

전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구

2011. 7. 31

주관연구기관 / 한국해양연구원

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

R&D/
2010-0096

전 지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구

Land Transport and Maritime
R&D Report

2011

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 해양연구기획사업의 기획연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 해양연구기획사업의 기획연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용을 대외적으로 발표 또는 공개할 수 없습니다.

전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구

2011. 7. 31

주관연구기관 / 한국해양연구원

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 “전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구”
과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 7. 31

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 오위영

연구원 : 권문상, 박성욱,
박세헌, 류종성,
강길모, 김광태,
이재학, 전동철,
노재훈, 이상훈,
김 응, 권개경,
박흥식, 강동진,
박준용, 권영주,
채선영, 김선화,
석태원

보고서 요약서

과제고유번호	2010-0096	해당단계 연구기간	2011.1.1. ~ 2011.7.31.	단계구분	
연구사업명	중사업명	연구기획 평가사업			
	세부사업명	연구기획 평가사업			
연구과제명	대과제명	전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구			
	세부과제명	전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구			
연구책임자	오위영	해당단계 참여 연구원수	총 : 20명 내부 : 20명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부 : 84,000천원 기업 : 천원 계 : 천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 명 내부 : 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 천원
연구기관 및 소속부서명	한국해양연구원 해양기술정책연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요 약				보고서 면수	310
<ul style="list-style-type: none"> ○ 급격히 진행되는 기후변화로 인한 해양시스템의 변화를 파악하고, 이러한 변화가 지구환경과 인류사회에 미칠 영향을 예측하고 대응하기 위해 국제사회는 공동의 노력을 기울이고 있음 ○ 2010년 생물다양성협약(CBD) 당사국총회에서 나고야의정서가 채택됨에 따라 생물자원에 대한 국가주권을 확립하기 위해 선진국을 중심으로 유용한 해양생물자원 선점확보에 대한 경쟁이 가속화되고 있음 ○ 최근 들어 해저사면사태, 지진, 기후변화, 엘니뇨, 라니냐 등에 따른 지진해일(쓰나미), 해수면 및 해수온도 상승, 태풍, 홍수 등 해양기인성 자연재해의 빈발과 피해규모의 확대에 따라 21세기 인류공동의 과제인 지구환경변화 문제를 해결하기 위한 노력이 급속히 확대되고 있음 ○ 해양자원의 확보 등 해양의 가치가 중요해짐에 따라 해양영토 확보를 위한 주변국간의 분쟁이 증가 추세에 있으며, 이러한 영토분쟁 지역에 대한 해양과학조사 자료 축적이 기본적으로 갖추어져 있어야 해양영토관리 및 관할권 확보에 있어 유리한 위치를 선점할 수 있음 ○ 유가상승으로 인한 에너지, 자원부족 위기를 극복하기 위하여 해양에너지 자원 확보에 대한 선진국의 노력이 심화되고 있으며 대양 및 극지에서 해양에너지 및 광물자원 탐사 경쟁이 치열해지고 있음 ○ 이러한 상기 배경을 바탕으로 다음과 같이 i) 기후변화 대응 및 자원확보 등 대양탐사를 통한 국제적 현안문제 해결, ii) 해양광물·생물자원의 확보를 통한 해양경제영토 확보, iii) 전지구적 해양과학조사 연구 국제 해양과학협력 선도라는 3가지 중장기 계획의 목표를 정하였음 ○ 중장기 계획 목표달성을 위해 i) 참여확대 국제프로그램 선정 및 추진, ii) 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정 및 추진, iii) 신규 해양과학조사 과제의 도출 및 추진, iv) 대양탐사 인프라구축 및 인력양성에 관한 중점 추진분야를 설정하고 이를 추진하기 위한 추진전략 수립 ○ 국가적 차원에서 학·연 공동으로 참여가 필요한 국제 해양과학조사 관련 프로그램을 전략적으로 선정하여 추진함으로써, 관련 연구 분야에서 독자적·독창적 연구능력 배양 및 관련 정보 자료를 조기 확보할 수 있도록 함과 동시에 전지구적 해양과학조사 분야에 있어 국제적 발언권을 확보함 ○ 현재 국내에서 추진되고 있는 기후변화 대응, 해양생태계 탐사, 광물자원탐사, 해양생물자원개발 및 활용기반 구축 등의 연구사업을 대형연구선 활용, 다학제적 협력, 관련 국제프로그램과의 협력, 주변국과의 협력 등과 연계하여 연구범위 확대 및 활성화 필요 ○ 대형 연구과제 중심의 산·학·연 공동 추진체계를 정립하여 기후변화 대응, 지구환경 변화에 따른 해양생태계의 변화 이해, 자원고갈에 대비한 광물자원의 선행적 확보, 해양기인성 자연재해 예측 및 대양 탐사를 위한 장비 운용 기술력 확보를 위한 과제를 도출하여 전략적 투자 확대가 필요함 ○ 전지구적 해양과학조사를 통해 단기적으로 동인도양·서태평양 일부지역의 해양과학조사를 활성화하여 국내 연안에 기후 및 생태계에 미치는 영향 저감 및 국가 대응방안 수립에 활용하며, 장기적으로는 전지구적 네트워크를 기반으로 대양 중단탐사를 통해 기후변화 문제 해결, 기후변화와 해양생태계의 상관관계 규명, 신 해양생명체 발굴, 해양광물자원의 탐사를 통해 전략급속광물자원 확보, 선진국 수준의 대양 및 심해 탐사기술을 확보 등을 통하여 지구환경 예측 능력제고, 환경 및 사회·경제적 문제해결, 국가 미래전략 수립에 기여함 					
색인어	한 글	해양과학조사, 기후변화, 생물자원, 해양생태계, 해양관측			
	영 어	Marine scientific research, Climate change, Bio resource, Marine ecosystem, Oceanographic observation			

요 약 문

■ 제목 : 전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구

■ 해양과학조사의 정의 및 특성

- 해양의 자연현상을 규명하기 위하여 해저면·하층로·상부수역 및 인접대기를 대상으로 하는 조사 또는 탐사 등의 행위
- 해양환경의 자연현상에 대한 지식 증진과 자원탐사 등을 목적으로 기초자료를 수집·분석하는 행위
- 해양과학적 활용을 위해 조사·탐사·관측을 포함하여 광범위하게 정의
 - 해저지형탐사, 해저지층탐사, 지자기관측, 해상중력관측 등의 해양관측
 - 지구물리 유체역학, 해류의 이동, 조석 및 파랑의 현상, 해양의 난류 현상에 대한 조사·관측·탐사 자료의 수집·분석
 - 해양생명체의 다양성, 생명현상, 생물자원 분야의 실질적 이용을 위한 생태계 연구
 - 해양미생물의 지구환경 조절 능력 파악을 위한 생태계 탐사
 - 지구환경변화에 따른 해양의 생지화학적 순환, 생태계 변화 등을 이해하기 위한 해양생태·물질순환 시스템 연구
 - 지구환경시스템과 해양 생물·화학·물리적 프로세스들간의 상호작용 이해
- 해양과학조사의 특성
 - 대형연구선, 쇄빙선, 심해 무인잠수정 등 대형인프라 구축 요구

- 기후변화 및 해양생태계 탐사의 경우 실용화 가능성이 낮고 불확실성이 높은 기술분야
- 기초과학육성을 위한 공공 기술분야
- 대형인프라의 사용 등에 따라 초기 투자비용 과다

■ 기획연구의 배경 및 필요성

- 기후 조절자인 해양을 이해하기 위한 전지구적 규모의 해양물리 관측 연구의 필요성 증대
 - 해양과 대기는 열, 운동량, 수분 및 각종 물질을 교환하면서 서로 영향을 주기 때문에, 해양은 전 지구 기후 시스템에 가장 큰 영향을 주는 구성요소임
 - 기후변화에 따른 지구환경의 이상 현상이 증가함에 따라 지구기후시스템과 해양과의 관계를 이해하고 해양물리 환경의 변화추세를 모니터링하기 위한 전지구적 규모의 물리관측 프로그램인 WOCE(World Ocean Circulation Experiment), CLIVAR(Climate Variability and Predictability), TOGA(Tropical Ocean Global Atmosphere) 프로그램 등이 진행 중에 있음
- IPCC의 정책결정자들을 위한 제4차종합평가보고서(AR4) 채택 승인
 - 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 제4차 종합평가보고서(SPM)를 국제사회에 제출(2007. 11. 스페인 발렌시아). 이를 통해 전세계 국가들은 지구온난화로 인한 기후변화와 그 영향을 명백한 사실로 받아들이게 되었으며, 우리나라를 포함한 각국 정책결정자들은 이에 관련한 기후변화 적응과 완화정책을 자국의 정책 수립에 구체적으로 반영시키고 있음
- 전지구적 기후변화로 인한 해양의 생지화학적 순환과 생태계 반응 연구에 대한 국제 연구 활성화
 - 2000년대 들어 IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme)와 SCOR(Scientific Committee on Oceanic Research)는 지구적 변화에 대한 생물학적 및 화학적 측면에서의 해양의 역할과 기후변화가 해양에 미치는 영향을

규명하기 위한 IMBER(Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research)와 해양-대기 상호작용의 이해와 규명을 위한 SOLAS(Surface Ocean-Lower Atmosphere Study) 등의 다양한 국제프로그램이 등장함

- 우리나라도 이들 국제프로그램에 적극적인 참여와 새로운 프로그램의 개발을 통해 변화하는 해양과 변화하는 지구에 대비한 과학적 이해 및 대응방안 모색이 시급한 실정임

○ 해양기인 재해의 대형화

- 최근 들어 지구기후변화, 엘니뇨 등에 따른 지진해일(쓰나미), 해수면 및 해수온도 상승, 태풍, 홍수 등 해양기인성 자연재해의 빈발과 피해규모의 확대에 따라 21세기 인류공동의 과제인 지구환경변화 문제를 해결하기 위한 노력이 급속히 확대되고 있음

○ 해양생명자원의 이용과 개발을 위한 경쟁의 심화

- 해양은 생명탄생과 진화의 모태로서 지구상 동식물의 약 80%인 1,200 만종의 생물종이 서식하는 미지의 생명체 및 생명기능의 보고임
- 해양과학기술 선진국은 Sorcerer II expedition과 같은 전지구적 탐사를 통해 신 해양생명체 발굴, 기능규명 및 해양생명체 자원화에 많은 역량을 집중하고 있음

○ 세계적 자원확보의 어려움으로 인한 경제성장 둔화

- 우리나라는 그동안 원자재를 수입하여 완제품을 만들어 수출하는 형태의 산업으로 성장하여 왔으나 앞으로 세계적으로 자원이 고갈되어가는 추세에 있어 자원확보의 어려움은 경제성장 둔화를 가져올 수 있음
- 이에 대비하기 위하여 자원부국과 협력하여 자원탐사 및 개발에 적극적으로 나서야하며, 특히 해당 국가에 연구거점을 구축하여 해양자원 탐사기술을 지원하면서 공동으로 자원탐사를 수행할 필요성이 있음

○ 해양영토 확보경쟁의 첨예화

- 해양자원의 확보 등 해양의 가치가 점차 중요해짐에 따라 해양영토 확보를

위한 주변국간의 분쟁도 갈수록 증가하고 있으며, 해양영토관리 및 관할권 확보를 위한 해양과학조사의 중요성이 커지고 있으며 이미 선진국들은 영토분쟁 지역에 대한 해양과학자료 축적에 노력을 기울이고 있음

- 경제체제의 패러다임이 지속가능한 저탄소 녹색성장으로 변화 중이며, 지구 온난화 및 기후변화로 인한 세계적 재앙을 막기 위하여 화석연료 사용에 대한 제약이 점차 증가하고 있음
 - 미국, 일본, EU 등은 해양생명현상 및 기능에 대한 신지식을 바탕으로 대체 에너지, 친환경오존처리, 이산화탄소고정 등 에너지 및 환경 문제 해결 연구가 진행 중

- 전지구적 해양과학조사를 통해 우리의 관심을 대양으로 확대하는 것이 경제적 · 국가 안보적으로도 중요
 - 세계 연안국들과 해양자원의 이익을 공유한다(자원보유국에게 개발협력을 제공하는 대신 자원개발 사업기회를 제공받는다는 개념)는 태도로 접근할 수밖에 없는 상황임
 - 한국사회 내에 지속가능한 개발과 해양생태계의 중요성, 해양환경보호의식을 지금보다 제고시키는 일은 그 자체로서도 중요할 뿐 아니라, 전지구적 해양과학조사를 위한 대양진출에 필요한 사회문화적 기반을 제공하는 일이기도 함

■ 기획연구의 목적, 내용 및 범위

- 기후변화 대응연구 및 자원 확보 등을 중심으로 국내에서 추진되고 있는 전지구적 해양과학조사 연구에 대한 통합 중장기 종합연구계획 수립하는 것이 기획연구의 목적임
- 환경변화 및 국내·외 동향분석
 - 국내 대양연구 현황 정밀 분석
 - 국외 대양 연구의 역사 및 목적, 현황 분석
 - 국내·외 전지구적 해양과학조사를 위한 국제프로그램, 지역협력, 양자간 협력프로그램 동향 분석 및 미래 수요 예측
- 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향 제시
 - 2020년 발전 장기비전 및 목표 설정
 - 목표 달성을 위한 전지구적 해양과학조사 추진전략 도출
 - 참여확대 국제프로그램 선정
 - 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정
 - 신규 해양과학조사 과제 도출
 - 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 추진
 - 추진전략 과제별 우선순위 선정 및 중장기 로드맵 작성
 - 전지구적 해양과학조사 세부 실행계획 마련
 - 추진전략 과제별 정량적, 정성적 성과지표 및 성과목표 설정
- 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진계획
 - 전지구적 해양과학조사 신규 국제프로그램별 연구목표, 내용, 기술개발 로드맵, 추진전략·체계, 기대효과, 활용방안, 소요예산 및 인력 제시
- 해양과학조사 연구 타당성 분석
 - 정부지원의 필요성 및 당위성 확보를 위한 기술적, 경제적, 정책적 타당성 분석

- 기대효과 및 활용방안
 - 기대효과 및 연구개발 결과의 활용방안 제시
- 기획연구의 범위
 - 공간적으로는 태평양, 인도양 및 남·북극 주변해역을 중심으로 대양탐사를 추진
 - 기후변화 연구를 위한 대양탐사는 국내 연안에 직접적으로 영향을 미치는 지역을 중심으로 연구
 - 생물 및 광물자원 탐사는 태평양 및 인도양을 중심으로 탐사지역을 상호 연계하여 추진함

■ 기획연구의 중장기 발전방향

- 2020년 발전 장기비전 및 목표
 - 비전 : 전지구적 해양과학조사 기술력 확보를 통한 글로벌 해양강국 실현
 - 목표
 - 기후변화 대응 및 자원확보 등 대양탐사를 통한 국제현안문제 해결
 - 해양광물·생물자원의 확보를 통한 해양경제영토 확보
 - 전지구적 해양과학조사 연구 국제 해양과학협력 선도
- 추진전략
 - 국제 해양과학조사 프로그램 참여확대 추진
 - 국제기구와의 협력을 통한 해양과학조사 참여 확대
 - 조사대상 지역을 전지구적으로 확대하기 위한 방안 도출
 - 국내에서 추진·진행 중인 해양과학조사 확대 추진
 - 대형연구선과 같은 대형인프라 활용하는 해양과학조사 추진
 - 전지구적 해양 탐사와 연계한 연구사업 구성
 - 분야간 융·복합을 통한 협력형 연구 개발 추구

- 신규 해양과학조사 과제의 도출 추진
 - 대형과제 중심의 산·학·연 공동 추진체계 정립
 - 기후변화 대응 및 대양탐사 대형과제를 도출하여 전략적 투자 확대
 - 자원고갈에 대비한 해양생물 및 광물자원의 선행적 확보를 위한 대형탐사 추진

- 인프라 구축 및 인력양성
 - 전지구적 해양과학조사를 위한 인프라 구축 및 활용방안 정립
 - 대형 해양과학조사 과제를 활용한 인력양성 추진

- 중점 추진분야
 - 참여확대 국제프로그램 선정 및 추진
 - 해양과학조사사업으로서 적합성, 참여 시급성, 진입 용이성, 국내연구와의 연관성 등을 고려하여 선정
 - 주요 국제프로그램으로는 GOOS, NEAR-GOOS, CLIVER, IMBER, SOLAS, GEOTRACES, BIO-GEOTRACES, C-MORE, GLOSS, DBCP, GHRSSST 등임

 - 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정 및 추진
 - 대내·외 환경 및 여건의 변화, 과제추진의 적합성, 시급성 및 중요성 등을 종합적으로 고려하여 현재 국내에서 추진되고 있는 기후변화 대응, 생태계 탐사, 광물자원탐사·개발 및 대형연구선을 활용한 남·북극 지역 탐사 등의 연구사업 검토 및 확대추진 과제로 선정
 - 확대 추진해야할 주요 연구사업은 POSEIDON, GAIA, ARGO, IODP, 극지 기후변화 관측 및 예측기술, 서남극 결빙해역의 순환 및 하위생태계 특성분석, 심해저 광물자원 및 열수광상 탐사, 해양생물자원 확보 등임

 - 신규 해양과학조사 과제의 신설 및 추진
 - 기존 국내에서 수행하고 있는 기후변화 연구사업은 조사해역이 북서태평양에 한정되어 있어, 태평양, 인도양, 인도네시아 통과류 등 우리나라에 직접적으로 영향을 미치는 해역을 대상으로 체계적이고 종합적인 대형 탐사 프로그램 개발

- 극한 환경의 생태계 탐사 기술개발과 신 해양생명체의 발굴 등 21세기 미래 산업 사회에 선도에 요구되는 원천기술과 원천소재 확보를 위한 생태계 탐사프로그램 개발
 - 국제 유가상승으로 인한 에너지 부족, 육상자원 고갈위기를 극복하기 위하여 해양에너지, 해양생물 및 광물자원 확보에 대한 자원 탐사프로그램 개발
 - 주요 신규 국제프로그램은 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구, 국가 전략금속광물자원 탐사 등임
- 대양탐사 인프라 구축 및 인력양성
- 심해 광물 및 생물자원의 중요성을 인식하여 국가차원에서 많은 연구비를 투자하여 심해저 광물, 극한환경 생명체, EEZ 자원 등 다양한 연구 사업을 진행하고 있는 상황에서 최첨단 핵심 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용하는 기술력을 확보하는 것은 반드시 필요한 것임

■ 기획연구를 통해 도출된 신규과제

- 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구
 - 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구
 - 열대 서태평양과 동인도양 사이에 위치한 인도네시아 해역을 통과하는 해수 수송량의 장기변동성과 해양생태계 변화를 모니터링하여 지구기후변화에 따른 열대해양의 변동성이 우리나라 주변해역에 미치는 영향을 연구
 - 전지구적 환경변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구
 - 인간 활동의 증가로 인해 지구환경은 인류사회가 대응하거나 적응하기 어려운 속도로 급격하게 변화하고 있으며, 해양 생태계의 생물, 물리, 화학적 환경프로세스와 이들의 상호관계를 포함한 해양시스템의 전반적인 변화가 가속화 되고 있어 전지구적 규모의 해양시스템을 조절하는 해양물리, 화학 그리고 생물·생태 요소들과 프로세스들의 상호작용을 이해하고 미래 지구환경변화를 예측하기위한 연구

- 대양생태계 기능 규명 및 활용연구
 - 다양한 해양환경에 적응한 해양생물자원의 체계적 발굴 및 이들의 계통분류학적, 생태적 특성 분석을 통한 원천 생명소재의 공급 및 생물과 지구환경변화의 상호관계 연구
- 국가 전략금속광물 자원탐사
 - 남서태평양 망간각 탐사 기술개발
 - 공해 및 도서국 EEZ지역을 대상으로 해양탐사를 통해 국가개발을 위해 필요로 하는 전략광물자원의 장기·안정적 공급처가 될 수 있는 유망광구 지역 확보 및 독자적 해저자원 탐사기술력 확보를 통한 해양개발기술 선도국 진입 유도
 - 피지 해저열수광상 탐사
 - 피지 해역 해저열수광상 개발을 통해 독자적 해저자원 탐사기술력을 확보하고 해양광물자원을 선점함으로써 세계적 해양개발 기술 선도국 진입 유도
- 전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성
 - 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구
 - 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 반드시 필요한 기초 심해 연구장비·기기인 i) 심해 해저면 정밀위치측정 시스템, ii) 심해 해저면 근접견인 관측시스템 및 iii) 심해 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템을 구축·보강하고 이들 장비·기기의 운용기술력을 확보에 관한 연구

■ 해양과학조사의 타당성

- 공공적 성격이 강한 연구사업
 - 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구는 장기적으로 우리나라에 파급효과가 클 것으로 예상되는 기후변화 변동성 예측과 생명현상의 근본 원리를 규명하는 기초·원천 연구

- 전지구적 해양과학조사 연구사업은 민간이 투자하기에는 시장규모에 비해 투자 규모가 크며 연구개발 결과가 소수에게 돌아가는 것이 아니라 해양과학산업 전반에 영향을 미친다는 점에서 공공적 성격이 강함

○ 해양과학분야 상위계획과의 부합성

- 2020 MT(해양과학기술)로드맵(2011)
 - 최근 국제적 해양관련 이슈 i)기후변화 및 연안재해 대응, ii) 해양경제영토 확보, iii) 해양산업 진흥, iv) 국민 삶의 향상에 대응하기 위해 전지구적 기후변화 예측 및 대응, 해양자원 선점, 해양영토 주권 강화 등의 13대 전략 및 50대 중점과제 도출
- 제2차 해양수산발전기본계획(2011~2020)
 - 21세기 해양환경변화와 새로운 트렌드에 능동적으로 대응하기 위해 제시된 '신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발' 추진전략에서 미래 해양자원개발, 해양산업의 핵심기술 개발, 녹색성장을 위한 해양환경 보전·탐사 핵심기술 개발 및 해양과학의 기술개발 역량강화에 관한 중점과제 도출

○ 기존 사업과의 차별성 검토

- 인도양, 산호삼각지(Coral Triangle) 및 인도네시아 통과류(ITF) 지역을 대양 탐사하는 프로그램은 지금까지 타 중앙부처에서도 실시한 적이 없는, 국내 최초의 사업임
 - 북서태평양이 한반도 주변해역에 미치는 영향 연구를 수행 중인 POSEIDON 사업 및 해양 예보 정확도 향상을 위한 통합예보 모델을 개발하는 GAIA 사업과의 연계를 통하여 전지구적 기후변화연구의 시너지 효과 창출 가능
- 해양생물자원의 체계적 발굴을 통해 원천 생명소재를 공급하기 위해 기존 국토해양부에서 추진하고 있는 '해양생물 표본 확보사업' 및 해외 해양생물자원 개발 및 활용기반 구축' 사업은 국내 연안 또는 국외 해양생물자원 부국의 연안에 연구탐사 범위가 한정되어 추진중

- 신규 도출과제는 기능적 다양성이 높은 심해 및 대양의 해양생명체를 대상으로 장기적 파급효과가 큰 생명현상의 근본 원리와 생명기원·진화에 대한 연구를 추진하는 사업으로서 기존의 사업들과는 기본철학, 접근방법 등에서 근본적인 차이를 있음

■ 기대효과

- 글로벌 해양과학조사 네트워크 구축·운영
 - 동남아시아(인도네시아)-마이크로네시아(한·남태평양 연구센터)-남미(페루)와 남·북극을 연결하는 전지구적 네트워크 구축하여 글로벌 해양과학조사를 활성화하기 위한 선도 기반 구축
 - 단기적으로는 국내 연안에 가장 큰 영향을 미치는 동남아 지역 인도양·태평양 일부지역의 해양과학조사를 활성화하여 국내연안에 기후 및 생태계에 미치는 영향 저감 및 국가 대응방안 수립에 활용
 - 장기적으로는 전지구적 네트워크를 기반으로 대양 종단탐사를 통해 선진국 수준의 대양 및 심해 탐사기술을 확보하여 지구환경 예측 능력제고, 환경 및 사회·경제적 문제해결, 국가 미래전략 수립에 기여
- 전지구적 해양과학조사를 통한 국제적 현안문제 해결
 - 지구온난화로 인한 해수면 및 해수온도 상승, 해양기인성 자연재해의 빈발 등에 대비하기 위하여 우선적으로 우리나라에 직접적으로 영향을 미치는 북서태평양 및 인도양(동남아 지역) 지역에 대한 연구를 강화
 - 남서태양 지역에서의 기후변화연구(기후변화 모델링, 엘니뇨 및 라니냐 연구 등)는 국제기구와의 협력 연구를 통해 기후변화 관련자료 및 기술을 조기에 확보하기 위한 전략으로 등 글로벌 이슈 해결에 적극적으로 참여
 - 장기적으로 태평양과 인도양 전지역, 남·북극에 대한 종단탐사 및 국제 공동연구를 통해 기후변화 문제 해결, 기후변화와 해양생태계의 상관관계 규명 등을 통하여 국제사회에서 우리나라의 국격 제고 및 위상 강화에 활용

- 해양생물의 연구시료 확보·개발로 미래 해양자원의 선행적 확보
 - 해양생물자원이 풍부하거나 종다양성이 높은 지역의 국가와 협력체계를 구축하고 대양 및 심해 생태계로부터 첨단 해양탐사 인프라를 활용하여 신기능을 가진 해양생물자원 확보 및 활용기반 구축
 - 인도양 및 태평양 지역 종단 대양탐사 및 Bio Hotspot 탐사를 통해 확보된 해양생물자원을 국내외 연구기관(해양연구원, 생명공학연구원 등) 및 관련기관, 대학에 연구시료를 보급하기 위한 보급기능 확충
 - 생물 및 미생물 자원 및 연구시료를 탐사·보존·관리하기 위한 DB를 국가적인 차원에서 구축하고, 자원 확보 및 관리, 대량배양, 시료의 보급(해양생물자원관, 해양시료도서관) 등의 기능 일원화를 통해 향후 지속적 활용을 위한 기반 마련

- 해양광물자원의 탐사를 통한 전략금속광물자원의 안정적 확보
 - 현재 심해저 망간단괴, 통가 및 인도양 해저열수광상 탐사와 더불어 망간각, 가스하이드레이트, 남서태평양의 열수광상 탐사 등을 추가하여 태평양 및 인도양 공해지역의 광물자원 탐사를 지속적으로 추진
 - 심해저 망간단괴, 통가 해저열수광상에 대해서는 집중과 선택을 통해 실용화 전략을 추구하여 전략금속광물자원의 자급률을 현재 1% 수준에서 2020년대 30% 수준으로 확대
 - 망간각 개발을 위한 해저광구의 개발권 확보, 해저열수광상 실용화 개발을 위한 탐사권 확보를 통해 경제적인 준해양영토를 확보하고, 미래세대를 위한 광물자원의 선행적 확보 전략으로 차별화하여 단계적으로 추진

■ 활용방안

- 현대산업사회의 효율성을 제고하고 국민의 삶의 질 향상에 필수적인 전략금속광물 및 해양생물자원의 장기·안정적인 확보전략 수립에 활용

- 태평양 및 인도양 지역의 연구거점을 중심으로 미개척 도서국에 대한 경제·산업적 진출 교두보로 활용

- 21세기 해양시대를 주도할 고난도 심해 및 대양 탐사기술의 독자적 확보 및 실용화 기술개발을 통해 새로운 신해양산업 창출 및 기존 해양산업 발전의 성장동력으로 활용

- 국제기구를 중심으로 전개되는 기후변화 대응, 해양환경 변화, 심해 광물자원 및 생물자원 개발 등의 국제적 논의 동향에 대처하고, 우리나라의 국익이 극대화될 수 있도록 관련 법·제도 정비의 기초자료로 활용

- 기후변화 대응, 국가의 지속적 성장에 필요한 자원의 선행적 확보 등 국가의 미래발전전략 등의 수립에 기초자료로 활용

SUMMARY

A study on establishing a long term plan for global marine scientific research

■ Definitions and features of marine scientific research

○ Marine activities refer to:

- (a) Surveys or explorations on seabed planes, lower layers or upper water zones and surrounding airs, in order to identify natural phenomena in the ocean
- (b) Collection or analysis of data and resources obtained, in order to get knowledge on marine environments
- (c) Global marine scientific surveys, explorations or observations thereof:
 - Fluid mechanics of geophysics, sea current flow, tides or waves, turbulent flow
 - Biodiversity, ecosystem for practical use of bio resources
 - Ecosystem for identifying microorganisms' ability to regulate marine environment
 - Marine ecosystem or substance circulating system, biogeochemical circulation resulting from changes in global environment
 - Understanding of interactions between global environmental system and biological, chemical, or physical processes in the oceans

○ Features of marine scientific survey

- (a) Mandatory to establish infrastructure including large research vessel, ice-breaker, and unmanned submarine for deep sea use

- (b) Survey of climate change and marine ecosystem is featured by lower practicality and higher uncertainty.
- (c) Public oriented technology for advancing basic science
- (d) Huge investments at initial stage due to the use of massive infrastructure

■ Background and needs

- Increasing demands in surveys of marine physics on a global scale for understanding ocean as climate regulator.
 - A wide variety of substances, heat, water, gas or energy is circulated in the ocean and atmosphere environments, both of which affect each other. Hence, the ocean plays a critical role in global climate system.
 - With increases in irregular phenomena resulting from climate changes in global environment, the global programs for physical observations are in progress in order to monitor changes in marine physics and scrutinize the correlation of global climate system with the ocean's function; WOCE (World Ocean Circulation Experiment), CLIVAR (Climate Variability and Predictability), TOGA (Tropical Ocean Global Atmosphere)

- Approval for adopting the 4th Integrated Assessment Report (AR4) for policy-makers at IPCC
 - The International Panel on Climate Change (IPCC) submitted its 4th Integrated Assessment Report (SPM) to international society (Valencia in Spain on November 2007), whereby all of global nations came to recognize that it is obvious that climate changes result from global warming, leading to various adverse effects. Globally, nations are reflecting alternative approaches to adapting to or mitigating climate changes into policy-making at national level in a concrete way.

- Activating international researches on biogeochemical circulation in the ocean and ecosystem reactions to global climate change.
 - Since 2000s, international programs and organizations are established and implemented; IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme), SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research), IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research) and SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmosphere Study).
 - In parallel with such global trends, S. Korea is also required to develop our specific programs, explore variable approaches and upgrade scientific knowledge on global or oceanic changes.

- Global disasters on a massive scale
 - Recently, global climate changes abruptly take place elsewhere: frequently, we see natural disasters of a marine origin including tsunami or seismic sea waves from El Nino, rising sea levels and temperatures, typhoons, or floods, resulting in massive damages. Accordingly, more global efforts are prevalingly turned toward alleviating impending global issues.

- Cut-throat competition in the use and development of marine bio resources
 - The ocean is an origin of life and evolution, which is inhabited by as many as 1,200,000 unknown living species, about 80% of animals and plants on the earth.
 - Advanced nations are already frontrunners in marine science and technology, focusing on exploring or exploiting new organisms or resources in the ocean on a global scale.

- Slow economic growth due to difficulties in developing or procuring resources globally
 - In terms of industrial activities, S. Korea has been importing raw materials that go through processing, resulting in finished products which are in

turn exported. As global resources are likely near exhaustion in the future, some of difficulties in securing resources may bring about sluggish economic growth.

- In preparation against resources deficiency, the country is required to actively explore and develop resources in teamwork with resource rich counterparts and base research centers therein which will support the technology for joint projects and participate in expeditions.

○ Hyper-competition in preoccupying marine territories

- As the value of ocean is increasing, disputes over jurisdictions are increasing among neighboring nations that keep eyes on maritime territories, triggering actions to make scientific surveys into the seas. Developed nations have already accumulated the knowledge and materials on marine science.

○ A new paradigm of economic system is geared toward sustainable low carbon and green growth, with constraints within the framework that will limit the use of fossil fuels to preventing from disasters due to global warming and climate change.

- Based on new knowledge of marine biomechanism, U.S.A, Japan and EU carry out the projects relating to energy and environment; alternative energy, eco-friendly ozone treatment, or carbon dioxide sequestration, etc.

○ Important to turn our eyes toward oceans along with global marine scientific researches in terms of economic, national defense

- Inevitably, we would have to share potential benefits from maritime resources with relevant coastal nations; in other words, we are given the chance to develop the resources in return for our technological, financial supports for the nation rich in resources.

- It is important to address that Korea should have a higher perception on why marine ecosystem and environment should be protected for sustainable development than ever, while providing a social, cultural foundation necessary for exploring the oceanic markets around the world.

■ Purpose, details and scope

- The purpose of study is to map out comprehensive plans for mid-long term projects that involve explorations in the oceans based on studies of adaptations to climate change and of procuring resources.
- Analyze changing environments and trends at home and abroad.
 - Make an in-depth analysis of local researches on the ocean.
 - Review the history, purpose and status of oceanic researches overseas.
 - Examine international programs, regional cooperation, bilateral collaborative programs, and future demands that involve marine science.
- Present the policy direction for mid-long term development in global marine surveys.
 - Establish long term vision and goals for 2020.
 - Devise strategies to advance marine scientific researches for attainment of goals.
 - Select international programs for extensive participation in the researches.
 - Determine the projects for marine scientific researches to be extended.
 - Identify the challenges to new marine scientific researches.
 - Establish infrastructure for oceanic explorations and train human resources.
 - Determine priorities in advancing strategies and draft mid-long term road map.
 - Map out the plan for marine scientific researches on a global scale.

- Determine qualitative, quantitative performance indicators and goals by project.
- Plans to advance new international programs for global marine scientific researches
 - Present the plans for goals, contents, technology development road map, practical strategies, expectancy, applications, budgets and human power for international programs involving global marine scientific researches.
- Feasibility study (F/S) of project
 - Identify the feasibility of projects in terms of technology, economy, or policy for necessity and reasons for government supports.
- Expectancy and application
 - Present the applications of research results and expectations therefrom.
- Scope of researches in deliberation
 - Make oceanic explorations on and around the Pacific Ocean, the Indian Ocean and the Arctic and Antarctic areas.
 - Focus on local areas directly affected by climate change in relation to oceanic explorations.
 - Explore bio and mineral resources in connection with expeditions on and around the Pacific Ocean and the Indian Ocean.

■ Policy for mid-long term development

- Long term vision and development goals for 2020
 - Vision: Positioning as global marine power by improving technology for global marine scientific researches

- Goals

- Solve impending global issues through oceanic researches including adaptations to climate change and exploring resources.
- Secure marine economic territory through procurement of maritime minerals and bio resources.
- Take a lead in marine scientific researches in teamwork with international institutions.

○ Advancing strategies

- Improve the level of participation in global marine scientific research programs.
 - Level up the participation in marine scientific researches in joint with international organizations.
 - Devise the approaches to extending the targeted research areas on a global scale.
- Extend marine scientific researches in progress in Korea.
 - Advance marine scientific researches applying massive infrastructure such as huger research vessel.
 - Design research projects in connection with global marine explorations.
 - Jointly pursue R&D through interdisciplinary fusion projects.
- Advance to motivate the challenges to new marine scientific researches.
 - Establish the system to collaborate with industry, academy and research institutions.
 - Extend strategic investments by inducing projects for adaptations to climate change and oceanic explorations.
 - Develop large scale explorations for preemptive acquisition against the exhaustion of bio and mineral resources in the ocean.

- Infrastructure and human pool
 - Establish infrastructure and applications for global marine scientific researches
 - Educate and train human resources for marine scientific researches.

○ Focus on key developments

- Select international programs for extensive participation.
 - Consider whether they are suitable, impending, easy to participate, closely related to local researches, in terms of marine scientific research.
 - International programs: GOOS, NEAR-GOOS, CLIVER, IMBER, SOLAS, GEOTRACES, BIO-GEOTRACES, C-MORE, GLOSS, DBCP, GHRSS
- Select and develop projects for global marine scientific researches to be extended.
 - Research projects to be selected and developed: adaptations to climate change, ecosystem survey, exploration & exploitation of mineral resources, expeditions on the Arctic and Antarctic Oceans, in consideration of parameters: changing environments, local or global, appropriateness, timeliness, or priorities.
 - Key priorities: POSEIDON, GAIA, ARGO, IODP, polar climate change observations and prediction techniques, circulation of icing waters in the Southwestern Antarctic and analysis of sub-ecosystem features, expedition for mineral resources and thermal deposits in deep sea beds, and exploration for maritime bio resources
- Identify the new challenges to marine scientific research projects.
 - For climate change, existing local researches are limited to the Northwest Pacific Ocean, requiring to be extended to sea areas including the Pacific Ocean, the Indian Ocean and Indonesian through-flow (ITF) which directly affect S. Korea.

- Develop the programs to explore ecosystem, including expeditions for ecosystem in extremely cold areas and new marine bio organisms, so as to ensure source technology and materials required for the 21st future industry.
 - Develop the programs to explore alternatives such as mineral resources, marine energy and bio organism, in order to overcome the crisis of exhausting energy or resources on land.
 - New international programs include researches on marine ecosystem and climate change and national strategic metal ores.
- Establish infrastructure and human pool for marine expeditions.
- Necessary to have techniques to install and operate hi-tech equipments and devices for exploring minerals and bio resources in deep sea, resources on EEZ in the context that huge investments are being made at national level due to their importance.

■ New challenges facing researches

- Studies on marine climate change and ecosystem through marine explorations
 - Tropical Indo-Pacific water transport and ecosystem monitoring experiment.
 - Examine the effects of tropical sea waters on sea areas surrounding Korean Peninsula by monitoring the changes in ecosystem and the volume of sea waters that flow through Indonesian sea areas located between the west Pacific Ocean and the Indian Ocean.
 - Study marine ecosystem and substance circulating system depending on changing environments around the world.
 - Global environment is rapidly changing at a faster pace than we manage to cope with to or adapt ourselves to it, and especially, marine

ecosystem is extensively changing in close relations with biological, physical or chemical processes. So it is needed to identify how biological, ecological, chemical, marine physical elements interact with these processes and predict changing global environments.

- Define the functions of marine ecosystem and application studies
 - Identify the supply of living sources or organisms and their interactions with changing global environment by exploring marine bio resources and analyzing their ecological properties in a systematic way.

- Exploration of national strategic metal minerals
 - Develop technology to explore manganese crusts in the Southwest Pacific Ocean.
 - Secure prospective areas in which strategic minerals may be stably mined on a long term basis through marine explorations on international waters, EEZ in insular states and take an initiative in exploring marine resources with our independent marine technology.

 - Exploration of thermal deposits in Fiji.

- Establishing infrastructure and human pool for explorations on a global scale
 - Studies on equipments and its operation for exploration of mineral and bio resources in deep sea
 - Establish i) precise positioning system ii) close-up/observation system iii) high definition/ultra precision video system that are necessary for explorations on deep seabed planes and update techniques to operate related equipments and devices.

■ Feasibility study

- Research of public purposes
 - Through oceanic explorations, researches on marine ecosystem and climate change are intended to define the biomechanism and predict potential climate changes that highly likely affect S. Korea on a long term basis.

 - Global marine scientific researches typically require sizable investments than those of a private scale and results therefrom affect the marine scientific industry as whole.

- Compliance with upper-tier projects in the field of marine science
 - 2020 Marine Technology Road Map (drafted in 2011)
 - Recently, devised top 13 strategies and 50 key challenges i) to cope with climate change and disasters at and around coastal areas, ii) secure marine economic territory, iii) promote marine industry, iv) predict and counter global climate change, preoccupy maritime resources, and fortify sovereignty over marine territory.

 - The 2nd marine fishery development master plan (2011~2020)
 - In order to cope with new trends in changing marine environment in the 21st Century, strategies were presented to develop and advance technology and create new driving forces for growth in marine science, along with key challenges to improving competence, developing future marine resources and core technology in relation to marine science and industry, preserving marine environment for green growth and upgrading techniques for explorations.

- Differentiation from existing projects
 - Exploration programs are firstly initiated by MLTM locally, for the Indian Ocean, coral triangle and ITF areas.

- Possible to create synergic effects from researches on global climate changes in connection with GAIA (to develop an integrated model to improve precision in forecasting) and POSEIDON (to identify the effects of the Northwest Pacific Ocean on sea waters adjoined by Korean Peninsula).
- For researches of marine bioresources, the current projects in progress are limited to explorations at and around local coastal areas or those in resources-rich nations overseas.
 - New challenges are geared toward researches on biomechanism and marine species or resources with biodiversity in deep sea or the Oceans, and their origin and evolution, differently from ideas or approaches of existing projects.

■ Expectancy

- Networking for global marine scientific researches
 - Establish global networks connecting the Southeastern Asia (Indonesia), Micronesia (Korea- South Pacific Ocean Research Centers), and South America (Peru) and Arctic and Antarctic Oceans, in order to activate global marine scientific researches.
 - On a short term basis, activate marine scientific researches for some of the Indian Ocean and the Pacific Ocean that greatly affect coastal areas in Korean Peninsula, in order to reduce adverse effects on local climate change and ecosystem and take measures at national level.
 - On a long term basis, upgrade the technology for deep sea explorations through longitudinal explorations by applying global networks, in order to improve the ability to predict global environment and solve economical, social problems and devise national strategies in the future.

- Solution for current international issues through global marine scientific researches
 - Supplementary researches on the Northwest Pacific Ocean and Indian Ocean that directly affect Korean Peninsula, against recurrent natural disasters caused by rising sea level or temperature or global warming.
 - Actively participate in solving global issues as part of strategies to get data and technology relating to climate change through studies on climate changes in the Southwest Pacific areas (climate change modeling, El Nino and la Nina) in teamwork with international organizations.
 - Raise our national prestige and image with performances in climate change and marine ecosystem through longitudinal explorations and overseas joint projects for the Pacific Ocean, the Indian Ocean and Arctic and Antarctic areas.

- Preoccupying future marine resources by exploring samples of marine bioresources.
 - Establish the foundation for ensuring and applying marine bioresources in collaboration with nations rich in marine bioresources with biodiversity and through hi-tech infrastructure for explorations on the Oceans and deep sea ecosystem.
 - Serve as base station to provide academic or industrial institutions, local or overseas, with marine bio resource samples that are collected at longitudinal explorations or bio hotspots in the Indian Ocean and the Pacific Ocean.
 - Establish national database to explore, preserve and manage bio resources or microorganism or test samples, for sustainable application or management of resources, mass cultivation and supply of samples.

- Stable procurement of strategic metal ores through exploring marine minerals
 - In addition to manganese nodules in deep sea, thermal deposits in Tonga and the Indian Ocean, manganese crust, gas hydrate, continue to explore

- mineral resources in the Pacific Ocean and Indian Ocean.
- Increase the rate in which we self-support strategic metal ores up to 30% by 2020 from 1 % as of present time, under strategies for manganese nodules in deep sea and thermal deposits in Tonga.
 - Preemptively ensure economical quasi-maritime territory and future mineral resources, by acquiring the rights to explore, develop or commercialize manganese crusts and thermal deposits on sea beds.

■ Application

- Apply to establishing long-term strategies for securing strategic metal ores and marine bio resources necessary for raising the efficiency in industrialization and the quality of life in modern society.
- Use as bridgehead for an economical, industrial foundation in unexplored insular states, focusing on the Pacific Ocean and the Indian Ocean.
- Use as driving force for creating or improving marine industry through developing high technology for deep sea or marine explorations, taking a lead in marine industry in the 21st Century.
- Use as data and materials for restructuring legal systems, in order to cope with global trends in developing mineral or bio resources in deep sea, including adaptations to changes in climate or marine environment, eventually maximizing our national interests.
- Use as data and materials for mapping out future strategies for national development and growth, including adaptations to climate change and preemptive procurement of materials.

CONTENTS

[SUMMARY]	19
Chapter 1. Introduction	45
I. Definitions and features of marine scientific research	47
1. Definitions of marine scientific research	47
2. Features of marine scientific research	49
II. Background and purpose of research	51
1. Background and necessity of research	51
2. Purpose and scope of research	54
III. Method and contents of research	56
1. Method of research	56
2. Contents of research	57
Chapter 2. Present condition and prospect of marine scientific research at home and abroad	59
I. Changes in the marine scientific research at home or abroad	61
1. Changes in the global marine scientific research	61
II. Present condition of marine scientific research at home and abroad	65
1. Domestic condition of marine scientific research	65
A. Present condition through the participation of global research program	65
B. Present condition through the cooperaton of bilateral research program	67
2. International condition of marine scientific research	72
III. Implications and future progressing direction	78

Chapter 3. A long term development direction for global marine scientific research	81
I. Long term vision and development goals for 2020	83
II. Implementation strategy	86
1. Selection and contents of international program for extensive participation	87
2. Selection and contents of global program on extending the existing marine scientific research in Korea	93
3. Selection and contents of new international program on marine scientific research	108
4. Building infrastructure and human pool for ocean exploration	118
III. Progressing method and plan on an implementation strategy	120
IV. Phased budget & research staff, securing an outstanding workforce and performance objectives & indicator	127
1. Phased budget	127
2. Phased research staff	128
3. Performance objectives and indicator	129
4. Securing an outstanding workforce	131
Chapter 4. New international program on marine scientific research	133
I. Studies on marine climate change and ecosystem through marine explorations	135
1. Tropical Indo-Pacific water transport and ecosystem monitoring experiment	135
2. Study marine ecosystem and substance circulating system depending on changing environments around the world	146
3. Investigation on the functions and application of marine ecosystem	174
II. Exploration of national strategic metal minerals	195

1. Development of technology for exploring manganese crusts in the Southwest Pacific Ocean	195
2. Exploration of hydrothermal deposits in Fiji	212
III. Building infrastructure and human pool for explorations on a global scale	225
1. Studies on equipments and its operation for exploring minerals and bio resources in deep sea	225
IV. Exploration route for revitalization of marine scientific research	237
1. Exploration route of global marine scientific research	237
Chapter 5. Feasibility analysis, expected effect and application plan of marine scientific research	239
I. Feasibility analysis of marine scientific research	241
1. Policy feasibility analysis	241
2. Technical feasibility analysis	244
3. Economic feasibility analysis	245
II. Expected effect and application plan	250
1. Expected effect	250
2. Application plan	252
Chapter 6. Conclusion and suggestion	255
[Appendix] International organization and program through the cooperation at area of marine scientific research	261

List of Tables

Table 1-1. Technology classification system of marine scientific research	48
Table 2-1. Change of environmental effects related to marine scientific research	63
Table 2-2. Status of bilateral cooperation between research institute in global marine scientific research	71
Table 2-3. Status of marine scientific research at home and abroad	77
Table 3-1. International program and priority on expanding participation	88
Table 3-2. Global research program and priority on extending the existing marine scientific research	94
Table 3-3. International program and priority on new marine scientific research program	110
Table 4-1. Comparison of the level of technology between the developed countries and our country	191
Table 4-2. The space size of deep sea mineral and bio resources	225
Table 4-3. The spatial resolution of equipment	226
Table 5-1. Status of marine scientific research included science and technology master plan at President Lee's administration	242
Table 5-2. The damage costs by rising sea levels	246
Table 5-3. Qualitative expected effectiveness	251

List of Figures

Fig. 1-1. The necessity of research	54
Fig. 1-2. The implementation system of research	57
Fig. 2-1. JCOOM observing system	73
Fig. 2-2. Line of observation of WOCE	73
Fig. 3-1. IODP Expedition 329	99
Fig. 3-2. Status of Argo drifting buoy	100
Fig. 4-1. Issues of global marine and atmosphere by climate change	136
Fig. 4-2. Recent research results of Coral triangle area	137
Fig. 4-3. International oceanographic observation program at Indo-Pacific region	140
Fig. 4-4. Schematic diagram of utilizing research equipment at TIPEX research projects	145
Fig. 4-5. Current state of international research programs	148
Fig. 4-6. Line of observation of CLIVAR	149
Fig. 4-7. Research areas of CLIVAR	150
Fig. 4-8. The organization of research program at CLIVAR	151
Fig. 4-9. Multi-platform long-term oceanographic observation at the Indian Ocean	152
Fig. 4-10. The inter-relationship between marine and earth system	153
Fig. 4-11. The inter-relationship between biogeochemical cycling and marine food chain	154
Fig. 4-12. IMBER National Network	154
Fig. 4-13. The organization of IMBER	155
Fig. 4-14. Regional program of CLIOTOP	156
Fig. 4-15. The spatio-temporal size of marine physical and biological process	156
Fig. 4-16. ICED activities	157

Fig. 4-17. The scientific steering committee of SOLAS	158
Fig. 4-18. Research areas of SOLAS	158
Fig. 4-19. The organization and research activity of SOLAS	159
Fig. 4-20. Investigation of SOLAS Korean network conducted at the East Sea	160
Fig. 4-21. Global network of SOLAS	160
Fig. 4-22. Region of research activity at GEOTRACES	162
Fig. 4-23. The conceptual diagram of C-MORE's research proposal	165
Fig. 4-24. Living organism with specific function lived at marine specific environments	177
Fig. 4-25. Hydrothermal vent found at deep sea	177
Fig. 4-26. Marine organism sampling site map of SCRIPPS	178
Fig. 4-27. Exploring routes of TARA Oceans	183
Fig. 4-28. Research implementation system for discovering novel marine living organisms	192
Fig. 4-29. TOBI system developed at NOC, UK	229
Fig. 4-30. Map of global marine scientific research exploring route	237
Fig. 5-1. The changes of investment priority at government research and development	243

목 차

[요약문]	5
I. 연구의 개요	45
제1절 해양과학조사의 정의 및 특성	47
1. 해양과학조사 정의	47
2. 해양과학조사 특성	49
제2절 기획연구의 배경 및 목적	51
1. 기획연구의 배경 및 필요성	51
2. 기획연구의 목적 및 범위	54
제3절 기획연구의 추진방법 및 주요내용	56
1. 기획연구의 추진방법	56
2. 기획연구의 주요내용	57
II. 국내·외 해양과학조사 현황 및 전망	59
제1절 대내·외 해양과학조사 여건 변화	61
1. 전지구적 해양과학조사 여건 변화	61
제2절 국내·외 해양과학조사 추진현황	65
1. 국내 추진현황	65
가. 국제프로그램 참여를 통한 과학조사현황	65
나. 양자 간 협력을 통한 과학조사현황	67
2. 국외 추진현황	72
제3절 시사점 및 향후 추진방향	78
III. 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향	81
제1절 2020년 발전 장기비전 및 목표	83
제2절 추진전략	86

1. 참여확대 국제프로그램 선정 및 주요내용	87
2. 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정 및 주요내용	93
3. 신규 해양과학조사 국제프로그램의 신설 및 주요내용	108
4. 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 추진	118
제3절 추진전략별 세부추진방법 및 실행계획	120
제4절 예산투자 계획, 소요예산, 인력 및 성과목표·지표	127
1. 단계별 소요 예산	127
2. 단계별 소요 인력	128
3. 정량적, 정성적 성과목표 및 성과지표	129
4. 인력확보 방안	131
IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용	133
제1절 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구	135
1. 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구	135
2. 전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질순환 시스템 반응연구	146
3. 대양생태계 기능 규명 및 활용 연구	174
제2절 국가 전략금속광물 자원탐사	195
1. 남서태평양 망간각 탐사 기술개발	195
2. 피지 해저열수광상 탐사	212
제3절 전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성	225
1. 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구	225
제4절 해양과학조사 활성화를 위한 대양탐사 경로	237
1. 전지구적 해양과학조사 대양탐사 경로	237
V. 해양과학조사 연구 타당성 분석 및 기대효과·활용방안	239
제1절 해양과학조사의 타당성 분석	241
1. 정책적 타당성	241

2. 기술적 타당성	244
3. 경제적 타당성	245
제2절 기대효과 및 활용방안	250
1. 기대효과	250
2. 활용방안	252
VI. 결론 및 제언	255
[부 록] 해양과학분야 협력을 통한 국제기관 및 프로그램	261

〈 표 목 차 〉

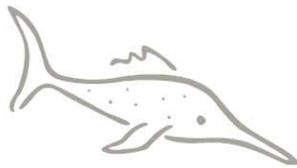
표 1-1. 해양과학조사의 기술분류체계	48
표 2-1. 해양과학조사 관련 환경변화 요인	63
표 2-2. 전지구적 해양과학조사 분야 연구기관 간 양자간 협력 현황	71
표 2-3. 국내외 해양과학조사 현황	77
표 3-1. 참여확대 국제프로그램 및 우선순위	88
표 3-2. 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 프로그램 및 우선순위	94
표 3-3. 신규 해양과학조사 국제프로그램 및 우선순위	110
표 4-1. 선진국과 우리나라 기술수준 비교	191
표 4-2. 심해 광물 및 생물 자원의 공간 규모의 예	225
표 4-3. 장비의 공간 해상도	226
표 5-1. 이명박 정부의 과학기술기본계획에 포함된 해양과학기술 현황	242
표 5-2. 해수면 상승에 따른 피해비용	246
표 5-3. 정량적 기대효과	251

〈 그림 목 차 〉

그림 1-1. 기획연구의 필요성	54
그림 1-2. 기획연구의 추진체계	57
그림 2-1. JCOOM observing system	73
그림 2-2. WOCE 관측선	73
그림 3-1. IODP Expedition 329	99
그림 3-2. Argo 표류부이 현황	100
그림 4-1. 기후변화에 따른 전지구적인 해양-대기 이슈	136
그림 4-2. Coral triangle 해역의 최근 연구 결과	137
그림 4-3. 서태평양-동인도양 국제 해양 관측 프로그램	140
그림 4-4. TIPEX 연구사업의 연구 장비 활용 모식도	145
그림 4-5. 주요 국제연구프로그램의 진행 현황	148
그림 4-6. CLIVAR 관측선	149
그림 4-7. CLIVAR 연구분야	150
그림 4-8. CLIVAR 연구프로그램 조직	151
그림 4-9. 인도양에서 추진되는 Multi-platform long-term 해양관측	152
그림 4-10. 해양과 지구시스템의 상호관계	153
그림 4-11. 생지화학적 순환과 해양먹이망의 상호관계	154
그림 4-12. IMBER National Network	154
그림 4-13. IMBER 조직	155
그림 4-14. CLIOTOP 지역프로그램	156
그림 4-15. 해양물리학적 및 생물학적 프로세스의 시·공간적 규모	156
그림 4-16. ICED 활동	157
그림 4-17. SOLAS 과학운영위원회	158
그림 4-18. SOLAS 주요 연구분야	158
그림 4-19. SOLAS 조직 및 연구활동	159
그림 4-20. SOLAS 한국네트워크에서 수행한 동해조사	160
그림 4-21. SOLAS 전지구 네트워크	160
그림 4-22. GEOTRACES 연구활동 지역	162

그림 4-23. C-MORE의 주요 연구 제안 테마 개념도	165
그림 4-24. 해양의 특수한 환경에 특수한 기능을 지닌 생명체	177
그림 4-25. 해양에서 발견된 열수분출 수역	177
그림 4-26. 미국 스크립스 해양연구소의 해양생물 시료 채취 정점도	178
그림 4-27. TARA Oceans 탐사 route	183
그림 4-28. 신 해양생명체 대량발굴 연구 추진 체계도	192
그림 4-29. 영국 NOC에서 개발한 TOBI 시스템	229
그림 4-30. 전지구적 해양과학조사 대양탐사도	237
그림 5-1. 중장기 분야별 정부 R&D 투자 비중 변화 추이	243

I . 연구의 개요



I. 연구의 개요

제1절 해양과학조사 정의 및 특성

1. 해양과학조사 정의

○ 법적 정의

- 해양과학조사란 해양의 자연현상을 규명하기 위하여 해저면·하층토·상부 수역 및 인접대기를 대상으로 하는 조사 또는 탐사 등의 행위를 말함

○ 학문적 정의

- 해양환경의 자연현상에 대한 지식 증진과 자원탐사 등을 목적으로 기초자료를 수집·분석하는 행위

○ 본 연구에서 해양과학조사의 정의는 학문적 활용을 위하여 조사·탐사·관측을 포함하여 광범위하게 정의

- 해저지형탐사, 해저지층탐사, 지자기관측, 해상중력관측 등의 해양관측
- 지구물리 유체역학, 해류의 이동, 조석 및 파랑의 현상, 해양의 난류 현상에 대한 조사·관측·탐사 자료의 수집·분석
- 해양생명체의 다양성, 생명현상, 생물자원 분야의 실질적 이용을 위한 생태계 연구
 - 해양미생물의 지구환경 조절 능력 파악을 위한 생태계 탐사
- 지구환경변화에 따른 해양의 생지화학적 순환, 생태계 변화 등을 이해하기 위한 해양생태·물질순환 시스템 연구
 - 지구환경시스템과 해양 생물·화학·물리적 프로세스들간의 상호작용 이해

표 1-1. 해양과학조사의 기술분류체계

분야	중분류	세분류
해양과학조사기술	해수면 및 해양관측기술	현장 관측 및 모니터링 기술
		위성 원격탐사기술
		정밀 탐사 및 분석기술
	해저지형 측량 및 해저퇴적물 관측기술	해저지형 탐사기술
		해저퇴적물 이동관측기술
	해저지질 및 지층 탐사기술	연안지질 위해요소 조사기술
		해저퇴적층 탐사기술
		해저분지 및 지각구조 탐사기술
	관측·탐사장비 개발기술	해양관측장비 개발기술
		해양조사·탐사장비 개발기술
	극지해양 탐사기술	극지생태계 모니터링 기술
		해빙특성 계측 기술
		빙모델링 및 시뮬레이션기술
		극지 기후변화 예측기술
	해양자원 탐사기술	해양광물자원 탐사기술
		해양수자원 탐사기술
		해양에너지자원 탐사기술
		해양생물자원 탐사기술
	해양환경기술	해양기후변화 예측기술
		해양생태계 관리기술
해양환경위해성평가·관리기술		
해양환경요인 평가기술		

2. 해양과학조사 특성

- 전지구적 해양과학조사의 특성을 살펴보면 다음과 같음
 - 대형 인프라의 사용
 - 높은 불확실성
 - 기초과학의 영역
 - 초기투자 비용 과다

- 대형연구선, 쇄빙선, 심해 무인잠수정 등 대형인프라 구축이 요구
 - 연구선, 쇄빙선, 심해무인잠수정 등 대형인프라가 요구될 뿐만 아니라 각종 첨단 측정 및 관측 장비 등 많은 장비·기기의 활용이 요구되는 분야임

- 기후변화 및 해양생태계 탐사의 경우 실용화 가능성이 낮고 불확실성이 매우 높은 기술임
 - 해양과학조사는 깊은 수심과 높은 수압 등으로 첨단장비가 필요함에도 불구하고 기술적·경제적 불확실성이 매우 높은 분야임
 - 실용화 가능성이 있는 해양광물자원탐사 등 일부 분야를 제외하고는 초기부터 기업이 주도하거나 참여하는 경우는 거의 전무함

- 해양과학조사는 기초과학육성을 위한 공공기술임
 - 지구온난화로 인한 해수면 및 해수온도 상승은 국민의 생명과 재산을 보호하고 삶의 질 향상을 위해 정부가 수행해야 할 공공기술임
 - 심해 및 대양 해양생태계 탐사를 통한 해양생물시료의 확보 및 보급을 통한 해양바이오산업의 육성 등은 실용화 가능성이 낮으나 신물질 또는 신의약 개발로 고수익을 창출할 수 있는 기초과학임

- 대형인프라의 사용 등에 따라 초기 투자비용 과다
 - 연구선, 첨단 장비 및 기기 등의 운용시스템 구축이 요구되기 때문에 초기 투자비용이 막대하게 소요될 뿐만 아니라 장기간의 연구가 필요한 분야임

- 해양과학조사의 이러한 특성 때문에 미국, 일본, 유럽 등 대부분의 선진국에서도 일부 실용화가 가능한 자원탐사 부분을 제외하고는 국가가 주도적으로 추진
 - 선진국에서는 기후변화 대응기술개발 뿐만 아니라 광물자원의 초기탐사를 국가에서 수행하고 있으며, 해양생물자원의 분야에서도 국가가 생물 종다양성을 확보하고 연구시료의 보급을 통하여 해양생물자원을 활용한 바이오 연구 활성화를 추진중임

제2절 기획연구의 배경 및 목적

1. 기획연구의 배경 및 필요성

□ 배경

- 바다는 지구 환경의 중심이 되는 가장 중요한 축으로, 환경, 기후, 생태계가 하나로 연계된 시스템
 - 전 세계적으로 체계적이고 일관된 해양과학조사의 계획수립 및 수행을 통해 지구 환경변화 정보에 관한 교환과 공동대처가 무엇보다 중요하다는 인식이 대두되기 시작함
 - 지구 환경변화의 최대 조절자인 바다에 대한 이해가 우선되어야 하고 그러기 위해서는 전 세계 해양을 우리의 무대로 삼아 해양과학조사 활동이 선행되어야 함
 - 전 세계의 바다를 연구하여 지구 환경변화를 예측하고 해양생물다양성을 보존하며 생물자원과 광물자원을 파악하고 이용하도록 이끌어 가는 것이 우리 모두의 숙제라는 공통된 인식이 확산됨
- 삼면의 해양 환경 또는 한반도 환경을 이해하기 위해 필요로 하는 최소한의 경계를 고려한다면, 한반도 환경 연구의 최소단위는 태평양 지역까지의 확대가 필수적임
 - 자국 연안으로부터 200해리까지의 수역에 대해 천연자원의 탐사·개발 및 보존, 해양환경의 보존과 과학적 조사활동 등 모든 주권적 권리를 인정하는 배타적 경제수역(EEZ)으로 인한 전 지구적 해양과학조사의 어려움을 극복하기 위해 국제공동협력연구는 필수적임
- 이미 오래전부터 남극, 심해저, 대양연구 등을 수행해 왔음에도 불구하고 그 규모와 범위가 제한적이고 연구내용 또한 단위사업의 형태로 추진되어, 향후 이들을 상호 연계하여 체계적이고 복합적으로 추진하기 위한 시스템이 요구됨

- 국지적인 해양과학조사를 넘어서는 전 지구적 해양과학조사를 통해 우리나라와는 다른 자연현상을 규명하고 공해상의 부존자원 확보에 적극적 참여로 국가 해양경제영역 확대 및 위상제고가 필요함
- 전지구적 규모의 대양탐사를 위한 해양과학조사 프로그램 정립 및 연구 기획의 필요성 증대
 - G20 국가로서 충분한 해양 과학적 기반을 갖추고 있는 국가 수준을 고려한다면, 더 이상 국지적이거나 제한적인 규모의 해양과학연구에서 벗어나 국가 책임을 완수할 수 있는 세계주도형 해양과학조사 프로그램 개발이 절실함

□ 필요성

- 기후 조절자인 해양을 발견·이해하기 위한 전지구적 규모의 해양물리 관측 연구의 필요성 증대
 - 해양과 대기는 열, 운동량, 수분 및 각종 물질을 교환하면서 서로 영향을 주기 때문에, 해양은 전 지구 기후 시스템에 가장 큰 영향을 주는 구성요소임
 - 기후변화에 따른 지구환경의 이상 현상이 증가함에 따라 지구기후시스템과 해양과의 관계를 이해하고 해양물리 환경의 변화추세를 모니터링하기 위한 전지구적 규모의 물리관측 프로그램인 WOCE(World Ocean Circulation Experiment), CLIVAR(Climatic Variability and Predictability), TOGA(Tropical Ocean Global Atmosphere) 프로그램 등이 진행 중에 있음
- IPCC의 정책결정자들을 위한 제4차종합평가보고서(AR4) 채택 승인
 - 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 제4차 종합평가보고서(SPM)를 국제사회에 제출(2007. 11. 스페인 발렌시아). 이를 통해 전세계 국가들은 지구온난화로 인한 기후변화와 그 영향을 명백한 사실로 받아들여지게 되었으며, 우리나라를 포함한 세계 각국의 정책결정자들은 이에 관련한 적응과 완화정책을 자국의 정책 수립에 구체적으로 반영시키고 있음
- 전지구적 기후변화로 인한 해양의 생지화학적 순환과 생태계 반응 연구에 대한 국제 연구의 활성화가 적극 추진중임

