

2030 북극연구 중장기 로드맵 수립 연구

2017. 12.

한국북극연구컨소시엄 /극지연구소

제 출 문

해양수산부장관 귀하

본 보고서를 “2030 북극연구 중장기 로드맵 수립 연구” 용역의 최종 보고서로 제출합니다.

2017년 12월 31일

극지연구소
소장 윤 호 일

- 연구기관명: 극지연구소
- 연구책임자: 신형철
- 참여연구진: 이방용, 허순도, 김일찬, 진영근, 최태진, 강성호, 김현철, 김백민, 서원상, 김호선, 하선용, 윤의중, 김정현, 서현교, 김진석, 김유하, 정지훈, 문나희, 이주현, 김주희 (이상 KOPRI)
- KoARC (한국북극연구컨소시엄)
과학분과장 김현철, 과학분과 위원 하선용 (이상 KOPRI)
산업분과장 강국진, 산업분과 위원 장진호 (이상 KRISO)
정책분과장 김종덕, 정책분과 위원 박영길 (이상 KMI)

목 차

I. 2030 미래전망 및 북극연구 필요성	1
1. 북극의 현황 및 2030 미래전망	2
2. 북극연구의 필요성 및 가능성	14
II. 국내외 동향	18
1. 북극관련 국제동향	19
2. 북극권 국가 및 주요 읍서버 국가 동향	28
3. 우리나라 국가정책 동향	47
III. 2030 중장기 로드맵	52
1. 연구결과 도출과정	53
2. 수요조사 결과	64
3. 15개 핵심분야(과학/산업/정책)	75
4. 3대 융복합 과제	168
5. 북극연구컨소시엄(KoARC)등을 활용한 국제협력 추진	211
IV. 기술수준 평가 및 분석	232
1. 기술수준 분석 - 논문	233
2. 기술수준 분석 - 특허	241
3. 기술수준 평가	245
V. 정책적 우선순위 도출	251
1. 주요 기술의 경쟁력 평가	252
2. 정책적 우선순위	257
3. 북극 연구 정책 제언	262
VI. 결론	266
부록	269
(참고1) 전문가 수요조사 설문결과(72건)	269
(참고2) 참고문헌	340

I

2030 미래전망 및 북극연구 필요성

1. 북극의 현황 및 2030 미래전망
2. 북극연구의 필요성 및 가능성

□ 북극 및 북극해 개요

- 북극에 대한 정의는 다양함. 북위 66.5° 이북지역 또는 영구동토층의 한계선을 북극선(Arctic circle)이라 통상 지칭하며, 약 2,100만km²의 면적으로 지구 지표면의 약 6%에 해당
- 북극해는 북아메리카와 유라시아 대륙으로 둘러싸인 해양으로, 바다 면적은 약 1,406만 km²로 세계 5대 대양 중 가장 작고, 해안선 길이는 약 45,390km이며, 북극중앙해(CAO)를 중심으로 연중 얼음으로 덮여 있으나 계절에 따라 결빙면적이 변화
- 평균 수심 1,200m, 최대 수심 5,400m이며 겨울철에는 대부분이 얼음으로 덮이나, 여름철에는 전체의 30~40%까지 결빙해역이 축소
 - 전체 해역 중 약 82%(1,147만km²)가 연안국의 영해 및 EEZ로 구성되어 있고, 공해(公海)는 약 18%인 253만km²으로 추산

□ 미래 전망(경제사회 전반)

전세계 인구 증가 및 노령층 증가, 전세계 경제순위 지각변동(중국 1위, 인도는 인구 1위 및 경제 3위로 부상), 4차 산업혁명 기술로 산업전반에 혁신, 로봇 대중화 시대, 수자원 부족, 에너지사용 급증 및 친환경에너지 수요 증대 등

- 전세계 인구는 2014년 72.4억명에서 2050년 경에는 약 95억명에 이를 것으로 전망 그리고 2100년에 최대 109억명으로 예측, 또한 고령화 인구 증가로 노동력 감소 및 복지비용 증가 등 사회 문제 대두
 - 전체 인구에서 청년층이 차지하는 비중은 2013년 25%에서 2030년 20%로 하락할 전망, 반면 전세계 65세 이상 고령화 인구는 10년 5.3억명(7.7억명)에서 2050년 14.9억명(15.6%)으로 증가
 - 특히 동아시아는 출산율 저하로 인한 인구감소 등 패턴의 변화로 경제성장 저해 우려
- 세계 경제순위 지각변동 및 개방화에 따른 세계 무역규모 증대
 - 2030년경 세계 무역규모는 전 세계 GDP의 33%에 해당되는 103조 달러로 전망되며, 기업경영의 세계화에 따라 무역 개방화 추세는 더욱

심화될 전망(Standard Chartered)

- 아시아 중동, 북아프리카, 중남미 등 신흥 경제권간 남남무역 비중이 2010년 18%에서 2030년경 40%까지 확대 전망
 - 2030년에는 중국이 미국을 능가하는 세계 최고의 경제대국으로 부상, 그리고 유럽, 러시아의 경제력은 완만한 쇠퇴 예상
 - 2030년경 최대 인구보유국가는 인도(약 15억명: UN보고서)가 되고, 또한 인도가 일본을 제치고 세계 3위의 경제강국에 오를 것으로 예상(OECD)
- 제4차 산업혁명 및 사물인터넷(IoT) 기반 정보네트워크 사회, 지식사회, 유비쿼터스 사회의 발달로 북극활동 증가 및 안전, 생활편의 향상
- 첨단 과학기술 보급이 더욱 확산되고, IT, BT, NT 등 신기술 간 융복합을 통해 ‘초연결’, ‘초지능’ 으로 대변되는 분야별 산업 신패러다임 형성(4차 산업혁명 기술)
 - 미래 융복합은 Fusion, Convergence, Consilience로 표기되며 서로의 영역을 교차하며 진화를 촉진하는 큰 흐름
 - 첨단정보통신 기술의 도입 및 활용(오감형 통신기술, 소셜 네트워크지능화, 모바일화 등)
 - 에너지, 해운, 제조업, 서비스업 등 전 산업분야에 걸쳐 ICT 및 4차 산업혁명 기술이 접목되어 산업 전반 혁신이 일어날 것으로 전망: 2030년경 500억개에 이르는 사물에 IoT가 연결되고, 플랫폼 기업에는 엄청난 정보가 모일 것이며, 이를 기반으로 하는 다양한 스마트 비즈니스 생성
 - 북극 빅데이터/지능형 물류 운송/교통시스템 기술 혁명
 - 자동화를 넘어선 맞춤형 기술(Personal Technology)의 상용화로 원주민 대상 맞춤형 기술로 전반적인 확대
ex) 개인맞춤형 정밀의료(Personal Medicine), 개인맞춤형 약제
 - 정보네트워크 시대로 세계화 및 개방화가 더욱 거세질 전망
- 본격 로봇시대 도래: 로봇의 일상화 및 분야별 활용 확대
- 2050년경 65세 이상 노인인구가 전 국민의 40% 이상 될 것으로 전망
 - 고령화, 개인화에 따른 간병용, 애완용, 비서용, 친구용, 의료용 등 인공지능(AI) 로봇 활용의 다양화
- 수자원 부족, 농업/목축업에 영향
- 기후변화로 인한 홍수 및 가뭄 증가, 지표의 건조화로 인한 하천 건천화와

이에 따른 생태계 불균형, 생활수준 향상으로 인한 물소비 증가로 물부족 현상 심화

- 특히 개발도상국을 중심으로 한 인구의 급격한 증가(인도 등) 식량수요 증가로 물부족 심화
- 2030년 식량수요는 현재보다 35%~70% 이상 증가. 2030년까지 세계 곡물수요는 연평균 1% 증가세를 보일 것으로 전망(FAO)
- 이러한 식량수요(곡식, 육류) 증가는 물 사용의 증가를 가져와 물사용량 증가에 따른 물부족 현상 심화 (2030년경 세계 인구의 절반이 심각한 물스트레스 지역에 거주할 전망)
- 육류 수요량이 2050년까지 현재보다 2배 이상 증가하여 물수요도 급격한 증가 예상:연간 물수요량은 2013년 4조 9000억 m^3 에서 2030년경 6조 9천억 m^3 로 증가하여 현재 공급량을 40% 초과할 것으로 예측(FAO)

○ 2030년경까지 세계 에너지 수요는 현재보다 약 50% 증가하는 반면 육상자원 채굴 및 공급은 지속 감소할 것으로 전망

- 태양광, 풍력, 조력, 신재생에너지 수요 증가 및 기술발전
- 전기차 보급 확대 및 배터리 기술 및 사용 증가로 교통부문 석유소비감소 및 무인자동차

○ 자원 가채연수는 석유 40년, 천연가스 60년, 석탄 110년, 철 50여년, 동 40여년, 니켈 30여년, 아연 20여년으로 보고(USGS Mineral Commodity Summaries 2014, BP Statistical Review 2014), 다만 과학기술의 지속적 발전으로 가채연수는 계속 늘어날 전망

□ 2030 북극 환경변화와 과학연구 미래

북극의 급격한 온난화 및 이로 인한 해빙(海氷) 감소와 동토층 융빙은 생태계 변화, 기상이변 및 환경재해, 생태계 변화 및 환경오염 이슈가 더욱 부각되면서 모니터링 대응 및 관련 과학연구 등이 더 활발히 전개될 전망

○ 기후변화로 인한 환경변화 가속화: 현재 전세계 온실가스 배출량은 2016년 54Gt인데, 2020년 59Gt, 2030년에는 68Gt에 이를 전망

- IPCC 제2차 보고서(1995)에서 2100년 지구 평균기온은 0.8 $^{\circ}C$ ~3.5 $^{\circ}C$ 상승하고 해수면도 15~95cm상승할 것으로 전망(이미 지난 100년간 평균해수면은 20cm 상승), 특히 산업화 이전(1850년~1900년 사이)의 평균기온보다 2 $^{\circ}C$ 이상 상승 시 인류에 위협

- IPCC 제4차 보고서(2007)에서 금세기 내에 지구표면 온도가 1.8℃~4℃ 상승할 것으로 경고
- IPCC 제5차 보고서(2013에서는 금세기말 북극해빙 면적이 ' 70년대 후반 대비 최대 94%까지 감소할 수 있다고 예측
- 특히 위성관측이 시작된 1979년 이래 일정하게 유지되던 북극 해빙이 2000년대 들어 급격한 감소 추세. 2050년 이전에 북극 하계 시즌 해빙이 사라지는 상황이 오고, 겨울철을 제외하고 북극항로의 항해가 가능한 조건이 형성될 것으로 전망(북극이사회 AMSA 보고서, 2009)
- 북극해 해빙은 3년 연속 최저치를 기록하면서 빠른 속도로 감소, 특히 올해 북극 해빙면적은 1979년 위성관측 이래 최저치인 1,442km²로 관측
- 1990년 이래 그린란드 육빙 감소량은 2배로 늘었는데, 지난 4년간 1조톤 이상 얼음이 사라짐. 그린란드 빙하가 다 다 높은 지구 해수면은 최대 7m 상승 전망
- 북극 동토층의 얼음이나 눈이 줄어들면서 햇빛의 반사량이 줄고 흡수하는 열의 양이 늘면서 메탄가스 배출이 증가
- 그린란드의 경우 전체 면적의 81%가 평균두께 1,500m, 최대 3,000m에 달하는 거대한 만년설 빙하로 뒤덮여 있음. 이는 전세계 민물의 10% 규모로 이 만년설 빙하가 녹을 경우 지구 전체 해수면 7m상승 우려
- 해저에서 배출된 메탄가스가 해수 온도 상승으로 대기 중으로 방출 증가는 다시 물의 온도를 높여 지구온난화 더 가속화, 또한 인간의 온실가스 배출 등으로 인해 2100년까지 바다의 평균 수온은 오늘날보다 평균 3℃ 정도 높아질 가능성 대두, 이럴 경우 대구, 연어 등 냉수종은 지구상에서 사라지고, 해양의 1차 생산자인 플랑크톤 개체수도 감소할 전망
- 이처럼 빙하로 인해 해수면이 상승하고, 평균기온 상승으로 이번 세기말 기후이재민이 최소 2억명 이상 발생(주로 태평양과 인도양 국가)
- 또한 북극과의 기후 교류로 우리나라를 포함한 북반구에서 태풍, 홍수, 폭한 등 더 강력한 재난 발생이 빈번해지고, 이상기후 현상이 나타나는 빈도가 많아질 것으로 예측됨: 북극을 포함하는 지구의 환경변화 이에 따라 북극 모니터링 및 대응에 대한 국제사회 협력이 더욱 강화될 것으로 전망

○ 기후변화로 인해 북극 생태계 및 먹이사슬에 영향

- 빙하가 녹으면서 미래에 어족 자원의 30%가 소멸, 포유류중 21%와 식물의 70%가 멸종위기에 봉착
 - * 세계자연보전연맹(IUCN) 2015년 보고서에서 북극곰은 현재 22,000~31,000마리 규모이나 기후변화로 서식처가 점차 줄어들어 35~40년 후 30%이상 개체수 감소 전망
- 해양에서 흡수해야 하는 이산화탄소 양의 증가로 해양의 산도가 높아지면서 해양산성화를 초래. 이는 산호초 및 갑각류 성장에 영향을 미침: 이산화탄소 농도가 증가할수록 식물플랑크톤의 대량 번식을 일으키는 인편조모류의 껍데기가 녹으면서 생산에 영향, 또한 바다달팽이 등의 껍질 생성이 어려워 성장 장애 발생
- 북극해 먹이사슬은 식물플랑크톤 - 동물플랑크톤 - 익조류 - 물고기 - 물개 - 북극곰으로 이어지는 단순한 먹이사슬 구조
- 남북극 빙붕이 녹으면서 해수면 상승으로 바닷물의 농지 유입으로 염분 증가. 이는 매년 농작물 손실로 이어져 현재 대비 작물 수확량의 최대 70%가 감소될 것으로 전망

○ 북극권 환경오염 가속화

- 기후변화로 인한 북극권 영구동토층 용해, 북극항로의 선박 운항이 증가하고, 관광 등 북극권 활동이 증대
- 북극 경제활동 및 산업활동 증대에 따른 해양쓰레기 및 해양오염, 해양산성화, 생태계 변화 등의 환경문제가 더욱 심각해질 것으로 전망
- 북극항로 선박 운항 활성화에 따른 유류유출, 벨러스트수 배출에 따른 생태계 파괴, 소음 등 환경재앙 우려 및 공동대응 확대

○ 북극환경 변화의 효율적 대응과 예측을 위한 모니터링 수요 확대 전망

- 북극 환경변화 및 안전을 위한 동토지역 변동, 해빙감소, 연안 해안지형 변화, 북극해 해양 순환 등에 대한 모니터링 수요 확대
- 모니터링 및 조사에 대한 국제사회 공조 확대 예상
- 해양 담수 기술 및 수자원 확보 기술이 대두될 전망

○ 북극 환경의 친환경 활용을 위한 융복합기술 개발

- 한편으로 온난화에 의한 북극 빙하미생물 증가 및 연안지역 생태계 변동에 따른 유용세균 발견 가능성도 증대, 또한 기후변화로 인해 북극권 생물의 분해대사활성은 증가하고, 더불어 분해산물 역시 증가 예상
- 북극 생물다양성, 생태계 관리기술 개발 가속화 및 북극기원 생물소재 바이오 기술 개발 강화(북극기반 신약 및 유전자원/바이오 신소재 개발 등)
- 자연상태의 환경에 적합하도록 진화된 효소를 산업적 목적에 적합하게 변형시키는 효소 개량기술에 의해 새로운 기능을 가진 기능성 효소 개발이 늘어나고 있으며 북극 생물효소에도 관심을 가질 전망
- 북극해 플라스틱 오염과 유류 오염 예측과 방재 기술

□ 2030 북극 산업 및 자원/에너지의 미래

북극 해빙 감소로 북극 자원탐사가 확대되고 북극 에너지 및 자원 활용성 증대, 북극권 항로, 자원개발 등을 위한 해운, 항만, 플랜트 확충, 안전확보 기술 수요 및 관련 연구개발 강화 등

<북극 자원/에너지>

- 북극의 해빙은 북극 환경변화에 따른 적응 이슈가 더 부각되고, 북극권으로 접근성 확대 기대와 함께 자원개발(광물자원, 에너지자원) 등 새로운 경제활동의 기회를 제공하여 세계가 북극 변화에 더욱 주목
 - 북극 전체 면적의 53%를 차지하는 EEZ 및 대륙붕에는 다량의 화석에너지와 광물자원이 매장되어 있으며, 수산자원도 다양하게 분포
 - 북극권 메탄하이드레이트, 셰일오일 등 개발단가와 기술난이도가 높은 석유가스자원은 향후 국제유가가 상승할수록 경제성이 높아져 개발기술 연구가 활발해질 것으로 예측
 - 특히 북극에는 전세계 미발굴 에너지 자원의 25%(석유 900억배럴 즉 세계 13%, 천연가스 1670Tcf 즉 세계 30%)가 매장되어 있을 것으로 추정 (2008. USGS)
 - 스발바르 군도를 포함하는 북극해 연안지역에는 구리, 철, 아연 등이 있고, 그린란드 희토류, 아연, 동, 몰리브덴, 백금, 금, 니켈, 지르코늄, 우라늄 등은 경제적 잠재성이 높은 매장 광물로 추정

- 2040년경에는 러시아 시베리아 동토층 등 북극권 동토층들이 기후변화로 인해 녹아 육상 자원개발이 가능하고 농경이 가능한 토지로 변모 전망
- 북극권 에너지 자원(가스, 석유 등) 활용 및 국제사회 교역 확대 전망: 러시아 북극권 내륙 및 해상의 가스(야말가스전 본격생산 2017년 말) 및 인근 기단반도의 Arctic LNG2 프로젝트 추진 중. 또한 자원을 항만, 철도, 교통을 활용하여 자원개발, 북극항로를 활용한 노르웨이 자원개발 및 해상운송 추진 등
- 미국의 트럼프 행정부도 ‘미국-우선 근해 에너지전략’을 통해 보퍼트해 및 척지해에서의 탄화수소 자원개발 천명(2017), 또한 기존의 베링해 석유개발 금지조치 폐지 등 오바마 행정부와 다른 행보

<북극 해운/항만/플랜트>

○ 해운항만 선진화 및 친환경화

- 북극해 가스자원 매장지와 연계하는 해운, 물류 관련 서비스산업 확대
- 선박관련 기술 변화 지속(초대형선, 드론 상용화 등), 슈퍼항만, 자동화항만, 항만하역장비 첨단화
- 정보기술(3D 프린터, IoT, 로봇, 빅데이터 등 정보소프트웨어 관련 기술) 발전의 해운분야 접목 확대
- 북극항로 활용 증대에 따른 주요 항만거점별 항만인프라 개발 확대
- 해빙 상태에서의 해양플랜트 개발/운용기술은 캐나다, 노르웨이, 러시아, 핀란드 등 빙해역 인접국가나 방해역에서 자원개발 플랜트를 운영하는 국가에서 주로 보유, 향후 북극해 자원에 대한 관심이 높아지면서 관련 기술개발이 활발해질 것으로 전망

○ 동북아 물동량 증가에 따른 인프라(쇄빙선, 항만) 추가 확보, 환경/안전 관련 기술수요 증가

- 세계 경제 중심이 아시아로 이동함에 따라 아시아 지역간 및 아시아 지역과 북극 등 타지역을 연결하는 항만물동량이 크게 증가: 동북아 교역권이 세계 3대 교역권으로 부상. 그래서 지역항만간 물동량 선점을 위한 경쟁 가속화 및 북극권 등의 신규 인프라 수요 및 확충이 활성화될 것으로 기대
- IMO 정책 기조에 따른 친환경 선박수요 증가로 LNG 연료선박은 2025년

까지 신조 및 개조시장은 약 150조원에 달할 것으로 전망. 또한 물류저감 및 효율성에 따른 선박대형화에 따라 2030년에는 3만 TEU급이 취향할 것으로 예측

- 2030년 컨테이너선과 LNG선은 현재보다 1.8배~3배, 유조선은 1.7배~1.8배까지 선복량이 증가할 전망(세계 선복량 중 중국 선박이 차지하는 비중은 2010년 15%에서 2030년 최대 24%까지 증가, 일본은 12%에서 6% 내외로 감소)
- 북극의 인프라 수요가 증가할 것으로 전망되며, 이를 단기간에 충족할 수 있는 즉시부두시설의 북극 적용 가능성 대두, 또한 극지토목/건축기술이 새로운 산업기술로 부각될 전망
 - * 즉시부두시설(Prompt Port Facility): 기존 유희선박을 개조하여 항만, 발전소, 담수시설, 자원저장, 의료설비, 거주, 관광 자원 등 다양한 기능(All in One)으로 활용하는 설비적 개념
- 해양사고 대응기술, 및 표류선박 및 실종자 등의 수색구조(SAR) 기술, 선박 탑재형 유동빙출방지 열화상 시스템, e-Navigation 기술 등 안전기술 수요 증대 및 기술개발 확대
- 선박의 밸러스트수 처리장치, 선박의 온실기체 저감설비 등에 대한 수요 증가 및 시장 확대(향후 기존 선박에 의무 장착시 국제화물 운송하는 68,000척이 대상)

□ 2030 북극 정책, 뉴비즈니스의 미래

연안국 간 대륙붕 경계확정 등 경쟁 치열, 비북극권 국가 진출 견제, 북극어종 북상에 따른 북극권 수산업 지도 재편 및 북극공해어업 관심 증대, 첨단 융복합 기술의 북극도입 및 원주민 전통유지 강화 노력, 북극 관광 활성화, 교통망 확충 등

<북극 거버넌스>

- 북극해 대륙붕 및 심해저, 공해를 둘러싼 연안국 간 경쟁이 더욱 치열해질 것이며, 특히 북극점을 포함한 대륙붕 연장을 놓고 러시아, 덴마크, 캐나다, 미국 간의 갈등이 심화될 것으로 전망, 또한 비북극권의 국가의 진출 견제

< 북극해에서의 국가 간 관할권 관련 갈등 현황 >

미국-캐나다	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보퍼트(Beaufort) 해 해양경계 미확정 ▪ 북서항로의 지위에 대한 논쟁 - 캐: 자국의 내수이며 오염통제구역으로 지정 - 미: 통과통항이 보장되는 국제해협이라고 주장
캐나다-덴마크	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 북극해 인근 한스 섬에 대한 영유권 분쟁
200해리 이원 대륙붕 한계 확장 경쟁	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 북극점과 로모노소프 해령(海嶺)이 포함된 대륙붕 확보 경쟁 - 덴: 2014. 북극점을 훨씬 넘어선 대륙붕 주장 정보 CLCS 제출 - 러: 2015. 북극점까지 포함하는 정보 CLCS 제출 - 캐: CLCS 정보제출 준비 중

- 러시아는 2015년 북극점(로모소노프 해령)을 포함한 북극공해 대륙붕 경계획정안을 UN 대륙붕한계위원회(CLCS)에 제출하여 심사 중. 이는 2014년 덴마크가 제출한 그린란드 북쪽 해역의 대륙붕 경계획정안과 겹치고, 또한 캐나다도 이와 일부 겹치는 내용의 북극해 경계획정(안)을 준비 중
- 북극해 해빙이 감소하여 접근이 용이해질 경우 자원의 보고인 북극해 심해저에 대한 영유권 및 이용권을 둘러싼 갈등이 확산될 것으로 전망
- 다국적 기업 및 NGO, 비연안국의 북극이슈 참여가 확대되어 더욱 복잡한 북극 거버넌스 구조를 가질 것으로 예측
- 북극 자원개발은 현재 세계 경제 침체, 셰일가스 상용화, 항로 안전성 및 환경문제 등으로 지연되고 있으나, 장기적으로는 러시아뿐만 아니라 노르웨이, 캐나다, 그린란드, 알래스카 등 자원기반 경제구조를 가진 국가로 인해 개발 확대 및 압력은 불가피할 것으로 전망
- 커뮤니케이션 활성화 및 개방화로 북극에서 국가간 협력 강화, 비국가적 네트워크 영향력 더욱 확대
 - 북극이사회 및 국가간 공조체계 등을 통한 북극이슈 공동대응 확대
 - 항로 및 물류가 활발해짐에 따라 비북극권 국가에 북극 환경보호활동 참여 요구 강화 및 과학기술 협력(모니터링 등) 확대
 - 북극권 국가와 비북극권 국가 간 자원물류 경제협력 및 투자 확대
 - 국가별 규제와 법률 정비 강화를 통한 국제사회 노력 동참

<북극 수산업>

- 세계 1인당 연간어류소비량은 2010년 17.2kg에서 2030년 18.2kg으로 20년간 5.8% 증가 예상. 특히 중국은 32.6kg에서 41.0kg으로 급증
- 세계 어업생산량은 2011년 1억 5,400만톤에서 2030년 1억 8,680만톤으로 연평균 0.96% 상승 전망, 특히 2030년 양식 생산이 전체 수산물 생산의 50% 이상을 차지하는 등 미래 수산업 발전은 양식업을 통해 실현될 전망
 - 노르웨이 등을 중심으로 양식업이 활발히 연구 중이며, 한국과도 교류 추진
- 기후변화로 어종이 북상하고 있으며, 향후 북극 공해에서도 어업이 이뤄질 것으로 예상. 해양바이오 산업 성장에 따라 북극해 서식 해양생물종을 활용한 해양바이오 산업 성장 가능성 확대
 - 생물종 이동에 따른 북극 어종 지도가 바뀌면서 북극 수산업 이슈 더욱 부각, 북극 공해수산에 대한 국제사회 공조 및 규제 강화
 - 기후변화에 따른 수산자원 거점이 북극해 주변해역으로 이동하거나 서식지가 변경되어 기존 어장의 새로운 위협과 신규 어장의 등장 등 북극권 어업 지도가 재편될 것으로 예측
 - 수산생물종의 서식처 이동 및 우점종 변화로 인접 국가 간 마찰 및 공동연구 등이 활성화
- 현재 북극해 공해의 생물자원/수산업 관리가 본격화되면서 향후 국제사회의 참여와 관심이 증가
 - 2017년 11월 북극 중앙공해 비규제 어업 방지협정 체결(원초서명국: 북극해 인접 5개국+한중일, 아이슬란드, EU)로 북극해 공해 생물자원 모니터링 및 관리가 본격화될 전망

<첨단융복합사회>

- 북극권 첨단기술 보급 및 산업구조 변화
 - IT, BT, NT 등 신기술 간 융복합을 통해 ‘초연결’, ‘초지능’ 으로 대변되는 분야별 산업 신패러다임이 북극에도 적용될 전망(4차 산업혁명 기술)
 - 북극이사회, 북극경제이사회에서 각각 통신인프라 관련 TF를 설립하였고, 북극이사회 8개국에서도 각각 통신망 인프라 개선을 위한 정책 추진 등 향후 통신망 구축 사업 증가 전망

- 이 같은 첨단융합 기술의 북극 보급은 북극의 산업 지형도를 바꿀 것으로 전망: 이미 다양한 무인기술(수중 드론, 무인 항공기 등)이 극지에서 시도되고 있음.

<북극 원주민>

- 기후변화가 지속되어 해상뿐만 아니라 육상의 환경변화로 산업개발, 해로 및 육로 개발이 가사화되어 육상에 거주하는 원주민 및 거주민에 대한 인문사회 연구 및 지원 확대
 - 북극권 경제활동 강화 및 산업화, 4차 산업혁명 기술 도입 등에 따라 원주민 및 거주민 생활 및 복지 향상
 - 원주민들의 삶의 질 향상 요구 강화: 원주민 직업교육 수요 증대, 현대식의료, 주거복지(주택, 수도, 전기/가스 등)의 수요 증대 등
 - ICT 기반 북극 원주민/거주민 원격교육 등 교육수요 및 공급 증가
- 북극 원주민 인구구조의 변화(저출산, 고령화, 인구증가, 인구감소, 인구이동, 수명 증가, 가족 재구성 등)
 - 북극 기온 상승 등 기후변화에 의해 전통이나 생활터전이 붕괴되어 북극 기후난민 발생 가능성 대두
 - 북극 주요지역 도시화 및 이에 따른 일부 커뮤니티 공동화 현상 발생: 북극 경제활동 확대 등으로 북극 거주민의 특정지역 집중화 현상
 - 원주민 전통보존 및 유지를 위한 국제사회 노력 강화(Arctic Council)와 이와 관련한 연구가 활발해질 전망
- 환경변화로 인한 원주민/거주민 건강위해요인 증가
 - 북극에서 동토층 감소로 인해 동물유해 노출 빈도 증가 및 바이러스 노출빈도 증가로 인간 건강 및 철새 생존에 위협
 - 신종 전염병 출현 및 영향력 증가 → 웰빙/감성/복지 경제, 기술변화 및 환경오염, 글로벌화, 안전 위험성 증대: 북극해 해양오염(마이크로플라스틱 및 기타 오염물질)은 해산물 소비를 통한 인간의 몸에 축적 우려
 - 북극권 건강위해요인 증가와 물질수준 향상에 따른 북극 원주민 웰빙과 건강문제에 대한 관심 증대 및 원격의료 등 현대식 의료시스템 본격 도입

<북극 관광/교통>

- 기후변화로 북극해가 열리면서 북서·북동항로 등에 대한 크루즈 관광 및 생태 관광 등 전체적인 북극관광산업 활성화
 - 2016년 처음으로 초대형 크루즈선인 Crystal Serenity호가 북서항로 항해
 - 해빙 감소에 따른 북극점 관광, 오로라, 북극곰 등 자연/생태 관광도 현재보다 활성화될 전망
 - 북극권 주요 도시 개발에 따라 북극 도시 내 교통망(도로, 철도) 및 도시간 교통망 구축 활발(Connectivity), 이를 활용한 북극 관광이나 이동 활성화

북극은 기후변화 등 인류공통의 문제 해결, 미답·미지에 대한 개척, 경제적 가치 창출의 기회, 과학 기반 국가외교력 강화 등 다양한 필요성 상존

북극연구 필요성

- 한반도/북반구 기후와 북극권 기후 간 상호작용 분석 및 시스템 이해
 - 북반구에 위치한 우리나라에도 피해를 야기하는 기상이변은 기후변화에 의한 북극권 빙하 감소 등 북극의 환경변화와 밀접한 관련이 있을 것으로 추측
 - 범지구적 환경변화 원인규명과 미래 예측·대응 위한 북극과학연구 추진
 - 북극진동 변화 및 북극의 급격한 고온현상이 한반도 한파와 폭설 유발
 - 북극 해빙 감소와 북반구 기후 및 해수면 상승과의 상호관련성 규명 및 우리나라 재난에 대비한 선제적 대응 필요
 - 북극 기후와 북반부 및 한반도를 연계한 통합모델 개발을 통한 기상 예측능력향상 요구
- 미답(未踏)·미지(未知) 공간에 대한 개척을 통한 우리나라의 북극진출
 - 극한의 환경으로 인간활동이 자유롭지 않은 북극 중앙해는 미답·미지의 세계로 남아 있어, 우리나라뿐만 아니라 세계 각국의 탐사·연구 확대의 장
 - 북극권 EEZ권역 위를 통과하는 항로나 북극중앙해를 관통하는 항로 개척 등 극지활동 선도국 도약을 위한 도전과제 개발 요구: 중국은 쇄빙선 설릉호를 활용 북극해 관통 항해 성공(2017), 향후 지속 추진
 - 미답지 연구 및 탐사를 통해 신규 생물종 발굴 및 과학데이터 확보로 과학기술 및 북극에 대한 지식 증진에 기여
 - 쇄빙연구선 아라온 기반 북극연구 확대로 향후 북극 중앙해 미답지역에서 생태계 조사 등 국제사회 활동에 기여

□ 극지의 자원/경제개발 가능성 확보

- 북극해에는 미발견 석유·가스자원의 25%를 포함하여 약 13조 6천억 달러의 가치에 달하는 자원이 부존되어 있음.
- 우리의 미래세대를 위한 북극의 경제적 이익 수호 차원에서 자원(광물, 어업, 에너지) 및 플랜트, 선박, 인프라, 안전 등 산업기반 연구 추진 필요
- 북극 자원에 대한 중국, 일본의 진출 강화전략과 함께 우리나라도 양자협력외교 등에 기반한 자원광구 확보, 북극항만, 인프라 건설 사업에 참여 추진 필요: 러시아는 부족한 개발 자금에 대해 해외 투자유치 강화 및 중국, 인니 등은 야말 가스전 프로젝트 투자
- 과학연구에 기반한 북극권 이슈 해결 기여는 북극 자원외교에 기반 역할

□ 극지외교의 국가위상 및 발언권 강화

- 남극에서 남극조약협의당사국회의(ATCM)와 마찬가지로 북극이사회 등 북극 거버넌스에서 과학활동 기반 국가 외교력 증대 및 국익 창출 필요
- 북극권 국가는 물론 동북아, 유럽 등 비북극권 국가들도 범부처 차원의 북극정책을 발표하며 다양한 측면에서 북극이슈에 대응
- 극지외교의 실질적인 협력체계 구축을 위해 전략적인 과학연구 수행을 통한 중·장기적으로 발언권 및 국가영향력 증대
- 미답지 탐사 미지 공간 개척은 국민에게 과학적 및 국가 자긍심 고취
- 중국은 무인 달탐사선 창어우주선 성공에 이은 2020년 유인 달탐사선 계획으로 우주 굴기 등 국제사회 과학기술 주도 표방, 우주와 함께 극지 탐사는 과학기술 선도국으로 국제사회의 위상 제고 효과가 큰 분야

□ 북극의 안보 기여 및 국제협력의 노력

- 북극항로 운영 및 자원개발 가능성 확대에 따른 국가간 긴장 우려로 북극 안보환경에 변화
- 이런 변화는 북극뿐만 아니라 한국을 포함한 주변국에도 국제안보환경이 변화되는 요소가 됨.
- 이에 북극권 국가들의 움직임에 대한 관심 및 북극권 및 주변 국가와도 북극 이슈 관련 긴밀한 국제협력 필요

- 북극권 인접국 간 EEZ갈등 및 북극항로의 국가 간 입장 대립은 북극 안보에 영향을 주어 항로 운항에 제약을 줄 수 있음. 이에 북극 안보에 기여하고 안보 변화에 대응하는 국가 차원의 전략 필요

북극연구 가능성

□ 북극 연구의 물리적 가능성

- 현재 북극항로는 러시아의 북극권 EEZ를 관통하는 북동항로와 캐나다 북극권 EEZ를 관통하는 북서항로로 구분되고, 해빙이 사라지거나 줄어드는 하계시즌에 주로 운영
 - 러시아 EEZ를 통과하지 않고 북극해중앙공해를 지나는 항로를 개척하기 위한 공해상 해빙에 대한 연구조사 필요
 - 다만 공해상 해빙은 하계시즌에도 해빙이 존재한다는 것을 감안, 쇄빙성능의 한계상 현재 북위 75도까지 접근 가능한 아라온의 쇄빙능력으로는 연구활동에 역부족
 - 아라온보다 쇄빙성능이 개선된 제2 쇄빙연구선 건조 필요
 - : 현재 해수부 주도로 제2 쇄빙연구선 건조사업에 대한 예비타당성 평가 진행 중

□ 북극 연구의 법적 가능성

- 북극 전체 해역의 82%(1,147만km²)가 북극권 국가 영해 또는 EEZ 내에 속해 있어, 해당 관할 국가의 허가를 받아야 해당 해역에서 연구나 조사 가능
 - EEZ 내를 대상으로 할 경우 해당 북극권 국가의 허가 규정에 의거, 데이터 공유 및 시료 채취 허가 등을 득해야 함.
 - 북극해의 18%를 차지하는 북극공해(253만km²)에 대한 연구는 별도의 허가 불필요하나. 북극해 중앙공해를 연구조사하기 위해서는 북극권 국가의 EEZ를 통과해야 하므로, 해당 국가와 사전 협의 필요
 - 관련하여 극지(연)에서 해수부 R&D사업 수행 중
 - : 북극해 환경변화 통합관측 및 활용연구(캐나다 북극, 알래스카 등

북극공해 연구)

: 북극해 해저자원환경 탐사 및 해저 메탄방출현상 연구(러시아 북극해 EEZ 내 대상 연구 추진)

II

국내외 동향

1. 북극관련 국제동향
 2. 북극권 국가 및 주요 옵서버 국가 동향
 3. 우리나라 국가정책 동향
-

북극권 정치사회 동향

- 북극해는 북극이사회의 결성을 계기로 러시아와 서방 간의 냉전의 상징에서 점차 경제협력의 공간으로 변모해 왔음.
 - 1950년대 - 1980년대 후반: 냉전 확대, 군사안보 지배기
 - 1990년대 - 2000년대 초반: 냉전와해, 지역 내 제한된 협력 태동기
 - 2007년 이후 : 결빙해역 감소, 지역중심의 경제협력 확대기, 글로벌 협력 개시
 - 최근에는 북극이사회 중심으로 북극권, 비북극권 국가들의 북극활동이 집중
- 하지만, 동시에 여전히 북극해는 미국 및 러시아 등 세계 최강국들이 바다를 경계로 협력과 갈등구조를 가지고 있으며, 정치, 군사, 전략이 복합적으로 작용하는 지역임을 인식
 - 연안국들은 북극해에서의 증가되는 활동에 대응한다는 명분하에 병력주둔 및 정례 군사 활동을 증가시키고 있음 .
 - 최근 미국, EU는 우크라이나 갈등여파로 러시아의 북극해에 대한 제재성 자원개발 제한 조치를 시행하여, 신규투자 및 기술협력은 물론 기존 투자사업에도 영향이 나타나고 있음.
 - 러시아와 캐나다는 북극해 항로를 국내항로로 규정하고 국내법에 의한 기준을 요구하고 있으나, 미국은 정치, 군사 및 경제적인 이유로 국제항로로 간주하고 있음.
 - 북극국가들은 자국민의 안전과 경제적 이익 방어를 위한 국토방위를 가장 중요한 정책과제로 제시하고 추진 중
 - 또한 파리 기후변화 협정('15.12.) 체결이후 기후변화 대응이라는 새로운 지구촌과제에 대해 협력과 경쟁이 동시에 발생될 가능성이 커지고 있음.
- 북극해에서는 아직은 심각하지는 않지만 영토 및 해양경계문제가 다수 존재하고 있으며, 연안국 간에는 평화로운 협상과 UNCLOS에 의한 해결에 대해 합의

- 미국과 캐나다는 보포트해에서의 경계 미확정으로 어려움을 겪고 있으며, 캐나다의 오염통제구역설정에 대해 북서항로 (NWP)는 국제해협이라고 주장하며 논란을 계속 중
 - 캐나다와 덴마크는 북극해 인근의 한스섬에 대한 영유권 갈등을 가지고 있으며, 최근 해당 섬을 양분하는 방안에 대한 협의를 진행하고 있음.
 - 러시아는 2001년 로모노소프해령이 유라시아 대륙의 연장에 있음을 주장하면서 북극점을 포함하는 대륙붕연장 신청서를 제출하였으나 받아들여지지 않은 바 있음(2007년에는 미르잠수정을 이용하여 북극점 해저에 러시아 국기를 설치하고 해저토양 샘플을 채취하여 국제 논란 야기)
 - 덴마크는 로모노소프해령이 그린란드 대륙사면의 연장에 있다고 주장하고 ‘15.12월 대륙붕한계위원회(CLCS)에 관련 정보를 제출하여 북극 해저면 영유권 문제에 대해 선제적 조치 시행
 - 캐나다는 북극해에 대한 조사를 추가로 실시하여 조만간 관련 정보를 제출할 것으로 전망됨.
- 최근 미국 등 연안국을 중심으로 북극해공해에 대한 수산업 활동 제한조치와 해양보호구역 확대 등에 대한 논의가 확대되고 있으며, 이를 둘러싼 연안국과 이용국간의 이견이 도출되는 실정
- 또한 블랙카본 및 메탄 등 기후변화협약에 반영되지 못한 기후변화 유발인자에 대해 북극지역 차원의 새로운 대응체계에 대한 논의도 강화되고 있음.

국제기구

□ 북극이사회(Arctic Council)

- 1996년 출범한 북극이사회(Arctic Council)는 북극 환경보호와 지속가능 개발이라는 공동의 이슈에 대응하기 위한 북극권 국가간 포럼으로 시작함. 시간이 지나면서 점차 국제기구로서의 위상을 갖추나갔고, 정책제안 기구(Decision Shaping)에서 準의사결정기구(Decision Making)로 변모 중 (2011. SAR 협정, 2013 해양유류유출방지협정, 2017 북극과학협력협정 등)
- 2017년 5월 11일 미국 알래스카 페어뱅크스에서 제10차 북극이사회

각료회의 개최

- 북극 해양의 안보 및 안전: Polar Code 준수 및 관련 정보교류 협력, 해양유류오염 대응 관련 활동 장려 생물다양성 보존 노력 지속, 해양산성화 및 미세 플라스틱(해양 오염물) 문제 등 이슈화
- 경제 및 생활조건 향상: 북극경제이사회(AEC) 활동기반 마련, 북극통신 인프라 개선 TF구성, 북극 신재생에너지 도입 노력, 북극대학 기반 북극권 교육기회 제공, 원주민 문화·언어 전통 유지 등
- 기후변화 충격 대응: 블랙카본 및 메탄 대응 지속, 기후변화 적응 및 생태계 회복 노력, 외래종 침투 대응, 기후 관련 데이터 관리 및 공유 노력 확대, 생태계기반관리(EBM) 적용 실질적 가이드라인 개발 노력 장려 등

○ 10차 각료회의에서 기본계획(Framework) 채택

- Framework for Cooperative Action on Arctic Ship Traffic Data Sharing(북극 항행 안전과 북극 환경/주민 보호를 위한 ‘북극 선박통행 데이터공유 협력조치 기본계획’)
- The Arctic Resilience Action Framework(북극의 빠른 환경변화에 대응해 북극 환경 회복을 협력하기 위한 기본계획)
- The Framework for the Circumpolar Expansion of the Local Environmental Observer Network(기후변화 관측 강화를 위한 지역환경 관측 네트워크 환북극 확대 기본계획)

○ 국가 옵서버로 스위스가 2017년 신규 가입, 그리스, 몽골, 터키 등도 지원했으나 지위 미획득

○ 2017년 각료회의에서 북극과학협력협정(the Agreement on Enhancing International Arctic Scientific Cooperation) 서명(‘11년 SAR협정, ‘13년 해양유류유출방지협정에 이은 3번째 구속 협정): 북극권 연구협력 및 데이터/정보 공개, 국가 간 연구장비/시료 통관 및 접근, 연구지역 출입허가 협력, 인력교류 및 비당사국(옵서버 등)과의 협력 등이 동 협정의 주요 내용

[참고] 북극이사회 구성 및 운영 체계

구분	내용
주요의제	<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화, 환경보전, 생물의 다양성, 바다, 원주민에 대한 건강, 복지, 언어, 문화 보호 등 · 최근 복합의제에 대한 논의가 활발해지고 있음

구성원	8개 회원국, 6개 상시참여자, 13개 옵서버국가, 13개 정부간·의회간 기구, 13개 NGO
회원국	미국, 캐나다, 러시아, 노르웨이, 덴마크, 핀란드, 아이슬란드, 스웨덴 · 상설사무국: 노르웨이 트롬소 Fram Cente(사무국장 Magnus Johannesson 외 9명)
상시참여자	Arctic Athabaskan Council(AAC), Aleut International Association(AIA), Gwich'in Council International(GCI), Inuit Circumpolar Council(ICC), Russian Association of Indigenous Peoples of the North(RAIPON), Saami Council * 별도 사무국을 운영 (IPS, Indigenous People's Secretariat, 노르웨이 트롬소)
옵서버국가	독일, 폴란드, 네덜란드, 영국, 스페인, 프랑스, 이태리, 한국, 중국, 일본, 인도, 싱가포르, 스위스
각료회의	<ul style="list-style-type: none"> · 전 구성원 참석 가능, 주테이블에는 회원국과 상시참여자만 착석하고 옵서버 그룹은 배석 · 의사결정권은 회원국만이 가지며, 상시참여자는 모든 토론에 제한 없이 참여 · 옵서버는 토론 및 의사결정에 참여할 수 없고 서면으로 사전에 의견제시 가능 · 선언문 및 협정, 보고서 채택, 사업계획 승인 등 모든 절차는 만장일치 합의제로 운영 · 워킹그룹 및 TF에서 제시한 성과 및 차기 의장국 사업계획에 대해 승인, 채택 등 결정 · 2년마다 의장국을 순환하여 운영('캐', '미', '핀', '아', '러', '노', '덴', '스' 순서)
워킹그룹	<ul style="list-style-type: none"> · 북극오염대응 프로그램, Arctic Contaminants Action Program(ACAP) · 북극 감시평가 프로그램, Arctic Monitoring and Assessment Programme(AMAP) · 북극 동식물 보존, Conservation of Arctic Flora and Fauna(CAFF) · 긴급방지대응, Emergency Prevention, Preparedness and Response(EPPR) · 북극 해양환경 보호, Protection of the Arctic Marine Environment(PAME) · 지속가능개발 워킹그룹, Sustainable Development Working Group(SDWG) * 옵서버의 참여는 허용되고 일부 토론참여가 가능하나 의사결정권한은 없음. 대부분 세부사업에 대한 전문적 논의가 이루어져 사업참여자가 아닌 경우 논의참여 곤란
TF	<ul style="list-style-type: none"> · 북극해양협력 TF, Task Force for Arctic Marine Cooperation · 북극통신망개선 TF, Task Force on Improved Connectivity in the Arctic * 단기 대응이 필요한 긴급의제를 논의하고 결의문, 협정, 합의서를 작성하여 각료회의 제출
Expert Group	<ul style="list-style-type: none"> · 블랙카본 및 메탄 기본계획 수행 지원 전문가그룹(Expert Group in support of implementation of the framework for action on Black Carbon and Methane) · 생태계기반관리 전문가 그룹(Ecosystem-Based Management Expert Group)
주요 성과 요약	<ul style="list-style-type: none"> · 북극비전 마련, 각료선언문 도출 등을 통해 협의체로서의 입지 확보 · 북극기후변화 보고서, 생물다양성 평가 보고서, 북극해운평가 보고서 등 독자적 진단체계 구축 · 워킹그룹 성공적 운영과 상설사무국 설치를 통한 중장기 활동 기반 마련 · 수색구조협정, 해양유류오염대응협정, 북극과학협력협정 체결 등 의사결정 확대

□ 북극경제이사회(AEC)

- '14년 9월 2일 캐나다에서 공식 출범한 북극경제이사회는 약 1년 후인 '15년 9월 8일 노르웨이 트롬소에 상설사무국 개소
- AEC의 주요 목적은 ① 북극 국가의 시장간 연결성 강화, ② 인프라 투자를

촉진하기 위해 민관협력을 도모, ③ 안정적이고 예측 가능한 규제 틀 마련,
④ 산업계와 학계 간 정보 및 데이터 교류 도모

- 북극경제이사회 운영위원회(Executive Committee)에 의장 Tara Sweeney (Alaska Slope Regional Corporation, 미국), 부의장 Evgeny Ambrosov (Sovcomflot, 러시아), Tom Paddon (Baffinland Iron Mines Limited, 캐나다), Tero Vauraste (Arctica Shipping, 핀란드) 등 3인을 선정
- AEC는 북극이사회 회원국과 상시참여 원주민단체가 임명한 42명 기업대표로 구성(핀란드 쇠빙서비스 공기기업인 Arctica의 Tero Vauraste가 AEC의장 역임 중)
- 개설된 AEC 워킹그룹은 ‘통신인프라(Telecommunications Infrastructure)’, ‘책임 있는 자원개발(Responsible Resource Development)’, ‘북극 책임 관리(Arctic Stewardship)’, 그리고 ‘해상교통(Maritime Transportation)’ 등이 있음
- 통신인프라 워킹그룹은 ‘16.7월 Top of the World Arctic Broadband Summit을 알래스카 배로우에서 개최했으며, ‘17.1월 AEC의 첫 보고서인 “Arctic Broadband: Recommendations for an Interconnected Arctic” 을 공개
- 2017.12월 북극협력주간 기간 중 AEC-외교부 Joint Seminar 서울 개최
※ 주제: Fostering Cooperation between Korea and AEC

□ 세계경제포럼(WEF)의 북극투자규약(The Arctic Investment Protocol):2015년 12월 발표(일명 다보스포럼: 비영리재단)

- 북극에서의 지속가능한 발전과 투자를 위한 3단계 방안을 추진하는데, 제1단계는 The Arctic Investment Protocol 작성, 제2단계는 북극 인프라 시설의 투자수요에 관한 Inventory 작성, 제3단계는 지속가능한 북극 투자 메커니즘 마련
- 시사점과 대응방안으로 ① 북극에 대한 인프라 투자에 대한 체계적인 수요분석과 규모 추정, 재원조달방안에 대해 검토되고 있다는 것은 북극진출을 추진하는 데 있어 주목해야할 내용임, ② 여전히 불투명한 규약의 내용과 추진주체 및 정부 간 협의 미비, 원주민그룹의 거부감 등은 규약 실현의 가능성을 제한, ③ 세계적인 자원가격 하락, 해운경기 저하, 대러시아 경제제재 등을 고려한다면 단기간 투자 상황이 활성화되기 어려울 것으로 전망

국외 로드맵

- 국제북극과학위원회(IASC)가 주도한 ‘ICARP III’ (북극연구의 통합: 미래를 위한 로드맵: The Third Int’ l Conference on Arctic Research Planning) 보고서(2016)
 - 동 보고서는 새로운 과학계획 수립 대신 기존에 과학계획을 확장하고 융복합화하는 통합과정을 통해 완성
 - 동 보고서는 ‘기후체계와 변화’, ‘관측·기술·로지스틱 서비스’, ‘사회와 생태계’, ‘교육공헌’, ‘활동과 역량 강화’에 대한 차세대 북극과학연구 우선순위 제시
 - 향후 10년간 우선 추진할 북극연구 분야
 - 글로벌 시스템에서 북극의 역할(기후체계와 변화)
 - : 대기과 해양순환에 대한 영향, 전지구 기후시스템과 상호관계 포함 북극의 급격한 기후변화와 북극 진동에 대한 평가와 이해
 - : 북극과 북극권 주변 지역과의 물리적 상호관계에 대한 이해 증진(북극 진동의 중위도 영향 및 그 반대 영향 평가)
 - : 다양한 시공간적 환경에서 밀접 연관된 물리적 기후시스템(대기-해양-해빙), 북극 진동의 물리적 기작, 중위도 이상의 기상 변화 영향을 주는 요인에 대한 이해 증진
 - : 모든 영역에 대한 연결 연구: 생물권, 사회적 영역, 물리 영역(대기-해양-해빙), 북극 진동의 물리적 기작, 중위도의 이상 기상변화에 영향을 주는 요인에 대한 이해 증진
 - : 인류세(Anthropocene) 내에서 세계화된 북극의 전세계적 영향에 대한 정의
 - 미래의 기후변화와 생태계 반응에 대한 관측과 예측(관측·기술로지스틱스 서비스)
 - : 지속가능북극관측네트워크(SAON)에서 수행 중인 관측시스템을 활용해 지역적, 전지구적 환경 및 사회경제적 변화예측능력 향상계획 수립
 - : 환북극 변화양상 이해를 위한 포괄적 관측시스템 개발 및 관측소 설립
 - : 주요 관측시스템의 표준화 및 이에 대한 유지관리 목적의 국제협약 개발
 - : GCW(Global Cryosphere Watch) 등의 글로벌 관측 플랫폼을 활용하여

환경-사회경제-원주민 전통토착지식 간 소통 추진

- : 북극의 물리적, 생태학적 및 사회적 환경 개선용 무인기, 원격탐사, 자동화 시스템 및 원격진료를 포함한 신규 기술개발과 활용 지원
- : 극지 예측의 해(YOPP: Year of Polar Prediction 2017-2019)에 적극 참여하여 신뢰성 있는 기상예보, 10년간 변화예측, 극한 상황에 대처하기 위한 신속예측을 위한 통합모델 개발(대기-해양-해빙 상호작용)
- : 기후변화에 대한 정부패널(IPCC)에 사용되는 예측모델의 개선모델을 포함하여 빙권, 영구동토층, 생태-경제 통합모델링 체계 구축
- : 북극관측데이터와 메타데이터를 쉽게 접근하여 활용할 수 있는 국제노력 지원

- 북극 환경과 사회의 취약성과 탄력성에 대한 이해 및 지속가능한 개발 지원(사회와 생태계, 교육·공헌, 활동과 역량 강화)
 - : 북극 생물 및 광물자원의 지속가능한 획득·관리 연구강화
 - : 북극 공동체에 필요한 지속가능성과 실행가능한 적응정책 및 도전과제에 대한 통합분석
 - : 급격한 해빙감소 등 일시적 환경변화로 발생한 생태학적 및 사회적 영향 이해
 - : 북극 사회생태학적 시스템 구축을 위한 통합된 지속가능성 지표 개발
 - : 지속가능한 개발의 요소 및 수단으로서 기관, 자원, 기존 및 새로 출현하는 경제활동의 역할 조사
 - : 북극에서 불일치하는 주요 축(성별, 나이, 신원) 사이에 자본, 정부, 기관, 권력 및 사법이 수행하는 역할 조사
 - : 북극 기후변화와 자원에 대한 접근성 확대를 통해 도시화가 지속될 가능성을 인식하면서 도심 지역에서 지속가능한 개발과 기반시설 조사

- 이 같은 우선순위 이행에서 상호 교류, 전통토착지식 활용, 역량 형성 등이 필수적으로 밀받침 되어야 한다고 제시

□ 미 해군 북극 로드맵(2014-2030: US Navy Arctic Roadmap): 2014년 2월 발간

○ 북극해 지역의 미래 기후변화 및 환경변화에 대응하여 북극지역의 안정성(Stability)을 추구하고, 국익(Interests) 보호를 위한 미 해군의 전략 로드맵

- 2020년까지 단기, 2020~2030까지 중기, 2030년 이후를 장기로 구분하여 전략 제시

○ 미 해군의 북극전략 목표(Strategic Objectives)는 아래 4가지임.

- 미국의 북극 통치권 보장 및 국토방위 수호

- 위기와 비상사태 대응하는 해군 능력 배양

- 북극해에서의 자유(Freedom) 보장

- 미 연방정부와 내에서 파트너십 증진 및 국제연맹 강화

○ 해사 안보(순찰, 해경 활동 지원 등), 해역 관할(수산업, 관광, 해운 등) 강화로 안전경제활동 보장, SAR 강화, 항행자유 보장, 에너지 개발, 선박 사고 등의 재난대응 등이 주요 타깃 활동

- 타깃 활동을 위해 해군 주도의 연구활동, 훈련, 국제협력, 인력 교류 등을 추진

□ 미 대통령실 과학기술위원회 산하 ‘범부처 북극연구정책위원회’ (IARPC) 북극 연구계획 수립(Arctic Research Plan, 2017-2021)

- 미 과학재단(NSF), 농업부, 상무부, 에너지부, 국무부, 환경보호청 16개 정부기관 참여

- 9개의 연구목표 수립

① 북극 거주민의 웰빙 증진과 건강 결정인자의 이해 증진

② 변화하는 북극 대기구성과 다이내믹스, 그리고 표면에너지 수지에 변화 결과의 프로세스 및 시스템 이해 증진

③ 북극 해빙변화의 이해 및 예측 증진

④ 북극 해양생태계 기능과 구조, 그리고 기후 시스템에서 해양생태계의 역할에 대한 이해 증진 및 예측 능력 향상

⑤ 빙하 빙원, 그린란드 육상 빙하의 물질 수지(Mass Balance)의 이해 및 미래 전망, 그리고 이들의 빙상 및 빙하가 해수면 상승에 미치는 결과

⑥ 동토층 다이내믹스를 조정하는 프로세스와 이런 동토층 변화가 생태계나 기반 인프라, 기후변화 피드백 등에 미치는 영향의 이해 증진

- ⑦ 북극 육상과 담수 생태계, 그리고 미래 변화에 대한 잠재성의 통합적이고 단위 규모(Landscape Scale) 차원의 이해 증진
- ⑧ 해안 커뮤니티 회복 증진 및 사람-자연-인공환경(Built Environments) 간 상호연관성 연구 추진을 통한 해안의 자연 및 문화자원 관리 증진
- ⑨ 정책결정 지원을 위한 환경지식의 축적·통합·적용을 위한 프레임워크 증진

□ 핀란드: 북극전략 우선과제에 대한 정부정책(2016)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 핀란드의 북극기반 전문성 강화(기후변화, 기술, 산업)를 위해 연구, 교육, 훈련에 대한 투자 확대 등
	② 산업(응용) 연구	• 에너지 효율성 등 연구를 통한 핀란드의 북극 전문성 개발 및 확대 등
	③ 사회과학연구	• 도시화 연구를 포함한 북극지역의 생활 조건 변화 관련 연구 및 영향 평가 시행을 통한 북극지역 생활환경 개선 등
환경보호	④ 북극 환경보호	• 기후변화 리스크 평가 및 관리 강화, 재생 가능한 천연 자원 개발과 수자원 활용 및 관리 방안 추진, 관련 법제도 재평가 및 정비 추진 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• 통신 네트워크 확장과 지속가능한 북극 관광산업 개발 및 핀란드 전문성과 지리적 특성을 활용한 산업 유치 등
	⑥ 항로·인프라	• 북극 항해 기술과 전문성 강화 및 교통, 커뮤니케이션, 물류 네트워크 개발 및 협력 추진 등
	⑦ 에너지·자원	• 목재산업, 바이오에너지 생산, 어업 등 천연자원의 지속가능한 활용 및 숲을 이용한 웰빙산업(생태계 서비스) 추진 등
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 다양한 북극 정치적 이슈(대륙붕 문제 등) 관련 국제법에 따른 해결 지지 및 관련 당국, 산업, NGO 등과 협력 및 국제협력을 통한 안보 강화 등
	⑨ 국제협력	• 북극외교 강화를 위해 북극이사회 의장국(2017-2019)으로서 입지 강화, 이슈 해결에 기여, 양자·다자간 협력 추진 등
	⑩ 원주민 정책	• 북극 사미족 원주민의 복지와 언어, 문화 전통, 교육, 생활 유지 등 관련 정책 강화 및 북극이사회의 사미족 참여 다각화 등

- 북유럽국가의 북극철도 연결 추진
- 핀란드 전투기, 북극 군사훈련 참가
- 지역 주민의 반대로 북부 다이아몬드광산 탐사 계획 포기
- 아시아-유럽 연결하는 환북극 광섬유 케이블 프로젝트 추진
- 핀란드 정부, 북극이사회 의장국 지원 위한 예산 편성
- 신규 쇄빙선 Polaris 호 건조 완료

○ 2017-2019 북극이사회 핀란드 의장국 프로그램(2017)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 북극권 기상협력: 북극 공공안전 및 국제 해운, 항공, 기후과학에 기여: 기상 모니터링, 데이터 수집/교환 등으로 예측 정확도 강화
	② 산업(응용) 연구	• Connectivity: 북극권 위성/무선통신, 해저케이블 구축 (이러닝, 원격의료, 사회서비스 제공), 통신 기술로 원주민/거주민 삶, 관광, 비즈니스, 연구활동 등에 지원
	③ 사회과학연구	• 북극이사회 성평등 연구 지원, 북극권 교육사업 지원 (교육 네트워크, 디지털 교육 증진 등)
환경보호	④ 북극 환경보호	• 기후변화 공동대응, 생물다양성 보존, 산성화, 오염물질 등 오염 대응, 기후변화 감축 및 적응 공동대응 추진. 지속가능 발전 위한 최선실행방안 및 관련 기술 정보교환 추진 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• -
	⑥ 항로·인프라	• 해빙(海氷)상태를 관측하는 위성 데이터를 핀란드 기상연구소 북극우주센터가 편집하여 북극 항해 선박에게 실시간으로 전송되는 통신인프라 구축 등
	⑦ 에너지·자원	• -
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 2017년 발효된 Polar Code에 따른 새로운 해양 안전 기준 관련 안전한 북극 항해 및 효과적인 이행을 위한 국제 컨퍼런스 개최 등
	⑨ 국제협력	• 북극이사회 의장국과 실무 그룹 간의 심화 된 협력을 통해 북극이사회의 효율성을 전반적으로 향상시키고 북극이사회 역할 및 북극 내 협력 강화 등
	⑩ 원주민 정책	• 북극 커뮤니티의 지속가능한 발전을 위한 북극의 문화적 다양성 (언어, 전통) 등을 고려한 원주민 교육 콘텐츠의 디지털화 및 교수법 개발 등

○ 북극이사회 신임 의장국 과제(2017-2019)로 △환경보호(생물다양성, 기후변화 대응), △연계성(통신인프라 구축), △기상협력(데이터 교환, 모니터링 협력), △교육(북극 문화언어 등 전통유지를 위한 교육 강화) 등 4개를 제안 및 현재 추진 중

* 핀란드기상연구소는 해양·기상·우주 등 포괄적 모니터링 연구 수행 및 핀란드남극연구프로그램 수행 주관, 남극인프라 운영자 역할로 동 과제수행 주도. 연계성은 핀란드의 기존 노키아 등 통신/인프라 기술에 기반하여 발전 기대(미국 의장국 사업의 연속사업, 2017 관련 TF구성)

○ 핀란드는 올해 독립 100주년을 맞아 연구선 노르디카 호를 활용하여 일명 Arctic 100(부산~알래스카~그린란드)이라는 북서항로 항해(6.15.~7.15.) 추진 및 동 행사를 국제사회에 오픈(알래스카~그린란드 구간). 실제 2017년 6월 부산항을 출발하여 캐나다 밴쿠버를 거쳐 북서항로를 이동하여 그린란드 누크항에 도착함. 특히 밴쿠버-그린란드구간(북서항로)에 대해서 기존 통과기록(25일)을 하루 앞당긴 최단기록을 수립

- 향후 한-핀란드 협력가능 분야
 - 북극경제이사회와의 협력 강화
 - 북극대학(UArctic) 협력사업 확대
 - 라프란드대학과의 교육분야 교류 강화
 - 조선 및 해양플랜트 분야 협력 강화
 - 북극권 정보통신분야 협력 강화

□ 아이슬란드: A Parliamentary Resolution on Iceland' s Arctic Policy(2011)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 기후변화, 빙하, 해양생물, 역사 및 문화, 헬스케어 등 연구 및 교육 강화
	② 산업(응용) 연구	• 에너지개발, 북극 해운 등에 연구 및 교육 강화
	③ 사회과학연구	• 국제정치, 법, 안보, 경제사회개발, 성평등 등에 대한 연구 및 교육 강화
환경보호	④ 북극 환경보호	• 북극의 지속가능환경, 생태계 보호 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• 생태계의 지속가능성 고려한 북극경제활동 관리, 북극 활동 기반 고용창출 강화 등
	⑥ 항로·인프라	• 기름유출 대응, 안전사고 등 환경안보 유지 및 관련 국제협력
	⑦ 에너지·자원	• 천연자원 개발(석유, 가스, 광물)과 재생가능한 자원(삼림포함)에 대한 환경적, 경제적, 사회적 지속가능한 개발, 환경기술 분야에서 전문성 강화
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 북극 지리해상에서 국토 수호, 북극에서 수산업, 관광, 에너지 개발 등에서 권리 보호, UNCLOS상의 대륙붕 경계 확장 존중, 북극 군사활동 지양, 북극이슈에 대한 국내 이해당사자 간 소통/협력 강화 등
	⑨ 국제협력	• 북극이사회 권한 및 위상강화 협력, 그린란드, 파로제도와 에너지, 교역, 환경이슈 등에서 협력, IMO, UN, UNFCCC 등 북극 관련 국제협정 존중 등
	⑩ 원주민 정책	• 원주민 권리 존중 및 관련 모든 결정에서 원주민 의사존중, 문화적 독창성 및 전통 유지 지원 등

- 향후 한-아이슬란드 협력가능 분야
 - 아이슬란드대학 등 주요 거점기관과의 협력 확대
 - 북극서클(Arctic Circle) 기반 협력 강화
 - 북극관광 분야 협력 강화
 - 북극포탈(Arctic Portal)과의 정보교류 확대

□ 러시아: 2020 러시아 북극지역 발전 및 국가안보 보장 전략(2013)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	<ul style="list-style-type: none"> • 경쟁력 있는 과학·기술 분야 구축하기 위한 정계, 재계, 과학계 및 교육계의 자원과 가능성 통합 • 기후변화 연구 및 연구조사 선박 개발 등
	② 산업(응용) 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 북극 기후에 적합한 재료 개발 및 연구 기술 장비 도입 • 환경 관리 분야의 새로운 기술 및 장비 개발 (해양광물자원, 수자원 개발 및 기름유출 방지 및 제거) 등
	③ 사회과학 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 북극지역의 역사, 문화, 경제 및 북극에서의 경제활동 또는 기타 활동에 대한 법적 규제 연구 등
환경보호	④ 북극 환경보호	<ul style="list-style-type: none"> • 북극 동식물의 생물학적 다양성 보존 및 환경오염 방지 및 개선 등
경제·산업	⑤ 경제정책	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신기술 도입, 교통 및 에너지 인프라, 첨단 정보통신 구축, 관세 및 조세 규제 개선 등을 통한 국가 관리시스템 개선 및 실행 추진 등
	⑥ 항로·인프라	<ul style="list-style-type: none"> • 북극 항로를 유지하는 북극 교통시스템 인프라 (정보통신기술, 북극 철도 및 공항 네트워크 포함) 보수 및 개발 등
	⑦ 에너지·자원	<ul style="list-style-type: none"> • 대륙붕 및 연안지역을 종합적으로 연구하는 사업 구성 및 효율적인 자원 개발 등
거버넌스	⑧ 안보·안전	<ul style="list-style-type: none"> • 러시아 국경 군사 보안, 보호 및 러시아령 북극 국경 보호를 위한 운영 조건 개선, 인프라 개발 등
	⑨ 국제협력	<ul style="list-style-type: none"> • 국제협약 및 협정에 근거하여 러시아와 북극권 국가 간의 상호호혜적인 양자·다자간 협력, 대외 경제활동의 효율성 강화 등
	⑩ 원주민 정책	<ul style="list-style-type: none"> • 원주민 생활환경 개선 (교육기관, 보건, 고용 및 문화단체 및 사회적 인프라 현대화 등)

- 러시아 북극지역의 사회발전 2020계획에 예산 2600억 루블(45억 달러) 책정하여 실행 중
 - 러시아 톰스크주에 북극 의료교육센터 설립 예정
 - 북극의 군사인프라 개발 확대
 - 북극대륙붕에 대한 연장 신청
 - 스발바르 관광 진흥
 - 새로운 북극 플로팅 연구기지 설치 예정
 - 러시아-노르웨이 스발바르 지역 시추 갈등
 - 2016년에는 북극해 항로 지역에 21번째 국경검문소 설립
 - 에너지 자원 운송을 러시아 국적선으로 제한하기 위한 새로운 법안 논의
 - Rosneft사, 대규모 북극 탐사 수행
 - 2018년까지 북극에 9곳의 비행장 건설 계획
 - 러시아 북극 개발 국가프로그램 예산, 2,600억 루블 책정
 - 新 북극 연구센터, 2020년까지 아르한겔스크에 건설 예정
 - ‘러시아-한국 포럼’ 북극 개발 논의
 - 러시아 북극 개발 국가위원회, 북극 대륙붕 개발 위한 인프라 투자 공표
 - 러시아 야말-네네츠 자치구, ‘러시아 철도공사’와 ‘북위도 철도’ 건설 계약 체결
 - 러시아 극동의 북극 지역에 4개의 특별 재난-구조 센터 설치
 - 러·일 수색·구난합동훈련 2년 만에 재개
 - 러시아 상트페테르부르크 소재 크릴로프 과학센터, 최대출력 110MW 이상의 초대형 쇄빙선 건조 예정
 - 러시아 우선개발지구 ‘남 야쿠티야’ 건설 허가
 - 2021년 말까지 북극에 4곳의 군용비행장 재건 계획
 - 야쿠티야의 우선순위 프로젝트, 2017년 승인 예정
 - 러시아 선급, Polar Code에 맞춘 극지 항해 선박 증명서 최초 발부
 - 원자력 쇄빙선 ‘승리 50주년 호’ 북극 최장기간 항해 기록 수립
 - 가스프롬네프티-야말사, 야말-네네츠 자치구의 세베로-삼부르스꼬예 유전 탐사 및 시추 작업 계획

- 러시아는 미국과 EU 제재 속에 중국을 전략적 파트너로 택해 북극권 사업을 중국에 개방하고 중국은 향후 북동항로가 기후변화로 완전히 개방될 시 러시아 북극권 사업 선점을 위해 장기적 관점에서 투자 진행(중국은 One Belt One Road에서 러시아 지역에 대한 배제를 달래는 차원의 투자)

○ 한-러 북극협의회 개최('17.11.)

- 2017. 9월 한-러 정상회담의 후속조치로서 개최
- 북극정책 및 활동, 북극 과학협력, 북극 해상운송(북극항로), 조선, 야말 프로젝트*, 제2쇄빙연구선 협력, 북극이사회(Arctic Council)등 북극 관련 글로벌 포럼에서의 협력 방안 등 양국 간 북극 협력과 관련된 다양한 분야에 대해 논의
- * 야말 프로젝트: 러시아 북극지역인 시베리아 최북단 야말반도에 매장된 천연가스전을 개발하는 사업으로, 현재 1단계 사업(총 300억 달러 규모) 마무리 및 2단계 사업 추진 중

○ 향후 한-러시아 협력 분야

- 북극항로의 활성화를 위한 상호 규제완화방안
- Arctic LNG 2 등 야말/기단지역 가스개발사업 참여방안
- 제2쇄빙연구선 과학조사 공동활용 방안
- 니켈 등 북극권 광물자원 개발 참여 방안
- 기상예측 등 환경분야 상호 협력
- 동시베리아 지역 인문조사 협력
- 결빙해역 수산자원 공동조사
- 즉시부두시설(PPF)의 북극권 도입을 위한 공동연구

□ 노르웨이: 2017 노르웨이 북극전략(Norway's Arctic Strategy(2017))

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 해양 및 북극 연구센터 설립(트롬소) 및 신규 쇄빙 연구선 크론프린스 하콘(Kronprins Haakon) 건조 예정 등
	② 산업(응용) 연구	• 노르웨이 북부 지역의 연구 커뮤니티와 산업 부문 간 유대 관계 구축 및 강화, 발라스트처리장치 등 친환경 조선 관련 기술 개발
	③ 사회과학 연구	• -
환경보호	④ 북극 환경보호	• 기름 유출 예방 및 대응 및 북극의 멸종 위기 종의 보전 등을 통한 북극 환경 보호
경제·산업	⑤ 경제정책	• 북극 지역에 대한 공급망 개발 프로그램을 수립하여 노르웨이 북부 지역의 공급 산업 강화 등
	⑥ 항로·인프라	• 노르웨이 최북단 행정 구역 3개에 국내 운송 계획 2018-2029 관련 투자 프로젝트를 위해 약 200억 NOK(약 2조 9천억 원) 투자 등
	⑦ 에너지·자원	• 북극에서의 석유 및 가스 활동의 긍정적인 지역적 파급 효과 확대 등
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 북극이사회의 긴급사태 방지, 대비 및 대응활동 및 북극 해양수색 및 구조 협력 협정을 통해 수색 구조 관련 북극 국가 간 국제 협력 유지 및 강화 등
	⑨ 국제협력	• 북극이사회에서의 지속적으로 적극적인 역할 수행 및 북극 문제 협력에 있어 북극이사회의 중요한 정부 간 기구로서의 위치 유지 등
	⑩ 원주민 정책	• 국제 협력을 통한 북극 원주민 문화 존중 및 권리 강화 등

○ 한-노르웨이 북극협의회 개최('17.12.)

- 제3차 한-노르웨이 북극협의회가 양국 북극대표를 수석대표로 하여 12.13 (수) 부산에서 개최됨
- 북극이사회·북극씨클·북극경제이사회 등 북극관련 국제기구·회의 내 협력, 과학협력, 북극 해상운송, 조선, 관광, 제2쇄빙연구선 관련 협력 분야 관련 다양한 논의 시행

○ 향후 한-노르웨이 협력가능 분야

- CHNL 등 주요 기관과의 북극항로 협력
- 북극이사회 사업 추가 개발 및 추진

- 트롬소대학과의 연구협력 강화
- 북극프론티어 참여 강화
- 북극경제이사회에서의 협력 강화
- 북극이사회 사무국와의 교류 활성화

□ 덴마크: 2011-2020 덴마크 북극전략(2011)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 북극의 급격한 기후변화의 결과에 대한 지식 구축 개선
	② 산업(응용) 연구	• -
	③ 사회과학연구	• 과학연구 및 모니터링을 통해 북극권 주민과 지역 사회에 미치는 기후변화 영향 및 그 중요성에 대한 지식 기반 강화
환경보호	④ 북극 환경보호	• 북극의 환경 및 생물다양성 보호 강화
경제·산업	⑤ 경제정책	• (에너지·자원 및 항로·인프라 내용과 중복)
	⑥ 항로·인프라	• 한국, 중국과의 쇄빙선 건조 및 스발바르 지역 월동기지 설립 추진 등 북극연구 활동 확대
	⑦ 에너지·자원	• 광물자원의 개발극대화, 재생 가능한 에너지자원 사용량 증대, 해양생물자원의 지속가능한 관리, 북극개발을 위한 업계와의 면밀한 협력 추진 등
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 북극 해양교통량 및 활동 증가에 따른 통과 선박의 기준 도입, 수색 및 구조(SAR) 시스템 강화 등 추진을 통한 군대능력 강화 및 덴마크 왕국의 주권 강화
	⑨ 국제협력	• 기후변화에 대한 높은 관심과 자연 및 환경 보호, 엄격한 국제해양규제 등 북극 관련 국제협력 강화
	⑩ 원주민정책	• 원주민 권리 강화 및 보건, 건강, 교육, 기술이전 등을 통한 생활환경 개선과 건강 증진 및 취약계층 보호

○ 한-덴마크 북극협력 주요 의제

- 과학협력: 북그린란드 고생대 동물 초기 진화와 원시지구환경 연구, 북극권 동토층 환경변화 연구(CAPEC) 등 극지연구소와 덴마크 극지연구기관 중심 공동연구
- 양자다자 회의 기회를 통한 협력논의 확대: 제3차 한-덴마크 북극 협의회 개최('18.3.)에 합의하고 해운, 관광 등 경제적 기회 이슈를 포괄하여 논의키로 함

○ 기타 한-덴마크 협력가능 분야

- 머스크 등 주요 해운기업과의 북극항로 공동 연구
- 북극이사회 사업 추가 개발 및 추진
- 그린란드 청정 수산자원 가공 및 수입협력
- 그린란드 관광개발 참여
- 그린란드대학과의 공동연구센터 설치

□ 스웨덴: 스웨덴 북극전략(Sweden’ s Strategy for the Arctic Region: 2011)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 메탄, 오존, 블랙카본 연구, 대기오염물질의 확산과 배출과 동식물 피해, 기후변화 영향에 따른 회복력 연구(북극 아비스코 기지 기반)
	② 산업응용 연구	• 수렵 및 어업에서 기후가 미치는 영향, 친환경 조선 관련 기술 개발
	③ 사회과학연구	• 기후변화와 유해물질 인간에 미치는 영향 등 인간중심연구
환경보호	④ 북극 환경보호	• 북극지역에서 수은 관리, 원주민 고려 생물다양성 보존 및 관리, 북극환경영향평가, 동식물 보호 네트워크 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• 바렌츠 지역 중심 정책: 자유무역(사람, 물자, 서비스) 확대 및 원주민 경제활동 보호의 북극 기술무역 장벽 제거 등
	⑥ 항로·인프라	• IMO(국제해사기구)의 극지방령(Polar Code) 준수, 극한 지역 육상교통 및 인프라 구축, 지속가능한 관광인프라 개발
	⑦ 에너지·자원	• 천연자원 개발(석유, 가스, 광물)과 재생가능한 자원(삼림 포함)에 대한 환경적, 경제적, 사회적 지속가능한 개발, 환경기술분야에서 전문성 강화
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 해운산업에서 기름유출 등 긴급사태에 대한 예방 및 대응책 모색 및 SAR 등
	⑨ 국제협력	• 바렌츠 지역 협력관계 유지, 자국 제품 및 기술수출을 위한 국제협력 강화 등
	⑩ 원주민 정책	• 사회 사회 연구프로그램, 사미족 연구(언어 및 전통지식/문화 보존), 원주민에게 현대지식 이전을 통한 전통생활 영위 지원 등

○ 한-스웨덴 북극협력 주요 의제

- 아문젠해 공동연구: 극지연구소, 스웨덴 극지연구사무국(SPRS) 등 4개국 기관 참여 서남극 아문젠 해역 생태계 해양순환 변동공동연구 수행
- 유럽연합 주도 북극 전리권 관측 레이더 프로그램(EISCAT)에 한-스웨덴 연구기관이 공동 참여하여 협력 수행

○ 기타 한-스웨덴 협력가능 분야

- WMU(세계해사대학)과 북극항로 관련 협력 확대

□ 캐나다: 2016년 Arctic Policy Framework

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 신규 쇄빙연구선 건조 및 북극기지 설치(CHARS/'17년 개소) 등을 통한 북극연구 확대 등
	② 산업응용 연구	• -
	③ 사회과학연구	• -
환경보호	④ 북극 환경보호	• 해양환경 계획(Health of the Oceans Initiative)을 통한 북극 오염 대응 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• 신규투자를 통한 신규 북극 경제개발 기관 창 등
	⑥ 항로·인프라	• 북극의 준주 정부와 지역사회가 동반으로 광대역 서비스 구축 및 레저용 및 친환경 인프라에 대한 투자를 통한 북극 발전 기반 마련 등
	⑦ 에너지·자원	• 보퍼트해 심해 탐사 및 개발 등에 대한 지속적인 지원 및 에너지·광물자원 자원도 작성 추진
거버넌스	⑧ 안보·안전	• 북서항로 해안에 군사기지 설치 및 캐나다 경비대 확장 및 현대화하는 프로젝트 추진 등
	⑨ 국제협력	• 북극이사회 및 국제해사기구 등의 기구와의 과학적 협력관계 유지 및 관련 활동 확대 등
	⑩ 원주민 정책	• 국가적 자금조달을 통해 준주에 연간 25억 달러 규모의 조건 없는 자금 지원 제공 등

○ 캐나다 정부는 2009년 캐나다 북극전략(Canada's Northern Strategy: Our Health, Our Heritage, Our Future) 수립을 통해 북극지역 영유권 강화, 사회경제 개발 촉진, 환경보호 및 지역자치권 보장 등의 전략목표 제시 및 실천

○ 이어 2017년 3월 캐나다 원주민 북극 원주민

- 누나부트 북극대학교 설립을 위한 타당성 조사 실시
- 캐나다 보퍼트해 내 Anguniaqvia niqiqyuam 해역 9번째 해양보호구역 지정
- 캐나다 관할 북극해에서 향후 5년간 석유 및 가스 개발 금지 등

○ 한-캐나다 북극협의회 개최('17.11.)

