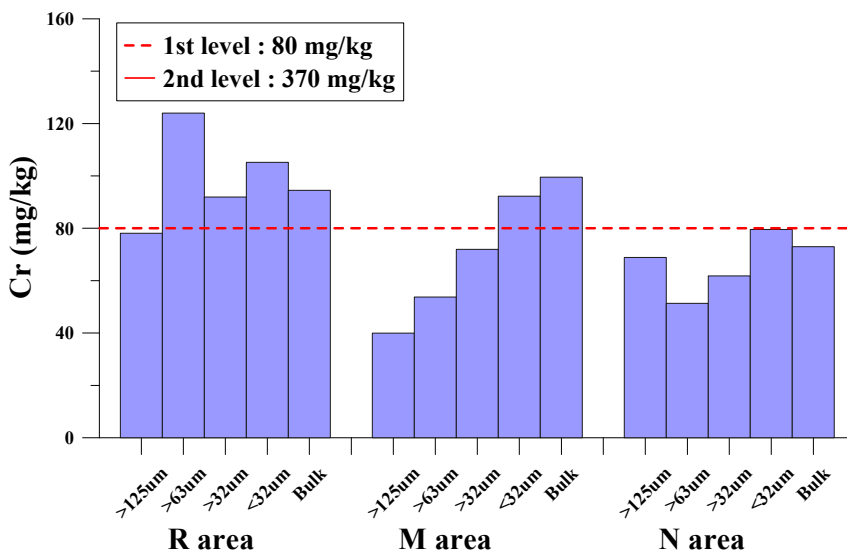


그림 V-7. 각해역의 입자별 크롬(Cr) 농도

3) 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 범위 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제2011-700호, 2011.11.30.

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 크롬(Cr)의 농도 분포는 R해역에서 78.1 ~ 105.2 mg/kg, M해역에서 40.0 ~ 92.2 mg/kg, N해역에서 68.8~79.6 mg/kg의 범위로 나타남
- R해역의 >63 μm, >32 μm, <32 μm, M해역의 <32 μm,에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과함
- 입자가 세립 할수록 Cr 값이 증가
- R해역에서 가장 높은 농도로 나타남

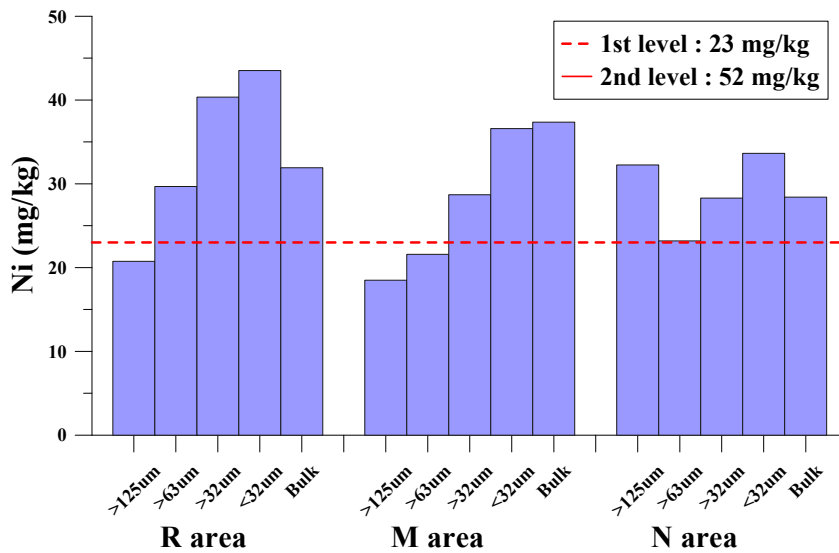


그림 V-8. 각해역의 입자별 니켈(Ni) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 니켈(Ni)의 농도 분포는 R해역에서 20.7~43.5 mg/kg, M해역에서 18.5 ~ 36.6 mg/kg, N해역에서 23.2 ~ 33.6 mg/kg의 범위로 나타남
- R해역의 >63 μm, >32 μm, <32 μm, M해역의 >32 μm, <32 μm, N해역의 >125 μm, >63 μm, >32 μm, <32 μm 에서해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과함
- 입자가 세립 할수록 Ni 값이 증가
- R해역에서 가장 높은 농도로 나타남

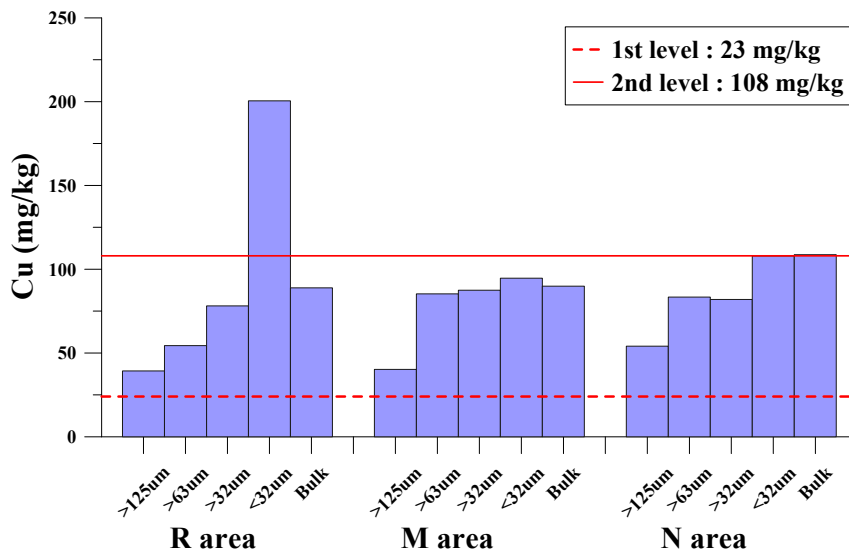


그림 V-9. 각해역의 입자별 구리(Cu) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 구리(Cu)의 농도 분포는 R해역에서 39.3 ~ 200.5 mg/kg, M해역에서 40.2 ~ 94.7 mg/kg, N해역에서 54.1~107.9 mg/kg의 범위로 나타남
- 모든 해역에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과하였으며, R해역의 <32 μm에서는 기준 2농도를 초과함
- 입자가 세립 할수록 Cu 값이 증가하며, R해역에서 가장 높은 농도로 나타남

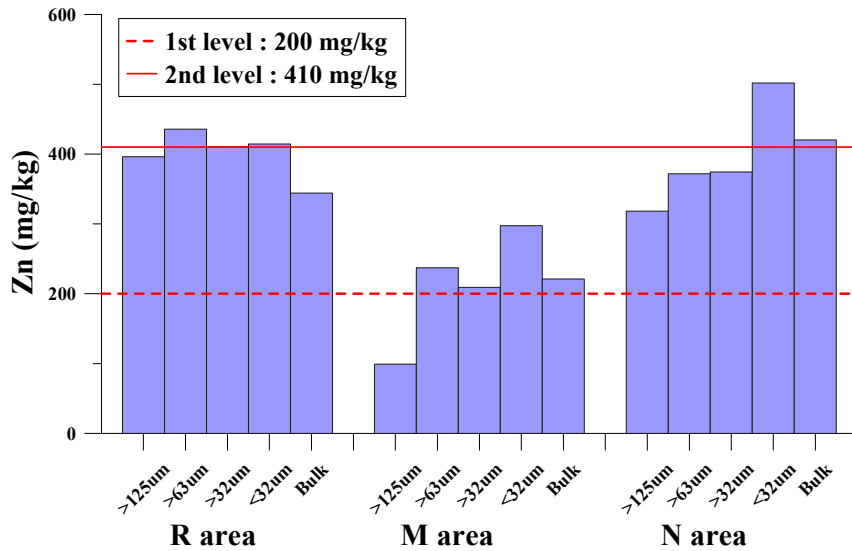


그림 V-10. 각해역의 입자별 아연(Zn) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 아연(Zn)의 농도 분포는 R해역에서 396 ~ 414 mg/kg, M해역에서 99 ~ 297 mg/kg, N해역에서 318~512 mg/kg의 범위로 나타남
- M해역의 >125 μm를 제외한 모든 해역에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과하였으며, R해역의 >63 μm, >32 μm, <32 μm, N해역의 <32 μm,에서는 기준 2농도를 초과함
- 대체로 입자가 세립 할수록 Zn 값이 증가
- N해역에서 가장 높은 농도로 나타남

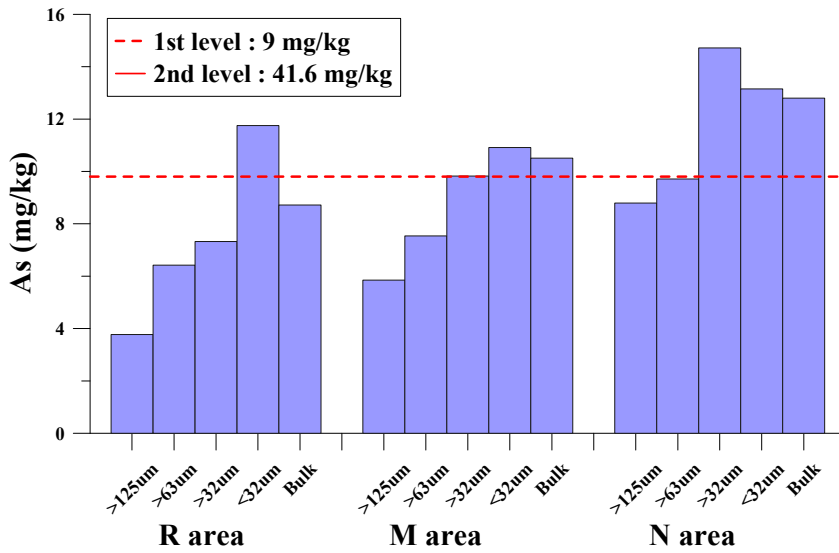


그림 V-11. 각해역의 입자별 비소(As) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 비소(As)의 농도 분포는 R해역에서 3.8 ~ 11.8 mg/kg, M해역에서 5.8 ~ 10.9 mg/kg, N해역에서 8.8 ~ 14.7 mg/kg의 범위로 나타남
- R해역의 <32 µm, M해역의 <32 µm, N해역의 >32 µm, <32 µm 에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과함
- 대체로 입자가 세립 할수록 As 값이 증가하며, N해역에서 가장 높은 농도로 나타남

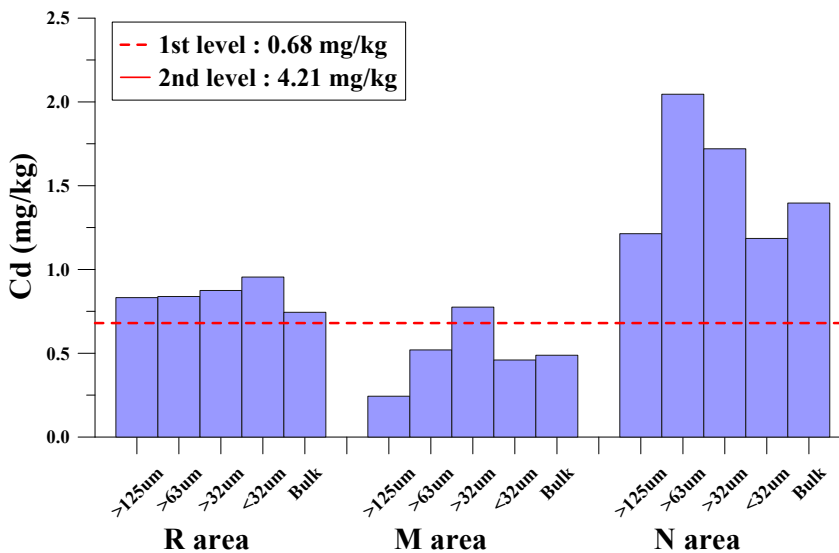


그림 V-12. 각해역의 입자별 카드뮴(Cd) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 카드뮴(Cd)의 농도 분포는 R해역에서 0.83 ~ 0.95 mg/kg, M해역에서 0.24~0.78 mg/kg, N해역에서 1.18 ~ 2.05 mg/kg의 범위로 나타남
- R해역의 >125 µm, >63 µm, >32 µm, <32 µm, M해역의 >32 µm, N해역의 >125 µm, >63 µm, >32 µm, <32 µm 에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과함
- R해역과 M해역에서는 대체로 입자가 세립 할수록 Cd 값이 증가,
- N해역에서는 입자의 크기와 상관성이 없는 경향이 나타남

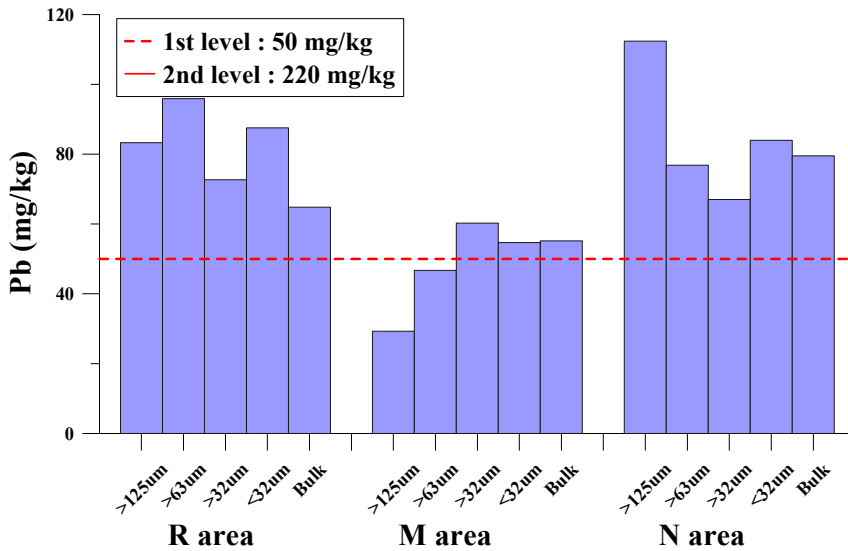


그림 V-13. 각해역의 입자별 납(Pb) 농도

- 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 납(Pb)의 농도 분포는 R해역에서 72.7 ~ 95.9 mg/kg, M해역에서 29.3 ~ 60.2 mg/kg, N해역에서 67.0~112.4 mg/kg의 범위로 나타남
- R해역의 >125 µm, >63 µm, >32 µm, <32 µm, M해역의 >32 µm, <32 µm, N해역의 >125 µm, >63 µm, >32 µm, <32 µm 에서 해양퇴적물 정화·복원 기준의 기준 1농도를 초과함
- 입자의 크기와 상관성이 없는 경향
- N해역에서 가장 높은 농도로 나타남

2. 선행 연구 및 국내·국외 동향

가. 해양오염 퇴적물 처리에 필요한 기술검토

- 현재 국내 상용 처리기술 중 해양오염퇴적물 처리에 적용할 수 있는 처리기술은 입자분리 및 세척에 기초한 매우 제한⁴⁾된 기술임을 고려하여 본 연구에서 해양오염퇴적물의 정화처리를 위한 공정 및 필요기술
 - 입자분리: 물리적 분리방법
 - 세척 및 오염저감: 화학적 처리

(1) 물리적 분리 기술(Physical separation technologies)

- 처리할 대상 물질(오염물질 등)을 선택적으로 분리하는 기술
- 입경(Particle size), 밀도(Density), 자성(Magnetism), 소수성(Hydrophobic surface properties) 등 물리적 특성을 이용하여 분리
- 입자형태 또는 표면 흡착 형태의 오염물질(중금속 등)은 비교적 쉽게 분리 가능함
- 물리적 분리방법의 원리에 따른 종류 및 설명
 - 건식 분리: 대상물질의 입경분포 차이가 작을 때 주로 사용
: 처리용량이 습식에 비하여 작음

4) 대한환경공학회지, 2010, 1076~1086, 2010

- 습식 분리: 일반적으로 실제 정화 현장에서 주로 사용됨
 - : 건식 분리에 비하여 비교적 처리용량이 큼
 - : 분리 시 용매(용수 또는 화학적 첨가제 등, 처리물:용매=1:2~3)를 사용
 - : 처리과정에서 발생하는 폐액에 대한 별도의 수처리가 필요함
 - : 육상의 오염토양 정화에서는 공정 발생 폐수를 별도의 수처리 공정으로 처리 후 공정수로 재활용함

o 오염물질과 퇴적물(또는 토양)의 결합형태 종류 (그림 V-14)

- 오염물질이 퇴적물 입자와 독립적으로 존재
- 퇴적물 표면에 약하게 결합, 퇴적물의 일부로 결합
- 퇴적물 내부에 포함되어 강하게 결합

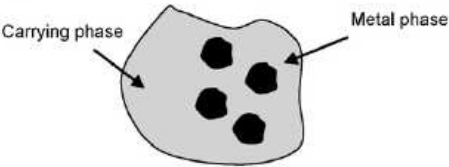

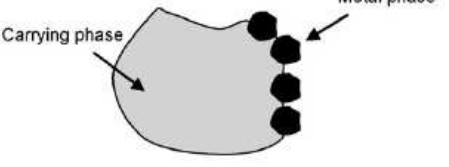

<p>(a)</p>  <p>Carrying phase</p> <p>Metal phase</p>	<p>Metal phase included in volume</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liberation degree is very low • Density depends primarily to minerals of carrying phase • Surface properties are constant but depend to carrying phase • Physical separation is very difficult or impossible • Crushing is required
<p>(b)</p>  <p>Carrying phase</p> <p>Metal phase</p>	<p>Metal phase associated</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liberation degree is medium • Density depends to minerals of metal phase and carrying phase • Surface properties are not constant • Physical separation can be applicable (gravity concentration)
<p>(c)</p>  <p>Carrying phase</p> <p>Metal phase</p>	<p>Metal phase weakly bounded on surface</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liberation degree is medium • Physical separation can be applicable if metal phase particles are liberated by e.g., attrition scrubbing
<p>(d)</p>  <p>Metal phase</p>	<p>Metal phase liberated or free</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liberation degree is very high • Density depends only to minerals of metal phase • Surface properties are constant • Physical separation is applicable (e.g., gravity concentration, froth flotation)

그림 V-14. 퇴적물 내 오염물질의 존재 형태⁵⁾

- o 물리적 분리 시 영향 인자(Factor)
 - 입경 분포(Particle size distribution)

5) Journal of Hazardous Materials, 152, 1-31, 2008.

- 입자형태
- 점토질/수분/Humic 성분 함량
- 비중
- 중금속 오염도 및 함량
- 자성 특성
- 입자표면의 소수성
- 여러 가지 영향 인자 중 입경 분포가 물리적 분리에 가장 중요한 요소

o 물리적 분리 제한요소

- 오염물질(중금속)이 퇴적물 입자에 강하게 결합(결합상태: 잔류상태 등)
- 오염된 부분(중금속)이 매질(퇴적물)과 비중 차이가 작을 경우
- 중금속의 화학적 결합 형태가 다양할 경우
- 모든 입경분포에 중금속이 존재할 경우
- Silt, clay 함량이 30~50% 이상일 경우
- 퇴적물에 Humic 성분 함량이 많을 경우
- 퇴적물에 점성이 큰 유기화합물 함량이 많을 경우

o 물리적 분리에 주로 사용되는 장치

- 스크린(Screening)
- 중력 침강(Gravity concentration)
- 수력 사이클론(Hydrocyclone)
- 부상분리(Forth flotation)
- 자력 분리(Magnetic separation)
- 전기 분리(Electrostatic separation) 등

o 오염 토양 또는 퇴적물 정화 시 물리적인 분리 흐름(5단계)

- 1차: 스크린을 사용하여 협잡물, 자갈(Oversized materials) 등을 선별
- 2차: 수력 분리(hydroclassification)로 목표하는 처리 대상별 입경(sand, silt, clay)별로 분리
- 3차: 중력 농축(gravity concentration)으로 1차, 2차 분리 후 사질(sand) 분리, 선별
- 4차: 처리 대상의 미세 입자(silt, clay) 분리
- 5차: 분리 후 잔재물(residuals) 선별

o 물리적 분리 기술의 장점은

- 유기 오염물질과 중금속을 동시에 처리가 가능
- 후단 처리 대상 오염물질의 부피를 감량 가능
- 낮은 단가로 처리 후 유효활용이 가능
- 분리된 중금속을 별도로 처리 가능
- 쉽게 모듈화(Module)로 오염 현장에서 설치가 가능
- 비교적 검증되어 정착된 기술

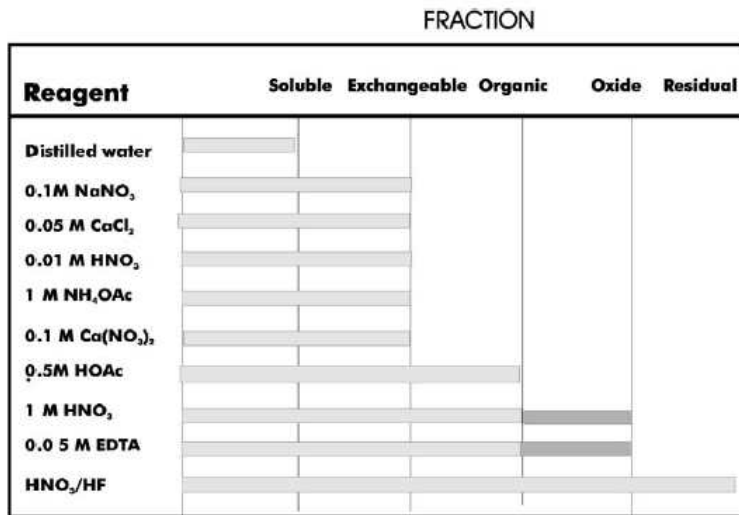
o 물리적 분리 기술의 단점은

- 처리 기술 구현에 많은 장비와 설치 공간이 필요하며,

- 처리 물량이 증가할수록 처리비용이 증가하며,
- 처리 과정에서 발생하는 폐액과 잔류 고형물을 처리해야함

(2) 화학적 세척 처리 기술(Washing / Chemical extraction technologies)

- o 화학 첨가제(산/염기, 계면활성제, 킬레이트제, 염, 산화/환원제 등)를 사용하여 오염물질(유기물, 중금속 등)을 매질(퇴적물/토양)로부터 수용액 중으로 용출시켜 분리하여 제거하는 기술
- o 화학적 세척처리에 주로 사용되는 화학첨가제
 - 산화제, 환원제: 오염물질 특히 금속을 쉽게 용출시킬 수 있음
 - 계면활성제(Surfactant): 극성을 띠거나, 유기오염물질 처리에 효과적
 - 산 용출(Acid extraction): 일반적으로 낮은 pH 조건(pH<2)에서 수소 이온(H⁺) 첨가 시 금속 양이온 탈착(금속 석출)이 쉬운 점을 이용하는 처리 방법으로 pH 조절이 처리에 중요한 요소임
 - 화학적 세척 처리에서 첨가제는 오염물질의 성질과 상태에 따라 제한적으로 사용해야 함(그림 V-15)
- o 사질(sand) 함량에 첨가제(reagent/ complex reagent)의 처리 효율이 영향을 받을 수 있음
- o 공정수로 물(tap water)을 사용할 경우 대상 오염물질별로 처리에 제한(한계)될 경우가 있음.
- o 화학적 세척 처리에 앞선 전처리 시 협잡물(debris)의 탈수는 스크린(screening), 탈수기 등을 포함
- o 일반적으로 우리나라의 해양오염퇴적물 정화사업 현장에서 수거되는 퇴적물은 펌프식 설비로 수거되고, 응집침전 후 분리된 고형물(함수율 약 50% 이상)에 대하여 오염도 저감을 위한 중간처리(세척 등)를 위해서는 추가적인 탈수 처리(약 40% 미만)가 필요함.



■ Denotes partially extracted
 ■ Denotes extraction

그림 V-15. 오염물질의 결합 형태에 따른 첨가제의 처리 가능성⁶⁾

- o 해양오염퇴적물은 입경 분포가 매우 다양하며, 입경에 따라 밀도, 함수량, 유기물 함량 등 특성

6) Journal of Hazardous Materials, 85, 145-163, 2001

이 달라짐. 해양오염퇴적물 처리 시 처리 대상 물질을 오염도 및 입경 분포 등 특성 별로 분리 한 다음 적합한 방법으로 처리할 필요가 있음

○ 화학적 세척 처리의 장점

- 흡착 형태 오염물질(금속 등) 처리에 용이
- 금속 화합물을 불용성 형태로 석출시킬 수 있음
- 미세 입자 처리 가능,
- 추출된 금속을 다양한 방법으로 회수 가능

○ 화학적 세척 처리의 단점

- 화학 첨가제 사용으로 단위 물량 당 처리 비용 높아질 수 있음
- 처리 산물의 유효활용 시 생물 영향을 검토할 필요가 있을 경우, 적용에 제한될 수 있음
- 미세입자 또는 잔류 슬러지에 독성 화학물질이 잔류 시 유효활용 제한(최종 처리 필요)됨
- 특정 화학물질을 포함하여 발생 폐액의 처리 및 유효활용 등에 제한 될 수 있음
- 금속 또는 특정 오염물질이 농축된 슬러지의 처리가 곤란함

나). 관련 처리 기술 국내 동향

○ 현재 우리나라의 해양오염퇴적물 처리와 관련된 기술 동향을 표 V-2에 정리함.

표 V-2. 우리나라의 해양오염퇴적물 처리 관련 기술 동향 (최근 10년 기준)

번호	특허권자	발명자	출원일/ 등록일	기술 명칭	요약
1	(주)에바라제 작소	가 타 오 카 나 오 아키 외 4명	1999.8.5 / 2005.3.10	할로겐화 유기화합물 에 의한 오염물을 정 화하는 방법	환원제 및 종속영양형 혐기성 미생물의 영양원을 오염물에 첨가하는 공정을 가지 는 할로겐화 유기화합물에 의한 오염물을 정화하는 방법 (간접 관련)
2	(주)서해건설	정 연 규 외 3명	2002.3.5 / 2004.9.7	퇴적 준설물의 경량화 에 의한 난분해성 물 질의 처리시스템 및 방법	하천, 해안 및 폐쇄성 수역의 오염 퇴적 준설물의 처리 장치, 하이드로사이클론, 부상탑, 제 1 슬러리 생물반응기, 제 2 슬러리 생물반응기로 구성되며, 이를 다 시 컨테이너 박스 2개를 사용하여 조립, 통합함으로써 이동식 장치로 제작 개발 (간접 관련)
3	(주)토다공업	가 와 노 주 니 씨 외 6명	2002.12.2 / 2009.10.5	토양 지하수의 정화 처리용 철 입자 그의 제조법 해당 철 입자를 포함하는 정화제 그의 제조법 및 토양 지하 수의 정화 처리 방법	토양, 지하수 정화에 사용될 수 있는 철 입자를 포함하는 정화제 및 처리방법 (간접 관련)
4	(주)후지기소	엔도 가	2004.3.12 /	오염토양 개량방법	진공탱크 내에서 에어 버블링을 행하는

번호	특허권자	발명자	출원일/ 등록일	기술 명칭	요약
	코리아, ㈜후지기소 공업	즈히사 외 1명	2004.7.8		경우에, 바깥 기온이 낮은 동절기에도 효율적으로 휘발성 화학물질을 분리시키고 처리시간을 대폭적으로 단축시킬 수 있는 오염토양 개량방법을 제공 (간접 관련)
5	㈜호동전자	김현호 외 4명	2004.11.24 /	고농도 오존수를 이용한 난분해성 오염토양 복원방법 및 그 장치	고농도 오존수를 이용한 난분해성(難分解性) 오염토양 복원방법/오염토양, 수질, 폐기물의 유기오염물질 정화가능 (간접 관련)
6	한국지질자원연구원	김재곤 외 2명	2007.5.16 / 2009.1.29	오염토양 차단층 및 이를 이용한 기능성 다층객토 복원공법	중금속 상승 차단층, 수분 상승 차단층, 토사유입 차단층으로 이루어지는 오염토양 차단층을 중단에 설치/비소, 6가 크롬 등 중금속 용출과 오염악화를 차단 (간접 관련)
7	㈜원택에이티에스	송현도	2008.3.27 / 2008.9.25	토양 세척장치	오염토양을 파쇄 공극 넓힘, 계면활성제 주입 스크류 이용하여 세척하여 처리 효율을 높임 (간접 관련)
8	㈜대일이앤씨	김주엽	2009.3.20 / 2012.1.3	예비 건조기능을 구비한 오염토양 정화용 열탈착 장치	폐열을 이용하여 예비 건조기능을 구비한 오염토양 정화용 열탈착 장치 (간접 관련)
9	㈜큐엔솔루션	김수곤 외 1명	2009.6.15 / 2010.4.6	미세토양 세척장치 및 방법	1mm 미만 미세토양을 세척, 선별하고, 선별된 미세토양에 함유된 유류, 중금속 제거 효율을 향상시키는 처리방법 (간접 관련)
10	아주대학교 산학협력단	오수기 외 1명	2009.8.27 / 2012.1.26	마이크로웨이브를 이용하는 오염토양 정화장치	마이크로웨이브를 이용하여 오염토양을 가열 및 에너지를 공급하여 처리효율을 높이는 장치 (간접 관련)
11	㈜대일이앤씨, ㈜한라건설	권영호 외 1명	2010.2.19 / 2010.5.7	오염 준설토 처리장치 및 그 처리방법	오염된 하천의 미세 준설토를 선별, 정화하여 중금속 처리 효율을 높이는 처리방법 (간접 관련)
12	㈜지오엔지니어링, 어영식	이홍규 외 1명	2010.4.27 / 2010.12.1	원위치 토양의 오염정화방법	시추천공기를 이용 천공 후 정화제가 혼합된 물을 가압하여 공기와 함께 분사시켜 오염토양을 정화하는 방법 (간접 관련)
13	㈜삼우이엔	백용기	2010.5.3 /	오염토양 세척 선별장치	유류, 중금속 등 복합 오염토양을 고압으

번호	특허권자	발명자	출원일/ 등록일	기술 명칭	요약
	지, ㈜케이에스티		2010.10.13		로 세척 및 물리적 충돌을 유발시켜 처리하며, 세척수를 처리 후 재사용하는 장치 (간접 관련)
14	㈜금호기술 검사	김영채 외 1명	2010.5.25 / 2010.8.23	이동 설치가 가능한 오염토양 고층야적식 정화장치	유류 및 화학물질에 의해 오염된 토양을 처리하기 위한 이동 설치가 가능한 고층 야적식 정화장치 (간접 관련)
15	아주대학교 산학협력단	오수기 외 1명	2010.11.26 /	열 탈착에 의한 유류 오염토양 정화장치	유류 오염토양을 가열하여 오염물질을 증 발시킨 후 이를 냉각시켜 배출시키는 처 리장치 (간접관련)
16	정석권	정석권 외 1명	2011.1.12 /	수중 오염 퇴적도 현 장 정화장치	수중 오염 퇴적도를 원위치에서 처리제를 투입하여 고형화, 안정화 시키는 처리장 치 (간접 관련)
17	㈜신강하이 텍	조성주 외 1명	2011.2.7 /	오염토양 정화방법	오염토양을 입경별로 선별한 다음 고온 증기를 주입하여 정화시키는 방법 (간접 관련)
18	㈜코오롱건 설	이승철 외 1명	2009.5.15 / 2011.7.7	오염토양 오염물질 분 리 및 정화장치	오염토양에 공기 또는 세척수를 분사하는 복수의 분리 매체 분사노즐을 포함하는 분리 및 정화장치 (간접 관련)
19	㈜코오롱글 로벌, ㈜코오롱위 터앤에너지, ㈜동명엔터 프라이즈	배종현 외 1명	2011.3.31 /	오염토양 처리방법 및 시스템, 오염토양 선 별 트로멜	사격장 오염토양에서 입자 크기별로 오염 물질을 효율적으로 선별하기 위한 장치 및 방법 (간접 관련)
20	김종윤	김종윤	2011.9.14 / 2011.10.14	입자분리 플랜트와 토 양개량 플랜트를 이용 한 준설토의 재활용 처리장치 및 이를 활 용한 재활용 처리방법	하천 준설토를 매립, 투기 등으로 재활용 하기 위한 처리장치 및 방법 (간접 관련)
21	㈜하라건설, ㈜큐엔솔루 션, 서울대학교	권영호 외 1명	2010.9.1 / 2011.4.27	준설토 재활용 확대를 위한 오염 퇴적도 처리 방법 및 처리 시스템	유기물 및 중금속 등으로 오염된 준설토 를 처리하여 최종 처리 량을 감축하고 재 활용을 극대화시키는 처리 방법 및 장치 (간접 관련: 오염도가 높은 세립질의 경

번호	특허권자	발명자	출원일/ 등록일	기술 명칭	요약
	산학협력단				우 함유된 오염물질의 고도 처리에는 제한됨)
22	(주)브릭필드	정은용 외 1명	2010.7.13 / 2010.12.13	준설사토 및 슬러지를 재활용한 친환경 점토 벽돌 및 이의 제조방 법	준설토를 재활용한 점토 벽돌 및 제조방 법 (간접 관련)
23	(주)한국하이 테크	강수호	2010.2.23 / 2012.7.12	강하류 퇴적토의 처리 방법	하천 준설물질을 폐기물과 유기물 등으로 분류하여 폐기물은 열분해시켜 탄화물을 생성하고, 준설토에 함유된 오염물질을 처리하는 방법 (간접 관련)
24	김중윤	김중윤	2011.9.14 / 2011.10.14	입자분리 플랜트와 토 양개량 플랜트를 이용 한 준설토의 재활용 처리장치 및 이를 활 용한 재활용 처리방법	하천 준설물질을 입도별로 선별하고 토양 개량 하여 재활용하기 위한 처리장치 및 방법 (간접 관련)
25	(주)시원해양	남찬열	2010.10.11 / 2011.6.8	오염된 토양 및 수환 경 퇴적물 정화용 생 물복합제	미생물에 필요한 영양제, 산소 발생제 및 다공성 담체를 혼합하여 제조하는 퇴적물 정화용 생물복원제 (간접 관련)
26	(주)미래지앤 씨	최돈혁 외 1명	2010.12.6 / 2011.6.1	복합소재 매트를 이용한 해 양오염퇴적물의 현장 캐핑 처리장치	오염된 퇴적층 위해 처리소재를 충전한 매트를 배치하여 퇴적물로부터 인 용출을 억제하고 퇴적물을 안정화시키는 처리장 치 (간접 관련)
27	(주)포스코	박광석 외 1명	2001.12.22 / 2008.3.17	준설 퇴적물의 처리 방법	준설물질을 인접 해역에 투기한 다음 그 위에 제강 슬래그 및 고로 수재 슬래그를 복토하여 오염물질 용출을 억제하는 처리 방법 (간접 관련)
28	(주)선양, 주영호	주영호	2006.8.16 / 2007.11.20	전기분해장치가 구비 된 해양 오니 준설 후 처리 선 및 해양 오니 로부터 발생된 해수 처리 방법	어항, 양식장 등 해역 퇴적물을 수거하여 처리하는 후처리 선박 및 처리공정 발생 폐수를 처리하는 방법 (간접 관련: 오염 도가 높은 준설물질의 경우 처리에 제한 됨)
29	(주)에이치엔 지엔이, (주)해양연구 개발	강장원 외 1명	2010.5.25 / 2010.8.5	어장정화, 항로준설 및 다양한 준설사업 중 발생하는 준설 퇴 적물을 선별, 침전, 탈 수, 여과기를 사용하 여 정화시키는 방법	하천, 호수 수저 준설물질을 선별, 침전, 탈수, 여과를 사용하여 정화하는 방법 (간접 관련: 오염도가 높은 세립질의 경 우 처리에 제한됨)

번호	특허권자	발명자	출원일/ 등록일	기술 명칭	요약
30	(주)큐엔솔루션, (주)한라건설	김수곤	2009.8.7 / 2010.8.17	자기장을 이용한 중금속 오염 미세토양 슬러리 정화 방법	미세토양 슬러리에 분산제를 투입 분산시킨 다음 자기장을 이용 중금속 함유 광물 입자를 분리하는 정화 방법 (간접 관련: 오염물질의 자성 특성에 따라 분리될 수 있음)
31	한국해양연구원	김상진 외 4명	2003.4.22 / 2005.11.10	전자수용체 처리를 통한 퇴적토의 생물학적 정화방법	퇴적물은 원위치에서 혐기성 상태이므로 이를 이용 전자수용체 처리를 통한 생물학적 정화방법 (간접 관련)
32	(주)포스코, (재)포항산업과학연구원	이충일	1999.8.10 / 2004.3.5	제강 슬래그를 이용한 수질 및 퇴적토양 오염물질 정제방법	수저 퇴적물질 위에 제강 슬래그를 살포하여 오염물질의 용출을 억제하고, 적조 발생 휴면 포자의 발아를 억제하는 정제방법 (간접 관련)
33	(주)코스코, 최종규, 장순욱	장순욱 외 1명	2010.1.6 / 2013.3.18	친환경 이동식 준설퇴적토의 고화처리장치 및 방법	수저 퇴적물을 흡입펌프로 흡입한 후 정화한 다음 발생하는 함수율 50-60% 케익을 고화제 등을 첨가, 성형하여 블록, 경량토, 벽돌, 인공어초 등을 재활용하는 방법 (간접 관련)

3. 입자분리 기반 처리기술 검토 및 단위 공정 개발

가. 입자분리 기반 처리기술

(1). 개요

- 오염토양 정화 기술의 적용 시 고려해야 할 매질(퇴적물, 토양)의 물리적 특성
 - 입자크기
 - 총 밀도
 - 입자 밀도
 - 수분함량
 - 투수성
- 오염토양 정화기술에 따른 토양의 물리적 특성에 대하여 USEPA와 NJDEPD에서는 표3-1처럼 권고하고 있음
- 토양 복원 처리 기술의 선정에 있어서 입자의 크기는 가장 우선시 고려해야할 특성중의 하나
 - 해양오염퇴적물의 정화기술 선정 시에도 역시 입자의 크기가 중요한 부분
 - 공정설계 시 입자분리에 대한 고려가 필수적임

표 V-3. 토양의 복원기술 선정 시 고려하여야 할 토양의 특성 중 물리적 특성⁷⁾

특성	처리기술				
	물리적 처리	화학적 처리	생물학적 처리	열처리	고형화 /안정화
입자크기	●	○	○	●	●
총 밀도	○			●	
입자 밀도	●				
수분함량	○		●	◐	◐
투수성	●		●		

●:기술 선정에 최 우선순위 ◐:두 번째 우선순위 ○ :기술에 따라 효력이 다른 기호 없음: 큰 영향 없음

나. 상용 처리기술 및 장치의 한계

(1). 상용 처리기술

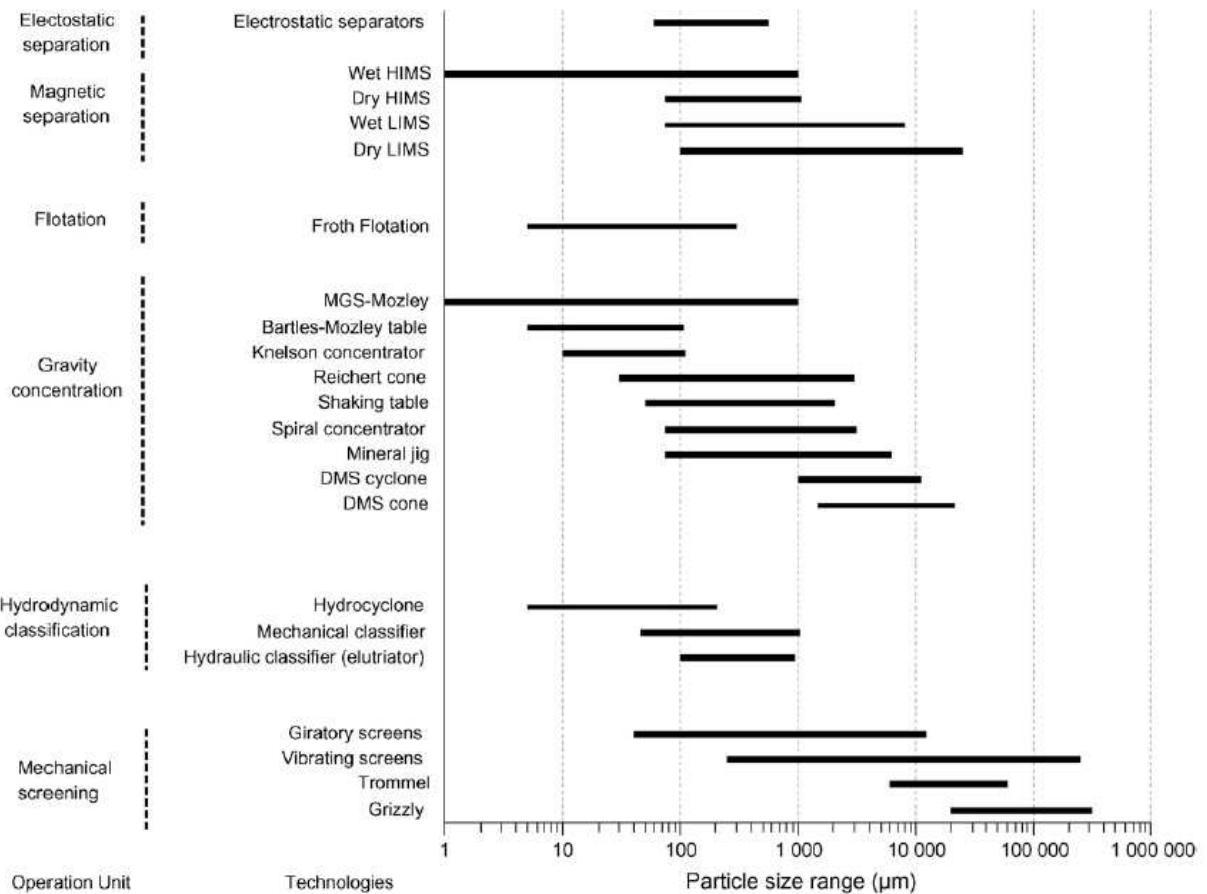
- 입자 분리를 위한 기술은 현재 많은 방법이 연구되거나 개발되어 있음
- 입자의 크기 뿐 아니라 각 입자들의 성질의 차이점을 이용하여 정화대상을 분리하는 방법들이 상용중임
- 상용 처리기술은 분리 원리에 따라 크게 나누면 mechanical screening, hydrodynamic classification, gravity concentration, froth flotation, magnetic separation, electrostatic separation, and attrition scrubbing이 있으며, 이에 대한 요약은 그림 V-16에 나타내었음

7) 토양복원 기술 및 사례집, 환경부, 2002

o 입자 분리 시 각 공정별 분리 가능 범위가 다르므로 공정 적용 시 고려해야함(그림 V-16)
 표 V-4. 상용 입자분리 기술의 분리 원리에 따른 분류 및 주요 내용⁸⁾

Operation unit	Basic principle	Description and main objectives	Comments	Typical technologies implemented
Mechanical screening	Separation based on particle size	Mechanical screening uses size exclusion through a physical barrier to provide suitable dimensions for treatment	Widely used. Fine screens are fragile	Vibrating grizzly; barrel trommel; vibrating or gyratory screens
Hydrodynamic classification	Separation based on settling velocity	Hydrodynamic classification separates the particles by difference of settling velocity or by centrifugal force into a water flow. These methods are often used for size separation	Widely used. Difficult when clay and humic soils are present	Hydrocyclones, elutriators, mechanical classifiers (screw classifier)
Gravity concentration	Separation based on density of particles	The gravity concentration technologies separate high density from low density minerals or particles in a slurry of water and soil (relatively high solid content)	Widely used. Difficult when clay and humic soils are present	Spiral concentrator, shaking table, jig, MGS-Mozley, dense media separation (DMS)
Froth flotation	Separation based on hydrophobic properties of the surface of particles	The differences in hydrophobic properties of particle surfaces are exploited to separate certain minerals from soil by attachment to air bubbles injected in a pulp (low solid content)	Widely used. Chemical additives are required	Flotation in cell or in column (agitation or nonagitation system)
Magnetic separation	Separation based on magnetic properties of particles	Mineral particles are separated according to their different magnetic	Moderately used. High capital and operating costs	Dry or wet separators using high intensity (HIMS) or low

		susceptibilities		intensity (LIMS)
Electrostatic separation	Separation based on electrical conductivity properties of particles	The separation is based on the difference in the surface electrical conductivity of the particles to be separated	Rarely used. Materials must be completely dry	Electrostatic and electrodynamic separators
Attrition scrubbing	Mechanical particle-to-particle scrubbing	Attrition scrubbing uses high energy agitation of soil slurry (high solid content) to remove coating of particle surface and to disperse soil aggregates	Widely used. Pre-treatment that improves separation process	Various types of scrubbers



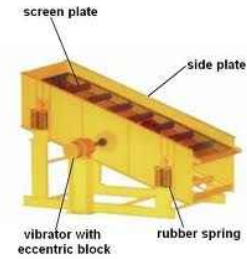
DMS= Dense media separation; HIMS= High intensity magnetic separation; LIMS= Low intensity magnetic separation; MGS= Multi gravity separator

그림 V-16 다양한 장치에 따른 분리 가능 범위⁹⁾

(가). Mechanical screening

- 입자분리를 입자의 크기에 따라 물리적으로 분리하는 방법
- 정화공정에 적합한 물리적인 한계를 갖는 크기를 선별해내는 방법
- 매우 광범위하게 적용되고 상용되는 공법
- 종류
 - 그리즐리(Grizzly)
 - : 대상 퇴적물 중 바위, 자갈과 같은 큰 입자를 제거하는데 알맞은 방법
 - : 미세입자 분리에는 적합하지 않다.
 - 체질(Screens)
 - : 고정 혹은 진동방식으로 나뉘며 물과 미립자는 screen을 통과하고 큰 입자는 screen에 걸러 한쪽으로 모이게 하는 방식이다.
- 단점-수 mm까지 분리하기에 적합한 방식으로, 해양퇴적물 중 미세입자 분리에는 적합하지 않음

9) Journal of Hazardous Materials, 152, 1-31, 2008.



Grizzly

Screens

그림 V-17. 여러 종류의 grizzly 및 screen

자료출처: www.dovmining.com, www.p-wholesale.com

(나) Hydrodynamic classification

o 원리: 유체학적인 원리에 의한 선별방법

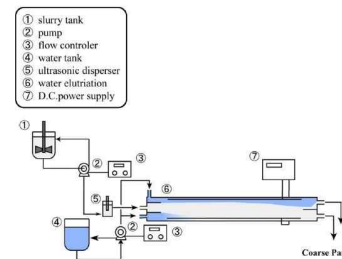
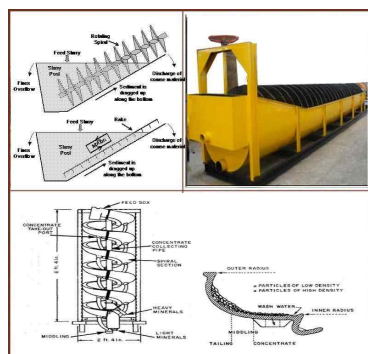
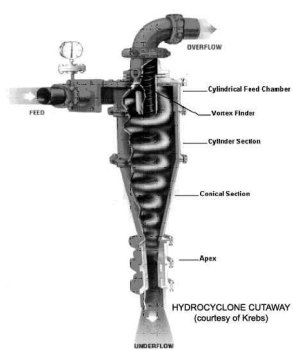
o 흐르는 수체 내 입자의 크기에 따른 침강속도나 원심력에 따른 차이를 이용한 방법, 입자 크기에 따른 입자분리 시 주로 쓰이는 방법

o 종류 및 응용

- 하이드로 싸이클론(Hydrocyclones), elutriator, screw classifier 등

- Hydrocyclones을 이용한 공정방식에서는 유체가 접선 방향으로 투입되는 cylinder 부분과 입자가 분리되어 배출되는 conical 부분으로 구성, 입자가 크거나 무거운 입자는 conical 부분으로 모아서 apex를 통하여 배출, 적용해야하는 입자분리에 따라 형태가 결정되게 된다.

o 단점 - 다양한 토양 범위에서 광범위하게 적용되고 있으나, 점토나 휴믹 토양.퇴적물에는 적용이 용이하지 않음



Hydrocyclone

Screw classifier

Elutriator

그림 V-18. Hydrodynamic을 이용한 classification 공정들

자료출처: <http://198.66.221.202/Agriculture.html>, <http://www.weiku.com>, Yoshida et al. 2009

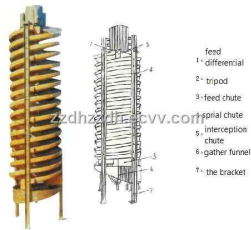
(다) Gravity concentration

○ 적용범위

- 물, 슬러리 혹은 토양 내 입자의 밀도가 저밀도에서 고밀도까지(비교적 고형물의 적은)에서 모두 사용될 수 있는 방법, 비교적 광범위한 범위에 적용됨

○ 종류

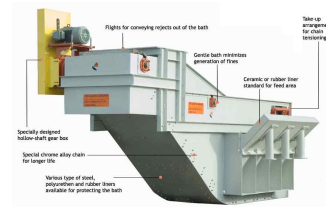
- Spiral concentrator, shaking table, jig, MGS-Mozley, dense media separation(DMS)등



Spiral concentrator



Shaking table

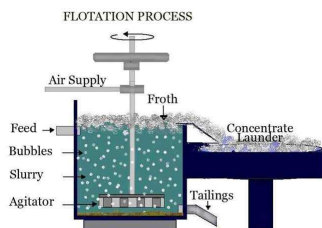


Dense media separation(DMS)

그림마-19. Gravity concentration을 이용한 공정들

(라) Froth flotation

- 원리 - 입자 표면의 소수성을 이용한 방법, 입자의 표면의 소수성의 차이가 토양으로부터 오염물질이 펄프 내로 투입되어진 공기방울의 흡착시키는 것을 이용한 방법
- 적용범위 및 응용 - 광범위하게 사용되며 화학적 첨가제의 사용이 요구되는 방법
- 종류 - 교반법, 비 교반시스템내의 부양법 등.



Floth flotation



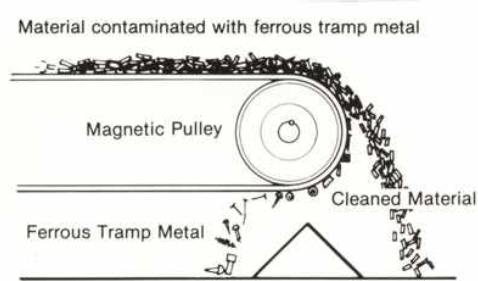
Top of floth

그림 V-20. Froth flotation을 이용한 공정

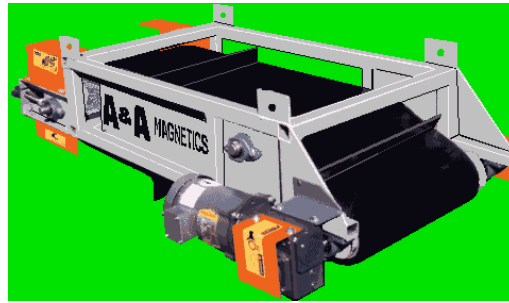
자료출처: <http://minineducation.blogspot.kr>

(마) Magnetic separation

- 원리 - 각 입자들의 자성 성질에 따른 분리방법, 각 입자들이 가지는 대자율의 차이를 이용하여 분리하는 방법이다.
- 단점 - 중금속 정화 등의 한정적 적용범위, 고 자본금, 고비용이 필요
- 종류 - 자성에 대한 강도 차이(high intensity (HIMS), lowintensity (LIMS))를 이용한 dry 와 wet separation 방법이 등



Principle of magnetic separation



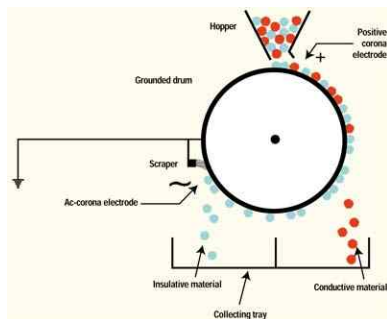
Magnetic belt separator

그림 V-21. Magnetic separation을 이용한 공정

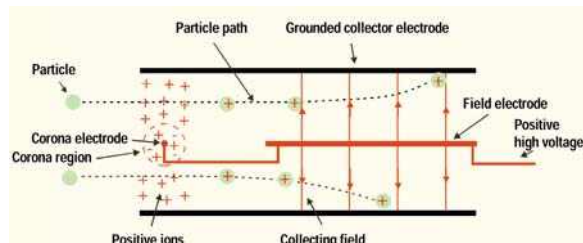
자료 출처 <http://www.crusherportal.com>, <http://www.aamag.com/>

(바) Electrostatic separation

- o 원리 - 입자의 전기전도도를 이용한 방법
- o 단점 - 대상 토양이 완전히 건조된 경우에만 사용이 가능하다.



Electrostatic drum separator



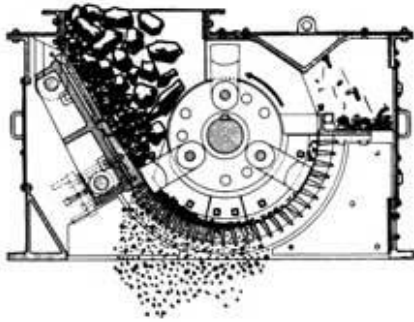
working principle of electrofilter

그림 V-22. Electrostatic separation을 이용한 공정법

자료출처: <http://www.ce-mag.com>

(사) Attrition scrubbing

- o 원리 - 높은 강도의 교반에 의해 고상성분이 많은 슬러리 내의 입자들이 마찰하면서 입자의 표면을 분리되는 원리를 이용한 방법
- o 응용 - 고도분리 이전의 전처리에 주로 많이 사용되는 공정방법
- o 종류 - 다양한 마찰제등이 사용되는 여러 가지 공정방법이 있음



Attrition scrubbing

그림 V-23. Attrition scrubbing

자료출처:www.penncrusher.com

(아) Split-flow fractionation

- 원리 - 중력에 의한 침전방법으로, 퇴적물이 수로를 지나면서 중력에 의하여 침강하게 하는 방법
- 응용 - 유입부에서 조대입자, 뒷부분으로 갈수록 미세 입자가 침강하게 되며, 규격은 퇴적물 중 제거목적에 따른 제거 대상에 따라 바뀔 수 있음
- 단점 - 넓은 부지가 허용되는 곳에서 설치가 가능

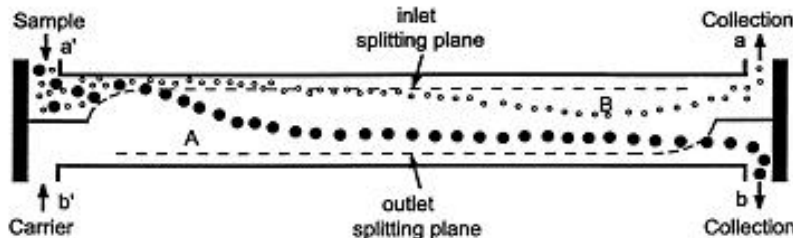


그림 V-24. Split flow fractionation¹⁰⁾

(2) 상용기술과 장치의 한계 및 입자분리 기반 처리기술 개발의 필요성

- 상기의 상용 공정 기술들은 대부분 해양오염퇴적물이 아닌 육상의 토양을 주 대상으로 개발되어 있음
- 해양퇴적물은 토양이나 하천 퇴적물에 비해 입자가 작은 니질(silt, 4-63 μm) 과 점토질(clay, <4 μm)의 비율이 높음
- 기존 오염 우려 해역 조사결과¹¹⁾ 10개 해역에서 Silt는 40.1%, Clay는 38.0%
- 육상 오염토양 정화에서는 미세입자(<75 μm)를 분리하여 일반적으로 폐기물 매립장에서 처분하므로, 미세입자(<75 μm)의 함유량이 많은 해양오염퇴적물의 정화에 그대로 적용하는 데는 한계가 있음

10) Speculations in Science and Technology 20, 749 - 768, 1985.

11) 해양오염퇴적물 조사, 정화·복원체계 구축(III), 해양수산부, 2007 (조사기관: 한국해양과학기술원)

- 국내에서 해양오염퇴적물 정화사업에 이런 상기의 기술들을 사용한 사례가 없음¹²⁾
- 해양오염퇴적물 정화공정에 적합한 입자분리 기술에 대한 선별, 개선 혹은 개발이 필수적임

다. 입자분리 기반 처리기술 개발에 대한 매커니즘 개발

(1). 개요

- 연구목적
 - 해양오염퇴적물 현장처리를 위하여 실제 공정 적용 시 가능한 입자의 분리 범위를 파악
 - 대상해역의 입경범위별 오염특성에 적합한 적용 공정 선별·개발하고자 함

(2). 연구개발의 중요성 및 고려사항

- 토양 복원 처리 기술의 선정에 있어서 입자의 크기는 가장 우선시 고려해야할 특성중의 하나임
- 오염 토양이나 오염 퇴적물의 입자의 크기에 따라 오염물질의 분포의 특성에 큰 차이를 보임
 - 미세 입자는 상호간 흡착하려는 경향이 있음
 - 입경이 작아질수록 표면적이 증가하므로 오염물질들이 흡착 또는 결합하기가 용이함
 - 퇴적물의 입경이 작아질수록 오염도는 상대적으로 증가하게 됨
- 각 입자크기의 부분마다 알맞은 정화공정을 적용하는 것이 효과적인 결과를 기대할 수 있음
- 수거 예정 해양오염퇴적물의 정화공정 설계 시 입자를 크기별로 분리하는 입자분리에 대한 고려가 필수적임
- 입자분리 공정방법의 선정 시 고려사항
 - 적용할 퇴적물의 분량
 - 적용할 퇴적물의 성분특성
 - 처리 산물의 회수 방법
 - 공정 적용시설 설치 장소

(3). 실험방법

(가). 대상해역 선정 및 대상해역의 오염퇴적물의 입자 분리 실험

- 대상해역에서 채취된 오염퇴적물 균질화
- 균질화된 오염퇴적물 동결건조기를 이용하여 건조
- 건조된 오염퇴적물의 재 균질화
- 자동 체질기(Vibratory Sieve Shaker, Fritsch, Germany)를 이용하여 시료의 입자 분리(그림 V-25)
- 해양퇴적물에 우세하는 사질 이하 크기의 미세토를 입자 크기별로 분리하기 위해 >1 mm, >500 μm, >250 μm, >125μm, >63 μm, >32 μm, <32 μm로 입경범위별로 분리
- 각 입도범위 별로 오염도 및 오염물질 (화학적산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS), 강열감량(IL), 총유기탄소(TOC), 총질소(TN), 알루미늄(Al), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 납(Pb), 니켈(Ni), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 비소(As), 수은(Hg))을 분석함

12) 대한환경공학회지, 2010, 1076~1086, 2010



그림 V-25. Vibratory Sieve Shaker, Fritsch, Germany

(나) 대상오염퇴적물의 분리된 입자의 입경별 오염도 평가

①. 입자의 입경별 부영양화 관련물질의 오염도 평가

- 퇴적물의 화학적산소요구량(COD), 강열감량(IL), 산취발성황화물(AVS)이며, 유기물의 총량을 총유기탄소(TOC) 함량으로 오염도 평가
- 항목별 오염도에 따라 평가한 점수에 따라 부영양화 정화지수(CI_{ET})를 산정(표 V-5)
- 부영양화관련물질의 오염도 평가 항목 및 총유기탄소 함량은 입자별로 >125 μm, >63 μm, >32 μm, <32 μm 으로 구분하여 분석하였으며 입자분리전의 전체 퇴적물(bulk sediment)에서도 분석하였음

표 V-5. 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수 (제9조제2항 관련)¹³⁾

항 목	단위	기준농도	평가점수
강열감량 (IL)	% (건중량)	5 미만	0
		15 미만	3
		15 이상	6
화학적산소요구량 (COD)	mg/g (건중량)	13 미만	0
		20 미만	1
		30 미만	2
		40 미만	4
		40 이상	6
산취발성황화물 (AVS)	mg/g (건중량)	0.6 미만	0
		1 미만	1
		5 미만	2
		10 미만	4
		10 이상	6
<p>비고</p> <p>1. 부영양화 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준농도 구간별 설정된 수치로 한다.</p>			

13) 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 범위 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제 2011 ~ 700 별표3, 2011. 11. 30

②. 입자의 입경별 유해화학물질의 오염도 평가

- 퇴적물의 크롬(Cr), 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn), 비소(As), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 수은(Hg), 다환방향족탄화수소(PAHs), 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)함량으로 오염도 평가
- 유해화학물질 관련 물질의 오염도 평가 항목 및 총유기탄소 함량은 입자별로 $>125\mu\text{m}$, $>63\mu\text{m}$, $>32\mu\text{m}$, $<32\mu\text{m}$ 으로 구분하여 분석하였으며 입자분리전의 전체 퇴적물(bulk sediment)에서도 분석하였음
- 유해화학물질 관련 물질은 항목별 오염도에 따라 평가한 점수에 따라 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})를 산정(표 V-6)

표 V-6. 유해화학물질 관련 평가항목, 기준농도 및 산출방식(제8조제2항 관련)¹⁴⁾

항 목	단 위	기준 1	기준 2	비고
비소(As)	ppm(건중량)	9.0	41.6	공통
카드뮴(Cd)	"	0.68	4.21	"
크롬(Cr)	"	80	370	"
구리(Cu)	"	24	108	"
수은(Hg)	"	0.15	1.0	"
니켈(Ni)	"	23	52	"
납(Pb)	"	50	220	"
아연(Zn)	"	200	410	"
폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)	ppb(건중량)	21.6	189	"
다환방향족탄화수소(PAHs)	"	4,000	45,000	"
클로로데인(Chlordane)	"	0.5	6.0	선택
다이엘드린(Dieldrin)	"	0.02	8.0	"
디디티(DDT)	"	1.6	46	"
유기주석화합물(TBT)	"	5.0	105	"

비고

1. 유기염소계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT)은 주변의 농경지 등으로부터 이들의 과다한 유입 가능성이 제기되는 해역에 한하여 포함하며, 유해방오도로 성분에 해당되는 유기주석화합물(TBT)은 선박건조 등으로 인하여 해저퇴적물에 유기주석화합물의 축적으로 인한 영향이 문제가 될 수 있는 해역에 한하여 평가항목에 포함한다.
2. 유해화학물질 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준 1과 기준 2의 기준농도를 이용하여 다음과 같이 산출한다.
 - 가. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 1 이하의 농도범위를 가진 항목은 항목별 평가점수를 0으로 한다.
 - 나. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 2와 동일한 농도를 가진 항목은 항목별 평가점수를 1로 한다.
 - 다. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 1 이상인 반면 기준 2 미만의 농도범위를 가진 항목에 대한 평가점수는 분석치에서 기준 1의 농도를 뺀 값을 기준 2의 농도에서 기준 1의 농도를 뺀 값을 나눈 값 $[(\text{분석치} - \text{기준 1의 농도}) \div (\text{기준 2의 농도} - \text{기준 1의 농도})]$ 으로 한다
 - 라. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 2 이상인 항목들에 대한 평가점수는 분석치를 기준 2의 농도로 나눈 값 $(\text{분석치} \div \text{기준 2의 농도})$ 으로 한다.

14) 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 범위 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제2011-700호, 별표2, 2011. 11. 30

라). 실험결과 및 고찰

(1) 입자분리 실험 결과

- 대상해역의 입도별 분리 결과를 표 V-7과 그림 V-26, 27에 나타내었음
 - 해역 “R” : 125 μm 이상의 퇴적물 9.8%, 63 μm이상 8.3%, 32 μm이상 34.1%, 32 μm이하 47.8%
 - 해역 “M” : 125 μm 이상의 퇴적물 6.1%, 63 μm이상 5.0%, 32 μm이상 13.5%, 32 μm이하 75.4%
 - 해역 “N” : 125 μm 이상의 퇴적물 3.3%, 63 μm이상 11.2%, 32 μm이상 16.6%, 32 μm이하 68.9%
- ⇒ 대상해역 평균 63 μm이상의 퇴적물 14.6%, 32 μm이상 21.4% 32 μm이하 64.0%

표 V-7. 대상해역의 입도별 분리 결과

Size	R %	M %	N %	Mean %
>1mm	0.3	0.4	0.1	0.3
>500μm	1.0	0.7	0.1	0.6
>250μm	2.7	1.6	0.5	1.6
>125μm	5.8	3.3	2.6	3.9
>63μm	8.3	5.0	11.2	8.2
>32μm	34.1	13.5	16.6	21.4
<32μm	47.8	75.4	68.9	64.0

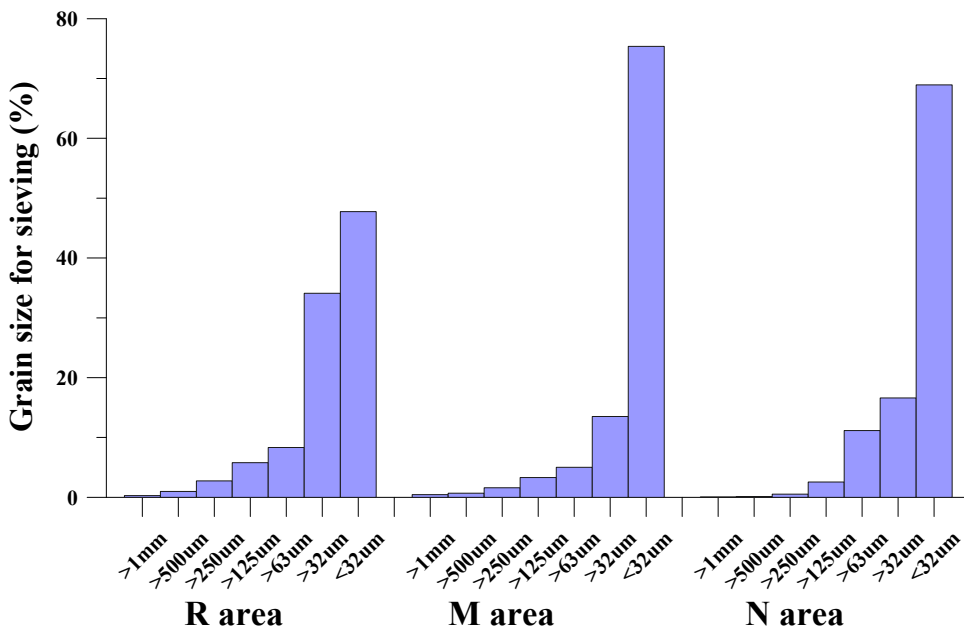


그림 V- 26. 대상 해역의 입자 분리 결과 입도 분포

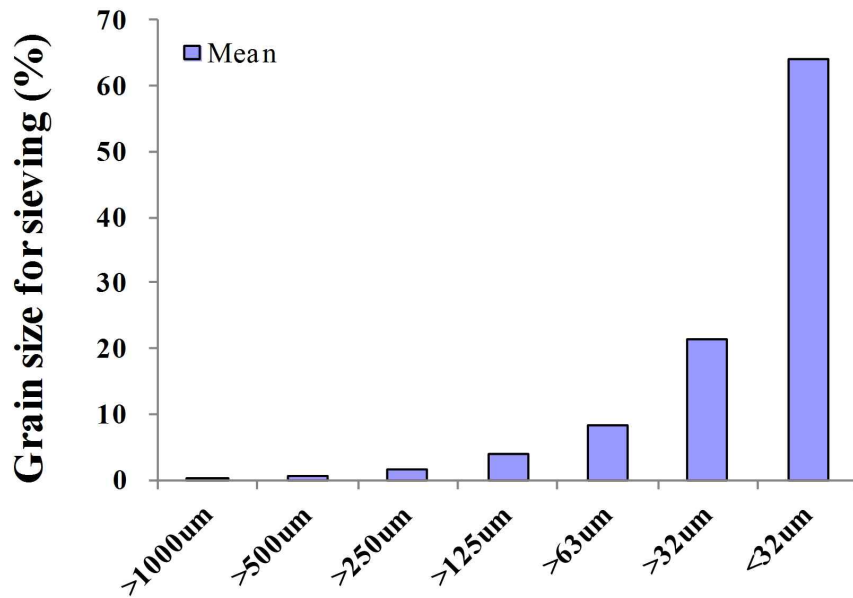


그림 V- 27. 대상 해역의 입자 분리 결과 입도 분포 평균

(2) 대상오염퇴적물의 분리된 입자의 입경별 오염도 평가

① 대상오염퇴적물의 분리된 입자의 입경별 부영양화 오염도 평가

- o 대상해역의 부영양화 정화지수(CI_{ET})를 이용하여 오염도 평가(그림 V-28, -29)
- o 각 해역의 입자크기별 퇴적물의 부영양화 정화지수(CI_{ET})의 분포는 R해역에서 0~6, M해역에서 3~6, N해역에서 5~12의 범위로 나타남
- o 대상해역 모두 입자가 세립 할수록 부영양화 정화지수(CI_{ET})가 증가하는 경향을 보이고 있으며, N해역에서 가장 높은 값을 나타냈음
- o 모든 해역의 $32\mu\text{m}$이하 퇴적물에서 부영양화 정화지수(CI_{ET})가 정화·복원 기준농도인 6이상의 값을 나타내었으며, N해역의 경우 >math>63\mu\text{m}</math>, >math>32\mu\text{m}</math>, $32\mu\text{m}$의 퇴적물의 부영양화 정화지수(CI_{ET})가 정화·복원 기준농도인 6이상의 값을 보였음
- o 입자별 오염도 평가 결과 >math>63\mu\text{m}</math>, >math>32\mu\text{m}</math>, $32\mu\text{m}$의 부영양화 정화지수(CI_{ET})의 평균이 정화·복원 대상인 부영양화 관련 정화·복원 기준농도 6이상의 값을 보였음 \rightarrow 오염퇴적물의 >math>63\mu\text{m}</math>, >math>32\mu\text{m}</math>, $32\mu\text{m}$의 입도범위에 부영양화 관련물질의 정화처리가 필요한 것으로 판단됨

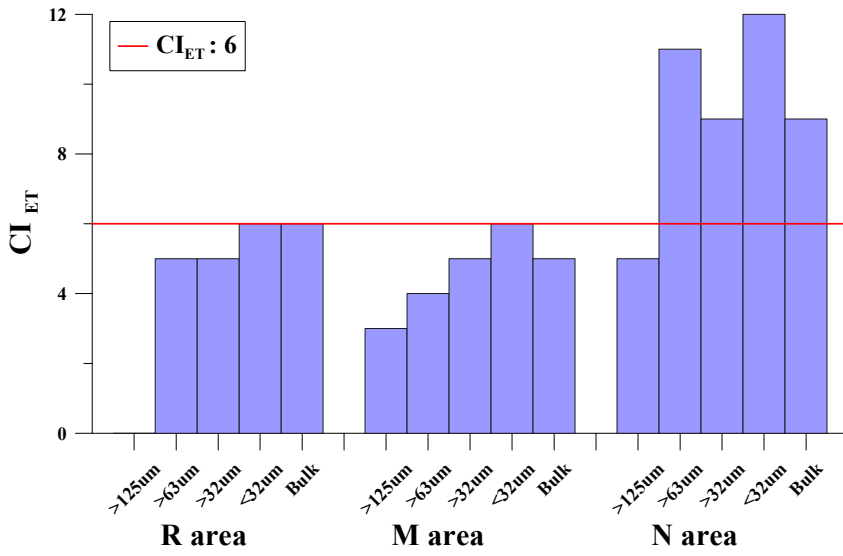


그림 V-27. 각해역의 입자별 부영양화 정화지수(CI_{ET})

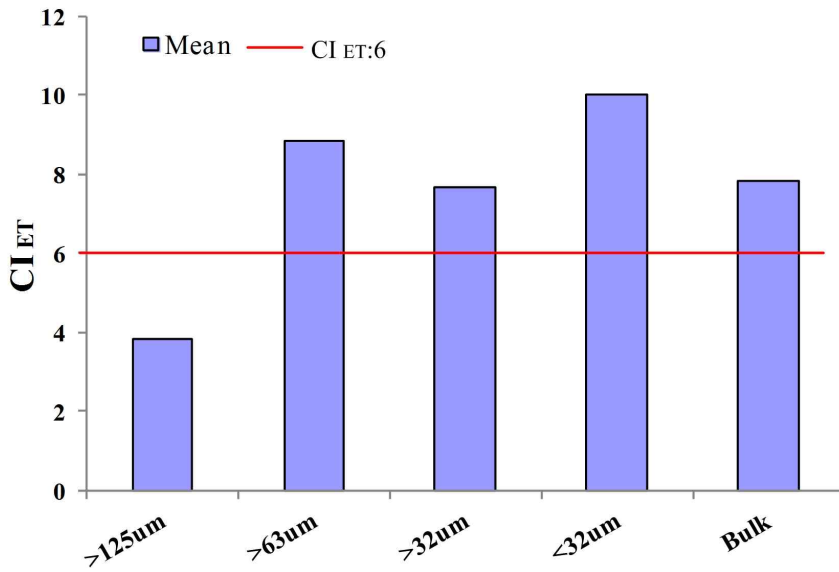


그림 V-28 입자별 부영양화 정화지수(CI_{ET}) 평균

② 대상오염퇴적물의 분리된 입자의 입경별 유해화학물질 오염도 평가

- 대상해역의 입도별 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})를 이용하여 오염평가 (그림 V-29, -30)
 - 각 해역의 입자크기별 유해화학물질 정화지수(CI_{HC}) 분포는 R해역에서 0~6, M해역에서 3~6, N해역에서 5~12의 범위를 나타내었음
 - 대상해역 모두에서 입자가 세립 할수록 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})가 증가하는 경향을 보이고 있으며, N해역에서 가장 높은 값을 나타냈음
 - 모든 해역의 <32 μm이하 퇴적물에서 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})가 정화·복원 기준농도1인 2이상의 값을 나타내고 있으며, N해역의 경우 >63 μm, >32 μm, <32 μm의 퇴적물에서 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})가 정화·복원기준농도2인 4이상의 값을 보였음
 - 입자별 오염도 평가 결과 >32 μm, <32 μm의 유해화학물질 정화지수(CI_{ET})가 평균이 퇴적물에서 정화·복원 기준농도1인 2이상의 값을 보였음
 - 입자가 세립 할수록 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})가 증가하는 경향을 보임
- ⇒ 오염퇴적물의 >32 μm, <32 μm의 입도범위가 유해화학물질의 정화처리 필요 범위인 것으로 나타남

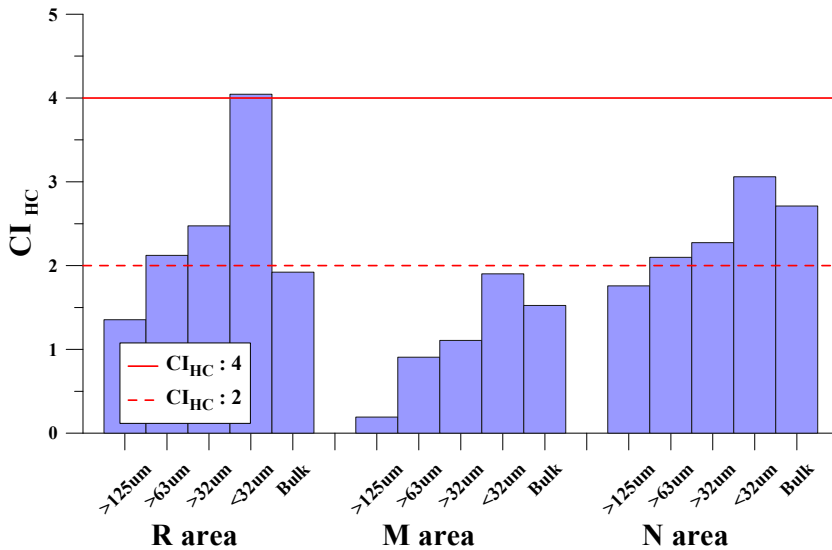


그림 V-29. 각해역의 입자별 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})

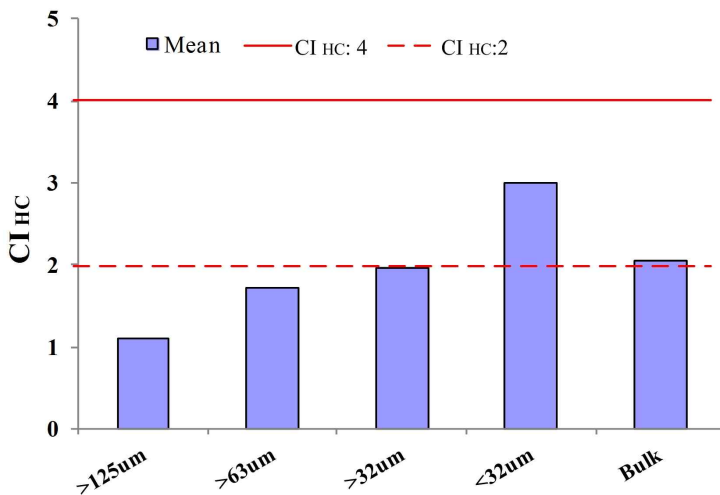


그림 V-30. 입자별 유해화학물질 정화지수(CI_{HC}) 평균

마). 입자분리 공정 매커니즘 개발

(1). 입자분리의 범위 선정

o 일반적으로 국내의 연안 및 해양퇴적물은 사질, 니질(silt, clay)이 우세하게 분포 하고 있으며, 지형적인 특성에 따라 서해안 연안은 사질이 90%이상, 대륙붕 및 황해 중앙수역으로 갈수록 실트와 점토 함량이 90%이상¹⁵⁾, 동해안은 연안지역에 사질이 우세하며 외해 쪽으로 갈수록 실트질의 비율이 증가하며 세립해지는 경향을 보임¹⁶⁾

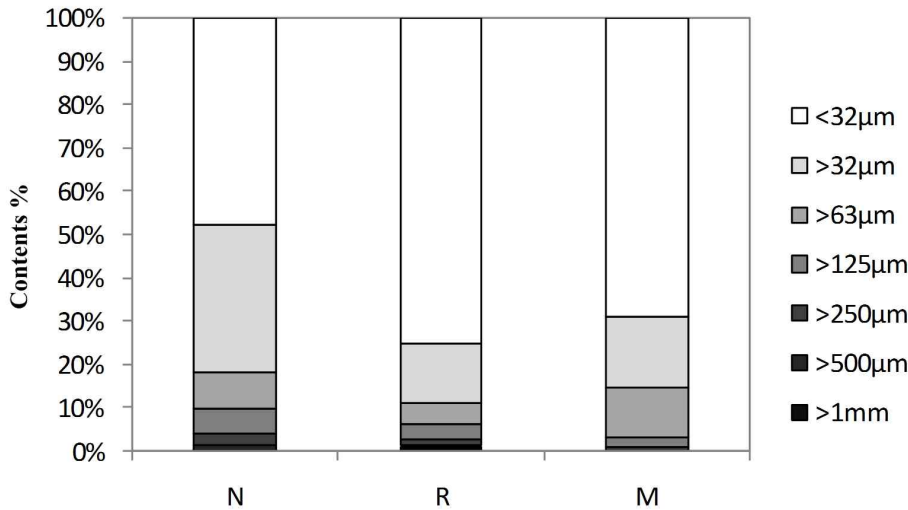


그림 V- 32. 대상해역 퇴적물의 입경별 상대적인 분포

- o 토양의 정화복원에 고려되는 입도분포와는 다른 해양 오염퇴적물에 우세한 입도인 세립사질(very fine sand) 및 니질(silt, clay)에 대한 고려가 매우 중요함
- o 대상해역의 125µm 이상의 퇴적물의 비율을 평균 20%이하, <125µm의 퇴적물이 80%이상으로 우세 하였으며, <32µm 40%이상을 차지하였음 (그림 V-32)
- o 공정상 물리적으로 분리 가능한 입자크기는 < 20 µm임¹⁷⁾
- o < 63 µm 이하의 sediment 중 <31, 31-63, >63 µm fraction의 PCBs, PBDE의 오염물질 분포도도 높은 것으로 나타남
- o 4 µm 이하(clay의 분리)의 입자분리는 콜로이드 입자와 유사하여 분리 및 처리가 매우 어려우므로 공정상 의미가 없음
- o 입자분리공정은 공정이 많을수록 처리비용 및 현장처리 공간 증가
- o 기존 오염 우려 해역 조사결과¹⁸⁾ 10개 해역에서 평균 Silt는 40.1%, Clay는 38.0%로 미세입자가 78.1%임
- o 대상 해역 퇴적물 중 32 µm 이하 입자의 양은 평균 64.0%이며, 32 µm 이상은 21.4%이며, 각각의 오염도(COD 농도)는 16.9 mg/g, 4.0 mg/g임. 주요 처리 대상이 되는 미세입자를 기준(100%)으로 입경별 양과 오염도를 함께 고려할 경우 각각의 분율은 78.2%, 21.8%임

15) The Korean Journal of Quaternary Research, 7, 69-92, 1993

16) Journal of Korean Earth Science Society, 28, 914-924. 2007

17) The Science of the Total Environment 192, 63-73, 1996

18) 해양오염퇴적물 조사, 정화·복원체계 구축(III), 해양수산부, 2007 (조사기관: 한국해양과학기술원)

- 대상 해역에서 처리대상 미세입자의 범위를 32 μm 이상으로 할 경우, 처리 대상 미세입자 중 평균 21.8% 저감 가능
- ⇒ 실질적으로 63 μm 이상, 32 μm 이상, 32 μm 이하의 범위로 입자분리를 하는 것이 용이할 것
- ⇒ 그러므로 입경별 부영양물질 분포 및 공정의 용이성, 비용의 절감을 위하여 입자분리의 범위를 63 μm 이상, 32 μm 이상, 32 μm 이하의 범위로 선정하는 것이 가장 효율적이라고 판단됨 (그림 V-33)
- ⇒ 국내 상용 정화기술을 사용할 경우, 미세입자에 대한 처리가 불가능하므로 대비 본 연구에서 개발될 기술은 상용 기술 대비 21.8% 이상 해양퇴적물 처리 효율 확보

(2). 입자분리 처리기술 공정방법 선정 및 매커니즘 개발

- 해양오염퇴적물의 입도분포를 고려할 때 125 μm -32 μm 이하의 입자분리에 용이해야함
- 정화를 위해 수거된 해양오염퇴적물의 현장처리과정상 함수유과 함니율을 고려하여 적용할 수 있어야 함
- 미세입자 처리 시 건·습식 모두 적용 가능한 공정이 용이
- 이론적으로 하이드로 싸이클론을 이용한 입자분리의 입자분리 시 가능범위는 한계분리 입경(d_{50})이 10 μm 정도
- 미세입자 분리의 경우, 수력 싸이클론/중력 농축기(Gravity concentrators) 사용 시 약 63 ~ 2,000 μm 까지 분리 가능
- ⇒ 퇴적물을 입자분리 시 협잡물(Debris) 및 자갈 등(Over sized gravel etc.)을 상용 장치로 분리한 다음 실제 처리할 입경별로의 분리는 몇 단계로 입경별 분리가 가능한 다단 하이드로 싸이클론으로 분리하는 것이 적합함
- ⇒ 입자분리 공법 중 하이드로 싸이클론방식이 가장 입도한계범위가 유동적이며 비교적 입자가 작은 범위까지 분리하기가 가장 용이하므로 해양오염퇴적물의 미세 입자 분리에 가장 적합한 것으로 보임
- ⇒ 수거된 정화대상 해양오염퇴적물의 입자분리를 위해 개발한 공정 매커니즘은 그림 V-33와 같음

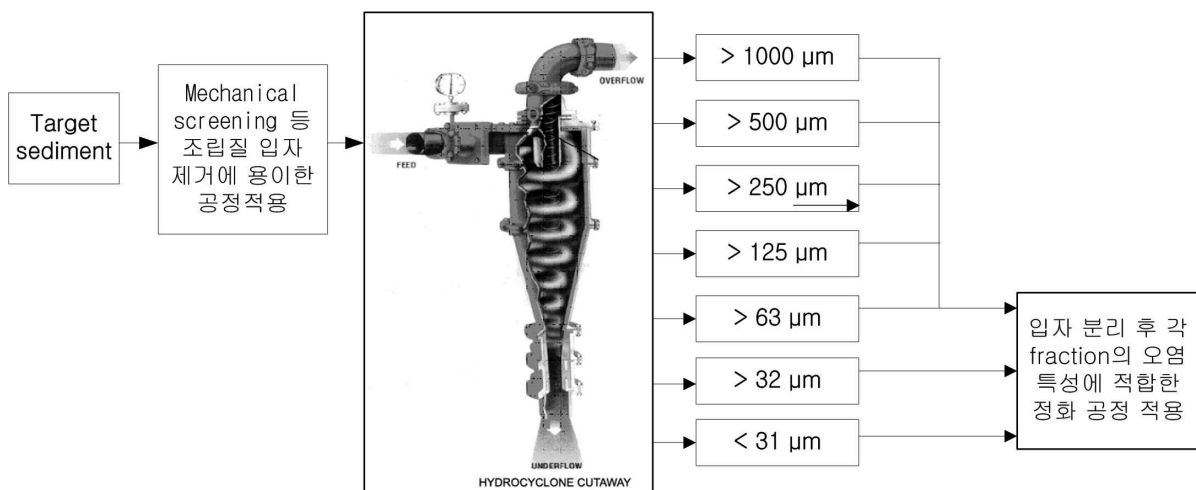


그림 V-33. 하이드로 싸이클론을 이용한 입자 분리 매커니즘

4. 세척 기반 처리기술 조사, 검토 및 단위 공정 개발

가. 세척 기반 처리기술 조사·검토

(1). 개요

- 세척기반 기술(Soil washing)은 토양 정화공법으로 널리 이용되고 있음
- 세척기반 기술을 이용한 오염물질의 감소 및 제거를 통해 오염지역에 대한 빠른 정화 효과를 기대할 수 있음
- 세척기반 기술은 특정 기준(specific criteria)을 충족시키는데 유용한 장점이 있으며, 장기적인 오염위험을 감소시킬 수 있음
- 세척기반 기술은 비용적면에서 효과적인 측면이 있으며, 처리 공정에서 재활용이 가능한 물질을 만들어 낼 수 있음
- 세척기반 기술에 사용되고 있는 대표적인 기술로는 물리적 분리(physical separation), 화학적 처리(chemical extraction)와 두 기술을 조합한 복합 처리(combination of both) 기술이 있음
- 물리적 분리는 오염물질의 입자와 퇴적물의 입자 사이의 크기, 밀도, 소수성, 표면특성 등의 차이를 이용하여 오염물질을 분리하는 방법임
- 화학적 처리는 오염물질의 지화학적인 특성에 따라 산화, 추출, 흡착 등의 화학적인 기작을 통해 퇴적물에서 오염물질을 제거하는 방법임

(2). 화학적 처리 기술

(가). 계면활성제

①. 계면활성제의 특징

- 두 액체, 또는 액체와 고체 사이의 표면 장력이나 액체의 표면 장력을 낮춰 쉽게 퍼지게 함
- 응집제, 습윤제 발포제, 세제, 분산제, 유화제거제 등으로 널리 이용되고 있음
- 가용성향상, 표면장력감소, 임계미셀농도(CMC), 친수성, 거품형성력 등이 제거효율을 좌우함
- 계면활성제는 양이온계면활성제(cationic-surfactant), 음이온계면활성제(anionic-surfactant), 중성 계면활성제(non-ionic surfactant)로 구분할 수 있음
- 천연 계면 활성제(bio-surfactant)는 효모나 박테리아를 이용해 설탕, 기름, 알칸 및 폐기물 등 다양한 물질에서 생물학적으로 생산 가능함
- 합성 계면 활성제와 천연 계면 활성제가 모두 유기 오염 물질의 용해도와 이동성을 크게 함
- 계면활성제는 유기 화합물로 오염된 토양의 정화 공정에서 널리 사용되고 있음
- 토양 정화를 위한 바람직한 계면 활성제의 특성은 생분해성을 포함하여, 낮은 독성, 낮은 온도에서의 용해도, 토양입자에 대한 낮은 흡착성, 3% 농도이하에서의 제거효율, 낮은 표면장력과 낮은 임계미셀농도(CMC)등이 있음
- 음이온 및 중성 계면활성제는 토양 입자 표면에 흡착 될 가능성이 적지만 음이온 계면활성제는 침전 될 수 있음
- 오염된 토양에는 임계미셀농도(CMC)값이 상대적으로 낮은 중성 계면활성제 사용이 권장되고 있음

②. 계면활성제 선정 시 고려 사항

- 오염 정화의 효율성과 계면 활성제의 효과
- 계면 활성제 및 분해 산물의 생분해능력
- 인간, 동물, 식물, 생태계에 대한 계면 활성제의 분해 산물의 독성
- 재활용 및 재사용 능력

- 대중의 인식 및 규제 제한
- pH의 변화에 대한 계면 활성제의 기능
- 계면 활성제에 의해 운반되는 전하
- 비용

(나) 산화제

①. 산화제의 특징

- 현장에서 화학 및 미생물학적으로 조작하는 오염 물질의 추출을 향상시켜 독성을 저감시키는 역할을 함
- 산화제의 종류로는 공기, 산소를 포함하여 화학적 산화제로 과산화수소(H₂O₂), 과망간산칼륨(KMnO₄), 과망간산나트륨(NaMnO₄), 오존, 염소 등이 있음
- 무기, 유기 및 혼합 오염 물질에 대해 광범위하게 적용되고 있음
- 화학적 산화는 생물학적 정화와 함께 적용 가능하며, 생물학적 분해(biodegradation)를 촉진시키기 위한 초기 처리공정(chemical pre-oxidation)으로 활용되기도 함

②. 과산화수소(H₂O₂)

- 일반적으로 3~35 %까지의 농도에서 널리 사용되고 있음
- 매우 강한 비선택적 산화제 (hydroxyl radicals)로 알칸 및 방향족 화합물과 모두 반응함
- 과산화수소가 분해 되기 전에 유기 오염 물질의 대부분을 저감할 수 있는지 역학적인 고려가 요구됨
- 과산화수소의 주요 장점으로 무해하거나 생분해성이며 다양한 유기 오염 물질 분해가능하고 상대적으로 저렴한 비용이 들며, 처리가 안전하고 환경 친화적인 산화제임