- 2000년대 들어 IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme)와 SCOR(Scientific Committee on Oceanic Research)는 지구적 변화에 대한 생물학적 및 화학적 측면에서의 해양의 역할과 기후변화가 해양에 미치는 영향을 규명하기 위한 IMBER(Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research)와 해양-대기 상호작용의 이해와 규명을 위한 SOLAS(Surface Ocean-Lower Atmosphere Study) 등의 다양한 국제프로그램이 대두되기 시작함
 - 우리나라도 이들 국제프로그램에 적극적인 참여와 새로운 프로그램의 개발을 통해 변화하는 해양과 변화하는 지구에 대비한 과학적 이해 및 대응방안 모색이 시급한 실정임
- 해양생명자원의 이용 및 개발 이익의 선점을 위한 자원보유국 및 자원개발국간 경쟁의 심화
- 해양은 생명탄생과 진화의 모태로서 지구상 동식물의 약 80%인 1,200 만종의 생물종이 서식하는 미지의 생명체 및 생명기능의 보고임
 - 해양과학선진국은 Sorcerer II expedition과 같은 전지구적 탐사를 통해 신해양생명체 발굴, 기능규명 및 해양생명체 자원화에 많은 역량을 집중하고 있음
- 세계적 자원확보의 어려움으로 인한 경제성장 둔화
- 우리나라는 그동안 원자재를 수입하여 완제품을 만들어 수출하는 형태의 산업으로 성장하여 왔으나 앞으로 세계적으로 자원이 고갈되어가는 추세에 있어 자원확보의 어려움은 경제성장 둔화를 가져올 수 있음
 - 육상자원고갈에 대비하기 위하여 해양자원부국과 협력하여 자원탐사 및 개발에 적극적으로 나서야하며, 특히 해당 국가에 연구거점을 구축하여 해양자원 탐사기술을 지원하면서 공동으로 자원탐사를 수행해야 할 필요성이 갈수록 증대되고 있음
- 경제체제의 패러다임이 지속가능한 저탄소 녹색성장으로 변화 중이며, 지구온난화 및 기후변화로 인한 세계적 재앙을 막기 위하여 화석연료 사용에 대한 제약이 점차 증가하고 있음

- 미국, 일본, EU 등은 해양생명현상 및 기능에 대한 신지식을 바탕으로 대체 에너지, 친환경 오존처리, 이산화탄소 고정 등 에너지 및 환경 문제 해결 연구가 진행 중
- 전지구적 해양과학조사를 통해 우리의 관심을 대양으로 확대하는 것이 국가 경제 및 안보에도 매우 중요
 - 세계 연안국들과 해양자원의 이익을 공유한다(자원보유국에게 개발협력을 제공하는 대신 자원개발 사업기회를 제공받는다)는 개념)는 태도로 접근할 수밖에 없는 상황임
 - 한국사회 내에 지속가능한 개발과 해양생태계의 중요성, 해양환경보호의식을 지금보다 제고시키는 일은 그 자체로서도 중요할 뿐 아니라, 전지구적 해양과학조사를 위한 대양진출에 필요한 사회문화적 기반을 제공하는 일이기도 함

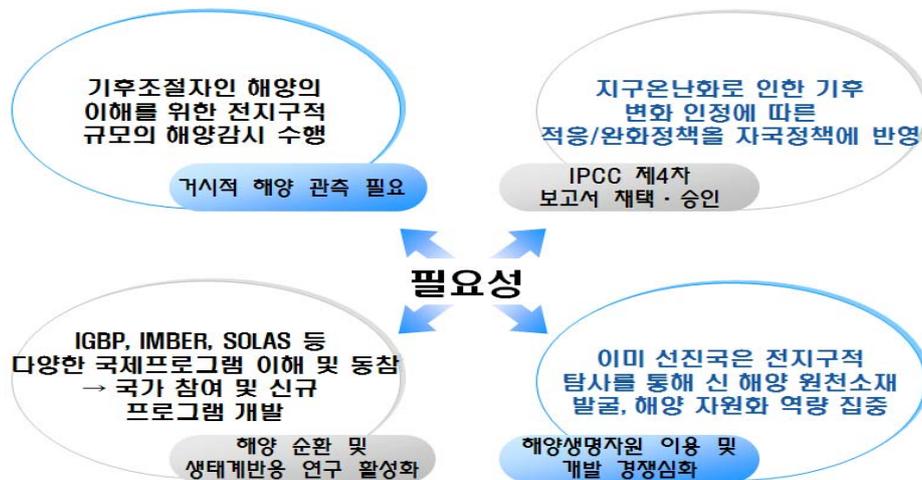


그림 1-1. 기획연구의 필요성

2. 기획연구의 목적 및 범위

- 기후변화 대응연구 및 자원 확보 등을 중심으로 국내에서 추진되고 있는 전지구적 해양과학조사 연구에 대한 통합 중장기 종합연구계획 수립하는 것을 기획연구의 목적으로 함

- 기획연구의 최종목적을 달성하기 위한 주요 세부목표
 - 국내·외 전지구적 해양과학조사 현황 및 동향 분석
 - 추진 중인 국외 해양과학조사의 국가 수요 항목 평가 및 참여 방안
 - 전지구적 해양과학조사 추진전략도출
 - 전지구적 해양과학조사 주도를 위한 추진전략 수립
 - 정부 및 국제기구의 지원 타당성 분석
 - 추진 성과목표 및 로드맵 제시

- 기획연구의 범위
 - 공간적으로는 태평양, 인도양 및 남·북극 주변해역을 중심으로 대양탐사를 추진
 - 기후변화 연구를 위한 대양탐사는 국내 연안에 직접적으로 영향을 미치는 지역을 중심으로 연구
 - 생물 및 광물자원 탐사는 태평양 및 인도양을 중심으로 탐사지역을 상호 연계하여 추진함

제3절 기획연구의 추진방법 및 주요내용

1. 기획연구의 추진방법

- 2010년 11월 국토해양부소관 연구개발사업 운영규정 제19조(시행계획 수립 및 공공 등)에 따라 해양연구기획사업의 신규과제 '전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구'에 관한 선정계획 공고
- 기후변화 대응연구 및 자원 확보 등을 중심으로 국내에서 추진되고 있는 전지구적 해양과학조사 연구에 대한 통합 중장기 종합연구계획 수립이라는 본 기획연구의 목표를 달성하기 위해 i) 해양과학조사의 정의 및 특성 파악, ii) 환경변화 및 국내·외 동향분석, iii) 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향 제시, iv) 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진계획, v) 해양과학조사 연구 타당성 분석, vi) 기대효과 및 활용방안 등의 6개 모듈에 따라 진행됨
- 본 기획연구에서 다루고자 하는 전지구적 해양과학조사를 정의하고 특성을 분석하여 연구범위 및 내용을 설정
- 전지구적 해양과학조사와 관련된 환경변화 요인과 이에 따른 주요 이슈, 주요국의 연구동향 및 관련 산업동향을 분석하고 시사점을 도출하여 전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획에 활용
- 국내 해양과학조사 및 관련 정부부처, 연구기관 동향, 해양과학조사 관련 상위중장기계획 등 정책동향을 파악하고, 해양탐사 인프라구축 현황을 분석
- 국제기구 및 공동연구 프로그램 참여 경험이 있는 산·학·연 관련 전문가들로 연구진 및 자문위원회 구성·운영
- 산·학·연 연구협의체를 통해 전지구적 해양과학조사 중장기 발전 비전 및 목표를 설정하고, 목표달성을 위한 전략 및 세부실행계획 수립

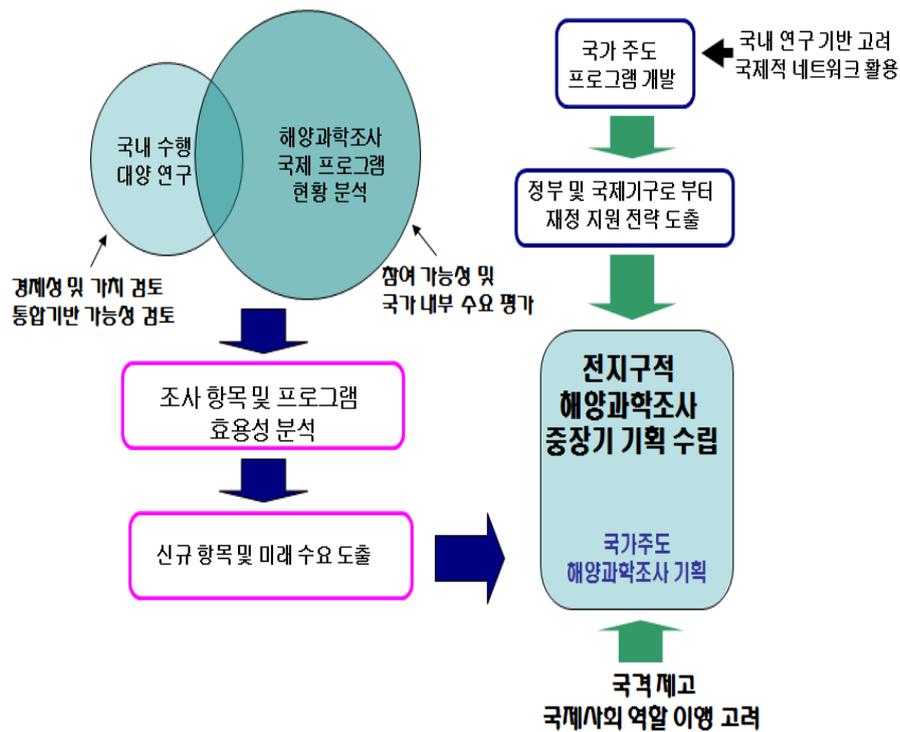


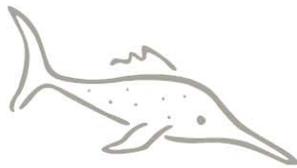
그림 1-2. 기획연구의 추진체계

2. 기획연구의 주요내용

- 해양과학조사의 정의 및 특성 파악
- 환경변화 및 국내·외 동향분석
 - 국내 대양연구 현황 정밀 분석
 - 국외 대양 연구의 역사 및 목적, 현황 분석
 - 국내·외 전지구적 해양과학조사를 위한 국제프로그램, 지역협력, 양자간 협력프로그램 동향 분석 및 미래 수요 예측
- 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향 제시
 - 2020년 발전 장기비전 및 목표 설정
 - 목표 달성을 위한 전지구적 해양과학조사 추진전략 도출
 - 참여확대 국제프로그램 선정

- 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정
 - 신규 해양과학조사 과제 도출
 - 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 추진
 - 추진전략 과제별 우선순위 선정 및 중장기 로드맵 작성
 - 전지구적 해양과학조사 세부 실행계획 마련
 - 추진전략 과제별 정량적, 정성적 성과지표 및 성과목표 설정
- 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진계획
- 전지구적 해양과학조사 신규 국제프로그램별 연구목표, 내용, 기술개발 로드맵, 추진전략·체계, 기대효과, 활용방안, 소요예산 및 인력 제시
- 해양과학조사 연구 타당성 분석
- 정부지원의 필요성 및 당위성 확보를 위한 기술적, 경제적, 정책적 타당성 분석
- 기대효과 및 활용방안
- 기대효과 및 연구개발 결과의 활용방안 제시

Ⅱ. 국내·외 해양과학조사 현황 및 전망



II. 국내·외 해양과학조사 현황 및 전망

제1절 대내·외 해양과학조사 여건 변화

1. 전지구적 해양과학조사 여건 변화

○ 기후변화로 인한 해양 시스템의 변화

- 급격히 진행되는 기후변화로 인한 해양시스템의 변화를 파악하고, 이러한 변화가 지구환경과 인류사회에 미칠 영향을 예측하고 대응하기 위해 국제사회는 공동의 노력을 기울이고 있음
- 지구온난화로 인한 급변하는 지구환경과 해양의 상호작용을 이해하고, 미래변화를 예측하며 지구를 지속가능한 인간서식처로 유지하기 위한 대책마련에 범세계적 차원노력이 필요하다는데 전세계적인 공감대가 형성되어 기후변화로 인한 해수면 상승, 해수온도 상승, 해양기인성 자연재해 증가 등에 대응하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음

○ 유용한 해양생물자원을 선점하기 위한 확보 경쟁의 심화

- 생물다양성협약(CBD)이 생물자원에 대한 국가주권을 인정함에 따라 선진국을 중심으로 유용한 해양생물자원 선점하기 위한 확보 경쟁이 갈수록 심화
- 선진국은 이미 전세계 유용 해양생물자원을 다량 확보하였고, 유용 유전자 정보선점을 통해 해양바이오산업으로 고부가가치 성장 동력 창출 중임
- 해양은 지구 표면적의 70% 이상을 차지하며 지구상 동식물의 80%이상, 종으로는 1,200만 종 이상이 서식하는 생명체의 보고임에 불구하고, 현재 전체 해양의 1% 정도만이 탐사된 상황임. 이러한 배경을 바탕으로 생명자원의 보고인 해양자원 이용 분야의 강국으로 발전하기 위해 요구되는 원천기술을 개발하기위한 필수적인 연구 프로그램으로 대양생태계 탐사 연구의 중요성이 전세계적으로 주목받고 있는 상황임

○ 해양기인 재해의 대형화

- 최근 들어 해저사면사태, 지진, 기후변화, 엘리뇨, 라니냐 등에 따른 지진해일(쓰나미), 해수면 및 해수온도 상승, 태풍, 홍수 등 해양기인성 자연재해의 빈발과 피해규모의 확대에 따라 21세기 인류공동의 과제인 지구환경변화 문제를 해결하기 위한 노력이 급속히 확대되고 있음
- 해양기인성 자연재해가 급격히 증가함에 따라 지진해일, 태풍 등에 대한 자연재해 예측·예보기술개발과 지구온난화에 의한 해양기상의 장기 변동성 예측기술 개발 등 재해에 대응하기 위한 국제적인 논의가 활발히 진행되고 있음
- 뿐만 아니라, 국제교역의 급격한 증가로 선박규모의 대형화가 추진되고 있으며, 이에 따라 선박사고 발생 시 해양오염 등 피해규모가 급격히 확대되어 이에 대비한 논의를 활발히 진행되고 있음

○ 해양영토 확보 경쟁의 첨예화

- 해양자원의 확보 등 해양의 가치가 점점 중요해짐에 따라 한·중·일 영토 분쟁에서도 알 수 있는 바와 같이 해양영토 확보를 위한 주변국간의 분쟁도 갈수록 확대되고 있음
- 해양영토관리 및 관할권 확보를 위한 해양과학조사의 중요성이 증대함에 따라 이미 선진국들은 영토분쟁 지역에 대한 해양과학자료 축적에 많은 노력을 기울이고 있음

○ 해양환경 보전 및 개발 전략 공존

- 21세기에는 '녹색성장'이 부각되면서 해양 분야에 있어서도 기후변화의 예측 및 대응이 중요시되어 해양관측·조사가 범지구적 차원에서 이루어지고 있음
- 또한, 해양의 지속가능한 이용을 위하여 해양보전과 개발을 동시에 추구하는 'Blue Economy 패러다임'으로 전환중임

○ 에너지 및 자원부족의 심화

- 유가상승으로 인한 에너지, 자원부족 위기를 극복하기 위하여 해양에너지

자원 확보에 대한 선진국의 노력이 심화되고 있으며 대양 및 극지에서 해양에너지 및 자원탐사 경쟁이 치열해지고 있음. 뿐만 아니라, 에너지자원 및 식량문제 해결을 위해서도 극지자원 개발 및 이용 필요성 증대되고 있음

○ 해양과학기술의 발전

- 과학기술의 발전으로 해양 분야 관측 센서의 소형화, 정밀화가 이루어지고 있으며 관측영역 또한 확대되고 있어 해양과학기술개발의 중요성이 갈수록 확대되고 있음
- 선진국은 BINT¹⁾ 융합기술을 해양분야에 적용하기 위한 기술을 개발하고 이를 실용화하여 해양연구에 활용중임

○ 전지구적 해양협력강화

- 현재 개별국가의 역량만으로는 전지구적 현안문제를 해결할 수 없기 때문에 인접국, 관련국가간의 지역적 협력체계를 구축하는 국제협력활동이 활발해지고 있으며, 이에 따라 국제적인 문제에서 발언권을 확보하기 위한 노력도 갈수록 강화되는 추세임
- 해양의 다양한 이슈에 대응하기 위하여 세계적으로 표준화된 해양관측과 국제적 정보 공유의 필요성 역시 갈수록 증대되어 해양연구에서 국제협력은 이제 필수적인 요소로 대두되고 있음

○ 그 외에 전지구적 해양과학조사에 영향을 미칠 수 있는 환경변화 요인은 아래 표와 같음

표 2-1. 해양과학조사 관련 환경변화 요인

구 분	환경변화 요인*	해양분야에 미치는 영향
정치적	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 계층의 의견표출 가속화 - 정부의 책임성/투명성 확립요구 - 국가안보강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양자원의 무기화 - 국제해양이용질서의 재편

1) BT(Biotechnology), IT(Information Technology), NT(Nano Technology)

구 분	환경변화 요인*	해양분야에 미치는 영향
경 제	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 이동 증가 (교통수단의 발달, 물류확대) - 경제패권 다극화 - 신흥국 발전 - 녹색성장 가속화 - 육상자원의 고갈 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제교역 증가로 선박이동증가 및 선박의 대형화 - 해양자원의 경제적 가치 상승 - 동북아 교역 증대
사 회	<ul style="list-style-type: none"> - 고령화, 저출산 - 삶의 질 추구 - 웰빙, 로하스, 자연주의 등 - 안전안심사회 	<ul style="list-style-type: none"> - 수산자원 식량 이용 증가 - 해양사고로부터 안전 요구 증가
과학 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 초고속 교통 및 통신망 구축 - 인공위성의 다변화 - 다기능 휴대성 강화 - 인간, 사물, 정보의 융합화 	<ul style="list-style-type: none"> - BINT 융복합 기술 발전 - 해양위성 활용 수요 증대 - 고신뢰 원거리 무선통신 기술활용 가능
법·제도	<ul style="list-style-type: none"> - 자국이익관련 규제강화 - 각종 국제법 법률 논의 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제 해양법 관련 논란 지속 - 해양환경 관련 국제협력강화
환 경	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화의 가속화 - 에너지·자원 고갈 - 물부족 심화 - 지속가능한 발전 패러다임 - 식량부족 - 해양기인 재해의 대형화 - 해양생물자원 선점확보 가속화 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양기원 청정에너지 개발 수요 증대 - 해양기원 물 및 식량자원 개발요구 - 해양환경 관련 국제협력 강화 - 해수면 상승 및 해수온도 상승

*해양과학조사 및 예보기술 세부실행계획 수립(2010, 국토해양부)

제2절 국내·외 해양과학조사 추진현황

1. 국내 추진현황

가. 국제프로그램 참여를 통한 과학조사 현황

(1) 국내동향

- 지금까지 국내에서 수행된 대양탐사 연구는 한국해양연구원 주도로 '태평양 심해저 광물자원(망간단괴) 개발'과 '북서태평양, 적도역 및 남극해에 대한 해양관측 프로그램(POSEIDON, GAIA)'을 수행
 - 첫 번째 연구는 해저 광물자원 개발에 중점을 둔 연구이며, 두 번째 연구는 기후변화에 따른 해양의 물리화학적 환경변화 연구임
 - 해양생명자원 탐사 및 확보를 주목적으로 한 대양탐사는 지금까지 거의 전무한 실정이나, 위 두 탐사 연구를 통해 대양과 심해를 탐사할 수 있는 장비와 노하우가 축적되어 해양생명자원 탐사에 활용될 수 있는 기반이 구축된 상태임
- 국제공동해양시추프로그램(IODP: Integrated Ocean Drilling Program)의 참여를 통한 자료 확보 및 공동연구 추진
 - 1998년부터 1/12 회원 자격으로 IODP 사업에 참여하고 있으나, 회원 자격 요건상 미국, 일본 등 선진국에 비해 활발한 참여가 어려운 상태임
 - 매년 약 1~2명의 과학자가 시추선에 승선하면서 프로그램에 참여하고 있으며, 현재 국토해양부가 이 프로그램의 회원 비용을 지원하고 한국지질자원연구원이 한국 측 프로그램 참여를 관리하고 있는 상황임
 - 국제공동해양시추프로그램은 성격상 종합적인 해양과학분야의 참여가 절실하지만, 현재 한국에서는 이러한 참여가 매우 미약한 상태임
- 전지구적 해양기후감시 국제프로그램 중 ARGO와 같은 해양관측 프로그램에 한국해양연구원, 기상연구소 등이 일부 참여 중

- IMBER와 SOLAS 등의 기후변화에 대응한 국제 협력 연구프로그램에 일부 해양학자들이 참여하여 위원회 활동은 하고 있으나, 실질적인 연구를 위한 프로그램 개발로의 진전이 이루어지지 않고 있음
- 전지구적 해양관측의 경우 국내에서 이루어진 경우는 극히 미약하지만, 지구 환경변화에 대한 관심 증대에 따라 전지구적 해양관측의 필요성은 점차 증가하는 추세임
- 국내에서의 전지구적 해양과학조사는 외해에서 물리분야를 중심으로 연구되어지고 있으며 연안지역에 대한 연구는 미미한 수준임

(2) 국내 관련 연구사업 현황

- 한국해양연구원 기관 고유사업 및 국토해양부 R&D 사업으로 1998년 이후 현재까지 광역 탐사를 통해 심해 열수환경을 간접적으로 확인하고 유화광물과 열수환경으로 추정되는 퇴적물 시료를 확보하는 성과를 이루었음.
- 현재 진행 중인 대부분의 연구과제는 광물자원개발·확보를 위한 해저열수 광상 탐사 및 개발 분야에 편중되어 있기 때문에 심해 열수생태계와 구성 생물자원에 대한 전반적이고 체계적인 연구를 수행하지 못하고 있는 실정임
- 한국해양연구원은 2000~2008년 사이 남서태평양 해양생물자원 연구를 수행하였으나 9년 총사업비가 17억 원으로 도서국의 육지를 기반으로 한 연안에서의 생물자원 확보가 이루어졌으며, 대양과 심해 탐사를 통한 종합적이며 체계적인 생물자원 확보 연구는 수행되지 못하였음
- 한편, 한국해양연구원 부설 극지연구소는 1998~2006년 사이 남빙해에서 미래자원 확보를 위한 크릴자원 및 생태계조사를 수행하였으며, 극지생물 재현 및 활용기반구축 연구가 진행 중임
- 한국해양연구원은 2009년 전지구적 대양연구를 위한 연구거점 구축 기획연

구를 진행하여 전지구적 해양·기후관측 및 해양자원 개발을 위한 기획연구를 수행한 바 있으며, 2010년에는 해양바이오 기초·원천 기술개발에 대한 기획연구를 진행하여 해양생명체의 발굴, 생명현상규명 등 해양생명공학분야의 원천기술 및 시료를 체계적으로 확보하기 위한 기획연구를 수행하였음

- 전지구적인 기후변화는 해수면 상승에 의한 연안지역의 침수와 범람, 태풍, 해일과 같은 재난성 기상현상에 의한 연안재해, 바닷물의 산성화와 같은 연안 해양환경변화, 연안침식의 가속화에 의한 연안지역 감소, 온난화에 의한 어종변화와 어획량 감소 등 연안환경에 큰 악영향을 미치고 있음
- 기후변화에 대한 우리나라 외해에 대한 연구는 분야별 또는 주제별로 추진되어 왔으나 체계적이고 종합적인 계획에 의거하여 전략적으로 추진되지는 못하고 있으며, 전지구적 관점에서의 연안지역에 대한 총체적 연구는 거의 전무함

나. 양자 간 협력을 통한 과학조사현황

(1) 정부 간 양자 협력

□ 미국

○ 해양과학기술협력회의

- 목적

- 미국 해양대기청(NOAA)과 해양과학기술협력을 통해 해양과학기술 발전 기반 구축 및 선진 해양 정책 구현을 목적으로 하고 있음

- 추진경과

- '00년 11월 한·미 해양과학기술약정 체결
- '11년 현재까지 한국과 미국 간에 기금을 출연하여 주요사업 추진 및 단기기술연수 등 인력교류를 수행 중

- 주요의제

- 해양보호구역, 연안 해양 관측, Sea 그랜트, 양식개발 등 전반적 해양과학 기술 분야의 주요사업이 대상임

○ 수로기술회의(Hydrographic Technical Meeting)

- 목적

- 국제협력강화 및 선진 수로조사기술을 벤치마킹하여 기술발전을 도모하며, 상호 기술지원으로 해양과학조사업무의 효율적 수행을 목적으로 함

- 추진경과

- '69년부터 한·미간 시행해 온 합동수로측량의 효율적 수행과 해양에 관한 긴밀한 협력 및 해도제작의 전산화를 위하여 매년 양국이 교대로 회의를 개최
- 현재까지 국립해양조사원에 의해 동 수로기술회의는 한국해역에 대한 해양측량, 해양관측 등 해양조사 기술을 상호 교환하여 그 성과를 토대로 해도 및 수로서지를 간행함

- 주요의제

- 해안선 조사 및 측량기술 : 수로측량, 연안 해역 해저 정보 기술 등
- 해양관측 기술 : 관측선, 관측기 등

□ 중국

○ 환경협력공동위원회(The Joint Committee on Environmental Cooperation)

- 목적

- 한·중 환경협력이 종합 논의되는 정부 간 회의로 국토해양부는 동 채널을 통해 해양환경 분야 관련 양국 현안문제 및 국제협력 도모

- 추진경과

- '93년 11월 한·중 환경협력에 기초하여 한·중 환경협력공동위원회를 구성

- 양국은 환경협력 공동위원회를 통하여 환경과 관련된 양국의 공동 관심사에 대한 논의를 정기적으로 추진
- '95년 5월 한·중 환경협력공동위원회에서는 한·중 황해환경모니터링조사를 실시하기로 합의하여 '97년부터 매년 1회 공동조사를 실시
- 이외에 황사 및 해양환경 오염 등에 대한 논의 등을 지속적으로 추진 중임

- 주요의제

- 해양오염방지 정책, 해양환경정보화, 오염총량관리 등
- 한국측은 황해보전을 위한 해양환경 협력사업의 확대방안으로 발해만-시화호, 산샤 댐-새만금, 해수면 상승 및 슈퍼태풍 등 기후변화 영향 및 Ballast Water Convention에 대응한 황해 외래 유입종 현황조사 등 제안

□ 일본

○ 해양환경실무당국자회의

- 목적

- 국토해양부와 국토교통성 간 해양 정책 및 해양환경, 해양개발을 담당하는 부서 간 정례협의체 구성을 통해 해양환경 현안 및 협력사항 협의

- 추진경과

- '05년 제1차 회의를 계기로 매년 1회 양국에서 번갈아가며 개최되며 국장급 회의로 진행
- '09년 현재 제4차 회의까지 진행되며 협조시스템을 구축해 왔으나 동해, 남해, 동중국해의 해양환경 개선을 위한 긴밀한 협력이 추가적으로 요구됨

- 주요의제

- 해양환경, 개발, 관광 등
- 해양환경 보전, 해양쓰레기 문제 등

○ 수로기술회의(Hydrographic Technical Meeting)

- 목적

- 한·일 간 해양조사업무 협력 강화 및 최신 해양조사기술에 관한 정보교환을 통하여 양국의 기술 발전을 도모하며, 한·일 접속구역의 전자해도 간행에 대한 논의를 통하여 양국 전자해도 개발에 기여

- 추진경과

- '89년 일본 수로측량선 SHOYO 호의 방한과 '90년 부산 801호의 방일을 통하여 양국은 매년 교대로 회의를 개최
- 회의를 계기로 양국은 현안사항 해결과 기술협력을 통하여 양국의 수로 및 해양업무 발전에 크게 기여하고 있음
- 전자해도 개발을 위한 기술습득과 정보교환을 통하여 양국의 수로업무를 증진시키고 있음

- 주요의제

- 해양자료 교환 추진 및 전자해도 개발 정보교환
- '동해' 명칭 및 해양지명에 관한 의견 교환 및 상호 관심사 논의 등
- 동중국해 공동 해양과학조사
- 최근 지구온난화에 따른 해수면 상승에 대비, 양국이 추진 중인 사업현황 소개 및 공동협력방안 논의
- 연안 침수 실시간 모니터링 기법 및 예보시스템 개발에 관한 최신 기술 교환

(2) 연구기관 간 양자 협력

- 한국해양연구원이 해양과학조사 분야 선도국과 양자간 MOU체결을 통해 전지구적 해양과학조사를 위한 공동연구를 선도하고 있는 상황이며, 국립해양조사원, 국립수산과학원, 한국지질자원연구원, 기상청 등에서 사안에 따라 양자간 협력을 추진하고 있음
- 미국과의 협력에 있어, 국립해양대기청(NOAA) 및 하와이대학 해양지구과학기술학부(SOEST)와의 양자간 협력을 통해 심해저사업 등 태평양 탐사사업 공동승선, 기후변화 공동연구, 연구인력 교류프로그램, 연구 자료교환, 공동연구사업 발굴 및 수행 등을 시행하고 있음

- 영국과의 협력에 있어, 해양생물 연구중심으로 플리머스 해양연구소(PML)와 협력이 시행되고 있으며 영국국립해양학센터(NOC)와는 해양물리, 해양지질, 해양화학, 해양생물, 장비, 전문가 교류 등 해양과학조사 전반에 걸쳐 공동협력 중임
- 일본과의 협력에 있어, 일본해양과학기술센터(JAMSTEC) 및 연안개발연구소(CDIT)와 해저사면안정성, 연안재해, 쓰나미 등의 해양과학 분야에 대해 공동협력 중임

표 2-2. 전지구적 해양과학조사 분야 연구기관 간 양자간 협력 현황

국가	협약일자	기관명	협약내용
미국	2011. 1	우즈홀 해양연구소(WHOI)	해양과학연구 협력 및 전문가 교류
	2009. 9	미국 국립해양대기청(NOAA)	해양과학연구 협력 및 KORDI-NOAA LAB 설립
	2009. 2	미군 기술개발센터	공동연구사업 발굴 및 수행
	2007. 3	해양생물지리정보국시스템 사무국(OBIS)	해양생물조사 프로젝트 공동수행 및 해양생물의 기초분석자료 제공 및 공유
	2007. 1	생물바코드 컨소시엄(CBOL)	해양생물분석 및 바코드화 관리 컨소시엄 가입 및 공동협력
	2001. 8	국립대기과학연구소(NCAR)	연구자료교환, 연구결과 보고서 공동발간 및 공동연구
	2001. 8	하와이대학 해양지구과학기술학부(SOEST)	심해저사업 등 태평양 탐사사업 공동승선 등 자료교환
영국	2011. 4	플리머스 해양연구소(PML)	해양과학연구 협력 및 KORDI-EU LAB 설립
	2011. 1	영국국립해양학센터(NOC)	공동연구협력개발을 위한 인적 및 연구자료 교환
이탈리아	2010. 4	이탈리아 항공우주국	태풍예측향상을 위한 바람장과 해황연구를 위한 데이터 활용
일본	2009. 10	일본 연안개발연구소(CDIT)	쓰나미 관련 공동연구
	2010. 3	일본해양과학기술센터(JAMSTEC)	해양과학조사 공동협력
러시아	2010. 9	태평양생유기화학연구소(PIBOC)	해양바이오 관련 공동연구협력
	2000. 5	러시아 연방 극지연구센터	극지연구분야 인력교환 및 공동연구
인도네시아	2010. 6	디포네고로 대학(UNDIP)	해양바이오 관련 공동연구협력
	2007. 1	인도네시아 과학연구소(LIPI)	해양과학기술개발 공동협력
중국	2010. 9	중국 해양대학교	해양과학연구 협력 및 전문가 교류
	2007. 10	국가해양국(SOA) 제1해양연구소(FIO)	연안재해예보 관련 공동연구협력

국가	협약일자	기관명	협약내용
	2007. 7	서부감측설계(NWH)	서태평양 해역의 유류유출 대응 및 해양 생태계 복원에 대한 공동연구
	2006. 1	SOA 북해분극(NCSMC-SOA)	황해 한중공동해양부이 설치, 운영
	2000. 10	중국극지연구소(PRIC)	극지연구분야 인력교환 및 공동연구
	2000. 10	란저우 빙하연구소(CAREERI)	극지연구분야 인력교환 및 공동연구
마이크로 네시아 연방	2010. 8	축주(CHUUK state)	해양생물자원 반입, 반출 협력 및 해양생물 양식 기술 개발협력
	2004. 11	코스래주(KOSRAE state)	공동 해양생물자원개발 연구
호주	2004. 3	CSIRO 해양연구소	해양 Argo float 공동 투하
독일	2007. 6	알프레드 베게너 연구소(AWI)	아라온호를 활용한 극지연구 공동협력

2. 국외 추진현황

○ 해양대기관측프로그램

- 1985년 이후 열대해양대기관측프로그램(TOGA)을 미국에서 시작하여 적도 해역에 해양-대기감시를 위한 TAO(Tropical Atmosphere Ocean) array를 설치 운영하는 사업을 현재까지 지속중임
- 1998년 이후 TOGA 프로그램에 참여하여 TRITON(Triangle Trans-Ocean B uoy Network) array를 유지하고 있음
- 태평양의 TAO 관측망을 시작으로 대서양(PIRATA)과 인도양(RAMA)으로 관측망이 확장 구축되고 있으며, 인도양의 RAMA 프로그램에는 최근 일본 과 중국이 참여중임
- 중국은 서태평양 및 인도네시아 통과류(ITF)를 관측하는 북서태평양 해양순환 및 기후관측(NPOCE) 프로그램을 2010년에 IOC/CLIVAR(기후변동성연구)에 국제프로그램으로 등록하였음
- 최근의 국제 관측프로그램은 인공위성(SST, SSH, 해색) 이외에 각종센서를 부착한 계류관측망 운영, 심해(ARGO)/표층 뜰개의 투하, 글라이더(sea-glider)를 이용한 원격 운용관측 형태로 전환되고 있음

○ 전지구적 해양 관측 프로그램

- 1970년대 GEOSECS(Geochemical Section Study)를 필두로 1990년대 WOCE

(World Ocean Circulation Experiment), 2000년대 CLIVAR(Climate Variability and Predictability Program)을 중심으로 해양관측 프로그램이 추진됨. 대부분의 경우 명칭은 변경되었으나 실질적으로 이루어진 관측은 큰 차이를 보이지 않고 있음

- 연구의 목적은 90년대 해수 순환 중심에서 2000년대에는 기후변화 대응으로 변경되어 현재는 기후변화 대응을 위한 연구가 대부분을 차지하고 있음

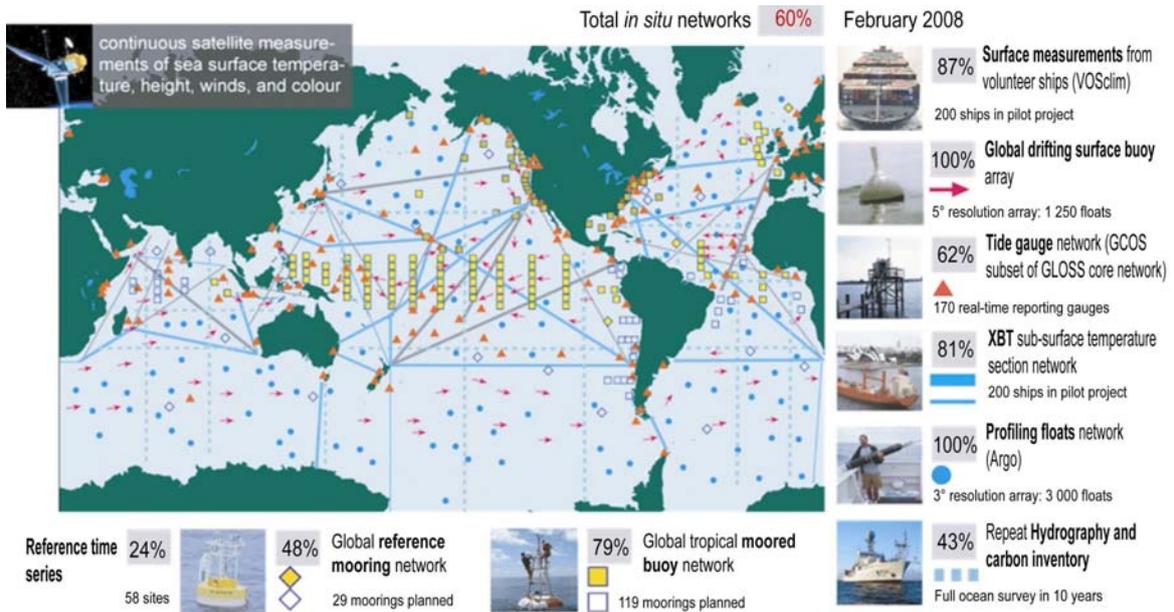


그림 2-1. JCOOM observing system

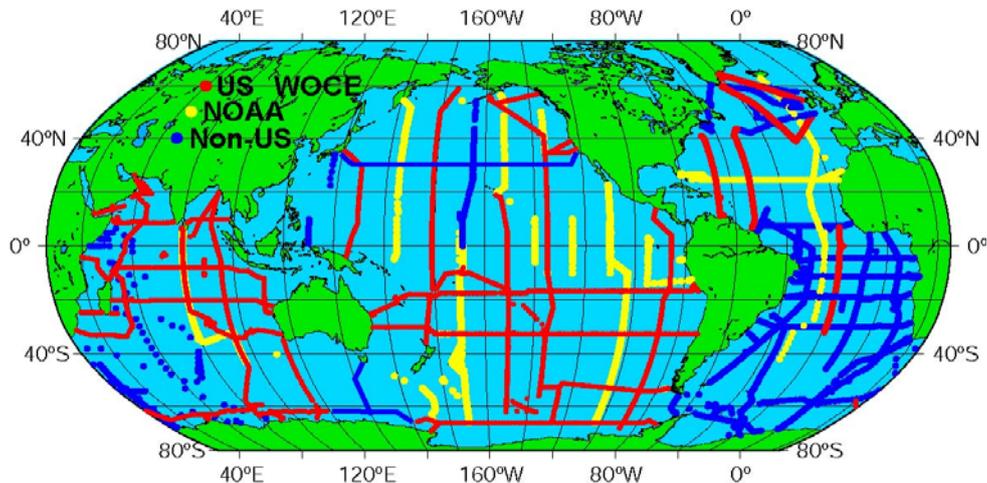


그림 2-2. WOCE 관측선

○ 국제공동해양시추프로그램(IODP)

- 심해에서 천해까지 다양한 해양환경에서 지각, 해령, 해양퇴적물, 기후변화, 환경변화 등 다양한 최신 주제에 대해 활발한 연구를 수행하고 있으며, 현재 두 개(JOIDES와 Chikyu)의 시추선을 이용하여 1년에 약 4~6개의 조사항차를 수행함
- 최근에는 세계적인 경제 불황으로 일본과 미국이 조사선 운용비용을 충분하게 지원하기 어려워지면서 중국과 인도가 프로그램에 참여를 확대하여 활발하게 연구를 추진하고 있는 상황임

○ InterRidge, NEPTUNE, RidgeView 및 NOAA Vents Program

- 해령(seafloor spreading ridge)과 이와 관련된 해양지각, 지진, 해저화산, 맨틀 및 해저열수, 열수 생물에 대한 국제공동프로그램임
- 국제공동프로그램을 통해 최첨단 심해연구 장비와 조사방법이 선보이고, 새로운 연구결과가 도출되면서 이 분야의 장기적인 연구 방향과 내용을 선도

○ Delta Research and Global Observation Network(DRAGON) 및 Coastal Inlet Research Program

- 인간생활에 직접적으로 관련이 있는 강하구와 삼각주 등 연안환경에 대해 미국, 영국, 독일을 중심으로 수행되고 있는 프로그램
- 이들 프로그램을 통해 해수면변화, 기후변화에 따른 전지구적인 강 하구와 삼각주 등 연안환경의 변화 양상을 모니터링하고 또한 인간의 영향으로 인한 이들의 환경 변화를 연구

○ Sorcerer II Global Ocean Sampling(GOS) Expedition (2003~2010)

- 미국 Dr. Craig Venter가 “해양 미생물 군집의 유전적 다양성 확인 및 자연의 기초 과정 이해”라는 제목 하에 2003년부터 2010년까지 전 세계 대양의 해양 미생물 자원관 유전자원을 채집 중
- 본 프로그램에서는 전 대양에 걸친 탐사라인을 따라 매 200마일 마다 200~400리터의 해수를 채집하여 그 속의 모든 미생물 유전자를 분석

○ TARA Oceans Project (2009.9~2012.11)

- 프랑스를 중심으로 한 유럽 국가들과 미국의 연구기관이 연합하여 “살아있

는 바다와 높은 이산화탄소 농도 세계에서 바다의 운명”이라는 제목으로 지구 기후 변화에 따른 해양 생물의 변화를 연구한다는 명분을 갖고, 전 세계 해양의 다양한 생명 및 유전자원을 대량 채집하려는 프로그램

- 채집 대상 생물군은 바이러스, 박테리아, 원생생물, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 무척추동물, 산호, 해조류 등 생물계 대부분의 생물을 포함하며 메타게놈 유전자원도 분석 대상에 포함
- 또한 생태환경에 대한 자료 조사도 병행되어 해양생물과 해양생태환경의 관계분석도 실시할 예정임

○ Census of Marine Life Program (2004~2010)

- 미국을 중심으로 전 세계 연구기관이 참여하여 “해양생물의 과거와 현재 그리고 미래” 라는 주제 하에 진행되는 전 세계 바다의 모든 생물종을 확인, 목록화하려는 프로그램
- 이 중, 해양 동물플랑크톤 종과 분포 확인 및 해양생태계 분석을 목적으로 하는 Census of Marine Zooplankton(CMarZ) 프로그램에서만 2009년까지 80회 이상의 항해를 통해 15개 아문 6,800종 이상을 확인

○ SORA 2009(South Pacific Ocean Research Activity 2009)

- 최근 시작되는 일본의 대양 연구 프로그램으로서 태평양을 가로지르며 해저지질 및 해양환경 변동 복원 연구, 해양대순환에 따른 열과 물질 수송 및 변동 연구 등을 수행할 예정
- 해양생물자원 확보가 연구목적에 확실하게 드러나 있지 않으나, 대양탐사 프로그램을 지속적으로 추진함으로써 대양탐사기술을 축적하고 Bio Hotspot인 심해열수구를 탐사하려는 목적을 갖고 있는 것으로 파악되고 있음
- 주요 연구주제는 남태평양 및 섭입대에서의 지질학, 지구 물리학적 연구 및 칠레해역에서의 고해양 환경 변동 복원 연구 및 해양대순환에 의한 열, 물질 수송과 그 변동에 관한 연구 등임

○ GEOTRACES 프로그램

- 해양의 주요 미량원소와 이들의 동위원소의 분포를 결정하는 과정을 이해하고 플럭스를 정량화하여 환경변화에 따른 이들 분포의 변화정도를 밝혀 범지구적 해양생지화학적 순환을 연구하는 국제프로그램

- 1970년대의 GEOSECS(Geochemical Ocean Sections Study) 국제프로그램 이후 해양화학 분야를 중심으로 한 국제공동연구의 부재로 2003년에 해양화학 과학자그룹을 중심으로 GEOTRACES 국제 연구 프로그램의 운영위원회가 구성되어 시작되었으며, 2010년 2월에 10년 이상의 장기 프로그램으로 공식 출범되었음

- 유럽 기후변화프로그램(ECCP : European Climate Change Programme)
 - 유럽 환경연합에서는 2000년 이후 유럽 기후변화 프로그램을 통하여 전지구적 기후변화에 공동으로 대응하기 위한 연구를 지속적으로 추진해오고 있음. Working group 보고서인 ‘Marine and Coastal Zones Sectoral Report’ (<http://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/docs/marine.pdf>)을 통하여 기후변화에 따른 연안재해에 대한 심각성을 인식하고, 해양기인성 연안재해 대응 연구 확대를 추진 중임

- 미국 NOAA의 NOS International Program Office
 - 국제협력 프로그램을 통하여 기후변화에 의한 연안의 영향을 파악하여 국제사회의 정책결정에 도움을 주려고 함(<http://nosinternational.noaa.gov>). 향후 우리나라는 이러한 국제 프로그램에 참여하기 위한 적극적인 노력이 필요하며 연안에 대해서도 해양과학조사의 중장기 계획을 수립하여야 함

- 미국 CSO(Coastal States Organization)
 - 2008년에 연안을 가지고 있는 35개 주에 대하여 조사한 결과를 바탕으로 ‘The Role of Coastal Zone Management Programs in Adaptation to Climate Change’ 보고서를 작성하여 전지구적 기후변화에 대한 미국의 연안관리 프로그램의 현재와 미래의 역할을 제시하였음

- 미국 버지니아해양연구소(VIMS : Virginia Institute of Marine Science)
 - 기후변화와 관련된 연안오염, 연안생태, 연안 해수면 상승 등에 대하여 연구하여 연안에서의 기후변화 백서를 발간하고 있으며(<http://www.vims.edu/>), 기후변화가 연안생태계에 미치는 영향을 중점적으로 연구 중임

- 결론적으로 미국, 유럽, 중국과 일본 등 세계의 많은 나라들은 지구 환경변화에 대응한 국제협력 연구프로그램의 개발 및 연구 활동에 적극적으로 참가하여 기후변화 대응, 지구생태계의 보존과 지속가능한 이용 등을 위한 연구를 수행중이며 국가별로 지역해 연구를 국제협력연구와 연계하여 진행하고 있음

표 2-3. 국내외 해양과학조사 현황

구분	해양과학조사 프로그램
국제기구 (GOOS)	- GOSIC - QUIJOTE - ChloroGIN - IODE's Ocean Portal - GHRSSST - ANTRARES - ChloroGIN Africa
미 국 (NOAA)	- OOI - IODP - NURP
일 본 (종합해양행정본부)	- ARGO계획 - IOMICS - IODP - TRITON
유 럽 (EuroGOOS)	- Euro-ARGO - ANIMATE - Eurofleets - IOPAS - SeaDataNet - EuroSITES
한 국 (국토해양부)	- 국가해양기본도조사 - EEZ경계 및 대륙붕 조사 - 해양관측망 인프라 구축 - 종합해양과학기지구축 - 해양관측위성개발 - IODP

제3절 시사점 및 향후 추진방향

1. 국내 시사점

- 기후변화 대응 연구과제와 심해저 광물자원 탐사개발 과제 등이 단위과제의 형태로 추진
- 해양생물자원 확보를 위한 전문 프로그램이나 대형과제를 통한 대양탐사는 전무
- 국제기구의 참여는 단위과제나 연구자의 학문적 관심에 따라 대응하는 수준에 불과
- 심해저 광물자원, 극한환경 생명체 등을 탐사하는 연구사업을 독자적으로 추진하기 위한 심해/대양 연구장비·기기에 관한 인프라 구축이 미약한 수준이며, 이러한 연구장비·기기를 운용할 수 있는 기술력 및 인력 또한 부족한 상황

2. 국외 시사점

- 개별 국가차원의 연구를 뛰어넘어 국제기구 및 국제협력을 통해 기후변화 등 전지구적 문제를 해결하기 위한 노력이 갈수록 확대
- 국가의 체계적인 연구비 지원을 받아 국제적인 대형연구프로그램을 개발하고 다수의 국가들이 참여하는 국제공동연구를 추진중
- 대형연구프로그램을 통해 해양자원 확보, 기후변화 대응 등 국제적 현안문제 해결을 위한 국제기구에서의 발언권 확보 및 자국의 이익보호의 기회로 활용

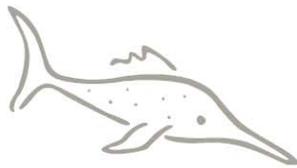
3. 향후 추진방향

- 국제기구 및 국제 연구프로그램에 대한 참여의 시급성, 학문적 중요성, 국내 연구방향과의 부합성, 국제사회에서의 주도가능성 등을 고려하여 우선순위를 설정하고, 국가 차원에서 체계적으로 지원하여 국제적 문제 해결에 기여, 국격에 맞는 발언권 확보 기회로 활용

- 국내 연안에 직접 영향을 미치는 태평양 및 인도양을 중심으로 대형 연구프로그램을 개발하여 주변국과의 공동연구 추진, 자원탐사, 기후변화 대응 등 대형 연구 추진이 필요함

- 개발된 대형연구프로그램을 통해 우리나라에 직접 영향을 미치거나 우선순위가 높은 국제기구에 적극 대응하여 우리나라의 입장을 대변할 수 있도록 체계적인 지원체계 구축

Ⅲ. 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향



Ⅲ. 전지구적 해양과학조사 연구 중장기 발전방향

제1절 2020년 발전 장기비전 및 목표

비 전

◎ 전지구적 해양과학조사 연구 및 기술개발을 통한
글로벌 선도역량 확보

목 표

- ◇ 기후변화 대응 및 자원확보 등 대양탐사를 통한 국제적 현안문제 해결
- ◇ 해양광물·생물자원의 확보를 통한 해양경제영토 확보
- ◇ 전지구적 해양과학조사 연구 국제 해양과학협력 선도

중점 추진분야

참여확대 국제 프로그램 선정 및 추진	확대해야 할 전지구적 해양 과학조사 연구사업 선정 및 추진	신규 해양과학조사 과제의 신설 및 추진	대양탐사 인프라구축 및 인력양성
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해양과학조사사업으로서의 적합성, 참여의 시급성, 진입 용이성, 국내연구와의 연관성 등을 고려하여 선정 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현재 국내에서 추진되고 있는 기후변화 대응, 생태계 탐사, 광물자원탐사·개발 연구사업을 점차 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대양탐사를 통한 해양기후 변화 및 대양생태계 연구 ▪ 전략급속광물자원탐사 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구
<ul style="list-style-type: none"> - 국가차원에서 체계적 지원을 통해 국제적 현안문제 해결 · GOOS · NEAR-GOOS · CLIVAR · IMBER · SOLAS · GEOTRACES · BIO-GEOTRACES · C-MORE · GLOSS · DBCP · GHRSSST 	<ul style="list-style-type: none"> - 대형연구선 활용, 다학제적 협력, 관련 국제프로그램과의 협력 등을 통해 연구범위 확대 및 활성화 · POSEIDON · GAIA · ARGO · IODP · 극지 기후변화 관측 및 예측 기술 · 고기후, 고환경 복원과 미래 기후예측 · 서남극 결빙해역 순환 및 하위생태계 특성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측 연구 - 전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질순환 시스템 반응연구 - 대양생태계 기능 규명 및 활용연구 - 남서태평양 망간각 탐사 기술개발 - 피지 해저열수광상 탐사 	<ul style="list-style-type: none"> - 심해 해저면 탐사 및 채취 시스템 구축 - 첨단 장비·기기의 운영기술력 확보 - 젊고 유능한 운영기술 인력 양성

1. 중장기 발전방향의 목표

- 기후변화 대응 및 생물자원 종다양성 확보 등 대양탐사를 통한 국제적 현안 문제 해결 추진
 - 해양바이오 등 신성장 동력산업의 창출 및 차세대 자원 선점을 위한 대양 탐사로 해양생물 및 미생물 자원의 종다양성 확보
 - 생물자원의 종다양성 확보를 위해 20년까지 20,000종 확보
 - 전지구적 해양과학조사를 통한 기후변화 및 자연재해의 확대, 해양생태계 교란, 해양산성화 등 글로벌 이슈 해결에 적극적으로 참여하여 국격 제고 및 위상 강화
 - 기후변화 대응 및 해양생태계 탐사 등 대형과제를 발굴·추진하여 조사 영역을 태평양, 인도양, 남·북극 등으로 확대하기 위한 대형연구프로그램의 추진
 - 국제기구와의 국제 공동연구를 적극 추진하여 각종 자료의 조기 확보 및 현안문제 해결 추진
 - GOOS, IMBER, SOLAS 등 우선순위가 부여된 8개의 국제기구 연구프로그램을 우선적으로 지원하여 실질적인 국제기구 및 연구프로그램에서의 연구영역 확대
- 해양과학조사를 통한 해양경제영토의 확보
 - 해양관할권 경쟁 및 영토분쟁의 심화에 대비한 영해, EEZ, 대륙붕 등 해양 영토의 실효적 지배역량 강화
 - 대양탐사를 통해 축적된 기술력과 노하우를 독도 등 해양영토의 효과적 관리역량 강화에 활용하여 영토분쟁에 활용
 - 자원 및 에너지자원 고갈에 대비한 망간단괴, 망간각, 해저열수광상 등 심해저 광물자원 광구획득 및 개발로 해양 경제영토의 확보
 - 기존에 추진하는 심해저 망간단괴 개발뿐만 아니라 망간각, 해저열수광상 탐사를 통해 해저광물자원 개발권을 확보하여 신 해양산업 육성 및 신국부 창출

- 심해저 망간단괴 개발권, 통가 해저열수광상 독점탐사권 획득에 이어 2020년까지 망간각, 해저열수광상 탐사를 통해 최소 2개 이상의 개발권 획득 추진

- 새로운 국제질서에 대비한 대양 및 극지탐사를 통한 해양영역 확대
 - 해양과학조사 영역확대를 위하여 남극 대륙기지 건설, 대형연구선 건조시기에 맞추어 대형연구프로그램 신설 추진

○ 글로벌 해양과학조사 국제협력의 선도

- 인도네시아, 마이크로네시아, 페루, 남·북극 등을 연결하는 태평양 및 대서양 지역의 대양탐사 벨트를 구축하기 위한 양자간/다자간 국제협력 강화
 - 인도네시아(인도양/태평양)-마이크로네시아(서태평양)-페루 등을 연결하는 해양과학조사 벨트 구축과 연계하여 대양탐사 기반을 '13년말까지 구축 완료 추진

- 국제기구 참여 및 연구 확대를 통한 공동 해양과학조사 확대
 - 국제 현안문제 해결을 위하여 대양에 대해서는 국제기구 연구프로그램을 통해 참여하고, 각국의 EEZ에 대해서는 양자간 협력을 통해 추진하는 이원적 전략 추진

- 전지구적 해양과학조사 역량 강화 및 국제협력을 통해 해양과학조사 영역을 대서양, 극지 주변지역으로 확대
 - 5,000톤급 대형연구선 건조, 아라온호 및 심해무인잠수정, 남극 대륙기지 건설 등 대형 연구인프라 구축 및 활용을 통한 전지구 대양탐사능력 확보

제2절 추진전략

추진전략 1

국제 해양과학조사 프로그램 참여확대 추진

- 국제기구와의 협력을 통한 해양과학조사 참여 확대
- 조사대상 지역을 전지구적으로 확대하기 위한 방안 도출

추진전략 2

국내에서 추진·진행 중인 해양과학조사 확대 추진

- 대형연구선과 같은 대형인프라를 활용하는 해양과학조사 추진
- 전지구적 해양 탐사와 연계한 연구사업 구성
- 분야간 융·복합을 통한 협력형 연구 개발 추구

추진전략 3

신규 해양과학조사 과제의 도출 추진

- 대형과제 중심의 산·학·연 공동 추진체계 정립
- 기후변화 대응 및 대양탐사 대형과제를 도출하여 전략적 투자 확대
- 자원고갈에 대비한 해양생물 및 광물자원의 선행적 확보를 위한 대형탐사 추진

추진전략 4

인프라 구축 및 인력양성

- 전지구적 해양과학조사를 위한 인프라 구축 및 활용방안 정립
- 대형 해양과학조사 과제를 활용한 인력양성 추진

1. 참여확대 국제프로그램 선정 및 주요내용

가. 참여확대 국제프로그램 선정

(1) 선정기준 및 방법

- 국가적인 차원에서 학·연 공동으로 확대 추진이 필요한 국제 프로그램을 전략적으로 선정하여 추진함으로써
 - 관련 연구 분야에서 독자적·독창적 연구능력 배양 및 관련 정보·자료를 조기 확보할 수 있도록 하고
 - 안정적인 연구예산을 확보하기 전까지 신규 대형프로그램 과제에 포함시켜 지원함

- 참여확대 국제프로그램의 선정기준은 아래 요소들을 고려하여 도출함²⁾
 - 해양과학조사사업으로서의 적합성
 - 국제프로그램 참여의 시급성
 - 국제프로그램 진입의 용이성
 - 국내추진 연구프로젝트와의 연관성
 - 대형인프라(연구선 등) 사용을 통한 공동연구 가능성
 - 향후 프로젝트 개발 및 주도 가능성

- 참여확대 국제프로그램의 선정방법은
 - 부록에 첨부된 국제프로그램과 연구자들이 별도로 필요하다고 생각하는 국제프로그램을 전문가들에게 제시하고 선정기준에 따라 ABC 방식으로 평가하여 선정함
 - 해양과학기술 전문가 20명으로 평가위원회를 구성하여, 평가결과 상위 8개 프로그램을 선정함

2) 연구분야의 과학적 중요성의 척도는 매우 높게 평가되나 대부분의 응답이 A로 나타나 변별력이 부족하여 제외함

○ 선정된 프로그램에 대해서는

- 기후변화 및 해양생태계 분야와 관련된 프로그램은 대형 신규과제에 포함시켜 지원하는 방안을 강구하고
- 위의 두 연구 분야에 포함되지 않는 프로그램 또는 신규과제에 포함되지 않는 프로그램은 별도의 기획을 추진하여 예산확보방안 추진함

표 3-1. 참여확대 국제프로그램 및 우선순위

연구 프로그램	적합성	시급성	진입 용이성	국내 연구와의 연관성	공동연구 가능성	주도 가능성	우선 순위*
지구해양관측시스템 (GOOS)	A	A	B	A	A	B	2
동북아해양관측시스템 (NEAR-GOOS)	B	B	A	A	B	A	3
기후변동성과 예측성 (CLIVAR)	A	A	B	B	A	B	3
해양생지화학 및 생태계 통합연구(IMBER)	A	B	A	A	A	A	1
SOLAS ³⁾	A	A	B	B	A	B	3
GEOTRACES ⁴⁾	A	B	A	B	B	A	3
BIO-GEOTRACES	C	C	B	B	B	B	6
C-MORE ⁵⁾	B	B	B	B	B	B	4
전지구해수위관측시스템 (GLOSS)	C	C	C	B	B	B	7
데이터부이협력패널 (DBCP)	C	C	B	A	B	B	5
고해상도 해수면온도 선도 프로젝트(GHRSSST)	C	C	C	B	B	B	9
태평양 쓰나미 경보센터 (PTWC)	C	C	C	A	B	B	6

* A = 3, B = 2, C = 1 point 로 적용하여 순위 계산

3) Surface Ocean-Lower Atmospheric Study Project

4) An International Study of the Marine Biogeochemical Cycles of Trace Elements and their Isotopes

5) Center for microbial oceanography: research and education

(2) 참여확대 프로그램의 주요 내용

○ 지구해양관측시스템(GOOS)

- 개요

- 1980년대 정부간해양위원회(IOC)의 기술위원회에서 기원되었으며, 시시각각 변하는 기후변화의 예보와 실시간 예보를 목표로 장기적인 범지구적 해양관측 시스템의 개념이 요구되어짐

- 목적과 미션

- UN과 UNESCO의 후원으로 범지구적 해양관측 프로그램들의 조직으로서, 전 세계의 다양한 해양관측 자료들로 운영하고 있음
- 날씨와 기후를 예측 및 모니터링, 해양자원을 포함한 해양 상태의 이해와 예보, 해상 연안 생태계의 관리 증진, 자연발생적 위험물질 및 오염물질로부터의 피해 최소화, 연안 자원의 보호 및 과학적 연구 수행이라는 미션을 두고 있음

○ 동북아해양관측시스템(NEAR-GOOS)

- 개요

- 1993년 UNESCO 제27차 정기총회에서 결의되었으며, 중국, 일본, 한국, 러시아가 회원으로 참여하는 NEAR-GOOS 조정위원회를 1996년부터 개최함

- 목적과 미션

- 해양자료 정보와 관련 기술을 상호 공유함으로써 동북아 해역의 기후·기상변화를 감시하고 예측하는 연구 진행
- 지역의 해양서비스 개선, 파랑·폭풍·해일 해빙 등에 의한 자연재해의 영향을 예측하는데 유용한 자료와 정보 제공, 적조 등 수산 활동에 영향을 미치는 변수 모니터링, 수치모형실험, 예보 등에 필요한 자료 제공 등을 주요 미션으로 두고 있음

○ 기후변동성과 예측성(CLIVAR)

- 개요

- 해양연구위원회(SCOR)에 의해 2000년대에 전지구적 해양관측 프로그램으로 CLIVAR 구상
- SCOR에서 추진되어온 해양관측프로그램은 1990년대에는 해수순환 관측이 주요 연구목표였으나, 2000년대 들어서는 기후변화로 변경됨

- 목적과 미션

- 시계열적인 관측과 분석, 정보의 수집을 통해 기후변동성 및 예측성에 대한 물리적 프로세스를 이해
- 지구 예측 모델의 개발을 통한 기후 예측의 범위 및 정확성 제고
- 복사활동 가스와 aerosol의 증가에 의한 기후 시스템의 반응을 예측 및 이해
- 자연 기후 신호의 인위적인 수정을 감지하기 위해 예측된 기후와 관측된 실제 기후를 비교

○ 해양생지화학 및 생태계 통합연구(IMBER)

- 개요

- IMBER는 IGBP와 SCOR에서 지원하는 국제프로젝트로서 해양의 생지화학적 순환과 생태계에 연구 초점이 맞추어져 있음

- 목표

- 전지구적 변화에 따른 해양의 생지화학적 순환과 생태계의 민감도를 연 단위 혹은 10년 단위로 조사하는 것으로, 현재 IMBER의 과학조사에는 24개국이 참여하고 있음

- 연구분야

- 생지화학적 순환과 해양먹이망의 상호관계
- 해양의 주요 생지화학적 순환, 생태계 그리고 이들의 상호관계가 전지구적 변화에 끼치는 영향
- 해양 생지화학과 생태계가 기후 조절에서의 역할

○ SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmospheric Study Project)

- 개요

- 2000년 2월에 독일에서 개최된 International SOLAS Open Science Meeting에서 설립되어 2001년부터 진행 중인 공동-후원 프로젝트
- SOLAS 프로젝트들은 국제적 연구로 75개국 1,900여명의 과학자들이 참여하고 있음

- 목적과 미션

- 해양과 대기간의 생지화학적-물리학적(biogeochemical-physical) 상호작용과 피드백 이해, 국제프로그램으로서 기후환경 변화가 해양과 대기의 시스템에 어떤 영향을 주는가를 규명하며, 지구시스템과학 협력체(파트너십)의 일부로서 프로젝트들을 운영을 통해서 그리고 이것이 어떻게 영향을 미치고 기후와 환경변화에 영향을 받는가에 대한 양적인 이해를 증진시키고자 함

