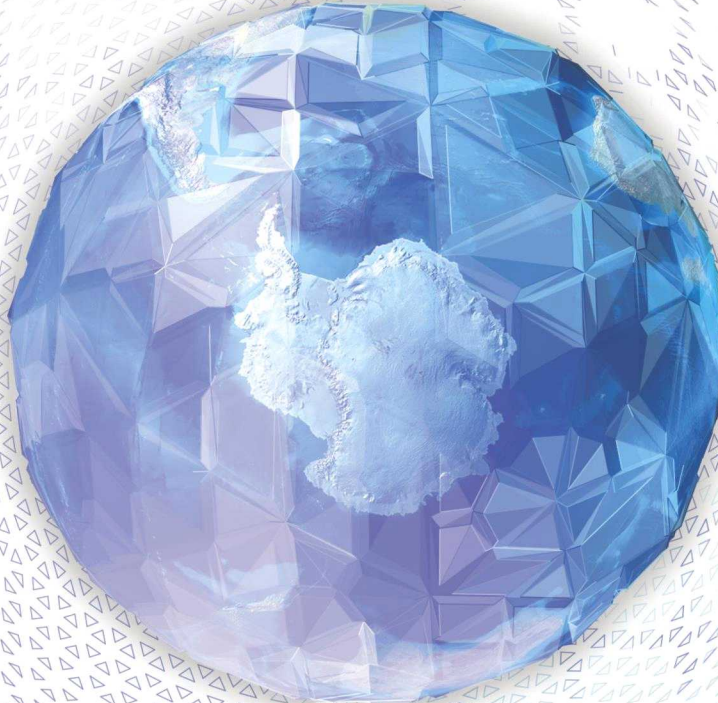


제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립에 관한 연구

A Study on Establishing the 4th Basic Plan
for Antarctic Research Promotion

2022. 01. 28.



제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 01. 28.

연구책임자 : 한승우

참여연구원 : 최영준, 서현교, 신형철, 김성중,
박송현, 양은진, 최한구, 이주한,
김현철, 이준혁, 이지영, 이형근,
전승열, 서원상, 김형준, 강동훈,
이가연, 최선웅, 정지훈, 정채린,
김선빈

요 약 문

I. 제목

제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립에 관한 연구

II. 연구개발의 필요성

- 남극연구는 연구는 우주, 해양과 더불어 국제사회에서 과학으로 기여하는 거대과학 분야로 국가 차원의 중장기적 지원이 필수
- 남극연구활동진흥기본계획('07~, 매5년)을 지속적으로 수립·시행하여, 남극활동을 체계적으로 지원하고 국가과학역량을 제고할 필요
- 제3차 남극연구활동진흥기본계획('17~'21)의 종료에 따라 그간의 성과를 평가하고, 최근 국내외 남극연구동향 및 환경변화를 반영하여 제4차 남극연구활동진흥기본계획('22~'26)을 수립 필요

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 현황조사

- 가. 3차 계획 성과 분석
- 나. 남극연구 수요조사

2. 수준진단 및 동향 조사

- 가. 국내외 남극연구 및 주요국 동향조사
- 나. 국내 인식도 및 수준조사

3. 비전-목표-전략 수립

- 가. 제4차 계획 방향성 도출 비전-목표-전략 틀 도출
- 나. 비전-목표-전략 틀 도출전략별 세부 내용 및 로드맵 도출

4. 세부 추진과제 도출

- 가. 전략별 세부 내용 및 로드맵 도출
- 나. 단계별 전문가 의견 수렴 및 반영

IV. 연구개발결과¹⁾

1. 추진 경과



2. 3차 성과 분석 및 시사점



3. 남극연구 주요국 동향

미국 대규모 인프라 운용, 환경변화에 따른 남극의 적응력 연구에 예산을 집중 투자
혁신적 발견 잠재력이 높은 천체 물리, 지구 시스템, 생태계(해양/대기), 남극-전지구 상호작용 등 **기초연구 분야의 연구활동이 활발**

영국 남극 활동 영역을 **영국 환경보호대상으로 분류하고, 철저한 보호 중심 과학연구** 수행
전지구적 문제해결을 위한 남극 과학연구로 빙권·해양·대기 변화와 영향, 고기후 복원, 생태계, 우주기상 분야의 연구를 중점 수행

독일 국가 지속가능 발전 전략의 일환으로 **녹색수소, 기후보호, 바이오경제** 분야의 범부처 협력 추진
 극지 대표 프로그램(FONA/MARE·N)에서 **기후 대응 통합연구, 지질/지구물리** 분야 집중(북극 중심)
 최근 **해양 변화, 생태계, 바이오** 분야로 확장

러시아 남극거버넌스 내 러시아의 영향력 유지에 총력, **미개발 남극대륙의 선점을 위한 정책** 추진
 남극 자연상태의 이해 증진을 위한 **환경기작, 상호작용 규명, 탐사/심부빙하시추기술** 등 개발
 코로나로 인해 **대규모 정비, 시설현대화 집중**

중국 심해·극지탐사를 전략적 과학기술 분야로 선정, **인프라 구축, 기술개발 예산 확대 및 집중 지원**
* 제14차 국민경제와 사회발전 5개년 계획(공산당 최상위 계획)
 전반적인 분야(지구과학, 해양지질학, 기후학 등)를 연구하되, **남극 생물자원, 위성·무인기를 활용한 빙상 모니터링 연구**를 중점 수행

일본 6차 과기기본계획(21~25)에서 **해양극지 프론티어** 개척 기여를 위해 연구개발 강화(10억엔 증액)
빙상-해양 상호작용, 빙하코어, 태양활동 규명 등을 주요 연구과제로 6차 남극관측계획 수립중
 관측기치 **원격·디지털화, 데이터 공유**를 시도

주요 시사점

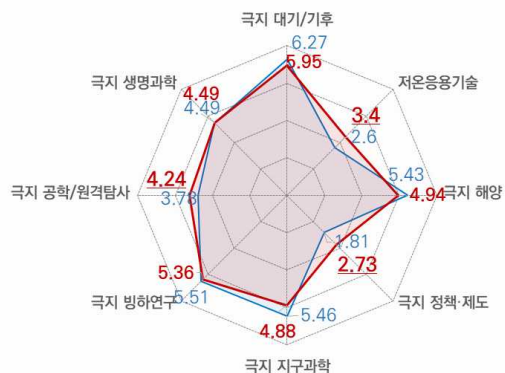
- 남극연구를 과학 선진국 위상을 보여주는 **전략연구 분야로 인식**
- 혁신적 과학성과 창출을 위한 기초연구 강화·집중 전략 전개**
- 남극 환경변화와 전지구적 영향의 상관관계 규명 촉진**
- 첨단기술 기반 남극관측, 원격 탐사, 인프라 디지털화 시도**
- 데이터 공유 및 실용화 연구 등 사회 환원에 대한 인식 제고**

4. 남극연구 수요조사

◆ 남극 대기/기후, 빙하, 지구과학 분야 중요도가 높고, 공학/원격탐사, 저온응용 등의 분야는 강화가 필요하다고 응답

5 제4차 기본계획에서 강화가 필요한 연구 분야

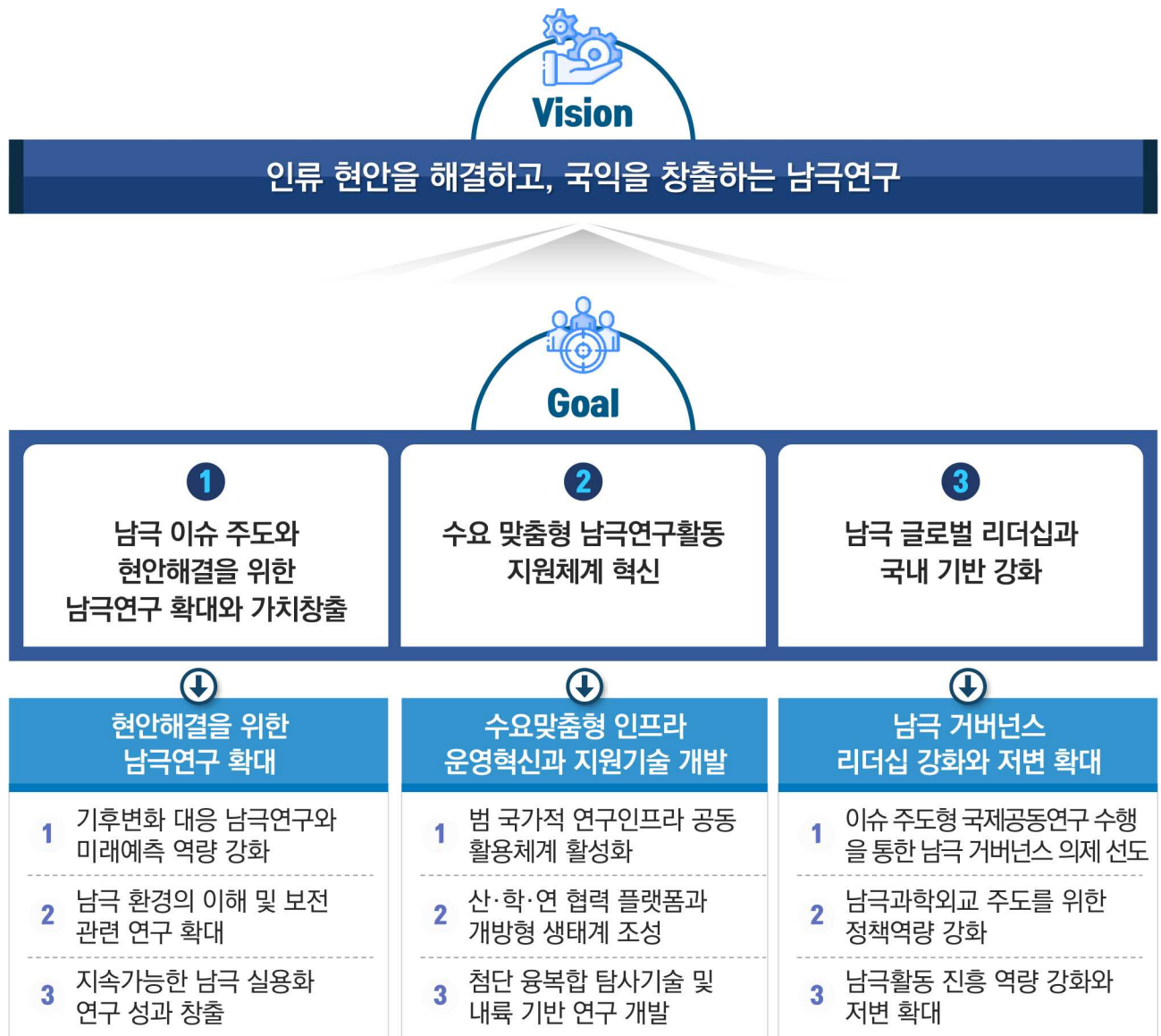
- 제3차 기본계획에서 집중 연구된 분야는 **대기/기후, 빙하** 분야
- 제4차 기본계획에서 **공학/원격탐사, 저온응용, 정책** 등 강화 필요
* 전체 분야 대비 중요도는 낮지만 기존 보다 강화가 필요하다는 의미로 해석



6 제4차 기본계획에서 강화해야 할 분야별 연구주제 우선순위

순위	연구주제
1	남극의 전 지구 기후 조절력 연구 및 기후예측 연구
2	남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측
3	빙상변화 관측 및 영향규명 기술
4	남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구
5	남극 내륙진출 등 극지 탐사기술
6	극저온 신기술 및 신소재 개발 기술
7	남극의 극저온 적응 생물 연구기술
8	남극 고기후 복원 연구 및 재현 기술
9	남극 우주환경 관측 기술

5. 4차 남극계획 비전-목표-전략 틀



V. 연구개발결과의 활용 계획

1. 남극연구 사업 및 활동 개발 기본 틀로 활용
 - 향후 5년간 남극 연구 및 활동을 추진하는 틀
2. 극지활동기본계획과의 연계
 - 제1차 극지활동진흥기본계획 수립 시 연계사항으로 활용



제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구

CONTENTS

요약문

I. 연구개요 1

제 1 절 연구배경	3
1. 연구 필요성	3
제 2 절 연구목적 및 범위	4
1. 연구 목적	4
2. 수행범위	4
3. 수행경과	4

II. 남극연구활동 현황 분석 5

제 1 절 실태조사	7
1. 실태조사 개요	7
2. 실태조사 내용	8
제 2 절 3차 계획 성과분석	33
1. 제3차 기본계획의 성과와 반성	33



CONTENTS

Ⅲ. 남극연구 동향 및 수준진단 37

제 1 절 남극연구 동향	39
1. 남극연구의 환경변화와 주요 동향	39
2. 남극 거버넌스 동향	44
3. 국가별 남극연구 동향	76
4. 국내 정책 동향	145
5. 종합 시사점	175
제 2 절 수준진단 및 수요조사	179
1. 남극연구 인식도 조사	179
2. 우리나라 수준 분석	182
3. 수요조사	183

Ⅳ. 4차 기본계획 비전 목표 전략 203

제 1 절 중장기 방향	205
1. 남극연구활동의 중장기 방향	205
제 2 절 4차 기본계획 비전-목표-전략 도출	206
1. 4차 기본계획 비전-전략 틀 도출	206

V. 결론 211

제 1 절 제4차 남극연구 기본계획(안) 비전-전략 틀과 추진과제	213
1. 비전-전략 틀	213
2. 전략별 추진과제	214
제 2 절 소관 및 소요예산(안)	247
1. 소요예산(안)	247

제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구

I

연구 개요



I

연구 개요

1 절 ④ 연구배경

1. 연구 필요성

- 「남극활동 및 환경보호에 관한 법률」 제21조 및 동법 시행령 제26조에 따라 5년 주기로 수립하는 제4차 「남극연구활동진흥기본계획」 수립을 위한 기초조사 필요
 - 제4차 남극연구활동진흥기본계획의 체계적인 수립을 위해 국내·외 동향조사를 통한 추진방향 도출 필요
 - 남극연구 관련 관계부처 및 산학연 전문가 대상 남극연구 수요조사 실시를 통한 연구 수요 도출 필요
 - 제3차 기본계획 관련 설문조사(인식도, 인지도) 및 성과분석을 통해 반성 시사점을 도출하고, 이를 기반으로 한 4차 기본계획 추진 방향 점검 필요
- 제4차 기본계획 비전/전략(들)에 대한 외부 관점에서의 검토 및 보완방향 도출 필요
 - 국내·외 동향 조사 분석, 설문 및 연구 수요 조사 결과 등을 토대로 수립 중인 제4차 기본계획의 비전, 목표, 세부 계획이 적절한지 검토 필요
 - 국가 과학기술 관련 상위 전략계획 및 기술로드맵 수립, R&D 사업기획 등 다수의 유관 프로젝트 경험을 보유한 외부 전문가의 검토 의견 수렴 필요
 - 검토 의견 및 보완 방향을 고려한 기본계획(안) 수립 지원 필요
- 제4차 기본계획 비전/전략에 따른 세부 과제 구성 필요
 - 향후 5년간 수행할 연구 과제 및 비연구 과제 구성



2 절 연구목적 및 범위

1. 연구 목적

- 본 연구는 국민적 이해와 국가적 공감대를 기반으로 미지·미답의 지리·생태 등의 탐구, 기후변화와 같은 인류공동의 현안 문제 해결, 이를 응용한 과학적·상업적 발전 등 우리나라를 남극 연구의 선도 국가로 전인시키는 연구전략과 과제를 포함한, “제4차 남극연구활동진흥기본계획”을 수립하여, 남극에 대한 국제적 발언권과 영향력을 증진시키고, 나아가 대한민국의 위상 제고와 과학기술 발전에 기여하는 데 그 목적이 있음

2. 수행범위

- (시간적 범위) 2021년 3월 ~ 2022년 1월
- (기능적 범위) 3차 계획 성과 및 반성, 남극연구 현황조사, 국내외 동향조사, 인식도 및 수요조사, 비전-목표-전략 도출, 세부 추진과제 도출

3. 수행경과



제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구

Ⅱ

남극연구활동 현황 분석

II

남극연구활동 현황 분석

1 절 실태조사

1. 실태조사 개요

가. 개요

□ 조사명: 제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립을 위한 실태조사

○ 조사대상

- 소내: 조사 항목 관련 부서
- 소외: 남극연구 수행 기관 및 관련 연구소

○ 조사방식

- 코로나-19 영향으로 현지조사가 불가하여 실태조사반은 구성치 않음
- 실태조사의 위임(시행령 제27조의2 제5항)은 제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립 관련 해양수산부 용역사업 계약체결로 극지(연)이 위임받은 것으로 간주

○ 조사내용

연번	구분	주관	방식	비고
1	남극 연구활동과 관련한 국내외 동향	극지연	문헌조사, 인터뷰	
2	남극 연구활동을 위한 연구재원	극지연		
3	남극에 관한 국가과학기술분야의 발전 현황	극지연		
4	남극 환경보호 연구 현황			
5	남극연구기관 및 연구인력 현황	극지연		
6	남극과학기지와 연구기반 시설물의 설치·운영 및 인력 등	극지연		
7	그 밖에 기본계획 또는 시행계획의 수립·시행에 필요한 사항	극지연		



2. 실태조사 내용

제4차 남극연구활동진흥기본계획 수립을 위한 실태조사 자료

□ 조사 항목

1) 연구재원

○ 극지연구소 예산현황

■ 예산 총액

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
총예산	517,062	108,992	100,789	98,533	100,506	108,242
출연금	421,425	86,977	83,490	82,206	83,569	85,183
자체수입(수탁)	86,316	18,050	15,001	14,868	15,977	22,420
기타	9,321	3,965	2,298	1,459	960	639

■ 연구사업비(지역별 비중)

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
연구사업비	198,064	37,833	37,959	38,200	39,311	44,761
남극	122,631	21,568	21,654	22,884	26,324	30,201
북극	61,493	14,435	12,186	11,693	10,555	12,624
남·북극 공통	13,940	1,830	4,119	3,623	2,432	1,936

* 연구사업비 중 정부출연금은 연구장비비를 포함한 기관고유사업비 (PAP, PIP, 연구·정책지원사업비 미포함)

** 연구사업비 중 정부출연금은 직접비 기준, 부처R&D는 총 연구비 기준으로 작성

■ 연구사업비(재원별 비중) [사업비 기준]

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
연구사업비	198,064	37,833	37,959	38,200	39,311	44,761
정부출연금*	109,433	20,865	23,750	24,150	21,650**	19,018
부처R&D	88,631	16,968	14,209	14,050	17,661	25,743

* 정부출연금 : 연구장비비를 포함한 기관고유사업비 (PAP, PIP, 연구·정책지원사업비 미포함)

** 제5기 기관고유사업 미편성액 1,060백만원 미포함 금액

*** 정부출연금은 직접비 기준, 부처R&D는 총 연구비 기준으로 작성



■ 연구사업비(재원별 비중) [사업계획서 기준]

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
연구사업비	210,232 (189,233)	38,492 (35,122)	41,947 (37,898)	42,514 (38,256)	41,056 (36,742)	46,223 (41,215)
정부출연금	125,170	20,742	27,246	27,746	25,533	23,903
부처R&D 총액 (직접비)	85,062 (64,063)	17,750 (14,380)	14,701 (10,652)	14,768 (10,510)	15,523 (11,209)	22,320 (17,312)

○ 인프라운영비 현황

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
인프라운영비	164,918	32,519	33,770	31,519	31,819	35,291
과학 기지 운영	세종	43,327	6,776	10,027	8,922	9,072
	장보고	48,616	10,612	10,612	8,571	8,721
	다산	2,509	435	435	435	769
	소 계	94,452	17,823	21,074	17,928	18,228
쇄빙연구선 운영	70,466	14,696	12,696	13,591	13,591	15,892

○ 국제협력비

(단위 : 백만원)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
○ 국제협력비	3,112	608	639	858	458	549
- 남극	1,963	369	386	581	297	330
- 북극	1,149	239	253	277	161	219

※ 2017~2020년도는 집행예산, 2021년도는 실행예산 기준으로 작성

※ KoARC 관련 사업 및 2020년도 이월액은 상기 예산표에 불포함

※ 백만원 이하 단위 절삭



2) 연구기관 및 인력현황

○ 남극연구기관(극지연구소) 연구인력 현황

■ 정규직 및 무기계약직(정원기준)

구분	5개년총합		2017		2018		2019		2020		2021	
연구직	508		99		102		102		102		103	
기술직	283		52		55		57		58		61	
	37	246	6	46	7	48	7	50	7	51	10	51
행정직	197		39		39		40		40		40	
무기계약직	222		18		18		62		62		62	
	147	75	6	12	6	12	45	17	45	17	45	17
소계	1210		208		214		260		262		266	

■ 정규직 및 무기계약직(현원기준)

구분	5개년총합		2017		2018		2019		2020		2021	
연구직	497		98		99		99		101		100	
기술직	263		45		52		52		57		57	
	52	211	9	36	11	41	11	41	11	46	10	47
행정직	195		40		38		39		39		39	
무기계약직	205		11		19		53		61		61	
	148	57	8	3	8	11	42	11	45	16	45	16
소계	1160		194		208		243		258		257	

■ 비정규 인력(알리오 공시 기준)

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
연수연구원	227	47	54	43	44	39
계약직연구원	92	28	24	15	21	4
UST 학생	137	24	27	29	28	29
소계	456	99	105	87	93	72



3) 남극연구활동 지원 극지인프라 이용 현황

구분		5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
세종	월동연구대	68	17	16	18	17	18
	내부	127	41	47	39	0	미정
	외부	286	128	80	78	0	미정
장보고	월동연구대	71	17	18	18	18	18
	내부	130	35	50	40	5	미정
	외부	207	56	92	58	1	미정
다산기지	내부	182	84	24	74	0	미정
	외부	222	99	28	95	0	미정
아라온호	내부	392	91	99	74	98	미정
	외부	480	197	143	104	12	미정
소계		2,165	765	597	598	151	미정

※ 2021년의 경우, 코로나19로 인해 남극입출계획이 유동적이며 규모 또한 미정

4) 남극환경보호 연구 현황

연도	과제명(발주처)	연구기간	연구비(백만원)
2017	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링(극지연구소)	'17.01.01. ~ '17.12.31.	142
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구(해양수산부)	'17.06.01. ~ '18.05.31.	1,902
	남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(4)(환경부)	'17.06.28. ~ '18.06.26.	384
2018	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링(극지연구소)	'18.01.01. ~ '18.12.31.	400
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구(해양수산부)	'18.06.01. ~ '19.05.31.	956
	남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(5)(환경부)	'18.09.12. ~ '19.05.31.	426
2019	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링(극지연구소)	'19.01.01. ~ '19.12.31.	430
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구(해양수산부)	'19.06.01. ~ '20.05.31.	1,531
	남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(6)(환경부)	'19.07.02. ~ '20.06.12.	421



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

2020	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링(극지연구소)	'20.06.01. ~ '20.12.31.	210
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구(해양수산부)	'20.06.01. ~ '21.05.31.	2,031
	남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(7)(환경부)	'20.10.19. ~ '21.04.30.	396
2021	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링(극지연구소)	'21.01.01. ~ '21.12.31.	420
	남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구(해양수산부)	'21.06.01. ~ '22.05.31.	2,031

5) 연구성과 관련 현황

○ 논문

구분	5개년총합	2017	2018	2019	2020	2021
총합	650	131	136	175	170	38
남극	411	87	76	123	106	19
북극	239	44	60	52	64	19

* 기준 : SCI(E)급 논문, 기타지역 논문실적 제외

○ 특허출원/등록

구분	5개년총합		2017		2018		2019		2020		2021	
	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록
총합	50	50	11	13	16	9	11	13	12	11	0	4
남극	39	36	9	12	11	6	8	9	11	8	-	1
북극	11	14	2	1	5	3	3	4	1	3	-	3

* 기준 : 국내특허



○ 기술이전 및 기술료

(단위 : 건/ 백만원)

구분	5개년총합		2017		2018		2019		2020		2021	
	기술 이전	기술 료	기술 이전	기술 료	기술 이전	기술 료	기술 이전	기술 료	기술 이전	기술 료	기술 이전	기술 료
총합			-	-							-	-
남극			-	112	2	702	1	250	-	100	-	-
북극			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 기술료 : 2017년(2014년 계약 건), 2018년, 2019년(2017년 계약건 각각 100백만원 포함)

6) 연구과제 현황 관련

○ 2017~2021년까지의 극지연구소가 수행한 과제 현황 목록

- 주요사업, R&D, 주요 수탁사업(사업비 일정금액 이상)
- 과제제목, 수행기간, 과제구분(주요, R&D, 수탁), 예산(주요사업 : 연구직접비, R&D 및 수탁 : 총사업비)

(단위 : 백만원)

과제명	수행기간	과제 구분	연구비
남극 기후변화의 지역적 차이 원인 규명	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,301
우주환경과 저층대기에 의한 극지고층대기변화 규명	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,482
퇴적물을 활용한 지난 2백만년간의 남극 빙권 및 해양 변화 복원	'17.1.1~'20.12.31.	주요	3,137
빙하코어를 활용한 남극 빅토리아랜드 고해상도 기후·환경 복원연구	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,581
서남극 열개구조와 남극 중앙해령 하부의 맨틀 상호 연관성 규명	'17.1.1~'20.12.31.	주요	3,451
아문젠 빙봉소멸 속도와 해양변동 추세 연구	'17.1.1~'20.12.31.	주요	3,627
남극반도 연안해양시스템 변화 2050 전망 연구	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,371
극지유전체 101 프로젝트: 극지생물 유전체 정보 분석 및 활용기반 구축	'17.1.1~'20.12.31.	주요	4,012
환경변화에 대한 킹조지섬 주요 육상생물의 생물반응 모델링기술 개발	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,868
극지적응 고유생물 유래 대사체의 상용화 구축사업	'17.1.1~'20.12.31.	주요	2,505
남극 내륙 진출 루트 개척과 심부빙하/빙저호 시추 및 활용기술 개발	'17.1.1~'20.12.31.	주요	14,396
북극 해빙 위성관측을 위한 분석 기술 개발	'17.1.1~'20.12.31.	주요	4,987
극지 기후변화/기상재해 예측 시스템(KPOPS)의 개발 및 활용 연구	'17.1.1~'20.12.31.	주요	4,890
저농도 기후변화물질 분석기술 개발	'17.1.1~'20.12.31.	주요	1,120
남극 장보고과학기지 장기생태연구 (JBG-LTER) - 한·뉴·이태리 3국 공동 platform 구축	'17.1.1~'20.12.31.	주요	1,155
북그린란드 고생대 동물 초기진화와 원시지구환경 규명	'17.1.1~'20.12.31.	주요	1,497
북극 다산기지 주변 Kongsfjorden MIZ(marginal ice zone)에서의 해빙생태계 탄소흡수율 평가	'17.1.1~'20.12.31.	주요	1,111
극지 미세조류 유래 천연 세포보호 물질의 안정적 대량 확보 및 효능분석	'17.1.1~'20.12.31.	주요	1,160
얼음화학 특성연구를 통한 극지방 자연현상 규명 및 응용기술 개발	'18.1.1~'20.12.31.	주요	4,440
극지유전자원 기반 신규활성 항생제 후보 물질 발굴	'18.1.1~'20.12.31.	주요	3,040



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

무인 탐사 시스템을 활용한 남극 대륙 빙저 지형(BEDMAP) 조사	'19.1.1~'20.12.31.	주요	2,000
지구내부물질, 기반암, 화산을 통한 남극종단산맥의 형성과 진화 연구	'19.1.1~'20.12.31.	주요	1,006
극지 바이오신소재 상용화 구축 사업	'20.1.1~'22.12.31.	주요	3,150
남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척과 지원시스템 구축	'20.1.1~'22.12.31.	주요	6,000
얼음의 미세구조 특성연구를 통한 저온 정화기술 및 환경/에너지 신소재 개발	'20.1.1~'22.12.31.	주요	3,960
포스트 극지유전체프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	3,336
항공탐사 시스템 개발을 통한 남극 빙저지형(BEDMAP) 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	4,725
남극 대기 에어로졸 생성-성장-구름형성 과정 연구를 통한 기후피드백 이해	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,260
남극 극한 기상/기후변화 진단 및 전지구 영향평가	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,719
북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,310
북극 해양·해빙 변화에 기인한 북극과 한반도의 재해기상 현상 모델링 시스템(KPOPS-Earth)의 개발 및 활용	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,205
오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,160
극지 해양에 서식하는 물범과(Phocidae) 동물의 행동생태 기초 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,260
급속한 빙하 감소에 따른 세종과학기지 기반 연안해양(수층-저층)생태계 적응과 영향 평가	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,500
남극 빙저호의 물질순환에 관여하는 미생물의 생태학적 기능규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,650
남극해 탄소펌프와 기후조절력 변동 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	4,095
장보고기지 및 캠펠빙하 주변환경과 연안생태계 간 상호반응 모델 개발	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,205
화학 추적자를 활용한 서남극 용빙수 거동과 해양순환 변동 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,260
환경변화에 따른 킹조지섬 육상생물의 생리생태 반응 규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,205
과거 온난기의 서남극 빙상 후퇴 및 해양 순환 변화 연구	'20.1.1~'22.12.31.	주요	3,465
국제 심부빙하시추 네트워크를 활용한 대기-빙상 상호작용의 자연적·인위적 특성 규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	4,410
장보고기지기반 남극지질·운석연구: 빅토리아랜드 지각진화와 소행성 표면물질 특성규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,100
질란디아-남극 맨틀의 특성 및 기원 규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	1,260
고환경 및 동물 진화 연구를 통한 북그린란드 미답지 진출	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,310
Polar 3 지자기 이상 형성 원인과 서남극 열개구조에 미치는 영향 규명	'20.1.1~'22.12.31.	주요	2,205
지구온난화에 따른 북극 유해 미생물의 잠재적 위험성 평가	'20.6.1~'22.12.31.	주요	1,200
남극 David 빙하 빙저호 열수시추 기술개발	'20.6.1~'22.12.31.	주요	3,000
장보고기지 주변 빙권변화 진단, 원인규명 및 예측	'14-09-01~'19-05-31	R&D	10,500
남극 빅토리아랜드 지역 지각진화 및 행성형성과정 연구	'14-09-01~'19-05-31	R&D	12,700
북극해 환경변화 통합관측 및 활용연구	'16-05-01~'21-04-30	R&D	15,665
북극해 해저자원환경 탐사 및 해저메탄방출현상 연구	'16-05-01~'21-04-30	R&D	7,638
한북극 동토층 환경변화 분석을 통한 미래 예측 및 유용물질 응용 기술 개발	'16-05-01~'21-03-31	R&D	15,933
북극 스발바르 피오르드 지형변화연구	'15-06-23~'21-03-31	R&D	3,280
남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구	'17-06-01~'22-05-31	R&D	8,451
서남극 스웨이트 빙하 돌발 붕괴가 유발하는 해수면 상승 예측	'19-06-01~'23-05-31	R&D	20,000
극지 유래 생물자원을 활용한 항생제 후보물질 개발	'20-04-22~'24-12-31	R&D	12,481
북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구	'21-04-01~'26-12-31	R&D	17,500
북극해 해저지질 조사 및 해저환경 변화 연구	'21-04-01~'26-12-31	R&D	12,600
극지 지의류 유래 치매치료제 실용화 연구	'21-04-01~'24-12-31	R&D	11,404
극한지 관측 및 정보처리 기술 개발	'21-04-01~'25-12-31	R&D	12,505
북극권 육상-대기-연안 환경변화 대응 및 활용기술 개발	'21-04-27~'24-12-31	R&D	24,000

※R&D사업은 10억원 이상 주관과제 기준



○ 2017년~2021년까지의 PAP 사업 접수과제 목록

■ 2017년도 (58건)

