

BSPE9935A-10958-3

제주 해양환경현황에 대한 분석 및 상보

Analysis and detailed report on Jeju
marine environmental status

2016. 02. 29.

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “제주 해양환경현황에 대한 분석 및 상보” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 02. 29

총괄연구책임자 : 유신재

참 여 연 구 원 : 강도형, 강래선, 강정원, 고영욱, 공은진
권순열, 권영경, 김민석, 김상익, 김선정
김예슬, 김지영, 김태균, 노태근, 명정구
박광순, 박요섭, 박준용, 서승남, 손영백
손푸르나, 안소연, 안소정, 양현성, 오철홍
우한준, 유재명, 이규희, 이순미, 이영득
이은경, 이정아, 이종찬, 이준호, 이태희
장석일, 장요순, 전기천, 정갑식, 정의영
정의용, 조성록, 조진형, 최동문, 최영광
최진용, 최희정, 황선완

위탁연구기관명 : 제주대학교

위탁연구책임자 : 정석근

참 여 연 구 원 : 김규범, 김태훈, 안성희, 오우수, 이경환
이준백, 최광식, 하승목

보고서 요약

보고서번호	BSPE9935A-10958-3			연구기간	2015. 07. 01 ~ 2015. 12. 31
연구사업명	국가사회현안대응과제				
연구과제명	제주 해양환경현황에 대한 분석 및 상보				
연구책임자	유신재	참여 연구원수	총 : 49명 내부 : 26명 외부 : 23명	해당단계 연구비	정부: 1,099,000천원 기업: 천원 계: 1,099,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 제주특성연구실		참여기업명		
위탁연구	연구기관명 : 제주대학교		연구책임자 : 정석근		
요 약			보고서면수	330	
<ul style="list-style-type: none"> ● 본 연구과제의 목적은 제주 해역의 기후변화, 해수면 상승 및 침식, 수질 및 저질 오염, 생물 생산성, 생물다양성에 대한 과학적 자료를 종합하여 분석하고 제주도 해양환경 현황과 변화에 대해 신뢰할 수 있는 자료를 집대성하여 과학적 근거를 적시한 보고서, 정책입안자를 위한 정책용 요약집, 일반대중과 교육기관에 제공할 브로셔 및 주제별로 주제도를 제작하여 연구 및 교육기관에 제공하는 것이다. ● 제주 주변해역의 표층수온의 변화는 지역해에 따라 조금씩 다른 특징을 나타내지만, 최근 30년간 분석 결과에서는 0.01~0.06 °C/year 증가한 것으로 나타났고, 특히 제주 부근 해역은 ~0.03°C/year 증가한 것으로 나타났다. 최근 30년간 위성자료를 분석한 결과에서도 연평균, 2월 그리고 8월 자료에서 제주도 부근 해역은 1°C 이상 증가한 것으로 나타났다. ● 제주 주변해역의 해면 상승률은 추자도를 제외하고는 국립해양조사원(KHOA)의 기존 결과, 영국 PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level)의 기존 결과와 거의 같게 나타났다. ● 제주 연안의 수질은 대부분 1~2 등급을 유지하고 있었고, 양식장 배출수 주변해역 등 일부 해역에서는 일시적으로 수질등급이 감소하는 경향을 보이고 있다. 제주 연안 퇴적물은 일부 주요항에서 오염이 진행되고 있었다. ● 제주도 해역의 연중 일일 일차생산력이 1.3~117.0 mgC m⁻² day⁻¹의 범위로서 동해, 황해보다 낮았고, 여름이 가장 높고 가을, 봄, 겨울 순서대로 낮아지는 경향을 보였다. ● 제주 연안에는 100여 마리의 남방큰돌고래가 연중서식하고 있고, 푸른바다거북이 제주 북서부 지역에서 주로 발견되었다. 해양성 조류는 습새를 포함한 총 8목 19과 109종이 제주 연안에 서식하고 있다. 어류는 농어목 어류가 가장 많이 출현하였으며, 1980년대 초반과 1990년대 초반에 어류의 종 구성 변화가 일어났다. 해양 저서동물은 8개문 총 1,668종이 서식하고 있었고, 저서식물은 총 23종이 서식하고 있었다. 제주에서 분리된 신규 미생물은 125종으로, 이 중 80종이 해양환경으로부터 분리되었다. ● 동중국해를 포함하는 제주 전 해역에서 하계 클로로필 농도는 감소하는 경향을 보였다. EOF 분석을 하여 이 사실을 확인할 수 있었고, 장강의 방류량과 밀접한 연관성을 보였다. 장강에 건설된 산사댐의 영향으로 인하여 동중국해 및 제주 남부해역에서 영양염 불균형에 의해 생산성이 감소한 것으로 판단된다. 					
색인어	한글	제주도, 기후변화, 해수면변동, 연안환경, 해양환경 교란, 백서			
	영어	Jeju island, Climate change, Sea level change, Coastal environment, Marine environmental disturbance, White paper			

요 약 문

I. 제 목

제주 해양환경 현황에 대한 분석 및 상보

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

- 제주 해역의 기후변화, 해수면 상승 및 침식, 수질 및 저질 오염, 생물생산성, 생물 다양성에 대한 과학적 자료를 종합하여 분석하고 제주도 해양환경 현황과 변화에 대해 신뢰할 수 있는 자료를 집대성
- 모든 자료를 집대성하여 과학적 근거를 적시한 보고서, 정책입안자를 위한 정책용 요약집, 일반대중과 교육기관에 제공할 브로셔 및 주제별로 주제도를 제작하여 연구 및 교육기관에 제공

2. 연구개발의 필요성

- 제주도 주변해역은 전 세계에서 지난 30년 동안 가장 빨리 온난화가 진행된 지역 중 하나이고, 다양한 해양오염원으로부터의 노출 등으로 인해 심각한 부영양화가 진행되고 있어 제주도 주변 해역의 해양생태계뿐만 아니라 해양환경의 전반적인 변화를 이해하고 예측할 수 있는 연구 필요
- 제주도 주변 해역의 지속 가능한 보존을 위해서는 이벤트성이나 한시적인 연구가 아닌 체계적이고 종합적인 자료 수집 및 분석이 요구
- 제주도가 가지는 수산업과 산업개발 등 해역의 부가가치를 지속적으로 개발 및 관리하고 제주 해양의 공간·지리적 자원을 보존하고 체계적으로 관리하기 위하여 국가가 보유하고 있는 핵심적 과학기술을 활용하는 새로운 방법론이 요구
- 제주 부근 해양에 서식하는 다양한 해양생물종들의 생물자원으로써 그 가치를 새롭게 인식하고, 해외 선진 각국과 국가 경쟁력을 확보하기 위한 전략으로 해양생태계 자원의 보전과 이용 및 종다양성 확보를 위한 다양한 노력 필요
- 제주도는 유네스코 3관왕 보전지역으로 유네스코 자연과학 부분의 생물권 보전지

역, 서귀포 연산호 군락의 천연기념물 지정, 세계자연유산 등재 및 세계지질공원등재 등 과학적으로 중요한 지역

- 지속적인 관측을 토대로 국지적-거시적 환경생태에 대한 종합적 평가가 이루어지고 이를 토대로 환경개선 정책과 개발정책이 수립되어야 지속적인 발전이 가능
- 해양과학기술 연구개발과 인력을 활용하여 국민에게 유용하고 활용 가능 기술 및 정보 제공

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구기간

2015년 07월 01일 - 2015년 12월 31일

2. 연구개발의 내용

가. 제주 주변해역 기후변화

- 동중국해에서 장기 표층수온 변화 이해

나. 해수면상승

- 국립해양조사원 1시간 조위관측자료를 사용하여 결측시 예측조위로 결측자료를 대체한 후 산술 월평균해면 및 년평균해면 자료 산출

다. 제주 연안 수질/저질 현황

- 해저 지하수 유입
 - 해저지하수를 통한 영양염류, 용존유기물질, 중금속 및 희토류 원소의 유입경로 조사
- 해양방사능
 - 연안 해수 및 용천수의 라돈 농도와 해저유출수 평가
 - 해저유출수가 제주 연안 생태계에 미치는 영향 분석
- 영양염 분포특성
 - 제주 및 주변해역 영양염 분포특성 문헌 조사
- 연안 수질/저질 오염
 - 제주 연안 수질 및 저질 오염 현황 문헌조사
 - 제주 북동 연안 양식장 배출수 영향 조사

라. 생물생산성

- 기초생산성
 - 해석위성을 이용한 일차생산성 계산
- 식물플랑크톤
 - 제주도 주변 식물플랑크톤의 출현종 조성, 현존량 비교, 우점종 동태, 엽록소량 분포, 일차생산력 등 생태적 특성을 분석한 기존 연구 자료를 취합
 - 2010년 9월과 2011년 4월 동중국해의 이어도와 제주 주변 해역 식물플랑크톤의 종조성, 현존량, 우점종 및 종 다양도지수에 대한 분석과 메타게노믹스 분석에 의한 식물플랑크톤 조성비율을 비교 분석한 기존 자료를 취합
- 제주 주변 해역 수산어종 연구 문헌조사
 - 제주도 주변 해역 수산어종에 대한 연구문헌 및 미기록종 등재현황 자료를 취합하여 지역별 어종 분포와 종 구성 현황 파악

마. 생물다양성

- 대형해양동물
 - 제주도 연근해 출현하는 대형해양동물 종조성 조사
- 제주 주변해역 어류 분포 현황
 - 제주도 연안에서의 어구 및 잠수조사에 의한 어류상 조사와 그동안의 문헌 조사 자료 취합하여 제주도 연안의 어류 종 다양성으로 종합 정리
- 난자치어
 - 어란 및 자치어의 종조성 및 군집구조
 - 어란 및 자치어의 계절변동 특성
- 저서동물
 - 제주 해양 저서동물 문헌조사 및 분포도 작성
- 저서식물
 - 제주해역에 분포하는 해조류의 다양성과 군집특성을 이해하기 위해 현장조사와 기존자료조사를 종합하여 분석
 - 유용자원 또는 우점종의 개체군 변동분석을 위한 기초자료를 수집
- 저서미생물
 - 제주 신규 미생물 문헌조사 및 미생물 탐색

바. 해양환경 교란

- 동중국해에서 여름철 감소된 생산성과 이와 관련된 요인 분석

사. 제주 연안지형

- 제주 연안관련 문헌조사 및 정리
- 드론을 이용한 월정리 해안 정사영상 획득 시범적용
- 천해 해저 촬영용 ROV 시스템 구축

IV. 연구개발 결과

1. 기후변화

동중국해에서 장기 표층수온 변화를 이해하기 위해서 기존의 논문자료와 위성에서 계산된 자료를 이용하여 분석하였다. 표층수온의 변화는 지역해에 따라서 조금씩 다른 특징을 나타내지만, 최근 30년간 분석 결과에서는 0.01~0.06 °C/year 증가한 것으로 나타났고, 특히 제주 부근 해역은 ~0.03°C/year 증가한 것으로 나타났다. 최근 30년간 위성자료를 분석한 결과에서도 연평균, 2월 그리고 8월 자료에서 제주도 부근 해역은 1°C 이상 증가한 것으로 계산되었다. 이런 현상은 한 가지 이상의 요인에 의해 작용을 받는 것으로 사료된다. 여름철의 경우 수층의 성층이 강화되면서 표층은 수온 더 증가하게 되고 저층은 감소하는 경향을 나타내는 것으로 보고된다. 겨울철의 경우 해양과 대기의 상호작용으로 인하여 겨울철 풍속이 약화되면서 겨울철 표층수온 상승을 이끈 것으로 보고되었다.

2. 해수면상승

산술 월평균해면 및 년평균해면 자료를 분석하여 계산한 본 연구의 해면 상승률은 추자도를 제외하고는 국립해양조사원(KHOA)의 기존 결과, 영국 PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level)의 기존 결과와 거의 같게 나타났다.

3. 제주 연안 수질/저질 현황

가. 해저 지하수 유입

제주도는 지질학적으로 강물의 유입이 없고 해저지하수 유출량이 많아 해저지하수 연구에 있어 최적의 지역이다. 이전의 연구결과에 의하면, 해저 지하수가 제주 연안 해수 중 영양염류, 용존유기물질, 중금속, 희토류 원소의 주공급원임을 알 수 있었다.

나. 해양방사능

- 제주 화순만과 방두만에서 관측된 해저유출률은 각각 12, 27 cm/day로 다른 나라의 만내에서 보고된 값에 비해 높은 수준이다.
- 방두만의 경우 해저유출수에 의한 과잉 영양염류 공급은 연안 식물플랑크톤의 군집 구조 및 저서 부영양화에 영향을 미치는 것으로 파악된다.

다. 영양염 분포특성

본 연구에서는 국립수산과학원의 정선관측자료, 해양환경관리공단의 해양환경측정망 자료, 2015년 현장관측 자료와 문헌 자료등을 통해서 제주 주변해역의 영양염 분포특성을 분석하였다. 제주 주변해역의 영양염 분포특성을 결정하는 요인은 수층내 유기

물 재영양화, 하계 양자강 영향, 해저 퇴적물유기물 재영양화, 동중국해 대륙사면에서 쿠로시오 중층수의 용승, 대기로부터 유입, 마지막으로 제주 연안 육상 양식장과 지하수 유입 등이 있다. 해양환경측정망 자료 중, 무기질소, 무기인, 엽록소, 투명도, 저층용존산소를 이용한 이용하여 산출한 수질지수를 기초로 결정된 제주 전체연안의 수질등급은 대체적으로 1~2등급을 유지하고 있으며 연안역과 계절적으로 3~4등급이 일시적으로 나타나는 경우가 있으나 2010년 이후 수질등급의 지속적인 증가나 감소 경향은 나타나지 않았다.

라. 연안 수질/저질 오염

제주 연안 해역의 수질과 저질 오염현황은 참고문헌 조사와 현장조사를 병행하여 조사하였다. 제주 연안어장 환경조사에서 대부분의 지역은 1등급 수질을 유지하고 있었다. 그러나 제주항 주변 등 인간의 활동이 많은 해역에서 상대적으로 높은 오염도를 보였다. 육상양식장 주변 해역에서는 양식장 배출수로 인해 오염이 가중되고 있었고 배출구 주변에서 외해로 갈수록 오염도는 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 제주 연안을 해역별로 수질 현황을 살펴보면 용존무기질소는 주요항 주변과 양식장 주변에서 상대적으로 높은 농도를 보였고, 연안역과 연안어장은 중영양 상태 또는 빈영양 상태였으며, 육상양식장 주변해역은 부영양화 상태였다. 제주외항 퇴적물의 중금속 농도를 분석한 결과 니켈(Ni)이 약간 높게 나왔으나 다른 중금속의 농도는 매우 낮았다. 제주항은 비소(As)가 높은 농도를 보였고, 서귀포항에서는 구리(Cu)와 납(Pb)의 농도가 주의기준으로 높았다. 제주항 내 해역에서는 부틸주석화합물(BTs)의 오염이 1998년 이후로 급격하게 증가하였다. 이것은 제주항의 입출항 선박 증가와 항 주변의 조선소의 영향으로 판단된다. 제주 주요항의 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)의 오염은 심각하지 않았으며, 해양생물에 대한 영향도 나타나지 않았다. 제주 북동 연안에서 양식장 밀집지역 주변해역에서 배출수가 연안 환경에 미치는 영향을 알아보았다. 양식장 밀집지역 주변 해역과 인구가 밀집한 지역 주변해역에서 영양염의 농도가 매우 높게 나타났고, 외해로 갈수록 급격하게 농도는 감소하였다. 양식장이 거의 없는 지역에서는 상대적으로 영양염의 농도가 낮게 나왔다.

4. 생물생산성

가. 기초생산성

위성자료를 이용한 동중국해 VGPM 모델을 이용하여 일차생산력을 추정하는데 있어, 입력변수로 클로로필-a 농도, 광합성매개변수, $K_d(PAR)$, PAR , 표층수온을 이용하였다. 동중국해 일차생산력은 $449 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$ 으로 동해, 황해보다 낮은 값을 나타냈다.

나. 식물플랑크톤 및 저서 미세조류

- 제주도 해역 식물플랑크톤 출현종의 구성비율은 규조류 80.0%, 와편모조류 13.1%,

규질편모조류와 유글레나류가 각각 1.6%, 남조류 3.7%를 차지하고 있음.

- 제주도 해역 식물플랑크톤 출현종의 서식특성에 따라 구분을 하면 부유성이 50.2%, 저서성 및 일시부유성이 49.8%를 차지하고 있음.
- 제주도 해역 식물플랑크톤 우점종의 천이는 계절별, 해역별 차이가 있으나 전 해역에서 공통적으로 *C. socialis* 가 우점종으로 출현하고 있으며 북부해안역의 *P. sulcata*, 남부해안역의 *B. paxillifer* 등이 특이하게 우점함
- 제주도 해역 식물플랑크톤 현존량(세포수)은 일반적으로 10^6 cells L⁻¹ 미만의 분포를 보이고 있으나 성산항과 한림항등 반폐쇄된 항내에서는 봄과 여름에 높은 현존량을 보임
- 제주도 해역 식물플랑크톤 엽록소량은 연중 0.45~2.59 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ 의 범위로써 연평균 0.9 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ 을 보임
- 제주도 해역 연중 일일 일차생산력이 1.3~117.0 mgC m⁻² day⁻¹의 범위로서 여름이 가장 높고 가을, 봄, 겨울 순서대로 낮아지는 경향을 보임
- 이어도 주변과 제주해역 사이 동중국해의 식물플랑크톤 군집의 종조성은 2010년 9월에 규조 22, 와편모조 15, 규질편모조 1, 유글레나 1 등 총 39종 출현하였고, 2011년 4월 규조 22, 와편모조 5, 규질편모조 1 등 총 28종이 출현함
- 이어도 주변과 제주해역 사이 동중국해의 식물플랑크톤의 현존량은 2010년 9월 현존량 범위 112~22,735 cells/L, 2011년 4월 현존량 범위 408~234,847 cells/L(봄철 식물플랑크톤의 대증식발생)을 보였음
- 이어도 주변과 제주해역 사이 동중국해의 식물플랑크톤 우점종은 2010년 9월 규조 *Nitzschia* sp. 가장 우점, 그 다음 *Paralia sulcata* 가 우점, 2011년 4월 규조 *Chaetoceros* sp. 가장 우점, 그 다음 *Skeletonema* spp. 가 우점
- 이어도 주변과 제주해역 사이 동중국해의 메타게노믹스 분석에 의한 식물플랑크톤 조성비율은 정점 1(제주도) 규조 17.3%, Alveolata(와편모조) 5.6%, 녹조 0.3%, 은편모조 0.1%, 착편모조 0.1% 이었으며, 정점 5(이어도); Alveolata(와편모조) 4%, 녹조 4%, 규조 1%, 은편모조 0.1%를 보였음

다. 제주 주변 해역 수산어종 연구 문헌조사

제주도 전 해역에서 농어목 어류가 가장 많은 출현 빈도를 나타내었으며, 7-9월 가장 높은 종 출현율을 나타내었다. 1981-2010년 어획 데이터를 이용한 어종 변화 연구를 통하여 1980년대 초반과 1990년대 초반 2 번의 수산자원의 종 구성 변화가 일어난 것으로 확인되었다.

5. 생물다양성

가. 대형 해양동물

제주 연안에 출현한 해양포유류는 9종의 고래류가 발견되었으며 그 중 100여마리의

남방큰돌고래가 제주연안에서 연중 서식하고 있는 것으로 추정된다. 제주연안에서 발견되고 해양생물을 취식하는 해양성조류는 대양성 바닷새인 습새를 포함하여 총 8목 19과 109종으로 정리되었으며, 제주 연안에서는 3종의 바다거북(푸른바다거북, 붉은바다거북, 메부리바다거북)이 흔하거나 좌초의 형태로 발견되었다. 그 중 푸른 바다거북이 제주 북서부 지역에서 주로 발견되는 것으로 알려졌다.

나. 제주 주변해역 어류 분포 현황

어류는 2015년 10월 제주도 북쪽 연안조사 결과, 어구조사에서 17종, 잠수조사에서 46종으로 총 52종이 관찰되었다. 90년대부터의 잠수조사를 중심으로 한 문헌조사 결과를 종합하면 제주도 연안의 어류는 총 20목, 95과, 251종으로 정리되었다.

다. 난자치어

2015년 8월과 10월에 어란 8개 분류군과 자치어 57개 분류군이 채집되었고, 우점종은 어란과 자치어 모두 멸치(*Engraulis japonicus*)였다. 자치어는 출현종의 56.3%에 해당하는 36개 분류군이 종 수준까지 동정이 가능하였다. 본 조사에서는 형태형질로 종 분석이 어려운 어란 및 자치어 시료는 분자동정 하였으며, 어란 시료에서는 형태형질로 동정이 가능한 멸치 이외에 놀래기(*Halicoeres tenuispinnis*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*), 옥돔(*Branchiostegus japonicus*), 황옥돔(*Branchiostegus argentatus*), 옥두어(*Branchiostegus albus*), 눈볼대(*Doederleinia berycoides*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 등 7종이 분석되어 조사해역에 출현하는 어종의 산란을 직접적으로 알 수 있었다. 눈새치 자치어는 COI 유전자 분석법으로 출현을 확인하였으며, 조사해역에 채집한 자치어 시료의 일부는 분자동정 기법을 이용한 종 분석이 진행 중에 있다.

라. 저서동물

문헌조사 결과, 제주해역에 서식하는 해양저서동물은 8개문(Phylum)에서 총 1,668종(species)이 나타나는 것으로 확인 되었다. 연체동물이 (1,128종, 67.6%)로 가장 높은 비율로 확인되었고, 절지동물(187종, 11.2%), 자포동물(131종, 7.8%), 극피동물(56종), 환형동물(55종), 해면동물(43종), 척생동물(37종) 그리고 태형동물(31종) 순으로 조사되었다. 이번 조사결과, 제주도 북쪽에 비해 남쪽에 서식하는 종이 다양한 것을 확인할 수 있었다. 제주 남서쪽 지역의 생물다양성이 높게 조사된 이유는 이 지역이 쿠로시오 난류를 직접적으로 받는 곳으로 해양환경 및 지형학적으로 중요한 지역이기 때문에 비교적 다른 지역에 비해 조사가 많이 수행되었기 때문이라 판단된다. 1997년 제주대학교 이정재 교수가 조사한 자료(652종)와 비교해 볼 때, 이번 문헌조사로 확인된 종은 약 2.5배 더 많은 1,668종으로 문헌 수집 중 누락되거나 아직 분석이 덜 끝난 자료까지 추가될 경우 이보다 더 많은 종들이 확인될 것으로 판단된다.

마. 저서식물

제주해역 해조류의 다양성과 군집특성을 파악하기 위한 현장조사는 2015년 8월과 9

월에 4지역에서 수행하였다. 녹조류 5종, 갈조류 7종 그리고 홍조류 11종의 총 23종이 출현하였고, 우점종의 피도는 감태로 12.2%로 나타났다. 개체군 변동분석은 우점종인 감태를 대상으로 범섬과 하도리에서 조사하였고, 밀도는 범섬에서 11.2개체/m², 하도리 7.2개체/m²으로 나타났고 개체크기는 범섬에서 56.9cm, 하도리 39.3cm로 나타났다. 자료조사 중 국토해양부(2009)에서는 제주 연안의 총 22정점에서 조사되었고, 총 출현종수는 104종으로 녹조류 17종, 갈조류 30종, 그리고 홍조류 57종이었다. 출현종에 대한 지역별 MDS 분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 2개의 군집으로 구분되었고, 피도에 대한 지역별 MDS 분석결과 군집유사도 40% 수준에서 동일한 군집으로 나타났다. 임치영(2011)에서는 제주연안 총 16개 정점에서 조사되었고, 총 출현종수는 89종으로 녹조류 12종, 갈조류 24종, 그리고 홍조류 53종이었다. 출현종에 대한 지역별 MDS분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 4개의 군집으로 구분되었고, 출현종의 생물량에 대한 지역별 MDS 분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 6개의 군집으로 구분되었다.

바. 저서미생물

2001-2015년 문헌조사 결과, 제주에서 분리된 신규 미생물은 125종으로, 이 중 80종이 해양환경으로부터 분리되었다. 본 연구에서는 제주 특수 해양환경(하도리 철새도래지 및 행원리 양식장 배출수)으로부터 미생물 분리를 수행하였다. 특히, 하도리의 철새도래지의 경우 담수와 해수가 교차하는 지역으로 pH와 염분 농도의 변화가 만조와 간조시기에 차이를 나타내었다. 하도리 지역으로부터 126 균주를 확보하였으며, 신 속 균주 1종을 발굴하여 유전학적 계통도를 작성하였다. 행원리 지역에서는 19 균주를 확보하였다.

6. 해양환경 교란

동중국해에서 여름철 장기 클로로필 변화를 이해하고 이와 연관된 환경변화를 추적하였다. 위성에서 추정된 클로로필 자료는 1998년부터 2014년까지 총 17년 자료를 이용하였고 특히 장강 저염수의 영향을 받는 여름철(6월-8월) 자료에 대해서 분석하였다. 여름철 감소된 클로로필 변화를 분석하기 위해서 해색위성 클로로필 자료, 장강 방류량, 그리고 영양염 자료를 사용하였다.

동중국해 전 해역에서 17년 여름철 클로로필의 농도 변화는 감소하는 경향을 나타냈다. 자세한 시/공간 분석을 위해 EOF 분석을 하였고, 이 자료에서도 감소하는 경향을 나타내고 있으며 장강 방류량과 좋은 상관관계를 나타냈다. 지역적으로 클로로필과 방류량의 관계를 분석하기 위해 K-mean 방법으로 6개 다른 해역으로 구분하여 조사하였다. 다른 해역과 달리 제주 남부 해역에서는 클로로필의 감소하는 경향을 나타내고 방류량과도 좋은 상관관계를 보였다. 이는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는 것으로 사료되지만, 산사댐 건설로 인하여 동중국해 및 제주 남부해역에서 영양염 불균형에 의해서 생산성 감소로 나타나는 것으로 조사되었다.

7. 제주 연안지형

- 효율적인 연안관리를 위하여 연안지형 정보 획득 및 DB/GIS 구축이 절대적으로 필요함
- 제주 연안 지형조사를 위하여 드론을 시범적용 하였으며, 천해 해저지형용 ROV시스템을 구축하였음

V. 연구개발결과의 활용계획

- 제주해역에서 식물플랑크톤의 분포, 생산력 및 해양환경변화에 대한 영향을 이해하고, 기초 생산력의 연간 변동 양상을 파악함으로써 제주 연안 생물자원 관리에 활용될 수 있음
- 하위영양단계 생물반응 예측의 기초자료로 제공
- 용천수 모니터링을 통하여 해저유출수 변화 분석
- 해저유출수 기인 미량원소의 생지화학적 순환 연구
- 제주해역의 어란 및 자치어 DB 자료 공급
- 제주도 홍보/교육용 인쇄물 등의 영상자료 활용
- 제주 연안지역의 해저에 서식하는 저서생물에 대한 이해와 해양과학 기초자료 제공
- 유용 해양미생물 자원의 활용도 탐색
- 탐색된 신속 미생물에 대한 형태학/생화학/유전학적 분류에 활용
- 모든 자료는 제주 연안해역의 관리 뿐 아니라 해양보전과 해양자원 이용에 필요한 기초정책자료로 활용
- 제주 주변해역에서 발생하는 주요 해양과정에 대한 이해는 동중국해 및 제주주변해역 관련 정책결정에 필수적인 과학정보를 제공
- 기후변화, 연안침식, 주변 생태계 변화 모니터링을 위한 기초 GIS 자료로 활용
- 연안 지형 정밀조사를 통한 3차원 가시화 GIS 시스템 구축

SUMMARY

I. Title

Analysis and detailed report on Jeju marine environmental status

II. Necessities and Objectives of the study

1. Necessities of the study

- Over the last 30 years, Jeju island experienced most rapidly progress in global warming. Due to the high exposure from a variety of marine pollution sources has advanced serious eutrophication, research is needed in overall change of marine environment including the marine ecosystems in Jeju island.
- For sustainable conservation in coastal water of Jeju island, short term and temporary research should not be considered. Long term analysis is required and the systematic and comprehensive data collection is needed.
- Continuous develop add value of industries in the Jeju island is needed to manage and save the resources of the Jeju island. In order to systematically manage and take advantage of the core technology hold by the country new methods to theory is required.
- Values for marine bio species of biological resources that live in the around of Jeju island must be recognized to ensure the developed countries and the competitiveness overseas. Conservation of the marine ecosystem resource, and it requires various efforts to ensure the bio diversity
- Jeju island is UNESCO biosphere conservation area that has natural science section, natural monument designation of Seoqwipo soft coral communities, listed in the World Natural Heritage Site and the world Geopark
- Continuous observations and research must be made for comprehensive assessment of the Jeju island's local environmental ecosystem. Development policy based on sustainable environmental planning.
- Research is needed in development of marine science and technology, providing a useful technology and information to the public

2. Objectives of the study

- To collect all data on climate change, sea level rise, coastal erosion, sea water and sediment contamination, biological productivity, biodiversity and conduct scientific analysis on the marine environmental status of Jeju.
- To provide scientific reports, executive summary for policymakers, brochures for the public and educational institution, and thematic map by each subject.

III. Research Scope

1. Period of the study

July 1, 2015 - December 31, 2015

2. Contents and scope of the study

A. Climate change

- Understanding long-term sea surface temperature (SST) variations in the East China Sea (ECS)

B. Sea level change

- Monthly mean sea level (MSL) and annual MSL were calculated based on 1 hour tidal data by KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). The MSLs were obtained by taking arithmetic average over the 1 hour tidal data. The missing data were replaced with predicted tidal heights. A linear trend is calculated by applying the least square method to the MSLs excluding the early observations which are not corrected with datum. The sea level rise trends for Chujado, Jeju, Sungsanpo, Mosulpo and Seogwipo are presented in this report.

C. Coastal water and sediment quality

- Submarine groundwater discharge
 - Pathway for nutrients transport, dissolved organic matter, trace elements, and rare earth elements in submarine groundwater
- Marine Radioactivity
 - Estimation of submarine groundwater discharge with Rn concentrations from

seawater and coastal groundwater

- Analysis on impact of submarine groundwater discharge on coastal ecosystem in Jeju Island
- Characteristics of nutrient distribution
 - Characteristics of nutrient distribution in East China Sea and coastal water of Jeju Island were analyzed from previous researches
- Coastal water and sediment contamination
 - Status of coastal water and sediment contamination around Jeju island
 - Impact of wastewater from aquaculture farms in northeastern areas of Jeju island

D. Biological productivity

- Primary production
 - Primary production estimated from ocean color data
- Phytoplankton
 - Phytoplankton ecological data such as species composition, abundance distribution, dominant species dynamics, chlorophyll biomass, and primary production analysed in terms of ecological characteristics around coastal waters of Jeju Island were collected from previous researches
 - Phytoplankton dynamics analysed in the same research approach and compared with metagenomic analysis in terms of species composition between Jeju Island and Ieodo in the East China Sea in September 2010 and April 2011 were also collected from previous researches
- Literature study regarding fish species composition
 - Retrospective study on fish species distribution and unrecorded species in the waters off Jeju Island through literature investigation

E. Biodiversity

- Large marine animal
 - Occurrence survey of marine mammal, sea turtle and sea birds in Jeju
- Fishes at the coast of Jeju
 - Fish fauna were investigated at the coast of Jeju-do by using fishing gears and scuba diving. Total fish species diversity of Jeju-do make from the references
- Ichthyoplankton
 - Species composition and community structure on the ichthyoplankton
 - Seasonal variation on the ichthyoplankton
- Marine benthos

- Literature search and distribution chart of marine benthos around Jeju Island
- Marine algae
 - Purpose of this study was investigated the diversity and community of marine algae in Jeju island by field survey and previous research
 - Basic data were collected for population dynamics of valuable resources or dominant species
- Marine microbes
 - Paper search of novel microbes in Jeju and screening of marine microbes

F. Marine environmental disturbance

- Reduced summer production and its related process in the East China Sea

G. Coastal morphology of Jeju Island

- Analysis of existing data related to coastal morphology, Jeju
- Pilot application to obtaining orthophoto of Weljeong-ri coast with drone
- Establishing ROV system for the shallow-water seafloor mapping

IV. Results

1. Climate change

The long term variations of sea surface temperature (SST) in the East China Sea (ECS) were reviewed and analyzed based on published papers and satellite data. The linear trend of SST in the ECS generally was increasing in recent 30-year with $0.01 \sim 0.06^\circ\text{C}/\text{year}$ especially intensifying around Jeju ($\sim 0.03^\circ\text{C}/\text{year}$). The rate of annual, February, and August SST variations over 30-year using satellite data were increased over 1°C around Jeju Island. This phenomenon is better related to one or more forcing factors. In summertime the increased stratification of ocean caused changes occurring in spatial variations of SST. In wintertime the weakening of wind strength, which is related to the variation of the sea level pressure and atmospheric circulation in western North Pacific and northern Asian continent, caused warming trend in ECS.

2. Sea level change

Analysis of monthly Mean Sea Level (MSL) and yearly MSL shows almost similar values of KHOA(Korea Hydrographic and Oceanographic Agency) and PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) for Jeju and Seogwipo.

3. Coastal water and sediment quality

A. Submarine groundwater discharge

Jeju Island has little sustained river flow and seems to be provide an ideal environment for studying submarine groundwater discharge (SGD). SGD has been recognized as an important pathway for transporting nutrients, dissolved organic matter, trace elements, and rare earth elements to the coastal ocean off Jeju Island.

B. Marine Radioactivity

- The higher seepage rates of 12 and 27 cm/day were shown in Hwasun Bay and Bangdu Bay, respectively, compared with other bay system worldwide.
- In Bangdu Bay, the submarine groundwater discharge-driven excess nutrients could affect the community structure and abundance of phytoplankton and benthic eutrophication.

C. Characteristics of nutrient distribution

In this study, we examined the characteristics of nutrient distribution around the coastal region of Jeju Island using hydrographic station data of NFRDI, coastal monitoring data of KOEM, 2015 observation data, and literature. Major factors controlling the nutrient distribution around Jeju coastal region are nutrient recycling within water column, remineralization of sediment organic matter, nutrient input by Changjiang river discharge during summer, onshore flux of Kuroshio subsurface water onto the continental shelf, atmospheric input, ground water discharge, and recirculating seawater of land-based aquaculture. Water quality determined from water quality index, calculated from DIN, DIP, Chlorophyll, secchi depth, and Oxygen saturation of bottom water, were ranged 1~2 grade while high grades (3~4) were observed seasonally or occasionally, but there was no consistently increasing or decreasing trends.

D. Coastal water and sediment contamination

Coastal water and sediment contamination in the coastal area of Juju island were investigated by parallel references research and field survey. Most of the coastal fishery areas in Jeju island environmental research were to maintain first-degree quality. However, the relatively high pollution levels in a lot of humans activity

around the area such as a Jeju harbor. In the coastal waters surrounding aquaculture farm had been contaminated due to the aquaculture farm wastewater, increasing pollution around the outlet to the open sea tended to dramatically decrease. Looking at the water quality status of dissolved inorganic nitrogen (DIN) showed relatively high concentrations around major harbor and around aquaculture farm, coastal area and coastal fisheries were mesotrophic state or oligotrophic state, around area of aquaculture land farm were eutrophic state. Analysis of the heavy metal concentration in outlet Jeju harbor sediments of nickel (Ni) was high concentration, but other heavy metals concentration were very low. Arsenic (As) concentration was high in the Jeju harbor sediment, copper (Cu) and lead (Pb) concentrations were high in the Seogwipo harbor sediment. A pollution of butyltin compounds (BTs) in Jeju harbor sediment were dramatically increased since 1998. This is considered due to the vessels increasing and impacts of shipyards around Jeju harbor. A polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) concentration at the sediment of main harbors in Jeju island were not serious status and it did not show effects on marine organisms. In the northeastern coast of Jeju, aquaculture farm surrounding area were the field survey to find out the impact on the marine environment. It showed that the concentration of nutrients were very high in the densely populated and aquaculture farm surrounding area, in towards the offshore, it was dramatically decreased. Nutrients in aquaculture farms where little are relatively low concentration.

4. Biological productivity

A. Primary production

To estimate primary production, ocean color data are essential for providing much better spatial and temporal resolution. Primary production in the East China Sea estimated using VGPM model, which calculated with chlorophyll-a concentration, P_{bopt} , euphotic depth, PAR, SST. Estimated primary production averaged over the ECS is 449(mgC/m²/d) and less than averaged over the East Sea and Yellow Sea.

B. Phytoplankton

Phytoplankton dynamics around Jeju Island showed different ecological characteristics according to locality and seasonality in term of species composition, cell abundance, chlorophyll biomass, and primary production. Phytoplankton dynamics around Ieodo station showed also differences from other stations in terms of standing crops and dominant species. *Paralia sulcata* was most dominant in Ieodo station, which means this area shows similar characteristics to shallow waters like Yellow

Sea where benthic diatoms such as *Paralia sulcata* are mostly abundant. A metagenomic technique was also applied to the environmental samples collected to analyse the dominant phytoplankton on April 2011. Dominant taxa from the metagenomic analysis were diatoms in Jeju Island, followed by dinoflagellates. Whereas *alveolata* (dinoflagellate) and *chlorophyte* were dominant taxa in Ieodo station. This showed different results from microscopic observations, which showed diatoms were dominant in both areas. However, metagenomic data detected much higher numbers of phytoplankton taxa that were not detected by microscopy.

C. Literature study regarding fish species composition

Perciformes fish have been sampled mostly along the coast of Jeju Island. Frequencies of collected fish samples tended to be higher during the warm period from July to September. A dramatic shift in fish species composition in commercial catch was detected twice in the early 1980s and the early 1990s.

5. Biodiversity

A. Large marine animal

Nine species of cetacean have been found in around sea of Jeju island and Bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*, is known to inhabit coastal areas of the Jeju Island annually. There are 7 order 19 family 109 species including *Calonectris leucomelas* are classified as sea birds in Jeju coast. *Chelonia mydas*, *Caretta caretta* and *Eretmochelys imbricata* were found as bycatch or stranding in the coast of Jeju and most Green turtle (*Chelonia mydas*) has been found in the Northwestern region of Jeju.

B. Fishes at the coast of Jeju

Fish fauna of Jeju were investigated at the 4 stations (the coast of Bukcheon, Hangwon in Jeju) at Oct. and Dec., 2015. 17 species and 46 species (total 52 species) were observed from Fishing gears and Scuba diving survey, respectively. From references from mainly scuba diving survey, 20 Order 95 Family 251 species were recorded at the coastal of Jeju island.

C. Ichthyoplankton

A total of 8 fish eggs and 57 larval fish taxa were collected at survey stations in August and October 2015. *Engraulis japonicus* fish eggs and larval fish dominated in collected specimens. Among them 36 species are identified and comprised with

56.3% of the total larvae. Molecular techniques were used to determine the species identification of morphologically ambiguous fish eggs and larvae specimens. The collected fish eggs except for *Engraulis japonicus* were identified using a molecular marker [COI (cytochrome c oxidase I)]. These fish eggs were composed of *Halicoeres tenuispinnis*, *Halichoeres poecilopterus*, *Branchiostegus japonicus*, *Branchiostegus argentatus*, *Branchiostegus albus*, *Doederleinia berycoides*, *Acanthopagrus schlegelii*. As a result, it is directly demonstrated spawning of fishes that they are occurred in this area. The larvae *Acanthopagrus latus* were identified with COI molecular marker. The species of collected fish larvae samples is being analysed using molecular marker.

D. Marine benthos

In total, 1,668 of marine benthos species inhabited around Jeju Island in 8 phylums were identified during the literature search. Mollusca (n=1,128 species), Arthropoda (n=187 species) and Cnidaria (n=131 species) collectively contributed about 86.6% of the total number of species found (n=1,668 species). The next most frequently occurring marine benthos phyla in order were Echinodermata (n=56 species), Annelida (n=55 species), Porifera (n=43 species), Chordata (n=37 species) and Bryozoa (n=31 species). According to the literature search, marine biodiversity in south region of Jeju Island is more than higher in north region. In our guess, south-west region of Jeju Island is environmental and geographical important point in this Island because which was directly impacted by the Kuroshio Warm Current. Due to the effect of Kuroshio Current, marine survey in south-west region of Jeju Island were more frequently than other region in this Island. By comparing related reference of Lee et al. (1997), we 2.5 fold more identified (1,668 species) than previous study (652 species). However, we expected that marine benthos species much higher identified than present study because we didn't finish the literature survey.

E. Marine algae

In order to understanding marine algae diversity and community of Jeju island, 4 sites, the algae were investigated from August to September 2015. As the results, marine algae identified from the localities were 23 species; 5 green, 7 brown and 11 red. *Ecklonia cava* of the dominant species of the bottom cover was investigated by 12.2%. *Ecklonia cava* of density was investigated 11.2 ins./m² in Bumsum and 7.2 ins./m² in Hado. Research of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM, 2009) was investigated 22 sites, marine algae identified from the localities were 104 species; 17 green, 30 brown and 57 red. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of algal species were separated into two groups at

the lever of 40% community similarity. And bottom cover of marine algae showed the same similarity clusters in 40% community. Also, research of Lim(2011) was investigated 16 sites, marine algae identified from the localities were 89 species; 12 green, 24 brown and 53 red. Analysis of multidimensional scaling(MDS) of algal species were separated into two groups at the lever of 40% community similarity. And biomass of marine algae showed the six similarity clusters in 40% community.

F. Marine microbes

Since year 2001–2015, total 125 novel microbes species were identified including 80 marine species in Jeju island. In this research, we screened microbes from Jeju special marine environments (water of migratory bird sanctuary in hado-ri and aquacultural discharging water in haengwon-ri). Particularly, water of migratory bird sanctuary is exist fresh and sea water where pH and salt concentrations are changing different times. We isolated and identified 126 strains from Hado-ri including 1 novel genus. Also, we identified 19 strains from Haengwon-ri.

6. Marine environmental disturbance

The purpose of this study is to investigate climatological variations from the temporal and spatial surface satellite-driven chlorophyll concentration and to understand their related environmental changes that affect the distribution of chlorophyll in the East China Sea (ECS) during 1998–2014, especially summer season (June - August). 17-year monthly mean values of surface satellite-driven chlorophyll-a concentration (SeaWiFS and MODIS), nutrients and recorded Changjiang River discharge data were used to determine reduced summer biological activity.

A linear trend analysis of chlorophyll data reveals that, during recent 17 years, the summer chlorophyll-a concentration showed decreased trend. To determine more detailed spatial and temporal variations, we used empirical orthogonal function (EOF) analysis. First mode is temporally correlated with the area influenced by the Changjiang River discharge and spatially correlated with north-west and south-east patterns. Regional trend between chlorophyll and river discharge determined by K mean analysis showed that reduced summer chlorophyll-a concentrations were correlated with reduced summer Changjiang River discharge in the south of Jeju, Korea. Since the Changjiang River is a major source of nutrients in the ECS, the decreased summer chlorophyll seemed to be related with the change in nutrients in the coastal area before and after impoundment of Three Gorges Dam (TGD), China. Although it is difficult to understand the influence of TGD on the coastal and shelf

ecosystem in the ECS, reduced summer chlorophyll might be associated with nutrient limitation (P- and N-limitation) before and after impoundment of TGD.

7. Coastal morphology of Jeju Island

- For effective coastal management, acquisition of coastal geo-spatial information (included beach topography and bathymetry) and construction of DB/GIS is absolutely required.
- Drone photogrammetry was applied on a trial basis for the topographic survey of the coast of Jeju and the ROV system for the shallow-water seafloor mapping was established.

V. Applications

- Understanding of the effects of marine environmental change on phytoplankton distribution and primary production could be applied to estimate annual primary production using data and thus to manage living resources in the Jeju coastal area
- Data service on prediction of lower trophic level marine organism
- Analysis of submarine groundwater discharge variations through monitoring system for coastal groundwater
- Trace metal biogeochemistry related with submarine groundwater discharge
- Data Service for the ichthyoplankton in Jeju Island
- Education for scientific and public communities
- Understanding of the benthic organisms on bottoms of the Jeju coastal area and providing the basic information for marine science
- Industrial application of useful marine microbes
- Morphological/biochemical/genetical classification of isolated novel genus bacteria
- All data can be used as basic dataset not only for the general management of East China Sea and around Jeju coastal area, but also for marine preservation and utilization of marine resources.
- Our better understanding on the major oceanographic processes may provide a scientific information inevitable for the policy-making regarding the Jeju island.
- Application of the basic GIS data for weather change, coastal erosion, and eco-environment monitoring
- 3D-visualization GIS system with precise survey of coastal morphology environment

CONTENTS

Summary	i
Contents	xxiii
List of Figures	xxx
List of Tables	xli
Chapter I Outline of the study	1
Section 1 Objectives and necessities of the study	217
Section 2 Contents and scopes of the study	220
Chapter II States of technical deveolpment in the home and foreig countries	13
Section 1 Trends of study in Korea	18
Section 2 Trends of study in foreign countries	28
Section 3 Status of current technology	50
Chapter III Results of the study	18
Section 1 Climate change	18
Section 2 Sea level change	28
Section 3 Coastal water and sediment quality	50
Section 4 Biological productivity	62
Section 5 Biodiversity	89
Section 6 Marine environmental disturbance	150
Section 7 Coastal morphology of Jeju Island	158
Chapter IV Achievements of objectives and contributions to the related area	163
Section 1 Achievements of objectives	163
Section 2 Contributions to the related area	164

Chapter V Application plans of the results of the study	165
Chapter VI References	166
Appendix	187

목 차

요 약 문	i
목 차	xix
그림목차	xxiii
표 목 차	xxix
제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	1
제 2 절 연구의 내용 및 범위	3
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	5
제 1 절 국내 연구 동향	5
제 2 절 국외 연구 동향	6
제 3 절 현재까지의 연구개발 현황	7
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	9
제 1 절 기후변화	9
제 2 절 해수면 변동	17
제 3 절 제주 연안 수질/저질 현황	25
제 4 절 생물생산성	58
제 5 절 생물다양성	89
제 6 절 제주 주변해역 해양환경 교란	150
제 7 절 제주 연안지형	158
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 대외기여도	163
제 1 절 연구개발 목표달성도	163
제 2 절 대외기여도	164
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	165

제 6 장 참고문헌 166

부 록 187

List of Figures

Fig. 3-1-1. Linear trends of sea surface temperature anomaly(SSTA) at each station (Min and Kim, 2006).	11
Fig. 3-1-2. Isothermal lines for 10°C in February and 25°C in August(A: 1881-1910, B: 1911-1925, C: 1926-1940, D: 1961-1975, E: 1976-1990, Hahn, 1994).	12
Fig. 3-1-3. Horizontal distribution of long-term trends of temperature at 0m, 50m, 100m(Sung et al., 2010).	12
Fig. 3-1-4. Year to year variation of sea surface temperature in the waters off Jeju (Sanji) on annual, February, and August for 86 years(1924-2009)(Seo et al., 2011).	13
Fig. 3-1-5. The time series of SST averaged over the region 25-40°N, 118-127°E during winter for the period 1950-2008(Yeh and Kim, 2010).	14
Fig. 3-1-6. Inter-annual variations and trends of annual mean value for sea surface temperature(Son et al., 2012).	15
Fig. 3-1-7. Inter-annual variations and trends of annual mean value for sea surface temperature(1985-2014).	15
Fig. 3-2-1. Yearly Mean Sea Levels for Chujado, Jeju, Sungsanpo, Mosulpo and Seogwipo.	19
Fig. 3-2-2. Monthly Mean Sea Levels for Chujado, Jeju, Sungsanpo, Mosulpo and Seogwipo.	20
Fig. 3-2-3. Monthly Mean Sea Level Trends for Chujado, Jeju, and Seogwipo.	21
Fig. 3-2-4 Mean Sea Level Trends for Northwest Pacific Ocean & Jeju Stations by NOAA.	22
Fig. 3-2-5. Mean Sea Level Trends for Jeju by NOAA	23
Fig. 3-3-1. Schematic diagram of the measurement system using a grab sample and radon-in-air monitor, RAD7. The dotted line is for a bypass loop, which is used after air-water equilibration is reached.	32
Fig. 3-3-2. Map showing sampling location for (C) Hwasun Bay and (D) Bangdu Bay (SPL: springs exposed on the shore; SPO: submarine springs observed in the coastal ocean).	33
Fig. 3-3-3. Long term marine environmental monitoring around Jeju Island.	36
Fig. 3-3-4. Station map of coastal monitoring around Jeju Island during August 2015(A) and October 2015 (B)	37

Fig. 3-3-5. Location of hydrographic station over the East China Sea Shelf by Gong et al.(1996).	38
Fig. 3-3-6. Water masses defined by temperature-salinity (T-S) relationships in the East China Sea (modified from Gong et al., 1996). CDW: Changjiang Diluted Water, KW:Kuroshio Water, LOW: Low Oxygen Water, TCWW: Taiwan Current Warm Water, YSCW: Yellow Sea Cold Water, YSMW: Yellow Sea Mixed Water.	38
Fig. 3-3-7. Temperature-nitrate relationship for (a) the Kuroshio Water, (b) the Taiwan Current Warm Water, and (c) the Changjiang river plume water region. (d) The salinity-nitrate relationship for the Changjiang Diluted Water. The dashed line represents the conservative mixing between salinity and nitrate in the Changjiang river plume in summer (Edmond et al., 1985).	39
Fig. 3-3-8. Water masses observed long term data around Jeju coastal region (A) and the northern East China Sea (B) was overlaped on the T-S diagram of Gong et al.(1996).	40
Fig. 3-3-9. Surface distribution of temperature, salinity, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a in the northern East China Sea surrounding Jeju Island during spring and summer seasons(adopted from Kim et al., 2009).	42
Fig. 3-3-10. Surface distribution of temperature, salinity, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a in the northern East China Sea for the spring and fall cruises (adopted from Kim et al., 2009).	43
Fig. 3-3-11. Vertical distribution of temperature, salinity, density, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a along the 32.5 °N during summer seasons of 2003, 2006, 2007 (adopted from Kim et al., 2009).	45
Fig. 3-3-12. Vertical distribution of temperature, salinity, density, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a along the 32.5 °N during spring and autumn seasons (adopted from Kim et al., 2009).	46
Fig. 3-3-13. Dense distribution of benthic green algae in the shallow zone of Bangdu Bay in Jeju Island (adopted from Hwang et al., 2005).	47
Fig. 3-3-14. Grade of water quality around the coastal regions of Jeju Island.	48
Fig. 3-3-15. A result of water quality in coastal fisheries area, Jeju.	50
Fig. 3-3-16. Comparison of average butyltin concentrations (ng Sn/g dw) in surface sediments during 1998 and 2001, inside Jeju Harbor.	55
Fig. 3-3-17. Distribution of total PAHs in surface sediments of each station inside Songsanpo (A) and Seogwipo (B) Harbor.	56

Fig. 3-3-18. Distributions of nutrients concentrations at surface water in northeastern Jeju coastal area.	56
Fig. 3-3-19. Distributions of nutrients concentrations at bottom water in northeastern Jeju coastal area.	57
Fig. 3-4-1. Seasonal variations of primary production averaged over 17-year monthly data.	60
Fig. 3-4-2. Seasonal variations of primary production averaged from Fig. 3-4-1.	61
Fig. 3-4-3. The difference of PP between Behrenfeld and Falkowski(1997) and VGPM.	62
Fig. 3-4-4. Inter-annual variation of euphotic depth using $K_d(\text{PAR})$ and $K_d(490)$	62
Fig. 3-4-5. Sampling stations of phytoplankton around intertidal zone and costal waters of Jeju Island (Lee et al., 1990).	65
Fig. 3-4-6. Phytoplankton species composition (%) by ecological type at Tap-dong coast of Jeju Island (Lee et al., 1989).	67
Fig. 3-4-7. Map showing 7 stations (St. 15-21) between Ieo-do and Mara-do, and Ieodo station (St. 15) during the first cruise from 6 to 18 September 2010.	71
Fig. 3-4-8. Map showing 5 stations (St. 1-5) between Ieo-do and Mara-do, and Ieodo station (St. 5) during the second cruise from 25 to 29 April 2011.	71
Fig. 3-4-9. Occupancy rate (%) of abundance of phytoplankton taxa at each station and each depth in September 2010.	74
Fig. 3-4-10. Occupancy rate (%) of abundance of phytoplankton taxa at each station and each depth in April 2011.	75
Fig. 3-4-11. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in September 2010.	76
Fig. 3-4-12. Phytoplankton abundance (cells/L) at each depth (A) and each station (B) in September 2010.	76
Fig. 3-4-13. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in April 2011.	78
Fig. 3-4-14. Phytoplankton abundance (cells/L) at each depth (A) and each station (B) in April 2011.	78
Fig. 3-4-15. Phytoplankton composition rate (%) by metagenomic analysis of GS-FLX pyrosequencing at Jeju Island (St. 1) and Ieo-do (St. 5) in April 2011.	82
Fig. 3-4-16. Monthly change of the sea surface temperature in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.	84
Fig. 3-4-17. Abundance of fish species in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.	84

Fig. 3-4-18. Abundance of fish species in the western coastal waters off Jeju Island from 2009 to 2010.	85
Fig. 3-4-19. Seasonal variations in species diversity of fish collected by different sampling gears in the western coastal water of Jeju Island in 2008.	86
Fig. 3-4-20. Abundance of fish species in the southern coastal waters off Jeju Island (Youn <i>et al.</i> , 2003).	86
Fig. 3-4-21. Summary of changes in abundance of major fisheries species in the waters off Jeju Island (1980s-1990s, 1990s-2010s).	87
Fig. 3-4-22. The newly recorded fish species. <i>Chaetodon wiebeli</i> (left) and <i>Lactoria fornasini</i> (right).	88
Fig. 3-5-1. Occurrence of Indo-Pacific dolphins <i>Tursiops aduncus</i> around Jeju island 2007-2015. (A) vessel sighting surveys, 2007-2010, (B) - (F) shore based point sighting surveys in 2011, 2012, 2013, 2014 and 2015, respectively (Kim et al., 2015).	91
Fig. 3-5-2. Sea birds consumed marine preys in the coastal areas of the Jeju island.	93
Fig. 3-5-3. Fishes observed at artificial reef of Bukchon, Jeju-do. <i>Sebastes thompsoni</i> (left), <i>Thamnaconus modestus</i> (middle), <i>Pterois lunulata</i> (right).	99
Fig. 3-5-4. Fishes observed at artificial reef of Bukchon, Jeju-do. <i>Chromis notatus</i> (left), <i>Stephanolepis cirrifer</i> (middle), <i>Pagrus major</i> (right).	99
Fig. 3-5-5. Map showing the sampling sites of various studies for ichthyoplankton around the Jeju Island, South Korea. Sampling sites are expressed by a closed circle.	103
Fig. 3-5-6. Workflow for molecular identification of fish eggs and larvae using PacBio sequencing analysis.	104
Fig. 3-5-7. The proportion of each ecological guild of the ichthyoplankton occurred around the Jeju Island, South Korea.	106
Fig. 3-5-8. Spatial distribution in ecological guild of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island, South Korea. Slightly shaded area with Green color and red dotted line are represent the occurrence of temperate species and tropical and sbtropical species, respectively.	106
Fig. 3-5-9. CO I gene sequences of fish eggs collected of around Jeju island at 13 August 2015.	110
Fig. 3-5-10. CO I gene sequences of fish larvae collected of around Jeju island at 13 August 2015.	111

Fig. 3-5-11. Spatial distribution of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island.	114
Fig. 3-5-12. Distribution of number of species of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island.	114
Fig. 3-5-13. Spatial distribution of dominant species occurred around the Jeju Island.	115
Fig. 3-5-14. Jeju map of 2km section for make marine benthos distribution chart.	117
Fig. 3-5-15. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around Jeju Island; number in chart: number of identified species.	120
Fig. 3-5-16. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around North West Jeju Island; number in chart: number of identified species.	120
Fig. 3-5-17. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around North East Jeju Island; number in chart: number of identified species.	121
Fig. 3-5-18. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around South East Jeju Island; number in chart: number of identified species.	121
Fig. 3-5-19. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around South West Jeju Island; number in chart: number of identified species.	122
Fig. 3-5-20. Typical marine benthos pictures inhabiting in the Jeju Island.	123
Fig. 3-5-21. Sampling sites of macroalgae in Jeju island.	127
Fig. 3-5-22. Macroalgae in study area (A: Sasu, B: Bumsum, C: Hangwon, D: Hado).	130
Fig. 3-5-23. Density and total length of <i>Ecklonia cava</i> in study area. Data are mean ± 1 SE	131
Fig. 3-5-24. Study sites of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM, 2009) during the period from 2008 to 2009.	132
Fig. 3-5-25. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of algal species in the study area (MLTM. 2009).	134
Fig. 3-5-26. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of bottom cover in the study area (MLTM. 2009).	134
Fig. 3-5-27. Study sites of macroalgae during the period from 2008 to 2010 (LIM 2011).	135
Fig. 3-5-28. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of algal species in the study area (Lim 2012).	137
Fig. 3-5-29. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of biomass of macroalgae in the study area (Lim 2012).	137

Fig. 3-5-30. Novel identified microbes species from marine and land environments in Jeju (2001-2015 year).	138
Fig. 3-5-31. Novel identified microbes species per year.	139
Fig. 3-5-32. Satellite photo of migratory bird sanctuary area in hado-ri and analysis of basic environment data.	143
Fig. 3-5-33. Phylogenetic analysis of isolated novel bacteria from hado-ri.	147
Fig. 3-5-34. Satellite photo of aquacultural discharging water area in haengwon-ri.	147
Fig. 3-5-35. Colony photos of isolated marine bacteria from hado-ri and haengwon-ri.	149
Fig. 3-6-1. Map of the East China Sea and nutrient sampling stations (marked with dot symbols). YSCC(Yellow Sea Coastal Current, CDW(Changjiang Diluted Water), TWC(Taiwan Warm Current), TSWC(Tsushima Warm Current), KWC(Kuroshio Warm Current).	152
Fig. 3-6-2. Monthly variation of the Changjiang river discharge at Datong station.	152
Fig. 3-6-3. The distribution of mean summer Chl-a, suspended sediment (SS), salinity, sea surface wind (SSW) in the East China Sea.	153
Fig. 3-6-4. The first mode of Chlor-a for EOF patterns and their time series in the ECS. Inter-annual variations of the summer Chlor-a were well correlated with Changjiang River discharge.	154
Fig. 3-6-5. Classification of the six regions by k-mean clustering based on the six PCs and Inter-annual variations of summer monthly chlorophyll-a concentration.	155
Fig. 3-6-6. Correlation between salinity and nutrients (nitrate, phosphate, silicate).	156
Fig. 3-6-7. Comparison of potential nutrient limitation assessments in the Changjiang River Estuary and study area ((upper) P limitation, (middle) N limitation, (lower) Si limitation).	156
Fig. 3-7-1. Locations of the interested areas for establishing of DB/GIS in Jeju island.	160
Fig. 3-7-2. Orthophoto image obtained by drone in Weljeong beach.	161
Fig. 3-7-3. 3D view in Weljeong beach.	161
Fig. 3-7-4. ROV system for the shallow-water seafloor survey.	162

List of Tables

Table 2-2-1. MPA type of IUCN	7
Table 3-2-1. Monthly or Yearly Mean Sea Level Trends at selected tidal station (unit : mm/year)	22
Table 3-3-1. Fluxes of dissolved solids and elements through subterranean estuary.	26
Table 3-3-2. Recommended or guideline values of Radon in drinking water.	29
Table 3-3-3. List of representative papers on the significance of SGD from Jeju Island.	31
Table 3-3-4. Comparison of SGD with previous study in Jeju Island and other bay system worldwide (Zhang et al., 2016).	33
Table 3-3-5. Water quality at surface and bottom waters in 4 near aquaculture area from February 2010 to December 2011.	51
Table 3-3-6. Monthly mean values of chemical parameters of aquaculture waste water on Jeju island from July to December in 2006.	52
Table 3-3-7. Comparison of dissolved inorganic nitrogen and phosphate concentration in Jeju coastal area.	53
Table 3-3-8. Concentrations of heavy metals in sediments and pollution criteria proposed by USEPA and Canada.	54
Table 3-4-1. Range of chlorophyll-a and abundance of phytoplankton around coastal waters of Jeju Island.	68
Table 3-4-2. Primary production of phytoplankton around coastal waters of Jeju Island.	69
Table 3-4-3. Latitude and longitude of sampling stations between Ieo-do and Mara-do.	72
Table 3-4-4. Species number of phytoplankton taxa by month and depth.	74
Table 3-4-5. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in September 2010.	77
Table 3-4-6. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in April 2011.	77
Table 3-4-7. Occupancy rate (%) and dominance species of phytoplankton at each station and each depth in September 2010.	79

Table 3-4-8. Occupancy rate (%) and dominance species of phytoplankton at each station and each depth in April 2011.	80
Table 3-4-9. Species diversity index of phytoplankton community in September 2010.	81
Table 3-4-10. Species diversity index of phytoplankton community in April 2011. ..	81
Table 3-4-11. DNA sequence fragments by GS-FLX pyrosequencing analysis in April 2011.	81
Table 3-4-12. Monthly change of fish species composition in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.	85
Table 3-4-13. List of new species in the waters off Jeju Island from 1994 to 2014.	88
Table 3-5-1. Species composition of cetacean observed in the coastal areas of the Jeju island (Kim et al., 2010, Kim et al., 2011).	92
Table 3-5-2. List of fish collected by fishing gears at Jeju island (Aug., 2015).	96
Table 3-5-3. List of fish observed at artificial reef site of Bukchon, Jeju island (Oct., 2015).	96
Table 3-5-4. List of fish observed at Dareo island of Bukchon, Jeju island (Oct., 2015).	97
Table 3-5-5. List of fish observed at artificial reefs site of Haengwon, Jeju island (Oct., 2015).	98
Table 3-5-6. List of fish observed at rocks bed site of Haengwon, Jeju island (Oct., 2015).	98
Table 3-5-7. Comparison of samling method in each previous study around the Jeju Island, South Korea.	102
Table 3-5-8. Monthly variations of the number of species and abundance of ichthyoplankton collected around the Jeju Island, South Korea.	105
Table 3-5-9. Seasonal variations of the number of species and abundance of ichthyoplankton collected around the Jeju Island, South Korea.	108
Table 3-5-10. Species composition of ichthyoplankton collected around the Jeju Island in August in 2015.	112
Table 3-5-11. Species composition of ichthyoplankton collected around the Jeju Island in October in 2015.	113
Table 3-5-12. Appearance place of marine benthos according to the 2km section. ..	118
Table 3-5-13. Sampling locations.	127
Table 3-5-14. Species composition of marine macroalgae in the study area.	128
Table 3-5-15. Species list of marine macroalgae in the study area.	129
Table 3-5-16. Bottom cover of dominant marcroalgae in study area.	130

Table 3-5-17. Species list of marine macroalgae during the period from 2008 to 2009 (MLTM 2009).	133
Table 3-5-18. Species list of marine macroalgae during the period from 2008 to 2010 (Lim 2009).	136
Table 3-5-19. List of novel identified microbes in Jeju marine environment (2001-2015 year).	140
Table 3-5-20. List of novel identified microbes in Jeju land environment (2001-2015 year).	142
Table 3-5-21. List of isolated marine microbes in hado-ri.	144
Table 3-5-22. List of isolated marine microbes in haengwon-ri.	148
Table 3-7-1 Papers related with coastal morphology and geology in Jeju island.	159

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

본 연구과제는 제주도의 기후변화, 해수면 상승 및 침식, 오염 및 수질, 생물 생산성, 생물다양성, 해저지형에 대한 자료와 정보를 집대성하여 3차 년도에 해양환경백서를 발간하여 제주도의 지속적 발전을 위한 과학적 기초 자료를 제공하는 것이 목적이다. 해양환경백서는 과학적 보고서와 각 주제별 주제도, 정책입안자를 위한 정책적 요약문, 일반대중을 위한 브로셔 등 4가지 형태로 발간하고자 한다.

2. 연구사업의 필요성

가. 과학적 측면의 필요성

- 제주도를 포함한 한국근해는 전 세계 해양에서 지난 30년 동안 가장 빨리 온난화가 진행된 5개 지역해 중 하나이고, 다양한 해양오염원으로부터의 노출 등으로 인해 심각한 부영양화가 진행되고 있어 제주도 주변 해역의 해양생태계뿐만 아니라 해양환경의 전반적인 변화를 이해하고 예측할 수 있는 연구 필요
- 제주 연안으로 유입되는 육상수조식 양식장 배출수에 의한 연안오염이 가중되고 있는 현 상황에서 해양생태계에 영향을 미치는 영양염류 등의 유입과 인체에도 영향을 미칠 수 있는 위해물질 유입에 대한 연구가 필요
- 우리나라의 경우 연근해 및 내만역에서 어장탐색, 환경보전 및 관리 등을 목적으로 국지적인 해역에 대한 해양학적 조사가 이루어져 왔으나, 물리적 강제 및 해양오염이 생태계 구조에 미치는 직·간접적 영향을 이해하기 위한 다양한 장·단기 연구와 광역·국지적 규모 연계된 종합적 해석 필요
- 제주도 주변 해역의 지속 가능한 보존을 위해서는 이벤트성이나 한시적인 연구가 아닌 체계적이고 종합적인 자료 수집 및 분석이 요구 됨
- 교란된 생태와 그와 유사한 훼손을 방지하기 위한 과학적인 조사와 대책수립이 필요

나. 경제·산업적 측면의 필요성

- 제주도가 가지는 수산업과 산업개발 등 해역의 부가가치를 지속적으로 개발 및

- 관리하고 제주 해양의 공간·지리적 자원을 보존하고 체계적으로 관리하기 위하여 국가가 보유하는 핵심적 과학기술을 활용하는 새로운 방법론이 요구됨
- 제주 부근 해양에 서식하는 다양한 해양생물종들의 생물자원으로써 그 가치를 새롭게 인식하고, 해외 선진 각국과 국가 경쟁력을 확보하기 위한 전략으로 해양생태계 자원의 보전과 이용 및 종다양성 확보를 위한 다양한 노력 필요
 - 제주도의 자연 생태의 가치보전과 관광형 바다목장과 관련된 인공 기술을 접목시켜 제주도 연안 생태계의 복원 및 생태교란 방지와 함께 국제적인 해양 레저 관광지로 발돋움하기 위한 복합 기능의 연구들이 필요

다. 사회·문화적 측면의 필요성

- 제주도는 유네스코 3관왕 보전지역으로 유네스코 자연과학 부분의 생물권 보전 지역, 서귀포 연산호 군락의 천연기념물 지정, 세계자연유산 등재 및 세계지질공원등재 등 과학적으로 중요한 지역임
- 해양과기원 제주국제해양과학지원센터를 활용하여 지역 현안문제 해결에 중추적 역할을 담당하고 제주도의 지속적 발전을 위한 과학적 기초 자료 제공 필요
- 지속적인 관측을 토대로 국지적-거시적 환경생태에 대한 종합적 평가가 이루어지고 이를 토대로 환경개선 정책과 개발정책이 수립되어야 지속적인 발전이 가능함
- 해양과학기술 연구개발과 인력을 활용하여 국민에게 유용하고 활용 가능 기술 및 정보 제공
- 제주도 연안의 보호생물종 보존과 훼손된 생태, 생물종의 복원 방안수립과 동시에 건강한 연안생태 보존과 해양관광 활성화를 위한 과학적인 연구가 지속적으로 필요
- 최근 발달중인 해양 레저 산업의 활성화와 강정마을 해군기지 건설 등 인간 활동에 따른 제주도 연안 생태변화에 대처하기 위하여 아열대 해양 특성을 가진 제주도 연안의 생태, 자원의 변화에 대한 장기적인 모니터링이 필요

제 2 절 연구의 내용 및 범위

1. 연구개발의 최종 목표

제주도의 기후변화, 해수면 상승, 수질 및 저질 오염, 생물생산성, 생물다양성, 해저 지형에 대한 자료와 정보를 집대성하고 해양환경백서를 발간하여 제주도의 지속적 발전을 위한 과학적 기초자료를 제공하는 것이 최종 목표이다. 이를 위해 제주도 해양환경/해양생태계 평가를 위한 기초자료를 구축하고자 하였다. 해양생태계 평가를 위한 기초 조사를 위해 다음과 같은 연구 범위를 설정하였다.

- 제주도 주변해역의 기존 환경/생태관련 위성, 해황, 현장관측, 문헌 등 자료 수집 및 분석
- 제주도 해양환경/생태계 진단을 위한 정점 선정
- 조사시기, 조사방법 및 분석방법 정립과 제주 연안 해역 조사 실시
- 조사 결과를 바탕으로 제주도 해양환경 시범 평가
- 제주도 해양환경/해양생태계 자료 DB 구축

2. 연구개발 세부목표 및 내용

목표	연구개발내용 및 범위
제주 해양환경 평가 및 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 문헌조사를 통한 제주 해양환경 수집 • 현장관측 정점 선정 및 관측 실시 • 제주 해양환경백서 발간을 위한 자료 구축 • 제주 해양환경백서 초안 마련
제주도 및 광역해역에서의 기후변화 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 문헌조사 및 관측 자료 수집 • 기존 자료를 바탕으로 분석하여 가시화
해수면 상승 등 제주 현안문제 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 제주해역 조위자료 분석 및 검토 • 파랑특성 검토 및 파랑 관측 • 조위자료 및 물성자료 수집, 해수면 상승 초기 분석
연안 수질/저질 오염 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 양식장 배출수 영향 분석 • 연안 해수 및 용천수 방사능 분석 • 영양염 시공간 분포특성 분석 • 연안해역 저질 오염 상태 진단 • 연안 환경 관련 문헌조사 및 기존 연구결과 분석
제주 주변해역 생물생산성 기초조사	<ul style="list-style-type: none"> • 기초생산성 문헌조사 및 현장 조사 • 동·식물 플랑크톤 문헌조사 및 현장 조사 • 수산 생산량 변동 조사
제주 주변해역 생물 다양성 변동	<ul style="list-style-type: none"> • 제주도 연근해에 출현하는 대형해양동물 종조성 조사 • 해양환경 변동에 따른 어류 분포 및 출현 양상 파악 • 제주 해역 난자치어 분포 현황 조사 • 저서동물, 저서식물 분포 현황 조사 • 부착관 설치로 해양미생물 조사
제주 해양환경 교란	<ul style="list-style-type: none"> • 장강저염수 유입 특성 분석 • 해파리 유입 특성 문헌 조사 • 해조류 유입 특성 문헌 조사
지질·지표환경 자료 확보 및 3D 가시화 GIS 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 제주 연안지형 측량 시범 적용 • 월정리 해빈에 대한 3차원 연안지형 측량

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내 연구 동향

- 국내는 “해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률”을 근거로 한 법정 사업인 해양생태계 기본조사가 수행되었다. 해양생태계 기본 조사는 동·서·남해 연근해 및 EEZ 전 해역을 연안 8개, 근해 3개 총 11개 권역으로 나누어 일정기간으로 재조사하여 전반적인 해양생태계(부유생태, 저서생태 및 유영동물 등) 변화를 파악하는 것이다. 그 결과 기존의 단위 오염물질의 저감과 특정 환경요인의 조절정책에서 탈피하여, 생태계와의 공존을 위한 정책의 중요성을 강조하고, 생태계 기반 해양관리를 위한 과학적 기반을 조성하였다.
- 환경부에서 수행한 전국자연환경조사사업은 국가차원의 생태계 조사사업으로 우리 국토 자연환경의 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등의 제반 보전가치를 파악함으로써 각종 행정 및 개발 계획을 수립할 때 유용성, 활용 가능성이 요구됨에 따라 이루어지게 되었다. 현재는 전국자연환경조사 및 기타 자연환경분야의 자료들을 종합하여 ‘자연환경보전법 (’08.3)’에 의거하여, 동·식물 분포도, 현존식생도 등 자연환경 GIS-DB를 구축하고, 구축된 생태·자연도 통합하여 전국 생태·자연도를 완성하고 있다.
- 국립수산과학원은 현재 정선해양관측, 연안정지관측조사사업, 연안해양환경 조사사업 등을 운영하고 있다. 이러한 관측들은 우리나라 근해역과 연안해역을 정기적으로 조사하는 것으로, 상당히 장기간에 걸쳐 수행되어 왔다. 그리고 국립해양조사원(NORI)에서도 1996년 이래 현재까지 우리나라 해양에 대한 국가해양기본도 작성을 위한 기본조사를 실시하고 있다.
- 그 이외에도 생태계 기반 관리 기술 개발 연구를 통해서 해양생태계 및 생물자원 탐사 연구, 생물 다양성 및 서식처 보전 연구, 연안생태계의 복원 및 관리 등에 대한 다방면에 걸쳐 다양한 연구가 진행되었다. 특히 기초 해양생물, 생태계 연구 및 생물자원 탐사 등은 대학과 연구기관의 전통적인 기초분야로 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 해역 단위의 국제 공동연구(LME 등)가 추진되었다. 해양의 생물다양성 연구는 해양의 일부 분류군이나 우리나라의 고유종에 대해서 목록화 작업을 하고 있으며, 산호 등에 대해서는 국제적인 목록화 작업에도 참여하고 있음. 주요 생태계 위해종과 외래종에 대해서는 목록화 작업과 국제공동 연구가 계획되고 있음
- 우리나라는 2014년 12월 기준으로 10개소(252,549 km²)의 해양보호구역을 지정하고 연안생태 보존활동을 넓혀가고 있음. 그러나 해양보호구역 관리 하에 있는 연안도 낚시, 스쿠버다이빙 등 해양레저 관광활동이나 다양한 어구를 사용하는 어업에 대한 체계적인 관리가 어려운 실정임. 해양보호구역(습지보호지역 및 해양보호구역)의 지정과 관리의 근거가 되는 법률은 「습지보전법(1999년)」 및 2006년도에 제정된

「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(이하 '해양생태계보전법')」임. 우리나라도 수산, 해양레저, 생태보존을 위한 한국형 Zonation pan이 필요

제 2 절 국외 연구 동향

- 미국의 생태계 관련 조사프로그램은 환경청, 해양대기청, 내무부, 과학재단을 중심으로 이루어지고 있으며, 그 중에서 대표적으로 장기생태연구프로그램 (Long-Term Ecological Research (LTER): <http://www.lternet.edu/sites/>)이 NSF를 통해 지원 중이며, 이중 연안 습지의 생태/생지화학적 과정 연구를 위한 Georgia Coastal Ecosystem LTER project와 연안의 육지-연안 및 수층-저층 생태연결고리 규명을 포함한 광범위한 생태계 상호작용에 대한 연구와 관련된 Plum Island Ecosystem LTER을 수행했다. 또한 각각의 LTER 지역에서는 별도로 미생물 관측소 사업 (Microbial Observatory Program)을 통해 연안환경에서 생지화학적 물질순환에 결정적으로 중요한 역할을 담당하는 미생물 확보 및 다양한 미생물의 생태적 기능연구를 지원하고 있다. 그리고 이를 바탕으로 국가간 네트워크를 구축을 통한 국제장기생태계(Internatioanl LTER (ILTER)) 프로그램을 수행하였다.
- 일본은 기후변화에 대한 해양생태계 변화 연구에 있어서 Odate Project을 통해서 1950년대부터 최근까지 주로 일본의 주변 해역에 대한 해양조사로써 시계열 자료를 확보하고 기후변화가 해양생태계의 하위 또는 중위영양준위의 변동을 연구하고 있다. 특히 1972년부터 동해를 가로지르는 PM line에 대해서 일본기상청 주관으로 장기 해양생태계 조사를 지금까지 계절조사를 수행하고 있다.
- 영국은 자연환경연구위원회(Natural Environment Research Council; NERC)를 대리해서 생태·수문 연구센터(Center for Ecology and Hydrology)가 주도하고, 관련 14개 기관들이 공동으로 참여하는 환경변화 네트워크(Environmental Change Network; UK ECN)을 구축하였다. 그리고 영국은 스코틀랜드 정부, 웨일즈 연합 정부와 영국령 북아일랜드 행정처의 도움을 받아 해양 모니터링의 자료를 이용하여 Charting Program라는 생태도표를 만들었다. 이외에도 PML(Plymouth Marine Laboratory) 연구소 차원에서 1988년부터 Western English Channel의 L4 정점을 선정하여 장기생태계 모니터링 연구를 실시하고 있다.
- EU는 육지와 해양간의 상호작용을 규명하기 위한 주제별 연구네트워크인 ELOISE를 구축하여 총 55개 과제를 지원하였고, 해양학 제 분야는 그 특성상 연구 성과의 실용성을 극대화하기 위해 심도 있는 학제적 연구가 필수적임을 인식하여, MAST 프로그램을 통해 지역해 생태모델 ERSEM을 구축하였다.
- 국외에서는 이런 장기 조사 자료를 바탕으로 정기적으로 해양환경과 생태계 현황 관련 보고서를 발간하여 생태계 변화에 대한 새로운 인식을 심어주고 있다. 미국은 "Our Living Oceans", 영국은 "Ocean Climate and Ecosystem Status Report", 캐나다는 "State of the Ocean", 아일랜드는 "Irish Ocean Climate and Ecosystem

Status Report” 와 같은 정기적인 보고서를 발간하고 있다.

- 세계 연안국은 나름대로의 보존과 해양레저 공존의 정책을 세워 추진 중에 있음. IUCN(국제자연보호연합)의 해양보호구역을 보호방법에 따라 6개의 유형을 나누고 있음(Table 2-2-1).

Table 2-2-1. MPA type of IUCN

지정목적에 따른 유형	보호방법에 따른 유형 (IUCN)
해양보존, 어족자원 보존, 관광, 휴양기회 제공, 교육, 과학적인 연구기회 제공	절대보존구역: 엄격한 보호
	국립공원구역: 생태계 보전과 레크레이션
	천연보호구역: 특정지역 자연보존
	서식지/중 관리구역: 적극적인 관리를 통한보전과 레크레이션
	경관보호구역: 육상과 해양의 경관보전과 레크레이션
	자원보호관리구역: 자원의 지속 가능한 이용

- 호주: 산호초 보존지역인 GBR(Great Barrier Reef) 관리를 위하여 “GBR Marine Park Zoning Plan 2003 (7개 zone / 18 zoning area)”을 수립하여 추진해 오고 있음. 이 계획에는 Pink zone (Preservation zone, 'no go' 해역 즉, 허가에 의한 연구 활동만이 허용되는 최고 수준의 보호관리 해역)으로부터 Light Blue zone (General Use zone, 일반이용 허가(shipping, 트롤링 등) 해역까지 7단계로 활동제한을 나누어 추진하고 있음
- 미국: 1,700여개의 MPA를 가진 나라로 미국 영해의 약 1/3에 해당하는 해역이 해양보호구역으로 지정하여 추진하고 있음. 호주와 마찬가지로 6단계로 나누어져 있는데 모든 MPA에서 다양한 이용범위(multiple use)들이 정해져 있음. 가장 엄격한 관리 단계인 “No Take” 해역은 전체 영해의 약 1%에 불과하며 이는 전체 MPA의 3% 이하만 “no take” 해역으로 관리되고 있는 것임. 나머지 해역은 다양한 이용을 위한 단계별 규제를 해 오고 있음. 즉, 미국은 지속적인 생산을 위한 해양보호구역 지정이 58%를 차지하고 있어 미국 해양보호구역의 50%이상이 수산자원 보전과 생산력 유지를 위한 목적으로 지정되어 있음을 알 수 있음

제 3 절 현재까지의 연구개발 현황

- 국립수산물과학원은 자원조사 및 생태계 조사, 생물 다양성 연구, 해양생명공학연구 단 설치, 수산물에 대한 유전자원 보존 및 육종에 대한 연구 진행, 양식기술 등에

대한 다양한 방면 연구 진행

- 한국해양과학기술원에서는 1982년부터 1997년까지 총 16년에 걸쳐 우리나라 동·서·남해에 대한 종합조사(해양물리/화학/생물지질학 요소)를 실시하여, 해양환경도(해양자원도)를 ATLAS로 작성하여 관련 기관에 배포
- 대학에서는 생태학적 연구, 해양생명공학 연구 분야, 해양생물유래 신물질의 개발에 대한 연구, 생물검정 및 환경영향평가 등 다방면 연구 진행
- 생태계 조사는 다양한 기관이 분담하여 수행하는 것이 필요하나 조사해역이나 시기, 항목 등에 있어서 조율이 없이 이루어져 불필요한 중복과 다방면의 연구 결과에 대한 종합적 분석 연구 미미
 - 일회성 과정 연구 주류
- 다학제적 연구 성격에 따른 서로 다른 목적의 연구를 실시하더라도 관련 연구를 통합하고 조정하는 기관 및 전문 연구 인력의 부족 및 타 기관 간 연구 분야 중복성 높음
- 한반도 주변해역의 과거 물리/생태학적 변화에 대한 평가는 있으나, 제주도 주변해역에 대한 구체적 변화 진단 및 예측 연구는 부족

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 기후변화

1. 서론

동중국해는 북서태평양의 연해로 남쪽으로는 북서태평양과 연결되고 북쪽에서 황해 및 동해와 연결되어 있다. 그리고 북서태평양의 해수를 받아들여 황해와 동해로 공급해 주며, 또한 동중국해의 연안수를 동해와 북서태평양으로 공급해 준다. 대륙사면 측에는 쿠로시오와 전선을 형성하고 있으며 대륙붕으로 올라오는 용승작용에 의해 상당한 양의 물질교환이 이루어지는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 1992; Chen and Wang, 1999). 중위도에 위치한 동중국해는 저위도의 열수송이 이루어질 경우 가장 먼저 영향을 받는 해역이고 고위도로 열에너지를 수송하는 통로로 중요하다(Milliman and Meade, 1983).

최근 기후변화에 따른 수온 상승이 전 지구적인 변화뿐만 아니라 한반도 근해 해역까지 진행되고 있다. 특히 한반도 근해는 전세계 해역에서 최근 100년 동안 가장 많이 수온 상승을 보인 해역 중에 하나로 보고되고 있고, 미래전망 역시 같은 예측을 나타내고 있다(Fig. 1). 전 지구적 수온은 1980년 대 이후 급격하게 상승했고, 동중국해 표층수온도 이와 비슷하게 1980년 말을 전후로 하여 climate regime shift 현상을 보이는 것으로 보고되었다. 그리고 이와 연계하여 해양의 생산성도 변화되고 있음을 보고하고 있다(Crowley 2000; Walther et al. 2002; Edwards and Richardson 2004; Behrenfeld et al. 2006; Hansen et al. 2006, 손 등 2012, 2013). 동중국해의 수심은 약 70% 이상이 약 200m 이하의 대륙붕으로 구성되어 있어 해양-대기의 열 교환 및 상호작용이 활발히 일어나고 있고, 일본과 한국의 연별 기후 변동성과 밀접한 상관관계를 가지고 있다.

동중국해 수온 변화 연구는 1980년대까지 주로 남해안 연안정지 수온관측 자료를 이용한 표층수온의 연주기 및 반년주기의 주기성 분석이 대부분이며 일부 영년변화의 분석이 있었지만 변동성과 기작의 연구는 거의 없었고(김 2002), 해양생태계까지 포함한 다학제적 변화 연구는 최근 들어서야 연구가 수행되고 있는 실정이다(국토해양부 2010). 2000년대 들어와서 30년 이상의 장기 자료가 확보 되면서 많은 연구자들은 해역별 수온 변화를 분석하고 기후변화에 따른 변동성을 추적하기 시작했다(Kang 2000; 민과 김, 2006; 성 등., 2010). 그리고 축적된 위성자료 및 재분석을 자료를 이용하여 광역의 해역에 대한 분석 결과를 제공하고 있다(Yeh and Kim, 2010; 김 등, 2011; 손 등, 2012).

본 연구에서는 동중국해 표층수온을 중심으로 이와 김(2013) 연구논문에서 정리한 동중국해 표층수온의 장기 변동성을 기반으로 제주도 주변 해역을 중심으로 장기 변화 경향에 대한 논문들의 결과 요약하고, 위성에서 계산된 표층수온 자료를 이용하여 장기변화 분석한 결과를 정리하였다.

2. 재료 및 방법

가. 문헌자료

동중국해 수온의 장기 변화를 진단하기 위한 수단으로 국내외 연구자들에 분석된 연구논문 및 보고서를 인용하여 보고된 내용을 정리하였다. 특히, 이와 김(2013)의 연구논문에서는 기존에 보고된 논문이나 문헌을 정리하여 동중국해 부근 해역의 수온의 장기 변화에 대해서 기술하고 있고, 제주도 주변 해역에 대한 연구들이 같이 포함되어 있어서 이 내용을 같이 정리하였다.

나. 위성자료

남해안을 포함하는 동중국해에서 표층 수온의 장기 변화를 관측하기 위하여, NOAA AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 표층수온 자료는 1985년부터 2009년까지 NASA JPL(Jet Propulsion Laboratory) Pathfinder 5.0 SST(sea surface temperature)와 2010년부터 2014년까지는 해색위성 MODIS 4 km 공간해상도를 가지는 월별 합성 자료를 이용했다(<http://podaac.jpl.nasa.gov/index.html>). Level 3 월평균 표층수온 자료는(360개월) 연구지역에 맞도록 SMI(Standard Mapped Image) 처리되어 계절, 연, 그리고 월변화 계산에 사용했다(손 등, 2012).

3. 결과

가. 연안 표층수온

Kang(2000)의 연구는 우리나라 연안 도서 18개 지점에서 1936년에서 1995년 60년간의 매일 1회 관측된 표층수온 자료를 이용하여 경향을 분석 결과이다. 연평균 표층수온 증가에서 과거 30년보다 최근 30년에 평균 2배 증가한 것으로 보고하였고, 연변화는 감소하고 겨울철 수온은 증가하고 여름철 변화는 감소하는 것으로 보고했다. 특히 제주도 연안의 경우 우도 및 마라도는 최근 30년 동안에 연평균 보다 3배 이상 증가했고 겨울철은 2배정도 증가한 것으로 보고했다.

민과 김(2006)의 연구는 Kang(2000)의 연안도서 정점보다 추가되어 총 27개 지점에서 1969년부터 2004년까지 관측된 표층수온 자료를 이용하여 분석하였다. 표층수온은 1970년대까지 증가 경향에서 이후 감소 경향을 보이지만 다시 1980년 후반에 급격히 증가하는 경향을 보고했다. 이는 전세계 기후변화와 유사한 경향을 나타내고, 북태평양의 표층수온의 변화와 연관성을 조사하였다. 표층수온의 연평균 증가는 $0.01 \sim 0.06^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ 이고 전체 해역 중에서 동해 연안이 다른 해역보다 더 급격히 상승한 것으로 보고했고, 남서

해역에서 상대적으로 낮게 나타났다. 제주시에서 관측된 자료에서는 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ 증가의 것으로 나타났다(Fig. 3-1-1). 겨울철 변화는 Kang(2000)의 결과와 유사하지만, 민과 김(2006) 연구에서는 여름철 표층수온의 변화는 뚜렷하지 않는 것으로 보고했다.

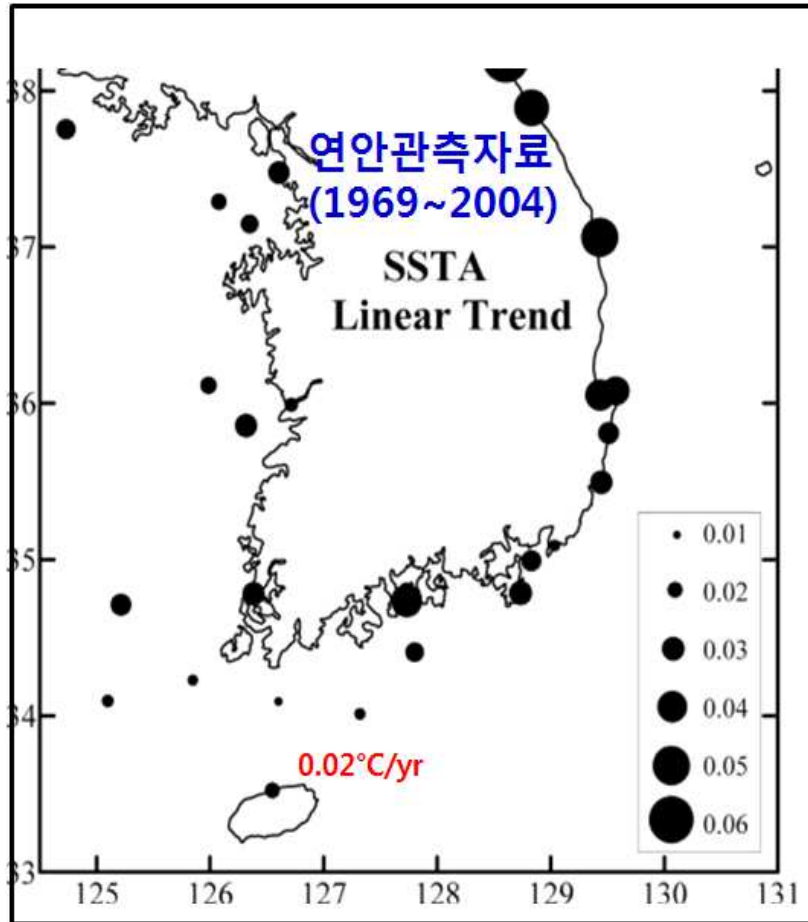


Fig. 3-1-1. Linear trends of sea surface temperature anomaly (SSTA) at each station(Min and Kim, 2006).

나. 정선관측 표층수온

Hahn(1994) 연구는 1881년부터 1990년의 자료를 이용하여 한반도 근해의 표층수온 변화를 도식화하였다(Fig. 3-1-2). 110년 동안 한반도 표층수온은 동계 및 하계 모두 증가한 것으로 보고했고, 특히 동해에서 등온선 변화가 상대적으로 다른 해역에 비하여 뚜렷하게 나타나고 있다. 이는 손 등(2012) 연구에서 제시한 최근 25년 동안 상대적으로 등온선이 북상하고 있는 연구와 유사하게 나타났다.

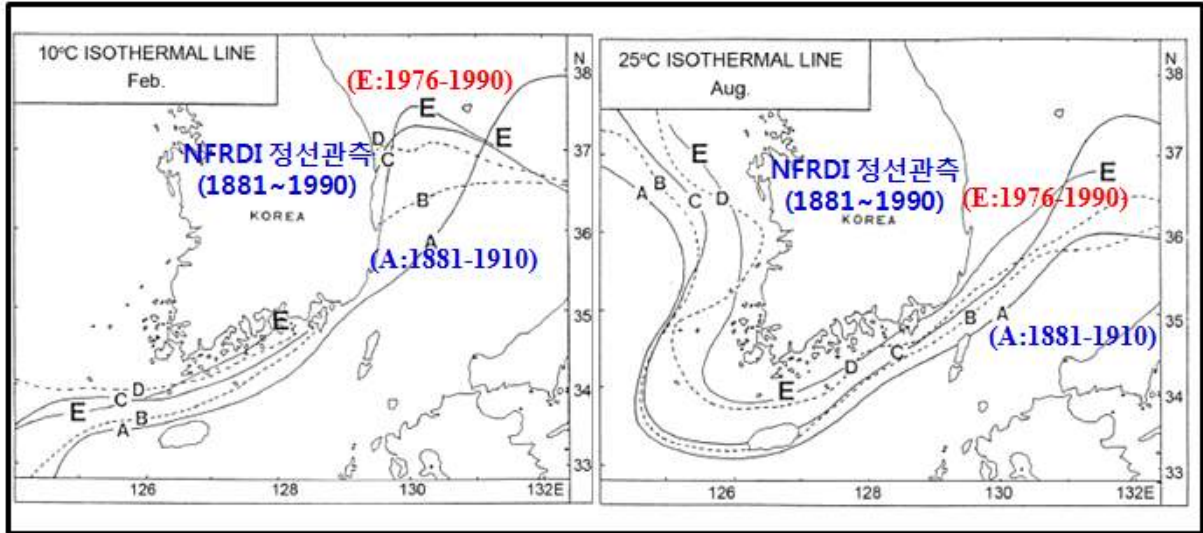


Fig. 3-1-2. Isothermal lines for 10°C in February and 25°C in August (A: 1881-1910, B: 1911-1925, C: 1926-1940, D: 1961-1975, E: 1976-1990, Hahn, 1994).

성 등(2010) 연구는 수산과학원 연안정선관측에서 얻어진 1968년부터 2008년 자료를 이용하여 수심별 수온의 변화 경향을 분석하였다(Fig. 3-1-3). 연평균 수온의 변화는 0.031°C/yr 증가하였고, 이는 연근해 표층수온과 기온은 상승하였지만 상대적으로 풍속은 약해지는 것으로 보고했다. 동해와 서해는 겨울철 수온 상승이 여름철 수온상승보다 높게 나타난 것으로 조사되었다. 남해의 경우에는 여름철 수온 상승이 높은 것으로 조사되었다. 동해와 서해의 겨울철 수온상승은 표층풍속의 약화로 인하여 혼합층이 얕아지게 되어서 표층과 저층의 혼합이 약해진 것으로 그 원인을 제시했다. 남해는 하계 수온 상승 원인으로 쓰시마 난류와 양자강 저염수 영향 때문으로 보고했다.

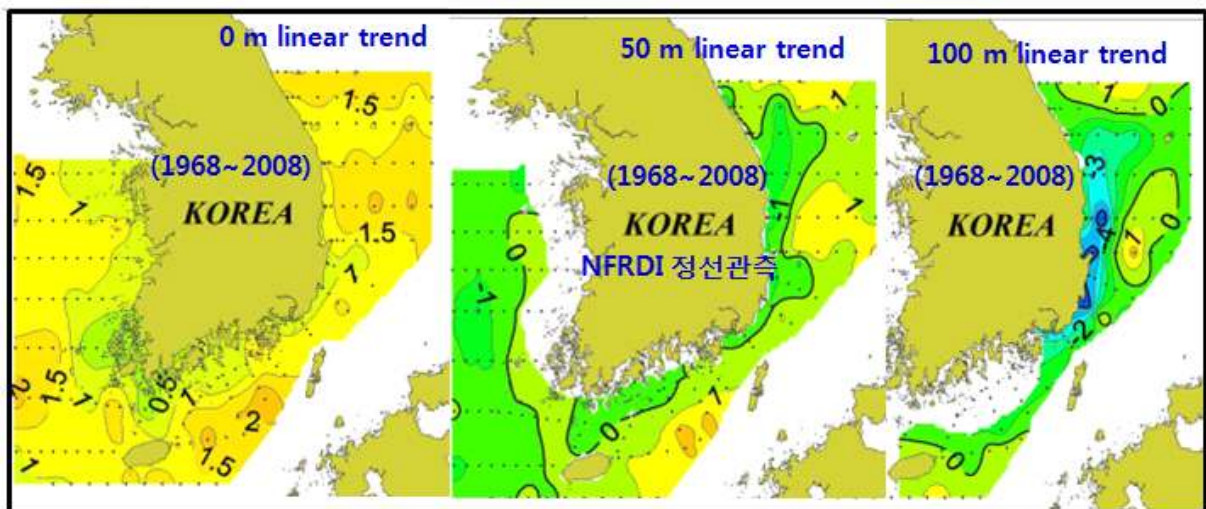


Fig. 3-1-3. Horizontal distribution of long-term trends of temperature at 0m, 50m, 100m (Sung et al., 2010).

서 등(2011) 연구는 연안정지 관측자료와 정선해양관측자료를 이용하여 1924년부터 2009년까지의 제주도 부근 해역에서 장기 표층수온 변화를 분석하였다. 표층수온 상승속도는 전체 86년간 1.94°C 상승했고, 최근 41년간 1.17°C 상승하여 전 세계 평균(지난 세기 0.67°C) 빠르게 상승한 것으로 보고했다. 특히 전체 86년간 자료에서는 겨울철 상승속도가 연평균이나 여름철보다 높은 것으로 파악되었다(Fig. 3-1-4). 그러나 최근 41년(1968-2008) 자료에서는 여름철 상승속도가 연평균이나 겨울철 상승속도보다 2배정도 큰 것으로 나타났다. 이는 지구온난화에 의해서 양자강의 저염수의 수온이 장기적으로 상승에 의한 영향으로 보고했다.

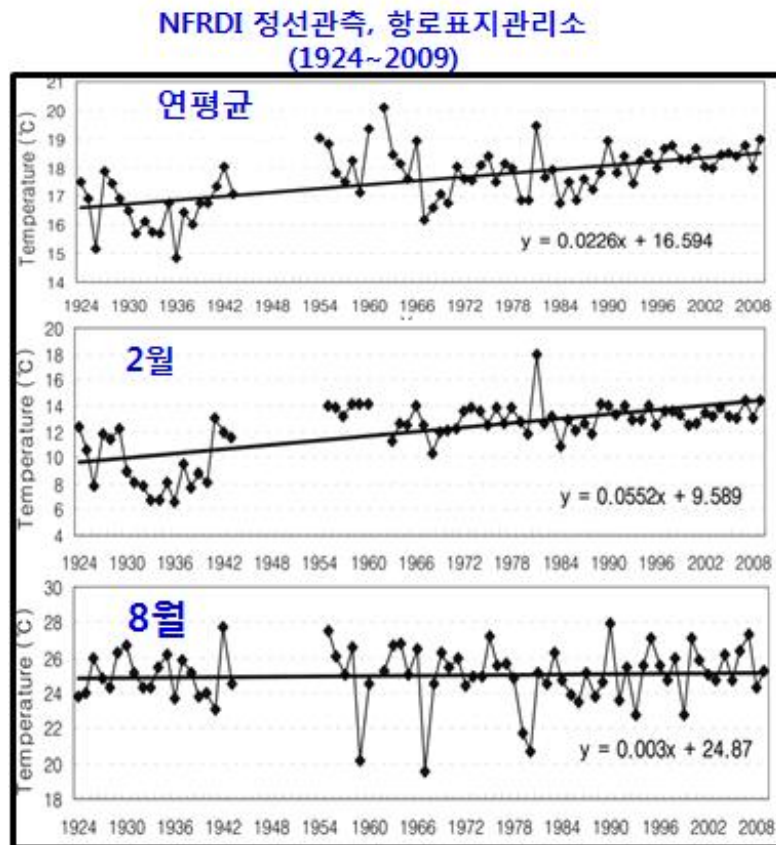


Fig. 3-1-4. Year to year variation of sea surface temperature in the waters off Jeju (Sanji) on annual, February, and August for 86 years(1924-2009)(Seo et al., 2011).

다. 재분석 표층수온

Yeh and Kim(2010) 연구는 영국 기상청 자료인 HadISST 표층수온 자료를 이용하여 1950년부터 2008년까지 황해 및 동중국해 겨울철 자료를 분석하였다. 김 등(2011)은

HadISST, GISS SST 및 ERSST 자료를 이용하여 130년간(1880-2009) 표층수온 변화 경향을 분석하였다. 김 등(2012) 연구는 1950년부터 2010년까지 HadISST 자료를 이용하여 살오징어 산란장 해역에 대한 표층수온 변화를 분석하였다. 모든 연구에서 평균수온 변화가 전 세계 변화보다 빠르게 진행되고 있음을 시사하고 있고, 특히 Yeh and Kim(2010)는 겨울철 온난화 전 세계 평균보다 3배 이상 빠르게 진행 된 것으로 보고했다(Fig. 3-1-5).

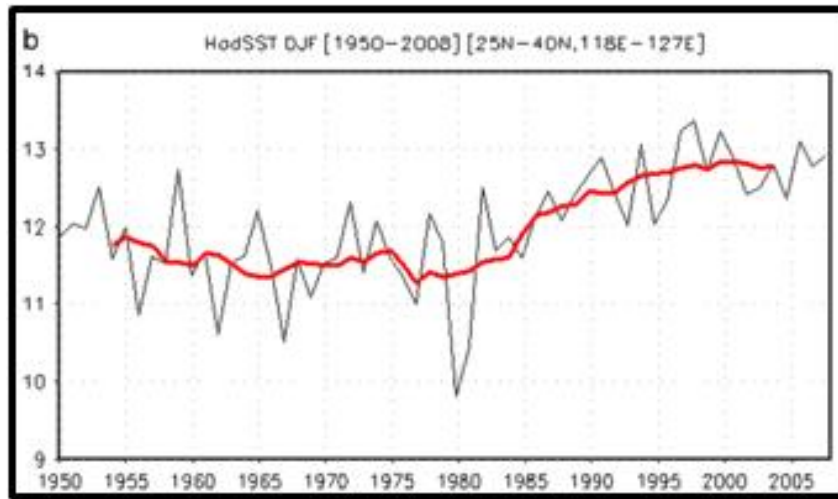


Fig. 3-1-5. The time series of SST averaged over the region 25-40°N, 118-127°E during winter for the period 1950-2008 (Yeh and Kim, 2010).

라. 위성 표층수온

손 등(2012) 연구는 인공위성에 관측된 표층수온을 이용하여 1985년부터 2010년까지 동중국해 해역에서 장기변화 및 경향을 분석하였다. 이와 유사하게 황 등(2012) 연구는 1990년부터 2008년까지 자료를 이용하여 동북아시아 해역에서 표층수온 변화를 조사하였다. 손 등(2012) 연구에서 26년 동안 연평균 및 월평균 모두에서 표층수온은 꾸준히 상승했고, 전체 및 지역구분 자료에서도 동일하게 증가하는 경향을 관측했다. 26년간의 월평균 자료에서 표층수온은 지역에 따라 차이는 있지만 대략 0.2~1.0°C 상승했다. 그리고 연안 정선관측 자료에서 얻어진 표층수온도 0.6~1.0°C의 수온 상승과 유사했다(Kang, 2000; 민과 김, 2006). 그리고 연평균 수온(20.3°C)을 이용한 등온선의 위치가 과거에 비해 북상하고 있음을 보고했고, 특히 대한해협에 근접할수록 크게 변화가 나타나면서 수온 상승의 신호가 동해 쪽으로 잘 전달 될 수 있음을 시사했다(Fig. 3-1-6). 최근 30년간 분석된 자료에서는 제주도 부근 해역은 연평균, 겨울철 및 여름철 모두 최근 30년 동안 1°C 이상의 수온 상승을 나타내고 있다(Fig. 3-1-7). 황 등(2012) 연구에서는 동중국해 북부해역과 남해역의 경우 여름철 수온 상승이 겨울철 상승보다 빠르게 나타나서 연 진폭이 증가하는 것으로 보고했다.

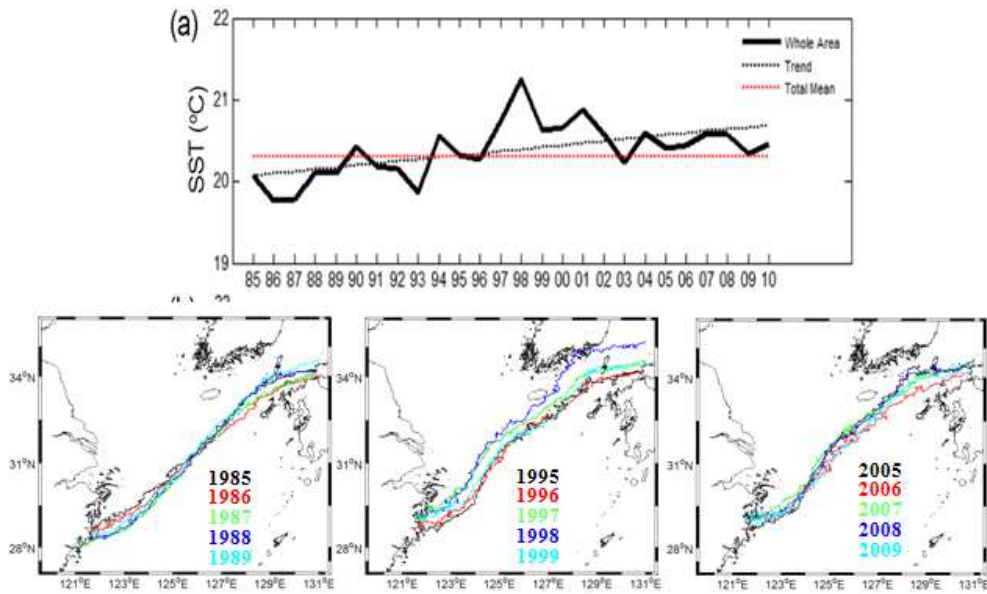


Fig. 3-1-6. Inter-annual variations and trends of annual mean value for sea surface temperature (Son et al., 2012).

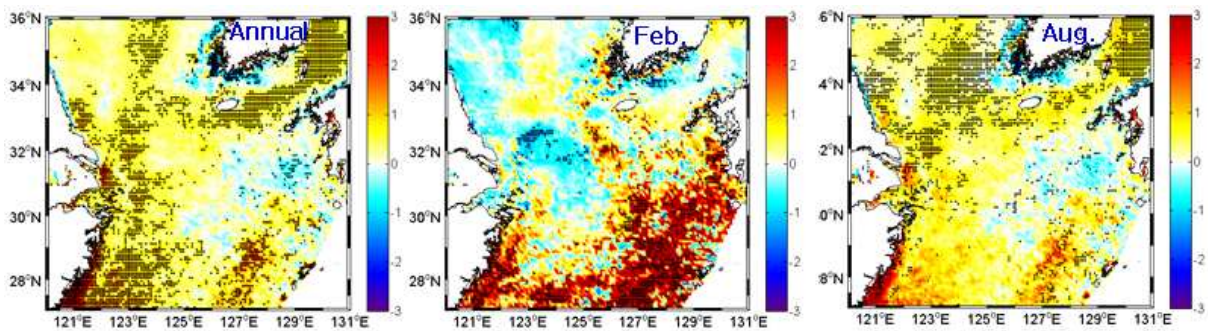


Fig. 3-1-7. Inter-annual variations and trends of annual mean value for sea surface temperature (1985-2014).

4. 결론

지구온난화와 같은 장기 기후변화에 영향을 분석하기 위해서 다양한 자료(연안, 정선, 재분석, 위성자료 등)을 이용한 동중국해를 포함하는 한반도 부근 해역의 표층수온 변화 연구를 분석해 보았다. 제주도를 포함하는 동중국해 표층수온 변화는 상대적인 변화 폭은 다르지만 최근 들어 빠른 수온 상승을 나타내고 있다. 특히 제주도는 기후변화의 최전선으로 다른 해역보다 빠른 수온 상승과 더불어 빠른 해수면 상승을 보이고 있다(Jeon, 2008). 이런 결과들은 단순히 수온 변화에 따른 한 가지 요인만으로 추정하기는 연안 및

육상의 많은 요인들에 의해서 영향을 받기 때문에 면밀한 연구가 필요하지만, 시베리아고기압 강도(약화)나 알류산저기압의 위치(북쪽 이동) 변동은 바람장 변화뿐만 아니라 아열대 해양순환계 형태의 변화를 수반하여 수온이 높은 난류수가 우리나라 주변해역을 포함하는 서태평양 중위도 해역으로 더 공급될 기작을 제시하였다(성 등, 2010; Yeh and Kim, 2010; 이와 김, 2013). 이는 대기로부터의 영향이 우리나라 주변해역 수온 변화의 요인으로 파악했다.