○ GEOTRACES(미량원소 및 동위원소 조사 국제프로그램, An International Study of the Marine Biogeochemical Cycles of Trace Elements and their Isotopes)

- 개요

- SCOR를 통해 시작된 연구 프로그램 중 하나이며, GEOTRACES는 해양의 주요 미량원소와 이들의 동위원소의 분포를 결정하는 과정을 이해하고 플럭스를 정량화하여 환경변화에 따른 이들 분포의 변화정도를 밝혀 범지구적 해양 생지화학적 순환을 연구하기 위한 국제프로그램임
- 1970년대의 GEOSECS(Geochemical Ocean Sections Study) 국제프로그램 이후 해양화학 분야를 중심으로 한 국제공동연구의 부재로 2003년에 해양화학 과학자그룹을 중심으로 GEOTRACES 국제 연구 프로그램의 운영 위원회가 구성되어 시작되었으며, 2010년 2월에 10년 이상의 장기 프로그램으로 공식 출범

- 목적과 미션

- 기후변화가 해양에 미치는 영향에 이해하기 위해서 주요 미량원소와 그들의 동위원소에 대한 기본적 분포를 파악해야 하고, 인간의 활동이 이 요소들의 농도에 미치는 영향을 지구적으로 파악하고자 함

○ BIOGEOTRACES

- 개요

- 최근 들어 해양의 미량원소들에게 영향을 미치거나 영향을 받는 것은 결국은 생물요소라는 사실이 강조되면서, 미세 하위생태계의 생물적 요소의 중요성을 인식하여 2010년부터 BIOGEOTRACES가 비공식적 국제연구 프로그램으로 시작됨

- 연구분야

- GEOTRACES 플랫폼을 사용하여 미량원소분포와 연계한 식물플랑크톤 분포 및 활동의 지구적 규모 연구
 - 생지화학적으로 중요한 식물플랑크톤 그룹에 대한 분자학적 생리의 지구적 조사
- 질소고정자, Coccolithophores, picophytoplankton, 규조류 등

○ C-MORE(Center for microbial oceanography: research and education)

- 개요

- C-MORE 프로그램은 2006년 8월에 미국 국립과학재단의 지원받아 과학기술센터 프로그램으로 시작
- 개념을 지구시스템으로 연결하는 연구를 수행하는 것을 주 임무로 추진함

- 목적과 미션

- 해양의 기반역할을 주도하고 있는 해양미세생물들의 다양한 군집에 대한 이해를 향상시키는데 기여하고 촉진하고자 하는 것임
- 물질대사 조절 및 환경조절의 유전/분자학적 발현 등을 포함한 유전/분자학을 기초로 한 해양미세생물의 생지화학분야에서부터 해양환경에서의 탄소 및 관련 생물요소와 에너지의 플럭스를 강조하는 프로세스분야 등이 주요 연구분야임

2. 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정 및 주요내용

가. 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업

(1) 확대 가능 연구분야의 선정

- 전지구적 해양과학조사 연구는 연구선 등 대형인프라의 활용이 필요하기 때문에, 이러한 여건과 인프라를 갖추고 있는 일부 연구기관에서 단편적으로 추진
 - 한국해양연구원, 극지연구소, 지질자원연구원 등 일부 기관을 중심으로 추진되고 있으나 추진실적은 미미한 실정임

- 특히 해양분야에서 연구결과를 도출하기 위해서는 장기간의 연구와 막대한 연구비가 소요되기 때문에 국가적인 차원에서 전략적으로 선정된 과제를 중심으로 추진중
 - 개별 연구기관이나 대학이 독자적으로 추진하기보다는 국가적인 차원에서 산·학·연 협력체계를 구축하고, 우선순위를 선정하여 집중적으로 지원하는 전략적 추진이 요구됨

- 국가적인 차원에서 연구사업을 선정·추진하기 위해서는 해양을 둘러싼 국내외 여건변화, 과제추진의 적합성, 시급성 및 중요성, 파급효과 등에 대한 면밀한 검토와 비교가 필요함
 - 반면에 연구사업마다 추진배경 및 연구목적이 서로 상이할 뿐만 아니라 연구내용이 복합적인 과제가 많기 때문에 이들 사업을 일률적인 기준에 의해 평가하는 것은 매우 어려움

- 앞 절에서 살펴본 국내외 환경 및 여건의 변화, 과제추진의 적합성, 시급성 및 중요성 등을 종합적으로 고려하여 개별 연구사업을 선정하기 보다는 확대해야 할 주요 연구분야를 선정하고, 이들 분야에서 추진되고 있는 주요과제에 대해 검토하고자 함

- 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구분야로는
 - 지구온난화에 대비하기 위한 기후변화 연구
 - 해양생물자원 확보를 위한 생태계 탐사연구
 - 국가 전략금속광물자원의 탐사·개발 등으로 분석됨

표 3-2. 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 프로그램 및 우선순위

연구 프로그램	적합성	시급성	공동연구 가능성	주도 가능성	파급 효과	우선 순위*
북서태평양 해양환경변화가 우리나라 주변해역에 미치는 영향 연구(POSEIDON)	A	A	A	A	A	1
GAIA 서태평양 조사사업	A	A	A	A	A	1
ARGO	B	B	A	C	B	3
국제공동해양시추사업 (IODP)	A	A	A	A	A	1
극지 기후변화 관측 및 예측기술	B	B	A	B	B	2
고기후, 고환경 복원과 미래기후 예측기술	B	B	A	B	B	2
해외 해양생물자원 개발 및 활용기반 구축	C	C	A	B	B	4
서남극 결빙해역의 순환 및 하위생태계 특성분석	B	B	A	B	B	2
심해저 망간단괴 개발사업	C	C	B	B	A	4
통가 해저열수광상 탐사	C	C	B	B	A	4
인도양 해저열수광상 탐사	C	C	B	B	A	4

* A = 3, B = 2, C = 1 point 로 적용하여 순위 계산

(2) 확대해야 할 분야의 연구사업 추진현황

(가) 대형 연구선을 활용한 해양기후변화 연구

■ 주요 연구현황

- 지구온난화의 가속화 전망에 따라 기후변화 대응이 국제사회의 최우선 과제로 부상하고 있으며, 해양에서도 지구온난화로 인한 해수면 및 해수온도 상승, 해양기인성 자연재해의 빈발 및 대형화 등으로 해양기후변화 연구의 중요성이 증대하고 있음에도 불구하고 현재 추진되고 있는 사업은 극소수에 불과한 실정임

- 주요과제를 살펴보면
 - 북서태평양 환경변화가 우리나라 주변해역에 미치는 영향연구(POSEIDON 연구사업, 기초기술연구회 일반사업)
 - GAIA 서태평양 조사사업(교과부)
 - 국제공동해양시추사업(IODP)
 - ARGO(The Global Array of Profiling Floats) 사업
 - 극지 기후변화 관측 및 예측기술
 - 고기후, 고환경 복원과 미래기후 예측기술 등임

- 주요과제의 성격을 살펴보면 GAIA사업, 극지 기후변화 관측 및 예측기술, ARGO 사업 등은 고유한 기후변화 연구분야의 성격을 가지고 있는 반면에 POSEIDON 사업 및 IODP 사업 등 현재 추진되고 있는 대부분의 사업은 다학제적 협력을 통해 기후변화를 연구하거나 복합과제 성격을 가지고 있음

- 해양기후변화 연구를 활성화하기 위해서는 현재 추진되고 있는 기후변화연구를 점차적으로 확대하여 연구 활성화가 필요함
 - 현재 서태평양, 북서태평양, 남·북극 등 일부지역에서 추진되고 있는 사업 규모를 확대하고, 열대 인도-태평양 기후변화 연구과제를 개발하여 연구내용 및 지역적 범위를 차별화하여 추진함

- 국제공동해양시추사업(IODP)은 참여를 확대하여 동해 및 남해지역에 대한 시추를 통해 국내 연안지역에 대한 연구를 강화하기 위한 방안의 수립·추진이 요구됨

■ 주요 기후변화 연구사업의 주요내용

○ 북서태평양 해양환경변화가 우리나라 주변해역에 미치는 영향 연구 (POSEIDON 연구사업)

- 개요

- 북서태평양 표면 계류부이 1점과 수중 계류부이 3점을 운영하고, 대한해협에서 마이크로네시아에 이르는 서태평양 관측해역에서 물리 및 생지화학 변수를 측정하고, 해수 및 동식물 플랑크톤을 채취

- 목적

- 북서태평양에서 해황/해류/수송량 변동성을 관측하고, 우리나라 주변해역을 포함한 동중국해에서의 생지화학 변수를 측정 및 해수/동식물 플랑크톤을 채취하여 해역간 해황 및 생태특성을 연구하며 그 상관성을 분석
- 기후변화에 따른 북서태평양에서 대기 및 해류순환의 변동성과 대한해협과 동중국해를 포함하는 대륙붕해역에서 해황과 해수수송량 변화, 영양염과 생태계 변화를 정량적으로 분석하여 미래 기후변화 영향을 예측

- 연구내용

- Ship-mounted ADCP(150kHz, 38kHz) 등을 이용한 다층 해류 수직 프로파일 관측, CTD/LADCP를 이용한 해양 전층의 수직 물성 구조 및 해류 구조 파악
- Thermosalinograph를 이용한 표층 수온과 염분 정밀관측, 대형 연구선을 이용한 대양 관측 부이 계류 및 회수, AWS를 이용한 탐사 해역의 기상 관측 자료 취득
- Rosette water sampler를 이용한 수층별 해수 채수, 각종 Net를 이용한 동식물플랑크톤 및 난자치어 채집 등

- 탐사해역
 - 북서태평양 열대 해역, 마이크로네시아 축주 주변해역, 동중국해 및 한반도 주변 해역

- 연구연도 : 2006 ~ 2015년

○ GAIA 서태평양 조사

- 개요
 - 열대 서태평양 해역의 해양기후변화 탐지 자료 확보 및 연구를 위한 조사
- 목적
 - 통합기후모델 실험에 자료 제공 및 해양 과정 연구, 대양관측 국제네트워크 참여 등

- 연구 내용
 - 조사선 이동중 조사(ADCP, 기상), 정선조사(CTD, LADCP, MSP), 관측 장비 계류(해양-대기 관측 부이, 해류계 및 CTD 센서, 적도 시계열 관측 참여: TAO /TRITON 부분) 등

- 탐사해역
 - 열대 서태평양(마이크로네시아 축 해역 (북위 10도-남위 5도, 동경 165도, 180도), 서태평양 저위도 해역(인도네시아 관할해역) 등

- 연구연도 : 2010 ~ 2019년(10년)

○ 국제공동해양시추사업(IODP)

- 개요
 - IODP는 해저침적물과 바위에 기록된 정보를 통해 지구의 역사와 구조를 연구하는 국제적 연구프로그램이며, Drilling vessel를 타고 대양에서 직접 심해퇴적물을 수집하고 연구

- 심해저 시추프로그램(DSDP), 해저지각시추프로그램(ODP)에 이어 수행되는 IODP는 일본과 미국이 주도하는 해저 시추를 통한 최첨단 과학 연구 프로그램

- 연구 주제

- 심해저 생물권과 해저지각
- 지구 환경변화 과정과 영향
- 고체 지구 순환과 물질 역학
- 지진대의 과학적 이해 및 규명
- 대륙붕괴와 분지형성 기작의 이해
- 미래의 잠재적인 에너지원과 탄소 저장소인 가스하이드레이트
- 해양지각의 시추 및 장기적인 관측

- 한국 참여현황

- 1996년 캐나다 및 호주와 컨소시엄을 구성하여 ODP에 가입하였고 1997년에 대만이 가입하여 환태평양 컨소시엄(PacRim)을 구성
- 2004년 한국은 ODP와 IODP의 전환기를 효율적으로 관리하기 위해 한국 IODP 사업단(K-IODP)으로 재편하였고, 2006년 6월에는 아시아 컨소시엄으로 IODP에 정식 가입
- 한국이 IODP에 가입함에 따라 국내 과학자들이 IODP 시추선에 승선 할 수 있는 기회가 제공되고, 전세계 해양에서 획득한 시추시료 및 자료를 이용할 수 있는 상황
- 한국의 IODP 사업은 한국지질자원연구원이 주관 기관의 역할을 하지만, 한국의 지구과학 분야의 모든 전문가가 참여할 수 있는 제도적 장치를 마련하고 있음

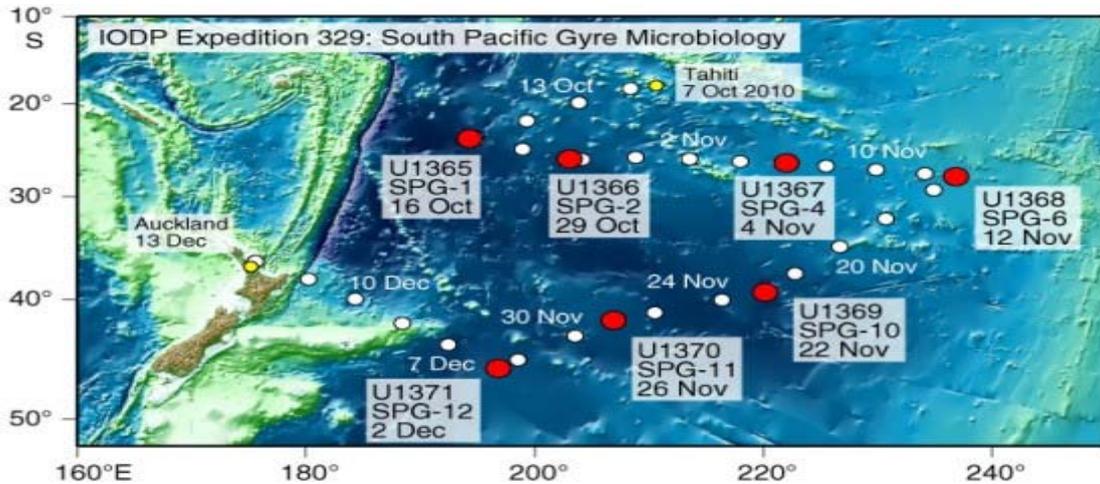


그림 3-1. IODP Expedition 329

○ ARGO(The Global Array of Profiling Floats)

- 목적

- 수온, 염분, 해류 등을 측정하는 무인해양관측부이를 이용하여 전지구적 규모의 해양상층부 자료를 인공위성을 통해 실시간으로 제공하는 연구 프로그램
- 엘니뇨, 라니냐 및 기후변동을 이해하고 예측하는 데 필수적인 자료수집과 해양, 대기 접한 관측시스템 구축

- 주요 활동

- 한국, 호주, 캐나다, 프랑스, 일본, 영국, 미국, 독일, 남아프리카공화국 등 18개국이 회원국이며, 전세계적으로 50여개 이상의 연구기관이 프로그램 활동에 참여하고 있는 상황
- 전 대양에 걸쳐 표류부이를 현재 3,308개 투하하여 모니터링하고 있는 상황이며, 한국은 국립기상연구소에서 100여개 정도 투하하였음

- 연구 주제

- 전지구 해양의 준실시간 감시 시스템 구축
- 해양관측자료의 관리 및 자료동화 체계 구축
- 해양자료동화 시스템 및 예측 모델 운용

- 한국 참여현황

- 한국해양연구원, 국립기상연구소, 서울대, 국립수산물과학원, 국립해양조사원에서 참여 중
- 한국해양학위원회(KOC) 소위원회 운영
- 한·중·일 Regional ARGO 워크숍, 한·미 해양조사 공동 워크숍 등 관련 국가들과 국제공동협력 추진
- 전지구 기후/해양관측시스템(GCOS/GOOS), 기후변동 및 예측실험(CLIVAR), 전지구 해양자료 동화실험(GODAE) 사업과 연계하여 국제공동연구사업 추진 중

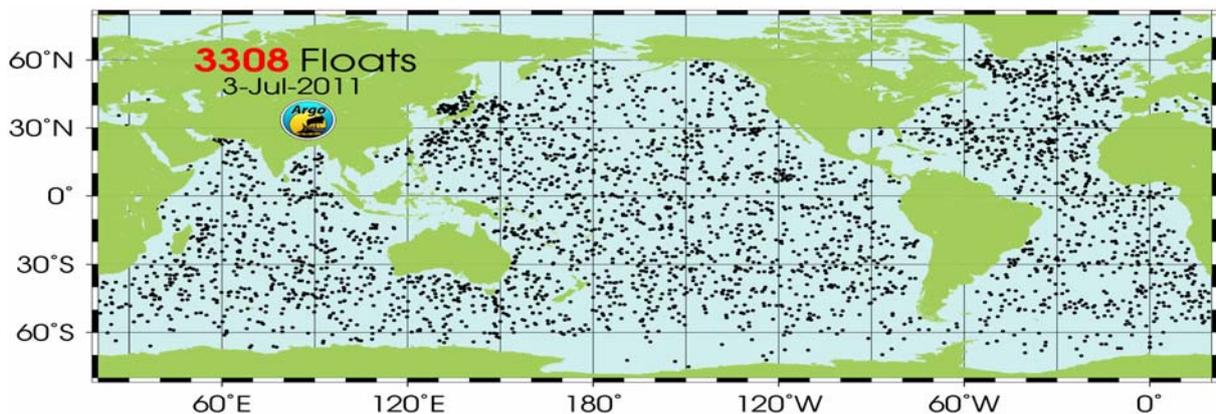


그림 3-2. Argo 표류부이 현황

○ 극지 기후변화 관측 및 예측기술

- 극지역·고위도의 퇴적물과 빙하의 기후지시자 분석과 극지역의 해양 및 대기 환경 변화 관측, 기후 변화 시뮬레이션 작업을 통한 기후 변화 기록 복원 및 원인 분석, 변화 예측기술 연구
- 극지역은 i) 특유의 청정성으로 인간 활동의 영향을 파악하는데 적합하고, ii) 전세계 기후시스템에서 중요한 역할을 하며, iii) 지구 환경 변화에 대해 빠르게 반응하는 지역이므로 지구 규모의 기후 변화 연구에 적합
- 한반도 기후변동 예측을 위한 중국, 극동아시아, 오호츠크해, 북극해, 동해 북부 등과 같은 고위도 해역에서의 환경변화에 대한 원인 규명이 필요

- 극지역 고기후 및 고해양 환경 복원 기술, 극지 빙하시추와 빙하기록 복원 기술, 남북극 해양 온난화 추세분석 기술, 극지 대기관측 및 기후 모델링 기술개발을 통해 기후변화의 원인과 메커니즘 연구

○ 고기후, 고환경 복원과 미래기후 예측기술

- 고기후는 과거의 기후를 연구하는 학문이며 고환경은 과거의 환경을 연구하는 학문이다. 환경변화의 약 90% 이상은 기후변화에 의해 야기되므로 고기후의 연구는 고환경변화를 동시에 알 수 있음
- 고기후 및 고환경의 연구는 연속적으로 퇴적된(연속적인 시간의 기록) 해양, 호수퇴적물에 함유된 작은 화석중 기후에 민감한 종의 상대적인 함량(%)의 정도, 안정동위원소(산소 및 탄소 동위원소) 측정에 따라 기후변화 연구를 함
- 해양 및 호수의 core 퇴적물을 이용하여 과거의 기후와 환경을 복원하며 미래의 기후와 환경을 예측
- 환경변화의 연구는 주로 해수의 순환, 생물다양성의 변화, 해수의 온도 및 염분 변화, 생물종의 멸종, 퇴적물 입자의 크기 및 분포 변화 등이 주를 이룸

(나) 해양생태계 탐사연구

- 세계 각국은 생물다양성협약(CBD), 생물다양성정보기구(GBIF), OECD 생물자원센터네트워크 등 국제협약을 통해 다양한 해양 생물 및 미생물 자원을 확보하여 종다양성의 보존 및 복원, 해양바이오 신약 및 신물질 연구 등에 활용하는 등 생물자원의 전략적 확보를 추진중임
- 우리나라는 대부분 국내 생물자원확보사업 위주로 추진되어 해외 생물자원 조사·발굴사업은 해외연구기지(세종기지 및 한남태평양 연구센터 등)를 활용하고 있으나 극히 미약한 수준이며, 현재 해양생물자원 확보 및 생태계 탐사를 주목적으로 하는 대양탐사는 전무한 실정임
- 해양생태계 탐사를 추진하고 있는 대표적인 사업으로는 해외 해외생물자원 확보사업, 해저 열수광상 탐사사업, POSEIDON 사업, 쇄빙연구선 아라온호를 활용한 서남극 결빙해역 탐사사업 등이 있음

- 대부분의 사업이 전문적으로 해양생물자원을 확보하기 위한 사업이 아니라 전체 사업내용의 일부로 심해 및 대양 생물자원을 확보하기 위하여 대양 및 심해 탐사를 추진중임

- 주요 추진현황을 살펴보면,
 - 해외 해양생물자원 확보사업은 남서태평양 도서국을 중심으로 열대 생물자원 확보를 추진중이며,
 - 해저 열수광상 탐사사업에서는 해저열수 환경을 분석하기 위한 목적으로 탐사를 진행중이며,
 - 쇄빙연구선 아라온호를 활용하여 서남극 결빙해역의 해양순환과 해빙·물질순환·생태계·기후변화 영향 파악에 관한 연구탐사가 진행중이며,
 - POSEIDON 사업에서는 기후변화 연구의 일환으로 대한해협에서 마이크로네시아에 이르는 서태평양 관측해역에서 해수 및 동식물 플랑크톤 등을 채집하여 연구중임
 - 이외에도 생물자원 확보 및 생태계 연구를 위하여 개별사업 차원에서 양자간 협력을 통해 생물자원 확보를 추진중임

- 특히 해외 해양생물자원 확보사업은 마이크로네시아를 중심으로 한 남서태평양 열대지역을 기반으로 당사국과의 MOU 체결 등을 통해 생물자원 확보를 추진하고 있으나, 대양 및 심해 생물자원 확보추진은 미미한 수준임
 - 직접 채집을 통해 해양생물자원을 확보한 경우의 약 70%는 해외연구기지를 통해 확보한 것으로 조사되어 해외기지가 중요한 역할을 수행하고 있는 것으로 분석됨⁶⁾

- 생물다양성협약(CBD)이 생물자원에 대한 국가주권을 인정함에 따라 갈수록 심화되고 있는 유용 생물자원을 선점하기 위한 경쟁에 대비하기 위해서는 해외 해양생물자원 개발사업의 확대와 더불어 대양 및 심해탐사를 통한 생물시료의 확보 노력이 시급한 것으로 분석됨

6) 국토해양부, 해외 생물자원 개발연구, 2009.02

- 동남아시아(인도네시아)-마이크로네시아(한남태평양 연구센터)-남미(페루) 등을 연계하는 해양생물자원 확보벨트 구축 및 해외 현지거점 운영(을 추진하여 양자간 협력을 통해서는 각국 EEZ내 자원 확보를 추진하고, 태평양 및 인도양 등 대양에 대해서는 대양탐사 프로그램을 개발하여 추진

■ 주요 해양생태계 연구사업의 주요내용

○ 해외 해양생물자원 개발 및 활용기반 구축

- 해양생물자원의 확보 및 생물다양성 분석·분류·보존·활용
 - 해양생물 및 미생물 소재를 해외로부터 확보, 통합관리 DB와 공급체계 구축
 - 주요 해외 해양생물 추출물로부터 생리활성 정보, 화학종 다양성의 획득
 - 해양생명공학 분야 국제적 네트워크 구축 및 해양생물 활용 인프라 향상

○ 서남극해 결빙해역의 순환 및 하위생태계 특성 분석

- 쇄빙연구선 아라온 활용 서남극 결빙해역의 해양순환과 해빙·물질순환·생태계·기후변화 영향 파악
 - 최근 IPCC 지구온난화 자료 진위 논쟁으로 신뢰도 높은 중장기 고급 관측자료가 광대역 해양·기후연구에 필요하다는 인식
 - 한국은 대형인프라 쇄빙연구선을 보유한 남극조약 정회원국으로서 남극 연구 선도적 역할을 국제사회에서 기대

- 연구개발 목표 및 내용

- 아문젠 결빙해역 관측체계 기반 구축
- 광대역 관측망(한반도 해역 포함 쇄빙선 통과해역) 구축
- 서남극 관측망 구축
- 서남극 온난화 추세와 결빙해양특성 및 지구기후연동 상호관계 규명
- 서남극 결빙해역 관측 선진화

7) 해양바이오 연구개발 활성화 대책(안), 국가과학기술위원회 운영위원회 심의안건 제40호, 2009.06.04

(다) 국가 전략금속광물 자원탐사

■ 주요 연구현황

- 육상 광물자원의 고갈에 대비하기 위한 해양광물자원의 개발·이용이 국가경쟁력 제고의 원천으로 대두됨에 따라 미국, 프랑스, 독일 등 선진국은 해양자원 개발을 미래의 국가 전략산업으로 육성하기 위하여 일찍부터 기술개발을 추진중임
 - 우리나라는 '80년대 초부터 심해저 광물자원 개발을 위한 연구를 시작하여 '94년 선행투자가 자격을 획득하고 '02년에는 단독개발광구 75,000km²를 확보하는 등 다른 분야에 비해 활발하게 연구중임

- 해양광물자원 탐사를 추진하고 있는 대표적인 사업으로는 심해저 망간단괴 개발사업과 해저 열수광상 탐사사업 등이 있음
 - 심해저 자원개발은 깊은 수심, 높은 수압 등에 따른 장기간의 연구와 막대한 연구비가 소요되기 때문에 실용화를 위한 집중적인 지원과 연구가 필요한 실정임

- 주요 추진현황을 살펴보면,
 - 심해저 망간단괴 개발사업은 Clarion-clipton 지역에 확보한 광구를 대상으로 우선채광지역 선정을 위한 정밀탐사와 채광기 및 집광기 등 상업생산을 위한 실용화 장비를 개발중임
 - 해저 열수광상 탐사사업은 '02년 남서태평양 해저 열수광상 탐사를 시작으로 통가지역에서 20,000km² 탐사권을 확보하였으며, 최근에는 인도양으로까지 탐사지역을 확대하고 있음
 - 이외에도 심해저 광물자원 다각화의 일환으로 추진되었던 망간각 탐사를 비롯하여 메탄하이드레이트 탐사 등 소수의 과제에서 추진된 바 있음

- 특히 육상자원 고갈에 대비하여 해양광물자원을 선행적으로 확보하기 위한 선진국과의 경쟁에 대비하기 위해서는 심해저 광물자원 개발사업의 확대와 더불어 대양 및 심해탐사를 통한 자원의 확보 노력이 무엇보다도 시급한 것으로 분석됨

- 해저열수광상의 탐사는 이미 탐사권을 확보한 통가지역, 탐사가 추진중인 인도양 탐사를 보다 활성화하고 피지 등 태평양 도서국가 주변해역에 대한 탐사 확대가 요구됨
- 기초탐사만이 수행된 망간각 개발 과제를 재추진하여 집중 지원함으로써 향후 탐사권을 확보하기 위한 전략이 필요함

■ 주요 연구의 추진현황

○ 심해저 망간단괴개발사업

- 탐사 개요
 - 북동태평양 심해저에 확보한 대한민국 단독 개발광구에 분포한 망간단괴 (5억1천만 톤)를 개발하기 위한 정밀 탐사, 환경연구, 채광시스템 성능시험
- 탐사 목적
 - 북동태평양 단독개발광구에 분포하는 망간단괴의 상업생산을 위해, 해저면 지반 특성, 장애물 특성, 망간단괴 분포, 정밀 가채량 조사 연구 등
 - 채광에 따른 환경변화 최소화를 위해, 수층별 해류의 변화, 해저면 퇴적층의 저서생물, 퇴적물의 특성 파악, 해저층수의 탁도 및 영양염 농도의 분포 특성, 해저면으로 유입되는 물질특성 등을 통한 친환경 개발시스템 구축 연구 등
 - 현재 제작 중인 상업생산 1/5규모 망간단괴 집광시스템의 수심 2,000m 및 5,000m 성능 시험
- 탐사 내용
 - FFG(free-fall grab), Box corer, Beam trawl, Dredge 등을 이용한 망간단괴 시료의 채취, Deep-sea camera 등을 이용한 해저면 영상의 취득, Multiple corer, Box corer, (Giant) Piston corer 등을 이용한 퇴적물 시료의 채취 등
 - CTD 부착 Rosett sampler를 이용한 해수시료의 채취, 수층별 미소생물 채집기(네트)를 이용한 원생동물, 동식물성 플랑크톤, 난자치어 등의 채취, Biodredge를 이용한 대형 저서생물 채집

- Echo-sounder, SBP, Multi-beam echo sounder, Side scan sonar 등 음향 장비를 이용한 해저면/해저지층 특성의 파악, 수층음향탐사기를 이용한 미생물과 어류의 수직분포 및 행동특성 파악 연구 등
- 계류시스템에 Current meter, Sediment trap을 수심별 부착 이용한 수층 및 저층 환경 장기 모니터링
- Pilot 망간단괴 채광시험에 약 30 톤 무게의 망간단괴 집광기(미내로Ⅱ)를 이용

- 탐사해역

- 태평양 공해상 클라리온-클리퍼톤 균열대 내 대한민국 망간단괴 등록 광구 및 그 주변 해역

○ 통가 해저열수광상 탐사

- 탐사 개요

- 통가 EEZ 내 해저열수광상 탐사권 지역에 분포하는 해저열수광상의 특성과 규모를 평가하고 개발에 따른 환경영향평가를 수행함

- 탐사 목적

- 통가 해저열수광상 탐사광구를 대상으로 활동성 및 비활동성 열수지역 추적 및 분포 파악, 탐사광구에 분포하는 해저열수광상의 광상성인, 금속 품위, 광체규모를 파악하여 개발을 위한 경제성 평가 수행, 열수광상 채광에 따른 환경파괴 최소화를 위한 환경영향평가를 수행

- 탐사 내용

- Multibeam을 통한 탐사지역 광역지형 조사 및 근접해저면 조사(Deep Tow Side Scan Sonar, AUV)를 통한 정밀지형 조사, CTD casting, toyo, AUV 등을 이용한 활동성 열수분출지역 추적, Deep Tow, AUV, ROV 등 근접해저면 지자기, EM 탐사를 통한 비활동성 광체 추적 및 열수광체 규모 파악

- Deep-sea camera, ROV 등을 이용한 해저면 영상의 취득, Dredge, TV-grab을 이용한 기반암 및 열수광체 시료채취, ROV를 이용한 열수광체 탐사 및 열수주변 저서생태 환경 탐사 등

- 탐사해역

- 통가 EEZ 내 해저열수광상 탐사권 획득 지역(통가열도)

○ 인도양 해저열수광상 개발 탐사

- 탐사 개요

- 인도양의 공해 지역에서 해저광물자원 탐사를 통해 해저열수광상 개발을 위한 광구 등록 자료 확보 및 단독개발 광구 관리

- 탐사 목적

- 인도양 중앙해령 광역 열수활동 추적 및 열수광체 분포 자료 구축, 광구 등록 후 단독개발 광구에 대한 정밀 자료 구축 및 환경 연구 수행

- 탐사 내용

- Echo-sounder, SBP, Multi-beam echo sounder, Side scan sonar 등 음향장비를 이용한 지형 및 해저면/해저지층 특성 파악, CTD 및 CTD-TOYO 등을 이용한 환경 기초자료 구축
- Deep-sea camera 등을 이용한 해저면 영상 자료 취득, 드래지 및 TV-Grab 등을 이용한 암석 및 열수침니 시료 획득, Multiple corer, Box corer, Piston corer 등을 이용한 퇴적물 시료 채취, CTD 부착 Rosette sampler를 이용한 해수시료의 채취, ROV/AUV를 이용한 정밀 지형파악 및 열수광체 분포 분석

- 탐사해역

- 인도양 중앙해령

3. 신규 해양과학조사 국제프로그램의 신설 및 주요내용

가. 도출 배경 및 필요성

- 기존 국내에서 수행하고 있는 기후변화 연구사업은 조사해역이 북서태평양에 한정되어 있어, 태평양, 인도양, 인도네시아 통과류 등 우리나라에 직접적으로 영향을 미치는 해역을 대상으로 체계적이고 종합적인 대형 탐사프로그램 개발 필요성이 국내 해양학계에서 제기됨
 - 인도양은 우리나라 몬순기후에 크게 영향을 미치는 티벳고원의 기후변동에 직접적인 기여를 하는 대양이며, 또한 인도네시아 해역을 통과하는 해수 수송량의 장기변동성과 해양생태계의 변화에 대한 모니터링을 통해 지구기후 변화에 따른 열대해양의 변동성이 우리나라 주변해역에 미치는 영향 예측이 가능함

- 급격히 진행되는 기후변화로 인한 해양환경 시스템의 변화를 파악하고, 이러한 변화가 지구환경과 인류사회에 미칠 영향을 예측하고 대응하기 위해 국제 사회는 공동의 노력을 기울이고 있음
 - 해양관측, 해양생태계, 해양-대기 상호작용, 해양화학 등 해양환경 시스템 연구에 관한 국제연구프로그램에 국내 연구자들이 국가차원에서 적극 참여하여 공동연구의 기회 확보 및 각 연구프로그램에서 확보된 고품질의 연구 결과들을 이용할 수 있는 기반 구축 필요
 - 국내에서 건조될 예정인 5천톤급 대형 연구선, 쇄빙연구선 등을 활용하여 국내·외 연구자들이 참여하는 다학제적 국제 공동연구프로그램 개발·진행 및 해양과학분야에서 국제적으로 국가 위상제고 필요

- 생물다양성협약 및 나고야 의정서 등 생물자원에 대한 국가 주권 확립에 대한 국제적 추세에 대응하기 위해 극한 환경의 생태계 탐사 기술개발과 신해양생명체의 발굴 등 21세기 미래 산업 사회에 선도에 요구되는 원천기술과 원천소재 확보 필요

- 국제 유가상승으로 인한 에너지, 육상자원부족 위기를 극복하기 위하여 해양 에너지, 생물 및 광물자원 확보에 대한 선진국들의 자원탐사 경쟁이 심화되고 있음
 - 현대산업사회의 효율성을 유지하고 삶의 질을 향상시키는데 필수적인 전략 금속광물자원의 장기·안정적 공급이 중요한 요소로 대두됨에 따라 미래자원을 선행적으로 확보하기 위한 경쟁이 갈수록 격화

나. 도출 기준 및 방법

- 국가적인 차원에서 산·학·연 공동으로 추진이 필요한 신규 국제 프로그램을 전략적으로 개발·선정하여 추진함으로써
 - 관련 연구 분야에서 독자적·독창적 연구능력 배양 및 관련 정보·자료를 조기 확보할 수 있도록 하고
 - 안정적인 연구예산 확보를 통해 국제적인 공동연구를 추진하여 해당 연구 분야에서 조기에 세계적인 수준의 연구결과를 창출할 수 있도록 적극 지원함

- 신규 해양과학조사 국제프로그램의 도출기준은 아래 요소들을 고려하여 선정
 - 국내·외 연구동향 분석의 시사점
 - 국내·외 여건변화 : 국내·외 해양과학 분야에서 중요성 및 시급성
 - 국제 연구프로그램 개발의 필요성
 - 전지구적 해양과학조사로서 적합성
 - 기존 국제프로그램 및 조사해역 인접국가와의 공동협력 가능성
 - 대형인프라(연구선 등) 활용을 통한 국제공동연구 가능성
 - 전지구적 해양과학조사로서 향후 국제적으로 주도 가능성

- 신규 해양과학조사 국제프로그램의 도출방법은 기획연구 참여연구진을 대상으로 2차례 내부회의를 거쳐 신규 국제프로그램 도출 기본방향을 설정하여 전지구적 해양과학조사 국제프로그램을 선정함. 그 후 기획연구 참여 외부전문가, 한국해양학회, 극지연구소, 한국지질자원연구원, 국립해양조사원, 기상청 등 관련 분야 전문가 의견수렴을 통해 전지구적 해양과학조사 국제프로그램 도출

- 신규 연구과제 선정에 참여한 전문가는 연구원 내부(극지포함) 전문가와 외부전문가로 구성된 전문가 자문단에서 과제공모를 통해 제안된 과제를 설명하고, 평가하는 방식으로 상위 3개의 신규 대형 연구프로그램을 제안함

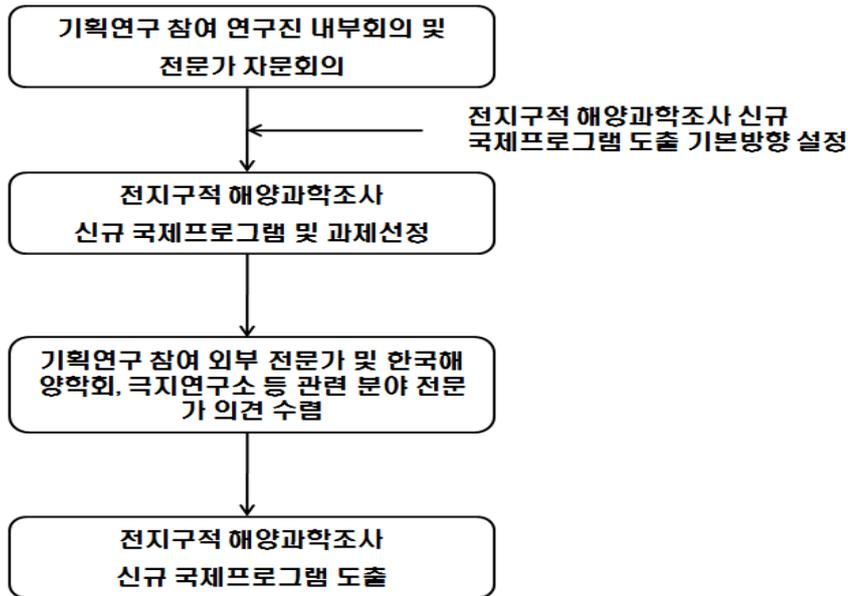


표 3-3. 신규 해양과학조사 국제프로그램 및 우선순위

연구 프로그램	적합성	시급성	진입 용이성	공동 연구 가능성	주도 가능성	우선 순위*
서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측 연구	A	A	B	A	A	1
전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질 순환 시스템 반응연구	A	A	B	A	B	2
대양생태계 기능 규명 및 활용 연구	A	B	B	A	B	3
남서태평양 망간각 탐사 기술개발	C	C	B	B	B	4
피지 해저열수광상 탐사	C	C	B	B	B	4

* A = 3, B = 2, C = 1 point 로 적용하여 순위 계산

다. 전지구적 해양과학조사 신규 국제프로그램 도출

(1) 대형 연구프로그램

(가) 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측 연구

- 난수풀의 변동은 지구기후변화의 열엔진 변동을 의미하며, 대양간의 해수교환 연구는 기후변화연구의 핵심임
- 인도양은 우리나라 몬순기후에 크게 영향을 미치는 티벳고원의 기후변동에 직접적인 기여를 하는 대양임
- 정확한 한반도 기후예측을 위한 대양 및 국외역의 해양자료는 국내 기관 중 연구원만이 제공 가능함
- 한-인니 경제자원외교의 기반과학정보인 인도네시아 해양연구에 투자하는 것은 이 지역에 많은 투자와 연구노력을 기울여온 해양선진국들과 경쟁하기 위해 필요한 선행조건임
- 열대 서태평양과 동인도양 사이에 위치한 인도네시아 해역을 통과하는 해수 수송량의 장기변동성과 해양생태계 변화를 모니터링하여 지구기후변화에 따른 열대해양의 변동성이 우리나라 주변해역에 미치는 영향을 연구함
- 세부연구목표
 - 인도네시아 통과류의 경년~장기변동성 연구
 - 서태평양-동인도양 사이 열대해양기후변화가 우리나라 주변해역에 미치는 영향 연구
 - 기후 변화에 따른 열대 생물 변동성 연구

○ 연구내용 및 범위

- 서태평양과 동인도양 열대 해황과 해수수송량 관측
- 인도네시아 통과류(ITF) 계류관측 모니터링
- ITF/워풀(Warm-pool)/ENSO/IOD의 장기변동 수치모델
- 엘니뇨(ENSO)와 IOD(인도양쌍극자모드)의 상호작용과 워풀변동성 분석
- 기후변화에 따른 생물상 변화와 생지화학적 인자의 상관성 연구

(나) 전지구적 환경변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구

- 인간 활동의 증가로 인해 지구환경은 인류사회가 대응하거나 적응하기 어려운 속도로 급격하게 변화하고 있으며 해양 생태계의 생물, 물리, 화학적 환경프로세스와 이들의 상호관계를 포함한 해양시스템의 전반적인 변화가 가속화 되고 있음
- 지구표면적의 3/4을 차지하는 해양은 급속한 지구환경변화를 완화시키고 인류가 지속가능할 수 있는 안전한 환경으로 균형을 맞추어 주는 중요한 역할을 해왔으나, 지속적인 인간 활동의 증가는 지구를 인간 생존에 적합한 환경으로 유지시키는 해양시스템의 변화를 가속화시키는 위험한 갈림길에 있는 실정
- 이에 국제사회는 변화하는 지구환경과 해양의 상호작용을 이해하고, 미래 변화를 예측하며 지구를 지속가능한 인간서식처로 유지하기위한 대책마련에 공동의 노력을 진행하고 있음
- IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme)와 Scor(Scientific Committee on Ocean Research)는 공동으로 글로벌 프로젝트를 운영하며 앞으로 진행될 기후변화와 해양의 상호작용을 이해하고 지구환경변화에 대해 능동적으로 대응하기 위한 노력을 하고 있음
- 대표적인 연구프로그램으로는 SOLAS, IMBER, GEOTRACE, CLIVAR, 등이 있으나 우리나라는 이들 글로벌 프로젝트의 연구 활동에는 참여하고 있지 않아 국제적인 기여도가 낮으며 전 지구적 환경변화에 대한 국가적 대응전략의 개발도 매우 미미한 수준에 있음

- 따라서 전지구적 규모의 해양시스템을 조절하는 해양물리, 화학 그리고 생물 생태 요소들과 프로세스들의 상호작용을 이해하고 미래 지구환경변화를 예측하기위한 대형연구프로그램 개발 및 국제프로그램과 협력연구가 절실한 실정임

- 세부연구목표
 - 지구시스템 역학의 특징을 결정하는 생물학적, 화학적, 물리학적 프로세스들간의 상호작용 이해
 - 해양 프로세스에서 나타나는 변화의 전지구적 영향 파악
 - 지구환경변화에 따른 해양의 생·지·화학적 순환 및 먹이망의 변화 이해
 - 해양-대기간 미량원소 및 기후가스의 순환 및 해양순환을 조절하는 미생물의 역할 연구
 - 해양의 생물·화학적 과정과 기후변화와의 상호작용 이해
 - 국제 프로그램에 능동적 참여를 통한 국가적 위상제고 및 향후 개발될 국제프로그램에서 주도적 참여 및 역할 수행의 기회 마련
 - 해양시스템 변화 및 이에 따른 미래 환경변화 예측, 그리고 정부부처의 장기 해양환경변화 및 지구적 변화에 따른 대책안 마련에 과학적 정보를 기반으로 한 정책적 결정에 기여

- 연구내용 및 범위
 - 전지구적 규모의 물리관측 프로그램 참여 및 대양규모의 관측 및 모델연구
 - 대양규모의 조사를 통한 해양 생물, 물리, 화학 요소들과 프로세스들의 상호작용을 이해
 - 해양표층 및 대기간의 미량원소 및 기후가스 순환 및 이를 조절하는 미생물의 역할 규명
 - 기후변화에 따른 해양 생지화학적 순환의 변화 및 기후변화와 먹이망에 미치는 영향 규명
 - 해양생지화학적 변화를 주도하는 미생물 군집의 기능유전자의 역할 및 장기적 변화 연구
 - 해양환경변화에 따른 해양 표층-심층간 생물학적 탄소펌프 기작 변화 연구

- 지구적 규모의 저산소화 모니터링 및 생태계 영향 규명
- 전지구적 환경변화에 따른 해양생물의 다양성 및 기능변화 연구
- 해양시스템-전지구적 환경변화 상호관계 파악을 위한 지역적 지구적 규모의 모델개발
- 미래 해양환경 변화 예측에 관한 초기모델 개발

(다) 대양생태계 기능규명 및 활용 연구

- 극한 환경의 생태계의 탐사 기술개발과 신 해양생물체의 발굴 등 21세기 미래산업 사회의 선도에 요구되는 원천기술과 원천소재의 확보 및 지구환경변화의 메커니즘을 밝히고 변화에 대비하기위한 국가적 대응능력을 확보
- 북서태평양은 다양한 해양학적 특성을 갖는 연안 및 외양 생태구역이 분포하며 해저에는 bio hot spot을 포함한 다양한 저서 생태계가 존재함. 이들 해양 생태계에는 매우 다양한 생명체들이 서식하며, bio hot spot은 지구의 생명기원 및 해양생물들의 진화 역사를 밝힐 수 있는 독특한 환경이 조성되어 있음
- 21세기에 들어 해양선진국들은 해양생명체의 다양성, 생명현상, 생물자원 분야의 실질적 이용을 위한 생태계 연구를 진행 중. 또한 해양이 지구 온난화나 산성화 등 급변하는 지구환경변화의 조절자임이 밝혀지며, 해양미생물의 지구환경 조절 능력을 파악하는 생태계 탐사도 활발히 전개되고 있음
 - 다양한 해양환경에 적응한 해양생물자원의 체계적 발굴 및 이들의 계통분류학적, 생태적 특성 분석을 통한 원천 생명소재의 공급 및 생물과 지구 환경변화의 상호관계 연구
- 연구내용 및 범위
 - 체계적 해양생물자원탐사 기술
 - 해양고유의 생물자원 수집, 생물학적 특성 분석, 생명정보관리 기술
 - 해양생명현상(기능) 해석 기술

- 해양바이오소재 개발 기술
- 해양미생물의 지구환경 조절능력 이해 기술

(2) 단위 연구프로그램

(가) 남서태평양 망간각 탐사 기술개발

- 남서태평양에 부존된 망간각 개발을 위하여 해양탐사를 통해 개발대상지역을 선정하고 독점적 탐사권 확보 및 서태평양 공해지역에 위치한 마젤란 해저산군(Magellan Seamount) 일대의 20여개 해저산에 대한 망간각의 자원 잠재력 평가 및 개발유망지역 선정
 - 공해 및 도서국 EEZ 지역을 대상으로 해양탐사를 통해 국가개발을 위해 필요로 하는 전략광물자원의 장기·안정적 공급처가 될 수 있는 유망광구지역 확보 및 독자적 해저자원 탐사기술력 확보를 통한 해양개발 기술 선 도국 진입 유도

- 연구개발목표 및 내용
 - 해저면 에 분포하는 망간각의 분포특성 분석
 - 지구물리탐사에 의한 해저지형 및 해저구조 자료획득 및 분석
 - 망간각, 기반암, 퇴적물, 해수 등 시료의 채취, 분석
 - 망간각의 품위, 특성, 지형과의 상관관계 규명을 포함한 고밀도 망간각 분포지역 현황 파악
 - 심해지자기 탐사 및 해석을 통한 광체 분포 특성 연구
 - 정밀 지자기자료와 기타탐사자료의 유기적 해석기법 적용

 - 광상 규모 판별을 위한 기반기술
 - 해저광상에 적합한 전자탐사 모델링 연구, 알고리즘 개발, 전자탐사 시스템 기본 설계
 - 수심을 고려한 탐사 해석 기법 연구, 다중 주파 전자탐사 해석, 주요 파라미터 설정
 - 효율적 전자탐사를 위한 탐사 기법 및 해석 기법 연구

- 부존하는 망간각의 자원 잠재력 평가
 - ROV를 이용한 해저면 표층 분포 파악
 - 퇴적물의 분류 및 광화기작 연구
 - 광상 형성과정에서의 지구조 영향 요인 파악
 - 해저면 시험/개발 시추코어 획득 및 광물/지화학 분석
 - 시추코어 내 광체의 수직 연속성 해석 및 광체 규모 판별
 - 지역별/광체별 금속 품위 판별

- 채광·선광·제련시스템의 상업적 개발을 위한 기술적 타당성 분석

- 탐사광구 경제성 및 개발 사업성 평가
 - 경제성평가 모델 개발 및 민감도 분석
 - 개발기술, 산업기반, 시장규모(마케팅) 등 경쟁력 분석
 - 경제성 확보 요인추출 및 영향 분석, 경제성 제고 전략 수립

(나) 피지 해저열수광상 탐사

- 독자적 해저열수광상 탐사기술 개발로 피지 해역에 부존하는 해저열수광상의 정밀자원량 평가 및 해저열수광상 개발후보광수 선정 및 상업개발 기반 구축
- 피지 해역 해저열수광상 개발을 통해 독자적 해저자원 탐사기술력을 확보하고 해양광물자원을 선점함으로써 세계적 해양개발 기술 선도국 진입 유도

- 연구개발 목표 및 내용
 - 광체 부존지역 추적 및 분포 파악
 - 해저의 다양한 지구조해석을 위한 다중채널 탄성파 탐사 자료 획득
 - 탄성파 자료를 통한 탐사지역 지구조 해석 및 광체 관련성 조사
 - 심해지자기 탐사 및 해석을 통한 광체 분포 특성 연구
 - 정밀 지자기자료와 기타탐사자료의 유기적 해석기법 적용

- 광상 규모 판별을 위한 기반기술
 - 해저광상에 적합한 전자탐사 모델링 연구, 알고리즘 개발, 전자탐사 시스템 기본 설계
 - 수심을 고려한 탐사 해석 기법 연구, 다중 주파 전자탐사 해석, 주요 파라미터 설정
 - 효율적 전자탐사를 위한 탐사 기법 및 해석 기법 연구

- 열수광상 등급 분류 및 자원량 평가
 - 광체, 기반암, 퇴적물 시료 확보 및 광물/지화학 분석
 - ROV를 이용한 광화대 및 열수변질대의 해저면 표층 분포 파악
 - 퇴적물의 열수변질대 분류 및 광화기작 연구
 - 열수광화유체 기원 연구
 - 열도화산암 마그마 기원 해석 및 광상 형성과정에서의 지구조 영향 요인 파악
 - 해저면 시험/개발 시추코어 획득 및 광물/지화학 분석
 - 시추코어 내 광체의 수직 연속성 해석 및 광체 규모 판별
 - 지역별/광체별 금속 품위 판별

- 채광·선광·제련시스템의 상업적 개발을 위한 기술적 타당성 분석

- 탐사광구 경제성 및 개발 사업성 평가
 - 경제성평가 모델 개발 및 민감도 분석
 - 남태평양 도서국과 피지의 광업법 비교 분석
 - 개발기술, 산업기반, 시장규모(마케팅) 등 경쟁력 분석
 - 경제성 확보 요인추출 및 영향 분석, 경제성 제고 전략 수립
 - 경제성 및 사업성 평가를 통한 개발권 신청 여부 결정
 - 최적개발시스템 수립 및 개념설계, 설비플랜트 사양서 구축
 - 피지 현지법인(KML) 관리 및 운영

4. 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 추진

가. 추진 배경 및 필요성

- 심해 광물 및 생물자원의 중요성을 인식하여 국가차원에서 많은 연구비를 투자하여 심해저 광물, 극한환경 생명체, EEZ 자원 등 다양한 연구 사업을 진행하고 있는 상황에서 최첨단 핵심 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용하는 기술력을 확보하는 것은 반드시 필요한 것임
- 심해/대양 연구장비·기기 개발과 활용은 최첨단 과학지식과 기술을 요구하고 있기 때문에 국가 주도로 수행되고 있으며, 심해/대양 연구장비·기기 개발과 활용 수준은 그 나라의 해양과학기술의 수준을 가늠하는 척도로 작용
- 심해 광물/생물자원 탐사와 확보를 위해 기존 국내에서 개발된 6,000미터 급 심해 무인잠수정(해미래호)은 아직 2,000미터 이상의 심해에서 활용하기에는 아직까지 많은 기술적 문제점이 있으며, 운용기술에 있어서도 노하우가 축적되지 않은 상황
- 이러한 배경을 바탕으로 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 있어 반드시 필요한 기초 심해 연구·장비기기에 관한 인프라를 빠른 시일내에 구축·보강하여 한국 주도로 심해/대양을 탐사할 수 있는 운용기술력 및 인력을 확보해야함

나. 추진분야 선정기준 및 방법

- 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 프로그램 도출기준은 아래 요소들을 고려하여 선정
 - 대양탐사에 필요한 장비·기기의 우선순위
 - 심해/대양탐사 장비·기기 분야에서 국내 인프라구축 및 기술력 수준
 - 심해/대양탐사 장비·기기 분야에서 중요성 및 국내 기술력 확보시급성
 - 대형인프라(연구선, 무인잠수정 등) 활용을 통한 국제공동연구 가능성

- 선정방법은 상기 기술한 신규 해양과학조사 국제프로그램의 도출방법과 동일함. 기획연구 참여연구진을 대상으로 2차례 내부회의를 거쳐 프로그램 도출 기본방향을 설정하여 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 프로그램을 선정함. 그 후 기획연구 참여 외부전문가, 한국해양학회, 극지연구소, 한국지질자원연구원, 국립해양조사원, 기상청 등 관련 분야 전문가 의견수렴을 통해 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 프로그램 도출

다. 대양탐사를 위한 인프라 구축 및 인력양성 프로그램 도출

- 전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성
 - 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구
 - 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 반드시 필요한 기초 심해 연구장비·기기인 i) 심해 해저면 정밀위치측정 시스템, ii) 심해 해저면 근접견인 관측시스템 및 iii) 심해 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템을 구축·보강하고 이들 장비·기기의 운용기술력을 확보에 관한 연구

제3절 추진전략별 세부추진방법 및 실행계획

1. 국제 해양과학조사 프로그램 참여확대 추진

- 국제기구의 연구방향과 목표 등을 정확히 분석하여 국내의 연구방향과 상호 비교하여 참여 우선순위 도출
- 많은 시간과 노력이 필요한 기후변화 연구 등의 분야는 국제기구 및 연구프로그램과의 협력을 위한 우선순위 도출·추진하여 자료 및 연구결과의 조기 창출 추진
- 국내연안에 직접적인 영향을 미치는 태평양 및 인도양 일부지역에 대한 조사는 대형과제를 통한 직접 추진
- 대서양 등 전략적 접근이 곤란한 지역에 대해서는 국제 해양과학조사 프로그램에 참여하여 적은 비용으로 연구결과를 도출하기 위한 전략을 추진하여 조사대상지역을 대양 및 극지지역으로 확대 추진

국제 해양과학조사 프로그램 참여확대

핵심 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 해양관측을 통한 기후변동성과 예측연구 ▶ GOOS, NEAR-GOOS, CLIVAR, GLOSS, DBCP, GHRSSST, PTWC 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양생지화학 및 생태계 통합연구 ▶ IMBER, SOLAS, GEOTRACES, BIO-GEOTRACES, C-MORE 등
1단계 (4년) '12 ↓ '15	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정부간해양학위원회(IOC), 세계기상기구(WMO)에 적극적으로 전문가 참여를 통해 역할 강화 ▶ 국제 연구프로그램 가입 및 공동연구 진행추진 ▶ 주요 연구분야 <ul style="list-style-type: none"> · 지구연안관측시스템 구축 · 동북아해양관측시스템 구축을 통해 자연재해의 영향을 예측 · 수산활동에 영향을 미치는 변수 모니터링 · 전세계에 퍼져있는 부이 데이터의 상호교환과 기술발전 지원 · 시계열적 해양관측과 분석, 정보 수집을 통해 기후변동성과 예측성에 대한 물리적 프로세스 이해 · 복사활동 가스와 aerosol의 증가에 의한 기후시스템의 반응예측 및 이해 ▶ 연구결과의 국제기구 제출을 통한 국제연구프로그램 내에서 위상강화 ▶ 대양규모의 해양환경변화에 대한 단계별 대책안 작성 및 정부관련 기관 제출 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국제지구권-생물권연구계획(IGBP) 및 해양연구위원회(SCOR) 연구위원회에 국가적 차원에서 참여 ▶ 국제 연구프로그램 가입 및 공동연구 진행추진 ▶ 주요 연구분야 <ul style="list-style-type: none"> · 해양 산성화 · 해양 생지화학적 순환과 해양식품망의 상호교류 · 지구 시스템에 대한 피드백 · 전지구적 기후변화에 대한 생태계 민감성 · 지역별 해수특성과 미량원소 분포와의 상관성 파악 · 지구환경 변화에 따른 미량원소 변화 평가 ▶ 연구결과의 국제기구 제출을 통한 국제연구프로그램 내에서 위상강화 ▶ 대양규모의 해양환경변화에 대한 단계별 대책안 작성 및 정부관련 기관 제출
2단계 (5년) '16 ↓ '20	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국제 연구프로그램 참여 및 활동 강화 계속 ▶ 지역적 국제프로그램에 주도적 참여 및 역할 수행 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국제 연구프로그램 참여 및 활동 강화 계속 ▶ 지역적 국제프로그램에 주도적 참여 및 역할 수행
최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 해양 관련 데이터와 정보의 수집, 분석, 분배를 통해 기후변동성을 예측하고 자연재해 예방 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양생물들이 해양 생지화학적 순환과 해양 생태계에 영향을 미치는 원리 발견 - 해수에 포함된 주요 미량원소의 분포 및 플럭스 연구를 통해 전지구적 해양환경 변화에 따른 이들의 변동성 규명

2. 국내에서 추진·진행 중인 해양과학조사 확대 추진

- 전지구적 해양과학조사 연구는 연구선 등 대형인프라가 필요하기 때문에, 이러한 여건과 인프라를 구축하고 있는 연구기관을 중심으로 산·학·연 협의체를 구성하여 국가차원에서 전략적으로 연구주제, 범위 및 탐사대상지역을 확대
- 대양 탐사 프로그램과의 연계를 통한 기후변화 대응 및 해양광물·생물자원 발굴
- 선제적·개방적 신해양과학조사 연구 콘텐츠 구축을 통한 국제 리더십 제고
- 국제협동연구 활성화 및 체계화
- MT, IT, BT, NT 분야 융합기술협력체계 구축·가동
- 다학제간 통합적 해양연구를 통해 선진국 추종형 연구가 아닌 개념 창출형 선도 연구 강화
- 해양과 같은 특수 환경 분야에서 연구결과를 도출하기 위해서는 장기간의 연구와 막대한 연구비기 소요되기 때문에 국가차원에서 장기 연구 분야에 대한 지원 강화

국내에서 추진 · 진행 중인 해양과학조사 확대 추진



3. 신규 해양과학조사 과제의 도출 추진

- 단위사업 중심으로 추진되고 있는 해양과학조사 과제의 재편 및 대형 해양과학조사 과제를 도출하여 프로그램화 추진
- 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구 등 도출된 3개의 대형 연구프로그램 과제에 대해 세부적인 기획사업을 추진하여 산·학·연 공동으로 조기 추진
- 국제적 현안문제 해결을 위한 과제에 선택과 집중으로 투자의 우선순위를 부여하여 집중 투자
- 국내연안에 영향을 미치는 태평양 및 대서양 지역을 중심으로 기후변화 대응을 위한 대형과제 추진
- 대양탐사를 통해 해양생물자원의 종다양성 확보 및 광물자원 탐사·개발을 위한 대양탐사과제 도출 및 추진

신규 해양과학조사 과제의 도출

	핵심 기술	- 대양생태계 연구	- 전략금속광물 자원탐사
	- 해양기후변화 연구 ▶ 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측 연구	▶ 전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질순환 시스템 반응연구 ▶ 대양생태계 기능규명 및 활용연구	▶ 남서태평양 망간각 탐사 ▶ 피지 해저열수광상 탐사
1단계 (4년) '12 ↓ '15	▶ 해양/대기 모니터링 시스템 구축 ▶ 계류감시체제 및 모델 구축 ▶ 열대 해양-대기 경년변동성 파악, 열대 생물상 파악 ▶ 기후변화에 따른 열대생물상 변동성 파악	▶ 전지구적 해양과학조사의 이행계획 수립 ▶ 대양 및 Bio Hot Spot 생태계 종합탐사 기술개발 ▶ 해양열수환경 물질교환시스템 이해와 신생물자원 확보 ▶ 대양규모의 다학제간/국제협력 연구 추진 ▶ 국제 연구프로그램 참여 및 활동강화	▶ 광역 탐사를 통해 망간각자원잠재력 평가 ▶ 활동성/비활동성 광체 부존지역 추적 및 분포파악
2단계 (5년) '16 ↓ '20	▶ 해수교환량 변동과 대기현상의 상관성 분석 ▶ 해수수송량과 열대생물상 변동의 상관성 파악 ▶ 해수수송량 변동성 모델예측 실험 ▶ 대기-물리-생태 모델예측치 제시 ▶ 대양간 해수교환과 열대생물상의 장기변동성 이해	▶ 대양규모의 다학제간/국제협력 연구 계속 추진 ▶ 국제 연구프로그램 참여 및 활동강화 계속 추진 ▶ 해양미생물의 지구환경 조절 능력 분석 기술 확보 ▶ 생태계-생명체 상호관계 해석을 통한 생명체의 환경적응 기작 이해	▶ 광역 탐사를 통해 망간각 자원잠재력 평가 계속 ▶ 해저열수광상 규모 및 품위 평가 ▶ 개발유망지역 선정 ▶ 경제성 및 개발사업성 평가
최종 목표	해양기후변화가 우리나라를 포함한 북서태평양에 미치는 영향 분석 및 대응	지구환경변화에 따른 해양의 생지화학적 순환 및 해양생태계의 변화 이해	개발대상지역 선정 및 독점적 탐사권 확보

4. 인프라 구축 및 인력양성

- 해양과학조사 연구사업의 점진적 확대, 실시간 해양관측체계 구축의 지속적 추진, 종합해양과학기지 구축 확대 및 활용체계 구축, 해양관측위성 활용분야의 확대 등 기존에 추진하고 있는 인프라 사업의 지속적 추진
- 기 활용되고 있는 아라온호, 건조 추진 중인 5천톤급 대형연구선(‘13년)의 활용방안과 연계하여 해양과학조사 추진
- 신규 대형과제의 학·연 협력을 강화하여 젊고 유능한 인력이 대형탐사에 참여시켜 체계적인 인력양성 추진
- 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보를 위한 운용기술력 확보를 위해 심해 연구/탐사 장비의 운용기술자를 지속적으로 양성하고 내실있는 교육과정을 마련하여 관련 국내·외 기업에 심해 운용기술 인력을 수출함
- 중장기 계획에서 도출된 “심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용 기술 연구”에서는 대학과 연계하여 전문탐사인력 양성을 주목적으로 하여 추진

제4절 예산투자 계획, 소요예산, 인력 및 성과목표 · 지표

1. 단계별 소요 예산

(단위 : 억원)

프로그램		1단계	2단계	계
대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구	· 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구	220	280	500
	· 전지구적 환경변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구	313	237	550
	· 대양생태계 기능 규명 및 활용연구	257	243	500
국가 전략금속광물 자원탐사	· 남서태평양 망간각 탐사 기술개발	60	100	160
	· 피지 해저열수광상 탐사	105	145	250
전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성	· 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구	220	70	290
소 계		1,415	1,135	2,550

2. 단계별 소요 인력

(단위 : 명)

프로그램		1단계	2단계	계
대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구	· 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구	74	114	188
	· 전지구적 환경변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구	570	870	1,440
	· 대양생태계 기능 규명 및 활용연구	88	132	220
국가 전략금속광물 자원탐사	· 남서태평양 망간각 탐사 기술개발	90	100	190
	· 피지 해저열수광상 탐사	270	170	440
전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성	· 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구	240	70	310
소 계		1,332	1,456	2,788