과제명	소속기관	제안자	비고
다이아믹타이트의 기원과 고환경 비교연구	경상대학교	손영관	
척치해 홀로세 SMZ 퇴적층에 대한 Paleome 기반의 고환경 복원	전북대학교	이지훈	
빙하코어에 포집된 N ₂ O 안정동위원소 분석기법 개발	서울대학교	안진호	
위성 관측 기반 북극 에너지 수지와 계절간 상호작용 연구	이화여자대학교	최용상	
러시아 석유 시추에 따른 블랙카본이 북극 기후에 미치는 영향	서울대학교	박록진	
위성레이더를 이용한 빙하 기저면 후퇴 시공간 모니터링 기술 개발	서울시립대학교	정형섭	
양극 기후변화 간 상호작용 역학 메커니즘 연구	울산과기원	강사라	
박테리아 독소 단백질 유전자 재조합을 통한 저온 안정성 RNA 가위 제작연구	부산대학교	황지환	
극지 생물 유전자 변형을 위한 신규 유전자 편집 도구 개발 및 활용	한국생명공학연구원	우의전	
극지유래 생물자원을 활용한 혈관질환 제어 연구	숙명여자대학교	김종민	
극지/한랭기후 막여과 생물반응기의 생물막 오염 제어를 위한 정족수 감지 억제 기술 개발	연세대학교	박병규	
극지환경 유래 exopolysaccharide 탐색 및 활용	영남대학교	서정현	
극지 미세조류를 이용한 뇌졸중 타겟 의약복합체 연구	인하대학교	조동규	
Alternative splicing 조절에 의한 극지 식물의 환경 적응 기작	전북대학교	이정환	
통합 남극지역 지각 자기이상 모델과 지열류량 모델	공주대학교	김형래	
극지 해빙에 따른 메탄 하이드레이트 유동 연구 특성	광주과학기술원	박영준	
극한 환경하에서 크르세이트 포접화합물의 물리화학적 물성변화에 대한 연구	한국해양대학교	윤지호	
극지 무인탐사 지원을 위한 다중위성군 고정밀/고안전성 지상기반 GNSS 보강항법시스템 개발 연구	KAIST	이지윤	
극지 미세조류를 이용한 노인성 난청 보호약물 개발	경북대학교	김연경	
극지생물 추출물 기반 나노약물 개발	인제대학교	박유미	
저온환경에서의 스펙타이트-일라이트 (S-I) 반응 연구	연세대학교	김진욱	
남극해 크릴 알과 유생의 비중측정	부경대학교	김수암	
남극해 인도양 해역에서 기후변화에 의한 극전선의 이동과 해양탄소순환	부산대학교	김부근	
극지 기후 및 해수순환연구를 위한 북태평양 해양 중층 기후영향지수 개발	KAIST	김성용	
얼음 솔리톤을 이용한 비충격식 쇄빙	KAIST	조연우	
남극권 대기의 유기에어로졸 화학특성 연구	조선대학교	이지이	
극한 세균 Deinococcus 균주의 환경변화에 대응하는 DNA-결합 단백질의 분자유전학적 연구	경희대학교	이성재	
북극해 해빙감소에 기인한 내부파와 해양혼합 변화 연구	인하대학교	박재훈	
남극 오존층의 장기변동성과 남반구 기후변화	서울대학교	손석우	
기후변화가 이누이트의 생활상 변화에 미치는 영향- 캐나다 Nunavut를 사례로-	건국대학교	이승훈	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

위성 관측 기반 극지 기후민감도 추정 및 활용 연구	이화여자대학교	최용상	
남극 육상 생물체 기반 행성지구화(Terraforming) 모델 생물 시스템 개발	순천대학교	허재선	
극지 생물자원을 활용한 당뇨 및 합병증 예방 및 치료를 위한 최종당화산물 저해제 개발	전북대학교	김정현	
극지 방선균 유래 저온성 β -lactamase 저해제 발굴	이화여자대학교	남상집	
극지 미생물 유래의 내성 부여 유전자를 이용한 아미노산 유도체 생산 균주 개발	전남대학교	최종일	
극지 생물자원 유래 천연물 기반 면역억제 선도 물질 발굴 및 원천기술 개발	경상대학교	이창섭	
북극해 거대바이러스 모니터링	한국해양과학기술원	이택건	
극지 미생물을 활용한 고율(high-rate) 저온 바이오메탄화 기술 연구	울산과학기술원	이창수	
개별기반 지역생태 모형(Ecosystem Demography Model) 활용 극지방 관목 확장 과정 및 영향 이해	연세대학교	김연주	
극지 생물 유전자 변형을 위한 신규 유전자 편집 도구 개발 및 활용	한국생명공학연구원	우의전	
양극권의 극한성과 중온성 환형동물의 다중 오믹스 및 Evo-Devo 연구	충북대학교	조성진	
극지 해양천연물 유래 항당뇨 기능성 소재 탐색 및 효능에 관한 연구	을지대학교	오윤신	
극지유래 색소단백질을 이용한 뇌졸중 타겟 의약복합체 합성연구	인하대학교	조동규	
극지 해양극한미생물을 활용한 천연항생물질-할로신 및 기능성 화장품 첨가물질군 포트폴리오 개발	신라대학교	이상재	
미세유체칩을 활용한 완보동물의 특성 연구	KAIST	성형진	
극지토양에서 미지의 토양미생물의 분리 및 활용	경기대학교	김재수	
극지 클로렐라의 형질전환을 통한 면역증강단백질 CSF의 발현 체계 확립	서강대학교	김성룡	
장기간 얼음으로 덮인 남극 호수의 생물학적 질소순환 특성 분석	연세대학교(원주)	이태권	
북극해 해저 메탄 방출지역의 유기수는 기원 연구	광주과학기술원	한승희	
복합위성 관측자료에 의한 극지해안선 탐색과 해양 표층온도 관측기술개발	남서울대학교	정종철	
극한환경에서의 Pop-up부이 활용 수중 관측자료 자동전송 시스템 시험 구축	인하대학교	박재훈	
북극해 해빙 융해 패턴 및 해수면 수위 변화에 해저 열용량 변화 기여도	충남대학교	이유	
극지에서 운영 가능한 UAV(Unmanned Airborne Vehicle) 개발 및 이를 이용한 실시간 안전경로 모니터링 및 대기 환경관측 시스템 개발	(주)한국케이지티 콘설턴트	조광희	
빙하코어에 축적된 방사선 동위원소 검출기법 개발 및 환경 방사선 연구	이화여자대학교	한인식	
남극해 인도양 해역에서 빙하기-간빙기 극전선 이동과 해양탄소순환	부산대학교	김부근	
극지 의료정보시스템 구축을 통한 극지의료·안전 분야 다학제 기초연구	고려대학교	이민구	
극지 과학기술 특허정보를 활용한 AI기반 극지 미래유망기술 탐색	한국해양과학기술원	송환빈	
극지 환경 내 풍력 발전을 위한 안티-아이싱 블레이드 풍력 터빈의 개발 및 연구	연세대학교	이준상	



■ 2018년도 (43건)

과제명	소속기관	제안자	비고
GPS 기반의 Maritime Floating 미세플라스틱 측정시스템 개발	인천대학교	이도균	
남극 연안과 외양에서 미세플라스틱 분포와 집적 과정의 이해	서울대학교	황진환	
남극해 생태계에 축적된 미세플라스틱의 생분해의 환경 공학적 적용을 위한 이해 증진 및 기술 개발	중앙대학교	설우준	
글로벌 극지 인문사회 분야 연구현황 데이터베이스화 및 극지 인문사회과학 연구수요 연구	한양대학교	윤종영	
북극 이사회에서의 협력거버넌스 모델과 한국의 공공외교-민족, 국가, 협력거버넌스	연세대학교	최아진	
남극권 대기의 유기에어로졸 화학조성 이해 및 생성원인 규명	이화여자대학교	이지이	
극지역 지하수-지표수-눈/빙하 상호작용과 물순환 연구	전북대학교	진성욱	
통합 남극지역 지각 자기이상 모델과 지열류량 모델	공주대학교	김형래	
남극 운석의 충격변성 환경 규명을 위한 광물학적 연구	공주대학교	김현나	
극지환경 유래 Exopolysaccharide 탐색 및 활용 기초 연구	영남대학교	서정현	
극지효모가 생산하는 생물계면활성제의 스크리닝	경북해양바이오연구원	김종식	
지구온난화에 따른 북극 극지 미생물의 지방산 변화 관측을 통한 membrane fluidity 변화 연구	건국대학교	양영현	
극지생물 유래 방사선치료 부작용 억제 물질의 확보 및 효능 검증	전남대학교	최종일	
얼음 상호작용 단백질의 계면에너지 정량화 및 구조/성능 예측 플랫폼	부경대학교	우상욱	
극지생물 유래 대사산물을 이용한 혈관신생 조절 활성물질의 발굴 및 기능 규명 연구	선문대학교	정혜진	
극한성과 중온성 환형동물의 다중 오믹스 및 Evo-Devo 연구	충북대학교	조성진	
극지토양에서 미지의 미생물의 분리, 동정 및 자원화	경기대학교	김재수	
극지 동토층 유기물의 화학적 안정성과 물리적 안정성이 유기물 분해도에 미치는 영향	서울대학교	오능환	
극지 결빙제에 단백질 모방 기능성 나노소재 합성 기술 개발 및 응용	광주과학기술원	이은지	
메타지놈 기술을 이용한 남극 바톤반도 분뇨성 오염원 추적 시스템 개발	제주대학교	윤노타쯔야	
극지방 유래 Deinococcus 균주들의 분자유전학적인 생존전략 규명	경기대학교	이성재	
무엇을 편집할 것인가: 극지 유전자원의 기능진화 분석을 통한 단축진화 수행	서강대학교	이병하	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

극지 생물자원에서 새로운 지방합성/콜레스테롤합성 저하제 탐색	한국해양대학교	양인호	
기후온난화에 따른 냉냉성 포식 미생물의 분리와 동정	울산과기원	로버트 미첼	
극지 미세조류를 이용한 노인성 난청 보호약물 개발	경북대학교	김언경	
지구온실가스의 고정에 선태류와 미생물 간의 상호작용이 미치는 영향 연구	경북대학교	김사열	
결빙방지단백질의 신규 의약학적 용도 개발	테라시드	김홍재	
남극해 탄소순환 모델링	연세대학교	송하준	
아이슬란드 인근 북극해 dimethyl sulfide 생산변동 연구	포항공과대학교	이기택	
극지해양과 대기의 상호작용에 대한 기반연구: 해빙(sea ice) 리드들(leads)상 대기경계층에 대한 큰에디모사(Large Eddy Simulation, LES) 실험	강릉원주대학교	강성락	
남극해 인도양 해역의 기후변화, 극전선 이동 및 해양탄소순환의 상호작용	부산대학교	김부근	
극미량의 초세립질 화산재 연구를 통한 고환경 해석	서울대학교	이인성	
지구규모의 기후변동이 동시베리아 영구동토 지역의 지형형성에 주는 영향	경희대학교	다나카 유키야	
표적/비표적 분석기법을 활용한 극지 신규 환경오염물질 연대기 및 거동 연구	한양대학교	문효방	
극한 환경 노출 장비의 작동 성능 확보를 위한 표면 소재 개발	부경대학교	곽민석	
저온 환경 노출에 따른 신체조성, 운동기능의 변화와 적응기전 연구	서울대학교	박재범	
극저온 수소취화 저항성이 큰 Complex Trapping Concentrated Alloy 개발	서울대학교	박은수	
인공위성 관측 자료를 활용한 북극권 동토 환경의 시공간적 변화 모니터링 기술 개발	세종대학교	박상은	
쇄빙선의 안전한 북극 항로 개척을 위한 위성가시 악조건하에서의 정밀 위성항법 복합 측위 기법 연구	세종대학교	박병운	
북극/고위도 지역의 환경변화가 한반도 미세먼지와 황사에 끼치는 영향	서울대학교	허창희	
북극온난화에 따른 중위도 제트기류 이상난동이 동아시아 대기질 변화에 미치는 영향	부경대학교	최원식	
북극 환경변화와 북극 거버넌스의 재편: 북극 이사회 상설 작업반내 원주민 그룹의 위상변화를 중심으로	연세대학교	최아진	
러시아 북극권 개발과 지역사회 변화 연구	한국외국어대학교	최우익	



■ 2019년도 (48건)

과제명	소속기관	제안자	비고
방사성 탄소동위원소를 활용한 극지 동토층 유기물의 안정성 탐구	서울대학교	오능환	
위성 자료를 이용한 BrO 컬럼 농도 산출 및 이를 활용한 극지 대기화학 특성 분석	연세대학교	김준	
용빙수 하천의 생물지구화학적 황 순환에 대한 동위원소 연구	서울대학교	심민섭	
제 3의 극지, 티베트 고원 영구동토층 융해 및 분해의 수문-생지화학적 기작 규명	연세대학교	강호전	
기후 변화에 의한 알래스카 호수의 수은 안정동위원소 거동과 위해성 변동	포항공과대학교	권세윤	
하계 남극/북극(세종/다산)기지 주변 해역 수층 내에서 강력한 기후변화 기체인 메탄의 농도분포-생성소스-플렉스 비교 연구	인천대학교	김일남	
극지 온난화 패턴이 전 지구 기후 변화에 미치는 영향 규명	울산과학기술원	강사라	
아시아 기원의 대기 오염 물질이 북극 대기질과 기후에 미치는 영향 연구 (산학협력단 연구교수)	연세대학교	김시완	
에어로졸의 직간접복사효과 이해를 통한 극지역 기후변화 이해증진 (포스닥)	연세대학교	장동영	
남극 대륙 연안에 분포하는 해저 퇴적물의 지질 및 암석 지구화학 연구를 통한 남극 대륙의 지질 정보 규명	인하대학교	서정훈	
철 및 산소 동위원소를 이용한 남극 북빅토리아랜드 총상 고철질 관입암의 마그마 진화 과정 및 지구조 환경 연구	서울대학교	이인성	
남극대륙의 기반암내 지하수 유동 체계 연구	부산대학교	함세영	
극지생물 유래의 피부세포 생리활성 조절물질 탐색 연구	대구한의대학교	김완일	
극지 생물자원 유래 천연물 기반 면역제어 선도 물질 발굴 및 원천기술 개발	경상대학교	이창섭	
남극 생활 변화에 따른 마이크로옴 변화	서울대학교	석영재	
극지식물 유래 항노화 소재 탐색 및 식의약 신소재 개발	을지대학교	오윤신	
모델시스템을 이용한 극지생물 세포막의 구조와 기능에 관한 연구	조선대학교	양성태	
남극 톡토기의 유전체를 이용한 화학 수용체 유전자군 및 섬유소 분해 효소 유전자군 발굴 및 진화적 연구	중앙대학교	윤성일	
극지 미생물유래 단백질의 숙주 세포 상호작용기전 규명을 통한 염증 질환 적용	한양대학교	양철수	
극지유래 면역조절물질을 이용한 두피 개선 '비건화장품'시제품 개발	인하대학교	신화성	
고기후 변화에 따른 극지 해양동물의 급속진화 적응기작 규명	이화여자대학교	박중기	
극지생물 추출물 및 대사체에서 성체줄기세포 치료 효능 향상 신물질 발굴	가천대학교	홍인선	
극지 연안과 대양 횡단 시료의 유종섬모충류(원생동물: 섬모충류) 생물다양성에 대한 분자생물학적 특징 규명	강릉원주대학교	정재호	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

빙해 속 차가운 시선: 극지 어류의 광수용체 분석과 저온순응형 GPCR 플랫폼 구축	부경대학교	김종명	
극지 규조류의 기형 (tetralogy)과 지질체 (lipid bodies)를 활용한 환경변화모니터링 시스템 구축	건트대학교	한태준	
기후온난화에 따른 냉냉성 포식 미생물의 분리와 동정	울산과학기술원	로버트 미첼	
극지 유래 미생물 군집을 활용한 저온 바이오메탄화 기술 연구	울산과학기술원	이창수	
Greening or Browning? 온난화에 따른 극지방 식생계절 변화 및 탄소순환 변화 이해	연세대학교	김연주	
남극 오존홀 변화가 남극해 생태순환에 미치는 영향에 대한 연구	충남대학교	이동은	
극지 서식 동물의 근육 연구를 통한 역노화성 운동모방 약물 개발	가천대학교	윤미섭	
저온환경 노출에 따른 신체변화와 적응기전의 생체 정량지표 개발과 극지 환경 속 운동프로그램 개발	서울대학교	박재범	
남극해 인도양 해역에서 기후변화에 따른 극전선 이동과 해양탄소순환 변화	부산대학교	김부근	
해수 염도 자료를 이용한 남극해 수문순환 및 기후 되먹임 메커니즘 연구	성균관대학교	최민하	
전지구 원격상관에 의한 남·북반구 고위도 순환 및 극 해빙 변화 물리 메커니즘 연구	부산대학교	서경환	
스발바르 콩스피오르드 내 용빙수 확산에 의한 퇴적물 이동모델링 기술 개발	인하대학교	우승범	
남극 해양온난화와 해빙에 의한 해수 담수화가 단각류 군집 동태와 개체군 행동에 미치는 영향	인하대학교	김태원	
쇄빙선 아라온호의 선상 삼성분 자기장 측정 시스템 구축 및 이동항해 구간 중 지구해양 종합관측을 통한 대양 신진인력 양성	서울대학교	이상목	
K-루트 개척을 위한 자율주행 모바일 로봇 개발 및 루트 주변 안전 확보 모니터링 기법 개발	인천대학교	김영진	
극지 적용 초간단 질병 진단을 위한 피부가스 센서	인하대학교	김상섭	
장기체공형 태양광 무인기와 인공지능을 이용한 장보고 기지 주변 환경 모니터링	한국항공대학교	배재성	
하계 극지해역 내부파의 수리특성 분석	경상대학교	이우동	
수중통신 및 사물인터넷 통신 기술의 극지 활용 방안 및 극지환경을 고려한 사물인터넷 통신 시스템 시작품 개발	호서대학교	임태호	
극지 환경에서 운용 가능한 센서 네트워크	인천대학교	이우찬	
극지 탐사용 VTOL 드론 및 자동 이착륙 무선충전시스템 개발	동신대학교	정성훈	
나노구조를 이용한 고내구성 아이스포빅 코팅 원천 기술 연구	인천대학교	이한보람	
해빙 자료를 이용한 북극항로 예측시스템 개발	(유)나노웨더	오재호	
무인이동체 활용 극지탐험을 위한 정밀항법 센서 융합 연구	홍익대학교	김의호	
극지환경에 최적화된 압타머 스크리닝 기술(Cryo-SELEX) 개발 및 이를 이용한 신속, 간편한 환경유해물질 모니터링	건국대학교	박기수	



■ 2020년도 (58건)

과제명	소속기관	제안자	비고
극지 미세조류 및 미생물을 활용한 장관 면역 항상성 촉진 신물질 발굴	가천대학교	정윤재	
극지 미생물유래 단백질의 숙주 세포 상호작용기전 규명을 통한 염증 질환 적용	한양대학교	양철수	
육상 용빙수에 의한 질산화 및 메탄산화 변화	충북대학교	이성근	
극지요각류 <i>Tigriopus kingsejongensis</i> 에 미치는 미세플라스틱의 독성 기작	성균관대학교	이재성	
남극 멜버른 화산의 맨틀 기원 휘발성 성분 지구화학	서울대학교	이현우	
남극 톡토기의 유전체 시퀀싱 및 화학수용체 유전자군과 섬유소 분해 효소 유전자군의 진화적 연구	중앙대학교	윤성일	
모델시스템을 이용한 극지생물 세포막의 유동성 이해 및 응용	조선대학교	양성태	
남쉐틀랜드 해구에 기록된 남극 기후변화와 지구조 활동	부산대학교	김부근	
극지역 용빙수 용설수의 영양염류 플렉스 측정 및 남빙양 영양염류 공급에 미치는 영향 연구	부경대학교	양민준	
극지 생물자원을 활용한 항진균, 상처 치료, 면역 조절용 생리 활성 소재 발굴	경희대학교	김기영	
그람음성 세균의 Lipopolysaccharide에 의한 저온내성 획득과 저온 특이적 발현 조절자 규명	부산대학교	황지환	
북극 기후 및 환경 변화에 따른 대기 산화능 영향 연구- 반응성 염소계 화합물 거동 중심으로	광주과기원	민경은	
위성 BrO 컬럼농도 산출을 통한 남북극 대류권 오존/할로겐 화학 연구	연세대학교	구자호	
서남극 열개구조의 진화 양상에 대한 판 규모 지구동역학 수치 모사 연구	강원대학교	소병달	
북극 스노우팩의 수은 침적 경로와 광원원 반응 : 북극 온난화와 수은 거동 변화 예측을 위한 기초 연구	포항공과대학교	권세윤	
극지생물 추출물 및 대사체에서 성체줄기세포 치료 효능 향상 신물질 발굴	가천대학교	홍인선	
극지 해조류의 군집구조 미래예측을 위한 해양산성화 반응 연구와 (아)극지 해조류의 생리생태 연구	군산대학교	김주형	
북극해 어류 탐색 및 고도생태정보 구축을 위한 연구	경상대학교	곽우석	
철 동위원소 분석을 통한 극지 지구조 환경 변화와 진화 과정 연구	서울대학교	이인성	
위성 자료 활용 딥러닝 기반 북극 환경 변화와 한반도 특이기상의 원격 상관 분석 및 예측 모델 개발	울산과기원	임정호	
인공지능을 이용한 북극 기상 예측에 미치는 습도 관측의 영향 평가	명지대학교	송효종	
극지 식물 세포벽소포체 기능 규명 및 의약/식품/화학 소재 개발	인천대학교	이원종	
조직재생 의료기기 개발을 위한 극지 유래 바이오잉크 소재 개발	인하대학교	양윤정	
극지 유래 저온 및 방사선 저항성 <i>Deinococcus</i> 속 균주 개량을 위한 합성생물학 료 개발	카톨릭대학교	서승오	
북극의 대기 중 병원성 미생물 탐색 및 위해성 평가	서울대학교	야마모토 나옴치	
해양 유충섬모충류 미토콘드리아 유전체 및 딥러닝을 통한 종식별 연구	강릉원주대	정재호	
Convolutional LSTM 및 ED2 융합기술 개발 및 적용을 통한 극지방 툰드라 식생과 영구동토층의 온난화 영향 이해	연세대학교	김연주	
마이크로파 원격탐사를 통한 남극의 빙산지수 개발 및 해빙농도 보정 연구	강원대학교	한향선	
극지생물 유래 공존/공생 미생물 분리 및 유기대사체 프로파일 기반 유용성 평가	한국해양대	양인호	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

극지생명체에서 미세플라스틱의 분해를 위한 효소의 탐색, 분석 그리고 실용화	숙명여대	김두현	
Qinghai-Tibetan Plateau 영구동토층 'zero curtain' 내의 물리적 구조와 메탄생성균 활성도 규명	연세대학교	강호정	
생물음향학을 이용한 극지 생태계 연구	이화여자대학교	장이권	
지구온난화에 따른 남극 빙상 질량의 변화 메커니즘 연구	경북대학교	엄주영	
극지생물 기반 조직 재생 생리적 기능 규명 연구	원광대학교	최태영	
빙저호 탐색을 위한 고생대 생물 모사형 Cable suspended 수중 로봇 및 아바타 조종 인터페이스 기술 개발	인천대학교	김영진	
극지 유전체를 활용한 산업용 미생물 균주의 내성 증대 기술 개발	전남대학교	최종일	
북극항로 개발을 위한 소형 미래 추진기술 개발	세종대학교	박창제	
하이브리드 플라스마-촉매 시스템을 이용한 미세플라스틱 분해 기술 개발	세종대학교	윤미용	
장기체공형 태양광 무인기와 인공지능을 이용한 장보고 기지 주변 환경 모니터링	한국항공대학교	배재성	
극지 해양 바이러스 유전체 정보를 이용한 재조합 바이러스 유사 입자 생산시스템 구축	영남대학교	김창섭	
북극항로 항행 선박으로부터 대기오염 및 온실가스 배출량 산정 및 북극해역 내 대기환경평가에 관한 연구	인천대학교	이희관	
스마트 마린스킨 기반 극지 포유류 및 해양생물 모니터링 플랫폼 개발	인천대학교	진성훈	
인공위성 관측 자료를 활용한 영구동토 모니터링 기술개발	세종대학교	박상은	
극지 생물 추적 모니터링을 위한 FTN 기반 Flying BS 기술 개발	국민대	박수현	
극지 생물자원유래 Bio-inspired materials 과 생체재료, 미세유체기술과 조직공학간의 융복합 연구를 통하여 사람 유도만능줄기세포와 오가노이드 동결보호액 개발	영남대학교	최정규	
자연모사 계층적 미생물오염저감 코팅 기술	인하대학교	이상의	
극저온 기체반응 기반 광촉매/연료전지 연계형 원천 기술 연구	인천대학교	김연호	
초중등 학생들의 극지 연구에 대한 이해 증진 방안 연구	이화여자대학교	신동희	
기후변화에 따른 환경위기 커뮤니케이션 전략을 위한 국민의식 조사연구: ABC-XYZ 모델 기반	고려대학교	심재철	
러시아 북극권 8대 거점지역 개발과 한러 협력 가능성	배재대학교	김정훈	
극지 연구 성과와 극지과학기술문화 활동의 확산과 진흥을 위한 극지과학 기반 창의융합형 STEM/STEAM 프로그램의 개발, 적용 및 확산	경북대학교	이효녕	
극지연구사업 필요성에 대한 대국민 인식제고와 극지연구소 브랜드 아이덴티티 개발을 위한 중장기 커뮤니케이션 전략수립 및 모니터링 방안	인천대학교	김태민	
석탄운송을 위한 북극해 복합운송과 TSR 및 TMGR의 비교연구	인천대학교	여기태	
러시아 북극 모노타운과 지속 가능한 발전	한국외대	김봉철	
북극 주요도시 개발의 과거와 현재, 그리고 미래	경북대학교	서광진	
극지생물 추출물 기반 항암 및 항박테리아 나노약물 개발	인제대학교	박유미	
극지 탐사 환경이 인간의 심리, 생리적 변화에 미치는 영향에 대한 다차원적 접근	서울대학교	신동미	
극지 유전자원을 이용한 식품개발 연구	서울대학교	김효진	



■ 2021년도 (51건)

과제명	소속기관	연구책임자	비고
저온 단백질의 잔기간 네트워크 특성 연구 및 이의 산업용 효소에의 활용	국민대학교	서주현	
극지생물 세포막의 유동성 이해 및 응용	조선대학교	양성태	
유용 극지생물자원 확보 : 냉냉성 포식 미생물의 분리와 동정	울산과학기술원	Robert Mitchell	
극지생물 유래 대사산물을 이용한 차세대 폐암 표적항암제 개발	선문대학교	정혜진	
빙하 조건을 고려한 자율운항선박의 북극항로 최적 운항 경로 계획 알고리즘 개발	세종대학교	김세원	
극지 저온 철-황 클러스터 조립 단백질 기반 유용 단백질 생산 플랫폼 개발	부경대학교	김학준	
해양자료동화 적응에 따른 해양-빙봉-해빙 결합모델의 빙봉 용융과 해수순환 변화 연구	제주대학교	문재홍	
딥러닝 기법을 이용한 극지 대기 내 초미세입자 발생 예측 시스템 개발	울산과학기술원	조경화	
기후변화, 팬데믹으로 인한 북극의 인문사회적 변화에 대한 연구	경희대학교	김준엽	
그린란드 빙하코어의 화학적 프록시를 활용한 약 12,900년 전 영거 드라이아스(Younger Dryas) 기후 급변 발생 원인의 가설 검증	인하대학교	홍성민	
유전체 서열 비교를 통한 남극산 등각류의 분자진화 및 적응진화 연구	이화여자대학교	정종우	
극지미생물의 cold shock protein을 이용한 산업 미생물의 생산성 증대 기술 개발	전남대학교	최종일	
극지-타이가-한반도 사이 시공간적 원격상관에 관한 연구	경희대학교	다나카 유키야	
극지 생물시료로부터 공존/공생 방선균 분리 및 MRSA 항균 활성 평가 - 현장조사 없는 극지 미생물 연구	한국해양대학교	양인호	
극지 지의류로부터 신경질환 예방 및 치료 소재 발굴	순천대학교	김훈	
극지 유래 Nostoc의 동결방지 메커니즘(cryoprotective mechanism)을 모방한 바이오 소재 (세포 지지체 및 의약품)의 보존 기술 개발	인하대학교	양윤정	
레이더를 이용한 빙하 및 빙봉 구조 분석 및 하부해수의 유속 측정	세종대학교	김은희	
특수한 남극 환경 및 변화에 노출된 남극산갯조개(Nacellaconcinna)와 남극큰띠조개(Laternulaelliptica)의 생체리듬과 내분비 조절에 미치는 특정 광파장의 효과	한국해양대학교	최철영	
자연재해(화산활동) 유발 남극 로스해의 과거 환경 변화 연구	부산대학교	양기호	
극지 식물에 숨겨져 있는 나노 입자, 세포벽 소포체의 발굴 및 기능 분석을 통한 신규 생체 소재 개발	인천대학교	이원종	
북극해, 내륙수로, 철도의 혼합운송 방식을 이용한 자원운송에 관한 연구	인천대학교	여기태	
과정기반 지면생태모형과 인공지능 융합을 통한 미래 극지 화재 예측 및 영향 이해	연세대학교	김연주	
인류세 시대 극지연구 : 기후 위기 담론과 극지 심상의 변화	한국과학기술원	박범순	
극지역 실시간 DNA/RNA 시퀀싱을 위한 현장 맞춤형 종합 시스템 개발	서울대학교	황청연	
극지 해저퇴적물 유래 미생물의 생리활성 이차대사물질 연구	전남대학교	문규호	
극지생물 유래 물질을 활용한 성체줄기세포 치료 효능 향상 신물질 발굴	가천대학교	홍인선	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

극지인프라 주변 환경 모니터링을 위한 장기체공형 태양광 드론의 실증 비행	한국항공대학교	배재성	
극지 동토층에서 배출되는 온실가스 모니터링을 위한 맞춤형 가스센서 개발	인하대학교	김상섭	
고효율 활성산소 제거능을 지닌 극지 미세조류를 이용한 감각신경성 난청 치료·보호제 개발	경북대학교	윤호성	
지구온난화에 따른 그린란드 빙상 질량의 변동 메커니즘 연구	경북대학교	엄주영	
초·중등학생들의 극지 과학 관련 진로 선택 증가와 과학기술 분야의 인력 양성에 기여하기 위한 비정규수업용 '극지과학탐구교실' 프로그램의 개발·확산 및 극지 활동성과에 대한 인지도 제고를 위한 홍보 콘텐츠 개발·운영	경북대학교	이효녕	
남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응을 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발	연세대학교	홍종원	
극지 생물유래 극지 바이러스 발견과 유전자 분석 플랫폼 개발	고려대학교	송진원	
미래 극지연구분야 확장을 위한 남북극 극지의학 연구전략 및 연구체계 수립	울산대학교	고경남	
극지 생물자원 유래 차세대 개념 기반 면역제어 물질 개발	경상국립대학교	이창섭	
북극해 항행 선박 온실가스 배출에 의한 극지 기후변화 영향 평가기술	인천대학교	이희관	
장시간 모니터링이 가능한 유선 옴니디렉셔널 저소음 드론 개발	인천대학교	김영진	
북극산 해조류 자원확보 및 활용을 위한 다시마류 germplasm bank 구축	인천대학교	김장균	
극지 영구동토층 및 퇴적층 내 가스 하이드레이트 모사 실험 기반 자원개발 공정 응용 및 메탄 방출현상 연구에의 활용	동아대학교	사정훈	
극한지 동상 민감성 지반 사면의 안정성 평가해석을 위한 THM(Thermal-Hydro-Mechanical) 모델 개발	한국해양대학교	서영교	
극지 환경 변화를 고려한 신재생 풍력 발전 하부 기초 기술 개발	인천대학교	이상인	
러시아 '북극전략 2035'에 입각한 북극권 8대 거점지역 개발과 한러 협력 가능성 모색 및 전문인력 양성 프로그램 구축	배재대학교	김정훈	
극지 대원들의 체계적인 건강체력 관리 및 증진을 위한 스포츠과학 기반 블랜드드 러닝 운동프로그램 시스템 구축	인천대학교	전경규	
극지 자기장에 의한 모델 동물 유전체의 후성유전학적 변이 및 유전자 발현변화의 상관관계 연구	건국대학교	이임순	
남극 해양환경 모니터링 및 기후변화 대응을 위한 현생 유공충의 다각적 활용 기반 구축 연구	한양대학교	이원철	
북극 주요도시 개발의 과거와 현재, 그리고 미래	경북대학교	이대우	
유라시아 북극항로 지역의 법제·사회인프라 연구	한국외국어대학교	김봉철	
극지 풍력 발전을 위한 안티-아이싱 블레이드 및 쇄빙연구선 수집 빅데이터 기반 풍력단지 최적화 인공지능	연세대학교	이준상	
보퍼트해 퇴적층에 기록된 등수심류 표류 퇴적층(contourite drift) 분석을 통한 서북극해(western Arctic Ocean) 저층수 순환 연구	전남대학교	장태수	
극지역 융빙수 융설수의 영양염류 플럭스 측정 및 남빙양 영양염류 공급에 미치는 영향 연구	부경대학교	양민준	
극지 생물 유래 의약소재 기반 저산소 미세환경 암세포 성장 억제 물질의 발굴	인하대학교	오은택	