결론적으로 이와 김(2013) 연구에서 분석결과를 제주도 중심으로 수온변화를 요약해 보면 다음과 같다.

- 표층수온 상승은 최근 30년 동안 급격히 상승하였으며, 특히 제주도 부근 해역은 연평균, 겨울철 및 여름철 모두 1°C 이상의 수온 상승을 나타냈다.
- 이는 인공위성자료 분석에서 보이듯 등온선이 과거 30년 전보다 50-100km 이상 북상한 것으로 나타났다.
- 풍속이 변화에 의해서 겨울철 표층수온의 증가가 상대적으로 크게 나타나고 있는 것으로 보고되고 있지만, 여름철의 경우 장강저염수의 확대 및 온난화 강화로 여름철 수온변화도 증가되고 있는 것으로 보고되었다.

제 2 절 해수면 변동

1. 서론

제주 해역의 해수면 상승률은 전 지구 해면 상승률보다 특이하게 높게 나타났는데, 이러한 경향이 지속될 것인가 분석 및 검토가 필요하다. 제주 해역의 해수면 상승이 기보고 되었으나 조위 자료의 검토를 통한 장기 전망을 재산정하는 것은 해수면 상승에 의한 연안역의 취약성 검토에 선행될 필요가 있다. 국립해양조사원의 월평균해면 자료를 이용한 Jeon(2008), 윤과 김(2012)의 국내 논문에서 살펴본 바와 같이, 우리나라 해수면 상승은 검조소 위치에 따라 상승률이 다르게 나타났는데 특히 해수면 상승률이 높게 제주 해역에 대한 정밀 검토가 요구된다.

해수면 추세분석 연구 결과는 2009년부터 매년 국립해양조사원을 통하여 보고되고 있다(국립해양조사원, 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015). 국립해양조사원의 해수면 변동 분석 및 예측연구(2015) 최종 보고서에 의하면, 기존 연구에서는 공통적으로 해수면 추세분석 기간을 기본수준면 결정기간 이후부터 연구 수행 전년까지로 설정하여 분석을 수행하였으나, 분석 시작 연도를 기본수준면 결정기간 이전으로 설정하거나 해수면 추세분석 종료 연도를 조위관측소 이설 이전까지로 설정하는 등 일부 조위관측소의 분석기간 설정에 있어서 일관적 기준이 적용되지 못한 것으로 나타났다. 또한 조위관측소 기반 해수면 추세분석에 사용한 자료는 공통적으로 월평균 해수면 자료가 사용되었으며, 기존 월평균 해수면 자료에는 결측 자료의 처리가 불분명하였으나, 2012년 이후 연구에서는 평균해수면 자료 산출 과정에서 결측 자료를 보완하는 방안이 적용되었다.

국외에서는 해수면 상승 대응 내용으로 연안 개발에 대한 위험평가 실시, 해수면 시나리오 선정 규정, 기존 및 계획된 개발에 대한 해수면 상승 저감방안, 해안가 보호(Protection) 설계, 일반인 접근 유지, 생태계 보호 및 회복, 회복력 있는 발전 증진, 저발전 지역 보존, 지역적 전략 등 다양한 적응 포트폴리오를 제시하고 있는데, 제2차 국가기후변화적응대책 수립 관련 해수면 상승 대응 현황 및 전략과 우리나라 해수면 상승 관련 전략 방안 수립이 필요하다.

2. 재료 및 방법

국립해양조사원에서 수행된 기존 연구 결과를 살펴보면 분석 기간, 결측 자료 보완, 계절주기 제거, 추세 분석에 사용된 자료, 추세 분석 방법 및 추세 보정 방법 등 여러 방법을 적용하여 해수면 추세분석의 신뢰성을 향상시키려는 시도를 하였다. 그러나 분석 방법 및 분석 기간 등의 차이로 인하여 연차별 해수면 추세분석 결과(해수면 상승률)는 일부 조위관측소에서 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용한 분석 방법과 국립해양조사원의 방법이 크게 다르지 않기에, 국립해양조사원의 보고서(2015)를 인용하면 다음과 같다. 해수면 추세분석은 기존 연구의 연속성을 유지하기 위하여 매시별 조위 자료를 이용한 전처리 과정(이상 자료 검출, 결측 자료 보완)을 수행하고 국립해양조사원(2013, 2014)의 분석 방법 및 한국형 해수면 변화 분석 프로그램(국립해양조사원, 2014)을 사용하였다. 국립해양조사원에서는 2013년부터 결측 자료를 보완한 조위자료를 배포하고 있으나 2013년 이전 자료는 일부 기간 및 관측소에 대하여 결측 자료를 포함한 조위자료를 배포하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 각 조위관측소 자료의 이상 유무를 확인한 후, 기존 연구(국립해양조사원, 2013; 2014) 방법과 동일하게 조화상수를 이용한 보간법을 적용하여 결측 자료를 보완하였다. 국립해양조사원의 조화분석 및 예측조위 산출은 영국 PSMSL(Permanent Service for Mean Sea Level)에서 개발한 TASK-2000(Tidal Analysis Software Kit 2000, 1999) 프로그램을 사용하였다. 본 연구에서 결측 자료를 처리하기 위해 사용한 조석 분석 프로그램도 근본적으로는 TASK-2000과 같으며, 사용된 자료도 국립해양조사원의 1시간 조위 자료이다.

결측 자료를 예측 조위로 대체하고 구한 월평균 해면 또는 년평균 해면을 선형 직선식을 사용하여 평균해면의 상승률을 최소자승법으로 구하였는데, 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$y(t) = a + bt + \epsilon$$

여기서 $y(t)$ 는 관측 평균해면, a 는 예측 평균해면, b 는 평균해면의 상승률, ϵ 은 오차를 나타낸다.

해수면 상승률을 제시하는 연구에서는 이러한 직선식을 사용하여 오차의 제곱을 최소화하는 a, b 를 구한 후, 평균해면의 상승률을 나타내는 b 값을 비교한다.

한편 위성 해수면 자료를 이용하는 경우는 특정 조위 성분을 제거하기 위해 다음식과 같이 조위 자체를 포함시키기도 한다.

$$y(t) = a + bt + \sum_i f_i a_i \cos(w_i t - g_i + V + U_i) + \epsilon$$

여기서 f_i, U_i 는 nodal 효과를 고려하는 값이며, a_i, g_i 는 각각 특정 분조(i)의 진폭과 지각, V 는 분석 기간의 초기 위상을 나타낸다.

기존 연구에서는 $y(t)$ 로 SLA (sea level anomaly)를 주로 사용하였기에 년주기(Sa)와 반년주기(Ssa)만을 고려하였는데, 거의 10일에 한번씩 관측된 위성자료의 특성상 추후 모든 조석을 고려하여 해수면 상승률을 검토하는 연구도 필요할 것으로 판단된다. 한편 매시간별 조위 자료를 1년씩 계산할 경우에도 위 식을 사용하여 매년별 해수면 상승률을 검토하는 방안도 필요해 보인다.

본 연구에서는 1시간 조위자료 뿐만 아니라 1분 조위 자료를 사용하여 평균해면의

상승률을 검토할 예정이었으나, 같은 년도의 1시간 자료에 의한 평균해면과 1분 자료에 의한 평균해면이 다르게 나타나는 문제와 관측 지점 주변의 환경변화(예로 항의 방파제 연장)가 해수면 산정에 큰 영향을 준다는 국립해양조사원의 보고서(2015) 결과에 따라 1분 조위자료에 의한 해수면 상승 결과는 제시하지 않았다.

3. 결과

국립해양조사원 1시간 조위관측자료를 사용하여 결측 시 예측조위로 결측자료를 대체한 후 산술월평균해면 및 연평균 해면자료를 산출하였다. 관측초기년도에 관측한 자료 중 기준면보정이 이루어지지 않은 년도는 제외하였으며, 제시된 결과는 제주 해역의 추자도, 제주, 성산포, 모슬포 및 서귀포의 연평균 해면 변화율이다.

Fig. 3-2-1은 1시간 간격의 1년 조위 자료를 산술평균하여 구한 연평균 해면을 각 지점에 대해 나타낸 것으로 2014년 자료까지만 사용하였다. 이와 함께 각 지점별 월평균 해면을 살펴보면 Fig. 3-2-2와 같다.

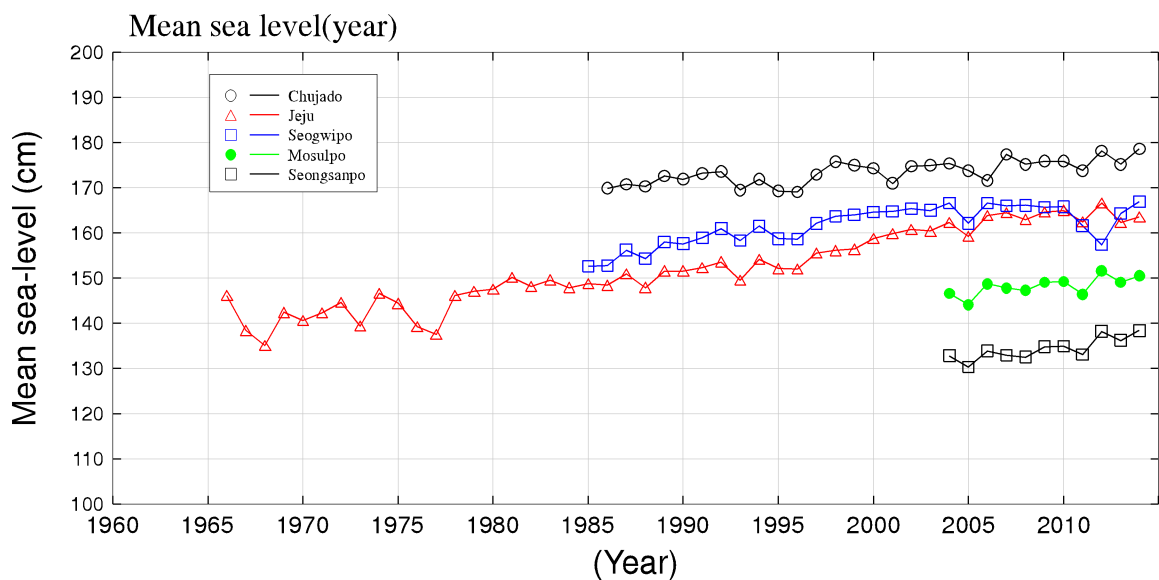


Fig. 3-2-1. Yearly Mean Sea Levels for Chujado, Jeju, Sungsanpo, Mosulpo and Seogwipo.

Fig. 3-2-3에서 보는 바와 같이, 같은 지점이라고 하여도 월평균 해면이 상당히 많은 변동 폭을 보이고 있는데, 이는 우리나라 주변 해역의 년주기(Sa) 성분의 진폭이 약 20cm 정도이며, 위상은 약 230도로 전반적으로 8월 중순 경에 최대값을 보이기 때문이다. 이러한 월별 평균해면의 상승률은 대체적으로 10월 자료가 가장 큰 상승률을 보였고, 3월에 가장 작은 상승률을 보이는 것으로 나타났다.



Fig. 3-2-2. Monthly Mean Sea Levels for Chujado, Jeju, Sungsanpo, Mosulpo and Seogwipo.

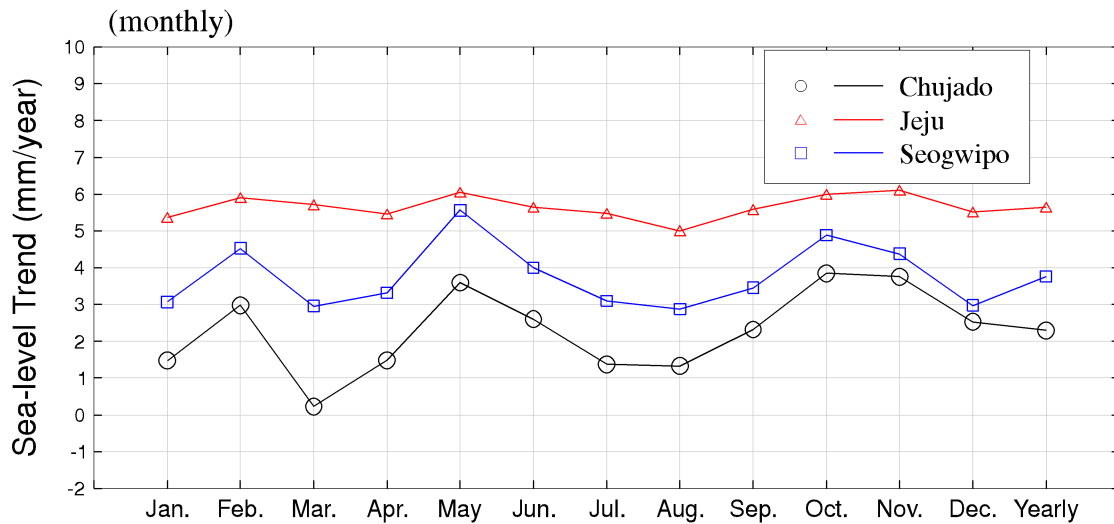


Fig. 3-2-3. Monthly Mean Sea Level Trends for Chujado, Jeju, and Seogwipo.

이러한 자료를 분석하여 계산한 본 연구(KIOST)의 해면 상승률을 국립해양조사원(KHOA)의 기존 결과, 영국 PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level)의 기존 결과와 함께 제시하면 Table 3-2-1과 같다. 제시된 기존 연구 결과는 국립해양조사원에서 제공하는 월평균 해면 자료를 사용하였는데, 이들 자료에는 결측 자료의 처리가 불분명하여, 최근의 국립해양조사원 보고서의 결과와는 다를 수 있다는 점을 감안하여야 한다. 또한 분석에 사용된 기간이 지점에 따라 다른 점도 고려하여야 한다.

년평균해면 상승률을 중심으로 결과를 살펴보면, 추자도의 경우는 국립해양조사원의 결과가 가장 높게 나타났고 PSMSL이 가장 작은 상승률을 보였다. 그러나 제주와 서귀포의 결과는 크게 다르지 않은 결과를 보이고 있다.

한편 국립해양조사원에서 제공된 월평균해면을 이용하여 여러 기관에서 제주의 해면 상승률을 계산하여 제시하기도 하는데, 일례로 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 결과를 살펴보면 Fig. 3-2-4, Fig. 3-2-5와 같다. NOAA의 결과는 1964년부터 2009년까지 월평균해면 자료를 사용하여 제주의 평균해면 상승률이 신뢰구간 95%에서 5.35 ± 0.49 mm/year라고 소개하고 있으며, 이는 100년에 약 54 cm 해면 상승이란 설명이 추가되어 있다. 같은 자료를 같은 방법으로 분석한 결과이기에 평균해면의 상승률은 크게 다르지 않으나, 사용된 자료의 길이 및 결측 자료의 처리 방법 등에 따라 약간의 차이가 발생하는 것으로 판단된다.

Table 3-2-1. Monthly or Yearly Mean Sea Level Trends at selected tidal station
(unit : mm/year)

지점 월	추자도			제주			서귀포		
	KHOA	PSMSL	KIOST	KHOA	PSMSL	KIOST	KHOA	PSMSL	KIOST
자료	1984-2014	1984-2013	1986-2014	1984-2014	1964-2013	1966-2014	1985-2014	1985-2013	1985-2014
1	2.27	1.44	1.47	4.76	4.89	5.36	3.10	3.38	3.07
2	2.87	1.69	2.99	5.53	5.39	5.90	4.53	4.18	4.52
3	0.94	-0.01	0.22	5.47	5.53	5.71	3.59	2.83	2.95
4	1.75	0.83	1.48	5.18	5.11	5.46	3.28	3.02	3.31
5	3.52	3.60	3.59	5.66	5.66	6.05	5.58	5.73	5.56
6	2.06	1.71	2.60	5.26	5.25	5.65	3.99	3.80	3.99
7	1.57	1.72	1.37	5.20	5.36	5.48	3.02	3.37	3.10
8	1.61	1.33	1.33	4.97	4.98	5.01	2.88	2.69	2.87
9	3.32	3.14	2.32	5.31	5.33	5.58	3.66	3.62	3.45
10	3.63	2.98	3.84	5.86	5.99	6.00	5.13	4.62	4.89
11	3.17	3.12	3.76	5.66	5.70	6.10	4.42	4.60	4.38
12	2.14	2.28	2.53	5.02	5.31	5.51	2.83	3.10	2.97
년평균	2.48	2.01	2.29	5.26	5.33	5.65	3.86	3.77	3.76

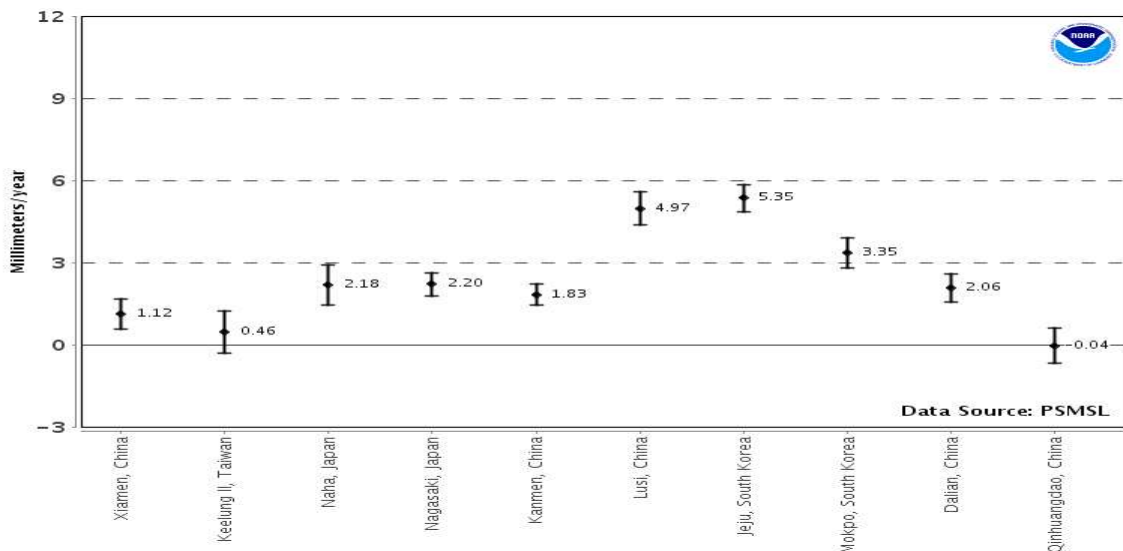


Fig. 3-2-4 Mean Sea Level Trends for Northwest Pacific Ocean & Jeju Stations by NOAA.

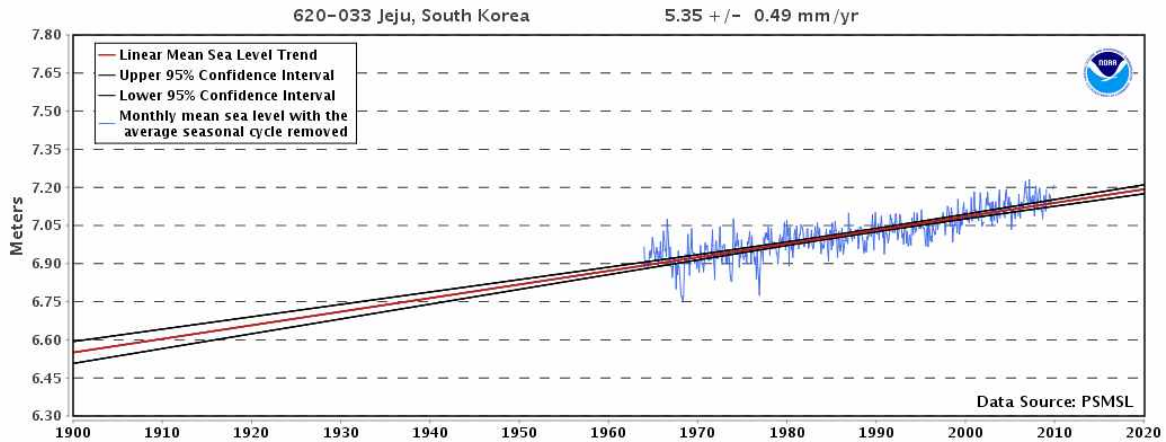


Fig. 3-2-5. Mean Sea Level Trends for Jeju by NOAA

이상의 평균해면의 상승률 검토에서 사용된 조위 자료는 육상 기준면의 변화가 없다는 가정하에서 이루어진 것으로, 최근에는 GPS 상시관측소 자료를 이용한 지각 변위 보정 등 다양한 방안에 대한 연구가 병행되기도 한다. 한편 국립해양조사원의 해수면 변동 분석 및 예측연구 보고서(2015)에서 언급된 바와 같이, 조위자료 기반의 해수면 변동률은 조위자료의 품질과 분석 기간 설정에 따라 많은 차이를 나타내며, 항만 및 연안 개발 지역에 위치한 조위관측소의 해수면 상승률은 인근 해역보다 상대적으로 높게 나타나는 것으로 파악된 바, 조위 자료의 질 검토는 해수면 변화에 여전히 중요한 요소로 남아 있다. 특히 제주 해역의 제주, 서귀포 자료는 결측 자료가 우리나라의 다른 검조소 자료에 비해 상대적으로 작아 연구 방법의 차이에서 오는 결과는 크게 다르지 않을 것으로 예상되나, 항의 증축 등에 따른 주변 환경의 이력에 따른 영향을 어떻게 보정할 것인가 하는 문제는 여전히 심사숙고할 문제로 남아 있다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 1시간 조위 자료를 사용하여 결측 자료가 있을 경우 예측 조위로 결측 자료를 대체하여 월평균해면 및 연평균해면의 상승률을 직선식을 사용하여 최소자승법으로 산정하였다. 산정된 해면상승률은 기존 연구 결과와 크게 다르지 않았는데, 이는 거의 같은 자료에 같은 분석 방법을 적용하였기 때문이다. 국립해양조사원의 해수면 변동 분석 및 예측연구 보고서(2015)에서 자료처리 개선 방안 중 계절주기를 제거하는 방안과 단기 이상해면 제거 방안은 해수면 변동률에 미치는 영향은 크지 않았으나, 자료품질과 분석 기간 및 인위적 요인 제거 방안은 해수면 변동률 분석에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 향후 보다 심층적이고 충분한 검토 및 검증을 통해 해수면 추세분석 방법에 포함해야 할 것으로 보고하였는데, 이는 결국 자료 질의 검토가 선행되어야 한다는 것으로 파악할 수 있다.

국립해양조사원의 해수면 변동 분석 및 예측연구 보고서(2015)에서 제주해역의 해수면 상승 원인으로 다음과 같은 사항을 언급하였다. 제주 해수면은 수온 변화와 매우 밀접한 관계가 있으며, 쿠로시오의 강도가 세지면 상대적으로 우리나라에 공급되는 고온수는 줄어들게 되고 쿠로시오의 강도가 약해지면 우리나라에 공급되는 고온수가 증가하게 되어 제주 인근의 해수면 변화는 쿠로시오 강도와 역의 상관관계가 있다고 하며, 또한 조위 관측소의 지반침하로 인하여 해수면 상승률이 과대 추정되었을 가능성이 높음을 지적하였으며, 제주 해수면은 수온 상승, 항만 개발 및 지반 침하의 영향이 복합적으로 작용하여 높은 해수면 상승률이 나타나는 것으로 파악하였다. 그러나 이러한 원인을 사용된 조위 자료에서 정량적으로 파악하기 어려운 점을 고려하면 향후 이러한 영향을 정량적으로 어떻게 고려할 것인지 많은 연구가 필요하다.

제 3 절 제주 연안 수질/저질 현황

1. 제주도 연안 해저지하수 유출이 해양 화학성분에 미치는 영향

가. 서론

해저 지하수의 유출량은 그 양이 강물에 비해 비슷한 수준이거나 더 많다는 사실은 잘 알려져 있는 사실이다. 이전 연구 결과에 의하면, 미국 동부의 대륙붕 및 대륙사면에서 재순환된 해수를 포함한 해저 지하수 유출량이 강물의 약 40%에 이른다고 보고하였고(Moore, 1996), 대서양으로 유입되는 해저 지하수 유출량은 강물의 80~160% 이른다고 보고 하였다(Moore et al., 2008). 이와 관련하여, 화학성분 중 해저 지하수 유출에 의해 공급되어지는 영양염류의 공급량은 물을 통한 공급량에 버금가는 수준이며, 연안지역의 일차생산에 중요한 역할을 한다고 보고 된 바 있다(Corbett et al., 1999; Kim et al., 2005; LaRoche et al., 1997; Slomp and Cappellen, 2004). 해저 지하수 유출에 의한 영양염류는 양 생태계와 적조, 탄소순환(기후변화), 지구화학적 순환에 결정적인 영향을 줄 가능성이 제시되었다(Li et al., 1999; Lee et al., 2010; Johnson et al., 2008; Waska and Kim, 2010).

해저 지하수는 대륙주변부의 연안환경과 달리 현무암 기질의 화산섬인 제주에서 그 중요성이 더욱 부각 되었다. 다른 지역에 비해 상대적으로 투수성이 높아 해저 지하수 유출량이 높고, 조석 등의 영향으로 해수의 재순환이 매우 빠르게 이루어지기 때문에 이러한 화산섬에서 해저 지하수 유출속도는 대륙의 연안지역보다 훨씬 더 빠르다고 보고되었다(Hahn et al., 1997; Koh, 1997; Kim et al., 2003). 이러한 지질학적 특성에 의해 제주도는 상당량의 해저 지하수가 유출되어 물질 순환이 매우 빠른 것으로 알려져 왔다. 이렇듯 제주도는 지질학적으로 강물의 유입이 없고 해저지하수 유출량이 많아 해저지하수 연구에 있어 최적의 지역이다.

해저 지하수의 유출량은 측정 방법, 연구자, 지역에 따라 100% 이상의 큰 차이를 보이기 때문에 해저 지하수의 유출량 측정에 관한 새로운 추적자의 개발과 관측 연구가 활발히 이루어졌다. 하지만, 해저 지하수 유출은 눈에 보이지 않는 흐름이기 때문에 정량적으로 측정하는 것은 매우 어렵다. 아래 Table 3-3-1에서 보듯이, 해저 지하수에 의해 해양으로 유출되는 총 용존성 고형물질의 양은 아시아 대륙에서 연간 290만 톤으로 다른 대륙에 비해 매우 높은 비중으로 차지하지만(Dzhamalov and Safronova, 2002), 대부분 연구는 미국에서 주로 수행되었다. 따라서, 국내에서 해저 지하수의 유출에 따른 화학 성분의 해양으로의 유입, 유입에 따른 해양에서의 생지화학적, 생태학적 반응을 밝히는 것은 매우 중요하다.

Table 3-3-1. Fluxes of dissolved solids and elements through subterranean estuary.

Continent	Total subsurface dissolved solids discharge	Ca	Mg	Na + K	HCO ₃	SO ₄	Cl
Africa	142.2	27.2	7.4	26.3	44.1	18.1	19.1
Australia	73.8	3.9	2.2	20.7	10.4	7.9	28.7
South America	113.1	16.2	4.1	6.3	61.1	21.5	3.9
North America	148.9	21.9	6.8	8.9	74.6	28.5	8.2
Europe	60.4	11.5	3.1	2.2	23.9	7.5	12.2
Asia	296.4	55.8	19.6	13.8	82.0	69.4	55.8

(unit: million ton/year, Dzhamalov and Safronova, 2002)

나. 연구내용 및 결과

제주도는 지질학적으로 강물의 유입이 없고 해저지하수 유출량이 많아 해저지하수 연구에 있어 최적의 지역이다. 이전의 연구결과에 의하면, 지하수 유출 양상이 확연히 다른 서부의 화순만과 동부의 방두만에서 지하수와 해수 시료 중 영양염류, 용존유기물질, 중금속 농도를 측정하였다. 두 만에서 질산염의 물질 수지 모델 결과 두 만에서 모두 90% 이상의 과잉 질산염이 해저 지하수를 통해 유입되고, 화순만과 방두만 내에서 해저 지하수 기원 질산염 중 각각 96%와 17%가 소모되는 것으로 나타났다(Kim et al., 2011).

제주도의 연안지하수에서 용존 유기물질의 분포, 기원, 생성, 플럭스를 알아보기 위하여 제주도의 화순만과 여러 연안의 지하수에서 용존유기질소(DON)의 농도를 측정하였다. 제주도 해저 지하수를 통해 연안으로 공급되는 DON의 양은 세계적으로 큰 강에 의해 수송되는 양 보다는 10배 정도 적지만, 콜로라도, 델라웨어, 스티킨강과는 비슷한 수준이었다. 한편, 해수에서 해저 지하수를 통해 유출되는 DON의 거동을 물질수지 모델을 이용하여 계산한 결과, DON의 제거율은 약 10%였다. DON은 비교적 보존적인 형태로 외양으로 수송된다는 것을 나타낸다(Kim et al., 2013).

제주도 동부의 방두만과 서부의 화순만에서 방사능 추적자를 이용하여 해저 지하수 유출량을 산정하고, 지하수와 해수 시료 중 희토류 원소의 농도를 측정하였다. 각 희토류 원소를 표준 지각물질인 PAAS(Post Archean average Australian Shale)로 보정하였을 때, 만의 해수는 높은 HREE를 보이는 반면에, 지하수 시료는 MREE가 높은 것으로 나타났다. 해저 지하수를 통한 희토류 원소의 유입은 해저 퇴적물로부터의 확산이나 대기로부터 유입보다 100-1000배 높게 나타났으며, 해저 지하수가 연안 해수 중 희토류 원소의 주공급원임을 알아내었다(Kim et al., 2011).

해저 지하수 유출을 통한 미량금속 유출량의 계절적 변화를 알아내기 위해, 2009년 8월과 12월에 제주도 동부 방두만에서 해수와 연안 지하수 시료를 채취하여 Co, Ni, Fe, Mn 등의 원소를 분석하였다. 지하수와 연안 해수 시료 중 미량금속의 평균 농도는 8월 관측 시기에 12월 관측 시기보다 3~70배 높았다. 이러한 방두만에서 여름과 겨울의 지

하수 중 미량금속의 큰 계절적 변화는 제주도의 여러 지역 연안 지하수 시료들의 평균 분포 변화와도 비슷하다(Jeong et al., 2012).

2. 해양방사능

가. 서론

(1) 자연방사성 물질과 라돈

자연방사성 물질은 자연계에 존재하는 원자번호가 큰 우라늄(U, 92), 라듐(Ra, 88) 등 40여종의 원소로 원자핵이 붕괴하면서 방사선(radiation), 알파(α), 베타(β), 감마(γ)선을 방출하며, 다양한 경로(호흡, 음용수, 음식 등)를 통해 인체에 침투할 경우 생체조직 등에 피해를 발생시킨다(신동천 등, 2002). 이러한 세 전자파 중에서 인체에 직접적 침투에 의한 영향은 감마선(칼륨 ^{40}K , 코발트 ^{60}Co , 세슘 ^{137}Cs)이 비교적 크지만 인체 내부에서 영향은 알파선(우라늄 ^{238}U , 라듐 ^{226}Ra , 라돈 ^{222}Rn , 폴로늄 ^{210}Po)이 가장 큰 것으로 알려져 있으며, 사람이 생활환경에서 받는 방사선의 약 82%는 자연적으로 방출되는 것이며 나머지 18%는 인위적 활동에 의한 것이다. 자연방사선 중 가장 큰 비율을 차지하는 것은 라돈(50% 이상)이다(이진용, 2008).

라돈은 우라늄(^{238}U) 계열의 알파붕괴 과정에서 라듐(^{226}Ra)이 생성되고 다시 이것이 붕괴하여 라돈(^{222}Rn)이 생성된다. 라돈의 붕괴산물로는 반감기가 짧은 폴로늄(^{218}Po , 3.1분), 납(^{214}Pb , 27분), 비스무스(^{214}Bi , 20분) 등이 있으며, 중간에 납(^{210}Pb , 22년)을 거쳐 최종적으로 안정한 ^{206}Pb 으로 변해간다. 라돈의 반감기는 3.8일정도 이다(이진용, 2008).

(2) 지하수와 라돈: I. 인체 위해성

라돈은 알려진 발암물질이며, 흡입하는 경우 발암력이 커서 인체에 폐암을 일으킨다고 알려져 있음, 화학적으로 불활성이기 때문에 호흡으로 들어온 대부분의 라돈은 숨을 내쉬면 방출되나 붕괴산물의 경우 폐에 침적된다. 호흡 시에는 라돈의 방사선 영향이 크지만, 음용 시에는 붕괴산물의 방사선 영향이 더 큰 것으로 알려진다. 공기 중에 라돈을 호흡할 경우에는 호흡기관인 폐가 피해를, 그리고 물을 섭취할 경우에는 위가 주로 피해를 받을 가능성이 크다(이진용, 2008).

라돈의 위해성과 관련하여 각국은 먹는물 수질기준치, 먹는물 수질기준 제안치와 권고치 및 가이드라인을 제시하고 있다(Table 3-3-2; 환경부, 2015).

우리나라의 경우 환경부는 지난 1998년 대전지역 지하수에서 우라늄이 검출된 이래 자연방사성물질이 비록 자연적으로 함유된 물질이라 하더라도 장기간 음용할 경우 국민 건강상 위해가 우려되므로, 먹는 물로 사용하는 전국의 지하수를 대상으로 자연방사성물질 함유실태조사('07-'16)를 추진하고 있다. 이를 통해 자연방사성물질에 대한 수질기준 또는 관리기준을 마련할 계획이다(환경부, 2015).

Table 3-3-2. Recommended or guideline values of Radon in drinking water.

Radionuclide	U.S.A.	Europe	Australia
Radon	150Bq/L (≒ 4,000pCi/L)	Sweden 100-1,000Bq/L (2,700-27,000pCi/L) Finland 300Bq/L (8,100pCi/L) Norway 500Bq/L (13,500pCi/L)	100Bq/L (2,700pCi/L)

(3) 지하수와 라돈: II. 지화학적 추적자

해저유출수(SGD, submarine groundwater discharge)란 담수지하수가 대륙붕이나 해저사면에서 유출되거나, 담수지하수가 재순환되는 해수와 혼합되어 해저로 유출되는 지하수로 정의한다(Burnett et al., 2001). 육지와 해양 간의 물질 플럭스에서 상대적으로 중요한 것은 해저유출수의 담수 성분이다. 해저유출수 중 담수 지하수 양은 강물의 대략 10% 이내 정도로 알려져 있다(Moosdorf et al., 2014).

해저유출수의 유출량과 규모를 파악하는 것은 연안환경 및 거시적 규모의 물질순환을 이해하는데 중요하다. 한국지질자원연구원은 다목적항공원격시스템을 활용하여 우리나라 연안지역의 해수 표면온도 모니터링을 통한 해저지하수 유출지역 탐사를 수행 중에 있다. 이외에 라돈, 라듐, 메탄 등의 보존성이 뛰어난 지화학 추적자를 이용하여 해저유출수에 대한 연구가 이루어지고 있다(Kim and Hwang, 2002; Kim et al., 2010; Rengarajan and Sarma, 2015). 특히 라돈은 지하수나 지표수 중 용존 기체로 존재하며, 지하수 중 라돈의 농도는 대부분의 지표수보다 100배 내지 1,000배 정도 높다고 알려져 있다(옥순일 등, 2011).

최근 들어서 지하수 기원 영양염 및 미량원소 성분들이 연안 해양의 생지화학에 미치는 영향에 관한 연구가 수행 중에 있다(김규범, 2012). 가령, 제주지역 연안수의 미량원소(Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu) 농도는 해저유출수의 영향을 크게 받을 것으로 보고되었다(Jeong et al., 2012).

(4) 연구개발 필요성 및 목적

제주도는 해저 지하수 유출이 많은 지역이므로 해저 지하수에 대한 이해는 중요하다. 2010년도 자료에 의하면, 제주지역 지하수는 지하수위 관측망 61개소, 해수침투 감시 관측망 47개소, 지하수 수질 관측망 100개소, 지하수 이용량 관측소 150개소, 하천유출량 관측소 22개소 등 다양한 관측망이 설치 운영되고 있으나, 용천수를 관리하기 위한 관측망은 설치되어 있지 않다. 또한, 2013-2014년 전수 조사한 용천수는 1,023개, 이 중 626개는 수량부족(43개), 고갈(67개), 용출확인불가(154개), 매립된 용천수(279개), 위치 멸실(97개) 등으로 용출량 측정 대상에서 제외된 상황이다(중앙일보, 2015. 06). 용천수의 훼손은 중산간 지역 대규모 개발에 따라 수량이 크게 줄었으며, 현재 물이 솟아나는

용천수도 주변의 오염으로 마실 수 없을 만큼 수질이 악화되고 있다. 이에 용천수는 지하수 환경을 직접 눈으로 볼 수 있는 지표이기 때문에 꾸준한 모니터링이 필요한 실정이다(박원배, 2010).

최근 동경대 Pokhrel 교수팀은 지구 전체의 육지 담수량과 물 흐름을 시뮬레이션 한 결과 지난 40년간 해수면 상승분 8 cm의 약 42%가 육지 담수량 변화, 주로 지하수 사용에 의한 것으로 계산이 되었다. 이에 본 보고서에서는 제주 현안 문제로 대두되고 있는 용천수에 대한 수리학적, 생지화학적 연구에 앞서 기존에 보고된 방사성 물질 라돈 분포 및 해저 지하수 유출량에 관한 연구 자료를 살펴보았다.

나. 재료 및 방법

(1) 라돈 농도 측정: RAD7

해수 및 지하수에서 라돈 농도는 공기 중 라돈 측정기(radon in air monitor, RAD7, DurrIDGE)를 이용하였다. RAD7은 건축물 실내 및 지하 생활공간 등의 라돈가스농도 측정이 용이하도록 제작되었으며, 1시간 이내에 EPA Action Level인 4 pCi/L까지 측정가능하고 빠른 응답 속도와 신속한 영점 조정으로 수분 이내에 재측정 가능한 장점이 있다(조정숙, 2012).

라돈 농도는 4L 갈색 채수병에 해수 시료를 채취한 후 실험실에서 공기 중 라돈 측정기를 이용하여 측정하였으며, 측정 오차를 20% 이내로 조절하기 위해서 해수 시료는 약 4시간 측정하였으며, 해안 유출 지하수 중 라돈은 1시간 이내로 측정하였다(이용우, 2013). 측정원리는 공기와 물의 평형장치를 이용하여 공기 중 라돈을 평형상태에 이르게 한 후에 공기 중 라돈농도를 측정하여 물의 라돈농도를 추정하는 방식이다. 물의 라돈농도 계산식은 아래와 같다(식 1).

$$C_{water} = \frac{C_{air} V_{air} + k C_{air} V_{water}}{V_{water}} \quad (1)$$

$$K = 0.105 + 0.405e^{-0.0502T}$$

위 식에서 k는 물과 공기 중의 라돈 농도비이며, T는 물의 온도이다. C_{water}와 C_{air}는 각각 물과 공기 중의 라돈농도(Bq/L 또는 dpm/L)를 나타내며, V_{air}와 V_{water}는 시스템 내 물과 공기가 차지하는 부피이다(이용우, 2013).

(2) 기존 문헌 조사

제주 해저유출수에 관한 연구는 2000년 초반부터 시작되었다(Table 3-3-3). 본 보고서에서는 발표된 논문 위주로 조사를 하였으며, 그 연구내용으로 크게 3가지, 1) 제주 연안의 라돈농도 분석(Lee and Kim, 2006), 2) 해저유출 지하수 양(Lee and Kim,

2007) 그리고 3) 연안 생태계에 미치는 영향(Hwang et al., 2005; Kim et al., 2011)들로 구분할 수 있었다.

특히 Lee and Kim(2006)들은 현장에서 간편하게 해수 및 지하수의 라돈농도 측정 시스템에 대해서 연구를 하였다(Fig. 3-3-1). 전반적으로 라돈농도 측정시 플로늄 딸핵종(^{218}Po , ^{214}Po)의 counting efficiency는 시료 부피의 증가 또는 공기가 차지하는 부피가 작을수록 커진다. 따라서 측정하고자 하는 시료의 라돈농도에 따른 공기부피를 조절할 필요가 있다.

Table 3-3-3. List of representative papers on the significance of SGD from Jeju Island

Authors	Title	Contents	Publication
Kim G Kim J-S Hwang D-W	Submarine groundwater discharge from oceanic islands standing in oligotrophic oceans: Implications for global biological production and organic carbon fluxes	- SGD-driven nutrient fluxes could be very important for global nutrient budgets	Limnol. Oceanogr., 56(2), 2011
Lee J-M Kim G	Estimating submarine discharge of fresh groundwater from a volcanic island using a freshwater budget of the coastal water column	- The magnitude of submarine fresh groundwater discharge (SFGD) was estimated using a freshwater budget of the coastal water	Geophys. Res. Lett., vol 34, L11611 doi:10.1029/2007GL029818
Lee J-M Kim G	A simple and rapid method for analyzing radon in coastal and ground waters using a radon-in-air monitor	- Counting efficiency can be improved by increasing the sample volume or reducing the air volume	J. Environ. Radioactiv., vol. 89, pp. 219-228; 2006
Hwang D-W Lee Y-W Kim G	Large submarine groundwater discharge and benthic eutrophication in Bangdu Bay on volcanic Jeju Island, Korea	-Large fluxes of excess nutrients from SGD can cause benthic eutrophication	Limnol. Oceanogr., 50(5), 2005

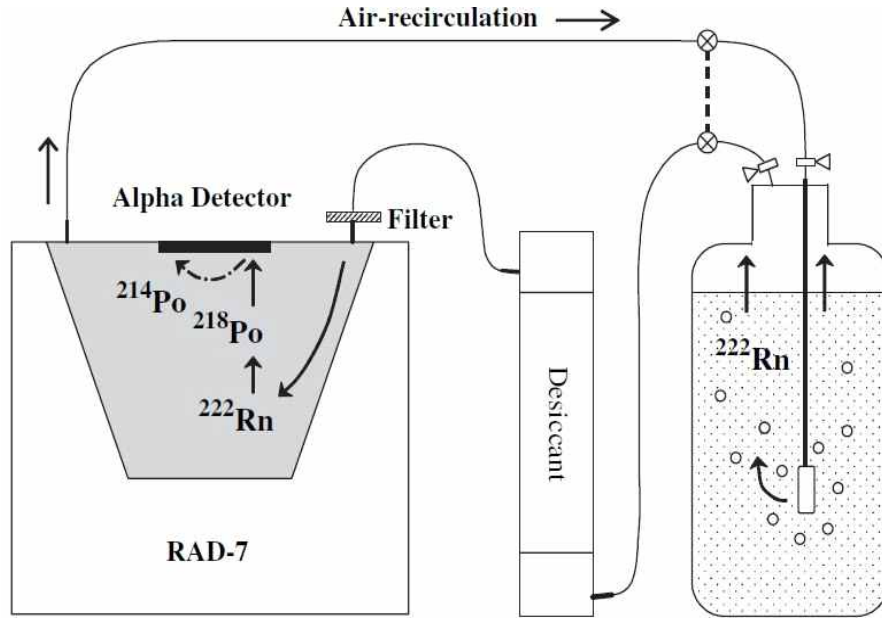


Fig. 3-3-1. Schematic diagram of the measurement system using a grab sample and radon-in-air monitor, RAD7. The dotted line is for a bypass loop, which is used after air-water equilibration is reached.

다. 결과

(1) 제주 연안의 라돈농도 분포

제주 연안의 라돈농도 분포에 관한 연구는 주로 제주도 남서에 위치하는 화순만과 동부의 방두만에서 이루어졌다(Fig. 3-3-2). 이들 만 주변의 공극수에서 라돈 평균값은 181 Bq/100L(11-562 Bq/100L)이었으며, 특히 화순만 경우 지면위로 솟아나는 온천 형태의 용천수에서의 평균값은 853 Bq/100L(708-1050 Bq/L)로 높았다. 화순만의 만내 해수에서의 평균값은 5 Bq/100L(1-14 Bq/L)이며, 방두만의 경우는 7 Bq/100L(5-10 Bq/L)로 조사되었다(Kim et al., 2011).

라돈의 mass balance model을 이용한 SGD는 화순만의 경우 2.2×10^6 m³/day(12 cm/day)이며, 방두만에서는 1.4×10^5 m³/day(27 cm/day)로 계산이 되었다(Kim et al., 2011). 우리나라 영산강 하구(1.5×10^5 m³/day, Kim et al., 2010)와 부산 연안(3,130 m³/day, 옥순일 등, 2011)과 비교하여 제주 지역의 SGD 값은 높은 편이다. 한편, 전 세계 다른 나라의 만내에서 보고된 SGD 값과 비교하여(Table 3-3-4), 중국의 Laizhou만(6.93 cm/day)과 Xiangshan만(0.23-0.69 cm/day) (Zhang et al., 2016)에 비해 제주지역의 SGD 값은 높다. 반면 미국, 뉴질랜드 및 브라질 등에서 보고된 SGD 값의 범위에 속하지만 제주의 방두만의 경우 해안유출 지하수의 유출량은 높은 수준이다.

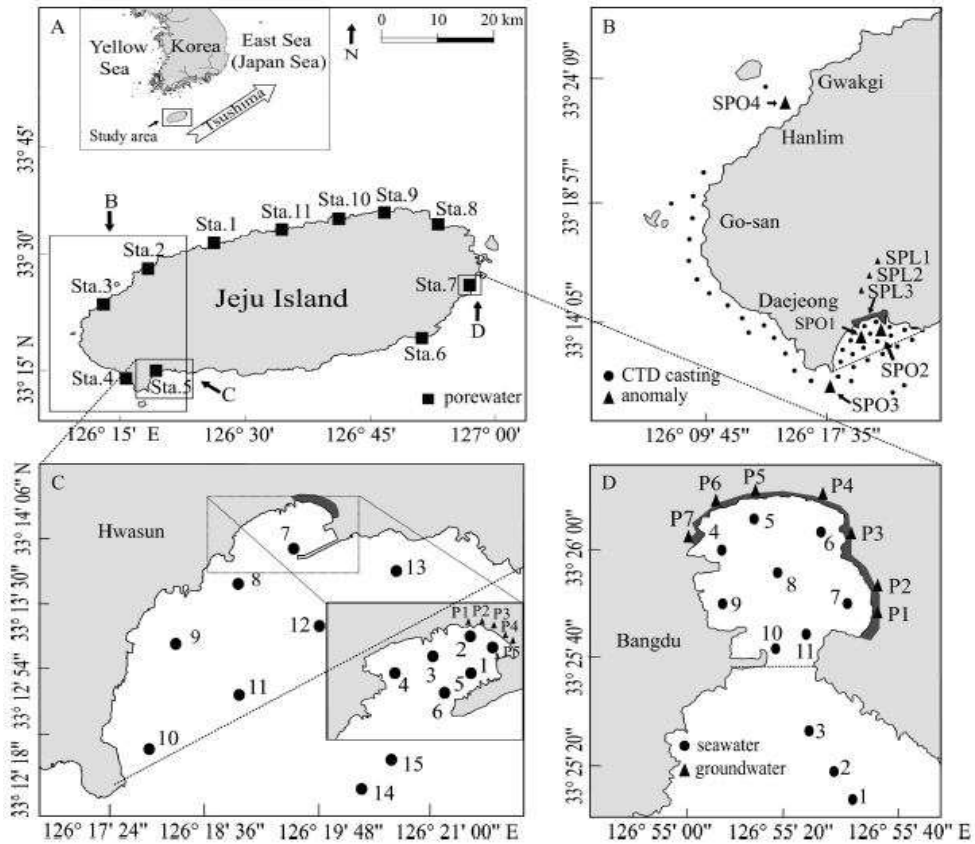


Fig. 3-3-2. Map showing sampling location for (C) Hwasun Bay and (D) Bangdu Bay (SPL: springs exposed on the shore; SPO: submarine springs observed in the coastal ocean).

Table 3-3-4. Comparison of SGD with previous study in Jeju Island and other bay system worldwide (Zhang et al., 2016).

Sites	SGD (cm/day)
<i>Jeju Island</i>	
Hwasun Bay	12
Bangdu Bay	27
<i>Other bay system worldwide</i>	
Eastern Laizhou Bay, China	6.93
Sarasota Bay, USA	0.7-2.4
New Zealand estuary	14-27
Flamengo Bay, Brazil	1-29
Xiangshan Bay, China	0.23-0.69
Tampa, USA	1.6-24.3

(2) SGD가 연안 생태계에 미치는 영향

화순만과 방두만에서 생물 생산성에 의해 제거되는 용존 무기 질소(DIN)의 플럭스는 다음과 같은 식 (2), mass balance model을 통해 계산이 된다(Kim et al., 2011).

$$F_{Diff} + C_{GW} \times A_{Bott} \times \psi_{SGD} - C_{EX} \times V_S \times \lambda_{Mix} = F_{Removal} \quad (2)$$

여기서, 식 왼쪽의 F_{Diff} 와 C_{GW} 는 각각 퇴적물과 지하수를 통해 공급되는 DIN 양을 의미하며, 오른쪽의 C_{EX} 는 만내 해수의 DIN 양을 가리킨다. 그 결과 화순만과 방두만에서 제거되는 DIN은 각각 $2.5 \times 10^5 \text{ mol/day}$ 와 $3.9 \times 10^3 \text{ mol/day}$ 로 계산이 된다. 제거되는 양에 의한 일차 생산력은 각각 $1.0 \text{ g C m}^2/\text{day}$ 와 $0.6 \text{ g C m}^2/\text{day}$ 로 추정할 수 있으며, 기존 방두만 근처 해수에서 보고된 일차 생산력, $0.21\text{--}0.31 \text{ g C m}^2/\text{day}$ 와 비교하여 제거되는 플럭스가 비슷한 수준이었다. 따라서 식 2에서 SGD에 의한 DIN의 공급은 제주 연안의 신생산력에 중요한 공급원임을 말해준다.

Hwang et al. (2005)의 연구에 따르면, 방두만으로 공급(양식장 배출, 퇴적물, SGD)되는 영양염류(DIN, DIP, DSi)의 플럭스를 비교해본 결과 SGD에 의한 공급이 각각 90%, 20% 및 80%를 차지하는 것으로 조사되었다. 한편 Kim et al. (2011)에 따르면, 앞서 식 2에서 SGD로부터 공급되는 DIN의 생물에 의해 제거되는 정도는 화순만의 경우 93%, 그리고 방두만의 경우는 39% 이었다. 따라서 특히 방두만에서는 SGD에 의해 공급된 과잉 영양염류에 의해 저서 부영양화(benthic eutrophication)가 발생한다(Hwang et al., 2005). 결론적으로, SGD에 의한 과잉 영양염류 공급은 연안 식물플랑크톤의 군집 구조 및 저서 부영양화에 영향을 미치는 것으로 파악된다.

라. 결론

- (1) 제주의 화순만과 방두만에서 관측된 라돈 방사능은 연안수에 비해 높은 농도 수준을 유지하고 있으며, 이는 만내 용암류 경계의 틈을 따라 용천수가 용출된 결과로 보인다. 특히 화순만의 경우는 상당량의 지하수가 온천(spring) 형태로 유출되어 라돈 방사능량이 매우 높게 나타났다.
- (2) 앞으로는 제주 연안 모니터링망 구축을 통한 지하수 중 자연방사성물질 라돈의 배경농도 파악 및 함량분포도 작성을 위한 연구가 요구된다. 또한 용천수 모니터링을 통하여 지하수 수량 변화 분석 및 지하수 기원의 오염물질 유출이 연안 생태계에 미치는 영향에 관한 연구가 지속될 필요가 있겠다.

3. 영양염 분포특성

가. 서론

해수 중 용존 영양염은 식물플랑크톤의 광합성에 의해 제거되고 광합성으로 만들어진 유기물이 미생물의 의해 분해될 때 해수 중으로 되 돌아온다. 식물플랑크톤 광합성에 영양염이 필수 성분으로 이용되기 때문에 식물플랑크톤의 성장을 조절할 뿐 아니라 생태계의 생산력을 결정하는 주요 요소이다. 제주주변해역의 영양염 주요 변동요인은 (1) 수층 내 유기물 재영양화, (2) 양자강을 통한 유입, (3) 해저 퇴적층내 유기물 재영양화에 의한 공급, (4) 동중국해 대륙사면에서 쿠로시오 중층수의 용승에 의한 공급, (5) 대기로부터의 유입 등이다. 그리고 제주연안은 육상의 양식장과 지하수 유입에 따른 추가적인 영양염 공급이 연안환경에 커다란 영향을 미치는 것으로 알려 지고 있다.

최근의 연구에 의하면 제주 인근 해역을 포함한 동중국해 북부해역은 쿠로시오 해수의 용승에 의한 영향이 적고 양자강 유입수에 의한 영양염 공급이 상대적으로 더 크게 나타날 것으로 예상된다. 그러나 제주해역을 포함한 동중국해 북부해역에서 양자강 유입수의 영향이 가장 큰 여름철 표층 영양염 농도가 봄철 표층 영양염 농도보다 낮게 나타났다. 이는 제주를 포함하는 동중국해 북부해역으로의 영양염 주 공급원은 쿠로시오의 용승과 양자강 영향보다는 영양염이 풍부한 표층 혼합층 아래의 영양염이 풍부한 해수와의 혼합작용이다 (Kim et al., 2005). 최근 양자강의 상류에 삼협댐 건설 이후에 양자강을 통한 부유입자 공급의 현저한 감소, 질소의 공급은 크게 변화 없으면서 규소의 공급이 줄어들어 Si:N ratio가 1998년 1.5에서 2004년 0.4로 감소하여 양자강 희석수(CDW) 영향권내 식물플랑크톤의 종조성이 규조류 우점에서 편모류 우점으로 바뀌었다 (Gong et al., 2006). 또한 지난 십 여 년 동안 중국의 급격한 산업화로 인해 대기를 통한 질소산화물 유입이 증가로 인한 생태계의 교란이 예상된다. 최근 지구 온난화 등의 영향으로 표층 해양 순환의 변동을 초래하고 이는 동중국해 해역의 영양염 주요 공급원인 쿠로시오 중층수와 대륙붕 해수와의 상호 작용에도 영향을 미친다. 따라서 제주해역 인근의 해수 중 용존 영양염은 전 지구적 기후 변동이 동중국해의 생태계와 물질순환에 미치는 영향을 이해하는데 기초자료를 제공해준다.

나. 재료 및 방법

제주주변 해역의 해양환경 특성을 이해하기 위해서 외해역과 연안역으로 구분하여 접근하는 방법이 적절하다. 연안환경 특성을 이해하기 위해서 8월과 10월 제주 동북부해역에서 해양환경조사를 실시하였다. 제주 외양역의 해양환경특성 변화를 이해하기 위해서 제주 인근 해역을 포함한 동중국해 북부해역에서 장기적인 해양환경 변동을 이해하기 위해서 우리나라 주변해역에서 정기적으로 관측되고 있는 장기 해양환경 모니터링 자료를 이용하였다. 우리나라 주변 해역에서 측정되는 대표적인 장기 관측자료는 국립 수산과학

원에서 1961년부터 수행된 정선관측자료와 환경부, 국립수산과학원을 거쳐 해양환경관리공단에서 수행하고 있는 국가해양환경측정망의 자료(Fig. 3-3-3)가 있다. 국립수산과학원의 정선관측자료는 제주를 포함한 인근해역의 자료까지 포함하고 있으며 국가해양환경측정망 자료는 연안에서 수km이내에 위치한 연안관측 자료이다.

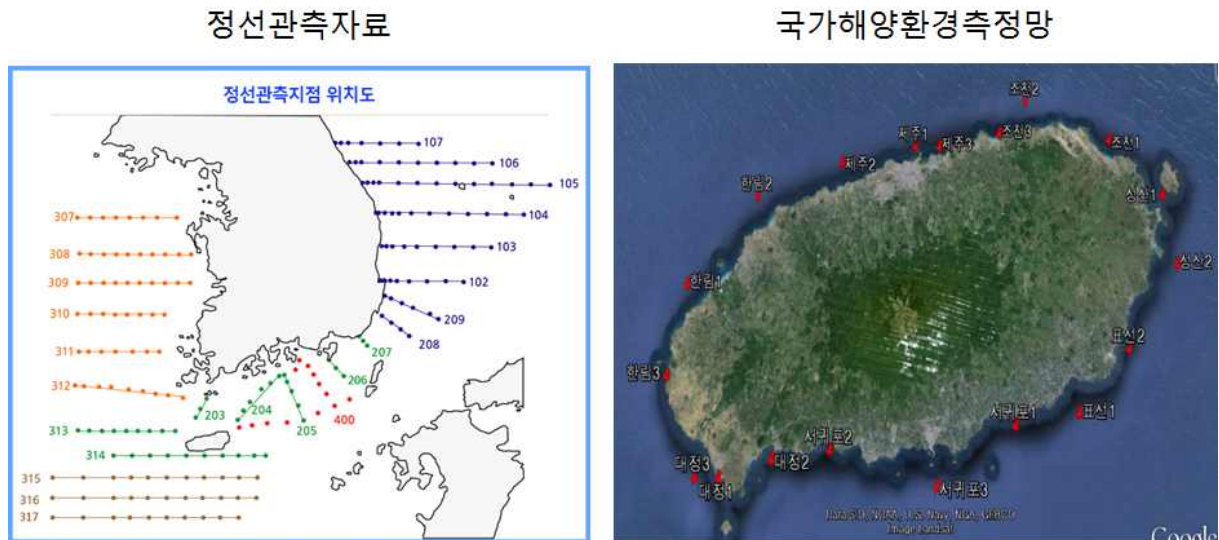


Fig. 3-3-3. Long term marine environmental monitoring around Jeju Island

(1) 정선관측

국립수산과학원에서 한국연근해에서 1961년부터 현재까지 연 6회 25개 정선에서 207개 정점에서 정기적으로 실시하고 있으며 영양염 관측은 1994년부터 현재까지 수행하고 있으며 관측항목은 인산염, 질산염, 아질산염, 규산염을 측정하고 있다. 관측수심은 0, 20, 50, 100 미터에서 수행되었다.

(2) 해양환경측정망

국가 해양환경 측정망은 1991년부터 현재 까지 수행되고 있으며 연4회에 걸쳐 전국 연안 417개 정점에서 표층과 저층에서 수행되고 있으며 제주연안에서는 7개 연안역의 19개 정점에서 수행되고 있다.

(3) 현장관측

2015년 8월 13일 제주센터에서 세화리와 하도리 인근의 14개 정점(Fig. 3-3-4)에서 표층과 저층에서 영양염 분석을 위한 시료를 채취하여 실험실에서 GF/F여과지로 여과한 후 냉동보관 하였다. 안산에 있는 실험실로 운반하여 영양염 자동분석기 (QuAatro, SEAL사)로 질산염, 아질산염, 암모늄, 인산염 및 규산염을 분석하였다. 영양염 분석에는 해양과학기술원에서 생산된 영양염 표준물질과 함께 분석하였고 분석결과는 표준물질의 오차 범위 내에 있어 특별한 보정은 실시하지 않았다.

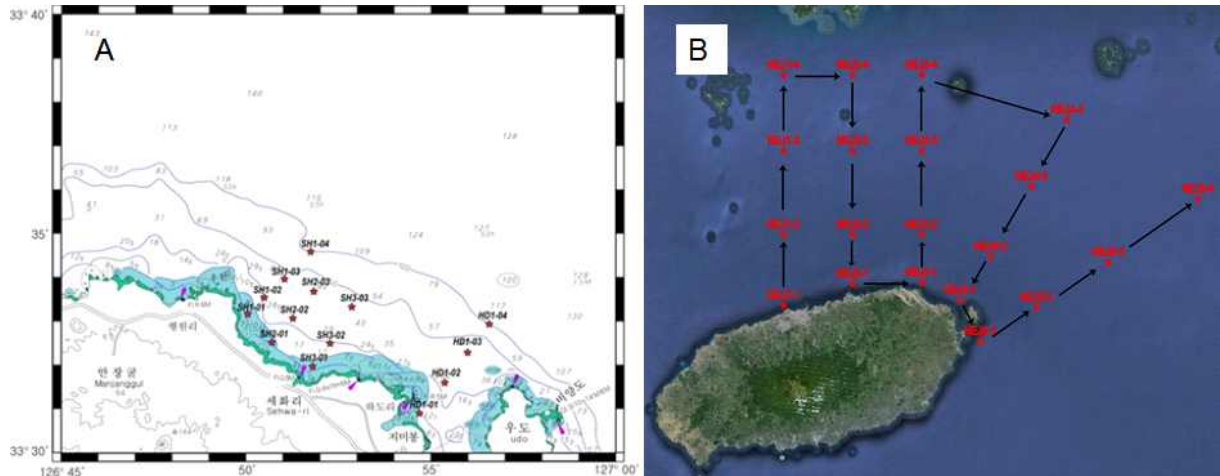


Fig. 3-3-4. Station map of coastal monitoring around Jeju Island during August 2015(A) and October 2015 (B)

다. 결과

(1) 하계 제주해역을 포함한 동중국해 북부해역 해양환경 특성

동중국해역 나타나는 수괴와 수온-염분 특성과 생지화화적인 인자들의 특성을 설명하는 기초자료는 1992년 7월에 관측된 자료 (Gong et al.,1996)에 바탕을 두고 있다(Fig. 3-3-5).

동중국해 해역에서 여름철에 관측된 양자강수(Changjiang river plume)는 저염·고온 ($S < 31$, $23 < T < 30$)의 특징을 가지고 표층 15~20미터 두께로 분포하고 있다(Fig. 3-3-6). 양자강수에서 질산염과 규산염의 농도는 각각 5 μM , 10 μM 까지 나타났으나 인산염은 0.05 μM 이하의 농도를 가지고 있다. 그러나 염분이 31이상인 경우에는 질산염이 측정이 불가할 정도로 낮게 나타나기 때문에 양자강수의 성격을 가지는 염분의 최대값으로 정해졌다.

쿠로시오수(Kuroshio Water)는 대륙붕 외해역에서 관측되는 높은 염분 ($S > 34.6$)의 특성을 가지며 질산염의 농도도 높아 대륙붕의 영양염 공급원으로 작용한다. 대만북동쪽 해역의 대륙붕에서 쿠로시오수의 용승은 수심 약 50미터에서 상대적으로 주위보다 질산염의 농도가 높으며 ($> 5\mu\text{M}$) 저온고염 ($T < 23\text{ }^\circ\text{C}$, $S > 34.4$)의 특성으로 알 수 있다. 황해냉수 (Yellow Sea Cold Water, YSCW)는 염분은 33~33.7 범위를 가지고 수온이 14.5 $^\circ\text{C}$ 이하 (Chen et al., 1994)이고 높은 탁도의 특징을 가진 해수이다.

염분은 황해냉수와 비슷한 값을 가지지만 수온이 황해냉수의 최대값인 14.5 $^\circ\text{C}$ 보다 높은 특성을 가지며 대만난류수 및 황해냉수와 다른 수온과 염분 특성을 가진 해수는 황해냉수와 양자강 희석수, 대만난류수가 혼합된 특성으로 황해혼합수 (Yellow Sea Mixed Water)이고, 동중국해 북부해역에 넓은해역에 존재한다. 양자강수 아래 질산염의 농도가 없어지는 23 $^\circ\text{C}$ 를 수온 상한선이다.

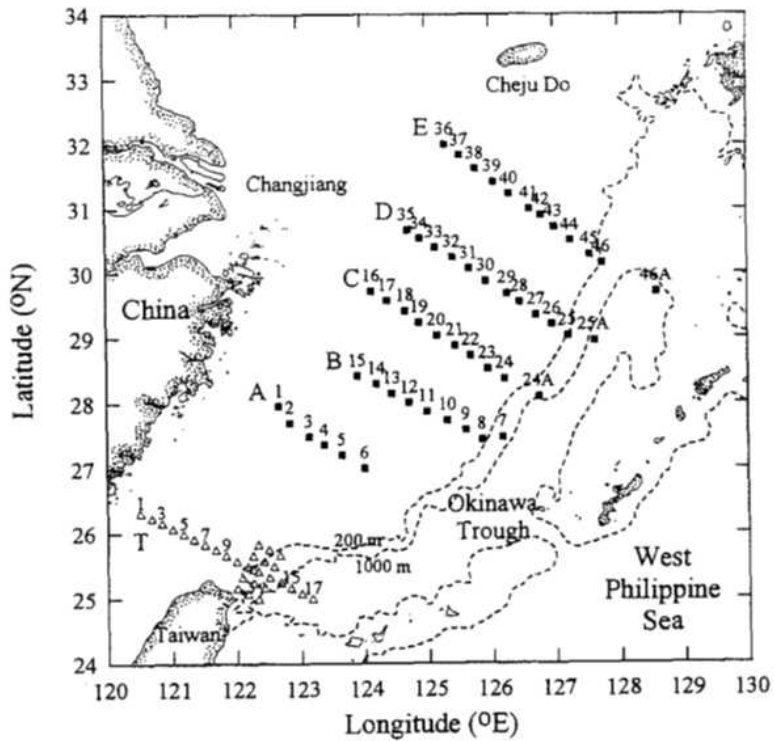


Fig. 3-3-5. Location of hydrographic station over the East China Sea Shelf by Gong et al.(1996).

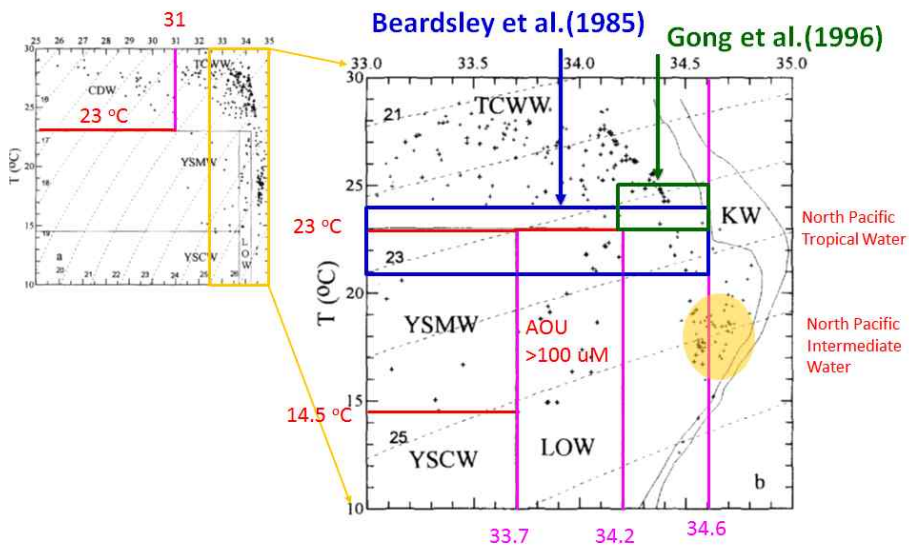


Fig. 3-3-6. Water masses defined by temperature-salinity(T-S) relationships in the East China Sea (modified from Gong et al., 1996). CDW: Changjiang Diluted Water, KW:Kuroshio Water, LOW: Low Oxygen Water, TCWW: Taiwan Current Warm Water, YSCW: Yellow Sea Cold Water, YSMW: Yellow Sea Mixed Water.

대만난류수 (Taiwan Current Warm Water)는 동중국해 남쪽해역에서 온도와 수온이 각각 23~25°C, 34.2~34.6°C의 특징을 가지며 대륙붕 혼합층 아래에 존재하는 해수이다. 대만난류수와 쿠로시오수 사이의 경계는 T-S 다이어그램 상에서 두 해수 사이의 간격으로 구분된다. 저산소수 (Low Oxygen Water, LOW)는 지형적으로나 T-S 다이어그램에서 황해혼합수와 대만난류수 사이에 위치하고 있으며 대만난류수와 황해냉수 또는 대만난류수와 황해혼합수와의 혼합에 의해 형성되었다.

질산염과 수온과의 상관관계는 해수별 특성이 나타났다(Fig. 3-3-7). 쿠로시오수는 수온이 23°C 미만일 경우 수온과 질산염은 음의 상관관계를 가지며 23°C 이상에서는 질산염이 거의 고갈되었다. 대만난류수도 쿠로시오수와 유사하게 수온과 질산염은 기본적으로 음의 상관관계를 가지지만 수온이 16°C 이상에서 두 개의 기울기로 나뉘인다. 하나는 수온 절편이 24 °C이고 다른 하나는 28°C이다. 그러나 다른 수괴에서는 온도와 질산염의 음의 상관관계가 보이지 않으며, 양자강 희석수는 양의 상관관계가 나타났다. 황해혼합수는 수온이 16°C 이상에서는 질산염이 고갈되었고 수온이 15°C 근처에서는 질산염이 5 μM 정도였다. 저산소수는 수온-질소 관계가 보이지 않는다.

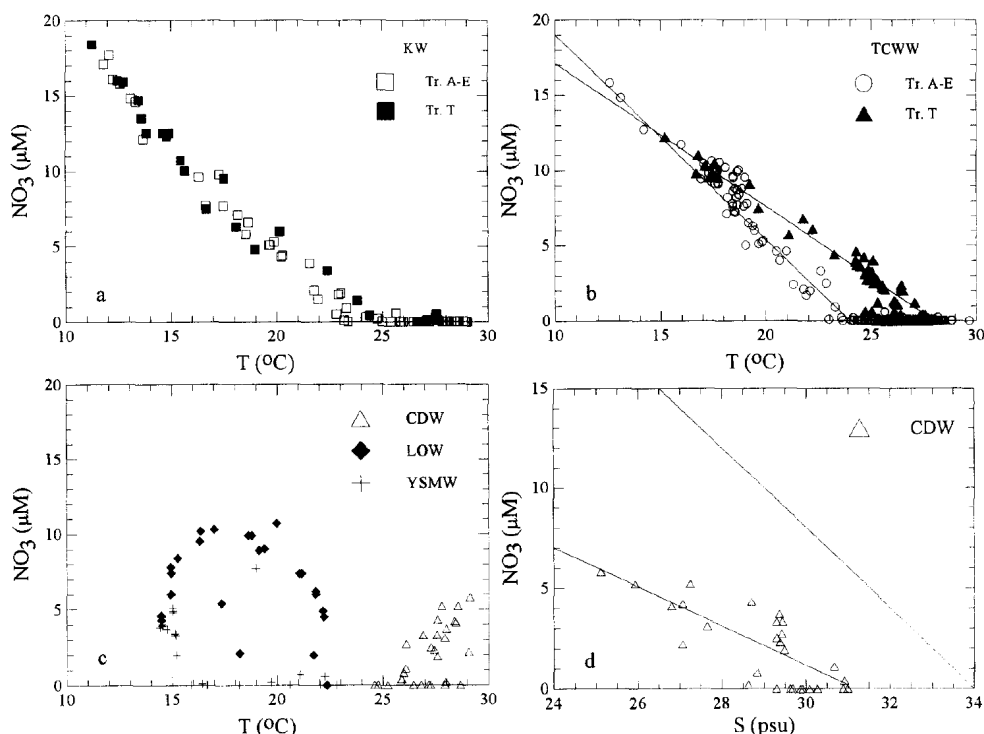


Fig. 3-3-7. Temperature-nitrate relationship for (a) the Kuroshio Water, (b) the Taiwan Current Warm Water, and (c) the Changjiang river plume water region. (d) The salinity-nitrate relationship for the Changjiang Diluted Water. The dashed line represents the conservative mixing between salinity and nitrate in the Changjiang river plume in summer (Edmond et al., 1985).

2010-2014년에 제주연안 국가해양환경측정망에서 관측된 제주연안 해수의 수온과 염분 특성은 Gong et al.(1996)이 동중국해역에서 여름철에 측정된 해수의 수온-염분 특성을 계절에 따라 잘 반영하고 있다. 겨울에는 저산소수의 특성을 보이고 5월에는 염분은 약간 낮아지면서 수온이 상승하였으며 8월에는 양자강 희석수의 특성과 대만난류수의 특성을 가진 수온-염분 특성을 보였다(Fig. 3-3-8A). 2000-2014년 국립수산과학원의 제주 북부 정선의 가장 서쪽에서 측정된 자료의 수온-염분 특성도 제주 연안에서 관측된 수온-염분 특성과 유사하게 저산소수(LOW), 황해냉수(YSCW), 그리고 황해혼합수(YSMW), 양자강 희석수, 대만난류수의 특성을 가진 해수가 나타났다(Fig. 3-3-8B).

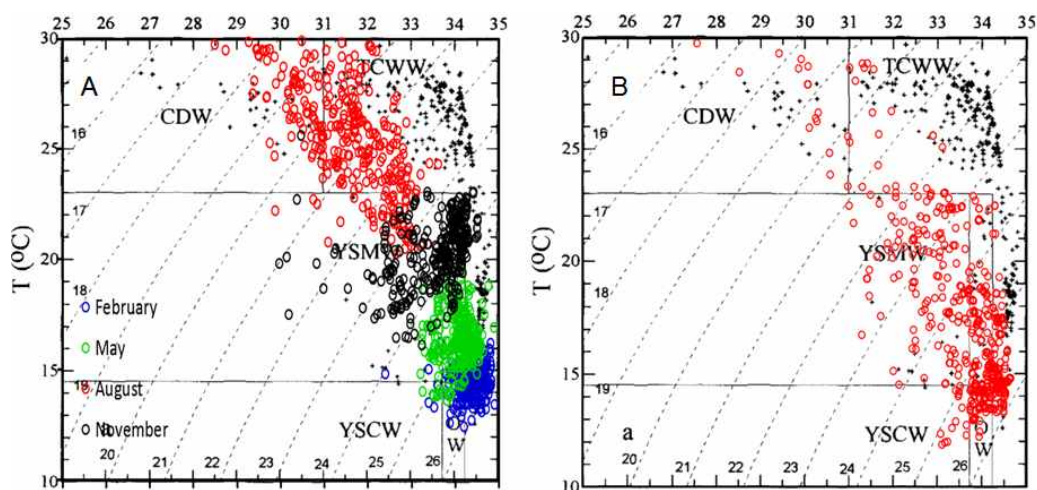


Fig. 3-3-8. Water masses observed long term data around Jeju coastal region (A) and the northern East China Sea (B) was overlapped on the T-S diagram of Gong et al.(1996).

(2) 제주주변 해역과 동중국해 북부해역 표층수의 수평분포특성

제주인근 해역을 포함한 동중국해 북부해역에서 여름철 표층수의 특징은 고온고염의 특성을 가진 해수가 제주 동편에, 고온저염의 특성을 가진 해수가 제주 서편에 관측되었다(Fig. 3-3-9). 표층 영양염의 수평 분포는 제주 동편은 영양염이 거의 고갈되었으며 서편에는 전반적으로 영양염의 농도가 낮게 관측되었으나 2006년 6월 북위 33도 동경 124.5도 근처에서 질산염과 인산염의 농도는 다른 정점에 비해 높으나 규산염의 농도가 다른 해역에 비해 낮게 나타났다. 표층 규산염은 표층에서 거의 고갈된 상태를 보인 다른 영양염과 달리 4 μM 이상의 농도를 보였다. 여름철 표층 엽록소 분포특성은 제주 동쪽해역이 낮은 농도를 보였으며 제주 서편해역에서는 1 mg/m^3 이상의 상대적으로 높게 나타났다.

봄철과 가을철의 표층 수평분포 특성은 여름철의 표층수 수평분포특성이 더욱 뚜렷하게 관측되었다(Fig. 3-3-10). 그러나 표층 수온은 여름보다 낮았고 표층 염분은 여름보

다 높게 나타났다. 봄철에는 염분이 34 이상인 해수가 제주 남동쪽에 뚜렷하게 분포하고 있다. 가을의 표층 수온과 염분의 수평분포특성은 봄철과 유사하나 제주 서편과 동편의 염분보다 약간 낮았다. 이는 여름철의 영향이 미약하나마 아직 제주 주변해역에 미치고 있는 것으로 사료된다. 봄철과 가을철 영양염의 수평분포 특성은 표층수 물리 특성의 수평분포 특성과 유사하게 동서 방향의 분포 특성변화가 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3-3-10). 질산염의 농도는 고염분수의 특성을 보인 동쪽 해역에서 2 uM 이하의 낮은 농도가 나타난 반면 서편해역에서는 6 uM이상의 높은 농도가 나타났으며 중국대륙으로 가까울수록 증가하는 분포특성을 보였다. 인산염과 규산염도 전체적인 분포 특성은 질산염과 유사하며 인산염은 동쪽해역에서는 0.2 uM 미만이고 서쪽해역에서는 0.2 uM 이상의 농도값이 나타났다. 규산염은 가을보다 봄철에 제주 인근 동중국해 북부해역에서 훨씬 높은 값인 12 uM 이상이 나타났으며 동쪽해역보다는 서쪽해역에서 더 높게 나타났다. 엽록소는 봄철과 가을철에 1 mg/m³ 이상의 높은 값이 제주인근 동중국해 북부해역 전체에 나타났으며 높은 곳은 3 mg/m³였다.

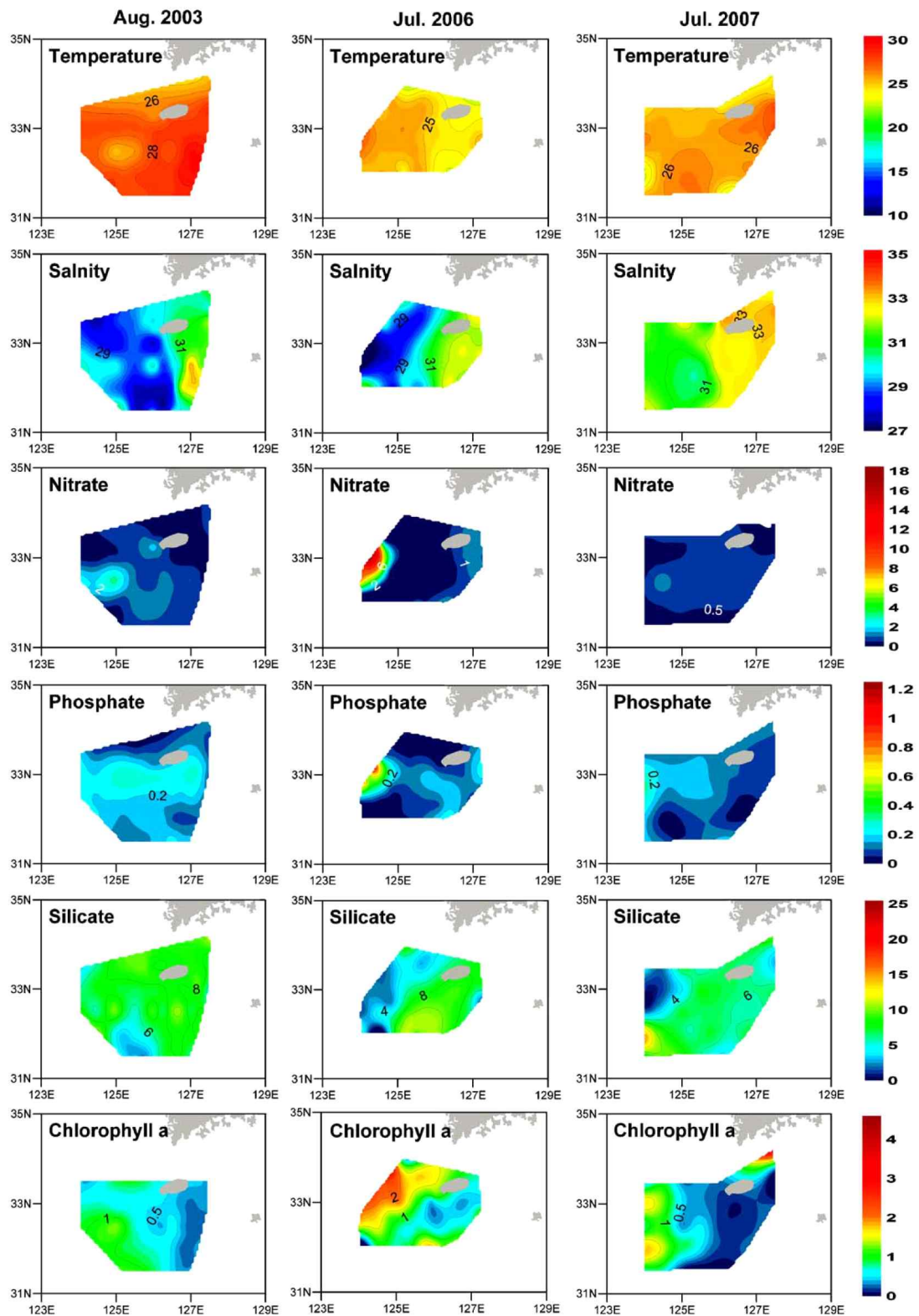


Fig. 3-3-9. Surface distribution of temperature, salinity, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a in the northern East China Sea surrounding Jeju Island during spring and summer seasons(adopted from Kim et al., 2009).

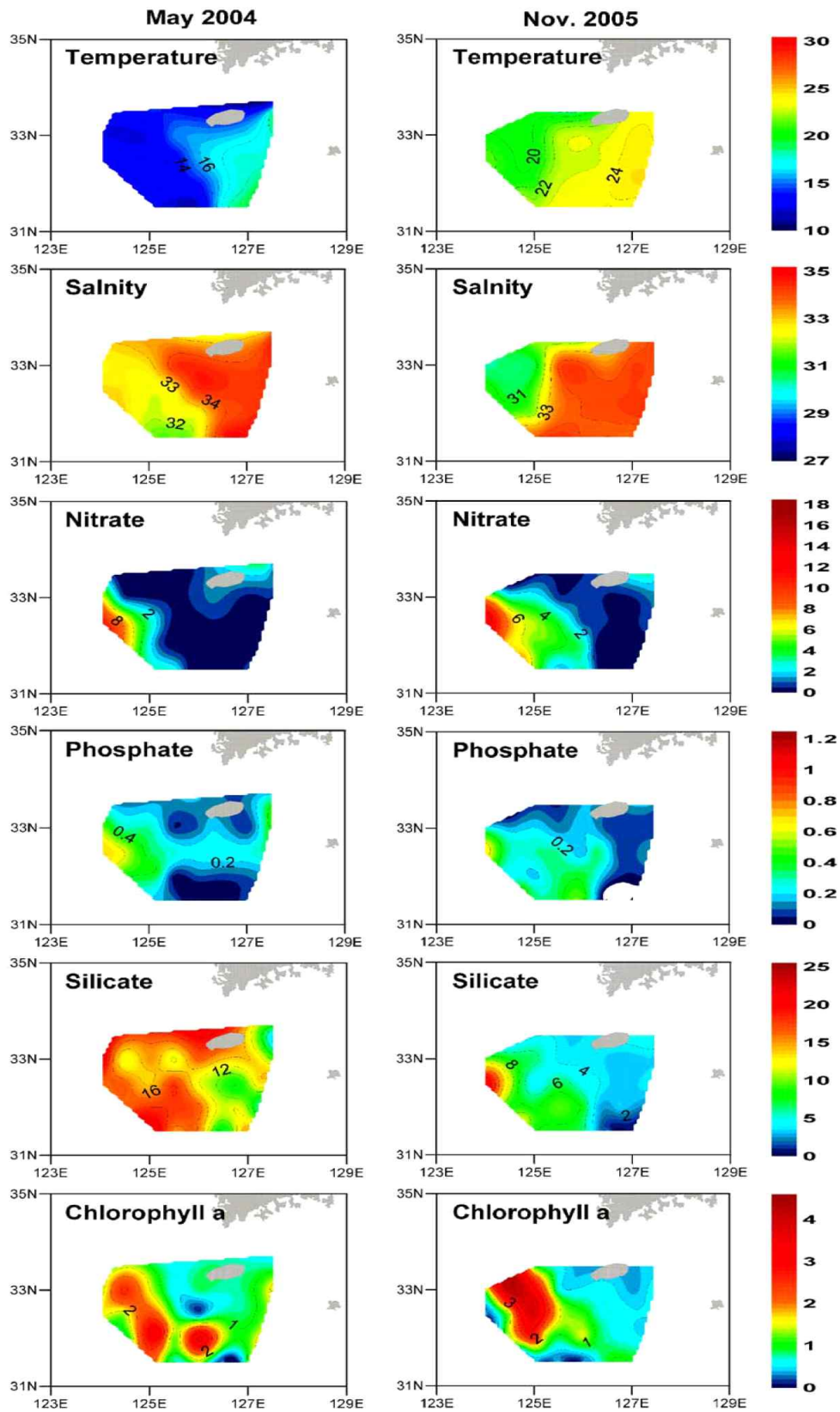


Fig. 3-3-10. Surface distribution of temperature, salinity, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a in the northern East China Sea for the spring and fall cruises (adopted from Kim et al., 2009).

(3) 제주주변 해역과 동중국해 북부해역 연직분포 특성

32.5 °N 정선에서 여름철 관측된 수온과 염분의 수직단면도 특성은 표층에 고온 저염수가 위치하고 있어 강한 성층이 발달했다(Fig. 3-3-11). 표층 혼합층 아래 수온이 16 이하의 저온의 특성을 가지고 염분이 32-33정도의 특성을 가진 황해혼합수의 특징을 가진 해수가 수직단면의 대부분을 차지하고 있으며 수직 단면의 동쪽 끝에 위치한 동경 127의 저층에는 수온이 약 15도이며 염분이 34 이상인 쿠로시오에서 기원의 특징을 가진 해수가 위치해 있다. 영양염의 연직분포 특성은 질산염과 인산염은 거의 고갈되어 있으며 혼합층 아래에서 높은 농도 (질산염: ~12 uM, 인산염: ~0.8 uM)로 나타났다. 규산염은 다른 영양염들과 달리 표층에서 고갈이 보이지 않았으나 심층에서는 다른 영양염과 유사하게 높은 농도 (~20 uM)까지 나타났다. 혼합층 아래에서 관측된 영양염은 황해 혼합수의 특성과 쿠로시오 기원의 특징을 가진 해수에서 농도가 높았으며 농도는 영연변화가 나타났으며 쿠로시오 기원해수의 저층 유입 정도와 관련이 있는 것으로 사료된다. 2003년 8월 표층 저염수가 동경 127도까지 확장되어 있고 저층의 고염수가 대륙붕 안쪽으로 깊숙이 확장되었다. 2006년 7월의 경우 표층의 저염수 확장은 2003년 8월과 유사하나 염분 구배가 훨씬 강하게 나타났고 저층의 고염수의 확장 정도가 약간 대륙붕의 외해 쪽으로 이동한 것으로 나타났다. 2007년 7월의 경우 표층 저염수의 확장이 동경 126도까지 제한되어 있고 고염수와 저염수와 염분구배가 수직적으로 급하게 나타났다.

32.5 °N 정선에서 봄과 가을의 연직 분포특성은 수심이 50미터 이내에서는 강한 연직혼합 작용으로 수온과 염분이 균질하게 나타났다. 그러나 수온은 봄보다 가을이 높은 반면 염분은 가을이 봄보다 낮았다 (Fig. 3-3-12). 수심이 50-120 m 사이에서도 수심 약 100미터 까지 혼합이 잘되어 있다. 표층부터 바닥까지 균질한 봄과 달리 가을에는 바닥에서 염분은 상층보다 높고 수온은 낮은 저층혼합층의 발달로 두 개의 층이 여전히 남아있다. 영양염은 수심이 50미터 보다 얕은 곳과 외해역에서 높게 나타났으며 외해역의 질산염은 봄과 가을에 고갈되어 있다.

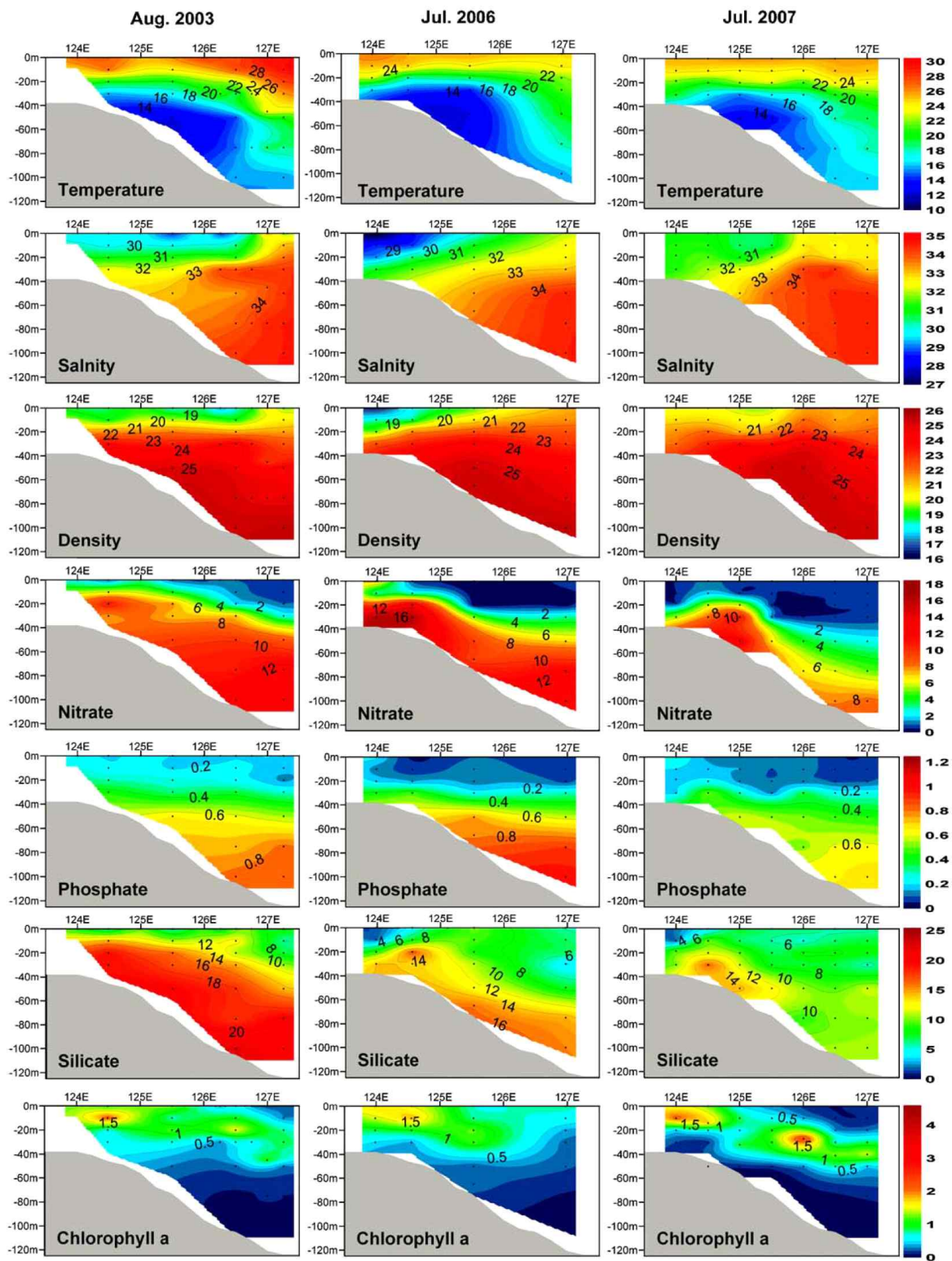


Fig. 3-3-11. Vertical distribution of temperature, salinity, density, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a along the 32.5 °N during summer seasons of 2003, 2006, 2007 (adopted from Kim et al., 2009).

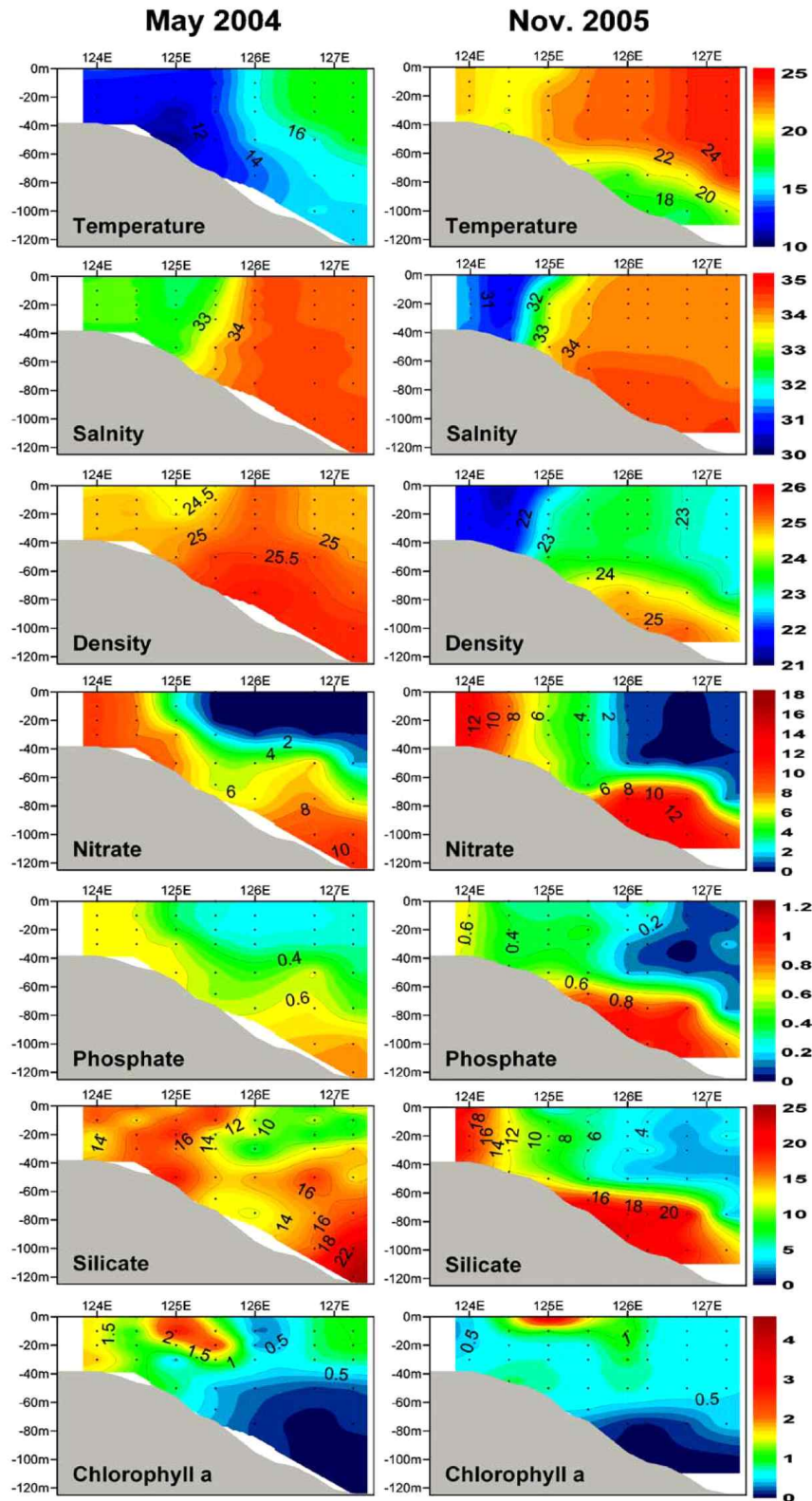


Fig. 3-3-12. Vertical distribution of temperature, salinity, density, nitrate, phosphate, silicate, and Chl-a along the 32.5 °N during spring and autumn seasons (adopted from Kim et al., 2009).

(4) 지하수 유입에 의한 연안 영양염 기여

제주는 현무암질의 화산암으로 구성되어 있어 강우시 빗물이 빠르게 토양으로 침투하여 지하수 형태로 해저 저층을 통한 해양유입이 많이 일어난다. 또한 해수가 해저면을 통해 침투하여 암반과 반응하여 유입되는 담수와 함께 다시 해양으로 순환하는 염지하수 또한 상당한 양의 영양염을 해양으로 공급하는 작용을 하고 있다. 담지하수와 염지하수 형태로 공급되는 영양염은 연안에 부영양화를 초래하여 해저면에 조류가 대량번식을 초래한다 (Fig. 3-3-13). 지하수에 의해 공급되는 영양염은 인에 비해 상대적으로 질소의 비율이 일반적으로 해양에서 생물작용에 의해 공급되는 비인 16보다 높게 나타났다. 일부 연안역은 해저를 통해서 유입되는 염지하수에 의한 질소, 인, 규소의 공급이 담지하수와 연안 양식장을 통해서 유입되는 총 질소, 인, 규소의 약 90%, 20%, 80%로 나타났다 (Hwang et al., 2005). 이처럼 염지하수에 의한 재순환하는 해수에 의한 영양염도 제주연안역 생태계에 중요한 영양을 미친다.

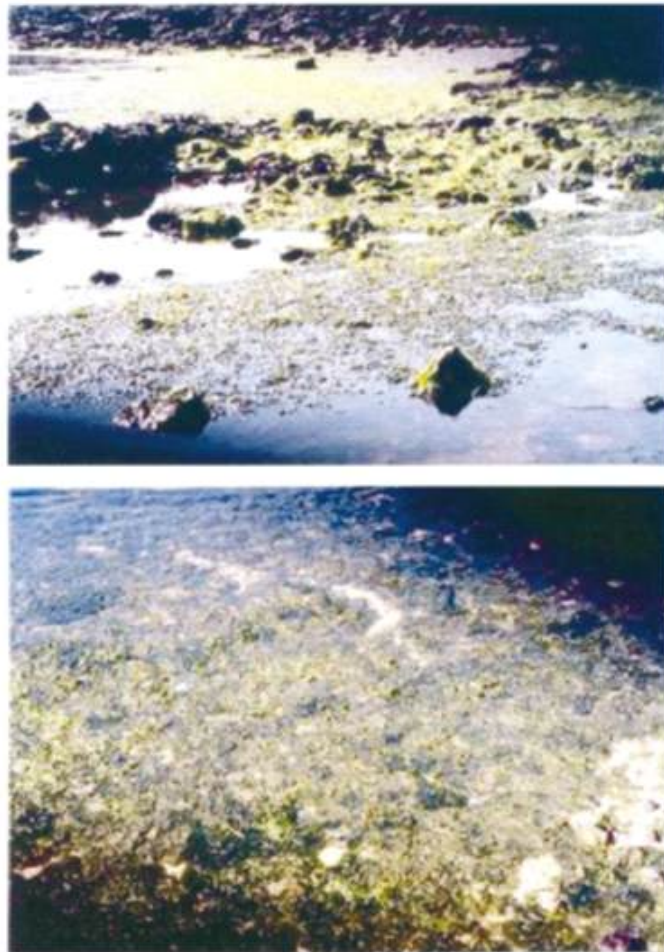


Fig. 3-3-13. Dense distribution of benthic green algae in the shallow zone of Bangdu Bay in Jeju Island (adopted from Hwang et al., 2005).

제주 연안역에 많은 영양염을 공급하는 지하수는 크게 강우가 토양으로 스며들어 해저면을 통해 유출되는 담지하수와 해수가 해저면을 침투해 다시 유출되는 염지하수로 나뉘어지고 제주해역의 동쪽 사면에는 염지하수로 공급되는 영양염의 비율이 높은 반면 서쪽사면에서는 담지하수 형태로 공급되는 비율이 높다.

(5) 제주연안역 수질 장기변동

최근 연안수질을 평가하는 방법이 COD, TN, TP등의 단일항목으로 1개의 기준으로 전국연안을 평가하는 방법에서 해역별 특성을 고려한 생태계 기반으로 평가하는 방법으로 바뀌었다. 새로운 수질평가방법에는 부영양화를 일으키는 원인항목인 용존무기질소와 용존무기인, 이들의 유입에 의해 발생하는 일차반응 항목으로 엽록소와 탁도, 그리고 이차반응항목인 저층용존산소의 포화도를 이용하여 수질지수를 계산해서 수질등급을 결정한다. 해양환경관리공단에서는 연간 4회씩 관측결과를 바탕으로 수질지수를 계산하여 수질등급을 공개하고 있다. 제주연안의 수질등급은 전 연안에서 대체적으로 1등급 2등급을 유지하고 있으나 계절과 연안역에서 나쁜 등급인 3등급과 4등급이 일시적으로 나타나는 특성을 보였다(Fig. 3-3-14). 그러나 2010년 이후 수질등급의 지속적인 증가나 감소 경향이 나타나지 않았다. 따라서 일시적으로 관측된 높은 수질등급은 일시적인 부영양화 물질의 유입이나 외양역에서 일어나 현상이 연안으로 전이되는 것이라 사료된다.

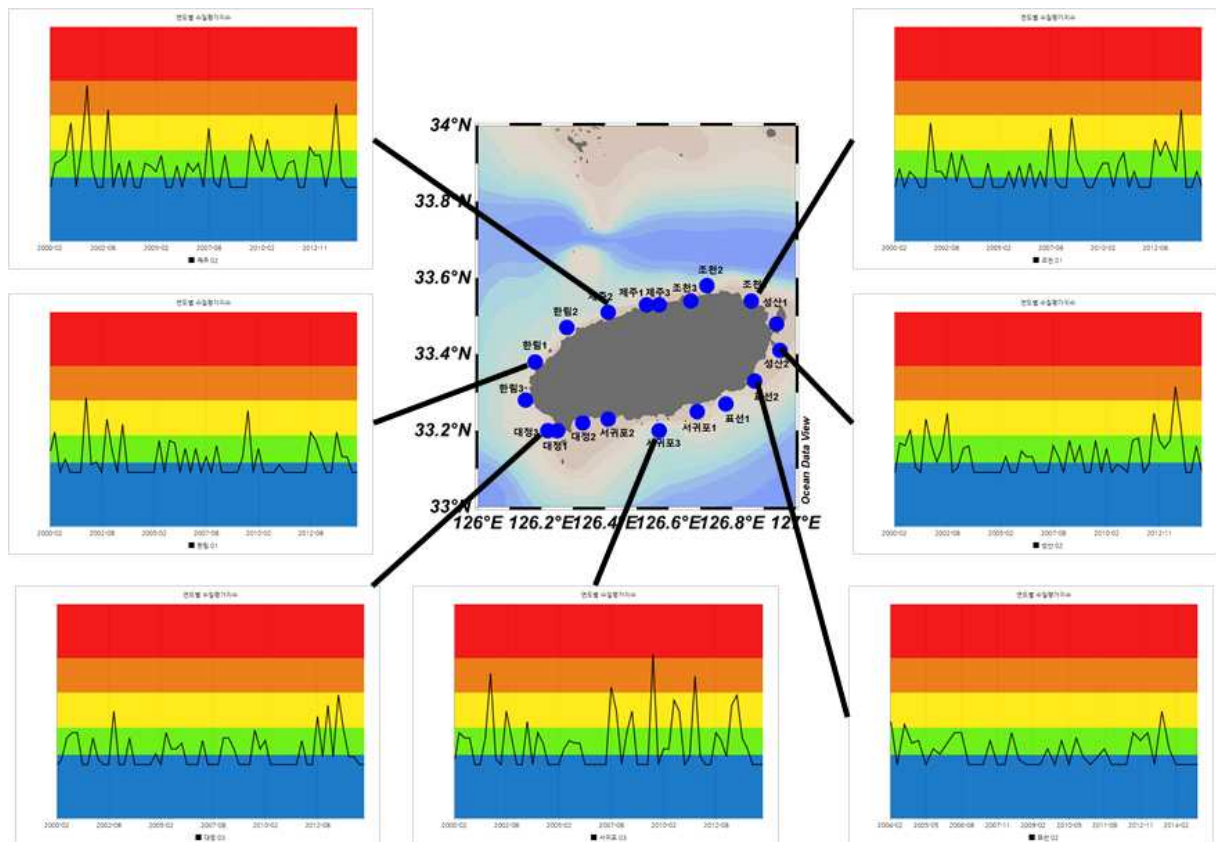


Fig. 3-3-14. Grade of water quality around the coastal regions of Jeju Island.

4. 제주 연안 수질/저질 오염 현황

가. 연구배경

제주 지역은 내만과 달리 사면이 바다와 접하는 섬 지형으로 내만 지형에 비해 상대적으로 육상기인 오염물질의 연안 체류시간이 짧고 수질상태가 비교적 양호하다. 그러나 최근 육상양식장의 성장은 지역 내 경제발전에 기여하는 반면 육상양식장 배출수는 제주 주변 연안의 수질오염 및 해양생태계에 문제를 야기하고 있다. 제주연안의 마을어장은 주변 환경 변화에 의해 갯녹음 확산, 해조류 군락 감소, 패류 생산량 감소 등 어장 생산력이 크게 감소하고 있다(JDI, 2008). 이러한 문제가 계속되고 있는 시점에서 양식장의 밀집화에 의한 배출수의 영향을 간과할 수 없는 상황이다. 특히 양식장 배출수에 기인한 오염물질은 저층에 누적되어 빈산소 수괴 형성 및 부영양화를 일으켜 연안역의 수질 및 생물 서식환경을 변화시켜 수산업 피해를 가중 시킬 수 있다(Takeuchi, 1999; Herbeck et al., 2013). 따라서 연안해역을 효과적으로 관리하기 위해 현재 수질의 시공간 변화 및 상태를 이해하는 것이 필요하다.

제주의 연안은 현재 환경의 변화로 다양성이 감소되고 있으며, 양식장 운영에 있어서도 취수시 사육수조의 수질문제가 의심되어 효율적인 취수와 배수 관리가 요구된다. 뿐만 아니라 배출구와 인접한 해역의 저층에서는 양식장에서 사용되는 사료 및 어분 등으로 추정되는 부유물이 침적되고 있어 영양염 용출과 같은 2차 요인의 문제가 제기되기도 한다(Murakami, 1998; Pitta et al., 2005). 실제로 육상양식장으로부터 배출되는 배출수의 확산이 연안역의 영양염 농도를 증가시키고 있음이 보고되고 있다(Aure and Stigebrandt, 1990; Raczynska et al., 2012; Herbeck et al., 2013). 그러나 제주 연안역은 수심이 낮고 암초가 산재하여 선박을 이용한 접근이 어려워 배출수 영향에 의한 수질특성을 이해하는데 어려움이 있다(Cho et al., 2002; Jeju National University, 2009; Kim et al., 2009). 하지만 인위적인 오염물질의 유입으로 인한 환경변화를 파악하기 위해서는 배출구로부터 변화되는 수질특성에 대한 전반적인 연구가 필요한 실정이다.