3. 정량적, 정성적 성과목표 및 성과지표

프로그램		성과목표	성과지표	측정방법	목표치
대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구	· 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구	· 해양/대기 모니터링 시스템 구축 · 계류감시체제 및 모델구축 · 열대 해양-대기 경년 변동성 파악 · 열대 생물상 파악 · 기후변화에 따른 열대 생물상 변동성 파악	· 현장관측, 계류 관측시스템 구축 · 해양-대기 변동성 분석 · 해수수송량 분석 · 열대생물상 분석	· 생물자원 확보	2,500종
				· 논문 및 특허	100건
				· 국제공동연구	5건
				· 연구시설 및 장비기반 구축	20건
				· 정책제안	3건
	· 전지구적 환경 변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구	· 지구적 조사의 과학적 시행 계획 작성 · 연구 인프라 구축 · 대양규모의 다학제간/국제협력 연구 · 국제 연구프로그램 참여 및 활동 강화	· 조사 기법/방법, 연구원 참여, 시설 및 장비, 재원조달 방법 등 protocol 마련 · 관측망 및 연구/분석 장비 등 인프라 구축 · 국제연구프로그램 가입 및 공동연구 진행	· 생물자원 확보	7,500종
				· 논문 및 특허	100건
				· 국제공동연구	10건
				· 연구시설 및 장비기반 구축	10건
				· 정책제안	5건
	· 대양생태계 기능 규명 및 활용연구	· 대양 생태계 탐사 기획 및 기반 조성 · 대양 및 Bio Hot Spot 생태계 종합탐사 기술 개발 · 해양열수환경 물질교환시스템 이해와 신 생물 자원 확보 · 생태계-생명체 상호관계 해석을 통한 생명체의 환경적 메커니즘 이해	· 대양생태계 정보 분석 및 체계적 탐사 기술 검토 · 장비/운영기술 도입 및 연구원 훈련 · 대양생태계 기능 이해 및 신 해양 생물자원 확보 · Bio Hot Spot 생태계 특성 이해 · 심해 생물자원 확보 및 발굴·분석 기술 확보	· 생물자원 확보	10,000종
				· 논문 및 특허	100건
· 국제공동연구				10건	
· 연구시설 및 장비기반 구축				10건	
· 정책제안				5건	
국가 전략급속광물 자원탐사	· 남서태평양 망간각 탐사 기술개발	· 광역 탐사를 통해 망간각 자원 잠재력 평가 · 개발유망지역	· 공해상 마젤란 해저산군 해저산 조사 · 망간각 자원	· 광물자원 확보	-
				· 논문 및 특허	30건

프로그램		성과목표	성과지표	측정방법	목표치	
		선정 및 정밀탐사	잠재력 평가 · 채광·선광·제련 시스템 기술적 타당성 분석 · 망간각 개발유망 지역 확보를 위한 경제적 타당성 조사 및 선정	· 국제공동연구	10건	
				· 연구시설 및 장비기반 구축	30건	
				· 정책제안	5건	
	· 피지 해저열수광상 탐사	· 활동성/비활동성 광체 부존지역 추적 및 분포 파악 · 광상 규모 판별을 위한 기반기술 확보 · 해저열수광상 규모 및 품위 평가 · 열수광상 통합 탐사 시스템 구축	· 해저면 하부 탄성과 탐사 적용 기반기술 연구 · 광상 부존지역 지질특성 분석 · 개발시스템의 기술적 타당성 분석, 경제적 평가 모델 개발 · 열수광상 비교 우위 경제성 분석	· 광물자원확보	-	
				· 논문 및 특허	30건	
				· 국제공동연구	10건	
				· 연구시설 및 장비기반 구축	30건	
				· 정책제안	5건	
	전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성	· 심해광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구	· 심해 해저면 정밀위치측정, 근접 견인관측, 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템 구축 및 기초 운용 기술력 확보	· 심해 관측 시스템의 최적 모델을 선정/구입 하고 운용기술력 확보 · 확보된 기술력을 바탕으로 한국 주도의 국제연구 프로그램 신설 및 기존 프로그램에 주도적 참여	· 생물자원확보	-
					· 논문 및 특허	40건
· 국제공동연구					10건	
· 연구시설 및 장비기반 구축					20건	
· 정책제안					5건	

4. 인력확보 방안

○ 대학과 연계를 통한 인력 확보

- 해양 연구, 생물다양성 연구를 수행하는 대학의 교수와 연구원, 대학원생을 전지구적 해양과학조사 연구에 참여시킴으로써 학·연간 공동연구의 시너지 효과를 증진시키고 인력을 확보

○ 과학기술연합대학원대학교 학생 증원과 활용

- 출연(연)이 설립하여 운영하고 있는 대학원 중심 교육기관인 과학기술연합대학원대학교(UST)의 해양환경시스템과학 전공(한국해양연구원이 운영) 학생을 증원하여 전지구적 해양과학조사 연구에 참여시킴
- UST 대학원생의 학위논문 주제를 기후변화 대응 및 자원확보 등을 위한 해양 종합탐사 관련 내용으로 설정함으로써 연구와 학위 수행을 연계하기도록 하며 장기적으로 인력양성 효과를 유발함

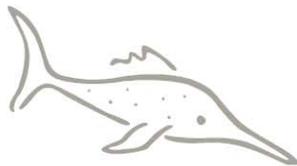
○ 산업계와 연계를 통한 인력 확보

- 해양탐사 기술개발 분야의 산업계를 참여시켜 기술개발과 함께 인력의 원활한 수급을 담보함

○ 해양과학 선진국 및 개발도상국에 연구 참여 기회 제공

- 대양생태계 분야에 관심이 있는 선진국의 과학자를 전지구적 해양과학조사 연구에 참여시켜 연구수준을 높이고 고급인력을 확보함
- 탐사해역 근처에 위치하는 개발도상국의 과학자나 학생을 전지구적 해양과학조사 연구에 참여시켜 관련국과의 국제협력 네트워크를 구축하고 인력 수급문제를 해결함
- 개발도상국의 연구 인력 참여는 탐사 경로와 Bio Hot Spot이 해양개발도상국의 EEZ 내에 위치할 경우 확보한 해양생물자원의 원활한 국내 반입을 위한 국가간 협력 관계 수립에 도움이 될 것임
- 탐사해역 근처에서 수행되는 다른 국제프로그램과의 공동연구 추진을 통해 효율적 인력 활용이 가능함

IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용



IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용

제1절 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구

1. 서태평양-동인도양 해수교환 및 생태계 관측연구

TIPEX(Tropical Indo-Pacific water transport and ecosystem monitoring Experiment)

가. 개요

열대 서태평양과 동인도양 사이에 위치한 인도네시아 해역을 통과하는 해수 수송량의 장기변동성과 해양생태계 변화를 모니터링하여 지구기후변화에 따른 열대 해양의 변동성이 우리나라 주변해역에 미치는 영향을 연구함

(1) 연구개발 필요성

- 난수풀의 변동은 지구기후변화의 열엔진 변동을 의미하며, 대양간의 해수교환 연구는 기후변화연구의 핵심임
- 인도양은 우리나라 몬순기후에 크게 영향을 미치는 티벳고원의 기후변동에 직접적인 기여를 하는 대양임
- 정확한 한반도 기후예측을 위한 대양 및 국외역의 해양자료는 국내 기관 중 연구원만이 제공 가능함
- 한-인니 경제자원외교의 기반과학정보인 인도네시아 해양연구에 투자하는 것은 이 지역에 많은 투자와 연구노력을 기울여온 해양선진국들과 경쟁하기 위해 필요한 선행조건임

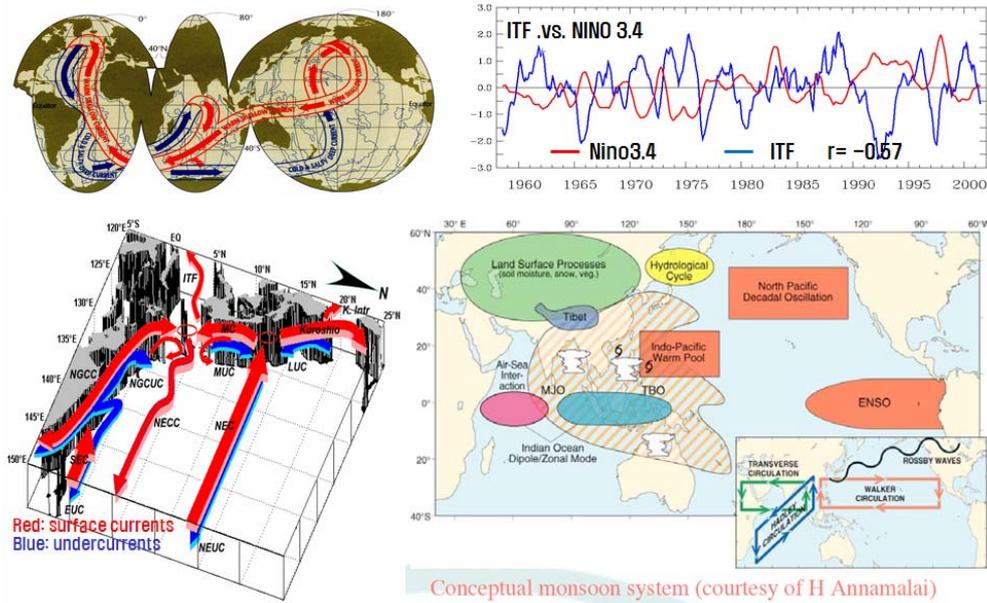


그림 4-1. 기후변화에 따른 전지구적인 해양-대기 이슈

(2) 연구개발 동향

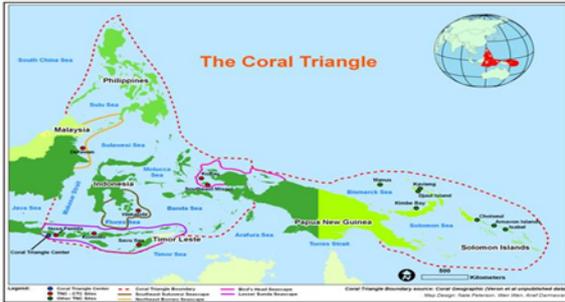
□ 국외

- 우리나라의 해양기후에 영향을 미치는 요인은 지구온난화 이외에도 크게 엘니뇨/라니냐를 동반한 해양-대기 상호작용과 열대서태평양 난수풀의 경년 및 장기변동성으로 대변할 수 있으며, 이 요인들을 장기적으로 모니터링하려는 국제공동 관측망 구축(OKMC, NPOCE, TOCS, SPICE) 노력이 진행되고 있음

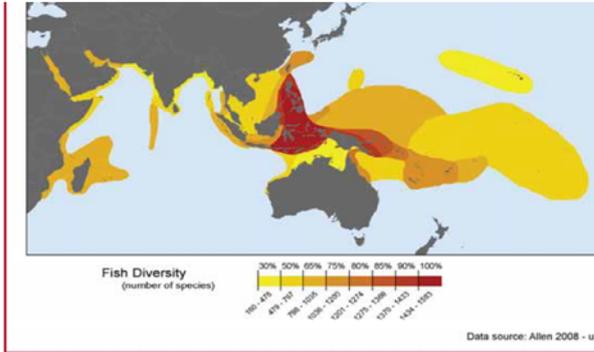
□ 국내

- 열대 서태평양과 동인도양 사이를 흐르는 '인도네시아 통과류(ITF)'는 지구 심층 순환에서 열대서태평양에서 동인도양으로 흐르는 순환고리의 일부로 동아시아 몬순과 북극진동과 함께 중위도 지역에 직간접적인 영향을 미치고, 최근 우리나라 주변의 해양현상에도 적지 않게 영향을 미친다는 사실이 국제적인 연구를 통하여 점차 밝혀지고 있는 바, 이에 관한 국내 연구회가 조직되어 능동적으로 대체하려는 움직임이 있음

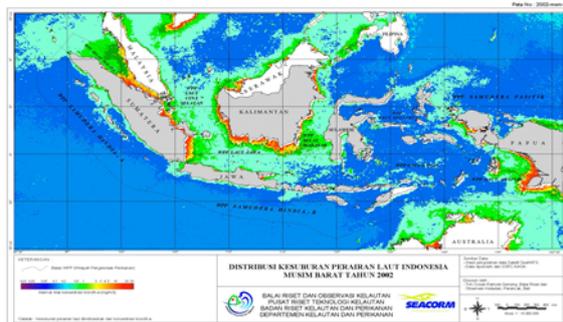
Coral triangle



산호초어류다양성(Allen, 2007)



클로로필_a의 표면계절분포도



장기표면수온 변화추이

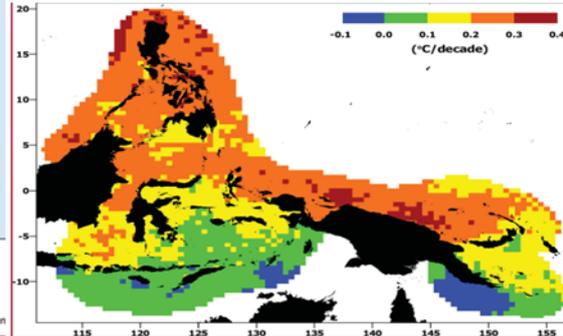


그림 4-2. Coral triangle 해역의 최근 연구 결과

□ 향후 전망

- 기후변화에 대한 기초연구와 대응방안은 해양선진국 뿐만 아니라 세계 각국의 최대 관심사 중 하나이며, 인도양의 해수순환과 해양-대기 상호작용에 관한 연구는 서태평양과 동인도양의 해수교환 및 생물다양성 문제와 더불어 국제공동 연구협력의 우선 과제임
- 또한, 이 연구의 대상해역은 대기를 통해서는 1주일 이내, 해양을 통해서는 수개월 이내에 우리나라 주변해역에 크게 영향을 미치고 있음이 점차 밝혀지고 있으며, 우리나라 주변의 기후예측향상에도 절대적으로 필요한 해역임

나. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종 목표

- 우리나라에 영향을 미치는 대양기후현상의 포괄적 이해를 위하여 인도네시아 통과류의 경년~장기변동성 연구
- 서태평양-동인도양 해역의 엘니뇨/난수풀/인도양 양극모드/몬순 등의 열대 해양기후변화가 우리나라를 포함한 북서평양에 미치는 영향을 정량적으로 분석
- 기후 변화에 따른 열대 해역 생물 군집의 생물 다양성 및 생지화학적 인자의 중장기 변동성 규명

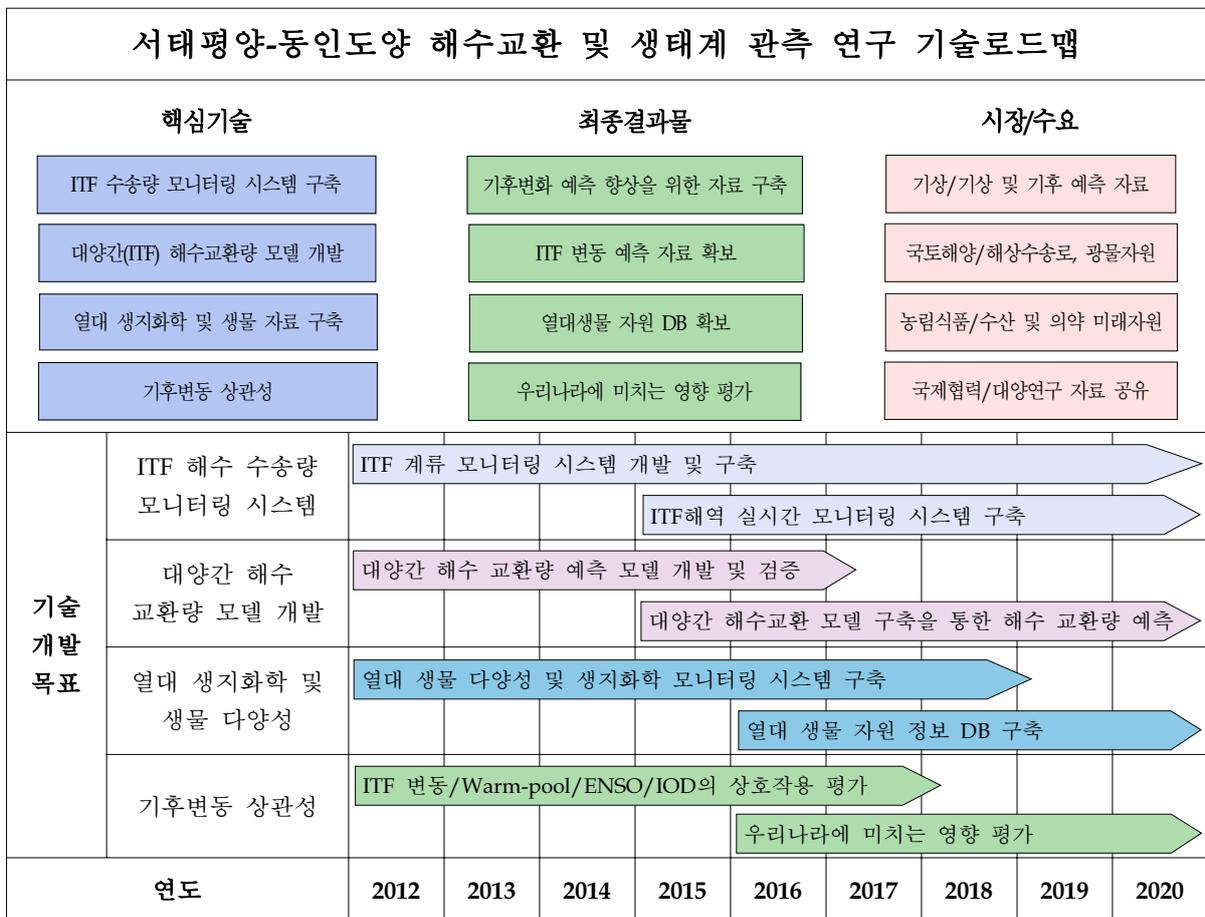
(2) 연차별 목표

구분	연구개발목표	연구개발내용
1차년도	- 해양/대기 모니터링 시스템 구축	- 현장관측, 계류관측 시스템 구축
2차년도	- 계류감시체제 및 모델구축	- 서안경계 계류관측 시스템 확장구축, 모델 구축
3차년도	- 열대 해양-대기 경년변동성 파악, 열대 생물상 파악	- 해양-대기 변동성 분석, 산호생물상 채집
4차년도	- 기후변화에 따른 열대생물상 변동성 파악	- 계류감시(계속), 해수수송량, 열대생물상 분석

IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용

구분	연구개발목표	연구개발내용
2단계(5년)	- 해수교환량 변동과 대기현상의 상관성 분석	- 해수수송량/수괴 혼합/엘니뇨/인도양-아시아 몬순 상관성 분석
	- 해수수송량과 열대생물상 변동의 상관성 파악	- 대기-물리 변동성, 기후변화에 따른 열대생물 상관성 분석
	- 해수수송량 변동성 모델에 측실험	- 계류관측자료와 해양-대기모델 비교분석 실험
	- 대기-물리-생태 모델예측치 제시	- 엘니뇨/인도양양극모드 변동과 열대생물상 변화 분석
	- 대양간 해수교환과 열대생물상의 장기변동성 이해	- 수송량 변동 해양-대기모델 비교, 열대생물 장기변동성 분석

(3) 기술개발 로드맵



다. 추진전략 및 체계

(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

- 국제적 관측연구 사업과 공동연구 연계
 - TOCS (JAMSTEC, 일본) 관측팀에 연구원 파견
 - OKMC (미국) 핵심참여자들과 공동연구 파견협력 추진
 - NPOCE (Clivar Program)에 중국측 팀과 공동연구 및 관측 협력
 - SPICE (호주)팀과 ITF 공동관측 연구개발 추진
 - 인도네시아에 해양모니터링 인프라구축과 역량강화 단기훈련 전수
 - 한미협력사업(JPA)을 통해 NOAA의 지원협력 관계유지

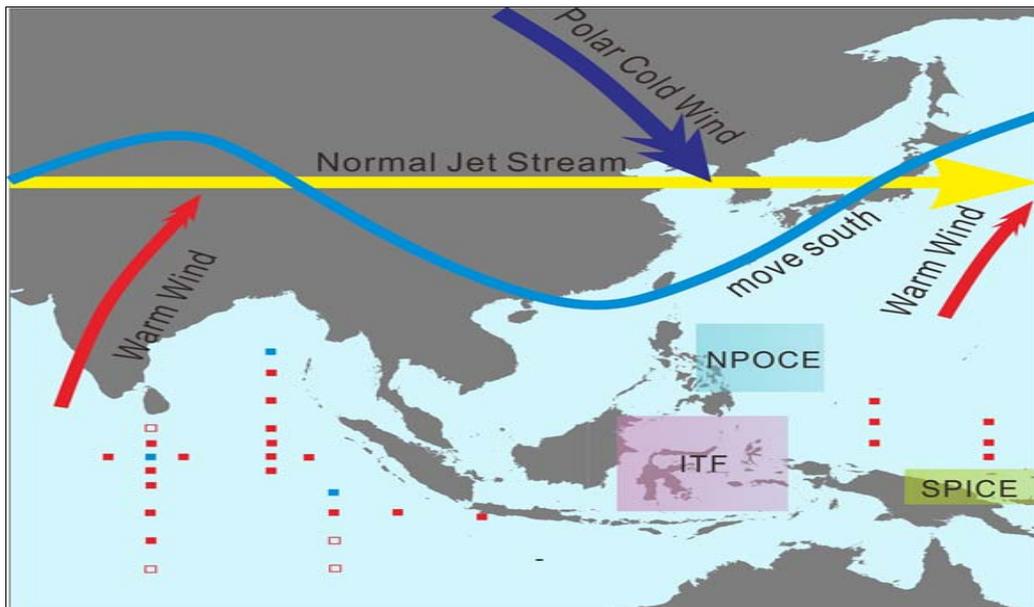


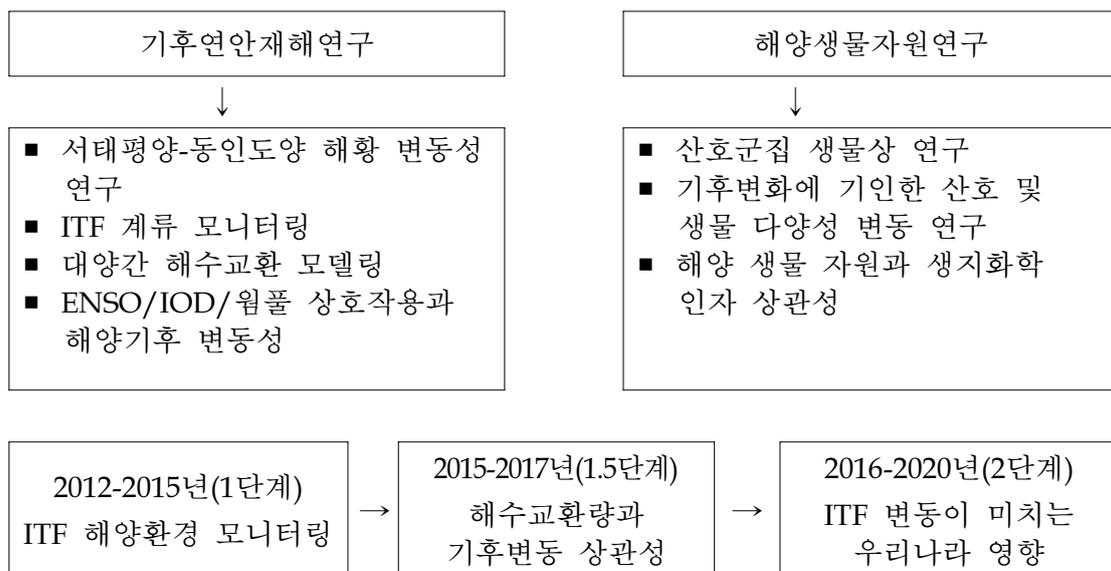
그림 4-3. 서태평양-동인도양 국제 해양 관측 프로그램

- 북서태평양이 한반도 주변해역에 미치는 영향 연구를 수행 중인 POSEIDON 사업 및 해양 예보 정확도 향상을 위한 통합예보 모델을 개발하는 GAIA 사업과의 연계를 통하여 전지구적 기후변화연구의 시너지 효과 창출

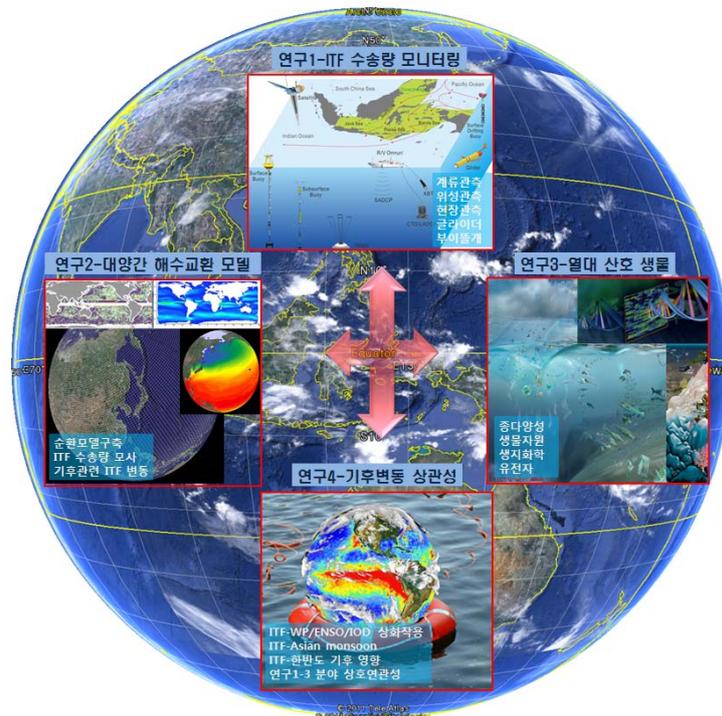
- 지구기후변화에 대응하기 위한 지구기후변화 예측 연구, 지구 기후변화가 한국해에 미치는 영향 연구, 기상예보의 정확도 향상을 위한 해양·기상 상호작용 연구 등의 기반 연구 수행
- TIPEX 연구를 위하여 향후 구축 예정인 인도네시아 KORDI-Lab를 해양 환경 모니터링을 위한 계류 시설 및 열대 생물 다양성 조사를 위한 연구전초기지로 구축
- 전지구적인 기후변화에 따른 대양 간 해수수송량 교환 연구 및 열대 생물 다양성의 변동 연구 결과의 표준화를 추진하여 기후변동성과 예측성에 관련된 국제연구프로그램인 CLIVAR의 연구사업 프로그램으로 등록 추진
- 대양간 해수 수송량/해양환경 관측 및 열대 생지화학 변동 관측을 위한 해양환경 모니터링 시스템을 국제 협력 가능한 수준으로 구축하여 데이터부이 협력 패널 (DBCP)과 지구해양관측시스템(GOOS)의 협력 사업을 추진

(2) 연구개발 추진체계

○ 연구개발 추진체계도



○ 분야간 주요 연구 수행 주제도



라. 기대효과 및 활용 방안

(1) 기대효과

<p>기술적 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화 예측 향상을 위한 열대 서태평양-동인도양의 해양관측감시 자료 확보를 통하여 한반도 주변의 기후예측 향상에 크게 기여 - 인도네시아 통과류 (ITF)의 장기 수송량 변동 자료 확보, 해양-대기 변수 자료 확보를 통하여 대양간 해수순환모델 향상 및 모델 예측자료 확보 - 기후 변화 영향 자료인 열대해역 생지화학 (CO₂, 일차생산력, 영양염 등) 자료 확보
<p>경제·사회적 파급효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 인도네시아 주변 해양연구에 투자하는 것은 한-인니 경제자원외교의 기반을 구축하며, 중동과 아프리카 석유광물자원의 수송경로를 확보하는 것임 - 산호군집 생물다양성 및 유전자 정보 확보 등을 통하여 미래 생물자원 확보에 기여
<p>사회·문화적 파급효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 우리나라-동아시아국가(인도네시아)간 직접적인 기후변화, 해양자원 등에 대한 공조 기반구축 - 전지구적 기후변화 예측·적응 관련하여 미국, 중국, 일본 등과의 국제 협력/연구를 통해 해양선진국으로 국제적 위상을 제고함

(2) 활용 방안

- 대양간 해수교환량 관측치를 모델에 활용하여 우리나라 주변해 및 기후의 장기예측 정확도를 향상 (5~10%)
- 인도네시아 통과류와 쿠로시오 수송량이 인도양-태평양 난수풀의 변동성에 주는 영향을 파악하여 우리나라 주변해에 미치는 정량적 영향 규명
- 인도네시아의 해양인프라 구축과 연구역량 강화를 지원하여 해양과학의 동반성장을 도모하고, 미래해양산업의 파트너 협력국가를 확보
- 한국해양연구원에서 구축 예정인 ‘인도네시아-KORDI Lab’과 연계한 연구사업으로 활성화 하여 향후 인도네시아와의 해양과학기술 국제협력 사업으로 활용
- 산호군집을 중심으로 지구기후변화에 따른 열대수산자원 장기 변동에 미치는 영향 추정 및 예측에 활용
- 지구상에서 가장 다양한 해양생물을 보유한 ‘산호삼각지(coral triangle)’의 생물자원 정보를 파악하여 신소재, 의약학 신물질 발굴 등 미래해양산업을 선도함
- 인도양 모니터링 네트워크(RAMA) 참여로 기후변화 연구에 국제협력 공조

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 인도네시아 통과류(ITF) 모니터링	25	25	25	25	178	278
· 대양간 해수교환 모델링	9	9	9	9	22	58
· 열대산호생물 변동성	11	11	13	13	58	106
· 기후변동 상관성	9	9	9	9	22	58
합 계	54	54	56	56	280	500

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 인도네시아 통과류(ITF) 모니터링	8	8	8	8	48	80
· 대양간 해수교환 모델링	3	3	3	3	18	30
· 열대산호생물 변동성	5	5	5	5	30	50
· 기후변동 상관성	2	2	3	3	18	28
합 계	18	18	19	19	114	188

바. 확보 필요 주요 장비 및 활용방안

○ 확보해야할 장비 및 주요 활용분야 등을 기술

연구장비	활용방안
Acoustic Doppler Current Profiler (75kHz)	- 도플러음파유속계, 장기 계류를 통한 다층 수직 유속 구조 관측
TRBM	- 저층 계류식 해류계, 연안역의 해저면에 계류하여 다층 수직 해류 관측
Surface Meteorological-Oceanic Monitoring Buoy System	- 표층 해양대기 실시간 모니터링 부이, 해양-대기 변수들의 실시간 관측
Acoustic Release	- 음파분리장비, 관측장비들의 회수 장비

IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용

연구장비	활용방안
Inverted Echo Sounder (PIES)	- 수압 및 음파 구조, 음향을 이용한 해류 관측
Recording Current Meter (RCM)	- 해류, 계류용 단층 해류 관측
Underwater Glider	- 수중 글라이더, 광역에서의 궤적 입력에 의한 해수 물성 관측
CTD/Lowered-ADCP	- 수온/염분/용존산소/해류
CO2 flux sensor	- 해양-대기 탄소순환
PAR sensor	- 광합성 유효복사량
Meteo sensors	- 기온/기압/바람/습도/강우량/복사량
Fluorescence sensor	- 엽록소 수직구조

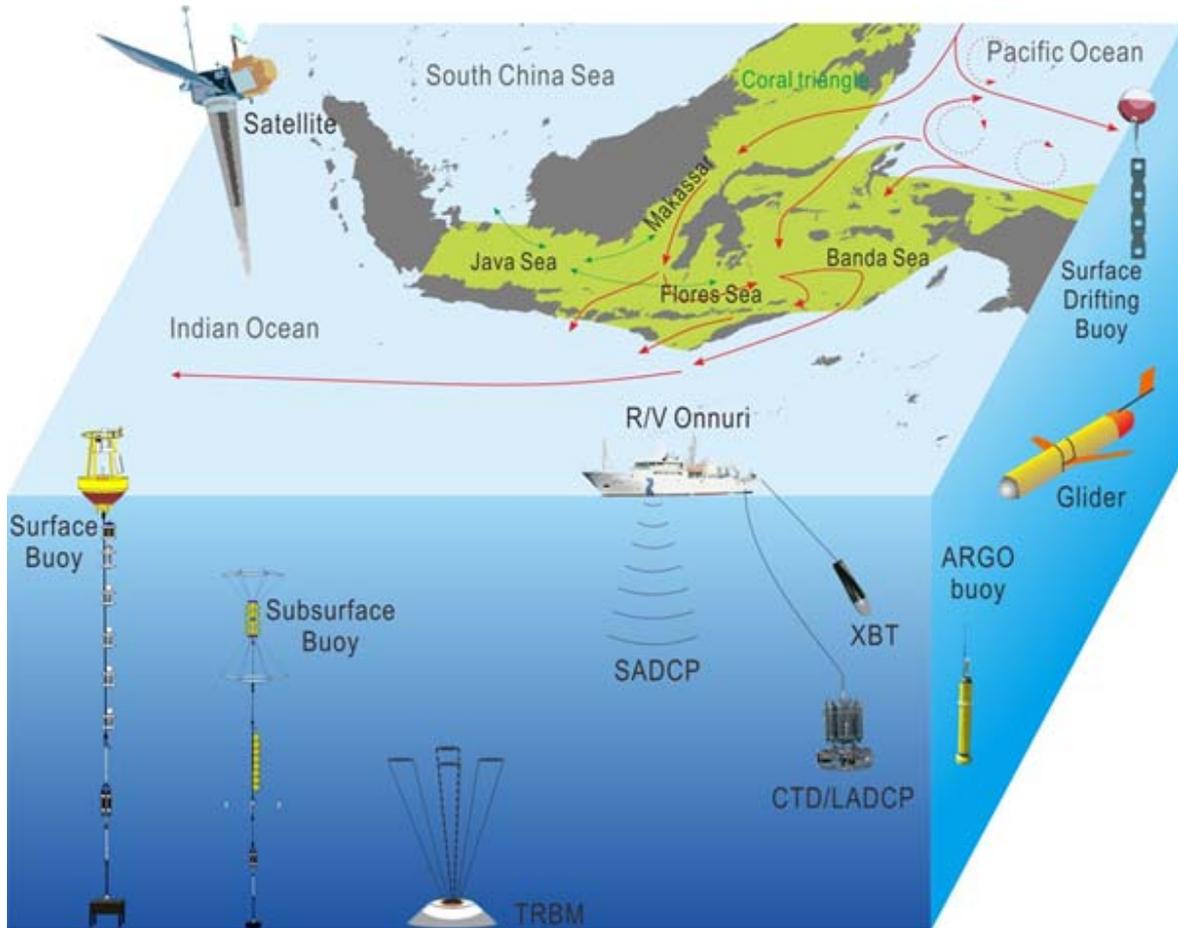


그림 4-4. TIPEX 연구사업의 연구 장비 활용 모식도

2. 전지구적 환경 변화에 따른 해양 생태/물질순환 시스템 반응연구

가. 개요

(1) 연구개발 필요성

- 급격히 진행되는 기후변화로 인한 해양 시스템의 변화를 파악하고, 이러한 변화가 지구환경과 인류사회에 미칠 영향을 예측하고 대응하기위해 국제 사회는 공동의 노력을 기울이고 있음
- 해양은 지구환경의 조절자로서 중요한 역할을 해왔으나, 급격한 지구환경변화는 해양시스템의 변화를 가져오고 이는 피드백 현상을 통해 지구환경 변화를 가속 시킬 것으로 예측되고 있음
- 이에 국제사회는 변화하는 지구환경과 해양의 상호작용을 이해하고, 미래 변화를 예측하며 지구를 지속가능한 인간서식처로 유지하기위한 대책마련에 공동의 노력을 진행하고 있음
- IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme)와 SCOR(Scientific Committee on Ocean Research)는 공동으로 글로벌 프로젝트를 운영하며 앞으로 진행될 기후변화와 해양의 상호작용을 이해하고 지구환경변화에 대해 능동적으로 대응하기 위한 노력을 하고 있음
- 대표적인 연구프로그램으로는 SOLAS, IMBER, GEOTRACE, CLIVAR(Climate Variability and Predictability, 기후변동성과 예측성 프로젝트) 등이 있으나 우리나라는 이들 글로벌 프로젝트의 연구 활동에는 참여하고 있지 않아 국제적인 기여도가 낮으며 전 지구적 환경변화에 대한 국가적 대응전략의 개발 및 개발을 위한 과학적 장기 정보/데이터 확보 시스템 구축도 미미한 수준에 있음

- 따라서 지구환경, 기후변화 등 지구적 규모의 문제해결을 위한 국제공동노력에 적극적 참여를 통해 국제사회의 일원으로서의 국격에 맞는 역할이 필요한 시점임
- 또한 국가의 미래전략 개발을 통한 지속 가능한 성장을 위해서, 인간에 의하여 야기되는 기후변화의 위험, 기후변화의 잠재적 영향 및 그 적응과 완화에 대한 과학적 이해와 관련된 기술적 사회경제적 정보의 평가 능력의 제고가 필요함
- 현재 진행 중인 기후변화와 지구적 변화의 근본을 이루고 있는 해양의 생지화학 및 생태계 상호작용을 이해하고 예측하는 능력은 기후변화에 대해 능동적/적극적으로 대응하는데 있어 전세계가 협력하여 해결할 아젠다로서, 이에 대한 실천적 행동으로, 전지구적 해양연구프로그램에 참여를 통한 국제협력과 해양과학제반 기술의 확보는 우리가 선택할 수 있는 가장 효율적이며 실현 가능성이 높은 방법으로 판단됨

(2) 연구개발 동향

□ 국외

- 전지구적 기후변화에 의한 해양의 생지화학적 순환 및 생태계 변동연구는 IGBP와 SCOR의 주도 또는 승인하에 국제협력연구 프로그램들이 진행되고 있음. 현재 진행되거나 진행될 예정인 프로그램으로는 CLIVAR와 같은 해양 관측 프로그램이 있으며, 대양규모의 생지화학적 순환과 생태계에 초점을 맞춘 연구로는 IMBER, SOLAS, GEPTRACES, BIO-GEOTRACES, GOODOP-IMBE, 그리고, 교육프로그램을 겸비한 프로젝트로서는 C-MORE 등이 있음

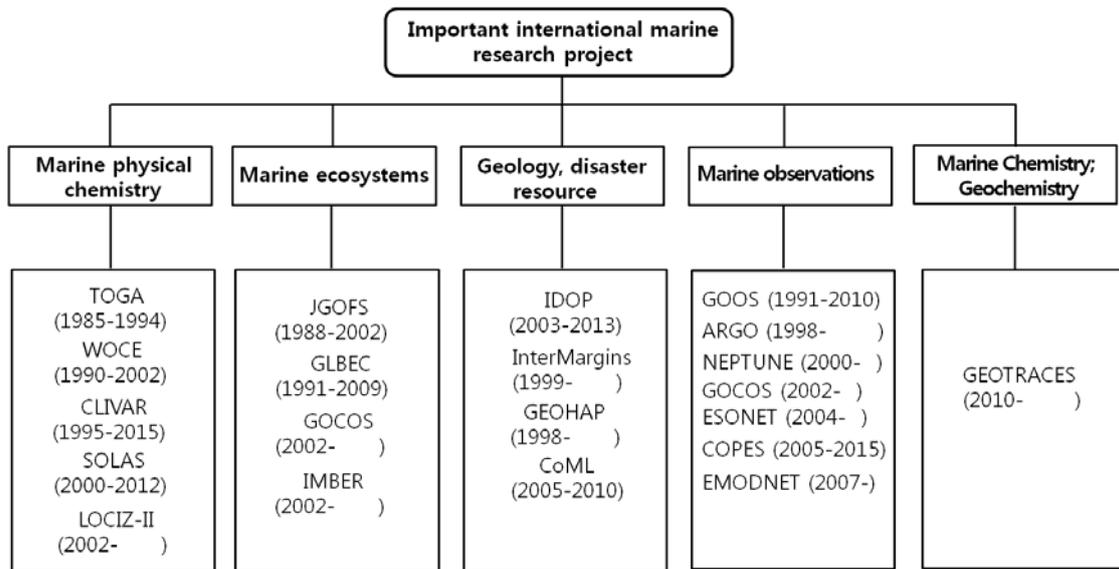


그림 4-5. 주요 국제연구프로그램의 진행 현황

- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 보고서에서 언젠가부터 찾아볼 수 있는 단어들이 있는데 기후변화 또는 지구적 변화에 대한 방지(prevention)나 복원/회복(restore)이라는 단어가 들어 있지 않으며 대신 반응/대응(response)과 적응(adaptation)이라는 단어가 사용되고 있음. 즉, 세계 석학들은 기후변화는 이미 진행되고 있는 사실로 받아들이며 이미 우리가 알고 익숙한 환경으로 돌아갈 수 없는 사실로 인정을 하였다는 것을 뜻함
- 즉, 변화하고 있는 지구적 환경과 이에 따른 기후변화를 얼마만큼 불확실성이 최대한 적은 예측을 하기위해 노력을 경주하고 있으며, 다양한 예측 시나리오들에 대한 우리의 대응과 적응에 대한 준비전략을 찾고자 하는데 노력하고 있음
- 다양한 국제프로그램을 통해 전세계 국가들은 협력하여 기후변화를 예측하고 불확실성을 축소시키며 이러한 부분에 대해서 준비하고 능동적/적극적으로 대응하려는 노력을 기울이고 있음

① 전지구적 해양 관측 프로그램

- SCOR에 의해 구상되거나 만들어진 전지구적 해양관측 프로그램으로는 1970년대 GEOSECS (Geochemical Section Study)를 필두로 1990년대 WOCE (World Ocean Circulation Experiment), 2000년대 CLIVAR 등이 있음. 대부분의 경우 명칭은 변경되었으나 실질적으로 이루어진 관측은 큰 차이를 보이지 않음
- 연구의 목적이 90년대 해수 순환에서 2000년대에는 기후변화로 변경됨에 따라 연구 활동도 예측모델을 향상시키고 불확실성을 감소시키기 위한 데이터 확보활동과 모델 개발활동이 주요 부분이라고 할 수 있으며 데이터 확보활동은 관측/모니터링 시스템 구축 및 협력과 승선 연구활동을 통한 실현장 조사 데이터 확보임

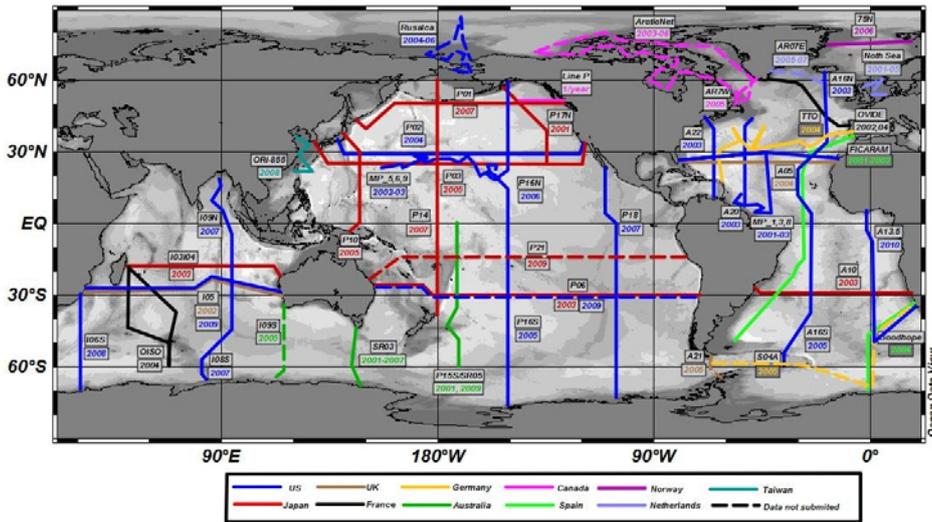


그림 4-6. CLIVAR 관측선

○ CLIVAR의 주요 연구내용

- 1995년부터 진행 중인 핵심 프로젝트로서, 기후에서 해양-대기 상호작용의 역할에 특별한 중점을 두고 기후변동성과 예측가능성을 다루는 WCRP (World Climate Research Programme) 프로그램으로서 WCRP TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere; 열대 해양 및 전지구 대기, 1985~1994) 프로그램 위에 만들어진 것이며 다른 WCRP 프로그램과 밀접하게 연계되어 활동함

- CLIVAR는 또한 세계 해양순환, 열저장, 해면의 전례 없는 포괄적인 자료세트를 수집한 WCRP WOCE (World Ocean Circulation Experiment; 세계해양순환실험, 1982~2002)위에 만들어진 것임
- CLIVAR 연구는 향상된 기후 모델 및 관측의 사용을 통하여 기후변동과 변화의 좀 더 유용한 예측을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, ENSO 현상, 아시아, 아메리카, 아프리카에서의 몬순순환, 북대서양 진동과 그 지역에서의 기후에 대한 그것의 연결, 태평양 10년 진동과 기후에 대한 그것의 영향 등과 같은 결합 기후계의 대규모 특성을 다룸

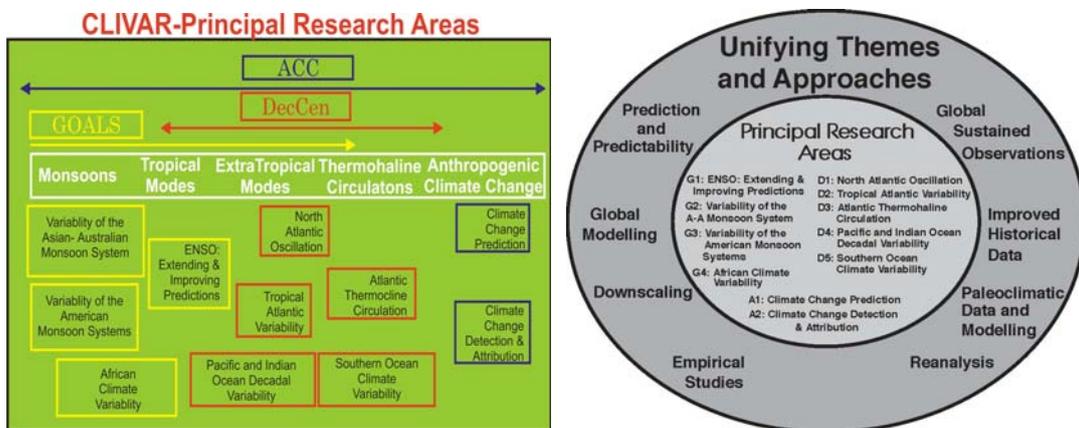
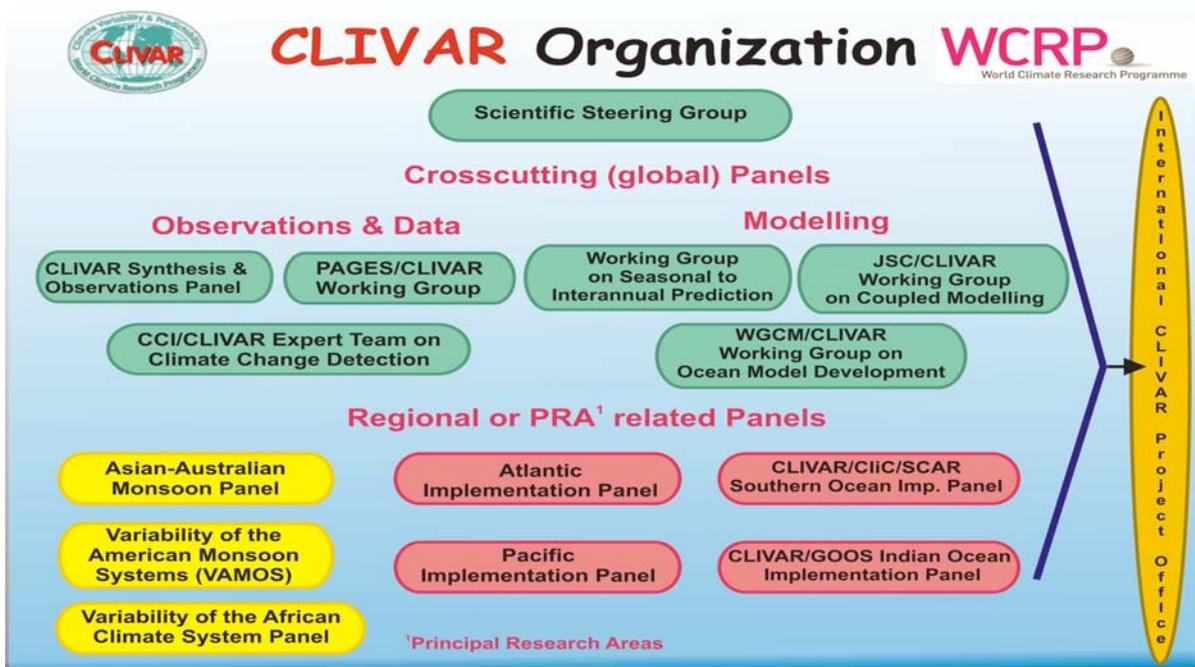


그림 4-7. CLIVAR 연구분야

- 시계열적인 관측과 분석, 정보의 수집을 통해 기후변동성 및 예측성에 대한 물리적 과정 이해
- 지구 예측 모델의 개발(100년간)을 통한 기후 예측의 범위 및 정확성 제고
- 복사활동 가스와 에어로졸의 증가에 의한 기후 시스템의 반응을 예측 및 이해
- 자연 기후 신호의 인위적인 수정을 감지하기 위해 예측된 기후와 관측된 실제 기후를 비교



SCIENTIFIC STEERING GROUP (SSG) ICPO Contact: Dr. Bob Molinari		PROJECT OFFICE (ICPO) Personal Assistant: Mrs Sandy Grapes
CROSSCUTTING (GLOBAL) PANELS		
OBSERVATIONS AND DATA	MODELLING	
GLOBAL SYNTHESIS AND OBSERVATIONS PANEL (GSOP) ICPO Contact: Nico Caltabiano	WORKING GROUP ON SEASONAL AND INTERANNUAL PREDICTION (WGSIP) ICPO Contact: Anna Pirani	
PAGES/CLIVAR WORKING GROUP ICPO Contact: Catherine Beswick	JSC/CLIVAR WORKING GROUP ON COUPLED MODELLING (WGCM) ICPO Contact: Anna Pirani	
CCI/CLIVAR/JCOMM EXPERT TEAM ON CLIMATE CHANGE DETECTION AND INDICES (ETCCDI) ICPO Contact: Anna Pirani	WGCM/CLIVAR WORKING GROUP ON OCEAN MODEL DEVELOPMENT (WGOMD) ICPO Contact: Anna Pirani	
REGIONAL OR PRA-RELATED PANELS		
ASIAN-AUSTRALIAN MONSOON PANEL (AAMP) ICPO Contact: Carlos Ereño	ATLANTIC IMPLEMENTATION PANEL ICPO Contact: Nico Caltabiano	
VARIABILITY OF THE AMERICAN MONSOON SYSTEMS (VAMOS) ICPO Contact: Carlos Ereño	PACIFIC IMPLEMENTATION PANEL ICPO Contact: Nico Caltabiano	
VARIABILITY OF THE AFRICAN CLIMATE SYSTEM PANEL (VACS) ICPO Contact: Anna Pirani And Nico Caltabiano	CLIVAR/IOC-GOOS INDIAN OCEAN PANEL ICPO Contact: Nico Caltabiano	
	CLIVAR/CIIC/SCAR SOUTHERN OCEAN REGION PANEL ICPO Contact: Catherine Beswick	

그림 4-8. CLIVAR 연구프로그램 조직

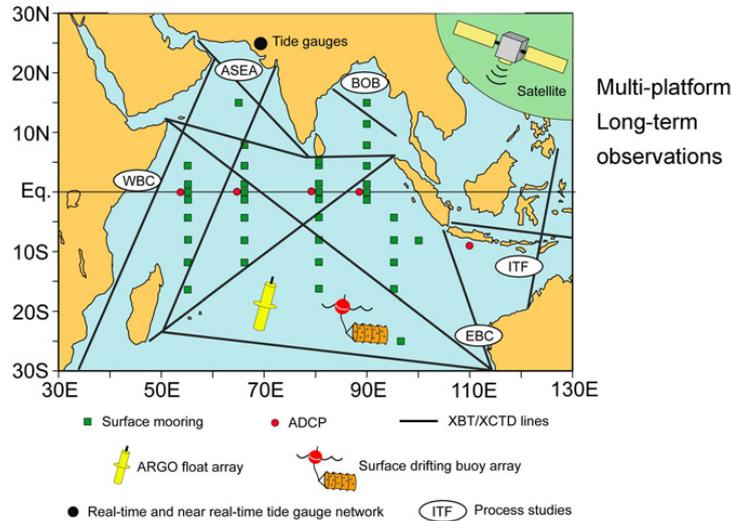


그림 4-9. 인도양에서 추진되는 Multi-platform long-term 해양관측

② 해양생태계 연구 프로그램

■ IMBER (Intergrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research Program)

○ IMBER는 IGBP와 SCOR에서 지원하는 국제프로젝트로서 해양의 생지화학적 순환과 생태계에 연구 초점이 맞추어져 있으며, IMBER 프로젝트의 목표는 전지구적 변화에 따른 해양의 생지화학적 순환과 생태계의 민감도를 연단위 혹은 10년 단위로 조사하는 것으로, 현재 IMBER의 과학조사에는 24개국이 참여하고 있음

○ IMBER 프로그램 개요

- 2001 IGBP/SCOR 해양미래계획위원회에서 IMBER 프로젝트 착수가 결의된 프로그램으로 IMBER 연구는 어떠한 해양생물이 해양생지화학적 순환에 영향을 주고, 이러한 과정이 어떻게 해양생태계에 영향을 주는가를 밝히는 것임
- IMBER의 주요 목표는 해양생지화학적 순환과 생태계가 큰 규모의 기후변동이나 물리적 동태의 변화, 탄소순환 화학, 영양염 플럭스와 같은 복합적인 강제력에 어떠한 반응을 하는지와 해양 생산에 미치는 영향에 대한 예측능력을 개발하는 것임

- 전지구적 환경변화에 의한 해양의 생지화학적 순환과 생태계의 변화는 지구 시스템에 연동적인 영향을 미칠 수 있으며, 더욱 큰 도전을 받고 있는 부분은 자연적 및 사회과학적 집단들을 하나로 묶어서 해양 및 인간/인류적 시스템간의 상호적 영향과 피드백에 대한 주요 요소를 같이 연구하는 것임

○ IMBER 프로그램의 주요 연구분야

- 생지화학적 순환과 해양먹이망의 상호관계
- 전지구적 변화에 대한 민감도: 해양의 주요 생지화학적 순환, 생태계 그리고 이들의 상호관계가 전지구적 변화에 미치는 반응
- 지구시스템으로의 피드백: 해양 생지화학과 생태계가 기후 조절에서의 역할
- 사회적 대응: 해양
- 지난 20년간 해양학 분야에서 가장 중요한 프로그램이었던 JGOFS(Joint Global Ocean Flux Studies)와 GLOBE(Global Ocean Ecosystem Dynamics)의 주제 통합

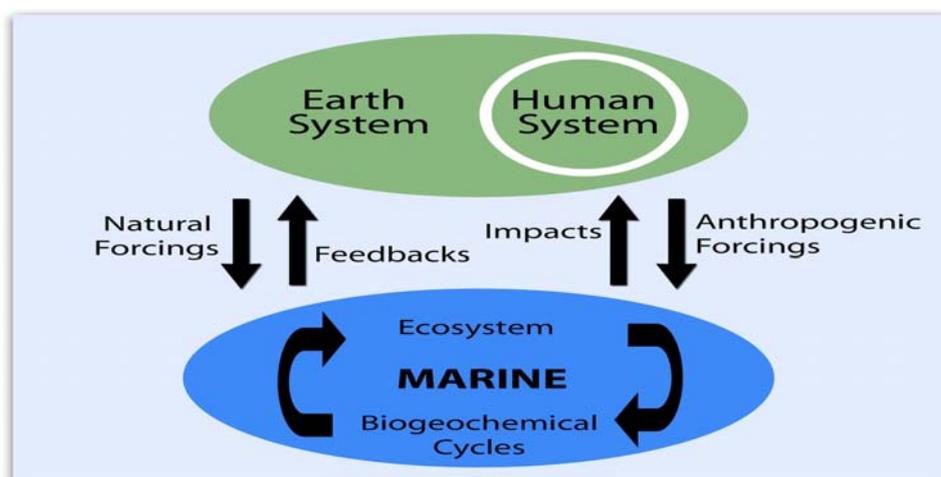


그림 4-10. 해양과 지구시스템의 상호관계

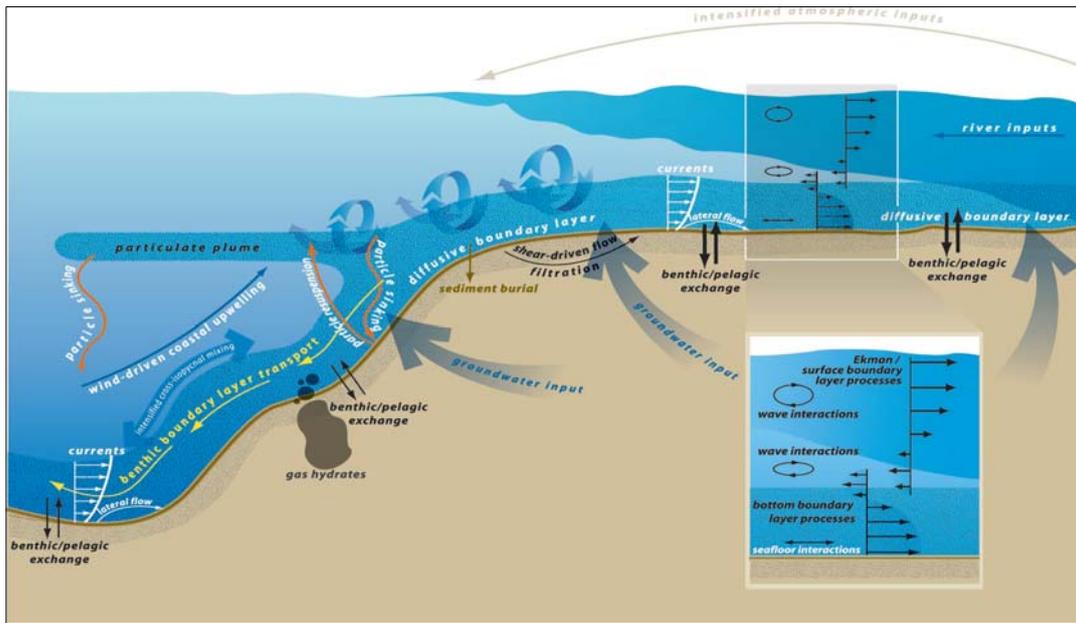


그림 4-11. 생지화학적 순환과 해양먹이망의 상호관계

○ 동아시아 국가의 IMBER 연구참여 현황



그림 4-12. IMBER National Network

- IMBER가 보증하고 승인한 최근 프로젝트(2010~2011)
 - 2011 : INCT-TMCOcean(브라질 주도)
 - 2010 : MEECE(영국주도), ANACONDAS and ROCA(미국 주도), VECTOR(이탈리아 주도), LUCIFER(스페인 주도)

- 과학운영위원회(2011)
 - 14명중 아시아 국가로서는 중국(1명), 일본(1명), 한국(1명, 유신재, 한국해양연구원)에서 참여하고 있음

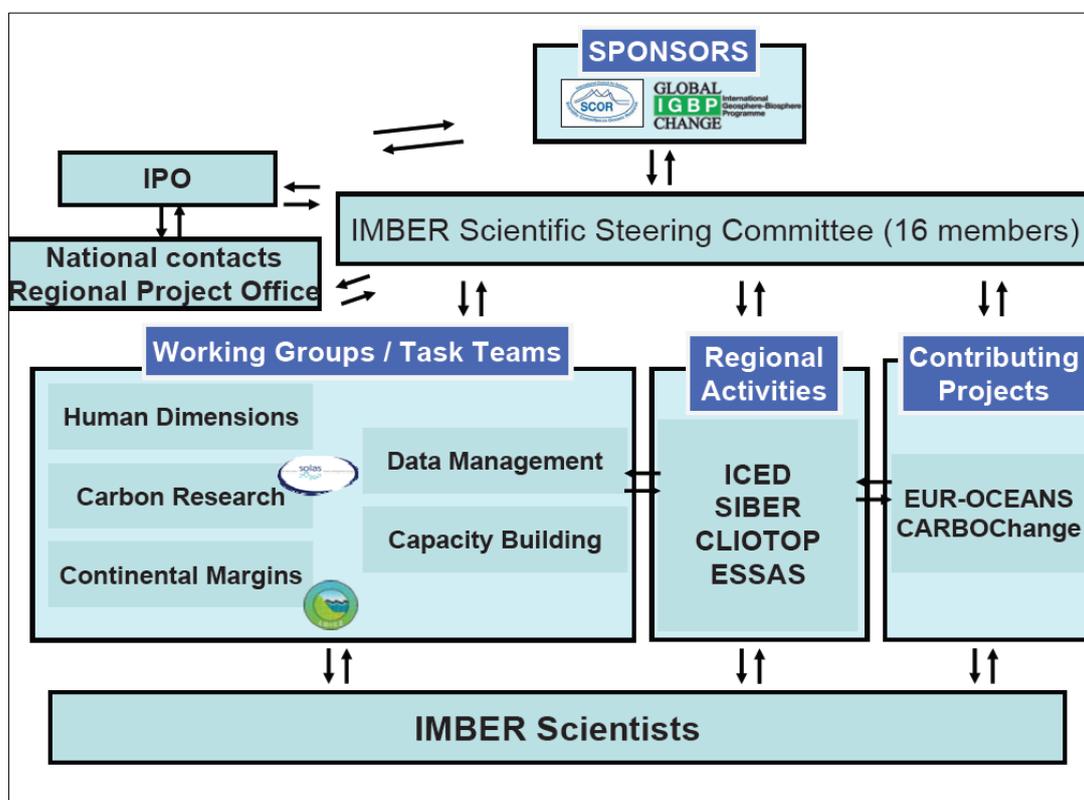


그림 4-13. IMBER 조직

- 현재 4개의 지역 프로그램이 진행중
 - CLIOTOP (Climate Impact on Oceanic Top Predators) : 한국은 참여하고 있지 않으며 한국사람으로는 마이크로네시아 연방국의 서중부 태평양수산위원회(Western and Central Pacific Fisheries Commission)소속의 소성권 박사가 참여함

