

해양수산과학기술 정책·기술동향

KIMST Insight

2023. 02



해양수산과학기술진흥원
Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion

발행처 해양수산과학기술진흥원
주소 06775 서울특별시 서초구 마방로 60
동원에프앤비 빌딩 8~10층
자료문의 연구개발본부 정책개발실



I. 정책동향

국내정책 : 제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027)	2
국내정책 : 2022년 해양조사 시행계획	7
해외정책 : IUCN issue brief: 심해 채굴(Deep-sea mining)	12

II. 기술동향

전문가칼럼 : 해양탐사	15
해외단신 : 스마트 해저 케이블 / 해저 특수 카메라	19

I 정책동향

국내정책

제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027)

정책소개

[극지활동 진흥 기본계획] 우리나라 극지활동의 미래 비전 설정 및 이를 달성하기 위한 세부실천과제를 담은 중장기 전략을 마련하기 위해 「극지활동진흥법」 제6조에 근거하여 해양수산부장관이 매 5년마다 수립

수립배경

- 극지는 기후변화 대응 등 글로벌 현안 해결에 기여하고, 극지 기술 패권을 확보하기 위해 중요한 지역
- 주요국들은 극지에 대한 영향력 확대를 위한 전략 수립 및 투자 확대, 극지 환경 보호를 위한 거버넌스도 활성화 되는 추세