제주 연안의 저질은 대부분 암반과 모래로 형성되어 있어서 저질 오염이 발생하지 않는데 비해 항만내의 저질은 항만활동을 통해 오염이 발생하는 경우가 많으며, 외부 해수, 퇴적토, 그리고 바다생물의 유입으로 인해 오염이 확산되는 경우도 종종 발생한다. 이중 퇴적토에 대해서는 특별한 관리가 필요한데, 이는 해수에 비해 많은 양의 오염물질이 축적되어 있으며 퇴적토로부터 오염물질이 다시 용출되어 환경을 오염시키는 2차 오염원의 역할을 하기 때문이다(Burton, 1992). 제주외항의 항후 운영 시 항구수심 확보 및 퇴적토 오염제거를 위해 준설작업이 필요한데, 이는 준설작업으로 인한 퇴적토의 부상으로 생태계에 영향을 미칠뿐더러 해류에 따라 부유물이 넓은 지역으로 확산될 수 있기 때문이다. 또한 준설된 퇴적토의 처리는 또 다른 환경문제를 야기할 수가 있다. 이와 같이 항만퇴적토의 관리 및 오염여부의 판별은 항만운영에 있어 중요한 환경관리 수단이 될 수 있다. 이에, 퇴적토의 오염여부를 가리기 위해 세계 각국에서 퇴적토 오염기준을 제시하고 있는데, 그중 미국과 캐나다에서 제시한 기준이 널리 사용되고 있다(United States

Environmental Protection Agency, 1991; Canadian Council of Ministers of Environment, 1995). 미국과 캐나다에서 제시한 기준은 중금속과 유기물질 함량을 기준으로 오염도 정도를 분류하는 방법이며, 오염되지 않은 지역을 기준으로 해당 지역의 상대적인 오염도를 평가하는 기법인 지화학적 농축계수인 index of geoaccumulation (I_{geo})과 중농축계수법인 enrichment factor (EF)도 널리 사용된다(Muller, 2002; Cho et al., 2011).

나. 수질현황

(1) 연안어장 수질 현황

제주 연안어장 환경조사에서 대부분의 지역은 1등급의 수질을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 제주항 주변 등 인간의 활동에 의한 영향을 많이 받는 일부 해역에서는 다른 해역에 비해 상대적으로 높은 오염 정도를 보이고 있다(Fig. 3-3-15). COD와 총질소(TN)는 행원과 성산 등 제주 북동 지역에서 상대적으로 높게 나타나고, 총인(TP)은 거의 제주 동부 연안에서 상대적으로 높은 농도를 보였다.

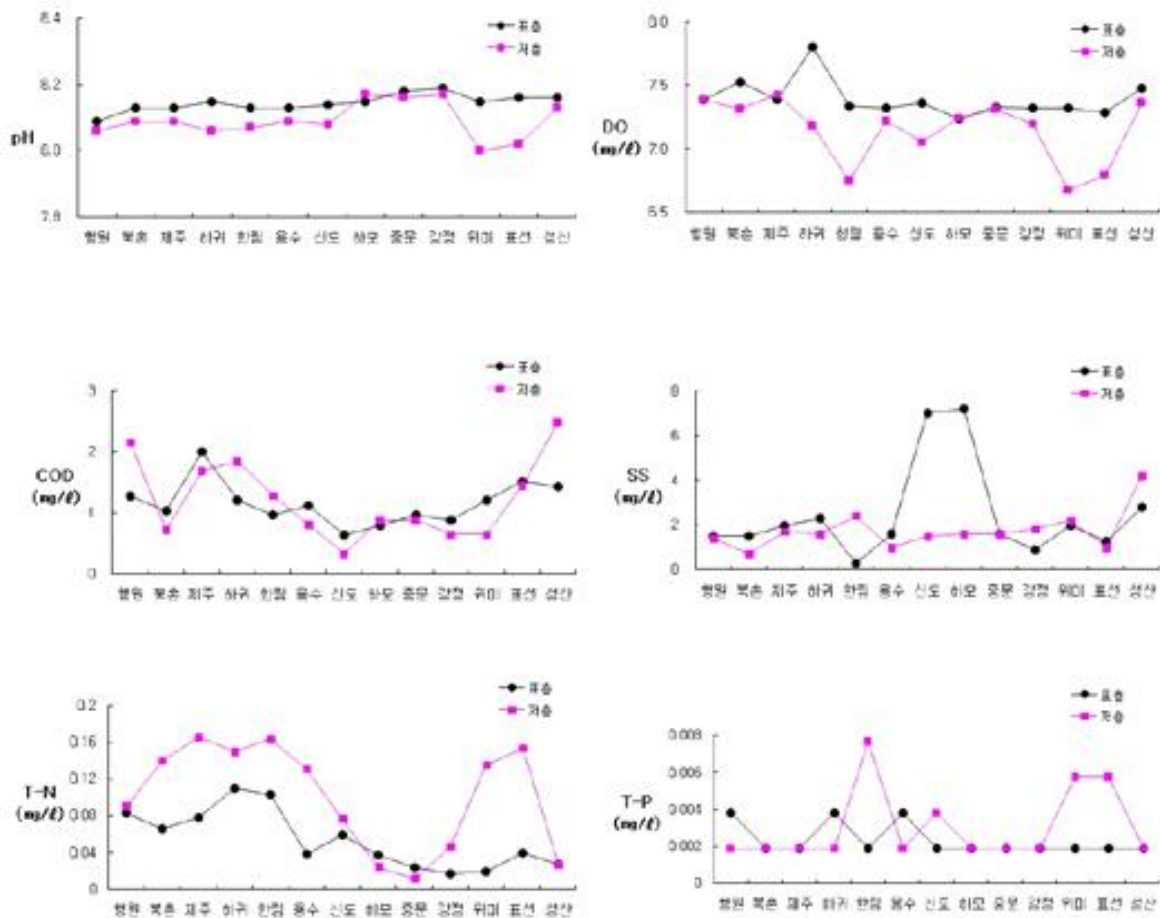


Fig. 3-3-15. A result of water quality in coastal fisheries area, Jeju.

(2) 육상양식장 주변해역 수질 현황

제주연안 부근에 밀집된 육상양식장 배출구 주변 4개 해역(애월리, 행원리, 표선리, 일과리)에서 수질환경의 시공간적 변화에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 2010년 2월부터 2011년 12월까지 격월로 총 12회 조사한 결과는 Table 3-3-5와 같다(고 등, 2013). 주성분 분석 결과 조사해역에서 연중 영양염의 분포는 염분과의 관련성 없이 배출구로부터 공급되는 물질에 의해 영양염의 농도가 조절되어, 연안에서 외해역으로 갈수록 농도구배가 감소하는 특징을 나타냈다. 특히 용존무기질소의 경우는 배출구와 인접한 해역에서는 부영양상태로 인에 비해 질소가 과잉되고 있었다. 유기물의 분포는 담수유입량이 증가하는 고수온기에 증가하는 경향을 보였다. 식물플랑크톤의 생물량 변화는 애월 및 행원해역은 담수유입과 관련된 기상요인(기온 및 강우), 표선 및 일과는 영양염의 인위적 공급요인(양식장 배출수)에 의한 영향을 주로 받는 것으로 나타났다. 특히, 배출구로부터 직선거리 약 300 m 및 수심 10 m이내 해역의 표·저층에서는 고영양염 농도 분포가 지속되고 있어, 부영양화 과정에서 발생하는 문제를 직·간접적으로 받을 수 있는 가능성을 나타냈다. 육상양식장의 운영 시 취수지점이 배출수의 영향을 받는 지점에 위치할 경우 사육수질의 문제가 발생할 수 있다.

Table 3-3-5. Water quality at surface and bottom waters in 4 near aquaculture area from February 2010 to December 2011.

Area	DO (mg/L)	COD (mg/L)	SPM (mg/L)	DIN (μ M)	DIP (μ M)	Si (μ M)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Aewol	8.14/7.98	1.00/0.72	1.81/1.65	12.27/7.25	0.36/0.26	29.3/17.6	0.31/0.24	0.02/0.02
Haengwon	8.55/8.46	0.96/0.83	2.28/2.16	10.16/7.46	0.39/0.24	24.5/19.6	0.29/0.25	0.02/0.02
Pyosun	7.93/7.86	0.93/0.84	1.99/1.64	9.28/7.12	0.31/0.25	23.0/17.9	0.29/0.23	0.03/0.02
Ilkwa	7.88/7.74	0.82/0.66	1.71/2.00	9.48/7.44	0.30/0.27	16.7/16.2	0.27/0.24	0.02/0.01

제주의 육상양식장이 밀집해 있는 다른 4개 지역에서 수질 조사를 한 결과는 Table 3-3-6과 같다(김 등, 2009). 제주도내 양식장 밀집지역을 4곳(성산, 표선, 위미, 대정)으로 나누어 2006년 7월부터 2006년 12월까지 채집한 양식장 배출수의 이화학적 특성을 조사한 결과, 성산지역 양식장 배출수의 평균 수소이온농도(pH)는 7.74, 표선지역은 7.68, 위미지역은 7.68, 대정지역은 7.7로 나타났다. 성산, 표선, 위미지역의 염분농도는 평균 31~33 % 범위로 외양역의 염분특성을 나타내는 것으로 나타났으나, 대정지역의 양식장 배출수의 경우 평균염분농도가 28.81 %로 일반적인 해수의 평균염분농도에 비하여 매우 낮은 염분농도 값을 나타냈다. 각 지역의 용존산소(DO) 측정 결과 배출수에서 해역별 수질 기준으로 보았을 때 1등급에 이르는 용존산소(DO) 값을 보였다. 배출수의 수온을 조사한 결과 조사지역의 하절기 수온은 23~25 $^{\circ}$ C, 동절기에는 16~18 $^{\circ}$ C로 조사되었다. 양식장 배

출수의 질소농도는 성산, 표선, 위미, 대정지역의 모든 양식장 배출수에서 해역별 수질등급을 모두 초과하였으며, 인산염의 경우 성산지역 평균 0.48 mg/l, 표선 0.55 mg/l, 위미 0.66 mg/l, 대정0.44 mg/l의 농도를 나타냈으며, 화학적산소요구량(COD)을 측정된 결과 성산, 표선, 위미지역에서의 화학적산소요구량(COD)의 평균농도가 각각 1.5 mg/l, 1.8 mg/l, 1.6 mg/l, 대정지역은 2.3 mg/l 나타났다. 부유물질(SS) 농도를 조사한 결과 성산지역은 평균농도가 19.3 mg/l, 표선지역 21.2 mg/l, 위미지역 21.3 mg/l, 대정지역 18.5 mg/l로 조사되었다. 양식장 배출수의 시간대별 이화학적 조사결과에서는 거의 모든 항목들이 오전에는 증가하다가 오후에는 전체적으로 감소하는 양상을 보였다.

Table 3-3-6. Monthly mean values of chemical parameters of aquaculture waste water on Jeju island from July to December in 2006.

Site	Month	SS (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
Seongsan	Jul.	18.0	2.8	0.43	0.49
	Aug.	17.6	0.8	0.64	0.42
	Sep.	20.3	1.3	3.20	0.71
	Oct.	19.4	1.2	0.29	0.20
	Nov.	20.5	0.3	0.75	0.75
	Dec,	19.8	3.8	0.31	0.31
Pyoseon	Jul.	22.0	0.7	1.18	0.72
	Aug.	18.6	1.3	1.23	0.78
	Sep.	21.7	2.4	1.84	0.53
	Oct.	21.4	2.4	0.91	0.39
	Nov.	21.3	1.8	0.77	0.62
	Dec,	22.3	5.0	1.08	0.28
Wimi	Jul.	20.9	3.1	0.54	0.82
	Aug.	18.8	1.1	1.52	0.95
	Sep.	20.8	0.5	1.39	0.59
	Oct.	21.0	0.4	0.81	0.44
	Nov.	22.6	2.1	0.63	0.70
	Dec,	23.5	3.4	0.97	0.48
Daejeoung	Jul.	19.3	2.6	1.26	0.28
	Aug.	12.8	1.2	2.27	0.32
	Sep.	19.8	2.8	3.05	0.66
	Oct.	19.8	2.8	2.35	0.46
	Nov.	18.7	1.8	2.11	0.54
	Dec,	20.8	2.4	2.60	0.38

(2) 제주 연안 해역별 수질 비교

제주 연안 해역에서 기초생산자의 성장 및 현존량과 관련이 있고, 연안의 특이성을 나타내는 영양염류 농도에 대해 상대적인 수준을 알아보기 위해 조사정점과 유사한 해역의 제주연안 및 마을어장과 Wasmund et al.(2001)이 제시한 해역의 영양 상태를 나타내는 기준과 비교해 보았다(Table 3-3-7). 제주 연안 자료는 해양환경측정망 자료 중 제주

의 한림, 조천, 대정, 표선해역과 항만내의 조사 결과를 국가해양환경정보통합시스템 (<http://www.meis.go.kr/>)에서 획득하였고, 마을어장은 제주 동·서·남·북부 연안에 바로 인접한 수심 10 m 이내에 조사 자료를 이용하였다(NFRDI, 2011). 타 연구결과와는 조사시기 및 정점, 시료의 수 등의 차이로 인한 정량적 상대평가를 하기에는 제한적이며, 해역의 영양 상태를 나타내는 것 또한 절대적인 기준이 될 수 없다. 그러나 평균분포 범위와 기준에 따른 간접적인 분포 수준은 추정 가능할 것으로 보인다. 용존무기질소의 함량은 제주연안과 마을어장의 평균 함량에 비해 1.5 - 3배 높은 반면, 제주도 주요 항내에서 관측된 결과와는 용존무기질소는 유사한 범위를 나타냈다. 용존무기인의 경우는 6월에만 조사가 이루어진 마을어장을 제외하고는 전반적으로 유사하게 나타났다. 해역의 영양 상태는 제주 항내의 경우 용존무기질소와 용존무기인만을 고려하였을 경우 표층의 용존무기질소는 부영양상태(Eutrophic, $10 < \text{DIN} < 60 \mu\text{M}$, $0.8 < \text{DIP} < 3 \mu\text{M}$), 용존무기인은 중영양상태를 나타냈고, 제주연안과 마을어장은 용존무기질소와 용존무기인 모두 중영양과 빈영양상태의 범위에 속해 있었다. 본 연구해역의 경우 배출구로부터 300 m 이내에 있는 정점 1, 2의 경우 용존무기인은 중영양상태(Mesotrophic, $2 < \text{DIN} < 10 \mu\text{M}$, $0.2 < \text{DIP} < 0.8 \mu\text{M}$), 용존무기질소는 부영양상태를 나타냈고, 배출구로부터 550 ~ 800 m의 정점 3, 4는 용존무기인이 빈영양상태(Oligotrophic, $\text{DIN} < 2 \mu\text{M}$, $\text{DIP} < 0.2 \mu\text{M}$), 용존무기질소가 중영양상태로 나타났다. 이는 배출구와 인접한 연안으로부터 약 300 m 지점까지 영양염의 농도가 크게 증가하고 있으며, 이러한 해역은 인에 비해 질소가 상대적으로 과잉되고 있음을 추정할 수 있다.

Table 3-3-7. Comparison of dissolved inorganic nitrogen and phosphate concentration in Jeju coastal area.

Area	Sampling period	DIN (μM)	DIP (μM)	Reference
Jeju major harbor (Jeju, Seogwipo, Seongsan, Hallim)	2010-2011 (seasonal)	5.07-29.07 (5.8-14.9)	0.01-0.53 (0.12-0.48)	MEIS, 2013
Jeju coastal area(Hallim, Jocheon, Daejeong, Pyosun)	2010-2011 (semestral)	1.07-12.99 (2.57-7.72)	0.01-0.68 (0.10-0.38)	MEIS, 2013
Fishing village in the Jeju coastal area	June, 2011	4.21-12.71 (4.71-9.86)	0.01-0.10 (0.02-0.08)	NFRDI, 2011
Jeju coastal area adjacent to the fish pond	2010-2011 (bimonthly)	0.36-25.94 (7.12-12.27)	0.01-1.74 (0.24-0.39)	This study

Minimum value-Maximum value, (Range of mean)

다. 저질현황

(1) 중금속 오염 현황

제주외항 내부와 외부 퇴적토에 대한 중금속 함량 분석(As, Be, Cr, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn, Sb, Ti, Pb)을 실시하였고 그 결과를 Table 3-3-8에 나타내었다(이 등, 2015). 중금속의 경우에는 USEPA와 캐나다 온타리오 퇴적토 오염기준에 포함된 5개의 중금속(Cd, Cu, Ni, Zn, Pb)을 이용해 퇴적물 오염도를 평가하였다. Cd의 경우, 4개 시료 모두 0.6 mg/kg 이하이므로 비오염으로 평가되었다. Cu의 경우에는 J2에서는 검출되지 않았고 나머지 지역도 모두 기준치 이하이므로 비오염으로 분류되었다. Ni의 경우에는 J3가 비오염 기준인 20 mg/kg을 초과하는 23.6 mg/kg이므로 중간정도 오염으로 평가되었고 나머지 지역들은 모두 비오염으로 분류되었다. 캐나다 온타리오 퇴적물 오염기준을 적용하면 J2는 영향 없음으로 분류되고 나머지는 16 mg/kg을 초과하므로 최소영향수준과 심각영향수준 중간단계로 분류되었다. Zn과 Pb의 경우에는 USEPA와 캐나다 온타리오 퇴적물 오염기준을 모두 적용해도 비오염으로 분류되었다. 제주외항의 퇴적토 중금속 오염도는 우려할 수준은 아니라고 판단되나, Ni의 경우 기준치를 초과하였으므로 이에 대한 대책을 강구할 필요가 있다. 또한, 강열감량 값이 외항 내부의 경우 USEPA의 기준보다 큰 값이 나왔으므로 합리적인 준설계획을 세워 과도한 유기물이 축적되는 것을 막을 필요가 있다고 본다. 또한, 일부 중금속 중 Cu의 경우 외항 외부에 비해 내부 퇴적토에서의 농도가 급격히 증가하는 것을 확인하였으므로, 항만시설 중 특히 하폐수 방출 현황에 대한 문제 점검 및 이를 통한 해결방안이 필요하다.

Table 3-3-8. Concentrations of heavy metals in sediments and pollution criteria proposed by USEPA and Canada.

		As	Be	Cr	Cd	Cu	Fe	Ni	Zn	Sb	Ti	Pb	Ignition loss (wt, %)
USEPA sediment quality standards	Non polluted	-	-	-	-	<25	-	<20	<90	-	-	<40	<5
	Moderately polluted	-	-	-	-	25-50	-	20-50	90-200	-	-	40-60	5-8
	Heavily polluted	-	-	-	>8	>50	-	>50	>200	-	-	>60	>8
Ontario sediment quality guidelines	No effect level	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lowest effect level	-	-	-	0.6	166	-	16	120	-	-	31	-
	Severe effect level	-	-	-	10	110	-	75	820	-	-	250	-
	J1	5.1	ND	8.8	0.3	0.4	13240	17.9	28.7	ND	681	4.4	7.3
	J2	15.2	ND	7.0	0.5	ND	16190	15.8	34.1	ND	978	5.8	4.5
	J3	8.3	ND	9.8	0.4	5.6	22530	23.6	31.1	ND	1120	4.9	8.5
	J4	12.5	ND	4.8	0.6	10.6	7157	18.8	54.5	ND	1293	10.3	10.6

(2) 부틸주석화합물(TBT) 오염 현황

제주항의 표층퇴적물 중의 1998년의 BT화합물의 농도분포 자료를 보면 뚜렷한 농도 증가를 보였는데(Fig. 3-3-16), 1998년 농도에 비해 TBT에 대해 1.9배, DBT 1.6배,

MBT 6.5배로 증가하였으며 특히, JJ-2 지점에서 MBT가 1998년보다 10배 이상 증가하였다. 이는 인근에 위치한 수리조선소의 영향이나 그 외 많은 요인들뿐 만 아니라 제주항의 입·출항 선박수와 톤수를 살펴보면 1998년도에 선박수가 급격히 증가함에 따라 그에 대한 톤수도 급격히 증가하였음을 알 수 있고, 2001년까지 계속적으로 증가하고 있었다. 즉, BTs의 오염원이 선박에 칠해지는 방오페인트임이 밝혀진 바 선박수 및 선박 톤수의 증가는 그만큼 방오페인트 사용이 증가하였다는 것이고 많은 BTs가 해양으로 유입되었음을 시사하고 있다(안, 1998; 감 등, 2011). 그러나 국내에서 2002년 7월부터 유해화학물질관리법에 의해 TBT의 사용을 규제하고 있어 현시점에는 이들 오염물질의 농도가 감소하는 경향을 보일 것으로 예상된다.

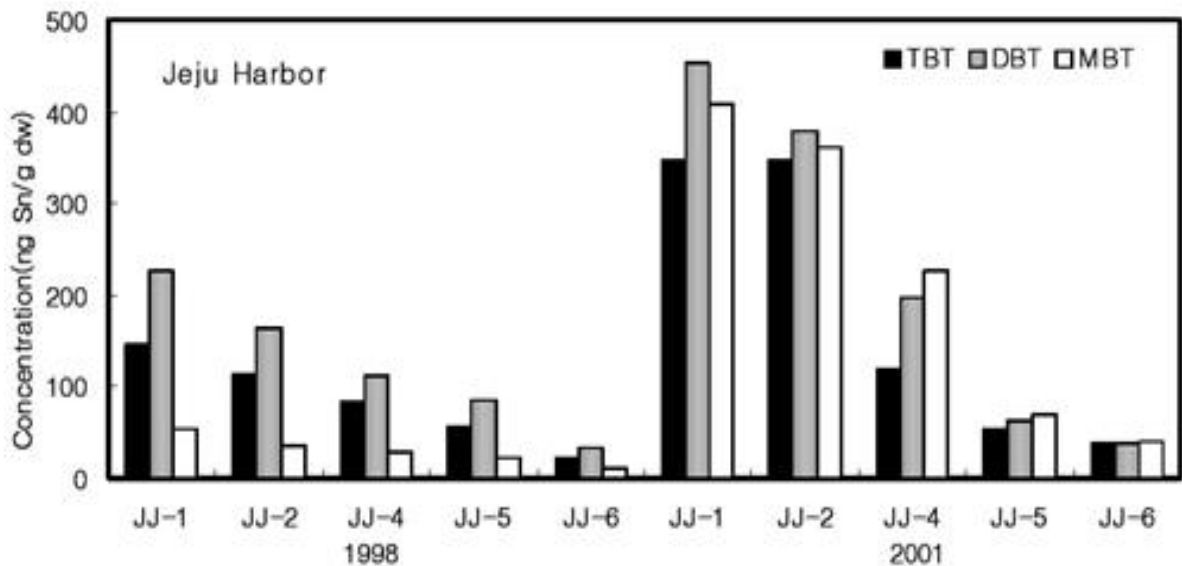


Fig. 3-3-16. Comparison of average butyltin concentrations (ng Sn/g dw) in surface sediments during 1998 and 2001, inside Jeju Harbor.

(3) 다환방향족탄화수소(PAHs) 오염 현황

제주 성산포와 서귀포 항 내 퇴적물에서 다환방향족탄화수소(PAHs)를 분석한 결과 PAHs 오염 수치는 낮게 나타났고(Fig. 3-3-17), 해양생물에 대한 영향을 살펴보았을 때 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 성산포와 서귀포항 내에서 PAHs의 농도는 유기탄소 함량과 펄질 퇴적물 함량과 밀접한 연관을 보였다. 항 내에서 검출된 PAHs의 기원은 명확하게 밝혀지지 않았지만, 석유와 물질연소에 의한 기원으로 판단된다(Moon et al., 2005).

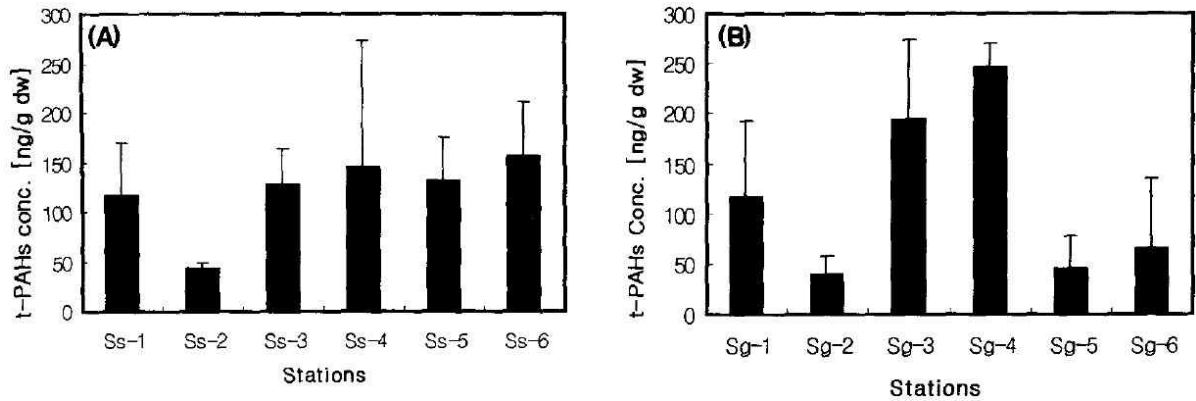


Fig. 3-3-17. Distribution of total PAHs in surface sediments of each station inside Songsanpo (A) and Seogwipo (B) Harbor.

라. 양식장 배출수에 의한 연안 영향

양식장 배출수에 의한 연안환경의 영향을 분석하기 위하여 제주 북동 연안 양식장 밀집지역 주변해역에서 2015년 8월에 예비조사를 실시하였다. 표층에서의 영양염 농도는 양식장 주변해역과 인구가 밀집한 지역 주변해역에서 높은 농도를 보였다. 그러나 외해 쪽으로 나가면 그 농도가 급격하게 감소하였다. 반면 밀집된 양식장이 없고, 생활하수의 유입이 비교적 적은 지역인 하도리 앞 해역에서는 상대적으로 영양염 농도가 낮게 나타났다(Fig. 3-3-18). 질산염의 경우에는 세화 지역의 표층에서 월등하게 높은 값을 보이고 있었고, 인산염, 규산염 및 암모니아 농도도 세화 지역에서 가장 높은 값을 보였다.

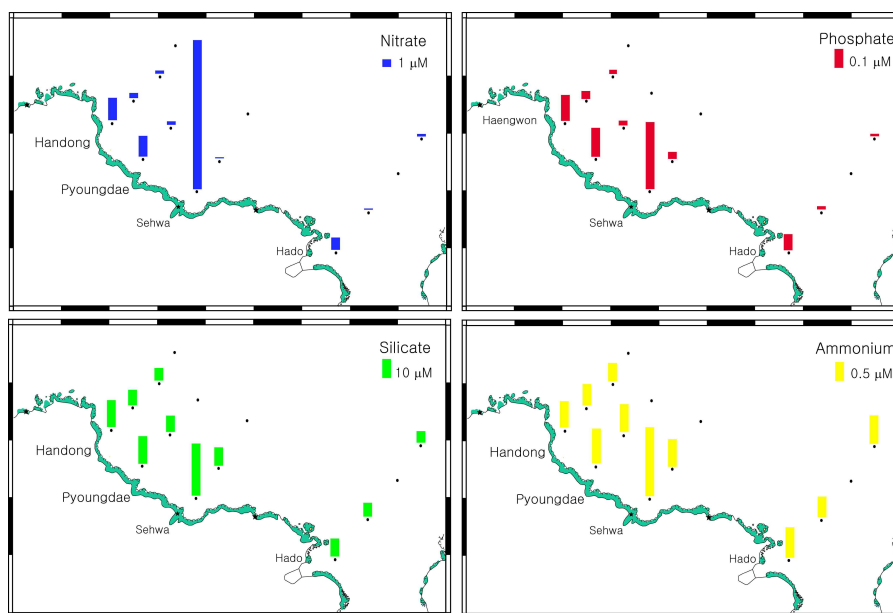


Fig. 3-3-18. Distributions of nutrients concentrations at surface water in northeastern Jeju coastal area.

저층에서의 영양염 농도분포도 표층과 유사한 경향을 보였다. 양식장이 밀집한 인근 지역과 인구 밀집지역에서 영양염은 높은 농도를 보인 반면 하도리에서는 상대적으로 영양염 농도가 낮았다. 그리고 연안에서 외해쪽으로 갈수록 농도가 감소하는 경향을 보이고 있으나 표층에 비해 상대적으로 감소폭은 적었다(Fig. 3-3-19). 그러나 특이하게 행원지역 앞 해역의 외해쪽 저층에서 질산염과 인산염이 특이하게 높은 농도를 보였다. 규산염과 암모니아도 내만에 비해 높은 농도를 보이고 있다. 이렇게 저층에서 특이하게 높은 영양염 농도를 보이는 정점은 연안에서 약 3 km 떨어진 정점으로 영양염의 공급원을 알 수가 없다. 해저지하수의 영향일 수도 있고, 양식장 배출수 등 인위적인 영양염 공급에 의한 것일 수도 있다. 이에 대해서는 추후 연구를 통해 밝혀내야 할 것이다.

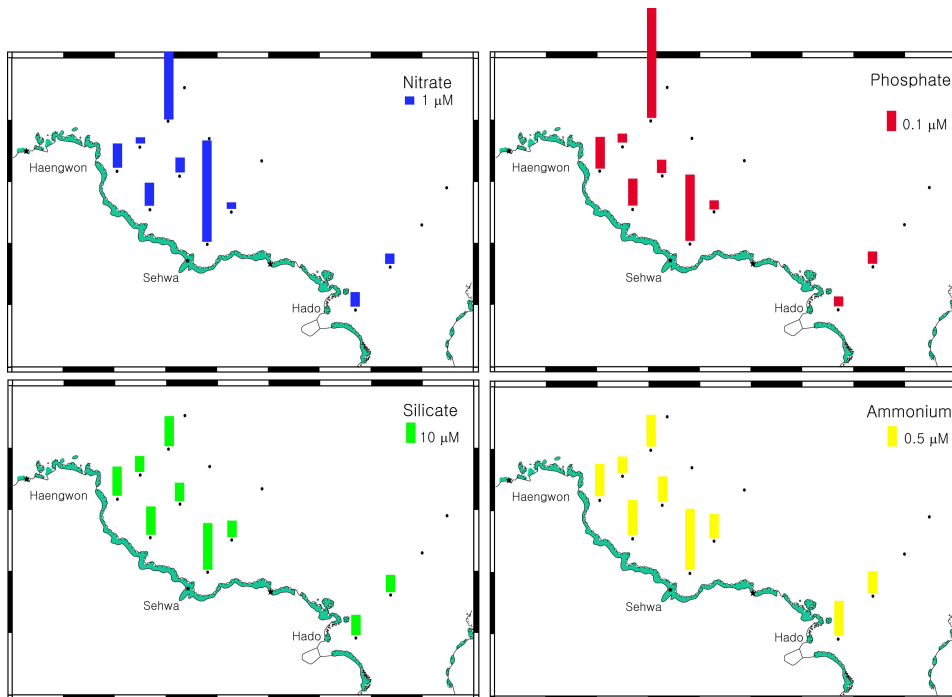


Fig. 3-3-19. Distributions of nutrients concentrations at bottom water in northeastern Jeju coastal area.

제 4 절 생물생산성

1. 기초생산성

가. 서론

광합성과 화학합성에 의해 식물이 무기물을 유기물로 바꾸는 생산을 일차생산 또는 기초생산이라 하며, 단위시간 동안 생성된 총 유기물질의 양을 일차생산(Primary Production, PP)이라고 부른다. 광합성을 하는 해양생물은 지구 전체 식물 생산량의 약 1% 밖에 차지하지 않지만 해양 생태계의 일차생산력은 지구 전체 생산력의 약 40%를 차지하는 것으로 알려져 있다(Falkowski, 1994). 이들 생산자에 의한 기초생산은 차 상위 단계 소비자의 생산력에 직접적인 영향을 주며 궁극적으로 어류 생산력을 조절할 수 있기 때문에 합리적인 수산자원 관리와 보존을 위해서도 일차생산력은 반드시 알아야 할 중요한 기초자료이다.

제주해역을 포함하고 있는 동중국해는 넓은 대륙붕이 발달해 있고 생물생산력이 높은 곳으로 주변국들에게 주요한 어족자원의 공급원 역할을 하고 있다. 이에 속한 제주해역 역시 장강희석수와 환경적 다양성 등에서 기인한 식물플랑크톤의 높은 일차생산력을 보이는 것으로 알려져 있다. 하지만 기후변화에 따른 장기적인 영향과 더불어 인위적인 환경 변화의 영향으로 동중국해의 식물플랑크톤 생태계에 큰 변화가 나타나고 있고, 향후에도 지속적인 변화가 예측되어 식물플랑크톤 생태계 변화가 하위영양단계 생태계에 미치는 영향의 파악 및 생태계 변화 예측 능력을 높이기 위한 기반 연구가 필요하다.

광역 해역에 대한 장기 일차생산력 변동 파악을 위해서는 위성을 이용한 환경 변화 연구가 수행되어 왔다(Son et al., 2005; 박과 유, 2010). 인공위성자료를 활용한 해양의 일차생산 추정 연구는 연구선 등을 활용한 기존 현장 조사방법이 갖는 시·공간적 제한을 개선할 수 있는 이점을 가지고 있다. 그동안 수행되어 온 식물플랑크톤과 일차생산력에 대한 연구가 일부 있으나 지속적인 조사가 이루어지지 않았고 자료의 성격도 중장기 변화를 연구하기에는 부족한 실정이다. 또한 계절별 환경변화, 장강희석수와 쿠로시오류 등에 의한 환경의 다변성이 큰 해역으로 시기 및 수역별 일차생산력을 추정하기 위해서는 인공위성자료의 활용이 필수적이다. 일차생산 추정에 있어 기본이 되는 자료는 표층의 엽록소-a, 일사량, 소광계수 등이며 이들 모두 위성관측이 가능하다(Behrenfeld and Falkowski, 1997).

동중국해는 대마난류, 장강희석수 및 황해저층냉수, 쿠로시오해류 등 다양한 수괴가 교차하면서 시공간적으로 복잡한 물리적 특성을 가지고 있고 부유물 농도가 높은 CASE II 해수의 광학 특성으로 정확한 일차생산력 추정에 많은 문제점을 보인다(Yoo and Park, 1998). 가령, 위성자료의 일차생산력 추정에 필요한 엽록소-a 농도를 산출하기 위한 알고리즘은 주로 대양에서 얻어진 실측자료를 토대로 개발되었기 때문에 동중국해와 같이 부유물 농도가 높은 해역에서는 엽록소-a 농도의 과대추정이 발생된다(문 등,

2010). 따라서 본 연구에서는 위성자료 활용하여 보다 나은 일차생산력 추정을 위해 현재 가용할 수 있는 제주해역의 엽록소-a 추정 알고리즘과 이를 활용하는 일차생산 추정 알고리즘들을 비교 평가하였다.

나. 재료 및 방법

제주해역의 일차생산력 추정을 위해 사용된 위성자료는 NASA (National Aeronautics and Space Administration)에서 제공하는 Sea-viewing Wide Field-of view Sensor (SeaWiFs), MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer(MODIS)를 사용하였다. 위성자료는 약 9 km x 9 km의 해상도를 갖는다. 일차생산력 계산에 사용된 위성자료의 변수는 엽록소-a 농도 외에 Photosynthetically Available Radiation (PAR), k490(490 nm에서의 소광계수)과 5개 bands(412, 443, 490, 510, 555 nm)의 반사도 (Remote Sensing Reflectance)였다. 분석에는 1998년 1월부터 2014년 12월까지의 자료를 사용하였다. 이 밖에, 표층수온(Sea Surface Temperature, SST)는 AVHRR와 MODIS 자료를 획득하여 사용하였고 공간-시간해상도 및 분석에 사용된 자료의 시기는 위와 동일하였다. 위성자료로부터 얻은 변수들을 적용하여 가용한 일차생산력 추정 알고리즘을 비교 및 평가하였다. 가용한 알고리즘으로는 Vertically Generated Production Model(VGPM; Behrenfeld and Falkowski, 1997)을 이용하여 제주해역을 포함한 동중국해의 일차생산력을 계산하였다.

VGPM은 기본적으로 표층수온을 이용한 광합성 효율 추정과 표층광량, 엽록소 농도, 낮의 길이를 통하여 일차생산력(PP)을 추정하는 모델이며 아래의 식으로 표현된다.

$$PP_{eu} = 0.66125 \times P_{opt}^B \times \left[\frac{E_0}{E_0 + 4.1} \right] \times Z_{eu} \times C_0 \times DL$$

여기서 PP_{eu} 는 유광층까지의 수주내 일차생산력(mgC/m²/d), P_{opt} 는 수주 내 최대 광합성수율로 표층수온의 함수이며, E_0 는 표층의 PAR, Z_{eu} 는 유광층 수심, C_0 는 표층 엽록소 농도, DL 은 낮의 길이를 나타낸다. VGPM을 이용한 일차생산력 추정을 위해서는 네 가지 변수와 낮의 길이를 알아야 한다. 낮의 길이는 해당지역의 위도와 태양고도의 연중변화의 관계식으로부터 계산할 수 있다. 나머지 네 변수는 모두 위성자료로부터 얻는데, 광합성 매개변수 P_{opt} 는 표층수온과 엽록소 농도를 이용하여 계산되고(Kameda and Ishizaka, 2005), 유광층 수심 Z_{eu} 은 $K_d(PAR)$ 을 계산하여 추정했다(Lee et al., 2007). 본 연구에서 엽록소 농도는 탁도가 높은 해역에 최적화된 YOC 알고리즘(Siswanto et al., 2011) 방법과 NASA 해색위성의 표준 클로로필 알고리즘 중의 하나인 OC4V6 (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/REPROCESSING/R2009/ocv6/>)을 혼합하여 사용하여 추정하였다.

다. 결과

동중국해에서 VGPM 모델을 이용하여 추정된 일차생산력은 계절에 따른 차이를 나타내지만, 17년 전체 계절 평균하면 4월~6월 가장 높은 값을 나타내고, 동계에 낮아지는 계절변화를 보였다(Fig. 3-4-1, Fig. 3-4-2). 시/공간적으로 봄철 식물플랑크톤 대번성 시기와 하계에 장강 유출수와 연결되어 일차생산력의 증가하는 것으로 나타났다. 반면 쿠로시오의 영향을 받는 동중국해 동부해역, 장강 하구역 및 한반도 서해안 해역은 상대적으로 낮은 일차생산력을 나타냈다. 특히 장강 하구역 및 한반도 서해안 해역은 탁도가 높은 해역에서는 YOC 클로로필 알고리즘을 사용할 경우에 기존방법보다 상대적으로 낮게 나타나는데 이는 부유물에 의한 효과로 과대 추정되는 것을 줄여주었다. 하계에 장강 저염수의 영향으로 일차생산력이 증가하는 현상은 기존의 연구에서 밝혀져 있다. 하계 장강 유출수는 동중국해로 유입되면서 영양염을 공급하며 일차생산력 증가의 주요인으로 작용한다.

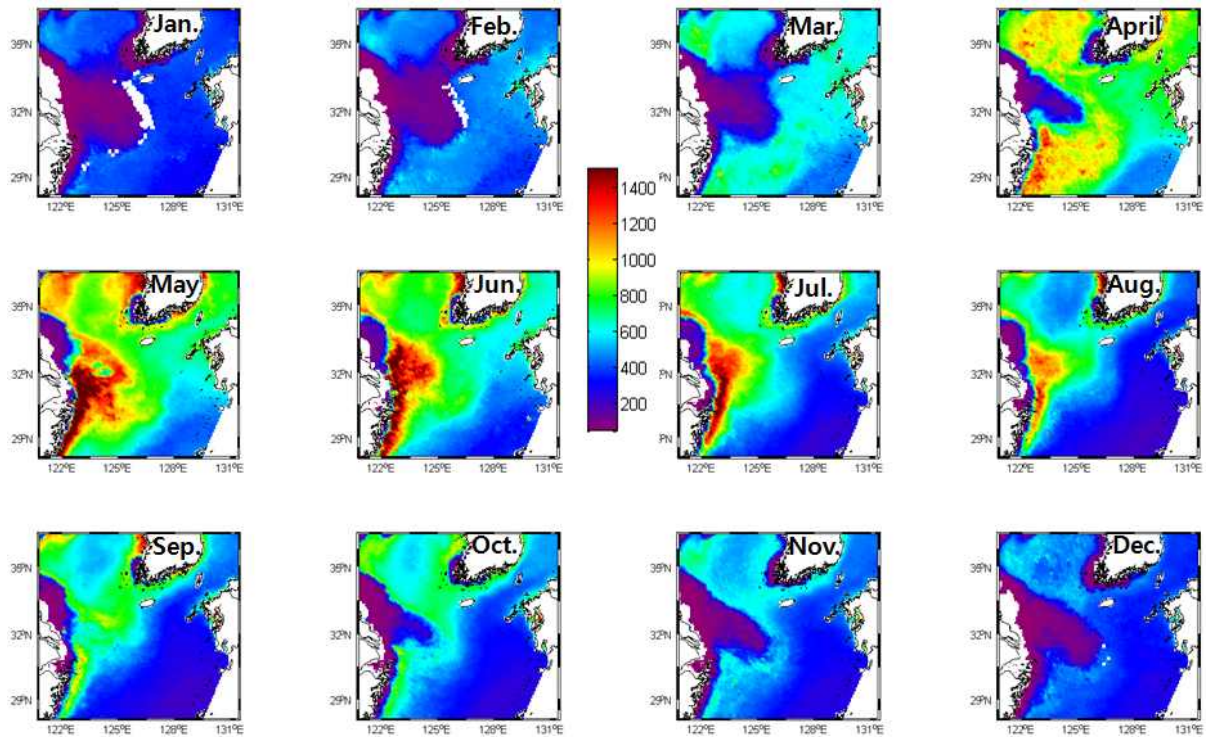


Fig. 3-4-1. Seasonal variations of primary production averaged over 17-year monthly data.

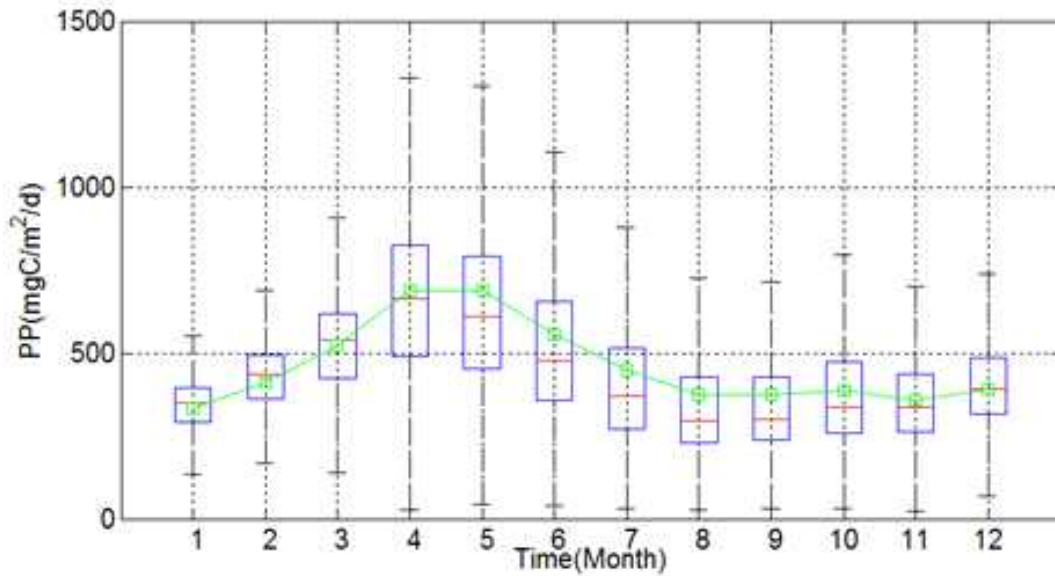


Fig. 3-4-2. Seasonal variations of primary production averaged from Fig. 3-4-1.

동중국해 전체 일차생산력 월평균은 $449 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, median은 $392 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, 최소값은 $15 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, 최대값은 $13,246 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$ 이다. 동중국해 전체 평균한 값은 한반도 주변해역 전체 평균값, 동해 및 황해 평균값($513, 530, 575 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$) 보다 상대적으로 낮은 값을 나타냈다. 그러나 Behrenfeld and Falkowski(1997) 제안한 VGPM 방법으로 계산 할 경우 한반도 부근 해역 전체평균은 $1,480 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, 동해는 $1,150 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, 동중국해는 $1,513 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$, 황해는 $2,165 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$ 으로 나타난다. 동중국해의 경우에는 본 연구에서 계산된 생산량보다 3배 이상 높게 나타나고, 전체평균과 동해보다 높게 계산되었다(Fig. 3-4-3). 두 모델의 계산식에서 중 유광층 깊이를 계산하는 방법에서 가장 큰 차이를 나타낸다. VGPM모델은 유광층 깊이를 $K_d(\text{PAR})$ 을 이용한 반면, Behrenfeld and Falkowski(1997)은 유광층 깊이를 $K_d(490)$ 을 이용하여 계산한다. 결과적으로 $K_d(490)$ 을 이용하여 계산된 유광층 깊이가 상대적으로 높게 계산되어지고 특히 하계 탁도가 낮아지는 시기에 상대적으로 더 깊게 계산되어진다(Fig.3-4-4).

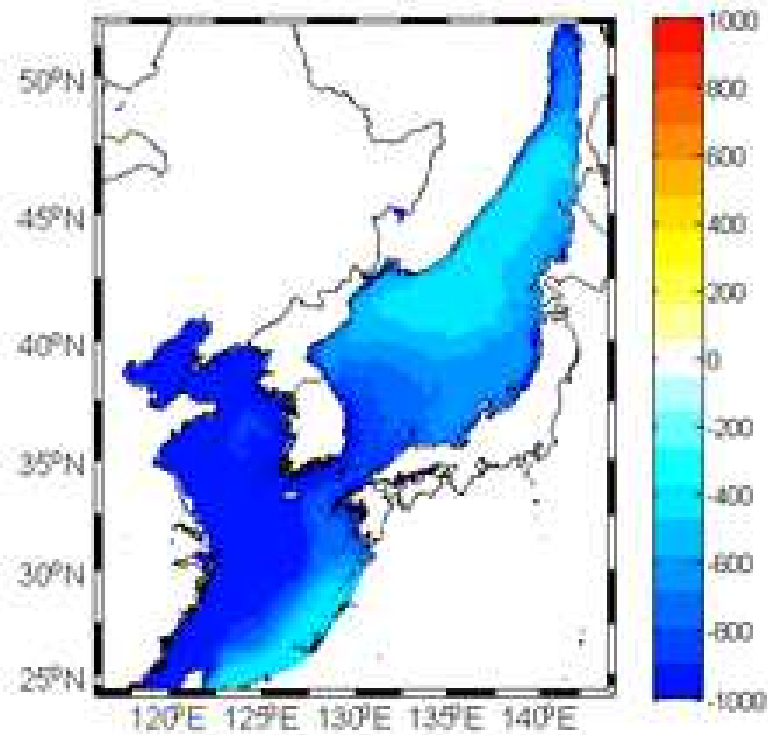


Fig. 3-4-3. The difference of PP between Behrenfeld and Falkowski(1997) and VGPM.

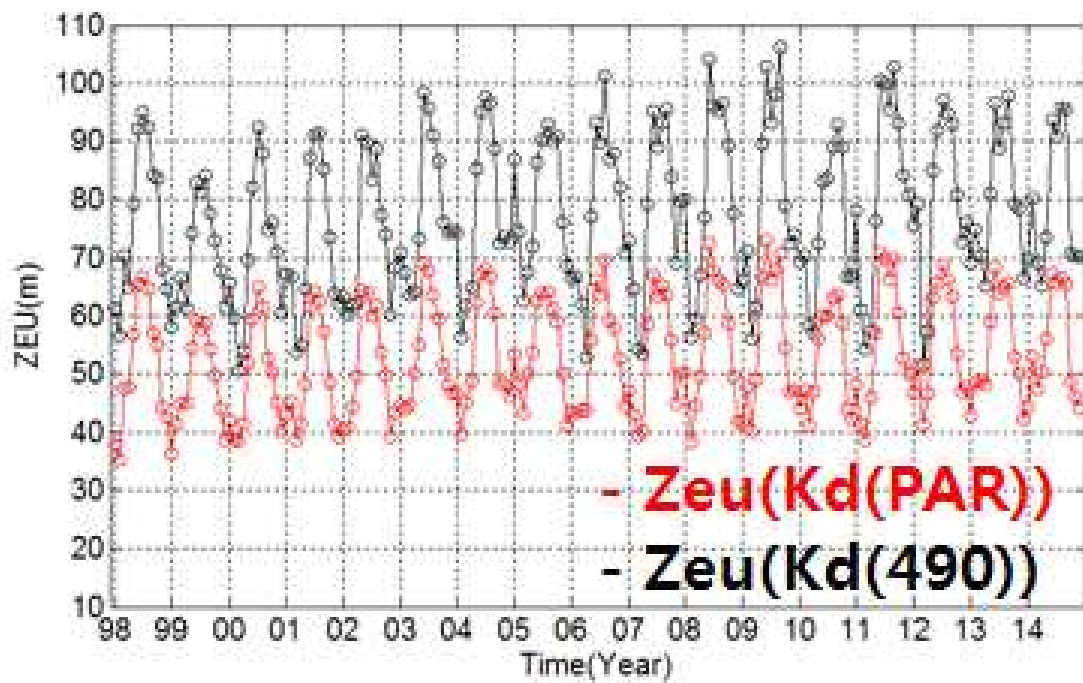


Fig. 3-4-4. Inter-annual variation of euphotic depth using $K_d(\text{PAR})$ and $K_d(490)$.

라. 결론

위성자료를 이용한 동중국해 VGPM 모델을 이용하여 일차생산력을 추정하는데 있어, 입력변수로 클로로필-a 농도, 광합성매개변수, $K_d(\text{PAR})$, PAR, 표층수온을 이용하였다. 동중국해 일차생산력은 $449 \text{ mgC/m}^2/\text{d}$ 으로 동해, 황해보다 낮은 값을 나타냈다. 계절적으로 봄과 여름철에 높아지고 동계로 가면서 감소하는 경향을 보였다. 기존의 Behrenfeld and Falkowski(1997) 사용했던 결과는 본 연구에서 사용되었던 모델 결과 보다 3배 이상 높게 추정되었고 이는 유광층 깊이는 추정하는데 있어서 $K_d(490)$ 보다는 $K_d(\text{PAR})$ 을 사용하는 것이 과대 추정 문제를 해결하는 방법이 될 것이다.

2. 식물플랑크톤 및 저서 미세조류

가. 연구배경

제주도 주변 해역은 다양한 수괴가 존재하는데 남쪽으로부터 황해난류와 쿠로시오에서 분과하여 서쪽으로 흐르는 대마난류, 동쪽으로는 중국대륙연안수 영향을 받고 있으며 황해 중앙저층냉수와 한국연안수가 북쪽으로부터 영향을 미치고 있다. 또 바람은 여름의 남동풍, 겨울에 북서풍이 우세하며 하계에는 태풍의 길목에 위치하고 있다. 이와 같은 물리적인 요건은 제주도 주변 해역의 식물플랑크톤 종조성과 생산량에 영향을 미치고 있다. 또 제주도 해안역은 연중 용천수의 영향과 강우시 집중되는 육수 유입의 영향을 받고 있다. 조간대는 다공질의 현무암으로 넓게 형성되어 있어 갯벌과 같은 자정작용이 용이하며 수 많은 조수 웅덩이가 발달되어 있다. 이러한 암반 해안은 부착성 규조류를 비롯한 미세조류와 대형 해조류가 번무하여 제주도 해안선의 1차생산을 담당하며 풍부한 부착 규조류를 섭이하는 소라, 전복등 유용 무척추동물가 풍부한 특징을 보인다.

제주 근해 식물플랑크톤 연구는 1930년대에 대한해협 조사 일환으로 시작되었으며 (Skvortzow 1932), 해방 후 박(1956a, 1956b)에 의해 대한해협, 그리고 부산에서 대흑산도까지 남해역 조사에서 일부 제주 북부해역이 조사되었다. 또 최(1967, 1969)에 의해 한국해역의 식물플랑크톤 종조성에 대한 연구로 제주 해역의 식물플랑크톤 종조성이 보고되었다. 1970년대에 들어 동중국해 연구로 확장되어 최(1978)에 의해 마이크로플랑크톤 조사가 제주와 동중국해 해역에서 이루어졌다. 1980년대는 적조와 부영양화 해역에 대한 연구 과제가 개발되면서 식물플랑크톤 연구 또한 매우 활발한 시기였으나 상대적으로 제주해역에 대한 연구는 활발하지 않았다. 그러나 1990년대에 들어 적조 원인 중에 분류학적 연구가 광학현미경 연구에서 벗어나 전자현미경에 의한 미세구조 연구가 진행되면서 새로운 식물플랑크톤 종들이 보고되기 시작되었으며, 심(1994)의 한국동식물도감 - 해양 식물플랑크톤 도감에서 400여종의 식물플랑크톤을 기재하면서 집대성되었고 현재까지도 널리 참고하는 문헌으로 이용되고 있다. 생태학적 연구도 계속되었는데, 제주도 주변의 해역별로 진행되었으며 식물플랑크톤의 현존량과 출현종의 분포에 관한 연구(박과 이, 1990; 이, 1989; 이와 좌, 1990; 이 등, 1989, 1990, 1993, 1995, 1999; 윤 등, 1990, 1991, 1992), 식물플랑크톤의 엽록소량 동태(정 등, 1983; 전과 고, 1983; Shim and Park, 1984)와 Carbon-14 법에 의한 1차생산에 관한 연구(Shim and Park, 1986; 이 등, 1989; Chung and Yang, 1991)등이 이루어졌다. 또, 특이한 해양생태계 연구로써 조수웅덩이(이 등, 2001), 문섬 산호서식지(좌와 이, 2000; 이 등, 2000), 그리고 갯녹음 해역에서 연구가 진행되었다. 2000년대에는 제주해역의 기후변화에 따른 해역별 비교 연구가 실시 되었고 (Lee et al. 2001; Affan & Lee 2004; 김 등 2008), 2010년 이후에 Kim et al. (2013)은 제주주변해역에서 34종의 부유성 와편모조류를 국내 미기록종으로 보고하였고, Shah et al. (2013)도 제주해안선 조간대에서 37종의 저서성 와편모조류를 국내 미기록종으로 기재하였다. Lee et al. (2014)는 제주해역에서 채집된 Tripos 속 51종의 출현을 보고하였고 그중 23종을 국내 미기록종으로 기재하였다.

본 연구는 제주도 주변 해역과 동중국해의 식물플랑크톤 연구를 문헌 연구를 통해 수행하였으며, 주요 인용 문헌은 이 (2011a, 2011b)를 이용하였다.

나. 제주도주변 식물플랑크톤 생태 특성

(1) 해안선과 주변 해역

제주도 주변 해역 식물플랑크톤 연구는 주로 해안선과 섬 주변, 제주해협 또는 동중국해를 대상으로 수행되어 왔다. Fig. 3-4-5은 해안역과 연안역을 표시한 것으로 제주도 해안선 주변의 선정된 10 개 정점에서 주로 채집하였으며 4개의 해역으로 구분하면 북부해안역의 용담(정점 1)과 북촌(정점 10), 서부해안역의 옹포(정점 2)와 고산(정점 3), 남부해안역의 화순(정점 4)와 서귀(정점 5), 동부해안역의 표선(정점 7), 성산(정점 8), 세화(정점 9) 등이 포함된다.

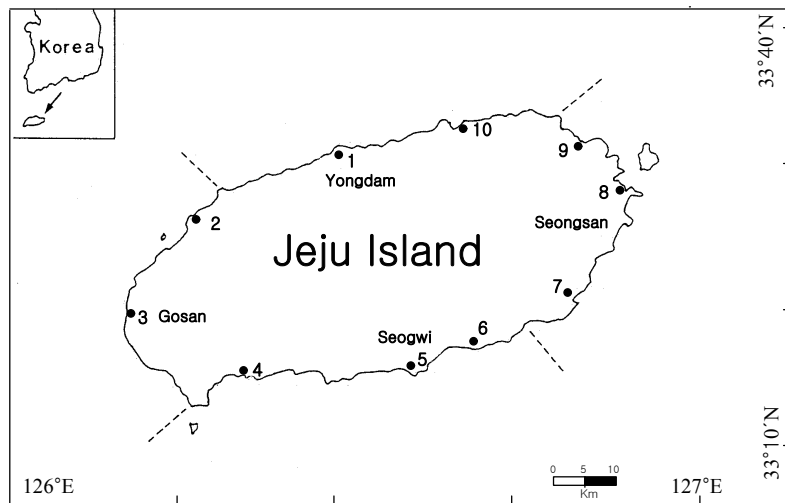


Fig. 3-4-5. Sampling stations of phytoplankton around intertidal zone and costal waters of Jeju Island (Lee et al., 1990).

제주 주변 해역은 여러 가지 해류의 영향을 받고 있어 동서남북에서 식물플랑크톤 분포 특성이 다른 특징을 나타낸다. 특히 해안선은 용천수와 하천수의 영향을 받고 있어 해안선 주변 식물플랑크톤의 서식지 생태적 구분은 이들 수괴들의 특성에 좌우되고 있다.

(2) 출현종과 우점종

해안선의 식물플랑크톤 출현종의 구성비율은 규조류 80.0%, 와편모조류 13.1%, 규질편모조류와 유글레나류가 각각 1.6%, 남조류 3.7%를 차지하고 있다(이 등, 1990). 연안역의 경우 제주북방 탐동해역에서 규조류 69.9%, 와편모조류 30.1%(이, 1989), 제주 삼양

연안역에서 규조류가 73.3%, 와편모조류 24.1%(고와 전, 1984), 한국 남서해역에서 규조류 80.5%, 와편모조류 16.3% (Shim and Park, 1984), 동부(우도) 연안역에서 규조류 86.5%, 와편모조류 11.2%(이 등, 1993), 북부(함덕) 연안역에서 규조류 72.7%, 와편모조류 21.2%(이 등, 1995), 문섬주변은 규조류가 77.3%, 와편모조류 20.3%(좌와 이, 2000)를 차지하여 전체적으로 규조류의 구성비율이 월등히 높다.

탐동 연안역에 있어 출현종의 생태적 구성비의 계절변화는 11월부터 2월까지 26.4~35.1 %로 외양종이 증가하고 4~5월에는 4.3~13.9 %로 감소하며 8월부터 다시 외양종이 증가하는 특징을 보인다(Fig. 3-4-6; 이, 1989). 이와 같은 특징은 제주도가 계절에 따라 영향을 받는 해류가 다르기 때문이며 일반적으로 겨울에 쿠로시오의 영향이, 여름에 황해 연안수가 강해지는 특징을 보이고 있다. 따라서 겨울과 봄에 외양종이 많아지는 계절적 변화는 제주주변 해류의 계절변화와 밀접한 관계가 있다.

해안역에 출현하는 종류를 서식특성에 따라 구분을 하면 부유성이 50.2 %, 저서성 및 일시부유성이 49.8 %를 차지하고 있다(이 등, 1990). 경기만인 경우 저서성 및 일시부유성이 40.4%로써 봄과 여름이 낮고 겨울에 높게 나타나는데 비해 제주 해안선 주변해역은 7월을 제외하고 전 계절에 80 % 이상의 높은 출현률을 나타낸다. 이는 제주 해안의 대부분이 현무암으로 형성된 암석해안과 대형 해조류가 번무하고 있어 저서성 미세조류가 서식하기에 좋은 조건을 갖추고 있기 때문이다(이 등, 1991, 1999). 또한 겨울에 북서계절풍과 여름에 남동계절풍의 영향을 직접 받고 주변 해류의 계절적인 영향을 직접 받고 있어 저서성 종류가 일시적으로 부유할 수 있는 기회가 많기 때문이다. 또한 기수성 및 담수성인 종류가 6~9 월에 높게 나타나고 있는 것은 집중 강우로 인한 육수의 유입과 해안선 주변의 용천수 영향이 이 기간 중 집중되는데 기인한다.

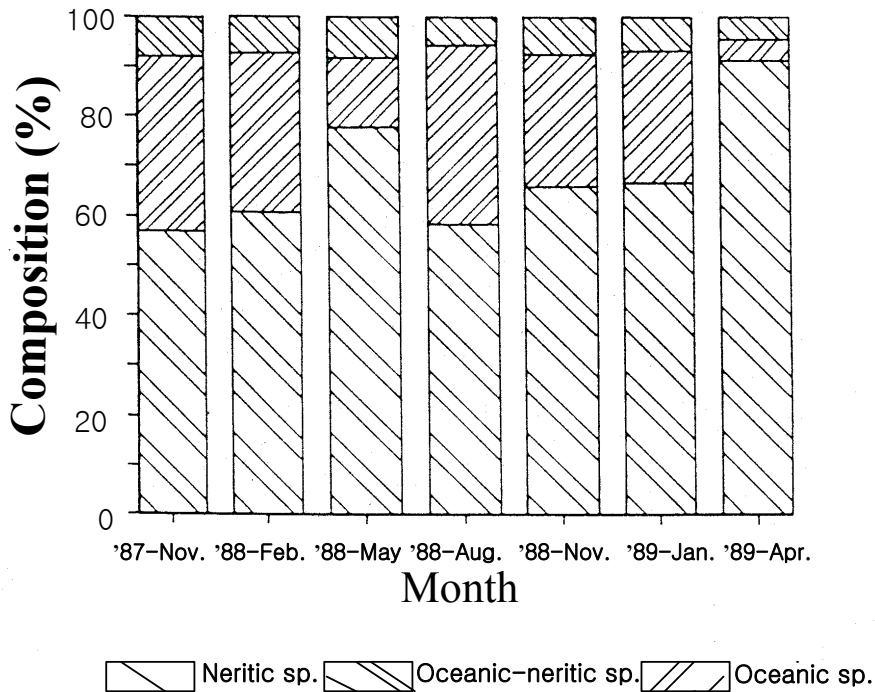


Fig. 3-4-6. Phytoplankton species composition (%) by ecological type at Tap-dong coast of Jeju Island (Lee et al., 1989).

해안선의 우점종은 월별 각 정점의 세포수 점유율이 30 % 이상이며 출현빈도가 6 회이상인 종류를 대상으로 선별하면 *Achnanthes longipes*, *Asterionella kariana*, *Bacillaria paxillifer*, *Chaetoceros socialis*, *Climacodium frauenfeldianum*, *Cocconeis scutellum*, *Fragilaria islandica*, *Grammatophora marina*, *Melosira moniliformis*, *M. nummuloides*, *Paralia sulcata* 등 모두 11종이며 대개 저서성 규조류로 구성되어 있다(이 등, 1990). 각 해안선의 천이계열은 계절별, 해역별 차이가 있으나 전 해역에서 공통적으로 *C. socialis* 가 우점종으로 출현하고 있으며 북부해안역의 *P. sulcata*, 남부해안역의 *B. paxillifer* 등이 특이하게 우점한다. 북부와 동부는 비슷한 우점종의 경향을 보이고 있으며 남부해안역은 가장 많은 종이 연중 우점하고 있으며 서부해안역은 가장 적은 종이 겨울과 봄에만 우점하여 다른 해역들과 다른 양상을 보이고 있다.

(3) 세포수와 엽록소량 분포

제주도 주변해역의 식물플랑크톤 세포수는 Table 3-4-1에서 보듯이 일반적으로 10^6 cells L⁻¹ 미만의 분포를 보이고 있으나 성산항과 한림항등 반폐쇄된 항내에서는 봄과 여름에 높은 세포수를 나타내기도 한다. 그러나 연중 $10^5 - 10^6$ cells L⁻¹ 이상을 나타내는 한국 남해안과 서해안 보다 차이가 많이 난다. 해안선에 있어 분류군별 세포수의 동태를 보면, 규조류는 겨울에 낮고 봄에 높은 분포를 보이고, 와편모조류는 여름에 비

교적 높은 현존량을 보이지만 양적으로 높지 않다. 또한 규질편모조류는 정점과 계절별로 불규칙한 분포를 보이고 있으며 매우 낮은 세포수를 보인다. 해안선의 식물플랑크톤 세포수는 규조류 동태에 의해 좌우되고 있으며 와편모조류를 비롯한 기타 식물편모류는 별다른 영향을 미치지 않는다.

Table 3-4-1. Range of chlorophyll-a and abundance of phytoplankton around coastal waters of Jeju Island.

Area	Abundance & Chlorophyll <i>a</i>	Reference
삼양연안	$2.4 \times 10^3 \sim 5.9 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	고와 전(1984)
탑동연안	$1.8 \times 10^3 \sim 5.4 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	이(1989)
성산항일대	$6.4 \times 10^2 \sim 1.8 \times 10^6$ cells ℓ^{-1}	이와 좌(1990)
한림항일대	$3.2 \times 10^3 \sim 2.0 \times 10^6$ cells ℓ^{-1}	이와 좌(1990)
해안선일대	$5.3 \times 10^3 \sim 5.2 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	이 등(1990)
서귀포연안	$1.5 \times 10^3 \sim 6.6 \times 10^4$ cells ℓ^{-1}	정 등(1983)
남부해역	$3.2 \times 10^4 \sim 3 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	전 등(1986)
남서부해역	$6.7 \times 10^3 \sim 3.9 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	Shim and Park(1984)
성산연안	$4.1 \times 10^3 \sim 8.1 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	이 등(1993)
함덕연안	$5.8 \times 10^3 \sim 7.3 \times 10^4$ cells ℓ^{-1}	이 등(1995)
함덕해안	$4.1 \times 10^3 \sim 2.4 \times 10^6$ cells ℓ^{-1}	윤 등(1990), 윤 등(1992)
해안선역	$10^2 \sim 1.2 \times 10^7$ cells ℓ^{-1}	윤 등(1991)
문섬일대	$1.5 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^5$ cells ℓ^{-1}	좌와 이(2000)
해안선일대	$0.3 \sim 3.89 \mu\text{gchl-a } \ell^{-1}$ (mean 0.91)	이 등(1990)
문섬일대	$0.12 \sim 1.15 \mu\text{gchl-a } \ell^{-1}$ (mean 0.73)	좌와 이(2000)

해안역 세포수의 월별 및 해역별 동태를 보면 연중 $1.83 \times 10^3 \sim 1.19 \times 10^6$ cells L^{-1} 범위로 계절과 정점에 따라 변화의 폭이 크다. 해역별 평균 세포수는 $5.34 \times 10^3 \sim 5.25 \times 10^5$ cells L^{-1} 의 범위이며, 동부해안역에서 연중 높고 남부해안역에서는 대체적으로 낮은 분포를 보인다. 월별 변화양상은 11월과 12월에 양적인 증가를 보이다 동계에 급격히 감소하고 4월에 증가하는 연중 2번의 증감을 나타내었다. 해역별로 보면 11월부터 3월까지의 전 해안선에서 같은 양상으로 변화하지만 봄과 여름은 해역간 심한 차이를 보이고 있다. 이와 같은 현상은 가을과 겨울에 비교적 제주도 전 해역이 쿠로시오의 영향권에 들고 있어 전 해역이 같은 수괴의 영향권에 들지만 봄과 여름에는 쿠로시오가 약화되고 대신 남해안연안수, 황해저층수, 중국연안수등 여러 가지 다른 해수들의 영향을 받기 때문이다.

제주도 해안선의 식물플랑크톤 엽록소량은 연중 0.45~2.59 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ 의 범위로써 연평균 0.9 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ (이 등, 1989)을 나타내었다. 계절별로 보면 여름에 높고 겨울에 낮은 분포를 보이고 있어 세포수와 같은 계절변화를 보이고 있다. 해역별로도 동부해안역에서 높고, 북부해안역에서 낮아 세포수와 비슷한 경향을 보인다. 제주도 연안역의 경우는 북서연안역에서 평균 0.376 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ (전과 고, 1983)로써 일반적으로 0.5 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ 내외의 범위를 보이고 있다. 이와 같은 엽록소량은 한국 동남해역의 평균 2.28 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ (Shim and Park, 1986)과 서해 경기만의 3.49 $\mu\text{gchl-a L}^{-1}$ (정과 박, 1988)을 보인 우리나라 연안역에 비하여 아주 낮은 분포를 보인다.

(4) 일차생산력

제주 주변해역의 일차생산력을 보면(Table 3-4-2), 해안역은 연중 일일 일차생산력이 1.3~117.0 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 의 범위로서 여름이 가장 높고 가을, 봄, 겨울 순서대로 낮아지는 경향을 보이고 있으며, 해역별로 보면 대체적으로 서부와 동부 해안역이 북부와 남부 해안역보다 높은 생산력을 나타낸다(이 등, 1989). 그러나 연안역의 경우는 동부 연안역 보다 북부 연안역에서 더 높은 생산력을 보이고 있어 해안역과 연안역은 서로 다른 경향을 보인다. 즉, 북부연안역인 함덕에서 111.8~971.9 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$, 동부연안역인 우도에서 4.3~ 804.6 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 의 범위를 보이며 연간 일차생산력은 북부연안역이 동부연안역 보다 높다. 그러나 일반적으로 연안역이 해안역보다 높은 것은 해안선은 표층 1m를 근거로 측정된 반면 연안역은 유광층의 깊이를 근거로 수주의 일차생산을 합산한 원인도 있다.

한국 근해의 연평균 일차생산력은 제주의 북부와 동부 연안역에서 각각 151, 95 $\text{gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ 로 보이고 있어 황해 중동부역과 비슷한 생산력을 보이지만 그외 다른 해역의 189~730 $\text{gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ 의 범위보다는 낮은 값을 나타내고 있다(Table 3-4-2). 그러나 일반적인 대륙붕 용승역의 연간 기초생산력인 100 $\text{gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ 범위와 비슷한 값을 보이고 있어 제주해역이 다른 해역보다 낮은 빈 영양수괴의 특징을 나타내고 있다고 감안하면 상대적으로 높은 생산력을 보이고 있다.

Table 3-4-2. Primary production of phytoplankton around coastal waters of Jeju Island.

Area	Primary production	Yearly primary production	Reference
해안선	1.3-117.0 $\text{mgC/m}^2/\text{d}$		이 등(1989)
북부연안역	111.8-1,055.2 $\text{mgC/m}^2/\text{d}$	182 $\text{gC/m}^2/\text{yr}$	이 등(1995)
동부연안역	4.3-804.6 $\text{mgC/m}^2/\text{d}$	95 $\text{gC/m}^2/\text{yr}$	이 등(1993)
문섬주변	32.3-364.9 $\text{mgC/m}^2/\text{d}$ (mean 180.7)	66 $\text{gC/m}^2/\text{yr}$	이 등(2000)

다. 동중국해 및 이어도 주변해역의 식물플랑크톤

(1) 연구배경

식물플랑크톤은 해양 생태계의 1차 생산자로서 먹이망의 기초를 이루면서, 그 해역의 기초 생산력의 원천을 형성한다. 제주 주변의 생산력은 여러 가지 해류가 동서남북의 방향에 따라 다르게 영향을 미치고 있기 때문에 해역의 위치에 따라 다르게 나타난다. 그 중에서 제주 남부해역은 동중국해에 접하고 있고 그 중앙부에 이어도가 위치하고 있으며, 쿠로시오 지류인 쓰시마 난류의 영향을 받고 있고 하계에는 양쯔강 하구에서 흘러들어오는 저염분수의 영향을 받고 있다. 또한 최근에는 기후변화와 지구 온난화의 영향으로 이 해역의 생물상은 급격히 변화하고 있는 실정이다.

현재까지 제주도 남부 해역과 동중국해 해역의 물리, 화학, 지질학적 연구는 많이 나와 있지만, 특히 이어도 주변의 생물학적 자료가 많이 부족하여 정확한 생산성 평가에 한계가 있다. 본 연구에서는 이어도 주변에서 식물플랑크톤 동태의 특성을 파악하고 메타게노믹스 분석에 의한 식물플랑크톤 출현종의 특성을 밝혀 이어도 주변의 식물플랑크톤에 의한 기초생산력을 평가하고 연변화를 고찰한 이(2011b)의 보고서를 인용하였다.

(2) 재료 및 방법

(가) 식물플랑크톤 채집 및 분석

식물플랑크톤 시료 채집을 위해 이어도와 제주도 사이의 해역에서 2010년 9월에 7개 정점(St. 15~21; Fig. 3-4-7, Table 3-4-3)의 표층, -10m, -30m 및 -50m 수심에서 그리고 2011년 4월에는 5개 정점(St. 1-5; Fig. 3-4-8, Table 3-4-3)의 표층, -30m 및 -50m 수심에서 각각 채수하였다. 정량분석을 위해 농축된 시료를 균일하게 희석한 후 1ml를 취하여 Sedgwick-Rafter 계수관에 넣고 광학현미경하에서 계수한 후 해수의 단위체적당 세포수를 플랑크톤 현존량으로 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료를 적당량 slide glass 위에 놓고 동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 Dodge (1982), Chihara and Murano (1996) 등의 문헌을 참고하였다. 또한, 식물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 종 다양도 지수(species diversity index : H')를 계산하였다.

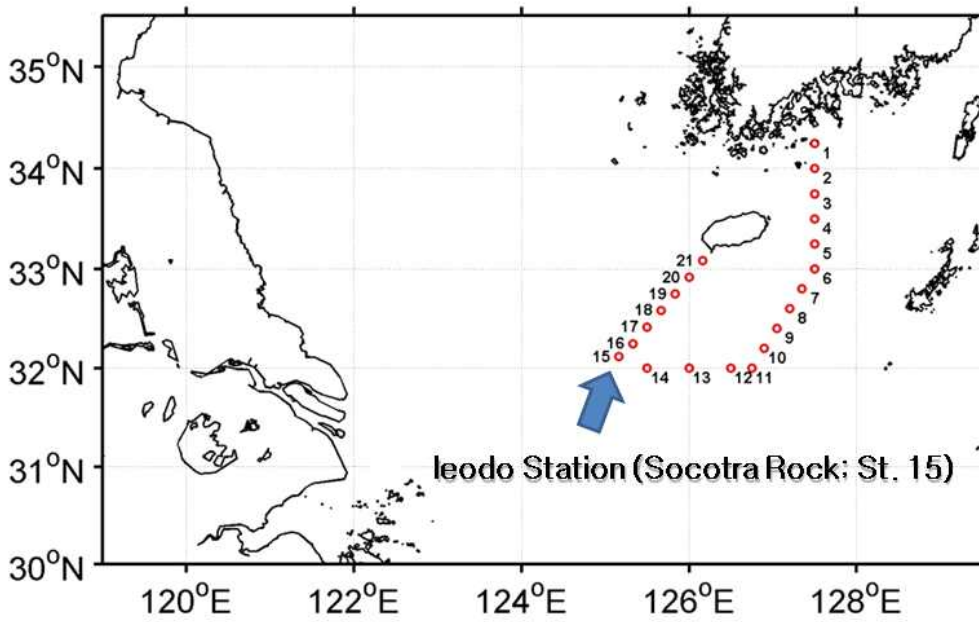


Fig. 3-4-7. Map showing 7 stations (St. 15-21) between Ieo-do and Mara-do, and Ieodo station (St. 15) during the first cruise from 6 to 18 September 2010.

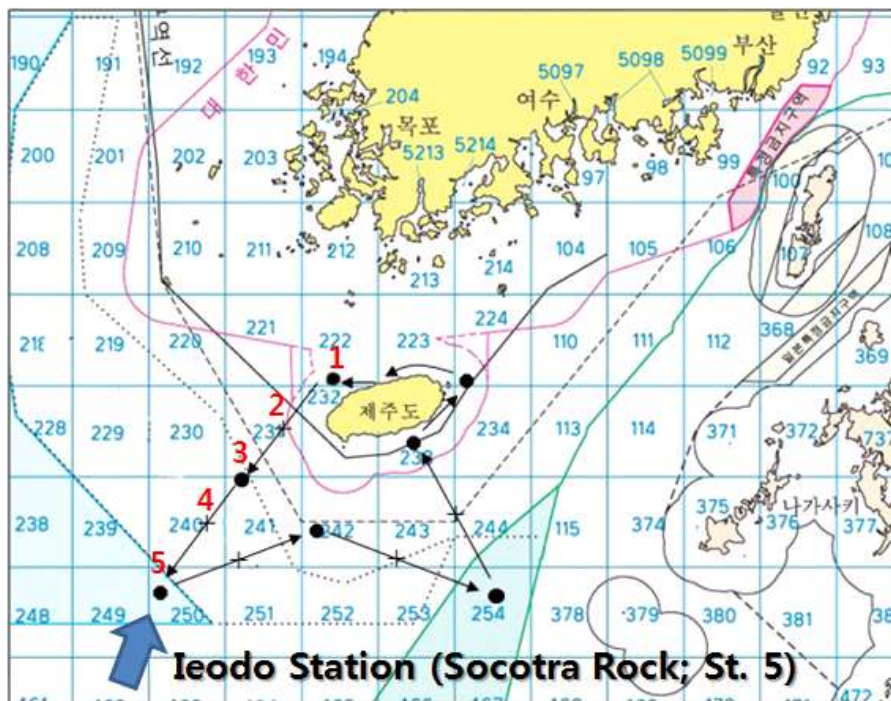


Fig. 3-4-8. Map showing 5 stations (St. 1-5) between Ieo-do and Mara-do, and Ieodo station (St. 5) during the second cruise from 25 to 29 April 2011.

Table 3-4-3. Latitude and longitude of sampling stations between Ieo-do and Mara-do.

Month	St. No.	Latitude	Longitude
2010 Sept.	15 (Ieodo)	32°07.681'	125°08.849'
	16	32°15.099'	125°20.013'
	17	32°25.124'	125°30.143'
	18	32°35.128'	125°40.247'
	19	32°45.161'	125°49.965'
	20	32°55.576'	126°00.584'
	21	33°05.001'	126°10.002'
2011 Apr.	1	33°32'	126°10'
	2	33°11'	125°53'
	3	32°50'	125°37'
	4	32°29'	125°25'
	5 (Ieodo)	32°10'	125°05'

(나) 메타게노믹스 분석

2011년 4월 제주도 주변과 이어도 주변 해역의 난배양성 식물플랑크톤 종조성을 파악하기 위하여 메타게노믹스 분석을 실시하였다. 분석 시료는 정점 St. 1, St. 5로부터 10, 2, 0.2 μm size-fraction하여 준비하여 현장 DNA를 추출하였다. Size fraction한 현장 DNA를 1개의 튜브에 혼합한 후, 18S rDNA V2-V4영역을 PCR 방법으로 증폭하였으며, PCR 산물을 GS-FLX pyrosequencing을 이용하여 DNA 정보를 규명하였다(Faria et al. 2014; Boopathi et al. 2015).

(3) 결과 및 고찰

(가) 식물플랑크톤 동태 특성

1) 식물플랑크톤 종조성

2010년 9월에는 표층에서 규조류 14종, 와편모조류 12종, 유글레나조류 1종 등 총 27종의 식물플랑크톤이 출현하였다. -10m층에서는 규조류 17종, 와편모조류 11종, 규질편모조류와 유글레나조류가 각각 1종으로 총 30종이 출현하였다. -30m층에서는 규조류 16종, 와편모조류 10종, 규질편모조류 1종으로 총 27종이 출현하였으며, -50m층에서는 규조류가 13종, 와편모조류가 4종으로 총 17종의 식물플랑크톤이 관찰되었다(Table 3-4-4).

9월 시료에서 관찰된 규조류는 *Achnanthes sp.*, *Actinocyclus sp.*, *Actinoptychus senarius*, *Asteromphalus sp.*, *Chaetoceros spp.*, *Cocconeis sp.*, *Cylindrotheca closterium*, *Dactyliosolen sp.*, *Diploneis crabro*, *Flagilaria sp.*, *Guinardia sp.*, *Navicula spp.*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia sp.*, *Paralia sulcata*, *Pleurosigma indica*, *Pleurosigma sp.*, *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia sp.*, *Striatella unipunctata*,

Thalassionema nitzschioides, *Thalassiosira* spp. 등 22종이 관찰되었으며, 와편모조류는 *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Corythodinium tessellatum*, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis fortii*, *Gonyaulax* sp., *Gyrodinium* sp., *Oxytoxum* sp., *Podolampas spinifera*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum triestinum*, *Protoberidinium* sp., *Pyrophacus* sp., *Scrippsiella trochoidea*, naked dinoflagellate species 등 15종이 관찰되었다. 그리고 규질편모조류 *Dictyocha fibula* 1종과 유글레나조류 *Eutreptiella* sp. 1종이 각각 관찰되었다.

9월에 채집된 시료는 규조와 와편모조가 대부분을 차지하였으나 정점 및 수심별로 그 점유율에 차이를 보였다(Fig. 3-4-9). 표층의 시료를 보면 이어도 주변해역인 St. 15와 St. 16 그리고 제주도 주변 해역인 St. 21에서는 규조가 94.6%, 68% 그리고 89.8%로 높은 점유율을 나타냈으나, 그 이외의 해역에서는 와편모조가 최저 61.2%(St. 19)에서 최고 95.2%(St. 20)의 점유율을 나타내었다. 그리고 -10m층에서도 St. 15와 St. 21에서 규조가 98.4%와 95.5%로 높은 점유율을 나타내어 표층에서와 유사한 점유율 패턴을 보였다. 반면 -30m층과 -50m층에서는 모든 정점에서 규조가 우점하였다. -30m층에서 규조는 최저 82.5%(St. 18)에서 최고 100%(St. 16)의 높은 점유율을 나타냈으며, -50m층에서는 최저 80%(St. 20)에서 최고 100%(St. 15, 16, 17)의 높은 점유율을 나타내었다(Fig. 3-4-9).

2011년 4월에는 표층에서 규조류 15종, 와편모조 2종 등 총 17종, -30m층에서는 규조류 14종, 와편모조류 4종, 규질편모조류 1종 등 총 19종이, -50m층에서는 규조류 20종, 와편모조류 5종 등 총 25종의 식물플랑크톤이 출현하였다(Table 3-4-4).

4월 시료에서 관찰된 규조류는 *Chaetoceros* spp., *Cocconeis* sp., *Coscinodiscus radiatus*, *Cylindrotheca closterium*, *Detonula pumila*, *Ditylum brightwellii*, *Eucampia zodiacus*, *Flagilaria* sp., *Guinardia* sp., *Hyalodiscus stelliger*, *Leptocylindrus danicus*, *Licmophora gracilis*, *Navicula* spp., *Nitzschia sigmoidea*, *Nitzschia* sp., *Paralia sulcata*, *Pleurosigma indica*, *Pleurosigma* sp., *Skeletonema* spp., *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira rotula*, *Thalassiosira* spp. 등 22종이 관찰되었으며, 와편모조류는 *Gyrodinium* sp., *Prorocentrum triestinum*, *Protoberidinium* sp., *Scrippsiella trochoidea*, naked dinoflagellate species 등 5종이 관찰되었다. 그리고 규질편모조류 *Dictyocha fibula* 1종이 관찰되었다.

4월에 채집된 시료의 정점 및 수심별 식물플랑크톤 분류군별 점유율을 보면 대부분의 정점과 수심에서 규조류가 높은 점유율을 나타냈다(Fig. 3-4-10). 특히 표층 시료에서는 규조류가 최저 93.5%에서 최고 100%에 달하여 모든 정점에서 높은 점유율을 나타냈다. -30m층에서는 St. 3에서 와편모조류가 42.9%의 점유율을 나타내면서 규조류의 점유율이 다소 감소하였으나 그 외의 정점에서는 규조류가 최저 89.8%(St. 2)에서 최고 99.7%(St. 5)로 매우 높은 점유율을 나타냈다. 마찬가지로 -50m층에서도 와편모조류가 St. 2에서 33.9%, St. 3에서 20.5%로 다소 출현하였으나 그 외의 정점에서는 규조류가 최소 93.9%(St. 4)와 최대 99.6%(St. 5)의 점유율을 나타냈다(Fig. 3-4-10).

Table 3-4-4. Species number of phytoplankton taxa by month and depth.

Month	Depth	Diatoms	Dinoflagellates	Silcoflagellates	Euglenoids	Total
2010 Sept.	surface	14	12	-	1	27
	-10m	17	11	1	1	30
	-30m	16	1	1	-	27
	-50m	13	4	-	-	17
2011 Apr.	surface	15	2	-	-	17
	-30m	14	4	1	-	19
	-50m	20	5	-	-	25

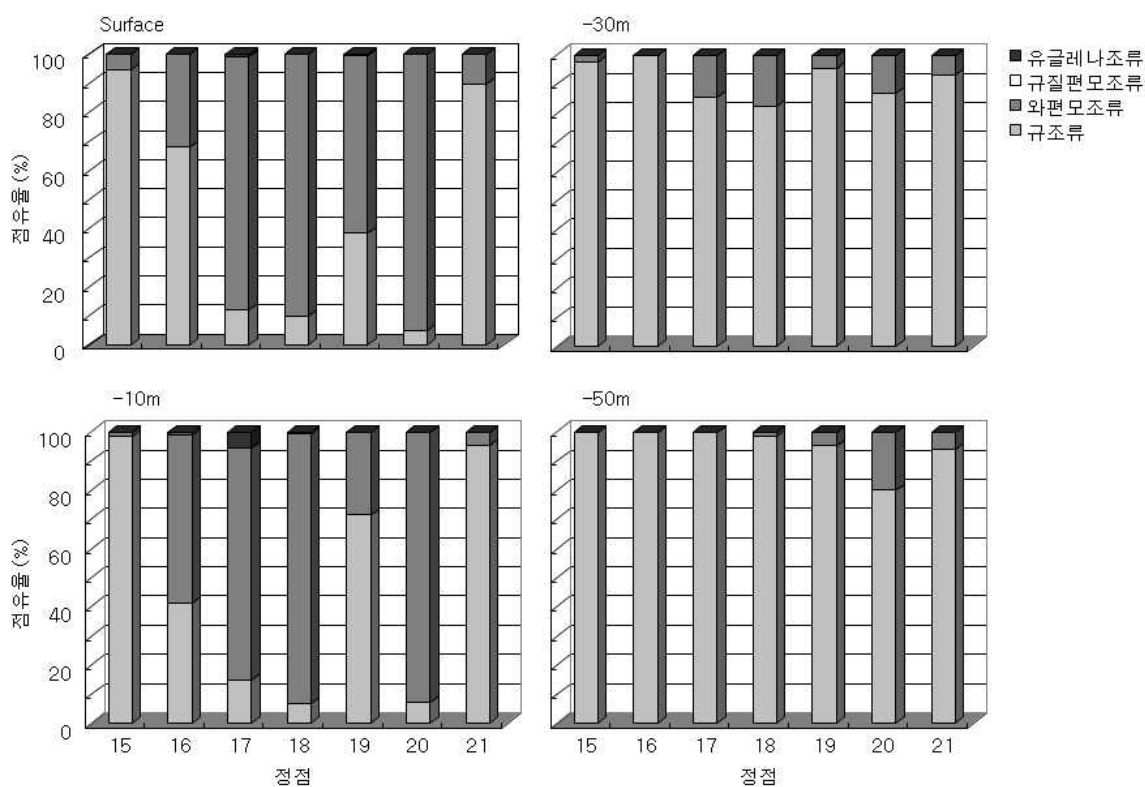


Fig. 3-4-9. Occupancy rate (%) of abundance of phytoplankton taxa at each station and each depth in September 2010.

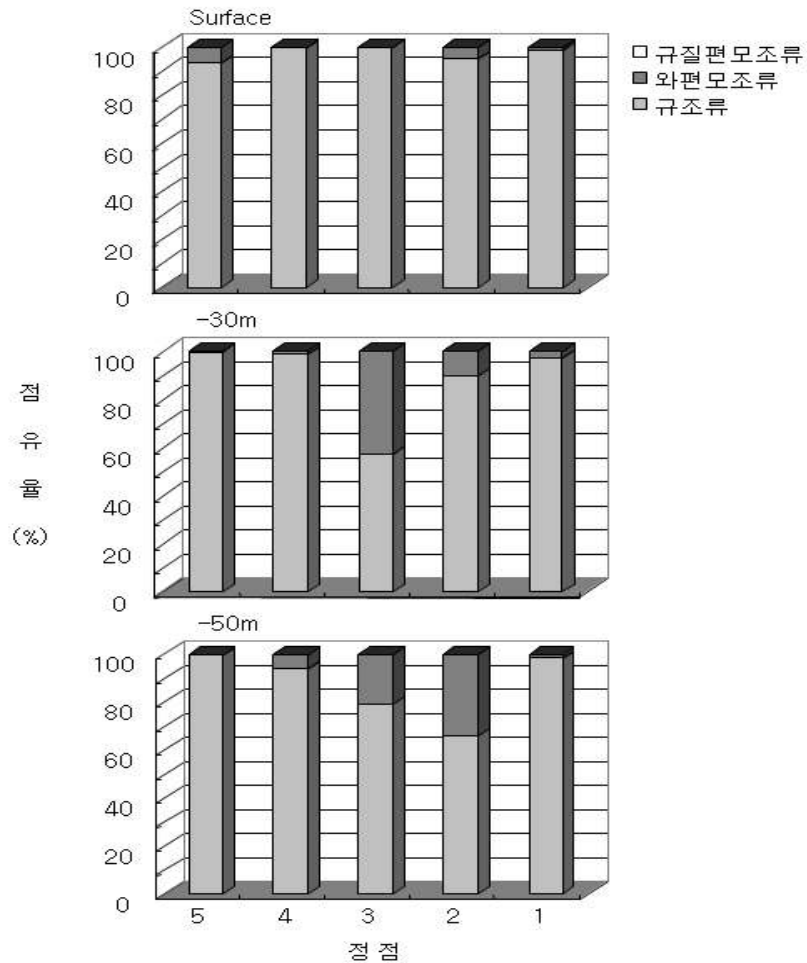


Fig. 3-4-10. Occupancy rate (%) of abundance of phytoplankton taxa at each station and each depth in April 2011.

2) 식물플랑크톤 현존량

9월 채집한 시료의 정점 및 수심별 식물플랑크톤 현존량을 조사한 결과 St. 15의 표층에서 22,735 cells/L로 9월 시료중 최고치를 나타내었고 St. 16의 -30m층에서 112 cells/L로 최저치를 나타내었다(Fig. 3-4-11, Table 3-4-5).

표층의 시료를 보면 St. 15에서 최고치를 나타낸 후 점차 감소하여 St. 18에서 1,142 cells/L로 가장 낮아진 후 다시 증가하기 시작하여 St. 21에서 21,611 cells/L의 현존량을 보였다. 다소 차이는 있으나 -10m층에서도 유사한 경향을 보이는데, St. 15에서 13,686 cells/L 였던 현존량이 St. 16에서 4,565 cells/L로 급격한 감소를 보인 후 다시 증가하기 시작하여 St. 21에서는 17,007 cells/L에 달했다. 이처럼 표층과 -10m층에서는 이어도 주변 해역인 St. 15에서 높은 현존량을 보이고 점차 감소했다가 다시 제주도 주변 해역인 St. 21에서 다시 현존량이 높아지는 경향을 보였으나, -30m층과 -50m층에서는 이와 동

일한 경향을 나타내지 않았다. -30m층에서는 St. 15에서 8,521 cells/L, St. 21에서 22,683 cells/L의 현존량을 나타냈다. 그리고 -50m층에서는 St. 21에서 7,308 cells/L로 가장 높은 현존량을 나타냈다(Fig. 3-4-11, Table 3-4-5).

수심별 식물플랑크톤의 평균 현존량은 표층에서 11,498 cells/L로 가장 높았고 수심이 깊어질수록 감소하여 -50m층에서는 4,097 cells/L로 최소치를 나타냈다(Fig. 3-4-12A). 또한 정점별 식물플랑크톤의 평균 현존량은 St. 15에서 12,234 cells/L로 비교적 높게 나타났으나 점차 감소하여 St. 16에서 4,643 cells/L, St. 17에서는 3,928 cells/L로 최저치를 나타냈다. 그리고 다시 증가추세를 보이며 St. 21에서는 17,152 cells/L로 최고치에 달했다(Fig. 3-4-12B).

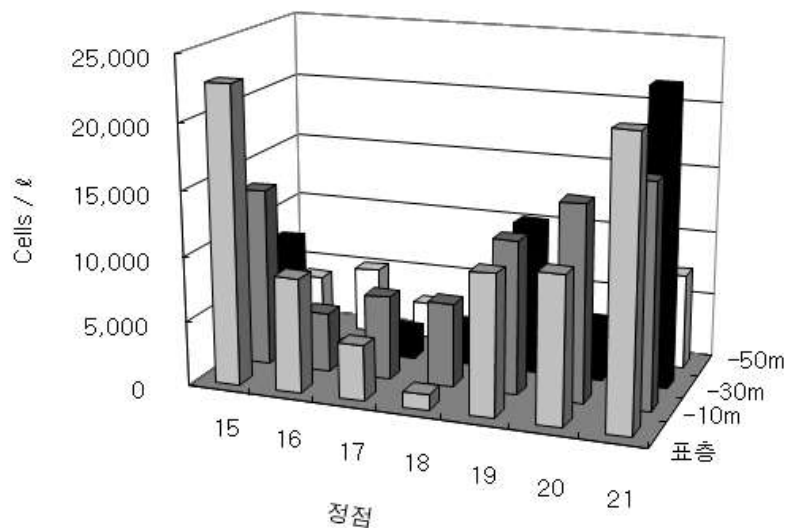


Fig. 3-4-11. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in September 2010.

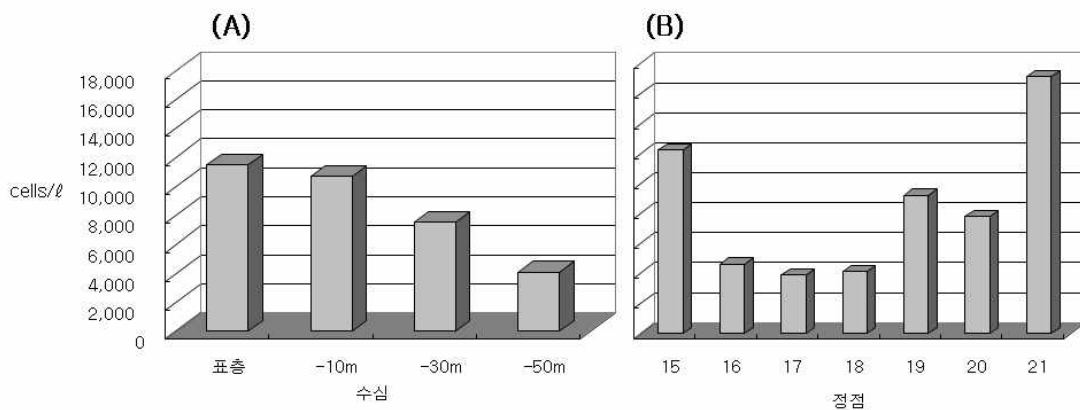


Fig. 3-4-12. Phytoplankton abundance (cells/L) at each depth (A) and each station (B) in September 2010.

Table 3-4-5. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in September 2010.

Month	St. No.	Surface	-10m	-30m	-50m
2010 Sept.	15 (Jeodo)	22,735	13,686	8,521	3,994
	16	8,778	4,565	112	5,116
	17	4,281	6,421	2,215	2,794
	18	1,142	6,465	3,122	5,895
	19	10,723	11,723	11,594	2,931
	20	11,154	14,951	4,531	643
	21	21,611	17,007	22,683	7,308

4월 시료의 정점 및 수심별 식물플랑크톤 현존량을 조사한 결과 St. 4의 표층에서 234,847 cells/L로 4월 시료들 중 최고치를 나타냈으며, 그 다음으로 St. 1의 -30m층에서 220,467 cells/L, 같은 St. 1의 -50m층에서 217,988 cells/L의 높은 현존량을 나타내었다. 그리고 St. 3의 -30m층에서는 408 cells/L로 최저치를 기록하였다(Fig. 3-4-13, Table 3-4-6).

4월 시료에서는 9월 시료에서 볼 수 있었던 즉, 이어도 주변 해역에서 식물플랑크톤 현존량이 높고 점차 감소하다가 다시 제주도 주변해역에서 증가하는 것과 같은 비교적 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았다. 그러나 이어도와 비교적 가까운 St. 4의 표층에서와 제주도 주변 해역인 St. 1 시료에서 뚜렷하게 높은 식물플랑크톤 현존량을 나타내었다(Fig. 3-4-13).

4월 시료의 수심별 식물플랑크톤의 평균 현존량은 최저 50,538 cells/L (표층)에서 최고 64,899 cells/L (-30m층)로 9월 시료와 달리 세 개의 수심에서 큰 차이를 나타내지는 않았다(Fig. 3-4-14A). 또한, 정점별 식물플랑크톤의 평균 현존량은 St. 1과 St. 4에서 149,108 cells/L와 119,638 cells/L로 매우 높았으며, St. 3에서 1,953 cells/L로 최저치를 나타내었다(Fig. 3-4-14B).

이상의 결과에 의하면 9월에 비해 4월에 식물플랑크톤 현존량이 급격히 증가함을 알 수 있는데, 이는 노 등(2005)이 이어도 관측기지 수역에서의 분석결과 4월과 5월 사이에 춘계 식물플랑크톤 대증식이 발생하였던 결과와 유사하였다.

Table 3-4-6. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in April 2011.

Month	St. No.	Surface	-30m	-50m
2011 Apr.	1	8,868	220,467	217,988
	2	5,399	9,720	7,561
	3	923	408	4,528
	4	234,847	69,194	54,873
	5 (Jeodo)	2,654	24,707	29,118

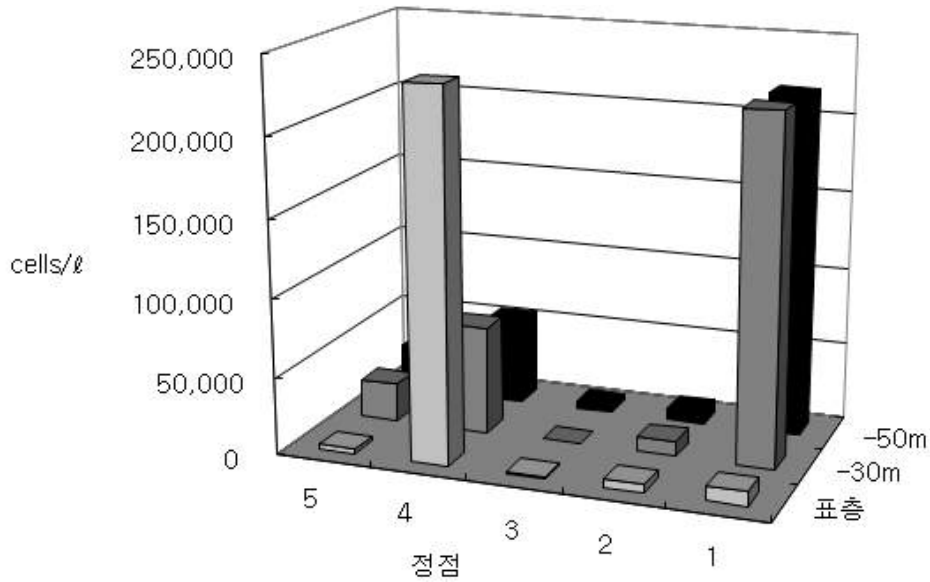


Fig. 3-4-13. Phytoplankton abundance (cells/L) at each station and each depth in April 2011.

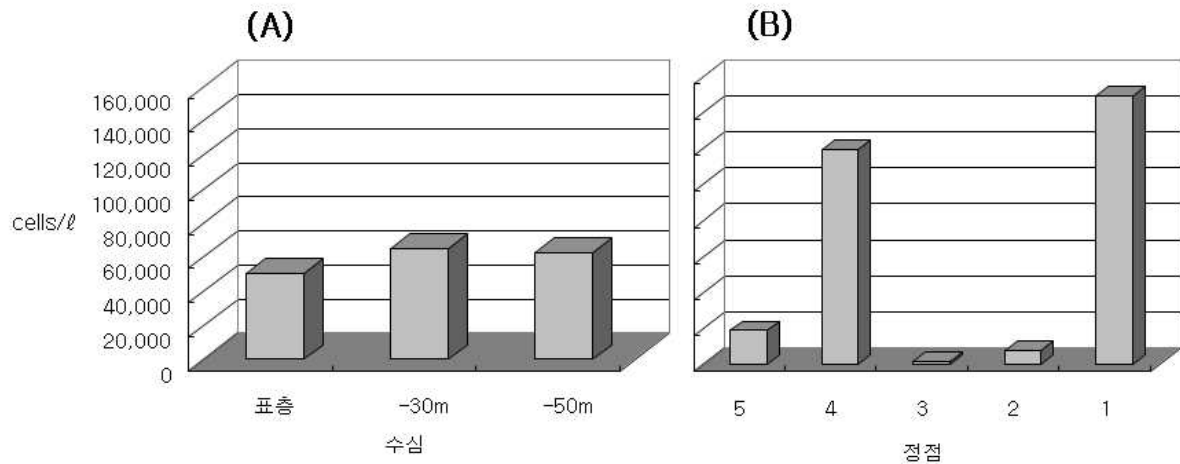


Fig. 3-4-14. Phytoplankton abundance (cells/L) at each depth (A) and each station (B) in April 2011.

3) 우점종

9월에 채집된 식물플랑크톤의 각 정점 및 수심별 우점종을 Table 3-4-7에 정리하였다. St. 15에서는 표층과 -10m층에서 *Nitzschia* sp.가 80.7%와 70.2%로 그리고 -30m층과 -50m층에서는 *Paralia sulcata*가 46.4%와 74.8%로 우점하였다. St. 16에서는 표층, -10m층 그리고 -50m층에서 *Thalassionema nitzschioides*(29.5%), *Nitzschia* sp.(26.9%), *P. sulcata*(84.5%)가 각각 우점하였다. 그리고 -30m층에서는 *Nitzschia* sp.와 *Thalassionema nitzschioides* 등 단 2종만이 거의 동일한 개체수가 출현하였다. St. 17에서는 표층과 -10m층에서 크기가 매우 작아 종 동정이 불가능한 무각 와편모조가 66.3%

와 45.1%로 각각 우점하였으며, -30m층에서는 *Nitzschia* sp.가 54.2%, -50m층에서는 *P. sulcata*가 50.9%로 우점하였다. St. 18에서는 각 수심별로 우점종이 상이했으며, 표층부터 -50m층에 이르기까지 소형 무각 와편모조(70.0%), *Scrippsiella trochoidea*(75.0%), *Achnanthes* sp.(40.3%), *P. sulcata*(80.8%)가 각각 우점하였다. St. 19에서는 표층에서 *S. trochoidea*(39.2%), -10m층과 -30m층에서는 *Striatella unipunctata*가 각각 42.1%와 93.7%의 우점율을 나타냈으며 -50m층에서는 *P. sulcata*가 82.3%로 우점하였다. St. 20에서는 표층과 -10m층에서는 소형 무각 와편모조가 각각 65.3%와 40.1%의 우점율을 나타냈으며, -30m층과 -50m층에서는 *S. unipunctata*가 각각 47.5%와 39.9%의 우점율을 나타냈다. 그리고 St. 21에서는 표층과 -30m층에서 *Pleurosigma* sp.가 각각 28.1%와 35.1%의 우점율을 나타냈으며, -10m층에서는 *Chaetoceros* spp.가 32.0%, -50m층에서는 *S. unipunctata*가 49.3%의 우점율을 나타냈다. 9월 시료에서의 수심별 우점종을 보면 표층과 -10m층에서 *Nitzschia* sp.와 소형 무각와편모조가 비교적 높은 우점율을 나타내었으며, -30m층과 -50m층에서는 *P. sulcata*와 *S. unipunctata*가 높은 우점율을 나타냈다.

Table 3-4-7. Occupancy rate (%) and dominance species of phytoplankton at each station and each depth in September 2010.

Month	St.	Dominant species							
		surface	%	-10m	%	-30m	%	-50m	%
2010 Sept.	15	<i>Nitzschia</i> sp.	80.7	<i>Nitzschia</i> sp.	70.2	<i>Paralia sulcata</i>	46.4	<i>Paralia sulcata</i>	74.8
	16	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	29.5	<i>Nitzschia</i> sp.	26.9	-		<i>Paralia sulcata</i>	84.5
	17	Naked dinoflagellates	66.3	Naked dinoflagellates	45.1	<i>Nitzschia</i> sp.	54.2	<i>Paralia sulcata</i>	50.9
	18	Naked dinoflagellates	70.0	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	75.0	<i>Achnanthes</i> sp.	40.3	<i>Paralia sulcata</i>	80.8
	19	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	39.2	<i>Striatella unipunctata</i>	42.1	<i>Striatella unipunctata</i>	93.7	<i>Paralia sulcata</i>	82.3
	20	Naked dinoflagellates	65.3	Naked dinoflagellates	40.1	<i>Striatella unipunctata</i>	47.5	<i>Striatella unipunctata</i>	39.9
	21	<i>Pleurosigma</i> sp.	28.1	<i>Chaetoceros</i> spp.	32.0	<i>Pleurosigma</i> sp.	35.1	<i>Striatella unipunctata</i>	49.3

4월의 우점종은 St. 1의 표층에서 *Chaetoceros* spp.가 82.6%, -30m층과 -50m층에서 *Skeletonema* spp.가 각각 67.9%와 72.6%의 우점율을 나타냈다(Table 3-4-8). St. 2에서는 표층과 -30m층에서 *Skeletonema* spp.가 각각 56.8%와 41.7%의 우점율을, 그리고 -50m층에서는 소형 무각와편모조가 33.9%의 우점율을 나타냈다. St. 3에서는 표층에서 *Chaetoceros* spp.가 87.5%, -30m층과 -50m층에서 *Skeletonema* spp.가 각각 57.1%와

61.5%의 우점율을 나타냈다. 반면 St. 4에서는 표층을 비롯한 모든 수심에서 *Skeletonema* spp.가 각각 85.0%, 90.4% 그리고 79.6%의 우점율을 나타냈다. 이와 같이 St.1에서 St.4에 이르기까지의 시료에서는 모든 수심에서 *Chaetoceros* spp.와 *Skeletonema* spp. 또는 소형 무각와편모조가 우점하였으나, St. 5에서는 표층에서 -50m 층에 이르는 모든 수심에서 *P. sulcata*가 39.1%, 74.7% 그리고 86.8%의 우점율을 나타내었다.

Table 3-4-8. Occupancy rate (%) and dominance species of phytoplankton at each station and each depth in April 2011.

Month	St.	Dominant species					
		surface	%	-30m	%	-50m	%
2011 Apr.	1	<i>Chaetoceros</i> spp.	82.6	<i>Skeletonema</i> spp.	67.9	<i>Skeletonema</i> spp.	72.6
	2	<i>Skeletonema</i> spp.	56.8	<i>Skeletonema</i> spp.	41.7	Naked dinoflagellates	33.9
	3	<i>Chaetoceros</i> spp.	87.5	<i>Skeletonema</i> spp.	57.1	<i>Skeletonema</i> spp.	61.5
	4	<i>Skeletonema</i> spp.	85.0	<i>Skeletonema</i> spp.	90.4	<i>Skeletonema</i> spp.	79.6
	5	<i>Paralia sulcata</i>	39.1	<i>Paralia sulcata</i>	74.7	<i>Paralia sulcata</i>	86.8

4) 종다양도지수

9월 식물플랑크톤군집의 종다양도지수는 표층에서 St. 15에서 0.873로 가장 낮고 St. 16에서 1.945로 가장 높았다(Table 3-4-9). -10m층에서는 St. 18에서 1.031로 가장 낮았고 St. 21에서 1.699로 가장 높았다. -30m층에서는 St. 19에서 0.335로 가장 낮았고 St. 21에서 1.812로 가장 높았다. 그리고 -50m층에서는 St. 16에서 0.576로 가장 낮았고 St. 20에서 1.622로 가장 높았다. 종다양도지수의 각 수심별 평균은 표층에서 1.383으로 가장 높았고, 수심이 깊어짐에 따라 점차 낮아져 -50m층에서는 1.079로 최저치를 보였다.

