보고서발간번호

수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간영향 평가를 위한 기획 연구

Research planning for the assessment of the Arctic environment and human impact using Internet of Underwater Things (IoUT)

2022. 7. 31

한 국 해 양 과 학 기 술 원
부 설 극 지 연 구 소

KOPRI
극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “ 수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간영향 평가를 위한 기획 연구” 에 관한 연구 과제의 보고서로 제출합니다.

2022. 8. 31.

연 구 책 임 자 : 나 형 술

핵심참여연구원 : 김 주 홍

“ : 김 현 철

“ : 박 기 홍

“ : 박 태 욱

“ : 신 동 섭

“ : 양 은 진

“ : 진 영 근

“ : 정 지 훈

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

보고서 초록

과제관리번호	PE21490	해당단계 연구기간	21.8.1 ~ 22.7.31	단계 구분	해당 없음
연구사업명	중 사 업 명				
	세부사업명				
연구과제명	중 과 제 명	정책 연구 및 지원사업			
	세부(단위)과제명	수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간영향 평가를 위한 기획 연구			
연구책임자		해당단계 참여연구원수	총 : 19 명 내부 : 19 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 80,000 천원 기업: 천원 계: 80,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 해양연구본부		참여기업명	없음	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약 (연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)				보고서 면수	

최종 목표: 수중사물인터넷 활용 북극해 환경 변화 인간 활동 영향을 평가하기 위한 종합 연구 계획 수립

o 수중사물인터넷 활용 기술 정립을 위한 전문가 자문
국내외 수중 사물인터넷 활용 선행 사례 분석 및 최신 동향 조사

o 수중원격탐사 활용 기술 정립
국내외 능/수종 음향시스템 활용 선행 사례 분석 및 최신 동향 조사

o 북극해 환경 평가 계획 수립
북극 환경 변화 평가를 위한 평가 지표 파악

o 연구 계획 수립을 위한 사업 타당성 및 경제성 분석

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	북극해, 수중 사물 인터텟, 능동 수중 음향, 수동 수중 음향, 수중 무인기
	영 어	Arctic Ocean, Internet of Underwater Things (IoUT), Active Acoustic System, Passive Acoustic System, Underwater unmanned vehicle

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

요 약 문

Ⅰ. 제 목

수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간영향 평가를 위한 기획 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ **(사업 목적)** 수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간 영향 평가를 위한 디지털트윈 플랫폼 기반 구축

○ **(필요성)** 북극 지역의 인간 활동 증가에 따른 환경 변화로 인해 자연환경, 생태계, 인간사회 간 상호작용을 종합적으로 평가하고 전망할 수 있는 첨단기술의 필요성이 증대됨.
따라서, 4차 산업혁명 기술(인공지능, 수중 원격 관측, 수중 네트워크)을 활용한 디지털트윈 기반을 구축하여, 북극 환경 변화에 대한 실시간 관측 및 대응 전략 마련이 시급함.

KOPRI 극지연구소

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

ㅇ 수중 사물 인터넷 기술 정립

- 국내외 수중사물인터넷 기술 수준 분석 및 연구 동향 조사
- 수중 무인 관측 장비 기술 수준 분석
- 수중-해양-육상 데이터 전송 네트워크 기술 조사

ㅇ 수중원격탐사 기술 정립

- 국내외 능동 수중 음향 시스템 기술 수준 및 연구 동향 분석
- 국내외 수종 수중 음향 시스템 기술 수준 및 연구 동향 분석
- 사운드스케이프, 해양토모그래피, 수중통신, 수중음향 모델링 활용 사례 조사

ㅇ 북극해 환경 평가 방법 수립

- 북극 환경 평가를 위한 평가 지표 제안 연구

- 북극 환경 평가를 위한 중장기 비전 및 목표 설정 및 로드맵 수립

- 북극해 환경 평가를 위한 산학연 협력 체계 구축 방안 수립

○ 연구 계획서 수립 및 경제성/타당성 평가

- 정책적, 기술적, 경제적 타당성 분석 수행

- 북극해 수중사물인터넷 활용 기술 경제성 분석 수행

- 북극 환경 관측 및 평가를 위한 수중원격탐사 기술 활용 경제성 평가 수행

Ⅳ. 연구개발결과

○ 북극해 주요 이슈 및 핵심 시사점 도출 및 이에 따른 대응 전략 수립

○ 전략 과제 도출 및 장기적 사업 비전 수립

○ 북극해 스마트 평가 체계 구축을 위한 실행 계획 수립

○ 북극해 수중 원격 탐사 체계 구축을 위한 실행 계획 수립

○ 북극해 수중사물인터넷 기반 구축을 위한 실행 계획 수립

KOPRI 극지연구소

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

○ 북극해의 인간 활동 증가 및 자연환경 변화가 해양생태계에 미치는 상호 영향을 종합적으로 평가하여, 북극 환경 상태를 모니터링하기 위한 평가 지표로 활용

○ 수중 원격탐사 기술을 통한 장기적이고 연속적인 음향 관측을 통해, 해수 온도 상승, 해빙 감소, 해양 산성화 등 기후변화로 인한 생태계 변화를 진단하고 북극해의 미래 생태계를 전망하는 데 활용

○ 수중 사물인터넷 기반의 다중 음향 관측 플랫폼을 구축하여 북극해 환경과 인간 활동으로 인한 해양생태계 변화를 통합적으로 관측하는 체계를 마련하고 활용

○ 국내외 연구기관과 국제 공동 연구 네트워크를 구축하여 전 지구적 해양환경 변화 모니터링 및 북극 환경 관리 방안 연구에 기여

S U M M A R Y

I. Title

Research planning for the assessment of the Arctic environment and human impact using Internet of Underwater Things (IoUT)

II. Purpose and Necessity of R&D

o Research Objective

Establishing a digital twin platform based on Internet of Underwater Things (IoUT) technology to assess Arctic environmental conditions and human impacts.

o Necessity

- Due to rapidly increasing human activities in the Arctic, there is a growing need for advanced technologies capable of comprehensively assessing and predicting interactions among the natural environment, ecosystems, and human society.
- Therefore, it is critical to establish a digital twin system utilizing core technologies from the Fourth Industrial Revolution (Artificial Intelligence, underwater remote sensing, underwater networking) to enable real-time monitoring and effective management of environmental changes in the Arctic.

KOPRI 극지연구소

III. Contents and Extent of R&D

o Establishing Internet of Underwater Things (IoUT) Technology

- Reviewing global and domestic research trends and technological advancements in IoUT
- Analyzing technological readiness of unmanned underwater observation equipment
- Investigating underwater-marine-terrestrial data transmission networks

o Establishing Underwater Remote Sensing Technology

- Reviewing international and domestic technological levels and research trends of active and passive underwater acoustic systems
- Analyzing practical case studies involving soundscape ecology, ocean acoustic tomography, underwater communication, and underwater acoustic modeling

o Environmental Assessment of the Arctic Ocean

- Developing and proposing indicators for Arctic environmental assessment
- Setting mid- and long-term visions, goals, and roadmaps for Arctic environmental assessment
- Formulating academia-industry-research collaboration strategies for Arctic environmental monitoring and evaluation

o Preparation of Research Plan and Feasibility/Economic Analysis

- Conducting policy, technical, and economic feasibility analyses
- Performing economic assessments of IoUT technology application in the Arctic Ocean
- Evaluating economic feasibility of underwater remote sensing technologies for Arctic environmental monitoring

IV. R&D Results

o Identifying major environmental issues and deriving strategic insights for the Arctic Ocean, with corresponding action plans

o Deriving strategic research tasks and establishing long-term business vision

o Developing action plans for a smart Arctic Ocean evaluation system

o Establishing an implementation plan for the Arctic Ocean underwater remote sensing system

o Formulating an implementation plan for IoUT infrastructure in the Arctic Ocean

V. Application Plans of R&D Results

o Utilizing integrated assessments of human activity, natural environmental changes, and marine ecosystem responses as key indicators to monitor Arctic environmental conditions

o Leveraging continuous underwater acoustic observations via remote sensing technology to diagnose ecosystem changes (e.g., ocean warming, sea-ice reduction, ocean acidification) and predict future Arctic marine ecosystem dynamics

o Developing multi-platform acoustic observation systems based on IoUT technology to comprehensively monitor Arctic marine environmental changes driven by natural and human-induced factors

o Establishing domestic and international research collaborations and global networks to contribute to global marine environmental monitoring and management strategies in the Arctic region

KOPRI 극지연구소

C O N T E N T S

I. Project Overview
1. Project Objectives
2. Background and Necessity of Project Implementation
❑ Background of Project Implementation
❑ Necessity of Project Implementation
3. Project Planning Progress

II. Project Environment Analysis
1. Policy Trends Analysis
❑ Arctic Council Trends
❑ International Policy Trends
❑ Domestic Arctic Policy Trends
2. Science and Technology Trends Analysis
2.1 Patent Trends Analysis
❑ Patent Search Targets and Methodology
❑ Results of Patent Search and Analysis
2.2 Research Trends Analysis
❑ Research Trends on Fourth Industrial Revolution Technologies
❑ Research Trends Related to Smart Arctic Ocean Evaluation Systems
❑ Research Trends Related to Arctic Ocean Underwater Remote Sensing Systems
❑ Research Trends Related to Arctic Ocean Internet of Underwater Things (IoUT)
3. Industry Trends Analysis
❑ Industrial Value of the Arctic Ocean
❑ International Industry Trends
❑ Domestic Industry Trends
4. Deriving Strategic Insights and Response Strategies
❑ Strategic Insights from Environmental Analysis
❑ Key Issues and Response Strategies from Environmental Analysis

III. Project Design
1. Basic Direction of the Project
2. Derivation of Strategic Tasks
❑ Strategic Task Derivation Process

KOPRI 극지연구소

❑ Overview of Strategic Tasks
3. Project Vision-Objectives-Strategy Diagram
4. Detailed Project Design
5. Project Implementation Structure and Operational Procedures

IV. Project Feasibility Analysis
1. Scientific and Technological Feasibility Analysis
❑ Overview of Scientific and Technological Feasibility Analysis
❑ Results of Scientific and Technological Feasibility Analysis
2. Policy Feasibility Analysis
❑ Overview of Policy Feasibility Analysis
❑ Results of Policy Feasibility Analysis
3. Economic Feasibility Analysis
❑ Overview of Economic Feasibility Analysis
❑ Methodology of Cost-Benefit Analysis
❑ Basic Assumptions and Indicator Rates
❑ Results of Economic Feasibility Analysis
4. Utilization Plans and Expected Outcomes of Project Results

V. Summary and Policy Recommendations
1. Summary
2. Policy Recommendations

[References]

[Appendix]

KOPRI 극지연구소

목 차

Ⅰ. 사업 개요 ····· 1
1. 사업 목적 ····· 1
2. 사업 추진배경 및 필요성 ····· 2
❑ 사업 추진배경 ····· 2
❑ 사업추진 필요성 ····· 6

Ⅱ. 사업 환경 분석 ····· 10
1. 정책 동향 분석 ····· 10
❑ 북극이사회(Arctic Council) 동향 ····· 10
❑ 국외 각국 정책 동향 ····· 12
❑ 국내 북극 정책 동향 ····· 17
2. 과학기술 동향 분석 ····· 22
2.1 특허 동향 분석 ····· 22
❑ 특허검색 대상기술 및 검색 방법 ····· 22
❑ 특허 검색 및 분석 결과 ····· 24
2.2 연구동향 분석 ····· 38
❑ 4차산업혁명기술 적용연구 동향 ····· 38
❑ ‘북극해 스마트 평가체계’ 관련 연구동향 ····· 43
❑ ‘북극해 수중 원격탐사 체계’ 관련 연구동향 ····· 45
❑ ‘북극해 수중사물인터넷’ 관련 연구동향 ····· 47
3. 산업동향 분석 ····· 50
❑ 북극해 산업적 가치 ····· 50
❑ 국외 산업동향 ····· 52
❑ 국내 산업동향 ····· 59
4. 시사점 및 대응전략 도출 ····· 62
❑ 환경분석을 통한 시사점 도출 ····· 62
❑ 환경분석 주요이슈 및 대응전략 ····· 63

KOPRI 극지연구소

Ⅲ. 사업 설계 ····· 65
1. 사업 기본방향 ····· 65
2. 전략과제 도출 ····· 67
❑ 전략과제 도출 프로세스 ····· 67
❑ 전략과제 개요 ····· 68
3. 사업 비전-목표-전략 체계도 ····· 70
4. 사업 설계내용 ····· 71
5. 사업 추진체계 및 운영절차 ····· 73

Ⅳ. 사업 타당성 분석 ····· 76
1. 과학기술적 타당성 분석 ····· 76
❑ 과학기술적 타당성 분석 개요 ····· 76
❑ 과학기술적 타당성 분석결과 ····· 76
2. 정책적 타당성 분석 ····· 80
❑ 정책적 타당성 분석개요 ····· 80
❑ 정책적 타당성 분석결과 ····· 80
3. 경제적 타당성 분석 ····· 84
❑ 경제적 타당성 분석개요 ····· 84
❑ 비용편익분석 방법론 ····· 85
❑ 기본가정 및 지표요율 ····· 86
❑ 경제적 타당성 분석결과 ····· 88
4. 사업결과 활용방안 및 기대효과 ····· 92

Ⅴ. 요약 및 정책제언 ····· 93
1. 요 약 ····· 93
2. 정책제언 ····· 95

[참고문헌] ····· 98
[첨 부] ····· 102

KOPRI 극지연구소

I. 사업 개요

1. 사업 목적

❑ 북극해* 환경변화* 평가를 위한 수중원격 탐사기반 수중 사물인터넷 기술 구축 및 인공지능 적용 통합 평가체계 확립을 위한 디지털트윈* 플랫폼 구축

※ 북극 : 북위 66.33도 이북지역으로 면적은 지구표면의 약 6%를 차지하는 2,100만 ㎢임

※ 북극해 : 북극점을 중심으로 유라시아와 북아메리카로 둘러싸인 바다

※ 환경변화 : 인간 활동, 자연, 그리고 생물자원에 대한 변화 등을 총칭함

※ 디지털트윈[1] : 가상세계(Digital)에 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3D 모델로 구현하고, 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션을 거쳐 관제· 분석·예측 등 해당 사물에 대한 현실 의사결정에 활용하는 기술

❑ 사업 총괄 개요도

KOPRI 극지연구소

1) "디지털트윈 활성화 전략"(2021)

2. 사업 추진배경 및 필요성

❑ 사업 추진배경

○ 지구온난화에 따른 북극 해빙가속화로 급속하게 변화하는 북극환경은 전지구적으로 직접적인 패러다임이동 차원의 영향을 미치고 있으며, 이에 대응할 수 있는 새로운 북극 거버넌스 협력체제, 즉 신북극 시대 도래를 촉진하고 있음

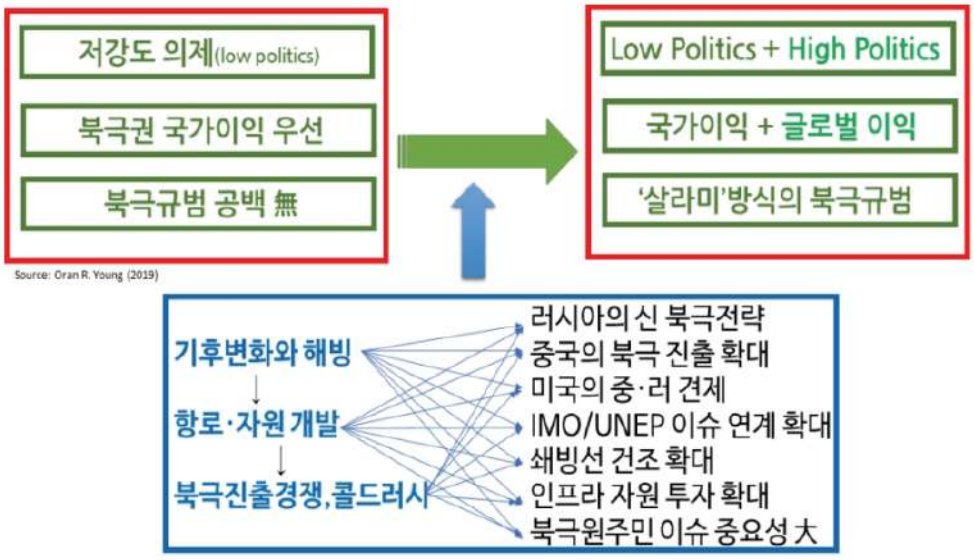
출처 : 매년 8월기준 해빙면적(IPCC 5차보고서)

[그림 I-1] 북극 해빙의 변화 전망

KOPRI 극지연구소

- 북극 해빙에 따른 신북극 시대의 도래는 지구촌에 선형적 변화가 아니라 패러다임이 바뀌는 큰 변화를 일으킬 것으로 예상됨
  - 북극 빙하의 감소에 따라 햇빛을 반사하는 빙하의 면적은 줄고, 햇빛을 흡수할 수 있는 바다의 면적이 넓어져서 지구온난화를 가속화 함
  - 북극해의 온도가 상승함에 따라 영하의 온도에서 살고 있는 북극해 생물생태계의 변화가 초래되고, 이에 따라 전지구적인 생물생태계 교란이 우려됨
  - 북극해의 해빙에 따른 항로개발, 자원개발 및 산업활성화로 북극해 오염이 가중되고 세계 안보질서의 긴장이 심화될 것으로 판단됨
- 북극은 다양한 수산자원, 천연가스를 비롯한 지하자원, 그리고 생명자원을 보유한 자원의 보고로, 북극자원을 활용한 신성장동력 발굴의 잠재력이 충분함
  - 그러나, 북극빙하가 빠르게 감소하면서 해수면이 급속하게 상승하고, 북극빙하 감소율이 2배 증가함에 따라 2050년에 세계인구 3억 명이 거주하는 지역이 침수될 것으로 예상되므로 이에 대한 범국가적 대응전략 수립이 시급함

- 북극 공해상의 해빙 감소에 따른 선박 이동량 증가, 연안 자원개발 및 인프라 개발 활동 심화, 수산활동 증가 예상에 따른 북극해 관리를 위한 북극 거버넌스의 문제가 새롭게 조명되고 있음



출처: 2020-김민수-북극 거버넌스와 한국의 북극정책

[그림 I-2] Oran R. Young 교수 분류기준으로 본 북극거버넌스 변화

극지연구소

- '저강도 의제' 중심에서 '저강도 의제와 상위 정치'분야가 혼재하는 방향으로 변화
- 북극권 국가이익 중심에서 비북극권 국가의 이해관계나 국제기구가 대변하는 국제사회의 이익이 북극 거버넌스에 혼재되어 반영
- '살라미' 방식*의 북극규범 제정 또한 지속될 것으로 예상

※ '살라미' 방식 : 하나의 협상 안건을 조금씩 분리해서 별도로 협상하는 것으로 최대의 이익을 얻는 협상법

- 북극해 규범제정을 위한 새로운 북극 거버넌스 협력체제가 주목을 받고 있으며, 비북극권 국가의 참여 확대와 과학적 기여의 필요성이 중요한 시점임

- 한국의 지속적인 북극해 과학연구가 중앙북극해공해상비규제어업방지협정(CAOFA: the Central Arctic Ocean Fisheries Agreement) 체결과 제1차 당사국 총회의 한국개최 확정에 크게 기여한 바 있음

- 각국은 북극發 이상 기상·기후 등 재난 대비, 북극권 거버넌스 체제에서 영향력을 확보하기 위해 북극 연구 활동 확대

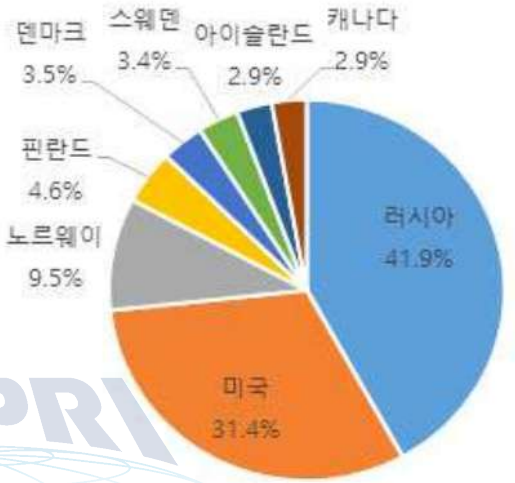
- (美) '21년 新북극탐사 프로젝트, 480억원, (中) 극지·우주·심해 등 7대 분야 R&D 연 7% 이상 확대, (日) 북극 대형 융복합연구 450억원('20~'25)

- 온난화로 인한 급격한 빙권(氷圈) 감소로 북극권 이용 가능성이 증가하면서 물류·에너지·자원 등 분야에서 기대감 고조

  • (러) 북극 사회경제발전 국가계획, 3,240억원('21~'24), (中) 북극권 연안 4개국 투자액 280조원('12~'17), (日) 상업은행 컨소시엄, 북극 개발프로젝트 5.6조원 투자 등 각국의 북극권 개발 이니셔티브를 확보 노력 증가

<표 I-1> 북극권 국가별 총투자 전망

순위	국가명	총 투자액(억달러)
1	러시아	1,359.84
2	미국	1,017.03
3	노르웨이	309.018
4	핀란드	148.71
5	덴마크	112.70
6	스웨덴	109.35
7	아이슬란드	93.127
8	캐나다	92.48
총계		3,242.255



출처: 한국해양수산개발원, 「2017년 북극정책 추진을 위한 국제협력 및 국내기반 조성 연구」. 2018

○ 국내에서는 2021년 「극지활동 진흥법」 제정·시행, 2022년 차세대 쇄빙연구선 도입 등 북극 활동 선도국가로 도약할 수 있는 기반을 꾸준히 마련

- 정부는 북극을 '기후변화의 진원지이자 결과'라는 전제로 과학 및 경제영토를 확장하기 위해 개척해야 할 기회의 공간으로 중요시하여 정책을 수립

- 과학연구, 외교·경제 협력을 포괄하는 범정부 "북극정책기본계획('13~'17)", "북극활동진흥기본계획('18~'22)", "2050 북극활동 전략" 등 북극 활동을 위한 정책 기틀 확립

- 극지연구소와 환경부 소속 국립환경과학원은 극지 기후변화 및 환경오염 감시 연구의 효율성을 높이기 위해 극지연구소와 업무협약을 체결('22.3.10)

  • 이번 협약에 따라 우리나라 남극 및 북극 과학기지 주변을 중심으로 ▲환경변화 요소와 오염물질 감시(모니터링)를 위한 정보 공유 및 기술협력 ▲극지환경 시료의 장기 저장을 통한 환경관리정책 지원 ▲공동 연구 수행에 필요한 시설 장비 활용 및 인적

교류 등에 관한 상호 협력 추진

- 해양수산부와 기상청은 기후변화 및 해양환경 변화 등에 대한 감시와 대응역량 향상을 위한 업무협약 체결(’21.4.27)

  • 두 기관은 이번 협약을 통해 ▲한반도 주변 해역과 극지의 해양·기상기후 관측자료 공유 ▲관측장비, 쇄빙연구선 등 인프라 구축·활용 ▲대기·해양 기후변화 시나리오 및 기후변화 감시 기술 교류 ▲기후변화·해양환경변화 조사 및 쇄빙연구선 공동활용 연구기획 추진 ▲해양·기상기후정보 전달체계 구축·관리 등을 협력

- 해양수산부와 국립전파연구원이 공동으로 개발한 ‘기지국 기반 수중음파 무선통신망 기술’이 국제표준으로 제정됨(‘22.4.7)

  • 해수부는 지난 7년간 수중기지국 기반 수중통신망 핵심기술을 확보하기 위해 호서대 등 10개 기관이 참여하는 ‘분산형 수중 관측제어망 개발사업’을 지원

  • 개발사업을 통해 호서대는 수중통신 기기 소형화, 통신장애 발생 시 최적의 통신방식으로 변환해 안정적인 통신을 보장하는 기술 등 수중기지국 기반 무선통신의 핵심기술을 개발

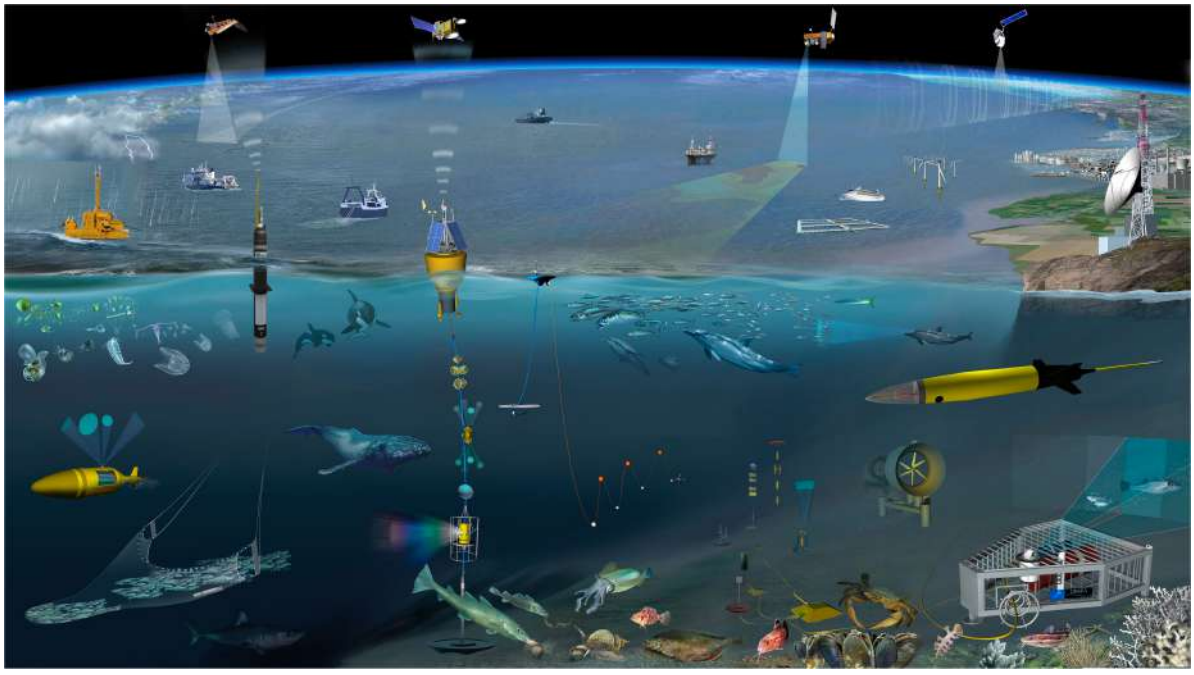
○ 북극해 인간활동 증가와 생태계 파괴가 가시화됨에 따라 북극의 환경문제를 평가하고, 지속적으로 모니터링하기 위한 세계 각국의 관심 증대

- 북극해는 미래 물류, 에너지, 수산자원 등 경제적으로 무한한 잠재적 가치가 있기 때문에 북극해 환경변화의 종합적이고 체계적인 평가가 요구됨

  • 다양한 북극의 환경변화를 연속적으로 관측하고 통합적으로 평가할 수 있는 체계적인 시스템 구축이 시급함

  • 유네스코 산하기관인 IOC(Intergovernmental Oceanographic Commission)에서는 전지구 해양관측망(GOOS: Global Ocean Observing System)*을 구축하여 해양을 상시적으로 관측할 수 있는 시스템 마련

    ※ GOOS는 IOC가 주도하고 세계기상기구(WMO), 유엔환경프로그램(UNEP), 국제과학위원회(ISC) 등이 공동으로 후원하는 해양관측 프로그램임.



출처 : https://www.frontiersin.org/files/Articles/437047/fmars-07-00697-HTML/image_m/fmars-07-00697-g001.jpg

[그림 I-3] 전지구 해양관측망(GOOS) 개념도

❏ 사업추진 필요성

○ **(정책적 필요성)** 북극 해빙 가속화는 북극권 국가들의 북극 선점 경쟁에 모멘텀이 되어 국제 사회의 새로운 정치적 환경변화를 제공하고 있음

- 미국은 북극해 대륙붕 석유 시추 탐사를 승인하면서 에너지 및 자원 개발 확대로 정책 기류 변화

- EU는 '기후변화와 북극환경 보호', '북극 및 주변지역의 지속가능한 개발', '북극이슈 국제사회 협력' 전략 제시

- 한국은 '북극의 미래와 시회를 여는 극지 선도국가' 비전 아래 국가 위상 제고를 위한 북극 거버넌스 참여 확대와 북극 현안에 대한 대응능력 강화 및 국제사회 기여를 강화하고 있음 (북극활동 진흥 기본계획, 2018-2022)

○ **(산업적 필요성)** 북극해는 천연자원의 보고, 환경 보호와 잠재적인 자원 관리를 위한 새로운 산업적 성장 동력 창출 필요

- 북극에는 전 세계 미개발 원유의 25%, 천연가스의 45%, 그리고 막대한 양의 광물 자원이 매장되어 있을 것으로 예상

출처: news.joins.com/article/22184683

[그림 I-4] 북극권 주요국 자원 매장량

- 아북극해와 북극해의 어획량은 전 세계 어획량의 약 40% (FAO, 2008), 냉수성 어종이 북상할 경우 북극해 북극권의 새로운 어장이 될 것으로 기대됨

- 북극해 해빙에 따른 항로개척은 해상물류의 판도를 바꾸는 큰 변화를 줄 것으로 예상됨

○ **(환경적 필요성)** 북극해는 경제적 활용과 동시에 인류가 지속적으로 그리고 공동으로 활용해야 할 자원의 보고로서 환경 보호를 위한 주요 가치를 지님

- 북극의 인간활동, 자연 환경 변화, 생물자원 변화를 통합적으로 평가할 수 있는 새로운 관측 체계 필요

- 한국은 '인류 공동과제 해결을 위한 연구 활동 강화 전략'을 위하여 북극 환경 관측 활동 강화와 연구활동 기반 확충의 중점 과제를 진행하고 있음 ("북극활동 진흥 기본계획", 2018-2022)

- 북극 개발 반대 여론 확산으로 북극해 자원개발 사업을 중단하는 경우가 발생할 수 있기 때문에 북극 환경 평가를 위한 친환경적 모니터링체계 구축 필요

○ **(기술적 필요성)** 북극 온난화의 급격한 진행으로 인간 활동이 증가하여 북극 환경 변화와 생물자원 서식 생태계 교란을 평가할 수 있는 친환경 통합 체계 필요

- 기후변화와 해빙가속화는 북극 환경과 생태계, 원주민 생활환경, 사회 인프라, 자원 개발 등 모든 분야에 영향을 미치고 있음

- 2017년 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF) 보고서는 4차 산업 혁명 기술로 대표되는 혁신이 지속가능한 어업, 해양오염, 해양생태계 보호 등에 널리 사용되고 있으며, 수중사물인터넷(IoUT: Internet of Underwater Things), 수중로봇, 인공지능 등 혁신기술 활용 필요성을 제시

  - 북극은 기후변화의 최전선으로 도전과 기회가 공존하는 지역인데, 이러한 이중적인 상황을 조화롭게 해결해 줄 실현가능한 방안으로 4차산업혁명기술 도입 및 적용이 논의되고 있음
  - 수중로봇 분야는 해양환경 모니터링 목적으로 이미 선진국에서 선점하고 있으나, 수중사물인터넷 분야는 국내외적으로 아직 미개척 분야로서 개발요인 존재
  - 비(非)북극권 국가인 우리나라가 북극에서의 최첨단 ICT기술을 기반으로 하는 4차 산업혁명 기술 적용을 위해 북극권 현지수요를 조사하고 분석하는 것은 책임 있는 북극협력 파트너로서 북극의 지속가능한 발전에 기여하고, 북극권에서 우리나라의 미래 비즈니스 기회를 창출하기 위해 필요
  - 북극 신산업 진출 비즈니스 모델 수립·지원, 북극권과 공동연구 및 기술협력 추진, 북극 동향 지속 파악 점진적 R&D 추진, 중장기 연구개발 계획 수립·추진 등과 같이 중장기 전략 제시

○ **(국가적 필요성)** 위기와 기회가 공존하는 북극해의 환경 패러다임 이동에 부응하여 북극해 관련 각종 문제해결과 개발, 그리고 국제사회에서의 국가위상 증대를 위한 범부처의 장기적인 과학적 접근체계와 기술개발 노력이 필요함

- 남극과 북극 등 극지는 과거 큰 주목을 받지 못했지만 최근 코로나19 팬데믹과 기후변화 등 지구 환경이 다각도로 변하면서 관심도가 높아짐

- 지구온난화에 따른 기후 변동성 확대가 글로벌 이슈화 되고 있으며, 금세기 들어 한반도에서 매해 반복되고 있는 가뭄, 폭설, 한파 등의 극한기상 현상 이 극지의 급격한 온난화와 이에 따른 기후변동성 확대와 관련이 있음이 입증되고 있으므로, 한반도 기후변화 감시 및 적응을 위해 극지를 중심으로 한 기후변화 연구에 국가 주도의 연구 지원이 필요

- 극지는 기후변화 연구가 가능한 과학적 가치 외에도 해양자원에 대한 경제적 가치와 국제회의를 주관하는 외교적 가치까지 무궁무진한 잠재력을 가지고 있는 지

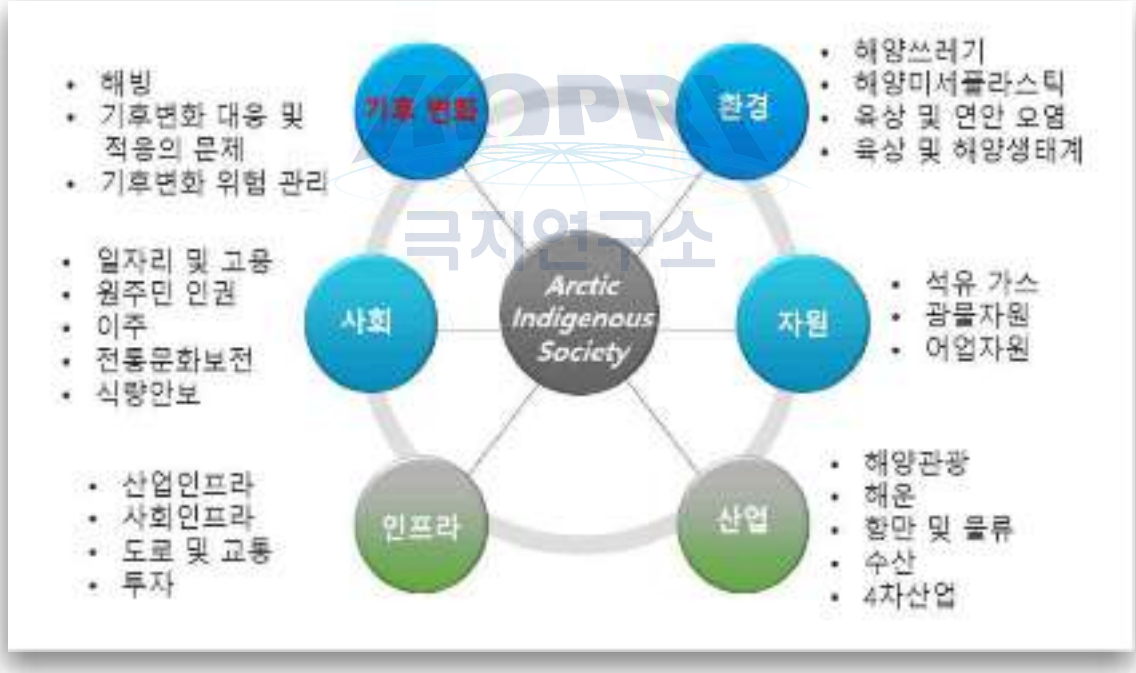
역임

- 우리 정부도 점차 지원금을 늘리며 극지 연구에 공을 들이고 있으며, 최근에는 2050 북극 활동 전략을 통하여 2026년까지 2774억원을 투입해 차세대 쇄빙연구선(해양), 큐브 위성(대기), 고위도 관측센터(육상)를 구축하고 북극권 종합 관측망과 극지데이터 댐을 구축하는 것을 달성코자 함

- 각 부처에서 추진하고 있는 북극해 관련 정책을 수렴한 범부처 연구개발 사업 추진의 필요성이 부각됨

- 국가 북극해 정책에 부응하는 범부처 차원의 글로벌 이니셔티브 확보를 위한 Big Program 발굴 및 추진이 필요함

- 북극해의 경제·산업적인 개발은 초기 단계이므로, 북극해 환경변화에 대응하는 지속가능한 산업 발굴 및 추진을 과학외교, 경제영토 확장 차원에서 필요함