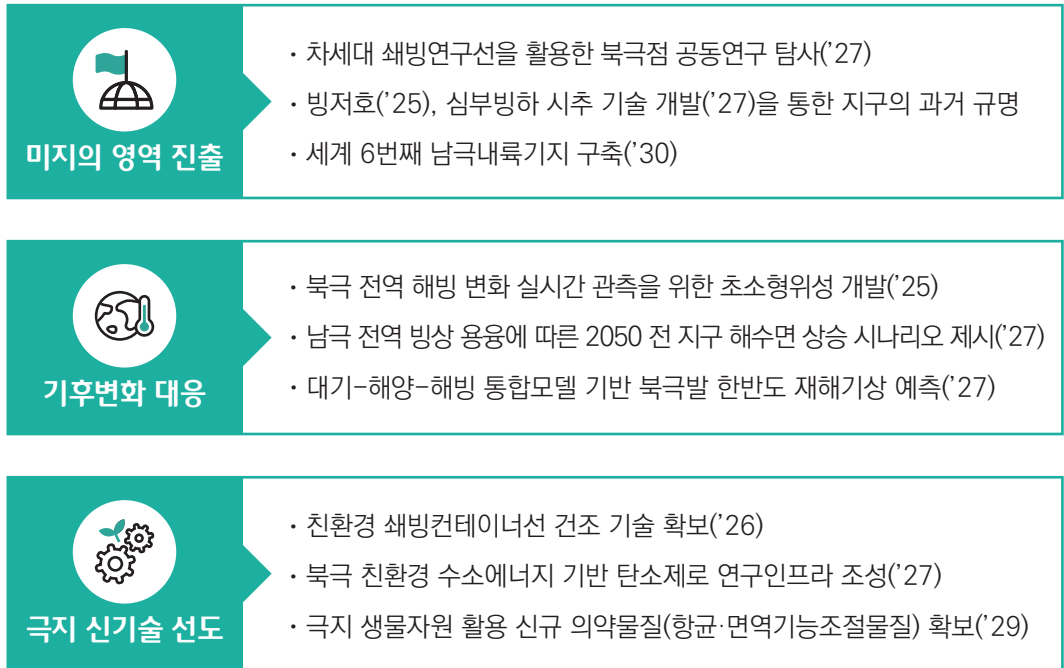
비전

국민을 위한 극지선도국가
미지를 향한 도전, 미래를 향한 도약

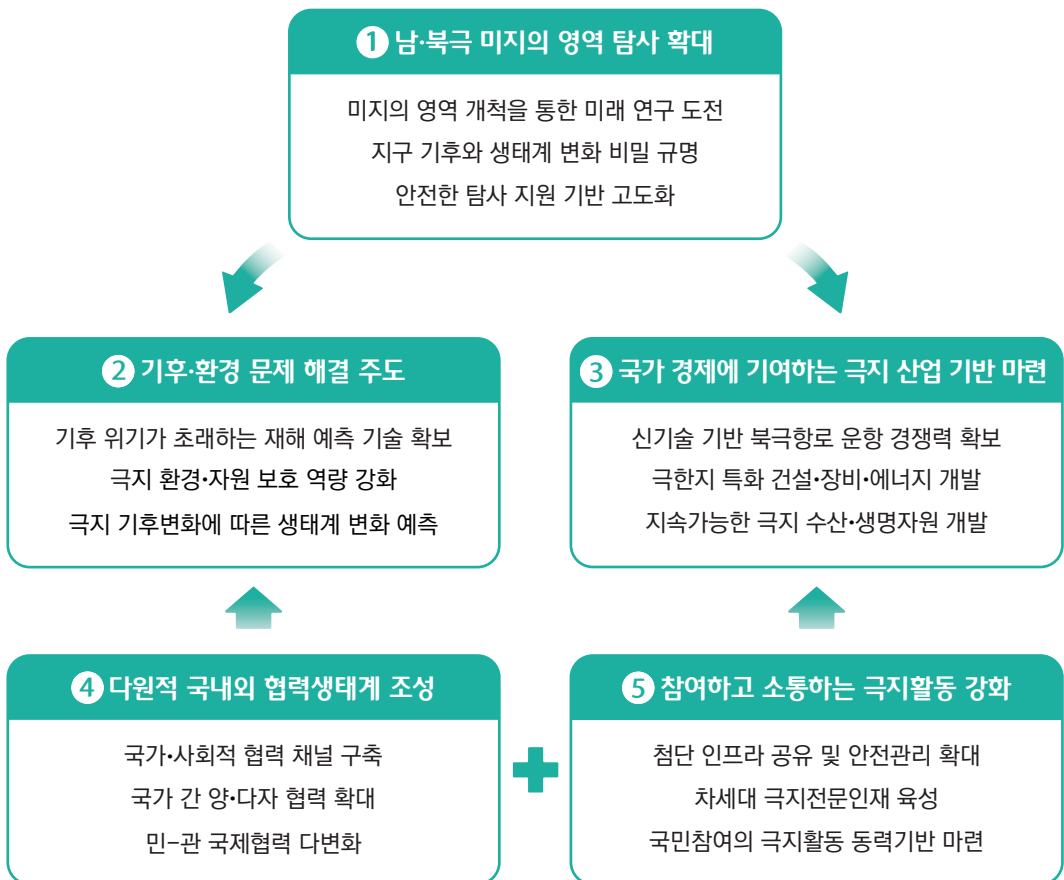
목표

	현재	2027년	2032년
미지의 영역 진출	<ul style="list-style-type: none"> · 북극해 일부 공해 (척지해, 보퍼트해, 동시베리아해) · 남극 내륙진출로 구축 	<ul style="list-style-type: none"> · 차세대 쇄빙연구선 활용 북극점 탐사 · 남극 내륙기지 후보지 선정 	<ul style="list-style-type: none"> · 아시아 최초 북극점 국제 공동연구 주도 · 세계 6번째 남극내륙기지구축('30)
기후변화 대응	<ul style="list-style-type: none"> · 북극발 한반도 기상변화 예측 정확도 최고 선도국 대비 40% · 남극 스웨이트 빙하 질량 변화 및 해수면 변동 예측 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극발 한반도 기상변화 예측 정확도 최고선도국 대비 60% · 2050년 전지구 해수면 변동 예측 선도국 대비 70% 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극발 한반도 기상변화 정확도 최고선도국 대비 90% · 2050년 남극발 한반도 인근 해수면 상승 예측 선도국 대비 100% 이상('31)
극지 신사업 기반마련	<ul style="list-style-type: none"> · 쇄빙컨테이너선 개발 기획 · 항생제·치매치료제 물질 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 친환경 쇄빙컨테이너선 건조 기술 확보('26) · 항생제·치매치료제 상용화 및 신규의약품질 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 친환경 쇄빙컨테이너선 건조 및 북극항로 운항 · 신규 의약품질(항균, 면역 기능 조절물질) 확보('29)

극지 프런티어 과제



5대 추진 전략



추진계획

추진과제		추진일정
1. 남·북극 미지의 영역 탐사 확대		
미지의 영역 개척을 통한 미래연구 도전	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 쇄빙연구선 기반 북극 고위도해역 국제공동탐사 추진 - 북극 고위도 육상 연구 한-덴-그린란드 협력 네트워크 구축 - 세계 6번째 남극 내륙기지 건설 기반 마련 	2023~2033 2023~ 2023~2030
지구 기후와 생태계 변화 비밀 규명	<ul style="list-style-type: none"> - 해양 퇴적물 시추를 통한 북극해 과거 기후 복원 - 심부빙하·블루아이스·해양퇴적물 시추를 통한 과거기후 규명 - 빙저호 시추를 통한 미지생명체 존재가능성 탐색 - 서남극 주요 빙봉 하부 저서생태계 탐사 	2024~2027 2023~2027 ~2025 2024~
안전한 탐사지원 기반 고도화	<ul style="list-style-type: none"> - 초소형위성을 통한 해빙 관측정보 생산 - 항공탐사 시스템 개발을 통한 남극 빙저지형 연구 - 극지 해양조사 및 해도제작 	2024~2028 ~2025 ~2026

2. 기후·환경 문제 해결 주도		
기후 위기가 초래하는 재해 예측 기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> - 대기-해양-해빙 통합예측모델 구축 - 남극발 해수면 상승 시나리오 제시 및 연안 침수 위험도 평가 - 해저메탄 방출 및 해저지질 환경변화 현상 관측 - 지체구조 연구를 통한 지질 재해 예측 	~2027 2023~2031 ~2026 ~2025
극지 환경·자원 보호 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 북극해 해양생태계 변화 시나리오 생산 - 신규 북극해 환경위험요소에 대한 관측체계 구축 및 대응 강화 - 북극권 환경인자 관측을 통한 환경·생태계 변화 규명 - 남극 해양보호구역 생태계 건강성 종합평가 추진 및 신규 보호구역 지정 노력 동참 - 특별보호구역 보존 효과 검토, 신규 보호구역 생태계 조사 추진 - 서남극 지역 해양플라스틱 대응 연구 	~2027 2027~ 2025~ ~2026 계속 2025~
극지 환경변화에 따른 생태계 변화 예측	<ul style="list-style-type: none"> - 동토층 융해에 따른 유해 미생물 위험성 파악 - 남극 생태계 변화 모니터링과 예측을 위한 장기관측·분석 기술 개발 	~2025 ~2026

3. 국가 경제에 기여하는 극지 산업 기반 마련		
신기술 기반 북극항로 운항 경쟁력 확보	<ul style="list-style-type: none"> - 북극권 운항선박에 특화 친환경·디지털·자율운항 기술 개발 - 선박 손상저감 선박 모니터링-평가-유지관리 종합 기술 개발 - 국내 항만 및 국적선사 북극항로 진출 기반 조성 - 북극해운정보 제공 시스템 구축 	~2027 2024~ 2024~ 2023~

추진과제		추진일정
극한지 특화 건설·장비·에너지 개발	- 북극 동토지역 플랜트 구조물 안정성 확보	2024~
	- 우주 등 극한환경 대응 모듈러, 에너지 기술개발	2023~
	- 극한지, 우주 자원 탐사 가능 무인 지반조사 장비 개발	~2026
	- 극한지 사물인터넷 및 무인이동체 기술 개발 추진	~2025
	- 민간기업과 극지 특화형 장비 공동 개발 및 기술이전	2025~
	- 친환경 에너지 개발 및 전환사업 참여	2024~
지속가능한 극지 수산·생명자원 개발	- 북극항로 운항 선박 탑재 가능 소형모듈원자로 기술 개발	2025~
	- CAOFA 대응 수산자원 모니터링 적극 주도	2023~
	- 우리나라 극지 어업에 대한 MSC 인증 지원 추진	계속
	- 북극해 해양생물자원 보호 위한 국제협력 추진	2024~
	- 극지 생물자원 활용 항균·면역기능조절 물질 개발	2025~2029
	- 남극 미세조류 천연물질 활용 기능성 화장품 개발	2025~
	- 극저온 환경 어류 유전체 정보 활용 저온 내성 어류 개발	2025~
- 수산협력을 통한 북극 중앙공해 진출 기반 구축	2025~	

4. 다원적 국내외 협력생태계 조성

국가·사회적 협력 채널 구축	- '범정부 극지 정책협의회' 구축	2023~
	- 북극 진출 산업계 네트워크 및 수요맞춤형 지원 강화	2023~
	- '한국형 북극 정보지도' 구축	~2025
국가 간 양·다자 협력 확대	- 북극권 8개국 맞춤형 협력사업 발굴 및 확대	2023~
	- 주요 남극권 국가와 양자 대화 확대	2024~
	- 북극과학장관회의 한국 개최 추진	~2026
	- 제49차 남극조약협의당사국회의 한국 개최	2027
민·관 국제협력 다변화	- 북극협력주간의 세계 3대 북극포럼 위상 확보	2023~
	- '서울 남극 포럼' 창립	2024~
	- '한국 북극협력 네트워크' 기반 협력사업 참여 확대	2023~
	- '극지 외교포럼(Arctic Club in Korea)' 기능 강화	2023~
	- 북극 원주민 지원 협력사업 참여 확대	2023~