- 한-캐나다 북극협의회가 양국 북극대표를 수석대표로 하여 11.8.(수) 외교부에서 처음으로 개최됨
- 과학협력, 북극 해상운송(북극항로), 수산, 관광, 북극이사회 내협력 방안 등 양국 간 북극 협력과 관련된 다양한 분야에 대해 논의

○ 향후 한-캐나다 협력가능 분야

- 북서항로 개발 가능성과 인프라 정비를 위한 공동협력
- 북극이사회 사업 추가 개발 및 추진
- 북극공해 수산자원 관리방안
- 알버타 및 북부 3개 준주 석유가스자원 개발 참여
- 북극지역 신재생에너지 도입방안
- 즉시부두시설(PPF)의 북극권 도입을 위한 공동연구
- 원주민 협력 사업 확대

□ 미국: 북극지역국가전략(2013) 및 북극연구계획(2017-2021: 2016년 발표)

구분	항목	주요 내용 정리
북극과학 연구	① 과학기술	• 장기 관측과 북극 시스템 이해 및 예측을 위한 지속적인 측정 및 효율적인 데이터 접근 제공 등
	② 산업(응용) 연구	• 의사 결정 지원을 위한 환경 정보 수집, 해석 및 응용 관련 기본계획 강화 등
	③ 사회과학연구	• 북극 주민의 건강에 영향을 미치는 요인에 대한 이해 및 복지 향상 등
환경보호	④ 북극 환경보호	• 경제개발, 환경보호, 문화적 가치 간 균형 도모를 위한 통합적인 관리 체제 수립 및 제도화 등
경제·산업	⑤ 경제정책	• 국제법에 의거하여 미국의 선박 항행 및 상공비행의 자유보장 및 합법적 상업 활동지지 등
	⑥ 항로·인프라	• 과학연구, 해양교통 인프라 구축, 지원능력의 수요에 대한 투자 확대 등
	⑦ 에너지·자원	• 모범 실무 개발 및 실행, 경험 공유를 통해 환경적으로 책임감 있는 석유, 천연가스, 재생 가능한 에너지 생산 확대 등

거버넌스	⑧ 안보·안전	<ul style="list-style-type: none"> • 해상, 항공 및 우주 관측 강화 및 국제, 공공 및 민간 부문 파트너와의 해상 관련 정보 공유 추진을 통한 수색 구조 활동 지원 등
	⑨ 국제협력	<ul style="list-style-type: none"> • 북극이사회를 통한 미국의 이해관계 강화 등
	⑩ 원주민 정책	<ul style="list-style-type: none"> • 북극환경, 알래스카 원주민 지역사회 및 북극 자원에 의존하는 기타 토속인구에 대한 피해 최소화 등

○ 북극지역정책(National Security Presidential Directive(09)을 통해 안보, 자원개발, 북서항로 포함 북극개발 청사진 제시

○ 오바마 행정부, 미래 북극 시추에 대한 규칙 제정

- 북극 지역에서의 미래 에너지 탐사를 보장하는 규칙을 세우고 해양, 연안, 인간 환경과 알래스카 원주민의 문화적 전통 보호
- 해상교통시스템위원회, 북극 인프라 구축계획 보고서 발간
- 오바마 대통령, 자국 관할권 내 대서양과 북극해 일부에서 석유 및 가스 시추 무기한 금지 조치

○ 트럼프 행정부, 미국 우선 해양에너지 전략(An America First Energy Plan) 발표로 정책 변화

- 북극과 대서양에서 발급된 5년 연한 해상 석유·가스 개발계획과 석유, 가스, 재생에너지 관련 규제들의 재검토 지시
- 오바마 전 대통령이 내린 베링해 석유개발 금지조치 해제
- 파리기후변화협약 탈퇴(17')로 미국의 북극해양정책에 변화 전망
- 연방정부의 알래스카 자원개발 규제 완화와 알래스카 North Slope 근해에서 24억 배럴 규모 새 유전 발견

○ 북극연구정책 개발 및 정책 수행 5개년 계획인 범부처 북극연구정책 위원회(IARPC) 북극연구계획(2017-2021) 발간(2016년판)

- 북극지역정책(2009)과 북극지역국가전략(2013)에 따른 지역적 및 국제적 규모의 정책 지원
- 장기 관측과 북극 시스템 이해 및 예측을 위한 지속적인 조사 및 효율적 데이터 접근 제공

- 북극 과학연구 강화 및 효율적 인프라 활용을 위한 국제 과학협력 도모
- 다만 트럼프 행정부의 에너지 개발 위주 정책으로 북극예산이 삭감될 전망

○ 한-미 양국간 북극 과학연구 파트너십 강화와 협력 확대

- 양국 쇄빙연구선(아라온, 힐리)를 활용한 북극 결빙해역 연구 탐사 활성화와 공동 관측 프로그램 개발, 통합관측 자료 및 인력 교류
- 알래스카 툰드라 지역 육상 환경변화 공동 모니터링 연구
- 양국간 극궤도 위성 공동활용을 통한 극지 관측 및 위성활용 기술 공동개발
- 극지역 운영지원 정보 공유와 응급환자 발생시 대처 협력
- 공동 관측·연구, 정보의 협력적 취득과 공유를 통하여 북극권 번영과 건강한 발전에 한국 등 비북극권 국가도 기여할 수 있도록 미국의 지속적인 관심과 지지를 희망

○ 기타 한-미 협력가능 분야

- NOAA 등과 연계한 북극이사회 사업 추가 개발 및 추진
- 북극공해 수산자원 관리방안
- 알래스카 석유가스자원 개발 참여
- 북극지역 신재생에너지 도입방안
- 즉시부두시설(PPF)의 북극권 도입을 위한 공동연구

□ 일본

○ 일본은 2015년 10월 16일 종합해양정책본부 14차 회의에서 “일본 북극정책(Japan’s Arctic Policy)” 발표

- 북극환경의 급속한 변화에 따른 관심이 고조되어 일본은 전지구 관점의 북극 관측, 북극관련 국제협력, 북극항로 활용 대비 측면에서 점진
- 주요 북극이슈로 △지구환경문제, △북극 원주민, △과학기술, △국제법의 보장과 국제협력, △북극항로, △자원개발 개발, 안전보장 등 7개 주제를 지목하고 이에 대한 해결 필요성 제시
- 이어 7대 이슈를 해결하기 위해 연구개발(R&D), 국제협력, 지속가능한 활용 등 3대 핵심분야에 대한 추진방안을 제시

- 일본문부과학성(MEXT)은 일본극지연구소(NIPR), 일본해양지구과학기술기구(JAMSTEC), 홋카이도대학을 중심으로 북극 대형융복합연구과제인 ArCS (Arctic Challenge for Sustainability)를 2015년 9월부터 2020년까지 운영
 - 본 과제는 북극 기후변화에 따른 생태계, 해빙, 빙봉 등 환경변화와 이에 따른 생태계변화 등 포괄적인 과학분야와, 지속가능개발 및 원주민 이슈, 과학기술의 북극항로 활용 지원 등 자연과학, 사회/인간과학, 산업까지 포괄적으로 다루고 있고 국제협력을 지향함.

- 일본과학기술진흥기구(JST)는 2014년 북극관련 신규 과제를 선정 및 지원
 - “지속가능성을 위한 북극 관측과 연구” (Arctic Observing and Research for Sustainability) 분야와 관련해서 기후 변화로 인한 북극 해양시스템의 회복력과 적응력 연구(RACArctic)와 시베리아 북극지역 영구동토지대의 생태계와 도시 및 촌락의 탄소 수지 연구(COPERA) 등의 사업에 대해 지원

- 기타 활동
 - 홋카이도 대학, 북극연구센터 개설 및 운영
 - 따른 물류거점 정비방침 발표
 - 북극권 국가와 공동으로 해빙예측과 안전대책 수립
 - 북극권에서 권익 확보를 위한 중·일간 경쟁
 - 북극해 항로 민관협의회 개최
 - 2014년 북극해항로의 이용 실태 발표
 - 2015년 각료회의 의결로 북극정책 수립
 - 일본 극지연구소, 북극전용 연구쇄빙선 건조 추진
 - 일본, 러시아 야말 LNG 프로젝트 투자 본격화 등

- 향후 한-일 협력방안
 - 과학협력: 우리 극지연구소와 일본 극지연구소(NIPR), 북해도대학, 일본해양연구개발기구(JAMSTEC) 등 주요 극지관련 기관 간 협력을 바탕으로 정보교류와 연구협력 수행. 태평양북극그룹(PAG)의 생물공간분포 관측 연구(DBO), 태평양 북극해 기후 생태계 관측 공동연구 프로그램(PACEO) 등 공동연구프로그램에 양국 연구기관이 함께

참여하고 있으며, 한·중·일 과학자 및 정책전문가 간 라운드테이블 개최, 북극과학 관련 대중홍보 정보교환 등 가능한 협력사안을 논의중

- 양자다자 회의 기회를 통한 협력논의 확대: 한·일·중 북극협력대화 ('16.4.; '17.6.), 아시아극지과학포럼(AFoPS), 북극과학최고 회의(ASSW) 등 극지관련 국제회의를 활용한 북극 협력사안 확대 노력
- 북해도 대학 등 주요 북극관련 연구기관과의 협력 확대
- 북극항로 이용자 그룹 협의회 결성 추진

□ 중국

- 중국은 아직 국가 차원의 북극정책을 발표하지 않음. 다만 극지문제를 국가안보적 차원으로 격상
- 지린성, 유럽을 연결하는 '신북극해 항로' 개발 추진(2017년 일대일로 정책에서 기존의 정책에서 북극항로를 활용하는 방안을 포함함)
- '2014 북극지역발전보고' 발간
- 미국과 공동으로 북극 어업관리회의 개최
- 중-캐 북극과학협력 협의회 개최
- 중-미, 제1차 북극 인문과학 포럼 개최
- 중-북유럽 북극협력세미나
- COSCO상선, 북극해 왕복 운항 추진
- 2015년 극지과학 전략연구 기금사업 공모
- SOA, 2016년도 극지 대외협력사업 공모
- 중국 수출입은행과 국가개발은행, 러시아 야말 LNG 프로젝트에 120억 달러 차관을 제공하기로 약속
- 중국 제2 쇄빙연구선 건조 개시
- 중-노 외교관계 정상화, 북극협력 추진 의사 표명
- 중국, 러시아와 전략적 에너지 동맹관계 구축: 2017년 러시아 아칸겔스크에서 개최한 제4차 국제북극포럼 기간 러-중 양자간 비공개 고위급 회담(중국 100여명 파견)

○ 향후 한-중 협력방안

- 과학협력: 우리 극지연구소와 중국 극지연구소(PRIC), 중국 극지관공실(CAA) 등 주요 극지관련 기관 간 협력을 바탕으로 연구·운영지원 협력 수행. 태평양북극그룹(PAG)의 생물 공간분포 관측 연구(DBO), 태평양 북극해 기후 생태계 관측 공동연구 프로그램(PACEO) 등 공동연구 프로그램에 양국 연구기관이 함께 참여하고 있으며, 한·중·일 과학자 및 정책전문가 간 라운드테이블 개최, 북극과학 관련 대중홍보 정보교환 등 가능한 협력 사안 논의 중
- 양자다자 회의 기회를 통한 협력논의 확대: 한·일·중 북극협력대화('16.4; '17.6.), 아시아극지과학포럼(AFoPS), 북극과학최고회의(ASSW) 등 극지관련 국제회의를 활용한 북극 협력사안 확대 노력
- 중국 주도의 CNARC(China Nordic Arctic Research Center), 우리나라 주도의 NPARC(North Pacific Arctic Research Community)와의 협력 강화를 통해 연구협력 확대
- 북극항로 이용자 그룹 협의회 결성 추진

□ 독일

- 독일은 북극이슈에 대한 이해당사자간 정보교류 및 플랫폼 역할을 할 독일북극사무소(German Arctic Office)를 2017년 1월 1일 포츠담에 개소
 - 독일북극사무소는 북극 이슈 관련 정부부처 및 국가연구소 간 북극정책 이슈를 논하고 협력할 수 있는 회의를 연 2회 개최, 북극이사회 내에서 독일의 기여를 높이기 위해 각 워킹그룹 및 전문가작업반(TF) 내 전문가 활동 지원 및 정보 공유 등의 정책활동 지원
 - 또한 정보 플랫폼으로서 독일 내 과학연구기관에 독일의 북극정책과 국제사회의 북극정책에 대한 정보 제공. 자국 내 과학계, 정계, 산업계 등에 글로벌 북극연구 커뮤니티로부터의 일관된 정보를 제공
 - 기타 북극관련 포럼 및 세미나 등의 이벤트 개최 및 네트워크 강화와 북극써클 등의 행사 참여 등 북극대표 활동
- 독일은 정부차원의 북극정책인 “Guidelines of the German Arctic policy” 을 2013년에 발표
 - 독일은 이 정책에서 석유/가스, 광물자원 개발 및 확보 노력, 및 국제

수산기구를 통한 지속가능한 수산업 참여 등의 경제적 기회 확보

- 북극 환경보호 및 지속가능성 확보 노력, 또한 북극의 생물다양성 및 해양환경보호에 기여
- 높은 안전도와 환경표준에 부합하는 해운과 북극항로 교통에 기여 및 자유롭고 안전하고 평화로운 항행 보장의 정책적 추구
- AWI 주도의 북극과학연구(기후변화, 대기, 빙하, 해양, 생물, 지질 등) 강화 국제협력 확대, 또한 이를 위한 북극해 접근의 제한 조건에 대한 개선 추진
- 북극권 국가의 환경적, 경제적, 정치적(통치권) 안보는 유럽의 안보적 이익에 영향을 주고 있으며 다자적 측면의 안정성에 영향을 주고 있음. 독일은 신뢰구축조치, 협력 및 조화, 그리고 기존 법제에 기반한 의견불일치의 해소 등 상호충돌 방지 목적의 예방 조치에 기여 추진

□ 프랑스

- 프랑스는 2013년 범부처 북극국가로드맵(National Roadmap For the Arctic)을 수립하고 7개의 주요 의제(Theme)를 선정함.
 - 북극에서 과학연구 및 대학과 협력
 - 북극에서 프랑스의 경제적 관심분야와 기회
 - 북극 해양환경보호정책
 - 북극에서 프랑스의 방위 및 안보적 관심사
 - 프랑스의 국제 포럼 참가
 - 국가 이익과 글로벌 관심사에 간 조화
- 그리고 2016년 북극에 대한 위대한 도전(The Great Challenge of the Arctic)에서 주요 과학연구 관심주제를 10개로 제시함.
 - 북극 및 글로벌 대기 변동성: 증폭, 연계, 충격 등
 - 물 순환 및 육상 빙봉
 - 변화하는 해양: 물리적 특성 및 해양생태계
 - 지구 역학과 자원
 - 기후 온난화 환경에서 동토층 다이내믹스
 - 기후 온난화 환경에서 북극 육상생태계 역학(다이내믹스)

- 기후 위기 환경에서의 북극 육상 생태계 역학(다이나믹스)
- 원주민 사회와 글로벌 변화
- 육상-해양 통합연속체계(Continuum)에서 통합프로그램 수립
- 오염: 자원, 순환과 충격
- 북극의 지속가능개발: 충격과 정책 실행, 그리고 거버넌스

□ 이태리

- 이태리는 2015년 이탈리아 북극전략(Towards an Italian Strategy for the Arctic: National Guidelines)을 발표하고 이를 2016년 5월 개정
 - 아문센 기지촌에 관측 플랫폼(Amundsen-Nobile Climate Change Tower) 운영을 비롯한 다양한 북극연구 프로그램 수행 중(국립해양지구물리연구소(OGS) Explora호의 북극연구 크루즈: OGS Explora's cruises in the Arctic Waters), 이태리 에너지회사 ENI는 노르웨이, 러시아에서 시추(Extraction) 사업 추진 중. 석유유출 대비 안전 강화 및 환경충격 완화 프로그램 운영, 기후변화 대응 원주민 커뮤니티 보호사업 수행 등
 - 정치적으로 북극권 국가의 북극지역 주권 및 통치권 인정. 북극이사회 워킹그룹, SAO, TF활동 강화, EU 내에서 북극활동 협력 등
 - 북극에서 해상 유류유출, 오염, 사고 등에 따른 충격에 대응, 온실기체 배출 대응, 생물다양성 관련 국제협약 준수, 환경변화에 따른 원주민 전통 및 경제활동(어업, 수렵 등) 보호 기여
 - 과학연구에서 북극관측시스템 확대 및 국가 간 관측활동 조율, 북극의 복잡성 및 글로벌 차원에서 북극 시스템 연구 및 관측사이트 확보(북극진동 등), 중장기 북극연구 아젠다 및 우선순위 설정
 - 이태리의 과학과 기술의 우수성을 나타내는 북극연구 프로그램에 참여
 - 양자협정을 통한 범북극 관측시스템에서 이태리의 참여
 - CNR, ENEA, INGV, OGS 등 자국 북극연구기관들의 국제 북극연구 프로그램 참여 및 국제화 선도
 - EU 주도 유럽의 북극인프라 기반 연구 및 관측프로그램(IAOOS) 참여 강화
 - 이태리 내 북극 및 남극 관련 연구 활동 간 시너지 강화-데이터 구축 및 교육협력
 - 대학, 연구소 등 자국내 북극연구 활동기관 간 협력 증진 및 강화

- 대기관측(UAVs), 해양관측(UAVs, ROVs), 위성관측(제품개발 등)에서 기술혁신 및 실험정신 강화
- 경제활동 강화: ENI의 해상 에너지 개발에서 친환경 공법 활용, 무해빙(Ice-free) 해상지역에 안전 활동, 친환경 드릴 공법 및 지역 기술자를 고용한 경험/노하우 존중, 북극 수산업에서 생태계의 지속가능한 관리에 기여 등

□ 국내 해양수산 등 관련 정책 현황

- 국내 해양수산 관련 정책을 살펴보면 물류 부문의 국가물류기본계획(2016-2025), 수산(해양) 분야에서 ‘2030 해양수산 미래비전(2015)’ 과 ‘미래신산업 발굴을 위한 해양·수산분야 기회영역별 R&D 로드맵(2016)’ 등이 발표되었음
- 국내 해양관광 분야 관련 정책은 제2차 해양관광진흥기본계획(2014), 제1차 크루즈산업육성기본계획(2016) 등이 발표됨. 해운항만분야에서는 제4차 해운산업 장기발전계획(2016-2020: 2016) 및 제3차 항만기본계획(2016) 수립
- 해양영토 관련 국가계획으로는 제3차 독도의 지속가능한 이용을 위한 기본계획(2016), 제2차 해양조사 기본계획(2016) 등이 수립되었고, 극지분야는 제1차 북극정책기본계획(2013), 제3차 남극연구활동진흥기본계획(2017~2021) 등이 수립
- 해양과학기술 분야는 해양수산 R&D중장기계획(2014-2020), 2016 해양수산 R&D 시행계획(2015) 등이 국가 계획으로 수립됨.

<표> 우리나라 해양수산 분야 국가정책

분야	정책명	수립년도
물류	국가물류기본계획(2016-2025)	2016
수산	2030 해양수산미래비전	2015
	제1차 수산업어촌기본계획	2016
해양관광	제2차 해양관광진흥기본계획	2014
	제1차 크루즈산업육성기본계획	2016
	해수욕장의 이용 및 관리에 대한 법률	2015
해운	제4차 해운산업 장기발전계획(2016-2020)	2016
항만	제3차 전국 항만기본계획 수정계획	2016
해양영토	제2차 해양조사 기본계획	2016
극지	제1차 북극정책기본계획	2013
	제3차 남극연구활동진흥기본계획(2017-2021)	2016
해양과학기술	해양수산 R&D 중장기계획(2014-2020)	2014
	제3차 과학기술기본계획	2013

□ 국가물류기본계획(2016-2025)

○ 세계 물류지형 변화에 따른 해외물류시장 진출 확대 추진 전략 내 ‘북극해 항로 상용화 추진’

- 북극항로 등 새로운 물류네트워크 개설에 대비한 대응체계 마련
- 북극해 연안국과 협력 네트워크 강화 등 북극해 항로 상업 운항 기반 강화를 위한 국적선사의 북극해 항로 이용 확대

-
- * 우리기업의 러시아 야말반도 자원(LNG, 원유) 수송시장 진출 지원
 - * 노르웨이, 덴마크, 러시아 등 북극해 연안국과 양자회의 개최 및 내빙선 승선실습, 북극해 항로 국제세미나 개최 등 협력 지속
 - * 화물·불륨 인센티브·항만시설 사용료 감면 지속
 - * 북극항로 등 극지운항기술 개발, 극지운항 인력 양성 등 추진

-
- 북극해 내륙 수로를 이용하는 복합운송을 활용해 북극해 항로와 시베리아-중앙아시아 물류시장의 연계 추진

-
- * (목적) 동서축 중심의 유라시아 물류네트워크에 남북축 보완 및 물류시장 확대
 - * 동시베리아 목재펠릿, 임산물 등 동아시아 수요가 급증하는 상품군에 대해 이르쿠츠크(Irkutsk), 스코보로디노(Skovorodino) 등 물류요충지 조사 분석
 - * 북극해와 러시아 수운을 연계한 시베리아, CIS¹⁾ 및 몽골 시장 진출 등 로드맵 마련 및 지원

-
- 북극해 항로 상용화를 위한 단계별 항로 확장로드맵 수립

-
- * (목적) 단계별 해상물류 활성화 지원정책 및 관련 비즈니스 모델 발굴 지원
 - * (단계별 항로 개설)
 - (1단계) 극동러 해운+철도, NSR(북동항로)+러시아 하운 복합운송 등
 - (2단계) NSR 전구간 상용화, NSR 셔틀 서비스 시범운송 등
 - (3~4단계) NWP(북서항로) 부분 상용화, NSR과 NWP 연계 상용화 등

□ 2030 해양수산미래비전

○ 남극 대륙에서 주도적 연구 수행

- 장보고과학기지 기반 융복합 산업 활성화 기여(로봇, 신소재, 생물자원 등)
- 제2 쇄빙연구선을 통한 극지해 본격 탐험(과학기지 지원, 연구활동 범위 확대)
- 남극 대륙 중심부에 제3 과학기지와 코리안 루트(Korean-Route) 개발

1) Commonwealth of Independent States

- 남극대륙 장보고 기지 인근에 우리 기술로 활주로 건설

○ 북극해 진출이 국가발전의 새로운 기회

- 북극연구 역량 강화를 위해 과학기지 3개소로 확대(캐나다, 러시아, 그린란드 등) 및 ‘한-러 북극해 공동연구센터’ 설립 추진 등
- 극지 대학원 설립을 통한 극지 전문인력 체계적 양성
- 첨단 기술 바탕 북극 해양자원의 지속가능한 개발 주도(제2 빙해수조 설치, KoARC 기반 산학연 공동연구 강화, 유류오염 방제 국제협력 등)
- 북극연안국이 신뢰할 수 있는 핵심파트너로 성장(교육, 정주여건 등 민간협력 기반 확대, 북극 비즈니스센터 설립, 알류산 열도 등 해양생태계 보호 협력 프로그램 추진 등)

□ 제1차 수산업어촌기본계획(2016-2020)

- 남극해 수역(CCAMLR) 내 선사-외국인 옵서버 간 유착 해소 우려를 위해 우리 어선 승선 외국인 옵서버 국적 다변화 추진(16년, 남아공, 우크라이나와 옵서버 승인협력 MOU체결)

□ 제2차 해양관광진흥기본계획(2014): 관련 내용 없음.

□ 제1차 크루즈산업육성기본계획(2016): 관련 내용 없음.

□ 제4차 해운산업장기발전계획(2016-2020)

- 북극해 항로 진출 기반 조성 및 활용확대
 - 북극해 운항인력 양성(러시아 해양대와 협력, 해양수산연수원 과정 개설)
 - 북극항로 상용화 기반 구축(북동항로 및 북서항로 개척, 자원/플랜트 수송 등)
 - 북극해 항로 운항정보센터 신설·운영
 - 내냉 기능 탑재 극지용 선용품 및 선박기자재 진출 확대
 - 북극권 국가와 협력 확대(미, 아이슬란드 등과 북극협의회 개최)

□ 제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016-2020)

○ 해양주권 확립 및 국민안전 강화

- 해양영토 관리 및 조사기능 강화: 극지연구소, 해양과기원, 국립해양조사원, 수산자원조사센터 등 각 해양수산 관련 연구기관 항만 인프라 구축

□ 제2차 해양조사기본계획(2016-2020)

○ 국제교류 증진 및 해양조사 기술협력 강화

- 북극해수로위원회(ARHC) 옵서버 진출을 통한 IHO, ARHC 회원국과 교류협력

○ 극지 수로조사 및 해도제작을 위한 근거조항 마련

- 남극활동 및 환경보호에 관한 법률에 수로측량 및 해도제작에 관한 조항 신설, 또한 이 조항에 근거해 남극활동진흥기본계획에 극지역(남·북극) 수로측량 및 해도제작 항목 신설

○ 극지 안전항해를 위한 수로조사

- 남극 제2기지(장보고) 건설 등 남극 활동 확대에 따른 국적 선박의 안전항해 지원을 위한 수로조사 및 해도(해안선, 해저지형, 해저면 탐사영상, 파노라마 영상) 등 제작: 남극수로위원회(HCA)는 회원국 간 수로조사 자료를 적극적으로 공유하고 협조하도록 권고하며, 우리나라에도 이에 참여해 줄 것을 요청(2009.10)

□ 제1차 북극정책기본계획(2013-2017)

- 우리나라 북극정책은 2013년 5월 15일 북극이사회(Arctic Council) 정식 옵서버 국가가 된 것을 계기로²⁾ 해양수산부를 중심으로 하여 관계부처 합동(외교부, 미래부, 산업부, 환경부, 기상청 등)으로 2013년 7월 25일 ‘북극 종합정책 추진계획’을 수립·발표함.

- 이어 ‘북극 종합정책 추진계획’의 후속조치로 ‘제1차 북극정책 기본계획’을 2013년 12월 10일 국무회의에 보고하여 확정함. 이 기본계획은 ‘국제협력’ 분야 8개 단위과제, ‘과학조사 및 연구’ 분야 11개 단위과제, ‘북극권 비즈니스’ 발굴·추진 10개 단위과제 및 ‘제도’ 기반 확충 2개 과제 등 총 4대 분야의 31개 단위과제를 2017년

2) 윤영미·이동현, “한국의 북극정책과 국제협력: 제약점과 과제”, 『한국 시베리아연구』, (제17권 2호, 2013), pp. 202-203.

말까지 추진하는 것이 주요 내용임.

- 현재 해수부를 중심으로 제2차 북극정책기본계획(2018-2022)을 수립 중에 있으며, 북극 지식정보의 공유와 활용 확대 파트에 “북극연구 컨소시엄의 활성화와 중장기 융복합 연구 수행” 이 세부 내용으로 포함

□ 해양수산 R&D 중장기 계획(2014~2020)

○ 극한공간 활용 및 국제협력 확대

- 극지 및 심해저 활용 촉진을 위한 기반 마련: 극한환경 플랜트 기술개발 및 북극연구지역 확대에 따른 제2쇄빙선 건조 추진
- 남북극 과학인프라 활용연구 확대 및 국제협력 다변화
- 남·북극 기지 및 쇄빙선 활용 극지환경·자원조사 확대 및 북극해 수산업 진출 지원 기술개발 추진
- 해양수산과학기지(세종, 장보고, 다산 포함) 기반 해양수산 자원개발 및 국제 공동연구 등 과학기술분야 국제협력 다변화

○ 20대 Quick-win 기술 선정 및 우선 추진

- 극한환경 융복합 플랜트·장비 기술이 20대 기술 내 포함(사전기획 연구 우선 추진 및 예정 배정 우선순위)

□ 제3차 과학기술기본계획(2013-2017)

○ 과학기술 글로벌화: 전략분야 국제공동연구 추진

- 우주, 항공, 해양(극지) 등 거대과학분야 대규모 국제공동연구 추진

Ⅲ

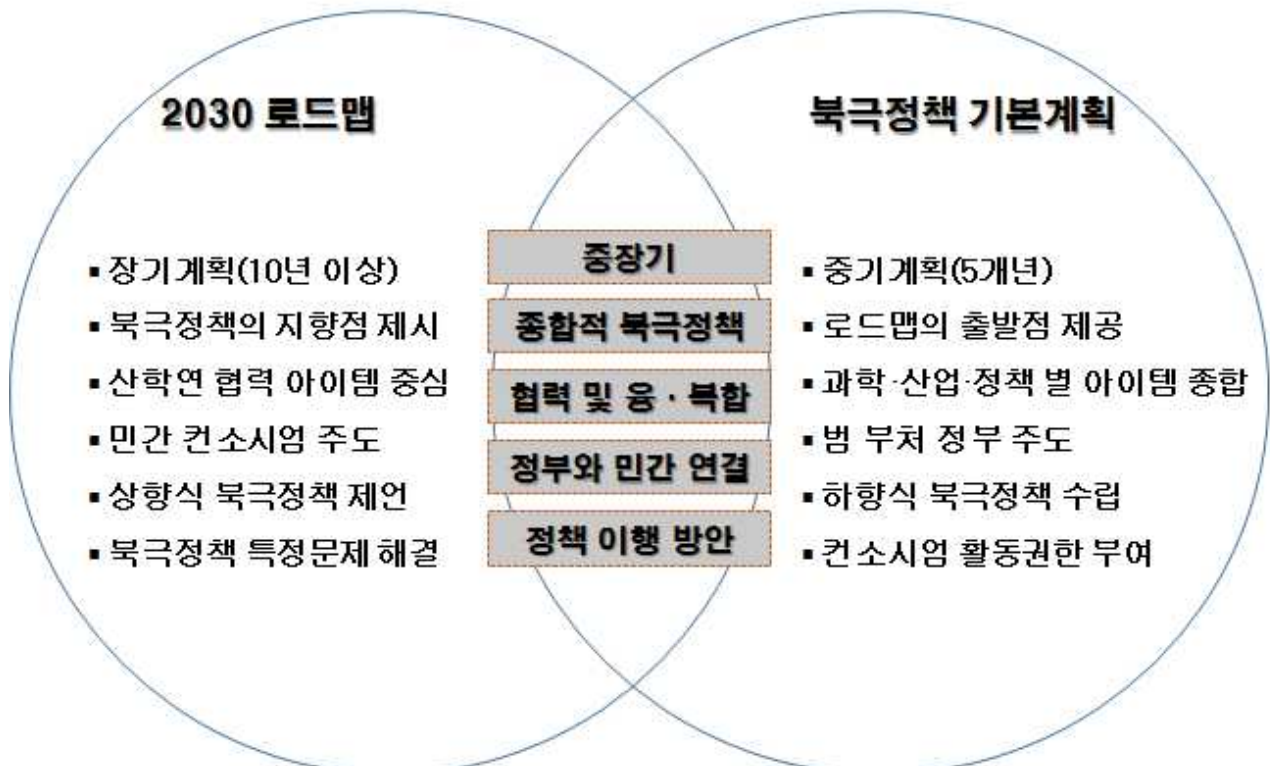
2030

중장기 로드맵

1. 연구결과 도출과정
2. 수요조사 결과
3. 15개 핵심분야 (과학/산업/정책)
4. 3대 융복합 과제
5. 북극연구컨소시엄 (KoARC)등을
활용한 국제협력 추진

- 2030 북극연구 중장기로드맵과 제2차 북극정책기본계획 간 차별성
- 2030 로드맵은 10년 이상의 장기계획을 지향하고 있으며, 제2차 기본계획은 5년 단위 중기계획을 목표로 함. 따라서 2030 로드맵은 북극기본계획 내 북극연구의 지향점을 제시하고 있고, 제2차 기본계획은 로드맵의 출발점을 제공
 - 또한 내용면에서도 2030 로드맵은 산학연 협력 아이템이 중심이고, 제2차 기본계획은 과학, 산업, 정책별 개별 아이템 중심
 - 2030 로드맵은 민간 컨소시엄 주도로 개발되는 Bottom-up 방식인 반면, 제2차 기본계획은 해수부 중심의 범부처로 수립되는 Top-down 방식임. 또한 2030 로드맵은 국가 북극정책 내 특정이슈 해결에 기여하고, 제2차 기본계획은 아젠다를 통해 컨소시엄 활동 권한을 부여

Roadmap과 북극정책기본계획 - 특성 및 관계 -



<2030 중장기 로드맵 도출 과정>



○ 본 연구에서 로드맵 도출 과정

- 먼저 중장기적 관점에서 우리나라 북극연구 방향과 주요 연구활동 등에 대한 계획 수립을 위해 KoARC 회원기관을 중심으로 하여 각계 북극전문가를 대상으로 다음의 설문지에 기반한 설문조사 실시(2017.5.~2017.7.), 설문 내용에 본 연구에서 분석한 미래 전망에 대한기본 정보를 제시하여 응답자가 연구분야 분류 및 연구 제시에 있어 편의성 제공

<설문지>

2030 북극연구 중장기 로드맵 수립을 위한 수요조사서

2017. 5. 24.

한국북극연구컨소시엄 사무국

(표지포함 7매)

수요조사서 안내문

안녕하십니까?

한국북극연구컨소시엄(KoARC) 기반으로 2030 북극연구 중장기 로드맵 수립을 준비하고 있습니다.

2030 북극연구 중장기 로드맵은 국내외 북극 동향과 국내 북극연구 역량을 고려하여 향후 중장기 관점에서 북극연구 방향과 주요 연구활동 등에 대한 계획을 수립할 예정입니다. 수립된 2030 북극연구 중장기 로드맵은 하반기에 수립될 ‘제2차 북극정책 기본계획(2018~2022)’의 세부내용으로 포함될 수 있을 것입니다.

2030 북극연구 중장기 로드맵 수립을 위하여 한국북극연구컨소시엄에 참여기관들의 의견을 수렴하기 위한 수요조사서를 수행하고자 합니다. 수요조사서는 향후 각 분과별로 유사분야간 조정 등을 통하여 2030 북극연구 중장기 로드맵의 세부내용으로 포함될 수 있을 것으로 생각합니다.

수요조사서 작성을 위하여 간략하게 북극의 중장기 변화(1. 북극의 중장기 변화)를 먼저 설명드리고 있습니다. 작성하실 수요조사서는 5쪽의 양식을 활용하여 주시기 바랍니다.

바쁘시겠지만, 국내 북극연구 활성화를 위하여 다양한 의견 부탁드립니다. 관련하여 궁금한 사항은 사무국으로 연락주시기 바랍니다.

감사합니다.

- 작성기한: 5월 31일(수) -

전 화: 032-770-8422

팩 스: 032-770-8429

담당자: KoARC사무국

<북극 중장기 변화 방향>(설문지 계속)

□ 환경 · 에너지 변화

- 기후변화: 생물다양성 감소, 생태계 변화, 지구 온난화, 온실가스, 지구 사막화, 산성비, 저탄소 녹색성장
 - 북극 기후 온난화 북극해 해빙 지속적인 감소
 - 북극관련 기후변화에 대한 관심이 국가별 정상회담 차원으로 격상
- 환경오염: 수질/토양/대기 오염, 지구환경 감시체제 구축 (글로벌 환경 모니터링 시스템)
 - 북극 해양, 육상 등 환경오염에 대한 관심 증가
 - 국가별 북극해 석유 시추관련 환경보존과 안전을 위한 규제 기준 강화
- 건강위해요인 증가: 신종 전염병 출현 및 영향력 증가 → 웰빙/감성/복지 경제, 기술변화 및 환경오염, 글로벌화, 안전 위험성 증대
 - 북극 거주민의 생활복지, 안보 등 중요성 강조
- 북극 자원탐사: 화석연료 고갈, 식량난, 수자원 부족
 - 중국, 프랑스가 함께 투자 중인 러시아 북극해 천연가스 개발사업인 ‘야말 프로젝트’ 에서 연간 1,650만톤 LNG 생산 가능(중국 29.9% 지분)
- 에너지 대체: 신재생에너지, 에너지 자립, 안정적 자원 공급이 주요 이슈
 - 에너지 자원의 고갈과 다르게 화석에너지를 대체할 신에너지원 기술 발전 가능
- 에너지산업 변화: 산업구조 개편, 수소경제, 탄소배출권 거래시장 활성화

□ 사회 · 문화

- 북극 원주민 인구 구조의 변화(저출산, 고령화, 인구증가, 인구감소, 인구이동, 수명 증가, 가족 재구성 등)
 - 북극 기온 상승 등 기후변화에 의한 북극 기후 난민 발생
- 정보 네트워크 사회, 지식사회, 유비쿼터스 사회의 발달로 북극활동 증가
 - 안전한 북극활동을 위한 기준, 인프라 및 안전협력 체계 구축

- 북극 문화 다양화: 삶의 질, 여성, 노동유연화, 개인주의(설문지 계속)
 - 북극 원주민 문화전통 보호를 위한 활동
- 북극 교육 중요성 증대
 - 북극 거주민 원거리 통신교육 등 교육을 위한 활동
- 북극 주요 지역 도시화, 공동화
 - 북극 경제활동 확대 등으로 북극 거주민의 특정지역 집중화
- 북극 원주민 웰빙과 건강문제에 대한 관심 증대(지속가능한 문화)

□ 과학 · 기술

- 온난화에 의한 북극환경 변화 원인 규명
 - 해빙감소와 해양생태계 변화
 - 북극 생태계에 의한 온실 가스 피드백
- 북극환경 변화의 효율적 탐지를 위한 인공위성 원격탐사
 - 동토지역 변동, 해빙감소, 연안 해안지형 변화
 - 북극해 해양 순환 변화 (지구온도 평형에 대한 북극해의 기여도)
- 북반구 기후 변화에 대한 북극 환경의 역할/영향
 - 한반도 이상 기후
 - 고위도권 온난화에 따른 인간 활동 양상과 지역 변동(북반구 생태계 변동)
- 북극 활용 융복합 신기술 (4차 산업기술)
 - 북극 정보통신 기술 발전, 활용 (오감형 통신기술, 소셜 네트워크지능화, 모바일화 등)
 - 북극 지능형 물류 운송/교통시스템 발전
 - 북극 안전/방재/탐사 관련 로봇기술
 - 북극 융복합 신기술 발전(인공지능 기술, 지능형 S/W 등)
- 북극 환경의 친환경 활용을 위한 관련 기술 개발
 - 북극 생물다양성, 생태계 관리 기술
 - 북극기원 생물소재 바이오 기술 (북극기반 신약 등)(설문지 계속)

- 북극 신소재 등 기술의 융복합화
- 북극해 플라스틱 오염과 유류 오염 예측과 방재 기술

□ 경제·산업

- 북극 관련 경제적 관심 고조
 - 북극 기반 에너지 자원(가스, 석유 등) 활용성 확대
 - ※ 2017년 초 러시아 ‘야말 프로젝트’ LNG 운반선 인도
- 북극 기반 서비스 산업 발달
 - 북극해 가스자원 매장지와 연계하는 해운, 물류 관련 서비스산업 확대
 - 북극 물류, 항만 인프라 개발
- 북극권 국가와 비북극권 국가간 협력과 견제
 - 북극권 국가의 자원, 물류 등 비북극권 국가의 경제 협력 확대
 - 북극권 국가와 비북극권 국가간 과학기술 활동확대
- 북극권 국가간 협력과 견제
 - 북극 환경 개발, 오염 방제를 위한 국제사회 기준 논의
 - 북극 개발과 환경보호를 위한 국가별 규제와 법률
 - 북극해 자원 개발 등을 위한 대륙붕 등 영유권 분쟁

□ 수요조사서(설문지 계속)

○ 수요조사서는 2030 북극연구 중장기 로드맵 작성을 위하여 국내에서 어떤 연구주제들이 어느 분야에서 혹은 어느 분야에 걸쳐 필요한지, 또 2030년까지 현실적인 시간 계획을 어떻게 세워야 하는지를 사전에 파악하기 위한 조사서입니다.

(향후 취합된 수요조사 내용에 따라 등에 따라 추가 수요조사 또는 워크샵을 개최하여 의견을 수렴할 수 있습니다.)

주제명	<i>주제명은 구체적이고 되도록 결과물 중심으로 정리하여 제시 (가능하면, 정량화, 목표 중심으로 차별화)</i>
필요성	<i>국내외 환경변화와 국내수준, 사회경제적 가치, 시급성, 향후 활용방안 등 고려</i> ○ ○ ○
주요 내용	<i>연구주제의 핵심내용 중심으로 되도록 상세히 설명</i> ○ ○ ○ ○
핵심 키워드	<i>연구주제의 핵심 키워드를 3~5개 정도 제시</i>
관련영역 번호	북극수산자원 2-3
작성자	<i>기관명, 작성자, 연락처(전화, 이메일)</i> 기관명: 작성자: 연락처:

□ 분류 체계(설문지 계속)

- 북극연구 분류체계는 북극연구컨소시엄의 분과를 기반으로 하여 각 분과별 의견을 반영하여 설정한 분류체계입니다.
(분류는 수요조사 결과와 분과간 협의를 반영하여 다시 수정되고 재설정될 수 있습니다.)

분과	분류	관련번호
북극과학	북극해양환경	1-1
	북극대기환경	1-2
	북극해저환경	1-3
	북극육상환경	1-4
	북극종합관측망	1-5
	북극생태계다양성	1-6
	기타	1-7
북극산업	북극해 물류	2-1
	북극 에너지자원	2-2
	북극 수산자원	2-3
	북극 인프라	2-4
	북극해 조선·플랜트	2-5
	북극해 환경 보전 및 안전·방제	2-6
	북극 신재생에너지 활용	2-7
	기타	2-8
북극정책	북극 국제기구/협정	3-1
	북극 원주민/전통/문화	3-2
	북극 거버넌스	3-3
	북극 홍보/문화	3-4
	북극 경제정책	3-5
	북극 산업인프라	3-6
	국내외 관련법·제도	3-7
	기타	3-8

(설문지 끝)

- 이 같은 설문지에 기반하여 전문가 수요조사를 실시한 72건 조사결과에 대해 분과장 협의를 통해 분과별로 5개 분야씩 선정하여 총 15개 핵심분야를 도출한 후 72건 설문결과를 핵심분야별로 재분류함. 그리고 각 15개 핵심분야에 대해 국내전문가를 지정하여 5장 내외의 로드맵을 작성함.(2017.7.~2017.9.)

<표> 15개 핵심분야

과학분과	산업분과	정책분과
1. 융복합 및 첨단기술	6. 미래 북극 물류 체계	11. 북극권 경제정책
2. 해양/대기/육상 환경 변화	7. 북극 에너지·광물자원	12. 북극 뉴비즈니스
3. 북극생태계 및 생물 다양성	8. 북극항로 화물 수송 선박	13. 북극 인프라
4. 고기후 및 미래예측	9. 북극해 해양플랜트	14. 북극 인문사회
5. 북극미래자원	10. 북극안전·방제	15. 북극 거버넌스

- 그리고, 이 15개 핵심분야에 대해 분과장회의 및 확대전문가 회의를 통해 3개 분과가 각각 주도하면서 다른 분과와의 협력이 필요한 3대 융복합 주제 도출 및 각 15장 내외의 로드맵을 공동으로 작성(2017.9.~2017.11.)

: 과학분과 주도 주제: 북극 환경변화 위기 대응

: 산업분과 주도 주제: 북극 자원 최적 운송시스템 개발

: 정책분과 주도 주제: 북극권 4차 산업혁명 적용과 기회

2

수요조사 결과

□ 수요조사서

- 2030 북극연구 중장기 로드맵 작성을 위하여 국내에서 어떤 연구주제들이 어느 분야에서 혹은 어느 분야에 걸쳐 필요한지, 또 2030년까지 현실적인 시간 계획을 어떻게 세워야 하는지를 사전에 파악하기 위한 조사서

□ 분류 체계

- 북극연구 분류체계는 북극연구컨소시엄의 분과를 기반으로 하여 각 분과별 의견을 반영하여 설정
- 수요조사 결과와 분과간 협의를 반영하여 수정 및 재설정

분과	분류	관련번호
북극과학	북극해양환경	1-1
	북극대기환경	1-2
	북극해저환경	1-3
	북극육상환경	1-4
	북극종합관측망	1-5
	북극생태계다양성	1-6
	기타	1-7
북극산업	북극해 물류	2-1
	북극 에너지자원	2-2
	북극 수산자원	2-3
	북극 인프라	2-4
	북극해 조선·플랜트	2-5
	북극해 환경 보전 및 안전·방제	2-6
	북극 신재생에너지 활용	2-7
	기타	2-8
북극정책	북극 국제기구/협정	3-1
	북극 원주민/전통/문화	3-2
	북극 거버넌스	3-3
	북극 홍보/문화	3-4
	북극 경제정책	3-5
	북극 산업인프라	3-6
	국내외 관련법·제도	3-7
	기타	3-8

□ 수요조사서 목록

번호	주제명	핵심어	제출
		관련 분야	
1	위성기반의 극지 기후변화 감시	위성관측, 기후변화, 북극해빙, 북극항로	기상 위성 센터
		북극해양환경, 북극대기환경, 북극종합관측망	
2	활발한 북극활동 시대의 안전항행을 위한 기상/해양 예측모델링 시스템 구축	지구온난화, 기후변화, 기상예측, 해양현상, 생태계 변화	환경 과학 기술
		북극해양환경, 북극대기환경, 북극종합관측망	
3	제 3기 이후 북극해 중앙해역 및 대륙붕해역 빙하역사 복원: IODP 시추참여 및 시추제안서 공동제출	북극해 중앙 결빙해역, 전 지구적 기후변화 복원, 빙하역사, 국제공동해저시추프로그램	KOPRI
		북극해저환경	
4	북극 육상 생태계 및 대기경계층 모니터링 및 모델링 기술 개발	북극 육상생태계, 북극 토지 이용 및 피복 변화, 북극 육상생태계 감시 및 예측, 북극 육상생태계 모델링, 북극 생태계-일기-기후 상호작용	연세대
		북극대기환경, 북극육상환경, 북극종합관측망	
5	극지 환경 및 기후 변화 예측 불확실성 정량화를 위한 모델-관측-자료동화 결합 연구	극지 기후예측 불확실성 정량화, 고해상도 극지 모델, 모델-관측-자료동화 결합	연세대
		북극대기환경	
6	북극 지표 대기감시기체 모니터링을 위한 다산기지 판도라 분광광도계 설치	북극 대기 환경, 오존층 감시, 지상 관측망, 판도라 분광계	연세대
		북극대기환경, 북극종합관측망	
7	북극권 장거리 이동 에어로졸 규명 및 기후변화 연구	에어로졸, 장거리 이동, 기후변화	GIST
		북극대기환경	
8	북극권 위성감시체계 구축	인공위성 원격탐사, 북극권 환경변화 감시 관측, 북극항로 개발	KOPRI
		북극해양환경, 북극해양환경, 북극육상환경, 북극종합관측망	
9	북극 해수면/해빙 변화 탐지용 GPS 반사파 측정 모듈 개발 연구	GPS 반사파, RF모듈, 해수면, 해빙, 원격탐사	지오 룩스
		북극해양환경, 북극종합관측망	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
10	북극 지능정보 융복합 환경변화 연구 (기후·환경·IoT·예측/생태계, 미생물 등)	동토층, 환경변화, 지능정보 융복합, 모니터링 및 유용물질 활용 기술, 생태계, 미래 예측	KOPRI
		북극해양환경, 북극종합관측망, 북극 생태계다양성, 북극 인프라, 북극 국제기구/협정	
11	유기분자생체지표 분석기법을 활용한 현재와 과거 해빙 및 수온 복원	해빙 변화 복원, 수온 변화 복원, 홀로세, 유기분자생체지표	KOPRI
		기타	
12	북극 미생물 기반 저분자 의약품 및 전구물질 개발	예방형 의약품, 의약품, 전구물질, 북극 미생물	KOPRI
		북극해양환경, 북극해저환경, 북극육상환경, 북극생태계다양성	
13	기후변화에 따른 북극권 육상 지역의 지질, 생태 변화 양상 규명	육상연구, 동토층, 지질, 생태, 환경변화	KOPRI
		북극육상환경, 북극생태계다양성, 북극 홍보/문화	
14	북극해 해저자원환경 탐사	북극해, 해저자원, 대륙붕 탐사, 해저 지질환경, 자원가능성 평가	KOPRI
		북극해저환경, 북극 에너지자원, 북극 신재생에너지 활용	
15	북극 온난화에 따른 북극해 해저환경 변동성 연구	북극해, 영구동토층, 가스하이드레이트, 해리, 메탄방출, 해저사태	KOPRI
		북극해저환경, 북극 에너지자원	
16	서북극 급속 용빙해역의 해빙-해양-생태계 상호작용 이해와 미래 북극해 환경변화 전망 연구	서북극해, 급속 용빙해역, 해양-해빙-생태계 상호작용, 환경변화 미래 전망	KOPRI
		북극해양환경, 북극종합관측망	
17	북극해 해양생물다양성 변화 모니터링 기반 구축	연안, 조간대, 동토, 서식지, 기능, 생물다양성, 변화요인, 모니터링, 거점	MABIK
		북극생태계다양성, 북극종합관측망	
18	북극권 및 툰드라지역 서식 이동성 조류의 보전·관리기술 개발	이동성 조류, 북극권, 유전자 마커, ESU, ICT	MABIK
		북극생태계다양성	
19	북극권 해양생물 유전자원 확보 및 활용기술 개발	북극권, 유전자정보, 원천소재, 바이오믹스	MABIK
		북극생태계다양성, 북극종합관측망	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
20	북극환경 내 제조나노물질의 거동 및 생물 영향 연구	제조나노물질, 미세나노플라스틱, 동결농축, 위해성 북극해 환경 보전 및 안전·방제	KOPRI
21	북극 항로 최적 표준 쇄빙 화물선 선형 및 추진 시스템 개발	북극 항로, 자원의 수급, 친환경 쇄빙 화물선, 표준 계열 선형, 추진 시스템 북극해 조선·플랜트, 북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극해 해양환경, 북극 거버넌스, 북극 경제정책, 북극 산업인프라	KRISO
22	북극해 유빙 감시 및 빙상 관리 기술 개발	해양플랜트, 안전성, 작업 효율, 유빙, 모니터링, 빙상 관리 기술 북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극해양환경, 북극 산업인프라	KRISO
23	극지용 해양플랜트 설계 및 엔지니어링 기술 자립화	해양플랜트, 운동·계류·위치유지, 구조 안전성, 엔지니어링, 시제품 설계안, 위험도 관리, 시제품 설계안 북극해 조선·플랜트, 북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극해양환경, 북극해저환경, 북극 거버넌스, 북극 경제정책, 북극 산업인프라	KRISO
24	북극 항로 운항 선단의 최적 운항 지원 시스템 개발	선단, 에너지 수급, 최적 운항, 쇄빙선, 화물선, 상호 작용, 관제 북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극 산업인프라	KRISO
25	북극해 해양 유류 오염 방제 기술 개발	유류 오염, 방제, 누출 유류 회수 및 처리 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극해 조선·플랜트, 북극해양환경, 북극생태계다양성	KRISO
26	극지 운항 선박의 빙상 하역을 위한 해빙의 내하중 평가기술 개발	해빙 내하중, 안전유효면적, 선박하역기술 북극해 물류, 북극 인프라, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 산업인프라	KRISO

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
27	극지 해양플랜트 기자재 시험평가 기법 및 인증 체계 개발	극지 해양플랜트 기자재, 내구성/신뢰성 시험평가, 성능 평가, 안전도 평가, 인증 체계	KRISO
		북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극 국제기구/협정, 국내외 관련법·제도	
28	극지용 기자재 방한(Winterization) 기술 개발	방한(Winterization), 결빙 방지(Anti-icing), 해빙(De-icing), 극저온 설계	KRISO
		북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 국제기구/협정, 국내외 관련법·제도	
29	극지 환경에서의 재료변형 불확실성을 고려한 플랜트 기자재 설계	불확실성기반 설계, 극지 기자재, 소재 시험, 극지환경 시험설비	KRISO
		북극 에너지자원, 북극해 조선·플랜트, 북극 신재생에너지 활용	
30	유빙과의 충돌 피해 방지를 위한 적외선 모니터링 시스템 개발	유빙, 적외선신호, 레이저거리측정	동의대
		북극해 조선·플랜트, 북극해 환경 보전 및 안전·방제	
31	북극 해양유류오염 방제 대응 프로그램	유류오염 방제, 유류확산 방지, 방제대응메뉴얼	해양 환경 관리 공단
		북극해 환경 보전 및 안전·방제	
32	북극해 수송인프라 현황 및 우리나라의 투자 타당성 검토	북극해항로, 수송인프라, 사업 타당성 검토	영산대
		북극해 물류, 북극에너지자원, 북극 인프라, 북극 산업인프라	
33	북극 관련 비즈니스 현황 파악 및 우리나라의 참여방안 수립	북극 비즈니스, 북극해 이해관계자, 북극 연계 진출 모델 수립	영산대
		북극해 물류, 북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극 산업인프라	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
34	북극물류시스템 분석 및 미래 북극물류시스템 예측	북극물류시스템, 북극 운송 화물 분석, 우리나라의 진출방안	영산대
		북극해 물류, 북극에너지자원, 북극 인프라	
35	미래 북극해 운항 최적의 선박설계 위한 수송시스템 연구	북극해 운항 여건, 미래 북극해 화물운송 수요, 북극해 운항 최적의 선박	영산대
		북극해 물류, 북극해 조선·플랜트	
36	미래 북극해항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립	미래의 북극비즈니스 환경, 유망 비즈니스 발굴, 업체 진출방안	영산대
		북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 수산자원, 북극해양환경	
37	북극해 자원개발 프로젝트 참여 및 자원수송 방안	미래 북극해 자원개발, 자원운송 참여, 우리 업체 참여방안	영산대
		북극 에너지자원, 북극해 물류	
38	북극해 공해 직접 및 공동 수산 자원조사	수산자원조사, 난자치어조사, 시험어업조사	국립 수산 과학원
		북극수산자원	
39	신종 전염병 감염대응 예방·치료를 위한 스마트 솔루션 개발	전염병, 바이러스, 면역증진, 백신	한의학 연구원
		기타	
40	러시아 북극권 사회 인프라 및 소수 민족문화 종합연구	러시아 북극권 주민, 러시아 북극권 소수민족, 러시아 북극권 인적 자원	한국 외대
		북극 원주민/전통/문화, 북극 거버넌스, 북극 경제정책	
41	러시아 북극항로 주요 항구의 환경과 인프라 연구	러시아 북극권 항구, 시베리아 내륙 수운, 러시아 북극권 지하자원	한국 외대
		북극산업 인프라, 북극해 물류, 북극해 조선·플랜트	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
42	러시아 소수민족 민간신앙 및 전통 문화 분석	러시아 북극권 소수민족, 민간신앙, 전통 문화	한국 외대
		북극 원주민/전통/문화, 북극 홍보/문화, 북극 경제정책	
43	북극이사회의 정회원국과 영구 옵서버 국의 대 북극정책	북극정책, 과학정책, 기후정책, 산업정책, 정책비교	배재대
		북극 국제기구/협정, 국내외 관련법·제도	
44	북극주민의 사회현상	북극 디아스포라, 원주민, 이주민, 인구변동, 아노미	배재대
		북극 원주민/전통/문화, 기타	
45	북극지지(地誌)	북극해, 북극권, 북극의 인문학, 북극의 사회학, 북극의 자연과 환경	배재대
		북극해양환경, 북극육상환경, 북극 원주민/전통/문화, 기타	
46	북극권 수색구조(Search and Rescue SAR) 국제협력의 한국의 참여방안	해양 가용성, 해난사고, 항해, 수색구조, 국제협력	배재대
		북극해양환경, 북극육상환경, 북극 국제기구/협정, 국내외 관련법·제도	
47	북극권 생태환경과 환경보전을 위한 북극투어 개발방안 연구	북극생태, 북극문화, 북극권 관광, 관광인프라, 환경보전	배재대
		기타	
48	극지환경 변화에 인식 제고 및 대비를 위한 대국민 홍보	홍보, 인재 양성, 인식제고 및 대비	극지 연구 진흥회
		북극 홍보/문화	
49	북극권 국가의 자원, 물류 등 비북극권 국가의 경제 협력 전략과 방안	자원, 물류, 현황과 수요 파악, 경제상호협력	사)유라 시아 경제협력 네트워크
		산업분과, 정책분과 전체	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
50	북극항로 이용 대비 규제화 연구 - 해양환경 보호 및 안전을 중심으로	북극해, 북극항로, 환경보호, 안전, 규제화, 거버넌스	KMI
		북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 국제기구/협정, 북극 거버넌스, 국내외 관련법·제도	
51	러시아 LNG 프로젝트에 대한 한국의 참여방안	LNG, 북극해, 인프라, 한러협력	KMI
		북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극해 조선·플랜트	
52	국가별 쇄빙선 건조 동향 및 활용에 관한 연구	북극항로, 북극해, 쇄빙선, 쇄빙연구선, 남극과학, 북극과학	KMI
		북극해양환경, 북극 인프라, 북극해 조선·플랜트, 북극 산업인프라	
53	북극이사회 거버넌스 변화방향과 한계 연구	북극이사회, 국제기구, 거버넌스	KMI
		북극 국제기구/협정, 북극 거버넌스	
54	북극권 역사 문화 연구	북극 역사, 북극 문화, 북극 원주민	KMI
		북극 원주민/전통/문화	
55	중국의 일대일로와 북극항로 연결 가능성과 그 의미 검토	일대일로, 북극항로, 북동항로, 중러 협력	KMI
		북극해 물류, 북극해 조선·플랜트, 북극 거버넌스	
56	북극해 연안 5개국과 한중일의 에너지 안보 전략 비교연구	에너지 자원, 북극해 자원, 에너지 안보	KMI
		북극 에너지자원, 북극 경제정책	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
57	북극해의 '연결성' 연구	에너지 자원, 북극해 자원, 에너지 안보	KMI
		북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 경제정책	
58	과학기술 발전이 북극해 기후변화 대응에 미치는 영향 분석	기후변화, 과학기술, 북극해 해빙	KMI
		북극해양환경, 북극종합관측망, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 산업인프라	
59	북극항로 연계 항만 인프라 현대화 연구	북극항로, 북극해, 북극해 항만	KMI
		북극해 물류, 북극 에너지자원, 북극 인프라, 북극 산업인프라	
60	러시아 내륙수운연계 북극항로 이용 가능성 연구	북극항로, 북극해, 러시아 내륙수운, 신규 물류루트	KMI
		북극해 물류, 북극 인프라	
61	북극항로 이용관련 동북아 물류 및 화주기업의 상업적 관심수요 조사	북극항로, 물류기업, 화주기업, 수요조사, 이용가능 품목	KMI
		북극해 물류, 북극 인프라	
62	4차 산업혁명 연계 북극항로 운영방안 연구	북극해, 북극항로, 물류, 4차 산업과 물류	KMI
		북극해 물류, 북극 인프라, 북극 산업인프라	
63	북극해 운항 쇄빙선의 운영, 투자현황 및 법적 제약에 대한 연구	쇄빙선, 요율(tariff)	KMI
		북극해 조선·플랜트, 국내외 관련법·제도	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
64	북극해 통과항로의 수송수요 전망에 대한 연구	수송수요, 자원개발, 통과항로	KMI
		북극 에너지자원, 북극 경제정책	
65	북극 중앙해 조업을 위한 타당성 조사	신어장 개척, 시험어업조사, 북극해 거버넌스	KMI
		북극수산자원	
66	북극해 주요 어종의 경제성 분석	수산자원조사, 북극해 어장	KMI
		북극수산자원	
67	북극권 존재 바이러스 분포 현황과 병원성 바이러스 이동경로 규명 연구 (포괄적 북극권 바이러스 연구)	북극, 바이러스, 인수공통감염, 병원성, 인플루엔자, 미생물, 고(古)바이러스	대한 극지 의학회
		북극해양환경, 북극육상환경, 북극종합관측망, 북극생태계다양성	
68	기후변화와 북극정책 확대 대비 재난위험관리연구: 기후변화로 유발된 극한 기후현상에 대한 북극항로 운항 선박 중심의 적응 연구	기후변화적응, 북극항로, 재난위험관리, 국제협력, 민관협력	대한 극지 의학회
		북극 인프라, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 국제기구/협정, 북극 거버넌스	
69	북극활동과 건강: 북극권 건강유해 인자 탐색과 북극항로 건강기상예보 연구	북극항로, 원주민, 건강유해인자, 환경요소, 건강기상예보	대한 극지 의학회
		북극 인프라, 북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 원주민/전통/문화, 북극 거버넌스	
70	X-이벤트로 인한 북극정책환경 변화가능성 연구: 고(古)바이러스 및 북극 바이러스의 출현과 확산정도에 따른 북극활동 대안미래 시나리오 수립	북극, 바이러스, 재난관리, X-이벤트, 대안미래, 미래예측, 시나리오	대한 극지 의학회
		북극해 환경 보전 및 안전·방제, 북극 거버넌스	
71	북극 스발바르 군도 에너지·광물자원 융복합 탐사 및 기술개발	스발바르, 탄성파, 석유·가스, 인공위성-UAV, 융복합 탐사	지자연
		북극에너지자원	

번호	주제명	핵심어	주체
		관련 분야	
72	급격한 북극 해빙에 기인한 메탄 방출에 의한 물질 순환 및 지오해저드 가능성 연구	메탄, 물질 순환, 탄소 순환, 지오해저드	지자연
		북극해양환경, 북극해저환경	

과학분야	산업분야	정책분야
<p>1. 융복합 및 첨단기술</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극권 위성 감시체계 구축(통합) • 극지 해빙관측 위성 개발/운영을 통한 극지빙권 정보화 • 지능정보 융복합 기술을 활용한 환경변화 모니터링 • 극지 4차산업 실현을 위한 극지 통신인프라 개발/구축 • 극지 무인관측 및 항법 기술 개발 	<p>6. 미래 복극 물류 체계</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극 항로 활용 운송 서비스 요구 학주 및 화물 운송수요분석 • 복극 자원 운송 체계 연구 • 운송 수요에 대응하는 최적 운송 체계 개발 • 복극 물류 지원 인프라 건설에 따른 미래 복극 물류체계 변화연구 • 4차 산업혁명에 적용 가능한 복극 항로 물류 인프라 조사 • 미래 복극에 항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립 	<p>11. 복극권 경제정책</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극권이 북극경제정책 비교분석 • 우리나라의 복극권 경제협력 추진방안 • 비복극권 국가의 복극진출 노력과 전망 • 복극권 소관역별 경제개발정책
<p>2. 해양/대기/육상 환경변화</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해수면/해빙 변화 탐지 • 복극 육상 생태계 및 대기경계층 모니터링 • 복극 지표 대기감시기계 모니터링 • 오존층지역 해빙-해양-생태계 상호작용 이해 • 복극권 개발에 따른 오염물질 이동 및 영향 	<p>7. 복극 에너지-광물 자원</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극권 에너지-광물 자원 매장량 평가 및 탐사 요소 기술 개발 • 복극권 에너지 자원(석유, 가스) 생산 기술 개발 • 복극에 자원 개발 프로젝트 참여 및 수송 방안(전연가스 배관, 이동성 확보 기술 개발 포함) • 복극자원 활용 동북아 에너지 허브 구축을 위한 정책방안연구 • 복극권 에너지 자원(석유, 가스) 회수 증진 기술 개발 	<p>12. 복극 뉴비즈니스</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극에 수산업 현행조사 및 종합분석 • 복극권 관광산업의 미래전망 • 복극권 경제활동 기반으로서의 통신산업 전망 • 복극권 바이오산업 전망 • 복극권 즉시부두시설(PPF, Prompt Port Facility) 시장분석과 진출방안 • 극동러시아 복극권과의 자원협력 추진방안
<p>3. 복극생태계 및 생물다양성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동토층 지질 생태 변화 • 복극해 해양생물다양성 변화 모니터링 • 이동성 조류의 보전·관리 기술 • 복극 해빙 생태계 변화와 탄소순환 	<p>8. 복극 항로 화물 수송 선박</p> <ul style="list-style-type: none"> • 운항 해역 항로 화물의 종류를 고려한 한국형 표준 극지 운항 선박 개발 • 빙성능 평가 기법 개발 및 성능 평가 정보 향상(빙성능평가용 대형 인프라인 빙해수조 성능 개선 포함) • 복극항로 화물 수송 선박 용 기지재 방안 설계 및 방안 성능 평가 기술 개발(빙안 성능 표준화 및 인증 체계 구축 포함) • 극지 해빙의 내야충(빙기)기술개발및인프라로서의 활용방안연구 • 복극항로 최적 운항 지원 시스템 고도화 	<p>13. 복극 인프라</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극권 항만인프라 정밀조사 연구 • 국가별 해상선 건조 동향 및 활용에 관한 연구 • 공항/철도/내륙수운/도로 등 운송수단별 물류인프라 현황조사 • 복극진출을 위한 인력양성 및 교육기반 강화방안 • 산업연 복극정보제공을 위한 종합시스템 구축
<p>4. 고기후 및 미래예측</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극해 진화 및 빙하 해빙 역사 복원 • 복극권 장거리 이동 에어로졸 규명 • 극지 환경 및 기후 변화 예측 모델 관측 결합연구 	<p>9. 복극해 해양플랜트</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극해 운용에 최적화된 부유식 해양플랜트 설계 기술 개발 • 복극해 운용 고정식 해양플랜트 설계 기술 개발 • 복극 해양플랜트 기지재 설계, 시험 평가 및 인증기술 개발(빙안 성능 시험해석평가 인프라 확충 포함) • 복극해 해양 플랜트 Ice management 기초 및 응용기술개발 	<p>14. 복극 인문사회</p> <ul style="list-style-type: none"> • 러시아 복극권 사회 인프라 및 소수 민족문화 종합연구 • 복극권 원주민그들의 법적 지위 및 권한에 대한 연구 • 복극권 역사 문화 연구 • 우리나라와 복극 문화생태권과의 연계성 규명연구
<p>5. 복극미래지원</p> <ul style="list-style-type: none"> • 급격한 복극해 변화에 따른 해저환경 변동과 지질 재해 • 복극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구 물질 개발 • 신종 전염병 감염대응 전략 	<p>10. 복극 안전·방재</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극해 유류 및 위험 유해 물질 유출 방제 및 대응 기술 연구 • 복극해 표류 선박 및 실종자 수색 구조 기술 연구 • 복극해 해빙 두께 및 진척도 모니터링 기술 연구 • 복극해 해양환경에서 유빙의 적외선 신호 해석 연구 • 복극해 위험 유빙 탐지 및 경보시스템 연구 	<p>15. 복극 거버넌스</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복극이사회 등 복극 거버넌스 변화방향 연구 • 복극이사회 관련협정 참가방안 • 복극항로 이용 대비 규제화 연구 • 복극권 수산업 규제동향과 대응 • 극지환경 변화 인식 제고 및 대비를 위한 대국민 홍보 • 극지신도국 도약을 위한 중앙기 국내 법제도 기반 개선방안

1. 융복합·첨단기술

○ 개념

- 북극권은 해빙감소에 따라 활용 가능성이 늘어나고 있으며, 각국의 첨단 기술 경쟁하는 4차산업 혁명기술의 현장이 될 것임. 한국 주도의 능동적 대응을 위해 광역감시가 가능한 위성개발과 운용 및 무인기 활동과 함께 4차 산업의 핵심인 정보통신의 집약적 지식이 포함된 융복합/첨단기술 개발로 한국 주도의 북극권 정보망 구축

○ 필요성

- 북극이사회 영구 옵서버 진출(2013.5.)과 함께 북극권 기후변화 연구, 북극항로 개척 등 과학·경제·사회적 다양한 분야에서 북극해 빙권정보 수요 급증
- 해빙감소에 따른 북극권 변화에 가장 효과적으로 대처할 수 있는 한국 주도의 북극해 위성감시 체계 구축 필요
- 북극항로 활용에 절대적인 해빙관측 위성 개발 및 관련된 기술 개발 필요
- 대용량의 광역관측 정보처리 및 활용 등 4차 산업대응을 위한 극지 통신 인프라 및 지능정보 활용 필요
- 극지 정밀 정보의 안전한 획득을 위한 무인항공기 드론 및 무인 항법장치 개발 필요

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 위성 감시 및 자료 분석기술 보유 · 한국자체 위성 개발 경험 확보 · 한국은 ICT 강국임 	<ul style="list-style-type: none"> · 선진국의 위성 자료에 의존하고 있음 · 북극 관측 한국 위성 없음 · 북극해 ICT 활용에 대한 관심 부족
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 위성감시에 대한 관심 증폭 · 한국형 위성 개발에 대한 국제적 기대 · 북극해 정보화를 위한 국제적 관심증대 	<ul style="list-style-type: none"> · 선진국들의 연합체제 구축시작 · 일본등 비북극권의 적극적인 위성개발 · 북극해 ICT 활용에 대한 의식 부족

○ 핵심연구 내용

- 한국 주도의 북극해 위성감시 체계 구축
- 북극항로 개발 등 극지 해빙관측 위성 개발/운용을 통한 극지빙권 정보화
- 극궤도 위성수신 국제 허브 위성수신 시스템 구축
- 지능 정보 융복합 환경변화 연구(기후/환경/예측/생태계 통합 IoT)
- 4차 산업혁명 기술 대응을 위한 극지 통신 인프라 및 지능정보
- 무인항공기/드론 및 무인 항법장치 개발

○ 국내 연구 현황

- 북극해 위성감시 체계 구축을 위한 위성 자료 처리기술 연구 수행 (2017-2021: 선진국 대비 30% 수준)
- 극지 빙권 정보 획득을 위한 위성 개발 사례 없음/극지연구소에서 항공우주연구원의 아리랑위성 극지 활용하기 위한 연구 개발 중(2017-2021: 선진국 대비 10%)
- 극궤도 위성수신 국제 허브 위성수신 시스템 구축 사례 없음
- 극지 대기 및 동토 변화 관측을 위한 관측거점 개발 중
- 아라온호 인터넷 시스템을 이용한 통신 인프라 구축 (아라온호 운용)
- 해빙 정밀 탐사를 위한 무인항공기/드론 운용 (2017-2021: 선진국 대비 70%)
- 극지 활용 무인 항법장치 개발을 위한 기초 연구 수행 (극지연 PAP: 2017-2019: 선진국 대비 60%)

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	(○)	(○)	(○)	()	
2030	(○)	(○)	(○)	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 위성 보유국과의 국제 네트워크 구성을 통한 위성감시 체계 구축 - 한국형 극지 빙권 관측용 레이더 고도계 위성 개발/운용 - 국제 위성 수신 허브 구축 - 북극권 환경변화 감시를 위한 융복합 지능정보망 구축 - 융복합 지능 정보망 운용을 위한 통신 인프라 구축 - 지능정보망을 위한 무인항공기/드론 개발
2030	<ul style="list-style-type: none"> - 한국형 극지 빙권 관측용 레이더 고도계 위성 운용을 통한 위성 네트워크의 선도 역할 및 위성군단 관측 실시 - 극지 관측 위성정보 중계 센터 운용 - 쇄빙선, 위성, 지상관측망의 융복합 지능 정보망 운용 - 무인 항법 개선을 통한 무인기 선단 관측 정보망 운용

○ 세부 내용

- 현재 미국과 유럽연합에서 운용중인 ICESat 과 CryoSat을 제외한 위성은 해빙의 두께 측정이 불가하기 때문에 해빙 두께 측정은 국제적으로 요구되는 관측내용임.
- 국제적 수요와 한국주도의 연구가 가능하도록, 해빙 두께 측정이 가능한 “레이더 고도계” 를 탑재한 한국형 극지 빙권 관측 위성 개발
- 북극권 위성 관측망에 실시간 빙권정보 확보/사용을 위한 운용시스템 개발: 극궤도 레이저 고도계 위성 정보 수신 및 배포 시스템 개발
- 온난화에 의한 북극권 연안 지역의 변화를 종단 관측할 수 있는 관측망 구축: 북극과 중위도권 환경변화의 유기적 상관관계 평가에 필수적 관측망
- 북극해와 함께 넓은 범위의 아북극권 환경 변화 감시를 위한 극지역 무인 항법 기술 개선과 이 기술이 반영된 무인 항공기 개발/운용

○ 단계별 로드맵

세부내용	2018	2022	2025	2030
한국 주도의 북극해 위성감시 체계 구축	위성 보유국과의 국제 네트워크 구성 위성감시 체계 구축 운용			한국형 극지 빙권 관측용 레이더 고도계 위성 운용 위성군단 관측 실시
북극항로 개발 등 극지 해빙관측 위성 개발/운용을 통한 극지빙권 정보화	레이더 고도계 설계 위성 개발 운용			
극궤도 위성수신 국제 허브 위성 수신 시스템 구축	국제 위성 수신 허브 구축 운용			국제 위성정보 중계 센터 확대 및 운용
지능 정보 융복합 환경변화 연구 (기후/환경/예측/생태계 통합 IOT)	북극권 감시거점 선정 융복합 지능정보망 구축 운용			쇄빙선, 위성, 지상관측망의 융복합 지능 정보망 운용
4차 산업대응을 위한 극지 통신 인프라 및 지능정보	통신 인프라 설계 구축 운용			
무인 항공기/드론 및 무인 항법장치 개발	무인항공기/드론, 무인항법 개발 운용			무인 항법 개선을 통한 무인기 선단 관측 정보망 운용

○ 협력 추진 전략

세부내용	2025	2030
한국 주도의 북극해 위성감시 체계 구축	미국, 유럽연합, 캐나다, 독일, 일본과 위성 공동 활용 네트워크 확대/구축	고도계 위성 보유국과 위성군단 관측을 위한 공동 네트워크 구성 수신 허브 확대를 위한 극지인접국 확대 협력
북극항로 개발 등 극지 해빙관측 위성 개발/운용을 통한 극지빙권 정보화	레이더 고도계 보유국(미국, 유럽연합)과 항공우주연구원 그리고 극지연구소간 협업 체계 구축	
극궤도 위성수신 국제 허브 위성 수신 시스템 구축	극궤도 자료 수신 가능한 위성보유국과 네트워크구축, 위성수신 허브 설치장소 승인을 위해 미국, 유럽 협력	국내외 산학연 협력 체계 구축 활용
지능 정보 융복합 환경 변화 연구(기후/환경/예측/생태계 통합 IOT)	북극권 감시(대기/육상)거점 선정을 위한 북극 연안국 협력	
4차 산업대응을 위한 극지 통신 인프라 및 지능정보	국내 관련분야 산학연 협력 체계 유지	
무인 항공기/드론 및 무인 항법장치 개발		

○ 활용방안과 기대효과

- 실시간 극지방권정보 확보를 통한 한국주도의 북극권 개발/활용
- 북극항로 정보 및 북극권 정세 변동 실시간 파악
- 북극항로 이용 선박에 필수적으로 탑재해야하는 시스템 개발 가능하며, 이를 통한 경제적 수익 창출 가능
- 국제적 협상에 우위를 가질 수 있으며, 북극권 활용을 원하는 모든 국가와의 경제적 협력을 주도 할 수 있음.
- 북극권 원주민에게 해빙 감소에 따른 환경 변화 정보를 제공하는 국가로서의 역할을 할 수 있음.
- 북극권 에너지 운송에 필수적인 빙권 변화 정보를 한국이 확보하여 북극권 에너지 흐름에 대한 경제적인 이익을 파악할 수 있음.
- 북극권 연안 관광 인구 증가에 따른 각 관광유람선에 유료 정밀 위성정보 제공(특허권확보)을 통한 경제적 이익 창출 가능

○ 2030 이후 전망과 과제

- 위성활용 빙권 정보망 구축을 통한 북극권의 국제적 경쟁에 필수적인 북극권 해빙 변화와 연안 동토층 변화에 대한 고품질 정보 확보를 통해 한국은 적극적이고 주도적으로 북극권 진출이 가능
- 북극권 관측을 위한 위성보유 및 이를 활용한 정보망이 세계적인 추세이며, 쇄빙선 보유국으로서 북극권 연구에 급부상하게 된 한국의 위상 유지 및 입체적 북극권 연구 실현을 앞장서는 국가로서의 위상을 가질 것임.
- 다가오는 4차 산업과 연계한 북극권의 개발 및 진출은 경제 산업 정책 분야와 함께 하는 첨단 광역 위성 정보 확보 및 이를 위한 후속 연계 과제 도출이 필요함(예: 무인 안전 해빙 회피 및 최단거리 북극항로 운항 시스템 개발, 연안 동토층 공간 정보망 구축을 통한 북극권 에너지 수송 최적화 등).