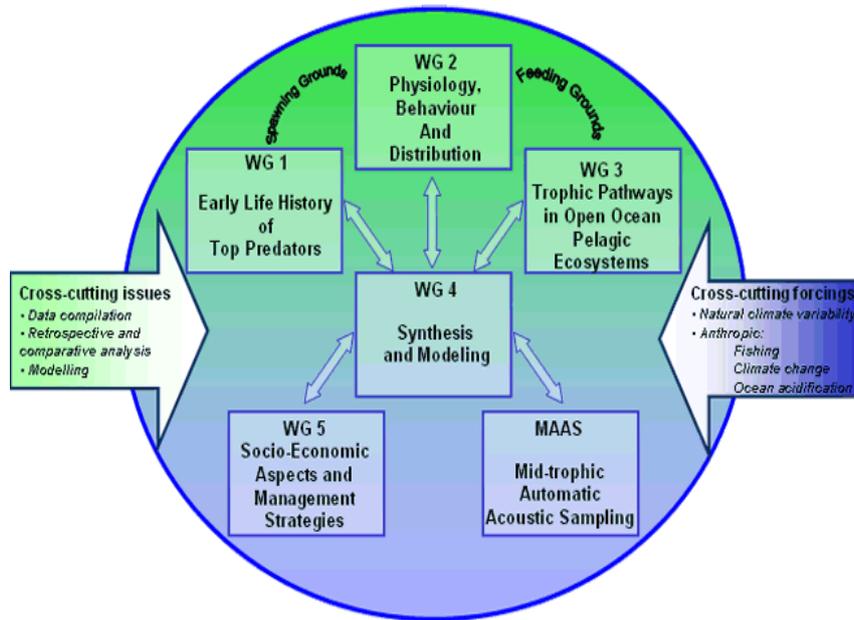


그림 4-14. CLIOTOP 지역프로그램

- ESSAS (Ecosystem Studies of Sub-Arctic Seas) : 국가 프로그램으로 참여하고 있는 국가는 일본이 J-ESSAS 프로그램을 만들어 수행하고 있음. 과학운영 위원회에는 일본(1명), 한국(1명, 신형철, 극지연구소) 이 참여함. 4개의 실행그룹이 있는데 일본과 러시아가 참여하고 있음

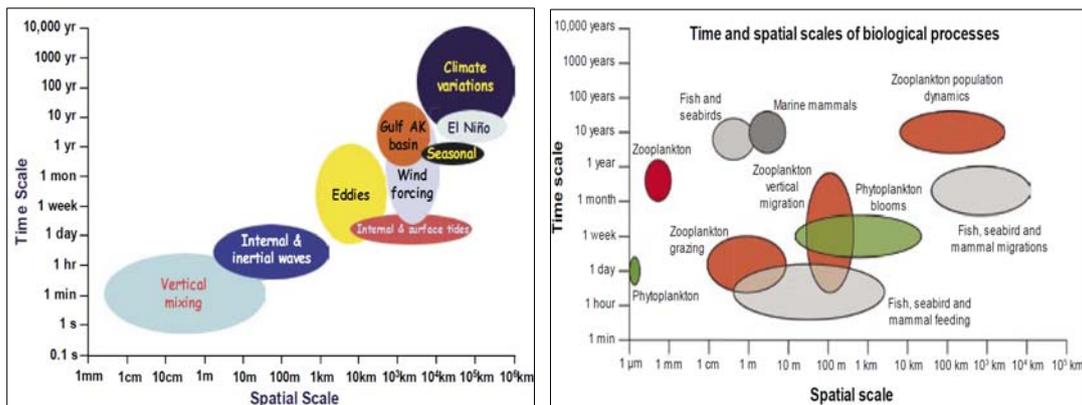


그림 4-15. 해양물리학적 및 생물학적 프로세스의 시·공간적 규모

- ICED(Integrating Climate and Ecosystem Dynamics) : 이 그룹의 과학운영 위원회에는 일본이 참여하고 있음

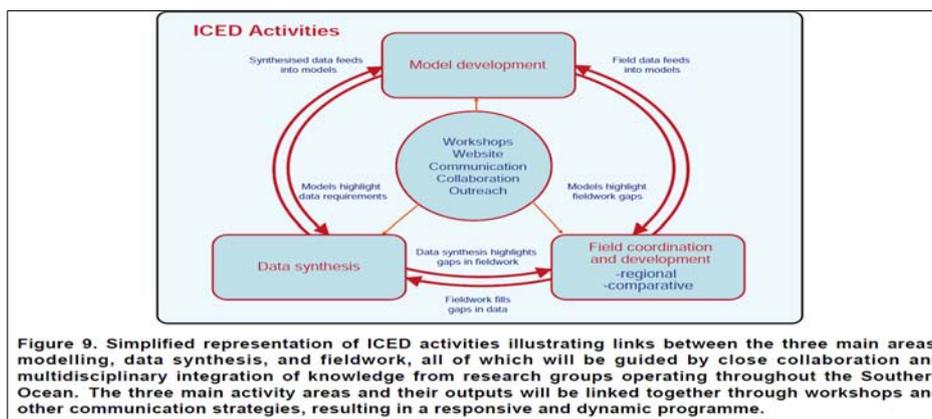


그림 4-16. ICED 활동

- SIBER (Sustained Indian Ocean Biogeochemical and Ecological Research) : 아시아 국가로서는 인도, 몰디브, 태국, 일본, 오만, 인도네시아에서 참여하고 있음

③ 전지구적 해양-대기 상호작용 연구 프로그램

■ SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmospheric Study Project)

○ SOLAS 프로그램 개요

- 2000년 2월에 독일에서 개최된 International SOLAS Open Science Meeting에서 설립되어 2001년부터 진행 중인 공동-후원 프로젝트로서 목표는 해양과 대기간의 생지화학적-물리학적(biogeochemical-physical) 상호작용과 피드백 이해, 국제프로그램으로서 기후환경 변화가 해양과 대기의 시스템에 어떤 영향을 주는가를 규명하며, 지구시스템과학 협력체(파트너십)의 일부로서 프로젝트들을 운영을 통해서 그리고 이것이 어떻게 결합계에 영향을 미치고 기후와 환경변화에 영향을 받는가에 대한 양적인 이해를 증진시키고자 함
- SOLAS 프로젝트들은 국제적 연구로 75개국 1,900여명의 과학자들이 참여하고 있음

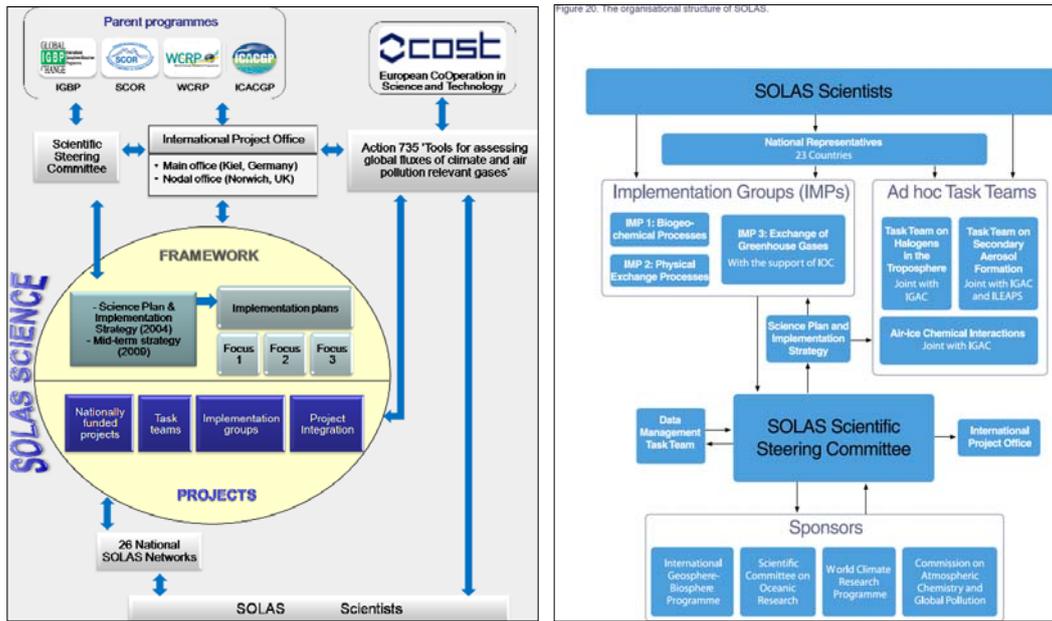


그림 4-17. SOLAS 과학운영위원회

○ SOLAS 프로그램의 주요 연구분야

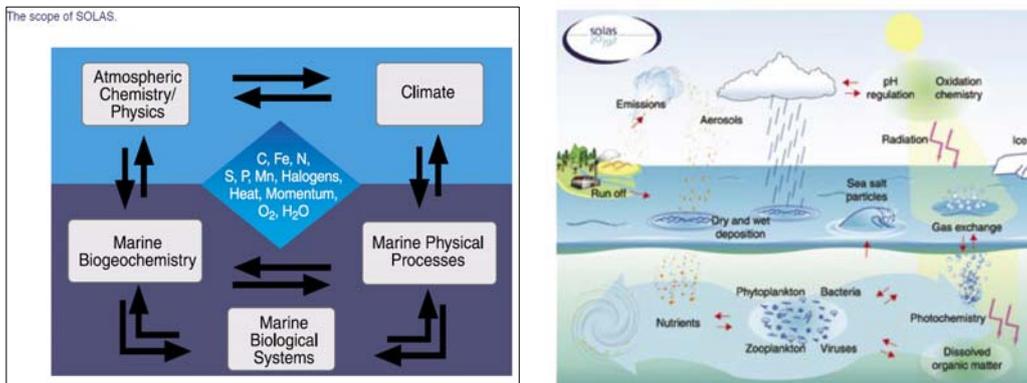


그림 4-18. SOLAS 주요 연구분야

○ 최근 추진되고 있는 프로젝트는 다음과 같음

- Sea-ice biogeochemistry and interactions with the atmosphere
- Ocean-derived aerosols: production, evolution and impacts
- Atmospheric control of nutrient cycling and production in the surface ocean

- Ship plumes: impacts on atmospheric chemistry, climate and nutrient supply to the oceans
- Air-sea gas fluxes at Eastern boundary upwelling and Oxygen Minimum Zone(OMZ) systems
- SOLAS Observatory and MOIN: the Minimalist OceanSITES-SOLAS large-scale field experiments - a compendium of proposals

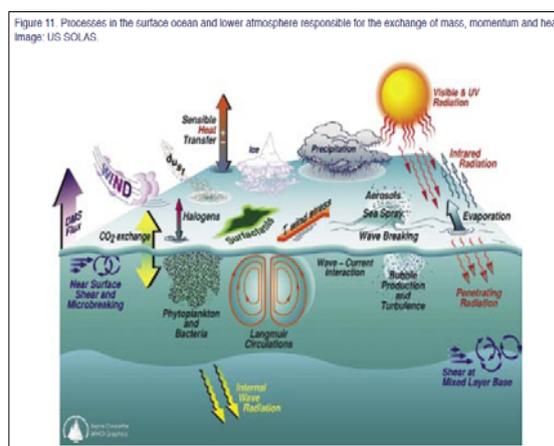
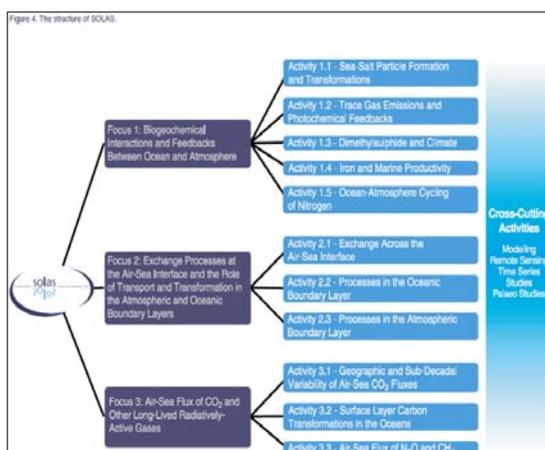


그림 4-19. SOLAS 조직 및 연구활동

○ 동아시아 국가의 SOLAS 연구참여 현황

- SOLAS 과학운영위원회에는 중국(1명), 일본(1명)이 참여하고 있음
- National Networks : 국가네트워크에 참여하고 있는 국가들에는 중국, 대만, 인도, 일본, 한국, 러시아, 터키가 있으며, 한국네트워크에는 포항공대의 이기택 교수가 참여하고 있으면서 국가보고를 수행하고 있음
- 2010년에 보고서에는 DMS 생산과 한국의 6개 대학에서 33명이 러시아 선박 Akademik M. A. Lavrentyev를 사용하여 동해조사를 수행한 것에 대해 발표함
- SOLAS 관련 프로젝트에 관심을 보인 아시아 국가로서는 일본, 한국, 러시아, 인도, 중국, 대만 등이 있음

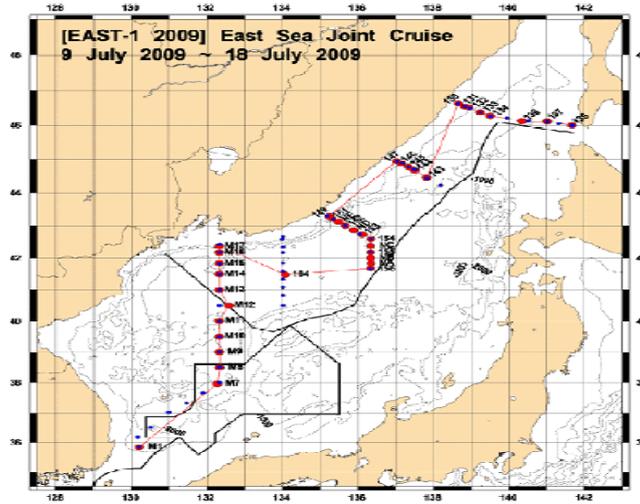


그림 4-20. SOLAS 한국네트워크에서 수행한 동해조사

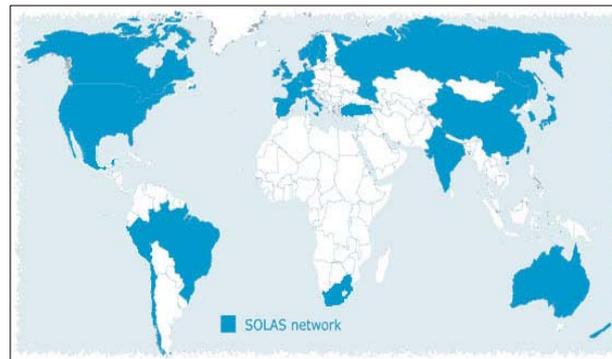


그림 4-21. SOLAS 전지구 네트워크

④ 국제 해양화학, 지화학 프로그램

■ GEOTRACES(미량원소 및 동위원소 조사 국제프로그램, An International Study of the Marine Biogeochemical Cycles of Trace Elements and their Isotopes)

○ GEOTRACES 프로그램 개요

- 대형 국제프로그램이나 프로젝트들이 SCOR(해양연구위원회)를 통해 승인되고 기획되고, 실행되는데 GEOTRACES도 SCOR를 통해 시작된 연구 프로그램 중 하나임

- GEOTRACES는 해양의 주요 미량원소와 이들의 동위원소의 분포를 결정하는 과정을 이해하고 플럭스를 정량화하여 환경변화에 따른 이들 분포의 변화 정도를 밝혀 범지구적 해양생지화학적 순환을 연구하는 국제프로그램
- 1970년대의 GEOSECS (Geochemical Ocean Sections Study) 국제프로그램 이후 해양화학 분야를 중심으로 한 국제공동연구의 부재로 2003년에 해양화학 과학자그룹을 중심으로 GEOTRACES 국제 연구 프로그램의 운영위원회가 구성되어 시작되었으며, 2010년 2월에 10년 이상의 장기 프로그램으로 공식 출범함
- 연구목적은 기후변화를 이해해야 한다는 필요성에 따라서. 특히 기후변화가 해양에 미치는 영향에 이해하기 위해서 주요 미량원소와 그들의 동위원소에 대한 기본적 분포를 파악해야 하고, 인간의 활동이 이 요소들의 농도에 미치는 영향을 지구적으로 파악하고자 함

○ GEOTRACES 프로그램의 주요연구분야

- GEOTRACES 연구활동은 지역별 승선연구활동, 프로세스 연구, GEOTRACES 연계 관련 데이터 확보 등임
- Theme 1 : Fluxes and processes at the ocean interfaces
 - Atmospheric deposition
 - Continental run-off
 - The sediment-water boundary
 - Ocean crust
- Theme 2 : Internal cycling
 - Uptake and removal from surface waters
 - Uptake and regeneration in the sub-surface ocean
 - Regeneration at the sea floor
 - Physical circulation
- Theme 3 : Development for proxies for past change

- Factors controlling 'direct' proxy distribution in the ocean
- Factors influencing the distribution of 'indirect' proxies in the ocean
- Palaeoceanographic tracers based on sediment flux

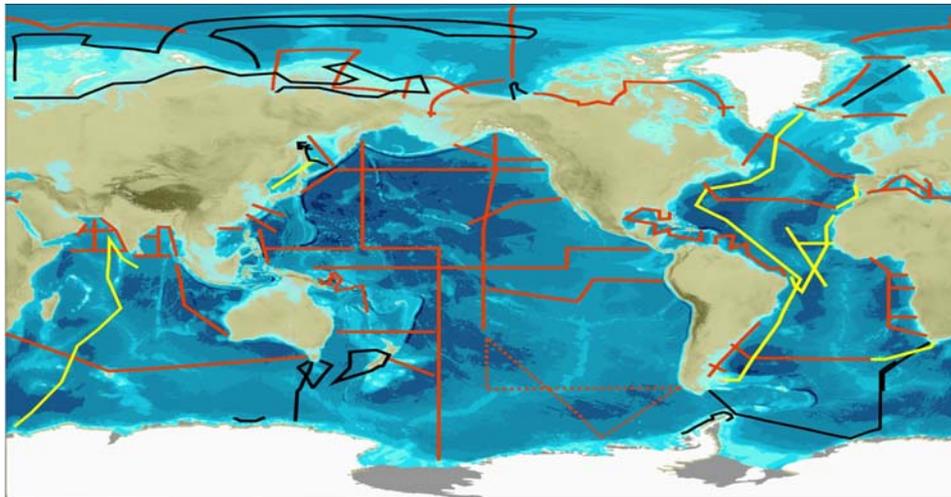


그림 4-22. GEOTRACES 연구활동 지역

In red: Planned Sections. In yellow: Completed Sections. In black: Sections completed as GEOTRACES contribution to the IPY.

- 동아시아 국가들의 GEOTRACES 연구 참여 현황
 - 동아시아 국가 중 일본, 중국, 대만 등은 각국별 GEOTRACES 프로그램 개발되어 국제공동과제에 적극적으로 참여하고 있음
 - 우리나라는 2009년 Korean GEOTRACES 프로그램이 기획과제로 만들어 졌으나 아직 이행되지 못하고 있는 상태로 아시아해역에서의 주도권이 대만, 일본 중국으로 넘어가고 있는 상황. 미량원소 채집을 위한 clean 시스템이 대형연구선에 구축되어 진다면 GEOTRACES 프로그램을 수행할 수 있을 것임
 - 운영위원회에는 중국, 러시아, 인도, 일본 등이 참여하고 있음
 - 아시아 그룹에서는 대만이 주도하고 있으며 중국, 일본, 인도, 대만에서 조사항해를 계획하고 있거나 수행하고 있음

■ BIOGEOTRACES

○ BIOGEOTRACES 프로그램 개요

- 2010년에 10년간의 준비기간을 거쳐 GEOTRACES 지구적 해양화학연구공동프로그램이 공식적으로 시작된 후, 연구가 진행되면서 해양의 미량원소들에게 영향을 미치거나 영향을 받는 것은 결국은 생물요소임을 강조됨
- 특히 미세 하위생태계의 생물적 요소의 중요성이 인식되면서 2010년부터 BIOGEOTRACES가 비공식적 국제연구 프로그램으로 시작됨. 2011년에는 BIOGEOTRACES가 독립적 국제협력프로그램으로 만들어지고 BIOGEOTRACES의 공식적 science plan과 implementation plan에 포함되어야 하는 것에 의견이 일치하여 이미 일부 연구자들의 활동이 시작됨. 공식적 프로그램은 시작되지 않았으나 공식 프로그램을 위한 기본적 활동은 시작되었다고 할 수 있음

○ BIOGEOTRACES 프로그램의 주요 연구분야

- BIOTRACES의 임무는 다음요소에 대한 데이터를 확보하는 것임
- GEOTRACES 플랫폼을 사용하여 미량원소분포와 연계한 식물플랑크톤 분포 및 활동의 지구적 규모 연구
- 생지화학적으로 중요한 식물플랑크톤 그룹에 대한 분자학적 생리의 지구적 조사 (질소고정자, Coccolithophores, picophytoplankton, 규조류 등임)
- 이러한 연구를 통해서 생지리적 분포를 조절하고 있는 환경적 요소에 대한 이해 및 파악 연구 수행

○ 주요측정요소

- PICOPLANKTON : Flow Cytometry (glutaraldehyde preserved samples), Single Cell Genomics (glycerol preserved samples), qPCR and Metagenomics (sterivex filters)
- NITROGEN FIXATION
- ARCHAEA : flow cytometry로 분석한 박테리아 및 archae 종에 대한 풍도, 박테리아의 분자학적 특성, Crenarchaeota 및 Euryarchaeota에 대한 연구

- 동아시아 국가들의 BIOGEOTRACES 연구 개발 참여 현황
 - BIOTRACES를 주제로 참여하고 있는 아시아 국가는 일본이 2010년에 BIOGEOTRACES 활동을 수행함

⑤ 현재 추진중인 국제프로그램

■ Global Open Ocean Deoxygenation Program: Impacts on marine biogeochemical cycles and ecosystem (GOODOP-IMBE)(안)

- GOODOP-IMBE 프로그램 개요
 - 저산소/무산소 현상은 연안해역에서 부영양화 등으로 자주 나타난 현상이었으나 최근 들어 지구적 기후변화로 인해서 지구적 온난화, 해양산성화, 해수면 상승 등이 주요 해양이슈로서 다루어지고 있는 가운데 대양에서의 저산소/탈산소 현상들이 나타나고 있는 것이 포착되고, 대양에서의 이러한 현상은 점차 증가하고 확장될 것이라고 예측되고 있음
 - 산소는 해양의 많은 호기성 생물들의 생존에 필요하며 해양의 대부분의 생지화학적 순환에 없어서는 안되는 요소라는 것을 고려한다면 지구적 온난화와 연관된 성층형성 및 해양순환 변화로 인한 대양에서의 저산소 및 탈산소 현상은 해양 생지화학적 및 생태계에 미치는 영향은 심각할 것으로 보고 있으며, 특히 온난화, 산성화 등의 다른 환경적 압박과 더불어 복합적으로 작용하면 해양 시스템에 큰 영향을 줄 것으로 예측됨
 - 이 프로그램은 현재 지구적 프로그램 가능성 또는 지역적 연구활동을 위한 준비활동이 시작되고 있다고 할 수 있으며, 누가 어디서 무엇으로 어떻게 국제적 협력체제 아래 수행해야 할지는 아직 토의가 진행되고 있다고 할 수 있음
 - 이와 관련된 회의가 국제적 회의 (Ocean Deoxygenation and Implications on marine biogeochemical cycles and ecosystems)가 프랑스에서 2011년 10월 24~26일간 개최될 예정이며 운영위원회는 인도가 아시아 국가로 참여하고 있으며 주요 발표자로서는 중국, 인도가 참여함

⑥ 미국의 해양 생태계 연구 및 교육 프로그램

■ C-MORE(Center for microbial oceanography: research and education)

○ C-MORE 프로그램 개요

- C-MORE 프로그램은 2006년 8월에 미국 국립과학재단의 지원을 받아 과학 기술센터 프로그램으로 시작되었는데, 이 프로그램의 목적은 해양의 기반역 할을 주도하고 있는 해양미세생물들의 다양한 군집에 대한 이해를 향상시키는데 기여하고 촉진하고자 하는 것임
- 연구범위는 물질대사 조절 및 환경조절의 유전/분자학적 발현 등을 포함한 유전/분자학을 기초로 한 해양미세생물의 생지화학분야에서부터 해양환경에서의 탄소 및 관련 생물요소와 에너지의 플럭스를 강조하는 프로세스분야 등이 포함됨. 즉 짧게 표현한다면 C-MORE는 계층을 지구시스템으로 연결하는 연구를 수행하는 것을 주 임무로 한다고 할 수 있음

○ C-MORE 프로그램의 주요 연구분야

- 미세생물다양성 연구 : 계층, 분리배양에서부터 생태계까지 연구
- 미세생물 물질대사/탄소, 질소, 인, 에너지 흐름에 대한 이해
- 기후변동과 연계하여 미세생물 프로세스의 원격 및 지속적 장기 감지 모니터링
- 생태모델링, 컴퓨터 시뮬레이션 및 예측

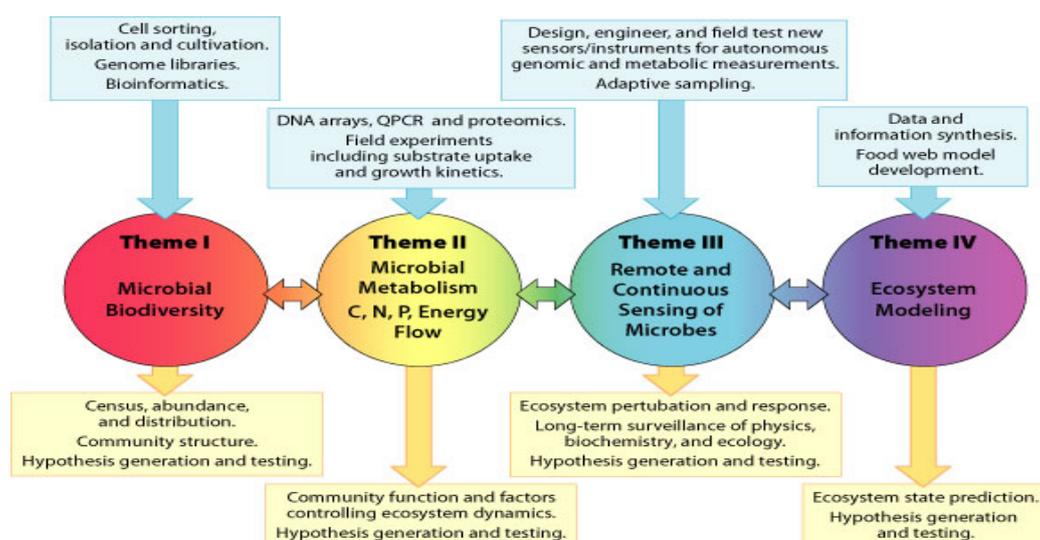


그림 4-23. C-MORE의 주요 연구 제안 테마 개념도

○ C-MORE 프로그램의 중요성

- C-MORE 프로그램은 미세생물해양학에 대한 아주 긴 시간동안 해답을 찾지 못한 주요 부분에 대한 질문을 다루는 중요한 시기가 되었다는 인식아래 시작되었음. 특히, 최근 급격히 발전되고 있는 분자연구기술응용은 이전에는 알 수 없던 미세생물들의 구조, 다양성 및 기능의 파악을 가능하게 함.
- C-MORE의 장점은 이전에는 같이 활동을 하는 것이 어려웠던 전문가들을 모우는 힘과 이를 통한 시너지 효과가 발생하는데 있음. 이러한 힘은 지구 환경에서 해양미세생물의 역할에 대한 새로운 지식을 생성해 내고 확장하는데 기여할 것으로 기대됨

○ C-MORE 프로그램과 연구협력 가능성

- C-MORE 프로그램은 하와이대학에 위치하고 있어 태평양을 대상으로 많은 연구가 진행중에 있음. 한국해양연구원에서 실행중인 POSEIDON 프로젝트는 서태평양을 대상으로 해양미세생물의 분자생물학적 연구가 진행되고 있으므로 협력연구를 통해 시너지 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨

□ 국내

- TOGA, WOCE 등의 국제관측프로그램에 물리 분야에서 일부 참여가 이루어졌으나 생물, 화학분야의 국제프로그램에 국가적, 혹은 연구기관으로서의 참여는 거의 전무한 상태이며 일부 연구자의 개인적 참여가 일부 있어 왔음. 다만 기후변화와 관련된 다학제적 연구는 한국해양연구원에서 주도하며 일부 대학교수의 참여로 연구가 진행되고 있음
- 지역적 규모의 연구에서 벗어나 전지구적 규모의 기후변화 및 생태계 연구를 위해서는 현재 진행중인 국제협력연구에 능동적으로 참여 기후변화가 해양시스템에 미치는 영향을 이해/예측 및 대응 능력을 높임으로서 효율적 정책입안에 기여할 수 있는 기반연구능력의 제고가 필요한 시점임

① 북서태평양이 한반도 주변 해에 미치는 영향 연구 (POSEIDON)

○ POSEIDON 프로젝트 개요

- 이 연구의 목적은 북서태평양 해양 환경변화가 우리나라 주변해역(대한해협)에 미치는 영향을 규명하고 변화를 예측하여 국가의 재산적 피해를 최소화시키고, 해양환경 및 자원관리를 최적화 할 수 있는 정책 방향 제시 하는데 있으며, 2006년부터 진행되어 왔음

○ POSEIDON 프로젝트의 주요 연구분야

- 북서태평양 쿠로시오 해역의 해양환경모니터링체계 가동 및 환경변화 요인 파악
- 기후변화에 따른 북서태평양 해황 변화가 대한해협 환경에 미치는 영향 파악 및 초기 모델 개발
- 고해상도 물리 순환 모델 및 물리-생태계 접합 모델을 이용한 한국해 해황 변화 및 생태 변화 예측 및 무인 환경 모니터링 체계 구축
- 대한해협과 열대대양의 생물다양성 및 생태계구조의 관련성 및 기후변화에 따른 변화 예측

② 남극 생태계 연구

○ 남극생태계연구 개요

- 한국해양연구원 부설 극지연구소는 1998~2006년 사이 남빙해에서 미래자원 확보를 위한 크릴자원 및 생태계조사를 수행하였으며, 극지생물 재현 및 활용기반구축 연구가 진행 중임

③ 기후변화가 남해 및 동중국해 북부해역의 해양생태계에 미치는 영향 연구

- 한국해양연구원은 2003년부터 동중국해 및 남해 일부해역을 대상으로 기후변화에 따른 해양 생태계 변화 연구를 진행하고 있음

○ 프로젝트의 주요 연구분야

- 기후변화에 따른 수온상승과 산성화가 해양생물의 생리/생태/분포 변화뿐 아니라, 해양의 물질순환과 생태계의 기능/역할에 미치는 영향연구
- 기후변화에 따른 해양환경 및 생태계 변화의 파악 및 모니터링에 필요한 기반기술의 개발
- 기후변화에 대응하여 해양 유용생물자원의 보호 및 관리를 최적화할 수 있는 정책수립

나. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종 목표

- 국제 해양연구프로그램과 협력을 통한 전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질순환 시스템 반응 연구 프로그램 개발
- 국제프로그램 참여 및 공동연구를 통해 해양환경 변화를 결정하는 생물, 화학, 물리적 프로세스들간의 상호작용에 대한 신뢰성 높은 자료 획득 및 분석 능력제고
- 지구환경변화에 따른 해양 프로세스의 변화 및 피드백 기작 파악을 통한 예측 능력 확보
- 국제 프로그램에 능동적 참여를 통한 국가적 위상제고 및 향후 개발될 국제 프로그램에서 주도적 참여 및 역할 수행의 기회 마련
- 미래 환경변화 예측/ 대응 시나리오 개발 및 국가적 장기 대책 마련에 요구되는 정보의 제공 및 정책 결정에 기여

(2) 연차별 목표

구분	연구개발목표	연구개발내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 지구적 조사의 science plan 및 implementation plan 계획 작성 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 국외 전문가 자문회의 ▶ IGBP, SCOR 등을 통한 전문연구 프로그램으로서의 승인 확보절차 신청 - 연구 인프라 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 조사 기법/방법, 분석방법, 연구원 참여, 필요한 시설 및 장비, 자원조달 방법, 데이터 정책 등 protocol 작성 - 관측망 및 연구/분석장비 등 인프라구축 - 국제연구프로그램(GEOTRACE, SOLAS) 가입 및 공동연구 진행 추진
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 대양규모의 다학제간/국제 협력 연구 진행 - 국제연구프로그램 참여 및 활동 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 태평양을 대상으로한 해양요소 및 시스템 연구수행 - GEOTRACE, SOLAS등 국제연구프로그램 참여 및 공동연구 - 연구결과의 국제기구 제출을 통한 국제연구프로그램내의 위상 강화 - IMBER, GEOTRACE 프로그램에 가입 및 연구협력 진행
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 대양규모의 다학제간/국제 협력 연구 진행 - 국제연구프로그램 참여 및 활동 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 태평양을 대상으로한 해양요소 및 시스템 연구수행 - IMBER, BIOGEOTRACE, 등 국제연구프로그램 참여 및 공동연구
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 국제연구프로그램 참여 및 활동 강화 - Science plan 및 implementation plan 수정 - 대양규모의 다학제간/국제 협력 연구 진행 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 국제자문단을 활용한 science plan 및 implementation plan의 수정을 통한 IGBP, SCOR의 승인확보 	<ul style="list-style-type: none"> - Science plan 및 implementation plan에 따른 해양요소 및 시스템 연구수행 - Science plan 및 implementation plan에 해양-대기 전지구적 환경변화의 연구결과 분석 및 1단계 보고서 작성 - 1단계 연구결과물을 국제연구프로그램 및 위원회에 제출 - 대양규모의 해양 환경변화에 대한 1단계 대책안 작성 및 정부관련 기관에 제출
2단계(5년)	<ul style="list-style-type: none"> - 대양규모의 다학제간/국제 협력 연구 진행 	<ul style="list-style-type: none"> - SCOR 승인된 science plan 및 implementation plan에 따른 2단계 연구 진행

(3) 기술개발 로드맵

전지구적 환경변화에 따른 해양생태/물질순환 시스템 반응연구 기술로드맵										
핵심기술		최종결과물					시장/수요			
-지구적 규모의 저산소화 모니터링 및 생태계 영향 규명 -해양생지화학적 변화를 주도하는 미생물의 역할 규명 -기후변화에 따른 해양생지화학적 순환의 변화와 먹이망에 미치는 영향 규명 -해양환경변화에 따른 해양 표층-심층간 생물학적 탄소펌프 기작 규명		- 대양규모의 해양시스템 변화에 대한 대책안 마련 - 미래해양환경 변화 예측에 관한 초기모델 마련 - 해양생태/생지화학적 순환시스템-전지구적 환경변화 상호관계 이해를 위한 지역적 지구적 규모의 모델 마련					- 해양환경 변화의 위험, 영양 및 그 적응과 완화에 대한 과학적 이해를 통해 국가의 미래 성장전략 개발에 활용 - 해양환경 변화로 인한 국가 위기상황 발생 가능성을 낮추기 위해 대국민 홍보 및 환경정책 개발에 활용			
기술 개발 목표	국제연구프로그램 개발	Science plan 작성				2단계 연구계획 작성				
	국제연구프로그램 참여 및 활동 강화	전문연구프로그램 승인절차 진행								
	대양규모의 현장조사 및 연구인프라 구축	국내외 연구자들과 연구진행과정 점검				우리나라 주도의 국제협력 프로그램 승인 절차진행				
	연구결과의 활용	Geotraces, Imber, Solas, C-more 등의 프로그램 공동연구 진행				우리나라 주도의 대양연구진행 및 국제프로그램 연구자들의 참여 유도				
연도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	

다. 추진전략 및 체계

(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

- IGBP와 SCOR에서 추진중인 국제협력연구중 전지구적 기후변화와 이에 따른 생지화학적 순환과 생태계 반응, 해양과 대기의 상호관계들에 대한 연구 프로그램 7개를 선정 주요연구주제를 파악
- 연구프로그램에 가입 공동연구의 기회 확보 및 연구프로그램들에서 확보된 고품질의 연구결과를 이용할 수 있는 기반을 마련
- 각각의 국제연구프로그램의 중요한 science plan을 포함하는 연구프로그램을 기획 및 개발하여 다수의 국제연구프로그램과 협력할 수 있는 기반을 마련
- 5000톤급 연구선을 활용 국내 및 국외의 핵심연구자들이 참여하는 다학제적 국제협력연구를 진행하여, 국제프로그램에서의 협력관계를 공고이하며 국제 프로그램의 기여도를 높임
- 연구결과를 이용 지구환경 예측 능력을 높이며 환경 및 사회/경제적 문제해결과 국가미래전략 수립에 기여

연구기반 조성

- 국제연구프로그램 참여
- 공동연구의 기회 확보
- 고품질의 획득된 연구결과 이용

연구 프로그램 개발 및 진행

- 5000톤급 해양조사선을 이용한 대양규모의 연구 프로그램 개발
- 국제연구프로그램들의 핵심적 science plan을 포함한 연구프로그램으로 방향 설정
- 국제연구프로그램들의 핵심연구내용을 융합한 대양연구 프로그램의 개발을 통해 기존의 국제프로그램들과의 협력강화

연구 결과의 활용

- 국제연구프로그램 내에서의 활동 강화 및 국가적 책임 완수
- 미래 지구환경 예측 능력 확보를 통해 환경 및 사회/경제적 문제 해결에 기여
- 국가미래전략 수립에 기여

(2) 연구개발 추진체계

- 대양연구에 참여한 해양관련 전문가들과 국제프로그램에 참여하고 있는 전문가들로 전 지구적 해양과학조사의 분야별 상세 동향 파악 및 주요이슈별로 향후 연구사업 추진 로드맵 도출
- 다학제적 연구가 진행될 수 있도록 연구 분야별 자문위원을 선정 자문위원회를 개체하며 국제프로그램과의 연구협력 강화를 위한 연구테마를 선정
- 국제프로그램 중 회원국 가입이 필요한 프로그램과 연구협력을 진행할 프로그램을 파악하여 7개 국제프로그램 중 4개 정도의 프로그램에 가입하여 연구 교류에 필요한 인적 구성
- 국제프로그램을 주요연구 주제를 융합한 대양연구를 개발하여 기존의 국제프로그램과 협력연구를 진행하며, 국제프로그램의 회원국으로서 입지를 공고히 할 수 있는 연구 진행
- 연구결과를 미래 국가전략수립에 효율적으로 이용할 수 있도록 자문회의를 개체한 후 도출된 제안에 맞춰 이용전략 수립

라. 기대효과 및 활용방안

(1) 기대효과

- 전지구적 해양과학조사 관련연구기술의 국제화 및 선진화
- 국가적 관심사항인 환경문제의 자연/인문/사회적 대응기술 제고
- 해양 및 지구시스템의 지속가능한 이용을 위한 과학적 조사/분석/ 활용능력을 확보

- 전지구적 환경문제해결을 위한 국제협력연구에 적극적 참여를 통해 국가위상의제고
- 환경문제의 위기상황에 적극적 대응을 통해 국민적 신뢰 확보 및 현명한 정책입안에 기여

(2) 활용방안

- 기후변화의 위험, 기후변화의 잠재적 영향 및 그 적응과 완화에 대한 과학적 이해를 통해 지속가능한 성장을 위한 국가의 미래전략 개발에 활용
- 기후변화로 인한 사회/경제/문화적 혼돈과 불확실성으로 인간 국가 위기상황의 발생 가능성을 낮추기 위한 대국민 홍보 및 환경정책 개발에 활용

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 연구개발	3	3	2	2	11	21
· 국제협력	10	10	10	11	20	61
· 대양규모의 현장조사 및 연구 인프라구축	70	70	60	60	200	460
· 연구결과의 활용	-	-	-	2	6	8
합 계	83	83	72	75	237	550

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 연구개발	20	20	10	20	120	190
· 국제협력	15	15	15	15	90	150
· 대양규모의 현장조사 및 연구 인프라구축	100	100	100	100	600	1,000
· 연구결과의 활용	10	10	10	10	60	100
합 계	145	145	135	145	870	1,440

3. 대양생태계 기능 규명 및 활용 연구

가. 개요

- 대양생태계 중 북서태평양은 다양한 해양학적 특성을 갖는 연안 및 외양 생태구역⁸⁾(CHIN, KURO, NPTG, PNEC, PEQD, WARM)이 분포하며 해저에는 bio hot spot⁹⁾을 포함한 다양한 저서 생태계가 자리하고 있음. 이들 해양 생태계에는 매우 다양한 생명체들이 서식하며, bio hot spot은 지구의 생명기원 및 해양생물들의 진화 역사를 밝힐 수 있는 독특한 환경이 존재함
- 21세기에 들어 해양선진국들은 해양생명체의 다양성, 생명현상, 생물자원 분야의 실질적 이용을 위한 생태계 연구를 진행하고 있음. 또한 해양이 지구 온난화나 산성화 등 급변하는 지구환경변화의 조절자임이 밝혀지며, 해양미생물의 지구환경 조절 능력을 파악하는 생태계 탐사도 활발함
- 대양 생태계 탐사 연구는 극한 환경의 생태계의 탐사 기술개발과 신 해양생물체¹⁰⁾의 발굴 등 21세기 미래산업 사회의 선도에 요구되는 원천기술과 원천소재의 확보 및 지구환경변화의 메카니즘을 밝히고 변화에 대비하기 위한 국가적 대응능력을 확보하기 위한 연구 프로그램임

□ 정의 및 범위

- 지구적 규모의 생태계 연구
 - 지구적 규모의 생태계 탐사 연구는 북서태평양에 형성되어 있는 다양한 생

8) 북서태평양의 생태계 구분:

- China Sea Coastal Province (CHIN)
- Kuroshio Current Province (KURO)
- North Pacific Tropical Gyre Province (NPTG)
- North Equatorial Countercurrent Province (PNEC)
- Pacific Equatorial Divergence Province (PEQD)
- Western Pacific Warm Pool Province (WARM)

9) Bio hot spot: 열수/냉용수 생태계, 해저 침강 고래 사체 등 다른 지역에 비해 특별히 생물다양성이 높은 생태계

10) 신 해양생명자원: 고온, 고압, 저온, 고염, 빈영양, 높은 광량, 저광량 등 해양의 다양한 환경에 적응하여 독특한 생리적, 생태적 기능을 보이는 생명체로서 아직까지 그 존재가 보고된 적이 없거나 기존의 보고와는 전혀 다른 새로운 경로의 대사기능을 지닌 생명체

태계(대륙붕, 대양, 심해)를 대상으로 해양생명체의 다양성, 기능, 신 해양생명체의 발굴 및 이용을 지원하기 위한 기술임. 특히 새로운 해양생명체의 발굴 가능성이 높은 bio hot spot 등 지금까지 알려지지 않았거나 조사되지 않은 새로운 생태계를 대상으로 첨단과학기술을 활용하여 대상 생태계를 이해하고, 독특한 생물자원을 확보하기 위한 기술 등

○ Bio hot spot 생태계의 종합탐사기술

- 열수/냉용수 분출구 등의 물리, 화학, 지질학적, 생지화학적 특성 규명
- 분출수, 주변 퇴적토, 서식 생물자원의 정밀 채집 기술
- 특정 지점 시료 채취 기술

○ 대양 생태계 연구 기술

- 다양한 생태계에 분포하는 해양 미생물 고속 대량 농축 기술
- 수층 미생물의 다양성 분석기술
- 해양미생물의 생태계 및 지구환경조절관련 유전자 분석기술
- 해양미생물의 지구적 규모의 생지화학적 순환 조절 평가 기술

○ 해양생명자원 배양, 보존, 특성분석 기술

- 채집된 해양생명체의 장기보존, 유전학적 상관관계 정보 DB의 구축
- 채집된 해양생명체의 분류학적, 생태학적 특이성 분석
- 서식 환경정보에 근거하여 다양한 배양방법 개발로 지금까지 배양되지 않은 새로운 계통의 해양생명체 배양 기술 개발

○ 국외 선진 기관과의 방문 협력 연구, 열대 해양생태계 탐사의 편의 증진 등을 위한 국제공동 연구실 설치 포함

(1) 연구의 필요성

○ 바다, 지구 환경 및 생물의 모태

- 해양은 지구 표면적의 70%이상을 차지하며 지구상 동식물의 80%이상, 종으로는 1,200만 종이 서식하는 생명체의 보고

- 해양생물은 10억년에 이르는 진화 역사를 가지고 있으며 해양환경에 존재하는 생물은 다양성 측면에서 지구상에 존재하는 동물문 33개 중 32개문이 존재할 정도로 생물다양성이 높음(육상에는 15개문만 존재)
- 그러나 이것은 전체 해양의 1% 정도만이 탐사된 상황에서 추정된 것으로 미답 영역에 얼마나 다양한 생물체가 존재하는지 정확한 정보는 없음
- 대양생태계 탐사연구는 생명자원의 보고인 해양자원 이용 분야의 강국으로 발전하기 위해 요구되는 원천기술을 개발하기 위한 필수적인 연구프로그램임
- 원핵생물의 경우 배양도가 0.001~0.1%로 다른 환경에 비해 극히 낮으며, 유광층에서 20~25%를 차지하는 생물인 SAR11 (Pelagibacter)도 2002년도에야 배양되는 등 아직도 대다수의 미생물이 배양되지 않은 상태
- 해양 미생물은 지구 일차생산량의 약 50%를 담당하며, 생지화학적 순환을 통해 지구환경변화를 주도하였으며 현재의 지구환경을 조절함과 동시에 미래의 지구환경변화의 방향을 결정할 중요한 생명체
- 따라서 지구환경변화에 중요한 역할을 하는 해양미생물의 지구환경조절 경로 및 기능을 밝힘으로써 미래 지구환경의 변화를 예측하고 대응방안 수립에 요구되는 정보의 획득이 요구됨

○ 특수한 해양환경, 독특한 해양 신생명체

- 해양은 깊은 수심, 해저에 존재하는 열수 분출공과 해저화산, 메탄가스 분출, 냉용수 분출구¹¹⁾, 메탄 수화물, 성층 형성 등 독특한 생태계 특징으로 인해 다양한 종류의 광감지 일차생산자, 화학합성 기반의 일차생산자, 이에 기반을 둔 다양한 기능성 종속영양체가 척추동물, 무척추동물, 원생동물, 균류에 이르기까지 존재하고 있는 독특한 생태계로 각각의 환경에 적응하여 생존하는 생물의 다양성도 그만큼 높음
- 따라서 다양한 새로운 생물체의 발견 가능성이 매우 높은 곳이 바로 해양 환경

11) 해저 화산활동/냉용수 분출 등에 의해 형성된 생태계는 과거 육상 어느 곳에서도 찾아볼 수 없는 특이한 환경으로서 지구 생물기원의 신비를 간직하고 있기에 20세기 가장 주목할 만한 과학적 발견으로 평가되고 있음

An obligately photosynthetic bacterial anaerobe from a deep-sea hydrothermal vent

J. Thomas Beatty^{*,†}, Jörg Overmann[‡], Michael T. Lince[§], Ann K. Manske[‡], Andrew S. Lang^{*,¶}, Robert E. Blankenship[§], Cindy L. Van Dover^{||}, Tracey A. Martinson^{||}, and F. Gerald Plumley^{1**}

^{*}Department of Microbiology and Immunology, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada V6T 1Z3; [†]Department Biology I, University of Munich, 80638 München, Germany; [‡]Department of Chemistry and Biochemistry, Arizona State University, Tempe, AZ 85069; [§]Institute of Marine Science, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99775; ^{||}Biology Department, College of William and Mary, Williamsburg, VA 23187; and [¶]Bermuda Biological Station for Research, St. George's GE 01, Bermuda

Communicated by Bob B. Buchanan, University of California, Berkeley, CA, May 3, 2005 (received for review March 3, 2005)

그림 4-24. 해양의 특수한 환경에 특수한 기능을 지닌 생명체가 존재함을 보여주는 사례¹²⁾

- 특히 열수환경은 지각의 진화, 지구 내부물질 순환, 생명의 기원 등을 연구할 수 있는 최적의 자연학습장이며, 미래자원의 보고임

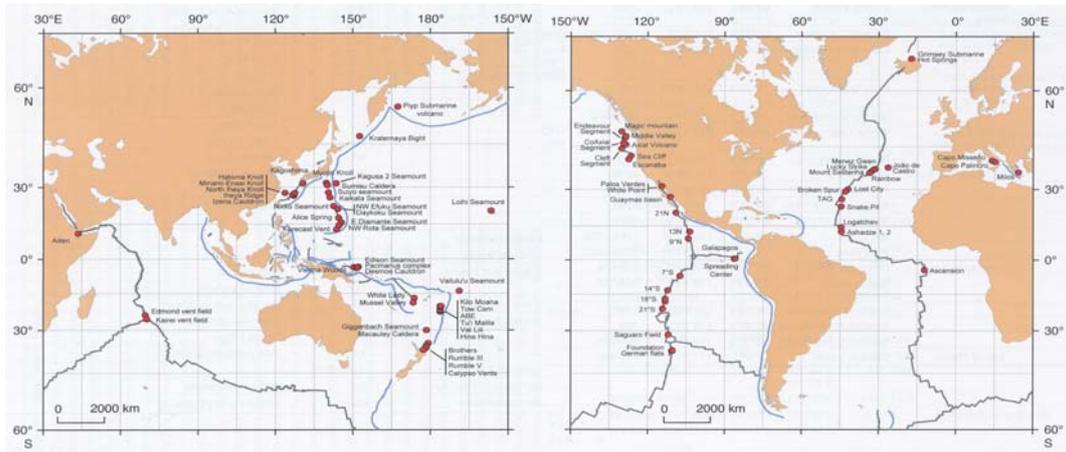


그림 4-25. 해양에서 발견된 열수분출 수역

- 고도의 생물 다양성에도 불구하고 bio hot spot들은 심해의 좁은 범위에 국한된 생태계로서 대상 생태계를 훼손시키지 않으면서 생체시료를 대량 채집하기 위해서는 선박 운항, 시료 채취 등에 고도의 정밀성이 요구되며 이를 위해서는 관련 장비의 확보/개발 및 운영기술의 축적이 요구됨
- 또한 열수분출구나 냉용수 분출구 주변에 집단 서식하는 관벌레에 공생하는 미생물은 아직 지구상 어느 연구자도 배양에 성공하지 못 하였기에 그들이 어떻게 관벌레와의 공생관계를 유지하는지에 대한 정보 역시 밝혀진 것이 매우 적음

12) 해저에는 심지어 열수분출공에서 나오는 지극히 약한 빛으로도 광합성을 할 수 있는 생물체가 살고 있음

- 해수층과 퇴적층의 경계에는 새로운 기능의 혐기성 암모니아 산화세균, 신 로 돕신 함유세균, 호기성 암모니아 산화세균, 혐기성 메탄산화세균 등이 생태적으로 중요한 역할을 담당하는 것으로 생각되며 유전적으로 존재가 밝혀졌지만 배양에는 성공하지 못한 다수의 분류군이 존재함
- 콜로니 무형성 빈영양 원핵생물, 원핵생물 및 다른 생명체에 기생하는 바이러스, 효모, 곰팡이, 원생생물 등의 진핵 미생물의 경우 대양에서 분리하기 위한 연구는 국제적으로도 희박하여 이들 생물체의 효율적인 배양연구는 국제연구를 선도함

○ 북서태평양, 대양 연구의 공백지대

- 국제적인 해양생태계 연구는 대서양과 동태평양에 집중되어 있으며 서태평양의 경우 중국, 일본, 말레이시아, 인도네시아 등에 의해 부분적인 탐사가 수행됨

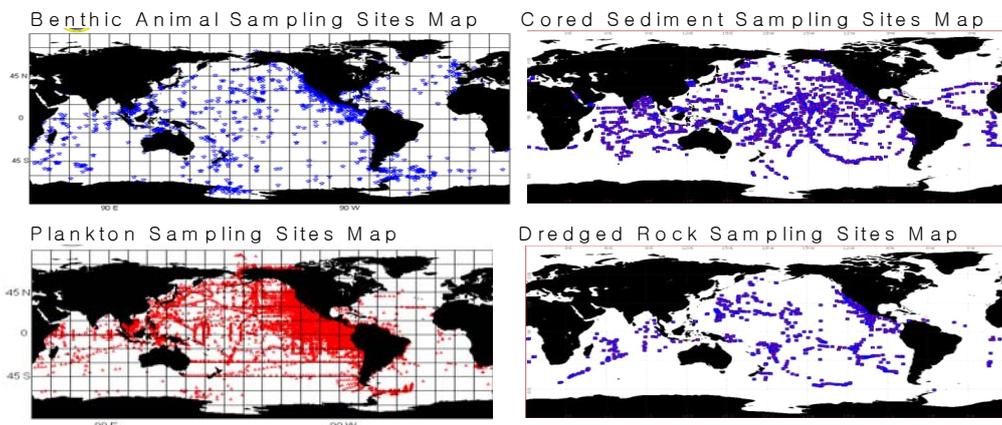


그림 4-26. 미국 스크립스 해양연구소의 해양생물 시료 채취 정점도

- 서태평양은 지각활동이 활발하게 진행 중으로 활화산대와 해구가 병존하고 있으며 수많은 도서들로 인해 천해역과 심해역이 공존하는 복잡한 환경을 지니고 있음
- 세계 어느 국가에서도 수행하지 않은 서태평양 종단 생명자원 탐사를 통해 복잡한 환경을 지닌 서태평양 심해 생명자원을 선점 가능함

○ 신생명현상 이해 및 해양생명공학 원천소재 확보

- 메타오믹스 방법을 통해 아직까지 배양에 성공하지 못한 다양한 생물의 유전적, 단백질·대사체학적, 전사체학적 정보를 획득하여 이를 근거로 환경생태학적 정보 및 기능 이해에 중요한 정보들을 획득할 수 있음
- 그럼에도 불구하고 배양체가 없을 경우 실험적으로 그 기능을 증명할 수 없으며 환경 변화에 대한 반응을 확인 할 수 없다는 한계가 존재함
- 따라서 메타오믹스 방법과 배양체 연구는 함께 가야 할 중요한 연구 방법론이라 할 수 있음
- 광감지 기작, 지각의 생지화학적 변화기작, 새로운 화학합성 기작 등 신생명현상을 이해하기 위한 배양가능 생명체의 지속적 제공이 필요함
- 또한 생물자원에 대한 주권 강조 및 생물다양성 협약에 대처하고 해양생물 자원의 지속적 이용 및 적극적 활용에 대한 실천적 전략임

(2) 연구개발 동향

□ 국외

○ 미국 및 캐나다

- 1977년 해저에서 활동성 열수분출구를 세계 최초로 발견한 이후, 현재까지 RIDGE, VENT, MARGINS 등의 대규모 연구사업을 통해 대학과 연구소간 유기적인 협력 체제를 구축하여 해양 bio hot spot의 이론 및 기술 발전과 개발을 주도하고 있음
- 특히, RIDGE 연구사업은 해저열수광상 탐사를 포함하여 지구의 생성 및 진화, 생태계 그리고 기후 변화 등을 연구대상으로 거대·종합 연구사업화 되고 있으며, NOAA에서 지원하는 VENT는 주로 중앙해령에서의 열수작용을 대상으로 열수가 해양환경과 기후변화에 미치는 영향을 연구하고 있음
- 현재 미국에서 진행 중인 해저열수 관련 연구 프로그램: Ridge2000, Margins, Ocean Drilling Program (ODP) and Integrated Ocean Drilling Program (IODP), the new Ocean Observatories program, Global Dynamics, Mid-Ocean Ridge-Ecosystem, NOAA's Pacific Marine Environmental Laboratory (NOAA/PMEL) 등

- 캐나다는 호주 및 독일 등과의 공동연구를 통해 남서태평양 및 대서양 등으로 연구지역을 점차 넓혀가고 있음. 특히 호주와의 공동연구를 통하여 서태평양의 PACMANUS 열수분출지역을 발견하였음
 - 고래 사체 생태계 탐사는 1987년 캘리포니아 산타 카탈리나만 수심 1,240m 지점에서 연구된 것이 처음 보고되었으며 캐나다는 1988년부터 연구 시작. 열수구 생태계와의 유사성 여부가 핵심 이슈로 등장
 - DOE, Moore Foundation, NSF공동 지원하에 the Craig Venter Institute를 중심으로 Sorcerer II expedition 진행 - 지구일주항해를 통해 200마일마다 미생물 메타게놈 자원을 확보하여 2007년까지 과학계에 알려진 단백질 수 보다 2배 이상 많은 6백만개의 단백질서열 확보
 - Scripps, Woods Hole 해양연구소 등은 5대양의 다양한 해양생태계 탐사 수행 중
- 2006년 8월 NSF의 지원으로 미생물 해양학 연구센터 C·MORE(center for microbial oceanography: research education)를 하와이대학에 설립
- 연구센터의 모토는 "From genomes to biomes"로서 해양미생물의 다양성이 지구상에서 가장 큰 생태계인 해양의 구조와 기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것임
 - 이 센터의 연구에는 MIT, MBARI, OSU, UCSC, WHOI와 UH에 소속된 연구자들이 참여하고 있으며 이들 과학자들은 현미경적인 미세규모에서 시작된 생물학적 과정이 기후변화와 같이 전 지구적인 규모의 영향으로 연결되는 과정을 규명하고자 함
 - 연구영역은 유전체 탐색 및 미생물 배양으로부터 생태계 모델을 구축하기 위한 유전자 기반의 해양미생물 생지화학까지를 포함
- 일본
- 일본은 현재 심해저 자원개발의 최대 투자국으로 Japan Marine Science and Technology Center(JAMSTEC) 및 Metal Mining Agency of Japan(MMAJ) 등의 기관을 주축으로 '80년대 초부터 해저열수광상 관련 연구사업을 수행해오고 있으며, 학문적 측면은 JAMSTEC에서 담당하여 국제

- 공동연구를 활성화하고 관련 자료도 비교적 공개하는 편이지만, 광물자원 개발 측면은 MMAJ에서 담당하여 자료를 일체 공개하고 있지 않음
- JAMSTEC에서 수행하는 해저열수광상 관련 연구는 태평양, 대서양, 인도양, 북해 등의 해령 및 해구 지역을 중심으로 전 지구적 규모로 수행되고 있음
 - 최근 미국과 협력하여 Ocean Drilling Program을 한 단계 발전시킨 Integrated Ocean Drilling Program을 만들고 초정밀 심층시추 장비를 탑재한 Chikyu 조사선을 건조하여 심해 열수환경을 포함한 해저심층부 생물(Depth Biosphere) 연구에 주도적인 역할을 하고 있음
 - 1992년 이후 고래 사체 생태계 연구가 JAMSTEC의 잠수정을 이용하여 진행되고 있음. 인위적으로 고래 사체를 침강시켜 수심별로 시간 경과에 따른 생물상의 변화를 연구 하고 있음

○ 유럽 연합 및 영국

- 국제공동학회인 InterRidge를 구성하여 활발한 연구를 수행하고 있음
- 프랑스가 IFREMER를 중심으로, 영국이 SOC를 중심으로 BRIDGE 사업을 통해, 독일은 DeRidge 사업을 통해 대서양 해령 지역을 중심으로 해저열수광상 관련 연구활동이 매우 활발하게 이루어지고 있으며, 근래에 들어서는 연구지역이 인도양, 북극해, 남극해, 남서태평양 등 전지구적 규모로 확대되고 있음
- 프랑스, 영국 및 독일은 해저열수 상호 연구프로그램에서 서로 부족한 심해 탐사장비를 보완 운영하고 있음. 프랑스는 심해 유·무인 잠수정, 영국은 심해견인(deep-towed) 고해상 측면주사 음탐(side-scan sonar) 및 지층내부 탐사 시스템, 독일은 심해 카메라를 부착한 퇴적물 및 생물 정밀채집 장비
- 독일을 중심으로 북유럽에서 남극반도까지 대서양 종단 탐사 수행. 탐사 프로그램에서는 기후변화와 해양생태계의 역할에 관심을 두고 일차생산자와 미생물 군집의 상호관계에 대한 연구가 주로 수행 됨
- 유럽연합은 BIODEEP program을 통해 심해 고염 혐기환경 미생물자원 탐사 수행. 후속으로 EuroDEEP program 진행 중. BIODEEP program에서는 네 곳의 심해 혐기성 고염분지를 대상으로 하여 탐사장비 개발, 생태계 특성 이해, 미생물 다양성 분석 및 배양, 배양 미생물의 활성 검색을 통하여 산업계로의 이전 등의 연구개발이 수행됨. 후속으로 EuroDEEP program 진행 중

- EuroDEEP program은 BIOFUN (Biodiversity and ecosystem functioning in contrasting southern European deep-sea environment), CHEMECO (Monitoring colonisation processes in chemo-synthetic ecosystems), DEECON (Unravelling population connectivity for sustainable fisheries in the Deep Sea), MIDDLE (Microbial Diversity in the Deepest hypersaline anoxic Lakes)의 4개 과제로 구성되어있으며 심해 생태계의 보다 깊이 있는 이해를 토대로 지구환경 변화와의 관계 규명을 주된 관심사로 하고 있음
 - 영국은 1990년대 초반부터 고래 사체 생태계 연구를 시작하여 화석과 비교 연구 중
- 유럽 연합과 미국 및 아시아 국가가 참여하는 국제협력 프로그램인 TARA-OCEANS은 2009년 9월 4일부터 3년간 5대양을 항해하며 해양의 미세생물 군집 탐사 연구 수행 예정
- 연구의 목적은 다음 세대들에게 기준이 되는 생물학적, 계통학적, 해양학적 기본 데이터 조성을 통한 기후변화 모델의 역량을 향상시키는 것으로 다음 3가지에 대한 이해 향상
 - 이산화탄소의 급격한 증가는 해양에 영향을 미치기 시작하면서 해양산성화가 진행되고 있는데 대기의 산소를 생성하는 해양의 미세생물들은 이러한 급격한 변화에 어떻게 반응하는지?
 - 이러한 급격한 환경변화에 처한 해양미세생물들은 진화할 것인지, 적응할 것인지 아니면 멸종할 것인지?
 - 지구온난화 등으로 인한 지구적 변화가 생명과 인류사회에 미치는 영향은 무엇인지?