5. 참여하고 소통하는 극지활동 강화

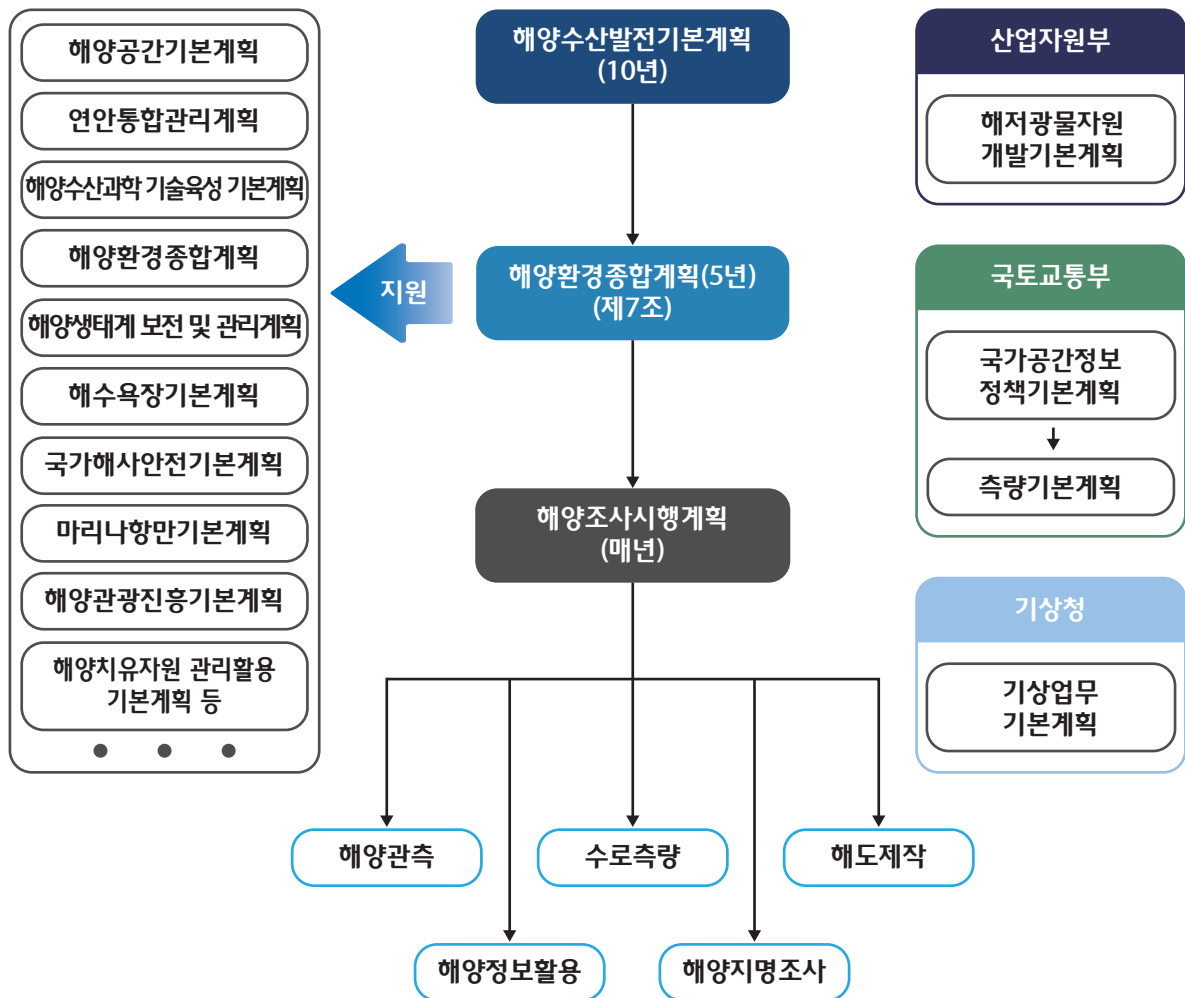
첨단 인프라 공유 및 안전관리 확대	- 지원체계 일원화 통한 공동활용 지원대상 연구 인프라 확대	2021~
	- '극지환경 재현 실용화센터' 건립	~2023
	- '극지통합정보시스템' 구축	2023~2026
	- 극지활동 기반시설 안전 점검 관리체계 구축	2023~
	- '극지의료지원센터' 설치	~2027

추진과제	추진일정
<p>차세대 극지전문인재 육성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분야별 인재 수요 발굴 및 전문인력 양성 연차별 계획 수립 - 극지 대학원 네트워크 구축 및 U-Arctic연계 - 극지연구 전문인력 양성 장학사업 추진 - UST-School 기반 극지과학분야 석·박사 과정 양성 - 운항인력 양성, 승무원 안전교육, 전문교원 역량강화 프로그램 개발 - 모의 ATCM, 북극이사회 경진대회 개최 및 국제교류 확대 	<p>2024~ ~2032</p> <p>2023~</p> <p>2023~</p> <p>계속</p> <p>2024~</p>
<p>국민참여의 극지활동 동력기반 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중장기 로드맵 및 연차별 홍보 전략마련 - 교과별 교육과정 극지 관련 내용 추가 반영 협의 - 극지 교육 표준 교재, 교구 및 수준 맞춤형 교육프로그램 개발 - 국내에서 극지활동 체험 가능한 '극지 축제' 신설 - 극지 브랜드 바탕 캠페인 및 극지 콘텐츠 공모전 추진 	<p>2023~</p> <p>2023~</p> <p>2024~</p> <p>2024~</p> <p>2024~</p>

I 정책동향

국내정책
2022년 해양조사 시행계획

수립근거 「해양조사와 해양정보 활용에 관한 법률」 제7조(21.2 시행)에 근거하여 해양수산부장관이 기본계획에 따라 연도별 시행계획을 수립·시행



해양조사 시행계획의 위상
(출처: 해양수산부)

주요내용

- ◆ 해양재난대응을 위한 3차원 광역 해수유동 관측기술 개발 등 R&D사업 추진을 통해 입체적 해양관측망 구축 기반 마련 등
- ◆ 최외곽 해역을 포함한 관할해역의 지속적인 해양조사 추진 및 체계적인 국가해양관측망 관리운영을 통한 기초 해양정보 확보
- ◆ 4차 산업혁명 디지털시대에 맞춰 해양정보의 융·복합 활용을 위한 디지털 전환과 품질, 규격 등 표준화된 해양정보 제품 생산기반 마련

비전 및 목표

<p>[비 전]</p> <p>스마트 종합해양정보 제공으로 해양강국·국민행복 견인</p>	<p>[목 표]</p> <p>해양예보 정확도 향상 및 해양사고 지원체계 강화</p> <p>4차 산업혁명 디지털시대에 맞는 해양정보 제공</p> <p>스마트 기술 접목으로 선진국 수준의 해양조사·정보 인프라 구축</p>
---	--