2. 해양/대기/육상 환경변화

○ 개념 및 범위

<연구 개념>

- 최근 북극해의 급격한 온난화는 강력한 해빙-해양-생태계 상호작용을 통해 증폭되고 있음.
- 또한 매년 발생하는 북극 대기오염 문제의 심각성이 인지되어, 북극 지역의 대기 환경/오염/화학 문제에 대한 연구가 전국적으로 활발히 진행되고 있음.
- 한편, 북극의 환경 변화에 따라 육상생태계와 대기 사이에 교환되는 에너지, 수증기, 운동량 및 온실가스는 육상생태계의 상태를 정확하게 진단할 수 있는 매우 중요한 정보임.
- 더욱이, 기후변화에 따라 북극에서의 용빙 현상이 가속화됨으로 인해 대기 이동을 통해 매질 내에 갇혀 있던 나노물질들이 극지해양환경으로 유입될 개연성이 증가하고 있음.
- 이와 같은 개념의 연구를 통해 향후 미래 북극권 환경변화를 전망하고자 함

<연구 범위>

- 서북극 급속 용빙해역(척치해/동시베리아해)의 해빙-해양-생태계 상호작용 이해를 위한 북극해 환경변화 통합관측 및 미래 북극해 환경변화 전망을 위한 통합관측 자료 활용 연구
- 극지상공의 오존량과 인위적 오염 수준의 진단 질소산화물(예: 이산화질소, NO₂)의 농도 및 연직 분포(프로파일) 측정과 평균적인 특성 분석
- 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링과 모델링 기술개발(극지 육상생태계 모델링 기술 향상을 통하여 생태계 다양성, 기후 변화, 대기 환경과 관련된 보다 나은 정보 생산)
- 북극권 개발에 따른 오염물질의 물리화학적 변환 거동 및 극지 생물종에 미치는 생태 독성 연구를 통한 오염물질의 글로벌 이동과 전파 경로 추적, 북극 환경에 미치는 영향 규명

○ 연구의 필요성

- 북극권의 급격한 환경변화에 따른 태평양 기원수의 시·공간 변동과 해빙 내부 물리과정 변화 등 급속 용빙의 조절 인자 이해 필요
- 북극 해빙면적의 감소에 따른 해빙-수층 생태계 구조와 물질순환 변화 이해 및 북극해 해양생태계 구조와 물질순환의 변화에 따른 북극 온난화 가속화 현상 이해 필요
- 북극 대기감시기체의 시공간적 특성 변화는 북반구 기후 변동/변화의 특성과도 연관되어 있으므로, 오존, 질소산화물과 같은 기본적인 대기 감시기체의 관측과 지속적인 변화 특성 모니터링 필요
- 극지의 육상생태계 변화와 그것이 지역/전구 기후 및 대기환경 변화에 미치는 영향을 보다 잘 이해하기 위해 극지 육상생태계의 변화를 직접 관측하고 이러한 육상생태계의 변화가 대기와 연계시키는 최고수준의 모니터링 기술 필요
- 북극에서의 용빙 현상이 가속화됨으로 인한 북극권 개발이 가속화되고 있으며, 개발에 따른 극지해양환경의 오염의 개연성이 증가하므로, 북극 생태계에 미치는 영향력 파악 연구가 시급함.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 다년간 진행한 북극에서의 연구 경험 및 공동 협력을 통한 노하우 보유 · 북극이사회 옵서버 국가로서의 역할 증대 · 하나의 기기로 오존, 질소산화물의 대기 기동 전량 및 연직 분포 동시 관측 가능하며 상대적으로 저비용 고효율 성과 창출 가능 · 선제적 결과 보고를 통해 북극 연구에서 과학적 기여도 향상 및 오염물질의 잠재적 위해성으로부터 북극 생태계 보호 	<ul style="list-style-type: none"> · 육상생태계 및 대기경계층 상호 작용을 동시에 이해하는 전문가 및 대기과학 기반 관측 장비 활용과 자료 처리/해석 전문가 부족 · 육상생태계 관측 자료를 모델의 검증 및 개선에 활용했던 경험 전무 · 극지연구소 이외 북극 육상생태계-대기 상호작용 전문가 양성 기관 부족 · 오염물질의 환경위해성 평가에 대한 국내 기술기반 다소 취약
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 지구온난화로 인해 북극항로가 열리면서 북극의 경제적 가치 증가 및 북극 환경 변화 이해의 중요성 인식 증대 · 지구온난화에 따른 동토층 자원 및 토지 개발에 대한 관심 증대 · 세계적인 판도라 분광계 관측 네트워크를 형성 움직임 · 오염물질이 극지환경에 미치는 생물학적 영향에 대한 세계 최초 규명 기회 	<ul style="list-style-type: none"> · 세계적으로 북극에 관한 환경변화 관심 증대로 상대적 분야별 약화 우려 · 모델 개발 및 검증을 위한 야외 실험이 선진국에서 선점됨에 따른 후발주자 전략 · 역사가 짧은 편이라 장기간 판도라 활용 대기 모니터링에 적합한지에 대해서는 아직 세계적으로 크게 검증된 바 없음 · 중국의 일대일로 정책에 따른 북극 연구에 과감한 투자로 선제권 빼앗길 위험

○ 핵심연구 내용

- 해빙의 급속한 용빙을 조절하는 해빙-해양 물리특성 변화 연구
- 서북극해 해빙면적 감소 및 용빙-하천수 유입량 증가에 따른 해빙-수층 생태계 구조와 물질순환 변화 연구
- 해빙-해양-생태계 변화양상 가시화 및 북극해 미래 환경변화 전망 연구
- 북극지표 대기감시기체 모니터링-다산과학기지 판도라 분광광도계 설치
- 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링과 모델링 기술개발
- 북극환경 내 오염물질의 거동 및 생물 영향 연구

○ 국내 연구 현황

<기존 국내연구 활동과 연구 수준>

- 우리나라 북극해 진출 정책에 따라 이에 부합되는 북극해 중심의 통합관측 연구 수행
- 해양수산부 추진정책인 ‘북극종합정책 추진계획’ 중 ‘북극 과학연구 활동 강화’에 부합되는 최종목표를 설정하였으며 이는 4개 중점추진과제인 기지 등 인프라 활용 연구·활동 확대’, ‘연구·활동 기반 확충’, ‘기후변화 연구 강화’, ‘북극권 공간정보 구축’을 모두 융합한 북극 과학 종합연구에 해당하며, 북극해 중심의 통합관측 연구임.
- 최근 10년 사이, 북극해의 하계 기간 동안 약 15%의 해빙이 급속도로 감소하고 있으며 이로 인한 전 세계의 기후변화가 나타나고 있음.
- 판도라 분광계의 total column NO₂의 결과물에서 지표 오염의 기여도를 분리해내는 연구를 연세대학교 대기복사연구실에서 여러 가지 방법을 이용하여 진행 중이며 지상관측 자료를 이용하여 비교, 검증한 결과가 일부 학회에 발표됨.
- 북극 지역에서 육상생태계와 대기사이에 교환되는 에너지, 수증기, 운동량 및 이산화탄소의 직접 측정은 극지연구소를 중심으로 수행하고 있으나, 대기경계층 특성 관측은 이루어지지 않고 있음.
- 한편, 제조나노물질과 미세나노플라스틱의 거동 및 환경 위해성에 대한 연구는 2000년대 후반부터 급격히 증가하는 추세임. 그러나 현재까지 국내외에서 발표된 대부분의 환경 위해성 연구는 중저위도 지역을 대상으로 진행되었으며 극지환경에서의 연구결과는 전무함.

<향후 국내 북극연구 현황과 관련하여 현재 단계>

- 우리나라 쇄빙선 아라온을 활용하여 서북극해에서 해빙-해양에서의 다양한 환경변화 연구를 수행할 수 있는 단계
- 북극해의 급격한 해빙 용빙과 담수 유입으로 인해 염분이 낮은 표층수가 북극해에 형성됨으로 전 세계 해류순환 변화에도 큰 영향을 주고 있음. 이에 전 세계 해양-해빙-대기 순환변화에 대한 영향을 보다 잘 이해하기 위해 해양-해빙 물리특성 과제 이해 및 기후변화 예측 민감도를 파악하고 있고, 통합관측 자료 데이터베이스 구축과 예측 표출시스템 개발 중임.
- 극지 환경에서 원격탐사 장비가 성공적으로 작동할 수 있게 유지할 수 있는 노하우는 아직 부족한 상황. 기존의 돕슨, 브루어 분광광도계를 남극에 설치하는 작업의 노하우를 활용할 필요가 있는데 이와 관련한 경험은 극지연구소를 제외하면 연세대학교 대기복사연구실이 거의 유일하게 확보하고 있는 상황임.
- 국내 일부 기관에서 자연유래 나노물질의 빙화학적 변환에 대한 결과들이 보고된 바 있으나 환경 위해성에 대해서는 전혀 검토가 이루어지지 않았음. 따라서 현재는 향후 예상되는 문제의 해결 근거를 제시하는 수준의 기초연구 단계임.
- 우리나라의 극지관련 연구진 및 국제협력 연구진의 연구수준을 고려할 때 향후 지속적인 연구를 통해 충분히 실현 가능한 연구내용임.

기간	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	(○)	()	()	()	
2030	(○)	(○)	()	()	

□ 연구내용

○ 최종 목표

분야	목표 시점	최종목표
해양 환경	2022	- 서북극 급속 용빙해역(척치해/동시베리아해)의 해빙-해양-생태계 상호작용 이해에 근거한 미래 북극해 환경변화 예측 - 서북극해 해빙-해양-생태계 통합 관측 자료 획득 및 DB 구축 - 서북극해 관측 정보의 웹 기반 데이터 공유 플랫폼 구축
대기 환경	~2022	- 판도라 분광광도계 관측망 구축 및 북극 여름철 오존 및 질소산화물 농도 현황 관측(최소 2-3년간의 관측을 통한 연년 변동성 분석) - 북극 및 북반구 기후 변화/변동성 및 오염 대기 수송 특성과의 잠재적인 연관성 분석 - 위성 기기들에서 산출되는 오존 관측 자료들과 비교/검증 작업
	2023~2030	- 실제 장기 관측 자료를 이용한 확인, 검토 - 축적된 장기간 자료를 이용한 추세 분석, 통계 분석 진행
모델링	~2022	- 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링 및 모델링 기술 확보
	2023~2030	- 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링 및 모델링 기술 적용 및 응용
오염 물질	~2022	- 북극 개발에 따른 오염물질의 물리화학적 변환 거동 및 생물 영향 연구
	2023~2030	- 북극 개발 형태에 따른 오염물질의 물리화학적 변환 거동 및 생물 영향 연구

○ 세부 내용

■ 해양환경분야

- 1) 해양-해빙의 물리현상 탐지 및 물리특성 변화
- 2) 서북극해 결빙해역 주변 해양 생지화학적 특성 변화 연구
- 3) 북극해 통합관측 자료 데이터베이스 및 예측 표출 시스템 구축

■ 대기감시기체 모니터링 분야

- 1) 판도라 분광광도계 관측망 구축과 북극 여름철 오존 및 질소산화물 농도 현황 관측
- 2) 연년 변동성 분석 및 북극 및 북반구 기후 변화/변동성 및 오염 대기 수송 특성과의 잠재적인 연관성 파악
- 3) 위성 자료와의 검증 작업

■ 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링과 모델링 기술개발 분야

- 1) 육상생태계 및 대기 경계층 관측 기술
- 2) 육상생태계 및 지구시스템 모델링 기술

■ 오염물질 거동 및 영향 연구 분야

- 1) 북극 개발에 따른 오염물질 발생 및 이동경로, 순환에 대한 연구
- 2) 극한지 환경(동토층 및 얼음매질) 내 오염물질 거동 및 생물영향성 파이롯 연구
- 3) 극한지 환경 분류 및 매체별 나노물질 글로벌 오염도/오염경로 파악 등 거동 연구

○ 단계별 로드맵

■ 해양환경 분야

	2018	2019	2020	2021	2022
01/세부 서북극해 결빙해역 해양-해빙 물리특성 변화 연구 - 해빙의 물리현상 입자 및 물리특성 변화 - 해양 물리특성변화 이해 및 해양 관측 활용	해양물리특성 조사 및 기후-해양환경 모니터링 장기 계류 시스템 운용				현장관측 및 해빙-해양 변동성 파악
	관측해역에서의 계절 및 장기 변동성 파악				유빙규모의 해빙 역학 영역의 과빙 규명
	통계분석을 통한 해양-해빙 물리 특성 변동과 해양환경변화 지수 비교				해빙 물리특성 오수화에 따른 결빙해역 해빙면적의 기후변화 예측 민감도 파악
	해양 물리 특성 및 연관 해양-대기 요소 현장 관측을 통한 유빙 규모의 해빙 역학-영역학 과빙 파악				해빙의 용빙/결빙 물리 과정의 관측 기반 개념 모델 수립 및 해빙 수치모델과의 비교
02/세부 서북극해 결빙해역 주변 해양 생지화학적 특성 변화 연구 - 해양 생태계 증장기 변화 연구 - 해양-대기 이산화탄소 증장기 변화 연구 - 해양 물질순환 과정 변화 연구 - 인위적 환경오염물질 연구	해양 생지화학적 주요 환경인자의 시공간 분포 특성 파악				해양 생지화학적 환경인자들의 시공간 분포특성 이해 및 순환모식도 작성
	해양-해빙-대기 이산화탄소 플럭스 증장기 변동성 파악				해양-대기 이산화탄소 플럭스 예측 모델 정립
	해양 생지화학 물질순환과 환경과의 변동성 파악				해양 생태계 구조 상호 비교 및 인위적 환경오염물질 특성 파악
	해양 적위영양단계 먹이망 분석을 통한 생태계 구조 변화 파악				
	인위적 환경오염 물질 (미세플라스틱, 블랙카본)의 시공간 특성 파악				
03/세부 북극해 통합관측 자료 데이터 베이스 및 예측 표출 시스템 구축 - 해양관측자료 DB구축 및 활용 - 예측 표출 시스템 개발 및 구축	북극해 해양환경자료 데이터 베이스 구축				북극해 해양환경자료 제공 및 예측 표출 시스템 개발
	Open Source GIS 기반 북극해 해양환경자료 통합관리 및 연내 시스템 개발				
	해양 모형 구축 및 나일 시스템 개발	EnOI 기반의 해빙 초기화 기법 및 나일 기반의 해양 초기화 기법 구축		해양-해빙 결합 초기화 기법 구축 및 고도화	북극해 해빙 예측 시스템 구축
	해양-대기 결합 모형 구축	해양-해빙-대기 전지구 결합 모형 개발			
		물리-통계 기반 북극해로 주변 해빙 상세 예측 기법 개발		해양-해빙 결합모형을 이용한 해빙 하이브리드 예측기법 개발	북극해로 주변 해빙 시공간 고해상도 물리 통계 예측모형 구축
		북극 해빙, 대기 관측 수집 및 품질분석 후 품질관리 방안 제시		해양-해빙 결합모형 결과와 북극 해양 원격탐사 자료 비교 분석	북극 해빙/해빙 예측 모형 결과의 관측자료 비교 분석

■ 대기감시기체 모니터링 분야

내용/기간	2018				2019				2020~2022			2023~2030			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	'20	'21	'22	'23 ~ '24	'25 ~ '26	'27 ~ '28	'29 ~ '30
북극 다산과학기지 환경조사(판도라 분광광도계 관측 가능성 진단)															
관련 인프라 확보 및 구축															
판도라 분광광도계 설치 및 시험 운영															
생산자료의 분석 및 위성관측 자료 확보															
지속적 관측 및 자료분석															
역계적 모델 자료 생산 및 기상장 분석 등과 연계하여 연년 변동성과 비교															
분석 결과 및 가설들을 실제로 장기간 관측 자료 이용검증, 확인															
확보된 위성 자료를 이용, 비교 검증 수행															

■ 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링과 모델링 기술개발 분야

연구내용		현재 ~ 2022년					2023년 ~ 2030년								
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
해양분야	결빙해역 해양-해빙 물리특성														
	해양 생지화학 특성 변화														
	북극해 통합관측 자료 데이터 베이스 구축														
대기감시 기체 모니터링 분야	관련 인프라 확보 및 구축														
	지속적 관측 및 자료 분석														
	장기 관측자료 이용검증 수행														

○ 협력 추진 전략

■ 해양환경 분야

- 국제공동연구 추진을 통해 통합관측 자료 획득 및 공동활용 추진
- 특히 대서양에서 고온의 대기/해류가 유입되고 러시아 대륙에서 하천수가 급격히 유입되면서 표층 해류순환이 변화하고 있는 해역으로 세계적으로 주목받고 있는 해역으로 대한민국 주도로 태평양북극그룹 6개 회원국(한국, 중국, 일본, 미국, 러시아, 캐나다)과 함께 국제공동연구 추진

■ 대기감시기체 모니터링 분야

- 극지연구소 및 노르웨이 극지연구소와 협력하여 다산과학기지 판도라 분광광도계 설치: 과학 기지 인프라 파악 및 장비 배송, 설치 과정에서 기지 경험이 많은 연구원의 노하우 습득 (2018년)
- 관측이 시작된 이후에는 장비의 작동 여부를 확인하고 문제가 발생했을 경우 응급 처치를 도와줄 수 있는 현지 연구원과의 협력이 필요함. 극지연구소와 다산 과학 기지 장비 관리팀과의 논의를 통해 업무 범위를 설정할 필요가 있음. (2019년 이후)

■ 북극 육상생태계/대기경계층 모니터링과 모델링 기술개발 분야

- 현재 북극에서의 활발한 연구를 수행하고 있는 University of Alaska, Lawrence Berkeley National Lab, Los Alamos National Lab, Oak Ridge National Lab 등의 과학자들의 북극 연구 네트워크에 참여하여 육상생태계 측정 및 모델링 개선 작업 공동 협력 체계 구축
- 국제 공동 실험 및 자료 통합 체계를 구축하여 빅데이터 및 인공지능 기반 분석 기술 적용

■ 오염물질 거동 및 영향 연구 분야

- 북극연구에 풍부한 경험과 인력을 갖추고 있는 극지연구소를 중심으로 동토층 및 얼음 모사시스템 개발
- 국내외 다양한 나노물질의 합성, 형상제어에 전문성을 가지는 기관과의 협연을 통해 나노물질 공급, 공급받은 오염물질을 미생물, 식물, 동물 등 모델 실험군에 적용하여 위해성 평가와 메커니즘 규명

○ 활용방안과 기대효과

<활용방안>

- 서북극해 해빙-해양 통합관측망 구축 및 해빙의 급속한 용빙 프로세스 개념모델 제시에 활용
- 서북극해 해빙-해양 수층생태계의 물질순환 흐름도 제시 및 GIS기반 가시화 시스템을 통한 서북극해 환경정보와 북극해 미래 해빙-해양-생태계 변화 예측정보 제공
- 북극 성층권 오존량 변동에 따른 자외선량의 변동이 필수적이므로 복사량 변화, 복사 강제력의 변화 연구의 참고 자료로써 활용하고, 오존량의 감소에 따른 자외선량 증가에 따른 인간의 피부 질환 및 북극 식물들의 성장의 변화와의 연관성 예상에 활용
- 급격한 북극권 기후변화에 따른 북극권 일기 및 기후 변화의 보다 정확한 예측을 위한 모델링 기반 기술 확보를 통하여 우리나라를 포함하는 동아시아 지역의 단기 및 중장기 일기·기후 예측 성능 향상
- 북극 내 신규오염물질 규제에 대한 정책적 근거 제시와 지속가능한 나노기술 및 나노독성 저감기술 개발 촉진에 활용

<기대효과>

- 환북극 시각에서 북극해 전반의 환경변화 양상 이해를 위한 시너지 효과 기대
- 북극해 연구 주제 간 국제공동연구 협력 조율 강화에 기여
- 국제 북극해 관측 시스템 결과물과 동 사업 시행에 따른 데이터 공유와 성과창출에 기여
- 태평양-대서양 북극해양 간 협력적 통합관측의 발전에 도움이 될 데이터 제공
- 서북극해 미답 결빙해역에서 획득된 통합관측 데이터 정보 수집, 분석, 가시화, 운영, 공유, 예측 등 서비스 제공을 위한 활용 시스템 구축
- 향후 한반도 기상이변의 원인 규명, 북극항로 활성화와 개발 압력 대응, 북극해 공해의 어업규제에 대비한 과학외교 수단으로 우리만의 관측 데이터로 활용
- 절대적으로 부족한 극지 관측 정보에 새로운 관측 자료를 제공함으로써

모델링 초기 자료 및 자료동화에 유용하게 활용 기대

- 극지 자원 탐사 및 물류 수송 시에 필요한 일기 및 기후 예측력 증대
- 극지 환경 진단 및 미래 환경 예측의 정확성 향상을 통한 극지 미래 환경 변화 대응력 제고
- 제조나노물질등 오염물질이 극지환경에 미치는 영향을 최초로 규명함으로써 지구환경 분야의 새로운 패러다임 제시

○ 2030 이후 전망과 과제

- 태평양 북극 공해 결빙해역(Central Arctic Ocean, CAO)은 최근 30년 40% 정도의 해빙이 감소되고 있는 급격 용빙 해역임. 앞으로 30년 후에는 캐나다와 그린란드 북쪽의 해역을 제외한 대부분의 해역에서 해빙이 사라질 것으로 예측됨.
- 급격한 해빙변화는 중위도 위치한 한반도 기상이변의 원인이 되고 있음. 반대로 급격한 해빙 면적 감소에 따른 북극항로 활성화와 개발 압력이 높아지고 있음. 북극 공해상 불법 조업 방지 협정 타결(2017.12.1.)에 따른 결빙해역의 수산생태계에 대한 과학적 조사 활동 강화 필요. 비북극 국가인 대한민국은 환경보호와 지속 가능한 개발의 투트랙 접근에 대비한 과학외교 수단으로 우리만의 관측 데이터 획득 필요
- 향후 제2쇄빙연구선을 활용한 북극해 공해 결빙해역의 해빙-해양-생태계 상호작용 이해에 근거한 미래 북극해 환경변화 통합관측 및 활용 과제 추진 필요

3. 북극 생태계 및 생물 다양성

○ 개념 및 범위

- 2030년까지 북극해 전반에 걸친 기온-수온 상승 등이 예상되며, 그에 따른 북극해 생물다양성의 급격한 변화에 대한 과학적 이해가 시급함
- 북극해 연안지역의 동토지역, 해빙에 따른 연안서식지의 환경변화 및 서식 생물상 변화, 해빙-해양 생태계의 상호관계, 북극권과 연계된 이동성 조류의 서식지 이동의 변화 등을 이해하고자 함.
- 기후변화에 북극권 육상·해양·해빙 생태계 및 생물상의 변화와 연계된 중위도 생태계 간 상호 관계 변화를 전망하고자 함.

○ 연구의 필요성

- 북극 연안지역은 지구온난화의 영향을 가장 직접적으로 받고 있는 서식지로서, 그에 따른 서식지 환경변화 및 생물다양성 변화가 매우 급격할 것으로 여겨짐.
- 북극권 동토층 및 생태 변화 등의 육상 환경변화 연구는 국제적으로 활발하게 연구되고 있는 중
- 동토의 해빙에 따라 새로이 드러나는 서식지에 대해 국내뿐 아니라 국제적으로도 연구가 진행된 바가 거의 없으므로 연구지역과 이슈를 선점할 수 있는 좋은 기회임.
- 2030년까지 예상되는 급격한 환경변화에 따라 북극해 연안서식지의 생태계특성이 어떻게 변화하는지를 구체적으로 이해하기 위해서는 연안서식지의 생물다양성에 대한 장기적인 모니터링이 필수적임.
- 북극해 해빙은 매년 최저치 기록을 갱신하고 있으며, 여름철 다년생 해빙으로 덮여있던 해역이 북극의 온난화로 인하여 초년생 해빙의 상대적 비중이 높아짐.
- 지구 온난화 및 해빙, 동토층 감소에 따른 동물유해 노출빈도 증가
- 북극항로 개척 등 북극활동증가 예상, 북극권 이용 모빌리티 증가
- 사람 및 동물(철새) 등에 바이러스 노출 빈도 증가 예상
- 북극권 생태계 및 생물상의 변화는 전지구적인 생태계 변화의 일환으로 변화 추이 및 상호관계를 추적

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 해양생물 분류에 있어 국내 최고수준의 전문가풀 보유 · 미생물, 물질순환 등 생태계 기능연구를 위한 전문가 보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극권 서식환경별 시료 부족 · 북극권 육상권 연구 기회 및 전문가 부족
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화로 인해 북극해에 새로이 드러나는 연안서식지가 증가할 것으로 예상 · 북극항로 개척에 따른, 해당지역에 대한 국제적 관심 및 연구소요 증가 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극권 기후변화를 예측하기 어려움 · 짧은 여름과 혹독한 해양환경으로 인한 해양 조사의 어려움

○ 핵심연구 내용

- 북극해 해빙에 따른 조간대 서식지 환경 및 생물상의 변화 모니터링
- 북극해 주요 생물군의 생물다양성 현황과 변화 조사 및 생물시료 확보
- 북극해 해양생물다양성의 주요 변화 요인 파악
- 북극권 육상의 지질, 생태 환경 변화 양상 규명 및 육상 연구 인프라 구축
- 해양-해빙 생태계 간 유기물 순환과 해빙 변동성에 따른 생물 다양성의 변화 파악
- 이동성 조류의 서식지 분포 현황과 보전·관리 기술 확보 및 이동 경로 파악

○ 국내 연구 현황

- 기존 관련 국내 연구 활동과 연구 수준 등을 정리
- 향후 국내 북극연구 현황과 관련하여 현재 단계를 제시
- 제시된 향후 미래 시점(2022, 2030)은 제2차 북극정책기본계획(2018-2022)과 연동하여 2022년까지 제시하고 나머지 기간을 2030년까지 제시
- 2014-2016년의 극지연구소 주요과제를 통해 스발바르 뉘올레순 주변 빙하 후퇴지역의 생태 변화 및 지질 연구 수행
- 캐나다 캠브리지베이 주변의 동토층 연구 및 해빙 생태계 일차생산력 수행
- 극지연구소 주요과제를 통해서 그린란드 북부 및 서남부의 지질 연구 수행 중

- 극지 해양 생태계에 대한 연구는 기존 극지해양연구관련 사업(‘양극해 환경변화 이해 및 활용연구’ 2011~2016, 해양수산부)에서 일부 수행되었으나 해빙 생태계만을 위한 국내 연구는 현재까지 전무함.

기간	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	(○)	()	()	()	
2030	(○)	(○)	()	()	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022년	<ul style="list-style-type: none"> - 북극해 연안지역의 장기모니터링 방법 및 거점 확보 - 북극 해빙 성장단계에 따른 해빙 생태계 변동성 파악 - 북극 이동성 조류에 대한 서식지 분포 현황 파악
2030년	<ul style="list-style-type: none"> - 북극해 연안지역 생물다양성 및 생태계 변화 양상 파악 - 북극 해빙 변동성에 따른 대양-연안 해빙 생태계 통합 비교 - 이동성 조류의 보전·관리 및 이동경로를 활용한 바이러스 유입 감시체계 확립

○ 세부 내용

<현재 ~ 2022>

- 북극해 주요 해양생물 분류군 다양성 현황 파악
- 효율적인 다양성 모니터링을 위한 연구지역 및 정점의 선정
- 캐나다, 러시아, 그린란드 등 북극권 육상의 연구 거점을 확보하고, 그 지역에서의 지질, 생태 변화 양상 규명 연구를 수행함과 동시에 북극권 육상 연구 기반을 구축을 위하여, 전문 인력, 노하우, 및 기초 데이터를 확보에 초점을 둠.
- 해빙의 성장단계에 따른 해빙 생태계 내 유기물 거동 및 성장요인 파악
- 북극 (해양/육상, 빙하/동토층, 선박/건물, 수산자원/동물 등) 시료 채취
- 이동성 조류의 서식 파악 및 분포 현황 파악

<2023 ~ 2030>

- 북극해 해양생물다양성 및 생태계 변화 양상 파악
- 북극해양생태계 먹이망 연구
- 북극해 연안생태계 건강성 평가 및 생물다양성의 주요 변화 요인 파악
- 북극 해빙 변동성에 따른 대양-영안 해빙 생태계 간 유기물 교환 및 변동성 파악
- 기후변화에 따른 육상권 지질, 생태 변화의 장기적 변화 양상 규명
- 이동성 조류의 관리·보전 기술 확보 및 이동경로를 통한 바이러스 유입 경로 파악 및 감시 체계 확보

○ 단계별 로드맵

연구내용		현재~2022년					2023년~2030년							
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 단 계	북극 서식형태별 생물다양성 파악													
	북극 생태계 장기모니터링 거점 확보													
	북극 이동성 조류에 대한 서식지 분포 파악													
2 단 계	북극 생태계별 변화 양상 파악													
	북극 생태계 건강성 평가 및 생물다양성의 주요 변화 요인 파악													
	이동성 조류의 관리보전 및 이동경로 파악													

○ 협력 추진 전략

- 동토의 해빙과 관련된 연구 수행에 있어 거점선정을 위한 정보 공유
- 거점의 기반시설 확보 및 시설 운영에 있어 공동대응
- 선상조사 및 연안지역 조사에서 채집된 생물시료에 대한 전문적인 분류 및 동정에 있어 협업이 가능함.
- 생물시료의 효율적인 보존 및 활용을 위한 기술 제공
- 북극권 육상 연구 거점 확보를 위해 북극권 국가들과의 협력 필요

- 시료 확보와 이동성 조류의 이동경로 규명을 위해 긴밀한 학연 협동 연구가 필요함
- 북극권 시료 확보를 위해서는 극지 연구소와 북극다산 기지의 역할이 필요함
- 북극권 이동성 조류의 분포 및 서식지 파악 및 이동경로를 통한 외래물질 유입에 대한 감시체계 확립

○ 활용방안과 기대효과

<활용방안>

- 북극해 연안 서식지 변화 양상 파악
- 북극권 기후변화 시나리오 수립의 기초데이터 제공으로, 북극이사회 옵서버 국가로서 기여도 재고를 통한 역할과 권한의 확장 기대
- 추후 북극항로 개척시 선박운항 및 오염방지 등을 위한 자료 축적
- 북극해 연안 해양생물의 채집 및 분석을 통한 새로운 생물소재 발굴
- 북극해 연안 해양생물의 생리활성 물질 분석 등을 통한 의료 및 약품산업 활용 소재 발굴 및 산업화
- 이동성 조류를 통한 극지 바이러스 감시체계시스템은 병원성 극지 바이러스의 감염 및 전파에 대한 신속한 진단과 대응을 가능하게 할 것임

<기대효과>

- 기후변화 의장국으로서의 위상 재고
- 북극항로 개척을 위한 기초연구 자료 축적
- 북극권 연구에 대한 대중적 관심 고조 및 국가적 차원의 지원 향상
- 북극 연안국 중심의 배타적 독점 체제를 유지하고 있는 북극권에서 협력관계를 구축하기 위한 수단으로 해빙생태계 연구 활용
- 이동성 조류의 이동경로 및 서식지 파악을 통한 다양한 생물상 네트워크 체계 확립에 기여

○ 2030 이후 전망과 과제

- 여름철 북극해 해빙은 2030~2050년 전에 완전 소멸될 것으로 예측됨. 급격한 해빙으로 인한 환경 변화 (담수의 유입, 서식지 소멸 등)를 북극 해양 생태계가 겪게 될 수 있음.
- 연안 및 대양 생태계는 새로운 환경에 노출, 환경 변화를 직면하게 됨에 따라 효율적인 생물상 변화 모니터링이 필요
- 새로운 형태의 해양 생태계가 조성될 수 있으며, 해빙 생태계를 중심으로 변화 추적 및 예측의 자료 축적 필요

4. 고기후 및 미래예측

○ 개념

- 북극 기후변동의 자연 진폭을 고기후 연구를 통해 정량적으로 추정하고, 현재 진행되고 있는 인류 역사상 가장 강력한 북극 고온현상이 얼마나 인류에게 큰 위협이 되고 있는지, 미래에 어느 정도 진폭이 될 것인지 과학적으로 밝히는 것이 북극기후연구의 궁극적 목표임.
- 극지 환경 및 기후 변화 예측의 불확실성 정량화 및 경감을 위해, 모델-관측-자료동화를 결합한 예측 시스템을 개발하고, 예측의 불확실성 (예측 오차)을 유발하는 초기조건 오차와 모델 오차를 모델-관측-자료동화를 결합한 시스템에서 진단하며, 모델과 관측이 예측의 불확실성에 미치는 영향을 파악하고, 각 요소의 제어를 통해 불확실성을 경감하는 방안을 제시함.
- 북극 고기후 연구와 함께 북극 미래 기후를 예측하는 일은 북극 기후연구의 최종 목표임. 그러나, 급변하는 북극의 미래기후를 예측하는 일은 매우 어려움. 이는 1) 혹독한 자연환경으로 인한 복원 및 관측의 부재, 2) 복잡 다양한 북극 기후시스템에 대한 체계적인 이해 부족에 있음. 상기 두가지 근본적인 문제점에 대한 해결은 극지 환경 및 기후 변화 예측의 불확실성에 대한 과학적 정량화와 이를 위한 수치모델-복원-관측-자료동화 결합 연구를 통해 문제 해결이 가능

○ 필요성

1) 북극 고기후 연구

- 선진국에서는 고해빙, 고수온 복원을 통한 고기후 기록 복원연구에 유기분자생체지표 분석방법을 활발히 이용하고 있음.
- 국내에서는 유기분자생체지표 접근방법이 초보적 수준임. 특히, 아직 극지해양 해빙 및 수온 복원에 필요한 선진국 수준의 유기지화학적 분석 장비 구축 등 연구 인프라가 민간 및 정부 차원에서 구축지원 정책이 부재함.
- 중생대 후기 이후 지구의 기후변동(Greenhouse to Icehouse) 기록 복원을 위해 북극해에서 10개 주요 시추탐사해역이 선정된 바 있으며, 2018년 8월 북극해 3대 해령인 로모노스프 해령의 러시아 인접 남쪽 해역에서

IODP 시추가 국제적으로 추진될 계획임.

- 우리나라도 아라온 국제공동 탐사자료 확보를 통해 북극해에서 추진될 거대지구 과학프로그램에의 능동적 참여와 지질학적, 기후학적 글로벌 이슈해결을 위한 시추제안서 공동제출/탐사연구가 시급히 요청되고 있음.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 유기분자생체지표를 바탕으로 한 프록시는 관측 및 역사적 기록전의 수온 및 해빙 변화를 복원할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 선진국 수준의 유기지화학적 연구 연구에 필요한 장비구축 등 인프라 시스템이 구축되어 있지 않음. · 북극 미래기후 예측 모델 검증에 필요한 복원자료 필요
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 국내 극지 관련 유기분자생체지표 연구 수준을 국제적선도 연구수준으로 향상 시킬 것으로 기대됨. · 북극 미래기후 예측 모델 검증에 필요한 복원자료 제공 가능함. 	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 급속한 감소 추세를 보이는 북극 해빙 범위의 장기적, 자연적 추세에 관한 복원 연구 수행에 필요한 과제 지원 부재

2) 북극 미래기후연구

- 지구 다른 지역에 비해 매우 적은 북극 관측자료가 수치예측모델을 통한 미래예측의 발전을 저해하는 가장 큰 걸림돌임이 최근 연구들을 통해 밝혀지고 있음. 최근 기술의 발전과 재정적 지원으로 극지 관측은 점점 늘어나는 추세이며, 비용 대비 성능을 감안하기 위해서는 관측시스템실험 (Observation System Experiment)을 통해 특정관측 자료를 사용하거나 사용하지 않는 것이 예측에 미치는 영향을 정량적으로 파악하는 연구들이 보고되고 있음.
- 극지 환경 및 기후 변화 예측의 불확실성을 정량화하고 경감하기 위해 수치예측시스템에 관여하는 모든 인자가 결합된 시스템을 이용하는 것이 전반적인 북극 기후모델링 연구의 추세임. 결합 시스템으로 극지 환경 및 기후 예측을 수행하고, 불확실성을 정량화하며, 불확실성을 경감할 수 있는 방안을 결합 시스템의 열개 내에서 각 요소의 상호 작용을 고려하여 제시하고자 하는 노력이 기상/기후 선진국을 중심으로 이루어지고 있는 실정임.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 최근 수십 년 동안 북극의 환경 및 기후는 지구상의 어떤 다른 지역보다도 더 급격하게 변하고 있고 관심 또한 증가 · 기후 변화에 따른 극지에서의 기회와 위험을 잘 관리하기 위해, 극지 환경 및 기후 변화에 특화된 기상/기후 예측 시스템의 필요 증가 	<ul style="list-style-type: none"> · 극지에서의 관측자료 상대적 부재 · 극지 환경과 기후 변화 예측에 최적인 수치모델의 개발 필요 · 적은 관측 자료로부터 정보를 추출할 수 있는 최적의 자료동화시스템 개발 필요
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 최근 극지 환경 및 기후 변화 예측에 특화된 모델, 관측자료, 자료동화 방법을 개발하려는 연구가 보고됨. · 중위도 기상/기후 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 시스템을 개발/연구한 경험 풍부 · 관측자료의 영향을 평가하고 최적의 결합 시스템을 구성하기 위한 관측시스템실험 연구 경험 풍부 · 세계적으로도 연구 태동기이므로 관련연구 경험을 바탕으로 선도적 연구 수행 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 다양한 국제 연구진의 관심 증가로 경쟁 심화 · 장기적 연구 수행 필요성에 대한 국민 관심 부족 · 극지역의 다양한 관측자료에 대한 제한된 접근성

○ 핵심연구 내용

1) 북극 고기후 연구

- 극지 고기후 및 고해양 복원연구에 활용 가능한 선진국수준의 유기분자생체지표 분석시스템 구축
- 빙하기원 파악 및 이동경로 복원을 위한 분석기법 개발 및 적용 가능한 다중 프록시 연구
- 제3기 신생대 이후 유기분자생체지표를 활용해 과거 북극해 생성 후 진화에 따른 해빙 및 수온 변화 복원
- 마지막 최대 빙하기(LGM) 이후 베링해협 개폐에 따른 서북극해 대륙붕 주변해역의 초고해상 기후변화 정밀기록 복원 및 홀로세 이후 북극진동기록 최초 정밀 복원(100-1,000년 단위)
- 북극 주변해역 지구온난화에 의한 육상-피오르드-대륙붕연안-해양 물질순환시스템변화 연구

- 서북극해 고해상 기후 및 환경 변화 복원에 필요한 롱코어 퇴적물 획득을 위한 대륙붕해역 아라온 탐사추진 및 국제공동해저시추제안서 공동제출 추진

2) 북극 미래기후연구

- 핵심 연구 키워드: 고해상도 극지 수치예측모델, 극지 환경 및 기후 변화, 모델-관측-자료동화 결합 시스템, 예측 불확실성 정량화, 관측 영향 진단, 예측에 영향을 주는 인자 제어
- 고해상도 극지 기상/기후 예측 모델 구축
- 극지 환경 및 기후 변화 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 시스템 개발
- 초기조건 오차, 모델 오차, 예측 오차의 정량화
- 관측과 모델이 예측 오차에 미치는 영향 진단
- 예측에 영향을 주는 인자의 제어를 통한 불확실성 경감 방안 제시

○ 국내 연구 현황

1) 북극 고기후 연구

- KOPRI의 PAP 프로그램을 통해 고해빙 복원에 사용되는 유기분자 생체지표 분석 기법이 한국에서는 처음으로 한양대학교에서 시도되었음.
- 그러나 유기분자생체지표를 고해빙 변화 정밀복원(100-1,000년 단위)에 적용하기 위해서는 좀 더 확고한 기술 확립 및 국제표준화 분석기법이 필요함.
- 고해빙 프록시 외에 다른 고수온 관련 프록시들이 지속적으로 국외에서 개발되고 있으나 이러한 분석기법은 아직 한국에 국제적 연구수준으로 확립되지 않은 상태임.
- 서북극해 북부 알래스카, 동시베리아와 척치해 대륙붕해역의 「아라온」 탐사를 통해 확보한 고해상도의 퇴적물 코어에 유기생지 화학적 방법의 적용 연구가 미흡하여 현재 독일 및 일본과 공동연구를 통해 수행하고 있음.
- 현재 국내에 유기생지화학적 방법을 활용한 서북극해의 고수온 및 고해빙 프록시 개발 및 검증 그리고 복원에 관한 연구가 추진되지 않고 있음.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	(○)	()	()	()	
2030	()	(○)	()	()	

2) 북극 미래기후연구

- 권하택 등 (2016a, b)에서 중규모 수치예측모델을 이용하여 남극 지역의 기상 예측성을 향상시킨 연구를 보고한 바 있음. 이 연구들은 고해상도 중규모 수치예측모델을 적분하여 예측을 수행한 것으로 모델-관측-자료동화 시스템에서 초기조건을 만들고 예측을 수행한 것은 아님.
- 국내에서는 모델-관측-자료동화 결합 시스템을 활용한 극지 환경 및 기후 예측 연구가 구체적으로 수행된 바 없고 개념 정립 단계임. 그러나 중위도 지역의 기상/기후 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 연구들이 수행된 바 있기 때문에, 결합 시스템의 각 요소들 (모델, 관측자료, 자료동화 방법)을 극지 환경에 맞게 특화시키는 연구가 지속적으로 수행된다면 세계적으로 선도적인 연구를 수행할 가능성이 있음.
- 제시된 향후 미래 시점(2022, 2030)은 제2차 북극정책기본계획(2018-2022)과 연동하여 2022년까지 제시하고 나머지 기간을 2030년까지 제시

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	()	(○)	()	()	
2030	()	()	(○)	()	

□ 연구내용

1) 북극 고기후 연구

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2030	고해빙 및 고수온 복원을 위한 전처리/분석시스템 장비구축 및 선진국 수준의 기본 분석기법 확립을 통한 중생대 이후 북극해 생성과 진화를 규명하고 중앙 결빙해역 및 대륙붕해역 고기후 복원기술 확보

○ 세부 내용

- 유기분자생체지표 분석시스템 구축 및 선진국수준 분석기법 확립
- 유기분자생체지표를 활용한 고수온 및 고해빙 복원 기술확보
- 북극해 진화에 따른 심층순환시스템 형성 이후 전 지구기후 변화에 미친 영향 및 관계 규명
- 서북극해 해빙변화와 서북극해 거대빙하기 발생 시기 파악 및 전 지구기후 변화에 미친 영향 규명
- 현재 국내에는 유기생지화학 분야의 분석시스템 및 전문 인력이 현저히 부족하므로 극지 고기후 연구에 필요한 전문 인력 양성
- 제 2쇄빙선을 이용한 중앙 결빙해역 및 북극점해역 단독탐사기술 확보

○ 세부 로드맵

■ 1단계

- 북극해 대륙붕 주변해역 해빙, 수층 시료, 퇴적물 트랩 및 해저 표층 퇴적물 이용 유기분자생체지표 분석시스템 구축 및 선진국수준 분석기법 확립
- 새로운 고수온 및 고해빙 복원에 필요한 다중프로시 개발 및 검증기술 확보
- 서북극해 알래스카-척치-동시베리아 대륙붕 코어 퇴적물 분석을 통해 최근 1850년 이후 측정 장비를 이용해 획득된 수온과 복원된 수온 비교 연구
- 고해빙분포 정밀복원분석기술 개발을 통한 위성관측 해빙분포 대비 비교 연구

■ 2단계

- 북극해 결빙해역 해빙, 수층 시료, 퇴적물 트랩 및 해저 표층 퇴적물을 이용한 유기분자생체지표의 탄소, 수소 및 산소 안정동위원소 분석기법 확립
- 서북극해 동시베리아 및 척치해 코어 퇴적물에서 특정 유기물의 방사성 동위원소 분석기법 확립

- 서북극해 동시베리아 및 척치해 코어 퇴적물에서 고수온 및 고해빙 복원
- 북극해 중앙결빙해역 탐사를 통한 시추코어 퇴적물 확보 및 고해빙 복원 추진

연구내용		현재~2022년					2023년~2030년							
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 단 계	유기분자생체지표 분석시스템 구축													
	선진국수준 분석기법 확립													
	고수온 및 고해빙 복원 다중 프록시 개발 및 검증기술 확보													
	서북극해 고수온 복원자료생산													
2 단 계	유기분자생체지표의 탄소, 수소 및 산소 안정동위원소 분석기법 구축													
	특정 유기물의 방사성 동위원소 분석기법 확립													
	북극해 중앙결빙해역 탐사를 통한 퇴적물 코어 획득													
	북극해 중앙결빙해역 고해빙 변화 분포 복원													

○ 협력 추진 전략

- 고수온 및 고해빙 프록시 개발 및 검증을 위해 원격탐사, 해양생물학 및 해양미생물학 팀들과의 협업 필요
- 북극해에서의 고수온 및 고해빙 변화가 전지구적 심층순환시스템 생성 및 발전에 미친 영향 규명을 위해 기후 모델링 팀과의 협업 필요

○ 활용방안과 기대효과

(1) 과학·기술적 측면

- 국내에 유기분자생체지표 관련 연구에 필요한 선진국형의 분석시스템 구축 및 국제표준화 확립
- 확립 및 개발되는 유기분자생체지표 분석 기법은 극지 해역에서 해빙 및 수온 변화를 복원하는데 적극적으로 활용됨으로써 국내 극지관련 유기분자생체지표 연구수준을 국제적 선도연구수준으로 향상 시킬 것으로 기대됨.
- 복원된 유기생지화학적 자료들은 극지 해역에서 수행된 기존의 고기후

및 고해양 연구 자료 해석에 기여할 수 있을 것이며, 현재 수행되고 있는 극지 연구와 연계하여 연구의 질적 향상에 기여할 것으로 기대됨.

- 극지해 연구의 활성화에 견인차 역할을 할 수 있는 유기분자생체지표 관련 분야의 전문가 양성에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
- 복원된 고수온 및 고해빙 기록들은 미래기후 예측에 사용되는 기후모델 검증에 필요한 기본 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대됨.

(2) 경제·산업적 측면

- 북극 개발의 장기계획 수립 시 기본 자료로 활용

2) 북극 미래기후연구

○ 최종 목표

시점	목표
2030	수치예측모델-관측-자료동화 결합 예측 시스템을 개발하여, 예측의 불확실성을 진단하고, 모델과 관측이 예측의 불확실성에 미치는 영향을 파악하고, 각 요소의 제어를 통해 예측의 불확실성을 경감하는 방안을 제시하여, 극지 환경 및 기후 변화 예측의 불확실성을 정량화하고자 함.

○ 세부 내용

- 고해상도 극지 기상/기후 예측 모델 구축
- 극지 환경 및 기후 변화 예측에 특화된 모델, 관측자료, 자료동화 방법 개발
- 극지 환경 및 기후 변화 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 시스템 개발
- 초기조건 오차, 모델 오차, 예측 오차의 정량화 및 검증
- 관측과 모델이 예측 오차에 미치는 영향 진단
- 관측시스템실험(Observation System Experiment), 관측시스템모사실험(Observation System Simulation Experiment) 수행을 통한 시스템 최적화
- 앙상블 예측을 통한 불확실성 가이드라인 제시
- 예측에 영향을 주는 인자의 제어를 통한 불확실성 경감 방안 제시
- 장기간의 시뮬레이션과 시스템 개선을 위한 컴퓨팅 자원 (계산 및 저장 자원) 필요

- 극지 환경에 특화된 모델과 자료동화 방법에 대한 원천기술 개발 필요
- 극지 관측자료의 상대적 부재와 제한적 접근성 개선 필요
- 모델-관측-자료동화 결합 시스템을 개발, 개선, 운영할 전문인력 양성 필요

○ 세부 로드맵

■ 1단계

- 고해상도 극지 기상/기후 예측 모델 구축
- 극지 환경 및 기후 변화 예측에 특화된 모델, 관측자료, 자료동화 방법 개발
- 극지 환경 및 기후 변화 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 시스템 개발
- 초기조건 오차, 모델 오차, 예측 오차의 정량화 및 검증

■ 2단계

- 관측과 모델이 예측 오차에 미치는 영향 진단
- 관측시스템실험(Observation System Experiment), 관측시스템모사실험(Observation System Simulation Experiment) 수행을 통한 시스템 최적화
- 앙상블 예측을 통한 불확실성 가이드라인 제시
- 예측에 영향을 주는 인자의 제어를 통한 불확실성 경감 방안 제시

연구내용		현재~2022년					2023년~2030년							
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 단 계	고해상도 극지 기상/기후 예측 모델 구축													
	모델, 관측자료, 자료동화 방법 개발													
	모델-관측-자료동화 결합 시스템 개발													
	오차 정량화 및 검증													
2 단 계	관측과 모델이 예측 오차에 미치는 영향 진단													
	관측시스템실험, 관측시스템모사실험 수행을 통한 시스템 최적화													
	불확실성 경감 방안 제시													

○ 협력 추진 전략

- 극지 관측자료 확보를 위해 극지연구소, 국제 공동 연구 (YOPP, PPP) 등과 협력
- 극지에 특화된 자료동화 시스템 개발을 위해 국제적으로 선도적인 연구 그룹 (PSU, NCAR 등)과 협력
- 수치예측모델의 지면 과정 고도화를 위해 육상 생태계 및 대기경계층 모델링 기술 개발 그룹과 협력

○ 활용방안과 기대효과

<과학·기술적 측면>

- 극지 환경 및 기후 변화 예측의 불확실성에 대한 가이드라인 제시
- 극지 환경 및 기후 변화 예측을 위해 특화된 모델-관측-자료동화 결합 시스템 관련 기술력 향상
- 극지 환경 및 기후 변화 예측에 관한 과학적 자료 확보로 관련 연구 분야에서 선도적 역할
- 모델-관측-자료동화 결합 시스템을 개발, 운영할 수 있는 전문인력 양성

<경제·산업적 측면>

- 극지 환경 및 기후 변화 예측의 성능 향상으로 산업계에 활용성 증가
- 북극 오션 루트 개발 시 참고자료로 활용 가능
- 북극 개발의 장기계획 수립 시 기본 자료로 활용

○ 2030 이후 전망과 과제

- 지구온난화의 지속으로 북극해 해빙 면적이 급속도로 감소함에 따라 새로운 해저 지층탐사 가능지역이 증가할 수 있음.
- 새로운 접근 가능한 해저 지층탐사 지역에서의 연구는 그동안 잘 알려지지 않은 극지해 지역의 역사를 연구할 좋은 기회이므로 새로운 결빙 해역에서의 해저 지층탐사 연구 필요

- 새로운 결빙해역에서 해저 지층탐사 연구로 얻은 고해양 및 고기후 자료는 미래 기후변화 예측에 사용되는 기후모델 검증에 필요한 새로운 자료를 제공할 수 있음.

5. 북극미래자원

○ 개념

- 북극 해저자원(에너지·광물자원) 개발 경쟁력 강화를 위해 국제공동연구 프로그램을 활용, 러시아와 캐나다의 북극권 배타적경제수역 (EEZ)내에서 극한지 해저자원환경 탐사기술 및 원천 정보/자료 확보
- 세계적으로 북극권을 포함한 극지 해양생물의 유전자원을 중요한 미래 자원으로 인식하고, 이를 활용한 산업화 기술 개발을 위한 집중투자인 글로벌 경쟁상황에서 북극권 해양생물 유전자원을 선점, 확보하기 위한 플랫폼을 구축하고 이를 기반으로 산업화 기술 개발을 수행하기 전략적 연구수행

○ 필요성

- 쇄빙연구선 아라온호 보유로 북극권 연안 국가 EEZ내 자원 부존 지역에서의 탐사자료 확보와 자원유망성 평가 가능
- 북극해 자원개발 가능지역에서의 자연적·인위적 요인에 의한 유발될 수 있는 해저환경 변동성 규명 등 환경평가기술 필요
- 극한지에 특화된 첨단 해저면탐사/시추 기술과 활용기술 조기 확보 가능
- 북극해의 70% 이상을 차지하고 있는 북극연안국 양자협력체제 구축
- 온난화에 의한 북극 빙하미생물의 증가 및 연안지역 생태계 변동에 따른 유용 세균의 발견 확률 증대
- 기후변화(지구 온난화)에 의한 북극권 생물의 분해대사활성은 증가할 것이며, 더불어 분해산물 역시 증가하리라 예상됨.
- 자연상태의 환경에 적합하도록 진화되어진 효소를 산업적 목적에 적합하도록 변형시키는 효소 개량기술에 의해 새로운 기능을 가진 “기능성 효소” 개발이 늘어나고 있음.
- 세계 각국은 극지생물을 미래자원으로 인식하고 활용을 위한 자원평가 및 기초 원천기술 개발에 주력하고 있으므로, 생물다양성협약(CBD) 및 유전자원접근 및 이익 공유(ABS, Access to Genetic Resources and Benefit Sharing)에 의한 전 세계 생물자원 이용의 한계를 극복하기 위해 영토지배권이 없는 극지역의 생물자원 확보가 장기적인 미래 국가이익에 중요함을 인식

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 20년간 극지 기초연구 및 응용기술 축적 · 쇄빙연구선 아라온호 등 탐사 인프라 확보 · 국내외 협력 네트워크 보유 · 타분야 (해양, 환경, 지질 탐사) 연구와 시너지 · 세계 최고수준 선박/플랜트/IT 기술 보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 극한지 첨단 연구탐사장비 부족 · 북극해 연구자료의 활용 미흡 · 북극해 전문연구 인력 부족 · 국내 산업체의 극지 자원개발 활동과 투자에 대한 소극적 대응
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 자원·항로 등 북극해 중요성 부각 · 정부의 북극해 연구 활성화 정책 강화 · 범부처 북극활동기본계획 등 정부지원 마련 · 북극 생태계 변화에 따른 유용 생물 증대 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극권 국가들의 북극활동 블록화 · 북극권 국가들의 배타적 영유권 강화 · 북극 경제개발에 대한 국가간 경쟁 강화 및 자원 독점화 · 장기적인 북극해 연구 필요성 인식 부족 · 북극해 환경보호 강화 및 환경유해 세균의 위험성

○ 핵심연구 내용

1) 해저환경 변동과 지질 재해

- 북극해 대륙붕 공동탐사를 통한 탐사자료/시료 확보
- 북극해 해저지질환경과 자원분포 특성 규명
- 극한지 해저자원탐사 기술 개발
- 광역조사 결과 기반 동토 지역 및 북극해 해빙에 의한 메탄 방출 및 지질 재해 정밀 조사 지역 선정

2) 북극 생물자원 유래 유전자원/산업 소재 및 신약으로서 활용기술 개발

- 북극 생물 특성 분석을 통한 북극 환경변화 이해 및 응용 연구 기반 확보
- 저분자 의약품 및 전구물질의 개량을 통한 바이오 신소재 개발
- 극지해양생물 유전체 분석 및 네트워크 시스템 구축
- 북극 생물자원 타깃 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화 연구
- 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구

○ 세부분야의 현재 국내 연구 현황

1) 해저환경 변동과 지질 재해

- 기존 관련 국내 연구 활동 및 연구 수준

부처	기관명	세부연구 단위	자원 종류	기타
산자부	한국가스공사	캐나다 북극지역 우미악 가스전 참여	천연가스	2011년 지분투자(20%)
	대한광물자원공사 /한국지질자원연	그린란드 광물자원 탐사	광물자원	탐사
해양수산부	극지연구소	북극 보포트해 가스하이드레이트 국제공동연구	가스하이드레이트	2013, 2014년 북극 캐나다 수역 탐사
		러시아 오호츠크해 가스하이드레이트 국제공동연구	가스하이드레이트	2003년 이후 현재까지 러시아 수역 탐사
민간	삼성중공업/대우 해양조선 등	극한지용 선박 제작	극지용 선박	북극자원 개발/운송용 선박 수주
	현대글로벌비스	북극항로 개발	북극물류	2013년 북극항로 항해 수행

- 향후 국내 북극연구 현황과 관련하여 현재 단계*

기술역량		
중심기술	기술격차(년)	기술수준(%)
극한지 자원 탐사 및 유망성 분석 기술	8년 (최고수준)	30% (최고수준)
극한지 자원 환경평가 기술	4년 (최고수준)	35% (최고수준)

* 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 中 (에너지 공급 차세대 전략 자원개발)
극한 지역 자원개발 기술 분야 (에너지기술평가원, 2014년 12월 발간) 참조

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	()	()	
2022	(○)	(○)	(○)	()	
2030	(○)	(○)	(○)	(○)	

2) 북극 생물자원 유래 유전자원/산업 소재 및 신약으로서 활용기술 개발

- 해양생물의 생명현상 연구는 ‘미생물유전체 프론티어사업’, ‘마린 바이오 사업’ 등에서 해양 생물체의 미생물 자원 확보, 유전체 연구 등을 부분적으로 수행하였으나 극지 생물체의 생명현상 및 기능에 대한 기초연구는 미비하며, 일부 국내 연구진의 경우 연구력 자체만을 보면 세계적인 성과를 내고 있으나 국내 전반적인 인프라, 시설지원, 네트워크, 활용성은 기초수준에 머물러 있음.
- 다부처 유전체 사업의 일환으로 2015년부터 해양수산부에서 ‘해양수산생물 유전체정보 분석 및 활용기반 구축’ 사업에서 국내 해양생물(동물, 식물, 미생물) 100종의 유전체정보와 40종의 메타유전체 분석 및 유용기능 제시 진행

□ 연구내용

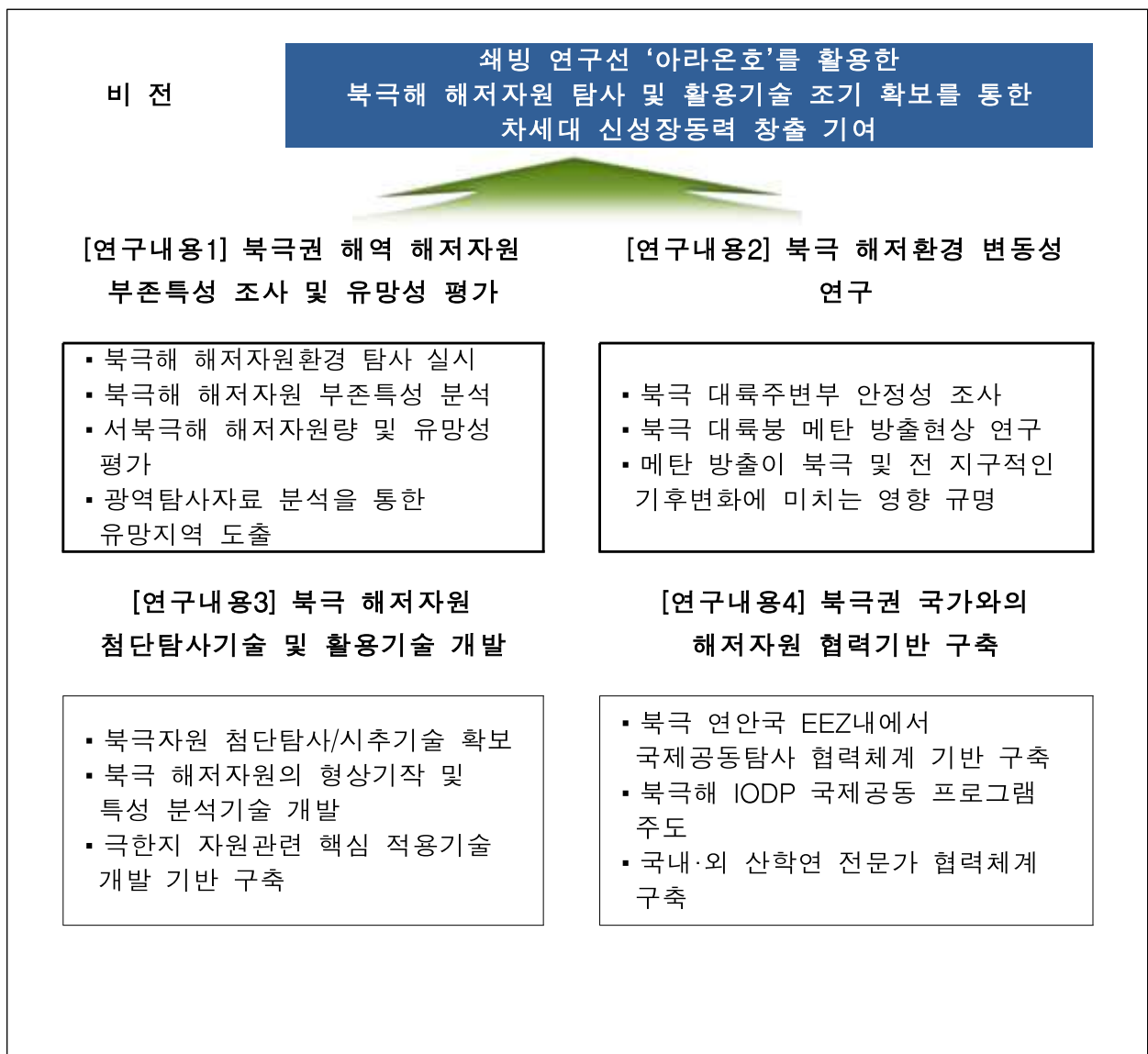
○ 최종 목표

1) 해저환경 변동과 지질 재해

목표 시점	목표
2022	- 러시아와 캐나다의 북극권 배타적경제수역 (EEZ)내에서 해저자원환경 탐사 및 극한지 해저탐사기술 개발 (아라온호 활용) - 동토 및 북극해 해빙에 의한 메탄 방출 및 지오 해저드 광역 조사
2030	- 환북극해 해저자원환경 탐사 및 극한지 해저탐사기술 개발 (제2쇄빙연구선 활용) - 동토 및 북극해 메탄 방출 모델링 및 지구온난화, 지질 재해 예측 모델링

○ 세부 내용

<현재~2030년까지 세부 연구내용>



- 아라온호 보유로 우리나라의 극지 탐사 능력이 향상됨에 따라 북극권 연안국가 EEZ내 자원부존지역에서의 탐사자료 확보와 유망성 평가 가능
- 북극해 자원개발 가능지역에서의 해저환경 변동성규명 등 환경평가기술 필요
- 극한지에 특화된 첨단 해저면탐사/시추 기술과 활용기술 조기 확보 가능
- 북극해의 70% 이상을 차지하고 있는 북극연안국과의 해저자원환경 탐사 양자협력체제 구축과 북극해 해저시추를 위한 IODP 등 대형 북극해 공동연구 프로그램 주도
- 동토 및 북극해 해빙에 의한 메탄 방출 및 지오 해저드 광역 조사
- 광역조사 결과 기반 동토 지역 및 북극해 해빙에 의한 메탄 방출 및 지오 해저드 정밀 조사 지역 선정

2) 북극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구 물질 개발

목표 시점	목표
2022	북극생물 특성 분석을 통한 북극 환경변화 이해 및 유용물질 도출
2030	북극 생물자원 기반 유용효소, 고부가가치 의약품 및 산업소재 선도물질 개발

○ 세부 내용

<현재 ~ 2022>

- 북극 해양생물 탐사 및 자원화
- 생물 특성 분석을 통한 북극 환경변화이해 및 유용물질 도출
- 극지해양생물 유전체 분석 및 네트워크 시스템 구축
- 극지해양 생태계 기반 유전체 분석 대상 종 선정 및 유전자 정보 확보

<현재 ~ 2022>

- 유용물질의 대량 확보 및 이용가치 증명
- 저분자 의약품 개발 및 기술이전 추진
- 북극 생물 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화 연구
- 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구

○ 단계별 로드맵

1) 해저환경 변동과 지질 재해

구분	2011-2015	2016	2017	2018	2019	2020
미래 트랜드	○ 급격한 지구온난화와 청단기술 개발로 인해 북극지역의 해저자원개발 가시화 ○ 북극자원 확보를 위한 세계 각국의 경쟁 심화 및 북극연안국과의 양자간 협력체계 구축					
단계별 연구개발 목표	북극권 국가와의 국제공동 협력기반 구축		○ 북극연안국 EEZ내 국제공동탐사 수행 및 협력 파트너십 구축 ○ 북극해 해저자원환경 자료/정보 확보 및 해저매탄방출현상 규명			
북극해 해저지질환경 특성 조사	한-러-일 러시아 오호츠크해 가스하이드레이트 국제공동연구 현장탐사 수행 한-캐-미 북극 보퍼트해 국제공동 연구 네트워크 구축		캐나다/러시아 북극권 해역 탐사 심부/전부 해저지질 지각구조도 및 해저지형도 작성			
북극해 해저자원 부존특성 및 유망성 평가			해저퇴적분지 탄성모듈러스 분석 탄화수소/광물자원 생성기원 규명 해저자원 부존구조 및 이동현상 파악 유망구조 분석 및 자원원 기초조사, 탐사자료 DB 구축			
기대효과	북극 글로벌 이슈 선도연구국가 위상 확보, 북극연안국과의 협력체계 구축 및 유망부존 지역 자료/정보 제공					

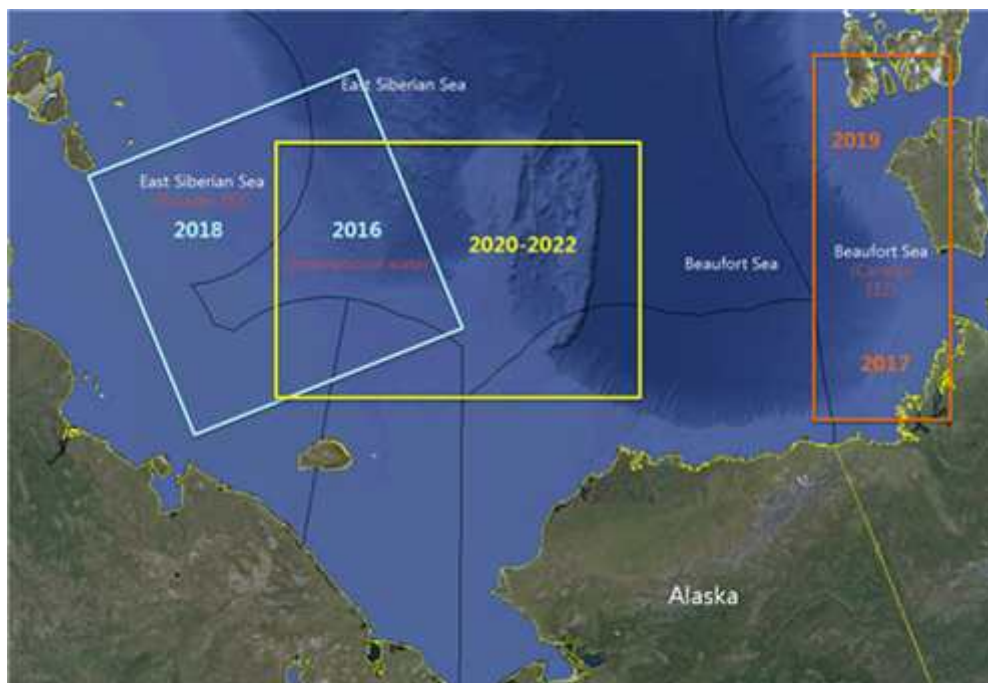
2) 북극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구 물질 개발

연구내용	현재~2022년					2023년~2030년							
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 단계	북극 해양생물 탐사 및 자원화												
	생물 특성 분석을 통한 북극 환경변화 이해 및 유용물질 도출												
2 단계	유용물질 대량확보 및 이용가치 증명												
	저분자 의약품, 전구 물질 및 바이오신소재 개발과 기술이전												

○ 협력 추진 전략

<p>극지연구소</p> <p>◦ 극지탐사 인프라 지원</p> <p>◦ 연구개발 프로그램 거점</p> 	<p>물리탐사</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 극지연 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 아라온호 활용 현장탐사 ✓ 해양과기원, 지자연 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 해양 탐사, 광물 탐사
	<p>지질환경 특성</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 극지연, 지자연 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 지질 조사 ◦ 자원환경도 작성 ✓ 한양대, GeoClew <ul style="list-style-type: none"> ◦ 지화학 특성 분석 ◦ 퇴적분지 형성과정
	<p>자원특성</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 음산과기원 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 자원 특성 분석 ◦ 실험실/전산 모사 ✓ 지자연, 경상대, 해양대 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 자원부존량 파악 ◦ 기원암 특성 ◦ 유망지역 선정
	<p>자원기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 해양과기원 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 극지용 탐사장비 개발/운영 ✓ 국내 조선/물렌트 기업 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 극지 탐사/시추, 개발 장비개발 ◦ 극지용 조선/물렌트 개발
	<p>자원개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 석유공, 가스공, 광물자원공, 극지연연구소 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 자원개발 산업체 ◦ 북극 자원개발 정책 수립 ◦ 북극 자원탐사/개발 참여

1) 해저환경 변동과 지질 재해



2) 북극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구 물질 개발

- 남극 해양생물의 유전체 분야 연구를 위하여 미국의 University of Texas at Austin의 Harold Zakon 교수, 영국의 BAS의 Dr. Melody Clark과 함께 국제 공동 working group 으로 활동하면서 연구자 교류 및 공동연구 수행

- 남극해양생물의 유전체 기능연구를 위하여 미국의 Northeastern University의 Detrich, H William 교수, University of Oregon의 John Postlethwait 교수와 지속적인 데이터 공동 활용과 인력교류를 통하여 극지생물의 genetic mapping과 기능규명을 위한 공동 연구 수행
- 미국 Advanced Photon Source 방사광, 스크립스 연구소, 일본산업기술 종합연구소 및 일본 SPring-8 방사광의 X-선 회절장비를 공동으로 활용하여 저온적응 관련 단백질의 구조 해석과 구조기반 기능 규명연구를 수행
- 이태리의 University of Genoa의 Laura Ghigliotti 교수와 University of Modena and Reggio Emilia의 Roberto Guidetti 교수와 함께 극지 생물의 변이체와 단백질체 연구를 공동 수행하여 지질대사와 비만증 공동 연구
- 남북극 생물의 고유성을 규명하기 위하여 스웨덴 자연사박물관의 Lars Hedenas, 독일 헬름홀츠 연구소의 Daniel Lang 박사팀과 독일 프라이부르크 대학교의 Ralf Reski 교수팀 등과 공동 연구를 통하여 남북극 이끼 및 비극지생태종 확보, 유전체 시퀀싱을 통해 비교 유전체 연구 및 저온 특이적 유전자 AP2 family의 기능 연구 예정

○ 활용방안과 기대효과

1) 해저환경 변동과 지질 재해

- 아라온호를 활용하여 축적된 북극해 해저자원환경 탐사자료와 현장정보는 제공함으로써 국내 관련 산업체의 북극 자원개발 진출 시 사전조사 비용 절감에 기여
- 향후 에너지자원 개발 지역이 쉬운 지역에서 극한 지역으로의 이동이 예상됨에 따라 독자적인 극한환경 자원개발 적용기술 개발에 기여
- 북극해 자원개발에 따른 환경재해 평가와 환경보호에 대한 국제 규제 대응기술 확보에 활용
- 메탄 방출에 의해 국내 해저면 지오해저드 연구에 직접적으로 활용할 수 있음

2) 북극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구물질 개발

- 북극 미생물이 생산하는 화합물에 대한 정보와 활용기술은 의약품, 해양생물 연구자 및 공공을 포함한 광범위한 분야에 이용 가능함.

- 과학적 기대효과로 미개발 북극해 미생물 자원에 대한 독자적인 활용방안을 제시하고 국가 미래성장에 기여
- 사회적 기대효과로 북극 연구의 중요성을 인식하고 대중적 지지를 확보할 수 있음.
- 정책적 기대효과로 북극 연구의 국제적 리더십을 확보하고 국제공동연구의 중심점이 될 수 있음.
- 극지해양생물 유전체연구를 통해 해양 생물의 분자생리학적 특성을 파악하고, 기존의 유전체 정보를 병행 활용하여, 극지의 환경에서 적응하기 위해 극지 생물 특이적으로 진화한 극지생물의 적응 기작 규명이 가능
- 국내 외 극지생물 연구자들에게 극지 해양생물 특이적 환경기작 관련 데이터 및 실험 시료 공유를 통해 학문적/산업적 가치가 높은 유용 생물정보의 공동 활용이 가능
- 극지 유용 해양 생명자원의 산업화 가용성을 타진하고, 신성장 동력의 일환으로 활용가능

○ 2030 이후 전망과 과제

1) 해저환경 변동과 지질 재해

- 현재 진행 중인 북극 해빙감소 추세를 감안할 때 2030년 이후에는 여름철에 해빙이 없는 북극해가 될 것으로 예측되고 있음. 이에 따라 북극에서의 해저자원 개발활동이 활발해지고 현재의 비싼 개발비용도 다른 지역과 같은 정도로 낮추질 것으로 예상됨.
- 2030년 이후에도 화석연료 시대가 계속된다면 북극 해저자원 개발은 지구상의 새로운 성장동력이 됨. 우리나라 여러 관련기업이 북극에 진출과 투자를 할 것으로 전망됨.
- 북극 해저자원 개발과 환경보존을 함께 진행시킬 새로운 기술들이 개발되며, 우리나라도 지금부터 기초/기반 기술 확보와 국제협력 기반 구축을 위해 범정부차원의 지속적인 노력이 필요함

2) 북극 생물자원 기반 저분자 의약품 및 전구물질 개발

- 2030년경에는 생명공학이 여러 신기술들과의 지속적인 융합을 통해 글로벌 경제에 대규모 변혁을 가져오는 바이오경제시대로 진입할 것으로

예상되면서, 전체 GDP의 2.7%를 생명공학 관련 산업이 차지할 것으로 전망됨. 세계 주요 선진국들은 생물자원 관련 사안들을 국가정책에 반영하고, 자국의 자원 보호는 물론, 다양한 유용 생물자원 확보를 위한 경쟁적인 노력을 지속할 것임(<생물자원, 바이오경제 시대의 핵심소재> 중에서).

- 북극 지역 국가들과의 공동연구 추진, 기술개발 지원 등을 통한 생물자원 확보와 연구개발에 지속적인 투자가 필요하며, <나고야의정서> 발효에 따른 생물자원의 합리적 이익분배를 위해 보건의료·바이오산업·과학계 등 다학제간의 유기적인 대응전략 수립을 위한 과학정책이 절실히 요구됨.

6. 미래 북극물류 체계

○ 개념

- 북극해항로(NSR 포함)를 활용하는 해운물류 중심의 미래 북극물류 체계에 대한 연구
- 북극해항로를 활용하는 해운물류에는 세 가지(통과운송, 카보타지, 목적지운송) 종류의 운송이 알려져 있으며, 러시아 연안운송으로서의 카보타지를 제외하면 국제통과운송과 목적지운송으로 구분됨. 북극해항로와 연결되는 러시아 내륙수운과, 북극해항로와 경쟁관계에 있을 수 있는 시베리아횡단철도(TSR)와의 관계 속에서 있는 해운물류 중심의 미래 북극물류 체계 연구

○ 필요성

- 잠재 아시아-EU 국제해상운송로 참여를 통한 국적선사 경쟁력 확보
- 우리나라 수출업체들에 대한 해상운임 경쟁력 제고 확보
- 극지 항해를 위한 인프라 건설시장 참여를 통한 해외 진출
- 북극해항로 운항 선박 건조 시장의 합리적 진출 방안 제시

○ 핵심연구 내용

- 미래 북극물류 체계 요소 분석
- 북극 비즈니스 도출 모형 개발

○ 국내 연구 현황

- 북극해항로를 활용하는 화주와 화물의 수요분석, 북극해항로의 인프라와 법규정에 대한 기초연구는 진행되어 있음. 북극물류 체계 구성 요소들에 대한 깊이 있는 분석과 이를 통합하는 미래 북극물류 체계와 이에 기초하여 우리나라 입장에서 북극 비즈니스를 도출해낼 수 있는 모형 개발이 필요함.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	(○)	(○)	

□ 세부 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 미래 북극물류 체계 요소 분석 • 북극해항로 활용 운송서비스 요구 화주 및 화물 수요 분석 • 북극 자원 운송 체계 분석 • 운송 수요에 대응한 선종별 최적 운송 체계 개발 • 북극물류 지원 인프라 건설에 따른 미래 북극물류 체계 변화 연구 • 미래 북극물류 체계 변화에 대한 법 규정의 영향력 분석
2030	<ul style="list-style-type: none"> - 북극 비즈니스 도출 모형 개발 • 4차산업 접목 가능 북극항로 물류 인프라 조사 • 미래 북극해항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립

○ 세부 내용

- 북극 항로 활용 운송 서비스 요구 화주와 화물 수요 분석
- 북극 자원 운송 체계 분석
- 운송 수요에 대응하는 최적 운송 체계 개발
- 북극 물류 지원 인프라 건설에 따른 미래 북극물류 체계 변화 연구
- 미래 북극물류 체계 변화에 대한 법·규정의 영향력 분석
- 4차 산업혁명에 접목 가능 북극 항로 물류 인프라 조사
- 미래 북극해 항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립

○ 단계별 로드맵

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
북극해항로 활용 운송서비스 요구 화주 및 화물 수요 분석	■	■	■	■	■								
북극 자원 운송 체계 분석	■	■	■	■	■								
운송 수요에 대응한 선종별 최적 운송 체계 개발			■	■	■								
북극물류 지원 인프라 건설에 따른 미래 북극물류 체계 변화 연구			■	■	■								
미래 북극물류 체계 변화에 대한 법 규정의 영향력 분석	■	■	■	■	■								
4차산업 접목 가능 북극항로 물류 인프라 조사	■	■	■	■	■	■	■	■					
미래 북극해항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립							■	■	■	■	■	■	■

○ 협력 추진 전략

- 한국 북극연구컨소시엄(KoARC) 참여 연구기관들과의 공동 추진
- 러시아, 노르웨이 관련 연구기관과의 공동 연구 전략을 수립하여 추진

○ 활용방안과 기대효과

- 아시아-EU 국제해상운송로로서의 북극해항로의 활용 여부 판단에 대한 기준과 가능성을 국내 화주와 선사들에 대해 알려 국적선사와 조선업체의 경쟁력 확보와 효과적인 투자전략을 수립할 수 있도록 함.
- 북극에서의 인프라 건설시장, 북극으로부터의 자원 수입시장을 우리나라를 중심으로 운영할 수 있도록 함.
- 북극해항로 운항 선박 건조 시장의 합리적 진출 방안을 제시하여 북극해항로에서 경제성과 경쟁력을 보유한 극지선박을 건조하여 우리나라 조선업체의 새로운 시장 개척 가능

○ 2030 이후 전망과 과제

- 2030년 이후에는 북극지역의 자원개발로 인한 수송 물동량이 급증할 것으로 예상되며, 북극항로를 통한 북유럽과 아시아지역간의 컨테이너 화물의 정례적인 서비스가 실시될 가능성이 높음.