③. 과망간산염

- 과망간산 (MnO₄)는 약1.7V 표준 산화 전위를 갖는 산화제임
- 과망간산염은 석유계 탄화수소의 정화에 효과적인 것으로 보고되고 있고 현장처리와 공정처리에 널리 적용되고 있음
- 수성 시스템(aqueous system)에서 과망간산염이 분해 반응을 거쳐 과망간산 이온 (MnO₄⁻) 생성되고 과망간산이온이 산화제로 반응함
- 과망간산칼륨 (KMnO₄) 및 나트륨 과망간산 (NaMnO₄) 모두 유사한 결과를 나타냄
- 상대적으로 낮은 표준 산화 전위에도 불구하고, 과망간산염은 강력한 산화제로 작용하여 탄소 결합, 이중 탄소 결합, 알데하이드 그룹 또는 수산기를 포함하는 유기물 분자를 분해 할 수 있음
- 과망간산 산화 메커니즘은 오염된 지역에서 매우 복잡한데, 원자가 상태 및 광물 형태에 따라 망간이 관여하는 반응이 많기 때문임

나). 세척 기반 처리기술 개발에 대한 매커니즘 개발

(1). 연구목적

- 해양오염퇴적물 현장처리를 위하여 실제 공정 적용 시 가능한 세척기반 처리기술 파악
- 대상해역의 입경범위별 오염특성에 적합한 세척 공정 선별 및 개발에 목적이 있음

(2) 세척 기반 처리기술 개발

- 오염퇴적물내의 조립입자 및 미세입자는 크기 및 오염물질 분포의 특성에 큰 차이를 보임
- 실험대상 해역의 퇴적물은 육상토양과 달리 실트질이 우세한 세립질 퇴적물로 이루어져 있음

- 퇴적물 입자가 작아질수록 표면적이 증가하고 오염물질들이 흡착 또는 결합하기가 용이함
- 실제로 대상해역의 퇴적물에서도 세립질 일수록 부영양화 관련 오염물질이 농도가 증가하는 경향을 나타냄
- 작은 미세 입자는 상호간 흡착하려는 경향이 있으므로 계면활성제를 이용하여 부영양화 관련 오염물질을 처리하는 것이 효과적으로 판단됨
- 화학적 산화는 생물학적 정화와 함께 적용 가능하며, 무기, 유기 및 혼합 오염 물질에 대해 광범위하게 적용되고 있으므로 산화제를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리가 효과적으로 판단됨
- 세척처리 공정방법의 선정 시 고려사항으로는 적용할 퇴적물의 분량, 화학적 처리제 및 분해 산물의 생분해능력 및 독성, 재활용 및 재사용 능력, 비용 등이 있음

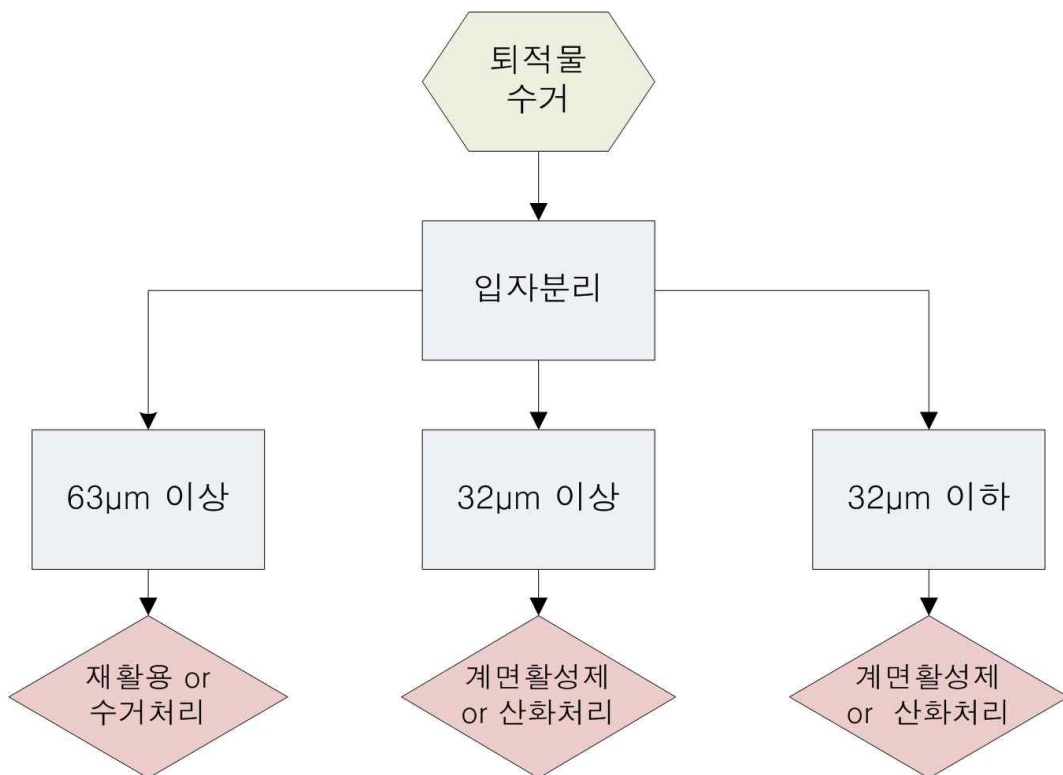


그림 V-34. 세척기반 처리기술 공정 흐름도

5. 분리 및 세척 처리기술 통합방안 기초 개발

가). 개요

- 해양오염퇴적물의 입도분포를 고려할 때 125µm-32µm 이하의 입자분리에 용이해야함
- 입자분리 공법 중 하이드로 사이클론방식이 가장 입도한계범위가 유동적이며 비교적 입자가 작은 범위까지 분리하기가 용이: 해양오염퇴적물의 미세 입자 분리에 가장 적합한 것으로 보임
- 입자분리공정은 공정이 많을수록 처리비용 및 현장처리 공간 증가
- 그러므로 입경별 부영양 오염물질 분포 및 공정의 용이성, 비용의 절감을 위하여 입자분리의 범위를 63µm 이상, 32 µm 이상, 32 µm 이하의 범위로 선정하는 것이 가장 효율적이라고 판단됨
- 작은 미세 입자는 상호간 흡착하려는 경향이 있으므로 계면활성제를 이용하여 부영양화 관련 오염물질을 처리하는 것이 효과적으로 판단됨

- 화학적 산화는 무기, 유기 및 혼합 오염 물질에 대해 광범위하게 적용되고 있으므로 산화제를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리가 효과적으로 판단됨
- 따라서 물리적 입자분리를 통해 63 μm 이상, 32 μm 이상, 32 μm 이하의 범위로 퇴적물을 분리한 후 계면활성제와 산화제를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리 공정의 통합이 적절함

나). 부영양화 관련 오염물질처리를 위한 기초 실험

(1). 기초 실험 방법

- 대상시료 : R, M, N 해역의 퇴적물 시료
- 실험목적 : 부영양화 관련 오염물질의 입자별 산화 및 분해 가능성 평가 및 적용가능 처리제 선별
- 퇴적물의 입자는 >125 μm , >63 μm , >32 μm , <32 μm 으로 분리
- 퇴적물의 세척기반 기술의 화학적 처리는 계면활성제와 산화제를 이용
- 반응시간은 현장처리 시 적용이 가능한 시간으로 제한
- 산화제 기초 실험
 - 5M H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
 - 1M KMnO₄ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
 - 반응시간: 1h
- 계면활성제 기초 실험
 - 0.5% Triton X-100 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
 - 반응시간: 1h
- 제거효율은 총유기탄소량(TOC), 화학적산소요구량(COD), 강열감량(IL)으로 계산
- 부영양화관련물질 정화·복원지수(Cleanup Index, Eutrophication: CI_{ET}) 평가

(2). 기초 실험결과

(가). 총 유기탄소(Total organic carbon, TOC) 제거율

①. 0.5% Triton X-100 처리

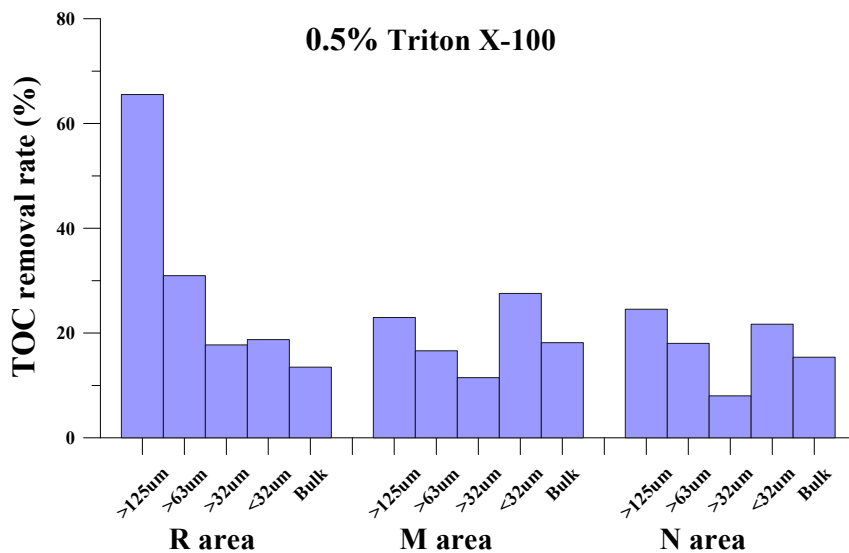


그림 V-35. 0.5% Triton X-100으로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 TOC 제거율

- Triton X-100은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 13.5 ~ 18.2%의 TOC 제거율을 보임

- 전 해역의 모든 입경범위별로는 8.0 ~ 65.5%의 TOC 제거율을 보임
- M 해역 오염퇴적물을 제외한 나머지 해역에서는 >125 μm에서 가장 큰 TOC 제거율을 보였으며, >32 μm에서 가장 낮은 TOC 제거율을 보임.
- 모든 해역에의 오염퇴적물을 중 <32 μm에서 비교적 높은 TOC 제거율을 보임

②. 5M 과산화수소수(H₂O₂) 처리

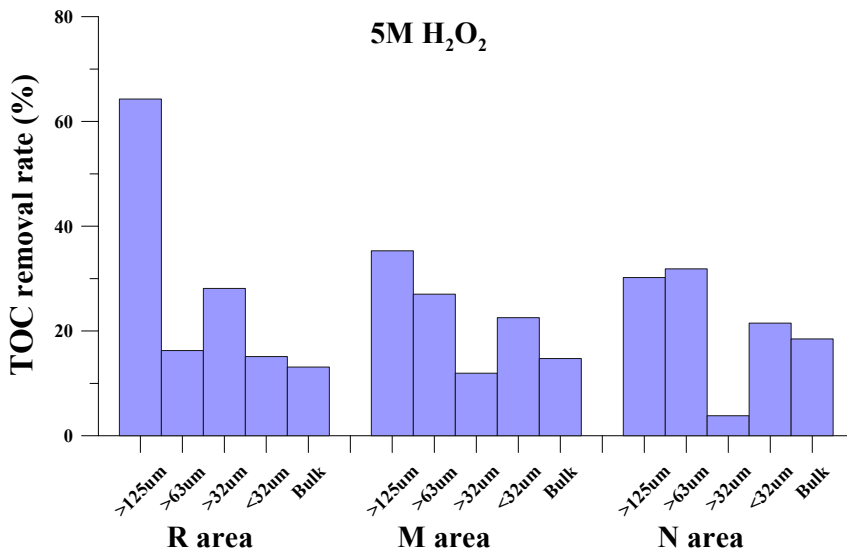


그림 V-36. 5M H₂O₂으로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 TOC 제거율

- 과산화수소수는 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 13.1 ~ 14.7%의 TOC 제거율을 보임
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 3.8 ~ 64.3%의 TOC 제거율을 보임
- N해역 오염퇴적물을 제외한 나머지 해역에서는 >125 μm에서 가장 큰 TOC 제거율을 보였으며, >32 μm에서 가장 낮은 TOC 제거율 보임.
- M, R 해역의 오염퇴적물에서 <32 μm에서 비교적 높은 TOC 제거효율을 보임

③ 1M 과망간산칼륨(KMnO₄) 처리

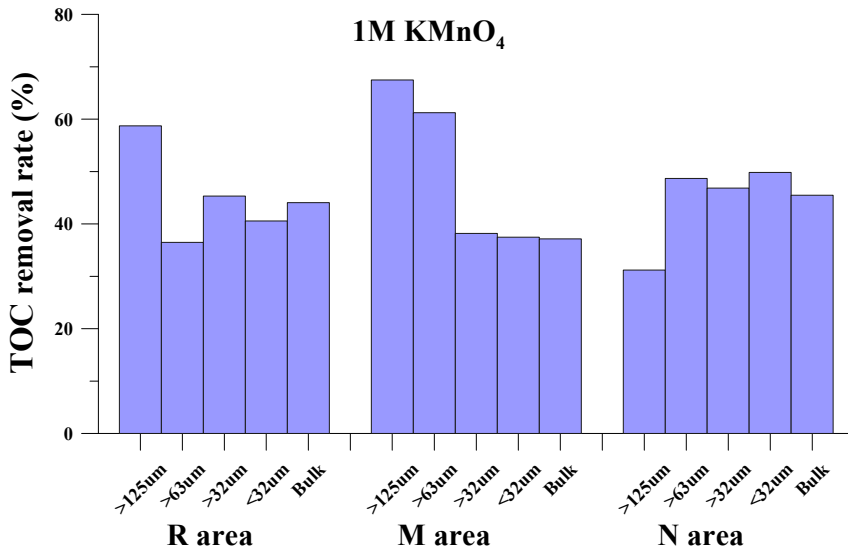


그림 V-37. 1M KMnO₄로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 TOC 제거율

- 과망간산칼륨은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 37.1~45.5%의 TOC 제거율을 보임
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 31.2~67.5%의 TOC 제거효율을 보임
- N해역 오염퇴적물을 제외한 나머지 해역에서는 >125 μm에서 가장 큰 TOC 제거율을 보였으며,
- 모든 해역의 오염퇴적물에서 63 μm이하의 세립한 입경의 퇴적물에서도 높은 TOC 제거율을 보임
- 과망간산칼륨은 Triton X-100, 과산화수소의 세 가지 중 가장 우수한 TOC 제거효율을 나타냄

(나). 화학적 산소 요구량(COD) 감소율

①. 0.5% Triton X-100 처리

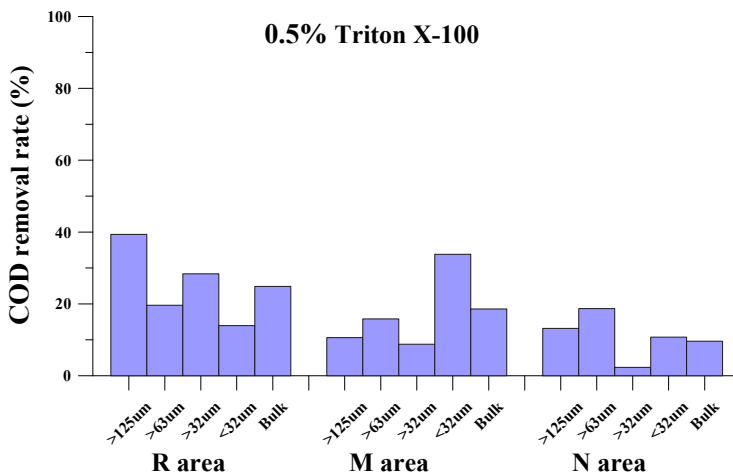


그림 V-38. 10. 0.5% Triton X-100으로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 COD 감소율

- Triton X-100은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 9.6 ~ 24.9%의 COD 감소율을 보임
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 2.3 ~ 39.4%의 COD 감소율을 보임
- 모든 해역의 오염퇴적물에서 입경크기에 따른 COD 감소율의 연관성은 나타나지 않음
- 처리 전 COD 값이 적을수록 높은 처리 효율을 보임

② 5M 과산화수소수(H_2O_2)

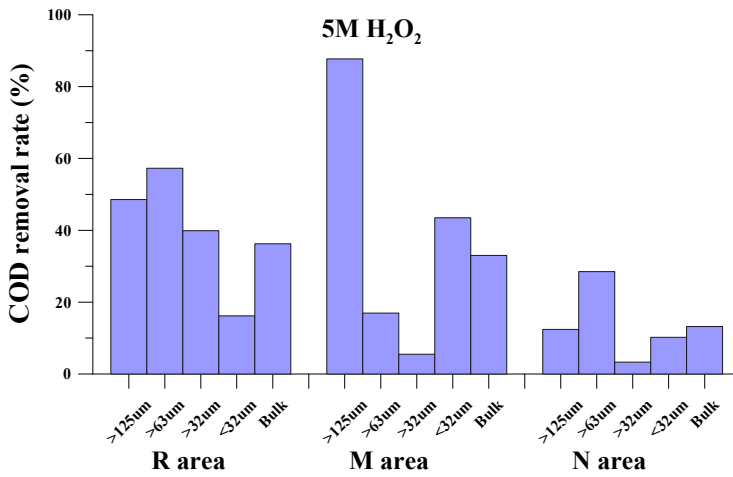


그림 V-39. 10. 5M H_2O_2 로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 COD 감소율

- 과산화수소는 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 13.2 ~ 36.2%의 COD 감소율을 보였으며, N해역의 제거효율이 가장 낮았음
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 3.3 ~ 87.7%의 COD 감소율을 보임
- R 해역의 오염퇴적물에서 <32 μm 의 입경범위에서 가장 낮은 COD 감소율을 보였으며, M, N해역에서는 >32 μm 에서 가장 낮은 효율을 보임
- 전 해역에서 비교적 입경의 크기가 클수록 높은 제거효율을 보였으며, M해역의 오염퇴적물에서는 <32 μm 에서도 높은 COD 감소율을 보임

③ 1M 과망간산칼륨($KMnO_4$)

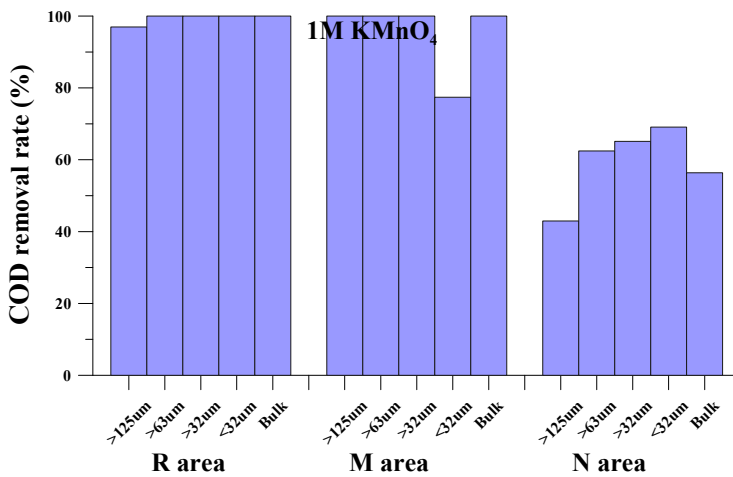


그림 V-40. 1M $KMnO_4$ 로 처리한 각해역 퇴적물의 입자별 COD 감소율

- 과망간산칼륨은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 56.4 ~ 100.0%의 높은 COD 감소율을 보였으며, N해역의 제거효율이 가장 낮았음
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 43.0 ~ 100.0%의 COD 감소율을 보임

- R, N 해역의 오염퇴적물에서는 >125 μm 에서 가장 낮은 효율을 보였으며, M 해역의 오염퇴적물에서 <32 μm 의 입경범위에서 가장 낮은 COD 감소율을 보였음
- 과망간산칼륨은 Triton X-100, 과산화수소의 세 가지 중 가장 우수한 COD 제거 효율을 나타냄

(다) 강열감량(IL) 감소율

① 0.5% Triton X-100

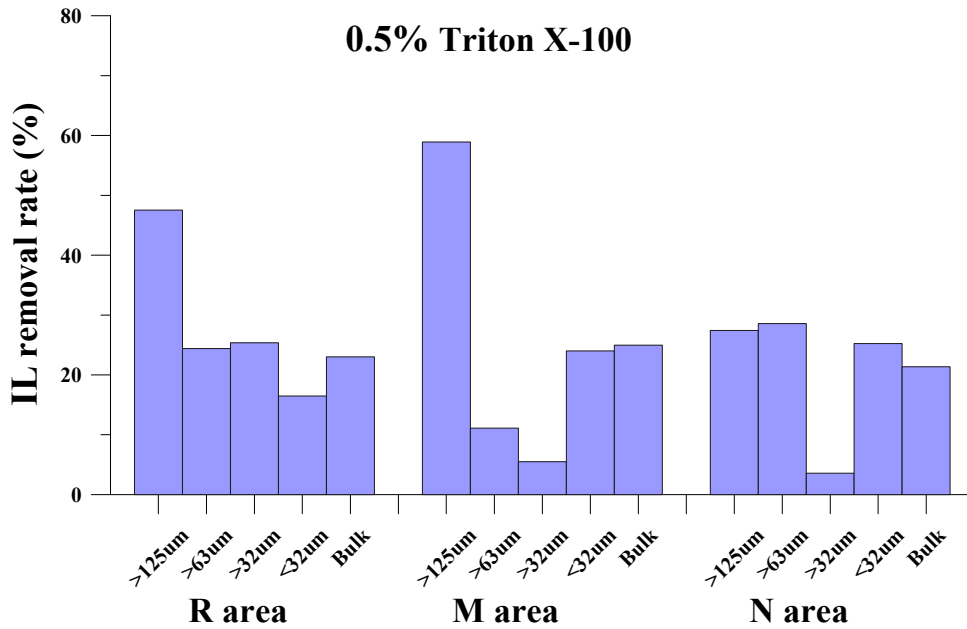


그림 V-41. 0.5% Triton X-100으로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 강열감량(IL) 감소율

- Triton X-100은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 21.4 ~ 25.0%의 IL감소율을 보임
- 전 해역의 모든 입경범위별로는 3.6 ~ 58.9%의 IL감소율을 보임
- 모든 해역의 오염퇴적물에서 입경크기에 따른 IL감소율의 연관성은 나타나지 않음
- M, N 해역의 오염퇴적물에서 >32µm의 입경범위에서 IL감소율이 가장 낮았으며, R 해역의 오염퇴적물에서는 <32µm의 입경범위에서 IL감소율이 가장 낮았음

② 5M 과산화수소수(H₂O₂)

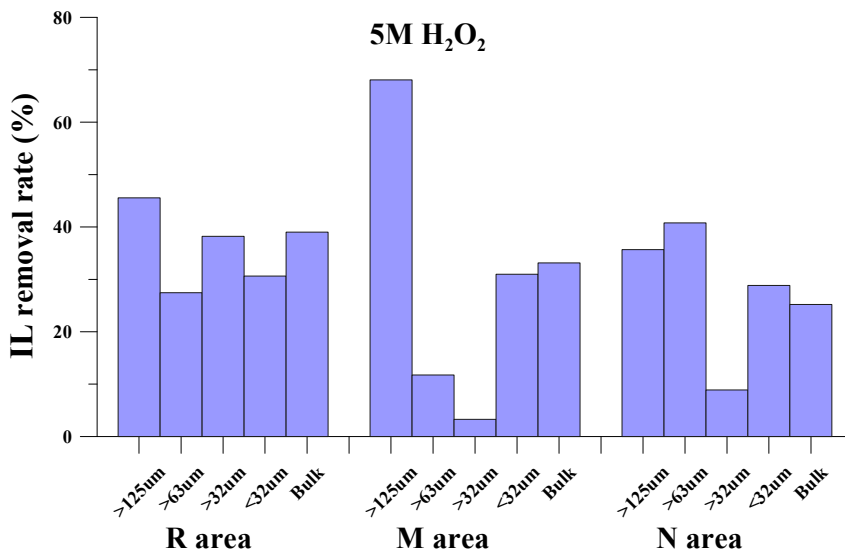


그림 V-42. 5M H₂O₂로 처리한 각 해역 퇴적물의 입자별 강열감량 감소율

- 과산화수소는 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 33.1 ~ 39.0%을 보였으며, 벌크시료에서 N해역의 IL감소율이 가장 낮았음
- 모든 해역의 오염퇴적물에서 입경크기에 따른 IL감소율의 연관성은 나타나지 않음
- M, R 해역의 오염퇴적물에서 >125 μ m의 IL제거효율이 가장 높았으며, M, N 해역의 오염퇴적물에서는 >32 μ m의 입경범위에서 IL감소율이 가장 낮았음
- 모든 대상해역의 시료에서 <32 μ m역시 비교적 IL감소율이 높았음

③ 1M 과망간산칼륨 (KMnO₄)

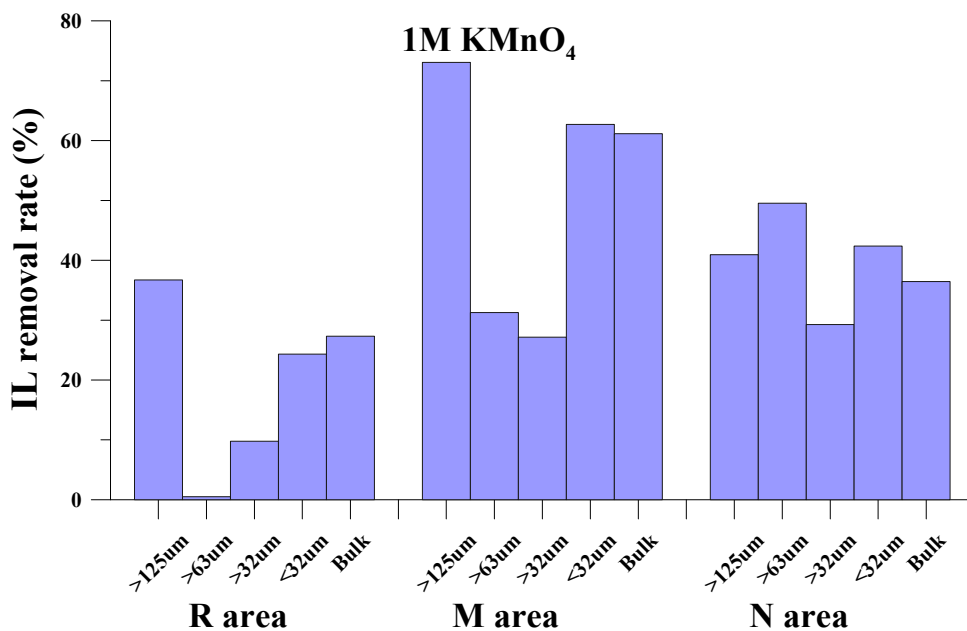


그림 V-43. 1M KMnO₄로 처리한 각해역 퇴적물의 입자별 강열감량 감소율

- 과망간산칼륨은 각 대상해역의 벌크 퇴적물에서 27.3 ~ 61.2%을 보였으며, 벌크시료에서 R 해역의 IL감소율이 가장 낮았음
- 모든 해역의 오염퇴적물에서 입경크기에 따른 IL감소율의 연관성은 나타나지 않음
- R, M 오염퇴적물에서 >125 μ m의 IL제거효율이 가장 높았으며, >32 μ m로 갈수록 IL감소율이 낮아지다가. 모든 대상 해역의 오염퇴적물에서는 >32 μ m의 입경범위에서 IL감소율이 비교적 매우 높았음
- 전체퇴적물에서는 과망간산칼륨 처리가 가장 우수한 IL감소율을 나타냄

(라) 기초실험 후 부영양화 정화지수 비교

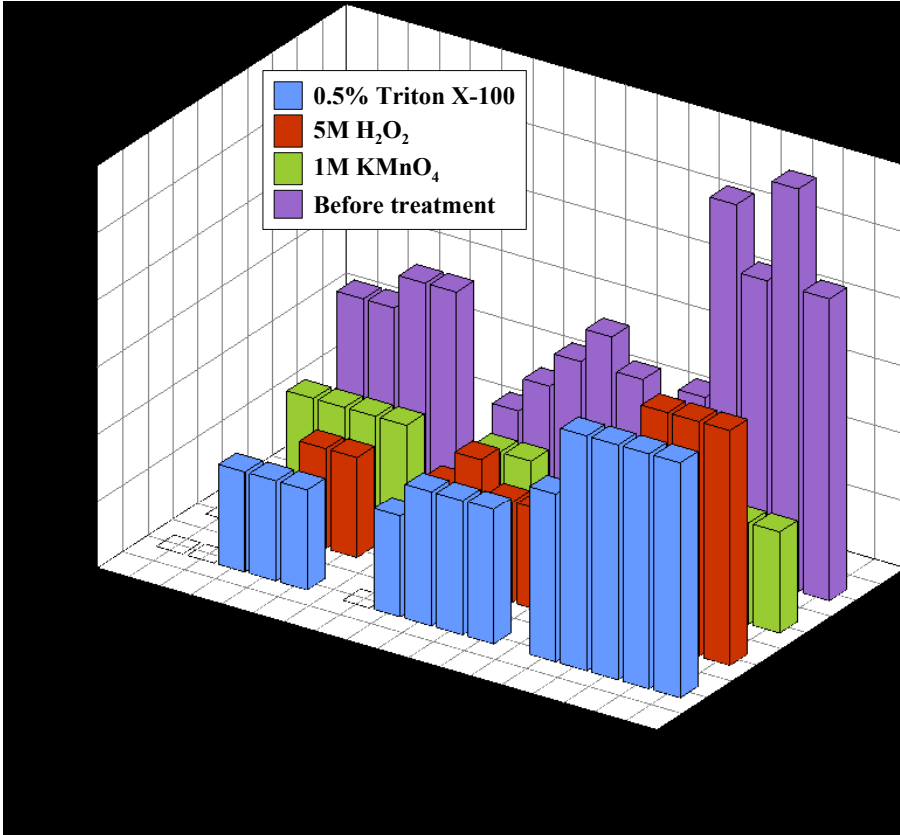


그림 V-44. 기초실험 전·후 각 해역 퇴적물의 입자별 부영양화 정화지수

- 정화처리 실험 전의 대상해역의 퇴적물의 부영양화 정화지수에 비해 정화처리 후 모든 해역에서 거의 모든 입경범위의 부영양화 정화지수가 감소한 것으로 나타남
- R, M해역의 시료 중 처리 후 부영양화 정화기준을 초과하는 것은 없었음
- N해역의 과산화수소 및 Triton X-100처리 후 시료는 >63 μm이하의 범위에서 부영양화 정화기준을 초과 하였으며, 과망간산칼륨 처리 후의 모든 시료는 부영양화 정화기준을 초과하는 것은 없었음
- 세 해역 중 N해역의 정화지수 감소율이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이는 오염형태 즉, 부영양화 관련 유기물질의 존재 형태가 다른 해역과 다른 것으로 추정됨
- 연구에 사용 된 화학처리제 중 과망간산칼륨의 처리 후 대상 시료의 부영양화 정화지수의 감소율이 가장 큰 것으로 나타나, 과망간산칼륨의 정화 효과가 가장 큰 것으로 나타남

(3) 기초 실험에 대한 결과 평가

- 부영양화 관련 오염물질 제거효율은 1M 과망간산칼륨이 가장 우수하였음
- 부영양화 관련 오염물질 제거효율은 5M 과산화수소와 계면활성제인 0.5% Triton X-100은 비슷한 효율을 나타냈음
- 현장처리공정 적용 시 2차 오염, 환경적인 안정성, 공정단가를 고려하면 과산화수소와 계면활성제가 화학적 처리제로 적합한 것으로 판단됨
- 과산화수소와 계면활성제 제거효율을 증가시키기 위해 물리적 처리기술을 고려할 필요가 있으며,

적용가능 한 계면활성제의 종류를 다양화하고 산화제인 과산화수소 농도를 변화시켜 처리비용을 저감 할 수 있는 공정에 대한 기초 실험 필요한 것으로 판단됨(표 V-8)

표 V-8. 기초실험을 근거로 계산된 처리비용

처리제	처리제 단가(원)	처리제 소모량	처리 비용(원)	비고
과망간산칼륨(KMnO4)	6,000/kg	5.267 kg/ton	31,602	공업용
과산화수소(H2O2)	1,900/kg	14.267 kg/ton	27,107	공업용
Triton X-100	35,360/L	0.166 L/ton	5,869	일반시약
Tween®60	37,362/L	0.166 L/ton	6,202	일반시약
Tween®80	41,200/L	0.166 L/ton	6,839	일반시약

다. 부영양화 관련 오염물질처리를 위한 심화 실험

(1) 심화 실험 방법

- 대상시료 : 부영양화 관련 오염물질의 농도가 높은 N 해역의 퇴적물 시료
- 실험목적 : 부영양화 관련 오염물질의 제거효율 증가 및 최적화 처리공정 도출
- 퇴적물의 입자는 >125 μ m, >63 μ m, >32 μ m, <32 μ m 으로 분리
- 적용 가능한 세 가지 종류의 계면활성제와 산화제인 과산화수소(H₂O₂)의 농도를 변수로 함
- 전처리(pre-oxidation) 및 반응성 향상을 위한 미세기포(micro bubble: 100 μ m 이하)공정 추가
- 1차 기초실험과 같이 반응시약 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
- 반응시간은 현장처리 시 적용이 가능한 시간으로 제한

○ 계면 활성제 종류

- 0.5% Triton X-100
- 0.5% Tween 60
- 0.5% Tween 80

○ 과산화수소 농도

- 5M H2O2
- 1% H2O2

○ 미세기포 + 계면활성제

- 0.5% Triton X-100 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
- 0.5% Tween 60 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
- 0.5% Tween 80 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

○ 미세기포 + 1% 과산화수소 + 계면활성제

- 0.5% Triton X-100 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)
- 0.5% Tween 60 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

- 0.5% Tween 80 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

o 1% 과산화수소 + 계면활성제

- 0.5% Triton X-100 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

- 0.5% Tween 60 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

- 0.5% Tween 80 + 1% H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

o 5M 과산화수소 + 계면활성제

- 0.5% Triton X-100 + 5M H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

- 0.5% Tween 60 + 5M H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

- 0.5% Tween 80 + 5M H₂O₂ 100mL + 각 해역 퇴적물 30 g (건중량)

(2). 심화 실험 결과

(가). 총 유기탄소(Total organic carbon, TOC) 제거율

①. 미세기포와 0.5% 계면활성제로 처리

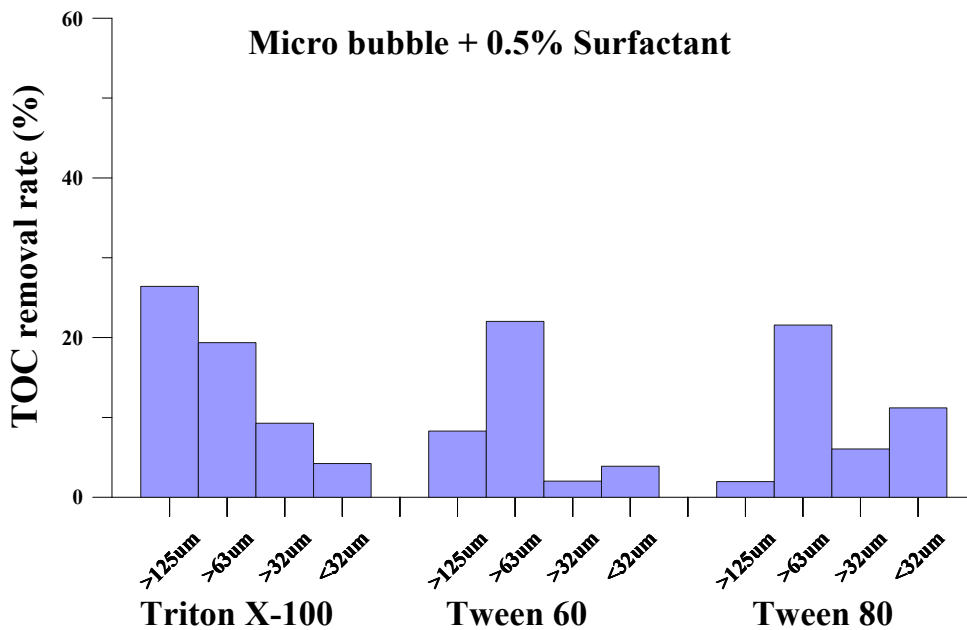


그림 V-45. 미세기포와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 TOC 제거효율

o 미세기포와 + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 3.9 ~26.4 %의 TOC제거율을 보였음

o 미세기포 + 0.5% Triton X-100의 경우 입경이 클수록 TOC제거율이 높았음

o 미세기포 + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63µm의 TOC제거율이 가장 높았음

o 미세기포 + 0.5% Tween 80처리의 경우 >63µm의 TOC제거율이 가장 높았으며, <32µm의 TOC제거율도 비교적 높았음

②. 미세기포와 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

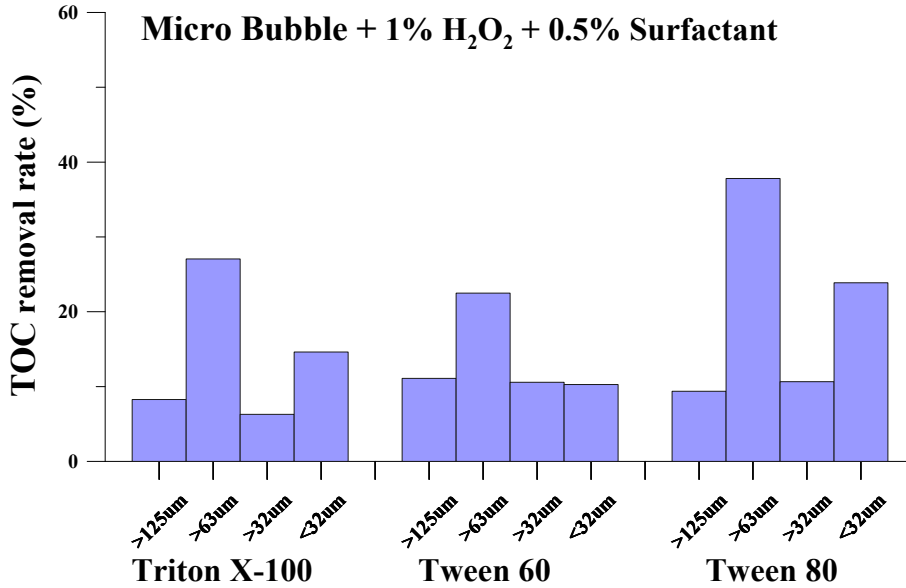


그림 V-46. 미세기포, 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 TOC 제거효율

- 미세기포와 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 6.3 ~37.8%의 TOC제거율을 보였음
- 미세기포와 + 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63, <32 µm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 미세기포와 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63 µm의 TOC제거율이 가장 높았음
- 미세기포와 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 >63 µm, <32 µm에서 TOC제거율이 가장 높았음

③. 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

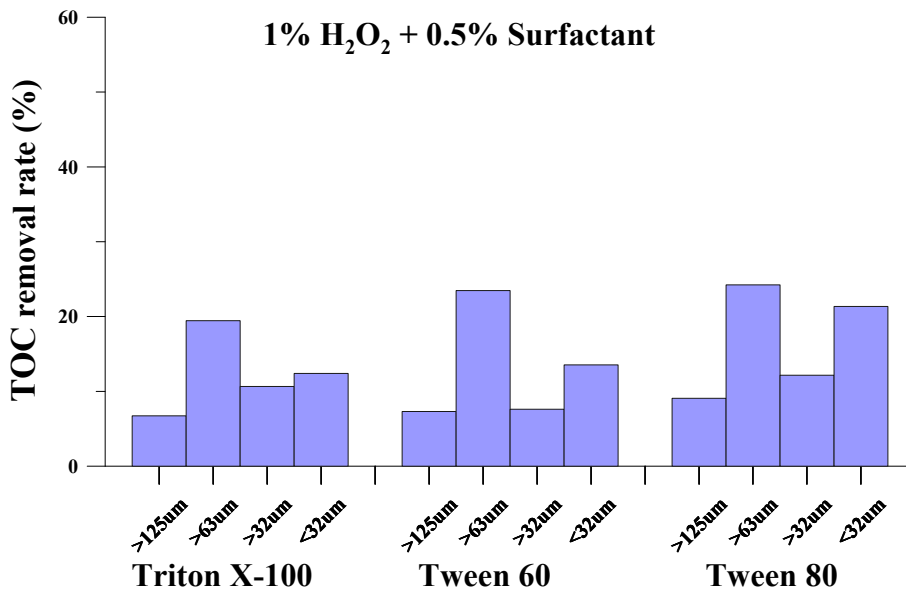


그림 V-47. 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 TOC 제거효율

- 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 6.7 ~ 24.2%의 TOC제거율을 보였음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63, <32 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우도 >63, <32 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >63 μm, <32 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 세가지 계면활성제 중에서는 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80의 처리가 TOC제거율이 가장 높았음

④. 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

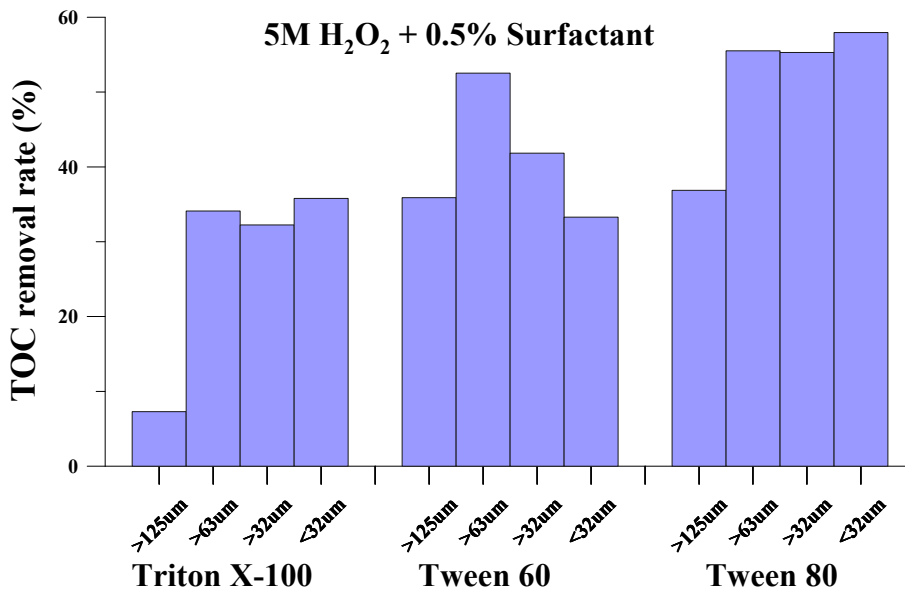


그림 V-48. 5M H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 TOC 제거효율

- 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 7.3 ~ 58.0%의 TOC제거율을 보였음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63, <32 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >63 μm, <32 μm에서 TOC제거율이 가장 높았음
- 세 가지 계면활성제 중에서는 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80의 처리가 TOC제거율이 가장 높았으며, 미세입자의 TOC제거율도 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% + 계면활성제 처리가 모든 처리 중 TOC제거율이 가장 높았음

(나). 화학적 산소요구량 (Chemical oxygen demand, COD) 감소율

- ①. 미세기포 + 0.5% 계면활성제로 처리

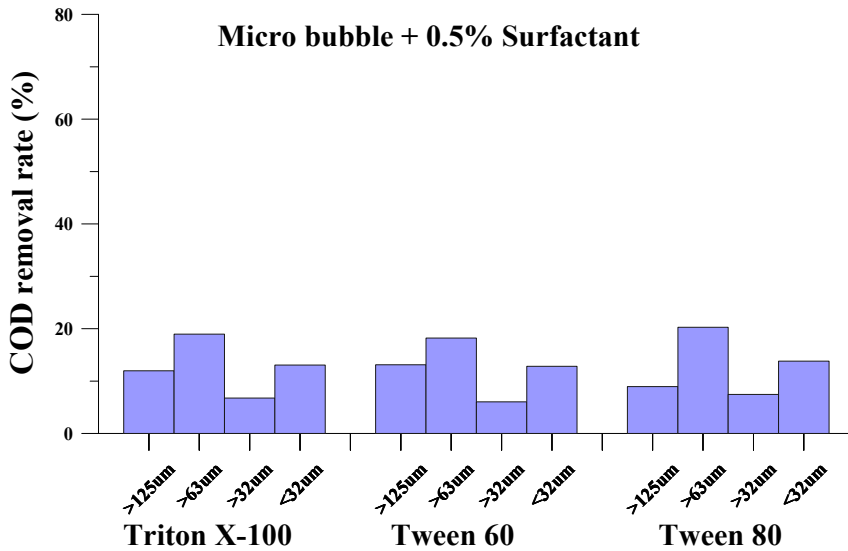


그림 V-49. 미세기포, 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 COD감소율

- 미세기포와 + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 6.8 ~20.3 %의 COD감소율을 보였음
- 미세기포 + 0.5% Triton X-100처리의 경우 >63, >32 µm입경에서 COD감소율 높았음
- 미세기포 + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63, >32 µm입경에서 COD감소율 높았음
- 미세기포 + 0.5% Tween 80처리의 경우도 >63, >32 µm입경에서 COD감소율 높았음
- 계면활성제에 따른 COD감소율의 차이는 나타나지 않았음

②. 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

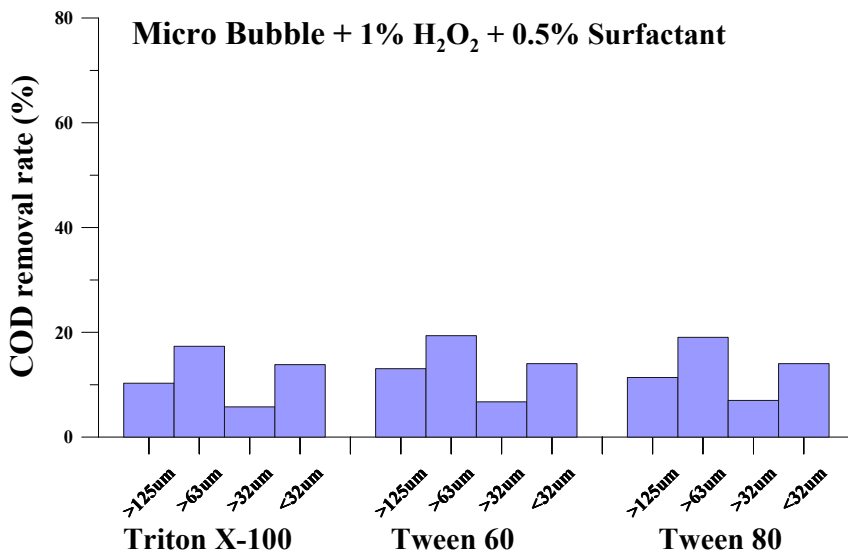


그림 V-50. 미세기포, 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 COD감소율

- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 5.8 ~ 19.4%의 TOC제거율을 보임

- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63, <32 μm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63, <32 μm에서의 COD감소율이 가장 높았음
- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 >63 μm, <32 μm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 계면활성제에 따른 COD감소율의 차이는 나타나지 않았음

③. 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

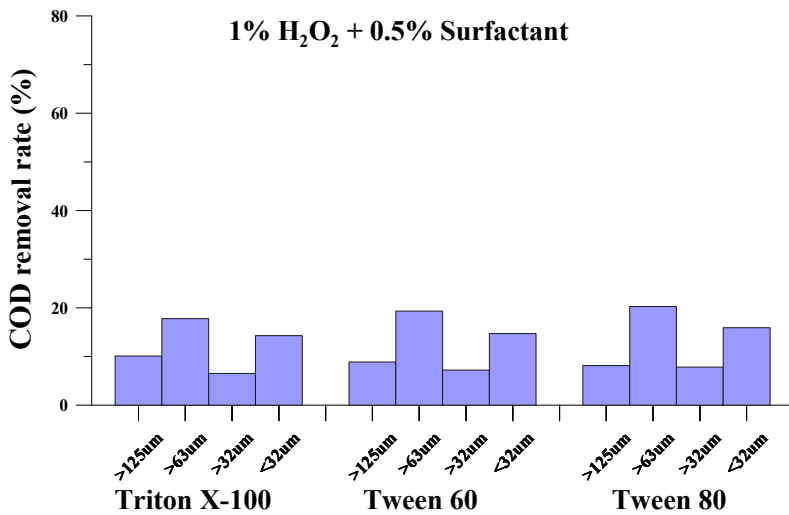


그림 V-51. 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 COD감소율

- 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 5.8 ~19.4%의 COD감소율을 보였음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63, <32 μm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우도 >63, <32 μm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >63 μm, <32 μm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 세 가지 계면활성제 중에서는 >63, <32 μm에서 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80의 처리가 비교적 COD감소율을 가장 높았음

④. 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

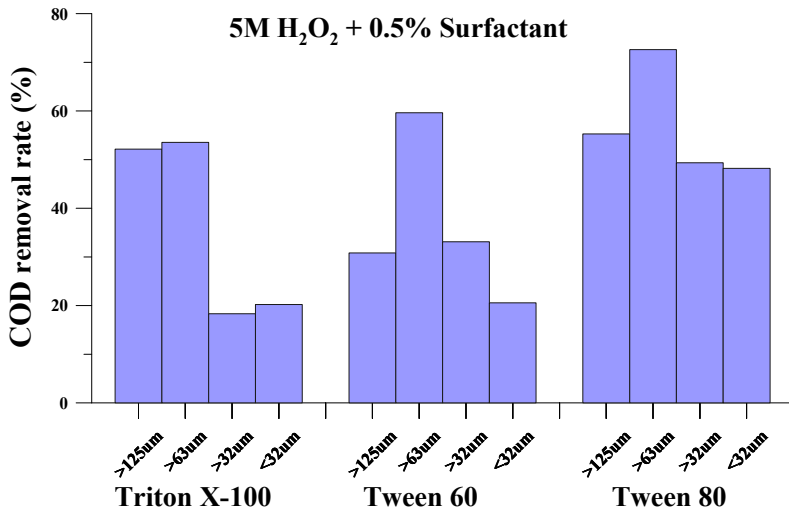


그림 V-52. 5M H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 COD 제거효율

- 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 18.3 ~ 72.6%의 COD감소율을 보였음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >125, >63 µm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >63 µm에서 COD감소율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >63 µm COD감소율이 가장 높았음
- 세 가지 계면활성제 중에서는 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80의 처리가 COD감소율이 가장 높았으며, 미세입자의 COD감소율도 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% + 계면활성제 처리가 모든 처리 중 COD감소율이 가장 높았음

(다) 강열감량(Ignition loss, IL) 감소율

- ①. 미세기포 + 0.5% 계면활성제로 처리

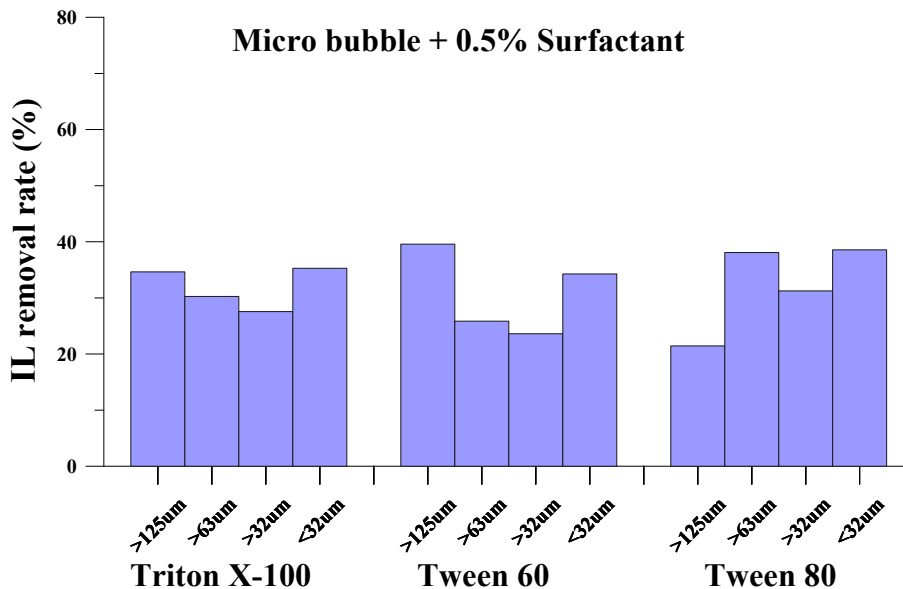


그림 V-53. 미세기포와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 강열감량 제거효율

- 미세기포와 + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 21.4 ~39.6%의 IL감소율을 보였음
- 미세기포 + 0.5% Triton X-100처리의 경우 >63, <32 μm 입경에서 IL감소율이 높았음
- 미세기포 + 0.5% Tween 60처리의 경우 >125, <32 μm 입경에서 IL감소율이 높았음
- 미세기포 + 0.5% Tween 80처리의 경우 >63, >32 μm 입경에서 IL감소율이 높았음
- 계면활성제에 따라 효과적인 입경범위의 차이가 보였음

②. 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

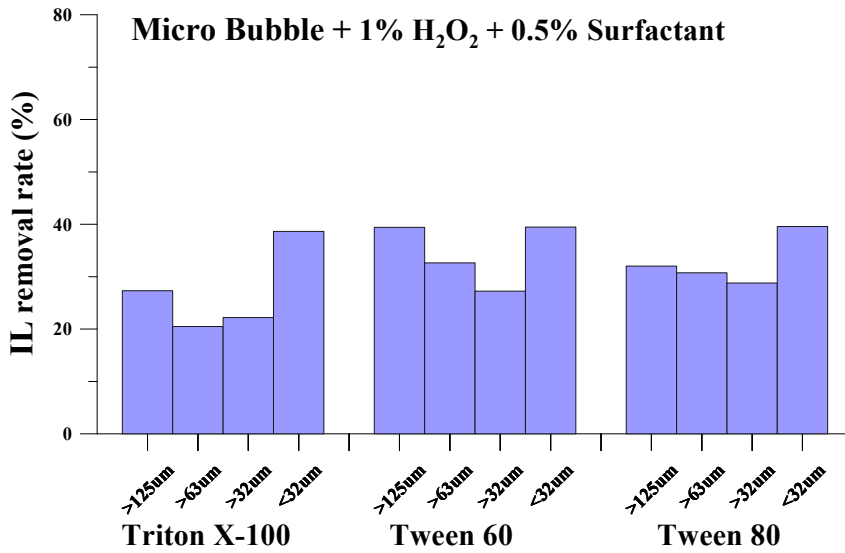


그림 V-54.. 미세기포, 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 강열감량(IL) 감소율

- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 22.2 ~ 39.6%의 IL감소율을 보였음
- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >125, <32 µm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >125, <32 µm에서의 IL감소율이 가장 높았음
- 미세기포 + 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 <32 µm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 제가지 계면활성제처리 중 전체 입경별 IL감소율은 Tween 60, 80이 가장 높았으며, <32 µm에서의 IL감소율은 세 가지 모두 비슷하였음

③. 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

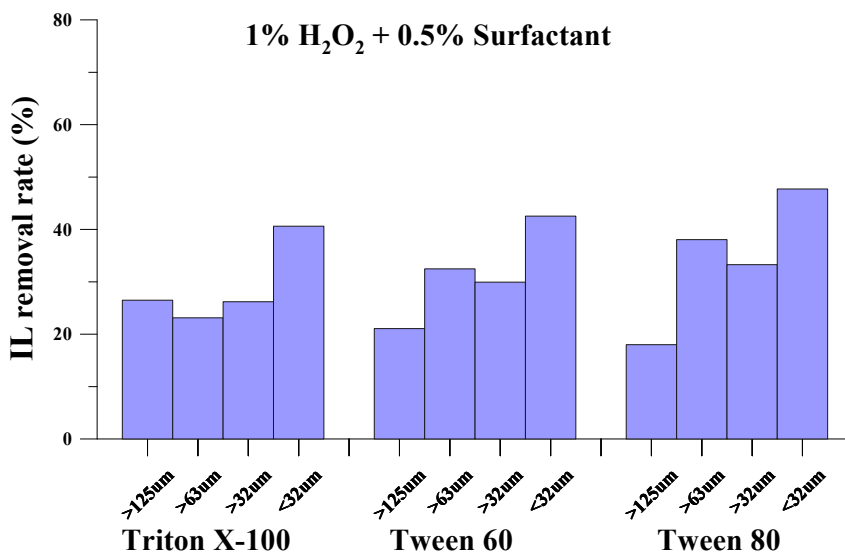


그림 V-55. 1% H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 강열감량 제거효율

- 1% H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 18.0 ~ 47.7%의 IL감소율을 보였음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 <32 μm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우도 >63, <32 μm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >63 μm, <32 μm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 세 가지 계면활성제 중에서는 >63 이하의 범위에서서 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 80의 처리가 비교적 IL감소율이 가장 높았음

④. 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제로 처리

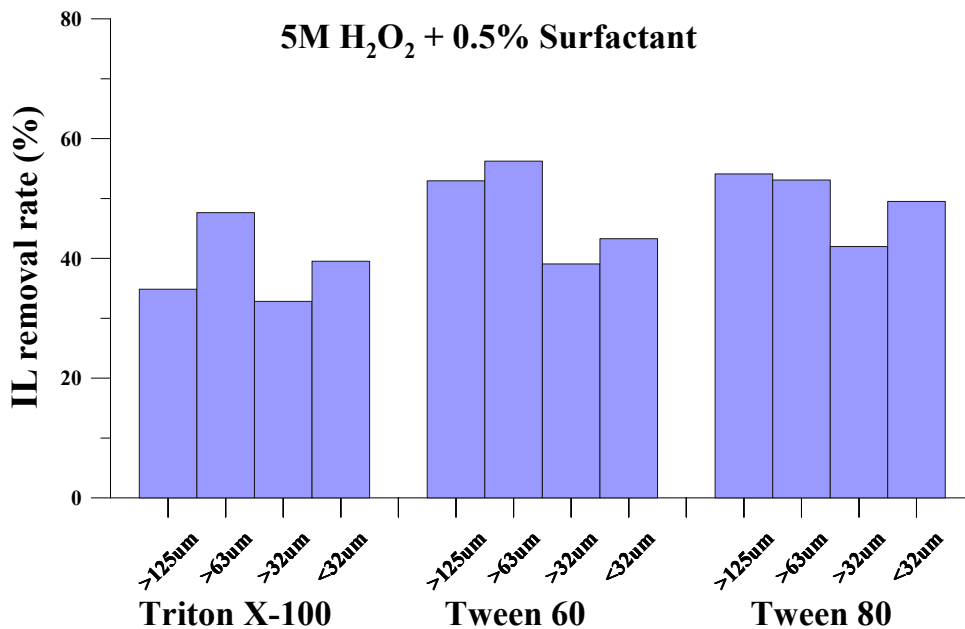


그림 V-56. 5M H₂O₂와 0.5% 계면활성제로 처리한 퇴적물의 입자별 강열감량 제거효율

- 5M H₂O₂ + 0.5% 계면활성제 처리는 대상해역의 벌크 퇴적물에서 입경크기범위별로 32.8 ~ 56.3%의 IL감소율을 보였음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Triton X-100의 경우 >63 μm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 60처리의 경우 >125, >63 μm에서 IL감소율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% Tween 80처리의 경우 역시 >125, >63 μm IL감소율이 가장 높았음
- 세 가지 계면활성제 중에서는 1% H₂O₂ + 0.5% Tween 60과 80의 처리가 IL감소율이 가장 높았으며, 비교적 큰 입자의 IL감소율이 가장 높았음
- 5M H₂O₂ + 0.5% + 계면활성제 처리가 모든 처리 중 IL감소율이 가장 높았음

(라). 2차 처리 후 부영양화 정화지수 비교

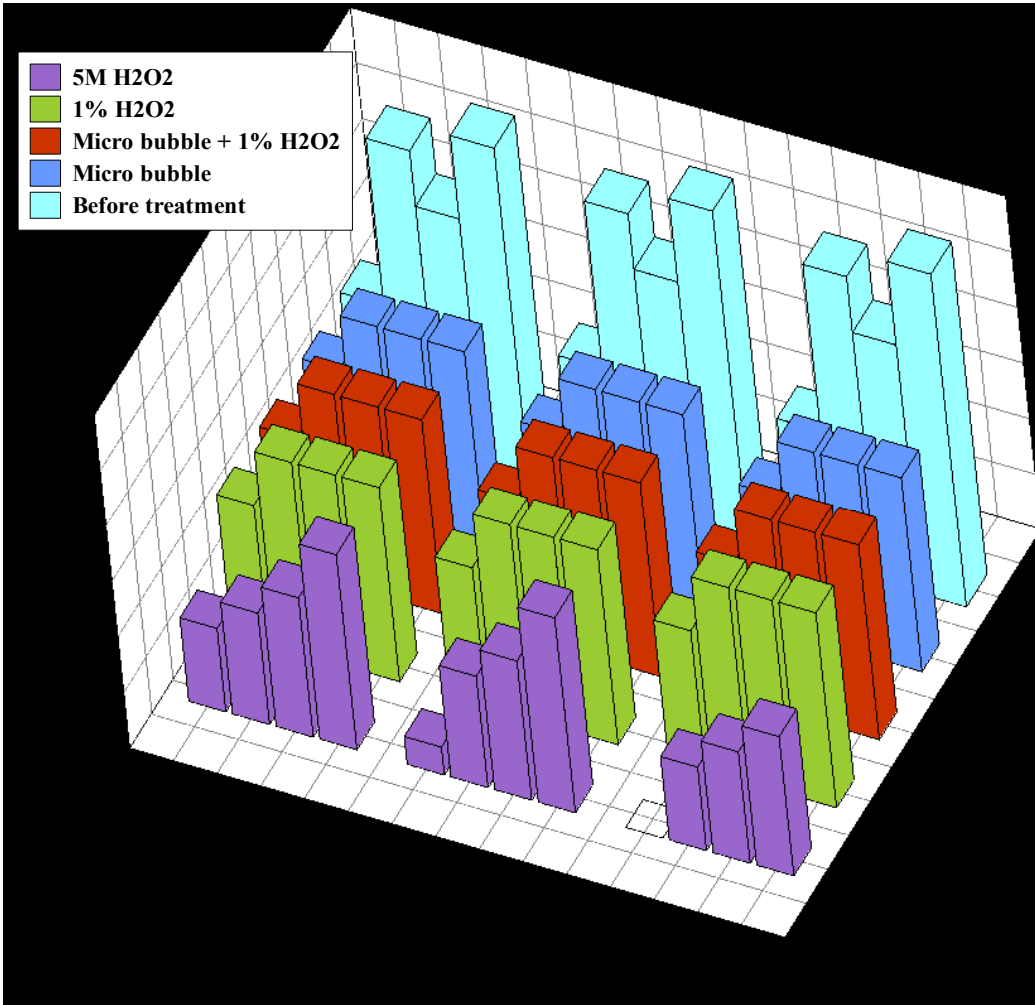


그림 V-57. 심화 실험 전·후 각 해역 퇴적물의 입자별 부영양화 정화지수

○ 2차 실험 결과 전 해역의 오염 퇴적물 시료의 $>63 \mu\text{m}$ 이하의 입경 범위에서는 2차 처리 후 부영양화 정화지수가 모두 감소한 것으로 나타남

○ 12가지 종류의 모든 처리 중 $5\text{M H}_2\text{O}_2$ + 계면활성제의 처리 효율이 가장 높은 것으로 나타남

○ 그 중 $5\text{M H}_2\text{O}_2$ + Tween 80의 경우 >125 , >63 , >32 , $<32 \mu\text{m}$ 의 범위의 정화 처리 후 부영양화 정화지수가 각각 0, 3, 4, 5로 가장 큰 감소율을 보였으며, 부영양화 정화 기준을 초과하지 않았음

(3). 심화 실험 결과 평가

○ 계면활성제 중 Tween 80이 다른 계면활성제보다 좋은 제거 효율을 나타냄

○ 미세기포 + 계면활성제 처리 실험에서의 부영양화 관련 오염물질의 제거 효율

: $>63 \mu\text{m}$ 입자에서는 증가 $>32 \mu\text{m}$, $<32 \mu\text{m}$ 입자에서는 제거 효율이 향상되지 않음

○ 미세기포 + $1\% \text{H}_2\text{O}_2$ + 계면활성제 처리 실험에서 $>32 \mu\text{m}$, $<32 \mu\text{m}$ 입자에서의 부영양화 관련 오염물질의 제거 효율: 미세기포 + 계면활성제 처리 실험의 제거 효율 보다 높음

- 1% H₂O₂ + 계면활성제 처리실험에서 부영양화관련 오염물질의 제거효율은 미세기포 + 1% H₂O₂ + 계면활성제 처리실험보다 대체로 좋은 제거효율을 보임
- 이는 미세기포 처리를 화학적 처리제와 동시에 하는 것보다 전처리(pre-oxidation)과정으로 적용하는 것이 적합한 것으로 판단됨
- 5M 과산화수소 + 계면활성제 처리실험이 가장 우수한 부영양화관련 오염물질의 제거효율을 나타내고 있으며, 계면활성제 중 Tween 80을 사용하였을 때 >32μm, <32μm 입자에서의 제거효율이 가장 높았음
- 위의 결과를 바탕으로 실트질이 우세한 해양오염퇴적물에서의 부영양화관련 오염물질 저감을 위한 화학적 처리제로는 5M 과산화수소 + 계면활성제 Tween 80을 이용한 처리가 적절한 것으로 판단됨

라. 부영양화 관련 오염물질처리 과정에 따른 중금속 제거

- 해양오염퇴적물의 경우 오염물질이 한가지인 경우는 극히 드물고 복합적인 오염물질이 원인 경우가 일반적임
- 국내에서 조사된 해양오염퇴적물의 경우 부영양화관련 오염물질 뿐만 아니라 유해화학물질 중 중금속으로 오염된 예가 많이 보고되어 있음
- 실험 대상해역인 R, M, N 해역에서도 부영양화관련 오염물질과 유해화학물질 중 중금속오염이 복합적으로 진행되어 있음
- 계면활성제와 산화제를 이용하여 중금속오염을 저감할 수 있는 예가 있음
- 중금속오염제거 공정 전에 부영양화관련 오염물질 제거공정에서 일부 중금속의 오염도를 저감시킬 수 있다면, 공정의 시간적, 공간적 효율향상에 큰 도움이 될 수 있음

⇒ 심화 실험 과정에서 저감될 수 있는 중금속 제거 효율을 살펴 볼 필요가 있음

- 본 연구의 심화실험 과정에서 저감된 대상해역의 오염퇴적물 중 중금속 농도는 토양오염 우려기준 중 3지역 기준 농도를 초과하지 않음 (그림 V-9)
- 대상 해역의 오염퇴적물을 본 연구에서 제안한 정화·복원처리 후 중금속 농도는 육상의 준설토 처리장으로 폐기처리가 가능함
- >63μm의 사질토를 재활용 목적으로 사용 시, 본 연구의 심화실험과정에서 정화처리 된 오염퇴적물의 >63μm의 퇴적물의 중금속 농도는 “수저준설토사 유효활용기준”의 오염기준치 이하이므로, 양빈 등으로 유효활용 될 수 있음 (그림 V-10)

표 V-9. 3 지역의 토양오염 우려기준¹⁹⁾

구 분	지역	카드뮴	구리	비소	수은	납	6가크롬	아연	니켈
토양오염 우려기준	3지역	60	2,000	200	20	700	40	2,000	500

단위: mg/kg(건중량)

19) 토양환경보전법 시행규칙 별표3 (제1조의 5 관련), 환경부, 2011.10. 06.

표 V-10. 수저준설토사 유효활용기준 및 활용가능 용도²⁰⁾

구 분	기 준 단위: mg/kg(건중량)	유효활용준설토사 활용가능 용도
크롬 또는 그 화합물	80	1. 해수욕장의 양빈 2. 습지 등 해안의 복원 3. 인공섬의 조성 4. 어장개선사업 5. 항만시설 또는 어항시설의 개발시 공사용 재료 6. 그 밖에 국토해양부장관이 해양환경의 보전을 위해 필요하다고 인정하여 수저준설토사를 활용하는 경우
아연 또는 그 화합물	180	
구리 또는 그 화합물	60	
카드뮴 또는 그 화합물	1.5	
수은 또는 그 화합물	0.25	
비소 또는 그 화합물	18	
납 또는 그 화합물	45	
니켈 또는 그 화합물	35	
총 폴리염화비페닐	0.023	
총 다환방향족탄화수소	2.64	
총질소	1,500	
총인	500	

○ 퇴적물에서 중금속의 존재형태 종류

- 광물격자에 갇혀 존재(residual fraction)하는 형태
: 생물 이용성이 낮은 부분, 생태계 영향도가 낮음

- 생물이용성(bio-availability)이 높은 부분으로 존재하는 경우

: 환경의 변화에 따라 주변 생태계에 영향을 줄 수 있으며 인위적인 오염을 설명하는데 유용함

○ 중금속으로 오염된 토양 및 퇴적물의 저감처리 중 대부분은 생물이용성(bio-availability)이 높은 부분의 중금속을 제거하는데 중점을 두고 있음

⇒ 심화 실험 과정에서 생물이용성(bio-availability)이 높은 부분의 중금속제거 효율을 계산하였음

(1). 생물이용성(bio-availability)이 높은 중금속 형태 부분에 대한 분석방법

○ 생물이용성(bio-availability)이 높은 중금속 형태 부분에 대한 분석방법의 종류

- 단일시약 추출법

- 연속추출법

○ 단일 시약 추출법

: 연속추출법에 비해 간단하고 시간이 적게 소요되는 방법으로 금속원소의 생물이용도와 인위적인 오염을 평가할 수 있으며, 오염원을 구별할 수 있는 방법으로 알려져 있음

○ 1M 염산(HCl) 추출법

: 해양 퇴적물에서 1M 염산을 이용한 추출법이 생물학적인 자료와의 상관관계가 좋고 인위적인 오

20) 수저준설토사 유효활용기준 등 규정, 국토해양부고시 제2012-338호, 2012.6.19.

염에 의한 퇴적물 오염을 명백하게 밝혀냈으며, 비 오염지역과 오염이 심하지 않은(moderately) 지역을 구분하는데도 좋은 민감도(sensitivity)를 갖는 결과가 보고되어 있음

⇒ 본 연구에서는 1M 염산을 이용한 단일 시약 추출법으로 잠재적인 생물학적 이용 가능성이 큰 부분의 중금속을 추출하여 중금속제거 효율을 계산하였음

(2). N해역의 퇴적물 내 생물이용성이 큰 중금속 분석결과

○ 단일시약 (1M 염산)을 이용하여 생물이용성이 큰 중금속 분석결과

: N해역에서 추출된 각 중금속의 양은 Cr이 15.3~17.9%, Ni이 20.2~24.3%, Cu가 50.5~60.6%, Zn이 59.8~61.4%, As은 11.5~21.0%, Cd은 75.8~80.8%, Pb은 63.6~80.2% 이었음 (표 V-11)

표 V-11. N해역 퇴적물 내 1M 염산추출부분

	입자 크기	Cr %	Ni %	Cu %	Zn %	As %	Cd %	Pb %
N해역	>63 μ m	17.9	24.3	50.5	60.9	14.0	76.3	63.6
	>32 μ m	16.3	20.9	58.3	61.4	11.5	80.8	71.9
	<32 μ m	15.3	20.2	60.6	59.8	21.0	75.8	80.2

(3). 결과 및 고찰

○ 부영양화 관련 오염물질 처리과정에서 제거 된 N해역의 퇴적물 내 생물이용성이 큰 중금속

- 결과요약을 표 V-10에 나타냄

- 미세기포 + 계면활성제 처리실험에서 1M 염산추출부분 중금속 제거 효율

: >63 μ m, >32 μ m 입자에서 Cd이 12.7~46.2% 를 나타냈으며, <32 μ m 입자에서 As가 20%의 제거 효율을 보임

- 미세기포 + 1% 과산화수소(H₂O₂) + 계면활성제 처리실험에서 1M 염산추출부분 중금속 제거 효율

: >63 μ m, >32 μ m 입자에서 Cd이 13.7~46.2% 로 나타남

- 1% 과산화수소(H₂O₂) + 계면활성제 처리실험에서는 1M 염산추출부분 중금속 제거 효율

: >63 μ m, >32 μ m 입자에서 Cd이 3.3~36.6% 로 나타남

- 5M 과산화수소(H₂O₂) + 계면활성제 처리실험에서 1M 염산추출부분 중금속 제거 효율

: >63 μ m, >32 μ m, <32 μ m 입자에서 Cr이 0.6~25.3%, Ni이 21.8~43.4%, Cu가 16.2~38.4%, Zn이 41.8~56.5%, Cd가 55.5~86.3%를 나타냈으며, Pb은 >63 μ m 입자에서 4.2~21.7%의 제거효율을 보였으며, >32 μ m, <32 μ m 입자에서는 제거되지 않았음

- 본 연구에서 실험된 부영양화 관련 오염물질처리 과정에서 As는 저감되지 않는 것으로 나타남

⇒ 5M 과산화수소(H₂O₂) + 계면활성제 처리실험에서의 결과로 볼 때 부영양화 관련 오염물질처리 과정에서 Ni, Cu, Zn, Cd, Pb은 생물이용성(bio-availability)이 높은 부분의 중금속제거 역시 가능함

마. 통합방안 제안

○ 입자분리

- 해양퇴적물의 입도분포 특성 고려, 입경별 부영양 오염물질 분포 및 공정의 용이성, 타당성, 비용의 절감, 을 위하여 선정

- 63 μ m 이상, 32 μ m 이상, 32 μ m 이하

o 세척 및 화학적 처리

- 작은 미세 입자처리: 계면활성제를 이용하여 부영양화 관련 오염물질을 처리하는 것이 효과적
- 화학적 산화: 산화제를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리가 효과적으로 판단 됨, 부영양화 관련 오염물질 및 중금속의 제거효율 동반된 화학처리 적용

o 처리공정

- 대상 해역 퇴적물 중 63 μm 이상은 전체 퇴적물 대비 평균 14.6%이며, 입경별 오염도를 함께 고려하면 전체 처리 대상 중 9.4%에 해당함
- 해양퇴적물을 처리공정에 도입하는 단계에서 협잡물(Debris) 및 자갈 등(Over size gravel etc.)을 기존 상용 장치로 분리, 제거가 필요함
- 주요 처리 대상 입자의 분리는 먼저 조립질(Sand)과 미세입자를 효율적으로 분리한 다음, 분리된 미세입자를 실제 처리 대상이 되는 입경별로 분리가 필요함
- 조립질은 전체 처리대상 오염물질 대비 9.4%이므로 상용 오염토양 정화기술에서 주로 적용하는 용수에 의한 세척과 유기물 산화로 충분히 제어가 가능함
- 처리 대상 미세입자는 단순한 유기물 산화로는 제어하기 곤란하므로, 함유된 오염물질에 대한 고도처리가 필요함

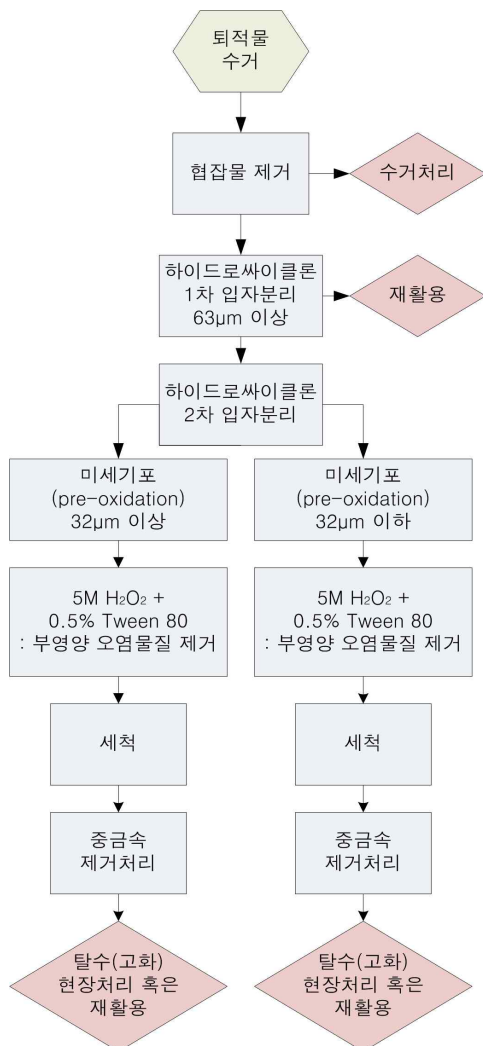


그림 V-58. 분리 및 세척 처리기술 통합 공정 제안

⇒ 따라서 본 연구결과를 통해 하이드로 싸이클론을 이용한 1mm이하의 해양오염퇴적물의 물리적 입자분리를 통해 63 μ m 이상, 32 μ m 이상, 32 μ m 이하의 범위로 퇴적물을 분리한 후 계면활성제(tween 80)와 산화제(H₂O₂)를 이용한 부영양화 관련 오염물질의 처리 공정의 통합방안을 제안함 (그림 V-58)

표 V-11. 부영양화 관련 오염물질처리 실험 후 1M 염산추출부분 중금속 제거 효율 및 Cl_{HC} 변화

처리공정	계면활성제	입자 크기	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cl _{HC}	
			%	%	%	%	%	%	%	처리전	처리후
미세기포	Triton x-100	>63 μ m	11.2	8.8				44.2	8.1	2.10	1.87
		>32 μ m					5.7	24.2		2.27	2.18
		<32 μ m					20.5			3.06	3.04
	Tween 60	>63 μ m		0.5			1.9	46.1	9.0	2.10	1.87
		>32 μ m						12.7		2.27	2.22
		<32 μ m					11.6			3.06	3.05
	Tween 80	>63 μ m						43.6	6.5	2.10	1.89
		>32 μ m						15.1		2.27	2.21
		<32 μ m					7.4			3.06	3.05
미세기포+1% H2O2	Triton x-100	>63 μ m						37.4		2.10	1.93
		>32 μ m						13.7		2.27	2.22
		<32 μ m								3.06	3.06
	Tween 60	>63 μ m	2.2	0.1				43.6	7.8	2.10	1.88
		>32 μ m						16.3		2.27	2.21
		<32 μ m								3.06	3.06
	Tween 80	>63 μ m						42.1		2.10	1.91
		>32 μ m						15.8		2.27	2.21
		<32 μ m								3.06	3.06
1% H2O2	Triton x-100	>63 μ m						33.6		2.10	1.95
		>32 μ m						3.3		2.27	2.26
		<32 μ m								3.06	3.06
	Tween 60	>63 μ m						35.4		2.10	1.94
		>32 μ m						16.7		2.27	2.21
		<32 μ m								3.06	3.06
	Tween 80	>63 μ m						36.6		2.10	1.94
		>32 μ m						15.4		2.27	2.21
		<32 μ m								3.06	3.06
5M H2O2	Triton x-100	>63 μ m	12.4	35.3	16.2	54.7		81.8	14.8	2.10	1.02
		>32 μ m		28.0	20.8	41.8		74.4		2.27	1.35
		<32 μ m	11.4	38.7	31.3	48.1		55.5		3.06	2.11
	Tween 60	>63 μ m	24.1	40.2	32.9	56.5		84.5	21.7	2.10	0.88
		>32 μ m	25.3	37.0	38.4	55.0		80.9	17.1	2.27	1.03
		<32 μ m	0.6	34.9	24.1	45.6		60.5		3.06	2.21
	Tween 80	>63 μ m	17.9	43.4	30.3	53.8		86.3	4.2	2.10	0.97
		>32 μ m		21.8	26.9	47.2		82.0		2.27	1.26
		<32 μ m	16.3	35.7	34.5	52.2		70.3		3.06	2.03

참고문헌

- 국토해양부 (2011) 해양오염퇴적물 조사 및 정화복원 범위 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제2011-700호, 2011.11.30.
- 국토해양부 (2012) 수저준설토사 유효활용기준 및 활용가능 용도 국토해양부고시 제2012-338호, 2012.6.
- 김경련, 최기영, 김석현 (2010) 우리나라 현존 토양정화기술의 해양오염퇴적물 정화사업 적용가능성 검토: 중금속, 대한환경공학회지, 2010, 1076~1086
- 조영길, 이창복, 박용안, 김대철, 강효진 (1993) 황해 동부 대륙붕과 한반도 서해안 표층퇴적물의 지구화학적 특성, The Korean Journal of Quaternary Research, 7, 69-92
- 해양수산부 (2007) 해양오염퇴적물 조사, 정화·복원체계 구축(III), 해양수산부, 2007 (조사기관: 한국해양과학기술원)
- 환경부 (2002) 토양복원 기술 및 사례집, 환경부, 2002
- 환경부 지역의 토양오염 우려기준 및 대책기준, <https://sgis.nier.go.kr/newsgis/do?C=SoSiSm&A=60> (June 2013 accessed)
- Barghigiani C, Ristori T, Lopez Arenas J (1996) Mercury in marine sediment from a contaminated area of the northern Tyrrhenian Sea: < 20 μm grain-size fraction and total sample analysis, The Science of the Total Environment 192, 63-73
- Dermont G, Bergeron M, Mercier M, Richer-Lafleche M (2008) Soil washing for metal removal: a review of physical/chemical technologies and field applications. Journal of Hazardous Materials 152, 1-31
- Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF (2001) Heavy metal removal from sediments by biosurfactants Journal of Hazardous Materials, 85, 111-125
- Mohan D, Singh KP, Singh VK (2008) Wastewater treatment using low cost activated carbons derived from agricultural byproducts-A case study, Journal of Hazardous Materials, 152, 3, 1045-1053
- Giddings JC (1985) Field flow fractionation, Separation Science and Technology, 19, 831-847
- Oh JK, Jeong SM, Cho YG (2007) Variations of Grain Textural Parameters of Beaches by Coast Development at East Coast Korea Peninsula, Journal of Korean Earth Science Society, 28, 914-924
- Yeung AT, Gu YY (2011) A review on techniques to enhance electrochemical remediation of contaminated soils, Journal of Hazardous Materials, 195, 11-29
- Paller MH, Knox AS (2010) Amendments for the in situ remediation of contaminated sediments Evaluation of potential environmental impacts, Science of the Total Environment, 408, 4894-4900
- Gomes HI, Dias-Ferreira C, Ribeiro AB (2013) Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application, Science of the Total Environment, 445-446, 237-260
- Ferrarese E, Andreottola G, Oprea IA (2008) Remediation of PAH-contaminated sediments by chemical oxidation, Journal of Hazardous Materials, 152, 128-139
- Chiang YW, Santos RM, Ghyselbrecht K, Cappuyns V, Martens JA, Swennen R, Van Gerven T, Meesschaert B (2012) Strategic selection of an optimal sorbent mixture for in-situ remediation of heavy metal contaminated sediments Framework and case study, Journal of Environmental Management, 105, 1-11

VI. 현장 처리기술 공정 설계

1. 해양오염퇴적물 국내외 기술개발 현황

가. 기술 개요

- 해양퇴적물 오염에 영향을 주는 가장 일반적인 오염물질은 중금속, 기름관련 제품, PAH 및 PCB 계통이며 중금속의 경우 Pb, Cr, As, Cd, Zn 등이 오염 지역에서 가장 많이 발견되고 있으며, 유해물질의 경우는 Trichloroethylene, PCB, Tetrochloro-ethylene, Benzene 및 Trichloroethane 등이 주종을 이루고 있음. 이러한 오염물질에 의해 오염이 발생한 해양퇴적물의 처리는 In-Situ, 또는 Ex-Situ 할 수 있으나 경우마다 경제적인 요인이 중요한 현안 문제임.
- 퇴적오니가 문제를 야기하는 것은 다음의 3가지 유형으로 구분됨.(U.S.EPA, 1991). 첫째, 인간의 과도한 토목공사 및 농경활동으로 발생한 토사 침전물이 하천 저부를 뒤덮어 저부의 동·식물 등 생태계의 교란이 일어난다. 둘째, 퇴적물의 침강으로 인하여 저수지 및 댐 등의 저수용량이 감소하며 하천이나 운하에서 퇴적물의 침강은 관광선, 수송선의 운항 등 정상적인 상업 활동을 방해함. 마지막으로 인간 활동에 의하여 유출된 독성 오염물질들과 질소, 인 및 중금속 등의 무기물들이 과도하게 침적되어 수생태계 및 인간의 건강에 악영향을 미침.
- 이 경우, 대부분의 오염물질들의 침적이 장기간에 걸쳐 발생하고 퇴적오니 내 점토의 흡착특성에 의하여 고농도로 존재하여 오염원이 되기 때문에, 수처리를 통하여 수계로 배출되는 오염물질들을 제거하여도 저부에 침적된 오염물질들이 수계로 용출됨.
- 따라서, 수계 내로 오염물질의 배출을 차단하는 것도 매우 중요하지만 장기적인 안목에서 볼 때 오염원이 되는 퇴적오니를 직접적으로 처리하는 기술이 필요함.
- 최근 이러한 오염문제가 제기됨에 따라서 오염해양퇴적물의 정화를 위한 기술의 필요성이 새로이 요구되고 있으며, 선진 외국에서는 이러한 기술들이 빠르게 개발·발전되고 있지만 국내에서는 아직 미흡한 수준임. 이에 따라 퇴적물의 물리적 특성 및 오염물의 종류 및 농도수준 등을 고려한 종합적인 처리기술의 개발이 필요한 실정임.

나. 분석 배경 및 목적

1). 분석 배경

- 본 분석에서는 상술한 기술 개요에서와 같은 문제점들을 해결할 수 있도록 일반적인 오염 퇴적물의 처리를 위한 방법들에 대한 종합적인 고찰 및 준설된 오염퇴적물의 정화 및 처리에 대한 개발을 하는 기술과제, 산업계의 동향과 우리나라 기술수준에 대한 국내외 특허 분석을 통하여 향후 해양 퇴적물의 정화 및 처리 기술 분야의 산업시장에서 방향을 점검하고, 동시에 전략적이고 내실 있는 연구기획에 활용할 수 있도록 제공함.

2). 분석 목적

- 본 분석에서는 하상 또는 해양 퇴적토 정화 및 처리 기술을 개발함에 있어, 오염된 퇴적물의 정화/처리 공법 기술, 준설장치 기술 그리고, 정화/처리를 위한 다양한 소재 기술 등에 대하여 특허동향 분석을 실시함.
- 이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 예상하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고 하상 또는 해양 퇴적물

정화 및 처리 기술에 대한 연구개발과제 수행 시 그 타당성의 객관적인 특허정보를 제공하기 위함임.

다. 국내 연구 사례

- 국내의 경우 호수, 하천 해안의 퇴적물에 대한 오염도 평가자료가 미비하고, 현재 오염퇴적물의 준설에 관한 여부를 결정할 단계에 와 있으나, 이에 대한 환경부의 기준이 없으며, 심지어는 퇴적 준설물을 환경학적으로 분류할 때, 수질오염관리부서와 해양퇴적물환경관리부서 중 어느 곳에서 책임을 져야 하는지의 문제부터 논의를 시작해야하는 상황으로 판단됨.
- 다만, 산발적으로 하천, 호수, 해안의 오염이 심하다고 논란이 되는 지역(한강하류, 인천시 동구청 인천제철공장 옆 유수지, 속초의 청초호, 진해만, 마산만 등지)에 대해 준설 후 응집 침전처리방법을 적용하여 모든 고품입자를 무차별 강제 침전 시킨 후 탈수 후 매립처분하고 있는 실정임.
- 최근에는 팔당호, 대청호의 수질이 악화되면서 상수원으로써의 문제가 되자 상수원의 더욱 확실한 보호를 위해 오염이 심한 지역에 대한 준설의 필요성에 제기되고 있음.
- 상수원 보호구역 내의 오염퇴적물 준설에 의한 효과에 대해 논쟁의 여지가 남아있기는 하나, 이미 국내 여러 기업에서 2차오염을 발생시키지 않는 상태에서 또는 2차오염을 최소화한 상태에서의 준설기술을 보유하고 있는 것으로 인정되고 있음.
- 그러나, 현재 준설 후 사용하는 응집침전, 탈수, 매립처분으로는 한정된 국내매립지를 지나치게 남용하고 있다는 비난을 면할 수 없으며, 실제 매립처분 비용의 상승으로 경제적으로도 비효과적일 수 밖에 없음. 따라서, 오염퇴적물의 준설 후 처리처분시스템의 개발이 절실히 필요한 과제이나, 국내에서는 이러한 측면에서 개발된 기술은 거의 전무한 실정임.