추진전략 및 중점과제

추진 전략		중점과제
E	디지털 해양정보 활용을 통한 해양 신산업 창출 (Economy)	① 스마트 해양신산업 지원 인프라 구축 ② 신기술을 활용한 해양조사·정보 기술개선
C	국민행복을 위한 맞춤형 해양정보 제공 (Communication)	③ 모바일 기반 생활밀착형 해양정보 제공 ④ 항해안전을 위한 해양정보 제공 ⑤ 자료 고품질 유지 및 검증체계 강화 ⑥ 해양정보활용센터 설립 및 융·복합활용강화
H	전 해양을 아우르는 3차원 관측과 예측 (Harmony)	⑦ 3차원 해양관측망 구축 운영 ⑧ 관할해역에 대한 체계적 해양조사 ⑨ 위성기반 입체적 해양관측 이행 ⑩ 한반도대수조 구축 기반 마련 ⑪ 미래를 위한 해양조사 체제 개선
O	국민안전을 위한 문제 해결형 대응체계 구축 (Ocean safety)	⑫ 해양사고 예방 및 대응을 위한 해양정보 제공 ⑬ 기후변화 대응을 위한 해양현상 감시 및 연구
+G	해양조사 글로벌 기여를 위한 국제협력 강화 (Global)	⑭ 해양조사 영역 글로벌 확대 ⑮ 국제협력 외연 확대 및 내실화

*ECHO+G : 새로운 기술과 도전으로 우리나라 해양조사의 새로운 반향(ECHO)을 전세계적(Global)으로 확산시킨다는 의미 함축

15개 중점과제 추진계획

1 스마트 해양신산업 지원 인프라 구축

- 국가 해양 GIS 핵심기술의 국산화 개발연구 : 해역별 특성 반영한 제품 및 S/W 개발
- 국제표준 디지털 해도 변환 선도 및 제도정비 : 국제표준 변화 선제적 대응, 업무개선
- 차세대 수로제품(S-104, S-111) 제작 : 최적화 생산 방안 마련, 국제 동향 파악
- 해양조사선의 효율적 관리운영 및 노후선박 대체건조 추진

2 신기술을 활용한 해양조사·정보 기술개선

- 해양조사기술 발전을 위한 연구·개발 사업 추진 : 기술개발 과제 수행, R&D 사업 추진
- 수로측량 신기술 개발 : 정밀조사측량 기술개발, 해저면 특성 분류 기술개발
- 무인해양조사 : 무인조사장비 활용 최외곽 해역 특성자료 확보, 인프라 확충/교육 추진
- 빅데이터, 인공지능 기반의 해양변동 예측 신기술 개발 : 신기술 개발 및 정확도 개선

3 모바일 기반 생활밀착형 해양정보 제공

- 사용자 친화적인 해양안전정보 모바일 서비스 : '안전海' 앱 개편 및 클라우드 운용
- 국민 맞춤형 해양관측정보 확대 서비스 : 조석·조류 예보 확대, 조류예측정보 제공·개선
- 국가 해양정보를 집대성한 '국가해양아틀라스' 발간: 원고 정확성 검증, 홍보전략 마련
- 해양예보방송을 통한 대국민 해양예보서비스: 예보방송 상시 운영, 기획방송, 품질개선
- 해양예보지수 및 해황예보도 서비스 확대·개선 : 해양예보지수 알고리즘 개선 및 확대

4 항해안전을 위한 해양정보 제공

- 최신 해양정보를 반영한 해도 제작 : '21년 해양조사 성과 반영 해도 제작 및 보급
- 국가 해저지형표면(S-102) 서비스: 관할해역 해저지형 표면 갱신·제공
- 항해서지 간행 및 항행통보·경보 서비스 : 항해서지-6종, 항행통보-매주, 항행경보-수시
- 연안항로 안전정보 수집·관리 강화 : 항해용 간행물 최신화를 위한 연안항로조사
- 바다누리 해양정보 서비스 개선 : 해양예측·관측 정보 서비스 체계 개선
- 항계안전을 위한 해무예측정보 생산 및 해양정보 분석 : 주요 10개 항만 관측·예측정보 제공, 해무예측 정확도 개선·신규 구축·서비스, 항만 정온도/부진동 정보제공 방안 마련

5 자료 고품질 유지 및 검증체계 강화

- 해양정보 품질 검증위원회 운영 : 품질관리체계 타당성 검토 및 자문
- 해양관측정보생산·품질체계강화 및 표준화 : 관측방법 개선 및 품질관리 실시
- 해양예측자료 검증·평가 체계 개선 및 확대
- 수로측량 품질관리: 종합 품질관리 수행, 본원-지방소 기술지도 및 적합성 심사 수행
- 해양조사자료 품질관리 개선 연구 : 자료 활용도 제고용 품질관리 개선·분석기법 연구
- 해양위성정보 품질검증체계 구축 및 운영 : 기본산출물 품질검증 기반자료 확보·분석
- 해양조사장비 검정센터 운영 및 성능검사 강화 : 검정센터 설비 개선 및 유지관리

6 해양정보활용센터 설립 및 융·복합활용강화

- 해양정보 관리의 디지털 전환 : 생산-활용 전 분야 디지털 전환, 데이터 시장 창출
- 민간 중심의 해양정보 활성화 기반 조성 : 중·장기 추진 과제 발굴 및 협력관계 조성
- 해양과학조사자료 관리기관 운영 : '21년 자료 목록 수집·관리·제공, 공동활용 협의체 운영

7 3차원 해양관측망 구축 운영

- 국가해양관측망 로드맵 수립 및 이행기반 조성 : 전 해양 대상 중장기 전략 마련
- 국가해양관측망 확대 구축 및 이설 : 조위관측소·이안류 관측부이 신설, 해수유동관측소 이설
- 국가해양관측망 해양관측자료 분석 및 공유·서비스 : 종합분석 및 간행물 발간·배포
- 해양재난대응을 위한 3차원 해수유동 관측 기술 개발 : R&D 2차년도 사업 추진
- 조위·해양관측소 안정적 관리 및 장비의 현대화 : 조위관측장비 이중화, 손해보험 갱신
- 해양관측부이 및 해수유동관측소의 운영 강화 : 전문업체를 통한 관측장비·시설물 관리
- 종합해양과학기지 안정적 운영 및 활용 강화 : 체류 여건 개선용 설비 보수·보강

8 관할해역에 대한 체계적 해양조사

- 해양수직기준면의 체계적 관리 및 조사 : 조석격자망·연속해양수직기준면 갱신 및 배포
- 조석·조류 예보 정확도 제고를 위한 해양관측
- 관할해역에 대한 해류 및 해양물리특성 관측 강화 : 정기적 해류 관측·물리특성 조사
- 국가해양기본조사: 울릉대지·흑산도서부 자료 확보, 제주도·남해 천부지층자료 분석·도면화
- 영해기점 영구시설 유지관리 : 영해기점 및 해양영토 확보 기반시설물 유지관리 위탁
- 해양경계확정 기술지원 및 협력 강화 : 정책결정 필요 기술 및 법정요구 자료 지원
- 연안해역조사 : 안전한 이용을 위해 수심, 항해위험물 등의 정보 수집
- 항만해역조사 : 정밀수로측량을 통한 항해안전과 항만관리 지원, 수심 변화 모니터링