출처: KMI 작성

[그림 I-5] 북극의 위기와 기회

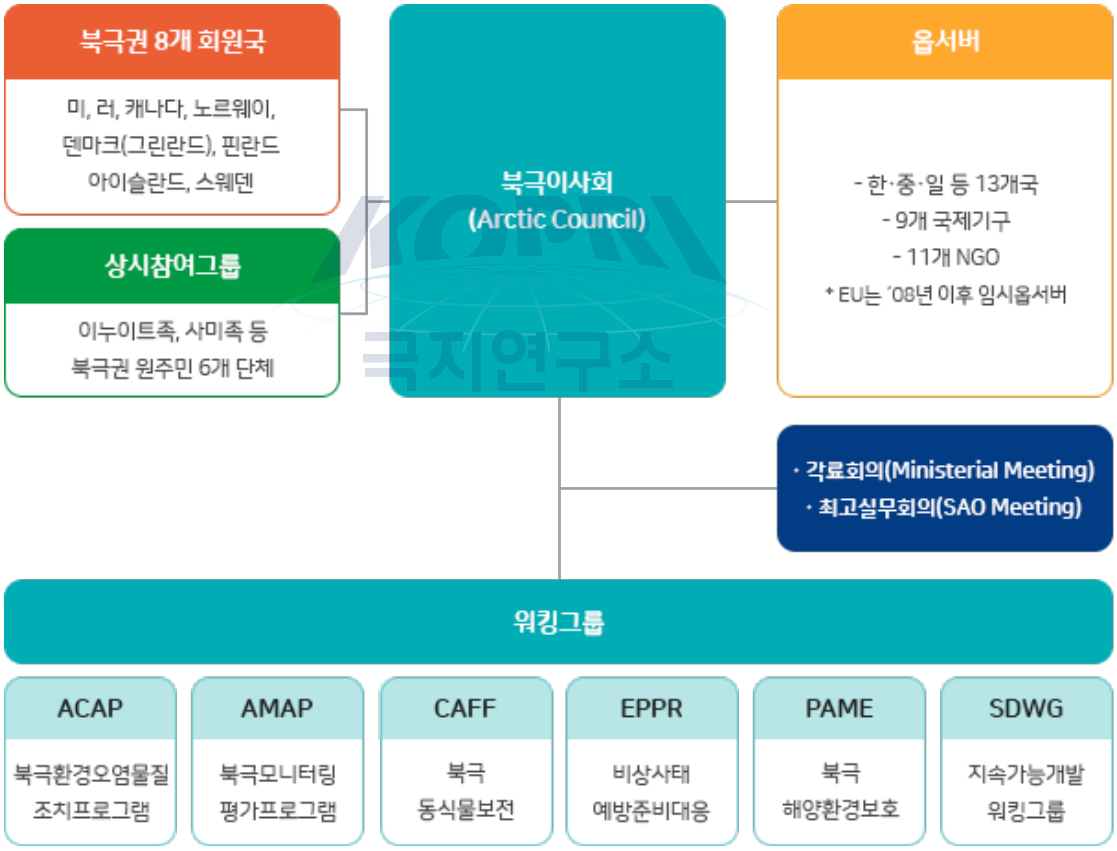
II. 사업 환경분석

1. 정책 동향 분석

❑ 북극이사회(Arctic Council) 동향

○ 북극이사회는 북극권 현안을 논의·의결하는 정부간 협의기구로, '96년 캐나다 오타와 선언을 통해 설립 (사무국: 노르웨이 트롬소 프람 센터)

- Arctic Council은 북극 지역에 위치한 캐나다, 덴마크 (그린란드 대표), 핀란드, 아이슬란드, 노르웨이, 러시아, 스웨덴 그리고 미국 등 8개국 포함[2)]



[그림 II-1] 북극이사회 조직도

- 북극이사회는 북극권 국가 간 이해관계가 대립할 경우, 북 극권 국가 간 갈등을 조정하는 조정자(stabilizer) 또는 균형자(balancer)로서의 역할을 해왔으며, 반대로 북극권 국가의 협력에 필요한 컨센서스를 도출함으로서 협력을 촉진하는 촉진자(facilitator)의 역할을 하고 있음

2) https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Council

- 북극이사회는 6개의 워킹그룹을 통하여 북극의 지속가능한 발전, 환경보호, 북극 원주민 공동체 협력 촉진 등 북극의 현안 해결을 위하여 활동

<표 II-1> 북극이사회 워킹그룹의 목적 및 활동

워킹그룹	목적 및 활동
북극 환경오염물질 조치 프로그램 (ACAP)	북극이사회 환경오염 관리 대응 활동 수행
	환경오염물질 배출 제한과 감축을 위한 노력 확대
	국제기구 및 각국과의 협력 모색
북극 모니터링 평가 프로그램(AMAP)	북극 오염 문제를 모니터링, 평가, 예방
북극 동식물 보전(CAFF)	북극 생물자원의 지속성 유지, 기후변화 등 관련 이슈 주관
비상사태 예방 준비 대응(EPPR)	북극의 환경 비상사태에 대한 대응 관리 평가
	북극 환경 보호와 지속가능한 개발을 도모
북극 해양 환경보호(PAME)	북극 해양 환경정책, 오염 예방·통제 조치 및 북극 해양오염 예방 사안 등에 관한 협력
	북극 해양 환경보호와 관련한 중점과제 제시
지속가능한 개발 워킹 그룹(SDWG)	북극의 지속가능한 개발 도모
	북극 공동체의 경제적·사회적 환경 개선

출처: 북극이사회 워킹그룹, 외교부 홈페이지

KOPRI 극지연구소

○ 북극해 규범 제정을 위한 새로운 북극 거버넌스 협력 체제가 주목받고 있으며, 비북극권 국가의 참여 확대와 과학적 기여의 필요성이 중요한 시점

- 북극이사회로 대변되는 협의체의 설립과 확대 과정을 통해 북극권 역내 협력 확대
  - 한국의 지속적인 북극해 과학 연구가 중앙북극해공해상비규제어업방지법 (CAOFA: the Central Arctic Ocean Fisheries Agreement)) 협정 체결과 제1차 당사국 총회의 한국 개최 확정에 크게 기여한 바 있음
  - 북극 협력의 시초는 1987년 무르만스크 선언으로 비롯되며, 북극권 8개국은 1991년 '북극환경보호전략(AEPS: Arctic Environmental Protection Strategy)'을 수립

<표 II-2> 북극협력 관련 주요 선언 및 전략

무르만스크 선언 (1987)	북극환경보호전략 (AEPS, 1991)	오타와 선언 (1996)	일루리사트 선언 (2008)

출처: 북극 거버넌스와 한국의 북극정책 방향(한국해양수산개발원 김민수, 2020)

- 2010년을 기점으로 북극 국가 중심의 규범 제정에서 점차 비북극권 국가 및 국제기구의 참여 확대를 통해 규범 제정 행위자가 다양해짐

❑ 국외 각국 정책 동향

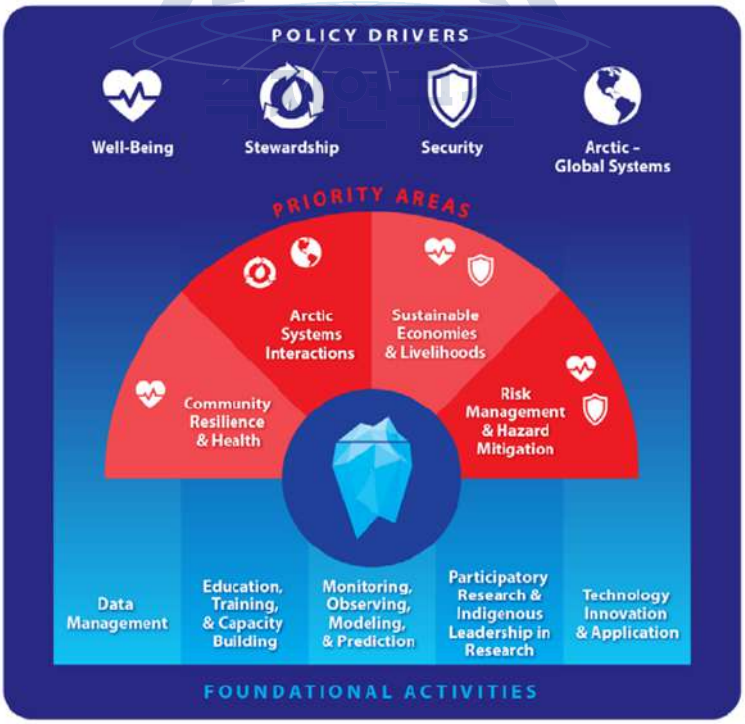
○ 미국

- 미국 바이든 행정부 출범('21.1.) 이후 북극협력 관련 정책적 관심도가 높아지며, 양자협력 내실화 위한 환경 조성됨

  - 미국은 바이든 행정부 취임과 더불어 기후변화 대응.환경보전에 에 대해 전향적 자세를 유지, 북극 연구와 안보관리 강화 추세
  - 북극에 대한 기본적 시각은 '기회와 활용'보다는 '환경와 안보'의 시각에서 접근
  - 북극지역정책(Arctic Regional Policy, 09)을 비롯해 미 북극지역 안보 전략('21.1, 국토안보부) 등 북극정책을 내 놓고 있음
  - 최근의 북극정책은 러시아와 중국 위협론이 대두되면서, 북극해에서의 활동 증가에 따른 인프라 확보와 안보위협 대비에 주안점을 두고 있음

- 로컬 지역 및 글로벌 환경 문제에 대한 과학적 모니터링 및 연구 강화[3)]

  - 2021년 수립한 "Arctic Research Plan, 2022~2026"을 기반으로 데이터, 교육, 예측, 연구개발 및 기술혁신을 통하여 지속가능한 북극환경을 위한 정책을 수행중



출처: "ARCTIC RESEARCH PLAN, 2022-2026"(2021)

[그림 II-2] Framework for the Arctic Research Plan

3) https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_policy_of_the_United_States

○ **캐나다**

- ’19.9월 발표한 新 캐나다 북극·북방정책(Canada’s Arctic and Northern Policy Framework)을 통해 8대 목표*를 제시하고 원주민 웰빙, 환경보호 등 북극 관련 제반 이슈 관한 균형있는 대응전략 수립·시행 중

※ 8대 목표 : ① 복원력 있고 건강한 북극 원주민, ② 북극 인프라 강화, ③ 건전하고 지속적 포용적 북극 경제, ④ 북극 원주민 지식과 경험 정책결정에 활용, ⑤ 건전한 북극 생태계 및 환경 보호, ⑥ 국제질서를 기반으로 하는 북극 협력, ⑦ 북극 안보 및 주권 수호, ⑧ 원주민 화해 및 관계 회복

- 캐나다는 2022년 영국 런던에서 개최된 국제해사기구(IMO) 선박설계·건조전문 위원회(SDC) 회의에서 북극 생물생태계를 보호하기 위하여 선박운항에 의한 수중소음을 저감할 것을 요구[4)]

  - 이 회의에서는 상업용 선박 운항으로 발생되는 소음에 관한 2014년 지침을 검토한 결과, 이 지침에 강제력이 없어 선박 교통량이 증가하고 있음에도 소음 발생과 관련된 조치는 거의 없다는 점이 이번 회의에서 중요한 이슈로 대두됨
  - 캐나다, 뉴질랜드, 미국, 영국은 IMO에 지침서를 수정하는 작업계획(워크플랜)을 제출했으며, 21개 비정부 기구(NGO)로 구성된 청정북극연맹(Clean Arctic Alliance)은 수중소음에 대한 적극적인 차단조치를 촉구하며, 지침을 의무화할 것을 요구함
  - 수중소음은 얼음이 부서지거나, 파도, 해저화산의 폭발 등의 자연에서 발생되는 소음과, 선박 운항과 시추 활동 등의 인간 활동에 의해서도 발생되고, 이같은 수중 소음은 소리를 활용하여 소통하고, 먹이를 찾고, 포식자를 피하는 해양포유류에 부정적인 영향을 미칠 수 있음

- 한·캐 북극협의회과 주한캐나다대사관 등을 통한 양국 간 외교채널은 존재하나 그간 양자협력보다는 다자차원에서, 그리고 과학 중심의 협력이 이뤄져 왔음

  - 캐나다 북극권 캠브리지베이에 육상거점 구축, 북극과학협력을 포함한 다자차원에서의 북극 협력, 그리고 주한캐나다대사관을 통한 협력
  - 한-캐나다 북극협의회 개최(‘17.11., ’19.), 북극협력주간·한국북극아카데미 등 북극사업을 활용한 주한캐나다대사관과의 교류 채널 확보
  - 캐나다 북극 비즈니스 주제의 미 와싱턴대-한국해양수산개발원 공동 주최 북극세미나, KoARC-주한캐나다대사관 공동 주최 한-캐나다 북극 심포지엄, 북태평양북극컨퍼런스(NPAC: North American Arctic Conference) 등의 학술협력
  - 캐나다 북극권 캠브리지베이에 육상거점 구축, 캐나다 보퍼트 해역 내 해양지질 공동

---

4) https://cabinradio.ca/84520/news/environment/canada-wants-ships-to-reduce-underwater-noise-to-protect-the-arctic/

현장조사, 캐극지연구소-캐나다 극지지식청 간 연구협력(MOU) 체결

- PAG 회원국과의 태평양북극기후생태계관측(PACEO), 통합북극관측시스템(INTAROS) 등의 양·다자 틀에서의 과학협력

○ **러시아**

- '21.5 북극이사회 차기 의장국으로서 러시아 선임
  - 러시아는 북극권 국가 중 가장 긴 북극 연안선을 보유하고 있어 북극지역 해양수산 분야 개발사업을 주도적으로 추진 가능
- 러시아는 북극권 국가 중 가장 적극적으로 북극개발전략 추진
  - '2035 북극항로인프라개발계획'('19.12 승인), '2035 러시아 북극정책 기본원칙'('20.3 승인), '2035 북극개발 및 안보전략'('20.10 승인)
- 2000년부터 북극해 환경변화 연구 등의 과학협력이 지속 중이며, '17년부터 매년 한러 북극협의회 개최, 북극 LNG개발용 쇄빙LNG선 건조분야 관련 한러 협력 추진
  - 쇄빙선 아라온 활용하여 동시베리아해, 척치해, 랍티프해 등에서 해저환경변화 연구, 러시아 북극기지(Baranova)을 활용하여 동토층 기반 기후변화 연구(과기부 R&D)
  - '17.9 한러 정상회의 합의에 따라 한러북극협의회를 매년 교대로 개최
  - 삼성중공업은 러시아 국영 즈베즈다 조선소와 합작사 '즈베즈다SHI'를 설립했으며, 쇄빙LNG선의 기술파트너로서 설계계약 체결 및 공동건조 계약 체결('20.08), '20.10 대우조선해양 쇄빙LNG선 추가 건조계약 체결

○ **노르웨이**

- 북극권 국가 최초로 '북극전략'('06) 수립, 최근 북극지역의 달라진 정책환경을 반영한 '북극백서(2020-2021)' 발표
  - 노르웨이의 기존 정책 방향은 유지, 러시아의 군사 활동 확대로 인한 서구 안보 공동체의 전략적 도전 증가 견제, 북부지역 개발과 폭넓은 원주민 참여 기회 제공 강조
- 노르웨이는 북극권에서 오랜 기간 동안 자원개발을 시도해 온 국가로 북극해 석유 탐사권을 허가하는 등 자원개발에 적극 추진 중이나 해양오염 비판에 직면
- 한-노르웨이 정상회담을 계기로('19.6.), 과학·해운·조선·로봇·북극 분야의 협력 약정* 체결

※ MOU 체결 현황 : ① 자율운항 선박개발 공동연구, ② 시추선 자동화 기술 공동개발, ③ 선박의

친환경 도료사용, ④ 유럽 로봇시험·인증 협력, ⑤ 북극과학연구협력, ⑥ 북극국제협력 기반강화 등

○ **스웨덴**

- 최근 발표한 북극지역전략(2020.11)을 통해 협력·경제·안보·기후변화 등 북극 현안에 대한 균형잡힌 대응전략 수립.시행 중
  - 6개 우선순위로 ① 북극내 국제협력, ② 안보와 안정, ③ 기후와 환경, ④ 극지연구와 환경 모니터링, ⑤ 지속가능 경제개발과 비즈니스, ⑥ 양질의 생활환경 확보 선정
  - 2020 전략의 가장 큰 특징은 북극 내 긴장이 고조되고 있는 상황을 고려하여 지역 내 '안보와 안정'을 우선순위 중 하나로 포함한 것
  - 스웨덴의 주요 국제협력 대상으로 EU와 미국을 강조하고 있어 러시아와 중국의 영향력 확대에 효과적으로 대처하기 위한 것으로 분석됨
- 韓 극지연구소 – 스웨덴 극지연구사무국 간 협력약정 체결과 공동연구 수행, 다자간 협력 네트워킹 등 추진
  - 스웨덴 극지연구사무국(SPRS) : 스웨덴 교육연구부 산하 정부기관으로 스웨덴 남·북극 연구 총괄
  - 서남극 아문젠해·스웨이츠 빙하 연구, 북극 동토층 기후·환경변화 연구 등

KOPRI 극지연구소

○ **중국**

- 1999년 중국 쇄빙연구선 설령호가 첫 북극탐사를 하였고, 2004년에 북극 니알슨 과학기지촌에 황하기지를 한국 및 일본보다 늦게 개소
- 2017년 여름 중국 쇄빙연구선 설룡호가 여덟 번째 북극탐사에서 유럽과 캐나다를 잇는 북서항로(NWP) 운항에 성공
- 중국은 2012년~2017년간 총 2,474억 달러를 투자해 왔으며, 북극 경제의 연간 규모가 4,500억 달러인 것을 감안하면 매우 큰 금액임
  - 중국의 북극 정책 제1투자 대상국은 러시아로 10억 달러 이상의 대규모 투자가 집중되어있으며, 총 투자규모는 1,944억 달러에 달하고, 투자 분야로는 에너지와 광물이 가장 높은 비중을 차지함
  - 러시아가 추진 중인 세계 최대 북극 LNG 프로젝트 야말 프로젝트에 중국은 30%의 지분을 보유하고 있어, 이를 통해 매년 이윤의 30%, 20년간 연간 300만 톤의 LNG 수입 권리를 획득함

- 2018년 국무원을 통해 '북극정책백서'를 발표하고, △북극의 생태환경 보호와 기후변화 대응, △북극 탐사 및 이해 심화, △북극 자원 활용, △북극 거버넌스 및 국제협력에 대한 참여, △북극의 평화와 안정 도모 등 5대 정책 과제를 제시

  - 중국의 최초의 국가북극정책으로 중국의 글로벌 전략인 일대일로(一帶一路)를 북극으로 확장시켜 궁극적으로 북극진출을 통해 '극지실크로드(Polar Silk Road)'를 구체화하겠다는 계획
  - 북극 과학활동에서 우선 과제로 중점을 두고 있는 북극과학 및 북극개발을 위한 인프라를 구축하는 데 적극 참여하며, 자연과학, 생태계는 물론 정치, 경제, 법, 사회, 역사, 문화 등 사회과학 분야의 연구 강화와 과학 네트워크 구축 확대 등을 제시

○ **일본**

- 1990년 비정부기구이자 국제북극과학연구그룹인 '국제북극과학위원회'(IASC)에 정식 가입하고, 일본의 국가극지연구소인 '일본국립극지연구소'(NIPR) 내에 북극연구센터 출범

- 1991년 노르웨이령 스발바르제도(Svalbard Archipelago) 니알슨(Ny-Ålesund)의 국제과학기지촌에 아시아국가 중 처음으로 북극과학연구기지를 개소

- 2011년 일본국립극지연구소(NIPR)와 일본해양지구과학기술기구(JAMSTEC), 홋카이도대학 등을 주축으로 '북극환경연구 컨소시엄'(JCAR)을 조직하여 국내 전문가 네트워크도 구축

  - 정부가 탑다운 형식으로 지원하는 북극연구 대형프로그램인 "Rapid Change of the Arctic Climate System and its Global Influences"(GRENE: 2011-2016) 프로그램을 NIPR과 JAMSTEC 등을 중심으로 출범

- 2015년 10월 16일 일본종합해양정책본부는 해양정책기본계획의 각 전략과제를 기초로 하여 '일본의 북극정책'을 발표

  - 일본 북극 7대 정책과제 : ① 북극의 연약한 환경·생태계 충분한 고려 및 이슈 해결에 공헌(환경/생태계), ② 글로벌 관점에서 북극이슈 해결에 일본 강점인 과학기술 활용(과학기술), ③ 기후 및 환경변화 영향에 대한 경제적·사회적 동의 추구(기후/환경), ④ 자원개발 및 북극항로 등의 경제적 기회 추구(자원개발/북극항로), ⑤ 북극에서 법치주의 보장과 평화적 방식의 국제협력 도모(국제협력), ⑥ 북극원주민 권리 및 전통적인 경제·사회기반의 영속성 존중(원주민), ⑦ 북극 안전보장(안보)

❑ 국내 북극 정책 동향

○ 미래 북극 활동 선도국가로 도약하기 위해 2021년 극지활동진흥법, 북극정책 기본계획, 2050 북극활동 전략, 극지과학 미래발전전략 등을 수립하여 추진

- **(성과)** 해빙(海氷) 감소와 이상기후 관계 규명 등 활발한 연구와 국제 협력을 통해 후발국에서 북극권 파트너 국가로서 입지 확보

  • 다산기지·극지연구소('02) 설립 등 연구 성과에 힘입어 북극이사회* 옵서버 진출('13) 및 非북극권 국가 한계를 넘어선 협력사업** 전개
  * 연안국 8개+韓·中·日 등 39개 옵서버 등/** 非북극권 최초 북극협력회의 상설화 등

  • 2021년『극지활동진흥법』제정을 기반으로 우리나라는 북극이사회 대응 체계를 강화하여 변화하는 북극 현안과 이슈에 보다 효과적으로 대응하고 우리나라의 영향력을 확대코자 노력

  • 그간 북극전문가네트워크(Korea Arctic Experts Network, KAEN) 중심의 대응체계에서 북극이사회 협력네트워크(Korea Network for Arctic Cooperation, KoNAC)로 전환할 계획

- **(한계)** 책임 있는 파트너 국가로서 북극 핵심현안(기후·환경·원주민)에 다가서는 종합연구역량과 다원적 외교협력모델 발굴 노력 미흡

  • 고위도 등 북극 미답지 연구, 양자·다자·원주민 협력 강화, 북극 맞춤형 비즈니스 등 북극 활동 전반에 대한 역량 강화 필요

○ 2021년 북극권 환경 변화와 정책 여건 등을 감안, 기여와 신뢰를 기반으로 북극 시대에 대비한 범부처 차원의 "2050 북극활동전략" 수립

- 북극해 장기 모니터링체계·디지털트윈* 등 예측 역량 강화 및 3대 위험요인별(블랙카본·해양쓰레기·미세먼지)저감 기술개발 추진 검토

  ※ 북극권 종합관측망과 데이터댐 자료를 기반으로 북극해 가상 재현·시뮬레이션

- 북극권 종합관측망*·데이터댐 구축 검토, 미답지(북극해 고위도 등) 관측과 북극해 기후 연구 등 국제공동연구 주도

  ※ (해양) 차세대 쇄빙연구선-(대기) 큐브위성-(육상) 고위도 관측센터

  ※ '33년까지 북극해 전체 기후변화 영향을 예측·분석하는 K-Arctic 2033 추진

- 한파 등 북극發 기후·기상 예측력을 선진국 수준으로 제고*하는 북극 해빙(解氷)·기상·기후 통합예측모델 개발 추진 검토

  ※ 한파 등 예측 정확도: 최고 기술국 수준 대비 (現) 40%→ ('35) 90→ ('50) 100

○ 북극이사회 대응 정책 강화

- **(북극 규범)** 최근 확대되는 북극 관련 규범 논의에 적극 참여하여 우리나라의 북극 진출에 미치는 영향 최소화 등 국익 반영 필요

  • 북극해 통항선박 중유사용 및 운송금지('21, International Maritime Organization, IMO), 북극중앙공해비규제어업방지협정('21, 발효), 북극해 수중소음방지(IMO 주관), 해양쓰레기 저감(UNEP 주관) 등 논의 중

<표 II-4> 북극해 관련 규범

북극해 규범	주요 내용	채택(발효)
UN해양법협약	연안국의 영해, EEZ 및 대륙붕 관할권, 해양경계획정, 해양환경보호, 결빙해역 등 규정(미국 미가입)	1982 (1994)
스발바르 조약	스발바르 지역에 대한 노르웨이 주권 인정, 서명국에게 평화목적의 지역개발 권리 동등 부여 * 현 43개국 비준 또는 가입, 우리나라 '12년가입	1920 (1925)
북극 항공해상 수색구조협력협정	북극해 주변국의 수색구조 책임지역 명시, 타국 관할 지역에서 수색구조 작업 시 연안국 허가요청 규정	2011 (2013)
북극유류오염 대비대응협정	유류오염사고 예방 및 대응, 북극해 연안국의 모니터링, 정보공유 공조체제 구축 규정	2013 (2016)
IMO Polar Code	극지해 운항선박 안전 기준 마련, 선박 기인 해양환경보호 강화	2014 (2017)
국제 북극과학 협력강화 협정	북극과학연구의 국제협력 강화	2017 (2018.5)
중앙북극해 비규제어업방지협정	중앙북극공해 비규제어업장지 및 수산자원 관리 방안 규정 (연안5개국+한중일,EU,아이슬란드)	2018.10 (미정)
IMO 북극 중유사용 및 운송 금지협약	북극 중유사용·운송으로부터 야기되는 위협 및 위험 감소 *2020.10월(MEPC76) 채택, 2024.7.1. 발효 목표16)	2020 (2024)

출처 : 북극 거버넌스와 한국의 북극정책 방향(한국해양수산개발원 김민수, 2020)

- **(북극 진출)** 북극이사회 개방성이 확대됨에 따라, 비북극권 국가이자 옵서버인 우리의 북극 진출을 위한 교두보로서 활용할 필요

  • 최근 북극이사회 25주년 계기호 수립한 '2030 전략'에서 옵서버국의 참여 적극 장려 의지 표명

- **(현안 해결)** 해빙(解氷)으로 인한 전 지구적 기후변화 대응과 북극의 지속가능한 발전 등 인류 공동 문제 해결에 기여할 필요

  • 북극이사회는 북극 관련 현안해결의 플랫폼으로서 설립 후 30년간 약 2,300건 보고서 생산

○ 북극이사회 워킹그룹 동향 분석 및 공유, 북극권 협력 증진 방안 논의를 위한 '한국 북극전문가네트워크'(KAEN: Korea Arctic Expert Network, '14~) 출범

<표 II-5> 우리나라 북극이사회 워킹그룹 사업 참여 현황

워킹그룹	참여 협력 사업	참여기간	국내 참여 기관
CAFF	북극이동성물새이니셔티브	2015~	국립생태원
EPPR·PAME	신 저유황유·빙해 조건에서의 특성 연구 사업	2020~	KRISO
PAME	북극 원주민 해역이용도 지도화 사업	2015~2017	KMI
PAME	북극이사회 해운활동에서의 옵서버 참여 강화 방안	2019~	KMI
SDWG	북극 재생에너지 지도화 사업	2017	KMI
	북극 수소에너지 적용 및 시현 사업	2021~	KMI

- **(구성·운영)** 한국해양수산개발원, 극지연구소, 국립생태원, 국립외교원, 국립수산과학원 등 23개 기관, 50여 명의 전문가로 구성·운영

○ 북극이사회 대응 역량 강화 방안

- **(주요 내용)** 6개 워킹그룹별 '담당부서(책임·총괄)-간사기관(의제 분석·공유)-전문가그룹(의제발굴, 사업 추진)'을 구성하여 협력체계 구축

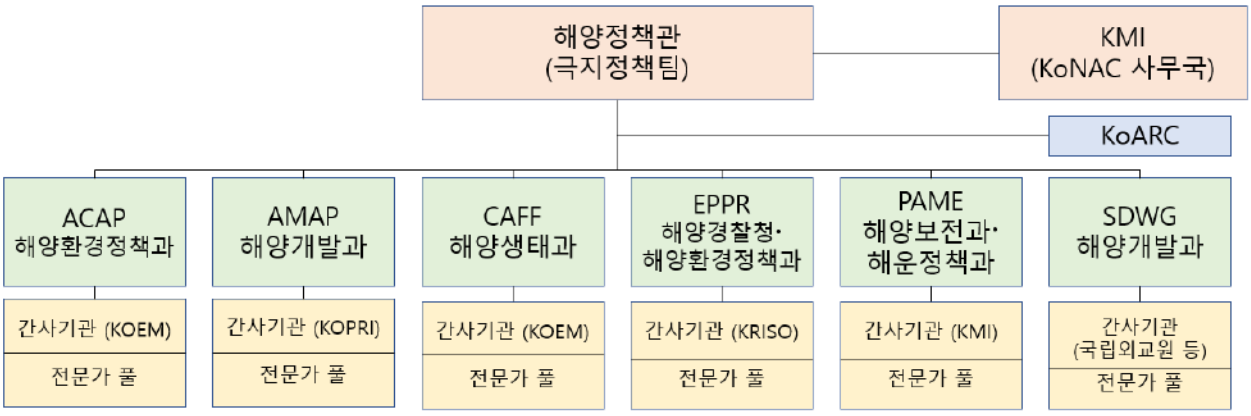
- **(기존)** 일부 협력사업 수행자가 회의 참여 후 동향 공유 → **(개선)** 의제분석과 모니터링을 수행하는 간사기관과 협력사업 수행자를 분리하여 각각의 전문성 제고

- **(담당부서)** 워킹그룹 별 담당관은 회의참석 또는 간사기관을 통해 주요의제별 대응방안 마련 및 협력사업 재원 투자방안 등 검토

- **(간사 기관)** 워킹그룹 본회의 등에 지속적으로 참석하여 동향을 모니터링하고 종합적 의제분석 및 워킹그룹 대응 로드맵 수립

- **(전문가 풀)** 워킹그룹 별 전문가그룹 회의 참석(필요 시) 및 사업 수행, 신규 협력사업 발굴·제안 등을 위한 싱크 탱크 역할 수행

  - 한국북극연구컨소시엄(Korea Arctic Research Consortium; KoARC: 북극연구 방향 설정, 연구수행 등을 위해 34개 산학연 관련 기관으로 운영, '15~)과 연계하여 산업계 및 학계의 연구·사업 참여 강화
  - 기존 KAEN 체계를 개편, 위상을 강화한 '북극이사회 협력 네트워크(KoNAC, Korea Network for Arctic Cooperation)' 구성·운영



[그림 II-3] 워킹그룹 대응체계 개편 (안)

- **(협력 사업)** 의제 종합 분석과 기획연구 등을 통해 신규사업을 발굴하고, 북극권 국가와의 사전 협의 및 북극이사회 사업화 제안

  • KAEN 통한 의제분석 및 사업발굴 + KoARC 통한 연구성과의 사업화 → 정부간 양·다자 협의체를 활용해 북국권 국가 사전 협의 → 북극이사회 협력사업화

- **(회의 대응)** ①전문가회의, ②총괄회의, ③전략회의를 통해 북극이사회 워킹그룹별 대응전략을 사전에 마련하여 전략적 대응

  • 간사기관 외 국내 유관기관의 의견수렴을 위해 각 회의 결과를 공유하고 논의할 수 있는 '북극이사회 대응 워크숍' 등의 창구 마련

- **(성과 활용)** 북극협력주간, 북극포럼(북극써클·프론티어) 등을 통한 성과확산 및 극지활동시행계획(매년) 등에 반영하여 정책 연계 추진

  • 북극이사회 6개 워킹그룹 추진 사업('21~'23)은 총 102개(ACAP 18개, AMAP 3개, CAFF 17개, EPPR 17개, PAME 36개, SDWG 11개)로, 이 중 우선협력 필요성이 있는 사업은 15개 분야 26사업으로 도출

- **(전략 수립)** 북극이사회 협력사업을 포함한 워킹그룹 별 대응 전략은 극지활동진흥시행계획에 매년 반영하여 수립·추진

- **(협력사업 지원)** 우선협력 필요사업(26개)을 대상으로 ①전문가 참여 (기존사업에 자문, 보고서 작성, 현지 조사, 논문 작성 등), ②국제공동학술행사(세미나, 현지 워크숍 등) 개최, ③공동연구 추진, ④기업 참여 등으로 참여방식을 차별화하여 전략적 대응

<표 II-6> 우선협력 기능사업 현황

워킹그룹	추진 사업
ACAP	• 블랙카본 사례 플랫폼 (Black Carbon Case Studies Platform) • 러시아 북극지대 CO2 및 블랙카본 배출 감축 시범프로젝트 • 산불관리 관행 및 블랙카본 및 기타 대기오염물질 배출 프로젝트
AMAP	• 기후변화와 영향 이슈 대응 사업
CAFF	• 환극지 생물다양성 모니터링 프로그램 • 제3차 북극 생물다양성총회 • 북극공간데이터 인프라를 포함한 북극생물다양성데이터베이스 개발 • 북국 이동성 물새 이니셔티브 이행사업 (AMBI) • 북극 습지 복원력 및 관리 조사 • 북극 생태계에 대한 기후변화 영향과 관련 기후 피드백에 대한 이해
EPPR	• 극지해역에서의 신저황유 특성 • 유류유출 연구 개발 이니셔티브 • 국제협력을 통한 해양감시역량 제고
PAME	• 북극 해양침입외래종 프로젝트 • 북극 수중 소음 영향 및 관리 솔루션 • 해운활동에서의 옵서버 참여 강화 방안 • 북극해운모범사례정보포럼 • 폴라코드(Polar Code) 해석 관행 공유 • 케이프타운협정(북극이사회) 내 어선안전과 어선교통량 증가 인식 제고 사업 • 북극연안 정화운동 • 어획 행위 및 폐어구 관리 프로젝트 • 중앙북극공해 통합생태계평가 • 북극 중앙공해 생태계 지위, 인간영향 및 관리조치에 관한 보고서 작성
SDWG	• 북극 원주민의 문화유산과 언어 디지털화 • 북극 식량 혁신 클러스터 조성 • 북극 수소에너지 적용 및 시연 사업

- **(신규사업 발굴)** 사전연구 (방향설정 및 과제 공모 → 과제선정 → 기획과제 수행 → 결과보고 → 워킹그룹 사업 제안) 추진을 통해 국내 강점 기반으로 국익에 기여할 수 있는 과제를 발굴하여 북극이사회 협력 사업화 추진

• 북극 거버넌스를 위한 한국의 과학기술 외교와 위상 향상을 위한 신사업 기술 육성에 대한 전략적 투자 필요

2. 과학기술 동향분석

2.1. 특허 동향 분석

❑ 특허검색 대상기술 및 검색방법

○ 북극해 스마트 평가체계 구축 과제 (Application/Analytics)

- 북극해 통합 환경정보 시스템 구축 및 분석기술
- 북극해 수중 음향환경 평가기술
- 북극해 환경 스마트 평가기술

대분류	중분류	설명
Application (A)	해양 데이터 처리(AA)	▶ 해양에서 획득된 데이터의 전처리(데이터 클리닝, 데이터 변환 등)와 관련된 기술 ▶ 마린 데이터를 대상으로 딥러닝 기술의 적용 ▶ 음향 센서 기반의 일차원데이터 처리, 이미지 센서 기반의 이차원 데이터 처리 ▶ 처리 플랫폼 - 분산 처리/클라우드기반 처리
	해양환경 시스템(AB)	▶ 마린 데이터에 기반하는 해양환경 시스템의 구축과 관련된 기술 ▶ 응용 - 해양 감시, 해양 환경정보(기후, 지형, 염도 등) 제공, 수중 위치 인식, 해양 생물 추적 등

KOPRI 극지연구소

- 검색된 건수가 적은 것을 고려하여, 해양 환경과 관련된 마린 빅데이터 처리 및 이를 이용하는 해양 환경 시스템으로 기술을 구분함
- 센서 응용, 데이터 전송, 해양기후 관련된 사항 등도 딥러닝을 이용하는 경우, 그 일부를 application에 포함시킴

○ 북극해 수중 원격탐사 체계 구축 과제 (Data Communication)

- 해상 수중기지국 고정센서 간 데이터 전송 시스템 기술
- 해상 수중기지국 이동센서 간 데이터 전송 시스템 기술
- 북극해 수중사물인터넷 테스트베드 구축기술
  - IoT와 해양이 결합된 검색 건수가 적은 것을 고려하여, 해양/수중에서의 센서 네트워크를 포함함
  - 센서 (고정, 이동, 음향, 비음향 등)에 부착된 전송 방식을 포함하고, 측위를 위한 데이터 송수신도 일부 포함함

- 해저유전 등과 같은 상업적 목적의 해양 시스템, 선상 시스템, 선박 등에 의한 통신 방식은 대부분 제외함
- 통신이론이라도, 해양/수중 적용을 목적으로 하는 경우 포함함
- 해저/수중 케이블 기반의 유선 통신, 유인 잠수정과의 통신, 잠수부와의 통신, 탄성파 관측/해저유전 관측과 관련된 통신, 지상 무선통신 등과 관련된 기술은 수중 환경 데이터 전송과 관련된 경우에 한해 일부를 포함시킴

대분류	중분류	소분류	설명
Data Comm. (B)	센서 네트워크 (BA)		▶ 수중센서망, AUV, 수상 시설, 선박, 지상 시설, 위성 등을 포함하는 해양 통신망과 관련된 기술 ▶ 수중센서망의 토폴로지 ▶ 수중센서망용시뮬레이션 툴/테스트 베드 ▶ 파워공급, 파워소모 절감, 외부 에너지 수확 등
	고정 센서용 통신(BB)	음향기반전송 (BBA)	▶ 음향 통신과 관련된 기술
		비음향기반전송(BBB)	▶ 음향이 아닌 수단을 이용하는 수중 통신과 관련된 기술 ▶ 가시광, 자기장 등에 기반하는 통신
	이동 센서용 통신(BC)		▶ AUV/UUV/수중 글라이더/수중 드론/수중 로봇등 수중이동체와 부이/해저 시스템/해상 선박 간의 통신과 관련된 기술
	기타 전송 기술(BA)		▶ 수중 센서에 부착된 통신 방식을 구현하기 위한 통신이론 ▶ 물리 계층, MAC 계층, 네트워크 계층등과 관련된 기술 ▶ 수중 통신 보안과 관련된 기술 ▶ 부이를이용하는 해양 전송 기술

○ 북극해 수중사물인터넷 기반 구축기술 (Data Aquisition)

- 능동 음향 관측 플랫폼 구축기술

- 수동 음향 관측 플랫폼 구축기술

- 수중 이동형 무인기 운용 및 관측기술

  - 수중에서의 반사파를 이용하는 경우는 모두 능동 센서에 포함함
  - 수중이동체 관련 센서 기술은 CA/CB 항목에 포함함
  - 수중이동체 관련 통신 기술은 B* 항목에 포함함
  - 해저유전/해저 시설물 관리, 수중 카메라, 유인 잠수정, 어뢰/기뢰, 단순 로봇, 센서 일반, 어탐기 등에 관련된 기술은 수중 환경 인지와 관련된 경우에 한해 일부를 포함시킴

대분류	중분류	소분류	설명
Data acq. (C)	능동센서 (CA)		▶ 능동 센서 기술 ▶ 센서의 구현과 관련된 기술 ▶ 센서의 부착 위치와 관련된 기술 - 잠수함, 수중 글라이더, 수중 드론, 부이/소노부이 등
	수동 센서 배열(CB)	비음향기반전송 (BBB)	▶ 수동 배열 센서 기술 ▶ 토우잉(towing) 기반의 배열 센서 기술
	AUV/UUV/수중 글라이더/수중 로봇/수중 드론 등 (CC)	구조, 파워, 부력(CCA)	▶ 수중이동체(AUV/UUV/수중 글라이더/수중 로봇/수중 드론 등)의 구조, 형태와 관련된 기술 ▶ 수중이동체의 부력과 관련된 기술 ▶ 수중이동체의 파워공급, 파워절감, 외부 에너지 수확
		제어/항법, 위치, 충돌방지(CCB)	▶ 수중이동체의 제어/항법/충돌방지와 관련된 기술 ▶ 수중이동체의 측위와 관련된 기술
		운용, 응용, 전개/회수 (CCC)	▶ 수중이동체의 운용 및 사용자 인터페이스 ▶ 수중이동체를 활용한 해양 데이터 수집 ▶ 수중이동체의 진수 및 회수와 관련된 기술

❑ 특허 검색 및 분석 결과

○ **(특허검색 및 필터링 결과)** 총 유효건수는 1,540건이며, 이중 Application 분야 47건, Data Communication 분야 442건, Data Aquisition 분야 1,051건으로 구성되고, 이 중 미국이 496건으로 가장 많으며 한국 409건, 일본 374건, 유럽 261건 순임

KOPRI 극지연구소

- Application

• Raw DATA(725건)

	검색식	한국	일본	미국	유럽	합계
Application(A)	TAC:((AI ML (deep and learning) (neural and network) 인공지능 (인공 A/2 지능) 딥러닝머신러닝신경망 신경회로망) and (sea marine ocean underwater 해양))	134	23	382	186	725

※ **1) AI** 및 **2) 해양** 관련된 용어들을 조합하여 검색식작성후, 20070101~20220420(15년) 기간의 출원/공개 건들에 대해 검색툴(keywert) 실행

※ **총 725 건**의 raw 데이터가 검색되었으나, 해양환경과 관련없는**노이즈(예를 들어, 딥러닝의 일반적인 응용, 딥러닝기반의 선박 운항 제어, 해양 시설물 모니터링, 수상/수중 오락시설, 해양/해양환경과 무관한 분야 등)**가 대부분이었음.