○ 2017년~2021년까지의 PIP 사업 접수과제 목록

■ 2017년도 (2건)

과제명	소속기관	제안자	비고
극지 빙하구조 분석 레이더 국산화	(주)유텔	신승하	
심해용(1,000M급) 해저 암반 시추 및 코어 채취 기초 기술 개발	(주)신양기술	전호경	

■ 2018년도 (1건)

과제명	소속기관	제안자	비고
극지 빙하 코어 전기 전도도 측정기 개발	(주)로펴솔루션	김재형	

■ 2019년도 (2건)

과제명	소속기관	제안자	비고
남극 기지에 최적화된 저온형 오수처리 생물공정-운영시스템 개발	(주)신성공영	김영경	
극저온성 미세조류의 대량 배양 및 회수 시스템 구축	(주)알지텍	홍광원	

■ 2020년도 (2건)

과제명	소속기관	제안자	비고
극지 무인비행 관측을 위한 다중센서 플랫폼 및 센서 검보정/융합 기술 개발	(주)쓰리디랩스	이수암	
극지 연안 빙봉(해빙) 생태관측용 소형 ROV 개발	(주)로보스텍	최종웅	



○ 2017년~2021년까지의 PAP 사업 수행과제 목록

■ 과제명, 책임자, 사업비 등

(단위 : 백만원)

과제명(PAP사업)	수행기간	책임자	연구비
극지 해양원생생물성 숙주-기생충 식별 DNA 바코드 개발 및 적용	'16.6.1~'18.5.31.	정재호	200
최신 인공위성 자료의 융복합을 통한 남극 빙봉 고해상도 지반접지선 추출 연구	'16.6.1~'18.5.31.	김덕진	200
극지 환경 피로파괴 저항성이 큰 TRIP 하이엔트로피 합금 개발	'16.6.1~'18.5.31.	박은수	200
극지 해양의 결빙 및 해빙작용에 의한 해양 무기탄소시스템 변화 연구	'16.6.1~'18.5.31.	김태욱	200
콘드라이트를 이용한 미세소행성의 자화특성 연구	'16.6.1~'18.5.31.	유용재	200
극지 무인탐사 지원을 위한 다중위성군 고정밀/고안전성 지상기반 GNSS 보강항법시스템 개발 연구	'17.6.1~'20.5.31.	이지윤	200
기후변화가 이누이트의 생활상 변화에 미치는 영향 - 캐나다 nunavut를 사례로 -	'17.9.2~'20.5.31.	이승호	120
개별기반 지역생태모형(Ecosystem Demography Model) 활용 극지방 관측 확장 과정 이해	'17.9.2~'19.5.31.	김연주	120
미세유체칩을 활용한 완보동물의 특성 연구	'17.9.2~'19.5.31.	성형진	200
극지 클로렐라의 형질전환을 통한 면역증강단백질 CSF의 발현 체계 확립	'17.9.2~'20.5.31.	김성룡	180
메스플렉스 모델링을 통한 북극해 유기수은의 기원 연구	'17.9.2~'20.5.31.	한승희	200
극한환경에서의 Pop-up부이 활용 수중 관측자료 자동전송 시스템 시험 구축	'17.9.2~'20.5.31.	박재훈	180
남극의 환경샘플에 대한 방사성 동위원소 분석 연구	'17.9.2~'20.5.31.	한인식	200
남극 연안과 외양에서 미세플라스틱 분포와 집적 과정의 이해	'18.7.2~'20.12.31.	황진환	200
남극 세종과학기지 주변 활동층의 수리지질학적 특성 연구	'18.7.2~'20.12.31.	진성욱	200
지구온난화에 따른 북극 극지 미생물의 지방산 변화 관측을 통한 membrane fluidity 변화 연구	'18.7.2~'20.12.31.	양영현	200
무엇을 편집할 것인가: 극지 유전자원의 기능진화 분석을 통한 단축진화 수형	'18.7.2~'20.12.31.	이병하	200
표적/비표적 분석기법을 활용한 극지 신규 환경오염물질 연대기 및 거동 연구	'18.7.2~'20.12.31.	문효방	200
극한환경 노출 장비의 작동성능 확보를 위한 표면 Anti/De-icing 소재 개발	'18.7.2~'20.12.31.	곽민석	200
러시아 북극권 개발과 지역사회 변화 연구	'18.11.1~'21.10.31.	최우익	180
북극온난화에 따른 중위도 제트 기류 이상 난동이 동아시아 대기질 변화에 미치는 영향	'18.11.1~'20.10.31.	최원식	175
용빙수 하천의 생물지구화학적 황 순환에 대한 동위원소 연구	'19.7.1~'21.12.31.	심민섭	200
남극 생활 변화에 따른 마이크로바이옴 변화	'19.7.1~'21.6.30'	석영재	200
극지 서식 동물의 근육 연구를 통한 역노화성 운동모방 약물 개발	'19.7.1~'21.12.31.	윤미섭	200
나노구조를 이용한 고내구성 아이스포빅 코팅 원천 기술 연구	'19.7.1~'21.12.31.	이한보람	200
북극 기후 및 환경 변화에 따른 대기 산화력 영향연구 - 반응성 염소계 화합물 거동 중심으로	'20.8.1~'22.12.31.	민경은	200
북극해 어류 탐색 및 고도생태정보 구축을 위한 연구	'20.8.1~'22.12.31.	곽우석	200
극지 미세조류 및 미생물을 활용한 장관 면역 향상성 촉진 신물질 발굴	'20.8.1~'22.12.31.	정윤재	200
인공위성 관측 자료를 활용한 영구동토 모니터링 기술개발	'20.8.1~'22.12.31.	박상은	190
Flying BS 기반 극지 생물 바이오로거 데이터 원격 회수 기술 개발	'20.8.1~'22.12.31.	박수현	200
초·중등 학생들의 극지 연구에 대한 이해 증진 방안 연구	'20.8.1~'22.12.31.	신동희	200



○ 2017년~2021년까지의 PIP 사업 접수 및 수행 과제 목록

■ 과제명, 책임자, 사업비 등

(단위 : 백만원)

과제명(PIP사업)	수행기간	책임자	연구비
극지 빙하구조 분석 레이더 국산화	'17.11.1~'18.10.31.	신승하	380
심해용(1,000M급) 해저 암반 시추 및 코어 채취 기초 기술 개발	'17.12.29~'21.10.31. (연구비 증액없이 연구기간만 연장)	전호경	600
극지 빙하 코어 전기 전도도 측정기 개발	'19.1.1~'19.12.31.	김재형	76
극저온성 미세조류의 대량 배양 및 회수 시스템 구축	'19.11.1~'22.10.31.	홍광원	520
극지 무인비행 관측을 위한 다중센서 검보정/융합 기술 개발	'20.9.1~'22.10.31.	이수암	472
극지 무인비행 관측을 위한 다중센서 플랫폼 개발	'20.9.1~'22.10.31.	유형곤	157



7) 남극과학기지과 연구기반 시설물의 설치·운영 현황

○ 남극세종과학기지 세부 시설 현황 및 주요 연구장비, 주변 연구 거점(대피소) 설치 현황

시설명	한글명	• 남극세종과학기지
	영문명	• The King Sejong Station
설치장소	• 남극 킹조지섬(King George Island, Antarctica)	
준공일	• 1988.2.17.	
구축방식	• 집적시설	
운영 목적	• 연구수행지원	
활용연구 분야	• 지구과학, 대기과학, 해양학, 천문학, 생명과학	
시설 소개	• 우리나라는 1986년 11월 남극조약에 가입한 후, 본격적인 남극 연구를 위해 1988년 2월 남극 세종과학기지를 건설함 • 기지에는 매년 약 17여명으로 구성된 월동연구대가 1년간 상주하며, 기지유지 업무를 수행함 • 남극 여름철인 12월에서 이듬해 2월까지의 약 100여명의 하계연구대가 파견되어 다양한 분야의 극지 연구를 수행함	
중요성	• 남극조약협약당사국으로서 남극에서의 기초 및 응용과학 연구 수행을 위한 필수 연구인프라임	
활용분야	• 기후변화, 해양, 대기, 오존층, 고기후, 유용생물자원 등 연구 • 기상관측(세계기상기구 전송, 기상청·대학·출연연과 공유) • 남극특별보호구역 운영(남극 조류에 대한 생태계 모니터링 등) • 다른 나라 기지와 국제공동연구 및 인프라 협력	
기타시설	• 외부 활동 시 기상 악화 등 상황을 대비하여 『비상대피소』 운영 - (뽕귤마을) 10FT 컨테이너 형태로 일반집기 및 비상식량 저장 - (위버반도) 10FT 컨테이너 형태로 일반집기 및 비상식량 저장 - (포터소만) 7평 원형돔 형태로 일반집기 및 비상식량 저장	



○ 남극장보고과학기지 세부 시설 현황 및 주요 연구장비, 주변 연구 거점 설치 현황

시설명	한글명	• 남극장보고과학기지
	영문명	• The Jang Bogo Station
설치장소	• 남극 테라노바베이(Terra Nova Bay, Northern Victoria Land, Antarctica)	
준공일	• 2014.2.12.	
구축방식	• 집적시설	
운영 목적	• 연구수행지원	
활용연구 분야	• 지구과학, 대기과학, 해양학, 천문학, 생명과학	
시설 소개	• 우리나라는 남극세종과학기지에 이어 남극 대륙 중심부로 진출하기 위해, 2014년에 남극장보고과학기지를 준공함 • 남극장보고과학기지는 남극 중심부와 해안으로의 접근성이 용이하여 기후변화연구, 지형 및 지질 조사, 고층대기, 우주과학연구 등 다양한 자료 확보와 특성화된 연구 수행이 가능한 첨단 연구시설임	
중요성	• 남극조약협약당사국으로서 남극에서의 기초 및 응용과학 연구 수행을 위한 필수 연구인프라임	
활용분야	• 우주, 천문, 빙하, 운석 등 대륙기반 국제공동 연구 중점 수행, • 빙권 변화 기작 파악 및 예측을 통한 기후변화 연구 수행, • 국내 산·학·연 극지분야 융복합 연구 테스트베드 역할 수행	
기타시설	• 헬기 운항 안전성 확보를 위해 주요 연구활동 지역에 항공유 저장 - (데포 수량 및 방법) 철제 드럼을 활용하고, 사용량 조사에 따라 위치별 수량이 상이함 - (DEPOT SITE) Cape Ross, Cape Hallet, Cosmonaut, Lichen Hills, Mariner, Morris Basin, Star Nunatak, Tarn Flat, Mesa Range * 'DEPOT SITE'는 필요성에 따라 추가 또는 제외 등 변경 가능	



○ 남극 타국 과학 기지 현황(국가별)과 지도

국가	기지명	형식	위도	경도
아르헨티나	벨그라노 II (Belgrano II)	월동	77°52'26"S	34°37'40"W
	브라운 (Brown)	하계	64°53'43"S	62°52'13"W
	카마라 (Camara)	하계	62°35'38"S	59°55'09"W
	칼리니 (Carlini)	월동	62°14'27"S	58°40'01"W
	디셉션 (Decepcion)	하계	62°58'36"S	60°42'02"W
	에스페란자 (Esperanza)	월동	63°23'50"S	56°59'54"W
	마람비오 (Marambio)	월동	64°14'50"S	56°37'39"W
	마티엔조 (Matienzo)	하계	64°58'55"S	60°04'25"W
	멜치오 (Melchior)	하계	64°19'54"S	62°58'58"W
	오르카다스 (Orcadass)	월동	60°44'25"S	44°44'24"W
	페트렐 (Petrel)	하계	63°28'42"S	56°13'57"W
	프리마베라 (Primavera)	하계	64°09'35"S	60°57'25"W
	마르틴 (San Martin)	월동	68°07'47"S	67°06'10"W
	마르틴 (San Martin)	월동	68°07'47"S	67°06'10"W
호주	케이시 (Casey)	월동	66°16'54"S	110°31'39"E
	데이비스 (Davis)	월동	68°34'36"S	77°58'02"E
	모슨 (Mawson)	월동	67°36'10"S	62°52'28"E
벨기에	엘리자베스 (Elisabeth)	하계	71°56'59"S	23°20'49"E
브라질	페라즈 (Ferraz)	월동	62°05'08"S	58°23'55"W
불가리	오리드스키 (Kliment Ohridski)	하계	62°38'26"S	60°21'55"W
칠레	카르바할 (Carvajal)	하계	67°45'38"S	68°54'53"W
	만 (Guillermo Mann)	하계	62°27'00"S	60°47'00"W
	프레이 (Frei)	월동	62°12'00"S	58°57'48"W
	비델라 (Gabriel Gonzalez Videla)	하계	64°49'25"S	62°51'26"W
	오히긴스 (O'Higgins)	월동	63°19'15"S	57°53'59"W
	프랏 (Prat)	월동	62°28'43"S	59°39'48"W
	에스쿠데로 (Julio Escudero)	하계	62°12'57"S	58°57'35"W
	리소파트론 (Risopatron)	하계	62°22'17"S	59°42'53"W
	엘초 (Yelcho)	하계	64°52'55"S	63°35'03"W
중국	장성 (Great Wall)	월동	62°13'03"S	58°57'43"W
	쿤룬 (Kunlun)	하계	80°25'02"S	77°06'58"E
	태산 (Taishan)	하계	73°51'50"S	76°58'27"E
	중산 (Zhongshan)	월동	69°22'24"S	76°22'40"E
체코	멘델 (Johann Gregor Mendel)	하계	63°48'02"S	57°52'57"W
에콰도르	말도나도 (Pedro Vicente Maldonado)	하계	62°26'57"S	59°44'27"W
핀란드	아보아 (Aboa)	하계	73°03'00"S	13°25'00"W
프랑스 /이탈리아	콩코르디아 (Concordia)	월동	75°05'59"S	123°19'57"E
프랑스	듀몽드빌 (Dumont d'Urville)	월동	66°39'77"S	140°00'08"E
독일	달만 (Dallmann Laboratory)	하계	62°14'26"S	58°40'00"W
	코넨 (Kohnen)	하계	75°00'06"S	00°04'04"E
	노이마이어 III (Neumayer III)	월동	70°41'00"S	08°16'00"W
인도	바라티 (Bharati)	월동	69°24'24"S	76°11'43"E
	마이트리 (Maitri)	월동	70°46'00"S	11°43'51"E



국가	기지명	형식	위도	경도
이탈리아	마리오 주첼리 (Mario Zucchelli)	하계	74°41'42"S	164°07'23"E
일본	쇼와 (Syowa)	월동	69°00'25"S	39°35'01"E
네덜란드	게리츠 (Dirck Gerritsz Laboratory)	월동	67°34'07"S	68°07'28"W
뉴질랜드	스콧 (Scott Base)	월동	77°50'58"S	166°46'02"E
노르웨이	트롤 (Troll)	월동	72°00'43"S	02°31'59"E
페루	마추픽추 (Machu Picchu)	하계	62°05'49"S	58°28'23"W
폴란드	아토우스키 (Henryk Arctowski)	월동	69°09'35"S	58°28'24"W
벨라루스	베체르나야 (Vechernyaya)	하계	67°39'35"S	46°09'18"E
대한민국	장보고 (Jangbogo)	월동	74°37'38"S	164°14'16"E
	세종 (King Sejong)	월동	62°13'39"S	58°47'19"W
러시아	벨링스하우젠 (Bellingshausen)	월동	62°12'00"S	58°58'00"W
	드루즈나야 IV (Druzhnaya IV)	하계	69°44'00"S	73°43'00"E
	레닌그라드스카야 (Leningradskaya)	하계	69°30'00"S	159°23'00"E
	미르니 (Mirny)	월동	66°31'00"S	93°01'00"E
	몰로데즈나야 (Molodezhnaya)	하계	67°40'00"S	45°51'00"E
	노보라자레브스카야 (Novolazarevskaya)	월동	70°46'00"S	11°50'00"E
	오아시스 (Oasis)	하계	66°16'00"S	100°44'00"E
	프로그레스 (Progress)	월동	69°23'00"S	76°23'00"E
	루스카야 (Russkaya)	하계	74°45'00"S	136°40'00"W
	보스토크 (Vostok)	월동	78°28'00"S	106°48'00"E
남아프리카 공화국	사나에 IV (SANAE IV)	월동	71°40'37"S	02°50'42"W
스페인	카스티야 (Gabriel de Castilla)	하계	62°58'40"S	60°00'30"W
	바이어스 (Camp Byers)	하계	62°39'49"S	61°05'59"W
	후안 카를로스 I (Juan Carlos I)	하계	62°39'48"S	60°23'17"W
스웨덴	바사 (Wasa)	하계	73°03'00"S	13°25'00"W
우크라이나	베르나드스키 (Vernadsky)	월동	65°14'44"S	64°15'27"W
영국	할리 VI (Halley VI)	월동	75°34'25"S	25°28'01"W
	로데라 (Rothera)	월동	67°34'00"S	68°07'59"W
	시그니 (Signy)	하계	60°42'30"S	45°35'43"W
미국	아문센-스콧 남극점 (Amundsen-Scott South Pole)	월동	90°S	0°E
	맥머도 (McMurdo)	월동	77°50'53"S	166°40'06"E
	파머 (Palmer)	월동	64°46'45"S	64°03'20"W
우루과이	아르티가스 (Artigas)	월동	62°11'07"S	58°54'14"W
	루페토 (Ruperto Elchiribehety)	하계	63°24'14"S	59°59'45"W

※ 별첨의 '남극 내 과학기지 참고자료' 참조



8) 남극관련 주요 국제 기구 및 회의체 현황

기구/회의	주요역할	우리나라 주요활동	비고
남극조약협약 당사국회의 (ATCM)	■ 남극조약 가입국(남극조약협약당사국) 간의 정부간 연례회의 ■ 남극 주요현안 및 이슈에 대한 의사결정 및 정책 권고	■ '86년 가입, '89년 협의당사국 지위 획득 이후 매년 회의 참석 ■ 제19차 ATCM 개최('95, 서울)	
환경보호위원회 (CEP)	■ 환경보호에 관한 남극조약 의정서에 근거 ■ 남극 환경이슈 관련 ATCM 자문 수행	■ 연례 회의 참여 및 전문가 자문 실시	
남극해양생물 자원보존위원회 (CCAMLR)	■ 남극해양생물자원보존협약에 근거하여 개최되는 연례회의 ■ 남극수역 내 해양생물자원의 보존·관리를 위한 조치채택(어종별 자원평가, 허용어획량 설정, 조업 방식 규제 등)	■ 연례 회의 참여 및 전문가 자문 실시 ■ 과학위원회 부의장직 수행 ('04~'06)	
남극연구 과학위원회 (SCAR)	■ 국제과학협의회(ISC) 산하 비정부 조직 ■ 남극과 관련된 중요한 과학적 이슈 규명 및 남극 과학연구에 대한 자문기구로서 역할 수행	■ 의장직('21~'25) 및 부의장직('10~'14) 수행 ■ 분과별 전문가 참석, 모니터링 실시	
남극프로그램 국가운영자위원회 (COMNAP)	■ 주요 남극활동국 유관기관 대표 간 연례회의 ■ 극지인프라 보급 및 운영지원, 연구협력, 데이터 공유 등 남극활동 지원을 위한 다양한 분야의 협력사안 논의	■ 연례회의 참여 및 남극활동 협력 논의 ■ 부의장직 수행 ('13~'16, '19~'20)	

2 절 3차 계획 성과분석

1. 제3차 기본계획의 성과와 반성

- COVID-19로 인한 연구활동 축소, 국제협력 위축 상황에서도 수준 높은 연구성과 창출과 남극 내륙연구 기반 마련, 남극 연구의 안전성 강화, 국제 거버넌스 의제 선도 등의 가시적인 성과를 창출

성 과

■ 남극연구의 지평확대로 세계를 선도하고, 실용적인 연구성과를 창출

- (기초연구) 기후변화 대응을 위한 빙권변화 연구, 기후변화 상관성 규명 등 수준 높은 연구성과* 창출
 - * 기존 학설을 뒤집은 빙봉 안정도 평가 새 기준 제시('17), 빙봉 붕괴의 새로운 원인 규명('18), 남극 빙상 변화와 동아시아 온난화의 상관성 규명('20) 등
- (미답지 개척) 남극 내륙에 대한 독자적 육상경로(K-루트)*를 개척, 심부빙하/빙저호 시추 탐사기술 등 남극 내륙연구의 기틀을 마련
 - * 장보고기지 기점 1,100km 남극내륙 안전루트 개척, 무인기상관측소 3개소, 연구(1개소)/전략(4개소)거점 구축, 화물 400t, 연료 60,000L 보급이 가능한 탐사선단 확보
- (실용화·상용화) 남극생물·식물의 저온적응 특성, 해양미생물 유래 바이오 물질 등을 활용해 국민 의료에 기여하는 실용화 성과* 창출
 - * 극지 미생물 활용 혈액동결보존제('18), 당뇨병 치료물질('19) 등 기술이전 성공

■ 연구자의 안전을 확보하고, 선진화된 연구지원 기반을 마련

- (연구자 안전) 남극기지 원격의료(협진) 시스템 구축, 현장연구·수송안전을 위한 소형선박 도입 등 남극연구의 안전성*을 강화
 - * 세종기지, 장보고기지에 실시간 원격진료가 가능한 시스템 구축 및 운영('19)



- (차세대 쇄빙선 추진 확정) 차세대 쇄빙연구선 예타 통과에 따라 남극연구를 온전히 수행할 수 있는 운항일수를 확보하고, 유연한 운영환경을 마련

▣ 남극연구 선도국으로의 위상을 확립하고, 국민적 공감을 확대

- (국제 거버넌스) 아시아권 최초로 남극연구과학위원회(SCAR) 의장*으로 선출되어, 국제 남극연구 주도 및 촉진에 기여할 것으로 기대

* SCAR 대표자 회의에서 김예동 박사(극지연구소 前 소장) 의장으로 선출('21.3)

- (국제이슈 주도) 협력적 사찰 모델 개발*, 신규 남극특별보호구역 지정**, 외래종 국제 공동연구 등 남극연구의 국제 이슈를 주도 및 적극 참여

* ATCM에서 협력적 사찰모델 개발에 관한 논의를 주도하여, ICG 결과보고서 제출 및 웹기반 남극사찰 DB구축, 정보제공을 개시

** 장보고 기지 주변 신규 ASPA 지정을 위한 한·중·이태리 공동 제안 및 관리 계획서 초안 채택('19.7), 인익스프레스리블섬 ASPA 지정 제안 후속논의('19) 등

- (국민적 공감) 국내 최초로 일반인 남극체험단을 성공적으로 운영, 교육 콘텐츠 및 프로그램 개발, SNS 운영 등

반성·한계

▣ 새로운 남극연구분야 개발을 위한 선제적 준비 부족

- (기초연구) 기후, 생태계, 빙하 등 기존 투자 분야의 성과는 창출되고 있으나, 新유망 분야의 발굴 및 선제적인 연구개발* 추진은 미흡

* 기초연구 분야일지라도 세계적 연구 동향, 현재의 연구역량 및 향후 전망 등을 고려하여 전략적인 新연구분야 개발 필요

- (미답지 개척) K-루트 개척을 통해 내륙연구 기반은 마련하였으나, 구체적인 내륙기반 연구개발을 위한 준비* 미흡

* K-루트 개척 이후 내륙에서 수행할 연구에 대한 계획 및 연구지원을 위한 인프라 및 지원시스템에 대한 사전 준비 필요

- (응용연구) 남극생물 유래 물질의 상용화 기술개발 및 기술이전 성과를 이루었으나,



상용화 성과의 지속적인 창출을 위한 후속 연구 발굴 부족

□ COVID-19로 인한 연구활동의 제약

- (현장연구) COVID-19로 인해 남극기지(세종, 장보고)*를 거점으로 한 현장연구 축소 및 조정

* 기지 핵심 운영인력의 감염방지를 위해 철저한 방역과 최소한의 인력으로 제한

- (국제공동연구) COVID-19에 따른 전 세계적인 이동 제한으로 계획되었던 국제공동연구 및 공동탐사 연기

□ 남극연구 인프라 공동활용 및 개방성 확대 미흡

- (인프라 공동활용) 남극연구 저변 확대 및 연구주체가 다양화됨에 따라 남극연구 수요는 증대되고 있으나 공동활용은 아직 미흡*

* 극지연구 전문기관 소속이 아닌 연구자들이 남극연구 인프라 활용이 어렵다는 인식 존재

- (공동활용 제도화) 남극연구 저변 확대와 산·학·연 공동연구 활성화를 위해 남극연구 인프라 공동활용을 위한 제도* 마련 필요

* 연구선 공동활용과 남극기지 기반 현장연구 참여기회 확대를 위한 제도

📖 시사점

- ▶ COVID-19 장기화 상황에서도 비교적* 안정적으로 남극연구를 수행

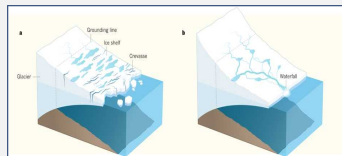
* COVID-19에 따른 국제협력 및 현장연구 한계 등 예상되는 현안에 대비하는 지원 방안 필요

- ▶ 미답지 연구를 위한 차세대·융복합 기술 도입 등 새로운 연구분야 개발 및 성과를 지속적으로 창출하기 위한 지원 확대 필요

- ▶ 연구자원 개방 및 국제협력 연구활성화 등을 위한 제도 마련 및 내륙연구 확대에 대비한 기술·인프라 기반 조성 필요

- ▶ 남극 거버넌스에 대한 리더십 강화할 수 있는 절호의 기회로 지속적인 국제이슈 주도, 국제 공동연구 참여 등 꾸준한 국제활동의 유지·확대 필요

제3차 남극연구활동진흥기본계획의 주요 성과



빙붕 안정도 평가의 새로운 기준 제시('17)

빙붕-해양 상호관계 수치모델링을 통해 빙붕 안정도 평가의 새로운 기준을 제시하고, 해수면 상승 예측 정확도 향상에 기여

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

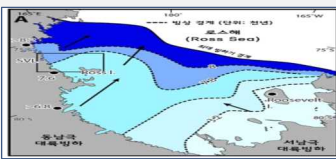
GEOLOGY

Basal channels drive active surface hydrology and transverse ice shelf fracture

Christine F. Dow^{1*}, Won Sang Lee^{2,3}, Jamin S. Greenbaum⁴, Chad A. Greene^{4,5}, Donald D. Blankenship^{4,5}, Kristin Poinar^{6†}, Alexander L. Forrest^{2,4}, Duncan A. Young⁷, Christopher J. Zappa⁸

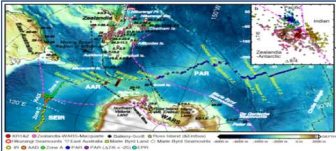
빙붕 붕괴의 새로운 원인 규명('18)

빙붕 하부의 물골이 상부의 물골 형성을 촉진하여 빙붕 불안정성을 증가시킴으로써 빙붕 붕괴를 가속화함을 최초로 규명



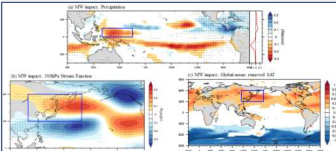
남극 로스해 빙상 후퇴 경로에 대한 새로운 증거 제시('17)

아라온호로 탐사한 해저지형 자료를 바탕으로 실제 로스해의 빙하가 중앙 부분부터 없어지기 시작해 현재의 해안선과 평행한 방향으로 후퇴함을 밝힘



'질란디아-남극 맨틀' 첫 발견('19)

새로운 타입의 '질란디아-남극 맨틀' 발견을 통해 남극권에서도 맨틀이 하부에서 지속적이고도 대규모로 상승하고 있다는 것을 확인



남극 빙상변화-동아시아 온난화 상관성 규명('20)

남극 빙상 용융 가속화로 인하여 담수량 증가 시 동아시아 온난화가 발생할 수 있음을 규명



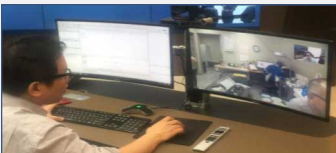
독자적 남극 내륙진출로(K-루트) 개척('18~)

장보고기지-남극내륙연구거점 간 내륙진출로(K-루트)를 개척하고, 남극 내륙연구 수행기반을 구축



극지 미생물 활용 혈액동결보존제 기술이전('18)

세계 최초로 남극 해양미생물에서 찾아낸 신규 물질을 활용한 혈액 동결보존제 기술 상용화를 위한 기술이전 협약 체결((주)알테로바이오텍)



남극기지 최첨단 원격 협진 시스템 구축('19)

우리나라와 남극기지를 인공위성으로 연결하고, 인터넷을 통해 실시간으로 정보를 주고받을 수 있는 원격 의료 시스템을 구축하고 세종, 장보고기지에 도입하여 운영 중



남극 인익스프레스리블섬 남극특별보호구역(ASP)으로 승인('21)

한국, 중국, 이탈리아가 공동으로 제안한 '인익스프레스리블섬'이 남극특별보호구역으로 승인



남극연구과학위원회(SCAR) 신임의장 배출('21)

김예동 한국극지연구위원회 위원장이 아시아에서 최초로 남극연구과학위원회(SCAR) 의장으로 선출

제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구



남극연구 동향 및 수준진단

III

남극연구 동향 및 수준진단

1 절 ④ 남극연구 동향

1. 남극연구의 환경 변화와 주요 동향

■ 남극연구의 환경 변화

○ 주요 남극 거버넌스 내에서 기후변화와 남극환경 변화와의 상관관계와 관련한 지속적인 논의

- 최근 제43차 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 기후변화 및 남극에서의 인간 활동으로 인한 문제해결을 위한 노력을 강조하였으며, 제23차 환경보호위원회(CEP)에서도 기후변화가 남극환경에 미치는 영향을 주요 의제로 논의
- 남극과학연구위원회(SCAR)는 기후변화를 중심으로 제시된 주요 분야에 대한 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 기후변화 현상에 대한 이해도 및 예측 정확도 향상을 위해 대기, 해양 등 구성요소별 상호작용, 피드백 등을 포함한 전 지구 시스템 모델 개발 필요성을 강조