9 위성기반 입체적 해양관측 이행

- 위성기반 해양분야 현안대응 및 기술개발 : 해양위성정보 종합분석 및 활용지원
- 해양위성정보 관리시스템 구축 및 운영 : 관리시스템 고도화, 전산장비 도입, 정보화
- 해양위성의 안정적 운영 : 천리안 2B호 관제분담 및 보험가입, 지상국 유지관리

10 한반도대수조 구축 기반 마련

- 한반도 해양디지털트윈 구축을 위한 연구·개발 : 국제표준화 현황 조사, 기술분석
- 맞춤형 해양예측정보 제공을 위한 서비스 기술 개발 : 자동제공·3D 데이터 기술 설계
- 골재채취해역 해저지형변화 모니터링 : 채취지역 지형변화 모니터링 및 변화양상 분석
- 해저 특이지형(연안사퇴) 분석 연구 : 태안반도 해저사퇴 장·단기 발달양상 규명

11 미래를 위한 해양조사 체재 개선

- 해양조사기술자 능력배양 및 전문인력 양성 : 해양조사기술자 교육훈련 운영
- 조직개선 및 업무 환경변화 대응 : 정책여건 및 조직신설 등에 따른 조직적 대응 마련

12 해양사고 예방 및 대응을 위한 해양정보 제공

- 해양예측시스템 운영 및 유지관리 : 일일 모니터링 체계 확대, 고해상도 파랑모델 도입
- 해양예보를 위한 해양정보 분석 및 신기술 연구 : 해양예보 혁신전략 매뉴얼 마련
- 예측정확도 향상을 위한 수치모델 개선 : 고해상도 통합모델 구축 및 자료동화 확대
- 실시간 이안류 감시체계 확대 운영 : 알고리즘 신규 개발, 체계 확대, 실시간 정보 제공
- 해양예보 의사결정 지원 체계 및 서비스 개선 : 시스템 개선 및 최적화

13 기후변화 대응을 위한 해양현상 감시 및 연구

- 해안선 변화관리 : 5년 주기 조사·원격조사, 해안선 길이 통계 발표, 갯골 분포도 제작
- 폭풍해일 해안침수예상도 현행화 및 고도화 연구 : 해안침수예상도 갱신, 기준해일고 고도화
- 연안재해 취약성(위험) 평가 및 평가체계 개선 : 평가인자 현행화, 확률 도입을 통한 고도화
- 관할해역 장기 해수면 변동 감시·전망 및 영향 분석·활용 연구
- 해양과학기지 활용 학술 연구 : 다학제적 연구 지속, 연구 수요조사, 커뮤니티 활동 촉진
- 해양 기후변화 진단 및 장기전망 연구

14 해양조사 영역 글로벌 확대

- 남극 해양조사 및 해도제작 : 남극 과학기지 주변해역 해양조사 추진
- 차세대 수로정보(S-100) 표준개발 선도 : S-100 연구개발센터 등 구축 추진
- 동해 표기 확산 및 해양지명 표준화 : IHO 신표준 승인을 위한 PT활동 적극 참여

15 국제협력 외연 확대 및 내실화

- 해양조사 공적개발 원조(ODA) 확대 : 조지아 인프라 구축, 신규 ODA 발굴, 인도네시아 해양관리를 위한 천리안 2B호 활용체계 구축, 해양위성 활성화 및 최신 기술교류
- IHO 회원국 능력배양 활동 지원 : IHO 이러닝 센터 구축 기반 마련, 전문성·역량 강화

I 정책동향

해외정책

IUCN issue brief: 심해 채굴(Deep-sea mining)¹

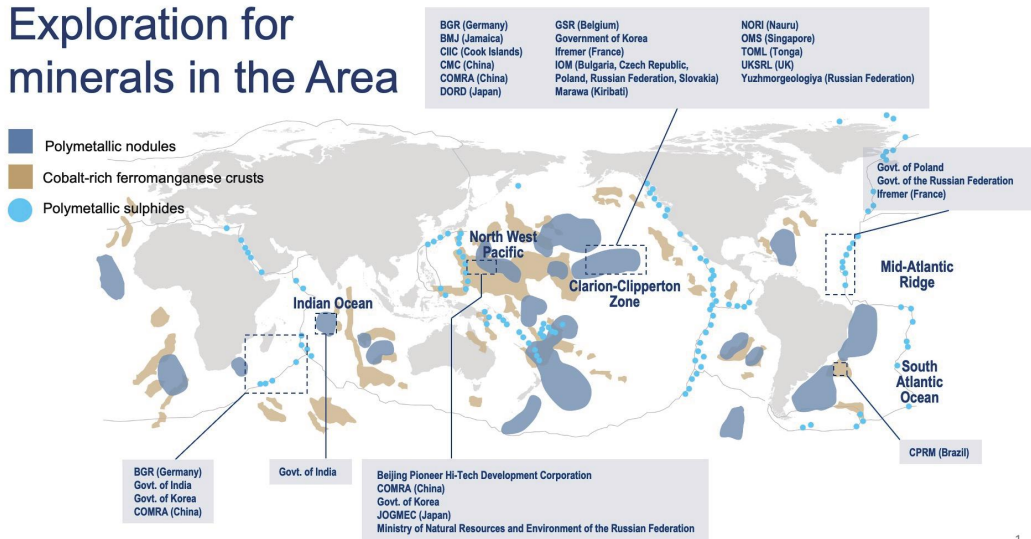
요약

- 심해 채굴** : 심해저(수심 200 m 이상)에 매장된 광물을 회수하는 과정
- 육상자원의 고갈과 금속에 대한 수요 증가로 서식지 파괴와 종의 전멸을 초래할 수 있음에도 심해 채굴이 곧 시작될 수 있음
 - 심해채굴은 IUCN(세계자연보전연맹, International Union for Conservation of Nature)이 명시한 평가 도입과 효과적인 규제, 완화 전략을 포함하는 기준이 충족되기 전까지 중단되어야 함
 - 심해 생태계와 그것이 인류에게 제공하는 음식 및 탄소 격리와 같은 중요한 서비스들을 잘 이해하기 위해서는 포괄적인 연구가 필요함

현황

- 심해 채굴은 해양 생태계에 심각한 피해를 미칠 수 있으나 보호 조치를 이행하기 위한 지식과 수단 부족
- 광물 자원(구리, 알루미늄, 망간, 리튬, 코발트 등)에 대한 수요가 스마트폰, 배터리 등의 생산을 위해 증가하고 있으나 육상에서 고갈되고 있어 해저 광상에 대한 관심 고조

Exploration for minerals in the Area



(출처: International Seabed Authority, 2021)

¹ <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/deep-sea-mining>

- 국제해저기구(ISA)는 2022년 5월까지 31건의 심해 광상 탐사 계약을 체결하여 몽골 면적에 이르는 해저(150만 km²)가 탐사 대상이 됨
- 공해에서의 채굴은 2026년에 시작될 수 있으나 지속 가능한 수준으로 관리하기 위한 규정과 기준, 지침을 마련하기 위한 연구가 완료되지 않았음