※ AI 기반으로 해양환경 관련된 데이터를 처리하는 특허들은 검색된 예가 매우 적음. 다만 관련된 논문들은 다수 검색되는 것으로 판단컨대, 향후 기술 전개가 활발할 것으로 예상되며 한국이 18건으로 가장 많음

- 1차 필터링(47건)

※ 725건의 Raw DATA에서 타 기술 분야 노이즈 제거 후, 해양환경과 관련된 마린 빅데이터 처리, 이를 이용한 평가시스템 구현과 관련된 건들을 선별 → **1차 필터링 진행(47건)**

한국	일본	미국	유럽	합계
25	0	18	4	47

※ **(AA : 해양 데이터 처리)** 총 유효특허 건수는 38건이며 한국이 18건으로 가장 많음

※ **(AB : 해양 환경 시스템)** 총 유효특허 건수는 9건으로 한국이 7건으로 가장 많음

- Data communication

- Raw DATA(2,690건)

	검색식	한국	일본	미국	유럽	합계
Data Comm. (B)	TAC:((underwater and sensor and network) (underwater and communication) (수중 A/4 통신) 수중통신 (해중 A/4 통신) (수중 and 센서 and 네트워크) (해중 and 센서 and 네트워크))	337	295	1,566	492	2,690

※ **1) 센서 네트워트** 및 **2) 해양** 관련된 용어를 조합하여 검색식 작성 후, 20070101 ~ 20220420(15년) 기간의 출원/공개 건들에 대해 검색 툴(keywert) 실행

※ **총 2,690 건**의 raw 데이터가 검색되었으나, 수중 센서 네트워크와 관련 없는 **노이즈(예를 들어, 케이블 기반의 유선 통신, 잠수부와의 통신, 탄성파 관측/해저유전 관측과 관련된 통신, 지상 무선통신, 조난/난파/구조용통신 등)**가 다수 포함됨. 또한, 검색된 건들 중 많은 건수가 data acquisition 부분과 겹침.

※ IoUT 관련된 특허가 매우 희소하나 관련된 논문들은 다수 검색되는 것으로 판단컨대, 향후 기술 전개가 활발할 것으로 예상됨.

- 1차 필터링(442건)

※ 2,690건의 Raw DATA에서 타 기술 분야 노이즈 제거 후, 수중 데이터 전송과 관련된 건들을 선별 → **1차 필터링 진행(442건)**

한국	일본	미국	유럽	합계
144	88	165	45	442

※ **(BA : 센서 네트워크)** 총 유효특허 건수는 64건이며 한국이 36건으로 가장 많음

※ **(BBA : 고정 센서용 통신-음향기반 전송)** 총 유효특허 건수는 108건으로 한국이 37건으로 가장 많음

※ **(BBB : 고정 센서용 통신-비음향기반 전송)** 총 유효특허 건수는 117건이며 미국이 67건으로

가장 많음

※ **(BD : 기타 전송 기술)** 총 유효특허 건수는 80건으로 한국이 37건으로 가장 많음

- Data acquisition

- **Raw DATA(5,438건)**

	검색식	한국	일본	미국	유럽	합계
Data acq. (C)	TAC:((underwater A/2 glider) (underwater A/2 vehicle) AUV UUV 무인잠수정 (무인 A/2 잠수정) 수중글라이더 (수중 A/2 글라이더) (수중 A/2 로봇) (수중 A/2 이동체) (수중 A/2 항주체) (underwater and sensor) 수중센서 (수중 A/4 센서) (해중 A/4 센서) (수중 A/4 탐지) (수중 A/4 탐사))	1,177	985	2,341	935	5,438

※ **1) 센서** 및 **2) AUV** 관련된 용어를 조합하여 검색식 작성 후, 20070101 ~ 20220420(15년) 기간의 출원/공개 건들에 대해 검색툴(keywert) 실행

※ **총 5,438 건**의 raw 데이터가 검색되었으나, 수중 데이터 센싱과 관련없는 **노이즈(예를 들어, 해저유전/해저 시설물 관리, 수중 카메라를 이용하는 영상 획득, 수상/수중 오락시설 감시, 유인 잠수정, 어뢰/기뢰, 단순 로봇, 센서 일반, 어탐기 등)**가 상당수 포함됨.

※ 검색된 특허의 예들은 풍부하나, 검색된 건들 중 일부가 data communication 부분과 겹침.

- **1차 필터링(1,051건)**

※ 5,438건의 Raw DATA에서 타 기술 분야 노이즈 제거 후, 데이터 인식과 관련된 건들을 선별 → **1차 필터링 진행(1,051건)**

한국	일본	미국	유럽	합계
240	286	313	212	1,051

※ **(CA : 능동 센서)** 총 유효특허 건수는 268건이며 일본이 124건으로 가장 많음

※ **(CB : 수동 센서 배열)** 총 유효특허 건수는 144건으로 한국이 59건으로 가장 많음

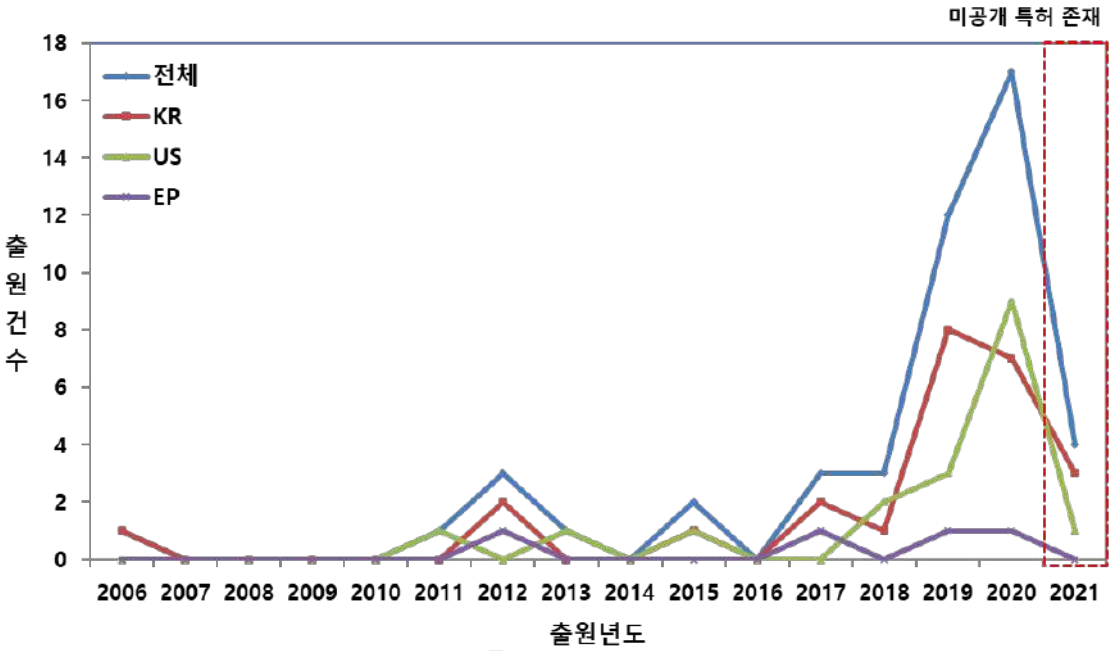
※ **(CCA : 수중드론 등-구조/파워/부력)** 총 유효특허 건수는 251건이며 미국이 86건으로 가장 많음

※ **(CCB : 수동드론 등-제어방법/위치/충돌방지)** 총 유효특허 건수는 134건으로 일본이 43건으로 가장 많음

※ **(CCC : 수중드론 등-운용/응용/전개/회수)** 총 유효특허 건수는 254건으로 미국이 84건으로 가장 많음

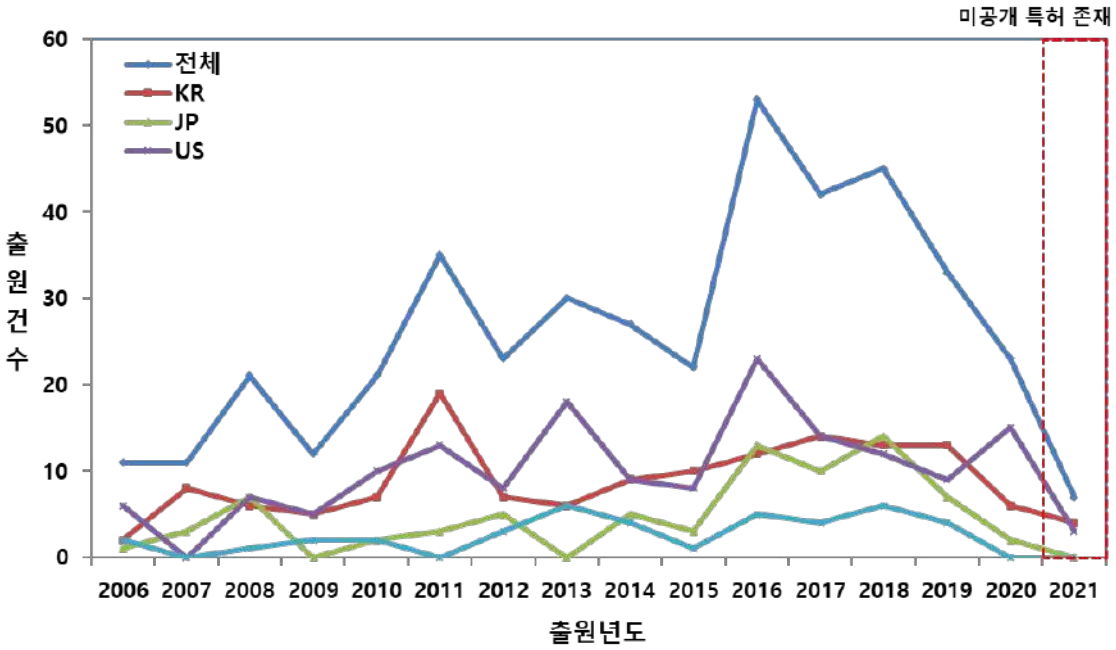
○ 연도별 출원동향(국가별)

- Application



- 해양 환경과 관련된 마린 빅데이터 처리, 및 이를 이용한 평가 시스템 구현은, 출원동향이 미미한 수준이며, 아직 기술 발전의 초기 단계로 판단됨
- '19년 이후 한국/미국을 중심으로, 특히 해양 데이터 처리와 관련하여 출원증가가 관찰됨
- 상업적으로 활용하기 쉽지 않은 점 때문에, 논문 발표 건수에 비해 출원건수가 상대적으로 적은 것으로 판단됨
- 출원건수가 작은 것은 이 분야 산업발전이 초기단계로서 진입성공시 First-mover 위치 선점이 가능함을 시사함

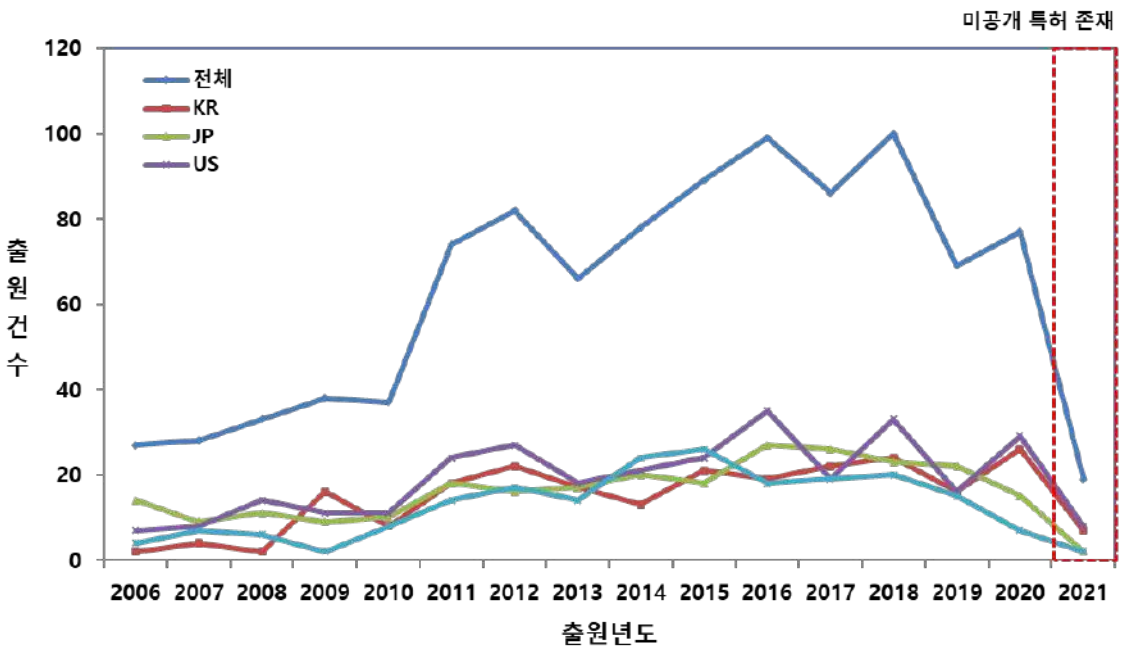
- Data communication



- 수중 데이터 전송에 대한 출원은 완만한 증가세를 보였으나, 최근 출원건수가 감소하는 추세임
- 이러한 추세는 미국을 제외한 3 개 국가에서 공통으로 관찰됨
- 출원수가 감소한 원인은 기술적 쇠퇴기 진입, 또는 미공개 특허의 존재에 따른 일시적인 현상일 수 있음
- 2011년의 출원증가는 한국의 강릉원주대에 의한 출원 집중 때문임

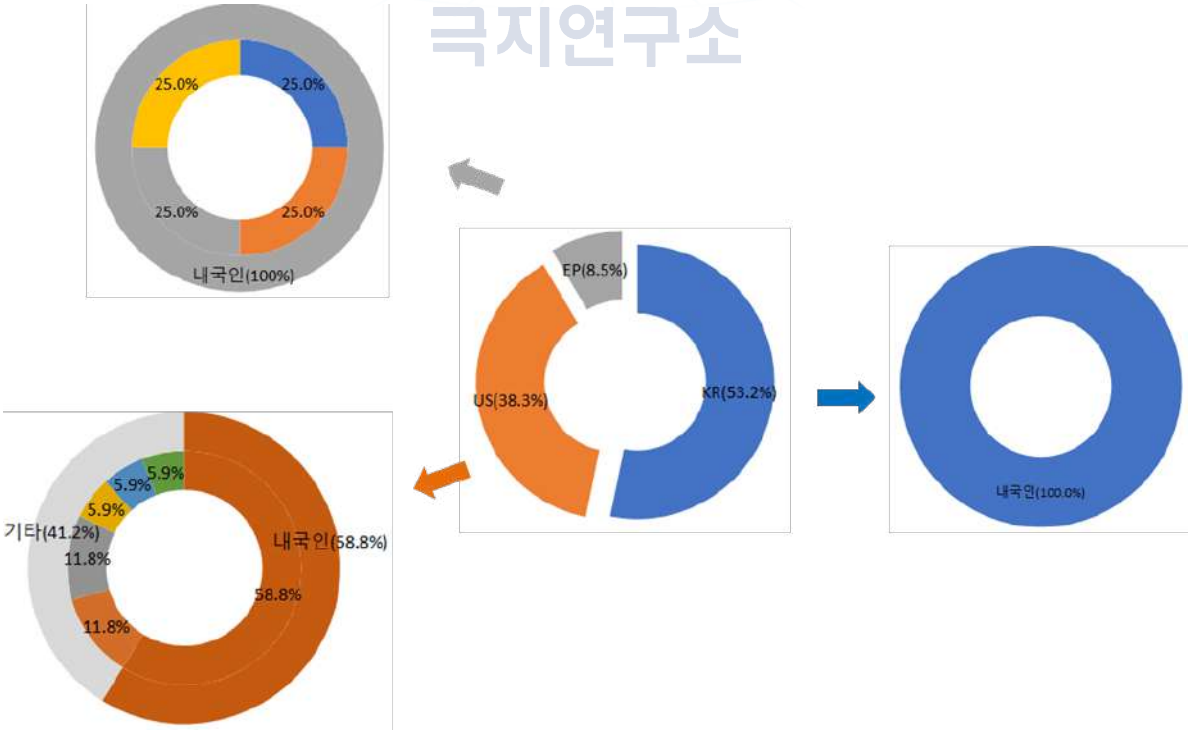
- Data acquisition

- 수중 데이터 인식에 대한 출원은 완만한 증가세를 보였으나, 최근 출원건수가 감소하는 추세임
- 이러한 추세는 특히 일본/유럽에서 관찰됨
- 출원건수가 감소 원인은 기술적 쇠퇴가 진입 또는 미공개 특허의 존재에 따른 일시적인 현상일 수 있음



○ 내외국인 출원비율

- Application



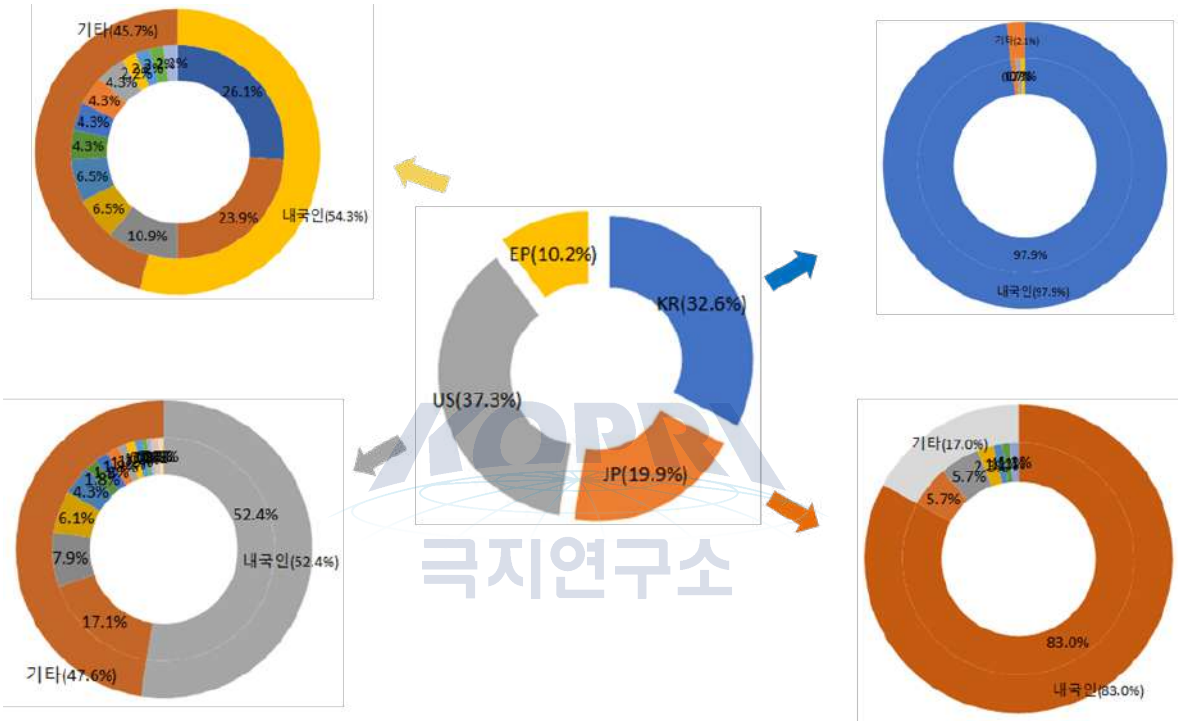
KOPRI 극지연구소

• 해양 환경과 관련된 마린 빅데이터 처리, 및 이를 이용한 평가 시스템 구현에 대해,

출원 비중이 가장 높은 한국(53.2%)의 경우, 모두 내국인에 의해 출원됨

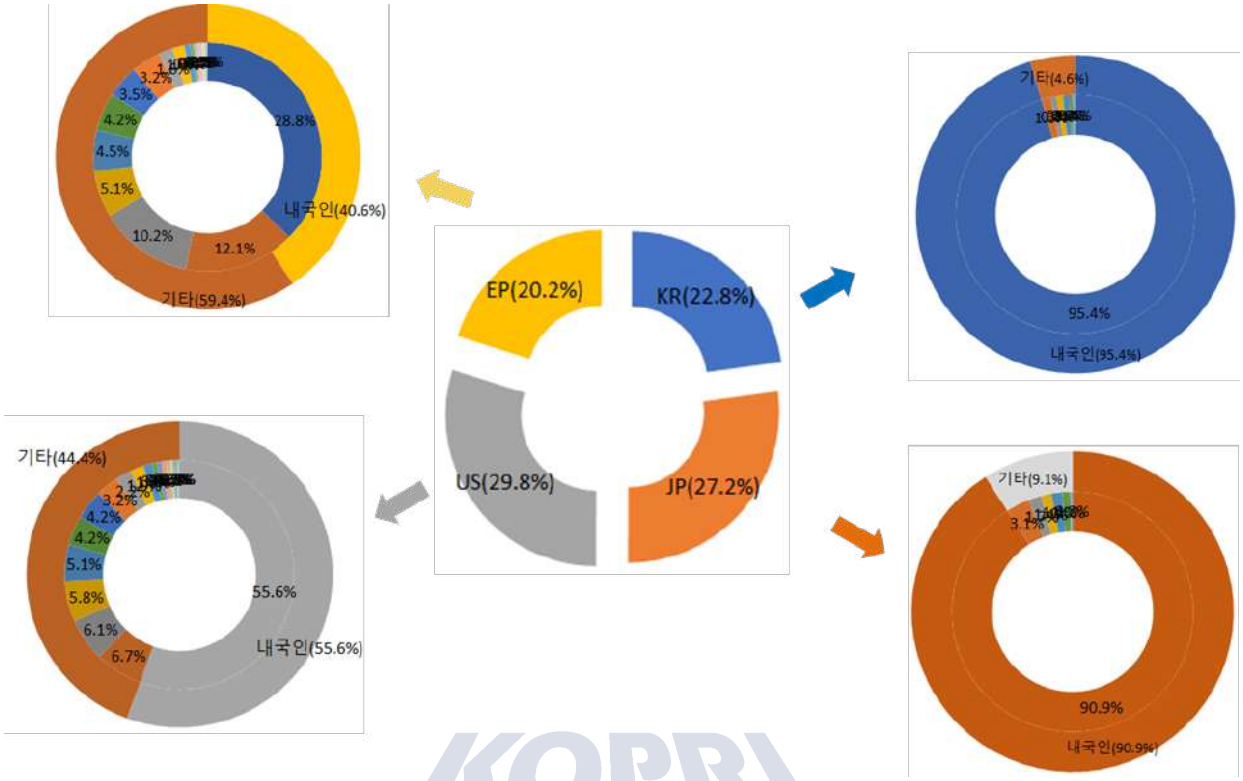
- 미국(38.3%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 58.8%이고, 외국인은 중국, 핀란드 순의 출원 비중을 나타냄
- 유럽(8.5%)의 경우, 모두 내국인에 의한 출원임
- 검색 건수가 적은 것이 고려되어야 함

- Data communication



- 수중 데이터 전송에 대해, 출원 비중이 가장 높은 미국(37.3%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 52.4%이고, 외국인은 영국, 일본, 한국, 중국, 핀란드 순의 출원 비중을 나타냄
- 한국(32.3%)의 경우 내국인에 의한 출원이 97.9%임
- 일본(19.9%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 83.0%이고, 외국인은 영국 미국, 프랑스 순의 출원 비중을 나타냄
- 유럽(10.2%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 54.0%인데, 내국인은 영국, 프랑스, 독일 순의 출원 비중을 나타내고, 외국인은 미국, 일본, 중국 순으로 출원 비중을 나타냄

- Data acquisition

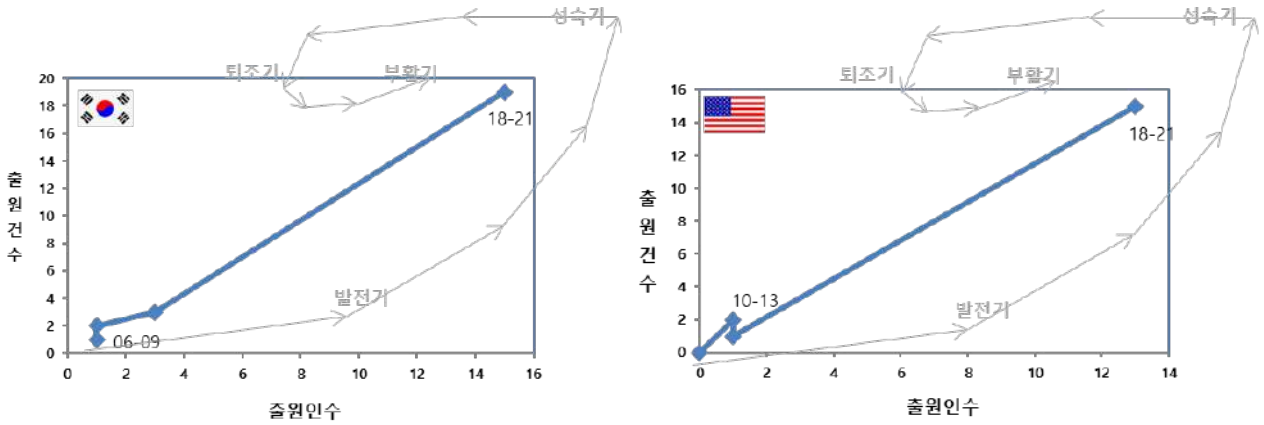


KOPRI 극지연구소

- 수중 데이터 전송에 대해, 출원 비중이 가장 높은 미국(29.8%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 55%이고, 외국인은 프랑스, 일본, 노르웨이, 영국 순의 출원 비중을 나타냄
- 한국(22.8%의 경우, 내국인에 의한 출원이 95.4%임
- 일본(27.2%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 90.9%이고, 외국인은 미국, 독일, 중국, 한국 순의 비중을 나타냄
- 유럽(20.2%)의 경우, 내국인에 의한 출원이 40.6%인데, 내국인은 독일, 프랑스, 영국, 노르웨이 순의 비중을 나타내고, 외국인은 미국, 일본, 캐나다, 한국 순의 출원 비중을 나타냄

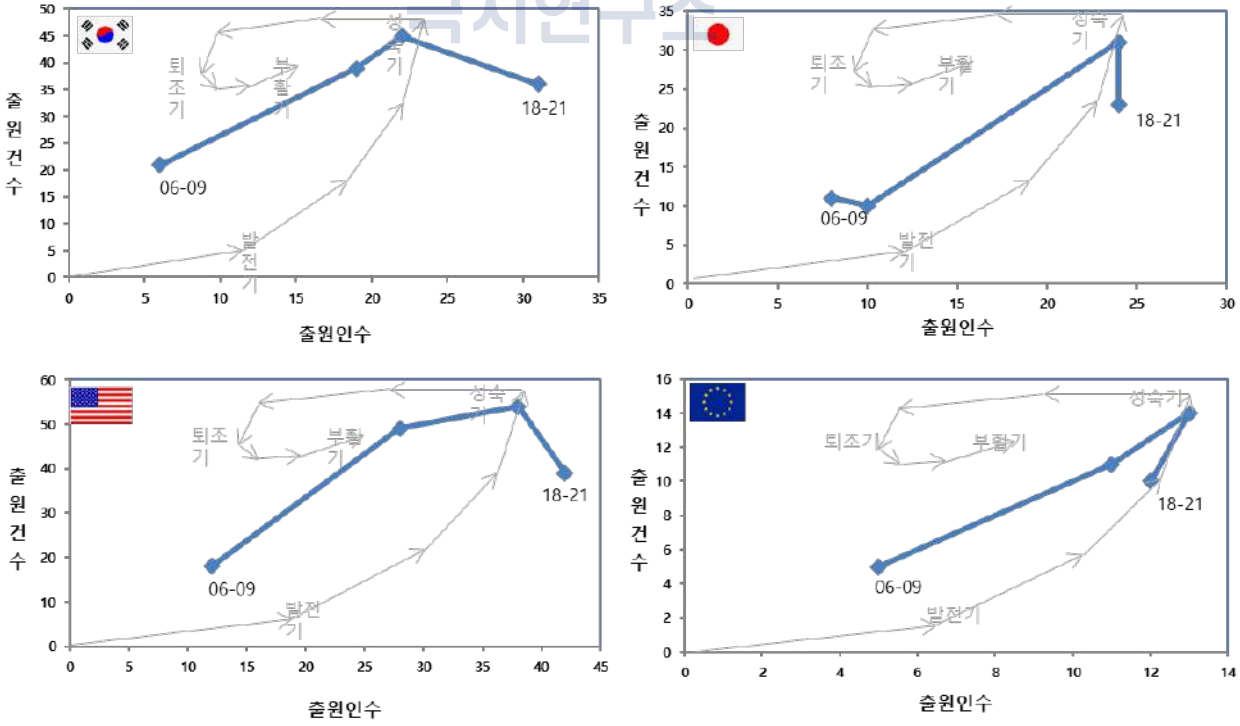
○ 기술성숙도

- Application



- 해양 환경과 관련된 마린 빅데이터 처리, 및 이를 이용한 평가 시스템 구현은, 한국과 미국 모두, 초기 발전기 단계인 것으로 판단됨
- 이후, 발전기가 더 전개되거나, 성숙기에 진입하지 못하고 퇴조될 수도 있음

- Data communication

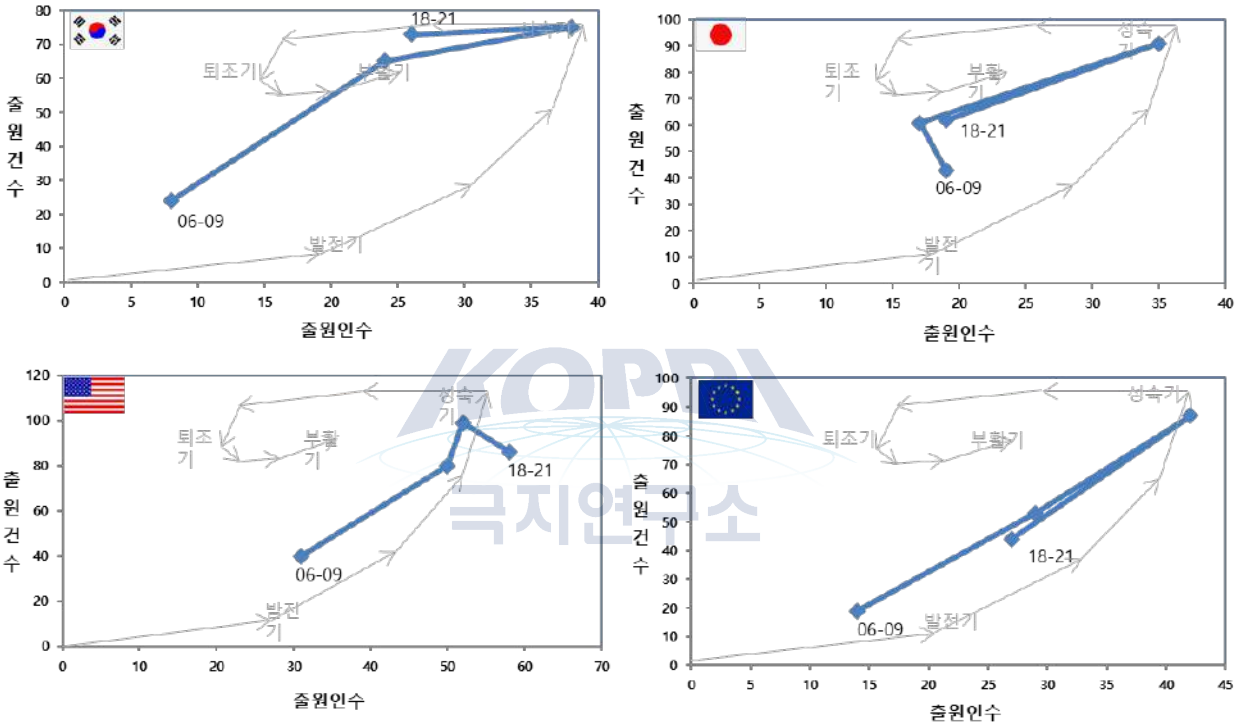


- 수중 데이터 전송은, 4개 지역 모두, 출원건수 측면에서 퇴조기로 판단됨
- 한국/미국의 경우 출원건수의 감소에도 출원인수가 증가한 것은, 연구개발 참여자의

확대를 의미하는 것으로, 이후 부활기로 진입할 수 있음을 시사함, 특히 한국에서의 출원연수의 증가가 관찰됨

- 일본의 경우 출원수는 유지되나 출원건수가 감소함
- 유럽의 경우, 출원건수/출원연수 모두 감소함
- 한국의 경우, 3개 구간(2006-2009, 2010-2013, 2014-2017)에서, 출원건수 대비 출원인수가 타 국가에 비해 적은 편임

- Data acquisition



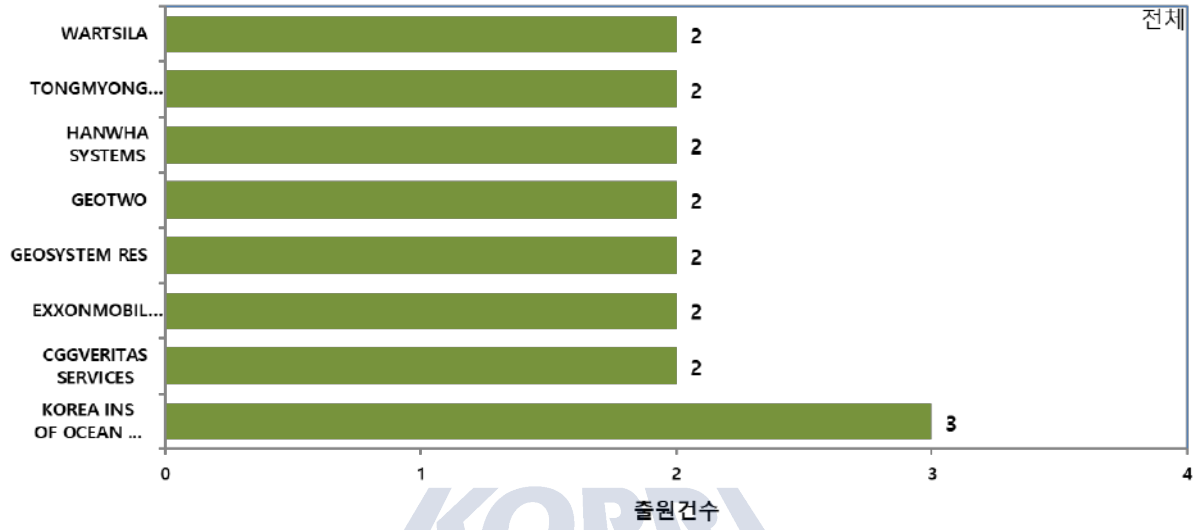
- 수중 데이터 인식은, 한국을 제외한 나머지 지역에서 출원건수 측면에서 퇴조기로 판단됨
- 미국을 제외한 나머지 지역에서, 출원인수 측면에서 퇴조기로 판단됨.
- 일본, 유럽의 경우, 출원건수/출원인수 모두 감소함
- 일본의 경우, 3개 구간(2010-2013, 2014-2017, 2018-2021)에서 출원건수 대비 출원인수가 타 국가에 비해 적은 편임