4월 식물플랑크톤군집의 종다양도지수는 표층에서 St. 3에서 0.376로 가장 낮았고, St. 4에서 1.457로 가장 높았다(Table 3-4-10). -30m층에서는 St. 2에서 0.493으로 최저치를 보였으며 St. 4에서 1.695로 최고치를 나타냈다. 또한 -50m층에서는 St. 1에서 0.603로 가장 낮았고 St. 4에서 2.004로 최고치를 나타냈다. 4월 종다양도지수의 각 수심별 평균은 표층에서 0.943, -30m층에서 0.999 그리고 -50m층에서 1.166으로 수심이 깊어질수록 높아져 9월의 식물플랑크톤군집의 수심별 평균 종다양도지수와는 반대로 나타났다.

Table 3-4-9. Species diversity index of phytoplankton community in September 2010.

Month	St.	15 (Ieodo)	16	17	18	19	20	21	mean
	Depth								
2010 Sep.	surface	0.873	1.945	1.172	0.914	1.754	1.104	1.912	1.383
	-10m	1.112	1.623	1.271	1.031	1.609	1.295	1.699	1.378
	-30m	1.279	0.693	1.028	1.802	0.335	1.473	1.812	1.204
	-50m	0.973	0.576	1.360	0.853	0.718	1.622	1.443	1.079

Table 3-4-10. Species diversity index of phytoplankton community in April 2011.

Month	St.	1	2	3	4	5 (Ieodo)	mean
	Depth						
2011 Apr.	surface	1.420	0.674	0.376	1.457	0.785	0.943
	-30m	0.894	0.493	0.955	1.695	0.954	0.999
	-50m	0.603	0.862	1.322	2.004	1.035	1.166

(나) 메타게노믹스 분석에 의한 식물플랑크톤 조성비율 특성

본 연구에서 GS-FLX pyrosequencing으로 총 6,026 reads (3,095,311 bp) 단편을 규명하였고(Table 3-4-11), 평균 염기서열 길이는 513 bp를 얻었다. GS-FLX로부터 규명한 염기서열을 이용하여 정점별 식물플랑크톤의 조성 비율을 파악하였다(Fig. 3-4-15). 전체 유전자 단편에 대하여 식물플랑크톤 이외의 다른 microeukaryote의 비율이 매우 높은 것으로 조사되었다(St. 1 76.8%, St. 5 90.0%). 식물플랑크톤의 비율은 St. 1에서는 Diatom(규조류) 17.3%, Alveolata(와편모조 포함 분류군) 5.6%, Cryptophyta(은편모조류) 0.1%, Haptophyta(착편모조류) 0.1%, Chlorophyta(녹조류) 0.3%로 조사되었으며, St. 5에서는 Alveolata(와편모조 포함 분류군) 4.0%, Chlorophyta(녹조류) 4.0%, Diatom(규조류) 1.0%, Cryptophyta(은편모조류) 0.1% 로 조사되었다. 정점별로 보면 St. 1에서는 식물플랑크톤 내에서 diatom(규조류)의 비율이 상대적으로 높게 조사되었으나, St. 5에서는 Alveolata(와편모조류 포함 분류군)와 Chlorophyta(녹조류)의 비율이 높았다.

Table 3-4-11. DNA sequence fragments by GS-FLX pyrosequencing analysis in April 2011.

Sample name	Number of reads	Number of bases	Average read length
St.1_S-10u+2u+0.2u	1,941	1,002,883	516.68
St.5_S-10u+2u+0.2u	1,586	806,570	508.55
St.7_S-10u+2u+0.2u	2,499	1,285,858	514.55

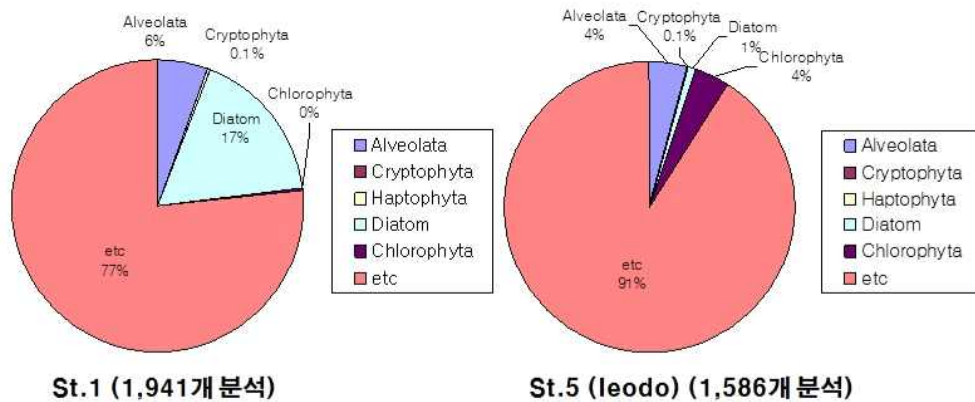


Fig. 3-4-15. Phytoplankton composition rate (%) by metagenomic analysis of GS-FLX pyrosequencing at Jeju Island (St. 1) and Ieodo (St. 5) in April 2011.

GS-FLX 18S rRNA 유전자 염기서열을 이용하여 GenBank에서 BLAST 검색을 실시하였다. 분석 결과 St. 1에서 와편모조류 11속, 12종 이상이 있는 것으로 파악되었으며 St. 5(이어도)에서는 8속, 9종 이상이 파악되었다. St. 1으로 부터 파악한 종은 *Amoebophrya* sp., *Dinophyceae* sp. W5-1, *Gonyaulax spinifera*, *Gyrodinium cf. gutrula*, *Heterocapsa triquetra*, *Karlodinium micrum*, *Lepidodinium viride*, *Pentapharsodinium tyrrhenicum*, *Prorocentrum donghaiense*, *Scrippsiella* sp. SCKS0701, *Scrippsiella trochoidea*, *Symbiodinium* sp. clade C, *Takayama cf. pulchellum*이다. St. 5(이어도)으로 부터 파악한 종은 *Alexandrium ostenfeldii*, *Amoebophrya* sp., *Dinophyceae* sp., *Gymnodinium catenatum*, *Heterocapsa triquetra*, *Pentapharsodinium tyrrhenicum*, *Proterothropsis* sp., *Takayama cf. pulchellum* 이다. 그러나 2011년 4월 현미경을 통해 관찰된 와편모조류는 *Gyrodinium* sp., *Prorocentrum triestinum*, *Protoperidinium* sp., *Scrippsiella trochoidea*, *naked dinoflagellate species* 등 5종이었으며, 메타게노믹스 분석을 통해 더 많은 종이 출현하고 있는 것이 확인하였다(Faria et al. 2014, Boopathi et al. 2015).

(4) 결론

본 연구의 결과로 다음과 같은 결론을 도출하였다. 이어도 주변 해역은 다른 동중국해 해역과 상이한 식물플랑크톤 군집 동태를 보였으며, 주요 우점종은 부착 규조류로 천해역의 특성을 보였다. 자세한 군집 동태를 모니터링 하기 위해 메타게노믹스분석 등 새로운 분자생태학적 연구가 지속적으로 필요하다.

3. 제주 주변해역 수산어종 연구 문헌조사

가. 서론

제주도는 위도 상으로 아열대성 생물을 비롯한 다양한 어류의 분포에 연중 가장 큰 영향을 미치고 어류 자치어의 회유를 위한 운송 수단으로 이용되는 쓰시마 난류가 지나가는 우리나라 최남단에 위치한다(Park and Rho, 2002). 쓰시마 난류에 의해 최근 문제가 되는 외래종 유입에 가장 먼저 영향을 받으며, 이에 따른 생태계 변화를 가장 먼저 확인 할 수 있는 해역으로 볼 수 있다.

제주도 주변해역은 각 계절마다 대마난류수, 황해냉수, 중국대륙 연안수 등의 여러 가지 수괴들이 세력을 서로 달리하며 영향을 미쳐 어종 다양성이 매우 높은 것으로 알려져 있어 (백, 1982; 노, 1985; Pang *et al.*, 1992; Kim and Lee, 1994), 이러한 지리적 특징으로 외래유입종의 기원과 이동경로를 파악하고 예보하여 피해 경감 대책을 마련하기 위한 과거 문헌 조사를 통하여 외래종 유입의 종 변화 양상을 확인 할 필요가 있다.

나. 문헌조사 내용 및 결과

(1) 제주도 지역별 종 다양성

Park and Rho (2002), Kim *et al.* (2011)와 Go and Shin (1988)에 의해 제주도 동·북 지역의 어종에 대한 연구가 진행 되었다. 동·북 해역의 해양 환경 특성으로 표층 수온은 8월에 최고 높게 나타났으며(Fig. 3-4-16), 1월에 최저 온도를 나타내는 계절적 변화를 보였다 (Park and Rho, 2002). 제주도 동해 해역의 종 조성은 Park and Rho (2002)에 의해 농어목을 포함한 8목 32과 51종으로 가장 많은 종이 보고되었다. 제주도 동·북 해역의 어류상은 농어목 어류가 가장 많이 나타났으며 다음으로 북어목, 썸뱅이목 순으로 보고되었다(Fig. 3-4-17). 월별 어류상의 변화는 Park and Rho (2002)의 연구에 따라 Table 3-4-12와 같이 조사 되었으며, 월별 출현 개체수 빈도 비교 시 3월과 1월에 가장 낮은 종 출현 빈도를 나타낸 반면 7월과 9월-12월에 가장 많은 종이 출현 하였다. 제주도 서해 지역에 대한 연구로 Lee *et al.* (2009)과 Oh *et al.* (2010)의에 의하여 어류군집의 종조성 및 계절변동에 대한 연구가 진행 되었다. Lee *et al.* (2009)의 연구에 따르면 차귀도 주변해역 에서 총 13목 45과 81종이 나타났으며, 그 중 농어목이 42종으로 가장 많았고 다음으로 썸뱅이목 14종으로 가장 많은 출현 빈도를 나타내었다(Fig. 3-4-18). 월별 종 출현율의 변화는 고수온기로 속하는 7월-9월 높은 종 출현율을 나타내었으며, 저수온기인 4월과 12월 낮은 종 출현율을 나타내었다(Fig. 3-4-19). 제주도 남해 지역에 대한 연구로 Youn *et al.* (2003) 의 7건의 연구가 진행 되었으며, Youn *et al.* (2003)에 의한 서귀포와 대정연안에서 이루어진 연구에서 140종의 가장 다양한 종 다양도를 나타내었다. 이 가운데 농어목 어류가 82종으로 가장 많이 나타났으며, 다음으로 썸뱅이목, 북어목 순으로 높은 출현율을

나타내었다(Fig. 3-4-20). Jung *et al.* (2013)의 제주도 전 연안을 대상으로 1981-2010년도 사이의 어종 변화 연구를 통하여 제주해역은 1980년대 초반과 1990년대 초반 2번의 수산자원 중 구성의 체제변화가 일어났으며, 쥐치와 정어리의 어획량이 급격히 줄어들었고 그 대신 고등어와 전갱이의 어획량이 늘어난 것으로 나타났다(Fig. 3-4-21). 지역별 출현 어종 연구에 따라 같은 해역에서도 출현 어종의 총수에서 차이는 나타났으나, 제주도 전 지역을 대상으로 농어목 어종이 가장 높은 출현율을 나타냈으며 저수온기 보다 고수온기 에서 높은 종 출현율을 보이는 공통점을 나타내었다.

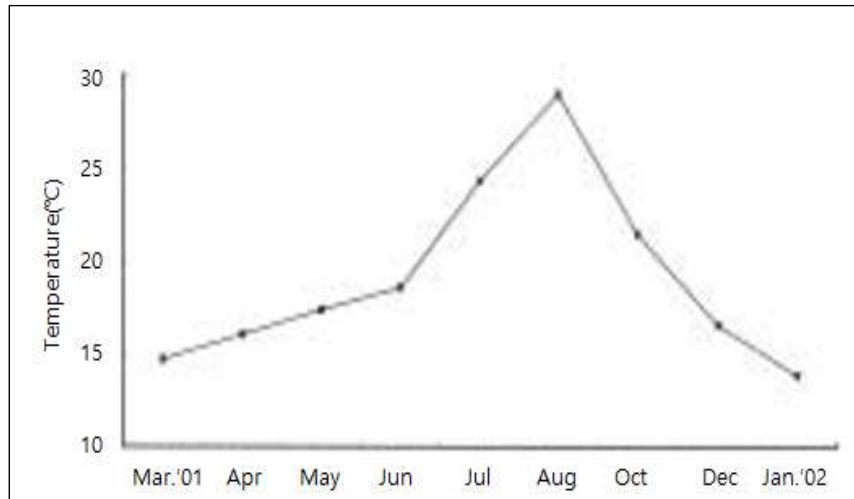


Fig. 3-4-16. Monthly change of the sea surface temperature in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.

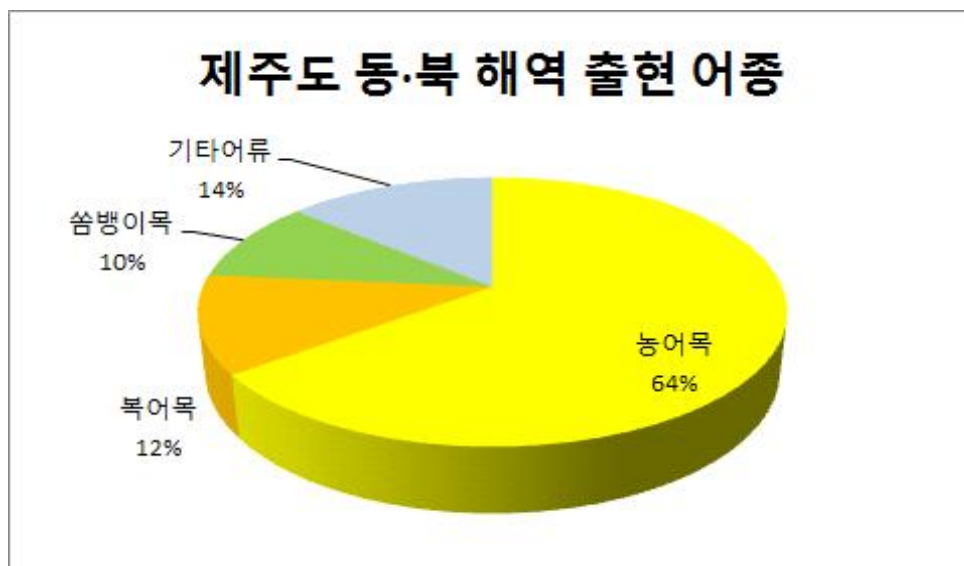


Fig. 3-4-17. Abundance of fish species in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.

Table 3-4-12. Monthly change of fish species composition in the northeastern coastal waters off Jeju Island from March 2001 to January 2002.

월별 어류 출현 양상	
1월	돌돔, 우럭볼락 포함 6종
3월	볼락류, 벵에돔 포함 3종
4월	열동가리돔, 물꽃치 포함 10종
5-6월	참돔, 강담돔, 실고기, 방어
7월	자리돔, 날치과 어류, 동갈돔류 등
10월	두줄베도라지, 독가시치 포함 11종
12월	실고기, 두줄베도라지 포함 4종

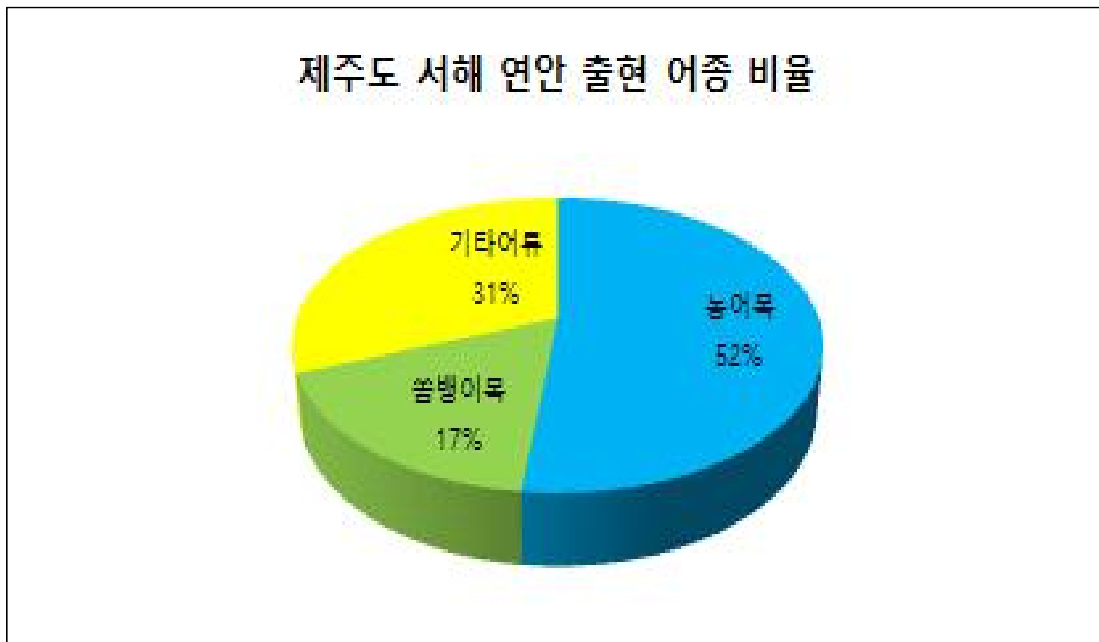


Fig. 3-4-18. Abundance of fish species in the western coastal waters off Jeju Island from 2009 to 2010.

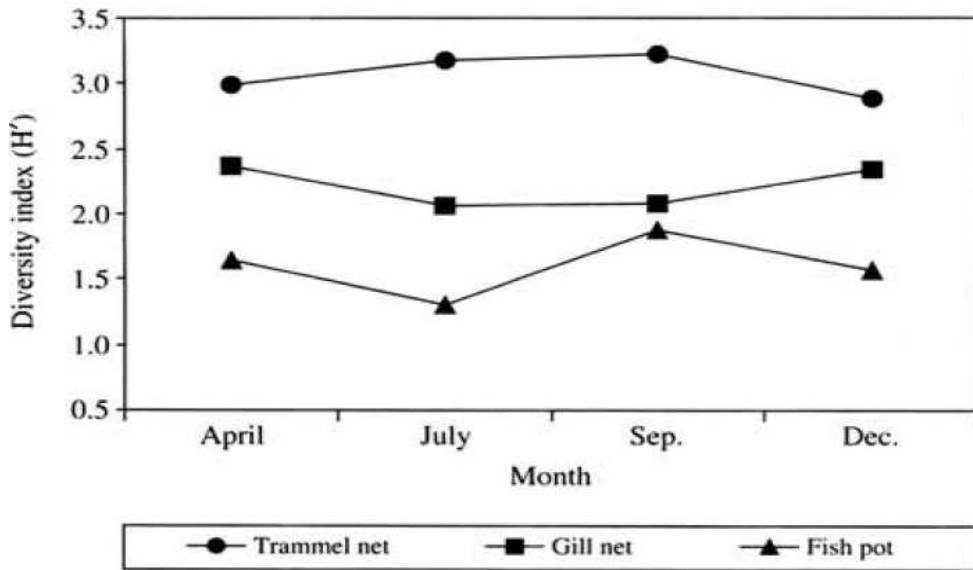


Fig. 3-4-19. Seasonal variations in species diversity of fish collected by different sampling gears in the western coastal water of Jeju Island in 2008.

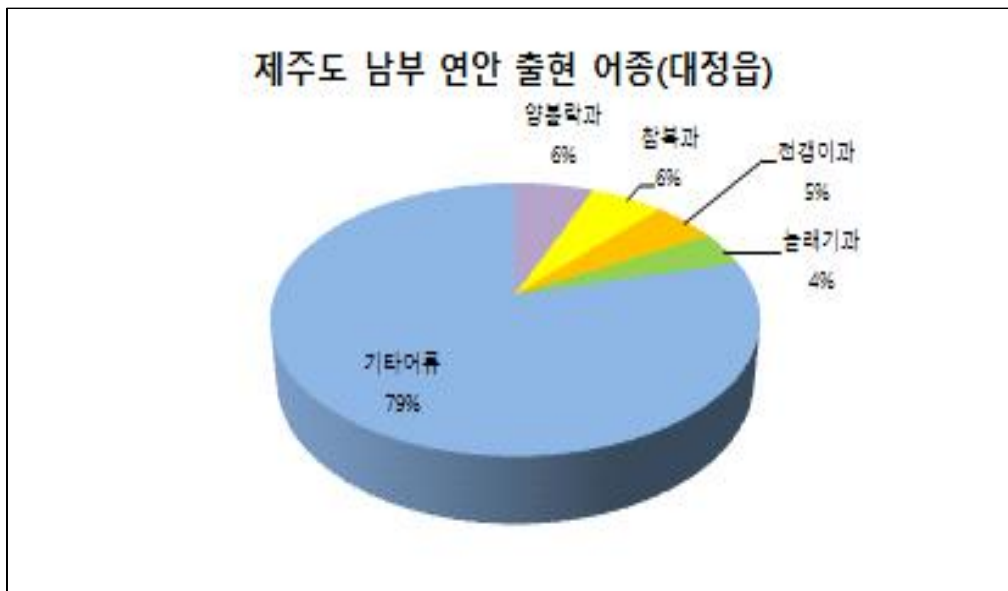


Fig. 3-4-20. Abundance of fish species in the southern coastal waters off Jeju Island (Youn *et al.*, 2003).

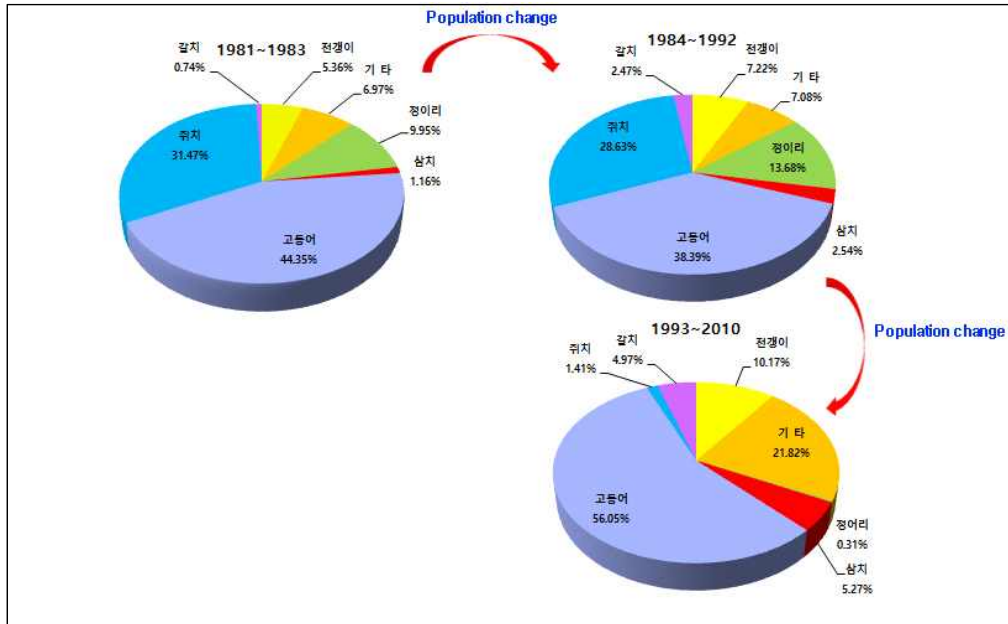


Fig. 3-4-21. Summary of changes in abundance of major fisheries species in the waters off Jeju Island (1980s-1990s, 1990s-2010s).

(2) 제주 해역 어종별 문헌 조사

제주도 연근해 어종별 문헌조사 결과 주요 수산어종 중 갈치, 옥돔, 자리돔, 멸치, 방어 5종에 대한 생물학적인 특징(산란기 및 체장-체중관계, 성장식) 연구와 어장형성 지역에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 각 어종별 연구로 자리돔이 5건의 연구 보고로 가장 많은 연구가 진행 되었으며, 멸치가 4건의 연구, 방어와 옥돔, 갈치에 대하여 각 2건의 연구가 보고 되었다. 이러한 어종뿐만 아니라 경제적으로 가치가 높은 어종인 독가시치, 돌돔에 대하여 각 1건의 연구가 진행된 상태다.

다. 제주 주변 해역 미기록종 등재 현황

제주 주변 해역에서 발견된 미기록 종 들은 크게 연구자의 채집에 따른 발견과 수산시장을 통하여 간접적으로 채집된 개체들의 종 분류를 통하여 발견 되어 미기록 종으로 등재 되었다. 1994-2014년 까지 25과 38종의 어종(Table 3-4-13)이 지속적으로 발견 되어 등재 되었으며 그 중 농어목 어종이 가장 많이 발견된 것으로 확인 되었다. 제주도 해역의 아열대성 어종의 경우 1994년 꼬리줄 나비고기(*Chaetodon wiebeli*)부터 미기록종으로 등재 되었으며, 2008년 무늬뿔복(*Lactoria fornasini*) 발견(Fig. 3-4-22)으로 최근 까지 지속적으로 아열대성 어종이 발견 되고 있다.

Table 3-4-13. List of new species in the waters off Jeju Island from 1994 to 2014.

제주 주변 해역 미기록종 등재 현황			
농어목	황줄깜장어과 (1)	숭어목	숭어과 (2)
	나비고기과 (1)	쏨뱅이목	양태과 (1)
	망둥어과 (3)	복어목	거북복과 (1)
	동갈돔과 (1)	홍매치목	매통이과 (1)
	촉수과 (2)	금눈돔목	과랑눈매통이과 (2)
	실꼬리돔과 (2)	놀래기목	납작금눈돔과 (1)
	황불돔과 (1)	가자미목	놀래기과 (2)
	양동미리과 (1)	청어목	등글넙치과 (3)
	주걱치과 (1)	아귀목	청어과 (1)
	갈치꼬치과 (1)		씬뱅이과 (1)
	전갱이과 (4)		
	갈치과 (1)		
	바리과 (1)		
	양쥐돔과 (2)		
	자리돔과 (1)		

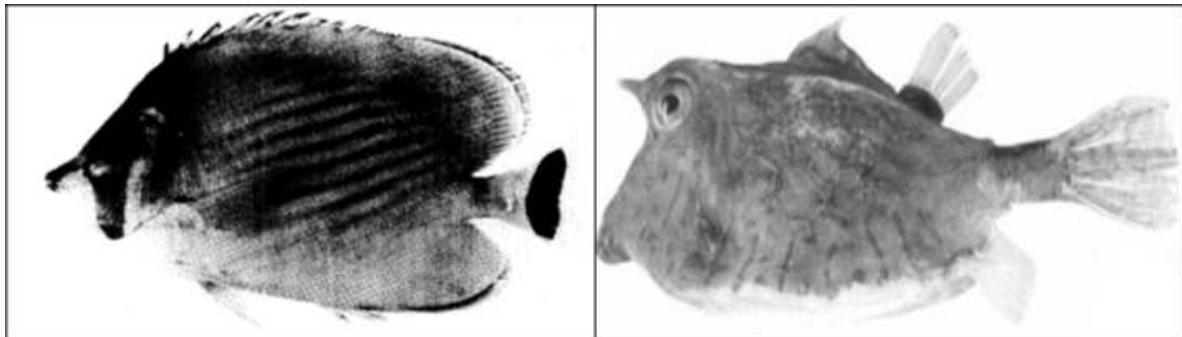


Fig. 3-4-22. The newly recorded fish species. *Chaetodon wiebeli* (left) and *Lactoria fornasini* (right).

제 5 절 생물다양성

1. 대형해양동물

가. 연구배경

생물다양성을 파악하는 데는 인간이 유용한 생물자원을 추출하고 산업화하기에 필수적인 기반이 된다(박, 2008). 특히 제주해역에서 발견되는 대형해양동물인 경우 지속적으로 도민들에게 발견되었으나, 남방큰돌고래인 경우 2010년이 돼서야 국명이 부여되고 종이 분류된 만큼 종에 대한 생태연구는 미비한 상태이다. 최근 남방큰돌고래 불법포획된 ‘제돌이’의 방류가 이슈화되면서 대중에게 제주해역에서 발견되는 대형해양동물에 대한 관심이 증가하였지만 여전히 제주 해역의 최상위포식자인 대형해양동물에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주해역에서 발견되는 해양포유류, 해양성조류, 파충류에 대한 종조성 리스트를 작성하고자 한다.

나. 재료 및 방법

제주 연근해에 출현하는 대형해양동물의 종조성을 조사하기 위해 제주 해역에서 발견되는 해양포유(16편), 조류(18편), 파충류(3편)의 문헌을 조사하여 분석하였다.

다. 결과

(1) 해양 포유류

제주 해역에서 출현하는 해양포유류에 대한 문헌은 총 16편이 조사되었으며, 그 중 폐사된 뱀머리돌고래와 혼획/좌초 논문을 제외한 총 15편이 제주 남방큰돌고래에 대한 문헌이었다. 2010년 제주해역에서 연중 발견되는 돌고래는 Indo-pacific Bottlenose Dolphin(*Tursiops aduncus*)로 밝혀졌으며 남방큰돌고래라는 국명이 부여됐다(김 등, 2010). Photo identification 방법을 통해 제주 연안에서 연중 서식하는 것으로 확인되었고 전 세계에서 가장 작은 무리인 100여마리의 개체군을 형성하고 있음을 밝혔다(최 등, 2009). 2009~2011의 조사에 따르면 연간 최대 성장률(3.4%)이 연간 혼획률(7.9%)보다 낮아 멸종위기 가능성이 있음을 시사했다(김, 2011). 남방큰돌고래는 현재 CITES 부속서 II에 등록되어 있으며, 우리나라에서는 해양수산부가 지정한 보호대상 해양생물로 등록되어 있다. 최근 불법 포획한 개체를 방류하는 등 개체군 보호를 위해 노력하고 있으나 야생에서 적응한 방사된 개체를 포함했음에도 불구하고

2010년 이후에 100여마리 수준으로 유지되고 있다. 2007~2015년까지의 현장조사 기록을 보면 제주 북부지역이 남부지역에 비해 자주 출몰하였다. 그 이유는 제주 북동부 지역의 정치망 어획량이 높아 먹이생물이 많고 갯녹음현상이 초기단계이기 때문이라고 추측된다(김 등, 2015). 남방큰돌고래가 가장 많이 출현하고 연중 발견되는 지역은 제주 북동부 구좌읍 지역이다(서 등, 2006; 이 등, 2008; 김 등, 2015). 그 외 이빨고래 5종 수염고래 4종이 혼획이나 좌초의 형태로 발견되었다.

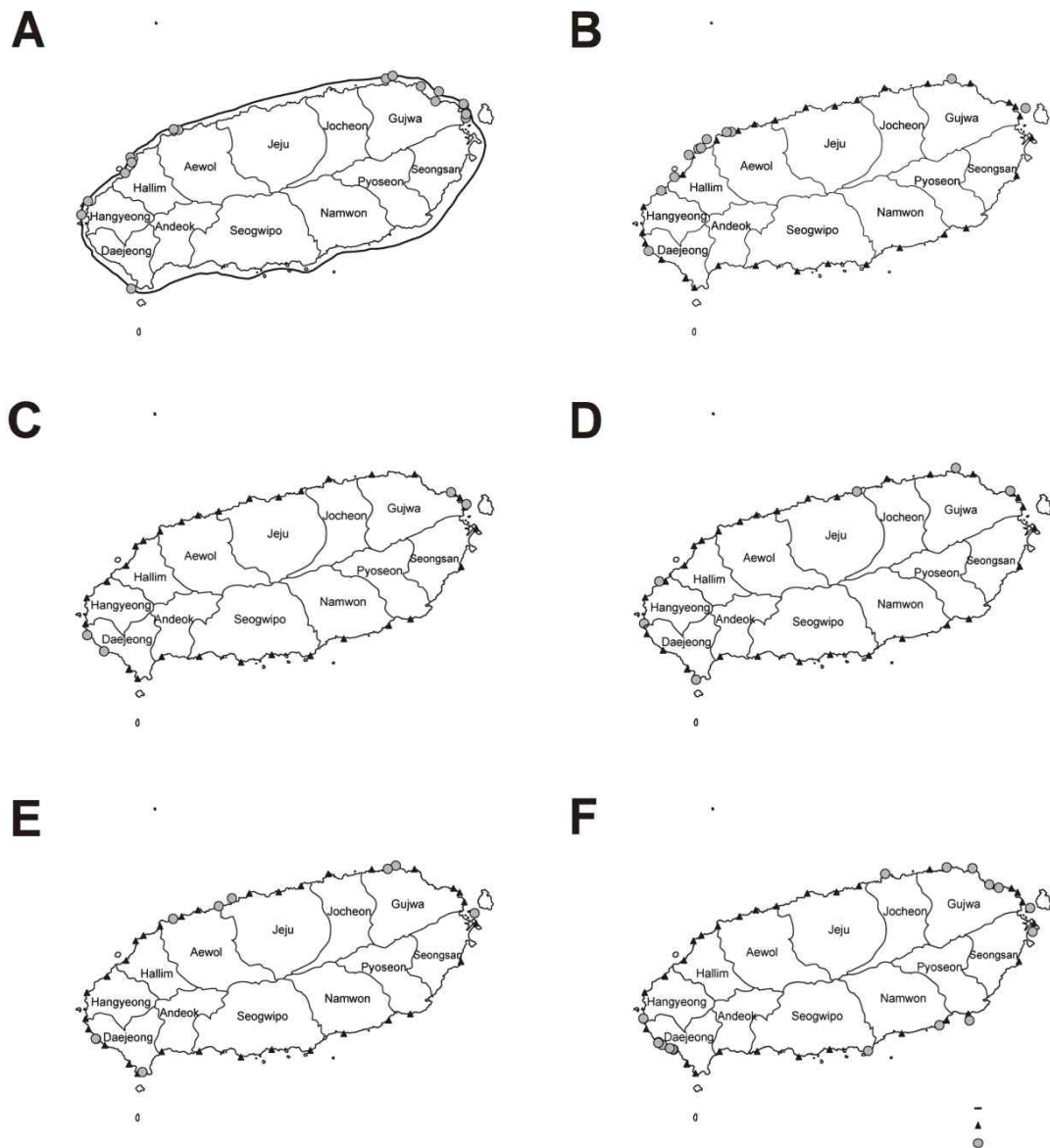


Fig. 3-5-1. Occurrence of Indo-Pacific dolphins *Tursiops aduncus* around Jeju island 2007-2015. (A) vessel sighting surveys, 2007-2010, (B) - (F) shore based point sighting surveys in 2011, 2012, 2013, 2014 and 2015, respectively (Kim et al., 2015).

Table 3-5-1. Species composition of cetacean observed in the coastal areas of the Jeju island (Kim et al., 2010, Kim et al., 2011).

국명	학명	발견 구분	발견 개체수	발견 연도	비고
남방큰돌고래	<i>Tursiops aduncus</i>	목시조사	114	2011	제주연안 연중 서식
		혼획	31	2004-2009	
		혼획	1	2011-2012	
		좌초	17	2011	
큰돌고래	<i>Tursiops truncatus</i>	혼획	3	2011-2012	
뱀머리돌고래	<i>Steno bredanensis</i>	좌초	1	2013	
상괘이	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	혼획	4	2004-2009	최근
		좌초	17	2004-2009	좌초/혼획 건수 증가
밍크고래	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	혼획	12	2004-2009	
		좌초	4	2004-2009	
브라이드고래	<i>Balaenoptera edeni</i>	좌초	2	2004-2009	
참고래	<i>Balaenoptera physalus</i>	좌초	1	2004-2009	
들쇠고래	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	좌초	1	2004-2009	
프레이저고래	<i>Lagenodelphis hosei</i>	좌초	1	2004-2009	

(2) 해양성 조류

제주의 연안은 지리적으로 동북아시아의 시베리아와 중국의 북동부에서 번식하고 남쪽으로 이동하는 철새들의 주요 월동지 또는 중간기착지이며, 수심이 낮고 소형어류, 연체동물, 저서무척추동물들이 풍부하여 조류의 채식장소로 적합하다(오 등, 2004). 따라서 제주 연안에 출현하는 해양성조류를 분류하기 위해 제주해역에서 발견되고 해양먹이생물을 취식하는 기록이 있는 해양성 조류를 분류하였다. 총 8목 19과 109종으로 분류되며 그 중 5종만이 제주에서 번식하는 것으로 추정된다(제주조류도감, 2010). 대표적인 바닷새인 습새는 제주특별자치도 추자면 사수도에서 번식하며 한해 번식 개체군의 크기는 약 4000~6000쌍으로 추정되고 있다(강 등, 2008). 3월 이후 월동지로부터 제주에 도래 후, 번식활동을 하며 10월 하순부터 이소하는 것으로 알려져 있다. 남 등(2014)의 연구에 따르면 이 종의 부화 실패율의 85.5%가 외부도입 포식자인 집쥐에 의한 번식실패로 보고되어 있다. 그 이유는 사수도 내 인간 활동에 의한 쓰레기 발생 및 쓰레기처리장 운영으로 인해 집쥐가 서식할 수 있는 환경을 제공하였기 때문이다. 2002년 이후, 사수도가 출입 제한지역으로 선정되고 쓰레기 처리장이 폐쇄됨에 따라 집쥐에 의한 포식활동은 다소 감소한 것으로 추정되고 있지만 번식 성공률이 늘었는지는 아직 판단하기 힘들며, 낮은 번식 성공률이 장기적으로 유지되면 전체 번식개체군의 크기가 감소할 가능성이 있다(남 등, 2014).

		
슴새 <i>Calonectris leucomelas</i>	빨쇠오리 <i>Synthliboramphus wumizusume</i>	가마우지 <i>Phalacrocorax capillatus</i>
		
민물가마우지 <i>Phalacrocorax carbo</i>	아비 <i>Gavia stellata</i>	흑로 <i>Egretta sacra</i>
		
알락도요 <i>Tringa glareola</i>	왜가리 <i>Ardea cinerea</i>	매 <i>Falco peregrinus japonensis</i>

Fig. 3-5-2. Sea birds consumed marine preys in the coastal areas of the Jeju island.

(3) 해양파충류

제주 해역에서는 푸른바다거북(*Chelonia mydas*), 붉은바다거북(*Caretta caretta*), 메부리거북(*Eretmochelys mbricata*) 3종의 바다거북이 혼획되거나 좌초되어 발견된 기록이 있으며, 그 중 푸른바다 거북이 가장 많이 발견되었다. 푸른바다거북은 주로 제주도 북서부 지역인 애월과 한림 연안에 주로 집중되어 발견되었으며 파래, 툫, 우뚝가사리 등 해조류가 풍부한 곳에서 주로 목격된 기록이 있다(정 등, 2012). 제주해역에서, 혼획된 푸른바다거북의 최대 직갑장 크기의 기록을 보면 최대 직갑장 크기에 미치지 않은걸로 보아 연령대가 높지 않을 것으로 추정된다. 문 등(2009)에 의하면, 제주도 신창리에서 정치망에 혼획된 미성숙한 푸른바다거북 한개체가 인공위성표지를

부착하여 2008년 제주에서 방류되었다. 방류된 개체는 방류 후, 제주 인근 해역을 떠나지 않고 겨울을 제주 서부 해역에서 보내고 여름까지 인근해역에서 머물렀다. 그 당시 1월의 제주해역의 수온은 14~16℃를 유지하였는데 이는 푸른바다거북의 체온도인 10℃보다 높은 걸로 보아 변온동물인 바다거북의 월동하기엔 적합하다고 추측된다. 또한 문 등(2011)의 연구를 보면 2004년 일본 가고시마에서 방류한 푸른바다 거북이 2개월에 걸쳐 제주연안으로 회유하는 것을 발견하였다. 이 개체는 미성숙한 개체로 번식보다는 먹이활동을 위하여 제주연안을 찾은 것으로 추정된다. 이로써 제주의 해양환경이 어린개체가 서식하기에 먹이와 수온이 적당하다고 추측할 수 있다. 제주해역에서 바다거북의 산란이 목격된 기록이 있다. 2008년 6월~10월동안 실시된 바다거북 우연산란장 환경조건 조사(정 등, 2012)를 보면, 중문해수욕장이 태평양에 직접 접해있어 북태평양을 회유하면서 산란이 가능하고, 산란한 바다거북 알이 정상적으로 발생하는데 필요한 적정온도 25℃가 4개월 동안 유지되므로 산란이 적합한 환경을 지녔다고 평가하였다. 다만 관광객 출입이 많은 관광지인 만큼 고정적인 산란장의 가능성은 낮다고 평가하였다.

2. 제주 주변해역 어류 분포 현황

사업 기간 중 현지 어류상 조사(어구조사 8월, 잠수조사 10월, 12월)는 행원과 북촌 마을에서 이루어졌으며, 제주도 연안의 문헌상의 어류 기록은 90년대부터 잠수 조사를 중심으로 조사 기록된 자료들을 취합하였다.

가. 어구조사

2015년 8월 18-20일에 행원 마을 앞 연안(좌표: 33°44' 1756" N 126°48' 9815" E(자망), 33°34' 1633" N 126°48' 7528" E(통발): 어구 설치 시작한 위치)에서 어구를 사용하여 어종 조사를 실시하였다. 사용한 어구는 자망(폭: 1.5m, 길이: 1,000m 홑자망)과 통발(길이: 60cm, 폭: 30cm, 100개)이었다.

어구조사 결과, 자망에서는 6종, 9개체, 통발에서는 14종 179개체가 어획되어 총 17종이 어획되었다(Table 3-5-2).

나. 잠수조사

어류 잠수조사는 2015년 10월과 12월, 어류전문가와 영상전문가, 2인 1조로 이루어 북촌, 해암 마을 연안의 자연암초와 인공어초 정점에서 이루어졌다. 북촌에서는 연안에 설치된 인공어초부근(수심 15m)과 다려도 주변(수심 5-7m)에서 조사가 이루어졌으며 행원 마을 앞에서는 인공어초 주변(수심 15m)과 자연석 투하정점(수심 16m) 주변에서 조사가 이루어졌다. 조사 당일 수온은 10월에 수온이 21°C, 12월에는 16-17°C였다.

북촌 앞 인공어초 정점에서 확인된 어종은 총 17종으로 모래위에 설치된 인공어초의 내부에서는 돌돔과 말쥐치, 불볼락 유어 무리가 관찰되었고 그 외 쓸배감펭, 호박돔 등도 개체수는 적지만 확인할 수 있었다(Table 3-5-3, Fig. 3-5-3, Fig. 3-5-4). 한편, 수심은 얕지만 바닥 암초가 넓게 발달된 다려도 주변에서는 총 29종이 확인되었으며 자연석을 쌓아 둔 곳에서 뱀에돔을 비롯한 수산어종과 많은 어종들과 개체수가 확인되었다(Table 3-5-4).

행원 마을 앞의 인공어초 정점에서는 총 11종이 확인되었다. 가장 많은 개체수는 자리돔이었다. 그 외는 용치놀래기가 30여마리, 어렁놀래기가 6마리로 종별 개체수는 매우 적었다(Table 3-5-5). 이는 인공어초 크기가 작고 주변 바닥이 모래로 되어 있어 암반이 넓게 발달하거나 대형 인공어초가 설치된 곳에 비하여 상대적으로 어류량이 적게 관찰되었다고 생각되었다. 한편 암반이 넓게 발달하고 자연석을 일부 쌓은 정점에서는 총 22종이 관찰되었으며 자리돔과 줄도화돔이 개체수가 가장 많이 확인되었다(Table 3-5-6).

Table 3-5-2. List of fish collected by fishing gears at Jeju island (Aug., 2015).

	species		fishing gear	
	Korean name	Scientific name	gill net	net fish trap
1	썸뱅이	<i>Sebastes marmoratus</i>	0	0
2	황놀래기	<i>Pseudolabrus japonicus</i>		0
3	미역치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>		0
4	붕장어	<i>Conger myriaster</i>		0
5	능성어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		0
6	용치놀래기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>		0
7	어랭놀래기	<i>Duymaeria flagellifera</i>		0
8	자리돔	<i>Chromis notatus</i>		0
9	솔종개	<i>Plotosus lineatus</i>		0
10	점감펍	<i>Scorpaena onaria</i>	0	0
11	쭈굴감펍	<i>Scorpaena miostoma</i>		0
12	개불락	<i>Sebastes pachycephalus</i>		0
13	그물베도라치	<i>Dictyosoma burgeri</i>		0
14	가시망둑	<i>Pseudoblennius cottoides</i>		0
15	아홉동가리	<i>Goniistius zonatus</i>	0	
16	말쥐치	<i>Thamnaconus modestus</i>	0	
17	쥐치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	0	
total number of species/individual			6/9	14/179

Table 3-5-3. List of fish observed at artificial reef site of Bukchon, Jeju island (Oct., 2015).

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individual
1	<i>Sebastes thompsoni</i>	불불락	7-9	1000
2	<i>Choerodon azurio</i>	호박돔	28-35	2
3	<i>Girella punctata</i>	뱅에돔	30-35	30
4	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	13-43	50
5	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	24-27	2
6	<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치	25-28	100
7	<i>Chaetodontopus seprentronalis</i>	청줄돔	24-27	2
8	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	13-15	50
9	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	18-25	10
10	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	15-19	200
11	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	33-36	2
12	<i>Evisitias acutirostris</i>	육동가리돔	28	1
13	<i>Pterois lunulata</i>	솔베감펍	28	1
14	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	9-12	100
15	<i>Hyporhamphus sajori</i>	학공치	30-33	15
16	<i>stigobius hoshinonis</i>	비단망둑	13-16	4
17	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	11-14	2000

Table 3-5-4. List of fish observed at Dareo island of Bukchon, Jeju island (Oct., 2015).

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individual
1	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10-14	3000
2	<i>Neoditrema ransonnet</i>	인상어	9-10	1000
3	<i>Ditrema temminck</i>	망상어	13-15	4
4	<i>Pterogobius zonoleucus</i>	흰줄망둑	8-10	15
5	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	15-37	500
6	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	15-35	50
7	<i>Microcanthus strigatus</i>	범돔	13-18	300
8	<i>Siganus fuscescens</i>	독가시치	10-30	100
9	<i>Pagrus major</i>	참돔	16	1
10	<i>Pomacentrus coelestis</i>	파랑돔	2-4	4
11	<i>Sebastes pachycephalus</i>	개볼락	18-20	4
12	<i>Ostracion immaculatus</i>	거북복	15-25	2
13	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	퀴치	18-22	2
14	<i>Thamnaconus modestus</i>	말퀴치	22-27	15
15	<i>Apogon doederleini</i>	세줄열게비늘	3-6	50
16	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔	5-8	1000
17	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치	6-8	150
18	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	7-12	200
19	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	15	1
20	<i>Repomucenus sp.</i>	돛양태류	7	1
21	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	늘래기	10-15	150
22	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황늘래기	18-25	50
23	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치늘래기	15-22	350
24	<i>Seriola lalandi</i>	부시리	35	1
25	<i>stigobius hoshinonis</i>	비단망둑	15-18	2
26	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	13-18	3
27	<i>Goniistius zonatus</i>	아홉동가리	27-33	2
28	<i>Choerodon azurio</i>	호박돔	30	1
29	<i>Rhabdosargus sarba</i>	청돔	27	1

2차 조사가 이루어진 12월달 북촌의 다려도에서 총 21종이 확인되었는데 거북복, 사자코망둑, 베로치가 10월 조사시의 결과에 추가로 확인되었다. 행원마을 앞 암반지역에서는 총 17종이 확인되었으며 넙치와 도화볼락이 1차 조사 결과에 추가로 확인되었다.

잠수조사에서는 46종이 확인되어 어구조사 결과(총 17종)와 종합하면 총 52종이 관찰되었다.

Table 3-5-5. List of fish observed at artificial reefs site of Haengwon, Jeju island (Oct., 2015).

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individual
1	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10-12	1000
2	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	20-28	6
3	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	취치	18	1
4	<i>Thamnaconus modestus</i>	말취치	25-27	2
5	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	26-27	2
6	<i>Sebastes marmoratus</i>	쏨뱅이	25	1
7	<i>stigobius hoshinonis</i>	비단망둑	12-15	4
8	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	22-24	2
9	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	13-18	30
10	<i>Duymaeria flagellifera</i>	어랭놀래기	13-15	8
11	<i>Okamejei kenojei</i>	홍어	30	1

Table 3-5-6. List of fish observed at rocks bed site of Haengwon, Jeju island (Oct., 2015).

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individual
1	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	9-12	2000
2	<i>Pagrus major</i>	참돔	13-18	10
3	<i>Pseudoblennius percooides</i>	돌꼭망둑	13	1
4	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	15-17	2
5	<i>Neoditrema ransonnet</i>	인상어	12-23	2
6	<i>Ditrema temminck</i>	망상어	13-16	2
7	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔	7-9	2000
8	<i>Sebastes pachycephalus</i>	개불락	18-21	2
9	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	13-17	10
10	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	12-15	500
11	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	13-24	50
12	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	12-20	100
13	<i>Duymaeria flagellifera</i>	어랭놀래기	15-17	20
14	<i>Stethojulis interrupta</i>	무지개놀래기	11-13	2
15	<i>Pomacentrus coelestis</i>	파랑돔	2-3	4
16	<i>Epinephelus bruneus</i>	자바리	35	1
17	<i>Siganus fuscescens</i>	독가시치	25-33	20
18	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치	7-9	50
19	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	24-35	20
20	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	30-35	2
21	<i>Microcanthus strigatus</i>	범돔	13-16	40
22	<i>Repomucenus sp.</i>	뚝양태류	13-20	100

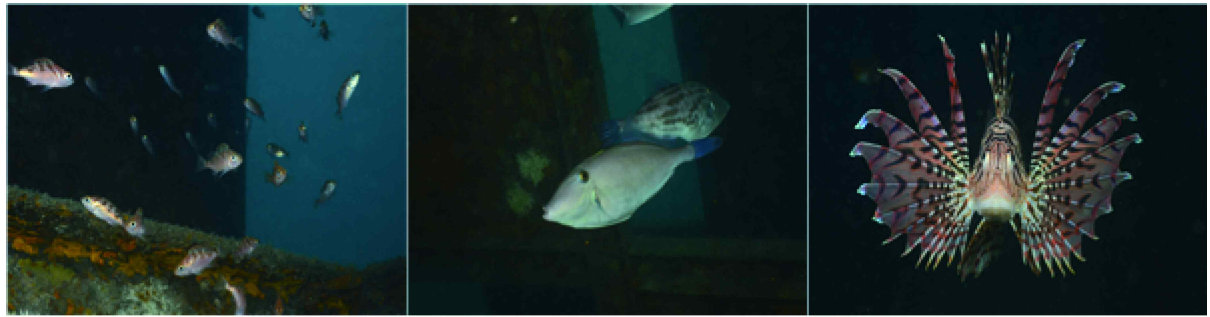


Fig. 3-5-3. Fishes observed at artificial reef of Bukchon, Jeju-do. *Sebastes thompsoni* (left), *Thamnaconus modestus* (middle), *Pterois lunulata* (right).

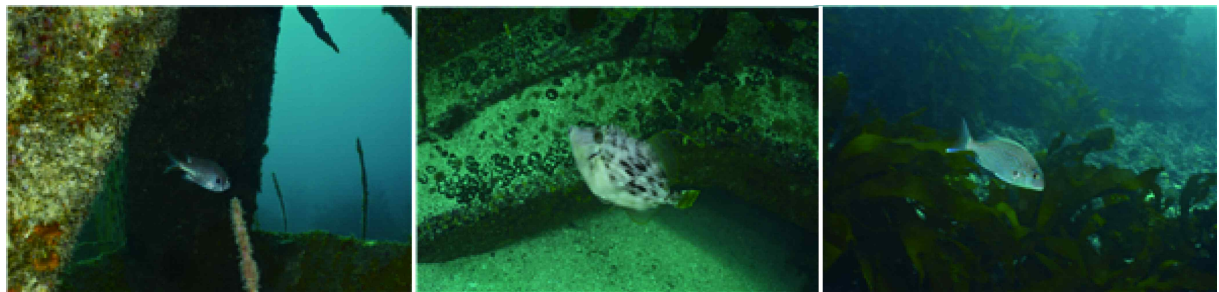


Fig. 3-5-4. Fishes observed at artificial reef of Bukchon, Jeju-do. *Chromis notatus* (left), *Stephanolepis cirrhiifer* (middle), *Pagrus major* (right).

다. 제주도 어류상

제주도 주변에 출현하는 어류는 우리나라에서는 가장 많은 종수가 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며 특히 난류의 영향을 받는 곳으로 최근 새로운 열대, 아열대 어종들이 추가로 확인되고 있는 곳이기도 하다.

연안의 해양생물 다양성과 생태에 대한 잠수조사는 90년대 초부터 본격적으로 시작되었으며 다양한 연구 사업들이 연계가 되어 많은 전문가 집단에 의하여 산발적으로 조사가 이루어져 왔다(김 등, 1994; 고 등, 1995; 김 등, 1995; 한국해양연구소, 1995; 고, 1997; 명, 1997; 한국해양연구소, 2001, Myoung et al., 2013, 2014).

최근에는 해양보호구역 법적조사(국토해양부, 2012; 해양환경관리공단, 2014) 전략 무인도서 연안 생태조사(KIOST, 2012) 등 과제를 수행하면서 제주도 연안의 중요 정점을 대상으로 잠수조사가 이루어져왔고 그동안 모은 수중사진을 중심으로 어류도감(명 등, 2014)이 발간되기도 하였다. 90년대부터의 잠수조사를 중심으로 한 문헌조사 결과를 종합하면 제주도 연안의 어류는 총 20목, 95과, 251종으로 정리하였다(부록 1). 이 목록에는 미기록어종을 포함하고 있으며 최근에 발표된 흰꼬리자리돔(*Chromis*

margaritifer), 두줄복기망둑(*Valenciennea helsdingenii*) 등 미기록어종과 함께 표본이 아직 확보되지 않은 미기록어종(국명을 가칭으로 포함)을 포함하고 있다.

해수면 상승, 해수 온난화 현상 등의 영향을 가장 크고 받고 있는 제주도 연안의 생태변화는 미기록 어종의 지속적인 발견과 어류상의 변화에서처럼 지금까지 보다 더욱 빠른 속도로 진행될 것으로 예측됩니다. 이처럼 해양환경 변화에 민감한 제주도 연안의 연안생태 건강성을 유지하고 나아가 해양레저 산업 활성화의 기초 과학 자료로의 활용으로 선진국 수준의 생태보전과 해양레저 관광 활성화를 위해서는 정밀한 자료 축적과 함께 ‘한국형 Zonation plan’을 수립 정착시키는 것이 급선무다.

3. 난자치어

가. 서론

제주도 주변해역에는 대마난류수, 중국대륙연안수, 황해중앙냉수, 한국연안수 등 다양한 수괴가 분포한다(Kondo, 1985). 이 중 대마난류수는 쿠루시오해류에서 분지되어 제주도 주변해역을 경유하여 동해와 황해로 유입되는 난류성 해류로, 우리나라 주변 해역의 어업생산성에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다(Lim, 1971; 조와 양, 1984). 이러한 수괴의 특성으로 인하여 제주도 주변해역에는 연안성 어류, 냉수성 어류, 난류성 어류 등 다양한 어종이 출현하고 있으며, 그 종류가 무려 500여종에 이르는 것으로 알려져 있다(정, 1977, kim and Lee, 1994; 유 등, 1995). 어류는 종에 따라 또는 생활사의 단계에 따라 생활환경(서식 해역, 분포 수심 등)에 많은 차이가 있으며, 종족 번식을 위한 다양한 산란전략을 가지고 있다. 우리나라 주변 해역과 같이 온대에 위치하는 해역은 수온의 시공간적 변동이 크기 때문에 난자치어의 종 조성 또한 계절이나 공간에 따라 변동이 심한 것으로 알려져 있다(유 등, 1998; 김, 1999; 김과 유, 1999). 이와 같이 다양한 종이 서식하며, 시공간적 변이가 심한 해역에서 난자치어의 다양성을 파악하기 위해서는 광범위한 해역을 대상으로 장기적인 모니터링이 필요하다.

우리나라 주변해역에서 실시된 어류의 난자치어에 관한 연구는 1965년 한국 근해의 어장환경 조사의 일환으로 수행된 어란과 자치어의 분포에 관한 연구(임 등, 1970)를 시작으로, 자치어의 분류 및 생태 등에 관한 연구가 이루어졌다(유, 1988; 차 등, 1990; 유 등, 1998; 김, 1991; 유, 1991; 김, 1999). 제주도 주변해역의 경우, 자치어의 종조성과 분포에 관한 연구(kordi, 1987)를 시작으로 수괴의 특성과 계절별 특성에 따른 자치어의 생태학적인 특성 연구(유, 1991; 고 등, 1991; 유 등, 1998), 자치어의 분류에 관한 연구(유 등, 1992; 김과 유, 2000a; 2000b) 등이 실시되었다. 이들 연구의 대부분은 특정시기에 특정 해역을 대상으로 수행된 단편적인 것으로 제주 주변해역의 난자치어 다양성에 관한 구체적인 정보를 파악하기에는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 우리나라에서 가장 다양한 종류의 어류가 출현하는 것으로 알려져 있는 제주도 주변해역을 대상으로 기존문헌과 현장조사를 종합하여 제주 주변해역에 출현하는 난자치어의 다양성을 파악하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 문헌조사

제주 주변해역의 난자치어 다양성 분석에 인용한 자료는 여름철 제주도 연안의 치자어에 관한 연구(한국해양과학기술원 해양연구소, 1989), 제주도 북방 함덕 연안역의 자치어 출현(고 등, 1991), 한국 남해 치자어에 관한 생태학적 연구(해양연구소,

1991), 남해 물질순환과 생지화학적 연구(한국해양연구소, 1999), 춘계 남해 및 제주도 주변해역 주요 자치어의 분포(김 등, 2004), 동·서·제주해역 바다목장화 개발 연구 용역-북제주 바다목장-(해양수산부, 2005) 그리고 제주도 서부 해역의 난·자치어 분포와 종조성의 계절변동(이 등, 2006) 등의 자료였다. 이들 자료별 조사시기와 조사정점의 위치는 각각 Table 3-5-7 및 Fig. 3-5-5과 같다. 자료에 따라 채집기기의 종류, 채집 기기의 규격(망구와 망목의 크기), 예인방법, 예인속도 및 조사정점의 수와 위치 등이 다르기 때문에 자료 간 또는 정점 간 직접비교를 통한 구체적인 분석에는 한계가 있었다. 따라서 본 조사에서는 총 출현종수와 월별 출현종수 및 현존량 그리고 서식유형에 따른 공간분포 특성 정도를 분석하였다.

Table 3-5-7. Comparison of samling method in each previous study around the Jeju Island, South Korea.

Source	Sampling gear	Mouth size*	Mesh size(μ m)	Tow	Towing speed (knot)
KORDI (1989)	Bong net	60 cm D	240 - 333	Oblique/Horizontal	4
Ko et al. (1991)	Ring net	113 cm D	333	Horizontal	3
KORDI (1991)	Bong net	60 cm D	333	Oblique	2
KORDI (1999)	SSTN	250 cm \times 100 cm	1000	Horizontal	1.5
	Bong net	60 cm D	330		
Kim et al. (2004)	Bong net	60 cm D	333	Oblique	2
	IKMT	8.7 m ²	1000		2.5
MOF (2005)	Ring net	45 cm D	333	Horizontal	1-2
Lee et al. (2006)	NORPAC net	45 cm D	333	Horizontal	1-2

* D = Diameter.

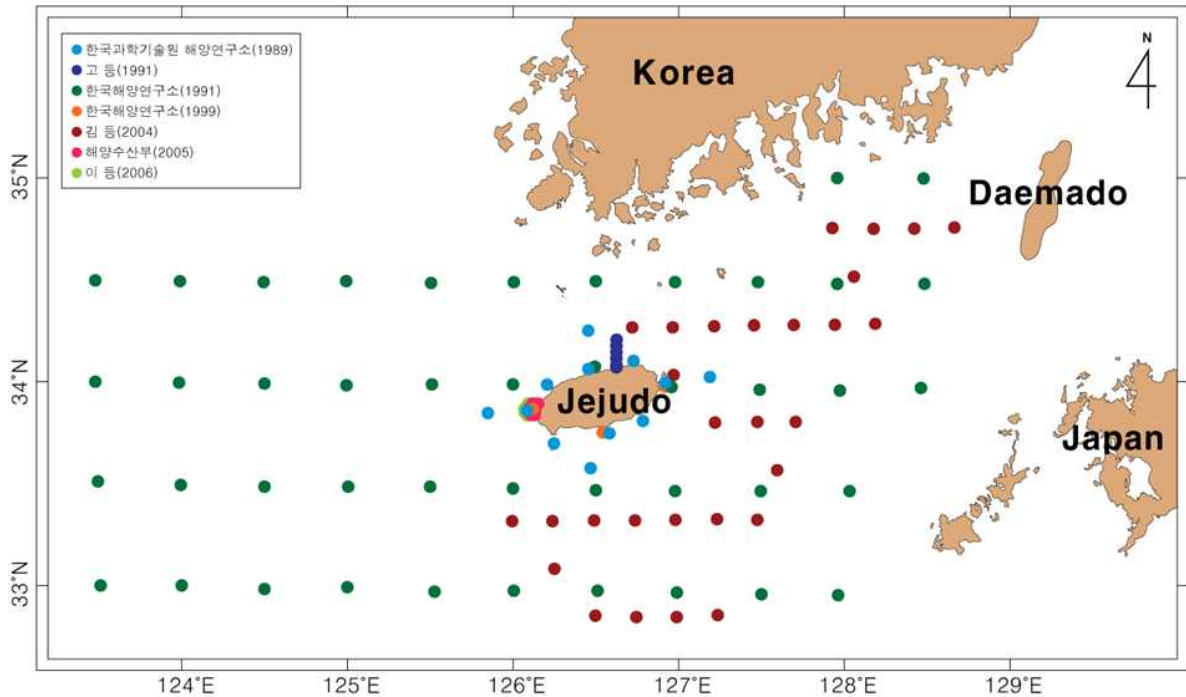


Fig. 3-5-5. Map showing the sampling sites of various studies for ichthyoplankton around the Jeju Island, South Korea. Sampling sites are expressed by a closed circle.

(2) 제주 연안해역 현장관측

제주 북동부 연안해역의 어란 및 자치어 종조성 조사를 위해 2015년 8월과 10월에 현장조사를 실시하였다. 8월에는 우도 인근의 연안에 4개의 정점(J03', J12', J01, J11)에서 채집하였고, 10월에는 제주 북동연안에 5개의 정선(NE J1~NE J5)을 설정하고 연안에서부터 근해 쪽으로 각 정선 당 3개의 정점에서 채집하였다.

채집기기는, 8월에는 망구 100cm net(망목 300 μ m, 길이 3m)를 이용하였고, 10월에는 망구 150cm net(망목 440 μ m, 길이 10m)를 이용하였으며 두 번의 조사 모두 경사 채집 하였다. 예망은 1.5~2 knot로 정점별로 10~15분 동안 이루어졌고, 채집된 시료는 현장에서 99% 알콜로 고정하여 실험실에서 sorting 및 동정하였다. 고정상태가 양호한 시료는 현미경에 부착된 카메라(TUCSEN) 시스템을 이용하여 촬영하여 사진자료로 남기고, 형태형질로 동정이 어려운 종은 유전자 분석기법을 이용하여 동정하였다.

채집한 난자치어 시료의 genomic DNA를 분리·정제한 후, COI (cytochrome oxidase subunit 1) 유전자 영역을 증폭하여 분자동정을 위한 분석조건을 결정하였다. 난자치어 시료의 염기서열은 PacBio sequencing 기법으로 해독하였으며, amplicon은 MID 서열과 COI 염기서열 정보를 이용하여 제작하였다. 해독된 난자치어 COI 염기서열 정보는 어류 COI reference 서열을 활용하여 분석과정을 거친 후 종 정보 확인에 사용하였다. Fig. 3-5-6는 PacBio Sequencing 기법을 이용한 난자치어 종동정 분석 흐름도이다.

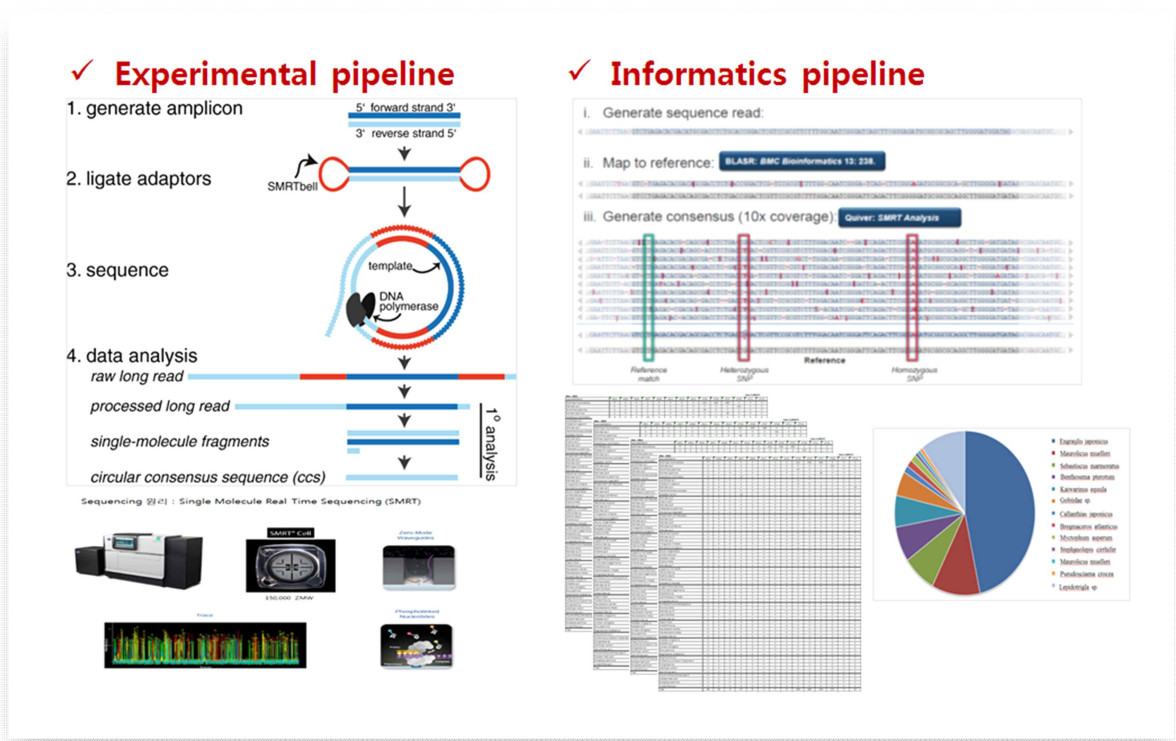


Fig. 3-5-6. Workflow for molecular identification of fish eggs and larvae using PacBio sequencing analysis.

다. 결과 및 토의

(1) 문헌조사

(가) 종조성

제주 주변해역에서 기 조사 보고된 어류 난자치어 자료를 인용하여 출현 종별 출현량(개체/1000m³)을 정리하여 부록에 나타내었다. 제주 주변해역에서 출현한 어류 난자치어는 총 18목 92과에 337종이 기록되었다. 이 가운데, 종 수준에서 동정이 이루어진 것은 191종에 지나지 않아 종 동정율은 약 56.7%로 낮았다. 멸치(*Engraulis japonicus*)가 채집된 개체수의 45.0%를 차지하여 가장 많은 비중을 차지하였다. 그 다음으로는 고등어(*Scomber japonicus*, 17.8%), 가막베도라치(*Enneapterygius etheostomus*, 6.5%), 자리돔(*Chromis notata*, 3.6%), 정어리(*Sardinops melanostictus*, 2.3%) 순이었다. 이들 5종이 전체 채집개체수의 75.2%를 차지하여 소수 종에 의한 점유율이 높았다.

(나) 월별 출현 종수 및 현존량

제주 주변해역에서 난자치어의 월별 출현 종수와 현존량을 나타낸 것은 Table

3-5-8과 같다. 출현 종수와 현존량 모두 시간에 따라 큰 폭으로 변화하였다. 출현 종수는 월에 따라 6종~151종 범위에서 변동하였으며, 5월에 가장 적었고 8월에 가장 많았다. 현존량 1.49~184.95 개체/1000m³ 범위에서 변동하였으며, 10월과 9월에 각각 최저치와 최대치를 나타내었다.

Table 3-5-8. Monthly variations of the number of species and abundance of ichthyoplankton collected around the Jeju Island, South Korea.

Month	Order	Family	Species	Abundance (Indi./1,000m ³)
February	9	27	49	29.29
March	13	32	64	23.86
April	8	21	31	43.80
May	4	5	6	19.75
June	11	30	47	25.1
August	14	60	151	150.49
September	9	24	39	184.95
October	8	17	21	1.49
November	13	56	115	25.23

(다) 서식유형

제주 주변해역의 난자치어 서식특성을 파악하고자 출현한 어종을 대상으로 서식유형을 온대성 어종, 아열대성 어종, 열대성 어종으로 구분한 결과(Fig. 3-5-7), 온대성 어종이 68.1%로 대부분을 차지하였고, 다음으로 아열대성 어종(22.3%)의 비중이 높았으며, 열대성 어종(9.7%)이 가장 적었다. 온대성 어종은 전 정점에서 분포하는 것으로 나타난 반면에 열대성 어종과 아열대성 어종은 제주도 서쪽보다는 제주도 남쪽과 동쪽으로 편중되어 출현한 것으로 파악되었다(Fig. 3-5-8). 이와 같은 결과는 제주 남동부 해역으로 쿠루시오해류로부터 분지된 고온의 대마난류수가 유입되고 있는 점을 고려할 때, 대마난류수와 밀접한 관련이 있을 것으로 추정된다.

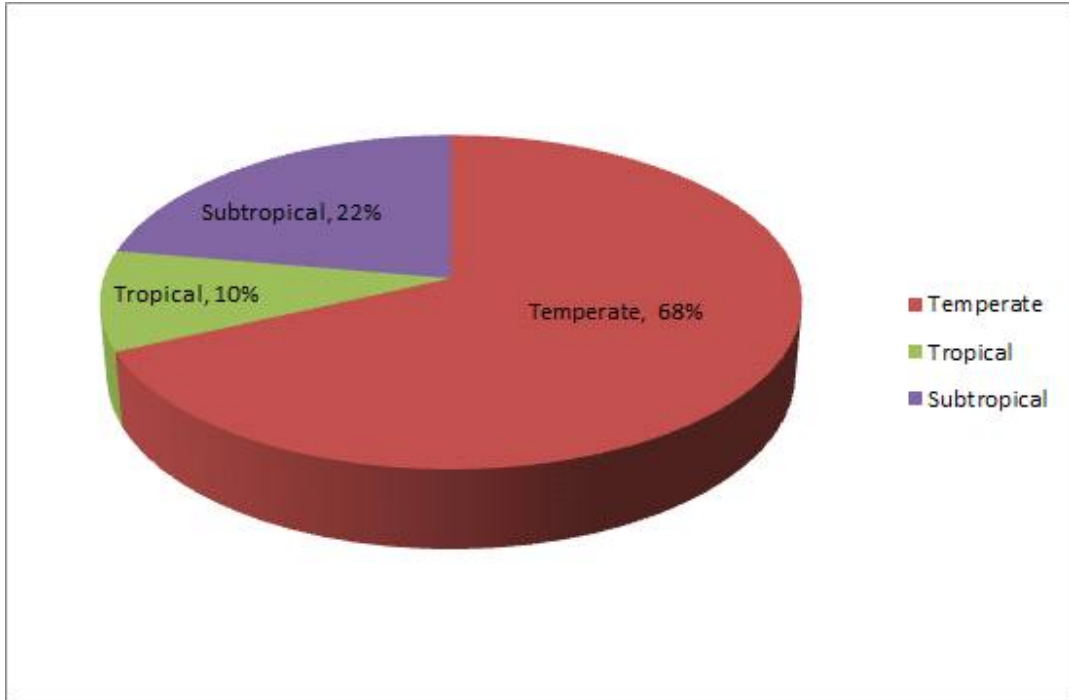


Fig. 3-5-7. The proportion of each ecological guild of the ichthyoplankton occurred around the Jeju Island, South Korea.

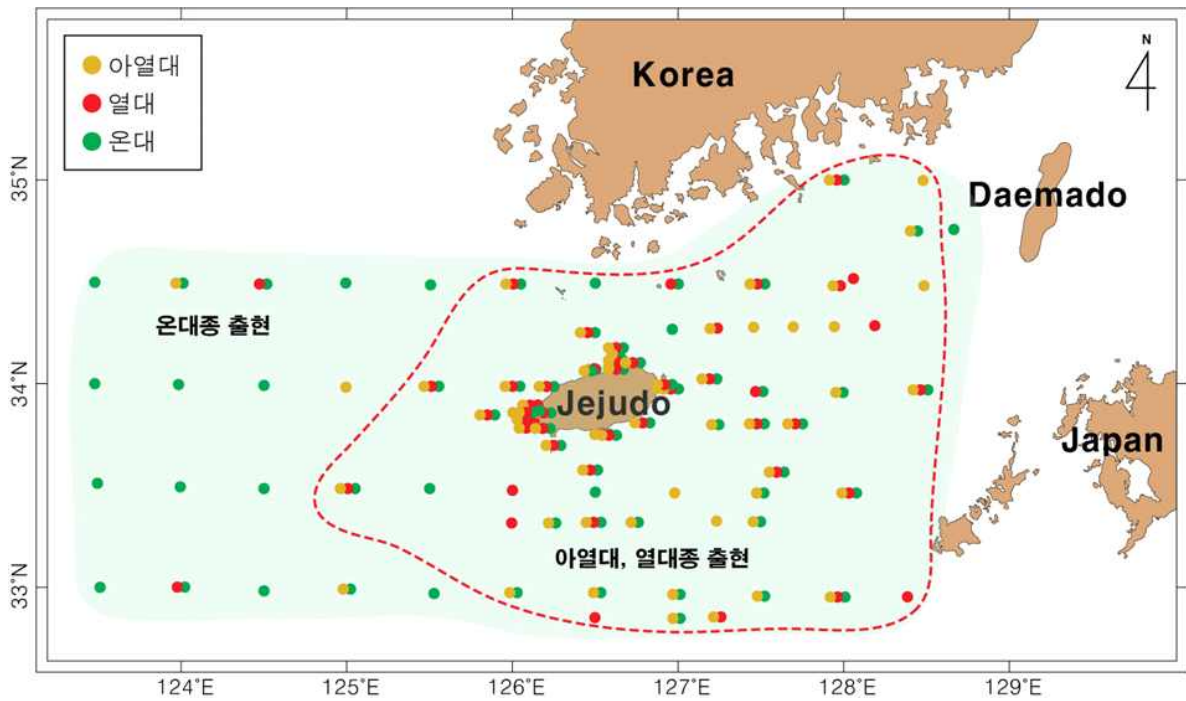


Fig. 3-5-8. Spatial distribution in ecological guild of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island, South Korea. Slightly shaded area with Green color and red dotted line are represent the occurrence of temperate species and tropical and sbutropical species, respectively.

(2) 제주 연안해역 현장관측

(가) 종조성

본 조사에서 출현한 어란은 멸치(*Engraulis japonicus*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinnis*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*), 옥돔(*Branchiostegus japonicus*), 황옥돔(*Branchiostegus argentatus*), 옥두어(*Branchiostegus albus*), 눈불대(*Doederleinia berycoides*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 외 미동정종이었다. 이 중에서 형태형질로 구별이 가능한 멸치를 제외한 7종은 유전자분석기법으로 동정되었다. 자치어는 57개 분류군과 미동정종으로 구분되었다. 과(Family) 수준으로는 12개 분류군, 속(Genus) 수준으로는 9개 분류군, 종(Species) 수준으로는 36개 분류군이 동정되었다. 유전자분석기법으로 동정을 시도한 개체 중 새롭게 밝혀진 종은 새눈치(*Acanthopagrus latus*)였다. 출현종수는 8월에 40종, 10월에 31종이었고, 8월에 멸치의 우점으로 출현량이 높게 나타났다. 두 조사 시기에 모두 출현한 종은 제주도 연안에서 연중 출현하는 멸치, 제주연안에서 산란, 서식하는 자리돔류, 정착성 어종인 망둑어류 등으로 7종이었다(Table 3-5-9).

(나) 계절별 출현양상

8월에 출현한 어란은 형태형질적인 분석으로는 멸치와 미동정종으로 구분되었다. 멸치가 전체 출현량의 42.7%였고, 미동정종은 57.3%의 비율을 차지하였다. 미동정된 어란은 COI 유전자 염기서열을 이용하여 종을 동정하였다. 분자동정 결과, 조사정점 J01 주된 출현종은 옥돔, 황옥돔, 옥두어, 눈불대였으며, *Balistes vetula*, *Hoplostethus atlanticus*, *Percina phoxocephala*, *Percina nasuta*, *Harttia novalimensis*, *Harttia carvalhoi*, *Cynoscion nothus*, *Dendropsophus mathiassoni*, *Kyphosus incisor*, *Cichla orinocensis*, 황줄깜정이(*Kyphosus vaigiensis*)의 COI 유전자의 염기서열과 90% 이상의 유사성을 가진 어란도 출현하는 것을 확인하였다. 정점 J03의 주된 출현 어란은 놀래기와 용치놀래기였고, *Coris dorsomacula*, *Halichoeres prosopeion*, *Odonus niger*, 새눈치(*Acanthopagrus latus*), *Boops boops*, *Sparus aurata*, *Melichthys niger*의 COI 유전자의 염기서열과 80% 이상의 유사성을 가진 어란도 출현하는 것을 확인하였다. 정점 J12에서는 놀래기, *Halichoeres prosopeion*, *Halichoeres melanochir*가 출현하였고, 정점 J11에서는 놀래기, *Halichoeres prosopeion*, *Halichoeres melanochir*가 주로 출현하였고, 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)을 비롯한 돔류의 어란도 출현하였다. 4개의 조사 정점에서 출현한 종의 대표적인 염기서열은 Fig. 3-5-9와 같다. 출현량 범위는 2,545.6~20,254.9 개/1,000m³였으며, 행원리와 우도 근처의 연안쪽에서 높은 출현량을 나타내었다.

자치어는 과(Family), 속(Genus), 종(Species) 수준의 34개 분류군으로 동정되었다. 멸치가 44.2%를 차지하여 우점하였고 다음으로 자리돔류(*Chromis* sp.), 고등어(*Scomber japonicus*), 망둑어류(*Gobiidae* spp.), 학치류(*Gobiesocidae* sp.), 돛양태류(*Repomucenus* sp.) 순이었으며 나머지 종은 모두 출현량 비율이 2.0% 미만으로 나타났다. 이 중에서 전자어기 0.8%와 기타 종을 합해서 31.8%가 미동정되었다. 형태형질로 미동정된 자치어 중 유전자분석기법으로 새눈치가 동정되었다. 분자동정을 실시한 주요 출현종의 염기서열 정보는 Fig. 3-5-10과 같다. 출현량 범위는 146.8~1130.9 개체/1,000m³였으며, 우도 북쪽에

위치한 정점 J12'에서 가장 높았고, 행원리 앞의 정점 J01에서 가장 낮게 나타났다. 정점 별 출현 종 수는 15~26종으로 행원리 연안보다 우도 인근에서 다양한 어종이 출현하여 출현량과 비슷한 경향을 나타내었다(Table 3-5-10 Fig. 3-5-11, Fig. 3-5-12).

Table 3-5-9. Seasonal variations of the number of species and abundance of ichthyoplankton collected around the Jeju Island, South Korea.

Species	Korean name	Mean abundance (ind./1,000m ³)		Total	Percentage
		2015.08	2015.10		
Eggs					
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	4836.9	26.0	4862.9	42.19
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기				
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기				
<i>Branchiostegus japonicus</i>	옥돔				
<i>Branchiostegus argentatus</i>	황옥돔				
<i>Branchiostegus albus</i>	옥두어				
<i>Doederleinia berycoides</i>	눈볼대				
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔				
others		4212.7	171.9	4384.6	57.81
eggs total		11328.3	197.9	11526.2	100.00
Larvae					
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	251.9	0.7	252.6	43.26
<i>Chromis</i> sp.	자리돔류	90.4	0.1	90.5	15.50
<i>Scomber japonicus</i>	고등어	52.0		52.0	8.90
<i>Chromis notata</i>	자리돔	18.2	3.8	22.0	3.77
Gobiidae spp.	망둑어류	17.2	0.8	18.0	3.08
Gobiesocidae sp.	학치류	14.5		14.5	2.48
<i>Repomucenus</i> sp.	돛양태류	12.6		12.6	2.15
<i>Mugilogobius fontinalis</i>	제주모치망둑	8.7	0.1	8.8	1.51
<i>Spyraena pinguis</i>	꼬치고기	8.4		8.4	1.43
Gobiidae sp.3	망둑어류	8.1	0.1	8.2	1.40
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	7.9		7.9	1.36
others	53종	79.6	8.9	88.5	15.2
larvae total		569.3	14.5	583.8	100.00
Number of species		40	31	64	

10월에 출현한 어란은 멸치(*Engraulis japonicus*)와 미동정종으로 구분되었다. 멸치가 전체 출현량의 13.1%를 차지하였고, 미동정종은 86.9%였다. 출현량 범위는 6.0~620.5 개/1,000m³였으며 제주항과 신흥리, 행원리 연안에서 높은 출현량을 나타내었다. 자치어는 과(Family), 속(Genus), 종(Species) 수준의 30개 분류군으로 동정되었다. 자리돔(*Chromis notata*)이 26.3%를 차지하여 우점하였고 다음으로 악어치(*Champsodon snyderi*), 망둑어류(*Gobiidae* spp.), 갈치(*Trichiurus lepturus*), 멸치, 바리류(*Serranidae* sp.), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 동갈메기(*Sirembo imberbis*) 순이었으며 나머지 종

은 모두 출현량 비율이 3.0% 미만으로 나타났다. 이 중에서 11.8%가 미동정되었다. 출현량 범위는 0~44.2 개체/1,000m³였으며, 성산리 인근해역에서 다소 높은 출현량을 나타내었다. 정점별 출현 종 수는 0~16종으로 하도리와 성산리 인근해역에서 다양한 어종이 출현하여 출현량과 비슷한 경향을 나타내었다(Table 3-5-11, Fig. 3-5-11, Fig. 3-5-12). 조사기간 동안 출현한 자치어를 촬영하여 부록 3과 부록 4에 실었다.

(다) 우점종

8월에는 멸치 어란이 전체 출현량의 42.7%, 자치어가 44.2%를 차지하여 출현종 중 가장 우점하였다. 전 조사정점에서 출현하였고, 어란의 출현량 범위는 2189.7~7784.0 개/1,000m³였고 자치어는 19.6~562.8 개체/1,000m³였다. 어란과 자치어 모두 하도리와 우도 인근의 정점 J11과 J12에서 높은 출현량을 나타내었다. 다음으로는 자리돔류였는데 어란의 출현은 없었고, 자치어는 전체 출현량의 15.9%를 차지하였다. 전 조사정점에서 출현하였고, 자치어의 출현량 범위는 31.2~187.6 개체/1,000m³였으며, 행원리보다는 하도리 인근에서 다소 높은 출현량을 나타내었다(Fig. 3-5-13).

10월에는 자리돔 자치어가 전체 출현량의 26.3%를 차지하여 우점하였다. 어란은 출현이 확인되지 않았다. 주로 신흥리와 행원리, 하도리 연안과 성산리 바깥쪽 정점에서 출현하였고, 자치어의 출현량 범위는 1.4~26.5 개체/1,000m³였다. 다음으로는 악어치였는데 어란의 출현은 없었고, 자치어는 전체 출현량의 8.1%를 차지하였다. 주로 제주항과 신흥리, 성산리 연안과 하도리 바깥쪽에서 출현하였고, 자치어의 출현량 범위는 1.4~4.8 개체/1,000m³였다(Fig. 3-5-13).

Jeju 201508 St.1-3 C01 [Branchiostegus japonicus, Ident.400/423(95%)]

```

1 CCCCCGACAT AGCCTTTCCT CGAATAAATA ATATGAGCTT CTGACTTCTC CCCCCCTCAT
61 TCCTACTCCT TCTCGCCTCC TCCGGAGTAG AAGCTGGAGC CCGGACCGGC TGAACAGTAT
121 ATCCCCCTTT ABCTGGAAAC CTAGCCACG CAGGAGCTTC CGTTGATTTA ACAATCTTCT
181 TCCCTTCATC TGGCAGGGGT GTCTTCAATC CTCGGAGCAA TTAACCTTAT CACTACAGAT
241 TATCAATATG AAACCTCCGG CCACCTCACA ATATCAAACC CCCTTATTG TCTGATCTGT
301 ACTAGTTACC GCTGTTCTCC TCCTTCTATC CCTCCCCGTC CTTGCCGCCG GCATTACAAT
361 GCTTCTGACA GACCBAACC TAAATACCTA CCTCTCTTTG ACCCTGCAAG AGGAGGGAT
421 CCA

```

Branchiostegus japonicus mitoch. complete genome
Accession: GQ410268.2 | Length: 632 | Number of Reads: 1

Jeju 201508 St.2-1 C01 [Halichoeres tenuispinis, Ident.284/345(82%)]

```

1 TCAATTTTGT TGGTAAGATG GGTCTCTCT TCTCCTGGAT CAAAGAATGT GGTGTTTAAA
61 TTCCGCTCTG TAAGGAAAAA GAAATCCCG CAGCAAGGAC GGGCAGGAAA AGAAGGAGCA
121 CTACTCCTGT AATTAGAAC GCTCAACAAA ATAGGGGGGT TTGATATTGT GAAATGGCTG
181 GGGGTTTCAT GTTAACCCGT GTTGAATAA AATTAATTC CCCTAAAATA GATGAATAC
241 CGCTAAATG AAGGGAAAAA ATTCTAAGGT CTACAGATGC ACCGGCTGC GCTAGGCTAC
301 CGGTAGGGG TGGGTCCACT CTTACGCCGG TGCAGCTCCT GCTTCTCCTC CTCATAAATT
361 TTGGATGAGA ACCAAAGCTG GTGAACAAT AAAATACCTT ATTGCTTGC TCGGGGAAA
421 CTTTTCCAG GAGTGTITTT TCATTCGGTT TGTATGAA CTAATTTCT ACCTTCTCT
481 ATGCCAT

```

Halichoeres tenuispinis mitochrion, complete genome
Accession: GQ410268.2 | Length: 1722 | Number of Reads: 1

Jeju 201508 St.3-1 C01 [Halichoeres tenuispinis, Ident.271/277(98%)]

```

1 CTCGAAATAA ATAACATGAG CTTCGACTT CTCCTCCCTT CATTCTCTCT TCTCCGCGCC
61 TCATCAGGGG TAGAAGCAGG TGCCGGAACC GGTGGAACAG TTACCCGCC CCTGGCGGGA
121 AACCTGGCCC ACGCCGGGGC CTCCTAGAC CTAACATCTT TCTCCCTTCA CTTAGCCGGT
181 ATTTCTCTTA TTTTAGGTGC AATCAATTTT TATTACAACC ATCATTACA TGAACCCCCC
241 AGCCATTCA CAATACCAA CACCCTCTT TGTCTGA

```

Halichoeres tenuispinis mitochrion, complete genome
Accession: GQ410268.2 | Length: 1722 | Number of Reads: 1

Jeju 201508 St.4-1 1-C01 [Halichoeres tenuispinis, Ident.554/557(99%)]

```

1 CCCGGCCTC CTCTTGGAGA CGACCAAAAT TATAATGTAA TCGTTACAGC CCATGCGTTC
61 GTAATAATTT TCTTTATAGT AATGCCCATC ATAATCGGCG GATTTGGGAA CTGGCTGATC
121 CCCCTAATGA TCGGGCCACC AGACATGGCC TTCCCTCGAA TAAATAACAT GATTTCTGGA
181 CTTCTCCCCC CTTCATTTCT TCTTCTCCTC GCCTCATCAG GGTAGAAGC AGBTGCCBGA
241 ACCGGTTGAA CAGTTTACCC GCCCTGGGG GGAACCTGG CCCACCGGG GCGCTCCGTA
301 GACCTAACTA TCTTCTCCCT TCACTTAGCC GGTATTTCCT CTATTCTAGG TGCAATCAAC
361 TTTATTACAA CCATCATTA CAATGAACCC CAGCCATT CACAATACCA AACACCCCTC
421 TTTGCTGAG CTGACTCAT TACCAGATA CTACTTCTT TTTCCCTGCC CGTCTAGCT
481 CCGGGAATTA CAATGCTCCT TACAGATCGA AATCTAAACA CCACCTTCTT TGACCCGGCA
541 GAGGGGGGG ACCCCAT

```

Halichoeres tenuispinis mitochrion, complete genome
Accession: GQ410268.2 | Length: 1722 | Number of Reads: 1

Jeju 201508 St.4-1 2-C01 [Rhabdosargus thorpei, Ident.368/419(88%)]

```

1 GGGTCTCCTC CTCCAGCTGG GTCAAAGAAA GTGGTATTTA GGTGCGATC TGTTAGGAGC
61 ATTGTAATTC CGCCGGCAAG GACTGGAGGG GACAGGAGAA GAGGACGGC GGTAAATTGA
121 ACAGCCACCA CGAATAGGGG TATTTGGTAT TGCAGGGCCC CCGGAGGTTT TATGTTAATA
181 ATAGTTGTAA TGAATTAAT GCGCCCTAGA ATTGATGATA TACCTGCTAG GTGAAGGGAA
241 AAAATAGTGA GGTCTACGGA TGCCCTCGC TGGCTAGGT TCCCTGCTAA AGGGGGTAA
301 ACAGTCCATC CGGTGCCGGC CCCAGCTTCA ACTCCGGAAG ACGCTAGGAG GAGAATAAAG
361 GATGGGGGGA GTAGTCAAAA GCTTATGTTA TTATTGCGG GGAATGCTAT TTCGGGGC

```

Rhabdosargus thorpei mitoch. complete genome
Accession: GQ410268.2 | Length: 1722 | Number of Reads: 1

Fig. 3-5-9. CO I gene sequences of fish eggs collected of around Jeju island at 13 August 2015.

```

Jeju 201508 St. 1-3 Larvae 1-2 COI
1 TCAGAAAGTGT TTGTTAAAGG TTGTTTCGCC TCCTCCGCGG ATCAAACATG TGGTGTATTAT
41 GTTTCCGATCG GTTTTAAAGG GGATGCCGCG AGTAAGACTG GAAGGGATAG AAGTATTACTG
121 ACTGGGAGTGA TGAAACCGGG TCATACGTTT AGGGGGGTTT GATACCTTGG AAATAGCGAAG
181 GGCGCTTTTT TACTTCCCTC TAAAATGTGA CTGTGATGCT CTTTTCATAA AAGTATATCCG
241 GGCTTGGGGA CTGAAATAAA TGGTCAATTT TCGGG

```



```

Jeju 201508 St. 1-3 Larvae 1-5 COI
1 CCATGTCAAT AGTTTCCGAA TTGAGTTTAG GGAAGTAGGA ACGGCCCTCA GCTTACTCAT
61 CCGGGCTGAG CTAAGCCAGC CGGGGCTCTC CCTTGGAGAC GACCAAAATTT ATAATGTAAT
121 CGTTACAGCC CATGCTTTCC TAATAATTTT CTTTATAGTA ATGCCCATCA TAATCGGCGG
181 ATTTGGGACG TGGCTGATCC CCTAATGATG CGGGGACCCA GACATGGGCT TCCCCTGGAA
241 AAATAACATG AGTTTCTGAC TTCTCCGCCG TTCATTTCCT CTTCCTCCCG GATCATCAAG
301 GGTAAGAGCA GGTGCCGGAA CGGGTGAAC AGTTTACCGG CCCTGGGCGG GAACCTGGCG
361 CCACGCCGGG GCTTCGGTAG ACCTAAGCAT CTTCGCCCTT CACTTAGCCG GTATTCCCTC
421 TATTCTAGGT GCAATCAACT TTATAGCAAC CATCATTAA C ATGAAACCCC CAGCCATTTC
481 ACAATACCAA ACACCCCTCT TTGTGAGGC TGTACTGAT ACCGACATCT TACTTCTCTT
541 TTCCCTGCCG GTCTAGCTG CGGAATTAC AATGCTCCTT ACAGATCGAA ATCTAAACAC
601 CACCTTCTTT GACCCGCGAG GAGGGGGGGA CCCCATTCG TACCAACACT TATTCTGATT
661 TTTTGGCACC GGAAATTTA AA

```



```

Jeju 201508 St. 1-3 Larvae 1-7 COI
1 GACAGCTTTA AACCTCCTCA TTGAGGAGGA ACTAATTTAA GGGGAAATCT CCTTGGAGAC
61 GACCAAATTT ATAAAGCTAT CGAAAAAGAG CACGGCTTTG TAATAATTTT CTTTATAGTA
121 ATACCAATTA TGATGGGTGG TTCTGGAAGC TGACTTATTT CTCAAATGAT CGGGGCCGCG
181 GATATTGAGT TCCCTGAAAT GAACAACATA AGCTTTTGGC TTCTCCGCCG CTGATTCTCTA
241 CTCTCTGCTG CTCTCTCTGG CTTGAGGGCG GGAGCAGGTA CAGGATGAA CAGTATCCCG
301 CCCTATACAG GAACCTGGCG ACACGCGAGG GCCTCGGTAG ACCTAACCAT CTTCCTCGCTG
361 CACTTAGCAG GTATCTCTCT TATCTCGGGA GCAATCTTTT TTATTACTAG TATTATTAAC
421 ATGAAAGCCC CTGCTATCTC CCATATCCAA ACCCCCTCTT TCGTATGAGC TGTTCTCATC

```



```

Jeju 201508 St. 1-3 Larvae 1-9 COI
1 CCTTTAATT TAGTATTGCG AGCCTGAGCT GGAAGTAGGG AACAGGCTCT CAGCCACTGC
61 ATTCGGGCTG AACTGAGCCA ACCGGGCGCT CTCTTTGGGG ACBACCAAA TATAATGTA
121 ATCGTTACGG CCCATGCTTT CGTAATAAAT TTCTTTATAG TAATGCCCAT TATAATCGGA
181 GGATTTGAAA ACTGACTGAT CCCCCTAATG ATCGGAGCCC CTGACATGGC CTTCCTCGGA
241 ATAAATAATA TGAGTTTTGG AGTTTCCGCC CCTTCTCTCT TACTTCTCTT TGCCCTCTCA
301 GGGTGAGAA GAGGTGCTGG AACCGGTTGA ACAGTTTACC CTCCCTGGCG GGAACCTGG
361 GCGCACGGCG GGGGCTCGGT AGACCTTACT ATCTTTTCCC TTCACTTAGC CGGATTTCCA
421 TCTATTCTAG GTGCAATCAA TTTTATTACA ACCATCATTA ACATGAAACC CCCAGCCATT
481 TCACAATACC AAACCCCTCT TCTTGTCTG AGAGTCTCTC ATTACCGCAG TACTACTCCG
541 TTCTTTCCCT GCGCTGCTCT ATGCTGGCGG ABATTACTAG GTTCTTAACA GAACCAAATC
601 TACACCCGAC CTTCTTTGAA ATGCTGCAAG AAGGAGGGAC CCATTTCTGT ACCACATCAA
661 TCTGATTTTT GTCGCC

```



```

Jeju 201508 St. 2-1 Larvae 2-1 COI
1 ACOTTTATGA GTATTCTGGA GCGTGAAGCG GGAAGTAGGA ACGGCCCTCA GCTTACTCAT
61 CCGGGCTGAG CTAAGCCAGC CGGGGCTCTC CCTTGGAGAC GACCAAAATTT ATAATGTAAT
121 CGTTACAGCC CATGCTTTCC TAATAATTTT CTTTATAGTA ATGCCCATCA TAATCGGCGG
181 ATTTGGGACG TGGCTGATCC CCTAATGATG CGGGGACCCA GACATGGGCT TCCCCTGGAA
241 AAATAACATG AGTTTCTGAC TTCTCCGCCG TTCATTTCCT CTTCCTCCCG GATCATCAAG
301 GGTAAGAGCA GGTGCCGGAA CGGGTGAAC AGTTTACCGG CCCTGGGCGG GAACCTGGCG
361 CCACGCCGGG GCTTCGGTAG ACCTAAGCAT CTTCGCCCTT CACTTAGCCG GTATTCCCTC
421 TATTCTAGGT GCAATCAACT TTATAGCAAC CATCATTAA C ATGAAACCCC CAGCCATTTC
481 ACAATACCAA ACACCCCTCT TTGTGAGGC TGTACTGAT ACCGACATCT TACTTCTCTT
541 TTCCCTGCCG GTCTAGCTG CGGAATTAC AATGCTCCTT ACAGATCGAA ATCTAAACAC
601 CACCTTCTTT GACCCGCGAG GAGGGGGGGA CCCCATTCG TACCAACACT TATTCTGATT
661 TTTTGGCACC GGAAATTTA TAA

```



```

Jeju 201508 St. 4-1 Larvae 4-1-1 COI
1 AATTTGCTCT TGAGCTGATG AGTAGGTACA GCTTTAAGCC TTCTCATTG AGCTGAATTA
61 AGAAACCAAG CCGCTCTCCTT GGAACGACC AAATTTATAA CGTATCTTT ACBGCACAG
121 CCTTTGTAAT AATTTCTCTT ATAGTAATAC CAATATGATG TGGTGGTTT GGAACCTGAG
181 TTATGCCCTC TAATGATCGG CGCCGCCGAT ATGGCATTCC CTGAAATGAA CAACATAAAC
241 TTTTGACTTC TTCCGCCGTC ATYCTCACTC CTGCTCGCTT CCTGCGCTG TGAGCGGGGA
301 GCAGGTACAG GATGAACAGT TACCCGCCCG CTATCAGGAA ACCTGGCCCA CGCAAGGGCC
361 TCCGTAGACC TAACCATCTT CTCCCTGCAC TTACAGGATA TCTCTCTAT CCGTGGAGCA
421 ATCAATTTCA TTACTACTAG AAGCCCCCTG CTATCTCCA GTATCCCCG
481 CTCTCTCTGT ATGACTGCT CACATCAGG AGTACTTCTA CTCTATCCG TTCCATCTCT
541 GCTGCGCGCC ATCAATGCT TCTAACCGAT CGAAACCTAA ACACCAACT CTTCGATCTT
601 GCGGAGGAA GAACCCCAAT TCTCTA

```



```

Jeju 201508 St. 4-1 Larvae 4-1-2 COI
1 ACAGCCTTAA GCTTCTAAT TCGAGCTGAA TTAAGTAAA GGGAGCCCTC CTTGGGAGCG
61 ATCAAATTTA CAATGTTATY ACACAAGATC ACGGCTTCTG AATAATTTT TTCAATGTTA
121 TACCATTCAAT GATCGGAGCG TTTGSCAATT GATTAATCTT TTAATAAGAT CGGTGCCCTT
181 GACATGACAT TCCGCCGAGT AAACAACATG AGTTTTTGGC TTCTCCGCCG CTGATTTCCT
241 CTCTCTTAGC CTTCTTCCGG TGTAGAGCA GGGGCCGGGA CAGGGTGGAC TGTTTATCCG
301 CCTCTTTTAG GTAACCTGGC ACACGCTGGG GCCTCGGAGG ATTTAACAT CTTTTCCCTA
361 CATTTAGCGG GCAATTCGCT AATTTAGGGA GCTATTTTTT TTTTACTAG TATTATTAAC
421 ATGAAAGCCC CATCCATCTC TCAATACCCG CACCATTATY AGTTTAAAGG GTATTAATTA
481 CTGCTGTTCT TCTTCTGCTT ACITTCCTG

```

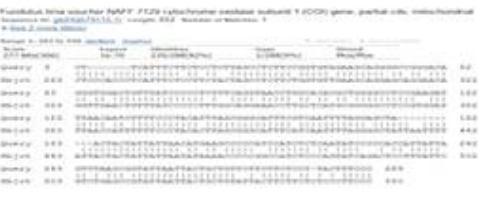


Fig. 3-5-10. CO I gene sequences of fish larvae collected of around Jeju island at 13 August 2015.

Table 3-5-10. Species composition of ichthyoplankton collected around the Jeju Island in August in 2015.

Species	Korean name	Abundance (ind./1,000m ³)				Total	Percentage
		J03	J12	J11	J01		
Eggs							
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	2189.7	5440.8	7784.0	3993.0	19347.5	42.7
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기						
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기						
<i>Branchiostegus japonicus</i>	옥돔						
<i>Branchiostegus argentatus</i>	황옥돔						
<i>Branchiostegus albus</i>	옥두어						
<i>Doederleinia berycoides</i>	눈볼대						
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔						
others		355.9	2127.4	7160.4	16321.8	25965.7	57.3
eggs total		2545.6	7568.3	14944.5	20254.9	45313.3	100.0
Larvae							
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	169.8	562.8	255.3	19.6	1007.5	44.2
<i>Chromis</i> sp.	자리돔류	31.2	187.6	105.9	36.7	361.5	15.9
<i>Scomber japonicus</i>	고등어	16.3	137.7	53.8	-	207.8	9.1
<i>Chromis notata</i>	자리돔	16.3	6.9	10.4	39.2	72.8	3.2
Gobiidae spp.	망둑어류	19.0	36.1	8.7	4.9	68.7	3.0
Gobiesocidae sp.	학치류	-	-	55.6	2.4	58.0	2.5
<i>Repomucenus</i> sp.	꽃양태류	13.6	20.7	8.7	7.3	50.3	2.2
<i>Mugilogobius fontinalis</i>	제주모치망둑	24.5	6.9	3.5	-	34.8	1.5
<i>Spyraena pinguis</i>	꼬치고기	-	29.3	1.7	2.4	33.4	1.5
Gobiidae sp.3	망둑어류	-	17.2	5.2	9.8	32.2	1.4
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	23.1	1.7	6.9	-	31.8	1.4
<i>Halichoeres</i> sp.	놀래기류	4.1	13.8	-	-	17.8	0.8
Gobiidae sp.4	망둑어류	8.2	6.9	-	-	15.0	0.7
<i>Takifugu niphobles</i>	복섬	-	-	10.4	2.4	12.9	0.6
<i>Aulichthys japonicus</i>	실비늘치	-	-	8.7	-	8.7	0.4
<i>Luciogobius</i> sp.	망둑어류	-	-	6.9	4.9	6.9	0.3
Labridae sp.	놀래기류	-	-	3.5	4.9	5.9	0.3
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	-	5.2	-	-	5.2	0.2
<i>Acanthopagrus latus</i>	새눈치	-	-	-	2.4	4.9	0.2
<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	-	-	-	-	4.9	0.2
<i>Syngnathus schlegelii</i>	실고기	1.4	1.7	1.7	2.4	4.8	0.2
<i>Aspasmichthys ciconiae</i>	황학치	-	1.7	-	-	4.2	0.2
<i>Coryphaena hippurus</i>	만새기	-	1.7	1.7	-	3.5	0.2
<i>Stephanolepis cirrhiifer</i>	쥐치	-	3.4	-	-	3.4	0.2
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	-	3.4	-	-	3.4	0.2
Gobiidae sp. 1	망둑어류	1.4	1.7	-	-	3.1	0.1
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	점넙치	1.4	1.7	-	-	3.1	0.1
Gobiidae sp.2	망둑어류	-	-	1.7	-	1.7	0.1
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	청줄돔	-	-	1.7	-	1.7	0.1
<i>Decapterus maruadsi</i>	가라지	-	-	1.7	-	1.7	0.1
<i>Gymnogobius</i> sp.	망둑어류	-	-	1.7	-	1.7	0.1
<i>Auxis rochei</i>	몽치다래	-	1.7	-	-	1.7	0.1
<i>Erisphex potti</i>	풀미역치	-	1.7	-	-	1.7	0.1
<i>Sillago japonica</i>	청보리멸	-	1.7	-	-	1.7	0.1
전자어기		-	13.8	5.2	-	19.0	0.8
Unidentified sp. 1		-	-	1.7	-	1.7	0.1
Unidentified sp. 2		-	-	6.9	-	6.9	0.3
Unidentified sp. 3		10.9	8.6	-	2.4	21.9	1.0
Unidentified sp. 4		1.4	-	-	-	1.4	0.1
others		28.5	55.1	59.0	4.9	147.5	6.5
larvae total		370.8	1130.9	628.7	146.8	2277.2	100.0
Number of species		16	26	24	15	40	

Table 3-5-11. Species composition of ichthyoplankton collected around the Jeju Island in October in 2015.