- 따라서 이러한 북극물류시장의 흐름과 변화 가능성에 선제적으로 대비하여, 북극항로를 활용한 사업 기회를 발굴하고, 우리나라 업체를 위한 최적의 비즈니스 모델을 수립할 필요가 있음.

7. 북극 에너지·광물 자원

○ 개념

- 북극에는 전 세계 미발견 에너지 자원의 22%(석유 900억 배럴, 천연가스 1,670tcf, 컨텐세이트 440억 배럴)가 매장되었을 것으로 추정됨.
- 북극해 북동항로에 인접해 있는 스발바르 군도 주변 지역을 포함한 북극해 연안지역에는 구리, 철, 아연 등이 있으며, 그린란드의 희토류 매장 사례 등을 통하여 볼 때, 북극 지역에 미발견 광물자원이 대량으로 매장되었을 것으로 추정됨. 북극해 북서항로에 인접해 있는 알래스카와 캐나다 북부지역 등은 에너지 광물을 기반으로 하는 경제구조가 지속될 것임.
- 북극권의 에너지·광물 자원개발에 필요한 사전 기술 및 정책 수요를 분석하고 우리나라의 참여방안을 마련하는 것을 목적으로 함. 북극권의 경제개발은 향후 10년간 자원개발 및 운송 분야에 집중될 것으로 예상됨에 따라 우리나라는 자원개발에 대한 직간접적인 참여를 통해 북극권에서 경제활동 기회를 확보해나가는 것이 합리적임. 또한 북극권의 자원 운송수단은 선박에 의존할 가능성이 높기 때문에 자원개발 규모 추정에 따른 선박시장 진출방안을 연계하여 준비할 필요가 있음.

○ 필요성

- 우리나라 에너지 자원 수입 다변화와 전략적 자원확보 방안 마련으로 수입가격 협상력 및 결정력 강화
- 장기적 에너지·광물 자원 확보를 통한 우리나라 산업경쟁력 강화
- 우리나라 업체의 북극 에너지·광물 자원 시장 진출
- 북극 에너지·광물 자원 관련 비즈니스 기회 도출을 통한 우리나라 업체 지원

○ 핵심연구 내용

- 북극권 에너지·광물 자원 매장량 평가 및 탐사 요소 기술 개발
- 북극해 자원개발 프로젝트 참여방안 및 자원수송 방안 연구

- 러시아 및 북극 자원을 활용한 동북아 에너지 허브 구축을 위한 정책 방안

○ 국내 연구 현황

- 북극권 협력을 위한 기초적인 정보 획득 및 방안이 마련되었으나, 지역별 세부적인 협력 방안과 종합적인 국가 정책 수립은 미비한 상황
- 캐나다 및 러시아 수역의 가스하이드레이트 및 그린란드 광물자원 탐사가 제한적인 수준에서 진행 중
- 북극해 자원개발 프로젝트(Yamal LNG 포함)에 대한 부분적인 내용이 국내에 알려져 있으며, 우리나라 조선소에서 건조한 Arc 7 LNG Carrier 를 활용하는 운송에 대해서는 알려져 있으나 북극권 에너지·광물 자원 매장량에 대한 평가 기술은 기초연구단계임.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	(○)	(○)	

□ 세부 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 북극권 에너지·광물 자원 매장량 평가 요소 기술 개발 • 북극권 에너지·광물 자원 탐사기술 개발 • 북극권 동토층 시추 기술 개발 - 북극해 자원개발 프로젝트 참여방안 및 자원수송 방안 개발 • 북극 자원개발 프로젝트 참여 타당성 분석 • 북극 자원개발 프로젝트 참여 방안 개발 • 러시아 및 알래스카 LNG 프로젝트에 대한 참여방안 개발
2030	<ul style="list-style-type: none"> - 북극권 에너지·광물 자원 생산 기술 개발 • 에너지 자원(석유, 가스) 생산기술 개발 • 천연가스 배관 유동성 확보 기술 개발 • 에너지 자원(석유, 가스) 회수증진 기술 개발

○ 세부 내용

- 북극권 에너지·광물 자원 탐사기술 개발
- 북극권 동토층 시추 기술 개발
- 에너지 자원(석유, 가스) 생산기술 개발
- 북극 자원개발 프로젝트 참여 타당성 분석
- 북극 자원개발 프로젝트 참여 방안 개발
- 러시아 및 알래스카 LNG 프로젝트에 대한 참여방안 개발
- 천연가스 배관 유동성 확보 기술 개발
- 에너지 자원(석유, 가스) 회수증진 기술 개발

○ 단계별 로드맵

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
북극권 에너지·광물 자원 탐사기술 개발													
북극권 동토층 시추 기술 개발													
에너지 자원(석유, 가스) 생산기술 개발													
북극 자원개발 프로젝트 참여 타당성 분석													
북극 자원개발 프로젝트 참여 방안 개발													
러시아 및 알래스카 LNG 프로젝트에 대한 참여방안 개발													
천연가스 배관 유동성 확보 기술 개발													
에너지 자원(석유, 가스) 회수증진 기술 개발													

○ 협력 추진 전략

- 러시아는 자국의 북극 프로젝트에 대한 외국의 투자를 기대하고 있는 상황임을 고려하여 합리적인 투자방안 도출을 위해 정책분과와의 공동연구 전략이 필요함.
- 탐사기술 부문은 기존 극지에서의 탐사 경험이 있는 과학분과의 공동연구 전략이 필요함. 또한 이미 개발된 외국의 사례와 경험을 조기에 분석하여 차별화된 기술 개발 방향 수립이 필요함.

- 북극 자원을 매개로 하는 과학, 산업, 정책 분과를 포괄하는 전분과 공동사업으로 추진하는 전략이 필요함.

○ 활용방안과 기대효과

- 북극의 에너지·광물 수입을 통한 안정적 에너지 자원 확보 및 국가 경쟁력 향상에 도움이 될 것임.
- 북극에서의 에너지·광물 분야에 대한 투자를 통해 북극연안국들과의 실질적 협력을 통한 외교적 성과를 실현하면서 동시에 에너지·광물 분야에서의 국익 실현이 가능함.

○ 2030 이후 전망과 과제

- 현재까지 북극해의 10 % 해역만 탐사가 되고, 연중 해빙에 나타나는 나머지 부분은 미탐사 지역으로 남아 있음. 2030년 이후 여름철에는 대부분의 해빙이 사라져 해저지질탐사가 가능할 것으로 예상됨.
- 북극해에는 전세계 미발견 석유가스자원의 20 %가 매장되어 있고, 급격한 북극온난화에 의해 북극해 대륙붕이 녹아 분출하는 메탄가스의 양이 엄청날 것으로 예상되어 북극해저탐사능력을 갖춘 일부 국가 주도로 탐사활동이 크게 증가할 것으로 예상됨.
- 쇄빙능력이 향상된 제2쇄빙선이 건조되면 아라온호가 접근하기 어려운 북극해고위도 해역과 캐나다 북쪽해역에서 새로운 탐사자료를 선점하는 과제가 수행될 것으로 전망됨. 이에 따라 북극점 탐사와 환북극해 일주탐사와 같은 대형탐사프로젝트가 필요함.

8. 북극항로 화물 수송 선박

○ 개념

- 북극권의 에너지·광물 자원을 해상으로 수송할 수 있는 다양한 극지 운항 선박 설계 및 운용 기술
- 쇄빙유조선 필수 투입 해역, 독자 쇄빙운항 가능해역 및 쇄빙선단 운항 해역 등 실제적인 운항 시나리오를 개발하고 쇄빙 화물선의 운항성능과 기자재의 방한성능을 평가할 수 있는 기술
- 극지 운항 선박의 운항성능 검증을 위한 실험해역 해빙특성 계측분석, 빙해역 하역을 위한 빙판의 내하중 평가기술



삼성중공업에서 건조한 70K DWT 쇄빙 유조선(左上)과 42K DWT급 쇄빙 유조선(右上), 대우조선해양에서 건조한 170K m³ 쇄빙 LNG 운반선(下)

<국내 조선소에서 건조된 쇄빙 화물선>

○ 필요성

- 개발 우선순위가 높은 해역과 항로에 대하여 화물의 종류에 따라 최적화된 한국형 표준 극지 운항 선박을 개발·제시함으로써 국내 조선산업의 경쟁력을 제고
- 북극해 운항 선박용 기자재의 방한 설계 관련 기술 개발을 통하여 국내

조선 기자재 업체의 동반 성장을 도모

- 북극해 운항 선박 및 기자재의 성능 평가와 관련된 기술 표준 개발
- 격화되는 한·중·일 극동 3국의 북극항로 선점 경쟁에서 우위를 점하는데 기여함으로써 국제 협력을 유도하고, 해운·물류 업계 및 북극 이사회 등에서 국가 위상 제고

- 북극항로 화물 수송 선박 개발 관련 SWOT 분석 -

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 세계 최정상급의 쇄빙 화물선 건조 기술 · 최고 수준의 전문 인력 보유 · 빙해수조·콜드룸 등의 대형 연구 인프라 기보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극항로 운송의 경제성(또는 수익성) 부족 · 북극해 인접 국가와의 협력 필수 · 빙 성능 연구 인프라의 성능 개선 필요
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 조선 산업 국제(對中·對日) 경쟁력 제고 · 러시아 정부의 북극 개발 의지 · 저유가로 인한 해외 선진 연구기관의 활동 위축 	<ul style="list-style-type: none"> · 저유가 상황 지속 · 관심 국가 간의 마찰·업계 내 과당 경쟁 · 북극해 인접 국가들의 규제

○ 핵심연구 내용

- 운항 해역·항로·화물의 종류를 고려한 한국형 표준 극지 운항 선박 개발
- 북극항로 화물 수송 선박용 기자재 방한 설계 및 성능 평가 기술 개발
- 북극항로 최적 운항 지원 시스템 고도화

○ 국내 연구 현황

- 저유가 상황의 지속으로 인한 북극 연구개발 활동 위축
- 내빙 화물선은 세계 최정상급 기술 수준에 이미 도달하여 국내 조선소에서는 일반적으로 건조하는 선박으로 분류
- 쇄빙 화물선의 경우 국내 조선소의 상세 설계 및 건조 기술은 세계 최정상급으로 세계 최초의 쇄빙 유조선과 쇄빙 LNG 운반선을 건조한 실적을 보유하고 있으나 개념·기본 설계 역량은 상대적으로 취약하여 해외 선진 기관에 상당 부분 의존하고 있으며 상세 설계 시의 자유도가 제한됨.

- 개념·기본 설계 역량이 상대적으로 취약한 상황에서 조선소별로 프로젝트마다 개별적으로 대응하기 때문에 중복 투자와 과당 경쟁으로 인한 저가 수주 우려 및 개발 리스크 상존
- 이테크, ISEVACON, 대성 IND 등의 중소 기자재 업체에서 열선을 이용하여 요구되는 방한 성능을 일부 확보한 제품을 부분적으로 제작하고 있는 수준임.

- 향후 국내 북극연구 현황과 관련한 연구 단계 -

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	(△)	(△)	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	(○)	(○)	

※ △: 상세 설계와 건조 기술 역량은 제품·산업화 영역에 도달해 있으나 우선적으로 확보되어야 할 핵심기술인 개념·기본 설계 역량은 취약

□ 연구 내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 운항 해역, 항로, 화물의 종류를 고려한 표준 극지 운항 선박 개념·기본 설계 기술 개발 - 강건하고 정도 높은 빙 성능 평가 기법 개발 및 성능 평가 정도 향상 - 극지 운항 선박용 기자재 설계 및 시험 평가 기술 개발 - 극지 해빙의 내하중 평가를 위한 물리적 특성 계측 및 해석 기술 개발
2023	<ul style="list-style-type: none"> - 화물 수송 시나리오에 따른 표준 쇄빙 화물선 개발 - 극지 운항 선박용 기자재 방한 성능 표준화 및 인증 체계 구축 - 극지 해빙의 내하중 평가 기술 개발 및 인프라로서의 활용 방안 연구 - 극지 운항 선박의 최적 운항 지원 시스템 고도화 및 자율 운항 연구

○ 세부 내용

<현재 ~ 2022>

- 화물 수송 시나리오에 따른 표준 극지 운항 선박 개념 설계
 - 북극항로 화물 수송 시나리오 수립 및 시나리오 별 우선 순위 도출
 - 화물 수송 시나리오 별 표준 극지 운항 선박 개념 설계

- 표준 극지 운항 선박의 선형·추진 시스템 특성 연구
- 강건하고 정도 높은 빙 성능 평가 기법 개발 및 성능 평가 정도 향상
 - 빙 성능 예측 및 평가 정도 향상 연구
 - 빙 성능 연구 인프라의 성능 개선을 통한 성능 시험 역량 확충
- 극지 운항 선박용 기자재 설계 및 시험 평가 기술 개발
 - 방한(Winterization) 설계 기초 기술 개발
 - 기자재 방한 성능 시험·평가 기술 및 시뮬레이션 툴 개발
- 극지 해빙의 내하중 평가를 위한 물리적 특성 계측 및 해석 기술 개발

<현재 ~ 2022>

- 화물 수송 시나리오에 따른 한국형 표준 극지 운항 선박 개발
 - 개념설계 개선
 - 표준 극지 운항 선박의 선형·추진 시스템 최적화 연구
 - 화물 수송 시나리오에 따른 표준 극지 운항 선박 상세 설계
- 극지 운항 선박용 기자재의 방한 성능 표준화 및 인증 체계 구축
 - 기자재 방한 성능 표준화 및 인증 체계 구축
- 극지 해빙의 내하중 평가 기술 개발 및 인프라로서의 활용 방안 연구
- 극지 운항 선박의 최적 운항 지원 시스템 고도화 및 자율 운항 연구
 - 극지 기상 및 해빙 상태의 최신 모니터링 및 예측 기술을 적용한 최적 운항 지원 시스템 연구
 - 극지 운항 선박의 자율 운항 기술 개발 및 적용 연구

- 현재 부족한 내용

- 빙 성능 평가용 대형 인프라인 빙해수조의 성능 개선 요망
선박해양플랜트연구소 빙해수조는 국내 유일의 극지 운항 선박 및 북극해 해양플랜트의 빙 성능을 시험할 수 있는 설비로서, 2020년이 되면 빙해수조가 완공된지 10년이 됨. → 기존의 노후 냉동시스템을 친환경 냉매 사용이 가능한 냉동시스템으로 교체하여 냉매 관련

규제에 대응함과 동시에 냉동 성능을 향상시켜 제빙 효율을 높여서 증가하는 시험 수요에 대비할 필요가 있음.

○ 단계별 연구 로드맵

연구내용	현재~2022년					2023년~2030년							
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
한국형 표준 극지 운항 선박 개발													
강건 빙성능 평가기법 개발													
극지운항 선박용 기자재 방한성능 기술 개발													
극지 해빙 내하중 평가기술 개발													
극지 운항 선박의 최적 운항 지원시스템													

○ 협력 추진 전략

- 북극항로 화물 수송 시나리오 수립 및 시나리오 별 우선 순위 도출
 - 적절한 시나리오를 수립하기 위해서는 화물 수송이 이루어지는 북극 해역의 당사국들과의 글로벌 협력이 반드시 필요하고 이를 토대로 KoARC의 산업-정책 분과 간의 공동 연구 수행 요망
- 북극항로 화물 수송 시나리오에 따른 표준 극지 운항 선박 설계
 - 조선 업계의 경쟁력 강화에 도움이 될 수 있도록 한국형 표준 극지 운항 선박 개발 의지가 있는 국내 조선소와의 공동 연구 추진
- 강건하고 정도 높은 빙 성능 평가 기법 개발 및 성능 평가 정도 향상 연구, 극지 해빙의 내하중 산정을 계측·해석·평가 기술 개발
 - 설비 운용 노하우와 다양한 시험·평가 기법의 벤치마킹을 수행하고 구하기 어려운 해빙 계측 데이터를 확보하기 위하여 KoARC의 과학 분과와 협력함과 동시에 HSVA, KSRC, AARC, NRC-OCRE 등의 해외 선진 기관과 공동 연구 추진
- 극지 기상 및 해빙 상태의 최신 모니터링 및 예측 기술을 적용한 최적 운항 지원 시스템 고도화
 - 극지 기상 및 해빙 상태와 관련된 모니터링 및 예측 기술의 발전 속도 및 방향과 관련하여 과학 분과의 협력 필요

○ 활용 방안과 기대효과

- 극지 운항 선박과 같은 고부가가치 선박의 개념 설계 기술 확보를 통한 국내 조선 및 기자재 업체의 대중국 기술 격차 유지 또는 확대
- 극지 운항 선박의 전 개발 주기 동안 필요한 원천 기술을 확보하여 국제 사회에 어필할 수 있는 한국형 표준 극지 운항 선박 설계 도출
- 극지 운항 선박용 기자재의 성능 표준 및 인증체계 확보를 통한 글로벌 시장 진출

○ 2030 이후 전망과 과제

- IMO의 에너지효율설계지수(EEDI) 도입을 통한 온실가스 배출 규제에 따라 2030년에는 이산화탄소 배출량을 EEDI 기준선 대비 30% 이상 감축할 수 있는 선박만이 운항을 할 수 있게 됨.
- 일반 해역 운항 선박에 초점이 맞추어져 강화되고 있는 배출가스에 대한 규제가 북극 항로를 운항하는 선박에도 적용되어 청정 극지 운항 선박에 대한 새로운 수요가 창출될 것으로 예상됨.

9. 북극해 해양플랜트

○ 개념

- 낮은 온도와 유빙 그리고 높은 파도가 있는 북극해의 극한 환경에서 신뢰성과 안정성을 확보하고, 연중 운용으로 생산성 극대화를 구현하기 위한 해양플랜트에 대한 최적 설계, 기자재 및 Ice management 기술
- 북극해에 최적화된 해양플랜트 설계 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 기자재 설계 및 시험·평가 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 안전 운용을 위한 Ice management 기술 개발



<북극해 해양플랜트, 북극해 해양플랜트 기자재, OSV를 이용한 Ice management>

○ 필요성

- 북극해 자원개발 수요가 증가하면서 극지의 저온, 빙하, 유빙 등의 극한지역의 가혹한 환경에서 해양플랜트의 설치 및 운용하기 위해 설계 단계에서의 신뢰성 있는 엔지니어링 기술이 필요함.
- 북극해 해양플랜트에 탑재되는 기자재의 방한성능 확보를 위해서 설계기술, 방한성능 시험평가 기술 및 인증체계 개발이 필요함.
- 해양플랜트 Ice Management 기술은 캐나다, 노르웨이, 러시아, 핀란드 등 빙해역에 인접한 국가나 빙해역에서 자원개발용 해양플랜트를 운영하는 국가에서 경험적인 지식을 바탕으로 개발되어 온 것으로 국내에서는 아직 이에 대한 경험과 기술력이 매우 부족하므로 극지 선진국의 경험적인 노하우를 빠르게 흡수함과 동시에 국내 조선 및 기자재 업체의 Ice Management 관련 독자적인 기술력 확보가 필요함.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라 조선기술 실력과 신뢰도 · 대형 해양플랜트 건조 기술 1위 보유 · 세계수준의 ICT 기술 보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 전문가 및 FEED 인력 취약 · 엔지니어링 기술 및 핵심기자재 해외 의존 · 내수시장 취약
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 해양플랜트 분야 정부지원 강화 · 해양플랜트 산업 체질 개선 · 저가 오일 가격과 러시아 제재로 인한 선진국의 기술개발 침체 	<ul style="list-style-type: none"> · 대규모 손실에 따른 소극적 시장 대응 · 국내 조선소간의 과열 저가 수주 경쟁 · 선진국의 높은 시장진입 장벽과 중국 등 후발국의 저가 수주와 기술 추격

○ 핵심연구 내용

- 북극해에 최적화된 부유식 해양플랜트 설계 기술 개발
 - 빙저항/운동성능 엔지니어링 기술 개발
 - 구조성능 엔지니어링 기술 개발
 - 북극해 환경에 따라 연중 운용이 가능한 형상 설계 기술 개발
- 북극해 고정식 해양플랜트 설계 기술 개발
 - 빙-구조 상호 작용 해석 및 빙하중 평가 기술 개발
 - 구조성능 엔지니어링 기술 개발
 - 고정식 해양플랜트 설치 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 기자재 설계 및 시험·평가 기술 개발
 - 기능별 기자재 운용 특성, 운용환경 등을 고려한 체계적인 기자재 방한 설계기술 및 해석기술 개발
 - 기자재의 방한성능 및 방한등급 평가를 위한 anti-icing, de-icing, anti-freezing 시험평가 기술 및 해석기술 개발
 - 개발된 기술의 방한성능 시험, 해석기술, 성능평가 절차서 개발을 통한 성능 검증 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 안전 운용을 위한 Ice management 기술 개발
 - 유빙 상태 감시, 진행 경로 예측 기술 개발
 - 안전하고 효율적인 빙상 관리 기술 개발
 - 북극해 운용 시 활용 가능한 유빙 경로 제어 기술 개발

○ 국내 연구 현황

- 북극해 해양플랜트의 ARC7 조건에서 연중 운용이 가능한 형상개발 기술(KRISO 주관)과 구조설계 기술(대우조선해양)이 산업자원부 지원으로 2016년부터 5년간 기술개발이 진행되고 있음.
- 이테크, ISEVACON, 대성IND 등에서는 히팅코일을 이용하여 기자재의 방한성능을 확보하고 제품을 제작하고 있으나 기자재의 재료특성, 구조 등의 핵심 설계기술은 확보하지 못하고 있는 실정임.
- KRISO(빙해수조, 해양플랜트산업기술센터), 조선기자재연구원에서는 극저온 콜드룸 시설을 이용하여 주요 기자재에 대한 방한성능을 시험평가하고 있으나, 다양한 환경조건을 모사하거나 체계화된 방한성능 시험평가 기술은 연구가 미흡함.
- Ice management 관련 기술 개발은 북극해 유빙 감시 및 예측 기술에 대해서 한국해양연구원과 부설 극지연구소에서 연구를 진행하고 있음.
- 북극해 해양플랜트 관련 현재 단계

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	(○)	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 북극해 해양플랜트 안전성을 위한 기초기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 해양플랜트 설계 기초기술 ● 북극해 해양플랜트 기자재 설계 및 시험평가 기술 ● 북극해 해양플랜트 Ice management 기초기술
2030	<ul style="list-style-type: none"> - 북극해 해양플랜트 최적운용을 위한 핵심기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 해양플랜트 설계 핵심기술 ● 북극해 해양플랜트 시험평가 고도화 및 인증기술 ● 북극해 해양플랜트 Ice management 응용기술

○ 세부 내용

- 북극해 해양플랜트 설계 기초기술
 - 빙-구조 상호 작용 해석 기술 개발
 - 북극해 해양플랜트 빙하중 평가 기술 개발
 - 빙저항/운동성능 엔지니어링 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 기자재 설계 및 시험평가 기술
 - 기자재 방한 설계 기초 기술 개발
 - 극지 해양플랜트 기자재의 시험평가 기술 개발
 - 방한성능 해석 소프트웨어 개발
- 북극해 해양플랜트 Ice management 기초기술
 - 유빙 모니터링 장비 및 핵심기술 개발
 - 유빙 진행 경로 예측 기술 개발
 - 빙상 관리 기초 기술 개발
- 해양플랜트 설계 핵심기술
 - 구조성능 엔지니어링 기술 개발
 - 북극해 환경에 따라 연중 운용이 가능한 형상 설계 기술 개발
- 북극해 해양플랜트 기자재 시험평가 고도화 및 인증기술
 - 기자재의 방한 내구성 및 신뢰성 시험평가 기법 개발
 - 방한성능 시험·해석·평가 인프라 확충
 - 기자재 방한성능 표준화 및 인증체계 구축
- 북극해 해양플랜트 Ice management 응용기술
 - 유빙 모니터링 장비 설치기술 개발
 - 빙상 관리 핵심 기술 및 시나리오 개발
 - 유빙 경로 제어 기술 개발

○ 단계별 로드맵

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
해양플랜트 설계 기초기술													
해양플랜트 설계 핵심기술													
북극해 해양플랜트 기자재 설계 및 시험평가 기술													
북극해 해양플랜트 시험평가 고도화 및 인증기술													
북극해 해양플랜트 Ice management 기초기술													
북극해 해양플랜트 Ice management 응용기술													

○ 협력 추진 전략

- 해외 선주사, 조선소, 해양플랜트 운용사, 선급 등과 공동으로 연구 추진
- 핵심 설계기술, 기자재 방한성능 기술, 유빙 모니터링 핵심기술 등은 국내 단독연구로 추진하되, 시험 및 해석평가 검증과 해양플랜트 운용 및 빙상 관리 기술 등 은 경험이 많은 해외 선진 연구기관과 공동으로 수행

○ 활용방안과 기대효과

- 북극해 해양플랜트에 대한 핵심설계기술 확보를 통한 설계기간 단축 및 글로벌 시장에서 시장 점유율 확대
- 극지 운용환경, 생산설비에 맞는 기자재 방한성능 설계, 시험평가, 인증기술 확보로 국내 기자재 산업 육성
- 유빙 모니터링 및 빙상관리 기술 개발을 통해 북극해 해양플랜트의 안전 운용성 및 신뢰성 향상

○ 2030 이후 전망과 과제

- 현재 러시아는 야말반도에서 천연가스를 생산하면서, Varandey 해안에서 60km 떨어진 Prirazlomnoye에서 석유를 생산하고 있으나, 점차 러시아가 보유하고 있는 많은 유정에서 석유 생산이 증가될 것으로 예상됨.
- 북극 빙해역에서 운용이 가능한 해양플랜트 설계와 건조 기술 및 장비 개발, 그리고 안전 운용을 위한 기술 수요가 예상됨.

10. 북극 안전·방제

○ 개념

- 북극해 해양사고 대응기술로서 유류 및 위험유해물질 유출사고 시 방제기술과 사고선박 및 실종자의 수색구조기술
- 레이더, 항공기, 부이 등을 이용한 빙상정보와 적설정보의 실시간, 장기 예측 및 분석기술을 포함하며, 극지운항 선박에는 유빙과의 충돌을 회피하기 위한 선박 탑재형 열화상 시스템 개발
- 북극 항로 항행 안전을 위한 국제 협력 활동 추진



< 빙해역 유류 유출 사례 및 방제펜스 설치 모습 >



○ 필요성

- 북극이사회를 중심으로 6개 Working Group이 운영되고 있으며, 이중 EPPR (Emergency Prevention, Preparedness and Response) WG에서 해양사고와 관련된 유류오염 방제 및 수색구조 기술개발과 이사국간의 협력을 주도하고 있음.
- EPPR WG에서는 SAR EG (Search And Rescue Expert Group)와 MER EG (Marine Environmental Response Expert Group)을 구성하여 운영하고 있으며, 관련 프로젝트 발굴 및 기술개발을 진행
- 아울러, 국내 선박의 북극해 운항 중 사고 발생시 오염자 책임원칙

(Polluter Payment Principle)에 따라 적극적 방제가 필요하며, 사고선박 및 실종자에 대한 수색구조에 적극적 참여가 필요함.

- 북극해 지역은 지구온난화, 해수면의 변화 및 다양한 환경적 요인들로 인해 상시 유빙들이 형성되어 선박 및 해양 시스템 안전에 위협으로 작용하고 있음.
- 극지방의 유빙은 운항중인 선박뿐만 아니라 한 장소에서 오랜 기간 작업을 수행하는 해양자원 시추 및 생산 시스템의 잠재적 사고요인임.
- 북극 항로는 대부분 북극수로위원회(ARHC)* 5개 회원국(캐나다, 덴마크, 노르웨이, 러시아, 미국)의 연안 항로이므로 북극 항로 관련 국제 협력 및 관련 대책 수립에 북극수로위원회를 활용할 필요가 있음.

* ARHC(Arctic Regional Hydrographic Commission)는 북극의 해상 안전을 확보하기 위해 2010년 10월 캐나다의 주도로 설립되었음

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 국내 해양사고 대응기술 우수성 · 선진기술 도입 및 공동연구 경험 · 광학 장비의 가격 경쟁력 향상 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극해 해양사고 경험 부족 · 북극해 환경조건 연구 미흡 · 핵심기자재 해외 기술 의존
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 북극이사회 관심 고조 · 북극이사회 EPPR WG 활동 · 해양 시스템의 손상 피해 관리 규제 강화 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극이사회 이사국의 참여 제한 · 주변국의 기술개발 고조 · 국내 조선소간의 과열 저가 수주 경쟁

○ 핵심연구 내용

- 북극해 유출유 방제기술 연구
- 북극해 위험유해물질 유출 대응 기술 연구
- 북극해 표류선박 및 실종자 수색구조기술 연구
- 북극해 해빙 두께 및 집적도 모니터링 기술 연구
- 북극해 해양환경에서 유빙의 적외선 신호해석 연구
- 북극해 위협 유빙 탐지 및 경보시스템 개발 연구
- 북극수로위원회(AHRC) 옵서버 지위 획득 추진

○ 국내 연구 현황

- 해양오염사고 방제와 관련하여 국내에서는 유출유 확산 환경외력 예측, 유출유 확산예측, 유출유 풍화작용 모델링, 피해위험 평가, 방제자원 동원 계획 수립, 방제전략 수립 등이 연구됨.
- 해양사고 수색구조와 관련하여 국내에서는 선박 및 익수자 표류 환경외력 예측, 선박 및 익수자 표류거동 모델링, 선박 및 익수자 표류경로 예측, 최적 수색경로 분석, 수색성공률 평가 등이 연구됨.
- 북극해 대상 해양사고 대응기술 연구는 현재까지 진행된 바 없으나, 북극이사회 WG 활동을 통해 공동연구 참여를 추진하고 있음.
- 실내 환경에서 열화상 시스템에 의한 유빙의 탐지 가능성 연구 및 북극해 유빙 충돌사고 방지 시스템 개발을 위한 기초연구가 수행됨.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	(○)	()	()	
2022	(○)	(○)	(○)	()	
2030	(○)	()	(○)	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022년	북극해 해양사고 대응 공동연구 및 유빙 충돌사고 기반기술 연구
2030년	북극해 해양사고 대응 핵심기술 개발 및 유빙 충돌사고 방지 시스템 개발

○ 세부 내용

<현재 ~ 2022>

- 북극해 기상, 해양환경 및 빙하거동 예측 공동연구
- 북극해 기름 및 위험유해물질 풍화작용(weathering) 모델링 연구
- 북극해 기름 및 위험유해물질 포집 및 회수기술 기술 연구
- 북극해 해빙의 두께 및 집적도 모니터링 기술
- 북극해 유빙의 물성치 및 적외선 신호해석 연구
- 열화상 시스템 기술의 전문 인력 양성

<2023년~2030년>

- 북극해 표류선박 및 익수자 거동특성 모델링 연구
- 북극해 기름, 위험유해물질, 표류선박 이동확산 예측 연구
- 북극해 기름, 위험유해물질, 표류선박 탐색기술 연구
- 북극해 해빙의 고해상도 모니터링 기술 연구
- 위협 유빙과의 충돌 소요시간 및 경보 시스템 개발 연구
- 유빙 충돌사고 방지 시스템의 적용 및 상용화

○ 단계별 로드맵

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
북극해 유출유 방제기술 연구													
북극해 위험 유해물질 유출 대응기술 연구													
북극해 표류선박 및 실종자 수색구조 기술 연구													
북극해 해빙 및 집적도 모니터링 기술 연구													
북극해 해양환경에서 유빙의 적외선 신호해석 연구													
북극해 유빙 탐지 및 경보시스템 개발 연구													
북극수로위원회(AHRC) 오피서버 지위 획득 추진													

○ 협력 추진 전략

- 북극이사회 EPPR WG를 중심으로 이사국들과의 공동연구 추진
- 북극 극한환경에 특화된 분야는 공동연구로 추진하고, 국내 기술 활용 가능 분야는 단독 연구로 추진
- 국내 연구분야의 협력은 국내 기개발 기술 이외에 새로운 개발 분야에 협력 필요

- 해외 광학장비를 개발하고 있는 선진 기술사와 유빙의 거리측정 기술 추진
- 국내 임베디드 솔루션 전문 업체와 열화상 시스템의 경보 시스템 개발
- 유빙 충돌사고 방지 시스템의 성능평가를 위해 국내 연구소의 실험 시설 활용
- 유빙 충돌사고 방지 시스템의 사용화를 위한 국내 대형조선소와의 협력
- 북극수로위원회(ARHC) 옵서버 지위 획득 시 회원국들이 보유하고 있는 선진 수로과학기술의 확보와 기술개발 참여 추진

○ 활용방안과 기대효과

- 북극해 선박 운항시 사고에 대응하기 위한 핵심 기술 개발
- 북극해 선박운항시 요구되는 사고대응 능력 확보를 통한 북극 진출 확대
- 북극이사회 이사국과 동등한 기술 수준 확보를 통한 북극 활용 당위성 제고
- 세계 최고 수준의 조선기술을 보유한 국내 대형 조선소의 경쟁력 확보
- 적외선 기술을 이용한 유빙 탐지 연구의 국내 독자 기술력 확보
- 유빙 충돌사고 방지 기술 개발을 통해 선박 및 해양시스템의 안전 운용성능 및 신뢰성 향상
- 북극수로위원회(ARHC) 회원국들과의 교류와 협력을 통하여 북극 항로를 운항하는 국적선의 항행 안전 확보에 기여

○ 2030 이후 전망과 과제

- 북극항로 이용 활성화와 함께 아국 선박의 안전 방제 의무 요구
- 개발된 기술 기반 북극 유출유 방제 기술 및 수색구조 기술 상용화

11. 북극권 경제정책

○ 개념

- 북극권이 가지고 있는 지역적 고립성은 기후변화, 기술발전, 글로벌 자원시장 편입, 국제항로 개설 등으로 점차 국제적인 협력 아젠다로 전환
- 특히 경제분야는 아시아 등 소비시장의 부상과 FTA 등 자유무역 확대로 인해 글로벌 마켓으로의 편입이 가속화
- 본 과제에서는 북극권 국가의 경제정책 중 북극경제정책에 대한 종합적인 분석과 우리와의 협력가능성에 대한 연구를 통해 북극국가와의 중장기적 경제협력방안을 제안하는 것을 목표로 함.
- 체계적인 북극경제활동 참여방안을 마련하고 지속가능한 경제활동을 위한 국내외 기반을 구축할 예정

○ 필요성

- 북극권은 자원개발, 새로운 항로이용 등 새로운 경제개발 기회로 인해 전 세계적인 관심과 개발에의 참여논의가 확산 중
- 이러한 논의는 북극국가 차원에서 뿐만 아니라, 북극국가의 지방정부, 북극경제이사회, 구젠하임 등 다양한 이해관계자 간의 협력을 통해 단계적으로 확대될 것으로 예상
- 특히 주변국가 등 비북극권 국가의 북극진출이 보다 구체화, 강화될 것으로 예상되어 이에 대한 우리나라의 대응방안과 독자적인 협력방안 모색이 요구
- 러시아의 경우, 서방의 제재로 해양에서의 석유개발 등에 영향이 발생되고 있으나, 제재대상이 아닌 자원을 대상으로 하는 경제활동과 캐나다 북부 및 그린란드, 알래스카 등 저개발상태의 북극권을 대상으로 하는 각국의 경제개발 노력은 가속화될 것으로 전망
- 이에 필요한 정보구축과 분석을 추진하고, 각국이 북극권 관련 제도와 역량을 감안한 맞춤형 북극협력 도모

○ 우리나라의 북극경제협력 전반에 걸친 SWOT 분석

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 북극이 요구하는 과학 및 기술분야 역량 확보 · FTA 등 양자 및 다자간 협력기반 구축 · 소비자 및 수요자로서 균형있는 동반정책 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 후발국으로서의 자원개발 참여 제한성 · 중국 및 일본대비 자원개발 참여의지 미약 · 종합정책 추진을 위한 법적인 기반 미흡
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 에너지자원 등 자원공급선 다변화 전략 강화 · 우리나라와의 경제분야 상호보완성(자원+기술/시장) · 북방경제협력 그랜드 플랜 기반 확대 	<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화로 인한 북극에서 지구적 재앙 발생 가능성 · 경제활동에 필요한 금융, 통신 등 지원시스템 미흡 · 북극국가의 협력의지 비일관성과 제재 리스크 확대

○ 핵심연구 내용

- 북극국가별 북극관련 경제정책 및 주요 프로젝트 분석
- 북극국가별 북극개발 관련 법제도 분석
- 북극권 국가 및 지역다자간 협력에서의 경제개발 관련 규범 분석
- 북극권 소지역별 개발특성 분석
- 주변국의 북극정책 및 경제분야 협력 추진 조사 분석
- 에너지자원 개발 및 운송협력을 위한 세부 정책기반 분석
- 2030년도 북극권 미래예측을 통해 중장기 경제협력 확대를 위한 정책제안

○ 국내 연구 현황

- 해양수산부의 용역사업(2014년 이후)을 통해 북극권 협력을 위한 기초적인 정보 획득 및 방안 마련이 이루어졌으나, 지역별 세부적인 협력방안과 중장기 정책방안 수립은 미비
- 소지역에 대한 제한된 분야의 연구는 수행된 바 있으나, 종합적인 국가정책 수립을 위한 노력은 없었음
- 제2차 북극정책기본계획(2018-2022)과 연동방안
 - 북극권 경제정책 분야의 연구는 제2차 북극정책기본계획 기간 중 완료 필요

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	()	()	()	()	
2022	(○)	()	(○)	()	
2030	()	()	()	()	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022년	북극권 국가와의 경제협력을 위한 종합분석 완료 및 협력사업 추진

○ 세부 내용

- 북극권 경제정책 세부분야는 종합적인 정책 추진을 위해서는 반드시 조기에 분석되어야 할 부분으로 2022년까지 ‘북극권 종합경제협력구상(Integrated Cooperative Economics with the High North, ICE-HIGH)’ 을 도출
- 본 구상은 2022년 이후 본격화될 북극권 개발에 대비하는 국가 경제협력구상으로 추진
 - 2022년은 야말LNG의 본격적인 세계시장진출 가시화, Arctic LNG-2의 완성 등 북극을 둘러싼 개발 사례가 다수 보편화될 것으로 전망
 - 또한 각 분야별 경제협력관련 연구결과가 취합되어 종합적인 비전 설정 가능
- 연구과제(복합과제)
 - 북극국가 북극경제정책 비교분석(북극해 연안 5개국과 한중일의 에너지 안보전략 비교연구 포함)
 - 우리나라의 북극권 경제협력 추진방안(북극 관련 비즈니스 현황 파악 및 우리나라 참여 방안, 북극권 국가와 비북극권 국가의 경제협력 포함)
 - 비북극권 국가의 북극진출 노력과 전망(중국 일대일로와 북극항로 연결 가능성 의미 검토, 일본의 극동러시아 진출 정책, EU 및 유럽국가의 북극협력 체계 포함)
 - 북극권 소권역별 경제개발정책(해운물류, 에너지 자원 등에서의 북극해의 연결성 연구, 북극권 지방정부 경제개발 추진정책 포함)

- 현재 지역별 연구를 수행할 수 있는 전문인력이 부족하고 중장기적 협력사업 발굴을 위한 현지 파트너 확보, 지속적인 협의를 위한 제도적 협력기반 등이 부족

○ 단계별 로드맵

- 2018년도: 북극국가 북극경제정책 비교분석
- 2018년도: 북극권 소권역별 경제개발정책
- 2019년도: 비북극권 국가의 북극진출 노력과 전망
- 2020년도: 우리나라의 북극권 경제협력 추진방안
- 2022년도: 북극권 종합경제협력구상 마련

연구내용	현재~2022년					2023년~2030년									
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
북극국가 북극경제정책 비교분석															
북극권 소권역별 경제개발정책															
비북극권 국가의 북극진출 노력과 전망															
우리나라의 북극권 경제협력 추진방안															
북극권 종합경제협력 구상 마련															

○ 협력 추진 전략

- 8개국별 전문연구팀을 구성하여 국가별 협력방안을 도출
- FTA, 양자간 협정 등 핵심 경제분야별 여건분석팀 운영
- 국내전문가의 참여확대를 위한 국내자문단 구성

○ 활용방안과 기대효과

- 제2차 북극정책기본계획을 통해 제시된 연구과제를 수행하고 시범사업 또는 협력을 위한 준비사업을 수행함으로써 중장기 북극 경제협력 진출 기반 마련
- 국내 관련사업의 시장 다변화 및 첨단 극지사업에의 진출 도모

○ 2030 이후 전망과 과제

- 북극에 대한 국제사회의 규범과 각국의 국내정책 등이 완성되어 구체적인 개발 사업이 제시될 것으로 전망
- 북극권 경제개발 사업에 참여할 수 있는 민간기업의 역량발굴과 투자재원 확보 등 실효적 참여기반 마련이 필요

12. 북극 뉴비즈니스

○ 개념

- (정의) 기존 북극에서 존재하지 않았으나 기후변화의 영향 또는 신기술의 출현 등으로 새로 형성되거나 떠오르는 산업

※ 예시: 자원개발, 해양수산생물자원, 관광산업, 통신산업, 즉시부두시설 등

○ 필요성

- 현재 기후온난화로 북극해빙이 빠르게 녹고 있으며, 이에 따라 북극의 다양한 경제적 가치 창출의 기회가 기대되고 있음. 특히 해양수산생물자원, 관광, 정보통신망의 개발 수요가 증가할 전망

- (해양수산생물자원) 기후온난화로 어종이 북상하고 있으며, 향후 북극공해에서도 어업이 이루어질 것으로 예상되고, 해양바이오 산업의 성장에 따라 북극해 서식 해양생물종을 활용한 해양 바이오 산업 성장 가능성 확대

- (관광) 지구온난화로 북극해 항로가 열리면서 크루즈 관광을 포함한 전체적인 북극 관광 산업이 활성화 될 전망

* 2016년 처음으로 초대형 크루즈인선 Crystal Serenity호가 북서항로를 항해한바 있으며, 금년에도 항해할 계획임

- (통신산업) 북극이사회 및 북극경제이사회에서 각각 통신인프라 관련 태스크포스를 설립하고 있고, 북극 8개국에서도 각각 통신망 인프라 개선을 위한 정책을 추진하고 있는 등 향후 통신망 구축 관련 사업이 증가할 전망

* 2017년 2월 북극경제이사회에서 “Arctic Broadband: Recommendations for an Interconnected Arctic” 보고서를 발간

- (즉시부두시설) 북극의 인프라 수요가 증가할 것으로 전망되며, 이를 단기간에 충족할 수 있는 즉시부두시설의 북극 적용 가능성 검토 필요

* 구겐하임은 향후 15년간 북극의 인프라 수요가 1조 달러에 이를 것으로 전망

- (4차 산업) 융합기술 및 신기술을 토대로 북극산업의 지형도 바뀔 것으로 전망

* 이미 다양한 무인기술(수중 드론, 무인 항공기 등)이 극지에 시도되고 있음

Strength	Weakness
· 방대한 자원량 부존(석유, 가스 등) · 지구상 미개척지 중 하나	· 산업·경제·사회 인프라 부족 · 숙련된 인력 부족 · 열악한 기후적 조건
Opportunity	Threat
· 접근성 향상 · 쇄빙선 등 해양과학기술 발달 · 글로벌 기업의 참여 증가	· 글로벌 환경·안전 규제 강화 · 북극연안국가의 배타적 권리 주장 · 경제적 불확실성

○ 핵심연구 내용

- 극동러시아 북극권과의 자원협력 추진방안
- 북극해 수산업 현황조사 및 종합분석
- 북극권 해양바이오산업 전망
- 북극권 관광산업의 미래전망
- 북극권 경제활동 기반으로서의 통신산업 전망
- 북극권 즉시부두시설 시장분석과 진출방안
- 4차 산업 기술의 북극 적용 가능성

○ 국내 연구 현황

- 기존 북극해양신산업 관련 국내 연구 활동과 연구 수준은 미흡함
 - 극지 해양생물자원 보존 및 지속가능 어업에 관한 연구(KMI, 2017)
 - 수산업 북극해 진출방안 수립 연구(해수부, 2014)
 - 북극해 항로개발의 자원개발 및 에너지 안보적 시사점 (에너지경제연구원, 2011)
 - 러시아의 북극해 관광 개발 동향과 시사점(한국항해항만학회, 2015)

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	()	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	북극뉴비즈니스 분야 전망, 북극에 4차 산업 기술 적용가능성 분석, 극동러시아 자원개발·즉시부두시설·관광산업·통신산업 분야 등의 현황조사, 진출 타당성 분석, 진출 기반 마련
2030	수산업 및 바이오산업 분야의 현황 조사, 진출 타당성 분석, 진출 기반 마련

○ 세부 내용

<2023년~2030년>

- 북극뉴비즈니스 전망 연구
- 단기·중기·장기 북극 뉴비즈니스 분야 전망
- 4차 산업 기술 적용가능성 분석 연구
- 북극에 적용 가능한 4차 산업 기술 조사 및 활용 방안 연구
- 4차 산업혁명 연계 북극항로 운영방안 연구(산업분과 브릿지)
- 극동러시아 북극권과의 자원협력 추진방안 연구
- 북극권 관광 시장 규모 분석 및 북극투어 개발방안 연구
- 북극권 경제활동 기반으로서의 통신산업 전망
- 북극해를 통한 통신망 구축 현황 및 진출 타당성 연구
- 원격의료 및 원격 교육시스템 도입 가능성 연구
- 북극권 즉시부두 시설 시장 분석과 진출 방안

<2023년~2030년>

- 북극해 수산업 현황 조사 및 종합 분석
- 북극해 공해 주요 어종의 실태 및 현황 분석
- 북극해 공해 어장 개척 및 생물자원 개발 등 가능성 검토
- 북극해 공해 어업 진출 필요성 및 타당성 검증

- 북극권 바이오산업 전망
- 북극유전자원의 현황 및 산업화 동향 연구
- 북극유전자원의 기술 및 규제 동향 연구

○ 단계별 로드맵

연구내용	현재~2022년					2023~2030년								
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
단기·중기·장기 북극 뉴비즈니스 분야 전망	■	■												
북극에 적용가능한 4차 산업 기술 조사 및 활용 방안 연구	■	■	■	■	■									
4차 산업혁명 연계 북극항로 운영방안 연구	■	■	■	■	■									
극동러시아 북극권과의 자원협력 추진 방안 연구	■	■	■	■	■									
북극권 관광 시장 규모 분석 및 북극투어 개발방안 연구			■	■	■									
북극해를 통한 통신망 구축 현황 및 진출 타당성 연구	■	■	■	■	■									
원격의료 및 원격 교육시스템 도입 가능성 연구						■	■	■	■	■	■	■	■	
북극권 즉시부두 시설 시장 분석과 진출 방안	■	■	■	■	■									
북극해 공해 주요 어종의 실태 및 현황 분석			■	■	■	■	■	■	■					
북극해 공해 어장 개척 및 생물자원 개발 등 가능성 검토			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
북극해 공해 어업 진출 필요성 및 타당성 검증			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
북극유전자원의 현황 및 산업화 동향 연구										■	■	■	■	
북극유전자원의 기술 및 규제 동향 연구										■	■	■	■	

○ 활용방안과 기대효과

- (활용방안) 북극 자원개발, 해양수산물자원, 관광, 통신, 즉시부두 설비시설 등의 산업 및 이해관계자 현황파악, 네트워크 구축, 국내기업에 정보제공, 북극 신산업 진출 전략 기초 자료로 활용
- (기대효과) 우리나라 기업의 신시장 개척, 북극권 자원개발을 통한

우리나라의 에너지 공급선의 안정화에 기여, 신시장 진출 및 활성화에 따른 국내외 경제 및 고용창출에 기여

○ 2030 이후 전망과 과제

- 2030년 이후에는 현재의 뉴비즈니스 분야가 성장기 또는 성숙기에 이르렀을 것으로 예상되며, 우리나라 기업들이 경쟁력을 갖출 수 있도록 지원 마련 필요
- 2030년 이후에는 현재보다 활성화된 북극의 산업환경이 예상되며 이와 같은 변화에 따른 뉴비즈니스 발굴 및 진출 방안 마련 필요

13. 북극인프라

○ 개념

- 북극인프라는 북극항로 이용, 북극 탐사, 북극 자원개발, 북극지역 정주, 북극배후지역 연계 등을 위해 필요한 도시, 물류, 통신, 산업인프라, 종합정보센터 등을 지칭함.
- 현재 북극권은 글로벌 경제활동을 수용할 수 있는 경제사회 기반시설이 크게 부족하여 향후 20년간 본격적인 인프라개발이 추진될 것으로 예상

○ 필요성

- 지구온난화 등으로 인해 북극지역의 이용 가능성이 높아지고 있으나 이에 필요한 제반 인프라가 부족하여 이에 대한 연구가 필요함
- 특히 북극항로 이용을 위해서는 항만인프라와 배후지 연계 물류인프라가 필요하며, 항만을 지원하고 자원을 개발하기 위한 도시인프라가 필수적으로 필요한 상황이나 현재 인프라는 거의 없는 상황임.
- 북극지역 인프라는 일반지역의 인프라와 달리 극한 환경이라는 특수성을 가지고 있어서 기존의 인프라 개발과는 달리 현장 특수성을 반영한 인프라 개발이 필요하고 이를 관리운영하거나 정보를 제공하는 정보허브 역시 필요하여 이에 대한 연구가 필요함.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> · 인프라 개발 기술 발전 · 4차 산업기술 등 신기술 발전 · 도시·항만 등 복합인프라 개발 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 북극권 국가중심의 인프라개발 예상 · 극한지역 특수성관련 기술 부족 · 타 지역 대비 큰 투자비용
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> · 북극권 인프라 개발 수요 증가 · 북극해 자원개발 수요 증가 · 북극항로 상용화 가능성 증가 	<ul style="list-style-type: none"> · 러시아 정부의 낮은 신뢰도 · 환경보호와 관련된 비용 증가 · 지역주민들과의 마찰 예상

○ 핵심연구 내용

- 북극권 항만인프라 정밀조사 연구
 - 러시아 북극항로 주요 항구의 환경과 인프라 연구

- 북극항로의 수송인프라(항만, 공항, 배후물류망, SAR, 통신 등) 현황조사
- 북극항로의 수송인프라관련 투자 타당성 검토
- 북극항로 연계 항만인프라 현대화 연구
- 북극항로 연계 내륙물류 인프라 개발 가능성 연구
- 국가별 쇄빙선 건조 동향 및 활용에 관한 연구
- 항만/공항/철도/내륙수운/도로 등 운송수단별 물류인프라 현황조사
 - 북극항로 연안지역 항만현황 조사
 - 북극항로 배후 내륙수운 인프라 현황조사
 - 북극항로 연계 내륙(철도, 도로)물류네트워크 현황조사
 - 북극항로 연계 기타 운송수단관련 물류인프라 현황조사
- 북극진출을 위한 인력양성 및 교육기반 강화방안
 - 북극권 진출을 위한 전문인력 프로그램 마련
 - 북극권 진출을 위한 전문교육기관 육성 및 설립방안 강구
- 산학연 북극정보제공을 위한 종합시스템 구축
 - 북극정보제공을 위한 산학연간 공동기획, 연구, 사업화 과정 마련
 - 북극지역의 지속가능한 이용과 관리를 위한 북극정보종합시스템 구축

○ 국내 연구 현황

- 북극인프라 관련 국내연구는 아직 걸음마 수준에 불과함.
 - 북극해 시대에 대비한 국가전략 수립 연구(해양부, 2013), 북극해 항로 개설에 따른 해운항만 여건 변화 및 물동량 전망(KMI, 2011), 북극해 항로 활성화 대응전략 연구(KMI, 2010)는 북극항로의 경제적 타당성 중심이었으나 이를 위한 필요충분조건은 제대로 된 현지 인프라 조사는 부족함.
 - 극동시베리아 해운물류진출 방안 기초연구(용역, 해양수산부, 2014)와 극동러시아 해운물류기업 진출 기본계획 수립연구(용역, 해양수산부, 2015)는 극동러시아, 동시베리아 지역에 대한 북극항로를 이용한 우리 기업들의 진출 전략에 대한 연구임.
- 결론적으로 우리나라의 북극인프라 연구는 아주 미흡한 상황으로 사전에 준비되어야 할 북극인프라 연구의 시급한 추진이 필요함.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	()	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

- 목표 시점과 최종 목표 달성 내용을 제시
- 목표 시점이 5년 이후(2022년)인 경우에는 2단계로 나누어 제시

목표 시점	목표
2022	북극항로, 자원개발, 물류관련 인프라 정밀현황 조사 완료 및 적용가능 개발 방안 및 기술 개발
2030	대상사업 발굴 및 사업화 추진

○ 세부 내용

- (현재~2022) 북극권 주요 인프라에 대한 정밀 현황조사 및 적용 가능한 기술 개발
 - 북극권 항만, 공항, 물류시설, 철도, 도로, 수로 등 물류인프라 관련 현황 및 필요 수요, 적용가능 기술 및 개발규모 등 산정
 - 북극권 생활, 통신, 산업, 보급 등 도시인프라 관련 현황 및 필요 수요, 적용가능 기술 및 개발규모 등 산정
 - 4차산업 기술, 즉시부두시설(PPF), 극지토목기술 등에 대한 조사를 통해 극지지역 대형인프라 개발 가능성 및 원천기술 확보 여부 조사
 - 북극인프라 개발을 위한 극지권 토목, 건축, 도시, 물류, 통신관련 전문인력 양성수요 조사 및 방안 검토
 - 북극인프라 개발을 위한 관련국가 투자 및 기술적용 가능 법제도 검토
- (2023~2030) 북극권 주요 인프라 시설관련 우리기업 진출가능 사업 발굴 및 사업화 추진
 - 기 조사된 정보, 기술 등을 기반으로 산학연 연계 북극권 종합 정보시스템 구축 및 운영

- 기 발굴된 수요, 기술, 규모, 인력 등을 기반으로 한 진출가능 사업 발굴
- 북극권 인프라 발굴사업에 대한 투자진출 전략 및 사업 확대 방안 강구

○ 단계별 로드맵

- (2018) 북극권 물류 및 도시 인프라 관련 현황 및 개발규모 조사
- (2019~2020) 북극권 물류 및 도시 인프라 관련 수요, 적용가능 기술 및 4차산업기술, 즉시부두시설(PPF), 극지토목기술 등 원천기술 확보 여부 조사
- (2021) 북극인프라 개발을 위한 인프라분야 전문인력 양성수요 조사, 제도, 교육프로그램, 자원마련 방안 등 검토
- (2022) 북극인프라 개발을 위한 관련국 투자 및 기술적용 가능 법제도 검토
- (2023~2025) 기 발굴된 수요, 기술, 규모, 인력 등을 기반으로 한 진출가능 사업 발굴
- (2025~2027) 북극권 이용을 위한 종합정보시스템 구축 및 활용
- (2025~2030) 북극권 발굴사업에 대한 투자진출 전략, 우선순위 설정, 사업화 및 사업 확대 방안 강구

연구내용	현재~2022년					2023년~2030년							
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
북극권 물류 및 도시 인프라 관련 현황 및 개발규모 조사													
북극권 물류 및 도시 인프라 관련 수요, 적용가능 기술 및 4차산업기술, 즉시부두시설(PPF), 극지토목기술 등 원천기술 확보 여부 조사													
북극인프라 개발을 위한 인프라분야 전문인력 양성수요 조사, 제도, 교육프로그램, 자원마련 방안 등 검토													
북극인프라 개발을 위한 관련국 투자 및 기술적용 가능 법제도 검토													
기 발굴된 수요, 기술, 규모, 인력 등을 기반으로 한 진출가능 사업 발굴													
북극권 이용을 위한 종합정보시스템 구축 및 활용													

북극권 발굴사업에 대한 투자진출 전략, 우선순위 설정, 사업화 및 사업 확대 방안 강구												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

○ 북극인프라 협력 추진 전략

- (2018~) 물류, 교통 등 인프라 및 운영분야 공동연구 및 현지공동 조사
- (2019~) 토목, 건축, 도시 등 기술·인프라 분야 전문가 초빙 세미나 및 공동연구 수행
- (2020~) 4차 산업기술 및 정보기술 등 IT분야 공동연구 및 세미나 및 기술교류프로그램 운영
- (2022~) 극한기후 관련분야 산학연 공동연구, 세미나 개최 및 기술교류 추진
- (2024~) 산학연 협력을 통한 종합정보시스템 구축 방안 및 운영 공동연구
- (2025~) 러시아지역분야 공동연구 및 인력교류

○ 활용방안과 기대효과

- (활용대상) 북극항로 상용화, 북극항만 개발, 북극항만도시 개발, 북극권 자원개발거점 구축, 북극권 물류네트워크 개발 등
- (활용기술) PPF(항만, 공장, 발전소, 숙박시설, 창고 등), (수상, 항공)드론, 무인운송기술(무인트럭, 무인선박), Big data(항로 개발 및 유지, 기후예측 등)
- (기대효과)
 - 북극항로 상용화를 통해 우리나라 수출입 경쟁력 제고 가능
 - 북극권 자원개발을 통한 우리나라 국익 제고 가능
 - 북극권 신기술 개발 및 인프라 수요 창출을 통한 국내외 고용창출 기회 제고
 - 북극권의 지속가능한 개발과 이용을 통한 지구환경 개선 기여

○ 2030 이후 전망과 과제

- 북극 입지별 물류인프라 수요 조사(해양, 연안 그리고 배후지역)
- 북극인프라 개발을 위한 재원조달 방안 및 관련 투자기구 설립

- 북극 인프라 마스터 플랜 수립(입지, 규모, 자원, 운영, 경제성 등)
- 항로운영을 위한 항만개발과 해운서비스, 통신기반과 공항 등 교통기반 개발이 진행되어 본격적인 경제활동 여건이 마련될 것으로 전망
- 새로운 경제활동을 주도할 수 있는 연구개발과 인력양성 방안을 착실히 추진

14. 북극 인문사회

○ 개념

- 인문사회란 인류의 문화와 공동체를 일컫는 말로써 지역학의 기본적인 연구대상임. 즉, 북극 지역을 연구하는 데에서 무엇보다도 먼저 착수해야 할 분야는 바로 북극에 대한 인문사회 연구임. 본 연구에서는 이를 북극 인문지리와 북극 사회문화로 나누어 진행함.
- 북극 인문지리에 대한 연구: ① 북극권 역사문화, ② 북극권 지리, ③ 북극권 원주민
- 북극 사회문화에 대한 연구: 구미 권역과 러시아 권역을 나누어 ① 소수민족문화, ② 사회현상, ③ 문화생태권 연계성(문화공통성)

○ 필요성

- 미국, 캐나다, 유럽 국가들에서는 북극에 대한 과학, 기술, 산업적인 측면의 연구 외에도 인문사회 연구 역시 발달한 반면, 국내는 이에 대한 연구가 일천한 상태임.
- 현재 지구온난화 현상이 지속하고 있어 해상뿐 아니라 육상생태계에서도 환경 변화가 두드러질 뿐 아니라, 산업개발, 해로 및 육로 개발이 가시화되고 있어 육상에 거주하는 원주민 및 이주민에 대한 인문사회 연구가 시급한 상태임.
- 북극 개발에서는 자연과 인간의 지속가능한 발전의 성공 여부가 최대 관건이며, 이것은 결국 인간의 생존 문제임. 따라서 무엇보다도 북극 지역에 거주하는 인간, 문화, 사회에 대한 연구가 필수적일 수밖에 없음
- 북극권과 접하지 않은 한국의 입장에서는 이 지역의 인문사회 연구를 통해 이들 국가와 북극 개발을 함께할 수 있는 방안을 모색하면서 이에 참여할 기회를 얻을 수 있음.

Strength	Weakness
· 오피서버 국가의 연구자들로서 상대적으로 객관적, 중립적 시각에서 연구를 수행할 수 있음.	· 북극권 국가들에 비해 기본적으로 연구 수준이 낮음.
Opportunity	Threat
· 한국은 오피서버 국가로서 상대적으로 강한 견제를 받지 않는 국가이기 때문에 우리의 북극연구 기회가 확대되고 인정받을 수 있음.	· 정확한 자료 및 정보 취합, 훈련된 현지 조사를 수반하지 않고는 타국 자료의 베끼기에 그칠 수 있음.

○ 핵심연구 내용

- 북극 인문지리에 대한 연구

- ① 북극권 역사문화: 북극권 국가와 원주민들의 역사 문화 심층 연구
- ② 북극권 지리: 북극권의 자연, 환경, 인구, 도시, 문화, 정치, 산업 등 종합
- ③ 북극권 원주민: 원주민그룹의 법적 지위 및 권한에 대한 연구

- 북극 사회문화에 대한 연구(구미 권역과 러시아 권역을 나누어 진행)

- ① 소수민족문화: 현 단계 소수민족의 삶의 방식과 문화 연구
- ② 사회현상: 인구, 이주, 노동, 소득, 교육, 일탈 현상 등 연구
- ③ 문화생태권 연계성(문화공통성): 생태 환경으로부터 비롯된 소수민족 풍속, 언어, 민간신앙 등의 공통성 연구

○ 국내 연구 현황

- 기존 관련 국내 연구 활동은 미미하며 시작 단계임.
- 향후 세미나, 학술회의 개최, 학술조직 생성을 통해 공동연구 도모 필요함.

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	()	(○)	(○)	()	
2030	()	()	()	(○)	

□ 연구내용

○ 최종 목표

- 본 연구는 북극 인문지리와 북극 사회문화에 대한 연구를 단계별로 나누어 진행함. 북극 인문지리 연구는 개괄적 성격의 연구로서 본 연구의 기초 연구로서 위치를 가지며, 북극 사회문화 연구는 주로 현 단계 북극의 상황 분석과 향후 변화 추이에 초점을 두고 있음.

목표 시점	목표
2018~2019	북극 인문지리에 대한 기초 연구
2020~2022	북극 사회문화에 대한 기초 연구
2023~2030	북극 인문지리와 사회문화 세부 연구 및 백서 집필

○ 세부 내용

- 북극 인문지리에 대한 연구

① 북극권 역사문화

- 북극 및 각 국가의 북극 관련 역사 문화 연구
- 북극 원주민들의 역사 문화 연구
- 우리나라 북극 정책 개발과 연계

② 북극권 지리

- 북극권의 자연과 환경, 인구, 도시, 문화, 정치, 산업경제, 사회 등 각 분야의 종합적이고 체계적인 기술
- 국제적 북극연구 자료의 데이터베이스 구축
- 국내뿐 아니라 국제적 활용도를 높일 수 있는 자료집 구성
- 국제적 북극연구 기본 데이터베이스 구축과 연계하여 진행하고, 국제사회에 한국의 북극연구 활동의 인식 증진
- 북극권의 현황 파악을 통한 문제점을 도출하고 예측과 대안을 제시할 수 있는 기본연구 수행

③ 북극권 원주민

- 북극권 원주민 집단의 법적 지위 및 권한에 대한 연구
- 북극 원주민 각종 협회 및 위원회 조사
- 우리나라 북극 정책 개발과 연계
 - 북극 사회문화에 대한 연구 (구미 권역 / 러시아 권역)

① 소수민족문화

- 북극권 지역의 소수민족에 대한 기본적인 데이터를 구축. 민족명부터 시작하여, 기원과 역사, 경제활동, 의식주, 토속신앙 및 가정의례의 특징 등 민족에 대한 기본적인 정보를 수집하고 정리
- 지역별 소수민족의 생활과 의식주를 상호 비교하여 외부 요인이 이들의 생존과 삶의 영유에 어떠한 영향을 미치고 있는지 종합하고 북극해 주변 소수민족의 미래에 대해 전망

② 사회현상

- 노르딕 북극 공간, 러시아 북극 공간, 북미대륙 북극 공간의

인적자원 분석

- 해당 국가의 원주민 및 이주민과 관련된 정책 및 전략 분석
- 해당 국가의 인구, 교육, 노동, 소득에 대한 사회·경제적 현상 분석
- 원주민 디아스포라, 생활여건, 사회적 자살 등 사회 현상 분석
- 전체 권역의 사회·경제적 변화를 거시적 관점에서 살펴보는 동시에 북극항로 개발 시 북극 지역민의 인적 자원으로서의 토대를 연구

③ 문화생태권 연계성(문화공통성)

- 전체 권역 소수민족 풍속을 통합적으로 비교, 분석
- 북극 권역 소수민족들의 종교나 의례와 같은 민속문화에 나타나는 용어들을 러시아어와 한국어로 정리하는 작업을 진행

○ 단계별 로드맵

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
북극 인문지리 기초 연구(기초자료 조사 및 세미나)													
북극 사회문화 기초 연구(기초자료 조사 및 세미나)													
북극권 역사문화 세부 연구(집필 및 백서 출판)													
북극권 지리 세부 연구(집필 및 백서 출판)													
북극권 원주민 세부 연구(집필 및 백서 출판)													
북극권 소수민족문화 세부 연구(집필 및 백서 출판)													
북극권 사회현상 세부 연구(집필 및 백서 출판)													
북극권 문화생태권 세부 연구(집필 및 백서 출판)													

○ 협력 추진 전략

- KMI, 배재대, 한국외대는 북극 인문사회 연구에서 항상 협력하고 공동연구를 진행하는 것을 원칙으로 함.
- 협의를 거쳐 기초자료에 대한 정보를 공유, 취합하고, 정기적으로 세미나를 개최하며, 학술대회에서 패넬을 조직하여 연구 성과를 발표함. 역할분담을 하여 집필을 진행하고 공동의 연구 성과로서 백서를 출판함.

○ 활용방안과 기대효과

- 북극권 국가가 아닌 한국의 북극권 진출을 위한 기본정보 수집 및 기초자료 정립
- 한국의 국제사회에 대한 연구 기여로 북극권 개발에 참여하는 당위성 제공.
- 각 분야에서 북극연구와 개발 사업의 기본 자료로 활용
- 북극권은 여러 국가와 원주민들의 오랜 역사, 문화, 전통 속에서 형성되어 왔으며, 이것이 현재의 독특한 북극체제를 만들고 있음. 우리나라의 북극정책이 이들의 역사와 문화에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 할 때 한 차원 높은 정책이 실현되고 북극권으로부터도 더욱 환영받을 수 있음

○ 2030 이후 전망과 과제

- 북극에 대한 인문사회적 연구 결과를 기업의 경영전략과 국가의 정책수립에 실질적으로 반영할 수 있도록 다양한 형태의 포럼, 설명회, 정책 세미나 개최
- 러시아 및 구미 북극 지역과의 사회문화적 교류를 활성화하여 한국과 북극권 국가들의 북극 개발 협력을 추진하는 데 있어 각 국민과 국가 간의 우호적인 인식과 호응을 조성

15. 북극 거버넌스

○ 개념

- 국가, 정부 및 비정부 간 국제기구, 민간 등 다양한 주체의 참여와 상호작용을 통해 북극의 정치·경제·사회·문화 등에 대한 활동을 총칭하는 다의적 개념
- 북극 거버넌스는 북극이사회와 그 회원국을 중심으로 전개되고 있지만, 북극이사회 비회원국, 특히 옵서버들, 국제연합과 국제해사기구, 그린피스 등의 NGO, 다양한 전문가들의 상호작용을 통해 활성화, 변화 중
- 북극 거버넌스는 북극의 자연환경과 정치·경제·사회·문화 등에 대한 규제, 관리, 운영 등을 다루는 국제적 조직과 규범의 상호작용이 핵심

○ 필요성

- 북극해 해빙, 북극항로 이용 증가, 자원개발 가속화, 항해 안전과 해양환경 오염 문제, 대륙붕 확보 경쟁, 군사안보 문제 등 북극을 둘러싸고 중요한 국제적 현안들이 거버넌스의 틀에서 논의됨.
- 따라서 북극 거버넌스에 대한 이해 없이는 북극 현안에 대한 정확한 진단과 해결방안 제시가 어렵고, 장래의 논의 방향을 가늠하기도 어려움.