○ 주요 출원인 Top8

- Application

• 해양 환경과 관련된 마린 빅데이터 처리, 및 이를 이용한 평가 시스템 구현의 경우, TOP8에 포함된 출원인의 국적은 한국 5, 미국 1, 유럽 2임

• 검색 건수가 적은 것이 고려되어야 함

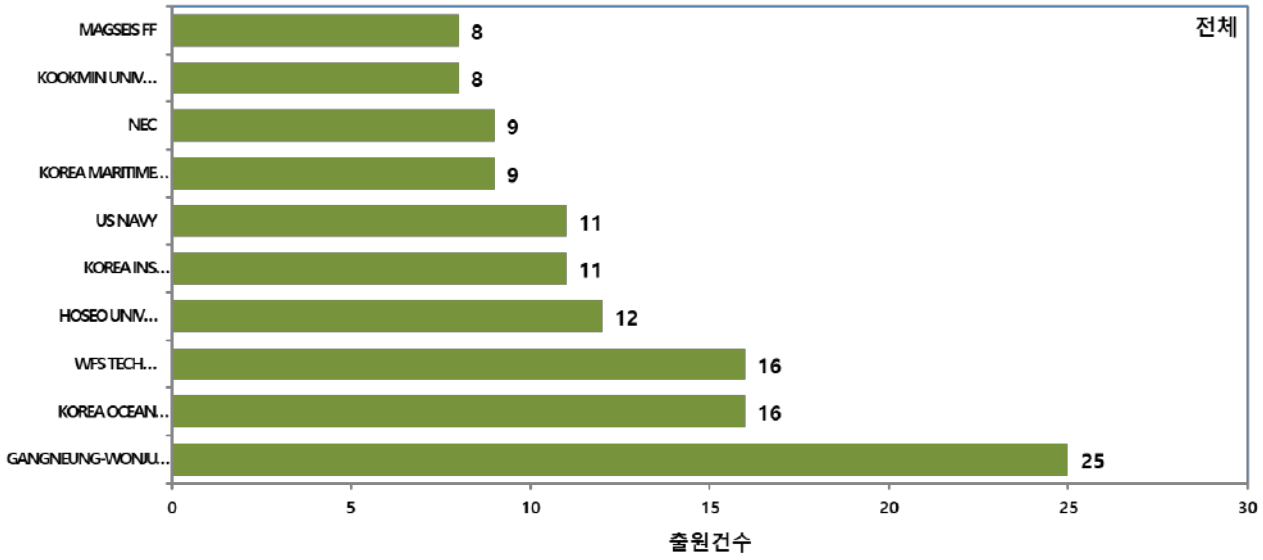


- Data communication

• 수중 데이터 전송의 경우, TOP10에 포함된 출원인의 국적은 한국 6, 미국 2, 일본 1, 유럽 1임

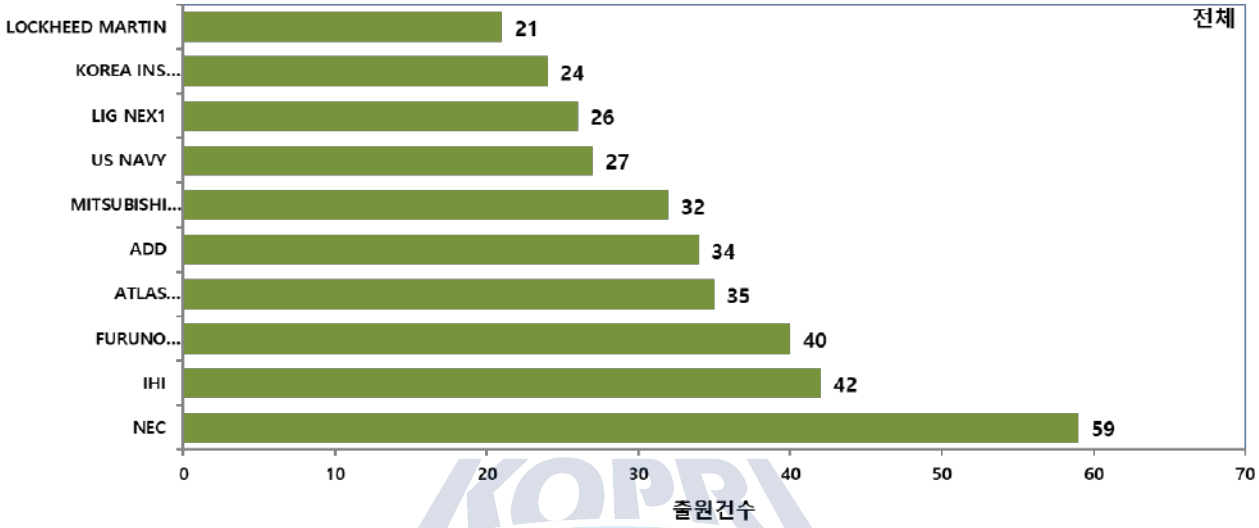
• 최다 출원인은 한국의 강릉원주대로서, 2008-2011 중에 집중 출원을 진행함

• 한국이 주요 출원인을 많이 포함하는 것은, 성숙도 분석에 나타난 바와 같이 일부 분석 구간에서 출원건수 대비 출원연수가 타 국가에 비해 적었기 때문임



- Data acquisition

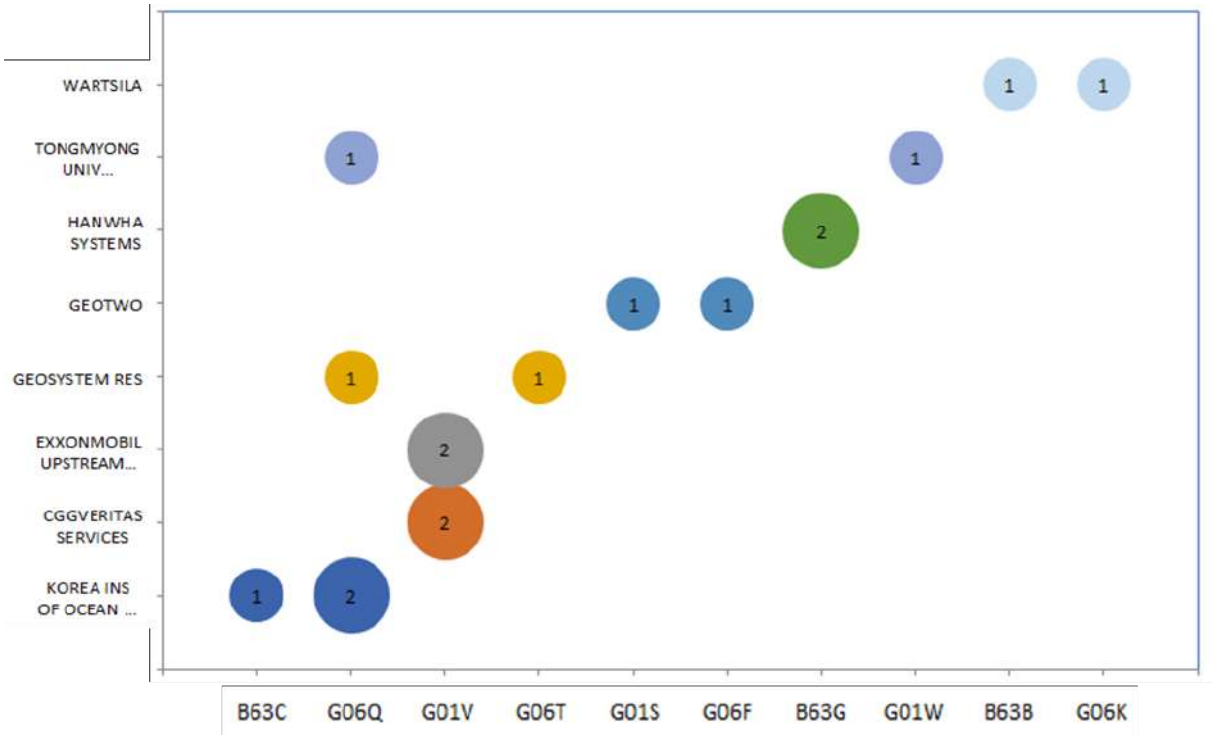
- 수중 데이터 인식의 경우, TOP10에 포함된 출원인의 국적은 한국 3, 미국 2, 일본 4, 유럽 1임
- 최다 출연인은 일본의 NEC로서, 센서 관련 특허를 집중 출원함
- 일본어 주요출원인을 많이 포함하는 것은, 성숙도 분석에 나타난 바와 같이 일부 분석 구간에서 출원건수 대비 출원인수가 타 국가에 비해 적었기 때문임



KOPRI 극지연구소

○ 주요 출원인별 기술분포

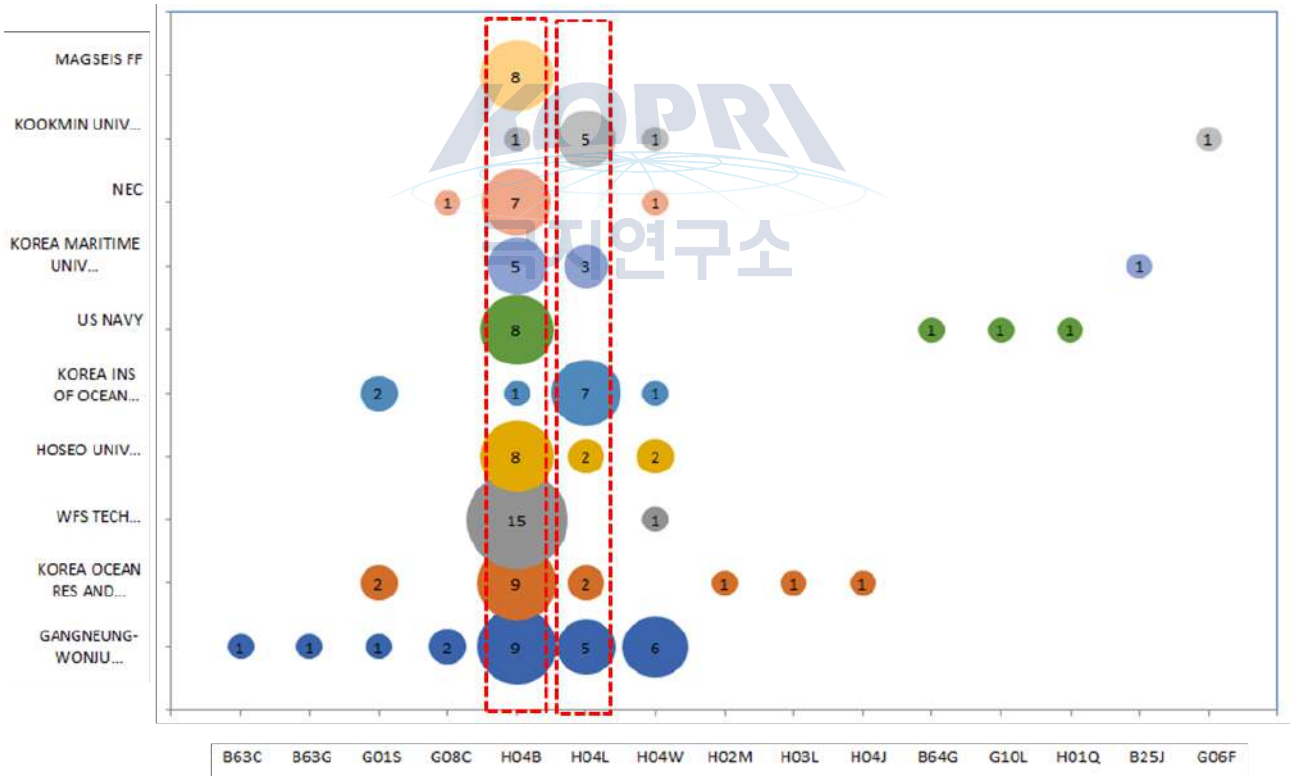
- Application



- 해양 환경과 관련된 마린 빅 데이터 처리, 및 이를 이용한 평가 시스템 구현의 경우, TOP8에 포함된 출원인은 메인 IPC 측면에서 고른 분포를 가짐
- 검색 건수가 적은 것이 고려되어야 함

- Data communication

- 수중 데이터 전송의 경우, TOP10에 포함된 출원인은 메인 IPC 측면에서 H04B(전자파를 이용한 통신), 및 H04L(디지털 통신)에 집중된 출원분포를 가짐
- 한국강릉원주대의 경우, H04B 중 무선전송, 음파 기반 전송, 일반적인 전송시스템 등의 분야에 출원이 집중됨
- 영국 WFS의 경우, H04B 중 일반적인 전송시스템의 분야에 출원이 집중됨
- 한국의 한국해양과학기술원의 경우, H04L 중 (수중) 데이터 스위칭 네트워크 분야에 출원이 집중됨

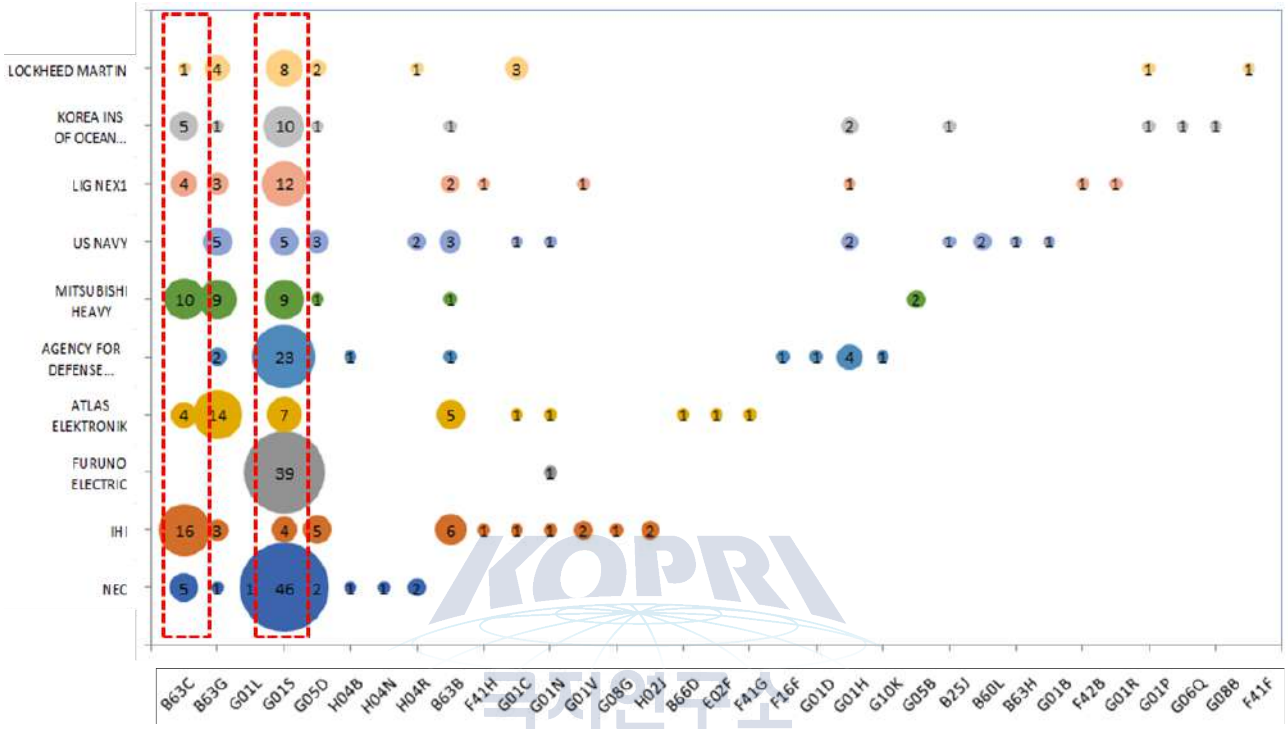


- Data acquisition

- 수중 데이터 인식의 경우, TOP10에 포함된 출원인은 메인 IPC 측면에서 B63C(선박의 진수/운반, 수중탐사 장치), 및 G01S(무선에 의한 방위 결정)에 집중된 출원분포를 가짐
- 일본 NEC의 경우, G01S 중 음향 이용 방위 측정, 소나, 소나 세부구현 등의 분야에

출원이 집중됨

- 일본 IHI의 경우, B63C 중 수중탐색장치 분야에 출원이 집중됨
- 일본 Furuno의 경우, G01S 중 소나, 소나 세부구현 등의 분야에 출원이 집중됨
- 한국 ADD의 경우, G01S 중 소나, 소나 세부구현 등의 분야에 출원이 집중됨



❑ 특허 동향 분석결과 시사점

○ 특허검색결과 센서, 수중드론 등 Data acquisition 관련 유효특허가 1,051건으로 가장 많고, 수중 Data communication 관련 유효특허는 442건, 수중 Data 해석 관련 유효특허는 47건으로 나타남

○ 국가별 특허출원 건수 순서는 미국이 496건으로 가장 많으며, 한국 409건, 일본 374건, 유럽 261건 순임

○ 한국은 Data 해석/적용 분야와 Data 통신 분야에서 강점을 가지고 있어 미국, 일본, 유럽이 보유하고 있는 수중센서 및 수중드론 특허를 활용할 수 있는 방안을 모색하기 바람

○ 북극해 환경분석 및 플랫폼 구축에 기존 특허기술을 적용한 비즈니스모델을 창출하여 사업화하면, 신성장동력 확보가 가능하므로 이 분야 특허출원이 필요함

2.2. 연구동향 분석

❑ 4차산업혁명기술 적용연구 동향

○ 북극해는 미래 물류 에너지 수산자원 등 경제적으로 무한한 잠재적 가치가 있기 때문에 종합적이고 체계적인 평가가 요구됨

- 2021년 해양수산부는 남·북극을 포괄하여 과학연구, 경제활동 등 다양한 극지 활동을 체계적으로 발전시키기 위해 올해 4월 「극지활동 진흥법」을 제정하여 극지 활동 활성화 추진 도모

- 북극 환경 및 생태계 변화 최소화를 위한 4차산업혁명의 핵심기술인 수중사물인터넷(Internet of Underwater Things; IoUT), 수중로봇, 인공지능, 모바일 및 보안기술 도입 필요

※ 정부는 AI, 5G·6G, 첨단바이오, 양자, 우주·항공, 반도체·디스플레이, 이차전지, 수소, 사이버보안, 첨단로봇·제조 등 기술을 '10대 국가필수전략기술'로 선정

○ 사물인터넷 (Internet of Things; IoT), 인공지능 (Artificial Intelligence; AI), 빅데이터 등 4차 산업혁명 핵심기술을 활용한 해양디지털트윈* 기술의 국제표준화는 세계적인 관심사이며, 첨단기술을 접목한 평가기술을 개발 및 국제표준화를 통한 대한민국의 국제 위상을 제고해야 함

※ **해양디지털트윈(Digital Twin)** : 'United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development'에 의하면 Digital Twins of the Ocean, 즉 해양의 디지털 트윈이라는 기술을 언급

- 모든 해양 데이터, 모델링 및 시뮬레이션과 AI 알고리즘 및 베스트 프랙티스를 포함한 전문 도구가 해양 정보에 접근, 조작, 분석 및 시각화할 수 있는 공유 용량을 지원하는 디지털 프레임워크를 구축하고 발전시킴
- 그것은 사용자와 파트너가 에너지, 광업, 어업, 관광 및 자연 기반 솔루션과 같은 문제를 다루는 해양 관련 개발 시나리오를 만들 수 있도록 할 것
- 디지털 트윈은 혜택과 환경변화를 정량화하고 강력한 시각화를 제공할 수 있음[5)]

- 해양/수중 사물인터넷 (IoT) 분야는 아직 미개척 분야로 미국, 유럽 등 선진국들은 해양자원 개발, 어류양식, 수중관광, 수중로봇, 환경 모니터링 등의 분야에서 기술 개발을 점차 가속화하고 있음

- 사물인터넷 및 디지털 복제물(트윈)(ISO/IEC JTC 1/SC 41) 국제 표준화 회의에서 우리나라가 주도하여 해양/수중 사물인터넷 (IoT) 분야 작업반 신설

5) https://www.oceandecade.org/actions/digital-twins-of-the-ocean-ditto/

<표 II-7> 한국 주도 해양/수중-사물인터넷(IoT) 표준 현황

표준/과제번호	표준/과제명	발간년도
ISO/IEC 30140-1	수중감지기(센서)네트워크 – 제1부: 개요 및 요구사항	2018
ISO/IEC 30140-2	수중감지기(센서)네트워크 – 제2부: 참조구조	2017
ISO/IEC 30140-3	수중감지기(센서)네트워크 – 제3부: 엔티티 및 인터페이스	2018
ISO/IEC 30140-4	수중감지기(센서)네트워크 – 제4부: 상호운용성	2018
ISO/IEC30142	수중감지기(센서)네트워크 – 네트워크 관리 시스템 개요 및 요구사항	2020
ISO/IEC30143	수중감지기(센서)네트워크 – 응용 프로파일	2020
ISO/IEC TR 30167	사물인터넷(IoT) - 사물인터넷(IoT)를 위한 수중 통신 기술	2021 (예정)
ISO/IEC 30171	사물인터넷(IoT) - 기지국 기반 수중 네트워크(B-UWAN)의 개요 및 요구사항	2022 (예정)
ISO/IEC 30175	사물인터넷(IoT) - 수중네트워크(UWASN) - 수중 관리 정보 기지국(u-MIB)	2023 (예정)

출처 : (보도자료) 해양 수중 사물인터넷 국제표준화 주도(과학기술정보통신부, 2021)

- 다양한 북극 환경 변화를 연속적으로 관측하고 통합적으로 평가할 수 있는 체계적인 시스템 구축이 필요함

○ 세계경제포럼은 해양에 큰 변화를 일으킬 잠재력이 있는 4차 산업 혁명 관련 해양기술로 자율운행선박, 스쿠버 드로이드, 수중증강현 실안경, 해양혁명, 해저 클라우드 컴퓨팅, 파력·조력에너지, 해양온도차발전, 해저자원개발, 해양 빅데이터, 바다원료약제, 해안센서, 생체모방로봇 등 12개 기술에 주목

- **(자율운행선박)** 선원을 필요로 하지 않음으로써 기존 선박보다 효율적이고, 청정하고, 비용효과적일 것으로 기대되며, 이를 살현하가 위해서는 의사결정알고리즘이 탑재된 기존 센서기술의 적용이 요구됨

- **(스쿠버 드로이드)** 기존 스쿠버다이버들의 한계를 극복해 줄 수 있는 휴머노이드 로봇

- **(수중증강현실안경)** 상업적 다이버들이나 수색 및 구조 팀이 수면상 지원팀으로부터 소나센터나 인텔을 통해 데이터를 받아 활용하고 시야가 확보되지 않는 환경에서 복잡한 업무를 수행할 수 있도록 해줌

- **(해양혁명)** 2014년에 처음으로 전 세계의 양식어류의 소비가 자연산 소비보다 앞섰으며, 새로운 양식기술 발전의 도움으로 해저 양식이 확대되고 있음.

- **(해저 클라우드 컴퓨팅)** 전 세계 인터넷 데이터의 95%가 해저 케이블을 통해 수송 되는데, 미래에는 에너지 비용이 많이 드는 데이터 센서가 해수면 아래로 이동하여 데이터를 저장하는 등 해저 클라우드 컴퓨팅이 확대

- **(파력·조력 에너지)** 파력과 조력을 이용한 청정에너지 생산으로 북극 연구 및 개발 가속화

- **(해양 빅데이터)** 환경 및 생태계 분야에서는 기후변화를 예측하고 효율적으로 대응하기 위해 빅데이터를 활용한 모니터링 기술, 무인수중드론을 활용한 해양환경 조사, 북극해 해양쓰레기 저감 기술, 드론과 빅데이터를 활용한 북극 생물다양성 및 생태계 관리, 북극해 플라스틱 오염과 유류 오염 예측과 방재 기술 등의 융복합 기술 수요가 커질 것

- **(해양온도차발전)** 바닷물 수심에 따른 온도차로 인한 청정 에너지 발전
  - 표층수와 심층수의 온도차로부터 프레온과 같은 저온 비등 냉매를 이용하여 발전

- **(해저자원개발)** 석유, 가스, 해저광물 등 북극해 해저자원 탐사 및 활용을 위한 투자 및 연구가 급증

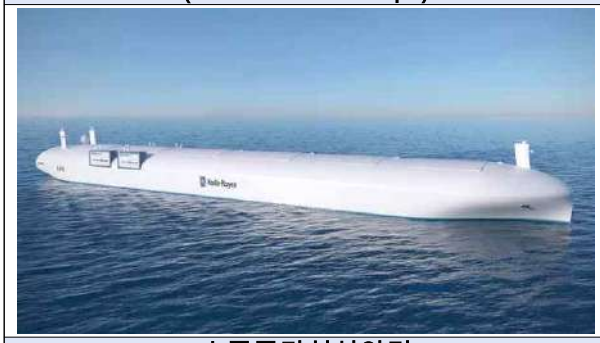
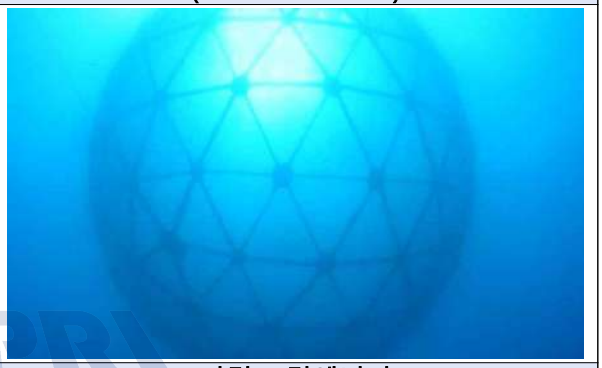
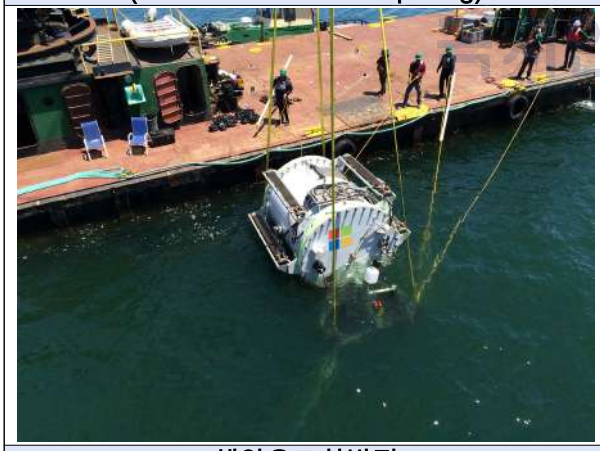
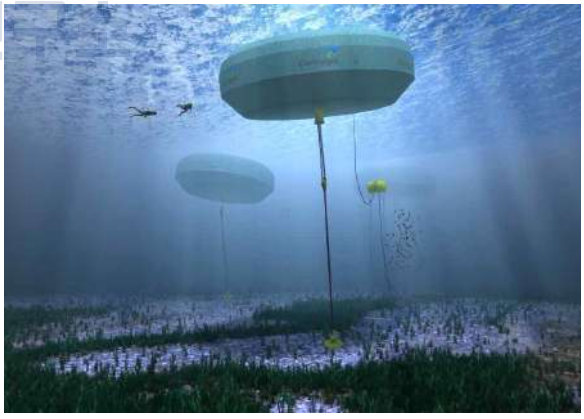
- **(바다원료약제)** 북극해의 해양자원을 활용하여 신약을 개발하는 분야는 새로운 제약산업의 성장동력을 제공할 수 있는 모멘텀이 될 것으로 기대

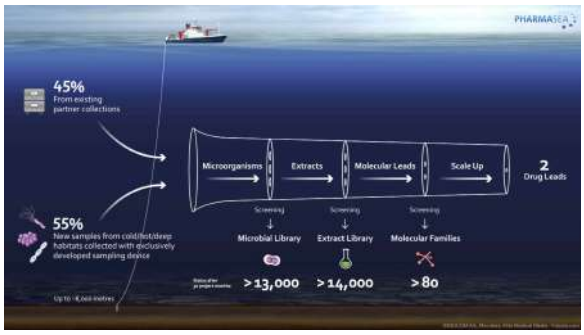
- **(해안 센서)** 해안 환경변화 모니터링, 선박안전 및 안보를 위한 해안센서 시스템 구축 및 활용
  - 북극항로 연안의 항만은 자율운항선박, 무인하역장비와 트럭, 인공지능을 통한 항만 관리와 운영, 사물인터넷(IoT)을 통한 화물과 배후단지의 관리 등이 가능한 4차 산업 기술을 결집시킨 공간으로서의 스마트 항만으로의 개발이 필요
  - 2030년이 되면 무인선박이 상용화될 것이라는 전망과 함께 유럽선사를 중심으로 O2O 온라인 플랫폼 서비스와 빅데이터 및 사물인터넷을 활용한 트래킹 솔루션이 선제적으로 도입되고 있음

- **(생체모방로봇)** 생체를 모방한 고성능 휴마노이드 로봇은 향후 인간 다이버 대신 매우 깊거나 위험한 해양 연구 및 엔지니어링 작업을 해 줄 수 있을 것으로 기대됨

KOPRI 극지연구소

<표 II-8> 4차 산업혁명 관련 주목받는 12개 해양기술

자율운행선박 (Autonomous ships)	스쿠버 드로이드 SCUBA Droids
	
수중증강현실안경 Underwater augmented reality glasses	해양 혁명 (Blue Revolution)
	
해저 클라우드 컴퓨팅 (Undersea cloud computing)	파력·조력에너지 (New waves of ocean energy)
	
해양온도차발전 Ocean thermal energy	해저자원개발 (Deep sea mining)
해양 빅데이터	바다 원료 약제

(Ocean big data)	(Medicines from the seas)
	
해안 센서 (Coastal Sensors)	생체모방로봇 (Biomimetic robots)

출처 : 해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석 연구(한국해양수산개발원, 2018)
https://www.weforum.org/agenda/2016/09/12-cutting-edge-technologies-that-could-save-our-oceans/(검색일: 2018.8.1.)

○ 북극해 환경변화 연구결과를 활용하여 신산업을 창출하려면 4차산업혁명기술을 적용하여 북극해 디지털트윈 플랫폼 구축하는 것이 필요함

- 최근 우리나라를 포함한 동아시아와 북미, 유럽 지역에서 한파, 폭설, 폭염 등 극단적인 기상현상이 빈번히 발생하고 있는데, 우리나라에도 직접적인 피해를 주고 있음

- 이러한 기상이변 현상은 지구온난화에 의한 극지역의 해빙 및 빙하감소 등과 밀접한 관련이 있을 것으로 추측되는 상황으로, 주요국을 중심으로 전 지구적인 환경변화의 원인규명과 미래예측을 위한 과학연구가 활발하게 진행되고 있음

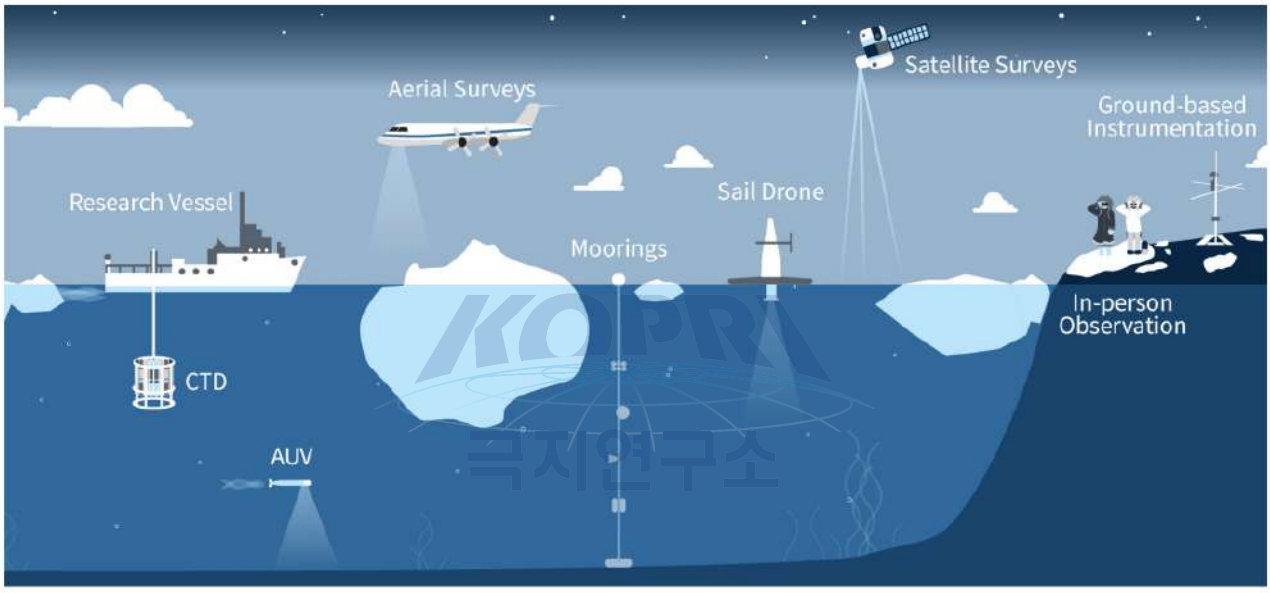
- 우리나라가 강점을 가지고 있는 ICT기술을 기반으로 글로벌 협력체계를 구축하여 북극해 디지털트윈 플랫폼을 구축하면 이 분야 Global First-mover 위치선점이 가능할 것으로 기대됨

❑ ‘북극해 스마트 평가체계’ 관련 연구동향

○ 북극해 통합 환경정보 시스템 구축 및 분석기술 연구 동향

- **북극해 통합 환경 모니터링을 위한 시스템 연구** (“Interagency Arctic Research Policy Committee Report to Congress on the Arctic Research Plan”(2017-2021))

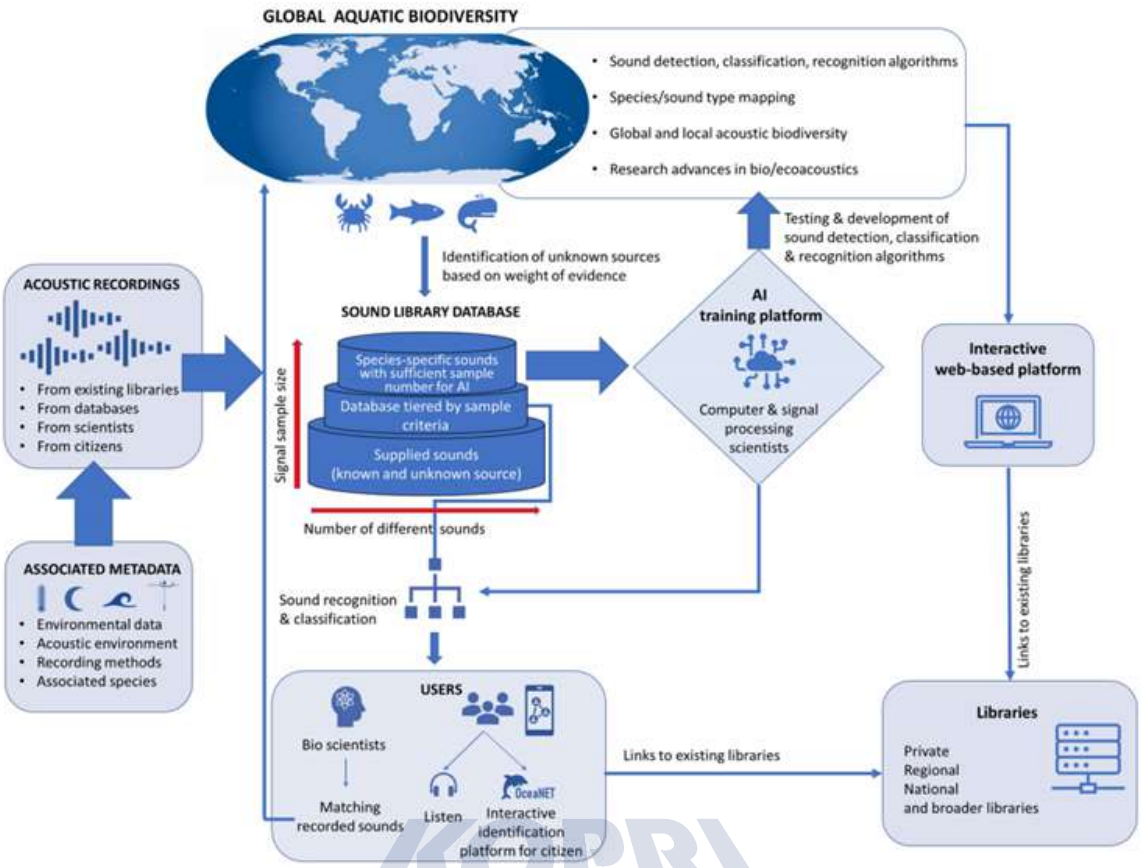
  - 해빙, 빙하 등 변화에 의한 해수면 상승, 영구동토층 변화, 담수변화, 해양생태계 변화, 대기조성 변화 및 연안 생태계 복원력 등 여러 인자를 통합적으로 분석
  - 실험장치가 장착된 연구선, 다수의 센서가 설치된 계류밧줄, Sail drone 및 AUV, 지상에 설치된 장치, 위성 및 항공 서베이 등을 이용하여 북극환경 변화를 모니터링