학명	국명	출현량 (개체/1,000m ³)															합계	백분율
		J1-1	J1-2	J1-3	J2-1	J2-2	J2-3	J3-1	J3-2	J3-3	J4-1	J4-2	J4-3	J5-1	J5-2	J5-3		
Eggs																		
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	371.9			18.4												390.2	13.1
others			69.7	19.3	602.2	74.2	6.0	534.5	123.1	542.7	49.2	138.0	68.9	109.2	208.0	33.6	2578.6	86.9
eggs total		371.9	69.7	19.3	620.5	74.2	6.0	534.5	123.1	542.7	49.2	138.0	68.9	109.2	208.0	33.6	268.8	100.0
Larvae																		
<i>Chromis notata</i>	자리돔				1.8			14.9			9.2		1.4		3.4	26.5	57.3	26.3
<i>Champsodon snyderi</i>	약어치	1.6			1.8	4.2						2.6	1.4	4.8	1.1		17.6	8.1
Gobiidae sp. 5	망둑어류				7.3	1.4		3.0	1.2			1.3			1.1		15.4	7.1
Gobiidae sp.	망둑어류	3.3		1.9					1.2				0.7	1.2		3.5	11.9	5.5
<i>Trichiurus lepturus</i>	갈치												1.4		6.7	3.5	11.7	5.4
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치								1.2	5.4			2.2	1.2			10.0	4.6
Serranidae sp.	바리류													3.6	3.4	1.8	8.7	4.0
<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔									2.7						5.3	8.0	3.7
<i>Sirembo imberbis</i>	동갈메기														6.7		6.7	3.1
<i>Xenocephalus elongatus</i>	푸렁퉁구멍												3.6		2.2		5.8	2.7
Sparinae sp.	도미류													4.8			4.8	2.2
<i>Neobythites sivicola</i>	그물메기												0.7	1.2	2.2		4.2	1.9
<i>Chelidoperca hirundinacea</i>	각시돔				1.8										2.2		4.1	1.9
<i>Saurida</i> sp.	메롱이류							3.0									3.0	1.4
<i>Lepidotrigla</i> sp.	성대류													1.2	1.1		2.3	1.1
<i>Echelus uropterus</i>	날붕장어				1.8												1.8	0.8
Gobiidae sp. 4	망둑어류				1.8												1.8	0.8
<i>Laemonema nana</i>	대구류															1.8	1.8	0.8
<i>Mugilogobius fontinalis</i>	제주모치망둑	1.6															1.6	0.8
<i>Enneapterygius etheostomus</i>	가막베도라치							1.5									1.5	0.7
<i>Hippocampus eterrinus</i>	진질해마							1.5									1.5	0.7
Gobiidae sp.3	망둑어류							1.5									1.5	0.7
Bothidae sp.	동갈넙치류													1.2			1.2	0.6
<i>Bregmaceros nectabanus</i>	날개멸류													1.2			1.2	0.6
<i>Chromis</i> sp.	자리돔류													1.2			1.2	0.6
<i>Synagrops philippinensis</i>	필립핀무굴치														1.1		1.1	0.5
<i>Caranx</i> sp.	진갱이류														1.1		1.1	0.5
<i>Apogon</i> sp.	동갈돔류														1.1		1.1	0.5
<i>Branchiostegus japonicus</i>	옥돔														1.1		1.1	0.5
Scorpaenidae sp.	양볼락류														1.1		1.1	0.5
Unidentified sp.		8.2						6.0			3.1		2.2	2.4	2.2	1.8	25.8	11.8
larvae total		14.7		1.9	16.5	5.6	3.0	28.3	3.7	8.1	12.3	3.9	13.6	24.0	38.0	44.2	218.0	100.0
Number of species		4		1	6	2	1	6	3	2	2	2	8	11	16	7	30	

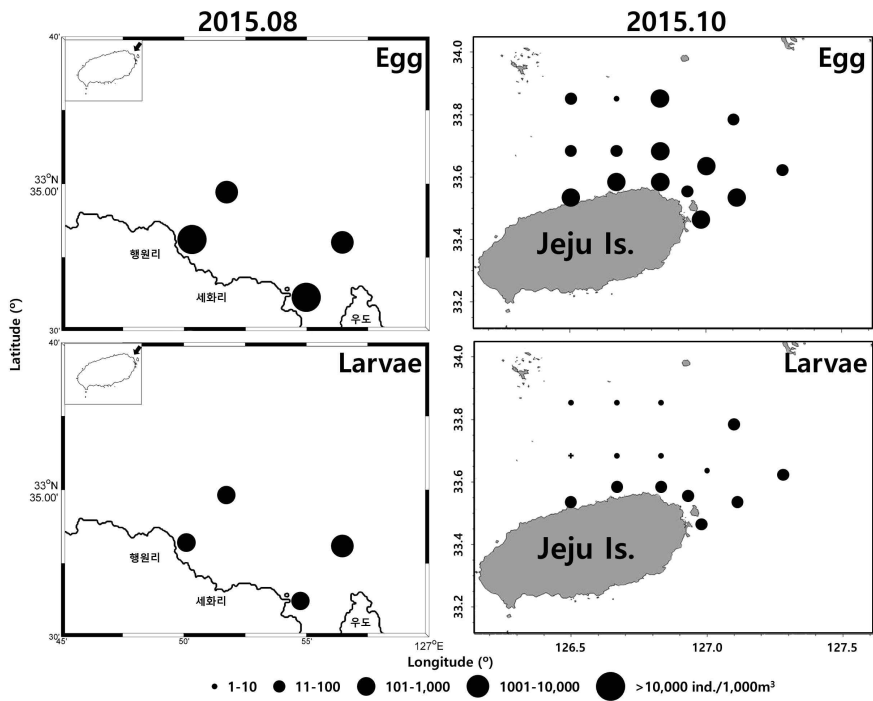


Fig. 3-5-11. Spatial distribution of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island.

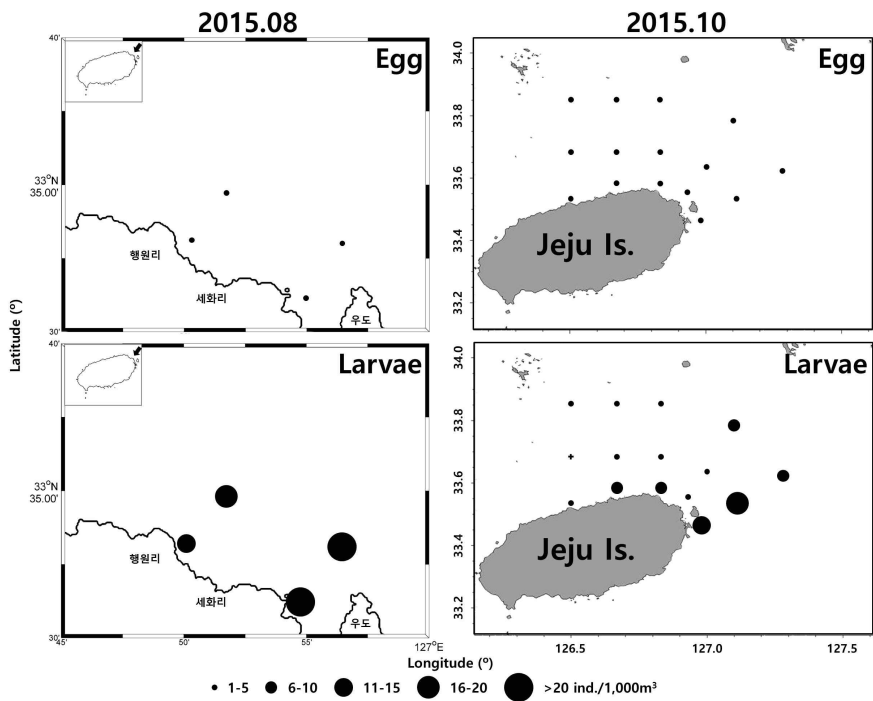


Fig. 3-5-12. Distribution of number of species of ichthyoplankton occurred around the Jeju Island.

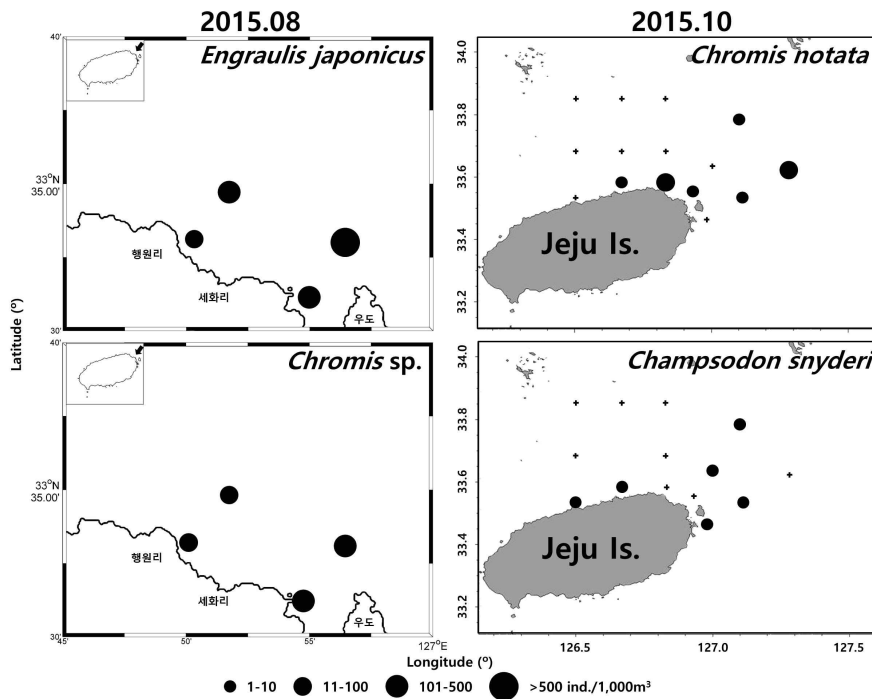


Fig. 3-5-13. Spatial distribution of dominant species occurred around the Jeju Island.

라. 결론

제주 주변해역에서 어류 난자치어의 다양성을 파악하기 위해 제주 주변해역에서 기수행된 문헌을 인용하여 분석하였다. 총 18목 92과 337종이 출현한 것으로 파악되었으며, 종 수준의 동정은 191종으로 전체 출현종의 56.7%였다. 우점종은 멸치였고, 그 다음으로 고등어, 가막베도라치(*Enneapterygius etheostomus*), 자리돔, 정어리(*Sardinops melanostictus*) 순이었다. 이들 5종이 전체 채집개체수의 75.2%를 차지하여 소수 종에 의한 점유율이 높았다. 출현 종수와 현존량은 시간에 따라 큰 폭으로 변동하였는데, 5월에 가장 적었고 8월에 가장 많았다. 현존량은 10월과 9월에 각각 최저치와 최대치를 나타내었다. 제주 주변해역에서 출현하는 난자치어는 온대성, 아열대성 및 열대성 어종으로 구성되었다. 온대성 어종은 제주 주변해역에 폭넓게 출현한 반면에 열대성 어종과 아열대성 어종은 제주도 서쪽보다는 동쪽과 남쪽으로 편중되어 출현하는 것으로 나타나, 쿠로시오 해류로부터 분지되어 북상한 고온의 대마난류수와 관련이 있는 것으로 추정된다.

2015년 8월과 10월의 조사에서 어란은 8개 분류군과 미동정종, 자치어는 57개 분류군과 미동정종으로 구분되었다. 이 중에서 종 수준까지 동정된 자치어는 36개 분류군으로 전체 출현종의 56.3%였다. 기존의 조사와는 달리 본 조사에서는 형태형질로 동정이 어려운 어란 및 자치어를 유전자 분석기법을 이용하여 동정하였다. 특히 어란은 형태형질적인 특징으로 구별이 가능한 멸치 이외에 놀래기, 용치놀래기, 옥돔, 황옥돔, 옥두어, 눈볼대,

감성돔 등 7종이 동정되어, 조사해역에서 출현하는 어종의 산란을 직접적으로 확인할 수 있었다. 또한 19종 이상이 CO1유전자의 80~90%이상의 유사도를 가지는 것으로 나타나, 이와 같은 방법으로 조사와 분석이 계속된다면 우리나라에서 어류다양성이 가장 높은 제주인근해역의 어란 및 자치어 종조성과 군집특성을 규명할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 제주인근 해역의 열대 및 아열대화에 기여하는 대마난류의 영향에 대한 평가가 가능할 것이다.

4. 저서동물

가. 제주도 해역에 분포하는 해양저서동물 문헌조사 및 분포 특성

제주 지역별로 해양저서동물 출현 양상을 비교해 보기 위해 제주를 네 지역(북서;North West(NW), 북동;North East(NE), 남동;South East(SU), 남서;South West(SW))으로 나눈 후, 2km씩 구획화하고 마을단위 별로 구분하여 문헌조사에 활용하였다(Fig. 3-5-14, Table 3-5-12).

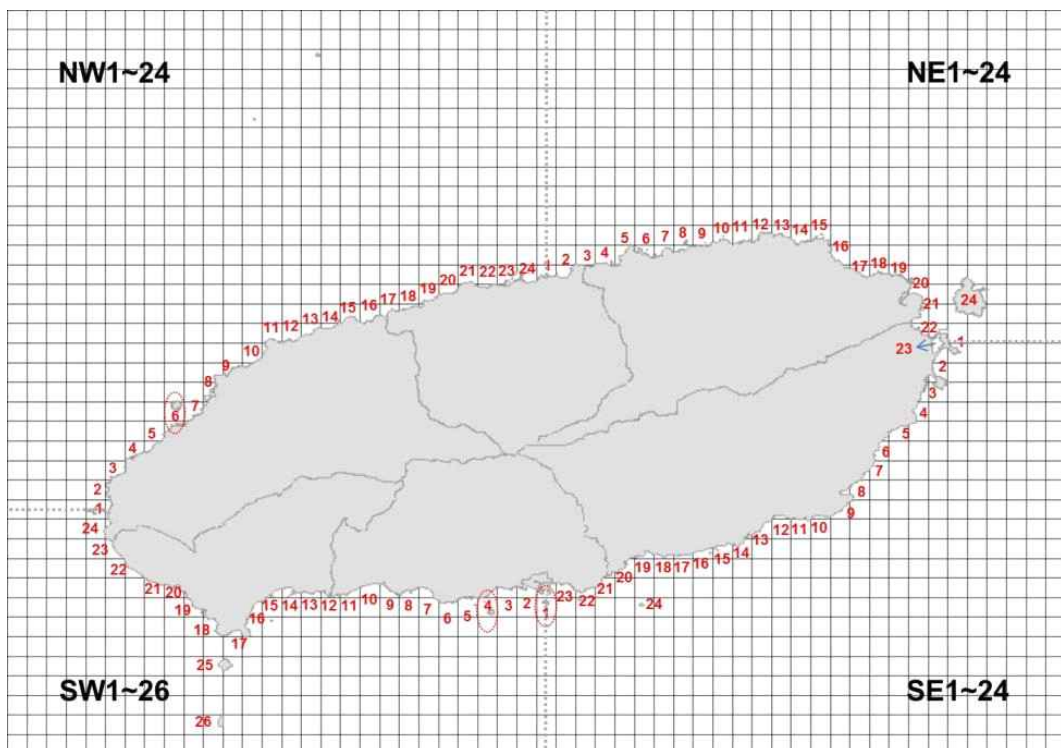


Fig. 3-5-14. Jeju map of 2km section for make marine benthos distribution chart.

1990~2015년 기간 동안 발간된 문헌조사 결과, 제주해역에 서식하는 해양저서동물은 8개문(Phylum)에서 총 1,668종(species)이 나타나는 것으로 확인되었다(Fig. 3-5-15). 보고된 자료를 종합해 보면 연체동물이 1,128종(67.6%)으로 가장 높은 비율을 차지하고 있었고, 절지동물과 자포동물이 각각 187종(11.2%), 131종(7.8%)으로 나타나 이들 세 동물군이 전체 86.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 나머지 분류군을 살펴보면, 극피동물(56종), 환형동물(55종), 해면동물(43종), 척삭동물(37종) 그리고 태형동물(31종) 순으로 조사되었다(부록 4). 조사 및 채집지역을 지역별로 구분해 본 결과, 남서쪽 지역이 1,036종으로 가장 높게 조사되었고, 남동쪽 540종, 북동쪽 219종 그리고 북서쪽 206종 순으로 확인

되었으며, 제주도 북쪽에 비해 남쪽에 서식하는 종이 다양한 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 이 결과에서 확인된 것이 조사자료가 부족하기 때문인지 아니면 서로 다른 환경에 의한 것인지는 좀 더 분석이 필요할 것으로 보인다.

Table 3-5-12. Appearance place of marine benthos according to the 2km section.

지역 정점명	North West (NW)	North East (NE)	South East (SE)	South West (SW)
1	차귀도	화북	성산일출봉(신양리)	서귀포항, 문섬, 천지연
2	용수리, 용당리	삼양	광치기 해변(고성리)	외돌개
3	신창항	신촌	섭지코지	속골천
4	금등리	조천	은평리	법환, 범섬
5	월령리	신흥	혼인지마을	서건도
6	비양도, 금능	정주항	신산리	강정항
7	협재	함덕, 서우봉	신천리	월평포구
8	한림, 옹포천	북촌, 다려도	표선해수욕장	대포포구
9	귀덕리	동복리	제주민속촌박물관 남쪽	대포주상절리
10	곽지리	목지섬, 김녕항	세화리	중문해수욕장
11	애월항	김녕	토산리	논짓물
12	고내포구	덩개해안, 한여도	토산2리, 송천	하예, 대평포구
13	신엄리	한국에너지기술연구원	신흥리	창고천
14	구엄포구	월정리	태흥리	화순항
15	하귀2리	행원리	남원리	사계항
16	하귀1리, 고성천	한동	비안포구	송악산
17	연대포구, 외도	평대리	금호리조트	대정
18	이호	세화	미래양식연구센터	하모, 운진항
19	도두	하도리, 토끼섬	위미항	모슬포항, 대정
20	사수항	용항포, 용목개와 당	신례천	일과리
21	제주공항, 용담	종달리	하효, 쇠소깍	영락리
22	용두암	시흥리	섰섬, 보목리	신도리
23	탐동	오조리	거문여해안, 정방폭포	신도포구
24	제주항	우도	지귀도	영일해안, 수월봉
25				가파도
26				마라도

북서쪽(North West, NW) 지역은 차귀도부터 제주항까지로 구분하였으며, 총 7개문 206종이 관찰되었다. 연체동물(138종)과 절지동물(39종)이 대부분을 차지하고 있었고, 환

형동물(7종), 극피동물(6종), 척색동물(6종), 해면동물(5종) 및 자포동물(5종) 순으로 나타났다(Fig. 3-5-16). 북동쪽(North East, NE)은 화북부터 우도까지의 지역으로서, 8개문에서 총 219종이 관찰되었다. 다른 지역과 마찬가지로 연체동물과 절지동물이 각각 149종과 37종으로 가장 높게 조사되었으며, 다음으로 극피동물 10종, 환형동물 7종, 자포동물 5종, 척색동물 5종, 태형동물 4종, 해면동물 2종 순으로 조사되었다(Fig. 3-5-17). 남동쪽(South East, SE)은 성산일출봉에서부터 서귀포 앞바다 지귀도까지의 지역으로 구분되었고, 8개문 총 540종의 저서생물이 관찰되었다. 연체동물이 445종으로 전체 저서생물 중 82%를 차지하였으며, 절지동물과 자포동물이 각각 33종과 22종으로 나타났다. 그 밖에 환형동물(17종), 극피동물(9종), 척색동물(7종), 해면동물(4종), 태형동물(3종) 등의 순으로 확인되었다(Fig. 3-5-18). 남서쪽(South West, SW) 지역은 서귀포항, 문섬, 가파도, 마라도 등을 포함하여 수월봉까지의 총 26개 구역으로 나뉘었고, 다른 지역에 비해 약 2~5배 높은 1,036종(8개문)이 조사되었다. 연체동물이 797종, 자포동물과 절지동물이 각각 79종씩 확인되었고, 해면동물이 29종으로 그 뒤를 이었으며, 척색동물이 15종, 환형동물과 극피동물이 각각 14종씩, 그리고 태형동물이 9종순으로 나타났다(Fig. 3-5-19).

남서쪽 지역의 생물다양성이 높은 이유는 연산호 군락지인 문섬을 비롯해 우리나라 최남단 마라도를 포함, 쿠로시오 난류를 직접적으로 받는 곳으로 해양환경 및 지형학적으로 보아 중요한 지역이기 때문에 비교적 다른 지역에 비해 조사가 많이 수행되었기 때문이라 판단된다. 1997년 제주대학교 이정재 교수가 조사한 자료(“제주도 주변 해역에 분포하는 해양동물 목록”)에 따르면, 제주도 주변 해역에 서식하는 저서 동물상은 총 652종으로 파악하였으나, 이번 문헌조사로 확인된 종은 약 2.5배 더 많은 1,668종으로 문헌 수집 중 누락되거나 아직 분석이 덜 끝난 자료까지 추가될 경우 이보다 더 많은 종들이 확인될 것으로 판단된다.

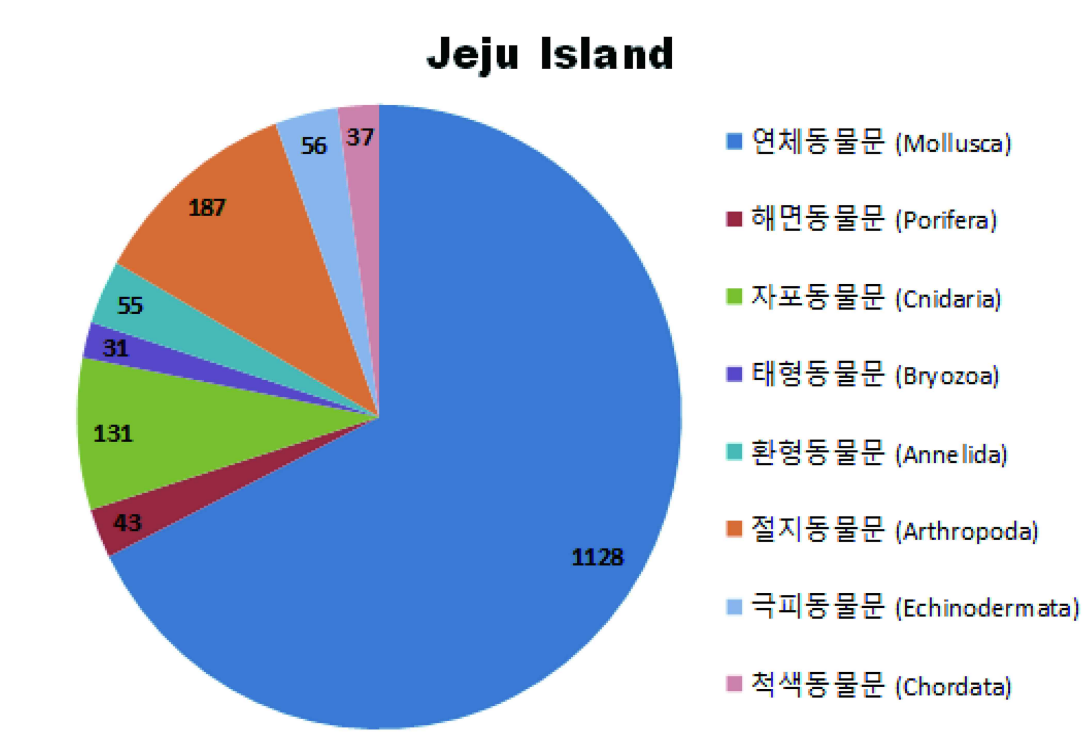


Fig. 3-5-15. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around Jeju Island; number in chart: number of identified species.

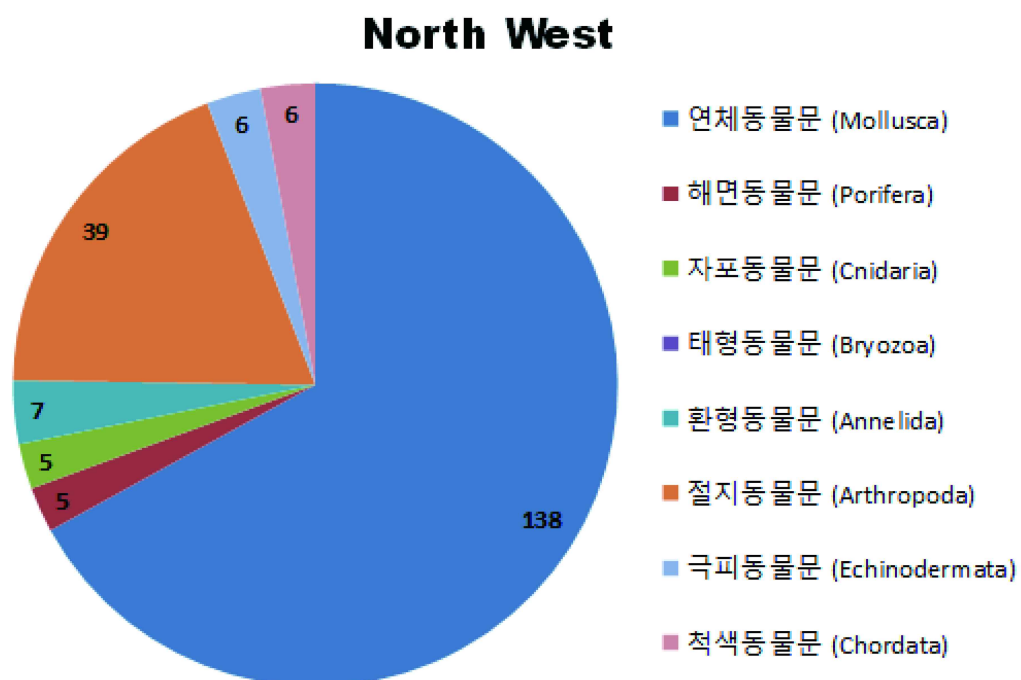


Fig. 3-5-16. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around North West Jeju Island; number in chart: number of identified species.

North East

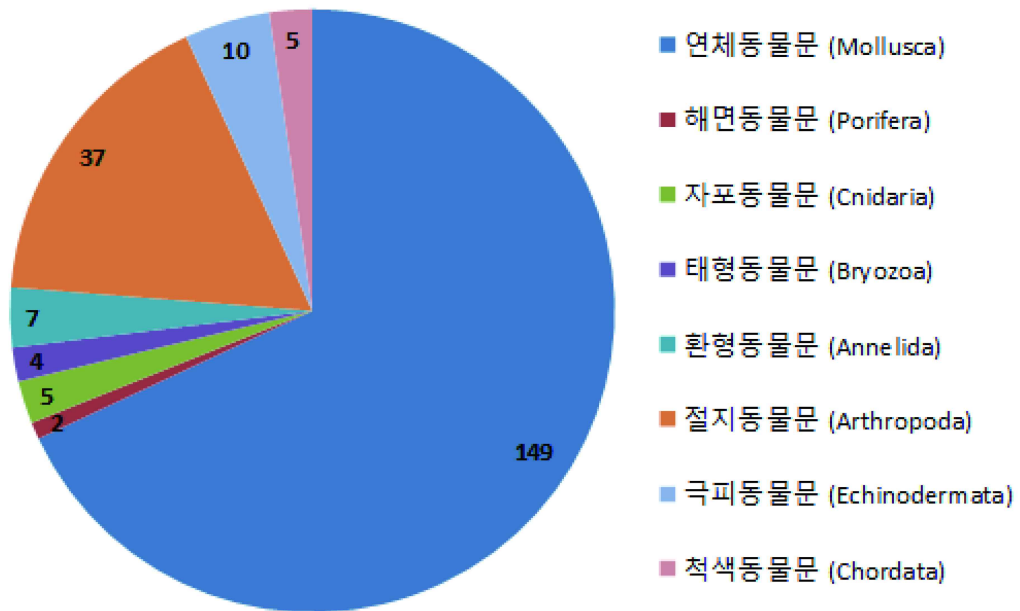


Fig. 3-5-17. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around North East Jeju Island; number in chart: number of identified species.

South East

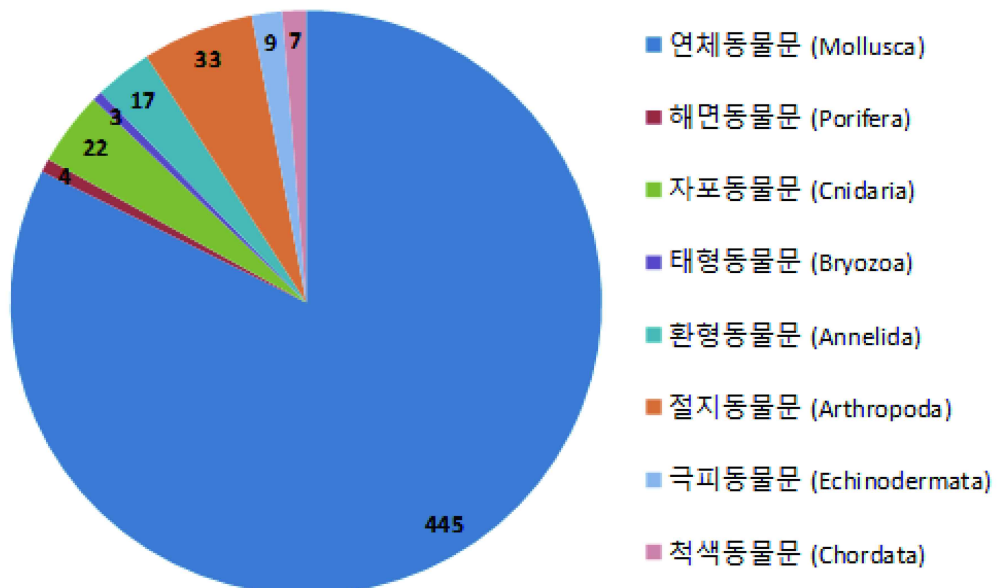


Fig. 3-5-18. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around South East Jeju Island; number in chart: number of identified species.

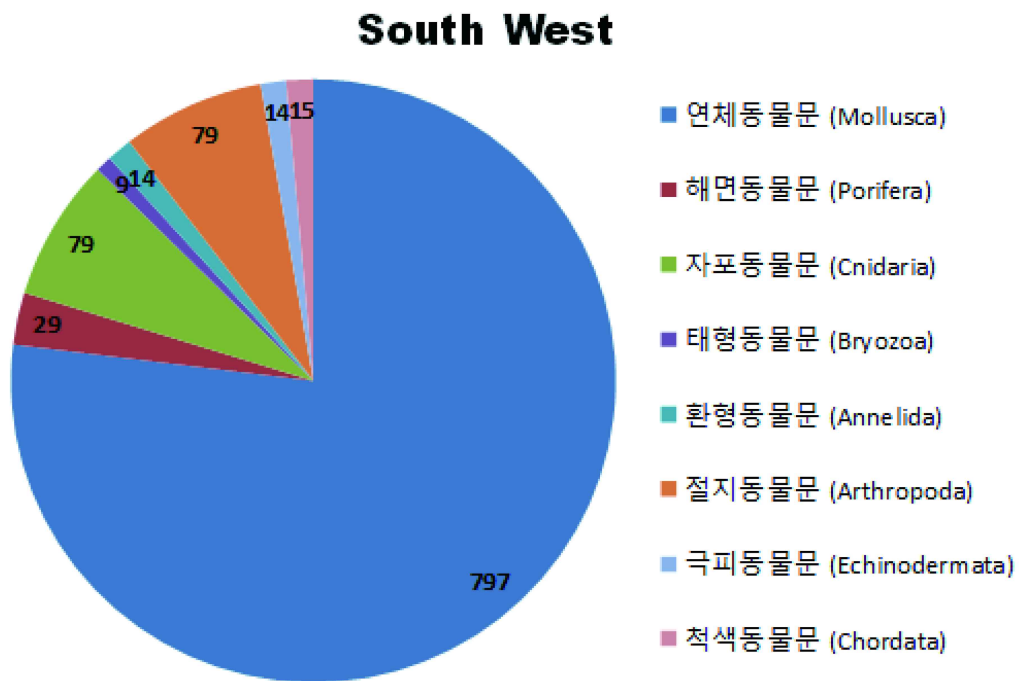


Fig. 3-5-19. Distribution chart of each taxa about identified marine benthos around South West Jeju Island; number in chart: number of identified species.



Fig. 3-5-20. Typical marine benthos pictures inhabiting in the Jeju Island.



거품돌산호(*Alveopora japonica*)



담황줄말미잘(*Haliplanella lucia*)



거북손(*Pollicipes mitella*)



검은큰따개비(*Tetraclita japonica*)

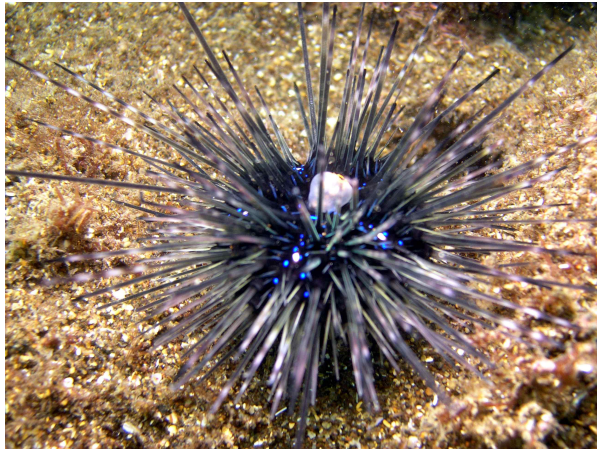


보라성게(*Anthocidaris crassispina*)

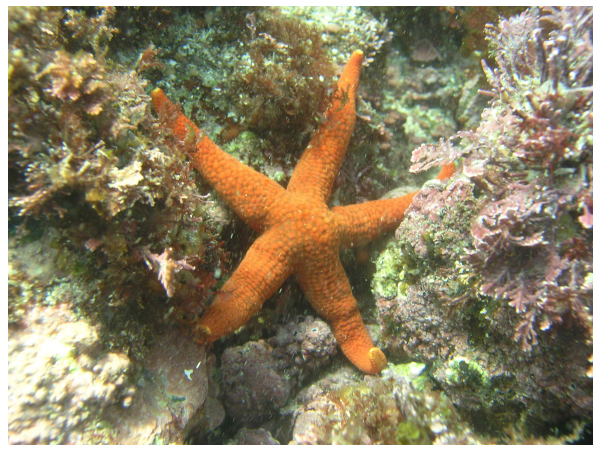


말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)

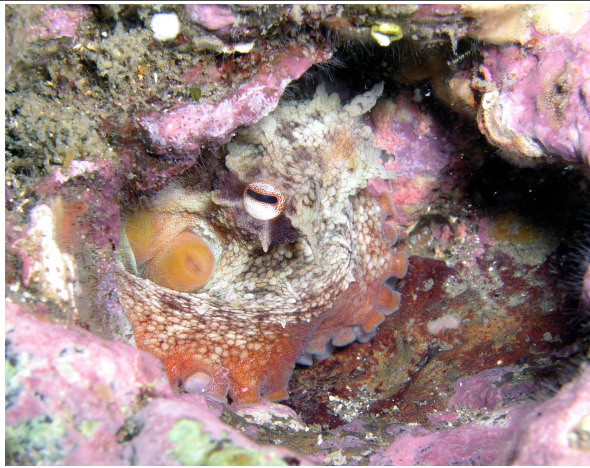
Fig. 3-5-20. Continued



긴침얼룩성게(*Diadema savignyi*)



빨강불가사리(*Centonardoa semiregularis*)



왜문어(*Octopus vulgaris*)



해송(*Antipathes japonica*)

Fig. 3-5-20. Continued

5. 저서식물

가. 서론

본 연구에서는 제주 해양환경현황에 대한 분석 및 상보의 하나로 제주해역에 분포하는 해조류의 다양성과 군집특성을 조사하였다. 제주해역은 대체로 난대성의 특성을 띄지만 섬 주변으로 흐르는 해류의 계절적 변동에 의해 분포하는 해조류 역시 계절적으로 달라진다. 따라서 제주해역의 해조류 다양성 및 군집특성을 이해하기 위해서는 계절조사가 필수적이거나, 본 연구에서는 8, 9월 2회 조사만 계획되었다.

본 연구에서는 상기 2회 현장조사에 얻어진 결과와 지금까지 제주해역에서 수행된 기존자료를 종합하여 제주해역 해조류의 다양성과 군집특성을 분석하였다. 또한 본 연구에서는 유용생물자원에 대한 상보 및 연안자원관리의 하나로 제주해역 유용자원 또는 우점종의 개체군 변동분석을 위한 기초자료를 수집하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 현장조사

(가) 군집특성

현장조사는 2015년 8월과 9월에 각 1회 실시되었다. 2005년 8월에는 예비조사의 성격으로 제주도 남쪽(범섬)과 북쪽(사수동) 각 1지역을 선정하여 군집특성을 조사하였고, 2015년 9월에는 핵심지역으로 제주도 서쪽연안에 행원리와 하도리를 선정하여 분포하는 해조류 및 군집특성을 조사하였다(Fig. 3-5-21). 각 조사지역의 위치, 기질특성, 수심, 서식지특성은 Table 3-5-18과 같다. 각 지역에서는 육지에서 바다 쪽으로 한 개의 line transect를 설정하고, 5~20m 수심까지 무작위로 10개의 방형구(50×50cm)를 설치한 후, 출현하는 모든 해조류의 피도(bottom cover)를 조사하였다.

(나) 개체군 변동분석

개체군 변동분석은 범섬과 하도리에서만 수행되었다. 각 조사지역에서는 무작위로 10~20개의 방형구(50×50cm)를 무작위로 설치한 뒤, 방형구 내 출현하는 감태의 밀도와 개체의 크기(total length)를 조사하였다.

(2) 자료조사

본 연구에서는 제주도를 대상으로 한 기존 자료 중 제주도 전역을 대상으로 조사된 국토해양부(2009)와 임치영(2011)을 바탕으로 제주연안에 출현하는 해조류의 종목록을 파악하고, 지역별 해조류의 피도 및 생물량을 비교하였다. 피도 및 생물량의 지역별 유사도 분석은 MDS (Non-Metric multi-Dimensional Scaling)로 나타내었다.

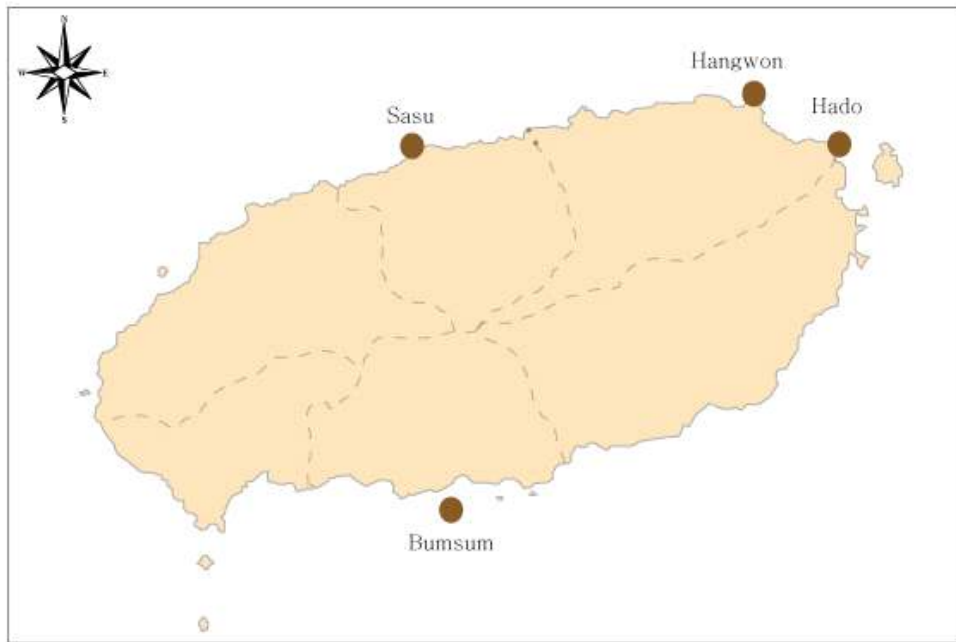


Fig. 3-5-21. Sampling sites of macroalgae in Jeju island.

Table 3-5-13. Sampling locations.

Site	Location		slope	bottom type	depth (m)	richness	habitat
Sasu	33° 30'	126° 28'	low	Rock +	20	low	patches
	45.41" N	33.09" E	relief	sand			
Bumsum	33°13'	126° 30'	high	Rock	30	high	dense beds
	4.19" N	47.92" E	relief				
Hangwon	33° 33'	126° 48'	low	Rock +	10	medium	dense beds
	42.15" N	46.89" E	relief	sand			
Hado	33°31'	126° 54'	low	Rock +	10	medium	patches
	6.04" N	16.39" E	relief	sand			

다. 결과

(1) 현장조사

(가) 군집특성

2015년 8월과 9월 현장조사에서 조사지역별로 출현한 해조류의 분류군별 조성은 Table 5-1-14와 같다. 제주 북쪽 연안인 사수동은 녹조류 3종, 갈조류 3종, 홍조류 10종의 총 16종이 출현하였고, 제주 남쪽 연안인 범섬은 녹조류 2종, 갈조류 5종, 홍조

류 7종의 총 14종이 출현하였다. 핵심정점인 행원리는 녹조류 3종, 갈조류 1종, 홍조류 6종으로 총 10종이 나타났고, 하도리는 녹조류 4종, 갈조류 5종, 홍조류 8종으로 총 17종이 출현하였다(Table 3-5-14).

Table 3-5-14. Species composition of marine macroalgae in the study area.

Division	Sasu	Bumsum	Hangwon	Hado
Cholorophyta	3	2	3	4
Phaeophyta	3	5	1	5
Rhodophyta	10	7	6	8
Total	16	14	10	17

조사지역별 출현종은 Table 3-5-15과 같다. 조사지역에 출현하는 해조류는 총 23종으로 녹조류는 사카이대마디말(*Cladophora sakaii*), 갈색대마디말(*Cladophora wrightiana*), 떡청각(*Codium arabicum*), 몽우리청각(*Codium contractum*), 그리고 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)로 5종이었다. 갈조류는 불레기말(*Colpomenia sinuosa*), 가지뼈대그물말(*Dictyopteris prolifera*), 감태(*Ecklonia cava*), 먹돌바위딱지(*Ralfsia expensa*), 모자반류(*Sargassum* sp.), 큰구슬모자반(*Sargassum macrocarpum*), 그리고 반주름말(*Zonaria diesingiana*)으로 총 7종이 출현하였다. 홍조류는 주걱게말(*Amphiroa dilatata*), 돌가사리(*Chondracanthus tenellus*), 외꼭지가위손말(*Galaxaura falcata*), 붉은뼈까막살(*Grateloupia angusta*), 참도박(*Grateloupia elliptica*), 낭과쩍(*Synarthrophyton chejuensis*), 방황게발혹(*Marginisporium aberrans*), 자루바다표고(*Peyssonnelia capensis*), 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*), 개우무(*Pterocladia capillacea*), 그리고 외흐늘풀(*Scinaia japonica*)로 총 11종이 관찰되었다.

Table 3-5-15. Species list of marine macroalgae in the study area.

Division	Species	Sasu	Bumsum	Hangwon	Hado
Chlorophyta	<i>Cladophora sakaii</i>				+
	<i>Cladophora wrightiana</i>	+	+	+	+
	<i>Codium arabicum</i>			+	+
	<i>Codium contractum</i>	+			
	<i>Ulva pertusa</i>	+		+	+
Phaeophyta	<i>Colpomenia sinuosa</i>				+
	<i>Dictyopteris prolifera</i>			+	+
	<i>Ecklonia cava</i>	+	+		+
	<i>Ralfsia expensa</i>			+	+
	Sargassum sp.	+			
	Sargassum macrocarpum			+	+
	<i>Zonaria diesingiana</i>	+	+		
Rhodophyta	<i>Amphiroa dilatata</i>	+	+		+
	<i>Chondracanthus tenellus</i>		+		
	<i>Galaxaura falcata</i>		+		
	<i>Grateloupia angusta</i>		+	+	+
	<i>Grateloupia elliptica</i>		+		+
	<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	+	+		+
	Marginisporum aberrans	+	+		+
	<i>Peyssonnelia capensis</i>	+	+	+	+
	<i>Plocamium telfairiae</i>	+		+	+
	<i>Pterocladia capillacea</i>	+		+	+
	<i>Scinaia japonica</i>			+	

조사해역의 해조군집구조와 우점종의 피도는 Fig. 3-5-22, Table 3-5-16와 같다. 조사해역에서 우점종은 감태(*Ecklonia cava*)로 12.2%를 나타내었고, 범섬에서 가장 높은 피도를 보였고, 주걱게발(*Amphiroa dilatata*)은 9.5%로 하도리에서 가장 높았다. 낭과쩍(*Synarthrophyton chejuensis*)은 8.6%, 개우무(*Pterocladia capillacea*)는 7.3%로 행원리에서 가장 높게 나타났으며, 방황게발혹(*Marginisporum aberrans*)은 6.9%, 그리고 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*)는 6.4% 순으로 나타났다.

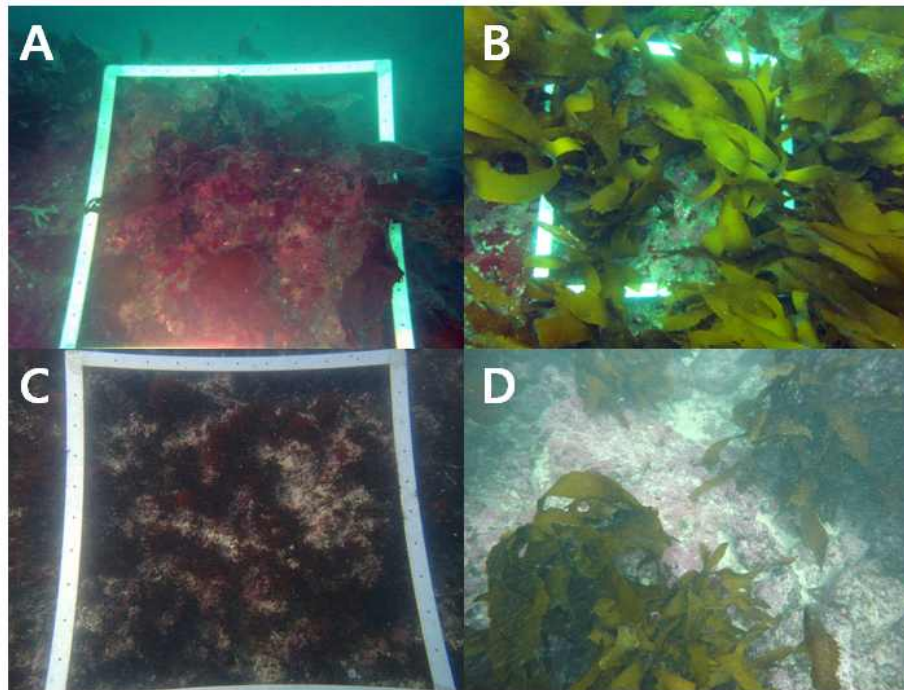


Fig. 3-5-22. Macroalgae in study area (A: Sasu, B: Bumsum, C: Hangwon, D: Hado).

Table 3-5-16. Bottom cover of dominant macroalgae in study area.

Species	Coverage (%)				
	Sasu	Bumsum	Hangwon	Hado	mean
<i>Ecklonia cava</i>	15.4	20.0	-	13.5	12.2
<i>Amphiroa dilatata</i>	8.8	5.5	-	23.5	9.5
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	5.0	14.0	7.8	7.5	8.6
<i>Pterocladia capillacea</i>	r	r	23.3	6.0	7.3
<i>Marginisporum aberrans</i>	16.4	9.0	-	2.0	6.9
<i>Plocamium telfairiae</i>	r	5.0	16.7	4.0	6.4
<i>Ulva pertusa</i>	11.4	-	8.9	r	5.1
<i>Peyssonnelia capensis</i>	r	5.5	5.6	r	2.8
<i>Grateloupia elliptica</i>	3.6	-	3.3	r	1.7
<i>Grateloupia angusta</i>	0.5	0.5	4.4	0.5	1.5
<i>Cladophora wrightiana</i>	3.2	r	1.1	r	1.1
<i>Sargassum macrocarpum</i>	-	r	-	4.0	1.0
<i>Codium arabicum</i>	0.5	1.0	0.6	0.5	0.6
<i>Dictyopteris prolifera</i>	-	r	-	2.0	0.5
<i>Cladophora sakaii</i>	-	-	-	0.5	0.1

* r: rare species

(나) 개체군 변동분석

범섬과 하도리에서 조사된 감태의 밀도와 개체크기는 Fig. 3-5-23과 같다. 범섬에서 감태의 밀도는 단위면적당 11.2개체로 하도리의 7.2개체보다 높았다. 개체크기 또한 범섬은 56.9cm로 하도리의 39.3cm보다 높게 나타났다.

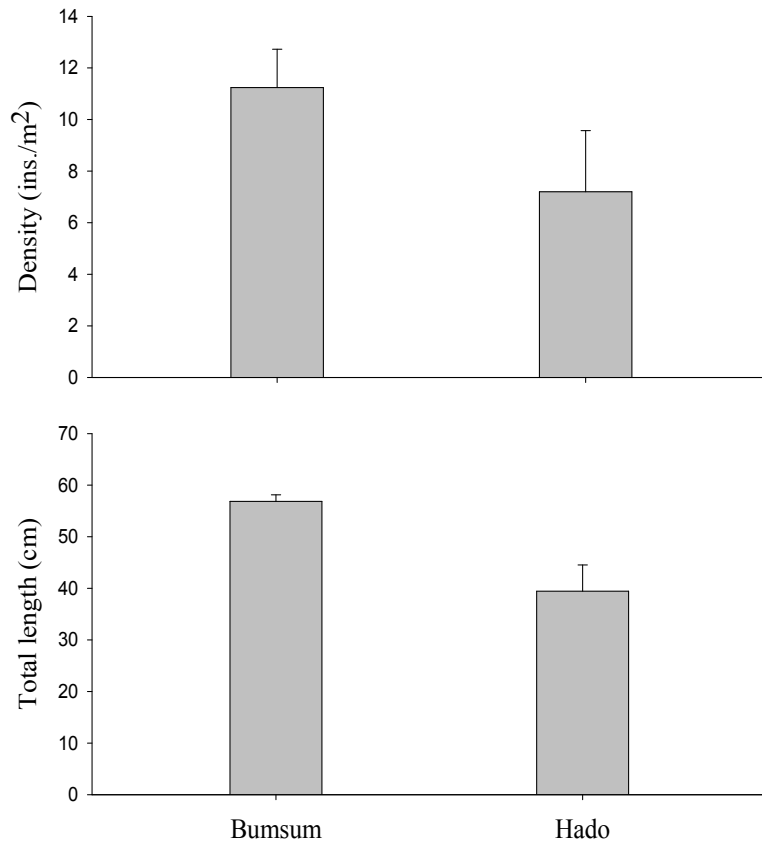


Fig. 3-5-23. Density and total length of *Ecklonia cava* in study area. Data are mean \pm 1 SE.

(2) 자료조사

2008년 7월부터 2009년 4월까지 조사된 국토해양부(2009)에 나타난 제주연안의 해조류 조사정점은 조천, 성산, 애월, 사수동, 동일, 귀덕, 금릉, 수원, 차귀도, 고산, 무릉, 표선, 범섬, 문섬, 위미, 남원, 온평, 시흥, 행원, 북촌, 어영, 그리고 김녕으로 총 22 정점이었다(Fig. 3-5-24). 총 출현종수는 104종으로 녹조류 17종, 갈조류 30종, 그리고 홍조류 57종이었다(Table 3-5-17).

2008년 7월부터 2009년 4월까지 조사된 출현종에 대한 지역별 MDS 분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 2개의 군집으로 구분되었다(Fig. 3-5-25). 2개의 군집은 북촌, 문섬, 그리고 시흥리와 그 외 19지역으로 나타났다. 북촌, 문섬, 그리고 시흥리는 지리적으로 인접한 지역이 아니기 때문에 인근 해양환경의 영향이나 해류와 같은 물

리적 영향으로 인한 결과로 판단된다. 출현종의 피도에 대한 지역별 MDS 분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 동일한 군집으로 나타나 조사지역과 관계없이 지역별로 출현종은 유사한 패턴으로 서식함을 알 수 있다(Fig. 3-5-26).



Fig. 3-5-24. Study sites of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM, 2009) during the period from 2008 to 2009.

Table 3-5-17. Species list of marine macroalgae during the period from 2008 to 2009 (MLTM 2009).

	Chlorophyta	Phaeophyta	Rhodophyta
1	<i>Bryopsis maxima</i>	<i>Carpomitra costata</i>	<i>Acanthopeltis japonica</i>
2	<i>Bryopsis</i> sp.	<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Acrosorium umcinatum</i>
3	<i>Caulerpa okamurae</i>	<i>Desmarestia tabacoides</i>	<i>Actinotrichia fragilis</i>
4	<i>Cladophora meridionalis</i>	<i>Dictyopteris divaricata</i>	<i>Ardissonula regularis</i>
5	<i>Cladophora sakaii</i>	<i>Dictyopteris latiuscula</i>	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
6	<i>Cladophora wrightiana</i>	<i>Dictyopteris prolifera</i>	<i>Callophyllis japonica</i>
7	<i>Cladophoropsis herpestica</i>	<i>Dictyopteris undulata</i>	<i>Carpopeltis affinis</i>
8	<i>Codium adhaerens</i>	<i>Dictyota coriacea</i>	<i>Carpopeltis cornea</i>
9	<i>Codium coarctatum</i>	<i>Dictyota coriacea</i>	<i>Ceramium</i> sp.
10	<i>Codium contractum</i>	<i>Dictyota coriacea</i>	<i>Champia bifida</i>
11	<i>Codium fragile</i>	<i>Dictyota okamurae</i>	<i>Champia expansa</i>
12	<i>Codium minus</i>	<i>Ecklonia cava</i>	<i>Champia parvula</i>
13	<i>Enteromorpha prolifera</i>	<i>Endarachne binghamiae</i>	<i>Chondracanthus tenellus</i>
14	<i>Microdictyon japonicum</i>	<i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Chondrophycus cartilaginea</i>
15	<i>Ulva conglobata</i>	<i>Ishige okamurae</i>	<i>Chondrophycus intermedia</i>
16	<i>Ulva pertusa</i>	<i>Ishige sinicola</i>	<i>Chondrophycus kangjaewonii</i>
17	<i>Umbraulva japonica</i>	<i>Leathesia difformis</i>	<i>Chondrus ocellatus</i>
18		<i>Myelophycus simplex</i>	<i>Chondrus ocellatus</i>
19		<i>Padina crassa</i>	<i>Corallina pilulifera</i>
20		<i>Padina</i> sp.	<i>Delisea fimbriata</i>
21		<i>Petalonia fascia</i>	<i>Dudresnaya japonica</i>
22		<i>Ralfsia expensa</i>	<i>Galaxaura falcata</i>
23		<i>Ralfsia verrucosa</i>	<i>Gelidium divaricatum</i>
24		<i>Sargassum</i> sp.	<i>Gelidium elegance</i>
25		<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Gigartina intermedia</i>
26		<i>Scytosiphon lomentaria</i>	<i>Gloiopeltis furcata</i>
27		<i>Spatoglossum pacificum</i>	<i>Gracilaria textorii</i>
28		<i>Spatoglossum solieri</i>	<i>Grateloupia angusta</i>
29		<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Grateloupia crispata</i>
30		<i>Zonaria diesingiana</i>	<i>Grateloupia elata</i>
31			<i>Grateloupia elliptica</i>
32			<i>Grateloupia filicina</i>
33			<i>Grateloupia imbricata</i>
34			<i>Grateloupia</i> sp.
35			<i>Grateloupia turuturu</i>
36			<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>
37			<i>Hypnea charoides</i>
38			<i>Hypnea japonica</i>
39			<i>Jania adhaerens</i>
40			<i>Jania rubens</i>
41			<i>Kallymenia crassiuscula</i>
42			<i>Laurencia pinnata</i>
43			<i>Lithothamnion cystocarpioideum</i>
44			<i>Lomentaria catenata</i>
45			<i>Martensia australis</i>
46			<i>Martensia denticulata</i>
47			<i>Meristotheca papulosa</i>
48			<i>Odonthalia corymbifera</i>
49			<i>Peyssonnelia capensis</i>
50			<i>Phacelocarpus japonicus</i>
51			<i>Plocamium telfairiae</i>
52			<i>Polysiphonia</i> sp.
53			<i>Portieria japonica</i>
54			<i>Pterocladia capillacea</i>
55			<i>Rhodymenia intricata</i>
56			<i>Scinaia confusa</i>
57			<i>Scinaia japonica</i>

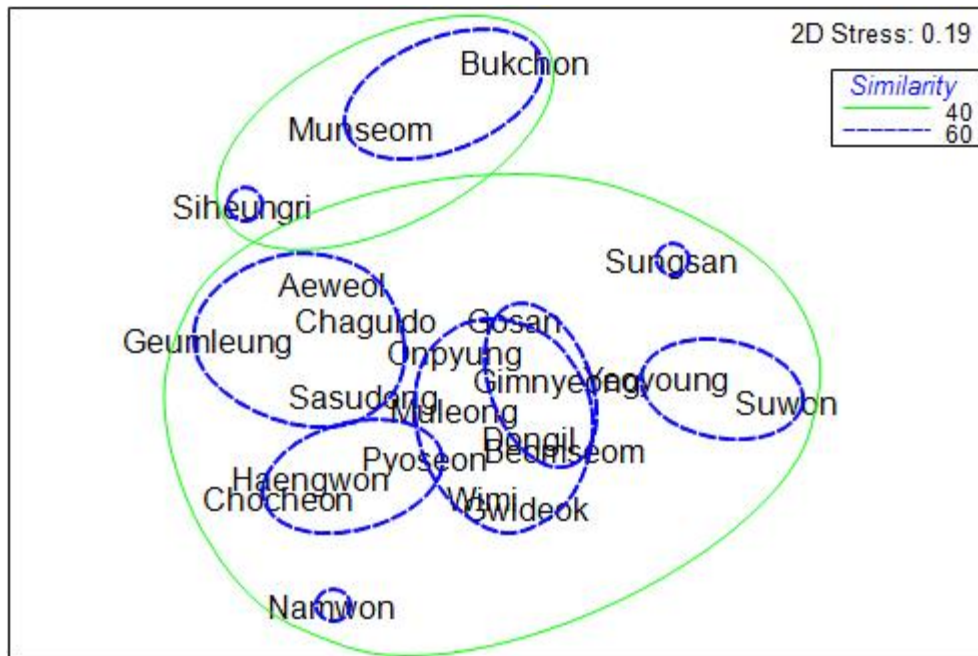


Fig. 3-5-25. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of algal species in the study area (MLTM, 2009).

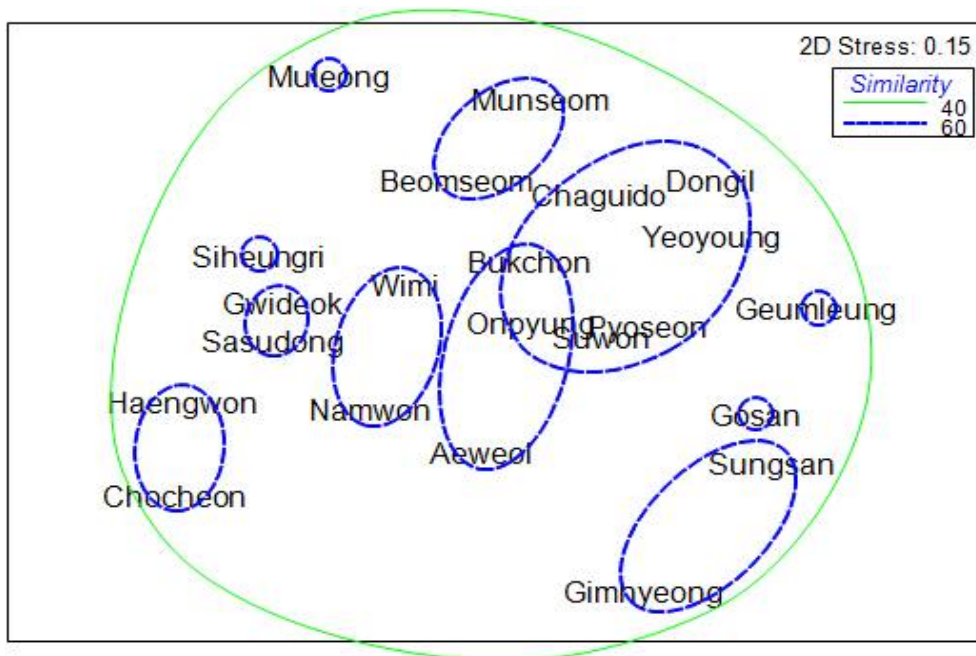


Fig. 3-5-26. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of bottom cover in the study area (MLTM, 2009).

2008년부터 2010년까지 조사된 임치영(2011)에 나타난 제주연안의 해조류 조사정점은 월령, 광지, 애월, 신엄, 이호, 조천, 월정, 행원, 성산, 신천, 하천, 남원, 보목, 대포, 중문, 그리고 영락 총 16개 정점에서 조사되었고(Fig. 3-5-27), 총 출현종수는 89종으로 녹조류 12종, 갈조류 24종, 그리고 홍조류 53종이었다(Table 3-5-18).

2008년부터 2010년까지 제주연안에서 조사된 해조류 출현종에 대한 지역별 MDS 결과, 군집유사도 40% 수준에서 4개의 군집으로 구분되었다(Fig. 3-5-28). 출현종의 생물량에 대한 지역별 MDS 분석결과, 군집유사도 40% 수준에서 6개의 군집으로 구분되었다(Fig. 3-5-29). 이상의 결과에서 지역별 출현종 조성과 생물량은 서식환경에 따라 patch 형태를 이루어 있으며 이는 해류 및 해저지형에 의한 부착기질 분포의 영향으로 판단된다.



Fig. 3-5-27. Study sites of macroalgae during the period from 2008 to 2010 (LIM 2011).

Table 3-5-18. Species list of marine macroalgae during the period from 2008 to 2010 (Lim 2009).

	Chlorophyta	Phaeophyta	Rhodophyta
1	<i>Bryopsis plumosa</i>	<i>Colpomenia expansa</i>	<i>Acanthopeltis longiramulosa</i>
2	<i>Cladophora meridionalis</i>	<i>Colpomenia peregrina</i>	<i>Acanthopeltis</i> sp.
3	<i>Cladophora wrightiana</i>	<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Acrosorium flabellatum</i>
4	<i>Cladophoro herpestica</i>	<i>Desmarestia tabacoides</i>	<i>Acrosorium polyneurum</i>
5	<i>Cladophoropsis javanica</i>	<i>Dictyopteris prolifera</i>	<i>Acrosorium uncinatum</i>
6	<i>Codium arabicum</i>	<i>Dictyopteris undulata</i>	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>
7	<i>Codium coactum</i>	<i>Dictyota coriacea</i>	<i>Alatocladia modesta</i>
8	<i>Codium contractum</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Amphiroa anceps</i>
9	<i>Codium fragile</i>	<i>Dictyota okamurae</i>	<i>Amphiroa beauvoisii</i>
10	<i>Codium minus</i>	<i>Dictyopteris pacifica</i>	<i>Amphiroa ephedraea</i>
11	<i>Enteromorpha linza</i>	<i>Ecklonia cava</i>	<i>Amphiroa foliacea</i>
12	<i>Ulva pertusa</i>	<i>Ecklonia kurome</i>	<i>Amphiroa misakiensis</i>
13		<i>Myagropsis myagroides</i>	<i>Amphiroa pusilla</i>
14		<i>Padina arborescens</i>	<i>Anotricbium yagii</i>
15		<i>Sargassum coreanum</i>	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
16		<i>Sargassum fulvellum</i>	<i>Callophyllis adhaerens</i>
17		<i>Sargassum fusiform</i>	<i>Callophyllis crispata</i>
18		<i>Sargassum horneri</i>	<i>Callophyllis japonica</i>
19		<i>Sargassum macrocarpum</i>	<i>Champia expansa</i>
20		<i>Sargassum patens</i>	<i>Chondracanthus tenellus</i>
21		<i>Sargassum serratifolium</i>	<i>Corallina elongata</i>
22		<i>Sargassum</i> sp.	<i>Corallina officinalis</i>
23		<i>Spatoglossum solieri</i>	<i>Corallina pilulifera</i>
24		<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Coralline</i> (U.K)
25			<i>Dudresnaya japonica</i>
26			<i>Galaxaura apiculata</i>
27			<i>Galaxaura falcata</i>
28			<i>Galaxaura hystrix</i>
29			<i>Gelidium amansii</i>
30			<i>Gelidium elegans</i>
31			<i>Gracilaria textorii</i>
32			<i>Grateloupia angusta</i>
33			<i>Grateloupia elata</i>
34			<i>Grateloupia elliptica</i>
35			<i>Heterosiphonia japonica</i>
36			<i>Jania adhaerens</i>
37			<i>Jania</i> sp.
38			<i>Kallymenia harveyana</i>
39			<i>Lithophyllum okamurae</i>
40			<i>Lomentaria catenata</i>
41			<i>Marginisporum aberrans</i>
42			<i>Marginisporum crassissimum</i>
43			<i>Martensia albida</i>
44			<i>Martensia denticulata</i>
45			<i>Meristotheca papulosa</i>
46			<i>Neosiphonia</i> sp.
47			<i>Peyssonnelia capensis</i>
48			<i>Plocamium telfairiae</i>
49			<i>Plocamium uncinatum</i>
50			<i>Poitieria japonica</i>
51			<i>Predaea tokidae</i>
52			<i>Schizymenia dubyi</i>
53			<i>Synarthrophytonchejuensis</i>

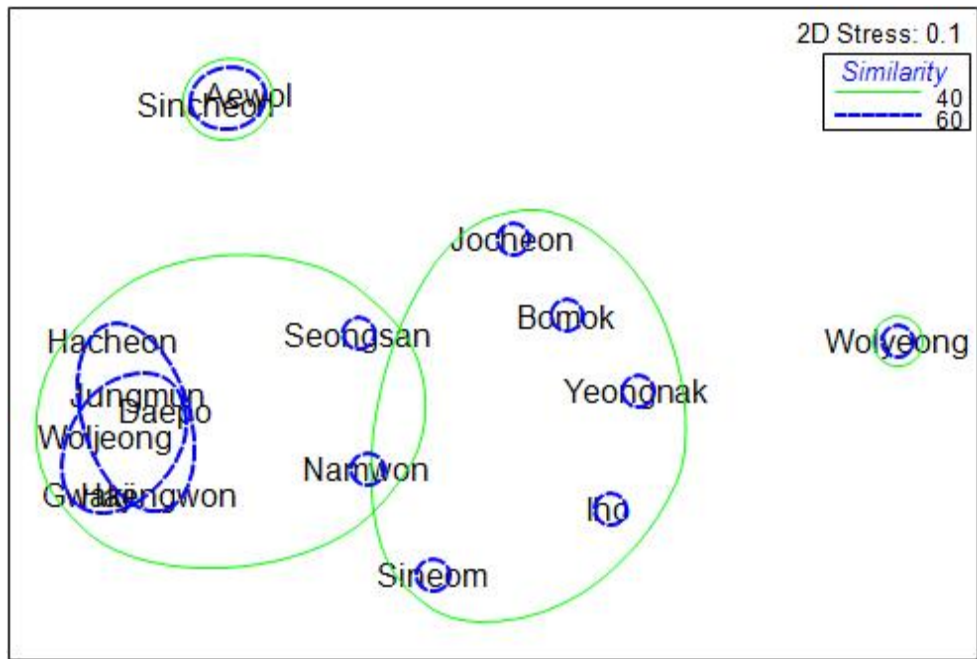


Fig. 3-5-28. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of algal species in the study area (Lim 2012).

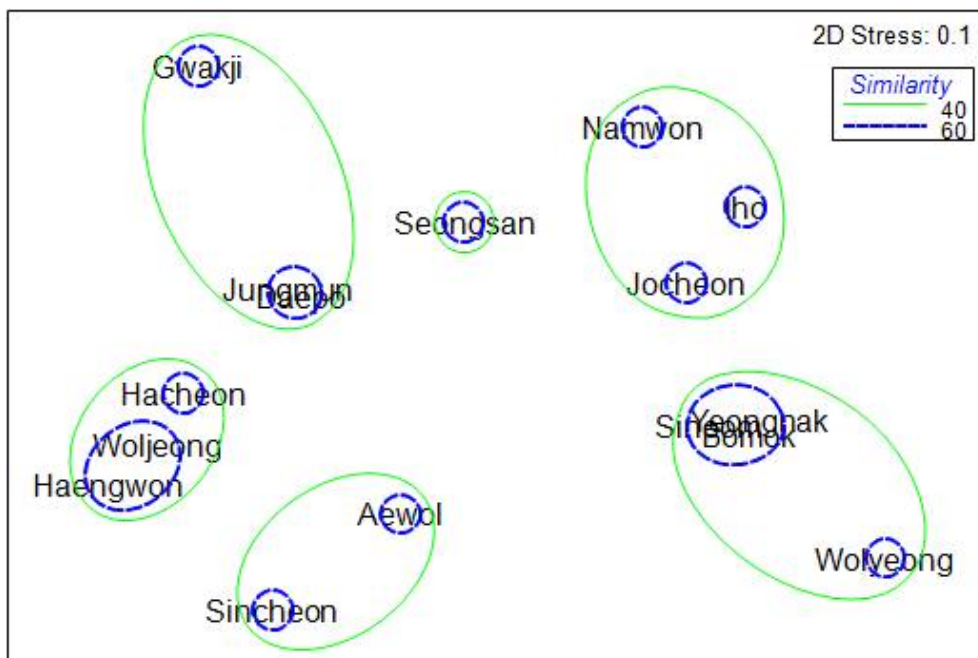


Fig. 3-5-29. Analysis of multidimensional scaling (MDS) of biomass of macroalgae in the study area (Lim 2012).

6. 저서미생물

가. 제주 유래 미생물 신규 종 문헌조사

- 2001~2015년 기간 동안 제주에서 분리되고 국제적으로 인정받은 신규 미생물 종은 125종으로, 이 중 해양환경으로부터 분리된 종이 80종, 육상환경에서 45종으로 나타났다(Fig. 3-5-30).
- 년도별로 살펴봤을 때 2004년을 제외한 모든 년도에서 해양으로부터의 신종 발견 빈도가 높음(Fig. 3-5-31).
- 종보다 상위 단계인 속(genus) 상에서 봤을 때도 해양에서의 발견빈도가 높음.
- 제주 해양환경과 육상환경으로부터 분리된 미생물 신종 리스트를 Table 3-5-19와 Table 3-5-20에 나타내었음.

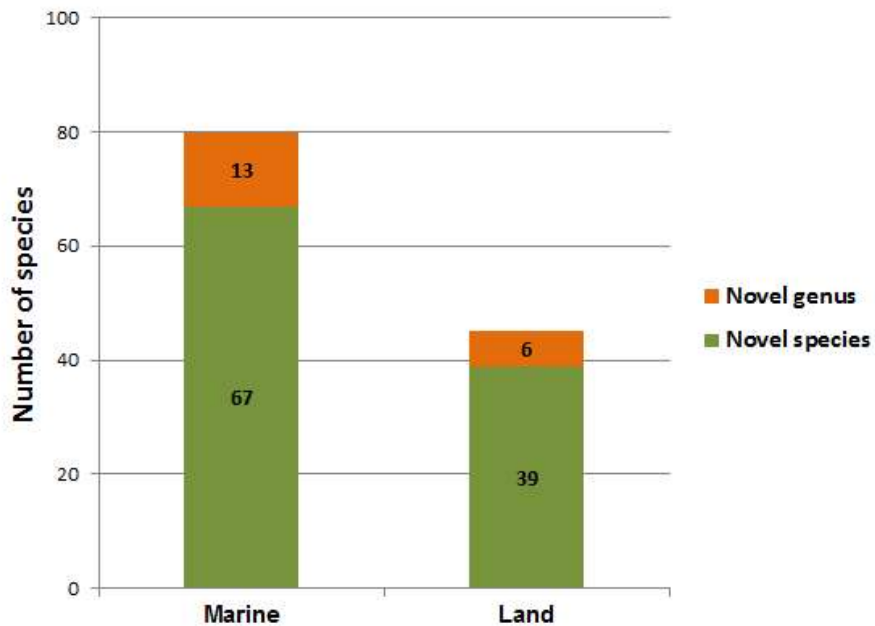


Fig. 3-5-30. Novel identified microbes species from marine and land environments in Jeju (2001-2015 year).

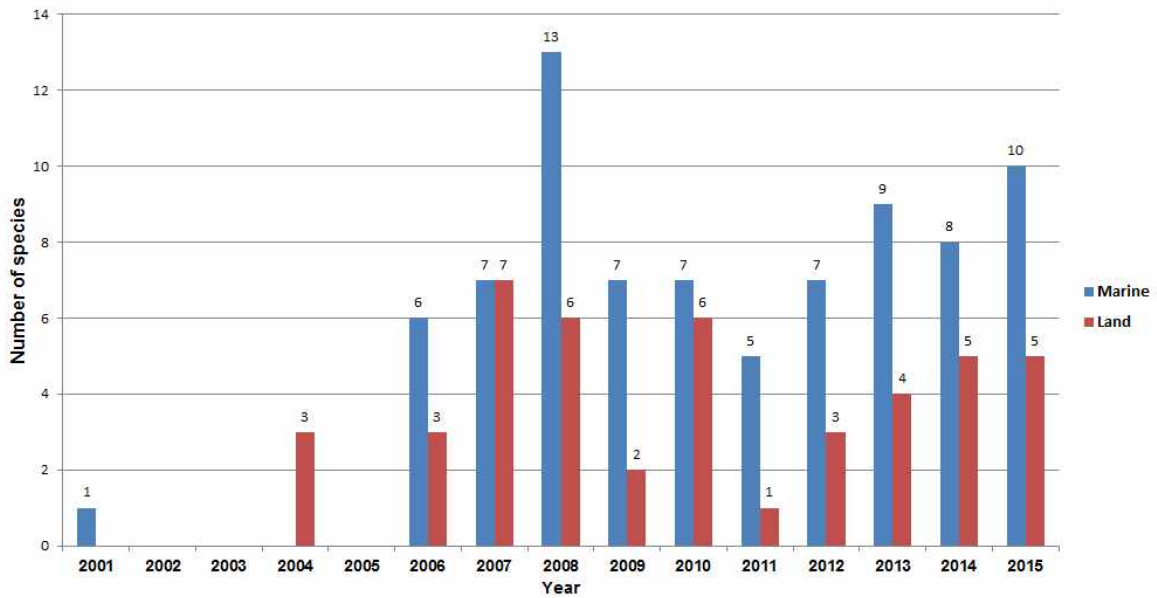


Fig. 3-5-31. Novel identified microbes species per year.

나. 제주 해양 미생물 다양성 문헌 조사

- 한국해양연구원에서는 2001년 ‘제주해역 생물 다양성 현황과 보전 연구’ 과제 최종 보고서를 통해 제주 서귀포 일대의 문섬, 범섬, 숲섬 등의 지역으로부터 퇴적토, 해수, 산호, 해면 등의 샘플을 수집하여 배양 가능한 미생물을 분리하고 분류함. 일반 세균 1000주, 방선균 35주, 한천분해세균 40주, 키틴분해세균 23주, 남세균 11주를 분리하였음.
- 제주대학교 해양생물공학과에서는 제주도 해안에 형성되어 있는 암반 조간대의 생물, 저질토 및 모래를 수집하여 미생물 다양성을 연구하였으며, 조간대 12개 지역에서 총 850균주를 분리하였음.
- 제주대학교 이순동 교수 연구팀은 2008년 ‘제주 아열대 환경의 해양미생물의 종다양성 연구 및 정보 DB 구축’ 연구 과제를 통해 제주 아열대 해양세균 600균주를 확보하였고 세균 동정을 통해 자체 DB를 구축하였음.

Table 3-5-19. List of novel identified microbes in Jeju marine environment (2001-2015 year).

Species	Isolation sources	Area	Year
<i>Hahella chejuensis</i> (gen.)	marine sediment	Jeju	2001
<i>Blastococcus jejuensis</i>	beach sediment	Jeju	2006
<i>Brevibacterium samyangense</i>	beach sediment	Jeju	2006
<i>Glaciecola nitratireducens</i>	seawater	Jeju	2006
<i>Kineococcus marinus</i>	marine sediment	Jeju	2006
<i>Nocardia harenae</i>	beach sand	Jeju	2006
<i>Phycococcus jejuensis</i>	seaweed	Jeju	2006
<i>Aeromicrobium tamlense</i>	seaweed	Jeju	2007
<i>Devosia subaequoris</i>	beach sediment	Jeju	2007
<i>Labeledella gwakjiensis</i> (gen.)	beach sand	Jeju	2007
<i>Lewinella agarilytica</i>	beach sediment	Jeju	2007
<i>Nocardioidesfurvisabuli</i>	black sand	Jeju	2007
<i>Nocardioides marinisabuli</i>	beach sand	Jeju	2007
<i>Tamlana crocina</i> (gen.)	beach sediment	Jeju	2007
<i>Aeromicrobium ponti</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Agrococcus jejuensis</i>	seaweed	Jeju	2008
<i>Brevibacterium marinum</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Marinomonas basaltis</i>	black sand	Jeju	2008
<i>Microbacteriumaquimaris</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Nocardioides hwasunensis</i>	Hwasun beach	Jeju	2008
<i>Phycocolagilvus</i> (gen.)	seaweed	Jeju	2008
<i>Shewanella basaltis</i>	black sand	Jeju	2008
<i>Sphingopyxis litoris</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Sphingopyxis marina</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Tamlana agarivorans</i>	seawater	Jeju	2008
<i>Tessaracoccus flavescens</i>	marine sediment	Jeju	2008
<i>Vibrio areninigrae</i>	black sand	Jeju	2008
<i>Cellulophaga tyrosinoxydans</i>	seawater	Jeju	2009
<i>Jejuia pallidilutea</i> (gen.)	seawater	Jeju	2009
<i>Nitratireductor basaltis</i>	black beach sand	Jeju	2009
<i>Nitratireductor kimnyeongensis</i>	seaweed	Jeju	2009
<i>Nocardioides basaltis</i>	black beach sand	Jeju	2009
<i>Ponticaulis koreensis</i> (gen.)	seawater	Jeju	2009
<i>Pseudomonas sabulinigri</i>	black beach sand	Jeju	2009
<i>Altererythrobacter marensis</i>	seaweed	Jeju	2010
<i>Brevundimonas basaltis</i>	black sand	Jeju	2010
<i>Hyunsoonleella jejuensis</i> (gen.)	seawater	Jeju	2010
<i>Koreibacter algae</i>	seaweed	Jeju	2010
<i>Loktanella pyoseonensis</i>	beach sand	Jeju	2010
<i>Mesonium phycicola</i>	seaweed	Jeju	2010
<i>Muriicola jejuensis</i> (gen.)	seawater	Jeju	2010

<i>Aquimarina addita</i>	seawater	Jeju	2011
<i>Aquimarina spongiae</i>	marine sponge	Jeju	2011
<i>Formosa spongiicola</i>	marine sponge	Jeju	2011
<i>Pontirhabdus pectinivorans</i> (gen.)	seawater	Jeju	2011
<i>Winogradskyella lutea</i>	seawater	Jeju	2011
<i>Algoriphagus jejuensis</i>	seawater	Jeju	2012
<i>Flavivirga amylovorans</i>	seawater	Jeju	2012
<i>Flavivirga jejuensis</i> (gen.)	seawater	Jeju	2012
<i>Loktanella tamlensis</i>	seawater	Jeju	2012
<i>Simiduia areninigrae</i>	sea sand	Jeju	2012
<i>Spongiibacterium flavum</i> (gen.)	marine sponge	Jeju	2012
<i>Tenacibaculum jejuense</i>	seawater	Jeju	2012
<i>Dyadobacter jejuensis</i>	seawater	Jeju	2013
<i>Erythrobacter jejuensis</i>	seawater	Jeju	2013
<i>Ferrimonas pelagia</i>	seawater	Jeju	2013
<i>Fretibacter rubidus</i> (gen.)	seawater	Jeju	2013
<i>Gillisia marina</i>	seashore sand	Jeju	2013
<i>Mariniflexile jejuense</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2013
<i>Pseudoruegeriahaliotis</i>	abalone gut	Jeju	2013
<i>Shimia haliotis</i>	abalone gut	Jeju	2013
<i>Tamlicoccus marinus</i> (gen.)	seawater	Jeju	2013
<i>Actinomyces haliotis</i>	abalone gut	Jeju	2014
<i>Cloacibacterium haliotis</i>	abalone gut	Jeju	2014
<i>Defluviimonas aquaemixtae</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Kordia jejudonensis</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Octadecabacter jejudonensis</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Phaeobacter aquaemixtae</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Simiduia curdlanivorans</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Vitellibacter soesokkakensis</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2014
<i>Actibacter haliotis</i>	abalone gut	Jeju	2015
<i>Alteromonas confluentis</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2015
<i>Croceitalea litorea</i>	seashore sand	Jeju	2015
<i>Donghicola tyrosinivorans</i>	seawater	Jeju	2015
<i>Lewinella xylanilytica</i>	seawater	Jeju	2015
<i>Maribacter confluentis</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2015
<i>Primorskyibacter insulae</i>	between ocean and freshwater	Jeju	2015
<i>Rheinheimera aestuari</i>	coastal sediment	Jeju	2015
<i>Roseovarius aquimarinus</i>	seawater	Jeju	2015
<i>Winogradskyella eckloniae</i>	brown alga	Jeju	2015

Table 3-5-20. List of novel identified microbes in Jeju land environment (2001-2015 year).

Species	Isolation sources	Area	Year
<i>Clostridium jejuense</i>	soil	Jeju	2004
<i>Kribbella jejuensis</i>	soil	Jeju	2004
<i>Kribbella solani</i>	potatotuber	Jeju	2004
<i>Actinocorallia cavernae</i>	natural cave	Jeju	2006
<i>Amycolatopsis jejuensis</i>	natural cave	Jeju	2006
<i>Nocardia jejuensis</i>	natural cave	Jeju	2006
<i>Anaerosporobacter mobilis</i> (gen.)	forest soil	Jeju	2007
<i>Andreprevotia chitinilytica</i> (gen.)	forest soil	Jeju	2007
<i>Bacillus kribbensis</i>	soil	Jeju	2007
<i>Deinococcus cellulosilyticus</i>	air	Jeju	2007
<i>Lapillicoccus jejuensis</i> (gen.)	stone	Jeju	2007
<i>Nocardia speluncae</i>	natural cave	Jeju	2007
<i>Terrabacter aerolatus</i>	air	Jeju	2007
<i>Chryseobacterium soli</i>	soil	Jeju	2008
<i>Jiangella alkaliphila</i>	cave	Jeju	2008
<i>Niabella soli</i>	soil	Jeju	2008
<i>Polaromonas jejuensis</i>	soil	Jeju	2008
<i>Saxeibacter lacteus</i> (gen.)	rock	Jeju	2008
<i>Terrabacter lapilli</i>	stone	Jeju	2008
<i>Chitinophaga niabensis</i>	soil	Jeju	2009
<i>Chitinophaga rupis</i>	soil	Jeju	2009
<i>Actinomadura scrupuli</i>	rock	Jeju	2010
<i>Dactylosporangium darangshiense</i>	rock soil	Jeju	2010
<i>Fron dih abitans peucedani</i>	rhizosphere soil	Jeju	2010
<i>Marmoricolascoriae</i>	volcanic ash	Jeju	2010
<i>Massilia jejuensis</i>	air	Jeju	2010
<i>Tsukamurella soli</i>	soil	Jeju	2010
<i>Allocatelliglobospora scoriae</i> (gen.)	volcanic ash	Jeju	2011
<i>Actinomadura meridiana</i>	mountain soil	Jeju	2012
<i>Actinomadura rupiterrae</i>	cliffsoil	Jeju	2012
<i>Motilibacter peucedani</i> (gen.)	rhizosphere soil	Jeju	2012
<i>Angustibacter aerolatus</i>	air	Jeju	2013
<i>Angustibacter peucedani</i>	rhizosphere soil	Jeju	2013
<i>Humibacter antri</i>	natural cave	Jeju	2013
<i>Phycoccus badiiscoriae</i>	scoria	Jeju	2013
<i>Aneurinibacillus soli</i>	mountain soil	Jeju	2014
<i>Mucilaginibacter flavus</i>	wetland	Jeju	2014
<i>Pedobacter jejuensis</i>	soil of a pine grove	Jeju	2014
<i>Undibacterium jejuense</i>	soil	Jeju	2014
<i>Undibacterium seohonense</i>	freshwater	Jeju	2014

Actinomadura darangshiensis	volcanic cone	Jeju	2015
Cohnella collisoli	lava forest soil	Jeju	2015
Mucilaginibacter gotjawali	lava forest soil	Jeju	2015
Mucilaginibacter vulcanisilvae	volcanic forest	Jeju	2015
Sphingomonas vulcanisoli	lava forest soil	Jeju	2015

다. 제주 특수 해양환경으로부터 미생물 탐색

○ 하도리 철새도래지로부터 미생물 탐색

- 제주시 구좌읍 하도리에 위치한 철새도래지의 용천수와 해수가 교차하는 수중 환경에서 기초 환경데이터 확보(Fig. 3-5-32).
- 용천수와 해수가 교차하는 지점의 만조 시기에 수중환경 pH는 7.83~8.75로 나타났으며, 간조 시기에는 pH가 9.1~9.78로 다소 높게 형성되어 용천수가 높은 pH를 나타내는 것으로 사료됨.
- 염분 농도는 같은 지점의 만조와 간조 시기 모두 변화가 심하게 나타났으며, 만조때는 16.3~32‰, 간조 때는 15.3~27.6‰의 범위를 나타내었음.
- 이러한 pH 및 염분 변화로 인해 철새도래지 내부 수중 환경에 서식하는 미생물을 포함한 생물들은 pH 및 염분 변화에 대한 내성을 가진 개체만 살아남거나 변이를 통해 내성을 획득했을 가능성을 시사함.

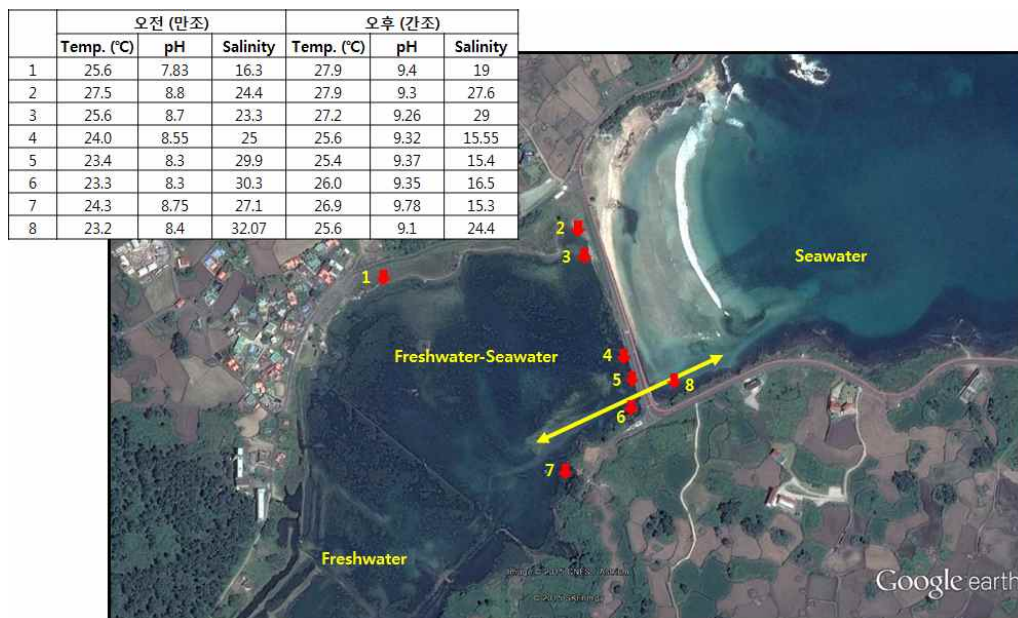


Fig. 3-5-32. Satellite photo of migratory bird sanctuary area in hado-ri and analysis of basic environment data.

- 용천수와 해수가 교차하는 수중 환경의 다양한 지점별로 미생물을 분리하기 위해 물, 퇴적물, 생물시료 등을 확보하였고, 그 환경의 물을 기반으로 한천만을 첨가하여 초기 미생물 배양 배지로 사용하였음.
- 수집된 시료를 초기 배양 배지에 도말 후 20℃에서 2-3일간 배양을 수행하였으며, 배지별로 서로 다른 colony들을 선택하여 marine agar plate에 순수 배양하였음.
- 철새도래지로부터 미생물 126주를 확보하였고, 분리된 미생물들은 16S ribosomal RNA 유전자 서열과 표준균주들의 유사성을 분석하여 종 동정을 수행하였음. (Table 3-5-21)
- 특히, K3 균주는 신속(novel genus)에 해당하는 균주로 *Cytophagaceae* family 균주들과 Neighbour-joining method를 이용하여 계통유전학적 분석을 수행하였으며 *Lacihabitans soyangensis* HME6675(T) 균주와 91.09%의 유사성을 나타냄 (Fig. 3-5-33).

Table 3-5-21. List of isolated marine microbes in hado-ri.

No.	Strains	Similar species	Similarities (%)
1	yk2-1-1	Rhizobium rosettiformans W3(T)	100
2	yk2-1-3	Paracoccus marcusii DSM 11574(T)	99.21
3	yk2-1-5	Oceanicola litoreusM-M22(T)	97.26
4	yk13-1-3-1	Algoriphagus winogradskyi LMG 21969(T)	99.73
5	yk13-1-5-2	Leisingera daeponensis TF-218(T)	97.08
6	yk13-1-2-2	Alteromonas marina SW-47(T)	98.29
7	yk1-1-2-1	Cellvibrio fibrivorans R-4079(T)	98.36
8	yk1-1-2-2	Cellvibrio fibrivorans R-4079(T)	98.22
9	yk1-4	Cellvibrio fibrivorans R-4079(T)	98.08
10	yk1-5-1	Algoriphagus jejuensis CNU040(T)	98.29
11	yk1-5-3-1	Flavobacterium jumunjinense HME7102(T)	97.37
12	yk1-5-3-2 (K3)	Lacihabitans soyangensis HME6675(T)	91.09
13	yk1-5-3-3	Flavobacterium jumunjinense HME7102(T)	96.66
14	yk1-5-3-4	Flavobacterium jumunjinense HME7102(T)	97.18
15	yk1-5-3-5	Flavobacterium jumunjinense HME7102(T)	97.3
16	yk1-6-1	Exiguobacterium profundum 10C(T)	98.65
17	yk2-1-1	Rhizobium rosettiformansW3(T)	99.5
18	yk2-1-5	Oceanicola litoreus M-M22(T)	97.26
19	yk2-6-1	Erythrobacter citreusRE35F/1(T)	98.52
20	yk2-6-2	Lacihabitans soyangensis HME6675(T)	91.16
21	yk2-9-2	Rheinheimera aquimaris SW-353(T)	98.51
22	yk2-13	Paracoccus marcusii DSM 11574(T)	99.86
23	yk2-17-3	Pseudomonas indoloxydans IPL-1(T)	98.12
24	yk2-18-1	Rheinheimera aquimaris SW-353(T)	99.59
25	yk2-18-3-1	Exiguobacterium enclense NIO-1109(T)	99.36
26	yk3-3-1	Hydrogenophaga palleronii DSM 63(T)	98.01
27	yk3-7-1	Pseudomonas oleovorans subsp. lubricantis RS1(T)	98.61

28	yk3-7-1-3	<i>Pseudomonas alcaliphila</i> AL15-21(T)	98.23
29	yk3-7-2-1	<i>Cellvibrio fibrivorans</i> R-4079(T)	98.21
30	yk3-7-2-2	<i>Pseudomonas alcaliphila</i> AL15-21(T)	98.17
31	yk3-11-2-2	<i>Rheinheimera aquimaris</i> SW-353(T)	99.46
32	yk3-11-2-3	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.69
33	yk3-19	<i>Microbacterium aurantiacum</i> CIP 105730(T)	98.68
34	yk4-5-2	<i>Flavobacterium jumunjinense</i> HME7102(T)	97.31
35	yk4-6-1	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.2
36	yk4-6-2	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.55
37	yk4-8-2-2	<i>Bacillus hwajinpoensis</i> SW-72(T)	99.39
38	yk4-8-3-1	<i>Rheinheimera aquimaris</i> SW-353(T)	99.59
39	yk4-8-3-2	<i>Rheinheimera pacifica</i> KMM1406(T)	99.35
40	yk5-4-1	<i>Algoriphagus boseongensis</i> BS-R1(T)	97.64
41	yk5-4-2	<i>Alishewanella tabrizica</i> RCRI4(T)	97.69
42	yk5-13-2	<i>Pseudorhodobacter wandonensis</i> WT-MW11(T)	97.91
43	yk5-20	<i>Rhizobium rosettiformans</i> W3(T)	98.92
44	yk5-24-1-1	<i>Flavobacterium ponti</i> GSW-R14(T)	99.37
45	yk6-9-1	<i>Rhodobacter megalophilus</i> JA194(T)	97.04
46	yk6-9-2	<i>Euzebyella saccharophila</i> 7SM30(T)	97.65
47	yk6-9-3	<i>Algoriphagus marincola</i> DSM 16067(T)	99.73
48	yk7-2-1	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
49	yk7-3-2	<i>Rheinheimera nanhaiensis</i> E407-8(T)	99.45
50	yk7-3-3	<i>Lacihabitans soyangensis</i> HME6675(T)	95.73
51	yk7-4	<i>Tabrizicola aquatica</i> RCRI9(T)	97.12
52	yk7-6-2	<i>Cellvibrio fibrivorans</i> R-4079(T)	98.43
53	yk7-8	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
54	yk8-3-2-1	<i>Paracoccus homiensis</i> DD-R11(T)	99.64
55	yk8-9-1	<i>Paracoccus zeaxanthinifaciens</i> ATCC 21588(T)	99.28
56	yk8-9-2	<i>Bacillus hwajinpoensis</i> SW-72(T)	98.45
57	yk8-10-3	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i> NCIMB 1949(T)	98.79
58	yk8-15	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
59	yk9-23-1	<i>Maribacter dokdonensis</i> DSW-8(T)	99.05
60	yk10-6-3	<i>Rhizobium rosettiformans</i> W3(T)	99.07
61	yk10-8-1	<i>Alishewanella tabrizica</i> RCRI4(T)	97.69
62	yk10-8-2	<i>Alteromonas litorea</i> TF-22(T)	99.73
63	yk10-8-3	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
64	yk10-14	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> ATCC 49743(T)	97.58
65	yk10-14-3	<i>Pseudorhodobacter wandonensis</i> WT-MW11(T)	98.13
66	yk10-19-1	<i>Alteromonas marina</i> SW-47(T)	99.52
67	yk10-19-2	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> ATCC 49743(T)	97.85
68	yk10-20	<i>Oceanicola litoreus</i> M-M22(T)	100
69	yk13-1-3-1	<i>Algoriphagus winogradskyi</i> LMG21969(T)	99.93
70	yk13-1-3-3	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
71	yk13-1-5-2	<i>Phaeobacter gallaeciensis</i> DSM 26640(T)	97.28
72	yk13-1-5-3	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
73	yk13-13-1	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.73
74	yk13-14-1	<i>Aquimonas voraii</i> GPTSA 20(T)	98.53
75	yk13-14-2	<i>Rheinheimera baltica</i> DSM 14885(T)	97.9
76	yk13-14-3	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> ATCC 49743(T)	97.45
77	yk13-15-1	<i>Paracoccus marcusii</i> DSM 11574(T)	99.79
78	yk13-15-4	<i>Rhizobium rosettiformans</i> W3(T)	99.07
79	yk13-15-5	<i>Algoriphagus marincola</i> DSM 16067(T)	99.39

80	yk14-4-2	<i>Alteromonas litorea</i> TF-22(T)	97.46
81	yk15-14	<i>Micrococcus yunnanensis</i> YIM 65004(T)	99.58
82	yk7-1-1	<i>Algoriphagus chordae</i> LMG 21970(T)	97.94
83	yk1-5-3-3	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.86
84	yk1-6-2	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
85	yk2-1-5	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
86	yk2-9-2	<i>Rheinheimera aquimaris</i> SW-353(T)	98.78
87	yk2-18-1	<i>Rheinheimera aquimaris</i> SW-353(T)	99.46
88	yk3-7-1	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.46
89	yk3-7-1-2	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.54
90	yk3-11-2-2	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
91	yk3-11-2-3	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.68
92	yk4-6-2	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.68
93	yk4-6-3	<i>Pseudomonas oleovorans</i> subsp. <i>lubricantis</i> RS1(T)	98.68
94	yk4-8-2-1	<i>Rheinheimera pacifica</i> KMM 1406(T)	99.35
95	yk4-8-3-1	<i>Pseudomonas composti</i> C2(T)	99.58
96	yk7-6-2	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
97	yk10-2-2	<i>Alteromonas litorea</i> TF-22(T)	97.52
98	yk10-8-2	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC14578(T)	99.92
99	yk10-8-3	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
100	yk10-14	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
101	yk13-1-3-1	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
102	yk13-1-3-3	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
103	yk13-1-5-2	<i>Phaeobacter gallaeciensis</i> DSM 26640(T)	97.08
104	yk13-3-1	<i>Paracoccus zeaxanthinifaciens</i> ATCC 21588(T)	99.42
105	yk13-7-2	<i>Shewanella hafniensis</i> P010(T)	98.87
106	yk13-11-1	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.53
107	yk14-1-2	<i>Vibrio hangzhouensis</i> CN83(T)	98.92
108	yk14-23-1	<i>Vibrio rotiferianus</i> LMG 21460(T)	99.32
109	yk15-2-2	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
110	yk15-14	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
111	yk1-5-1	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
112	yk1-5-3-1	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
113	yk1-5-3-5	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.19
114	yk1-6-2-1	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i> NCIMB 1949(T)	98.08
115	yk1-6-2-2	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.26
116	yk5-24-1-1	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579(T)	99.93
117	yk10-2-1	<i>Alteromonas litorea</i> TF-22(T)	97.52
118	yk10-5-1	<i>Cellulophaga tyrosinoxydans</i> EM41(T)	99.59
119	yk10-9-1	<i>Rhodobacter megalophilus</i> JA194(T)	97.15
120	yk10-9-2	<i>Rheinheimera muenzenbergensis</i> E49(T)	98.94
121	yk10-20	<i>Bacillus anthracis</i> ATCC 14578(T)	99.92
122	yk11-3-1	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.73
123	yk12-9-1	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.53
124	yk13-11-3	<i>Exiguobacterium profundum</i> 10C(T)	99.73
125	yk14-1-1-1	<i>Vibrio hangzhouensis</i> CN83(T)	98.71
126	yk14-1-1-2	<i>Vibrio rotiferianus</i> LMG 21460(T)	99.39

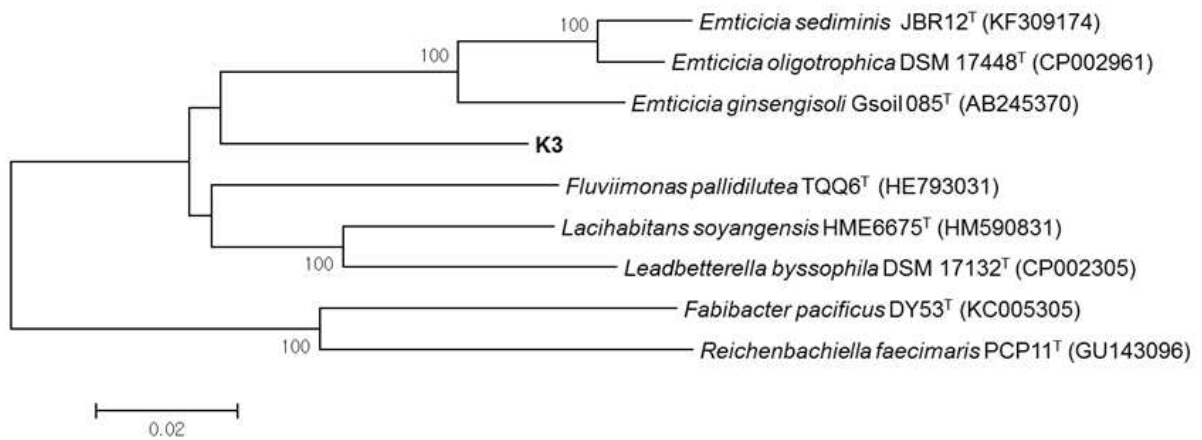


Fig. 3-5-33. Phylogenetic analysis of isolated novel bacteria from hado-ri.

○ 행원리 양식산업단지 내 미생물 탐색

- 제주시 구좌읍 행원리에 위치한 양식산업단지는 연중 수온이 일정한 지하 해수를 끌어 올려 어류 양식에 사용하고 있으며 사용된 물은 Fig. 3-5-34와 같이 침전조를 거쳐 바다로 배출됨.



Fig. 3-5-34. Satellite photo of aquacultural discharging water area in haengwon-ri.

- 양식산업단지 배출수 침전조로부터 미생물 분리를 위한 샘플을 수집하였으며, 그 환경의 물을 기반으로 한천만을 첨가하여 초기 미생물 배양 배지로 사용하였음.

- 수집된 시료를 초기 배양 배지에 도말 후 20℃에서 2-3일간 배양을 수행하였으며, 배지별로 서로 다른 colony들을 선택하여 marine agar plate에 순수 배양 하였음.
- 행원리 양식산업단지 배출수 침전조로부터 미생물 19주를 확보하였음.
- 분리된 미생물들은 16S ribosomal RNA 유전자 서열과 표준균주들의 유사성을 분석하여 종 동정을 수행하였음(Table 3-5-22).

Table 3-5-22. List of isolated marine microbes in haengwon-ri.

No.	Strains	Similar species	Similarities (%)
1	yk19-2-2-1	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.86
2	yk16-9	<i>Pseudoalteromonas shioyasakiensis</i> SE3(T)	99.2
3	yk16-11-2	<i>Pseudoalteromonas carrageenovora</i> ATCC 12662(T)	99.29
4	yk16-12	<i>Shewanella gaetbuli</i> TF-27(T)	99.53
5	yk17-1-1	<i>Vibrio chagasii</i> R-3712(T)	99.79
6	yk17-1-2	<i>Alteromonas marina</i> SW-47(T)	98.42
7	yk18-1-1-2	<i>Alteromonas marina</i> SW-47(T)	98.29
8	yk18-1-2-1	<i>Ruegeria mobilis</i> NBRC101030(T)	99.86
9	yk18-1-2-2	<i>Wenyngzhuangia heitensis</i> H-MN17(T)	97.17
10	yk18-1-2-3	<i>Ruegeria mobilis</i> NBRC101030(T)	99.86
11	yk19-2-1-2-1	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.79
12	yk20-1-5-1	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.58
13	yk16-9-1	<i>Pseudoalteromonas shioyasakiensis</i> SE3(T)	99.13
14	yk16-9-2	<i>Vibrio hemicentroti</i> AlyHp32(T)	99.1
15	yk19-2-1-2-1	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.86
16	yk20-1-5	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.65
17	yk17-6-1	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> NBRC 12711(T)	99.6
18	yk17-6-2	<i>Vibrio chagasii</i> R-3712(T)	99.72
19	yk17-8-2	<i>Vibrio neocaledonicus</i> NC470(T)	99.5



Fig. 3-5-35. Colony photos of isolated marine bacteria from hado-ri and haengwon-ri.

제 6 절 제주 주변해역 해양환경 교란

1. 서론

동중국해는 북쪽 경계인 제주도에서 남쪽으로 대만의 북쪽 해안에 위치하고 있으며, 중국 대륙에서 유입되는 장강(Changjiang River)의 영향 및 연안 용승으로 인하여 상대적으로 높은 생산성을 나타내는 지역으로 알려져 있다(Liu et al., 1992; Chen 2000; Chai et al., 2006; Lu et al., 2006; Yan et al., 2008; Zhou et al., 2008). 동계 동중국해는 북서 계절풍에 의해 비교적 적은 장강 배출수가 중국 연안을 따라 남하하고 그 영향도 좁은 범위에 제한된다. 그러나 여름철 장강에서 유입된 담수는 많은 양이 유출되면서 장강 희석수(Changjiang Diluted Water: CDW)를 형성하여 연구지역 동쪽인 제주도 및 대마난류의 영향권까지 발달되어지고(Lie et al., 2003), 해양환경을 결정짓는 주요 요인으로 작용한다. 여름철 저염수의 확산은 장강 방류량 및 바람에 의한 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그러나 다양한 모델 결과에서 장강 희석수의 확산 및 분포는 바람과 조류에 의한 복합적인 영향을 받는 것으로 보고되었다(Oh and Park, 2004). 최근 동중국해의 해양 환경, 특히, 해양생태계에서 녹조, 적조, 해파리 번성 등 여러 특이 현상들이 관측되고 있다. 특히 1996년 장강 저염수의 이동으로 제주도 연안의 양식장에서는 소라 및 전복 등 184톤이 폐사하여 59억 상당의 경제적 피해를 입기도 했다. 이들의 요인으로 해양온난화와 장강 산사댐 건설, 육지로부터 오염물질 배출, 연안 양식 등 인위적이고 상대적으로 단기적인 외적 변화 등이 제시되고 있다(Chai et al., 2006, 2009; Moon et al. 2010; Son et al., 2012, 2015, 2016).

장강 지류에 건설된 산사댐(Three-Gorges Dam)은 2003년 일차 물막이 공사를 시작으로 2006년 이차 물막이 공사를 완료하고 2009년 모든 공사를 완료하면서 동중국해에 인위적 수량 통제로 담수의 유입이 감소하고 이로 인해 연구지역 및 주변해역에서 해류 순환시스템의 변화(Chen, 2000) 및 생지화학적 원소들의 거동 및 분포 변화로 해양생태계 심각한 변화를 초래 할 것이라고 보고하였다(Gong et al., 2006; Jiao et al., 2007). 최근 연구에서 장강에 인접한 동중국해에서 산사댐 건설 전후로 일차생산성 감소와 미세조류 군집구조의 변화가 있음을 보고하였고, 이는 산사댐의 건설로 인하여 연구지역에서 담수 유입이 감소되어 쿠로시오 중층의 용승이 약해지고 이로 인해 영양염 공급 감소로 생산성이 줄어들 것으로 예견한 Chen(2000)의 결과와 유사하다. 그러나 Yuan et al.(2007)은 위성으로 추정된 클로로필 자료에서 2003년 일차 물막이 공사 전후로 뚜렷한 감소 경향이 관측되지 않았으며, 현장자료를 이용한 관측에서도 큰 변화가 없었다고 보고하였다.

이처럼 최근 연구에서 산사댐 건설로 인한 해양환경 변화에 대해서 다양한 논의가 이루어지고 있다. 산사댐 건설로 인하여 방류량 및 부유물질이 상대적으로 감소하는 경향을 보이지만, 이로 인해 물리적 및 생지화학적 환경 변화로 생태계에 영향을 미치고 있는지에 대해서는 많은 연구가 필요 할 것으로 사료된다. 최근 장강 하구 역에서는 부영양화로 인하여 적조 발생이 증가하고 있는 것으로 보고되었다(Chai et al., 2006; Zhou et al.,

2008). 이와 같이 장강 희석수의 변동성을 포함하여 지구온난화 등에 의한 기후변화가 동중국해의 해양환경과 해양생태계 및 생물자원에 어떻게 영향을 미칠지를 파악하기 위해서는 지속적인 관측과 모니터링이 필요하다.

본 연구는 다양한 형태의 인공위성자료와 현장관측자료 등을 이용하여 여름철 생산성 변화를 파악하는 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 위성자료

해색 위성센서인 SeaWiFS(Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor)와 MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer)의 반사도(Remote-sensing Reflectance, Rrs)는 NASA Ocean Biology Processing Group(<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)의 자료를 이용하여 OC4V6 클로로필 알고리즘을(one of NASA standard algorithm, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/REPROCESSING/R2009/ocv6/>) 적용하여 클로로필 농도를 추정하였다. 동중국해 및 남해안을 포함하는 자료는 1998년 1월부터 2007년 12월까지 월별자료는 SeaWiFS 자료를 이용하였고, 2003년 1월부터 2014년 12월까지는 MODIS 자료를 이용하여 월별 합성하였다.

나. 영양염자료

장강 희석수의 영향을 받는 동중국해 및 남해안을 포함하는 대륙붕 지역에서 해양환경 변화를 관측하는 두 개의 조사에서 얻어진 자료 및 국립수산과학원 자료를 이용하였다. 첫 번째 현장관측 자료는 2003년부터 2007년까지 한국해양연구원 연구선 이어도 및 일본 나가사키 대학의 조사선 나가사키 마루호를 이용하여 획득되었다(Fig. 3-6-1). 두 번째 국립수산과학원에서 매년 격월로 한반도 주변 해역에 대한 정기적인 해양관측을 수행하여 얻은 자료들 중에서 황해, 동중국해, 남해안 해역의 염분 현장관측 자료를 사용하였다(<http://kodc.nfrdi.re.kr/>). 국립수산과학원 자료는 한국해양연구원 및 나가사키 대학의 염분 자료와 병합하였다. 기본적인 염분 자료는 CTD(Conductivity, Temperature and Depth)를 이용하여 관측되었다.