Strength	Weakness
폭넓은 국제협력 네트워크 확보 <ul style="list-style-type: none"> · 북유럽, 북미 및 중·일 연구기관과 긴밀한 협력관계 구축 · 북극이사회 워킹그룹, 북극써클, NPAC 등 다양한 국제협력활동 전개 · KoArc 등 국내연구협력 기반 구축 	국내 연구 저변 미약 <ul style="list-style-type: none"> · 전문 연구자 층이 얇음 · 중장기 로드맵 하의 심층 연구 부족 · 단편적 연구 중심으로 지속성 부족
Opportunity	Threat
국제 거버넌스의 변화 <ul style="list-style-type: none"> · 북극이사회 옵서버 국가들의 활동 증가 · 교류확대로 비북극권 국가들의 진출기회 증가 · 북극공해어업 등 새로운 이슈 선점주도 	강대국 중심의 질서 재편 우려 <ul style="list-style-type: none"> · 러시아, 미국, 중국 등 강대국 중심으로 북극 질서 재편 우려 · 중국의 공격적 북극정책(자원개발, 항로, 대러 양자협력, 북유럽 협력강화 등)

○ 핵심연구 내용

- 북극이사회의 조직과 활동, 러시아 등 북극이사회 회원국과 중국 등 주요 비회원국의 북극정책

- 유엔해양법협약과 IMO 플라코드 등 국제법
- 북극 및 해양관련 관련 주요 국가들의 국내법
- 유엔, IMO, EU 등 주요 국제기구의 북극관련 활동과 다자간 협의체
- 북극 환경보호와 지속가능한 개발을 담보하기 위한 양자 및 다자적 협력과 이를 움직이는 메커니즘
- 북극 활동관련 국내 법제도 기반 강화

○ 국내 연구 현황

- 북극에 대한 국제법적 쟁점 연구는 상당 부분 이루어진 것으로 평가
ex) 북극해 경계획정과 대륙붕 확장 문제, 북극항로의 국제법적 문제, 스텔바르조약의 국제법적 문제
- 북극이사회의 조직과 활동에 대한 연구, 주요 국가들의 북극정책에 대한 연구도 꾸준히 이루어지고 있음.
- 그동안의 연구는 대부분 이슈 중심의 단편적 주제로 국한되고, 동향과 현황 파악 수준에 머무는 한계를 보였기 때문에, 다음의 개선이 필요
 - 북극 거버넌스 전반에 대한 거시적 연구
 - 개별 이슈에 대한 심층분석 연구
 - 이슈의 외연을 확장하는 북극 종합연구
 - 국가별 및 지역별 특화 연구
 - 중장기 로드맵 하에 방향성 있는 연구
 - 해외 전문가 및 기관과의 네트워크를 확대와 실질적인 연구협력 달성

	기초연구	응용연구	개발	제품, 산업화	비고
현재	(○)	()	()	()	
2022	(○)	(○)	()	()	
2030	(○)	(○)	()	()	

□ 연구내용

○ 최종 목표

목표 시점	목표
2022	북극 거버넌스 연구기반 강화 - 북극 관련 국제법, 북극권 국가 국내법, 국제기구 거버넌스 연구 완료
2030	북극 거버넌스 핵심그룹에서 북극 이슈 주도 - 변화된 북극 환경에 맞추어 주요국들과 함께 북극 이슈를 주도

○ 세부 내용

<현재 ~ 2022>

- 북극 거버넌스 변화 방향 연구(I)
- 서방의 대러 제재가 우리나라의 북극 진출에 미치는 영향
- 북극의 국제법적 문제 총정리 (주권, 해양경계, 대륙붕, 항행 등)
- 주요 국가들의 북극정책, 조직 및 주요 법률 검토
- 북극해 수색구조 국제협력의 우리나라 참여방안 검토
- 극지환경변화에 대한 인식 제고 및 대비를 위한 대국민 홍보
- 북극항로 이용 활성화 대비 해양환경 보호 및 안전에 관한 연구
- 국내법 제도 정비(I)
- 국내 전문 연구인력 강화방안 마련

<2023 ~ 2030>

- 북극 거버넌스 변화 방향 연구(II)
- 북극 거버넌스에서 주도적 역할 방안 연구
- 국내법 제도 정비(II)

○ 단계별 로드맵

연구내용	현재~2022년					2023년~2030년									
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
북극 거버넌스 변화방향 연구(I) - 북극이사회 회원국과 옵서버국의 북극정책															
북극이사회 관련 협정 참여 방안 - 북극해 수색구조 국제협력 참여방안 검토															
서방의 대러 제재가 우리나라의 북극 진출에 미치는 영향															
북극 관련 국내법 제도 정비															
전문연구인력 확충 및 강화 방안 마련															
북극항로 활성화에 따른 국제법, 국내법 분석															
주요 북극권 국가들과 양자협력 강화 방안															
외국 기관과의 실질적인 교류협력 강화 방안															
주요 국제기구(IMO, 유엔 등)의 북극 관련 조직과 활동 분석															
북극해 수산 규제 논의 검토															
북극해 해양경계획정 연구															
북극권 안보전략 연구															
북극 거버넌스 선도국이 되기 위한 방안 연구															
북극 거버넌스 변화 방향 연구(II)															
북극 거버넌스에서 주도적 역할 방안 연구															
국내법 제도 정비(II)															

○ 협력 추진 전략

- 국내 협력

- 거버넌스 분야 연구기관 및 전문가의 5개년 연구 로드맵 작성(2018)
- 북극권 국가들의 북극 정책 및 법 제도 검토를 위해 기관별, 연구자간 역할 분담(2018~2019)
- 북극이사회 각 워킹그룹별 담당 전문가 보강(2018~)
- 북극 거버넌스 분야 산학연정 협의회 구축 운영을 통해 연구 효율성 확보와 정보 공유를 확보하고, 연구 중복과 예산 낭비 차단(2018~)

- 국제 협력
 - 해외 연구기관 및 전문가 인력풀 작성(2018)
 - 협력 연구기관 또는 전문가, 협력 주제 선정 시 5개년 계획 하에 단계별, 전략적 추진(2018~)
 - 단순 위탁연구를 지양하고, 국내 및 해외 전문가가 동등하게 참여하는 연구협력 프로젝트들을 발굴하여 실질적인 협력관계 달성(2019~)
 - 국제기구 및 주요 국가들과의 양자적 협력관계 추진 및 공고화(2019~)

○ 활용방안과 기대효과

- 북극 거버넌스 변화 연구: 우리나라의 북극 정책 방향성 정립에 기여, 선택과 집중해야 할 북극정책 과제 선정에 활용
- 국제법 및 각국의 북극 정책, 법 제도 연구: 북극의 자원개발, 항로 활성화 관련 활동에 이용, 양자적 협력 추진에 참고
- 북극해 수색구조 국제협력 한국 참여방안 검토 등 국제 협력관계 강화: 우리나라의 국제적 위상 제고에 기여, 북극 거버넌스 주도적 그룹에서 북극 이슈 주도, 북극권 국가들과의 양자협력 관계 강화에 기여

○ 2030 이후 전망과 과제

- 북극의 상업적 이용 활성화와 함께 비북극권 국가들의 북극이사회 내 역할 강화 및 새로운 영향력 있는 협의체와 기구들의 등장
- 북극 수요 증가에 대응하여 정부 부처 내 북극 전담 부서가 ‘과’ 단위로 성장

1. 북극 환경변화 위기 대응



① 필요성 및 최종목표

- 해빙감소에 따른 북극해 환경 변화 정보에 대한 주도권 확보 가능
 - 북극 해빙의 급격한 감소에 대한 과학 연구 필요성 시급
 - 해빙 감소로 각국의 북극해 활용/개발 경쟁에 의한 환경변화
- 정부의 북극 영향력 확대 및 극지연구 발전을 위한 정책에 적극 부응
 - “북극정책 기본계획(‘13, 12)” 추진전략 “북극이사회 관련활동 확대” 실현
 - 북극 관련 국제기구 활동 강화 필요
- 북극항로 활용 주도권 확보 및 관련 산업 발전으로 경제 활성화에 기여
 - 북극 활동 주도권 확보
 - 북극해 환경 정보 활용 산업 파급효과 발생
- 북극권 활용/개척에 대비한 각국의 환경 변화 연구 경쟁이 본격화되는 가운데, 북극권 환경 변화 관측을 통한 북극권 활용에 대한 필수적인 연구 정보 확보의 주체로서의 한국 입지를 제고할 필요가 있음
- 목표: 온난화에 의한 북극권 환경변화의 실태를 정밀 진단하고, 효율적인 북극권 개발을 위한 친환경 계획과, 국제사회에 기여할 수 있는 북극해 환경 변화 대응 방법 제시

② 추진계획

- 자연 환경 변화 관측 분석 (과학분과)
 - 온난화에 의한 환경 요인 관측 및 분석
 - 환경 변화 영향 분석
- 경제활동 변화 분석 (산업, 정책분과)
 - 북극항로 개발 활용 관련 활동 분석
 - 원주민 생활 변화 분석
- 변화 대응 (과학, 산업, 정책분과)
 - 온난화에 의한 기후변화 예측 및 오염영향 파악/예측
 - 원주민 적응 연구 및 한반도 기후/경제 등에 대응
- 사업기간 및 재원규모
 - 사업기간: 5년(‘19 ~ ‘22년)
 - 총사업비: 250억원
- 사업 추진방안
 - 북극연구컨소시엄을 활용한 과학, 산업 및 정책 분야의 협력연구

제1장 추진배경 및 현황분석

제1절 추진배경

□ (현안 시급성) 해빙 감소에 따른 북극해의 과학적, 경제적 중요성

- 북극 해빙의 급격한 감소에 대한 과학 연구 필요성 시급
 - 한반도 이상기후에 직간접 영향을 주는 북극해 온난화현상 연구 필요
 - 지구의 대기 및 해양 순환에 중요한 역할을 하는 북극해의 변화가 지구환경에 미치는 중요한 영향 파악 시급
 - 온난화로 인한 북극권 동토층 변화로 북극권 생태계 변화 파악 시급
 - 그린란드 등의 육상 빙하의 해빙(Melting)에 따른 담수증가와 이에 따른 해수면 상승 위협 파악 시급
 - 북극해 유입 강의 강물 유량 증가에 따른 강 하구 변화 파악 및 해양 환경 변화 파악 시급
- 해빙 감소로 각국의 북극해 활용/개발 경쟁에 의한 환경변화
 - 북극 항로 이용을 위한 각국의 경제 활동 증가에 따른 환경 변화 평가 필요
 - 증가하는 북극항로 이용 선박에 의한 환경 오염원(대기, 해양) 실태 파악 필요
 - 선박 사고 등에 의한 오일 방제 및 예방 기술 필요
 - 인간의 경제 활동 증가에 따른 북극권 생물 교란 평가 필요
- 북극권 환경 변화를 체계적이고 효율적으로 지속 감시할 수 있는 한국 주도 북극 빙권(해빙, 빙하, 동토)변화 감시 위성개발/운용 및 위성감시체계 구축 필요

□ (정책 타당성) 국정과제 및 북극 관련 정부 정책의 적극적 이행

- “북극정책 기본계획(‘13. 12.)” 추진전략 “북극이사회 관련활동 확대” 실현
 - 이사회 산하 워킹그룹(6개) 공동연구 프로그램 수행을 위한 “과제 발굴(‘14.)” 이행 필요
 - 북극해 유류오염사고 예방 및 대응을 위한 협약인 “유류오염예방협정(‘13.)” 이행 필요
 - 북극권을 통과하는 항공, 선박 및 탑승자에 대한 수색구조에 관한 협약인 “수색구조협정(‘11.)” 이행 필요

○ 북극 관련 국제기구 활동 강화 필요

- '13년 아이슬란드에서 창설한 각국의 산·학·연·NGO 관계자간 협의체인 “북극 씨클(‘14.)” 등 북극 아젠다 협의체 참여 필요
- 북극권 원주민을 대상으로 기후변화에 따른 환경 교육 프로그램 신설 계획(‘14.) 이행 필요
- 공공부문 북극 연구정보 활용사업의 확대 및 구체적인 활용 모델개발과 미래 환경 변화 대응방안 마련에 필수
- 북극항로 주변국의 이해관계 충돌 해소를 위한 협력 체계 구축 필요

○ 4대전략과제인 “과학조사 및 연구 활동 강화(‘13.)” 필요

- 기지 등 인프라 활용 연구 활동 확대 필요
- 북극권 국제 공동 과학조사 수행을 통한 연구 활동 강화 필요

○ 기후변화에 대응 정책 수립의 과학적 근거 마련

- 한반도 기후변화와 밀접한 관계가 있는 북극해 빙권 변화 연구로, 기후 변화 대응 정책 수립에 필수적 정보 제공
- 북극해 대기-해양-해빙간 물리과정 이해를 통해 기후변화 예측 정확도 향상

○ 북극 및 북극해 공간 정보 구축의 시행

- 북극권 공간정보 구축 기본계획 수립 및 북극권 전역 공간 정보 구축(‘14 - ‘18) 이행
- 북극항로 활용관련 북동항로 해도 현황 파악 필요

□ (투자 효율성) 북극 활동 주도권 확보 및 관련 산업 파급효과 발생

○ 북극 활동 주도권 확보

- 북극항로 시범운항(‘13.9.) 후 대한민국이 북극항로의 동아시아 허브로 자리매김 하는데 필수적인 북극해 해빙 정보 확보를 통해 국제협력 주도권 확보

○ 경제활성화 및 관련 산업 파급효과 발생

- 관광, 자원개발, 물류 등 북극해 경제활동 활성화에 따른 북극해 환경 정보에 대한 수요 증가에 선제적 대응

- 자원개발 협력 및 조선 해양플랜트 기술 개발에 따른 환경 평가 필요
- 극지 운항 선박의 건조 항행기술 개발 및 해양 플랜트 통합 엔지니어링 및 핵심 자재 개발과 연관한 **북극해 환경 정보 활용 산업 파급효과 발생**

- ◆ 해빙감소에 따른 북극해 환경 변화 정보에 대한 주도권 확보 가능
- ◆ 정부의 북극 영향력 확대 및 극지연구 발전을 위한 정책에 적극 부응
- ◆ 북극항로 활용 주도권 확보 및 관련 산업 발전으로 경제 활성화에 기여

제2절 현황분석

□ 국내·외 주요 연구동향

○ (국내)

- 극지연구소에서는 기관고유 사업으로 북극권 활용을 위해 타국의 위성 자료를 이용한 국제 위성 감시망 구축을 추진 중
 - 위성 감시망 구축을 위해 타국 위성 자료를 활용함에 따라 정보 주도권을 확보하지 못하는 문제 발생
 - 중위도권의 환경 관측을 위해 설계된 아리랑위성을 이용하여, 북극권 활용 가능성 연구 추진 중임.
 - 다양한 종류의 극궤도 인공위성자료를 이용하여 해빙정보를 추출하기 위한 연구를 수행 중임.
- 극지연구소에서는 쇄빙연구선 아라온을 이용한 “양극해 환경변화 이해 및 활용 연구 (2011-2015) 수행
 - 북극 적치해를 포함한 태평양 연결 일부 해역에서 해빙-해양-해저 환경 변화 관측 수행
 - 아라온을 이용하여 남극과 북극해 일부해역의 환경 변화 양상 비교, 북극해가 남극해보다 물리-생지화학적 해양 환경 특성이 더 빠른 속도로 변동하고 있음
 - 북극 적치와 동시베리아해역에서 해빙의 급격한 감소가 진행 되고 있음
 - 쇄빙연구선의 사용시간 제약으로 북극해의 급격한 환경변화를 심도 있게 조사하는데 한계가 있음.
 - 북극해 환경 변화 이슈인 기후변화 와 해양수산생태계 변동 등에 대한 연구의 한계가 있으며, 장기적이고 광역적인 연구가 요구됨.
- 국토교통부에서는 북극 지역 공간정보 구축 사업 진행

- 2013년 국토 교통부의 “기본계획” 수립 및 연차별 지도 제작 수행
- 2014년 북극해 대서양 연결해역의 스발바르 지역과 그린란드 지역에 대한 해안선 및 빙하변화도를 제작
- 2014/2015년도 극지연구소 및 한국광물자원공사 수요지역을 대상으로 수치 지도 및 영상 지도, 수치표고모델, 북극전도 제작
- 2018년까지 자원 개발과 기후변화 연구를 위한 공간 정보를 독자적으로 구축 예정
- 극지연구소에서는 K-PORT 웹GIS 시스템을 구축
 - 북극해 현장 관측 자료를 제공하고 전문 연구자간 공유하고 있음.
- 해양수산부 R&D과제로 극지연구소에서 2016년 시작된 K-AOOS과제에서 북극해의 환경변화를 지속 모니터링하기 위한 북극해 해양관측 조사가 진행되고 있음.
- 극지연구소에서는 북극 스발바르 피오르드 지형변화 연구 수행 중 (2016-2020)
 - 스발바르 피오르드 환경 변화에 대한 생태계 변화 감지 및 영향 모니터링 수행 중
 - 피오르드 퇴적환경 및 지형 변화와 LGM 이후 기후환경 변화 복원 시도
- 과기정통부에서는 환북극 동토층 환경변화 관측시스템 원천기술 개발 및 변화 추이 연구 수행 (극지연: 2016-2020)
 - 환북극 동토층 환경변화 예측 모델 및 동토 유래 유용 물질 응용기술 개발
 - 동토 관측 거점 기반 환경 변화 인자 연속 관측 및 대기-동토-생태계 상호 관계 규명으로 미래 환경변화 예측 기반 확보를 추진 중
 - 관측거점의 안정적 운영-확대, 생지화학-기후 접합 모델을 활용한 미래 환경 변화 예측과 동토유래 유용 물질 발굴 활용 기술 개발 추진
- 해양수산부 R&D 과제로 북극해 해저자원환경 탐사 및 해저 메탄방출 현상 연구를 수행 중 (극지연: 2016-2020)
 - 쇄빙연구선 아라온을 이용한 북극연안국과 공동 탐사를 통해 북극 해저 자원환경에 대한 기초 자료/정보를 확보하고, 글로벌 이슈인 지구온난화를 증폭 시킬수 있는 북극 해저메탄 방출현상을 규명하고자 함.
- 극지역에서 발생하는 저농도 기후변화 물질 분석 개발 연구 수행 중 (극지연: 2017-2019)
 - 극지역에서 발생하는 저농도 기후변화 물질 관측을 위한 전처리 장치 및 분석 기술 개발을 진행 중
- 북극 다산기지 주변에서의 해빙생태계 탄소유 평가 연구 수행 중

(극지연: 2017-2019)

- 북극 다산기지 주변의 피오르드의 해빙 경계지역에서의 환경변화에 따른 해빙생태계의 탄소흡수율 평가 및 성장단계에 따른 탄소 거동 이해를 추진 중
- 북그린란드 고생대 동물 초기진화와 원시지구환경 규명 연구 수행 중 (극지연: 2017-2019)
 - 그린란드의 고생대 화석 연구 및 지체 구조 진화 연구를 통해 캄브리아기에 처음으로 등장한 지구상 최초 동물들의 형태진화 양상과 그 배경이 된 원시 지구환경 진화를 규명하고자 함.
- 극지 기후변화 기상재해 예측 시스템 개발 및 활용 연구 수행 중 (극지연: 2016-2019)
 - 글로벌 기상재해 원인으로 지목된 북극 소용돌이의 강도 및 진행 경로를 사전에 예측 할 수 있는 연구 역량 및 기술 개발을 통해 극지-중위도 기후변화/기상재해 예측 능력 확보를 목표로 함.

○ (국외)

- (북극과학위원회) 국제 북극연구기획회의 (ICARP III)를 통해 미래 북극과학연구의 4가지 테마를 제시, 전 지구 기후 시스템 및 기후 변화 이해를 위한 북극해 환경변화 국제공동 통합관측 및 자료 공유를 위한 연구를 추진 중 (ICARP II 보고서, 2016)
- (북극이사회) 과학협력 TF에서는 북극해 과학 지식 발전 및 과학협력 증진, 북극해 공동연구 과제 발굴, 연구 데이터 공유, 연구 인프라 공동 활용, 북극해 연구인력 교류를 위한 북극해 국제 통합관측 공동 연구를 추진 중임.
- 미국 주도의 해빙 네트워크(SIPN, Sea Ice Prediction Network) 결성을 통해 북극 해빙 예측을 위한 국가간의 국제 협력 활성화, 해빙예측정보 공유 추진
- (태평양북극그룹, PAG) 한국, 중국, 일본, 미국, 러시아, 캐나다 쇄빙연구선을 공동 활용한 태평양 북극해 결빙해역 기후-생태계 변화 통합관측 국제공동연구 추진 계획
- (러시아) 북극해 개발과 활용에 가장 적극적인 국가로서 국가정책에 따른 체계적이고 공격적인 북극해 활용 전략 추진 중
 - 북극 탐험 및 개발의 중요성에 대한 인식을 바탕으로 북극해 환경 변화 연구 시작
 - 북극해 환경 변화 예측을 위한 모니터링 시스템 구축
 - 광범위한 범위의 오랜 연구를 통해 축적된 해양, 대기, 지구물리 등 20세기

초반부터 수집한 다양한 자료 확보

- 러시아 남북극연구소(AARI)를 중심으로 북극 지역의 종합적인 연구 분야에서 러시아 최대 규모의 연구 수행 중
- (미국) 2010년을 전후하여 북극해 관련 이슈의 적극적 관여 및 국가적 이익을 위한 국가전략과 구체적인 실행 계획 수립
 - 미국국립과학재단(NSF)의 극지프로그램국(PLR)에서 북극권 관련 대부분의 연구를 총괄
 - ‘북극권 국가전략’을 발표하면서 북극해 중심의 연구를 계획적이고 통합적으로 운영
 - 다부서 북극연구정책위원회(IARPC)에서 발표한 5개년 (2013-2017) 계획에서 주요 연구 분야를 제시
 - 북극권에서 과학연구와 전통지식을 통한 북극에 대한 이해를 증진시키기 위한 목적으로 관측 모델 프레임워크 개발과 생물관측소(DBO)를 운영
- (캐나다) 북극해 개발을 통한 자국의 이익과 함께 환경보존과 원주민에 가장 많은 관심을 갖고 정책을 추진하는 나라로 개발과 보존의 균형적인 정책 수립
 - 북극해 개발과 환경보존의 균형을 우선시하는 국가의 정책 방향에 따라 북극연구에서도 환경과 기후변화 중심의 연구 추진
 - 캐나다 북극연구네트워크(ArcticNet)를 중심으로 북극해 환경과 기후변화 중심의 연구 수행 중
 - 캐나다 과학부는 북극연구기지(CHARS)를 구축하여 세계적인 수준의 북극연구를 수행하고 북극에 직면한 과제를 해결하기 위한 계획을 수립함
- (중국) 2012년부터 ‘북극권 근접국가 (near-Arctic State)’라는 신조어와 ‘사용하기 위해 보존 (To preserve it to use it)’이라는 정책적 기초를 바탕으로 북극지역 개발을 둘러싼 경쟁에서 우위를 차지하기 위한 북극외교에 주력, 1990년대부터 과학연구를 목적으로 북극해 활동을 시작하여 최근 자원개발 및 연구를 위한 전방위적인 활동 진행
 - 1990년대부터 담당기관과 연구소를 설립하고 재원을 확보하여 해양환경연구 중심의 북극해 연구를 수행 중
 - 국립해양청(SOA) 산하의 극지연구국(CAA)에서 북극지역 연구 개발 활동과 관련된 제반 정책과 활동을 지원
 - 1990년에 시작된 ‘북극과학탐사대’는 현재까지도 진행되는 가장 대표적인 대규모 현장 탐사 프로그램
- (일본) 정부차원의 북극정책은 채택하고 있지 않지만, 아시아 국가들 중 가장 먼저 북극지역에 관심을 가져 왔으며 정치권과 연구기관 등에서 북극해 관련

사안을 논의, 종합해양정책본부가 수립한 ‘제2차 해양기본계획 “에서는 북극항로의 이용 활성화에 대비하여 북극해에 대한 조사 연구 및 해저도 작성 등에 대한 사항을 언급

- 1990년대 초반부터 북극항로 개발을 위해 러시아, 노르웨이와 공동 프로젝트 개발을 비롯한 다양한 연구 추진
- 북극항로 이용 시 안전 항행을 지원하기 위한 무인잠수정 개발 착수
- 해양환경의 영향을 직접적으로 받는 도서국가인 일본은 북극해의 기후와 북동항로의 활용 및 해양오염 관련 연구 추진
- 급변하는 북극권의 기후변화를 관찰하고 규명하기 위해 북극관측 프로그램인 GRENE 프로젝트 수행(2011-2016)
- 북극이사회 옵서버 승격 이후 북극의 감시, 보호, 오염 대책 등의 연구 활동을 위한 ‘북극 기후변화 연구 프로젝트’ 추진 중

□ 국내·외 관련 시장 및 수요분석

○ 북극연구기획회의 (ICARP III) 보고서: 향후 10년간 우선 추진 할 북극해 연구 분야 제시

- 대기과 해양 순환에 대한 영향, 전 지구 기후 시스템과의 상호관계를 포함한 북극의 급격한 기후 변화와 북극 진동에 대한 평가 및 이해
- 급격하게 감소하고 있는 해빙변동에 대한 이해, 변화의 원인, 북극권과 지구 기후 시스템에 대한 영향에 대한 이해
- 북극과 북극권 주변 지역과의 물리적 상호 관계에 대한 이해 증진 (예, 북극 진동에 대한 중위도의 영향 및 그 반대에 대한 평가)
- 다양한 시공간적 환경에서 밀접하게 연관된 물리적 기후 시스템 (대기-해양-해빙), 북극 진동의 물리적 기작, 중위도의 이상 기상 변화에 영향을 주는 요인에 대한 이해 증진
- 모든 영역에 대한 연결 연구: 생물권, 사회적 영역, 물리적 영역(대기권, 수권, 빙권, 지권 및 정치경제권 등)
- 지속북극관측네트워크에서 진행 중인 관측시스템을 활용해 지역적, 전 지구적 환경 및 사회경제적 변화 예측능력 향상 계획 수립
- 환북극 변화양상 이해를 위한 포괄적 관측 시스템 개발 및 관측소 설립
- 주요 관측 시스템의 표준화와 이의 유지관리를 위한 국제협약 개발
- 북극의 물리적, 생태학적 및 사회적 환경 개선을 위한 무인기, 원격탐사,

자동화 시스템 및 원격진료를 포함한 새로운 기술 개발 및 활용 지원

- 극지 예측의 해(YOPP: Year of Polar Prediction)에 적극 참여함으로써 신뢰성 있는 기상 예보, 10년간의 변화예측, 극한 상황에 대처하기 위한 신속 예측을 위한 통합 모델 개발(즉, 대기-해빙-해양 상호 작용)
- 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)에 사용하는 복잡한 과정을 개선한 모델을 포함하여 빙권, 영구동토층, 생태-경제를 통합한 모델링 체계 구축
- 원주민의 전통적인 지식을 보다 효과적으로 사용하고 이해 당사자로 원주민 사회를 적극 참여시켜 이들의 이주와 적응을 돕기 위한 지속 가능한 관측 시스템 개발
- 북극해 관측 데이터와 메타 데이터를 쉽게 접근하여 활용할 수 있는 국제적인 노력을 지원
- 북극 생물과 무생물 자원의 지속 가능한 획득 및 관리를 위한 연구에 집중
- 북극 공동체에 필요한 지속 가능성과 실행 가능한 적응 정책 및 도전 과제에 대한 통합 분석
- 급격한 해빙 감소 등 일시적인 환경변화(기상변동)로 야기된 생태학적 및 사회적 영향에 대한 이해
- 북극 다양성에 영향을 주는 기후 변화와 인간 활동에 대한 평가
- 식품과 물 안보 영역을 포함하여 북극 변화에 대한 장기간 인간 반응에 대한 이해
- 북극 사회생태학적 시스템의 조건과 역학에 접근하기 위해 통합된 지속 가능성 지표의 개발
- 지속 가능한 개발의 요소 및 수단으로서 기관, 자원, 기존 및 새로 출현하는 경제의 역할에 대한 조사
- 북극에서 불일치하는 주요 축(성별, 나이 및 신원) 사이에서 자본, 정부 기관, 권력 및 사법이 수행하는 역할에 대한 조사
- 북극 온난화와 북극 자원에 대한 접근성의 확대를 통해 도시화가 지속될 가능성을 인식하면서 도심 지역에서 지속 가능한 개발과 기반 시설에 대한 조사

◆ <시사점> 북극권 활용 개척에 대비한 각국의 환경 변화 연구 경쟁이 본격화 되는 가운데, 북극권 환경 변화 관측을 통한 북극권 활용에 대한 필수적인 연구 정보 확보의 주체로서의 한국 입지를 제고할 필요가 있음

제3절 기존 사업과의 중복성 검토

<표> 기존 사업과의 차별화 검토

연번	유사 사업명(부처명)	차이점
1	북극 해빙 위성 관측을 위한 분석 기술 개발 (해양수산부)	○ 다양한 종류의 극지 관측 위성을 활용하여 기후 변화에 관련한 북극권 환경 변화에 대한 광역 정밀 연구
2	북극 스발바르 피오르드 지형 변화 연구(연구재단)	○ 지형변화를 야기한 원인과 변화에 따른 환경 변화 영향 파악
3	한북극 동토층 환경변화 관측 시스템 원천기술 개발 및 변화 추이 연구(과기정통부)	○ 거점 관측된 자료를 이용한 북극환경 변화에 대한 위기 변화 대응 수립
4	북극해 해저자원환경 탐사 및 해저 메탄 방출 현상 연구	○ 북극 온난화 영향 가스의 실태와 대응
5	북극해 환경변화 통합 관측 및 활용 연구	○ 북극해 전역에 온난화 영향 요인간 상호 관계 파악 및 영향에 대한 대응 마련
6	극지역에서 발생하는 저농도 기후변화 물질 분석 기술 개발	○ 극지 발생 저농도 기후변화 물질 추적 및 영향 대응
7	북극다산기지 주변에서의 해빙 생태계 탄소흡수율 평가	○ 광역 영향 분석 및 북극해 해빙-해양 생태계의 상호 작용에 따른 탄소흡수율 변화에 따른 환경 변화 대응

제2장 사업내용

제1절 사업목적 및 범위

□ 사업목적

◆ 온난화에 의한 북극권 환경변화의 실태를 정밀 진단하고, 효율적인 북극권 개발을 위한 친환경 계획과, 국제사회에 기여할 수 있는 북극해 환경 변화 대응 방법 제시

- 온난화에 의해 북극의 환경이 변화하고 있음. 이러한 환경 변화는 여태껏 예상하지 못한 여러 현상들의 발생 원인이 될 수 있음.
- 해빙감소는 북극해 해양 생태계의 변화와 해양과 대기의 열수지에 대한 변화들이 예상됨.
- 동토 지역의 변화는 메탄가스 등 새로운 환경 변화 인자 발현의 원인이 됨.
- 북극항로 활용과 개발 및 에너지 자원 개발에 이동에 따른 해양 오염의 유발이 예상됨.
- 이러한 여러 현상들을 사전에 진단하고 친환경 북극권 개발을 위한 대응 방안을 제시할 필요가 있음.

□ 사업범위

- 한국 주도 북극 빙권(해빙, 빙하, 동토)변화 위성감시체계 구축
- 북극 빙권(해빙, 빙하, 동토) 변화 위성 관측 분석
- 해양-대기의 에너지 흐름 모델링/변화폭 예측
- 북극해 생태계 및 물질 순환 조사/평가
- 북극권 생물 생산력 변화 예측
- 동토층 변화에 대한 생물-화학 변화 광역 관측
- 북극 해빙의 물리적 특성 계측 및 빙상 내하중 평가 기술 개발
- 항로 활용에 따른 해난사고/유빙 피해 방지/대응 기술 개발
- 북극 연안지역 환경 변화 대응 (광산 오염물 북극해 유입 등)
- 환경변화에 따른 도시 및 농촌주민 거주 조건의 변화 분석

제2절 세부 사업내용

□ 사업내용

- 북극 빙권(해빙, 빙하, 동토) 변화 위성 관측 분석
 - 위성 기반 광역 해빙 분포 및 변화 양상 정밀 관측
 - 해수면 상승 요인인 빙하의 감소 변화 영향 예측
 - 동토 환경의 범위 및 지반 구조 변화 관측 및 영향 예측
- 해양-대기의 에너지 흐름 모델링/변화폭 예측
 - 이상기후 원인 요인 파악을 위한 거점 관측자료 확보 및 분석
 - 기후모델을 통한 북극해 환경 변화 폭 예측
- 북극해 생태계 및 물질 순환 조사/평가
 - 빙권 감소에 따른 해양 생태계 변동 및 물질순환 평가
 - 오실 가스 및 온난화 요인 변화 예측
- 북극권 생물 생산력 변화 예측
 - 빙권 감소 등 이상 기후에 의한 생물 생산력 평가
 - 온실 기체 등 온난화 요인에 대한 북극권 생물생산력 기여도 평가
- 동토층 변화에 대한 생물-화학 변화 광역 관측
 - 동토층에서의 생물 변화 광역 관측
 - 온난화에 의한 동토층의 화학적 요인 변화 관측
 - 동토층 생물-화학 변화의 온난화 기여도 평가
- 북극 해빙의 물리적 특성 계측 및 빙상 내하중 평가 기술 개발
 - 북극항로 운항 선박의 안전운항 기술 개발을 위한 해빙의 물리적 특성 계측
 - 빙상의 안전한 공간 활용(예, 하역, 건축 등)을 위한 빙상 내하중 평가 기술 개발
 - 항로 주변 위험 요인 대처 기술 개발
- 항로 활용에 따른 해난사고/유빙 피해 방지/대응 기술 개발
 - 해난 사고에 의한 유류 오염 및 인명 피해 방지/대응 기술 개발
 - 연안 유빙의 이동 경로 파악과 이로 인한 선박 충돌 방지책 개발

- 북극 연안지역 환경 변화 대응 (광산 오염물 북극해 유입 등)
 - 연안 동토층 감소에 따른 육상 기원 물질 유입 파악
 - 에너지 활용에 따른 광산 오염물의 북극해 유입 경로 파악과 영향 분석
 - 온난화에 따른 연안 해빙 감소에 육상 경계 변화와 담수유입 영향 파악
 - 북극권 육상 기원 오염원의 북극해 유입 영향 평가
- 환경변화에 따른 도시 및 농촌주민 거주 조건의 변화 분석
 - 항로 활용에 따른 연안 도시의 개발과 거대 도시화 예측
 - 온난화에 따른 북극권 농촌 주민의 경제 활동 형태 변화 예측
 - 원주민 생활환경 변화에 대한 예측 및 지원 정책 수립



<사업수행 개념도>

□ 사업기간 및 재원규모(안)

- 사업기간: '19년 ~ '22년(4년)
- 총사업비: 250억원
- 연도별 투자 계획

(단위 : 백만원)

내역	연도				소계
	'19년	'20년	'21년	'22년	
<input type="checkbox"/> 자연 환경 변화 관측 분석	2,500	3,500	3,500	3,000	12,500
<input type="checkbox"/> 경제활동 변화 분석	1,000	1,500	1,500	1,000	5,000
<input type="checkbox"/> 변화 대응	500	1,500	2,000	3,500	7,500
총 계	4,000	6,500	7,000	7,500	25,000

제3장 사업 추진전략

제1절 사업 추진방안 및 기술획득 전략

□ 사업 추진방안

○ 자연 환경 변화 관측 분석 (과학분과)

- 온난화에 의한 환경 요인 관측 및 분석
 - : 위성 원격탐사를 이용한 빙권(해빙, 빙하, 동토) 변화 관측
 - : 해양 환경 요인 관측
 - : 생태계 변화 관측
 - : 온난화에 의한 생물 생산력 조사
 - : 온난화 가스 관측
 - : 동토층 변화 관측
 - : 육상 기원 물질 유입량 조사

- 환경 변화 영향 분석
 - : 빙권(해빙, 빙하, 동토) 변화 분석
 - : 해양 물질순환 요인 평가
 - : 생태계 변화 평가
 - : 온난화에 의한 생물 생산력 평가
 - : 온난화 가스 변동 평가
 - : 기후모델 구축 및 예측
 - : 동토층 변화 예측
 - : 육상 기원 물질 유입에 의한 환경 영향 평가

○ 경제활동 변화 분석 (산업, 정책분과)

- 북극항로 개발 활용 관련 활동 분석
 - : 북극항로 운항 선박 안전 요인 분석
 - : 해빙의 물리적 특성 계측 및 빙상 내하중 평가 기술 개발
 - : 항로 주변 위험요인 대처 기술 개발
 - : 해난사고에 의한 유류 오염 방제 및 인명 안전 대책 수립
 - : 연안 유빙 이동 경로 파악과 선박 충돌 방지책 개발

- 원주민 생활 변화 분석
 - : 항로 주변 개발에 따른 연안 도시화 분석

- : 온난화에 의한 북극권 농촌 주민 경제 활동 형태 변화 파악
- : 동토층 감소에 따른 해안경계 변화에 따른 경제 활동 변화 파악

○ 변화 대응 (과학, 산업, 정책분과)

- 온난화에 의한 기후 변화 예측
- 항로 안전 대책 기술 개발
- 오염 영향 파악.예측
- 원주민 생활 변화 대응
- 한반도 기후/경제/과학 대응
- 국제 사회 기여

□ 기술획득 및 국제 경쟁력 강화방안

- 북극연구기획회의 (ICARP III) 보고서에서 제시한 향후 10년간 우선 추진 할 북극해 연구 분야 집중을 통해 국제적 경쟁력 강화
- 지속적인 관심과 체계적인 환경 변화 연구를 통해 연구결과의 국제적 활용성 확대
- 북극항로 주변 원주민의 경제 활동에 기여를 통한 국제적 기여를 통해 비북극권 국가의 북극권 활동의 당위성 확보

제2절 성과활용 및 기대효과

□ 성과활용 및 연계방안

- 한국 주도의 북극권 개발/활용
- 비북극권 국가로서 북극권 진출 근거 마련
 - 북극권 원주민 대상 환경 정보 제공으로 북극권에 대한 국제적 기여
- 북극 항로 개발을 대비한 환경 평가를 선 수행하여 해운 강국의 역할 강화와 국제적 입지 확보

□ 기술적·사회적·경제적 파급효과

- (기술적 효과) 북극환경 변화 대응 연구 및 활용에 있어 국제적 경쟁력 확보
 - 북극해 환경 평가 분야에서 기술적 경쟁력 확보
 - 환경평가 관련 산업 기술 분야 인프라 확대 및 기술이전 등을 통한 국내 기술확보

- 북극 항로 개발에 필수적인 해빙 환경 정보 생산을 통해 해운강국으로서의 국제적 정보력 확대
- 최첨단 극지 항해 지원 시스템 개발/운용을 위한 근거 마련

○ (사회적 효과) 북극권 진출 확대를 위한 기반 구축에 기여

- 광역 극지빙권 환경 정보 확대를 통한 한국 주도의 북극권 개발 및 활용
- 북극항로 정보 및 북극권 정세 변동 파악 가능
- 북극 관련 국제 협력 연구에서 주도권 확보
- 북극 원주민 대상 해빙 환경 변화 정보 제공으로 북극권에 대한 국제적 기여를 통해 북극권에서의 우리나라 위상강화

○ (경제적 효과) 극지 활용/개발 관련 산업에 대한 파급효과 발생

- 북극항로 이용 선박에 탑재되는 e-navigation 시스템 개발에 대한 기여와 이를 통한 경제적 수익 창출
- 북극권 에너지 운송에 필수적인 빙권 변화 정보 확보를 통해 북극권 에너지 개발에 참여할 수 있는 기반 마련
- 연구 성과 적용을 통한 극지 운항 선박 및 해양 구조물 분야의 조선·해양 산업 대외 경쟁력 강화
- 북극권 연안 관광인구 증가에 따른 각 관광유람선의 유료 정밀 위성정보 제공(특허권 확보)으로 경제적 이익 창출
- ADS 시스템과 같은 데이터 구축 및 운용 필요(4차 산업혁명 과제에서 포함)
- 위성개발 및 운용 필요

제3절 2030년 이후 전망과 과제

- 온난화에 의한 환경변화로 북극권 활용에 대한 전략의 정량적 접근 가능. 즉, 북극권 활용시 발생할 수 있는 환경오염원에 대한 종류 및 수치화 가능. 북극권 개발을 위한 환경 평가에 대한 국제적 기준 제시 가능
- 국가적인 지속적 지원을 통해 북극권에 대한 환경 변화를 관측하는 체계를 구축하고, 환경변화가 야기하는 위기 부분에 대한 국제적인 공동 대처를 가능하게 한다. 또한 북극권 개발에 대한 기회분야를 정량화하여 비 북극권 국가로서 북극권 개발 참여에 대한 당위성 확보가 가능

2. 북극 자원 최적 운송시스템 개발



① 필요성 및 최종목표

□ 필요성

- 향후 예상되는 북극해 물동량 증가에 대비하여 안전하고 효율적인 해상 운송을 보장하기 위한 최적의 운송시스템 개발 필요
- 북극 자원 개발 및 물류 수송, 환경 보호 등과 같은 거점 분야의 4차 산업혁명 선도 기술 개발 필요
- 위성에서 생산되는 정보를 이용하는 북극 종합 정보망 구축에 기여함으로써, 현재 개발이 진행 중인 e-navigation 등의 첨단 정보화 시스템의 북극해 적용 필요
- 북극 자원 개발에 관하여 북극 항로 주변국의 이해관계 충돌에 따른 문제점을 해결하고, 관련 정보의 공동 활용이 가능한 국제적 협력 체계 구축 필요

□ 최종목표

- 북극해 운송시스템 핵심 기술 분석
- 안전하고 효율적인 북극 해상 운송을 위한 핵심 기술 개발

② 추진계획

- 북극 지역의 정치/경제 정책 분석 및 대응 방안 분석(해양수산개발원)
- 북극권 물류 시스템 분석 및 최적 운송 시스템 구축 방안 분석(북극물류연)
- 북극권 물류의 해상/육상 운송 효율성 분석(북극물류연-선박해양플랜트연)
- 북극 지역의 인프라 구축 및 규제 대응 기술 개발(해양수산개발원)
- 북극해 해빙 관측 정도 향상 기술 개발(선박해양플랜트연-극지연)
- 북극권 물류의 해상/육상 연계기술 개발(북극물류연-해양수산개발원)
- 북극 지역 최적 해상 운송 시스템 개발(선박해양플랜트연-대학-조선소)
- 북극권 유류 오염 탐지 및 방제 기술 개발(선박해양플랜트연-대학)

□ 사업기간 및 재원규모

- 사업기간: 5년('19 ~ '22년)
- 총사업비: 200억원

□ 사업 추진방안

- 북극연구컨소시엄을 활용한 과학, 산업 및 정책 분야의 협력연구

제1장 추진배경 및 현황분석

제1절 추진배경

□ (현안 시급성) 북극 항로 상용화 및 국제해사기구(IMO)의 극지 운항선박 안전 규정(Polar Code) 발효에 따른 대응 기술 요구

- 북극해 물동량 증가에 대비하여 안전하고 효율적인 해상 운송을 보장하기 위한 최적 운송시스템 개발 필요
 - 러시아 교통부는 북극해 물동량이 2022년에 4,000만톤, 2030년에 8,300만톤에 이를 것으로 추정, 극지 운항선박의 수요 증대에 대비한 해상 운송시스템 전반에 대한 연구 필요
- 북극 자원 개발 및 물류 수송, 환경 보호 등과 같은 거점 분야의 4차 산업혁명 선도 기술 개발 필요
 - 북극 자원의 원활한 운송을 위해 북극권 국가의 물류 정책 및 법규 현황 분석 필요
 - 북극 자원의 육지와 해상을 통한 통합적인 운송 체계 개발 분야에서 Prime mover로의 도약 필요
 - 다양한 분야로부터의 북극해 빙권 정보 수요 증가에 따른 한국 주도의 북극해 빙권 분석 기술 개발 필요
 - 북극의 특수성을 고려, 잠재적인 해양사고에 대비하기 위한 기술 개발 필요
 - 2017년 9월 6일 러시아 블라디보스톡에서 개최된 3회 동방경제 포럼의 NSR 세션에서 북극 자원개발과 수송을 위해 NSR 발전의 필요성이 강조되었으며, 러시아에서 관련 사업의 강력한 추진의사를 표명함.

□ (정책 타당성) 국정 과제 및 북극 관련 정부 정책의 적극적 이행

- 정부 국정 과제(4차 산업 혁명을 선도하는 혁신 창업 국가) 실현
 - ICT 혁신 기술을 기반으로 신규 극지 빙권 관측 위성을 개발하여 4차 산업 혁명 선도 기술 개발 필요
 - 위성에서 생산되는 정보를 이용하여 북극 종합 정보망 구축에 기여함으로써, 현재 진행 중인 e-navigation 등의 첨단 정보화 시스템의 북극해 적용 필요
 - 북극 항로 주변국의 이해 관계 충돌에 따른 문제점을 해결하고, 각종 정보의 공동 활용이 가능한 국제적 협력 체계 구축

- 2017년 9월 6일 러시아 블라디보스톡에서 개최된 3회 동방경제 포럼의 기조연설에서 한국이 러시아의 극동개발에 적극 참여, 자루비노항 개발과 한국-조선 산업의 결합으로 북극항로가 새로운 실크로드가 될 것을 언급함.

□ (투자 효율성) 북극 활동 주도권 확보 및 관련 산업 파급 효과 발생

○ 북극 활동 주도권 확보

- 북극권 물류 모델 수립을 통하여 미래 북극 항로 운항 선박 수요 변화에 선제적으로 대비
- 북극 항로를 이용한 물류 수송 시 국적 선사와 조선업체의 국제 경쟁력 확보 및 효과적인 투자전략을 수립할 수 있도록 함.

○ 경제 활성화 및 관련 산업 파급효과 촉진

- 북극 인프라 건설시장, 북극 자원 거래 시장, 북극 항로 운항 선박 건조 시장에 합리적으로 진출할 수 있는 방안을 제시함으로써 관련 산업 발전에 기여

- ◆ 정부의 북극 영향력 확대 및 극지연구 발전을 위한 정책에 적극 부응
- ◆ 북극항로 활용 주도권 확보 및 조선/해운/물류 관련 산업 발전을 통한 경제 활성화에 기여

제2절 현황분석

□ 국내·외 주요 연구동향

○ (국내)

- 영산대에서 노르웨이의 CHNL과 북극 물류 관련 공동 연구 수행함 .
- 한국해양수산개발원과 영산대에서 북극권 항로 활성화 정책 연구 중임.
- 극지연구소에서 북극 해빙 위성 관측을 위한 분석 기술 개발 연구를 수행 중임.
- 선박해양플랜트연구소에서는 ‘북극항로 운항선박용 항해안전지원시스템 개발’ 연구와 ‘위치유지와 계류 시스템을 적용하여 ARC7 조건에서 연중운용이 가능한 북극해 기반 부유식 해양구조물 형상 개발’ 연구를 수행중임
- 국내 조선소는 내빙 화물선 설계와 건조 부분에서 세계 최정상급 기술을 보유하고 있으며, 연 20여척의 내빙 화물선을 건조하고 있음.
- 삼성중공업에서 7만톤급 쇄빙 유조선, 대우조선해양에서 170,000m³급 쇄빙 LNG 운반선을 세계 최초로 건조한 실적을 보유하고 있음.
- 해양 오염방제와 관련하여 일반해역에서 유출유 확산 환경 외력 예측, 유출유 확산 예측, 방제 전략 수립 등의 연구가 수행되었음.



○ (국외)

- 러시아, 미국, 중국, 일본 등은 자원 개발 등의 목적으로 북극해의 유빙 정보를 포함하는 해양 공간 정보를 구축하는 연구 수행 중임.
- 러시아 Novatek사의 두 번째 프로젝트 ‘Arctic LNG’ 가 계획 중이며,

추가적인 대형 셔틀 LNG 운반선에 대한 소요 제기가 예상된다.

- 러시아 ‘즈베즈다’ 조선소에서 현대삼호중공업과 협정을 체결하고 32만톤 VLCC 탱커와 25만톤 가스운반선을 건조 계획 중임. 9월중에 4척 기공식 예정임.
- 중국에서는 COSCO선사가 북동항로(NSR)를 지속적으로 운항하고 있으며, 쇠빙연구선인 설릉호를 이용한 북서항로 개척과 북극횡단항로와 같은 새로운 북극해 항로 모색에 심혈을 기울이고 있음.



- 북유럽 국가에서는 북극 항로를 활용하는 화주와 화물의 수요 분석과, 북극 항로 운항 인프라와 법·규정에 대한 종합적인 연구가 진행된 바 있음.
- 러시아, 노르웨이, 핀란드에서는 북극 항로를 위한 수송 시스템의 선형, 추진시스템에 관한 최적화 연구가 수행된 바 있음.
- 북극이사회를 중심으로 6개의 WG(Working Group)이 운영되고 있으며, 이중 EPPR(Emergency Prevention, Preparedness and Response) WG에서 해양 사고와 관련된 유류오염 방제 및 수색구조 기술개발과 이사국간의 협력을 주도하고 있음.

□ 국내·외 관련 시장 및 수요분석

○ 북극 항로를 활용한 물류 수송 증대

- 북동항로, 북서항로, 북극횡단항로 등 북극권 항로의 단기적 활성화와 관련하여 비관적 전망도 있으나, 장기적인 관점에서 유럽과 아시아를 연결하는 신규 항로로서의 활용 가능성을 고려해야 함.



◆ <시사점> 북극권 개척에 대비한 각국의 정보력 경쟁이 본격화 되는 가운데, 북극 자원 수송을 위한 최적 운송 체계 개발 및 북극 비즈니스 모델 수립 등은 북극권 활용을 위한 필수적인 정보 제공의 주체로서 한국의 입지를 제고하는데 기여

제3절 기존 사업과의 중복성 검토

<표> 기존 사업과의 차별화 검토

연번	유사 사업명(부처명)	차이점
1	북극 항로 운항선박용 항해안전지원시스템 개발 (해수부)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 항로 운항선박용 항해안전지원시스템 개발 사업은 선박의 안전운항을 위한 시스템 및 가이드라인 개발이 주된 사항임. ○ 본 사업은 북극에서 자원개발을 위한 인프라 구축/국제협력 등과 같은 정치/경제적 접근법과 물류 수송을 위한 효율성 및 기술 개발을 목표로 함으로써 기존 과제와 차별화됨.

제2장 사업내용

제1절 사업목적 및 범위

□ 사업목적

◆ 안전하고 효율적인 북극 물류시스템 구축에 기여할 수 있는 북극해 최적 운송시스템 개발

- 북극 지역에 매장되어 있는 다양한 지하자원(석유, 가스, 광물 등)의 개발과 그에 따른 인구 유입으로 인한 지역 원주민들의 삶의 패러다임 변화 고려 필요
- 안전하면서도 효율적인 북극 물류시스템 구축에 기여할 수 있는 정치·경제(물류)·과학·산업적인 측면을 종합적으로 고려한 최적 운송시스템 개발

□ 사업범위

- 북극해 운송시스템 핵심기술 분석
 - 북극의 정치/경제적 여건을 고려한 물류 시스템 분석 및 운송 효율향상 기술 개발
- 안전하고 효율적인 북극 해상 운송을 위한 핵심기술 개발
 - 북극 항로 활용을 위한 인프라 개선 방안, 빙상 환경 감시, 물류 운송, 환경오염 방지 기술 개발

제2절 세부 사업내용

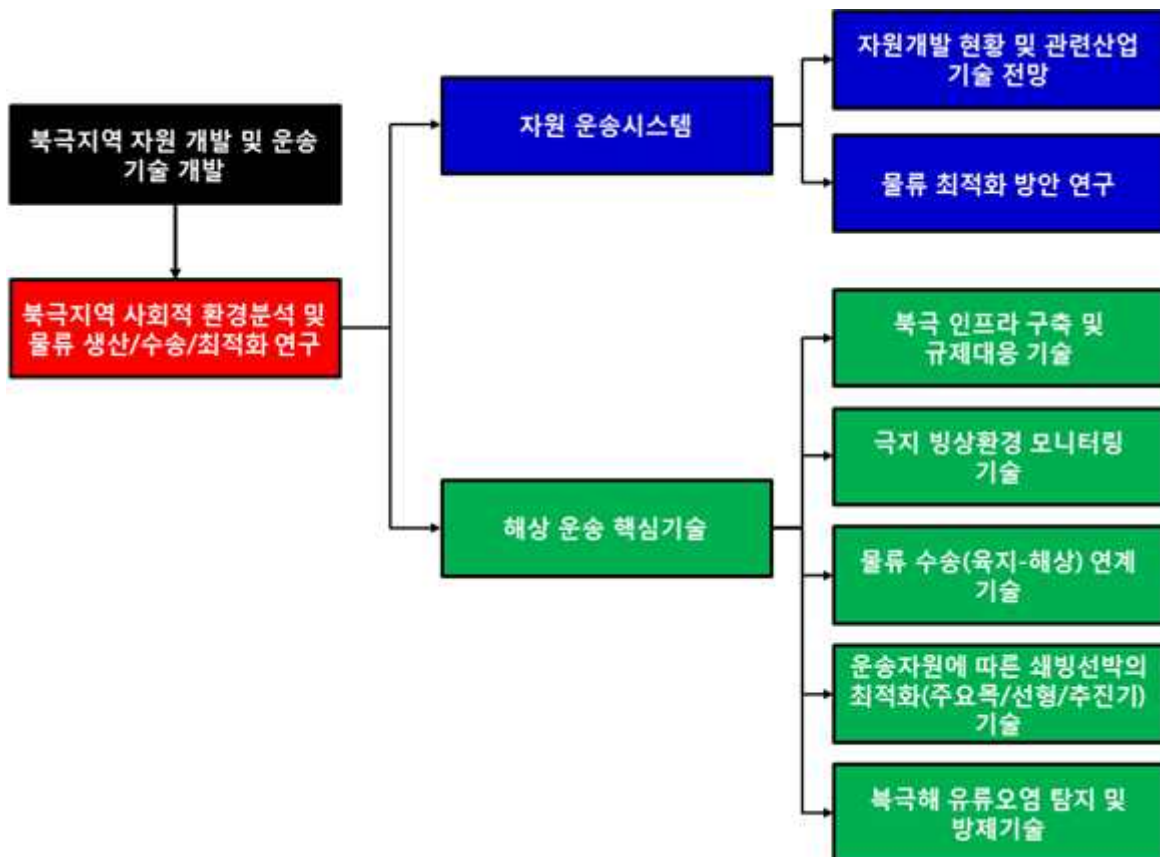
□ 사업내용

○ 북극해 운송시스템 핵심기술 분석

- 북극 지역의 정치/경제 정책 분석 및 대응 방안 분석(해양수산개발원)
- 북극권 물류 시스템 분석 및 최적 운송시스템 구축 방안 분석(북극물류연)
- 북극권 물류의 해상/육상 운송 효율성 분석(영산대-선박해양플랜트연)

○ 안전하고 효율적인 북극 해상 운송을 위한 핵심기술 개발

- 북극 지역의 인프라 구축 및 규제 대응 기술 개발(해양수산개발원)
- 북극해 해빙 관측 정도 향상 기술 개발(선박해양플랜트연-극지연)
- 북극권 물류의 해상/육상 연계 기술 개발(선박해양플랜트연-대학)
- 북극 지역 최적 해상 운송 시스템 개발(선박해양플랜트연-대학-조선소)
- 북극권 유류 오염 탐지 및 방제 기술 개발(선박해양플랜트연-대학)



<사업 수행내용 요약>

□ 사업기간 및 재원규모(안)

- 사업기간: ‘19년 ~ ‘22년(4년)
- 총사업비: 200억원
- 연도별 투자 계획

(단위 : 백만원)

내역	연도							소계
	‘19년	‘20년	‘21년	‘22년	‘23년	‘24년	‘25년	
□ 북극 자원 운송시스템 핵심기술	1,000	1,000	1,000	1,000				4,000
□ 북극 해상 운송 핵심기술	2,000	3,000	6,000	5,000				16,000
총 계	3,000	4,000	7,000	6,000				20,000

제3장 사업 추진전략

제1절 사업 추진방안 및 기술획득 전략

□ 사업 추진방안

- 북극 지역의 정치/경제 정책 분석 및 대응 방안 분석(해양수산개발원)
 - 4차 산업 혁명 기반 북극 산업 진출 전략 검토
 - 북극권 통신 인프라 구축 정책 검토
 - 미래 북극물류 체계 변화에 대한 법·규정의 영향력 분석
- 북극권 물류 시스템 분석 및 최적 시스템 구축 방안 분석(북극물류연)
 - 북극 항로를 활용하는 해운 물류 중심의 미래 북극 물류 체계 연구
 - 북극항로 활용 운송 서비스 요구 화주 및 화물 수요 분석
 - 북극권 주요 자원 수송 모델 제시
- 북극권 물류의 해상/육상 운송 효율성 분석(북극물류연-선박해양플랜트연)
 - 미래의 북극권 물류 모델 수립을 위한 물류 환경 분석
 - 현 북극권 물류의 Cargo flow 관련, 선종별 Cargo 운송 실적 분석
 - 선종, 톤수, Ice Class 별 선박 건조 및 운항 관련 투자 경제성 분석
- 북극 지역의 인프라 구축 및 규제 대응 기술개발(해양수산개발원)
 - 4차 산업 혁명 관련 기술 접목이 가능한 북극 항로 물류 인프라 조사
 - 북극권 항만·통신 등의 주요 인프라 현황 파악 및 4차 산업 혁명 관련 기술 적용 잠재력 평가
 - 북극 물류 지원 인프라 건설에 따른 미래 북극 물류 체계 변화 연구
- 북극해 해빙 관측 정도 향상 기술 개발(선박해양플랜트연-극지연)
 - 4차 산업 혁명 관련 기술을 접목한 한국 주도의 북극해 위성 감시 체계 구축 연구 및 관련 기술 개발(이 과제에서 위성 개발 포함)
 - 고정익·회전익기(드론과 같은 무인항공기 포함)를 이용한 빙 해역 현장 계측 기술 개발
- 북극권 물류의 해상/육상 연계기술 개발(영산대-해양수산개발원)
 - 북극 항로와 연결되는 러시아 내륙 수운과 더불어 북극 항로와 경쟁 또는 상호 보완 관계가 될 수 있는 시베리아횡단철도(TSR)와의 관계 속에서 있는 해운물류 중심의 미래 북극 물류 체계 연구

- 북극 지역 최적 해상 운송 시스템 개발(선박해양플랜트연-대학-조선소)
 - 운송 자원을 고려한 선종별 표준 선형 및 최적 운송 체계 개발
 - 북극 항로 운항 선박의 선형 및 추진시스템 최적화 기술 개발
 - 선종 및 운항 모드에 따른 물류 운송 모델에 기초한 선박의 운항 및 조종 성능 향상 기술 개발
- 북극권 유류 오염 탐지 및 방제 기술 개발 (선박해양플랜트연-대학)
 - 실시간 기상 및 해양 정보와 연계한 유출유 확산 예측 기술 개발
 - 유출유 확산 예측 결과와 연계한 방제 기술 개발

□ 기술획득 및 국제 경쟁력 강화방안

- 북극권 인접 국가와의 네트워크 구축
 - 북극이사회, 북극경제이사회와 같은 다자간 협의체와 러시아 및 북유럽, 북미의 북극권 인접 국가의 관련 연구 기관과의 공동 연구 추진

제2절 성과활용 및 기대효과

□ 성과활용 및 연계방안

- 북극 인접국과 정치, 경제, 과학, 산업 관련 분야에서 긴밀한 유대 관계 구축
- 북극 자원의 효율적인 운송 체계 구축에 있어서 국제적으로 선도적인 역할 수행

□ 기술적·사회적·경제적 파급효과

- (기술적 효과) 북극 항로 운항 선박의 건조 및 물류 수송과 북극 인프라 건설 시장에 성공적으로 진출하는데 밑바탕이 되는 국제 경쟁력 확보에 기여
 - 북극해를 활용한 물류 수송의 안전성과 효율성을 확보함으로써, 조선/해양 산업의 수주 경쟁력 강화에 기여
 - 극지 항해를 위한 인프라 건설시장 참여를 통한 해외 진출에 기여
 - 격화되는 한·중·일 극동 3국의 북극 항로 선점 경쟁에서 우위를 점하는데 기여함으로써 국제 협력을 유도하고, 해운·물류 업계 및 북극 이사회 등에서 대한민국의 국가 위상 제고

○ (사회적 효과) 북극권 진출 확대를 위한 기반 구축에 기여

- 북극 자원 개발 및 수송과 환경 보호 등의 논의에 참여하여 영향력을 발휘할 수 있는 여건을 확보함으로써 북극이사회의 정식 옵서버 국가로서의 입지를 확고히 함.
- 잠재 아시아 - EU 국제 해상 운송로 참여를 통한 국적 선사의 경쟁력 확보에 기여

○ (경제적 효과) 극지 관련 조선/해운/물류 산업의 활성화를 위한 파급 효과 발생

- 극지 운항 선박 분야의 연구 활성화 및 기술력 제고를 통해 국내 조선·해양 산업에 퍼플오션 기회 제공
- 한국의 4차 산업 혁명 관련 기술 활용 및 국내 관련 기업의 북극권 산업 진출 토대 마련
- 우리나라 수출업체들을 위한 해상 운임 경쟁력 제고

제3절 2030년 이후 전망과 과제

○ 북극 항로 운항 스마트 선박 수요 증대

- 국내 조선 업계의 주요 화두 중의 하나인 스마트 선박 관련 기술 가운데에서 북극해 해상 물류 체계에 적용 가능한 유망 기술의 발굴 및 부족 기술의 선제적인 개발
- 극지 스마트 선박 관련 시장 창출을 주도하거나, 적어도 수요에 능동적으로 대응할 수 있는 역량을 갖추어 필요가 있음.

3. 북극권 4차 산업 혁명 적용과 기회



① 필요성 및 최종목표

- ‘4차 산업혁명’은 환경적 제약과 인적 역량이 제한된 북극권의 미래에 큰 영향을 줄 가능성이 대두되고 있으며, 이를 활용한 정책추진 기반을 조속히 만들어 갈 필요성 확인
- 우리나라는 국정전략으로 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업 혁명’을 포함시킨 바 있음
- 본 연구과제는 종합적인 정책수립은 물론, 향후 과학·기술연구, 산업에의 활용 연구를 지원할 수 있는 기초연구로서 효과가 북극 관련 전체 연구와 연계됨
- 4차 산업혁명 기술의 북극권 적용방안 검토 및 우리나라 4차 산업혁명 기간 북극권 진출 전략 검토
- 최종목표: 북극에서 4차산업혁명의 기술의 일환인 우리나라 ICT 기반 기술을 적용하여 국익 창출 및 국가 위상 제고

② 추진계획

- 사업 내용
 - 북극에 적용 가능한 4차 산업혁명 기술 동향 연구
 - 북극항로의 항행 안전과 해양환경 보호
 - 북극해 수색구조 통합시스템 개발 및 운영 방안 연구
 - 북극에서의 물류시스템 구축과 인프라 개발
 - 북극권을 대상으로 하는 통신 및 정보관리
 - 북극 원주민의 삶의 질 개선
 - 북극권 동식물 생태계의 체계적 관리와 보존
 - 4차 산업혁명의 북극권 적용을 위한 국제협력 방안 연구
 - 우리나라의 산업계 참여방안과 국익창출 극대화 방안 연구
- 사업기간 및 재원규모
 - 사업기간: 5년(‘19 ~ ‘22년)
 - 총사업비: 49억원
- 사업 추진방안
 - 북극연구컨소시엄을 활용한 과학, 산업 및 정책 분야의 협력연구

제1장 추진배경 및 현황분석

제1절 추진배경

□ (현안 시급성) ‘4차 산업혁명’은 환경적 제약과 인적 역량이 제한된 북극권의 미래에 큰 영향을 줄 가능성이 대두되고 있으며, 이를 활용한 정책추진 기반을 조속히 만들어 갈 필요가 있음.

- ‘4차 산업혁명’은 특정산업과 공간에 국한되지 않고 지구촌 전체 국가와 국제사회에도 큰 영향을 끼칠 전망
 - ※ 세계경제포럼(WEF)은 4차 산업혁명을 “디지털, 물리적, 생물학적 영역의 경계가 없어지면서 기술이 융합되어 인류가 한 번도 경험하지 못한 새로운 시대”로 정의
- 북극권은 지구온난화로 인한 결빙해역 축소와 관련 기술의 발달로 인해 정보가 확대되고 접근성이 개선되면서 북극항로, 자원개발이 본격화되면서 산업, 경제, 사회, 문화 등 다방면에서 큰 변화가 일고 있음.
- 또한 북극권은 극한의 기후조건, 안전에 대한 위협요인 산재, 고립된 환경 등으로 인해 기술의 융복합을 키워드로 하는 4차 산업혁명의 적용을 가장 필요로 하는 곳 중의 하나로 부상할 것임.
- 우리나라는 기 확보된 ICT, 선박, 과학기술, 제조업 역량 등을 최대한 활용하여 4차 산업혁명의 북극권 적용논의를 주도함으로써 새로운 첨단 북극산업의 발굴 및 국익창출에 기여할 것으로 예상됨.

□ (정책 타당성)

- 우리나라는 국정전략으로 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업 혁명’을 포함시킨 바 있음.
 - 정부는 대통령 직속 4차 산업혁명위원회를 설치하여 종합대책을 수립하고 컨트롤타워 역할을 수행
 - 해양수산부는 ‘해양수산 4차 산업혁명’ 종합대책(안)을 마련
- 또한 지난 9월 극동포럼에서는 러시아와의 협력을 중심으로 하는 신북방 정책을 발표하였음.
 - 북극항로 및 북극자원이용을 위한 협력을 지속적으로 추진할 수 있는 정책기반이 마련됨.
- 따라서, 본 과제는 4차 산업혁명을 국정전략으로 삼고, 북극권 협력을 강화하는 신북방정책을 추진하는 정부의 정책방향과 일치

□ (투자 효율성)

- 본 연구과제는 종합적인 정책수립은 물론, 향후 과학·기술연구, 산업에의 활용 연구를 지원할 수 있는 기초연구로서 효과가 북극관련 전체 연구와 연계됨.
- 타 국가 비해 선제적인 연구를 통해 북극에 영유권을 가지지 못한 우리나라가 북극신산업 중 선도할 수 있는 가능성이 높은 분야로 체계적인 추진이 필요
- 연구수행을 통해 각 산업에의 지원효과와 기술개발로 인한 경제효과를 분석할 수 있을 것으로 기대

제2절 현황분석

□ 국내·외 주요 연구동향

- (국내) 4차 산업혁명 자체에 대한 논의와 연구는 최근 매우 활발하지만, 이를 북극권에 적용하는 연구는 전무함.
- (국외) 국외에서는 ‘4차 산업혁명’이란 용어는 사용하지 않고 있지만 실질적으로 4차 산업혁명의 기반이 되는 ICT 기술을 북극권에 적용하는 연구는 일부 있음.
- 북극이사회 위기대응준비 워킹그룹(EPPR)을 중심으로 무인항공기에 대한 논의는 2014년 이후 지속되고 있음.
- 향후 항로이용 증대, 인프라 및 자원개발 확대, 과학조사사업 확산, 해중 및 해저탐사 증가 등 신기술과 정보관리에 대한 학술적 노력은 크게 증가할 것으로 전망

※ 관련 논문 목록

- (UGV) “Unmanned Ground Vehicles for Coastal Monitoring”, Kurkin et al Kurkin et al, International Journal of Imaging and Robotics, , 2017
- (노르웨이) “Future role of application of new technologies in small-and-medium scale manufacturing systems: Regarding intelligent and advanced manufacturing systems in northern peripheral area”, Kinga Somlo, Gabor Sziebig, 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electornics, August 8, 2017

* 노르웨이 북극권 중소기업들의 신기술 도입 관련 어려움 등을 분석

- (AUV) “Autonomous Underwater Vehicle Operations in the Arctic”, John McMillan, OTC Arctic Technology Conference, 23-25 March, 2015
- (ITP) “The Ice-Tethered Profiler: Argo of the Arctic”, Toole et al, Oceanography, 2011
- (AUV) “Digital terrain mapping of the underside of sea ice from a small AUV”, P. Wadhams, M.J. Doble, The Cryosphere, 2008
- (AUV) “Through-ice AUV deployment: Operational and technical experience from two seas of Arctic fieldwork”, Doble et al, Cold Regions Science and Technology, 2009
- (AUV) “Performance of an AUV navigation system at Arctic latitudes”, McEwen et al, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2005
- (AUV) “AUV Operations in the Arctic”, Bellingham, et al, Proc Int Symp on Unmanned Untethered Submersible Technology, 1993
- (클라우드 컴퓨팅) “Designing new Arctic ships to incorporate cloud computing for improved information systems and vessel management”, McGivllivary, P.A., Stecca, M., et al, OTC 4th Arctic Technology Conference, 23-25 March, 2015

□ 국내·외 관련 시장 및 수요분석

- 북극권은 초기 단계에 있는 4차 산업혁명의 적용 가능성, 필요성 및 효과가 가장 높은 지역임.
 - 북극권은 혹독한 자연환경으로 인해 인간의 접근이 아주 어려운 지역으로만 인식되어 왔음.
 - 그러나 기후변화로 인한 영향들, 즉 북극항로 활성화와 자원개발 가속화, 북극 관광 증가, 자연생태계 변화로 인한 원주민과 동식물의 생활환경 변화 등은 북극을 관심의 중심에 서게 함.
 - 이에 대한 국제사회의 대응, 즉 북극항로의 안전과 해양환경 보호, 북극해 수색구조, 통신망 설치, 동식물 생태계 보호, 원주민 보호 등은 4차 산업혁명의 적용을 필요로 함.

- 북극권의 4차 산업혁명 기반 기술 활용은 다양한 분야에서 필요로 함.
 - 북극해 수색구조, 북극해 환경·기후·생태계 모니터링 및 데이터 수집, 대형 유류오염 사고 대응, 북극 원주민의 삶의 질 향상과 언어와 문화 보존 등 광범위하게 적용 가능
 - 적용 가능한 4차 산업혁명 기반 기술로 e-Navigation, PPF(prompt port facility, 즉시부두시설), 무인드론, 빅데이터 등이 있음.
- ※ 현재 북극권에서 진행 중인 4차 산업혁명 기반 산업
 - 페이스북 등 세계적 기업들은 퀀텀 컴퓨팅 시대 도래에 대비하여 북극권에 데이터센터를 구축 중
 - 노키아는 핀란드 오울루에 디지털 공장(5G) 건설 예정
 - Cermaq AS사는 북극권에 세계 최초 스마트 연어 공장 건설 예정

◆ 미개척지인 북극권에서 4차 산업혁명 기술의 적용가능성이 매우 높은 지역으로, ICT에 강점을 가진 우리나라가 주도함으로써 국익창출과 함께 국제적 위상 제고

제3절 기존 사업과의 중복성 검토

- 기존 북극 관련 사업 중 4차 산업혁명 기반 기술 적용과 관련한 사업은 없는 것으로 파악
 - 국립해양조사원에서 무인기술을 남극에 적용하는 시범사업('16)을 추진한 바 있지만 주제와 내용면에서 제한적이었음.

제2장 사업내용

제1절 사업목적 및 범위

□ 사업목적

- ◆ 4차 산업혁명 기술의 북극권 적용 방안 검토
- ◆ 우리나라의 4차 산업혁명 기반 북극권 진출 전략 검토

□ 사업범위

- (지역적 범위) 북극씨클(Arctic Circle) 내, 특히 북극해를 중심으로 한 인근 지역을 대상으로 함.
- (주제 범위) 본 과제는 다음과 같은 북극에서의 활동과 연계되어 있음.
 - 북극항로의 항행 안전과 해양환경 보호
 - 북극해 수색구조 통합시스템 개발
 - 북극에서의 물류시스템 구축과 인프라 개발
 - 북극권을 대상으로 하는 통신 및 정보관리
 - 북극 원주민의 삶의 질 개선
 - 북극권 동식물 생태계의 체계적 관리와 보존
- (적용 기술) 4차 산업혁명 기술은 다음을 포함함
 - e-네비게이션, 빅데이터, PPF, 무인드론, AI, 로봇, 인공위성 등

제2절 세부 사업내용

□ 사업내용

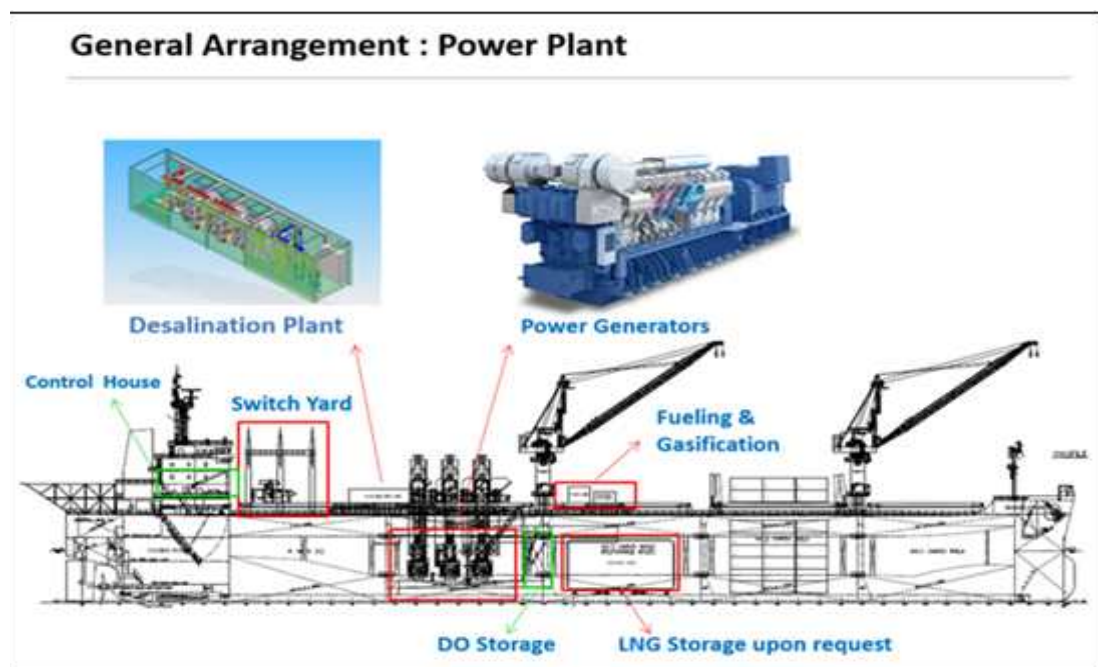
- 북극에 적용 가능한 4차 산업혁명 기술 동향 연구
 - 현재 활성화 단계에 있는 무인드론 등과 함께 향후 5~10년 내 실행 가능한 신기술 동향 연구
- 북극항로의 항행 안전과 해양환경 보호
 - 북극해 운항 선박의 안전 시스템 강화
 - 러시아 등 연안국의 도선을 포함한 항해안전 시스템 개선 지원
 - 북극해 환경오염 모니터링 시스템 구축과 사고 대응체계 개선
 - 4차 산업혁명 활용 기술 도입을 위한 국제적 협의 방안

- 북극해 수색구조 통합시스템 개발 및 운영 방안 연구
 - 북극해 광케이블 설치, 인공위성, 무인드론기 등의 활용 방안
 - 우리나라 산업계의 참여 가능성과 방안 검토
 - 북극이사회와 국가 간 협의, 연구기관 간 협력방안, 산업계의 참여 방안 검토
- 북극에서의 물류시스템 구축과 인프라 개발
 - 물류자동화 및 자동운영 시스템 가능성
 - 물류정보 관리 및 추적시스템
- 북극권을 대상으로 하는 통신 및 정보관리
 - 북극관련 정보의 관리 및 제공시스템 개발
 - 북극권 수요에 맞는 서비스 제공 기반 구축
- 북극 원주민의 삶의 질 개선
 - 북극 원주민의 생활환경 및 필요사항 파악
 - 원주민의 삶의 질 개선을 위한 방안 검토
 - * PPF, 무인드론, 광통신망 활용 등
 - 이의 활용을 위한 국제적 협의 방안
- 북극권 동식물 생태계의 체계적 관리와 보존
 - 기후변화로 인한 북극권 동식물 생태계 영향 파악
 - 생태계의 체계적 관리와 보존을 위한 빅데이터, 무인드론 등의 활용 방안 검토
 - 이의 활용을 위한 국제적 협의 방안
- 4차 산업혁명의 북극권 적용을 위한 국제협력 방안 연구
 - 국제적 협력을 위한 종합적 협의체 구성 방안
 - 우리나라의 국제적 논의 주도를 위한 방안 (국내 제도 개선, TF 등 구성, 국제적 네트워크 활용 방안, 외교 협력 방안 등)
- 우리나라의 산업계 참여방안과 국익창출 극대화 방안 연구
 - 국내 산업계의 북극권 적용 가능한 기술의 보유 현황과 국제 경쟁력 파악, 이를 강화 방안
 - 국내 산업 활성화와 이를 통한 국익 창출 극대화 방안

〈북극에 적용가능한 4차 산업혁명 기반 기술〉



〈PPF 개념〉



□ 사업기간 및 재원규모(안)

- 사업기간: 향후 5년(2018~2022)
- 총사업비: 49억원
- 연도별 투자 계획
 - ('18~ '20년) 9억원
 - ('21~ '22년) 40억원

내역	연도(단위: 원)				
	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년
<input type="checkbox"/> 북극에 적용 가능한 4차 산업혁명 기술 동향 연구	1억	-	-	-	-
<input type="checkbox"/> 북극항로의 항행 안전과 해양환경 보호 방안 연구	-	1억	-	-	-
<input type="checkbox"/> 북극해 수색구조 통합시스템 개발 및 운영 방안 연구	-	1억	-	-	-
<input type="checkbox"/> 북극에서의 물류시스템 구축과 인프라 개발	-	1억	-	-	-
<input type="checkbox"/> 북극권을 대상으로 하는 통신 및 정보관리	-	-	1억	-	-
<input type="checkbox"/> 북극 원주민의 삶의 질 개선방안 연구	-	-	1억	-	-
<input type="checkbox"/> 북극권 동식물 생태계의 체계적 관리와 보존	-	-	1억	-	-
<input type="checkbox"/> 4차 산업혁명의 북극권 적용을 위한 국제협력 방안 연구	-	1억	-	-	-
<input type="checkbox"/> 우리나라의 산업계 참여방안과 국익창출 극대화 방안 연구	-	-	1억	-	-
<input type="checkbox"/> 국내 산업계 연구개발 지원	-	-	-	20억	20억
총 계	1억	4억	4억	20억	20억

제3장 사업 추진전략

제1절 사업 추진방안 및 기술획득 전략

□ 사업 추진방안

- 북극연구컨소시엄을 활용한 과학, 산업 및 정책분야의 협력 연구
 - 각 세부 연구별로 연구진 구성, 로드맵 작성하여 추진
 - 북극연구컨소시엄에 참여하지 않는 전문가의 연구진 참여
 - 해외 연구기관 및 전문가들과의 공동 연구 추진
 - 국내외 연구기관, 전문가들로 자문단 구성

□ 기술획득 및 국제 경쟁력 강화방안

- 국내 연구기관 및 산업계의 관련 기술 개발 지원
- 국제 공동연구 등을 통한 해외 선진기술의 도입과 국제 경쟁력 방안 제고

제2절 성과활용 및 기대효과

□ 성과활용 및 연계방안

- 4차 산업혁명 기반 기술의 연구주제 각 분야별 북극해 적용을 위한 국제적 논의 주도
- 우리나라 산업계의 북극해 진출에 활용
- 우리나라의 북극해 외교력 신장과 국제적 위상 제고

□ 기술적·사회적·경제적 파급효과

○ (기술적 효과)

- 4차 산업혁명 기반 기존 기술의 적극적 활용과 북극해 환경에 적합한 신기술 개발
- 국내기술을 기반으로 하는 북극권 4차 산업혁명 참여 및 기업진출 도모

○ (사회적 효과)

- 북극해 해상안전, 해양환경 보호, 북극 원주민 삶의 질 개선 등 북극권 사회 전반에 대한 긍정적 효과
- 북극권 현안에 대한 기술적 솔루션을 제시하여 지역적 우려를 저감하고

새로운 발전모델을 구축

○ (경제적 효과)

- 우리나라 관련 산업계의 북극해 진출을 통한 경제 활성화
- 극한지역 최첨단 신산업 개발을 통한 중소기업 중심의 북극산업 참여방안 마련

제3절 2030년 이후 전망과 과제

- 2030년 이후 4차 산업혁명 기반 기술의 북극 적용이 실용화되는 사례가 늘어나고 이에 대한 수요가 상승할 것으로 전망
- 우리나라가 경쟁력을 가지고 있는 4차 산업혁명 기반 기술은 무엇인지 파악하고 북극의 다양한 수요분야에 대한 적용가능성 검토 필요

□ 추진 배경

- 한국과 인접한 중국, 일본이 함께 북극이사회 옵서버 지위를 획득하면서 (13.5.) 지리적으로 인접한 3개국의 협력이 주요 이슈로 부상
 - 북극이사회 옵서버국은 대부분 자원, 북극해 항로 수요국이자 과학연구 선진국으로 북극 이슈의 주요 이해당사국
 - 협력연구 수행과 우수성과 창출을 통한 북극권 기여와 접근을 추구하려는 옵서버국의 공통적 이해관계, 그리고 국제협력을 통해 높은 수준의 연구성과 창출을 기대할 수 있는 북극연구의 특성은 옵서버 간 북극협력 추진의 가능성을 높이는 요인임.
 - 특히 한·중·일 3국은 지리적으로 인접하고 남·북극 과학연구 분야 협력 경험이 축적되어있어 협의채널 구축 대상으로 적합
- 중국, 일본 등과 협력 가능한 북극과학 연구협력 의제 발굴을 통하여 북극이사회 옵서버 간 시너지 극대화 도모 가능

□ 추진 내용

- 중국, 일본 등과 협력 가능한 북극과학 연구협력 의제 발굴
 - (협력 가능의제) 3국 북극 연구인프라(쇄빙연구선 등) 활용 연구협력, 북극과학 홍보와 교육활동 공동기획, 3국 간 북극활동 관련 정보공유 활성화 방안 모색 등(3국 간 비교적 이해상충이 적은 의제부터 접근)
 - (북극과학 협력의제 발굴) 북극과학 담당 부처* 혹은 연구수행 기관 간 협의가 가능하도록 협력가능 사안과 설명 제공
- * (중) 국가해양국 극지판공실(CAA) / (일) 문부과학성 해양지구과
- 중국, 일본이 북극 후원 부처/기관이 참석하는 기존 국제회의 기회를 활용한 사전접촉 시행
 - (온라인 사전 협의) 협의의 당위성, 공동 협력사안, 도출 가능한 결과물에 대한 설명 제공
 - (기존 회의활용) 중일 북극담당 부처/기관 대면접촉을 통한 추가 설명과 의견 교환(필요시 부처/기관 개별방문 검토)

- (양자·다자 협의 지원) 북극과학최고회의(ASSW), 남극조약협의당사국회의(ATCM) 등 기존 다자 협의채널을 활용하여 협의기회를 모색하고, 필요에 따라 일본·중국 북극과학 부처/기관 방문을 통한 추가 대면협의 시행

[참고] 활용 대상 남·북극 관련 국제회의

개최 시기	회의명	개최지
3.31. ~ 4.7.	북극과학최고회의(ASSW)	체코 프라하
5.22. ~ 6.1.	제40차 남극조약협의당사국회의(ATCM) 및 제20차 환경보호위원회(CEP)	중국 베이징
6.8. ~ 6.9.	제2차 한일중 고위급 대화	일본 도쿄
7.31. ~ 8.2.	남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP) 2017년 연례총회	체코 브루노
9.6. ~ 9.9.	아시아극지과학포럼(AFoPS) 2017년 연례총회	중국 상하이

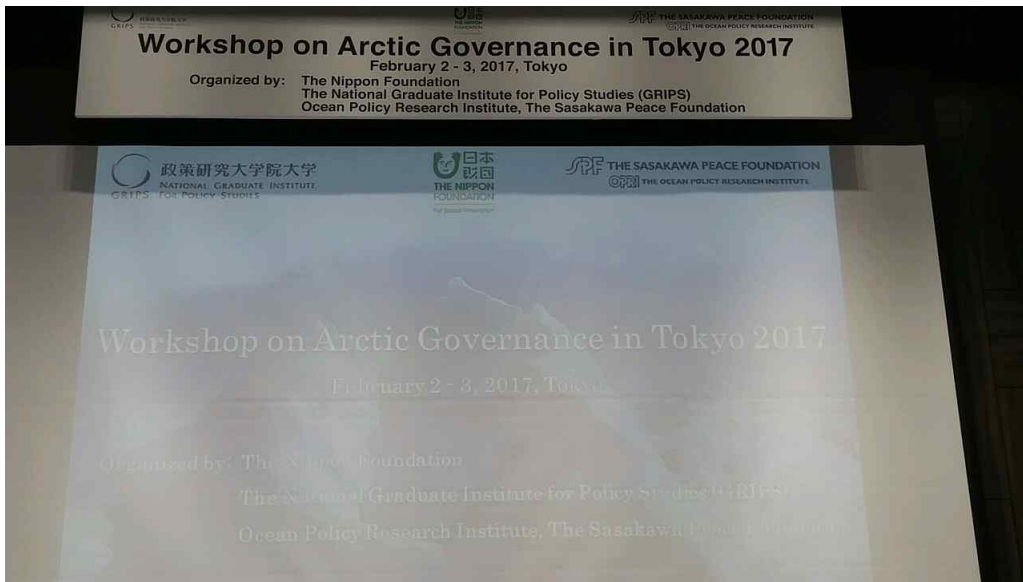
- 국내·외 극지 관련 국제회의 및 포럼 등과 연계하여 북극연구컨소시엄 활용 국제회의·세미나 등 개최
 - 북극협력주간, 북극연안국 주최 회의 내 독립세션 운영 등 활용

□ 추진 경과

1) 양자·다자 대면협의 시행

- 북극 거버넌스 워크숍(일본) (2.1.~2.4.)
 - 일본 동경에서 열린 북극 거버넌스 워크숍(Workshop on Arctic Governance)에 참석하여 일본 북극대사(Kazuko Shiraishi), 일본 북극연구프로그램(ArCS) 과제책임자(JAMSTEC Masao Fukasawa 박사)를 면담함.
 - 이를 통하여 3국 쇄빙연구선 기반 연구협력 발굴과 한중일 정부 추진토록 공동노력할 것을 제안하고, 일본 측의 원칙적 지지의사를 확인함.
 - 북극 거버넌스와 지속가능한 개발 및 북극환경 보전 현안 등 논의 하였으며, 한국과 옵서버 국가의 시각에서 본 북극 과학연구 인프라 투자” 주제 관련 구두발표 시행

- 별도 섭의를 통해 일본 대표 간판 북극연구 프로그램 ArCS의 과제 책임자 Masao Fukasawa 박사 (JAMSTEC) 면담함. 한중일 3국 쇄빙연구선 기반 연구협력을 추구하고 가능하면 정부가 인지하고 추진, 후원하는 차원으로 격상시키기 위한 노력을 함께 할 것을 제안하여 긍정적 반응을 유도하였음.
- 일본 북극협력 대사(Kazuko Shiraishi) 면담 시, 상기 내용을 설명하여 지지를 구하였으며 동 대사로부터 원칙적 지지 의사를 확인함.