[그림 II-4] 북극해 통합 환경 모니터링을 위한 시스템

- **수중음향의 변화가 생물생태계에 미치는 영향 연구를 위한 Interactive web-based sound library platform 구축** (“Sounding the Call for a Global Library of Underwater Biological Sounds”, February 2022, Frontiers in Ecology and Evolution 10)

  - 기존의 sound libraries에 축적된 정보, 측정한 음향정보, 음향 연구결과 등으로부터 확보된 “Sound Library Database” 구축
  - AI training platform을 이용하여 글로벌 음향적 생물다양성 변화를 해석함
  - 기존의 sound libraries와 구축된 platform을 링크하여 실시간으로 정보를 공유함
  - Platform을 성공적으로 구축하기 위한 글로벌 정보, 기술 및 성공사례 들을 공유하려면, 관련 주체들이 투명하게 협력하여야 함



[그림 II-5] 수중 음향의 변화가 생물생태계에 미치는 영향

KOPRI 극지연구소

○ 북극해 수중 음향환경 평가기술 연구 동향

- **수중음향 변화감지로 정량적 해빙생성 모니터링 연구** (Oskar Glowacki et al. Quantifying iceberg calving fluxes with underwater noise, The Cryosphere, 14, 1025–1042, 2020)

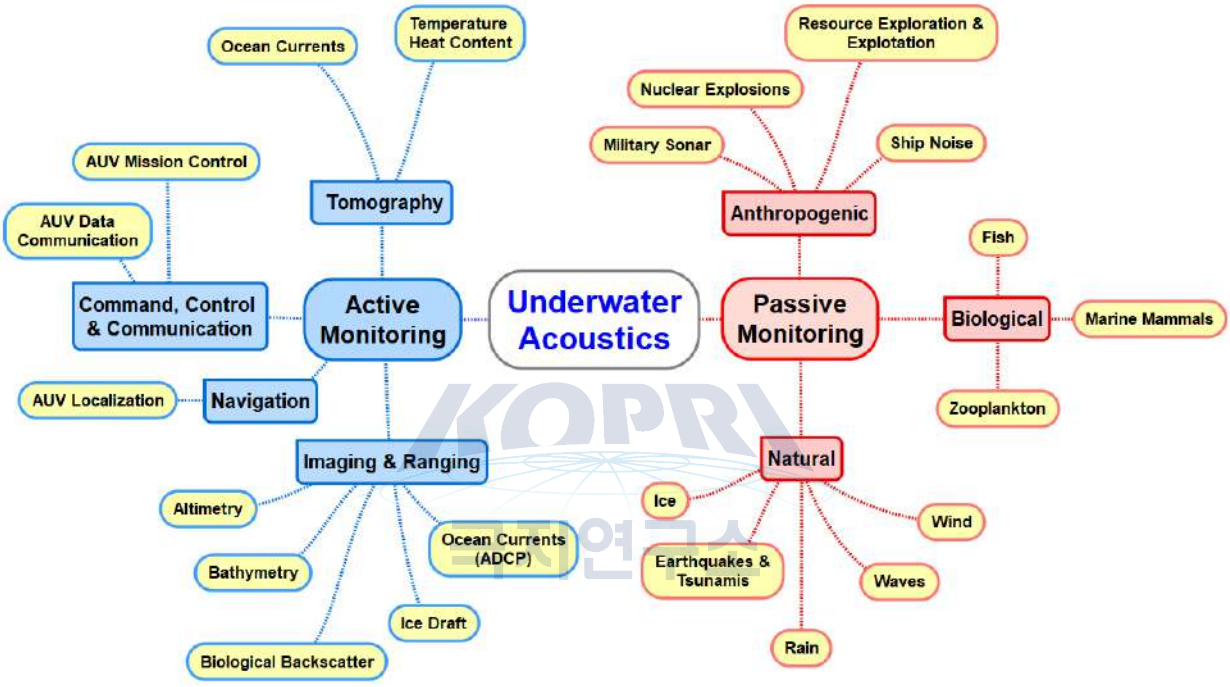
  - 해빙생성 플럭스의 정확한 추정은 소규모 빙하 역학을 이해하고 해수면 상승 (SLR)과 극지방의 담수량을 산정하는데 필수적임
  - 빙산-물 충격에 의하여 발생되는 수중음향을 사용하여 해빙생성 플럭스를 측정
  - 타임랩스 사진과 수동 음향의 조합은 스발바르의 한스브린(Hansbreen)의 지하에서 생성된 169개의 빙산의 질량과 충격 소음 사이의 관계를 결정하는 데 사용됨
  - 관측된 소음에 영향을 미치는 세 가지 주요 요인은 (1) 열염 구조의 시간 의존성, (2) 도파관을 따른 해양 깊이의 변동성 및 (3) 빙하종점에서의 충격소음 반사 등임

○ 북극해 환경 스마트 평가기술 연구 동향

- **음향관측에 의한 해양환경 변화 모니터링 연구** (B.M. Howe etal., "Observing the oceans acoustically", Frontiers in marine science, vol.6, 2019)

  • 인간, 자연, 생물 변화에 기인하는 음향변화를 관측함으로써 해양환경 변화를 모니터링하는 연구결과를 리뷰함

  • 수동 및 능동 음향측정 장치를 이용하여 ocean soundscapes를 측정하면 해수온도 측정, 재난예측, 기상예보 등의 연구에 다목적으로 활용될 수 있음



[그림 II-6] 수중 음향측정을 위한 요소인자 연계도

❑ '북극해 수중 원격탐사 체계' 관련 연구동향

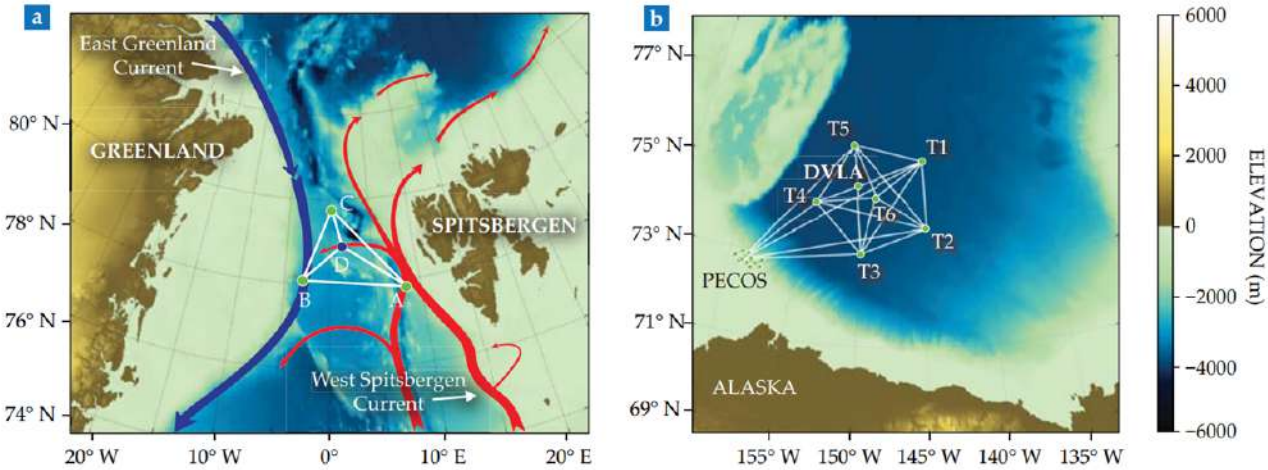
○ 능동 음향 관측 플랫폼 구축기술 연구 동향

- **북극해 수중환경을 관측하기 위한 음향기술 연구** ("Ocean acoustics in the changing Arctic", Peter F. Worcester, and Megan S. Ballard Citation: Physics Today 73, 12, 44 (2020))

  • 북극해는 해빙의 면적, 자원개발, 조업, 선박이동, 관광 및 해수 염도변화 등에 따라 급속하게 변화하고 있으며, 이러한 변화를 모니터링하여 지구환경을 보존하는 할 수 있는 대응책을 마련하는 것은 매우 중요함

  • 이러한 관점에서 다목적 수중음향 측정장치를 이용하여 해수온도 측정, underwater

navigation, 능동/수동 음향 모니터링 등을 수행하는 것은 중요함



[그림 II-7] 북극해 내부를 관측하기 위한 음향기술

○ 수동 음향 관측 플랫폼 구축기술 연구 동향

- **머신러닝을 이용한 물체인식 음향이론 및 적용 연구** (Machine learning in acoustics: Theory and applications Michael J. Bianco, Peter Gerstoft, James Traer, et al., The Journal of the Acoustical Society of America 146, 3590 (2019))

  - AI기술을 활용하여 음향데이터 해석을 기존의 시뮬레이션 방법에서 Data-driven ML(Machine Learning) 방법으로 패러다임이 이동될 수 있음
  - ML방법은 많은 장점을 가지고 있지만 물리원칙에 의한 해석이 동반되어야 완성될 수 있음
  - 선박의 이동이나 생물체에 의해 발생하는 음향 등을 ML방법에 의하여 해석하기 위해서는 많은 데이터 양을 이용한 학습이 필요하므로 다양한 정보확보 방법을 찾아야 함

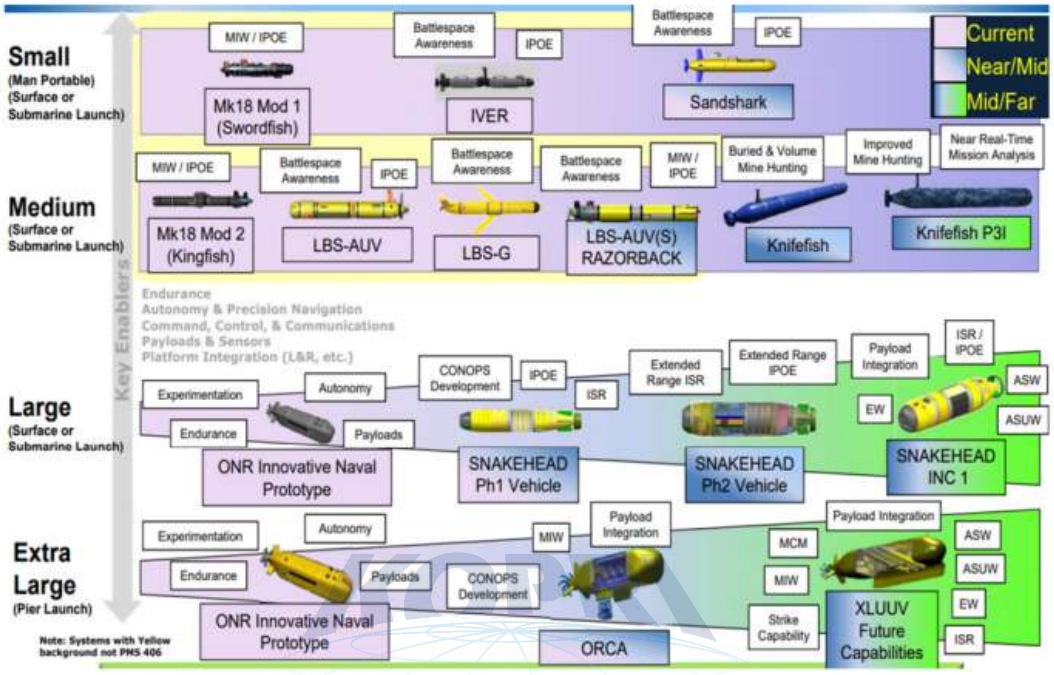
○ 수중 이동형 무인기 운용 및 관측기술 연구 동향

- **수중 이동형 무인기 운용 로드맵 연구** ("수중드론, 자율무인잠수정의 기술개발 동향 및 전망"(2020))

  - 수중드론의 최근 기술동향을 군사용 AUV에 초점을 맞춰 검토
  - 수중드론은 과학탐사용 AUV 분야에서 연구가 활발히 진행되고, AUV의 수중항법・소나・통신・센서 연구개발도 다방면으로 추진됨
  - 육해공 드론의 기술발전에 힘입어 수중 작업, 측량, 해저지형도 제작, 수중고고학 조

사 등 상업목적으로 활용하는 수요도 점차 증가

- 수중드론을 이용한 자율수중작업 기술, 멀티플 수중-수상 드론을 이용한 해저탐사 기술, 해저현장에 체류하며 임무를 수행하기 위한 AUV 도킹 기술, 수중환경에서 광학·초음파 센싱과 지능화 기술, 및 수중글라이더를 활용한 해양과학조사 기술에 대한 동향과 전망을 설명



출처: 대한조선학회지 제57권 3호

[그림 II-8] 미 해군 무인잠수정 시스템 비전(2018)

❑ 북극해 수중사물인터넷 관련 연구동향

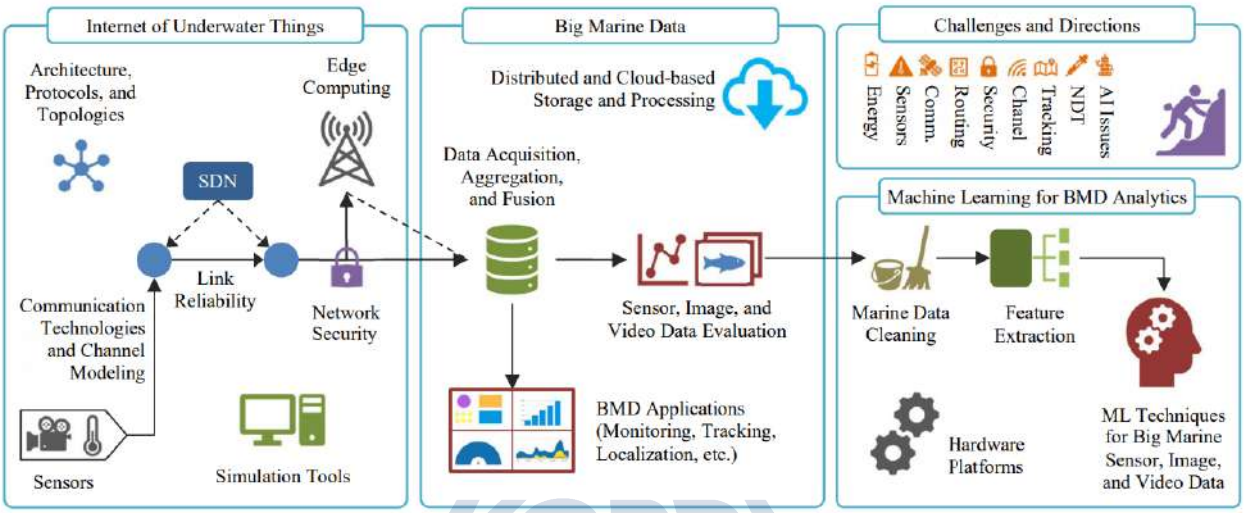
○ 해상 수중기지국 고정센서 간 데이터 전송 시스템 기술 연구 동향

- **IoUT와 Big Marine Data(BMD) 관련 연구** ("Internet of underwater things and big marine data analytics", IEEE Communication Surveys & Tutorials, 2021)

  - 최근 해저물체와 환경을 연결하기 위한 IoUT 관련 연구는 급속하게 발전하고 있으며, 연결하는 범위 및 정도가 빠르게 확대되고 있음을 알 수 있음
  - IoUT는 많은 양의 데이터를 제공하며, 기존의 확보가능한 정보와 통합하여 BMD 플랫폼을 구축할 수 있음
  - BMD의 구성은 자연·생물·인간 등에 의해 발생되는 지식, 이미지, 영상, 음향 등 모든 종류의 정보를 포함함
  - BMD 정보 구성요소들은 이질성을 가지고 있으므로 ML에 활용하려면 정보축적시 체

계적인 정보 분류, 정보 가공, 안전한 정보저장 등 전처리가 필요함

- 이 분야의 발전을 위해서 아직까지는 고기능 Underwater Network Management System 개발, 저가 고성능 센서 개발, 대용량 IoUT underwater communication 시스템 개발, Dynamic IoUT signal routing and traffic control, Underwater network의 보안유지 기술개발, IoUT 센서 유지보수 시스템 개발, 높은 정확도의 수중 네비게이션 기술개발 등 해결해야 할 이슈가 있음



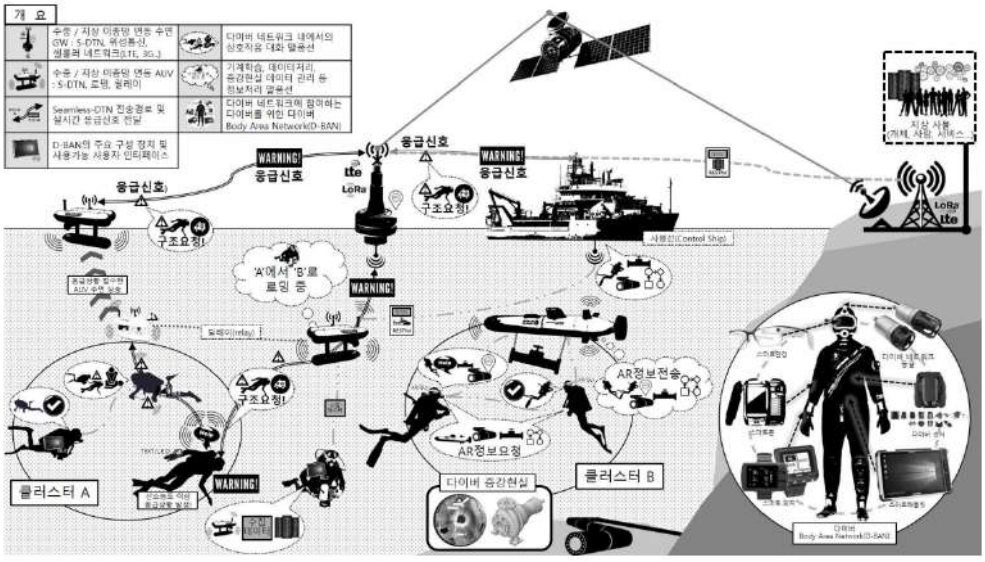
[그림 II-9] IoUT와 BMD 활용 개념도

KOPRI 극지연구소

○ 해상 수중기지국 이동센서 간 데이터 전송 시스템 기술 연구 동향

- **다이버의 안전을 위한 통신 인프라 연구** (“Seamless DTN을 이용한 진보된 다이버 네트워크 개발” (2021))

  - (S-DTN의 설계 및 구현) 진보된 다이버 네트워크를 구성하는 핵심 기술들이 반영된 S-DTN 프로토콜 Suite와 네트워크 토폴로지 상세 설계 및 구현하여 이를 UHSDM과 D-BAN에 적용함. 복잡한 수중 통신 환경에서도 다이버에게 긴급메시지 전송, 신뢰성 있는 메시지 전송, 수중 핸드오버 등의 기능 제공
  - (UHSDM 시작품 제작) 다중 매체 및 다중 주파수 대역 기반 다수의 수중 통신 무선 매체 인터페이스 를 단일 보드에 통합하고 수중 통신 환경에 적합한 매체 선택 메커니즘을 구현 한 UHSDM 시작품 제작
  - (UHSDM 시작품 성능평가) 실시간 전송 성공률(Delay-Constrained Success Ratio): 99.6% - 패킷 전송 성공률(Packet Delivery Success Ratio) 99.1%, 핸드오버 성공률(Handover Success Rate) 100.0%, 동시 활용 가능 매체/대역 수 3종/2대역



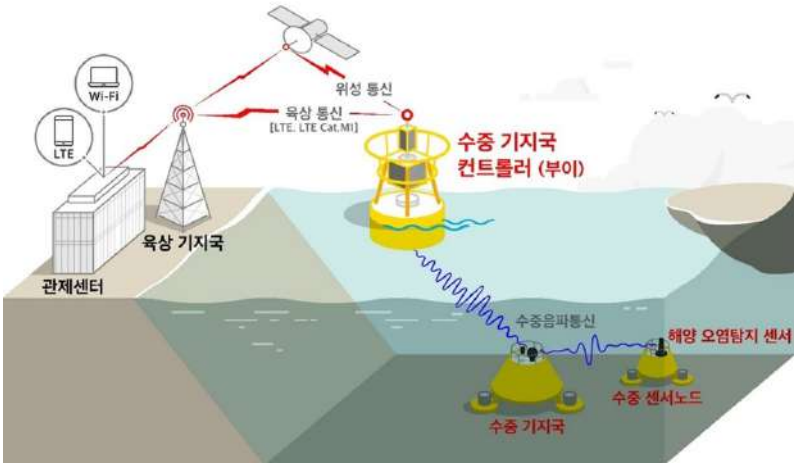
[그림 II-10] 다이버의 안전을 위한 통신 인프라

○ 수중사물인터넷 테스트베드 구축기술 연구 동향

- 분산형 수중관측 제어망 개발(해수부 “해양장비개발 및 인프라 구축” R&D사업 (2015년~2021년))

  - 호서대, 한국원자력연구원, 전자기술연구원, 경북대, 중앙대, 인하대, 상명대, 한양대, 국민대 등 참여
  - 수중환경에서 장시간, 실시간 관측 및 제어를 위한 기지국 기반 수중 관측.제어망 핵심기술 및 체계 구축연구, 테스트베드 실증

    ※ 사용주파수 : 5~50kHz 주파수(멀티밴드), 수중기지국 제어국 당 수중기지국 최대수 : 3개, 수중기지국 당 수중센서노드 최대수 : 64개, 동적 주파수 할당, 자원분배, 기지국간 시간동기화, 적응변조, 네트워크 운영관리 등 기능지원



[그림 II-11] 수중사물인터넷 테스트베드 개념도

3. 산업동향 분석

❑ 북극해 산업적 가치

○ 2020년, 한국해양수산개발원(KMI)에 따르면 북극면적은 2100만㎢ 정도로 지구면적의 약 6%를 차지하며, 전 세계 해양의 약 3%에 이름.

- **(석유)** 약 899억9000만 배럴로, 전 세계 매장량의 30%에 달하는 것으로 추정

- **(천연가스)** 약 47조㎥로 전 세계 천연가스 매장량의 30%에 달하며, 액화천연가스 440억 배럴, 기타 니켈, 철광석, 구리, 우라늄, 다이아몬드 등 풍부한 광물자원이 있을 것으로 추정

출처: '꽁꽁' 얼었던 북극이 녹는다…세계는 '콜드러시' 경쟁(뉴스, 2020)

[그림 II-12] 북극 면적 및 에너지 매장 추정 현황

○ 북극 자원개발을 위한 인프라 투자수요는 약 1조 달러에 이를 것으로 전망

- **(북극권)** 북극권 8개 국가 중 러시아는 북극투자에 가장 적극적이며, 에너지 개발 분야와 교통·물류 등의 인프라 투자에 2030년까지 약 1854억 달러를 투자한다는 계획

※ (북극권 8개국) 미국, 러싱, 캐나다, 노르웨이, 핀란드, 덴마크(그린란드), 스웨덴, 아이슬란드 등

- **(비북극권)** 중국은 2012~2017년 5년간 2474억 달러를, 일본은 28억 달러를 북극 지역 액화천연가스(Liquified Natural Gas; LNG) 사업에 각각 투자

○ 북극해는 천연자원의 보고로 환경 보호와 잠재적인 자원 관리를 위한 새로운 산업적 성장동력 창출 필요

- 북극의 변화에 따라서 농업 분야에 식량(특히 해산물) 안보가 위험성에 빠질 것이고, 극단적인 자연재해로 인한 보험 리스크도 포함되며, 관광 산업에도 큰 영향을 끼칠 것임[6)]

- 반면, 북극의 변화는 경제적인 기회이자 차세대 신흥 시장이 될 것으로 볼 수 있음

○ 북극 지역의 수역이 더 항해하기 쉬워지면, 북대서양과 베링 해협 사이의 실행 가능한 새로운 북극 횡단 항로가 등장할 수 있음

[그림 II-13] 북극 수역 항로

- 산업과 소비자에게 비용 편익과 연료 소비 감소 및 관련 온실가스 배출로 인한 글로벌 환경 편익을 제공[7)]

6) https://www.weforum.org/agenda/2015/09/3-industries-hit-by-arctic-change/
7) https://www.strategy-business.com/article/00205

❑ 국외 산업동향

○ 미국

- 알래스카는 미국을 북극의 국가로 만들기 때문에, 알래스카는 많은 북극의 연구, 안보, 그리고 정책에 직접적으로 관여하고 있음

- 최근 미국의 인프라법이 통과됨에 따라 알래스카 놈(Nome) 항만 확장 사업에 연방정부 재원 25억 달러가 추가 확보될 예정[8)]

  - 이에 따라 지난 11월 통과된『인프라투자・일자리법』에 놈항만 확장사업을 포함한 4개 알래스카 사업이 추가됨
  - 놈 항만 확장 사업이 이뤄지면 놈항은 미국의 북극권 지역의 유일한 심수항으로서의 역할을 할 수 있게 될 전망임
  - 놈항 다음으로 북극권 지역에서 가까운 미국 심수항은 북극한계선으로부터 1,000마일 떨어진 더치하버임항으로 미 북극권 지역에 미국 쇄빙선이 정박할 수 있는 심수항이 부재하여 현재 북극 임무 중 재보급을 위해서는 더치하버항까지 다녀오는 것으로 알려짐

- 미국 지질조사국(United States Geological Survey)은 세계 석유와 천연가스의 22%가 북극 아래에 위치할 수 있다고 추정

- 미국이 사용할 수 있는 석유의 추정치는 300억 배럴인 반면, 천연가스 매장량은 2210억 cubic feet가 될 수 있음

- 일부 아북극 어류의 어획 범위는 기후 변화로 인해 북극 지역까지 확대될 가능성이 높으며, 얼음 덮개 감소는 더 많은 어획 활동으로 이어질 가능성이 높음[9)]

○ 캐나다

- 캐나다 정부는 북극과 북쪽에 대한 장기적이고 전략적인 비전을 제시함으로써 산업계에 더 큰 확신을 제공하고 대규모 프로젝트에 대한 투자를 장려함

- 경제 발전은 국제 시장에 대한 더 큰 접근을 통해 촉진될 수 있음

  - 캐나다 북극과 북부의 경제 성장은 세계 시장에 대한 접근을 증가시키는 인프라 투자를 통해 촉진될 수 있으며, 이 지역에 기반을 둔 기업들이 국제 시장에 접근하도록 돕고, 북부인들에게 이익을 주고 캐나다의 국가이익를 존중하는 외국의 직접 투자를 유치하고 보유하도록 돕는 무역위원회 서비스를 통해 촉진될 수 있음

---

8) https://www.arctictoday.com/a-key-arctic-alaska-port-expansion-get-250-million-in-federal-funding/
9) https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_policy_of_the_United_States

- 최근 캐나다는 미국정부와 북극협력을 강화하고 중국의 북극진출을 견제하는 분위기 확산

  • 캐나다 정부는 국가안보를 이유로 중국 국영기업 산둥황금이 캐나다 북극권에 위치한 금광기업 티맥 리소스를 인수하는 것을 불허함(‘20.12)

  • 캐나다는 미국과 북미항공우주항위사령부(NORAD: North American Aerospace Defense Command) 현대화 등이 포함된 ‘미국-캐나다 파트너십을 위한 신 로드맵’을 발표하는 등

  • 북극지역에 대한 양국간 긴밀한 협력을 구축하여 북극권 주권 및 안보 강화 추진(‘21.3)

- 책임있고 지속가능한 자원 개발과 일자리 창출은 지역 경제의 핵심이며 지역사회와 주민들의 번영의 원천임을 중요시 함

  • 원주민 소유 기업들은 수년 동안 자원 산업에 노동자와 서비스를 제공해왔고, 이제 원주민들도 자원 개발 사업에서 소유자로 옮겨가고 있음

  • 자원 산업에 대한 원주민의 소유, 투자 및 참여는 이 부문의 성공에 필수적이며 원주민과의 경제적 화해의 수단임

KOPRI 극지연구소

○ 러시아

- 북극은 러시아가 2035년까지 세계 LNG 시장에서 20%의 점유율을 차지하려는 목표의 핵심

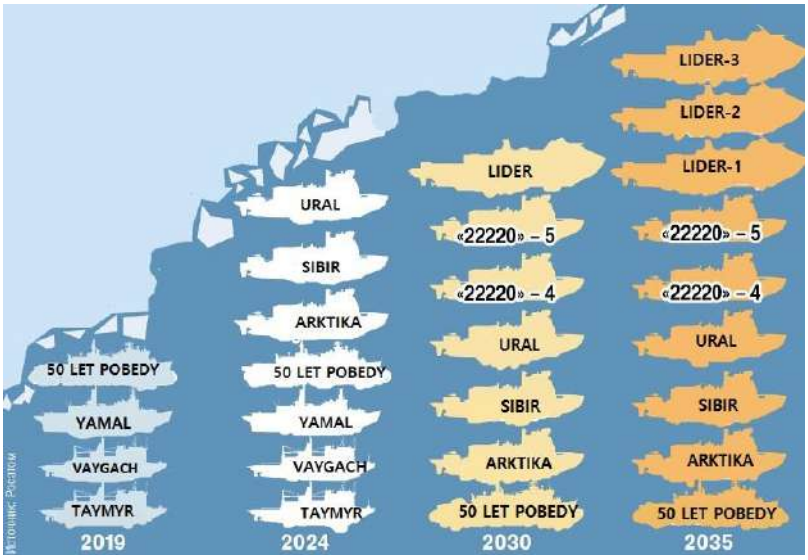
- 모스크바는 수입이 감소하기 시작하기 전에 특히 석유의 경우, 탄화수소 매장량으로부터 가능한 한 오래 이익을 얻으려고 시도하기 때문에 아시아 시장이 북극 생산량을 흡수할 것으로 기대하고 있음.

- 러시아의 북극 전략 2035년까지의 북극에 대한 전략은 이 지역의 주요 국익으로 "세계 시장에서 경쟁력 있는 국가 교통 통로"로 이 루트의 개발을 명시하고 있음

  • 2019년 러시아 정부는 ‘2035 북극항로 인프라 개발계획’을 발표하며, 11개 분야 총 84개 인프라 프로젝트를 3단계에 걸쳐 추진할 예정이라고 밝힘

  • 2024년까지 북극항로를 통한 물동량을 8,000만 톤, 2035년 이후에는 1억6,000만 톤 수송하는 것을 목표

  • 이와 같은 물동량 증가를 위해서 쇄빙선 확대가 필수적이기 때문에 북극항로 인프라 개발 계획에는 쇄빙선 건조 프로젝트도 포함되어 있음



출처: tyulyagin.ru, Rosatom, KOTRA 블라디보스톡 무역관 편집

[그림 II-14] 러시아의 쇄빙선 현황 및 건조계획

- 러시아의 북극 석유 공급에 대한 동남아시아와 인도 시장 진출은 현재 초기 단계에 머물러 있지만, 이것들은 미래를 위한 잠재적인 중요한 시장으로 남아 있음.[10)]
  - 중국은 현재 아시아에서 러시아 석유와 가스의 주요 수입국으로 남아 있지만, 2060년까지 탄소 중립을 달성하려는 목표와 함께, 석유 시장은 결국 감소할 것임
  - 러시아의 대일 석유 수출 비중은 2015년 9%에서 2019년 5%로 감소했는데, 이는 인구 감소와 에너지 효율 향상, 전기차 전환 등의 요인 때문
  - 한국의 경우 2015년부터 2019년까지 러시아의 점유율이 6%로 변동이 없음

- 러시아 북극 개발을 위한 국가위원회 정보분석센터는 러시아 극동북극개발부와 건설주택부의 기원으로 '북극 지역 건축 및 도시 환경 설계 코드'를 개발함[11)]
  - 이 설계 코드를 통해 북극 도시 공간을 설계하고, 북극 지역 정비 문제를 해결할 계획임
  - 현존하는 러시아 자연환경 개발 및 정비를 위한 문서들은 극도로 낮은 기온, 극지역의 낮과 밤, 극지역의 눈보라와 안개, 많은 적설량 및 거센 바람, 상대적으로 긴 겨울철 등 러시아 북부지역 및 북극지역의 자연·기후적 특수성을 고려하지 못하고 있어, 개발자들은 이 문제를 개선하기 위해 북극의 특수 요소들을 설계 코드 개발에 포함시킴
  - 특히, 이 코드는 건물 설계 시 창, 통풍구, 식품저장을 위한 창 배치 등을 비롯 건물의 종류와 규모에 따른 간판 제작 권고 사항에 대해서도 규정하고 있으며, 건물 조명이나 울타리 설계, 건물 색상 등의 요소를 고려한 건물 및 도시환경 설계 기준 또한 제시함

10) https://www.orfonline.org/research/russia-and-the-future-of-the-arctic/
11) https://arctic-russia.ru/news/opublikovan-dizayn-kod-arkticheskikh-poseleniy/

○ **노르웨이**

- 유럽은 노르웨이의 양식 수산 분야의 주요 시장이며, 사실상 북 노르웨이의 전체 산업은 식량 안보와 노르웨이 해산물의 유럽 시장 접근을 보장하기 위한 유럽경제지역(EEA: European Economic Area) 협정의 중요성을 강조

- 2020년 가을, 정부는 코로나바이러스 위기 기간과 이후 노르웨이 사업부문의 지원 대책을 수립한 수출 행동 계획을 제시하였으며, 글로벌 시장에서 수요와 재화를 수출할 수 있는 경쟁력 있는 산업의 수를 증가시키는 것을 목표로 하고 있음

- 노르웨이는 이미 보건, 에너지, 석유, 해양 및 해양 산업, 공공 부문과 같은 첨단 전문 분야가 있는 분야에서 새로운 기술을 활용할 수 있는 좋은 위치에 있음

- EEA 협정은 북노르웨이로부터의 수출과 중요한 제조업과 서비스 산업의 노동력 접근을 촉진하는 중요한 틀을 제공하며, 따라서 북노르웨이에서의 일자리와 가치 창출에도 매우 중요

- 노르웨이는 연구 및 지식 기관, 비즈니스 부문(어업 포함) 및 당국 간의 협력을 구축하기 위한 자금을 제공

- 정부는 북 노르웨이의 기업들이 해양 기반 산업, 해양 부문, 석유, 녹색 전력 집약적 제조, 광물 추출, 농업, 관광, 우주 인프라 및 서비스와 같은 광범위한 산업에 걸쳐 향후 몇 년 동안 잠재력을 더욱 실현할 수 있도록 하는 프레임워크를 만들기 위해 노력하고 있음

- 대륙붕에서의 석유 및 가스 활동과 개발 프로젝트는 본토에 있는 기업과 산업에 주요한 기회를 열어줄 것으로 기대[12)]

- 최근 들어 친환경 차량에 동력을 공급하는 베터리의 소재광물에 대한 세계적 수요와 사미(Sami)원주민의 권리 사이에 충돌 가능성이 커지고 있음[13)]

  - 구리와 코발트는 전지 자동차용 배터리에 사용되는 금속으로 전 세계적으로 수요가 증가하고 있으며, 구리 제련 공정의 부산물인 텔루륨은 태양광 패널에 사용되며 높은 에너지 밀도를 지원하여, 차세대 배터리의 유망한 소재로 알려짐
  - Arctic Minerals社는 Bidjovagge 광산이 3만 2,200톤의 구리와 13만 4,000온즈의 금을

12) https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/arctic_policy/id2830120/
13) https://www.rcinet.ca/eye-on-the-arctic/2022/01/19/significant-metals-discovery-in-key-reindeer-herding-land-in-norway/

채굴할 수 있다는 추정치를 발표함

- 구리 매장량 추정치는 노르웨이 해안에서 바렌츠해까지 계획된 Nussir광산 프로젝트에서 채굴이 가능한 것으로, 추정 매장량의 약 1/5에 해당함
- Bidjovagge광산에서는 1970년에서 1975년 7985년에서 1991년 사이에 금과 구리가 채굴되었으나, 2012년에 Kautokeino 시의회는 이러한 활동이 순록 사육과 양립할 수 없다고 주장하며, 채굴을 거부함
- 친환경 시대로의 전환에 필요한 구리, 니켈, 코발트 및 기타 광물에 대한 채굴과 순록 사육 간의 잠재적 충돌이 북부 스칸디나비아와 러시아 북부에서 증가하고 있음

○ **스웨덴**

- ICT 중심의 혁신기술과 기후변화 대응 차원에서 북극환경 기반 스타트업 비즈니스 활성화 추진(친환경 에너지 효율향상 기술, 자율운항시스템, ICT 융합 지능형 선박기술, 해양플랜트 설계기술 등)

- 스웨덴은 2020년 IMD 국가경쟁력 종합순위에서 3위를 차지, 특히 교육, IT기술, 기업 효율성 등에서 우리나라보다 경쟁력이 있는 것으로 평가됨(한국 23위)
- 스웨덴 혁신청은 스타트업 지원을 위해 규제개혁 및 자금지원 프로그램을 활발히 추진 중이며 대표 분야로 △순환경제 및 바이오 경제, △산업 및 재료, △스마트시티, △생명과학, △교통 및 운송 분야의 혁신역량 강화에 집중
- 북극 시험, 우주 활동, 디지털 서비스, 의료 및 방문자 산업 분야 스타트업 육성
- 한랭 기후와 인구 밀도가 낮은 지역과 같은 북극 조건은 항공, 자동차 및 부품 산업의 발전을 위한 효과적인 시험 및 실증 환경을 제공하는 것을 가능하게 함