다. 장강방류량자료

장강의 월별 평균 방류량은 다퉁(Datong)관측소에서 관측한 자료로 1995년 1월부터 2014년 12월까지의 자료를 이용하였다(<http://yu-zhu.vicp.net>, Fig. 3-6-2).

라. EOF 및 K-mean 분석

동중국해에서 하계 클로로필의 시/공간적인 분석을 위해서 1998부터 2014년 하계(6월~8월)를 이용하여 EOF(empirical orthogonal function) 분석을 하였고, 지역적 구분을 위해서 EOF의 PCs(principal components)을 이용하여 K-mean 분석을 하였다.

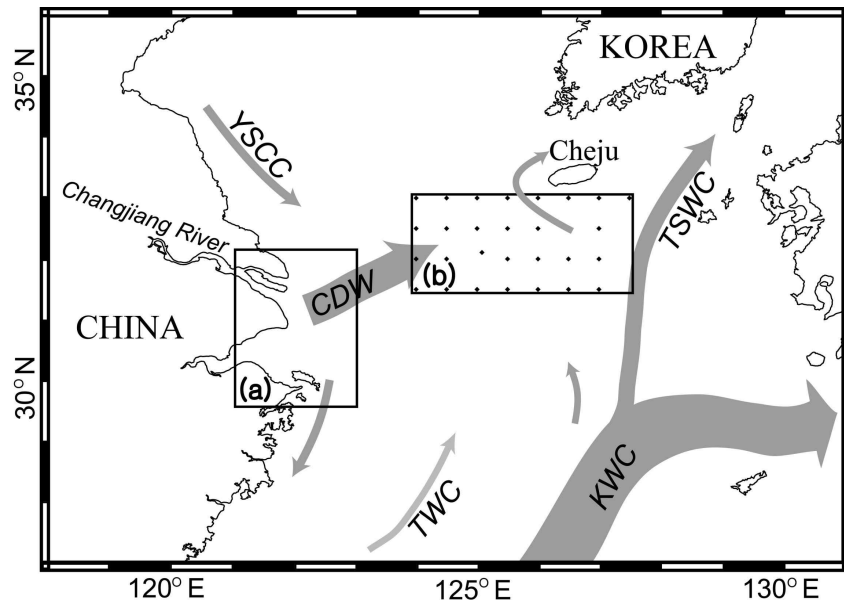


Fig. 3-6-1. Map of the East China Sea and nutrient sampling stations (marked with dot symbols). YSCC(Yellow Sea Coastal Current, CDW(Changjiang Diluted Water), TWC(Taiwan Warm Current), TSWC(Tsushima Warm Current), KWC(Kuroshio Warm Current).

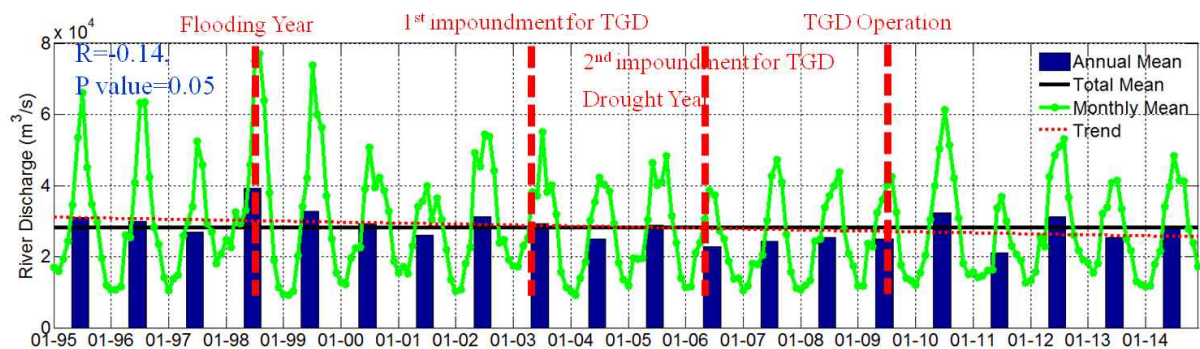


Fig. 3-6-2. Monthly variation of the Changjiang river discharge at Datong station.

3. 결과

가. 하계 장강 저염수 확산 및 클로로필 변화

클로로필 농도는 연구지역의 서쪽 해역인 장강 하구 역에서 연중 높은 값을 보이고, 쿠로시오 및 대마난류의 영향을 받는 남동쪽해역에서 상대적으로 낮은 값을 보이고 있다 (Fig. 3-6-3). 클로로필 농도는 계절적 변화는 봄에 최대를 보이고, 여름에 접어들면서 감소되었다가 가을과 겨울로 가면서 다시 증가하는 양상을 보인다. 여름철(6월-8월) 장강 하구에서 발달된 고농도의 클로로필 분포는 봄에 비하여 감소되지만, 장강 하구 및 한국 남해안 사이에 사라지지 않고 나타나고 있다. 이는 대부분의 부유물질들이 연안에 퇴적되고 외해로의 이동이 감소하고, 그리고 여름철 광도 증가 및 담수에 포함된 풍부한 영양염으로 인하여 생산성이 증가되는 것으로 보고되었다(Yuan et al., 2008). 장강 저염수는 클로로필과 부유물질 농도 분포와 유사하게 7월과 8월로 가면서 동쪽으로 확산되고 제주도 를 포함하여 남해안 연안까지 연안을 준다. 이는 겨울철은 북서계절풍이 우세하여 지역적으로 제주도에 영향을 주지 않지만, 여름철에는 남풍이 우세해 지면서 영향을 받는 것으로 파악되었다(Fig. 3-6-3).

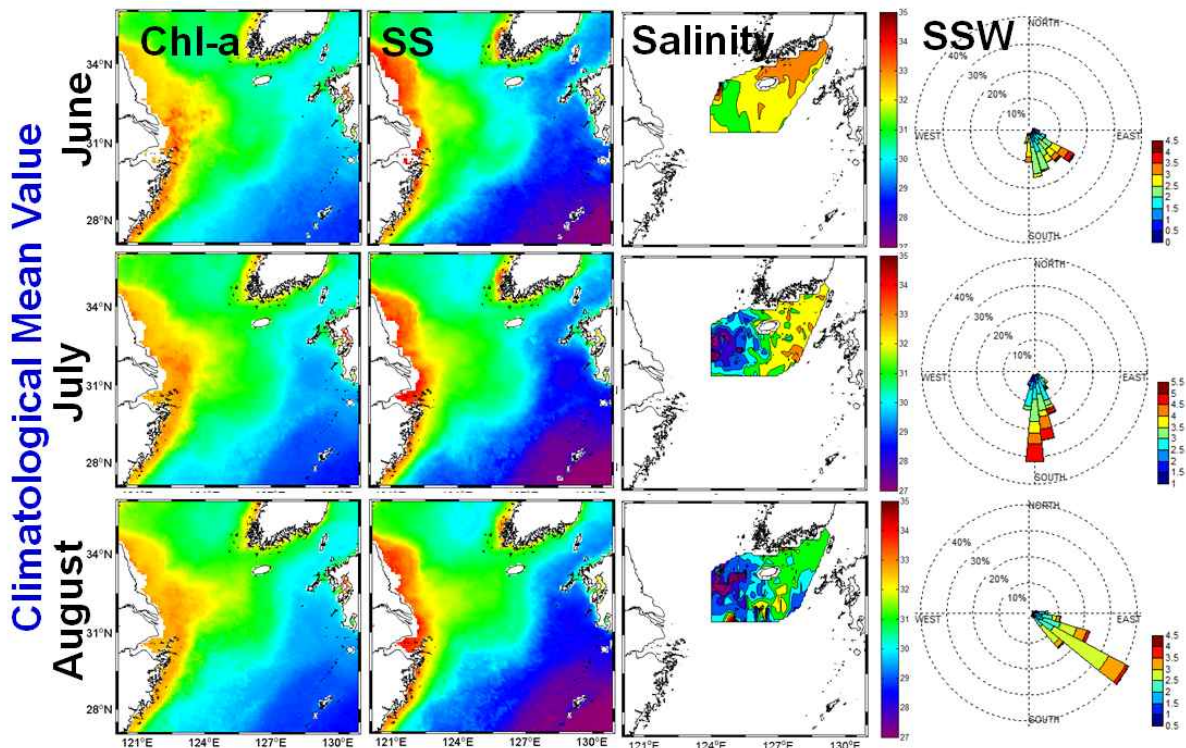


Fig. 3-6-3. The distribution of mean summer Chl-a, suspended sediment (SS), salinity, sea surface wind (SSW) in the East China Sea.

나. 하계 클로로필의 시/공간적 변화

여름철 클로로필 자료를 이용한 EOF 분석에서 첫 번째 주성분은 전체의 14%를 설명한다(Fig. 3-6-4). 첫 번째 주성분의 공간적인 변화를 보여준다. 연구지역에서 양의 값을 가지는 곳은 장강 하구역에서 제주도 남부 지역이고, 그 이외의 지역은 음의 값을 보인다. 첫 번째 주성분의 시간적 변화는 장강 방류량의 변화와 잘 일치한다. 여름철 장강 방류량은 위성으로 추정된 클로로필의 공간적 분포와 좋은 상관관계를 보이며, 지역별로 0-2개월의 시간적인 차이를 가진다(손 등 2010; Yamaguchi et al., 2012). 첫 번째 POC 자료의 주성분은 방류량의 변화에 의한 장강 희석수의 공간적 변화에 영향을 받는 지역과 받지 않는 지역으로 대표될 수 있다. 전체 17년(1998-2014) 여름철 클로로필 농도는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

자세한 지역적 특성을 파악하기 위해서 EOF 분석에서 계산된 PC를 가지고 K-mean 분석을 통해서 총 6개 해역으로 구분하고 클로로필 농도 변화와 장강 방류량 변화를 살펴보았다(Fig. 3-6-5). 장강 하구역에서 클로로필 농도는 증감의 경향을 보여주지 않고 또한 장강 방류량과도 특이한 관계를 나타내지 않았다. 그러나 제주남부 해역에서는 클로로필 농도는 점진적으로 감소하는 경향을 보이고 장강 방류량과도 높은 상관관계를 보였다. 한반도 남해안 해역에서는 클로로필 농도의 변화는 없지만 장강 방류량과는 좋은 상관관계를 보였다. EOF와 K-mean 분석결과에서 동중국해 특히 제주도 남부 해역은 여름철 클로로필 농도가 감소하는 뚜렷한 경향을 나타내고 이는 장강 방류량과 밀접한 관계를 나타내고 있음을 파악하였다.

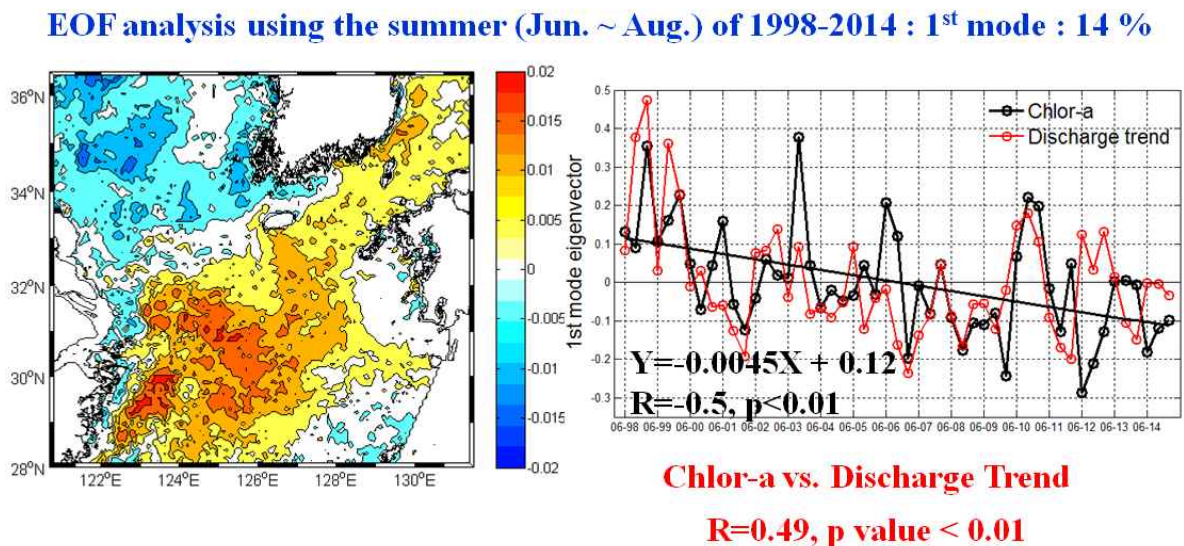


Fig. 3-6-4. The first mode of Chlor-a for EOF patterns and their time series in the ECS. Inter-annual variations of the summer Chlor-a were well correlated with Changjiang River discharge.

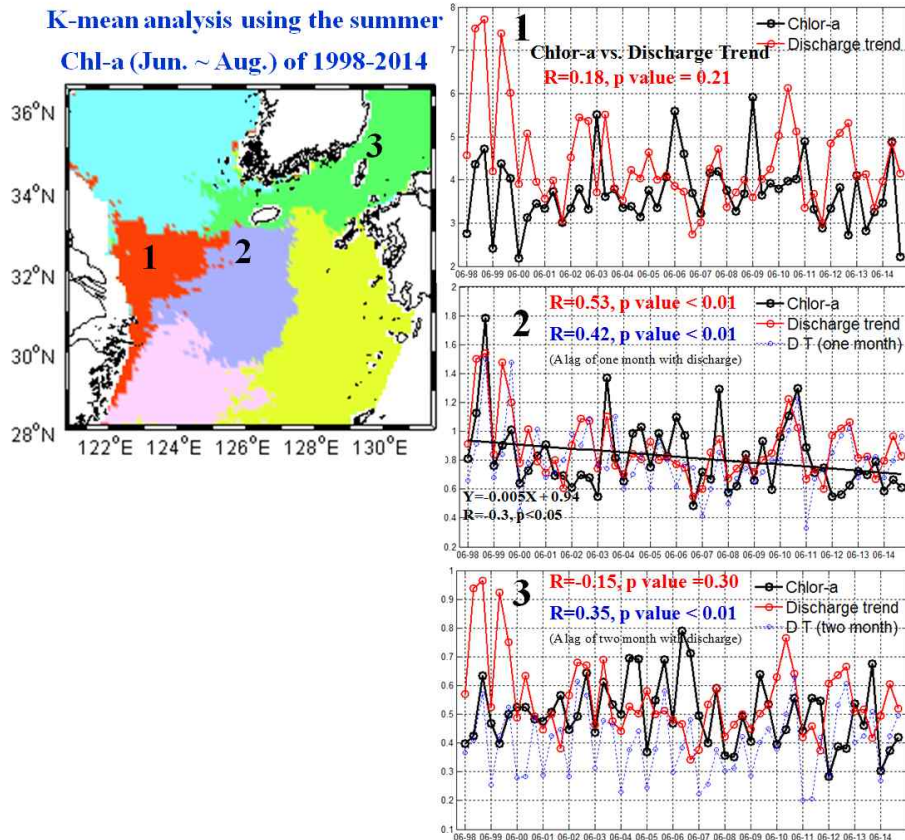


Fig. 3-6-5. Classification of the six regions by k-mean clustering based on the six PCs and Inter-annual variations of summer monthly chlorophyll-a concentration.

다. 하계 동중국해 영양염 변화

클로로필 변화에 영향을 주는 많은 요인들이 있지만, 본 연구에서는 장강에서 유입되는 담수의 영향을 고려해 보기 위해서 영양염과 염분도의 관계를 분석해 보았다. 크게 산샤댐 건설전인 2003년 기점으로 두 기간으로 분류해보았다(1995-2002과 2003-2014). 산샤댐 건설에는 저염에서 모든 영양염(질산염, 규산염, 인산염)의 농도가 높았지만, 산샤댐 건설 이후에는 규산염의 경우 저염에서 농도가 낮아지는 경향을 나타냈다(Fig. 3-6-6). 이는 Chai et al.(2009) 연구에서 제시하였듯이 산샤댐 건설 이후에 인산염 불균형이 크게 증가되고 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 동일한 방법으로 계산된 결과에서도 산샤댐 건설 이후에 제주 남부 해역에서 산샤댐 건설 이전보다 인산염 불균형이 1.5배 증가한 것으로 나타났다(Fig. 3-6-7).

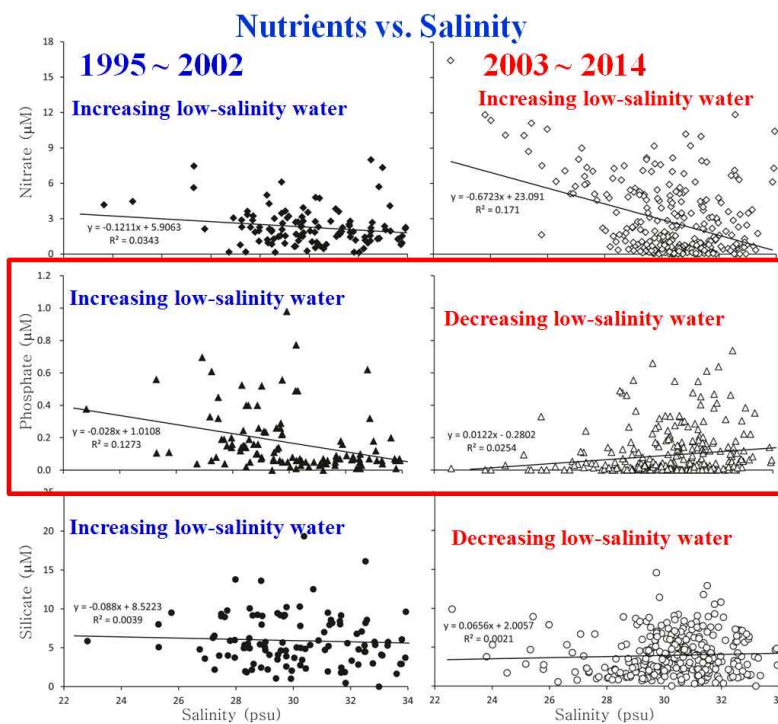


Fig. 3-6-6. Correlation between salinity and nutrients (nitrate, phosphate, silicate).

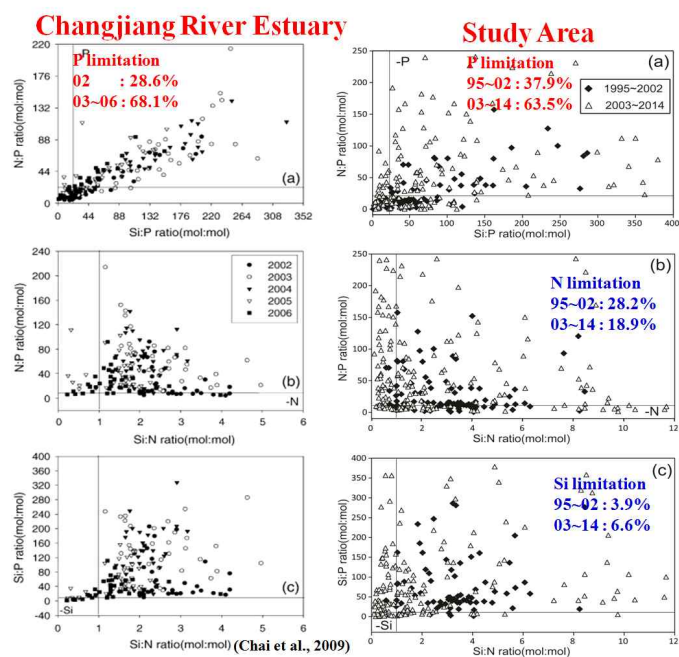


Fig. 3-6-7. Comparison of potential nutrient limitation assessments in the Changjiang River Estuary and study area ((upper) P limitation, (middle) N limitation, (lower) Si limitation).

4. 결론

17년간 여름철 클로로필 농도는 감소 경향을 나타내고 있으며 공간적으로 중국 장강 주변 해역과 연구해역 북동쪽을 제외한 대부분의 해역에서 감소했지만 바람은 증가했다(손 등, 2013). 따라서 여름철 클로로필 감소는 바람 변화에 의한 것으로 판단하기는 힘들다. 또한 여름의 강한 성층을 극복하고 혼합을 증가시켜 더 많은 영양염을 상층으로 공급할 정도로 바람이 크게 증가하였는지 등에 대한 추가 연구가 필요하다. 바람에 의한 영향을 제외한 다른 요인을 살펴보기 위해서 한반도 주변 해역의 영양염 자료를 이용하여 장강희석수(염분도)와 관계를 분석했다. 장강에서 방류되는 담수는 동중국해에 유입되면서 장강 희석수를 형성하게 되고, 겨울철에는 북(북서)계절풍에 의해 중국 동부 연안을 따라 남쪽으로 이동하여 대만 쪽으로 흐르지만, 여름철은 우세한 남풍으로 의해서 북동쪽을 향해 북부 동중국해를 지나 우리나라 제주도와 남해를 거쳐 동해까지 유입된다. 장강 지류에 건설된 산샤댐은 1993년 공사를 시작하여 2003년 일차 물막이 공사를 완료했고, 2006년 이차 물막이 토목 공사를 완료하여 2009년 완성되면서 현재 인위적인 수량 통제를 시작하고 있다. 여름철 장강 희석수의 직접적 영향을 받는 남해안과 제주도 남부해역에서 발생한 여름철 클로로필 농도 감소 현상의 원인을 파악하기 위해서 이차 물막이 토목 공사 완료 시점을 전후로 나누어 영양염 변화를 분석했다(1995년-2002년과 2003년-2014년). 질산염과 규산염의 농도는 2003년 전후로 큰 변화 없이 저염에서 증가하는 경향을 나타내지만, 반해 인산염 2003년 이후 저염에서 오히려 낮아지는 경향을 나타냈다. 이것은 여름철 남해안을 포함하는 북부 동중국해의 표층 해역에서 N/P 비의 불균형이 저염에서 두드러지고, 인산염이 제한 요소로 작용하여 생산성 감소 등에 영향을 초래한 것으로 사료된다.

Yuan et al.(2007)은 장강 하구에서 클로로필 농도가 2003년 일차 물막이 공사 전후로 뚜렷한 변화가 없었음을 보고했고, 이는 장강 하구에서는 감소된 부유물과 장강 주변 도시에서 공급되는 높은 영양염의 부하에 의해서 해조류 대번식 또는 적조가 빈번히 발생하면서 공급된 영양염의 대부분이 연안에서 소비되면서 큰 변화가 나타나지 않는 것으로 설명하였다. 산샤댐 물막이 공사 이후 바다로 공급되는 육상 기원의 규산염 농도는 감소한 것으로 보고했다(Chai et al. 2009). 그리고 산샤댐의 일차 물막이 공사 후에 줄어든 방류량으로 인해 장강에 인접한 동중국해는 영양염의 유입이 제한되면서 공사 전에 비해 일차생산력이 86% 가량 감소하였을 뿐만 아니라, 생물 군집에서도 작은 크기의 미세조류가 우점하게 되었다고 보고하였다. 이것은 장강 하구역에 과거에 비해 적조/녹조 등과 같은 생산성 증가되면서 질산염과 인산염의 소모가 증가되고 특히 질산염은 주변 지역의 산업화 등에 맞물려 인위적 공급이 증가되었지만 인산염은 대부분 소모되고 일부만이 북부 동중국해에는 이동한 것으로 판단된다.

제 7 절 제주 연안지형

1. 제주도 연안지형 기존자료 및 연구결과 분석

제주도는 지리학 및 지질학적으로 중요한 점을 인정받아 세계지질유산으로 지정되었다. 이러한 이유로 지리학분야와 지질학분야에서의 조사와 연구는 많이 진행되어 왔으나 연안 지형 및 지질에 대한 연구는 미비하다. 국회도서관 및 검색사이트에 제주 연안, 제주 해저, 제주 해안, 제주 해양 지질, 제주 해양 지형을 검색한 결과 총 34건의 연구자료가 검색되었다. 이 중 21건은 해안지형에 대한 지리학적 관점에 연구한 것이었으며, 이들 중 지질유산 모니터링에 대한 것은 2건이 있었다. 이러한 검색결과를 바탕으로 제주 해빈/해저 지형과 지질 특성과 관련된 연구는 매우 제한적으로 이루어졌음을 알 수 있다.

검색결과 중 Table 3-7-1에 표기된 것처럼 제주 연안의 지형과 지질에 관한 연구는 총 14건으로 파악되었다. 이들 중 10건은 해빈 지형 및 지질에 관한 것이었으며, 4건만이 해저 지형 및 지질에 관한 것이었다. 해빈의 경우 주로 퇴적물 분석과 층서분석이 주를 이루고 있다. 2006년 이후 사계해수욕장과 이호해수욕장에 대하여 지형조사가 이루어졌다. 이들 조사는 일부 해수욕장에 대하여 이루어진 것으로 제주도 연안에 대한 전반적인 지형조사는 아니었다. 해저지형에 대한 연구 역시 일부 지역에 대한 소규모 조사 자료를 바탕으로 한 것으로 제주도 천해의 지형에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

이들 검색결과는 인터넷상에서 검색 가능한 연구에 대한 것으로 유관기관에서 작성된 보고서와 독립적으로 조사한 연안 지형자료는 있을 것으로 판단된다. 국립해양조사원의 경우 2013년 항공라이다를 이용하여 제주도 연안 전역을 조사한 바 있다. 1차년도에서는 이들 자료를 활용하기 위하여 국립해양조사원과 협의를 하였으며 Fig. 3-7-1의 제주도 주요 연안 10개 지역에 대한 자료 제공을 2차년도에 제공받을 계획이다. 제공받은 자료는 시범적으로 제주 연안에 대한 DB/GIS화 할 예정이다.

제주도의 주변 연안지형에 대한 정량적 조사와 연구가 미비하여 DB 및 GIS화를 위한 자료가 부족한 실정이다. 이에 관광자원 개발과 연안관리를 위하여 육상과 해저지형에 대한 체계적인 조사 시스템 구축 및 모니터링 필요하다. 구축된 자료는 최근 문제가 되고 있는 연안개발에 따른 연안경관 보전, 연안재해에 대한 안전 대비 등을 위한 기초자료로 활용이 가능할 것이다. 궁극적으로 연안경관 공간정보 시스템을 구축하여 체계적인 연안 자원관리 뿐만 아니라 중장기 제주 연안개발 정책 수립에 활용할 수 있을 것이다.

Table 3-7-1 Papers related with coastal morphology and geology in Jeju island.

구분	제목	주저자	년도	연구내용
해빈	제주 해안의 해빈퇴적물에 관한 연구	윤정수	1985	-제주도 주변 해빈의 기울기 폭, 높이 및 퇴적물의 입도분석 연구
	제주도 신양리층의 연안퇴적환경	한상준	1987	-성산반도 주변에 발달한 신양리층의 해양퇴적 환경 연구
	제주도 사빈해수욕장의 해양환경조건에 관한 기초조사	김남형	2001	-제주도 사빈 해수욕장의 지질, 파고, 수온, 수질, 해저경사 및 수심과 해수욕장의 만족도에 대한 상관관계 연구
	우도의 지형·지질에 관한 연구	송시대	2003	-우도의 지질층서학적 연구
	마라도의 지형·지질에 관한 연구	송시대	2004	-마라도의 지질층서학적 연구
	비양도의 지형·지질에 관한 연구	송시대	2004	-비양도의 지질층서학적 연구
	제주도 사계 해안사구의 지형과 퇴적물 특성	서종철	2006	-사계사구의 지형학적 연구와 표층퇴적물의 분석 연구
	제주 사계해안의 지형시스템	서종철	2007	-연대측정법을 이용하여 제주 사계해안 지형시스템 형성과정 연구
	제주 이호해수욕장의 계절별 지형변동의 현지관측	김남형	2007	-계절별 지형변동의 현지관측으로 해수욕장의 침식/퇴적 진행 연구
	제주도 연안역 해빈의 변화특성에 관한연구	문서정	2014	-기후변화에 의한 제주도 연안역의 해빈 정량적 변화 특성 파악
해저	어초에 관한 연구(I), 서귀포 연안의 해저지형에 관하여	박정식	1977	-서귀포 앞 해저지형 조사
	마라도 주변 해역의 해저지형과 해황 특성	김준택	2001	-마라도 주변지역의 국부적인 해저지형 및 해황특성과 외해역의 해황이 마라도 주변해역에 미치는 영향 연구
	제주남동부 표선해역의 해저지형 특성	임문수	2014	-국립해양조사원이 조사한 표선해역의 특이 지형에 대한 연구
	제주해상풍력발전단지 해역의 해양지질학적 특성	정자현	2014	-해상풍력발전단지 입지 해역에 대한 전반적인 해양지질학적 특성 연구



Fig. 3-7-1 Locations of the interested areas for establishing of DB/GIS in Jeju island.

2. 제주도 연안측량 시스템 구축 및 시범 적용

기존의 해변측량의 경우 RTK-GPS, VRS 또는 광파기를 이용하여 측정하는 1차원 또는 2차원의 측량이었다. 3차원 지형조사를 위한 지상 LiDAR 장비가 있지만 수억 원의 고가로 인하여 사용이 쉽지 않다. 항공 LiDAR의 경우도 비용이 고가이기 때문에 사용이 쉽지 않으며 고정밀이 자료를 획득하기 어렵다. 해저지형의 경우 싱글빔이 가장 많이 사용되어져 왔으며 최근 멀티빔의 소형화로 인하여 연안에서도 3차원 해저지형자료 획득이 가능해졌다.

제주도의 연안지형 값은 향후 연안관리 및 관광자원 개발을 위하여 3차원 실사측량 방법을 사용해야 한다. 3차원 실사측량은 고정밀 지형자료 뿐만 아니라 측량점에 대하여 실제 사진에서 추출한 RGB 값을 대입하여 실제 지형을 보는 것 같은 3차원 지형을 구현할 수 있다. 이러한 자료를 얻기 위해서는 드론을 이용한 사진측량과 멀티빔에서 획득한 3차원 자료에 실사 이미지를 정합하는 방법이 있다.

드론사진측량을 제주 월정리 해변에 시범 적용시켜 보았다. 사진측량의 결과 자료로 조사지역의 정사영상과 3차원 고정밀 지형자료를 획득하였다(Fig. 3-7-2와 Fig. 3-7-3). 연안지형에 대한 위치 및 표고 정보를 획득할 수 있어 향후 공간정보 GIS가 가능하다. 또한 수 cm 급의 고해상도 영상을 이용하여 천해의 해저암반 위치 파악이 가능하며, 이미지 색상 정보를 이용한 해조류 등 식생의 공간 분포도 파악이 가능하다.



Fig. 3-7-2. Orthophoto image obtained by drone in Weljeong beach.



Fig. 3-7-3. 3D view in Weljeong beach.

3차원 실사 해저지형자료를 생산하기 위하여 멀티빔을 이용하여 얻은 3차원 해저지형자료에 실시 이미지를 정합시켜야 하는데 이를 위하여 천해용 소형 ROV를 활용할 것이다(Fig. 3-7-4). 현재 천해 해저 촬영용 ROV 시스템의 구축 및 테스트를 진행 중이며, 2차년도 현장 조사에 투입할 예정이다.

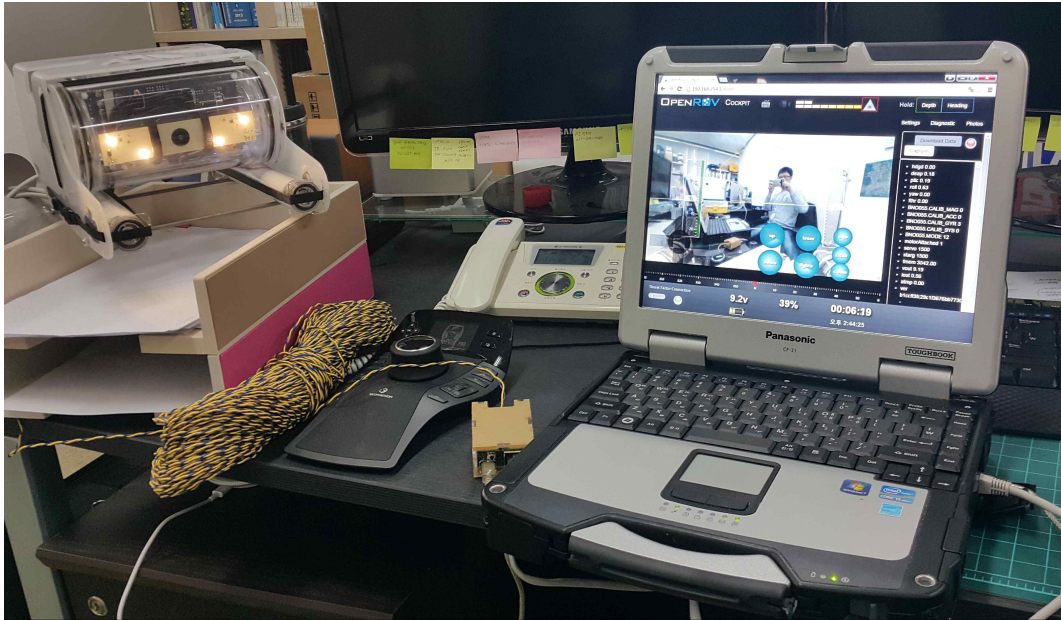


Fig. 3-7-4. ROV system for the shallow-water seafloor survey.

연안의 3차원 실사 지형자료는 향후 제주 연안 지형 및 지표환경 정밀조사를 통한 3차원 가시화 DB/GIS 시스템 구축에 사용되어질 것이다. 이 시스템은 체계적인 제주 연안경관 자원 보전, 신 관광자원 개발, 연안재해 대응 및 안전관리에 활용되어 질 것으로 생각된다.

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 대외기여도

제 1 절 연구개발 목표달성도

년차	달성내용	계획대비 연구실적 달성률	총연구기간 대비 연구진척률
1 (2015)	• 제주도 및 광역해역에서 기후변화 분석	100	30
	• 해수면 상승 등 제주 현안문제 지원 연구	80	20
	• 연안 위해물질 오염 및 유입 특성 분석	100	10
	• 연안 해수 및 용천수 방사능 분석	100	20
	• 제주 주변해역 영양염 분포 특성	100	50
	• 제주 주변해역 수질/저질 오염 현황	100	50
	• 육상 양식장 배출수를 통한 오염물질 유입 현황	80	10
	• 제주 주변해역 기초생산성 조사	100	30
	• 식물플랑크톤 분포 현황 조사	100	50
	• 제주 주변해역 수산자원증 현황 분석	100	50
	• 제주 주변해역 대형 해양동물 종조성 분석	100	50
	• 제주도 연안 서식 어종 총목록 확보	100	30
	• 제주도 해역에 분포하는 해양저서동물 분포 특성 조사	100	30
	• 제주도 해역에 분포하는 해양 저서식물 분포 특성 조사	100	30
	• 제주지역에서 분리된 신규 미생물, 미생물 다양성에 대한 문헌조사 및 제주 특수 해양환경으로부터 미생물 분리 (하도리 126주, 행원리 19주)	100	30
	• 제주 및 주변해역의 해양환경 교란 현황 분석	80	30
	• 해안지형관련 기존 자료 및 연구결과 분석	100	30
	• 제주도 연안측량을 위한 시범적용	100	100

제 2 절 대외기여도

1. 기술적 측면

- 제주도 해역은 한반도 주변해의 기후환경변화 요인의 변동을 예시하는 전초기지로 제주해역의 변화를 정밀 진단하면 한반도 해역 전체의 변화를 효과적으로 예측할 수 있음.
- 기후변화에 따른 해양생태계 변화를 예측하여 대응관리 근거 제공
- 정부의 기후변화 대응방안 및 정책 수립에 필요한 과학적 자료 제공
- 해양생태계 및 해양환경 효율적 관리 방안 도출
- 양식업, 연안수산업 및 해양건축·토목 등 관련 산업의 육성 및 기술 발전
- 제주도 주변 수산자원 관련 문헌조사가 본 연구의 목표였으며, 이와 관련하여 해역별로 분류하여 연구 현황과 어종별 연구현황 그리고 외래종 유입을 파악하기 위한 미기록종 등재 현황을 논문을 이용하여 정리하였다. 본 조사를 통하여 제주도 해역별 어획 어종과 계절별 어종의 변화 및 주요 수산어종에 대한 연구 진행 현황을 전반적으로 파악 할 수 있다.
- 과학 잠수를 통한 제주도 연안 생태 연구나 생물상 연구는 최근 확대되고 있는 우리나라 연안의 해양환경보호구역(MPA)의 관리, 보존을 위한 가장 기초적이면서도 효과적인 방법으로 장기적인 관련 학문의 발달과 차세대 전문가 육성을 위한 매뉴얼 정비 등의 효과가 높다.
- 제주 연안 지형자료를 이용한 제주 연안지역에 대한 3차원 GIS화 가능

2. 경제·사회적 측면

- 새로운 해양환경의 창출로 환경보전 및 환경 인프라의 건전화를 도모하여, 연안 환경 개선과 국민의 해양환경에 대한 인식 제고
- 바다의 종합적인 이용·관리로 효율적인 자원관리 및 수산물의 지속적인 생산을 통한 어업인 소득 향상과 국내 미래 식량자원 확보
- 지역현안 문제 해결을 통한 국가정부 신뢰도 향상
- 자연방사성물질 라돈에 대한 수질기준 또는 관리기준 마련계획 기여
- 제주도의 관광 국제화 추세에 맞추어 연안 생태의 자연과학적인 자료와 수중경관, MPA 해역 등에 대한 해양레저 복합산업이 발달함으로써 지금까지 육상에 한정되었다고 볼 수 있는 제주도 관광사업의 확대를 통하여 제주도 지역 경제의 활성화 효과를 기대할 수 있다.
- 연안 개발 및 해저관광자원 발굴을 위한 공간정보 자료로 이용

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- 제주도의 해양환경 특성을 집대성·종합화하여 양식과 같은 해양이용이 합리적으로 계획될 수 있음
- 국지적-거시적 환경상태에 대한 종합적 평가에 의해 지속적인 발전이 가능한 환경 정책과 개발정책을 수립하는 것이 가능
- 우리나라 정부가 관여하는 해양관련 국제기구보고서에 기여
- 수리지질학적 특성을 반영한 지하수 방사성 물질 라돈 실태조사
 - 용천수 모니터링을 통하여 수량 변화 분석
- 지하수 기원의 오염물질 유출이 연안 생태계에 미치는 영향 파악
 - 미량원소성분의 생지화학적 순환의 이해
- 제주도 해저 지하수 유출에 따른 영양염, 미량금속, REE의 유출량을 계산한 결과 해저 지하수 유출에 의한 이들 성분의 유출량이 전 세계의 주요 강들(미시시피, 나일, 아마존 등)을 통한 수송량과 비견할 만한 수준임을 알아내었다. 본 연구 지역은 전 지구에서 1% 미만의 면적임을 고려할 때, 놀라운 결과이다. 하지만, 이러한 연구 결과를 일반화시키고, 많이 활용하기 위해서는 왜 이렇게 해저 지하수에 화학 성분이 높아지는지, 그리고 해저 지하수 유출이 해양 생태계에 어떠한 직접적 영향을 미치는 지에 대한 메커니즘을 밝히는 것이 중요하다.
- 제주도 동·부 해역의 수온은 계절별 변화 특성을 가지고 있으며 이에 따라 수온이 높은 시기인 7-12월 사이에 가장 높은 어획량, 1-3월 수온이 낮은 시기에 낮은 어획량을 타내었다. 이러한 결과로 수온 및 계절의 변동과 수산자원 어획량은 관계가 있는 것으로 볼 수 있으며, 미기록종 등재현황 정리를 통하여 제주해역 아열대화에 대한 수산 자원관리의 필요성을 다시 부각 시키는 계기 마련
- 종 다양성이 높고 난류의 영향을 받고 있는 중요한 해역이며, 제주도 연안에는 국내 유일한 연산호 군락지와 각종 열대, 아열대 해양생물들이 서식하거나 최근 출현하고 있어, 우리 나라 바다의 생태와 자원변화를 모니터링하기에 매우 중요한 곳이다. 따라서 환경 지표종을 추적, 모니터링함으로써 장기적인 기록, 분석을 위한 과학적인 자료 축적이 가능하다. 한편 제주도는 현재까지 육상 관광에 집중되고 있으며 해양관광 분야에서는 유어, 스쿠버다이빙과 4척의 잠수함 관광이 전부이다. 향후 제주도의 해양 레저분야의 아이템 확대와 활성화와 관련 사업의 발달에 따른 환경 훼손방지 및 생태 보전을 위한 다양한 정책과 규제 제정 시 활용 가능
- GIS 기반 기후변화, 연안침식, 주변 생태계 변화 모니터링을 위한 기초자료로 활용
- 제주 연안 지형 및 지표환경 정밀조사를 통한 3차원 가시화 DB/GIS 시스템 구축
- 제주 연안 지형 DB/GIS 시스템은 체계적인 제주 연안경관 자원 보전, 신 관광자원 개발, 연안재해 대응 및 안전관리에 활용
- 제주 연안 지형 DB/GIS 시스템은 중장기 제주 연안개발 정책 수립에 활용 가능

제 6 장 참고문헌

- 감상규, 허철구, 이민규, 2011. 제주도 제주항내 퇴적물 중의 부틸주석화합물의 오염. 한국 환경과학회지, 20(5), 655-665.
- 강정훈, 강태한, 유승화, 조해진, 이시완, 김인규, 2008. 천연기념물무인도서(칠발도,사수도, 난도, 홍도)의 번식실패에 관한 연구, 한국조류학회지, 15(2), 169-175.
- 고유봉, 1997. 제주도 남부 화순연안 수산자원 유영생물의 종 구성과 다양도. 한국어류학회지 2(1), 36-46.
- 고유봉, 고경민, 김종만, 1991. 제주도 북방 함덕 연안역의 자치어 출현. 한국어류학회지, 3(1): 24-35.
- 고유봉, 전득산, 1984. 제주도 삼양연안지역에서의 플랑크톤연구. 제주대 해양연보, 8: 19-30.
- 고정락, 김용익, 명정구, 1995. 한국산 놀래기과 어류의 2미기록종. 1995. 한어지 7(1) : 1-7.
- 고혁준, 박성은, 차형기, 장대수, 구준호, 2013. 제주연안 육상양식장 밀집지역 주변해역의 영양염 과잉 요인. 한국해양환경안전학회지, 19(4), 315-326.
- 국립해양조사원, 2008a, 지구온난화에 의한 이상해면 변동성 연구.
- 국립해양조사원, 2009, 해수면 변동 정밀분석 및 예측.
- 국립해양조사원, 2009a. 지구온난화에 의한 해수면 변화 연구.
- 국립해양조사원, 2010, 해수면 변동 정밀분석 및 예측(2차).
- 국립해양조사원, 2010a. 지구온난화에 의한 해수면 변화 연구(Ⅱ).
- 국립해양조사원, 2011, 해수면 변동 정밀분석 및 예측(3차).
- 국립해양조사원, 2012, 해수면 변동 정밀분석 및 예측(4차).
- 국립해양조사원, 2013, 해수면 변동 정밀분석 및 예측(5차).
- 국립해양조사원, 2014, 한국형 해수면 변화분석기법 개발 연구.
- 국립해양조사원, 2014, 해수면 및 표층수온 장기분석 및 전망
- 국립해양조사원, 2015, 해수면 변동 분석 및 예측 연구.
- 국토해양부 .2009. 해조류를 이용한 온실가스 저감연구 사업-해조류 생물량 평가 및 CO2 저감 해조벨트연구-제3협동과제. pp86.
- 국토해양부, 2010. 기후변화에 따른 남해(동중국해 북부)의 해양환경 및 생태계 변동 연구. 한국해양연구원, BSPM 55670-2202-1, 300p.
- 국토해양부. 2010. 해중경관 모니터링. BSPG47420-2212-3. 113pp.
- 국토해양부. 2012. 2011년 해양보호구역 조서관찰. 11-1611000-002385-10. 483pp.
- 김규범, 2012. 해저 지하수 탐사 및 자원 환경학적 응용 기술.
- 김만철, 장태원, 한용재, 김주상, Ramasamy Harikrishnan, 오덕철, 김기영, 허문수, 2009. 제주도내 양식장 배출수의 이화학적 특성 분석. J. Life Sci. 19(7), 943-948.
- 김병엽, 김성호, 서두옥, 최찬문, 이창현, 최석관, 문대연, 안용락, 2010, 제주도 연안해역

- 고래류의 혼획 및 좌초 현황, 한국수산해양교육학회, 11p.
- 김성, 1991. 고리해역 자치어 출현량의 계절변동. 전남대학교 이학석사학위 논문, 41 pp.
- 김성, 1999. 대한해협 수괴 구조에 따른 자치어의 분포 특성. 인하대학교 이학박사학위 논문, 128 pp.
- 김성, 유재명, 1999. 엘통이(*Maurolicus murllrti*) 난-자치어 분포와 수온전선. 한국어류학회지, 11(1): 62-71.
- 김성, 유재명, 1999. 여름철 대한해협 전선분포에 따른 자치어의 분포특성. 한국어류학회지, 11(1): 72-85.
- 김성, 유재명, 2000a. 푸렁통구멍 *Gnathagnus elonagatus* 자치어의 형태 발달. 한국어류학회지, 12(2): 124-128.
- 김성, 유재명, 2000b. 짧은수염대구(*Laemonema nana* Taki; 국명신칭) 자치어의 형태 발달. 한국어류학회지 12(1): 33-37.
- 김성중, 우성호, 김백민, 허순도, 2011. 지난 130년 간 한반도 근해의 표층 수온 변화 경향, *Ocean and Polar Research*, 33: 281-290.
- 김용익, 강충배, 김진구, 안건, 명정구, 1995. 한국산 *Megalaspis cordyla* 와 *Champsodon snyderi* (농어목 어류) 2 미기록종. 한어지, 7(2), 101-108.
- 김용익, 고정락, 명정구, 1994. 한국산 자리돔속 어류 1 미기록종, *Chromis fumea*. 한어지 6(1), 21 - 27.
- 김중진, 민홍식, 김철호, 윤진희, 김수암, 2012. IPCC 기후변화 시나리오(A1B)에 따른 살오징어 산란장(*Todarodes pacificus*)의 변동 예측. *Ocean and Polar Research*, 34(2): 253-264.
- 김진영, 임양재, 최석관, 차형기, 김은라, 오지나, 이태원, 2004. 춘계 남해 및 제주도 주변해역 주요 자치어의 분포. 한국어류학회지, 16(2): 141-148.
- 김철호, 2002. 지구 온난화와 한반도 해역의 수온해수면 변화. In: 한국해양학회 춘계학술심포지엄 강연집, 전남대학교, 2002년 5월 9일-11일, pp 1-20.
- 김현우, 2011. 2000년대 초기 제주도에 서식하는 남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)의 분포 특성과 풍도 추정, 부정대학교 대학원 박사학위논문.
- 김형신, 정민민, 이준백. 2008. 열대 해역 지표종 *Ornithocercus* 속 외편모조의 출현 동향으로 본 한반도 온난화. 바다, 13(4): 303-307.
- 남기백, 권인기, 유정철, 2008, 사수도에서 번식하는 습새의 포란 일정 및 성 역할, 한국조류학회지, 30(1), 11-19pp.
- 남기백, 이경규, 황재웅, 유정철, 2014. 사수도에 번식하는 습새의 둥지 사용률의 변화 및 집취의 포식률. *Ocean and Polar Res.*, 36(1), 49-57.
- 노재훈, 유신재, 이정아, 김현철, 이재학, 2005. 현미경, Flow Cytometer, HPLC 색소자료 및 원격탐사를 이용한 이어도 관측기지 주변수의 식물플랑크톤 연구. *Ocean and Polar Research*, 27(4) : 397-417.
- 명정구, 1997. 제주도 문섬 주변의 어류상. 한어지 9(1), 5-14.
- 명정구, 고동범, 김진수, 2015. 제주 물고기 도감. 지성사, 서울, pp295.

- 문대연, 안용락, 정민민, 김삼연, 최석관, 이해영, 유준택, 김문진, 2011. 한국연안의 푸른바다거북(*Chelonia mydas*) 인공위성표지방류, 한국수산과학회지, 44(6) 709-716pp.
- 문대연, 정민민, 안용락, 최석관, 오봉세, 김장근, 이주, 김문진, 김삼연, 2009. 한국 연안의 멸종위기 바다거북의 분포 및 좌초 현황, 한국수산과학회지, 42(6), 657-663pp.
- 문정연, 안유환, 유주형, P. Shanmugam, 2000. GOCI 해양환경분석 알고리즘 개발. 대한원격탐사학회지, 26(2): 189-207.
- 민홍식, 김철호, 2006. 한국 연안 표층수온의 시공간 분석. Ocean and Polar Research, 28: 415-423.
- 박수진, 2008, 생물다양성협약상 해양생물자원 관련 주요의제 분석을 통한 국내정책의 개선방향에 관한 연구, 한국해양수산개발원.
- 박원배, 2010. 제주 물 용천수의 효율적인 관리·보전 방안모색. *JDI OPINION* 103호, 83-96.
- 박주석, 이삼근. 1990. 한국남해 식물플랑크톤의 분포와 수괴특성. 한국수산 학회지. 23(3): 208-214.
- 박지수, 유신재, 2010. 정지궤도 해색탐재체(GOCI) 자료 활용을 위한 황해의 일사생산력 추정방법 비교. Korean Journal of Remote Sensing, 26(2): 221-237.
- 박태수. 1956a. 하기 남해안에 있어서 Microplankton의 양 급 조성에 관한 연구. 부산수 대연구보고 1: 13-32.
- 박태수. 1956b. 한국해협에 있어서 Plankton의 계절적 변화에 관하여. 부산수 대연구보고 1: 1-11.
- 서두옥, 신형일, 이유원, 김병엽, 김병기, 안쌤마, 2006. 제주연안해역의 큰돌고래 보기에 관한 연구 1. 출연해역, 한국수산과학회지
- 서영상, 황재동, 방익찬, 한인성, 조진대, 이나경, 2011. 제주도 해역에서의 수온 장기변동 추세, 한국자연보호학회지, 5(2): 135-140.
- 성기탁, 황재동, 한인성, 고우진, 서영상, 이재영, 2010. 한국 연근해 수온의 시공간적 장기 변동 특성. 해양환경안전학회지, 16(4): 353-360.
- 손영백, 유주형, 노재훈, 주세중, 김상현, 2012. 남해와 동중국해에서 위성으로 추정된 표층수온 및 클로로필의 장기 변화, Ocean and Polar Research, 34(2): 201-218.
- 손영백, 이태희, 최동립, 장성태, 김철호, 안유환, 유주형, 김문구, 정섬규, Joji Ishizaka, 2010. 동중국해에서 위성에서 추정된 10년 동안의 표층 입자성 유기 탄소의 시/공간적 변화. Korean Journal of Remote Sensing, 26(4): 421-437.
- 손영백, 장찬주, 김상현, 2013. 위성 해색자료에서 추정된 동중국해 클로로필 선형경향의 계절적 차이. Ocean and Polar Research, 35(2), 147-155.
- 신동천, 김예신, 문지영, 박화성, 김진용, 박선구, 2002. 지하수 중 자연방사성 물질의 위해성 관리에 대한 고찰. 환경독성보건학회지 17(4), 273-284.
- 심재형. 1994. 한국동식물도감. 제34권. 식물편(해양식물플랑크톤). 교육부 487 pp.
- 안이선, 1998. 제주항과 성산항내 유기주석화합물의 분포와 생물농축, 석사학위논문, 제주대학교.

- 오홍식, 2004. 제주도에 도래하는 물새류 현황과 철새도래지 보호관리에 관한 연구, 한국조류학회지, 11(1), 11-32.
- 옥순일, 함세영, 이용우, 차은지, 김상현, 김인수, 김부근, 2011. 부산 해안지역의 물의 라돈 농도와 지하수 유출 특성. 지하수토양환경 16(5), 53-66.
- 유재명, 1988. 황해 동남해역의 여름철 치자어 분포. 해양연구 10(2): 9-15.
- 유재명, 1991. 한국 남해의 치자어 분포. 부산수산대학교 이학박사학위 논문, 238pp.
- 유재명, 김성, 이은경, 김용익, 1998. 제주도 주변 해역의 치자어 군집에 관한 연구-가을철. 바다 3(2): 71-79.
- 유재명, 김성, 이은경, 김응서, 명철수, 1995. 제주바다물고기. 현암사, 248pp.
- 유재명, 이은경, 오봉세, 1992. 한국남해에 출현하는 날개멸과 자치어의 분류에 관한 연구. 해양연구 14(1): 1-10.
- 유재명, 최승민, 장만. 1989. 여름철 제주도 연안의 치자어에 관한 연구. 해양연보 BSPE 00126-228-3.
- 유재명. 1991. 한국 남해의 치자어 분포. 부산수대 이학박사 학위논문, 238pp.
- 윤양호, 노홍길, 김영기, 1990. 제주도 북방, 함덕연안해역에 있어서 춘.하계 식물성 무각편모조류의 동태. 제주대 해양연보, 14: 1-8.
- 윤양호, 노홍길, 김영기, 1991. 제주도 연안해역에 출현하고 있는 적조생물. 제주대 해양연보, 15: 1-14.
- 윤양호, 노홍길, 김영기, 1992. 제주북방, 함덕연안해역에 있어서 식물플랑크톤 군집의 계절변동 특성. 제주대 해양연보, 16: 27-42.
- 윤종주, 김상익, 2012, 우리나라 조위관측소의 장기간 해수면 변화 분석, 한국방재학회논문집
- 이삼근, 박주석, 김학균. 1993. 한국 남해연안해역에서 출현하는 유독 편모조 류의 분류. 수진원연구보고 48: 1-23.
- 이상민, 김동수, 이태운, 2015. 제주외항 퇴적토 오염 평가. 한국환경에너지학회지, 37(3), 191-196.
- 이승중, 고유봉, 김병직. 2006. 제주도 서부 해역의 난·자치어 분포와 종조성의 계절변동. 한국어류학회지, 18(2): 129-140.
- 이용우, 김부근, 김성한, 2013. 부산 인근 연안해역에서 해저 용천수 유출 탐사. 한국해양학회지 바다, 18(4), 178-185.
- 이유원, 신형일, 서두옥, 김병엽, 2008, 제주도 북동해역에서 환경을 위한 목시조사, 한국수산해양교육학회, pp.121~126.
- 이재학, 김철호, 2013. 동중국해 표층수온의 장기 변동성: 종설. Ocean and Polar Research, 35(2): 171-179.
- 이준백, 1989. 제주도 북방 탐동연안해역 식물플랑크톤 군집의 종조성과 동태. 제주대 해양연보, 13: 35-45.
- 이준백, 고유봉, 좌중현, 1990. 제주도 해안선주변 식물플랑크톤 군집의 구조와 동태. 한국조류학회지, 5: 159-171.

- 이준백, 고희범, 고유봉, 최영찬, 1995. 제주도 북부연안역의 생물생태학적 기초연구 - 함덕해역의 식물플랑크톤동태와 일차생산력. 제주대 해양연보, 19: 103-113.
- 이준백, 신범, 이무형, 2001. 제주도 남부 조간대 조수웅덩이의 미세조류 군집의 계절 동태. *Algae*, 16: 197-207.
- 이준백, 좌중현, 강동우, 고유봉, 오봉철, 2000. 제주도 문섬 산호서식지 주변의 생물생태학적 특성 II. 식물플랑크톤의 군집동태와 1차생산력. *Algae*, 15: 37-47.
- 이준백, 좌중현, 고유봉, 최영찬, 1993. 제주도 동부연안역의 생물생태학적 기초연구 (II) 우도주변 식물플랑크톤 군집동태와 일차생산력. 한국지구과학회지, 14: 458-466.
- 이준백, 좌중현, 고희범, 1999. 제주도 해안의 부착 규조류의 군집구조와 생태학적 특성. *Algae*, 14: 55-66.
- 이준백, 좌중현. 1990. 제주도 한림항과 성산항 일대 식물플랑크톤의 군집동태. 제주대 해양연보, 14: 9-24.
- 이준백, 최영찬, 고유봉, 1989. 제주도 해안선주변 식물플랑크톤의 기초생산. 한국지구과학회지, 10: 62-67.
- 이준백. 2011a. 제주도 주변 해역의 식물플랑크톤 분포 특성. 한국연안해역의 플랑크톤 생태학, 최종기 편저, 도서출판 동화기술, pp. 94-104.
- 이준백. 2011b. 이어도 주변 식물플랑크톤 군집 동태와 메타게노믹스 분석. 이어도 연구회, pp. 20.
- 이진용, 2008. 지하수내 우라늄, 라듐과 라돈의 발생, 건강위해 및 저감방안에 대한 고찰. 지질학회지, 44(3), 341-352.
- 임주열, 조문규, 이미자, 1970. 한국근해에 있어서 어란 치자어의 출현분포. 수진원 자원조사보고, 8: 7-29
- 임치영. 2012. 제주해역의 해조류와 저서무척추동물 생태적 분포. 순천향대박사학위논문. pp150.
- 전득산, 고유봉, 1983. 제주도 주변해역의 chlorophyll-a 함량 분포. 제주대 해양연보, 7: 23-27.
- 전득산, 변충규, 노섬, 1986. 진주조개 (*Pinctada fucata*)의 치패생산 및 양식에 관한 환경학적 연구 - 식물플랑크톤의 현존량과 환경특성. 제주대 해양연보, 10: 65-73.
- 정경호, 박용철, 1988. 서해 경기만의 기초생산력 및 질소계 영양염의 재생산에 관한 연구. 한국해양학회지, 23: 194-206.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 727 pp.
- 정민민, 문대연, 김성호, 김홍수, 김재우, 2012. 우리나라 제주도에 위치한 바다거북 우연산란장의 환경조건, 한국수산과학회지, 24(4), 507-515pp.
- 정상철, 노홍길, 박길순, 전득산, 1983. 서귀포 연안해역의 기초생산에 영향을 미치는 해양환경. 한국수산학회지, 16: 305-315.
- 조규대, 양용립, 1985. 쓰시마 나류역에서의 선망 어장 환경. 어업기술, 21(1): 41-61.
- 조정숙, 이효민, 김선웅, 김진섭, 2012. 부산 금정구지역의지하수에 포함된 라돈농도 변화 연구. *Journal of Radiation Protection*, 37(3), 149-158.

- 좌종현, 이준백, 2000. 제주도 문섬 산호서식지 주변의 생물생태학적 특성 I. 환경특성과 식물플랑크톤의 군집구조. 바다, 5: 59-69.
- 차성식, 유재명, 김종만, 1990. 황해 중동부 연안역의 자치어 군집과 계절 변동. 한국해양학회지 25(2): 96-105.
- 최 상. 1967. 한국해역의 식물플랑크톤에 관한 연구. II. 한국연안수역의 식물플랑크톤. 한국해양학회지 2: 1-12.
- 최 상. 1969. 한국해역의 식물플랑크톤의 연구. IV. 동해, 남해 및 서해해역의 식물플랑크톤. 한국해양학회지 4: 49-67.
- 최석관, 김현우, 안용락, 박겸준, 김장근, 2009, 제주 연안에 출현하는 큰돌고래(Bottlenose dolphins) 연안 정착성 개체군, 한국수산과학회지, 42(6), 650-656.
- 최정신. 1978. 동지나해의 두 해역에 있어서 미세플랑크톤의 분포(예보). 한국수산학회지 11: 123-127.
- 한국해양과학기술원 해양연구소, 1989. 여름철 제주도 연안의 치자어에 관한 연구. BSPE 00126-228-3, 95pp.
- 한국해양과학기술원. 2001. 제주해역 생물다양성 현황과 보전 연구. BSPE 00784-00-1313-3
- 한국해양연구소, 1999. 남해 물질순환과 생지화학적 연구. BSPE 99725-00-1235-4, 569pp.
- 한국해양연구소. 1995. 제주도 남부해역의 생물상에 관한 연구. BSPE 00454-797-3. 155pp.
- 한국해양연구원. 2001. 제주해역의 생물다양성 현황과 보전연구. BSPE00784-00-1313-3. 452pp.
- 해양수산부, 2005. 동·서·제주해역 바다목장화 개발 연구용역(1단계 최종보고서): 북제주 바다목장. 한국해양연구원 BSPM 33000-1710-3, 404pp.
- 해양연구소, 1991. 한국 남해 치자어에 관한 생태학적 연구. BSPE 00190-323-3, 230pp.
- 해양환경관리공단, 2014. 해양보호구 조사 관찰. 해수부, 376pp.
- 환경부, 2015. 지하수 중 자연방사성 물질. 20pp.
- 황재동, 서영상, 안지숙, 2012. 동북아시아해역의 표면수온 장기변동 특성. 한국자연보호학회지, 6(2), 130-136.

Affan, M.A., J.B. Lee, 2004. Seasonal characteristics of phytoplankton dynamics and environmental factors in the coast of Mara-do and U-do, Jeju Island, Korea, Algae, 19:235-245.

Aure, J. and A. Stigebrandt, 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords, *Aquaculture*, 90, 135-156.

Baik, M.H., 1977. Fishes collected in the fishing ground of *Chromis Notatus* along the coast of seogwipo in Jeju-Do. Korean Fish. Soc. 10(1), 49-52.

Behrenfeld M. J. and Falkowski P. G., 1997. Photosynthetic rates derived from

- satellite based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(1), 1–20.
- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman, A.J. Milligan, P.G. Falkowski, R.M. Letelier, and E.S. Boss, 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444, 752–755.
- Boopathi, T., J.B. Lee, S.H. Youn, J.S. Ki. 2015. Temporal and spatial dynamics of phytoplankton diversity in the East China Sea near Jeju Island (Korea): A pyrosequencing-based study. *Biochemical Systematics and Ecology* 63: 143–152.
- Burnett WC, Taniguchi M, Oberdorfer J., 2001. Measurement and significance of the direct discharge of groundwater into the coastal zone. *Journal of Sea Research* 46, 109–116.
- Burnett, B., 1999. Offshore springs and seeps are focus of working group. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 80, 13–15.
- Burton, G., 1992. Assessing contaminated aquatic sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 26(4), 1862–1875.
- Cable, J.E., Burnett, W.C. & Chanton, J.P., 1997. Magnitude and variations of groundwater seepage along a Florida marine shoreline. *Biogeochemistry* 38, 189–205.
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 1995. Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Protocol, CCME EPC-98E. pp. 220–230.
- Cha JH, Kim KB, Song JN, Kim IS, Seo JB, Kwoun CH. 2013. Comparative study on the fauna composition of intertidal invertebrates between natural and artificial substrata in the northeastern coast of Jeju Island. *Ocean Sci. J.* 48(4), 319–328.
- Chai, C., Z. Yu, X. Song, and X. Cao, 2006. The status and characteristics of eutrophication in the Yangtze River (Changjiang) Estuary and the adjacent East China Sea, *China Hydrobiologia*, 563, 313–328.
- Chai, C., Z. Yu, Z. Shen, X. Song, X. Cao, and Y. Yao, 2009. Nutrient characteristics in the Yangtze River Estuary and the adjacent East China Sea before and after impoundment of the Three Gorges Dam. *Science of the Total Environment*, 407, 4687–4695.
- Chang, D.S., Yoo, J.T., Kim, B.Y., Lee, S.J., Kwon, D.H., Koo, J.H., Ma, G., Oh, I.Y., 2010. Characteristics on the forming of fishing ground and population ecological study of Yellow tail, *Seriola quinqueradiata*, in the coastal waters off Gim-nyeong of Jeju Island, Korea. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 46(4), 406–415.
- Chen, C.T.A and S.L. Wang, 1999. Carbon, alkalinity and nutrient budgets on the East China Sea continental shelf. *Journal of Geophysical Research*, 104, 675–10,686.
- Chen, C.-T.A., 2000. The Three Gorges Dam: reducing the upwelling and thus

- productivity in the East China Sea, *Geophysical Research Letter*, 27(3), 381–383.
- Chihara M. and M. Murano, 1996. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai University. 1574pp.
- Cho, K. D., C. I. Lee, D. S. Kim and Y. J. Yang, 2002. Oceanographic environment characteristics in waters adjacent to fish farm on land, *J. Environ. Sci.*, 11(4), 297–308.
- Cho, Y., Lee, C. and Choi, M., 1999. Geochemistry of surface sediments off the southern and western coasts of Korea. *Mar. Geol.*, 159(2), 121–129.
- Choe BL, Lee JR. 1997. Unrecorded phyllidiid nudibranchs from Cheju Island waters in Korea with remarks on new locality data and intraspecific color variations. *Korean Journal of Malacology*, 13(1), 37–42.
- Choi, Y., 2012. First Record of the Lizardfishes, *Synodus fuscus* (Synodontidae, Aulopiformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(4), 311–313.
- Choi, Y., Kim, B., Lee, H.H., 2013. The Fish Fauna of Little Munsom in Jeju-do, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 31(1), 45–52.
- Choi, Y., Oh, J.K., Ra, H.K., 2003. Fish Fauna of the Southern Coastal Waters in Jeju-do, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 15(2), 120–126.
- Chung, C.S. and D.B. Yang, 1991. On the primary productivity in the southern sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26: 242–254.
- Corbett, D.R., J.P. Chanton, W.C. Burnett, K. Dillon, C. Rutkowski and J. Fourqurean, 1999. Patterns of groundwater discharge into Florida Bay. *Limnol. Oceanogr.*, 44, 1045–1055.
- Crowley, T.J., 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. *Science*, 289, 270–277.
- Dodge J.D., 1982. Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office, London. 303pp.
- Dzhamalov, R. & Safronova, T., 2002. On estimating chemical discharge into the world ocean with groundwater. *Water Resources*, 29, 626–631.
- Edmond, J.M., Spivack, A., Grant, B.C., Hu, M.-H., Chen, Z., Chen, S., Zeng, X., 1985. Chemical dynamics of the Changjiang estuary. *Continental Shelf Research*, 4, 17–36.
- Edwards, M, and A.J. Richardson, 2004. Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430, 881–884.
- Falkowski, P.G., 1994. The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycle. *Photosynthesis Research*, 39, 235–258.
- Faria, D.G., M.D. Lee, J.B. Lee, J. Lee, M. Chang, S. Youn, Y. Suh, J.S. Ki. 2014. Molecular diversity of phytoplankton in the East China Sea around Jeju Island

- (Korea), unraveled by pyrosequencing. *J. Oceanogr.* 70: 11–23.
- Go, J.C., Yoo, J.T., Rho, H.K., 2007. Environmental Factors and the Distribution of Eggs and Larvae of the Anchovy (*Engraulis japonica*) in the Coastal Waters of Jeju Island. *Korean Fish. Soc.* 40(6), 394–410.
- Go, Y.B., Go, G.M., Kim, J.M., 1991. Occurrence of fish larvae at Hamduck coastal area, northern part of Cheju Island. *Korean J. Ichthyol.* 3(1), 24–35.
- Go, Y.B., Shin, H.S., 1988. Species Occurrence and Food Chain of Fisheries Resources, Nekton, on the Coast of Pukchon, Cheju Island. *Korean Fish. Soc.* 21(3), 131–138.
- Go, Y.B., Shin, H.S., 1990. Species Composition and Diversity of Fisheries Resources, Nekton, off the Coast of Hwasun, Southern part of Cheju Island. *Korean J. Ichthyol.* 2(1), 36–46.
- Gong, G.-C., C.-C. Hung, and J. Chang, 2007. Reply to comment by Jinchun Yuan et al. on “. Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea: effect of the Three Gorges dam?”, *Geophysical Research Letter*, 34, doi:10.1029/2007GL029633.
- Gong, G.-C., Chen, Y.-L. L., Liu, K.-K., 1996. Chemical hydrography and chlorophyll a distribution in the East China Sea in summer: implications in nutrient dynamics. *Continental Shelf Research*, 16, 1561–1590.
- Gong, G.-C., J. Chang, K.P. Chiang, T.M. Hsiung, C.C. Hung, S.W. Duan, and L.A. Codispoti, 2006. Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea: effect of the Three Gorges dam. *Geophysical Research Letter*, 33, doi:10.1029/2006GL025800.
- Hahn, J., Y. Lee, N. Kim, C. Hahn, and S. Lee, 1997. The groundwater resources and sustainable yield of Cheju volcanic island, Korea. *Environ. Geol.* 33:43–53.
- Hahn, S.D., 1994. SST Warming of Korea coastal waters during 1881–1990. *KODC Newsletter*, 24, 29–38.
- Han, S.H., Kim, M.J., Song, C.B., 2012. First Record of the Bothid Flounder, *Asterorhombus intermedius* (Bothidae, Pleuronectiformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(2), 139–142.
- Han, S.H., Kim, M.J., Song, C.B., 2014. First Record of the Oblique-banded Grouper, *Epinephelus radiatus* (Perciformes: Serranidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 26(2), 143–146.
- Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D.W. Lea, and M. Medina-Elizade, 2006. Global temperature change. *PNAS.* 103(39), 14288–14293.
- Herbeck, S. H., D. Unger, W. Ying and T. C. Jennerjahn, 2013. Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China, *Continental Shelf*

- Research*, 57, 92-104.
- Hur, S.P., Hur, S.W., Lee, C.H., Lee, Y.D., 2014. The Fish Fauna of Hyodon-cheon and Soesokkak in Jeju, Korea. *Mar. Sci. Inst. Jeju Nat. Univ.*, 38, 17-22.
- Hwang D-W, Lee Y-W, Kim G., 2005. Large submarine groundwater discharge and benthic eutrophication in Bangᄡ Bay on volcanic Jeju Island, Korea. *Limnology and Oceanography*, 50(5), 1393-1403.
- Hwang, D.-W., Lee, Y.-W., Kim, G., 2005. Large submarine groundwater discharge and benthic eutrophication in Bangdu Bay on volcanic Jeju Island, Korea *Limnol. Oceanogr.*, 50, 1393-1403.
- Hwang, H.B., Lee, T.W., Hwang, S.W., Kim, B.J., 2008. Monthly Species Composition of Upstream-Migrating Fish in the Cheonjeyeon Estuary of Jeju. *Korean J. Ichthyol.* 20(3), 210-219.
- J.W. Jeong, G. Kim*, and S.H. Han, 2012. Influence of trace element fluxes from submarine groundwater discharge (SGD) on their inventories in coastal waters off volcanic island, Jeju, Korea. *Applied Geochemistry*, 27, 37-43.
- JDI, 2008. Jeju Development Institute, Study on the Solving Conflicts between Fishing Village Community and Residents in using Community Fishing Ground, Synthesis Report, p 1-135.
- Jeju National University, 2009. Investigation of trophic environment at Jeju coast areas, Synthesis Report, p 1-48.
- Jeon, D. C., 2008. Relative sea-level change around the Korean peninsula, *Ocean and Polar Research*
- Jeon, D., 2008. Relative sea-level change around the Korean Peninsula. *Ocean and Polar Research*, 30(4), 373-378.
- Jeong J, Kim G, Han S., 2012. Influence of trace element fluxes from submarine groundwater discharge (SGD) on their inventories in coastal waters off volcanic island, Jeju, Korea. *Applied Geochemistry*, 27, 37-43.
- Jiao, N., Y. Zhang, Y. Zeng, W.D. Gardner, A. Mishonov, M.J. Richardson, N. Hong, D. Pan, X.H. Yan, Y.H. Jo, C.T.A. Chen, P. Wang, Y. Chen, H. Hong, Y. Bai, X. Chen, B. Huang, H. Deng, Y. Shi, and D. Yang, 2007. Ecological anomalies in the East China Sea: Impacts of the Three Gorges Dam?. *Water Research*, 41, 1,287-1,293.
- Johnson, A. G., C. R. Glenn, W. C. Burnett, R. Peterson, and P. Lucey, 2008. Aerial infrared imaging reveals large nutrient-rich groundwater inputs to the ocean. *Geophys. Res. Lett.* 35: doi:10.1029/2008GL034574.
- Kameda, T. and J. Ishizaka, 2005. Size-fractioned primary production estimated by a two-phytoplankton community model applicable to ocean remote sensing, *Journal of Oceanography*, 61, 663-672.

- Kang DH, Song JI, Choi KS. 2005. Image analysis of typhoon impacts on soft coral community at Munseom in Jeju, Korea. *Ocean and Polar Research*, 27(1):25-34
- Kang HJ, Kim YH, Lee EH, Lee DW, Chang DS. 2009. Fisheries biology of bigfin reef squid, *Sepioteuthis lessoniana* in Jeju Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 25(2), 173-178.
- Kang HJ, Kim YH, Lee EH, Lee DW, Chang DS. 2009. Fisheries biology of swordtip squid, *Loligo edulis* in Jeju Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 25(1), 23-28.
- Kang, Y.Q., 2000. Warming trend of coastal waters of Korea during recent 60 years(1936-1995). *Journal of Fishery Science*, 3, 173-179.
- Kim G, Hwang D-W, 2002. Tidal pumping of groundwater into the coastal ocean revealed from submarine ^{222}Rn and CH_4 monitoring. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 10.1029/2002GL015093.
- Kim G, Kim J-S, Hwang D-W, 2011. Submarine groundwater discharge from oceanic islands standing in oligotrophic oceans: Implications for global biological production and organic carbon fluxes. *Limnology and Oceanography*, 56(2), 673-682.
- Kim I. and G. Kim, 2011. Large fluxes of rare earth elements through submarine groundwater discharge (SGD) from a volcanic island, Jeju, Korea. *Marine Chemistry*, 127, 12-19.
- Kim J, Kim J-S, Kim G., 2010. Nutrient input from submarine groundwater discharge versus intermittent river-water discharge through an artificial dam in the Yeongsan River estuary, Korea. *Ocean Science Journal*, 45(3), 179-186.
- Kim J-S, Lee MJ, Kim J, Kim G., 2010. Measurement of temporal and horizontal variations in ^{222}Rn activity in estuarine waters for tracing groundwater inputs. *Ocean Science Journal*, 45(4), 197-202.
- Kim JW, Lee BW, Kang JC, Min EY, Won SH, Lim HG, Kang SW, Jeon MA, Lee JS. 2015. Reproductive Cycle of the Abalone, *Haliotis discus discus* Collected from Jeju Island of Korea. *Korean Journal of Malacology*, 31(1), 21-26.
- Kim SS, Kim DC, Chung PR, Chung YJ. 1987. A cytological study on two species of genus *Semisulcospira* (Gastropoda: Pleuroceridae) in Korea. *Korean Journal of Malacology*, 3(1), 24-34.
- Kim, B.J., 2012. New Records of a Rare Hypogean Gobiid, *Luciogobius pallidus* from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(4), 306-310.
- Kim, B.J., Sasaki, K., 2004. On the Occurrence of *Pempheris schwenkii* (Pempheridae) at Jeju Island: an Addition to Korean Ichthyofauna. *Korean J. Ichthyol.* 16(2), 181-184.
- Kim, B.Y., Kim, M.J., Song, C.B., 2011. First Record of the Frogfishes *Antennarius*

- pictus* (Antennariidae, Lophiiformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 23(2), 168–171.
- Kim, B.Y., Kim, M.J., Song, C.B., 2013. First Record of the Freckled Goatfish, *Upeneus tragula* (Mullidaem Perciformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 25(4), 244–248.
- Kim, D., Choi, S. H., Kim, K. H., Shim, J., Yoo, S., Kim, C. H., 2009. Spatial and temporal variations in nutrient and chlorophyll-a concentrations in the northern East China Sea surrounding Cheju Island. *Continental Shelf Research*, 29, 1426–1436.
- Kim, D., Shim, J., Lee, J.-A., Kang, Y.-C., 2005. The distribution of nutrients and chlorophyll in the northern East China Sea during the Spring and Summer. *Ocean and Polar Research*, 27, 251–263.
- Kim, G., J. S. Kim, and D. W. Hwang, 2011. Submarine groundwater discharge from oceanic islands standing in oligotrophic oceans: implications for global biological production and organic carbon fluxes. *Limnol. Oceanogr.* 56(2), 673–682.
- Kim, G., J. W. Ryu, H. S. Yang, and S. T. Yun, 2005. Submarine groundwater discharge (SGD) into the Yellow Sea revealed by 228Ra and 226Ra isotopes: Implications for global silicate fluxes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 237, 156–166.
- Kim, G., K. K. Lee, K. S. Park, D. W. Hwang, and H. S. Yang, 2003. Large submarine groundwater discharge (SGD) from a volcanic island. *Geophys. Res. Lett.* 30:doi:10.1029/2003aGL018378.
- Kim, H.S., S.H. Kim, M.M. Jung and J.B. Lee, 2013. New Record of Dinoflagellates around Jeju Island, *J. Ecol. Environ.*, 36(4):273–291.
- Kim, H.W., S.G. Choi, Z.G. Kim, Y.R. An, D.Y. Moon, 2010. First record of the Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*, in Korean waters, *Animal Cells and Systems*, 14(3), 213–219.
- Kim, I.S. and W.O. Lee, 1994. Fish fauna from Cheju Island, Korea. *Records of Korea Fish Fauna*. No. 1, 53 pp.
- Kim, I.S., Lee, W.O., 1994. New Records of Seven Species of the Order Perciformes from Cheju Island, Korea. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 6(1), 7–20.
- Kim, J.C., Kang, I.K., Kim, D.S., Lee, J.H., 2006. The fishery and fishing ground environmental for red horsehead (*Branchiostegus japonicus*) on the adjacent seas of Jeju Island. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 42(1), 19–29.
- Kim, J.K., Kang, C.B., Han, K.H., Kim, Y.U., 2001. A New Record of the Herring, *Sardinella lemuru* (Pisces: Clupeidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 13(3), 190–194.
- Kim, J.T., Rho, H.K., Kim, S.H., Ko, J.C., Ahn, Y.H., Choi, C.M., 2002. Characteristics of Catch Fluctuation and Distribution of Yellow Tail, *Seriola quinqueradiata*,

- TEMMINCK et SCHLEGEL, in Korean Waters. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 38(1).
- Kim, J.W., Kim, H.W., Huh, S.H., Kwak, S.N., 2011. Seasonal variation and species composition of fish species in artificial reefs in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju island, Korea. *J. Kore. Soc. Fish. Tech.*, 47(2), 118-127.
- Kim, M. C., T. W. Jang, Y. J. Han, J. S. Kim, R. Harikrishnan, D. C. Oh, K. Y. Kim and M. S. Heo, 2009. Physico-Chemical Characteristics of Aquacultural Discharging Water in Jeju Island, *Journal of Life Science*, 19(7), 943-948.
- Kim, M.J., Choi, C.M., Song, C.b., 2010. First Record of the Bothid Flounder *Arnoglossus polypilus* (Bothidae, Pleuronectiformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 22(2), 132-135.
- Kim, M.J., Choi, J.H., Oh, T.Y., Kim, J.N., Song, C.B., 2011. First Record of the Bothid Flounder, *Japonolaeops dentatus* (Bothidae, Pleuronectiformes) from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 23(3), 242-245.
- Kim, M.J., Han, S.H., Kim, J.S., Kim, B.Y., Song, C.B., 2014. Species Composition and Bi-monthly Changes of Fish Community in the Coastal Waters of Sagyeoi, Jeju Island. *Korean J. Ichthyol.* 26(3), 212-221.
- Kim, M.J., Han, S.H., Song, C.B., 2010. First Record of the Goby *Redogobius bikolanus* (Perciformes: Gobiidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 22(3), 206-209.
- Kim, M.J., Kim, B.Y., Han, S.H., Lee, C.H., Song, C.B., 2008. First Record of Carangid Fish, *Carangoides oblongus* (Carangidae, Perciformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 20(2), 129-132.
- Kim, M.J., Kim, B.Y., Han, S.H., Seo, D.O., Song, C.B., 2008. First Record of the Sleek Unicornfish, *Naso hexacanthus* (Acanthuridae, Perciformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 20(1), 66-69.
- Kim, M.J., Kim, B.Y., Song, C.B., 2008. First Record of the Thronback Cowfish *Lactoria fornasini* (Ostraciidae, Teraodontiformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 20(4), 324-326.
- Kim, M.J., Ko, J.C., Song, C.B., 2014. First Record of the Hairtail, *Tentoriceps cristatus* (Perciformes: Trichiuridae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 26(3), 235-238.
- Kim, M.J., Lee, D.W., Choi, K.W., Oh, T.Y., Choi, J.H., 2012. First Record of the Trachichthyid Fish, *Aulotrachichthys prothemius* (Beryciformes: Trachichthyidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(2), 143-146.
- Kim, M.J., Song, C.B., 2014. New Record of the White Trevally, *Pseudocaranx dentex* (Carangidae, Perciformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 26(4), 340-344.
- Kim, S.H., Pang, I.C., 2005. Distribution and Characteristic of Transport Mechanism of Egg and Larvae of Anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southwestern Sea of

- Korea in July and November, 2001. *Korean Fish. Soc.* 38(5), 331-341.
- Kim, S.H., Rho, H.K., 2002. The fluctuation of Fishing Grounds of Hairtail, *Trichiurus lepturus* in the Cheju Strait by the Distribution of feeding Biomass. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 38(1).
- Kim, Y.H., Yoo, J.T., Lee, E.H., Oh, T.Y., Lee, D.W., 2011. Age and Growth of Largehead Hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. *Kor J. Fish Aquat Sci.* 44(6), 695-700.
- Kim, Y.U., Kim, J.K., 1996. Morphological Study of the Genus *Chromis* from Korea I. External Morphology of Three Damselfishes of the Genus *Chromis* (Teleostei: Pomacentridae) from the Korean Waters. *Korean J. Ichthyol.* 8(2), 23-32.
- Kim, Y.U., Kim, J.K., 1997. Morphological Study of the Genus *Chromis* from Korea II. Comparison of Skeletal Characters of *Chromis notata*, *Chromis analis* and *Chromis fumea*. *Korean Fish. Soc.* 30(4), 562-573.
- Kim, Y.U., Kim, Y.S., Ahn, G., Kim, J.K., 1999. New Record of the Two Carangid Fishes (Perciformes, Carangidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 11(1), 17-22.
- Kim, Y.U., Kim, Y.S., Kang, C.B., Kim, J.K., 1997. New Record of the Genus *Chlorophthalmus* (Pisces: Chlorophthalmidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 9(2), 163-168.
- Kim, Y.U., Ko, J.R., Kim, J.K., 1994. New Record of the Damselfish, *Chromis analis* (Pisces: Pomacentridae) from Korea. *Korean Fish. Soc.* 27(2), 193-199.
- KIOST, 2012. 전략무인도서 해양생태계 관리기반기술 개발연구. 한국해양과학기술원, 250pp.
- Ko JC, Ko HJ, Kim BY, Cha HK, Chang DS. 2012. Distribution characteristic of exploitable macrobenthic invertebrates of beach sediments in the southern coastal water of Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, 28(3), 197-213.
- Ko JC, Koo JH, Lee SJ, Chang DS, Jo SH. 2011. Community structure of macrobenthic invertebrates of fishing grounds in the coastal waters of Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, 27(3), 229-246.
- Ko JC, Koo JH, Yang MH. 2008. Characteristics of ocean environmental factors and community structure of macrobenthos around Munseom, Jeju Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 24(3), 215-228.
- Ko JC, Yoo JT, Choi YM, Kim JW, Im YJ. 2008. Fisheries management of an abalone *Haliotis diversicolor* in the eastern coastal waters of Jeju Island using yield-per-recruit model. *Korean Journal of Malacology*, 24(2), 143-151.
- Koh, J.R., Kim, Y.U., Myoung, J.G., 1995. New Records of the Labrid fishes, *Cheilodactylus inermis* and *Labroides dimidiatus* from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 7(1), 1-7.
- Koh, K. W., 1997. Characteristics of the groundwater and hydrogeologic implications

- of the Seoguipo Formation in Cheju Island. Ph.D. Dissertation, Pusan National University.
- Kondo, M., 1985. Oceanic investigations of fishing grounds in the East China Sea and Yellow Sea-I. Characteristics of the mean temperature salinity distributions measured at 50 m and near the bottom. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, 62: 19-66
- KORID, 1987. A study on the Atlas of Marine Resources in the Adjacent Sea to Korea - South Sea (Preliminary Study) -. KORDI Report BSPG 00046-163-7, 357 pp.
- Kwon DH, Chang DS, Lee SJ, Koo JH, Kim BY. 2010. Stock assessment and management of turban shell, *Turbo (Batillus) cornutus* Lightfoot, 1786 in Jeju coastal waters, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 26(4), 291-296.
- Kwun, H.J., Kim, B.J., Lee, C.S., Lee, C.L., Kim, K.K., 2012. First Record of Largescale Mullet, *Chelon macrolepis* (Mugiliformes: Mugilidae) from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(2), 135-138.
- Kwun, H.J., Kim, J.K., Kweon, S.M., 2012. First Record of Bluespot Mullet, *Moolgarda seheli* (Mugiliformes: Mugilidae) from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 24(4), 297-301.
- LaRoche, J., R. Nuzzi, R. Waters, K. Wyman, P. Falkowski, and D. Wallace, 1997. Brown tide blooms in Long Island's coastal waters linked to interannual variability in groundwater flow. *Glob. Change Bio.* 3, 397-410.
- Lee HJ, Kang HS, Jeung HD, Hong HK, Choi KS. 2013. First observation on the early embryonic and larval development of spiny oyster *Saccostrea kegaki* Torigoe & Inaba, 1981 (Bivalvia: Ostreoida) using scanning electron microscope on the north coast of Jeju, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 29(2), 97-103.
- Lee HJ, Noseworthy RG, Park SR, Hong HK, Lee BG, Choi KS. 2014. Report on the molluscan fauna in Tongbatarl lagoon on the east coast of Jeju, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 30(1), 95-99.
- Lee JJ, Hyun JM. 1992. Bioecological studies of the eastern coastal area in Cheju Island: Seasonal changes of macroinvertebrate community on the intertidal rocky shores. *Korean Journal of Malacology*, 8(1), 1-20.
- Lee JJ, Hyun JM. 1997. Spatial species diversity of benthic macroinvertebrates on the intertidal zone of Chujado, Cheju Islands. *Korean Journal of Malacology*, 13(1), 71-90.
- Lee JJ, Hyun JM. 2002. Species diversity and community structure of macrobenthic invertebrate inhabiting the intertidal zone near Songacksan area, Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, 18(1), 41-52.
- Lee JJ, Kang KC, Kim JC. Spatial species diversity of macrobenthos in the intertidal

- zone of Hwasoon, Jeju Islands. *Korean Journal of Malacology*, 17(1), 63-70.
- Lee JJ, Kim JC. 1993. Bioecological studies of the western coastal area in Cheju Island: Distribution and seasonal community changes of the benthic macroinvertebrates on the rocky intertidal zone of Biyangdo. *Korean Journal of Malacology*, 9(2), 68-84.
- Lee JJ, Zhang CI, Cho US. 1989. Community structure of the ecosystem on the intertidal zone and grass land in Cheju Island: Distribution and community structure of benthic macroinvertebrates. *Korean Journal of Malacology*, 5(1), 10-28.
- Lee JJ. 1990. Bioecological studies of the northern coastal area in Cheju Island: Distribution and community structure of benthic molluscan shells. *Korean Journal of Malacology*, 6(1), 33-44.
- Lee JJ. 1991. Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island: I. Distribution and community structure of the benthic macroinvertebrates in Gapa and Mara Islets. *Korean Journal of Malacology*, 7(1), 49-57.
- Lee JJ. 1991. Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island: II. Distribution and community structure of the benthic molluscan shells in around coast of Sogwipo. *Korean Journal of Malacology*, 7(1), 58-65.
- Lee J-M, Kim G, 2006. A simple and rapid method for analyzing radon in coastal and ground waters using a radon-in-air monitor. *Journal of Environmental Radioactivity*, 89, 219-228.
- Lee J-M, Kim G, 2007. Estimating submarine discharge of fresh groundwater from a volcanic island using a freshwater budget of the coastal water column. *Geophysical Research Letters*, 34, L11611, doi:10.1029/2007GL029818.
- Lee, C.L., Joo, D.S., 1995. A New Record of the Falthead Fish, *Inegocia guttata* (Platycephalidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 7(2), 114-119.
- Lee, J.B., S.J. An, H.S. Chung, M.M.R. Shah, 2014. New records of genus *Triplos* (Dinophyceae) around Jeju Island, Korea. *J. Ecol. Environ.* 37(4): 271-284
- Lee, S.J., Kim, J.B., Kim, M.J., Jung, S.G., 2014. Age and growth of rabbit fish, *Siganus fuscescens* in the coast of Jeju island, Korea. *J. Kor Soc. Fish. Tech.* 50(2), 169-175.
- Lee, S.J., Ko, J.C., Yoo, J.T., Im, Y.J., Kim, B.Y., Kim, J.I., 2009. Species Composition and Seasonal Variation of Fish Assemblage of the Western Coastal Waters of Jeju Island. *Korean J. Ichthyol.* 21(3), 167-176.
- Lee, W.O., Kim, I.S., Kim, B.J., 2000. First Record of the Unicornfishes, *Naso lituratus* (Pisces: Acanthuridae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* 12(2), 96-100.
- Lee, Y. W., G. Kim, W. A. Lim, and D. W. Hwang, 2010. A relationship between groundwater-borne nutrients traced by Ra isotopes and the intensity of

- dinoflagellate red-tides occurring in the southern sea of Korea. *Limnol. Oceanogr.* 55(1), 1-10.
- Lee, Y.D., Lee, T.Y, 1987. Studies on the Reproductive Cycle of Damselfish, *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel). *Korean Fish. Soc.* 20(6), 509-519.
- Lee, Z.P., A. Weidemann, J. Kindle, R. Arnone, K.L. Carder, and C. Davis, 2007. Euphotic zone depth: Its derivation and implication to ocean-color remote sensing. *Journal of Geophysical Research*, 112, C03009, doi:10.1029/2006JC003802.
- Li, L., D. A. Barry, F. Stagnitti, and J. Y. Parlange, 1999. Submarine groundwater discharge and associated chemical input to a coastal sea. *Water Resour. Res.* 35, 3253-3259.
- Lie, H.J., C.H. Cho, J.H. Lee, and S. Lee, 2003. Structure and eastward extension of the Changjiang River plume in the East China Sea. *Journal of Geophysical Research*, 108, doi:10.1029/2001JC001194.
- Lim, D.B., 1971. On the origin of the Tsushima current water. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 6: 85-91.
- Liu, K.-K., G.-C. Gong, C.-Z. Shyu, S.-C. Pai, C.-L. Wei and S.-Y. Chao, 1992. Response of Kuroshio upwelling to the onset of the northeast monsoon in the sea north of Taiwan: Observations and a numerical simulation. *Journal of Geophysical Research*. 97, 12,511-12,526.
- Lu, X., F. Qiao, C. Xia, J. Zhu, and Y. Yuan, 2006. Upwelling off Yangtze River estuary in summer. *Journal of Geophysical Research*, 111, doi:10.1029/2005JC003250.
- MEIS, 2013. Marine Environmental Information System. Web, <http://www.meis.go.kr/>
- Milliman, J.D. and R.H. Meade, 1983. World-wide delivery river sediment to the ocean. *Journal of Geology*, 91(1), 1-21.
- Moon, J.-H., I.-C. Pang, J.-Y. Yang, and W.D. Yoon, 2010. Behavior of the giant Jellyfish *Nemopilema nomurai* in the East China Sea and East/Japan Sea during the summer of 2005: A numerical model approach using a particle-tracking experiment. *Journal of Marine System*, 80, 101-114.
- Moon, S.H., Y.D. Lee, M.G. Lee, S.K. Kam, 2005. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments inside Songsanpo and Seogwipo Harbors of Jeju island, Korea. *J. Environ. Sci.*, 14(2), 105-119.
- Moore, W. S., 1996. Large groundwater inputs to coastal waters revealed by ²²⁶Ra enrichments. *Nature*, 380, 612-614.
- Moore, W. S., Sarmiento, J. L. & Key, R. M., 2008. Submarine groundwater discharge revealed by ²²⁸Ra distribution in the upper Atlantic Ocean. *Nature Geoscience* 1, 309-311.

- Moosdorf N, Stieglitz T, Waska H, Dürr HH, Hartmann J, 2014. Submarine groundwater discharge from tropical islands: review. *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*.
- Morastorsky, R., 1996. Seep and ye shall find: Hidden water flow. *Science News* 149, 20.
- Muller, G., 2002. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seitt. *Umschan*, 79(2), 778-783.
- Myoung J.G., et. al., . 2014. Two new records of *Valenciennea helsdingenii* (Perciformes: Gobiidae) and *Chromis margaritifer* (Perciformes: Pomacentridae) from Jeju Island, KOREA *Ocean Science Journal*, 49(1), 19-24.
- Myoung J.G., et. al., 2013. First record of the Giant grouper *Epinephelus Lanceolatus* (Perciformes: Serranidae: Epinephelinae) from Jeju Island, South Korea. *Fisheries and Aquatic Science*. 16(1), 49-52.
- Myoung, J.G., 1997. The fish fauna of Munsom in Cheju-do, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 9(1), 5-14.
- Myoung, S.H., Ryu, J.H., Kim, J.K., 2013. New Record of the Snake Mackerel, *Gempylus serpens* (Perciformes: Gempylidae) from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 25(3), 178-181.
- NFRDI, 2011. National Fisheries Research and Development Institute, Estimation of Fishing Ground Environmental in the Jeju Coastal. Synthesis Report, p.1-51.
- Noseworthy RG, Choi KS. 2010. The diversity and ecology of mollusks in Seogundo off the southern Jeju Island, Republic of Korea. *Korean Journal of Malacology*, 26(1), 19-31.
- Noseworthy RG, Ju SJ, Choi KS. 2012. The Occurrence of *Clithon retropictus* (von Martens in Kobelt, 1879, Gastropoda: Neritidae) in Jeju Island, Republic of Korea. *Korean Journal of Malacology*, 28(2), 81-90.
- Noseworthy RG, Lee HJ, Choi KS. 2013. The Occurrence of *Clithon retropictus* (v. Martens, 1879) (Gastropoda: Neritidae) in an Unusual Habitat, Northern Jeju Island, Republic of Korea. *Ocean Sci. J.* 48(3), 259-262.
- Noseworthy RG, Lim NR, Choi KS. 2007. A catalogue of the Mollusks of Jeju Island, south Korea. *Korean Journal of Malacology*, 23(1), 65-104.
- Oh, I.S. and T.W.Park, 2004. A numerical study on the dispersion of the Yangtze River water in the Yellow and East China Sea. *The Journal of Korean Society of Oceanography*, 39(2), 119-135.
- Oh, T.Y., Cha, H.K., Chang, D.S., Hwang, C.H., Nam, Y.J., Kwak, S.N., Son, M.H., 2010. Seasonal variation and species composition of fishes communities in artificial reef unit at marine ranching area in the coastal waters off Jeju island, Korea. *Korean Fish. Soc.* 46(2), 139-147.

- Park, J.H., Rho, P.S., 2002. Study of the Fish Fauna Associated with Drifting Seaweed in Northeastern Coastal Waters of Cheju, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 14(1), 30-44.
- Pavlyuk ON, Trebukhova YA. 2011. Intertidal Meiofauna of Jeju Island, Korea. *Ocean Sci. J.* 46(1), 1-11.
- Pitta, P., E. T. Apostolaki, M. Giannoulaki and I. Karakassis, 2005. Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea, Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 65, 501-512.
- Raczynska, M., S. Machula, A. Choinski and L. Sobkowiak, 2012. Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland, *Acta Ecologica Sinica*, 32, 160-164.
- Rengarajan R, Sarma VVSS, 2015. Submarine groundwater discharge and nutrient addition to the coastal zone of the Godavari estuary. *Marine Chemistry*, 172, 57-69.
- Shah, M.M.R., S.J. An, J.B. Lee, 2013. Presence of benthic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island including newly recorded species, *J. Ecol. Environ.*, 36(4):347-370.
- Shim, J.H. and Y.C. Park, 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea, in early summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 19: 68-81.
- Shim, J.H. and Y.C. Park, 1986. Primary productivity measurement using carbon-14 and nitrogenous nutrient dynamics in the southern sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 21: 13-24.
- Silina AV. 2010. Population characteristics of the bivalve *Ruditapes philippinarum* from Cheju Island coasts, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 26(3):227-234
- Siswanto, E., J. Tang, H. Yamaguchi, Y.-H., Ahn, J. Ishizaka, S. Yoo, S.-W. Kim, Y. Kiyomoto, K. Yamada, C. Chiang, and H. Kawamura, 2011. Empirical ocean-color algorithms to retrieve chlorophyll-a, total suspended matter, and colored dissolved organic matter coefficient in the Yellow and East China Sea. *Journal of Oceanography*, 67, 627-650.
- Skvortzow B.W., 1932. Flagellaten aus Korea, Japan, J. Chosen Nat. Hist. Soc., 13:8-10.
- Slomp, C. P., and P. V. Cappellen, 2004. Nutrient inputs to the coastal ocean through submarine groundwater discharge: controls and potential impact. *J. Hydro.* 295, 64-86.
- Son, S.H., J. Campbell, M. Dowell, S. Yoo, 2005. Decadal variability in the Yellow and East China Sea as revealed by satellite ocean color data (1979-2003). *Indian*

- Journal of Marine Science*, 34(4), 418–429.
- Son, Y.B., B.-J. Choi, Y.H. Kim, and Y.-G. Park, 2015. Tracing floating green algae blooms in the Yellow Sea and the East China Sea using GOCI satellite data and Lagrangian transport simulations. *Remote Sensing of Environment*, 156, 21–33.
- Son, Y.B., B.-J. Choi, Y.H. Kim, and Y.-G. Park, 2016. Lagrangian Coherence Structures and the dispersion of green algal bloom in the Yellow and East China Sea. *Journal of Coastal Research*, 75, 1,237–1,241.
- Son, Y.B., J.-E., Min, and J.-H. Ryu, 2012. Detecting massive green algae(*Ulva prolifera*) blooms in the Yellow Sea and East China Sea using Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) data. *Ocean Science Journal*, 47(3), 359–375.
- T.H. Kim, E. Kwon, I. Kim, S.A. Lee, and G. Kim, 2013. Dissolved organic matter in the subterranean estuary of a volcanic island Jeju: Importance of dissolved organic nitrogen fluxes to the ocean. *Journal of Sea Research*, 78, 18–24.
- Takeuchi, T, 1999. Possibility of water quality improvement works for environmental conservation in water areas, *Bull. Coastal Oceanogr.*, 36, 508–513.
- United States Environmental Protection Agency, 1991. Evaluation of Dredged Material Proposed for Ocean Disposal–Testing Manual. Environmental Protection Agency Office of Marine and Estuarine Protection, Washington, DC, p. 214.
- Walther G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee, J.M. Fromentin, O. Hoegh-Gulderg, and F. Bairlein, 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389–395.
- Waska, H., and G. Kim, 2010. Differences in microphytobenthos and macrofaunal abundances associated with groundwater discharge in the intertidal zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 407, 159–172.
- Wasmund, N., A. Andrushaitis, E. Lysiak-Pastuszek, B. Muller-Karulis, G. Nausch, T. Neumann, H. Ojaveer, I. Olenina, L. Postel and Z. witek, 2001. Trophic status of the South-Eastern Baltic Sea: A comparison of coastal and open areas. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 53, 849–864.
- Yamaguchi, H., H.-C. Kim, Y.B. Son, S.W. Kim, K. Okamura, Y. Kiyomoto, and J. Ishizaka, 2012. Seasonal and summer interannual variations of SeaWiFS chlorophyll a in the Yellow Sea and East China Sea. *Progressive in Oceanography*, 105, 22–29.
- Yan, X.-H., Y.-H. Jo, L. Jiang, Z. Wan, W. T. Liu, Y. Li, J. Zhan, and T. Du, 2008. Impact of the Three Gorges Dam water storage on the Yangtze River outflow into the East China Sea. *Geophysical Research Letter*, 35, doi:10.1029/2007GL032908.
- Yang HS, Kim BK, Park HS, Choi KS. 2010. Report on the annual reproductive cycle

- and imposex phenomenon of the rock-shell, *Thais clavigera* in jeju port. *Korean Journal of Malacology*, 26(1), 97-105.
- Yang MH, Moon TS, Yu JT, Ko JC, Chang DS. 2007. Species appearance and seasonal variation of macrobenthic invertebrate in the coastal water of Chagwi-do, Jeju-Island. *Korean Journal of Malacology*, 23(2), 235-243.
- Yeh, S.W. and C.H. Kim, 2010. Recent warming in the Yellow/East China Sea during winter and the associated atmospheric circulation. *Continental Shelf Research*, 30(13), 1,428-1,434.
- Yi SK, Huh HT, Je JG, Kim DG. 2001. Development of benthic community on an artificial reef complex, Jeju Island, Korea. *Ocean and Polar Research*, 23(3), 255-264.
- Yoo JT, Choi YM, Yang MH, Im YJ, Ko JC, Chang DS. 2009. Biological environmental characteristics in habitats of an abalone *Haliotis diversicolor* in the eastern coast of Jeju-do, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 25(3), 231-236.
- Yoo JT, Oh BS, Chang DS. 2011. Preference of adult top shell (*Batillus cornutus*) on specific marine algae in the coastal waters of Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, 27(4), 299-306.
- Yoo S.J. and J.S. Park, 1998. Bio-optical properties in the Yellow Sea. *Journal of Korean Society of Remote Sensing*, 14(3), 285-294.
- Yoo, J.M., Kim, S., Lee, E.K., Kim, Y.U., 1998. Studies on the Fish Larvae Community in the Sea Around Cheju Island in November, 1986. *J. Korean Society of Oceanography*. 3(2), 71-79.
- Young, C.H., 1998. New Records of Three Percoids (Pisces: Perciformes) from Cheju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.* 10(2), 260-267.
- Yuan, J., L. Hayden, and M. Dagg, 2007. Comment on "Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea: effect of the Three Gorges dam?" by Gwo-Ching Gong et al., *Geophysical Research Letter*, 34, doi:10.1029/2006GL029036.
- Zhang Y, Li H, Wang X. 2016. Estimation of submarine groundwater discharge and associated nutrient fluxes in eastern Laizhou Bay, China using ²²²Rn. *Journal of Hydrology*, 533, 103-113.
- Zhang, C.I., Kwon, H.C., Kwon, Y.J., Kim, B.Y., 2013. Age and Growth of Striped Beakperch *Oplegnathus fasciatus* in the Jeju Marine Ranching Area. *Korean J. Ichthyol.* 25(1), 25-32.
- Zhou, M.-J., Z.-L. Shen, and R.-C. Yu, 2008. Response of a coastal phytoplankton community to increased nutrient input from the Changjiang (Yangtze) River. *Continental Shelf Research*, 28, 1483-1489.