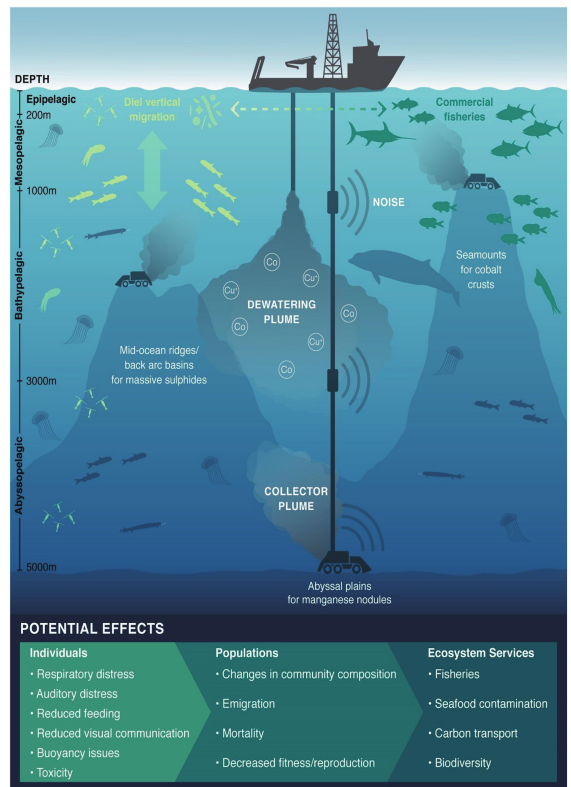
심해 생태계의 중요성

- 해저에는 심해 평원과 해산, 열수 분출구, 해구와 같은 다양한 지질적 특성이 있음
- 다양한 지질적 특성에 적응한 독특한 종들이 생태계를 이루고 있음
- 심해 생태계와 이를 바탕으로 생계를 유지하는 30억명의 인구를 심해 채굴의 잠재적 영향으로부터 보호하기 위한 평가 기준, 보호 장치 등을 마련하기 위한 연구와 이해가 부족함

심해 채굴이 해양 생태계에 미치는 예상 영향

<p>해저 교란 (Disturbance of the seafloor)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 기계에 의한 해저 채굴은 심해 서식지를 변경 및 파괴 ◆ 종과 생태계의 구조 및 기능 소실 초래 ◆ 가장 직접적 영향으로 영구적인 피해를 입힐 가능성이 높음
<p>퇴적물 플룸 (Sediment plumes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 채굴 및 채굴선의 폐수 배출로 인한 부유물 플룸 생성 ◆ 수백 킬로미터까지 분산되며 다시 퇴적되기까지 오랜시간 소요 ◆ 동물의 질식 및 시각적 소통 차단, 여과섭식자에 악영향 등, 해양 생태계 교란 및 상업적으로 중요하거나 취약한 종에 영향
<p>오염 (Pollution)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 채광 장비 및 선박에 의한 소음과 진동 빛 등에 의한 고래와 참치, 상어 등의 생물에 대한 악영향 ◆ 연료 및 독성 제품 누출 또는 유출에 의한 잠재적 오염 영향

심해 채굴의 잠재적 영향



(출처: Amanda Dillon, Drazen et al. 2020)

향후과제

- UN해양법협약(UNCLOS)에 따라 심해저 및 그 곳의 광물자원은 인류 공동 유산임
- 따라서 전 인류를 위하여 심해저는 아래 사항들을 포함하여 관리되어야 함

경제적 이익의 공유

해양 과학 연구 지원

해양 환경의 효과적 보호

- 2021년 9월 IUCN 세계자연보존총회에서 아래 내용들을 포함한 다양한 조건들이 충족되기 전까지 모라토리엄을 통해 심해 생태계와 생물다양성을 보호한다는 결의안 122호가 채택됨

IUCN 결의안 122호 포함사항

- 심해 채굴의 위험성을 종합적으로 이해하고 효과적인 보호가 보장 될 것
- 포괄적인 기초 연구를 기반으로한 엄격하고 투명한 영향 평가
- 예방 원칙과 '오염자 부담의 원칙'의 시행
- 광물의 재사용 및 재활용을 위해 순환 경제 원칙을 통합하는 정책의 개발 및 구현
- 의사결정 전반에 대한 대중 의견 반영
- 심해 채굴 관리·경영은 투명하고 책임 있으며 포괄적, 효과적이며, 환경적 책임이 있음

II 기술동향

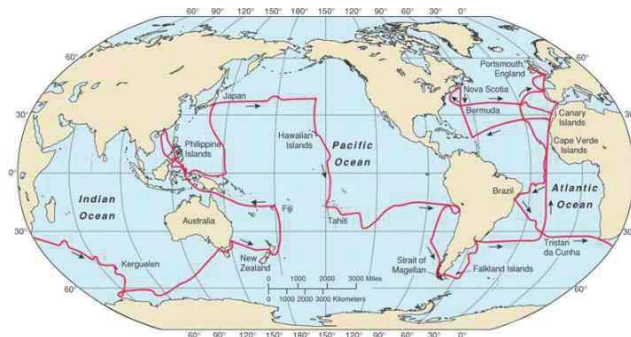
전문가칼럼
해양탐사

이재학(지오시스템리서치 고문,
전 한국해양과학기술원 책임 연구원)

들어가며

해양강국이던 영국은 1872년부터 1876년까지 챌린저호 탐사를 수행하였으며, 해양학자들은 이를 해양 관측의 출발이라고 말한다. 전 대양에서 수온과 해류를 비롯하여 해양 생물, 해저 지질 및 수심에 이르기까지 해양 자료를 처음으로 수집하였기 때문이다. 해양에서 가장 깊은 마리아나 해구의 챌린저 해연(Challenger Deep)을 발견하였고, 약 4,700종의 해양 생물을 발견하였으며, 해수면에서 심층까지 수온 분포의 특성을 관측하였다. 이 관측 자료들로부터 심층수가 북극과 같은 고위도에서만 형성된다는 것을 알게 되었다. 탐사에서 얻어진 263지점의 수온 자료와 77지점의 화학 성분 자료가 100년도 훨씬 지난 뒤에 해양 순환과 기후변화 연구에 주춧돌이 될 것이라고 아무도 생각하지 못했다.

Challenger expedition 1872-1876



(출처: Wikipedia)

해양탐사의 중요성

2019년 과학 저널 Science에 흥미로운 논문 한 편(Gebie and Huybers, 2019)이 게재되었다. 태평양 심해 일부 수심대의 수온이 지난 150년 사이에 $0.02^{\circ}\text{C}\sim 0.08^{\circ}\text{C}$ 정도 감소하였고, 이러한 냉각은 1300년~1870년의 소빙하기 영향이 이제 태평양 심해에 나타났을 가능성을 보여준다는 것이었다. 소빙하기 기억을 담은 타임캡슐이 북대서양 북쪽에서 출발하여 태평양 심해까지 도달하는 데 150년 이상 걸린 셈이다. Gould & Cunningham(2021, Commun Earth Environ)은 현재의 해수면 염분은 1870년대와 비교하여 고염 해역은 염분이 더 높아졌고 저염 해역은 염분이 더 낮아졌다고 보고하였다. 이에 앞서 Roemmich et al.(2012, Nature Climate Change)은 관측 자료에 기반하여 전 지구 해수면 온도가 135년 사이에 0.59°C 상승하였다고 추정하였다.