- 스웨덴은 2022년 유럽 최초로 북극권 얼음 땅에 로켓 발사단지를 완공하고, 상업 우주 경쟁에 뛰어듦[14)]

- 미국 , 중국 , 러시아 등은 이미 위성 발사대를 운영하고 있으나 스웨덴이 로켓 궤도 발사단지를 설치한 것은 이번이 처음
- 스웨덴은 기존의 북극 우주연구센터를 발사 및 착륙을 위한 몇 가지 새로운 시설을 갖춘 복합단지로 바꿀 계획임
- 새로 만들어지는 Essence Space Center는 2022년 유럽 최초의 재사용 가능한 수직 로켓의 시험장이 될 것이며 , 엔진 시험도 진행될 것임

- 국내 및 국제 관광의 확대는 북극의 노동 시장에 더 나은 조건을 창출

- 원주민을 포함한 지역 주민들에게 전통적인 활동을 보완하는 새로운 일자리 기회를 만들어 줌

14) https://nationworldnews.com/in-the-far-north-of-sweden-a-space-complex-takes-shape/

- 스웨덴은 북극의 민감한 환경과 원주민들의 필요와 상황을 고려한 지속 가능하고 매력적인 관광지를 개발할 수 있도록 역내 다른 국가들과, 다양한 주체들 간의 협력을 위해 노력

- 광산업은 스웨덴 경제의 중요한 부분임

- 세계를 선도하는 광업국가로서, 스웨덴은 1차 및 2차 모두 자국의 원료를 최대한 효율적으로 활용할 수 있는 오랜 경험과 전문성, 현대 기술을 보유하고 있으며, 스웨덴 기업들이 스마트 광업 기술을 다른 나라에 수출할 수 있는 좋은 기회도 가지고 있음
- 정부는 세계 수준에서 지속 가능한 광물 산업에 기여하기 위해 EU, OECD, 북극이사회에서 공동 이니셔티브를 위해 노력

○ 중국

- 중국은 세계 최고의 경제성장력을 바탕으로 북극의 풍부한 자원에도 관심을 갖게 되면서 북극권 국가와 정부가 양자협력을 강화

- 2012년 4월 원자바오 총 전 총리가 아이슬란드를 방문하여 해양자원개발, 환경, 선박운항 등에 합의, 2013년 중국-아이슬란드 간 FTA 체결로 이어져 북극자원 확보의 교두보를 마련
- 스웨덴이 자국 영내 중국의 북극 위성 수신소 건설을 허가하였으며, 2016년 미·중 회담에서는 극지 및 해양 프로젝트 협력약정(MOU)을 체결
- 2017년에는 중국 지도부가 핀란드를 방문하여 북극항로 개척 협력에 합의

KOPRI 극지연구소

<표 II-9> 중국의 대북극 연안 5개국 투자액 (2012-2017)

	GDP(미 달러)	총 투자 규모 (단위 : 10억 미달러)	거래 건수	거래 평균 투자 규모 (단위:100만 미달러)	GDP 비중
캐나다	1조 5300억	47.3	107	442.1	2.4%
그린란드	10억 6000만	2.00	6	33.4	11.6%
아이슬란드	200억 5000만	1.2	5	30.8	5.7%
노르웨이	3,706억	2.5	17	147.9	0.9%
러시아	1조 2,800억 달러	194.4	281	691.7	2.8%
총합	-	247.4	416	-	-

주: 2017년은 2017.6월말 기준

출처: U.S. Central Intelligence Agency, United Nations, RWR Advisory Group, CNA, Mark E. Rosen, Cara B. Thuringer, Unconstrained Foreign Direct Investment, CNA, 2017, 11, p.54

- 중국, 러시아 '야말 LNG'와 '북극 LNG-2'사업 지분투자를 통해 해운, 조선, 물류, 기업 참여 등에서 적극적으로 러시아와 북극 협력 추진

- 270억 달러 규모 '야말 LNG'프로젝트에의 중국 참여는 중국이 '일대일로' 체제를 구축한 이래 양국 간 진행한 최초의 초대형 에너지 협력 사업으로 평가되고 있음
- 중국은 '야말 LNG'와 '북극 LNG-2' 사업에 각각 지분 29.9%와 20%로 참여하고 있음
- 야말 프로젝트 중국지분율: 석유천연가스집단공사(CNPC, 20%), 실크로드기금(9.9%)
- 2017년 12월 '야말 LNG' 사업을 통해 생산된 첫 LNG가 쇄빙 LNG선 '크리스토프 드 마제리호'로 중국으로 수출되었으며,14) 2020년 7월 러시아의 가스프롬(Gazprom)은 러시아 무르만스크(Murmansk)항에서 중국 옌타이(Yantai)항으로 석유 화물을 첫 운송했음

- 2017년 6월 20일 중국 국가발전개혁위원회(NDRC27))와 국가해양국(SOA)은 일대일로 상에서 해사협력비전(Vision for Maritime Cooperation under the Belt and Road initiative)을 발표
  - 이 비전 에서 기존의 일대일로의 경제통로(항로 및 육로길) 외에 북극해를 통한 아시아-유럽을 잇는 경제통로인 북극항로를 추가함
- 중국은 제13차 5개년 계획 (2016~2020)에서 북극 활동 확대를 선언한 후, 2018년 '북극정책백서'를 통해 '북극 이해, 북극 보호, 북극 개발, 북극 거버넌스 참여'를 4대 정책목표로 제시하면서도, 그 핵심은 '빙상 실크로드'를 통한 중국-북극-유럽을 잇는 일대일로 전략의 완성에 둠

KOPRI 극지연구소

○ **일본**

- 2015년에 발표한 북극정책에 따라 자원·북극항로 분야에서 러시아와의 협력을 지속하고, 타 북극권 국가와의 경제·과학 협력방안 모색 중임
  - 특히, 사할린 탄화수소 탐사·개발·생산 협력협정(2016)과 LNG-2 프로젝트 협력협정(2016년)을 체결해 이를 북극진출의 전진기지로 삼음
- 일본 미쓰이물산은 러시아 가스대기업 노바텍이 야말반도에서 추진하는 북극 LNG-2 사업의 지분 10%를 사들이기로 2019년 방침을 확정
  - 총 3000억 엔(약 3조2687억원)에 달하는 투자금 중 75%는 일본 석유천연가스·금속광물자원기구(JOGMEC)가 출자
  - JOGMEC이 민간사업을 지원할 때 통상 50% 수준에서 출자하는 것과 비교하면 투자 규모가 매우 높음
  - JOGMEC이 사실상 일본 정부가 콘트롤하는 자원개발기구인 만큼 이번 투자에는 일본 정부의 의지가 반영됨
- 2021년 1월, 토요히사 코즈키는 '신개념 협력'을 러시아 극동북극개발부 알렉세이

체크노프(Alexei Chekunov)에게 제안했음

- 이번 제안에는 에너지, 교통, 항만인프라 구축과 함께 어업 및 농업 부문에서 양국의 협력방안이 구체적으로 제시되었음
- 특히 북극해 해빙의 가속화에 따라 연중항해가 가능해진 북극항로 개발에 일본이 적극적으로 참여하겠다는 내용이 포함되어 있으며, 다시마 공동재배를 포함한 어업 분야 협력, 극동러시아산 대두와 옥수수 수입, 딸기·양파 등 작물재배를 위한 온실시스템 마련 등과 같은 협력방안이 제안되었음

출처: 중앙일보, 노바텍

[그림 II-15] 북극 LNG 수송로

❑ 국내 산업동향

○ ‘2050 북극 활동 전략’은 과학연구를 중심으로 이뤄졌던 그 동안의 북극활동에서 한 걸음 더 나아가 ▲기후위기 대응·북극 해양생태계 보호 등 북극 현안 해결에 기여 ▲북극권 국가와의 협력 확대 ▲북극을 활용한 새로운 경제활동 발굴 ▲북극활동 인프라와 제도를 확충해 2050년까지 북극 거버넌스 선도국가로 도약하겠다는 정부의 의지를 담고 있음

- 미국, 러시아, 노르웨이, 덴마크 등 8개 북극권 관문국가와 맞춤형 협력사업인 Arctic

8 프로젝트(가칭)를 발굴해 추진

- 북극항로, 친환경 에너지, 영구동토층 연구 등 8개 북극권 국가의 관심사항과 우리의 강점을 결합해 구체적인 협력 과제를 발굴해 8개 국가 각각과 호혜적 동반자 관계를 구축
- 북극권 국가를 포함한 북극 거버넌스 주체와 형성한 신뢰를 바탕으로 북극항로, 친환경 에너지, 친환경 선박, 지속가능한 수산업, 극지 바이오 등 북극 활동 선도국가에 걸맞은 책임 있는 자세로 연안국 등과 함께 북극 발전에 동참

○ 러시아와의 북극산업 협력[15)]

- 북극이사회 8개국은 2년을 임기로 순번제로 북극이사회 의장직을 맡고 있으며, 러시아는 향후 2년(2021.5~2023.4)간 북극이사회 의장국을 맡을 예정임
  - 우리나라는 친환경 수소 기지인 '스노우플레이크(Snowflake)' 건설 협력을 포함해 러시아의 북극이사회 의장국 프로그램에 적극 참여를 고려할 것임을 밝혔음
  - 북극이사회 의장국 프로그램 참여를 통한 한.러 북극 협력 확대가 가능하면, 특히 옵서버 국가인 우리나라 입장에서 '북극의 지속가능한 개발'에 기여한다는 측면에서도 의미가 있음
- '러시아 2035 북극전략'에 대응하는 분야별·지역별 맞춤형 전략 수립 필요
  - 2020년에 러시아는 '2035 북극항로와 인프라 개발계획'을 통해 11개 분야 84개 사업을 제시하였고, '2035 북극개발 및 안보전략'을 통해 9개 지역, 9개 분야에서의 북극 개발 방향을 제시하고 있는 바, 이들 사업검토를 기반으로 참여 가능한 사업에 대한 발굴과 추진이 필요함
  - 특히 '2035 북극항로 인프라 개발계획'은 우리나라 '9개 다리' 전략과 '북극항로', '항만 인프라', '에너지', '조선' 등과 상당한 연계성을 가지고 있음
  - '2035 북극 개발 및 안보전략'의 경우 러시아 북극 지역 9개 행정지역의 지방정부가 개발프로그램을 추진할 수 있도록 하고 있어 북극지역 지역별.권역별로 특성화된 진출전략 수립도 가능
- 러시아의 북극 수소 클러스터, LNG 등 친환경 에너지 관련 프로젝트에 국내 기업이 다양한 방식으로 참여할 수 있도록 지원하고, 향후 북극해 공해에서 비규제어업 방지 노력에 동참하는 한편, 수산자원 조사 등 책임 있는 조업국으로서의 의무를 다할 계획
  - 극한 환경에 적응한 북극의 생명자원을 활용한 의약소재 개발 등 극지바이오, 해저케이블 등 다양한 분야에서 북극권과 협력을 확대[16)]

15) "한-러 '북극협력 2.0' 시대를 여는 新 북극전략 수립 필요", KMI 동향분석, Vol.175, 2021
16) https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148896211

- 우리나라 기업의 러시아 진출 지원 체계를 확대하고, 진출 여건을 적극 개선할 필요

- 사업 참여 검토 시 경제성 및 투자여력뿐만 아니라 참여를 통해 추가적으로 확보할 수 있는 북극항로 활용한 해운업 진출, 쇄빙선 건조 수주 확대, LNG 생산기지 건설에 필요한 자재 수출, 러시아의 에너지 및 광물.목재 수입, 북방 시장 기업 진출 등에 따른 이득 또한 고려해야 함

- 자루비온항 개발이 국내 조선산업과 결합하면 북해항로는 새로운 에너지 시대를 여는 새로운 실크로드가 될 것으로 기대됨[17)]

- 북극시장 진출의 토대를 마련하기 위해 먼저는 LNG 사업의 지분투자를 추진하고 그 이후에 연관된 사업에 진출하는 모델을 검토해야 함

  - 극동 및 북극 지역 LNG 생산을 확대하고, 아시아 태평양 시장의 수출 목표를 50%까지 확대 (2018년 27%에서 2035년 50%까지)
  - 북극 LNG 개발 적극 추진과 수출다각화로 아시아 태평양 시장과의 활발한 교류 추진

○ 미국과의 북극산업 협력

- 미국과는 다양한 분야의 협력이 진행중, 양국간 일원화된 양자협력 채널은 부재한 상태로 정부 간 공식화·일원화된 양자협력 플랫폼 구축 시급

  - 미국과는 북극이슈.원주민.정책.기후변화 등 인문.사회.자연과학분야에서 폭 넓은 협력이 진행 중

    ※ 국립연구재단(NSF), 해양대기청(NOAA), 메사추세츠 공과대학(MIT), 북태평양북극 컨퍼런스 등 15개 연구기관 및 대학 등과 협력 진행 중

- 양자협력 채널 마련과 더불어, 협력분야 발굴과 탐사를 위해 해외협력거점의 전략적 활용 추진

  - 공식화.일원화된 양자협력 채널(한-미 북극협의회) 신규 확보 필요
  - 미국 바이든 행정부와 협력의제 다변화 및 확대, 북극 현안에 대한 공조 채널 유지
  - 현재 운영 중인 해외협력거점(KIOST NOAA-LAB)을 확대.운영하여, 극지연구(인문.사회.자연과학 등) 협력업무 담당자를 현지 파견.운영

    ※ 미국 내 준정부기관(국립연구재단, 해양대기청 등)과의 현지 협력창구 역할 수행

17) Kim E. and Stenport A., South Korea's Arctic policy: political motivations for 21st century global engagements, 2021

4. 시사점 및 대응전략 도출

❑ 환경분석을 통한 시사점 도출

○ **(기술동향 분석 시사점)** 북극해 환경변화 및 전지구적 환경에 미치는 영향을 규명하기 위한 각국의 과학기술적인 노력이 증가함

- 4차산업혁명 기술을 활용하여 북극해 수중환경을 모니터링하고 해석하는 연구 증가
- IOT, Sensor, 5G 등 기술로 디지털트윈 플랫폼을 구축하려는 노력 증대
- 지구온난화에 의한 북극해의 변화를 예측하여 지구온난화에 대응하기 위한 전략도출
- 4차산업혁명기술을 활용한 친환경적인 북극환경 모니터링 시스템의 개발은 First-mover 위치 선점을 가능케 하고 우리나라 과학 및 경제영토를 넓히는 기회를 부여함

○ **(정책동향 분석 시사점)** 각 국에서는 지구의 마지막 프론티어 지역인 북극에서의 영향력을 높이기 위한 정책을 수립하여 추진 중임

- 패러다임이동 차원의 북극환경변화에 선제적으로 대응하여 북극거버넌스 재편시 우리나라 영향력을 높일 수 있도록 과감한 정책수립 및 예산투입이 요구됨
- 북극이사회를 중심으로 회원국, 원주민단체, 옵서버국 등이 북극권 환경보호 및 지속가능한 발전을 위하여 논의
- 한국은 국격향상을 위하여 옵서버국으로서 다양한 프로그램에 참여하여 활동 중임
- 북극 이슈가 점차 확대되고 분야별 전문성도 강화되고 있어, 외교부·극지정책팀의 총괄 대응만으로는 실질적 협력 추진이 어려움
- 북극이사회 대응 예산 부족으로 자체 예산을 확보한 기관이 단편적으로 협력사업을 추진하고, 관련 상황을 공유하는 체계
- 각국은 엘리뇨, 라니냐 등 이상기후 현상에 대응하기 위하여 북극해 환경변화 연구에 참여하고 있음

○ **(산업동향 분석 시사점)** 각국의 북극 자원활용, 북극항로 개척 등 북극해를 활용한 산업 개발을 위한 노력이 증가

- 북극에 아직 미개발된 전 세계 원유의 13%, 천연가스 30% 등 풍부한 화석(탄화수소) 연료 및 비철금속 등의 광물자원 존재
- 국제해상물류 루트로서 북방항로의 상용화 가능성이 큼
- 수산자원의 활용 및 크루즈 관광 등의 문화적 공간의 확대 가능
- 북극 연안국과의 긴밀한 협조관계 형성으로 북극해 개발사업 추진시 참여기회를 얻을 수 있도록 지원하는 과학기술적·외교적 노력이 필요함

KOPRI 극지연구소

❑ 환경분석 주요이슈 및 대응전략

○ 주요 이슈

- **(First-mover 선점 가능)** 지금까지 북극해 관련 노력이 환경·안보 중심으로 진행되어 왔으므로 연안국이 주도하였으나, 북극해 해빙에 따라 과학기술·산업 중심으로 전환되는 과도기에는 First-mover 위치선점 기회가 주어짐

- **(북극변화의 전지구적 영향)** 북극해 해빙 가속화에 의한 북극의 환경변화는 전지구적으로 환경·산업·안보 등 전 분야에 영향을 미치는 패러다임이동 차원의 변화를 수반할 것으로 예상됨

- **(긴밀한 자연-인간 생태계 연계성)** 북극해 해빙가속화는 인간활동 증가에 따른 생물생태계 교란, 환경오염의 증대 등의 부정적 영향과 자원활용, 북극항로 개척 등 긍정적 영향을 동시에 연계하여 유발함

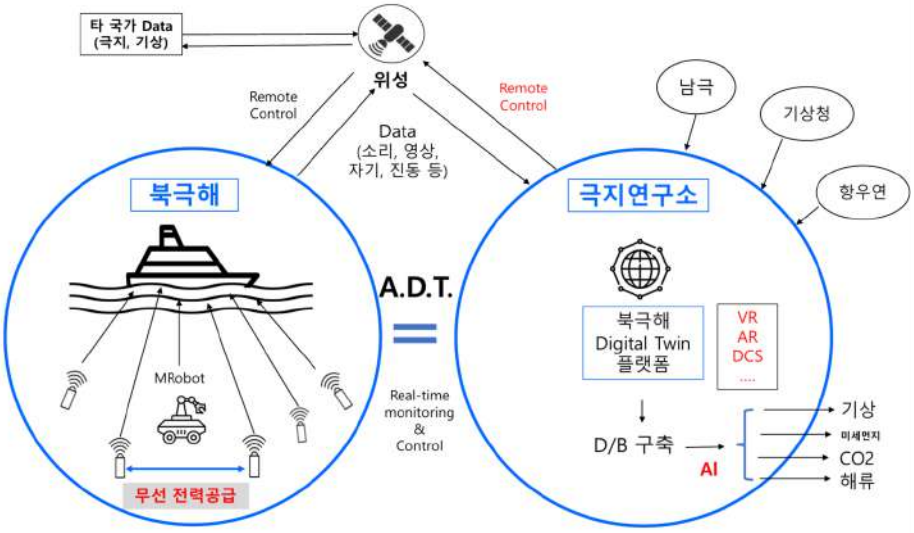
- **(북극 이니셔티브 확보중요성 부각)** 신 북극시대에는 연안국뿐 만아니라 비연안국의 참여도 중요해지므로 우리나라가 글로벌 북극정책을 주도할 수 있는 아젠다의 발굴 및 선도적 추진이 요구됨

- **(국격향상 기회)** 지구 최후의 프론티어 중 한 곳인 북극해에서의 주도권을 확보하면 과학기술적으로 국격이 향상되고, 산업적으로 국익을 얻을 수 있음

○ 대응 전략

- **(북극해 Digital Twin 플랫폼 구축)** 우리나라의 강점인 4차산업혁명 ICT기술을 활용하여 북극해 Digital Twin 플랫폼을 구축하면, 실시간으로 북극해의 환경변화를 모니터링할 수 있고 데이터를 축적할 수 있으므로, 선제적으로 주요 이슈를 해결할 수 있는 기반이 마련됨

  - 북극해의 환경변화를 모니터링할 수 있는 수중 능동/수동 센서를 설치하고 데이터를 수집함
  - 수집된 데이터를 실시간으로 극지연구소에 구축된 디지털트윈 플랫폼으로 전송됨
  - 축적된 데이터를 활용하여 개발된 AI알고리즘으로 해석하여 북극해의 인간·자연·생물 환경변화를 이해함
  - 이러한 변화가 전 지구적으로 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 예측함
  - 예측된 결과는 과학기술 분야뿐 만아니라 환경, 산업 분야에도 활용함



출처: 기술과가치 작성

[그림 II-16] Arctic Digital Twin(A.D.T.) 개념도

- **(전지구적 영향분석)** 북극해는 기후변화의 진원지이자 그 결과가 피드백되어 반영되는 종착지이므로, 북극해 환경변화가 미치는 전지구적인 영향을 분석할 수 있도록 사업이 설계되어야 함
  - 북극해 활동에서 기인하는 기후 및 환경변화 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 통합 정보시스템 구축·운영 필요
  - 북극해 관련 타 국가와의 협력에 의한 다양한 관련 정보의 확보 및 활용
  - 전지구적 영향분석 및 대응 연구개발 수행을 위하여 과학기술·인문사회 융복합 전문가 집단의 참여가 필요함
- **(Global 협력체계 구축)** 북극연구에서의 영향력을 확대하고, 북극이사회에 국익이 반영된 의제 발굴, 의제분석을 통한 신규 협력사업 기획을 위하여 국내 및 Global 협력체제의 구축이 필요

III. 사업 설계

1. 사업 기본방향

❏ 3대 사업 기본방향 정립

○ **(첨단 융복합기술 활용)** IoT, 빅데이터, 인공지능, 5G 등 4차 산업혁명 기술을 활용한 첨단 융복합기술 개발로 북극해 디지털트윈 플랫폼을 구축하여 북극 환경 변화 대응, 신산업·신기술 창출 등 새로운 부가가치 창출

- 북극 환경 및 생태계 변화 최소화를 위한 4차산업혁명의 핵심 기술인 수중사물인터넷(IoUT), 수중로봇, 인공지능 등 트렌드 변화에 따른 신기술 도입 및 기술혁신 전략 필요

  • 인공지능, 5G·6G, 첨단로봇은 2022년 과학기술 정부출연 연구기관의 10대 국가필수전략기술으로 선정

  • 특히, 우리나라가 강점을 가지고 있는 ICT기술을 활용하여 북극해 디지털트윈 플랫폼을 구축하면 북극해 관련 빅데이터를 확보할 수 있음

  • 축적된 빅데이터를 AI기술로 분석하면, 북극해 환경변화에 기인하는 전지구적 환경변화 메카니즘을 세계선도적으로 정립할 수 있음

- 북극해 인간 활동, 자연환경 변화, 생물자원 변화 등을 통합적으로 평가하기 위해서는 공학뿐만 아니라 생물생태학, 지구고고학, 해양학 등 융복합 지식이 필요하므로 다학제 분야의 협력연구가 요구됨

○ **(디지털트윈 Platform 구축)** 무한한 자원의 보고로 떠오른 북극해의 다양한 수중환경 탐사를 위한 디지털트윈 플랫폼을 구축하여 북극활동의 동력 확보

- 북극의 인간 활동, 자연 환경 변화, 생물자원 변화 등을 친환경적이고, 통합적인 방법으로 평가할 수 있는 새로운 관측 체계 필요

  • 북극해 디지털트윈 Platform은 북극해의 수중환경변화를 실시간으로 모니터링할 수 있는 북극해 수중 가상공간을 구축하여 정보를 축적하고, 분석하는 시스템임

  • 디지털트윈 플랫폼의 효율적인 운영을 위해서는 극지연 내외부의 유관부서들과의 긴밀한 협력이 필요함

  • 북극해 디지털트윈 플랫폼은 환경, 기상, 위성 등 관련 정보의 통합을 통하여 전지구적인 환경 시뮬레이터로 진화가 가능함

○ **(Global First-mover 지향)** 북극 활동 선도국가로 자리매김하여 국제위상 및 국민적 자긍심 제고, 북극산업 개발로 국익창출

- 북극 관련 사회문제, 개발 그리고 국제사회에서의 국가 위상 증대를 위한 장기적인 과학적 접근 체계와 기술개발 필요

- 범부처 차원의 미래 핵심 수요를 기반으로 기술공백 분야 발굴 및 중장기 지원 강화

  • 수중로봇 분야는 해양환경 모니터링 목적으로 이미 선진국에서 선점하고 있으나, 수중 사물인터넷 분야는 국내외적으로 미개척 분야로서 개발성공 시 글로벌 First-mover 위치선점 가능

  • 국내에서 개발된 해양관련 기술을 접목하면 세계선도 과학기술적 성과의 창출을 기대할 수 있음

- 북극해는 천연자원의 보호, 환경 보호와 잠재적인 자원관리를 위한 새로운 산업적 성장동력 창출 필요

  • 북극에는 전 세계 미개발 원유의 천연가스의 그리고 막대한 양의 광물자원이 매장되어 있을 것으로 예상하고, 아북극해와 북극해의 어획량은 전 세계 어획량의 약 40%(FAO, 2008), 냉수성 어종이 북상할 경우 북극해 북극권의 새로운 어장이 될 것으로 기대

  • 지구에 남아있는 마지막 프론티어 중 하나인 북극해 연구로 국가 과학 및 경제영토를 확장할 수 있음

- Global First-mover 연구개발 사업을 추진하기 위해서는 새로운 연구개발 수행 접근방법이 필요함

KOPRI 극지연구소

<표 III-1> Fast-Follower vs. First-Mover 연구 특성비교

구분	Fast-Follower형 연구	First-Mover형 연구
달성목표	세계최고 경쟁력	세계최초 사업화
목표특성	예측가능한 Moving-Target	예측난해한 Moving-Target
달성방법	기술개발·양산제품화	비즈니스 생태계 창출
전문가 그룹	핵심기술 중심 전문가	과학기술/인문사회 융복합 중심 전문가 집단
기대성과	기존시장 진입	국격향상/신시장창출/일자리창출

출처 : 기술과가치

2. 전략과제 도출

❑ 전략과제 도출 프로세스

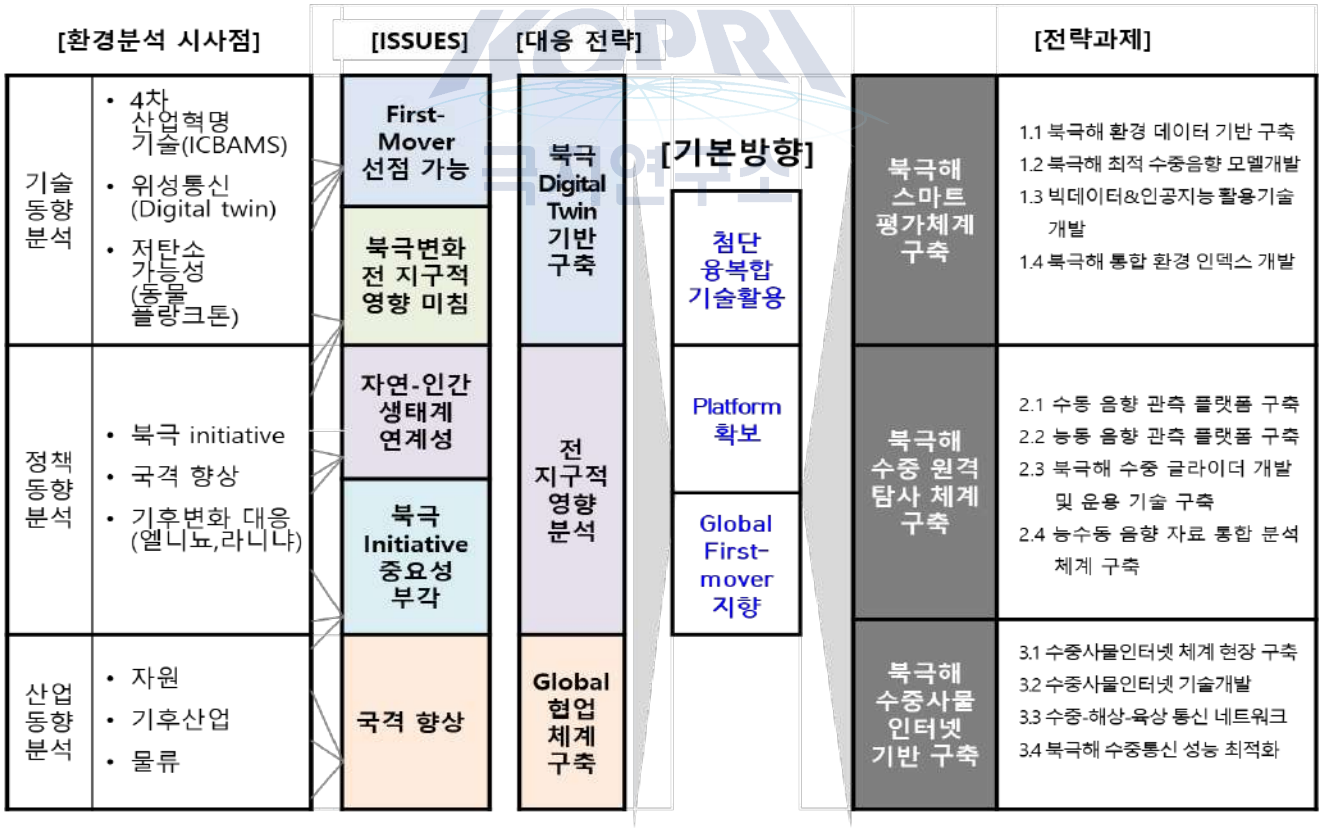
○ 북극해 관련 기술, 정책, 산업동향 분석을 통하여 시사점 및 이슈를 도출하고, 이를 해결할 수 있는 대응전략을 수립

- 기술동향 분석을 위하여 특허 및 연구동향을 조사하고 분석함

○ 대응전략을 과제화하여 수행하기 위한 전제인 사업설계 기본철학을 정립함

- 글로벌 북극해 정책, 국가의 북극해 정책, 관련 부처 북극해 연구계획 등을 반영하여 3대 기본 방향으로 '첨단 융복합기술 활용', '디지털트윈 Platform 구축', 'Global First-mover 지향' 등으로 정립함

○ 범부처 관련 부서의 의견을 수렴하고 전문가 자문을 통하여 3대 내역사업 12개 전략과제를 도출함



출처: 기술과가치

[그림 III-1] 전략과제 도출 프로세스

❑ 전략과제 개요

○ 수중 원격 탐사 기술, 빅데이터 & 인공지능 활용기술, 수중사물인터넷 기반 북극해 통합 환경평가 디지털트윈 플랫폼 구축 및 운영기술 개발

- (수중 원격 탐사 기술) 무인기 활용 수중 음향환경 관측 체계 구축
- (빅데이터 & 인공지능 활용 기술) 빅데이터 & 인공지능 기반 북극해 환경 스마트 평가 체계 구축
- (수중 통신 네트워크) 북극해 수중사물인터넷 기반 구축
- (실해역 적용) 북극해 현장 테스트 베드 구축

○ **[내역사업1] 북극해 스마트 평가 체계 구축**

- (전략과제1.1) 북극해 환경 데이터 기반 구축
- (전략과제1.2) 북극해 최적 수중 음향 모델개발
- (전략과제1.3) 빅데이터&인공지능 활용기술개발
- (전략과제1.4) 북극해 통합 환경 인덱스 개발

○ [내역사업2] 북극해 수중 원격 탐사 체계구축

- (전력과제2.1) 수동 음향 관측 플랫폼 구축
- (전략과제2.2) 능동 음향 관측 플랫폼 구축
- (전략과제2.3) 북극해 수중 글라이더 개발 및 운용 기술 구축
- (전략과제2.4) 능수동 음향 자료 통합 분석 체계 구축

○ [내역사업3] 북극해 수중사물인터넷 기반 구축

- (전략과제3.1) 수중사물인터넷 체계현장 구축
- (전략과제3.2) 수중사물인터넷 기술개발
- (전략과제3.3) 수중-해상-육상 통신 네트워크
- (전략과제3.4) 북극해 수중통신 성능 최적화

3. 사업 비전-목표-전략 체계도

국가 비전	북극의 미래와 기회를 여는 극지 선도국가
사업 목표	수중사물인터넷 기술 활용 북극해 디지털트윈 플랫폼 구축

사업 기본 방향		
첨단 융복합기술 활용	디지털트윈 Platform 구축	Global First-Mover 지향

전략 과제				
북극해 스마트 평가체계 구축				
1.1 북극해 환경 데이터 기반 구축	1.2 북극해 최적 수중 음향 모델개발	1.3 빅데이터&인공지능 활용기술 개발	1.4 북극해 통합 환경 인덱스 개발	
북극해 수중 원격 탐사 체계구축				
2.1 수동 음향 관측 플랫폼 구축	2.2 능동 음향 관측 플랫폼 구축	2.3 북극해 수중 글라이더 개발 및 운용 기술 구축	2.4 능수동 음향 자료 통합 분석 체계 구축	
북극해 수중사물인터넷 기반 구축				
3.1 수중사물인터넷 체계 현장 구축	3.2 수중사물인터넷 기술개발	3.3 수중-해상-육상 통신 네트워크	3.4 북극해 수중통신 성능 최적화	

[그림 III-2] 비전-목표-전략 체계도

4. 사업 설계 내용

❑ **사업명** : “수중사물인터넷 기술활용 북극환경과 인간영향 평가를 위한 디지털트윈 플랫폼 구축”

❑ **사업목적** : 북극해 환경변화 평가를 위한 수중원격 탐사기반 수중사물인터넷 기술 구축 및 인공지능 적용 통합 디지털트윈 평가체계 확립

※ 환경변화 : 인간활동, 자연, 그리고 생물자원에 대한 변화

❑ **참여부처**

○ 주관부처 : 해양수산부

○ 협업부처 : 과학기술정보통신부, 산업통상자원부

❑ **통합전문기관** : 해양수산과학기술진흥원(주관부처 전문기관)

❑ **관련 규정** : 다부처공동기획사업 운영지침(’18.10)

❑ **예산/기간** : 총 450억원 / ‘24~’28(총 5년)

❑ **사업 내용**

KOPRI 극지연구소

○ [내역사업1] 북극해 스마트 평가 체계 구축(해수부 주관)

과제명	북극해 스마트 평가 체계 구축		
과제 목표	□ 수중 원격 탐사 플랫폼, 수중사물인터넷 (IoUT, Internet of Underwater Things) 기술 연계하여 북극해 통합 환경 데이터를 수집, 저장, 처리할 수 있는 빅데이터 & 인공지능 인프라를 구축하고 북극해 통합 환경 평가 인덱스를 위한 솔루션 개발		
과제 주요 내용	(주요 연구내용) □ 북극해 통합 환경정보 시스템 구축 및 분석 기술 개발 ○ 북극해 환경정보 (대기/해빙/해양) 데이터베이스 구축 ○ 북극해 환경정보 표준화 및 분석 알고리즘 개발 □ 북극해 수중 음향환경 평가 기술 개발 ○ 능수동 음향 자료 식별/분리 알고리즘 개발 ○ 북극해 최적 수중 음향 모델 개발 □ 북극해 환경 스마트 평가 기술 개발 ○ 빅데이터 & 인공지능 기반 북극 환경 평가 기술 구축 ○ 북극 환경 평가를 위한 통합 환경 (인간-자연-생물) 지표 개발 (주요 역할) □ 본 사업의 타부처 과제와의 협력·연계방안 및 과제 간 협력을 위한 총괄 수행		
사업기간	총 5년	**총 소요예산**	10,100 백만원

※ 예산은 기획평가관리비 포함 정부출연금이며, 연도별 예산사정에 따라 변동 가능

○ [내역사업2] 북극해 수중 원격 탐사 체계구축(산업부 주관)

과제명	북극해 수중 원격 탐사 체계 구축		
과제 목표	□ 북극해 인간 활동, 자연 환경, 생물자원의 장기적 과학 정보 취득을 위한 수중 무인 관측 플랫폼 운용 기술 기발 및 수중음향 원격 탐사 기술 구축		
과제 주요 내용	(주요 연구내용) □ 능동 음향 관측 플랫폼 구축 ○ 북극해 환경 (해빙, 생물자원, 수온구조) 변동 연속 관측을 위한 고정형 능동 음향 관측 시스템 구축 (ex. ADCP, AZFP, IPS, C-PIES, Acoustic tomography) ○ 해빙, 동물플랑크톤 및 어류, 수온 구조 변화 평가를 위한 분석 알고리즘 개발 □ 수동 음향 관측 플랫폼 구축 ○ 북극해 환경 (인간, 자연, 생물) 변화 관측을 위한 배열 수중 청음기 구축 ○ 북극해 사운드스캐이프 변동 파악 및 주요 환경 요인 분석 □ 수중 이동형 무인기 운용 및 관측 기술 개발 ○ 북극해 장거리 (ex. 북극횡단항로) 수중 글라이더 운용 기술 개발 ○ 북극해 해빙역 수중글라이더 장기 운용 기술 개발 ○ 북극해 대서양수/태평양수 구조 관측 및 장기 변동 파악		
사업기간	총 5년	총 소요예산	18,600 백만원