그림 4-27. TARA Oceans 탐사 route

○ 중국, 인도, 아세안

- 중국은 제 3 해양연구소를 중심으로 인도양 열수 탐사, 심해미생물 자원 확보 등에 투자하고 있으며, 최근 적극적으로 태평양 도서국가들에 영향력 확대 중
- 인도는 벵골만 등 인도양 생물자원 탐사 수행
- 말레이시아, 인도네시아 등은 자국 영해를 동서로 횡단하는 생물자원 탐사 프로그램 운영

○ CCMP, UTEX, CCPC, CSIRO, ROSCOFF 등의 기관들은 해양에서 분리된 미세생물을 배양하여 배양 균주를 필요한 과학자들에게 제공함으로써 관련 분야의 학문적 진전에 높은 기여를 함

- CCMP(The Provasoli-Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton)에는 2,500개 균주의 해양생물을 배양하고 있으며 대부분은 식물플랑크톤
- UTEX는 약 3000개 균주의 조류를 배양하여 사용자들에게 제공함으로써 연구, 교육, 생물공학 분야에 기여를 하도 있음
- Roscoff 연구소는 크기가 3 μ m 이하의 진핵 및 원핵 초미소 식물플랑크톤 위주로 1,390개 균주를 배양하고 있으며 이들 균주를 이용 해양의 분자생태 분야의 연구를 활발하게 진행하고 있음

- 국제적 컨소시엄 이외에도 외국의 경우 장기생태계 관측프로그램 (예, HOT, BATS, SPOTS 등)을 수십 년 운영하여 생물종 목록작성을 비롯한 생태계 모니터링에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있음
- 미국 NSF(National Science Foundation)에서는 2002년 이후 129과제 7천만불을 투자하여, 생물군 계통수 구축을 위한 Tree of Life(ToL) 프로젝트를 수행하고 있지만, 아직 대양의 해양생물들에 대한 연구는 접근성의 어려움으로 본격적으로 시도되지 못하고 있는 실정
- 전 세계 생물종의 DNA 바코드 발굴을 위해 조직된 생물바코드 컨소시엄 (Consortium for the Barcode of Life, CBOL)에는 전 세계 44개국 155개 기관이 참여하여 활발한 연구를 진행하고 있음
 - DNA 바코드는 종의 동정(어떤 종인지를 알아내는 과정을 말함)을 위해 사용되는 특정 유전체(genome)의 비교적 짧은 염기서열로 구성되어 있는데, 동물의 경우 미토콘드리아 유전체에 있는 시토크롬산화효소(cytochrome c oxidase I, COI)가 주로 이용됨

□ 국내

- 한국해양연구원에서 북서태평양에서 대한해협에 이르는 구간을 탐사하였으나 기후 변화 연구에 초점이 맞추어짐
- 국내의 심해 열수생태계 연구는 한국해양연구원 기관 고유사업 및 국토해양부 R&D 사업으로 1998년 이후 현재까지 Yap Trench, Manus Basin, Woodlark Basin, 라우분지 등에서 실험역 광역 탐사를 통해 심해 열수환경을 간접적으로 확인하고 유화광물과 열수환경으로 추정되는 퇴적물 시료를 확보
- 현재 진행 중인 대부분의 연구과제는 광물자원개발 확보를 위한 해저열수광상 탐사 및 개발 분야에 편중되어 있기 때문에 심해 열수생태계와 구성 생물에 대한 전반적이고 체계적인 연구를 수행하지 못하고 있는 실정임

- 우리나라의 경우 심해 열수환경연구에 필수적인 최첨단 정밀 탐사·채취 장비(예, 심해전인 측면주사 음탐기, 심해잠수정, 심해카메라 부착 채취장비)가 선진국에 비해 미비하고 장비의 운용 기술이 초기 단계임
- 지금까지 해양생물에 대한 연구는 개개 연구자 수준에서 배양연구를 제외하면 연안의 생물종 목록 구축에 초점을 맞추어 진행
- 국가 미래발전전략 핵심요소로서 생명자원 확보 및 활용 강화 필요성 제기로 인해 2007년 '국가 생명자원 확보·관리 및 활용 마스터플랜' 수립
- 해양 분야에서도 이러한 국가적 시책에 부응하여 2007년 체계적인 해양생명자원 발굴, 보전 및 지속적 활용을 위한 마스터플랜을 구상한 바 있고 이러한 계획은 해양생명자원 기초조사 및 원천 기술에 기반을 두는 것으로부터 출발
- '해양생태계조사사업'의 경우 연안의 해양생물(어류, 저서생물, 플랑크톤 등)에 대한 장기모니터링의 성격을 띠고 있으며, '자생생물조사발굴사업'의 경우 채집 및 표본작성에 초점을 맞추고 주로 육상생태계에 중점
- '미생물유전체활용사업'은 많은 신규 미생물을 확보하는 성과를 가져 왔으나 대상 생태계가 해양의 경우 표층에만 한정되고, 중속영양생물에 국한되는 한계
- 최근 해양생물자원 및 해양생물종의 표본을 수장하고 연구의 중추적 역할을 수행하게 될 '국립해양생물자원관'의 건립이 확정되었고 2013년도 개관 예정
- 여러 정부 출연기관들이 극지를 비롯해 해외에 연구를 위한 전진기지를 마련하고 있고(한국해양연구원의 남·북극 기지, 남태평양 축 기지), 다양한 해양조사사업을 수행하고 있으나 이런 기회를 해양생물확보와 해양생물다양성 연구의 기회로 적극적 활용이 미흡

- 종합적으로 국내에서 대양환경에서 생물의 배양 및 생체시료의 확보에 중심을 둔 연구는 체계적으로 수행되지 않아, 해양환경에 대한 체계적 분석 및 생명공학 원천시료 제공이라는 주요목적을 달성하는 데 미흡

□ 향후 전망

- 새로운 기술의 발달과 함께 생명정보의 대량 해독이 가능해짐에 따라 지금까지 배양할 수 없었던 다양한 해양생명체의 배양기술 개발이 가능해 질 것으로 기대됨
- 원천 생명자원은 미래 경제를 지배하는 핵심 내용으로써 특수기능 생명자원 확보 경쟁은 가속화 될 것으로 예상

나. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종목표

- 북서태평양의 연안/대양 및 Bio hot spot등 다양한 생태계 탐사 연구에 요구되는 원천 기술 개발 및 이용
- 독특한 환경을 지닌 희귀 해양생태계 탐색을 통한 신규 원천 생명소재의 발굴 및 이들의 특성 분석을 통한 생명체의 해양 환경 적응 이해
 - 열수/냉용수구, 경골 생태계, 침강 선박 등 희귀 생태계 생명자원 확보
 - 서식 환경정보에 근거한 대량 배양 기술 개발
 - 발굴 생명자원의 계통분류학적, 생태적 특성 분석을 통한 해양 환경 적응 이해
- 해양 미생물 생태계의 전 지구적 환경 조절 능력 파악을 통한 국가적 기후 변화 대응능력 강화
- 해외 선진 기관에 국제공동 연구실 설치 및 운영

(2) 연차별 목표

구분	연구개발목표	연구개발내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 대양 생태계 탐사 기획 - 대양 탐사 기반 조성 	<ul style="list-style-type: none"> - 대양생태계 정보 분석 - 탐사라인 선정 및 국제관계 사전 조정 - 체계적 해양생물자원탐사 기술 검토 - 해양고유의 생물자원 수집, 생물학적 특성 분석, 생명정보관리 기술 - 장비/운영기술 도입 및 연구원/승조원 훈련
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 대양 및 Bio hot spot 생태계 종합탐사 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 서태평양 종단 생태계 기능 이해 및 신 해양생물자원 확보 - 열수/냉용수 생태계 탐사기법 확보
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 해양열수환경 물질교환시스템 이해와 신생물자원 확보 	<ul style="list-style-type: none"> - Bio hot spot 생태계의 지질학적 특성 규명 - Bio hot spot 생태계의 생지화학적 과정 이해 - 심해 특정지점의 정밀 생물시료 채집기술 확보를 통한 생물자원 대량확보
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 연안/대양 생태계 생물 탐사 연구 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 생태계의 생물 다양성 연구를 위한 고속 대량 농축기술 및 분석기술 확보 - 신 해양생명체를 탐사 및 발굴 기술 확보
2단계 (5년)	<ul style="list-style-type: none"> - 해양미생물의 지구환경 조절 능력 분석 기술 - 생태계-생명체의 상호관계 해석을 통한 생명체의 환경적응 메커니즘 이해 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양미생물에 의한 지구 규모적 생지화학적 순환 조절 과정 규명 - 기후변화에 따른 미생물 군집의 변화 및 되먹임 현상 규명 - 특수환경 생명자원 탐색 - 생태계-생명체 상호작용 연구 - 비배양 해양생명체의 배양기술 연구

(3) 기술개발 로드맵

대양생태계 기능 규명 및 활용 연구 기술로드맵										
핵심기술		최종결과물					시장/수요			
대양 및 Bio hot spot 생태계 종합탐사 기술 개발 해양 열수환경 물질교환시스템 이해 연안/대양 생태계 생물탐사 연구 기술 해양미생물의 지구환경 조절 능력 분석 기술		- 특수 환경 생명체 채집 기술력 확보 - 생태계-생명체 상호관계 이해 및 활용기술 개발 - 지구규모의 생지화학적 순환 조절과정 규명 - 대양 및 Bio Hot Spot 신 해양생명체 특성 분석					- 해양바이오 기초 데이터 구축 - 다양한 생리활성의 지속가능한 이용을 위한 해양생명공학의 원천소재 제공 - 해양생태계와 기후변화의 상관관계 규명을 통한 기후변화 대응 프로그램 개발에 활용			
기술 개발 목표	생태계 탐사 및 분석기술 개발	해저지형, 영상분석기술 고도화	영상분석기술 고도화	심해 생명체 정밀 채집 기술확보	정밀 채집	수중 생물다양성 대량 분석 기술개발 및 활용	대량 분석	특수환경 유지/재현 기술개발	특수환경 유지/재현 기술개발	
	대양 생태계 탐사 및 생태계-생명체 상호관계 이해	서태평양 종단 탐사	심해잠수정 기술확보	운영 기반	심해잠수정 운영기술 고도화	심해잠수정 운영기술 고도화	인공 생태계 유도기술 개발 및 활용	인공 생태계 유도기술 개발 및 활용	생태계-생명체 상호관계 이해 및 활용기술 개발	
	신 해양생명체 탐사 및 발굴	신규 배양기술 개발	신규 배양기술 개발	대양 및 Bio hot spot 생물다양성 해석	대양 및 Bio hot spot 생물다양성 해석	대양 및 Bio hot spot 생태계 생명정보 DB 구축 및 활용	대양 및 Bio hot spot 생태계 생명정보 DB 구축 및 활용	신 해양생명체 특성 분석	신 해양생명체 특성 분석	
연도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	

다. 추진전략 및 체계

(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

□ 추진전략

- 전문가 풀 구성 : 국내 해양바이오연구 전문가, 해양바이오정책 및 산업계 전문가
- 국제공동 프로그램 및 신규 종합 대형 조사선 활용사업으로 기획

- 각종 인프라구축사업과 연계하여 채집되는 모든 생물종의 다양성에 대한 정보뱅크 구축 : 생명정보 통합 공유 네트워크 구축
- 환경 생태학적 정보, 유전체학적 정보 등 활용 가능한 정보의 종합 분석을 통한 새로운 배양기술 개발

□ 추진방법

- 서태평양 종단 프로그램
 - 국제적으로 단편적 연구만이 진행된 서태평양 대양 생태계 종단 탐사를 통한 해수, 심해 퇴적토, 해산 및 해구 등으로부터 새로운 해양생명체 탐사 및 채집
 - 서태평양은 많은 도서국가들의 배타적 경제수역을 포함하므로 국제 협력 프로그램 개발을 통해 사전 조율 및 장기적인 이익 공유 추진
 - 주기적 대양 탐사 및 유관 프로그램과 협력체계 구축
- Bio hot spot 생태계 종합탐사 원천기술 개발
 - 구축된 인프라를 이용한 열수/냉용수 분출구 탐사 및 대상지역 선정
 - 해양열수/냉용수 환경 광역/정밀 탐사를 통한 분출구 시스템 이해
 - 잠수정을 활용한 심해관측기술 개선 및 시스템 확립
 - 열수/냉용수생태계 물질순환 특성과악 및 지구환경변화의 연계성 규명
 - 특이/희귀 해양생태환경 탐색 및 정밀 채집기술 구축
- Bio hot spot 생태계 물질교환시스템 이해와 생물자원 확보
 - 물질순환 및 생태계 규명
 - 심해 열수구 생물의 생체기능 해석
 - 극한환경 생명현상 규명 및 생명공학소재 탐색
 - 주기적 탐사를 통한 생태계 천이 및 천이단계별 생물채집
 - 해저 열수 분출구 주변 생태계의 생물 종 조사 및 구조 연구

○ Marine Bio Lab. network 구성 및 운영

- 미국 Scripps 해양연구소, Woods Hole 해양연구소, J. Creig Venter 연구소, JGI, NIH, 일본 JAMSTEC, 독일 Kiel 해양연구소 등 세계 유수의 연구기관에 공동연구를 위한 연구실을 설치하고 연구원 방문을 통한 활용 체계 구축
- Indonesia, 페루, Micronesia 등 국제협력관계가 있는 국가들과의 MOU를 통한 현지랩 확보. 기존 프로그램 혹은 계획 중인 프로그램과 연계하여 효율 극대화

○ 자료 조사 및 해석

- 기존 생태계 탐사 자료의 종합분석을 통한 배양기술 선정

○ 희귀 생물 다양성 Inventory 구축

- Pyrosequencing 등 대용량 염기서열 분석장치를 이용한 생태계 특성별 다양성 정보 구축
- 저인망, 그랩 샘플러 등을 이용해 채취된 저서동물의 형태학적, 유전학적 다양성 정보 구축
- 미세조류, 진균, 효모, 원생생물 등의 단세포 진핵생물을 포함한 플랑크톤 다양성 정보 구축

○ 특수 해양생명체의 대량 배양

- 각 해양환경에 특이적인 배양 시스템 구축
- 생태적 특성과 기능을 고려한 배양 배지, 환경 조성
- Bar code 해독을 통한 계통분류학적 연구

○ 배양 생명체의 특성 분석

- 온도, 염도, pH, 압력 등의 물리적 환경 요인, 전자공여체와 수용체, 먹이원, 상호관계 등 화학적, 생물학적 환경 요인 분석
- 대사과정 및 대사물질 분석

○ 국내 개발 역량 분석

- 최근 대양 및 심해 bio hot spots 환경 정밀 탐사에 필요한 심해견인 측면주사 음탐기, 심해견인 지층내부 탐사장비 및 무인 잠수정이 확보되었으나 이들 장비에 대한 운용 기술과 경험이 매우 미비한 상태임
- 심해환경에 서식하는 생물 채취를 위한 첨단 정밀 장비가 미비하고 이들 장비의 운용기술과 경험이 매우 부족함
- 연안/대양의 수층 생태계의 미생물 다양성연구는 일부 분류군에 대한 연구가 진행되고 있으나, 전체 미생물의 다양성 및 생태적 기능연구는 매우 미비한 상태임

표 4-1. 선진국과 우리나라 기술수준 비교

구 분	선진국 기술수준	우리나라 기술수준
시료채취기술	- 해저면 및 해저면 아래 시료채취 및 위치정보 확인 및 기록 가능	- 기술수준: 60% - 표면시료 채취만 가능
정밀지형 조사기술	- 다중음향측심, Long-range side scan 및 Deep-towed side scan sonar 기법활용	- 기술수준: 50% - 다중음향측심기술 확보
해저면 영상촬영기술	- 해저면 촬영과 동시에 촬영 위치 자료 기록 가능	- 기술수준: 70% - 해저면 촬영만 가능
해저면 위치측정기술	- 수심 5,000m 이하 지역까지 가능	- 기술수준: 50% - 수심 수백m 까지 가능
무인잠수정 탐사기술	- 6,000m급 AUV, ROV 보유	- 기술수준: 30% - 6,000m급 ROV 개발 및 테스트 단계
유인잠수정 탐사기술	- 6,000m급 잠수정 보유	- 기술수준: 20% - 수심 250m급 잠수정 보유

(2) 연구개발 추진체계

○ 연구형태

- 해양분야 전문 연구원을 중심으로 구성원 및 산·학·연 전문인력 참여

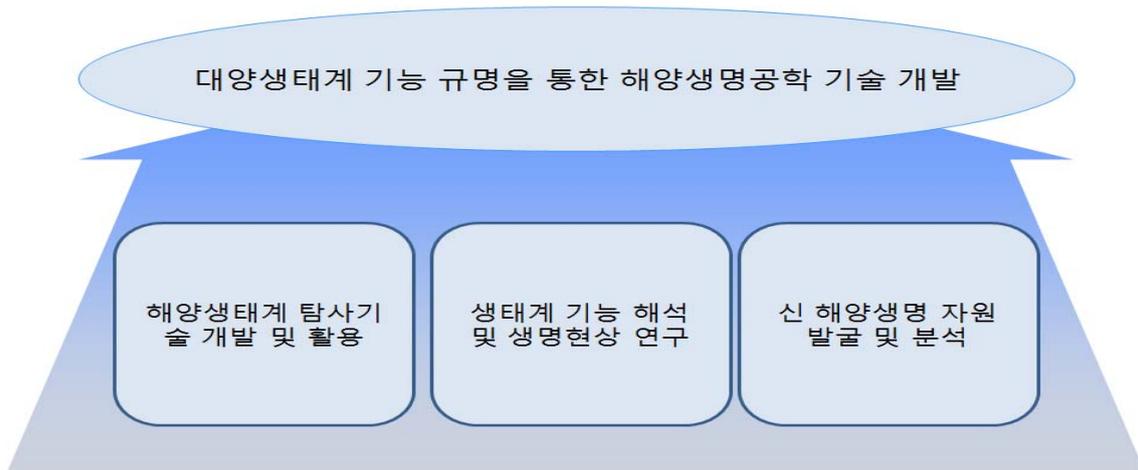


그림 4-28. 신 해양생명체 대량발굴 연구 추진 체계도

라. 기대효과 및 활용방안

(1) 기대효과

- 해양 생명체의 다양성, 이동 경로 등의 지리적 분포 및 진화양상의 비교 분석을 통해 생명체가 어떻게 환경에 적응하여 진화하는지, 또 그들의 원형은 어떻게 되는지 등 진화와 관련된 의문들 중 일부에 대해 해답을 찾을 수 있을 것으로 기대
- 진화 관련 연구는 임팩트가 큰 논문으로 발표될 수 있어 우리나라 과학기술의 국제적 위상 제고에 기여

(2) 활용 방안

- 해양바이오 분야 기초 데이터 구축
- 다양한 생리활성의 지속가능한 이용을 위한 해양생명공학의 원천소재 제공
 - 특히 해양 진핵 미생물의 경우 세계적으로도 연구 초창기에 속하므로 이 분야에서 국제적 선도그룹으로 도약 가능
- 해양생태계와 기후변화의 상관관계 규명을 통한 기후변화 대응 프로그램 개발에 활용

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 대양탐사	30	40	40	40	157	307
· Bio Hot Spot 탐사	24	25	25	25	76	175
· 해외 해양바이오 연구실	2	2	2	2	10	18
합 계	56	67	67	67	243	500

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 대양탐사	10	10	10	10	60	100
· Bio Hot Spot 탐사	10	10	10	10	60	100
· 해외 해양바이오 연구실	2	2	2	2	12	20
합 계	22	22	22	22	132	220

○ 인력 확보 방안 기술

- 주요 확보 대상 인력은 해양생태계 탐사 경험이 있는 연구원과 현장 탐사를 뒷받침해 줄 수 있는 승조원임. 기존 해양환경 탐사에 참여했던 인력의 활용 및 국제공동프로그램 참여를 통해 신규 인력의 훈련을 겸하는 방법으로 연구인력을 확보하고 승조원의 경우 온누리호, 이어도호 등 대양 항해 경험을 지닌 승조원들의 경험을 적극 활용하는 방법으로 인력 확보

(3) 확보 필요 주요 장비 및 활용방안

- 대양탐사를 위한 선박은 건조 예정인 5,000톤급 해양조사선 활용. Bio hot spot 탐사를 위해 필요한 잠수정은 기 개발된 해미래 혹은 그 후속 잠수정을 활용하거나 혹은 잠수정을 보유한 해외 연구팀과 공동 연구를 통해 활용
- 이 외에 선상 배양장비, 특히 무산소 환경을 유지시켜 줄 배양장비 및 유전자 서열의 대규모 분석과 관련된 장비 확보 필요

제2절 국가 전략금속광물 자원탐사

1. 남서태평양 망간각 탐사 기술개발

가. 개요

(1) 연구개발 필요성

○ 기술적 측면

- 심해저 망간단괴 탐사를 위해 개발된 고난도 기술을 응용하여 망간각 개발에 활용될 수 있게 함으로서 심해저 자원탐사기술 개발효과 극대화
- 남서태평양 지역의 해양지질 및 해양환경 현상을 이해함으로서 주변지역이 우리나라에 미치는 영향을 파악하고 대처할 수 있는 역량 확보

○ 경제·산업적 측면

- 지속 가능한 해양자원 개발의 인식확산 및 과학기술 발전에 따른 신 해양산업 창출
- 해저자원 개발기술 발전에 따른 국제여건 변화에 대응하고 전략광물자원의 공급원 다변화를 통해 국제광물시장에서의 주도권 확보
- 전량수입에 의존하는 금속자원(코발트, 니켈, 백금 등)의 안정적인 공급처가 될 수 있는 개발유망지역의 선점
- 망간단괴 개발 단일체제를 보완할 수 있는 다원화체제 구축으로 망간단괴 개발을 위해 확보된 기술의 재활용을 통해 투자효율의 극대화 및 전략금속의 공급원 다변화를 통한 장기·안정적인 수급체제를 구축함으로서 개발경제성 향상과 국가의 경제적 기반을 확고히 할 수 있는 시너지 효과 창출

○ 사회·문화적 측면

- 21세기 해양시대를 대비한 태평양 지역으로의 경제, 문화적 확장을 위한 거점 확보

- 태평양개발의 주도적 역할로 주변국들과의 외교, 경제 및 과학기술협력 증대를 통한 영향력 확보
- 공해상 및 남서태평양 도서국의 배타적경제수역내의 해저자원 개발권을 확보함으로써 준해양영토의 개척

(2) 연구개발 동향

□ 국외

○ 미국

- 미국의 해저광물자원개발 경우 조사는 대학 등 연구기관을 중심으로 수행되며 개발은 철저히 경제적인 관점에서 민간기업 중심으로 이루어짐
- '80년대 이후 대학 및 연구기관을 중심으로 태평양상의 자국 및 자국령의 EEZ를 대상으로 망간각의 분포 및 경제성 조사 수행 (150여개 해저산 조사)
 - 자국/자국령의 EEZ : 하와이제도, 존스톤제도, 팔미라제도, 괌, 웨이크 섬
 - 공해지역 : Mid Pacific Mountains 지역
 - 태평양 도서국의 EEZ : 마셜제도, 마이크로네시아 제도
- '90년대 후반 존스톤 지역의 망간각 개발에 미국의 자원개발회사인 Bluewater Marine Mining사가 개발의사 표명 이후 International Hard Minerals Co., Oceanx 등 민간기업이 관심을 표명함
- 미국은 현재 직접적인 망간각 탐사는 수행하고 있지 않으나 다른 목적으로 수행된 탐사에서 확보된 자료 및 시료를 이용하여 USGS 등 연구기관을 중심으로 마리아나제도, 마셜제도 북부의 공해지역, 키리바티(길버트제도) 지역의 망간각 잠재력을 분석하고 있음

○ 일본

- 일본은 현재 심해저자원개발의 최대 투자국으로 정부주도로 통산성 산하의 금속광업사업단(MMAJ)에서 수행

- 망간각 탐사는 자국의 EEZ, 남서태평양 도서국의 EEZ 및 공해지역(Mid Pacific Mountains 지역, Magellan Seamount 지역)에서 수행하고 있으며, 도서국 EEZ내의 100여개 해저산을 조사
- 자국의 EEZ 및 공해지역에서의 망간각 탐사는 80년대 초반부터 수행되어오고 있으나 탐사결과는 공개되지 않음 (50여개 해저산을 조사한 것으로 추정)
- 남서태평양 지역에서의 탐사는 외무성의 대외협력처(JAICA)와 공동으로 도서국가들에 대한 지원의 일환으로 수행되고 있으며, 지역기구인 SOPAC(남태평양응용지구과학위원회)을 통해 1985년부터 3단계에 걸쳐 15년간 수행하여 1999년 사업이 종료였으며, 이후 4단계 사업이 진행되고 있음. 4단계 사업은 당초 6년간으로 계획되었으나 실행과정에서 각각 3년씩 전·후반부로 구분하여 실행

- 1단계(1985~1989) : Kiribati (Phoenix Islands, South Line Islands 지역)

Tuvalu (Ellice Islands, Ellice Basin 지역)

- 2단계(1990~1994) : Western Samoa (Samoan Islands 지역)

Kiribati (Gibert Islands 지역)

Micronesia 제도 (북서지역 및 북동지역)

- 4단계 전반부(2000~2002) : Marshall 제도 (2002년 탐사수행)

- 4단계 후반부(2003~2005) : 2003년 Kiribati (Line Island) 탐사예정

2005년 Micronesia 제도 탐사예정

- JAMSTEC(일본해양과학기술센터), NIRE(자원환경기술종합연구소) 등과 공동으로 관련 기술개발을 추진하고 있으며, 현재 망간각 채광기의 개념설계 단계에 있음

○ 독일

- 1981년 최초의 망간각 탐사를 태평양의 Line Islands 지역에서 수행 (Midpac I cruise)

- 80년대 동안 미국, 영국 등과 공동으로 대학 등 연구기관을 중심으로 태평양지역의 망간각을 조사하였으나 현재는 직접적인 탐사 대신 그 동안의 자료를 분석하고 있음

○ 러시아

- '80년대부터 북태평양 및 대서양의 공해지역에서 망간각 자원조사 수행
- 현재 북태평양 공해상의 Magellan Seamount 지역(북위 13°50' ~ 17°30', 동경 154°40' ~ 157°00')에서 기업차원의 광구조사 및 연구활동 수행 중
- 1998년 국제해저기구(ISA)에 공해지역에서의 망간각 및 해저열수광상 개발과 관련된 규정제정을 요청

○ 중국

- 중국의 해저자원개발 사업은 국가해양국(SOA)의 지원하에 중국심해저개발협회(COMRA)을 중심으로 관련연구소에서 탐사 및 기술개발 수행
- 최근 북태평양의 공해상인 Mid Pacific Mountains 지역에서 망간각 탐사를 수행하는 것으로 알려져 있으나 자세한 탐사결과는 알려지지 않고 있음

○ 인도

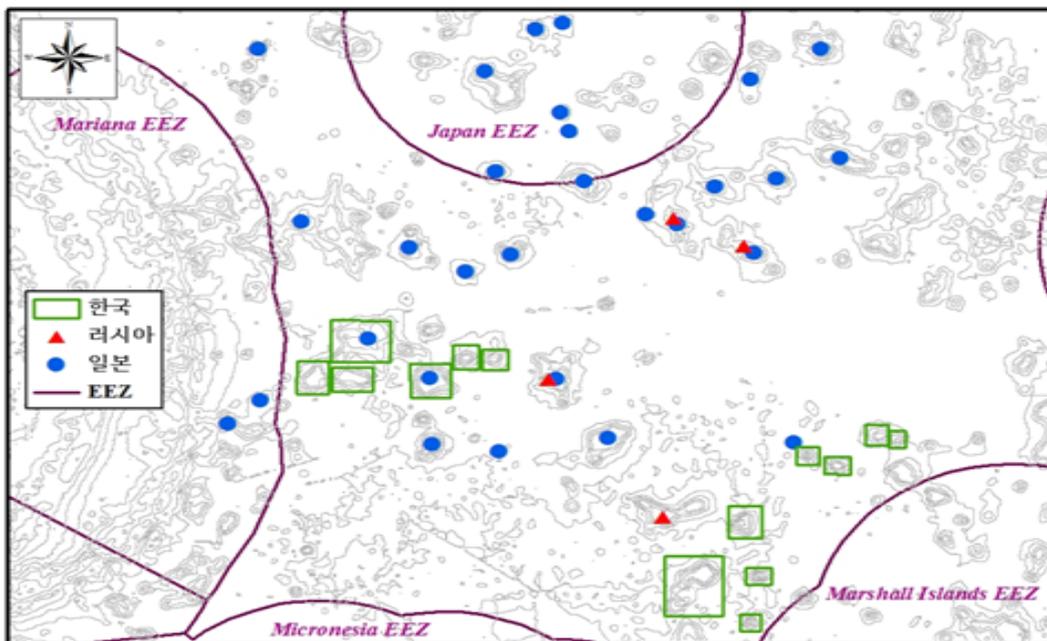
- 인도의 망간단괴 개발광구가 위치한 Central Indian Basin 지역에서 인도해양연구소(NIO) 주도로 망간각 탐사를 수행하고 있으나 자세한 탐사결과는 알려지지 않고 있음

○ SOPAC

- 남서태평양 도서국가 EEZ에서의 탐사활동이 활발해짐에 따라 도서국가들의 해양광물자원 개발에 대한 관심 급증
- 1999년 국제워크샵을 통해 해양광물자원 개발에 따른 정책지침인 Madang Guidelines을 제시하였으며, 2001년 국제워크샵을 통해 해양과학조사에 대한 정책지침을 제시
- 현재 ISA에서 논의중인 “공해상에 부존하는 해저열수광상 및 망간각에 관한 탐사규칙” 제정의 추이를 예의주시 중

○ ISA

- 1998년 ISA 제4기 회의에서 망간단괴 이외의 공해상에 부존하는 망간각 및 해저열수광상 개발에 관한 규정제정을 러시아가 요청 (ISA는 2001년까지 동규칙제정 의무를 가짐)
- 2001년 ISA 사무국이 “공해상에 부존하는 해저열수광상 및 망간각에 관한 탐사규칙 초안”을 작성
- 2002년 산하 법률기술위원회에서 내용 검토 중



○ 기타 국제동향

- 탐사분야는 미국의 경우 대부분 자국의 영해주변에서 활발한 탐사활동을 수행하였으며, 최근에는 유인잠수정을 이용한 탐사활동을 수행하고 있음. 연구기관에서 수행되는 탐사의 경우 탐사결과는 대부분 공개되고 있으나, 민간기업이 주도하고 있는 조사활동의 결과는 공개되지 않고 있음.
- 일본의 경우 역시 2원화 체제로 망간각을 포함한 심해저 개발을 주도하고 있는 MMAJ(금속광업사업단)와 탐사부분을 수행하는 국내 콘소시엄인 DORD(심해자원개발주식회사)의 경우 탐사결과에 대한 자료는 공개되지 않고 있으나, 기술개발분야의 경우 주로 연구기관인 JAMSTEC를 중심으로 이루어지며 연구결과에 대한 자료가 비교적 공개되고 있음

- 광역탐사의 경우 망간단괴 탐사를 위해 개발된 기술을 도입하여 사용하고 있으나, 정밀탐사로 진행될수록 망간각 부존 특성을 보다 자세히 규명할 수 있도록 해저면에서의 위치를 정밀측정할 수 있고 정확한 위치에서의 시료 채취가 가능한 기술의 도입이 이루어지고 있음. 이 같은 탐사기술은 미국의 경우 해양기기산업이 발달하여 대부분 민간기업에서 개발이 이루어지고 있으며, 일본의 경우에는 전문연구기관인 JAMSTEC을 중심으로 민간기업들과 연계하여 해양개발기술을 발전시키고 있음
- 러시아와 중국의 경우, 남서태평양 공해상에 존재하는 해저산을 중심으로 망간각 탐사를 수행하여 왔음이 최근 밝혀졌으나, 탐사결과에 대한 자료는 미공개 상태임
- 채광기술의 경우 미국, 독일 등은 망간단괴의 개발을 위해 70년대 말 민간 기업의 콘소시움에서 실험역 테스트를 수행한 이후 별도의 채광시스템에 대한 새로운 현장테스트는 수행하고 있지 않으나, 당시에 개발된 기술을 바탕으로 각 부문별 요소 기술은 이미 확보한 상태이며, 망간각 채광의 경우 망간각이 부존하는 지형의 불규칙성에 따른 채광기의 운행상 계속 연구중에 있음.
- 일본의 경우, MMAJ에 의해 1997년 일본 영해내인 미나미도리시마 해역(수심 3,000~4,000m)에서 망간단괴용 채광기 운행 테스트를 수행하였으며, 이 모델을 기본으로 망간각 채광기 개발을 계획중임
- 미국은 최근 민간 자원개발 기업체인 Bluewater Marine Mining Co. 가 중앙태평양에 위치한 미국령인 존스톤 제도(Johnston Island)의 EEZ에 부존하는 망간각 개발에 대한 관심표명, 개발을 위해 부유성 플랫폼 사용을 고려하였으나, 최근 석유생산이 증가함에 따라 수요부족으로 잠정적으로 중단된 상태이며, 현재 하와이 주정부와 개발관련 초기단계의 협상이 진행중인 것으로 알려져 있음. 따라서 망간각의 개발과 관련하여 그동안 해저석유시추 등 해양개발에 관해 가장 많은 경험과 기술을 보유한 미국이 가장 앞서 있음

- 일본의 경우, 비록 미국처럼 광범위한 해양개발기술은 보유하고 있지는 않으나, 최근 10여년에 걸쳐 특히 해양개발에 많은 투자를 통해 미국과의 기술력 차이를 좁히고 있음. 일례로 JAMSTEC이 개발한 유인잠수정은 미국의 기술을 능가하는 것으로 평가되고 있음.
- 망간각 개발의 경우 1985년부터 남서태평양 도서국가들의 EEZ를 대상으로 광범위한 탐사활동을 수행해 오고 있으며, 이에 상응하여 동 지역의 지역개발에 참여함으로써 향후 동 지역에서의 자원개발 기득권 확보에 상당히 유리한 위치에 있음

□ 국내

- '80년대 후반 이후 한국해양연구원을 중심으로 남서태평양의 마셜제도 및 마이크로네시아 제도 지역을 대상으로 한 기초조사가 미국립지질조사소(USGS)의 기술지원으로 간헐적으로 진행되었으나, 1997년 이후 우리나라가 보유한 심해저 탐사기술로 광역조사가 진행되고 있음
- 우리나라가 보유하고 있는 망간각 탐사기술은 망간단괴 탐사기술을 활용하고 있는 수준임. 최근 대우중공업이 개발한 6,000m급 AUV를 이용하여 해저산 지역을 대상으로 활용한 경험이 있으나, 국내의 경우 해양탐사기기 개발이 미진한 상태이며, 대부분 외국장비의 도입을 통해 활용하는 수준에 머물고 있음

□ 년도별 동향

- 1981년
 - 개발 가능한 해저광물자원으로서의 망간각에 대한 체계적인 탐사가 독일에 의해 최초로 태평양의 Line Islands 지역에서 수행 (Midpac I cruise)
- 1983년
 - 레이건 대통령이 EEZ 선포시 미국의 EEZ내에 부존하는 망간각 자원의 중

요성을 언급. 이를 계기로 수행된 망간각 탐사를 통해 마샬제도, 존스톤제도 (미국령), 라인아일랜드(미국 및 키리바티령) 지역 등이 망간각 개발잠재력이 높은 지역으로 부각

○ 1997~2001년

- 해저광물자원 개발에 대한 산업계의 관심 증가
- 1997년 Nautilus Minerals Corporation(호주)이 산업계에서는 처음으로 파푸아뉴기니로부터 해저열수광상 개발을 위한 배타적 탐사권 획득을 기점으로 Phelps-Dodge, Bluewater Marine Mining, Bechtel, International Hard Minerals Co., Oceanx 등 미국의 광업회사들이 관심 표명
- 1998년 국제해저기구(ISA) 제4기 회의에서 공해상에 부존하는 망간각 및 해저열수광상 개발에 대한 관련 규칙제정을 러시아가 요청하였으며, 2001년 ISA 사무국이 “해저열수광상 및 망간각 개발에 관한 탐사규칙 안”을 작성 현재 법률기술위원회에서 내용을 검토중
- 1999년, 2001년 SOPAC 주관으로 해양광물자원 개발정책과 EEZ에서의 해양과학조사에 대한 국제워크샵 개최를 통해 남서태평양 지역에서의 해양탐사 활동 및 광물자원개발에 대한 정책지침 제시하였으며, 현재 ISA에서 관련사항이 논의됨에 따라 향후 추이 주시중

나. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종 목표

- 남서태평양에 부존된 망간각 개발을 위하여 해양탐사를 통해 개발대상지역을 선정하고 독점적 탐사권 확보
- 서태평양의 공해지역에 위치한 마젤란 해저산군(Magellan Seamount) 일대의 20여개 해저산에 대한 망간각 자원잠재력 평가 및 개발유망지역 선정

(2) 연차별 목표

구 분	연구개발목표	연구개발내용
2012~2015	- 광역 탐사를 통해 망간각 자원잠재력 평가	- 공해상의 마젤란 해저산군 해저산 3~4개 조사 - 망간각 자원잠재력 평가 - 채광·선광·제련시스템 기술적 타당성 분석
2016~2020		- 공해상의 마젤란 해저산군 해저산 7~9개 조사 - 망간각 자원잠재력 평가
2021~2024	- 개발유망지역 선정 및 정밀 탐사	- 개발지역 확보를 위한 경제적 타당성 조사 - 마젤란 해저산군 지역에서의 망간각 개발 유망지역 선정
2025	- 경제성 및 개발 사업성 평가	- 탐사광구 경제성 분석 - 개발 사업성 평가
2026년 이후	- 최종개발지역 확정을 위한 개발탐사 및 상업개발시스템 기반 구축	- 최종개발지역 개발탐사 - 개발지역의 배타적 개발권 확보 - 채광·선광·제련기술 개발 및 파일럿 테스트 - 상업생산을 위한 타당성 조사 - 최적개발시스템 구축

(3) 기술개발 로드맵

남서태평양 망간각 탐사 기술개발 기술 로드맵					
핵심기술		최종결과물		시장/수요	
광역탐사를 통해 망간각 자원잠재력 평가 기술 개발유망지역 선정 및 정밀탐사 기술 경제성 및 개발 사업성 평가 기술 개발탐사 및 상업개발시스템 기반 구축 기술		- 마젤란 해저산군 해저산 망간각 자원잠재력 파악 - 개발지역 확보를 위한 경제적 타당성 조사를 통해 개발유망지역 선정		- 금속광물자원의 장기안정적 확보 - 광물자원 수입대체를 통한 경제력 향상 및 국제광물시장에서의 입지강화 - 새로운 해양산업 창출 등 기술파급 및 해양산업기술 발전유도	
기술 개발 목표	실해역자료획득 (마젤란해저산군)	해저산 3-4개 자료획득	해저산 7-9개 자료획득		
	지역별 자원 잠재력 평가	기술적 타당성 분석			
	개발유망지역 선정 및 정밀탐사	망간각 자원잠재력 평가		경제성 타당성 조사를 통해 개발유망지역 선정	
	탐사광구 경제성 및 개발 사업성 평가				탐사광구 경제성 분석 및 사업성 평가
	개발탐사 및 상업 개발시스템 기반 구축				최종개발지역 개발탐사
연도	제1단계	제2단계	제3단계		제4단계
	2012 ~ 2015	2016 ~ 2020	2021 ~ 2024	2025	2026이후

*실용화 단계인 제3단계부터는 참여기업의 투자를 통해 시행

다. 추진전략 및 체계

(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

□ 추진전략

○ 연구개발 접근방법

- 사업비 활용의 효율을 위해 망간단괴 탐사 등 타 사업과 연계 수행을 통해 조사선 활용의 효율화 및 사업비 절감 유도
- 조사대상 후보지역이 광범위하므로 해역탐사와 병행하여 외국의 탐사자료 및 분석결과자료의 수집을 통한 간접분석을 수행함으로써 현장조사 효율 극대화 추구 및 SOPAC 등 지역국제기구의 활동에 적극적인 지원 및 참여를 통해 남서태평양 지역에서의 탐사수행과 자원개발에 대한 영향력 확보

○ 기술정보 수집방법

- 기존의 미국(USGS, MMTIC), 일본(MMAJ), SOPAC 등이 보유하고 있는 자료의 활용을 통한 탐사지역 선정 및 심해저 자원개발 관련 국제학술회의인 UMI(Underwater Mining Institute) 회의참석을 통해 국제개발동향에 대한 정보수집
- 남서태평양 도서국가들의 배타적 경제수역에서의 탐사 및 개발활동에 대한 정보수집을 위해 지역간 국제기구인 SOPAC 등 관련 국제기구 참가를 통한 활동 강화
- 공해상의 망간각 탐사활동은 각국이 탐사활동 및 탐사결과를 공개하고 있지 않는 관계로 자료접근에 한계가 있음. 이를 극복하기 위하여 탐사관련 국제학술회의 참가 및 탐사관련기관의 방문 등 직접적인 접촉을 통해 관련 자료의 입수 추진
- 공해상의 자원개발에 대한 정보는 국제해저기구의 관련규정 제정에 대한 동향주시 및 주변국가의 활동파악을 통해 대처 방안 수립

○ 전문가 확보 및 타 기관과의 협력방안

- 정보수집 및 기술력 증강을 위해 1단계 사업기간 중 미국의 USGS, 일본의 MMAJ, DORD 등 외국 전문기관과의 협력을 통한 탐사 및 결과분석 추진, 국제해저기구(ISA), SOPAC 등 국제기구와의 협력을 통한 국제동향 분석 추진
- 국내의 경우 기존 망간단괴 개발사업을 통해 확보된 심해저 탐사기술의 활용 및 관련 전문가의 참여를 적극 추진함으로써 시너지 효과 유발
- 탐사 및 결과분석에 학계 및 연구계의 인력 및 장비를 활용함으로써 심해저 자원개발 분야의 전문가 양성 등 저변확대
- 국내의 민간기업에서 개발한 장비를 적극 활용함으로써 우리나라의 해양탐사기술력 향상 및 심해저 자원개발 분야의 spin-off 효과 창출

□ 추진방법

○ 탐사지역

- 기존 정보를 활용 괄 동부 공해지역에 분포하는 마젤란 해저산군에 속한 해저산 3~4개 지역을 대상으로 광역탐사 수행
- 해역탐사기간 : 18일간
- 한국해양연구원 소속 온누리호(1,422톤) 사용

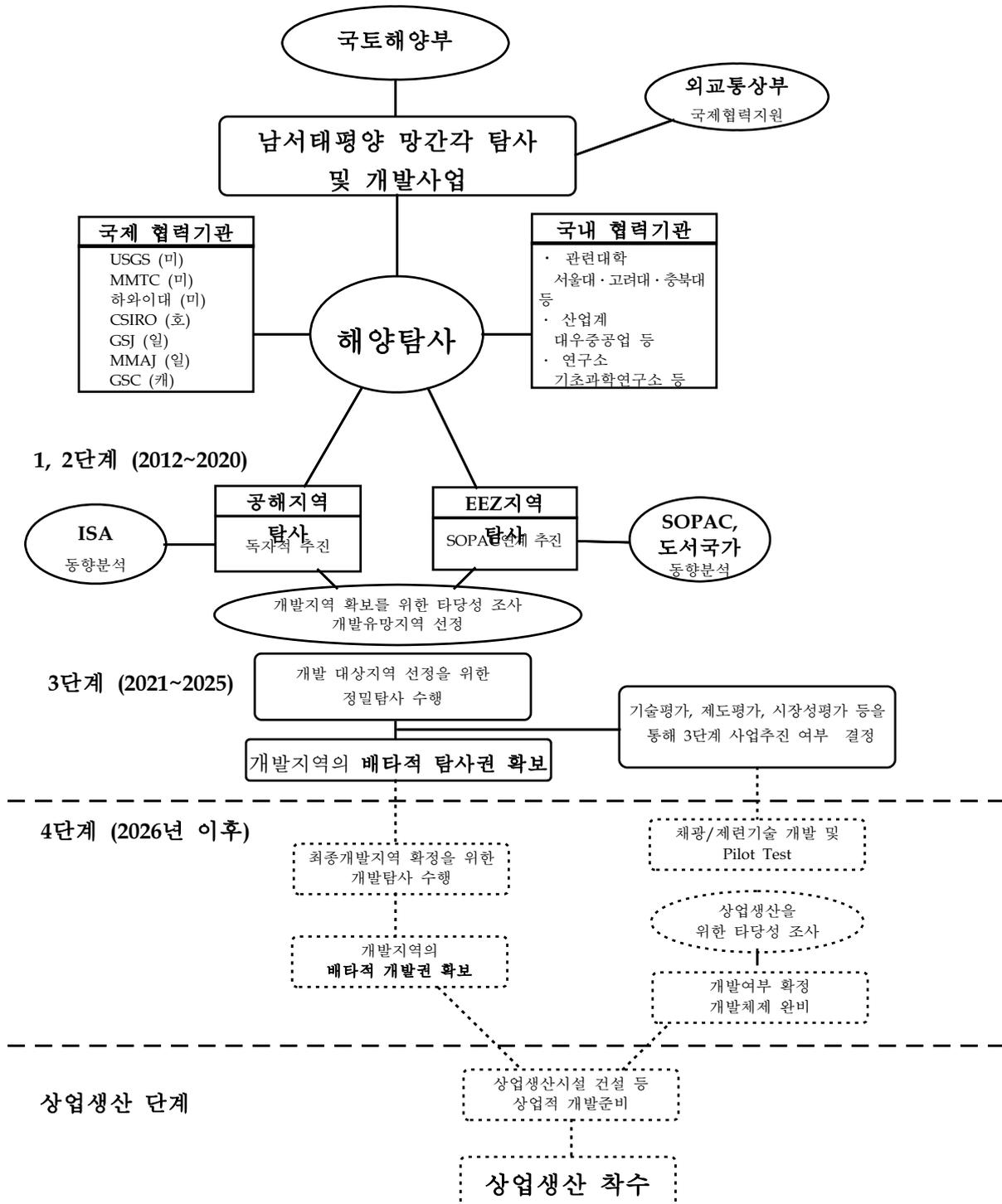
○ 조사내용

- 지구물리탐사에 의한 해저지형 및 해저구조 자료획득 및 분석
- 망간각, 기반암, 퇴적물, 해수 등 시료의 채취, 분석 및 이를 통한 망간각의 품위, 특성, 지형과의 상관관계 규명을 포함한 고밀도 망간각 분포지역 현황파악
- 해저면 영상촬영장비(DSC)를 이용 해저면에 분포하는 망간각의 분포특성 분석
- 부존하는 망간각의 자원잠재력 평가

○ 탐사수행 방법

- 탐사해역에 분포하는 해저산의 지형조건을 파악하기 위하여 우선적으로 지구물리탐사를 수행하여 지형 및 지질구조를 파악한 후 시료채취지점, DSC 운용지점, 해수시료 채취지점 등을 선정하여 시료채취 등 정점탐사 수행
- 지구물리탐사 수집자료는 광역수심(Seabeam 2000), 정밀수심(EA-500 Echo Sounder), 천부지층(3.5 kHz Subbottom Profiler) 자료로서 탐사해역을 연속적으로 탐사하며 자료수집
- 드렛지(dredge)를 사용하여 망간각 및 기반암 시료를 채취하는 반면, 퇴적물시료는 박스 및 피스톤 코아러를 사용하며 시료채취지점은 앞서 수집된 지구물리자료를 분석하여 위치를 선정하며, 망간각의 해저면 분포상태 파악을 위하여 일부 지점에서 DSC 운용
- 해양환경자료 수집을 위하여 로젯채수기 및 CTD를 운용

(2) 연구개발 추진체계



라. 기대효과 및 활용방안

(1) 기대효과

□ 기술적 측면

- 심해저 망간단괴 탐사에 사용되는 고난도 기술을 망간각 개발에 보완·응용함으로써 심해저 자원탐사기술 개발효과 극대화
- 해저면 위치측정기술, 반사파 특성을 이용한 해저면 물성 구분기술, 망간각 부존량 평가기술 등 망간각 개발에 소요되는 정밀탐사기술 확보
- 남서태평양의 해양지질 및 해양환경 현상에 대한 과학지식의 축적을 통한 해양개발기술 확보

□ 경제·산업적 측면

- 전량 수입에 의존하는 코발트, 니켈, 구리, 망간, 백금 등 전략 희소금속의 자급 및 수입대체
- 망간각 개발에 필요한 해저광구의 개발권 확보로 준해양영토 개척
- 심해저 망간단괴 개발기술의 응용범위를 확대함으로써 심해저 광업에 대한 투자효율의 극대화
- 금속, 전자, 기계 통신, 신소재 등 관련업체로의 기술파급 및 해양산업기술 발전유도

(2) 활용방안

- 현대산업사회의 효율성을 유지하고 삶의 질을 향상시키는데 필수적인 금속 광물자원의 장기·안정적 확보

- 해저 망간각 자원을 개발함으로써 년 4억불 이상의 광물자원 수입대체를 통한 경제력 향상 및 국제광물시장에서의 입지강화
- 21세기 해양시대를 주도할 해양개발기술의 획기적 발전을 이룩하고 새로운 해양산업(심해유인/무인 잠수정, 해저면 굴착 등) 창출 등 기술파급 및 해양산업기술 발전유도
- 미개척지인 남서태평양으로의 경제·문화적 진출의 기폭제로 활용 (관광자원개발, 양식/수산자원개발, 외교/국방력 확대 등)

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

구분	'12	'13	'14	'15	2단계	3, 4단계	계
소요예산	10	10	20	20	100	320	480
계	10	10	20	20	100	320	480

* 실용화단계인 제3단계부터는 참여기업의 투자를 통해 시행

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

구분	'12	'13	'14	'15	2단계	3, 4단계	계
소요인력	30	30	15	15	100	285	475
계	30	30	15	15	100	285	475

(3) 확보 필요 주요 장비 및 활용방안

주요 기자재 및 연구시설명	규격	수량	활용용도	보유기관	확보방안
Scanning Electron Microscope (SEM)		1	미세구조연구	해양(연)	보유
X-선 회절분석기 (XRD)		1	광물분석	"	"
X-선 형광분석기 (XRF)		1	화학분석	"	"
AA 원자흡광분석기		1	"	"	"
방사선동위원소 분석기 (감마-레이 카운터)		1	퇴적물연령측정 (화학분석)	"	"
흡광광도분석기		1	"	"	"
냉동원심분리기		1	"	"	"
퇴적물대자율측정기		1	고지자기연구	"	"
ICP-MS		1	"	"	"
Spectrophotometer		1	"	"	"
Technican Auto Analyzer		1	"	"	"
항온장치		1	시료분석	"	"
Sample Preparation System		1	"	"	"
Image Analysis System		1	"	"	"
입도분석기		1	미세구조연구	"	"
Coulter Counter		1	해저사진분석	"	"
연 X-선 촬영기 (SOFTEX)		1	입도분석	"	"
증류수 제조기		1	미세입자분석	"	"
Automatic Agate Mortar		1	퇴적물구조	"	"
선상용 전자저울		1	화학분석	"	"
Block heater		6	"	"	"
Motorized shear vane system.		1	해수분석	"	"
ICP-ES		1	농도측정	"	"
냉동건조기		1	전단강도측정	"	"
퇴적물용존산소분석기		1	금속성분 분석	"	"
해상자력계		1	지자기 측정	"	"

2. 피지 해저열수광상 탐사

가. 개요

(1) 연구개발 필요성

○ 기술적 측면

- 기존 심해저 광물자원 탐사를 위해 개발된 고난도 기술을 응용하여 남서태평양 피지 EEZ 해저열수광상 개발에 활용될 수 있게 함으로서 심해저 자원탐사기술 개발효과 극대화 및 심해저 자원개발의 다원화 체제 구축으로 시너지 효과 창출
- 남서태평양 지역의 해양지질 및 해양환경 현상을 이해함으로서 주변해역이 우리나라에 미치는 영향을 파악하고 대처할 수 있는 연구역량 확보
- 지각운동에 의한 물질순환 작용에 관한 이해증진으로 지구조 운동, 신물질 개발, 해양환경 변화 등의 지식 축적을 통해 해양과학기술 발전을 도모
- 해저열수광상 자원개발에 따른 공해상 및 남서태평양 도서국에 대한 규정 파악 및 아국 대응방안 수립

○ 경제·산업적 측면

- 지속 가능한 해양자원 개발의 인식확산 및 과학기술 발전에 따른 신 해양산업 창출로 첨단 해양과학기술 발전을 통한 해양산업과 해양국방 분야의 기술 파급 및 개발 촉진
- 수입에 의존하는 금속 광물자원(금, 은, 구리, 아연 등)의 장기·안정적 수급 체제 구축을 위해 경제적 분석을 통한 개발 유망광구 확보
- 해저자원 개발기술 발전에 따른 국제여건 변화에 대응하고 전략광물자원의 공급원 다변화를 통해 국제광물시장에서의 주도권 확보
- 남서태평양 지역의 Global 해양 전진기지 구축 및 활용

○ 사회·문화적 측면(공공성 포함)

- 21세기 해양시대를 대비한 태평양 지역으로의 경제, 문화적 확장을 위한 거점 확보

- 남서태평양 해역의 해저자원 개발권 확보로 준 해양영토의 개척 및 차세대 유산 마련
- 남서태평양 도서지역 개발의 주도적 역할로 주변국들과의 외교, 경제 및 과학기술협력 증대를 통한 영향력 확보에 필요한 정책 및 활동방향의 제시

(2) 연구개발 동향

□ 국외

- 캐나다 노틸러스(Nautilus)社は 파푸아뉴기니 영해에서 2010년 이후부터 상업 생산기로 결정
 - 2007년 상업생산을 위한 정밀탐사 180일간 수행(예산 152억원)
 - 2008. 2. Solwara 1 광구의 매장량 평가 완료(비공개)하였으며, 2008년 10월 파푸아뉴기니 정부에 개발권 신청
 - 해저열수광상 광구의 선점을 위해 개발가능지역 대상 국가의 EEZ를 대상으로 탐사면허 취득 및 신청(총 5개국 164개소)
 - 채광장비 공급계약 체결 : 2007. 12. 영국 SMD(Soil Machine Dynamics)사와 계약 체결(채광로봇 2대, US\$ 66백만), 2009. 9. 제작 및 시험 완료 예정, 1일 최대 채광능력 6,000톤
 - 양광장비 공급계약 체결 : 2008. 4. 미국 Technip사와 계약 체결(US\$ 116백만)
 - 노르웨이의 North Sea Shipping AS를 통해 터키 조선소(RMK Marine)에서 채광선 건조 중(5년간 용선료 US\$ 125백만), 2009. 7. 선체 완성, 2010. 6. 장비 탑재 완료 예정
 - ※ 선박규모 : 전장 153.6m, 폭 30m, 배수톤수 14,200톤, 작업가능 수심 2,500m, 갑판 면적 2,900㎡, 승선인원 120명
- 영국 넵튠(Neptune)社は 뉴질랜드 EEZ에서 2010년 이후부터 열수광상 상업생산 결정
 - 2006년 뉴질랜드 Kermadec 해역 광구탐사비 약 54억원 및 2007년 정밀탐사 수행에 약 50억원 투자하였으며, 2008. 8월 개발권 신청

- 해저열수광상 광구의 선점을 위해 개발가능지역 대상 국가의 EEZ를 대상으로 탐사면허 취득 및 신청(총 8개국 574개소 이상)
 - ※ 일본은 넵튠사의 자국 EEZ 탐사권 신청에 자극을 받아 해저열수광상개발 사업 1차년도(2008년) 5억엔 투자(5년간 180억엔 투자 예정)
- 캐나다 블루워터메탈(Bluewater Metals)社は 해저열수광상 광구의 선점을 위해 개발가능지역 대상 국가의 EEZ를 대상으로 탐사면허 취득 및 신청(총 4개국 54개소)

□ 국내

- 해저 열수광상에 대한 물리 화학적 방법의 탐사와 광석광물에 관한 연구는 최근 많이 이루어져 개발탐사가 추진될 수 있을 정도로 발전되었음
- 열수광상의 시료채취 기술도 최근에 많이 이루어져 일반적인 광석과 해저퇴적물의 채취는 가능하나 해저시추 기술은 아직 미흡한 상태임
- 열수변질대에 관한 연구는 해저 열수광상에서는 아직 초기단계의 연구만 수행되고 있으나, 육상의 열수광상에서는 많은 연구가 수행되어 왔음
- 해저 열수광상과 육상의 열수광상의 형성 기작을 비교하는 연구는 거의 이루어지지 않았음

○ 선진 주요국의 기술연구 동향

국가	기술 연구 동향
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 최근 러시아에 의해 ISA에서 제기된 망간단괴 이외의 심해저 광물자원인 망간각과 열수광상의 탐사 및 개발에 관한 제반규칙의 제정 요청은 러시아가 그동안 공해상에서의 조사 결과에 대한 기득권을 선점하기 위한 것으로 생각되므로 우리나라도 이에 대한 대비가 필요한 것으로 사료됨 - 활동성 열수분출구 세계 최초 발견 ('77. 갈라파고스 제도) - 대학, 연구기관이 참여하는 대규모 연구사업을 통해 해저열수광상의 이론 및 기술 개발을 주도 <ul style="list-style-type: none"> ▪ RIDGE 프로그램('03~'13. 국가과학재단<NSF> 지원, 2.4억불) 등 ▪ 6,000m급 유인잠수정을 이용, 자원잠재력 규명과 하부구조 연구 수행
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 80년대 초부터 해저열수광상 관련 연구사업을 수행 - 자국 EEZ내에서 “Sunrise Deposit(광구명칭)”과 같은 개발 유망한 광상을 상당량 발견('90년대) - 대륙붕 연장 해역의 자원탐사에 연간 30억엔(약 240억원) 투입(2000-2009)
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 11.5계획(중국의 국가발전5개년계획. '06~'10)에 따라 해저열수광상 개발 추진 계획 수립 - 5,000톤급 종합탐사선 대양1호를 이용하여 2006년 300일, 2007년 220일간 탐사 수행 - 2006년 서남 인도양 해역에서 처음으로 해저열수광상 발견
EU	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 대서양 해령지역에서 연구활동 수행, 근래에는 남서태평양 호상열도, 인도양 해령 등으로 연구영역을 확대('00년 이후) - 국제공동학회인 Inter Ridge를 조직, 결성 활발한 연구사업 추진중
러시아	<ul style="list-style-type: none"> - 대서양해령, 오호츠크해 등 지역에서 연구조사 수행('00년 이후~현재) - 독자적으로 개발한 탐사기술을 보유, 기술적 수준은 상당히 높은 수준에 도달
호주	<ul style="list-style-type: none"> - 국립연구기관인 연방과학산업연구기구(CSIRO)를 통해 '90년대부터 남서태평양 호상열도에서 해저열수광상 탐사를 수행

나. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종 목표

- 독자적 탐사기술 개발로 피지 해역에 부존하는 해저열수광상의 정밀자원량 평가
- 해저열수광상 개발후보광구를 선정 및 상업개발 기반 구축

(2) 연차별 목표

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1단계	2012 ~ 2015	활동성/비활동성 광체 부존지역 추적 및 분포 파악	해저면 하부 탄성과 탐사 적용 기반기술 연구	- 해저 지구조 환경 및 광체 분포에 따른 탄성과 특성 해석 - 기존 지구조 모델링 자료 분석
			탐사지역 지자기 탐사 및 분석	- 저자화이상대 특성 연구 - 지자기 탐사 자료 획득 및 해석
			광상 부존지역의 광체, 기반암, 퇴적물 특성 연구	- 광체, 기반암, 퇴적물 시료 확보 - 광체, 기반암, 퇴적물의 광물/지화학 분석
1단계	2012 ~ 2015	광상 규모 판별을 위한 기반기술 확보	소형루프형 해양전자탐사기술 기반기술 확보	- 탐사 시스템 구성, 광체 유형별 전자탐사 자료 해석 기법 개발 - 해저열수광상에 적합한 전자탐사 모델링 연구, 알고리즘 개발, 전자탐사 시스템 기본 설계
		기술적 타당성 검토 및 법·경제 인프라 구축	개발시스템의 기술적 타당성 분석, 경제성 평가 모델 개발	- 채광·선광·제련시스템의 상업적 개발을 위한 기술적 타당성 분석 - 경제성평가 모델 개발 및 민감도 분석 - 남태평양 도서국의 광업법 비교 분석 - 피지 현지법인 운영 관리
2단계	2016 ~ 2020	해저열수광상 규모 평가	유망광구 지역 탄성과 자료 획득 및 광체 분포간 통합연구	- 지구조해석 및 광체간 특성 연구 - 탄성과 자료를 통한 탐사지역 지구조 해석 및 광체 관련성 조사
			유망광구 지역 정밀 지자기 탐사 및 분석	- 단일 광체를 대상으로 프로젝트 스케일 정밀 탐사 수행 - 심해지자기 탐사 및 해석을 통한 광체 분포 특성 연구

IV. 전지구적 해양과학조사를 위한 신규 국제프로그램 추진내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
			유망광구 지역 전자탐사 자료 획득 및 정밀화 연구	- 효율적 전자탐사를 위한 탐사 기법 및 해석 기법 연구 - 수심을 고려한 탐사 해석 기법 연구, 다중 주파 전자탐사 해석, 주요 파라미터 설정
			해저면 시험시추	- 해저면 시험 시추코어 획득 - 시추코어 자료의 광물/지화학 분석
		근접해저면 조사를 통한 광상 품위 평가	광채부존지역 근접해저면 조사 및 시료채취	- ROV를 이용한 광화대 및 열수변질대의 표층구조 파악 - 광화대 내 광채, 퇴적물 시료 획득 (ROV)으로 광량 분석
			해저퇴적물/기반암 열수변질특성 파악	- 퇴적물의 열수변질대 분류 및 광화기작 연구 - 열수광화유체 기원 연구 - 열도화산암 마그마 기원 해석
		법·경제 인프라 지원	열수광상 비교우위 경제성 확보 요인 분석	- 개발기술, 산업기반, 시장규모(마케팅) 등 경쟁력 분석 - 경제성 확보 요인추출 및 영향 분석, 경제성 제고 전략 수립 - 개발권 확보를 위한 피지 법·제도 분석 - 피지 현지법인 운영 관리
		열수광상 등급 분류 및 자원량 평가	해저면 전자탐사를 통한 광채 규모 판별	- 정량적 지표 도출을 통한 효율적 광채탐사 - 획득자료의 정량적 해석, 타연구자료와의 통합적 해석을 통한 탐사 정밀성 향상 연구
			해저면 시추를 통한 광채 수직분포 해석	- 시추코어 획득 - 시추코어 내 광채의 수직 연속성 해석 - 광상 분포지역의 광채 규모 판별
			광상성인에 따른 광화모델 및 광화 규모 해석	- 지역별/광채별 금속 품위 판별 - 퇴적물/기반암의 열수변질대 범위 예측 - 광상 형성과정에서의 지구조 영향 요인 파악
		탐사광구 경제성 및 개발 사업성 평가	부존자원 지역별 경제적 가치 분석	- 정밀 경제성 및 사업성 평가 - 개발권 신청 여부 정책 방향 수립 - 최적개발시스템 수립 및 개념설계, 설비플랜트 사양서 구축 - 피지 현지법인 운영 관리
		열수광상 통합탐사 시스템 구축	탄성과, 지자기 탐사 기술 시스템화	- 해저의 다양한 지구조해석을 위한 탄성과 탐사 시스템 연구 - 정밀 지자기자료와 기타 탐사자료의 유기적 해석기법

(3) 기술개발 로드맵



* 2016년 이후 2단계부터는 참여기업 투자를 통해 시행

다. 추진전략 및 체계

(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

○ 추진전략

- 기 확보된 광구의 상업개발을 위해 정밀탐사, 자원량 평가, 경제성 분석, 선도적 핵심기술의 독자적 개발에 집중투자(고품위 광채추적장비, 해저면 굴착장비, 파워그랩, 근접해저면 탐사장비 등)
- 탐사권 유지기한이 3년으로 한시적인 피지 EEZ 해저열수광상사업의 특성을 감안하여 신속한 의사결정 및 효율적 사업추진을 위한 전담조직 설립(탐사권 신청/유지/개발권 승계 등의 원활한 추진을 위해 국내 민간기업의 과감한 투자유치, 신속한 의사결정, 국제협력 촉진 등)

○ 전문가 확보 및 타 기관과의 협력방안

- 탐사, 정책 환경 등 다학제적 통합 과제의 수행을 위해 국내 전문기관들의 유기적인 협동체계를 구축 (학계 및 연구계의 인력 및 장비를 활용함으로써 심해저 자원개발분야의 전문가 양성 등 저변확대)
- 정보수집 및 기술력 증강을 위해 USGS, 하와이대학 등 외국 전문기관과의 협력을 통한 탐사 및 결과분석 추진