라. 해외 연구 사례

- 외국의 경우 하천이나 호수, 해안의 저질토에 대한 전체 오염도의 비중이 커짐에 따라 수질관리를 위해 준설이 이루어지고 있으며, 이에 따른 재활용 시스템이 개발되고 있음.
- 먼저 가까운 일본의 예를 들면 일본에서 제2의 호수면적을 자랑하는 가스미가우라호의 경우, 오염퇴적물로부터의 영양염류 용출에 따른 호소의 부영양화가 가속됨에 따라 오염퇴적물의 준설이 진행되고 있으며, 준설된 오염퇴적물을 일부 매립하거나 혹은 초고압탈수기를 이용하여 탈리액은 수처리 시스템에서 처리하고 탈수된 케익은 시멘트와 혼합하여 고화 시켜 재활용(노반재로 이용)하는 시스템을 보유하고 있음.
- 미국의 경우 U.S. EPA에서 오염퇴적물의 처리방법을 선정할 때 고려하여야 할 여러가지 변수들을 설정해 놓았고(U.S. EPA, 1993), 준설이 필요하다고 결정이 될 경우, 해양퇴적물세척의 개념을 도입하여 오염퇴적물 준설물 처리시스템(처리용량 5.4 ton/day)을 개발하여 시험가동 하였고(U.S. EPA, 1992), 이미 현장에서 사용 중임.
- 이러한 물리 화학적 퇴적물 준설물 처리시스템은 복합 해양퇴적물성분의 유입시스템, 혼합기, 진동스크린, 부상조, 마찰기계, 하이드로싸이클론, 나선형 분류기, 탈수장비, 생물학적 슬러리 반응조, 수처리공정 등으로 구성되어 있으며, 종합적인 혼합/마찰/분류 장비에 물과 함께 오염된 미세 해양퇴적물입자를 분리해내는 시스템임.
- 퇴적물을 준설하지 않을 경우에는 현장에서 퇴적토층 위에 복토층을 살포함으로써 오염물이 수계로 누출되는 것을 최소화하는 방법을 적용하고 있음. 또한 각 주별로 필요에 따라 오염퇴적물에 대한 환경기준을 정하고 있으나, 현재 오염퇴적물에 대해 미국전역에 적용할 일반적인 연방환경기준 제정을 추진 중임.
- 네덜란드의 경우 오염 퇴적물 처리를 위한 국가적인 개발 프로그램인 POSW를 수립하여 대규모 시험을 진

행 중임. 6400여 톤의 오염준설물을 하이드로싸이클론과 부상 분리공정 등으로 구성된 물리적 처리시스템으로 처리하여 잔류 PSHs와 유분농도가 허용농도 이하인 건설자재로 재활용할 수 있을 정도의 해양퇴적물을 구분해내었음. 또한 생물학적 처리를 통해 유기화합물과 중금속을 상당히 제거해 냈었으나, 잔류오염농도 때문에 재활용을 못하고 매립하기로 결정한 바 있음.

- 독일의 경우, Hamburg지역에서 매년 약 200만 m³의 오염퇴적물을 준설하고 있는 실정이며, 대형 META (Mechanical Treatment of Harbor Sediments)시스템을 개발하여 사용한지 약 4년 정도가 경과하였음. 이 시스템의 주된 구성요소는 하이드로싸이클론, 나선형 분류기, 진공식 벨트필터로서 주로 물리적인 입자분류를 통해 오염입자와 비오염입자를 구분해 매립처분 또는 재활용하고 있음.

마. 국내, 외 기술수준 비교

- 미국이나 유럽에서는 현재 오염퇴적물의 위해성을 인식하고 이에 대한 처리처분시스템을 개발 중이거나 개발 후 시험단계에 있으며, 국내에서도 준설기술 분야에서는 외국에 비해 준설장비와 기술이 뒤떨어지지 않는다고 판단됨.
- 특히, 준설중에 퇴적물의 재부유(resuspension)와 이동에 의해 발생하는 2차 오염을 최소화하며 준설하는 기술은 이미 2개 회사에서 건교부 인정 신기술을 보유하고 있으며, 외국에서 최근 도입해온 2차 오염방지 준설선을 보유한 업체도 있음. 오염퇴적물 처리기술의 경우 현재 국내에서 신기술로 인정받고 있는 것은 양이온, 음이온, 고분자 응집제를 이용한 응집침전기술이지만, 이러한 기술은 오염해양퇴적물과 비오염해양퇴적물의 무차별처분으로 인해 매립지 남용, 매립 처분량의 과다로 인한 비경제적인 측면, 그리고 오염물질의 특성에 따라 응집이 효과적으로 일어날 수 없는 경우도 있을 수 있다는 것을 감안할 때, 이에 대한 대체기술 개발이 절실하다고 판단됨.
- 외국에서 개발 중이거나 이미 개발하여 시험 중인 오염된 퇴적준설물의 처리처분시스템이 국내에서 보유하지 않은 시스템이긴 하나, 각 구성요소로 사용되는 하이드로싸이클론, 부상조 생물학적 슬러리반응조 등은 국내에서도 충분히 연구개발 가능성이 있는 것으로 사료됨. 단지, 각각의 구성요소에 대한 설계방법론 제시와 시제품(시스템)의 제작 및 예비시험 등의 절차가 수행되어야 할 것으로 판단됨.
- 결과적으로 오염된 퇴적토의 처리에 있어서 퇴적토의 특성, 오염물의 종류 및 농도, 주변 생태계에의 영향 정도, 경제적 조건 등을 종합적으로 고려하여 오염물의 처리방법을 선정 후 적용하여야 할 것으로 판단됨.

바. 정량분석 결과

- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술에 있어서 유효특허 745건의 특허를 대상으로 하여 정량분석을 실시하였음. 유효특허 중 미국특허 건수가 279건으로 38%에 해당되어 점유율에 있어 가장 비중이 있게 나타남.
- 전체 출원동향에 있어 시계열적인 흐름은 증가세와 감소세를 반복하고 있으며, 최근에는 출원이 감소하고 있는 추세임. 전 세계적인 출원 경향은 미국과 일본의 출원 경향과 유사하며 최근의 성장 둔화는 국제적 금융위기에 따른 각국의 연구 개발이 용이하지 않은 요인인 것으로 파악됨.
- 국제특허분류를 통한 기술 분류를 살펴보면 C02F(물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리)에 대한 출원 건수가 총 25%로 가장 큰 비중을 차지하고 있어, 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술에 있어 물리적인 기구나

장치에 관한 기술보다는 화학적인 정화 또는 처리공법 위주의 연구개발이 주를 이루는 것으로 분석됨.

- 한국 특허의 기술 분류에 있어서도 전체적인 동향과 유사하게 화학적인 정화 또는 처리공법이 주를 이루고 있으나, 장치 또는 기구 등을 이용한 물리적 정화 및 처리공법 즉 B01D(물리적 분리)와 B09B(고체 폐기물의 처리)로 분류되는 기술에 있어서는 각각 10%와 6%를 차지하는 것으로 조사되는 바, 전체적인 동향과 대비시 한국 특허의 경우 장치 또는 기구 등을 이용한 물리적 정화 및 처리공법에 대한 연구가 미흡한 것으로 분석됨 즉 이러한 기술에 대해서 미국, 일본 등 선도국가의 기 연구된 특허를 통해 연구, 개발의 필요성이 요구됨.
- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술의 주요 출원인으로는 일본 기업이 전체 특허 중 상당부분을 차지하고 있음. 특히 일본의 경우 대기업의 출원 비중이 높은 것으로 나타나 대기업 위주의 연구 개발이 이루어짐에 반하여 한국의 경우 대기업과 관/공기업의 연구개발이 저조한 것으로 분석됨. 단, 한국의 경우 4대강 사업 등 국책사업과 맞물려 2008년 후반부터 출원의 급증세가 보이며, 아직 미공개인 특허 등을 감안하면 대기업, 관/공기업의 연구개발이 증가추세일 것으로 예측됨.

2. 해양오염퇴적물 정화기술 기초개발

가. 해양퇴적물 정화공법의 선정

- 복원기술 선택에 있어서의 첫 단계는 적용현장 및 퇴적물의 특성을 규명해야하는 것이며, 이러한 자료를 근거로 퇴적물의 오염여부 및 인체 또는 환경에 미치는 영향에 대한 잠재성에 대해 기술자가 판단할 수 있도록 해야 함.
- 앞의 내용에서는 퇴적물의 오염여부를 판단할 수 있는데 도움을 주는 몇 가지의 퇴적물 특성기준을 제공함. [별첨] 그림 VI-8은 오염퇴적물처리에 적용할 수 있는 기존의 기술과 새로운 기술에 대한 적용성을 나타낸 것임.
- [별첨] 표 VI-3과 [별첨] 표 VI-4는 복원기술자에게 적절하지 못한 복원방법을 걸러내는데(선정) 도움을 주는데, 이렇게 걸러내고 남은 기술을 이용하여 구체적으로 실행하도록 함. 그러나 현재는 [별첨] 표 VI-4에서 나타낸 바와 같이 각 변수들의 농도 범위에 대해서는 수치적으로 나타내기가 어려움.
- [별첨] 표 VI-5에서는 처리방법이 각 변수들이 미치는 영향을 나타내었음.
- 복원기술자는 [별첨] 그림 VI-8을 가지고 기존의 옵션, 새로운 기술 또는 두 가지를 복합하는 것 중 어느 방법이 현장에 적절한지를 결정할 수 있음.
- 작성이 완료된 작업계획서는 아래 네가지의 일반적인 상태를 나타낼 것임.
 - 기술의 선택 : 적용될 현장의 상황에 선택한 기술이 적절한지를 지시함
 - 명쾌한 선택 : 어떤 변수 또는 특성이 현장의 상황에 맞는 기술에 맞춰져야하는지를 나타냄.
 - 배 열 : 현장상태에 따라 상황이 많이 다르기 때문에 현장을 복원하기 위해서는 몇 가지의 기술을 사용해야 한다는 것을 나타냄
 - 선택의 부재 : 나열된 기술 중 현장에 적합한 것이 없음을 나타냄
- 작업계획이 완료되면 복원기술자는 기술선택단계로 넘어갈 수 있다. 기술선택단계는 다음과 같음.
 - 퇴적물의 오염여부를 오염퇴적물 규정을 통해 확인 함
 - 처리옵션을 [별첨] 그림 VI-8을 통해 선별함
 - 기술의 성능에 영향을 주는 중요한 요소를 통해 확인 함

- [별첨] 표 VI-3과 [별첨] 표 VI-4에서 적절하지 않은 기술을 선별함
 - 최적의 처리시스템을 결정함
- 최종적으로 선택된 처리시스템의 현장 적용 시 다음과 같은 선택과정을 거쳐 시스템의 위치선정을 고려하여야 함.
- 해양오염 퇴적물의 준설 후 처리를 위한 운송의 문제점 해결
 - : 수분함량이 높은 준설 퇴적물의 육상으로의 이송문제
 - 준설퇴적물의 보관할 수 있는 공간이 부재
 - 처리시스템의 On-site 설치 시 안정성 여부 확인
 - : 안정적인 유틸리티(용수, 전기 등) 공급 필요
 - 처리를 위해 사용되는 약품(산화제, 산, 알카리 등)의 해상에서 취급가능 여부
 - 처리시스템에서 배출된 처리완료 퇴적물의 이송
- 우리나라 해역의 퇴적토 특성 및 오염물질, 해안의 특성을 고려할 때 주처리 공법을 토양세척공법을 적용함.
- 토양세척 전 입자분리공정을 거쳐 오염농도가 낮은 조대토사를 분리함
 - 오염농도가 대부분 분포하는 모래 ~ 실트 입자는 세척세를 활용하여 정화함
 - 마지막으로 오염물질의 흡착능이 높아 제거가 어려운 실트 ~ 점토 입자는 고형화/안정화 처리공정을 거쳐 재활용 할 수 있도록 함
- 상기 기본 정화개념에 대한 도식을 나타내면 아래 그림 VI-1에 나타내었으며, 이의 적용을 위한 처리시스템의 위치에 대한 기본 개념도는 그림 VI-2와 같음.

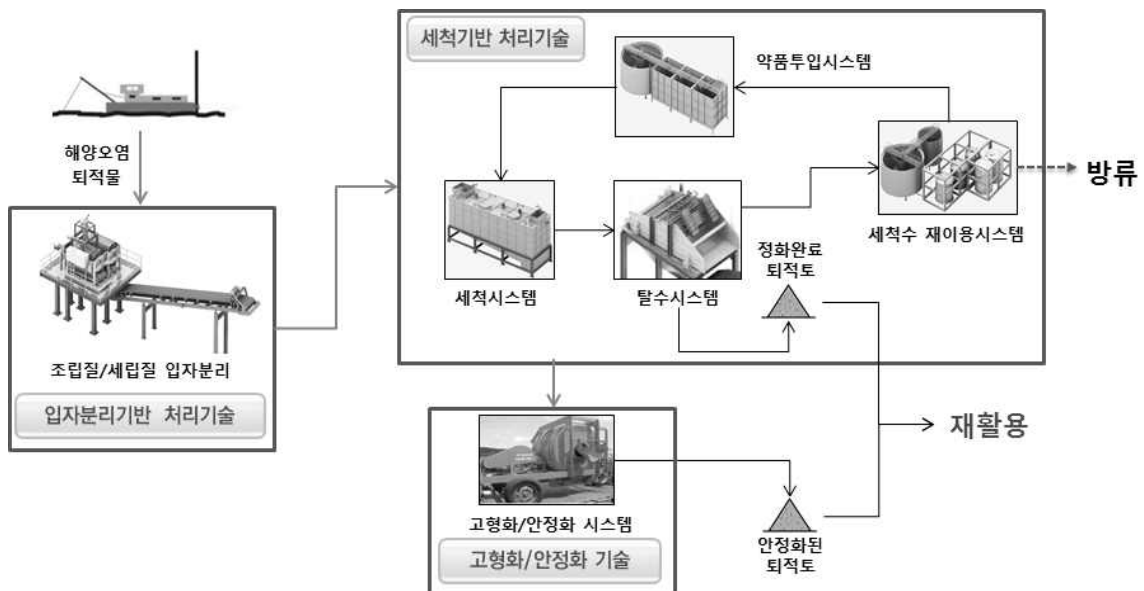


그림 VI-1. 해양오염퇴적물 처리 시스템 기본 개념도

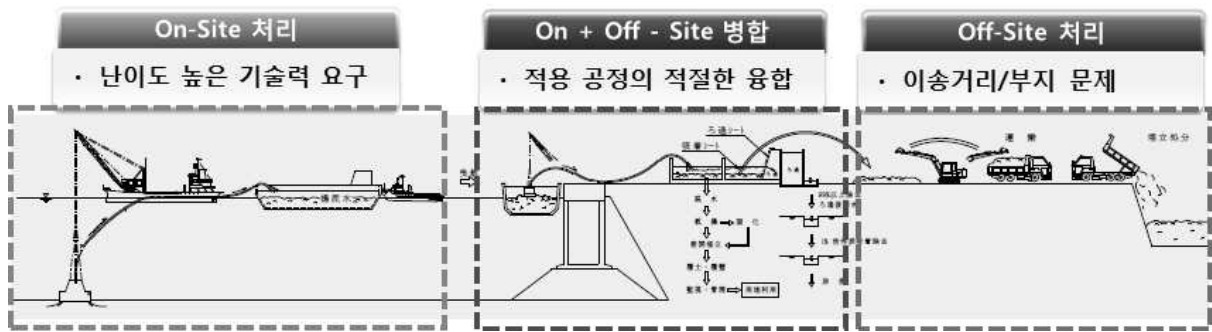


그림 VI-2. 해양오염퇴적물 처리시스템의 위치에 대한 기본 개념도

3. 입자분리기반 처리기술 기초 개발

가. 기본원리 및 입경별 분리목표 설정

- 준설했던 퇴적물의 처리는 일반적으로 여러 가지 방법을 병행해야 한다. 즉, 퇴적물의 전처리, 본처리 및 처리과정에서 발생하는 폐수처리 및 슬러지의 처리 등을 포함하고 있다. 이 중 전처리 방법은 준설했던 퇴적물에 대하여 적절한 본처리 방법을 적용하기 위하여 퇴적도에 물리적인 조건들을 조절하여 주거나 퇴적물의 부피나 중량을 조절하여 주는 것이며, 이 방법을 일반적으로 탈수 및 퇴적도 입자분리기기술을 말함.
- 앞서 선정된 퇴적물의 세척처리에 있어서 가장 중요한 것이 퇴적도의 균질성이라 할 수 있음. 즉 퇴적물의 균질성 확보가 세척처리에 있어서 처리효과나 경제적인 측면에서 훨씬 효과적인 결과를 얻을 수 있으며, 세척처리 전 퇴적물을 모래질, 실트질, 점토질로 구분하여 각각에 대하여 세척처리 하는 것이 경제성과 처리효율성을 높일 수 있는 방법임.
- 일반적으로 퇴적물의 입자크기와 오염물질의 분포상태는 반비례하는 것으로 알려져 있음. 즉 오염물은 입자가 작은 퇴적물에 비교적 강하게 흡착되어 있는 것으로 나타나는데, 오염된 퇴적물을 입자별로 분리할 수 있다면 오염물도 상당부분 분리가 가능하고, 이에 따른 세척공정에서의 처리량 및 비용을 상당히 감소시킬 수 있음. 또한, 세척공정 적용 후 퇴적물에 대한 입도선별을 통해 처리가 완료된 입자와 고형화/안정화를 적용하기 위한 미세입자를 분리함으로써 향후 퇴적물의 재이용관점에서 적절한 입자분리 시스템을 적용할 필요가 있음.
- 하지만 일반적으로 토양세척을 적용할 수 있는 한계입경인 0.075mm를 절단입경(Cut of size)로 적용할 경우 해양오염퇴적물의 40 ~ 70%를 차지하고 있어 많은 부분을 고형화/안정화 해야 함에 따라 본 연구에서는 경제적으로 적용할 수 있는 입자분리시스템의 한계치인 0.032mm를 절단입경으로 설정하고 이에 따른 적합한 장치의 개념적 설계를 실시하였음.

나. 입자분리의 원리에 따른 종류

- 입자의 분류는 퇴적물 입자크기, 밀도, 질량 자기특성 등의 물리적 특성을 고려하여 이루어짐. 미립도의 크기에 의한 분류는 오염물이 점토 또는 유기물과 같은 미립자 퇴적물에 흡착되거나 부착되었을 때 오염준설물질의 관리에 있어서 중요한 역할을 함. 아주 작은 clay나 유기물질의 미세입자는 상화 간에 흡착하는 경향이 있기 때문에 다량의 오염물질을 함유하고 있어 이들의 효과적인 제거를 위해서는 입자의 분리가 필요함.
- 입자분리기기술 선정은 오염된 퇴적물의 부피, 퇴적물의 구성성분, 준설의 형태, 설치장소 등에 의해 결정

되며, 입자분리를 위한 기술로는 Impoundment Basin, Hydraulic Classifier, Hydrocyclone, Screen, Grizzlies 등이 있음.

1). Impoundment basin

- Impoundment basin은 부유물질을 중력에 의해 침전제거하는 것으로 준설된 퇴적물이 수로를 지나면서 중력에 의해 침강시키는 방법으로, 유입부에는 조대입자가 침강되어지고 뒷부분으로 갈수록 미세입자가 침강하게 됨. 이 기술은 넓은 부지가 허용되는 곳에서 설치 가능하며 제거목적에 따라 규격이 결정됨.

2). Hydraulic Classifier

- Hydraulic Classifier는 물리적 분리장치로 모래나 자갈 등을 준설된 퇴적물로부터 제거하며 3/8 inch로부터 약 105~74 μ m까지 분리할 수 있음.
- Impoundment basin과 비슷한 기능을 가진 직사각형 탱크로 탱크의 길이에 따라 다양한 입자크기의 침전물을 제거하는 각각의 호퍼가 있다. clay나 실트와 같은 미립자의 제거를 위해서 Hydraulic Classifier와 함께 직렬로 사용되기도 함.

3). Hydrocyclone

- Hydrocyclone은 준설된 퇴적물을 원심력에 의해 분리하는 기술로 유체가 접선 방향으로 투입되는 cylinder 부분과 입자가 분리되어 배출되는 콘 형태의 모양의 conical 부분으로 구성됨. 입자가 크거나 무거운 것은 conical 부분으로 모아져 apex를 통해 농축수로 배출되어지고 미세입자를 포함한 월류수는 vortex finder라는 곳으로 배출되며, 은 요구되는 입자분리에 따라 형태가 결정되게 됨.
- Cyclone은 기술적으로 가스 정화, 연소, 분무, 분말 분류 등에 이용되며 고액분리에 또한 이용됨.(Svarovsky, 1979) Cyclone은 액상을 처리하기 위해 특별히 고안되었는데 이를 수력학적 cyclone이나 Hydrocyclone이라 명명함. 사이클론의 기본적인 분리 원리는 원심력 침전으로, 부유입자들은 유체로부터 그 입자들을 분리시키게 하는 원심가속도의 영향을 받음. 원심분리기와 다른 점은 cyclone에는 움직이는 부분이 없고, 유체 자체의 힘에 의해서 필요한 선회운동(vortex motion)이 이루어짐.(Svarovsky, 1990; 강주명, 1986)
- Hydrocyclone의 분리효율은 확률적인 특성을 지니며, 이것은 cyclone으로 주입되는 서로 다른 입자가 위치하는 확률과 경계면 흐름(boundary layer flow)으로 분리되는 경우들과 난류의 일반적인 확률적 특성과 관계가 있음.
- 조립자는 항상 미립자에 비해 더 잘 분리되는 경향이 있다.
- Hydrocyclone에 feed가 유입되면 상향류와 하향류 두가지 흐름으로 나뉘게 되며, 유입 고형물은 cyclone으로 들어가서 2가지 분리물이 나오는데, 조립자 생성물 (course product, 즉 하부 고형물)과 미립자 생성물(fine product, 즉 상부 고형물)로 '조립자 생성물'로 나가는 고형물의 양만큼 회수하기 위해 가능한 한 절단입경을 낮게하여 분리기로서 hydrocyclone을 이용함.(Svarovsky, 1990)

4). Grizzlies

- Grizzlies는 바위나 자갈과 같은 아주 큰 입자를 제거하는데 합당한 진동설비이며, 이 장치는 크기가 큰 물질을 제거하여 다음의 연속된 공정을 위해 슬러리의 속도를 감소시키는 것으로 후속의 고체분리기술의 효율을 높여주는 역할을 함.
- 후속 처리공정으로 유입되는 마모성 퇴적물의 양을 줄여주기 때문에 전체적인 유지비를 줄일 수 있게 하

며 비교적 적은 공간을 차지하는 장점을 가지고 있으며, 골재의 준설 시에 이용되는 것으로 미립자의 제거는 불가능함.

5). Screen

- Screen은 선택적으로 입자를 분리하는 것으로 고정되어 있거나 진동하는 종류가 있으며, 물과 미립자는 스크린 사이로 통과하고 큰 입자는 스크린에 걸려 한쪽으로 모이게 됨. 이 기술 또한 실트나 clay 같은 미립자의 제거는 불가능함.

6). 부상분리

- 부상분리(floatation) 공정은 용액 중에 있는 물질들 계면에 존재하는 계면활성의 차를 이용한 기술로서 용액내부에 존재하는 제거대상 물질은 계면에 계면활성제 등으로 계면활성을 부여한 다음 칼럼 내부를 부상하는 기포에 이를 흡착시켜 제거하는 기술임.
- 부상분리 공정을 이용한 여러 가지 입자의 분리 효과는 그 입자들의 표면 특성의 차이에서 기인하며, 일반적으로 무기물은 친수성(Hydrophilicity)을 띄는 경향이 있고, 유기물은 무기물에 비해 상대적으로 소수성(Hydrophobicity)을 띄는 경향이 있음. 이 때, 소량의 포집제가 첨가되면 유기물 입자는 포집제와 부착되어 소수성을 띄게 되고, 공기방울 표면에 부착하여 부상탑 상부로 배출됨.

4. 세척기반 처리기술 기초개발

가. 세척기반 처리기술 개요

- 물리학적 방법을 병행한 해양오염퇴적물의 세척기반 처리기술은 1980년대 초부터 유럽 국가, 즉 독일, 네덜란드, 벨기에 등에서 본격적으로 연구 개발되어 현재 미국·캐나다 등 북미지역에서도 범용적으로 이용되고 있는 기술로서, 이미 경제성과 처리 성능이 입증된 오염물 처리기술임.
- 원래 고전적인 채광공정과 폐수처리 공정의 기본토대에 바탕을 둔 세척기술은 다른 정화기술과는 달리 이미 기술적으로 잘 알려진 공정이라고 할 수 있으며, 이 기술은 강이나 호수, 그리고 수로나 해안 등의 침전퇴적물의 세척정화 뿐만 아니라 토양오염의 복원에도 효과적으로 적용되고 있어 다양한 적용범위를 가지고 있음.
- 세척기반 처리기술은 현재 미국, 및 유럽 등지에서 활용도가 높은 기술로서 생물학적 분해가 어려운 유해화학물질이나 중금속을 빠른 시간안에 처리할 수 있는 장점을 가짐.
- 토양세척 장치의 배출수에는 오염 미세토양과 오염물질 자체가 분산상태 또는 유화된 상태, 또는 용해된 상태로 함유되어 있고, 이 고형물은 세척수와 분리되어 세척공정에 재순환됨.
- 사용하는 세척제의 종류에 따라 광범위한 유기 및 무기오염물질 제거가 모두 가능함.
- 탈수케익은 매립되거나 생물학적, 화학적, 열적 처리방법에 의하여 후처리된 후 재사용
- 탈수케익을 매립하기 위하여는 양을 줄이거나 유해물질의 확산을 막기 위하여 건조 또는 고형화할 필요가 있으며 특히 탈수케익에 함유된 유해물질이 용출될 우려가 있을 경우에는 유리화도 고려되어야 함.
- 그림 VI-3은 일반적인 토양세척공정을 나타낸 것임.

1) 기본 원리

- 해양오염퇴적물 토양세척의 원리는 퇴적토양 내의 오염물을 세척수(주로 물)와 기계적 마찰력을 이용하여

미세토양과 액상으로 이동·분리시켜 해양오염퇴적물의 오염부피를 크게 감소시키는 것임.

- 세척공정은 초기에 적용 시 우선적으로 최종처리공정으로 이용되기보다는 1단계로서 해양오염퇴적물 전체 부피 중 모래입경 이상 퇴적물을 경제적으로 처리·분리함으로써 오염퇴적물의 양을 단기간에 현저히 줄이고자 이용되는 공정
- 보통 오염퇴적물의 70~90% 정도가 토양세척에 의해서 처리되면 성공적인 효과를 얻을 것으로 판단함.
- 일반적으로 세척공정에서 배출되는 해양퇴적물 중 모래 및 자갈류(> 230mesh, > 63 μ m)는 보통 깨끗이 처리되어 바로 되메우기가 가능하고, 약 4~40%의 부피를 차지하는 미세토양 (<230mesh, <63 μ m)은 여전히 오염농도가 높아 보통 다른 공정으로 처리
- 오염된 처리수는 폐수처리시설에서 정화된 후 재순환되는 것이 일반적임. 그래서 세척 후 발생하는 오염 미세토양 및 처리수에 대한 후처리 문제도 세척공정에서 아울러 고려해야할 중요한 사항임.

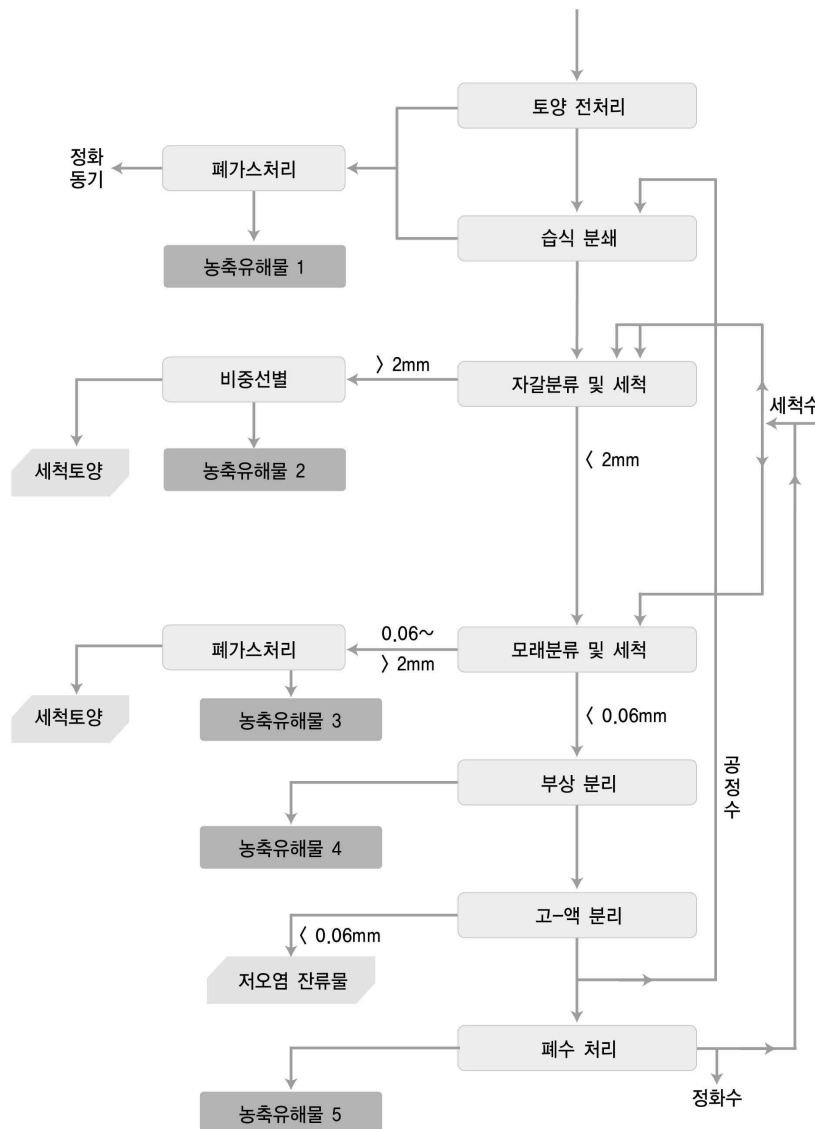


그림 VI-3. 일반적인 토양세척공정

- 오염물질이 토양입자로부터 세척액으로 이전되는 과정은 크게 다음의 세단계로 구분됨.
 - 오염물질의 분리 또는 농축
 - 오염물질의 탈착 또는 세척
 - 오염물질의 용해 또는 추출

가). 오염물질의 분리 또는 농축

- 토양입자에 대한 오염물질의 분포가 극심하게 다를 경우에 큰 의미가 있음. 예로써 오염 물질의 대부분이 미세토양에 함유되어 있을 때 입도와 비중차에 의하여 미세토양을 분리 및 제거하는 것이 이 경우에 해당됨.

나). 오염물질의 탈착 또는 세척

- 오염물질과 토양입자 사이에 적절한 상대속도가 유지되어야 하므로 반드시 이에 상응하는 에너지 투입을 필요로 함. 이 때 탈착효과는 상대속도가 클수록 더 크나 계면활성제를 투입하면 오염물질의 결합력을 줄여 탈착을 용이하게 할 수 있으며 토양입자끼리의 직접적인 마찰도 탈착효과를 높일 수 있는 방법임.

다). 오염물질의 용해 또는 추출

- 용매에 오염물질이 평형농도에 도달할 때까지 계속 추출됨. 이 과정은 순수한 분자운동에 의하므로 이를 보강하기 위해서는 적절한 강도의 교반(Turbulence)이 반드시 필요함. 오염물질의 추출은 일반적으로 시간의 함수이므로 입자의 크기에 좌우되지는 않음. 그러나 입자의 크기는 후속공정인 분리과정에서 구속요건이 될 수 있음. 추출용매의 선택에 있어서 유의할 것은 토양 중의 유기물질이 화학적으로 손상되지 않는 것과 용매에 의하여 2차오염이 발생되지 않도록 선정하는 것임.
- 세척공정 적용의 한계
 - 일반적으로 오염토양의 효과적인 세척을 위하여는 오염물질의 분리공정을 선두로 하여 여러 가지 작동원리로 운전되는 장치에 몇 단계에 걸쳐 수행하는 것이 바람직하다고 판단됨.
 - 세척공정은 미세토양과 유기물함량에 따라 세척공정의 처리효율과 경제성이 달라지기 때문에 토양의 입도분포, 점토함량 및 유기물 함량은 세척공정 적용 가능성을 검토 하는데 가장 중요한 영향 인자임.
 - 일반적으로 미세토 함량이 30% 이상일 경우 세척공정의 적용성 한계로 판단됨.
 - 해양오염퇴적물은 육상오염토양과 비교할 경우, 미세토 함량이 육상토양에 비해 훨씬 많기 때문에 효율적인 Cut-off size를 결정하는 것이 중요하며, 경제성을 고려하여 세척공정의 후속 연계공정도 함께 고려해야 함.
- 그림 VI-4은 세척공정시 오염물질의 제거기작을 나타낸 것임.



그림 VI-4. 세척공정시 오염물질의 제거기작

- 세척공정의 이해를 위하여 토양세척공정과 추출공정을 명확히 구분할 필요가 있으며 이 두가지 공정 모두 물리화학적 처리공정이라는 총괄개념 하에 있는 것임.
- 토양세척공정과 추출공정의 차이는 처리하고자 하는 오염물질의 이동방법차이에 의하여 나타남. 토양세척에서는 입상의 오염물질이 세척액으로 이동된 후 그곳에 현탁 또는 유화됨.
 - 현탁 : 토양입자가 매체(세척액)에 혼입, 분산되는 것
 - 유화 : 액체가 그 액체와 혼합될 수 없는 분산매체(세척액)에 분산되는 것을 뜻함
- 이에 비하여 추출공정에서는 오염물질이 추출용매에 용해된 상태(분자 또는 이온상태)로 존재
- 세척공정은 물리적인 처리로서 오염물질을 없애거나 생태학적으로 안전한 물질로 변환시키지는 못하지만, 세척공정에서도 화학적 변화가 동반되는 오염물질의 용해가 부분적으로는 함께 진행되나 세척공정 전체과정에서 용해가 가지는 의미는 매우 적음.
- 표 VI-1는 세척공정과 추출공정의 차이점을 나타낸 것임.

표 VI-1. 세척공정과 추출공정의 차이점

공 정	원 리	사용물질
세 척	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질을 기계적 에너지에 의해 제거 오염물질을 현탁물 또는 유화물 상태로 세척액에 이전 	<ul style="list-style-type: none"> 물 물 + 계면활성제
추 출	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질을 분자상태로 용해 오염물질이 추출용매로 이전 	<ul style="list-style-type: none"> 산, 알칼리의 수용액 복합제, 유기용매

2). 세척공정 주요 영향인자

- 세척공정은 물리적, 물리화학적 그리고 화학적 과정이 복합적으로 얽힌 공정이므로 세척공정을 선택할 때는 다음의 영향인자를 고려해야 함.

가). 해양오염퇴적물 특성 (Sediment characteristics)

- 입도분포 및 미세토함량
- 유기물 함량
- 완충능력
- 양이온 교환능력
- pH

나). 오염물질 특성 (Contaminant characteristics)

- 농도 (입도별 농도분포)
- 용해도
- 흡착성 (분배계수)
- 양이온 교환능력
- 증기압 및 점도

다). 세척첨가제 특성 (Additives characteristics)

- 종류
- 농도
- 생분해성
- 독성

3). 세척장치의 종류

- 세척공정의 원리는 선광의 원리와 같음.
- 세척장치들을 기능별 분류하면 다음과 같음 (그림 VI-5)
 - 회전형
 - 교반형
 - 진동형
 - 유동상형

에너지투입원리	장치의 기본형	개념도
공정 공간 회전	회전드럼(일반형)	
	회전드럼(특수형)	
교 반	스크류형	
	교반기형	
	경사축형	
진 동	진동 Sieve	
	진동세척기	
	초음파 세척기	
유 동	유동상 세척기	

※ A : 오염도양, G : 정화도양, L : 폐수, W : 물

그림 VI-5. 토양세척장치의 종류

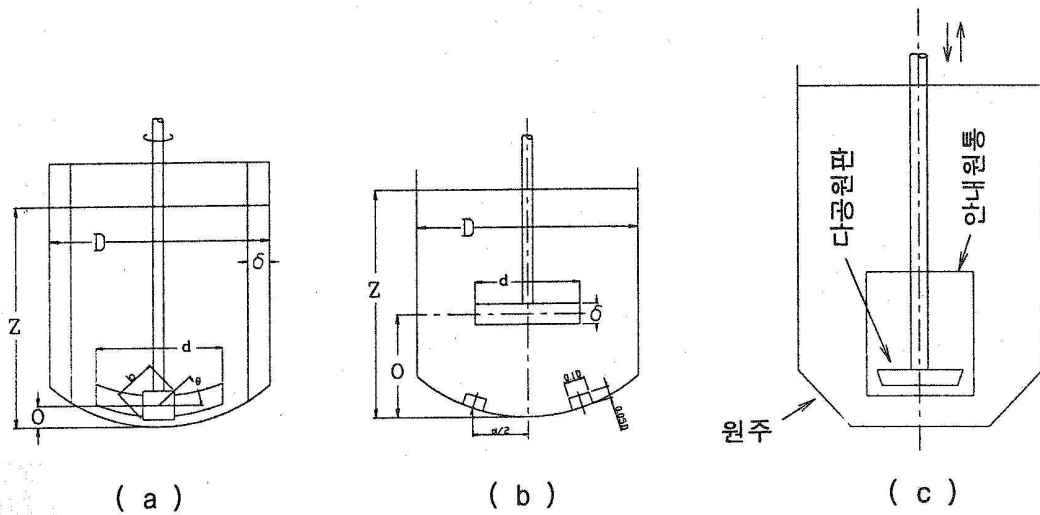


그림 VI-6. 일반 교반조

- 해양퇴적물로부터 오염물을 세척액이나 미세해양퇴적물로 분리/축적시키는 단계는 두가지 경로로 구별됨
 - 오염된 것 뿐만 아니라 오염되지 않은 퇴적물덩어리까지 잘게 분쇄하여 접촉면적을 늘리고 액상 중에 분산시킨 후 강한 shearing force를 이용한 분리인데 고압분사노즐이나 진동장치, pumping 장치, 또는 교반 등을 사용
 - 보다 나은 효율을 위하여 NaOH나 여러 종류의 세제 또는 계면활성제 등을 첨가하기도 함.
- 다음 경로는 세척액 내의 용해과정임. 이 과정은 중금속오염물인 경우 더욱 중요하며 유류의 경우 화학첨가제를 사용하였을 경우 포함되는 과정임.
 - 세척공정은 일종의 고·액추출 과정과 유사함. 고액추출은 오래전부터 각종공업에서 사용됨.
 - 고·액계의 교반은 고체입자의 액상중의 균일한 분산과 고체입자 주변의 액상확산저항의 감소를 목적으로 함.
 - 고액계 교반조에서 고체입자를 균일하게 분산하려면 조벽에 baffle을 설치해야 함. 조내의 균일분산보다도 입자의 부유에 교반력을 집중시키려면 baffle을 교반조 하부에 설치하여 사용하면 효과가 좋아짐.
 - 바닥에서 비교적 큰 입경의 입자들을 효과적으로 쌓이지 않고 상향 분산이 되도록 교반조는 내부에 작은 원통을 설치한 후 그 안에 날을 설치하여 입자의 부유 및 분산을 원활하게 함.
- 그림 VI-6 0에서 교반조에서 터빈이나 패들날개를 사용할 때, 고액분산에 효과적인 교반조 조건은 다음과 같음.
 - $d = 0.35D - 0.5D$
 - $b = 0.10 - 0.20$
 - $C = Z/6 - Z/3$
 - $B = 0.10$
 단, 액의 점도가 수십-수천 Pa·s 정도로 커졌을 경우는 $d=0.6D$ 정도로 날개의 치수비를 크게 하였을 때가 좋다.
- 교반조작에 있어서 가장 중요한 특성은 유동조건이며 일반적으로 교반조 전체에 미치는 순환류와 국소적인 선회류인 난류에서는 그 역할이 다르게 이해됨
- 이러한 유동특성은 교반 레이놀즈수에 의하여 일반화되며 교반소요동력 전열특성 등의 모든 특성과 상관이 있

음.

- 교반조의 크기는 예를 들어 반응속도와 같은 단위체적당의 처리속도와 처리능력으로 결정
- 그에 따라서 임펠라의 크기, 교반회전 속도 등의 조건을 조작목적에 부합되도록 결정해야 함.

4). 세척첨가제

- 세척첨가제의 경우, 효율을 높이기 위하여 여러가지 첨가물이 물과 함께 쓰여지는데 Jar Test 등을 이용한 처리성능시험을 통하여 오염특성에 맞는 선택을 하여야 함.
- 일반적으로 자주 쓰이는 첨가제로는 pH조절제, 세제, 계면활성제, 착화제, 산화제, 그리고 응집제 등이 있음.
- 해양퇴적물세척용으로 쓰이는 첨가제는 계면활성제를 주로 사용함. 이는 표면에 흡착되어 계면의 활성을 크게 하고 표면장력을 현저히 떨어뜨리는 효과를 이용하는 것임. 효율적인 해양퇴적물세척용 계면활성제는 활성제 자체의 용해도, 대상 오염물에 대한 용해도, 흡착성, 생분해성 및 생물학적 독성 등의 성질과 비용 등의 여러면에서 선택되어야 함. 해양퇴적물세척에는 표면장력이 작은 계면활성제를 선택하는 것이 바람직한데 해양퇴적물과 계면활성제 용액의 혼합물에서 중력에 의한 고·액분리가 용이하기 때문임.

5. 입자분리 및 세척처리기술 통합방안 기초개발

가. 개념설계 개요

- 본 연구에서 개발하고자 하는 입자분리·세척기반의 융합공정 개발은 대상 조사 해역의 특성과 해양오염퇴적물 정화의 기술적 목표, 그리고 경제적·사회적 영향을 종합적으로 고려하였음.
- 특히 해양퇴적물 세척기술의 가장 큰 장점은 복합오염물질 처리가 세척제의 선택적 적용으로 처리효율을 극대화할 수 있고 입자크기별로 선별 처리된 퇴적물은 다양한 용도로 재활용이 가능하다는 점과 신속한 처리 및 현장여건을 고려한 장치의 구성이 가능하다는 점이라고 판단됨.
- 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 것이 해양퇴적물의 입경크기에 제한점이나 입경분포의 제한점을 최소화 혹은 제로화 하여 모든 영역의 퇴적물을 친환경적으로 처리하고 처리된 퇴적물은 모두 자원으로써 재활용이 가능하도록 하는 것이 기술개발의 주요 착안점이라고 할 수 있음. 이를 위해서는 입자분리·세척기반의 세척공정과 고품화/안정화 공정의 융·복합을 통해서 모든 영역대의 퇴적물을 처리하고자 함.

나. 입자분리기반 개념설계

- 이러한 장점들 이외에 세척공법이 가지고 있는 영향인자 중 가장 중요한 것은 입도분포임. 앞장에서 설명과 같이 오염토양의 세척은 입자의 분포범위에 따라 Range 1 영역과 같은 입자분리기반으로 경제적인 처리가 가능한 부분이 있으며 이는 대부분 자갈과 일부 굵은 모래입경 정도 범위가 이에 해당됨.
- Range II 영역은 해양퇴적물 오염물질의 종류 및 존재형태에 따라 선택적으로 사용하는 세척제를 이용하여 처리하는 세척기반의 토양세척 부분임. 이는 자갈 입경부터 미세한 실트 입경까지 처리 가능한 영역이 매우 광범위한 장점이 있음. 그러나 처리 가능한 입경 크기보다 PSD (Particle Size Distribution) 즉 입경분포의 개념이 매우 중요함. 눈금 체(sieve)를 통과한 특정 입경의 무게비를 측정하여 판단하는데 이상적인 Range II 영역에서는 본 연구에서 목표로 하는 처리 한계입경 즉 0.032mm 의 입경분포 무게비가 35% 이하일 경우 세척제 적용을 통한 해양퇴적물 세척이 가능한 영역의 한계치로 판단됨.
- 나머지 Range III는 모래입경부터 실트 및 점토 입경까지가 해당이 되며 세척기반 기술로는 적용이 어려운

영역이라고 일반적으로 알려져 있음. 0.032mm 입경 기준으로 볼 때는 35% 이상 함유된 입경분포를 가진 퇴적토가 해당됨. 본 연구의 조사 해역 3군데 모두 0.032 mm 입경의 무게비가 35% 이상으로 35% 이상 만큼 세척공법이 적용하기가 어렵다는 결론에 도달할 수 있음.

- 이에 세척공정에서 처리가능한 영역은 극대화하고 고행화/안정화 공정의 처리가능 영역은 최소화해야 함.
- 세척공정의 처리가능 영역을 극대화 하기 위해서는 Range II의 적용범위를 본 연구의 조사 해역의 특성에 맞게 0.032 mm의 입경분포 범위인 50~70% 까지 확장시켜야 함.
- 이를 위한 입자분리기반의 개념설계도(PFD)는 다음과 같음.

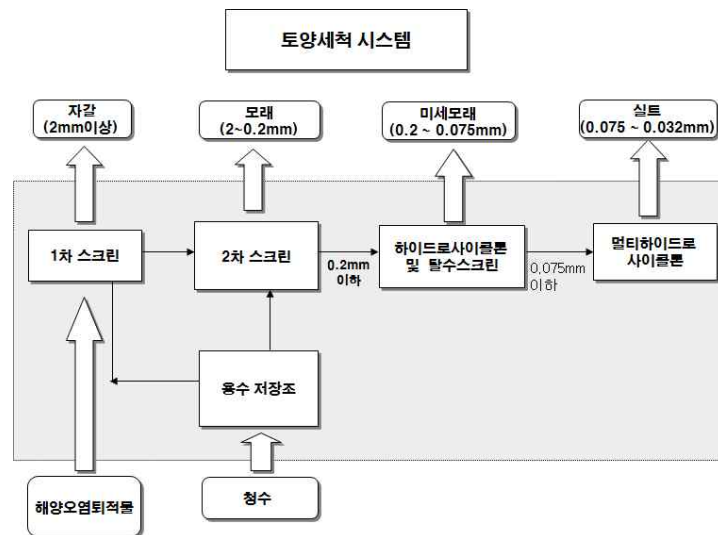


그림 VI-7. 입자분리기반 개념설계도(PFD)

다. 세척기반 개념설계

- 해양오염퇴적물을 세척공법 적용범위를 확장하기 위해서 오염물질의 종류 및 존재형태를 충분히 연구하여 처리 가능한 세척제의 조합 및 조건을 최적화하여야 함.
- 적용하는 기계장치의 종류도 반응시간 단축 및 처리효율 극대화를 위해서 매우 중요한 항목이라고 판단 됨.
- 세척제를 적용해야하는 입경범위는 세척제와 반응할 수 있는 교반기를 통해서 처리하고 이와 같은 시스템으로 처리가 어려운 실트이하의 미세입경은 공동현상 즉 캐비테이션을 활용한 고도처리 공정을 추가하여 연속적으로 처리할 수 있도록 개념설계하였음. 이를 바탕으로 구성된 세척기반의 개념설계도(PFD)는 다음과 같음.

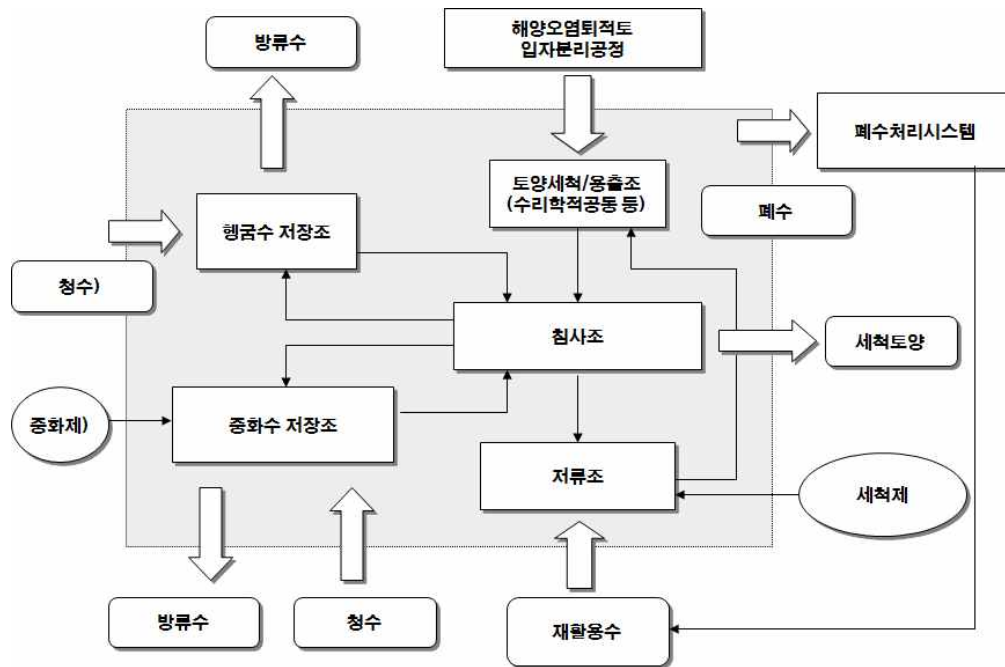


그림 VI-8. 세척기반 개념설계도(PFD)

라. 세척 및 입자분리 통합 처리기술 공정별 개념설계

- 본 연구의 해양오염퇴적물 처리기술 개발은 크게 2가지로써 조사 해역의 특성을 고려한 것과 세척공정의 기술적 특성을 고려하여 개발하였음.
- 통합 처리기술 개념설계의 주요 특징
 - 해양오염퇴적물은 지구생태계의 모든 오염물질의 최종 침적지이기 때문에 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD), 산취발성황화합물(AVS) 등 부영양화관련 오염물질 뿐만 아니라 비소, 카드뮴, 크롬, 구리, 수은, 니켈, 납, 아연, PCBs, PAHs 등 중금속과 유기화합물 처리도 가능한 복합오염물질 처리가 가능하도록 설계
 - 오염물질 농도가 집중된 실트 이하의 미세토 함량이 높은 해양오염퇴적물의 처리가능한 입경분포를 확대할 수 있도록 고도세척처리공정 포함
 - 해양오염퇴적물을 처리 및 정화하는데 폐기물 발생을 최대한 억제하기 위한 미세처리퇴적물의 고�형화/안정화처리하여 유용자원으로 재활용
- 조사 해역의 지역적 특성으로는 처리장 부지의 확보가 매우 어렵고 수거 후에 부적절한 방치로 악취 및 해충 등이 발생할 우려가 있어 지역의 민원 발생 가능성이 매우 높은 것이 특징임.
- 해양오염퇴적물 처리 및 정화를 위한 주요 기술적 고려사항
 - 경제적으로 오염퇴적물을 입자크기별로 재활용이 가능한 단순 입자분리 기반의 처리기술 개발
 - 다양한 복합오염물질의 처리가 가능한 세척제 및 공동화현상(Cavitation Mechanism)을 활용한 세척기반 처리 기술 개발
 - 세척공정으로 처리가 어려운 영역의 해양퇴적물은 고�형화/안정화 공정과의 융합을 통해서 처리 후 재활용
 - 위의 공정에서 발생하는 공정폐수 즉, 복합오염 세척폐수를 처리하는 공정시스템을 개발

- 이와 같은 각종 특성을 고려하여 본 연구에서는 입자분리 및 세척 기반의 통합형 현장처리기술을 개발하는 것이 최종적인 목표임.
- 선진국형 해양퇴적물 기술을 국내 해역 여건을 고려하면 개발한 세척기반 처리시스템의 설치 위치를 충분히 고려하여 모듈화가 가능한 시스템을 구현하여야 함.
- 처리 해역의 특성에 따라 다르지만 기본적으로 수거 후 중간처리하고 육상으로 이송하여 처리하는 off-site treatment는 비용적인 문제, 이송상의 침출수 발생 등의 2차 오염문제, 악취 문제 등 많은 민원의 소지가 많아 권장하지 않음.
- 따라서 본 연구에서는 해양에서 모든 처리가 가능한 현장 내 처리 기술 즉 on-site treatment 시스템이 가능하도록 개념설계를 하였음. 이를 위해서 세척시스템의 모든 단위 장치가 모듈화하여 바지선 위에 플랜트를 설치할 수 있도록 하고 각 단위장치의 크기를 최소화하여야 함.
- 특히 입자분리 및 세척기반 공정의 단위장치의 크기에 따른 소요면적 부하는 해양 내에서 배치하는 큰 어려움을 없을 것으로 판단되지만, 세척폐수 처리공정의 일반적인 단위장치는 설치 소요면적이 매우 큰 단점이 있음.
- 따라서 일반적인 육상에서 이루어지는 토양세척공정의 수처리 시스템과는 차별화되고 컴팩트화된 수처리 시스템을 개발하여야 함.
- 해양에서 처리하는 on-site treatment는 수거한 해양오염퇴적물을 별도의 이송 없이 처리가능한 장점이 있으나 해양에서 직접처리하기 때문에 시스템 설치면적의 한계로 인해서 처리용량이 제한적인 단점이 있음.
- 육상처리는 별도의 이송과 처리 부지의 확보가 필요하며 이송거리를 최소화 하고 처리부지 확보를 최소화 하기 위해서는 on-site 처리와 off-site 처리를 융합하는 시스템 구성이 on-site와 off-site의 장점을 극대화하는 방법임.
- On-site는 해양에서 처리하는 부분은 입자분리 및 세척기반 시스템까지 처리하고 세척폐수 시스템은 off-site인 연안에서 가까운 육상에 처리부지를 확보하여 처리하는 것 방안임.
- 육상에서 널리 적용하고 있는 토양세척공법의 일반적인 문제점들은 다음과 같음.
 - 오염물질 반응공정을 일반적으로 비용이 비싸고 오염물질 탈착/추출에 최소 30분 이상의 장시간이 소요되므로 연속공정 운영한계로 회분식 공정으로 운영을 함.
 - 입경분리는 하이드로싸이클론을 활용하여 분리하는데 일반적인 분리입경이 0.075 mm로써 이를 해양퇴적토에 적용할 시에는 응집슬러지양이 너무 과도하게 발생하는 문제가 발생하여 세척공정의 경제성 확보에 문제가 발생할 수 있음.
- 따라서 본 연구에서는 반응공정의 반응시간과 처리효율 개선을 위해서 캐비테이션과 같은 촉매 작용하는 고도처리와 세척제 최적화를 통해서 연속적 처리가 가능하도록 개념설계하였음.
- 그리고 미세토 입경분리의 고도분리를 위해서는 다단 미세하이드로 싸이클론(multi-micro hydrocyclone)을 선정하여 분리입경을 최소 0.032mm는 분리가 가능하도록 하였음.
- 상기내용을 바탕으로 구성된 세척/입자분리기반 통합 처리 시스템의 개념설계도를 그림 VI-9에 나타내었음.

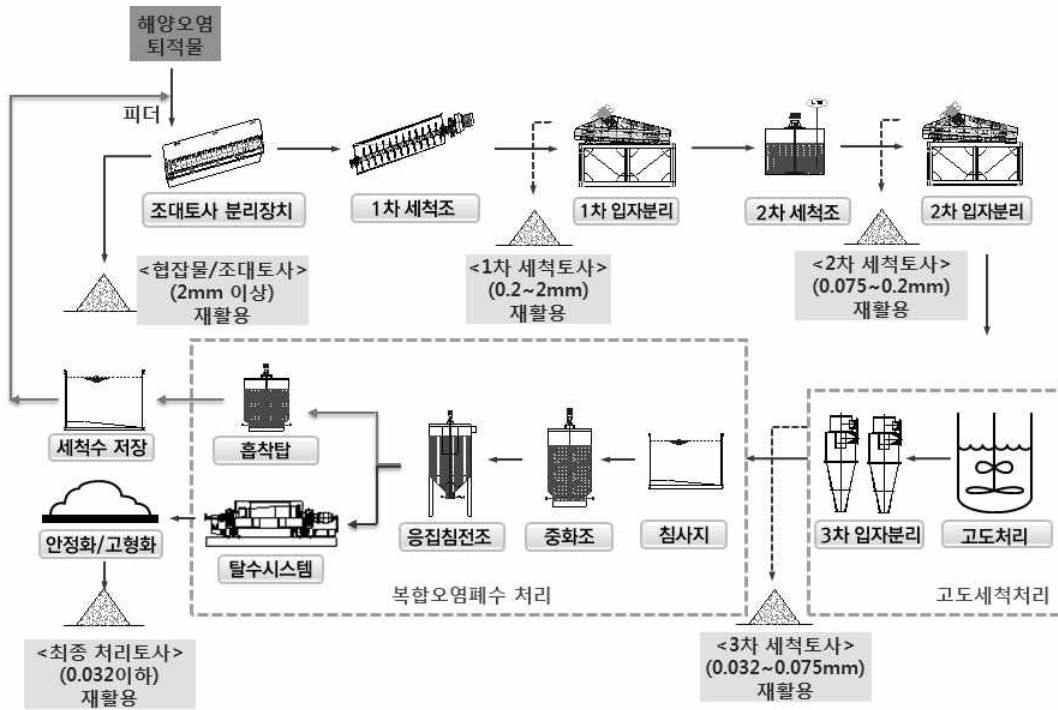


그림 VI-9. 세척 및 입자분리 통합 처리기술 공정별 개념설계도

○ 개념설계도 상의 단위장치에 대한 내용 및 기본사양은 다음과 같음.

1). 호퍼 및 피더

- 세척시스템으로 해양오염퇴적물을 공급하는 장치로 준설된 해양퇴적물의 함수율에 따라 스크류형 및 벨트형 등을 활용할 수 있으며, 정량공급을 위한 호퍼를 설치할 수 있음.
- 준설된 해양퇴적물의 함수율이 높을 경우 별도의 전처리 장치를 설치하여야 함에 따라 퇴적물 준설 시 높은 함수율이 유지 될 수 있도록 해야 세척시스템의 운영부하를 일정하게 유지할 수 있음.

2). 조대토사 분리장치

- 조대토사 분리를 위한 습식진동 선별기는 1단 스크린 10mm, 2단 스크린 2.0mm 를 선별 분리하는 장치로서 준설된 해양퇴적물에 세척수를 고압 분사하여 오염물질을 탈착하며 1단 스크린에서 10mm 이상의 자갈을 선별하고 2단 스크린에서 2.0mm이상의 토사를 선별하게 됨.
- 선별된 2.0mm 이상의 청정자갈은 배출 콘베어에 의해 배출됨. 구성장치는 습식진동 선별기, 세척청정자갈 배출 콘베어로 구성되는데, 선별을 위하여 사용되어지는 망목의 재질은 내구성을 고려하여 우레탄 망목을 사용함.

3). 1차 세척조

- 1차 세척조는 조대토사 분리장치에서 분리된 2mm 이하의 퇴적물에 물리적으로 흡착된 오염물질을 탈착하는 장치로서 세척수와 오염토사 상호간의 마찰을 유발하여 오염물질을 탈착하게 됨.
- 이러한 과정을 거쳐 오염물질 탈착이 완료되면 세척토사와 세척수는 세척청정모래 탈수장치로 이송되며,

1차 세척조의 구성장치는 모래이송펌프, 세척조(로그워셔형 또는 교반기형)로 구성됨.

4). 1차 입자분리 장치

- 1차 세척조에서 세척된 2mm 이하의 세척청정토사는 습식진동선별기에 의해서 0.2mm를 분급하며, 분급시에 세척청정모래를 탈수 배출함.
- 탈수 시 상부에서 린싱수를 살수하고 진동 탈수된 세척청정모래는 배출콘베어를 이용하여 배출되며, 분급된 0.2mm 이하의 토사를 함유한 세척수는 2차 세척조로 이송됨.
- 장치는 세척청정모래 탈수장치와 세척청정모래 배출 콘베어로 구성됨.

5). 2차 세척조

- 2차 세척조는 1차 입자분리장치에서 분리된 0.2mm ~ 0.075mm의 퇴적물에 흡착된 유기오염 오염물질을 약품을 주입하여 산화, 제거 시키는 장치로서 퇴적도 표면에 흡착되어있는 오염물질과 산화제의 화학적 산화반응을 유도하여 오염물질을 제거하게 됨.
- 이러한 과정을 거쳐 오염물질의 제거가 완료되면 2차 세척토사와 세척수는 2차 입자분리장치로 이송되어 분리됨.
- 2차 세척조의 구성장치는 모래이송펌프, 세척조(교반기형)로 구성되며, 산화제가 적용됨에 따라 세척조의 내부는 PE코팅을 적용하면 내구성을 향상 시킬 수 있음.

6). 2차 입자분리 장치

- 2차 세척조에서 세척된 0.2mm 이하의 세척청정토사는 하이드로사이클론에 의해 0.075mm로 분급하고, 분급된 세척청정토사를 탈수 배출하는 장치로서 2차 세척조에서 분급된 0.075mm 이상의 세척청정모래를 진동 탈수 장치에 의해 탈수 후 배출콘베어를 이용하여 배출됨.
- 분급된 0.075mm이하의 미세토사를 함유한 세척수는 고도세척처리장치로 이송되며 장치는 하이드로사이클론, 세척청정모래 탈수장치와 세척청정모래 배출 콘베어로 구성됨.

7). 고도세척처리 시스템

- 2차 입자분리 장치로부터 이송된 0.075mm 이하의 미세토사에 흡착된 오염물질을 최종처리하는 장치임.
- 0.075mm 이하의 미세입자의 경우 일반적인 세척공법으로 정화가 잘 되지 않기 때문에 세척제와 세척제의 효율을 극대화 시킬 수 있는 보조장치가 필요함.
- 고도세척처리 시스템은 0.075mm 이하의 미세토사의 오염물질 처리를 위하여 초음파 발생장치가 부착된 세척조(교반기형)와 세척완료 된 미세토사의 0.032mm 분급을 위한 멀티하이드로사이클론 장치, 하이드로사이클론으로 배출된 청정미세토사의 탈수장치 등으로 구성됨.

8). 복합오염폐수처리 시스템

- 고도세척처리 시스템에서 배출되는 0.032mm 미세입자가 포함된 세척수는 침사지, 중화조, 응집침전조, 흡착탑 등을 거쳐 세척수로 재활용되며, 응집침전된 0.032mm 미세입자는 탈수시스템(필터프레스 또는 데칸터)를 거쳐 최종 고형화/안정화 장치를 거쳐 재활용 할 수 있는 형태로 배출됨.

참고문헌

1. 연안어장 준설퇴적물내 함유된 유기물 및 중금속 환경친화적 처리기술 개발, 한국해양대학교, 2005.08
2. 준설퇴적물 재활용을 위한 위해성 평가 및 지침서 작성 연구(최종보고서), 한국해양연구원, 2003.10
3. 환경복원 및 재생기술 - 유류오염지역 복원기술 개발, 한국과학기술연구원, 1999.02
4. 하상 퇴적오염물 회수 및 복합오염물 최적처리공정개발, 금호산업주식회사, 2004.12
5. 이승배, 최용주, 김영진, 남경필, 오염된 준설퇴적토 재활용을 위한 정화전략개발, 대한토목학회, 2008
6. 양승호, 이준호, 준설퇴적토 처리를 위한 Hydrocyclone 적용 Application of Hydrocyclone for Treatment of Dredged Sediment, 한국물환경학회·대한상하수도학회, 2011.04
7. 이승배, 안진성, 최용주, 김영진, 남경필, “입도분리와 안정화를 이용한 중금속 오염 퇴적토 정화 전략”, 한국지하수도양환경학회, 2009.04
8. 김홍웅, 2001.6, “퇴적준설퇴적물 내 오염물질의 분리방안에 관한 연구”, 연세대학교 석사학위 논문.
9. 김성훈, 2001.6, “Hydrocyclone을 이용한 토양현탁액의 오염입자분리”, 연세대학교 석사학위 논문.
10. J.V.K. Kukkonen, P.F.Landrum, S.Mitra, D.C.Gossiaux et al. 해양 저질을 이용한 PAH, PCB의 탈착 역학에 미치는 저질 특성 연구. 2003.
11. 김경조, 김도형, 백기태, Speciation Analysis of Heavy Metals in Marine Sediments, 한국지하수도양환경학회. 2010.4.
12. 이창희, 김은정, 호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안, 한국환경정책·평가연구원, 1998.12
13. Piet Lens, Tim Grotenhuis, Grzegorz Malina and Henry Tabak. 2005. Soil and Sediment Remediation - Mechanisms, technologies and applications
14. Edson Reiss, Andrea Lodolo, Stanislav Miertus. 2007. SURVEY OF SEDIMENT REMEDIATION TECHNOLOGIES. International Centre for Science and High Technology
15. Oh,Jong-min, Yong-Sik Lee and Young-Min Jo, 2001, Sediment Treatment by a Centrifugal Device.

VII. 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발

1. 해양오염퇴적물 정화·복원 현황 및 사례

○ 폐쇄성 및 반 폐쇄성 해역으로서 해수교환율이 낮아 육상으로부터 유입되는 각종 오염물질이 해저에 많이 퇴적되어 있는 내만 등에서는 축적된 오염퇴적물로부터 오염물질이 용출되는 등 재순환으로 인하여 환경기초시설의 증설에도 불구하고 해역의 수질오염이 가중되고 있는 실정임. 이에 따라 해수수질개선 및 해양생태계 회복이 어려운 해역을 대상으로 오염해역의 정화복원을 위한 준설사업을 실시하고 있음.²¹⁾

○ 또한 부산해양항만청은 2009년부터 2013년까지 5년간 오니전용선을 이용, 부산 남항 일대 오염해역인 38만㎡에서 26만4,000㎡의 오염물질을 걷어내는 사업을 실시하고 있음. 그동안 남항은 정박 어선과 조선소, 인근 상가 등에서 각종 오폐수가 유입되는 데다 해수 흐름이 원활하지 못해 오염물질이 바닥에 퇴적되는 바람에 해양오염과 악취가 심각한 수준이었음. 이 때문에 고통을 겪던 인근 상인과 수산업 종사자들은 남항의 해저 폐기물 수거와 퇴적물 준설사업의 필요성을 줄기차게 제기해 왔으며, 부산시도 정부 측에 오염퇴적물 준설을 강력하게 요청해 왔음.

○ 정화복원을 위한 준설사업의 필요성이 강함에도 불구하고 이를 뒷받침하는 법규는 미비한 상태임. 그 결과 준설사업의 개시시점, 범위, 방법, 오염퇴적물의 수거기준·방법, 오염퇴적물 수거업자의 선정, 수거된 준설물질의 처리기준 및 방법 등에 대해 논란이 예상됨.

○ 국토해양부는 2004년부터 해양오염퇴적물 분포현황을 조사하였고, 현재 부산 남항 등의 해역에서 정화·복원사업을 시행 중임(표1 참조). 한편, 특별관리해역의 일부인 인천 연안부두 일원 등 4곳에 대한 대한국토해양부의 2011년도 해양오염퇴적물 분포현황조사(부영양화 관련 3개, 유해화학물질 관련 14개 항목)에 따르면 인천 북항의 수로구역 일부, 광양만 여수산단 및 부산 다대포항 일부지역에서 오염도가 기준을 초과하여 정화·복원사업이 필요한 것으로 평가됨. 이에 따라 국토해양부는 2004년 이후 조사한 해역 중 오염기준을 초과하는 16개 해역에 대해 향후 준설토 처리장 확보, 육상기인 오염원 차단 방안, 주민 의견 등을 종합 검토한 후 정화·복원사업 시행 여부와 시기를 결정하고, 오염퇴적물 정화사업을 통하여 수질 및 생물독성이 개선되고 수질이 향상되어 어획량 증대 및 관광산업 활성화에 기여하도록 할 계획을 밝힌 바 있음.

표 VII-1. 해양오염퇴적물 정화·복원사업 현황(2011. 12. 현재)²²⁾

사업 지역	사업기간	사업비 (백만원)		복원량 (천㎡)	
		총액	투입	계획	실적
계		61,239	23,895	656	206
부산 남항	'08 ~ 계속	28,500	6,695	255	57
부산 용호만	'09 ~ '11	9,739	10,200	70	64
여수 신항	'11	10,500	6,300	128	85
울산 방어진항	'11 ~ 계속	12,500	700	203	-

○ 해양오염퇴적물 정화·복원 사업으로 부산 남항의 경우 3등급이었던 바다 저층 수질은 2등급이 되었고, 2등급이었던 표층 수질도 1등급으로 개선됨.

21) 환경부, 「환경백서」, 2007, 549면.

22) “'11년 해양오염퇴적물 분포현황조사'용역결과 발표”, 2011. 12. 9, 국토해양부 보도자료.

○ 부산 용호만 일원은 1962년 매립공사 이후 해수 흐름이 정체된 공유수면에 오랜 세월 쌓인 쓰레기와 퇴적물이 부패하면서 심각한 수질 오염으로 몸살을 앓아왔고, 악취 때문에 극심한 생활 불편을 호소하는 주민 민원도 끊이지 않았음.

○ 부산 용호만 오염퇴적물 정화사업 결과 대연천과 용호천 등의 하천 수질이 상당 수준 개선된 것으로 나타남. 부영양화를 유발시켜 수질오염을 초래하는 오염물질인 질소와 인의 경우, 질소는 평균 농도가 2.076~4.897mg/L로 준설 전과 비교해 82~91% 감소했으며, 준설 전 0.997~4.084mg/L로 심각한 수준이었던 인 농도 역시 준설 후 0.17~0.454mg/L로 최고 92% 저감되는 효과를 거둠.

그러나 용호항은 질소와 인 농도는 비교적 감소됐으나, 용존 산소량(6.85mg/L→6.7mg/L), 화학적 산소요구량(3.6mg/L→3.2mg/L) 등의 항목에서 별반 개선 효과를 나타내지 못한 채 여전히 최저 등급 기준에 머물러 있는 것으로 조사됨. 육상에서 끊임없이 오염된 생활 하수와 퇴적물이 흘러들면서 준설 이후에도 다시 해저에 오염물이 쌓이는 악순환이 계속되고, 해저에 쌓인 오염물이 축적되는 지형 특성 탓에 용호만 연안은 정화사업 이후에도 수질 개선 효과가 미미하고, 재오염이 진행되고 있는 것으로 드러남.²³⁾

2. 우리나라 및 외국 법제

가. 국내 법제

(1). 개관

○ 해양오염퇴적물은 수질 환경에 많은 영향을 주며, 주로 육지에 인접한 만 또는 석호 등을 중심으로 분포하기 때문에 연안 생태계 및 인간의 생활에 중대한 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 우리나라는 현행법상 해양오염퇴적물을 규제하는 별도의 법체계를 가지고 있지 않음. 특히 해양환경 관리의 근거를 제공하는 「환경정책기본법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」, 「해양환경관리법」 등에 해양퇴적물의 오염방지 및 관리·처분을 위한 직접적 규정이 없어 이에 대한 법적 근거의 마련이 시급히 요청되고 있음.²⁴⁾

○ 다만 종래의 「해양환경관리법」은 육지에서 처리하기 어려운 폐기물의 해양투기를 법적으로 허용하였으며, 해양오염퇴적물 역시 해양투기의 대상으로 처리함. 그러나 2008년 8월 22일 이후 준설물질의 해양투기가 금지되면서 준설물질의 육상 내 처리가 불가피해짐. 현재 해양투기대상 준설물질이 육상에서 처리될 경우에는 일반적으로 환경부 관할의 「폐기물관리법」을 준수해야 하고, 해상에서 처리될 때에는 해양수산부 관할의 「해양환경관리법」을 준수하여야 함. 「폐기물관리법」 이외에 준설물질의 해양투기와 관련된 법률은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」, 「토양환경보전법」, 「건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률」, 「자원의 재활용 촉진에 관한 법률」, 「골재채취법」, 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 등이 있음.

(2). 해양환경관리법

○ 현행 「해양환경관리법」에서는 해양오염퇴적물에 대해서 단편적·간접적으로 규제·관리하고 있을 뿐임. 오염퇴적물로 인한 해양환경개선조치(제18조)가 대표적임. 이와 더불어 해양환경기준의 설정(제8조), 오염물질의 배출금지(제22조), 해양환경관리업(제70조) 등에서 오염퇴적물 또는 준설토사의 해양투기 및 처리와 관련한 규정을 두고 있음. 특히 오염퇴적물과 준설토사의 처리와 관련해서는 해양배출(제22조), 수거(제18조) 이외의 호안매립, 재활용, 수중고립처분 등에 대한 고려가 없음. 그러

23) “97억 들인 용호만 정화 ‘절반의 성공’”, 2012. 8. 29, 부산일보(인터넷).

24) 이대영, 「인천해양퇴적물의 오염현황과 관리대책」, 인천발전연구원, 2001. 2, 39면.

나 근본적으로 비오염퇴적물과 오염퇴적물을 별도로 관리하지 않고 있으며, 오염퇴적물과 준설토사의 개념을 명확히 정립하고 있지 않음. 더욱이 오염퇴적물 또는 준설토사의 “운반·처리·처분” 등을 타 법률의 규정을 준용토록 함으로써 오염퇴적물의 체계적인 관리·처분 제도를 두지 못하였다는 한계를 지니고 있음.

(가). 해양환경기준의 설정

○ 「해양환경관리법」 제8조는 해양수산부장관에게 「환경정책기본법」 제11조의 규정에 따른 환경기준을 고려하고 「해양수산발전기본법」 제13조의 규정에 따른 해양환경의 보전을 위한 시책에 필요한 해양환경의 기준을 해역별·용도별로 정하여 고시하여야 한다고 규정하고 있음. 해양환경관리법에 따른 해양환경기준에는 ‘해저퇴적물’ 항목에서 비소(As) 등 6개 오염물질에 대하여 ‘주의기준’과 ‘관리기준’으로 구분하여 오염퇴적물에 관한 기준을 설정하고 있고(표 VII-2 참조), ‘해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정(국토해양부 고시 제2011-700호, 2011. 11. 30. 제정)’에서 유해화학물질과 부영양화에 관한 정화지수를 설정하여 정화·복원 범위를 규정하고 있음(제8조, 제9조, 별표 2 및 별표3).

표 VII-2. 해양환경관리법에 따른 해양환경기준 [국토해양부고시 제2011-972호, 2011.12.30, 제정]

□ 해저퇴적물

단위:ppm						
해양환경기준	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
주의기준	14.6	0.75	50.5	0.11	44.0	179
관리기준	75.5	2.72	126	0.62	119	421

(1) 주의기준(Threshold Effects Level, TEL) 이하: 부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위
 (2) 주의기준과 관리기준 사이 : 부정적인 생태영향이 발현될 가능성이 있는 범위
 (3) 관리기준(Probable Effects Level, PEL) 이상: 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 높은 범위
 (4) 적용방법(생략)

(나). 해양환경개선조치

○ 「해양환경관리법」은 오염퇴적물을 해양환경개선조치(제18조)의 관리대상으로 규정하고 있음. 해역관리청은 오염물질의 유입 또는 퇴적 등으로 인한 해양오염을 방지하고 해양환경을 개선하기 위하여 필요하다고 인정되는 때에는 해양환경개선조치의 일환으로서 오염물질 유입방지시설의 설치, 오염물질의 수거 및 처리, 오염된 퇴적물의 수거, 그 밖에 해양환경개선과 관련하여 필요한 사업으로서 해양수산부령이 정하는 조치를 취할 수 있도록 하고 있음(동조 제1항). 동법은 해양환경개선조치의 발동근거로 “필요하다고 인정되는 때”를 들고 있는데 막상 구체적인 기준, 발동 시점 등이 규정되어 있지 않음. 한편, 오염물질의 경우에는 수거와 함께 처리까지 언급하고 있는데 오염된 퇴적물의 경우에는 수거만을 언급하고 있음.

(다). 해양배출 금지 및 예외적인 배출허용기준

○ 「해양환경관리법」은 선박으로부터 오염물질을 해양에 배출할 수 없다고 규정하면서(제22조 제1항) 다만, 해양수산부령이 정하는 폐기물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 제35조의 규정에 따라 매립하고자 하는 장소에 배출하고자 하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출하도록 하고 있음(제22조 제1항 나목). 동법에 따르면 수저준설토사는 선박으

로부터 공유수면을 매립하려는 장소에 배출할 수 있는 폐기물에 해당됨(시행규칙 제11조 제1항 관련 별표 3). 그리고 동법은 폐기물의 배출허용기준에 관하여 ‘수저준설토사’는 호안시설을 설치하여 해역과 차단하도록 하고 다만, 선박에 의하여 호안의 안쪽에 배출하는 경우에는 배출을 종료할 때까지 선박의 항해구간에 한하여 호안시설 대신에 오탁방지막을 설치할 수 있다고 규정하고 있음. 그리고 상등수를 해양으로 배출하는 경우 부유물질이 흘러 나가지 못하도록 하는 시설 또는 설비를 갖추 것을 요함(시행규칙 제11조 제1항 및 별표 3).

○ 또한 동법 제23조 제1항에서 육상에서 발생한 폐기물의 해양배출금지를 규정하면서, 해양수산부장관에게 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 육상에서 처리가 곤란한 폐기물에 대하여 배출하게 할 수 있는 권한을 부여하고 있음. 이에 따라 동법 시행규칙 제12조는 해양에 배출할 수 있는 폐기물 및 그 배출해역과 처리방법을 규정하고 있음(별표 6과 별표 7). 또한, 해양배출이 가능한 폐기물인지 여부를 검사할 때에는 적합한지 여부를 검사하여야 한다고 규정하고 있음.

(라). 해양환경관리업

○ 「해양환경관리법」은 해양환경관리업(제70조)을 등록제로 규정하고 퇴적오염물질수거업(동조 제1항 제5호)은 여기에 포함됨. 이에 따라 ‘해양환경관리업’을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 등록하여야 함(동조 제1항). 해양환경관리업에는 폐기물해양배출업, 해양오염방제업, 유창청소업, 폐기물해양수거 및 퇴적오염물질수거업이 포함됨. 이 중 오염퇴적물의 수거·준설과 관련된 ‘퇴적오염물질수거업’이란 “퇴적된 오염물질의 준설·수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 퇴적된 오염물질을 준설 또는 수거하는 사업”을 말함(동조 제1항 제5호).

(3). 폐기물관리법

○ 해양에서 수거된 폐기물 또는 오염된 퇴적물을 육상에서 처리하고자 하는 경우, 수거된 폐기물은 「해양환경관리법」상에 별도의 규정이 없는 한 「폐기물관리법」의 적용대상이 될 가능성이 많으며, 오염된 퇴적물의 경우에는 이를 폐기물로 볼 것인가에 따라 그 적용이 달라질 것임. 실제로 지정폐기물인면서 사업장에서 배출되는 오니(하수처리 또는 정수(淨水)과정에서 생긴 침전물로서 수분함량이 95% 미만이거나 고형물 함량이 5%이상)와 달리 이와 형질이 유사한 준설토사는 「폐기물관리법」에 규정되어 있는 사업장일반폐기물의 수집·운반·보관·처리기준 및 방법에 따라 유해물질을 포함하고 있는 경우에도 흔히 이를 제거함 없이 해양투기하거나 육상 매립장에 처분됨.

(4). 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률

○ 수질오염물질을 함유한 오염퇴적물을 수거·준설함으로써 발생하는 부유물질 등에 관해서는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」의 적용을 받을 여지가 있고, 오염퇴적물의 환경기준의 설정 및 위해성평가 등을 규정함에 있어 수질오염의 측면에서 이를 고려해 볼 수 있음. 이밖에 동법은 배출허용기준(제8조), 투기 등의 행위 금지(제28조) 등을 규정하면서 특히, 공공수역의 점용 및 매립 등에 의한 수질오염방지를 위하여 공공수역에 대한 점용 또는 매립을 허가 또는 인가하고자 하는 행정기관은 수질오염 방지를 위한 조건을 붙일 수 있도록 하여(제18조 및 동법 시행령 제22조) 오염퇴적물 또는 준설토사의 투기 또는 매립을 규제하고 있음.

(5). 토양환경보전법

○ 「토양환경보전법」은 토양오염의 규제를 위해 개별 환경법에서는 유일하게 토양오염피해를 유발

한 오염원인자에 대해 무과실책임을 인정하고 토양오염의 “우려기준” 및 “대책기준”을 수립하여 토양오염에 노출된 사람의 건강·재산 및 동·식물의 생육 등에 피해를 방지하고 오염된 토양의 정화(제15조의3) 등의 조치를 취할 수 있는 근거를 마련하고 있음. 한편 퇴적물에 관해서는 별도의 오염기준과 정화기준이 설정되어 있지 않음. 이에 따르면 오염된 준설토사를 육상 내 매립하거나 매립토 등으로 이용하는 경우에는 토양오염의 우려기준 및 대책기준 이하일 것이 요구됨.

○ 이와 함께 「토양환경보전법」은 오염토양을 버리는 행위와 보관·운반 및 정화 등의 과정에서 오염토양을 누출·유출하는 행위 등 오염된 토양의 투기·누출·유출 등을 규제하고 있는데(제15조의4), 이와 관련하여 준설토 오염퇴적물의 이동 또는 보관상의 누출·유출이나 육상 내 불법투기 등을 규제함에 있어서는 동법의 적용을 받을 여지가 있음.

○ 이 밖에 동법은 토양환경검사(제13조), 토양환경의 평가(제10조의 2) 및 위해성평가(제15조의 5) 등의 규정을 두고 있음. 토양환경의 검사 및 평가, 위해성평가 등의 규정은 토양에 한하는 것이지만 준설토 오염퇴적물의 경우에도 이와 같은 규정이 적용될 수 있음. 물론 본질적으로 토양이 아닌 오염퇴적물의 경우에 이러한 규정들이 반드시 적용된다고 보기는 어려우며, 오염퇴적물에 관해서는 「토양환경보전법」상의 기준들과 규정들이 보완되어야 할 것임.

(6). 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률

○ 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」은 건설공사 등으로 인해 건설폐기물이 발생하는 경우에 건설공사의 발주자(제5조), 건설업자 및 배출자(제6조) 그리고 건설폐기물처리업자 등(제7조)에게 적정처리 및 재활용 촉진을 위한 의무를 규정하고 있음. 또한 “순환골재”의 활용을 위하여 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위하여 순환골재의 용도별 품질기준 및 설계·시공지침 등에 관하여 필요한 기준을 정하도록 하고 있음(제35조). 예를 들어 준설토사를 골재로 활용하고자 하는 경우에는 순환골재의 품질기준 등을 적용할 수 있을 것임.

(7). 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률

○ 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」은 재활용가능자원에는 “사용되었거나 사용되지 아니하고 버려진 후 수거(收去)된 물건과 부산물 중 재사용·재생이용할 수 있는 것”과 “회수할 수 있는 에너지 및 폐열”을 포함한다고 규정하고, 부산물 중 그 전부 또는 일부를 재활용하는 것이 그 자원을 효율적으로 이용하는 데 특히 필요한 것은 “지정부산물”로 지정하고 지정폐기물에 대해서는 지정폐기물 배출 사업자에게 일정한 의무를 부여하고 있음(제23조). 현행 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」은 철강슬래그 및 석탄재 외에 토사 등의 경우에는 2007년 개정으로 지정부산물에서 제외함(시행령 제3조). 동법은 이밖에도 제조업자 등에게 재활용의무(제16조) 및 의무율(제17조)을 부여하고, 재활용의무이행계획서의 제출(18조) 및 재활용부과금의 징수(제19조) 등을 규정하고 있음.

○ 오염퇴적물 또는 준설토사는 많은 경우 사업장일반폐기물과 같이 취급될 수 있으므로 수거된 오염퇴적물을 유용하게 이용하기 위해서는 재활용에 관한 동법의 규정들이 적용될 여지가 있음.

(8). 골재채취법

○ 「골재채취법」상의 “골재”는 하천·산림·공유수면 기타 지상·지하등에 부존되어 있는 암석(쇄석용에 한함)·모래 또는 자갈로서 건설공사의 기초재료로 쓰이는 것을 말하는데(제2조 제1호) 골재 퇴적물은 골재에 해당하여 동법이 적용됨.

○ 준설토 골재의 세척·탈수 등의 과정에서 발생하는 폐기물은 사업장일반폐기물로 관리하고 있으므로 준설토사를 골재 등으로 재활용하는 시설에서 발생하는 폐기물 역시 사업장일반폐기물로 관리될

수 있을 것임.

(9). 환경정책기본법

○ 「환경정책기본법」은 환경오염을 “사업활동 기타 사람의 활동에 따라 발생하는 대기오염, 수질오염, 토양오염, 해양오염, 방사능오염, 소음·진동, 악취, 일조방해 등으로서 사람의 건강이나 환경에 피해를 주는 상태”라고 정의함(제3조 제4호). 그리고 이러한 환경오염을 사전에 예방할 의무를 국가 및 지방단체에 부여하는(제7조의2 제1항) 한편, 자원 등의 절약 및 순환적 사용을 촉진하도록 하고 있음(7조의4). 또한, 동법은 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며(제10조) 대기, 소음, 수질 및 수생태계에 대한 환경기준을 정하고 있음. 이에 따라 수질 및 수생태계에 대해서는 하천, 호소, 지하수 및 해역에 대해 사람의 건강보호 기준 및 생활환경 기준을 정하고 있으나(동법 시행령 제2조 및 별표 1), 퇴적물에 대해서는 별도의 환경기준을 설정하고 있지 않음. 따라서 「환경정책기본법」상에 하천 및 해양의 퇴적물에 대한 별도의 환경기준을 설정할 필요성이 있음.

(10). 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률

○ 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」은 공유수면을 준설하거나 굴착하는 경우, 공유수면에서 흙이나 모래 또는 돌을 채취하는 경우, 또는 공유수면에 흙이나 돌을 버림으로써 공유수면의 수심에 영향을 미치는 경우 등에 해양수산부장관 또는 특별자치도지사·시장·군수·구청장(공유수면관리청)으로부터 점용 또는 사용의 ‘허가’를 받도록 하고 있음(제8조 제1항). 그 결과 바다·바닷가에서 퇴적물을 준설하거나 토사를 채취하는 경우에는 관리청의 점·사용의 허가를 받지 아니 하고는 이를 할 수 없게 됨.

나. 외국의 법제

(1). 미국

(가). 오염퇴적물 관리기준 관련 법·제도

○ EPA의 오염퇴적물 준거기준은 청정수질법(Clean Water Act, 이하 ‘CWA’) 제304조와 제118조에 법적 근거를 가지고 있으며, 이에 따라 인간의 건강, 수중생물, 야생생물을 보호할 수 있는 오염퇴적물 준거기준이 제시됨. 이 기준은 저서생물과 공공보건을 보호하기 위한 목적으로 정한 것으로, 규제나 처벌을 위한 기준이 아니라 퇴적물 표준개발의 근거자료로만 이용됨.

○ 연방정부 차원에서 제시된 또 다른 오염퇴적물 기준은 퇴적물 권고기준으로 이는 법적 요구에 의하여 수립된 것이 아니라, 1990년 NOAA가 실시한 ‘전국 현황 및 추이 프로그램(National Status and Trends Program)’에 따라, 퇴적물 및 저서생물에 축적된 오염물질에 관하여 실시된 오염물질 현황조사에 대하여 그 농도를 해석하여 독성학적 중요성이나 위험도를 판단하기 위하여 자체적으로 사용하기 위하여 개발한 것임. 따라서 NOAA가 조사한 오염퇴적물 자료를 해석하기 위한 기준의 성격을 가질 뿐 오염을 규제하고 준설 등을 판단하는 기준으로 사용할 수 없음.

○ 미국 내에서 체계적으로 퇴적물 기준을 개발한 워싱턴주는 일정한 기준 이상의 오염퇴적물을 관리하기 위하여 주정부규정(Washington Administrative Code as of October 20, 2004) 제173조에 따라 퇴적물 정화기준(Sediment Cleanup Level)을 제시하고 있음. 워싱턴주는 퇴적물 오염에 대한 두 가지 종류의 환경기준을 가지고 있는데, 일종의 환경목표로 환경에 영향이 없다고 판단되는 오염물질 농도를 제시하고 있는 ‘퇴적물기준(Sediment Quality Standards)’과 오염퇴적물 정화를 위해 사용되고 환경에 최초의 악영향이 나타나는 값을 기준으로 하는 ‘정화기준’임.

(나). 오염퇴적물 정화·복원 관련 법·제도

○ 오염퇴적물에 대한 정화는 다양한 법적 근거에 의해 수행되고 있는데, 종합환경배상책임법(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA), 자원보전및복원법(Resource Conservation and Recovery Act, RCRA), 청정수질법(CWA), 하천및항구법(Rivers and Harbors Act, RHA), 독성물질관리법(Toxic Substances Control Act, TSCA), 유류오염법(Oil Pollution Act, OPA) 등임.

○ 일명 Superfund법이라고 불리는 CERCLA는 유해물질로 오염된 지역을 확인·조사 및 복구하는 내용을 포괄하는 법률로 정화작업도 이 법에 따라 시행됨. 이 법은 퇴적물만을 대상으로 한 것은 아니며, 오염물질로 인해 발생하는 위해의 평가와 복원, 이에 소요되는 비용 등을 포괄적으로 규정하고 있음. CERCLA에 따라 EPA는 유독폐기물의 처리, 저장, 배출시설로부터 침출된 오염물질이 퇴적물 오염의 원인인지를 평가할 권한을 가지며, 평가결과 오염이 심각하다고 판단되면 정화를 포함한 종합적인 복원 및 관리조치를 취할 수 있음. 이 법에 의해 PCBs 등 유해물질에 의해 오염된 퇴적물의 정화·복원 사업을 추진하고 있고, 정화복원 사업의 비용 마련을 위하여 정부차원에서 슈퍼펀드(Superfund)를 조성함.

○ RCRA 제3004조에 따라 EPA는 오염이 발견될 경우 유해물질처리·저장·처분시설로 인해 퇴적물을 오염시켰는지에 대해 평가할 수 있는 권한을 가지고 있음. 이에 따라 EPA는 환경시설로부터 유출된 유해물질로 오염된 퇴적물의 환경복원을 위한 환경기준을 수립할 수 있고, 특히 동법 제7003조는 유해물질 누출로 인해 인간건강이나 환경에 위해를 입혔다고 판단되는 시설의 운영자 등 오염원인자를 상대로 소송을 제기할 수 있도록 규정하고 있음.

○ CWA 제115조는 EPA에게 항만과 항해구역의 독성오염물질에 대한 현장조사를 통해 오염상태를 확인할 수 있는 법적 권한을 부여하였고, 배출허용량을 초과하는 배출행위에 대해 민사소송의 당사자로서 소송을 통해 위법행위를 규제할 수 있도록 함. 또한 오염퇴적물로 인하여 인건의 건강 등에 직접적인 영향을 미쳤음이 증명되는 경우, 제504조에 따라 책임주체가 오염퇴적물을 정화하도록 하고 있고, 특히 그 원인자가 오염물질의 배출과 관련하여 배출허용량을 준수하였다 하더라도 해역 정화책임을 부담하도록 하고 있음.