※ 예산은 기획평가관리비 포함 정부출연금이며, 연도별 예산사정에 따라 변동 가능

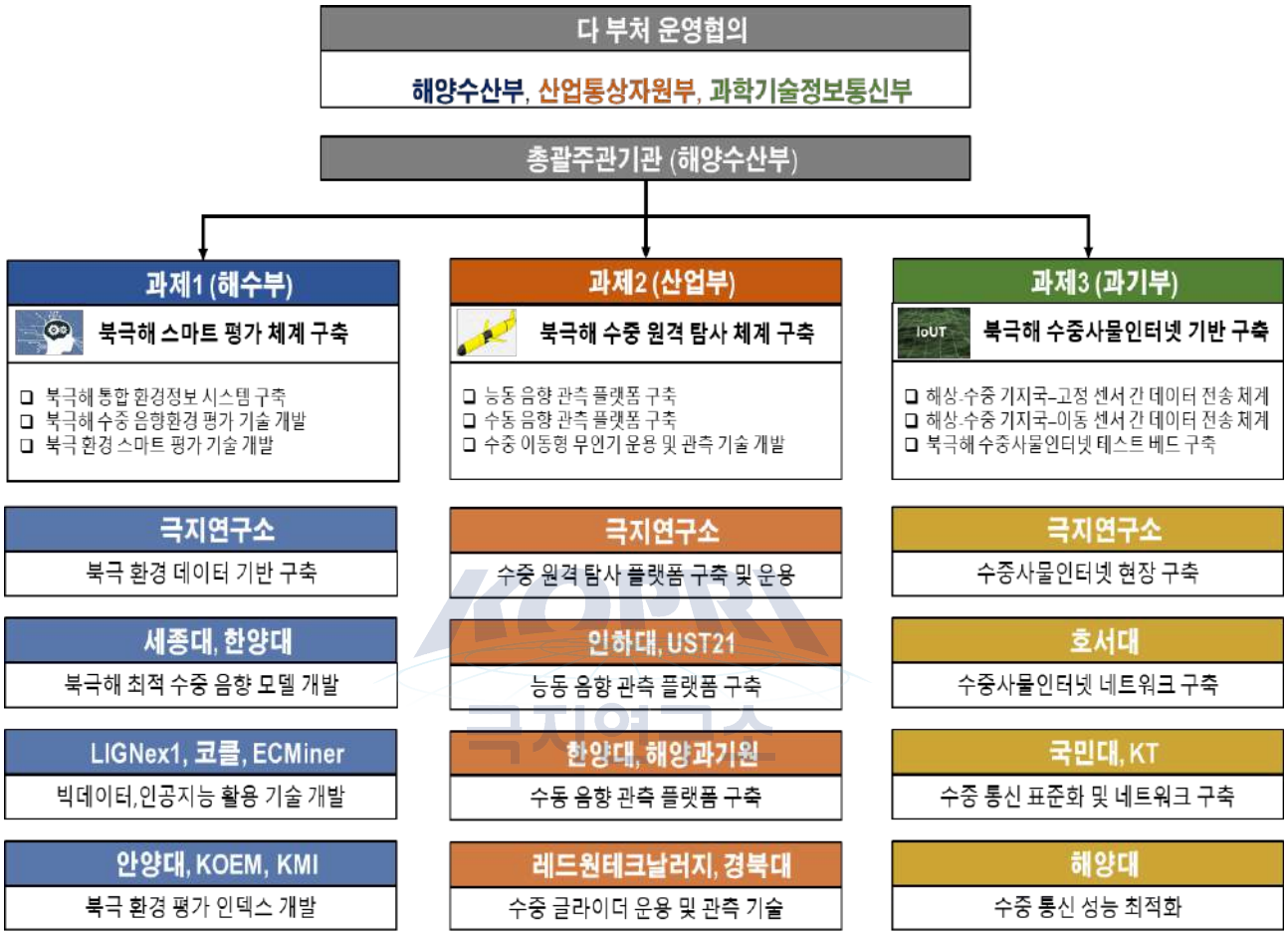
○ [내역사업3] 북극해 수중사물인터넷 기반 구축(과기부 주관)

과제명	북극해 수중사물인터넷 기반 구축		
과제 목표	□ 북극해 인간 활동, 자연 환경, 생물자원 변동 연속 관측 및 실시간 모니터링을 위한 북극해 수중사물인터넷 IoUT (Internet of Underwater Things) 기반 기술 개발		
과제 주요 내용	(주요 연구내용) □ 해상-수중 기지국-고정 센서 간 데이터 전송 시스템 개발 ○ 기 개발된 통신 모뎀 및 수중 통신 네트워크 테스트 ○ 북극해 최적 통신 모뎀 개발 및 네트워크 구축 □ 해상-수중 기지국-이동 센서 간 데이터 전송 시스템 개발 ○ 이동 센서 데이터 전송 모뎀 개발 및 최적화 ○ 해상-수중기지국-이동 센서 데이터 전송 체계 구축 □ 북극해 수중사물인터넷 테스트 베드 구축 ○ 해상-수중기지국-고정센서-이동센서 간 데이터 전송 네트워크 검증 ○ 수중사물인터넷 활용 북극 환경 평가를 위한 네트워크 체계 구축		
사업기간	총 5년	총 소요예산	16,300 백만원

※ 예산은 기획평가관리비 포함 정부출연금이며, 연도별 예산사정에 따라 변동 가능

5. 사업 추진체계 및 운영절차

❑ **[추진체계]** 내역사업을 추진하기 위하여 해양수산부를 총괄주관기관으로 하는 추진체계를 아래와 같이 구성함



[그림 III-3] 해양수산부 추진체계

❑ **[운영절차]** 운영협의회를 통한 사업추진 주요 사항 의결에 따라 통합 전문기관과 총괄주관기관이 사업 운영

○ **(운영협의회)** 연도별 추진내용 및 예산(안), 관련 규정의 제•개정 등 사업추진 전반에 관한 주요 사항 심의•의결(연 1회 이상 개최)

○ **(통합전문기관)** 사업 통합공고 및 선정, 연도별 사업관리, 평가, 연구비 관리 및 정산, 운영협의회 및 위원회 개최 등의 실무지원

○ **(총괄주관기관)** 연도별 통합 사업계획(안) 마련, 연구 성과 통합관리 및 통합워크숍 개최 등 과제별 연계•협력 총괄

Ⅳ. 사업 타당성 분석

1. 과학기술적 타당성 분석

❑ 과학기술적 타당성 분석개요

○ 기술적 타당성 분석은 R&D 사업 대상기술의 적정성, 우수성, 기술개발 역량 및 잠재력, 여타 기술개발 사업과의 관계 및 연계 방안 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

- 대상 기술 설정의 적정성을 분석하고, 기술개발 계획이 현실적으로 실현 가능한지의 여부, 여타 기술개발과의 중복성 및 연계 활용방안 등을 분석함

○ ‘2020년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부 지침(’20.01.)‘에 제시된 3개 평가항목에 대해 기술적타당성 분석을 수행함

- ① 문제/이슈 도출의 적절성, ② 사업목표의 적절성, ③ 세부활동 및 추진전략의 적절성

KOPPI 금지연구소

❑ 과학기술적 타당성 분석결과

○ 기존 과제와의 중복성 검토

- **(유사과제 검색키워드 도출)** 국가가학기술지식정보서비스(NTIS) 유사과제 검색 프로그램을 활용하여 기술수요조사 및 기술기획위원회를 통해 도출된 세부기술과제와 기존 수행과제의 유사성 검토실시

  • 연구과제명, 과제공개여부, 연구책임자명, 과제관리기관명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 한글/영문키워드를 입력하여 기존과제와의 유사도 검사 실시

- **(유사도 검색결과)** 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 유사과제 검색 프로그램을 활용하여 도출된 전략과제와 기존 수행과제의 유사성 검토 실시

  • 연구과제명, 과제공개여부, 연구책임자명, 과제관리기관명, 연구 목표, 연구내용, 기대효과, 한글/영문키워드를 입력하여, 세부과제를 대상으로 유사도 검사를 실시한 결과, 60% 이상의 유사도를 가진 기존 과제는 없음

  • 40% 이상의 유사도를 가지는 기존 과제는 아래와 같음

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달리질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2022/06/28 17:32:54
	검색년도	2002년 ~ 2022년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세 부 검 색 결 과 (범례 0개 1~4개 5~9개 10개 이상)

순번	과 제 명	구분	유사과제분포			
1	수중사물인터넷 기술활용 북극환경과 인간영향 평가를 위한 디지털트윈 플랫폼 구축	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행됐거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	인터넷 융합 데이터 인프라 구축 및 활용방안 연구	수행	2016	박주석	55.80
1	북극 환경 특성 연구	수행	2005	박유민	54.57
1	중국의 해양 정책과 북극 전략 연구	수행	2015	박영민	54.01
1	GMS 구축 활용 센서기기 연구개발을 통하여 시업수익 증진 센서의 개발	수행	2010	박기성	53.92
1	디지털 자료관 고도화	수행	2013	이종일	47.72
1	네트워크화한 시장과 알라지언 경쟁 시장에 대한 이론과 실험	수행	2015	최승주	50.05
1	생체 네트워크를 구성하는 기본단위 및 그 응용에 대한 연구	수행	2015	현도영	50.05
1	차세대 네트워크 시험기술 지원	수행	2003	이경호	48.54
1	설명가능한 AI 기반 디지털트윈 자율운영 서비스 기술 개발	수행	2020	유병현	47.72
1	초연결 IIoT 기반 디지털 트윈 지능생산시스템 개발 및 실증	수행	2021	황보율	51.92

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

○ 기존 유사 과제와의 차별성 및 활용방안

- (기존 유사 과제와의 차별성) 북극환경 변화를 수중음향 측정 시스템으로 통합하여 모니터링하고, 이를 통하여 확보한 정보를 디지털트윈 플랫폼에 전송하여 실시간으로 해석하는 과제는 세계 최초이므로 기존 유사 과제와의 중복성이 낮음

- (기존 유사 과제 활용방안) 아래와 같은 기존 유사 과제를 통하여 축적된 수중환경을 음향관측으로 모니터링하고, 관련 정보를 송수신하는 기술개발 결과는 본 사업에 활용 가능함

• **해저지반 정밀탐사를 위한 해저착저형 Acoustic 3D Scanner 운용시스템개발('17~'20)**

※ 해양플랜트 운영/관리에 따른 해저지반의 안정성을 확보하기 위한 해저지반정보를 취득할 수 있는 해저 착저형 Acoustic 3D Scanner 운용시스템 개발

※ 소형선박에서 운용할 수 있는 해저 착저형 해저지반조사 시스템으로 수중모터, 수중 유압장치 등을 장착하여 탐사를 수행할 수 있는 360도 교차회전시스템 개발

※ 여러 종류의 탐사장비를 현장에 맞게 교체하여 장착할 수 있는 플랫폼 시스템 개발

• **해양산업 및 해양생태계 탐사활용을 위한 방향성 탐지용 수중 청음기 개발('18~'19)**

※ 방향성 탐지용 수중청음기 센서부 통합 및 개발

※ 방향성 수중 신호 처리,운용 및 가시화 프로그램

※ 수중음 분석용 수온,수심 측정 센서 통합

※ 해상 시험 검증을 통한 시험 평가 수행

- **중주파수 대역의 배열센서를 이용하는 장거리 수중음향 원격탐사 핵심기술 개발 ('17~'19)**

※ 능동 소나 이미징을 위한 빔형성 및 다중 입출력 신호처리 기술개발

※ 음향 표적 산란 모델링 기술연구

※ 해양 음향 전파 특성을 이용하는 장거리 수동소나 위치추정 기술개발

※ 벡터 센서기술을 이용한 음원방향 추정 기술개발

※ 배경 잡음 맵핑 기술 개발

※ 실해역 실험을 위한 배열센서 시스템 개발

- **실시간 수중음향 영상화 기술 개발('17~'19)**

※ 수중음향 카메라용 음향 송신 기술 개발

✓ 음향 송신 배열 트랜스듀서 개발

✓ 음향 송신을 위한 고출력 신호 발생 시스템 기술 개발

✓ 음향 송신부 성능 평가 기술 개발 및 평가 시스템 구축

※ 수중음향 카메라용 음향 수신 기술 개발

✓ 2차원 수신 배열 압전소자 제작 기술 개발

✓ 실시간 영상화를 위한 고속 음향 신호 수집 회로 기술 개발

✓ 고해상도 MEMS 음향 수신 배열 기술 개발

✓ 음향 소자 최적화를 위한 해석 및 설계 기술 개발

✓ 음향 수신부 성능 평가 기술 개발 및 평가 시스템 구축능동

- **동해권 실시간 원격 해양탐사를 위한 수중글라이더 운용시스템 개발('14~'19)**

※ 자율 이동형 첨단 무인관측 장비인 수중글라이더의 운용기술을 개발하여 안전 하고 효율적으로 해양을 감시 관측 탐사하기 위한 통합 운용시스템을 구축

※ 자료 획득 성공률 80% 이상, 관측 범위의 30% 이내 오차 달성

※ 2기 이상 동시제어 및 100Km 이상 주행거리 비 10% 범위 이내 직선 주행 성공

※ 동해 해양환경 조건에 최적화된 수중글라이더 운용 기술 연구

※ 임무 설계 기술 개발 연구 (Virtual Mooring mode 및 Straight Flight mode)

KOPRI 극지연구소

- **무인정 원격 조종을 위한 양방향 해양 무선 중계 통신 기술 개발('14~'17)**

※ 미국, 유럽, 한국의 수중 무선 통신 기술의 동향 조사 및 기존 양방향 중계 통신의 수중 무선 환경에서 한계점 분석

※ 비교적 전원을 지속적으로 공급받을 수 있는 중계 노드에서만 복잡한 계산을 수행하고, 단말 노드에서는 계산량을 최소화하면서도, 기존 기술에 비해 합 전송율을 증대시키는 양방향 중계 통신 기술개발

※ 중계 노드 간 행상 통신이 원활하지 않은 경우, 단일 중계 노드가 존재할 때 알고리즘 보완

※ 단말에서 간단한 스칼라값을 곱하는 정도의 저 복잡도 프리코딩 기법을 통한 알고리즘 개선

- **1.0m 위치오차를 갖는 수중로봇 자율유영 기술 개발('12~'18)**

※ 센서 융복합 기반 수중 3차원 주변 환경 인지 기술 개발

※ 수중 인공 구조물 환경에서 오차 1.0m 이내 위치인식 기술 개발

※ 수중 인공 구조물 환경에서 장애물 회피 및 경로계획 기술 개발

※ OPRoS 기반의 모듈화 된 자율유영 임베디드 시스템 기술 개발

※ 실해역 인공 구조물에 대한 통합 테스트를 통한 위치인식 및 장 애물 회피 등 수중로봇 자율유영 개발기술의 최종 성능 검증

- **해양방위 활용을 위한 수중음향 분석체계 개발과 무인체계 탐사기술 연구('18)**

※ 수중글라이더를 이용한 장거리 고해상도 수중환경 관측 및 자료 검 증 기법 연구

※ 무인수상선을 이용한 천해역 정밀수심 관측기법 연구

※ 음향탐지 분석 체계용 해양환경·음향 자료 DB 구축

※ 수중 음탐 분석 체계 구현 및 가시화 체계 개발

- **음파를 이용한 수중환경 모니터링용 영상장치('12)**

※ 트랜스듀서 : 압전 복합 재료를 적용한 고감도 광대역 탐촉자

※ 수중 음향 발생 및 탐지 회로 : 탐촉자와 최적의 impedance matching 된 수중음향 송수신 회로

※ 음향 신호 처리 프로그램 : 음파 영상 처리 및 운영 소프트웨어

※ 기계식 스캐닝 모듈 : 탐지거리 및 스캔 속도에 따른 스텝 조정가능한 저발열/저소음의 완전 방 수 밀폐형 회전 구동체로 수중 환경에 의한 오염을 최소화 한 구조

※ Prototype의 현장실험을 통한 제품의 활용성 제고 및 제품기능의 수정보완

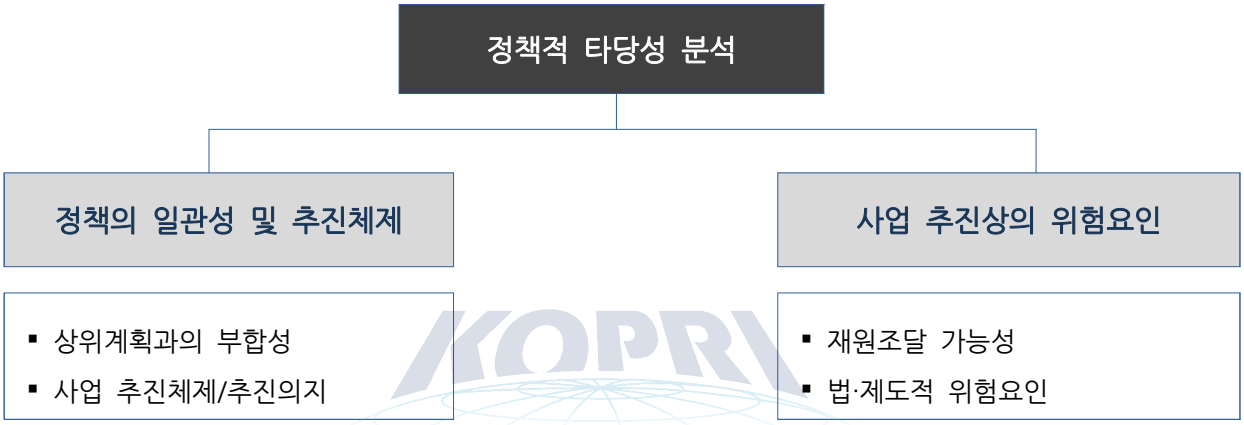
KOPRI 극지연구소

2. 정책적 타당성 분석

❑ 정책적 타당성 분석개요

○ (분석 목적) 국가 전략적 측면에서 동 사업의 중요성을 판단하기 위해 국가 차원의 중장기 정책과의 부합성 및 사업 추진 시 예상되는 위험요인을 종합적으로 조사 분석

○ (분석 항목 및 관점) 정책적 타당성 분석 항목은 크게 정책의 일관성 및 추진체제, 사업 추진상의 위험요인으로 분류/구성



[그림 IV-1] 정책적 타당성 분석 구조

❑ 정책적 타당성 분석결과

○ **(상위 정책과의 부합성)** 본 사업은 '제4차 과학기술기본계획('18~'22)', '극지활동 진흥법', '2050 북극활동 전략', '극지과학 미래발전 전략' 등 상위정책과 부합함

- '제4차 과학기술기본계획'에 극한지 연구가 중점과학기술 분야로 지정되어 있음
  - (대분류) 우주·항공·해양, (중분류) 해양·극한지, (중점과학기술) 지속가능한 해양공간 개발기술·극한공간 인프라 기술
- '극지활동 진흥법', '2050 북극활동 전략', '극지과학 미래발전 전략' 등 정책에 본 사업과 연관된 "극지 및 극지활동 관련 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 통합정보 시스템 구축·운영", "북극해 디지털트윈" 과제가 명시됨
  - (예측·대응) 북극해 장기 모니터링체계·디지털트윈* 등 예측 역량 강화 및 3대 위험요인별(블랙카본·해양쓰레기·미세먼지) 저감기술 개발 추진 검토

※ 디지털트윈: 북극권 종합관측망과 데이터댐 자료를 기반으로 북극해 가상 재현·시뮬레이션

<표 IV-1> 국내 주요정책 분석 결과

법/계획명	주요 내용	주관부처 (시행년도)
극지활동 진흥법	□ (목적) **극지활동을 육성·지원하여 극지의 지속가능한 발전과 인류 공통문제 해결을 선도**하고, **국가경제 발전 및 국익 제고에 이바지** □ (계획 수립) 극지활동을 육성.지원하기 위한 기본계획을 수립하고, 기본계획을 토대로 매년 시행계획을 수립·시행 ㅇ 기본계획과 시행계획을 효율적으로 수립·추진하기 위하여 극지에 관한 인문·사회·과학 분야의 실태조사 실시 □ (극지활동 진흥) 연구개발, 전문인력 양성, 경제활동 진흥, 기반시설 설치·운영, 정보시스템 구축 등 극지활동 활성화 추진 ㅇ **(연구개발) 연구개발 촉진을 위한 시책을 수립하고, 산·학·연 협동 연구, 국제공동연구·기술협력 활성화 등을 위한 지원** ㅇ (인력양성) 극지활동 진흥에 필요한 극지연구 및 지원 전문인력을 양성하고 이를 효율적으로 활용하기 위하여 필요한 시책을 수립 ㅇ (경제활동 진흥) 북극항로 개척 등 북극에서의 경제활동 진흥을 위한 시책을 수립하고 추진 ㅇ (인프라) 극지 과학기지, 쇄빙연구선, 항공기 등 극지활동에 필요한 기반시설을 설치하거나 확보하여 운영 ㅇ **(정보시스템 구축) 극지 및 극지활동 관련 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 통합정보시스템 구축·운영** ㅇ **(환경보호·안전관리) 극지환경을 보호하고, 극지 사고의 예방과 사고발생 시 신속한 대응 등을 위한 안전관리체계 마련** □ (교육·홍보) 극지 및 극지활동에 관한 가치·중요성 및 지식·정보 등을 국민에게 알리기 위한 교육 및 홍보사업 추진	해양수산부 (2021)
2050 북극활동 전략	□ (비전) 2050 북극 거버넌스 선도국가 도약 □ (추진전략 1) 북극권 현안 해결 기여 ㅇ **기후 위기 대응 역량 강화: 북극권 연구·데이터 선도국가 도약** ㅇ **해양환경과 생태계 예측·대응 기술 확보: 북극해 환경보호 기여** ㅇ 북극 원주민 협력 강화: 북극권 국가·공동체와 신뢰 구축 □ (추진전략 2) 북극 외교 지평 확대 ㅇ 맞춤형 양자협력 활성화: 호혜적 동반자 관계 구축 ㅇ 다자 협력 플랫폼 구축 동참: 북극 담론 주도 □ **(추진전략 3) 지속가능한 북극 발전 동참** ㅇ 조선·해운 신기술 기반 안전한 북극항로 조성 ㅇ 친환경 에너지 협력 강화 ㅇ 지속가능한 북극해 수산업 실현 동참 ㅇ 북극권 상생 협력 모범과제 굴·추진 □ (추진전략 4) 북극 활동 기반 마련 ㅇ (전문인력 양성) 극지연구소와 연계한 극지과학 특화 UST 스쿨 설립, 북극협의체 인턴십 운영, 북극운항 인력 양성 등 ㅇ (제도 정비) 북극 활동을 총괄·조정하는 범부처 정책협의회 운영, 극지 정책·조정 기능 강화, 일반인 대상 북극 교육 확대	관계부처합동 (2021)

극지과학 미래발전전략	□ (추진배경) 기존 극지연구에서 벗어나 **국가와 국민의 요구**에 **부응**하고 **극지 연구의 한단계 도약을 위한 미래발전전략 수립 추진** □ (추진전략 1) 극지과학연구 성과 제고 ㅇ (국민체감형 연구 확대) 남·북극 고온현상으로 인한 한반도 이상기상 예측, 해수면 상승 분석 등 기후예측시스템 구축 ㅇ (실용화 연구 확대) 극한지에서 운용 가능한 첨단 기술(로봇, 통신, 데이터처리기술)을 개발(~'25)하고 극지연구 분야 장비 개발 확대 ㅇ (新 비즈니스 발굴) 북극항로 활성화에 대비한 북극 원주민과의 협력 강화 및 북극해 수산·해저자원 조사 등 과학 연구 수행 □ (추진전략 2) **미지의 극지 과학영토 확대** ㅇ (북극 고위도 진출) 미지·미답 영역인 북극 중앙공해 진출을 위해 강화된 쇄빙능력을 가진 차세대 쇄빙연구선 확보(~'26, 예타 추진 중) □ **(추진전략 3) 극지과학 개방형 협력체계 구축** ㅇ (개방형 연구체계) 산·학·연의 현장 연구 수요를 반영하기 위한 극지 인프라 공동활용위원회를 구성하여 인프라 개방성 확대 추진 ㅇ (인프라 개방) 연구 실험공간 제공을 위한 '극지환경 재현 실용화 센터'를 건립하고, 통합 정보플랫폼 구축을 통해 데이터 접근성 제고 ㅇ (국제 거버넌스) 러시아, 캐나다 등 북극권 국가와의 협력 의제를 지속 발굴하고 덴마크, 중국 등 극지협력 MOU 체결 추진 □ **(추진전략 3) 극지과학 발전 지원기반 구축** ㅇ (인적 역량 강화) 극지 연구자 양성을 위한 극지과학 석박사 과정(UST) 및 학·연 극지연구 진흥프로그램(PAP) 등 인력양성 프로그램 확대 ㅇ (제도적·정책적 기반 강화) 남·북극에서의 과학연구 및 산업 육성 등 종합적 정책 지원을 위한 '극지활동진흥법' 제정 및 기본계획 수립	해양수산부 (2020)

극지연구소

○ **(유관부처 및 기관 정책과의 부합성)** 본 사업은 유관부처의 정책과 부합하며 기제관내의 정책과도 부합함

- 해수부는 지난 7년간 수중기지국 기반 수중통신망 핵심기술을 확보하기 위해 호서대 등 10개 기관이 참여하는 '분산형 수중 관측제어망 개발사업'을 지원함

  • 개발사업을 통해 호서대는 수중통신 기기 소형화, 통신장애 발생 시 최적의 통신방식으로 변환해 안정적인 통신을 보장하는 기술 등 수중기지국 기반 무선통신의 핵심기술을 개발

  • 호서대학교는 2019년부터 '수중기지국 기반 수중음파 무선통신망-개요 및 요구사항'의 국제표준 제정을 추진, 국제표준화기구(ISO)·국제전기기술위원회(IEC) 공동기술위원회(JTC 1)의 사물인터넷 분과위원회(SC 41)가 지난달 말 이 기술을 국제표준으로 제정함

  • 안정적인 수중통신과 수온·염분·용존산소 등 다양한 수중정보를 실시간 관측해 육상으로 안정적으로 전달할 수 있게 됨

  • 지진, 쓰나미 등 해양재난과 해양환경 및 오염 등에 대한 감시, 방위 등 다양한 분야에서도 활용될 것으로 기대

- 환경과학원과 극지연구소가 남극 등 극지 환경오염 대응에 협력

  • 우리나라 지정 남극특별보호구역과 남극 및 북극 과학기지 주변을 중심으로 ▲환경변화 요소와 오염물질 감시(모니터링)를 위한 정보 공유 및 기술협력 ▲극지환경 시료의 장기저장을 통한 환경관리정책 지원 ▲공동 연구 수행에 필요한 시설 장비 활용 및 인적 교류 등에 관한 상호 협력이 추진

- 해양수산부(장관 문성혁)와 기상청(청장 박광석)은 기후변화 및 해양환경 변화 등에 대한 감시와 대응역량 향상을 위한 업무협약을 체결

  • 이번 업무협약은 2018년 전례 없는 한파와 폭염*, 2020년 최장 기간의 장마 등 한반도 이상기후 현상이 북극과 한반도 주변 해역의 환경변화 등에 기인한 것으로 밝혀짐에 따라, 남·북극, 한반도 주변 해양환경 변화 연구를 담당하는 해양수산부와 국가 기후변화 주관 기관인 기상청 간 협력을 강화하기 위해 체결

  • 두 기관은 이번 협약을 통해 ▲한반도 주변 해역과 극지의 해양·기상기후 관측자료 공유 ▲관측장비, 쇄빙연구선 등 인프라 구축·활용 ▲대기·해양 기후변화 시나리오 및 기후변화 감시 기술 교류 ▲기후변화·해양환경변화 조사 및 쇄빙연구선 공동활용 연구기획 추진 ▲해양·기상기후정보 전달체계 구축·관리 등을 협력

○ **(재원조달 가능성)** 본 사업에 소요되는 비용은 해양수산부 및 범부처의 관련 연구개발 재원으로 조달이 가능함

KOPRI 극지연구소

2021년도 해양수산과학기술 육성 시행계획

40 (신규) 극한지개발 및 탐사용 협동이동체 시스템 기술개발

■ 사업목적

● 극한 환경에서 광대역 자원탐사 및 정찰이 가능한 극한지 사물인터넷(IoET, Internet of Extreme Things) 기반 협동 이동체 및 장비 기술 개발

■ 사업기간/총사업비 : '21년~'25년/130억원(국비 130억원)

• '21년 25억원, '22년 이후 105억원

■ 투자현황 및 계획

(단위 : 백만원)

세부사업/내역사업	'19년 까지	'20년 예산	'21년 예산	'22년 이후	비고
극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발*	-	-	2,500	10,500	신규
극한지 관측 및 정보처리 기술개발	-	-	2,404	10,101	신규
기획평가관리비	-	-	96	399	신규

• 해양수산부 주관으로 산업통상자원부(로봇산업기술개발사업의 과제 : 극지(남극) 환경에서 활용 가능한 로봇시스템 및 운용 기술 개발), 과학기술정보통신부(극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발사업의 과제 : IoET를 위한 극한지 통신 및 장비 기술 개발)와 다부처로 추진

56 (신규) 극지 해양환경 및 해저조사 연구

■ 사업목적

● 글로벌 기후환경변화에 민감한 **극지 해양-생태계-해저환경 연구**를 통한 극지 연구 역량 강화 및 주요 극지 자원정보 확보

■ 사업기간/총사업비 : '21년~'26년/483억원(국비 483억원)

• '21년 67억원, '22년 이후 416억원

■ 투자현황 및 계획

(단위 : 백만원)

세부사업/내역사업	'19년 까지	'20년 예산	'21년 예산	'22년 이후	비고
극지 해양환경 및 해저조사 연구	-	-	6,700	41,600	신규
북극해 해양 및 해저환경탐사	-	-	6,442	29,160	신규
남극해 해양 보호 연구	-	-	-	10,700	신규
기획평가관리비	-	-	258	1,740	신규

3. 경제적 타당성 분석

❑ 경제적 타당성 분석개요

○ 국가연구개발사업의 경제성 분석은 해당 사업의 파급효과와 투자 적합성을 분석하기 위한 수단으로 주로 비용-편익 분석을 활용함

- 비용-편익 분석은 대상 사업을 수행할 경우, 예측되는 모든 편익(Benefit)과 비용(Cost)을 계산하여 해당 투자사업의 타당성을 사전에 검증하는 방법임

- 비용-편익 분석을 통한 사업의 경제성 판단은 해당 사업을 통해 발생하는 편익의 총 크기가 비용을 초과해야 한다는 원칙 하에서 진행됨

○ 사업 경제성 분석을 위하여 본 사업을 통해 발생할 수 있는 경제적 편익을 산출하고 이를 비용과 비교하여 본 사업의 경제성을 분석할 수 있음

- 경제적 편익은 신시장 창출에 따른 편익, 부가가치편익을 의미함

- 이는 '사업의 전후(before and after)'가 아닌, '사업의 유무(with and without)'에 따라 새로운 시장이 탄생하고 성장하는 것을 의미

- 본 사업에서의 경제적 편익은 제품/시스템 판매이익(시장수요접근법), 기술라이센싱 로얄티(로얄티접근법) 및 재난/재해/사고 피해비용 저감액 등 3가지 경제적 편익을 반영하여 산정하였음

○ 시장수요접근법에 기반한 편익 추정 실시

- 시장수요접근법에서는 연구개발사업의 시행에 의한 미래 시장규모의 증가분에 연구개발사업의 기여로 창출되는 직접적 편익을 한정시키기 위한 다양한 변수를 고려하여 편익을 산정하였음

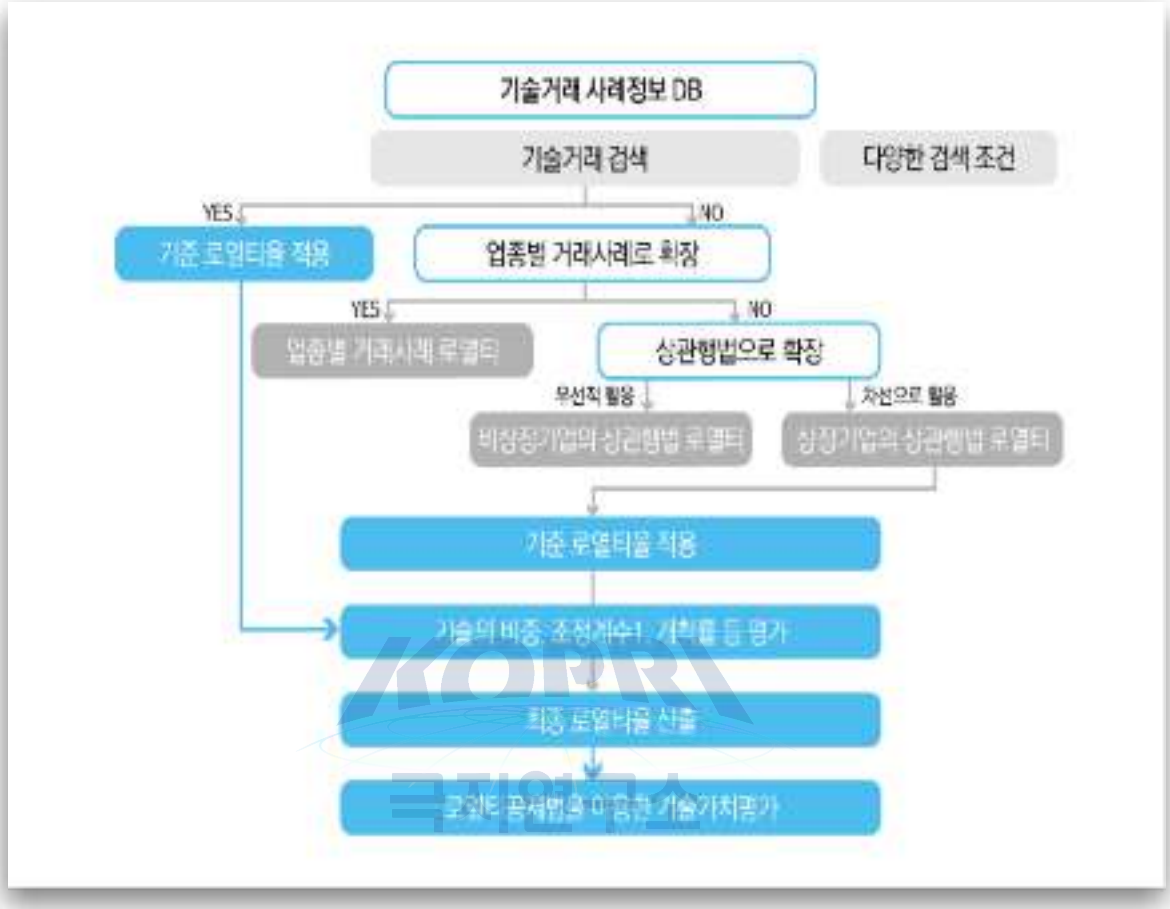
- 본 방식에서는 아래와 같은 KISTEP이 발간한 예비타당성조사 표준 지침 상에서 제시된 R&D사업의 편익 산출을 위한 일반식을 적용하여 본 사업 추진에 따라 신규 시장이 창출되어 발생한 편익을 추정하였음

편익	=	미래 시장규모	×	부가가치율	×	사업 기여율	×	R&D 기여율	×	R&D 사업화 성공률

출처 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2020

○ 로얄티접근법에 기반한 편익 추정 실시

- 로얄티접근법에서는 기술라이센싱에 의해 창출되는 로얄티를 기반으로 편익 추정



❑ 비용편익분석 방법론

○ 비용 편익 분석은 비용과 편익을 화폐가치로 환산한 후 이를 비교평가 함으로써 경제적인 타당성을 추정하는 방법임

- 비용 편익 분석에 의한 결과지표는 비용편익 비율(Benefit-cost ratio, B/C ratio), 순현재가치(net present value, NPV), 내부수익률(internal rate of return, IRR), 비용변제기간(Pay back period), 순평균수익률(net average rate of return) 등 여러 가지 지표를 활용함

- 투자의 경제적 타당성이 있다고 판단되는 기준은 비용/편익 비율이 1.0 이상, 순현재가치 0 이상, 내부수익률은 사회적 할인율(r) 보다 큰 경우임

- 본 사업의 경제적 타당성 분석시에는 비용편익비율(BCR) 지표를 활용함

<표 IV-2> 비용편익 결과지표

결과지표	정의	판단기준	계산방법
비용/편익 비율 (B/C Ratio)	- 투자로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율	B/C Ratio ≥ 1	$\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$
순현재가치 (NPV)	- 투자 결과로 발생하는 편익에서 비용을 차감한 순편익의 흐름을 현재가치화하여 이를 합산한 것	NPV ≥ 0	$\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$
내부수익률 (IRR)	- 투자사업의 실시로 인해 발생한 편익흐름의 현재가치에서 비용흐름의 현재가치를 차감한 것이 0이 되도록 하는 할인율	IRR ≥ 사회적 할인율(r)	$\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+R)^t}$

주 : B_t : t시점의 편익, C_t : t시점의 비용, r : 할인율, T : 분석기간

자료: 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침

KOPRI 극지연구소

❑ 기본가정 및 지표요율

(1) 시장수요접근법

○ (편익 회임기간) 본 사업은 응용·개발 연구가 복합된 사업으로 예타 지침에서 제시된 회임기간을 활용하여 3년을 적용함

※ 편익 회임기간이란 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 격차를 의미함

<표 IV-3> 편익의 회임기간

개발 단계	기초연구	응용연구	개발연구
회임기간	5년	3년	

출처 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2020

○ (편익 발생기간) 본 분석에서는 “기술가치평가실무가이드”(2021, 산업통상자원부)에서 제시된 IPC-G01S(무선에 의한 방위 결정; 무선 항행; 무선 전파의 사용에 의한 거리 또는 속도의 결정; 무선 전파의 반사 또는 재방사의 사용에 의한 위치 또는 유무의 탐지; 기타의 파류를 사용하는 유사한 방식) 기술의 경제적수명 평

균값 10.71년과 IPC-H04J(다중통신) 기술의 경제적수명 평균값 7.03년 등 두 값을 평균하여 전체 편익발생기간을 8년으로 산정하였음

- 전체 편익발생기간 8년중 회임기간 3년을 제외하고 실제 편익 발생기간은 5년으로 산정함

○ (부가가치율) '2017년 산업연관표(한국은행, 2019)' 중 기타 무선통신장비 및 방송장 비(20.7%), 측정 및 분석기기(33.4%), 정보제공서비스(50.3%), 기타IT서비스(49.7%)의 기본부문 부가가치율 평균 39%를 적용함

- 부가가치율은 매출액 중에서 실제 새롭게 창출된 경제적 편익이 차지하는 비율을 의미하며, 편익은 사업 수행으로 창출된 매출액 전체가 아닌 부가가치를 기준으로 산정되기 때문에 부가가치율을 고려할 필요가 있음

- 본 분석에서는 개별 사업가들의 실질적 부가가치율을 파악할 수 없는 만큼, 한국은행 산업연관표를 활용하여 유사한 산업분야의 부가가치율을 활용하여 추정하였음

- 부가가치율은 총투입액 중 부가가치액이 차지하는 비율이며, 다음의 식으로 나타낼 수 있음

$$\text{부가가치율}(\%) = \frac{\text{부가가치액}}{\text{총투입액}} \times 100$$

○ (R&D 기여율) 연구개발부문 예비타당성조사에서 활용되는 R&D기여율 35.4% 적용

- R&D 기여율은 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때 전체 부가가치 가운데 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지를 나타내는 지표로 "제3차 과학기술기본계획"에서 제시한 35.4%를 적용함

○ (R&D 사업화 성공률) '2018년도 성과활용현황조사 분석보고서(한국산업기술진흥원, 2020)'의 기계·소재(53.7%) 정보통신(52.1%)과 지식서비스(48.2%)의 사업화 성공률 산술평균 51.3%를 적용함

○ (사업기여율) 동 사업과 유사한 과제가 NTIS에서 검색한 결과 없고, 순수 민간에서의 투자가 없는 것으로 분석되어 사업기여율은 100%로 가정함

$$\text{사업기여율} = \frac{\text{(동 사업 투입비용)}}{\text{(동 사업 투입비용 + 유사 정부연구개발사업 투자규모 + 순수민간투자규모)}}$$

○ (할인율) ‘예비타당성조사 수행 총괄지침(기획재정부, 2020)’ 제50조(사회적 할인율)에 따라 4.5%를 적용함[18)]

○ (환율) 2021년 평균환율인 달러($)당 1,145원(한국은행 경제통계시스템)을 적용

(2) 로얄티접근법

- 로얄티율은 산업통상자원부 발간 ”2021년 기술평가 실무가이드“ 기준으로 유사업종 평균로얄티의 평균값으로 산정한 3.75%로 가정함
  - 유사업종(평균로얄티%) : C26 전자부품, 커뮤터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(3.72)
    C62 컴퓨터프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업(3.77)
  - 본 사업 로얄티율 = (3.72+3.77) ÷ 2 = 3.75%

KOPRI 극지연구소

(3) 피해저감접근법

- (피해저감기여율) 예측정확도 1% 상승 시 피해저감율이 2% 상승한다는 연구결과*에 따라 동 사업의 예측정확도 0.5% 향상 목표에 따라 1%를 적용함

※ 지식기반으로서 수퍼컴퓨팅 사업의 경제적 효과분석(박국흠·김종선, 한국정책학회 동계학술발표 논문집 pp.105-130, 2001); 현업 해양예측시스템 구축을 위한 기획연구(기상청, 2011) 재인용

❑ 경제적 타당성 분석결과

○ 비용 분석

18) 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」(2022) 제50조

(단위 : 백만원)

구분	총액	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년
수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간영향 평가를 위한 통합 체계 구축	**45,000**	**9,310**	**10,860**	**10,860**	**7,760**	**6,210**
① (해수부) 북극해 스마트 평가 체계 구축	10,100	2,330	2,330	2,330	1,555	1,555
② (산업부) 북극해 수중 원격 탐사 체계 구축	18,600	3,875	4,650	4,650	3,100	2,325
③ (과기부) 북극해 수중사물인터넷(IoUT) 기반 구축	16,300	3,105	3,880	3,880	3,105	2,330

※연차별 예산은 기획평가관리비가 포함된 금액이며, 추진과정에서 일부 변경 가능

○ 편익 분석

- 글로벌 수중음향 시장 규모

<표 IV-4> 유형별 글로벌 수중 음향 통신 시장(단위 : 백만 USD)

	2020	2028	CAGR(2021-2028)
Modem	724.87	1,849.32	12.42%
Hydrophones	455.26	1,141.72	12.18%
Other	311.07	709.83	10.86%
Total	**1,491.20**	**3,700.87**	**12.03%**

Source : Fior Market Research 2021

- (모뎀) 2020년 724.87 백만 달러에서 2028년 1,849.32 백만 달러의 시장으로 연평균 증가율(CAGR)은 12.42%로 전망됨.
- (Hydrophones(수중청음기)) 2020년 455.26 백만 달러에서 2028년 1,141.72 백만 달러로 CAGR은 12.18%로 전망됨.
- (Other(센서 인터페이스)) 2020년 311.07 백만 달러에서 2028년 709.83 백만 달러로 CAGR은 10.86%로 전망됨.