아울러 수온 상승 정도는 수심이 깊어짐에 따라 작아지고, 태평양보다 대서양에서 온난화 경향이 우세하였음을 확인하였다. 대양 컨베이어벨트로 불리는 열염순환이 매우 느리고 해양기후 변화가 진행중임을 증명한 이 논문들의 근거는 챌린저호 탐사 자료였다. 해양탐사의 필요성과 중요성을 잘 보여주는 예다.

해양탐사 경향 : 기술 발달

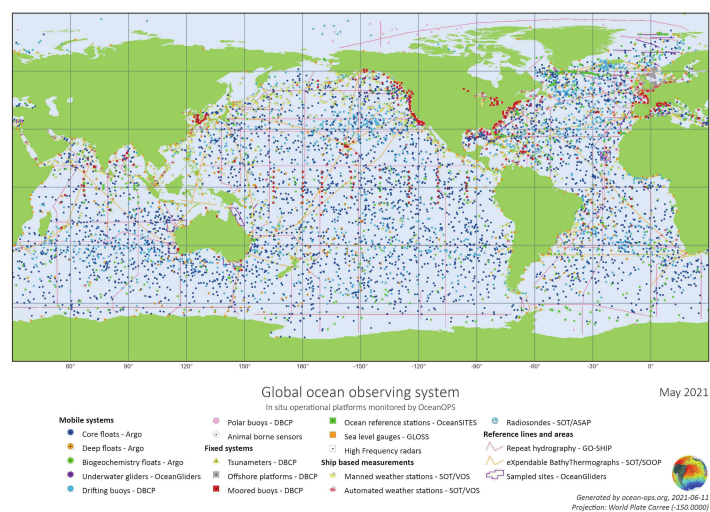
챌린저호 관측 시기에는 해양탐사의 플랫폼은 선박이 유일하였으며 화학 성분 분석을 위하여 해수 샘플은 육상 연구실로 옮겨와야 했다. 이제 빅데이터의 산실이 된 해양탐사는 유인 관측에서 무인화 및 자동화, 분석 관 측에서 실시간 관측, 좁은 영역 관측에서 광역 동시화, 단일 관측에서 반복 관측으로 급속하게 바뀌고 있다. 이의 배경에는 인공위성 활용이 절대적인 위치에 있으며, 음파와 전자기파 응용 및 다양한 공학 기술이 적용된 무인 관측 기술 발전이 있다.

인공위성의 활용은 직접 관측 및 관측 자료의 전송으로 나뉜다. 직접 관측의 경우 탑재된 관측 센서를 이용하여 해수면 높이, 해수면 온도, 해색, 해상풍, 해수면 염분까지 다양한 해양 자료를 수집한다. 관측 요소에 따라서 특정한 주파수대의 전자기파를 이용한다. 예를 들면, 해수면 염분은 L Band 주파수 대역을 이용한다. 이동통신 LTE 대역으로 육지 근접 해역에서 위성 기반 해수면 염분 자료가 제공되지 않은 이유가 된다. 관측 자료의 전송은 무인 관측의 인프라에 해당하며 뜰개(Drifters), Argo 플로트 및 글라이더 등의 활용을 극대화한 배경이 된다. 최근 기술 발달이 눈에 띄는 분야는 무인 플랫폼이다. USV(Unmanned Surface Vehicle), ASV(Autonomous Surface Vehicles) 또는 ASC(Autonomous Surface Crafts) 등으로 부르는 해수면 무인 관측 플랫폼 과 심해 무인 관측 플랫폼으로 나눌 수 있다, USV의 대표적인 예로 Wave Glider, Sairdrone 등이 있다. 심해 관측 플랫폼은 Argo 플로트, 수중 글라이더 및 무인 잠수정(AUV, Autonomous underwater vehicle) 등이 있다. 특히, Argo의 경우 해양 관측의 한 획을 긋는 가장 성공적인 관측 수단으로 인정받고 있다. 해저 관측은 유선 관측망(CSO; Cabled Seafloor Observations)과 AUV 관측 증가가 특징적으로 무인, 실시간 및 반복 관측의 경향이 뚜렷해졌다. CSO의 경우 미국(VENUS, MARS, ACO 등), 캐나다(NEPTUNE), 일본(지진 쓰나미 DONET, NIED) 및 EU (북극해 ESONET) 등이 운용 중이며 최근 중국(남중국해 SCSSON)도 설치하였다. 해저 통신 케이블을 이용한 해양 관측은 새로운 아이디어는 아니나 이의 실행을 위한 시도는 지속적으로 이루어지고 있다(SMART, Howe et al. (2019, Frontiers in Mar Sci)).

해양탐사 경향 : 조직화

해양학 연구의 목적은 궁극적으로 해양의 이용 및 보존에 필요한 해양과학적 정보 생산이라고 할 수 있다. 해양 과정과 기후변화에서 해양 역할의 과학적 이해에 초점을 맞춘다면 해양탐사는 매우 잘 조직화 되어 있다. 대표적으로 IOC/UNESCO가 1991년 설치한 GOOS(Global Ocean Observing System)의 활동이다. GOOS 관측 조정 그룹에서는 대체로 관측 수단별로 12개의 해양 관측망을 구분하고 해양 관측망 유지 및 확대를 이끌고 있다.

관측 수단	성격	기능	Website
Data Buoy Cooperation Panel (DBCP)	WMO와 IOC 합동 기구. GOOS/GCOS, WWW, WCRP 및 IGOS에 기여	계류 및 이동 부이로 해양-대기 변수 관측. Global Drifter Program 포함	https://www.ocean-ops.org/dbcp/
Ship Observations Team (SOT)	VOS, ASAP 및 SOOPIP를 통해 운영	대기 변수 관측, XBT 투하 등	https://www.ocean-ops.org/sot/
Global Sea level Observing System (GLOSS)	JCOMM (WMO, IOC 후원으로 수행)	해수면 관측	https://gloss-sea-level.org/
Global Array of Profiling Floats (Argo)	GOOS/GCOS의 일부, CLIVAR 및 GODAE 사업에 기여	2000-6000m 까지 수온 및 염분 등 관측, 4,000개 유지 목표.	http://www.argo.net/
GO-SHIP	GCOS/GOOS의 일부, CLIVAR 및 IOCCP에 기여	10년 단위로 수온, 탄소, 영양염 등 전 수층 반복 관측. WOCE line 유지	https://www.go-ship.org/
OceanSITES	GOOS의 일부	해양-대기 변수를 시계열 계류 관측	http://www.oceansites.org/
Ocean Gliders	GOOS의 일부	해양 변수 관측	https://www.oceangliders.org/
Global HF Radar Network	IOOS GEO 활동	연안 해류	http://global-hfradar.org/
Animal-Borne Ocean Sensors (AniBOS)	GOOS의 일부	해양 동물에 센서 부착 및 해양 변수 자료 수집	https://anibos.com/