○ 기타 법률로서 RHA는 항계나 항로의 기능을 저해하는 장애물과 혐오물질 등의 투기행위에 대하여 형사상 조치나 행정조치를 취할 수 있는 법적 근거를 제공하고 있으며, CWA에서 다루지 못하는 물질을 관리하는데 주로 이용됨. TSCA는 주로 PCBs 등 잔류성 유기오염물질을 관리하기 위한 법률로, PCBs를 제외하고는 본 법률에서 정한 유효기간 이전에 배출한 경우에 대해서는 오염원인자에게 정화를 하도록 강제하지 못함. 다만, 오염퇴적물 정화사업을 수행할 경우, TSCA에서 정한 오염물질 관리규칙을 따르도록 하고 있음. OPA는 유류의 우발적인 유출과 해역배출로 인해 퇴적물이 오염되었을 경우 EPA가 오염원인자에게 이를 복구하도록 명령할 수 있는 권한을 부여하고 있음.

(다). 준설물질 처리에 관한 법제도

○ 준설물질의 처리와 관련한 미국의 주요 법제는 해양보호연구및보호구역법(Marine Protection, Research, and Sanctuaries Act, MPRSA)과 청정수질법(Clean Water Act, CWA)임. 해양보호연구및보호구역법은 주로 준설물질의 운송을 비롯한 해양 투기와 해양연구 및 해양보호구역의 수립을 목적으로 하는 연방 환경법임.²⁵⁾ 그리고 청정수질법은 제404조에서 미육군공병대(U.S. Army Corps of

25) Lawrence Juda, Richard Burroughs, Dredging Navigational Channels in a Changing Scientific and Regulatory Environment, Journal of Marine Law and Commerce, Jefferson Law Books Company, 2004, p. 190.

Engineers, 이하 'US ACE')에게 준설물질의 배출에 관해 허가권을 부여하여 '미국의 수역 (Navigable Waters)' 내의 준설 또는 매립물질의 배출을 규율함. 또한 미국 환경보호청(U.S. Environmental Protection Agency, 이하 'EPA')은 청정수질법 제404조의 규정에 따라 환경 가이드 라인을 수립하고 이를 충족하지 못하는 US ACE의 준설 또는 매립물질(Dredged and Fill Material) 배출허가에 관해 심사권 및 거부권을 가짐.²⁶⁾

(2). 독일

○ 독일에서는 연간 평균 약 500백만³m³의 준설물질이 발생하고 있으며, 네덜란드와 달리 법규에서 오염퇴적물을 별도로 규정하고 있지 않음. 오염퇴적물 처리·처분을 위하여 항구 주변의 소규모 처리·처분시설을 주로 사용하고 있음. 그러나 처리한 퇴적물을 육상에서 재이용하는 경우만 법에서 규정하고 있으며, 육상의 수질기준 등에도 포함되어 있지 않아서 현재 법·제도 개선 중임.

○ 연방 토양보호 및 오염지역법(The Federal Soil Protection and Contaminated Site Act)은 퇴적물의 육상 처분에 관하여 규정하고 있음. 독일은 작은 수계에서 오염퇴적물의 처분 또는 대규모 고립 처분을 위한 국가적인 지침은 없음. 그러나 독일의 매립지침(German Landfill Ordinance)에 따르면 관련당국은 적절한 방법으로 오염퇴적물을 육상 처분장에서 처분할 경우 이를 허가할 수 있다고 규정하고 있음.²⁷⁾

(3). 네덜란드

○ 네덜란드는 오염퇴적물을 포함하여 연간 약35백만³m³의 퇴적물을 준설하고 있고, 2015년까지 약 900백만³m³의 해저퇴적물을 제거할 계획임. 이 중 항로유지를 위해서 준설될 퇴적물은 약 800백만³m³이며, 국내 총 오염퇴적물 약 200백만³m³ 중에서 약 100백만³m³가 환경적인 정화·복원을 위해서 제거될 예정임.²⁸⁾

○ 「제3차 물관리 국가정책법」(1989년)에서는 1995년까지 일부 오염지역을 정화·복원하며, 궁극적으로 인간건강, 환경 및 생태계에 위험한 모든 퇴적물을 정화·복원하는 것을 국가의 정책목표로 하고 있음. 「오염퇴적물 관리에 관한 정책 지침(Guideline)」(1993년)에서는 오염퇴적물 관리체계와 처분장 건설에 대한 규범으로 구성되어 있는데, 오염퇴적물 관리체계의 핵심은 오염퇴적물 생성을 방지하고, 오염도가 낮은 퇴적물의 유효활용을 장려하며, 2000년까지 총 오염퇴적물 중 20%까지 처리되도록 하며, 대규모 고립처분장을 건설하고, 오염퇴적물의 확산을 저감하는 것임.

○ 1998년에는 「제4차 물관리 국가정책법」이 제정되었고, 동법은 충분한 고립처분장 조성, 단순 처리기술 사용, 오염퇴적물 평가기준 개정, 고립처분장 건설규범 개정, 모든 오염퇴적물 정화·복원을 위한 기초계획의 실현 등을 주된 목표로 하고 있음.

○ 네덜란드는 「토양보호법」에 준설토사를 포함하고 있고, 폐기물 관련법에는 토양과 준설물질이 충분히 포함되지 않았고, 폐기물로서 준설물질의 처리, 수송 및 처분에 관하여 미흡하기 때문에 개정을 통해 보다 강화할 예정임.

○ 네덜란드에서는 퇴적물을 폐기물로 간주하고, 오염도가 낮은 준설물질은 「환경관리법」에 따라 폐기물 관련법의 예외로서 수중고립처분이 가능함. 오염퇴적물 처리·처분 대안의 결정과 처리 후 유효활용의 수요는 관련법에 큰 영향을 받기 때문에, 최근 고립처분되는 양을 감축하고 재활용을 촉진하기 위하여 「환경세법」을 제정하는 등 관련 법규를 정비하고 있음.

26) Robert S. Meinick, Dredging: Make Waves for Commerce or Environmental Destruction, 19 Vill. Evntl. L. J. 145, 2008 Villanova University, p. 148.

27) 해양수산부, 「해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 실무 지침서」, 2010. 10, 36면.

28) 해양수산부, 「해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 실무 지침서」, 2010. 10, 32-36면.

○ 기타 「표층수 및 해수 오염법」에서는 모든 폐기물과 폐수로부터 표층수와 해수의 오염을 방지하는 것을 규정하고, 「건축재료령」에서는 육상과 해상에서 준설물질을 포함한 2차 건축재의 사용을 규제하는데, 대상물질로부터 용출되는 오염물질의 양과 오염물질의 총량에 따라 용도를 세 가지로 구분하고 있음.

(4). 일본

○ 일본에서는 공용 수역에서의 수질오염, 어패류 오염 등의 원인이 되는 오염된 퇴적물(底質)의 제거에 관한 사항은 “퇴적물의 잠정 제거 기준에 관하여(1975. 10. 28, 환수관119호)” 라는 통보(通達)로 법제화되었으며, 수은과 PCB를 함유하는 퇴적물의 제거기준이 설정됨.²⁹⁾

○ 제거기준에 해당되는 퇴적물에 대하여 준설 등 대책을 취할 경우, “퇴적물의 처리, 처분 등에 관한 판정지침(1974. 5. 30, 환수관113호)” 에 따라 2차 오염이 발생하지 않도록 처리·처분하도록 규정하고 있음. 또한 다이옥신류 대책 특별조치법(1999년 법률제105호) 제7조의 규정에 의해 다이옥신류에 의한 수저퇴적물에 관한 환경기준이 정해졌고, 그 후 이를 반영하기 위하여 “퇴적물의 처리, 처분 등에 관한 판정지침”은 폐지됨과 동시에, 수은, PCB에 추가하여 다이옥신류에 대한 규정을 포함하는 “퇴적물의 처리, 처분 등에 관한 지침에 대하여(2002. 8. 30, 환수관211호)” 로 대체됨. 대책 대상 퇴적물의 다이옥신류에 대한 규정은 “다이옥신류에 의한 대기, 수질 및 토양오염에 관한 환경기준(2002. 7. 22, 환경청고시46호)에 의해 기준 값(150pg-TEQ/g이하)이 규정되어 있음. 한편, 퇴적물의 조사는 “퇴적물 조사 방법(1975. 10. 28, 환수관120호)에 따름.

○ 준설공사 등으로부터 제거된 퇴적물을 해양에 투기하여 처분할 경우, “해양오염 및 해상재해의 방지에 관한 법률”에 의한 판정기준에 적합하며 당국의 허가를 얻을 경우에 한하여 폐기물 투기해역에서 처분되고 있음. 퇴적물의 효율적인 관리를 위하여 “준설토사의 해양투기 및 유효활용에 관한 기술지침(2006. 6, 국토교통성 항만국)을 제정함.

○ 오염퇴적물 정화사업은 해당 지방자치단체와 지역주민 대표를 포함하여 관련기관(산업계, 연구기관 등)이 함께 오염퇴적물 관리위원회를 구성하여 각 지역별로 추진됨.

○ 한편, 오염퇴적물 정화·복원에는 고액의 비용이 필요하므로, 최근 시마네현의 마카타 공업단지 인근 폐기물 처리업자 등이 정화복원 비용을 부담하는 등 「공해방지사업비사업자부담법(公害防止事業費事業者負担法)」에 의해 오염원인자가 그 비용을 부담하는 사례가 증가하고 있음. 동법은 “공해방지 사업”을 다음에 열거하는 사업에 있어서 사업자의 사업 활동에 의한 오염을 방지하기 위해 사업자에게 그 비용의 전부 또는 일부를 부담시키는 것으로서 국가 또는 지방 공공 단체가 실시하는 것으로 정의하고(제2조 제2항), 오염되어 그 오염의 원인이 되는 물질이 퇴적되거나 수질이 오염되고 있는 강, 호수, 항만 기타 공공용으로 제공되는 수역에서 실시된 준설사업, 도수(導水)사업 기타 정령으로 정하는 사업 등을 열거하고 있음(제2조 제2항 제2호).

다. 개선방안 : 가칭 「해양오염퇴적물관리법」의 제정

○ 해양오염퇴적물의 수거, 처리(자연정화, 현장처리, 표면피복, 재활용, 매립, 고립처분 등) 수요는 증가하고 있으나 현행 법제는 이를 위한 근거 규정을 제대로 갖추고 있지 못해 그 수요에 부응하지 못하고 있음. 즉 현행 법제하에서는 해저퇴적물·해양오염퇴적물, 준설물질 등에 대한 기본 개념조차 정립되어 있지 않으며, 해양오염퇴적물의 수거·처리의 기준 및 방법 등에 대한 법적 근거가 없어, 해양오염퇴적물의 처리 등 적절한 관리가 곤란한 상황임.³⁰⁾ 또한 기존 「해양환경관리법」을 비롯하여

29) 해양수산부, 「해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 실무 지침서」, 2010. 10, 36-39면.

30) 윤길림·조흥연, “준설토 재활용 방안 및 적용사례 분석”, 지방환경 제3권 제2호, 2002. 6, 55면.

「폐기물관리법」, 「토양환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 등 여타의 법률에서는 오염퇴적물의 수거 및 처리 등에 관한 기본적인 방안을 제시하지 못하고 있음. 다만 개별 규정을 통해 오염퇴적물에 대하여 적용될 수 있으나, 여러 법률에 산재되어 있어 적용상 혼란이 있고, 단편적인 규정에 그쳐 유효 적절히 대응하지 못하고 있는 현실임.³¹⁾

○ 이에 수거, 처리라는 일련의 과정에서 해양오염퇴적물을 포괄적, 체계적, 통일적으로 관리하기 위해서 그 법적 근거를 마련해야 할 필요성이 높음. 그 방식으로 기존의 관련 법률을 개정할 것인가 아니면 새로운 별개의 단일법을 제정할 것인가가 문제되는데, 개별 법률에 산재된 규정을 개정하는 방식으로 정비하기 보다는 별도의 단일법(가칭 「해양오염퇴적물관리법」)을 제정하는 것을 적극 검토하여야 할 것임. 기존 해양환경관리법의 개정은 본질적인 문제해결 방법이 될 수 없고, 개정내용에 포함하여야 할 양이 많아 입법기술상 어려운 점이 있으며, 그렇지 않아도 기존 「해양환경관리법」이 다루는 내용과 범위가 방대하여 분법화할 필요성이 크다는 점 등을 고려할 때, 개정은 효율적인 방안이라고 할 수 없음.

○ 별도의 법을 제정하는 것은 모든 관련법들을 개정해야 하는 큰 수고를 줄이면서도 효율적으로 오염퇴적물 관리체계를 정립할 것으로 보임. 「폐기물관리법」, 「토양환경보전법」, 「해양환경관리법」 등 관련법의 일부 개정으로는 미봉책에 그칠 가능성이 많고, 이들 법의 목적과 취지 등에 비추어 오염퇴적물의 처리와 처분 전 과정을 규율하는 데에는 한계가 있을 수밖에 없기 때문임. 또한 법률들 사이에서의 상충 문제도 무시할 수 없음. 새로운 법에서는 오염퇴적물의 수거(준설), 운반, 보관, 처리·처분, 재활용 등 전 과정에 걸쳐 단계별로 가능한 한 자세한 규정을 두어야 함. 여기에는 오염퇴적물의 개념, 오염퇴적물의 수거·처리의 근거가 되는 환경기준, 수거·운반·보관·처리의 과정에서 수질에 대한 영향 최소화, 수질오염 억제, 악취방지, 오염퇴적물의 재활용, 매립 또는 해저고립처분, 해양배출을 위한 처리방법·기준 등이 포함됨.

○ 오염퇴적물의 수거·처리과정에서 나오는 준설토사 등은 버려지는 폐기물이 아님. 한정된 자원을 보유한 국내의 실정상 자원순환의 차원에서 준설토사의 경우에는 재활용·재사용의 대상으로 이해할 필요가 있음. 준설토사를 일률적으로 폐기물로 보아 「폐기물관리법」 등에 의한 규제대상으로 보는 것에 대하여는 전향적인 검토가 요망됨. 이에 준설토사 등을 폐기물로 규정하지 않거나 준설 전 또는 중간처리 후 위해성평가(risk assessment) 또는 오염도 평가를 통해 오염정도에 따라 폐기물과 폐기물이 아닌 재활용 가능한 자원으로 구분할 필요가 있음. 이를 통해 해양오염퇴적물을 골재, 매립토 등으로 이용할 수 있는 방안을 강구하고, 불필요한 규제 규정의 적용을 배제함으로써 유인을 제공할 필요가 있음.

○ 오염퇴적물을 인근지역에 매립하는 경우 매립지 확보의 어려움과 막대한 매립지 건설비 및 관리비 소요, 운송비 증가 등의 문제점이 발생할 수 있음. 따라서 오염퇴적물을 일률적으로 폐기물로 관리할 것이 아니라 「자원의 절약 및 재활용촉진에 관한 법률」, 「건축폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 등 자원의 순환 및 재활용을 활성화하고자 하는 최근의 입법의 동향에 비추어 오염퇴적물을 재활용하는 방안을 마련해야 할 것임. 즉, 수거된 해양오염퇴적물의 법적지위를 곧바로 ‘재활용이 가능한 물질’ 또는 ‘폐기물’로 단정하지 않고, 처리 및 오염도 평가 등을 통하여 구체적으로 판단할 수 있도록 규정할 필요가 있음.

3. 가칭 「해양오염퇴적물관리법」의 제정방안

가. 해양오염퇴적물 등에 대한 개념 정립

31) 이창화·김은정, 「호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안」, 한국환경정책평가연구원, 1998, 5면.

(1). 오염퇴적물이란?

○ 「해양환경관리법」은 해양오염 또는 오염물질에 대해서만 정의하고 있고 오염퇴적물(汚染堆積物)에 대해서는 별도로 규정하고 있지 못함. 다만 고시에서 “해저퇴적물”에 대하여 “암석의 풍화와 침식으로 분리된 암석기원 물질이나 생물활동에 의하여 유래된 물질 또는 화학적으로 형성된 고체물질 등이 이동되어 해저에 쌓인 불용성 물질”로, “해양오염퇴적물”에 대하여 “일정 기준 이상의 화학물질을 포함하거나, 인체의 건강 또는 해양생태계에 위해를 가하는 것으로 간주되는 해저퇴적물”로 정의하고 있을 뿐임.

(2). 준설물질 또는 준설토사란?

○ ‘준설’이라 함은 법률상 따로 정의되어 있지 않으나, 준설토사를 “해양이나 하구 등에서 해양환경의 개선, 항만(항만시설 포함)의 건설·정비 또는 항로유지 등을 목적으로 준설하는 퇴적물질 중 점토·실트·모래·자갈 및 암석을 말함”고 정의한 바 있음.³²⁾

○ 퇴적물은 오물 또는 오염원이라는 인식 하에 준설토사가 오염도에 상관없이 폐기물로 규정되어, 해양에 투기되어 옴(시행규칙 제11조 제1항 관련 별표 3 제1호, 제12조 제1항 별표 6 제3호 나목, 별표 7, 제12조 2항, 별표 8 제3호). 다만, 해양환경개선조치의 일환으로 “준설토사 등 수저퇴적물의 사용 등에 관하여 해양수산부장관이 정하는 조치”를 거론함으로써 준설토사의 ‘사용’을 염두에 두고 있고(시행규칙 제9조 제1항 제2호), 2010년도에 국토해양부 고시로 ‘수저준설토사 유효활용 등 규정’을 제정한 바 있음.

○ 일반적으로 우리나라 준설토사 대부분은 위해성 문제가 대두될 정도로 오염되지 않았기 때문에 어떠한 오염물질의 심사기준 없이 무조건 폐기물로 규정해서는 안 될 것임. 특히, 자연자원이 부족하여 상당수 골재를 수입하고 있는 우리나라 실정상, 준설토사는 적절한 처리 후에 재활용할 수 있어야 할 것임.³³⁾

(3). 개념 정의의 필요성

○ 「해양환경관리법」을 비롯한 현행 법률은 퇴적물, 오염퇴적물, 준설토사에 대하여 개념을 정의하고 있지 않을 뿐만 아니라 명확히 구분하고 있지 않으며, 오히려 혼동해서 사용하고 있음. 그리고 “오염된 퇴적물(「해양환경관리법」 제18조)”, “수거된 오염퇴적물(동법 시행규칙 제9조 제3호)”, “수거 퇴적물(동법 시행규칙 제9조 제2호)”, “준설토사(동법 시행규칙 제9조 제2호)”, “준설토(동법 시행규칙 제13조 제1항 제2호) 등 일관되지 않게 사용되고 있어 오염퇴적물이나 준설토사를 관리·규제하는 데 어려움이 예상된다.

○ 일반적으로 퇴적물이 정적인 개념이라면 준설물질은 동적인 개념이라고 할 수 있음. 즉, 준설물질은 해양 또는 수계로부터 준설된 물질을 말하지만 퇴적물이란 준설과정 이전에 수계에 있는 물질을 말함. 퇴적물이라 함은 일반적 상식으로 이해되는 해양환경의 구성 요소에 해당되어, 법에 별도의 정의를 둘 필요성은 많지 않아 보임. 다만 ‘일반적인 퇴적물’과 ‘해양에서의 퇴적물’을 구분하기 위하여, 또한 오염퇴적물 개념의 전제로서 오염된 퇴적물인지를 판단하기 이전 단계에서 오염도 조사 등의 규율을 위하여, 오염된 퇴적물과 오염되지 않은 퇴적물을 포괄하는 개념으로서의 “해저퇴적물” 개념은 필요하다고 볼 것임. 따라서 “해저퇴적물”에 관하여 “암석의 풍화와 침식으로 분리된 암석기원 물질이나 생물활동에 의하여 유래된 물질 또는 화학적으로 형성된 고체물질 등이 이동되어 해양이나 하구 등 수역의 바닥에 존재하거나 쌓인 물질”과 같은 정의가 이루어져야 함.

32) 해양수산부, 「준설토사 처리 및 유효활용 -지침서-」, 2007. 6, 1면.

33) 해양수산부, 「준설토 재활용 방안 연구,Ⅲ :경량혼합토 개발을 중심으로」, 2002, 151면.

○ 한편 ‘오염퇴적물’이란 개념은 오염퇴적물 관리·규제의 출발점이 되기 때문에 개념 정의가 필수적임. 퇴적물은 산업폐수, 생활오수, 폐기물처리장의 침출수, 도시 및 농촌의 강우 유출수 및 하천으로부터 유입된 유기물 영양염류, 유해화학물질 등 오염물질을 함유하고 있기 때문에 이러한 점에 착안하여 ‘오염퇴적물’을 단순히 이러한 오염물질을 함유하고 있는 퇴적물이라고 정의할 수 있을 것임. 그러나 이와 같이 정의할 경우에는 호소, 하천 및 연안에 쌓인 대부분의 퇴적물들이 모두 오염퇴적물에 포함되어 규제·관리의 대상이 되는 불합리한 결과를 초래할 수 있음. 즉, 이러한 정의에 따르면 퇴적물이 어느 정도의 오염물질을 함유하고 있는 경우에 오염퇴적물로 관리·규율할 수 있는지 명확하지 않음. 어느 경우에 “오염” 퇴적물이 될 것인가에 대한 기준이 필요하고, 그 기준이 바로 오염퇴적물 “수거 및 처리”의 시발점이 될 것임.

○ 「해양환경관리법」 제8조는 해양수산부장관에게 해양환경기준을 설정하도록 규정하고 있음. 따라서 오염퇴적물을 환경기준을 초과하는 오염물질을 포함하는 퇴적물로 정의할 경우에는 해저퇴적물에 대한 해양환경기준이 그 기준이 되어야 할 것임. 그러므로 “해양오염퇴적물”이란 “「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 해저퇴적물”로 정의하는 것이 바람직할 것임. 한편 현행 해양환경기준에서는 해저퇴적물에 대하여 ‘부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위’인 “주의기준”과 ‘부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 범위’에 해당하는 “관리기준”으로 구분하여 기준을 설정하고 있는 바, “관리기준”이 오염퇴적물 수거·처리의 시발점으로서의 기준이 될 수 있을 것임.

○ 현행 오염퇴적물 관리·규제는 퇴적물 자체는 폐기물로 보지 않으면서 준설토사의 경우에는 폐기물로 파악하고 있음. 「해양환경관리법」은 준설토사 이외에도 수저준설토사, 준설토 등의 표현을 사용하고 있음(제85조 제1항 제1호). 준설토사나 준설토 등과 같은 표현은 준설토질의 일부를 구성할 뿐이기 때문에 부정확한 표현이라고 할 수 있음. 이에 준설토질에서 토사를 따로 분리하기 어렵다는 점에서 준설토, 준설토사, 수저준설토사, 수거된 퇴적물, 수거된 오염퇴적물 등의 용어는 “준설토질”로 표현을 통일하여 관리하는 것이 바람직함. 한편, 준설토사의 경우 오염도가 낮거나, 비록 유해중금속 및 유기물이 함유된 준설토사라 하더라도 적절한 처리과정을 거친다면 재활용이 가능하므로³⁴⁾ 일도양단식으로 폐기물이라 할 것이 아니라 별도로 취급할 필요가 강함. 이에 준설토사를 폐기물 개념에서 제외하거나 폐기물과 달리 취급하는 것을 적극 검토할 필요가 있음.

○ 한편, 현행 준설토사에 대한 근거 규정을 법률이 아닌 시행규칙에서 정하고 있는데, 이는 법률유보의 원칙 또는 포괄위임금지의 원칙에 맞지 않음. 이러한 관점에서 시행령 이상에서 이에 대한 기본적인 규정을 두고, 세부적인 사항을 시행규칙 등에서 정하는 것이 바람직함. 또한 오염퇴적물·준설토질 등을 법령에 규정하는 경우에는 개념 정의에 관한 조항에서 먼저 규정하여야 할 것이며, 가급적 용어의 뜻을 명확하게 하면서도 이해하기 쉽게 규정하여야 할 것임.

나. 오염퇴적물의 수거·처리·처분 등 개념의 정립

(1). 필요성

○ 오염퇴적물의 관리·규제 방안을 마련하기 위해서는 오염퇴적물의 수거기준과 방법, 수거된 오염퇴적물의 처리·처분 방법을 마련하여야 함. 이를 위해서는 오염퇴적물의 수거, 처리 및 처분 등에 대한 용어 및 개념의 정립이 선행되어야 함. 현행 「해양환경관리법」에서는 해양환경개선조치로서 ‘오염된 퇴적물의 수거’에 대해서만 규정하고 있을 뿐, ‘수거’의 개념정의를 이루어지지 않고 있으며, 수거 이후의 처리 및 처분에 대해서는 언급조차 없고, 다른 관련 법률에 의하더라도 적용될 수 있는

34) 해양수산부, 「준설토 재활용 방안 연구」, 2000, 34-35면.

조항을 찾기 어려운 실정임. 그 결과 오염퇴적물의 처리 또는 처분에 대한 법적 근거가 없게 되어, 오염퇴적물에 대한 자연정화, 현장처리, 표면피복 등의 정화·복원은 그 필요성 및 기술적 효율성에도 불구하고 법적 근거의 미비로 인하여 이루어질 수 없는 문제점이 발생하고 있음.

(2). 현행법 체계에서의 관련 용어 및 개념

①. 해양환경관리법

○ 오염퇴적물은 수거(제거), 운반(이동), 저장(보관, 배치), 처리(treatment), 처분(disposal), 사용 등의 단계를 거쳐 이루어짐. 이러한 일련의 과정을 이루는 개념에 대한 정확한 이해가 중요함.

○ 현행 「해양환경관리법」은 해양오염퇴적물의 “수거”에 대해서만 언급하고 있고(제18조 제3호), 운반이나 저장에 대해서는 규정하고 있지 않음. 그리고 수거 및 처리·처분의 개념과 방법에 대해서 아무런 언급도 하고 있지 않아 수거와 처리, 처분 간의 구분이 모호함. 다만, 「해양환경관리법」 시행규칙에서 “해양수산부령이 정하는 조치”의 하나로 “수거된 오염퇴적물의 안전한 처리 및 처분”을 들고 있어(제9조 제3호) 수거와 처리·처분을 구분하고 있는 것으로 보이며 수거를 처리·처분의 전 단계로 보고 있는 것으로 이해됨.

○ 수거가 준설을 포함하는 개념인지 또는 병존하는 개념인지도 혼란스러움. 사전적 의미로 수거는 “거두어 가는 것”을 의미하는 것으로 동법 상 ‘수거(收去)’는 “폐기물 또는 오염퇴적물등을 수거에서 수집·제거하는 것”이라 할 수 있음. 근본적으로 수거에서 오염퇴적물 제거한다는 점에서 수거의 방법으로서 준설이 가장 일반적인 방법일 것임. 그러나 동법은 ‘퇴적오염물질수거업’을 “퇴적된 오염물질의 준설·수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 퇴적된 오염물질을 준설 또는 수거하는 사업”이라고 규정하고(법 제70조 제1항 제5호), 수거업자의 의무로 “준설·수거 등에 관한 처리실적서를 작성”하도록 규정함으로써(제72조 제1항), 준설과 수거를 구분하고 있음.

○ 한편, 해양환경개선조치와 관련하여 오염물질의 경우에는 수거와 함께 처리를 규정하고 있는데 오염퇴적물의 경우에는 수거만을 규정하고 있음. 수거의 범위에 처리가 포함되는지 여부가 「해양환경관리법」상 불분명하지만, 처리를 배제하고 수거만으로 그쳐서는 개선조치의 의미가 반감된다는 점 그리고 오염물질과 구별하여 수거만을 규정할 필요가 없다는 점에서 “처리”도 함께 규정할 필요가 있다고 본다. 그리고 동법 상 ‘수거’의 개념에는 퇴적오염물의 ‘준설’ 역시 포함되는 것으로 보아야 할 것임.

②. 폐기물관리법

○ 「폐기물관리법」에서는 ‘수거’를 음식물류 폐기물(농·수·축산물류 폐기물을 포함하되, 생활폐기물 및 제16조에 따른 자가 배출하는 폐기물만 해당함) 관련 조문(시행령 제8조제6호, 시행규칙 제10조 제4호) 및 시행규칙 부칙 제6조 폐기물처리업자 경과조치와 관련하여 적출물처리업자중 적출물수거·운반업자 및 적출물중간처리업자 중 적출물수거·처리업자에 관한 규정에서만 언급하고 있음. 또한 동법에서는 ‘수거’와 ‘운반’을 별도로 구분하여 규정하고 있음을 알 수 있음. 그리고 폐기물관리법에 관한 규정에서 수거와 유사한 용어로 ‘수집’이라는 용어를 사용하고 있음(법 제25조).

○ ‘처리’와 관련해서 동법은 ‘폐기물의 수집, 운반, 보관, 재활용, 처분’으로(폐기물관리법 제2조 제5의2호), ‘처분’과 관련해서 폐기물의 소각(燒却)·중화(中和)·파쇄(破碎)·고형화(固化) 등의 ‘중간처분’과 매립하거나 해역으로 배출하는 등의 ‘최종처분’을 말한다고 규정하고 있음(동법 제2조 제6호). 해양오염퇴적물은 물리적 또는 화학적 특성상 다량의 수분을 포함하고 있기 때문에 수거 후 즉각적인 운반이 곤란하고 육상에 매립하기 위해서 사전에 오염의 중화, 부피의 감소, 고형화 등의 과정을 거쳐야 함. 일반적으로 오염퇴적물에 포함되어 있는 오염물질의 농도가 유해폐기물

투기지역의 토양에 함유되어 있는 오염물질의 농도에 비해 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타나기 때문에 1차적으로 오염물질 추출기술을 적용하여 처리해야 할 퇴적물의 부피를 줄인 후, 2차적으로 비용이 많이 드는 처리방법을 적용함으로써 처리비용을 절감할 수 있음. 이렇듯 1차적으로 오염물질을 추출 또는 퇴적물의 부피를 줄이는 처리방법을 일반적으로 전처리(Pretreatment)라고 하는데, 이는 「폐기물관리법」의 중간처분과 유사해 보임.

○ 그리고 「폐기물관리법」에서는 ‘준설·준설토사’를 따로 규정하고 있지 않지만, 준설은 처리에 포함되는 ‘수집·운반’의 일종으로 볼 수 있음. 이에 반해 해양투기는 「폐기물관리법」상의 처분에 해당하고 이 밖에 매립 역시 동법상의 처리에 해당함. 한편, 동법은 처리와 처분을 구분하고, 처리는 처분을 포함하는 개념으로 파악하고 있음.

③. 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률

○ 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」은 재활용 가능한 자원을 “사용되었거나 사용되지 아니하고 버려진 후 수거된 물건과 부산물 중 재사용·재생이용할 수 있는 것” 이라고 정의하면서(법 제 2조 제2호) 「폐기물관리법」의 ‘수집·운반’이라는 용어가 아닌 ‘수거’라는 용어를 사용하고 있음.

(3). 소결

○ 오염퇴적물의 유효한 관리방안을 수립하기 위해서 가칭 「해양오염퇴적물관리법」에서 ‘수거’의 개념을 구체적으로 정립할 필요가 있음. 즉 “수거”란 해양이나 “하구 등 해역에서 환경의 개선 등을 목적으로 해저퇴적물을 제거하는 행위”로 정의하면 될 것으로 보임. 그런데, 오염퇴적물의 ‘수거’가 해상의 선박 또는 장비에 의해 이루어지고 일단 수거된 오염퇴적물은 육상으로 옮겨야 한다는 점 등을 고려한다면 동법 상 ‘수거’의 개념에는 일반적으로 해상에서의 ‘운반’ 개념까지 포함하는 것으로 보아야 하며, 퇴적오염물의 ‘준설’도 ‘수거’의 개념에 포함되는 것으로 보아야 할 것임.

○ 한편, 오염퇴적물의 수거만으로는 그 의미가 반감되므로, 수거에서 나아가 ‘처리·처분’에 관한 규정 역시 신설해야 함. 오염퇴적물의 관리·규제와 관련하여 중요한 개념을 이루는 ‘처리’에 대해서는 「폐기물관리법」상의 개념을 참고하는 것이 무난함. 「폐기물관리법」에서 ‘처리’는 폐기물의 수집, 운반, 보관, 재활용, 처분을 말하고(제2조 제5의2호), ‘처분’은 폐기물의 소각(燒却)·중화(中和)·파쇄(破碎)·고형화(固形化) 등의 중간처분과 매립하거나 해역(海域)으로 배출하는 등의 최종처분을 말한다고 규정하고 있음. 따라서 가칭 「해양오염퇴적물관리법」에서는 “처리”란 “해양오염퇴적물의 운반, 보관, 정화, 재활용, 처분”으로, “정화”란 “물리적·화학적 또는 생물학적 등의 방법으로 해저퇴적물 중의 유해물질을 감소·제거하거나 해양오염퇴적물로 인한 위해를 완화하는 것”으로, “처분”이란 “해양오염퇴적물을 매립 또는 해양투기하는 등 환경에 노출시키는 행위”로 정의하는 것이 바람직함.

다. 법률의 적용범위

○ 해양오염퇴적물에 관한 별도의 법률을 제정할 경우, 적용 범위를 명확히 할 필요성이 있음. 앞에서 본 바와 같이 해양오염퇴적물에는 「해양환경관리법」, 「폐기물관리법」, 「토양환경보전법」 등 다양한 법률이 적용될 가능성이 있기 때문임. 따라서 해양오염퇴적물의 수거 및 처리에 관한 사항에 대하여 다른 법률에 우선하여 적용하는 특별법적 지위를 부여하고, 규정되지 아니한 사항에 대하여 관계 법률의 규정을 적용함을 명문화하여야 함. 또한 준설은 수로를 유지하거나 항만을 개발하는 등

해양오염퇴적물의 수거와는 다른 목적으로 행해지는 경우가 많음. 따라서 수로를 유지하거나 항만을 개발하기 위한 목적으로 이루어지는 준설에 대하여는 본 법의 적용대상에서 제외하여야 할 것임. 다만, 그러한 목적의 준설이라 할지라도 수거된 해저암반 또는 해저퇴적물이 본 법의 수거 및 처리기준에 부합하는 정도의 오염퇴적물에 해당하는 경우에는 별도의 법이 제정되지 않는 한 본 법에 따라 규제할 필요성이 있음.

라. 해양오염퇴적물 관리의 기본원칙 및 기본계획

○ 해양오염퇴적물의 관리에 대한 기본원칙이 설정되어야 함. 지금까지 기본원칙이 없었기 때문에, 효율적이고 일관적이지 못한 관리가 이루어졌던 점이 없지 않음. 해양오염퇴적물의 기본원칙으로는 다음 사항을 들 수 있음

○ 해양오염퇴적물의 발생과 그로 인한 해양오염을 최대한 방지하여야 하고, 수거·정화하는 등 적정하게 관리하여야 하며, 가능한 한 재활용하여야 하고, 해양오염퇴적물로 인해 생태계가 파괴·훼손된 경우에는 최대한 복원, 복구되도록 하여야 함.

○ 한편 해양오염퇴적물 관리에는 막대한 비용과 시간이 소요되기 때문에, 즉흥적이고 임기응변식의 대처로는 그 관리가 어려움. 따라서 장기적인 계획에 따라 이루어져야 하고, 국가로 하여금 이러한 계획을 수립할 의무를 법률을 통해 부과할 필요가 있음. 따라서 해양수산부장관으로 하여금 해양오염퇴적물을 적정하게 관리하기 위하여 일정한 주기마다 해양오염퇴적물 관리에 관한 기본계획을 수립·시행하도록 할 필요가 있음. 「해양환경관리법」상 해양환경종합계획과의 조화를 이룸으로써 해양환경에 관한 정책 전반의 일관성을 유지하고, 해양오염퇴적물의 관리를 위한 사전조사와 수거 및 처리와 그에 대한 사후검증 등 일련의 과정에 소요되는 기간을 충분히 고려할 수 있도록 하기 위하여, 그 주기는 「해양환경관리법」과 같이 10년으로 하는 것이 타당할 것임. 해양오염퇴적물 관리 기본계획에는 해양오염퇴적물 관리에 관한 시책방향 등의 사항이 포함되어야 함.

마. 해저퇴적물에 대한 조사

○ 해저퇴적물이 오염되어 있는지 아닌지, 오염되어 있다면 어떤 해역에서 어느 정도로 오염되어 있는지, 그리고 오염된 해역의 퇴적물에 대하여 수거 및 처리와 같은 조치가 필요한지 여부 등을 결정하기 위한 객관적 자료의 수집을 위해서는 우선적으로 해저퇴적물에 대한 조사가 필요함. 해양오염퇴적물에 관한 법률을 제정하는 경우, 관계 행정청으로 하여금 이러한 조사를 실시하도록 권한과 의무를 부여하여야 할 것임.

○ 해저퇴적물에 대한 조사는 ‘상시조사’, ‘오염실태조사’ 및 ‘정밀조사’ 등으로 구분할 수 있을 것임.

바. 해양오염퇴적물의 수거

(1). 일반

○ 하천이나 호소 및 항만과 해안의 오염퇴적물을 수거하는 가장 일반적인 수단은 굴착(excavation)과 준설(dredging)임. 준설은 다시 그 목적에 따라 수로유지준설(Dredging for the maintenance of navigation channels)과 환경준설(Environmental Dredging) 두 가지로 구분할 수 있음.

○ 환경준설은 특히 관리대상 오염물질의 영향이 해양생태계나 주변지역에 미치는 영향이 크고 단기간 내에 정화복원이 필요한 경우 시행됨. 오염퇴적물의 준설에 있어 특별히 고려해야할 점은 오염퇴적물의 재부유와 수반된 오염물질 누출의 최소화 및 제거작업의 정확성이 요구된다는 사실임. 특히 오염퇴적물의 준설은 오염된 퇴적물질을 해양환경에서 제거하여 대상해역의 오염도를 저감시키고 준

설된 오염물질을 수분제거부터 시작된 처리과정을 거쳐 후처리하는 것이 매우 중요함.

○ 현행 「해양환경관리법」은 어떠한 경우에 오염퇴적물을 수거하여야 하는지, 어느 정도의 범위를 오염된 퇴적물로 볼 것인지, 즉 오염퇴적물의 수거기준 및 방법이 마련되어 있지 않음.

(가). 수거기준

○ 유지준설이 아닌 정화·복원을 위한 환경준설의 경우에는 퇴적물이 오염되었는지의 판단이 선행되어야 함. 일반적으로 대기, 수질 또는 토양과 같은 환경이 오염되었는지를 평가하기 위해서 화학적 특성이나 수치적으로 근거가 되는 기준에 의존함. 이러한 접근이 보편성을 띄는 이유는 규제의 측면에서 그것이 쉽고 단순하기 때문임.³⁵⁾ 이와 같이 오염퇴적물을 수거하고자 하는 경우에는 먼저 퇴적물이 오염되었는지의 여부를 판별할 수 있는 기준이 마련되어야 함.

○ 「환경정책기본법」 제10조 제1항은 “정부는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다”고 규정하면서 동법 시행령 제2조 및 별표 1에서 대기, 소음, 수질에 대하여 생활환경 및 사람의 건강보호에 관한 기준을 설정하고 있음. 그리고 「해양환경관리법」은 「환경정책기본법」상의 환경기준을 고려하고 해양환경의 보전을 위한 시책에 필요한 해양환경의 기준을 해역별·용도별로 정하여 고시하도록 하고 있으며(제8조 제1항), 동법 시행규칙 제4조는 해수수질, 해저퇴적물, 해양생물에 관한 사항에 따라서 구분하여 정하도록 하고 있음. 「해양환경관리법」상의 해양환경기준에 있어서도 오염퇴적물에 관한 환경기준은 “해저퇴적물” 항목에서 수립되어 있음. 또한 「해양환경관리법」 제18조의 해양환경개선조치의 일환으로서 오염된 퇴적물의 수거를 규정하고 있는데 그 개선조치의 시행근거가 되는 ‘필요하다고 인정되는 때’에 대한 구체적인 기준이 위 해양환경기준 중 해저퇴적물 기준이 될 수 있을 것임.

○ 외국의 경우, 퇴적물의 수거 및 관리에는 다양한 판단기준이 적용되고 있음. 이러한 다양한 기준의 설정은 퇴적물이 환경에 미치는 악영향을 사전에 예방하거나 이미 악영향이 있다고 판단되는 퇴적물에 대해서는 정화 또는 복구 등의 적절한 조치를 취하도록 하는 등의 관리기준을 제시하는데 목적이 있음. 특히, 퇴적물 제거기준의 경우에는 퇴적물이 환경에 미치는 오염정도를 나타내는 정량적인 오염물질 농도 또는 척도를 나타내며, 준설을 통한 퇴적물의 제거 및 처리여부를 결정하는 기준으로서 해당수계의 퇴적물 준설사업 계획 시 우선적으로 고려되어야 함. 따라서 오염된 퇴적물 수거기준이 되는 퇴적물의 수거기준을 조속히 마련하여야 할 것임.

(나). 수거의 방법

○ 오염퇴적물 관리를 위한 기존의 국내에서 시행하고 있는 방안으로는 수거(준설)에 의한 방법이 유일하다고 볼 수 있음. 퇴적물의 수거·준설 방법에 있어서는 대부분 전통적인 준설방법인 기계식이나 유압식으로 실시됨. 준설은 많은 예산이 소요되는 대규모 사업으로서 동일한 수역에서 장기간 준설이 시행될 경우 퇴적물이 다시 쌓이는 문제가 나타나고, 유해물질 및 독성물질의 잠재적 유출, 조류의 일시적 번식에 따른 생태계의 영향, 저서생물의 먹이인 유기물의 감소, 작업에 따른 큰 소음발생 그리고 준설물질 처리에 따른 문제점이 발생함. 따라서 준설방법의 선택은 하상 퇴적물의 종류, 퇴적량 등을 고려하여 환경에 영향이 적은 설비 또는 장비를 적용하여야 함.

○ 「해양환경관리법」은 “퇴적오염물질의 수거작업 시에는 부유물질의 발생으로 인한 환경피해를 최소화할 수 있는 진공흡입식 펌프 또는 이와 동등한 성능을 가진 펌프를 장착한 선박”만을 퇴적오

35) G. Allen Burton, Jr, Sediment quality criteria in use around the world, Limnology Volume 3, Number 2(2002), Springer Japan, p. 66.

염물질 전용수거선으로 등록할 수 있도록 규정함으로써(시행규칙 제36조 제3항, 별표 제14 제5호 비고 1) 준설방법을 ‘진공흡입식 펌프’를 이용하도록 제한하고 있음. 그러나 이와 같이 준설방법을 특정기술 또는 장비에 한정하는 것은 기술적으로 보다 우월하거나 보다 친환경적인 기술을 적용한 장비의 사용마저도 제한하는 결과를 초래하고 해역과 오염특성에 적합한 장비 또는 공법을 사용할 수 있는 가능성을 차단하여 불합리하고 비효율적인 결과를 낳게 되는 문제점이 있음.

(2). 구체적인 입법방안

(가). 수거의 책임자

- 해양오염퇴적물의 수거 및 처리에는 오염원인자 책임의 원칙이 적용되어야 할 것임.
- 그런데, 해저퇴적물은 인간이 생산하여 사용하고 폐기하는 다양한 물질에 의하여 오염이 됨. 그러한 물질의 제조자와 사용자 등은 어떤 경로를 통해서든 오염에 일조를 하게 되는데, 해양오염퇴적물은 특히 과거의 오랜 기간 동안 누적적으로 오염됨으로 인해 그 원인을 찾기 어려운 다양한 경로를 통해 여러 물질에 의하여 오염되는 특성이 있음.
- 따라서 퇴적물의 오염이 오랜 시간에 걸쳐 누적적으로 진행된다는 점, 그 오염원인자를 규명하기가 매우 어려운 점, 오염원인자가 다수이기 때문에 책임의 배분이 어렵고 배분이 이루어진다 하더라도 수거 및 처리에 필요한 자력이 없을 수가 있는 점 등 해양오염퇴적물의 특성상 오염원인자 책임의 원칙에만 의존할 경우 수거 및 처리가 신속하게 이루어져야 하는 경우에 있어서도 그 수거 및 처리가 즉시 이루어지기 어려운 경우가 발생할 수 있음. 따라서 오염원인자 책임의 원칙에 의한 수거 및 처리가 불가능한 경우에 국가로 하여금 그 처리책임을 부담하게 할 수 있는 법적 근거가 필요함. 이는 “국가와 국민은 환경보전을 위하여 노력하여야 한다”고 하여 국가의 환경보전의무를 명시한 헌법 제35조에서 도출하여 해양오염퇴적물에 관한 법률에서 구체화하는 것이 바람직할 것임.

(나). 수거기준 및 방법

- 해양오염퇴적물에 대한 수거기준과 방법은 기술적인 사항이 될 것이므로 대통령령으로 정하는 것이 바람직함. 다만, 오염원인자 또는 해양수산부장관에게 수거의 책임이 있다고 하더라도, 그 수거를 누가 할 것인가에 관하여는, 수거에 관한 과학기술적 전문성과 시설 및 장비 등을 갖추고 있는 해양오염퇴적물수거업자에게 위탁하여 수거하도록 할 필요가 있음. 수거기준은 가능한 한 객관적으로 수치화하여 불필요한 분쟁을 막아야 하고, 수거방법은 가능한 한 구체화하고 이를 위반한 경우 벌칙이 부과되도록 하여 실효성을 확보하여야 함.

(다). 검증 및 사후관리

- 해양오염퇴적물을 수거하는 경우, 그 수거가 제대로 이루어졌는지에 대한 검증이 필수적임. 한편 수거를 한 당해 해양오염퇴적물수거업자가 검증까지 하는 경우, 수거가 미흡하거나 부적절함에도 불구하고 그 사실을 은닉하거나 기망하는 등의 방법으로 적절하게 수거되었다고 하는 등 정확한 검증이 어려울 가능성이 있음. 따라서 수거의 검증은 제3자가 하도록 할 필요가 있음. 따라서 제3의 검증기관으로 하여금 그 수거과정 및 수거완료에 대한 검증을 하게 하여야 함. 검증결과 그 수거가 미흡하거나 부적절한 경우, 해양수산부장관으로 하여금 수거의 정지나 수거방법의 변경 등 필요한 조치를 할 수 있도록 할 필요가 있음. 그리고 검증 비용에 관하여도 정하여야 하는데, 그 비용은 수거하려는 자로부터 받을 수 있도록 하는 것이 타당할 것임.
- 해양오염퇴적물을 수거하였다고 하더라도, 오염원으로부터 오염물질이 계속 유입이 되는 등으로 인하여 일정한 시간 후에 수거를 다시하거나 오염원 자체에 대한 대책을 수립하는 등의 사후관리가

필요함. 따라서 해양수산부장관은 수거가 완료한 후에 수거의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 하고, 이를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 함.

사. 해양오염퇴적물의 처리

(1). 일반

○ 수거된 오염퇴적물은 흔히 운반, 보관(저장), 정화 등을 거쳐 처분되는데, 적절한 처리방안의 선택은 특정 오염물질의 존재 및 유해성, 정화 기간 중 해역의 이용 문제, 영향을 받는 지역의 면적, 복구 방안의 실용가능성, 해당 지역의 수리특성, 정화에 소요되는 시간, 정화와 관련된 책임 소재 및 지역의 사회·경제적 요소 등의 많은 요인에 의하여 좌우됨.

○ 「해양환경관리법」은 수거·준설된 오염퇴적물의 처리·처분에 관해서는 그동안 해양투기 이외에 육상에서 처리하는 경우에는 「폐기물관리법」을 준용함. 「폐기물관리법」상 "처리"란 폐기물의 수집, 운반, 보관, 재활용, 처분을 말하고(법 제2조 제5의2호), "처분"이란 폐기물의 소각(燒却)·중화(中和)·파쇄(破碎)·고형화(固化) 등의 중간처분과 매립하거나 해역(海域)으로 배출하는 등의 최종처분을 말하며(법 제2조 제6호), 한편 "재활용"에 관해서는 폐기물을 재사용·재생 이용할 수 있는 상태로 만드는 활동 또는 폐기물로부터 에너지를 회수하거나 회수할 수 있는 상태로 만들거나 폐기물을 연료로 사용하는 활동(법 제2조 제7호)이라 하여 처리의 한 유형으로 보고 있음. 따라서 오염퇴적물의 육상 내 처리·처분을 「폐기물관리법」의 규정에 따라 구분하고 이를 준용할 것인지, 오염퇴적물에 대해서 「해양환경관리법」 등에 별도의 규정을 신설할 것인지 문제가 될 수 있음. 특기할 점은 새로운 법률을 제정하는 경우, 수거에서부터 처리·처분에 이르기까지 단계별로 규정을 두어 체계적으로 관리할 필요가 있다는 것임.

○ 따라서 해양오염퇴적물 관리를 위하여 새로 제정되는 법률에서는 이러한 검토를 바탕으로 수거(준설), 운반(이동), 저장, 처리, 재활용, 매립, 해저고립처분, 해양배출 등 전 과정에 걸쳐 순서에 따라 단계별로 가능한 한 자세한 규정을 두어야 할 것임. 특히 기존에 규정이 미비했던 것을 개선하기 위해 해양오염퇴적물 처리 기준 및 방법, 해양오염퇴적물의 재활용, 재활용을 위한 중간처리시설의 설치 및 운영에 관한 사항, 처리 과정에서 수질에 대한 영향 최소화, 방류수에 의한 수질오염 억제, 약취방지, 적정보관 및 처리 등에 관하여 규정도 마련하여야 할 것임.

(가). 운반

○ 오염퇴적물을 수거한 후에는 보관, 처리 또는 처분하기 위한 장소로 운송하여야 함. 운송방법의 선택에 있어서는 어떠한 준설방법을 선택했는가에 따라 각기 다른 방법이 적용될 수 있음. 일반적으로 제거된 오염퇴적물의 운송은 수상 운송방법과 육상 운송방법으로 크게 구분할 수 있는데 하나 또는 그 이상의 방법들이 복합적으로 이용됨.

○ 이렇듯 다양한 운송방법이 이용되는 것은 오염퇴적물이 독특한 물리적·화학적 특성을 가지고 있기 때문임. 대부분의 경우에 수거된 오염퇴적물은 바지선 등을 이용한 운송방법이 주로 이용되지만, 준설방법에 따라서는 파이프라인을 이용하여 운송되는 경우도 있음. 또한, 준설하고자 하는 범위는 실행가능성(feasibility), 운송비용, 추가적인 장비의 수요 등에 영향을 미침.³⁶⁾

(나). 보관

36) SPAWAR Systems Center (SSC) San Diego, Implementation Guide for Assessing and Managing Contaminated Sediment at Navy Facilities, Naval Facilities Engineering Command, 2003, pp. 6-27, 28.

○ 준설 후 운반된 오염퇴적물은 처리·처분장으로 바로 운반되기도 하지만 처리·처분장이 떨어져 있는 경우 선별·탈수·세척 등의 전처리 과정을 거치기 위해 육상 일정 지역에 보관해야 됨. 그러나 「해양환경관리법」은 수거된 오염퇴적물 또는 준설토사의 보관에 대해서는 어떠한 규정도 두고 있지 않음. 따라서 준설토사의 보관은 「폐기물관리법」의 규정을 준용할 수밖에 없다. 이 경우 탈수과정에서 배출되는 침출수 등에 관해서는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」의 규정이 적용될 수 있고, 주변 토양오염에 대해서는 「토양환경보전법」의 적용을 받을 수 있음.

(다). 전처리

○ 수거·준설을 통해 육상으로 운반된 준설물질은 전처리 과정을 거쳐 처리·처분됨. 전처리(Pretreatment)는 오염된 준설퇴적물을 탈수, 입자분류 및 슬러리 주입 등을 거쳐 생물학적·화학적 추출, 소각, 안정화법 등에 의하여 오염준설토를 처리한 후 유출수의 부유물 제거 및 중금속 처리를 위한 후속처리공정을 수행하는 과정을 말함.

○ 오염퇴적물의 전처리 과정은 현행 「폐기물관리법」상 중간처분 규정을 준용할 수 있을 것임. 다만, 일반적으로 폐기물에 대해 적용하는 「폐기물관리법」상의 중간처분 규정과 구별하기 위해 가칭 「해양오염퇴적물관리법」에 별도의 에 관한 규정을 신설함이 타당하다고 여겨짐.

○ 또한 전처리와 관련하여 오염퇴적물의 특성상 운반의 어려움, 과도한 비용부담 등을 고려하여 준설지 인근에서 이를 중간처리하고 부득이한 경우에 한해서 원격지의 매립장이나 투기장을 조성·이용할 수 있도록 해야 할 것임. 그리고 탈수 등 중간처리 과정에서 침출수·배출수 등이 발생하는 경우에는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」상 배출허용기준의 규제를 받으며, 주변 토양을 오염시킬 우려가 있는 경우에는 「토양환경보전법」상 토양오염우려기준 이내로 유지토록 조치를 취하여야 함. 이와 관련하여 가칭 「해양오염퇴적물관리법」에 관련 규정을 두고 처리과정에서의 침출수 규제 또는 토양오염 관련 규제를 위한 세부 기준에 대해서는 관련 법률을 준용함이 타당함.

(라). 재활용

○ 준설한 오염퇴적물을 재활용 방법은 일반적인 국내의 준설토 처리방법 이외에 환경 친화적인 인공 습지의 조성 등에 활용할 수 있을 것임. 이밖에 해변조성(beach nourishment), 서식지 조성, 매립, 매립지 복토, 농업, 수중고립처분장 복토(capping open water disposal sites)로 이용될 수 있음.

○ 재활용과 관련해서 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에서는 재활용, 재사용 그리고 재생 이용이라는 용어를 각기 정의하고 있음. 동법상 재활용이란 「폐기물관리법」의 규정을 준용하여 폐기물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생 이용할 수 있는 상태로 만드는 활동 또는 환경부령으로 정하는 기준에 따라 폐기물로부터 「에너지기본법」 제2조 제1호에 따른 에너지를 회수하는 활동을 말함(「폐기물관리법」 제2조 제7호).

(마). 처분

○ 준설된 오염퇴적물은 전처리(중간처리) 과정을 거쳐 오염물질을 제거하고, 개방수계에 투기한다거나, 폐쇄처분장(Confined Disposal Facility, CDF) 이용, 수중고립처분장(Confined Aquatic Disposal, CAD) 이용, 육상매립장 또는 폐기물매립장에 매립하는 등 크게 5가지 방법으로 처분될 수 있을 것임. 그동안 준설한 오염퇴적물은 해양투기를 비롯해 매립, 소각, 고품화, 골재 등의 방법으로 이용됨. 그러나 이 중 대부분의 오염퇴적물은 외해에 투기되거나 매립되었으며, 지금까지도 하천정비 차원에서 수행된 준설사업의 결과로 얻어진 준설퇴적물은 고수부지 유용토 또는 호안매립토 등으로 재이용되고 있을 뿐임. 준설물질의 경우 대부분 해양투기가 이루어졌으나, 해양투기가 금지됨에 따라 육상 내 매립장을 이용하거나 폐쇄처분장 또는 수중고립처분장의 조성 등을 적극 고려하여야 할 것임.

①. 매립

○ 매립은 오염이 심각한 퇴적물 또는 처리과정 후 발생한 잔여물을 처분할 때 고려될 수 있음. 준설된 오염퇴적물의 매립은 일반적으로 다량의 수분을 감소시키기 위한 탈수 등의 전처리 과정과 처분량의 감소를 위한 오염물질의 처리과정 등이 요구되기에 많은 비용이 소요됨. 또한, 지가상승과 민원발생으로 매립지의 확보가 점점 어려워지고 있으며, 침출수에 의한 수질 및 토양오염을 방지해야 하는 문제점이 있음.

○ 「해양환경관리법」 제22조는 ‘선박으로부터’의 오염물질의 해양배출을 규제하고 있음. 그런데 동조 제1항 제1호 나목은 준설물질을 공유수면 등에 매립하고자 하는 규정이므로 이를 동 규정에 포함시키는 것은 타당하지 않음. 더욱이 동법 제22조에 “퇴적물 또는 준설물질”을 포함할 경우에는 오염물질 개념 정의에서 “퇴적물 또는 준설물질”을 새로이 포함시켜야 하는 문제가 있음. 따라서 준설물질을 폐기물의 범주에서 제외한다는 차원에서 수저준설토사의 배출에 관한 동법 시행규칙 별표 3의 가목과 나목의 배출방법(매립)은 삭제하고, 동법 제22조 제1항 제1호 나목 및 별표 3의 가목과 나목의 배출방법은 오염퇴적물의 매립과 관련하여 별도의 규정에 포함시켜야 할 것임.

②. 고립처분

○ 해양에서 수거한 오염퇴적물을 육상 내 매립장 등을 이용하는데 있어서는 투기장의 환경문제, 집단민원, 매립장 조성비용 등 일정한 한계가 있음. 이에 해양오염퇴적물의 처분의 한 방법으로 해저면 하에 매립 처분하는 수중고립처분도 적극 검토하여야 할 것임.

○ 고립처분은 다음과 같은 방식으로 이루어질 수 있음.

- 자연적, 인공적으로 만들어진 해저면의 함몰지에 해양오염퇴적물을 넣고 그 위에 오염되지 아니한 물질을 덮는 경우,
- 연안 또는 해양에 구조물을 설치하여 처분하거나 육상에 매립하는 경우,
- 육상의 폐기물처리시설에서 해양오염퇴적물을 처분하는 경우.

③. 해양투기

○ 일관성과 체계성을 위해서는 해양오염퇴적물의 해양배출에 대해서도 규정을 두어야 할 것임.

○ “해양오염퇴적물의 해양배출금지”를 별도의 조항으로 신설하고, 기존 「해양환경관리법시행규칙」 제12조 제1항 별표 6 등을 삭제하는 것임.

④. 자연정화

○ 자연정화방법은 퇴적물의 오염물질의 독성 등을 자연의 생화학적 반응을 통하여 자연스럽게 분해되고 정화되는 과정에 근간하고 있음. 그러나 단순히 자연분해에 의지하여 정화되는 것을 기대하는 것이 아니라 장기적인 모니터링과 오염원 차단에 집중적인 시간과 예산을 투자하여야 성공적인 자연정화방법이 효과를 거둘 수 있음. 이를 위하여 오염물질의 종류와 거동특성, 정화기간 중 해역의 이용 계획 및 해역의 생지화학적 특성 등을 정확히 파악하고 모니터링하는 것이 중요함. 퇴적물의 자연정화방법은 물리적, 생물학적 그리고 화학적 기작을 통하여 이루어지는데, 성공적인 자연정화방법을 위해서는 이러한 메커니즘에 대한 이해와 평가가 중요함. 이를 위해 오염퇴적물의 현장과 주변해역에서 지속적으로 모니터링이 이루어지고 그 자료를 바탕으로 위험도 조사, 환경영향평가 등이 수행되어야 함.

(사). 표면피복

- 자연정화가 불가능한 경우, 선택할 수 있는 처리공법으로는 오염퇴적물을 제거하지 않고 현장에서 직접 처리하는 방법(고정화/안정화, 표면피복, 주위와 차단 또는 봉입)과 제거 후 처리하는 방법으로 크게 구분됨. 표면피복은 수저의 오염된 지역만 정밀하게 피복하여 피복물질을 수저에 잔류시키는 방법과 피복물질이 수상으로 노출될 만큼 다량의 피복물질을 투입하는 방법이 있음.
- 표면피복방법은 오염된 퇴적물을 수계에서 고립화시키는 목적으로 사용되는데, 퇴적물의 종류, 오염도 및 주변환경에 따라 다양한 피복물질을 사용함. 자연정화, 현장처리 및 표면피복 등의 장·단점은 <표 VII-3>과 같음.

표 VII-3. 해양오염퇴적물 정화·복원 방법³⁷⁾

정화·복원 방법	내용	장점	단점
자연정화	<ul style="list-style-type: none"> ▪자연적인 분해, 퇴적 	<ul style="list-style-type: none"> ▪인위적인 복구에 따른 2차 오염 방지 	<ul style="list-style-type: none"> ▪장시간 기간 필요 ▪정화추이에 따른 장기 모니터링 필요
현장처리 표면피복	<ul style="list-style-type: none"> ▪생물적, 화학적 고정 및 안정화 ▪오염지역 피복 (모래, 자갈, 지오그리드 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪환경친화적인 기술 ▪상대적으로 저비용 ▪효과적인 오염물질 봉쇄 ▪2차 오염 영향 적음 	<ul style="list-style-type: none"> ▪해수유동 특성 등에 따라 효과미비 가능 ▪피복물질의 침식 가능 ▪피복물질의 변화 및 장기 모니터링 필요

(2). 구체적인 입법방안

(가). 처리기준과 방법

- 시행령에서 해양오염퇴적물의 처리기준과 방법을 정하고, 해양오염퇴적물을 처리하려는 자로 하여금 그 기준과 방법을 따르도록 하여야 함. 또한 해양오염퇴적물의 처리에 있어서도 수거와 마찬가지로 전문 기술과 장비 등이 필수적이므로, 해양오염퇴적물처리업자에게 위탁하여 처리하도록 하여야 함.
- 해양오염퇴적물을 처리하는 때에는 다음과 같은 사항을 준수하도록 하여야 함.
 - 해양오염퇴적물을 운반, 보관하는 과정에서 오염물질, 악취 또는 해충이 발생, 누출, 유출 또는 흩날리지 아니하도록 하여야 함.
 - 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생할 수 있는 방류수는 그 방류수를 배출하는 해역의 수질을 저해하지 아니하도록 하여야 함.
 - 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 주민의 생활환경을 저해하지 않도록 악취의 발생을 방지하도록 하여야 함.
 - 해양오염퇴적물을 적정하게 처리할 수 있는 장소 외의 장소로 운반하여서는 아니 되고, 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 누출되거나 흩날리지 아니하도록 적정하게 관리하여야 함.
 - 감량화시설의 설치, 기술개발 및 재활용 등의 방법으로 처분량을 최대한으로 감축하여야 하며, 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생하는 폐기물을 적정하게 처리하여야 함.
- 또한 대통령령에는 분리, 세척, 열처리, 고형화, 안정화 등에 대한 구체적인 기준과 방법이 규정되어야 할 것임.

37) 한국환경준설학회, 2012년도 추계학술대회논문집, 2012. 10, 20면

(나). 해양오염퇴적물의 재활용

- “재활용”이란 “해양오염퇴적물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생이용할 수 있는 상태로 만드는 행위”를 말한다. 해양오염퇴적물의 관리에 관한 법률을 제정하는 경우, 해양오염퇴적물의 재활용을 장려하기 위한 규정을 두어야 함. 우선, 재활용을 하는 경우에 있어서 그 용도 및 방법을 정할 필요가 있음. 이를 위해 기존의 「수저준설토사 유효활용기준」(국토해양부고시 제2012-338호, 2012. 6. 19. 제정)에 규정된 용도인 ‘해수욕장의 양빈, 습지 조성 및 복원, 인공섬의 조성, 어장개선, 항만시설 또는 어항시설의 공사용 재료’로 재활용하거나, 그 외에도 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 재활용제품 중 환경부령으로 정하는 제품의 제조, 「산업표준화법」 제15조제1항에 따른 인증을 받은 제품의 제조 등의 용도로 재활용될 수 있을 것임.
- 한편, 해양오염퇴적물을 처리하려는 자가 재활용이 가능한 자원을 회수하기 위한 처리시설을 설치·운영할 수 있도록 하는 근거규정을 마련할 필요가 있고, 재활용에 대한 관리를 위하여 해양오염퇴적물을 처리하려는 자로 하여금 처리하는 해양오염퇴적물의 양과 발생하는 폐기물의 종류, 발생량 및 재활용하는 양 등을 해역관리청에게 신고하도록 하여야 함.

(다). 해양오염퇴적물의 해양투기

- 「해양환경관리법」 제23조 제1항은 “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”고 규정하여 폐기물의 해양투기를 원칙적으로 금지하고, 예외적으로 허용하고 있음.
- 그런데, 「해양환경관리법」 제23조는 “육상에서 발생한 폐기물”의 해양투기에 관한 규정임. 그러나 해양오염퇴적물은 육상에서 발생한 것이 아니라는 점, 그리고 폐기물로 취급하는 것이 바람직하지 않다는 점에서 「해양환경관리법」으로 규율하는 것은 문제라는 지적이 제기됨. 따라서 해양오염퇴적물에 관한 별도의 법률을 제정하는 경우, 그 해양투기에 관하여도 「해양환경관리법」이 아니라 새로 제정하는 법률에서 일괄적으로 규율하는 것이 해양오염퇴적물의 통일적이고 일관성 있는 관리의 측면에서 바람직할 것임.
- 따라서 해양오염퇴적물 관리를 위한 새로운 법률에서는 원칙적으로 해양오염퇴적물을 해양에 투기할 수 없도록 하고, 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 해양수산부장관이 정하는 투기가능한 해양오염퇴적물의 종류와 투기해역, 그 처리기준과 방법에 따라 투기하게 할 수 있도록 규정할 필요가 있음.

(라). 매립

- 「해양환경관리법」 제22조는 선박으로부터 오염물질을 해양에 배출하는 행위를 금지하고, 예외적으로 해양수산부령이 정하는 폐기물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 같은 법 제35조에 따라 매립하고자 하는 장소에 배출하고자 하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 처리기준 및 방법에 따라 배출할 수 있도록 하고 있음. 이에 따라 동법 시행규칙 제11조 및 별표3에서는 수저준설토사(해양수산부장관이 고시하는 유효활용기준을 충족하는 경우는 제외)를 배출 가능한 폐기물에 포함시키고, 그 배출방법을 정하고 있음.
- 그런데, 해양오염퇴적물을 “오염물질”로 단정할 수 없고, 「해양환경관리법」에 따라 매립하는 경우, 오염도 저감 등의 다른 처리가 이루어지지 않아 매립지에 2차적인 환경오염을 유발할 수 있는 점, 그리고 해양오염퇴적물에 대하여 별도의 법률에서 통일적으로 규율할 필요가 있는 점 등을 고려

하여, 「해양환경관리법」에 따른 규제를 분리하여 새로 제정하는 별도의 법률에 규정하여야 할 것임. 즉, 해양오염퇴적물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 같은 법 제35조에 따라 공유수면에 매립하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 매립기준과 방법에 따르도록 하고, 호안시설을 설치하여 해역과 차단하도록 하고, 상등수를 해양으로 배출하는 경우 부유물질이 흘러 나가지 못하도록 하는 시설 또는 설비를 갖추도록 규정하는 것임.

(마). 고립처분

○ “고립처분”이란 “해양오염퇴적물의 위치를 이동시킨 후 피복, 봉쇄 등의 방법으로 오염물질의 잠재적 영향을 차단, 격리하는 것”을 말함. 기존의 관련 법률에 의하면, 해양오염퇴적물의 처분 방법 중 하나로 고립처분을 선택할 법적 근거를 찾기 어려움. 따라서 다음과 같은 방법으로 고립처분을 할 수 있도록 그 법적 근거를 마련할 필요성이 있음.

- 자연적, 인공적으로 만들어진 해저면의 함몰지에 해양오염퇴적물을 넣고 그 위에 오염되지 아니한 물질을 덮는 경우,
- 연안 또는 해양에 구조물을 설치하여 처분하거나 육상에 매립하는 경우,
- 육상의 폐기물처리시설에서 해양오염퇴적물을 처분하는 경우

고립처분을 하려는 자는 대상지역이 처분방법에 적합한지 여부를 조사하여야 함. 한편, 해양수산부장관은 처분이 완료된 후에 처분의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 하며, 이를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 함. 또한 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 비용, 설계기준, 처분과정에서 발생할 수 있는 환경영향 등의 구체적인 기준이나 방법은 하위법령으로 위임하는 근거 조항을 규정하여야 함.

(바). 자연정화

○ “자연정화”란 “해양오염퇴적물이 자연과정(오염되지 아니한 퇴적물이 자연축적되거나 오염물질이 자연분해·소멸되어 수계생태계와 분리되는 것을 포함한다)에 의하여 정화되는 것”을 말함. 그런데, 「해양환경관리법」은 제18조에서 오염된 퇴적물에 대한 해양환경개선조치로 “수거”만을 정하고 있음. 따라서 해역의 특성이나 해양오염퇴적물의 상태 등을 고려할 때 자연정화와 같은 방법이 더욱 타당하다고 판단되는 경우에도 그 방법을 사용할 수 없는 한계가 있음. 따라서 자연정화에 대한 근거 규정을 마련할 필요가 있음. 즉, 해양수산부장관으로 하여금 오염물질 유입의 차단 등에 의하여 해양오염퇴적물이 자연정화 될 수 있다고 판단하는 경우 자연정화를 실시할 수 있도록 하고, 정화의 과정 및 완료를 확인하도록 하며, 자연정화를 실시하기 전에 오염물질 유입의 차단을 위하여 지방자치단체장에게 오염물질의 유입금지, 오염방지시설의 설치 등 필요한 조치를 요청할 수 있도록 하여야 함. 한편, 자연정화의 기준, 방법과 감시방법, 비용 등은 기술적인 사항이므로 하위법령으로 위임하는 것이 타당할 것임.

(사). 현장피복

○ “현장피복”이란 “해양오염퇴적물로 인한 영향을 차단하거나 완화시키기 위하여 해양오염퇴적물 표면에 오염되지 아니한 퇴적물이나 오염물질의 생태계로의 노출을 차단시키는 물질로 덮는 것”을 말함.

○ 현장피복 역시 기존 법령에 의하면 그 법적 근거를 찾기 어려움. 따라서 그 기준과 방법 등에 대한 법적 근거를 법률에 마련할 필요성이 있음. 현장피복의 기준과 방법에 관하여 대통령령 등 하위법령으로 정하고, 현장피복하려는 자는 그 기준과 방법을 따르고, 대상지역이 현장피복방법에 적합한지 여부를 조사하여야 함. 한편, 해양수산부장관은 현장피복이 완료된 후에 현장피복의 효과를 검증하

고, 지속적으로 관리하여야 하며, 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 함. 현장피복의 비용, 대상지역의 적합 여부 조사 방법 또는 절차, 효과의 검증방법 및 절차 등에 관하여도 시행규칙 등 하위법령에서 규정하도록 하여야 함.

(아). 조치명령

○ 해양오염퇴적물의 처리가 적절하게 이루어지는지를 감독하고, 적절하게 이루어지지 않는 경우 이를 강제하도록 함으로써 그 실효성을 확보하여야 함. 따라서 해양수산부장관으로 하여금 해양오염퇴적물이 처리기준과 방법, 재활용 용도 또는 방법, 매립·고립처분·현장피복의 기준과 방법에 맞지 아니하게 처리되면 해양오염퇴적물을 처리한 자에게 기간을 정하여 처리 정지, 처리방법 변경 등 필요한 조치를 명할 수 있도록 하는 것은 특별한 의미가 있음.

아. 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업의 신설

○ 현행 「해양환경관리법」상 ‘해양환경관리업’은 폐기물해양배출업, 해양오염방제업, 유창청소업, 폐기물해양수거업 및 퇴적오염물질수거업으로 구분하고 있음. 따라서 수거업만을 규정하고 있지 처리업에 대해서는 아무런 규정을 하고 있지 않음. 그 결과 현장처리·피복정화 방식을 통한 오염퇴적물 정화를 하는 사업자에 대한 근거규정이 없는 결과가 되고, 오염퇴적물 정화사업의 관리, 감독 및 활성화에 큰 장애가 됨. 이는 수거만으로 그쳐서는 입법의 목적이 반감된다는 점에서 입법의 흠결로 여겨짐. 그러므로 폐기물해양수거업 및 퇴적오염물질수거업과 더불어 이를 처리하는 처리업도 신설하여 오염퇴적물에 대하여 현장처리, 표면피복 등 수거(준설) 이외의 처리를 업으로 하는 사업자에 대한 법적 근거를 마련할 필요가 있음. 처리까지 나아가지 않고 수거로 그치는 것이 큰 의미를 갖지 못한다는 것도 처리업의 신설 필요성을 높이는 이유임. 따라서 수거(준설)를 내용으로 하는 업종의 명칭을 기존 퇴적오염물질수거업에서 ‘해양오염퇴적물수거업’으로 변경하고, 이와 별도로 ‘해양오염퇴적물처리업’을 신설하고, 다만 등록기준 등의 구체적인 내용에 관하여는 기존 해양환경관리업과 마찬가지로 하위법령에서 규정하도록 하면 될 것임.

○ 준설 위주의 수거업과 표면피복 및 세척 등 물리·화학적 기술이 필요한 처리업은 그 업무의 행위태양을 달리하고, 따라서 등록요건이나 행정청의 관리·감독 내용 등 규정해야 할 사항들에 큰 차이가 있게 됨. 또한, 현실적으로 수거업과 처리업을 통합하면, 그 등록요건이 강화됨에 따라 두 업종을 모두 영위할 수 있는 자본과 기술을 가진 대기업만 등록이 가능하게 되고, 수거업만을 하고자 하거나 또는 처리업만을 하고자 하는 소규모 사업자의 시장진입을 가로막는 결과가 발생할 수 있음. 따라서 ‘해양오염퇴적물수거업’은 ‘해양오염퇴적물의 수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 해양오염퇴적물을 수거하는 사업’으로, ‘해양오염퇴적물처리업’은 ‘해양오염퇴적물의 처리에 필요한 장비 및 설비 또는 선박을 갖추고 해양오염퇴적물을 처리하는 사업’으로 구분할 것을 제시함.

4. 결론

○ 현행 「해양환경관리법」을 비롯하여 「폐기물관리법」, 「토양환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 등의 국내 법제는 오염퇴적물의 개념 정의조차 내리지 못하고 있으며, 오염퇴적물의 정화·복원조치의 준거기준조차 마련하고 있지 않음. 나아가 수거된 오염퇴적물 또는 준설물질을 폐기물로 보아 퇴적물의 오염도와 상관없이 일률적으로 처리·처분함으로써 골재나 매립토 등으로 유효하게 활용 가능한 자원을 투기하거나 단순 매립하여 왔고, 정화·복원사업의 수행을 어렵게 함.

o 본 연구에서는 이와 같은 논의를 통해 해양의 저서생물 및 생태계 그리고 인간의 건강에 영향을 미칠 수 있는 해양의 오염퇴적물의 수거·준설, 정화 및 처리·처분 방안을 마련하기 위해 국내 법제의 개선안을 제시하고자 함.

o 무엇보다도 오염퇴적물에 관한 규정들이 개별 법률에 산재되어 있어 실질적으로 이를 관리하는 데 어려움이 있다고 여겨지므로 가칭 「해양오염퇴적물관리법」을 제정하는 것이 타당하다고 여겨짐. 오염퇴적물의 수거·처리 등에 관하여 가칭 「해양오염퇴적물관리법」에 우선적 지위를 부여하는 규정을 둘 필요가 있음. 오염퇴적물의 효율적인 수거·처리를 위한 구체적 방안을 몇 가지 제시하면 다음과 같음.

- 동법 내에 해양오염퇴적물에 대하여 개념 정의를 할 필요가 있음. 이는 오염퇴적물준설물질의 독자적인 수거·처리체계를 마련하기 위한 전단계로서 의미가 있음.

- 오염퇴적물의 수거·처리 기준 및 방법을 마련해야 할 것임.

- 해양오염퇴적물의 처리·처분 방법을 규정함에 있어서는 재활용, 매립, 해저 고립처분, 해양배출 등으로 단계별로 구분하여 체계적으로 이를 관리하여야 할 것임.

- 기존 「해양환경관리법」은 해양환경관리업과 관련하여서 ‘퇴적오염물질수거업’만을 규정하고 있는데, ‘해양오염퇴적물수거업’과 ‘해양오염퇴적물처리업’을 신설하고, 운영하는 것을 검토할 필요가 있음.

- ‘퇴적오염물질 전용수거선’의 등록기준을 ‘진공흡입식 펌프 또는 이와 동등한 성능을 가진 펌프’를 장착한 선박에 한정하고 있는 것은 지나치게 시장진입을 제한하는 규정하는 것이며, 개방적으로 규정하여 다양한 방식의 기술이 발전되고 사용될 수 있도록 변경할 필요가 있음.

참고문헌

- 강선중, “폐기물관리법 해설”, 폐기물처리 Newsletter 제101호, 2005. 2.
- 건설교통부, 「호소 및 하천의 퇴적오니 분포조사 및 환경친화적인 준설·재이용 기술개발」, 건설기술연구원, 2003. 8.
- 김건하 외, “저니 캡핑(Sediment Capping)을 활용한 오염퇴적물의 효율적인 처리”, 일반기사 제53권 제5호, 2005. 5.
- 김홍균·윤익준, “해양오염퇴적물의 법적 지위와 관리방안”, 저스티스 통권 제115호, 한국법학원, 2010. 2.
- 윤길림·조흥연, “준설토 재활용 방안 및 적용사례 분석”, 지방환경 제3권 제2호, 2002. 6.
- 이대영, 「인천해양퇴적물의 오염현황과 관리대책」, 인천발전연구원, 2001. 2.
- 이창희·김은정, 「호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안」, 한국환경정책평가연구원, 1998. 5.
- 이창희·유혜진, 「수저퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구」, 한국환경정책·평가연구원, 2000. 12.
- 채영근, “육상폐기물 해양투기의 문제점과 개선방안”, 환경법연구 제30권 제3호, 2008. 6.
- 한국환경준설학회, 「2012년도 추계학술대회논문집」, 2012. 10.
- 해양수산부, 「준설토사 처리 및 유효활용 -지침서-」, 2007. 6.
- 해양수산부, 「준설토 재활용 방안 연구,Ⅲ :경량혼합토 개발을 중심으로」, 2002.
- 해양수산부, 「준설토 재활용 방안 연구」, 2000.
- 해양수산부, 「해양오염퇴적물 조사 정화·복원체계 구축(Ⅰ)」, 2004. 12.
- 해양수산부, 「해양오염퇴적물 정화·복원사업 추진을 위한 실무 지침서」, 2010. 10.
- 환경부, 「환경백서」, 2007.
- Jeffrey M. Gaba(김형진 역), 「미국 환경법」, 형설출판사, 2005.

- Lawrence Juda, Richard Burroughs, Dredging Navigational Channels in a Changing Scientific and Regulatory Environment, Journal of Marine Law and Commerce, Jefferson Law Books Company, 2004.
- Robert S. Meinick, Dredging: Make Waves for Commerce or Environmental Destruction, 19 Vill. Evntl. L. J. 145, Villanova University, 2008 .
- U.S. EPA, Selecting Remediation Techniques for Contaminated Sediment, EPA 823/B93/001, 1993.
- Gregory A. Bibler, Contaminated Sediment: Are There Alternatives to Superfund?, Natural Resources and Environment, American Bar Association, 2003.
- US Army Corps of Engineer, Seattle District, Dredged Material Management Program: Dredged Material Evaluation and Disposal Procedures(Users' Manual), 2008.
- Claudia Copeland, CRS Report for Congress Clean Water Act: A Summary of the Law, Environment and Natural Resources Policy Division, 2002.
- G. Allen Burton, Jr, Sediment quality criteria in use around the world, Limnology Volume 3, Number 2, Springer Japan, 2002.
- U.S. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites, 2005.
- SPAWAR Systems Center (SSC) San Diego, Implementation Guide for Assessing and Managing Contaminated Sediment at Navy Facilities, Naval Facilities Engineering Command, 2003.

<신문·인터넷>

- “ ‘11년 해양오염퇴적물 분포현황조사’ 용역결과 발표”, 2011. 12. 9, 국토해양부 보도자료.
- “97억 들인 용호만 정화 ‘절반의 성공’”, 2012. 8. 29, 부산일보(인터넷).
- “퇴적 오염물질 수거업 등록규정 구멍 많다”, 2011. 5. 12, 서울경제(인터넷)

3. 연구목표의 달성도

가. 연구개발 수행 진도율
(수행 진도율 특이사항 없음)

구분 개발내용	연구개발기간												진도(%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
부영양물질 정화처리 기작 개발														100
부영양물질 처리공정 설계														100
정화기술 실현을 위한 법령 개정초안 개발														100
총 진도율														

..... 당초계획
————— 실적

나. 연구개발 목표의 달성도

목표	달성도 (%)	내용
해양오염 퇴적물 처리 기작(Mechanism)개발 (KIOST)	100	- 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 개발 - 입자분리 및 세척 기반 처리기술 단위 공정 개발 - 대상 해역 퇴적물을 시료로 처리 가능성 확인 - 입자분리 및 세척 기반 처리기술 통합 방안 기초 개발
현장 처리기술 공정 설계 (KIOST/코오롱)	100	- 입자분리 기반 처리기술 개념설계 완료 - 세척기반 처리기술 개념설계 완료 - 입자분리 및 세척 통합 처리기술 개념설계 완료
해양 오염퇴적물 정화복원 관련 법령 개정안 개발 (KIOST/한양대)	100	- 가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정안 및 가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정안 정책제안 완료(해양수산부) - 해양오염퇴적물 관련 법령 개정안 마련을 위한 전문가 세미나 개최

4. 연구개발 추진전략 및 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근 방법)
<ul style="list-style-type: none"> 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 규명 및 기술개발 (KIOST)	<ul style="list-style-type: none"> 입자분리 및 세척 기반 처리기술 조사 검토 관련 사례, 유사기술 조사 검토 입자분리 및 세척 기반 처리 기작 및 기술개발 방안 개발 대상 해역 퇴적물을 시료로 사용하여 주요 처리기술 공정별 처리 가능성 검토(실험실 규모)
<ul style="list-style-type: none"> 국내·외 관련 처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출 현장처리장치를 구성하는 단위공정별 개념설계 (KIOST/코오롱)	<ul style="list-style-type: none"> 해양오염퇴적물 정화·복원기술 국내/해외 기술개발 현황조사 하상퇴적토 정화 및 처리기술 특허 검색 육상토양정화 및 처리기술 현황 검토
<ul style="list-style-type: none"> 해양환경관리법 개정 논리 및 방향 개발 정화사업 관련 법률 용어 개념 정립 및 해양환경관리업 정비 방안 개발 (KIOST/한양대)	<ul style="list-style-type: none"> 해양환경관리법, 폐기물관리법, 토양환경보전법 등 국내 관련법령과 미국, 독일, 네덜란드 및 일본 등 해외 관련법령 비교 분석을 통하여 개정 방향 설정 전문가 세미나 및 학회 발표 등을 활용하여 각계 의견을 수렴하여 법령 제·개정시 필요한 용어 정리 및 관련 업종 정비 방안 수립 가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정안을 마련하여 각계 의견을 수렴하여 타당성을 검토하고 해양수산부에 정책제안을 함

5. 연구성과 및 활용계획

가. 연구성과

(1) 논문게재 성과

게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2013	Microfluidic chip for the detection of biological toxic effects of polychlorinated biphenyls on neuronal	S.E. Park	Y.K. Kim	J.W. Choi	Journal of Biomedical Nanotechnology	9	국외	SCI
2013	Numerical Investigation for the Isolation Effect of In Situ Capping for Heavy Metals in Contaminated Sediments	J.G. Lee	J.W. Park		KSCE Journal of Civil Engineering	17(4)	국내	SCIE
2013	Dye-doped silica nanoparticle with HIV-1 TAT peptide for bioimaging	S.R. Kang	B.K. Oh	J.H. Choi, H.S. Kim, S.H. Um, K.W. Shin, J.W. Choi	Journal of Biomedical Nanotechnology	9	국외	SCI
2013	건설폐기물인 순환골재를 이용한 수용액 상에서의 혼합 중금속 제거 특성	신우석	김영기		한국해양환경에너지학회	16(2)	국내	
2013	산업폐기물인 적니를 이용한 불소 제거	염병환	박성직	조성욱, 강구	한국농공학회	55	국내	
2013	산업폐기물을 이용한 수용액 중 인산염의 흡착 제거	강구	박성직	김영기	한국농공학회	55(1)	국내	
2012	적니와 석회석을 이용한 혼합 중금속의 제거	강구	김영기	박성직, 신우석, 염병환	대한환경공학회	34(8)	국내	
2012	적니와 굴패각을 이용한 해양오염퇴적물 냉 중금속 안정화 처리	신우석	김영기	강구, 박성직, 염병환	대한환경공학회	34(11)	국내	
2012	수리모형 실험에 의한 선박 부착형 오탁 방지막의 거동 특성 구명	홍성구	홍성구	강구	한국농공학회	54(6)	국내	
2012	해양오염퇴적물의 위험 평가	양동범	양동범	김석현, 정창수, 김영일, 김경련, 최진영	한국환경준설학회	2(1)	국내	
2012	해양오염퇴적물 정화·복원 처리기술 현황	김경련	김경련	홍기훈	한국환경준설학회	2(1)	국내	
2013	Metal contamination and potential toxicity of sediment from lock gate port in south KOREA	K.Y. Choi	S.H. Kim	G.H. Hong, C.J. Kim	Journal of Coastal Research	65	국외	SCI

※ 논문은 보고서 작성시점에서 게재완료된 건만 작성

(2) 학술대회 발표 성과

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
2013. 6월	Butyltins and metals in the particulate wastes from the seafloor of the dry-dock in a marina and their management using magnetic associated chemical separation process	J.Y Choi, G.H. Hong, D.B. Yang, S.H. Kim, K.R. KIM, K.T. Kim, K.T. Ra.	7th International Conference on marine pollution and ecotoxicology	국외
2013. 6월	Heavy metals in street dusts of a beach town in busan, KOREA: distribution and potential implication for coastal pollution	J.Y. Choi, G.I. Hong, D.B. Yang, S.H. Kim, K.R. KIM, K.I. CHOI, K.D. Cho, Y.S. Sim, K.M. Hong	International Environmental Engineering Conference 2013 & Annual Meeting of the Korean society of environmental engineers	국내
2013. 6월	YH bay marine contaminated sediments cleanup project in busan, south KOREA	S.H. Kim, K.Y. Choi, K.R. Kim, G.H. Hong	20th World Dredging Congress and Exhibition	국외
2013.6월	벤토나이트와 제강슬래그를 이용한 수용액상의 혼합중금속 흡착 특성	우은정, 신우석, 고세령, 강구, 김영기	대한환경공학회 학술대회	국내
2013.6월	산업폐기물 및 천연광물을 이용한 Cr(VI)의 흡착률 비교	강구, 김영기, 엄병환, 박성직	대한환경공학회 학술대회	국내
2013.5월	해양퇴적물 내 부영양화관련 오염물질의 처리기술 개발	최기영, 홍기훈, 김석현, 김경련, 최진영, 김창준, 심영섭, 홍경미, 조경덕, 김혜은	한국해양과학기술협의회	국내
2013.5월	우리나라 오염부지특성을 고려한 해양오염 퇴적토 정화기술에 관한 고찰	공준, 신정엽, 김희연, 조현희, 이대일	한국해양과학기술협의회	국내
2013.5월	해양오염퇴적물관리법 제정안 마련	김홍균, 장철원	한국해양과학기술협의회	국내
2013.5월	도시의 도로먼지에 함유된 중금속 분포와 연근해역에 미치는 영향	최진영, 홍기훈, 김석현, 김경련, 최기영, 조경덕	한국해양과학기술협의회	국내
2013.5월	순환골재, 벤토나이트, 제강슬래그를 이용한 혼합 중금속 흡착 특성	신우석, 우은정, 고세령, 강구, 김영기	한국해양과학기술협의회	국내

2013.5월	컬럼과 수조를 이용한 오염퇴적물내 오염물질 용출차단 및 안정화	조성욱, 강구, 김영기, 엄병환, 박성직	한국해양과학기술기술훈의회	국내
2013.5월	실대형 모형 실험을 통한 피복공법 현장 적용성 검토	이장근, 강재모	한국해양과학기술기술훈의회	국내
2013.5월	해양오염저질내 자생미생물의 성장활성에 대한 영향성 평가	송영채, 센틸, 우정희	한국해양과학기술기술훈의회	국내
2013.5월	<i>Desulfovibrio desulfuricans</i> 를 이용한 해수내의 중금속 제거	주정욱, 오병근	한국해양과학기술기술훈의회	국내
2013.3월	전로슬래그를 이용한 수용액 중 인산염의 흡착 제거	조성욱, 박성직, 강구	한국물환경학회	국내
2013.3월	인산염 용출 차단을 위한 반응성 피복 소재로서의 적니의 적용성 평가	강구, 김영기, 박성직	한국물환경학회	국내
2013.2월	Case Study: Korea's Dilemma of Environmental dredging	K.R. Kim, S.H. Kim, G.H. Hong, K.Y. Choi, C.J. Kim	7th international conference on Remediation of contaminated sediment	국외
2013.2월	Stabilization characteristics of heavy metals in marine contaminated sediments by red mud and apatite	W.S. Shin, K.Kang, Y.K. Kim	seven international conference on Remediation of contaminated sediment	국외
2012.11월	해조류(툇)을 이용한 수용액상에서의 중금속 제거	신우석, 우은정, 권희선, 강구, 김영기	한국폐기물순환학회	국내
2012.10월	적니를 이용한 해양오염퇴적물 내 중금속 안정화	신우석, 강구, 김영기	한국공업화학학회	국내
2012.9월	피복공법을 활용한 지속가능 해저 오염퇴적물 급속 현장처리 기술 분석	이장근, 강재모	한국지반환경공학학회	국회

(3) 특허 성과

출원된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2013	해양오염퇴적물 내의 중금속을 안정화시키는 방법	신우석, 김영기	대한민국	10-2013-0038595
2013	순환골재를 이용한 수용액 상에서의 중금속 제거방법	신우석, 김영기, 우은정	대한민국	10-2013-0040056
2013	해수 중 인산염 제거방법	김영기, 강구, 박성직, 엄병환, 최정균	대한민국	10-2013-0020091

(4) 기술료 징수 현황 (협동/위탁 : 해당없음)

(단위 : 백만원)

기 징수액	해당연도 징수액	향후 징수액	합계

(5) 사업화 현황 (협동/위탁 : 해당없음)

(단위 : 백만원)

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기매출액	해당연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			

(6) 인력활용/양성 성과 (협동/위탁 : 해당없음)

(가) 인력지원 성과

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역
		1				1	1		

(나) 장·단기 연수지원 성과 (협동/위탁 : 해당없음)

장기 (2개월 이상)		단기 (2개월 미만)	
국내	국외	국내	국외

(다) 산업기술인력 양성 성과 (협동/위탁 : 해당없음)

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원

(7) 국제화/협력 성과 (협동/위탁 : 해당없음)

(가) 인력교류 성과 (해당사항 없음)

외국 연구자 유치				해외 파견			
유치기간(월)	국적	학위	전공	파견기간(월)	파견국	학위	전공

(나) 기술무역 성과 (해당사항 없음)

(단위 : 백만원)

기술명	분야	징수액	해당연도 징수액	향후 예정액	계약업체명	계약업체 소속국가	수출/수입

(다) 학술회의 개최 성과(해당사항 없음)

명칭	기술분야	규모			개최장소	지원금액 (백만원)
		참가국	인원	기간(일)		

(라) 국제협력 기반(해당사항 없음)

MOU 체결			수요조사			공동연구	
대상국	대상기관	수집자료 (건)	대상국	과제접수 (건)	과제도출 (건)	대상국	협약연구비 (백만원)

(8) 경제사회 파급효과 (협동/위탁 : 해당없음)

산업지원 성과 (단위 : 건)				고용창출 성과 (단위 : 명)		
기술지도	기술이전	기술평가	합계	창업	사업체 확장	합계

나. 연구성과 활용계획 (이부분 5% 배점있습니다. 기관별 추가요청합니다.)