<표 IV-5> 적용 분야별 글로벌 수중 음향 통신 시장(단위 : 백만 USD)

	2020	2028	CAGR(2021-2028)
Military Surveillance	647.82	1,678.87	**12.64%**
Underwater Monitoring	381.60	955.93	**12.16%**
Underwater Biological Studies	266.03	645.43	**11.72%**
Other	195.76	420.63	**10.03%**
Total	1,491.20	3,700.87	**12.03%**

Source : Fior Market Research 2021

- (군사 감시 분야) 2020년 647.82 백만 달러에서 2028년 1,678.87 백만 달러로 CAGR 12.64%로 전망됨.
- (수중 모니터링 분야) 2020년 381.6 백만 달러에서 2028년 955.93 백만 달러로 CAGR 12.16%로 전망됨.
- (수중 생물학 연구 분야) 2020년 266 백만 달러에서 2028년 645.43 백만 달러로 CAGR 11.72%로 전망됨.
- (기타, 교통·국토 안보·과학 연구 및 개발) 2020년 195.76 백만 달러에서 2028년 420.63 백만 달러로 CAGR 10.03%로 전망됨.

KOPRI 극지연구소

- 편익 계산 근거

(1) 제품/시스템 판매

- 신규시장규모 = 글로벌수중음향시장x5%
- 판매 편익 = 신규시장규모x시장점유율x부가가치율xR&D기여율xR&D사업화성공률

(2) 시스템/기술라이센싱 로얄티

- 라이센싱가능 신규시장 = 글로벌수중음향신규시장x10%
- 로얄티 편익 = 라이센싱가능 신규시장 x 0.0375

(3) 피해비용저감

- 태풍/호우 피해액 1% 저감

○ 비용편익 분석 (BCR : Benefit/Cost Ratio = 1.03)

- BCR = 편익 현재가치 합계/비용 현재가치 합계, 408.7 억원/398.6 억원 = 1.03

[단위 : 억원]

북극해 통합 관측망 구축·운영			연구개발 단계					회임기간	성과발생 단계				
구분		합계	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29~'31년	'32년	'33년	'34년	'35년	'36년
비용	과제1 연구비(해수부)	101.1	23.3	23.3	23.3	15.6	15.6						
	과제2 연구비(산업부)	185.9	38.7	46.5	46.5	31	23.2						
	과제3 연구비(과기부)	163	31.1	38.8	38.8	31	23.3						
	비용 합계	450	93.1	109	108.6	77.6	62.1						
	비용 현재가치 합계	398.6	89.1	99.4	95.17	65.1	49.8						
수입	수입 현재가치 합계	408.7							75.0	78.0	81.4	85.1	89.2
	수입 합계	667.1							111.4	121.2	132.1	144.4	158.1
	(1)제품/시스템 판매								69.0	77.3	86.6	97.0	108.6
	글로벌시장 규모						42,000.0		66,087.0	74,017.4	82,899.5	92,847.5	103,989.2
	신규시장 규모								3,304.4	3,700.9	4,145.0	4,642.4	5,199.5
	본사업 신규시장 매출								991.3	1,110.3	1,243.5	1,392.7	1,559.8
	(2)기술이전								12.4	13.9	15.5	17.4	19.5
	기술이전 가능시장								330.4	370.1	414.5	464.2	519.9
	(3)피해비용절감								30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

KOPRI 극지연구소

4. 사업결과 활용방안 및 기대효과

❑ 사업결과 활용방안

○ 북극 환경변화가 미치는 미세먼지농도, 날씨 등의 예측 정확도를 높임으로써 실효성이 향상된 재난대응 및 국민건강 정책수립에 활용

○ 북극 환경변화에 따른 우리나라 지구온난화 변화에 대응하기 위한 정책수립에 활용

○ 북극 프론티어 연구결과를 정부의 과학 외교 정책 수립 및 과학 기술 외교 수단으로 활용

○ 신산업, 일자리 창출을 위한 북극 관련 스타트업 생태계 구축에 활용

❑ 기대효과

○ **(환경적)** 신북극 환경평가를 위한 새로운 관측/모니터링 체계 기반 마련

- 북극 환경 평가를 위한 친환경적 모니터링 체계 확보
- 북극 개발 반대 여론, 북극 환경 및 생태계 교란 최소화 방안 제시
- 북극의 지속적 활용과 보호를 위한 과학 연구 활동 필요성 제시

○ **(정책적)** ‘북극의 미래와 기회를 여는 극지 선도국가’ 국가비전 달성

- 북극해 과학 외교 기여 및 북극권/비북극권 국가와 파트너십 구축
- 북극이사회에 과학적 기여를 통한 국가차원의 북극해 전략마련에 도움 기대
- 국내외 연구기관과 공동 네트워크 형성

○ **(기술적)** 4차산업혁명과 접목된 연구 수행 및 극지 해양과학기술 경쟁력 강화

- ‘10대 국가 필수 전략 기술’ 중 AI, 5G·6G, 사이버보안, 첨단로봇·제조 기술 연계
- 쇄빙연구선 한계 보완 및 수중 원격 탐사를 위한 원천기술 확보
- 극지연구소 자체 기술력 확보 및 극지 전문 기술 인력 양성

KOPRI 극지연구소

V. 요약 및 정책 제언

1. 요약

❑ 사업 개요

○ **(사업 목적)** 수중사물인터넷 기술 활용 북극 환경과 인간 영향 평가를 위한 디지털트윈 플랫폼 기반 구축

○ **(사업 필요성)** 급격한 인간활동 증가에 따른 새로운 북극환경 도래 함으로써 다양한 북극 환경(인간, 자연, 생물)을 평가하고 전망할 수 있는 기술이 필요

○ **(디지털트윈 플랫폼)** 현안문제를 해결하기 위해 4차산업혁명기술 활용 디지털트윈이 가능한 기반 구축 (인공지능 기술 , 수중원격관측 기술, 수중 네트워크 기술)

○ **(First-Mover 위치선점)** 사업결과는 북극 거버넌스 선도국가 도약을 위한 주요 정책 현안 및 과학외교 지원을 위한 자료로 활용

❑ 비전-목표-전략-과제 라인업

국가 비전	북극의 미래와 기회를 여는 극지 선도국가
사업 목표	수중사물인터넷 기술 활용 북극해 디지털트윈 플랫폼 구축

사업 기본 방향			
	첨단 융복합기술 활용	디지털트윈 Platform 구축	Global First-Mover 지향

전략 과제				
	북극해 스마트 평가체계 구축			
	1.1 북극해 환경 데이터 기반 구축	1.2 북극해 최적 수중 음향 모델개발	1.3 빅데이터&인공지능 활용기술 개발	1.4 북극해 통합 환경 인덱스 개발
	북극해 수중 원격 탐사 체계구축			
	2.1 수동 음향 관측 플랫폼 구축	2.2 능동 음향 관측 플랫폼 구축	2.3 북극해 수중 글라이더 개발 및 운용 기술 구축	2.4 능수동 음향 자료 통합 분석 체계 구축
	북극해 수중사물인터넷 기반 구축			
	3.1 수중사물인터넷 체계 현장 구축	3.2 수중사물인터넷 기술개발	3.3 수중-해상-육상 통신 네트워크	3.4 북극해 수중통신 성능 최적화

KOPRI 극지연구소

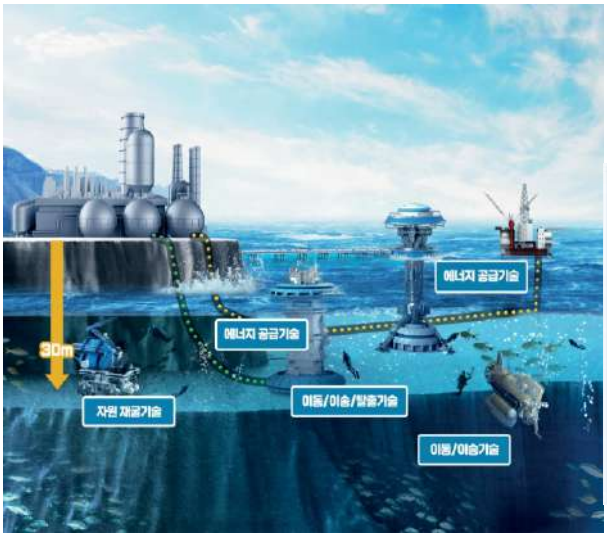
2. 정책 제언

❑ 국내 해양관련 프론티어 연구기획시 북극해 환경 고려

○ 국내에서 해양관련 프론티어 연구시 극지환경에서도 활용할 수 있도록 목표를 상향조정하고 극지연구소 등 극지 관련 연구기관이 참여할 수 있도록 연구정책 수립요망

- (관련 사례) 아래 내용의 해양수산부의 '해저공간 창출과 활용 기술개발 사업'에 북극환경을 고려한 목표설정 및 극지연구소 참여가 아쉬움

  - 시와 KIOST 등은 올해부터 2026년까지 5년간 울산 앞바다에 총 373억 원을 투입해 해저도시 건설에 착수
  - 이 사업은 수심 30m에서 3명이 체류하는 모듈형 수중 구조물을 설치해 연속 28일간 체류 기술을 실증함. 기술적으로는 '수심 50m에서 5명 체류'가 목표로 일종의 바닷속 미니 거주 공간 조성
  - 육지와 독립된 생활을 영위할 해저공간을 만들기 위해서는 수중건설로봇 등 각종 해양플랜트 기술과 전자통신, 에너지 저장·활용 등 다양한 분야의 공학·기술이 총동원됨. 해저공간 플랫폼은 우주정거장과 같이 여러 첨단 해양과학기술이 융복합되는 해양과학기술의 집약체임
  - 사업 참여기업은 롯데건설·현대건설·SK텔레콤·동명기술공단종합건축사사무소·상지엔지니어링건축사사무소·오션스페이스 등 6개사, 참여기관은 한국항공우주연구원·순천향대병원 등 16개 기관

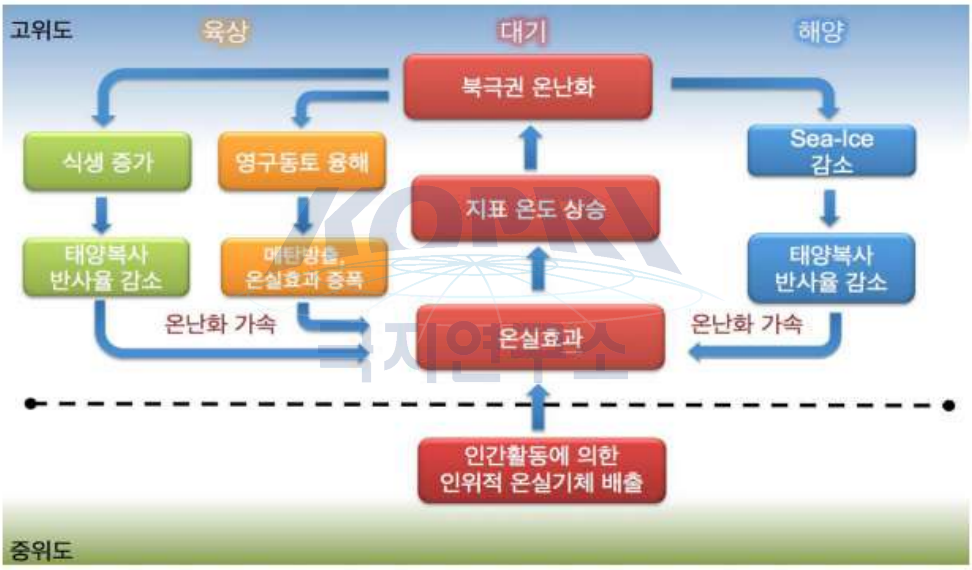


❑ 북극해 환경변화 연구를 위한 국내외 유관기관 협력 확대

○ 북극 온난화 현상은 지구온난화에 따른 북극의 대기 가열, 동토 생태계 변화 및 천이, 이에 따른 가스 방출, 급격한 해빙감소 등이 종합적으로 관여하여 나타나는 현상이므로, 국내외 연구인프라 및 연구기관을 활용하여야 관련 연구를 성공적으로 수행할 수 있으며, 이를 위한 글로벌 공동연구를 위한 정책수립이 필요함

- (관련 사례) 대한민국 정부 및 극지연구소를 중심으로 2012년부터 환북극 동토 관측망 구축, 북극 육상/동토/대기 관측망을 통한 체계적 자료 수집 노력

  - '해양극지기초원천 기술개발사업' 과기부 주관
  - 북극권에 대한 육상/동토/빙권/대기 종합 관측 네트워크는 국제적으로도 아직 시도된 바 없으므로 종합적 이해에는 한계를 가짐



❑ 북극해 관련 신산업창출을 위한 스타트업 생태계 구축

○ 북극 환경의 급격한 변화에 부응하는 산업을 창출하려면 스타트업을 발굴하고 육성하여 신산업생태계를 구축하는 것이 가장 효과적이므로 연안국들과 공동으로 스타트업 활성화를 위한 프로그램을 추진할 수 있는 정책수립

- 핀란드와의 스타트업 협업 시스템 구축 및 활성화

  - 핀란드는 혁신 선도국(Innovation Leader)으로서 통신 기술 시장 주도
  - '20년부터 북극지역 해저 케이블(핀란드-노르웨이-러-일-중) 설치 사업 적극 추진
  - 핀란드는 세계 최초 자율운행 선박 운행에 성공, 2025년까지 자율운행 선박 상용화

계획

- 핀란드는 우리나라로부터 선박용 엔진 및 부품을 수입하는 주요국 중 하나로 친환경 기술을 적용한 선박기자재 분야 협력 가능
- 황산화물 및 질소산화물 저감 장치, CO2 배출 감소 장치 기술, 에너지 절감시스템 등 고부가가치 창출 가능한 기술 공동 개발 가능

- 스웨덴과의 스타트업 협업 시스템 구축 및 활성화

- 스웨덴은 타 북극권 국가에 비해 한국과 실질적 북극협력기반이 미비한 실정이므로 한-스웨덴 북극협의회를 연례 개최하고 양국의 스타트업 협업을 위한 정책 플랫폼 강화 노력 필요
- KMI는 '해양수산 유럽 연구센터' 설립을 검토 중에 있으며, 유럽 주요 대학 및 연구소를 중심으로 입지 분석을 실시한 결과 스웨덴 세계해사대학이 최적의 장소로 선정
- ICT 중심의 혁신기술과 기후변화 대응 차원에서 북극환경 기반 스타트업 비즈니스 활성화 추진(친환경 에너지 효율향상 기술, 자율운항시스템, ICT 융합 지능형 선박기술, 해양플랜트 설계 기술 등)
- 스웨덴은 2020년 IMD 국가경쟁력 종합순위에서 3위를 차지, 특히 교육, IT기술, 기업 효율성 등에서 우리나라보다 경쟁력이 있는 것으로 평가됨(한국 23위)
- 스웨덴 혁신청은 스타트업 지원을 위해 규제개혁 및 자금지원 프로그램을 활발히 추진 중이며 대표 분야로 △순환경제 및 바이오 경제, △산업 및 재료, △스마트시티, △생명과학, △교통 및 운송 분야의 혁신역량 강화에 집중

KOPRI 극지연구소

❏ 북극해 관련 글로벌 선도 위치선점을 위한 아젠다 발굴

○ 북극해 연안국과의 신산업 창출을 위한 공동개발 확대

- 북극해 지속발전가능 신산업창출을 위한 연구개발 프로그램 제안

○ 북극해 중심 전지구적 기후환경·생물생태계 종합정보 D/B 구축

- 글로벌 슈퍼컴 네트워크를 이용한 전지구적 환경모니터링을 위한 종합정보 D/B 구축 프로그램 제안

- 전 세계에 흩어져 있는 연구인프라 및 관련 정보를 통합할 수 있는 "The Platform of platforms" 구축

[참고 문헌]

○ M. J. Bianco et al., “Machine learning in acoustics: Theory and applications”, The Journal of the Acoustical Society of America, 146, 3590 (2019)

○ B. M. Howe et al., “Observing the oceans acoustically”, Frontiers in marine science (2019)

○ P. F. Worcester & M. S. Ballad, “Ocean acoustics in the changing Arctic”, Physics Today 73, 12, 44 (2020)

○ 이판묵, “수중드론, 자율무인잠수정의 기술개발 동향 및 전망”, 대한조선학회지, 제57권 제3호 (2020)

○ 이주한, “극한지 관측 및 정보처리기술 개발”(수행기간: 2021~2023), 사업연차보고서 (2021)

○ 국민대 외, “Seamless DTN을 이용한 진보된 네트워크 개발”(수행기간: 2017. 06. ~2020. 12.), 최종보고서 (2021)

○ A. Affatati et al., “Ocean Sound Propagation in a Changing Climate: Global Sound Speed Changes and Identification of Acoustic Hotspots”, Earth's Future, 10 (2021)

○ M. J. G. Parsons et al., “Sounding the call for a global library of underwater biological sounds”, Frontiers in ecology and evolution (2022)

○ Interagency Arctic Research Policy Committee(IARPC) of the National Science and Technology Council, “ARCTIC RESEARCH PLAN(2022-2026)” (2021)

○ IARPC, “Report to Congress on the Arctic Research Plan 2017-2021” (2022)

○ 김민수, “북극 거버넌스와 한국의 북극정책 방향”, 해양정책연구 제35권 제1호 (2020)

○ 라미경, “북극권의 지속가능개발을 위한 북극이사회의 역할”, 한국과 국제사회 제5권 6호 (2021)

○ 김민수 외 2인, “한-러 ‘북극협력 2.0’ 시대를 여는 新 북극전략 수립 필요”, KMI 동향분석, Vol.175 (2021)

○ 해양수산과학기술진흥원, “해외 극지 연구 동향”, Ocean Insight (2019)

KOPRI 극지연구소

○ 극지연구소, “환북극 동토층 환경변화 관측시스템 원천기술 개발 및 변화 추이 연구(최종보고서)”, 해양극지 기초원천기술개발사업(2013~2016), 2016

○ 김민수 외 2인, “해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석 연구”, 한국해양수산개발원 (2018)

○ 서현교, ”중국과 일본의 북극정책 비교 연구“, [한국 시베리아연구] 2018 제22권 1호, 2018

○ 관계부처합동, ”2050 북극 활동 전략“ (2021)

○ 관계부처합동, “디지털트윈 활성화 전략” (2021)

○ 관계부처합동, “극지과학 미래발전전략” (2020)

○ 나형술, “북극해 동물플랑크톤 생태계의 장기 변동성 파악을 위한 계류형 다중주파 수 음향시스템 활용 연구”, 극지연구소 (2017)

○ KISTEP, “국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침” (2020.1)

○ 경북대/한국로봇융합연구원, “동해권 실시간 원격 해양탐사를 위한 수중글라이더 운용시스템 개발(최종보고서)” 수행기간(2014~2019), 해양수산과학기술진흥원 (2019)

○ 한국표준과학연구원, “실시간 수중음향 영상화 기술 개발(최종보고서)” 수행기간 (2017~2019), 한국연구재단 (2019)

○ 변성훈 외 17인, “중주파수대역의배열센서를이용하는장거리 수중음향원격탐사핵심기술개발(최종보고서)”, 수행기간(2017~2019), 선박해양플랜트연구소 (2019)

○ 에이더블테크놀러지/한국해양과학기술원, “해양산업및해양생태계 탐사 활용을 위한 방향성 탐지용 수중 청음기개발(최종보고서)”, 수행기간(2018~2019), 해양수산과학기술진흥원 (2020)

○ 지오뷰/중소조선연구원 공동연구, “해저지반정밀탐사를 위한 해저착저형 Acoustic3DScanner 운용시스템개발(최종보고서), 수행기간(2017~2019), 해양수산과학기술진흥원장 (2020)

○ 신동혁 외 24인, ”해양방위 활용을 위한 수중음향 분석체계 개발과 무인체계 탐사기술 연구(최종보고서)“, 한국해양과학기술원 (2019)

○ FIORMARKETS, “Global Underwater Acoustic Communication Market-2028” (2021)

KOPRI 극지연구소

○ 해양수산부 해양개발과, “북극이사회 대응역량 강화방안(안)” (2022. 4)

○ KISTEP, “2020년도 예비타당성조사 보고서-차세대 쇄빙연구선 건조사업” (2021. 8)

○ KISTEP, “2020년도 예비타당성조사 보고서-스마트 해양예측 기술개발사업” (2021.6)

○ 국회예산정책처, “재난피해 지원 제도 현황과 재정소요 분석-재난지원금과 풍수해보험을 중심으로” (2019.11)

○ 산업통상자원부, “기술평가 실무가이드” (2021)

○ 기획재정부, “예비타당성조사 수행 총괄지침” (2022)

○ M. Jahanbakht et al., “Internet of Underwater Things and Big Marine Data Analytics– A Comprehensive Survey”, IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS (2021)

○ https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Council

○ https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_policy_of_the_United_States

○ https://cabinradio.ca/84520/news/environment/canada-wants-ships-to-reduce-underwater-noise-to-protect-the-arctic/

○ https://www.oceandecade.org/actions/digital-twins-of-the-ocean-ditto/

○ https://www.weforum.org/agenda/2015/09/3-industries-hit-by-arctic-change/

○ https://www.strategy-business.com/article/00205

○ https://www.arctictoday.com/a-key-arctic-alaska-port-expansion-get-250-million-in-federal-funding/

○ https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_policy_of_the_United_States

○ https://www.orfonline.org/research/russia-and-the-future-of-the-arctic/

○ https://arctic-russia.ru/news/opublikovan-dizayn-kod-arkticheskikh-poseleniy/

○ https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/arctic_policy/id2830120/

○ https://www.rcinet.ca/eye-on-the-arctic/2022/01/19/significant-metals-discovery-in-key-reindeer-herding-land-in-norway/

KOPRI 극지연구소

○ https://nationworldnews.com/in-the-far-north-of-sweden-a-space-complex-takes-shape/

○ https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148896211

○ Kim E. and Stenport A., South Korea's Arctic policy: political motivations for 21st century global engagements, 2021

KOPRI
극지연구소

[첨　부]

2050 북극 활동 전략

2021. 11. 30.

관계부처
합동

[첨부1] “2050 북극 활동 전략”(2021.11.30)

목 차

Ⅰ. 전략 수립 배경 ····· 1

Ⅱ. 북극 활동 성과와 한계 ····· 1

Ⅲ. 비전 및 전략 ····· 2

〔전략1〕 북극권 현안 해결 기여 ····· 2

〔전략2〕 북극 외교 지평 확대 ····· 3

〔전략3〕 지속가능한 북극 발전 동참 ····· 3

〔전략4〕 북극 활동 기반 마련 ····· 4

KOPRI 극지연구소

Ⅰ. 전략 수립 배경

□ (현황) 각국은 **북극發** 이상 기상·기후 등 **재난 대비, 북극권 거버넌스 체제**에서 **영향력**을 확보하기 위해 **북극 연구 활동 확대**

* (美) '21년 新북극탐사 프로젝트, 480억원, (中) 극지·우주·심해 등 7대 분야 R&D 연 7% 이상 확대, (日) 북극 대형 융복합연구 450억원('20~'25)

○ 온난화로 인한 급격한 빙권(氷圈) 감소로 **북극권 이용 가능성**이 **증가**하면서 물류·에너지·자원 등 분야에서 **기대감 고조***

* (러) 북극 사회경제발전 국가계획, 3,240억원('21~'24), (中) 북극권 연안 4개국 투자액 280조원('12~'17), (日) 상업은행 컨소시엄, 북극 개발프로젝트 5.6조원

□ (여건) **「극지활동 진흥법」** 제정·시행, 차세대 **쇄빙연구선** 도입* 등 **북극 활동 선도국가**로 **도약**할 수 있는 **기반**을 꾸준히 마련

* VIP 지시('20): ('21.6) 예타 통과→ ('22~'26) 건조, 총사업비 2,774억원

○ 과학연구, 외교·경제 협력을 포괄하는 **범정부 북극정책 기본계획** ('13~'17/'18~'22) 시행 등 북극 활동을 위한 **정책 기틀** 확립

Ⅱ. 북극 활동 성과와 한계

□ (성과) 해빙(海氷) 감소와 이상기후 관계 규명 등 **활발한 연구**와 **국제 협력**을 통해 후발국에서 **북극권 파트너 국가**로서 **입지 확보**

○ 다산기지·극지연구소('02) 설립 등 연구 성과에 힘입어 북극이사회* 옵서버 진출('13) 및 非북극권 국가 한계를 넘어선 협력사업** 전개

* 연안국 8개+韓·中·日 등 39개 옵서버 등/** 非북극권 최초 북극협력회의 상설화 등

□ (한계) 책임 있는 파트너 국가로서 **북극 핵심현안**(기후·환경·원주민)에 다가서는 **종합연구역량**과 **다원적 외교협력모델** 발굴 노력 **미흡**

○ 고위도 등 북극 미답지 연구, 양자·다자·원주민 협력 강화, 북극 맞춤형 비즈니스 등 **북극 활동 전반**에 대한 **역량 강화 필요**

⇨ 북극권 환경 변화와 정책 여건 등을 감안, 기여와 신뢰를 기반으로 북극 시대에 대비한 **범부처 차원**의 미래 **북극 활동 전략 수립**

Ⅲ. 비전 및 전략

비전	2050 북극 거버넌스 선도국가 도약	
추진 전략	1 북극권 현안 해결 기여	2 북극 외교 지평 확대
	3 지속가능한 북극 발전 동참	4 북극 활동 기반 마련

1 북극권 현안 해결 기여 - 북극권 국가와 굳건한 신뢰관계 형성

❶ 기후 위기 대응 역량 강화: 북극권 연구·데이터 선도국가 도약

○ (연구 선도) 북극권 **종합관측망*·데이터댐 구축** 검토, 미답지(북극해 고위도 등) 관측과 북극해 기후 연구 등 **국제공동연구**** 주도

* (해양) 차세대 쇄빙연구선-(대기) 큐브위성-(육상) 고위도 관측센터

** '33년까지 북극해 전체 기후변화 영향을 예측·분석하는 K-Arctic 2033 추진

○ (예측력 제고) 한파 등 북극發 기후·기상 예측력을 선진국 수준으로 제고*하는 **북극 해빙(解氷)·기상·기후 통합예측모델** 개발 추진 검토

* 한파 등 예측 정확도: 최고 기술국 수준 대비 (現) 40%→ ('35) 90→ ('50) 100

❷ 해양환경과 생태계 예측·대응 기술 확보: 북극해 환경보호 기여

○ (예측·대응) 북극해 장기 모니터링체계·디지털트윈* 등 **예측 역량 강화** 및 3대 **위험요인별**(블랙카본·해양쓰레기·미세먼지) **저감기술** 개발 추진 검토

* 북극권 종합관측망과 데이터댐 자료를 기반으로 북극해 가상 재현·시뮬레이션

○ (방재) 북극항로 활성화에 대비, **빙해역 운항 시뮬레이터·친환경 선박기술** 개발 및 북극권 국가와 **선박사고 대응 협력** 강화

❸ 북극 원주민 협력 강화: 북극권 국가·공동체와 신뢰 구축

○ (현안 지원) 기후변화로 인한 거주지·감염병 등 원주민 공동체 당면 현안 관련 **연구를 확대***, 성과를 기반으로 **국제협력 선도**

* (現) 북극 유해 미생물 위험성평가 연구→ (신규) 탄소중립 공동체 건설 등 확대

○ (소통 확대) 원주민 전통지식 보전 사업, 원주민 참여 북극 연구, 국내 초청교육 등을 확대하고, **원주민 단체와 정례 협의체** 구축

2 북극 외교 지평 확대 - 양자와 다자를 아우르는 다원적 협력 추진

❶ 맞춤형 양자협력 활성화: 호혜적 동반자 관계 구축

○ (연안국) 정책 우선순위 등을 감안, **8개 연안국**을 중점·전략적·잠재 협력국으로 세분화한 **맞춤형 협력사업*** 발굴·추진(Arctic-8 프로젝트)

* (중점) 러-에너지·북극항로, 놀-수산, 덴-영구동토층 연구, (전략적) 미-북극항로, 캐-원주민, (잠재) 아이슬란드-에너지·수산, 스웨덴-자율운항선박, 핀란드-친환경선박·해저케이블

○ (연구·기업) 극지연구소 등 연구기관 간 협력 심화(한-덴·러 등), 북극 활동에 관심 있는 국내·연안국 기업 비즈니스대화 신설 등 지원

❷ 다자 협력 플랫폼 구축 동참: 북극 담론 주도

○ (기존 협의체) 북극 관련 **4대 협의체***별로 **아젠다** 발굴·제안을 활성화하고, **공동사업** 참여 확대

* 북극이사회: 8개국, 북극경제이사회: 42개 기업, 북극써클·북극프론티어: 포럼 형태

○ (과학 협력) 차세대 쇄빙연구선 등 연구인프라를 활용한 연안국·UN 공동연구*, 북극과학장관회의**('25) 등 **과학**중심 **다자협력 주도**

* 기후변화, 북극해 환경, 북극 운항, 수산, 친환경선박 등 공동연구 제안 예정

** 전 세계 북극과학 협력 강화를 위한 장관급 회의(격년 개최)로 북극이사회 의장국과 옵서버국 공동 개최 추세 / 제5차 회의('25) 주최국인 노르웨이와 공동 개최 추진

3 지속가능한 북극 발전 동참 - 2050 북극 시대 대비

❶ 조선·해운 신기술 기반 안전한 북극항로 조성

○ (안전운항) '30년 이후 북극항로 활성화에 대비한 **지능형 북극해 해상교통정보서비스**(북극해 e-Nav, 한-덴 공동연구) 구축 검토·추진

○ (친환경) 북극권 국가와 함께 **친환경 연료**(수소·메탄올·암모니아) **추진선박 운항기술** 개발과 북극해 선박연료 규제* 등 **국제규범 신설 주도**

* 국제해사기구, 친환경연료선박 운영지침('20), 중유 운송·사용 금지('21) 등 규범화 지속

○ (물류) '러' **북극항로 항만 개발**(가능성 타진), 북극항로와 '러' 내륙 수로를 연계한 복합운송 물류루트 개발 관련 협력사업 참여 추진

❷ 친환경 에너지 협력 강화

○ (기술) 북극 **수소** 클러스터·에너지 자립기지(러), 마이크로그리드(캐)*, 수소 **생산·저장·충전** 기술 개발(한-놀)** 등 기술협력 강화

* 태양광·풍력 등 분산된 에너지 자원 활용 / ** 한-놀 수소 경제·저탄소 기술협정('19) 계기

○ (에너지) 북극 LNG 사업(러) 패키지방식* 참여, 친환경 선박 공동 개발·수출과 연계한 **친환경 연료**(메탄올 등) **공급망 확보** 추진

* 지분 투자/LNG 선박 건조를 통한 운송 참여 등 해운·조선·물류·에너지 동반 진출

❸ 지속가능한 북극해 수산업 실현 동참

○ (수산자원) 북극 공해 상업조업에 대비, 불법어업 예방과 **자원 조사·평가 연구** 주도 및 **지역수산기구 설립***에 **적극 동참**

* 중앙 북극해 공해상 비규제 어업 방지 협정 발효('21.6, 연안국, EU, 韓, 中, 日 등)→ 설립 예정

○ (가공 등) 북극 수산자원을 현지 가공, 제3국에 동반 수출하는 스마트 가공·유통단지와 어선 현대화* 관련 **기술 이전·협력** 추진

* 노후어선 현대화, 친환경 선박 대체 건조, 표준어선형 안전기준 제정 등

❹ 북극권 상생 협력 모범과제 발굴·추진

○ (바이오) 극한 환경에 적응한 생명자원을 활용한 **의약소재** 개발 등(근육 감소증·치매 치료제 등) 극지바이오 **연구개발 확대**(現 연 88억원 규모)

○ (기타) 북극권 친환경 크루즈, 해저케이블(LS전선) 등 북극 활동 관심 기업* 대상 **시장 정보 제공** 및 **북극경제이사회**** **참여** 지원

* '19년, 조사 대상 164개 중 62개 기업에서 북극권 진출 의향 있음 답변

** 북극권 기업 비즈니스 포럼('14~, 42개 기업(연안국 39, 비연안국 3))

4 북극 활동 기반 마련

❶ (전문인력 양성) 극지연구소와 연계한 극지과학 특화 UST 스쿨 설립, 북극협의체 인턴십 운영, 북극운항 인력 양성 등

❷ (제도 정비) 북극 활동을 총괄·조정하는 범부처 정책협의회 운영, 극지 정책·조정 기능 강화, 일반인 대상 북극 교육 확대

KOPRI
극지연구소

(국내 과제용)

KOPRI
극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.