GOOS 관측망 운영 현황

(출처: GOOS website)

해양강국 이라는 말

해양강국이라는 말을 자주 듣게 된다. 현 정부는 접두어 하나를 붙여 ‘新해양강국’을 내세웠다. 대상의 범위가 넓어져 해운과 수산을 아우르고 경제력의 해양강국 개념이 강하다. 그러나 해군력과 같은 힘의 해양강국은 해양학의 뒷받침 없이는 불가능하다. 영국은 쉘린저호 탐사 당시 최고의 해양강국이었으며, 최근에는 미국, 일본, 러시아(구 소련)가 태평양의 해양강국으로 일컬어져 왔다. 해양강국의 이유는 이들 국가의 해양탐사 기록에 고스란히 나타난다. 북서태평양 해양탐사의 효시였던 CSK(Cooperative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions, 1965-1979) 사업에 참여하면서 서태평양 해양 조사를 시작한 러시아는 이후 태평양 전체를 아우르는 해양 조사를 이어가 냉전시대 미국과 세계 양대 강국으로서 힘을 겨루었다. 일본은 하나의 예로 1967년 CSK 사업으로 시작한 동경 137도상 일본-파푸아뉴기니 해양조사를 지금까지 매년 수행하여 서태평양 해양 종주국의 위상을 떨치고 있다. 미국은 TAO 관측망이나 Argo, Surface Drifters Program, GO-SHIP 등 여타 해양 관측에서 주도적인 역할을 하고 있다. 해양강국의 배경에 해양탐사가 있음을 알 수 있다. 최근 중국은 해양탐사에 대대적인 투자로 북서태평양에서 해양 조사를 선도하고 있다. 이제 중국이 해양강국에 들어서는 것은 시간문제다.

얼마 전 발표된 우리나라 ‘제5차 과학기술기본계획(2023-2027)’에 ‘과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응’ 전략의 추진과제로 ‘연안-대양-극지 탐사로 미래자원 확보 및 해양안전체계구축’이 포함되었다. 해양탐사를 일컫는 반가운 주제다. 해양탐사는 해양강국에 이르는 필요조건이다. 이 추진과제가 잘 수행되기를 기대해 본다. 현재 GOOS가 제시하는 대양 관측망 전체에 대한 우리나라 기여도는 우리나라 EEZ를 제외한다면 거의 제로에 가깝다는 점을 항상 인식해야 한다.

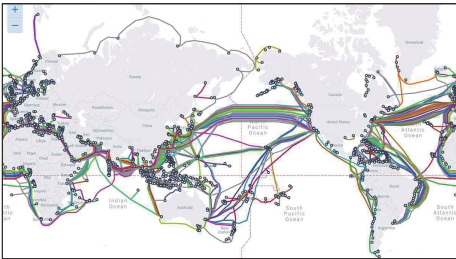
<p>일본 137E 반복 관측선 (1967-현재)</p>	<p>러시아 POI 해양탐사 (1976-2016)</p>	<p>중국 IOCAS 해양조사 예 (2016-2017, 빨간 별:해류계 계류 지점)</p>

II 기술동향

해외단신

스마트 해저 케이블 / 해저 특수 카메라

해저 케이블 기반 기후변화 모니터링



TeleGeography에서
제공한 미래 해저 케이블 지도

(출처: TeleGeography)

센서를 활용한 스마트 해저 케이블²⁾(‘22.12.)

현재 대부분의 지진관측 네트워크는 육지에 분포하고 있어 지진파가 해저에서 어떻게 전달되는지에 대한 정보가 부족할 실정이다. 태평양 쓰나미 경보 센터(Pacific Tsunami Warning Center)는 해저에서의 지진 네트워크를 구축하게 된다면 지진을 더 잘 이해할 수 있으며, 지진 재해에 더 빨리 대비할 수 있을 것이라 주장했다. 스마트 센서를 활용한 해저 케이블은 지진 조기 경보, 쓰나미 예측 및 기후변화를 포함하여 많은 문제를 해결하는 데 도움이 될 정보를 제공할 수 있다. 지진으로 인한 재해가 자주 발생하는 포르투갈을 스마트 센서 적용의 테스트 지역으로 선정하는 것을 시작으로, 글로벌 규모로 확장하게 된다면 재해 발생에 대한 대비뿐만 아니라 기후변화를 더욱 효과적으로 모니터링할 수 있을 것으로 기대된다.

해저 촬영용 특수 카메라



태즈메이니아의
해저 1000 m에 배치되는 DeepBRUVS

(출처: CSIRO)

해상공원 보호에 쓰이는 호주의 해저 특화 카메라 기술³⁾(‘23.1.)

호주 연방과학산업연구기구(The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) 과학자들은 해양생물이 자연에서 어떻게 살아가는지 보기 위해 두개의 카메라 시스템을 개발해서 이용하고 있다. 테즈메이니아 해저 4000 m에서는 deep-towed camera 를 끌고 다니며 신종을 포착하고 1000 m에서는 원격 미끼 수중 비디오 시스템(Deep-BRUVS)으로 다른 도구로는 잘 보이지 않는 종을 유인해 촬영한다. DeepBRUVS는 한번 원격으로 미끼를 배치하면 36 시간 동안 중단없이 해저의 고해상도 비디오, 사진을 캡처할 수 있다. 현재 CSIRO에서 이렇게 수집한 데이터를 활용해 호주의 60개 해상공원을 관리하고 있다.

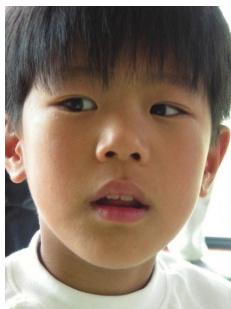
2 <https://eos.org/articles/making-underwater-cables-smart-with-sensors>

3 <https://www.abc.net.au/news/2023-01-05/specialised-csiro-cameras-capture-creatures-4kms-under-sea/101828374>



해양수산과학기술진흥원 Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion

실종아동을 찾습니다



김 일 형
당시 8세 10개월

발생일자

2010년 9월 4일

발생장소

충남 서산시

신체특징

키 125cm, 체중 20kg,
자폐성장애, 왜소한 체격,
가름한 얼굴형, 검정색
스포츠허머리



정 승 연
당시 3세 0개월

발생일자


2006년 10월 24일

발생장소

경기도 성남시

신체특징

키 110cm, 둥근 얼굴형,
아원 체격, 본인 이름을
말할 수 있음

문의·제보처 02-777-0182 (혹은 국번없이 182) 자료제공  아동권리보장원

콘텐츠 문의 및 구독 신청 박정미 연구원 T 02-3460-4077 E wjdal0659@kimst.re.kr