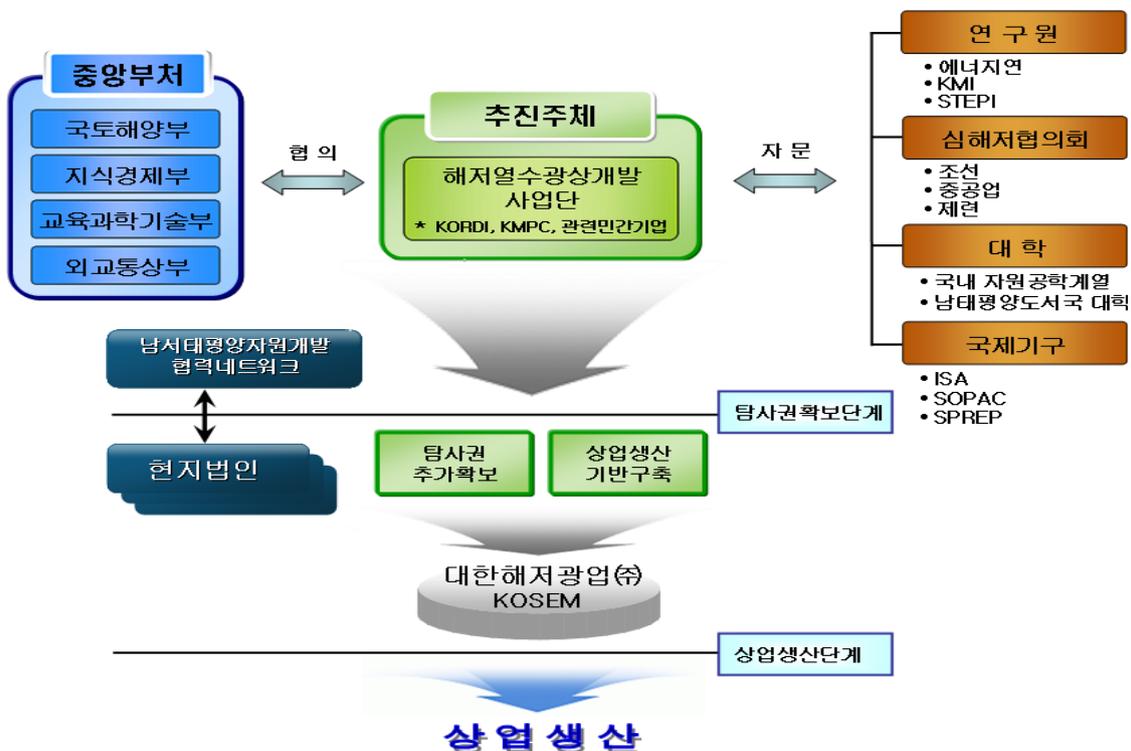
○ 기술정보 수집방법

- 기존의 미국(USGS, WHOI), 일본(MMAJ), SOPAC 등이 보유하고 있는 자료를 탐사지역 선정에 활용하고, 심해저 자원개발 관련 국제학술회의인 UMI (Underwater Mining Institute) 등 관련 회의 및 학회 참석을 통해 국제개발동향에 대한 정보수집
- 남서태평양 도서국가들의 배타적 경제수역에서의 탐사 및 개발활동에 대한 정보수집을 위해 지역간 국제기구인 SOPAC 등 관련 국제기구 참가를 통한 활동강화
- 외국 민간기업의 공격적 신규광구 선점전략에 따라 경제적 유망광구 축소 우려에 신속하게 대응하기 위해 맞춤형 자원외교 강화 필요

(2) 연구개발 추진체계

○ 추진체계

- 고성능 대형연구선, 전자기탐사, ROV 운영 시스템 등 국내 인프라가 부족한 일부 탐사분야의 경우 관련 장비의 임차를 통해 필요 탐사 자료를 획득함
- 동 사업의 효율적이고 신속한 의사결정과 실행력을 높이기 위해 '피지 해저열수광상개발사업단'을 한국해양연구원 내에 설치하여 민간 참여기업을 유치하여 개발단계에서부터 역할분담을 추진하면서 타국 EEZ에서 수행하는 열수광상개발 사업의 상황변화에 적극적으로 대처함
- 1단계에는 열수광체의 탐지 및 확인에 주력하고, 2단계에는 열수광체의 2차원적인 분포 파악과 시험시추를 수행하며, 마지막 3단계에는 본격적인 시추 확인 작업을 통해 광체의 3차원적 영상화를 시도하여 매장량을 평가함
- 정부와 참여기업의 투자 위험도 감소를 위해 시험시추와 2차원 탐사자료를 분석하여 중간 사업성평가를 실시하고, 최종연도에는 경제성평가로 개발권 신청 여부 결정



라. 기대효과 및 활용방안

(1) 기대효과

○ 기술적 측면

- 일부 자원선진국을 중심으로 발전되어 온 고난도 심해저 탐사 기술을 독자적으로 개발함으로써 해저열수광물자원 단독 개발 능력 확보
- 열수광상 기술 개발은 향후 심해저 자원 확보를 위한 기반으로 확대 추진될 수 있으며, 조선산업 (채광선, 운반선 제작 등), 선광 및 제련산업 등 관련 배후산업 육성에 기여
- 해저열수광상 개발을 통해 축적된 과학지식은 지각운동 및 물질순환작용에 관한 이해 증진으로 지구조 운동, 신물질개발, 해양환경변화 등 국내 해양과학기술의 수준을 국제적 수준으로 제고

○ 경제·산업적 측면

- 해저열수광상 및 망간각 자원의 확보와 개발은 자원의 대외의존도가 절대적인 우리나라의 산업, 경제적 경쟁력 확보를 위한 안정적 기반을 제공함
- 해저열수광상개발 사업은 관련 기술의 응용을 통한 기술개발의 시너지 효과를 제고할 수 있으며, 해외 해양자원 개발의 공간적 범위를 확대시킬 수 있음
- 국내 및 남서태평양 도서국과의 협정 체결 등 기술 개발의 경제·산업적 활용도 제고
- 안정적 산업발전을 위한 심해저광물자원 개발의 인식 확산 및 첨단 해양과학기술 발전을 통한 해양산업 분야의 기술과급 및 개발 촉진 가능성을 위한 경제적 분석 결과가 도출됨

○ 사회·문화적 측면

- 남서태평양 해역의 해저자원 개발권 확보를 통해 해양영토의 개척
- 해저광물자원 개발은 국가의 해외자원개발을 통한 국가경쟁력 확보라는 국가의 적극적 의지로서, 국민의 국가에 대한 심리적 안정 효과를 제고할 것임

- 높은 대외자원 의존도를 가진 우리나라의 실정에서 해저광물자원 개발은 국가의 경제활동 영역을 확장시키는 기능을 가짐
- 21세기 해양시대를 선도하기 위해 태평양 지역으로의 경제, 문화적 확장의 거점 확보를 위한 지역정보의 기반경험과 지식확보
- 남서태평양 개발의 주도적 역할로 주변국들과의 외교, 경제 및 과학기술협력 증대를 통한 영향력 확보에 필요한 정책 및 활동방향 제시

(2) 활용방안

- 현대산업사회의 효율성을 유지하고 삶의 질을 향상시키는데 필수적인 금속 광물자원의 장기·안정적 공급에 필요한 광구확보
- 국제기구를 중심으로 전개되는 심해저 자원개발의 동향에 주도적으로 대처하고, 우리의 국익이 극대화 될 수 있는 관련 법/규칙 제정 유도 방향 제시
- 국제기구, 관련 광물에 대한 국제동향, 주변국의 광물자원 개발 및 투자 현황에 대한 지속적 모니터링을 통해 우리의 경제적/산업적 구조 조정 방향을 설정하고, 국제흐름에 적극 대응할 수 있는 정책 제시
- 해외 민간기업을 중심으로 전개되는 해저열수광상의 상업화 개발에 대응하여, 우리의 민간기업 혹은 공기업이 보다 탄력적이고 적극적으로 참여할 수 있는 벤치마킹에 활용
- 남서태평양 도서국의 광물자원을 활용하여 경제적 이익을 창출할 수 있는 제도적 지원과 함께 남서태평양 도서국의 능력배양을 위한 국제협력 방안으로 활용
- 심해저자원 개발기술 발전에 따른 국제여건 변화에 대응하고 광물자원의 종류 및 공급원 다변화를 통해 산업경쟁력 향상 및 국제광물시장에서의 주도권 확보를 위한 국가정책의 현안자료로 활용

- 21세기 해양시대를 주도할 해양개발기술의 획기적 발전을 이룩하고 새로운 해양산업(심해유인/무인 잠수정, 해저면 굴착 등) 창출 등 기술파급 및 해양산업기술 발전유도
- 연근해 자원 감소 및 해양관할권 협소화에 따른 경제활동영역 확보와 미개척지인 남서태평양으로의 경제·문화적 진출을 위해 도출된 연구결과의 활용성 제고
- 탐사권 유효기간 만료 후 개발권 확보에 차질이 없도록 피지 현지법인 및 광구관리 분야의 의무사항 이행
- 피지 투자환경(법, 제도) 조사 분석을 통해 경제적인 상업개발을 위한 평가 모델 구축에 활용

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

구분	'12	'13	'14	'15	2단계	계
소요예산	7	15	15	15	70	122
참여기업	8	15	15	15	75	128
계	15	30	30	30	145	250

* 2016년 이후 2단계부터는 참여기업 투자를 통해 시행

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

구분	'12	'13	'14	'15	2단계	계
소요인력	60	65	65	80	170	440
계	60	65	65	80	170	440

(3) 확보 필요 주요 장비 및 활용방안

- 심해저 광물자원 탐사를 위해서는 ArcGIS system, Spectrophotometer, TOC analyzer, Nutrient Auto Analyzer, HPLC, AF-demagnetizer, Spinner magnetometer, core cutting system, Grinding & Polishing, Gamma-ray counter, Bead machine, ICP-AES, XRD x-선 회절분석기, CHNS 분석기, Luminometer ATP 분석기, 입도분석기, Motorized shear vane system 등의 분석 장비와 Box Corer, Multiple corer, Piston corer, Beam trawl, Dredge, Deep-sea Camera system, Free Fall Grab, RCM 11, Sediment Trap, Mesocosm, CTD 등의 심해용 시료 채취 및 자료 획득 장비가 필요

제3절 전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성

1. 심해 광물 및 생물자원 탐사를 위한 장비 및 운용기술 연구

가. 개요

(1) 연구개발 필요성

- 정부는 심해 광물 및 생물 자원의 중요성을 인식하여 국가차원에서 많은 연구비를 투자하여 심해저 광물, 극한환경 생명체, EEZ 자원 등 다양한 연구 사업을 진행하고 있는 상황에서 최첨단 핵심 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용하는 기술력을 확보하는 것은 반드시 필요
- 심해 광물 및 생물 자원은 공간적으로 매우 작기 때문에 현재 우리나라에서 광범위하게 이용하는 조사선에 부착된 다중빔 음향측심기, 탄성과 탐사 방식으로는 심해 광물 및 생물자원의 종류, 분포 등을 정밀하게 탐사할 수 없고 드레지, 멀티코어 및 시추코어로는 정확하게 시료를 채취할 수 없는 상황임. 따라서 정밀도가 매우 높은 심해 견인 관측(다중빔 음향측심기, 해저면 영상 등)시스템, 비디오 시료 채취기 등이 반드시 필요함

표 4-2. 심해 광물 및 생물 자원의 공간 규모의 예

종류	공간 규모
심해 열수공	10 ~ 20 m 이내
심해 열수주변 생물체	수 cm ~ 수십 cm

표 4-3. 장비의 공간 해상도

종류	공간 해상도
조사선 부착 심해용 다중빔 음향 측심기	수 십 m ~ 수 백 m
에어컨 탄성과 탐사 장비	수 백 m
고해상 탄성과 탐사 장비	수 십 m ~ 수 백 m
심해 견인 관측시스템	10 m
고해상 비디오 시료 채취기	1 m 이내

- 최근 전자/전기 부품의 발달로 심해/대양 연구장비·기기 개발이 매우 빠르게 진행되고 있으며, 이들 장비·기기의 정밀성, 해상도 및 효율성이 매우 급속하게 향상되어 활용 범위가 점차 확대되고 있는 추세임
- 심해/대양 연구장비·기기 개발과 활용은 최첨단 과학지식과 기술을 요구하고 있기 때문에 국가 주도로 수행되고 있으며, 심해/대양 연구장비·기기 개발과 활용 수준은 그 나라의 해양과학기술의 수준을 가늠하는 척도로 작용하고 있음
- 해양과학기술 선진국들은 최첨단 심해/대양 연구장비·기기를 적극적으로 이용하여 정밀도가 매우 높은 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 대한 과학기술을 개발하고 선점하고 있음
- 우리나라가 정밀도와 해상도가 높은 최첨단 심해/대양 연구장비·기기를 구축하지 않은 상태에서 심해 광물 및 생물자원 탐사/확보 연구를 수행할 경우 그 성과는 세계적인 수준과 비교할 때 매우 낙후될 수밖에 없음
- 심해 광물 및 생물자원 탐사/확보 분야에 핵심적으로 활용되는 연구장비·기기를 제대로 운용하기 위해서는 최소 5~10년 이상의 오랜 훈련과 경험이 필요한데, 일례로 일본 JAMSTEC은 심해 광물 및 생물자원 탐사/확보에 활용되는 무인잠수정을 운용하기 위해 운용기술자를 2~3배수로 10년 이상 훈련시키고 있음

- 장비·기기를 구축했다 하더라도 숙련된 운용기술자와 높은 수준의 운용기술력이 확보되지 않으면 심해 연구장비·기기 구축의 의미와 성과는 기대에 못 미치게 됨
- 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용이 가능한 해양과학기술 선진국들끼리 심해/대양 관련 국제 연구프로그램을 만들고 주도하면서 심해 환경을 연구하고 심해 광물 및 생물자원을 탐사·확보하고 있음
- 심해/대양 연구장비·기기를 구축하지 않은 국가들은 심해/대양 관련 국제 연구프로그램에 참여하기 매우 어려운 상황이며, 심해/대양 연구장비·기기의 구축과 운용이 준비되지 않은 우리나라는 이들 국제 연구프로그램에 주도적으로 참여하고 새로운 관련 국제프로그램을 만드는데 큰 어려움이 있음
- 따라서 향후 우리나라가 심해/대양관련 국제공동 연구프로그램을 신설하고, 이 프로그램에서 주도적인 역할을 하기 위해서는 심해/대양 연구장비·기기의 구축과 운용기술력 확보는 반드시 필요함
- 최근 석유·천연가스 등 에너지자원의 시추와 생산이 수심 1,000~1,500 m까지 가능해지고 관련 기술이 발전함에 따라 향후 수심이 더 깊은 지역으로 에너지자원의 시추와 생산이 가능해질 전망됨에 따라 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 활용된 심해/대양 연구장비·기기와 운용기술력은 심해 석유·천연가스 시추/생산 개발과 이에 따른 환경문제(예, 2010 멕시코만 BP 심해 석유생산시추시설 유류 유출 사고) 발생할 경우 환경문제를 경감시키는데 필수적으로 활용될 수 있음

(2) 연구개발 동향

□ 국외

- 최근 심해/대양 연구에서 해저면으로부터 획득되는 자료 위치정보의 정확도가 매우 높은 수준으로 요구됨에 따라서 해양과학기술 선진국인 미국, 영국, 일본, 프랑스 및 독일은 심해 해저면 정밀위치 측정시스템 개발에 지속적인 투자를 해왔으며 자국 회사들을 통해 상업화가 이루어진 상태임

- 최근 개발된 심해 해저면 정밀위치 측정시스템은 그 정확도가 수 미터 이내로 향상되어서 심해 광물 및 생물자원 탐사/확보 연구뿐만 아니라 심해 환경 및 심해 에너지자원 연구에 필수적으로 활용됨
- 일본 JAMSTEC은 여러 종류의 심해 유·무인 잠수정을 개발하여 심해환경 연구와 심해 생물 및 광물자원 탐사/확보 연구에 활발하게 활용하고 있으며, 특히 심해 유·무인 잠수정 개발/구축과 병행하여 이들 장비를 운용하는 기술자 교육 및 양성에 많은 노력을 기울이고 있음
- 선진국이 기술인력을 양성하는 이유는 모니터를 통해 심해에서 이들 장비를 조종하는 기술이 단기간에 완성되는 것이 아니라 오랜 시간동안 많은 경험과 훈련이 필요하기 때문임. 현재 일본은 여러 심해 유·무인 잠수정을 운용하기 위해서 2~3배수의 조정기술자를 확보하고 교육과 훈련을 수행하고 있음
- 영국 National Oceanography Centre(NOC)는 1990년대 초반에 관측시스템을 해저면에서 100~200m 높이의 수심까지 내려 고정밀·고해상의 자료를 획득하는 심해 해저면 근접 견인 관측 시스템(Deep-towed system)을 개발하였음
- 새로 개발된 관측시스템을 이용하여 심해에서 정밀 해저지형, 해저지층, 해저면 영상 등 다양하고 해상도가 높은 자료를 획득하여 심해 환경 및 생물/광물 자원 연구 분야에 매우 큰 기여를 하고 있으며, 영국 NOC에서 개발한 심해 해저면 근접 견인 관측시스템인 TOBI 시스템은 현재도 미국과 EU 국가들에서 활발하게 이용되고 있음
- 영국 NOC은 심해 환경 및 생물/광물 자원 연구 분야에 필수적으로 사용하는 무인잠수정 시스템을 독자적으로 개발하는데 많은 시간과 연구비가 소요된다는 판단 아래, 2000년대 초반부터 영국정부가 연구비를 투자하여 미국 Wood Hole 해양연구소의 기술을 이용하여 공동으로 심해 무인잠수정을 개발하였고 현재까지 심해에서 운용하는 기술력 확보를 진행하고 있음

- 미국은 1970년대부터 심해 유인잠수정 앨빈호를 구축하여 심해 환경 및 광물/생물자원 연구에 활발하게 활용하였고, 미국 Wood Hole 해양연구소에서 심해 무인잠수정 Jason호를 개발·구축하여 활발하게 심해 환경 및 광물/생물자원 연구에 활용하고 있음
- 현재 미국과 영국은 공동으로 심해 무인 잠수정을 심해 환경 및 광물/생물자원 연구에 활발하게 활용하고 있음. 또한 미국 서부의 태평양 해역에 다양한 심해/대양 장비를 이용하여 심해 관측 네트워크를 구축하였고 여기서 나오는 다양한 종류의 심해/대양 자료를 이용하여 양질의 연구결과를 도출하고 있음



그림 4-29. 영국 NOC에서 개발한 TOBI 시스템

- 일반적으로 심해의 해저면에서 퇴적물, 생물 및 광물 샘플을 획득하기 위해서는 심해 유·무인 잠수정을 이용하고 있으나 심해 유·무인 잠수정을 사용하기 위해서는 많은 시간과 노력이 들어가기 때문에 많은 어려움이 따름
- 독일은 간편하게 소량의 심해 해저면 샘플을 획득하기 위하여 그랩(grab) 채취기에 고해상 비디오시스템을 부착하여 눈으로 확인하면서 심해 해저면 샘플을 획득하는 고해상 비디오 심해 해저면 샘플채취 시스템을 개발하였는데,

이 시스템은 현재 EU 심해 연구프로그램에 활발하게 이용되고 있으며, 간편하게 사용할 수 있기 때문에 여러 나라에서 이 시스템을 구축하고 있음

- 심해/대양 연구장비·기기를 구축한 해양과학기술 선진국들끼리 심해/대양 관련 국제연구프로그램을 창설하고 주도적으로 운영하고 있는 상황이다. 따라서 심해/대양 연구장비·기기를 구축하지 않은 국가들은 이들 국제연구프로그램에 참여하기 힘든 상황임. 예를 들어 한국과 중국은 예전에 비해 해양과학기술 분야가 많이 발전되었음에 불구하고 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용하지 못하기 때문에 이들 국제연구프로그램에 주도적인 역할을 못하고 있는 상황임

□ 국내

- 우리나라는 국가차원에서 10년 이상의 심해 광물 및 생물자원의 탐사와 확보에 많은 투자를 하고 있으나, 지금까지는 정밀도가 높은 심해/대양 연구장비·기기를 구축하지 않은 상태에서 1차원적인 개략 탐사와 확보에 대한 연구를 수행하고 있음. 한국 정부도 정밀도가 높은 심해/대양 연구장비·기기가 심해 광물/생물자원 탐사와 확보에 반드시 필요하다는 판단하여 6,000미터 급 심해 무인잠수정(해미래호)을 개발하였음
- 무인잠수정의 개발에도 불구하고 아직 2,000미터 이상의 심해에서 활용하기 어려운 상태이며 무인잠수정을 이용한 샘플링 기술 등 운용 기술력이 확보되지 않은 상황이기 때문에 2011년 통가 해역의 열수광상 조사에서 미국 상업회사의 무인잠수정을 빌려서 탐사를 하였고, 이에 대한 비용으로 약 100만불 이상을 지불하였으며, 따라서 우리나라가 독자적으로 심해/대양 연구장비·기기를 구축하고 운용하지 못하면 향후 많은 비용이 외국으로 빠져나가게 될 가능성이 매우 높음

□ 향후 전망

- 앞으로 과학 및 기술이 발전함에 따라 더 높은 수준의 자료 정밀도 및 해상도가 요구되기 때문에 심해 광물/생물자원의 탐사와 확보분야 뿐만 아니라 심해/대양관련 해양연구의 모든 분야에서 고정밀/고해상의 심해/대양 연구장비·기기의 활용은 필수적일 수밖에 없음. 따라서 한국이 주도적으로 심해 광물/생물자원 분야를 포함하여 심해/대양 관련 국제 연구프로그램을 신설하고 기존 국제 연구프로그램에 주도적인 역할을 하기위해서는 고정밀/고해상의 심해/대양 연구장비·기기의 구축과 운용기술력 확보는 반드시 필요함
- 최근 석유 및 천연가스과 같은 에너지 자원의 시추 및 생산이 수심 1,500미터의 심해까지 그 영역이 넓혀지고 있음. 따라서 심해 에너지 자원 개발에 따른 고정밀/고해상 능력을 가진 심해/대양 연구장비·기기의 수요는 확대될 전망이며, 우리나라의 경우 동해에서 심해 에너지자원 개발이 가능하기 때문에 이에 대한 준비 과정으로 고정밀/고해상의 심해/대양 연구장비·기기의 구축과 운용기술력 확보는 반드시 필요함
- 또한 심해 에너지 자원을 개발할 경우 개발에 따른 환경 피해(예. 미국 멕시코만 BP 원유 유출 사고)가 발생할 가능성이 있음. 따라서 만약에 모르는 환경 피해에 대비하여 고정밀/고해상의 심해/대양 연구장비·기기의 구축과 운용기술력 확보는 필수적임
- 고정밀/고해상의 심해/대양 연구장비·기기의 활용이 확대되면 숙련된 운용기술자의 수요가 증가할 것이다. 심해/대양 연구장비·기기를 제대로 운용하는 기술자를 양성하기 위해서는 많은 교육과 훈련이 필요로 하기 때문에 수요가 증가한다고 하더라도 바로 숙련된 운용기술자를 양성하여 공급할 수 없음. 따라서 심해/대양 연구장비·기기를 원활하게 운용하기 위해서는 미리 운용기술자를 양성하여 확보해야만 함

나. 연구개발 목표 및 내용

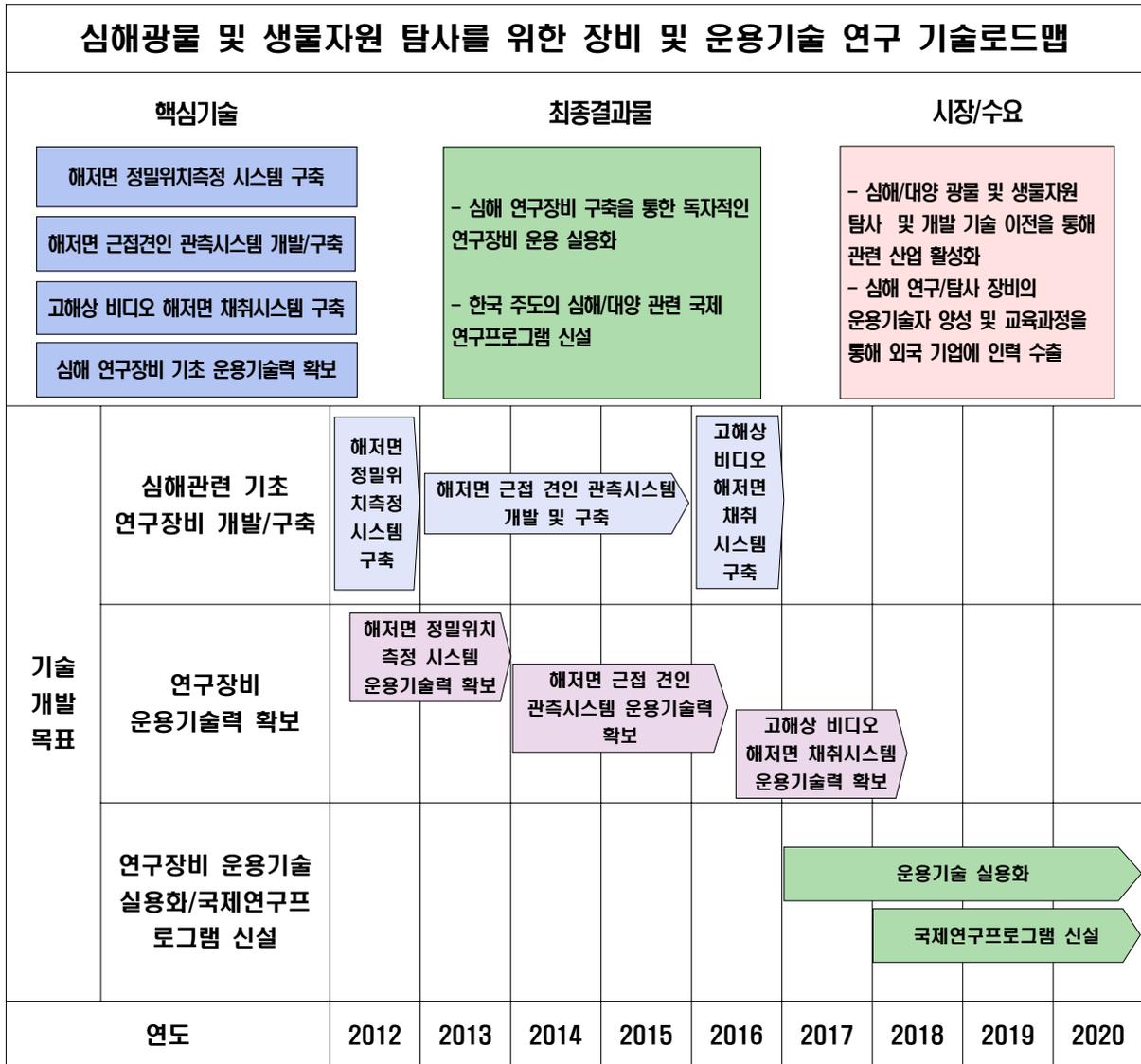
(1) 최종 목표

- 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 반드시 필요한 기초 심해 연구장비·기기인 i) 심해 해저면 정밀위치측정 시스템, ii) 심해 해저면 근접견인 관측 시스템 및 iii) 심해 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템을 구축·보강하여 한국 주도로 심해/대양을 탐사할 수 있는 운용기술력을 확보함

(2) 연차별 목표

구분	연구개발목표	연구개발내용
1차년도	- 심해 해저면 정밀위치측정 시스템 구축 및 기초 운용 기술력 확보	- 심해 해저면 정밀위치측정 시스템의 최적 모델을 선정/구입하고 현장 실험을 통한 기초 운용기술력을 확보
2~4차년도	- 심해 해저면 근접 견인 관측시스템 개발/구축 및 기초 운용기술력 확보 - 심해 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템 구축 및 기초 운용기술력 확보	- 영국 NOC와 심해 해저면 근접 견인 관측 시스템을 공동으로 개발하고 구축하면서 개발기술을 영국 NOC로부터 이전 - 영국 NOC로부터 기초적인 운용기술력을 이전받고 현장 실험을 통해 기초 운용기술력을 확보 - 심해 고해상-초정밀 비디오 해저면 채취 시스템의 최적 모델을 선정/구입하고 현장 실험을 통한 기초 운용기술력을 확보
2단계(1~3년)	- 1단계에서 구축한 심해 연구장비·기기들을 한국의 심해/대양 관련 연구사업에서 실용화	- 1단계에서 구축한 심해 연구장비·기기들을 한국의 심해/대양 관련 연구사업 현장에서 직접 활용하여 운용기술력을 발전시키며 독자적인 실용화 기술을 획득
2단계(4~5년)	- 심해 연구장비·기기와 운용기술력을 활용하여 한국 주도의 심해/대양 국제 연구프로그램 신설 및 기존 국제 연구프로그램의 참여	- 1단계에서 구축된 심해 연구장비·기기와 독자적인 운용기술력을 활용하여 한국 주도의 심해/대양 국제 연구프로그램 신설하고 기존 국제 연구프로그램에 주도적인 참여

(3) 기술개발 로드맵



다. 추진전략 및 체계

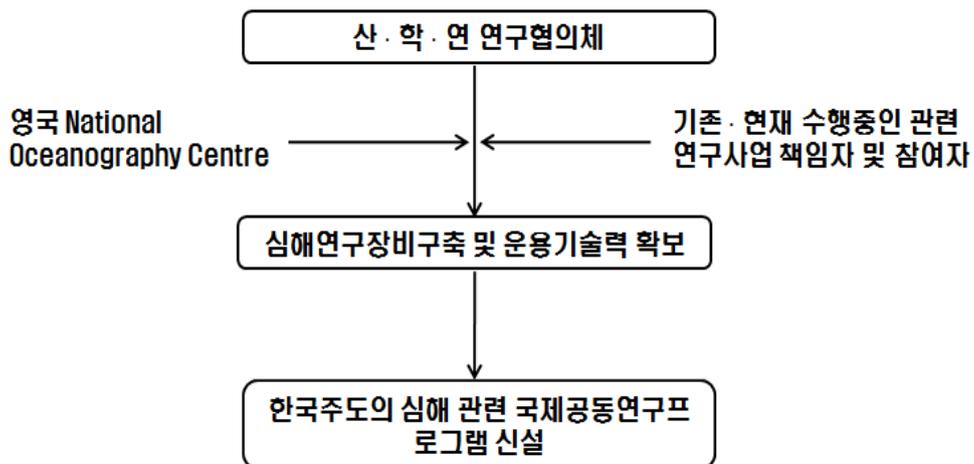
(1) 연구개발의 추진전략 및 방법

- 기존에 수행했고 현재 진행 중인 심해 광물 및 생물자원 관련 연구사업의 책임자 및 참여연구자와의 토의를 거쳐 심해 해저면에서의 고정밀 탐사와 시료 채취에 가장 적합한 심해 해저면 정밀위치 측정시스템과 고해상 비디

오 시료채취 시스템 모델을 선정·구입하여 우리나라 동해에서 각 장비를 운용하면서 기초 운용기술력과 운용기술자를 확보함

- 심해 해저면 근접 견인 관측시스템은 영국 NOC와의 협의를 거쳐 개발기술 이전을 포함하여 공동으로 시스템을 개발 및 구축 진행하고 완료함. 또한 시스템 구축 후에 영국 NOC의 현장 운용기술자를 활용하여 심해 해저면 근접 견인 관측시스템의 운용기술을 전수받아 기초 운용기술력과 운용기술자를 확보함
- 기초 운용기술력이 확보되면 한국의 심해 광물 및 생물자원 연구사업, 그리고 심해 환경관련 연구사업에 직접적으로 참여하여 구축된 심해 연구장비의 현장 실용화 기술을 확보하면서, 양질의 자료를 획득하여 관련 연구사업에 기여하고 심화된 새로운 심해 관련 연구프로젝트를 개발함
- 구축된 심해 연구장비와 운용기술력 및 우리나라의 심해관련 연구사업의 경험과 결과물을 활용하여 상대적으로 연구가 수행되지 않은 서태평양 또는 남태평양 해역에서 한국주도의 국제 공동연구 프로그램을 신설함

(2) 연구개발 추진체계



라. 기대효과 및 활용 방안

(1) 기대효과

- 독자적인 심해/대양 광물 및 생물자원 탐사와 확보 기술을 마련하고 관련 분야의 과학기술을 선점함
- 심해/대양 광물 및 생물자원 분야이외에도 다양한 대양/심해 해양연구 분야에서 우리나라가 주도적으로 신규 국제 연구프로그램을 신설하고 기존 국제 연구프로그램에 활발한 참여를 가능하게 함
- 심해/대양 광물 및 생물자원을 독자적으로 확보함으로써 광물 및 생물자원 관련 우리나라의 기업과 관련 산업을 발전시킴
- 심해 연구장비의 구축과 운용기술력 확보를 통해 해양과학기술 선진국으로 진입과 동시에 국가위상 격상

(2) 활용 방안

- 심해/대양 광물 및 생물자원 탐사 및 개발 기술을 우리나라의 민간 기업에 이전하여 관련 산업의 활성화에 기여
- 앞으로 심해 연구장비의 활용은 심해 광물 및 생물자원 관련 민간 기업에서 급격하게 증가할 것이며 이로 인해 심해 연구장비의 운용기술자의 수요도 같이 증가할 것 이다. 본 과제를 통해 심해 연구/탐사 장비의 운용기술자를 양성하고 교육과정을 마련하여 관련 외국 기업에 심해 운용기술 인력을 수출함

마. 예산 및 인력

(1) 연차별 소요 예산

(단위 : 억원)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 심해 연구장비 개발 및 구축	30	40	40	30	-	140
· 심해 연구장비 운용기술력 확보 및 운용기술자 양성	15	15	20	15	30	95
· 국제공동 연구프로그램 신설 및 기존 국제공동 연구프로그램 참여	-	-	-	15	40	55
합 계	45	55	60	60	70	290

(2) 연차별 소요 인력

(단위 : 명)

연 도	'12	'13	'14	'15	2단계	계
· 심해 연구장비 개발 및 구축	30	40	40	30	-	140
· 심해 연구장비 운용기술력 확보 및 운용기술자 양성	20	20	20	20	30	110
· 국제공동 연구프로그램 신설 및 기존 국제공동 연구프로그램 참여	-	-	-	20	40	60
합 계	50	60	60	70	70	310

(3) 확보 필요 주요 장비 및 활용방안

- 심해 해저면 정밀위치 측정 시스템: 심해의 해저면에서 초정밀 탐사를 수행하고 시료를 채취할 때 높은 수준의 정밀도를 가진 자료 위치를 측정하는데 활용
- 심해 해저면 근접 견인 관측 시스템: 해저면으로부터 약 100~200 미터위에까지 관측시스템을 내려 정확도가 매우 높은 각종 자료를 획득하는데 활용
- 고해상 비디오 시료채취 시스템: 심해 해저면에서 정확하게 각종 시료를 채취하는데 활용

제4절 해양과학조사 활성화를 위한 대양탐사 경로

1. 전지구적 해양과학조사 대양탐사 경로

- 태평양 : 동중국해 - Fiji Line
Fiji - Hawaii - 북태평양 - 동해
- 인도양 : 동중국해 - 인도네시아 - 말레카해협 - 인도양
인도양 - 말레카해협 - 남중국해 - 동중국해

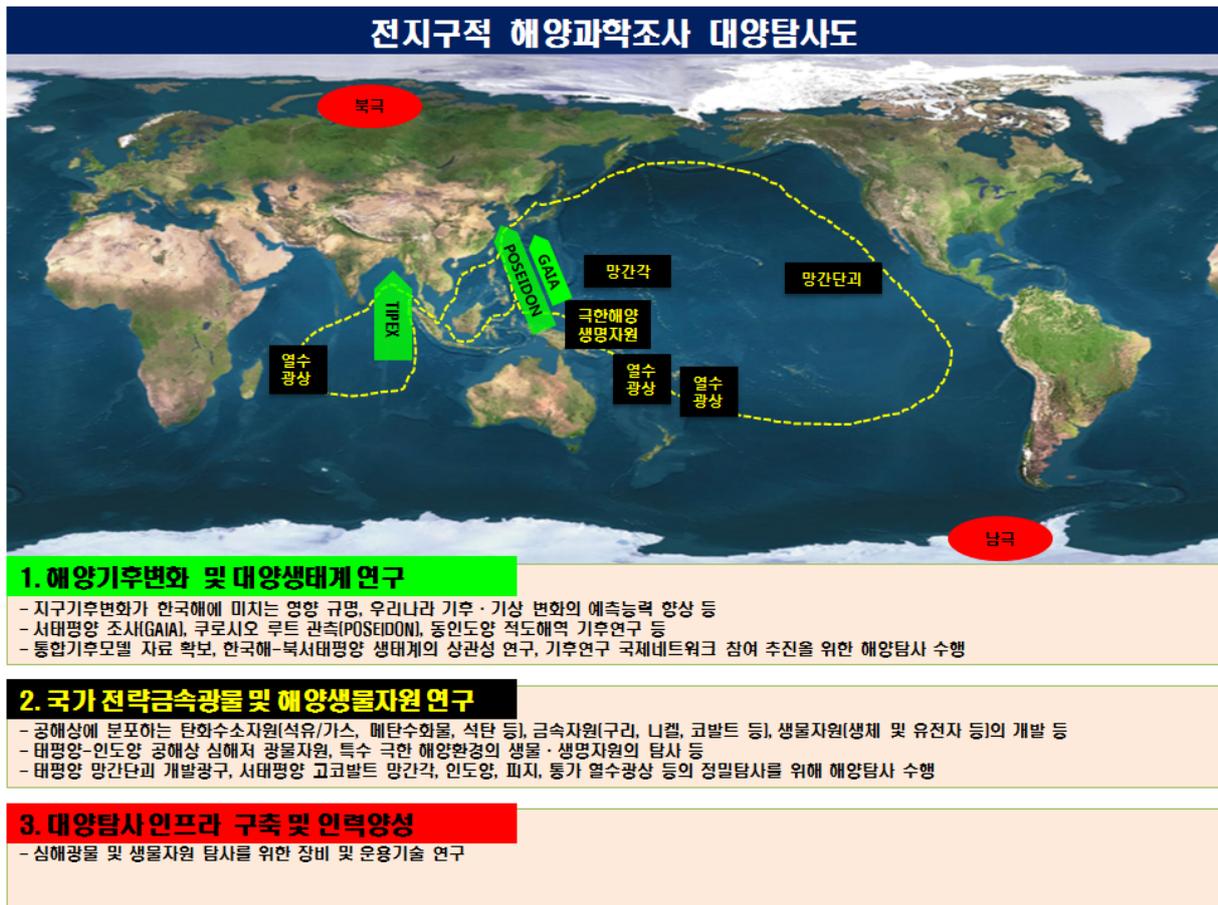
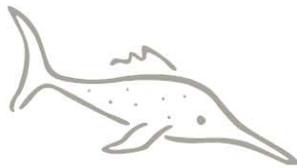


그림 4-30. 전지구적 해양과학조사 대양탐사도

V. 해양과학조사 연구 타당성
분석 및 기대효과·활용방안



V. 해양과학조사 연구 타당성 분석 및 기대효과·활용방안

제1절 해양과학조사의 타당성 분석

1. 정책적 타당성

○ 정부 지원이 타당한 법적 근거·요건

- 과학기술기본법 제15조(기초과학의 진흥)

- 정부는 과학기술혁신의 바탕이 되는 기초과학을 진흥시키기 위하여 대학과 정부가 출연하는 연구기관의 연구를 활성화하고 안정적인 연구비를 지원하는 등 종합적인 지원시책을 추진하여야 함

- 기초과학연구진흥법 제5조(종합계획의 수립과 시행)

- 정부는 기초과학연구¹³⁾의 진흥에 관한 종합계획을 수립하여야 하며(제1항), 기초과학연구의 진흥에 관한 투자계획과 재원확보방안이 포함되어야 함(제2항)

○ 공공적 성격이 강한 연구사업

- 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구는 장기적으로 우리나라에 파급효과가 클 것으로 예상되는 기후변화 변동성 예측과 생명현상의 근본 원리를 규명하는 기초·원천 연구
- 전지구적 해양과학조사 연구사업은 민간이 투자하기에는 시장규모에 비해 초기 투자 규모가 매우 크며 연구개발 결과가 소수에게 돌아가는 것이 아니라 해양과학산업 전반에 영향을 미친다는 점에서 공공적 성격이 강함

13) 자연현상에 대한 새로운 이론과 지식을 정립하기 위하여 행하여지는 기초연구활동(기초과학연구진흥법 제2조)

- 전지구적 해양과학조사 연구사업은 해양이라는 특수환경에서 이루어지는 거대·복합연구 사업으로서 대표적인 중앙정부 주도의 공공성 사업임

○ 상위계획과의 부합성

- 이명박 정부의 과학기술기본계획(2008)
 - 이명박 정부 출범 후 주요 여건변화, 국정철학과 과학기술분야 국정과제 등을 충실히 반영하기 위해 수립
 - 동 계획의 7대 R&D에 ‘해양생물자원보전 및 해양생명공학이용기술’ 및 ‘해양탐사·우주감시체계 개발기술’이 중점육성후보기술에 선정

표 5-1. 이명박 정부의 과학기술기본계획에 포함된 해양과학기술 현황

구 분	중점육성기술	중점육성후보기술
해양 과학 기술 분야	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 차세대 선박 및 해양·항만구조물기술 ▪ 해양영토 관리 및 이용기술 ▪ 해양환경조사 및 보전·관리기술 ▪ 환경(생태계)보전 및 복원기술 ▪ 수질환경 및 수자원 확보기술 ▪ 기후변화 예측 및 적응기술 ▪ 자연재해·재난 예방 및 대응기술 ▪ 첨단물류기술 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해양생물자원보전 및 해양생명공학 이용기술 ▪ 해양탐사·우주감시체계 개발기술 ▪ 해양·항공운항 효율화 및 안전향상 기술

- 해양바이오 연구개발 활성화 대책(2009)
 - VIP께서 「해양바이오산업 활성화를 위한 간담회(‘09.2.10)」에서 해양바이오 연구개발투자 확대방안 수립을 지시하여 국가과학기술위원회에서 ‘해양바이오 연구개발 활성화 대책’ 마련
 - 동 대책의 ‘글로벌 해양생물자원 확보’ 연구개발 분야에서 대양 생물자원 탐사 프로그램 추진 및 해외 해양생물자원 확보 네트워크 구축·운영 등이 포함되어 국가과학기술위원회 심의 완료

- 2020 MT(해양과학기술)로드맵(2011)

- 최근 국제적 해양관련 이슈 i)기후변화 및 연안재해 대응, ii) 해양경제영토 확보, iii) 해양산업 진흥, iv) 국민 삶의 향상에 대응하기 위해 전지구적 기후변화 예측 및 대응, 해양자원 선점, 해양영토 주권 강화 등의 13대 전략 및 50대 중점과제 도출

- 제2차 해양수산발전기본계획(2011~2020)

- 21세기 해양환경변화와 새로운 트렌드에 능동적으로 대응하기 위해 해양수산발전 5대 추진전략과 26개 중점과제 제시
- ‘신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발’ 추진전략에서 미래 해양자원개발, 해양산업의 핵심기술 개발, 녹색성장을 위한 해양환경 보전·탐사 핵심기술 개발 및 해양과학의 기술개발 역량강화에 관한 중점과제 도출

○ Total Roadmap(2007) 과의 연관

- 국가 R&D사업 Total Roadmap에서 생명, 에너지자원, 환경, 기초과학 분야는 투자비중 증가형, 우주·항공·해양분야는 점증형으로 구분

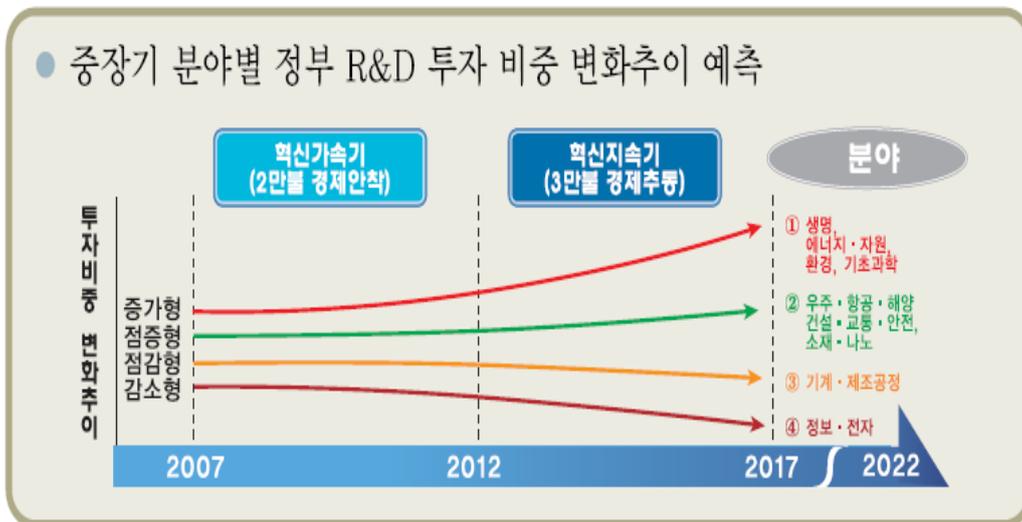


그림 5-1. 중장기 분야별 정부 R&D 투자 비중 변화 추이

2. 기술적 타당성

○ 기존 사업과의 차별성 검토 및 기술적 타당성

- 대양탐사를 통한 해양기후변화 및 대양생태계 연구

- 인도양 및 산호삼각지(Coral Triangle) 지역을 대양 탐사하는 프로그램은 지금까지 타 중앙부처에서도 실시한 적이 없는, 국내 최초의 사업임
- 북서태평양이 한반도 주변해역에 미치는 영향 연구를 수행 중인 POSEIDON 사업 및 해양 예보 정확도 향상을 위한 통합예보 모델을 개발하는 GAIA 사업과의 연계성을 통하여 전지구적 기후변화연구의 시너지 효과 창출 가능
- 대양탐사 연구는 기본 연구가 이루어지지 않는 대양해역을 탐사하여 새로운 해양생명자원을 발굴하고 미지의 Bio Hot Spot를 발견하며, 생태계와 생명체와의 관계를 파악하는 것을 목적으로 함
- 기존 국토해양부 주관의 ‘해양·극한 생물 분자유전체연구’는 응용성을 전제로 한 목적지향적 연구사업으로 특정 기능을 지닌 생물자원 확보에 집중하며, 교육과학부 주관의 ‘21세기 프론티어 미생물 유전체 활용연구’는 주로 육상 미생물을 대상으로 하는 연구로 일부 해양미생물에 대한 연구를 수행하고 있으나 연안에 서식하는 미생물로 한정
- 해양생물자원의 체계적 발굴을 통한 원천 생명소재의 공급측면에서는 기존 국토해양부에서 추진하고 있는 ‘해양생물 표본 확보사업’ 및 해외 해양생물자원 개발 및 활용기반 구축 사업은 국내 연안 또는 국외 해양생물자원 부국의 연안에 연구탐사 범위가 한정됨
- 지구상에서 기능적 다양성이 높은 해양생물체를 대상으로 장기적 파급효과가 큰 생명현상의 근본 원리와 생명기원·진화에 대한 연구로서 기존의 사업들과 기본 철학, 접근 방법 등에서 근본적인 차이를 보임

- 국가 전략금속광물 자원탐사

- 북동태평양, 인도양 등에서 수행하고 있는 국토해양부 R&D 연구사업 ‘심해저 광물자원(망간단괴) 개발탐사’, ‘인도양 해양광물자원(해저열수광상) 개발탐사’에 사용되는 고난도 기술을 망간각 및 열수광상개발에 보완·응용함으로써 심해저 자원탐사기술 개발효과 극대화

- 기존 해양광물자원 탐사지역과 구별되며, 전략금속광물자원의 종류 및 공급원 다변화를 통해 산업경쟁력 강화 및 국제광물시장에서의 주도권 확보 가능

- 전지구적 탐사 인프라 구축 및 인력양성

- 심해저 광물자원, 극한환경 생명체 등을 탐사하는 다양한 연구사업을 진행하기 위해서는 심해/대양 연구장비·기기에 관한 인프라 구축이 필수적이며 또한 이를 운용할 수 있는 인력과 기술력을 확보하는 것이 반드시 필요함
- 심해 광물/생물자원 탐사와 확보를 위해 기존 국내에서 개발된 6,000미터 급 심해 무인잠수정(해미래호)은 아직 2,000미터 이상의 심해에서 활용하기에는 아직까지 많은 기술적 문제점이 있으며, 운용기술에 있어서도 노하우가 축적되지 않은 상황
- 이러한 배경을 바탕으로 심해 광물 및 생물자원 탐사와 확보에 있어 반드시 필요한 기초 심해 연구·장비기기에 관한 인프라를 빠른 시일내에 구축·보강하여 한국 주도로 심해/대양을 탐사할 수 있는 운용기술력 및 인력을 확보해야함

3. 경제적 타당성

- 지구온난화로 인한 해수면 상승 및 해수온도 상승과 이에 따른 폭풍, 해일 등 해양기인성 자연재해의 빈발과 대형화로 기후변화 대응은 국제적인 현안 문제로 등장하고 있음
 - 기후변화 및 이에 따른 자연재해에 대한 대응은 국가가 국민의 재산과 생명보호를 위해 국가가 수행해야 할 고유한 분야로 경제성과는 별개로 전략적 추진이 필요함
- 기후변화가 국내에 미치는 영향을 살펴보면, 크게 해수온도의 상승으로 인한 해수면 상승과 자연재해의 대형화로 인한 피해 확대로 구분할 수 있는데, 해수면 상승에 따른 피해규모를 연구한 결과로는

- EEA는 해수면 상승으로 2080년까지 19,000km²의 육지가 영구히 손실될 수 있으며, 이로 인한 홍수 등으로 약 140만 명의 유럽인구가 피해를 입을 수 있고, 이는 매년 약 180억 유로의 피해를 초래할 것으로 예측
- WHO는 해수면 상승에 대한 대처가 없을 경우 2080년에는 연안범람의 위험에 처한 인구가 매년 1억 명을 초과할 것으로 예측
- 기후변화가 국내에 미치는 피해를 연구한 한국환경정책평가연구원의 결과를 살펴보면, 해수면이 0.2m에서 1.0m로 상승할 경우 연안의 침수면적이 65.15km²에서 854.16km²로 증가할 것이며, 피해액도 60.3조원에 이를 것으로 예측됨

○ 국내에서는 최근 기후변화로 인해 발생할 수 있는 해수면 상승의 경제적 피해를 추정하기 위한 연구를 수행¹⁴⁾

- 해수면 상승으로 인한 효과를 침수면적으로 평가하고, 침수면적에 토지가치를 반영하여 경제적 영향을 평가하였는데, 해수면이 1m 상승할 경우 피해 규모가 약 60조원에 이를 것으로 평가

표 5-2. 해수면 상승에 따른 피해비용

(단위 : 백만원)

구 분		0.2m 상승	0.4m 상승	0.6m 상승	0.8m 상승	1.0m 상승
건조 지역 피해액	침수지역 손실비용	2,432,781	8,931,921	14,298,692	21,992,243	30,454,653
	토지비용	2,099,135	7,770,473	12,498,732	19,319,796	26,805,782
	소 계	4,531,916	16,702,394	26,797,424	41,312,039	57,260,435
습지지역 피해액		3,036,769				
총 피해액 합계		7,568,685	19,739,163	29,834,193	44,348,808	60,297,204

14) 한국환경정책평가연구원, 우리나라 기후변화의 경제학적 분석(1), 2009.12

- 최근 더욱 빈번하게 발생하고 있는 태풍, 홍수, 지진해일(쓰나미)과 같은 자연재해에 취약한 연안지역은 피해가 갈수록 확대
 - 앞에서 언급한 바와 같이 태풍, 쓰나미 같은 해양기인성 자연재해는 불확실성이 매우 크기 때문에 이에 대한 경제학적 분석이나 예측은 거의 전무한 실정이며, 특히 상대적으로 취약한 연안지역에 대한 전략적인 연구가 시급히 요구됨

- 해양생태계의 가치는 육상생태계 가치의 2배가 넘는 것으로 평가되어 저탄소 녹색성장의 견인차 역할을 수행하고 있으며, 다양한 해양생물자원은 해양천연물 신약 및 신소재, 해양바이오 에너지 등 다양한 해양 신산업 창출을 선도하는 첨단기술 분야임
 - 지구 표면의 71%, 전지구 생물종의 80% 이상이 서식하는 해양은 육상자원 고갈에 대비할 수 있는 신성장 동력을 제공

- 미국, 일본, 유럽 등 해양선진국은 적극적인 해양산업의 육성과 기술개발로 해양자원의 선점, 신의약 소재 개발 및 안정적인 먹거리 확보를 위해 해양생물자원 확보를 위한 탐사를 확대
 - 미국(Sorcerer II), 유럽(EuroDeep), 일본(Deep Biosphere) 등 대규모 대양 및 심해생태계 생물자원 탐사를 통하여 해양생물자원을 대량으로 확보하여 신기능성 소재 및 신약개발을 주도
 - “국제 식물 신품종 보호조약(UPOV)”에 따라 ‘12년부터 신품종 보호의 범위가 해조류까지 적용됨에 따라 해양생물의 종 다양성 확보 경쟁이 갈수록 심화되고 있는 추세

- 세계 해양생명공학산업의 시장규모는 ‘98년 8억 달러 수준에서 연평균 29%가 성장하여 2010년에는 163억 달러에 도달함
 - 시장의 확대에 따라 선진국 및 자원보유국은 자국의 해양생물 및 유전자원 보호, 지적재산권 보호 강화, 시장 선점을 주도하여 자원의 무기화 및 신성장 동력화를 활발하게 추진

- 특히 유전자원은 신의약 및 신소재 개발로 막대한 수익을 창출할 수 있는 프론티어산업으로 등장함에 따라 이런 추세는 갈수록 강화될 것으로 전망되고 있어 다음 세대에 대비한 전략적 접근방안 마련이 시급함
- 국내에서도 해외 생물자원 확보 및 개발로 인한 경제적 파급효과를 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치 유발효과를 중심으로 분석¹⁵⁾
 - 해양바이오 산업에 1원을 투자하면, 타 산업에 유발되는 생산액은 0.8680원으로써 자기산업에서의 생산유발액과 합하면 총 1.8680원의 생산유발효과가 발생
 - 해양바이오산업에 1원을 투자하면, 자기산업에서 유발되는 부가가치액은 0.3335원이며 타 산업에 유발되는 부가가치액은 0.2427원으로 총 0.5762원의 부가가치가 발생
- 선진국은 이러한 경제적 효과에 주목하여 생물다양성 협약(CBD), 국제 식물신품종 보호협약(UPOV) 등에 의해 자국의 해양생물자원 및 지적재산권 보호 강화, 시장 선점 등을 추진하고 있어 우리나라도 이에 대비한 대응방안 마련이 시급함
 - 자원보호를 목적으로 하는 국제협약에 대비하기 위해서는 대양탐사를 위한 대형인프라 구축 추진, 대양 및 심해 탐사기술 확보, 생물자원의 종 다양성을 확보를 위한 대양탐사, 그리고 이를 관리·배양·보급하기 위한 체계적 시스템 구축과 전략적 대응이 필요함
- 육상광물자원의 고갈에 대비한 해양자원 개발의 필요성이 증대함에 따라 선진각국은 해양광물자원을 확보·개발하기 위하여 막대한 연구비를 투자하여 대양탐사를 수행중임
 - 해저 열수광상과 같이 경제성 확보가 가능할 것으로 전망되는 일부 광물자원들에 대해서는 넵튠과 같은 다국적 광물자원회사들이 탐사·개발권 확보, 기술개발을 추진 중임

15) 해외 해양생물자원 개발연구(2009), 한국해양연구원

- 특히 국내의 경제성 평가에서도 해저광물자원 개발사업의 IRR(내부수익률)이 망간단괴 개발은 약 20% 수준, 해저열수광상 개발사업은 30% 초반에 이르러 경제성이 있는 것으로 평가
- 첨단기술력을 보유한 선진국과 막대한 자금력을 보유한 다국적 기업들에 대응하기 위해서는 국가적인 차원에서 전략적인 접근이 필요함
- 국가 간의 양자간 협력을 통한 탐사권 또는 개발권을 확보하고 국가적인 차원에서 산·학·연 공동 기술개발과 실용화 추진이 요구됨

제2절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

- 글로벌 해양과학조사 네트워크 구축·운영
 - 동남아시아(인도네시아)-마이크로네시아(한·남태평양 연구센터)-남미(페루)와 남·북극을 연결하는 전지구적 네트워크 구축하여 글로벌 해양과학조사를 활성화하기 위한 선도기반 구축
 - 단기적으로는 국내 연안에 가장 큰 영향을 미치는 동남아 지역 인도양·태평양 일부지역의 해양과학조사를 활성화하여 국내연안 기후 및 생태계에 미치는 영향 저감 및 국가 대응방안 수립에 활용
 - 장기적으로는 전지구적 네트워크를 기반으로 대양 종단탐사를 통해 선진국 수준의 대양 및 심해 탐사기술을 확보하여 지구환경 예측 능력제고, 환경 및 사회·경제적 문제해결, 국가 미래전략 수립에 기여

- 전지구적 해양과학조사를 통한 국제적 현안문제 해결
 - 지구온난화로 인한 해수면 및 해수온도 상승, 해양기인성 자연재해의 빈발 등에 대비하기 위하여 우선적으로 우리나라에 직접적으로 영향을 미치는 북서태평양 및 인도양(동남아 지역) 지역에 대한 연구를 강화
 - 남서태양 지역에서의 기후변화연구(기후변화 모델링, 엘니뇨 및 라니냐 연구 등)는 국제기구와의 협력 연구를 통해 기후변화 관련자료 및 기술을 조기에 확보하기 위한 전략으로 등 글로벌 이슈 해결에 적극적으로 참여
 - 장기적으로 태평양과 인도양 전지역, 남·북극에 대한 종단탐사 및 국제 공동연구를 통해 기후변화 문제 해결, 기후변화와 해양생태계의 상관관계 규명 등을 통하여 우리나라의 국격 제고 및 위상 강화에 활용

- 해양생물의 연구시료 확보·개발로 미래 해양자원의 선행적 확보
 - 해양생물자원이 풍부하거나 종다양성이 높은 지역의 국가와 협력체계를 구축하고 대양 및 심해 생태계로부터 첨단 해양탐사 인프라를 활용하여 신기능을 가진 해양생물자원 확보 및 활용기반 구축

- 인도양 및 태평양 지역 종단 대양탐사 및 Bio Hotspot 탐사를 통해 확보된 해양생물자원을 국내외 연구기관(해양연구원, 생명공학연구원 등) 및 관련기관, 대학에 연구시료를 보급하기 위한 보급기능 확충
 - 생물 및 미생물 자원 및 연구시료를 탐사·보존·관리하기 위한 DB를 국가적인 차원에서 구축하고, 자원 확보 및 관리, 대량배양, 시료의 보급(해양생물자원관, 해양시료도서관) 등의 기능 일원화를 통해 향후 지속적 활용을 위한 기반 마련
- 해양광물자원의 탐사를 통한 전략금속광물자원의 안정적 확보
- 현재 심해저 망간단괴, 통가 및 인도양 해저열수광상 탐사와 더불어 망간각, 가스하이드레이트, 남서태평양의 열수광상 탐사 등을 추가하여 태평양 및 인도양 공해지역의 광물자원 탐사를 지속적으로 추진
 - 심해저 망간단괴, 통가 해저열수광상에 대해서는 집중과 선택을 통해 실용화 전략을 추구하여 전략금속광물자원의 자급률을 현재 1% 수준에서 2020년대 30% 수준으로 확대
 - 망간각 개발을 위한 해저광구의 개발권 확보, 해저열수광상 실용화 개발을 위한 탐사권 확보를 통해 경제적인 준해양영토를 확보하고, 미래세대를 위한 전략금속광물자원의 선행적 확보 전략으로 차별화하여 단계적으로 추진

표 5-3. 정량적 기대효과

구분	생물자원확보	논문·특허	국제공동연구	인프라구축	정책제안
정량적 기대효과	20,000종	410건	55건	120건	30건

2. 활용방안

- 현대산업사회의 효율성을 제고하고 국민의 삶의 질 향상에 필수적인 전략금속광물 및 해양생물자원의 장기·안정적인 확보에 활용
 - 대부분을 수입에 의존하고 있는 전략금속광물자원의 자급률을 1% 수준에서 15% 수준으로 확대하여 자원의 수입대체를 통한 경쟁력 향상 및 자원시장에서의 입지 강화
 - 채광선, 운반선 건조 등의 조선산업, 선광 및 제련산업 등 전후방 관련 산업의 육성기반으로 활용

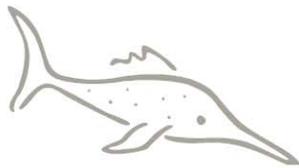
- 태평양 및 인도양 지역의 연구거점을 중심으로 미개척 도서국에 대한 경제·산업적 진출 교두보로 활용
 - 대양탐사를 바탕으로 해양관광자원 개발, 양식 및 수산자원 개발 등 해양전분야로 진출할 수 있는 기반시설로서의 역할 수행
 - 관련 도서국의 법·제도 조사 분석을 통해 상업개발을 위해 현지에 진출하는 민간기업의 지원에 활용

- 21세기 해양시대를 주도할 고난도 심해 및 대양 탐사기술의 독자적 확보 및 실용화 기술개발을 통해 새로운 신해양산업 창출 및 기존 해양산업 발전의 성장동력으로 활용
 - 대형연구선, 심해 유·무인잠수정, 해저장비 등의 실용화 기술개발로 관련 시설 및 장비산업 육성에 활용

- 국제기구를 중심으로 전개되는 기후변화 대응, 해양환경 변화, 심해 광물자원 및 생물자원 개발 등의 국제적 논의 동향에 대처하고, 우리나라의 국익이 극대화될 수 있도록 관련 법·제도 정비
 - 국제기구의 국제법적 논의에 적극적으로 대응하여 국익 극대화 방안 마련에 활용
 - 국제법적인 논의 동향과 국제협약 등을 반영한 국내 법·제도 정비에 활용

- 국가의 미래발전전략 등의 수립에 기초자료로 활용
 - 국민의 생명과 재산을 보호하고 지속적인 삶의 질 향상을 위한 국가의 미래 발전전략 수립에 활용
 - 자원의 독점적 탐사권 및 개발권을 획득하여 경제적인 준해양영토 확보하기 위한 자료로 활용

VI. 결론 및 제언



VI. 결론 및 제언

- 해당 ‘전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구’는 기후변화 대응 연구 및 자원 확보 등을 중심으로 국내에서 추진되고 있는 전지구적 해양과학조사 연구에 대한 통합 중장기 종합연구계획을 수립하는 것이 기획연구의 목적이 있음
- 급격히 진행되는 기후변화로 인한 해양시스템의 변화를 파악하고, 이러한 변화가 지구환경과 인류사회에 미칠 영향을 예측하고 대응하기 위해 국제 사회는 공동의 노력을 기울이고 있음
- 2010년 생물다양성협약(CBD) 당사국총회에서 나고야의정서가 채택됨에 따라 생물자원에 대한 국가주권을 확립하기 위해 선진국을 중심으로 유용한 해양 생물자원 선점확보에 대한 경쟁이 가속화되고 있음
- 최근 들어 해저사면사태, 지진, 기후변화, 엘리뇨, 라니냐 등에 따른 지진해일(쓰나미), 해수면 및 해수온도 상승, 태풍, 홍수 등 해양기인성 자연재해의 빈발과 피해규모의 확대에 따라 21세기 인류공동의 과제인 지구환경변화 문제를 해결하기 위한 노력이 급속히 확대되고 있음
- 해양자원의 확보 등 해양의 가치가 중요해짐에 따라 해양영토 확보를 위한 주변국간의 분쟁이 증가 추세에 있으며, 이러한 영토분쟁 지역에 대한 해양과학조사 자료 축적이 기본적으로 갖추어져 있어야 해양영토관리 및 관할권 확보에 있어 유리한 위치를 선점할 수 있음
- 유가상승으로 인한 에너지, 자원부족 위기를 극복하기 위하여 해양에너지 자원 확보에 대한 선진국의 노력이 심화되고 있으며 대양 및 극지에서 해양에너지 및 광물자원 탐사 경쟁이 치열해지고 있음