북극 거버넌스 워크숍 시작화면

○ 2017 북극과학최고회의(ASSW) (3.31.~4.7.)

- 체코 프라하에서 개최된 2017년 북극과학최고회의(ASSW)에 참석하여 중국 극지관공실(CAA) 국제협력과장(Chen Danhong) 및 일본 북극연구프로그램(ArCS) 책임자(Masao Fukusawa)를 면담함.
- 동 면담을 통해 쇄빙연구선 기반 연구협력 발굴 토의문서 초안내용을 공유하고 중국 및 일본 측 의견을 각각 청취함. 일본 ArCS 책임자는 원칙적으로 협력 취지에 공감하나, 현행 다자협력에 중복되는 노력은 지양하자는 의견을 개진함.
- 중국 극지고찰관공실(CAA) 면담 [중국 극지고찰관공실(CAA) 국제협력과장 Chen Danhong, 과학사업과장 Wang Yong] 시 중국 측 반응
 - 우리연구소 측 발제 문서(Discussion paper)에 감사를 표하며 숙고하며

검토할 것임

- 쇄빙연구선 활용 협력연구를 실무적으로 쉽게 추진할 수 있는 수준부터 꾸준히 발굴·발전시켜나가는 것에 동의함.
 - 실무진 대화(특히 연구진)를 어떤 형태로든 계속 추진할 것을 희망함. 하지만 일정급 이상 정부 인사(예: 국장급) 대면 공식 회의의 경우, 짧은 시간 안에 추진하여 단순히 협력의지를 교환하거나 재확인하기보다 소기의 성과와 이에 근거한 구체적인 사업 안을 놓고 만나는 것이 바람직하다는 견해를 분명히 피력함.
 - 비공식적 의견임을 전제로, 현재 극지고찰판공실 내 과단위 부서 통폐합, 국가해양국 내 인력 변동 예상되어 조직 안정에 다소 시간이 필요하다는 전망을 덧붙임.
- 일본 문부과학성 위탁 북극연구사업(ArCS) 책임자 면담 [대표과학자 Masao Fukusawa, 단위사업 책임자 JAMSEC의 Takashi Kikuchi (현 PAG 의장)] 면담 시 일본 측 반응
- 원칙적으로 한-일 협력 취지에 동의하며, 구체적인 협력안을 놓고 대화가 가능함.
 - 다른 의견으로는 현재 협력이 잘 이루어지고 있으며, 국제구상과 발맞추는 것의 중요성을 강조하여 새로운 일을 만들어서 중복노력을 기울이는 것에 대한 우려와 회의를 표현함.
 - 위 의견의 경우, 현 PAG 의장을 역임하고 있는, Takashi Kikuchi의 입장에서다 국적 협력 사업을 선도하고 모범을 보여야하는 것에 반해 한-중-일의 협력이 부각되는 것에 대한 부담도 작용했다고 생각됨.

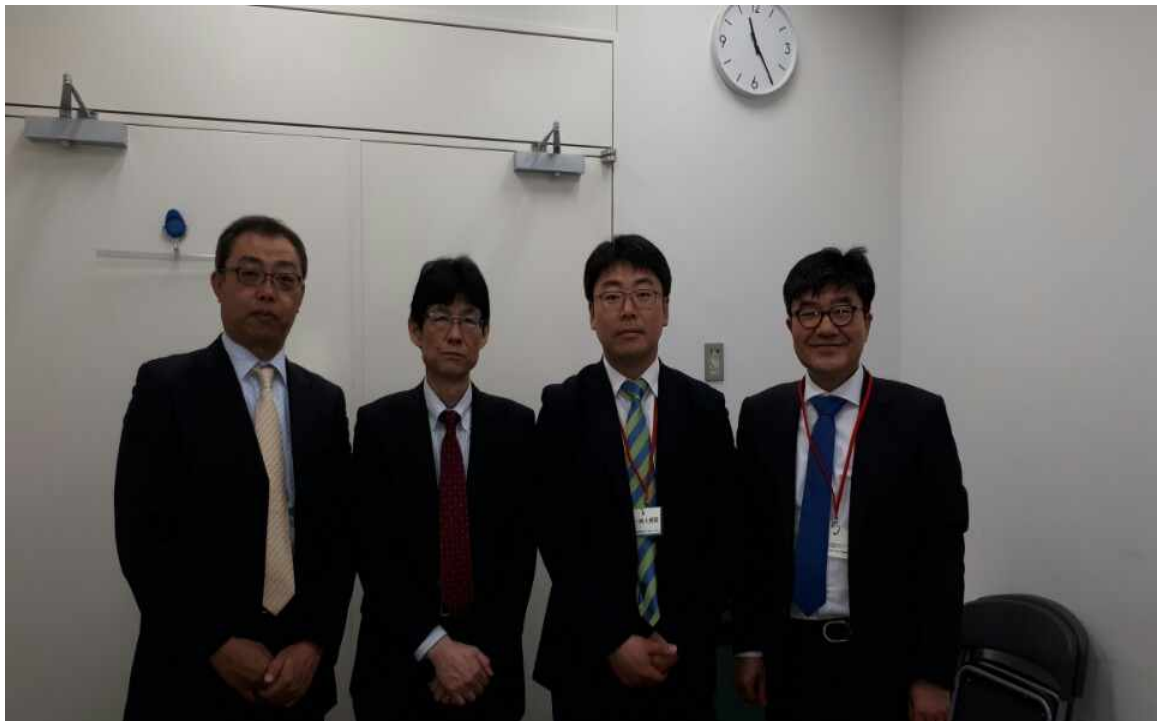
○ 일본 관계부처/기관 방문협의 (4.17.~4.19.)

- 일본 문부성 해양지구과, 일본 극지연구소(NIPR), 일본해양연구개발기구(JAMSTEC, 이상 일본 동경), 일본 북해도대학교(일본 삿포로) 방문을 통해 한중일 북극과학 협력을 위한 협의를 시행함. 일본 측은 연구진들의 논의로 시작되는 상향식 접근을 부처 주도의 하향식 조정보다 지지한다는 의견을 피력함.
- 일본 극지연구소(NIPR) [면담인원 일본 극지연구소 북극연구센터장 Enomoto Hiroyuki, 일본 북극연구컨소시엄 사무국장 Yuji Kodama, 일본 북극연구과제 (ArCS) 간사 Tetsuo Sueyoshi] 면담시 파악된 사항
 - 일본북극연구는 문부과학성 해양지구과가 발주하는 5년 단위의 대형 연구과제를 수행하는 형식으로 시행되고 있음.
- 1단계 GRENE이라는 이름의 사업이 2011년-2015년까지 수행되고, 2단계로 ArCS라는 이름의 대표과제가 2015-2020년까지 약 80억원 규모의 재원으로 수행 중
 - ArCS 사업은 8대 주제에 대해 세부연구과제가 있고 일본극지연구소(NIPR)가 핵심참여기관이고 해양연구개발기구(JAMSTEC)와 북해도 대학의 주요 참여기관으로 3대 연구기관이 주축이 되는 모양, 일본극지연구소가 4개 주제, 해양연구개발기구가 2개 주제, 북해도대학이 2개 주제에 대해 연구를 수행
 - 8개 세부연구과제 외에 3개의 추가 사업이 있으며 북극 연구거점 유지, 젊은 과학자 해외방문, 북극이사회 관련 회의에 전문가 파견을 그 내용으로 함.
 - 일본의 북극이사회 관련 회의 전문가 파견은 회의 결과의 국내 전파와 공유를 목적으로 하며 보고서 그리고 간단하나마 ArCS 블로그(<http://blog.arcs-pro.jp/en/>)에 올리고 있으나 특별히 정책이나 연구 방향에까지 반영되고 있지는 않은 것으로 보임.
- 일본 문부과학성 해양지구과 [면담인원 일본 문부과학성 해양지구과장 Takahiro Hayashi 등] 면담시 논의 내용
 - 문부과학성 해양지구과 Hayashi 과장을 비롯한 북극연구 관련 직원들과 가진 간담회에서 양측 정부의 북극정책 기본계획과 북극연구 현황을 간단히 소개함.
 - 우리측이 미리 제시한 3개의 발제 현안에 대해 원칙적인 공감과 지지 의사를 표현하고, 연구자들의 상향식 저변 노력으로 협력이 계속 진전될 수 있는 사항으로 본다고 함.
 - 북극이사회 관련 워킹그룹 참여에 대해 현황을 아주 세세하게 파악하고

있거나 전반적으로 해양지구과의 주요관심사로 보이지는 않았음. PAME 워킹그룹에서 미국이 한국과 이태리 등의 지지를 받으며 주도적으로 제안하는 있는 옹서버 국가 참여 증진 노력에 대해 동향을 전한 결과 PAME 워킹그룹에 대한 이해가 크게 없는 것으로 보이며 부처간 협의가 필요하다고 반응함.

- 문부성 해양지구과의 국제협력에 대한 열기가 뜨겁다기보다 기존 연구를 착실히 수행하는 것에 중점을 두는 것으로 관측됨, 특기할만한 것은 해양지구과 안에 경력이 상당히 있는 북극연구 전문가를 별도 전임 배치한 것으로 파악됨.
- 일본 해양연구개발기구(JAMSTEC) [일본 북극연구과제 (ArCS) 책임자 Masao Fukasawa, 부소장 Yoshihisa SHIRAYAMA, 국제협력실 Akiko Yamada 등] 면담시 파악된 사항
 - 기존의 국제협력 프로그램과 조화를 이루면서도 한중일 3국의 특색을 보여주는, 북극해 3국 기획 공동 정점 조사와 자료 공동 활용 등의 협력 제안을 함. Masao Fukasawa 박사는 한중일 3국의 연구선 활용 북극해 연구 협력을 위해서는 연구선 운항계획 등 정보의 사전 공유와 공동 기획이 중요함을 크게 강조함.
 - 전반적으로 하향식 조정보다는 연구진들이 머리를 맞대고 논의를 해서 계획을 수립하는 상향식 접근을 지지하는 반응을 보임.
- 일본 북해도대학교 북극연구센터, 저온연구소 [일본 북해도대학 북극연구센터 Sei-Ichi Saito, 북해도대학 저온연구소 소장 Naoto EBUCHI 등] 면담시 파악된 사항
 - 북해도 대학이 수행하는 ArCS 세부과제 특히 ArCS 사업의 일부로 운영하는 차세대 역량강화 프로그램에 대해 주로 청취함.
 - 북해도대학 내에서 북극연구센터의 입지를 강화하고 정규 교직원 여석을 확보하기 위해 노력 중 이며 대학 부설 연구소 바로 밑의 단계까지 승격된 상태이며 특히 과학과 정책의 연계 강화를 꾀하고 있음 *특히 해외 연수연구원 채용 노력이 주목할 만 함.
- 저온연구소는 매우 다양한 저온 관련 연구를 다방면에서 수행하며 약 50 명의 연구진을 확보한 상당한 규모의 연구소로서, 이미 극지연구소 남극해 연구 가운데 아문젠해 과제와 협력하고 있는 것을 저온과학연구소장이 언급함.
- 북극연구센터와 저온연구소 연구진 대상으로 우리나라 북극정책 기본계획과 연구 현황 소개하는 세미나를 시행함.

- 쇄빙연구선 활용 북극해 연구는 협력 잠재력이 크나 정부나 연구 프로그램 경영진은 하향식 접근을 선호하므로, 정점 등에 대해서는 매우 구체적인 협력 안을 제공하는 등 추가 고려 필요
- 일본 ArCS 과제와 협력을 강화하고 수시로 정보를 교환하는 것이 바람직할 것으로 보며 블로그 등 웹사이트의 활용을 모니터할 필요가 있음.
- 우리나라의 북극 연구의 현실은 일본과 다르지만 외부 소개와 홍보를 위해서는 대표 간판 사업 모습의 어느 정도 띠도록 통합 이미지화를 고려할 필요가 있음.
- 북극 연구에 관심있는 국가들의 연수 인력을 연구소에 적극 유치하고 네트워킹을 위해서도 활용할 수 있겠음.



문부과학성 해양지구과 방문



북해도대학교 북극연구센터 방문

○ 제40차 남극조약협약 당사국회의(ATCM) (5.21.~5.30.)

- 중국 베이징에서 열린 제40차 남극조약협약 당사국회의(ATCM) 및 제20차 환경보호위원회(CEP) 참석을 통해 중국 국가해양국 극지고찰관공실(CAA) 국장 등 관계자 면담을 수행함. 이를 통하여 쇄빙연구선 활용 북극해 연구협력 협의를 계속 이어나가기로 함.
- 중국 극지고찰관공실(CAA) [면담인원 극지고찰관공실 (CAA) 진웨이시아 국장, 첸단홍 국제협력과장, 룡웨이 국제협력과 차석] 면담 시 주요 협의내용
 - 중국 측의 로스해 구역 남극기지 건설 계획과 제2쇄빙연구선 건조 현황을 청취하고 기지 건설 뒤 항공기 투입과 연구선 운항 계획 등 양측 보급 지원 협력 등에 의견 교환함.
 - 중국의 새 남극기지 건설은 장소가 같은 구역 내 인근으로 바뀔 가능성은 있으나 예정대로 진행되며 중국측 신조 제2쇄빙연구선 건조는 계획대로 진행 중, 로스해 구역에서 중국 새 남극기지가 건설되면 양측

협력이 더욱 긴요해질 것이라는데 공감함.

- 또한 쇄빙연구선을 활용한 북극해 연구 협력과 북극 전문인력 교류에 대해서 그간의 협의 경과를 회고하고 진전에 주목하며 협의를 계속 이어나가기로 함.

○ 제2차 한일중 고위급 북극협력대화 (6.7.~6.9.)

- 일본 동경에서 개최된 제2차 한일중 고위급 북극협력대화 참석을 통해 한·일·중 3국 북극활동 현황정보를 공유하고 북극과학 분야 3국간 협력사업 관련 논의함. 우리나라는 (1) 한·일·중 3국 쇄빙선 활용 북극 협력연구 시범사업, (2) 북극관련 3국 전문가 네트워크와 소규모 원탁회의, (3) 북극 대중홍보(outreach) 자료 공유 등 가능한 협력 사안을 제안함.
- 그러나 일본측은 이를 수용하지 않고 기존에 다자간에 추진 예정인 국제공동연구사업에 3국의 참여를 확인하는 수준에서 협력 사업을 제안하였으며, 중국측은 별도의 협력사업 제안 미제출함.
- 3국 대표들은 한일중 3국간 북극연구 협력 잠재력 평가하고, 태평양북극그룹(PAG) 북극해태평양 지역환경변화 연구, 북극해동시조사(SAS) 등 협력사업 추진에 합의함.
- 또한 3국은 금번 회의의 결과물로 향후 북극협력의 비전을 담은 아래 요지의 공동성명(Joint Statement)을 채택하였음.
- 기후변화로 인해 북극이 직면하고 있는 도전과 기회는 글로벌 차원에서 큰 영향을 미치고 있다는 인식을 공유
- 2017.5월 제10차 북극이사회 각료회의의 페어뱅크스 선언과 동 회의 계기에 서명된 북극과학협력협정을 유념하면서, 북극 문제의 글로벌 측면을 감안하여 북극이사회에 대한 기여 강화 뿐 아니라 여타 다양한 국제협의체와의 협력 강화의 중요성을 강조
- 3국간 공동으로 추진해 나갈 북극과학 분야에서의 구체 협력사업*을 발굴하고, 향후 다른 분야에서도 협력사업을 지속적으로 모색해 나가기로 확인함.

* 북극해 태평양 지역 환경변화 공동 연구 및 환북극 해양관측 국제프로젝트 참여

참 고

제2차 한일중 고위급 북극협력대화 한국 측 제안(안)

- 제 목 : 2017년 제2차 한·일·중 고위급 북극협력대화 한국 측 제안*
 - * Concept Paper: Korean Proposal for the 2017 Trilateral High-Level Arctic Dialogue 2017
 - * 부처 검토용 초안

- 배 경
 - 한·일·중 동북아 3개국은 2015년 정상회의에서 채택된 「동북아평화 협력에 관한 공동선언」에 의거, 2016년 제1차 한일중 고위급 북극협력 대화를 실시한 바 있음
 - 동 회의에서 과학연구에 관한 지속적인 발굴과 협력이 강조된 바, 이에 제2차 한일중 고위급 북극협력대화('17.6 예정)에서 구체적 협력계획을 제안코자 함

- 제안 내용
 - 한·일·중 3국 북극 협력연구 시범사업
 - 최근 수년 간 한·일·중 3국 쇄빙(내빙)선 연구항해 경로가 중첩되는 바 연구 조율과 데이터 협력 잠재력이 큼
 - 본 북극협력대화를 통한 쇄빙(내빙)선 활용 연구정보 교환, 3국 북극과학 직접후원 부처·기관 간 협의, 더 나아가 포럼 운영 고려가 이루어지도록 제안
 - 북극 정보 아카이브
 - 3국의 북극관련 공개 문서, 웹사이트, 주요 행사 등을 취합하여 정보공유 토록 제안
 - 북극 소개와 대중홍보
 - 3국의 북극 홍보 소책자, 동영상 등 북극연구 관련 대중홍보 자료 공유 제안

- 향후 추진
 - 한일중 고위급 북극협력대화는 연 1회 실시되기 때문에 논의의 효과적 진전을 위해 온라인 포럼을 구축할 필요성이 있음
 - 3국 전문가 간 소규모 원탁회의 등을 구성하여 향후 계획 및 협력 사안을 깊이있게 논의할 수 있도록 고려 필요

Concept Paper; Korean Proposal for the 2017 Trilateral High-Level Arctic Dialogue 2017

Introduction

Rapid changes surrounding the Arctic are not only making the region more accessible but more globally relevant and connected, resulting in heightened interests from different stakeholders in and outside the Arctic. Three Asian states, China, Japan and Korea are no strangers to the Arctic community, being rather substantial contributors already. The Trilateral High-Level Arctic Dialogue among these three governments stemmed from the “Joint Declaration for Peace and Cooperation in Northeast Asia” adopted at the Trilateral Summit in 2015. The first of its series, held in Seoul in April 2016, was a success and laid down a stepping stone for future efforts.

With the second dialogue fast approaching, it is time to conceive and develop more specific programs in order to make a progress and advance the cooperation further. It will be desirable as well as necessary to invite and engage with offices and institutions of the respective governments.

It seems that all three governments have made significant investments in research infrastructure, and that science is likely the area where cooperation is most easy to achieve. In addition, scientific outcomes are also what can be turned into visible contributions to a variety of Arctic initiatives.

Growing interests and efforts in the three countries toward the Arctic are expected to result in a number of noteworthy documents and important events. Many of these would become public knowledge in the respective countries but, being in their native language only, they would not be necessarily shared amongst the international community.

Enhancing public awareness of the significance of the Arctic and the influences to Northeast Asian societies are new tasks to all three nations. Thus, there is a great deal to be gained by exchanges and mutual learning.

In this context, the following proposals are made.

1 Arctic Ocean research using the ice-capable vessels of each country

Research vessels of the three countries regularly sail to Arctic waters, particularly the central part, beyond national EEZs. Compiled sailing routes of the past several years indicate an obvious overlap, which means there is a great deal of potential to be explored. A coordination of efforts will increase the temporal and spatial coverage and thus the scope of the research. Data collaboration might even generate a product that could be seen as a joint

contribution to the Arctic community. This dialogue can promote it and encourage science-supporting ministries and institutions of each country to consult and consider a forum to take it forward. The anticipation is that this can be expanded to other areas of scientific research.

2 Arctic Information Archive

Public Arctic knowledge concerning open documentations, websites and key events of each country can be inventoried and archived for information sharing. It will not be a small task and require deliberations on how to proceed and develop a suite of particular measures to do it. The benefit will be as great as much it will be a challenge.

3 Arctic public outreach and communications

To reach the general public touchingly yet with accurate Arctic information is a task that is part of every national program. It is proposed that we make a start by exchanging information on what are currently available. Introductory booklets, video clips and other media are subject to this proposal. It is a fact that the three Northeast Asian countries share a lot, for example the influences and impacts that are expected from the Arctic and the opportunities that are envisioned from the Arctic. We all desire to be genuine contributors, as well. As we work on the commonality, some portion of the public outreach material might be designed and developed via collaboration among the three.

Next steps

For all of the above, it is necessary to engage with a number of people from different groups. The fact of the matter is that the Trilateral Dialogue is only an annual event. One way to effectively continue the dialogue would be to establish an on-line forum. Small scale roundtables among the experts could also be organized to discuss and outline future options on emerging and developing issues, which can hardly be dealt with in short meetings of an official nature.

참 고

동북아 북극연구 프로그램 간 연구협력을 위한 토의문서(안)

□ 제 목 : 동북아 북극연구 프로그램 간의 연구협력을 위한 토의문서;
북극 해양 연구, 대중 홍보와 과학-정책 간 연계

- * Discussion Paper for Arctic research cooperation among the Northeast Asian programs; Arctic Ocean research, public outreach and science-policy connections
- * 일·중 북극연구 수행기관 송부·검토용 초안

□ 배 경

- 북극의 변화에 대응하기 위한 북극권 국가 및 비북극권 국가 간 협력은 필수적이며, 오랜 지역파트너이자 함께 북극이사회 옵서버국으로 가입한 한·일·중 동북아 3국은 과학연구를 통한 북극공동체 기여와 자국 위상강화라는 공통의 이해관계를 가짐

□ 제안 내용

- 한·일·중 3국 북극 협력연구 시범사업
 - 최근 수년 간 한·일·중 3국 쇄빙(내빙)선 연구항해 경로가 중첩되는 바 연구 조율과 데이터 협력 잠재력이 큼. 3국간 지정 관측점 운영과 같은 연구 조율을 통해 연구의 시공간적 영역을 확대할 수 있으며 데이터 협력으로 북극공동체를 위한 한·일·중 공동 기여물을 생산할 수 있을 것임.
 - 해양관측점 공유가 가능할 경우 신규 대규모 협력연구 구상보다 간단하게 효과적인 협력이 가능하며, 향후 연구협력의 확대를 기대할 수 있음
 - 협력사안의 “아시아 브랜드화”를 통한 효과 극대화가 가능함
 - 각국 연구선 운항정보의 공유부터 고려할 수 있을 것이며 다른 협력 사안으로 확대될 수 있을 것임. 각국 북극과학을 직접 후원하는 정부 부처 간 의사소통이 이루어진다면 큰 이익을 기대할 수 있겠음
- 북극 과학 연구 홍보활동
 - 북극의 역할 및 북극연구의 가치에 대한 일반대중의 이해를 돕기 위한 홍보가 중요하며, 이에 3국 북극과학 대중 홍보 관련 정보, 홍보물, 시행결과에 따른 교훈 등을 공유할 것을 제안함. 한·일·중 3국 공동 북극 과학 홍보물 기획 또한 가능할 것임
- 과학-정책 연계를 위한 원탁회의
 - 3국의 기존 북극관련 정기 학술행사를 활용하여 북극과학과 정책 간 연계를 논하는 원탁회의 마련을 제안함

Discussion Paper for Arctic Research Cooperation among the Northeast Asian Programs: Arctic Ocean Research, Public Outreach and Science-Policy Connections

Recent changes in the Arctic and their unprecedented acceleration are affecting the world in many significant ways. The impact is large, multidimensional and global. In order to deal with these changes, sustained observations and improved understanding of local, regional, and global processes are required. This can only be achieved by collective international cooperation between Arctic and non-Arctic countries.

The Northeast Asian states, namely China, Japan and Korea, long-time regional partners and now all Arctic Council observer states since 2013, share a common interest to contribute to the Arctic communities through scientific research and establish a global stature through their efforts.

There are a wide range of possible areas of science cooperation that the three nations can collaborate on, and the following are proposed for initial consideration.

1. Arctic Ocean research using the vessels of each country

Major Asian national programs regularly conduct research voyages in similar areas in the Arctic Ocean. Compiled sailing routes of the past several years indicate an obvious overlap. Those research vessels navigating the icy waters of the Arctic, particularly the central Arctic Ocean beyond national EEZs, provide great opportunities and potentials. Although each vessel has to satisfy different track requirements and is of different ice capability, the coordination of efforts, including occupying a series of selected stations, will increase the temporal and spatial coverage and thus the scope of the research. Data collaboration might even generate a product that can be seen as a joint contribution to the Arctic community.

The very first step is to encourage and support the scientists who undertake research voyages to consult each other and explore opportunities for a collaborative exercise. Determining a common set of oceanographic stations would be much simpler than designing a full scale joint program, yet it can provide a starting point for such large-scale projects. Our efforts should be consistent and connected to other international initiatives but at the same time could be “branded” by using titles such as ‘Asian Arctic Ocean Transect’, without having to re-invent the wheel.

The communication channel will begin from information exchanges on shipping plans but can easily extend to identification of more specific areas for cooperation. There will be a great deal of benefits for the government offices that support Arctic science and join the process by directing their logistic resources.

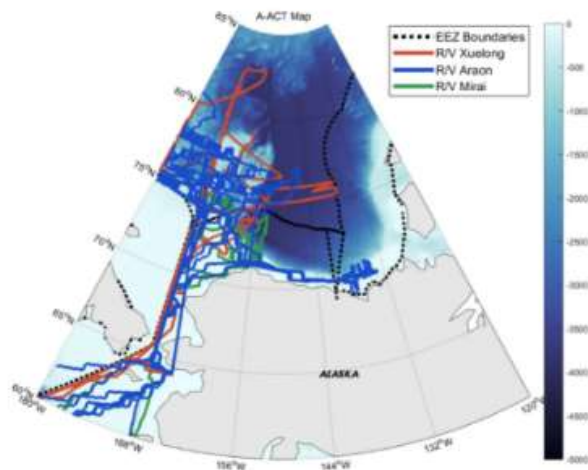


Figure 1, Chinese, Japanese and Korean research vessels' Arctic voyage tracks 2011-2016.

2. Communicating Arctic research to the general public

It is hard to overemphasize the importance of enhancing public awareness on the roles of the Arctic and promoting the value of Arctic science. Thus it will be extremely useful to share the information, promotional materials, and the lessons gained concerning the public outreach of Arctic science. Jointly designed public relations material can be developed, which introduces to the public both the Arctic science in general and particular collaborative research projects.

3. Roundtable for science-policy connections

Linking science to policy is a dire necessity, and the importance is equally acknowledged among near-Arctic states. This is even more critical for newly developing programs of countries outside the Arctic, who are still heavily influenced by the Arctic. Following on from the success of the two previous proposals, it will be worthwhile to organize such roundtables, for example by utilizing the platform of regular Arctic academic events of the respective countries.

This is not an implementation plan but a very early version of a concept paper, and therefore, it is to be regarded as a living document. We will heartily welcome any views and suggestions.

○ 2017 남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP) (7.30.~8.2.)

- 체코 브르노에서 개최된 제29차 남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP) 연례총회에 참석하여 중국 국가해양국 극지고찰관공실(CAA) 국제협력과장 등을 면담하고, 우리 정부-CAA 간 협력약정 추진 가능성 관련 의견을 청취함. 중국 측은 원칙적으로 긍정적인 의견을 제시함.

○ 아시아극지과학포럼(AFoPS) 연례총회 (9.6.~9.9.)

- 중국 상하이에서 열린 아시아극지과학포럼(AFoPS) 연례총회에 참석하여 중국 극지연구소(PRIC), 극지고찰관공실(CAA), 일본 극지연구소(NIPR) 대표단 및 연구자와 면담함.
- 우리 극지연구소와 중국 극지연구소(PRIC) 간 기관 간 협력약정을 갱신키로 하고 문안에 합의함. 동 협력약정 체결 시점은 추후 논의하여 확정키로 함.
- 중국·일본 측 북극활동을 청취하고 주요 동향을 확인함.
 - 중국은 “중국공산당 중앙 국민경제사회발전 제13차 5개년 계획”에 “설릉호를 이용한 극지탐사”가 포함되었으며, 이 일환으로 신규 쇄빙선 건조 및 로스해인근 신규 기지 건설을 추진중임.
 - 또한 중국은 다양한 극지역 관측시스템을 준비하고 있으며, “설릉호를 이용한 극지탐사”와 연계하여 남북극 관측 네트워크를 구축하고자 함.
 - 2016년 중·러 북극해 공동연구항해(라디보스토크 소재 러시아 연구기관과 협력 러시아 연구선에 중국연구원이 승선하는 형태였으며, 단발성 연구협력으로 확인)에 중국측 연구자 11명이 참여하여 시베리아해 및 척치해에서 수로학, 해양지질학, 생물학, 환경관측 및 샘플링을 수행함.
 - 2017년 제8차 중국 국가북극연구탐사 기반 동북항로 및 북서항로를 따라 항해하며 해빙, 수로학, 지구물리 등 연구를 실시함.
 - 아이슬란드와 협력을 통해 아이슬란드 Akureyri에 중·아이슬란드 오로라 관측소를 공동운영함.



제8차 중국 국가북극연구탐사 설룡호 운항 계획

2) 북극연구컨소시엄(KoARC) 기반 국제 회의/세미나 개최

○ 북극써클 총회 KoARC 세션 개최 (10.12.~10.15.)

- 아이슬란드 레이캬비크에서 열린 2017년 북극써클(Arctic Circle) 총회(Assembly)에 참석하여 “북극의 미래: 옵서버 관여 및 기여(the Future of the Arctic: Observer Engagement and Contribution)” 주제로 KoARC 주최 Breakout 세션을 개최함(10.14.).
- 이는 우리나라가 북극써클에 참여한 이래 처음 개최한 Breakout 세션으로 북극권 최대규모 회의(2200명 이상 참여) 내 세션 개최를 통한 KoARC 위상을 강화하였다는 의미가 있음.
- 좌장인 신형철 KoARC 사무총장은 한국 내 북극관련 기관들의 네트워크인 KoARC은 과학, 산업, 정책분과로 구성되어 있으며 현재 “2030 북극연구 중장기 로드맵 연구”를 해수부 용역과제로 수행하고 있다고 소개함.
- 동 과제에서 현재 3개 융복합 과제(안)이 도출되었으며 연구로드맵이 발전중임을 언급함. (3개 융복합 과제는 산업분과 주도 “북극 자원 최적 운송시스템 개발”, 과학분과 주도의 “북극환경변화 위기대응”, 정책분과 주도의 “북극 4차 산업혁명 적용과 기회” 임) 이는 지금 초안을 작성하고 있는 한국 정부의 북극정책 2차 기본계획과도 일치할 것이며 한국 정부의 북극계획은 ‘함께 열어나가는 북극의 미래’와 ‘역량강화’ (Capacity Building)가 키워드가 될 것임.

- EU-Polarnet(EU 극지네트워크)의 Nicole Biebow 박사(독일 AWD)는 EU는 북극이사회 정식옵서버 후보(Observer Candidate)이며, 직접 북극을 대상으로 하는 프로그램들을 운영하고 있다고 하면서, EU-Polarnet이 이런 프로그램들의 한 축을 맡고 있다고 설명함. 특히 통합 유럽 극지연구프로그램 개발, EU와의 극지정책-연구 간 협의 및 협력, 극지인프라 활용 계획 수립 및 데이터 협력, 극지역 이해 당사자와 대화 및 협력채널 가동 등을 주요 활동으로 하며, 한국 등 국제사회와도 관련하여 협력을 추진을 희망한다고 강조함.
- Timo Koivurova 핀란드 라플란드대학교 북극센터 교수는 2010년 전까지는 북극이사회 내 옵서버의 지위 및 역할에 대해 명확한 정의를 내지리 못하다가 2011년 장관회의에서 옵서버 가입을 위한 기준 및 옵서버의 권리/의무 조항이 만들어지면서 성공적인 운영이 가능해졌다고 평가함.
 - 또한 현재 옵서버 국가들이 작업반(WG) 및 TF 등에서 활동하며 북극이사회 각 프로젝트에 기여할 수 있는 길도 열렸다고 설명함. 다만 AC 의장국과 옵서버 국가들이 직접 협력 및 협의할 수 있는 방안은 논의되어 왔으나, 이런 논의가 현재의 SAO회의 등 북극이사회 내에서 크게 반영되지 않고 있으며, 옵서버도 ‘국가 옵서버’부터 ‘NGO’ 까지 전문성과 잠재력에서 매우 다양하며, 북극이사회가 옵서버의 전문성과 잠재성을 활용하기 위해 더 세심한 분류체계 등 옵서버 운영시스템 개선 논의가 필요하다는 점을 제안함. 북극서클의 경우 북극 연구를 하는 어떤 국가들도 자유롭게 세션을 구성하여 발표와 토론을 하는 열린 세미나라는 점을 사례로 제시함.
- Jan Rene Larsen 박사 (AMAP 부사무국장, SAON 사무국장)는 북극이사회 6개 작업반 중 하나인 AMAP이 이번 핀란드 의장국 기간(2017~2019) 중 환경보호-교육-지속가능개발 목표(SDG) 간 연계를 가장 큰 목표로 하고 있음을 설명함. 또한 북극이사회 및 IASC(국제북극과학위원회) 공동 이니셔티브의 국제협력북극관측사업인 SAON(지속가능한 관측네트워크)에서 북극이사회 국가들과 한중일 등 비북극권 국가, 국제기관 등 다양한 수준에서 과학협력이 이뤄지고 있음을 밝힘.
- 토론에서 짐 갬블(Jim Gamble) 알류트 원주민협회(AIA) 전 사무국장은 AC 내에서 옵서버의 실질적인 협력과 기여를 강조하면서, AC에서의 외교 및 공식 활동도 필요하지만 과학 활동, 비공식 회동을 통한 프로젝트 참여와 수행 등이 중요하다는 점을 상기시킴. 특히 WG이나 TF 내 과제

개발 과정, 전략계획(strategic plan) 수립 등에서 얼마든지 옵서버 참여가 가능하다는, 해양수산개발원과 AIA가 공동으로 하고 있는 해양활용지도 (Marine Use Mapping) 사업을 예로 들. 그는 또 북극이사회는 현재 옵서버 수의 증가에 대한 우려보다는 옵서버와 어떻게 협력하고 전문성을 활용할 것인지를 고민하는 게 중요하다고 말함.



북극써클 총회 KoARC Breakout 세션 개최

○ 북극협력주간 KoARC 세미나 개최 (9.6.~9.9.)

- 부산에서 열린 2017 북극협력주간 과학의 날 행사로 “2030 북극연구 로드맵: 융합연구와 미래 이슈를” 주제로 한 KoARC 세미나를 개최함. 동 세미나에서는 7개국 100여 명이 참석하였으며 북극 융복합연구 로드맵이 발표되고 북극이사회 체제 내 옵서버국가의 연구 참여방안이 토의되었음.
- 신형철 KoARC 사무총장은 2030 중장기로드맵 추진 경과 및 국내외 네트워크 강화 실적을 소개하였으며 컨소시엄 수요조사를 토대로 발전된 15개 북극연구 핵심분야와 3개 융합과제를 상술함. 동 융합과제는 향후 우리나라 북방정책과 연계 추진될 예정임.
- 최경식 한국해양대 교수(극지기술연구회)는 북극 항만 및 해양 공학 국제 학술대회(POAC 2017) 개최 결과를 보고하고, 동 학술대회에서 발표된 200여

편의 연구결과를 토대로 북극기술 현황을 분석함. 향후 극한 인프라건설, 동토지반설계, 저온소재, 빙해역 수리/항만 기술, 극한지장비 설계기술 등 분야의 연구가 필요하며 KoARC 기술분과 로드맵과의 연계점을 소개함.

- Natsuhiko Otsuka 교수(일본 북해도대학)는 일본 북극연구 프로그램(ArCS) 일환인 위성 모니터링 기반 해빙연구를 소개함. 위성 모니터링은 북극항로 안전성 지원에도 기여할 수 있으며, 현재 일본은 JAXA 위성 등을 활용하여 항해예상 지역 해빙 분포와 두께를 미리 파악하고 동 분석결과를 축적하고 있음. 동 연구는 과학기술이 산업분야에 직접 지원하는 모범사례로 평가됨.
- Marianne Kroglund 의장(북극이사회 AMAP 워킹그룹)은 오염, 기후변화 및 인간에 주는 영향 평가 등 북극모니터링평가프로그램(AMAP) 중심으로 시행되는 사업을 소개함. 기후변화 적응 보고서는 한국어를 포함한 기타언어로 번역되어 배포될 예정임. 눈, 물, 얼음 및 동토층(SWIPA) 평가 프로젝트 수행을 통해 확인된 바, 북극은 2050년까지 지금까지 겪은 것보다 더 큰 변화를 경험할 것으로 예상됨. 이 경우 바렌츠해는 다년생해빙이 사라지고 식물생장이 방해되어 먹이사슬이 붕괴되는 등 파급이 예상됨. 대응을 위해서는 모니터링 협업과 지식·데이터 공유가 필요하며 무엇보다 파리협정의 이행이 강조됨.



북극협력주간 KoARC 세미나 개최

□ 평가와 향후 계획

○ 중국, 일본 등과 협력 가능한 북극과학 연구협력 의제를 발굴하고 대면 접촉 기반 설명시행

- 3국 간 비교적 이해상충이 적고, 투자되는 역량에 비해 효과가 큰 협력가능 사안 발굴(3국 북극 연구인프라(쇄빙연구선 등) 활용 연구협력, 북극과학 홍보와 교육활동 공동기획, 3국 간 북극활동 관련 정보공유 활성화 방안 모색 등)
- 한중일 3국 북극과학 담당부처 또는 연구수행 기관 간 협의가 가능하도록, 온라인, 방문, 다자협의기회 활용 등 다차원적인 노력을 경주
- 이를 통하여 제2차 한일중 고위급 북극협력대화 시 3국 대표가 태평양북극그룹(PAG) 북극해태평양 지역환경변화 연구, 북극해동시조사(SAS) 등 협력사업 추진에 합의하고, 향후 북극협력의 비전을 담은 공동성명을 채택하는 데 직간접 기여함.
- 연구수행 기관 간 협력 논의도 지속한 결과, 극지연구소-중국 극지연구소(PRIC) 간 협력약정 갱신체결에 합의하고 동 문건 내용 또한 확정함.

○ 극지 관련 국제회의 등과 연계한 KoARC 국제회의·세미나 개최

- 북극권 최대규모 회의로 일컬어지는 북극써클(Arctic Circle) 총회(Assembly)에 우리나라 최초로 Breakout 세션을 개최하고, KoARC로 대변되는 한국의 북극연구 노력과 관련한 북극권 주요 인사들의 이해와 공감을 획득함.
- 북극협력주간 KoARC 세미나를 개최하여 북극 융복합연구 로드맵 등 KoARC 운영을 통해 한층 진일보된 한국의 북극연구 초점과 중장기계획을 발표함.

○ 향후 계획

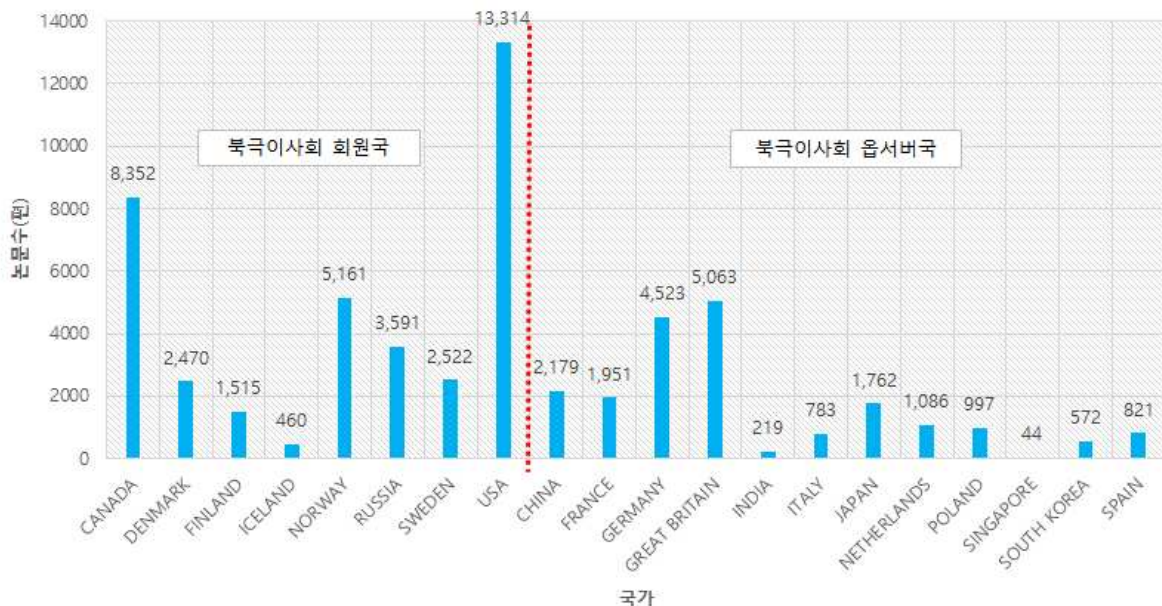
- 기관정부 간 차원에서 중국일본과 북극연구 협력을 점진적으로 심화확대하기 위하여 지속 노력
- KoARC 차원 활동과 한국의 건설적 북극연구 노력을 전달·확산하는 수단으로 극지 관련 국제기구·회의를 지속 활용(2018 북극써클 지역포럼 등)

IV 기술수준 평가 및 분석

1. 기술수준 분석 - 논문
 2. 기술수준 분석 - 특허
 3. 기술수준 평가
-

국가별 논문 분석

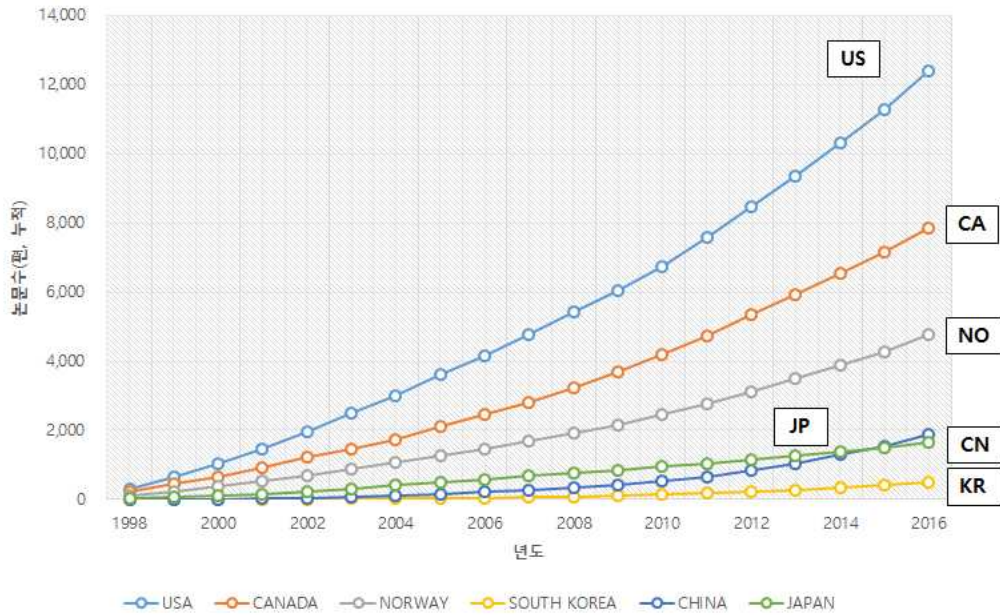
- 북극이사회 회원국 및 영구옵서버 국가의 최근 19년간 발간 논문 대상
 - 동 기간 동안 국가별 논문 편수는 미국이 13,314건(34.8%)으로 가장 많았으며, 다음이 캐나다(8,352건, 22%), 노르웨이(5,161건, 13.4%) 순으로 분석
 - 우리나라의 논문 발간 편수는 총 572편(1.4%)으로 전체 비교대상 20개국 중 17번째를 차지



[그림 4-1] 북극이사회 회원국 및 옵서버국가의 관련 논문 발간 편수

- 주요국의 연도별 북극 관련 논문 발간 편수 추이
 - 논문 발간 편수 측면에서 가장 상위에 위치한 미국, 캐나다, 노르웨이와 옵서버 국가인 우리나라, 중국, 일본 등 6개국의 추이를 분석
 - 미국 등 논문 발간 편수 측면의 상위 3개국 간의 격차는 2000년 이후부터 벌어지기 시작하여 2016년 미국의 누적 논문수는 노르웨이의 2배 이상으로 나타나는 등 주요국간의 양적 연구 격차도 확대
 - 한편 분석 기간 동안 일정부분 격차를 유지해 오던 일본과 중국의 논문 발간 편수는 2010년부터 격차가 좁혀지기 시작하여 2015년 이후 역전

- 동 기간 동안 우리나라의 논문 발간 편수는 상대적으로 매우 낮은 상황이며 2014년 이후 다소 확대되는 추세로 분석



[그림 4-2] 주요국의 연간 누적 논문 발간 편수

○ 최근 10년간 주요국의 평균 논문 발간 편수 비교

- 주요국의 최근 10년(2005~2016)간의 평균 논문 발간 편수 분석결과 미국 908.7건, 캐나다 596.1건, 노르웨이 374.4건, 중국 209.0, 일본 116.4건, 우리나라 56.1건으로 분석
- 동 분석에 따르면 우리나라는 미국 대비 6% 수준이며, 캐나다 대비 9%, 중국 대비 26%, 일본 대비 48% 수준



[그림 4-3] 주요국의 최근 10년간(2005~2016) 평균 논문 발간 편수

○ 우리나라, 중국, 일본 3개국 비교

- 우리나라는 2010년 높은 증가세를 보인 후 지속적으로 증가하는 양상을 보이고 있으나 동 기간동안 중국에서 발간된 논문 편수와 4배 이상 차이
- 중국의 경우 2010년과 2012년 높은 증가세를 보인 이후 연평균 10% 이상씩 지속적으로 증가하고 있으며, 2011년도부터는 일본을 앞서기 시작
- 일본의 경우 동 기간 동안 큰 변화 없이 일정수준을 유지해 오고 있으며, 2016년 19.5%의 증가세를 보이며 급증

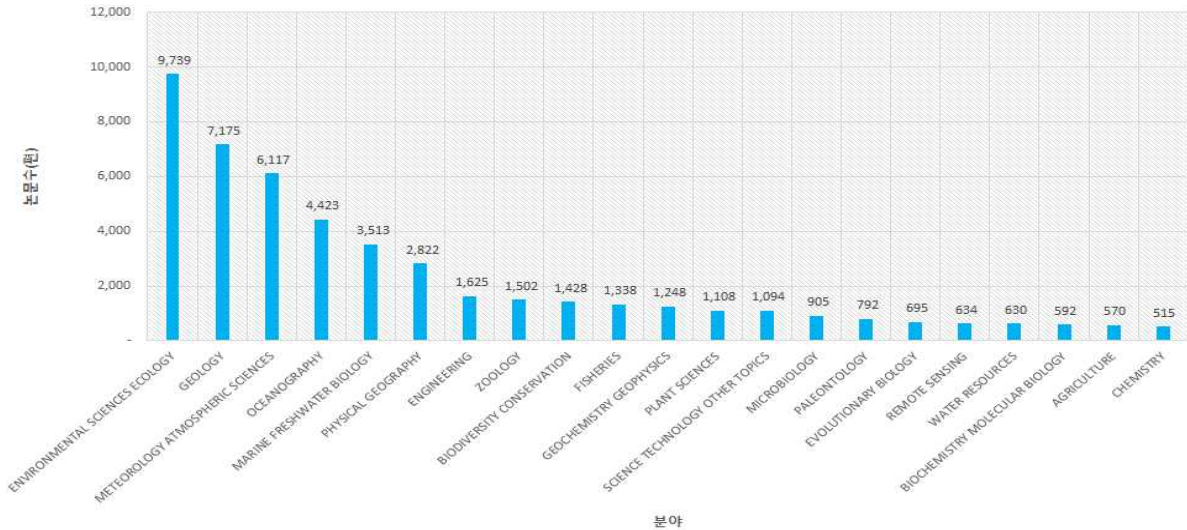
[표 4-1] 한국, 일본, 중국의 논문편수 및 연평균 증가율 비교

년도	논문수			CAGR(연도별)		
	우리나라	중국	일본	우리나라	중국	일본
2005	13	51	92	0.0%	32.6%	4.7%
2006	3	54	90	-52.0%	2.9%	-1.1%
2007	16	58	99	130.9%	3.6%	4.9%
2008	21	72	82	14.6%	11.4%	-9.0%
2009	17	80	83	-10.0%	5.4%	0.6%
2010	34	102	103	<u>41.4%</u>	<u>12.9%</u>	11.4%
2011	36	122	89	2.9%	9.4%	-7.0%
2012	43	177	104	9.3%	<u>20.4%</u>	8.1%
2013	51	213	119	8.9%	9.7%	7.0%
2014	67	252	116	14.6%	8.8%	-1.3%
2015	82	261	117	10.6%	1.8%	0.4%
2016	80	336	167	-1.2%	13.5%	<u>19.5%</u>
합계	463	1,778	1,261	21.4%	23.6%	9.7%

연구분야별 논문 분석

○ 연구분야별 논문 발간 편수

- 대상기간동안 비교대상국 전체 연구분야(83개분야)별 논문수는 환경과학·생태학 분야가 9,739건으로 가장 많았으며 다음이 지질학(7,175건), 기후·대기과학(6,117건)의 순



[그림 4-4] 주요 연구 분야별 논문 발간 편수(1998~2016, 총 35,602편 대상)

○ 북극 환경·생태 연구분야

- (종합) 미국, 캐나다, 노르웨이 등이 관련 분야 주도
- (수준) 우리나라는 러시아, 중국, 일본 등과 기술력 측면에서 유사

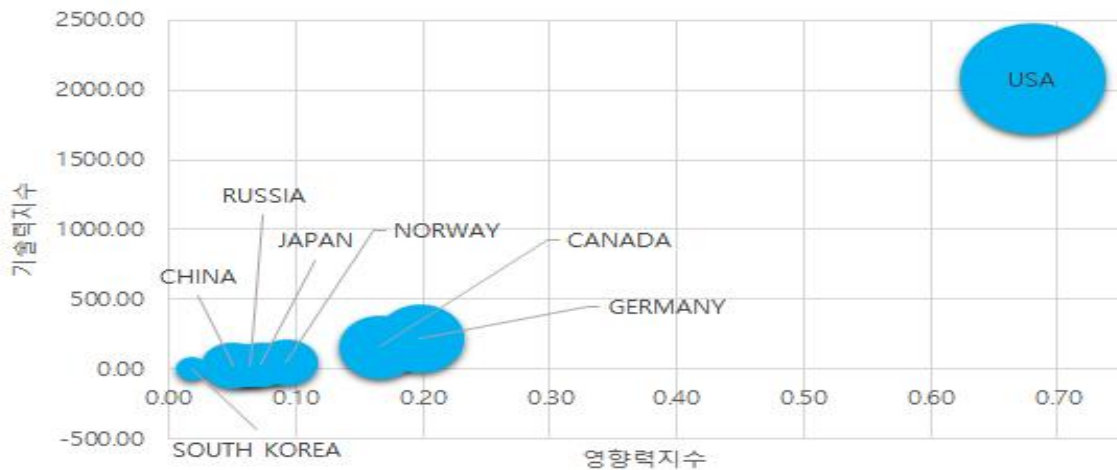


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-5] 북극 환경·생태 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 기후·대기 연구분야

- (종합) 미국이 월등한 가운데 독일과 캐나다 등이 추격
- (수준) 우리나라는 러시아, 중국, 일본 등과 기술력 측면에서 유사

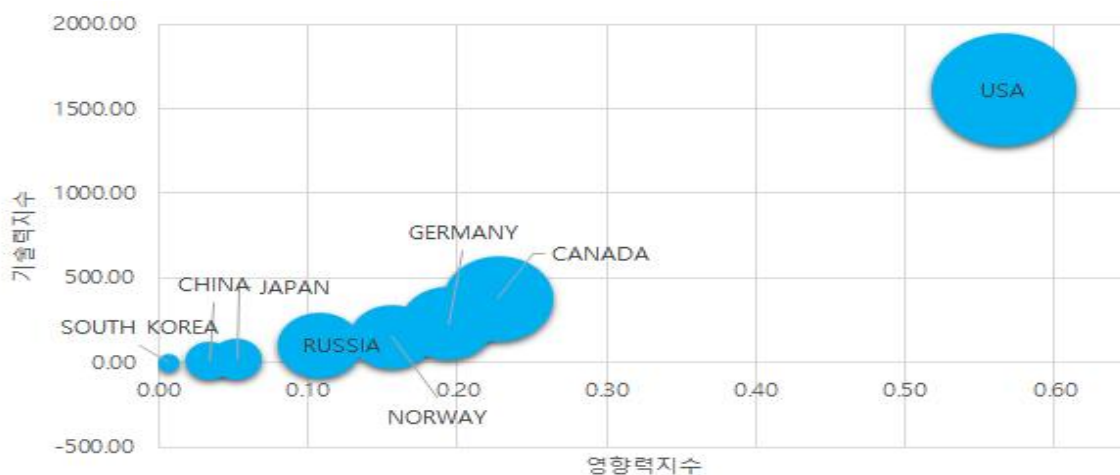


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-6] 북극 기후·대기 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 지질 연구분야

- (종합) 미국이 월등한 가운데 독일과 캐나다 등이 추격
- (수준) 우리나라는 중국, 일본 등과 기술력 측면에서 유사

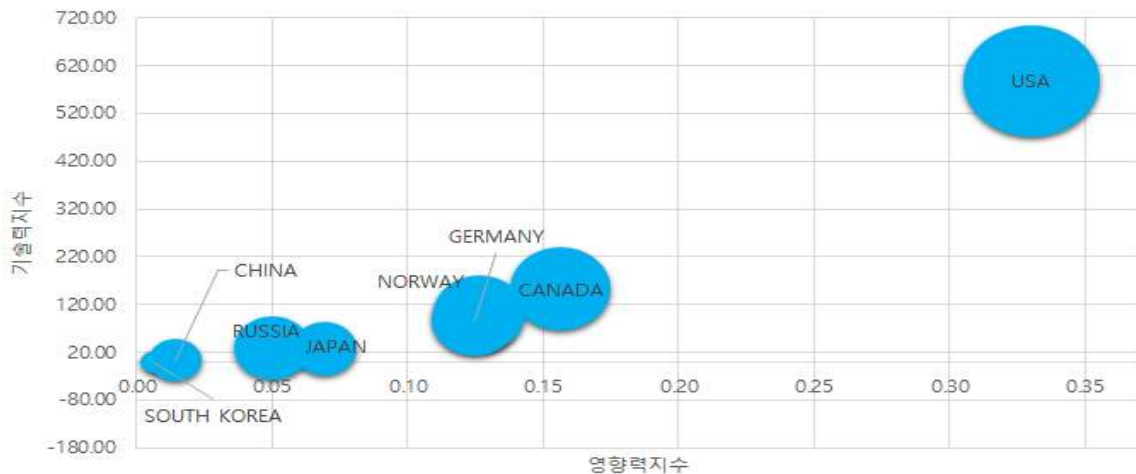


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-7] 북극 지질 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 해양학 연구분야

- (종합) 미국이 월등한 가운데 독일, 캐나다, 노르웨이 등이 추격
- (수준) 우리나라는 중국, 러시아, 일본 등과 기술력 측면에서 유사

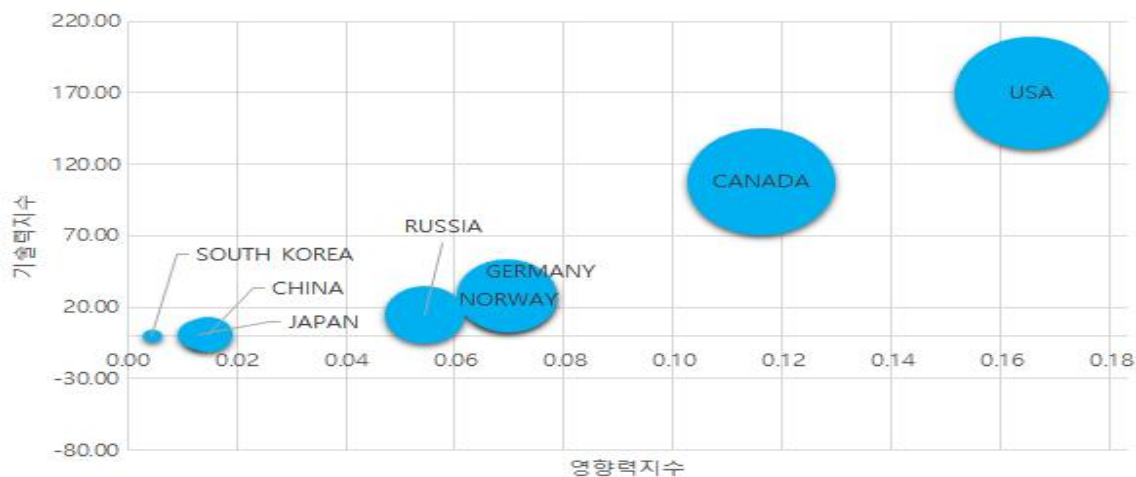


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-8] 북극 해양학 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 자연지리 연구분야

- (종합) 미국과 캐나다가 월등히 우세
- (수준) 우리나라는 중국, 일본 등과 기술·영향력 측면에서 유사

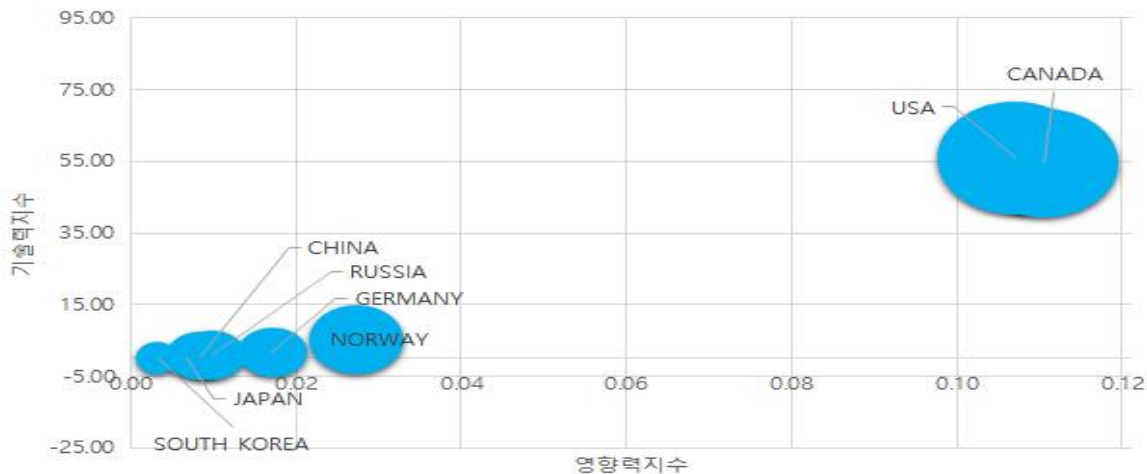


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-9] 북극 자연지리 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 공학 연구분야

- (종합) 미국과 캐나다가 월등히 우세
- (수준) 우리나라와 일본, 중국, 러시아 등이 기술·영향력 측면에서 유사



* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-10] 북극 공학 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 수산 연구분야

- (종합) 노르웨이가 월등히 우세한 상황에서 캐나다 및 미국이 추격
- (수준) 우리나라는 중국, 러시아, 일본 등과 기술력 측면에서 유사



* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-11] 북극 수산 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 동물학 연구분야

- (종합) 미국과 캐나다가 월등히 우세
- (수준) 우리나라와 일본, 중국, 러시아 등이 기술·영향력 측면에서 유사

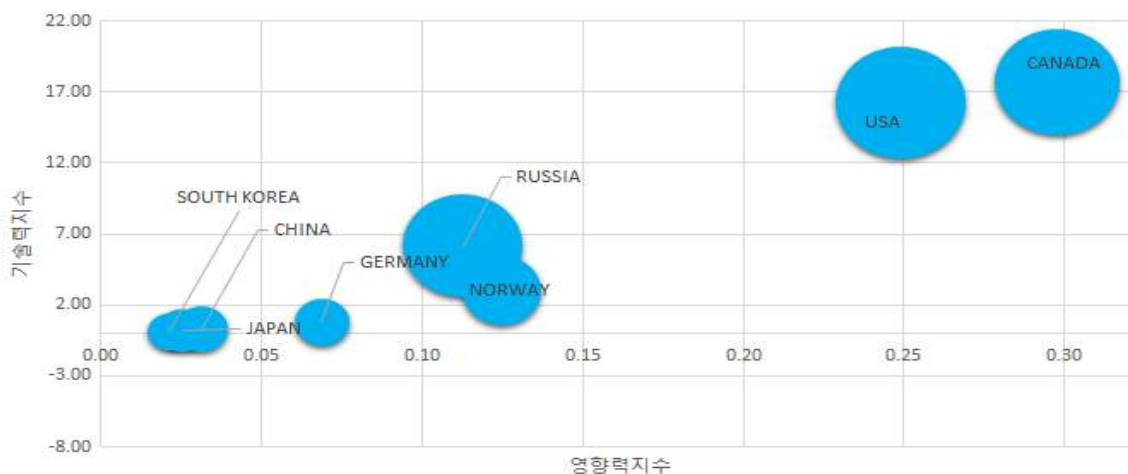


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-12] 북극 동물학 연구분야 영향력 및 기술력 지수

○ 북극 에너지자원 및 운송 연구분야

- (종합) 캐나다와 미국이 월등히 우세
- (수준) 우리나라와 중국은 기술·영향력 측면에서 유사

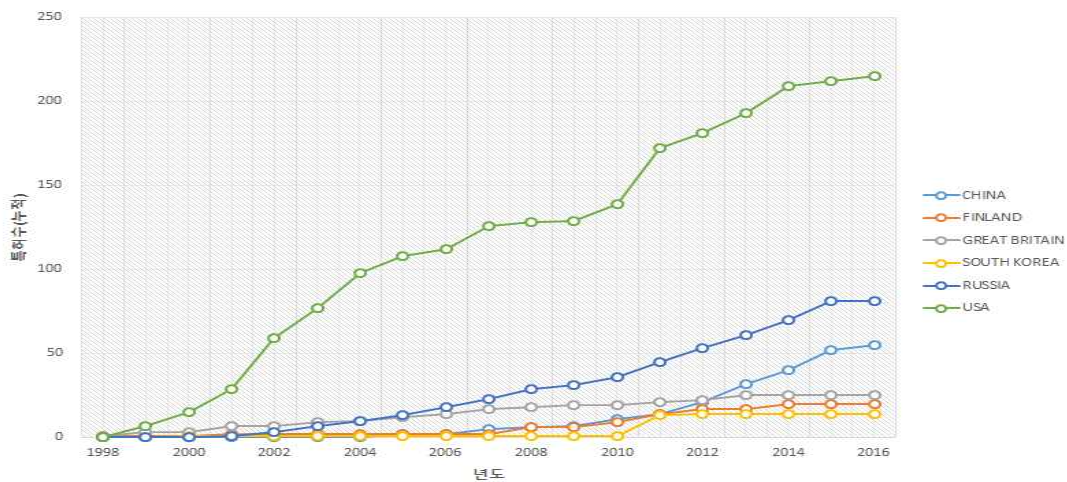


* 원의 크기는 논문수를 의미

[그림 4-13] 북극 에너지·자원 및 운송 연구분야 영향력 및 기술력 지수

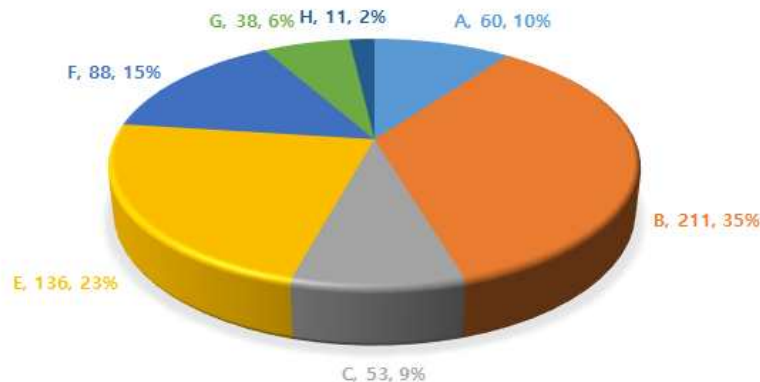
북극관련 특허등록 현황

- 1998~2016년(19년)까지 북극 관련 등록 국제특허는 총 597건으로 분석
 - 분석 대상 특허 중 미국이 총 219건(39%)으로 가장 많았으며 러시아 81건(15%), 중국 55건(9.8%), 우리나라 16건(2.8%)을 보유
 - 미국 및 러시아 등의 북극관련 특허는 지속적으로 증가하고 있는 반면 우리나라는 2011년 이후 등록건수의 변화가 거의 없는 상황



[그림 4-14] 주요국의 북극관련 특허 보유현황

- 전체 597건 중 선박 등 운송수단 관련 특허가 211건(35%)로 가장 많았으며, 해양플랜트 등 고정구조물 관련 136건(23%), 발전 및 선박 기자재 관련 88건(15%), 농림수산업 관련 60건(10%)으로 분석

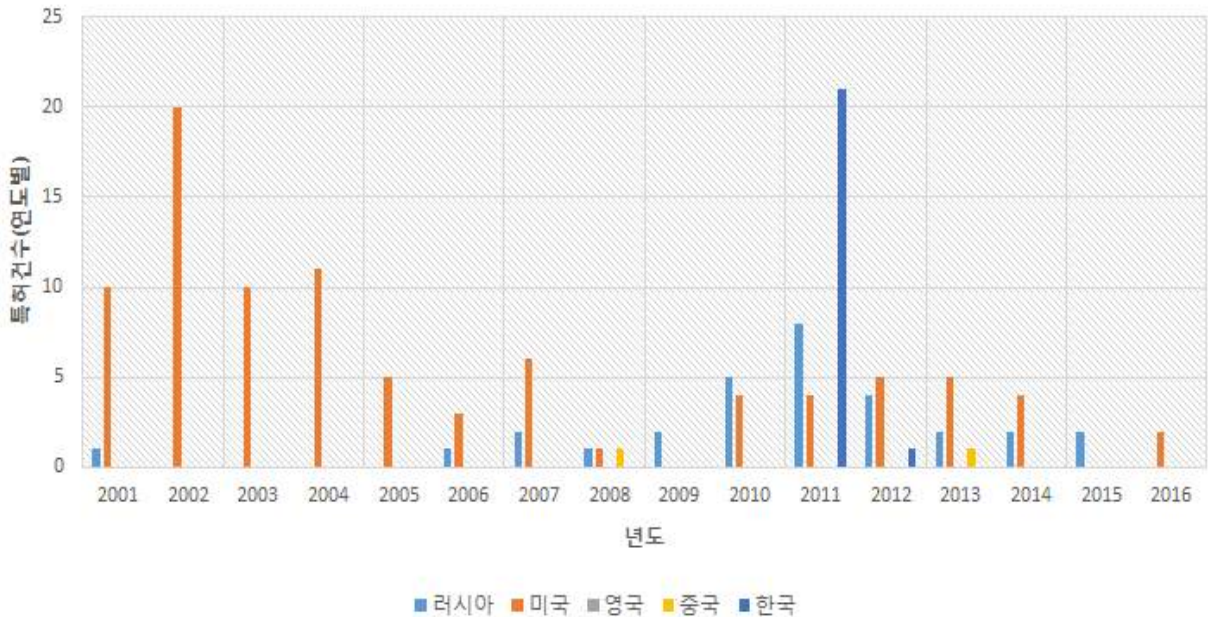


[그림 4-15] 북극관련 특허의 분야별 구성비

주요 특허분야별 현황

○ 운송수단 관련

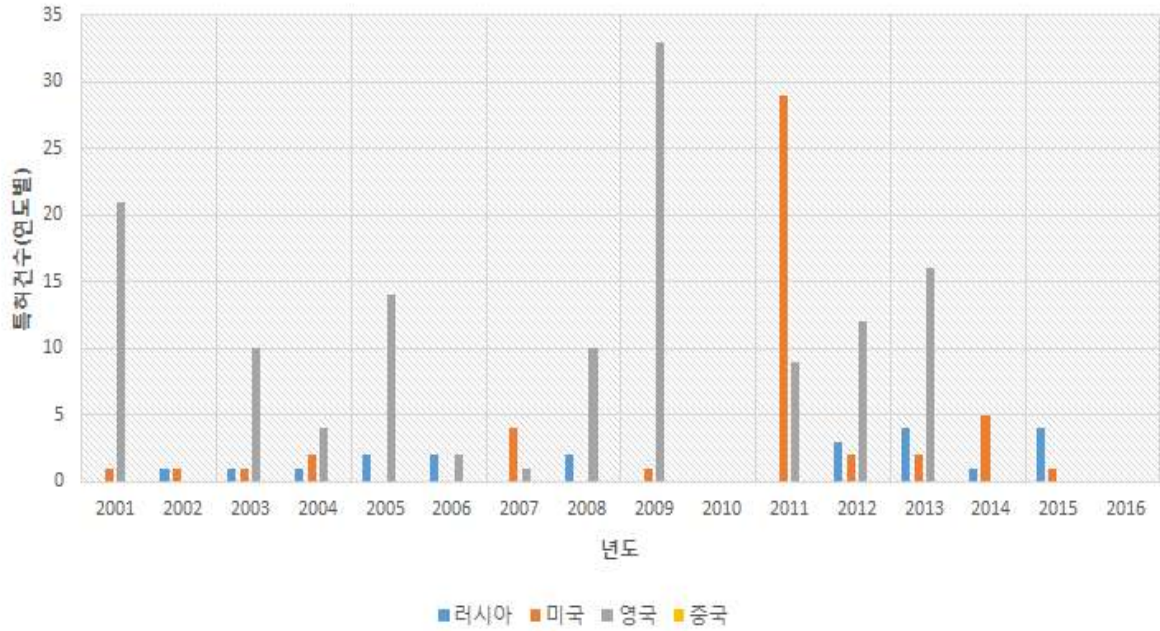
- 운송수단 관련 특허는 선박, 차량·철도, 기타분야로 분류
- 관련 특허는 총 211건으로 선박관련 특허가 114건으로 가장 많았으며, 선박 및 기자재의 결빙방지, 추진체계, 자원탐사 특허 등을 포함
- 차량·철도관련 특허는 88건으로 북극지역에서 운영 가능한 설상차 및 관련 장치의 비중이 높은 것으로 분석
- 한편 국가별 연도별 추이를 보면 미국은 2000년대 설상차 등 차량관련 특허가 많았으나 최근에는 감소하고 있으며, 우리나라의 경우 2011년 북극항해용 선박 및 선박 내빙장치 관련 특허가 집중



[그림 4-16] 운송수단 관련 특허의 연도별 국가별 보유 현황 추이

○ 해양플랜트 등 고정구조물 관련

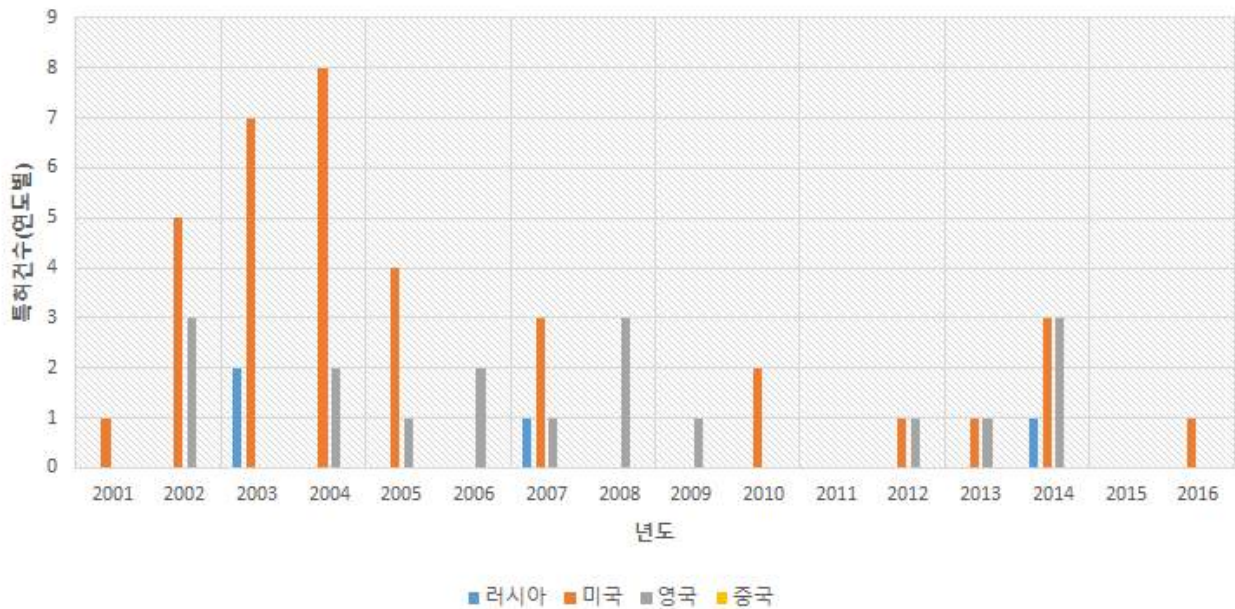
- 해양플랜트 등 고정구조물 관련 특허는 선박리프트 및 수공구조물, 굴착 및 시추관련, 기타분야로 분류
- 관련 특허는 총 136건으로 선박리프트 및 수공구조물 관련 특허가 77건으로 가장 많았으며 주로 석유 등 자원시추 관련 특허로 분석
- 국가별로는 석유 등 에너지관련 글로벌 회사를 보유한 미국과 영국의 보유 특허가 가장 많은 것으로 분석