부 록

부록 1. 제주도 연안 어류상 분류체계별 어종 목록

Class Myxine 떡장어강

Order Myxiniiformes 떡장어목

Family Myxinidae 피장어과

Eptatretus burgeri 떡장어

Class Chondrichthyes 연골어강

Order Orectolobiformes 수염상어목

Family Rhincodontidae 고래상어과

Rhincodon typus 고래상어

Order Carcharhiniiformes 흉상어목

Family Scyliorhinidae 두툽상어과

Scyliorhinus torazame 두툽상어

Family Triakidae 까치상어과

Mustelus manazo 별상어

Order Squatiniformes 전자리상어목

Family Squatinidae 전자리상어과

Squatina japonica 전자리상어

Order Rajiformes 흉어목

Family Narcinidae 전기가오리과

Narke japonica 전기가오리

Family Rhinidae 수구리과

Platyrrhina sinensis 목탁가오리

Family Rajidae 가오리과

Okamejei acutispina 무늬흉어

Family Dasyatidae 색가오리과

Dasyatis matsubarae 흑가오리

Family Urolophidae 흰가오리과

Urolophus aurantiacus 흰가오리

Class Actinopterygii 조기강

Order Anguilliformes 뱀장어목

Family Anguillidae 뱀장어과

Anguilla japonica 뱀장어

Family Muraenidae 곰치과

Gymnothorax reticularis 나망곰치

Gymnothorax sp. 곰치류

Family Ophichthidae 바다뱀과

Ophisurus macrorhynchus 바다뱀

Family Congridae 붕장어과

Ariosoma anagoides 떡붕장어

Conger myriaster 붕장어

Order Clupeiformes 청어목

Family Engraulidae 멸치과

Engraulis japonicus 멸치

Family Engraulidae 청어과

Spratellodes gracilis 셋줄멸

Order Siluriformes 메기목

Family Plotosidae 쓸종개과

Plotosus lineatus 쓸종개

Order Aulopiformes 홍메치목

Family Synodontidae 매통이과

Synodus variegatus 꽃동멸

Trachinocephalus myops 황매통이

Synodus hoshinonis 주홍꽃동멸

Order Lophiiformes 아귀목

Family Lophiidae 아귀과

Lophius litulon 황아귀

Family Antennariidae 씌뱀이과

Antennarius commerson 큰씌뱀이(가칭)

Antennarius maculatus 무당씌뱀이

Antennarius pictus 영지씌뱀이

Antennarius striatus 빨간씌뱀이

Antennatus tuberosus 갈색띠씌뱀이(가칭)

Histrio histrio 노랑씌뱀이

Order Mugilidae 승어목

Family Mugilidae 승어과

Mugil cephalus 승어

Order Atheriniformes 색줄멸목

Family Notocheiridae 물꽃치과

Iso flosmaris 물꽃치

Order Beloniformes 동갈치목

Family Hemiramphidae 학공치과

Hyporhamphus sajori 학공치

Family Belonidae 동갈치과

Strongylura anastomella 동갈치

Order Beryciformes 금눈돔목

Family Monocentridae 철갑등어과

Monocentris japonica 철갑등어

Family Holocentridae 일계돔과

Ostichthys japonicus 도화돔

Order Zeiformes 달고기목

Family Zeidae 달고기과

Zeus faber 달고기

Order Gasterosteiformes 큰가시고기목

Family Syngnathidae 실고기과

Doryrhamphus japonicus 부채꼬리실고기

Halicampus boothae 띠거물가시치

Hippocampus kuda 복해마

Hippocampus trimaculatus 점해마

Syngnathus schlegeli 실고기

Family Fistulariidae 대치과

Fistularia commersonii 홍대치

Fistularia petimba 청대치

Order Scorpaeniformes 솜뱅이목

Family Scorpaenidae 양블락과

Dendrochirus bellus 꼬마흑무굴치

Dendrochirus brachypterus 짧은날개솔배감펍(가칭)

Dendrochirus zebra 얼룩말솔배감펍(가칭)

Erosa erosa 통솔치

Hypodytes rubripinnis 미역치

Inimicus japonicus 쭈기미

Pterois antennata 긴수염솔배감펍

Pterois lunulata 솔배감펍

Pterois volitans 점솔배감펍

Rhinopias frondosa 털감펍(가칭)

Scorpaena miostoma 주굴감펍

Scorpaena onaria 점감펍

Scorpaenodes littoralis 주홍감펍

Scorpaenopsis cirrhosa 쭈감펍

Scorpaenopsis neglecta 놀락감뽕
Scorpaenopsis papuensis 들기감뽕(가칭)
Sebastes hubbsi 우리볼락
Sebastes inermis 볼락
Sebastes pachycephalus 개볼락
Sebastes schlegeli 조피볼락
Sebastes thompsoni 불볼락
Sebastiscus marmoratus 솜뽕이
Sebastiscus tertius 붉은솜뽕이

Family Triglidae 성대과

Chelidonichthys spinosus 성대
Lepidotrigla alata 쌍뿔달재
Lepidotrigla microptera 달강어

Family Platycephalidae 양태과

Inegocia guttata 점악양태
Onigocia spinosa 비늘양태
Platycephalus indicus 양태

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

Hexagrammos agrammus 노래미

Family Cottidae 독중개과

Alcichthys alcicornis 빨간횃대
Bero elegans 베로치
Pseudoblennius cottoides 가시망둑
Pseudoblennius percoides 돌팍망둑
Vellitor centropomus 창치
Pseudoblennius zonostigma 띠좁횃대

Family Cyclopteridae 도치과

Lethotremus awae 꼬마도치(가칭)

Family Liparidae 꼼치과

Liparis punctulatus 올챙이꼼치(가칭)

Order Perciformes 농어목

Family Acropomatidae 반딧불게르치과

Stereolepis doederleini 돛돔

Family Serranidae 바리과

Diploprion bifasciatum 두줄벤자리

Epinephelus awoara 도도바리
Epinephelus bruneus 자바리
Epinephelus chlorostigma 구실우럭
Epinephelus septemfasciatus 능성어
Epinephelus poecilonotus 닳줄바리
Pseudanthias squamipinnis 금강바리
Pseudanthias elongatus 장미돔
Sacura margaritacea 꽃돔

Family Plesiopidae 육돈바리과
Plesiops nakaharae 흰점육돈바리(가칭)

Family Apogonidae 동갈돔과
Apogon cyanosoma 금줄얼게비늘
Apogon doederleini 세줄얼게비늘
Apogon endekataenia 일곱줄얼게비늘
Apogon notatus 검정얼게비늘(점얼게비늘로 변경)
Apogon semilineatus 줄도화돔

Family Sillaginidae 보리멸과
Sillago parvisquamis 청보리멸

Family Malacanthidae 옥돔과
Brachistegus japonicus 옥돔
Brachistegus argentatus 옥두어

Family Coryphaenidae 만새기과
Coryphaena hippurus 만새기

Family Carangidae 전갱이과
Kaiwarinus equula 갈전갱이
Seriola dumerili 잿방어
Trachurus japonicus 전갱이
Seriola lalandi 부시리
Elagatis bipinnulata 참치방어

Family Lutjanidae 통돔과
Lutjanus russelli 점통돔
Lutjanus quinquelineatus 다섯줄노랑통돔(가칭)

Family Gerreidae 게레치과
Gerres oyena 게레치

Family Haemulidae 하스돔과
Parapristipoma trilineatum 벤자리

Family Sparidae 도미과
Pagrus major 참돔
Dentex tumifrons 황돔

Acanthopagrus schlegeli 감성돔
Family Lethrinidae 갈돔과
Lethirus nebulosus 갈돔

Family Lethrinidae 실꼬리돔과
Nemipterus virgatus 실꼬리돔

Family Sciaenidae 민어과
Ayrosomus argentatus 보구치
Miichthys miiuy 민어
Pseudosciaena polyactis 참조기

Family Mullidae 촉수과
Parupeneus spilurus 두줄촉수
Parupeneus multifasciatus 오점촉수
Upeneus japonicus 노랑촉수
Upeneus moluccensis 노랑줄촉수
Upeneus sulphureus 먹줄촉수
Parupeneus chrysopleuron 주황촉수

Family Pempheridae 주걱치과
Pempheris japonica 주걱치

Family Chaetodontidae 나비고기과
Chaetodon auripes 나비고기
Chaetodon modestus 세동가리돔
Chaetodon selene 노랑점나비고기(가칭)
Chaetodon wiebeli 꼬리줄나비고기
Heniochus acuminatus 두동가리돔
Chaetodon nippon 나비돔 (수중사진 추가)

Family Pomacanthidae 청줄돔과
Chaetodontoplus septentrionalis 청줄돔

Family Pentacerotidae 황줄돔과
Evistias acutirostris 육동가리돔 (수중사진 김병일)

Family Kyphosidae 황줄감정이과
Girella melanichthys 긴꼬리벵에돔
Girella punctata 벵에돔
Labracoglossa argentiventris 황조어
Microcanthus strigatus 범돔
Kyphosus lembus 황줄감정이

Family Oplegnathidae 돌돔과
Oplegnathus fasciatus 돌돔
Oplegnathus punctatus 강담돔

Family Cirrhitidae 가시돔과

Cirrhitichthys aprinus 무늬가시돔
Cirrhitichthys aureus 노랑가시돔(황붉돔)

Family Cheilodactylidae 다동가리과

Goniistius quadricornis 여덟동가리
Goniistius zonatus 아홉동가리

Family Embiotocidae 망상어과

Ditrema temmincki 망상어

Family Pomacentridae 자리돔과

Abudedefduf vaigiensis 해포리고기
Amphiprion clarkii 흰동가리
Chromis analis 노랑자리돔
Chromis fumea 연무자리돔
Chromis notatus 자리돔
Dascyllus trimaculatus 셋별돔
Pomacentrus coelestis 파랑돔
Pomacentrus nagasakiensis 나가사끼자리돔
Chromis margaritifer 흰꼬리자리돔

Family Labridae 놀래기과

Bodianus bilunulatus 사당놀래기
Bodianus diana 얼룩사당놀래기
Choerodon azurio 호박돔
Halichoeres poecilopterus 용치놀래기
Labroides dimidiatus 청줄청소놀래기
Macropharyngodon negrosensis 은하수놀래기
Pseudolabrus japonicus 황놀래기
Pseudolabrus eoethinus 무점황놀래기
Pteragogus flagellifer 어렁놀래기
Semicossyphus reticulatus 흑돔
Stethojulis interrupta terina 무지개놀래기
Thalassoma amblycephalum 색동놀래기
Xyrichtys dea 옥두놀래기
Thalassoma lunare 녹색물결놀래기
Cirrhilabrus temmincki 실용치

Family Stichaeidae 장갱이과

Chirolophis sp. 왜도라치류
Dictyosoma burgeri 그물베도라치
Dictyosoma rubrimaculatum 황점베도라치
Zoarchias sp. 민베도라치류

Family Pholididae 황줄베도라치과

Pholis crassispina 점베도라치

Family Pinguipedidae 양동미리과
Parapercis multifasciatus 열쌍동가리
Parapercis snyderi 동미리

Family Uranoscopidae 통구멍과
Uranoscopus japonicus 얼룩통구멍

Family Tripterygiidae 먹도라치과
Enneapterygius theostomus 가막베도라치
Springerichthys bapurus 청황베도라치

Family Labrisomidae 비늘베도라치과
Neoclinus bryope 비늘베도라치

Family Blenniidae 청베도라치과
Ecsenius namiyei 노랑꼬리베도라치
Entomacrodus stellifer lighti 저울베도라치
Parablennius yatabei 청베도라치
Petroscirtes breviceps 두줄베도라치
Petroscirtes variabilis 개베도라치

Family Gobiesocidae 학치과
Lepadichthys frenatus 큰입학치

Family Callionymidae 돛양태과
Repomucenus beniteguri 날돛양태
Repomucenus lunatus 돛양태
Synchiropus ijimai 연지알롱양태

Family Gobiidae 망둑어과
Acanthogobius lactipes 흰발망둑
Acentrogobius multifasciatus 견점망둑
Eviota abax 풀비늘망둑
Eviota epiphanes 두건망둑
Istigobius campbelli 사자코망둑
Istigobius hoshinonis 비단망둑
Pleurosicya boldinghi 연산호유리망둑(가칭)
Pleurosicya micheli 옆줄유리망둑(가칭)
Pleurosicya mossambica 유리망둑(가칭)
Pterogobius elapoides 일곱동갈망둑
Pterogobius zonoleucus 흰줄망둑
Pterogobius virgo 금줄망둑
Sagamia geneionema 바닥문절
Tridentiger trigonocephalus 두줄망둑
Trimma grammistes 꼬마줄망둑

Family Microdesmidae 청황문절과
Ptereleotris hanae 청황문절

Family Ephippidae 활치과
Platax pinnatus 제비활치
Platax boersii 초승제비활치
Platax orbicularis 남양제비활치(가칭)

Family Siganidae 독가시치과
Siganus fuscescens 독가시치

Family Zanclidae 깃대돔과
Zanclus cornutus 깃대돔

Family Acanthuridae 양귀돔과
Prionurus scalprum 쥐돔
Naso unicornis 표문쥐치

Family Sphyraenidae 꼬치고기과
Sphyraena japonica 애꼬치

Family Trichiuridae 갈치과
Trichiurus lepturus 갈치

Family Scombridae 고등어과
Euthynnus affinis 점다랑어
Katsuwonus pelamis 가다랑어
Scomber japonicus 고등어
Scomber australasicus 망치고등어
Thunnus thynnus 참다랑어
Thunnus tonggol 백다랑어

Family Xiphiidae 황새치과
Isiophorus platypterus 돛새치

Family Centrolophidae 셋돔과
Psenopsis anomala 셋돔

Family Nomeidae 노메치과
Psenes pellucidus 물릉돔

Family Stromateidae 병어과
Pampus argenteus 병어

Order Pleuronectiformes 가자미목

Family Bothidae 등글넙치과
Asterorhombus intermedius 깃털넙치(가칭)

Family Paralichthyidae 넙치과
Asterorhombus fijiensis 유인깃털넙치(가칭)
Paralichthys olivaceus 넙치

Pseudorhombus pentophthalmus 점납치

Family Pleuronectidae 가자미과

Pleuronichthys cornutus 도다리

Eopsetta grigorjewi 물가자미

Family Soleidae 납서대과

Aesopia cornuta 뿔서대

Zebrias fasciatus 노랑각시서대

Zebrias zebrinus 궁제기서대

Family Cynoglossidae 참서대과

Cynoglossus interruptus 칠서대

Paraplagusia japonica 흑대기

Order Tetraodontiformes 복어목

Family Monacanthidae 쥐치과

Aluterus scriptus 날개쥐치

Paramonacanthus japonicus 새양쥐치

Rudarius ercodes 그물코쥐치

Stephanolepis cirrhifer 쥐치

Thamnaconus modestus 말쥐치

Family Ostraciidae 거북복과

Lactoria cornuta 뿔복

Lactoria fornasini 무늬뿔복

Ostracion immaculatus 거북복

Family Tetraodontidae 참복과

Arothron hispidus 흰점꺼끌복

Canthigaster rivulata 청복

Takifugu niphobles 복섬

Takifugu pardalis 줄복

Takifugu poecilonotus 흰점복

Takifugu rubripes 자주복

Family Diodontidae 가시복과

Diodon holocanthus 가시복

Family Molidae 개복치과

Mola mola 개복치

부록 2. List of ichthyoplankton species and abundance

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)	
Anguilliformes	Congridae	Ariosoma sp.1				11.00					11.00	
		Ariosoma sp.2				3.00					3.00	
		Conger japonicus	Temperate			174.00						174.00
		Conger myriaster	Temperate			21.00						21.00
		Gnathophis nystromi nystromi	Tropical			19.00						19.00
		leptocephalus						0.47				0.47
	Muraenesocidae	Muraenesox sp.				3.00					3.00	
	Muraenidae	Gymnothorax nigromarginatus	Subtropical				6.00					6.00
		Muraenidae sp.					2.00					2.00
	Nettastomatidae	Saurehchelys stylura	Tropical				5.00					5.00
	Ophichthidae	Myrophis sp.					11.00					11.00
		Ophichthidae sp.						5.10		8.00	11.00	24.10
		Ophichthidae sp.1					9.00					61.00
		Ophichthidae sp.2					35.00					47.00
		Ophichthidae sp.3										54.00
		Ophichthidae sp.4										9.00
		Ophichthidae spp.								29.00		29.00
Synaphobranchidae		Dysomma anguillare	Tropical					0.20				0.20
Aulopiformes	Aulopodidae	Aulopodidae sp.								52.00	52.00	
		Aulopus japonicus	Tropical			65.00	1.50	7.59	10.00	25.00	109.09	
	Paralepididae	Lestidiops luekeni				1.00					1.00	
		Lestidium prolixum	Subtropical				3.00					3.00

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./ 1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)		
Aulopiformes	Paralepididae	Lestrolepis intermedia				9.00					9.00	
		Lestrolepis japonica	Subtropical					0.74			0.74	
		Paralepididae sp.				3.00					3.00	
	Synodontidae	Saurida elongata					4.00		150.00			154.00
		Saurida gracilis	Tropical	29.00								29.00
		Saurida undosquamis	Subtropical						32.00			32.00
		Saurida wanieso				16.00						16.00
		Synodus fuscus	Subtropical				10.00					10.00
		Synodus macrops	Tropical				102.00					102.00
		Synodus variegatus	Tropical				2.00					2.00
Trachinocephalus myops	Tropical				3.00		11.00			14.00		
Beloniformes	Exocoetidae	Cypselurus sp.		21.00			0.30				21.30	
		Cypselurus sp.2		2.00							2.00	
	Exocoetidae sp.							7.00			7.00	
	Scomberesocidae	Cololabis saira	Subtropical		1.00						1.00	
Beryciformes	Berycidae	Beryx splendens	Subtropical				3.00				3.00	
	Monocentridae	Monocentrus japonica	Tropical					0.20			0.20	
Clupeiformes	Clupeidae	Etrumeus teres	Subtropical				372.00				372.00	
		Sardinops melanostictus	Subtropical		6.00	3,527.00					3,533.00	
		Spratelloides gracilis	Tropical			47.00	9.70		26.00		82.70	
	Engraulidae	Engraulis japonicus	Temperate	1,050.00	7.00	25,268.00	54.70	400.68	20,936.00	20,963.00	68,679.38	
Gadiformes	Bregmacerotidae	Bregmaceros atlanticus	Subtropical				20.00		0.74		20.74	
		Bregmaceros japonicus	Temperate	21.00			16.00		33.44		70.44	
		Bregmaceros nectabanus	Tropical	28.00			135.00		0.77		163.77	

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)		
Gadiformes	Bregmacerotidae	Bregmaceros neonectabanus	Temperate			43.00						43.00
		Bregmaceros sp.					1.60					1.60
		Bregmaceros sp.2				1.00						1.00
		Bregmacerotidae sp.				1.00						1.00
	Macrouridae	Macrouridae sp.			4.00						4.00	
	Moridae	Laemonema nana	Subtropical			37.00	3.30	1.59				41.89
Laemonema sp.									66.00		66.00	
Gasterosteiformes	Aulorhynchidae	Aulichthys japonicus	Temperate						30.00	30.00	60.00	
	Macroramphosidae	Macroramphosus scolopax	Subtropical			18.00					18.00	
						28.00					28.00	
	Syngnathidae	Synganthusschlegelii	Tropical				2.30					2.30
		Syngnathidae sp.							24.00			24.00
		Urocampus nanus	Subtropical		1.00					15.00	15.00	
Lophiiformes	Antennariidae	Antennariidae sp.		2.00							2.00	
		Antennarius sp.			4.00						4.00	
	Lophiidae	Lophius litulon						22.00			22.00	
Mugiliformes	Mugilidae	Mugilcephalus	Subtropical							27.00	27.00	
Myctophiformes	Myctophidae	Benthoosema pterotum		7.00		297.00		20.19			324.19	
		Benthoosema spp.								118.00	118.00	
		Centrobranchus choerocephalus				2.00					2.00	
		Ceratoscopelus warmingii				3.00					3.00	
		Diaphus pacificus				58.00					58.00	
		Diaphus sp.1				19.00		3.70			22.70	

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)	
Myctophiformes	Myctophidae	Diaphus sp.2				11.00		0.74		11.74		
		Diaphus sp.3				24.00				24.00		
		Diaphus theta				7.00				7.00		
		Diogenichthys atlanticus				3.00			0.74	3.74		
		Hygophum reinhardtii				4.00				4.00		
		Lampanyctus sp.1				32.00				32.00		
		Lampanyctus sp.2				3.00				3.00		
		Mycotophum spp.								47.00	47.00	
		Myctophidae spp.							0.30	554.25	120.00	674.55
		Myctophum asperum						36.00		49.97	85.97	
		Notoscopelus japonicus						22.00			22.00	
		Protomyctophum thompsoni						3.00			3.00	
Ophidiiformes	Carapidae	Encheliophis sagamianus				12.00				12.00		
		Pyramodon ventralis				6.00				6.00		
	Ophidiidae	Hoplobrotula armata					4.00			4.00		
		Neobythites sivicola	Temperate				32.00				32.00	
		Siremo imberbis	Subtropical	46.00		235.00				281.00		
Osmeriformes	Argentinae	Glossanodon semifasciata	Temperate			25.00				25.00		
	Bathylagidae	Lipolagus ochotensis				9.00				9.00		
Perciformes	Acropomatidae	Doederleinia berycoides	Tropical			12.00		2.27		14.27		
		Synagrops japonicus		139.00		1.00				140.00		
		Synagrops philippinensis				226.00				226.00		
		Synagrops sp.						0.33		0.33		
	Ammodytidae	Ammodytes personatus	Temperate		391.00	308.00				699.00		

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)
Perciformes	Ammodytidae	Bleekeria mitsukurii	Tropical				3.00				3.00
	Apogonidae	Apogon coccineus					4.00				4.00
		Apogon lineatus	Tropical	15.00			96.00	0.50	18.27		129.77
		Apogon notatus	Tropical		1.00		25.00	0.60		22.00	48.60
		Apogon semilineatus	Tropical	18.00			442.00				460.00
		Apogon sp.						5.40			5.40
		Apogon sp.1					3.00				3.00
		Apogon sp.2					4.00				4.00
		Apogonidae sp.			1.00						1.00
		Gymnapogon sp.		10.00	1.00		27.00	0.10			38.10
		Gymnapogon sp.1		3.00							3.00
		Gymnapogon sp.3					11.00				11.00
	Blenniidae	Blenniidae sp.							33.00		33.00
		Blenniidae spp.								32.00	32.00
		Entomacrodus stellifer	Tropical						664.00	664.00	1,328.00
		Omobranchus elegans	Subtropical	171.00	2.00		13.00			15.00	15.00
		Omobranchus loxozonus							33.00	33.00	66.00
		Parablennius yatabei	Temperate		5.00		14.00	0.40		400.00	400.00
		Petroscirtes breviceps	Tropical		4.00			0.70		32.00	36.70
		Scartella cristata	Tropical							69.00	69.00
	Callanthiidae	Callanthias japonicus	Temperate				448.00		156.77		604.77
		Callanthiidae sp.					12.00				12.00
	Callionymidae	Callionymidae sp.		55.00	4.00		198.00	1.60			258.60
		Repomucenus sp.							28.00		28.00

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)	Abundance (indi./ 1000m ³)
Perciformes	Carangidae	Carangidae spp.						1.36		1.36	
		Carangoides equula	Tropical			3.00				3.00	
		Caranx sp.					4.55			4.55	
		Decapterus maruadsi	Tropical			75.00			109.00	165.00	349.00
		Elagatis bipinnulata	Subtropical						200.00	200.00	400.00
		Kaiwarinus equula	Tropical					2.42			2.42
		Pseudocaranx dentex	Tropical			2.00					2.00
		Seriola dumerili	Subtropical					64.00			64.00
		Seriola quinqueradiata						14.00			14.00
		Trachurus japonicus	Tropical					68.62			68.62
	Centrolophidae	Centrolophidae sp.								32.00	32.00
		Psenopsis anomala	Tropical			4.00		49.00			53.00
	Cepolidae	Acanthocephalimbata				2.00					2.00
		Cepola schlegeli	Tropical			4.00		309.00			313.00
	Champsodontidae	Champsodon snyderi	Temperate	29.00		418.00		64.20	18.00		529.20
		Champsodon sp.								11.00	11.00
		Champsodontidae sp.				24.00					24.00
	Coryphaenidae	Coryphaena hippurus	Subtropical	17.00		36.00	7.10				60.10
	Gempylidae	Nealotus tripes				4.00					4.00
		Nesiarchus nasutus				7.00					7.00
	Gobiesocidae	Aspasma minima	Subtropical				2.10				2.10
		Aspasmichthys ciconiae	Temperate				7.00		278.00	256.00	541.00
		Conidens laticephalus			1.00						1.00
Gobiesocidae sp.			10.00					60.00		70.00	

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)	
Perciformes	Gobiesocidae	Gobiesocidae spp.								60.00	60.00	
		Lepadichthys frenatus	Temperate		16.00					69.00		85.00
	Gobiidae	Acanthogobius flavimanus	Temperate					77.00				77.00
		Amblychaeturichthys hexanema	Temperate								187.00	187.00
		Bathygobius fuscus	Tropical						6.00	6.00		12.00
		Eviota abax	Temperate						996.00	332.00		1,328.00
		Gobiidae sp.			5.00		5.00					10.00
		Gobiidae sp.1		669.00		1,292.00			283.00			2,244.00
		Gobiidae sp.10				25.00						25.00
		Gobiidae sp.11				13.00						13.00
		Gobiidae sp.12				134.00						134.00
		Gobiidae sp.13				34.00						34.00
		Gobiidae sp.14				4.00						4.00
		Gobiidae sp.2		165.00		380.00			83.00			628.00
		Gobiidae sp.3		26.00		83.00			167.00			276.00
		Gobiidae sp.4		222.00		161.00			83.00			466.00
		Gobiidae sp.5		24.00		1,342.00			150.00			1,516.00
		Gobiidae sp.6		155.00		162.00			200.00			517.00
		Gobiidae sp.7		75.00		204.00			50.00			329.00
		Gobiidae sp.8		61.00		422.00						483.00
		Gobiidae sp.9		5.00		208.00						213.00
		Gobiidae spp.1									358.00	358.00
		Gobiidae spp.2									112.00	112.00
		Gobiidae spp.3									190.00	190.00

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./ 1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)		
Perciformes	Gobiidae	Gobiidae spp.4								92.00	92.00	
		Gobiidae spp.5								15.00	15.00	
		Gobiidae spp.6								200.00	200.00	
		Gobiidae spp.7								50.00	50.00	
		Heteroplopomus barbatus	Temperate			9.00						9.00
		Istigobius campbelli	Tropical							45.00	45.00	90.00
		Istigobius hoshinonis	Tropical							100.00	100.00	200.00
		Istigobius spp.									151.00	151.00
		Luciogobius guttatus	Subtropical		2.00							2.00
		Luciogobiuskoma	Temperate								44.00	44.00
		Luciogobius sp.				64.00			26.00	26.00	26.00	116.00
		Periophthalmusmodestus	Subtropical								35.00	35.00
		Pterogobiuszonoleucus	Temperate								1,773.00	1,773.00
		Synechogobius hasta	Temperate						68.00			68.00
		Valenciennea helsdingenii	Tropical		1.00							1.00
	Kyphosidae	Girella punctata	Temperate		1.00	6.00						7.00
		Labracoglossa argentiventris	Temperate			3.00						3.00
	Labridae	Cheilinus sp.				4.00						4.00
		Labridae sp.			56.00							56.00
		Labridae sp.1				7.00						7.00
Labridae sp.2					4.00						4.00	
Labridae sp.3					64.00						64.00	
Xyrichthys sp.1					3.00						3.00	
Xyrichthys sp.2					30.00					30.00		

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)		
Perciformes	Labrisomidae	Neoclinus bryope	Temperate		5.00					8.00	8.00	21.00
	Lethrinidae	Lethrinus genivittatus	Tropical				3.00					3.00
	Libridae	Halichoeres poecilopterus	Subtropical				59.00					59.00
		Halichoeres sp.					23.00					23.00
		Pseudolabrus japonicus	Tropical				57.00					57.00
	Malacanthidae	Branchiostegus japonicus	Tropical	2.00			19.00					21.00
	Microdesmidae	Parioglossus sp.					9.00					9.00
	Moronidae	Lateolabrax japonicus	Subtropical				112.00					112.00
	Mullidae	Upeneus bensasi					19.00					19.00
	Nemipteridae	Nemipteridae sp.								383.00	383.00	766.00
	Nomeidae	Psenes afarensis	Tropical				1.00					1.00
		Psenes pellucidus					3.00					3.00
	Pempheridae	Pempheris japonica	Tropical				24.00					24.00
	Percophidae	Acanthaphritis sp.					65.00					65.00
		Percophidae sp.								16.00	28.00	44.00
	Pholididae	Pholis fangi	Temperate				51.00					51.00
	Pinguipedidae	Parapercis pulchella	Tropical				5.00					5.00
		Parapercis snyderi	Subtropical				13.00					13.00
		Parapercis sp.					71.00	0.10	2.27			73.37
		Pinguipedidae sp.1									17.00	17.00
		Pinguipedidae sp.2									16.00	16.00
	Pomacentridae	Chromis notata	Subtropical	1,131.00	68.00	1,673.00	367.50			66.00	2,182.00	5,487.50
		Plectroglyphidodon leucozonus	Tropical				3.00					3.00
		Pomacentridae sp.			4.00	60.00				16.00	21.00	101.00

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./ 1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)	
Perciformes	Sciaenidae	Nibea sp.		3.00		11.00					14.00	
		Pennahia argentata	Temperate				13.00				13.00	
		Pseudosciaena crocea	Temperate				26.00				26.00	
	Scombridae	Auxis sp.		177.00	2.00	1,966.00					2,145.00	
		Auxis thazard	Temperate				70.00				70.00	
		Scomber japonicus	Subtropical		180.00	714.00		626.29	121.00	3,081.00	4,722.29	
		Scombridae sp.				4.00			11,225.00		11,229.00	
		Scombridae spp.								11,227.00	11,227.00	
		Serranidae	Chelidoperca hirundinacea	Tropical	80.00			153.00				233.00
			Epinephelinae sp.					20.00				20.00
	Epinephelus akaara		Tropical				30.00	4.00			34.00	
	Plectranthias japonicus						6.00				6.00	
	Plectranthias sp.						14.00				14.00	
	Sacura margaritacea		Temperate				349.00				349.00	
	Serranidae sp.				1.00	81.00					82.00	
	Serranidae spp.									37.00	37.00	
	Siganidae	Siganus fuscescens	Tropical	43.00			21.00				64.00	
	Sparidae	Dentex tumifrons	Subtropical				16.00				16.00	
		Pagrus major	Subtropical				48.00		8.00		56.00	
	Sphyraenidae	Sphyraena pinguis	Tropical	14.00			51.00				65.00	
	Stichaeidae	Ernogrammus hexagrammus	Temperate			1.00					1.00	
		Opisthocentrus tenuis	Temperate			3.00	4.00				7.00	
		Pholidapus dybowskii	Temperate			1.00					1.00	
Zoarchias glaber		Temperate			3.00					3.00		

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)													
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)												
Perciformes	Stichaeidae	Zoarchias veneficus	Temperate		1.00						1.00												
	Terawphonidae	Terapon theraps	Tropical				49.00				49.00												
	Trichiuridae	Benthodesmus pacificus						10.00				10.00											
													Trichiurus lepturus	Temperate	261.00		220.00	1.00	109.12	36.00	112.00	739.12	
	Tripterygiidae	Enneaptergius hirundinacea										61.00											
													Enneaptergius etheostomus	Temperate			10.00	3.00	12.40		6,218.00	3,646.00	9,889.40
													Enneaptergius sp.									49.00	49.00
	Uranoscopidae	Springerichthys bapurus		Temperate		1.00							139.00	140.00									
													Uranoscopidae sp.								4.00	4.00	
													Xenocephalus elongatus		1.00	27.00	2.40				30.00	60.40	
	Zoarcidae	Zoarcidae sp.										4.00	4.00										
	Pleuronectiformes	Bothidae	Arnoglossus tenuis	Temperate				2.00					2.00										
			Asterorhombus intermedius	Tropical				3.00					3.00										
		Bothidae spp.							0.31			0.31											
		Bothus myriaster		Tropical				7.00				7.00											
		Crossorhombus kobensis		Temperate				3.00				3.00											
		Engyprosodon sp.						8.00				8.00											
		Psettina tosana		Temperate				4.00				4.00											
		Tosarhombus sp.						17.00				17.00											
Cynoglossidae		Cynoglossidae spp.											21.00	21.00									
													Cynoglossus joyneri	Subtropical					47.00			47.00	
													Cynoglossus robustus	Temperate					5.00			5.00	
		Cynoglossus sp.						1.00				1.00											
Paralichthyidae	Paralichthyidae sp.						10.00				19.00	29.00											

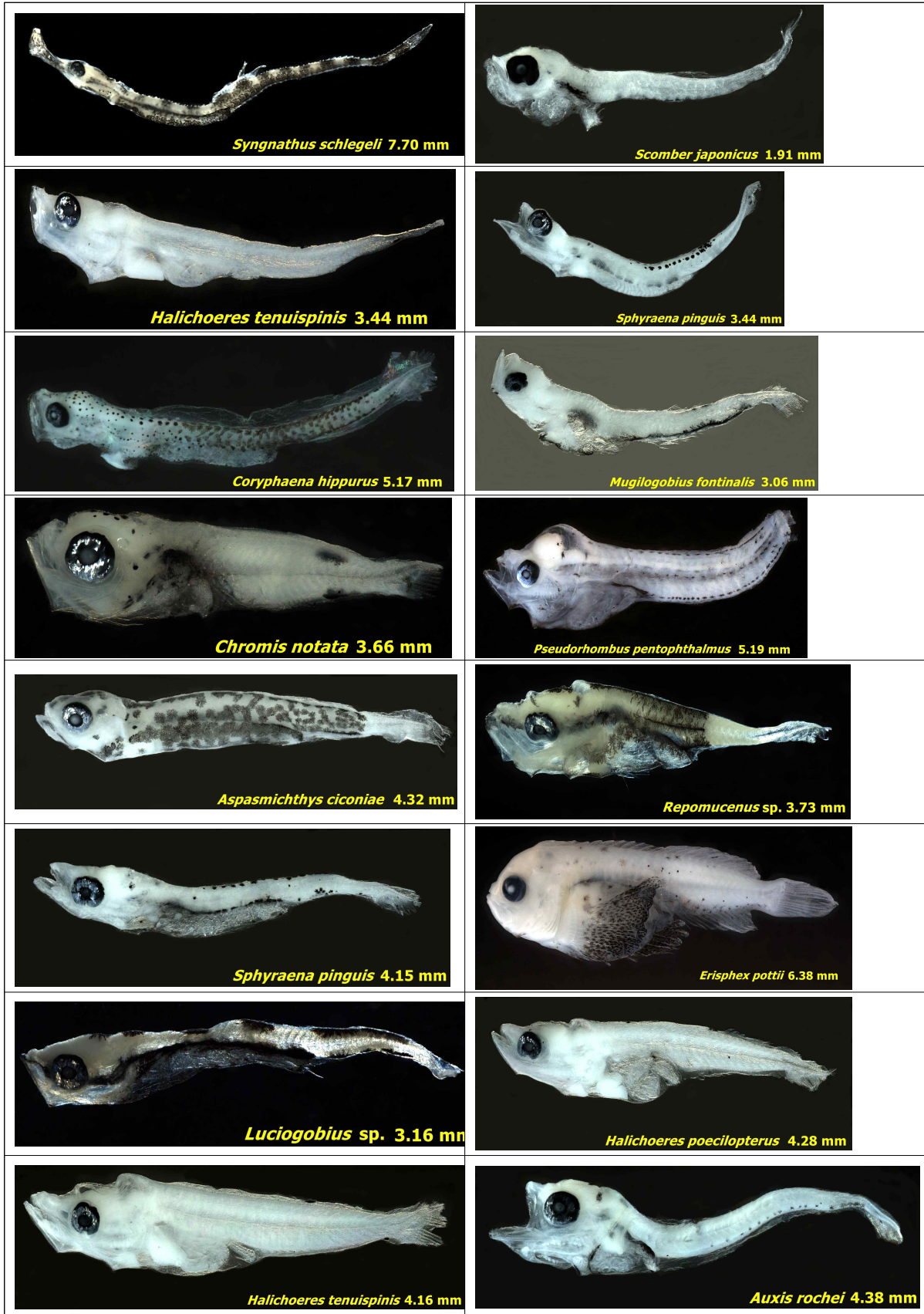
Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./ 1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)			
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	Pseudorhombus pentophthalmus					10.00					10.00	
	Pleuronectidae	Cleisthenes herzensteini	Temperate				1.00						1.00
		Embassichthys bathybius					39.00						39.00
		Eopsetta girgorjewi	Subtropical				139.00						139.00
		Kareius bicoloratus	Temperate				21.00						21.00
		Microstomus achne	Temperate				8.00						8.00
		Pleuronectes yokohamae	Temperate				141.00						141.00
		Pleuronectidae sp.					44.00						44.00
		Pleuronichthys cornutus type 2	Temperate				1.00						1.00
		Tanakius kitaharae	Temperate				3.00						3.00
		Verasper variegatus	Subtropical				6.00						6.00
	Soleidae	Soleidae sp.					3.00						3.00
		Sparidae sp.				3.00	6.00						9.00
	Scorpaeniformes	Aploactinidae	Erisphex pottii	Temperate				1,847.00					1,847.00
Cottidae		Cottidae sp.			5.00							5.00	
		Cottus sp.					7.00					7.00	
		Furcina osimae	Temperate				17.00					17.00	
Pseudoblenninae sp.						8.00					8.00		
Pseudoblennius marmoratus		Temperate							5.00	5.00	10.00		
Pseudoblennius percoides		Temperate							21.00	21.00	42.00		
Hexagrammidae		Hexagrammos agrammus	Temperate				8.00					8.00	
		Hexagrammos sp.				9.00						9.00	
Hoplichthyidae		Hoplichthys sp.				8.00						8.00	
Liparidae	Liparis tanakae	Temperate				11.00		5.00			16.00		

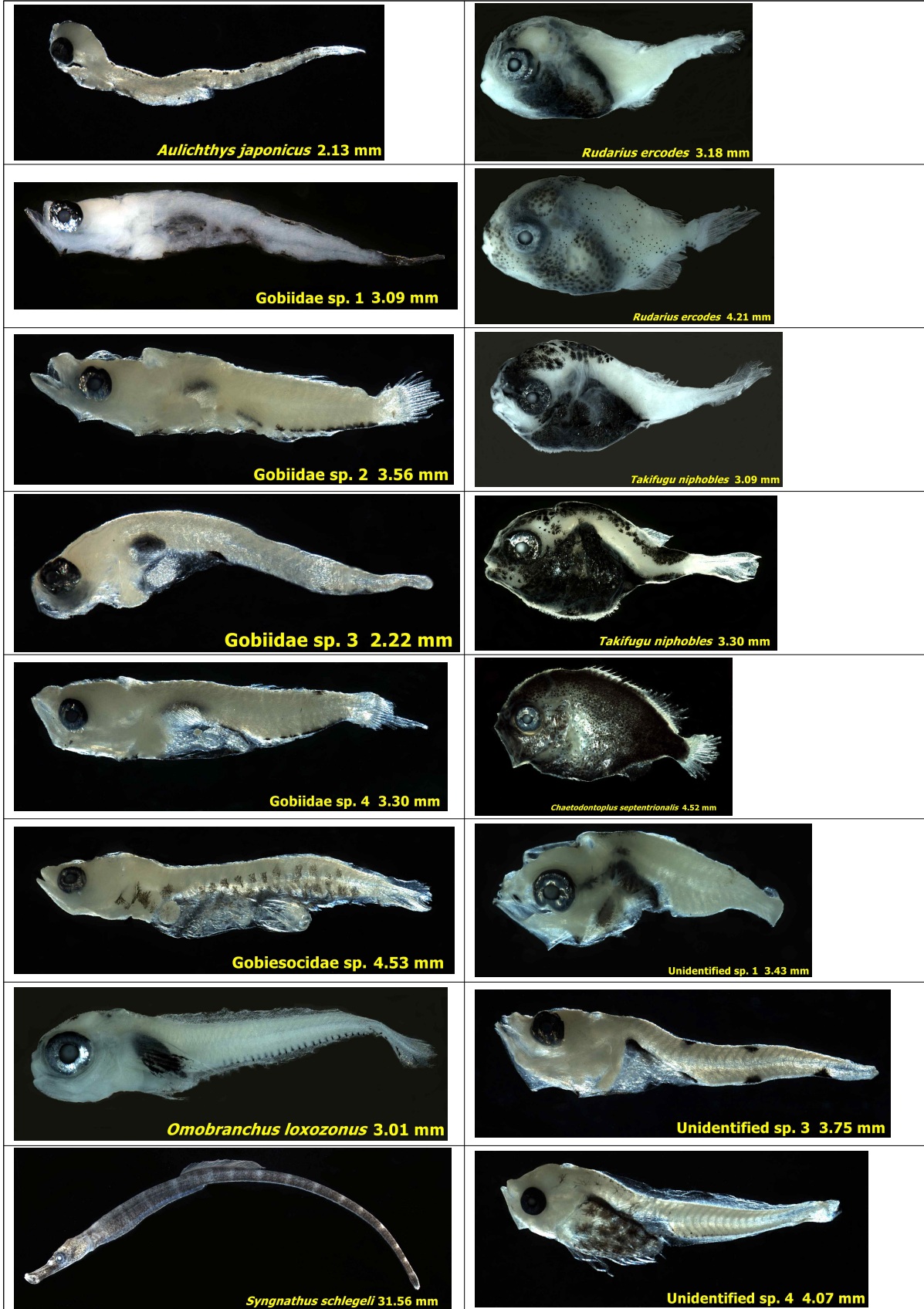
Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)		
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)	
Scorpaeniformes	Liparidae	Liparis tessellatus	Temperate				14.00				14.00	
	Platycephalidae	Platycephalidae sp.		4.00			3.00				7.00	
		Platycephalidae spp.							104.00		104.00	
	Scorpaenidae	Helicolenus hilgendorfi	Temperate				12.00	0.10			12.10	
		Hypodytes rubripinnis	Tropical				8.00				8.00	
		Minus monodactylus	Tropical				5.00				5.00	
		Scorpaenidae sp.		16.00			5.00				21.00	
		Scorpaenidae sp.1					27.00				27.00	
		Scorpaenidae sp.2					14.00				14.00	
		Scorpaenidae sp.3					30.00				30.00	
		Scorpaenidae sp.4					30.00				30.00	
		Scorpaenidae sp.5					3.00				3.00	
		Scorpaenidae sp.7					3.00				3.00	
		Scorpaenidae sp.8					1.00				1.00	
		Scorpaenidae spp.								13.00	13.00	
		Scorpaenodes sp.			5.00						5.00	
		Sebastes inermis	Subtropical		1.00		263.00			105.00	105.00	474.00
		Sebastes longispinis	Temperate				2.00				2.00	
		Sebastes owstoni						1.00			1.00	
		Sebastes sp.						2.00			2.00	
		Sebastes sp.1					12.00				12.00	
		Sebastes sp.2					2.00				2.00	
		Sebastes vulpes	Temperate				5.00				5.00	
		Sebastes marmoratus	Tropical		13.00		362.00	8.10		947.00	2,103.00	3,433.10

Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)						Abundance (indi./1000m ³)	
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)		Lee et al. (2006)
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	Sebastiscus sp.				3.00				13.00	16.00
		Sebastes pachycephalus	Temperate						7.00	7.00	14.00
	Sebastidae	Sebastes hubbsi	Tropical		1.00						1.00
	Triglidae	Lepidotrigla sp.1				55.00					55.00
		Lepidotrigla sp.2				123.00					123.00
Stomiiformes	Gonostomatidae	Cyclothone alba				4.00					4.00
	Phosichthyidae	Vinciguerrianimbaria				52.00					52.00
	Sternoptychidae	Maurolicus muelleri				89.00		186.75			275.75
	Gonostomatidae	Gonostomatidae sp.				3.00					3.00
		Sigmops gracilis				33.00					33.00
Tetraodontiformes	Monacanthidae	Aluterus monoceros	Subtropical				7.00				7.00
		Paramonacanthus japonicus	Tropical		18.00						18.00
		Rudarius ercodes	Temperate	7.00	2.00		0.20				9.20
		Stephanolepis cirrhifer	Temperate		1.00	16.00					17.00
		Thamnaconus modestus	Tropical					7.00			7.00
	Tetraodontidae	Takifugu niphobles	Temperate		1.00						1.00
		Takifugu sp.			1.00				6.00	6.00	13.00
		Takifugu xanthoperus	Subtropical		1.00						1.00
Zeiformes	Zeidae	Zeus faber	Temperate				2.00				2.00
		None									0.00
		Unidentified							216.00		216.00
		Unidentified sp.1			4.00		3.00				7.00
		Unidentified sp.2			4.00		4.00				8.00
		Unidentified sp.3			9.00		52.00				61.00

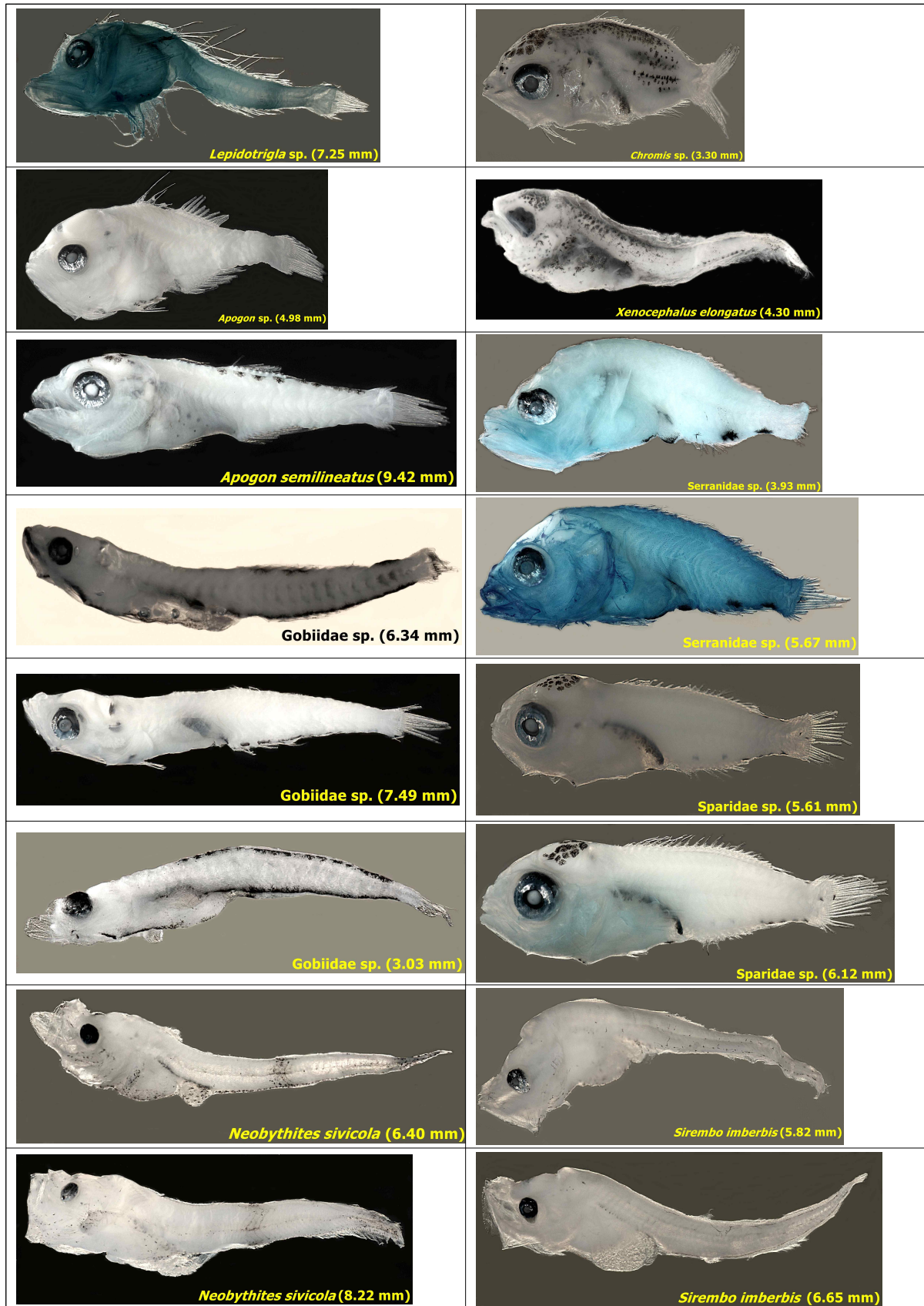
Order	Family	Species	EG	Abundance (indi./1000m ³)							Abundance (indi./ 1000m ³)
				KORDI (1989)	Ko et al. (1991)	KORDI (1991)	KORDI (1999)	Kim et al. (2004)	MOF (2005)	Lee et al. (2006)	
Zeiformes	Zeidae	Unidentified sp.4		4.00		61.00					65.00
		Unidentified sp.5		2.00							2.00
		Unidentified sp.6		3.00							3.00
		Unidentified sp.7		2.00							2.00
		Unidentified spp.					162.40				
18	92	37		5,017.00	790.00	47,991.00	663.9	3,531.61	44,505.00	50,222.00	152,720.51

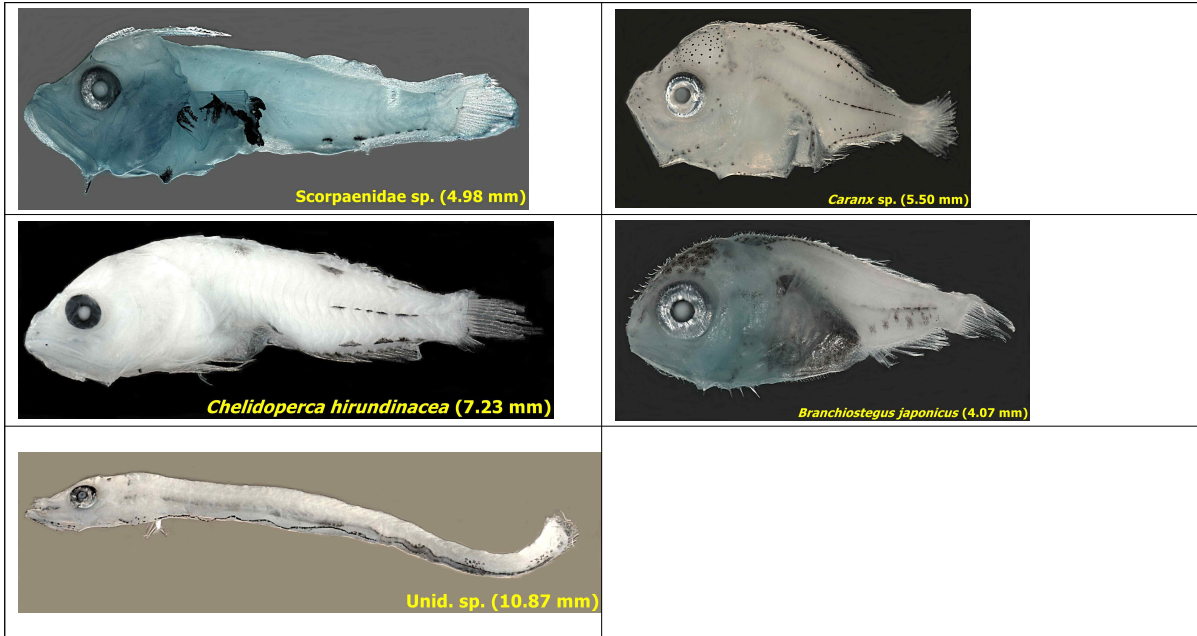
부록 3. 2015년 8월 자치어 사진





부록 4. 2015년 10월 난자치어 사진





부록 5. 제주 주변해역 저서동물 출현종

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	줄군부	<i>Lepidozona (Lepidozona) coreanica</i> (Reeve, 1847)		*		*							*	*		*						
	굵은줄연두군부	<i>Ischnochiton (Ischnochiton) hakodadensis</i> (Pilsbry, 1893)										*										
	가는줄연두군부	<i>Ischnochiton (Ischnochiton) boninensis</i> Bergenhayn, 1933								*		*	*									
	연두군부	<i>Ischnochiton (Haploplax) comptus</i> (Gould, 1859)		*		*				*	*	*	*			*						
	등꼬부리	<i>Lepidozona fuliginatus</i>				*																
	따가리(딱지군부)	<i>Placiphorella stimpsoni</i> (Gould, 1859)				*					*		*	*								
	수염군부	<i>Mopalia retifera</i> Thiele, 1909											*									
	털다발군부	<i>Plaxiphora integra</i> (Is. Taki, 1954)											*									
	딱지조개	<i>Placiphorella japonica</i>				*							*									
	꼬마군부	<i>Rhyssoplax kurodai</i> (Is. &Iw. Taki, 1929)				*					*		*	*		*						
	비단군부	<i>Onithochiton hirasei</i> Pilsbry, 1901		*		*				*	*	*	*			*						*
	군부	<i>Acanthopleura japonica</i> (Lischke, 1873)		*		*		*	*	*	*	*	*	*		*						*
	털군부	<i>Acanthochitona defilippi</i> (Tapparone-Canefri, 1874)				*				*	*	*	*									*
	좁털군부	<i>Acanthochitona achates</i> (Gould, 1859)									*		*	*		*						*
	애기털군부	<i>Acanthochiton rubrolineatus</i> (Lischke, 1873)				*				*			*			*						
	말군부	<i>Cryptochiton stelleri</i> (Middendorff, 1846)											*			*						
	벌레군부	<i>Cryptoplax japonica</i> Pilsbry, 1901				*				*			*	*		*						*
	상아군부	<i>Leptochiton japonicus</i> (Bergenhayn, 1933)											*			*						
	누더기삿갓조개	<i>Patella (Patella) flexuosa flexuosa</i> Quoy & Gaimard, 1834									*		*	*								
	진주배말	<i>Cellana grata</i> (Gould, 1859)		*		*				*	*											*
	흑색배말(큰배말)	<i>Cellana nigrolineata</i> (Reeve, 1854)		*		*				*	*		*			*						

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	애기삿갓조개	<i>Cellana toreuma</i> (Reeve, 1855)		*		*				*	*		*			*				*			
	테두리고둥	<i>Patelloida saccharina lanx</i> (Reeve, 1855)		*		*		*		*	*		*								*		
	무늬애기배말붙이	<i>Patelloida pygmaea signatoides</i> (Kuroda & Habe, 1971)									*												
	애기배말	<i>Patelloida pygmaea pygmaea</i> (Dunker, 1860)		*		*																	
	호롱애기배말	<i>Patelloida conulus</i> (Dunker, 1861)				*					*			*								*	
	두드럭배말	<i>Lottia (Lottia) dorsuosa</i> (Gould, 1859)		*							*	*		*									
	주름애기두드럭배말	<i>Lottia (Lottia) luchuana</i> (Pilsbry, 1901)									*			*									
	애기두드럭배말	<i>Lottia (Lottia) kogamogi</i> Sasaki & Okutani, 1994		*		*					*		*	*									
	흰무늬배말	<i>Lottia (Lottia) tenuisculpta</i> Sasaki & Okutani, 1944																					*
	흰반점배말	<i>Lottia (Lottia) lindbergi</i> Sasaki & Okutani, 1944												*			*						
	꼬마흰삿갓조개	<i>Lottia (Kikukozara) langfordi</i> Habe, 1944				*					*			*									
	갈색줄무늬꼬마삿갓조개	<i>Yayoiacamaea oyamai</i> Habe, 1955									*			*									
	배무래기	<i>Nipponacmaea schrenckii schrenckii</i> (Lischke, 1868)		*	*	*		*	*	*				*			*						
	납작배무래기	<i>Nipponacmaea fuscoviridis</i> (Teramachi, 1949)									*			*			*					*	
	둥근배무래기	<i>Notoacmea concinna</i> (Lischke, 1870)		*		*			*	*				*			*					*	
	잔무늬배무래기	<i>Nipponacmaea concinna radula</i> (Kira, 1961)									*			*									
	테라마찌배무래기	<i>Nipponacmaea concinna teremachi</i> (Kira, 1961)									*			*									
	멋쟁이배무래기	<i>Notoacmea schrenckii gloriosa</i> Habe, 1944				*																	
흰삿갓조개	<i>Acmaea (Niveotectura) pallida</i> (Gould, 1859)				*								*	*		*							

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	흰그물삿갓조개	<i>Pectinodonta rhyssa</i> (Dall, 1925)										*			*									
	검은입술두꺼비고둥	<i>Bursa (Bursa) lamarckii</i> (Deshayes, 1853)										*												
	마대오분자기	<i>Sulculus diversicolor diversicolor</i> (Reeve, 1846)		*		*					*		*		*		*							
	오분자기	<i>Sulculus diversicolor supertexta</i> (Lischke, 1870)		*		*					*	*			*	*						*		
	왕전복	<i>Nordotis madaka</i> Habe, 1979									*		*	*										
	말전복	<i>Nordotis gigantea</i> (Gmelin, 1971)				*					*		*											
	둥근전복	<i>Nordotisdiscus discus</i> (Reeve, 1846)		*		*					*													*
	북방전복	<i>Nordotis discus hannai</i> (Ino, 1952)											*											
	전복	<i>Haliotis discus</i> Reeve, 1876							*	*	*			*	*									
	시볼트전복	<i>Haliotis sieboldii</i> Reeve, 1846				*								*			*							
	입째어진고둥	<i>Scissurella staminea</i> (A. Adams, 1862)									*			*			*							
	등구멍고둥	<i>Sukashitrochus carinatus</i> (A. Adams, 1862)												*			*							
	넓은이랑삿갓조개	<i>Emarginula crassicostata</i> (Sowerby, 1863)									*			*			*							
	고운천이랑삿갓조개	<i>Emarginula fragilis</i> Tokoyama, 1920									*			*			*							
	좁은이랑삿갓조개	<i>Emarginula tosaensis</i> Habe, 1953									*			*			*							
	언청이삿갓조개	<i>Emarginella incisula</i> (A. Adams, 1852)									*			*			*							
	낮은이랑삿갓조개	<i>Emarginella sakuraii</i> Habe, 1963									*			*			*							
	흰이랑삿갓조개	<i>Tugali decussata</i> A. Adams, 1852				*					*			*			*							
	빨럭지삿갓조개	<i>Tugalina (Scelidotoma) gigas</i> (v. Martens, 1881)				*								*			*							
	꼬마부리구멍삿갓조개	<i>Puncturella parvinobilis</i> Okutani, Fujikura & Sasaki, 1993									*			*			*							
	원추부리구멍삿갓조개	<i>Puncturella fastigiata</i> A. Adams, 1853									*			*			*							
매부리구멍삿갓조개	<i>Cranopsis pelex</i> A. Adams 1860												*	*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	비뿔이삿갓조개	<i>Montfortista oldhamiana</i> (Nevill, 1869)									*		*									
	주름이쁜이삿갓조개	<i>Montfortula pulchra picta</i> (Dunker, 1860)				*				*	*		*									
	시볼트삿갓조개	<i>Diodora (Diodora) sieboldii</i> (Reeve, 1850)				*					*											
	주름구멍삿갓조개	<i>Diodora (Elegidion) quadriradiata</i> (Reeve, 1850)				*							*	*								
	구멍삿갓조개	<i>Macroschisma sinensis</i> (A. Adams, 1855)									*		*									
	낮은구멍삿갓조개	<i>Macroschisma dilatata</i> (A. Adams, 1851)				*					*		*									
	검정구멍삿갓조개	<i>Scutus unguis</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	이쁜이삿갓조개	<i>Montfortula pulchra</i> (A. Adams, 1852)				*																
	둥근입고둥	<i>Liotina (Liotinaria) semiclathrata</i> (Schrenck, 1862)									*		*			*						
	팔알고둥	<i>Homalopoma nocturnum</i> (Gould, 1861)				*					*		*	*		*						
	누더기팔알고둥	<i>Homalopoma amussitatum</i> (Gould, 1861)											*									
	산팔알고둥	<i>Homalopoma sangarensis</i> (Schrenck, 1862)				*					*		*	*		*						
	분홍무늬팔알고둥	<i>Collonista glareosa</i> (Gould, 1861)									*		*									
	흰팔알고둥	<i>Collonista amakusaensis</i> (Habe, 1960)									*		*									
	예쁜눈알고둥	<i>Turbo (Callopoma) excellens</i> Sowerby, 1914									*		*									
	소라	<i>Turbo (Batillus) cornutus</i> (Lightfoot, 1786)				*			*	*	*		*	*		*	*		*	*		*
	눈알고둥	<i>Turbo (Lunella) coronata coreensis</i> (Recluz, 1853)	*	*	*	*			*	*	*		*	*		*						*
	바퀴고둥	<i>Astralium (Astralium) haematragum</i> (Menke, 1829)	*	*		*					*	*		*	*		*	*				
	잔뿔소라	<i>Bolma (Harisazaea) modesta</i> (Reeve, 1843)				*					*		*									
	월계관납작소라	<i>Guildfordia triumphans</i> (Philippi, 1841)									*		*									
	납작소라	<i>Pomaulax japonicus</i> (Dunker, 1844)		*		*					*		*									
분홍유리고둥	<i>Tricolia variabilis</i> (Pease, 1860)									*		*			*						*	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	유리고둥	<i>Phasianella solida</i> (Born, 1780)				*					*		*								
	보라배꼽톱니고둥	<i>Astrarium haematragum</i> (Menke, 1829)									*										
	빨눈알고둥	<i>Turbo</i> (Marmarostoma) <i>stenogyrum</i> (Fischer, 1873)				*															
	갯골뱅이	<i>Chlorostoma argyrostoma sublaevis</i> (Pilsbry, 1904)				*							*								
	밤고둥	<i>Chlorostoma lischkei</i> (Tapparone-Canefri, 1874)		*	*	*			*	*	*		*	*		*					
	구멍밤고둥	<i>Chlorostoma turbinata</i> (A. Adams, 1853)		*	*	*				*			*	*							
	명주고둥	<i>Chlorostoma xanthostigma</i> (A. Adams, 1853)		*	*	*				*	*			*							
	보말고둥	<i>Omphalius rusticus rusticus</i> (Gmelin, 1791)	*	*		*				*			*	*							
	바다방석고둥	<i>Omphalius pfeifferi pfeifferi</i> (Philippi, 1846)				*							*	*							
	팽이고둥	<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i> (Dunker, 1882)		*		*				*	*		*	*			*	*			
	검은점갈비고둥	<i>Granata lyrata</i> (Pilsbry, 1890)		*		*					*		*	*			*				
	배꼽꼬마울타리고둥	<i>Hybochelus cancellatus orientalis</i> (Pilsbry, 1904)									*		*								
	검은꼬마울타리고둥	<i>Euchelus atratus</i> (Gmelin, 1791)									*		*								
	홍색밤고둥	<i>Euchelus rubra</i> (A. Adams, 1853)									*		*								
	꼬마울타리고둥	<i>Euchelus lischkei</i> (Pilsbry, 1904)									*		*								
	꼬마바구니밤고둥	<i>Herpetopoma clathrata</i> (A. Adams, 1853)									*										
	바위고둥	<i>Turcica coreensis</i> Pease, 1860				*							*								
	바퀴밤고둥	<i>Trochus</i> (<i>Trochus</i>) <i>sacellum rota</i> (Dunker, 1860)				*					*		*			*					
	보석고둥	<i>Clanculus</i> (<i>Clanculus</i>) <i>margaritarius</i> Philippi, 1849				*							*			*					
	이빨울타리고둥	<i>Clanculus</i> (<i>Mesoclanculus</i>) <i>denticulatus</i> (Gray, 1827)				*					*		*			*					
	빨강꼭지고둥	<i>Clanculus</i> (<i>Mesoclanculus</i>) <i>microdon</i> (A. Adams, 1853)				*					*		*			*					
	흰점줄박이고둥	<i>Eurytrochus cognatus</i> (pilsbry, 1903)									*		*			*					

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	흰구름무늬꼬마고둥	<i>Fossarina picta</i> A. Adams, 1867														*								
	개울타리고둥	<i>Monodonta (Monodonta) labio confusa</i> Tapparone-Canefri, 1874				*		*	*	*	*		*	*			*				*			*
	남방울타리고둥	<i>Monodonta (Monodonta) australis</i> (Lamarck, 1822)										*	*	*			*							
	큰키각시고둥	<i>Monodonta (Monodonta) canalifera</i> (Lamarck, 1822)											*											
	각시고둥	<i>Monodonta (Neomonodonta) neritoides</i> (Philippi, 1849)	*	*	*	*				*	*	*	*											
	깜장각시고둥	<i>Monodonta (Neomonodonta) perplexa perplexa</i> (Pilsbry, 1889)		*		*				*	*		*	*										
	울타리고둥	<i>Monodonta labio</i> (Linnaeus, 1758)		*		*					*													
	띠각시고둥	<i>Diloma (Diloma) piperinus</i> (Philippi, 1849)										*	*	*										
	꼬마얼룩고둥	<i>Cantharidus hirasei</i> (Pilsbry, 1901)		*		*					*	*	*					*						
	남방얼룩고둥	<i>Cantharidus japonicus</i> (A. Adams, 1853)		*		*					*	*	*											
	동근입얼룩고둥	<i>Cantharidus jessoensis</i> (Schrenck, 1863)		*		*							*	*				*						
	얼룩고둥	<i>Cantharidus callichroa</i> (Philippi, 1850)		*	*	*					*	*		*										
	두줄얼룩고둥	<i>Cantharidus callichroa bisbalteatus</i> (Pilsbry, 1901)				*					*	*		*										
	뽕족얼룩고둥	<i>Komaitrochus pulcher</i> Kuroda & Iw. Taki, 1958										*	*				*			*				
	유리밤고둥	<i>Alcyna ocellata</i> A. Adams, 1860										*	*											
	꼬마고무신고둥	<i>Stomatella planulata</i> (Lamarck, 1816)										*	*											
	넓은입고둥	<i>Stomatolina rubra</i> (Lamarck, 1822)				*					*	*	*											
	매끈이방석고둥	<i>Calliostoma (Calliostoma) Haliarchus</i> (Melville, 1889)				*					*	*	*											
	가시방석고둥	<i>Calliostoma (Calliostoma) aculeatum</i> (Sowerby III ² , 1912)				*					*	*	*											
	주홍방석고둥	<i>Calliostoma (Calliostoma) consors</i> (Lischke, 1872)											*											
얼룩방석고둥	<i>Calliostoma (Calliostoma) multiliratum</i> (Sowerby II [±] , 1875)											*												
방석고둥	<i>Calliostoma (Calliostoma) unicum</i> (Dunker, 1860)				*						*	*	*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	높은탑배꼽고둥	<i>Minolia punctata</i> A. Adams, 1860									*			*								
	새끼밤고둥	<i>Lirularia (Lirularia) iridescens</i> (Schrenck, 1863)									*			*								
	햇살밤고둥	<i>Lirularia (Lirularia) pygmaea</i> (Yokoyama, 1922)									*			*								
	비단고둥	<i>Umbonium (Suchium) costatum</i> (Kiener, 1838)		*		*					*	*		*							*	
	비단배꼽고둥	<i>Ethminolia stearnsii</i> (Pilsbry, 1895)									*			*								
	흰무늬배꼽고둥	<i>Conotalopia ornata</i> (Sowerby III ² , 1903)									*			*								
	깨알밤고둥	<i>Conotalopia mustelina</i> (Gould, 1861)									*			*								
	빨강올타리고둥	<i>Clanculus gemmulifer</i> Pilsbry, 1901		*							*											
	애기밤고둥	<i>Omphalius nigerrimus</i> (Gmelin, 1791)		*		*				*												
	두름납작고둥	<i>Teinostoma radiatum</i> A. Adams, 1863													*							
	작은납작고둥	<i>Teinostoma lucida</i> A. Adams, 1863										*			*			*				
	둥근꼬마고둥	<i>Conradia perclathrata</i> Sakurai, 1983										*			*							
	배꼽꼬마고둥	<i>Lissotesta sobrina</i> (A. Adams, 1861)										*			*							
	세로줄또아리고둥	<i>Munditiella ammonoceras</i> (A. Adams, 1863)										*			*							
	둥근투명꼬마고둥	<i>Dillwynella vitrea</i> Hasegawa, 1997										*			*							
	잔고리납작투명꼬마고둥	<i>Dillwynella planorbis</i> Hasegawa, 1997										*			*							
	납작투명꼬마고둥	<i>Leptogyropsis inflata</i> Hasegawa, 1997													*							
	반투명꼬마흰삿갓조개	<i>Coccopigya punctoradiata</i> (Kuroda & Habe, 1949)										*			*							
	큰입술갈고둥	<i>Nerita (Theliostyla) albicilla</i> (Linnaeus, 1758)		*		*				*	*	*			*			*				
	갈고둥	<i>Nerita (Heminerita) japonica</i> (Dunker, 1860)	*	*	*	*	*			*	*	*		*	*		*				*	
	기수갈고둥	<i>Clithon retropictus</i> (v. Martens, 1879)				*						*							*	*		
	넓은말굽삿갓조개	<i>Phenacolepas crenulatus</i> (Baroderip, 1834)										*			*							

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	납작말굽삿갓조개	<i>Phenacolepas planata</i> (Habe, 1961)											*								
	말굽삿갓조개	<i>Phenacolepas unguiformis</i> (Gould, 1859)								*		*									
	편자말굽삿갓조개	<i>Phenacolepas newtoni</i> (Sowerby III ² , 1894)								*		*									
	부리말굽삿갓조개	<i>Cinnalepeta pulchella</i> (Lischke, 1871)								*		*									
	깨알우렁이	<i>Georissa japonica</i> Pilsbry, 1900								*		*									
	산우렁이	<i>Cyclophorus herklotsi</i> v. Martens, 1861								*		*									
	동근산우렁이	<i>Cyclotus</i> (<i>Procyclus</i>) <i>campanulatus</i> v. Martens, 1865											*								
	제주동근산우렁이	<i>Platyrphe minutus queipartensis</i> (Pilsbry & Hirase, 1908)									*		*								
	좁산우렁이	<i>Nakadaella micron</i> (Pilsbry, 1900)									*		*								
	나사산우렁이	<i>Spirostoma japonicum japonicum</i> (A. Adams, 1867)									*		*								
	제주흑달팽이	<i>Chamalycaeus kurodai</i> (Pilsbry, & Hirase, 1908)				*					*		*								
	번데기우렁이	<i>Pupinella (Pupinopsis) rufa</i> (Sowerby, 1864)									*		*								
	아리니아깨알달팽이	<i>Arinia chejuensis</i> Kwon & Lee, 1901									*		*								
	깨알달팽이	<i>Diplommatina (Sinica) paxillus</i> (Gredler, 1881)									*		*								
	큰깨알달팽이	<i>Diplommatina (Sinica) changensis</i> Kwon & Lee, 1991											*								
	제주깨알달팽이	<i>Diplommatina chejuensis</i> Kwon & Lee, 1991									*										
	원돌이깨알달팽이	<i>Palaina (Cylindropalaina) pusilla</i> (v. Martens, 1877)									*		*								
	홀쭉이고둥	<i>Litiopa nipponica</i> Kuroda & Kawamoto, 1956									*		*								
	흰반점홀쭉이고둥	<i>Styliferina goniochila</i> A. Adams, 1860									*		*								
	갈색줄홀쭉이고둥	<i>Diffalaba picta</i> (A. Adams, 1861)											*								
	동다리	<i>Cerithidea rhizophorarum</i> A. Adams, 1855				*							*								
얼룩비틀이고둥	<i>Cerithidea ornata</i> A. Adams, 1863				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	비틀이고둥	<i>Cerithideopsis cingulata</i> (Gmelin, 1791)				*							*									
	갯비틀이고둥	<i>Cerithideopsis djadjariensis</i> (K. Martin, 1899)				*							*								*	
	남방나사고둥	<i>Neohaustator tsushimaensis</i> (Kotaka, 1951)									*		*									
	층층이갈줄고둥	<i>Plesiotrochus actangulus</i> (Yokoyama, 1924)									*		*									
	반투명긴개고둥붙이	<i>Irvadia (Pseudonoba) bella</i> (A. Adams, 1853)									*		*									
	잘룩허리긴개고둥붙이	<i>Nozeba lignicola</i> Hasegawa, 1997									*		*									
	기수개고둥붙이	<i>Elachisina ziczac</i> Fukuda & Ekawa, 1997									*		*									
	목주림고둥	<i>Truncatella guerinii</i> A. & J. B. Villa, 1841				*					*		*									
	분홍목주림고둥	<i>Truncatella pfeifferi</i> v. Martens, 1860									*						*					
	위고둥	<i>Tonna luteostoma</i> (Kuster, 1857)				*																
	담색위고둥	<i>Tonna chinensis magnifica</i> (Sowerby III, 1904)									*											
	진보라고둥	<i>Janthina (Janthina) janthina</i> (Linnaeus, 1758)									*											
	보라고둥	<i>Janthina (Violetta) exigua</i> Lamarck, 1816									*											
	작은보라고둥	<i>Janthina (Violetta) umbilicata</i> (d'Orbigny, 1847)									*											
	노랑띠돌이우렁이	<i>Recluzia lutea</i> (bennett, 1840)									*											
	날씬이갯고둥붙이	<i>Cerithiopsis subreticulata</i> (Dunker, 1859)									*						*					
	통통이갈색갯고둥붙이	<i>Cerithiopsis marileutes</i> (Melvill & Standen, 1896)									*						*					
	번데기점갯고둥붙이	<i>Horologica bipartita</i> Laseron, 1955									*											
	옆줄갯고둥사촌	<i>Notoseila morishimai</i> Habe, 1970									*											
	배불뚝이옆줄갯고둥붙이	<i>Paraseila japonica</i> Habe, 1970									*											
치마고둥	<i>Ataxocerithium abnormale</i> (Sowerby III, 1903)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	흰구슬개오지	<i>Trivia (Trivirostra) oryza</i> (Lamarck, 1811)									*											
	가는줄흰구슬개오지	<i>Trivia (Trivirostra) pellucidula</i> (Reeve, 1846)									*											
	애기개오지	<i>Proterato (Sulcerato) callosa</i> (A. Adams, & Reeve, 1850)									*											
	흰애기개오지	<i>Proterato (Sulcerato) pura</i> Kuroda & Habe, 1971									*											
	바구니무늬새끼고둥	<i>Berthais egregia</i> (A. Adams, 1863)									*											
	동글넙적얇은고둥	<i>Caledoniella montrouzeri</i> Souverbie, 1869									*											
	좁쌀우렁이	<i>Eatonina kitanagato</i> Fukuda, Nakamura & Yamashita, 1998									*		*									
	언덕고리고둥	<i>Fossarus japonicus</i> (A. Adams, 1861)									*		*									
	깜장짜부락고둥	<i>Cerithium (Cerithium) kobelti</i> Dunker, 1877				*					*		*									
	오디짜부락고둥	<i>Clypeomorus bifasciata</i> (Sowerby II±, 1855)				*					*		*	*								
	짜부락고둥	<i>Rhinoclavis (Proclava) kochi</i> (Philippi, 1848)									*		*								*	
	격자고리짜부락고둥	<i>Argyropeza schepmaniana</i> Melvill, 1912									*		*									
	눈줄고둥	<i>Bittium (Bittium) glareosum</i> (Gould, 1861)									*		*			*						
	얼룩덜룩갈줄고둥	<i>Bittium (Bittium) alutaceum</i> Gould, 1861									*		*			*						
	갈줄고둥	<i>Bittium (Bittium) variegatum</i> Kuroda & Habe, 1971									*		*			*						
	작은층갈줄고둥	<i>Ittibittium parcum parcum</i> (Gould, 1861)									*		*			*						
	매끈이짜부락고둥	<i>Diala varia</i> A. Adams, 1861									*		*			*						
	매끈이미줄짜부락고둥	<i>Diala stricta</i> Habe, 1960											*			*						
	잔고리짜부락고둥	<i>Diala sulcifera</i> A. Adams, 1862									*		*									
	다슬기	<i>Semisulcospira libertina</i> (Gould, 1859)									*					*						
좁짜부락고둥	<i>Clathrofenella fusca</i> (A. Adams, 1860)									*		*										
가는좁짜부락고둥	<i>Clathrofenella perparvulum</i> (Watson, 1886)									*		*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	모래불이짜부락고둥	<i>Scaliola bella</i> A. Adams, 1860									*		*								
	작은모래불이고둥	<i>Scaliola arenosa</i> A. Adams, 1862									*		*								
	가는모래불이고둥	<i>Scaliola glareosa</i> A. Adams, 1862									*		*								
	점갯고둥	<i>Batillaria zonalis</i> (Bruguiere, 1792)									*		*								*
	갯고둥	<i>Batillaria multiformis</i> (Lischke, 1869)				*			*	*	*		*			*					*
	탱가리	<i>Batillaria cumingii</i> (Crosse, 1862)				*				*	*		*	*		*					*
	흰줄흑띠갯고둥	<i>Batillaria flectosiphonata</i> Ozawa, 1996									*		*								
	자갈색지렁이고둥	<i>Tenagodus (Agathirses) armata</i> (Habe & Kosuge, 1967)									*		*								
	지렁이고둥	<i>Tenagodus (Agathirses) cumingii</i> (Morch, 1860)		*		*					*		*	*							
	총알고둥	<i>Littorina (Littorina) brevicula</i> (Philippi, 1844)	*	*		*					*	*	*	*			*				
	큰총알고둥	<i>Littorina (Neritrema) sitkana</i> (Philippi, 1846)									*										
	좁쌀무늬총알고둥	<i>Nodilittorina exigua</i> (Dunker, 1860)	*	*	*	*				*	*	*	*			*				*	*
	흰반점무늬총알고둥	<i>Nodilittorina leucosticta biangulata</i> (v. Martens, 1897)									*		*								
	얼룩총알고둥	<i>Littoraria (Littorinopsis) intermedia</i> (Philippi, 1846)									*		*								
	둥근얼룩총알고둥	<i>Littoraria (Palustorina) articulata</i> (Philippi, 1846)		*		*															
	난쟁이총알고둥	<i>Peasiella habei</i> (Reid & Mak, 1998)									*		*			*					
	밤색기수우렁이	<i>Angustassiminea castanea</i> (Westerlund, 1883)									*		*			*					
	둥근좁기수우렁	<i>Assiminea estuarina</i> Habe, 1946									*		*								
	갈대밭기수우렁	<i>Assiminea hiradoensis</i> Habe, 1942									*		*	*							
	기수우렁이	<i>Assiminea japonica</i> v. Martens, 1877				*															
	둥근황갈색기수우렁	<i>Assiminea septentrionalis</i> Habe, 1942									*										
갈색띠기수우렁	<i>Assiminea bella</i> Kuroda, 1958											*									
좁기수우렁이	<i>Assiminea lutea</i> A. Adams, 1861											*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	배꼽기수우렁	<i>Paludinellassiminea japonica</i> (Pilsbry, 1901)				*							*									
	흰배꼽기수우렁이	<i>Paludinellassiminea stricta</i> (Gould, 1859)									*		*									
	큰배꼽기수우렁이	<i>Paludinellassiminea tanegashimae</i> (Pilsbry, 1924)									*		*									
	배꼽투명누렁꼬마고둥	<i>Cingula matsusimana</i> (Nomura, 1940)									*		*									
	살눈고둥	<i>Alvania concinna</i> A. Adams, 1861									*		*			*						
	꼬마뽕족고둥	<i>Alvania plicosa</i> E. A. Smith, 1875									*		*									
	고리꼬마고둥	<i>Alvania circinata</i> A. Adams, 1861									*		*									
	삼베무늬꼬마고둥	<i>Alvania maya</i> (Yokoyama, 1926)									*		*									
	세로주름꼬마고둥	<i>Alvania ogasawarana</i> Pilsbry, 1904									*		*			*						
	격자고리꼬마고둥	<i>Merelina tokunagai</i> (Yokoyama, 1927)									*		*									
	남방흰눈고둥	<i>Rissoina (Rissolina) plicatula</i> Gould, 1861									*		*			*						
	흰눈고둥	<i>Rissoina (Rissolina) costulata</i> (Dunker, 1860)									*		*			*						
	톱니입고둥	<i>Rissoina (Phosinella) pura</i> (Gould, 1861)									*		*			*						
	그물무늬흰눈고둥	<i>Rissoina (Phosinella) dunkeriana</i> Kuroda & Habe, 1961									*		*			*						
	새끼흰눈고둥	<i>Schwartziella (Pandalosia) ephamilla</i> (Watson, 1886)									*		*									
	개고둥	<i>Barleeia angustata</i> (Pilsbry, 1901)									*		*			*						
	갈색띠개고둥	<i>Barleeia calcarea</i> Kay, 1979									*		*									
	흰띠개고둥	<i>Barleeia trifasciata</i> Habe, 1960									*		*			*						
	흰개고둥	<i>Barleeia simplex</i> (Smith, 1875)									*		*									
	작은입개고둥	<i>Amphithalamus fulcra</i> (Laseron, 1956)									*		*									
굽은관고둥	<i>Brochina glabella</i> (A. Adams, 1868)									*		*										
투명쇄고둥	<i>Vitrinella diaphana</i> (A. Adams, 1863)									*		*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	장비고둥	<i>Pseudoliotia pulchella</i> (Dunker, 1860)									*		*			*						
	납작소용돌이고둥	<i>Tornus carinatus</i> (A. Adams, 1863)									*		*									
	굵은줄소용돌이고둥	<i>Pygmaeorota (Pygmaeorota) duplicata</i> (Lischkem 1872)									*		*									
	고리소용돌이고둥	<i>Pygmaeorota (Pygmaeorota) choshiensis</i> Habe, 1961									*		*									
	기생고깔고둥	<i>Hipponix conica</i> (Schumacher, 1817)		*		*					*		*			*					*	
	납작기생고깔고둥	<i>Hipponix acuta</i> Quoy & Gaimard, 1835									*					*						
	납작고깔고둥	<i>Antisabia foliacea</i> (Quoy & Gaimard, 1835)									*					*						
	털모자고둥	<i>Pilosabia trigona</i> (Gmelin, 1791)									*											
	둥근배고둥	<i>Cheilea cepacea cepacea</i> (Broderip, 1834)									*		*									
	고깔배고둥	<i>Calyptrea yokoyamai</i> Fujitani, 1929									*											
	밤색고깔배고둥	<i>Calyptrea sakaguchi</i> Kuroda & Habe, 1961									*		*									
	뚱뚱이짚신고둥	<i>Crepidula (Crepidula) onyx</i> Sowerby I ^o , 1824											*			*						
	침배고둥	<i>Crepidula (Bostryapulus) gravispinosus</i> (Kuroda & Habe, 1950)									*		*									
	배고둥	<i>Crepidula (Ergaea) walshi</i> (Reeve, 1859)											*									
	꽃갯지렁이사리고둥	<i>Lippistes helicoides</i> (Gmelin, 1791)										*										
	갈고리고둥	<i>Capulus badius</i> Dunker, 1882										*										
	매부리고둥	<i>Capulus dilatatus</i> A. Adams, 1860				*						*										
	큰매부리고둥	<i>Capulus kawamurai</i> Habe, 1992										*										
	작은고리나팔고둥	<i>Trichamathina nobilis</i> (A. Adams, 1867)										*										
	지게꾼고둥	<i>Xenophora (Xenophora) Japonica</i> Kuroda & Habe, 1971										*										
비단무늬고둥	<i>Xenophora (Onustus) exuta</i> (Reeve, 1842)										*											
덩굴뱀고둥	<i>Vermetus renisectus renisectus</i> (Carpenter, 1857)										*		*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	벌레뱀고둥	<i>Vermetus tokyoensis</i> Pilsbry, 1895				*						*										
	긴목벌레뱀고둥	<i>Vermetus vitreus</i> Kuroda & Habe, 1971										*										
	새끼지네고둥	<i>Dendropoma planorbis</i> (Dunker, 1860)										*										
	곰은목벌레고둥	<i>Petalconchus keenae</i> Hadfield & Kay, 1972										*										
	큰뱀고둥	<i>Serpulorbis imbricatus</i> (Dunker 1860)		*	*	*		*			*	*		*			*				*	
	뱀고둥	<i>Dendropoma maximum</i> (G. B. Sowerby I, 1825)		*																		
	흰점진보라개오지	<i>Staphylaea (Staphylaea) staphylaea</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	흰점보라개오지	<i>Staphylaea (Staphylaea) limacina</i> (Lamarck, 1810)											*									
	검은점줄개오지	<i>Luria isabella</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	마노석개오지	<i>Adusta onyx</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	노랑개오지	<i>Palmadusta artuffeli</i> (Jousseume, 1876)									*		*		*							
	점박이개오지	<i>Prupuradusta (Purpuradusta) gracilis</i> (Gaskoin, 1848)		*		*							*		*							
	은하수개오지	<i>Erosaria erosa</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	함박눈송이개오지	<i>Erosaria miliaris</i> (Gmelin, 1791)											*									
	젓빛개오지	<i>Erosaria boivini</i> (Kiener, 1843)											*									
	눈송이개오지	<i>Erosaria labrolineata</i> (Gaskoin, 1849)											*									
	처녀개오지	<i>Erosaria helvola</i> (Linnaeus, 1758)											*		*							
	별개오지	<i>Ravitrona caputserpentis</i> (Linnaeus, 1758)		*		*							*									
	노랑테두리개오지투기	<i>M. moneta moneta</i> + <i>M. annulus</i> (Hybrid type)											*									
	홍옥수개오지	<i>Lyncina (Ponda) carneola</i> (Linnaeus, 1758)											*									
	제주개오지	<i>Lyncina (Mystaponda) vitellus</i> (Linnaeus, 1758)		*		*							*									
	얼룩구슬개오지불이	<i>Habuprionovolva aenigma</i> (Azuma & Cate, 1971)											*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	작은구슬개오지불이	<i>Habuprionovolva basilica</i> Cate, 1978									*											
	구름무늬구슬개오지불이	<i>Testudovolva nebula</i> (Azuma & Cate, 1971)									*											
	흰띠분홍개오지불이	<i>Prionovolva brevis</i> (Sowerby, 1828)									*											
	연분홍개오지불이	<i>Prionovolva wilsoniana</i> (cate, 1973)									*											
	동근흰개오지불이	<i>Prionovolva bulla</i> (Adams & Reeve, 1848)									*											
	갈색띠개오지불이	<i>Pseudosimnia (Diminovula) caledonica</i> (Crosse, 1872)									*											
	주홍개오지불이	<i>Pseudosimnia (Diminovula) perilla</i> (Cate, 1973)									*											
	분홍반점개오지불이	<i>Pseudosimnia (Diminovula) whiteworthi</i> Cate, 1973									*											
	테두리개오지불이	<i>Pseudosimnia (Inflatovula) culmen</i> Cate, 1973									*											
	가는옆줄토끼고둥	<i>Xandarovula anthochila</i> (Kuroda, 1929)											*									
	줄무늬토끼고둥	<i>Cuspivolva allynsmithi</i> Cate, 1978									*											
	호랑이무늬토끼고둥	<i>Cuspivolva tigris</i> Yamamoto, 1971									*											
	뽕족토끼고둥	<i>Crenovolva (Cuspivolva) cuspis</i> Cate, 1973									*											
	진한무늬토끼고둥	<i>Crenovolva (Cuspivolva) myrakeenae</i> (Azuma & Cate, 1971)									*											
	주홍토끼고둥	<i>Aperiovula takae</i> Cate, 1973									*											
	가시두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Phenacovolva) rosea rosea</i> (A. Adams, 1855)									*											
	구름무늬두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Phenacovolva) lahainaensis</i> (Cate, 1969)									*											
	잘린두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Psellasinia) improcera</i> (Azuma & Cate, 1971)									*											
	우아한두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Psellasinia) pseudogracilis</i> Cate & Azuma, 1973									*											
	두툼파배기두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Turbovula) brevirostris</i> (Schumacher, 1817)									*											
	작은구름무늬두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Turbovula) fusula</i> Cate & Azuma, 1973									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	흰띠작은두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Turbovula) dancei</i> Cate, 1973										*										
	두령꼭지두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Turbovula) hirasei</i> (Pilsbry, 1913)										*										
	고랑두루마리고둥	<i>Phenacovolva maccoyi</i> (Tenison-woods, J.E., 1878)										*										
	뺨족두루마리고둥	<i>Phenacovolva nectarea</i> (Iredale, T., 1930)										*										
	보라파도무늬두루마리고둥	<i>Phenacovolva poppei</i> (Fehse, 2002)										*										
	보라파도무늬두루마리고둥(변종)	<i>Phenacovolva poppei</i> (Fehse, 2002)										*										
	카누두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Calcarrovula) longirostrata</i> (Sowerby, 1828)										*										
	곧은부리두루마리고둥	<i>Phenacovolva (Calcarrovula) tokioi</i> Cate, 1973										*	*									
	계란두루마리고둥	<i>Volva volva volva</i> (Linnaeus, 1758)										*										
	넓은입배고둥붙이	<i>Lamellaria (Lamellaria) setoensis</i> Habe, 1944										*										
	얇은큰입배고둥	<i>Velutina (Velutella) plicatilis cryptospira</i> Middendorff, 1847										*										
	표주박고둥	<i>Ficus subintermedia</i> (d'Orbigny, 1852)										*										
	유리송곳고둥	<i>Aclis angulifera</i> (Yokoyama, 1922)										*										
	해파리고둥	<i>Pterotrachea coronata</i> Forskal, 1775										*	*									
	바다나비고둥	<i>Atlanta peroni</i> Lesueur, 1817										*										
	큰탑바다나비고둥	<i>Atlanta turriculata</i> d'Orbigny, 1850										*										
	보라색바다나비고둥	<i>Atlanta fusca</i> Souleyet, 1852										*										
	투명바다나비고둥	<i>Atlanta inflata</i> Souleyet, 1852										*										
	비틀린탑바다나비고둥	<i>Atlanta inclinata</i> Souleyet, 1852										*										
	낮은탑바다나비고둥	<i>Atlanta lesueuri</i> Souleyet, 1852										*										
	갈색테바다나비고둥	<i>Altanta rosea</i> Souleyet, 1852										*										
	바늘고둥	<i>Eulima bifascilis</i> (A. Adams, 1863)										*										
	반질이바늘고둥	<i>Eulima lacca</i> Kuroda & Habe, 1971										*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	흰바늘고둥	<i>Eulima maria</i> (A. Adams, 1861)									*											
	갈색무늬바늘고둥	<i>Eulima unilineata</i> (Adams & Reeve, 1850)									*											
	흐린갈색무늬바늘고둥	<i>Eulimitra metcalfei</i> A. Adams, 1854									*											
	갈색무늬투명바늘고둥	<i>Eulimitra vincta</i> (A. Adams, 1863)									*											
	휘어진바늘고둥	<i>Melanella martinii</i> (A. Adams, 1854)									*											
	비틀이두툼바늘고둥	<i>Melanella grandis</i> (A. Adams, 1854)									*											
	반질이사기바늘고둥	<i>Melanella tortuosa</i> (A. Adams & Reeve, 1850)									*											
	뽕족탐바늘고둥	<i>Melanella teramachii</i> Habe, 1952									*											
	방패연잎성게살이고둥	<i>Melanella clypeastericola</i> (Habe, 1976)									*											
	꼬마투명성게살이고둥	<i>Melanella peronellicola</i> (Kuroda & Habe, 1950)									*											
	휘어진사기바늘고둥	<i>Melanella major</i> (Sowerby, 1834)									*									*		
	가시불가사리바늘고둥	<i>Vitreobalcis astropectinicola</i> (Kuroda & Habe, 1950)									*											
	성게살이꼬부리고둥	<i>Vitreobalcis temnopleuricola</i> Fujioka & Habe, 1983									*									*		
	보라성게살이고둥	<i>Vitreobalcis langfordi</i> (Dall, 1925)									*											
	깃갯고사리살이고둥	<i>Curveulima komaii</i> (Habe, 1950)									*											
	비틀이바늘고둥	<i>Curveulima flavipunctata</i> Habe, 1961									*											
	불가사리통통이고둥	<i>Parvioris fulvescens</i> (A. Adams, 1853)									*											
	주근깨바늘고둥	<i>Lentigobalcis lentiginosa</i> (A. Adams, 1861)									*											
	날씬이주근깨바늘고둥	<i>Lentigobalcis amamiensis</i> Habe, 1961									*											
	작은손잡이고둥	<i>Mucronalia subula</i> A. Adams, 1863									*											
진드기고둥	<i>Pelseneeria castanea</i> (Dall, 1925)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																						
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
연체동물문 (Mollusca)	넓은갈색띠구슬우렁이	<i>Polinices peselephanti</i> (Link, 1807)									*														
	반달배꼽구슬우렁이	<i>Polinices sagamiensis</i> Pilsbry, 1904									*		*												
	큰구슬우렁이	<i>Glossaulax didyma didyma</i> (Roding, 1798)		*		*					*	*													
	밤색배꼽구슬우렁이	<i>Glossaulax vesicalis</i> (Philippi, 1849)									*														
	달뾰한갈색긴배꼽고둥	<i>Mammilla melanostoma</i> (Gmelin, 1791)									*														
	갈색긴배꼽고둥	<i>Mammilla kurodai</i> (Iw. Taki, 1943)									*														
	작은갈색긴배꼽고둥	<i>Mammilla simiae</i> (Deshayes, 1838)									*														
	넓은띠긴배꼽고둥	<i>Mammilla mammata</i> (Roding, 1798)									*														
	갈색점박이긴배꼽고둥	<i>Mammilla sebae</i> (Recluz, 1844)									*														
	갈색띠구슬우렁이	<i>Natica gualteriana</i> Recluz, 1844									*						*								
	점구슬우렁이	<i>Naticarius concinnus</i> (Dunker, 1860)									*														
	점줄구슬우렁이	<i>Naticarius alapapilionsis</i> (Roding, 1798)									*														
	물결무늬구슬우렁이	<i>Tanea areolata</i> (Recluz, 1844)									*														
	장식띠줄구슬우렁이	<i>Tanea euzona euzona</i> (Recluz, 1844)									*														
	파도무늬구슬우렁이	<i>Tanea sagittata</i> (Menke, 1843)									*		*												
	돌구슬우렁이	<i>Cryptonatica (Sulconatica) janthostomoides</i> (Kuroda & Habe, 1949)								*			*												
	주머니구슬우렁이	<i>Sinum (Sinum) javanicum</i> (Griffith & Pidgeon, 1834)									*														
	흰구슬고둥	<i>Eunaticina papilla papilla</i> (Gmelin, 1791)									*														
	둥근흰구슬고둥	<i>Eunaticina papilla lamarckiana</i> (Recluz, 1843)									*														
	점박이계란고둥	<i>Semicassis bisulata persimilis</i> Kira, 1959									*														
일본점박이계란고둥	<i>Semicassis bisulcata japonica</i> (Reeve, 1848)									*															

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	밤색줄무늬고둥	<i>Phalium strigatum</i> (Gmelin, 1791)				*																
	각시수염고둥	<i>Cymatium (Monoplex) parthenopeum</i> echo Kuroda & Habe, 1961		*		*					*		*									
	작은털보고둥	<i>Cymatium (Monoplex) comptum</i> (A. Adams, 1855)																				
	나팔고둥	<i>Charonia lampas sauliae</i> (Reeve, 1844)		*		*					*											
	담색나팔고둥	<i>Charonia lampas macilenta</i> Kuroda & Habe, 1961									*											
	수염고둥	<i>Monoplex australasiae</i> Perry, 1811		*		*																
	입주름고둥	<i>Turritriton labiosus</i> (Wood, 1828)				*																
	빨강불가사리속살이 고둥	<i>Stilifer akahitode</i> Habe & Masuda, 1990									*		*									
	마디마디실꾸리고둥	<i>Nodiscala matajiroi</i> Kuroda, 1954									*											
	실패고둥	<i>Gyroskala (Pomiscala) perplexa</i> (Pease, 1867)									*											
	견겍이실꾸리고둥	<i>Elegantiscala fimbriatula</i> Masahito, Kuroda & Habe, 1971									*											
	이랑날개실꾸리고둥	<i>Elegantiscala rugosa</i> (Kuroda & Ito, 1961)									*											
	각시실꾸리고둥	<i>Amaea (Amaea) thielei</i> (Boury, 1913)									*											
	그물넢언덕실꾸리고 둥	<i>Amaea (Amaea) ogatoi</i> Mashito & Habe, 1975									*											
	세로가는줄실꾸리고 둥	<i>Fragiliscala tosaensis</i> Azuma, 1962									*											
	날개실꾸리고둥	<i>Epitonium (Epitonium) syoichiro</i> Masahito & Habe, 1976									*											
	틈새실꾸리고둥	<i>Epitonium (Kiiscala) laxatum</i> (Sowerby, 1844)									*											
	송곳실꾸리고둥	<i>Acrilla acuminata</i> (Sowerby II±, 1844)									*											
	벌레실꾸리고둥	<i>Solvaclathrus hyalinum</i> (Sowerby II±, 1844)									*											
	빨실꾸리고둥	<i>Laeviscala angusta</i> (Dunker, 1861)									*											
가는빨실꾸리고둥	<i>Laeviscala gracile</i> (Sowerby, 1844)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	둥근실꾸리고둥	<i>Globiscala bullatum</i> (Sowerby II±, 1844)									*										
	얇은실꾸리고둥	<i>Nipponoscala aureomaculata</i> Masahito & Habe, 1973									*										
	까치발실꾸리고둥	<i>Spiniscala aculeata</i> (Sowerby II±, 1844)									*										
	판룩실패고둥	<i>Spiniscala tenuicostata</i> (Sowerby II±, 1844)									*										
	발이랑실꾸리고둥	<i>Spiniscala vigintifoliata</i> Masahito, Kuroda & Habe, 1971									*										
	가시실꾸리고둥	<i>Spiniscala japonica</i> (Dunker, 1861)									*										
	명주실꾸리고둥	<i>Spiniscala casta</i> (Sowerby, 1887)									*										
	문발실꾸리고둥	<i>Cinctiscala eusculpta</i> (Sowerby III ² , 1903)									*										
	어깨날개가는실꾸리고둥	<i>Cinctiscala eximiella</i> Masahito, Kuroda & Habe, 1971									*										
	물방울실꾸리고둥	<i>Cinctiscala yamakawai</i> (Yokoyama, 1922)									*										
	가는발실꾸리고둥	<i>Cinctiscala pallidizonata</i> Masahito, Kuroda & Habe, 1971									*										
	검정띠실꾸리고둥	<i>Depressiscala aurita</i> (Sowerby II±, 1844)									*										
	농갈색띠실꾸리고둥	<i>Papyriscala harimaense</i> Makiyama, 1924									*										
	띠줄고둥	<i>Viriola (Viriola) tricincta</i> (Dunker, 1882)									*										
	담갈색띠줄고둥	<i>Hypotriphora sagamiensis</i> Kuroda & Habe, 1971									*										
	흐린반점띠줄고둥	<i>Inella japonica</i> Kuroda & Kosuge, 1963									*										
	농갈색띠줄고둥	<i>Isotriphora kurodai</i> Kosuge, 1962									*						*				
	이색고리띠줄고둥	<i>Mastonia cingulifera</i> (Pease, 1860)									*										
	갈색두띠줄고둥	<i>Mesophora fusca</i> (Dunker, 1860)									*										
	적색띠줄고둥	<i>Triphora iniqua</i> (Jousseaume, 1898)									*										
빨강꼭지두줄좁쌀띠줄고둥	<i>Triphora millepunctata</i> (Kosuge, 1962)									*											
갈색반점띠줄고둥	<i>Triphora turricula</i> (Hervier, 1897)									*						*					

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																								
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015					
연체동물문 (Mollusca)	두줄줄살띠줄고둥	<i>Triphora thetis</i> (Hedley, 1899)									*																
	흰누렁띠줄고둥	<i>Triphora multigrata</i> (Yokoyama, 1922)									*																
	좁살띠줄고둥	<i>Triphora otsuensis</i> (Yokoyama, 1920)									*					*											
	흰띠줄고둥	<i>Triphora granulata</i> (Adams & Reeve, 1850)									*																
	흰색띠줄고둥	<i>Triphora confusa</i> (Koseuge, 1963)									*																
	흐린띠줄살띠줄고둥	<i>Triphora undata</i> (Kosuge, 1962)									*																
	쇠녹반점띠줄고둥	<i>Cautor maculosus macmichaeli</i> Kosuge, 1962									*						*										
	뽕족띠줄고둥	<i>Iniforis fusiformis</i> (Kosuge, 1961)									*																
	흰바탕띠줄고둥	<i>Iniforis alba</i> (Kosuge, 1961)									*							*									
	입뿔고둥	<i>Ceratostoma burnetti</i> (Adams & Reeve, 1850)		*		*								*													
	세뿔고둥	<i>Ceratostoma fournieri</i> (Crosse, 1861)				*																					
	맵사리	<i>Ceratostoma rorifluum</i> (Adams & Reeve, 1850)		*		*					*			*											*		
	어깨뿔고둥	<i>Ceratostoma inornatum</i> (Recluz, 1851)		*		*					*		*														
	날개뿔고둥	<i>Pteropurpura (Ocinebrellus) adunca aduna</i> (Sowerby I°, 1834)				*																					
	잔가시뿔고둥	<i>Lataxiena fimbriata</i> (Hinds, 1844)									*		*														
	탐뿔고둥	<i>Ergalatax contracta contracta</i> (Reeve, 1846)				*					*		*				*	*									
	파흑점밀알고둥	<i>Maculotriton seriale seriale</i> (Deshayes, 1834)									*																
	밤송이두드럭고둥	<i>Mancinella echinata</i> (Blainville, 1832)									*																
	모난어깨두드럭고둥	<i>Thais (Thaisiella) gradata</i> (Jonas, 1846)									*																
	두드럭고둥	<i>Thais (Reishia) bronni</i> (Dunker, 1860)		*		*					*	*	*			*	*			*	*			*		*	
	대수리	<i>Thais (Reishia) clavigera</i> (Kuster, 1860)	*	*		*					*	*	*			*	*			*	*			*		*	
	뿔두드럭고둥	<i>Thais (Reishia) luteostoma</i> (Holten, 1803)				*					*																
	피뿔고둥	<i>Rapana venosa venosa</i> (Valenciennes, 1846)				*																					
	굵은이랑잔줄산호살 이고둥	<i>Coralliophila abnormis</i> (E. A. Smith, 1879)									*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	담갈색잔고리고둥	<i>Coralliophila rubrococcinea</i> Melvill & Standen, 1901									*											
	동범산호살이고둥	<i>Coralliophila morishimai</i> Kuroda & Shikama, 1966									*											
	산호살이말기고둥	<i>Mipus arbutum</i> (Woollacott, 1954)									*											
	보라입실패빨고둥	<i>Morula (Morula) isotoma</i> (Reeve, 1844)									*											
	보라입가시빨고둥	<i>Morula (Hanromorula) spinosa</i> (H. & A. Adams, 1853)									*											
	북방매물고둥	<i>Neptunea (Neptunea) polycostata</i> polycostata Scarlato, 1952		*		*																
	조각매물고둥	<i>Neptunea (Neptunea) intersculpta</i> (Sowerby III ² , 1899)				*																
	굵은고리매물고둥	<i>Neptunea (Neptunea) elegantula</i> Ito & Habe 1965				*																
	갈색띠매물고둥	<i>Neptunea (Barbitonia) cumingi</i> Crosse, 1862									*											
	좁쌀물레고둥	<i>Phos (Phos) roseatus</i> Hinds, 1844									*											
	돼지고둥	<i>Siphonalia cassidariaeformis</i> (Reeve, 1846)		*		*					*											
	민허리돼지고둥	<i>Siphonalia fusoides</i> (Reeve, 1846)				*																
	구름무늬돼지고둥	<i>Siphonalia signa</i> (Reeve, 1846)									*											
	갈색고리돼지고둥	<i>Siphonalia spadicea fuscolineata</i> (Pease, 1860)									*											
	매끈이고둥	<i>Kelletia lischkei</i> Kuroda, 1938				*			*		*		*									
	밤색털껍질고둥	<i>Pollia mollis</i> (Gould, 1860)				*					*		*				*					
	쇠털껍질고둥	<i>Pollia subrubiginosa</i> (E. A. Smith, 1879)		*		*					*					*						*
	매끈이둥근타래고둥	<i>Pisania tritonoides</i> (Reeve, 1846)									*											
	털껍질돼지고둥	<i>Cantharus cecilli</i> (Philippi, 1844)		*	*	*					*		*									
	타래고둥	<i>Japeuthria ferrea</i> (Reeve, 1847)		*		*			*	*	*		*			*						*
	긴빨매물고둥	<i>Searlesia modesta</i> (Gould, 1860)				*							*									
	수랑	<i>Babylonia japonica</i> (Reeve, 1843)											*									
고운띠물레고둥	<i>Buccinum bayani</i> (Jousseau, 1883)				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	물레고둥	<i>Buccinum striatissimum</i> Sowerby III ² , 1899		*		*																	
	구슬띠물레고둥	<i>Enzinopsis menkeana</i> (Dunker, 1860)				*										*							
	무늬무럭	<i>Euplica scripta</i> Lamarck, 1822		*		*					*		*			*	*						
	고운점무늬무럭	<i>Pyrene flava</i> (Bruguiere, 1789)		*	*	*					*										*		
	무럭	<i>Pyrene testudinaria tylerae</i> (Griffith & Pigeon, 1834)		*		*					*					*							
	그물무늬무럭	<i>Pyrene testudinaria subcribaria</i> (Pilsbry, 1905)									*												
	보리무럭	<i>Mitrella bicincta</i> (Gould, 1860)		*		*				*			*			*							
	날씬이보리무럭	<i>Mitrella tenuis tenuis</i> (Gaskoin, 1851)				*																	
	세로줄무늬무럭	<i>Mitrella (Undomitrella) nymphea</i> (Kienerm 1841)									*												
	아지랑이무늬무럭	<i>Pyreneola semipicta</i> (Sowerby III ² , 1894)									*												
	깨줄무늬무럭	<i>Pleurotomitrella pleurotomoides</i> (Pilsbry, 1895)									*												
	보살고둥	<i>Anachis miser miser</i> (Sowerby II [±] , 1844)		*		*					*						*						
	창살무늬무럭	<i>Clathranachis japonica</i> (A. Adams, 1860)									*												
	붓술무럭	<i>Zafra (Zafra) mitriformis</i> A. Adams, 1860									*						*						
	나무결붓술무럭	<i>Zafra (Mokumea) divaricata</i> (Pilsbry, 1904)									*												
	흰띠나무결붓술무럭	<i>Zafra (Mokumea) albomarginata</i> Okamoto & Habe, 1979									*												
	갈색띠줄무늬무럭	<i>Metanachis marquesa</i> (Gaskoin, 1851)									*												
	빛살무늬무럭	<i>Columbelopsis lischkei</i> (E. A. Smith, 1879)									*		*										
	꼭지세로줄무늬무럭	<i>Columbelopsis yabei</i> (Nomura, 1935)									*												
	고운띠무럭	<i>Columbelopsis bella</i> (Reeve, 1859)		*							*		*					*					
	흰띠줄무늬무럭	<i>Columbelopsis mindorensis</i> (Reeve, 1859)									*												
	보석알좁쌀무늬고둥	<i>Niotha conoidalis</i> (Deshayes, 1832)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	수수좁쌀무늬고둥	<i>Niotha spendidulus</i> (Dunker, 1846)									*										
	좁쌀무늬고둥	<i>Niotha livescens</i> (Philippi, 1849)	*			*					*										*
	모눈좁쌀무늬고둥	<i>Telasco sufflata</i> (Gould, 1860)									*										
	꽃좁쌀무늬고둥	<i>Zeuxis castus</i> (Gould, 1850)									*										
	흰어깨좁쌀무늬고둥	<i>Profundinassa babylonica</i> (Watson, 1882)									*										
	왕좁쌀무늬고둥	<i>Hima Reticunassa festiva</i> (Powys, 1833)									*										
	갈색무늬고둥	<i>Hima paupera</i> (Gould, 1850)									*										
	검은줄좁쌀무늬고둥	<i>Hima fratercula</i> (Dunker, 1860)									*		*			*					*
	검은바탕좁쌀무늬고둥	<i>Hima fratercula hypolia</i> (Pilsbry, 1895)											*								
	이랑무늬고둥	<i>Hima fratercula hiradoensis</i> (pilsbry, 1904)										*									
	왜좁쌀무늬고둥	<i>Hima multigranosa</i> (Dunker, 1847)									*		*								
	갈색세로줄무늬고둥	<i>Cylleneconcinna</i> A. Adams, 1951									*										
	갈좁쌀무늬고둥	<i>Nassarius praematuratus</i> (Kuroda & Habe in Habe, 1960)					*						*								
	털탑고둥	<i>Pugilina (Semifusus) tuba</i> (Gmelin, 1791)		*		*					*										
	나가사키긴뿔고둥	<i>Latirulus nagasakiensis</i> (E. A. Smith, 1880)									*										
	긴고둥	<i>Fusinus perplexus</i> (A. Adams, 1863)									*										
	매끈이긴뿔고둥	<i>Fusinus ferrugineus</i> Kuroda & Habe, 1961											*								
	큰긴뿔고둥	<i>Fusinus forceps forceps</i> (Perry, 1811)				*															
	모난어깨긴뿔고둥	<i>Fusinus spectrum</i> (Adams & Reeve, 1848)									*										
	긴뿔고둥	<i>Fusinus perplexus</i> (A. Adams, 1864)				*															
대추홍줄고둥	<i>Lyria (Lyria) cassidula</i> (Reeve, 1849)									*											
남방홍줄고둥	<i>Fulgoraria (Fulgoraria) hamillei hamillei</i> (Crosse, 1869)									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	홍줄고둥	<i>Fulgoraria (Psephaea) kaneko kaneko</i> Hirase, 1922									*											
	대추고둥	<i>Oliva (Musteloliva) mustelina mustelina</i> Lamarck, 1811									*											
	흰색띠고둥	<i>Amalda (Baryspira) sinensis</i> (Sowerby II±, 1859)									*											
	밤색띠고둥	<i>Olivella fortunei japonica</i> Pilsbry, 1895		*		*					*											
	밤색줄고둥	<i>Olivella spreta</i> Gould, 1861									*											
	긴밤색띠고둥	<i>Olivella fulgurata</i> (A. Adams & Reeve, 1850)									*											
	크림색띠고둥	<i>Olivella spretoides</i> Yokoyama, 1922									*											
	적갈색띠고둥	<i>Olivella aureobvalteata</i> Kuroda & Habe, 1971									*											*
	싸라기고둥	<i>Gibberula japonicus</i> (Nomura & Hatai, 1940)									*											
	여덟잔주름싸라기고둥	<i>Gibberula falsijaponica</i> (Habe, 1961)									*											
	새알싸라기고둥	<i>Gibberula ovata</i> (Habe, 1951)									*											
	팽이싸라기고둥	<i>Gibberula nobemprovincialis</i> (Yokoyama, 1928)									*											
	세모싸라기고둥	<i>Crithe nipponica</i> (Habe, 1951)									*											
	꼬마싸라기고둥	<i>Crithe nanaoensis</i> (Habe, 1951)									*											
	잔주름입술싸라기고둥	<i>Granulina tantilla</i> (Gould, 1860)									*											
	작은싸라기고둥	<i>Cystiscus angasi</i> (Crosse, 1870)									*											
	붓고둥	<i>Mitra (Mitra) inquinata</i> (Reeve, 1844)									*											
	명주붓고둥	<i>Mitra (Mitra) chinensis</i> Griffith & Pidgeon, 1834				*																
	비틀이붓고둥	<i>Cancilla isabella isabella</i> (Swainson, 1831)									*											
	점박이붓고둥	<i>Vexillum (Pusia) inermis</i> (Reeve, 1845)		*		*					*											
	두름점박이붓고둥	<i>Vexillum (Pusia) inermis kraussi</i> (Dunker, 1861)									*						*					
비로드감생이	<i>Admetula garrardi</i> Petit, 1974									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	각시언챙이고둥	<i>Tylotiella japonica</i> (Lischke, 1869)									*												
	검은고리배불뚝이언 챙이고둥	<i>Turridrupa bijubata</i> (Reeve, 1843)									*												
	큰언챙이고둥	<i>Gemmula (Unedogemmula) deshaysi</i> (Doumet, 1839)				*																	
	꼬마흰눈고둥	<i>Haedropleura pygmaea</i> (Dunker, 1860)									*												
	어깨꼬마언챙이고둥	<i>Etrema (Etrema) royi</i> (Sowerby III ² , 1913)									*												
	나사언챙이고둥	<i>Etrema (Etrema) subauriformis</i> (E. A. Smith, 1879)									*												
	흑갈색띠언챙이고둥	<i>Etrema (Etrempa) scalarina</i> (Deshayes, 1863)									*												
	밤색꼬마언챙이고둥	<i>Etrema (Etrempa) gainesii</i> (Pilsbry, 1895)									*												
	창살단풍고둥	<i>Etrema (Etrempa) streptonotus</i> (Pilsbry, 1904)									*												
	줄무늬언챙이고둥	<i>Citharomangelia radulina</i> Kuroda & Oyama, 1971									*												
	갈색띠흰언챙이고둥	<i>Hemicythara octangulata</i> (Dunker, 1860)									*												
	홀쭉이언챙이고둥	<i>Leiocythara longispira</i> (E. A. Smith, 1879)									*												
	황갈색언챙이고둥	<i>Lienardia (Lienardia) roseotincta</i> (Montrouzier, 1872)									*												
	흰꼬마언챙이고둥	<i>Lienardia (Lienardia) apiculata</i> Montrouzier, 1861									*												
	좁쌀근대고둥	<i>Guraleus deshaysii</i> (Dunker, 1860)									*												
	백색꼬마언챙이고둥	<i>Guraleus kamakurana</i> (Pilsbry, 1904)									*									*			
	여섯고랑언챙이고둥	<i>Pseudorhaphitoma pyramis</i> (Hinds, 1844)									*												
	세로줄꼬마언챙이고 둥	<i>Pseudorhaphitoma bipyramidata</i> Hedley, 1922									*												
	흰입술꼬마언챙이고 둥	<i>Cytharella costulata</i> (Dunker, 1860)									*												
	일곱고랑언챙이고둥	<i>Ithycythara oywana</i> (Yokoyama, 1922)									*												
갈색꼬마언챙이고둥	<i>Philbertia (Pseudodaphnella) leuckarti</i> (Dunker, 1860)									*													