- 이러한 상기 배경을 바탕으로 ‘전지구적 해양과학조사 연구 중장기계획 수립 연구’에 있어 다음과 같이 i) 기후변화 대응 및 자원확보 등 대양탐사를 통한 국제적 현안문제 해결, ii) 해양광물·생물자원의 확보를 통한 해양경제영토 확보, iii) 전지구적 해양과학조사 연구 국제 해양과학협력 선도라는 3가지 중장기 계획의 목표를 정하였음
- 중장기 계획 목표달성을 위해 i) 참여확대 국제프로그램 선정 및 추진, ii) 확대해야 할 전지구적 해양과학조사 연구사업 선정 및 추진, iii) 신규 해양과학조사 과제의 도출 및 추진, iv) 대양탐사 인프라구축 및 인력양성에 관한 중점 추진분야를 설정하고 이를 추진하기 위한 추진전략 수립
- 국가적 차원에서 학·연 공동으로 참여가 필요한 국제 해양과학조사 관련 프로그램을 전략적으로 선정하여 추진함으로써, 관련 연구 분야에서 독자적·독창적 연구능력 배양 및 관련 정보 자료를 조기 확보할 수 있도록 함과 동시에 전지구적 해양과학조사 분야에 있어 국제적 발언권을 확보함
- 현재 국내에서 추진되고 있는 기후변화 대응, 해양생태계 탐사, 광물자원탐사, 해양생물자원개발 및 활용기반 구축 등의 연구사업을 대형연구선 활용, 다학제적 협력, 관련 국제프로그램과의 협력, 주변국과의 협력 등과 연계하여 연구범위 확대 및 활성화 필요
- 대형 연구과제 중심의 산·학·연 공동 추진체계를 정립하여 기후변화 대응, 지구환경 변화에 따른 해양생태계의 변화 이해, 자원고갈에 대비한 광물자원의 선행적 확보, 해양기인성 자연재해 예측 및 대양 탐사를 위한 장비 운용 기술력 확보를 위한 과제를 도출하여 전략적 투자 확대가 필요함
- 전지구적 해양과학조사를 통해 단기적으로 동인도양·서태평양 일부지역의 해양과학조사를 활성화하여 국내 연안에 기후 및 생태계에 미치는 영향 저감 및 국가 대응방안 수립에 활용하며, 장기적으로는 전지구적 네트워크를 기반으로 대양 종단탐사를 통해 기후변화 문제 해결, 기후변화와 해양생태

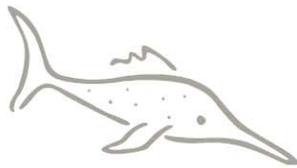
계의 상관관계 규명, 신 해양생명체 발굴, 해양광물자원의 탐사를 통해 전략금속광물자원 확보, 선진국 수준의 대양 및 심해 탐사기술을 확보 등을 통하여 지구환경 예측 능력제고, 환경 및 사회·경제적 문제해결, 국가 미래 전략 수립에 기여함

- 전지구적 해양과학조사 관련 연구과제 수와 예산규모가 확대됨에 따라 연구사업 추진의 효율성 및 성과의 극대화를 위해 산·학·연·관으로 구성된 연구단 제도 도입에 대한 검토 필요
 - 소규모 집중형 산·학·연 공동연구 집단을 활용함으로써 특정 분야의 연구결과를 단기간에 효율적으로 도출
 - 연구사업 추진체계 효율화를 통해 사업방향과 전략설정에 있어 의사결정을 신속히 할 수 있음
 - 해양관측을 통한 기후변화 변동성 및 예측, 해양생태계 탐사, 극지과학조사, 해저지형 탐사 등 특화된 연구단 운영을 통해 국가 R&D 사업수행에 있어 연구 분야 중복성 배제 가능하며, 관련 국제기구 및 국제프로그램과의 공동연구 협력에 있어 효율성을 배가할 수 있음

- 해양과학의 국제협력 정책기능을 강화하고 분산된 해양과학정보를 일원화하여 보다 체계적이고 실효성 있는 국가해양과학전략 수립을 위해 해양과학국제협력센터 설립 필요
 - 전지구적 해양과학조사 연구과제에 대한 조정 및 효율화 방안 수립 등을 통해 국제협력 관련 사업의 효율성 제고

- 부 록 -

해양과학분야 협력을 위한
국제기관 및 프로그램



- 목 차 -

I. UN 기구	265
1. 정부간해양학위원회(IOC)	265
2. IOC 서태평양분과위원회(WESTPAC)	268
3. 세계기상기구(WMO)	270
4. WMO/IOC 해양기상 및 해양업무 공동위원회(J-COMM)	271
5. 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)	273
6. 국제해양탄소공조프로젝트(IOCCP)	275
7. 전지구해수위관측시스템(GLOSS)	276
8. 국제해색위성전문가그룹(IOCCG)	277
II. Non-UN 기구	279
1. 지구관측그룹(GEO)	279
2. 해양연구위원회(SCOR)	282
3. 북태평양해양과학기구(PICES)	284
4. 남태평양 응용지구과학 위원회(SOPAC)	287
5. 국제해양탐사기구(ICES)	290
III. 비정부기구	291
1. 전지구해양과학협의체(POGO)	291
2. 해양생지화학 및 생태계 통합연구(IMBER)	293

IV. 전지구적 국제협력프로그램	295
1. 지구해양관측시스템(GOOS)	295
2. 동북아해양관측시스템(NEAR-GOOS)	298
3. ARGO(The Global Array of Profiling Floats)	299
4. 데이터부이협력패널(DBCP)	301
5. 세계기후연구프로그램(WCRP)	302
6. 기후변동성과 예측성(CLIVAR)	303
7. 열대 계류형 부이 수행 패널(TIP)	305
8. GEOTRACES	306
9. 국제지구과학 프로그램(IGCP)	307
10. 국제공동해양시추사업(IODP)	309

I. UN 기구

1. 정부간해양학위원회 (IOC)

- 명 칭 : 정부간해양학위원회 (IOC; Intergovernmental Oceanographic Commission)
- 설립목적 : UN산하의 유일한 해양과학 전담기구
 - 개별국의 능력으로는 해결할 수 없는 해양문제를 다루기 위해 전지구규모의 해양연구를 지원
 - 해양 및 연안지역의 특성과 자원에 대해 보다 많은 정보와 지식을 습득
 - 회원국의 해양환경관리체계 개선, 지속가능한 개발 실현, 정책결정과정 개선
 - 국제협력 증진, 국제프로그램(연구, 활동, 역량확대) 조정
- 성격 및 기능 :
 - 초기에는 순수해양연구에 집중하였으나 현재는 다음 분야의 역량 강화에 중점을 두고 있음
 - 연안 해역 통합관리
 - 전 지구 규모의 관측 및 네트워크 구축
 - 유엔해양법에 따른 기준 마련
 - 해양자료 활용을 위한 서비스 제공
- 최근 주요 이슈
 - “Future of IOC” Working Group 구성 : ‘IOC의 중기전략 (2008-2013)’ 및 ‘IOC의 미래’로, IOC의 재원확보를 위하여 UNESCO 산하에서 벗어나 UN 산하기구로 재편하자는 의견 논의
 - 전지구관측시스템 (GEOS) 참여를 위한 전지구해양관측시스템 (GOOS) 등 전 세계적인 해양 관측자료 공유 및 통합과 이를 바탕으로 한 전지구해양 환경평가 (GMA)의 중요성 인식
 - 쓰나미 및 기타 해양재해 경감 시스템 구축

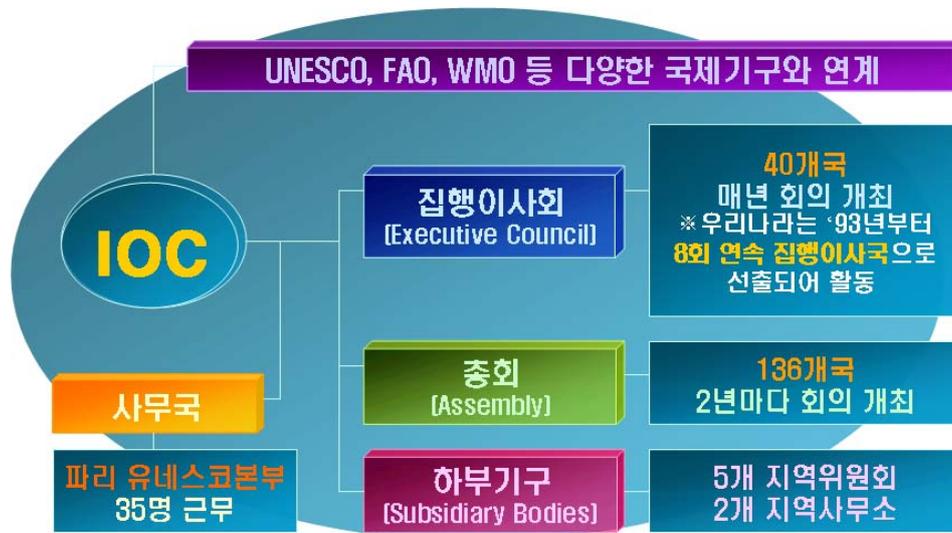
- “2007~2008 국제극지의 해” 및 “2007~2009 국제지구행성의 해” 사업 추진

○ 회원국

- 현재 136개국이 회원국으로 활동하고 있으며 UNESCO, FAO, WMO 등 다양한 국제기구와 연계하여 활동을 추진하고 있음

○ 조직체계

- 총회(Assembly): 136개국
- 집행이사회(Executive Council): 40개국
- 사무국(Secretariat): 파리 본부, 35명 근무
- 하부기구(Subsidiary Bodies): 2개 Sub-Commissions, 4개 Regional Committees, 2개 Regional Offices, 6개 project offices



○ 회 의

- 총회(Assembly): 2년마다 개최
- 집행이사회(Executive Council): 매년 개최

○ 재 정

- 기능은 유네스코에서 독립했으나 재정은 대부분 유네스코 예산으로 운영
- 일반사업비 : US\$ 9,026,200 (사업비: US\$ 4,052,100, 인건비: US\$ 4,974,100)
- 특별예산 : US\$ 5,590,600

○ 한국의 참여현황

- 가입: 1961년 IOC 1차 총회에서 정식 회원국으로 가입
- 집행이사국: 1993을 시작으로 현재 집행이사국으로 역할 수행
- 한국해양연구원 변상경 박사 IOC 의장으로 선임(2011. 6월)

○ 국내위원회

- 한국해양학위원회 (Korea Oceanographic Commission: KOC)
- 위원구성: 총 21명(국토해양부, 외교통상부, 기상청, 유네스코한국위원회, 해양관련 전문가)
- 사무국: 한국해양연구원 해양과학국제협력센터에 위탁 운영
- 재정: 국토해양부 지원

○ 웹사이트 주소

- <http://ioc-unesco.org/>

2. IOC 서태평양분과위원회 (WESTPAC)

- 명 칭 : 정부간해양학위원회 서태평양분과위원회 (WESTPAC; IOC Sub-Commission for the Western Pacific)
- 목적 및 기능
 - 서태평양에서의 해양국제공동연구 추진 및 개발, 운용지구해양관측시스템 (GOOS)의 서태평양 해역 활동 증진
 - 해양관측관련 교육과 훈련 프로그램 개발 및 기술 지원
 - 연구, 관측 자료의 효과적인 활용 및 공유
- 회원국 (2010년 2월 기준 22개국)
 - 호주, 중국, 일본, 피지, 프랑스, 인도네시아, 한국, 말레이시아, 뉴질랜드, 북한, 필리핀, 러시아, 싱가포르, 솔로몬제도, 태국, 통가, 영국, 미국, 베트남, 사모아
- 사무국 : 태국 방콕 (1994년 태국 국립연구원 제공)
- 회의 : 3년마다 총회 개최
- 주요성과
 - 1965년 서부태평양지역에 지역프로그램 실시
 - 최초사업으로 12개국이 참여한 쿠로시오 국제공동사업(CSK) 수행 (1965-70)
 - 열대태평양에서 동중국해 및 북서태평양지역의 해류 등 연구
 - 1977년 파리에서 10차 총회에서 서부태평양지역회 설립
 - 1979년 이후 서부태평양지역위원회의 정기적 회의 개최
 - 1989년 서부태평양지역위원회 후속으로 IOC/WESTPAC이 설립
- 아국의 활동
 - 부의장국(1996~2002) 및 의장국(2002~2008) 활동 (허형택 박사)

- 제4차 IOC/WESTPAC 총회(1999. 3. 22~26) 개최 (서울, 1999. 3. 22~26, 국토해양부 주관)
- 제5차 IOC/WESTPAC 국제과학심포지엄 개최(서울, 2001. 8. 27~31, 국토해양부 주관)
- 한국해양연구원 허식박사 '서태평양 유류유출 대응 역량 및 해양생태계 복구 역량 강화' 프로젝트 리더로 활동

○ 웹사이트 주소

- <http://www.unescobkk.org/special-programmes/westpac/>

3. 세계기상기구 (WMO)

- 명 칭 : 세계기상기구 (WMO; World Meteorological Organization)

- 성격 및 기능
 - 기상 관측, 기상과 관련된 수문학 혹은 지구물리학적인 관찰의 네트워크 중심으로서의 역할 수행
 - 빠른 기상관련 정보의 교환을 위한 시스템의 구축 및 관리
 - 통계적 결과 혹은 관찰 결과의 발표를 통일하고, 기상학과 관련 관찰의 표준화
 - 기상학의 항공, 해운, 수자원 문제, 농업 등 인간의 활동에 적용

- 연 혁
 - 1873년 UN산하 전문기구 International Meteorological Organization(IMO) 설치
 - 1951년 IMO를 World Meteorological Organization(WMO)로 변경
 - 1956년 2월 15일 한국 가입
 - 1975년 5월 27일 북한 가입

- 회원국
 - 2009년 12월 4일 기준 총 183개국 가입

- 사무국
 - 스위스 제네바에 위치, 12개 지역사무소 운영

- 아국참여현황
 - 한국해양연구원 변상경 박사 WMO 집행이사회(Executive Council) 이사 선임

- 웹사이트 주소
 - http://www.wmo.int/pages/index_en.html

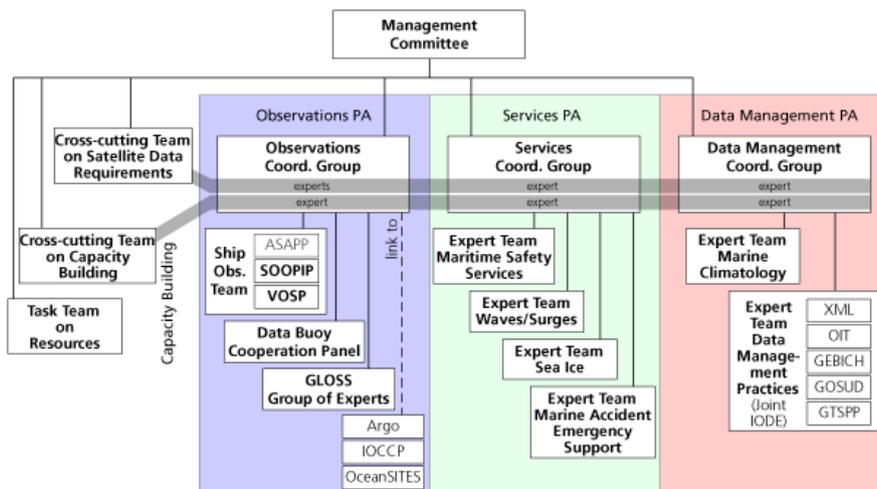
4. WMO/IOC 해양기상 및 해양업무 공동위원회 (J-COMM)

○ 명 칭 : WMO/IOC 해양기상 및 해양업무 공동 위원회 (J-COMM)
 Joint WMO/IOC Commission for Oceanography & Marine Meteorology

○ 성격 및 기능

- 1999년 설립되어 현재 약 250명의 전문가가 참여하는 정부간위원회
- 해양기상학과 해양학 자료의 통합을 목적으로 해양학, 해양 기상학 자료의 수집 및 관리, 법률 및 시스템 구축
- WMO/CMM(Commissions for Marine Meteorology)과 IOC/WMO Committee for the Integrated Global Ocean Services System(IGOSS)를 전신으로 함

○ 운영위원회(Management Committee; MAN)



- 기능: 위원회 활동을 총괄함
- 구성: JCOMM 공동의장(Peter Dexter, Alexander FROLOV) 3개 프로그램 영역 조정자 등 총 18명

○ 주요활동

- GOOS, GCOS, WWW 네트워크 구축
- CBC, IODE, ICSU에 협력
- IOC, WMO 등 해양학 기구에 자료 제공
- 회원국 능력배양
- 국제 파트너십 강화

○ 프로그램(Programme Area)

- 각 프로그램은 전문가 팀, Task 팀, 패널에 의하여 수행됨
- Observation
- Data Management
 - Services

○ 웹사이트 주소

- <http://www.jcomm.info/>

5. 기후변화에 관한 정부간 패널 (IPCC)

- 명 칭 : 기후변화에 관한 정부간 패널 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)
- 목적 및 기능
 - 유엔환경계획(UNEP)과 세계기상기구(WMO)가 지구의 기후변동과 이에 따른 생태계 영향을 분석, 검토할 목적으로 1988년 설립
 - 인간에 의해 야기되는 기후변화의 위험, 기후변화의 잠재적 영향 및 그 적응과 완화를 위한 과학적인 이해와 관련된 과학적, 기술적, 사회경제적 정보의 평가
 - 새로운 기후관련 연구, 감시사업을 하는 것이 아니라 현존하는 검증되고, 출판된 과학기술 문헌에 의거한 평가를 수행
- 조 직
 - 연례총회 : IPCC 보고서 승인, 예산 논의
 - 3개 워킹그룹 및 1개 TFT
 - WG1 : 기후 시스템 및 기후변화의 과학적 측면 평가
 - WG2 : 사회경제·자연 시스템의 기후변화 연약성, 기후변화의 긍정적·부정적 영향, 기후변화 적응대책 평가
 - WG3 : 온실가스 배출 제한, 기후변화 완화 대책 평가
 - 전담반 (Task Force on Natural Greenhouse Gas Inventories) :
Natural Greenhouse Gas Inventories Programme (IPCC-NGGIP) 담당
- 사무국
 - WMO 내에 사무국 위치 (2명의 전문가 및 3명 보조)
- 재 정
 - WMO/UNEP/IPCC 합동 신용기금 (Trust Fund) : 패널에 의해 결정된 각국정부의 연회비, UNEP과 WHO의 현금공여, 기타 자발적인 기부금

- 기타 현물공여
- WMO는 사무국 운영, UNEP은 프로그램 수행직원 비용, 각국 정부는 회의, 워크숍, 보고서 번역 및 출판 비용 담당
- 1년 예산은 약 250만 달러

○ 주요활동

- IPCC 부의장에 한국의 이효성 박사가 보직
- 1990년 발간된 1차 평가 보고서는 UNFCCC 내에 Intergovernmental Negotiating Committee 설립에 중요한 역할을 하였음
- 1995년 2차 보고서는 1997년 기후변화협약이 Kyoto Protocol을 채택하는데 핵심적인 정보를 제공함
- 2001년 3차 보고서는 기후변화의 다양한 관점을 정책과 연관하여 다루는 종합적인 평가를 수행하였으며 지역적 규모에 보다 큰 관심을 두었음
- 2007년 4차 보고서를 발간, 당해 말 노벨상을 수상

○ 회원국

- 194개국(UN 회원국 및 WMO 가입국이 대상)

○ 웹사이트 주소

- <http://www.ipcc.ch>

6. 국제해양탄소공조프로젝트 (IOCCP)

- 명 칭 : 국제해양탄소공조프로젝트(International Ocean Carbon Coordination Project, IOCCP)
- 성격 및 기능
 - IOCCP는 IOC와 SCOR의 요청에 따라 해양 탄소의 분리, 관찰 연구 분야의 전문지식을 제공
- 목 적
 - 해양탄소와 관련된 활동에서 국제적 의사소통의 중심점 역할
 - 고품질의 관찰로 지구 탄소 순환에서 해양의 역할에 대한 이해를 높이기 위한 국제 포럼의 개최. 방법론, 품질관리, 데이터의 규격, 공인된 참고자료의 활용에 대한 국제적 표준의 일치
 - 데이터 수집, 관리(세계데이터센터와의 데이터 교류정책), 데이터 제품 개발, 해양탄소와 관련 데이터의 기록
 - 전 세계 연구와 관찰 프로그램들과 협력해 해양탄소관찰시스템의 개발을 촉진하고 상태를 기록하도록 협력
 - IGCO, GCP등과 같은 통합 프로그램과 협력해 해양탄소분야를 지구시스템 연구 분야로 통합하도록 촉진
- 연 혁
 - 1979년 IOC와 SCOR는 국제 기후 변화에서 중요시되기 시작한 해양에 대한 연구를 위해 Climate Change and the Ocean(CCCO)을 설립
 - 1984년 CCCO는 산하에 이산화탄소 자문 패널을 구성
 - 2005년 IOC와 SCOR의 합작 프로젝트로 이산화탄소 자문 패널을 대체할 IOCCP 설립
- 웹사이트 주소
 - <http://www.ioccp.org/>

7. 전지구해수위관측시스템 (GLOSS)

- 명 칭 : 전지구해수위관측시스템 (GLOSS; Global Sea Level Observing System)

- 성격 및 기능
 - GLOSS는 IOC와 WMO의 JCOMM의 조정에 의해 운영됨
 - 전 지구적, 지역적 해수위 관측소의 네트워크 설립이 목적
 - 전 세계적 해양연구 프로그램 및 기후변화 연구에 필수적인 정보 제공
 - GLOSS Core Network(GCN)은 전 세계 약 290개의 관측소 운용

- 주요활동
 - 지역적 개발(Regional Developments): 카리브해, 지중해, 흑해, 열대 태평양, 인도양 등 특정지역에 보다 많은 관측 장비를 설치하여 지역적인 개발을 촉진
 - 국내개발(National Activities): 해수위 기록의 기준을 향상하여 국내 관련기관의 활동에 기여
 - 훈련(Training): 환경적으로 불리한 지역을 대상으로 조수 측정 기술에 대한 워크숍과 훈련코스 등을 제공

- 웹사이트 주소
 - <http://www.gloss-sealevel.org/>

8. 국제해색위성전문가그룹 (IOCCG)

- 명 칭 : IOCCG, International Ocean-Colour Coordinating Group 국제해색 위성전문가그룹(역)
- 성격 및 기능
 - IOCCG는 지구관측위성위원회(CEOS)의 결의에 의해 유네스코 산하에 1996년 결성
 - 해색 위성분야에 대해 전 지구적인 규모에서의 통합과 합의를 이끌어 내는 것이 목적
- 목 적
 - 해색 관련 데이터의 사용에 대한 전문성을 발전시킴
 - 사용자들 사이에서의 합의로 도출해냄
 - 해색 관련 데이터의 중요성을 국제사회에 알리기 위함
 - 해색 관련 데이터에 대한 접근과 융합을 가능하게 함
- 재 정
 - KORDI를 비롯한 총 14개 기관(NOAA, SIO, NASA 등)에서 재정적 지원
 - SCOR가 인프라를 지원
- Working Group
 - Calibration of Ocean-Colour Sensors
 - Phytoplankton Functional Types
 - Bio-optical Instrumentation on ARGO Floats
 - Ocean Colour from a Geostationary Orbit
 - Level 1 Requirements for Ocean Colour Remote Sensing
 - Ocean Colour Radiometry-Virtual Constellation (OCR-VC)

○ 아국참여현황

- 한국해양연구원 해양위성센터의 안유환 박사가 위원(2010년 2월 기준 총 23명)으로 활동
- 안유환 박사 3개 워킹그룹 참여
- Ocean Colour from a Geostationary Orbit
- Level 1 Requirements for Ocean Colour Remote Sensing
- Ocean Colour Radiometry-Virtual Constellation (OCR-VC)

○ 웹사이트 주소

- <http://www.ioccg.org/>

II. Non-UN 기구

1. 지구관측그룹 (GEO) – 전지구관측시스템 (GEOSS)

1) 지구관측그룹 (Group on Earth Observation, GEO)

○ 설립목적

- 기존의 개별 관측시스템 (대기, 해양, 육지 및 지구내부, 생태계와 환경 등)을 통합 조정함으로써 대규모 자연재해 빈발, 기후변화, 생물종의 멸종, 자원고갈, 오염물질과 전염병의 확산 등의 인류 생존을 위협하는 문제에 대처

○ 연 혁

- 2003년 7월 지구관측정상회의(Earth Observation Summit)에서 정부간 기구로 임시 지구관측그룹 (adhoc Group on Earth Observations) 설치, adhoc GEO는 초기 10년 지구관측시스템 계획수립 임무를 부여받음
- 2004년 4월 제2차 지구관측정상회의에서 초기 10년 지구관측 수행 계획으로서의 전지구관측시스템(Global Earth Observation System of Systems, GEOSS) 채택
- 2005년 2월 제3차 지구관측정상회의에서 정식으로 지구관측그룹(GEO) 설립

○ 성격 및 기능

- 지구관측정상회의 산하기구 "comprehensive, coordinated, sustainable" 지구관측시스템 기획, 운영
- 산하 기술그룹 회의 및 총회 개최
- UN 회원국 및 EC 가입국에 GEO 회원국 자격부여
- 회원국 동의하에 참여기구로서 국제기구, 정부간 기구, 지역단체들이 참여 가능

- 회원국 (2010년 2월)
 - 회원 : UN 회원국 80개국 및 European Commission
 - 참여기구 : 58개 국제기구 및 프로그램

- 조직체계
 - 총회, 집행위원회, 사무국, 보조기관 (5개 산하 기술그룹) 등

- 회 의
 - 총회 : 각국의 고위급 공무원으로 구성
 - 주기적으로 장관급 회의 개최

- 사무국
 - 세계기상기구 본부 (스위스 제네바) 내에 설치
 - 초기 정식 직원은 10인 이내로 구성, 각국 및 국제기구의 파견 전문가로 보충

- 재 정
 - 연간 350만 불 (우리나라 참여분담금: 연 8만 8천불 수준)

- 웹사이트 주소
 - <http://earthobservations.org/>

2) 전지구관측시스템 (Global Earth Observation System of Systems)

- 운영체제 : 조정된 통합관측시스템 구축
 - 지구상태의 연속적인 관측으로 지구시스템에 대한 감시와 예측 능력을 향상
 - 최적의 정책(정부) 및 관리(기업 등) 결정
 - 복리증진과 경제사회 발전

- GEOSS로 예상되는 사회경제적 편익
 - 재해 : 자연적, 인위적 재해로부터 생명과 재산 피해를 감소

- 건강 : 인류 건강과 복지에 영향을 미치는 환경적 요소의 이해
- 에너지 : 에너지 자원 관리의 향상
- 기후 : 기후변동과 변화에 대한 이해, 평가, 예측, 완화, 적응
- 물 : 물 순환에 대한 이해를 바탕으로 수자원관리의 향상
- 기상 : 기상 정보, 예보 및 경보의 향상
- 생태계 : 지상, 연안 및 해양 생태계의 관리와 보호 향상
- 농업 : 지속적인 농업 및 사막화 방지 지원
- 생물다양성 : 생물 다양성의 이해, 모니터링 및 보존

2. 해양연구위원회 (SCOR)

○ 명 칭 : 해양연구위원회 (SCOR)

○ 성격 및 기능

- 국제과학연맹이사회(ICSU) 산하 과학위원회 중 하나로 1957년 발족
- 해양학 현안문제 해결을 위한 워킹그룹을 실행기구로 갖는 실제적 학술기구
- UNESCO, WMO, IOC 등 정부간학술기구의 고문역할 수행

○ 회원국

- 회원국 및 회비

Category	2009 Dues	2010 Dues	2011 Dues	국 가
I	US \$1,975	US \$2,035	US \$2,100	브라질, 에콰도르 등 11개국
II	US \$5,270	US \$5,430	US \$5,600	한국, 네덜란드 등 11개국
III	US \$10,325	US \$10,635	US \$10,950	프랑스, 이탈리아 등 5개국
IV	US \$20,630	US \$21,250	US \$21,900	캐나다, 영국, 독일
V	US \$34,335	US \$35,365	US \$36,425	미국, 일본, 러시아
Observer Nations : 방글라데시, 이집트, 필리핀				

- 회원국은 반드시 SCOR 국내위원회를 설립·운영할 의무가 있음

○ SCOR 멤버로서의 이익

- 다양한 국제협력 해양 연구과제들이 발간됨에 따라 이러한 과제들의 과학적 활동에 대해 의견을 제시할 수 있는 기회가 주어짐
- 국제적 과학우선순위를 명확하게 정리하는데 기여함
- 자국의 과학자들이 이러한 국제적 협력연구에 참여할 수 있도록 장려할 수 있음
- 자국의 과학자들을 국제 해양과학활동 노출을 증가 시키고 실무그룹에 대한 활동참여를 증가시킴

○ SCOR의 지원

- 미국 정부, 민간재단, 국제기구 등에서 다양하게 확보함
 - International Council for Science
 - International Geosphere-Biosphere Programme
 - Intergovernmental Oceanographic Commission
 - US 연방정부기관 (과학재단; NSF, 항공우주국; NASA, 해양대기국; NOAA, 광물관리서비스; MMS)
 - 민간재단 (Alfred P. Sloan Foundation)

○ 한국 참여현황

- 한국해양연구원이 1990년 30인으로 구성된 SCOR 국내위원회 KOSCOR을 설립하고, 동년 20차 정기총회에서 38번째로 정회원국 자격 획득
- 1997년 IMF 이후 회비납부 지연으로 정회원으로서의 자격이 중지 됨
- 2005년 제1차 KOC 총회에서 SCOR 회원자격 회복에 대한 필요성이 제기
- 2009년 7월 정회원 자격 회복
- 2009년 9월 SCOR 한국위원회(KOSCOR) 1차 총회 개최
- Working Group(2010년 2월 현재 16개 Working Group 운영)
 - SCOR WG 125: Global Comparisons of Zooplankton Time Series - 강영실
 - SCOR/IAPSO WG 133: OceanScope - 김구(공동의장)
 - SCOR WG 134: The Microbial Carbon Pump in the Ocean - 김상진

○ 웹사이트 주소

- <http://www.scor-int.org>

3. 북태평양해양과학기구 (PICES)

- 명 칭 : 북태평양해양과학기구(North Pacific Marine Science Organization, PICES)

- 설립목적
 - 북위 31°이북 북태평양의 해양연구 촉진, 국가간 협력 추구
 - 해양환경, 지구기후변화, 해양생태계 등에 대한 연구 능력 향상

- 연 혁
 - 1973 : 밴쿠버 FAO회의에서 북태평양에 ICES의 역할을 하는 기구설립에 대해 비공식적으로 논의 (International Council for the Exploration of the Sea : 북동대서양 해양과학기구)
 - 1980 - 1985 : 캐나다, 일본, 구소련, 미국 과학자간 비공식 모임이 수차례 열림
 - 1986 : 중국이 참여함으로써 새로운 지역해양과학 기구 설립에 대한 합의에 도달
 - 1990. 12. 12 : 북태평양해양과학기구 현장 채택
 - 1992. 3. 24 : 캐나다, 일본, 미국의 조인으로 협약 발효
 - 1992. 8 : 중국, 협약 조인
 - 1994. 12 : 러시아, 협약 조인
 - 1995. 7. 30 : 대한민국, 협약 조인함으로써 회원국 가입

- 성격 및 기능
 - 학술적인 성격이 강한 정부간 국제기구
 - 학문적 기능
 - 관할 수역상의 문제점 확인과 해결방법 강구, 연구사업의 우선순위 설정
 - 관할 수역에 해당하는 연구사업과 필요조치를 회원국의 국가적 노력에 의해 이행될 수 있도록 제안
 - 행정적 기능

- 행정절차와 재정상의 규제를 개정
 - 협약 개정안을 제안하고 심의
 - 캐나다 시드니에 본부 소재
- 회원국
- 캐나다, 일본, 미국, 중국, 러시아, 한국 (총 6개국)
- 6개 위원회
- 자료교환기술위원회 Technical Committee on Data Exchange (TCODE)
 - 물리해양 및 기후변동위원회 Physical Oceanography & Climate Scientific Committee (POC)
 - 생물해양위원회 Biological Oceanography Committee(BIO)
 - 수산과학위원회 Fishery Science Committee(FIS)
 - 해양환경위원회 Marine Environmental Quality Committee(MEQ)
 - 관측기술위원회 Technical Committee on Monitoring(MONITOR)
- 회 의
- 연례 정기총회(Annual Meeting) : 집행이사회, 재무행정위원회, 과학평의회, 분과별 과학위원회 개최
 - 임시(중간) 과학평의회 회의(interim science board meeting) : 연례 총회 사이에 집행이사회 위원들이 참석한 가운데 과학평의회를 개최하여 과학평의회 관련 현안들을 논의
- 한국 참여현황
- 1994년 3차 회의부터 참석
 - 2005년 현재 국립수산과학원, 한국해양연구원, 대학 등에서 전문가 20여명이 과학위원회 위원으로 활동 중
 - 1997년 6차 회의(부산), 2003년 12차 회의(서울), 2004년 중기회의(제주) 개최 등 적극 참여
 - 2004년 9월 한국해양학위원회(KOC) 산하에 PICES 국내위원회 구성, PICES 관련 정부정책 자문과 연구 활동 강화 노력

- 2012년 5월 여수세박과 관련 지구 해양의 기후 변화의 영향을 주제로 여수에서 국제 심포지엄 개최예정

○ 웹사이트 주소

- PICES : <http://www.pices.int/default.aspx>
- KOC PICES 국내위원회 :
<http://kocean.or.kr/korean/pices/overview.asp>

4. 남태평양 응용지구과학 위원회 (SOPAC)

- 명 칭 : 남태평양 응용지구과학 위원회 (South Pacific Applied Geoscience Commission, SOPAC)

- 목적 및 기능
 - 남태평양 국가 관할권내 무생물 자원관리 및 계획
 - 회원국의 지구과학 연구능력 배양 및 각종 조사연구사업 촉진 및 관리

- 연 혁
 - 19972년 CCOP/SOPAC (Committee for Coordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas/UN 프로젝트) 기구 결성
 - 1984년 독립된 정부간 협력기구로 됨

- 조 직
 - SOPAC 사무국 : 피지 수바에 위치, 4개 부서로 구성
 - 자원개발부 : 광물자원과, 수자원과, 에너지과
 - 환경과학부 : 연안환경과, 유독성평가과, 해양환경과
 - 개도국지원사업부 : 인력교류과, 재해대책과, 데이터운영과, 홍보/문헌과
 - 행정부 : 예산/행정과
 - 총 회 : 3개의 분과 회의로 구성
 - STAR 분과회의 : SOPAC 지역 내에서 수행된 조사 및 연구 활동 결과를 발표를 통해 토의하는 회의
 - TAG 분과회의 : 기술전문가 자문그룹(Technical Advisory Group)과 회원국대표 및 SOPAC 사무국 직원들이 분과별로 모여 SOPAC이 내년도에 수행하고자 하는 사업들에 대한 기술적 검토를 수행하는 회의
 - 정책 분과회의 : SOPAC의 정책, 운영 및 인사문제를 결정하는 회의(회원국에 한하여 공개를 원칙으로 하나 일부 지원국 옵저버에게도 회의결과가 공개됨)

○ 회원국

- 호주, Cook Islands, 미크로네시아, 피지, 괌, 키리바시, 마셜 군도, 나우루, 뉴질랜드, 니우에, 파푸뉴기니, 사모아, 솔로몬 군도, 통가, 투발루, 폴리네시아, 뉴칼라도니아, 팔라우, Tokelau, Vanuata 총 21개국

○ 주요활동

- 육상, 연안, 심해저의 무생물 자원에 대한 조사 및 평가 (골재자원, 망간각, 망간단괴, 해저열수광산, 사금 등)
- 지질현상과 재해에 대한 연구
- 지구과학 데이터베이스의 구축, 활용 및 보급
- 연안역 관리를 위한 제반 프로그램 수행
- 석유, 지열 및 조력 에너지자원 조사 및 평가
- 회원국을 대신하여 지질학/지구물리학적 연구추진 및 연구결과 관리
- 회원국의 지구과학분야 연구능력 배양

○ 재 원

- 회원국 분담금, 지원국 및 기관 지원금 (호주, 피지, 캐나다, 프랑스, 일본, 뉴질랜드, 대만, 영국, 미국, 유럽연합, UN 등)

○ 한국과의 관계

- 1996년 2월 21일 한국해양연구소와 남태평양응용지구과학위원회(SOPAC)간 양해각서(MOU)가 체결되어 해저광물자원 공동탐사 및 자료·인력의 교류를 추진
- 1998년에 해양과학연구센터 설립을 위한 입지선정 조사가 이루어졌으며 2000년에는 우리나라와 미크로네시아 연방해양청과 양해각서(MOU)가 체결되고 축주에 남태평양 해양과학연구센터를 설치

○ 타당성 검토의견

- 남태평양 해양과학연구센터 운영과 연계하여 협력방안 모색
- 관련 연구사업과의 협력 수요 분석 및 협력 체계 모색 : 심해저연구사업, 대양시추계획 (IODP), 대양연구, 심해열수생태연구 등

- SOPAC이 필요로 하는 협력 및 공여 needs 파악
 - KOICA 사업과의 연계방안 검토 : 교육훈련과 연계한 개발조사사업(주변해역 해양조사 + On Board Training)
 - 일본 JICA 및 Metal Mining Agency of Japan (MMAJ)의 Case study 필요
- 향후 협력방안
- SOPAC 회원국 대상 한남태평양 협력방안 모색을 위한 정책포럼 개최
 - SOPAC 사무국 자료실 공동 활용
- 웹사이트 주소
- <http://www.sopac.org/>

5. 국제해양탐사기구 (ICES)

- 명 칭 : 국제해양탐사기구 (ICES; International Council for the Exploration of the Sea)

- 성격 및 기능
 - 북대서양 해양 환경, 생태계, 자원에 대한 연구를 조정하고 촉진하는 것을 목적으로 함
 - 정부기관에 해양생태계에 대한 과학적인 조언
 - 북대서양과 주변해역을 관리하는 국제적인 규제에 대한 조언
 - 정부간협약에 따라 약 200여개 기관의 1,600여명의 과학자들이 활동

- 연 혁
 - 1902년 7월 ICES 창설

- 회원국
 - 북대서양과 발틱해에 국경을 가지고 있는 모든 국가를 대상으로 함
 - 총 20개국(벨기에, 캐나다, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 아이슬란드, 아일랜드, 라트비아, 리투아니아, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 러시아, 스페인, 스웨덴, 영국, 미국)
 - 협력국가 총 5개국(호주, 칠레, 그리스, 페루, 남아프리카공화국)

- 사무국
 - 덴마크 코펜하겐에 위치(직원 총 53명)

- 웹사이트 주소
 - <http://www.ices.dk/>

Ⅲ. 비정부 기구

1. 전지구해양과학협의체 (POGO)

- 명 칭 : 전지구해양과학협의체 (Partnership for Observation of the Global Oceans, POGO)
- 성격 및 기능
 - 전세계 유수한 연구조직 간의 비영리 NGO
 - 해양자동관측, 자료전송 중계시스템 등의 기술적 조치 필요시 기간시설 공유 등의 협조 가능
- 연 혁
 - POGO Exploratory Meeting. 1999년 3월 8일~10일, IOC, UNESCO, Paris, France
 - 1999년 12월 1일~3일 미국 샌디에고 소재 스크립스 해양연구원에서 창립
 - POGO-1 Meeting. 1999년 12월 1일~3일, La Jolla, California, hosted by SIO : POGO 창립
 - Media and Outreach Working Group Meeting. 2000년 6월 14일~16일, England, UK, hosted by Southampton Oceanographic Centre
 - POGO-2. 2000년 11월 29~12월 1일, Brazil, hosted by Instituto Oceanografico, Universidade de São Paulo
 - POGO-3. 2001년 11월 27일~29일, Dartmouth, Nova Scotia, Canada, hosted by Bedford Institute of Oceanography.
 - POGO-CoML-UdeC Workshop on Biodiversity in the Waters around South America. 2002년 10월 28일~30일, Concepción, Chile
 - POGO-4. 2003년 1월 22일~24일, Hobart, Tasmania, Australia, hosted by CSIRO Marine Research.
 - POGO-5. 2003년 11월 18일~20일, Yokohama, Japan, hosted by JAMSTEC
 - POGO-6. 2004년 11월 29일~12월 1일, Brest, France, hosted by IFREMER
 - POGO-7. 2006년 1월 18일~20일, Hyderabad, India, hosted by INCOIS

- POGO-8. 2007년 1월 17일~19일, Qingdao, China, hosted by IOCAS
- POGO-9. 2008년 1월 09일~11일, Bermuda, hosted by BIOS
- POGO-10. 2009년 1월 06일~08일, Concepción, Chile, hosted by COPAS
- POGO-11. 2010년 1월 26일~28일, Moscow, Russia, hosted by SIO
- POGO-12, 2011년 1월 25일~28일, Seoul, Korea, hosted by KORDI 예정

○ 회 원

- 18개국 36개 연구조직 (한국, 호주, 브라질, 중국, 프랑스, 독일, 인도, 일본, 노르웨이, 러시아, 영국, 미국, 벨기에, 캐나다, 칠레, 남아프리카공화국, 스페인)
- 7개 국제기구 (CLIVAR, DEOS, GOOS, IGOS, IOC, OOPC, SCOR)

○ 재 정

- 설립 후 최초 3년간 Sloan 재단에서 운영경비 지원
- 이후 협의체 회원들 회비와 기부금으로 운영, 우리연구원은 2003년 정식 가입하여 2004년부터 연회비 (US\$ 5,500) 납부

○ 주요활동

- 해양조사, 해양조사선 운용, 센서 제작, 자료수집 및 처리 등에 관한 공동연구협력 추진
- 교육훈련과정을 통한 연구역량강화사업

○ 한국의 참여현황

- 해양연구원에서 세계주요해양연구기관협의체(Consortium of major oceanographic institutions of the world)에 참여
- 전지구관측시스템(GEOSS)구축에 회원기관과 보조를 맞추어 해양의 역할을 국제사회에서 강조
- 전지구적인 해양관련 연구비 확보에 공동노력
- POGO-IOC-SCOR Fellowship Program 적극참여 (1명/년 이상) : KOC를 통한 홍보 (매년)
- 2011년 1월 POGO-12 개최 예정

○ 웹사이트 주소

- <http://ocean-partners.org>

2. 해양생지화학 및 생태계 통합연구 (IMBER)

- 명 칭 : 통합적 해양 생지화학 및 생태계 연구 (IMBER; Integrated Maine Biogeochemistry & Ecosystem Research)
- 성격 및 기능
 - 해양 생물들이 해양 생지화학적 순환과 해양 생태계에 영향을 미치는 원리를 발견하는 것을 목표로 함
 - 지난 20년간 해양학 분야에서 가장 중요한 프로그램이었던 JGOFS (Joint Global Ocean Flux Studies)와 GLOBE (Global Ocean Ecosystem Dynamics)의 주제 통합
- 연구 목적
 - 생지화학적 순환과 해양식품망의 상호 교류
 - 전 지구적 기후변화에 대한 민감성
 - 지구 시스템에 대한 피드백
 - 인간사회에 대한 응답에 대한 관심
- 연 혁
 - 2001년 IGBP와 SCOR의 해양미래계획 위원회(Ocean Futures Planning Committee)에서 IMBER Project 착수를 결의
- Working Group
 - End-to-end Food Webs
 - Joint IMBER/SOLAS Carbon
 - Sub-group 1: Surface Ocean Systems (SOS)
 - Sub-group 2: Interior ocean carbon
 - Sub-group 3: Ocean Acidification
 - Capacity Building
 - Joint IMBER/LOICZ Continental Margins

- Data Management

※ 2010년 2월 현재 한국의 과학자가 참여하고 있는 Working Group은 없음

○ 아국참여현황

- 2010년 과학운영위원회에 유신재 박사(KORDI 소속)가 위원으로 활동 중
- 박영규 박사(KORDI 소속)가 활동 중

○ 웹사이트 주소

- <http://www.imber.info/>

IV. 전지구적 국제협력프로그램

1. 지구해양관측시스템 (GOOS)

- 명 칭 : 지구해양관측시스템 (The Global Ocean Observation System)
- 목 적
 - 해양관련 데이터와 정보의 수집, 분석, 분배를 목적으로 IOC, UNEP, WMO, FAO, ICES에 의해 개발된 종합과제시스템
 - 날씨와 기후를 관측하고 예상
 - 해양의 상태와 생물자원의 상태를 예측
 - 해양 및 해안 생태계와 자원의 보다 나은 관리 체계 구축
 - 자연재해 및 환경오염으로부터의 손실 최소화
- 연 혁
 - 1988. 3 전지구해양관측을 검토하자는 전문가 그룹의 요청
 - 1989 WMO와 IOC가 전지구관측시스템의 시행에 동의함
 - 1991 IOC 총회에서 전지구관측시스템 'GOOS'의 개발에 동의
GOOS 지원사무국을 설립
전문가그룹의 GOOS 개발계획 초안 완성
지구연안관측시스템에 대한 제안 심의
 - 1992 IOC 집행이사회에서 GOOS의 정부간 위원회(I-GOOS)와 기술자문 패널(J-GOOS)을 설립할 것을 결정
 - 1996.9 제1차 NEAR-GOOS 조정위원회: NEAR-GOOS 최종 채택
 - 2005 IOC 23회 총회에서 GEOSS(Global Earth Observing System of Systems) 출범 결정
- 사무국
 - GOOS Project Office (GPO) : 프랑스 파리 IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) 내 소재

- 연대 기구 : 정부간해양학위원회(IOC), 세계기상기구(WMO), 유엔환경프로그램(UNEP), 국제과학위원회(ICSU)

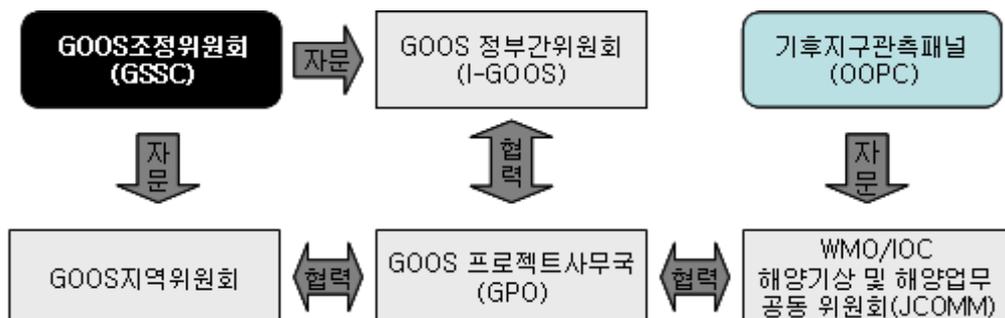
○ 주요활동

- 운용활동
 - 데이터 수집 네트워크
 - 데이터 분석
 - GOOS 결과물의 준비 및 분배
 - 모델링
 - 개도국을 위한 교육훈련, 기술지원, 기술공여
- 해안 프로그램 : 지속적, 종합적, 이용자 중심, end-to-end system (측정-데이터 관리-분석)
 - 연안 해양 서비스
 - 생태계 및 공공의 건강
 - 해양 생물자원
- GOOS 및 다른 지역해 프로그램 간의 협력활동

○ 재 정

- 각 국가 기관, 추가적으로 project-funding에 기초한 타 재정부원

○ 조직도



○ 지구해양관측시스템 조정위원회 (GOOS Scientific Steering Committee: GSSC)

- 기능 및 성격
 - I-GOOS (Intergovernmental Committee for GOOS)의 자문위원회
 - GOOS 재원 및 과학기술 분야에 대한 자문

- GOOS 목표 및 장기 과학기술계획 및 중장기 액션플랜 개발
- GOOS 운용에 대한 과학·기술적 책임 수행
- 협력기구 (IOC, WMO, UNEP, ICSU) 및 I-GOOS에 보고서제출
- 위원회 임기 : 3년 (매년 연차 총회 개최, 1997년 10차 총회 한국에서 개최)
- 위원회 위원 구성
 - 과학기술 전문가 (18인 이하, 협력기구에 의하여 선출)
 - GOOS 협력기구 (IOC, WMO, UNEP, ICSU) 대표 각 1인

○ 웹사이트 주소

- <http://www.ioc-goos.org/>

2. 동북아해양관측시스템 (NEAR-GOOS)

- 명 칭 : 동북아해양관측시스템(North-East Asian Regional GOOS; NEAR-GOOS)

- 목 적
 - 지역의 해양 서비스 개선
 - 파랑, 폭풍해일, 해빙 등에 의한 자연재해의 영향을 예측하는데 유용한 자료와 정보의 제공
 - 어선의 효율성 증대
 - 오염관측에 유용한 정보 제공
 - 적조 등 수산 활동에 영향을 미치는 변수 모니터링
 - 여가 등을 목적으로 하는 연안역의 상태에 관한 정보 제공
 - 수치모형실험, 예보 등에 필요한 자료 제공

- 연 혁
 - 1993년 유네스코 27차 정기총회에서 결의(Draft Resolution 57)
 - 1996년 제1차 NEAR-GOOS 조정위원회 개최

- 회원국 및 참여 전문가
 - 중국: Dr WANG Hong, Prof. YU Zhouwen
 - 일본: Mr Satoshi SATO, Mr. Takashi YOSHIDA
 - 한국: Dr Hee-Dong JEONG, Dr Dong-Young LEE(Chairman)
 - 러시아: Prof. Victor A. AKULICHEV, Dr Evgeny KARASEV

- 회 의
 - NEAR-GOOS 조정위원회 (The NEAR-GOOS Co-ordinating Committee) 매년 개최

- 웹사이트 주소
 - <http://ioc.unesco.org/goos/NearGOOS/neargoos.htm>

3. ARGO (The Global Array of Profiling Floats)

- 명 칭 : ARGO (The Global Array of Profiling Floats)
- 목적 및 기능
 - 수온, 염분, 해류 등을 측정하는 무인해양관측부이를 이용하여 전지구적 규모의 해양상층부 자료를 인공위성을 통해 실시간으로 제공하는 프로그램
 - 엘니뇨/라니냐 및 기후변동을 이해하고 예측하는 데 필수적인 자료 수집
 - 해양/대기 접합 관측시스템 구축
- 회원국
 - 한국, 호주, 캐나다, 프랑스, 일본, 영국, 미국, 독일, 남아공 등 18개국 및 50여개 이상의 연구·운영기관
- 주요활동
 - 전 대양에 걸쳐 표류부이 투하, 2009년 12월 31일 현재 3,222개 부이 분포 (국립기상연구소는 2009년 11월 현재 112개 부이 투하)
 - 부이의 수온, 염분, 해류의 준 실시간 관측 수행
 - Open data policy (관측자료 공개)
- 단계별 사업목표
 - 1단계(2002 ~ 2004): 전지구 해양의 준실시간 감시 시스템 구축
 - 2단계(2005 ~ 2007): 해양관측자료의 관리 및 자료동화 체계 구축
 - 3단계(2008 ~ 2011): 해양자료동화 시스템 및 예측 모델 운용
- 한국참여현황
 - 한국해양연구원, 기상연구소, 국토해양부, 서울대, 국립수산과학원, 국립해양조사원에서 참여
 - KOC 소위원회 운영
 - ARGO 관련 타기관 국제협력 현황

- 한/중/일 Regional ARGO workshop 개최
(2004년 9월 제주 서귀포) : 기상연구소
- 한·미 해양조사 공동 워크숍 발표
(2003.11.20, 국립해양조사원)

- 전지구 기후/해양 관측시스템 (GCOS/GOOS), 기후변동 및 예측실험 (CLIVAR), 전지구해양자료동화실험(GODAE) 사업과 연계하여 국제공동연구사업 추진

○ 웹사이트 주소

- <http://www.argo.net/>(<http://argo.metri.re.kr/>)

4. 데이터부이협력패널 (DBCP)

- 명 칭 : 데이터부이협력패널 (Data Buoy Cooperation Panel)

- 설립목적
 - 데이터 부이 활용의 질과 적시성, 양적은 확장을 위해 WMO와 IOC가 협력 사업으로 1974년 설립

- 목적 및 기능
 - 부이 데이터의 요구를 분석하고 반영
 - 정보의 상호 교환 및 기술의 발전을 지원
 - 전 세계의 퍼져있는 부이 데이터의 질과 양의 향상
 - 연관된 국제 협력기구 및 국제 협력 프로그램간의 연락 도모

- 연 혁
 - 1974년 Drifting Buoy Cooperation Panel (DBCP) 설립
 - 2005년 GOOS의 관측 시스템의 하나로 1250번째 표류부이 설치(설립 목표 달성)

- 조 직
 - 각 대륙별 의장 및 부의장을 선임
 - 연 1회 의회 개최 및 기술 워크숍 개최

- 웹사이트 주소
 - <http://www.jcommops.org/dbcp/>

5. 세계기후연구프로그램 (WCRP)

- 명 칭 : 세계기후연구프로그램(WCRP; World Climate Research Program)

- 성격 및 기능
 - WCRP는 세계 약 185개국의 기후 관련 시스템, 장비, 지적 능력 통합을 위해 설립
 - 기후가 인간에 미치는 여향의 정도 및 예측가능성의 범위를 결정하는데 필요한 기후시스템과 기후과정의 기초적이고 과학적인 이해증진이 목적
 - 핵심 사업별로 사업이 진행
 - 하나의 국가, 학문에서 해결하기에 긴 시간이 소요되고 복잡한 사업을 중심 추진

- 연 혁
 - 1980년 국제과학위원회(ICSU)와 세계기상기구(WMO)의 협력으로 설립
 - 1993년 유네스코 산하의 정부간해양학위원회(IOC) 참여

- 목 적
 - 해양에 의한 열저장과 운반
 - 대기-해양-얼음 사이의 열, 물 및 운동량 교환
 - 구름, 복사, 지표 및 전 지구적 물 순환 사이의 상호작용
 - 현재의 기후를 모의 재현
 - 시공간적으로 광역의 기후변화예측이 가능한 전구모델의 개발

- 웹사이트 주소
 - <http://wcrp.wmo.int/wcrp-index.html>

6. 기후변동성과 예측성 (CLIVAR)

- 명 칭 : 기후변동성과 예측성 (CLIVAR; Climate Variability and Predictability)
- 성격 및 기능
 - CLIVAR는 세계기후연구프로그램(WCRP)의 프로젝트임
 - 해양 환경과 기후의 상호관계에 초점을 두고 있음
 - 기후 변동성에 대한 이해를 촉진하고, 이를 통해 기후변화를 예측하고자 함
- 목 표
 - 시계열적인 관측과 분석, 정보의 수집을 통해 기후변동성 및 예측성에 대한 물리적 프로세스를 이해
 - 지구 예측 모델의 개발을 통한 기후 예측의 범위 및 정확성 제고
 - 복사활동 가스와 aerosol의 증가에 의한 기후 시스템의 반응을 예측 및 이해
 - 자연 기후 신호의 인위적인 수정을 감지하기 위해 예측된 기후와 관측된 실제 기후를 비교
- Working Group 및 Panel
 - Working Group
 - PAGES/CLIVAR Working Group
 - CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices(ETCCDI)
 - Working Group on Seasonal and Interannual Prediction (WGSIP)
 - JSC/CLIVAR Working Group on Coupled Modelling (WGCM)
 - WGCM/CLIVAR Working Group on Ocean Model Development (WGOMD)
 - Panel
 - Global Synthesis and Observation Panel (GSOP)
 - Asian-Australian Monsoon Panel (AAMP)
 - ※ 한국의 강인식 교수(서울대학교) 참여 중

- Variability of the American Monsoon Systems (VAMOS)
- Variability of the African Climate System Panel (VACS)
- Atlantic Implementation Panel
- Pacific Implementation Panel
- CLIVAR/IOC-GOOS Indian Ocean Panel
- CLVIAR/CLIC/SCAR Southern Ocean Region Panel

○ 웹사이트 주소

- <http://www.clivar.org/>

7. 열대계류형부이수행패널 (TIP)

- 명 칭 : TIP, Tropical Moored Buoy Implementation Panel
열대계류형부이수행패널

- 성격 및 기능
 - TIP는 J-COMM의 필수적인 부이 관측 팀으로서 역할
 - 부이를 이용해 자료를 수집하고, GOOS, GCOS, DBCP 등의 기후연구 프로그램에 지원
 - 기후 관측 시스템의 일환으로 열대 지방에서의 계류형 부이의 운영 발전을 목적

- 목 적
 - 열대기후에서의 기후관측 시스템으로서의 계류형 부이에 대한 통합적인 접근을 실행
 - TAO/TRITON, PIRATA와 기타 열대해양 계류형 부이관련 연간 운영 계획 수립을 지원
 - 기관들 간의 기호 및 기술 정보의 교환을 촉진
 - 국제 텔레커뮤니케이션 시스템과 다른 메커니즘을 이용한 신속한 부이 데이터 교류 촉진

- 연 혁
 - 1982년 엘니뇨에 대한 대응으로 NOAA가 지원하여 자동온도측정시스템(ATLAS) 계류
 - 1985년부터 1994년까지 ATLAS는 TOGA(Tropical Ocean Global Atmosphere) 프로그램 진행
 - 1994년 이후 TAO(Tropical Atmosphere Ocean)이 CLIVAR, GOOS, GCOS의 후원 하에 연속적으로 프로그램을 진행
 - 2010년 현재 미국의 NOAA, 일본의 JAMSTEC, 프랑스의 IRD의 후원으로 운영

- 웹사이트 주소
 - <http://www.pmel.noaa.gov/tao/index.shtml>

8. GEOTRACES

○ 명 칭 : GEOTRACES

○ 성격 및 기능

- 해수에 포함된 주요 미량원소의 분포 및 플럭스 연구를 통해 전지구적 해양환경 변화에 따른 이들의 변동성을 규명
- 지역별 해수 특성과 미량원소 분포와의 상관성 파악, 지구환경 변화에 따른 미량원소 변화 평가, 고환경 복원의 추적자로서 미량원소의 역할을 규명

○ 참여국 (2010년 2월 현재 총 23개국)

- 한국, 일본, 중국, 호주, 브라질, 캐나다, 대만, 인도, 뉴질랜드, 미국
- 유럽국가(COAST Action ES0801 참여국): 벨기에, 크로아티아, 키프로스, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 아이슬란드, 아일랜드, 이스라엘, 이탈리아, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국

○ 웹사이트 주소

- <http://www.geotraces.org/>

9. 국제지구과학 프로그램 (IGCP)

- 명 칭 : 국제지구과학 프로그램 (International Geoscience Programme)

- 목적 및 기능
 - 지구과학자들 간 협력 촉진 : 공동 연구 작업, 회의, 워크숍을 통해 전 세계 과학자들을 참여시켜 특히, 남·북간의 상호관계 강화
 - 유네스코와 국제지질학연맹(International Union of Geological Sciences)이 공동으로 운영하는 유엔 기관 내 유일한 국제적인 지구과학 프로그램

- 연 혁 : 1972년 출범

- 조 직
 - 국가위원회 (IGCP National Committee)
 - 사무국 (Geological Correlation 발간)
 - 과학위원회 (Scientific Board)

- 주요활동
 - 지층학, 고생물학, 퇴적학, 화석연료 연구
 - 제 4기(紀) 환경·공학 관련 지구과학 연구
 - 광물퇴적(鑛床), 암석학, 화산학, 지구화학 연구
 - 구조학, 지구물리, 구조 지질학 연구

- IGCP 사업의 특징
 - 학제적인 프로그램으로 지구과학 내 여러 분야 포괄
 - 유네스코의 다른 과학 프로그램과 연계되어 물, 생태, 해양, 대기, 생물학 등의 분야와 활발하게 상호작용, 유네스코 내 사업 방향의 우선순위 변화에 따라 학제적 사업과 주요한 환경 문제에 대한 지구적 접근을 더욱 더 강조하게 됨

- 사업기간 5년, 활용 가능한 예산과 제출된 사업 제안에 대한 동료 과학자들의 평가 결과에 따라 실행사업 수 달라짐
- 각 사업은 기층 과학자들로부터 시작, 5년이라는 제한된 기간 안에 수행, 동료 과학자들에 의해 정기적으로 평가받으며 IGCP로부터 국제적인 인정을 받음
- IGCP의 인정을 받음으로써 유네스코 외부에서 연구 수행을 위한 Seed Money를 늘려나갈 수 있음

○ 한국 참여현황

- 국내 IGCP 한국위원회 운영
- 2009년 12월 기준 39개 프로젝트 중 2개 참여 중
 - 507 Paleoclimates of the Cretaceous in Asia
 - 516 Geological Anatomy of East and South East Asia
- 참여연구원 : 이용일 (서울대학교), 이병주 (한국지질자원연구원)

○ 웹사이트 주소 : <http://www.unesco.org/>

10. 국제공동해양시추사업 (IODP)

- 명 칭 : 국제공동해양시추사업 (Integrated Ocean Drilling Program)

- 설립목적 :
 - 심해저 생물권과 해저지각 지구환경변화, 지진대의 과학적 이해 및 규명, 해양지각의 시추 및 장기적인 관측 등

- 성격 및 기능 :
 - 대형 연구 시추선을 전세계 대양에 투입해 해저지각 구조, 지구환경 및 기후 변화연구 및 미래형 에너지자원 등을 공동으로 연구하는 국제 협력사업

- 회원국
 - 미국, 일본, 영국 등 세계 20여개국

〈 IODP 가입국 분담금 납부현황 〉

가입국	미국	일본	유럽연합	중국	한국
분담금(억원/년)	400	400	200	10	3



IODP 시추선 (Chikyu)

○ 한국의 참여현황

- 가입을 위한 양해각서 초안 작성 및 협의 ('05. 9~'06. 6월)
- IODP 가입을 위한 양해각서 최종 서명('06. 7. 3)
- 현재, IODP에 정식으로 가입한 이래 아시아 컨소시엄의 대표국가로서 다른 아시아 국가의 가입을 주도하고 있음
- 국제공동해양시추(IODP) 사업의 한국 사무국(K-IODP)는 2009년 대전 한국 지질자원연구원에 개설

○ 기대효과

- 우리나라가 독자적으로 수행이 불가능한 해저 심부 시추 사업에 참여할 수 있게 되어 예산절감 효과 100억원 추정
- IODP시추선에 한국 과학자들이 승선하고 전 세계 해양에서 지난 40년간 획득한 시추시료 및 자료를 이용
- 세계에서 최고 수준의 해양과학 프로그램의 참여로 인해 국제사회에서 한국의 해양력 위상 강화

○ 웹사이트 주소

- 한국IODP 홈페이지 : www.kodp.re.kr