- 해빙 면적 감소, 해수면 상승 등 지구 온난화로 인한 실제 남극대륙의 변화 공유를 통한 지속적인 연구 필요성 강조
- 1.5℃ 시나리오에 기반하여 남극대륙에서의 온난화, 빠른 빙하 용빙 현상 등에 대한 의견 공유를 통해 기후변화 경각심 및 중요성을 강조*

* 제42차 ATCM에서는 온난화 정도를 산업화 이전 대비 1.5℃로 제한하는 시나리오 역시 최상을 상정한 것이며, 실제로는 더 높은 수준의 온난화 영향을 고려해야 한다고 강조

- 남극은 지구시스템 구성의 핵심지역으로 남극의 변화는 기후, 해양, 생태계 등 전 세계적인 환경변화를 초래

○ 남극 및 남극 해양 환경 보전과 생물 다양성 유지를 위한 노력 강조

- 남극환경보호위원회(CEP)에서는 제22차, 제23차 회의에서 연속으로 남극 환경 보존과 손상된 환경의 복원 및 개선을 위한 지속적인 노력의 필요성 강조
- 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 제42차, 제43차 회의에서 남극에서의 생물다양성과 생물자원탐사(Biological Prospecting in Antarctica)를 지원하기 위한 정보 공유를 강조
- 남극과학연구위원회(SCAR)는 제23차 남극환경보호위원회(CEP)에서 남극 해양산성화 모니터링을 강화할 것을 권고



- 기후변화에 따라 빙하가 녹으면서 나타나는 비원생종 유입 및 황제 펭귄 개체 수 감소 등으로 인한 남극 생태계 교란 방지 및 보존을 위한 노력 강조
- 남극환경 손상의 복원 및 개선 현황을 공유하고, 남극에서의 인간 활동(과학 활동, 관광 사업 등)에 따른 환경 피해를 최소화하기 위한 방안 마련
- 최근 남극해양의 산성화 및 미세 플라스틱 발견 이슈에 따라 지속적인 모니터링을 권고하고, 탄소 배출 및 플라스틱 오염을 줄이기 위한 노력의 중요성 강조

< 남극 환경 구성 요소별 역할 >

구분	남극에서의 역할
해양	○ 남극해는 온실기체(탄소 등)의 대표적 흡수원이면서 배출원(탄소 교환 역할) ○ 지구의 주요 열 수송원으로 해류 순환을 통해 전 지구적 기후/기상에 영향 초래
대기	○ 남극 온난화는 남극 기후변화로 남극 기상/기후 변화와 전지구적 영향 초래
빙하	○ 빙하 용빙에 따른 전 세계적 해수면 상승 영향 초래 ○ 과거 기후 기록의 보관처로서 과거 분석을 통해 미래 예측 정보 제공
생태계	○ 남극 환경변화는 해양, 육상, 연안 서식 환경과 먹이원 변화 등으로 남극 생태계 변화를 초래
생명	○ 남극 해양생물, 지의류 등의 물질을 활용한 바이오, 의약품 소재 제공처 ○ 극한 환경에 적응한 생물의 유전체 분석을 통한 냉해방지 유전형질 개발
지질	○ 지질환경은 현재 남극환경의 형성에 영향을 주는 주요 요소 ○ 남극 맨틀구조, 속도, 온도 분포는 남극 빙하 거동에 영향을 주는 주요 요소

- 남극 연구 활동의 범위가 확대되고 융·복합 연구 분야가 활성화됨에 따라 남극 연구 데이터 및 계획 공유를 통한 협력 촉진

- 남극과학연구위원회(SCAR)에서 발표한 전략계획('17~'22)에서 남극연구 결과의 활발한 공유를 통해 남극문제에 대한 대중의 이해 및 인식을 제고하는 것을 5대 목표로 제시
- 제43차 남극조약협의당사국회의(ATCM)에서는 과학데이터 기반 남극연구 및 연구 다양성 증진과 과학협력 강조

- 데이터 활용성 증진 및 연구 역량 강화를 위해 종합적이고 장기적인 자료 보존이 가능하며, 실시간으로 데이터를 공유할 수 있는 효율적인 공유 체계 마련 필요성 제시
- 접근이 쉬운 웹사이트 등의 통로를 통해 개별적인 연구 현황 및 계획 등을 공유함으로써 효율적인 투자 및 협력 기회 마련 필요성 강조



○ COVID-19 현안해결 및 특수 상황에서의 지속적인 과학 활동을 위한 국제적인 협력 대응을 강조

- 제43차 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 COVID-19 대유행에서 배운 경험과 교훈을 공유하고 남극에서 어려운 상황에서도 과학 프로그램이 유지되도록 협력을 강조
- 제23차 남극환경보호위원회(CEP)에서는 COVID-19의 관리 및 발병 예방과 관련된 사전 프로토콜 지원을 지속할 것을 제안

- 건강과 안전을 보장하며 과학 활동을 계속할 수 있는 조치 및 프로토콜 마련 필요성 논의
- 직접적인 교류활동 없이도 효율적인 연구 협력 및 지원이 가능하도록 첨단기술 도입 및 활용 촉진

시사점

- ▶ 기후변화가 남극환경에 미치는 영향을 이해하고 미래 변화를 예측하기 위한 연구 활동을 적극적으로 지원할 필요가 있음
- ▶ 남극환경을 보존하고 피해를 복원하기 위한 활동을 강화하고 보호 및 관리계획 수립에 적극 참여할 필요가 있음
- ▶ 남극연구활동 영역 확장 및 다양한 분야 연구역량 증진을 위해 종합적인 데이터 공유 체계 구축, 첨단기술 도입 및 효율적인 국제 협력 체계를 마련할 필요가 있음

주요 국가의 남극 연구활동 동향

○ 미국 : 남극 리더십 유지를 위한 전략적 투자 및 인프라 역량 강화

- **(정책동향)** 남극연구 리더십과 영향력 강화를 위해 향후 10년간 남극연구 투자우선순위*에 기반한 전략적 남극연구·활동 추진

* 미국과학재단(NSF)을 통해 남극 과학연구 및 인프라 운영 등에 연평균 5,000억원 이상 투자하고 있으며, 2029년까지 최소 3척의 대형 쇄빙선 건조 계획

- **(연구동향)** 혁신적 발견 잠재력이 높은 천체 물리, 지구시스템, 생태계(해양/대기), 남극-전지구 상호작용 등 기초연구* 분야의 연구 활동이 활발

* 남극 프로그램(USAP)를 통해 해수면 상승의 크기와 속도, 남극생명의 적응과 진화, 우주의 기원 규명을 3대 전략적 우선순위로 추진

○ 영국 : 과학영토 관점에서 환경변화 및 보호 중심 연구 수행

- **(정책동향)** 남극 과학영토와 해양을 영국의 준 영토 및 환경보호대상*으로 분류하고, 국제적으로 환경 변화 조사 및 모니터링 등 철저히 환경보호 중심의 과학연구 수행



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

* 영국 남극지역전략 2019-2020 (British antarctic territory strategy)을 통해 영국 남극 지역의 보안과 거버넌스 유지를 위해 철저히 과학을 바탕으로 한 지역 환경 보호 관련 연구계획 발표

- **(연구동향)** 기후변화*, 생태계, 우주 기상 등 전지구적 문제해결 연구와 남극 환경보호 관련 연구 중점 수행

* 빙권·해양·대기 변화와 영향, 고기후 복원, 종 생태계 연구 등

- **(연구동향)** 빙권·해양·대기 변화와 영향, 고기후 복원, 종 생태계, 우주 기상 분야 등을 통해 전지구적 문제해결을 위한 남극 과학연구 중점 수행

○ 독일 : 국가전략 기반 추진 및 극지 연구분야 확장

- **(정책동향)** 국가 지속가능 발전 전략*의 일환으로 기후변화 대응 목표를 제시하고, 목표 달성을 위해 해양지역 및 극지방 기후 연구를 주요 이행 조치로 추진

* 녹색수소, 순환경제, 기후변화 대응, 바이오 경제 분야의 범부처 협력 추진

- **(연구동향)** 전통적으로 지구과학연구 분야에 치중하고 있으며 최근 기후변화, 생물학 및 해양학 등으로 연구 분야*를 확장

* 기후변화에 따른 해양과 빙권 변화, 지속가능한 생물경제학, 바이오, 생태계 연구 등

○ 일본 : 극지연구 선도를 위한 연구개발 강화 및 인프라 디지털화

- **(정책동향)** 6차 과학기술·혁신기본계획('21-'25)에서 해양·극지 프론티어 개척에 기여하는 연구개발 강화 추진

- **(연구동향)** 빙상·해양 상호작용, 빙하코어, 태양활동 규명 등을 주요 연구과제로 6차 남극관측계획을 수립 중이며, 포스트코로나 시대를 대비한 관측기지 원격·디지털화, 데이터 공유를 중점적으로 추진

○ 중국 : 남극 거버넌스 내 영향력 확대를 위한 투자 강화

- **(정책동향)** 심해·극지 탐사를 전략적* 과학기술 분야로 선정하고, 인프라 확충, 기술개발 예산 확대 및 집중 지원을 통해 적극적으로 남극 진출에 투자하며 영향력 확대 가속화

* 국민경제와 사회발전을 위한 14차 5개년계획('21-'25) 내 전략적 과학기술 분야로 포함하고 극지 입체 관측 플랫폼 및 중형 쇄빙선 연구·제작, 남극 제5과학기지 건설 등 세부 목표 제시

- **(연구동향)** 빙상 및 해수면 변화, 지질학적 역사, 생태계, 외계 물리학 등 전반적인 분야의 연구를 수행하되, 남극 생물자원, 위성·무인기를 활용한 빙상 모니터링 연구를 중점 수행

○ 러시아 : 남극 거버넌스 내 영향력 유지 및 기초연구 강화 전략 추진

- **(정책동향)** 남극 거버넌스 내 러시아의 영향력을 유지하고 발전시킴과 동시에 미개발 남극대륙의



선점을 목표로 한 정책* 추진

* 남극연구활동계획(Russian Antarctic Expedition operations plan, 2018-2022)에서 위와 같은 목표를 제시하고 있으며, 남극에서 러시아의 활동을 지원하고 과학연구를 수행하기 위한 남극 탐험 및 다양한 연구지원 내용을 담고 있음

■ **(연구동향)** 남극에서의 기초과학연구를 수행하고 있으며 특히 내륙 기반 연구*를 강화

* 남극 자연상태의 이해 증진을 위한 환경 구성요소 내 기작연구, 원거리 탐사, 심부방하시추기술 개발 등 연구

시사점

- ▶ 남극연구를 과학 선진국의 위상을 보여주는 **전략연구 분야**로 인식
- ▶ 혁신적 과학성과 창출을 위한 **기초연구 강화·집중** 전략 전개
- ▶ 남극 **환경변화와 전지구적 영향의 상관관계** 규명 촉진
- ▶ **첨단기술** 기반 남극관측, 원격탐사, 인프라 **디지털화** 시도
- ▶ **데이터 공유** 및 실용화 연구 등 **사회 환원**에 대한 인식 제고



2. 남극 거버넌스 동향

가. 남극조약협약당사국회의(ATCM*)

* Antarctic Treaty Consultative Meeting

□ 개요

- 남극조약협약당사국회의는 남극조약 제 9조 1에 따라 공통 관심 이슈에 대한 정보교환, 협의 조약의 원칙 준수와 목적 달성을 장려하는 조치를 입안·심의하고 각국 정부에게 권고하기 위해 추진
 - 남극조약은 1961년 12개국(미국, 일본, 영국, 프랑스, 벨기에, 뉴질랜드, 노르웨이, 러시아, 칠레, 호주, 아르헨티나, 남아프리카공화국)에 의해 발효

〈표 2-63〉 남극조약의 이상 목표 및 4개 기본원칙

남극조약	
목표	남극의 국경 없는 평화
기본원칙	■ 남극지역의 평화적 이용 및 군사기지, 무기실험 금지 ■ 남극지역에서의 과학적 조사의 자유 및 국제협력 증진 ■ 남극지역에서의 영토권 주장 동결 ■ 남극지역에서의 핵폭발 및 방사선 폐기물 처분 금지

- 남극조약협약당사국회의는 주요 의제로써 과학 및 운영활동, 제도적 문제, 기후변화, 환경 보호 및 생태계 보존, 관광 및 비정부활동 규제, 국제적 협력과 관련된 측면에 중점을 두고 매년 활발한 논의를 지속

〈표 2-64〉 남극조약협약당사국회의의 6개 주요 우선과제

주요 우선과제
■ 관광을 위한 사전 예방적 관리 조치 ■ 보호지역 시스템 확장을 위한 체계적인 보전계획 프로세스 구현 ■ 기후변화시대에 생태계 회복을 촉진할 수 있는 관리 조치 ■ 미세플라스틱 오염 감소 방안 모색 ■ 남극 환경과 고래류에 대한 선박의 영향을 완화하기 위한 조치 ■ 남극 해양보호 강화 지원



▣ 제 42차 남극조약협약당사국회의의 주요 내용

- 제 42차 남극조약협약당사국회의에서 남극권 관련 주요 쟁점 이슈는 기후변화, 남극 생물자원 개발 탐사, 남극 사찰 활동 협력 모델 개발, 남극조약 지역에서의 관광 및 비정부 기구 활동 등으로 꼽힘
- 남극의 생물자원탐사(Biological Prospecting in Antarctica)
 - 전자 정보 교환 시스템(Electronic Information Exchange System, EIES)을 이용한 정보 공유 촉진
 - 남극조약지역에서 수집된 남극자원 외 엑스 시추법에 의해 수집된 남극자원 자료들이 모두 포함되도록 시스템 개정을 제안했으나, 추가적인 데이터 요소 추가 요청으로 인한 당사국과 연구진, 전자 정보 교환 시스템의 불필요한 업무 부담 가중 우려 의견
 - 전자 정보 교환 시스템을 통한 정보 교환을 자발적인 참여에 맡기자는 의견에 대부분의 당사국들이 동의했으며, 자발적인 정보 교환이 추후 관련 논의 사항을 위해 남극의 생물자원 수집과 이용에 대한 정보를 수집하기 위한 첫 단계를 제시할 수 있다는 점에 주목
 - 많은 당사국들이 ‘생물자원탐사(biological prospecting)’의 정의와 생물자원의 수집 및 이용에 대한 합의 부족 지적
 - ‘생물자원탐사(biological prospecting)’라는 용어가 상업적 의미를 내포하고 있다는 점에 주목하여 논의 중인 주제를 보다 정확하게 반영할 수 있도록 의제 항목 변경이 제안되었지만, 용어를 변경하는 것이 관련된 우려를 해결하기에 충분하지 않을 것이므로 주의해야 한다는 의견
 - 생물자원의 수집 및 이용의 적절한 규제를 위한 조치 마련 필요성 강조
 - 남극과학연구위원회에서는 생물자원탐사에 대해 논의되고 있는 사항에 대한 정보 전달을 위하여 구성원을 상대로 조사를 수행하고 있으며, 추후 더 자세한 논의를 위하여 각 국 대표들의 적극적인 참여 장려
 - 그 외에도 대부분의 경우 생물자원탐사 자체가 연구 활동의 목표로 인식되지 않으며, 다른 용어들이 혼용되어 사용된다는 문제점 등을 포함하여 남극에서의 생물자원탐사 활동에 대한 정확한 평가를 확립하는데 많은 난제가 있음을 강조
 - 또한, 생물 종, 수집지역, 수집내역 등의 유용한 남극 생물자원정보가 담긴 수많은 데이터베이스가 있으며, 기술의 발달에 따라 실제 표본 데이터뿐만 아니라 유전자 염기서열 데이터의 디지털 기록, 관련 표본의 영상 등으로 구성된 다양한 데이터를 제공하고 있음을 상기
 - 위 사항들에 대한 자세한 논의를 위하여 비공식적인 ATCM 포럼을 통한 정보 교환 추진 계획 수립
 - 제 43차 회의에서 전자 정보 교환 시스템을 통한 자발적인 정보 교환 가능성을 기반으로 한



남극 생물자원의 수집 및 이용에 관한 집중적인 논의를 계속하기로 합의

○ 남극조약 및 환경규약에 따른 사찰(Inspections under the Antarctic Treaty and Environment Protocol)

- 합동사찰 결과를 보고하면서 합동 사찰을 통해 각 국의 전문가들이 직접적으로 교류하며 전문지식과 모범사례들을 교환할 수 있다는 상호 이익 강조
- 합동사찰 경험을 토대로 의사소통, 정보의 가용성, 의료장비 정보, 인력 가용성, 후속조치 필요성 등에 중점을 두고 마련한 권고사항 공유
- 당사국들에게 남극 통신 운영 매뉴얼(Antarctic Telecommunications Operators Manual, ATOM)의 지속적인 업데이트 필요성을 강조했으며, 사찰 관련 체크리스트를 모든 기지에 배부하고 사전에 미리 작성 및 최신 버전 업데이트 요청
- 또한, 과거 권고 사항의 후속 조치와 관련된 측면을 포함하는 사찰 시스템의 개선 권고

○ 과학적 이슈, 미래 도전 과제, 협력 및 촉진(Science Issues, Future Science Challenges, Scientific Cooperation and Facilitation)

- 사무국 웹사이트와 같이 쉽게 접근할 수 있는 통로에서의 각 국의 과학적 우선과제 및 계획 공유를 통한 협력과 역량 증진 기회 촉진 제안
 - 일부 당사국들은 사무국 웹사이트에 국가별 연구 우선순위를 공유하는 전용 플랫폼을 구축하여 공동 연구 및 연구 결과 공유를 촉진하자는 의견을 제시했지만, 이미 유관 기관에 의해 운영되고 있는 온라인 도구와의 중복성 문제 제기
- 남극과학연구위원회에서는 ‘60년간의 조약 기반 남극 과학(Sixty Years of Treaty-Supported Antarctic Science)’이라는 제목으로 지난 60년간 진행된 남극 연구의 주요 주제에 대해 개괄적으로 소개하고, 10개의 획기적인 성과 강조
 - 또한, 당사국들에게 1) 남극과 남극해양과학으로부터 인류에게 제공할 수 있는 혜택홍보, 2) 미래를 위한 적절한 과학 인력 제공과 조사를 위한 지원 명확화, 3) 서로 획득한 과학적 데이터, 결과물 등의 공개 및 공유, 4) 남극 정책, 남극조약에서 조정자로서의 역할을 수행하는 SCAR와의 협력 촉진 제안



<표 2-65> 60년간의 조약 기반 남극 과학(Sixty Years of Treaty-Supported Antarctic Science)

주요 연구주제	연구내용
오존층 파괴	■ BAS에서 오존홀 발견 이후, 인류의 대대적인 프레온가스(CFCs) 감축을 통해 오존 구멍이 줄어들고 있음이 드러남
해수면 변동	■ 동남극과 서남극의 빙하들이 해수면 변동에 미치는 영향의 불확실성 감소를 위한 해빙, 빙봉, 빙하 등 빙권과 해양, 대기 연구
빙하 코어 및 고산지대 빙하	■ 남·북극, 고산빙하지대 등의 빙하코어를 분석하여 지구 기후 역사를 이해하는 것이 극지 과학연구의 주요 과제 중 하나임 ■ 보스토크 빙하코어 연구, Dome C 빙하코어 연구 등을 통해 남극대기 기온과 대기의 이산화탄소 농도간의 관계를 밝혀냄
빙저호 연구	■ 2012년 Lake Vostok 빙저호에 러시아 과학자들이 도착하여 어떠한 오염도 되지 않은 생명에 관한 연구 시작 ■ 2014년 청정방법으로 Whillans 빙저호 연구 ■ 빙저호의 풍부한 미생물과 생태계 등에 대한 연구 진행 ■ 아직 연구되지 않은 400여개의 빙저호 존재
황제 펭귄	■ 황제 펭귄의 생명 주거나 겨울에 빙하 위에서의 생활 연구는 1950년 이후로 계속 연구가 되고 있으며 많이 알려져 있음 ■ 바다에서 생활하는 생태학에 대해서는 아직 밝혀진 바가 많지 않았음 ■ 원격탐사로 펭귄 서식지가 계속 더 발견되고 있으며, 이들을 보호하면서 연구하는 것은 중요한 남극 연구의 상징이 될 것
빙산 발견	■ 감퍼트세프스(Gamburtsev) 산맥은 1958년 발견되었지만, 2000년 중반이 되어서야 국제 공동연구를 통해 해당 연구를 수행 ■ 해당 산맥은 남극빙하형성 초기시기에 만들어졌으며 고전적인 알파인 지형임을 밝혀냄
맥머도 드라이벨리 발견	■ 1970년대 맥머도 드라이벨리는 독자적으로 살 수 있는 미소생물이 거의 없어 황무지인 것으로 밝혀졌으나, 유전학 발전과 다른 기술들의 발달로 해당 지역의 미소생물은 매우 다양함이 밝혀짐 ■ 혹독한 남극의 환경에서 어떻게 생명이 살 수 있었는지에 대한 연구 진행 중
블랙홀 최초 촬영	■ 'The Event Horizon Telescope Collaboration'에서 블랙홀 최초 관측을 통해 아인슈타인의 일반 상대성이론 증명
어류 자원 증가	■ 실제 극지지역은 어종이 풍부하지 않은 위도이지만, 새로운 종이 만들어지는 종 분화비율이 남극해에서 유독 빠름을 밝혀냄 ■ 총 어종 다양성이 낮음에도 불구하고, 새로운 어류가 남극해에서 다른 지역보다 빠르게 만들어지는 것은 남극이 단순 기후뿐만 아닌 지구 시스템에 중요한 영향을 미침을 보여줌
빨라지는 기후 변화	■ 미래에 대한 불확실성은 있지만, 지금까지의 기후변화의 속도를 바꾸고 우리에게 다가올 것으로 예상되는 위험을 바꾸기 위해서는 관련 과학연구가 매우 중요함

※ 출처: 극지연구소(2020), "2020 극지정책백서"

- 남극에서 행해진 천체물리학적 연구 결과를 보고하고, 남극 고원에서의 최첨단 우주 관측의 이점 소개
 - 남극에 기반을 둔 연구를 통해 우주의 구조, 역사 및 그 안에 포함된 물질과 에너지를 이해하기 위한 노력의 성과를 인정하고 남극 대륙의 이점을 이용한 지속적인 천체물리학적 연구 노력 및 국제적 협력 장려



- 기상과 해빙상태를 예측하고 위성 관측, 수치 기후 모델을 검증하며 남극 기후를 연구하는데 중요한 역할을 하는 국제 빙상 부표 네트워크(The International Programme for Antarctic Buoys) 소개
 - 부표 데이터의 활용 및 당사국들의 협력 장려
 - 환경적 역사를 최적의 상태로 보존할 수 있는 능력을 잃기 전에 멸종위기 빙하의 깊은 층에서 얼음 핵을 수집하고 미래 세대의 과학자와 인류를 위해 남극 대륙의 얼음 코어를 장기 저장하는 ‘얼음 기억 프로젝트(The Ice Memory Project)’ 에 관한 의견 공유
 - 얼음 코어는 기후나 빠르게 변하는 산악 빙하 등의 지구 시스템을 이해하는데 도움이 될 뿐만 아니라 새로운 기술 접근 방식으로부터 발생할 수 있는 알려지지 않은 미래 가치를 가지기 때문에 해당 과제의 필요성에 공감하며, 많은 당사국들도 조언과 물류 지원을 약속
 - 하지만, 일부 당사국들은 얼음 코어가 다른 지역으로 옮겨지며 녹을 경우 남극 환경에의 침입성 미생물 종 유입 등 우려
 - 해당 논의사항에 대한 자세한 정보 제공을 위하여 다음 회의 때 빙하 마이크로바이옴에 대해 발표된 선행 연구들을 기반으로 한 발표 계획 수립
 - WMO(World Meteorological Organization)는 당사국들이 각 국의 연구진들이 포털을 적극 활용할 수 있도록 YOPP(The Year of Polar Prediction) 데이터 포털에 대한 정보를 공유하고, 종합적인 극지 기상 데이터베이스 구축을 위해 국가 데이터 센터를 통한 자체 데이터 제공·공유를 장려
- 기후변화가 남극조약지역 관리에 미치는 영향(Implications of Climate Change for Management of the Antarctic Treaty Area)
- 1.5℃ 지구온난화 시나리오에 따라 관측되는 남극 대륙 변화(온난화, 빙산 생산 증가를 이끄는 빠른 빙하 용해, 토착 생물 다양성에 대한 비원생 종들의 위협 증가 등) 관련 의견 공유
 - 지속적인 기후변화 관련 연구 지원 강화 및 우선적 수행 강조
 - 1.5℃ 지구온난화 시나리오는 최선의 경우이며, 실제로는 더 높은 수준의 온난화 영향을 고려해야한다는 점을 상기시키며 경각심 및 중요성 강조
 - 남극기지의 현대화에 대한 조사 결과 공유
 - 30개의 남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP) 회원국 중 73% 이상이 기지의 현대화를 진행했거나 계획 중에 있음
 - 노후화된 인프라 개선을 통한 연구 수요 충족 및 환경성과 증진, 기후 변화에 따른 위기감 등이 남극 기지 현대화의 추진 이유로 제시
 - 현대화는 남극대륙 전역에서 수행되고 있으며, 이는 당사국들에게 기후 변화가 현대화



과정에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 검토 및 현대화 작업과 관련된 모범 사례를 공유할 수 있는 고유한 기회로 활용 가능

- 2018년 설립된 북극 중심 기후 센터와 비슷한 남극 중심 기후 센터 설립 추진을 위하여 관심 있는 당사국들의 워크숍 참석 요청

○ 남극조약 지역에서의 관광 및 비정부 기구 활동(Tourism and Non-Governmental Activities in the Antarctic Treaty Area, including Competent Authorities Issues)

- 극지 관광 수요 증가에 따른 대비 필요성
 - 향후 몇 년 동안 선박에 의한 극지 관광이 두 배로 증가할 수 있다는 전망에 따른 극지선(Polar Ship) 수 급증
 - 남극 관광 규정에 아직 승인하지 않은 당사국들의 승인 촉구
 - 상륙하는 방문객의 행동 관련 지침이 현재 모범 사례와 일치하고 모든 방문자에게 적합한 형식으로 제시되어 있는지 확인하고, 해당 지침을 웹사이트에서 쉽게 찾을 수 있도록 할 것을 권고
 - 환경 모니터링 작업 지원을 위해 어업 운영자에게 관리 수수료를 부과하는 것과 같이 관광 사업자에게 행정 수수료를 부과하는 방안 고려를 권고하며, 부과 비율, 방법, 관리 등의 구체적인 내용에 대한 논의 필요성 제기
 - 방문자 수보다 그들이 어떻게 행동하느냐가 환경에 영향을 미치는 잠재력을 결정함에 따라 적절한 교육과 관리의 중요성 강조
 - 추후 관광의 영향을 평가하기 위해 관광객들이 출입할 수 없는 기준 지역을 설정할 것을 장려하고, 방문 지침에 계절적 제한을 포함할 것을 권장
 - 관광 활동이 환경에 미치는 영향이 미미하거나 일시적일 뿐이며, 국가 남극 프로그램의 활동에 부정적인 영향을 미치지 않도록 하는 것이 중요하다고 강조
 - 지속적인 모니터링 프로그램의 개선 필요성 강조
- 새로운 장소나 방법을 통한 새로운 유형의 관광 다양화 관련 논의
 - 사업자가 국제 남극 관광 운영자 협회(International Association of Antarctica Tour Operators, IAATO)를 통한 검토를 받지 않고 관할 기관에 새로운 활동의 허가를 제안할 수 있다는 점을 언급하며, 이러한 조치가 당사국 전체에 걸쳐 새로운 활동에 대한 일관성 없는 평가를 초래할 수 있음을 강조
 - 새로운 활동의 안정성 및 환경적 영향을 평가하는데 있어 일관적인 기준을 제시하는 프레임워크 개발 요구
 - 당사국들은 기존에 존재하는 다른 황야지역에서 새로운 활동을 위해 활용되고 있는 프레임워크를 기초로 남극 프레임워크 개발을 제안했으며, 방문자들의 경험을 증진하고 환경과 보호에 대한 교육에 초점을 맞춘 모든 활동들을 생산적으로 평가해야한다고 제안



■ 준수사항에 대한 논의

- 감시 및 시행을 포함한 현행 규칙 이행의 차이, 서로 다른 당사국의 사업자가 관여한 경우 권한에 대한 관할권 문제, 관할 당국들의 효과적인 참여 및 대화 촉진 방안에 대한 논의
- 선박 운항 및 항공 운항 기준에 대한 논의
- 모든 당사국들이 승인 받은 관광 및 비정부 활동에 대한 정보를 전자 정보 교환 시스템에 정기적으로 업데이트하도록 권장하고, 이 정보가 사무국 웹사이트에 명확하게 명시되도록 권고
- 기존 사찰 제도 내에 관광 활동에 대한 사찰도 포함하도록 권장
- 사무국 홈페이지 포럼에서의 관광 규제 활동 관련 논의를 통한 관할 국가들의 지식과 경험 교류의 유용성 제시
- 협력 강화를 위한 구체적인 과제 및 기회 탐색, 관광 규제와 관련된 신흥 쟁점에 대한 의견 제시 등을 위한 포럼 개최 요청
- 분산되어 있는 남극의 관광 및 비정부 활동과 관련된 지침, 규제를 통일화시키는 작업 진행 상황 공유 및 검토 의견 제시 장려

■ 효과적인 남극 조약 지역 내 관광활동 준수 감시를 위해 선내 관측자 승선 계획 시행 제안

- 제안된 사찰 계획과 남극 조약 시스템 내의 현재 사찰 계획 사이의 명확한 구분 필요
- 또한, 이러한 사찰이 남극 대륙에 승객들을 내려주지 않는 선박에 대해서도 수행될 것인가에 대한 의문점 제기 및 공해 항해의 자유에 대한 갈등 우려
- 온라인 포럼을 통해 기존에 활용되고 있는 사찰 프레임워크, 관측자의 역할 및 담당 업무, 관측자로서 필요한 자질 등 구체적인 내용에 대한 논의 진행 예정

■ 연안 야영 요청 및 야영객 수 증가 수요

- 기존의 가이드라인에 야영이 허용되는 장소인지, 어느 정도의 야영객 수를 허용할 것인지 기준 추가 제시 요청
- 모범사례를 구축하고 남극 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 연안 캠핑 지침 마련 제시

■ 비정부 항공 활동에 대한 정보 공유

- 각 당사국들에게 국가 원정 항공 활동 및 비정부 항공 활동에 대한 세부적인 정보를 전자 정보 교환 시스템(EIES)의 항공활동 항목 아래 입력을 통해 공유할 것을 장려

■ 비정부 탐험 관련 정보 업데이트 관련 의견 공유

- 정확하고 종합적인 비정부 활동 현황보고를 위하여 비정부 활동을 통한 계절별 방문객 수, 승선원 현황 등의 정보 업데이트 현황 공유
- 당사국별 관광 및 비정부 활동에 대한 최신 정보 제공 장려

■ 비승인된 요트 활동 증가에 관한 논의



- 남극에서 발견된 남극조약당사국이 아닌 국가의 국기가 표시된 비승인된 요트 목록을 제시하고, 이에 따라 나타날 수 있는 환경적 영향에 대한 우려 공감
- 최근 급증하고 있는 관광활동에 따라 축적되는 환경 영향 평가 중요성 강조