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	갈색점꼬마언칭이고둥	<i>Philbertia (Pseudodaphnella) tinctoria</i> (Reeve, 1846)									*											
	붉은점바구니무늬고둥	<i>Philbertia (Pseudodaphnella) excellens</i> (Sowerby ^{III} , 1913)									*											
	애들통이바구니무늬고둥	<i>Philbertia (Leufroyia) subspurca</i> (Hervier, 1896)									*											
	고운언칭이고둥	<i>Kuroshiodaphne fuscobalteata</i> (E. A. Smith, 1879)									*											
	갈색점비단언칭이고둥	<i>Daphnella (Daphnella) interrupta</i> Pease, 1860									*											
	어깨혹청자고둥	<i>Conus fulgetrum</i> (Sowerby I°, 1834)									*											
	청자고둥	<i>Conus fulmen</i> Reeve, 1843									*											
	계단꼭지청자고둥	<i>Conus lischkeanus</i> Weinkauff, 1875									*	*										
	상감청자고둥	<i>Conus (Virgiconus) flavidus</i> Lamarck, 1810								*												
	대마디송곳고둥	<i>Terebra amanda</i> Hinds, 1844									*											
	미남송곳고둥	<i>Terebra lima</i> Deshayes, 1857									*											
	가는송곳고둥	<i>Terebra melanacme</i> E. A. Smith, 1875									*											
	점줄송곳고둥	<i>Hastula (Hastula) strigilata</i> (Linnaeus, 1758)									*											
	흰띠적갈색점죽순고둥	<i>Hastula (Hastula) matheroniana</i> (Deshayes, 1859)									*											
	죽순고둥	<i>Hastula (Hastula) rufopunctata</i> (E. A. Smith, 1877)									*											
	꼬마송곳고둥	<i>Hastula (Hastula) celidonata</i> (Melvill & Sykes, 1898)									*											
	고운무늬송곳고둥	<i>Duplicaria koreana</i> (Yoo, 1976)		*		*																
	제주송곳고둥	<i>Turritella saishuensis saishuensis</i>				*																
	남작수레바퀴고둥	<i>Heliacus (Heliacus) variegatus</i> (Gmelin, 1791)									*											
	밤색남작수레바퀴고둥	<i>Heliacus (Torinista) implexus</i> (Mighels, 1845)									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	황색납작수레바퀴고둥	<i>Heliacus (Torinista) enoshimensis</i> (Melvill 1893)									*													
	매끈이회오리고둥	<i>Orinella pulchella</i> (A. Adams, 1853)									*													
	긴입흰회오리고둥	<i>Puposymola inturbida</i> (Yokoyama, 1927)									*													
	작은알회오리고둥	<i>Odostomia minutiovum</i> Nomura, 1936									*													
	둥글둥글회오리고둥	<i>Odostomia sperabilis</i> Hedley, 1909									*													
	둥근모회오리고둥	<i>Brachystomia bipyramidata</i> (Nomura, 1936)									*													
	둥근총총이회오리고둥	<i>Megastomia sagamiana</i> (Nomura, 1937)									*													
	부핀회오리고둥	<i>Megastomia clara</i> (Nomura, 1936)									*													
	큰몸회오리고둥	<i>Megastomia interolineata</i> (Nomura, 1936)									*													
	부핀총회오리고둥	<i>Megastomia makiyamai</i> (Nomura, 1937)									*													
	둥근어깨회오리고둥	<i>Megastomia yabehisakatsui</i> Nomura, 1936									*													
	누렁회오리고둥	<i>Sinuatodostomia nomurai</i> Corgan, 1996									*													
	반투명회오리고둥	<i>Boonea umboniocola</i> Hori & Okutani, 1995									*													
	주름꼭지회오리고둥	<i>Siogamaia akasakiensis</i> Nomura, 1936									*													
	잔줄무늬회오리고둥	<i>Chrysallida sibana</i> (Yokoyama, 1927)									*													
	모진어깨회오리고둥	<i>Chrysallida smetura</i> A. Adams, 1860									*													
	밀줄회오리고둥	<i>Numaegilina gloria</i> (Nomura, 1938)									*													
	뽀족회오리고둥	<i>Parthenina affectuosa</i> (Yokoyama, 1927)									*										*			
	칸칸이세로줄회오리고둥	<i>Parthenina quantoana</i> (Nomura, 1937)									*													
	갈고줄두꺼운회오리고둥	<i>Trabecula plicata</i> (A. Adams, 1860)									*													
갈고줄총총이회오리고둥	<i>Trabecula punctigera</i> (A. Adams, 1860)									*														

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	그물회오리고둥	<i>Trabecula tantilla</i> (A. Adams, 1863)									*													
	바구니무늬회오리고둥	<i>Pyrgulina casta</i> (A. Adams, 1861)									*													
	난쟁이어깨회오리고둥	<i>Pyrgulina brenda</i> (A. Adams, 18610)									*													
	오동통회오리고둥	<i>Pyrgulina pseudalveata</i> (Nomura, 1936)									*						*							
	모진어깨투명회오리고둥	<i>Pyrgulina pulchella</i> (A. Adams, 1860)									*													
	번데기회오리고둥	<i>Pyrgulina pupula</i> (A. Adams, 1861)									*													
	두툼입술꼬마회오리고둥	<i>Quirella suprafila</i> Laseron, 1959									*													
	흑줄싸라기눈회오리고둥	<i>Miralda gemma</i> (A. Adams, 1861)									*							*						
	싸라기회오리고둥	<i>Miralda attentissima</i> (Nomura, 1936)									*													
	가로줄밑띠회오리고둥	<i>Babella caelator</i> (Dall & Bartsch, 1906)									*													
	밑줄꼬마회오리고둥	<i>Egilina mariella</i> (A. Adams, 1860)									*													
	종종이꼬마회오리고둥	<i>Egilina kotoeae</i> Hori & H.Fukuda, 1999									*													
	서해뺨기고둥	<i>Iolaea scitula</i> (A. Adams, 1860)									*													
	동근뺨기고둥	<i>Iolaea amicalis</i> Yokoyama, 1927									*													
	넓은골뺨기고둥	<i>Iolaea neofelixoides</i> (Nomura, 1936)									*													
	굵은고리회오리고둥	<i>Oscilla bosyuensis</i> (Nomura, 1937)									*													
	세로줄회오리고둥	<i>Oscilla tricordata</i> (Nomura, 1938)									*													
	실패큰회오리고둥	<i>Oscilla lirata</i> (A. Adams, 1860)									*													
	실패작은회오리고둥	<i>Oscilla voorwindei</i> (Laseron, 1959)									*													
	날씬이갈색띠회오리고둥	<i>Syrnola cinctella</i> A. Adams, 1860									*													

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	갈색띠가느회오리고둥	<i>Syrnola subcinctella</i> Nomura, 1936										*											
	잔주름갈색띠회오리고둥	<i>Syrnola striatula</i> (A. Adams, 1853)										*											
	죽순회오리고둥	<i>Styloptygma terebroides</i> Kuroda, 1956										*											
	등색회오리고둥	<i>Styloptygma lutea</i> (Garret, 1872)										*											
	반투명흐린띠회오리고둥	<i>Styloptygma taeniatum</i> A. Adams, 1863										*											
	이빨회오리고둥	<i>Agatha virgo</i> (A. Adams, 1860)										*											
	잘록띠회오리고둥	<i>Agatha lepidula</i> Habe, 1961										*											
	나사못회오리고둥	<i>Agatha infrequens</i> Nomura, 1937										*											
	세로줄반투명회오리고둥	<i>Chemnitzia kidoensis</i> (Yokoyama, 1922)										*											
	세로물결줄회오리고둥	<i>Chemnitzia multigyra</i> (Dunker, 1882)										*											
	비단결회오리고둥	<i>Pyrgiscus mumia</i> (A. Adams, 1861)										*						*					
	발무늬회오리고둥	<i>Pyrgiscilla yoritomoi</i> (Nomura, 1938)										*											
	세로줄갈색띠회오리고둥	<i>Paramormula aulica</i> (Dall & Bartsch, 1906)										*											
	굵은줄기회오리고둥	<i>Paramormula paucicostulata</i> (Tokunaga, 1906)										*											
	물결무늬마디회오리고둥	<i>Pselliogyra pagodula</i> (A. Adams, 1860)										*											
	둥둥이마디회오리고둥	<i>Sulcoturbonilla ultraeta</i> (Nomura, 1936)										*											
	얇은세로줄큰회오리고둥	<i>Mormula philippiana</i> (Dunker, 1860)										*											
	고리회오리고둥	<i>Cingulina (Cingulina) cingulata</i> (Dunker, 1860)										*						*					
넓은고리회오리고둥	<i>Cingulina laticingula</i> (Dall & Bartsh, 1906)										*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	세줄회오리고둥	<i>Paracingulina triarata</i> (Pilsbry, 1904)									*											
	옆줄회오리고둥	<i>Paracingulina terebra</i> (Dunker, 1860)									*					*						
	유리세줄회오리고둥	<i>Paracingulina onzikuensis</i> (Nomura, 1938)									*											
	겹줄회오리고둥	<i>Paracingulina inequicingulata</i> (Nomura, 1938)									*											
	투명실패회오리고둥	<i>Kleinella sulcata</i> A. Adams, 1862									*											
	담색띠회오리고둥	<i>Tropaeasstrigatula</i> (A. Adams, 1863)									*											
	둥근큰고리고둥	<i>Leucotina diana</i> (A. Adams, 1854)									*											
	잔고리투명가시고둥	<i>Murchisonella pagodula</i> (Yokoyama, 1927)									*											
	층층이투명가시고둥	<i>Murchisonella densistriata</i> (Nomura, 1936)									*											
	무명천비자고둥	<i>Acteon teramachii</i> Habe, 1961									*											
	살색비자고둥	<i>Acteon archibenthicola</i> Habe, 1955									*											
	담자색점줄비자고둥	<i>Pupa (Rictaxiella) choshiensis</i> (Habe, 1958)									*											
	비자고둥	<i>Pupa (Strigopupa) strigosa strigosa</i> (Gould, 1859)									*											
	줄물고둥	<i>Hydatina physis</i> (Linnaeus, 1758)									*											
	검은세로줄물고둥	<i>Hydatina zonata</i> (Lightfoot, 1786)									*											
	두툼입술고둥	<i>Ringicula (Ringulina) doliaris</i> Gould, 1860									*											
	쌀알고둥	<i>Retusa (Decolifer) insignis</i> (Pilsbry, 1904)									*											
	두툼쌀알고둥	<i>Retusa (Decolifer) matsusimanus</i> Nomura, 1940									*											
	높은탑쌀알고둥	<i>Retusa (Decolifer) longispirata</i> (Yamakawa, 1911)									*											
	뾰족머리쌀알고둥	<i>Pyrrunculus phialus</i> (A. Adams, 1862)									*											
흙띠뾰족머리쌀알고둥	<i>Pyrrunculus tokyoensis</i> Habe, 1950									*												
구멍좁쌀알고둥	<i>Coleophysis succincta</i> (A. Adams, 1862)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	잔그물쌀알고둥	<i>Coleophysis waughiana</i> (Hedley, 1899)									*												
	총각무쌀알고둥	<i>Coleophysis sakuraii</i> Habe, 1958									*												
	좁쌀알고둥	<i>Sulcoretusa minima</i> (Yamakawa, 1911)									*												
	꼭지좁쌀알고둥	<i>Rhizorus ovulinus</i> (A. Adams, 1862)									*												
	뽕족쌀알고둥	<i>Rhizorus eburneus</i> (A. Adams, 1850)									*												
	가시좁쌀알고둥	<i>Rhizorus tokunagai</i> (Makiyama, 1927)									*												
	뽕족가시쌀알고둥	<i>Rhizorus radiolus</i> (A. Adams, 1862)									*												
	꼭지둥근쌀알고둥	<i>Rhizorus opalinus</i> (A. Adams, 1862)									*												
	넓은흰민챙이	<i>Philine otukai</i> Habe, 1946									*												
	투명점줄작은민챙이	<i>Philine orca</i> Gosliner, 1988									*												
	투명점줄네모작은민 챙이	<i>Philine rubrata</i> Gosliner, 1988									*												
	투명점줄긴민챙이	<i>Hermania infantilis</i> Habe, 1950									*												
	투명점줄큰민챙이	<i>Yokoyamaia (Choshiphiline) pygmaea</i> (Yokoyama, 1922)									*												
	흰반점민챙이아재비	<i>Philinopsis gigliolii</i> (Tapparone-Canefri, 1874)									*												
	청색민챙이아재비	<i>Philinopsis cyanea</i> (Martens, 1879)									*		*										
	노란테민챙이아재비	<i>Chelidonura amoena</i> Bergh, 1905									*												
	큰관고둥	<i>Admnestia japonica</i> (A. Adams, 1862)									*												
	둥근관고둥	<i>Eocylidna musashiensis</i> (Tokunaga, 1906)									*												
	큰꼭지민챙이	<i>Acteocina (Acteocina) exilis</i> (Dunker, 1860)									*												
	큰쌀알고둥	<i>Acteocina (Truncacteocina) coarctata</i> (A. Adams, 1850)									*												
쌀알민챙이	<i>Cylidnatis angusta</i> (Gould, 1859)									*													
대추두더지고둥	<i>Bulla vermicosa</i> Gould, 1859									*		*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	흰반점두더지고둥	<i>Bulla punctulata</i> A. Adams, 1850									*											
	포도고둥	<i>Haloa (Haloa) japonica</i> (Pilsbry, 1895)									*	*										
	갈색포도고둥	<i>Haloa (Halop) nigropunctata</i> (Pease, 1868)									*											
	긴흰포도고둥	<i>Liloa porcellana</i> (Gould, 1859)									*											
	누에고치포도고둥	<i>Aliculastrum cylindricum</i> (Helbling, 1779)									*											
	긴불룩배민챙이고둥	<i>Limulatys ooformis</i> Habe, 1952									*											
	옆줄민챙이고둥	<i>Limulatys okamotoi</i> Habe, 1952									*											
	불룩배민챙이고둥	<i>Limulatys constrictus</i> Habe, 1952									*											
	연녹색민챙이고둥	<i>Limatulys muscarius</i> (Gould, 1859)									*											
	달갈민챙이고둥	<i>Nipponatys volvulinus</i> (A. Adams, 1862)									*											
	알민챙이고둥	<i>Micratys ovum</i> Habe, 1952									*											*
	세로주름에메랄드고둥	<i>Smaragdinella sieboldi</i> A. Adams, 1864									*											
	검정돌기갯민숭불이	<i>Placida cremoniana</i> (Trinchese, 1893)									*											
	분홍돌기갯민숭불이	<i>Hermaea bifida</i> (Montagu, 1815)									*											
	흰꼭지검정갯민숭불이	<i>Apysiopsis nigra</i> (Baba, 1949)									*											
	팔죽날씬이갯민숭불이	<i>Elysia amakusana</i> (Baba, 1955)									*											
	파래날씬이갯민숭불이	<i>Elysia ornata</i> (Swainson, 1848)									*	*										
	녹색날씬이갯민숭불이	<i>Elysia abei</i> (Baba, 1955)									*	*										
	매미고둥	<i>Akera soluta</i> (Gmelin, 1791)									*											
	말군소	<i>Aplysia (Aplysia) juliana</i> Quoy & Gaimard, 1832									*	*										
군소	<i>Aplysia (Varria) kurodai</i> (Baba, 1937)		*		*					*	*	*				*				*		

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	검은테군소	<i>Aplysia (Pruvotaplysia) parvula</i> Guilding, 1863		*							*	*									
	가시군소	<i>Bursatella leachii leachii</i> de Blainville, 1817				*					*										
	풍선군소	<i>Notarchus punctatus</i> Philippi, 1836									*										
	검은줄기군소	<i>Stylocheilus striatus</i> (Quoy & Gaimard, 1832)									*										
	긴꼬리검은줄기군소	<i>Stylocheilus longicauda</i> (Quoy & Gaimard, 1824)									*										
	원뿔군소	<i>Dolabella auricularia</i> (Lightfoot, 1786)									*	*									
	녹색군소	<i>Aplysia dactylomela</i> Rang, 1828				*															
		<i>Ceratosoma cornigerum</i> Adams & Reeve				*															
	올빼미군소붙이	<i>Pleurobranchaea japonica</i> Thiele, 1925									*	*									
	빨강갯민달팽이	<i>Berthellina citrina</i> (Ruppel & Leuckart, 1828)									*	*									
	거북등군소붙이	<i>Pleurobranchs peroni</i> (Cuvier, 1804)									*										
	납작떠돌이고둥	<i>Limacina inflata</i> (d'Orbigny, 1836)									*										
	배볼뚝이떠돌이고둥	<i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny, 1836)									*										
	큰키떠돌이고둥	<i>Limacina bulimoides</i> (d'Orbigny, 1836)									*										
	거북고둥	<i>Cavolinia tridentata</i> (Niebuhr, 1775)									*										
	밤색거북고둥	<i>Cavolinia uncinata</i> (Rang, 1829)									*										
	둥근거북고둥	<i>Cavolinia globulosa</i> Gray, 1850									*										
	긴꼬리납작거북고둥	<i>Cavolinia inflexa</i> (Lesueur, 1813)									*										
	세모거북고둥	<i>Diacavolinia longirostris</i> (Blainville, 1821)									*										
	연갈색세모거북고둥	<i>Diacavolinia angulosa</i> (Gray, 1850)									*										
	가오리거북고둥	<i>Diacria trispinosa</i> (Lesueur, 1821)									*										
좁쌀거북고둥	<i>Diacria quadridentata</i> (Lesueur, 1821)									*											
마름모거북고둥	<i>Clio pyramidata</i> Linnaeus, 1767									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																							
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015				
연체동물문 (Mollusca)	떠돌이쇠빨고둥	<i>Creseis virgula conica</i> Eschscholtz, 1825									*															
	떠돌이갈고리고둥	<i>Creseis virgula</i> Rang, 1828									*															
	떠돌이바늘고둥	<i>Creseis acicula</i> (Rang, 1828)									*															
	떠돌이짧은바늘고둥	<i>Creseis acicula clava</i> Rang, 1828									*															
	떠돌이주름빨고둥	<i>Hyalocylis striata</i> (Rang, 1828)									*															
	곰방대고둥	<i>Cuvierina columnella columnella</i> (Rang, 1827)									*															
	배볼뚝이곰방대고둥	<i>Cuvierina columnella urceolaris</i> (Morch, 1852)									*															
	무각거북고둥	<i>Clione limacina limacina</i> (Phipps, 1774)									*															
	불꽃갯민숭이	<i>Hopkinsia hiroi</i> (Baba, 1398)									*		*													
	물방울갯민숭이	<i>Thecacera pennigera</i> (Montagu, 1815)									*															
	초록갯민숭달팽이	<i>Tambja amakusana</i> (Baba, 1987)									*															
	푸른반점갯민숭달팽이	<i>Tambja verconis</i> (Basedow & Healey, 1905)									*															
	작은가지갯민숭달팽이	<i>Kaloplocaus ramosus</i> (Cantraine, 1835)									*															
	불빛갯민숭달팽이	<i>Plocamopherus imperialis</i> (Angas, 1864)									*															
	형광갯민숭달팽이	<i>Plocamopherus tilesii</i> (Bergh, 1877)									*															
	가시갯민숭달팽이	<i>Triopha catalinae</i> (Cooper, 1863)									*															
	구름갯민숭달팽이	<i>Platydoris speciosa</i> (Abraham, 1877)									*															
	검은점비로드갯민숭달팽이	<i>Jorunna sp.</i>									*															
	노랑납작갯민숭달팽이	<i>Platydoris tabulata</i> (Abraham, 1877)				*					*		*													
	갸웃갯민숭달팽이	<i>Carminodoris armata</i> (Baba, 1993)									*															
동전갯민숭달팽이	<i>Carminodoris bifurcata</i> (Baba, 1993)									*																
노랑해면갯민숭달팽이	<i>Discodoris crawfordi</i> (Burn, 1969)									*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	사라사갯민숭달팽이	<i>Glossodoris (Chromodoris) aldeni</i> (Collingwood, 1881)				*																
	검둥이갯민숭이	<i>Dendrodoris arborescens</i> (Collingwood, 1881)										*										
	여왕갯민숭달팽이	<i>Doendrodoris denisoni</i> (Angas, 1864)							*		*	*										
	안개갯민숭달팽이	<i>Dendrodoris fumata</i> (Ruppell & Leuckart, 1831)									*											
	물방울갯민숭달팽이	<i>Dendrodoris tuberculosa</i> (Quoy & Gaimard, 1832)									*											
	납작갯민숭달팽이	<i>Dendrodoris peculiaris</i> (Abraham, 1877)									*											
	깜등갯민숭달팽이	<i>Dendrodoris nigra</i> (Stimpson, 1855)				*																
	얼룩갯민숭달팽이	<i>Dendrodoris nigromaculata</i> (Cockerell, 1905)				*																
	난황흑갯민숭이	<i>Fryeria menindie</i> (Brunckhorst, 1993)									*	*										
	검은고리흰갯민숭이	<i>Phyllidia babai</i> (Brunckhorst, 1993)									*											
	흑고리갯민숭이	<i>Phyllidia ocellata</i> Cuvier, 1804				*			*		*											
	흑투성이갯민숭이	<i>Phyllidiella pustulosa</i> (Cuvier, 1804)				*					*	*										
	반달흑갯민숭이	<i>Fryeria picta</i> (Pruvot-Fol, 1957)				*																
	예쁜이갯민숭이	<i>Tritonia festiva</i> Stearns, 1891											*									
	사슴뿔갯민숭이	<i>Bornella stellifer</i> (Adams & Reeve, 1848)										*										
	앞갯민숭이	<i>Melibe papillosa</i> (Filippim 1867)										*										
	줄무늬갯민숭이	<i>Dermatobranchus semistriatus</i> (Baba, 1949)										*										
	아가씨갯민숭이	<i>Dermatobranchus otome</i> (Baba, 1992)										*	*									
	꼬마아가씨갯민숭이	<i>Dermatobranchus promus</i> (Baba, 1976)										*										
	빨강꼭지도롱이갯민숭이	<i>Flabellina bicolor</i> (Kelaart, 1858)										*										
노랑꼭지도롱이갯민숭이	<i>Flabellina ornata</i> (Risbec, 1928)											*										
흰등줄긴갯민숭이	<i>Protaeolidiella juliae</i> (Burn, 1996)										*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	검정갯민숭이	<i>Protoeolidiella atra</i> Baba, 1955							*		*										
	하늘소갯민숭이	<i>Hermisenda crassicornis</i> Eschscholtz, 1831									*		*								
	푸른점하늘소갯민숭이	<i>Phidiana indica</i> (Bergh, 1896)									*										
	젓빛갯민숭이	<i>Phyllodesmium opalescens</i> (Rudman, 1991)									*										
	눈송이갯민숭이	<i>Sakuraeolis gerberina</i> (Hirano, 1999)									*										
	왕벚꽃갯민숭이	<i>Sakuraeolis sakuracea</i> (Hirano, 1999)									*										
	검은꼭지갯민숭이	<i>Favorinus tsuruganus</i> (Baba & Abe, 1964)									*										
	잘피에메랄드고둥	<i>Phanerophthalmus smaragdinus</i> Ruppel and Leuckart, 1828											*								
	오색도롱이갯민숭이	<i>Cuthona diversicolor</i> (Baba, 1975)									*										
	볼꽃도롱이갯민숭이	<i>Cuthona sibogae</i> (Bergh, 1905)									*										
	주름도롱이갯민숭이	<i>Fiona pinnata</i> (Eschscholtz, 1831)									*										
	주름고랑따개비	<i>Siphonaria (Siphonaria) javanica</i> (Lamarck, 1819)									*										
	꼬마고랑따개비	<i>Siphonaria (Siphonaria) rucuana</i> Pilsbry, 1904				*					*										
	고랑따개비	<i>Siphonaria (Sacculosiphonaria) Japonica</i> (Donovan, 1824)		*		*		*			*		*			*					
	흰고랑따개비	<i>Siphonaria (Planesiphon) acmaeoides</i> Pilsbry, 1894									*					*					
	꽃고랑따개비	<i>Siphonaria (Anthosiphonaria) sirius</i> Pilsbry, 1894						*			*					*					*
	검은고랑따개비	<i>Siphonaria (Mestosiphon) laciniosa</i> (Linnaeus, 1758)									*					*					
	애기물달팽이	<i>Austropeplea ollula</i> (Gould, 1859)									*										
	물달팽이	<i>Radix (Radix) auricularia</i> (Linnaeus, 1758)														*					
	수정또아리물달팽이	<i>Hippeutis (Segnitilia) cantori</i> (Benson, 1850)														*					
원돌이물달팽이	<i>Physa acuta</i> Draparnaud, 1805														*						
도토리귀고둥	<i>Allochroa layardi</i> (H. & A. Adams, 1855)									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	수정밤달팽이	<i>Sitalina chejuensis</i> Kwon & Lee, 1991									*													
	제주아기밤달팽이	<i>Yamatochlamys lampra</i> (Pilsbry & Hirase, 1904)									*													
	남방밤달팽이	<i>Bekkochlamys subrejeta</i> (Pilsbry & Hirase, 1908)									*													
	제주밤달팽이	<i>Bekkochlamys quepartensis</i> (Pilsbry & Hirase, 1908)									*													
	부산말자루밤달팽이	<i>Macrochlamys fusansus</i> Hirase, 1908									*													
	밀자루밤달팽이	<i>Macrochlamys hypostibe</i> Pilsbry & Hirase, 1909									*													
	뽕족뺨물우렁이	<i>Oxyloma hirasei</i> (Pilsbry, 1901)									*													
	제주배꼽달팽이	<i>Aegista (Aegista) chejuensis</i> (Pilsbry & Hirase, 1908)									*													
	곳체배꼽달팽이	<i>Aegista (Aegista) gottschei</i> (Middendorff, 1887)									*													
	참배꼽달팽이	<i>Aegista (Aegista) chosonica</i> (Pilsbry, 1906)									*													
	제주배꼽털달팽이	<i>Aegista (Plectotropis) quepartensis</i> (Pilsbry & Hirase, 1904)									*													
	콩달팽이	<i>Trishoplita pumilio</i> (Pilsbry & Hirase, 1909)									*													
	달팽이	<i>Acusta despecta sieboldiana</i> (Pfeiffer, 1950)									*													
	층무띠달팽이	<i>Euhadra herklotsi</i> (v. martens, 1860)									*													
	내장산띠달팽이	<i>Euhadra dixonii</i> (Pilsbry, 1900)									*													
	동양달팽이	<i>Nesiohelix samarangae</i> Kuroda & Miyanaga, 1943									*													
	민달팽이	<i>Meghimatium bilineatum</i> (Benson, 1842)									*													
	산민달팽이	<i>Meghimatium fruhstorferi</i> (Collinge, 1901)									*													
	작은호두조개	<i>Nucula paulula</i> A. Adams, 1856									*							*				*		
	초승달맷시조개	<i>Nuculana (Thestyleda) subscalata</i> Okutani, 1962									*													
밭고랑맷시조개	<i>Nuculana (Thestyleda) sagamiensis</i> Okutani, 1962									*														
부채맷시조개	<i>Saccella (Saccella) gordonis</i> (Yokoyama, 1920)									*		*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	햇살비단조개	<i>Petrasma japonica</i> (Dunker, 1882)									*												
	지중해담치	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Kamarc, 1819									*												
	진주담치	<i>Mytilus edulis</i> (Linnaeus, 1758)		*		*		*		*													
	초록담치	<i>Perna viridis</i> (Linnaeus, 1758)									*												
	두눈격판담치	<i>Septifer (Septifer) bilocularis</i> (Linnaeus, 1758)									*												
	남방담치	<i>Septifer (Septifer) excisus</i> (Wiegmann, 1837)									*						*						
	굵은줄격판담치	<i>Septifer (Mytilisepta) virgatus</i> (Wiegmann, 1837)		*		*					*	*		*								*	
	격판담치	<i>Septifer (Mytilisepta) keenae</i> Nomura, 1936		*		*					*												
	털담치	<i>Modiolus (Modiolus) kurilensis</i> (Bernard, 1983)				*					*												
	깃털담치	<i>Modiolus (Modiolus) auriculatus</i> (Krauss, 1848)									*		*										
	개적구	<i>Modiolus (Modiolus) agripetus</i> (Iredale, 1939)									*		*										
	비단담치	<i>Modiolus (Modiolusia) elongata</i> Swaison, 1821											*										
	주름담치	<i>Hormomya mutabilis</i> (Gould, 1861)				*					*						*						
	예쁜누렁꼬마담치	<i>Exosiperna kuroharai</i> Have, 1961									*												
	꼬마풀뿌리담치	<i>Tricomusculus semigranatus</i> (Reeve, 1858)									*												
	예쁜이담치	<i>Gregariella coralliophaga</i> (Gmelin, 1791)									*												
	꼬마담치	<i>Musculus pusio</i> (H. adams, 1871)									*												
	줄꼬마담치	<i>Musculus viridulus</i> (H. Adams, 1871)									*												
	둥근계란담치	<i>Musculus cumingiana</i> (Reeve, 1857)									*												
	납작꼬마담치	<i>Musculus nanus</i> (Dunker, 1856)									*						*						
	종밧	<i>Musculista senhousia</i> (Benson, 1842)				*		*															
	애기돌맛조개	<i>Lithophaga (Leiosolenus) curta</i> (Lischke, 1874)				*							*					*					
	돌조개	<i>Arca avellana</i> Lamarck, 1819		*		*							*				*					*	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	긴네모돌조개	<i>Arca boucardi</i> Jousseume, 1894										*				*						
	좁쌀줄돌조개	<i>Barbatia (Abarbatia) decussata</i> (Sowerby I°, 1833)									*					*						
	복털조개	<i>Barbatia (Savignyarca) virescens</i> (Reeve, 1844)									*											
	꼬마돌조개	<i>Barbatia (Ustularca) stearnsii</i> (Pilsbry, 1895)									*					*					*	
	주름돌조개	<i>Acar plicatum plicatum</i> (Dillwyn, 1817)									*											
	외줄돌조개	<i>Hawaiarca uwaensis</i> (Yokoyama, 1928)									*											
	두줄돌조개	<i>Nipponarca bistrigata</i> (Dunker, 1866)									*		*									
	무명천꼬마돌조개	<i>Bathyarca anaclima</i> Melvill & Standen, 1906									*											
	털복숭이작은돌조개	<i>Samacar strabo</i> (Hedley, 1915)									*											
	어긋물린새꼬막	<i>Scapharca inaequivalvis</i> (Bruguiere, 1789)									*											
	꼬막	<i>Tegillarca granosa</i> (Linnaeus, 1758)				*																
	흑인대복털조개	<i>Striarca symmetrica</i> (Reeve, 1844)				*					*						*					
	비로드복털조개	<i>Didimacar tenebrica</i> (Reeve, 1844)				*					*											
	왕복털조개	<i>Porterius dalli</i> (E. A. Smith, 1885)		*		*		*			*											
	흰바탕무늬조개	<i>Oblimopa japonica</i> (A. Adams, 1863)									*									*		
	동근흰바탕무늬조개	<i>Nipponolimopsis azumana</i> (Yokoyama, 1910)									*											
	밤색무늬조개	<i>Glycymeris (Glycymeris) aspersa</i> (A. Adams & Reeve, 1850)									*											
	속갈색조개	<i>Glycymeris (Glycymeris) albolineata</i> (Lischke, 1872)									*											
	주홍색무늬조개	<i>Glycymeris (Glycymeris) rotunda</i> (Dunker, 1882)									*											
	투박조개	<i>Glycymeris albolineata</i> (Lischkem 1872)				*																
	산호살이조개	<i>Pteria breviaata</i> (Dunker, 1872)									*		*									
	부푼산호살이조개	<i>Pteria loveni</i> (Dunker, 1872)									*											
	새날개진주조개	<i>Pteria coturnis</i> (Dunker, 1879)									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	줄무늬진주조개	<i>Ptereleotroma zebra</i> (Reeve, 1857)									*												
	갈색띠진주조개	<i>Pinctada albina</i> (Lamarck, 1819)									*												
	진주조개	<i>Pinctada matrensis</i> Dunker, 1872									*												
	주홍진주조개	<i>Pinctada fucata</i> (Gould, 1850)									*												
	매끈이진주조개	<i>Pinctada nigra</i> (Gould, 1850)									*												
	부리말다래조개	<i>Isognomon (Isognomon) ehippium</i> (Linnaeus, 1758)									*												
	새털키조개	<i>Pinna (Quantulopinna) muricata</i> Linnaeus, 1758									*												
	굵은주름키조개	<i>Streptopinna saccata</i> (Linnaeus, 1758)									*												
	작은개가리비	<i>Lima vulgata yokoyama</i> , 1922									*												
	삼태기개가리비	<i>Lima fugitai</i> Oyama, 1943									*												
	적갈색개가리비	<i>Lima zushiensis</i> Yokoyama, 1920									*												
	좁은개가리비	<i>Ctenoides annulata</i> (Lamarck, 1819)									*												
	빛개가리비	<i>Ctenoides lischkei</i> (Lamy, 1930)									*												
	가는줄개가리비	<i>Limaria (Liaria) orientalis</i> (Adams & Reeve, 1850)											*										
	얇은납작개가리비	<i>Limaria (Platilimaria) hirasei</i> (Pilsbry, 1901)										*											
	짜줄눈송이조개	<i>Limatula (Limatula) vladivostokensis</i> (Scarlato, 1955)										*											
	작은짜줄눈송이조개	<i>Limatula (Limatula) nippona</i> Habe, 1960										*											
	반투명짜줄눈송이조개	<i>Limatula (Limatula) kurodai</i> Oyama, 1943										*											
	세로줄눈송이조개	<i>Limatula (Limatuleta) japonica</i> A. Adams, 1864										*											
	세로줄큰눈송이조개	<i>Limatula (Stabilima) bullata</i> (Born, 1778)										*											
	개가리비	<i>Lima sowerbyi</i> Deshayes, 1863		*		*																	
	중국굴	<i>Hytissa hyotis</i> (Linnaeus, 1758)										*		*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	겹지붕굴	<i>Parahyotissa inermis</i> (Sowerby II±, 1871)									*										
	주홍굴	<i>Parahyotissa chemnitzii</i> (Hanley, 1846)									*										
	토굴	<i>Ostrea denselamellosa</i> Lischke, 1869		*		*		*				*									
	약어굴	<i>Dendostrea folia</i> (Linnaeus, 1758)									*										
	톱니턱굴	<i>Dendostrea crenulifera</i> (Sowerby, 1878)									*										
	굴	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)				*					*	*									
	바위굴	<i>Crassostrea nipponica</i> (Seki, 1934)									*	*									
	가시굴	<i>Saccostrea kegati</i> Torigoe & Inaba, 1981				*				*	*	*								*	*
	톱니굴	<i>Saccostrea mordax</i> (Gould, 1850)								*											
	주름가시굴	<i>Crassostrea nigromarginata</i> Sowerby, 1871									*										
	태생굴	<i>Striostrea circumpicta</i> Pilsbry, 1904				*					*	*									
	굵은줄돌굴붙이	<i>Plicatula australis</i> Lamarck, 1819									*										
	잔줄돌굴붙이	<i>Plicatula horrida</i> Dunker, 1882									*										
	은백색돌굴	<i>Dimya japonica</i> Habe, 1971									*										
	짜귀비단가리비	<i>Chlamys (Scaechlamys) irregularis</i> (Sowerby II±, 1842)									*										
	구름무늬가리비	<i>Chlamys (Coralichlamys) jousseumei</i> (Bavay, 1904)									*										
	분홍바탕흰점가리비	<i>Chlamys (Coralichlamys) empressae</i> Kuroda & Habe, 1971									*										
	파래가리비	<i>Chlamys (Azumapecten) farreri farreri</i> (Jones & Preston, 1904)				*					*										
	비단가리비	<i>Chlamys (Azumapecten) farreri nipponensis</i> (Kuroda, 1932)									*										
	갈매기무늬붉은비늘가리비	<i>Chlamys (Azumapecten) larvata</i> (Reeve, 1853)									*										
비늘비단가리비	<i>Chlamys (Azumapecten) lemniscata</i> (Reeve, 1853)									*											
노란줄가리비	<i>Decatopecten striatum</i> (Schumacher, 1817)									*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	붉은무늬가리비	<i>Pecten (Oppenheimopecten) sinensis puncticulatus</i> Dunker, 1877									*											
	줄무늬가리비	<i>Pecten (Notovola) excavatus</i> anton, 1838									*											
	국자가리비	<i>Pecten (Notovola) albicans albicans</i> (Schroter, 1802)				*			*		*											
	해가리비	<i>Amusium japonicum japonicum</i> (Gmelin, 1791)									*											
	반투명꼬마가리비	<i>Parvamussium intuscostatus</i> (Yokoyama, 1920)									*											
	접시국화조개	<i>Spondylus (Spondylus) varius</i> Sowerby I°, 1827									*											
	못난이국화조개	<i>Spondylus (Spondylus) barbatus cruentus</i> Lischke, 1868									*											
	가시국화조개	<i>Spyndylus (Spondylus) longitudinalis</i> Lamarck, 1819											*									
	국화조개	<i>Spondylus barbatus</i> Reeve, 1856				*																
	잠쟁이	<i>Anomia chinensis</i> Philippi, 1849				*		*					*									
	둥근잠쟁이	<i>Monia umbonata</i> (Gould, 1861)									*					*						
	맨드라미굴아재비	<i>Chama dunkeri</i> Lischke, 1870									*											
	햇빛굴아재비	<i>Chama japonica</i> Lamarck, 1819									*		*									
	굴아재비	<i>Chama fragum</i> Reeve, 1846				*		*			*											
	보라굴아재비	<i>Chama limbula</i> Lamarck, 1819									*		*									
	보라원돌이굴아재비	<i>Pseudochama retroversa</i> (Lischke, m 1870)									*											
	윤모굴아재비	<i>Amphichama argentata</i> (Kuroda & Habe, 1958)									*											
	둥근달꽃잎조개	<i>Epicodakia bella</i> (Conrad, 1837)									*											
	매화꽃잎조개	<i>Pillucina (Pillucina) pisidium</i> (Dunker, 1860)									*											*
	앞뒤줄매화꽃잎조개	<i>Pillucina (Pillucina) neglecta</i> Habe, 1960									*											
꿈은줄꽃잎조개	<i>Pillucina (Sydlorina) yamakawa</i> (Yokoyama, 1920)									*												
잔주름꽃잎조개	<i>Wallucina striata</i> (Tokunaga, 1906)									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	비너스꽃잎조개	<i>Myrtea (Myrtea) delicatula</i> A. Adams, 1862									*											
	보름달꽃잎조개	<i>Gonimyrtea japonicum</i> (Habe, 1958)									*											
	말발조개	<i>Thyasira (Thyasira) tokunagai</i> Kuroda & Habe, 1951									*							*				
	뽕족말발조개	<i>Parathyasira kawamurai</i> Habe, 1951									*											
	등근말발조개	<i>Leptaxinus oyamai</i> Habe, 1962									*											
	달빛돌살이조개	<i>Cycladicama lunaris</i> (Yokoyama, 1927)									*											
	꼬마돌살이조개	<i>Fleaniella (Feaniella) sowerbyi</i> Kuroda & Habe, 1952																				*
	황갈색돌살이조개	<i>Diplodonta gouldi</i> Yokoyama, 1920																				*
	후각돌살이조개	<i>Phlyctiderma japonicum</i> (Pilsbry, 1895)									*											
	등근비늘조개	<i>Scintilla violescens</i> Kuroda & Iw. Taki, 1961									*											
	볼록비늘조개	<i>Scintilla timoriensis</i> Deshayes, 1855									*											
	번질이비늘조개	<i>Scintilla nitidella</i> Habe, 1961									*											
	족사살이조개	<i>Lasaea undulata</i> (Gould, 1861)									*											
	갯가재더부살이조개	<i>Squillaconcha subsinuata</i> (Lischke, 1871)									*											
	아기가재더부살이조개	<i>Kellia porculus</i> Pilsbry, 1904									*											
	황색가지더부살이조개	<i>Pseudopythina tsurumaru</i> Habe, 1959									*											*
	반질이가재더부살이조개	<i>Nesobornia bulla</i> (Gould, 1861)									*											
	색시조개	<i>Melliteryx puncticulatus</i> (Yokoyama, 1924)									*											
	거미불가사리조개	<i>Nipponomysella oblongata</i> (Yokoyama, 1922)									*											
	주름방사륙조개	<i>cardita leana</i> Dunker, 1860		*		*					*		*				*					
동해이랑조개	<i>Megacardita koreana</i> Habe & Ito, 1965				*																	
작은이랑조개	<i>Pleuromeris pygmaea</i> Kuroda & Habe, 1951									*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	굵은이랑조개	<i>Pleuromeris soyoae</i> (Habe, 1958)									*												
	굵은줄꼬마이랑조개	<i>Carditella (Carditellona) hanzawa</i> (Nomura, 1933)									*												
	가는줄꼬마이랑조개	<i>Carditellopsis toneana</i> (Yokoyama, 1922)									*												
	꼬마잔이랑조개	<i>Indocrassatella oblongata</i> (Yokoyama, 1920)									*												
	소쿠리조개	<i>Acrosterigma (Vasticardium) burchard</i> (Dunker, 1877)									*								*				
	꼬마소쿠리조개	<i>Acrosterigma (Vasticardium) arenicola</i> (Reeve, 1845)									*												
	주홍무늬작은소쿠리조개	<i>Afrocardium carditaeforme</i> (Reeve, 1845)									*												
	가시줄조개	<i>Trifaricardium nomurai</i> Kuroda & Habe, 1951									*												
	은색금붕어조개	<i>Microcardium sakurii</i> (Habe, 1961)									*												
	금붕어조개	<i>Nemocardium (Nemocardium) beche</i> (Reeve, 1847)									*												
	굵은이랑새조개	<i>Clinocardium (Keenocardium) buellow</i> (Rolle, 1896)				*																	
	새조개	<i>Fulvia mutica</i> (Reeve, 1844)		*		*					*												
	꼬마새조개	<i>Fluvia hungerfordi</i> (Sowerby III ² , 1901)									*												
	분홍무늬꼬마새조개	<i>Fluvia undatopicta</i> (Pilsbry, 1904)									*												
	개랑조개	<i>Macra (Macra) chinensis</i> Philippi, 1846									*												
	흰점분홍무늬조개	<i>Macra (Macra) achatina</i> Holten, 1802									*									*			
	무지개조개	<i>Macra (Telemacra) iridescens</i> Kuroda & Habe, 1958									*												
	큰행달조개	<i>Oxyperas (Oxyperas) bernardi</i> (Pilsbry, 1904)									*												
	봉황조개	<i>Lutraria (Psammophila) maxima</i> Jonas, 1844									*												
	퇴조개	<i>Coecella chinensis</i> Deshayes, 1855				*	*				*	*											
	맛조개	<i>Solen (Solen) strictus</i> Gould, 1861					*				*			*								*	
	붉은맛	<i>Solen (Solen) gordonis</i> Yokoyama, 1920		*																			

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	대맛조개	<i>Solen (Solen) grandis</i> Dunker, 1861										*									
	잔주름접시조개	<i>Merisca (Pistris) subtruncata</i> (Hanley, 1844)									*										
	꼬마백합접시조개	<i>Cadella narutoensis</i> Habe, 1960									*										
	등근 꼬마백합접시조개	<i>Cadella delta</i> Yokoyama, 1922									*										
	햇살접시조개	<i>Loxoglypta lauta</i> (Gould, 1850)									*										
	꼬마주름접시조개	<i>Elliptotellina euglypta</i> (Gould, 1861)									*										
	분홍접시조개	<i>Moerella jedoensis</i> (Lischke, 1872)											*								
	붉은줄접시조개	<i>Nitidotellina hokkaidoensis</i> (Habe, 1961)											*								
	납작접시조개	<i>Nitidotellina iridella</i> (Martens, 1865)										*									
	대양조개	<i>Heteromacoma irus</i> (Hanley, 1845)										*					*				
	긴납작투명조개	<i>Abra maxima</i> (Sowerby III ² , 1894)										*									
	반질이투명조개	<i>Abrina lunella</i> (Gould, 1861)										*									
	배볼뚝이투명조개	<i>Abrina kinoshitai</i> Kuroda & Habe, 1958										*									
	어긋무늬작은빛조개	<i>Heteroglypta contraria</i> (Deshayes, 1863)										*									
	흑자색긴빛조개	<i>Soletellina atrata</i> (Reeve, 1857)										*									
	두툼빛조개	<i>Nuttallia olivacea</i> (Jay, 1856)										*									
	돼지가리맛	<i>Solecurtus divaricatus</i> (Lischke, 1869)										*									
	거자씨조개	<i>Alveinus ojanus</i> (Yokoyama, 1927)										*									
	돌고부지	<i>Trapezium (Neotrapezium) liratum</i> (Reeve, 1843)				*															
	등근등능선조개	<i>Meiocardia hawaiana</i> Dall, Bartsch & Rehder, 1938										*	*								
	솜털백합	<i>Venus (Ventricoloidea) cassinaeformis</i> (Yokoyama, 1926)										*									
흐린날씨등근백합	<i>Globvenus toreuma</i> (Gould, 1850)										*										
흰등줄조개	<i>Placamen lamellata</i> (Roding, 1798)										*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연체동물문 (Mollusca)	등빨조개	<i>Timoclea (Glycodonta) Marica</i> (Linnaeus, 1758)				*					*										
	점박이작은조개	<i>Timoclea (Chioneryx) costellifera</i> (A. Adams & Reeve, 1850)									*										
	비늘백합	<i>Mercenaria stimpsoni</i> (Gould, 1861)				*															
	살조개	<i>Protothaca (Notochione) jedoensis</i> (Lischke, 1874)									*	*									
	갈색반점백합	<i>Pitar (Pitarina) affine</i> (Gmelin, 1791)									*										
	쇠백합	<i>Pitar (Pitarina) sulfureum</i> Pilsbry, 1904									*										
	중국주름백합	<i>Callista (Callista) chinensis</i> (Holten, 1803)									*										
	작은비단백합	<i>Callista (Callista) pilsbryi</i> Habe, 1960									*										
	개조개	<i>Saxidomus purpurata</i> (Sowerby II±, 1852)				*															
	떡조개	<i>Phacosoma japonicus</i> (Reeve, 1850)									*	*									
	동근떡조개	<i>Phacosoma troscheli</i> (Lischke, 1873)									*										
	달떡조개	<i>Pardosinia amphidesmoides</i> (Reeve, 1850)									*										
	붉은속떡조개	<i>Bornatensis histrio histrio</i> (Gmelin, 1791)									*										
	갈색점줄떡조개	<i>Bornatensis histrio iwakawai</i> Oyama & Habe, 1961									*								*		
	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve, 1850)				*	*			*	*	*				*	*				*
	애기바지락	<i>Ruditapes bruguieri</i> (Hanley, 1845)				*					*	*				*					
	행달조개	<i>Paphia (Paphia) euglypta</i> (Philippi, 1847)									*										
	발고랑행달조개	<i>Paphia (Paphia) amabilis</i> (Philippi, 1847)									*								*		
	붉은행달조개	<i>Paphia (Paphia) vernicosa</i> (Gould, 1861)									*										
	꼬마대복	<i>Gomphina (Gomphina) neastartoides</i> (Yokoyama, 1922)									*										
대복	<i>Gomphina (Gomphina) veneriformis</i> (Lamarck, 1818)				*	*				*											
굵은주름입조개	<i>Irus (Irus) irus</i> (Linnaeus, 1758)									*						*					

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
연체동물문 (Mollusca)	주름입조개	<i>Irus (Irus) mitis</i> Deshayes, 1854										*											
	갈색반주름입조개	<i>Irus (Irus) ishibashianus</i> Kila, 1959										*											
	백합	<i>Meretrix lusoria</i> (Roding, 1798)											*										
	가무락조개	<i>Cyclina sinensis</i> (Gmelin, 1791)				*																	
	짜돌속살이조개	<i>Claudiconcha japonica</i> (Dunker, 1882)				*		*															
	주름돌속살이조개	<i>Pseudoirus mirabilis</i> Deshayes, 1853										*											
	우럭	<i>Mya (Arenomya) arenaria oonogai</i> Makiyama, 1935				*																	
	말뿌리꼬마우럭	<i>Sphenia coreanica</i> Habe, 1951										*											
	얇은꼬마우럭	<i>Paramya recluzi</i> (A. Adams, 1864)										*											
	짜짜이작은조개	<i>Varicorbula rotalis</i> (Reeve, 1843)										*											
	짜짜이콩조개	<i>Varicorbula yokoyamai</i> Habe, 1949										*											
	꼬마뿔이조개	<i>Gastrochaena (Gastrochaena) cuneiformis</i> Spengler, 1783										*											
	꼬마구멍뿔이조개	<i>Gastrochaena (Cucurbitula) cymbium</i> Spengler, 1783										*											
	갈매기조개사촌	<i>Martesia striata</i> (Linnaeus, 1758)										*											
	배좀벌레조개	<i>Teredo navalis</i> Linnaeus, 1758											*										
	나비배좀벌레조개	<i>Teredora princesae</i> (Sivickis, 1928)										*											
	오이씨배좀벌레조개	<i>Teredora malleolus</i> Turton, 1822										*											
	꼭쟁이배좀벌레조개	<i>Uperotus clavus</i> (Gmelin, 1791)										*											
	네모작은도기조개	<i>Asthenothaerus sematana</i> (Yokoyama, 1922)										*											
	안쪽인대조개	<i>Agriodesma navicula</i> (A. Adams & Reeve, 1850)										*	*										
	부리납작조개	<i>Pandora otukai</i> Habe, 1952										*											
	넓은세모물결주름조개	<i>Myadora japonica</i> Habe, 1950										*											
	모서리빨물결주름조개	<i>Myadora soyoae</i> Habe, 1950										*											

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
연체동물문 (Mollusca)	둥근꼬리물결주름조개	<i>Myadropsis transmontana</i> (Yokoyama, 1922)									*											
	긴세모물결주름조개	<i>Myadropsis dissimilis</i> Habe, 1960									*											
	뿔족꼬리물결주름조개	<i>Myadropsis brevispinosa</i> Habe, 1962									*											
	볼록조개	<i>Poromya flexuosa</i> yokoyama, 1922									*											
	잔줄꼬마국자조개	<i>Cardiomya</i> (Cardiomya)kashimana Okutani & Sakurai, 1964									*											
	쇠국자조개	<i>Plectodon ligulus</i> (Yokoyama, 1922)									*											
	여덟모뿔조개	<i>Dentalium</i> (Paradentalium) octangulatum Donovan, 1804											*									
	작은뿔조개	<i>Dentalium</i> (Paradentalium) buccinulum Gould, 1859											*									
	쇠뿔조개	<i>Fissidentalium</i> (Pictodentalium) verneedi (Sowerby II±, 1860)				*																
	반질이뿔조개	<i>Antalis tibanum</i> Nomura, 1940										*										
	세로줄뿔조개	<i>Antalis tosaensis</i> Habe, 1963										*										
	세로잔줄뿔조개	<i>Striodentalium rhabdotum</i> (Pilsbry, 1905)										*										
	버나드뿔조개	<i>Pictodentalium vernerdi</i> (Sowerby, 1860)												*								
	모귀뿔조개	<i>Entalina mirifica</i> (E. A. Smith, 1895)											*									
	여섯모뿔조개	<i>Entalinopsis intercostata</i> (Boissevain, 1906)											*									
	넓은칸줄뿔조개	<i>Megaentalina cornucopiae</i> (Boissevain, 1906)											*									
	이빨뿔조개	<i>Sphonodentalium isaotakii</i> Habe, 1953											*									
	참갯오징어	<i>Sepia</i> (Platysepia) esculenta Hoyle, 1885											*									
	납작갯오징어	<i>Sepia</i> (Doratosepion) peterseni Appellof, 1886											*									
	애기갯오징어	<i>Sepia</i> (Doratosepion) kubiensis Hoyle, 1885											*									
긴다리갯오징어	<i>Sepia</i> (Doratosepion) longipes Sasaki, 1913											*										
거미갯오징어	<i>Sepia</i> (Doratosepion) tenuipes Sasaki, 1929											*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																					
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
연체동물문 (Mollusca)	귀꿀두기	<i>Euprymna morsei</i> (Verrill, 1881)									*													
	흰오징어	<i>Sepioteuthis lessoniana</i> Lesson, 1830									*				*									
	화살오징어	<i>Loligo (Heterololigo) bleekeri</i> Keferstein, 1866									*													
	부도참오징어	<i>Loligo (Photololigo) edulis budai</i> Wakiya & Ishikawa, 1921									*													
	한치	<i>Loligo chinensis</i> Gray, 1849				*																		
	참꿀두기	<i>Loligo edulis</i> Hoyle, 1885													*									
	살오징어	<i>Todarodes pacificus</i> Steenstrup, 1880											*											
	왜문어	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797								*	*	*										*		
	애기문어	<i>Octopus parvus</i> Sasaki, 1917									*													
	낙지	<i>Octopus minor</i> (Sasaki, 1920)									*		*											
	돌기문어	<i>Octopus luteus</i> (Sasaki, 1929)										*												
	쭈꾸미	<i>Octopus ocellatus</i> Gray, 1849											*											
	문어	<i>Octopus (Enteroctopus) doffeini</i> (Wulker, 1910)				*					*	*	*											
	표범문어	<i>Hapalochlaena fasciata</i> (Hoyle, 1886)									*													
	조개낙지	<i>Arogauta argo</i> Linnaeus, 1758									*													
집낙지	<i>Argonauta hians</i> (Lightfoot, 1786)				*							*												
해면동물문 (Porifera)	카미너스해면	<i>Caminus awashimnsis</i> Tanita, 1969												*										
	거품오스카해면	<i>Oscarella lobularis</i> (Schmidt, 1862)												*										
	코르크해면	<i>Suberites excellens</i> (Thiele, 1898)				*								*										
	집게코르크해면	<i>Suberites ficus</i> (Johnston, 1842)				*																		
	입호박해면	<i>Cliona lobata</i> Hancock, 1849				*																		
	나선별해면	<i>Spheciospongia panis</i> (Thiele, 1898)				*																		
	오렌지둥굴해면	<i>Tethya aurantium</i> (Pallas, 1766)												*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
해면동물문 (Porifera)	바다말기해면	<i>Tethya deformis</i> Thiele, 1898		*		*																
	바다둥글해면	<i>Tethya japonica</i> Sollas, 1888		*		*																
	곤봉뿔해면	<i>Ceratopsion clavatum</i> (Thiele, 1898)				*																
	자주빛유령해면	<i>Phorbas tanitai</i> Hajdu & Teixeira, 2011				*																
	미끈이해면	<i>Phorbas tocushima</i> (Tanita, 1970)				*																
	보라바퀴해면	<i>Iotrochota baculifera</i> Ridley, 1884				*																
	침유령해면	<i>Clathria (Clathria) spinispicula</i> Tanita, 1968				*																
	창살유령해면	<i>Clathria (Clathria) terraenovae</i> Dendy, 1924				*																
	화살유령해면	<i>Clathria (Clathria) toxipraedita</i> Topsent, 1913				*																
	두드럭끈적해면	<i>Lissodendoryx (Lissodendoryx) isodicytalis</i> (Carter, 1882)				*																
	덧게끈적해면	<i>Myxilla (Myxilla) bivalvia</i> Tanita, 1967				*																
	껍질끈적해면	<i>Myxilla (Myxilla) incrustans</i> (Johnston, 1842)				*																
	넓적끈적해면	<i>Myxilla (Myxilla) setoensis</i> Tanita, 1961				*																
	앞사귀해면	<i>Raspailia folium</i> Thiele, 1898				*																
	털많은가지해면	<i>Raspailia hirsuta</i> Thiele, 1898				*																
	보라해면	<i>Haliclona permollis</i> (Bowerbank, 1866)		*		*		*					*									*
	보라예쁜이해면	<i>Callyspongia confoederata</i> (Ridley, 1884)		*		*							*									
	예쁜이해면	<i>Callyspongia elegans</i> (Thiele, 1899)				*			*													
	길쭉예쁜이해면	<i>Callyspongia (Callyspongia) serpentina</i> (Lamarck, 1814)				*																
	바위해면	<i>Petrosia (Petrosia) ushitsuensis</i> Tanita, 1963				*																
	검정해변해면	<i>Halichondria okadai</i> (Kadota, 1922)		*		*							*									
	황록해변해면	<i>Halichondria oshoro</i> (Tanita, 1961)		*		*							*									*
	회색해변해면	<i>Halichondria panicea</i> (Pallas, 1766)		*		*							*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
해면동물문 (Porifera)	피리해면	<i>Auleta halichondroides</i> Thiele, 1898				*																
	축해면	<i>Axinella copiosa</i> Thiele, 1898				*																
	가는축해면	<i>Axinella tenuis</i> Thiele, 1898				*																
	맵시해면	<i>phakellia elegans</i> Thiele, 1898				*																
	주황해변해면	<i>Hymeniacion sinapium</i> De Laubenfels, 1930		*		*		*					*								*	
	시루해면	<i>Pachastrella japonica</i> Thiele, 1898				*																
	유두해면	<i>Tetilla japonica</i> Lampe, 1886		*		*																
	둥글유두해면	<i>Tetilla ovata</i> Thiele, 1898				*																
	껍질닷해면	<i>Penares incrustans</i> Tanitra, 1963				*																
	민가지가시해면	<i>Acanthella simplex</i> thiele, 1898				*																
	컵가죽해면	<i>Discodernica calyx</i> Doderlein, 1884				*																
	판가죽해면	<i>Discodernica japonica</i> Doderlein, 1884				*																
	오목해면	<i>Vosmaeropsis japonica</i> Hozawa, 1929		*		*																
	자포동물문 (Cnidaria)	세로줄물곤봉히드라	<i>Hydrocoryne miurensis</i> Stechow, 1907																			*
눈꽃히드라		<i>Halochordyle disticha</i> (Goldfuss, 1820)																			*	
집게히드라		<i>Hydrissa sodalis</i> (Stimpson, 1859)																			*	
곰은가지나무테히드라		<i>Abietinaria abietina</i> (Linnaeus, 1758)																			*	
민테히드라		<i>Dynamena crisioides</i> Lamouroux, 1824				*		*													*	
고도테히드라		<i>Sertularella gotoi</i> Stechow, 1913				*															*	
테히드라		<i>Sertularella levigata</i> Stechow, 1931				*															*	
가로테히드라		<i>Sertularella miurensis</i> Stechow, 1921				*															*	
태평양테히드라		<i>Amphisbetia pacifica</i> Stechow, 1931				*															*	
넓은입히드라		<i>Diphasia palmata</i> Nutting, 1905				*															*	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
자포동물문 (Cnidaria)	그물테히드라	<i>Sertularella sinensis</i> Jaderholm, 1896				*																
	달마스화관히드라	<i>Sertularia dalmasi</i> (Versluys, 1899)				*																
	하토리화관히드라	<i>Sertularia hattorii</i> Leloup, 1940				*																
	나팔쌍컵히드라	<i>Syntheicum tubithecum</i> (Allman, 1887)				*																
	주발깃히드라	<i>Aglaophenia suensonii</i> Jaderholm, 1896				*							*									
	흰깃히드라	<i>Aglaophenia whiteleggei</i> Bale, 1888				*							*									
	자색깃히드라	<i>Macrorynchia phoenicea</i> (Busk, 1852)											*									
	검정깃히드라	<i>Thecocarpus niger</i> Nutting, 1906											*		*							
	아프리카깃히드라	<i>antennella africana</i> Broch, 1914				*																
	둘째깃히드라	<i>antennella secundaria</i> (Gmelin, 1789)				*																
	둥글깃히드라	<i>Antenella integerrima</i> (Jaderholm, 1896)				*																
	민숭이깃히드라	<i>Gymnangium hians</i> (Busk, 1852)				*																
	검정깃히드라	<i>Thecocarpus niger</i> Nutting, 1905				*																
	필리핀깃히드라	<i>Lytocarpus philippinus</i> (Kirchenpauer, 1872)				*																
	네주름깃히드라	<i>Monostaechas quadridens</i> (McCrary, 1858)				*																
	깃히드라	<i>Plumularia setacea</i> Linnaeus, 1758				*																
	질긴컵히드라	<i>Pycnotheca mirabilis</i> (Allman, 1883)				*																
	나사깃히드라	<i>Plumnularia spiralis</i> billard, 1911				*																
	꼬인털히드라	<i>Hebella scandens contorta</i> Marktanner-Turneretscher, 1890				*																
	툼니실히드라	<i>Filellum serratum</i> (Clarke, 1879)				*																
덤불바위불이히드라 과	<i>Lafoea fruticosa</i> (M. Sara, 1851)				*																	
두관절히드라	<i>Zygophylax biarmata</i> Billard, 1905				*																	
혹히드라	<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus, 1758)				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
자포동물문 (Cnidaria)	입넓은종히드라	<i>Campanularia platycarpa</i> (Bale, 1914)				*																	
	꽃우산해파리	<i>Olindias formosa</i> (Goto, 1903)										*											
	네잎백합해파리	<i>Liriope tetraphylla</i> (Chamisso and Eysenhardt, 1821)										*											
	곤봉히드라	<i>Coryne pusilla</i> Gaertner, 1774				*																	
	산호불이히드라	<i>Solanderia secunda</i> (Inaba, 1892)				*																	
	자델흙무늬히드라	<i>Halecium jaederholmi</i> Vervoort, 1972				*																	
	가는무늬히드라	<i>Halecium tenellum</i> Hincks, 1861				*																	
	노무라입깃해파리	<i>Nemopilema nomurai</i> (Kishinouye, 1922)											*										
	꽃이끼산호	<i>Comularia komaii</i> Utinomi, 1950											*										
	흑가시산호	<i>Verrucella umbraculum</i> (Ellis and Solander, 1787)											*										
	회초리산호	<i>Ellisella limbaughi</i> (Bayer, 1960)				*																	
	붉은회초리산호	<i>Ellisella rubra</i> (Wright & Studer, 1889)				*																	
	별흑산호	<i>Verrucella stellata</i> Nutting, 1910				*																	
	흑가시산호	<i>Verrucella umbraculum</i> (Ellis & Solander, 1786)				*																	
	불나무진총산호	<i>Euplexaura abietina</i> Kukenthal, 1908											*										
	툼손바보산호	<i>Bebryce thomsoni</i> Nutting, 1910				*							*										
	브로크바보산호	<i>Bebryce bocki</i> Aurivillius, 1931				*																	
	인도바보산호	<i>Bebryce indica</i> Thomson, 1905				*																	
	둥근컵산호	<i>Calicogorgia granulosa</i> Kükenthal & Gorzawsky, 1908				*																	
	양색바늘산호	<i>Acabaria bicolor</i> (Nutting, 1908)				*							*		*								
	포모시바늘산호	<i>Acabaria formosa</i> Nutting, 1911				*																	
	아비씨긴바늘산호	<i>Acabaria modesta abyssicola</i> Kukenthal, 1911				*																	
	가는바늘산호류	<i>Acabaria</i> sp.				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
자포동물문 (Cnidaria)	바늘산호	<i>Acabaria tenuis</i> Kukenthal, 1908				*																
	부채꼴산호	<i>Melithaea flabellifera</i> Kukenthal, 1909										*										
	그물꼴산호	<i>Melithaea flabellifera reticulata</i> Kukenthal, 1908				*																
	촉맷시산호	<i>Plexauroides complexa</i> Nutting, 1910				*																
	촉긴맷시산호	<i>Plexauroides praelonga</i> Ridley 1844				*																
	곰은맷시산호	<i>Plexauroides rigida</i> Kukenthal, 1907				*																
	분홍바다맨드라미	<i>Alcyonium gracillimum</i> Kukenthal, 1906				*						*	*		*							
	곤봉바다딸기맨드라미	<i>Bellonella rigida</i> Putter, 1900				*																
	큰수지맨드라미	<i>Dendronephthya gigantea</i> (Verrill, 1864)										*	*		*							
	자색수지맨드라미	<i>Dendronephthya putteri</i> Kukenthal, 1905										*	*		*							
	가시수지맨드라미	<i>Dendronephthya spinulosa</i> (Gray, 1862)											*		*							
	흰수지맨드라미	<i>Dendronephthya alba</i> utinomi, 1952				*																
	밤수지맨드라미	<i>Dendronephthya castanea</i> Utinomi, 1952				*						*			*							
	큰수지맨드라미	<i>Dendronephthya gigantea</i> Verrill, 1864				*																
	연수지맨드라미	<i>Dendronephthya mollis</i> Holm, 1895				*																
	옛수지맨드라미	<i>Dendronephthya palaoensis</i> Utinomi, 1952				*																
	빛살수지맨드라미	<i>Dendronephthya pectinata</i> song, 1976				*																
	자색수지맨드라미	<i>Dendronephthya putteri</i> kukenthal, 1905				*																
	가시수지맨드라미	<i>Dendronephthya spinulosa</i> Gray, 1862				*																
	검붉은수지맨드라미	<i>Dendronephthya suensoni</i> Holm, 1895				*																
침해면맨드라미	<i>Paraspongodes spiculosa</i> (Kukenthal, 1906)											*										
등색관산호	<i>Siphonogorgia dofleini</i> Kukenthal, 1906				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
자포동물문 (Cnidaria)	호주균형산호	<i>Parisis australis</i> Wright & studer, 1889				*															
	작은균형산호	<i>Parisis minor</i> Wright & Studer, 1889				*															
	가시산호	<i>Acalycigorgia doffeini</i> (Kükenthal & Gorzawsky, 1908)				*															
	가는가시산호	<i>Acalycigorgia gracillima</i> (Kükenthal, 1908)				*															
	큰가시산호	<i>Acalycigorgia grandiflora</i> Kükenthal & Gorzawsky, 1908				*															
	민가시산호	<i>Acalycigorgia inermis</i> (Hedlund, 1890)				*															
	일본가시산호	<i>Acalycigorgia japonica</i> (Kükenthal & Gorzawsky, 1908)				*															
	다가시산호	<i>Acanthogorgia multispina</i> Kükenthal & Gorzawsky, 1908				*															
	숲가시산호	<i>Acanthogorgia spissa</i> Kükenthal, 1909				*															
	이지마평행산호	<i>Paracis ijimai</i> (Kinoshita, 1909)				*															
	흑평행산호	<i>Paracis pustulata</i> (Wright & Studer, 1889)				*															
	장미수풀산호	<i>Villogorgia alternans</i> Wright & Studer				*															
	수풀산호	<i>Villogorgia antillarum</i> Aurivillius, 1931				*															
	꽃총산호	<i>Anthoplexaura dimorpha</i> Kükenthal, 1908				*									*						
	유착진총산호	<i>Euplexaura anastomosans</i> Brundin, 1896				*															
	곰은진홍산호	<i>Euplexaura recta</i> (Nutting, 1910)				*															
	부채이쁜이산호	<i>Callogorgia pseudoflabellum</i> Song, 1981				*															
	착생깃산호	<i>Plumarella adhaerans</i> Nutting, 1912				*															
	깃산호	<i>Plumarella spinosa</i> Kinoshita, 1907				*															
	바다조름	<i>Leioptilus fimbriatus</i> (Herklots, 1858)				*															
	뱀버들조름	<i>Scytalium splendens</i> (Thomson & Henderson, 1906)				*															
	담홍말미잘	<i>Nemanthus nitidus</i> (Wassilieff, 1908)								*				*							
	해변말미잘	<i>Actinia equina</i> Linne, 1767		*		*					*										*

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
자포동물문 (Cnidaria)	갈색꽃해변말미잘	<i>Anthopleura japonica</i> Verrill, 1889								*			*							*		
	검정꽃해변말미잘	<i>Anthopleura kurogane</i> Uchida and Muramatsu, 1958		*		*														*		
	풀색꽃해변말미잘	<i>Anthopleura midori</i> Uchida and Muramatsu, 1958		*		*				*			*							*		
	녹색열말미잘	<i>Antheopsis koseirensis</i> (Klunzinger, 1877)											*									
	띠녹색열말미잘	<i>Antheopsis maculata</i> (Klunzinger, 1877)											*									
	빨강해면말미잘	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)		*		*							*									
	유영말미잘	<i>Bolocerooides mcmurrichi</i> (Kwietniewski, 1898)				*																
	담황줄말미잘	<i>Haliplanella lucia</i> (Verrill, 1898)		*		*					*		*								*	
	작은집게말미잘	<i>Calliactis polypus</i> (Forsk., 1775)				*							*									
	집게손말미잘	<i>Verrillactis paguri</i> (Verrill, 1869)											*									
	용단열말미잘	<i>Stichodactyla tapetum</i> (Ehrenberg, 1834)											*									
	용단안장말미잘	<i>Stichodactyla haddoni</i> (Saville-Kent, 1893)											*									
	보석말미잘	<i>Corynactis viridis</i> (Allman, 1846)											*									
	곤봉말미잘	<i>Entacmaea actinostoloides</i> Uchida, 1975											*									
	정향돌산호	<i>Caryophyllia japonica</i> Marenzeller, 1888											*									
	나팔꽃돌산호	<i>Desmophyllum insignis</i> (Duncan, 1876)				*																
	긴다리돌산호	<i>Stephanocyathus spiniger</i> (Marenzeller, 1888) (<i>Acinocyathus</i>)				*																
	관목나무돌산호	<i>Dendrophyllia arbuscula</i> van der Horst, 1922											*									
	무쓰뿌리돌산호	<i>Rhizopsammia minuta mutsuensis</i> Yabe and Eguchi, 1932											*									
	진홍나팔돌산호	<i>Tubastraea coccinea</i> Lesson, 1829				*				*												
금빛나팔돌산호	<i>Tubastraea coccinea</i> Lesson, 1829				*																	
보슈마나무돌산호	<i>Dendrophyllia boschmai</i> van der Horst, 1926				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
자포동물문 (Cnidaria)	꽃나무돌산호	<i>Dendrophyllia folrulentia</i>				*																
	밀퐁진돌산호	<i>Oulangia stokesiana miltoni</i> Yabe and Eguchi, 1932										*										
	거품돌산호	<i>Alveopora japonica</i> Eguchi, 1968				*						*										
	흑돌산호	<i>Culicia japonica</i> Yabe & Eguchi, 1936				*																
	그물코돌산호	<i>Psammocora profundacella</i> Gardiner, 1898				*			*													
	부채돌산호	<i>Flabellum distinctum</i> Milne Edwards & haime, 1848				*																
	빼기부채돌산호	<i>Flabellum rubrum</i> Quoy and Gaimard 1833				*																
	해송	<i>Antipathes japonica</i> Brook, 1889											*									
태형동물문 (Bryozoa)	민무늬납작벌레	<i>Notoplana humilis</i> (Stimpson, 1857)										*										
	연납작벌레	<i>Notoplana humilis</i> (Stimpson, 1857)				*																
	다촉수납작벌레	<i>Planocera multitentaculata</i> Kato, 1944										*										
	뿔납작벌레	<i>Planocera reticulata</i> (Stimpson, 1855)				*																
	등줄허뿔납작벌레	<i>Pseudoceros</i> sp. -1										*										
	상아허뿔납작벌레	<i>Pseudoceros</i> sp. -2										*										
	표범무늬허뿔납작벌레	<i>Pseudoceros</i> sp. -3										*										
	부로치납작벌레	<i>Thysanozoon brocchii</i> Grube, 1840										*										
	연두끈벌레	<i>Lineus fuscoviridis</i> takaura, 1898				*						*										
	흰수염이끼벌레	<i>Crisia eburneodenticulata</i> smitt, 1865				*																
	꽃접시이끼벌레	<i>Lichenopora radiata</i> (Audouin, 1826)				*																
	관부채이끼벌레	<i>Tubulipora flabellaris</i> (O. Fabricius, 1780)				*																
	복합이끼벌레	<i>Biflustra perfragilis</i> McGillivray, 1881								*		*										
	큰다발이끼벌레	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)										*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
태형동물문 (Bryozoa)	캘리포니아이끼벌레	<i>Bugulina californica</i> (Robertson, 1905)				*																
	치상이끼벌레	<i>Bugula dentata</i> (Lamouroux, 1816)				*																
	보리이끼벌레	<i>Caberea boryi</i> (Audouin, 1826)										*										
	세방이끼벌레	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask, 1857)										*										
	덤불연쇄방이끼벌레	<i>Catenicella triangulifera</i> (Hammer, 1957)										*										
	미끈이끼벌레	<i>Catenicella elegans</i> Busk, 1852				*																
	자주빛이끼벌레	<i>Watersipora subovoidea</i> (d'Orbigny, 1852)											*									
	큰입이끼벌레	<i>Watersipora platypora</i> Seo, 1999							*													
	넓적부리이끼벌레	<i>Adeonella platalea</i> Busk, 1884											*									
	곤봉이끼벌레	<i>Brettia mollis</i> (Harmer, 1926)				*																
	라타이끼벌레	<i>Caberea lata</i> Busk, 1852				*																
	가시이끼벌레	<i>Scrupocellaria diadema</i> Busk, 1852				*																
	세방가시이끼벌레	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask, 1857)				*																
	막대은이끼벌레	<i>Amastigia rudis</i> (Busk, 1852)																			*	
	빨간망이끼벌레	<i>Iodictyum axillare</i> (Ortmann, 1890)				*																
	세로줄조개사돈	<i>Coptothyris grayi</i> (Davidson, 1852)											*									
	상어껍질벌레	<i>Phascolosoma scolops</i> (Selenka and de Man, 1883)				*							*							*		
환형동물문 (Annelida)	가는버들갯지렁이	<i>Notomastus latericeus</i> Sars, 1851										*								*		
	굵은버들갯지렁이	<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)				*																
	심장부채발갯지렁이	<i>Eumida sanguinea</i> (Oersted, 1843)										*										
	녹색물꽃부채발갯지렁이	<i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767)				*																
	작은부채발갯지렁이	<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)				*																
	흰점염주발갯지렁이	<i>Syllis sclerolaema</i> Ehlers, 1901				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
환형동물문 (Annelida)	얼룩염주발갯지렁이	<i>Trypanosyllis zebra</i> (Grube, 1860)				*																	
	두토막눈썹참갯지렁이	<i>Perinereis aibuhitensis</i> (Grube, 1878)				*																	
	참갯지렁이	<i>Neanthes japonica</i> (Izuka, 1908)				*				*													
	턱이빨참갯지렁이	<i>Ceratonereis hircinicola</i> (Eisig, 1870)				*																	
	붉은집참갯지렁이	<i>Ceratonereis erythraeensis</i> Fauvel, 1918				*																	
	원참갯지렁이	<i>Nereis pelagica</i> Linnaeus, 1758				*																	
	깨점박이갯지렁이	<i>Nereis multignatha</i> Imajima & Hartman, 1964				*																	
	큰깨점박이갯지렁이	<i>Nereis (Neanthes) virens</i> Sars, 1835				*																	
	실참갯지렁이	<i>Tylorrhynchus heterochaetus</i> (Quatrefages, 1866)				*																	
		<i>Perinereis brevicirris</i> (Grube, 1869)							*														
		가시고슴도치갯지렁이	<i>Aphrodita aculeata</i> Linnaeus, 1761													*							
		짧은미륵비늘갯지렁이	<i>Halosydna brevisetosa</i> Kingberg, 1855													*							
		옆눈비늘갯지렁이	<i>Harmothoe imbricata</i> (Linne, 1767)													*							
		얼굴예쁜이비늘갯지렁이	<i>Lepidonotus tenuisetosus</i> (Gravier, 1901)													*							
		예쁜이비늘갯지렁이	<i>Lepidonotus elongatus</i> Marenzeller, 1902				*																
		털눈비늘갯지렁이	<i>Harmothoe hirsuta</i> Johnson, 1897				*																
		삼지창비늘갯지렁이	<i>Hermenia acantholepis</i> (Grube, 1876)				*																
		수염집갯지렁이	<i>Onuphis willemoesii</i> (McIntosh, 1885)				*																
		넓적집갯지렁이	<i>Diopatra bilobata</i> Imajima, 1967				*																
		실집갯지렁이	<i>onuphis shirkishinaiensis</i> (Imajima, 1960)				*																
	그물등수염갯지렁이	<i>Hesione reticulata</i> Marenzeller, 1879				*																	

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																							
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015				
환형동물문 (Annelida)	털보백금갯지렁이	<i>Nephtys ciliata</i> (Muller ,1776)						*																		
	민신타래갯지렁이	<i>Acrocirrus validus</i> Marenzeller, 1897											*													
	명주신타래갯지렁이	<i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu, 1808)											*													
	오뚜기갯지렁이	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1807)											*													
	앞빛갯지렁이	<i>Lagis bocki</i> (Hessle, 1917)											*													
	마당비유령갯지렁이	<i>Thelepus setosus</i> (Quatrefages, 1866)											*													
	괴물유령갯지렁이	<i>Loimia medusa</i> (Savigny in Lamarck, 1818)				*																				
	조름털갯지렁이	<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835												*												
	전촉수갯지렁이	<i>Acrocirrus validus</i> Marenzeller, 1879				*																				
	숨털꽃갯지렁이	<i>Sabellastarte japonica</i> (Marenzeller, 1884)									*			*												
	띠조름꽃갯지렁이	<i>Branchiomma cingulata</i> (Grube, 1870)				*																				
	왕관꽃갯지렁이	<i>Sabella albicans</i> Johansson, 1922				*																				
	남색꽃갯지렁이	<i>Sabellastrate indica</i> (Savigny, 1822)				*																				
	숨털석회관갯지렁이	<i>Filograna implexa</i> Berkeley, 1828												*												
	우산석회관갯지렁이	<i>Hydroides ezoensis</i> Okuda, 1934				*								*												
	굵은석회관갯지렁이	<i>Pomatoleios krausii</i> (Baird, 1864)				*								*												
	석회관갯지렁이	<i>Serpula vermicularis</i> Linnaeus, 1758				*			*	*	*															
	둥근석회관갯지렁이	<i>Dexiospira alveolatus</i>				*																				
	동그라미석회관갯지렁이	<i>Dexiospira foraminosus</i> Busch ,1904				*																				
	히드로석회관갯지렁이	<i>Hydroides albiceps</i> (Grube, 1870)				*																				
	민뿔계석회관갯지렁이	<i>Protula tubularia</i> (Montagu, 1803)				*																				
	가는석회관갯지렁이	<i>Salmacina dysteri</i> (Huxley, 1855)				*																				

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
환형동물문 (Annelida)	부리양목갯지렁이	<i>Amphinome rostrata</i> (Kinberg, 1867)				*																	
	노란풀양목갯지렁이	<i>Chloeia flava</i> (Pallas, 1766)				*																	
	왕털갯지렁이	<i>Eunice aphroditois</i>				*																	
	타원털갯지렁이	<i>Eunice ovalifera Fauvel, 1936</i>				*																	
	바위털갯지렁이	<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu, 1815)				*																	
	홍점갯지렁이	<i>Arabella iricolor</i> (Montagu, 1804)				*																	
절지동물문 (Arthropoda)	술병부리바다거미	<i>Ammothea hilgendorfi</i> (Bohm, 1879)																				*	
	거북손	<i>Pollicipes mitella</i> (Linnaeus, 1758)			*	*	*			*	*											*	
	조무래기따개비	<i>Chthamalus challenger</i> Hoek, 1883				*			*	*												*	
	남방조무래기따개비	<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854				*			*														
	큰조무래기따개비	<i>Chthamalus pilsbryi</i> Hiro, 1936			*	*																	
	팔각따개비	<i>Octoeris sulcata</i> Nilsson-Cantell, 1932																				*	
	검은큰따개비	<i>Tetraclita japonica</i> Pilsbry, 1916		*		*				*	*											*	
	하구별따개비	<i>Chirona cristatus</i> (Ren and Liu, 1978)																				*	
	북방따개비	<i>Semibalanus cariosus</i> (Pallas, 1788)		*																			
	흰따개비	<i>Balanus improvisus</i> Darwin, 1854																				*	
	삼각따개비	<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854																				*	
	빨강따개비	<i>Megabalanus rosa</i> (Pilsbry, 1916)																				*	
	어리모래무지벌레	<i>Cirolana thielemanni</i>				*																	
	세혹잔벌레	<i>Holotelson tuberculatus</i> Richardson, 1909																				*	
	갯주걱벌레	<i>Cleantiella isopus</i> (Grube, 1883)																				*	
	북방주걱벌레	<i>Idotea ochotensis</i> Brandt, 1857				*																	
	갯강구	<i>Ligia exotica</i> Roux, 1828		*		*					*				*								*

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
절지동물문 (Arthropoda)	갯취며느리	<i>Tylos granulatus</i>				*															
	갯가톡톡벌레	<i>Orchestia platensis</i> kroyer, 1845			*	*															
	긴수염새우	<i>Haliporoides sibogae sibogae</i> (De Man, 1907)										*									
	대롱수염새우	<i>Solenocera melantho</i> De Man, 1907										*									
	보리새우	<i>Marsupenaeus japonicus</i> (Bata, 1888)							*	*											
	깔깔새우	<i>Metapenaeopsis barbata</i> (De Haan, 1844)										*									
	산모양깔깔새우	<i>Metapenaeopsis dalei</i> (Rathbun, 1902)				*															
	제주깔깔새우	<i>Metapenaeopsis mogiensis mogiensis</i> (Rathbun, 1902)											*								
	민꽃새우	<i>Parapenaeus fissuroides fissuroides</i> Crosnier, 1987				*							*								
	마루민꽃새우	<i>Parapenaeus lanceolatus</i> Kubo, 1949											*								
	짧은뿔민꽃새우	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i> Kubo, 1949											*								
	얼룩새우	<i>Penaeus monodon</i> Fabricius, 1798											*								
	홍다리얼룩새우	<i>Penaeus semisulcatus</i> De Haan, 1844											*								
	꽃새우	<i>Trachysalambria curvirostris</i> (Stimpson, 1860)				*															
	청소새우	<i>Stenopus hispidus</i> (Olivier, 1811)							*				*								
	둥근뿔대기새우	<i>Leptochela sydniensis</i> Dakin and Colefax, 1940											*								
	꼬덕새우	<i>Rhynchocinetes uritai</i> Kubo, 1942				*			*				*								
	긴발줄새우	<i>Palaemon ortmanni</i> (Rathbun, 1902)				*							*								
	줄새우아재비	<i>Palaemon serrifer</i> (Stimpson, 1860)				*							*								*
	태평줄새우	<i>Palaemon pacificus</i> (Stimpson, 1860)				*															
	줄새우	<i>Palaemon paucidens</i> De Haan, 1844		*		*															
딱총새우	<i>Alpheus brevirostratus</i> De Haan, 1844				*																
옴발딱총새우	<i>Betaeus granulimanus</i> Yokoya, 1927		*		*							*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
절지동물문 (Arthropoda)	큰발톱세이마뿔딱총새우	<i>Synalpheus neomeris</i> (De Haan, 1897)											*									
	절좁은뿔꼬마새우	<i>Heptacarpus futirostris</i> (Spence bate, 1888)				*																
	두마디새우	<i>Chlorotocus crassicornis</i> (Costa, 1871)											*									
	긴줄꼬마도화새우	<i>Plesionika ortmanni</i> (Doflein, 1902)											*									
	툽등자주새우	<i>Aegaeon lacazei</i> (Gourret, 1887)											*									
	마루자주새우	<i>Crangon hakodatei</i> Rathbun, 1902											*									
	들창뿔자주새우	<i>Neocrangon sagamiensis</i> (Balss, 1913)				*																
	큰가시발새우	<i>Metanephrops armatus</i> Chan and Yu, 1991												*								
	가시발새우	<i>Metanephrops thomsoni</i> (Bate, 1888)				*								*								
	펼닭새우	<i>Linuparus trigonus</i> (von Siebold, 1824)				*																
	닭새우	<i>Panulirus japonicus</i> (Von Siebold, 1824)				*				*				*								
	부채새우	<i>Ibacus ciliatus</i> (von Siebold, 1824)				*			*					*								
	아홉니부채새우	<i>Ibacus novemdentatus</i> Gibbes, 1850				*								*								
	매미새우	<i>Scyllarides haanii</i> (De haan, 1841)				*																
	꼬마매미새우	<i>Galearctus kitanoviriosus</i> (Harada, 1962)				*								*								
	쓱붙이	<i>Callinasa japonica</i> Ortmann, 1891				*																
	쓱	<i>Upogebia major</i> (De Haan, 1841)				*																
	털줄원손집게	<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)			*	*				*				*								
	두드리기원손집게	<i>Dardanus impressus</i> (De Haan, 1849)				*				*				*								
	넓적원손집게	<i>Diogenes edwardsi</i> (De haan, 1849)												*								
	긴원손집게	<i>Diogenes nitidimanus</i> Terao, 1913				*								*								
	꼬마긴눈집게	<i>Paguristes japonicus</i> Miyake, 1961				*								*								
	털보긴눈집게	<i>Paguristes ortmanni</i> Miyake, 1978				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
절지동물문 (Arthropoda)	벽돌길원손집게	<i>Dardanus crassimanus</i> (H. Milne Edwards, 1836)				*															
	가는몸참집게	<i>Pagurus angustus</i> (Stimpson, 1858)										*									
	참집게	<i>Pagurus samuelis</i> (Stimpson, 1857)		*	*	*				*	*		*								
	붉은눈자루참집게	<i>Pagurus japonicus</i> (Stimpson, 1858)				*							*								
	털다리참집게	<i>Pagurus lanuginosus</i> De Haan, 1849		*	*	*							*								
	긴발가락참집게	<i>Pagurus minutus</i> Hess, 1865				*	*						*								
	빗참집게	<i>Pagurus pectinatus</i> (Stimpson, 1858)				*															
	붉은얼룩참집게	<i>Pagurus rubrior</i> Komai, 2003											*								
	얼룩참집게	<i>Pagurus similis</i> (Ortmann, 1892)				*															
	제집참집게	<i>Parapagurodes constans</i> (Stimpson, 1858)				*							*								
	납작손참집게	<i>Pagurus gracilipes</i> (Stimpson, 1858)												*							
	큰발참집게	<i>Pagurus megalops</i> (Stimpson, 1858)				*															
	꼬마참집게	<i>Pagurus triserratus</i> (Ortmann, 1892)				*															
	가시투성어리게	<i>Hapalogaster dentata</i> (De Haan, 1849)		*	*	*								*							
	두드리기어리게	<i>Oedignathus inermis</i> (Stimpson, 1860)				*															
	새우불이	<i>Galathea orientalis</i> Stimpson, 1858				*								*							
	바늘이마새우불이	<i>Munida japonica</i> Stimpson, 1858												*							
	털보새우불이	<i>Galathea pubescens</i> Stimpson, 1858				*								*					*		
	가시새우불이	<i>Munida scabra</i> Henderson, 1885				*															
	게불이	<i>Pachycheles stevensii</i> Stimpson, 1858				*															
	갯가게불이	<i>Petrolisthes japonicus</i> (De Haan, 1849)		*	*	*					*	*		*							*
해면치레	<i>Lauridromia dehaani</i> (Rathbun, 1923)				*								*								
갯가해면치레	<i>Cryptodromia tumida</i> Stimpson, 1858				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
절지동물문 (Arthropoda)	털보해면치레	<i>Dromidia unidentata</i> (Rüppell, 1830)				*																
	소름물히	<i>Petalomera granulata</i> Stimpson, 1858				*																
	갯숨물히	<i>Petalomera japonica</i> (Henderson, 1888)				*																
	얼룩다리사슴게	<i>Latreillia valida</i> De Haan, 1839				*							*									
	사슴게	<i>Latreillia phalangium</i> De Haan, 1839				*																
	금게	<i>Matuta victor</i> (Fabricius, 1781)				*				*			*									
	세가시금게붙이	<i>Mursia trispinosa</i> Parisi 1914				*							*									
	간만두게	<i>Calappa hepatica</i> (Linnaeus, 1758)				*																
	밤무늬만두게	<i>Calappa lophos</i> (Herbst, 1782)				*																
	툼만두게	<i>Calappa terraereginae</i> (Ward, 1936)				*																
	금게붙이	<i>Mursia armata</i> De haan, 1837				*																
	긴이마밤게	<i>Leucosia anatum</i> (Herbst, 1783)				*				*			*									
	둥근무늬밤게	<i>Leucosia obtusifrons</i> De Haan, 1841				*							*									
	세모밤게	<i>Merocryptus lambriformis</i> A. Milne-Edwards, 1873				*																
	긴손밤게	<i>Myra fugax</i> (Fabricius, 1798)				*																
	두드러기밤게	<i>Philyra kanekoi</i> Sakai, 1934				*																
	아케우스게	<i>Achaeus japonicus</i> De Haan, 1839				*				*			*									
	가는다리아케우스게	<i>Achaeus tuberculatus</i> Miers, 1879											*									
	빨게	<i>Hyastenus diacanthus</i> (De Haan, 1837)				*																
	박빨게	<i>Hyastenus elongatus</i> Ortmann, 1893											*									
	가시두드럭게	<i>Leptomithrax bifidus</i> Ortmann, 1893				*							*									
	두드럭게	<i>Leptomithrax edwardsii</i> (De hann, 1839)				*							*									
	애기털다리게	<i>Maja miersi</i> Wakerm, 1890				*							*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
절지동물문 (Arthropoda)	거미다리게	<i>Platyaia wyvillethomsoni</i> Miers, 1886											*									
	오니이마물맞이게	<i>Pugettia incisa</i> (De Hann, 1839)				*							*									
	뿔물맞이게	<i>Pugettia quadridens</i> (De Haan, 1837)		*	*	*					*		*									
	납작뿔게	<i>Scyra compressipes</i> Stimpson, 1857				*																
	몽퉁가시뿔게	<i>Paramithrax (Chlorinoides) longispinus</i> var. <i>bispinosus</i> Laurie, 1906				*																
	가시뿔게	<i>Entomonyx spinosus</i> Miers, 1884				*																
	외뿔게	<i>Huenia proteus</i> De Haan, 1839				*																
	박뿔게	<i>Hyastenus elongatus</i> Ortmann, 1893				*																
	털다리게	<i>Maja spinigera</i> (De Haan, 1837)				*																
	꼬마누덕응게	<i>Micippa philyra</i> (Herbst, 1803)				*																
	삼천가시게	<i>Pleistacantha sanctijohannis</i> Miers, 1879				*																
	어리누덕응게	<i>Zewa okamotoi</i> Sakai, 1938				*																
	자색오각게	<i>Echinoecus pentagonus</i> (A. Milne Edwards, 1879)												*								
	자게	<i>Platylambrus validus</i> (De Haan, 1839)				*				*				*								
	갯고사리게	<i>Harrovia elegans</i> de Man, 1887				*																
	남방자게	<i>Rhinolambrus pelagicus</i> (Rüppell, 1830)				*																
	털게	<i>Erimacrus isenbeckii</i> (Brandt, 1848)				*																
	은행게	<i>Cancer japonicus</i> Ortmann, 1839				*								*								
	홍색민꽃게	<i>Charybdis (Charybdis) acuta</i> (A. Milne Edwards, 1869)				*				*	*			*								
	민꽃게	<i>Charybdis Japonica</i> (A. Milne Edwards, 1860)				*								*								
안경민꽃게	<i>Charybdis (Charybdis) miles</i> (De Haan, 1835)				*								*									
얼룩민꽃게	<i>Charybdis (Charybdis) sagamiensis</i> Parisi, 1919				*								*									

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
절지동물문 (Arthropoda)	주름송편게	<i>Atergatis reticulatus</i> (De Haan, 1835)				*															
	네톱니부채게	<i>Heteropanope indica</i> De Man, 1887				*															
	털보부채게	<i>Heteropilumnus ciliatus</i> (Stimpson, 1858)				*															
	왕부채게	<i>Hypothalassia armata</i> (De Haan, 1835)				*															
	꼬마매끈이송편게	<i>Neoliomera insularis</i> (Adams & White, 1849)				*															
	긴다리털보부채게	<i>Pilumnus longicornis</i> Hilgendorf, 1878				*															
	애기털보부채게	<i>Pilumnus minutus</i> De Haan, 1835				*															
	원송이게	<i>Carcinoplax longimana</i> (De Haan, 1833)				*							*								
	도둑게	<i>Chiromantes haematocheir</i> (De Haan, 1835)				*				*		*									*
	말뚝게	<i>Hiromantes dehaani</i> (H. Milne Edwards, 1853)				*	*					*									*
	방게	<i>Helice tridens</i> (De Haan, 1835)				*				*		*									*
	납작게	<i>Gaetice depressus</i> (De Haan, 1835)		*		*				*		*									*
	풀게	<i>Hemigrapsus penicillatus</i> (De Haan, 1835)										*									*
	무늬발게	<i>Hemigrapsus sanguineus</i> (De Haan, 1835)		*		*				*		*									*
	바위게	<i>Pachygrapsus crassipes</i> Randall, 1839		*		*				*		*									*
	사각게	<i>Parasesarma pictum</i> (De Haan, 1835)		*		*						*									
	툼장절게	<i>Plagusia dentipes</i> De Haan, 1835				*						*									
	동남참게	<i>Eriocheir japonicus</i> (De Haan, 1835)				*				*											
	비단게	<i>Cyclograpsus intermedius</i> Ortmann, 1894				*				*											
	애기비단게	<i>Acmaeopleura parvula</i> Stimpson, 1858				*															
	두이빨사각게	<i>Sesarma (Chiromantes) bidens</i> (De Haan, 1835)				*															
섬속살이게	<i>Pinnotheres pholadis</i> De Haan, 1835				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																				
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
절지동물문 (Arthropoda)	길게	<i>Macrophthalmus abbreviatus</i> Manning and Holthuis, 1981				*																	
	칠게	<i>Macrophthalmus japonicus</i> (De Haan, 1835)				*						*											
	달랑게	<i>Ocypode stimpsoni</i> Ortmann, 1897				*	*			*		*											
	엽낭게	<i>Scopimera globosa</i> De Haan, 1835				*						*											
	제주새뱅이	<i>Caridina denticulata keunbaei</i> HS Kim, 1976				*																	
	생이	<i>Paratya compressa</i> (De Haan, 1844)				*																	
	해로새우	<i>Spongicola</i> De Haan, 1844				*																	
	비파게	<i>Lyreidus integra</i> Terazaki, 1902				*																	
	닭게	<i>Ranina ranina</i> (Linnaeus, 1758)				*																	
	긴수염게	<i>Jonas distincta</i> (De haan, 1835)				*																	
	갯게	<i>Chasmagnathus convexus</i> (De Haan, 1835)				*																	
	가시다리게	<i>Percnon planissimum</i> (Herbst, 1804)				*																	
극피동물문 (Echinoder- mata)	가는발깃갯고사리	<i>Comantheria intermedia</i> A.H. Clark, 1916							*														
	일본깃갯고사리	<i>Oxycomanthus japonicus</i> (Muller, 1841)										*											
	범얼룩갯고사리	<i>Decametra tigrina</i> (A.H. Clark 1907)										*											
	검은띠불가사리	<i>Luidia quinaria</i> von Martens, 1865										*											
	가시불가사리	<i>Astropecten polyacanthus</i> Muller and Troschel, 1842							*														
	빨강불가사리	<i>Centonardoa semiregularis</i> (Muller and Troschel, 1842)		*		*			*			*									*		
	메디불가사리	<i>Mediaster branchiatus</i> Goto, 1914										*											
	긴팔불가사리	<i>Ophidiaster cribrarius</i> Lukten, 1871				*						*											
		<i>Leiaster leachi</i> (Gray, 1840)				*																	
	볼록별불가사리	<i>Asterina bartheri</i> Goto, 1914										*											
별불가사리	<i>Asterina pectinifera</i> Muller and Troschel, 1984										*												

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
극피동물문 (Echinoder- mata)	태평양애기별불가사리	<i>Asterina pseudoexigua pacifica</i> Hayashim, 1977																		*		
	애기별불가사리	<i>Asterina coronata</i> von Martens, 1866		*		*																
	관벽불가사리(오폭별불가사리)	<i>Asterina pectinifera</i> (Muller & Troschel, 1842)				*																
	애기불가사리	<i>Henricia nipponica</i> Uchida, 1928										*										
	콩팔애기불가사리	<i>Henricia reniessa</i> Hayashi, 1940										*										
	도우손햇님불가사리	<i>Solaster dawsoni</i> Verrill, 1880											*									
	아펠불가사리	<i>Aphelasterias japonica</i> (Bell, 1881)											*									
	아무르불가사리	<i>Asterias amurensis</i> Lutken, 1871				*			*				*									
	팔손이불가사리	<i>Coscinasterias acutispina</i> (Stimpson, 1857)		*		*							*									
	포목별불가사리	<i>Asterina batheri</i> Goto, 1914				*																
	뱀이거미불가사리	<i>Ophiactis savignyi</i> (Muller and Troschel, 1842)				*							*									
	뿔거미불가사리	<i>Ophiopholis mirabilis</i> (Duncan, 1879)											*									
	짧은가시거미불가사리	<i>Ophiothrix exigua</i> Lyman, 1874											*									
	가시거미불가사리	<i>Ophiothrix (Ophiothrix) koreana</i> Duncan, 1879				*																
	뱀거미불가사리	<i>Ophiarchnella gorgonia</i> Muller and Troschel, 1842				*				*			*								*	
	왜곰솔거미불가사리	<i>Ophioplocus japonicus</i> H.L. Clark, 1911											*									
	빨간등거미불가사리	<i>Ophiomastix mixta</i> Lukten, 1869		*		*							*									
	거미불가사리	<i>Ophioplocus japonicus</i> H.L. Clark, 1911		*		*																
	가는관극성게	<i>Stereocidaris japonica</i> (Doderlein, 1885)											*									
	올리브분지성게	<i>Microscyphus olivaceus</i> (Doderlein, 1885)											*									
하드워분지성게	<i>Temnopleurus hardwicki</i> (Gray, 1855)											*										

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																		
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
극피동물문 (Echinoder- mata)	분지성게	<i>Temnopleurus toreumaticus</i> (Leske, 1778)				*															
	말뚝성게	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (A. Agassiz, 1863)		*		*		*		*			*								*
	분홍성게	<i>Pseudocentrotus depressus</i> (A. Agassiz, 1863)				*							*								
	동근성게	<i>Strongylocentrotus nudus</i> (A. Agassiz, 1863)											*								
	보라성게	<i>Anthocidaris crassispina</i> (A. Agassiz, 1863)		*		*				*			*					*			*
	보라성게불이	<i>Echinometra mathaei</i> (Blainville, 1825)				*															
	무늬연잎성게	<i>Echinarachnius (Scaphechinus) brevis</i> (Ikeda, 1936)				*															
	방패연잎성게	<i>Clypeaster japonicus</i> Doderlein, m 1885				*				*				*							
	구멍연잎성게	<i>Astriclypeus manni</i> (Verrill, 1867)																		*	
	브로지연잎성게	<i>Peronella japonica</i> Mortensen, 1948												*							
	염통성게	<i>Schizaster lacunosus</i> (Linnaeus, 1758)												*							
	모래무치염통성게	<i>Echinocardium cordatum</i> (Pennant, 1777)												*							
	큰염통성게	<i>Brissus (Allobrissus) agassizii</i> (Doderlein, 1885)									*										
	긴침얼룩성게	<i>Diadema savignyi</i> (Michelin, 1845)												*							
	긴가시성게	<i>Diadema antillarum</i> (Philippi, 1845)									*										
	주발성게	<i>Toxopneustes pileolus</i> (Lamarck, 1816)									*										
	오각해삼	<i>Pentacta doliolum</i> (Pallas, 1766)												*						*	
	애기해삼	<i>Pentacta australis</i> (Ludwig, 1875)				*															
	개해삼 (모나카리해삼)	<i>Holothuria manacaria</i> (Lesson, 1830)												*							
	돌해삼	<i>Holothuria (Stauropora) pervicax</i> Selenka, 1867		*		*															
	<i>Holothuria (Fistularia) hilla</i> Lesson, 1830				*																
돌기해삼	<i>Stichopus japonicus</i> selenka, 1867				*				*				*								

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																			
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
극피동물문 (Echinodermata)	서귀포바위해삼	<i>Polycheira rufescens</i> (Brandt, 1835)				*																
	흰해삼	<i>Paracaudina chilensis</i> (Müller, 1850)				*																
척삭동물문 (Chordata)	만두멍게	<i>Amaroucium pliciferum</i> (Redokorzev, 1927)				*																
	팔기만두멍게	<i>Pseudodistoma antinboja</i> Tokioka, 1949				*																
	흰덩이멍게	<i>Didemnum moseleyi</i> (Herdman, 1886)				*							*									
	얼룩무늬흰덩이멍게	<i>Leptoclinides madara</i> Tokioka, 1953				*							*									
	푸른테곤봉멍게	<i>Clavelina coerulea</i> Oka, 1934											*									
	무화과곤봉멍게	<i>Sycozoa kanzasi</i> (Oka, 1930)				*																
	노랑꼭지유령멍게	<i>Ciona savignyi</i> Herdman, 1882											*									
	유령멍게	<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)								*												
	민조름버섯멍게	<i>Aphanibranhion japonicum</i> Oka, 1906				*																
	버섯유령멍게	<i>Syndiazona grandis</i> Oka, 1926		*		*																
	주머니멍게	<i>Perophora japonica</i> Oka, 1927				*																
	대추멍게	<i>Ascidia zyogasima</i> Tokioka, 1962				*																
	스크로세르판멍게	<i>Botryllus scholosseir</i> (Pallas, 1766)				*																
	국화판멍게	<i>Botryllus tuberatus</i> Ritter and Forsyth, 1917				*																
	보라판멍게	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka, 1927				*																
	구도짜구슬미더덕	<i>Metandrocarpa kudoii</i> Rho and Cole, 1998												*								
	붉은판멍게	<i>Botryllus magnicoecus</i> (Hartmeyer, 1912)				*																
	유두멍게	<i>Cnemidocarpa areolata</i> (Heller, 1878)				*																
	점멍게	<i>Polycarpa maculata</i> (Hartmeyer, 1906)				*																
	시라누점멍게	<i>Polycarpa doderleini</i> var. <i>siranuch</i> Tokioka, 1960				*																
	미더덕	<i>Stylea clava</i> Herdman, 1881				*																

Phylum	Species	Scientific name	Year (관찰연도)																							
			1990	1991	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015				
척삭동물문 (Chordata)	상칭미더덕	<i>Stylea clava var. symmetrica</i> Tokioka, 1959				*																				
	세줄미더덕	<i>Stylea esther</i> Hartmeyer, 1906				*																				
	긴자루미더덕	<i>Stylea longipedata</i> Tokioka, 1953				*																				
	두줄미더덕	<i>Stylea partita</i> (Stimpson, 1852)				*																				
	멍게(우렁쟁이)	<i>Halocynthia roretzi</i> (v. Drasche, 1884)		*		*			*																	
	벼개멍게	<i>Herdmania mirabilis</i> (v. Drasche, 1884)											*													
	분홍멍게	<i>Herdmania momus</i> Savigny, 1816				*														*				*		
	침멍게	<i>Boltenia echinata</i> (Linnaeusm 1767)				*																				
	우주멍게	<i>Microcosmus multitentaculatus</i> Tokioka, 1953				*																				
	비늘가죽멍게	<i>Pyura lepidoderma</i> Tokioka, 1949				*																				
	매끈이멍게	<i>Pyura sanderi</i> (Traustedt & Weltner, 1894)				*																				
	끈멍게	<i>Pyura vittata</i> (Stimpson, 1852)				*																				
	토막가죽빛멍게	<i>Molgula interrupta</i> Tokioka, 1953				*																				
	큰살파	<i>Thetys vagina</i> (Tilesius, 1802)												*												
	보라가지별벌레	<i>Dendrostomum minor</i> Ikeda, 1904				*																				
	<i>Golfingia ikedai</i> Fisher, 1950				*																					