※ 향후 예상되는 활용분야 및 활용방안을 상세히 기술하고 이에 따른 기업화, 추가연구, 기술이전 계획 등을 기술

- 해양오염퇴적물 정화사업 대상 해역 특성 검토 및 정화기술 시험 해역 제안 결과를 향후 정화·복원사업 및 정화기술 시험에 활용
- 최적 수거공법 선정 의사결정 도구(초안) 개발 결과를 실제 정화·복원사업, 관련 기술 개발 및 법·제도 개선(관련 고시)에 활용

- ~~해양 뿐만아니라 하천, 호수 등의 현장 처리 오락방지막에 활용 (삭제 요망)~~
- ~~오염퇴적물 정화기술의 효율평가 모니터링 방안의 표준화 (삭제 요망)~~
- 해양오염퇴적물의 처리를 위해 고비용의 준설, 처리, 최종 처분방법의 대안 기술로 활용
- 연안 저질 환경 개선에 활용
- 기술개발 완료시 연안 어장환경 개선에 즉각적인 실용화 가능
- 철강업체 등을 통한 철강 슬래그 활용 복토재의 안정적, 장기적 수급 유도
- 오염양식장 환경개선을 통한 생산성 증대 및 어민소득 향상
- 수·저질 개선을 위한 저비용 소재 개발 및 보급
- 제철부산물의 환경친화적 활용을 통한 국내 고유의 환경 복원기술 확보
- 준설 및 준설 퇴적물 처리에 따른 막대한 예산 절감
- 오염퇴적물 현장정화 및 모니터링에 활용
- 유력 후보지 선정을 위한 기초 자료로 활용
- 연안 어장환경 개선에 활용
- 저질 개선 등이 기반기술 축적을 도모하고 이를 바탕으로 실용 기술 연계 가능
- 피복공법 현장 정화 설계 시공 매뉴얼 마련에 활용
- 피복재별 시공성 평가를 위한 실험실 시험 계획 수립 및 유력 후보지 환경외력 평가를 위한 기초 자료로 활용
- 오염퇴적물 현장처리 모듈화 마련에 활용
- 현장처리 시스템 수립을 위한 기초 자료로 활용
- 주로 부영양물질로 오염된 퇴적물의 처리기작 개발 결과를 현장처리기술 개발을 위한 기초 자료로 활용
- 현장처리기술 공정 개념설계 결과를 공정 상세설계를 위한 자료로 활용
- 해양오염퇴적물 정화복원 관련 법령 개정 초안을 중앙정부(해양수산부)에서 관련 법령 정비에 기초 자료로 활용

다. 구매금액이 3천만원 이상인 기자재 구매현황 (협동/위탁 : 해당없음)

기자재명	구매금액(원)	구매일자	기자재 활용용도	보관장소	NTIS장비 등록번호

라. 연구비 집행실적

- 협동기관: KIOST

(단위 : 천원)

항목	비목	금액		계획금액	사용액	잔액	비고
		미지급용	지급용				
직접비	인건비	미지급용	-	-	-	-	
		지급용	185,380	153,023.772	32,356.228		
	학생인건비		-	-	-		
	소 계		185,380	153,023.772	32,356.228		
	연구장비·재료비	현금	81,574	90,564	-8,990		
		현물	-	-	-		
	연구활동비		48,750	38,762.77	9,987.23		
	연구과제추진비		-	-	-		
	연구수당		20,515	5,000	15,515		
	소 계		150,839	134,326.77	16,512.23		
위탁연구개발비		60,000	60,000	0			
간접비		60,781	49,778	11,003			
연구사업비 총액		457,000	397,129	59,871	6.28기준		

- 위탁기관: 한양대학교

(단위 : 천원)

항목	비목	금액		계획금액	사용액	잔액	비고
		미지급용	지급용				
직접비	인건비	미지급용	16,800	16,800	0		
		지급용	18,050	15,829	2,221		
	학생인건비						
	소 계		34,850	32,629	2,221		
	연구장비·재료비	현금					
		현물					
	연구활동비		2,040	2,040	0		
	연구과제추진비						
	연구수당		3,210	3,210	0		
	소 계		5,250	5,250	0		
위탁연구개발비							
간접비		6,700	6,700	0			
연구사업비 총액		30,000	27,779	2,221	6.24기준		

- 위탁기관: 코오롱위터앤에너지(주)

(단위 : 천원)

항목	비목	금액	계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비	미지급용				
		지급용				
	학생인건비					
	소 계					
	연구장비·재료비	현금	1,006	1,006	0	
		현물				
	연구활동비		28,994	26,323	2,671	
	연구과제추진비					
	연구수당					
	소 계		30,000	27,329	2,671	
위탁연구개발비						
간접비						
연구사업비 총액		30,000	27,329	2,671	6.28기준	

6. 연구수행에 따른 문제점 및 개선방향 (협동/위탁 : 내용 작성)

문제점	개선방향
- 기술개발을 위한 예산 부족 - 예산 규모의 감축에 따른 기술개발 년차 및 시범사업(또는 기술실증) 계획 조정 필요	- 중앙정부(해양수산부)의 예산 배정 필요 - 예산 감축에 따라 기술개발 계획 중 실현 가능한 내용에 대하여 선택과 집중이 필요하므로, 연구수행 기관과 중앙정부 및 전문기관 협의하에 연구, 개발 기간 및 내용 조정이 필요함
- 현장처리기술 시범사업(또는 기술실증)(5차년도)의 효율적인 추진을 위해 참여기업 필요	- 4차년 이후 참여기업 선정 필요

※ 처음의 계획보다 진도상 미흡한 부분에 대한 원인과 대책을 개조식으로 기술

7. 중요 연구 변경 사항 (협동/위탁 : 해당없음)

구 분	계 획	변경내역	변경사유

- ※ 구분 란은 변경사항을 기재하고, 변경사유는 연구수행내용과 관련하여 기술
- ※ 당초 계획 대비 변경사항을 연구목표, 연구책임자, 협동연구기관, 공동연구기관, 참여기업 등 주요 협약 변경내용을 중심으로 기술

II. 차년도 계획 (당해년도 서술 양식과 같음)

1. 국내외 관련분야의 환경변화

가. 국내 기술 및 산업 동향

- 현행 해양오염퇴적물 정화·복원사업 체계에 따른 정화사업은 2008년 이후 시작되어 부산 용호만과 여수 신항 2개 해역에서 정화사업이 완료되었으며, 부산 남항, 울산 방어진에서 정화사업이 추진되고 중에 있음
- 오염이 확인된 10개 해역에서 정화사업이 계획되고 있으며, 전국 해양오염퇴적물 분포 현황조사가 추진·계획 중이므로, 향후 정화사업이 전국 연안의 오염 우려 해역으로 지속적으로 확대 실시가 예상됨
- 해양수산부에서 2004년부터 2012년까지 27개 해역을 대상으로 실시한 해양오염퇴적물 분포 현황 조사결과, 22개 해역에서 정화복원이 필요할 정도로 오염된 퇴적물을 발견하였으며, 대상 물량은 최소 8백만 m^3 (단가: 105천원/ m^3)³⁸⁾ 이상으로 최소 8천4백 억 원~1조원 이상 해양오염퇴적물 정화복원 시장이 형성될 것으로 판단됨
- 현재 추진되는 정화사업에서는 오염된 퇴적물을 수거한 후 적절한 중간처리를 거쳐 연안매립으로 최종 처리하고 있지만, 현재까지 사용되고 있는 중간처리 기술이 다양한 해역 및 오염 특성에 대응할 수 없으며, 정화사업 현장 인근에 중간처리용 부지 확보에 애로가 발생하고 있음
- 특히 해양 퇴적물은 대부분 미세토양(silt, clay)으로 구성되어 있음에도 현재 국내 상용 처리기술은 75 μm 이하의 미세입자의 처리에 제한됨
- 이에 따라 정화사업의 추진에 애로가 발생하고 있고, 향후 지속적인 해양오염 퇴적물 정화·복원사업 수행에 걸림돌이 될 것으로 예상됨
- 이를 해소하기 위하여 정화사업 현장의 다양한 해역 및 오염 특성에 대응할 수 있는 새로운 정화·복원 기술 개발이 시급히 요구됨
- 해양오염퇴적물 피복 및 현장처리 기술이 개발될 경우, 해양뿐만 아니라 하천, 호소 등 다양한 수역에서 오염된 퇴적물 정화사업에 활용할 수 있으므로 국내외 관련 산업 활성화를 통하여 기술적, 사회적 파급 효과뿐만 아니라 창조경제에도 크게 이바지 할 것으로 예상됨. 또한 개선된 환경은 국민들의 삶의 질을 향상할 것임

나. 국외 선진 기술 및 산업 동향

- 해양오염퇴적물 정화기술 및 산업은 미국을 중심으로 캐나다, 일본, 노르웨이,

38) 부산남항 오염해역 정화·복원사업 실시설계, 부산지방해양항만청, 2008.

독일, 영국 등 선진국이 주도하고 있음.

- 선진국에서는 해양오염퇴적물의 정화기술로 감시하 자연정화기법(Monitored Natural Attenuation, MNA), 준설후 처리기법, 피복기법의 세가지가 동등한 가치를 인정받고 있으며 정화사업 대상 해역의 지정학적 특성과 오염 특성에 따라 적합한 정화기법을 하나 또는 그 이상 복합적으로 선정하여 사용하고 있음.
- 오염퇴적물이 있는 해역에서도 오염특성에 따라 오염정도가 심하지 않고 해수로의 유출이 주변 생태계 및 인간활동에 위해를 가하지 않는 정도라면 감시하에서 자연정화기법(Monitored natural recovery)을 적용하고 있으며, 오염에 의한 생태계 파괴 및 인간활동에 위해가 가해질 정도인 경우에는 준설풀 피복기법을 해역 특성에 따라 선택적으로 적용하고 있음.
- 미국에서는 1980년대 오대호 관리프로그램을 시작으로 수많은 오염퇴적물 정화복원 기술을 개발하여 현재 약 250여개 기술이 오염 지역 및 오염 특성에 따라 개별적, 복합적으로 사용되고 있으며, 다양한 정화복원 기술이 개발되고 있음³⁹⁾
- 수거 해양오염퇴적물의 처리기술 분야에서는 물리/화학적 처리기술로 현장 복토, 봉쇄, 고정화/안정화 처리방법 및 고립처분 방법 등이 지속적으로 개발되어 활용되고 있음
- 해양오염퇴적물의 중간 처리기술은 입자분리, 생물학적처리, 화학적처리, 추출/세척, 고정화(고형화/안정화), 열처리(파괴, 탈착) 등 주로 6가지 처리기술이 개발되어 사용되고 있음
- 최근 독일에서는 오염된 퇴적물을 수거 현장에서 처리하여 해저면으로 되돌려주는 기술이 개발되었으며, 파일럿 장비 시범운용을 거쳐 현장 적용 단계에 있음
- 피복기술로는 오염퇴적물을 수계로부터 고립시키는 물리적 차단을 위한 단순 피복기술에서 오염물질의 안정화, 고정화를 통하여 오염의 근본적 완화를 도모하는 반응성 피복기술의 개발 및 적용이 활발히 이루어지고 있음
- 현재 산업화가 급속도로 진행되고 있는 중국, 동남아시아 등 지역에서 해양환경에 대한 인식 변화로 해양오염퇴적물 정화·복원산업에 대한 새로운 시장 창출이 기대되고 있음

2. 연구개발 목표 및 내용

39) USEPA, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments(ARCS) 1992 Work Plan, EPA/Great Lakes National Program Office, Chicago, IL., 1992.

가. 차년도 정량적 성과지표 달성도

연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가 중 치	기 관 별 목 표
연구 성과물	논문	총논문편수	10	10	2
	학술회의 발표	학술회의 발표건수	8	5	2
	연구개발홍보	세미나, 워크샵 개최 건수	2	5	2
	기술확산교류	기술교류회 개최 건수	3	5	1
	특허출원	특허출원 건	4	10	1
	특허등록	특허등록 건	1		
	시험 및 조사	오염해역 조사/관측 건수	3	5	1
	정책제안	제안 건수	1		1
기술적 성과	유력 대상 해역오염특성별 피복효율 평가에 기반한 피복소재 적용안 도출	시험 대상 해역 조사 및 시료채취(퇴적물)	1	20	1
				5	
				5	
				10	
	현장처리기술 개발	처리 공정 상세 설계	1	10	1
	부영양물질 처리를 위한 시험용 파일럿(Pilot) 개발	1	10	1	
총 계				100	
				%	

나. 차년도 연구목표 및 내용

차년도 연구개발 목표: 해양오염퇴적물 정화·복원사업에서 활용 가능한 대안기술로 피복정화 및 현장처리기술 실현을 위한 핵심 기술개발 및 기반연구 수행.

- 피복정화기술은 유기오염물질 및 중금속 안정화를 위한 피복소재 성능 평가와 피복 유지관리기술 개발
- 현장처리기술은 주로 부영양물질에 의해 오염된 해양퇴적물의 정화·복원사업 시 수거 현장에서 사용할 수 있는 처리기술을 개발하기 위하여 실험실 규모 (Lab. scale)의 장치(Pilot)를 제작하고, 공정을 시험, 평가하여 해역의 특성

및 퇴적물의 오염도에 대응할 수 있는 처리기술을 개발하고, 공정의 상세 설계 실시

<차년도 세부연구목표 및 주요연구내용 요약>

연구목표	세부연구목표	주요연구내용
오염퇴적물 피복정화기술 개발 (주관기관: 환경대학교)	반응성 피복소재 개발 (환경대)	<ul style="list-style-type: none"> • 중금속 및 유기오염물질별 적정 피복소재 구축 - 중금속에 안정화 성능을 가지는 피복소재 3종 선택 - 유기오염물질에 안정화 성능을 가지는 피복소재 3종 선택 - 선별된피복소재 등과 더불어 중금속 및 유기오염물질 저감에 효과적인 피복소재의 성능 DB화
		<ul style="list-style-type: none"> • 유력 대상해역 오염특성 조사 및 분석 (3개 해역) - 피복유력 정점별 해저 퇴적물의 물리화학적 특성 조사 및 분석 - 대상해역의 오염특성 및 오염원의 관련성 평가
		<ul style="list-style-type: none"> • 유력 대상 해역 오염특성별 피복효율평가에 기인한 피복소재 적용안 도출(3) - 유력 대상 해역 2개 지점의 중금속, 영양염류, 유기오염물질 용출 저감 및 안정화 효율을 위한 피복소재 적용 평가 - 유력 대상 해역별 피복소재 도출 및 두께 산정을 위한 수조실험 (2개 해역)
오염퇴적물 피복정화기술 개발 (주관기관: 환경대학교)	오염 정화를 위한 생물소재 개발 및 평가 (서강대/한국해양대)	<ul style="list-style-type: none"> • 피복의 환경안정성 검토 - 피복에 따른 환경변화에 대한 국내·외 문헌을 통한 장기적인 안정성 검토
		<ul style="list-style-type: none"> • 미생물 담체를 활용한 해양오염물 정화 공정 최적화 및 이를 통한 오염물 제거 효율 향상(서강대) -
		<ul style="list-style-type: none"> • 현장 조건에서 생물활성촉진제의 효능 검증 -

	(건기연)	<ul style="list-style-type: none"> •
		<ul style="list-style-type: none"> • -
		<ul style="list-style-type: none"> • -
		<ul style="list-style-type: none"> • -
오염퇴적물 현장처리기술 개발 (협동기관: 한국해양과학 기술원)	해양오염퇴적물 현장 처리기술 개발(KIOST)	<ul style="list-style-type: none"> • 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물을 수거 현장에서 처리할 수 있는 기술을 개발 - 분리(Separation) 및 세척(Washing) 기반 통합 처리기술을 응용한 소규모 시험 장치(Small scale pilot) 개발 - 시험 대상 해역 퇴적물을 시료로 사용, 입자분리/세척 통합 처리 기술 성능평가 및 공정 개발 - 미세입자 고도처리 공정 개발 및 성능 평가 분리/세척 기반 처리기작(Mechanism) 시험, 성능평가 및 처리기술 공정 개발 - 모듈화 장치 개발/시험(4차년도 예정)을 위한 처리공정별 주요 요소(Factor) 도출
	현장 처리기술 공정 상세 설계 (KIOST/코오롱 워터앤에너지)	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 처리기술 공정 상세설계 - 분리/세척 기반 처리기술 공정 상세설계 - 분리/세척 통합 기반 처리기술 공정 상세설계 - 처리에 사용되는 단위 장치 검토 및 성능평가 - 모듈화 장치 설계(4차년도 예정)를 위한 주요 설계 변수 도출
	해양오염퇴적물 정화·복원 관 련 법령 개정안 개발 (KIOST/한양대)	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 제정을 위한 세부사항 개발 - 가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정에 따른 하위법령(시행령 및 시행규칙) 제정필요성 및 방향 검토 - 동 법률 시행령 및 시행규칙의 주요 내용 및 범위 설정
		<ul style="list-style-type: none"> • 정화사업 관련 수거·처리 등 관련 기준 및 방법 개발 - 해양오염퇴적물 수거·처리 관련 기준 및 방법 설정 방안 개발 - 다양한 처리기술 실현을 위한 법령체계(법·시행령·시행규칙) 조화방안 개발 - 관련기관 및 관련업의 등록 등에 관한 세부 기준 설정

가) 오염퇴적물 피복정화기술 개발

(1) 반응성 피복소재 개발

- 중금속, 유기오염물질별 적정 피복소재 구축(1)
 - 피복 대상 해역의 지역적 특성 및 환경 영향 등을 고려한 다양한 피복소재를 도출하고자 중금속(Cd, Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, As)에 안정화 성능을 가지는 피복소재 3종 선별
 - 유기오염물질(PAHs, PCBs)에 안정화 성능을 가지는 피복소재 3종 선별
 - 기 선별된 피복소재 등과 더불어 중금속 및 유기오염물질 저감/안정화에 효과적인 피복소재 DB구축.

- 유력 대상해역 오염특성 조사 및 분석 (3개 해역)
 - 피복유력 정점별 해저 퇴적물의 물리화학적 특성 조사 및 분석
 - 대상해역의 오염 및 오염원의 관련성 평가

- 유력 대상 해역 오염특성별 피복효율평가에 기인한 피복소재 적용안 도출(3)
 - 유력 대상 해역 2개 지점의 중금속, 영양염류, 유기오염물질 용출 저감 및 안정화 효율을 위한 피복소재 적용평가
 - 피복 유력 대상 해역의 오염저감을 위한 피복소재 선정 및 적정 피복두께 산정(2개 해역)

- 피복의 환경 안정성 검토
 - 피복에 따른 환경변화에 대한 국내·외 문헌을 통한 장기적인 안정성 검토

(2) 오염 정화를 위한 생물소재 개발 및 성능 평가(서강대, 해양대)

(3) 피복공법 적용 및 안정성 평가(건기연)

나) 오염퇴적물 현장처리기술 개발 (협동연구기관: KIOST)

(1) 해양오염퇴적물 처리 공정(Process) 개발 (KIOST)

- 부영양물질 오염퇴적물 처리 기작 실현을 위한 공정 개발
 - 기존 오염 우려 해역의 특성 및 주로 부영양물질에 의해 오염된 퇴적물의 특성에 대응할 수 있는 처리 기작(2차년도 결과)을 실현할 수 있는 공정(Process)을 문헌의 검토 및 실험을 통하여 개발
 - 공정 개발은 시험 대상 해역에서 퇴적물을 대량(1 m³ 이상)으로 채취하여 시료로 사용하며,
 - 소규모(Small scale) 시험 장치(Pilot)를 제작하여, 개발 된 처리 기작을 입자분리(Particle separation) 및 세척(Washing) 기반 각각의 단위 공정(Unit process)별로 검토하여 통합 기반 처리 공정을 개발
- 입자분리 기반 처리 기작 시험 및 공정 개발
 - 조립질(75 μ m 이상)은 국내 상용 처리기술로 분리 가능함. 그러나 해양오염 퇴적물에 약 70% 이상을 차지하고 있는 미세입자(Silt, clay 등 75 μ m 이하)를 연속 흐름(Continuous flow)에서 대응 가능한 처리기술은 제한적임
 - 해양오염퇴적물 현장처리에 최적화된 처리기술을 개발하기 위하여 관련 기술 및 유사 기술의 실제 적용 사례를 조사, 검토하고, 소규모 시험 장치 실험을 통하여 적합한 단위 공정을 개발 및 검토하고자 함
 - 공정의 개발은 도입(Feed) 단계에서는 협잡물(Debris) 및 자갈 등(Over size gravel etc.) 기존 상용 장치 중 최적화 장치를 선택 혹은 변형하여 사용하고자 함
 - 중간 분리 단계에서는 조립질(Sand)과 세립질(Silt, clay)를 효과적으로 분리하여 각 부분에 맞는 최적화 처리 공정을 적용
 - 최종 분리 단계에서는 처리 대상 미세입자와 그 이하(Cut-off size) 입자를 분리
 - 분리 공정에 적용하기 위한 다단 싸이클론(Multi-hydrocyclone)을 제작하여 성능을 평가
 - 분리한 미세입자의 입경별 오염도에 대응할 수 있는 최적화된 공정을 개발
- 세척 기반 처리 기작 시험 및 공정 개발
 - 해양오염퇴적물 세척 처리에 적용할 수 있는 국내 상용 처리기술(오염토양 기반 처리기술)은 산, 염기 등 각종 화학 첨가제를 사용하며, 처리 효율 및 발생 폐액 처리 등이 필요하므로, 해양오염퇴적물을 수거하는 현장에서

적용하기에 제한됨

- 해양오염퇴적물의 현장처리를 위해 최적화된 처리기술 개발을 위하여 관련 기술 및 유사 기술의 실제 적용 사례를 조사, 검토하고, 소규모 시험 장치 실험을 통하여 적합한 단위 공정을 개발 및 검토하고자 함
 - 세립질에 존재하는 부영양 관련 오염물질의 효율적인 제어 가능성을 검토하고자 함
 - 미세입자 내 존재하는 부영양 관련 오염물질의 처리 후 고도처리를 통하여 미세입자에 다량 함유된 주요 유해화학물질(중금속, 지속성 유기오염물질 등) 저감에 대한 적용가능성 여부를 검토하고, 유해화학물질별 최적화 세척 기작의 선별 및 공정 과정에 적용하고자 함
 - 이를 위하여 용수에 의한 처리 한계, 첨가제(산화제, 계면활성제, 킬레이트제 등) 사용 시 처리 가능성, 처리 효율을 높이기 위하여 미세기포(Bubble), 초음파(Microwave)등 부가 공정의 활용 가능성 및 처리 과정에서 발생하는 폐액의 처리와 처리수를 공정수로 재활용 할 수 있도록 단위 공정을 개발
- 관련 사례, 유사기술 조사 및 세척/입자분리 기반 처리기술 통합 공정 개발
 - 국내·외 처리기술 및 유사 사례를 기초로 세척과 입자분리를 기반으로 하는 처리기술 각 공정의 장점과 단점, 처리 능력, 제한 사항 등을 검토하여, 각 공법의 장점을 극대화 시킬 수 있는 통합 처리기술 공정 개발
 - 통합 처리기술 공정은 입자분리 및 세척 각각의 장점을 이용하여 연속 흐름에서 입경별로 분리, 각 입경별 오염도에 대응할 수 있는 수준의 세척 처리 및 미세입자에 대한 고도처리를 포함
 - 시험 대상 해역 퇴적물을 시료로 소형 장치를 사용하여 2차 년도에 개발된 처리 기작을 실험, 보완하여 통합 처리기술 공정을 개발하고, 소규모 시험 장치를 제작하여 검토
 - 또한, 학회, 세미나, 기술교류회 등을 통하여 관련 분야 전문가들의 의견을 수렴하고, 이를 기술개발에 활용.

(2) 현장 처리기술 공정 상세 설계 (KIOST/(주)코오롱워터앤에너지)

- 국내·외 관련 처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출
 - 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 처리기술 및 유사기술(입자분리 및 세척 기반 처리기술, 현장 처리기술(In-situ treatment)등)을 세부 공정별로 조사, 검토
 - 검토 결과를 기초로 현장처리기술 개발에 필요한 각 공정별 처리 흐름, 반

응기의 특성(재질, 용량, 첨가제, 처리시간, 에너지 등)을 평가하고 개발된 처리기술 기작(1차년도/KIOST) 실현을 위하여 소형 장치에 의한 처리 성능 결과를 기반으로 상세 설계인자를 도출

- 현장처리장치를 구성하는 단위공정별 상세설계
 - 개발된 단위 공정별 처리 흐름에 따라 소요 장치, 설비 등을 검토하고 현장처리기술 실현을 위한 상세설계(오염물질 저감 목표, 처리기작, 처리흐름 등) 실시

(3) 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발 (KIOST/한양대)

- 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 제정을 위한 세부사항 개발
 - 법령 제정에 따른 하위법령(시행령 및 시행규칙)의 제정 필요성 및 방향 검토
 - 시행령 및 시행규칙의 구체적인 내용 및 범위를 설정하고, 체계 간 모순 및 충돌 해소 방안 마련
- 정화사업 관련 수거·처리 등 관련 기준 및 방법 개발
 - 법률에 따라 시행될 해양오염퇴적물의 수거·처리를 위하여 구체적으로 적용될 기준 및 방법에 관한 시행령 및 시행규칙의 내용을 설정
 - 각계 전문가들의 의견 수렴을 통하여 과학기술적으로 합리적이고, 법령체계 간 조화가 이루어질 수 있는 기준 및 방법 개발
 - 해양오염퇴적물의 관리를 위한 관련기관 및 수거업 등 관련업의 등록 등에 관한 세부사항을 시행령 및 시행규칙 개발

다. 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

중복성 의견	지원기관 (사업명)	과제명	예산 (억원)
탈수장치에 대한 것으로 본과제에서 참고함	국토해양부 (건설기술혁신사업)	PVDF와 바이오 계면활성제를 이용한 준설토의 탈수/정화기술 개발	8.79
	준설토사 재활용증대를 목적으로 하며 준설토 및 복합오염토의 처리문제를 해결할 통합탈수정화법 및 장치를 개발		
해수교환에 대한 것으로 무관함	국토해양부 (미래해양기술개발사업)	해류의 수직혼합(Eco-Mill) 시스템을 이용한 부영양화 해역의 환경 개선기술 개발	1.72
	내부파를 이용한 해수교환으로 빈산소해역의 용존산소 공급 장치에 해당, 부영양물질		

로 오염된 퇴적물의 현장정화 처리기술과는 무관			
본 과제와 무관함	지식경제부 (연구회소관출연기관(공공))	자연공생호소실험사업	4.20
	하천변 자연공생호소 조성기술 개발을 위하여 퇴적토의 생태적 처분기술을 개발, 목표 수질별 적용안 구성을 위하여 목표 수질별 기술지침 작성		
유류오염 정화기술로 본과와 무관함	교육과학기술부 (연구회소관출연기관(기초))	기능성 미생물커뮤니티를 이용한 유류오염환경의 생물학적 정화기술	2.41
	유류로 오염된 토양환경복원을 위한 생물정화기술로 해양 정화용 복합 미생물 제재를 개발		
중금속분리 기술로 본과제에서 참고함	교육과학기술부 (일반연구자지원)	중금속 오염 해양 준설 퇴적토의 전기역학적 정화 연구	0.54
	동전기기술을 이용한 퇴적물의 중금속 분리를 위한 기술로 전세계적으로 상용화의 애로가 있으며 정화된 준설토의 최종처리장 확보 문제를 포함하여 본 과제에서 참고함		
내수면의 유기화합물 생물분해에 대한 것으로 참고함	환경부 (차세대핵심환경기술개발)	독성유기화합물 오염퇴적토의 생물정화기술 개발	3.58
	혐기성 PAHs 분해미생물을 선별하여 혐기성 조건 하에서의 현장정화 및 호기성 조건 하에서의 준설퇴적토 처리기술을 개발, 피복물질에 의한 오염물질의 환경위해성 차단 및 부영양물질 현장처리기술 개발과는 무관		
오염토양 정화기술로 본 과제에서 참고함	환경부 (토양지하수오염방지기술 개발)	복합오염토양 정화용 다기능성 토양세척시스템의 상용화 연구	5.71
	기존 사용중인 토양세척장치의 단점을 보완한 기표연행과 펜톤산화 및 산처리 기술을 바탕으로한 세척시스템의 설계, pilot scale 장치 제작		
유류오염 복원기술로 직접관련 없음	중소기업청 (산학연공동기술개발)	유류오염토 복원을 위한 고효율 토양세척장치 개발	0.64
	한 공정내에서 토양의 선별·세척·탈수가 가능한 기존 토양세척공정 장치를 개선한 기술		
오염토양정화기술로 본과제에서 참고함	중소기업청 (중소기업기술혁신개발)	오염토양정화를 위한 초음파 토양세척장치 개발	0.64
	초음파 토양세척 적용성 확보를 위한 토양세척 pilot 설계 완성, 유류오염토양 및 중금속 오염토양세척 효율 확보		

라. 연구개발과제의 차별화 방안

- 선진국의 피복소재는 주로 유기오염물질의 안정화를 대상으로 개발된 것으로 활성탄, organic clay계가 주를 이루고 있음. 본 과제에서 시도되는 중금속대상 다양한 피복소재의 개발과 중금속 잔류형태 분석을 통한 안정화 성능 검증은 차별성을 가지는 시도임. 특히, 국내 오염특성에 맞게 중금속, 유기오염물 등 복합오염물질의 존재로 단일 피복소재가 아닌 복합소재를 사용할 경우 소재상호간 간섭효과 등이 안정화 성능에 미치는 영향 평가는 복합 오염해역의 정화기술로 매우 유용함.
- 본 과제에서 제안하는 해양미생물이 고정화된 생물담체를 활용한 해양오염퇴적물의 생물학적 정화처리기술은 일반적인 물리적/화학적 처리와 차별화되어 다 성분 중금속을 동시에 제거할 수 있는 혁신적이고 미래지향적인 장점이 있음. 다공성 고체기반의 생물담체는 미생물 고정화 방법이 비교적 용이하고 우수한 효율을 보일 것이라고 예상됨. 생물소재를 적용한 해양 오염퇴적물 정화 기술은 국내외의 연구 개발이 기초연구 단계로 세계적 기술 우위를 선점할 수 있는 핵심 기술의 확보가 가능할 것으로 사료됨.
- 피복재별 침강 및 침식에 관한 연구는 미공병단에서 개발한 프로그램을 기본적으로 사용하여 해석을 수행하고자 함. 기존 선진 해외 연구와의 차별성은 1) 국내 환경외력 반영, 2) 실험실 실험을 통한 프로그램 정밀성 분석, 3) 검증된 프로그램을 활용한 침강 및 침식 해석과 같은 보다 합리적이고 체계적인 해석방안을 마련하여 연구성과를 극대화함.
- 본 연구개발 과제에서 개발하고자 하는 현장처리기술은 기존 해양오염퇴적물 정화·복원사업과 달리 대상 해역 및 오염 특성에 대응할 수 있으며, 사업비와 처리 효율을 고려한 단위공정을 조합하여 도입하는 차별성을 가짐.
 - 미국, 유럽 등에서는 준설 오염퇴적물의 최종처리의 어려움을 해결하기 위한 방편으로 최근 현장정화가 지속적으로 증가 추세에 있으며, 독일 등에서는 수거 후 선상에서 오염물질 감출 공정을 거친 후 해저면으로 되돌려 주는 현장처리 기술이 개발되고, 파일럿 제작 및 시험운용이 된 바가 있음
 - 국내에는 토양정화기술에서 퇴적물에 적용 가능한 요소 기술들이 존재하고 있으나, 해양오염퇴적물이 주로 니질(Silt, clay)을 다량 포함한 세립질로 구성, 토양정화기술의 직접적인 적용에 많은 어려움이 있음
 - 국내 상용 정화기술은 주로 입자분리 및 세척 기반 처리기술이 사용되고 있으나, 조립질의 분리, 자력에 의한 금속 물질의 분리 및 세척을 위주로 적용되고 있음
 - 또한, 미세입자(75 μm 이하)의 분리 및 처리는 기술개발을 위한 시도는 있으나, 아직 검증되거나 실증된 처리기술이 없음

- 최근 해양오염퇴적물수거업체를 중심으로 해양오염퇴적물 수거 현장에서 적용하기 위한 처리선을 제작하였지만, 이는 육상의 오염토양 정화기술에 기초한 기술과 장비를 선박 위에 설치한 것으로서, 미세입자에 함유된 오염물질을 제거하는 공정보다는 대량의 침전조, 수처리 시설 등에 중심을 둔 설비로 본 연구에서 개발하고자 하는 현장 처리기술과는 현격한 차이가 있음
- 이에 본 과제를 통하여 국내 오염토양, 하천 및 호소 퇴적물 정화기술 등에서 활용되는 요소기술을 응용함과 동시에 새로운 공정 개발을 통하여 현행 국내 해양오염퇴적물 정화사업 과정에서 신뢰할 수 있는 중간처리 기술의 부재로 인한 애로사항을 해소하기 위하여 현장처리기술을 개발하여, 국내 해양오염퇴적물 정화·복원사업 선진화 기반을 구축하고자 함

3. 연구개발 추진 계획

(단위:천원)

세부연구내용	월 단위 추진계획												소요연구비
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
총괄													1,145,000
중금속 및 유기오염물질별 적정 피복소재 구축													
유력 대상해역 오염특성 조 사 및 분석													
유력 대상 해역 오염특성별 피복효율평가에 기인한 피복소재 적용안 도출													
해양미생물 고정화법 개 발 및 오염물 제거 효율 평가													
생물활성촉진제 최적 운 영조건 확립 및 효능 검 증													
피복공업 정밀 안정성 검 토													
환경외역에 따른 장기 최 적 피복 형상 도출 및 분 석													
최적 시공 모니터링 방안 제시													
입자분리 기반 처리 기작 시험 및 공정 개발													120,000
세척 기반 처리 기작 시 험 및 공정 개발													120,000
관련 사례, 유사기술 조 사 및 입자분리/세척 기 반 처리기술 통합 공정 개발													137,000
현장 처리기술 공정 상세 설계													50,000
해양오염퇴적물 정화복원 관련 법령 개정안 개발													30,000

4. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

가. 활용방안

- 연구개발의 결과물로 얻어진 현재 국내 보유한 해양오염퇴적물 정화기술의 대안

기술로서 피복기술과 현장처리기술은 국내 오염퇴적물 정화사업에 활용하고 오염 퇴적물 현장정화 지침서 마련에 기여함.

- 본 연구과제에서 개발될 정화기술은 환경적인 측면에서 환경오염 방지 및 산업적 측면에서 오염퇴적물 정화 신산업 창출에 이바지하여 새로운 환경 산업을 창출할 수 있을 것임.
- 오염토양 정화기술을 기초로 해양오염퇴적물 정화·복원사업에 활용 가능성 시험을 제외하면 현재 정화·복원사업에 활용할 수 있는 검증되거나 상용화된 처리기술은 없으므로 피복기술 및 현장처리기술 개발 즉시 상용화 및 정화·복원사업에 활용 가능.
- 현장처리기술은 해양오염퇴적물뿐만 아니라 오염토양, 하천 또는 호수 퇴적물 정화사업에 활용 가능.
- 우리나라는 아직까지 오염된 연안저질을 포함한 연안환경오염과 관련된 방지 시설이나 정화 기술에 대한 뚜렷한 기술인프라를 구축하지 못하고 있는 실정으로 본 연구개발과제가 성공적으로 완료될 경우 연안수질/저질오염 문제에 적극적으로 대처할 수 있는 기술적 기반을 마련할 수 있다는 큰 의의가 있음.
- 본 연구의 성과물인 반응성 차단제 및 생물활성촉진제 그리고 이들의 시공기술들은 연안국가 들을 대상으로 수출함으로써 국가 기술경쟁력 제고에도 큰 도움이 될 것으로 평가됨.
- 해양오염물질을 처리할 수 있는 생물소재를 활용한 해양오염퇴적물의 정화기술은 세계적 선도기술로 원천기술의 확보가 가능함.
- 미국, 유럽, 일본 등 선진국의 해양오염퇴적물 정화·복원사업에서는 해역의 특성 및 퇴적물의 오염도에 따라 “감시하의 자연정화”, “현장 피복 및 수거 후 처리”가 복합적으로 사용되고 있음. 수거 후 처리 시 육상의 플랜트에서 처리되므로, 본 과제에서 개발되는 현장처리기술과는 분명한 차이가 있으므로, 해외시장 개척 및 관련 산업계에 미치는 파급효과가 매우 클 것으로 예상됨
- 본 과제에서 개발되는 현장처리기술은 처리기작 개발(2차년도), 소형 장치 시험(3차년도), 모듈화 장치 개발(4차년도) 및 시범사업(또는 기술실증)(5차년도)의

과정으로 개발되므로, 처리기술에 대한 검증 및 상용화 기반(지적재산권: 특허)을 확보할 수 있으므로, 해양오염퇴적물수거업체 등 관련 업체에 바로 상용의 신뢰성 있는 기술이전이 가능할 뿐만 아니라, 실제 정화·복원사업에 활용될 수 있음.

- 본 과제의 결과물로 제시되는 해양오염퇴적물 정화복원 관련 법령 개정안(법, 시행령, 시행규칙 및 관련 고시)은 중앙정부(해양수산부)에서 현행 “해양환경관리법”의 해양오염퇴적물 정화복원 관련 내용을 포함하여 별도의 법으로 제도화 하는데 기초 자료로 활용될 예정으로서, 주요 내용은 오염된 퇴적물의 수거뿐만 아니라, 처리(오염도 저감, 유효활용, 최종 처분 등) 및 사후관리까지 포함하므로, 본 과제에서 개발되는 기술과 앞으로 개발될 수 있는 다양한 기술을 정화·복원 사업 현장에 적용할 수 있는 기반을 마련하므로 큰 의미를 가짐

나. 기대효과

- 기술적 측면
 - 피복성능평가 시스템 구축을 통한 설계 기술 고도화 및 합리적이고 체계적인 피복공법 설계 기법 정립을 통해 한국형 피복공법 설계 매뉴얼 마련을 위한 발판 마련
 - 선진국의 기술이전 기피와 신기술 적용으로 발생하는 기술적 격차 극복
 - 생물 활성촉진제는 오염된 연안저질을 경제적인 방법으로 정화/관리하는 첨단 기술이며, 연안해역에서의 자생하는 황산염 환원균에 대한 생리학적 특성 및 활성 촉진에 관한 기술개발은 연안해역의 적극적인 관리에 크게 기여할 것으로 평가됨.
 - 해양오염물질을 처리할 수 있는 생물담체를 활용하여 해양오염퇴적물의 정화를 위한 생물학적 처리공정 기술은 기존의 화학적 처리법에 비하여 상대적으로 높은 생물학적 처리비용 저감할 수 있으며, 일부 오염물질에 대한 낮은 처리능력, 처리공정에서의 높은 체류시간 등의 생물학적 해양오염물 처리 기술의 기술적 한계를 극복할 수 있음.
 - 오염퇴적물 정화사업 활성화로 관련 산업 기술 개발 유발 효과
 - 해양퇴적오염물 현장 정화 기술 적용과 신기술 개발을 통한 응용과학분야(해양환경공학, 환경공학, 토목공학, 화학공학, 재료공학 등)에 막대한 파급효과 기대
 - 관련 기술의 국제 경쟁력 확보로 중국, 동남아시아 등 개발 진행 국가의 정화복원사업 진출 및 해외 시장 창출

○ 경제·산업적 측면

- 설계 기술 고도화를 통한 최적 피복용량 산정으로 피복공법 시공 및 유지관리 비용 절감 효과
- 한국형 피복공법 기술 정립에 따른 개발도상국 기술이전 및 국내기업 참여를 통한 외화 획득 효과
- 생물 활성 촉진제의 경우 오염퇴적물 정화사업 외에 우리나라 남·서해안의 어패류 양식어장에 적용할 경우 지금까지 오염으로 인하여 사양화되었던 연안어장을 복원시켜 수산양식업의 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대됨.
- 오염된 연안 해역뿐 아니라 육지의 토양오염 분야에도 확대적용이 가능할 것으로 판단되며, 세계 환경정화 시장에 수출할 경우 부가적인 경제적 효과도 볼 수 있을 것으로 판단됨.
- 피복기술 및 현장처리기술 개발로 중앙정부의 정화·복원사업 예산 절감과 정화·복원사업의 효율 극대화로 사업활성화가 기대됨.
- 해양퇴적오염물 현장처리기술 실용화를 통한 신규 정화·복원사업 시장 창출
- 신뢰할 수 있는 상용 정화기술 개발 및 기술이전으로 현재 정화복원사업의 처리단가(105천원/m³)를 낮출 수 있으며, 중앙정부(해양수산부)의 예산절감 효과뿐만 아니라 정화사업 추진 시 처리 물량의 확대가 예상됨

다. 관련 후속연구개발의 전망

- 선진국에서도 피복공법 시공 후 장기 모니터링에 대한 결과 부재로 설계 및 해석 기술의 신뢰성 평가 미미
- 국내에서 최초로 수행되는 피복공법 현장 시공 후 장기 모니터링 사업을 통한 지속적인 설계 기술의 신뢰성 분석과 보완을 통해 향후 세계 최고 수준의 피복공법 설계 기술 보유 가능
- 해양 연안저질생태계의 자정능력을 향상 시키는 미생물 활성 촉진제 개발은 기존의 외부요인에 따라 많은 변수가 적용되어지는 상황을 피하고, 반응성 차단제를 통해 물리적, 화학적 외부요인들을 최소화 함으로써, 환경친화적인 현장 기술로서 적용 가능할 것으로 전망됨
- 미생물 담체를 이용하여 해양오염퇴적물 피복정화공정은 국내에서 최초로 수행되는 기술로 장기 모니터링 사업을 통하여 지속적인 신뢰성 분석과 보완을 통해 향후 세계 최고 수준의 생물소재 활용 피복기술 보유 가능
- 저비용, 고효율 및 환경 친화적인 다양한 해양오염퇴적물 정화·복원 기술 지속 개발
- 연구기관과 산업계의 상용 부영양물질 현장처리기술의 고도화 및 최적화 방안

지속 개발 촉진

- 부영양물질 이외 유해화학물질(중금속, 지속성유기오염물질 등)에 의해 오염된 퇴적물의 현장처리기술 개발 촉진
- 수거 해양오염퇴적물 처리산물의 유효활용성 증대 및 활용 방안 연구개발 가능
- 해양오염퇴적물 최종 처리(처분) 방안 연구개발 가능
- 수거 해양오염퇴적물 처리산물의 유효활용 제도 개선, 유효활용 용도별 환경기준 연구개발 촉진

6. 기타 주요 변경사항 (주관기관에서 작성)

※ 전년도 국토해양기술연구개발계획서의 계획과 상이한 부분

7. 연구수행체계 및 연구참여진(연구조직)

가. 연구수행체계

연구개발과제	
과제명	지속가능 해양오염퇴적물 정화기술 개발: 피복 및 현장처리기술

총 참여 연구원	
주관연구책임자 (김영기)와 46명	

기관별 참여 현황			
구분	기관수	인원수	총인원 수
산업계	1	3	47
대학	4	27	
국공립(연)			
출연(연)	2	17	
기타			

주관 연구 기관	
한경대학교	

공동 연구 기관	
한국건설기술연구원	

협동 연구 기관	
한국해양과학기술원	

참여 연구원	
주관연구책임자 (김영기)와 14명	
책임급 5명, 선임급 1명, 원급 3명, 기타 6명	

참여 연구원	
공동연구책임자 (이장근)와 8명	
책임급 3명, 선임급 2명, 원급 4명	

참여 연구원	
공동연구책임자 (김경련)와 8명	
책임급 3명, 선임급 4명, 원급 1명, 기타 1명	

담당 연구개발내용	
과제명	반응성 피복정화기술개발
<ul style="list-style-type: none"> - 현장 조사 및 실험 - 피복소재에 의한 중금속 및 유기오염물질 제거능 평가 - pilot 규모의 실험에 따른 피복소재의 성능평가 	

담당 연구개발내용	
과제명	피복공법 설계 시공방안 개발
<ul style="list-style-type: none"> -유역 후보지 사전 조사 -피복재 침강 및 침식 해석 -피복재 포설을 위한 장비 및 모니터링 구축 	

담당 연구개발내용	
과제명	해양오염퇴적물 현장 처리기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> - 입지분리 기반 처리 기작 시험 및 공정 개발 - 세척 기반 처리 기작 시험 및 공정 개발 - 입지분리/세척 기반 처리기술 통합 공정 개발 	

위탁 연구기관 1	
서강대	

위탁 연구기관 2	
한국해양대학교	

위탁 1 연구 기관	
㈜코오롱위터앤에너지	

위탁 2 연구 기관	
한양대학교	

참여 연구원	
위탁연구책임자 (오병근)와 2명	
책임급 1명, 원급 2명	

참여 연구원	
위탁연구책임자 (송영재)와 4명	
책임급 1명, 선임급 1명, 원급 3명	

참여 연구원	
공동연구책임자 (공준)와 3명	
책임급 2명, 선임급 2명	

참여 연구원	
위탁연구책임자 (김홍균)와 1명	
책임급 1명, 기타 1명	

담당 연구개발내용	
과제명	오염퇴적물의 생물학적 피복정화기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> -해양미생물이 고정화된 생물담체를 활용한 해양 오염퇴적물의 정화 -생물학적 피복정화처리 공법 개발 	

담당 연구개발내용	
과제명	오염퇴적물의 생물정화촉진제 개발
<ul style="list-style-type: none"> -연안저질에 함유된 오염물질의 재 용출에 의해 발생하는 연안 해수의 수질 악화와 부영양화 현상을 완화시키기 위한 현장 차단기술과 오염된 저질의 자정능력을 현장에서 향상시키는 기술연구 	

담당 연구개발내용	
과제명	현장처리기술 공정 상세설계
<ul style="list-style-type: none"> -현장처리기술 공정 검토 및 설계인자 도출 -현장처리기술 공정 상세설계 	

담당 연구개발내용	
과제명	해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발
<ul style="list-style-type: none"> -해양오염퇴적물 정화복원 관련 법령 제정을 위한 세부사항 개발 -정화사업 관련 수거·처리 등 관련 기준 및 방법 개발 	

나. 연구참여진(연구조직) 현황

(1) 주관연구책임자

(2) 참여연구원 (협동기관/위탁 포함)

다. 전문가 초청 활용

[단위 : 천원]

전문가 현황정보										
구 분	세 부 연구내용	성명	주민등록 번호	국명	소속	직급	전공 (학위)	초청활용 기간	활용 내용	소요 경비
위탁 - 코오롱워터 앤에너지	부영양물질 현장처리 상세설계	장윤영	-	국내	광운대	교수	환경공학	2013.9~2013.12	연구수행 자문	1,200
위탁 - 코오롱워터 앤에너지	세척기반 현장처리 상세설계	정명채	-	국내	세종대	교수	에너지자원공학	2014.1~2014.4	연구수행 자문	1,200
위탁 - 코오롱워터 앤에너지	입자분리 기반 현장처리 상세설계	양정석	-	국내	국민대	부교수	건설시스템공학	2014.5~2014.7	연구수행 자문	1,200

8. 연구개발비 소요 명세서

가. 연구개발비 총괄 소요 명세서(작성 불요)

- ※ 소요 연구예산을 연구개발비 계상기준(사업안내 책자 또는 파일 참조)을 근거로 작성
- ※ 해당금액이 없는 경우 공란 처리, 연구비 관련 표는 삭제 불가

(단위 : 천원)

항목	비목		연도		1차년도 (20 . . .)		2차년도 (20 . . .)		3차년도 (20 . . .)		...		합계		비고		
			금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율					
직접비	인건비	미지급용															
		지급용	현금														
			현물														
	학생인건비																
	소계																
	연구장비· 재료비	현금															
		현물															
	연구활동비																
	연구과제추진비																
	연구수당																
	소계																
	위탁연구개발비																
	간접비																
연구개발비총액	현금																
	현물																
	총액																

- ※ 합계 작성시 미지급용인건비는 제외한 금액을 기재

나. 차년도 연구개발비 총괄 소요 명세서

(단위 : 천원)

항목	비목		연도	협동-한국해양과학기술원		위탁-한양대학교		위탁-코오롱위터앤에너지		합계		비고	
				금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율		
직접비	인건비	미지급용			16,800								
		지급용	현금	167,830.54	36.72	18,050	60						
			현물										
	학생인건비												
	소계			167,830.54	36.72	34,850	60						
	연구장비·재료비	현금	81,574	17.8			30,014	60.03					
		현물											
	연구활동비			31,576.76	6.9	1,180	3.9	11,794	23.59				
	연구과제추진비			16,300	3.6	860	2.9	8,192	16.38				
	연구수당			19,000	4.2	3,210	10.7						
	소계			148,450.76	32.48	5,250	18	50,000	100				
	위탁연구개발비			80,000	17.5								
	간접비			60,718.7	13.3	6,700	22						
연구개발비	현금		457,000	100	30,000	100	50,000	100					
	현물												
	총액		457,000	100	30,000	100	50,000	100					

※ 합계 작성시 미지급용인건비는 제외한 금액을 기재

다. 비목별 연구개발비 총괄 소요 명세서

(1) 직접비

(가) 인건비

(단위 : 원)

구분	성명	소속기관명	직급	직위	참여시작일	참여종료일	지급 구분
	과학기술인 등록번호	소속부서명	국적	월급여	참여율(%)	총액	
현금							
현금							
현금							
현금							
현금							
현금							
현금							
현금							
현금							

* 정부출연연구기관 및 특정연구기관 등 인건비가 100퍼센트 확보되지 않는 기관에 소속된 연구

원이 새로운 연구개발과제에 인건비를 계상할 때에는 이미 수행중인 연구개발과제 참여율을 모두 합산한 결과 130퍼센트를 넘지 않는 범위에서 계상한다.

(단위 : 원)

구분	성명	소속기관명	직급	직위	참여시작일	참여종료일	지급 구분
	과학기술인 등록번호	소속부서명	국적	월급여	참여율(%)	총액	
현물							
현금							

(단위 : 원)

구분	성명	소속기관명	직급	직위	참여시작일	참여종료일	지급 구분
	과학기술인 등록번호	소속부서명	국적	월급여	참여율(%)	총액	
현물							
현물							
현물							
현물							

(나) 학생인건비

(단위 : 원)

구 분	월 급여	man-month 투입 총량	총 액	비 고
박사후연구원				
박사과정				
석사과정				
학사과정				
합 계				

* 2013년 1월 1일 이전까지 인건비 풀링제 대학에 한해 기재하며 2013년 1월 1일 이후에는 학생인건비 통합관리기관만 작성

(다) 연구장비·재료비

(단위 : 원)

당해 연도 연구장비·재료비								
연구 수행 기관	구분	품 명	규격	단위	수량	단가	금 액	비 고
협동 - 해양과학 기술원	구입	세이프 스킨		개	10	23,000	230,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Rope	PE (1.0phi)	롤	5	15,000	75,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	육도		장	6	13,000	78,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	수치해도		장	6	15,000	90,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	코아라이너		개	6	50,000	300,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Dry Ice		개	7	30,000	210,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	DGPS 건전지 등		개	5	50,000	250,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	기타 현장재료비		-	-	-	12,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Acetone	분석용	병	16	20,000	320,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Acetonitrile		병	15	38,000	570,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	AG1x4 resin		병	6	600,000	3,600,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	AG1MP1 resin		병	6	600,000	3,600,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	염산(ultrapure)		병	10	394,000	3,940,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	기타 초자류		회	1	2,000,000	2,000,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	불산(ultrapure)		병	10	410,000	4,100,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	질산(ultrapure)		병	10	393,000	3,930,000	현금

해양과학 기술원								
협동 - 해양과학 기술원	구입	초산(ultrapure)		병	10	300,000	3,000,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	과염소산 (ultrapure)		병	11	350,000	3,850,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Amonium chloride		병	12	35,000	420,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Automatic pipet		개	5	500,000	2,500,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	시료 채집병	PE	박스	10	65,000	650,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	시료 채집병	Glass	박스	10	156,000	1,560,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	GC 컬럼		개	2	800,000	1,600,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Nuclepore 여과지		박스	7	180,000	1,260,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	염산	GR	병	10	15,000	150,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	질산	GR	병	10	15,000	150,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	IN-line filter		개	5	175,000	875,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	영양염 표준물질		종	2	990,000	1,980,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Milli_Q Kit	초순수 제조용	개	2	600,000	1,200,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	테플론 병		개	2	300,000	600,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	중금속 표준퇴적물		종	3	600,000	1,800,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	W 촉매		병	3	120,000	360,000	현금
협동 - 해양과학 기술원	구입	Tin capsule		박스	5	150,000	750,000	현금
협동 -	구입	속실험추출장치		대	1	550,000	550,000	현금

해양과학기술원								
협동 - 해양과학기술원	구입	유해물질분석 표준물질		종	2	1,500,000	3,000,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	진공펌프		대	2	500,000	1,000,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	아르곤가스	고순도	병	12	65,000	780,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	ICP 표준용액		개	2	200,000	400,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	Hot plate		대	2	600,000	1,200,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	헬륨	초고순도	병	13	150,000	1,950,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	스포이드		개	10	44,000	440,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	시료채취용 지퍼백		박스	10	13,000	130,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	유기인 표준물질		병	2	450,000	900,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	진공여과 깔대기		박스	5	330,000	1,650,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	크로우	일반형	박스	10	43,000	430,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	킴와이프스		박스	10	119,000	1,190,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	피펫펌프		개	5	37,000	185,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	헥산		병	7	176,000	1,232,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	휘발성유기물질 표준물질		병	2	450,000	900,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	4각 광구병	1L	병	7	42,000	294,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	PAHs 표준물질		병	2	450,000	900,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	PCBs 표준물질		병	2	450,000	900,000	현금

해양과학기술원								
협동 - 해양과학기술원	구입	페트리디쉬		병	7	198,000	1,386,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	바이알	2ml	박스	7	18,000	126,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	광구병	FEP, 1L	개	7	264,000	1,848,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	광구병	FEP, 500ml	개	7	94,000	658,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	광구병	FEP, 250ml	대	7	55,000	385,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	정량펌프		대	6	50,000	300,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	모터		대	6	50,000	300,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	임펠러		대	8	15,000	120,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	진동기		대	2	60,000	120,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	실리콘튜브	STHT-C-06 2-4	박스	10	94,000	940,000	현금
협동 - 해양과학기술원	구입	석영관	EA1112	세트	10	135,000	1,350,000	현금
협동 - 해양과학기술원	임차	소형선박	10톤급	회	5	700,000	3,500,000	현금
협동 - 해양과학기술원	임차	승합차	12인승	회	15	100,000	1,500,000	현금
협동 - 해양과학기술원	임차	환경형 그랩 준설선	퇴적물 시료 대량 채취 1m ³ 이상	회	1	5,000,000	5,000,000	
합 계							81,574,000	

* 단가 3백만원 이상 기자재 구입 시 견적서 첨부

* 단가 1억원 이상 고가연구장비(주관연구기관이 기업일 경우 30백만원 이상) 구입 시 별첨의 “연구장비 구축 계획서” 를 작성하여 첨부

- 필요성 및 용도

구분	품 명	필요성 및 용도
연구장비	승합차	샘플링 및 현장조사시 임차하여 사용
	선박	대상해역 조사 및 시료채취시 임차하여 사용
시작품/ 시제품/ 시험설비 제작		해당사항 없음 (개별 부품을 구매하여 시험장치 제작)

(단위 : 원)

당해 연도 연구장비· 재료비								
연구수행 기관	구분	품 명	규격	단위	수량	단가	금 액	비 고
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	분석용 Vial	20ml	개	10	330	3,300	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	Test Tube	50ml	개	100	3	301	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	초자류	1000ml	개	150	10	1,500	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	시약류	1kg	개	150	10	3,000	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	분석용 컬럼		개	14	561	7,854	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	증류수 filter		개	14	210	2,940	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	중금속분석용 Standard	100ml	개	15	250	3,750	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	GC vials/caps	2ml	개	15	145	2,175	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	Pipett tip	2500 μ l	개	7	70	490	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	Pipett tip	1000 μ l	개	8	88	704	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	퇴적물시료분석	GC-MS	개	5	400	2,000	현금
위탁 - 코오롱위더앤에너지(주)	구입	퇴적물시료분석	ICP	개	5	400	2,000	현금
합 계							30,014	

* 단가 3백만원 이상 기자재 구입 시 견적서 첨부

* 단가 1억원 이상 고가연구장비(주관연구기관이 기업일 경우 30백만원 이상) 구입 시 별첨의 “연구장비 구축 계획서”를 작성하여 첨부

(라) 연구활동비

- 협동기관: KIOST

(단위 : 원)

구 분		산 정 기 준	금액	비 고
여 비	국 외	2건	13,636,760	
인쇄, 복사, 인화, 슬라이드 제작비		인쇄비 12,150원/면 × 100면=1,215천원 (천원미만 절삭) 복사 60원/장 × 300장 × 30회=540천원 전산용지 20,000원/박스 × 12박스=240천원	1,995,000	
공공요금		우편/통신료 20,000원 × 3명 × 12개월=720천원	720,000	
제세공과금, 수수료		20,000원/회 × 10회=200천원	200,000	
위탁정산 수수료			-	
전문가 활용비	국내전문가	자문료 : 200,000원/회 × 5회 × 3인=3백만원	3,000,000	
	국외전문가	자문료 : 00원/회 × 00회 × 00인= 항공료 : 00원 × 00인= 체재비 : 00원/회 × 00회 × 00인=	-	
교육훈련	국 내	3건	500,000	
	국 외	건	-	
기술정보수집비		100,000원/건 × 5회=500천원	500,000	
문헌구입비		110,000원/건 × 10회=1,100,000원	1,100,000	
회의장 사용료, 세미나 개최비		장소 임차 50만원/회 × 2회=1,000,000원 20,000원/인 × 20인 × 2회=800,000	1,800,000	
학회·세미나 참가비		국내 학회 참석 6인 × 80,000원=480천원 해외 학회 참석 2인 × 900,000원=1,800천원	2,280,000	
원고료, 통역료, 번역료, 속기료		영문번역 13,000원 × 130% × 50면=845천원	845,000	
기술도입비		기술명 : 도입국 : 금액(원) : 관련세부연구내용 :	-	
시험, 분석, 검사, 임상시험, 기술정보수집, 특허정보조사 등 연구개발서비스 활용비		검증용 시료 공인기관 분석(GC, ICP-MS) 시료 1개 × 500,000원/회 × 10회=5,000천원	5,000,000	
세부과제 조정·관리비		인건비 × ()%	-	
합 계			31,576,760	

- 국외여비 산출근거

(단위 : 원)

차수	직급	인원	횟수	국외여비 세부산출 내역	금 액
1	책임급	1	1	항공료: 1인 × 4,945,780원(왕복)=4,945,780원 일비: 1인 × 35\$ × 1,200원/\$ × 8일=336,000원 식비: 1인 × 78\$ × 1,200원/\$ × 8일=748,800원 숙박비: 1인 × 120\$ × 1,200원/\$ × 7일=1,008천원	7,038,580
	소계				
	출장 목적 및 사유		선진 해양오염퇴적물 현장처리기술 관련 자료, 기술동향 파악 및 학회참석(24th Annual International Conference on Soil, Water, Energy and Air)		
	당해 연구개발과제 관련 내용		선진국의 오염퇴적물 처리 기술 및 처리 후 유효활용 방안 관련 자료 조사		
	국내에서 관련정보를 입수하기 어려운 이유		국내 정화사업은 '08년 이후 시작되어, 초기단계로서 관련 기술의 적용 사례가 없으며, 자료가 매우 제한됨		
	출장자	김석현		출장 목적지 및 기관	San Diego, USA / Association for environmental health and sciences foundation
	출장기간	('14. 03. 15 ~ ' 14. 03. 22)			
합계					
차수	직급	인원	횟수	국외여비 세부산출 내역	금 액
2	선임급	1	1	항공료: 1인 × 4,945,780원(왕복)=4,945,780원 일비: 1인 × 30\$ × 1,200원/\$ × 8일=288,000원 식비: 1인 × 59\$ × 1,200원/\$ × 8일=566,400원 숙박비: 1인 × 95\$ × 1,200원/\$ × 7일=798천원	6,598,180
	소계				
	출장 목적 및 사유		선진 해양오염퇴적물 현장처리기술 관련 자료, 기술동향 파악 및 학회참석(9th International Conference, Remediation of chlorinated and recalcitrant compounds)		
	당해 연구개발과제 관련 내용		선진국의 오염퇴적물 처리 기술 및 처리 후 유효활용 방안 관련 자료 조사		
	국내에서 관련정보를 입수하기 어려운 이유		국내 정화사업은 '08년 이후 시작되어, 초기단계로서 관련 기술의 적용 사례가 없으며, 자료가 매우 제한됨		
	출장자	김경련		출장 목적지 및 기관	Monterey, USA / Battelle Conference Association
	출장기간	('14. 05. 17 ~ ' 14. 05. 24)			
합계					13,636,760

※ 국외여비 산출 내역 작성예시

· 국외여비 = [(일비+식비) × ○일] + (숙박비 × ○박) + 항공운임(왕복)

※ 국외여비표가 다음페이지로 넘어가는 경우, 표 속성을 다음과 같이 변경하여 작성함

- 개체속성의 기본탭에서 글씨처럼 취급을 해제하고, 표탭의 여러쪽지원에서 쪽경계에서 나눔을 선택함.

※ 국외여비의 경우 당해 연구기간내 동일국가에 동일 목적으로 중복출장 불가

- 위탁기관: 한양대학교

구 분		산 정 기 준	금 액	비 고
여 비	국 외			
인쇄, 복사, 인화, 슬라이드 제작비		복사 : 50원 × 150면 × 12월=90,000 용지 : 15,000 × 0.5박스 × 12월=90,000 전산소모품(프린터 토너) : 200,000	380,000	
공공요금				
제세공과금, 수수료				
위탁정산 수수료				
전문가 활용비	국내전문가	자문료 : 100,000원/회 × 2회 × 4인=800,000	800,000	
	국외전문가	자문료 : 00원/회 × 00회 × 00인= 항공료 : 00원 × 00인= 체재비 : 00원/회 × 00회 × 00인=		
교육훈련	국 내	건		
	국 외	건		
기술정보수집비				
문헌구입비				
회의장 사용료, 세미나 개최비				
학회·세미나 참가비				
원고료, 통역료, 번역료, 속기료				
기술도입비		기술명 : 도입국 : 금액(원) : 관련세부연구내용 :		
시험, 분석, 검사, 임상시험, 기술정보수집, 특허정보조사 등 연구개발서비스 활용비				
세부과제 조정·관리비		인건비 × ()%		
합 계			1,180,000	

- 위탁기관: 코오롱워터앤에너지(주)

구 분		산 정 기 준	금액	비 고
여 비	국 외	1 건	3,644,000	
인쇄,복사,인화, 슬라이드 제작비		인쇄비 : 50,000원/권 × 30권 복사비 : 200원/장 × 5,000장	2,500,000	
공공요금		제세공과금 및 수수료 : 10,000원/월 × 5월	50,000	
제세공과금, 수수료		해당없음		
위탁정산 수수료		해당없음		
전문가 활용비	국내전문가	자문료 : 200,000원/회× 6회× 3인	3,600,000	
	국외전문가	해당없음		
교육훈련	국 내	0건		
	국 외	0건		
기술정보수집비		해당없음		
문헌구입비		도서구입 : 80,000원/권 × 10권	800,000	
회의장 사용료, 세미나 개최비		해당없음		
학회·세미나 참가비		100,000원/회× 4회× 3인	1,200,000	
원고료, 통역료, 번역료, 속기료		해당없음		
기술도입비		기술명 : 도입국 : 금액(원) : 관련세부연구내용 :		
시험, 분석,검사, 임상시험, 기술정보수집, 특허정보조사 등 연구개발서비스 활용비		해당없음		
세부과제 조정·관리비		인건비× ()%		
합 계			11,794,000	

- 국외여비 산출근거

(단위 : 원)

차수	직급	인원	횟수	국외여비 세부산출 내역	금액
1	팀장	1	1	일본:600,000(항공료)+493,000(숙박비)+729,000(식비/일비)	1,822,000
	차장	1	1	일본:600,000(항공료)+493,000(숙박비)+729,000(식비/일비)	1,822,000
	소계				3,644,000
	출장 목적 및 사유				
	당해 연구개발과제 관련 내용			- 부영양물질 현장처리기술 공정 설계 방안 자료수집 및 기술교류 - 입자분리/세척 기반 현장 처리기술 공정 상세설계	
	국내에서 관련정보를 입수하기 어려운 이유			선진기술에 따른 정보 부족	
	출장자	공준, 신정엽		출장 목적지 및 기관	토쿄, 일본 / SRB사 기술교류
출장기간	('13. 11. 4 ~ '13. 11. 7)				
합계					3,644,000

(마) 연구과제추진비

- 협동기관: KIOST

(단위 : 원)

구분	산정기준	금액	비고
국내 출장여비	책임급 2인 × 200천원 × 5회=2,000천원 선임급 2인 × 200천원 × 10회=4,000천원 원급 2인 × 200천원 × 10회=4,000천원	10,000,000	
시내교통비	4시간 이내 10천원 × 3명 × 12월=360천원 4시간 이상 20천원 × 3명 × 12월=720천원	1,080,000	
사무용품비	50,000원/월 × 12월=600,000	600,000	
연구환경 유지를 위한 기기비품의 구입, 유지비용 등		-	
회의비(연구활동비의 회의장 사용료, 전문가활용비는 제외)	25,000원/인 × 10인 × 12회=3,000천원	3,000,000	
식대	야근 식대 4,500원/인 × 6명 × 10일 × 6월=1,620천원	1,620,000	
합계		16,300,000	

- 위탁기관: 한양대학교

(단위 : 원)

구 분	산 정 기 준	금액	비 고
국내 출장여비	책임연구원 {교통비(30,000×2)+숙박(50,000)+일비(20,000×2)+식비(25,000×2)}×1회	200,000	
시내교통비			
사무용품비	5,000원×12월=60,000	60,000	
연구환경 유지를 위한 기기비품의 구입,유지비용 등			
회의비(연구활동비의 회의장 사용료, 전문가활용비는 제외)	회의경비 : 30,000×10명×2회=600,000	600,000	
식대			
합 계		860,000	

- 위탁기관: 코오롱위터앤에너지(주)

(단위 : 원)

구 분	산 정 기 준	금액	비 고
국내 출장여비	[숙박비(45,000)+식비(36,000)+일비(20,000)+왕복교통비(115,000 KTX)] x 3인 x 4회 (서울~부산 1박2일기준)	2,592,000	
시내교통비	해당없음		
사무용품비	100,000원×12월	1,200,000	
연구환경 유지를 위한 기기비품의 구입,유지비용 등	해당없음		
회의비(연구활동비의 회의장 사용료, 전문가활용비는 제외)	200,000원/회 x 10회	2,000,000	
식대	연구원식대 200,000원/월 x 12월	2,400,000	
합 계		8,192,000	

(바) 연구수당

- 협동기관: KIOST

(단위 : 원)

구분	산정기준	금액	비고
연구수당	인건비 166,830,540 × 11.4% = 19,000천원	19,000,000	
합계		19,000,000	

- 위탁기관: 한양대학교

(단위 : 원)

구분	산정기준	금액	비고
연구수당	$(16,800,000 \times 0.3 + 18,050,000) \times 13.9\%$	3,210,000	
합계		3,210,000	

- 위탁기관: 코오롱워터앤에너지(주)

(단위 : 원)

구분	산정기준	금액	비고
연구수당		-	
합계	해당사항 없음	-	

(사) 위탁연구개발비 : 80,000,000원

- 위탁기관 : 한양대학교 (30,000,000원)

- 위탁기관 : 코오롱워터앤에너지(주) (50,000,000원)

(2) 간접비

- 협동기관: KIOST

(단위 : 원)

항목	세부항목	산출 내역	금액	비고
인력지원비	지원인력 인건비	사업비(위탁비제외)의 12.81%	48,294,000	
	연구개발능률성과급			
연구지원비	기관 공통지원경비	사업비(위탁비 제외)의 0.5%	1,885,000	
	사업단(연구단) 운영비			
	연구실 안전관리비	사업비(위탁비 제외)의 0.8%	3,016,000	
	연구보안관리비			
	연구윤리활동비			
	연구개발준비금			
	대학 연구활동 지원금			
	대학의 연구관련 기반시설 및 장비 운영비			
성과활용 지원비	과학문화활동비	사업비(위탁비 제외)의 1.2%	4,524,000	
	지식재산권 출원·등록비	국내 3,000천원/건 × 1건	3,000,000	
	기술창업 출연·출자금			
소계		총연구비(위탁비 제외) × (15.31)%	60,719,000	

- 위탁기관: 한양대학교

(단위 : 원)

항목	세부항목	산출 내역	금액	비고
인력지원비	지원인력 인건비			
	연구개발능률성과급			
연구지원비	기관 공통지원경비	(인건비+직접비) × 28.8%	6,700,000	
	사업단(연구단) 운영비			
	연구실 안전관리비			
	연구보안관리비			
	연구윤리활동비			
	연구개발준비금			
	대학 연구활동 지원금			
	대학의 연구관련 기반시설 및 장비 운영비			
성과활용 지원비	과학문화활동비			
	지식재산권 출원·등록비	(규격, 단위, 수량, 단가 등)		
	기술창업 출연·출자금			
소계		(인건비+직접비) × 28.8%	6,700,000	

- 위탁기관: 코오롱위터앤에너지(주)

(단위 : 원)

항목	세부항목	산출 내역	금 액	비 고
인력지원비	지원인력 인건비		-	
	연구개발능률성과급		-	
연구지원비	기관 공통지원경비		-	
	사업단(연구단) 운영비		-	
	연구실 안전관리비		-	
	연구보안관리비		-	
	연구윤리활동비		-	
	연구개발준비금		-	
	대학 연구활동 지원금		-	
성과활용 지원비	대학의 연구관련 기반시설 및 장비 운영비		-	
	과학문화활동비		-	
	지식재산권 출원·등록비		-	
	기술창업 출연·출자금		-	
소계		해당사항 없음	-	

9. 연구성과의 등록·기탁 의향 (작성하지 않음)

※ 이 과제 수행을 통해 창출한 논문, 특허, 보고서원문, 연구기자재, 기술요약정보, 생명자원, 화합물, 소프트웨어 등을 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제25조의제13항에 따른 연구성과 분야별 관리·유통 전담기관에 등록 또는 기탁 여부에 대한 의견을 작성

[별첨] VI. 현장 처리기술 공정 개념설계

1. 해양오염퇴적물 국내외 기술개발 현황

가. 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 조사결과

- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술에 대한 특허를 검색한 결과, 최초 모집단의 특허 건수는 6,330건으로 나타났다으며, 이에 대한 중복특허의 제거와 국제특허분류 등을 포함한 필터링을 수행하여 최종적으로 745건의 유효특허 데이터를 추출하였음.
- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술에 대한 국/내외 특허 검색 결과는 아래 표 VI-1 을 통하여 확인할 수 있음.

[별첨] 표 VI-1. 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술의 특허 검색 결과

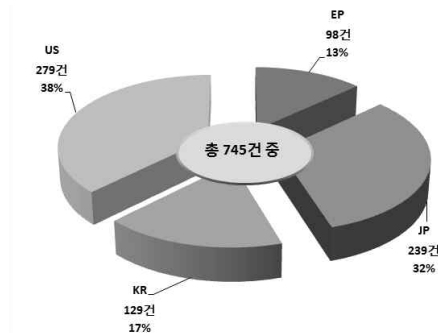
RAW DATA					유효 데이터				
KR	JP	US	EP	합계	KR	JP	US	EP	합계
869	975	3517	969	6330	129	239	279	98	745

1). 국가별 점유율

- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야의 유효특허 총 745건 중, 미국특허 건수가 279건으로 38%에 달하여 가장 비중 있게 나타났음.

- 하기 [별첨] 그림 VI-1은 국가별 점유율을 나타낸 것으로, 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야 유효특허 총 745건 중, 미국특허 건수가 총 279건으로 38%에 달하여 가장 비중 있게 나타났으며, 다음으로 일본특허가 239건으로 32%, 이어서 한국특허가 129건으로 17%, 마지막으로 유럽특허가 98건으로 13%를 나타내고 있음.

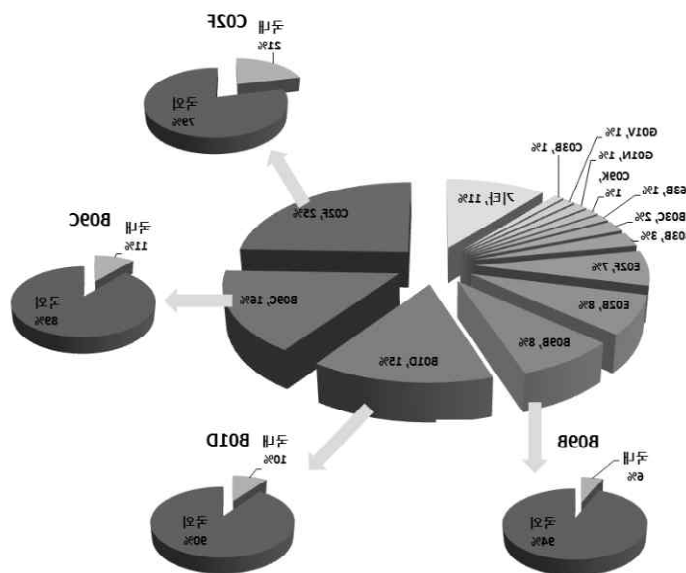
이는 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술에 있어 미국의 기업이 연구개발을 주도하고, 동시에 미국이 가장 큰 시장을 형성하고 있기 때문인 것으로 보임. 미국에 이어 일본도 HITACHI LTD., MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.와 같은 대기업을 중심으로 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야에서 중요한 위치를 차지하고 있음을 나타냄.



[별첨] 그림 VI-1. 전 세계 국가별 특허 점유율 현황

2). 기술 분류별 점유율

- 하기 [별첨] 그림 VI-2는 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야 유효특허 총 745건에 대한 국제특허분류(IPC) 점유율을 나타내는 것으로, C02F에 대한 출원 건수가 총 25%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 그 다음 순으로 B09C 16%, B01D 15%를 차지하고 있는 것으로 나타남.
- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술은 하기 [별첨] 표 VI-2에 나타난 바와 같이 C02F(물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리) 공법 기술이 가장 높은 비중을 차지하여 이에 대한 연구개발이 가장 활발하다는 것을 알 수 있으며, 그 밖에도 오염된 해양퇴적물의 재생과 분리 및 고체 폐기물의 처리 등의 순으로 차지하고 있어, 기구나 장치 등을 이용한 물리적 처리보다는 대부분 화학적 메커니즘을 이용한 정화 및 처리 공법이 주를 이루는 것을 확인할 수 있음.
- 기술 분류별 한국의 점유율을 살펴보면, C02F(물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리) 기술의 경우 전체 대비 21% 차지하여 비교적 평균치에 가깝지만, B01D(물리적 분리) 기술과 B09B(고체 폐기물의 처리) 기술이 각각 10%와 6%를 차지하는 바, 상대적으로 그 점유율이 낮아 해당 기술 분야에 대한 향후 연구개발을 통해 국내 시장의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이라 판단됨.



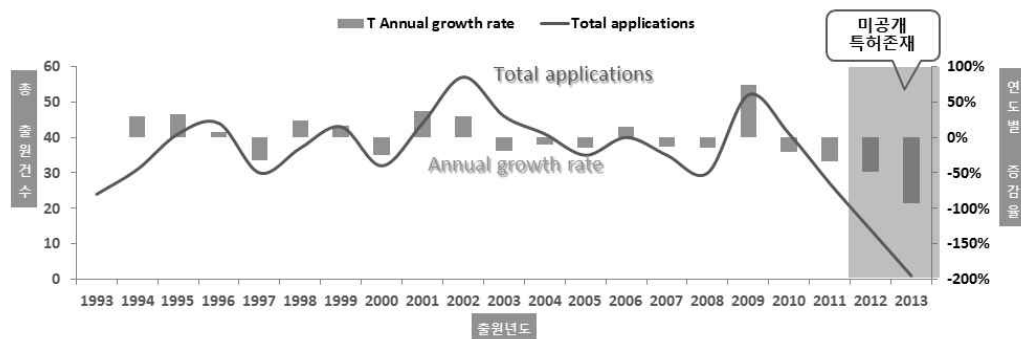
[별첨] 그림 VI-2. 기술 분류별 점유율 현황

[별첨] 표 VI-2. 국제특허분류(IPC)의 출원건수 및 설명

IPC 코드	건수	기술의 설명
C02F	182	<ul style="list-style-type: none"> • 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리(물질에서 화학적인 변화에 영향을 줌으로써 무해하거나 덜 유해한 해로운 화학물질을 만들기 위한 처리 A62D 3/00; 분리, 정화 탱크 또는 필터 장치 B01D; 물, 폐수 또는 하수를 처리하는 수송선박의 세부장치 예 담수생산 B63J; 부식방지 물질의 첨가 C23F; 방사성 오염액의 처리 G21F 9/04)
B09C	119	<ul style="list-style-type: none"> • 오염된 해양퇴적물의 재생(해양퇴적물에서 돌 또는 유사 물질을 제거하는 기계 A01B 43/00; 증기에 의한 해양퇴적물살균 A01G 11/00; 분리일반 B01D; 해안의 청소 E01H 12/00; 지면으로부터 바람직하지 않은 물질, 예를 들면 쓰레기 등의 제거 E01H 15/00)
B01D	110	<ul style="list-style-type: none"> • 분리(습식법에 의한 고체와 고체의 분리 B03B, B03D; 풍력테이블 또는 풍력선풍기에 의한 것 B03B; 다른 건식법에 의한 것 B07; 자기 또는 정전기에 의한 고체 또는 유체로부터의 고체의 분리, 고압전기장에 의한 분리 B03C; 원심분리기 과류장치 B04; 액체 함유물로부터 유체를 짜내는데 쓰이는 프레스 그 자체 B30B9/02; 예. 이온교환에 의한 연화 1/42; 냉방장치, 가습기 또는 통풍장치에서 여과기의 설치 또는 부착 F24F13/28)
B09B	61	<ul style="list-style-type: none"> • 고체 폐기물의 처리
E02B	58	<ul style="list-style-type: none"> • 수공(水工)(선박의 리프트(Lift) E02C; 준설(浚渫) E02F)
E02F	51	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착(掘鑿) : 토사(土砂)의 이송(이탄(泥炭)의 채굴(採掘) E21C 49/00)
B03B	21	<ul style="list-style-type: none"> • 액체에 의한 또는 풍력테이블 또는 지그에 의한 고체물질의 분리(자기 또는 정전기에 의한 유체 또는 고체물질로부터 고체물질의 분리, 고압 전기장에 의한 분리 B03C; 부유선별 또는 차별 침강 B03D; 고체에서 액체의 제거 B01D; 건식에 의한 분리 B07; 체를 사용하는 분리, B07B; 골라내는 것 B07C; 특별한 물질의 특별한 분리에 있어서 타의 단일 클래스에 적용되는 것은 관련 클래스를 참조)
B03C	16	<ul style="list-style-type: none"> • 고체물질 또는 유체로부터 고체물질의 자기 또는 정전기에 의한 분리; 고압 전기에 의한 분리(전기 또는 자기를 이용한 여과기 B01D 35/06; 동위원소의 분리 B01D 59/00 : 자기분리 또는 정전분리와 타의 방법에 의한 고체의 분리와 조합 B03B, B07B : 파일(Piles)로부터 시이트의 분리 B65H 3/00; 자석 또는 자석코일 그 자체 H01F)
B63B	10	<ul style="list-style-type: none"> • 선박 또는 그 밖의 물에 뜨는 구조물 : 선적을 위한 장치(선박의 환기장치, 난방장치, 냉방장치 또는 공기조화 장치 B63J 2/00 : 준설선 또는 해양퇴적물 이동 기계의 지지로서 부유성 하부구조 E02F 9/06)
C09K	10	<ul style="list-style-type: none"> • 그 밖에 분류되지 않는 응용되는 물질 : 그 밖에 분류되지 않는 물질의 응용
G01N	10	<ul style="list-style-type: none"> • 재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석 (면역분석 이외의 효소 또는 미생물을 포함하는 측정 또는 시험 방법 C12M, C12Q)
G01V	9	<ul style="list-style-type: none"> • 지구물리 : 중력측정 : 질량 또는 대상물의 검출 : 태그스(TAGS)(진단, 수술 또는 개인식별을 위하여 이물을 검출 또는 탐지하기 위한 것 A61B : 돌발적으로 매몰된, 예. 눈(雪)에 매몰된, 사람의 위치를 지시하는 수단 A63B 29/02 : 화학적 또는 물리적 성질의 결정에 의한 지구조성물의 조사 또는 분석 G01N : 지구의 장의 방향 또는 크기 이외의 전기적 또는 자기적 변량의 측정 일반 G01R : 자기 공명 장치 일반 G01R 33/20)
C03B	8	<ul style="list-style-type: none"> • 유리 : 광물 또는 슬래그울(Slag Wool)의 제조, 성형 또는 보조공정
기타	80	

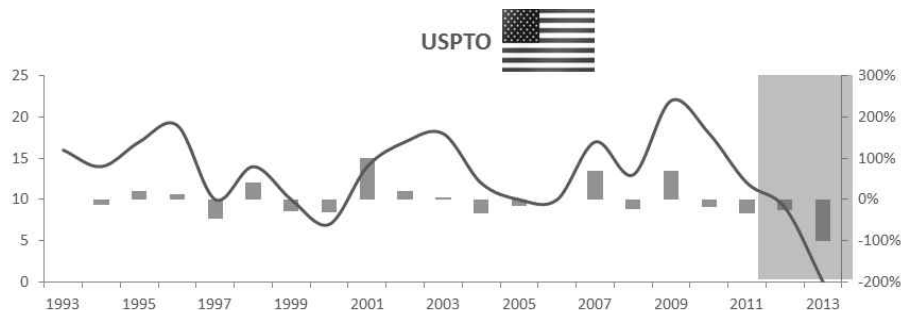
3). 국가별 연도별 특허동향

- 본 분석에서는 우리나라(KIPO)를 비롯한 주요국의 특허청의 출원건(미국은 등록건)을 기준으로 연도별 추이를 살펴봄으로써 특허출원 Trend 를 알아보고자 함.
- [Total] 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 초기구간인 1995년부터 증가세와 감소세를 보이고 있으며, 2002년을 최고점으로 최근 유효기간인 2011년과 이후에는 감소세를 보이고 있는 것으로 나타남.
- 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술의 전체적인 1995년부터의 전 세계 동향은 미국과 일본의 시계열적 흐름의 형태와 비슷하며, 이는 미국 및 일본의 출원 건수가 상당 부분을 차지하고 시장의 기술이 성장세의 초기인 2000년대 초반에 미국과 일본이 퇴적토 정화 및 처리 기술의 시장을 주도하고 있었다는 것을 확인할 수 있음.
- 근래 들어 감소세에 대해서는 2008년경에 발발한 국제 금융위기가 주요한 원인으로 추측되며, 또한, 2000년대 후반을 기점으로 하여 국외의 퇴적토 정화 분야 주요 출원인들이 출원건수보다는 특허의 질에 치중하기 시작한 흐름도 이러한 흐름에 영향을 미친 것으로 보임.
- 2007 ~ 2008년 부근에서 나타나는 일시적인 성장둔화는 전 세계적 금융 위기에 따라 각국에서 관련 기술의 연구 개발 투자가 용이하지 않았던 요인인 것으로 판단됨.



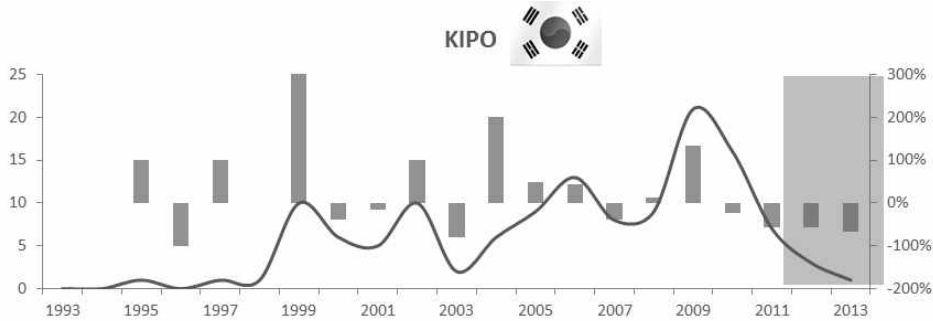
[별첨] 그림 VI-3. 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술의 연도별 전체 특허출원현황

- [USPTO] 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야에서 가장 많은 출원을 보여 글로벌 출원동향과 유사하며, 한국 보다 이른 시점인 1990년대 중반부터 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술 분야에 대한 높은 출원 추이를 나타내어 해당 시기에 가장 활발한 연구 활동과 더불어 세계적으로도 기술 시장을 주도하였음을 알 수 있음.



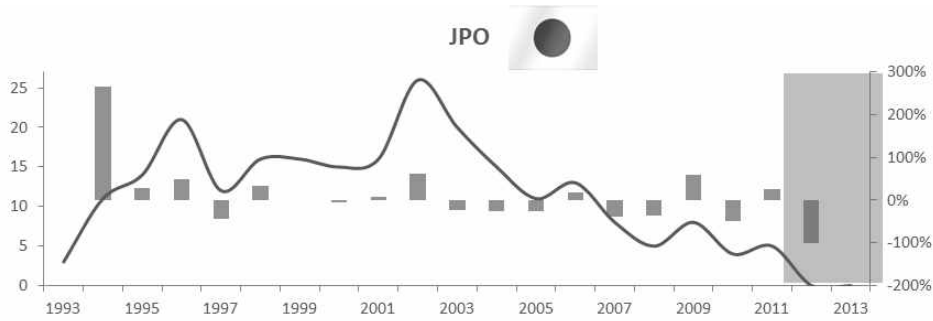
[별첨] 그림 VI-4. 하상 퇴적토 정화 및 처리 기술의 연도별 미국 특허출원현황

- [KIPO] 한국의 경우 특허 출원 건수는 미국과 일본에 비하여 저조한 실정이지만 1990년 후반에 들어 연구 과제로 관심을 받기 시작하여 가장 큰 증가율과 이후로도 꾸준한 연구 활동과 특허 출원 활동을 한 것으로 나타나며, 최근 2009년 시점에서 가장 많은 특허 출원이 있었던 것으로 파악됨 이는 4대강 사업과 맞물려 특허 출원건수가 급증한 것으로 판단됨.



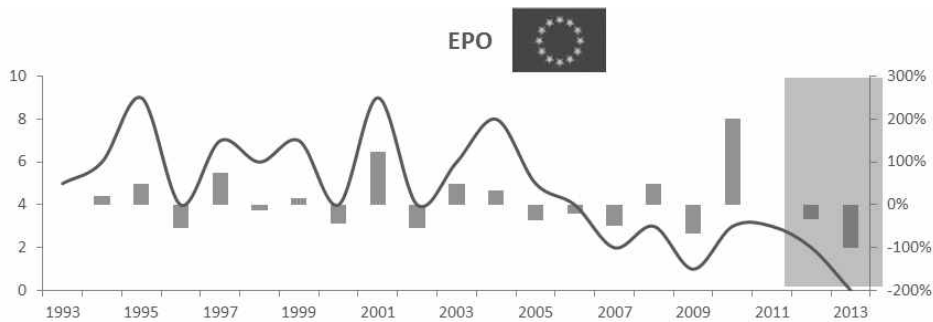
[별첨] 그림 VI-5. 하상 퇴적도 정화 및 처리 기술의 연도별 한국 특허출원현황

- [JPO] 1990년 중반부터 꾸준한 특허 출원 추세가 있었지만 2002~2003년에 최고점을 기해 이후로는 점차 특허 출원 건수가 감소되는 것으로 나타나며, HITACHI LTD., MITSUBISHI HEAVY IND. LTD. 등의 출원이 많은 비중으로 차지하여 대기업 중심의 연구 개발이 이루어지는 것으로 분석됨.