제 43차 남극조약협의당사국회의 주요 내용

- 제43회 남극조약협의당사국회의에서는 ‘정책·법·제도’ 관련 주요의제로, **기후변화와 남극 인간 활동으로 인한 환경문제**, COVID-19가 남극 관련 활동에 미치는 영향, 남극생물자원탐사 등을 꼽고 당사국간 논의
 - 기후변화와 남극에서의 인간 활동으로 인한 문제 해결을 위한 노력 강조
 - 당사국들이 기후변화와 남극에서의 인간 활동 증가로 인한 지속적인 문제를 인식하고, 이러한 과제를 해결하기 위해 당사국들의 긴밀한 협력, 합의에 기반한 의사 결정, 적시에 조치를 채택하고 이러한 과제를 해결하기 위한 의무 이행의 유용성을 강조
 - COVID-19가 남극 및 과학 활동에 미치는 영향에 대한 당사국들의 협력 대응 강조
 - 남극 대륙에서 동료와 야생 동물을 안전하게 지키기 위한 모범 사례 지침과 프로토콜을 수립하기 위해 지속적으로 협력하는 것이 중요함을 강조
 - 국가 남극 프로그램이 COVID-19에 얼마나 신속하고 협력적으로 대응했는지와 건강과 안전을 보장하면서 남극에서 중요한 과학 활동을 계속할 수 있는 조치와 프로토콜을 구현하는 것에 대해 언급
 - COVID-19 대유행에서 배운 경험과 교훈을 공유하고 남극 대륙에서 중요한 과학 프로젝트가 어려운 상황에서 유지되도록 허용한 협력 정신을 지속하는 것의 중요성에 주목
 - 남극생물자원탐사 주제 추가 필요성 동의 및 추후 논의 필요성 제시
 - 당사국들은 생물탐사에 관한 정의와 같은 특정 문제에 대한 합의가 부족함을 지적*하고, 생물탐사 주제에 대해 추가 논의가 필요하다는데 동의
- * 2010년부터 국가남극프로그램을 통해 생물탐사를 수행한 정도를 평가하기 위해 당사국들을 설문 조사한 결과 기반
- 회원국들은 생물탐사에 관한 정보 수집을 위해 적절한 시스템·도구 등에 대한 이견을 해결하기 위한 유엔해양법협약(UNCLOS)에 따라 국가 관할권을 벗어난 지역의 해양 생물 다양성의 보존 및 지속 가능한 사용(BBNJ)에 대해 국제법적 구속력이 있는 문서에 관한 정부 간 회의와의 관계를



다를 필요성을 제시함

- 제 43회 남극조약협약당사국회의에서는 ‘과학·운영·관광’ 관련 주요의제로, 남극활동 안전조치, 남극과학을 위한 협력, 남극조약 지역 내 기후변화의 영향, 관광 및 비정부기구 활동 등에 대해 논의

○ 남극활동 안전조치를 위한 개선 및 대응, 정보 공유

- (남극지역 항공 운항 안전 개선) 모든 남극 항공인프라 운영자를 대상으로 정확하고 신속한 항공기 운항정보 교환, 사고에 대비한 안전조치 보강, 긴급 상황 대응책 마련 등의 업데이트를 권고
- (남극반도 지역 개기일식 관측 구역의 비정부활동 증가 대응) 개기일식 관측 구역에서의 미승인 선박의 유입, 교통량의 증가와 그로 인한 잠재적인 위험성을 환기하며, 사고를 미연에 방지하기 위해 지속적인 정보교환을 촉구
- (남극 지진 관련 과학정보 공유 및 연구 활동 독려) 남극 지진과 이와 연계한 화산활동 연구에 강한 지지를 표하고, 재난 대처계획 수립 제안 및 남극기지들의 비상계획 수립현황과 재난 대처 프로그램에 대한 업데이트 제공 요청

* 남극 지진과 관련하여 우리나라의 의견 제시: 남극해 지역에서 발생하는 지진은 과학연구와 안전 확보에 중요한 문제이며, 우리나라 극지연구소는 이를 연구하기 위해 지진모니터링 관련 신규 연구 사업을 시작했음을 언급

- (코로나19 대응 남극활동 현황 공유) COMNAP은 각국의 남극 프로그램들이 참고할 수 있도록 코로나19 관련 지침을 마련 중이며, 2021/22 시즌에 적용할 수 있도록 오는 7월 COMNAP 연례회의에 상정할 예정

○ 과학데이터 기반 남극 연구 및 연구 다양성 증진과 과학협력 촉진

- (로스해 지역 펭귄 관련 연구 확대 지양) 황제펭귄의 개체 수 감소 전망과 보호종 지정, 이미 활발한 국제협력, 축적된 방대한 양의 자료 등이 있으므로, 관련 연구를 확대하지 않고 현존하는 과학데이터를 기반으로 과학 협력을 강화하는 방향으로 논의
- (연구 다양성(diversity) 증진) 당사국은 ‘평등, 다양성 및 포용성(equality, diversity and inclusion)’을 다년도 전략계획에 추가함



○ 남극조약지역에서의 기후변화의 영향 인지 및 관련 연구수행 강화

- 기후변화가 남극에 미치는 영향에 대해 인지하고, 남극 내 활동 시 남극 환경에 영향을 미칠 수 있는 요인을 고려하도록 함
- 기후변화 연구를 수행하고 그 결과를 남극조약체제와 국제적으로 전달할 수 있도록 자국의 남극- 프로그램과 SCAR를 지원하도록 함
- SCAR는 남극해 산성화, 남극 기후변화에 대한 과학연구의 확대와 연구결과의 정책 반영을 고려할 것을 제안함

○ 남극조약지역에서의 관광, 비정부 활동 및 시설 관련 논의

- (관광 및 비정부활동을 위한 영구시설 관련 입장 및 조치) 남극에서 관광 및 기타 비정부 활동을 위해 이전 추진되었거나 현재 진행 중인 영구시설 구축계획 정보 공유와 분석, 영구적인 구조물의 구축으로 인한 환경 영향, 국가 프로그램의 수색과 구조 책임 등에 대한 논의를 추진 할 것임
- (남극 관광선 옵서버 제도를 위한 프레임워크* 결의) 각 당사국이 관할 내 관광활동을 조율하고 남극환경에 미치는 영향을 모니터링할 수 있는 도구를 제공하려는 목적으로 프레임워크와 모니터링 체크리스트의 결의안 제안

* 동 프레임워크는 자발적 참여를 전제로 하는, 구속력을 갖지 않는 제도

- (남극 관광 시 고려사항 제안) ASOC는 남극관광과 연계하여 고려할 점으로, 관광활동을 제한할 수 있는 민감한 생태계 지역을 식별하여 관광의 영향을 연구하는 지표로 설정, 관광 활동에 대한 환경 모니터링 프로그램 수집 등을 제안



나. 환경보호위원회(CEP*)

* Committee of Environmental Protection

□ 개요

- 환경 보호 의정서 제 11조에 따라 설립되었으며, 제 12조에 명시된 바와 같이 부속서를 포함한 의정서의 이행에 관하여 주기적으로 남극조약협약당사국회의에 자문하고, 당사국회의에서 심의 될 수 있도록 권고문을 작성하며, 남극조약협약당사국회의 위원회에서 회부하는 그 밖의 기능을 수행
 - 남극에서 인간의 활동을 규제하기 위한 다수의 조치들을 마련하여 남극조약협약당사국회의에서 채택하도록 자문하고 있으며, 회의에서 채택된 백여 개의 조치, 결정, 결의 중 40% 이상이 의정서 발효 이후 환경보호위원회의 자문을 통해 채택
- 매년 남극조약협약당사국회의와 함께 개최되며, **환경 보호 및 관리와 관련된 문제 논의 및 자문**
 - 제 10차 환경보호위원회에서 업무의 우선순위를 포함한 ‘환경보호위원회 5개년 업무계획’이 제시된 이후 매년 지속적으로 갱신
 - 우선순위의 이슈들과 과학적 요구들을 연계하여 정기적으로 개정되는 5개년 업무계획을 통해 위원회의 중요 업무와 향후 나아갈 방향을 예측할 수 있으며, 남극 관련 기구들은 물론 향후 남극조약 체제에서 활동을 확대하고자 하는 당사국들의 남극 연구 개발과 운영계획 수립에 유용한 지침으로 활용 가능
- 전 지구적 환경변화 하에서 남극조약 체제의 전문가 자문기구로서 남극조약협약당사국회의와 당사국들의 남극환경 보호 노력을 지원하고자 기후변화 대응 업무프로그램(CCRWP) 개발
- 시대의 변화에 따른 다양한 인간 활동에 대한 환경 지침 개발
- 남극 정책결정자, 과학자, 운영자들이 활용할 수 있도록 정치 중립적으로 채택한 최신 과학 논문과 발견에 기초한 남극 환경정보를 제공하는 남극 환경포털(<https://www.environments.aq>) 구축



▣ 제 22차 환경보호위원회 주요 내용

- 제 22차 환경보호위원회에서는 운영 및 미래 전략, 기후변화가 남극환경에 미치는 영향, 환경 피해 복구 및 개선 등이 주요 의제로 논의
- 환경 피해 복구 및 개선(Repair and Remediation of Environment Damage)
 - 주기적인 Clean-Up 매뉴얼 업데이트의 중요성 강조 및 개선된 매뉴얼 승인
- 기후변화가 환경에 미치는 영향(Climate Change Implications for the Environment)
 - 온난화로 인해 실제로 남극대륙에 나타나고 있는 변화 공유를 통한 지속적인 후속 연구 필요성 및 국제적 협력 중요성 강조
 - 회원국들의 국가 남극 프로그램을 통한 남극 대륙 외의 다른 지역에 대한 기후 변화 시나리오 연구 개발 장려
 - 정책 수립을 위한 지속적인 기후변화 관련 연구 및 모니터링 필요성과 더불어 이미 밝혀진 예측 결과를 바탕으로 한 관리 방안 및 예방적 조치 마련 필요성 제시
 - 관리, 연구 및 장기적인 모니터링을 위하여 기후변화에 따른 지역별 차이를 고려하고, 인간 활동과 기후변화가 결합하여 나타내는 영향을 이해하는 것이 중요
 - 온난화에 따른 비원생종(non-native species) 유입이 가장 큰 위협임에 따라 우선적인 연구 수행 필요성 강조
 - 온난화 정도를 1.5℃로 제한하기 위해서 환경영향평가에 기후요인을 고려하고, 기후 복원력 증진을 위해 남극조약지역 전체의 대표적인 보호지역에 대한 전략 계획을 수립하는 등의 즉각적인 조치 필요성 제시
- 영역 보호 및 관리 계획(Area Protection and Management Plans)
 - 남극특별보호구역(Antarctic Specially Protected Area, ASPA) 관리계획 검토 및 개정
 - 신규 남극특별보호구역(ASPA) 관리계획 초안 검토
 - 미국이 제안한 로젠탈 제도(the Rosenthal Islands, Anvers Island, Palmer Archipelago)
 - 영국, 네덜란드가 공동 제안한 레오니 제도(the Léonie Islands and south-east Adelaide Island, Antarctic Peninsula)
 - 중국, 이탈리아, 한국이 공동 제안한 인익스프레시블섬(Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross sea)
 - 지역별 환경 상태에 따른 방문 지침 개선, 보완 필요성 논의 및 개선된 지침 활용 촉구



○ 남극 동식물 보존(Conservation of Antarctic Flora and Fauna)

- 비원생종 유입에 따른 남극 생태계 교란 방지를 위한 대응 매뉴얼 개발 및 공유
- 비원생종 이동 위험 감소를 위한 국가 남극 프로그램 공급망 관리자용 점검표 개선 및 자발적인 활용 촉진
- 해빙 감소에 따라 황제 펭귄 번식지가 축소되고 있는 현황을 공유하며 다른 인공적인 스트레스 요인을 줄이거나 제거하여 종의 복원력을 향상시키기 위한 방안 개발 가능성 제시
- 황제 펭귄의 기후변화에 대한 의존성 및 취약성 이해를 위한 지속적인 연구 필요성 강조

○ 환경 모니터링 및 보고(Environmental Monitoring and Reporting)

- 남극지역 내 환경오염 행위에 대한 배상책임제도 실시를 위한 당사국들의 국내 입법완료 등 절차적 조치 완료 촉구
- 남극과 남태평양의 플라스틱 오염을 줄이기 위한 노력에 관한 권고
- 바다표범의 수와 상태에 대한 자료 부족을 상기시키며, 관련 연구 촉진 및 추가적인 보호 필요성 제시

▣ 제 23차 환경보호위원회 주요 내용

- 제 23차 환경보호위원회('21.06)에서는 남극 환경 손상의 복원과 개선, 기후변화가 남극환경에 미치는 영향, 남극 환경영향평가 등이 주요 의제로 논의

○ 환경 손상의 복원과 개선 (Repair and Remediation of Environment Damage)

- 영국(IP 7)은 환경보호의정서 제3부속서(폐기물관리)에 따라 2019년 동남극 Dronning Maud Land에 위치한 'Blue One Camp'에 버려진 장비 및 연료 저장소의 환경 손상을 복구하고 위원회에 보고함
- 호주와 아르헨티나(BP 5)는 연료 유출 지역의 정화를 위한 정보 제공을 위해 남극 연료 라이브러리 작성에 관한 문서를 제출함

○ 환경에 대한 기후변화의 함의 (Climate Change Implication for the Environment)

- (전략적 접근1) SCAR는 기후변화가 전 지구 및 남극에 미치는 영향에 대한 상당한 불확실성에 주목하고, 불확실성*을 해결하기 위해 회원국들에게 하기 연구 관련 사항을 권고하였으며, 환경보호위원회가 이에 동의



- * 주요 불확실성은 남극 빙권의 현재와 미래의 거동을 포함(특히 지구 해수면과 해안 인구 및 기반 시설에 대한 영향)
 - CCRWP 및 SG-CCRWP를 통해 제안되는 지역 및 대륙 전체 정책 대응 및 조치에 SCAR에서 제공하는 과학적 연구 결과를 추가로 고려할 것 권고
 - 기후변화와 지역의 대응에 관한 과학조사에 대한 지지를 재확인할 것을 권고
 - 지구 기후 규제와 관련하여 남극대륙과 남극해의 중요성을 강조하고 인류와 우리가 의존하는 생물 다양성의 지속 가능한 미래를 보장하기 위해 남극 및 남극 해양 환경을 지속적으로 보호할 필요성을 강조할 것을 권고
 - 남극 및 남극 해양 환경과 남극조약 60년 동안 알려진 생물 다양성을 유지하기 위해 파리기후협약의 중요성과 예상되는 온실가스 배출 감소 목표의 강화를 자국에 전달할 것을 권고 등
- (전략적 접근2) 회원국들의 남극 기지 현대화 계획 및 표준에 대한 논의
 - 제안국들은 남극기지 현대화 계획으로, 맞춤형 Green Star 남극 표준과 맞춤형 BREEAM 툴 등을 적용하여 건설 프로젝트로 인한 탄소배출을 줄일 것을 제안
 - COMNAP은 남극 기지 현대화 프로젝트를 위한 지속가능한 디자인의 이행 및 현대화에 대한 모범 사례를 지속 공유할 것을 언급
 - 환경보호위원회는 남극기지 재건축과 현대화 과정의 정보 교환과 지속 가능한 그린 디자인 원리에 대해 대체로 지지함을 표하였으나, 모든 상황에 반드시 적합하지 않거나 모든 국가 표준과 일치하지 않고 남극의 특정 상황에 맞게 설계되지 않은 통합 표준의 채택에 대해 주의를 표함
- (전략적 접근3) 남극해양 산성화를 증가시키는 탄소배출 감축의 중요성을 강조
 - SCAR는 환경보호위원회에 남극 해양 산성화 원인*에 대해 주목할 것을 요청하고, 남극 지역에서 미래 예측과 보존계획 수립에 필수적인 해양 산성화 모니터링과 남극환경에 대한 OA의 영향을 강조
- * 이미 배출된 인위적인 CO2에 기인한 해양 산성화(OA)는 아직 해양의 화학현상에 완전히 표현되지 않았으며, 민감 종의 취약성은 다른 기후변화 효과(예, 대기 및 해양 온난화, 해수면 상승, 폭풍 증가, 해빙분포 및 역학의 변화)와의 상호 시너지 작용에 의해 높아질 수 있음
 - 환경보호위원회는 SCAR가 남빙양에서 해양 산성화 연구를 조율해 줄 것과 국제적 과학 협력과 모니터링을 지속해 줄 것을 권고하고, 회원국들은 남빙양의 pH 변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 새로운 감지 기술사용과 온난화가 빠르게 진행되고 있는 남극반도 지역에 위치한 여러 기지들의 관측 협력을 독려함

○ 환경영향평가 (Environmental Impact Assessment)

- (환경영향평가 초안 검토) 남극 기지 건설 및 재개발 등에 대한 환경영향평가서(CEE)를



제출*한 건에 대해 검토 및 논의

- * (뉴질랜드) 노후화된 자국 남극기지(Scott) 재개발을 위한 환경영향평가서, (터키) 서남극 Horseshoe섬에 자국 월동 연구기지 건설을 위한 환경영향평가서

■ (기타 환경영향평가 문제 논의)

- SCAR의 남극 지질과학 현장연구 활동을 위한 환경행동강령(Environmental Code of Conduct (CoC)) 승인, 자국에서 남극 지질 또는 고지질 시료를 보관하는 보관소에 관한 정보를 SCAR list*에 제공해줄 것을 권고

- * SCAR의 list에는 15개국(아르헨티나, 호주, 브라질, 칠레, 프랑스, 독일, 이태리, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 폴란드, 스페인, 스웨덴, 영국, 미국)이 자국의 보관소 링크를 제공 중

○ 구역 보호와 관리계획 (Area Protection and Management Plan; ASPA)

- (신규 ASPA) 신규로 제안된 ASPA 관리계획은 없었으며, 기존 24개 ASPA 관리계획 중 17개 관리계획이 소폭 수정되어 개정안을 승인함

- (사적지 및 유물(HSM)지정*) 회원국들이 제안*한 사적지 및 기념물 목록의 형식 관련하여 새로운 HSM 1개를 목록에 추가함**

- * 아르헨티나는 노르웨이, 영국과 사적지 및 기념물 목록의 형식을 정비하고 관련 첨부문서와 결의(안)을 제출하였으며, 환경보호위원회는 HSM list의 새로운 형식을 포함한 조치(안), 결정(안), 결의(안)을 승인하고 ATCM에서 채택될 수 있도록 제출할 예정

- ** HSM 지정을 위한 조건 및 제공 자료의 범위가 확대되고 지정조건이 까다로워지고 있으며, 이는 그간 과거 남극활동으로 남겨진 대형장비와 같은 물건이 기념물인지 폐기물인지에 대한 논란을 줄이고 남극의 사적지와 역사적 기념물의 한계를 분명히 하고자 하는 의도가 담긴 것으로 보여짐

- (남극 방문 지침 및 가이드라인) 남극 방문자를 위한 기존 지침을 강화하기 위한 지침, 지역 가이드 라인(신규) 및 개정안 제출

- (해양보호구역 및 관리) 해양보호구역(MPA)에 대한 모니터링 계획 수립과 조치 이행에 대하여 대부분의 회원국들은 남극조약체계내의 관련 위원회(CEP, CCAMLR)가 긴밀하게 협력하기를 희망하고 있으나, 아직 협의된 바는 없음

○ 남극 동식물 보존 (Conservation of Antarctic Flora and Fauna)

- (외래종에 대한 대응) COMNAP은 역-인수전염(Reverse Zoonosis)에 의한 남극 종들의 SARS-CoV-2 전염 가능성에 대해 평가하고 이를 예방하기 위한 조치들을 제안하였고, 환경보호위원회가 이를 지지

- * SARS-CoV-2는 인간의 COVID-19의 원인 바이러스로 ‘역-인수전염’ 가능성이 있음

- 남극조약 당사국들은 ‘COMNAP의 COVID-19 방지 및 발생관리 지침’에 명시된 바와



- 같은 COVID-19의 관리 및 발병 예방과 관련된 사전 프로토콜의 지원을 지속할 것을 제안
- 당사국들은 관할 당국과 국가의 남극과 관련 없는 기관과 협력하여 남극 해양종의 이동성 및 남극생물종, 특히 고래류에 대한 인수 감염과 관련된 위험에 대해 교육할 것을 제안
- EIA (환경영향평가) 프로세스 연구 목적으로 야생 동물과 직접 또는 밀접하게 접촉할 수 있는 연구원 및 관련 연구 지원 인력이 국가 남극 프로그램 절차를 따르는 것을 포함하여 제안된 조사를 수행하기 위한 엄격한 프로토콜 및 적용 가능한 모든 SCAR와 COMNAP 지침에 따라 수행하도록 할 것을 제안
- 남극 종을 포함하여 역-인수 감염에 관한 연구를 지원하고 이러한 연구에서 얻은 정보와 자료를 공유할 것을 제안
- **(특별보호종 지정 준비)** 황제펭귄의 남극특별보호종 지정을 위한 신규 및 개정 제안을 위해, 다른 회원국들, 옵서버들, 관련 있는 과학, 환경, 기술 조직과 함께 황제펭귄을 위한 조치 초안을 준비할 계획

○ 환경 모니터링과 보고 (Environmental monitoring and report)

- **(환경포털 활용)** SCAR는 환경 포털(Environmental Portal)*의 업데이트를 소개하고 CEP와 회원국들에 남극 환경 포털이 위원회의 업무에 기여한 가치를 인정하면서 포털의 추가 개발 및 정보요약의 출판을 지속적으로 지원해 줄 것을 권고
- * 남극 환경 포털(environments.aq)은 위원회의 업무와 관련된 문제에 대해 정확한 최신 정보를 제공하여 CEP의 업무가 지원되도록 설계 및 개발되었음
- 회원국들은 포털에 해양산성화, 빙권 특히 WP 17과 WP 36의 정보, 누적영향과 미세플라스틱에 대한 내용을 포함해 줄 것을 제안

다. 남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP*)

* Council of Managers of National Antarctic Programs

□ 개요

- 남극에서 연구 활동을 추진하고 있는 국가 간의 **활발한 정보 교환 및 협력 강화**를 위하여 1988년 설립된 국제 협회로써, 남극에서의 연구 활동 지원을 관리하는데 있어서의 모범 사례를 구축하고 장려하는 역할
- 향후 몇 년간의 남극 관련 주요 쟁점들을 반영한 3개년 계획을 수립한 후, 목표 달성을 위한 사업 설계



▣ 제 19차 남극프로그램국가운영자위원회 주요 내용

- '남극기지 현대화: 연구를 지원하고 환경에 미치는 영향을 줄이기 위한 미래 검증 인프라'라는 주제 하에 7개의 주요 테마를 토대로 진행

〈표 2-66〉 제 19차 남극프로그램국가운영자 위원회 주요 테마

주요 테마
■ 건설 및 운영방법 ■ 생명 안전 시스템 통합 ■ 데이터 수집, 저장, 이송체계의 유지, 업그레이드, 조정 ■ 에너지 효율화 및 재생 기술 ■ 기지 현대화 프로젝트 수행기간 동안 과학과 연관되거나 지원하는 이해 당사자 ■ 건설 현장 운영관리 ■ 현대화 및 디자인, 계획수립, 이동 단계에서의 건강, 안전, 복지

▣ 남극로드맵 도전 프로젝트(ARC*) 주요 내용

* Antarctic Roadmap Challenges

- 향후 20년간 남극의 주요 과학 주제들을 수행하기 위한 필수 요소들을 명확히 하고자 수행
- 온라인 설문조사, 전문가초청 회의, 동료 심사(peer-review) 등을 통한 남극과학연구 참여 제고 방법 도출

〈표 2-67〉 남극로드맵 도전 프로젝트 7개 주요 과제

주요 과제
■ 주요 기술들의 개발과 접근성 ■ 필수적이고 훌륭한 물류 역량 제공 ■ 지리적 접근성을 제공하기 위한 인프라 운영 지원 ■ 국제 협력과 파트너십 증진 및 이를 위한 새로운 모델 개발 ■ 다양한 에너지 수요를 충족시키기 위한 전략 개발 ■ 안정적이고 지속가능한 경제적인 지원 확보 ■ 필수적 인적 자원 개발 및 확보

○ 공통 수요 기술 도출

- 장기간동안 대륙/해양에서 견디며 상호정보 교환 및 자율운영이 가능한 확장된 관측 시스템
- 고성능의 발전된 데이터 분석 및 계산 능력



- 센서와 관측 범위 등이 발전되어 종합적이고 전반적으로 지역의 측정이 가능한 강화된 인공위성의 관측 능력
- 다수의 하위 시스템 모델과 관측결과를 종합하여 다양하게 분석한 개선된 종합 지구시스템 모델
- 현장 관측, 유지 등의 기술뿐만 아니라 원격/자율 관측을 위한 실측을 포함한 향상된 샘플 검색 기술

○ 분야별 수요 기술 도출

- 대기과학 : 튼튼한 센서와 무인 배치가능 기술을 포함한 관측 센서 및 원격 기상 관측 기술
- 해양학 : 관측의 자동화/정박플랫폼 의존도 완화 및 고효율 관측 기술
- 빙상과 해수면 : 직접 관측한 방대한 자료들을 종합하여 미래 빙하 변화 예측이 가능한 모델 개발
- 남극 빙하 아래의 지구 : 빙하 시추, 퇴적물 샘플링, 해저 시추 등의 기술
- 생명과학 : 생명시스템의 기능을 유전학적으로 분석하기 위한 관측 및 센싱 기술
- 지구 주변 공간 관측 : 무인으로 원거리까지 이동하여 극한 환경을 견뎌내며 다양한 지구물리학적 현상들, 대류권 등의 지구 바깥을 관측하는 기술
- 정보 접근 : 과학연구를 통해 얻는 기술, 정보들에 대한 접근 기술

라. 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR*)

* Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources

▣ 개요

- 남극 주변해역을 관할구역으로 하여 **남극해양생물의 보존 및 합리적 이용**을 위해 1982년 국제 협약에 의해 설립된 국제기구
 - 남극해에서 급속히 증가하고 있는 남극 크릴새우(남극해 크릴새우)를 포획하는 상업 조업에 대응하기 위함
- 남극해양생물자원의 보존에 관한 협약의 시행기관으로 남극해양생물자원의 보존 및 합리적 이용을 위한 국제협력, 자원에 대한 과학적 조사 및 국제 감시제도의 운영을 목적으로 함



- 남극해양생물자원 관련 의사결정을 하는 회의체인 위원회(Commission)와 이에 대한 과학적 근거와 조언을 제공하는 과학위원회(Scientific Committee)로 구성
- 남극해 보호 방안 중 하나로써, 해양보호구역* 네트워크 지정 및 관리
 - * 해양보호구역(Marine Protected Area, MPA): 해양생물과 생태계 보호를 목적으로 인간의 특정 활동을 제한하는 보호 구역
 - 우리나라 극지연구소 해양보호구역 조사팀은 로스해 내 지정된 해양보호구역에서 생태계 및 해양생물자원 보존을 위한 연구 수행
 - 아델리 펭귄 5만여 쌍이 번식하는 케이프 할렛(Cape Hallett)의 조사를 담당하여 매년 남극해양생물자원보존위원회에 환경 변화 보고

제 39차 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 주요 내용

- 보호구역 내 불법/비보고/비규제 어업 활동 관련 논의
 - VMS(Vessel Monitoring System) 데이터와 출입 정보를 위조하여 금지된 구역에서 어업 활동을 한 러시아 선박 파머(Palmer)의 불법 어선 블랙리스트(IUU Vessel List) 추가 제안
 - 미국, EU는 러시아가 관련 보고를 심각하게 받아들이지 않고, 완전한 조사를 수행하지 않으며 위원회가 이행 준수를 평가하는데 필요한 데이터를 제공하지 않는 등 적절한 조치를 취하고 있지 않음을 근거로 들며 불법 어선 블랙리스트에 추가해야 함을 주장
 - 러시아는 부산항에서 진행된 조사에서 부적합한 결과가 나오지 않았으며, 뉴질랜드로부터 제공된 정보에 많은 문제가 있음을 제기하며 CCAMLR 조사 체계에 항공 순찰에 관한 명확한 원칙이 필요함을 주장
 - 러시아 선박 파머(Palmer)의 불법 어선 블랙리스트(IUU Vessel List) 추가 합의 불성사
- 시행 중인 보존 조치의 개정 및 이행 준수관련 논의
 - 일부 보존 조치들의 개정 필요성 및 개정할 때 개정된 조치의 실행에 따른 잠재적 결과에 대한 충분한 고려 필요성 제기
- 이빨고기, 빙어 및 크릴 어업의 관리 및 연구관련 논의
 - 한국과 우크라이나는 수역 88.3(Subarea 88.3)에서의 이빨고기 연구 지속 문제에 대한 합의점을 찾지 못한 점에 실망감을 표시하며, 이 연구가 해양 지역의 생물 및 생태 과정을 보다 잘 이해하여 효율적인 남극 해양 생물자원 관리를 수행하는데 필요한 데이터를 제공하는데 매우 중요함을 강조



○ COVID-19 대유행으로 인해 발생하는 여행 또는 기타 제한사항과 관련될 수 있는 국제 과학 관찰자의 배치와 관련된 잠재적 문제와 관련된 제안 소개

- 중국, 한국, 일본은 미국의 제안을 지지했으나 러시아의 경우, 제안이 수립되었을 때와 달리 제안 없이도 국제적인 과학 관측자들을 배치할 수 있는 능력이 생겼음을 주장하며 반대 주장
- 중국은 어선의 선원들뿐만 아니라 관련 국가들과 항만국들의 보호를 위한 더 많은 국제적 협력 필요성 강조

○ 공간 관리(Spatial Management) 관련 논의

- 웨델해(Weddell Sea), 동 남극(Eastern Antarctica), 도메인 1(Domain 1) 해양보호구역 설립 제안 관련 논의가 계속되었으나, 중국과 러시아는 MPA의 과학적 정당성과 계획에 대한 기준 데이터와 관련하여 아직 해결되지 않은 문제가 여전히 존재함을 우려
- 대부분의 국가들은 기후변화 영향을 고려한 남극해에서의 해양 생물자원 다양성 보존, 특화된 생태계 보호를 위한 MPA 지정의 중요성에 공감
- 벨기에는 파인 아일랜드 빙하와 인접한 새로 노출된 해양 지역을 2단계로 지정하는 것을 제안하며, 2단계 지위를 지정하면 이 지역에서의 생태와 진화, 과거 기후에 대한 매우 관련성 높은 연구가 이루어질 수 있을 것임을 강조

○ 기후 변화가 남극 보존에 미치는 영향 관련 논의

- 기후변화가 남극 해양 생물자원에 미치는 영향을 이해하고 적절한 대응 및 관리 체계 구축을 위해 과학자들의 활발한 연구 지원, 협조 필요성 제기
- 수산 자원 비축이나 먹이사슬의 다른 층에 부정적인 영향을 미치지 않는 지속 가능한 어업을 개발하기 위한 도구로서, FBM(Feedback Management)시스템과 MPA의 네트워크 결합을 통한 동적 관리 시스템 구축 중요성 강조
- 기후변화의 영향에 대한 심도 있는 연구를 위해 과학위원회에 기후변화 전문가들을 포함시킬 것을 권고

○ 그 외에도 협약 목적의 이행, 남극조약 체제를 포함한 국제기구 등과의 협력 방안 등에 대한 논의 진행



▣ 제 38차 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 주요 내용

- 우리나라 원양어선의 보존조치 위반사항 관련 재발 방지를 위한 조치 사항 설명
 - 2017년 12월 원양어선 2대가 남극 수역에서 어장 폐쇄 통보에 반해 조업하여 미국으로부터 예비 불법(Illegal, Unreported, Unregulated, IUU) 어업국으로 지정
 - 유사 사례 재발을 막고자 행정벌(과징금) 등을 도입하는 원양산업발전법 개정 완료, 남극수역 이빨고기 어획증명제도 이행을 위한 고지 제정, 문제 선박 2척 입어 배제 조치 마련
 - 재발 방지를 위한 신속하고 실효적인 조치 긍정적 평가
- 해양보호구역(MPA) 지정 관련 논의
 - 웨델해(Weddell Sea), 동 남극(Eastern Antarctica), 도메인 1(Domain 1) 해양보호구역 설립 제안 관련 논의가 진행되었으나 일부 회원국의 반대로 채택되지는 못함
- 우리나라, 중국, 이탈리아가 공동으로 제안한 남극특별보호구역(ASPА*) 지정 제안이 승인되었으며, 내년 남극조약협약당사국회의에서 최종 승인될 것으로 전망