[그림 4-17] 해양플랜트 등 고정구조물 관련 특허의 연도별 국가별 보유 현황 추이

○ 발전 및 선박 기자재 관련

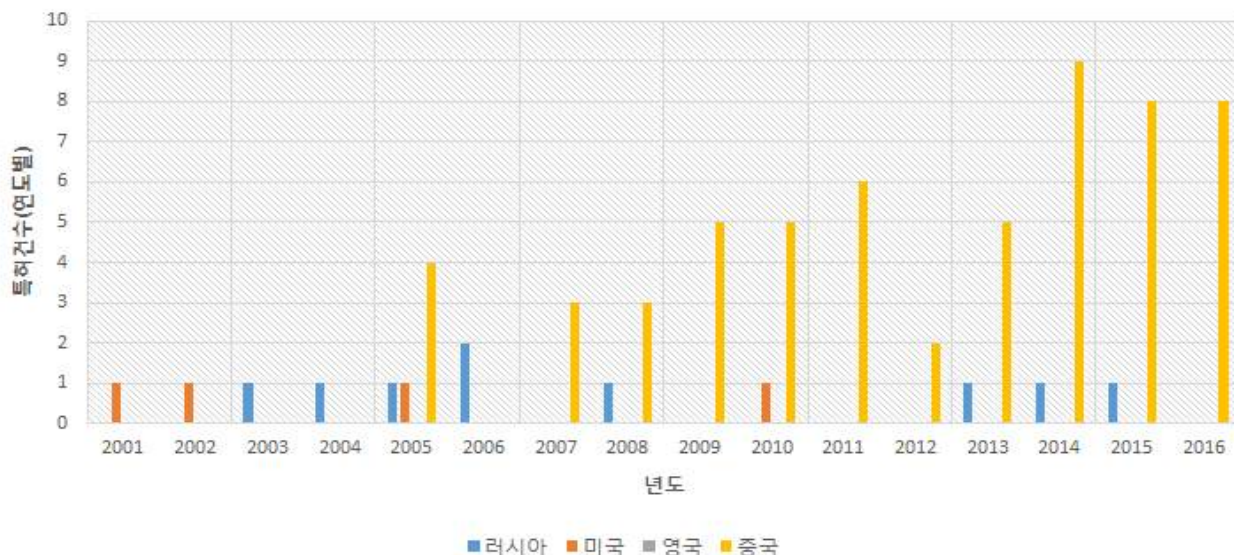
- 발전 및 선박 기자재 관련 특허는 총 88건으로 빙하를 이용한 온도차 발전, 북극항해용 선박의 폐수재활용시스템 관련 특허가 포함
- 국가별로는 미국 및 영국의 특허가 대부분을 차지하고 2000년대 초 관련 특허가 증가하였다가 이후 감소



[그림 4-18] 발전 및 선박 기자재 관련 특허의 연도별 국가별 보유 현황 추이

○ 농림수산업 관련

- 농림수산업 관련 특허는 총 60건으로 북극생물의 증양식 및 추출물 활용 관련 특허를 포함
- 국가별로는 중국의 관련 특허 보유가 가장 많고, 2005년 이후 지속적으로 증가하는 추세



[그림 4-19] 농림수산업 관련 특허의 연도별 국가별 보유 현황 추이

○ 기타(화학 및 측정장비)

- 화학분야의 특허는 총 53건으로 북극 환경에서 사용가능한 오일, 시멘트, 북극생물유래 생화학물질 등을 포함하고 중국의 보유특허가 가장 다수
- 측정장비분야의 특허는 총 38건으로 선박 항해와 관련된 장비, 연구용 측정장비 등을 포함하고 미국, 러시아, 중국 보유특허가 다수

기술수준 평가 개요

- (조사목적) 북극연구 분야의 기술수준 조사의 정확도를 확보하기 위하여 정량적 논문 및 특허 조사와 더불어 관련 전문가 델파이 조사를 통한 세부 분야별 기술수준, 기술격차, 기술여건 등 현황 정보 확보
- (조사방법) 북극연구 분야를 과학, 산업, 정책 등 3개 분야로 구분하고 관련 전문가풀을 구성한 후 설문지를 통한 델파이 방식의 조사 수행
- (조사참여) 북극연구 전문가 50명(대상 150명 중 30%)의 최종응답 자료 분석

북극과학분야 기술수준

- 북극과학 분야의 우리나라 기술수준은 평균 53.6%
 - 최고기술보유국은 모두 미국으로 평균 81.7% 수준으로 분석

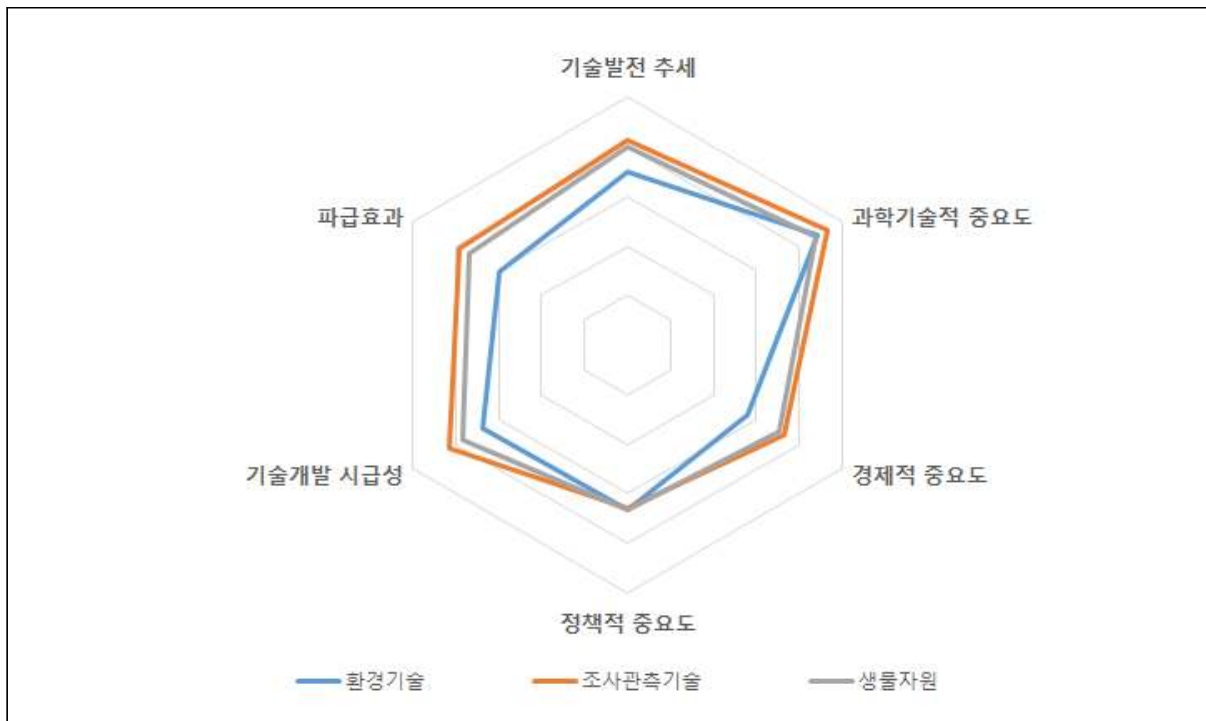
[표 4-2] 북극과학 분야 기술수준 분석 결과

관련 기술	최고기술		우리나라 기술수준(%)	기술격차 (년)	기술 실현시기 (년)	
	보유국	기술수준(%)				
환경	기후변화대응	미국	80.6	55.3	11	2033
	생태계관리	미국	77.8	42.8	16	2043
	환경유해성평가	미국	82.8	49.7	15	2037
	대기환경모니터링	미국	84.3	55.3	11	2033
	빙하특성규명	미국	82.8	48.6	12	2036
	지구물리규명	미국	82.9	59.7	11	2034
	지질특성규명	미국	82.0	52.7	14	2037
조사 관측	무인관측	미국	79.3	52.0	11	2035
	원격탐사(위성)	미국	84.0	52.4	13	2036
	조사·관측 장비개발	미국	81.8	52.3	14	2038
	통신기반	미국	83.8	64.8	9	2032
생물 자원	신소재발굴·확보	미국	81.8	59.8	11	2037
	종다양성보존	미국	78.1	51.9	14	2040

- 중분류 단위에서 생물자원기술의 평균 기술수준이 55.9%(최고국 80%)로 상대적 수준이 높았으며 다음이 조사관측기술 55.4%, 환경기술 52.0% 순
- 세분류 단위에서는 통신기반기술, 신소재발굴확보기술, 지구물리규명기술 등이 타 분야 비해 상대적인 수준이 높은 것으로 평가
- 반면 생태계관리기술, 환경유해성평가기술, 빙하특성규명기술은 평가 대상기술 중 수준이 상대적으로 낮은 것으로 평가

○ 북극과학 분야 기술추진여건 측면에서는 조사관측기술이 높게 평가

- 중분류 단위에서 조사관측기술이 환경 및 생물자원 기술 대비 기술·경제적 중요도와 기술개발시급성 등 전반적인 항목에서 높게 평가
- 다만 정책적중요도 측면에서는 조사관측기술, 환경기술, 생물자원기술이 유사한 중요도를 가지는 것으로 평가
- 관련 전문가들은 북극과학 분야 기술추진여건 중 과학기술적중요도 및 기술개발시급성 등의 항목을 우선적으로 고려하고 있는 것으로 평가



[그림 4-20] 북극과학 분야의 기술추진여건

북극산업 분야 평가

○ 북극산업 분야의 우리나라 기술수준은 평균 55.9%

- 최고기술보유국은 모두 미국으로 평균 80.5% 수준으로 분석

[표 4-3] 북극산업 분야 기술수준 분석 결과

관련 기술	최고기술		우리나라 기술수준(%)	기술격차 (년)	기술 실현시기 (년)	
	보유국	기술수준(%)				
물류 체계	물류수요분석	미국	81.5	58.8	8	2029
	운송체계개발	미국	79.7	57.9	8	2030
	물류체계 변화예측	미국	81.8	56.5	7	2028
	물류인프라 구축	미국	76.3	48.2	9	2033
	비즈니스모델 수립	미국	78.3	54.4	8	2029
에너지/ 광물 자원	자원탐사·평가	미국	83.3	53.1	11	2034
	자원생산	미국	80.3	45.8	12	2035
	자원수송	미국	80.9	57.9	9	2031
	자원개발타당성분석	미국	82.4	56.3	8	2032
선박	운항선박(기자재)개발	미국	82.4	69.1	6	2029
	빙성능평가 인프라개선	미국	83.9	66.9	6	2029
	방한성능평가	미국	83.7	64.0	7	2028
해양 플랜트	(기자재)설계·생산	미국	81.3	59.1	8	2030
	(기자재)시험·평가	미국	81.7	57.5	8	2030
	해양플랜트운용	미국	80.6	52.8	10	2031
안전/ 방제	운항고도화	미국	78.0	56.7	8	2030
	유빙탐지·해빙모니터링	미국	80.7	52.7	10	2031
	오염물질방제	미국	76.3	47.7	9	2031
	해상구난구조	미국	77.0	47.4	10	2033

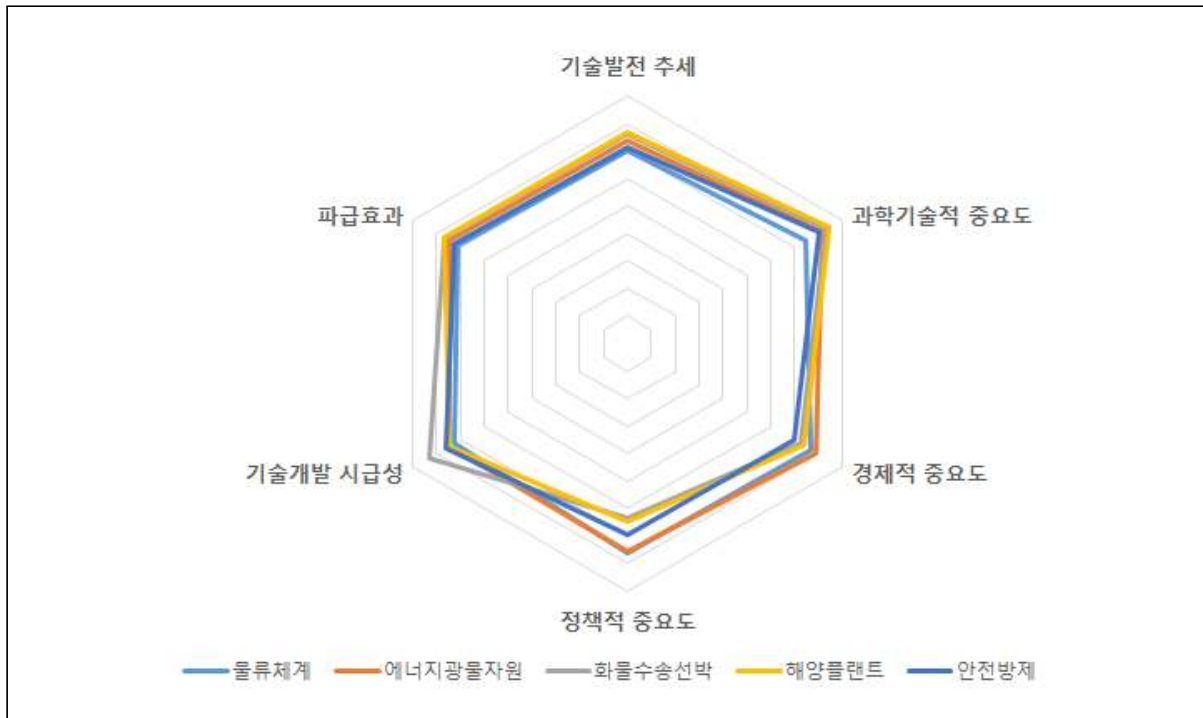
- 중분류 단위에서 선박기술의 평균 기술수준이 66.7%(최고국 83.3%)로 상대적 수준이 높았으며 다음이 해양플랜트기술 56.5%, 물류체계기술 55.2%, 에너지/광물자원기술 53.3%, 안전/방제기술 51.1% 순

- 세분류 단위에서는 운항선박개발기술, 빙성능평가인프라개선기술, 해양플랜트설계·생산기술, 물류수요분석기술 등이 타 분야 비해 상대적인 수준이 높은 것으로 평가

- 반면 자원생산기술, 오염물질방제기술, 해상구난구조기술, 물류인프라구축기술 등은 평가 대상기술 중 수준이 상대적으로 낮은 것으로 평가

○ 북극산업 분야 기술추진여건 측면에서는 분야별 순위가 다양하게 혼재

- 기술발전추세, 기술적중요도, 기술과급효과 측면에서는 해양플랜트기술이 가장 우선적으로 고려해야 할 기술로 평가
- 경제적중요성 측면에서는 에너지/광물자원기술, 정책적중요도 측면에서는 물류체계기술, 기술개발시급성 측면에서는 선박기술로 평가
- 다만 정책적중요도 측면에서는 조사관측기술, 환경기술, 생물자원기술이 유사한 중요도를 가지는 것으로 평가
- 관련 전문가들은 북극산업 분야 기술추진여건 중 과학기술적중요도 및 경제적중요도 등의 항목을 우선적으로 고려하고 있는 것으로 평가



[그림 4-21] 북극산업 분야의 기술추진여건

북극정책 분야 평가

○ 북극정책 분야의 우리나라 기술수준은 평균 50.2%

- 최고기술보유국은 모두 미국으로 평균 77.9% 수준으로 분석

[표 4-4] 북극정책 분야 기술수준 분석 결과

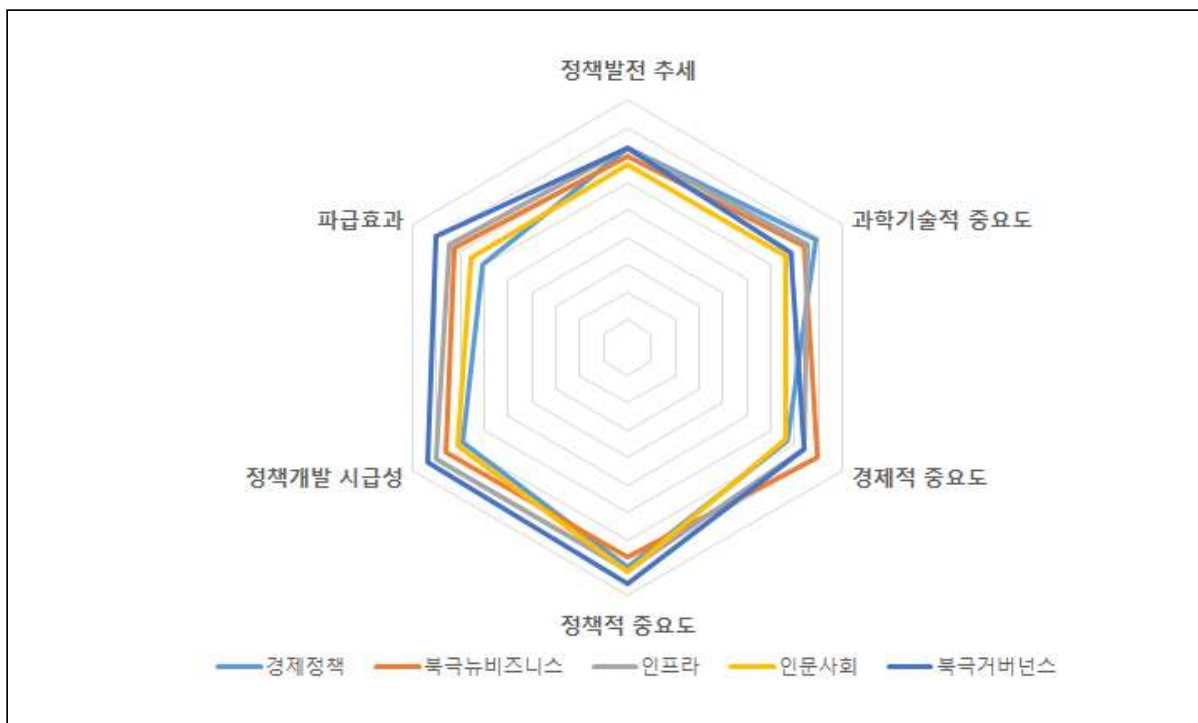
관련 정책	최고정책		우리나라 정책수준(%)	정책격차 (년)	정책 실현시기 (년)	
	보유국	정책수준(%)				
경제 정책	경제협력정책 (북극권/비북극권)	미국	80.9	56.9	10	2030
	경제개발정책 (국가간/지방정부)	미국	78.1	48.8	11	2031
북극 뉴비즈 니스	에너지자원정책	미국	80.8	51.3	11	2032
	수산자원정책	미국	79.4	49.8	11	2032
	관광정책	미국	78.9	43.7	11	2032
	통신·바이오·항만물류 등 산업정책	미국	81.1	53.6	9	2030
인프라	즉시부두시설(PPF) 등 동향분석	미국	79.1	49.8	9	2030
	관련 인력양성	미국	77.3	45.2	10	2031
	홍보	미국	76.1	50.7	9	2029
인문 사회	사회문화정책	미국	72.4	45.0	11	2032
북극 거버 넌스	거버넌스	미국	76.4	49.8	9	2030
	국제협력	미국	76.7	55.4	8	2029
	국제규제	미국	76.0	52.4	9	2031

- 중분류 단위에서 경제정책이 52.9%(최고국 79.5%)로 상대적 수준이 높았으며, 다음이 북극거버넌스 52.5%, 북극뉴비즈니스 49.6%, 인프라 48.6%, 인문사회 45.0% 순

- 세분류 단위에서는 경제협력정책, 국제협력정책, 국제규제관련 정책, 통신·바이오·항만물류정책 등이 타 분야 비해 상대적인 수준이 높은 것으로 평가

- 반면 관광정책, 사회문화정책, 인력양성정책 등은 평가 대상기술 중 수준이 상대적으로 낮은 것으로 평가

- 북극정책 분야 추진여건측면은 경제정책과 뉴비즈니스 분야가 높게 평가
 - 기술발전추세, 기술적중요도 측면에서는 경제정책 분야가 가장 우선적으로 고려해야 할 분야로 평가
 - 경제·정책적중요도, 정책개발시급성 및 파급효과 측면에서는 북극 거버넌스 분야가 가장 우선적으로 고려할 분야로 평가
 - 관련 전문가들은 북극정책 분야 추진여건 중 국가정책방향과의 연계성 및 시급성 등의 항목을 우선적으로 고려하고 있는 것으로 평가



[그림 4-22] 북극정책 분야의 기술추진여건

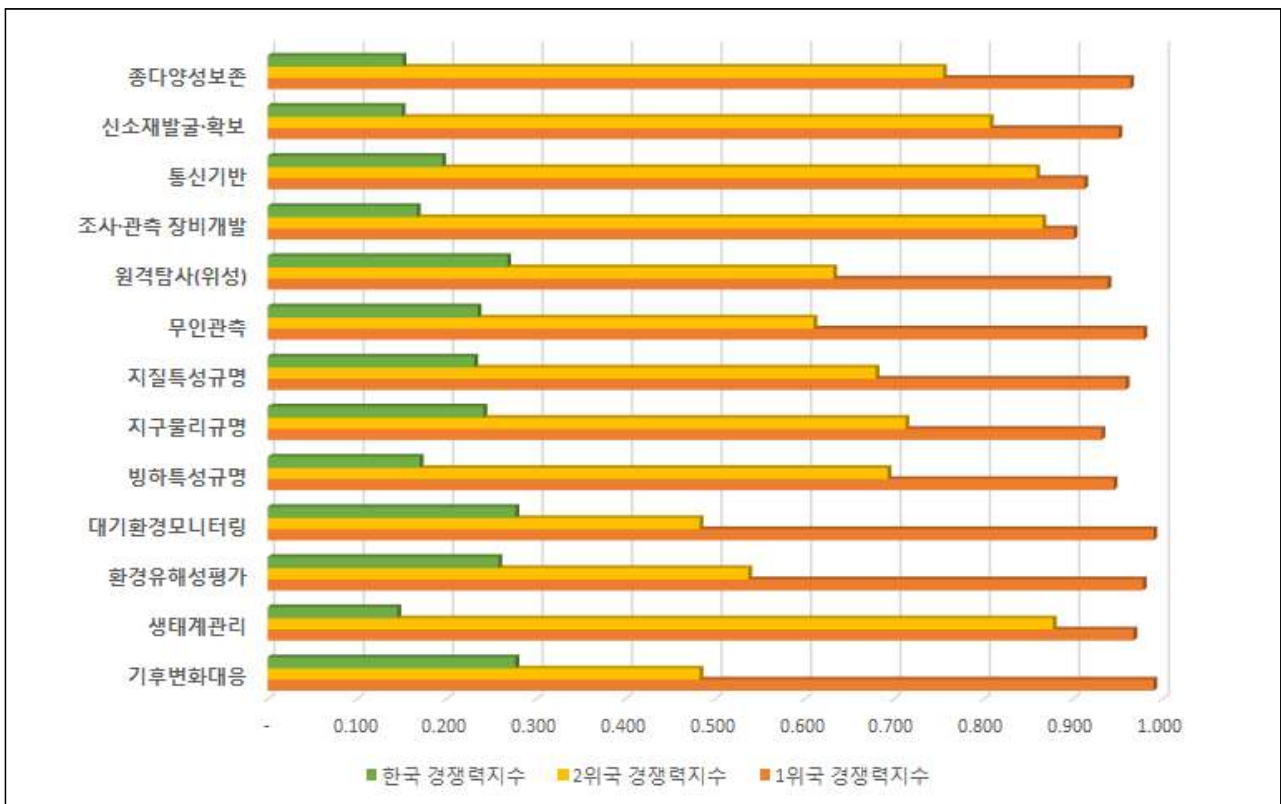
V

정책적 우선순위 도출

1. 주요 기술의 경쟁력 평가
 2. 정책적 우선순위
 3. 북극 연구 정책 제언
-

논문 경쟁력

- 논문 경쟁력 측면에서는 기후변화대응, 원격탐사 등의 분야가 높게 평가
 - 분석대상 논문의 영향력지수, 기술력지수, 인용도지수를 표준화한 뒤 각 표준 값의 평균을 활용하여 북극연구 분야별 경쟁력지수를 산출
 - 북극과학 분야 13개 세부기술 중 기후변화대응기술, 대기환경 모니터링 기술, 원격탐사(위성)기술 등이 상대적 경쟁력이 높은 분야로 평가



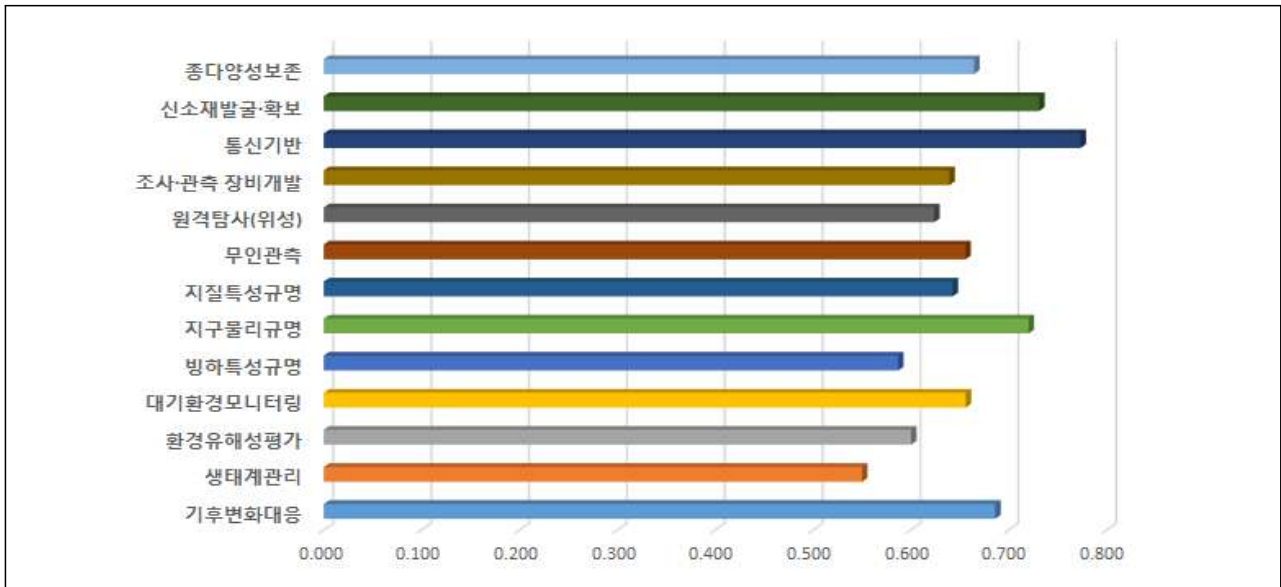
[그림 5-1] 북극연구 분야의 우리나라와 주요국의 논문 경쟁력 비교

최고기술보유국 대비 경쟁력

- 북극과학 분야 기술경쟁력
 - 델파이 조사기반 기술수준평가 결과를 기초로 최고기술보유국 대비 우리나라의 비교대상 기술간 경쟁력을 판단
 - 관련 전문가 평가에 근거하여 통신기반기술, 신소재발굴확보기술, 지구물리

규명기술, 기후변화대응기술 등이 상대적 경쟁력이 높은 분야로 분석

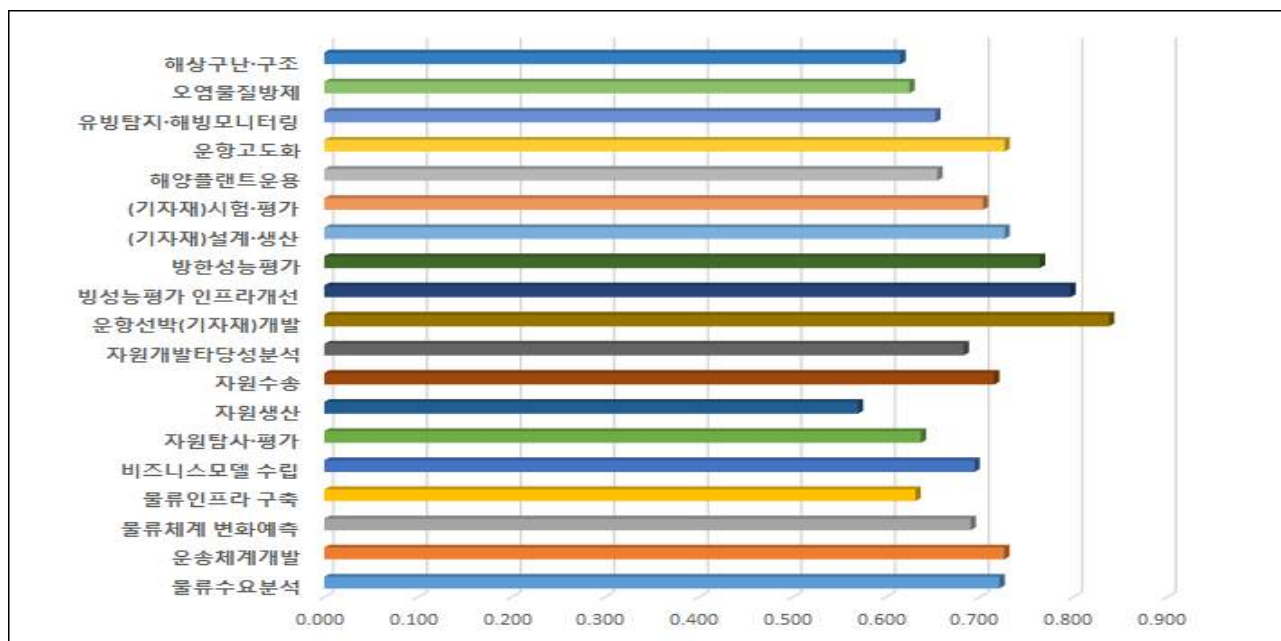
- 한편, 생태계관리기술, 빙하특성규명기술, 환경유해성평가기술 등은 상대적 경쟁력이 낮은 분야로 분석



[그림 5-2] 북극과학 분야 최고기술 대비 우리나라의 기술경쟁력

○ 북극산업 분야 기술경쟁력

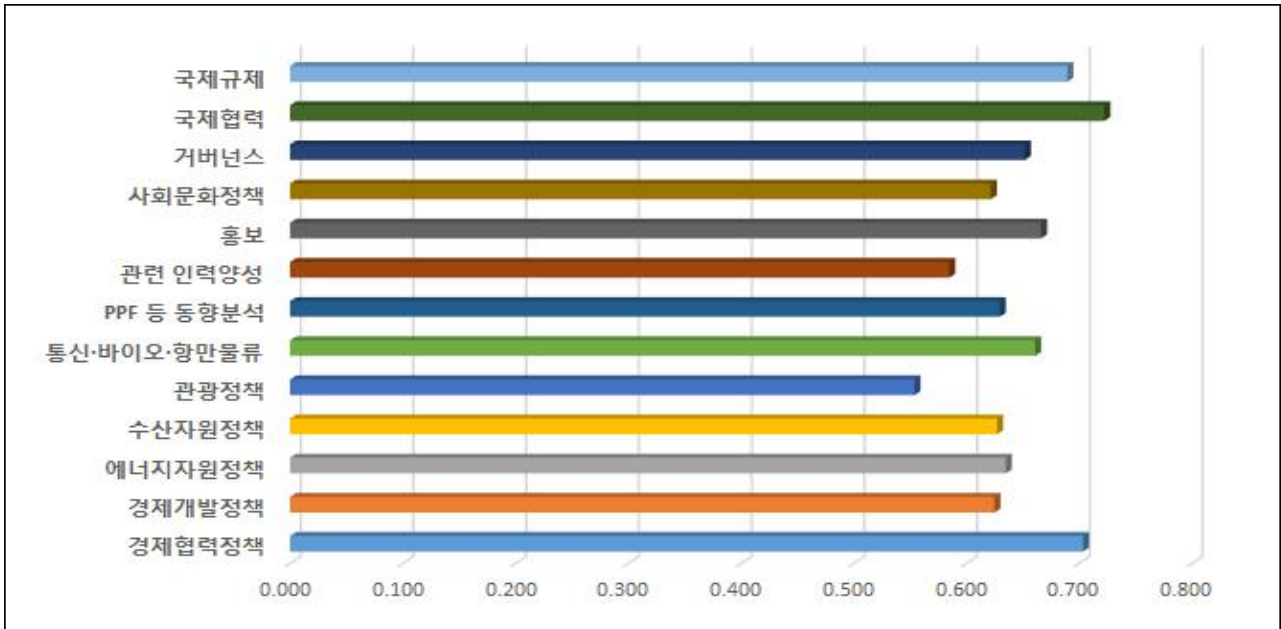
- 관련 전문가 평가에 근거하여 운항선박기술, 빙성능평가인프라기술, 방한성능평가기술, 운항고도화기술 등 선박관련 기술과 운송체계개발 기술 및 물류수요분석기술 등 물류관련 기술의 경쟁력이 높은 것으로 평가



[그림 5-3] 북극산업 분야 최고기술 대비 우리나라의 기술경쟁력

○ 북극정책 분야 경쟁력

- 관련 전문가 평가에 근거하여 우리나라의 상대적 경쟁력 우위가 높은 분야는 국제협력정책, 경제협력정책, 국제규제정책 등으로 분석
- 반면 관광정책, 인력양성정책, 사회문화정책은 상대적 경쟁력이 낮은 분야로 분석



[그림 5-4] 북극정책 분야 최고수준 대비 우리나라의 경쟁력

북극연구 여건 분석

○ 북극연구 여건 분석 개요

- 델파이 조사 기반 추출한 북극 연구의 추진 여건(정책발전 추세, 파급효과, 정책개발시급성, 정책중요도, 경제적 중요도, 과학기술적 중요도)을 종합하여 연구의 시급성 및 연구의 중요성 관점으로 평가
- 해당 평가를 통해 중요도와 시급성이 가장 높은 우선 추진분야를 도출

[표 5-1] 북극연구의 여건분석 항목 분류

구분	연구의 시급성	연구의 중요도
기술수준평가 추진여건항목	정책개발시급성, 파급효과, 정책발전 추세	정책중요도, 경제적 중요도, 과학기술적 중요도

○ 북극과학 연구분야 여건 분석

- (최우선추진) 연구 중요도 및 시급성 측면에서 통신기반기술, 원격탐사기술, 신소재발굴확보기술, 조사관측장비개발기술, 무인관측기술 등이 최우선 추진 고려 대상으로 분석
- (추진고려) 최우선추진 분야 이외의 추진고려 대상 분야는 기후변화 대응기술 및 대기환경모니터링기술로 분석



[그림 5-5] 북극과학 분야 기술별 여건분석

○ 북극산업 연구분야 여건 분석

- (최우선추진) 연구 중요도 및 시급성 측면에서 운항선박개발기술, 자원 수송기술, 해양플랜트설계생산기술, 운송체계개발기술, 운항고도화 기술 등 조선해양플랜트 및 물류 분야가 최우선 추진 고려 대상으로 분석
- (추진고려) 산업관련 기술의 특성을 고려할 때 연구시급성을 우선적으로 검토하여 자원탐사평가기술, 자원생산기술, 자원개발타당성분석기술, 오염 물질방제기술로 분석



[그림 5-6] 북극산업 분야 기술별 여건분석

○ 북극정책 분야 여건 분석

- (최우선추진) 연구 중요도 및 시급성 측면에서 통신·바이오·항만물류 및 에너지자원비즈니스정책, 즉시부두시설 등 동향분석, 국제협력 및 인력양성정책이 등 최우선 추진 고려 대상으로 분석
- (추진고려) 정책분야 특성을 고려할 때 연구중요성을 우선적으로 검토하여 홍보정책 및 국제규제정책으로 분석



[그림 5-7] 북극정책 분야별 여건분석

기술수준평가에 따른 시사점

○ 논문분석

- 북극연구 분야 논문분석 결과 미국, 캐나다, 노르웨이, 러시아 등 북극권에 직접적인 영토주권을 행사하는 국가의 점유율이 타국가들에 비해 월등히 높은 상황
- 따라서 북극연구 관련한 후발주자인 우리나라의 경우 단순히 논문 편수 측면에서의 비교를 통해서도 변별력 있는 특성을 도출하는데 한계 존재
- 다만 북극관련 연구가 산업적인 활용 측면보다는 장기적 관점에서의 기초·원천기술에 집중되어 추진되고, 상기 언급한 주요 국가들을 제외하면 양적 차이만 존재할 뿐 기술력 및 영향력 지수 측면에서는 유사한 상황
- 따라서 논문을 비롯한 특허 및 전문가 기술수준평가 등을 종합하여 도출된 전략적 강점 분야의 투자 확대를 통해 논문관련 격차를 줄이는 한편 기술선점도 가능할 것으로 판단
- 특히 중국의 경우 2010년 이후의 일본을 추월한 후 지속적인 확대를 통해 선도국가들과의 격차를 줄여나가고 있고, 일본은 국제공동해양시추사업 (IODP) 주관을 통해 북극 지질학 분야의 세계 최고 수준의 역량 보유

○ 특허분석

- 앞서 언급한 바와 같이 기초원천기술에 집중되고 있는 북극연구의 특성 등을 감안할 때, 분야별 혹은 국가별 특허 보유 수준을 통해 전략적인 추진분야를 도출하는데 한계가 존재
- 다만 2000년 이후 조선해양플랜트 및 해양생물자원 관련 특허의 등록건수가 현저하게 높게 나타나고 있는 만큼 해당 분야에 대한 전략적인 검토가 필요한 것으로 판단
- 특히 해양수산자원과 관련한 중국의 특허보유가 지속적으로 증가하고 있는 부분은 2010년 이후 중국의 북극관련 논문 편수 증가와 연계하여 고려할 필요가 있음.

○ 기술수준 분석

- 각 세부 기술분야별 연구 중요도 및 시급성 측면에서 분석된 최우선 추진고려 기술·정책분야는 논문 및 특허에서 분석된 최근의 경향을 잘 반영하고 있는 만큼 향후 우리나라의 중장기 북극연구 전략방향 설정에 있어서 참고할 필요가 있음.

15개 핵심분야와 기술수준 연계

- 수요조사를 통해 도출된 15개 핵심분야와 기술수준 분석을 통해 도출된 우선 고려 기술을 연계하여 각 과제별 추진 우선순위(안)를 제안
 - (북극과학) 해당분야에서 도출된 5개 핵심과제에 우선고려 기술을 연계하여 도출된 최우선추진 과제는 「융복합 및 첨단기술」과 「북극생태계 및 생물다양성」 등 2개 과제
 - (북극산업) 해당분야에서 도출된 5개 핵심과제에 우선고려 기술을 연계하여 도출된 최우선추진 과제는 「미래 북극 물류체계」와 「북극 항로 화물수송 선박」 등 2개 과제
 - (북극정책) 해당분야에서 도출된 5개 핵심과제에 우선고려 정책을 연계하여 도출된 최우선추진 과제는 「북극뉴비즈니스」와 「북극 거버넌스」 등 2개 과제

[표 5-2] 북극과학 분야 핵심추진과제 및 기술수준 분석에 근거한 우선순위(안)

연번	15개 핵심분야	기술수준평가에 따른 최우선(●) 및 고려(○) 분야	우선순위(안)
1	융복합 및 첨단기술	●원격탐사기술 ●통신기반기술 ●조사관측장비개발기술 ●무인관측기술	
2	해양/대기/육상 환경변화	○대기환경모니터링	
3	북극생태계 및 생물다양성	●원격탐사기술 ●신소재발굴확보기술	
4	고기후 및 미래예측	○기후변화대응기술	
5	북극미래자원	●신소재발굴확보기술	

[표 5-3] 북극산업 분야 핵심추진과제 및 기술수준 분석에 근거한 우선순위(안)

연번	15개 핵심분야	기술수준평가에 따른 최우선(●) 및 고려(○) 분야	우선순위(안)
1	미래 북극 물류체계	●운송체계개발기술 ●자원수송기술	
2	북극 에너지·광물 자원	○자원탐사평가기술 ○자원생산기술 ○자원개발타당성기술	
3	북극항로 화물수송 선박	●운송선박개발기술 ●운항고도화기술	
4	북극해 해양플랜트	●해양플랜트 생산·설계기술	
5	북극 안전·방제	○오염물질방제기술	

[표 5-4] 북극정책 분야 핵심추진과제 및 기술수준 분석에 근거한 우선순위(안)

연번	15개 핵심분야	기술수준평가에 따른 최우선(●) 및 고려(○) 분야	우선순위(안)
1	북극권 경제정책	-	
2	북극 뉴비즈니스	●통신·바이오·항만물류정책 ●에너지자원정책	
3	북극 인프라	●인력양성정책	
4	북극 인문사회	-	
5	북극 거버넌스	●국제협력 및 규제관련 정책 ●거버넌스정책 ●홍보	

융복합 과제 연계성 검토

○ 북극 환경변화 위기 대응

- 기후변화 및 해양생물다양성 보전연구의 전세계적 증가 추세와 부합하는 과제로, 적극적인 국제협력을 통해 북극협의체에 기여하면서 우리나라의 이니셔티브를 확보
- 기술수준평가 결과에 따른 최우선추진 과제 중 「융복합 및 첨단기술」 및 「북극생태계 및 생물다양성」 과 연계가 가능한 분야로, 향후 실행력 있는 과제 추진을 통해 성과 확보가 요구

○ 북극 자원 최적 운송시스템 개발

- 전통적인 기술 및 산업 강세 분야인 해운·조선분야와 연계된 분야로, 기존 확보기술과 통신 등 ICT 분야의 연계를 통해 향후 관련 기술시장의 선점이 가능한 분야
- 또한 최근 침체되고 있는 해운·조선분야에 새로운 활력을 제공할 수 있는 분야로, 최우선추진 과제 중 「미래 북극 물류체계」 및 「북극 항로

화물수송 선박」의 시급성 있는 추진으로 추격형이 아닌 기술 선도형 모델을 목표로 추진 검토

○ 북극권 4차 산업 혁명 적용과 기회

- 4차 산업 혁명은 전세계적 메가트렌드로서 전산업 부문 변화의 주요 키워드로 등장, 이를 북극연구의 주요 매개로 적용하면서 각 분야 연구 역량을 발전시킬 필요가 있는 것으로 판단
- 핵심과제 중 「융복합 및 첨단기술」 및 「북극 안전·방제」 등과 현행 해양수산 R&D를 통해 추진되고 있는 e-Navigation, 수중로봇, 빅데이터-AI 기반 예측·예보기술개발 등과 연계 검토 필요

As-Is -> To-Be 모델

○ As-Is 분석

- 현재 우리나라 북극 연구 수준은 국가 영향력과 기술력이 미약한 상황
- 중국을 포함한 경쟁국들의 연구 역량 증가세는 확인되고 있는 상황
- 이에 현시점은 비교적 상대적 우위성이 있고 우선순위가 높은 기술 및 산업 부문에 대한 지원을 지속하면서 북극 연구의 기반조성의 외연을 확대할 필요가 있음.

○ 중장기 로드맵 내실화 전략

- 향후 북극 연구와 북극 정책 투자 방향은 북극 관련 물류, 조선해양플랜트, 통신기술, 원격탐사 기술 등 경쟁력 우위 기술에 대한 적극적 투자를 선도적으로 수행해야 할 것으로 판단
- 북극 연구와 투자의 세계적 메가트렌드 방향성은 견지하면서 지속적인 국제·경제 협력 노력을 병행해야 할 것으로 보임.
- 특히 『2030 북극연구 중장기 로드맵』이 제안하고 있는 융복합 과제의 적극적인 투자와 15개 과제 중 우선순위 연계도가 높은 과제를 중심으로 한 투자가 필요
- 이는 새로운 북극 시대를 맞이하는 해양 유망산업과의 연계도를 높이면서 북극 관련 기술 표준도 선도하는 전략이 뒷받침 되어야 함.

○ To-Be 방향성

- 중장기 로드맵의 내실화 전략을 적극적으로 구사하면, 향후 중장기적으로는 북극 국제 아젠다를 주도하는 위치에 올라설 수 있을 것으로 기대
- 특히 4차산업혁명 트렌드를 주도하면서 북극 주요 국제 의제를 주도하고 북극 환경변화 위기도 선도적으로 대응할 수 있을 것으로 판단
- 또한 국가 경제적으로는 북극 관련 기술과 산업이 새로운 주요 전략 기술 및 산업으로 연계 발전되어 최고의 국가 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대



[그림 5-8] As-Is 분석 및 To-Be 모델

북극 연구 정책 제언

○ 국가연구개발사업과 연계

- 중장기로드맵의 실행력을 확보하기 위해서는 무엇보다 실질적인 예산투자와의 연계가 필요하며 연구 혹은 개발기술의 특성을 명확히 구분하여 극지연구소 기관고유사업 혹은 정부 R&D 사업으로 체계적 추진 필요
- 현행 북극관련 정부 R&D 사업은 해양수산부 극지·대양과학연구개발사업 및 과학기술정보통신부 해양극지원천기술개발을 중심으로 추진
- 극지 및 대양과학연구사업은 '17년도 기준으로 양극해 활용연구(8,950백만원), 남극 장보고기지 활용 기반기술(5,000백만원), 대양활용연구(4,000백만원) 등 3개 내역사업으로 추진 중이며, 북극관련 기술개발은 양극해 활용연구의 2개 과제가 포함
- 최근 정부 R&D 예산투자 방향이 계속사업의 일몰제 및 진행중 사업의 신규과제 배제 등을 제시하고 있는 만큼 2030 북극연구 중장기로드맵에서 제시된 핵심기술 중 R&D 연계가 가능한 과제(북극과학연구분야 등)에 대한 사업단위의 상세기획연구 추진 제안
- 기획연구를 바탕으로 현행 양극해 활용연구를 북극관련 연구에 집중된 내역사업으로 전환하고 남극관련 연구는 기존 장보고기지 활용기반기술의 종료에 따른 후속사업으로 통합 추진 제안
- 한편 북극해 운항선박과 관련된 기술개발은 현행 해양안전 및

해양교통시설기술개발사업에서 추진되고 있는 만큼 해당사업의 일몰에 따른 사업단위 기획시 북극연구관련 그룹의 참여를 통해 핵심기술에서 제시된 관련 과제를 중점과제로 포함될 수 있도록 조치 제안

- 과학기술정보통신부 해양극지원천기술개발의 경우 해양수산부 해양수산생명공학기술개발사업과의 중복성이 지속적으로 제기되고 있는 만큼 자원의 확보와 관련 응용연구분야를 구분
- 또한 기초연구를 통해 산업적 활용 가능성이 확보된 해양생물자원에 대해서는 관련 응용연구를 해양수산생명공학사업으로 추진함으로써 예산투자 포트폴리오의 분산이 가능

[표 5-5] 해양수산 R&D 사업 중 북극관련 사업 추진 현황

세부사업	내역사업/세부과제	사업기간 (총사업비)	16년 예산	17년 예산	18년 이후
극지 및 대양 과학연구	○ 양극해 활용연구	'16~'20 (25,000)	6,950	8,950	17,800
	북극해 환경변화 통합관측 및 활용연구		3,600	3,600	
	북극해 해저자원환경 탐사 및 활용기술 개발	'16~'20 (20,000)	1,350	1,350	17,300
	남극해 탄소저감 최적기능 환경특성 연구	'16~'20 (20,000)	2,000	2,000	16,000
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구	'17~'21 (17,100)	-	2,000	15,100
	○ 남극 장보고기지 활용 기반기술	'14~'18 (15,000)	5,000	5,000	7,000
	장보고기지 주변 빙권변화 진단, 원인규명 및 예측		2,000	2,000	
	남극 빅토리아랜드 지역 지각 진화 및 행성형성과정 연구	'14~'18 (14,000)	3,000	3,000	4,000
	○ 대양활용연구	'17~'21 (22,000)	-	4,000	19,500
	북서태평양 해양-대기 상호작용 및 태풍 급강화 현상 연구		-	2,500	
인도양 중앙 해령대 심해열수공 생명시스템 이해	'17~'21 (17,000)	-	1,500	15,500	
해양안전 및 해양교통시설 기술개발	○ 해양안전기술개발	'17년 일몰예정	2,500	2,500	3,700
	○ 선박 및 인명대피 기술개발		1,000	1,000	10,800
	○ 친환경선박기술개발		6,303	2,163	-
	○ 선박평형수관리기술개발		2,655	1,345	-
	○ 해상교통시설기반기술개발		2,400	5,475	9,800
	○ IMO 해양안전종합관리체계기술개발		8,500	21,398	81,902
	○ 해양 융복합소재 기술개발		1,500	1,500	8,200

○ 해양수산 R&D 중장기계획과 북극중장기로드맵 연계

- 해양수산 R&D 중장기계획('14년)은 해양수산발전기본법에 따른 해양수산과학기술 분야 최상위 법정계획으로 예산투자의 가이드라인으로 활용 중
- 중장기계획 상 북극관련 사항은 중점전략1「해양영토주권 강화 및 해양경제영토 확대」분야의 세부과제1-2「극한공간 활용 및 국제협력 확대」에 세부과제 수준에서 언급
- 따라서 앞서 언급한 북극에 특화된 별도사업의 추진과 더불어 중장기로드맵관련 사항을 동 계획에 최대한 반영시킬 필요가 있음.

VI

결론



□ 연구 로드맵 도출

- 본 연구는 2030 북극 각 과학·산업·정책 관련 세부분야별 미래전망을 ‘030해양수산미래비전’ 등과 같은 ‘국가계획과 국가생존기술’, ‘유엔 미래보고서 2050’ 등의 미래전망 보고서 및 저술서 등을 기반으로 북극에 관련한 내용을 선별하여 정리 및 북극 및 비북극권 주요국의 북극전략 및 연구정책 고찰
- 이 같은 분석을 토대로 중장기 북극연구 수요조사서를 설계하고, 국내 전문가를 대상으로 연구수요 설문조사를 실시하여 72건 결과를 취합
- 이 취합결과를 바탕으로 각 분과별로 5개 핵심분야를 도출하고 설문조사 결과를 재분류함. 그리고 핵심분야별로 기본로드맵을 작성하여 향후 해당 분야에 대한 기획연구 기반을 제공
- 또한 5개 핵심분야별 구성 내용을 검토하여 KoARC 3개 분과는 각각 주도하면서도 분과간 협력할 수 있는 ‘3개 융복합 과제’를 발굴하여 제시

□ 기술수준 분석 및 정책적 우선순위 도출

- 국내 민간 과학기술 정책 컨설팅연구소인 해량기술정책연구소에 연구용역을 통해, 북극 연구분야의 기술수준 조사와 국내 전문가를 대상으로 과학·산업·정책분야별 세부 기술로 분류하고, 논문 및 특허분석을 통해 우리 기술수준 및 현 위치를 파악. 또한 세부분야별 기술수준, 기술격차, 기술여건 현황정보 파악을 위한 전문가 델파이 설문조사 실시
- 먼저 논문 및 특허분석을 통해 선진국 대비 우리나라 현재 위치를 점검(영향력지수, 기술력 지수를 함께 고려)한 결과 20위 중 17위, 다만 2013년 북극이사회 옵서버 가입 후인 2014년 논문 편수가 점진적 증가한 것으로 분석 특허는 2011년 이후 등록건수에 있어 변화가 거의 없는 상황(미, 러 등은 지속 증가추세) 다만 2000년 이후 우리나라 조선해양 플랜트 및 해양생물자원 관련 특허 건수가 현저히 높게 나타나고 있는 만큼 해당분야에 대한 전략적 검토 필요
- 국내 북극전문가 50인을 대상으로 한 델파이 설문조사 결과 우리나라

기술수준은 평균 53.6%이고 최고기술보유국은 미국으로 81.7%로 응답

- 논문 경쟁력에서는 북극 과학분야 13개 세부기술 중 기후변화대응기술, 대기환경모니터링 기술, 원격탐사(위성)기술이 상대적으로 경쟁력이 높은 분야로 평가
- 텔파이조사와 기술별 여건 등을 분석한 결과 과학분야에서는 통신기반기술, 원격탐사기술, 신소재발굴기술, 조사관측장비개발기술, 무인관측기술 등이 최우선 추진 대상으로 제시
- 산업분야에서는 운항선박개발기술, 자원수송기술, 해양플랜트설계생산기술, 운송체계개발기술, 운항고도화기술 등 조선해양플랜트 및 물류분야가 최우선 추진대상으로 제안됨.
- 정책분야에서는 통신바이오항만물류 및 에너지자원비즈니스정책, 즉시부두 시설 등 동향분석, 국제협력 및 인력양성정책 등 최우선 추진 대상으로 제안됨.
- 이 결과를 앞서 파트 III에서 분류된 15개 핵심분야를 대상으로 재분석한 결과 과학분야에서는 융복합 및 첨단기술, 그리고 북극생태계 및 생물 다양성 등 2개 분야, 산업분야에서는 미래 북극물류체계와 북극항로 화물수송 선박 등 2개 분야, 정책분야에서는 북극 뉴비즈니스와 북극 거버넌스 등 2개 분야에 최우선 순위가 있는 것으로 분석됨.
- KoARC 내에서 국내 민간정책연구소의 우리나라 북극연구 분석결과와 우선순위 제안에 대해 충분한 검토와 함께 현행 정부 계획과의 연결성 등을 고려하여 최종 결과를 도출하여, 2018년 정부의 포트폴리오 다양화와 함께 기획과제로 발전시킬 것을 제안함으로, 정부차원의 연구정책 추진 성과가 창출되도록 기여할 계획임.

참고 1**전문가 수요조사 설문결과(72건)****1**

주제명	위성기반의 극지 기후변화 감시
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지의 환경을 감시하고 분석하기 위한 기후변화 관측시스템 확보 ○ 북극항로 주변 해빙변화 및 환경예측 강화 ○ 북극 환경변화에 따른 한반도 기후 변화
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해빙면적 단기예측기술 개발을 통한 북극항로 환경예측 정보 제공 ○ 지속적인 북극해빙면적 감시를 통한 빙권변화 모니터링 ○ 북극 환경변화와 한반도 이상기후/기상재해와의 연관성 연구 ○ 북극해빙면적 단기예측모델을 통한 예측 기술 개선
핵심 키워드	위성관측, 기후변화, 북극해빙, 북극항로
관련영역 번호	1-1, 1-2, 1-5
작성자	<p>기관명: 기상청/국가기상위성센터</p> <p>작성자: 박준동</p> <p>연락처: 070-7850-5804, jun.park@kma.go.kr</p>

주제명	활발한 북극활동 시대의 안전항행을 위한 기상/해양 예측모델링 시스템 구축
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구온난화로 인해 새로운 북극항로가 개발되고 있음 ○ 북극 자원개발 및 무역활동이 활발해질 것으로 예상됨 ○ 안전항로 확보를 위한 대책마련이 필요함
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 항로에 대한 기초자료 조사 및 분석 ○ 북극해 및 주변지역에 대한 기상/해양 정보 구축 및 분석 ○ 고정밀 기상/해양 예측 모델링시스템 구축 ○ 안전한 신규 항로 예측 ○ 운항시 기상/해양 상황 예측을 통한 안전확보 정보제공
핵심 키워드	지구온난화, 기후변화, 기상예측, 해양현상, 생태계 변화
관련영역 번호	1-1, 1-2, 1-5
작성자	<p>기관명: (주)환경과학기술</p> <p>작성자: 김태연</p> <p>연락처: 02-2113-2187, kimty@kesti.co.kr</p>

주제명	제 3기 이후 북극해 중앙해역 및 대륙붕해역 빙하역사 복원: IODP 시추참여 및 시추제안서 공동제출
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해의 제 3기 후기 에오세(44.4 Ma)부터 중기 마이오세(18.2 Ma)에 약 2,600만년의 결층(hiatus)이 존재하여 북극해의 진화역사 기록의 시추 및 복원연구를 통한 전 지구적인 기후변화에 미친 영향 규명이 필요함 ○ 중생대 후기 이후 지구의 기후변동(Greenhouse to Icehouse) 기록을 복원하기 위해 북극해에서 10개의 주요 시추탐사해역이 선정되어, 2018년 8월 북극해 3대 해령인 로모노스프 해령의 러시아에 인접한 남쪽해역 IODP 시추가 추진 될 계획임 ○ 또한 플라이오세 및 전기-중기 플라이스토세 퇴적층을 확보하기 위한 탐사연구가 북극해 중앙 결빙해역에서 진행 중 ○ 우리나라도 「아라온」 국제공동탐사자료 확보를 통해 북극해에서 추진될 거대지구과학프로그램에의 능동적인 참여와 함께 지질학적, 기후학적인 글로벌 이슈해결을 위한 시추제안서 공동제출을 위한 탐사연구가 필요함
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년 추진되는 로모노스프 해령 국제공동해저시추사업 참여 및 전 지구적 기후변화관련 글로벌 이슈 공동해결 ○ LGM 이후 베링해협 개폐에 따른 서북극해 대륙붕 주변해역의 초고해상 기후변화 정밀기록 복원 및 홀로세 이후 북극진동기록 최초 정밀 복원 ○ 알래스카 북부대륙붕해역 아라온 공동탐사추진 및 롱코어 퇴적물 획득 ○ 서북극해 고해상 기후변화복원을 위한 국제공동해저시추제안서 공동제출 ○ 스텔바르 군도 주변해역 지구온난화에 의한 육상-피오르드-대륙붕연안-해양 물질순환시스템변화 연구
핵심 키워드	북극해 중앙 결빙해역, 전 지구적 기후변화 복원, 빙하역사, 국제공동해저시추프로그램
관련영역 번호	1-3, 1-7
작성자	기관명: 극지연구소 작성자: 남승일 연락처: 010-6641-5082

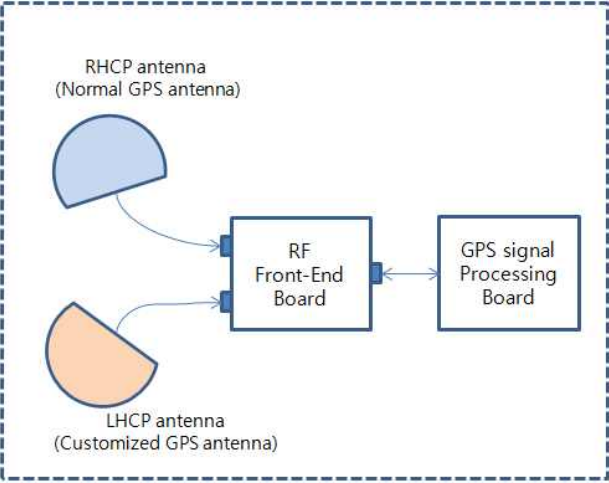
주제명	북극 육상 생태계 및 대기경계층 모니터링 및 모델링 기술 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지의 육상생태계 변화와 그것이 지역/전구 기후 및 대기환경 변화에 미치는 영향을 보다 잘 이해함으로써 지속가능한 발전을 위한 불확실성 감소 ○ 극지 육상생태계의 변화를 직접 관측하고 대기와 연계시키는 최고수준의 모니터링 기술 필요 ○ 극지 육상생태계 모델링 기술 향상을 통하여 생태계 다양성, 기후 변화, 대기 환경과 관련된 보다 나은 정보를 생산할 필요가 있음 ○ 북극 환경의 입체적인 진단 및 예측 기술을 향상시키기 위해서 기존의 에너지 플럭스 및 이산화탄소 플럭스 관측뿐만 아니라 에어로졸, 메탄, 미세먼지, 오존 플럭스에 관한 관측 시스템 운영 필요함 ○ 북극 토지 이용 및 피복 변화에 따른 국지/지역/전구 규모의 대기 운동 변화를 진단하고 예측할 수 있는 기술 필요 ○ 북극 지역의 신재생 에너지의 경제적 가치 평가를 위해서는 지면 근처의 대기경계층 감시 및 모델링 기술이 필요
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 육상생태계에서 배출되거나 흡수되는 온실가스, 오존, 에너지, 에어로졸 플럭스 관측 시스템 구축, 운영 및 분석 ○ 극지 피복 변화에 따른 국지/지역/전구 규모 지구시스템 모델링 시스템 개발 ○ 극지 육상생태계 모델링 시스템 개발 ○ 북극 지역 신재생 에너지 자원 지도 작성 ○ 대기 경계층 연속 감시 및 모델링 기술 개발
핵심 키워드	북극 육상생태계, 북극 토지 이용 및 피복 변화, 북극 육상생태계 감시 및 예측, 북극 육상생태계 모델링, 북극 생태계-일기-기후 상호작용
관련영역 번호	1-2, 1-4, 1-5, 2-7
작성자	<p>기관명: 연세대학교 대기과학과 지구환경연구소</p> <p>작성자: 홍진규</p> <p>연락처: jhong@yonsei.ac.kr</p>

주제명	극지 환경 및 기후 변화 예측 불확실성 정량화를 위한 모델-관측-자료동화 결합 연구
필요성	○ 극지 환경 및 기후 변화 예측성 향상을 위해 예측과 관련된 불확실성 정량화 필요 ○ 극지 환경 및 기후 변화 예측성 향상을 위해 고해상도의 모델 필요 ○ 극지 환경 및 기후 변화 예측성 향상을 위해 모델-관측-자료동화 결합 필요
주요 내용	○ 고해상도 극지 기상/기후 모델 구축 ○ 극지 환경 및 기후 예측을 위한 모델-관측-자료동화 결합 ○ 극지 기후 예측의 불확실성 정량화 및 예측성 향상에의 적용
핵심 키워드	극지 기후예측 불확실성 정량화, 고해상도 극지 모델, 모델-관측-자료동화 결합
관련영역 번호	1-2
작성자	기관명: 연세대학교 대기과학과 지구환경연구소 작성자: 김현미 연락처: khm@yonsei.ac.kr

주제명	북극 지표 대기감시기체 모니터링을 위한 다산기지 판도라 분광광도계 설치
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 북극에서도 예상하지 못한 오존층 파괴가 발견되고 있으며, 이는 북극 진동, 해빙 변화, 심지어 동아시아 계절풍 변화와도 연관이 있음이 선행연구로 밝혀지고 있음. ○ 한국은 북극 오존량을 관측하는 지상장비를 운용하고 있지 않고 있어 북극 상공 오존 정보 수집에 한계를 가지고 있음 ○ 판도라 분광계는 오존뿐만 아니라 질소산화물과 같은 대기 감시기체의 모니터링도 가능해서 북극 오존량 감시 및 북극 대기 환경을 파악하는데 여러모로 유용하게 사용할 수 있음
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 다산 기지에 판도라 분광계 설치, 장기간 관측을 통한 북극 상공 오존량 변동성 특성 추적 ○ 일산화질소 관측 자료와 병합하여 극지 대기 오염 정도를 감시 (특히 Arctic haze가 발생하는 시점에 초점을 두어 오염의 최대치를 파악) ○ 기존 세계 오존 관측망 (예: World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre) 자료들과의 비교 검증을 통해 저렴한 비용으로 북극에서 오존 감시를 폭넓게 전개할 수 있는 가능성을 검증.
핵심 키워드	북극 대기 환경, 오존층 감시, 지상 관측망, 판도라 분광계
관련영역 번호	1-2, 1-5
작성자	<p>기관명: 연세대학교 대기과학과 지구환경연구소</p> <p>작성자: 구자호, 김 준</p> <p>연락처: jkim2@yonsei.ac.kr</p>

주제명	북극권 장거리 이동 에어로졸 규명 및 기후변화 연구
필요성	○ 기후변화 불확실성이 가장 높은 에어로졸의 특성을 규명 필요 ○ 기후변화에 민감한 북극권 대기오염도 파악 ○ 장거리 이동 오염물질의 북극권 영향 규명 필요
주요 내용	○ 북극권 에어로졸의 특성을 규명하여 기후변화 영향 파악 ○ 유럽, 아시아 등 장거리 이동 에어로졸의 북극권 영향 파악 ○ 북극에서의 에어로졸 생성 규명
핵심 키워드	에어로졸, 장거리 이동, 기후변화
관련영역 번호	1-2
작성자	기관명: 광주과학기술원 작성자: 박기홍 연락처: 010-4801-2156, kpark@gist.ac.kr

주제명	<p>연구 주제: 북극권 위성감시체계 구축</p> <p>○ (최종목표) 북극 환경변화 대응을 위한 인공위성 원격탐사 관측 기술 확보 및 관측망 구축</p>
필요성	<p>○ 북극정책 기본계획(13 ‘)에 의한 “해빙 면적 단기 예측기술 개발을 통한 북극항로예측 정보 제공 “을 이행하기 위한 기술 개발 필요</p> <p>○ 북극권 기후변화 연구, 북극항로 개척 등 과학, 경제, 사회적 다양한 분야에서 북극권 정보 수요 급증.</p> <p>○ 쇄빙연구성 활용 현장관측과 함께 북극해 변화 파악을 위한 광역 관측 자료 필요 (쇄빙연구선의 물리적 관측 한계 극복)</p>
주요 내용	<p>○ 북극권 환경변화 위성관측 감시 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북극 빙권 환경관측 감시 시스템 개발 - 극지 위성 공간정보시스템 구축(광역 정보망 구축) <p>○ 아리랑 위성 운용을 통한 북극권 모니터링 기술 선도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북극권 감시를 위한 독자적 아리랑 위성자료 전처리 기술 개발 <p>○ 국제 네트워크 구축을 통한 북극권 위성 관측망 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북극권 빙권정보 고도화를 위한 국제협력체계* 구축 <p>* NASA/미국, ESA/유럽 등 활용</p>
핵심 키워드	인공위성 원격탐사, 북극권 환경변화 감시 관측, 북극항로 개발
관련영역 번호	1-1, 1-2, 1-4, 1-5
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 김현철</p> <p>연락처: 032-760-5335, kimhc@kopri.re.kr</p>

<p>주제명</p>	<p>북극 해수면/해빙 변화 탐지용 GPS 반사파 측정 모듈 개발 연구</p>
<p>필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온난화에 의한 북극 환경변화(해수면, 해빙 등)를 정밀 탐지하기 위한 신기술 활용이 요구됨 ○ 보다 저렴하면서도 유지보수 비용이 적은 GPS 반사파를 이용한 패시브 방식의 탐지 방법을 제안함 ○ 기존 설치된 센서 및 방법을 보완하고, 향후 국내 기술력의 자립도 확충 및 국산화로 비용 절감 효과를 기대 할 수 있음
<p>주요 내용</p>	<div style="text-align: center;">  <p>[GPS 반사파 측정 모듈 모식도]</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ RF 모듈 및 RHCP(Right Hand Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization) 안테나 커스터마이징 ○ 북극 환경 맞춤형 GPS 반사파 측정 모듈 시작품 제작 ○ 인공위성 원격탐사 개념으로, GPS 등의 신호를 활용하여 신호 강도 및 위성 등의 데이터를 수신/처리/분석 ○ 해수면/해빙 탐지 알고리즘 설계 및 개발
<p>핵심 키워드</p>	<p>GPS 반사파, RF모듈, 해수면, 해빙, 원격탐사</p>
<p>관련영역 번호</p>	<p>1-1, 1-5</p>
<p>작성자</p>	<p>기관명: (주)지오룩스 작성자: 안태규 연락처: 070-8853-9003 / 010-8881-5393 (tgahn@geolux.co.kr)</p>

주제명	북극 지능정보 융복합 환경변화 연구 (기후·환경·IoT·예측/생태계, 미생물 등)
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극한지에서의 과학기술 확장 및 국내·외적으로 극한지를 대상으로 우리나라가 수월성을 가지고 선제적으로 리드할 수 있는 지능정보·융합 기후환경변화 연구 수행 필요 ○ 국내 북극정책 로드맵 마련 및 국제 북극기구 전략에 의거한, 주제별 극지 동토층 기반 다학제/국제공동 선도연구 수행 필요 ○ 북극이사회 국가들과의 과학연구 활동 강화, 기후환경변화 연구 강화 및 북극 원주민 등 협력 추진, 읍서버 국가로서의 국제적·과학적 역할 이행
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 글로벌 시스템에서의 북극권 동토층 환경변화 역할 규명, 지능정보 융복합 모니터링 기술 및 유용물질 활용 기술 개발 ○ 북극 환경변화가 생태계와 인간에 미치는 영향 파악 ○ 북극 관측거점 기반 기후변화 미래 예측 기술 개발 ○ 북극 동토층 관측거점 유래 환경정화용 미생물 활용 기술 개발 ○ 북극권 피오르드·융해호수 환경 및 지형변화 추적 기술개발, 활용
핵심 키워드	동토층, 환경변화, 지능정보 융복합, 모니터링 및 유용물질 활용 기술, 생태계, 미래 예측
관련영역 번호	1-2, 1-5, 1-6, 2-4, 3-1
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 이방용</p> <p>연락처: 032-760-5302 / bylee@kopri.re.kr</p>

주제명	유기분자생체지표 분석기법을 활용한 현재와 과거 해빙 및 수온 복원
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 기후 및 해수면 변동이 얼마나 자연적 또는 인위적 요인에 의해서 일어나는 현상인가를 정확히 파악하고 대응하기 위해서는 장기간의 수온 및 해빙 분포에 관한 기록이 필요함 ○ 그러나 위성 관측 또는 장비 측정을 바탕으로 한 해빙 분포 및 수온 변화 연구 방법으로는 장기간 자연적 기후변화에 따른 해빙분포(1979년 이전) 및 수온(약 1860년 이전) 복원이 불가능함 ○ 선진국에서는 고해빙 및 고수온 복원을 통한 고기후·환경 연구에 유기분자생체지표 분석방법을 활발하게 활용하고 있음 ○ 국내에서 고기후 및 고환경 복원에 유기분자생체지표 접근 방법을 활용하는 연구는 초보 단계임 ○ 국내에서는 아직 극지해양 해빙 및 수온 복원에 필요한 선진국 수준의 유기화학적 연구 인프라 구축을 위한 민간 및 정부 차원 지원 정책이 없었음
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지해양 연구에 활용 가능한 선진국수준의 유기분자생체지표 분석시스템 구축 ○ 극지 해빙 및 수온 복원에 사용되는 특정 유기분자생체지표의 탄소·수소·산소 안정동위원소 분석시스템 구축 ○ 유기분자생체지표를 활용해 과거 해빙 및 수온 변화 정밀복원(100-1,000년 단위) ○ 극지 해빙 및 수온 변화 원인 및 영향 규명
핵심 키워드	해빙 변화 복원, 수온 변화 복원, 홀로세, 유기분자생체지표
관련영역 번호	1-7
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 김정현</p> <p>연락처: 010-3902-2329</p>

주제명	북극 미생물 기반 저분자 의약품 및 전구물질 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온난화에 의한 북극 빙하미생물의 증가 및 연안지역 생태계 변동에 따른 유용 세균의 발견 확률 증대 ○ 저분자 의약품이 전체 의약품 시장의 70%이상을 차지할 정도로 중대한 경제적 가치 보유 ○ 다국적 제약회사가 리드하고 있는 의약산업의 새로운 돌파구 및 현실적 대안이 될 수 있음
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 미생물 특성 분석을 통한 북극 환경변화 이해 및 응용 연구 기반 확보 ○ 유용 미생물 대량 확보 및 활성을 보유한 저분자 물질 탐색 ○ 저분자 의약품 및 전구물질의 개량을 통한 바이오 신소재 개발
핵심 키워드	예방형 의약품, 의약품, 전구물질, 북극 미생물
관련영역 번호	1-7, 1-6, 1-1, 1-3, 1-4
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 한세중</p> <p>연락처: 032-760-5521, hansj@kopri.re.kr</p>

주제명	기후변화에 따른 북극권 육상 지역의 지질, 생태 변화 양상 규명
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후온난화에 따른 동토 환경 변화 양상 규명 ○ 북극권의 빙하 후퇴로 새롭게 노출되는 육상 지역 연구 필요 ○ 아직 연구가 덜 되어있는 북극권 지역의 육상 연구 분야 세계적 선도
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동토층의 물리적, 화학적 변화 양상 규명 연구를 통한 기후 온난화의 영향 파악 ○ 새롭게 노출되는 육상지역 지질의 특성 파악을 통한 북극권 환경 진화의 심도 있는 이해 ○ 북극권 육상 생태계 모니터링을 통하여 기후 온난화가 생태계에 미치는 영향을 파악
핵심 키워드	육상연구, 동토층, 지질, 생태, 환경변화
관련영역 번호	1-4, 1-6, 3-4
작성자	<p>기관명: 극지연구소 (극지지구시스템연구부)</p> <p>작성자: 박태운</p> <p>연락처: 032-760-5437</p>

주제명	북극해 해저자원환경 탐사
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 해빙의 급격한 감소에 따른 해저자원개발 가능성 현실화 ○ 북극해 해저자원 관련 현장 자료/정보 축적 및 국내산업체 제공 ○ 북극연안국과의 공동탐사를 통한 해저자원 개발 파트너십 구축
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 대륙붕 공동탐사를 통한 탐사자료/시료 확보 ○ 북극해 해저지질환경과 자원분포 특성 규명 ○ 극한지 해저자원탐사 기술 개발
핵심 키워드	북극해, 해저자원, 대륙붕 탐사, 해저지질환경, 자원가능성 평가
관련영역 번호	1-3, 2-2, 2-7
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 진영근</p> <p>연락처: ykjin@kopri.re.kr</p>

주제명	북극 온난화에 따른 북극해 해저환경 변동성 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급격한 북극온난화에 의한 북극 해저영구동토층/가스하이드레이트 해리 ○ 북극 해저지층 해리에 의한 대규모 해저메탄방출현상 촉발 ○ 북극 해저메탄 방출에 따른 지구온난화 가속화
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 해저영구동토층/가스하이드레이트 해리현상 조사 ○ 북극해 대륙주변부 해저안정성 변동성 평가 ○ 북극 해저메탄방출현상 탐지 및 지구환경영향 평가
핵심 키워드	북극해, 영구동토층, 가스하이드레이트, 해리, 메탄방출, 해저사태
관련영역 번호	1-3, 2-2
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 진영근</p> <p>연락처: ykjin@kopri.re.kr</p>

주제명	<p>연구 주제: 서북극 급속 용빙해역의 해빙-해양-생태계 상호작용 이해와 미래 북극해 환경변화 전망 연구</p> <p>○ (최종목표) 서북극 급속 용빙해역(척치해/동시베리아해)의 해빙 - 해양 - 생태계 상호작용 이해에 근거한 미래 북극해 환경변화 전망</p>
필요성	<p>○ 최근 북극해의 급격한 온난화는 강력한 해빙-해양-생태계 상호작용을 통해 증폭되고 있음</p> <p>* 태평양 기원수의 시·공간 변동과 해빙 내부 물리과정 변화 등 급속 용빙의 조절 인자 이해 필요</p> <p>* 북극 해빙면적의 감소에 따른 해빙-수층 생태계 구조와 물질순환 변화 이해 필요</p> <p>* 북극해 해양생태계 구조와 물질순환 변화로 북극 온난화가 더욱 가속화 되고 있는 현상 이해 필요</p>
주요 내용	<p>○ 해빙의 급속한 용빙을 조절하는 해빙-해양 물리특성 변화 연구</p> <p>* 태평양 기원수 열염구조의 시·공간적 변동성 파악 및 해양환경 변화에 미치는 영향 이해</p> <p>* 해빙 내부 물리과정(용빙호, 열속)의 역할 연구</p> <p>○ 서북극해 해빙면적 감소 및 용빙-하천수 유입량 증가에 따른 해빙-수층 생태계 구조와 물질순환 변화 연구</p> <p>* 일차생산자의 반응과 하위영양 생태계 변화양상 파악</p> <p>* 생지화학적 물질(탄소, 질소 등) 순환 이해</p> <p>○ 해빙-해양-생태계 변화양상 가시화 및 북극해 미래 환경변화 전망 연구</p> <p>* 북극해 관측자료 데이터베이스화 및 GIS기반 가시화시스템 구축</p> <p>* 해빙-해양-생태계 상호작용 모델링 및 북극해 해빙예측 정보 생산</p>
핵심 키워드	서북극해, 급속 용빙해역, 해양-해빙-생태계 상호작용, 환경변화 미래 전망
관련영역 번호	1-1, 1-5
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 강성호</p> <p>연락처: 032-760-5332, shkang@kopri.re.kr</p>

주제명	북극해 해양생물다양성 변화 모니터링 기반 구축
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 해양생물다양성의 급격한 변화에 대한 과학적 이해 시급 ○ 생물다양성 변화를 효율적으로 모니터링하기 위한 방법론 개발 및 모니터링 거점 마련 필요 ○ 북극해 해양생물자원의 활용기반 구축을 위한 해양생물시료 확보
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 조간대 서식지의 해빙에 따른 변화 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화로 인해 북극해 연안지역의 동토가 녹고 있는 추세임 - 새로이 형성되는 연안서식지의 이산화탄소 방출 및 일차생산력 등 생태적 기능을 조사하고자 함 - 일차생산자 정착/증가 등에 따른 저서무척추동물 등의 군집 변화 양상 파악 - 북극항로 주변 항구지역을 따라 다수(3~5)의 조사거점 마련하여 장기조사 수행 ○ 북극해 주요 생물군의 생물다양성 현황 조사 및 생물시료 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 연안의 조사거점에서 다양한 분류군의 생물채집 수행 - 형태 및 분자분류를 통한 정밀한 동정 및 분류작업 수행 - 영구보관 및 산업활용이 가능한 형태의 생물자원 확보 및 표본 제작 ○ 북극해 해양생물다양성의 주요 변화 요인 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 기온변화, 연안서식지의 얼음 변화 등 물리적 변화 자료 수집 - 생물다양성 자료와 연계하여, 기후변화에 취약한 분류군 파악 및 북극해 연안 해양생물다양성의 주요 변화 요인 파악
핵심 키워드	연안, 조간대, 동토, 서식지, 기능, 생물다양성, 변화요인, 모니터링, 거점
관련영역 번호	1-6, 1-5
작성자	<p>기관명: 국립해양생물자원관</p> <p>작성자: 한동욱, 윤문근, 박진순</p> <p>연락처: jpark@mabik.re.kr / 010-2063-3018</p>