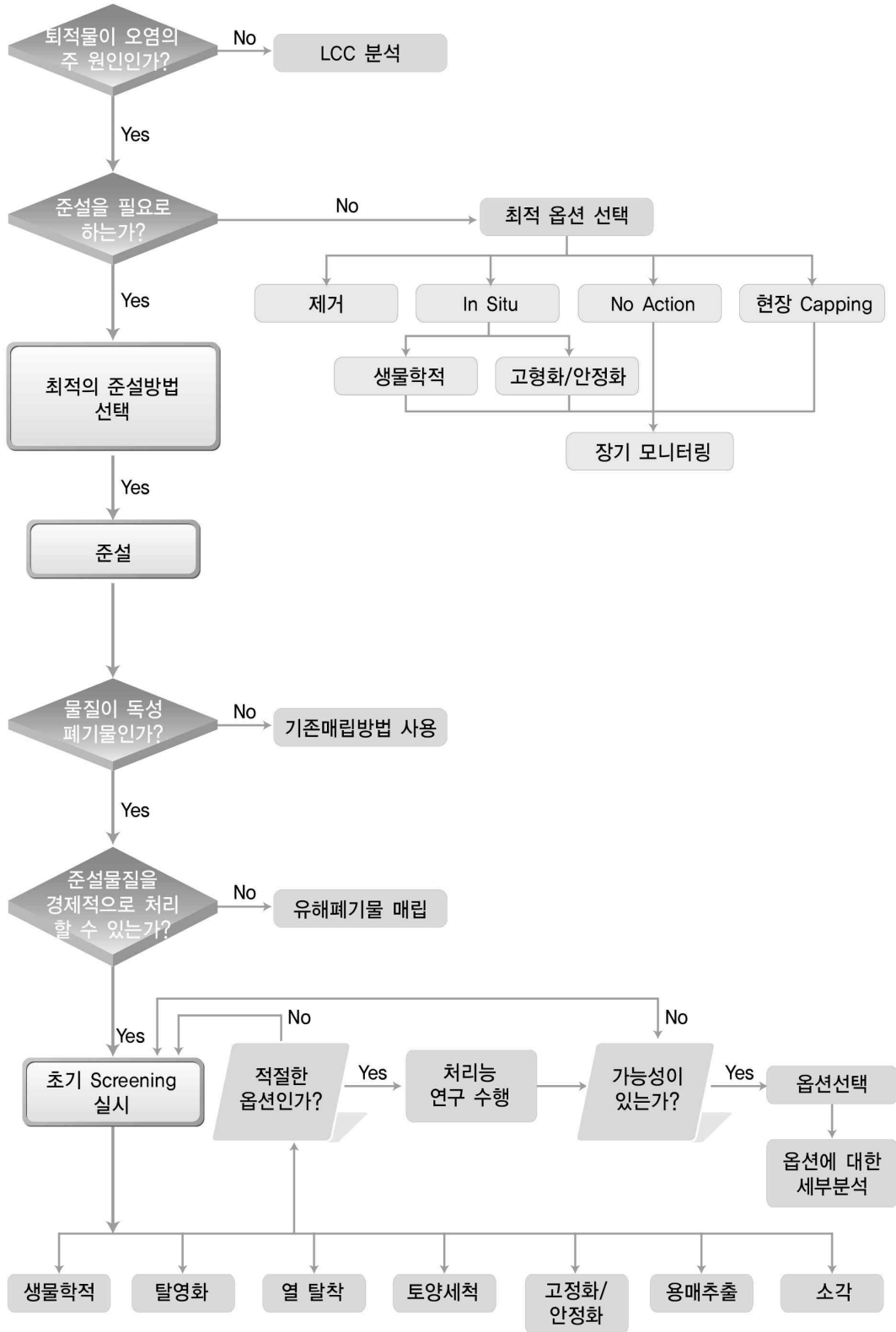
[별첨] 그림 VI-6. 하상 퇴적도 정화 및 처리 기술의 연도별 일본 특허출원현황

- [EPO] 기술 수준과 시장 규모는 한국보다 크지만 하상 퇴적도 정화 및 처리 기술 분야에 있어서는 특허 출원 건수가 한국보다 저조한 실정(검색구조에 한계가 반영됨)이고 2004년부터는 특허 출원 건수가 점차 감소하는 추세를 보이고 있으며, 전체적으로도 하상 퇴적도 정화 및 처리 기술 분야에서 가장 낮은 특허 점유율을 보이고 있음.



[별첨] 그림 VI-7. 하상 퇴적도 정화 및 처리 기술의 연도별 미국 특허출원현황

2. 해양오염퇴적물 정화기술 기초개발



[별첨] 그림 VI-8. 해양오염 퇴적물의 적용 가능한 처리기술 선정절차

[별첨] 표 VI-3. 오염원(그룹)에 따른 공정의 초기 선정(Screening)

오염원	생물학적 처리	탈염화	토양세척	용매추출	고형화/안정화	소각	열탈착
유기물							
Halogenated volatile	○	○	+	○	×	+	○
Nonhalogenated volatile	○	×	+	○	×	+	○
Halogenated semivolatiles	+	+	○	○	×	+	○
Nonhalogenated semivolatiles	+	×	○	○	×	+	○
PCBs	○	+	○	+	○	+	+
농약	○	○	○	○	○	○	○
다이옥신/Furan	×	+	○	○	×	+	○
유기 부식물	×	×	○	○	+	○	×
유기 시안화물	+	×	○	○	○	○	○
무기물							
비휘발성 금속	×	×	○	×	+	×	×
무기 부식물	×	×	○	×	+	×	×
무기 시안화물	○	×	○	×	+	○	×

※ 자료 : USEPA, 1988b, 1990c, d h, l, j k, l, m

+	처리효과 증명됨 : 몇 가지 규모에서의 실험에서 성공적인 처리능력 확인(완료)
○	잠재적인 처리능력이 있으나 입증은 안됨 : 전문가를 통한 기술성공 잠재성 확인
×	효과 없음
U	알려진 바 없음 : 평가를 위한 충분한 데이터가 없음

[별첨] 표 VI-4. 일반적인 영향인자를 이용한 공정의 초기선정

변 수	생물학적 처리	탈염화	도양 세척	용매 추출	고형화/안정화	소각	열탈착
점도함량							
Low	+	+	+	+	+	+	+
Medium	○	○	○	○	+	○	○
High	○	×	×	×	○	×	×
휴믹물질 함량							
Low	+	+	+	+	+	+	+
Medium	+	○	○	○	+	+	+
High	+	○	○	○	+	+	+
중금속 함량							
Low	×	×	+	×	+	+	+
Medium	×	×	○	×	+	○	○
High	×	×	×	×	+	×	×
입자크기							
Small	+	○	×	○	×	○	○
Medium	+	+	○	+	+	+	+
Large	○	×	+	+	○	○	○
pH							
Low	×	×	○	○	+	○	○
Medium	+	+	+	+	+	+	+
High	×	+	○	○	○	+	+
염도							
	U	+	○	○	○	+	+
실트함량							
Low	+	+	+	+	+	+	+
Medium	+	+	○	+	+	○	○
High	+	○	○	×	+	×	×
고형물 함량							
Low	+	○	○	○	○	○	×
Medium	+	+	+	+	+	+	○
High	+	+	+	+	+	+	+
폐기물 구성							
균등(Homogeneous)	+	+	+	+	+	+	+
불균등(Heterogeneous)	○	+	○		+	+	+
수분함량							
Low	○	+	+	○	+	+	+
Medium	+	○	+	×	+	○	○
High	○	×	○	×	○	×	×

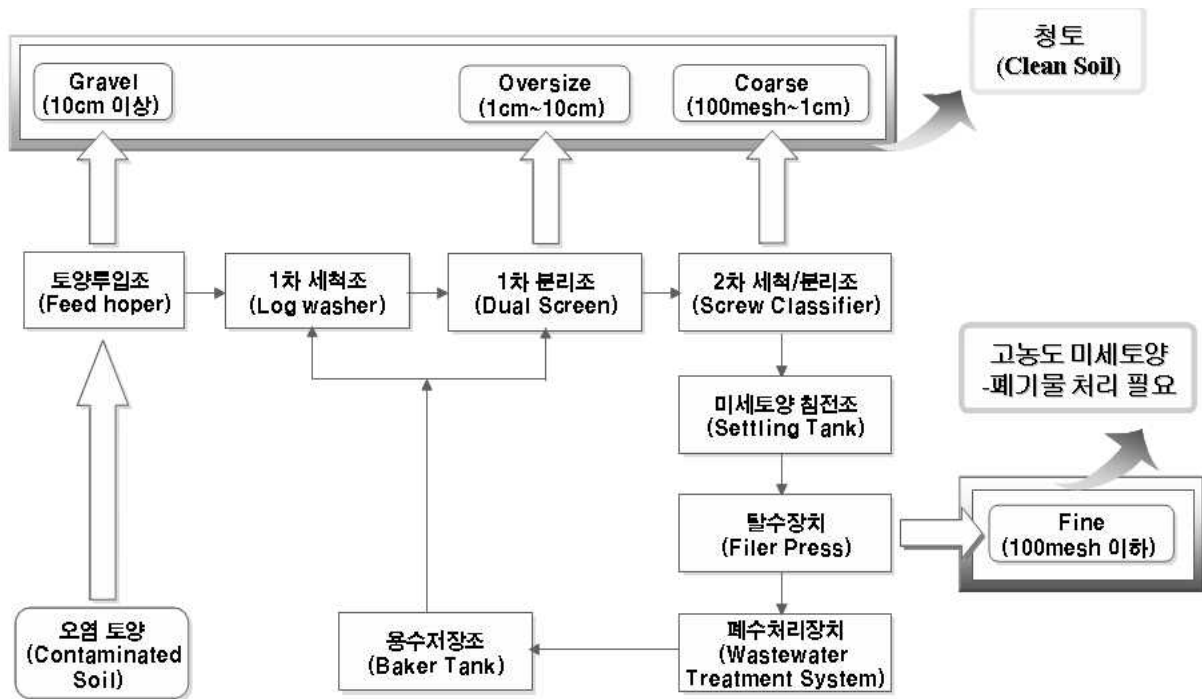
+	공정에 알맞음
○	공정에 영향을 미치지 않음
×	공정에 방해할 소지가 있음
U	알려진 바 없음 : 평가를 위한 충분한 데이터가 없음

[별첨] 표 VI-5. 영향인자 효과

변 수	생물학적처리	탈염화	도양세척	용매추출	고형화/안정화	소간	열탈착
점 토 함 량	알려진 영향 없음	반응시간 증가	오염물 제거를 방해함	효율 및 용매의 사용에 영향을 줌	알려진 영향 없음	알려진 영향 없음	처리효율에 영향을 줄 수 있음
휴 믹 물 질 함 량	알려진 영향 없음	반응시간 증가	오염물 제거를 방해함	분명한 영향 없음	45%(wt) 이상이면 결합에 영향을 줌	영향 없음	알려진 영향 없음
중금속함량	미생물에 독성 일 수 있음	시약사용량 증가	불용성 금속은 제거불가	불용성 금속은 제거가능	침출되는 금속은 제거불가	휘발성 금속은 기화될 수 있음	휘발성 금속은 기화될 수 있음
입 자 크 기	일정하지 않으면 활동에(activity) 영향을 미칠 수 있음	분명한 영향 없음	세립물질의 제거는 힘들	1/4" 미만 이어야 함	200 mesh 미만 또는 1/4" 이상 이면 결합에 영향	세립자는 공정을 통과될 수 있음	세립자는 공정을 통과하여 운반될 수 있다
pH	4.5-8.5가 가장 효과적임	2 미만에서만 가능	시약선택에 영향을 줌	용매의 선택에 영향을 줌	pH는 자동으로 조정됨	낮은 pH에서는 산의 영향을 받을 수 있다	5-11 범위에 들지 않으면 부식이 생길 수 있다
염 도	미생물은 높은 염도에 적응해야함	시약의 사용에 영향을 줌	분명한 영향 없음	알려진 영향 없음	결합에 영향을 줄 수 있음	알려진 영향 없음	알려진 영향 없음
실 트 함 량	분명한 영향 없음	알려진 영향 없음	효율에 영향을 줌	효율에 영향을 줌	결합에 영향을 줄 수 있음	공정을 통과할 수 있음	공정을 통과할 수 있음
고형물함량	공정의 종류에 좌우됨	시약의 사용에 영향을 줌	분명한 영향 없음	분명한 영향 없음	15% 이하라면 많은 시약이 필요함	함량이 늘어날수록 효율이 좋음	함량이 늘어날수록 효율이 좋음
폐 기 물 구성	불균등하다면 지속적인 활동에 영향을 줌	폭발잠재성이 있는 화합물을 생산할 수 있음 (chlorinated aliphatics)	폐기물의 분해에 영향을 줌	용매선택에 영향을 줌	불균등하다면 결합에 영향을 줄 수 있다	불균등하다면 필요에너지에 영향을 줄 수 있음	불균등하다면 필요에너지에 영향을 줄 수 있음
수 분 함 량	40-80% 이상이라면 활동을 억제함	20% 이상이라면 많은 시약 필요함	영향 없음	용매선택에 영향을 줌	알려진 영향 없음	에너지 소비율 및 공급공정에 영향을 줌	에너지 소비에 영향을 줌

나. 세척공정의 기본사항

- 토양세척법은 적절한 세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 유해한 유기오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해한 유기오염물질 및 중금속을 분리시켜 처리하는 지상처리(Ex-situ)기술임.
- 토양세척법은 오염도도를 준설 후 최적화된 토양세척장치를 통하여 오염토를 처리하며 오염물질의 추출 이외에 선별과정을 통하여 오염된 토양의 부피를 효과적으로 감소시키기도 함.
- 토양세척법에 이용되는 세척제는 오염물질을 퇴적도로부터 분리·용해시키는 역할을 하는 물질로 계면의 자유에너지를 낮추고 계면의 성질을 현격히 변화시켜 물에 대한 용해성이 적은 물질을 열역학적으로 안정한 상태로 용해시킬 수 있는 중요한 화학물질이며, 이렇게 분리된 폐액은 농축 처분하거나 폐수처리방법으로 처리하며, 폐액 내의 중금속을 회수할 수도 있음.
- 현재 미국 및 유럽 등지에서 활용도가 높은 기술로서 생물학적 분해가 어려운 유해화학물질이나 중금속을 빠른 시간 안에 처리할 수 있는 장점을 가지고 있음.
- 또한 사용하는 세척제의 종류에 따라 광범위한 유기 및 무기오염물질을 제거할 수 있으며, 선별과정을 통하여 효과적으로 오염토양의 부피를 감소시킬 수 있기 때문에 타 공정과 복합적으로 사용할 경우 그 활용도가 더 높아질 수 있음.
- 토양세척의 기본 원리는 다음의 가정에 근거를 두고 있음.
 - 첫째, 입자분리공정
오염물질은 입자가 작은 미세토양에 많이 흡착되어 있기 때문에 미세토양만을 분리하면 오염토양의 부피가 현저히 감소됨.
 - 둘째, 토양세척공정
토양입자와 화학적으로 강하게 결합되지 않은 오염물질은 물리적인 방법으로 쉽게 분리될 수 있다는 점이며, 물리적인 선별 및 작용을 활용하여 미세토양을 원토양 으로부터 분리시키는 기능과 필요할 경우 적절한 세척제를 이용하여 화학적으로 결합된 오염물질을 용출시키는 기능을 목적으로 하고 있음.
- 토양세척법의 일반적인 처리공정도는 [별첨] 그림 VI-9와 같으며, 처리하고자 하는 오염물질의 종류 및 오염토양의 특성에 따라 최적의 장치를 구성해야 하지만 일반적으로 투입장치, 입자 분리장치, 토양세척, 고액분리장치, 세척액 처리장치, 미세토 처리장치 등으로 구성됨.



[별첨] 그림 VI-9. 토양세척장치 처리공정도

[별첨] 표 VI-6. 토양세척공법의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 처리 가능한 오염물질의 범위가 넓음 • 복합오염물질 (중금속+유류) 처리가능 • 처리효율이 우수하여 저농도까지 품질보증 가능 • 오염물질의 부피를 단기간에 감소시킬 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 미세토 함량이 많은 오염토양 세척 시 슬러지 발생량이 많아 비경제적임 • 폐수처리, 슬러지처리 등의 후처리 공정이 필요함 • 유기물함량 및 CEC가 높은 토양은 세척효율이 낮음 • 동절기 운전 시 보온비용이 소요됨

○ 주요 영향인자

- 유해한 유기오염물질이 입자가 작은 미세토양에 많이 분포되어 있으므로 미세토를 분리하여 오염부피를 감소시키는 원리임. 따라서 미세토의 분포, 성상, 분리효율이 가장 큰 영향인자로 작용하며 오염물질의 특성, 세척제의 특성 등이 주요 영향인자로 작용하게 됨.

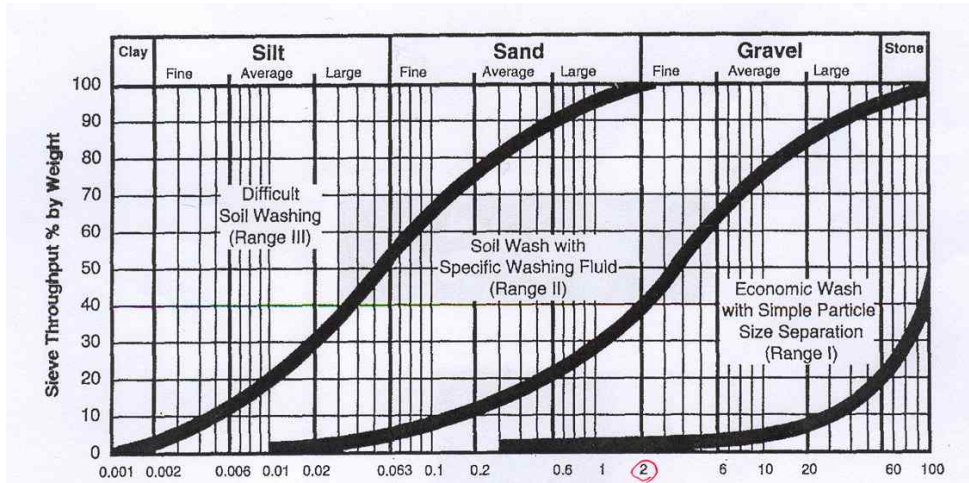
[별첨] 표 VI-7. 토양세척법의 주요영향인자

오염토양 특성	오염물질 특성	세척제 특성
<ul style="list-style-type: none"> • 입도분포, 점토함량 • 유기물 함량 • pH 및 완충능력 • 양이온교환용량 	<ul style="list-style-type: none"> • 입도별 농도분포 • 용해도 • 흡착성 • 증기압 	<ul style="list-style-type: none"> • 종류 • 주입 농도 • 생분해성 • 생물학적 독성

1). 오염토양 특성에 따른 영향인자

가). 입도분포 및 점토함량

- 토양 입도 분포는 표준화된 물리적인 특성 중의 하나임. 최근 연구에 따르면, 오염물질이 토양 입자의 크기와 함수관계를 갖고 있는 경우가 많으며, 처리효율 또한 입자의 크기와 유관함을 보여주고 있음.
- 일반적으로 3가지 범위의 입자크기(>2mm, 0.25-2mm, <0.25mm)에 대하여 연구되어 왔으며, 이러한 분율은 U.S. Standard Sieve Series #10 과 #60을 이용하여 얻을 수 있음. [별첨] 그림 VI-10은 입자의 크기와 sieve를 통과한 토양의 누적 중량분율을 그래프로 표현한 예임. (U.S.EPA, 1989)
- 입자분리공정을 적용할 수 있는 Range I은 조대입자 범위로서 오염물질이 보다 작은 입자에 농축되어 있을 경우, 단순히 큰 입자를 분리함으로써 효과적인 세척을 할 수 있음. 이 범위에 들어가는 토양은 일반적으로 돌덩이나 자갈이며, 입자가 큰 관계로 입자의 크기에 따른 분리는 대개 타당하지 않지만, 용해성 오염물질은 세척액으로 제거할 수 있음.
- 세척공정을 적용할 수 있는 Range II는 대부분의 오염 토양이 분포하는 범위로서, 오염물질의 형태에 따라 세척액의 조성 및 전체 공정의 효율이 영향을 받으며, 공정 효율은 토양 입도 분포 형태와 미세 입자에 존재하는 오염물질의 분율에 따라 영향을 받음. 이 범위에서는 입자의 크기에 따른 분리와 오염물질의 용해 모두가 낮은 비용으로 효과적인 토양처리를 위해 중요한 인자로 작용함.



[별첨] 그림 VI-10. 토양세척 적용 시 적용가능한 입도범위

- 세척공정의 적용이 어려운 Range III은 미세한 모래, silt, clay 범위며, 이러한 토양은 종종 높은 부식질을 함유하고 있어 유기화합물이 강하게 흡착되어 있을 수 있음. 입자 크기에 따른 분리는 이 범위에 포함된 토양에 흡착된 오염물질을 보다 작은 부피로 효과적인 농축을 할 수 있음.(U.S.EPA, 1991)
- 일반적으로 토양세척은 최소한 50%의 모래와 자갈을 포함한 토양에 가장 적합하며, 높은 clay나 silt와 같은 미세입자(0.25mm>)를 함유한 토양은 낮은 오염물질의 제거 효율을 나타내므로 정화 대안으로는 부적합함.
- 오염토양의 입경분포 특성이 토양세척효율을 예측하는 지표로써 매우 중요한 자료임.
- 일반적으로 세척기술의 적용의 한계는 토양 중 silt and clay의 함유율이 약 25wt% 이상일 경우에는 기술적 한계인 것으로 알려져 있음.
- 계면활성제와 같은 오염물질 제거에 적절한 약품을 이용하여 오염토양을 세척할 경우 90~99% 이상의 처리효율을 갖게 되고, 반휘발성 유기화합물질의 경우 40~49%의 처리효율을 보임.

[별첨] 표 VI-8. 토양입자에 따른 세척기술의 적용성

토양의 크기	Mesh Size	토양세척기법의 적용성	적용가능 공정
> 2.0 mm	> 10	oversize pre-treatment requirements	입자분리공정
0.25 ~ 2.0 mm	60~10	effective soil washing	세척공정 (세척제 등)
0.063 ~ 0.25 mm	200~60	limited soil washing	
< 0.063 mm	< 200	difficult soil washing (clay and silt fraction)	고도세척공정 (초음파 등)

나). 유기물 함량

- 토양 중의 휴믹산과 같은 유기물(humus)도 오염물질을 강하게 흡착하는 특성을 가지고 있음. 이러한 미세 토양 및 유기물의 함량에 따라 토양세척법의 처리효율 및 경제성이 달라지기 때문에 토양의 유기물함량은 토양세척법의 적용가능성을 검토하는데 중요한 인자로 작용함.

다). pH 및 완충능력(buffer capacity)

- pH 값은 오염물질의 세척액으로의 용해와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 완충능력은 pH를 변화시키기 위해 필요한 세척제의 양을 결정하는데 중요한 요소로 작용함. 즉, 오염물질의 용해도를 증가시키기 위하여 필요한 경우 pH 값을 조절해야 하며, 특히 중금속의 경우 pH의 변화에 따라 산화형태가 달라지고 이에 따라 용해도가 영향을 받기 때문에 토양의 pH 및 완충능력에 따라 처리공정이 영향을 받을 수 있음.

라). 양 이온교환용량(Cation Exchange Capacity, CEC)

- 양이온 교환용량은 토양 내에 약하게 결합되어 있는 양이온과 용액상의 양이온과의 교환에 대한 경향을 측정하는 방법으로, 비교적 낮은 양이온 교환용량 값(50-meq/kg 이하)을 갖는 토양은 높은 양이온 교환용량 값을 가진 토양에 비하여 토양세척법이 효과적임.

2). 오염물질 특성에 따른 영향인자

- 토양 세척에 있어서, 오염물질의 물 또는 세척액에 대한 용해도는 가장 중요한 물리화학적 특성 중의 하나임. 어떤 경우는 세척액과의 반응성 또한 고려해야할 중요한 특성이며, 그밖에 휘발성과 밀도도 복원 및 잔류물의 처리에 있어 중요한 인자임. 중금속으로 오염된 부지의 경우, 중금속종의 분화(speciation)는 중요한 부분을 차지함. Cr이나 As와 같은 특정 중금속은 총 농도 보다 특정 금속화합물을 정량화해야 할 경우가 있음.
- 중금속 정화를 위한 화학적 방법은 중금속 원자 구조가 어떻게 용해도 및 화학반응과의 관련성으로 판단할 수 있음. 예로서 원자가가 2인 금속들은 일반적으로 산성 pH 조건에서 용해성이 크며, sulfide와 반응시키거나, 염기 조건에서 carbonate나 hydroxide 화합물로서 회수 가능하여, Hg, Pb, 또는 Cd는 산 용액 추출, 킬레이트화, 또는 이온교환방법을 조합함으로써 정화가 가능함.

3). 세척제 특성에 따른 주요 영향인자

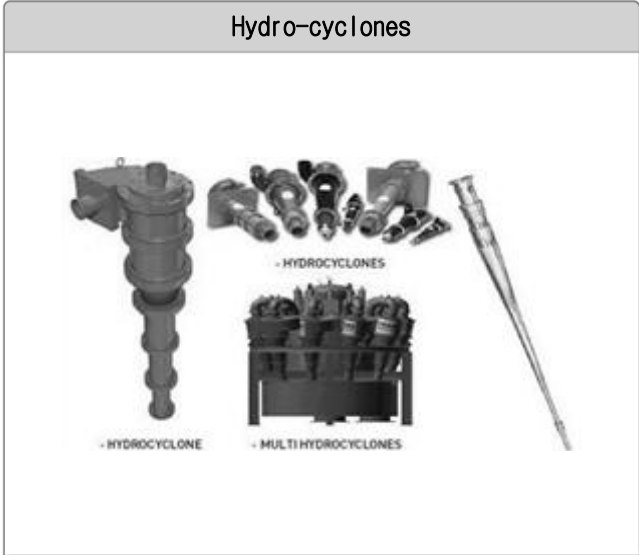
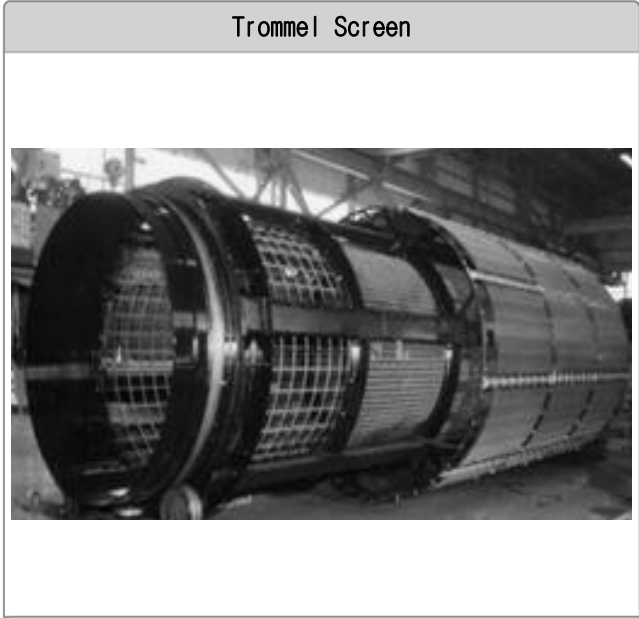
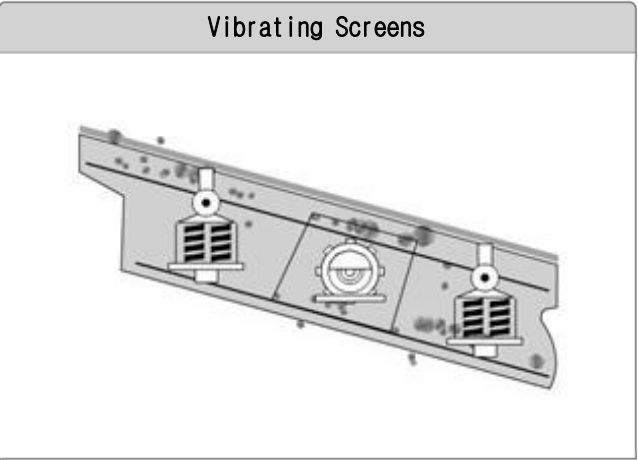
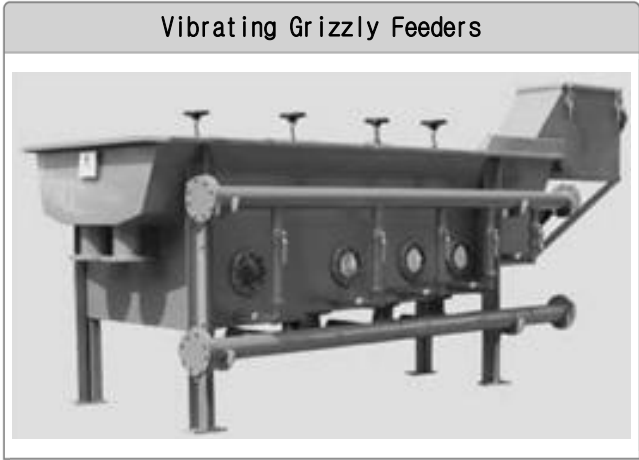
- 세척수의 경우 세척효율을 높이기 위하여 여러 가지 첨가물이 물과 함께 사용되는데, 용출시험 등을 이용한 실증시험을 통하여 오염특성에 맞는 세척제를 선택해야 함.

- 자주 쓰이는 첨가제로는 pH조절제, 세제, 계면활성제, 착화제, 산화제, 응집제 등이 있음.
- 일반적으로 토양세척용 첨가제로는 계면활성제를 주로 사용하며, 이는 표면에 흡착되어 계면의 활성을 크게 하고 표면장력을 현저히 떨어뜨리는 효과를 이용한 것임.
- 효율적인 토양세척용 계면활성제는 활성제 자체의 용해도, 대상 오염물에 대한 용해도, 흡착성, 생분해성 및 생물학적 독성 등의 성질과 비용 등의 여러 면에서 선택되어야 하며, 토양세척에는 표면장력이 작은 계면활성제를 선택하는 것이 바람직한데, 이는 토양과 계면활성제 용액의 혼합물에서 중력에 의한 고액분리가 용이하기 때문임.
- 중금속을 제거하기 위한 토양세척액은 다양한 종류가 사용될 수 있으며, 대표적인 세척제로는 킬레이트제, 산, 염기, 그 밖에 염이 사용됨. 중금속의 추출을 위해 EDTA나 NTA와 같은 킬레이트제가 많이 사용됨. 킬레이트제는 세정효율은 우수하나, 중금속과 매우 안정된 착화합물을 형성하므로, 중금속의 분리와 회수가 어려우며, 가격이 비싸고 회수성의 감소를 가져올 수 있으며, 일부는 생물독성을 가지는 단점을 가지고 있음(Allen and Chen, 1993).
- 환원제인 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 는 chelating agent 대체 가능하며, 독성이 큰 Cr(VI)를 Cr(III)로 환원시킬 수 있고 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있음. 따라서 chelate (EDTA, NTA) 제를 적용 전에 전처리제로써 효과적일 수 있음(Corbitt, 1989).
- 산(acid)은 광물질의 용해로 인해 토양의 성질을 변화시킴으로써 오염물질의 이동성을 증가시킬 수 있음(Reed et al., 1996). 특히, HCl, H_2SO_4 , HNO_3 와 같은 강산은 토양 중의 철의 용출을 일으켜, 세척액의 처리 시 슬러지 발생량을 증가시킬 수 있으며, 또한 높은 산화력으로 인하여 금속성 세척장치의 부식을 일으켜 내구성을 감소시킬 수 있음. CH_3COOH , H_3PO_4 와 같은 약산은 강산과 같은 이런 문제는 줄어들지만, 높은 완충용량을 가진 토양의 경우 세척액의 pH 상승으로 인하여, 세척효과가 매우 낮을 수 있음. 그밖에 citric acid, oxalic acid, succinic acid와 같은 저분자 유기산도 효과적인 세척력을 가진다고 알려져 있음.

3. 입자분리 공정의 단위 공정별 장치의 종류

[별첨] 표 VI-9. 퇴적물 분류장치별 특징

종 류	특 징
Vibrating Grizzly Feeders	<ul style="list-style-type: none"> 진동 또는 고정된 분리 유닛으로 이루어짐 크기가 큰 물질의 분리에 사용 2차 고형물 분리기술의(추후 기술) 처리효율을 높여주며 유지비용 감소시킴
Vibrating screens	<ul style="list-style-type: none"> 대용량에 사용되며 높은 효율을 지님 적은 설치면적을 가짐 진동 스크린은 1/8-6인치 직경을 가진 입자를 분리함 더 빠른 처리속도를 가진 시스템은 4-325 mesh의 분리범위를 가짐 건조한 물질에 적합 수분이 함유된 물질에 사용하려면 비용이 많이 듦 (개조비용)
Stationary screens	<ul style="list-style-type: none"> Moving screen과 달리 움직이는 부분이 없음 유지비용이 작고 사용부지가 작음(유해폐기물 Wedge-bar screen) Moving screen에 앞서 사용함으로써 단독처리보다 효율을 높일 수 있음
Hydraulic Classifier	<ul style="list-style-type: none"> 슬러리 상태의 퇴적물에서 모래와 자갈을 분리하는 장치 크게는 3/8인치에서 작게는 105micron(150mesh)-74micron(200mesh)의 고형물을 제거 및 분류 가능 74마이크론 이하 그리고 2.5cm 이상의 크기의 물질에는 적당하지 않음 250-300 t/hr
Spiral classifiers	<ul style="list-style-type: none"> 경사진 용기에 회전 스크류를 장착하여 세척, 탈수하며 3/8인치(최대) 직경의 모래와 자갈을 분리 유지비용이 적게 들고 운전이 용이함
Hydro-cyclones	<ul style="list-style-type: none"> 물속의 고형물 분리에 가장 많이 쓰임 특히 협소한 장소에서 적당 10-200micron 입자 제거 일반적으로 30% 이상의 고형물을 함유한 Slurry에는 부적합
Conventional clarifiers	<ul style="list-style-type: none"> 응집제를 이용하여 10-20마이크론 크기의 입자 제거 가능 (4-12% 고형물함유 슬러지 생산) 소형 처리공정에 적합 10마이크론 이하는 제거가 안됨 공간제약이 있는 곳은 부적합

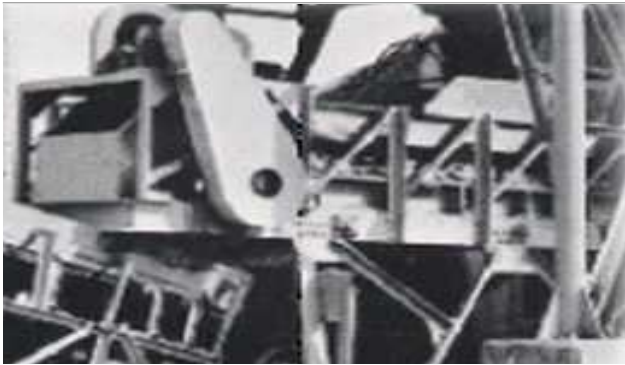





[별첨] 그림 VI-11. 퇴적물 분리장치

- 입도분리공을 위한 단위공정은 크게 퇴적물 공급장치, 큰입경을 분리를 위한 선별장치, 세척 후 발생하는 미세입자의 분리를 위한 분급장치로 나눌 수 있으며, 다음과 같은 종류의 단위장치들이 있음.

1). 공급장치

- 퇴적물의 입경분리를 위하여 준설된 퇴적물을 공급하는 장치에는 여러 종류가 있으며, 공급하는 방법에 따라 기계적 회전에 의한 공급형태인 Belt feeder, 스크류피더 형태의 주입장치가 있음. 최근에는 공급기 자체에 큰 덩어리를 작은 덩어리로 파쇄하는 장치가 혼용되는 타입이 많이 활용되고 있는 추세임.

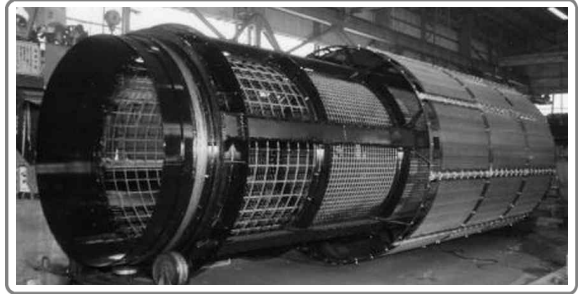
<p style="text-align: center;">벨트 피더(BF형)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수분과 점토를 많이 함유 한 물질의 정량 공급 	<p style="text-align: center;">진동 피더(VF형)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 큰 덩어리 직경 암석 등을 정량 공급하면서 중소 덩어리를 구분 
<p style="text-align: center;">슬롯 립 피더(SF형)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 중소 덩어리 자갈 등을 정량 공급하면서 구분 	<p style="text-align: center;">공진 피더(FE형)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 서지 파일과 제품 재고 등의 정량 공급에 적당 

2). 선별장치

가). 트롬멜 스크린

(1). 개요

- 트롬멜 스크린은 원회전을 통하여 설치된 망목에 따라서 입자를 분리함.
- 토양 오염·건설 오폐수·준설 오폐수·잔토·건설 혼합폐기물 파쇄 알루미늄 선별
- 제철소용 부산물 재활용 선별 소각재, 기와와 자갈 류, 광산, 자갈, 쇠석



(2). 용도

- 금속 광산 : 철광석, 황화 광물, 몸통 광석, 납 아연 광석
- 자갈, 석회석 산업 : 쇠석 골재, 석회석(스카루빈구, 정립)
- 숯 : 원탄의 세척 및 탈수, 입도분리
- 철강 : 철광석, 원탄, 유크스, 펠릿, 소결 광석
- 비철제련소 : 아연 석회 광, 가니에 라이트, 알루미늄아
- 요업 : 시멘트 (그릿 제거), 시멘트 슬러리, 규사
- 화학 공장 : 폴리에틸렌 플레이크 (탈수)
- 기타 : 칩

(3). 사양·특징

- 건식·습식
- 단 몸통 식·복 몸통 식 2종류
- 스크러버있는 트롬멜 입구 측에 장착하여 분리 효과를 더 높일 수 있음.

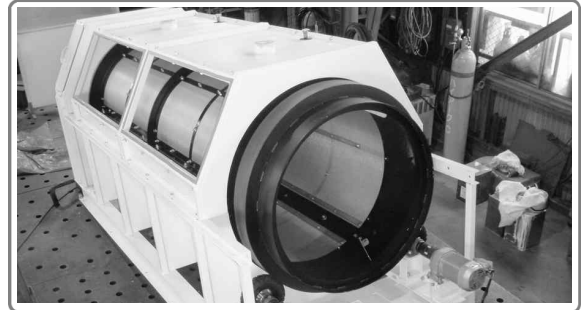
(4). 사양

형 식	외경 (mm)	내경 (mm)	웹 할 매수		회전 수	모터
			외동	내 몸통		
RS-1	1400	950	5	4	12	<ul style="list-style-type: none"> •모타 200(220) V 6P 1/30 50Hz : 33rpm 60Hz : 40rpm
RS-2	1650	1150	6		11	
RS-3	1960	1350			10	
RS-4	2260	1550			8	
RS-5	2650	1900	9	6	8	
RS-6	3000	2300			7	
RS-7	3500	2750			5	

나). 트론 멜(RS-L 형)

(1). 용도

- 각종 산업 폐기물·건축 폐기물 찌꺼기 절삭쓰레기 분리
 - 폐 플라스틱·퇴비·목재 칩 류의 분리



(2). 특징

- 단순한 구조에 의한 경량화
- 표준 상단 덮개 언더 호퍼, 배출 슈트 인버터 (단품)를 장착
- 본체, 배출구에 커버를 설치하여 유출 비산을 방지 (덕트 접속구 설치 가능)

(3). 사양

형 식	본체 사이즈	표준 모터	웹 매수	표준 회전 수	설치 각도
RS-1024L	φ1000 mm×3170L	0.75kW	(2매×3열)	14~7rpm	2~8°
			6 매		
RS-1548L	φ1500 mm×5895L	3.7kW	(4매×4열)	11~6rpm	2~8°
			16 매		

다). 트윈 선별기(VSS 형)

(1). 개요

- 1대로 다양한 제품의 선별이 가능함
- 독특한 공진 수평 진동체는 진동이 적고, 전체높이도 낮기 때문에 설치, 운영이 손쉬움



(2). 특징

- 체 표면의 길이를 재래식에 비해 2 배 이상 길게 할 수 있으며, 1대로 다양한 제품의 선별이 가능.
- 상단과 하단에 공간이 있어 부품의 교환 및 점검 등의 유지 관리가 용이함.
- 공진식이기 때문에 재래식 같이 소음이 크지 않고 진동이 외부에 전달되지 않음.
- 인버터를 사용하는 것으로, 투입 원료의 조건 및 종류 등에 따라 진폭이 쉽게 조정 가능.

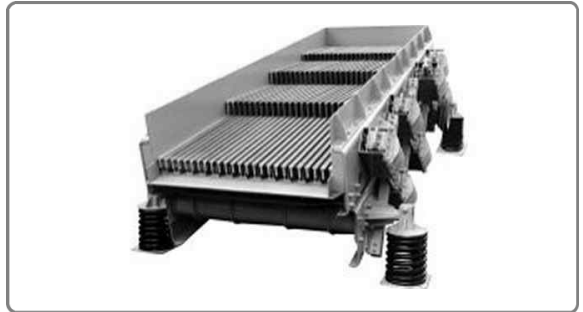
(3). 사양

연 식	체면 치수	전동기	기계 폭	기계 길이	기계 높이	
	(mm) (W× L)	(kW) (6P 전폐형)	(mm)	(mm)	(mm)	
VS-S-412	1260×3680	7.5	2000	3980	1404	
VS-S-414	1260×4200	7.5		4500		
VS-S-416	1260×4800	11		5100		
VS-S-420	1260×6000	11	2120	6300		
VS-S-422	1260×6600	11		6900		
VS-S-424	1260×7200	15		7500		
VS-S-512	1560×3680	11	2300	3980	1404	
VS-S-514	1560×4200	11		4500		
VS-S-516	1560×4800	15	2420	5100		
VS-S-518	1560×5400	15		5700		
VS-S-520	1560×6000	15		6300		
VS-S-522	1560×6600	15		6900		
VS-S-524	1560×7200	15		7500		
VS-S-612	1860×3680	11		2650		3980
VS-S-614	1860×4200	15	2720	4500		
VS-S-616	1860×4800	15		5100		
VS-S-618	1860×5400	15		5700		
VS-S-620	1860×6000	15		6300		
VS-S-622	1860×6600	15		6900		
VS-S-624	1860×7200	22		7600		
VS-S-716	2160×4800	22	3020	5200	1608	
VS-S-718	2160×5400	22		5800		
VS-S-720	2160×6000	22		6400		
VS-S-722	2160×6600	22		7000		
VS-S-724	2160×7200	22		7600		
VS-S-728	2160×8400	22		8800		
VS-S-818	2460×5400	22	4180	5800	1608	
VS-S-820	2460×6000	15.0×2		6400		
VS-S-822	2460×6600	15.0×2		7000		
VS-S-824	2460×7200	15.0×2		7600		
VS-S-828	2460×8400	18.5×2	4580	8800		
VS-S-830	2460×9000	18.5×2		9400		

라). 트윈 바이브 스크린(VSD 형)

(1). 개요

- 트윈 바이브 운동을 하면 전혀 막힘이 없기 때문에 진흙의 혼입된 원료도 원활하게 선별함
- 잔토에서 원석으로 회수하고 망목 아래로 제품화이 선별되기 때문에 자원의 유효 이용에 활용



(2). 특징

- 공급 원료는 매우 크고 150 × 200 × 300 mm 덩어리 직경까지 투입 할 수 있음
- 따라서 그리즐리 피더에 투입하는 입경 그대로 투입 가능
- 스크린 바의 틈새는 13 ~ 15 mm 정도까지 조정 가능

(3). 사양

형 식	화면 크기	기계 폭	기계 길이	기계 높이	전동기 (6P) (kW)
	(W × L) (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
VS-D-410	1260×3000	2050	3250	1106	11
VS-D-414	1260×4200	2050	4480	1306	15
VS-D-510	1560×3000	2350	3250	1106	
VS-D-514	1560×4200	2350	4480	1306	22
VS-D-614	1800×4200	2590	4480		
VS-D-716	2000×4800	2790	5050		

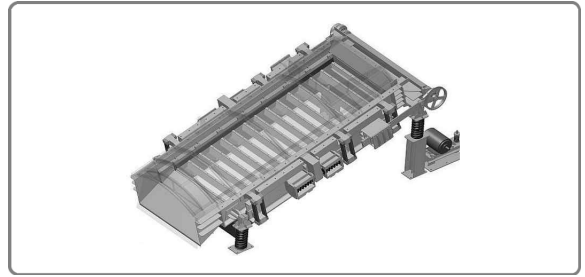
- 편심 축 중심으로 45도 직선 운동

설 치 각 도	10 ~ 20도
진 동 수	550 ~ 650cpm
진 폭	18 ~ 21mm
처리물의 최대치수	150 × 200 × 300mm
별 간 격	표준 13 ~ 20mm

마). 하이테크 스크린(VSU 형) : 함수율이 높은 점질성 재료에 탁월함

(1). 개요

- 우레탄 고무 망목 특별한 움직임은 함수율이 높은 재료에서도 전혀 막힘없이 미립 체의 선별이 가능함.
- 함수율이 높음 점착성 재료로 기존에는 불가능하다고 한 미세한 눈으로 선별이 가능함.



(2). 특징

- 원석 회수는 물론, 기존 체에서 선별이 어려웠다 습도가 높은 점착성 있는 재료도 선별 가능
- 공급 원료의 최대 덩어리 직경 40 mm의 것으로부터 최소 2 mm까지 선별 가능
- 적용 분야는 매우 넓고 모래, 도시 쓰레기(퇴비) 등의 선별에 사용 가능

(3). 사양

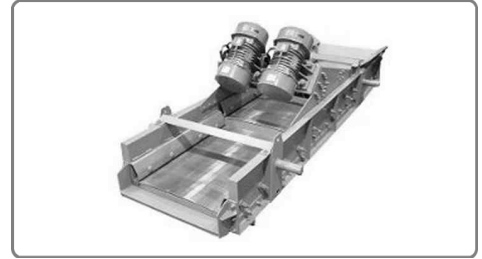
형 식	화면 크기	스크린 크기	우레탄 매트	전동기
	(W × L) (mm)	(㎡)	매수	(kW)
VS-U-408	1200 × 3020	3	12	5.5
VS-U-411	1200 × 3860	4	16	7.5
VS-U-414	1200 × 4700	5	20	11
VS-U-514	1500 × 4700	6	20	11
VS-U-518	1500 × 5960	8	26	15
VS-U-521	1500 × 6800	10	30	18.5
VS-U-620	1800 × 6380	10	28	18.5
VS-U-622	1800 × 7220	12	32	
VS-U-627	1800 × 8480	14	38	22
VS-U-725	2100 × 8060	16	36	15.0 × 2
VS-U-728	2100 × 8900	18	40	
VS-U-731	2100 × 9740	20	44	

※ 설치 각도 : 5 ~ 25도

바). 진동체(VSB 형) : 각종 선별에 대응, 세척 모래 탈수에 최적

(1). 개요

- o 원료의 탈수, 고액의 분급 등 다양한 용도에 활용
- o 소형부터 대형에 이르기까지 모델이 다양
- o 작은 동력으로 낮은 운영 비용, 내구성, 안정적인 성능을 가짐

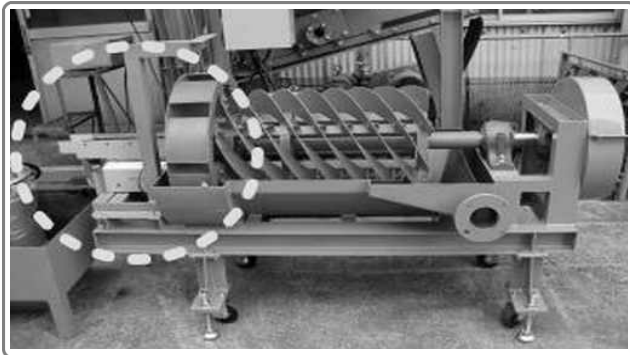


(2). 용도

- o **【진 동 체】** : 자갈·광산 등 딱딱한 물건을 체 분리 가능
- o **【탈 수】** : 세척된 모래 탈수에 적합하며, 분급기의 표준 장비
- o **【고액 분급】** : 고 함수 슬러지 등의 분급에 뛰어나 사이클론 언더 처리 장치로 활용

(3). 특징

- o 분급기나 사이클론 등 다른 장치와의 조합이 가능



(4). 사양

형 식	화면 크기	전동기	하이 메쉬 분리기
	(W × L) (mm)		
VSB-312	300×1200	0.25kW×2개	KUC-102S, KUC-1021C
VSB-415	400×1500	0.6kW×2개	KUC-152S, KUC-1521C
VSB-518	500×1800	0.6kW×2개	KUC-182S, KUC-1821C
VSB-727	700×2700	0.85kW×2개	KUC-234S, KUC-304~306S/SS, KUC-2343C, KUC-3053C
VSB-1027	1000×2700	1.6kW×2개	KUC-365~369S/SS kuc-3653~3674C
VSB-1333	1300×3300	2.2kW×2개	KUC-425~4212S/SS kuc-4263~4293C
VSB-1539	1500×3900	3.0kW×2개	kuc-429M, KUC-4211M KUC-426~429LS/LSS kuc-4263~4274LS/LSS
VSB-1839	1800×3900	3.7kW×2개	kuc-4811M KUC-488S/SS, KUC4811S/SS

※ 경사 각도, 스크린 단차의 유무, 그물망은 선택할 수 있습니다.

사). 평형, 경사형 진동체(KVL, KVR 형)

(1). 개요

- 진동의 원리는 케이징에 두 쌍의 동일한 기어를 갖는 불균형 회전체를 장착 해, 한편의 축에 V 풀리를 장착하여 회전을 주면 다른 축은 같은 속도로 반대 방향으로 회전하여 진동을 발생 시킴. 이 진동기를 체 본체에 45도 또는 50 도의 경사를 가지고 설치하고 체에 진동을 주어 분급과 재료를 이송시킴



(2). 특징

- 40~1 mm의 원료를 체 분리 하는데 사용.
- 독자적인 진동기 기구에 의해 강력한 진동을 발생시켜 선별
- 장치의 점검, 부품의 교체가 용이함
- 자갈, 철강, 쓰레기 처리, 재활용 등의 분야에서 활용되고 있음

아). Vibrating Screen KVR

(1). 개요

- KV-R 형식은 일반적으로 리플 흐름 형 스크린이라고 하는 강제 진동 체에서 제거 밸런스 웨이트를 회전 시켰을 때 일어나는 회전축의 진동 현상을 응용하여 원 진동을 일으켜 체 분리하는 기능을 가지고 있음. 원 방향의 큰 가진력에 의한 층상 분리 작용과 경사의 진행 작용으로 중소 덩어리의 체 분리에 가장 적합함. 또한 스프레이 노즐을 설치하여 습식으로도 사용할 수 있음



(2). 특징

- 구조가 견고하고 성능이 안정되어 있기 때문에 큰 덩어리 지름 원석에서 세립까지 넓은 용도에 활용이 가능함.
- 체 표면의 경사와 강력한 원 진동에서 진동 효율이 높기 때문에 막힘이 적고, 부하의 변동에도 안정적인 작업 능력을 가짐.
- 언밸런스 웨이트 간단한 조정으로 원료의 형상이나 사용 조건에 맞게 진동 폭을 바꿀 수 있기 때문에 처리량이 크고 정밀도가 높음.
- 코일 스프링이 분리되어 설치됨으로 방진 효과가 높고, 전력 손실을 방지하고 전력비용을 줄일 수 있음.

2). 분급장치

가). 하이 메쉬 분리기(스파이럴 분급기)

(1). 개요

- 하이 메쉬 세퍼레이터는 모래 분급은 물론, 건설 오니·토양 세척 등 폭 넓은 용도에 활용 가능



(2). 특징

- 정확한 분급 기능
 - 매우 정밀도가 높은 200 메쉬 분급이 가능하고, 미세 모래 회수 능력이 우수함.
- 분급 점의 조정
 - 분급사이즈의 조절은 150-200 메쉬 사이에서 쉽게 분급 점의 조정이 가능함.
- 높은 세정효과
 - 점토성분이 많은 원료에 대하여, 미사 함유율 1 % 대의 우수한 품질의 모래로 분급 가능
- 높은 탈수 효과
 - 단차 기능을 가진 특수 탈수 스크린 의해 수분 함량 15 ~ 18 %까지 탈수 가능
- 높은 내구성 및 경제성
 - 탱크본체와 회전부가 분리되어 있으며, 1 분간 약 1 회전과 완만한 회전이므로 마모가 적고, 단기간의 교체 부품이 전혀 없고 유지비용이 저렴함

나). 나선형 크레시 파이어(SW 형)

(1). 개요

- 나선형 크레시 파이어는 원수 중의에서 필요한 모래와 불필요한 입자를 분급하고 진흙 분을 씻어 탈수하는 기능을 가진 장치. 또한, 나선형 회전수를 조절하여 필요한 모래 또는 양을 조절할 수 있음.

※ 용도로 모래뿐만 아니라 다양한 원료의 세척·분급·탈수·교반·용해 등에 사용할 수 있음.



(2). 구조

- 모래의 침강 촉진시키기 위한 대용량 탱크
- 회전수의 변경을 통한 분급·양의 조절이 가능한 나선형 구조

(3). 스크류 회전과 분급 관련 표

분 급 점	70mesh	100mesh	150mesh
	(0.2mm)	(0.15mm)	(0.1mm)
나선형 회전수	130%	100%	60%

(4). 싱글 샤프트 모델 사양

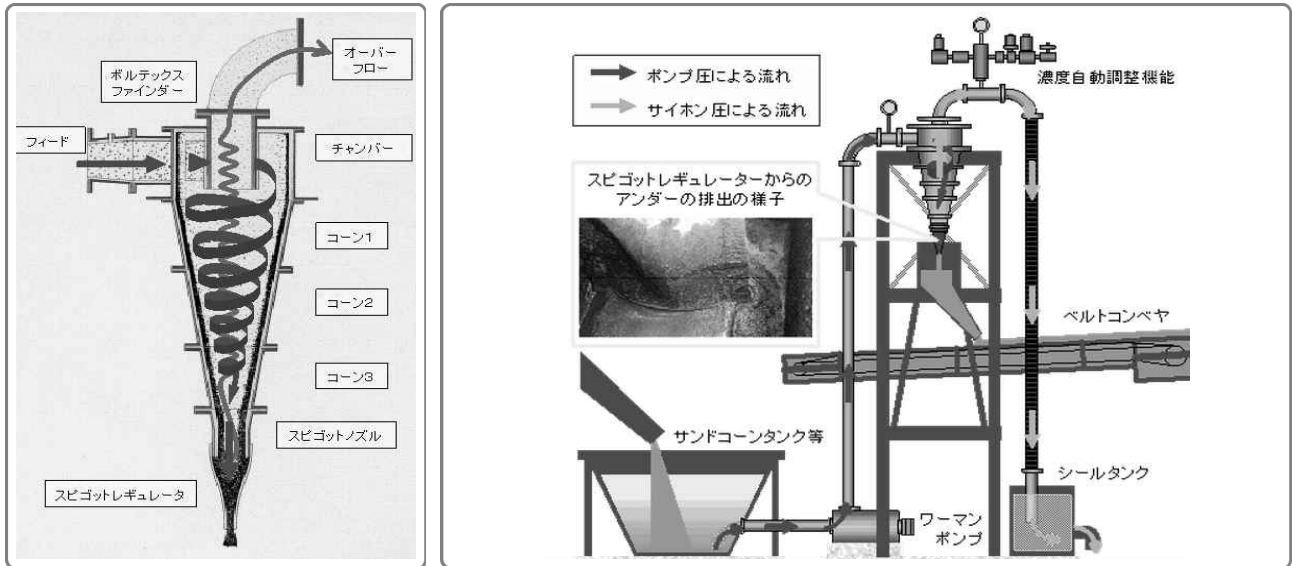
모 델	나선형 외형 (mm)	회전수 (rpm)	피치 축수	경사 각도	세척 수량 (m ³ /h)	원수농도 (무게비중)	능력 (t/h)	전력 (kW)	후방베어링 으로 끌어 장비
SW-600S	600	16	더블	18	23~53	22~40%	15	2.2×1	수동 레버 블록
SW-760S	760	14			38~88	22~40%	25	2.2×1	
SW-900S	900	12	1		53~105	25~40%	35	3.7×1	
SW-1200S	1200	8		17	90~180	25~40%	60	5.5×1	수권 원치
SW-1500S	1500	6.5			135~270	25~40%	90	7.5×1	
SW-1800S	1800	5.5			180~420	22~40%	120	11.0×1	

(5). 더블 샤프트 모델 사양

모 델	나선형 외형 (mm)	회전수 (rpm)	피치 축수	경사 각도	세척수량 (m ³ /h)	원수농도 (무게 비중)	능력 (t/h)	전력 (kW)	후방베어링 으로 끌어장비
SW-600	600	16	더블	18	45~90	25~40%	30	3.7×1	수동 레버 블록
SW-760	760	14			75~150	25~40%	50	5.5×1	
SW-900	900	12	2		105~175	28~40%	70	3.7×2	
SW-1200	1200	8		17	180~300	28~40%	120	5.5×2	수권 원치
SW-1500	1500	6.5			270~450	28~40%	180	7.5×2	
SW-1800	1800	5.5			360~720	25~40%	240	11.0×2	

다). 타마클론 (하이드로 사이클론)

(1). 개요



(2). 타마클론의 용도 예 소개

○ 회수·분급

- 광산에서 발생 슬러리의 분급, 농축
- 채석·제 모래 공장에서 모래 분급, 농축 공정 이전 미세 모래의 회수
- 하수 침전지에 침전 된 모래의 회수
- 점토, 규사의 분리 또는 규사의 회수
- 주물사의 재생 이용을 위한 분급 청소
- 불링, 방수 실드 공법 순환 오수에서 모래 제거
- 연마재의 입도 별 분급
- 제철소의 습식 스크러버 먼지 회수
- 발전소에서 냉각수에서의 미세 모래의 회수

○ 연마 사이클론 내부의 강력한 회전마찰에 의해 입자 표면에 부착하는 진흙 분·염분을 박리 제거

(3). 타마클론의 특징

○ 안정적인 고농도 슬러지 배출

- 하이드로 사이클론 하부로 배출되는 물질에 대한 "농도 자동 조절 기능"을 갖추고 있어 고농도의 슬러지를 자동으로 안정되게 회수 할 수 있음

○ 설치·분해 점검이 용이

- 구조가 간단하고, 접합부는 각각 볼트로 체결되어 있어, 설치 및 분해 점검이 용이함.

○ 높은 내구성

- 접액부를 부위에 따라 구분하여 강판 제 케이싱의 안쪽에 우레탄계 특수 고무로 내부를 라이닝하여 거친 입자와 파쇄물 등의 취급에도 장시간의 수명을 유지할 수 있음.

○ 쉬운 분급 사이즈 조정

- 피드 압력, 사이펀 압력 조정, 파인더의 내경을 바꾸는 것으로, 쉽게 분급 사이즈를 조정 할 수 있음

4. 세척장치

가. 세척수 처리 공정

1). 세척수 처리 공정

- 세척수 처리공정은 공정수 처리와 폐수 처리로 구분.
 - 공정수 처리 : 공정내에서 순환되고 있는 오염된 물을 지속적으로 재사용하기 위하여 처리
 - 폐수 처리 : 세척공정에서 완전히 배출된 폐수를 처리
- 세척공정의 여러 단계에서 발생하는 처리수는 미세입자와 오염성분으로 혼합된 슬러리액 상태로 별도의 정화공정을 거친 후 재사용해야 함.
- 우선 액상 중에 현탁되어 있는 미세해양퇴적물의 고·액 분리와 그 후 유류오염해양퇴적물의 경우, 유체 중에 유화되어 있는 성분 액·액 분리 두 가지의 공정이 필요한데 대표적인 분리법으로는 침강, 원심 그리고 부상 등이 있음.
 - 침강 : 유분이 있는 폐수 중에는 정치시키면 자연 부상하는 유리유와 계면활성제로 안정화 시킨 유화유가 있음. 유리유는 중력식 분리장치로 처리 가능하지만 유화유는 그 자체로는 분리가 불가능하고 적당한 방법으로 유화상태를 파괴시킨 후 부상 혹은 침강분리로 제거
 - 유화상태를 파괴시키는 방법에는 응집, 가열, 전해 및 유화파괴제의 첨가 등이 있음.
- 세척과정에서 배출되는 오염된 세척수는 다음과 같은 성분들이 있음
 - 모래크기의 굵은 입자 : 오염도가 매우 낮거나 없음.
 - 미세입자 : 오염물의 흡착이 높음.
 - 용존염 : 자연에서 해양퇴적물 내에 있던 성분으로 염소와 나트륨 성분 등이 있으며 장치 내에 축적되지 않게 주의해야 함.
 - 유기성 휴믹 물질 : 제거 필요
 - pH
 - 용존중금속
 - 탄화수소화합물
- 해양오염퇴적물의 세척공정을 위한 세척수 수질은 폐수처리장의 방류수의 기준만큼 높은 기준을 요구하고 있지 않으므로 해양퇴적물 세척도에 영향을 미치지 않는 범위 내로 처리하여 재순환 시키는 것이 경제적이다.

가). 침강법

- 유체 중에 현탁되어 있는 입자를 중력장 또는 원심력장에서 침강현상을 이용하여 분리하는 일련의 조작을 넓은 의미로 침강분리조작이라 함. 현탁액 중의 입자 침강속도는 입자의 직경, 밀도, 그리고 농도에 의해 크게 좌우되므로 연속장치의 설계시 현탁액의 침강 특성이 충분히 검토되어야 함. 보통 중력침강에서는 분리가 곤란한 미립자의 현탁액에 pH조정, 응집제의 첨가, 기계적 교반 등 적당한 전처리를 하여 입자를 활발히 응집시켜 고속침전시키는 응집침전법을 쓰고 있음.
- 올바른 침강특성을 얻기 위하여 공정변수(온도, 농도, 교반강도 등)와 원료종류에 대한 반응실험계획이 필요함. 일반적으로 시료를 채취해서 침강시험을 하고 침강곡선과 침반층의 상태를 해석하지만 대표적인 시료를 채취하는 것과 그것을 실험시까지 변화하지 않는 상태로 유지하는 것이 중요함. 응집제를 사용하는 경우에는 그 종류와 최적사용조작의 선정에 대하여 상당한 범위의 실험이 필요함.

(1). 입자의 응집과 응집제

- 넓은 의미로 응집은 응결(coagulation)과 응집(flocculation)으로 구별됨.
 - 수중에 있는 많은 미립자군은 그 표면에 형성된 확산전기이중층 혹은 수화층간의 반발작용에 의해 분산 안정화되어 있음.
 - 응결은 약품 혹은 응결제의 첨가에 의해 이런 합일을 방해하고 있는 저해인자를 제거하고 수십 μm 정도로 작지만 치밀한 플록을 생성시키는 것을 말하는데, 입자의 제타전위가 응결의 유효한 지표로 됨.
 - 응결제로서는 다가금속염이 보통이지만 양이온성 고분자응집제도 응결제로서 많이 이용됨.
 - 응집은 응집제의 첨가에 의한 응결 후의 미소 플록군 또는 비교적 거친 입자군을 가교결합하고 플록을 생성시키는 것을 말하는데, 응집제로는 고분자 응집제가 일반적이고 정전기적 작용 혹은 수소결합 등에 의해 표면에 흡착하기 쉬운 효과를 나타냄.
 - 이 경우 응집제의 첨가량이 적은 경우에는 가교흡착이 유효하게 작용하여 플록이 형성되지만 첨가량이 과다하게 되면 입자표면의 흡착활성점이 감소하며 더욱이 흡착고분자간에 입체반발작용이 일어나기 때문에 입자는 분산현상을 나타나게 됨.
 - 고분자응집제를 첨가한 경우 최적 표면피복율은 약 0.1~0.5의 범위로 되지만 정확한 첨가량은 Jar 테스트에 의해 결정해야 함.
 - 표 2-10는 현재 사용되고 있는 응결제와 고분자응집제의 종류임.

[별첨] 표 VI-10. 응집제의 종류

이온성	응결제	응집제
비 이온성		폴리아크릴아미드 폴리에틸렌옥시드
음 이온성	활성규산	폴리아크릴아미드 부분 가수분해염 폴리아크릴산 나트륨
양 이온성	황산알루미늄 폴리염화알루미늄 황산 제1철 염화 제2철	폴리알킬아미노아크릴레이트 폴리아미노메틸아크릴아미드 에폭시아민계

(2). 응집조작

- 응집조작에서 교반은 중요한 의미를 갖는데, 교반에는 급속교반과 완속 교반으로 구분
- 급속교반은 단시간에 급격한 교반에 의해 응집제를 액상으로 균일하게 분산, 입자표면에 흡착시킴으로 입자군을 불안정하게 하기 위한 조작이고, 이 과정에서 거친 플록의 모체인 마이크로 플록군이 형성됨.
- 완속 교반은 비교적 느린 교반에 의해 마이크로플록에 충돌합일의 기회를 주어 플록을 크게 하고 교반은 교반의 강도와 응집시간으로 평가됨. 강도는 Camp에 의해 정의된 평균속도 구배치, 소위 G값으로 나타내어진다.

즉,

$$G = \sqrt{P/V_n} = \sqrt{2\pi w T q / V_n} \quad (2.9)$$

여기서 P = 소비에너지

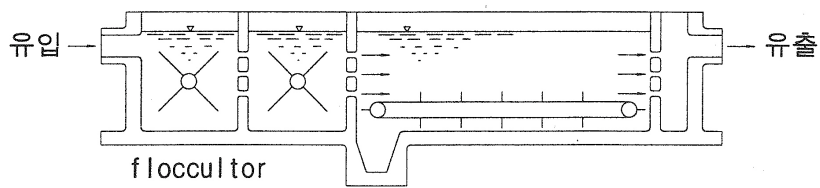
V = 장치용적

Π = 액정도

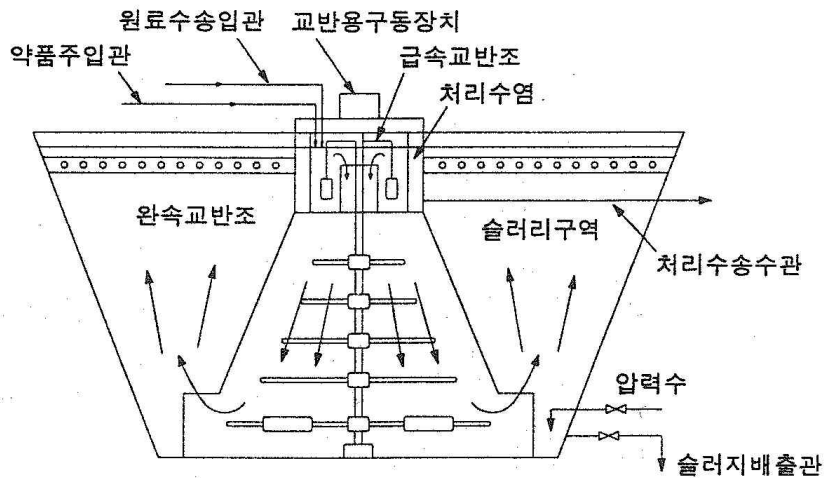
w = 각속도

T_q = torque

- 급속교반조건 하에서 최적 G 값에 관해서는 완전혼합조형에서 $300\sim 1000s^{-1}$, 유로내 교반형에서는 $1200\sim 2500s^{-1}$ 정도의 값으로 알려지고 있음.
- 응집시간(t)은 많은 요인에 영향을 받지만 전자의 형태로 10~60초 정도, 후자의 경우 10초 이하로 평가 됨.
- 완속 교반 조건은 Gt 값 혹은 GtC_v 값을 사용해서 간편하게 평가할 수도 있음. (C_v : 고체체적 농도)
- 응집침전장치는 플록형성법으로부터, 이미 형성된 플록과 접촉하지 않는 비 접촉형과 이미 형성된 플록과 접촉된 접촉형으로 크게 구분됨.
- [별첨] 그림 VI-12에 대표적인 비 접촉형 응집장치인 횡류식 응집침전장치를 나타냄.
- 원료수에 응집제를 넣은 혼합액이 응집조로 유입되고 플록을 성장시킨 후 수평류형 중력침강조에서 침강분리 함.
- 접촉형 응집침전장치는 이미 형성된 플록과의 접촉방법에 의해 슬러리 순환형과 슬러리 블랭킷형으로 구분됨. 이 두 가지 형식은 이미 형성된 큰 플록 군에 미소플록을 접촉, 흡수 통합되는 방식이 다르지만 접촉기본형성의 원리는 같음.
- [별첨] 그림 VI-13은 슬러리 순환형 응집침전장치인데, 이 장치에서는 이미 형성된 플록군을 제1차 교반실, 제2차 교반실, 슬러리풀로, 그리고 중앙에 설치된 교반익으로 순환시키고 이 순환계에 응집제를 넣은 원료수를 주입시켜 큰 플록군과 접촉시킴.
- 접촉플록형성은 비접촉형 플록형성에 비해서 같은 입도로 큰 플록이 빨리 생성되기 때문에 고속분리가 가능 함.



[별첨] 그림 VI-12. 횡류식 응집침전장치



[별첨] 그림 VI-13. 슬러리 순환형 응집침전장치

나). 원심법

- 크게 원심분리에는 원심력장에서 입자의 침강을 이용하는 원심침강과 액체의 압력을 추진으로 하는 원심여과 등이 포함됨.
- 원심침강기는 서로 용해되지 않는 액액계 및 비교적 작은 입자를 함유하는 고액계 혼합물을 처리대상으로 함.
- 원심여과기는 수 마이크로부터 수mm 정도까지의 고체입자를 그 분산매인 입자와 분리제거 혹은 어느 쪽이든 한쪽을 회수하는 목적에 적용됨.
- 원심침강기로는 원통형, 분리판형 및 decanter형 등이 대표적인 모델이며, 원통형 기준으로 원리를 설명하면 회전하는 원통의 한쪽 면에서 액체를 주입하고 통내를 통과하는 사이에 고체입자는 통벽을 향해서 침강, 응집됨.
- 청정액은 다른 쪽의 오리피스판형의 칸막이를 넘어서 분출하고 케이싱 벽에 응집되어 침강기 밖으로 유출됨.
- 기본 설계식은 다음과 같음.

$$Q = \lambda A u_g \quad (2.10)$$

- Q = 유입속도,

- u_g = 입자의 중력장에서의 침강속도,

- A = 중력침강면적에 대한 원심 침강 면적비

회전체의 형상, 구조, 길이 및 회전속도 등에 의해 변하는 장치의 특성치임.

- λ = 실제 조작설계에 필요한 보정계수

- 원심여과기는 보통 구멍이 있는 다공원통의 안쪽에 여과포 등을 부착해서 사용하지만, 모두 다공 원통벽을 이용해서 고·액의 분리를 목적으로 함.
- 원심탈수기는 원심여과기에 비해서 입경이 크며 비압축성 고체의 분리, 특히 연속처리에 적합함.
- 원심여과기에서는 침반 등 비교적 미세한 입자, 원심탈수기는 석출결과 원액과의 분리, 건조의 부하경

감을 목적으로 사용하는 경우가 많음.

다). 부상법

- 전형적인 부상법에 의한 분리로는 현탁중의 입자의 표면밀도를 감소시켜 부상하는 기포부상분리가 있는데, 물과 현탁물질과의 밀도차를 이용하여 수중에 미세한 기포를 도입하여 현탁입자에 기포를 부착시켜 분리하는 방법임.
- 이 방법은 물과의 밀도차가 작은 섬유상물질과 활성오물 등에 대해서 응집체리로 조합시켜 사용되고 있음.
- 기포에 의한 현탁물질의 분리과정은 1) 기포의 발생, 2) 현탁물질로의 기포에 부착 혹은 포함, 3) 기포-입자 응집체의 부향운동의 3단계로 나뉘는데, 이 중 기포의 발생은 몇가지 방법이 있는데 대표적인 방법에 대해서 알아보면 다음과 같음.

(1). 가압용해법

- 가압 하에서 수중에 용해된 공기를 대기압으로 되돌릴 때 미세기포군으로서 발생하는 방법을 말하며, 평균기포경은 압력과 감압막의 구조에 따라 변하지만, 가압압력 0.4-0.5MPa에서 약 100 μm임.
- 물에 대한 기포의 용해도는 헨리의 법칙에 의하는데, 예를 들면 20℃에서 가압압력을 p[Pa]로 하면, 포화수 11개당 용해량 ap[mg/l]은 근사적으로 다음식으로 표현됨.

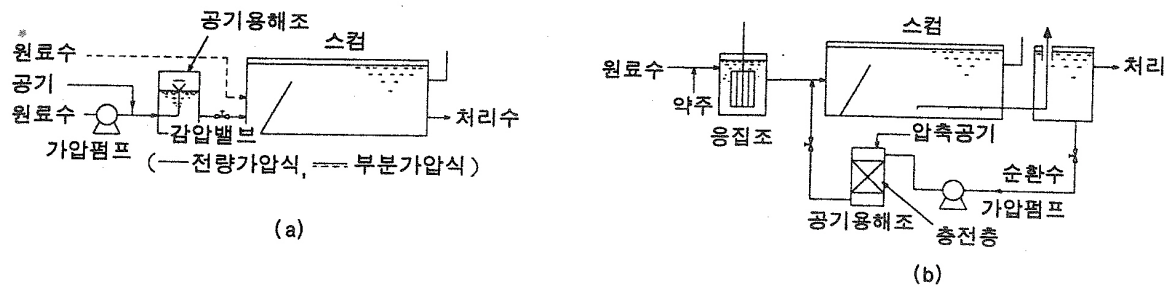
$$ap=2.4 \times 10^{-4}p$$

(2.11)

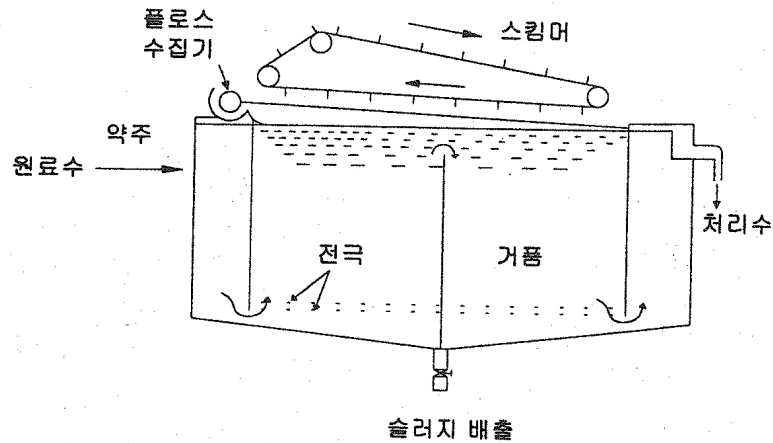
- 위 식의 값은 이론 용해량이고, 실제의 발생량은 이론 용해량의 50-80% 수준임.
- 가압부상장치는 공기용해부와 부상층으로 구성됨. [별첨] 그림 VI-14에 나타난 바와 같이 조작방식에 따라 전량가압식, 부분가압식 및 순환식으로 분류됨.
- 부분가압식에서는 원료수의 일부를 또 순환식에서는 처리수의 일부를 가압해서 원료수와 혼합하는 방법이 도입되는데, 일반적으로 다량의 원수를 처리하는 경우에는 순환식이 바람직하다고 판단됨.
- 공기용해법 가운데는 분산공기법, 분사법, 충전탑법 등이 있는데 이중 충전탑이 가장 우수한 운전성능을 갖고 있으며, 0.4m의 높이 경우 공기포화도는 약 70-80% 정도에 물의 표면부하속도는 최대 100m/h까지 가능함.
- 순환식 운전인 경우 일반적으로 순환비(가압수량/원료수량)를 30-100%, 가압압력을 0.3-0.5MPa, 부상조에서의 표면부하속도를 5-10m/h, 체류시간을 20-30분으로 설정하면 효율적임.

(2). 전해법

- 수중에 설치된 전극에 직류를 통하고 전해반응에 의해 산소와 수소의 작은 기포군을 발생시키는 방법임.
- 기포경은 매우 작아 수소기포로 10-30 μm, 산소기포로 20-60 μm 정도이며 기체발생량은 전류밀도에 비례함. 기포경이 작아 플로크에 부착 혹은 포함되기 쉽다는 것과 탁질 농도에 따라서 기포량을 쉽게 조절할 수 있다는 장점이 있으나 대량처리에는 적합하지 않고 폐수의 전기전도도가 낮은 경우 전해질의 첨가가 필요하다는 등의 문제점도 있음.
- 소비동력의 대부분은 전기분해에 소비되고, 전극의 소모도 급격함. 전극재질로는 탄소, graphite, Al, Fe, SUS, PbO₂ 등이 있음.
- 일반적으로 전극간격은 10-20mm, 시험조 전압은 5-15V로 하는 것이 효율적이고, [별첨] 그림 VI-15는 전해분리장치를 나타냄.



[별첨] 그림 VI-14. 가압부상장치



[별첨] 그림 VI-15 전해분리장치

2). 후처리 (Post-Treatment)

가). 배가스 처리

- o 해양오염퇴적물 세척과정에서는 오염퇴적물의 운반과 저장, 공정수 처리 및 세척과정 등 거의 전 과정에 걸쳐 오염물질이 대기 중으로 방출될 수 있기 때문에 배가스들을 적정히 처리하여야 함.
- o 대표적으로 사용되는 방법들은
 - ① 분진제거 : Aerocyclon, 여과장치, 전기집진기
 - ② 활성탄 흡착
 - ③ 촉매산화
 - ④ 응축
 - ⑤ 세척
 - ⑥ UV 방사에 의한 분해 등이 있으나

○ 공정의 선택을 위하여는

- ① 오염물질의 종류 및 농도
- ② 오염물질의 회수 및 재이용여부 등

오염물 자체에 의한 처리가능성과 처리목적에 따라 장치의 적정여부를 판단하여야 함.

나). 고품질 처리

○ 처리공정 또는 시스템에서 발생한 고품질물은 분석을 필요로 하며 규정농도를 충족시키는데 대한 평가가 이뤄져야 하는데 오염퇴적물세척 기술은 주로 단계별 분리기술이며 오염물을 제거하는 기술은 아니며 세척공정에서 발생하는 고품질물의 잔여물은 처분 전에 또 다른 처리를 필요로 함.

나. 세척 단위장치 종류

- 보통 뭉쳐져 있는 오염된 미세입자를 큰입자로부터 분리시키는 것이 세척이지만, 뭉쳐져 있는 오염된 미세퇴적물을 물에 투입하여 분산된 상태로 만든 후 다음 과정에서 물에 풀리지 않는 굵은 입자들과 이들 미세퇴적물을 분리함.
- 한쪽에서는 항상 미세 입자와 물이 혼합된 현탁액이 발생하며, 한쪽에서는 세척된 굵은 입자가 나오게 되는데, 이와 동시에 미세퇴적물은 물에 풀림과 동시에 퇴적물에 함유된 오염물질이 물에 용출되기도 함.
- 이러한 경우 오염물질은 현탁 또는 유화된 상태의 고품질물로 존재하거나 물에 용해된 상태로 존재하는데, 이때 세척효율을 높이기 위해 여러 가지 첨가물이 물과 함께 사용됨.
- 일반적으로 사용되는 것은 pH 조절제, 계면활성제, 착화제, 산화제, 응집제 등이 사용됨.
- 해양오염퇴적물 세척공정의 특징은 다른 복원기술에 비해 외부 환경의 조건변화에 대한영향이 적고, 자체적인 조건 조절이 가능한 폐쇄형 공정이며, 부지 내에서 유해오염물의 이송 없이 바로 처리가 가능함. 또한, 적용 가능한 오염물 종류의 넓은 범위와 오염퇴적물 부피의 단시간 내의 효율적인 급감으로 인한 2차 처리비용 절감이 가능함.

1). 드럼 세척(KDW형)

가). 개요

- 트롬멜 등에서는 세척 할 수 없는 자갈이나 바위·광석 등에 강하게 붙어 있는 점토의 제거에 최적의 드럼세척장치임. 점토질 부착된 원료는 강하게 회전하는 드럼의 블레이드에 의한 교반작용과 낙하시 충격·입자 상호간의 마찰 작용 등에 의해 점토가 떨어져 세척됨.



나). 특징

- (1). 강력한 교반 능력
- 점토가 부착된 원료는 드럼의 강력한 교반 작용에 의해 점토가 분리, 세척됨.
- (2). 세척기능을 강화하기 위한 블레이드 설치 각도 조정 가능(시운전시)
- 시운전시 원료의 이송과 관련하여 블레이드의 설치 각도가 최적화 될 수 있도록 변경할 수 있는 구조로 되어있음.

(3). 내구성이 높음

- 원료가 투입되는 드럼 내부를 비롯해 드럼 와서 부분은 특히 견고한 구조로 되어 있으며, 보수 점검이 용이한 구조로 되어있음.

(4). 높은 탈수효율

- 세척수의 탈수는 출구에 설치된 트롬멜에 의하여 높은 효율을 가짐.

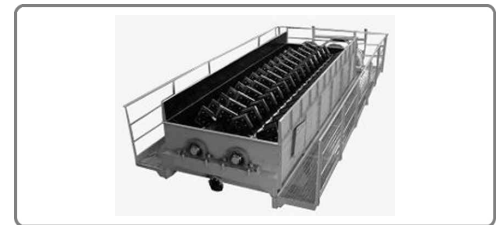
다). 사양

형 식	주요치수 (W × L)(mm)	최대 공급 치수	드럼 회전수 (rpm)	능력(t/h)				공급 수량 (m³/min)	본체 무게 (t)	전동기 (kW)
				40 (sec)	50 (sec)	60 (sec)	120 (sec)			
KDW-1230	1200×3000	75	30	70	60	50	-	0.4~0.8	6	22
KDW-1530	1500×3000	100	28	-	110	90	15	0.8~1.1	9	37
KDW-1836	1800×3600	150	23	-	220	170	85	1.5~2.5	12	45
KDW-2142	2100×4200	200	20	-	-	260	150	2.4~3.6	21	75

2). 로그워셔(KLW 형)

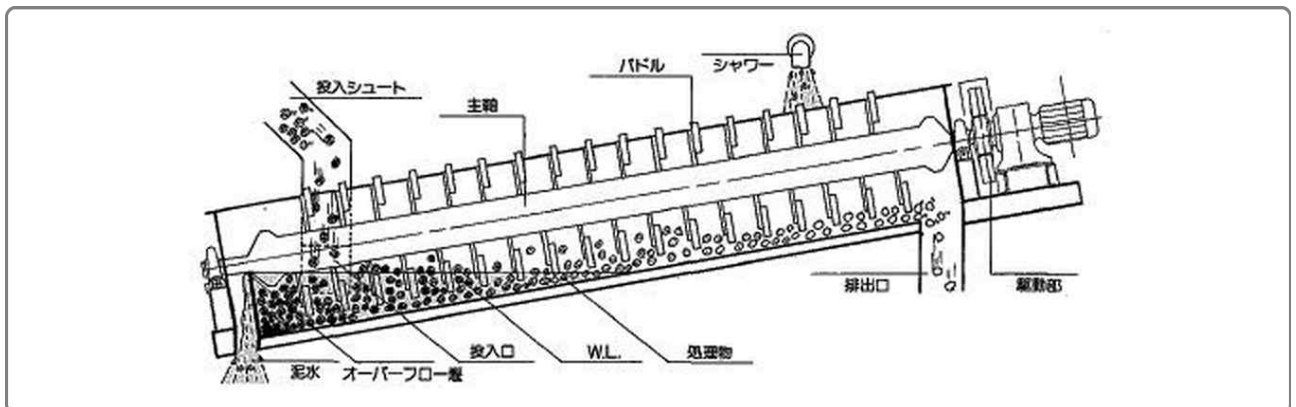
가). 개요

- 점성이 높은 점토와 점토덩어리를 강제로 파쇄 제거하고 자갈·모래 입자 형태를 분리할 수 있는 장치
- 내구성이 높고, 소모 부품이 적은 단순한 전체구조로 되어있어 유지 보수 관리, 취급이 용이함



나). 구조

- 크고 강력한 패들이 적당량의 물과 원료가 강제적으로 비벼짐으로써 점질성이 높은 점토는 완전히 파쇄 제거 가능



다). 용도

- 50mm 이하의 자갈·모래에 부착하는 점착성 점토 제거, 세척

- 50mm 이하의 자갈·모래 중에 포함 된 점토 덩어리 및 풍화 토양 등의 파괴, 제거, 세척

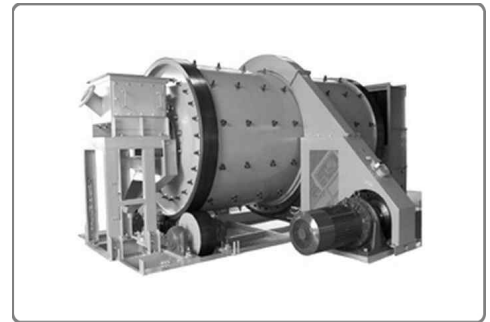
라). 모델사양

형 식	처리능 (t/h)	탱크 길이 (mm)	세척 수량 (m ³ /min)	날개(패들)				설치 각도	소요 전력 (kW)	무게 (t)
				외형	매수	축갯수	회전수			
KLW-10	50~70	6000	0.4~0.8	1000	118	2	30	5~(10)~13	15×2	10
KLW-12	70~100	7500	0.6~1.2	1200	128	2	25	5~(10)~13	22×2	15
KLW-15	100~150	8900	1.0~2.0	1500	128	2	20	5~(10)~13	37×2	23

3). 하이 블래스터(DS형)

가). 개요

- 진흙 덩어리 속에서 불순물을 강력하게 세척하여 자갈 표면의 연마 광·세정에 의한 부착물의 박리·제거함.



나). 특징

- 최소 전력으로 운영함에 따라 운영시 전력비가 저렴함.
- 회전 드럼의 단순구조로 유지 관리가 용이함.
- 막대 자중과 드럼의 회전에 의한 교반효과에 의해, 점토와 골재 표면의 연마 효과가 발생됨.

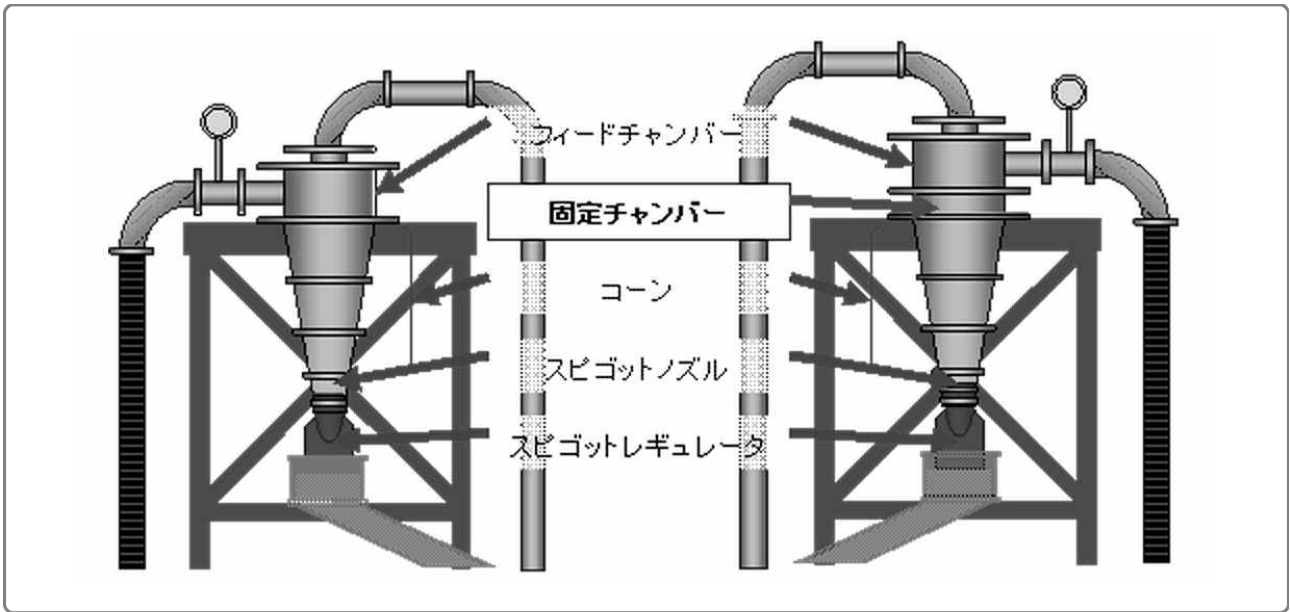
다). 사양

모 델	드럼치수(mm) (직경 × 길이)	로드 삽입 양 (ton)	처리 능력 (t/h)	표준 회전수 (rpm)	전동기 출력 (kW)
DS-1630	1600×3000	1	50~100	26.5	45
DS-2136	2100×3600	1.5	100~150	22	75

4). 미가클론(MG 형)

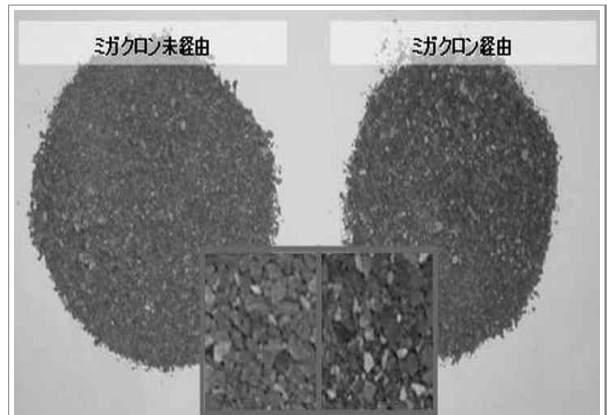
가). 개요

- 점토성분이 많은 원료에 활용하고, 강력한 회전마찰에 의해 입자 표면의 물질을 탈착시킴. 가장 소모가 많은 피드 챔버부의 교환을 용이하게 하기 위해 고정 부분과 움직이는 부분으로 분해 할 수 있으며 경량 화함.