* ASPA: Antarctic Specially Protected Area
- 남극 해양 생물자원의 의도치 않은 사망(incidental mortality) 평가 및 방지, 보호조치 이행 강제, 기타 보존 조치 제·개정 및 남극조약 체제를 포함한 국제기구 등과의 협력 방안 등에 대한 논의

▣ 남극해양생물자원보존위원회 보존 조치 일정

- 매해 개최되는 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서 위원회가 채택
 - 최근 제 39차 남극해양생물자원보존위원회에서 2020~21년 시행중인 보존 조치 및 결의 내용을 담고 있는 보고서* 채택
 - * Schedule of Conservation Measures in Force 2020/21
- 보호지역 지도, 실행 중인 보존조치에서 언급된 생물종의 과학적 명칭과 통칭 목록, 실행 중인 보존조치와 결의 요약, 보호구역에서의 어업에 대한 보존조치 적용 내용 및 보존조치와 결의의 연혁 제시



- 주제별로 관련 보호조치 내용과 위원회가 수행해야하는 내용, 채택하는 보호조치 내용 및 세부 내용을 담은 부속서 제시
- 남극해 연구 수행 또는 조업 시 관련되어 주의해야 하는 보호 조치와 수행해야 하는 의무에 대한 사전 인지가 필요한 경우 활용 가능

마. 남극과학연구위원회(SCAR*)

* Scientific Committee on Antarctic Research

▣ 개요

- 남극조약 및 기타 정부 간 기구의 정책 입안자에게 객관적이고 독립적인 과학적 조언을 제공하는 역할
- 단일 국가가 달성하기에는 불가능한 남극과 남극해 전체를 아우르는 주제를 다룸으로써 각국의 과학적 가치 창출에 이바지함

▣ Horizon SCAN(2013)

- 남극과학연구위원회는 향후 20년 또는 그 이후 우선해야할 남극연구 주제에 대한 의견을 모아 차세대 남극연구의 공통 비전 제시
- 남극의 대기·해양이 지구 전체에 미치는 영향 등 기후변화 분야를 중심으로 지질, 생물, 천문, 대기 등 우선적으로 수행해야 할 남극 연구 6대 분야와 80개 과제를 제시
 - 특히, 기존의 자연과학 분야뿐만 아니라 남극 출입의 규제와 방문에 따른 영향 등 인문·사회 과학적 분야도 연구 대상으로 취급하기 시작



- 여러 국가에서 기존 프로그램 및 프로젝트가 국제 동향과 부합하는지 확인하고 재조정 여부를 판단하는 지표로 활용
 - 남극국가프로그램운영자위원회(COMNAP)에서는 ‘Horizon scan’ 연구결과의 효과적인 수행을 위해 각 국 남극 프로그램의 우선순위·전략과 연동 지원

〈표 2-6〉 Horizon SCAN 의 6대 연구 분야 및 대표과제

6대 연구 분야	80개 과제 중 대표과제
남극대기·해양이 지구 전체에 미치는 영향	■ 대기와 해양, 빙권의 상호작용 ■ 대기 중 오존층 회복과 온실기체 농도의 전 지구적 영향 ■ 남극해 열 순환과 기후변화의 영향
남극 빙하와 해수면 높이	■ 급격한 남극해 빙상의 해빙 원인 ■ 빙상 기저층의 상태와 빙상의 이동·형성과의 관계
남극얼음 아래 지각 변동	■ 빙상에 대한 지각의 반응 ■ 남극대륙의 지각과 맨틀 구조 ■ 대륙판의 생성과 균열 역사 규명
남극에서의 우주관측	■ 태양풍 발생에 따라 유입되는 고에너지 입자에 대한 이해 ■ 빙저호 연구를 통한 목성, 토성의 위성 환경 추측 ■ 운석을 이용한 태양계 형성과 우주생물학 연구
남극 생물의 진화와 생태	■ 남극 생물의 진화 과정 규명 ■ 변화하는 남극 생태계 관찰 및 변화 원인 규명 ■ 환경변화에 민감한 생물종 규명 - 현재 남극 출입 규제의 효과 ■ 국제정책이 남극 방문 동기형성에 미치는 영향 ■ 남극생태계의 현재와 미래 가치 및 보존방안
남극에서의 인간 영향 및 저감 방안	■ 현재 남극 출입 규제의 효과 ■ 국제정책이 남극 방문 동기형성에 미치는 영향 ■ 남극생태계의 현재와 미래 가치 및 보존방안

※ 출처: The 1st SCAR Antarctic and Southern Ocean Science Horizon Scan - Final List of Questions, 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 재구성

- Horizon Scan의 진행평가를 통해 향후 연구의 미래방향 및 우선순위 추가 제시
- SCAR는 Horizon Scan의 진행평가 및 점검*을 통해 추후 지구 시스템의 본질적 측면에서 지속적인 남극 연구 우선순위 제시

* ARC(The Antarctic Roadmap Challenges)가 각 테마 별 진행상황 검토, 새로운 문제 파악 등을 실시하며, 스칸에 의해 확인된 7가지 질문 클러스터에 따라 “(1) 남극대기 및 지구 연결, (2) 온난화 세계의 남극해 및 해빙, (3) 빙상 및 해수면, (4) 역동적인 지구: 남극 얼음 아래에서 탐색, (5) 벼랑에서의 생명체, (6) 지구 근방 및 그 너머, (7) 남극 대륙에서의 인간존재”에 대한 평가 실시



- 해양, 해빙, 빙상 및 선반, 얼음과 바다 아래의 단단한 지구, 내부의 생물상 및 생태계를 포함한 남극 시스템의 핵심 요소를 정확하게 나타내는 모델과 이들 사이의 상호작용, 결합, 피드백 등을 관찰할 수 있는 모델 개발 필요성 강조

〈표 2-7〉 SCAR ‘Horizon Scan’의 진행평가에 따른 향후 필수 미래연구방향

No	미래연구방향
1	대기 및 기후 모델을 발전시키기 위해 지역 전체에 걸쳐 통합된 자율 관측 기기를 활용한 지표부터 성층권까지의 대기 상태, 난류 및 복사 플럭스 및 대기 구성 등 관련 수 개년 데이터 수집
2	해빙과 떠다니는 빙봉 아래 및 남극 대륙붕에서 현재 해양의 “사각지대”를 비추는 통합 관측 시스템을 통해 위의 대기관측 시스템과 연계한 남극해 관측 강화
3	자율 장비(예: 프로파일링 플로트 및 동물센서)가 가져온 해양 과학 혁명을 활용하는 광범위한 물리 및 생지 화학적 센서를 갖춘 도구 보급 확대를 통한 전체 해양 깊이를 포괄하는 지속적인 관측 자료 수집
4	위의 광범위한 해양 관측과 상세한 공정 연구 및 수치 시뮬레이션의 계층을 결합하여 강제력의 변화에 따른 남극해 전복 순환의 민감도 정의 개선
5	남극 대륙 빙상을 체계적이고 포괄적으로 조사하여 얼음 손실과 해수면 상승을 가속화 하는 빙상 역학 및 임계값에 대한 지식 향상
6	항공기 및/또는 위성에 의한 남극 빙상 아래의 바닥에 대한 고해상도 수심 측량 범위 확장
7	위의 관측소를 보완하여 샘플링하기 어려운 생물학적 “핫스팟” 및 빠르게 변화하는 환경에서의 관측을 위한 다중 센서 자율(적응 및 자가 관리) 무인 수중 차량 개발 및 배치
8	생물학적 시계열을 생성하고, 생물-비생물적 상호작용을 설명하며, 남극 생태계의 건강 및 궤도 지표의 상태 및 추세를 모니터링하기 위해 체계적인 학제 간 네트워크 구성
9	종 식민지화, 지역 멸종 및 침입 감지 및 모니터링을 위한 육상/해안 생물학적 시계열 자료 제공을 위해 보완적인 육상 극지 생명 관측 네트워크 구축

※ 출처: One Earth(2019), Sustained Antarctic Research: A 21st Century Imperative

- 상기 미래연구방향 외에도 향상된 관측 및 모델링의 지속적인 보완 및 지원 필요성이 제시되며, Horizon Scan의 테마 별 지속적 우선순위는 다음과 같음



〈표 2-8〉 SCAR ‘Horizon Scan’의 진행평가에 따른 테마 별 지속적 연구 우선순위

연구 분야	80개 과제 중 대표과제
남극대기 연구	■ 저위도, 중위도 및 고위도 간의 원격 상호작용에 대한 세부정보 구체화 ■ 자연 변동성의 영향을 분리하고 대규모 양상불 처리를 통해 대기-해양 결합 기후 시뮬레이션 개선을 위한 계산 능력 향상
남극해, 해빙, 빙상 및 해수면 연구	■ 미래의 기후와 해수면 변화를 주도하는 핵심 동력으로서 남극 해빙 및 해빙-빙 상호작용에서 변동성의 역할에 대한 정의 개선 ■ 해수면 상승의 사회적 결과에 대한 이해 증진을 위한 서남극 빙상의 미래 궤적 및 변화율에 대한 경계 조건 설정 ■ 기초 수문학, 얼음 손상, carving, ice cliff failure 과정, 수압 파쇄, 빙상 모델 매개 변수화 및 예측 개선의 기본 프로세스와 지리적 분포에 대한 이해 강화 ■ 글로벌 시스템 내에서 결합된 해양/빙붕/빙판 모델을 개선하는데 필수적인 핵심 프로세스 규명을 위한 모델 상호 비교 실험 지속 및 확장
남극 고체 지구과학 연구	■ 대륙의 포괄적인 지구 물리학적 탐사 완료, 빙하 아래 환경에 대한 접근성 개선, 기존 데이터와 미래 데이터의 통합 및 지질학적 과정의 수치모델 개선 ■ 직접 관찰하기 어려운 강제력과 빙상-해양 상호작용을 식별하여 해양 순환의 과거 변화에 대한 이해를 높이기 위한 해양 퇴적 기록 추가 수집
남극 생명과학 연구	■ 생물 다양성의 손실을 초래하는 요소, 생태계가 변화하는 환경에 어떻게 반응하는지, 생물학적 적응을 식별하고, 탄력성 전략을 정의하고, 보존 관행의 효과를 평가하는 방법에 대한 이해를 지속적으로 개선 ■ 오존 구멍 회복의 복잡한 하류 영향과 남극 및 남반구 생태계를 위한 남 환경 모드와의 관계 탐색 및 정의 개선
남극 사회과학 및 인문학 연구	■ 인간과 환경의 상호작용에 대한 이해를 개선하고, 변화에 적절하게 대응 가능한 거버넌스를 수립하며 외부 지정학적 영향으로부터 남극의 흐름에 미치는 영향 식별 ■ 변화하는 남극 생태계 서비스가 자원을 활용해야 하는 압력이 증가함에 따라 자원 규제에 어떻게 영향을 미칠지 정의 ■ 기후 변화에 대한 과학적 합의가 정치적 행동을 자극하지 못하는 이유를 더 잘 이해하기 위해 남극 대륙의 복잡한 조직 네트워크 내에서 상호작용을 유도하는 데 있어 시민 인식론의 역할 탐구 ■ 증강 및 가상현실과 인공지능을 이용하여 복잡한 과학 데이터 세트와 개념을 전달하여 지구상의 한 지역에 사람들을 몰입시킬 수 있는 방법을 탐색함으로써 다양한 청중에게 남극 긴급 상황에 대한 메시지를 개선 ■ 슈퍼 컴퓨팅과 인공 지능을 통해 빅 데이터를 활용하여 에이전트 기반 모델을 사용하여 인간의 의사결정과 행동을 더 잘 이해하고 이것이 남극 과학 커뮤니케이션에 어떻게 적용되는지 연구 ■ 인간 행동에 영향을 미치고 조작하기 위해 데이터를 수집하고 사용하는 방법을 포함하여 남극 데이터 경제의 맥락에서 “감시 자본주의” 및 “예측 행동 경제” 개념의 역할탐구 ■ 지정학, 경제학 및 문화에서 지상 감시의 의미를 “자본”으로 평가

※ 출처: One Earth(2019), Sustained Antarctic Research: A 21st Century Imperative

○ 최근 SCAR는 남극 지열류량, 극지 대기층 연구 등의 필요성 제기



○ 최근 SCAR는 남극의 지열류량*(Geothermal Heat Flow, GHF)에 대한 융복합적 연구 필요성 제기

* 해빙의 온도에 영향을 주고, 이 영향은 빙상이 녹고 내부적으로 어떻게 파괴되는지, 대륙권의 유동학적 행태 등을 결정

- 아직 GHF에 대해 알려진 바가 거의 없으며, 빙하의 온도/해빙 등의 변화를 정확히 알기 위해 적절한 시기의 융·복합적 접근 필요성 제시

○ 또한 SCAR의 GRAPE* 전문가 그룹은 극지 대기 및 지리 공간학적 측면에서 미래의 연구방향으로 대기 층간 역할 및 메커니즘, 영향 규명 등 제시

* 극지 대기 및 지리 공간학 분야의 데이터와 지식을 교환하는 국제 플랫폼

〈표 2-9〉 SCAR가 제시한 극지 대기 및 지리공간학적 분야의 미래 연구방향

미해결과제
1. 대기 중성 성분과 이온화된 층 사이의 결합을 지배하는 물리적 메커니즘은 무엇입니까? 2. 극 위도에서 전리층과 플라즈마권 사이의 결합 과정은 무엇입니까? 3. 높은 위도의 GNSS에서 파생된 총 전자 함량에 대한 플라즈마권의 기여는 무엇입니까? 4. 전리층과 열장권 구성의 반구 간 공통점/차이는 무엇입니까? 5. 전리층 플라즈마권 시스템에서 움직이는 지자기극의 역할은 무엇이며, 장기적으로 시스템에 어떤 영향을 미칩니까? 6. 지자기 폭풍에 대한 전리층 반응의 반구 간 비대칭에서 행성간 자기장의 역할은 무엇입니까? 7. 전리층 섭동의 어떤 지표가 극지방의 GNSS 항법 오류와 가장 관련이 있습니까? 8. 지자기적으로 교란된 기간 동안의 자기 현상뿐만 아니라 전자 함량 변화, auroral sky-imager 및 자기현상 사이의 연관성을 더 잘 이해하기 위해 다중 기기 관측을 어떻게 촉진할 수 있습니까? 9. 최첨단 제품이 자극의 위치에 대한 업데이트된 정보를 포함하지 않는 이유를 고려할 때 양극성 관점에서 볼 때 전리층과 플라즈마권의 장기적인 추세는 무엇입니까? 10. 전리층 섭동 현상이 태양 플레어와 관련이 있습니까? 11. GNSS 섭동 측정을 사용하여 광대역 및 협대역 VLF 신호에서 일상적으로 관찰되는 복사 벨트 손실, 입자 강수 및 태양 플레어 활동과 관련된 자기권 및 전리층 역학을 특성화 할 수 있습니까? 12. 상층 대기(중성 및 이온화)에 대한 더 나은 이해를 통해 극지방의 천문 관측을 어떻게 개선할 수 있습니까? 13. 극지방에서 점점 더 많은 무선 기반 연구가 필요한 세계에서 지구 대기모델(중성 및 이온화)을 개선하는 방법은 무엇입니까? 14. 통신, 지리적 위치 파악과 같은 현장 애플리케이션을 위한 중성, 가스 및 이온화된 대기구성 요소의 모델을 어떻게 검증할 수 있습니까? 15. 북극과 남극 지역의 수증기 변화 경향은 무엇이며 이것이 지구 기후에 어떤 영향을 미칩니까? 16. 극지방의 낮은 절대 수증기량에 대해 지상 기반 GNSS 수신기에서 파생된 통합 수증기 양의 정확도는 얼마입니까?

※ 출처: SCAR Bulletin(2020), Polar atmosphere and Geospace: Present Knowledge, infrastructure and future research directions



○ 크게 4개의 주요 연구 분야로 나뉘어 연구가 수행되고 있으며, Horizon Scan의 우선과제 해결을 위한 집중적인 프로그램 계획 그룹(Programme Planning Groups)* 및 과학 연구 프로그램(Scientific Research Programmes)* 운영

* 과학 연구 프로그램(Scientific Research Programmes): 우선순위가 높은 주제 영역에 대한 집중적인 연구 지원 프로그램으로 하위 목록에서 *로 별도 표시

* 프로그램 계획 그룹(Programme Planning Groups): 과학 연구 프로그램(Scientific Research Programmes)을 개발 및 제안하는 역할

〈표 2-10〉 4개 주요 연구 분야별 연구 그룹 및 주요 연구 내용

분야	연구 그룹	주요 연구 내용
지질학	남극과 남극 해양 보존을 위한 통합 과학 (Ant-ICON)*	■ 남극과 남극 해양 보존 및 관리와 관련된 기초 과학 질문 해결 ■ 국제적인 의사결정과 정책 변화 추진 및 홍보 관련 연구에 초점
	남극의 불안정성과 한계점 (INSTANT)*	■ 과거와 미래의 지구 해수면 변화에 대한 남극 빙하의 기여도 정량화
	남극 디지털 자기 이상 지도 프로젝트 (ADMAP)	■ 기존의 모든 남극 지표 및 위성 자기 이상 데이터의 디지털 데이터베이스 통합
	AntArchitecture	■ 레이더 사운드에 의해 측정된 내부 층 및 표면 이미지를 활용한 age-depth 모델 개발 및 과거 빙하 주기 동안의 남극 빙하 안정성 측정
	남극 근해 및 육상 관측 시스템 (ANTOS)	■ 생물학적으로 집중, 통합된 남극 전역 관측 시스템 설립을 통한 환경적 변동성 및 생물학적 관련 규모 변화 식별 및 추적 ■ 생물학, 물리 및 지구과학 연구를 위한 정보 제공
	남극 영구 동토층, 토양 및 주변 환경 (ANTPAS)	■ 남극 영구 동토층과 토양에 대한 국제적으로 통합된 모니터링 시스템 및 웹 기반 데이터베이스 개발
	남극 화산 (AntVolc)	■ 남극 화산 연구 및 지역적 상호관계 촉진 ■ 암석학 및 빙하 화산학뿐만 아닌 화산 과정을 연구하기 위한 높은 인지도를 가진 장소로 남극 대륙을 확고히 하고자 함
	지질학과 지구물리학의 연결 (CGG)	■ 지질 지도 개선, 곤드와나/로디니아 내 인접 대륙과의 연결 개선 및 지하 복구에 적합한 드릴 사이트 식별을 위해 선형구조 혹은 외관상의 지각 블록 경계가 노두와 교차하는 가장 우선순위 높은 영역 식별

	남극지질기반시설 (GIANT)	■ 남극 대륙 전체의 측지학적 인프라 개발을 감독함으로써 물리적 과정의 모니터링을 용이하게 하고 지구 항법 위성 시스템, 중력계 및 해수면 변화를 모니터링하기 위한 조수 측정기 등 다양한 인프라 조정 지원
	지질유산과 지구보존 (Geoconservation)	■ 남극 내에서 지질 및 지질학적으로 중요한 지역에 대한 연구, 보호 및 지속적인 관리를 위한 행동강령 개발
	남극 지질 지도 업데이트 (GeoMap)	■ 빙하 역학 및 기후 변화 연구를 뒷받침하기 위한 암석 및 표면 추적 정보를 GIS 프레임워크로 수집하기 위한 국제적 노력 촉진
	지구항법위성 시스템 극지 환경 연구 및 응용 (GRAPE)	■ 데이터 공유 및 모델 개발을 통해 고위도 및 극지방에서의 다양한 날씨, 우주 날씨관련 요구 해결을 위한 국제 협력 네트워크 구축 및 강화
	남극해양의 국제 수심 측정 차트 (IBCSO)	■ 남위 60도 이남지역의 수심 측정 자료를 포함한 디지털 베이스 설계 및 구현을 통해 국제적으로 일관된 수심 측정 차트 설계
생명과학	해빙에서의 생지화학적 교환과정 (EPSII)	■ 해빙 생물지질화학에 관한 국제 공동체 개발 및 지원과 실험 수행자와 모델 개발자간의 상호작용 촉진 ■ 연구 우선순위 명확화 및 국제적으로 제한된 시간 자원 내에서 활용 가능한 비용 효율적이고 최적화된 접근법 확립
	남극생물다양성정보학 (EG-ABI)	■ SCAR 생물다양성 과학 포트폴리오 전반에 걸친 다양한 프로젝트 조정 및 참여를 통한 생물다양성정보학 적용 및 개발 촉진
	조류와 해양 포유류 (EGBAMM)	■ 남극 해양과 지구 생태계에서의 조류 및 해양 포유류의 역할 정량화 연구 지원을 위한 전문 지식 및 연구 리더십 제공
	영구유기오염물질의 남극 유입경로 (ImPACT)	■ 남극 지역으로의 화학 물질 유입에 대한 공동 조사 촉진 ■ 독성 환경 오염물질의 유입 경로 감시
	아남극 통합과학 (ISSA)	■ 과거 및 현재 아남극 지역 과학에 대한 포괄적인 개요 제공 ■ 국가 우선순위, 강점, horizon scan 질문을 기초로 현재 및 미래 연구를 위해 시급한 과학 질문 식별 ■ 신진 연구진들을 포함하여 전 지역에 걸친 연구 네트워크 개발
	인간 생물학 및 의학 (JEGHBM)	■ 남극의 생물 의학 연구뿐만 아니라 남극 활동에 대한 의학 지원에 적극적으로 참여하고 있는 의사, 심리학자, 인간 생리학자, 생물학자의 지식과 국제적 경험 조율
	극지 환경에서의 플라스틱	■ 매크로, 마이크로 및 나노 플라스틱의 존재, 기원 및 생물학적 영향 검토 및



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

	(Plastic in Polar Environments)	문제 규모 정량화 ■ 플라스틱이 극지 생태계에 미치는 환경 위험과 영향을 최소화하기 위한 솔루션 제안
	새와 동물의 원격탐사 (Remote Sensing of Birds and Animals)	■ 인공위성 기반의 남극 전역 원격 감지 접근 방식 개발을 통한 조류 및 동물 개체 수 모니터링
	SCAR 크릴 활동 그룹 (SKAG)	■ 크릴 생물학 및 생태에 대한 이해를 높이기 위한 연구 방향 설정, 협업 촉진 및 정보 교환의 장 제공
	남극 해양의 연속 플랑크톤 기록 데이터베이스 (SO-CPR)	■ 남극 해양에서의 연속 플랑크톤 기록기 연구 개발 및 확장 지원 ■ 데이터의 품질 보증 및 품질 관리에 중점
	남극해양 기후 및 생태 역학 (ICED)	■ 남극해양에서의 기후 상호작용, 생태 역학에 미치는 영향, 생지화학적 순환에 대한 영향 및 지속 가능한 관리 절차의 개발 이해도 향상을 위한 통합된 극지방 접근 방식 개발
물리과학	근 미래 변동성 및 남극 기후 시스템 예측 (AntClimNow)*	■ 물리적 과정뿐만 아니라 남극 환경 전체를 고려한 근 미래(수년~수십 년) 기후 예측
	남극 기후변화 및 환경 (ACCE)	■ 기후변화에 따른 남극 및 남극 해양의 물리적 환경 변화 관련 연구 검토 ■ 기후변화가 남극지역의 육상, 해양 생태계에 미치는 영향 관련 연구 검토
	남극 구름 및 에어로졸 (ACA)	■ 항공기 관측과 동시에 집중적인 지상 관측이 이루어지는 특별 관측 기간을 통한 국제적인 대규모 남극지역 구름 및 에어로졸 조사 캠페인 구성
	남극 중력파 측정 네트워크 (ANGWIN)	■ 각 국에서 운영 중인 남극 중력파 관측소 네트워크 구성을 통한 과학적 협력 촉진
	남극 해빙과정 및 기후 (ASPeCt)	■ 집중적이고 지속적인 실제 관측, 원격 탐사, 수치 모델링 등을 통한 남극 해빙 지역 이해도 향상
	지구 관측 (EOAG)	■ 남극 및 남극해양 지역 위성자료 수집 ■ 기후 변수 측정을 위해 필요한 관측 종류 및 장기적인 관측 데이터 보존을 위한 방안 권고
	빙붕 공정 연구포럼 (FRISP)	■ 해수면 변화에 대한 빙판 기여에 핵심인 빙붕의 행동을 지배하는 빙하학적, 해양적, 대기학적 과정에 대한 연구 커뮤니티 조직 편성
	빙상 질량 균형 및 해수면 (ISMAS)	■ 빙상 질량 균형 및 해수면의 기여도 측정에 관한 국제적인 연구 협력 촉진

	빙핵 과학 국제협력 (IPICS)	■ 과거 기후 및 환경 정보 제공을 위한 빙핵 관련 과학자, 기술자 등의 국제적인 협력 장려
	남극 기상학 (OpMet)	■ 남극지역에서의 기상학적 관측 모니터링 촉진을 위해 남극기상관측, 모델링, 예측 그룹 등 남극의 기상학 분야에서 활동하는 조직 간의 연계성 확립 및 육성 장려
	빙상의 가장자리 (RINGS - ice sheet margin)	■ 남극 가장자리의 빙상 두께에 대한 최근 정보 수준 명확화 ■ 관련 지식 향상을 위해 활용 가능한 새로운 데이터 영향 평가
	남극지역의 눈 (SnowAnt)	■ 남극 지역 눈의 퇴적 및 변성 과정에 및 기후 시스템에 대한 피드백 이해
	남극 해양 지역 패널 (SORP)	■ 남극 해양에서의 기후 변동성 이해를 위한 논의 및 소통의 장 마련
	열대-남극 원격관계 (TATE)	■ 열대 지역과 남극 지역이 연관된 기후 현상 분석
인문사회과학	코로나19 바이러스가 남극에 미치는 영향 (The impact of COVID-19 on Antarctica)	■ 코로나 19 바이러스가 남극 연구와 연구진들에게 미치는 영향 ■ 지속적인 전염병 대유행이 남극의 운영 및 거버넌스에 미치는 영향
	남극의 본질적 가치 (AGIVA)	■ 남극의 본질적인 가치를 보호해야 한다는 마드리드 프로토콜의 분명한 이해를 위하여 남극의 본질적 가치에 대한 광범위한 문화적 이해 개발
	남극 환경 관리 (EN-AQ)	■ 남극의 환경 정책 수립 과정에서 인간의 가치가 미치는 영향에 대한 미래 연구 방향 설정을 위한 방법론적 기반 마련
	남극 연구에 대한 대중의 참여 (PEAR)	■ 남극 과학 및 연구에의 공공 참여에 대한 학문적 연구 촉진
	남극의 복원력 및 과학기반의 의사결정 미래 (Action Group on PoLSciNex)	■ 현재 남극 거버넌스 내에서의 정책-법률-과학 결합관계를 분석하고 실질적인 의미를 명확히 함으로써, 이해당사자들에게 남극 관련된 과학 기반의 의사결정 운영과정에 대한 정보 제공



SCAR Strategic Plan(2017~2022)

- SCAR의 미션, 비전, 목표 달성을 위한 미래 전략계획
- 내·외부적 개관과 다가오는 미래 대응을 위해 추진해야 할 활동에 대한 체계 및 가이드 제시
- 2017~2022년 달성해야할 비전 및 5개의 핵심 목표를 제시
 - 남극연구 결과의 공유와 데이터에 대한 자유로운 접근권 보장 추구
 - 체계적인 학제 간 네트워크 구성 강조

〈표 2-73〉 남극과학연구위원회 2017~2022 전략계획 비전 및 목표

남극과학연구위원회 전략계획(2017~2022)	
비전	남극 연구의 전통을 이어가면서 더 나은 미래를 위한 토대를 다지는 것
핵심 목표	■ (과학리더십) 남극 대륙에서의 관측 등 양질의 남극 연구를 선제적이고 협력적으로 한층 강화하고 확대하여, 남극 연구에 대한 남극과학연구위원회 리더십 신장 ■ (자문) 남극조약협약당사국회의 및 남극과 남극해 문제를 다루는 기타 기구들에 독립적인 과학 자문 제공 ■ (역량 구축 및 교육과 훈련) 남극과학연구위원회 회원국 연구 역량 향상 및 증진 ■ (소통) 적지 적절한 방법으로 남극 연구 결과를 공유함으로써 남극 문제에 대한 대중 인식 및 이해 제고 ■ (데이터 이용) 남극 연구 데이터에 대한 제한되지 않는 자유로운 접근권 구축

- SCAR 2017-2022 전략계획에서도 Horizon Scan의 지속적 추진 계획을 제시
 - SCAR 전략 계획(2017-2022)은 Horizon Scan이 6년 및 그 이후의 연구 우선순위 및 연구 방향을 제시하기 위해 사용된 방법을 설명하고 있으며, 기존 SCAR 그룹은 Scan을 기반으로 우선순위 구성



시사점

- ▶ **[남극조약]** 기후변화와 인간활동이 남극에 미치는 환경변화 논의 강조
 - 기후변화가 남극환경에 미치는 영향과 인간 활동으로 인한 남극 환경문제 해결이 주요 의제로 다뤄짐(제43차 ATCM, 제23차 CEP)
 - 특히, 해빙감소, 해수면 상승과 관련하여 기후변화 경각심 강조하고, 해양환경 보전과 생물 다양성 유지를 위한 보호 노력을 강조
- ▶ **[해양생물보존]** 해양보호구역 어업규제와 보호구역 확대 관련 이해 상충
 - ‘남극해양생물보존위원회(CCAMLR)’에서는 기후변화가 남극 해양생물자원에 미치는 영향뿐만 아니라 보호구역 추가 확대 이슈가 부각됨
- ▶ **[정부 간]** 지구온난화 억제(1.5℃)를 목표로 ‘50년 탄소 중립 목표 설정
- ▶ **[과학연구]** 남극에서 과학연구로 해결해야할 7대 연구주제 제시



3. 국가별 남극연구 동향

가. 미국

▣ 관련 정책 및 연구 기관

- 미국은 국립과학재단(National Science Foundation, NSF) 내의 조직인 극지연구실(Office of Polar Program, OPP)이 중심이 되어 남극연구 인프라 유지·관리 및 중점 연구방향 설정
 - OPP는 남극, 남극의 연구기지 및 임시 캠프와 같은 인프라를 포함하여 남극 관련 과학 연구 및 교육에 투자하고, 연구 지원 및 물류를 제공
 - OPP는 대통령각서 6646에 따라 남극 연구에 관한 모든 미국 활동을 단일 통합 프로그램인 ‘미국 남극프로그램(US Antarctic Programme, USAP)’을 통해 지원하며, NSF 및 기타 미국 연방기관*의 지원을 받는 과학자들이 실질적으로 남극 연구를 수행하도록 함
- * NASA(National Aeronautics and Space Administration), 미국 해양대기청(National Oceanic and atmospheric administration: NOAA), 미국 지질조사국(USGS), Smithsonian Institution, NIST(National Institute of Standards and Technology) 등
- OPP는 매년 연구과제 선정 및 미국 남극프로그램 구성을 통해 남극 연구 활동을 지원하고 있으며, 매년 3,500명 이상의 미국인이 USAP의 연구 및 물류 활동에 참여하고 있음

▣ 정책 동향

- 미국은 세계에서 가장 큰 규모로 극지 연구를 진행 중인 국가로 ‘남극 프로그램(USAP)’를 통해 **해수면 상승의 크기와 속도, 남극생명의 적응과 진화, 우주의 기원 규명**을 3대 전략적 우선순위로 추진
- 특히, 트럼프 행정부 출범 후 ‘미국 우선 해양에너지 전략’을 발표(17.3)하고, 북극 대륙붕 석유 시추 탐사 승인(17.7) 등 개발 중심으로 북극 정책 추진
- 미국은 **향후 10년간 남극연구 투자우선순위 및 전략에 기반한 연구 추진**
 - OPP는 부서별 기본 연구목표 이외에도 우선 투자영역을 식별하고 효과적인 남극 연구 프로그램을 보장하기 위한 연구를 지원하고 있음
 - OPP ANT(남극과학부)는 2015년 8월 국립과학아카데미보고서에서 “남극 및 남극해 연구에 대한 NSF 투자를 위한 전략적 비전*”을 발표하고, 남극과 관련한 강력한 핵심 연구 프로그램을



유지해야할 필요성을 확인하고 남극 연구의 동인으로 3가지 주제를 제시한 바 있음

* “A strategic vision for NSF investments in antarctic and southern ocean research”(2015)

- (남극연구 동인 1) 변화하는 남극 빙하 이니셔티브- 해수면이 얼마나 빨리, 얼마만큼 상승할 것인가에 대한 연구 필요(How Fast and by How Much Will Sea Level Rise?)
- (남극연구 동인 2) 남극 생물과 생태계 전반에 걸쳐 생물학적 적응 및 반응과 관련된 유전체 해독을 통해, 남극 비오타(Biota)는 극지 환경에 어떻게 진화하고 적응했으며, 변화하는 시스템이 인류에 어떤 영향을 미칠 수 있을까에 대한 연구 필요(How do Antarctic Biota Evolve and Adapt to the Changing Environment?)
- (남극연구 동인 3) 차세대 우주 마이크로파 배경 프로그램을 기반으로, 우주는 어떻게 시작되었고, 그 진화와 궁극적인 운명을 지배하는 기본 물리적 법칙은 무엇인가에 대한 연구 필요(How did the Universe Begin and What Are the Underlying Physical Laws that Govern Its Evolution and Ultimate Fate?)