주제명	북극권 및 툰드라지역 서식 이동성 조류의 보전·관리기술 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 직접적 영향을 받는 북극권 지역 이동성 조류의 개체군 변동양상 및 예측기술 개발 필요 ○ 개체군 변동 여부를 조기에 예측하고, 관련 정보를 상시적으로 신속하게 제공할 수 있는 기술 개발 및 시스템 필요 ○ 이동성 조류 보호 전략 수립을 위한 유전학적 기초자료 제공
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전학적 연구기법을 활용한 번식지(breeding site) 및 섭식지(feeding site)에 대한 유전자다양성 변동양상 파악 <ul style="list-style-type: none"> - allele-specific oligomer 개발 및 유전자 chip 완성 - 유전적 개체군 크기(Effective Population Size) 변동양상 파악 - 번식지내 개체군들에 대한 계군분석(Genetic Stock Identification) 실시 - 개체군 보전 연구에 필요한 ESU(Evolutionary Significant Unit) 수립 ○ 생태 모니터링을 위한 data base 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 생태학적 특성정보 구축(서식지구조변동, 먹이망역학변동, 먹이사슬 변화 예측 알고리즘 등) - 기후요소와 자원변동 분석 ○ 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology) 기반 자원변동 예측 및 대국민 정보 기술 제공
핵심 키워드	이동성 조류, 북극권, 유전자 마커, ESU, ICT
관련영역 번호	1-6, 1-7
작성자	<p>기관명: 국립해양생물자원관</p> <p>작성자: 한동욱, 윤문근, 박진순</p> <p>연락처: mgyoon@mabik.re.kr/ 010-7137-7706</p>

주제명	북극권 해양생물 유전자원 확보 및 활용기술 개발
필요성	○ 북극권 해양생물 유전자원 확보 및 활용기술 개발로 지속적인 가치 창출 ○ 해양생명공학기술 활용 기술 개발을 통한 바이오산업 고부가가치 창출 필요
주요 내용	○ 극지해양 환경 적응 규명을 위한 유전체 연구 - 유전체 해독 및 분석을 통한 환경적응 유전자 탐색 - 비교유전체 분석을 통한 진화의 핵심 원리 연구 ○ 북극권 해양생물을 통한 원천소재 확보 - 난배양성 미생물 확보 및 산업적 유용 기능 유전자 발굴 - 전사체, 단백질체 및 대사체 구조 및 기능을 밝히기 위한 분석 실시 - 자원관 유전체연구 추진 그린란드상어로부터 대용량 오믹스 정보 분석 및 가공
핵심 키워드	북극권, 유전자정보, 원천소재, 오믹스
관련영역 번호	1-6, 1-5
작성자	기관명: 국립해양생물자원관 작성자: 한동욱, 윤문근 연락처: mgyoon@mabik.re.kr/ 010-7137-7706

주제명	북극환경 내 제조나노물질의 거동 및 생물 영향 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 나노기술의 급진적인 발전에 따라 다양한 유, 무기 나노입자들이 환경 중에 유입되어 독성 및 유해한 영향을 끼친다는 보고가 있음. 따라서 제조나노물질을 신규오염물질로 인식하는 추세이며 이에 지난 10년간 나노물질의 거동 및 위해성 관련 연구는 꾸준히 증가하는 추세임 ○ 연안국에서의 수계 전파, 대기 내 장거리 이동 등으로 미세나노플라스틱과 나노물질들이 직, 간접적으로 북극 해양환경으로 노출될 가능성이 충분함에도 불구하고 현재까지 관련 연구 결과는 전무함 ○ 제조나노물질이 북극환경에 미치는 영향을 규명함으로써 지구환경 분야의 새로운 패러다임을 제시할 수 있으며 국가 이미지 제고와 영향력 향상에 기여할 수 있음
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 얼음매질 모사 시스템에서 2-3종의 제조나노물질의 빙화학적 변환거동과 이에 따른 다양한 생물종에 대한 독성 및 생물영향을 평가함 ○ 염도, pH, 유기산, 오염물질 함유 조건에서 얼음 내 제조나노물질의 응집 및 용출 거동을 분석함 ○ 얼음매질의 다양한 용빙조건에서 생물종 (조류, 모델동물 등) 별 성장저해 및 급·만성 생리적 활성 민감성을 분석함
핵심 키워드	제조나노물질, 미세나노플라스틱, 동결농축, 위해성
관련영역 번호	2-6
작성자	<p>기관명: 극지연구소</p> <p>작성자: 김기태</p> <p>연락처: 032-760-5365</p>

주제명	북극 항로 최적 표준 쇄빙 화물선 선형 및 추진 시스템 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차 산업혁명에 따른 에너지 소비 수요의 지속적인 증가 예상 ○ 북극 항로를 통한 에너지를 포함한 각종 자원의 안정적인 수급 ○ 침체된 국내 조선산업의 극지운항 선박 관련 수주 경쟁력 강화
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 항로 운항 및 화물 운송에 최적화된 친환경 쇄빙 화물선 설계를 위한 핵심 요소 기술 개발 → 선형 및 추진 시스템 최적화 ○ 항로·운송 화물을 고려한 표준 계열 선형 개발 ○ 정도 높은 빙해 운항 성능(저항추진·조종·운동) 평가 시험·해석 기술 개발 및 인프라 확충 → 설계 최적화에 활용
핵심 키워드	북극 항로, 자원의 수급, 친환경 쇄빙 화물선, 표준 계열 선형, 추진 시스템
관련영역 번호	2-5, 2-1, 2-2, 2-4, 1-1, 3-3, 3-5, 3-6
작성자	<p>기관명: 선박해양플랜트연구소</p> <p>작성자: 장진호</p> <p>연락처: 042-866-3438, jangj@kriso.re.kr</p>

주제명	북극해 유빙 감시 및 빙상 관리 기술 개발
필요성	○ 안전을 위협할 수 있는 유빙 상태에 대한 정도 높은 감시 및 이에 따른 효율적인 빙상 관리 → 북극해 해양플랜트 투입·운영 안전성 확보 및 작업 효율 제고
주요 내용	○ 유빙 상태 감시, 진행 경로 예측 기술 개발 ○ 안전하고 효율적인 빙상 관리 기술 개발 → 위협이 되는 유빙의 경로 변경, 쇄빙선 적기 투입 및 적재적소 운용 ○ 시험·해석 인프라 확충 → 북극해 운용 시 활용 가능한 유빙 경로 제어 기술 개발
핵심 키워드	해양플랜트, 안전성, 작업 효율, 유빙, 모니터링, 빙상 관리 기술
관련영역 번호	2-2, 2-4, 2-5, 2-6, 1-1, 3-6
작성자	기관명: 선박해양플랜트연구소 작성자: 장진호 연락처: 042-866-3438, jangj@kriso.re.kr

주제명	극지용 해양플랜트 설계 및 엔지니어링 기술 자립화
필요성	○ 설계 및 엔지니어링 기술의 자립화는 극지 해양플랜트 산업의 경쟁력 강화를 위한 필수적인 선결 조건임. ○ 북극해와 같은 극한 해역의 해양플랜트를 안정적으로 운용하기 위해서 고도의 설계 기술이 확보되어야 하며 위험도 평가를 기반으로 한 안전성 확보 기술 개발도 필요함.
주요 내용	○ 빙-구조 상호 작용 해석 및 빙하중 평가 기술 개발을 통한 운동·계류·위치유지 성능 및 구조 안전성 관련 엔지니어링 기술 개발 ○ 극지 해양플랜트 기본 설계 패키지 및 위험도 관리 기술 개발 ○ 정도 높은 운동·계류·위치유지 성능 평가 시험·해석 기술 개발 및 인프라 확충 ○ 북극해 기반 시제품 설계안 개발
핵심 키워드	해양플랜트, 운동·계류·위치유지, 구조 안전성, 엔지니어링, 시제품 설계안, 위험도 관리, 시제품 설계안
관련영역 번호	2-5, 2-1, 2-2, 2-4, 1-1, 1-3, 3-3, 3-5, 3-6
작성자	기관명: 선박해양플랜트연구소 작성자: 강국진, 장진호 연락처: 042-866-3438, jangj@kriso.re.kr

주제명	북극 항로 운항 선단의 최적 운항 지원 시스템 개발
필요성	○ 북극 자원 개발 및 물류 운송의 활성화로 운항 경제성 확보 시, 또는 안보 차원의 안정적인 에너지 수급을 위하여 1-2척의 쇄빙선박과 다수의 내빙 화물선 및 경우에 따라서 호위함으로 구성되는 선단의 운용이 필요할 수 있음. ○ 선단의 효율적인 운용 및 안전 운항 지원 요망
주요 내용	○ 극지 운항 선박의 운항 성능 평가 및 최적화 기술 ○ 선단을 구성하는 쇄빙선 및 화물선 간의 상호 작용 연구 및 관제 기술 개발 ○ 효율적이고 안전한 선단 최적 운항 지원 시스템 개발 ○ 다수의 운항 선박 간의 유체동역학적 거동 및 상호 작용에 대한 시험·해석 기술 개발 및 인프라 확충
핵심 키워드	선단, 에너지 수급, 최적 운항, 쇄빙선, 화물선, 상호 작용, 관제
관련영역 번호	2-1, 2-2, 2-4, 2-5, 3-6
작성자	기관명: 선박해양플랜트연구소 작성자: 조성락, 장진호 연락처: 042-866-3438, jangj@kriso.re.kr

주제명	북극해 해양 유류 오염 방제 기술 개발
필요성	○ 자원 개발 및 물류 운송 시 발생할 수 있는 해양 오염에 대비 ○ 국내 조선해양산업의 성장 동력 창출 및 글로벌 시장 선점을 위한 경쟁 우위 확보
주요 내용	○ 극지 해양 환경 하에서의 누출 유류 회수 및 처리 기술 개발 ○ 극지 해양 유류 오염 방제 기술 및 장비 인증 시스템 구축 ○ 극지 해양 방제 기술의 개발 및 정도 높은 평가를 위한 시험 인프라 확충
핵심 키워드	유류 오염, 방제, 누출 유류 회수 및 처리
관련영역 번호	2-6, 2-5, 1-1, 1-6
작성자	기관명: 선박해양플랜트연구소 작성자: 장진호 연락처: 042-866-3438, jangj@kriso.re.kr

주제명	극지 운항 선박의 빙상 하역을 위한 해빙의 내하중 평가기술 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 두꺼운 해빙(고착빙, fast ice)이 부두 근처에 위치하거나 선박의 흘수보다 부두 수심이 얇을 경우 차량을 이용한 해빙 위 하역 작업이 수행됨. ○ 기후 급변으로 인해 빙판의 내하중 특성이 크게 변하고 있으며, 하역작업을 위한 차량 및 인력의 안전에 큰 위협이 될 수 있음. ○ 해빙의 내하중 평가기술을 개발하고 체계적인 물품 하역절차 개발을 통해 북극해 물류 산업을 지원하고자 함.
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 해빙 내하중 연구 ○ 극지 해빙 물리적 특성 계측기술 ○ 극지 빙판 운행차량 내하중 평가 핵심기술 개발 ○ 극지 빙판 내하중 평가 시험
핵심 키워드	해빙 내하중, 안전유효면적, 선박하역기술
관련영역 번호	2-1, 2-4, 2-6, 3-6
작성자	<p>기관명: 선박해양플랜트연구소</p> <p>작성자: 조성락</p> <p>연락처: 042-866-3431, scho@kriso.re.kr</p>

주제명	극지 해양플랜트 기자재 시험평가 기법 및 인증 체계 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극에 부존하는 오일/가스 등의 해양자원의 확보에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 이를 위한 해양플랜트 및 해양플랜트 기자재 개발이 진행 중임 ○ 개발된 기자재의 검증 및 평가하기 위한 시험 방법 및 인프라 설비가 국내에는 부족한 실정임 ○ 국내에는 소형/대형 콜드룸이 존재하며, 특히 거제도에 위치한 선박해양플랜트연구소 해양플랜트산업지원센터가 보유한 -65℃ 급 중·대형 콜드룸을 활용하여 극지 해양플랜트 기자재의 시험 평가 기술 개발 시 국내·외 기자재 시험평가 및 인증 시장에 큰 파급효과가 있을 것으로 예상됨
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 해양플랜트 기자재의 내식성, 마모성, 피로수명, 구조적 안정성 등을 평가하기 위한 내구성 및 신뢰성 시험평가 기법 개발 ○ 극지 해양플랜트 기자재의 성능 평가 기술 개발 ○ 극한 환경에서 극지 해양플랜트 기자재의 안정적이고 효율적인 운용을 위한 안전도 평가 기술 개발 ○ 극지 해양플랜트 기자재 인증을 위한 절차 및 방법론 수립
핵심 키워드	극지 해양플랜트 기자재, 내구성/신뢰성 시험평가, 성능 평가, 안전도 평가, 인증 체계
관련영역 번호	2-4, 2-5, 3-1, 3-7
작성자	<p>기관명: 선박해양플랜트연구소</p> <p>작성자: 정정열*, 오재원</p> <p>연락처: *042-866-3626, jungjy73@kriso.re.kr</p>

주제명	극지용 기자재 방한(Winterization) 기술 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 운항 선박이나 북극해 해양 플랜트에서는 저온 환경에서의 안전 운항 및 작업이 가능해야 함. ○ 2017년부터 발효된 극지 운항 안전 규정인 Polar code 및 방한 설계 규정과 관련된 향후 이슈에 능동적으로 대응
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고성능 결빙 방지(Anti-icing) 및 해빙(De-icing) 기술 개발 ○ 항해·통신·화물 관리(Cargo control)·구난 장비 등의 저온 설계 기술 개발 ○ 극지에서 장기간, 반복적으로 극저온에 노출되는 소재의 극한지 재료 특성 연구 및 내한·내빙 성능이 향상된 소재 개발 ○ 방한 성능 시험·해석·평가 인프라 확충 → 극저온 설계기술 개발
핵심 키워드	방한(Winterization), 결빙 방지(Anti-icing), 해빙(De-icing), 극저온 설계
관련영역 번호	2-4, 2-5, 2-6, 3-1, 3-7
작성자	<p>기관명: 선박해양플랜트연구소</p> <p>작성자: 정성엽</p> <p>연락처: 042-866-3432, jsyeop@kriso.re.kr</p>

주제명	극지 환경에서의 재료변형 불확실성을 고려한 플랜트 기자재 설계
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지 에너지자원(가스, 석유 등)의 활용성이 확대됨에 따라 극지용 기자재 수요가 급증할 것으로 예상됨. 극지환경에 적합한 소재 개발 및 물성치 DB 구축의 필요성이 대두되고 있음 ○ 소재의 물성치(탄성계수, 손실계수 등)가 온도에 따라 변화되는 불확실성이 존재하며 이러한 불확실성 때문에 기자재의 고장이 유발될 수 있음 ○ 온도영향에 따른 불확실성이 고려된 극지용 기자재 설계기술 개발 필요
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지환경 모사 시험설비를 활용한 소재 물성치 측정 및 DB 구축 ○ 물성치 변화에 기인한 불확실성을 고려할 수 있는 기자재 설계 기술개발
핵심 키워드	불확실성기반 설계, 극지 기자재, 소재 시험, 극지환경 시험설비
관련영역 번호	2-2, 2-5, 2-7
작성자	<p>기관명: 선박해양플랜트연구소</p> <p>작성자: 민천홍</p> <p>연락처: 042-866-3886, chmin@kriso.re.kr</p>

주제명	유빙과의 충돌 피해 방지를 위한 적외선 모니터링 시스템 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유빙은 북극해를 운항하는 선박과 해양자원 시추 및 생산 시스템에 충돌하여 피해를 발생시킴 ○ 충돌 사고 방지를 위해 위성 영상 및 탐지레이더 이용함 ○ 위성영상은 야간활용이 불가능하고 소형유빙은 탐지확률이 저조함 ○ 주야간 모두 활용이 가능한 적외선 모니터링 시스템 개발 필요함
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해상 유빙의 정량적인 적외선 신호값 분석 ○ 북극해 해양환경조사 및 위협 유빙의 기준 설정 ○ 레이저 거리 측정기에 의한 물체와의 거리 계측 ○ 적외선 카메라를 이용한 위협 물체의 크기 관측 ○ 위협 물체 탐지에 따른 경보 시스템 개발
핵심 키워드	유빙, 적외선신호, 레이저거리측정
관련영역 번호	2-5, 2-6
작성자	<p>기관명: 동의대학교 부설 함정적외선신호연구소</p> <p>작성자: 조용진</p> <p>연락처: 051-890-2593, cjydeu@deu.ac.kr</p>

주제명	북극 해양유류오염 방제 대응 프로그램
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극은 기후의 특수성으로 자연적인 분해 과정이 가장 더딘 공간임 ○ 북극에서의 인간의 활동은 규모에 차이는 있지만 필연적으로 환경 교란을 유발하는 요소임 ○ 기지 운영과 선박 항해 과정에서 유류 유출은 가장 위험한 환경 재앙을 유발시킬 수 있으므로 철저한 사전 준비가 필요함 ○ 유류오염에 대응하기 위해 친환경적인 방제 설비 및 대응 체계를 필수적으로 갖추어야 함
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극환경을 고려한 빙해역에서의 방제장비(오일펜스 및 유회수 장치 등) 및 유류확산 방지기술 개발 ○ 북극 주요 거점 및 조사활동에서 발생할 수 있는 유류오염 사고시 방제 대응 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 새로운 북극맞춤형 장비 개발에 따른 지속적인 방제 프로토콜 적용 ○ 극지방에서 발생하는 유류오염사고 요인을 분석하여 경제적인 방제 인프라 구축 및 국제협력체계 강화
핵심 키워드	유류오염 방제, 유류확산 방지, 방제대응매뉴얼
관련영역 번호	2-6 (북극해 환경 보전 및 안전·방제)
작성자	<p>기관명: 해양환경관리공단</p> <p>작성자: 김영남</p> <p>연락처: 02-3498-8583, ynkim@koem.or.kr</p>

주제명	북극해 수송인프라 현황 및 우리나라의 투자 타당성 검토
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 러시아정부는 북극해항로를 국제적인 경쟁력을 갖춘 항로로 발전시키겠다는 의지를 표명함(푸틴대통령, 2017.5.14. 중국 일대일로 국제포럼) ○ 러시아정부는 수송전략, 북극존 사회경제발전전략 등에 의거 단계적으로 북극해 자원개발 및 운송을 위한 인프라 투자를 진행 중이나, 투자재원이 부족하여 외국 투자자들의 적극적인 참여를 원함. 러시아의 요구에 부응하여 최적의 조건으로 우리나라 업체의 진출방안을 모색해 볼 필요가 있음 ○ 향후 북극해항로의 상업적 운항에 대비하여, 항만, 선박, SAR, 통신, 기후 등의 북극해 인프라 투자 전반에 대한 타당성 검토를 통해 우리나라 업체 진출 가능성에 대한 검토가 필요함
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 해상운송 관련 북극해항로(NSR) 및 바렌츠해 등의 수송인프라 현황 파악 ○ 러시아, 노르웨이 등 북극해 해상운송 핵심 국가들의 수송인프라 개발정책 및 관련 법령 검토 등 환경분석 ○ 러시아, 노르딕국가 등 북극해항로 활용 국가들의 전략, 업체 동향등을 고려한 우리나라 업체의 투자방안에 대한 타당성 검토
핵심 키워드	북극해항로, 수송인프라, 사업 타당성 검토
관련영역 번호	2-1, 2-2, 2-4, 3-6
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	북극 관련 비즈니스 현황 파악 및 우리나라의 참여방안 수립
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 향후 북극해 지역에 본격적으로 진출하기 위해서는 북극지역의 비즈니스에 대한 현황 파악이 필요함 ○ 조사결과를 토대로 북극 비즈니스 참여 가능성을 분석하여, 자원개발 관련 화주, 조선사, 선사/물류업체에 비즈니스 참여 기회 정보를 제공할 수 있을 것임 ○ 인프라 개발 관련 비즈니스 기회 발굴
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비즈니스 관점의 북극지역 환경 분석 ○ 북극해 지역 이해관계자들의 입장 파악 및 비즈니스 협력 가능성 분석 ○ 북극물류 관련 비즈니스 기회 발굴시스템 고안 ○ 자원개발, 조선, 해운, 항만 등 제 분야의 연계 진출 모델 발굴
핵심 키워드	북극 비즈니스, 북극해 이해관계자, 북극 연계 진출 모델 수립
관련영역 번호	2-1, 2-4, 2-5, 3-6
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	북극물류시스템 분석 및 미래 북극물류시스템 예측
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 러시아 및 주요 노르딕국가들이 북극해 자원수출을 위한 물류 및 인프라 체계 정비 중임 ○ 러시아정부는 북극해 연안개발과 발전을 위해 단계적으로 물류지원 체계를 구축하는 과정에 있음 ○ 미래 북극해 자원개발 관련 우리나라 화주와 해운업체와 조선, 물류업체들의 관심 증가를 고려한 북극물류시스템 체계 분석 필요
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극지역의 자원개발 진척 상황, 환경변화에 따른 물류인프라 진화 과정 분석 ○ 북극해 및 북극 연안지역 등의 철도, 도로, 항만, 항공, 해운을 포괄하는 제반 북극물류시스템 분석 ○ 북극지역 운송 화물별 운송모드 분석 및 주요 운송 관련 업체 현황 ○ 북극물류시스템 분석 ○ 미래의 북극물류시스템 발전 방향 예측 ○ 우리나라 업체의 진출 방안 수립
핵심 키워드	북극물류시스템, 북극 운송 화물 분석, 우리나라의 진출방안
관련영역 번호	2-1, 2-2, 2-4
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	미래 북극해 운항 최적의 선박설계 위한 수송시스템 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해항로 운항에 적합한 선종, 선형, 규모 결정을 위한 지원 연구임 ○ 궁극적으로 북극해 운항 최적의 상업용 선박 개발을 통한 우리나라 조선업체의 북극 진출 지원 필요
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 운항 관련 전반적인 환경분석 (북극해 전체, 북극해항로 등) ○ 미래의 북극해 운항 소요선박 예측 위한 북극해 Cargo flow 분석 ○ 미래의 화물수요 예측을 통한 북극해 운항 최적의 선종 분석
핵심 키워드	북극해 운항 여건, 미래 북극해 화물운송 수요, 북극해 운항 최적의 선박
관련영역 번호	2-1, 2-5
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	미래 북극해항로 활용을 위한 최적의 비즈니스 모델 수립
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재의 북극해 자원개발프로젝트 진척 상황을 감안하면, 본격적인 북극해 수송은 2020년 이후에 급증할 것으로 전망됨 ○ 북극물류 관련 단기, 중기 연구 결과를 토대로 장기적인 관점에서 미래의 북극해항로 활성화 가능성에 잘 대비하여야 할 것임 ○ 미래의 북극 비즈니스 활성화 대비 북극 국가/업체와의 지속적인 협력 필요성
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기, 중기 연구결과를 토대로 미래의 북극지역 비즈니스 환경분석 ○ 미래의 북극 비즈니스 분석을 토대로 유망 사업 발굴 및 선정 ○ 북극해 자원개발프로젝트 참여통한 장기운송화물 확보 가능성 검토 ○ 궁극적으로 우리나라 업체(선사/물류, 조선 등)의 북극지역 진출 방안 수립
핵심 키워드	미래의 북극비즈니스 환경, 유망 비즈니스 발굴, 업체 진출방안
관련영역 번호	2-1, 2-2, 2-3, 1-1
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	북극해 자원개발 프로젝트 참여 및 자원수송 방안
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극지역 및 북극해 대륙붕지역에서 진행 중인 자원개발 프로젝트에 대한 검토 및 우리나라업체의 참여 타당성 분석 ○ 에너지자원 수입선 다변화 차원에서 북극해 및 북극지역 자원개발 참여 가능성 검토 및 국제협력 추진 필요성 ○ 미래 한-러 관계 강화 등 국익증진의 관점에서 북극해 자원개발 및 자원 수입 추진 (러시아, 노르웨이 등)
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 자원개발 프로젝트 추진 현황 파악 및 미래 개발 동향 예측 ○ 국익 증진 및 에너지수입선 다변화 관점에서 북극지역 자원개발 프로젝트 참여 혹은 수입 타당성 검토 ○ 미래의 북극해 자원수송 관련 향후 북극물류시스템 발전방향 분석 등
핵심 키워드	미래 북극해 자원개발, 자원운송 참여, 우리 업체 참여방안
관련영역 번호	2-2, 2-1
작성자	기관명: 영산대 북극물류연구소 작성자: - 연락처: -

주제명	북극해 공해 직접 및 공동 수산자원조사
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미래에 이용 가능한 수산자원 검토 ○ 새로운 어장 확보를 위한 지속적인 모니터링 필요 ○ 조사 및 연구를 통한 과학적 기여로 국가 이미지 제고
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험조사선에 의한 지속적인 조사 및 연구 추진 ○ 북극해 연안국과의 공동 조사 및 연구 추진 ○ 상업어선에 의한 시험어업조사 추진 ○ 수산자원 관련 연안국의 정보 수집
핵심 키워드	수산자원조사, 난자치어조사, 시험어업조사
관련영역 번호	2-3
작성자	<p>기관명: 국립수산과학원</p> <p>작성자: 최석관</p> <p>연락처: 051-720-2320, 010-9330-4295</p>

주제명	신종 전염병 감염대응 예방·치료를 위한 스마트 솔루션 개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화, 환경오염으로 신종 바이러스를 대응하는 진단, 예방·치료를 위한 약물개발로 국민 안전에 기여 ○ 각종 신규 질환에 대비한 생체 면역시스템 강화 ○ 미래의 바이러스 대응으로 국가적, 경제적 손실 감소에 기여
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극지유래 신규 전염병 진단기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 전염병 조기 진단 기술 개발 - 딥러닝 시스템과 융합한 예측 기술 개발 ○ 전염병 예방 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 각종 질환 대응을 위한 면역증진 소재 2종 이상 확보 - 신종 감염병 확산방지를 위한 공기 정화 시스템 개발 ○ 전염병 치료 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 백신 효능 평가를 통한 후보물질 2종 이상 도출 - IND 승인
핵심 키워드	전염병, 바이러스, 면역증진, 백신
관련영역 번호	1-2, 1-4, 2-6, 3-6
작성자	<p>기관명: 한국한의학연구원</p> <p>작성자: 채성욱</p> <p>연락처: 042-868-9524, kendall@kiom.re.kr</p>

주제명	러시아 북극권 사회 인프라 및 소수 민족문화 종합연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 환경 변화와 자원 채굴산업 발전에 따른 지역 주민과 소수 민족의 사회·경제적 변화를 연구하고, 새로운 생활양식 속에서 이들이 과연 어떠한 인적 자원으로 변모할지 고찰할 필요가 있다. ○ 이들 삶의 변화는 앞으로 새롭게 구성될 북극권 공간에 지대한 영향을 미칠 수 있다는 점에서 현안 연구 과제라 할 수 있다. ○ 러시아에서 축적된 민족 연구를 비롯하여 각종 통계자료, 기후 및 환경에 대한 자료, 해당 연구주제에 대한 기존의 연구 성과를 적극적으로 활용한다.
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경과 삶의 변화를 연구할 수 있는 방법론을 정립하고 자료 수집을 위한 네트워크를 구축. 러시아 북극항로 인근 지역의 소수민족에 대한 기본적인 데이터를 구축. 민족명부터 시작하며, 기원과 역사, 경제활동, 의식주, 토속신앙 및 가정의례의 특징 등 민족에 대한 기본적인 정보를 수집하고 정리. ○ 러시아를 북서 권역, 시베리아 권역, 극동 권역으로 나누어 주민의 사회·경제적 변화와 소수민족의 삶의 방식과 문화에 대해 차례로 연구 ○ 전체 권역의 사회·경제적 변화를 거시적 관점에서 살펴보는 동시에 북극항로 개발 시 북극 지역민의 인적 자원으로서의 토대를 연구. 수행한 연구를 바탕으로 지역별 소수민족의 생활과 의식주를 상호 비교하여 외부 요인이 이들의 생존과 삶의 영유에 어떠한 영향을 미치고 있는지 종합하고 북극해 주변의 소수민족의 미래에 대해 전망
핵심 키워드	러시아 북극권 주민, 러시아 북극권 소수민족, 러시아 북극권 인적 자원
관련영역 번호	3-2, 3-3, 3-5
작성자	기관명: 한국외대 러시아연구소 작성자: 최우익 연락처: 010-5214-1115

주제명	러시아 북극항로 주요 항구의 환경과 인프라 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극의 기후 변화로 북극항로를 중심으로 한 육상 및 해상 지역은 인류 공동체의 새로운 활동 무대가 되어가고 있으며, 앞으로도 인적·물적 교류가 더 활발히 이루어지게 될 것으로 전망된다. ○ 또한, 유라시아 대륙과의 물류 네트워크를 연결하려는 한국 정부의 정책과 맞물려 이 지역은 많은 관심을 받고 있다. 그 이유는 이곳이 지리적으로 가깝고 경제적으로도 큰 이익을 기대할 수 있는 지역이기 때문이다. ○ 본 연구는 러시아 북극항로의 중요한 거점이 될 항구를 중심으로 각종 기초 자료를 수집한다. 이것은 이후 항구의 경제성 평가에 도움을 줌과 동시에 항구 인프라 건설에 필요한 내빙 기술 축적 등에 대한 기본 연구 데이터로서의 가치를 지니게 될 것이다.
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 러시아 북극권 내에 있는 항만현황과 항구 인프라 수준을 살펴봄으로써 에너지 수송 허브로서의 역할을 측정. ○ 러시아 북서, 시베리아, 극동 권역에 위치한 항구와 주변 환경을 연구하고, 시베리아 내륙 수운과 북극항로 연결, 북극권 지하자원 개발 기반 연구를 하여 북극권 항구와 지하자원의 물류 운송 회랑을 정리. ○ 이를 바탕으로 러시아 북극항로 항만개발과 같은 사업에 대한 타당성 조사를 하여 한국과 러시아 해운 협력의 방향을 설정.
핵심 키워드	러시아 북극권 항구, 시베리아 내륙 수운, 러시아 북극권 지하자원
관련영역 번호	3-6 / 2-1, 2-5
작성자	<p>기관명: 한국외대 러시아연구소</p> <p>작성자: 최우익</p> <p>연락처: 010-5214-1115</p>

주제명	러시아 소수민족 민간신앙 및 전통 문화 분석
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특정 민족의 민간신앙 및 전통문화는 그 민족의 생각과 말과 행위의 근간이 되는 세계관, 민족 정체성의 기본 축이다. 따라서 어느 민족의 민간신앙과 전통문화를 연구한다는 것은 그 민족이 누구이며, 어떤 생각을 가지고 살아왔고 또 앞으로 살아나가게 될 것인가를 파악하는 데 중요한 열쇠가 된다. ○ 북극권 개발과 관련하여, 오랜 세월 동안 현지 자연환경에 적응해온 북극권 소수민족들의 풍속 연구는 현대 인류의 개발, 생산, 소비 위주의 삶의 방식에서 야기되는 인류 현대문명의 부정적인 요소들에 대한 반성의 실마리를 제공하며, 현대인의 인식 속에 모순적인 개념으로 자리 잡고 있는 ‘개발’과 ‘자연보호’라는 두 방향 간의 최적의 조화를 이루기 위한 지혜를 배울 수 있을 것이다. ○ 본 연구는 자연 지리적 기준에서 러시아 북극권의 여러 소수 민족을 대상으로 하기에 생활환경이라는 조건에서 형성된 각 소수 민족의 전통 생활양식과 풍속 간의 관계를 파악하고 상호 비교할 수 있다.
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 권역 소수민족들의 종교나 의례와 같은 민속문화에 나타나는 용어들을 러시아어와 한국어로 정리하는 작업을 진행. ○ 코미족과 네네츠족, 한티-만시족의 풍속 연구 / 시베리아 권역과 극동 권역에 흩어져 있는 유카기르족과 에벤족, 야쿠트족의 풍속 연구 / 축차-감챗카 어족에 속하는 축차족과 코랴족, 이텔멘족의 풍속 연구. ○ 전체 권역 소수민족 풍속을 통합적으로 비교, 분석.
핵심 키워드	러시아 북극권 소수민족, 민간신앙, 전통 문화
관련영역 번호	3-2, 3-4, 3-5
작성자	기관명: 한국외대 러시아연구소 작성자: 최우익 연락처: 010-5214-1115

주제명	북극이사회의 정회원국과 영구 옵서버 국의 대 북극정책
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정책, 산업, 과학 분야의 융복합 지식적 토대 제공 ○ 각국의 북극 정책 혹은 전략의 역동성 변화의 이해 ○ 한국의 대 북극 정책/전략의 업데이트 ○ 북극이사회의 정회원국과 영구 옵서버 국의 북극정책/전략의 수립과 재편 과정 ○ 북극 개발과 보호라는 과정에서 경쟁, 협력, 갈등, 분쟁의 심화 ○ 북극 문제의 지역화에서 글로벌화 과정 심화
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 행위자의 개념 구분화(유럽 북극권, 아시아 북극권, 북아메리카 북극권): 정책, 산업, 과학 분야의 공통분모와 상이점; 비북극권 국가(아시아와 유럽) ○ 유럽 북극권(노르딕 5개국과 유럽러시아 북극), 시베리아 북극권, 북아메리카북극권 ○ 유럽 7개국 + EU의 대 북극 정책 ○ 아시아 5개국의 대 북극 정책(한, 중, 일, 인도, 싱가포르) ○ 북극이사회 20개국(8개 정회원국과 12개 영구 옵서버 국가)의 정책 비교 ○ 향후 북극이사회 영구 옵서버 국의 가입(특히 EU) ○ 북극정책의 종합적 백서(정치, 경제, 사회, 문화, 지리, 과학, 기후 등) ○ 북극정책의 분과별 백서 ○ 북극 행위자의 개념 구분화(유럽 북극권, 아시아 북극권, 북아메리카 북극권): 정책, 산업, 과학 분야의 공통분모와 상이점; 비북극권 국가(아시아와 유럽) ○ 유럽 북극권(노르딕 5개국과 유럽러시아 북극), 시베리아 북극권, 북아메리카북극권 ○ 유럽 7개국 + EU의 대 북극 정책 ○ 아시아 5개국의 대 북극 정책(한, 중, 일, 인도, 싱가포르)
핵심 키워드	북극정책, 과학정책, 기후정책, 산업정책, 정책비교
관련영역 번호	3-1, 3-7
작성자	<p>기관명: 배재대학교 북극연구단</p> <p>작성자: 한종만</p> <p>연락처: 010-8815-5364</p>

주제명	북극주민의 사회현상
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 공간의 개발과 보존의 주체는 인적자원 ○ 원주민 또는 정주민과 이주민의 갈등, 경쟁, 협력, 공생 등과 같은 상호 작용 ○ 개발과 보존의 과정에서 변화하는 인문지리에 대한 종합적 분석 필요 ○ 북극이사회 원주민 협회의 활동 및 영향력 증가 ○ 북극권 원주민의 민속, 문화 및 생활양식의 보존에 대한 국제적 관심 증대 ○ 북극 주민의 자살률 증대 등 사회적 현상에 대한 관심 고조
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노르딕 북극공간, 러시아 북극공간, 북미대륙 북극공간의 인적자원 분석 ○ 해당 국가의 원주민 및 이주민에 관련된 정책 및 전략 분석 ○ 원주민 디아스포라, 생활여건, 사회적 자살 등 사회 현상 분석 ○ 북극 인문지리 완성 ○ 한국의 대응 정책/전략의 시사점 도출 ○ 북극의 인적자원에 대한 종합적 분석 ○ 북극 주민의 사회현상 분석 ○ 북극 인문지리 백서의 완성
핵심 키워드	북극 디아스포라, 원주민, 이주민, 인구변동, 아노미
관련영역 번호	3-2, 3-8
작성자	<p>기관명: 배재대 북극연구단</p> <p>작성자: 김정훈</p> <p>연락처: 010-8365-9435</p>

주제명	북극지지(地誌)
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 국가가 아닌 한국이 북극권 진출을 위한 기본정보 수집 및 기초자료 정립 ○ 한국의 국제사회에 대한 연구기여로 북극권 개발에 참여하는 당위성 제공 ○ 각 분야에서 북극연구와 개발 사업의 기본자료로 활용 ○ 각 국은 자연과학과 인문과학의 집중연구를 국제협력사업으로 시행 중; 독일과 러시아의 협력 연구 사례 등 ○ 각 국의 분야별 연구가 다양하게 수행되고 있으나, 종합적 자료집은 미비 ○ 북극연구단에서 북극지리 기초편 저술 중
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권의 자연과 환경, 인구, 도시, 문화, 정치, 산업경제, 사회 등 각 분야의 종합적이고 체계적인 기술 ○ 각 분야별 전문인력의 공동 작업 ○ 국제적 북극연구자료의 데이터베이스 구축 ○ 북극지지의 한국어판과 영문판 동시 제작 ○ 북극권 연구와 개발을 위한 종합적 기초자료 정립 ○ 국내 뿐 아니라 국제적 활용도를 높일 수 있는 자료집 구성 ○ 국제적 북극연구 기본 데이터베이스 구축과 연계하여 진행하고, 국제사회에 한국의 북극연구 활동의 인식증진 ○ 한국의 북극권 진출을 위한 기초연구 정립 ○ 국제사회에 북극권연구의 기초연구 확립하는 기여 ○ 북극권의 현황 파악을 통한 문제점을 도출하고 예측과 대안을 제시할 수 있는 기본연구 수행
핵심 키워드	북극해, 북극권, 북극의 인문학, 북극의 사회학, 북극의 자연과 환경
관련영역 번호	1-1, 1-4, 3-2, 3-8
작성자	<p>기관명: 배재대 북극연구단</p> <p>작성자: 이재혁</p> <p>연락처: 01087707631</p>

주제명	북극권 수색구조(Search and Rescue SAR) 국제협력의 한국의 참여방안
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극한의 북극해 환경과 북극권의 고유한 기후현상(오로라가 불리일으킨 이온층 불규칙성)으로 위성연결은 어렵고, GPS 사용은 한계적이며, 장거리 고주파 통신은 불안하다. ○ 네비게이션 지원(navigation aids), 통신(communications), 물류(logistics), 유지보수 인프라(maintenance infrastructure) 등의 지원과 더불어 북극해의 수색구조(Search and Rescue SAR) 서비스는 연안자원 개발, 항해 등 북극해에서의 모든 해상 활동에 필수적이다. ○ 따라서 북극해의 수색구조(Search and Rescue SAR) 서비스에 대한 국제 협력은 필수적이다. 2011년 5월 12일 그린란드 뉴웁(Nuuk)에서 북극수색구조협약(Arctic Search and Rescue Agreement, 이전의 북극 공중해상수색구조협력협정(AAMSAR)이 북극권 국가들에 의해 체결되었고, 2013년 1월 19일 효력이 개시되었다. * Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic ○ 한국의 북극권 진출이 활성화됨에 따라, 한국의 국제적 수색구조 참여가 필요하다. ○ 북극권 국가들은 자국의 해상 활동 범위 내에서 수색구조(Search and Rescue SAR) 서비스를 운영하고 있다. ○ 향후 기후변화와 해빙으로 연안 자원개발 및 항로운행이 증가할 경우, 북극권의 극한의 환경을 감안한 육상, 해상 및 항공 수색구조(Search and Rescue SAR) 서비스의 국가간의 긴밀한 협력이 필요하다. ○ 따라서 북극권의 환경에 적절한 다자간 수색구조(Search and Rescue SAR) 국제협력 기구 및 인프라 구축은 중요하다.
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 국가들의 수색구조(Search and Rescue SAR) 인프라 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 미국과 캐나다 및 한국이 참여한 North Atlantic Coast Guard Forum(NACGF) - 러시아의 북극권 전초기지들 ○ 북극해의 다자간 수색구조(Search and Rescue SAR) 국제협력 방안 연구 ○ 한국의 국제적 수색구조(Search and Rescue SAR) 참여방안 연구 ○ 북극권 국가들의 수색구조(Search and Rescue SAR) 인프라 확인 ○ 북극해의 다자간 수색구조(Search and Rescue SAR) 국제협력 방안 연구 및 추진 ○ 북극이사회 옵서버 국가로서 한국의 수색구조(Search and Rescue SAR) 참여방안 연구
핵심 키워드	해양 가용성, 해난사고, 항해, 수색구조, 국제협력
관련영역 번호	1-1, 1-4, 2-6, 3-1, 3-7
작성자	<p>기관명: 배재대학교 북극연구단</p> <p>작성자: 배규성</p> <p>연락처: 010-4266-8778</p>

주제명	북극권 생태환경과 환경보전을 위한 북극투어 개발방안 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극지역의 전통문화와 생태환경에 대한 북극지역에 대한 이해의 확산이 필요함 ○ 북극의 개발은 필연적으로 관광이란 새로운 수요를 창출하게 되며 이에 따른 북극지역의 환경보전에 대한 사전적 연구가 필요함 ○ 북극의 환경보전을 위해서 북극권의 생태환경에 대한 연구와 그린투어를 활용한 북극권 생태환경에 적합한 관광자원개발이 필요함 ○ 북극지역에 대한 관심증가로 국내외적으로 북극권 관광이 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 국내의 경우 시험적인 북극체험단 프로그램 운영 - 국외의 경우 크루즈 관광을 통한 그린란드, 알래스카 등 북극지역에 대한 관광이 지속적으로 증가하고 있음 ○ 핀에어와 핀란드 관광청은 핀란드 라플란드(Lapland)지역에서 100일간의 북극모험을 경험하는 북극여행 탐험대행사를 진행하고 있음
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 지역의 문화, 환경, 생태계 분석을 통한 관광 인프라에 대한 실태 파악 ○ 세계 각국의 북극관광 상품과 북극권 국가의 관광자원에 대한 실태 조사 ○ 크루즈관광 활성화를 위한 북극지역 항만에 대한 실태 조사 ○ 환경보전을 위한 그린투어를 응용한 새로운 북극지역 관광자원 개발 ○ 북극권 문화를 이해하고 북극권 환경에 최적화된 관광자원의 개발을 통해서 북극권에 대한 이해의 증진과 함께 북극권의 환경보전 방안을 모색함 ○ 북극 관광의 활성화를 통한 국내 조선업계의 새로운 성장전략방안 모색 ○ 북극권 관광에 대한 세계 각국의 관광자원개발 정책에 대한 동향 파악과 함께 관련국과의 협력방안 모색
핵심 키워드	북극생태, 북극문화, 북극권 관광, 관광인프라, 환경보전
관련영역 번호	
작성자	<p>기관명: 배재대학교 북극연구단</p> <p>작성자: 예병환</p> <p>연락처: 010-7501-2225</p>

주제명	극지환경 변화에 인식 제고 및 대비를 위한 대국민 홍보
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극연구 현황, 필요성, 전망에 대한 홍보를 통해 북극연구 활성화 ○ 북극활용분야 확대에 따라 인재양성의 필요성 확산 ○ 북극 전반에 대한 정부정책 및 현황 홍보 ○ 대국민 홍보 교육을 통해 기후 및 생활환경 변화 인지, 대비
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 관련 연구결과, 국제동향 등을 국민에 정기간행물 홍보 ○ 북극 관련 학술토론회 개최 ○ 극지 관련 각국정책, 국제간 논의내용, 자연환경을 전시회를 통해 홍보 ○ 학생들에게 극지에 대한 인식 제고, 탐구심 함양을 위한 논술공모전 실시
핵심 키워드	홍보, 인재 양성, 인식제고 및 대비
관련영역 번호	3-4
작성자	<p>기관명: (사)한국극지연구진흥회</p> <p>작성자: 윤석순</p> <p>연락처: 02-702-1135, 85antarctic@naver.com</p>

주제명	북극권 국가의 자원, 물류 등 비북극권 국가의 경제 협력 전략과 방안
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 국가의 자원과 물류 비북극권에 경제협력제공 필요 ○ 비북극권 국가의 필요한 자원과 물류 수요 창출 필요 ○ 북극권 정부와 비북극권 정부 간 자원과 물류 협력활성화
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 국가의 자원과 물류 현황 실태 분석 ○ 비북극권 국가의 자원과 물류 수요 현황분석 ○ 북극권 정부와 비북극권 정부 간 자원과 물류 협력방안 도출
핵심 키워드	자원, 물류, 현황과 수요 파악, 경제상호협력
관련영역 번호	2-1 ~ 2-7 , 3-1 ~ 3-7
작성자	<p>기관명: 사)유라시아경제협력네트워크</p> <p>작성자: 이정택</p> <p>연락처: 010-4010-9732, apeckor@gmail.com</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2017년 1월 1일부터 Polar Code 시행 ○ 북극해빙으로 북극항로 이용의 증가가 예상됨에 따라, 북극관련 협의체 및 국가별로 북극해 환경보호 및 안전 기준 및 규제 도입
주제명	북극항로 이용 규제화 연구 - 해양환경 보호 및 안전을 중심으로
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 해양환경 및 안전 관련 다자 협의체(북극이사회, IMO 등) 동향 연구 ○ 주요 국가별 북극해 환경보호 및 안전 관련 규제 및 정책 도입 동향 연구(Polar Code 발효에 따른 국가별 국내법적 동향 포함) ○ 북극해 환경/안전 규제화에 따른 우리나라에 미치는 영향 및 대응 방안 강구
핵심 키워드	북극해, 북극항로, 환경보호, 안전, 규제화, 거버넌스
관련영역 번호	2-6, 3-1, 3-3, 3-7
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 김지혜 극지연구센터 연구원</p> <p>연락처: 051-797-4767, jhkim85@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극의 핵심사안인 러시아 LNG 프로젝트에 대한 한국의 참여 확대 필요 ○ 한국의 선진 기술을 통한 에너지 개발 사업 참여로 옅서버의 한계를 극복하고, 북극권에서 가장 큰 영향력을 행사하고 있는 러시아와의 협력 증대
주제명	러시아 LNG 프로젝트에 대한 한국의 참여방안
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 러시아 기존 및 신규 에너지 프로젝트 현황 조사 ○ 프로젝트에 필요한 인프라 시설 및 투자 기업 조사 ○ 프로젝트 참여를 위해 필요한 여건 및 필요사항 조사 ○ 국내기업의 진출 가능 분야 및 한계 분석
핵심 키워드	LNG, 북극해, 인프라, 한러협력
관련영역 번호	2-2, 2-4, 2-5
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 김지영 극지연구센터 연구원</p> <p>연락처: 051-797-4765, jyeong111@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권, 비북극권 국가의 극지 연구 활성화에 따른 신규쇄빙선 수요 증가 ○ 북극 해빙에 기인한 과학 및 산업 활성화에 요구되는 쇄빙선 활용 정보 수급의 필요성 증대
주제명	국가별 쇄빙선 건조 동향 및 활용에 관한 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가별 쇄빙선 보유 현황 및 주요 활용 분야 조사 ○ 신규 쇄빙선 건조 동향 및 목적 조사 ○ 국가별 쇄빙선 주요 활용 분야 조사 ○ 아라온 호 활용 현황 및 장래 쇄빙선 수요 조사
핵심 키워드	북극항로, 북극해, 쇄빙선, 쇄빙연구선, 남극과학, 북극과학
관련영역 번호	1-1, 2-4, 2-5, 3-6
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 이해영 극지연구센터 연구원</p> <p>연락처: 051-797-4768, hyelee@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극이사회는 1996년 북극해 연안국의 정부간 포럼형태로 탄생 ○ 북극해 해빙 가속화와 국제적 관심 증가와 함께 북극이사회는 사무국 설치, 구속력 있는 조약 채택 등 국제기구의 모습을 갖추는 동시에 옵서버를 확대하는 등 진화 및 영향력을 확대 중 ○ 따라서 앞으로 북극이사회가 어떤 체제로 발전되어 갈지를 전망하고 그에 따른 중장기 대응 전략이 필요
주제명	북극이사회 거버넌스 변화방향과 한계 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극이사회 거버넌스의 현재 구조와 국제기구화시 달라지는 점 ○ 북극이사회 국제기구화(독립 법인격 보유) 가능성과 의미 ○ 회원국 및 주요 비회원국들의 입장 분석 ○ 한국에 대한 함의
핵심 키워드	북극이사회, 국제기구, 거버넌스
관련영역 번호	3-1, 3-3
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권은 국가들과 여러 원주민들이 그들만의 오랜 역사와 문화(전통)를 지니고 있으며, 이것이 현재의 독특한 북극체제를 만들고 있음 ○ 우리나라의 북극정책이 이들의 역사와 문화에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 할 때 한 차원 높은 정책이 실현되고 북극권으로부터도 더욱 환영받을 수 있음
주제명	북극권 역사 문화 심층 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 및 각 국가의 북극 관련 역사 문화 연구 ○ 북극 원주민들의 역사 문화 연구 ○ 우리나라 북극 정책 개발과 연계
핵심 키워드	북극 역사, 북극 문화, 북극 원주민
관련영역 번호	3-2, 3-4
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국의 일대일로 개발과 중·러 양자협력 강화가 본격화되고, 동북아 국가 중 중국이 북극항로 개척에 가장 적극적 모습을 보이는 중 ○ 중국이 지금 수준을 넘어 러시아 및 북극에 대한 전략이 일대일로와 연계한 수준으로 추진될 때 물류뿐만 아니라 항만, 해양환경, 안보 등 다양한 분야에 많은 영향을 미칠 것으로 예상
주제명	중국의 일대일로와 북극항로 연결 가능성과 그 의미 검토
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일대일로의 경제적, 국제정치적 의미와 2030년 후의 상황 전망 ○ 중국 및 동북아 국가들의 북극 및 러시아와의 협력 관계 현황, 전망 ○ 중국의 일대일로와 북극항로 연결 전략이 가지는 함의 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 동북아 물류, 북극항로, 북극해 환경 및 안보적 관점의 분석 및 2030년 중국의 위상을 연계해서 분석
핵심 키워드	일대일로, 북극항로, 북동항로, 중러 협력
관련영역 번호	2-1, 2-5, 3-3
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지자원에 대한 의존도, 수급 방법이 북극해 연안국마다 크게 다른 반면 한중일은 비슷한 상황을 보임 ○ 각국의 에너지 자원에 대한 이해관계를 바탕으로 우리의 에너지 안보와 북극정책 추진이 필요
주제명	북극해 연안 5개국과 한중일의 에너지 안보전략 비교연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 연안국들의 에너지자원의 보유, 수급 현황 분석 ○ 한중일의 에너지 자원 의존도와 수급현황 분석 ○ 한중일의 북극해 에너지 자원 이용 가능성과 에너지 안보적 관점에서 타당성 분석
핵심 키워드	에너지 자원, 북극해 자원, 에너지 안보
관련영역 번호	2-2, 3-5
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계는 교통, 통신의 발달로 복잡하고 긴밀하게 연결되어 있으며, 이러한 연결성은 급속히 강화 중이며, 이는 그만큼 상호 의존성이 커지는 동시에 연결성이 단절될 때 그 여파도 클 것임을 의미. 이러한 연결성과 단절성은 북극해에도 그대로 적용됨 ○ 따라서 북극해를 핵심 주제인 해운물류(항로), 해양환경, 에너지자원, 원주민 등을 중심으로 국가 및 개인 간의 ‘연결성’ (connectivity)을 연구하고, 그 정도와 세부 메카니즘을 이해한다면, 한국의 북극정책 수립에도 많은 기여를 할 수 있을 것임
주제명	해운물류, 에너지자원 등에서의 북극해의 ‘연결성’ 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심주제들에 있어서 북극해의 ‘연결성’ 분석(계량적, 정량적 분석) ○ 북극해 관련 위 주제들의 연결성, 단절성이 가지는 국제적 함의 ○ 한국의 북극정책에 대한 함의
핵심 키워드	에너지 자원, 북극해 자원, 에너지 안보
관련영역 번호	2-1, 2-2, 3-5
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화는 다양한 측면에서 지구촌에 지대한 영향을 미치는 가운데, 북극해에선 특히 해빙으로 인한 환경변화가 크며, 이에 대해 국제사회는 다양한 대응책을 내놓고 있음 ○ 그런데 이러한 기후변화 대응에 있어 현재와 미래의 과학기술의 발전이 제대로 고려되지 않고 있다는 지적들이 제기되고 있는 상황 ○ 기후변화 대응 과학기술의 발전, 선진 국가들의 현재의 대응과 장래의 대응방향 변화를 전망해 보고, 나아가 이것이 북극해 환경변화 및 각국의 북극정책 변화에 미치는 영향을 분석해 볼 필요가 있음
주제명	과학기술 발전이 북극해 기후변화 대응에 미치는 영향 분석 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 대응 현재와 미래의 과학기술 발전 전망 ○ 주요 국가들의 기후변화 대응 조치 현황과 변화 전망 *예: 싱가포르는 첨단기법으로 기후변화 대응 항만 이동작업 진행 중 ○ 과학기술 발전이 북극해 기후변화 대응에 미치는 영향
핵심 키워드	기후변화, 과학기술, 북극해 해빙
관련영역 번호	1-1, 1-5, 2-6, 3-6
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 박영길 극지연구센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4791, yk405@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극항로 상용화를 위해서는 항로상 다수의 중계항만 필요 ○ 열악한 환경에 항만인프라 건설을 위해서는 현지화된 항만개발 수요 및 기술에 대한 연구가 필요
주제명	북극항로 연계 항만 인프라 현대화 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극항만과 연계된 항만인프라, 문제점 등 기본현황 조사 ○ 항만 인프라 개발 및 현대화를 위한 여건 및 필요사항 조사 ○ 항만 인프라 개발 및 현대화를 위한 수요 조사 ○ 국내기업의 북극항만 인프라 개발 및 현대화 프로젝트 참여 기술, 수요처 등 진출분야 분석
핵심 키워드	북극항로, 북극해, 북극해 항만
관련영역 번호	2-1, 2-2, 2-4, 3-6
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 이성우 항만·물류연구본부장</p> <p>연락처: 051-797-4651, waterfront@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극항로 상용화를 위해서는 항로상의 다양한 화물창출 기반이 필요함 ○ 동서물류루트인 북극항로의 물동량 창출을 위해 남북물류루트인 러시아 내륙하운들의 물류네트워크화 필요 ○ 시베리아 지역의 물동량 발굴을 통해 북극항로의 물동량 불균형 해소 및 단기 화물창출 효과 도출 가능
주제명	러시아 내륙수운연계 북극항로 이용 가능성 연구 - 북극항로+레나강, 예니세이강, 오브· 이르티시강 연계 중심
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 레나강 이용 물동량, 하항 현황, 주요 기업, 복합운송 연계 가능성 ○ 예니세이강 이용 물동량, 하항 현황, 주요 기업, 복합운송 연계 가능성 ○ 오브· 이르티시강 이용 물동량, 하항 현황, 주요 기업, 복합운송 연계 가능성 ○ 북극항로 연계 운송 가능성 분석
핵심 키워드	북극항로, 북극해, 러시아 내륙수운, 신규 물류루트
관련영역 번호	2-1, 2-4
작성자	기관명: 한국해양수산개발원 작성자: 이성우 항만·물류연구본부장 연락처: 051-797-4651, waterfront@kmi.re.kr

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내기업의 북극해 항만 프로젝트 참여 확대 필요 ○ 북극항로 관련 국내 기업의 관심수요조사를 통한 러시아 진출 가능 분야 및 양국의 협력 가능 분야 발굴 필요
주제명	북극항로 이용관련 동북아 물류 및 화주기업의 상업적 관심수요 조사
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한중일 물류 및 화주 기업의 북극항로 운송 관심도 조사 ○ 항로 이용시 기업들의 희망사항 조사 ○ 한중일 주요 수출입 화물에 따른 북극항로 운송 가능 품목 분석 ○ 운송시 발생할 문제점 및 한계점 분석
핵심 키워드	북극항로, 물류기업, 화주기업, 수요조사, 이용가능 품목
관련영역 번호	2-1, 2-4
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 이성우 항만·물류연구본부장</p> <p>연락처: 051-797-4651, waterfront@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극한지역인 북극항로 물류인프라 및 거점 운영을 위한 4차 산업기술 접목 가능 ○ 무인선박, 자동차 및 항만, 수중드론, 빅데이터를 활용한 항해 및 위험요인 사전 파악 등 다양한 접목이 가능
주제명	4차 산업기술 연계 북극항로 물류인프라 운영방안 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극항로의 물류인프라 개발 수요 조사 ○ 4차 산업기술 접목 가능 북극항로 물류인프라 조사 ○ 4차 산업기술 접목 가능 물류인프라 수요 및 실용화 방안 강구 ○ 북극연계형 4차 산업기술 개발 우선순위 선정
핵심 키워드	북극해, 북극항로, 물류, 4차 산업과 물류
관련영역 번호	2-1, 2-4, 3-6
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 이성우 항만·물류연구본부장</p> <p>연락처: 051-797-4651, waterfront@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 통항에 있어 쇄빙선의 가용성이 선박운항의 정시성과 운항 시간 단축에 결정적인 영향을 미치는 요소임 ○ 쇄빙선은 상업적 운항 뿐 아니라 군사, 관광 등 다양한 용도로 사용되고 있어 운항현황을 정확히 파악하는 것이 상업적 타당성 판단의 기초가 됨 ○ 러시아 정부에서 쇄빙선에 대한 투자계획을 수립한 것으로 알려져 있으나 정보가 충분히 공개되지 않아 실태파악에 한계가 있음
주제명	4차 산업기술 연계 북극항로 물류인프라 운영방안 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해 운영 쇄빙선의 보유현황 ○ 북극해 운영 쇄빙선의 분야별 운항현황 ○ 러시아 정부의 쇄빙선 투자계획 ○ 쇄빙선의 가격결정 체계 ○ 쇄빙선 운영의 법적인 제약
핵심 키워드	쇄빙선, 요율(tariff)
관련영역 번호	2-5, 3-7
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 윤희성 해운시장분석센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4637, heesung@kmi.re.kr</p>

필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극해의 상업적 활용은 크게 통과항로(transit shipping)와 목적항로(destination shipping)로 나누어 볼 수 있는데 북극해를 출발 또는 종착항으로 하는 ‘목적항로’의 경우에는 자원개발의 범위가 한정되어 있어 어느 정도 파악이 가능한 반면 ‘통과항로’의 경우에는 화물의 다양성, 출발지와 목적지의 다양성 등으로 인하여 수요의 파악이 어려움 ○ 북극해의 활용이 기본적으로 경로단축에 의한 경제성을 기반으로 하고 있지만 이는 제품형태의 수송일 경우이고, 자원개발의 경우에는 수요의 예측이 (자원가격의 변동과 연계되어 있는) 자원개발투자 여부에 따라 결정되므로 자원의 보유량 뿐 아니라 자원가격의 변화에 따른 경제성의 판단까지도 포괄적으로 고려되어야 하므로 연구의 폭이 커짐
주제명	북극해 통과항로의 수송수요 전망에 대한 연구
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통과항로의 기존 수송수요 <ul style="list-style-type: none"> - 제품 수송수요 - 자원 수송수요 ○ 잠재 수송수요 <ul style="list-style-type: none"> - 제품 수송수요 - 자원 수송수요4차 산업기술 접목 가능 북극항로 물류인프라 조사 ○ 자원개발의 경제성에 기초한 수송수요의 예측
핵심 키워드	수송수요, 자원개발, 통과항로
관련영역 번호	2-2, 3-5
작성자	<p>기관명: 한국해양수산개발원</p> <p>작성자: 윤희성 해운시장분석센터 전문연구원</p> <p>연락처: 051-797-4637, heesung@kmi.re.kr</p>

65


주제명	북극 중앙해 조업을 위한 타당성 조사
필요성	○ 새로운 어장 개척 및 자원 개발 등 가능성 검토 ○ 연안국 간 경쟁 우위를 차지하기 위한 국가적 노력 필요 ○ 조사 및 연구를 통한 과학적 기여로 국가 이미지 제고
주요 내용	○ 국자 차원에서의 Pilot 조업 조사 추진 ○ 선단 투입을 위한 국내 규정 제·개정 검토 ○ 북극 거버넌스 참여 및 국제협력 강화
핵심 키워드	신어장 개척, 시험어업조사, 북극해 거버넌스
관련영역 번호	북극수산자원 2-3
작성자	기관명: 한국해양수산개발원 작성자: 조정희 연락처: 051-797-4531, jcho5901@kmi.re.kr


66


주제명	북극해 주요 어종의 경제성 분석
필요성	○ 북극해 개방 및 조업 가능성에 대비 ○ 북극해 진출 필요성 및 타당성 검증 ○ 조업경쟁력 확보를 위한 북극어장 진출방안 필요
주요 내용	○ 주요어종(명태, 대구, 새우 등) 실태 및 현황 분석 ○ 주요 어종 수급 분석 및 전망 ○ 대상 어업의 경제성 분석 ○ 환경 및 경제적 요인 변화에 따른 대상어업의 경제성 변화 분석
핵심 키워드	수산자원조사, 북극해 어장
관련영역 번호	북극수산자원 2-3
작성자	기관명: 한국해양수산개발원 작성자: 조정희 연락처: 051-797-4531, jcho5901@kmi.re.kr

주제명	북극권 존재 바이러스 분포 현황과 병원성 바이러스 이동경로 규명 연구 (포괄적 북극권 바이러스 연구)
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근연구: 병원성 고(古)바이러스 발견 및 감염 가능성 확인 ○ 지구온난화 및 해빙, 동토층 감소에 따른 동물유해 노출빈도 증가 ○ 북극항로 개척 등 북극활동증가 예상, 북극권 이용 모빌리티 증가 ○ 사람 및 동물(철새) 등에 바이러스 노출 빈도 증가 예상 ○ 국제적 유행 등 일종의 X-이벤트(잠재적 위험) 대비를 위한 기초연구 필요
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권에 존재하는 바이러스를 탐색하고 기존 연구와 종합하여 ‘포괄적 북극권 바이러스 현황자료(DB)’ 를 구축함. ○ 북극권 각 바이러스 서식환경별(예: 해양/육상, 빙하/동토층, 선박/건물, 수산자원/동물(조류, 포유동물, 인체) 등) 주요 바이러스 분포현황을 조사하고, 그 최종 결과물을 가칭 ‘북극권 바이러스 분포도’ 로 구현함(매년 버전업 할 수 있는 시스템을 구축하여 공표된 연구 결과가 업데이트 될 수 있도록 함). ○ 이 과정에서 북극 신종바이러스, 고(古)바이러스 발견을 기대 ○ 구축된 북극 존재 바이러스 DB에서 ‘병원성 바이러스’ 를 선별하고, 이들의 생활사에 따른 주요 감염·이동경로를 규명함(예: 바이러스(→이/벼룩/진드기)→동물(쥐/조류)→이동→인체). ○ 연구결과를 토대로 남극-북극 간 바이러스 분포와 이동경로에 대한 비교연구를 수행함.
핵심 키워드	북극, 바이러스, 인수공통감염, 병원성, 인플루엔자, 미생물, 고(古)바이러스
관련영역 번호	북극과학 > 1-1, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7(기타: 북극생활환경)
작성자	<p>기관명: 대한극지의학회</p> <p>작성자: 이어진 外</p> <p>연락처: 011-9606-4932 / eojinkorea@gmail.com</p>



<p>주제명</p>	<p>기후변화와 북극정책 확대 대비 재난위험관리연구: 기후변화로 유발된 극한 기후현상에 대한 북극항로 운항 선박 중심의 적응 연구</p>
<p>필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 재난위험관리체계 연구는 기후변화 적응 연구의 큰 틀에서 현재의 복합적 위험관리 접근으로 이해 ○ 북극의 정치지리적 특수성으로 인해 재난위험관리를 위한 협력에는 국제 공조가 필수적이며, 이를 위한 주요 국가별 안전문화, 관련 제도, 기술, 위험인식 등의 차이에 대한 사회과학적 이해 필수 ○ 특히 북극항로 개척 등 전반적인 국가 북극정책 확대 기조에서, 과거 대양에서 일어난 몇몇 국내 선박관련 사고 대응사례를 참고하여 향후 북극 활동 증가 및 기후변화에 따라 발생 가능한 각종 신종 재난대비 국내 대비체계를 준비하는 것은 시기적절함.
<p>주요 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 적응 연구·정책수립의 큰 틀에서 ‘북극권 재난관리 및 국제협력 현황’ 파악(관련 국가, 국제기구 중심). ○ 국제기구 주도의 국제 재난위험관리 협력프레임워크 사례를 수집·분석하여 북극권 및 북극항로에 적용할 수 있는 방안 모색(예: Sendai Framework 등). ○ 과거 대양에서 일어났던 선박관련 사고에 대한 국내 대응사례를 수집·분석하여 북극권 및 북극항로에 적용할 수 있는 방안 모색(예: 스텔라 데이지호 침몰사고 등). ○ 주요 발생가능 북극권(북극항로) 재난 시나리오를 바탕으로 취약성과 ‘회복탄력성(resilience)’에 초점을 맞춘 국내 재난대응체계 메뉴얼 마련. ○ 북극권 및 북극항로 재난관리를 위한 국제적 재난관리협력체계 발전방안 및 재난관리분야 사업화 등 향후 활용방안 모색. ○ 국내 재난안전관련 기업의 재난대비기술 및 제품에 대한 극한기후 하에서의 성능 실험을 위한 협업체계 가능성
<p>핵심 키워드</p>	<p>기후변화적응, 북극항로, 재난위험관리, 국제협력, 민관협력</p>
<p>관련영역 번호</p>	<p>북극산업 > 2-4, 2-6 및 북극정책 > 3-1, 3-3</p>
<p>작성자</p>	<p>기관명: 대한극지의학회 작성자: 이어진 外 연락처: 011-9606-4932 / ejinkorea@gmail.com</p> 

주제명	북극활동과 건강: 북극권 건강유해인자 탐색과 북극항로 건강기상예보 연구	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권은 기후변화에 가장 민감한 지역 중 하나로, 특히 이로 인한 생활환경변화는 원주민과 북극활동 인구의 건강에 큰 영향을 미침. ○ 상대적으로 낮은 북극권 원주민들의 건강지표에 대한 종합적 분석이 필요하며, 이는 보건의료 인프라 편차와 각종 건강유해인자들에 대한 분석을 통해 가능함. ○ 북극항로 개척 등으로 인해 북극활동인구의 증가가 예상되지만, 저온 환경, 태양풍(방사선 노출), 작업환경, 식사·영양, 위생·방역, 미생물체 감염 등의 각 생활환경 요소가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정임. 	
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극권 원주민들의 건강수준 및 기후변화로 인한 변화를 파악하고, 주요 보건의료 인프라 및 건강유해인자와의 관련성을 밝힘. ○ 북극활동에 따른 각종 생활환경 요소를 구분하고 그 중 북극항로 루트에 따라 각 환경요소별 상태와 변화양상을 측정·기록함. ○ 이를 종합하여 북극항로 항해 중 접하는 생활환경 요소별 예보가 가능한 항목(예: 실내외 기온, 방사선량, 미생물체 등)을 발굴하여 모니터링 및 예보할 수 있는 시스템으로 구현함(IoT 기술을 활용한 가칭 ‘북극항로 건강기상예보’). ○ 이러한 건강기상예보 시스템을 웹에 실시간으로 동기화하여 북극항로를 이용하는 다른 국가나 선박에 제공하여 활용하고, 추가 가능한 항목들도 반영할 수 있게 함(예: 태양풍으로 인한 통신두절 정보, 응급의료이용이 가능한 최단거리 선박이나 항구정보 등). 	
핵심 키워드	북극항로, 원주민, 건강유해인자, 환경요소, 건강기상예보	
관련영역 번호	북극산업 > 2-4, 2-6 및 북극정책 > 3-2, 3-3	
작성자	기관명: 대한극지의학회 작성자: 이어진 外 연락처: 011-9606-4932 / eojinkorea@gmail.com	

주제명	X-이벤트로 인한 북극정책환경 변화가능성 연구: 고(古)바이러스 및 북극 바이러스의 출현과 확산정도에 따른 북극활동 대안미래 시나리오 수립	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근연구: 병원성 고(古)바이러스 및 극지 바이러스 발견과 감염 가능성이 확인됨. ○ 기후변화 및 해빙, 동토층 감소에 따른 바이러스 노출 가능성 ○ 북극항로 개척 등 북극활동증가 예상, 북극권 이용 모빌리티 증가 ○ 국제적 유행 등 일종의 X-이벤트(잠재적 위험) 발생시 종합적 미래 예측과 이에 대한 정책대응방안 준비가 필요 	
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 각종 북극 미래예측자료를 종합분석하고, 북극활동 각 분야별 예측방법론을 수립하여 전문가 의견수렴 등을 거쳐 통상적인 미래상 및 1차 시나리오를 작성함(probable future). ○ 기후변화 및 해빙에 따른 X-이벤트를 설정함. 병원성 고(古)바이러스 및 북극 바이러스 탐색과 현황자료 구축을 바탕으로 이의 확산, 종류별 감염 및 이동경로 모델에 따른 시간대별 변화 양상을 정량화(시각화)함. ○ 이에 대한 국제사회의 재난관리협력 수준과 각국 공중보건 대응 인프라(기술), 관련국 국민들의 사회심리학적 혼돈, 건강위해요소, 정치지리적 요인 등을 반영하여 2차 대안미래 시나리오 모형 구축(possible future) ○ 구축된 모형에 따른 2차 대안미래 시나리오를 작성하고, 미래전략 연구기관 및 전문가 세미나 등을 통해 1차 시나리오와 비교 분석하여 가장 바람직한 미래 시나리오와 정책대응방안을 도출(preferable future & strategy) 	
핵심 키워드	북극, 바이러스, 재난관리, X-이벤트, 대안미래, 미래예측, 시나리오	
관련영역 번호	북극산업 > 2-6 및 북극정책 > 3-3, 3-8(기타: 북극 미래예측)	
작성자	기관명: 대한극지의학회 작성자: 이어진 外 연락처: 011-9606-4932 / eojinkorea@gmail.com	

주제명	북극 스발바르 군도 에너지·광물자원 융복합 탐사 및 기술개발
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극에 전세계 미발견 자원량 22%(석유 900억배럴, 천연가스 1,670 Tcf, 컨덴세이트 440억 배럴) 매장추정 지구자원의 마지막 보고 ○ 지구온난화에 기인한 북극 해빙에 따른 북극항로 이용 및 북극자원개발 등 새로운 경제적 기회 발생 ○ 스발바르 군도 주변은 석유환산 10억배럴의 막대한 에너지자원이 부존하고 있으며 그 외에도 석탄, 구리, 철, 아연 등 광물자원 뿐만아니라 전세계 에너지혁명을 불러온 비전통자원인 셰일가스 부존도 확인 ○ 북극 해빙에 따른 북극권 미래전략자원 선점을 위한 거점 및 테스트베트 확보 ○ 북극 지속가능한 에너지·광물자원 탐사개발연계 다양한 비즈니스 창출
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 프론티어 신경제영토해역 맞춤형 탄성파 탐사시스템(Arctic-capable Seismic Acquisition system) 개발 ○ 인공위성-UAV 활용 다고도 에너지·광물자원 융복합 탐사기술 개발 ○ 스발바르 지질/층서 조사 및 석유가스 근원암/셰일리소스/광물자원 평가
핵심 키워드	스발바르, 탄성파, 석유·가스, 인공위성-UAV, 융복합 탐사
관련영역 번호	1-7, 2-2, 2-8
작성자	기관명: 한국지질자원연구원 작성자: 강무희 연락처: karl@kigam.re.kr

주제명	급격한 북극 해빙에 기인한 메탄 방출에 의한 물질 순환 및 지오해저드 가능성 연구
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구온난화에 따른 북극해의 급격한 해빙에 의해 메탄 방출량이 증가하여 지구시스템 및 생태계 환경에 많은 영향을 미침 ○ 또한 메탄 방출에 의한 지구시스템 환경변화에 따라 다양한 물질 순환 변화 및 지오해저드를 유발 가능성이 존재. ○ 메탄 방출에 의한 탄소 순환 및 물질 순환 변환과 지오해저드에 대한 연구는 미래 지구 기후변화와 지구시스템 변화 예측하고 기후 및 환경관련 정책을 수립하는데 중요한 자료로 사용 가능. ○ 또한 선제적인 지오해저드 연구 (해저면 붕괴, 쓰나미 등)를 통해 자연재해 유발 가능성을 사전 예측하여 국민 생활 안정성 확보
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 북극 기후 변환에 따른 급격한 해빙에 따른 메탄 방출량 및 해저-해양-대기 상호 작용 ○ Sediment 및 Water Column내 탄소 순환 및 물질순환 ○ 메탄 방출에 따른 지오 해저드 가능성 발생 가능성 및 예측 기술
핵심 키워드	메탄, 물질 순환, 탄소 순환, 지오해저드
관련영역 번호	1-1, 1-3, 1-7
작성자	<p>기관명: 한국지질자원연구원</p> <p>작성자: 김지훈</p> <p>연락처: save@kigam.re.kr</p>

□ 참고문헌

- 관계부처합동, 제1차 북극정책기본계획(2013.12.10.)
- 국제북극과학위원회(IASC) 외, ICARP III보고서(북극연구의 통합: 미래를 위한 로드맵, 2016)
- 극지연구소, 극지연구소 연보(2016, Annual Report)
- 해수부, 제2 쇄빙연구선 건조사업 예비타당성 조사-소명자료 관련 근거 (2016.8.17.)
- 서현교, “북극해양생물자원 관리-EBM(생태계기반관리)을 중심으로-”, Polar Brief, 제9호(극지연구소, 2016)
- 서원상·진동민, “극지법(Polar Law)의 동향과 이슈”, 국제법 동향과 실무, 제15권 1호(외교부, 2016)
- 한승우, “북극 거버넌스에서 원주민의 중요성”, Polar Brief, 제5호 (극지연구소, 2015)
- 서현교 외, 북극이사회의 정책동향과 시사점(KIEP, 2014.12.)
- 한국북극연구컨소시엄(KoARC), 2030 북극연구 중장기 로드맵 수립 연구 (2017.12)
- 국제북극과학위원회 워킹그룹 구성 현황
<https://iasc.info/working-groups>
- 북극이사회 웹사이트(www.arctic-council.org)
- 국제북극과학위원회 웹사이트(<https://iasc.info/>)
- 해수부·외교부 공동 보도자료(2017.12.1.)
“북극 공해 비규제 어업 방지 및 북극해 과학연구 촉진을 위한 새로운 규범을 만들다-「북극 공해상 비규제 어업 방지 협정」 문안 타결
- 이유경, “아틱 노트”, 극지탐구시리즈 02(극지연구소, 2017.12.)
- 박영숙·제롬글렌, “유엔미래보고서 2050”, (교보문고.2016.2.)
- 최윤식, “2030 대담한 도전”, 지식노마드(2016.3.)
- IPCC(정부간기후변화협의체), IPCC second Assessment Climate Change, 1995
- USGS, Mineral Commodity Summeries, 2014

- BP, Statistical Review 2014
- 북극이사회 PAME, Arctic Marine Statistical Report, 2009
- IUCN, Annul Report 2015
- 북극이사회 의장국 핀란드 의장국 프로그램, 2017(웹사이트)
<http://www.arctic-council.org/index.php/en/about-us/arctic-council/fin-chairmanship>
- 북극이사회 수색및구조(SAR) 협정, 2011(웹사이트)
https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/531/EDOCS-3661-v1-ACMMDK07_Nuuk_2011_SAR_Search_and_Rescue_Agreement_signed_EN_FR_RU.PDF?sequence=5&isAllowed=y
- 북극이사회 유류유출방지협정, 2013(웹사이트)
<https://arctic-council.org/eppr/agreement-on-cooperation-on-marine-oil-pollution-preparedness-and-response-in-the-arctic/>
- 북극이사회 북극과학협력협정, 2017(웹사이트)
<https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/1916>
- 북극이사회 제10차 각료회의 페어뱅크스 선언문, 2017(웹사이트)
<https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/1910>
- IASC 외, ICARP III 보고서, 2016(웹사이트)
<https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/1910>
- 미 해군(US NAVY), Arctic Roadmap, 2014
- 미 대통령실 과학기술위원회 산하 ‘범부처 북극연구정책위원회(IARPC)’ 북극연구계획(2017-2021), 2016
- 미국, National Strategy for the Arctic Region, 2013
- 미국, An America First Energy Plan, 2017
- 아이슬란드, A Parliamentary Resolution on Iceland’ s Arctic Policy(2011)
- 러시아, 2020 러시아 북극지역 발전 및 국가안보 보장 전략(2013)
- 노르웨이, Norway’ s Arctic Stategy, 2017
- 덴마크, 2011-2020 덴마크 북극전략, 2011
- 스웨덴, Sweden’ s Strategy for the Arctic Region: 2011)
- 캐나다, Arctic Policy Framework, 2016
- 일본, Japan’ s Arctic Policy, 2015

- 독일, Guidelines of the German Arctic policy, 2013
- 프랑스, National Roadmap for the Arctic, 2013
The Great Challenge of the Arctic, 2016
- 이태리, Toward an Italian Strategy for the Arctic: National Guidelines, 2016
- 국토교통부, 국가물류기본계획(2016-2025), 2016
- 해수부, 2030 해양수산미래비전, 2015
- 해수부, 제1차 수산업어촌기본계획, 2016
- 해수부, 제2차 해양관광진흥기본계획, 2014
- 해수부, 제1차 크루즈산업육성기본계획, 2016
- 해수부(해양레저과), 해수욕장의 이용 및 관리에 관한 법률, 2015
- 해수부, 제4차 해운산업 장기발전계획(2016-2020), 2016
- 해수부, 제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016-2020), 2016
- 해수부, 제2차 해양조사 기본계획, 2016
- 해수부 주도 범부처, 제1차 북극정책기본계획, 2013
- 해수부 주도 범부처, 제3차 남극연구활동진흥기본계획(2017-2021), 2016
- 해수부, 해양수산 R&D 중장기계획(2014-2020), 2014
- 범부처 제3차 과학기술기본계획(2013-2017), 2013