나). 점토의 분리효과의 사례(MG-20)

모델	MG-20
대상물	풍화된 모래
처리량	75t/h(270m ³ /h)
강화	45kW
효과	모래 면이 갈색에서 윤기가 있는 검은색으로 바뀌고, 분급기 산물 함유량도 1% 정도 떨어졌다.



다). 사양

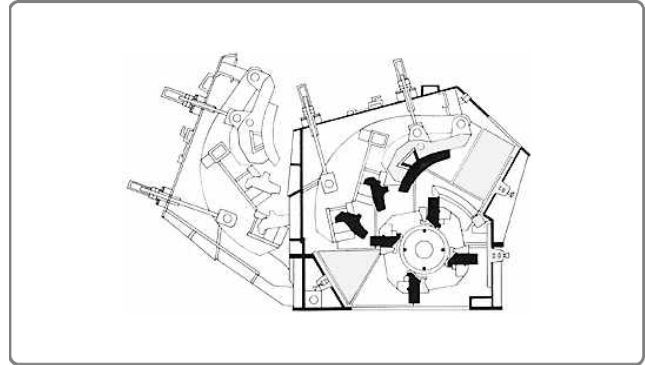
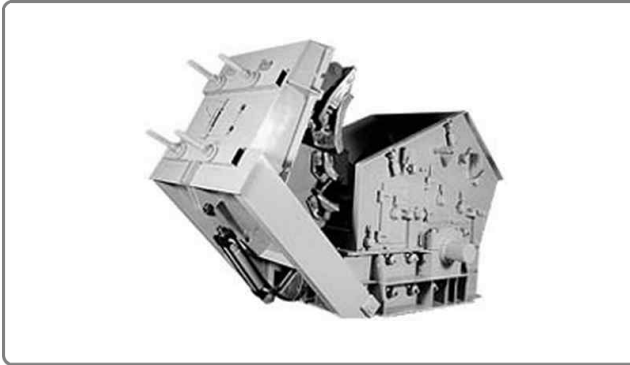
기종	개략 중량 (kg)	챔버 내경 (mm)	처리량 (m ³ /min)	분급점 (d50 마이크론)
MG-15	190	375	1.5~2.0	40~80
MG-18	250	450	2.0~3.0	60~90
MG-20	290	500	3.0~4.0	70~100
MG-24	360	600	4.0~6.0	70~125

다. 기타처리장치 종류

1). Hardopact

가). 개요

- 요구되는 처리 능력·성과에 대하여 최적의 기종 선택이 가능.
- 연질·경질 바위 분쇄 정립에서 폐기물 재생 처리까지 폭넓은 활용 가능.



나). 사양

(1). Hardopact 1형

모 델	로터 직경(mm) × 폭(mm)	투입 최대 치수(mm)	처리량 (t / h)		동력 (kW)	무게 (kg)
			중 파쇄	거친 분쇄		
PEH-1 60/35	600×350	100	5~10	---	10~15	1,720
PEH-1 60/70	600×700	100	10~20	---	15~30	2,500
PEH-1 80/70	800×700	100	20~30	---	22~37	3,450

주) 1. 상기의 처리능력은 콘크리트 폐재를 파쇄해서 40mm 이하로 파쇄하는 경우를 보여줌.

(2). Hardopact 2형

모 델	로터 직경(mm) × 폭(mm)	투입 최대 치수(mm)	처리량(t/h)		동력 (kW)	무게 (kg)
			중 파쇄	거친 분쇄		
PEH-2 100/ 70	1,000×700	300	40~60	60~80	30~75	7,700
PEH-2 100/105	1,000×1,050	350	60~80	90~120	55~90	9,650
PEH-2 125/105	1,250×1050	350	80~120	120~160	75~130	11,880
PEH-2 125/140	1,250×1,400	350	110~160	170~220	90~160	14,230
PEH-2 160/140	1,600×1,400	400	150~220	220~280	130~190	21,070
PEH-2 160/210	1,600×2,100	400	230~330	330~420	160~300	27,530

주) 1. 상기의 처리능력은 거의 200mm 이하의 안산암을 거친 분쇄에서 약 80mm 이하, 중 파쇄는 40mm 이하로 파쇄하는 경우를 보여줌.

2). 수력학적 공동공정 장치 (Hydrodynamic cavitation)

가). 개요

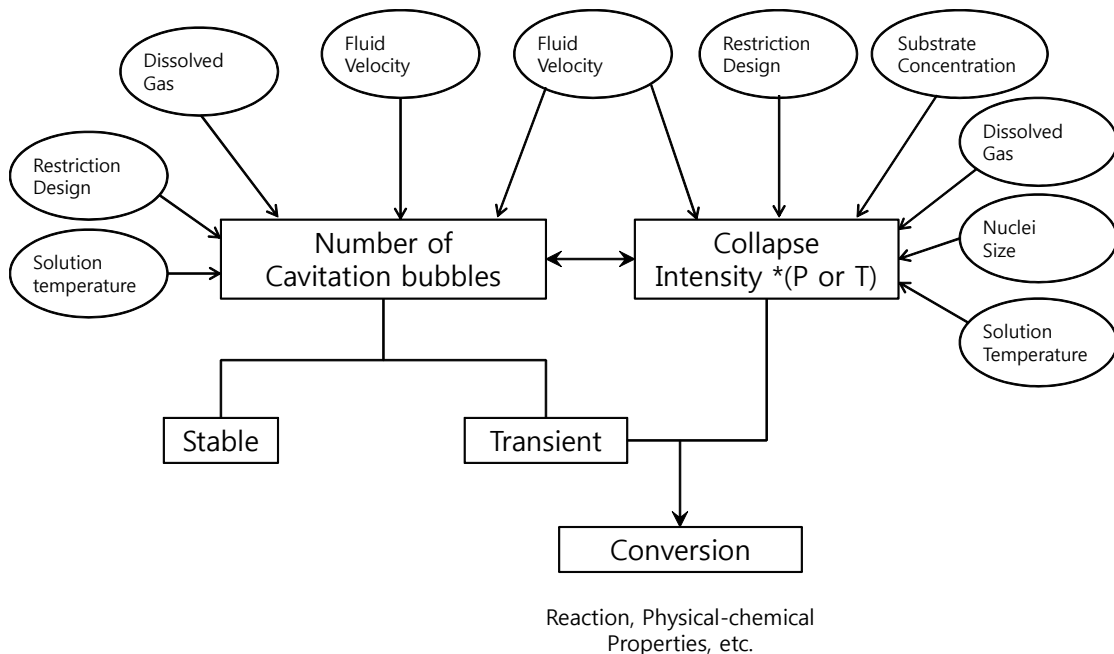
- 수력학적 공동 공정은 초음파 기술과 마찬가지로 공동현상 (Cavitation)을 이용하는 기술로, 용액에 순간적인 가속도를 적용할 경우, Bernoulli의 식 (식 2.12)에서 알 수 있는 바와 같이, 순간적으로 정수압이 감소하여 공동이 형성되는 현상임(Franke et al., 2011; Braeutigam et al., 2010).

$$p_{stat} + p_{dyn} = const = p_{stat} - \frac{\rho}{2} v^2 \quad (\text{식 2.12})$$

- 최근 초음파 공동현상을 이용한 공정이 주목을 받고 있음. 설치 및 운영비용 등의 문제 때문에 상용화에 어려움을 겪고 있으나, 수력학적 공동 공정은 초음파 공정에 비해 시설의 설치가 용이할 뿐만 아니라, 시설 운영비 역시 초음파 공정에 비해 저렴하여 현장에 적용하기가 용이한 것으로 알려져 있음
- 동수리역학적 공동 공정에서도 초음파와 마찬가지로 공기방울 형성에 의한 열적 분해와 생성된 애 라디칼에 의한 산화반응이 오염물질 분해의 주요 메커니즘임.
- 해양오염퇴적물의 수력학적 공동공정의 상세 적용성에 대해서는 추가적인 연구가 필요함.

나). 수력학적 공동 공정의 운전 및 영향 인자

- 공동현상을 이용하는 공동 공정의 핵심은 초음파와 같이 공기방울의 생성 및 붕괴에 있으나, 아직까지 공기방울 생성 및 붕괴에 의한 반응 매커니즘에 관한 연구가 부족해 핵심적인 영향인자를 밝혀내지는 못하고 있는 실정임.
- 수력학적 공동 공정의 영향인자는 유입 압력, 체류시간, 오리피스의 크기 및 형상 등 다양한 인자가 존재하는데, 일반적인 수력학적 공동현상의 영향인자는 [별첨] 그림 VI-16과 같음.

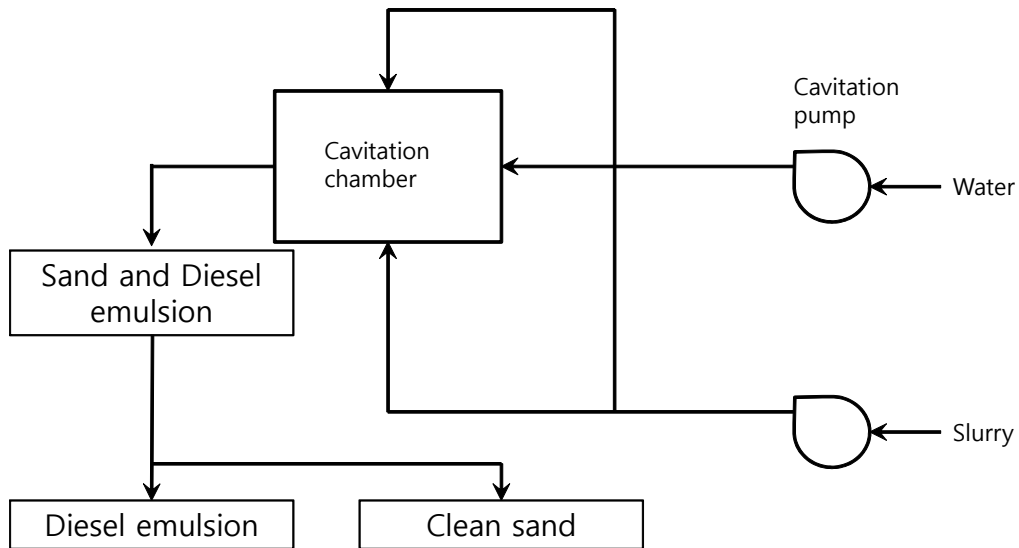


[별첨] 그림 VI-16. 수력학적 공동현상의 영향인자 (Braeutigam et al., 2010)

- 이 중, 유입 압력이 가장 중요한 영향인자로서 생각되고 있는데, 유입압력이 높으면 공기방울 형성이 증가하게 되므로 오염물 제거율이 향상됨.
- 주목 받는 또 다른 영향인자는 반응시간으로, 초음파에 의한 공동현상을 이용하는 경우, 주파수와 조사 강도에 의해 반응 시간이 결정되지만, 수력학적 공동 공정에서는, 공기방울을 생성하는 반응기에서의 유량과 반응기의 설계에 따라 반응 시간이 결정됨. 반응 시, pH는 높을수록 OH 라디칼 형성이 촉진되므로 오염물 제거율을 향상시키는 것으로 나타났음.

다). 수력학적 공동 공정 적용방안 검토

- 수력학적 공동공정은 아직 토양오염이나 해양퇴적물 정화에는 활발하게 적용되지 않고 있음.
- 동수리역학적 공동 공정을 적용하려면, 처리대상물질인 토립자를 함유하는 slurry가 공동현상을 발생시키는 펌프를 통과해야 하는데, slurry에 포함된 고형물에 의해 펌프가 마모될 수 있기 때문임.
- 이러한 제한사항을 극복하기 위해 다음 [별첨] 그림 VI-17과 같은 동수리역학적 공동 공정을 이용하여 토양의 디젤을 세척하는 연구를 수행한 바 있음.



[별첨] 그림 VI-17. 토양세척을 위한 동수리역학적 공정 모식도 (Feng et al., 2001)

라. 세척수 처리장치 종류

1). 응집침전장치(KTN형)

가). 개요

- 세척공장에서 배출되는 수질(탁도) 성상 변화에 대응한 "자동 약품 제어 시스템" 설치로 안정적인 수처리를 할 수 있음.



나). 특징

(1). 외륜 구동 방식

- 레이크 회전은 저전력의 외륜 구동 방식
- 위치를 이동하지 않고 고정하는 타이어에 의해 외륜을 구동하기 때문에 오동작이나 고장도 없고 유지 보수가 용이함.

(2). 센터 피드

- 사이드 투입 방식에 비해 전체 양을 구석구석까지 균일하게 투입되어 약품의 사용량이 감소됨.

(3). 레이크 자동 승강

- 침전된 슬러리의 양에 따라 레이크는 자동으로 상하 이동하기 때문에 과부하가 없고, 슬러리를 모을 수 있음.

(4). 슬러지 자동 인발

- 시크너에 침전된 슬러리의 양과 농도를 감지하여 자동으로 외부로 배출 할 수 있음.

(5). 자동 약품 제어 장치

- 유입 폐수의 농도 변화에 따라 제품의 주입량을 자동으로 제어하여 항상 적정량만 주입함.

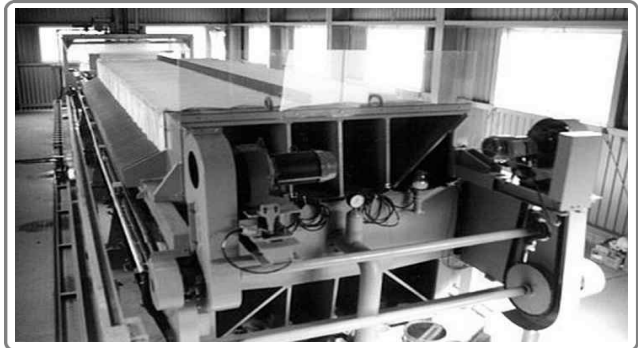
다). 사양

형 식	폐수 처리 양 (m ³ /h)	치수(m) 직경 × 높이	유효침강면적	전체 용량	레이크 회전 수	소요 동력
			(m ²)	(m ³)	(rpm)	(kW)
KTN-8	60 ~ 120	8 × 4.5	48	235	01월 05일	0.4 × 4
KTN-10	100 ~ 200	10 × 4.5	75	375	1/6.5	
KTN-12	150 ~ 300	12 × 4.5	109	537	01월 08일	
KTN-15	250 ~ 500	15 × 4.5	172	849	1/9.5	
KTN-18	400 ~ 800	18 × 4.5	247	1226	01월 12일	
KTN-20	500 ~ 1000	20 × 4.5	304	1524	01월 13일	0.75 × 4
KTN-25	750 ~ 1500	25 × 4.5	479	2450	1/16.5	
KTN-30	1000 ~ 2000	30 × 4.5	690	3580	01월 20일	

2). 필터 프레스(KFP형)

가). 개요

- 필터 프레스는 전자동 여과포 세척기로, 인력절감 및 항상 안정된 탈수 작업이 가능.



나). 특징

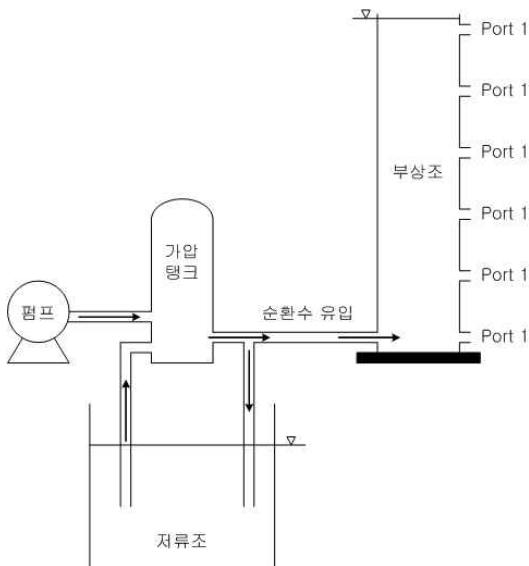
- 완전 무인 전자동 시스템
- 간단한 구조 - 여과판은 단순 구조의 여과포 고정형
 - 유지 보수가 용이하고 여과포의 수명도 오래감
 - 개폐스트로크가 작아 개폐간 시간이 단축됨
- 탈수 케이크 안정 배출 - 슬러지 농도가 변화해도, 케이크의 함수율을 일정하게 유지됨
- 여과판 재질은 폴리프로필렌 채용 - PP 보드는 유연성이 높으며, 무게가 가볍고 관리가 매우 쉬움
 - 부식이 없음

다). 사양

형 식	여과판형상	여과판치수	여실 수	여과판 면적	여과판 양	건조토양 무게
		(mm)		(m ²)	(m ³)	
KFP-1200	각형	□ 1200	81	185	3.3	4.1
			101	231	4.2	5.2
KFP-1500	각형	□ 1500	101	378	6	8.4
			131	490	8.8	10.9
KFP-1700	원형	φ1700	101	400	7.2	8.9
			131	518	9.3	11.5
	각형	□ 1700	101	494	8.9	11
			131	640	11.5	14.3
KFP-2000	원형	φ2000	101	566	10.2	12.7
			131	734	13.2	17
	각형	□ 2000	101	707	12.7	15.8
			131	917	16.5	20.5

5. 미세토 분리를 위한 가압부상공정 적용을 위한 기초 연구

- 해양퇴적물 세척 시 배출되는 세척수내에는 오염물질이 농축 오염된 미세토양이 다량 함유되어 있으며 배출 세척수 처리를 위하여 침전법, 원심분리법, 부상법 등이 사용된다. 미세토양의 입자 크기가 충분한 침전성을 갖는 경우 침전법이나 원심분리법이 사용되고, 입자 크기가 작은 경우는 부상법을 사용하는 것이 유리
- 부상법의 경우 기포의 형성 방법에 따라 분산법, 전해법, 가압법 등이 있다. 분산법은 외부의 기체를 회전하는 임펠러나 산기기로 통과시켜 작은 기포를 생성하는 방법이다. 1mm 이상의 비교적 큰 기포가 생성되어 부상시 급격한 난류가 발생하여 응집 후 형성된 플록이 깨지는 등의 문제가 있다. 주로 광물 선별에 쓰인다. 전해법은 전기적 분해를 통해 전극판에서 수소와 산소 미세기포를 생성하는 방법으로 기포 사이즈가 아주 미세한 것이 특징이다. 전극판 오염으로 인한 효율 저하가 문제시 되어 오염이 심한 경우나 대규모 시설에는 적합하지 않다. 가압법은 세척수에 가압하여 공기를 포화시킨 가압수를 사용하여 약 40 μ m의 미세기포를 생성하는 방법
- 본 연구는 해양퇴적물 세척공정에서 발생하는 폐수에 포함된 고형물의 분리에 가압부상법을 적용하기 위한 기초실험으로 분리되거나 침전되는 고형물의 특성을 파악하여 가압부상의 적용가능성을 평가하고 기초 설계인자를 도출하는데 목적이 있음



[별첨] 그림 VI-18. 미세토 분리를 위한 가압부상공정 실험 장치

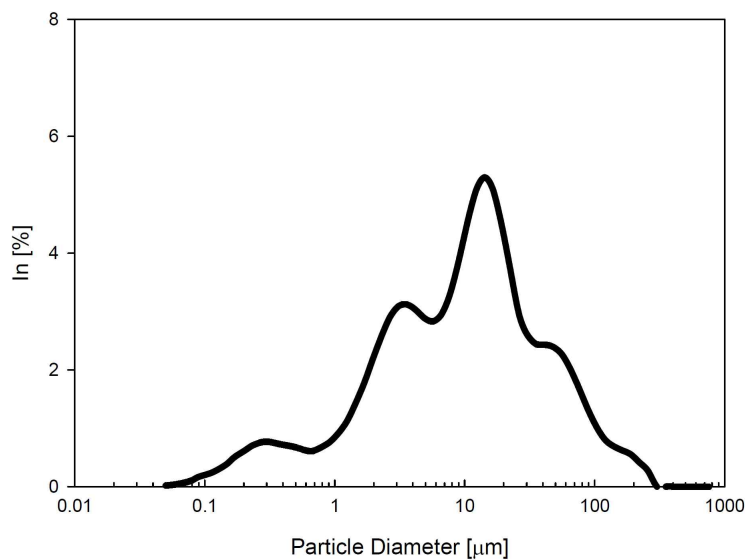
가. 퇴적토의 가압부상에 의한 미세토 분리 연구

- 퇴적토양 희석수를 이용한 2차 실험에서는 퇴적토양을 이용한 인공폐수의 TSS와 PSA의 특성을 분석함
- 1) 퇴적토양 희석수의 입자분포
 - 퇴적토양 희석수의 TSS 분석결과 46,800mg/L이며, PSA 분석 결과를 <그림 1>에 나타내었으며, 입자별 누

적비율 자료를 살펴보면 미세 토양의 size 분포는 점토질 입자인 $2.0\mu\text{m}$ 이하가 약 19.5%, 실트질 입자인 $2\sim 50\mu\text{m}$ 가 약 68.5%, 사질 입자인 $50\mu\text{m}$ 이상이 약 12% 수준으로 나타남

[별첨] 표 VI-10. 퇴적토 원수의 고형물 입도에 따른 구성

토양 분류(크기)	구성비(%)
Sand ($50\mu\text{m}$ 이상)	12
Silt ($2\sim 50\mu\text{m}$)	68.5
Clay ($2.0\mu\text{m}$ 이하)	19.5



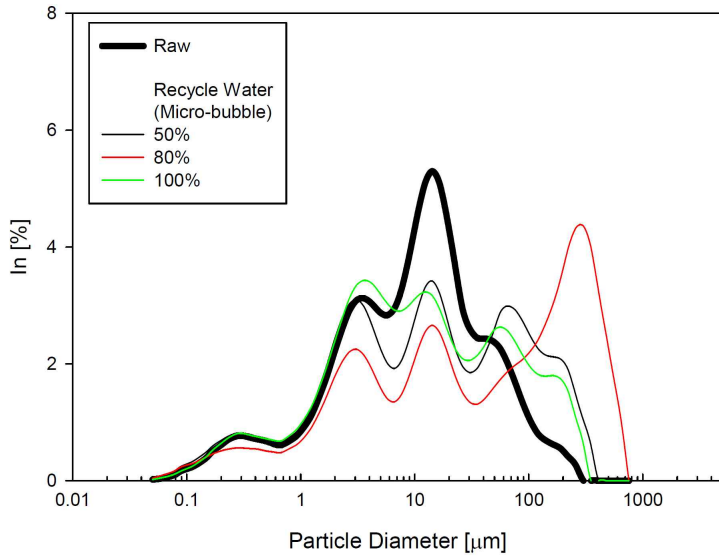
[별첨] 그림 VI-19. 퇴적토양 희석수의 입자 크기 분포

2) 부상에 의한 퇴적토의 미세입자 분리 특성

- 퇴적토양 희석수를 이용한 2차 실험에서는 미세기포 순환수량을 50, 80, 100%로 고정하여 부상실험을 수행하여 부상슬러지와 중심부, 침전슬러지의 PSA 분석 및 TSS 분석을 수행하였다. 침강되지 않는 현탁 고형물의 부상특성을 알아보기 위해 30분간 중력식 침전 후 상등액을 이용한 부상실험을 수행함

(가) 부상 고형물의 입자 크기 분포

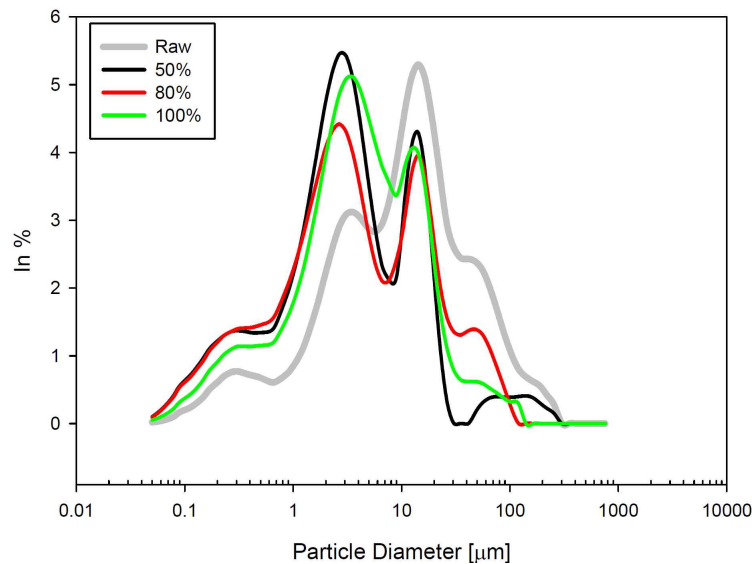
- 미세기포에 의한 부상을 통해 상부에 고형물의 입자크기분포는 원수에 비해 비교적 고르게 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 원수와 비교해 볼 때 $40\mu\text{m}$ 이상의 입자비율이 증가하였고 $2\sim 40\mu\text{m}$ 는 상대적으로 감소하는 것으로 나타
- 이러한 결과는 미세기포에 의한 부상에 있어 입자의 크기가 $40\mu\text{m}$ 이상에서 부상이 쉽게 이루어지며 $2\sim 40\mu\text{m}$ 에서는 입자의 표면전하 등에 의해 미세기포와 입자간에 반발력이 발생하여 부상되지 못하고 현탁되어 발생한 현상으로 판단



[별첨] 그림 VI-20. 퇴적토 희석수의 미세기포에 의한 부상을 통한 상부 고형물의 입자 크기 분포

(나) 부유 고형물의 입자 크기 분포

- 미세기포에 의한 부상실험을 통해 부상과 침전이 동시에 진행되고 30분 이후에 중간층에서 시료를 채취하여 입자크기분포를 측정해본 결과 10 μm 이하의 크기의 분포가 증가하는 것으로 나타남
- 원수의 입자 분포와 비교해 볼 때 100 μm 이상의 고형물은 부상이나 침전에 의해 쉽게 제거되는 것으로 나타나는 반면 10 μm 이하의 입자의 비율이 높게 나타나고 있어 부상에 의해 제거되지 못하는 입자가 현탁되어 있어 발생하는 현상으로 판단
- 이러한 결과는 주입되어진 미세기포가 작은 입자와 결합되지 못하고 일정크기의 이상의 입자에 부상효과가 있음을 나타내는 결과로 미세기포의 평균입자크기보다 작은 크기의 입자의 부상을 위해서는 입자의 표면전하를 중화시킬 수 있는 약품의 주입 등의 처리가 필요할 것으로 판단

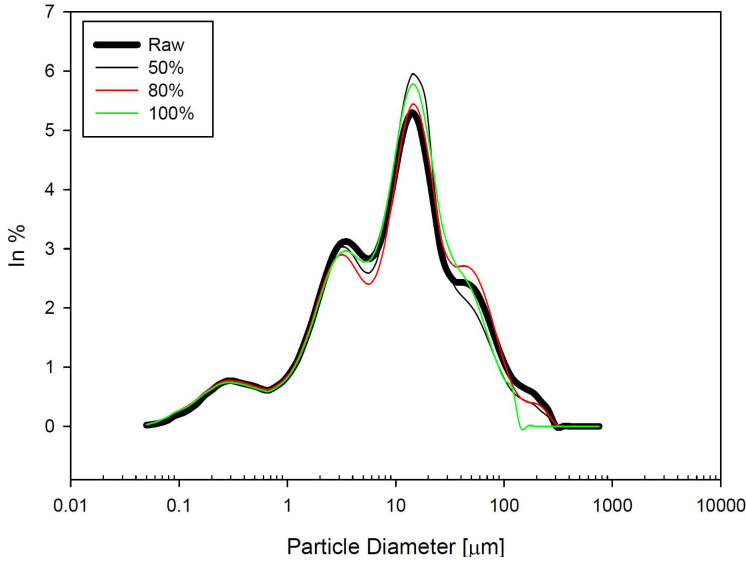


[별첨] 그림 VI-21 퇴적토 희석수의 미세기포 부상에 의한 중간부 고형물의 입자 크기 분포

(다) 침전 고형물의 입자 크기 분포

- 침전고형물의 입자크기 분포는 토양세척수의 부상실험에서와 달리 원수의 입자크기분포와 유사한 것으로

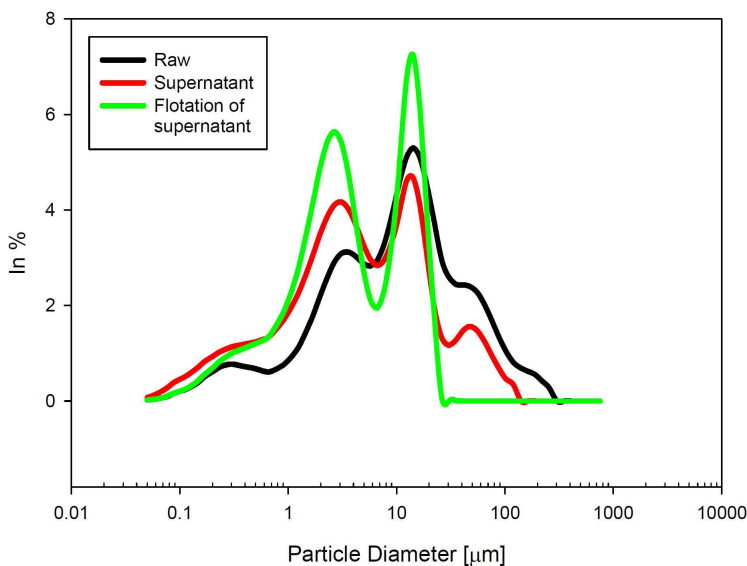
나타났다. 이러한 결과는 미세기포의 주입량이 작아 부상되어진 고형물이 적어 침전물의 입자분포에는 영향을 주지 못한 것으로 판단



[별첨] 그림 VI-22 퇴적도 회석수의 침전 고형물의 입자크기 분포

(라) 침전 상등액의 부상분리

- 현탁상태로 존재하는 고형물의 부상가능성을 평가하기 위해 퇴적토양을 회석하여 인위적으로 조성된 회석수를 30분간 침전한 후 상등액을 분리하여 미세기포 주입량을 100%로 고정하여 부상분리 후 입자크기를 측정
- 침전 상등액의 경우 원수의 입자크기에 비해 10 μ m이하의 입자가 현탁상태로 존재하여 입자비율이 상승하는 것으로 나타남
- 침전 상등액을 부상시킨 경우 기존 상등액에 비해 입자크기 분포의 변화를 살펴보면, 20~40 μ m의 입자는 감소하였으며 상대적으로 20 μ m이하의 입자는 증가하는 것으로 나타나 일정 크기 이상의 입자는 부상에 의한 제거 가능한 것으로 판단



[별첨] 그림 VI-23 퇴적도 침전 상등액의 입자 분포

3) 기초실험 고찰

- 토양세척수 내 미세입자 분리를 위한 부상분리공법의 적용을 위한 기초실험 결과 방법의 약 20~40 μ m 범위의 입자가 분리되나, 그리 큰 효율을 나타내지는 않았다. 하지만, 세척수 내의 미세입자의 분리범위를 결정하고 이에 대한 적정 분리인자를 찾는다면 현재 범용되고 있는 하이드로사이클론의 단점인 50% 절단입경을 보완할 수 있는 대안이 될 것으로 판단

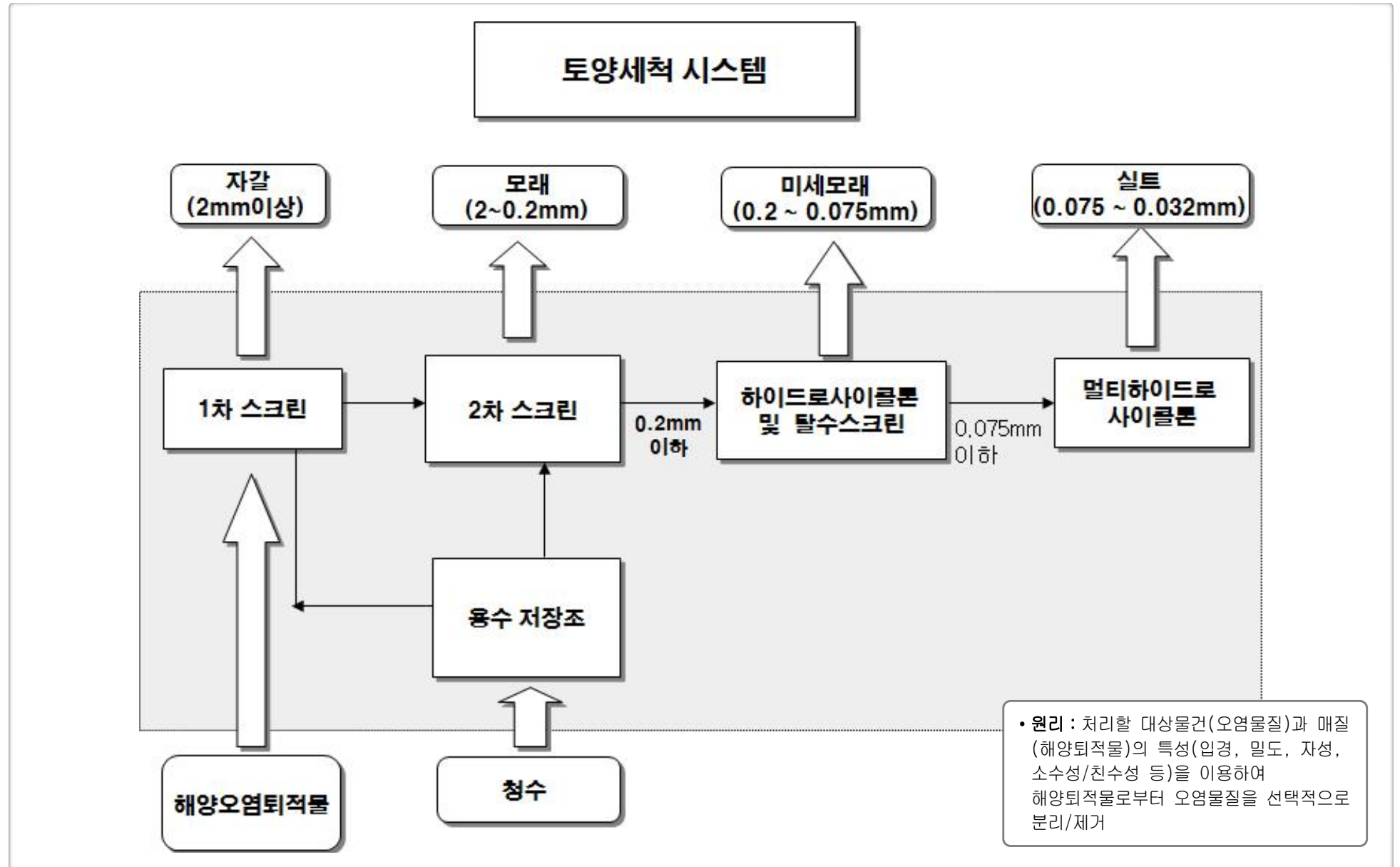
국토해양 연구개발과제

[지속가능 해양오염퇴적물 정화기술 개발(피복 및 현장처리기술)]

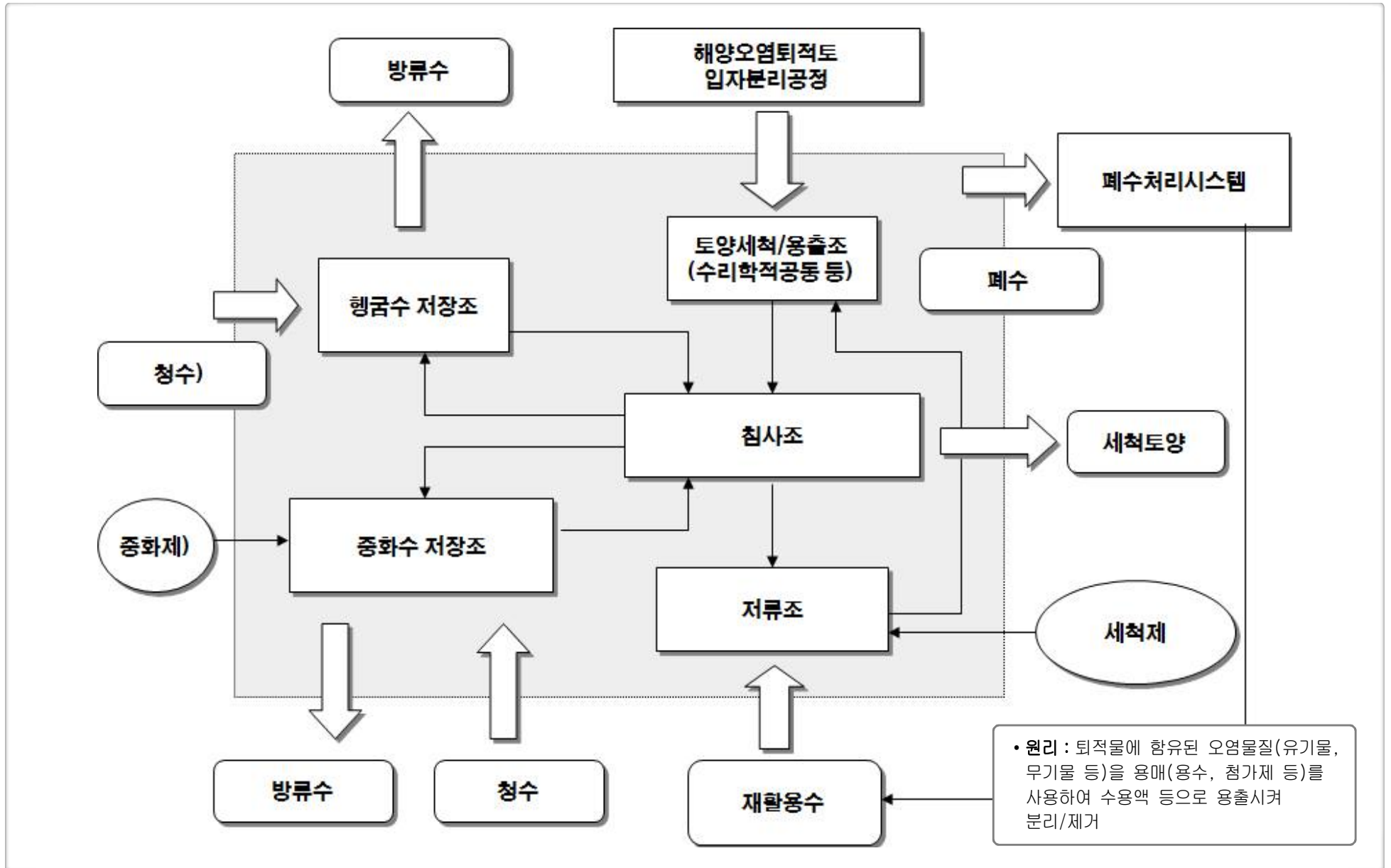
해양오염퇴적물 현장처리기술 공정 개념설계

KIOST / 코오롱워터앤에너지(주)

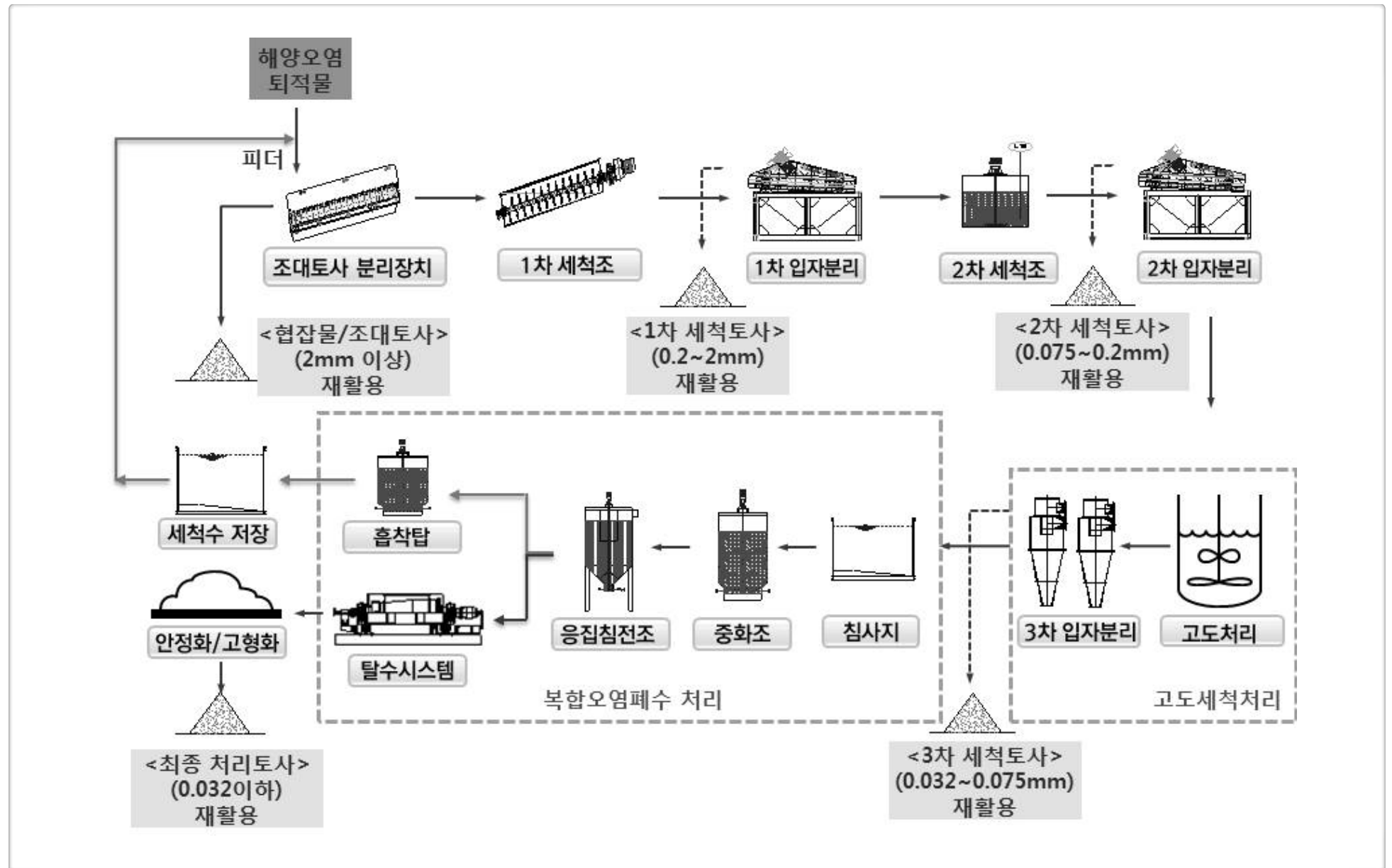
□ 해양오염퇴적물 입자분리기반 처리기술 개념설계도(PFD)



□ 해양오염퇴적물 세척기반 처리기술 개념설계도(PFD)



□ 해양오염퇴적물 입자분리 및 세척 통합 처리기술 공정별 개념설계도



국토해양 연구개발과제

[지속가능 해양오염퇴적물 정화기술 개발(피복 및 현장처리기술)]

- 해양오염퇴적물 정화·복원 관련 법령 개정안 개발 -

「해양오염퇴적물관리법」 제정안

2013. 7.



한양대학교 /



한국해양과학기술원

가칭 「해양오염퇴적물관리법」 제정이유 및 주요내용

1. 입법의 필요성

오염된 해저퇴적물로 인하여 국민 건강, 재산이나 해양환경에 피해가 증가됨에 따라 그 위해를 예방한다는 차원에서 해양오염퇴적물을 수거·처리하고 이를 적정하게 처리할 필요성과 함께 해양오염퇴적물로 파괴·훼손된 해양환경 및 생태계를 복원할 필요성이 증대하고 있음. 또한 해양오염퇴적물을 재활용할 수 있는 자원으로 보아 순환적으로 이용함으로써 국민경제의 건전한 발전을 도모할 필요성이 있음. 또한 최근 폐기물의 해양배출기준이 강화되면서 준설된 퇴적물의 해양배출이 제한됨에 따라 자연정화, 현장처리, 표면피복, 재활용, 호안매립, 해양고립처분 등 다양한 대안을 모색할 수밖에 없게 되었음.

이와 같이 해양오염퇴적물의 수거, 처리(자연정화, 현장처리, 표면피복, 재활용, 매립, 고립처분 등) 수요는 증가하고 있으나 현행 법제는 이를 위한 근거 규정을 제대로 갖추고 있지 못해 그 수요에 부응하지 못하고 있음. 즉 현행 법제하에서는 해양오염퇴적물, 준설물질 등에 대한 기본 개념조차 정립되어 있지 않으며, 해양오염퇴적물의 수거·처리의 기준 및 방법 등에 대한 법적 근거가 없어 해양오염퇴적물의 적정한 관리가 곤란한 상황임. 또한 해양오염퇴적물은 기존 해양환경관리법, 폐기물관리법, 토양환경보전법 등에 산재된 규정에 의해 규율될 여지가 있으나 적용상 혼란이 있고, 단편적인 규정에 그쳐 해양오염퇴적물 문제에 유효 적절히 대응하지 못하고 있음

이에 수거, 처리라는 일련의 과정에서 해양오염퇴적물을 체계

적, 통일적으로 관리하기 위해서 개별법을 두고 그 법적 근거를 마련해야 할 필요성이 높음. 관련 법의 일부 개정으로는 미봉책에 그칠 가능성이 많고, 이들 법의 목적과 취지 등에 비추어 오염퇴적물의 수거, 처리의 전과정을 규율하는 데에는 한계가 있을 수밖에 없음. 또한 법률간에 발생할 수 있는 상충 문제도 무시할 수 없음. 수거된 해양오염퇴적물 중에서 재활용이 가능한 물질과 폐기물을 구분하는 것이 현실적으로 어려운 점 때문에 해양오염퇴적물에 통일된 법적 지위를 부여하여 포괄적, 통일적으로 관리해야 할 필요성도 감안하여야 함

2. 주요 내용

2.1 해양오염퇴적물, 수거, 처리, 정화 등 주요 개념을 정의함(제2조)

2.2 해양오염퇴적물의 정화, 재활용, 해양생태계의 복원 등 해양오염퇴적물 관리의 기본원칙을 천명함(제4조)

2.3 해양수산부장관에게 기본계획의 수립, 해저퇴적물의 오염도 조사 등의 기본 의무를 부과함(제5조 내지 제7조)

2.4 해양오염퇴적물 수거를 위한 법적 근거를 둠(제8조 내지 제11조)

가. 오염퇴적물의 수거는 오염원인자가 하는 것을 원칙으로 하되 오염원인자를 알 수 없거나 오염원인자에 의한 수거가 곤란한 경우 등에는 국가가 실시할 수 있도록 함(제8조 제1항, 제3항).

나. 해양오염퇴적물의 수거기준 및 방법에 대한 법적 근거를 둠(제9조 제1항).

다. 해양오염퇴적물수거검증기관으로 하여금 수거과정 및 수거 완료에 대한 검증을 하도록 함(제10조 제1항).

라. 수거가 완료한 후에 수거의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하도록 함. 이를 위하여 조사 및 조사결과에 따라 필요

한 조치를 하도록 함(제11조).

2.5 해양오염퇴적물 처리를 위한 법적 근거를 둬(제12조 내지 제21조)

- 가. 해양오염퇴적물의 처리기준 및 방법에 대한 법적 근거를 둬(제12조).
- 나. 해양오염퇴적물의 재활용을 촉진하기 위하여 재활용 근거 규정을 두어 해수욕장의 양빈, 습지 조성 및 복원, 인공섬의 조성 등 일정한 재활용 용도 및 방법에 따르도록 함(제13조).
- 다. 해양오염퇴적물 재활용을 위한 처리시설을 설치·운영할 수 있도록 하고, 처리하는 해양오염퇴적물의 양과 발생하는 폐기물의 종류, 발생량 및 재활용하는 양 등을 신고하도록 함(제14조 및 제15조).
- 라. 자연정화, 현장피복, 공유수면에의 매립, 해양고립처분, 해양배출 등 다양한 해양오염퇴적물의 처리·처분방법에 대한 법적 근거를 마련함(제16조 내지 제20조)
- 마. 처리의 기준과 방법에 위반한 경우 그 처리자에게 처리정지, 처리방법 변경 등 필요한 조치를 명할 수 있도록 함(제21조).

2.6 해저퇴적물 오염조사, 검증 등을 위한 관련 전문기관을 두고 시설, 장비 및 기술능력을 갖추어 해양수산부장관의 지정을 받도록 함(제22조).

2.7 해양오염퇴적물의 전문적 관리를 위해 해양오염퇴적물수거업, 해양오염퇴적물처리업을 새로 창설하고 해양오염퇴적물의 수거 및 처리의 경우 이들 전문업자에 의무적으로 위탁하여 하도록 함(제27조, 제9조 제2항, 제12조제2항).

해양오염퇴적물관리법(안)

제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 해양오염퇴적물로 인한 국민 건강 및 환경상의 위해를 예방하고, 해양오염퇴적물을 수거·처리하는 등 적정하게 관리하고, 그 재활용을 촉진하여 효율적으로 이용하도록 함으로써 해양환경 및 생태계의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “해저퇴적물”이란 암석의 풍화와 침식으로 분리된 암석기원 물질이나 생물활동에 의하여 유래된 물질 또는 화학적으로 형성된 고체물질 등이 이동되어 해양이나 하구 등 수역의 바닥에 존재하거나 쌓인 물질을 말한다.
2. “해양오염퇴적물”이란 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 해저퇴적물을 말한다.
3. “수거”란 해양이나 하구 등 해역에서 환경의 개선 등을 목적으로 해저퇴적물을 제거하는 행위를 말한다.
4. “처리”란 해양오염퇴적물의 운반, 보관, 정화, 재활용, 처분을 말한다.
5. “정화”란 물리적·화학적 또는 생물학적 등의 방법으로 해저퇴적물 중의 유해물질을 감소·제거하거나 해양오염퇴적물로 인한 위해를 완화하는 것을 말한다.
6. “재활용”이란 해양오염퇴적물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생이용할 수 있는 상태로 만드는 행위를 말한다.
7. “처분”이란 해양오염퇴적물을 매립 또는 해양투기하는 등 환경에 노출시키는 행위를 말한다.
8. “고립처분”이란 해양오염퇴적물의 위치를 이동시킨 후 피복, 봉쇄 등의 방법으로 오염물질의 잠재적 영향을 차단, 격리하는 것을 말

한다.

9. “자연정화”란 해양오염퇴적물이 자연과정(오염되지 아니한 퇴적물이 자연축적되거나 오염물질이 자연분해·소멸되어 수계생태계와 분리되는 것을 포함한다)에 의하여 정화되는 것을 말한다
10. “현장피복”이란 해양오염퇴적물로 인한 영향을 차단하거나 완화시키기 위하여 해양오염퇴적물 표면에 오염되지 아니한 퇴적물이나 오염물질의 생태계로의 노출을 차단시키는 물질로 덮는 것을 말한다.
11. “해역관리청”이란 「해양환경관리법」 제2조제20호에 따른 해역관리청을 말한다.

제3조(적용범위) ① 해양오염퇴적물의 수거·처리에 관한 사항은 이 법을 다른 법률에 우선하여 적용하고, 이 법에서 규정되지 아니한 사항은 관계 법률의 규정을 적용한다.

② 이 법은 항만개발이나 수로 유지 등 공학적 이용을 목적으로 해저암반이나 해저퇴적물을 수거하는 행위와 그로 인해 수거된 물질에 대하여는 적용하지 아니한다.

③ 항만개발이나 수로 유지 등 공학적 이용을 목적으로 수거된 해저암반이나 해저퇴적물이 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 경우에는 제2항에도 불구하고 이 법 해양오염퇴적물의 수거·처리에 관한 규정을 적용한다.

제4조(해양오염퇴적물 관리의 기본원칙) ① 해양오염퇴적물의 발생과 그로 인한 해양오염을 최대한 방지하여야 한다.

② 해양오염퇴적물을 수거, 정화하는 등 적정하게 관리하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물은 자원으로서의 이용을 촉진하기 위하여 가능한 한 재활용하여야 한다.

④ 해양오염퇴적물로 인해 해양 생태계가 파괴·훼손된 경우에는 최대한 복원, 복구되도록 하여야 한다.

제5조(상시조사) ① 해양수산부장관은 전국적인 해저퇴적물의 오염실태를 파악하기 위하여 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해양오염등을 상시 조사하여야 한다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따른 조사업무를 「한국해양과학기술원법」에 따라 설립된 한국해양과학기술원에 맡길 수 있다.

제6조(해양오염퇴적물 관리 기본계획의 수립 등) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물을 적정하게 관리하기 위하여 10년마다 해양오염퇴적물 관리에 관한 기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

② 해양수산부장관은 기본계획을 수립할 때에는 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.

③ 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 해양오염퇴적물 관리에 관한 시책방향
2. 해양오염퇴적물로 인한 오염 조사에 관한 사항
3. 해저퇴적물 오염의 현황, 진행상황 및 장래예측
4. 해저퇴적물 오염의 방지에 관한 사항
5. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 해양오염퇴적물로 인해 훼손된 해양환경의 복원 및 사후관리에 관한 사항
6. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 관련된 기술의 개발 및 관련 산업의 육성에 관한 사항
7. 오염특성 및 오염지역별 최적 수거·처리방법의 선정에 관한 사항
8. 해양오염퇴적물의 수거, 처리를 위한 기술인력의 교육 및 양성에 관한 사항
9. 해양오염퇴적물의 조사 및 수거, 처리 등을 위한 재원확보에 관한 사항
10. 그 밖에 해양오염퇴적물의 관리에 필요한 사항

제7조(해저퇴적물 오염도 조사) ① 해양수산부장관은 관할구역 중 해양오염퇴적물로 인한 해양오염이 우려되는 해당 지역에 대하여 오염실태를 조사하여야 한다. 이 경우 시·도지사는 해양수산부령으로 정하는 바

에 따라 그가 실시한 오염실태조사의 결과를 해양수산부장관에게 보고하여야 한다.

② 해역관리청은 해양환경보전을 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역에 대하여 정밀조사를 할 수 있다.

1. 제1항에 따른 오염실태조사의 결과 해양오염퇴적물이 발견된 지역
2. 해역관리청이 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물 관리기준을 넘을 가능성이 크다고 인정하는 지역
3. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 지역

③ 제1항부터 제2항에 따른 오염실태조사 및 정밀조사의 결과는 공개하여야 한다.

제2장 해양오염퇴적물의 수거

제8조(해양오염퇴적물의 수거) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물수거의 전부 또는 일부를 그 오염원인자에게 명할 수 있다.

② 제1항에 따라 오염원인자가 해양오염퇴적물을 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 수거계획을 작성하여 해양수산부장관의 승인을 받아야 한다. 승인받은 사항 중 해양수산부령으로 정하는 중요사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

③ 해양수산부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해양오염퇴적물로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위하여 해양오염퇴적물을 수거할 수 있다.

1. 해양오염퇴적물이 발생하여 수거가 필요한 경우로서 국가가 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 경우
2. 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자를 알 수 없거나 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에 의한 수거가 곤란하다고 인정하는 경우로서 긴급한 수거가 필요하다고 시·도지사가 요청하는 경우

④ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우 같은 항 제1호의 경우에는 그 중앙관서의 장과, 같은 항 제2호의 경우에는 시·도지사 및 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자와 수거의 시기, 면적 및 비용 등에 관하여 미리 협의하여야 한다. 이 경우 제3항제2호에 따른 수거

등에 소요되는 비용은 해양수산부령으로 정하는 범위에서 수거를 요청한 지방자치단체에게 부담하게 할 수 있다.

⑤ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항이 포함된 수거계획을 수립하고 이를 고시하여야 한다.

1. 수거 대상 해양오염퇴적물의 소재지
2. 수거의 시기 및 기간
3. 해저퇴적물 오염 방지 조치
4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 사항

⑥ 제3항제2호에 해당하는 경우 수거, 처리 등에 소요된 비용은 해당 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에게 구상(求償)할 수 있다.

제9조(해양오염퇴적물의 수거기준과 방법 등) ① 해양오염퇴적물은 대통령령으로 정하는 수거기준과 방법에 따라 수거하여야 한다.

② 해양오염퇴적물은 제27조제1항제1호에 따른 해양오염퇴적물수거업자에게 위탁하여 수거하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물을 수거하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니 된다.

1. 수거 과정에서 2차 오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산
2. 수거 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 수거, 처리
3. 부적절한 수거로 인한 수거 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치
4. 제10조 제2항 따른 필요한 조치의 지연 또는 미 실시

④ 해양오염퇴적물의 수거와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

***시행령 제○조(수거기준)** 법 제9조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리기준은 해양수산부령으로 정한다.

***시행령 제○조(수거방법)** ① 해양오염퇴적물을 수거하는 과정에서 해양환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 부유물질의 발생 및 확산

을 억제하는 조치를 취하여야 한다.

② 해양오염퇴적물의 수거방법에 관하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제10조(해양오염퇴적물수거의 검증) ① 해양오염퇴적물을 수거하기 위하여 해양오염퇴적물수거업자에게 해양오염퇴적물수거를 위탁하는 경우에는 제22조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물수거검증기관(이하 “검증기관”이라 한다)으로 하여금 수거과정 및 수거완료에 대한 검증을 하게 하여야 한다. 다만, 제7조제2항에 따라 정밀조사를 한 결과 해양오염퇴적물의 규모가 작거나 오염의 농도가 낮은 경우 등 해양오염퇴적물이 대통령령으로 정하는 규모 및 종류에 해당하는 경우에는 수거과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.

② 해양수산부장관은 검증결과에 따라 수거의 정지, 수거방법의 변경 등 필요한 조치를 할 수 있다.

③ 검증기관은 제1항에 따른 검증을 할 때 수거를 하려는 자로부터 검증비용을 받을 수 있다. 이 경우 검증비용의 산정기준에 관하여는 해양수산부령으로 정한다.

④ 제1항에 따른 검증의 절차·내용 및 방법과 그 밖에 검증에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

***시행령 제○조(수거과정 검증의 생략)** 법제10조제1항 단서의 규정에 의하여 해양오염퇴적물의 양이 1,000세제곱미터 미만인 경우에는 수거과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.

제11조(사후관리) ① 해양수산부장관은 수거가 완료한 후에 수거의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

③ 제2항에 따른 조사와 관련한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제3장 해양오염퇴적물의 처리

제12조(해양오염퇴적물의 처리기준과 방법) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 대통령령으로 정하는 기준과 방법을 따라야 한다. 다만, 해양오염퇴적물을 처리하여 제13조의 용도 또는 방법에 따라 재활용 할 수 있는 상태로 만든 물질(이하 “처리 산물”이라 한다)에 대해서는 별도의 처리기준과 방법을 정할 수 있다.

② 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 제27조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물처리업자에게 위탁하여 처리하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니된다.

1. 처리과정에서 2차오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산
2. 처리 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 처리
3. 부적절한 처리로 인한 처리 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치

***시행령 제○조(해양오염퇴적물의 처리기준)** 법 제12조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리기준은 해양수산부령으로 정한다.

***시행령 제○조(해양오염퇴적물의 처리방법)** ① 법 제12조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리방법은 다음 각호와 같다.

1. 해양오염퇴적물을 운반, 보관하는 과정에서 오염물질, 악취 또는 해충이 발생, 누출, 유출 또는 흩날리지 아니하도록 하여야 한다.
2. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생될 수 있는 방류수는 그 방류수를 배출하는 해역의 수질을 저해하지 아니하도록 하여야 한다.
3. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 주민의 생활환경을 저해하지 않도록 악취의 발생을 방지하도록 하여야 한다.
4. 해양오염퇴적물을 적정하게 처리할 수 있는 장소 외의 장소로 운반 하여서는 아니 된다.
5. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 누출되거나 흩날리지 아니하

도록 적정하게 관리하여야 한다.

6. 감량화시설의 설치, 기술개발 및 재활용 등의 방법으로 처분량을 최대한으로 감축하여야 한다.
 7. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생하는 폐기물을 적정하게 처리하여야 한다.
- ② 해양오염퇴적물의 처리기준과 방법에 관하여 그밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

***시행령 제○조(처리방법)** 분리, 세척, 열처리, 고형화, 안정화 등에 대한 기준과 방법 (추가)

제13조(해양오염퇴적물의 재활용) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 재활용하려는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당 하는 용도 또는 방법을 따라야 한다.

1. 해수욕장의 양빈, 습지 조성 및 복원, 인공섬의 조성, 어장개선, 항만시설 또는 어항시설의 공사용 재료
 2. 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 재활용제품 중 환경부령으로 정하는 제품의 제조
 3. 「산업표준화법」 제15조제1항에 따른 인증을 받은 제품의 제조
 4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 기준에 따른 재활용
- ② 제1항 각 호에 따라 재활용하여야 하는 해양오염퇴적물의 종류, 구체적인 재활용 용도 및 방법은 해양수산부령으로 정한다.

제14조(처리시설의 설치·운영) 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 재활용이 가능한 자원을 회수하기 위한 처리시설을 설치·운영할 수 있다.

제15조(신고 등) ① 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 처리하는 해양오염퇴적물의 양과 발생하는 폐기물의 종류, 발생량 및 재활용하는 양 등을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해역관리청에게 신고하여야 한다. 신고한 사항 중 해양수산부령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.

② 제1항에 따른 신고와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제16조(해양오염퇴적물의 해양투기금지 등) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 해양에 투기할 수 없다. 다만, 해양수산부장관은 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 해양수산부령이 정하는 해양오염퇴적물에 한하여 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준과 방법에 따라 투기하게 할 수 있다.

② 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 투기하게 할 수 있는 해양오염퇴적물에 해당하는지 여부를 해양수산부령이 정하는 바에 따라 미리 검사하여야 한다.

③ 해양수산부장관은 제2항에 따른 검사업무를 「해양환경관리법」 제23조제4항에 따라 지정된 전문검사기관에게 대행하게 할 수 있다.

④ 제1항 단서의 규정에 따른 해양오염퇴적물에 대한 투기해역의 신청 및 지정절차 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

***시행규칙 제0조(해양에 투기가능한 해양오염퇴적물의 대상과 처리방법)** ① 법 제16조 제1항에 따라 해양에 투기할 수 있는 대상은 합성로프, 페어구, 플라스틱류, 님마 또는 고무제품 등 이물질이 섞인 물건을 제거한 해양오염퇴적물이다.

② 제1항에 따라 해양오염퇴적물을 해양에 투기하는 경우 다음 각 호와 같은 집중식처리방법으로 하여야 한다.

1. 비중 1.2 이상의 상태로 투기할 것
2. 항해 중에 투기하지 아니할 것

제17조(매립) 해양오염퇴적물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 같은 법 제35조에 따라 공유수면에 매립하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 매립기준과 방법에 따라야 한다.

***시행규칙 제0조(매립기준과 방법)** ① 법 제17조에 따라 해양오염퇴적물을 매립하려는 경우에는 호안시설을 설치하여 해역과 차단하여야 한

다. 다만, 해양오염퇴적물을 선박에 의하여 호안의 안쪽에 배출하는 경우에는 배출을 종료할 때까지 선박의 항해구간에 한하여 호안시설 대신에 오탉방지막을 설치할 수 있다.

② 상등수를 해양으로 배출하는 경우 부유물질이 흘러 나가지 못하도록 하는 시설 또는 설비를 갖추어야 한다.

제18조(고립처분) ① 해양오염퇴적물을 다음 각 호의 방법과 같이 처분하려는 자는 해양수산부령으로 정하는 고립처분기준과 방법을 따라야 한다.

1. 자연적, 인공적으로 만들어진 해저면의 함몰지에 해양오염퇴적물을 넣고 그 위에 오염되지 아니한 물질을 덮는 경우
2. 연안 또는 해양에 구조물을 설치하여 처분하거나 육상에 매립하는 경우
3. 육상의 폐기물처리시설에서 해양오염퇴적물을 처분하는 경우

② 제1항제1호에 따라 처분하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 처분방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.

③ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장관은 처분이 완료된 후에 처분의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

④ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장관은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

⑤ 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 비용, 설계기준, 처분과정에서 발생할 수 있는 환경영향과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제19조(자연정화) ① 해양수산부장관은 오염물질 유입의 차단 등에 의하여 해양오염퇴적물이 자연정화 될 수 있다고 판단하는 경우 해양수산부령이 정하는 대상지역, 기간, 완료기준에 따라 자연정화를 실시할 수 있다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따라 자연정화를 실시하는 경우 해양수산부령이 정하는 감시방법에 따라 정화의 과정 및 완료를 확인하여야

한다.

③ 해양수산부장관은 자연정화를 실시하기 전에 오염물질 유입의 차단을 위하여 지방자치단체장에게 오염물질의 유입금지, 오염방지시설의 설치 등 필요한 조치를 요청할 수 있다. 이 경우 지방자치단체장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

④ 제1항에 따른 자연정화의 기준, 방법과 제2항에 따른 감시방법, 비용 과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제20조(현장피복) ① 누구든지 현장피복하려는 자는 대통령령으로 정하는 현장피복기준과 방법을 따라야 한다.

② 제1항에 따라 현장피복하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 현장피복방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.

③ 해양수산부장관은 현장피복이 완료된 후에 현장피복의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

④ 해양수산부장관은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

⑤ 제1항에 따른 현장피복 기준, 방법 및 비용, 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 절차, 제3항에 따른 효과 검증방법 및 절차 등과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제21조(조치명령) 해양수산부장관은 해양오염퇴적물이 제12조에 따른 처리기준과 방법, 제13조 제1항에 따른 재활용 용도 또는 방법, 제17조에 따른 매립기준과 방법, 제18조에 따른 고립처분기준과 방법 또는 제20조에 따른 현장피복기준과 방법에 맞지 아니하게 처리되면 해양오염퇴적물을 처리한 자에게 기간을 정하여 처리 정지, 처리방법 변경 등 필요한 조치를 명할 수 있다.

제4장 해저퇴적물관련전문기관

제22조(해저퇴적물관련전문기관의 종류 및 지정 등) ① 해저퇴적물관

련전문기관(이하 “전문기관” 이라 한다)은 다음 각호와 같이 구분한다.

1. 오염조사기관 : 제7조에 따른 오염실태조사, 정밀조사 업무를 수행하는 기관

2. 검증기관 : 제10조제1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증업무를 수행하는 기관

② 제1항 각 호의 구분에 따라 전문기관이 되려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 검사시설, 장비 및 기술능력을 갖추어 해양수산부 장관의 지정을 받아야 한다. 지정받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.

③ 제1항에 따른 전문기관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관 중에서 지정한다.

1. 국·공립연구기관

2. 「고등교육법」 제2조제1호에 따른 대학의 부설연구기관

3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 및 「과학기술분야정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따른 정부출연연구기관

4. 특별법에 따라 설립된 특수법인 중 공익 목적의 비영리연구기관

5. 해양수산부 장관의 설립허가를 받은 비영리연구기관

④ 「한국해양과학기술원법」에 따라 설립된 한국해양과학기술원은 전문기관으로 지정된 것으로 본다.

⑤ 전문기관의 조사, 검증 결과에 차이가 있는 경우, 해양수산부 장관은 제4항에 따라 지정된 한국해양과학기술원에게 별도로 조사·검증하게 할 수 있다. 이 경우 한국해양과학기술원장은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 조사·검증한 결과를 해양수산부 장관에게 보고하여야 한다.

⑥ 제5항 본문에 따라 한국해양과학기술원이 조사·검증한 경우 그 결과는 다른 전문기관의 조사·검증 결과에 우선한다.

⑦ 해양수산부 장관은 전문기관을 지정하였을 때에는 지정서를 발급하고, 지정 사실을 공고하여야 한다.

⑧ 전문기관의 준수사항 및 조사·검증비용과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제23조(전문기관의 결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 전문기관으로 지정될 수 없다.

1. 금치산자 또는 한정치산자
2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 사람
3. 제26조에 따라 지정이 취소된 후 2년이 지나지 아니한 자
4. 이 법을 위반하여 징역 이상의 실형을 선고받고 그 집행이 끝나거나(집행이 끝난 것으로 보는 경우를 포함한다) 면제된 날부터 2년이 지나지 아니한 사람
5. 임원 중에 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 사람이 있는 법인

제24조(전문기관 지정서 등의 대여 금지) 전문기관의 지정을 받은 자는 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 그 지정서를 다른 자에게 빌려 주어서는 아니 된다.

제25조(겸업 금지) 전문기관 중 제22조에 따라 전문기관으로 지정된 자는 제27조에 따른 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업(兼業)할 수 없다.

제26조(전문기관의 지정취소 등) ① 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하여야 한다.

1. 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 지정을 받은 경우
 2. 제23조 각 호의 어느 하나에 해당하게 된 경우. 다만, 법인의 임원 중 제23조제5호에 해당하는 사람이 있는 경우에 3개월 이내에 그 임원을 바꾼 경우는 제외한다.
 3. 제25조를 위반하여 제27조에 따른 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업한 경우
- ② 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여

그 업무의 정지를 명할 수 있다.

1. 제22조제2항에 따른 지정기준에 미달하게 된 경우
 2. 제24조를 위반하여 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 지정서를 다른 자에게 빌려준 경우
 3. 고의 또는 중대한 과실로 조사 또는 검증 결과를 거짓으로 작성한 경우
 4. 고의 또는 중대한 과실로 제7조제2항에 따른 정밀조사를 부실하게 하여 제10조제1항 단서에 따른 수거과정에 대한 검증 대상 규모 미만으로 해양오염퇴적물의 규모가 축소되게 한 경우
 5. 업무정지처분 기간에 조사 또는 검증과 관련된 업무를 한 경우
 6. 제22조제2항의 기술능력 지정요건에 해당하는 기술인력이 아닌 사람이 조사 또는 검증하여 그 결과를 통보한 경우
- ③ 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 6개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다.

1. 제10조1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증을 부실하게 하여 해양오염퇴적물을 제9조제1항에 따른 수거기준 이내로 처리되지 아니하게 한 경우
2. 전문기관으로 지정받은 후 2년 이내에 업무를 시작하지 아니하거나 정당한 사유 없이 계속하여 2년 이상 업무 실적이 없는 경우
3. 제22조 제8항에 따른 전문기관의 준수사항을 위반한 경우

제5장 해양오염퇴적물수거업 등

제27조(해양오염퇴적물수거업 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(이하 “해양오염퇴적물수거업등”이라 한다)을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 등록하여야 한다.

1. 해양오염퇴적물수거업 : 해양오염퇴적물의 수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 해양오염퇴적물을 수거하는 사업
2. 해양오염퇴적물처리업 : 해양오염퇴적물의 처리에 필요한 장비 및

설비 또는 선박을 갖추고 해양오염퇴적물을 처리하는 사업

- ② 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해당 분야의 기술능력을 보유하여야 하며, 해양수산부령이 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추어야 한다.
- ③ 제1항의 규정에 따라 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 한 자가 등록한 사항 중 해양수산부령이 정하는 중요한 사항을 변경하려는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 변경등록을 하여야 한다.

***시행령 제○조(해양오염퇴적물수거업등의 등록)** ① 법 제27조제1항에 따른 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 하려는 자는 등록신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 별표 1의 서류(전자문서를 포함한다)를 첨부하여 해양수산부장관에게 제출하여야 한다. 이 경우 해양수산부장관은 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 법인 등기사항증명서(법인인 경우로 한정한다)를 확인하여야 한다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따른 등록 신청이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 제외하고는 등록을 해 주어야 한다.

- 1. 법 제28조 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우
- 2. 별표 2에 따른 해양오염퇴적물수거업자등의 기술능력기준에 미달하는 경우
- 3. 해양수산부령으로 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추지 못한 경우
- 4. 그 밖에 법 및 이 영 또는 다른 법령에 따른 제한에 위반되는 경우

④ 해양수산부장관은 제1항에 따라 해양오염퇴적물수거업등을 등록한 자에게 해양수산부령으로 정하는 등록증을 발급하여야 한다.

***시행령 제○조(해양오염퇴적물수거업등의 기술능력기준)** 법 제27조제2항에 따라 해양오염퇴적물수거업등을 하려는 자의 기술능력기준은 별표 2와 같다.

***시행규칙 제○조(해양오염퇴적물수거업등의 등록기준)** 법 제27조제2항에 따른 해양오염퇴적물수거업등 등록기준은 별표 1과 같다.

제28조(결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 해양오염 퇴적물수거업등의 등록을 할 수 없다.

1. 금치산자 및 한정치산자
2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자
3. 이 법을 위반하여 징역 이상의 형의 선고를 받고 그 형의 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행을 받지 아니하기로 확정된 후 1년이 경과되지 아니한 자
4. 해양오염퇴적물수거업등의 등록이 취소된 후 1년이 경과되지 아니한 자
5. 임원 중에 제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 법인

제29조(해양오염퇴적물수거업자등의 의무) ① 해양오염퇴적물수거업자 등은 해양오염퇴적물의 수거·처리 등에 관한 처리실적서를 작성하여 해양수산부장관에게 제출하여야 하며, 그 처리대장을 작성하고 해당 선박 또는 시설에 비치하여야 한다.

② 해양오염퇴적물수거업자가 해양오염퇴적물을 수거하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양오염퇴적물수거확인증을 작성하고 해당 해양오염퇴적물의 위탁자에게 이를 교부하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물처리업자는 해양투기의 대상이 되는 해양오염퇴적물을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 보관·관리하고, 제16조에 따라 해양오염퇴적물을 해양에 투기하여야 하며, 해양수산부령으로 정하는 해양오염퇴적물인계·인수서를 작성하여 이를 해양수산부장관에게 제출하여야 한다.

④ 제1항 내지 제3항의 규정에 따른 처리실적서·처리대장, 해양오염퇴적물수거확인증 및 해양오염퇴적물인계·인수서의 작성방법·보존기간 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

제30조(위탁해양오염퇴적물의 처리명령 등) 해양수산부장관은 해양오염퇴적물처리업자(휴·폐업한 경우를 포함한다)가 위탁받은 해양오염퇴

적물을 이 법에 따라 처리하지 아니하고 방치하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 그 적정한 처리를 명령할 수 있다.

제31조(권리·의무의 승계) ① 해양오염퇴적물수거업자등이 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 「지방세기본법」에 따른 압류재산의 매각 그 밖에 이에 준하는 절차에 따라 해양오염퇴적물수거업자등의 시설·설비의 전부를 인수한 자는 그 권리·의무를 승계한다.

③ 제1항 및 제2항에 따라 해양오염퇴적물수거업자등의 권리·의무를 승계한 자는 1개월 이내에 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 신고하여야 한다.

④ 제28조의 규정은 제1항 및 제2항의 규정에 따른 승계에 있어 이를 준용한다.

제32조(등록취소 등) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물수거업자등이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 영업정지를 명령할 수 있다. 다만, 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 경우에는 등록을 취소하여야 한다.

1. 제28조 각 호의 어느 하나에 해당하는 때. 다만, 법인의 임원 중 제24조제1호 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. 제29조의 규정에 따른 의무를 위반한 경우
 - 7. 제30조의 규정에 따른 명령에 따르지 아니하거나 거부한 경우
 - 8. 등록 후 1년 이내에 영업을 하지 아니하거나 계속하여 1년 이상 영
업실적이 없는 경우
- ② 제1항의 규정에 따른 행정처분의 세부기준은 그 위반행위의 유형과
정도 등을 참작하여 해양수산부령으로 정한다.

제6장 보칙

제○조(해양오염퇴적물정책위원회) ① 해양수산부장관은 다음 각호의
사항에 대한 심의·자문을 수행하는 해양오염퇴적물정책위원회를 둘 수
있다.

- 1. 해양오염퇴적물 조사결과 평가
 - 2. 해양오염퇴적물 수거·처리 지역 및 물량 등의 선정
 - 3. 해양오염퇴적물 수거·처리 평가(설계, 시공, 검증 포함)
- ② 제1항에 따른 해양오염퇴적물정책위원회는 위원장과 10명 이내의
위원으로 구성한다.
- ③ 제2항에 따른 위원장은 해양수산부장관과 해양수산부장관이 위촉하
는 민간위원 중에서 호선으로 선정된 사람이 공동으로 한다.
- ④ 제1항에 따른 해양오염퇴적물정책위원회의 구성·운영에 관하여 그
밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제○조(연구기관의 설치) ① 국가는 해양오염퇴적물의 효율적이고 적
정한 수거·처리를 위하여 해양오염퇴적물에 관한 연구·조사를 행하는
전문연구기관을 설치할 수 있다.

- ② 제1항에 따른 전문연구기관을 설치하는 경우, 제5조제2항과 제22
조제4항부터 제6항에 따른 한국해양과학기술원의 업무는 전문연구기관
으로 이관한다.

제7장 벌칙

제33조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처한다.

1. 제9조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자
2. 제12조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자
3. 제17조를 위반하여 해양오염퇴적물을 매립한 자
4. 제18조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 고립처분한 자
5. 제20조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 현장피복한 자
6. 제21조에 따른 조치명령을 이행하지 아니한 자

제34조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 2년 이하의 징역 또는 2천만원 이하의 벌금에 처한다.

1. 과실로 제9조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자
2. 제9조제2항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자
3. 제9조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자
4. 과실로 제12조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자
5. 제12조제2항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자
6. 제12조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자
7. 과실로 제17조를 위반하여 해양오염퇴적물을 매립한 자
8. 과실로 제18조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 고립처분한 자
9. 과실로 제20조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 현장피복한 자
10. 제22조제2항에 따른 지정을 받지 아니하고 전문기관의 업무를 한 자
11. 제26조제1항 및 제2항에 따라 지정이 취소된 자가 업무를 하거나 또는 업무정지명령을 받은 자가 업무정지기간 중 업무를 한 자
12. 제27조에 따른 등록을 하지 아니하고 해양오염퇴적물수거업 등을 한 자
13. 제32조에 따라 등록이 취소된 자가 영업을 하거나 또는 영업정지명령을 받은 자가 영업정지기간 중 영업을 한 자

제35조(벌칙) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

1. 제10조제1항을 위반하여 검증기관에 의한 검증을 하게 하지 아니한 자
2. 고의 또는 중대한 과실로 제10조제1항에 따른 검증의 절차, 내용, 방법을 지키지 아니하여 해양오염퇴적물을 제9조에 따른 수거기준 이내로 처리되지 아니하게 한 자.
3. 고의 또는 중대한 과실로 제7조제2항의 정밀조사를 부실하게 하여 제10조 단서에 따른 수거과정에 대한 검증대상의 규모 미만으로 오염 규모가 축소되도록 한 자
4. 제16조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 해양에 투기한 자(같은 항 단서에 따라 투기한 자는 제외한다)
5. 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 전문기관의 지정을 받은 자
6. 제24조를 위반하여 다른 자에게 자기 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 지정서를 다른 자에게 빌려준 자
7. 제30조에 따른 처리명령을 위반한 자

제36조(양벌규정) 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인, 그 밖의 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 제33조부터 제35조까지의 어느 하나에 해당하는 위반행위를 하면 그 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에게도 해당 조문의 벌금형을 과(科)한다. 다만, 법인 또는 개인이 그 위반행위를 방지하기 위하여 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 아니한 경우에는 그러하지 아니하다.

제37조(외국인에 대한 벌칙적용의 특례) ① 외국인에 대하여 제33조 및 제35조의 규정을 적용함에 있어서 고의로 우리나라의 영해 안에서 위반행위를 한 경우를 제외하고는 각 해당 조의 벌금형에 처한다.

② 제1항의 규정에 따른 외국인의 범위에 관하여는 「배타적 경제수역에서의 외국인어업 등에 대한 주권적 권리의 행사에 관한 법률」 제2조의 규정을 적용하고, 외국인에 대한 사법절차에 관하여는 동법 제23조 내지 제25조의 규정을 준용한다.

제38조(과태료) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1천만원 이하의 과태료에 처한다.

1. 제29조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 보관·관리한 자 및 해양오염퇴적물 인계·인수서를 작성하지 아니하거나 거짓으로 작성한 자

2. 제31조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물수거업자등의 권리·의무 승계에 대한 신고를 하지 아니하거나 거짓으로 신고한 자

② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 500만원 이하의 과태료에 처한다.

1. 제30조에 따른 처리명령을 위반한 자

③ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 300만원 이하의 과태료에 처한다.

1. 제22조제2항 후단에 따른 변경지정을 받지 아니한 자

2. 제22조제8항에 따른 준수사항을 지키지 아니한 자

3. 제27조제3항에 따른 변경등록을 하지 아니한 자

④ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 100만원 이하의 과태료에 처한다.

1. 제29조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물인계·인수서를 작성하여 제출하지 아니한 자

부칙

제1조(시행일) 이 법은 공포 후 1년이 경과한 날부터 시행한다.

제2조(다른 법률의 개정) 「해양환경관리법」 일부를 다음과 같이 개정한다.

제18조제1항제3호를 삭제한다.

제18조제 5항 중 “및 오염된 퇴적물의 수거방법”을 삭제한다.

제70조제1항제5호를 삭제한다.

[해양오염퇴적물관리법 시행령 별표 1]

해양오염퇴적물정화업등 등록신청서에 첨부할 서류(법 제27조제1항, 시행령제○조 관련)

업종	첨부서류
해양오염퇴적물수거업	<ol style="list-style-type: none"> 1. 정관(법인인 경우로 한정한다) 2. 선박·설비 및 장비의 명세서 3. 해양수산부장관이 지정한 전문검사기관의 검인증서 4. 기술인력 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류
해양오염퇴적물처리업	<ol style="list-style-type: none"> 1. 정관(법인인 경우로 한정한다) 2. 설비 및 장비 또는 선박의 명세서 3. 기술인력 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류 4. 해양오염퇴적물 정화사업 계획의 개요를 기재한 서류 5. 해양오염퇴적물 정화사업에 필요한 시설, 장치 주변 상황, 대지 경계선 및 해당 시설, 장치의 배치를 나타내는 도면 6. 해양오염퇴적물 정화에 필요한 시설, 장치의 구조를 밝히는 평면도, 입면도, 단면도, 구조도 및 설계 계산서 7. 해양오염퇴적물 정화에 필요한 시설, 장치의 처리 공정도 8. 해양오염퇴적물 정화에 필요한 시설, 장치의 소유권이 있음 (소유권이 없는 경우에는 해당 시설을 사용하는 임차증명)을 증명하는 서류 9. 해양오염퇴적물 정화를 할 수 있는 기술적 능력을 설명하는 서류(관련 사업의 실적을 증명하는 서류) 10. 해양오염퇴적물 정화에 필요한 시설, 장치로부터 발생하는 오·폐수 또는 방류수의 처리 방법 및 처리 공정을 설명하는 서류 11. 해양오염퇴적물 정화에 필요한 시설, 장치로부터 오염물질의 비산, 휘산, 유출을 방지하는 방법 등 필요한 환경관리 계획을 설명하는 서류

[해양오염퇴적물관리법 시행령 별표 2] <제정 2013.00.00>

해양오염퇴적물정화업등의 기술능력 기준(법 제27조제2항 관련)

업종	기술인력	해당분야
해양오염퇴적물 수거업	「국가기술자격법」에 따른 해양환경기사, 해양공학기사, 해양조사산업기사, 잠수산업기사, 토목산업기사, 측량 및 지형공간정보산업기사, 수질환경산업기사 이상의 자격증을 소지한 자 또는 잠수기능사의 자격을 가지고 2년 이상 해당 업무에 근무한 경력이 있는 자 중 1명 이상 보유	해양환경, 해양공학, 해양조사, 대기관리, 수질관리, 토양오염관리, 폐기물처리, 대기환경, 수질환경, 화학공학, 공업화학, 화공안전, 자원, 광산, 측지, 시추, 토목시공, 토목, 소방설비, 비파괴검사, 원자력, 응용지질, 산업위생, 기계공학, 설비공학, 전자공학, 전기공학, 측량 및 지형공간정보 또는 제어계측
해양오염퇴적물 처리업	(1) 박사 또는 기술사 2인 이상	해양환경, 해양공학, 해양조사, 대기관리, 수질관리, 토양오염관리, 폐기물처리, 대기환경, 수질환경, 화학공학, 공업화학, 화공안전, 자원, 광산, 측지, 시추, 토목시공, 토목, 소방설비, 비파괴검사, 원자력, 응용지질, 산업위생, 기계공학, 설비공학, 전자공학, 전기공학, 측량 및 지형공간정보 또는 제어계측
	(2) 「국가기술자격법」에 따른 해양환경기사, 해양공학기사 중 2인 이상	
	(3) 「국가기술자격법」에 따른 해양조사산업기사, 잠수산업기사, 토목산업기사, 측량 및 지형공간정보산업기사, 수질환경산업기사 폐기물처리산업기사 중 2인 이상	
	(4) 「고등교육법」에 의한 대학의 해당 관련 분야 졸업자 또는 이와 동등 이상의 자격이 있는 자 1인 이상	해양학과, 수산학과, 환경학과, 환경공학과, 환경위생과, 화학공학과, 공업화학과, 유기화학과, 생화학과, 발효공학과, 자원공학과, 지질학과, 토목공학과, 해양학과, 생물학과, 식품공학과, 기계공학과, 농학과, 농화학과, 농생물학과, 금속공학과, 물리학과, 물리교육과, 화학과, 설비공학과, 전자공학과, 전기공학과 또는 제어계측공학과

※ 비 고 :

- 1) 박사 또는 기술사는 해당 분야 기사 자격취득후 관련 분야 또는 해당 전문 기술분야에서 5년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.
- 2) 기사는 해당 분야 산업기사 자격취득 후 해양관련분야 또는 해당 전문기술분야에서 4년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.
- 3) 산업기사는 「고등교육법」에 의한 대학의 해당분야를 졸업하고 해양관련분야 또는 전문기술분야에서 3년 이상 종사한 자 및 잠수기능사의 자격을 가지고 2년이상 해당 업무에 근무한 경력이 있는자로 대체할 수 있다.
- 4) 「고등교육법」에 의한 대학의 해당 관련분야 졸업자는 공업계고등학교를 졸업하고 해양관련분야 또는 해당 전문기술분야에서 3년 이상 종사한 자로 대체할 수 있다.

해양오염퇴적물정화업등의 등록기준 (제0조 관련)

1. 해양오염퇴적물수거업

항목		기준			
해양오염퇴적물전용수거선	소유여부	소유	척수	1척	
	성능	양수량: 100m ³ 이상/hr			
	설비	위성항법보정장치	1식		
		밀도계	1식		
		탁도계	1식		
		펌프	진공흡입식 펌프 또는 이와 동등한 성능을 가진 펌프 1식		
	자동수심측정기	2대			
양묘선	소유여부	소유	척수	1척	
	성능	100마력 이상			

비고

1. 해양오염퇴적물 전용수거선이란 해양오염퇴적물 수거작업시 부유물질의 발생으로 인한 환경피해를 최소화할 수 있는 진공흡입식 펌프 또는 이와 동등한 성능을 가진 펌프를 장착한 선박을 말한다.
2. 위성항법보정장치(Differential Global Positioning System)란 해양오염퇴적물 전용수거선의 실시간 위치 및 해양오염퇴적물 프로그램 운용 목적으로 사용되는 시스템을 말한다.
3. 밀도계란 실시간으로 해양오염퇴적물 수거량을 파악할 수 있는 장비로 오염물질배출관에 설치하는 설비를 말한다.
4. 탁도계는 작업 중 부유하는 해양오염퇴적물의 발생 유무를 모니터링 할 수 있는 용도로 설치하는 현장용 탁도 측정장비를 말한다.
5. 자동수심측정기는 해양오염퇴적물 수거 전후를 실시간으로 확인하기 위해 설치하는 장비를 말한다.
6. 양묘선이란 앵커(닻)를 올리거나 내리는 기능을 하는 설비를 갖추고 해양오염퇴적물을 수거하거나 해양오염퇴적물을 수거하는 선박의 원활한 운용을 지원하는 선박을 말한다.

7. 해양오염퇴적물정화업(해양오염퇴적물수거)을 등록하려는 자는 해당 선박·장비 및 설비 등이 해양오염퇴적물수거 등록기준에 적합한지 여부를 선박안전기술공단 또는 한국선급에서 확인을 받아야 한다.
8. 해양오염퇴적물을 수거하는 경우에는 해양오염퇴적물정화업(해양오염퇴적물수거)으로 등록한 해양오염퇴적물 전용수거선을 사용하여야 한다. 다만, 해양오염퇴적물 전용수거선의 운항이 제한(홀수 이하)될 정도로 수심이 낮거나, 다리 등 인공구조물로 인하여 진입이 어렵거나, 해양오염퇴적물의 정화에 필요한 경우 해양오염퇴적물 전용수거선 이외의 장비 또는 공법을 사용할 수 있다. 이 경우 장비 또는 공법은 해양수산부 장관의 승인을 받아야하며, 해양오염퇴적물의 수거 과정에서 환경피해를 최소화 하여야한다.