■ 또한, 미국의 남극 연구는 투자우선순위에 따른 전략적 분야에 대해 추진할 뿐 아니라 연구 수행을 지원하기 위한 **인프라 확대·강화** 등을 강조하고 있음

- 남극연구에 대한 NSF 투자를 위한 전략적 비전에서 연구 인프라 구조 및 물류 지원 개선을 위해 하기의 조치들에 대한 우선순위를 지정하여 추진할 계획을 제시한 바 있음

* 1) 심해 접근 확대 계획 마련, 해빙 연구를 위한 선박 지원, 맥머도(McMurdo) 기지에 대한 전천후 항공기 접근 개선 등, 2) 차세대 극지 연구 선박 설계 및 인수, 3) 기존 지상 관측망 조정 및 확장 적극 추진, 4) 자율수중계측을 위한 네비게이션을 포함하여 USAP 통신 및 데이터 전송 용량 개선, 5) 모든 핵심프로그램에서 수집된 데이터 관리/보존을 위한 특정 아카이브 식별, 남극 특정 데이터 관리 활동 발전, 국가 및 국제 데이터 관리 이니셔티브와의 협력



[참고] 미국 NSF의 남극연구 관련 전략적 투자 비전('15~'25)

※ 출처: National Academy of Sciences, Committee on the Development of a Strategic Vision for the U.S. Antarctic Program, "A strategic vision for NSF investments in antarctic and southern ocean research"(2015)

■ 개요

- 미국 NSF는 남극 및 남극해 분야에서 연구 지원을 위한 가장 중요한 인프라를 식별하고 향후 10년간 투자우선 순위 및 전략적 비전*을 발표('15)

* A Strategic Vision for NSF Investments in Antarctic and Southern Ocean Research (2015)

동 전략적 비전은 USAP advisory의 연구*, Blue Ribbon Panel의 연구** 등을 포함한 최근 몇 년 간의 USAP 자문을 기반으로 도출되었으며, 미국 전역의 다양한 연구자, 관련 포럼, 국제회의 등으로부터 의견을 수렴하여 도출됨

* Future Science Opportunities in Antarctica and the Southern Ocean(NRC, 2011)

** More and Better Science in Antarctica Through Increased Logistical Effectiveness(BRP, 2012)

■ 남극 연구를 위한 주요 전략적 비전

- (전략1) A CORE PROGRAM OF BROAD-BASED INVESTIGATOR-DRIVEN RESEARCH

- 남극 및 남극 해양과학의 모든 주요 영역에 걸쳐 연구책임자의 제안에 기반한 호기심 기반 연구를 지원하는 광범위한 기반 프로그램을 지속 지원 (동 범주의 연구에 대한 특정 우선순위는 권장하지 않음)
- 권장사항: NSF는 광범위한 분야에 걸쳐 연구책임자 중심 연구의 핵심 프로그램을 계속 지원해야 하며, 독립적인 연구 간의 효율성을 높이고 조정 및 데이터 공유를 개선할 기회를 적극적으로 모색

- (전략2) LARGER-SCALE PRIORITY RESEARCH INITIATIVE

- 연구책임자 주도 프로젝트를 벗어나 복잡한 과학적 문제를 해결하기 위한 대규모 우선순위 연구 이니셔티브 지원
권장사항: NSF는 향후 10년 동안 남극 및 남극해 연구에서 전략적 우선순위로 아래 주제와 관련된 연구*를 추진
* 1) 해수면 상승 (How Fast and by How Much Will Sea Level Rise?), 2) 남극 생명의 적응과 진화 (How do Antarctic Biota Evolve and Adapt to the Changing Environment?), 3) 우주의 기원 (How did the Universe Begin and What Are the Underlying Physical Laws that Govern Its Evolution and Ultimate Fate?)
- 대규모 연구 이니셔티브 평가 기준
 - 1차 기준: 설득력 있는 과학, 이해와 발견에 있어 중요하고 혁신적인 단계를 진행할 수 있는 잠재력이 있는 연구
 - 2차 기준: 사회적 영향 가능성*, 시급성**, 준비성/타당성***, 미국/NSF 리더십****
* 사회에 대한 단기 및 장기 혜택에 대한 정보를 제공하는 연구
** 빠른 변화를 겪고 있는 시스템/프로세스를 포함하는 연구
*** 필요한 기술 및 커뮤니티 준비성 측면에서 향후 10년 내에 빠르게 진행할 준비가 된 연구
**** 미국, 특히 NSF가 주도하기에 유리한 위치에 있는 연구
 - 3차 기준(추가 고려): 파트너십 잠재력*, 프로그램 균형에 미치는 영향**, 기존의 징계 격차를 해소하는데 도움이 될 가능성***
* NSF PLR(NFS Office of Polar Programs) 투자가 다른 연방기관, NSF의 다른 부서 또는 국제 파트너의 투자를 활용할 수 있는 연구
** 불균형적인 자금 지원 또는 물류 지원을 요구하여 다른 프로젝트에 중대한 악영향을 미치지 않는 연구
*** 거의 함께 작동하지 않는 징계 커뮤니티를 통합할 수 있는 기회를 제공할 수 있는 연구

- (전략3) FOUNDATIONS FOR A ROBUST ANTARCTIC AND SOUTHERN OCEAN RESEARCH PROGRAM

- 핵심 물류 및 인프라 요구사항*, 전략적 관찰 노력, 데이터 관리 및 교육 등 모든 연구 활동을 가능하게 지원
* e.g. 선박, 항공기, 현장장비, 연구기지, 실험실, 데이터 전송 등
- 권장사항: NSF는 전략2의 우선순위 연구 이니셔티브에 대한 인프라 구조 및 물류 지원을 개선하기 위해 하기의 조치들에 대한 우선순위를 지정해야 함
* 1) 심해 접근 확대 계획 마련, 해빙 연구를 위한 선박 지원, 맥머도(McMurdo) 기지에 대한 전천후 항공기 접근 개선 등, 2) 차세대 극지 연구 선박 설계 및 인수, 3) 기존 지상 관측망 조정 및 확장 적극 추구, 4) 자율수중계측을 위한 네비게이션을 포함하여 USAP 통신 및 데이터 전송 용량 개선, 5) 모든 핵심프로그램에서 수집된 데이터의 관리/보존을 위한 특정 아카이브 식별, 남극 특정 데이터 관리 활동 발전, 국가 및 국제 데이터 관리 이니셔티브와의 협력



○ 미국은 매년 막대한 규모의 예산을 투자하여 과학 기지의 건설 및 연구 지원 시설 등 남극 과학연구의 인프라적 역량 강화에 중점

■ 미국은 OPP의 2021년 투자우선순위에 따라 예산을 투입할 예정:

- 투자 우선순위: 1) 학제 간 시스템 과학 프로그램에 대한 투자의 기초를 제공하는 프로그램, 2) 지구 극지방 연구를 가능하게 하는 중요 시설 지원, 3) AIMS(Antarctic Infrastructure Modernization for Science) 프로젝트의 건설 단계 지원

■ (연구 예산) OPP의 2021년 연구 예산은 1억1,132만달러로, '19년 대비 17.7% 감소

- 남극 과학(ANT; Antarctic Sciences)은 2015년 전략적 비전*에 명시된 바와 같이 우선 순위 영역에서 연구 예산 자금을 약 6천만 달러로 유지

* "A strategic vision for NSF investments in antarctic and southern ocean research"(2015)

- 연구프로젝트 중 하나로 장기 생태 연구인 LTER(Long-Term Ecological Research) 프로젝트(남극에 2개, 북극에 1개)를 지속적으로 지원할 계획

- OPP는 특히 투자 최우선순위였던 "스웨이츠 방해(Thwaites Glacier) 지역을 연구하기 위한 5년 심층 프로그램" 지원을 2018년에 시작하였으며, 영국국립환경연구위원회와의 첫 번째 현장 작업은 2019-2020년 여름 시즌에 달성한 바 있음

- OPP ANT는 미국 남극 프로그램(USAP)의 일환으로 OPP의 남극 인프라 및 물류 섹션(AIL)에서 제공하는 물류를 통해 남극과 남극해의 과학연구를 지원하며, 특히 국제협력을 장려

■ (인프라 예산) 2021년 남극 관련 인프라 예산은 '남극 시설 및 운영' 자금 1억 9,114만 달러

- 두 개의 주요 다년도 필드 과학 프로젝트*로서 맥머도 기지(McMurdo Station)에서 3년 동안의 과학연구를 지원할 계획

* 1) The International Thwaites Glacier Collaboration, 2) Subglacial Antarctic Lakes Scientific Access Project (SALSA)

- NSF의 WoU 및 URoL Big Ideas 프로그램은 남극의 IceCube Neutrino Observatory (ICNO)로 업그레이드됨

• 2021년은 AIMS 프로젝트는 건설단계 3차년도로서 OPP는 주요 램프 업(Ramp-up)을 지원중이며, 맥머도 기지(McMurdo Station) 현대화에 중점을 두고 남극 물류 허브를 통해 대륙에 대한 지속적인 교차 접근을 보장하고자 함

* AIMS는 MREFC(Major Research Equipment and Facilities Construction) 프로젝트로 2019년에 착수하여 10년 이내에 완료될 예정

■ (과제별 예산) OPP는 2021년 약 130개의 연구보조금 과제를 지원할 계획이며, 과제별 예산은 평균 292,800달러(평균 2.6년) 지원 예정



〈표 2-12〉 미국 OPP의 2021년 예산 요구 현황

(단위: 백만달러, %)

구분	2019 (실제)	2021 (요구)	변화율
연구 (Research)	123.09	101.32	-17.7%
장기 생태 연구 (LTER)	3.41	3.38	-0.9
교육	2.14	0.72	-66.4
인프라 (Infrastructure)	363.45	317.74	-12.6
북극 연구 지원 및 물류	50.15	40.50	-19.2
IceCube Neutrino Observatory (ICNO)	3.51	3.50	-0.3
미국 남극 시설 및 운영(U.S. Antarctic Facilities and Operations)*	210.94	190.14	-9.9
미국 남극 물류 지원(U.S. Antarctic Logistical Support)	81.30	71.00	-12.7
Geodetic Facility for the Advancement of Geoscience (GAGE)	1.10	0.70	-36.5
Seismological Facility for the Advancement of Geoscience (SAGE)	1.61	1.00	-38.0
연구 자원	7.95	4.04	-49.2
극지환경, 안전 및 건강(PESH)	6.88	6.86	-0.2
합 계	488.68	419.78	-14.1

* Palmer Station의 노후된 부두를 교체하고 교체 또는 보수하기 위한 추가 자금이 포함

※ 출처: NSF FY 2021 Congress budget request

○ 미국 남극연구프로그램(United States Antarctic Program, USAP)의 주요 지원 내용

- NSF의 남극연구 프로그램은 남극 지역과 인접한 바다에서 육상, 해양, 극저온, 대기 및 우주 설정을 포괄하는 현장, 실험실, 모델링 및 이론적 작업을 통해 남극 지역에서 작동하는 생태계(biota) 및 물리적 시스템에 대한 이해를 발전시키기 위한 남극 과학 연구를 지원하는 프로그램으로, 다음의 주제들에 대한 연구를 지원
 - 남극 지역과 글로벌 시스템 간의 상호 작용에 대한 이해 향상
 - 남극 시스템, 바이오타 및 공정에 대한 기본 지식 확장
 - 남극 지역의 독특한 특성을 과학 관찰 플랫폼으로 활용
 - 극지 사이버 인프라
 - 기존 샘플/데이터 사용 및 모델링
 - 계측 및 연구 시설
 - 교육 및 봉사 활동

<표 2-13> NSF의 남극연구프로그램의 핵심 지원 분야

핵심 지원 분야	주요 내용
남극 지역과 글로벌 시스템 간의 상호 작용에 대한 이해 향상	- (지원 배경) 남극과 남극해의 생물학적, 지구화학적 및 물리적 프로세스가 전 세계규모의 변화에 대한 해답을 줄 수 있으므로, 지구 시스템에 대한 근본적인 이해 발전을 위한 연구 추진 - (지원내용) 남극과 남극해에서 작동하는 프로세스 간의 동적 연계와 글로벌 지구 시스템과의 연계 방법에 대한 이해를 높이기 위한 연구 지원
남극 시스템, 생물군 및 공정에 대한 기본 지식 확장	- (지원 배경) 남극과 남극해 과학의 모든 주요 영역에 걸쳐 광범위한 연구 프로그램을 지원하여 현재 형성되고 과거에 형성된 광범위한 환경, 유기체 및 프로세스, 독특한 대륙, 주변 대륙붕 및 인접한 바다 분지를 이해하고자 연구 추진 - (지원내용) 남극 시스템의 물리적, 지구화학적 및 생물학적 동인에 대한 프로세스, 피드백 및 반응의 식별 및 특성화 등 연구 지원
남극 지역의 독특한 특성을 과학 관찰 플랫폼으로 활용	- (지원내용) 남극대륙을 관측 플랫폼으로 사용하는 변혁적이고 새로운 천체 물리학 및 지구 공간 연구 지원 :: 우주의 근본적인 물리학과 진화, 우주 마이크로파 배경 방사선, 은하 천문학, 태양 및 우주선 물리학, 고에너지 중성미자 물리학 등 포함
극지 사이버 인프라	- (지원내용) 극지 및 사이버 인프라 구축을 통해 연구자 간의 효과적인 협력을 촉진 지원 :: (i) 원격 현장 위치에서 데이터의 효율적인 전송을 포함하여 남극 연구 커뮤니티에 상당한 혜택을 제공 :: (ii) 데이터 및 메타데이터의 장기적인 지속 가능한 큐레이터, 표준화, 관리 및 발견 :: (iii) 복잡성을 이해하기 위한 시각화, 조작 및 분석 :: (iv) 과학 분야 전반에 걸친 접근 및 상호 운용성 :: (v) 남극 연구의 직접적이고 지속 가능한 발전을 위해 고성능 컴퓨팅(HPC)의 효과적인 사용 촉진 :: (vi) 사이버 인프라 구성 요소를 기반으로 하는 e-러닝 및 교육 도구
기존 샘플/데이터 사용 및 모델링	- (지원배경) 기존 데이터 및 샘플의 사용 또는 재처리를 통해 남극 과학 문제를 해결하는 제안 장려 및 지원 - (지원내용) 제안자는 개별 연구자 및 샘플/데이터 저장소*에서 사용할 수 있는 샘플의 유용성 조사 *극지암석(http://research.bpcrc.osu.edu/rr/), 해양지질저장소(http://osu-mgr.org), 국립얼음코어연구소(https://icecores.org/), 극지지리센터(https://www.pgc.umn.edu/), USAP-데이터센터(http://www.usap-dc.org/), 남극기상연구및데이터센터(https://amrc.ssec.wisc.edu/), 남극빙하학데이터센터(https://amrc.ssec.wisc.edu/), 남극빙하학데이터센터(https://nsidc.org/data/agdc ; https://www.iris.edu/hq / https://www.bco-dmo.org/), 화학적해양데이터센터(https://www.unavco.org/ CO) 등
계측 및 연구 시설	- (지원내용) 극지 지역에서 사용하기 위한 과학 계측의 개발 및 현장 테스트 장려 및 지원 :: (1) 다분야 연구를 가능하게 함 :: (2) 남극대륙의 연구 및 운영의 비효율 감소 :: (3) 대륙과 주변 얼음으로 덮인 바다 등 관찰 장소에서의 기능 향상
교육 및 봉사 활동	- (지원내용) 다양한 학생, 교육자 및 남극 연구 프로젝트에서 대중의 참여 지원 :: 교육 연구자와 협력하고, 혁신적인 기술과 교육학을 활용하여 대규모 학생 그룹, 교육자 및 남극 연구에 대한 공공 원격 액세스를 제공하는 노력 고려할 것을 권장 :: 남극 연구 및 물류에 장기 투자를 하는 제안, 수명이 연장된 데이터베이스 또는 남극과 관련된 클라우드소싱 또는 시민 과학과 같은 과학 연구에 대한 대중의 참여를 유도하는 제안 권장

※ 출처: NSF, US Antarctic Research Programme Awards
 (<https://www.nsf.gov/pubs/2021/nsf21567/nsf21567.htm#toc>)



□ 인프라 현황

○ 남극 과학관측 기지 및 쇄빙선 보유 현황

- 아문센-스콧 남극점 기지(Amundsen-Scott South Pole Station), 맥머도 기지(McMurdo Station), 파머 기지(Palmer Station), 3개의 상주기지와 버드 기지(Byrd Station), 웨이스 디바이드 캠프(WAIS Divide Camp) 2개의 하계기지로 총 5개의 관측기지 운영
- 나다니엘 B 파머호(Nathaniel B. Palmer), 로렌스 굴드호(Laurence M. Gould), 시쿨리아크호(Sikuliaq), 폴라스타(Polar Star), 힐리호(Healy) 총 5대의 쇄빙선 보유
- 2029년까지 최소 3척의 대형 쇄빙선 건조 및 국내외 각 2곳씩의 지원기지 건설 계획

□ 연구 동향

○ 미국 남극 프로그램(USAP)은 혁신적 발견 잠재력이 높은 천체 물리, 지구시스템, 생태계(해양/대기), 남극-전 지구 상호작용 등 기초연구 분야의 연구 활동이 활발함

* 남극연구의 주요 연구프로그램은 남극 천체물리학 및 지구공간과학 프로그램(Antarctic Astrophysics and Geospaces Sciences Program), 남극 지구과학 프로그램(Antarctic Earth Science Program), 남극 빙하연구 프로그램(Antarctic Glaciology Program), 남극 통합 시스템연구(Antarctic Integrated System Program), 남극 해양대기 과학(Antarctic Ocean and Atmospheric Sciences), 남극 유기체와 생태계(Antarctic Organisms and Ecosystems), 생물 동태론, 생리학적 생태 적응 연구, 유전자 생물학 등의 주제로 진행 중

○ 남극 천체물리학 및 지구공간과학 프로그램(Antarctic Astrophysics and Geospaces Sciences)

- 남극을 관찰 플랫폼으로 사용하거나 글로벌 환경 프로세스에서 남극 상층 대기의 역할을 조사하는 최첨단, 변형 및 신흥 연구를 후원
- 특히, 태양 활동이 극 대기의 특성과 역학에 미치는 영향과 글로벌 지구 공간 시스템에 초점을 맞춘 학제 간 연구 지원
- 지구 공간(Geospace) 분야에서는 지구의 자기장과 태양풍 상호 작용, 중간권 및 하부열권과 상층 대기의 결합, 행성 대기파와 조수의 관점에서 대기 온도 변화와 중성풍의 역학에 영향을 미치는 해리 및 이온화 과정 등 강조
- 우주 광선 및 태양 물리학을 포함한 천체 물리학 분야에서는 우주의 근본적인 물리학과 진화, 우주 마이크로파 배경 방사선, 은하 천문학, 태양과 우주선 물리학 및 고에너지 중성 미자 물리학 등 강조



〈표 2-14〉 2020-21 남극 천체물리학 및 지구공간과학 프로그램 및 개요

프로그램명	개요
슈퍼DARN을 이용한 남극 및 접합체 연구 (Antarctic and conjugate research using SuperDARN)	■ SuperDARN 네트워크는 높은 시공간 해상도의 전 지구 규모의 대류 관측을 가능하게 함으로써, 우주 물리학의 근본적이고 중요한 문제를 다룰 수 있는 지상 관측 기반 연구를 위한 강력한 도구 ■ 수집된 데이터는 우주 기상 관련 연구에 활용될 수 있으며, 다른 기구들로부터 수집된 데이터의 유용성 강화
10m 남극 망원경을 이용한 우주 연구 (Cosmological research with the 10-meter South Pole Telescope)	■ 우주 극초단파 배경(cosmic microwave background)에 전달하는 스펙트럼 왜곡을 통해 이 지역 하늘에 있는 모든 은하단을 탐지하는 것이 목표 ■ 양극화 측정을 통해 중성미자의 질량 합계를 확인하고 팽창의 에너지 척도에 대한 상한 설정 가능
남극 맥머도 기지에서 중간 및 상층 대기권에 대한 나트륨 도플러와 철 볼츠만 동시 라이다 관측 및 모델링 (Simultaneous Na Doppler and Fe Boltzmann LiDAR observations and modeling of the middle and upper atmosphere at McMurdo, Antarctica)	■ 2개의 좁은 대역, 다중 주파수 도플러 라이다 운영을 통한 중·상층 대기 바람 및 온도 고해상도 관측 자료 수집 ■ 나트륨 라이다와 철 라이다 두 계측기를 이용한 동시 관찰을 통해 대기조건 특성화를 위한 전례 없는 수준의 세부 정보 수집 ■ 우주 대기 상호작용 지역, 드물게 관측되는 남반구 고위도에서 핵심 과학 과제 해결을 위한 중요 데이터 제공
남극 극관의 적도 가장자리 부근의 온도 및 열권 바람장의 고해상도 매핑 (High-resolution mapping of thermospheric wind and temperature fields near the equatorward edge of the Antarctic polar cap)	■ 남극 대류권에서 발생하는 온도 및 바람 장 매핑 목표 ■ 수집된 데이터를 활용하여 오로라 타원과 극관 경계의 극 방향 위도에서 열권의 가장 역동적인 기상현상이 발생한다는 가설 테스트
남극과 맥머도 기지의 차세대 지구 공간 연구시설 (The next generation of Geospace research facilities at South Pole and McMurdo Stations)	■ 전체 지구 공간 시스템 내 태양과 바람의 상호작용 조사를 위해 3개의 USAP 관측소에 모여 있는 관측 기기 통합
2016-2021 IceCube 중성미자 관측소 운영 및 관리 (Management and operations of the IceCube Neutrino Observatory 2016-2021)	■ 중성미자를 전달 매체로 사용하여 천문학을 위한 미개척 파장대 개방 목표 ■ 국제 공동 프로젝트로, 위스콘신 대학교가 프로젝트 감독 및 인력을 제공하는 주관기관 역할



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

정밀 중성미자 물리학과 천체 물리학을 위한 IceCube 확장 (IceCube Gen2 Phase 1; an IceCube extension for precision neutrino physics and astrophysics)	- IceCube 하단 중앙에 광자 센서의 7개 스트링 추가 배치 목표 - 새로운 스트링으로써 기존 IceCube DOM보다 낮은 단위 면적당 비용으로 더 나은 방향성과 모듈 당 광 음극 면적의 두 배 이상을 제공하는 다중 광전자 증배관(PMT)와 디지털 광 모듈(mDOM) 사용
남극에서의 시작 영상촬영: BICEP 프로그램의 다음단계(Imaging the beginning of time from the South Pole: The next stage of the BICEP* program)	새로운 BICEP로의 단계적 업그레이드를 시작하는 프로그램임과 동시에 우주 극초단파 배경 극성 관찰하는 프로그램의 연속
지구 전자기 환경: 오로라 플라즈마 무선 방출 연구의 최근 발견 (Earth's Electromagnetic Environment: Advancing Recent Discoveries in Auroral Plasma Radio Emission Research)	지구 상공 20만km에서 관측된 오로라 킬로미터 방사선과 남극역에서 동시에 관측된 유사 신호 간의 상관관계 규명
맥머도 기지의 새로운 운석 레이더를 이용한 저온권 과학 (Lower thermospheric science using new meteor radar at McMurdo Station)	- 저층과 상층 대가 커플되며 가장 역동적인 지역인 80-120km 구간 관측 - 남극 상공의 중간권-열권 순환의 시공간적 구조와 변동성을 관찰, 정량화, 모델링하고 추가적으로 이해하는 것이 목표
고에너지 태양 입자의 원소 구성 (Element Composition of High-Energy Solar Particles)	- 남극에 위치한 IceCube 중성미자 관측소 외 추가적인 중성자 모니터링 운영 - 지난 50년동안의 남극 우주 광선 강도 감소 원인 규명에 있어 남극 방사선 환경에 대한 검출기 반응 이해 목표
첨단 중간권 온도 측정기를 사용하여 남극 상공의 파동 중심 중간권 역학 조사 (Investigating wave-driven Mesospheric dynamics over South Pole using an advanced Mesospheric temperature mapper)	단기 중구 중력파 특성, 변동성 및 운동량 플렉스와 주요 원인 및 남극 대륙에 미치는 영향 정량화

※ 출처: 2020-21 Science Planning Summaries



■ 남극 유기체와 생태계(Antarctic Organisms and Ecosystems)

- 분자, 세포 및 유기체에서부터 남극의 지역사회와 생태계에 이르기까지 모든 수준의 생물학적 조직에서 연구를 지원
- 특히, 생물학적 및 환경 과학의 근본적인 문제를 해결하기 위한 학제 간 접근법을 환영
- 먹이그물, 1차 및 2차 생산, 생태학과 생지화학 간의 상호작용, 육상 및 해양 환경에서의 환경변화와 생태계간의 관계 등 생태계 분야 강조
- 유기 생리 생태학, 인구 역학 및 적응 분야 강조
- 해양 및 육상 생물과 생태계에 의한 생물학적 적응, 반응에 대한 이해를 증진시키는 환경 샘플의 대사 유전체 및 전사체와 주요 종의 계통 및 전사체 관련 연구 강조

〈표 2-15〉 2020-21 남극 유기체와 생태계 프로그램 및 개요

프로그램명	개요
아델리 펭귄에 대한 전체 군집 데이터 수집을 위한 새로운 기술사용 (Does nest density matter? Using novel technology to collect whole-colony data on Adelie penguins)	■ 장기적인 생물학적 및 인구학적 데이터를 기반으로 환경적 요인의 역할을 펭귄의 먹이 사냥 행동, 식단, 성장 및 생존에 대한 정보와 통합 ■ 초기 생활 상태와 펭귄 행동이 펭귄의 에너지학 및 개체 크기와 어떻게 관련이 있는지 평가
가을 식단이 남극 크릴새우의 겨울 생리학 및 상태에 미치는 영향 (The omnivore's dilemma: The effect of autumn diet on winter physiology and condition of juvenile Antarctic krill)	■ 온난화가 어린 크릴새우의 생존에 미치는 영향 연구 ■ 크릴새우에 대한 과학적 이해 증진 및 바이오 에너지, 인구, 생태계 모델 발전에 기여
표범물개 사료 생태 및 생리학 (Foraging ecology and physiology of the leopard seal)	■ 서식지의 잠재적인 변화에 대응할 수 있는 표범의 능력을 밝히기 위한 노력으로 표범의 생리와 행동 조사 ■ 위성 추적 장치를 활용하여 표범물개의 움직임 및 다이빙 행동을 추적하고 생리적 능력의 측정치와 결합
북극 횡단 통로가 남극 해양생물 다양성에 미치는 영향 (Collaborative Research: Have transantarctic dispersal corridors impacted Antarctic marine biodiversity?)	■ 오늘날 남극 해저 무척추동물의 다양성 패턴을 형성한 환경 요인 이해 ■ 북극 횡단 수로가 로스 해와 웨델 해 벤틱 해양 무척추 동물군 사이에 관찰된 유사성에 영향을 미치는지 평가 ■ 밀접한 관련이 있는 종들 간에 차이가 빙하에 의해 야기된 인구 병목 현상의 결과라는 현재 패러다임 테스트
무판류 생물다양성 및 계통 연구의 혁신과 차세대 무척추동물 계통학자 양성 (CAREER: Revolutionizing Biodiversity and Systematics Research on Aplousobranchia (Mollusca) and Training the Next Generation of Invertebrate Systematists)	■ 새로운 세대 과학자들의 훈련을 통해 미국의 무판류 생물다양성과 체계적 연구 재부흥 목표 ■ 연구가 부족한 동물들의 생물다양성과 진화에 대한 근본적인 질문 해결
남극의 생물학적 핫스팟에 초점을 맞춘 먹이 그물을 구동하는 물리적 메커니즘 (Physical mechanisms driving food web focusing on Antarctic biological hotspots)	■ 식물성 플랑크톤과 크릴 생물체를 알려진 펭귄 사냥 장소로 운반하고 집중시키는 과정을 목표로 하는 모델링과 현장 프로그램 통합



남극 포식자의 자손 성공에 대한 모성 영향과 환경 조건 (The consequences of maternal effects and environmental conditions on offspring success in an Antarctic predator)	■ 로스해에 있는 개별적으로 표시된 웨델 바다표범 집단에서 산모의 특성과 관련된 자손의 특성 및 초기 환경조건의 생존 및 생식 결과 평가
남극의 잡종 식물성 플랑크톤의 다양성과 생태학적 영향 (Diversity and ecological impacts of Antarctic mixotrophic phytoplankton)	■ 혼합영양 다양성과 남극해 미생물 먹이 그물 내 생태학적 영향에 대한 이해 증진
NOAA / AMLR	■ CCALMR의 의사결정에 필요한 데이터 수집 및 과학적 정보 제공

※ 출처: 2020-21 Science Planning Summaries

■ 남극 지구과학 프로그램(Antarctic Earth Sciences)

- 남극대륙의 지질학적 역사와 지질역학을 이해하고, 독특한 대륙과 주변 대륙의 빙붕과 해양분지를 형성하는 다양한 환경과 프로세스 연구 지원
- 빙상 안정성과 과거 빙상 변화의 속도 및 크기에 대한 지질학적 제어의 재구성 및 이해
- 고생물학 프록시를 사용한 과거 지구 기후와 해양 순환의 변화 이해
- 남극 화석 기록과 생물학적 환경 조사를 통한 생명의 진화 역사 이해
- 곤드와나 분열부터 현재까지의 화산, 균열 및 조산 운동 기록
- 남극 횡단 산맥의 조망 발전에서부터 얼음이 없는 지역의 현대 물리적 과정에 이르기까지의 독특한 남극 프로세스 조사