2. 해양오염퇴적물처리업

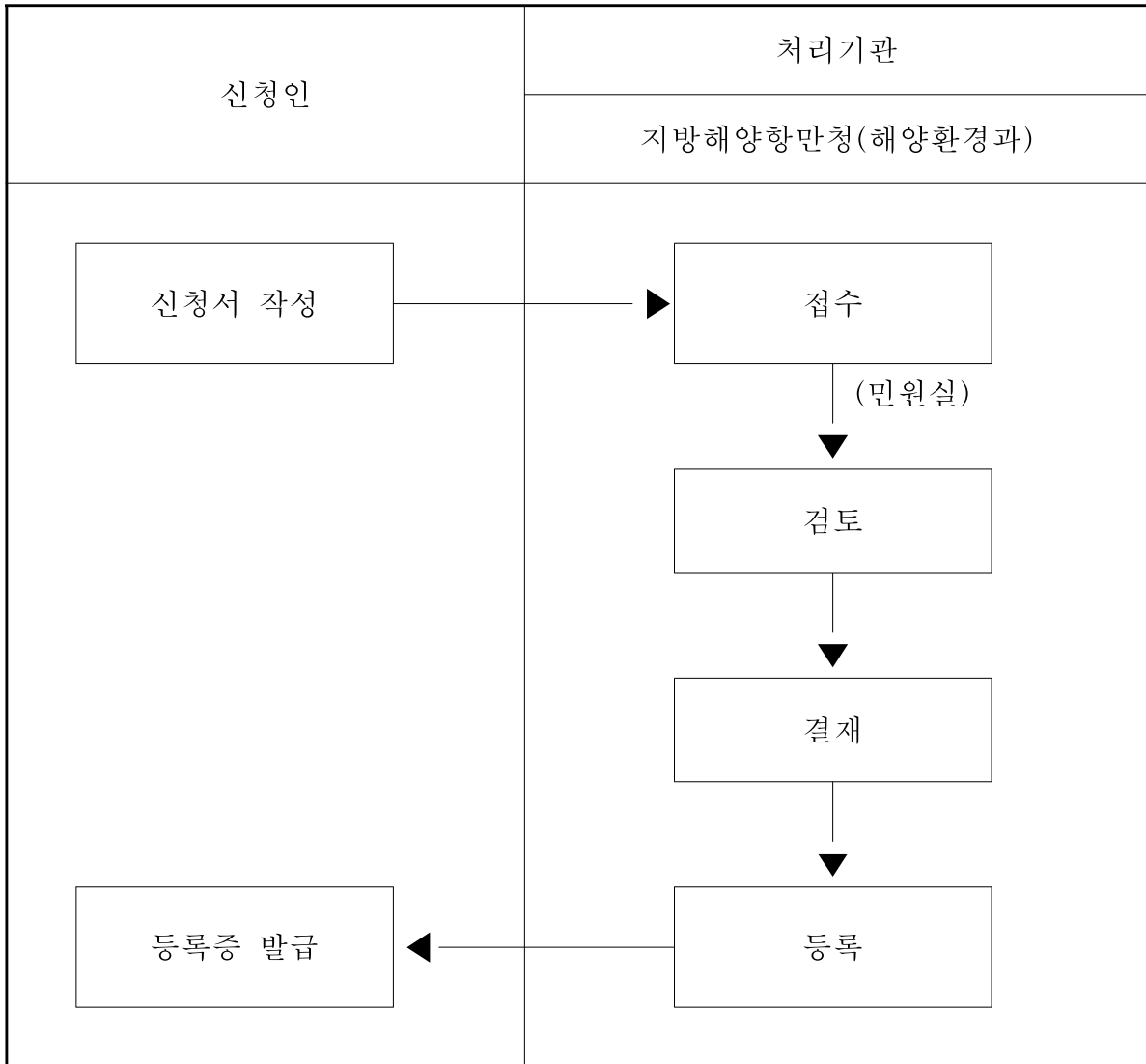
항목		기준
시설, 장비 또는 선박	운반	해양오염퇴적물을 운반하는 장치, 설비, 차량 또는 선박 1대 이상
	보관	해양오염퇴적물을 보관하는 장치, 설비 1대 이상 보관시설 400 제곱미터 이상
	정화	해양오염퇴적물을 정화하는 장치 또는 설비 각 1대 이상, 정화시설 400 제곱미터 이상
	재활용	해양오염퇴적물을 재활용하는 장치, 설비 또는 선박 각 1대 이상
	처분	해양오염퇴적물을 처분하는 장치, 설비 또는 선박 각 1대 이상 (오·폐수 또는 방류수 처리시설 포함)

비고

1. 시설, 장비 또는 선박은 해양오염퇴적물을 운반, 보관하거나, 정화, 재활용 또는 처분에 필요한 시설, 장비, 선박을 말한다.
2. 시설, 장비 또는 선박이 운반, 보관, 정화, 재활용, 처분에 중복되어 사용되는 경우 이를 추가로 갖추지 아니할 수 있다.
3. 시설, 장치 또는 선박을 전용으로 임차한 경우에는 이를 갖추지 아니할 수 있다.

이 신청서는 아래와 같이 처리됩니다.

(뒤쪽)



[해양오염퇴적물관리법(안) 3단 비교표]

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p style="text-align: center;">제1장 총칙</p> <p>제1조(목적) 이 법은 해양오염퇴적물로 인한 국민 건강 및 환경상의 위해를 예방하고, 해양오염퇴적물을 수거·처리하는 등 적정하게 관리하고, 그 재활용을 촉진하여 효율적으로 이용하도록 함으로써 해양환경 및 생태계의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.</p>		
<p>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “해저퇴적물”이란 암석의 풍화와 침식으로 분리된 암석기원 물질이나 생물활동에 의하여 유래된 물질 또는 화학적으로 형성된 고체물질 등이 이동되어 해양이나 하구 등 수역의 바닥에 존재하거나 쌓인 물질을 말한다. 2. “해양오염퇴적물”이란 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 해저퇴적물을 말한다. 3. “수거”란 해양이나 하구 등 해역에서 환경의 개선 등을 목적으로 해저퇴적물을 제거하는 행위를 말한다. 4. “처리”란 해양오염퇴적물의 운반, 보관, 정화, 재활용, 처분을 말한다. 5. “정화”란 물리적·화학적 또는 생물학적 등의 		<p>* 해양환경기준(국토해양부고시 제2011-972호, 2011. 12. 30. 제정)</p>

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>방법으로 해저퇴적물 중의 유해물질을 감소·제거하거나 해양오염퇴적물로 인한 위해를 완화하는 것을 말한다.</p> <p>6. “재활용”이란 해양오염퇴적물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생이용할 수 있는 상태로 만드는 행위를 말한다.</p> <p>7. “처분”이란 해양오염퇴적물을 매립 또는 해양투기하는 등 환경에 노출시키는 행위를 말한다.</p> <p>8. “고립처분”이란 해양오염퇴적물의 위치를 이동시킨 후 피복, 봉쇄 등의 방법으로 오염물질의 잠재적 영향을 차단, 격리하는 것을 말한다.</p> <p>9. “자연정화”란 해양오염퇴적물이 자연과정(오염되지 아니한 퇴적물이 자연축적되거나 오염물질이 자연분해·소멸되어 수계생태계와 분리되는 것을 포함한다)에 의하여 정화되는 것을 말한다</p> <p>10. “현장피복”이란 해양오염퇴적물로 인한 영향을 차단하거나 완화시키기 위하여 해양오염퇴적물 표면에 오염되지 아니한 퇴적물이나 오염물질의 생태계로의 노출을 차단시키는 물질로 덮는 것을 말한다.</p> <p>11. “해역관리청”이란 「해양환경관리법」 제2조 제20호에 따른 해역관리청을 말한다.</p>		
<p>제3조(적용범위) ① 해양오염퇴적물의 수거·처리에 관한 사항은 이 법을 다른 법률에 우선하여 적용하고, 이 법에서 규정되지 아니한 사항은 관계 법률의 규정을 적용한다.</p> <p>② 이 법은 항만개발이나 수로 유지 등 공학적 이용을 목적으로 해저암반이나 해저퇴적물을 수거하</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>는 행위와 그로 인해 수거된 물질에 대하여는 적용하지 아니한다.</p> <p>③ 항만개발이나 수로 유지 등 공학적 이용을 목적으로 수거된 해저암반이나 해저퇴적물이 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 경우에는 제2항에도 불구하고 이 법 해양오염퇴적물의 수거·처리에 관한 규정을 적용한다.</p>		
<p>제4조(해양오염퇴적물 관리의 기본원칙) ① 해양오염퇴적물의 발생과 그로 인한 해양오염을 최대한 방지하여야 한다.</p> <p>② 해양오염퇴적물을 수거, 정화하는 등 적정하게 관리하여야 한다.</p> <p>③ 해양오염퇴적물은 자원으로서의 이용을 촉진하기 위하여 가능한 한 재활용하여야 한다.</p> <p>④ 해양오염퇴적물로 인해 해양 생태계가 파괴·훼손된 경우에는 최대한 복원, 복구되도록 하여야 한다.</p>		
<p>제5조(상시조사) ① 해양수산부장관은 전국적인 해저퇴적물의 오염실태를 파악하기 위하여 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해양오염 등을 상시 조사하여야 한다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항에 따른 조사업무를 「한국해양과학기술원법」에 따라 설립된 한국해양과학기술원에 맡길 수 있다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>제6조(해양오염퇴적물 관리 기본계획의 수립 등)</p> <p>① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물을 적정하게 관리하기 위하여 10년마다 해양오염퇴적물 관리에 관한 기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>② 해양수산부장관은 기본계획을 수립할 때에는 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.</p> <p>③ 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해양오염퇴적물 관리에 관한 시책방향 2. 해양오염퇴적물로 인한 오염 조사에 관한 사항 3. 해저퇴적물 오염의 현황, 진행상황 및 장래예측 4. 해저퇴적물 오염의 방지에 관한 사항 5. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 해양오염퇴적물로 인해 훼손된 해양환경의 복원 및 사후관리에 관한 사항 6. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 관련된 기술의 개발 및 관련 산업의 육성에 관한 사항 7. 오염특성 및 오염지역별 최적 수거·처리방법의 선정에 관한 사항 8. 해양오염퇴적물의 수거, 처리를 위한 기술인력의 교육 및 양성에 관한 사항 9. 해양오염퇴적물의 조사 및 수거, 처리 등을 위한 재원확보에 관한 사항 10. 그 밖에 해양오염퇴적물의 관리에 필요한 사항 		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>제7조(해저퇴적물 오염도 조사) ① 해역관리청은 관할구역 중 해양오염퇴적물로 인한 해양오염이 우려되는 해당 지역에 대하여 오염실태를 조사하여야 한다. 이 경우 시·도지사는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 그가 실시한 오염실태조사의 결과를 해양수산부장관에게 보고하여야 한다.</p> <p>② 해역관리청은 해양환경보전을 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역에 대하여 정밀조사를 할 수 있다.</p> <p>1. 제1항에 따른 오염실태조사의 결과 해양오염퇴적물이 발견된 지역</p> <p>2. 해역관리청이 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물 관리기준을 넘을 가능성이 크다고 인정하는 지역</p> <p>3. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 지역</p> <p>③ 제1항부터 제2항에 따른 오염실태조사 및 정밀조사의 결과는 공개하여야 한다.</p>		
<p style="text-align: center;">제2장 해양오염퇴적물의 수거</p> <p>제8조(해양오염퇴적물의 수거) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물수거의 전부 또는 일부를 그 오염원인자에게 명할 수 있다.</p> <p>② 제1항에 따라 오염원인자가 해양오염퇴적물을 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 수거계획을 작성하여 해양수산부장관의 승인을 받아야 한다. 승인받은 사항 중 해양수산부령으로 정하는 중요사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.</p>		<p>* 해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정(국토해양부고시 제2011-700호, 2011. 11. 30. 제정)</p>

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>③ 해양수산부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해양오염퇴적물로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위하여 해양오염퇴적물을 수거할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해양오염퇴적물이 발생하여 수거가 필요한 경우로서 국가가 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 경우 2. 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자를 알 수 없거나 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에 의한 수거가 곤란하다고 인정하는 경우로서 긴급한 수거가 필요하다고 시·도지사가 요청하는 경우 <p>④ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우 같은 항 제1호의 경우에는 그 중앙관서의 장과, 같은 항 제2호의 경우에는 시·도지사 및 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자와 수거의 시기, 면적 및 비용 등에 관하여 미리 협의하여야 한다. 이 경우 제3항제2호에 따른 수거 등에 소요되는 비용은 해양수산부령으로 정하는 범위에서 수거를 요청한 지방자치단체에게 부담하게 할 수 있다.</p> <p>⑤ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항이 포함된 수거계획을 수립하고 이를 고시하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 수거 대상 해양오염퇴적물의 소재지 2. 수거의 시기 및 기간 3. 해저퇴적물 오염 방지 조치 4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 사항 <p>⑥ 제3항제2호에 해당하는 경우 수거, 처리 등에 소요된 비용은 해당 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에게 구상(求償)할 수 있다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>제9조(해양오염퇴적물의 수거기준과 방법 등) ① 해양오염퇴적물은 대통령령으로 정하는 수거기준과 방법에 따라 수거하여야 한다.</p> <p>② 해양오염퇴적물은 제27조제1항제1호에 따른 해양오염퇴적물수거업자에게 위탁하여 수거하여야 한다.</p> <p>③ 해양오염퇴적물을 수거하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니 된다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 수거 과정에서 2차 오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산 2. 수거 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 수거, 처리 3. 부적절한 수거로 인한 수거 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치 4. 제10조 제2항 따른 필요한 조치의 지연 또는 미 실시 <p>④ 해양오염퇴적물의 수거와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>	<p>제○조(수거기준) 법 제9조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리기준은 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>제○조(수거방법) ① 해양오염퇴적물을 수거하는 과정에서 해양환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 부유물질의 발생 및 확산을 억제하는 조치를 취하여야 한다.</p> <p>② 해양오염퇴적물의 수거방법에 관하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>	<p>*국토해양부고시 제2011-700호</p>
<p>제10조(해양오염퇴적물수거의 검증) ① 해양오염퇴적물을 수거하기 위하여 해양오염퇴적물수거업자에게 해양오염퇴적물수거를 위탁하는 경우에는 제22조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물수거검증기관(이하 “검증기관”이라 한다)으로 하여금 수거과정 및 수거완료에 대한 검증을 하게 하여야 한다. 다만, 제7조제2항에 따라 정밀조사를 한 결과 해양오염퇴적물의 규모가 작거나 오염의 농도</p>	<p>제○조(수거과정 검증의 생략) 법제10조제1항 단서의 규정에 의하여 해양오염퇴적물의 양이 1,000세제곱미터 미만인 경우에는 수거과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.</p>	

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>가 낮은 경우 등 해양오염퇴적물이 대통령령으로 정하는 규모 및 종류에 해당하는 경우에는 수거과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 검증결과에 따라 수거의 정지, 수거방법의 변경 등 필요한 조치를 할 수 있다.</p> <p>③ 검증기관은 제1항에 따른 검증을 할 때 수거를 하려는 자로부터 검증비용을 받을 수 있다. 이 경우 검증비용의 산정기준에 관하여는 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>④ 제1항에 따른 검증의 절차·내용 및 방법과 그 밖에 검증에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제11조(사후관리) ① 해양수산부장관은 수거가 완료한 후에 수거의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>③ 제2항에 따른 조사와 관련한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		<p>* 모니터링 조사항목, 조사정점 및 조사기간 등에 관한 세부사항, 해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정(국토해양부고시 제2011-700호, 2011. 11. 30. 제정) [별표 4]</p>
<p>제3장 해양오염퇴적물의 처리</p> <p>제12조(해양오염퇴적물의 처리기준과 방법) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 대통령</p>	<p>제○조(해양오염퇴적물의 처리기준) 법 제12조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리기준은 해양수산</p>	

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>령으로 정하는 기준과 방법을 따라야 한다. 다만, 해양오염퇴적물을 처리하여 제13조의 용도 또는 방법에 따라 재활용 할 수 있는 상태로 만든 물질(이하 “처리 산물”이라 한다)에 대해서는 별도의 처리기준과 방법을 정할 수 있다.</p> <p>② 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 제27조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물처리업자에게 위탁하여 처리하여야 한다.</p> <p>③ 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니된다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 처리과정에서 2차오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산 2. 처리 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 처리 3. 부적절한 처리로 인한 처리 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치 	<p>부령으로 정한다.</p> <p>제○조(해양오염퇴적물의 처리방법) ① 법 제12조 본문에 따른 해양오염퇴적물의 처리방법은 다음 각호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해양오염퇴적물을 운반, 보관하는 과정에서 오염물질, 악취 또는 해충이 발생, 누출, 유출 또는 흘날리지 아니하도록 하여야 한다. 2. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생될 수 있는 방류수는 그 방류수를 배출하는 해역의 수질을 저해하지 아니하도록 하여야 한다. 3. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 주민의 생활환경을 저해하지 않도록 악취의 발생을 방지하도록 하여야 한다. 4. 해양오염퇴적물을 적정하게 처리할 수 있는 장소 외의 장소로 운반하여서는 아니 된다. 5. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 누출되거나 흘날리지 아니하도록 적정하게 관리하여야 한다. 6. 감량화시설의 설치, 기술개발 및 재활용 등의 방법으로 처분량을 최대한으로 감축하여야 한다. 7. 해양오염퇴적물을 처리하는 과정에서 발생하는 폐기물을 적정하게 처리하여야 한다. <p>② 해양오염퇴적물의 처리기준과 방법에 관하여 그밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p> <p>제○조(처리방법) 분리, 세척, 열처리, 고형화, 안정화 등에 대한 기준과 방법 (추가)</p>	

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>제13조(해양오염퇴적물의 재활용) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 재활용하려는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당 하는 용도 또는 방법을 따라야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해수욕장의 양빈, 습지 조성 및 복원, 인공섬의 조성, 어장개선, 항만시설 또는 어항시설의 공사용 재료 2. 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 재활용제품 중 환경부령으로 정하는 제품의 제조 3. 「산업표준화법」 제15조제1항에 따른 인증을 받은 제품의 제조 4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 기준에 따른 재활용 <p>② 제1항 각 호에 따라 재활용하여야 하는 해양오염퇴적물의 종류, 구체적인 재활용 용도 및 방법은 해양수산부령으로 정한다.</p>		<p>* 수저준설토사 유효활용기준(국토해양부고시 제 2012-338호, 2012. 6. 19. 제정)</p>
<p>제14조(처리시설의 설치·운영) 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 재활용이 가능한 자원을 회수하기 위한 처리시설을 설치·운영할 수 있다.</p>		
<p>제15조(신고 등) ① 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 처리하는 해양오염퇴적물의 양과 발생하는 폐기물의 종류, 발생량 및 재활용하는 양 등을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해역관리청에게 신고하여야 한다. 신고한 사항 중 해양수산부령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>② 제1항에 따른 신고와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제16조(해양오염퇴적물의 해양투기금지 등) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 해양에 투기할 수 없다. 다만, 해양수산부장관은 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 해양수산부령이 정하는 해양오염퇴적물에 한하여 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준과 방법에 따라 투기하게 할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 투기하게 할 수 있는 해양오염퇴적물에 해당하는지 여부를 해양수산부령이 정하는 바에 따라 미리 검사하여야 한다.</p> <p>③ 해양수산부장관은 제2항에 따른 검사업무를 「해양환경관리법」 제23조제4항에 따라 지정된 전문검사기관에게 대행하게 할 수 있다.</p> <p>④ 제1항 단서의 규정에 따른 해양오염퇴적물에 대한 투기해역의 신청 및 지정절차 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		<p>* 해양환경관리법 시행규칙 제12조 제1항 별표 6의 수저준설토사 부분을 시행규칙에 수용</p> <p>제0조(해양에 투기가능한 해양오염퇴적물의 대상과 처리방법) ① 법 제16조 제1항에 따라 해양에 투기할 수 있는 대상은 합성로프, 폐어구, 플라스틱류, 냄마 또는 고무제품 등 이물질이 섞인 물건을 제거한 해양오염퇴적물이다.</p> <p>② 제1항에 따라 해양오염퇴적물을 해양에 투기하는 경우 다음 각 호와 같은 집중식처리방법으로 하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 비중 1.2 이상의 상태로 투기할 것 2. 항해 중에 투기하지 아니할 것
<p>제17조(매립) 해양오염퇴적물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 같은 법 제35조에 따라 공유수면에 매립하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 매립기준과 방법에 따라야 한다.</p>		<p>* 해양환경관리법 시행규칙 제12조 제1항 별표 3의 수저준설토사 부분을 시행규칙에 수용</p> <p>제0조(매립기준과 방법) ① 법 제17조에 따라 해양오염퇴적물을 매립하려는 경우에는 호안시설을 설치하여 해역과 차단하여야 한다. 다만, 해양오염퇴적물을 선박에 의하여 호안의 안쪽에 배출하는</p>

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
		<p>경우에는 배출을 종료할 때까지 선박의 항해구간에 한하여 호안시설 대신에 오타방지막을 설치할 수 있다.</p> <p>② 상등수를 해양으로 배출하는 경우 부유물질이 흘러 나가지 못하도록 하는 시설 또는 설비를 갖추어야 한다.</p>
<p>제18조(고립처분) ①해양오염퇴적물을 다음 각 호의 방법과 같이 처분하려는 자는 해양수산부령으로 정하는 고립처분기준과 방법을 따라야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 자연적, 인공적으로 만들어진 해저면의 함몰지에 해양오염퇴적물을 넣고 그 위에 오염되지 아니한 물질을 덮는 경우 2. 연안 또는 해양에 구조물을 설치하여 처분하거나 육상에 매립하는 경우 3. 육상의 폐기물처리시설에서 해양오염퇴적물을 처분하는 경우 <p>② 제1항제1호에 따라 처분하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 처분방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.</p> <p>③ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장은 처분이 완료된 후에 처분의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.</p> <p>④ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>⑤ 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 비용, 설계기준, 처분과정에서 발생할 수 있는</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>환경영향과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제19조(자연정화) ① 해양수산부장관은 오염물질 유입의 차단 등에 의하여 해양오염퇴적물이 자연정화 될 수 있다고 판단하는 경우 해양수산부령이 정하는 대상지역, 기간, 완료기준에 따라 자연정화를 실시할 수 있다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항에 따라 자연정화를 실시하는 경우 해양수산부령이 정하는 감시방법에 따라 정화의 과정 및 완료를 확인하여야 한다.</p> <p>③ 해양수산부장관은 자연정화를 실시하기 전에 오염물질 유입의 차단을 위하여 지방자치단체장에게 오염물질의 유입금지, 오염방지시설의 설치 등 필요한 조치를 요청할 수 있다. 이 경우 지방자치단체장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.</p> <p>④ 제1항에 따른 자연정화의 기준, 방법과 제2항에 따른 감시방법, 비용 과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제20조(현장피복) ① 누구든지 현장피복하려는 자는 대통령령으로 정하는 현장피복기준과 방법을 따라야 한다.</p> <p>② 제1항에 따라 현장피복하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 현장피복방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.</p> <p>③ 해양수산부장관은 현장피복이 완료된 후에 현장피복의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>한다.</p> <p>④ 해양수산부장관은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>⑤ 제1항에 따른 현장피복 기준, 방법 및 비용, 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 절차, 제3항에 따른 효과 검증방법 및 절차 등과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제21조(조치명령) 해양수산부장관은 해양오염퇴적물이 제12조에 따른 처리기준과 방법, 제13조 제1항에 따른 재활용 용도 또는 방법, 제17조에 따른 매립기준과 방법, 제18조에 따른 고립처분기준과 방법 또는 제20조에 따른 현장피복기준과 방법에 맞지 아니하게 처리되면 해양오염퇴적물을 처리한 자에게 기간을 정하여 처리 정지, 처리방법 변경 등 필요한 조치를 명할 수 있다.</p>		
<p>제4장 해저퇴적물관련전문기관</p> <p>제22조(해저퇴적물관련전문기관의 종류 및 지정 등) ① 해저퇴적물관련전문기관(이하 “전문기관”이라 한다)은 다음 각호와 같이 구분한다.</p> <p>1. 오염조사기관 : 제7조에 따른 오염실태조사, 정밀조사 업무를 수행하는 기관</p> <p>2. 검증기관 : 제10조제1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증업무를 수행하는 기관</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>② 제1항 각 호의 구분에 따라 전문기관이 되려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 검사시설, 장비 및 기술능력을 갖추어 해양수산부장관의 지정을 받아야 한다. 지정받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.</p> <p>③ 제1항에 따른 전문기관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관 중에서 지정한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 국·공립연구기관 2. 「고등교육법」 제2조제1호에 따른 대학의 부설 연구기관 3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 및 「과학기술분야정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따른 정부출연연구기관 4. 특별법에 따라 설립된 특수법인 중 공익 목적의 비영리연구기관 5. 해양수산부장관의 설립허가를 받은 비영리연구기관 <p>④ 「한국해양과학기술원법」에 따라 설립된 한국해양과학기술원은 전문기관으로 지정된 것으로 본다.</p> <p>⑤ 전문기관의 조사, 검증 결과에 차이가 있는 경우, 해양수산부장관은 제4항에 따라 지정된 한국해양과학기술원에게 별도로 조사·검증하게 할 수 있다. 이 경우 한국해양과학기술원장은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 조사·검증한 결과를 해양수산부장관에게 보고하여야 한다.</p> <p>⑥ 제5항 본문에 따라 한국해양과학기술원이 조사·검증한 경우 그 결과는 다른 전문기관의 조사·검증 결과에 우선한다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>⑦ 해양수산부장관은 전문기관을 지정하였을 때에는 지정서를 발급하고, 지정 사실을 공고하여야 한다.</p> <p>⑧ 전문기관의 준수사항 및 조사·검증비용과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제23조(전문기관의 자격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 전문기관으로 지정될 수 없다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 금치산자 또는 한정치산자 2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 사람 3. 제26조에 따라 지정이 취소된 후 2년이 지나지 아니한 자 4. 이 법을 위반하여 징역 이상의 실형을 선고받고 그 집행이 끝나거나(집행이 끝난 것으로 보는 경우를 포함한다) 면제된 날부터 2년이 지나지 아니한 사람 5. 임원 중에 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 사람이 있는 법인 		
<p>제24조(전문기관 지정서 등의 대여 금지) 전문기관의 지정서를 받은 자는 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 그 지정서를 다른 자에게 빌려 주어서는 아니 된다.</p>		
<p>제25조(겸업 금지) 전문기관 중 제22조에 따라 전문기관으로 지정된 자는 제27조에 따른 해양오염</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업(兼業)할 수 없다.</p>		
<p>제26조(전문기관의 지정취소 등) ① 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 지정을 받은 경우 2. 제23조 각 호의 어느 하나에 해당하게 된 경우. 다만, 법인의 임원 중 제23조제5호에 해당하는 사람이 있는 경우에 3개월 이내에 그 임원을 바꾼 경우는 제외한다. 3. 제25조를 위반하여 제27조에 따른 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업한 경우 <p>② 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제22조제2항에 따른 지정기준에 미달하게 된 경우 2. 제24조를 위반하여 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 지정서를 다른 자에게 빌려준 경우 3. 고의 또는 중대한 과실로 조사 또는 검증 결과를 거짓으로 작성한 경우 4. 고의 또는 중대한 과실로 제7조제2항에 따른 정밀조사를 부실하게 하여 제10조제1항 단서에 따 		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>른 수거과정에 대한 검증 대상 규모 미만으로 해양오염퇴적물의 규모가 축소되게 한 경우</p> <p>5. 업무정지처분 기간에 조사 또는 검증과 관련된 업무를 한 경우</p> <p>6. 제22조제2항의 기술능력 지정요건에 해당하는 기술인력이 아닌 사람이 조사 또는 검증하여 그 결과를 통보한 경우</p> <p>③ 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 6개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다.</p> <p>1. 제10조1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증을 부실하게 하여 해양오염퇴적물을 제9조제1항에 따른 수거기준 이내로 처리되지 아니하게 한 경우</p> <p>2. 전문기관으로 지정받은 후 2년 이내에 업무를 시작하지 아니하거나 정당한 사유 없이 계속하여 2년 이상 업무 실적이 없는 경우</p> <p>3. 제22조 제8항에 따른 전문기관의 준수사항을 위반한 경우</p>		
<p>제5장 해양오염퇴적물수거업 등</p> <p>제27조(해양오염퇴적물수거업 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업(이하 “해양오염퇴적물수거업등”이라 한다)을 영위하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 등록하여야 한다.</p> <p>1. 해양오염퇴적물수거업 : 해양오염퇴적물의 수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 해양오염퇴적물을 수거하는 사업</p>	<p>제0조(해양오염퇴적물수거업등의 등록) ① 법 제27조제1항에 따른 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 하려는 자는 등록신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)에 별표 1의 서류(전자문서를 포함한다)를 첨부하여 해양수산부장관에게 제출하여야 한다. 이 경우 해양수산부장관은 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 법인 등기사항증명서(법인인 경우로 한정한다)</p>	<p>제0조(해양오염퇴적물수거업등의 등록기준) 법 제27조제2항에 따른 해양오염퇴적물수거업등 등록기준은 별표 1과 같다.</p>

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>2. 해양오염퇴적물처리업 : 해양오염퇴적물의 처리에 필요한 장비 및 설비 또는 선박을 갖추고 해양오염퇴적물을 처리하는 사업</p> <p>② 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 하려는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 해당 분야의 기술능력을 보유하여야 하며, 해양수산부령이 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추어야 한다.</p> <p>③ 제1항의 규정에 따라 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 한 자가 등록한 사항 중 해양수산부령이 정하는 중요한 사항을 변경하려는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 변경등록을 하여야 한다.</p>	<p>를 확인하여야 한다.</p> <p>② 해양수산부장관은 제1항에 따른 등록 신청이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 제외하고는 등록을 해 주어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 법 제28조 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 2. 별표 2에 따른 해양오염퇴적물수거업자들의 기술능력기준에 미달하는 경우 3. 해양수산부령으로 정하는 선박·장비 및 설비 등을 갖추지 못한 경우 4. 그 밖에 법 및 이 영 또는 다른 법령에 따른 제한에 위반되는 경우 <p>④ 해양수산부장관은 제1항에 따라 해양오염퇴적물수거업등을 등록한 자에게 해양수산부령으로 정하는 등록증을 발급하여야 한다.</p> <p>제○조(해양오염퇴적물수거업등의 기술능력기준) 법 제27조제2항에 따라 해양오염퇴적물수거업등을 하려는 자의 기술능력기준은 별표 2와 같다.</p>	
<p>제28조(결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 해양오염퇴적물수거업등의 등록을 할 수 없다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 금치산자 및 한정치산자 2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자 3. 이 법을 위반하여 징역 이상의 형의 선고를 받고 그 형의 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행을 받지 아니하기로 확정된 후 1년이 경과되지 아니한 자 		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>4. 해양오염퇴적물수거업등의 등록이 취소된 후 1년이 경과되지 아니한 자</p> <p>5. 임원 중에 제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 법인</p>		
<p>제29조(해양오염퇴적물수거업자등의 의무) ① 해양오염퇴적물수거업자등은 해양오염퇴적물의 수거·처리 등에 관한 처리실적서를 작성하여 해양수산부장관에게 제출하여야 하며, 그 처리대장을 작성하고 해당 선박 또는 시설에 비치하여야 한다.</p> <p>② 해양오염퇴적물수거업자가 해양오염퇴적물을 수거하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양오염퇴적물수거확인증을 작성하고 해당 해양오염퇴적물의 위탁자에게 이를 교부하여야 한다.</p> <p>③ 해양오염퇴적물처리업자는 해양투기의 대상이 되는 해양오염퇴적물을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 보관·관리하고, 제16조에 따라 해양오염퇴적물을 해양에 투기하여야 하며, 해양수산부령으로 정하는 해양오염퇴적물인계·인수서를 작성하여 이를 해양수산부장관에게 제출하여야 한다.</p> <p>④ 제1항 내지 제3항의 규정에 따른 처리실적서·처리대장, 해양오염퇴적물수거확인증 및 해양오염퇴적물인계·인수서의 작성방법·보존기간 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p>제30조(위탁해양오염퇴적물의 처리명령 등) 해양수산부장관은 해양오염퇴적물처리업자(휴·폐업한 경우를 포함한다)가 위탁받은 해양오염퇴적물을</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>이 법에 따라 처리하지 아니하고 방치하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 그 적절한 처리를 명령할 수 있다.</p>		
<p>제31조(권리·의무의 승계) ① 해양오염퇴적물수거업자등이 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.</p> <p>② 「민사집행법」에 따른 경매, 「채무자 회생 및 파산에 관한 법률」에 따른 환가(換價) 및 「국세징수법」·「관세법」 또는 「지방세기본법」에 따른 압류재산의 매각 그 밖에 이에 준하는 절차에 따라 해양오염퇴적물수거업자등의 시설·설비의 전부를 인수한 자는 그 권리·의무를 승계한다.</p> <p>③ 제1항 및 제2항에 따라 해양오염퇴적물수거업자등의 권리·의무를 승계한 자는 1개월 이내에 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 신고하여야 한다.</p> <p>④ 제28조의 규정은 제1항 및 제2항의 규정에 따른 승계에 있어 이를 준용한다.</p>		
<p>제32조(등록취소 등) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물수거업자등이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 영업정지를 명령할 수 있다. 다만, 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 경우에는 등록을 취소하여야 한다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>1. 제28조 각 호의 어느 하나에 해당하는 때. 다만, 법인의 임원 중 제24조제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 경우로서 6개월 이내에 그 임원을 바꾸어 임명한 때에는 그러하지 아니하다.</p> <p>2. 거짓 그 밖의 부정한 방법으로 등록을 하거나 변경등록을 한 경우</p> <p>3. 1년에 2회 이상 영업정지처분을 받은 경우</p> <p>4. 영업정지기간 중에 영업을 한 경우</p> <p>5. 정당한 사유 없이 등록한 사항을 이행하지 아니한 경우</p> <p>6. 제29조의 규정에 따른 의무를 위반한 경우</p> <p>7. 제30조의 규정에 따른 명령에 따르지 아니하거나 거부한 경우</p> <p>8. 등록 후 1년 이내에 영업을 하지 아니하거나 계속하여 1년 이상 영업실적이 없는 경우</p> <p>② 제1항의 규정에 따른 행정처분의 세부기준은 그 위반행위의 유형과 정도 등을 참작하여 해양수산부령으로 정한다.</p>		
<p style="text-align: center;">제6장 보칙</p> <p>제○조(해양오염퇴적물정책위원회) ① 해양수산부장관은 다음 각호의 사항에 대한 심의·자문을 수행하는 해양오염퇴적물정책위원회를 둘 수 있다.</p> <p>1. 해양오염퇴적물 조사결과 평가</p> <p>2. 해양오염퇴적물 수거·처리 지역 및 물량 등의 선정</p> <p>3. 해양오염퇴적물 수거·처리 평가(설계, 시공, 검</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>증 포함)</p> <p>② 제1항에 따른 해양오염퇴적물정책위원회는 위원장과 10명 이내의 위원으로 구성한다.</p> <p>③ 제2항에 따른 위원장은 해양수산부장관과 해양수산부장관이 위촉하는 민간위원 중에서 호선으로 선정된 사람이 공동으로 한다.</p> <p>④ 제1항에 따른 해양오염퇴적물정책위원회의 구성·운영에 관하여 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.</p>		
<p>제○조(연구기관의 설치) ① 국가는 해양오염퇴적물의 효율적이고 적절한 수거·처리를 위하여 해양오염퇴적물에 관한 연구·조사를 행하는 전문연구기관을 설치할 수 있다.</p> <p>② 제1항에 따른 전문연구기관을 설치하는 경우, 제5조제2항과 제22조제4항부터 제6항에 따른 한국해양과학기술원의 업무는 전문연구기관으로 이관한다.</p>		
<p style="text-align: center;">제7장 벌칙</p> <p>제33조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제9조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자 2. 제12조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자 		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
3. 제17조를 위반하여 해양오염퇴적물을 매립한 자 4. 제18조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 고립처분한 자 5. 제20조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 현장피복한 자 6. 제21조에 따른 조치명령을 이행하지 아니한 자		
제34조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 2년 이하의 징역 또는 2천만원 이하의 벌금에 처한다. 1. 과실로 제9조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자 2. 제9조제2항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자 3. 제9조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 수거한 자 4. 과실로 제12조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자 5. 제12조제2항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자 6. 제12조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 처리한 자 7. 과실로 제17조를 위반하여 해양오염퇴적물을 매립한 자 8. 과실로 제18조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 고립처분한 자 9. 과실로 제20조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 현장피복한 자		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>10. 제22조제2항에 따른 지정을 받지 아니하고 전문기관의 업무를 한 자</p> <p>11. 제26조제1항 및 제2항에 따라 지정이 취소된 자가 업무를 하거나 또는 업무정지명령을 받은 자가 업무정지기간 중 업무를 한 자</p> <p>12. 제27조에 따른 등록을 하지 아니하고 해양오염퇴적물수거업 등을 한 자</p> <p>13. 제32조에 따라 등록이 취소된 자가 영업을 하거나 또는 영업정지명령을 받은 자가 영업정지기간 중 영업을 한 자</p>		
<p>제35조(벌칙) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.</p> <p>1. 제10조제1항을 위반하여 검증기관에 의한 검증을 하게 하지 아니한 자</p> <p>2. 고의 또는 중대한 과실로 제10조제1항에 따른 검증의 절차, 내용, 방법을 지키지 아니하여 해양오염퇴적물을 제9조에 따른 수거기준 이내로 처리되지 아니하게 한 자.</p> <p>3. 고의 또는 중대한 과실로 제7조제2항의 정밀조사를 부실하게 하여 제10조 단서에 따른 수거과정에 대한 검증대상의 규모 미만으로 오염 규모가 축소되도록 한 자</p> <p>4. 제16조제1항을 위반하여 해양오염퇴적물을 해양에 투기한 자(같은 항 단서에 따라 투기한 자는 제외한다)</p> <p>5. 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 전문기관의 지정을 받은 자</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>6. 제24조를 위반하여 다른 자에게 자기 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 지정서를 다른 자에게 빌려준 자</p> <p>7. 제30조에 따른 처리명령을 위반한 자</p>		
<p>제36조(양벌규정) 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인, 그 밖의 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 제33조부터 제35조까지의 어느 하나에 해당하는 위반행위를 하면 그 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에게도 해당 조문의 벌금형을 과(科)한다. 다만, 법인 또는 개인이 그 위반행위를 방지하기 위하여 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 아니한 경우에는 그러하지 아니하다.</p>		
<p>제37조(외국인에 대한 벌칙적용의 특례) ① 외국인에 대하여 제33조 및 제35조의 규정을 적용함에 있어서 고의로 우리나라의 영해 안에서 위반행위를 한 경우를 제외하고는 각 해당 조의 벌금형에 처한다.</p> <p>② 제1항의 규정에 따른 외국인의 범위에 관하여는 「배타적 경제수역에서의 외국인어업 등에 대한 주권적 권리의 행사에 관한 법률」 제2조의 규정을 적용하고, 외국인에 대한 사법절차에 관하여는 동법 제23조 내지 제25조의 규정을 준용한다.</p>		
<p>제38조(과태료) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>당하는 자는 1천만원 이하의 과태료에 처한다.</p> <p>1. 제29조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물을 보관·관리한 자 및 해양오염퇴적물 인계·인수서를 작성하지 아니하거나 거짓으로 작성한 자</p> <p>2. 제31조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물수거업자등의 권리·의무 승계에 대한 신고를 하지 아니하거나 거짓으로 신고한 자</p> <p>②다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 500만원 이하의 과태료에 처한다.</p> <p>1. 제30조에 따른 처리명령을 위반한 자</p> <p>③ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 300만원 이하의 과태료에 처한다.</p> <p>1. 제22조제2항 후단에 따른 변경지정을 받지 아니한 자</p> <p>2. 제22조제8항에 따른 준수사항을 지키지 아니한 자</p> <p>3. 제27조제3항에 따른 변경등록을 하지 아니한 자</p> <p>④ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 100만원 이하의 과태료에 처한다.</p> <p>1. 제29조제3항을 위반하여 해양오염퇴적물인계·인수서를 작성하여 제출하지 아니한 자</p>		
<p style="text-align: center;">부칙</p> <p>제1조(시행일) 이 법은 공포 후 1년이 경과한 날부터 시행한다.</p>		

해양오염퇴적물관리법	해양오염퇴적물관리법 시행령	해양오염퇴적물관리법 시행규칙
<p>제2조(다른 법률의 개정) 「해양환경관리법」 일부를 다음과 같이 개정한다.</p> <p>제18조제1항제3호를 삭제한다.</p> <p>제18조제 5항 중 “및 오염된 퇴적물의 수거방법”을 삭제한다.</p> <p>제70조제1항제5호를 삭제한다.</p>		

해양오염퇴적물관리법 제7조, 제10조, 제11조 및 제21조의 규정에 따라 해양오염퇴적물 조사 및 정화 범위 등에 관한 규정을 다음과 같이 제정·고시합니다.

2013년 00월 00일

해양수산부장관

해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 「해양환경관리법」 제6조, 제7조, 제9조 및 제11조에 따라 해양관리청이 해양오염퇴적물에 대하여 조사, 타당성조사, 위해성평가, 해양오염퇴적물 정화의 검증, 사후관리를 할 때 그 절차나 기준 등을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “정화사업”이란 해양오염을 방지하고, 해양환경의 개선을 위하여 실시하는 다음 각 목의 사업을 말한다.
 - 가. 오염 우려 해역에 대한 타당성조사, 사업 대상해역에 대한 실시설계 및 모니터링
 - 나. 해양오염퇴적물의 수거, 처리 등
2. “정화 범위”란 정화사업을 수행할 면적 또는 부피를 말한다.
3. “평가점수”란 해저퇴적물의 평가대상 항목별로 오염도를 평가하기 위하여 규정된 기준농도로부터 산출된 수치를 말한다.
4. “정화지수(CI: Cleanup Index)”란 정화·복원사업 해역에서 해양오염퇴적물의 수거를 포함한 정화·복원 범위를 설정하기 위하여 관련 항목들의 평가점수를 합산하여 산출한 수치를 말하며 다음과 같이 구분한다.
 - 가. 유해화학물질 정화지수(CI_{HC}) : 별표 2에서 규정된 유해화학물질 관련 항목

들로부터 산출된 해양오염퇴적물 정화지수

나. 부영양화 정화지수(CI_{ET}) : 별표 3에서 규정된 부영양화 관련 항목들로부터 산출된 해양오염퇴적물 정화지수

제3조(시료채취 및 분석방법) 시료채취 및 분석방법은 「해양환경관리법」(이하 “법”이라 한다) 제10조에 따라 장관이 고시하는 「해양환경공정시험기준」에 따르되 이 고시에서 정하지 않은 사항은 조사목적에 적합하게 국제적으로 통용되는 수준의 시험방법에 따르며 이 경우 측정분석 방법을 반드시 명기하여야 한다.

제2장 정화사업 시행절차 등

제4조(정화사업의 구분) 정화사업은 오염도에 대한 타당성 조사(이하 “타당성 조사”라 한다), 실시설계, 시공 및 모니터링으로 구분하여 시행한다.

제5조(해역관리청의 역할) 정화사업 시행과 관련하여 해양오염퇴적물관리법 제2조 제11호에 규정된 해역관리청의 역할과 기능은 다음 각 호와 같다.

1. 장관은 다음 각 목의 역할을 수행한다.

가. 해양오염퇴적물 처리방안 마련 및 기술 개발

나. 지방청장의 타당성 조사 요청에 따른 검토

다. 타당성조사 결과에 따른 추진방안 확정

라. 소요재원의 확보(지자체 지원 예산을 포함한다)

2. 지방청장은 다음 각 목의 사업을 수행한다.

가. 해양오염퇴적물관리법 제7조제71항 및 같은 법 시행령(이하 “시행령”이라 한다) 제0조에 따른 관할해역의 타당성 조사

나. 해양오염퇴적물관리법 제8조 내지 제20조 및 같은 법 시행령(이하 “시행령”이라 한다) 제0조에 따른 정화사업의 시행

다. 시·도지사의 타당성 조사 요청에 따른 검토 후 장관에게 보고

3. 시·도지사는 다음 각 목의 사업을 수행한다.

가. 관할해역에서 오염된 것으로 의심되는 해역에 대한 타당성 조사를 지방청장에게 요청

나. 해양오염퇴적물관리법 제7조제1항 및 같은 법 시행령(이하 "시행령"이라 한다) 제0조에 따른 관할해역의 타당성 조사

다. 해양오염퇴적물관리법 제8조 내지 제20조 및 같은 법 시행령(이하 "시행령"이라 한다) 제0조에 따른 정화사업의 시행

제6조(타당성 조사) ① 타당성조사 시행을 위한 절차는 별표 1과 같다.

② 타당성 조사에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.

1. 지구물리 조사, 해저퇴적물 조사
2. 해저퇴적물 주요오염물질 조사 및 오염평가
3. 주요 오염원 조사 및 오염원차단 방안
4. 정화·복원 타당성 검토 및 대상물량 기초산정
5. 수거퇴적물 처분대안(대안별 추정사업비 포함한다) 및 정화·복원사업 시행조건

제7조(기술심의위원회 구성·운영) ① 해양오염퇴적물관리법 제0조에 따른 기술심의위원회는 위원장을 포함한 10명 이내의 위원으로 구성하며 해당 분야 전문위원 7명 이상을 포함하여야 한다.

② 기술심의위원장은 해양환경정책관으로 한다.

③ 기술심의위원회의 기능은 다음 각 호와 같다.

1. 정화사업 시행과 관련한 중요정책 결정
2. 해양오염퇴적물관리법 제7조에 따른 조사 및 제6조에 따른 타당성조사 결과(추진방안을 포함한다) 분석, 제10조제4항에 따른 정화 범위의 설정
3. 실시설계, 정화의 검증 및 모니터링 등 조사·평가 결과 심의
4. 그 밖에 기술심의위원장이 자문을 요구하는 사항

제3장 정화 범위 설정

제8조(유해화학물질 관련 정화 범위) ① 해역관리청은 해저퇴적물에 존재하는 유해화학물질이 해양생물에 축적되어 해양생물의 성장을 저해하거나, 먹이사슬을 통하여 수산물의 가치를 저하시키거나, 해수나 해저면과 접

축하여 국민 건강에 위해를 끼칠 우려가 있는 해역에 대하여 유해화학물질로 인한 영향을 평가한다.

- ② 유해화학물질 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수는 별표 2와 같으며 유해화학물질 정화·복원지수는 산출된 평가항목들의 평가점수들을 합산한 값으로 한다.
- ③ 정화 범위는 유해화학물질 정화지수(CI_{HC})가 2 이상인 구역으로 한다.
- ④ 제3항에도 불구하고 「항만법」 제2조제4호에 따른 항만구역 중 해상구역과 「어촌·어항법」 제2조제4호에 따른 어항구역의 수역은 정화지수가 4 이상인 구역을 정화 범위로 설정할 수 있다. 다만, 이 경우에도 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 그러지 아니한다.
 1. 해양환경관리법 시행령 제34조 별표 4에 따른 해양공간 중 해수욕장 및 먼허수면
 2. 「항만법」 제2조제5호라목 항만친수시설에 인접한 해역
 3. 「어촌·어항법」 제2조제5호나목 기능시설 중 수산물유통·판매·보관시설을 위한 인·배수시설, 종묘생산시설, 종묘배양장 등 수산자원 육성시설, 같은 호 다목 어항편익시설 등 국민건강과 밀접하게 관련된 인접해역

제9조(부영양화 관련 정화 범위) ① 해저퇴적물에 유기물이 축적되어 수질저하, 적조, 빈산소 수괴 및 악취 등이 빈번하게 나타나는 해역은 부영양화에 의한 영향을 평가한다.

- ② 부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수는 별표 3과 같으며 부영양화 정화지수는 산출된 평가항목들의 평가점수들을 합산한 값으로 한다.
- ③ 정화·복원 범위는 부영양화 정화지수(CI_{ET})가 6 이상인 구역으로 한다.
- ④ 정화·복원사업은 시행 이전에 정화·복원사업을 통한 해양환경개선 효과를 수질모형을 써서 예측하여야 하고, 그 예측결과가 해양환경 개선에 효과적인 것으로 판정된 경우에 실시할 수 있다. 이 경우 사용하는 수질모형은 정화사업 시행 전후의 수질변화를 재현할 수 있어야 한다.

제10조(정화 범위의 설정) ① 유해화학물질 정화지수로 산정된 정화 범위가 부영양화 정화지수로 산정된 범위를 초과할 경우, 그 초과된 범위를 포함하

여 정화 범위를 설정할 수 있다.

- ② 부영양화 관련 정화 범위는 제10조제1항의 평가에 따라 해역별 해양환경개선 목적에 맞게 설정한다.

제4장 모니터링

제11조(목적) 해역관리청은 정화사업 전후의 해양환경변화를 정확히 파악하고, 효과를 관리하기 위하여 모니터링을 실시하여야 한다.

제12조(조사항목 등) 모니터링의 조사항목, 조사정점 선정 및 조사시기 등에 관한 세부적인 사항은 별표 4와 같다.

제13조(조사기간) ① 모니터링은 정화사업의 착수 이전, 사업시행 기간 중, 사업완료 이후로 구분하여 시행한다.

- ② 사업완료 이후 모니터링은 5년간 수행하는 것을 원칙으로 한다. 단, 3년간의 모니터링을 수행한 결과 더 이상의 오염이 진행되지 않는 것이 확인된 경우 나머지 기간에 대한 모니터링을 생략할 수 있다.

제14조(조사결과 평가) ① 조사결과에 근거하여 해역관리청은 정화사업을 평가하고 그 기록을 보존하여야 한다.

- ② 조사결과 정화사업의 성과가 미진하거나 개선할 필요가 있을 경우 해역관리청은 그에 따른 필요한 조치를 하여야 한다.

제5장 해양오염퇴적물수거의 검증

제16조(조사항목 등) 해양오염퇴적물수거의 검증 시 조사항목, 조사정점 선정 및 조사시기 등에 관한 세부적인 사항은 별표 4의 해저퇴적물에 따른다. 다만, 해양오염퇴적물 수거 물량의 검증은 수거 전, 후의 수심측정 결과에 따른다. 수거 전, 후의 수심측정 결과를 이용할 수 있을 경우, 수심측정을 다시 하지 아니한다.

제6장 보칙

제17조(재검토기한) 이 고시는 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 훈령을 발령한 후의 법령이나 현실여

건의 변화 등을 검토하여야 하는 기한은 0000년 00월 00일까지로 한다.

부 칙

제1조(시행일)이 고시는 고시한 날로부터 시행한다.

제2조(다른 고시의 폐지)국토해양부 고시 제2011-700호는 폐지한다.

[별표 1]

정화사업 시행 관련 타당성조사 절차

(제6조제1항 관련)

구 분	해역관리청(국가)	해역관리청(시·도지사)
<p>①오염도 조사요구</p>	<p>① 지방청장(타당성조사 검토) 1. 관할해역 오염도 분석 2. 지역주민 등 의견수렴 3. 추진여건 분석 * 매년 1월말까지 제출</p> <p>↓(보고)</p> <p>② 장관 1. 오염도 조사시행 여부 결정 2. 재원확보</p>	<p>① 지자체 1. 관할해역 오염도 분석 2. 지역주민 등 의견수렴 3. 추진여건 분석 * 매년 10월까지 지방청장에게 제출</p> <p>↓(타당성 조사요구)</p> <p>② 지방청장 * 지자체 요구사항 검토 * 검토결과를 매년 1월말까지 제출</p> <p>↓(보고)</p> <p>③ 장관 1. 오염도 조사시행 여부 결정 2. 재원확보</p>
<p>②조사 시행 및 조치</p>	<p>③ 지방청장 1. 조사시행 2. 조사결과 최종 검토·보고</p> <p>↓(보고)</p> <p>④ 장관 1. 자문회의 개최(필요 시) 2. 추진방안 확정 3. 재원확보</p>	<p>④ 지방청장 1. 조사시행 2. 조사결과 최종 검토·보고</p> <p>↓(보고)</p> <p>⑤ 장관 1. 자문회의 개최(필요 시) 2. 추진방안 확정 3. 재원확보 * 국고보조율 등 (재정당국 협의)</p>

[별표 2]

유해화학물질 관련 평가항목, 기준농도 및 산출방식

(제8조제2항 관련)

항 목	단 위	기준1	기준2	비고
비소(As)	ppm(건중량)	9.0	41.6	공통
카드뮴(Cd)	"	0.68	4.21	"
크롬(Cr)	"	80	370	"
구리(Cu)	"	24	108	"
수은(Hg)	"	0.15	1.0	"
니켈(Ni)	"	23	52	"
납(Pb)	"	50	220	"
아연(Zn)	"	200	410	"
폴리클로리네이티드비페닐(PCBs)	ppb(건중량)	21.6	189	"
다환방향족탄화수소(PAHs)	"	4,000	45,000	"
클로로데인(Chlordane)	"	0.5	6.0	선택
다이엘드린(Dieldrin)	"	0.02	8.0	"
디디티(DDT)	"	1.6	46	"
유기주석화합물(TBT)	"	5.0	105	"

비고

1. 유기염소계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT)은 주변의 농경지 등으로부터 이들의 과다한 유입 가능성이 제기되는 해역에 한하여 포함하며, 유해방오도로 성분에 해당되는 유기주석화합물(TBT)은 선박건조 등으로 인하여 해저퇴적물에 유기주석화합물의 축적으로 인한 영향이 문제가 될 수 있는 해역에 한하여 평가항목에 포함한다.
2. 유해화학물질 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준 1과 기준 2의 기준농도를 이용하여 다음과 같이 산출한다.
 - 가. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 1 이하의 농도범위를 가진 항목은 항목별 평가점수를 0으로 한다.
 - 나. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 2와 동일한 농도를 가진 항목은 항목별 평가점수를 1로 한다.
 - 다. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 1 이상이면서 기준 2 미만의 농도범위를 가진 항목에 대한 평가점수는 분석치에서 기준 1의 농도를 뺀 값을 기준 2의 농도에서 기준 1의 농도를 빼준 값을 나눈 값 $[(\text{분석치} - \text{기준 1의 농도}) \div (\text{기준 2의 농도} - \text{기준 1의 농도})]$ 으로 한다
 - 라. 해저퇴적물시료에서 구한 분석치가 기준 2 이상인 항목들에 대한 평가점수는 분석치를 기준 2의 농도로 나눈 값 $(\text{분석치} \div \text{기준 2의 농도})$ 으로 한다.

[별표 3]

부영양화 관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수

(제9조제2항 관련)

항 목	단위	기준농도	평가점수
강열감량 (IL)	% (건중량)	5 미만	0
		15 미만	3
		15 이상	6
화학적산소요구량 (COD)	mg/g (건중량)	13 미만	0
		20 미만	1
		30 미만	2
		40 미만	4
		40 이상	6
산취발성황화물 (AVS)	mg/g (건중량)	0.6 미만	0
		1 미만	1
		5 미만	2
		10 미만	4
		10 이상	6
<p>비고</p> <p>1. 부영양화 관련 항목들에 대한 각각의 평가점수는 해저퇴적물시료에서 구한 항목들의 분석치로부터 기준농도 구간별 설정된 수치로 한다.</p>			

[별표 4]

모니터링 조사항목, 조사정점 및 조사기간 등에 관한 세부사항
(제12조 관련)

구분	내 용
1.조사항목	<p>가. 해수</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반항목 : 수온, 염분, pH, DO, COD, TN, DIN (NO₂-N, NH₄-N, NO₃-N), TP, DIP (PO₄-P), SiO₂-Si, SS, 투명도, 클로로필-a ○ 유해화학물질 관련 항목 : 정화사업해역의 퇴적물에서 제9조제2항 관련 [별표 2] 에서 규정된 기준 2 이상의 농도가 발견된 항목 <p>나. 해저퇴적물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반항목 : 강열감량(IL), COD, 산취발성 황화물(AVS), 입도 ○ 유해화학물질 관련 항목 : 정화사업해역의 표층 퇴적물에서 제9조제2항 관련 [별표 2] 에서 규정된 기준 1 이상의 농도가 발견된 항목들로 한다. 다만, 크롬(Cr), 구리(Cu), 카드뮴(Cd), 아연(Zn), 비소(As), 납(Pb), 수은(Hg), 니켈(Ni) 중 1 항목이라도 그 농도가 기준1 이상일 경우, 이들 항목 전부와 알루미늄(Al)을 포함한다. <p>다. 해양생물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생물독성 : 단각류 치사율, 마이크로톡스(Microtox) 발광율, 성계 수정율 ○ 저서생물서식환경 : 저서생물군집, 저서생물현존량 ○ 유해화학물질 생물농축 : 정화사업해역의 퇴적물이 제9조제2항 관련 [별표 2]에서 규정된 기준2 이상의 농도를 포함하고 있는 항목들에 한하며, 주요 어·패류 수산물 식용부위로 한다.
2.조사정점	<p>가. 해수</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당연도 사업구역 및 총 사업구역을 포함하여 5개 이상 <p>나. 해저퇴적물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당연도 사업구역에서 최소한 3개의 격자형 조사정점을 포함하여

구분	내 용
	<p>총 사업구역에서 500m 이하의 간격으로 조사정점을 선정하며, 사업구역 바깥의 대조정점을 1개 이상 포함</p> <p>다. 해양생물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생물독성 : 해저퇴적물 조사정점들 중에서 대조정점을 포함하여 최소한 5개 이상 ○ 저서생물서식환경 : 총 사업구역과 대조정점을 포함하여 최소한 5개 이상 ○ 유해화학물질 생물농축 : 사업으로 인하여 영향을 받을 수 있는 해역에 양식장이나 보호하여야 할 어장 등이 존재하는 경우, 각각 1개 이상의 적절한 조사정점을 선정
3.조사시기	<p>가. 해수</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 계절별 변화를 파악할 수 있도록 년 4회 실시 <p>나. 해저퇴적물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당연도 사업이 종료된 이후, 년 1회 실시 <p>다. 해양생물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생물독성 : 해당연도 사업이 종료된 이후, 년 1회 실시 ○ 저서생물서식환경 : 사업시행전과 전체 사업 종료후 년 1회 실시 ○ 유해화학물질 생물농축 : 년 1회 실시
<p>비고</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해수는 표·저층을 조사를 원칙으로 하며, 단, 클로로필-a 및 유해화학물질 관련 항목은 표층 조사만 실시 2. 해저퇴적물은 표층퇴적물 조사를 원칙으로 하며, 평가항목들의 수직변화를 파악할 필요가 있는 경우 주상퇴적물에 대하여 조사를 실시 3. 생물독성은 표층퇴적물 시료를 대상으로 조사를 실시 	

해양오염퇴적물관리법 제8조의 규정에 따라 해양오염퇴적물 수거, 처리 등에 관한 규정을 다음과 같이 제정·고시합니다.

2013년 00월 00일

해양수산부장관

해역 유형 및 오염도에 따른 정화공법 선정 의사결정 규정

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 해양오염퇴적물관리법 제7조, 제8조 및 제11조에 따른 해양오염퇴적물을 수거하거나, 처리하는 등 해양오염퇴적물 정화사업에서 적합한 공법을 선정 할 때 그 절차나 기준 등을 정함을 목적으로 한다.

제2장 정화공법 선정 절차 등

제2조(전제 조건) 해양오염퇴적물 정화사업을 실시하기 위해서는 다음 조건에 적합하여야 한다.

1. 우려지역 오염 현황을 정확하게 조사, 평가하여 대상 범위 및 물량을 산정
2. 대상 지역 오염 방지 및 오염원 관리 조치 실시
3. 오염원 관리 조치 후 더 이상의 오염물질 유입되지 아니할 경우, 정화사업 의사 결정

제3조(대상 지역 및 퇴적물 특성 평가) 정화·복원사업 대상 지역 및 퇴적물 특성 평가는 다음 절차에 의한다.

1. 대상 지역 평가
 - 가. 대상 지역 오염이 퇴적물 오염에 기인한 것인지, 오염된 퇴적물을 제거할 경우, 환경이 개선될 것인지를 기존 자료와 모델을 사용하여 평가
 - 나. 퇴적물 및 오염물질의 소멸과 이동을 평가
 - 다. 인간의 건강과 생태계에 미치는 영향을 평가
 - 라. 오염원 제어의 효율성과 필요성을 평가

- 마. 잠재적인 정화·복원의 가능성을 평가
 - 바. 정화·복원에 앞서서 조건과 계획을 사전 검토
 - 사. 정화·복원사업 후 평가 방안 계획
2. 퇴적물 특성 평가
- 가. 오염원(주요 오염물질) 및 조사정점
 - 나. 수계로의 접근
 - 다. 해역의 이용목적
 - 라. 주변 인프라
 - 마. 운송/처리 부지
 - 바. 수심
 - 사. 해저지형
 - 아. 수리학
 - 자. 기반암/경질 퇴적층
 - 차. 해안선 안정도
 - 카. 협잡물의 존재 여부
 - 타. 계절적인 준설 제약과 생물 서식 고려
 - 파. 겨울철 결빙 조건
 - 하. 주위 수질 및 대기질

제4조(정화 목적 및 수준 설정) ① 대상 지역 정화사업의 목적을 구체적으로 설정하여야 한다.

② 대상 퇴적물의 오염을 어느 정도 수준으로 저감 또는 관리할 것인지 정화 수준을 설정하여야 한다.

제5조(정화공법 선정) ① 정화공법은 다음 각 호 중 하나 또는 여러 공법을 선정할 수 있다.

1. 자연정화방법
 2. 현장피복방법
 3. 수거
- ② 자연정화방법을 선정하는 절차는 별표 1과 같다.
- ③ 현장피복방법을 선정하는 절차는 별표 2와 같다.
- ④ 수거는 제2항 및 제3항에 따른 공법 선정이 적합하지 아니하는 경우 선정할 수 있다.
1. 해양오염퇴적물을 수거하기 위해서는 정화사업 의사결정 전에 수거 예정 해양오염퇴적물의 처리(정화, 재활용, 처분) 방안을 선정하여야 한다

제6조(수거 공법 선정) ① 정화공법으로서 수거를 선정할 경우, 적합한 공법(장비)를 선정하는 절차는 표 3과 같다.

② 수거 해양오염퇴적물의 처리는 재활용 등 처분 시 관련 환경기준에 대응할 수 있는 처리 공법(장치)를 사용하여야 한다.

제7조(처리 공법 선정) ① 해양오염퇴적물관리법 제11조에 따라 수거된 해양오염퇴적물을 처리할 경우, 그 처리 공법은 다음 각 호 중 하나 또는 여러 공법을 선정할 수 있다.

1. 물리적, 화학적 또는 생물학적으로 오염물질을 처리
2. 오염물질을 고형화, 안정화 등 처리
3. 오염물질을 열분해 등 열적으로 처리
4. 그 밖에 해양오염퇴적물의 처리에 필요한 공법으로서 해양수산부령으로 정하는 처리 공법

② 제1항 각호에 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.

[별표 1]

자연정화방법 선정 절차

(제5조제2항 관련)

다음 제한 조건에 해당되지 아니할 경우 자연정화방법을 선정할 수 있다.

1. 중금속 등 유해화학물질의 오염도가 높아서 자연의 자정작용으로 정화시키기 곤란한 경우
(예: 전체 대상 구역 중 퇴적물의 유해화학물질정화지수(CI_{HC})가 2 이상인 구역이 50% 이상)
2. 지역주민의 생활환경과 직접 관련 되는 지역
(예: 대상 해역 인근에 주거지역, 수변구역, 횃집 또는 어시장 등 상업시설 존재)
3. 대상 해역에 직접 영향을 미칠 수 있는 산업시설 등 오염원이 존재할 경우
4. 정화 조치가 단기간에 완료되어야 하는 사유가 있는 경우

[별표 2]

현장피복방법 선정 절차

(제5조제3항 관련)

다음 제한 조건에 해당되지 아니할 경우 현장피복방법을 선정할 수 있다.

1. 유해화학물질 오염도($CI_{HC}>2$ 인 구역의 정화지수(CI_{HC}) 평균값 \times 정점분포율)가 유기물 오염도($CI_{ET}>6$ 인 구역의 정화지수(CI_{ET}) 평균값 \times 정점분포율) 보다 높을 경우
2. 정화 조치 시 선박의 통항 등 최소한의 수심 확보가 어려울 경우
3. 대상 지역에서 피복 형상이 장기간 유지가 곤란할 경우
(예: 해황(30년 평균)을 고려 피복이 어렵거나, 선박의 투묘, 양묘 등 영향이 예상되는 지역)
4. 지형 특성으로 시공이 곤란할 경우
(예: 경사면 또는 퇴적 형상으로 시공이 곤란한 지역)

[별표 3]

수거공법 선정 절차

(제6조 관련)

수거공법은 다음 절차에 따라 선정한다.

1. 공법의 적합성은 다음과 같이 각 요인별 평가점수의 합을 산정하여 평가한다.

요인	내용
시공능력	해당 공사의 시공토량에 대한 적용성
범용성	현재 존재하는 선박, 기계에 의한 공사의 적용성
상용토질	제거하는 퇴적물에 대한 상용성, 부유 퇴적물의 유무
퇴적심도	제거 퇴적물의 퇴적심도, 층두께에 대한 적용성
퇴적형상	제거 대상 퇴적물이 존재하는 장소의 평면형상
파고, 유속	제거 퇴적 해역의 파고, 조류
장애물	장애물, 쓰레기 등의 혼입에 대한 상용성
선박통항 장애	항행 선박에의 장애 유무, 정도
최종 처리장 규모, 거리	배수 처리의 필요 유무, 최종 처리장의 규모, 거리
시공 장소 제약	준설선, 기계의 규모, 이동성에 의한 적용성
탁도, 분진	제거시의 탁도, 분진 발생량의 많고, 적음
소음, 진동, 악취	제거시의 소음, 진동, 악취의 유무, 많고, 적음
비고	1. 적합성 평가: 좋음(3), 보통(2), 나쁨(1)

2. 각 요인별 적합성 평가 점수의 합이 24점 이상인 경우, 정화복원사업에 활용 가능한 공법(장비)로 평가한다.
3. 활용 가능한 공법(장비) 중 적합성 평가 점수가 높은 순으로 우선순위 공법(장비)로 선정한다.
4. 만약 선정된 공법(장비)으로 시공이 곤란할 경우 차순위 공법(장비)를 선정한다.

[별표 4]

해양오염퇴적물 처리 방법 선정 절차 (제7조 관련)

해양오염퇴적물 처리 방법은 다음 절차에 따라 선정한다.

1. 해양오염퇴적물의 처리계획 수립 시 반영하여야 할 사항

가. 처리대상 해역의 특성

- 1) 해역의 입지 및 주변환경 여건 등 지형학적 특성
- 2) 해양오염퇴적물과 관련한 수리·지질학적 특성
- 3) 주요 오염물질의 종류, 농도, 오염량 및 오염범위 등

나. 처리 목표

- 1) 오염물질 처리 또는 저감 목표치 설정
- 2) 처리 소요기간 및 비용

다. 처리방법의 선정

- 1) 오염물질 처리 또는 저감 목표치 달성여부
- 2) 처리대상 오염물질과 처리법의 적합성여부
- 3) 처리기간 및 소요비용의 충족여부
: 처리기간은 최대 3년의 범위에서 그 이행기간을 정한다.
- 4) 대상기술의 적용이 해양환경에 환경에 미치는 영향 예측
- 5) 적용된 처리방법의 상용화 정도 및 현장 적용 가능성 검토

라. 처리목표기간에 대한 세부적인 정화일정 계획수립

마. 해양오염퇴적물 처리사업 시행을 위한 설계도 및 공정도

바. 처리기간 중 2차 오염 방지 등 환경관리 계획

사. 해양오염퇴적물 처리 시행 및 검증을 위한 세부 추진계획

아. 처리한 산물의 재활용, 사후관리 및 모니터링 계획

2. 처리 장소에 따른 방법

가. 현장 내 처리(On Site)

: 오염부지 내에서 직접 처리하는 방법

- 1) 해양오염퇴적물이 위치한 해저면에서 정화(In-situ)
- 2) 해양오염퇴적물이 위치한 해저면에서 다른 해저면으로 이동시킨 다음 정화

(Ex-situ)

나. 현장 외 정화(Off Site)

: 해양퇴적물을 수거하여 현장 이외의 장소로 운반하여 처리하는 방법

3. 해양오염퇴적물 처리 방법

가. 물리적, 화학적 또는 생물학적 처리방법

해양오염퇴적물을 분리 등 물리적인 방법, 세척 등 화학적인 방법 또는 생물학적 방법으로 오염물질을 제거하거나 저감시키는 것을 말한다.

나. 고형화·안정화 처리방법

해양오염퇴적물에 고화제 등 첨가물을 가하여 가공하여 오염물질의 용출·이동성 차단 및 무해화하는 것을 말한다.

다. 열적 처리방법

해양오염퇴적물에 열이나 전기를 가하여 오염물질을 휘발·탈착, 열분해 및 용융 등의 과정을 통해 오염물질을 제거·감소시키거나 또는 유리화하는 것을 말한다.

라. 두 가지 이상의 방법을 조합한 처리방법

가목부터 다목에 해당하는 처리방법 중 두 가지 이상의 방법을 조합하여 오염물질을 제거·감소시키는 것을 말한다.

해양환경관리법 개정안

제1장 총칙

제2조 (정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

22의1 내지 22의10. <신 설>

22의1. “해저퇴적물”이란 암석의 풍화와 침식으로 분리된 암석기원 물질이나 생물활동에 의하여 유래된 물질 또는 화학적으로 형성된 고체물질 등이 이동되어 해양이나 하구 등 수역의 바닥에 존재하거나 쌓인 물질을 말한다.

22의2. “해양오염퇴적물”이란 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물기준을 초과하는 물질을 포함하거나 사람의 건강, 재산이나 환경에 피해를 주는 해저퇴적물을 말한다.

22의 3. “수거”란 해양이나 하구 등 해역에서 환경의 개선 등을 목적으로 해저퇴적물을 제거하는 행위를 말한다.

22의 4. “처리”란 해양오염퇴적물의 운반, 보관, 정화, 재활용, 처분을 말한다.

22의 5. “정화”란 물리적·화학적 또는 생물학적 등의 방법으로 해저퇴적물 중의 유해물질을 감소·제거하거나 해양오염퇴적물로 인한 위해를 완화하는 것을 말한다.

22의 6. “재활용”이란 해양오염퇴적물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생이용할 수 있는 상태로 만드는 행위를 말한다.

22의 7. “처분”이란 해양오염퇴적물을 매립 또는 해양투기하는 등 환경에 노출시키는 행위를 말한다.

22의 8. “고립처분”이란 해양오염퇴적물의 위치를 이동시킨 후 피복, 봉쇄 등의 방법으로 오염물질의 잠재적 영향을 차단, 격리하는 것을 말한다.

22의 9. “자연정화”란 해저오염퇴적물이 자연과정(오염되지 아니한 퇴적물이 자연축적되거나 오염물질이 자연분해·소멸되어 수계생태계와 분리되는 것을 포함한다)에 의하여 정화되는 것을 말한다

22의10. “현장피복”이란 해양오염퇴적물로 인한 영향을 차단하거나 완

화시키기 위하여 해양오염퇴적물 표면에 오염되지 아니한 퇴적물이나 오염물질의 생태계로의 노출을 차단시키는 물질로 덮는 것을 말한다.

제3조(적용범위)

제3조 제7항. <신 설>

⑦해양오염퇴적물의 수거·처리에 관한 사항은 이 법을 다른 법률에 우선하여 적용하고, 이 법에서 규정되지 아니한 사항은 관계 법률의 규정을 적용한다.

제2절 해양환경종합계획 등

제14조(해양환경종합계획의 수립)

제14조 제3항 7호 이하. <신 설>

7. 해양오염퇴적물 관리에 관한 시책방향
8. 해양오염퇴적물로 인한 오염 조사에 관한 사항
9. 해저퇴적물 오염의 현황, 진행상황 및 장래예측
10. 해저퇴적물 오염의 방지에 관한 사항
11. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 해양오염퇴적물로 인해 훼손된 해양환경의 복원 및 사후관리에 관한 사항
12. 해양오염퇴적물의 수거, 처리와 관련된 기술의 개발 및 관련 산업의 육성에 관한 사항
13. 오염특성 및 오염지역별 최적 수거·처리방법의 선정에 관한 사항
14. 해양오염퇴적물의 수거, 처리를 위한 기술인력의 교육 및 양성에 관한 사항
15. 해양오염퇴적물의 조사 및 수거, 처리 등을 위한 재원확보에 관한 사항
16. 그 밖에 해양환경의 훼손 또는 해양오염으로 인한 피해를 예방하고 깨끗하고 안전한 해양환경을 조성하기 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

제18조(해양환경개선조치) ①해역관리청은 오염물질의 유입 또는 퇴적 등으로 인한 해양오염을 방지하고 해양환경을 개선하기 위하여 필요하다고 인정되는 때에는 대통령령이 정하는 바에 따라 다음 각 호의 해양환경개선조치를 할 수 있다.

1. 오염물질 유입방지시설의 설치

2. 오염물질의 수거 및 처리

~~3. 오염된 퇴적물의 수거 <삭 제>~~

4. 그 밖에 해양환경개선과 관련하여 필요한 사업으로서 국토해양부령이 정하는 조치

⑤제1항의 규정에 따른 해양환경개선조치와 관련하여 오염물질 유입방지시설의 설치방법, 오염물질의 수거·처리방법 ~~및 오염된 퇴적물의 수거방법~~ 등에 관하여 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <개정>

제4장의1 해양오염퇴적물의 수거 및 처리 <신 설>

제1절 해양오염퇴적물의 수거 <신 설>

제○조(해저퇴적물 오염도 조사) ① 해역관리청은 관할구역 중 해양오염퇴적물로 인한 해양오염이 우려되는 해당 지역에 대하여 오염실태를 조사하여야 한다. 이 경우 시·도지사는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 그가 실시한 오염실태조사의 결과를 해양수산부장관에게 보고하여야 한다.

② 해역관리청은 해양환경보전을 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역에 대하여 정밀조사를 할 수 있다.

1. 제1항에 따른 오염실태조사의 결과 해양오염퇴적물이 발견된 지역

2. 해역관리청이 「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준의 해저퇴적물 관리기준을 넘을 가능성이 크다고 인정하는 지역

3. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 지역

③ 제1항부터 제2항에 따른 오염실태조사 및 정밀조사의 결과는 공개하여야 한다. <신 설>

제○조(해양오염퇴적물의 수거) ① 해양수산부장관은 해양오염퇴적물 수거의 전부 또는 일부를 그 오염원인자에게 명할 수 있다.

② 제1항에 따라 오염원인자가 해양오염퇴적물을 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 수거계획을 작성하여 해양수산부장관의 승인을 받아야 한다. 승인받은 사항 중 해양수산부령으로 정하는 중요사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

③ 해양수산부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해양오염퇴적물로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위하여 해양오염퇴적물을 수거할 수 있다.

1. 해양오염퇴적물이 발생하여 수거가 필요한 경우로서 국가가 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 경우
2. 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자를 알 수 없거나 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에 의한 수거가 곤란하다고 인정하는 경우로서 긴급한 수거가 필요하다고 시·도지사가 요청하는 경우

④ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우 같은 항 제1호의 경우에는 그 중앙관서의 장관, 같은 항 제2호의 경우에는 시·도지사 및 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자와 수거의 시기, 면적 및 비용 등에 관하여 미리 협의하여야 한다. 이 경우 제3항제2호에 따른 수거 등에 소요되는 비용은 해양수산부령으로 정하는 범위에서 수거를 요청한 지방자치단체에게 부담하게 할 수 있다.

⑤ 해양수산부장관은 제3항에 따라 수거하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항이 포함된 수거계획을 수립하고 이를 고시하여야 한다.

1. 수거 대상 해양오염퇴적물의 소재지
2. 수거의 시기 및 기간
3. 해저퇴적물 오염 방지 조치
4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 사항

⑥ 제3항제2호에 해당하는 경우 수거, 처리 등에 소요된 비용은 해당 해양오염퇴적물의 발생을 유발한 자에게 구상(求償)할 수 있다. <신 설>

제○조(해양오염퇴적물의 수거기준과 방법 등) ① 해양오염퇴적물은 대통령령으로 정하는 수거기준과 방법에 따라 수거하여야 한다.

② 해양오염퇴적물은 제○조제1항제1호에 따른 해양오염퇴적물수거업자에게 위탁하여 수거하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물을 수거하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니 된다.

1. 수거 과정에서 2차 오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산
2. 수거 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 수거, 처리
3. 부적절한 수거로 인한 수거 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치
4. 제○조 제2항 따른 필요한 조치의 지연 또는 미 실시

④ 해양오염퇴적물의 수거와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(해양오염퇴적물수거의 검증) ① 해양오염퇴적물을 수거하기 위하여 해양오염퇴적물수거업자에게 해양오염퇴적물수거를 위탁하는 경우에는 제○조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물수거검증기관(이하 “검증기관”이라 한다)으로 하여금 수거과정 및 수거완료에 대한 검증을 하게 하여야 한다. 다만, 제○조제2항에 따라 정밀조사를 한 결과 해양오염퇴적물의 규모가 작거나 오염의 농도가 낮은 경우 등 해양오염퇴적물이 대통령령으로 정하는 규모 및 종류에 해당하는 경우에는 수거과정에 대한 검증을 생략할 수 있다.

② 해양수산부장관은 검증결과에 따라 수거의 정지, 수거방법의 변경 등 필요한 조치를 할 수 있다.

③ 검증기관은 제1항에 따른 검증을 할 때 수거를 하려는 자로부터 검증비용을 받을 수 있다. 이 경우 검증비용의 산정기준에 관하여는 해양수산부령으로 정한다.

④ 제1항에 따른 검증의 절차·내용 및 방법과 그 밖에 검증에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(사후관리) ① 해양수산부장관은 수거가 완료한 후에 수거의 효

과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

③ 제2항에 따른 조사와 관련한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제2절 해양오염퇴적물의 처리 <신 설>

제○조(해양오염퇴적물의 처리기준과 방법) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 대통령령으로 정하는 기준과 방법을 따라야 한다. 다만, 해양오염퇴적물을 처리하여 제○조의 용도 또는 방법에 따라 재활용 할 수 있는 상태로 만든 물질(이하 “처리 산물”이라 한다)에 대해서는 별도의 처리기준과 방법을 정할 수 있다.

② 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 제○조제1항제2호에 따른 해양오염퇴적물처리업자에게 위탁하여 처리하여야 한다.

③ 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 다음 각 호의 행위를 해서는 아니된다.

1. 처리과정에서 2차오염의 유발 또는 유해물질의 이동, 확산
2. 처리 대상 이외의 오염되지 아니한 해저퇴적물의 처리
3. 부적절한 처리로 인한 처리 대상 해양오염퇴적물 중 일부의 해저 잔류 또는 방치 <신 설>

제○조(해양오염퇴적물의 재활용) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 재활용하려는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당 하는 용도 또는 방법을 따라야 한다.

1. 해수욕장의 양빈, 습지 조성 및 복원, 인공섬의 조성, 어장개선, 항만시설 또는 어항시설의 공사용 재료
2. 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 재활용제품 중 환경부령으로 정하는 제품의 제조
3. 「산업표준화법」 제15조제1항에 따른 인증을 받은 제품의 제조
4. 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 기준에 따른 재활용

② 제1항 각 호에 따라 재활용하여야 하는 해양오염퇴적물의 종류, 구체적인 재활용 용도 및 방법은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(처리시설의 설치·운영) 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 재활용이 가능한 자원을 회수하기 위한 처리시설을 설치·운영할 수 있다. <신 설>

제○조(신고 등) ① 해양오염퇴적물을 처리하려는 자는 처리하는 해양오염퇴적물의 양과 발생하는 폐기물의 종류, 발생량 및 재활용하는 양 등을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 해역관리청에게 신고하여야 한다. 신고한 사항 중 해양수산부령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.

② 제1항에 따른 신고와 관련하여 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(해양오염퇴적물의 해양투기금지 등) ① 누구든지 해양오염퇴적물을 해양에 투기할 수 없다. 다만, 해양수산부장관은 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 해양수산부령이 정하는 해양오염퇴적물에 한하여 해양수산부령이 정하는 해역에서 해양수산부령이 정하는 처리기준과 방법에 따라 투기하게 할 수 있다.

② 해양수산부장관은 제1항 단서의 규정에 따라 해양에 투기하게 할 수 있는 해양오염퇴적물에 해당하는지 여부를 해양수산부령이 정하는 바에 따라 미리 검사하여야 한다.

③ 해양수산부장관은 제2항에 따른 검사업무를 「해양환경관리법」 제23조제4항에 따라 지정된 전문검사기관에게 대행하게 할 수 있다.

④ 제1항 단서의 규정에 따른 해양오염퇴적물에 대한 투기해역의 신청 및 지정절차 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(매립) 해양오염퇴적물을 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제28조 및 같은 법 제35조에 따라 공유수면에 매립하려는 경우에는 해양수산부령으로 정하는 매립기준과 방법에 따라야 한다. <신 설>

제○조(고립처분) ①해양오염퇴적물을 다음 각 호의 방법과 같이 처분하려는 자는 해양수산부령으로 정하는 고립처분기준과 방법을 따라야 한다.

1. 자연적, 인공적으로 만들어진 해저면의 함몰지에 해양오염퇴적물을 넣고 그 위에 오염되지 아니한 물질을 덮는 경우
2. 연안 또는 해양에 구조물을 설치하여 처분하거나 육상에 매립하는 경우
3. 육상의 폐기물처리시설에서 해양오염퇴적물을 처분하는 경우

② 제1항제1호에 따라 처분하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 처분방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.

③ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장관은 처분이 완료된 후에 처분의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

④ 제1항제1호에 따른 처분의 경우 해양수산부장관은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

⑤ 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 비용, 설계기준, 처분과정에서 발생할 수 있는 환경영향과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(자연정화) ① 해양수산부장관은 오염물질 유입의 차단 등에 의하여 해양오염퇴적물이 자연정화 될 수 있다고 판단하는 경우 해양수산부령이 정하는 대상지역, 기간, 완료기준에 따라 자연정화를 실시할 수 있다.

② 해양수산부장관은 제1항에 따라 자연정화를 실시하는 경우 해양수산부령이 정하는 감시방법에 따라 정화의 과정 및 완료를 확인하여야 한다.

③ 해양수산부장관은 자연정화를 실시하기 전에 오염물질 유입의 차단을 위하여 지방자치단체장에게 오염물질의 유입금지, 오염방지시설의 설치 등 필요한 조치를 요청할 수 있다. 이 경우 지방자치단체장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

④ 제1항에 따른 자연정화의 기준, 방법과 제2항에 따른 감시방법, 비용 과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(현장피복) ① 누구든지 현장피복하려는 자는 대통령령으로 정하는 현장피복기준과 방법을 따라야 한다.

② 제1항에 따라 현장피복하려는 자는 대상지역이 제1항에 따른 현장피복방법에 적합한지 여부를 조사하여야 한다.

③ 해양수산부장관은 현장피복이 완료된 후에 현장피복의 효과를 검증하고, 지속적으로 관리하여야 한다.

④ 해양수산부장관은 제3항에 따른 효과 검증 및 사후관리를 위하여 해양환경의 변화 유무를 수시로 조사하고, 조사결과에 따라 필요한 조치를 하여야 한다.

⑤ 제1항에 따른 현장피복 기준, 방법 및 비용, 제2항에 따른 대상지역의 적합 여부 조사방법 및 절차, 제3항에 따른 효과 검증방법 및 절차 등과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(조치명령) 해양수산부장관은 해양오염퇴적물이 제○조에 따른 처리기준과 방법, 제○조 제1항에 따른 재활용 용도 또는 방법, 제○조에 따른 매립기준과 방법, 제○조에 따른 고립처분기준과 방법 또는 제○조에 따른 현장피복기준과 방법에 맞지 아니하게 처리되면 해양오염퇴적물을 처리한 자에게 기간을 정하여 처리 정지, 처리방법 변경 등 필요한 조치를 명할 수 있다. <신 설>

제3절 해저퇴적물관련전문기관 <신 설>

제○조(해저퇴적물관련전문기관의 종류 및 지정 등) ① 해저퇴적물관련전문기관(이하 “전문기관” 이라 한다)은 다음 각호와 같이 구분한다.

1. 오염조사기관 : 제○조에 따른 오염실태조사, 정밀조사 업무를 수행하는 기관
2. 검증기관 : 제○조제1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증업무를 수행하는 기관

② 제1항 각 호의 구분에 따라 전문기관이 되려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 검사시설, 장비 및 기술능력을 갖추어 해양수산부 장관의 지정을 받아야 한다. 지정받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경할 때에도 또한 같다.

③ 제1항에 따른 전문기관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관 중에서 지정한다.

1. 국·공립연구기관
2. 「고등교육법」 제2조제1호에 따른 대학의 부설연구기관
3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 및 「과학기술분야정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따른 정부출연연구기관
4. 특별법에 따라 설립된 특수법인 중 공익 목적의 비영리연구기관
5. 해양수산부 장관의 설립허가를 받은 비영리연구기관

④ 「한국해양과학기술원법」에 따라 설립된 한국해양과학기술원은 전문기관으로 지정된 것으로 본다.

⑤ 전문기관의 조사, 검증 결과에 차이가 있는 경우, 해양수산부 장관은 제4항에 따라 지정된 한국해양과학기술원에게 별도로 조사·검증하게 할 수 있다. 이 경우 한국해양과학기술원장은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 조사·검증한 결과를 해양수산부 장관에게 보고하여야 한다.

⑥ 제5항 본문에 따라 한국해양과학기술원이 조사·검증한 경우 그 결과는 다른 전문기관의 조사·검증 결과에 우선한다.

⑦ 해양수산부 장관은 전문기관을 지정하였을 때에는 지정서를 발급하고, 지정 사실을 공고하여야 한다.

⑧ 전문기관의 준수사항 및 조사·검증비용과 그 밖에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다. <신 설>

제○조(전문기관의 결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 전문기관으로 지정될 수 없다.

1. 금치산자 또는 한정치산자
2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 사람

3. 제○조에 따라 지정이 취소된 후 2년이 지나지 아니한 자
4. 이 법을 위반하여 징역 이상의 실형을 선고받고 그 집행이 끝나거나(집행이 끝난 것으로 보는 경우를 포함한다) 면제된 날부터 2년이 지나지 아니한 사람
5. 임원 중에 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 사람이 있는 법인 <신 설>

제○조(전문기관 지정서 등의 대여 금지) 전문기관의 지정을 받은 자는 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 그 지정서를 다른 자에게 빌려 주어서는 아니 된다. <신 설>

제○조(겸업 금지) 전문기관 중 제22조에 따라 전문기관으로 지정된 자는 제70조에 따른 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업(兼業)할 수 없다. <신 설>

제○조(전문기관의 지정취소 등)

- ① 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하여야 한다.
 1. 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 지정을 받은 경우
 2. 제○조 각 호의 어느 하나에 해당하게 된 경우. 다만, 법인의 임원 중 제○조제5호에 해당하는 사람이 있는 경우에 3개월 이내에 그 임원을 바꾼 경우는 제외한다.
 3. 제○조를 위반하여 제○조에 따른 해양오염퇴적물수거업 및 해양오염퇴적물처리업을 겸업한 경우
- ② 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 전문기관의 지정을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다.
 1. 제○조제2항에 따른 지정기준에 미달하게 된 경우
 2. 제○조를 위반하여 다른 자에게 자기의 명의를 사용하여 전문기관의 업무를 하게 하거나 지정서를 다른 자에게 빌려준 경우
 3. 고의 또는 중대한 과실로 조사 또는 검증 결과를 거짓으로 작성한

경우

4. 고의 또는 중대한 과실로 제7조제2항에 따른 정밀조사를 부실하게 하여 제○조제1항 단서에 따른 수거과정에 대한 검증 대상 규모 미만으로 해양오염퇴적물의 규모가 축소되게 한 경우
 5. 업무정지처분 기간에 조사 또는 검증과 관련된 업무를 한 경우
 6. 제○조제2항의 기술능력 지정요건에 해당하는 기술인력이 아닌 사람이 조사 또는 검증하여 그 결과를 통보한 경우
- ③ 해양수산부장관은 전문기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 6개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다.
1. 제○조1항에 따른 해양오염퇴적물수거의 검증을 부실하게 하여 해양오염퇴적물을 제9조제1항에 따른 수거기준 이내로 처리되지 아니하게 한 경우
 2. 전문기관으로 지정받은 후 2년 이내에 업무를 시작하지 아니하거나 정당한 사유 없이 계속하여 2년 이상 업무 실적이 없는 경우
 3. 제○조 제8항에 따른 전문기관의 준수사항을 위반한 경우 <신 설>

제7장 해양환경관리업 등

제70조(해양환경관리업)

제70조 제1항 제5호 <개정> 및 제6호 <신 설>

5. ~~퇴적오염물질수거업 : 퇴적된 오염물질의 준설·수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 퇴적된 오염물질을 준설 또는 수거하는 사업 <삭 제>~~
5. 해양오염퇴적물수거업 : 해양오염퇴적물의 수거에 필요한 선박·장비 및 설비를 갖추고 해양오염퇴적물을 수거하는 사업 <개정>
6. 해양오염퇴적물처리업 : 해양오염퇴적물의 처리에 필요한 장비 및 설비 또는 선박을 갖추고 해양오염퇴적물을 처리하는 사업 <신 설>

제72조(해양환경관리업자의 의무) ① 해양환경관리업자는 폐기물의 해양투기, 오염물질의 방제, 오염물질의 청소·수거, 부유·침적된 폐기물의

수거 및 ~~퇴적된 오염물질의 준설·수거~~ 해양오염퇴적물의 수거·처리 등에 관한 처리실적서를 작성하여 해양수산부장관 또는 해양경찰청장에게 제출하여야 하며, 그 처리대장을 작성하고 해당 선박 또는 시설에 비치하여야 한다. <개 정>

② 해양환경관리업자가 선박 또는 해양시설등으로부터 오염물질을 수거하는 때와 해양오염퇴적물수거업자가 해양오염퇴적물을 수거하는 때에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 오염물질수거확인증과 해양오염퇴적물수거확인증을 작성하고 해당 오염물질의 위탁자에게 이를 교부하여야 한다. <개 정>

④ 해양오염퇴적물처리업자는 해양투기의 대상이 되는 해양오염퇴적물을 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 보관·관리하고, 제○조에 따라 해양오염퇴적물을 해양에 투기하여야 하며, 해양수산부령으로 정하는 해양오염퇴적물인계·인수서를 작성하여 이를 해양수산부장관에게 제출하여야 한다. <신 설>