〈표 2-16〉 2020-21 남극 지구과학 프로그램 및 개요

프로그램명	개요
남극, 스콧, 파머기지의 전 지구 지진계 (Global seismograph station at South Pole, Scott Base, and Palmer stations)	■ 전 세계 데이터 아카이브 및 실시간 사용자에게의 관측 데이터 제공
로스 사면으로부터의 로스 빙붕 해체 (Unpinning of the Ross Ice Shelf from Ross Bank)	■ 최근 해체동안 빙상 및 빙붕의 동작 평가를 위한 로스 사면으로부터 로스 빙붕이 해체되는 방법, 이유 및 시기 조사
건곡 지진 프로젝트 (Dry Valley seismic project)	■ 지역 및 전 지구 지진 감시

※ 출처: 2020-21 Science Planning Summaries

■ 남극 해양 및 대기과학 프로그램(Antarctic Ocean and Atmospheric Sciences)

- 높은 남쪽 위도에서 해양, 대기 및 저온구의 물리학, 화학, 역학 및 에너지에 대한 이해 제고
- 다양한 육상, 선상, 공중 및 자율 플랫폼을 활용한 남극과 남극해 관측 형상 작업 지원
- 대기 역학, 수송 및 화학, 물리적 및 화학적 해양학, 생물화학적 순환 및 해양 생산성 제어, 해빙과 빙붕/해양의 상호 작용과 에너지 수지와 기후역학 분야 강조



<표 2-17> 2020-21 남극 해양 및 대기과학 프로그램 및 개요

프로그램명	개요
남극 기후 변화 모니터링 (South Pole monitoring for climatic change)	- 기후 및 오존층에 영향을 미치는 UV 방사선의 장기 관측 유지 - 장기간 데이터의 시계열 분석을 활용한 성층권 오존 감소, 남극 횡단 운송 및 퇴적, 극성 고원의 태양 및 지상 방사선 플럭스와 미량 가스 에어로졸의 상호작용, 온실가스의 계절 및 시간적 변동 크기 및 개발 연구
NOAA/GMD 전 세계 플라스크 샘플링 네트워크를 위한 대기 수집 (Collection of atmospheric air for the NOAA/GMD worldwide flask-sampling network)	- 대기 중에 장기간 축적된 지구 오염 물질 확인 및 평가 - 장기간 데이터의 시계열 분석을 활용한 성층권 오존 감소, 남극 횡단 운송 및 퇴적, 극성 고원의 태양 및 지상 방사선 플럭스와 미량 가스 에어로졸의 상호작용, 온실가스의 계절 및 시간적 변동 크기 및 개발 연구
NOAA/GMD 남극 UV 네트워크를 위한 맥머도 기지 UV 측정 (UV measurements at McMurdo Station for the NOAA/GMD Antarctic UV network)	장기간 데이터의 시계열 분석을 활용한 성층권 오존 감소, 남극 횡단 운송 및 퇴적, 극성 고원의 태양 및 지상 방사선 플럭스와 미량 가스 에어로졸의 상호작용, 온실가스의 계절 및 시간적 변동 크기 및 개발 연구
드레이크 해협에서의 다중 관측을 통한 생지화학 플럭스 및 기후변화에 대한 연관성 조사 (Investigating biogeochemical fluxes and linkages to climate change with multi-scale observations in the Drake Passage)	해양 탄소 순환의 변화를 감지하고 남극해의 자연적 변동성과 장기적 변화를 주도하는 메커니즘 이해 향상을 위한 드레이크 해협에서의 장기적인 선상 화학 측정 유지
남극해 탄소 및 기후 관측과 모델링 (Southern Ocean Carbon and climate Observations and Modeling, SOCCOM)	- 대기 중 탄소 및 열 흡수, 표면으로의 영양분 재공급 등에 있어 남극해의 중요한 역할에 대한 이해 증진 - 관측 결과를 적용하고, 남극해에 대한 이해를 향상시키며 미래 탄소 및 영양 주시 예측과 기후에 대한 불확실성을 줄이기 위한 모델링 활동

※ 출처: 2020-21 Science Planning Summaries

■ 남극 통합 시스템 연구 프로그램(Antarctic Integrated System)

- 분야를 교차하거나 결합하는 현장 작업이 필요한 프로젝트 외에도 남극 시스템이 공간 및 현세적 스케일에서 어떻게 작동하는지에 대한 기존 지식을 합성하는 모델링 연구 지원
- 남극 시스템 전체 및 지구 시스템과의 상호작용 관련 연구 강조



〈표 2-18〉 2020-21 남극 통합 시스템 프로그램 및 개요

프로그램명	개요
파머, 남극 장기 생태연구: 육지-해양 연결, 표영 생태계의 영향을 받은 해빙의 생태계 복원력 및 변화 (Palmer, Antarctica Long-Term Ecological Research (LTER): Landshelf-ocean connectivity, ecosystem resilience and transformation in a sea ice influenced pelagic ecosystem)	■ 기후 변화의 영향, 해빙의 면적, 지속기간, 계절성 추적 ■ 계류장, 수치 모델링, 해양 순환 및 환경 샘플링을 활용한 핵심 가설 수립
맥머도 LTER: 남극 맥머도 건곡에서의 확장된 조경 연결에 대한 생태계 반응 (McMurdo LTER - Streams/Geochemistry: Ecosystem response to amplified landscape connectivity in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica)	■ 맥머도 건곡에서의 다학제 수생 및 육지 생태계 연구 ■ 16개의 유량계 망 운영, 30개 하천에서의 수질 샘플 채취 및 수문학적 측정 유지
스웨이츠 접지 구역에서의 용해 및 해수면 제어 (Melting at Thwaites grounding zone and its control on sea level (THWAITES-MELT))	■ 자동 센서를 이용한 지반 임계구역 빙봉 아래 얼음 및 해양 감시 ■ 공중 레이더 비행을 활용한 얼음 유동 연구, 빙봉 아래 해저 연구를 위한 지진 조사, 원격 작동 차량을 활용한 빙봉 아래 물 조사
하위 빙봉 환경에 영향을 미치는 대기-얼음-해양 프로세스를 통합하는 스웨이츠-아문센 지역 조사 및 네트워크 (Thwaites-Amundsen Regional Survey and Network (TARSAN) integrating atmosphere-ice-ocean processes affecting the sub-ice-shelf environment)	■ 빙하의 부유 부분 아래의 해양 순환 측정을 통해 해양과 대기의 영향 평가 ■ 빙하의 시공간적 변동성 및 변화를 주도하는 대기, 해양 요인 규명
스웨이츠 배수분지의 미래 진화에 따른 전단차 역학의 역할 (TIME - Thwaites Interdisciplinary Margin Evolution - The role of shear margin dynamics in the future evolution of Thwaites Drainage Basin)	■ 스웨이츠 빙하의 동부 전단 여유(Eastern Shear Margin)에 대한 지구물리학적 데이터 수집과 전단 여유 모델링 및 향후 해수면 기여에 대한 분지 규모의 수치 조사 결합

※ 출처: 2020-21 Science Planning Summaries

나. 영국

□ 관련 정책 및 연구 기관

○ ‘국가자연환경연구위원회(Natural Environment Research Council, NERC)’ 산하에 있는 영국 남극조사원(British Antarctic Survey, BAS)에서 남극탐사활동의 실질적 구성 및 추진

- 영국남극조사원에서 영국 남극영토에 관한 모든 계획(operations) 및 과학조사 프로그램 담당
- 영국남극조사원과 케임브리지 대학 내 설치된 스콧 극지연구소(Scott Polar Research Institute, SPRI)를 중심으로 연구 진행



- BAS의 주요 임무는 세계적 수준의 과학연구 활동 수행 및 남극 문제에 있어서의 지속적 영향력 유지
- BAS의 연간 예산은 약 5천만 파운드로 대부분의 예산은 영국 자연환경연구위원회로부터 지원받으며, 남극과학연구 및 지원, 남극기금계획(Antarctic Funding Initiative, AFI) 지원, 극지기지 운영 등에 이용
 - 영국 자연환경연구위원회(NERC)는 기업혁신기술부(Dept. of Business Innovation and Skills, BIS)로부터 지원받는 영국 정부의 과학예산과 외부 기금(external funds)로 구성
- 가장 오래된 영유국 주장국으로써 외교 연방부(Foreign & Commonwealth Office, FCO)이 영국남극 영토(British Antarctic Territory, BAT)에 대해 직접적으로 관리하는 한편, BAS의 과학 조사 활동을 통한 지속적인 남극 관련 활동 관여

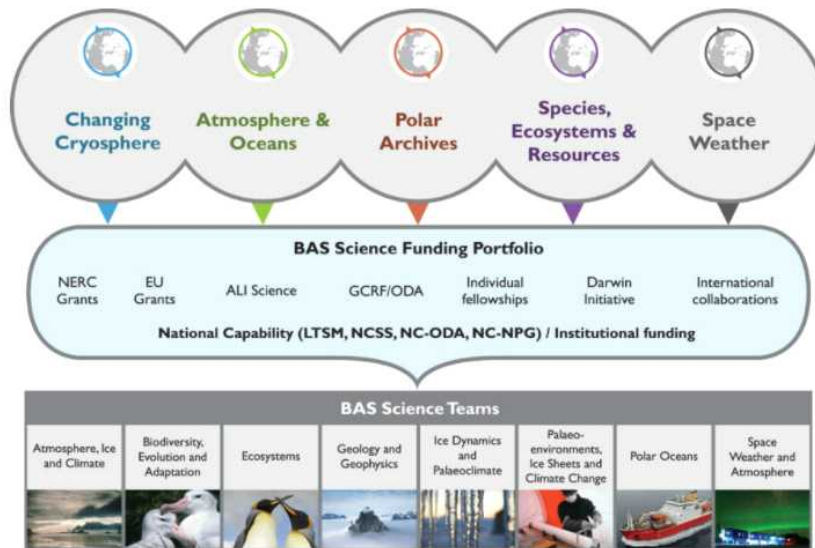
정책 동향

- 영국의 해외 영토 관리를 담당하는 외교 연방부를 중심으로 하는 정책과 1962년 건립된 BAT 자체의 정책으로 나뉨
 - 외교 연방부 산하의 극지단위(Polar Regions Unit, PRU)를 통해 남극의 광범위한 보전 및 보호를 위한 정책적 뒷받침 제공
 - 영국남극영토는 자체적인 법령, 조세 시스템, 우편 행정 등 보유
- 영국은 전지구적시스템차원에서 극지과학에 접근하는 국제 동향에 따라 2009년 새로운 전략프로그램인 ‘지구를 위한 극지과학(Polar Science for Planet Earth, PSPE)’ 수립 및 운영
 - 지구 전체와 개인의 삶에 영향을 미치는 과학적 문제 해결을 목표로 지구가 어떻게 작동하는지, 인간의 압력에 어떻게 반응하는지 이해하고자 함
 - 세계적으로 중요한 다섯 가지 주요 주제에 초점
 - 빙권 변화(Changing Cryosphere)
 - 해양과 대기(Atmosphere&Oceans)
 - 지구를 위한 극지 기록 보관소(Polar Archives)
 - 우주 기상(Space Weather)
 - 종 생태계 및 자원(Species, Ecosystems & Resources)



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

- 기후, 화학 및 과거기후, 생태계, 환경변화 및 진화, 빙상, 극지해양 등의 6개 통합 프로그램으로 구성
- 남극 대륙과 남극해의 환경 변화 조사 및 모니터링 위한 국제적인 노력에서 주도적 역할



※ 출처: BAS 홈페이지

〈 영국남극조사소 남극연구 프로그램 〉

- UK Science in Antarctica(2014~2020)에서 지정학적, 경제적으로 정부가 투자해야 하는 주요 연구 분야 제시
 - 환경 변화를 예측하는 능력을 향상시키고, 사회가 적응하는 데 필요한 정책 및 경제적 의사결정 과정에 정보를 제공하기 위해 고안된 국가 연구 프로그램
 - 해수면 상승, 전 지구적 해양 순환, 남극의 기후 등 전 지구적 환경 변화 이해
 - 정책적, 사업적 결정을 뒷받침하기 위한 과거, 현재, 미래 기후에 대한 자료 수집 및 과학적 분석
 - 환경 관리 계획 수립을 위한 남극해 생물 다양성 이해
 - 신기술을 활용한 새로운 지역 개척
 - 미래 기후 변화 및 환경 변화 예측을 위한 모델 개발
- 영국은 극지과학을 전 세계적으로 중요한 문제에 적용하여 해결하고, 사회가 변화하는 세계에 적응할 수 있도록 돕기 위한 오로라 혁신센터(Aurora Innovation Center) 설립 및 운영



- 환경 문제를 해결하고 극지 연구의 실제 이익을 증대하기 위해 학제 간 협업을 위한 공간 및 서비스를 지원
 - 도전적인 환경을 위한 기후 변화, 환경 관리 및 기술에 대한 연구 및 기업 활동을 촉진할 것으로 기대되며, 지구에 대한 이해를 높이고 탄소 순 배출 영점화(Net Zero Carbon) 미래를 위한 솔루션을 찾는 데 기여하고자 함
- 영국은 **남극영토전략의 관점**에서 남극 영토와 해양을 영국 환경보호대상으로 분류하고, 영국남극영토(BAT) 주변 환경 보호 중심의 과학연구 집중 수행
- 수년간 환경연구에 대한 투자를 지속한 결과 영국남극영토에 26개의 남극특별보호구역 및 남극 최초 해양보호지역 보유
 - ‘영국 남극 영토 전략 2019-2029 (British antarctic territory strategy)’를 통해 영국 남극 영토의 보안과 거버넌스 유지를 위해 철저한 과학을 바탕으로 한 지역 환경 보호 관련 연구 계획 발표
 - 남극 대륙에서 영국 남극 영토 및 영국 홍보
 - 철저한 과학과 연구를 바탕으로 한 환경 보호
 - 미래 세대를 위한 영국 유산 보존
 - 효과적이고 균형 잡힌 입법 및 행정 프레임워크 마련
 - 최상의 재정 관행에 따른 재정 관리를 포함한 영토의 효율적 관리

□ 인프라 현황

- 로데라 연구 기지(Rothera Research Station), 핼리 연구 기지(Halley Research Station), 버드 아일랜드(Bird Island), 킹 에드바르트 포인트(King Edward Point) 4개의 상주기지과 여름에만 운영하는 하계기지인 시그니 연구 기지(Signy Research Station) 1개, 2개의 현장연구기지 총 7개의 관측기지 운영
- ‘HMS 프로텍터(HMS Protector)’, ‘제임스 클라크 로스호(James C. Ross)’, ‘어니스트 쉐클턴(Ernest Shackleton)’, ‘데이비드 애튼버러경호(Sir David Attenborough)’ 총 4대의 쇄빙선 보유

□ 연구 동향

- BAS는 극지 연구(Polar Science Planet Earth)라는 대 주제 아래 연구 테마*를 구성하여 전 지구적 문제해결을 위한 과학연구 수행

* 빙권 변화(Changing Cryosphere), 해양과 대기(Oceans and Atmosphere), 지구를 위한 극지 기록 보관소(Polar archives), 종 생태계 및 자원(Species Ecosystems and Resources), 우주 기상(Space weather) 등



○ SPRI는 크게 아래 네 그룹으로 구성되어 다양한 분야의 연구 진행

〈표 2-19〉 영국 BAS의 주요 연구테마

주요 연구테마	구분	주요 내용
빙권 변화 (Changing cryosphere)	연구 프로그램 및 프로젝트	■ 해수면에 대한 남극의 기여도 추정치 개선 ■ 국제빙하연구소와 물리 빙류의 공중 지리학적 연구 ■ ANiSEED - 아문센 해양 만입 노출 날짜 ■ BEAMISH: 루트포드 얼음 하천의 기저 조건 ■ 스웨이트치 지반에서의 융해 및 해주면 제어
	연구 성과	■ 해양 빙상 붕괴 가능성 설명 ■ 남극 반도와 서남극 빙상에서 얼음 손실을 유도하는 해양의 역할을 이해하는 주요 발전 ■ 빙상 변화의 속성, 그리고 글로벌 해수면 상승에 대한 기여, 인류적 영향, 특히 열대 지방의 대기 순환에 대한 기여 ■ 북극과 남극의 해빙 변화의 지역적 패턴에 대한 이해 향상 ■ 지질학이 빙상 형태에 미치는 영향에 대한 이해 향상
해양과 대기 (Ocean and Atmosphere)	연구 프로그램 및 프로젝트	■ ARCHER ■ 열과 탄소 관리 및 운송에 의한 해양 기후 규제(ORCHESTRA) ■ Southern Ocean Carbon ■ 남극 해빙의 증가
	연구 성과	■ 극지 해양의 변화 관측 및 극지 해양학의 주요 프로세스에 대한 이해 ■ 남극해의 열과 탄소의 흡수 역할에 대한 이해 향상 ■ 전 세계 해양 순환에 대한 남극해의 영향 ■ 글로벌 모델의 효과를 제한하고 극적인 지역적 영향을 미칠 수 있는 이해가 부족한 대기 중의 주요 극성 프로세스 규명 ■ 대기 변화에 대한 이해 향상 ■ 전 지구 기상 및 기후 패턴에 영향을 미치는 북극과 남극의 주요 프로세스 영향 정량화
지구를 위한 극지 기록 보관소 (Polar archives)	연구 프로그램 및 프로젝트	■ 마지막 빙하기 동안의 기후와 얼음 ■ 웨델해 빙상과 기후 ■ EPICA를 넘어서(Beyond EPICA) ■ 눈바람과 해빙 ■ 아남극 얼음 코어 탐험대 ■ 동위원소 드릴을 활용한 신속한 접근
	연구 성과	■ 빙상 융해에 대한 해양 강제력과 빙상 변화의 프록시 개발 ■ 남반구의 서풍 위치 및 강도와 탄소 교환에 미치는 영향 ■ 서남극 빙상이 얇아지고 후퇴하는 역사와 그 원인
종 생태계 및 자원 (Species Ecosystems & Resources)	연구 프로그램 및 프로젝트	■ 극지 보존 및 관리 관련 과학-정책적 도전 ■ 상위 포식자 ■ 사우스 조지아 및 사우스 샌드위치 제도 해양 보호 구역 관리를 위한 데이터 자원 구축 ■ 우주에서 온 야생동물 ■ 변화하는 세상에서의 번식 ■ 변화하는 생물다양성 ■ 골격 구조, 크기, 포식자 및 기후 변화
	연구 성과	■ 종과 지역 사회에 대한 변화하는 환경 스트레스 정량화 ■ 주요 종의 적응 반응과 생리 및 유전적 과정 정량화 ■ 열린 해양과 연안 얕은 해양에서 대기 탄소의 흡수를 중재함으로써 전 지구적으로 중요한 남부 바다 동물원플랑크톤의 역할 규명 ■ 지구 시스템 모델에서의 생물 시스템 표현 개선과 극지 및 전 지구에 걸친

		생물 다양성의 미래 변화 예측 향상 ■ 허용되는 어획량, 해양 보호 구역 설정과 같은 문제에 대한 정책 입안자에게 정보 제공하기 위한 최첨단 생물물리학적 모델
우주 기상 (Space weather)	연구 프로그램 및 프로젝트	■ 극한 우주 기상 ■ 우주 기상 관측소 ■ 우주 기상 연구 네트워크 ■ 우주폭풍(SPACESTORM) ■ 열권 가열 모드 및 위성에 미치는 영향(TheMES) ■ 우주 기상으로부터 위성을 보호하기 위한 방사선 벨트 전자의 가속, 운송 및 손실 모델링(Rad-Sat) ■ 슈퍼 듀얼 오로라 레이더 네트워크(SuperDARN) ■ 기후변화가 대기 상층의 하층 및 중층 대기에 미치는 영향
	연구 성과	■ 획기적인 통계 분석을 통해 가장 큰 피해를 입을 수 있는 우주 폭풍의 가능성 예측 ■ 실시간 운영 우주 기상예보를 위해 영국 기상청에서 라이선스를 부여한 BAS-RBM(BAS-RBM)의 개발 및 검증 ■ 지구의 반 알렌 방사선 벨트와 태양 플렉스가 지구상의 날씨에 영향을 미치는 프로세스에 대한 이해 향상 ■ 위성 설계 개선을 위해 위성 운영자, 우주 보험사 및 설계자의 데이터 활용

※ 출처: BAS 홈페이지 (<https://www.bas.ac.uk/science/our-research/our-strategy/>)

■ 해양빙하 환경그룹(Glacimarine Environments)

- 빙하·빙봉에 영향을 받는 해양빙하 환경 연구
- 퇴적물·빙산·해빙수가 해양시스템에 끼치는 상호 영향 연구
- 해적퇴적물로 구성된 빙하를 통한 과거 형성 기록 및 대형 빙봉의 과거 흔적 규명 연구

■ 빙하 및 기후변화 연구 그룹(Glaciology and Climate Change)

- 지구 기후 시스템 연구 및 미래 예측연구
- 얼음 부피 변화로 인한 지구 해수면 변화 및 지구 기후 모델 예측
- 설빙권 지역 진화 이해
- 위성원격탐사를 통한 설빙권 지역 면적 조사
- 컴퓨터 시뮬레이션 및 현장 탐사를 통한 세부 과정 규명 연구

■ 역사, 문화, 환경 및 정책 그룹(Histories, Cultures, Environments and Politics, HCEP)

- 동시대 극 지역 관련 이슈 제시

■ 극지 환경 및 원격 모니터링 그룹(Polar Landscape and Remote Sensing)

- 고위도 초목 및 설빙 지역 연구



〈표 2-20〉 2020년 영국 SPRI 진행 주요 연구 및 내용

분야	연구명	연구 내용
극지 자연과학 연구 (Polar Natural Sciences Research)	남극 빙봉 및 그 기여 빙하의 속도 변화 (Velocity variations on Antarctic ice shelves and their contributing glaciers)	■ 아래 항목들의 시공간 변동성 분석을 통한 속도 변화 원인 규명 i) 기후 및 지표 에너지 수지, 녹은 물의 움직임 ii) 지표 물질 수지 및 빙상 상승 변화 iii) 해양 조석 주기 iv) 빙산의 살라짐 현상
	빙상 불안정성: 남극 빙봉의 녹은 눈과 물 매핑 (Ice-shelf instability: mapping slush and water across Antarctic ice shelves)	■ 위성 이미지를 활용한 지역 분류 체계 개발 ■ 일련의 LandSat 위성 남극 영상에 개발한 분류 체계 적용
	대륙 규모의 지상 기반 플럭스 관측: 남극 빙상 (Grounding-zone flux observations at a continental scale: the Antarctic Ice Sheet)	■ 20년 동안의 장기적인 고해상도 남극 지반 조사 최초 실시
	고해상도 자동 수중 차량 데이터로부터의 해저 빙하 지형 형성에 대한 새로운 통찰력 (New insights into the formation of submarine glacial landforms from high resolution Autonomous Underwater Vehicle data)	■ 고해상도 AUV에서 도출된 지구 물리학 데이터를 활용한 과거 빙상 역학 및 빙하 침전물에 대한 새로운 해석 제시 ■ 해저 빙하 지형 이미지화 능력 개선
	고래 탐지 (Detecting whales from space)	■ 고래 모니터 및 보존 촉진을 위한 위성 이미지 활용성 증진 ■ BAS 과학자들과의 협력 프로젝트
극지 사회과학 및 인문학 연구 (Polar Social Sciences and Humanities Research)	할리베이와 남극 거버넌스의 역사 지리 (Historical geographies of Halley Bay and Antarctic governance)	■ 웨델해 동부 해안의 할리베이 연구소를 중심으로 한 남극 대륙에서의 과학적 거버넌스 출현 검토

※ 출처: Scott Polar Research Institute Review 2020



다. 독일

▣ 관련 정책 및 연구 기관

- 독일 유일의 극지 연구전담기관인 알프레드 베게너 극지해양연구소(Alfred Wegener Institute for Polar & Marine Research, AWI)는 극지연구 활동뿐만 아니라 연근 해와 대양을 포함한 해양연구를 함께 담당
 - AWI는 지질 및 지구물리, 극지 생태계 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 연구조직은 학제적 성격을 갖는 지구과학부(Geosciences)와 생명과학부(Biosciences), 목적 지향적 성격을 갖는 기후과학부(Climate Sciences) 등 3개 파트로 구성
 - * 지구과학부(Geosciences)는 지구물리, 빙하연구, 해양지화학 연구, 해양지질 연구 및 고생물학, 주빙하 연구(Periglacial Research) 등을 담당
 - * 생명과학부(Biosciences)는 극지생물 해양연구, 해양생명과학연구, 연안생태연구, 대륙붕시스템 생태 연구, 생태화학 연구, 통합 생태생리 연구, 원양-저서(Benthos)과정, 기능생태 연구 등을 담당
 - * 기후과학부(Climate Sciences)는 대기 순환 연구, 극지 기상 연구, 관측해양 연구, 해양역학 연구, 해빙 물리 연구, 고기후 역학 연구 등을 담당
 - 최근 AWI가 관심을 두는 영역은 해양산성화(Ocean acidification), 해빙(Sea ice), 영구동토층(Permafrost), 해양쓰레기(Marine litter), 북해(North sea), 북극해(Arctic ocean), 극지 예측(Polar prediction), 아이스시트(Ice sheets), MOSAiC 탐험(MOSAiC expedition) 등 임
- 1890년 독일의 연구센터인 헬름홀츠연구회(Helmholtz Genmeinschaft)에 속하여 설립된 국책연구기관으로, AWI 본부 연구소를 중심으로 포츠담(Potsdam) 연구소, 헬고란트(Helgoland) 생물연구소, 시르트(Syrtes) 해양연구소 등을 산하기관으로 갖고 있는 종합연구기관
- 남·북극의 과학기지과 쇄빙 연구선의 운영, 하계연구단의 파견 등 극지 연구 활동을 위한 중추적인 역할을 수행하며 극지연구, 해양연구, 지질연구를 담당
- 해양-빙하-대기간의 상호작용, 극지 동식물의 생태계 조사 및 극지의 대륙 및 해양의 동태 연구



▣ 정책 동향

- 독일의 연방교육연구부는 2005년부터 자체 재원으로 지속가능발전 연구프로그램*을 통해 국내·국제적으로 지속가능발전 연구를 지속

* Research for Sustainable Development: FONA 전략은 연방정부의 국가지속가능성전략(Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie) 및 하이테크전략 2025 (Hightech-Strategie 2025)의 이행 프로그램

- 향후 5년간 국가 지속가능 발전 전략의 일환으로 녹색수소, 순환경제, 기후 보호, 바이오 경제 분야의 지식 창출·활용·이전에 40억 유로 지원 방침을 제시하며 범부처 협력 추진

〈표 2-21〉 지속가능한 발전을 위한 연구(FONA) 전략 중 극지 연구 관련 주요 내용

목표	실행분야	주요 이행조치
기후 보호 목표 달성	효과적 기후보호정책을 위한 지식 활용	■ 글로벌 기후변화 모델링 개선 ■ 기후 보호를 위한 온실가스 모니터링 ■ 해양지역 및 극지방 기후 연구

※ 출처: Forschung für Nachhaltigkeit(2020)

- 연구 차원의 국제협력 일환으로 ‘기후·환경 보호를 위한 지속가능한 기술·서비스 국제 파트너십* 운영

* International Partnerships for Sustainable Technologies and Services for Climate Protection and the Environment: CLIENT

- CLIENT 하에서 독일과 개도국·신흥국 간의 파트너십으로 기후변화, 지속가능한 도시화, 생태다양성, 지속가능한 수자원관리, 지속가능한 토지관리, 연안·해양·극지 연구 진행

- ‘MARE:N*’ 프로그램은 지속가능한 개발을 위한 연구 중 연안, 해양, 극 지역에 해당하는 연구에 초점을 맞추고 있으며, 연구 정책과 의사 결정 등에 적절한 정보를 제공할 수 있도록 체계를 제공하는 역할을 함

* ‘MARE:N - Coastal, Marine, and Polar Research for Sustainability’

- MARE:N 프로그램은 미래 지향적이고 혁신적인 해양 기술에 기여할 수 있도록 여섯 개의 융·복합적인 다 부처 통합 과학프로그램으로 구성
- 북극 중심의 기후대응 통합연구, 지질/지구물리 분야를 집중으로 구성되어 있었지만, 최근 해양변화, 생태계, 바이오 분야로 확장

〈표 2-22〉 MARE:N 구성 프로그램

프로그램	내용
글로벌 변화와 기후 변화	장기적 관점에서 자연적 변화와 인위적 변화의 분석과 이로 인한 환경의 상태
생태계 기능과 생물 다양성	변화로 인한 잠재적 영향과 생태계의 회복가능성
글로벌 생물지화학학과 에너지 플렉스	탄소와 영양소 사이클(carbon and nutrient cycle)이 생물 다양성과 생태계에 미치는 영향
자연적 위험의 관리	기상의 변화로 인한 자연 재해 등을 예방하고 사회에서 방어하기 위한 전략 수립
천연자원의 지속가능한 사용	천연자원을 지속가능하게 활용하며 생태계가 건강하게 유지될 수 있도록 생태학적 연구 지속 수행
거버넌스와 참여	- 기후변화와 해양 자원의 활용 증가로 인해 발생하는 갈등과 문제들은 넓게 사회적 동의하게 해결되어야 하며, 이에 적합한 전략이 필요하므로 거버넌스와 각 관계자들의 적극적인 참여가 필수적 - 연구 인프라, 정보, 데이터 기술 등 포함

※ 출처: MARE:N - Coastal, Marine and Polar Research for Sustainability(2020)

- 헬름홀츠협회가 2009년부터 개시한 연구프로그램 PACE(Programme Marine, Coastal and Polar System: Polar Region and Coasts in Changing Earth System)은 고위도 지대의 물질수지 프로세스가 과거, 현재 및 미래 지구환경의 변화에 어떻게 연관되어 있는지 설명하는 것을 목적

- 크게 변화하는 남·북극(The Changing Arctic and Antarctic)*, 해안의 변화(Coastal Change)**, 과거의 교훈(Lessons from the Past), 극지 관점에서의 지구시스템(Synthesis: The Earth System from a Polar perspective) 등 4개의 연구 프로그램으로 구성

* 지구 빙상이 해수면 변화에 대하여 어떠한 역할을 하고 있는가, 과거의 기후조건이 어떻게 기록되어 있는가, 극단적인 환경에서 생명의 한계점은 무엇인가를 조사 연구

** 기후변화가 극지 해양생물종에 직접적으로 미치는 영향과 그 결과로서의 상호작용, 해양생태계의 기능 연구

- "변화하는 지구 - 우리의 미래 지속(Changing Earth-Sustaining our Future ('21~'27))*"

- 우리 시대의 가장 큰 도전인 기후 변화, 종의 멸종, 환경오염 및 지질학적 위험에 대응하기 위하여 7개의 헬름홀츠 연구센터가 7년간 함께하는 프로젝트(프로그램 지향적 자금 지원)
 - 지속 가능한 미래를 위한 지구 시스템에 대한 깊이 있는 지식, 혁신적인 기술, 전략적 해결책, 정책 입안자들을 위한 권장 조치 필요
 - 9개 주요 주제에 대한 지식을 모으고, 국내외 파트너 간 협력 증진 목표
 - 연구 결과를 대중에게 홍보하고 사회의 발전에 영향을 미칠 수 있도록 만들기 위한 합성 및 의사소통 플랫폼 설정



□ 인프라 현황

○ 남극 과학관측 기지 및 쇄빙선 보유 현황

- 코넨 기지(Kohnen Station), 노이마이어 III 기지(Neumayer-Station III) 2개의 상주기지과 킹조지섬의 아르헨티나 주바니 기지(Jubany Base) 내 설치한 하계기지인 달만 실험실(Dallman Lab) 총 3개의 관측기지 운영
- 유럽에서 가장 큰 쇄빙선인 ‘폴라스턴(Polarstern)’ 1대를 보유하고 있으며, 중형급 내빙선박(Maris S. Merian)을 활용 중

□ 연구 동향

○ 7개의 헬름홀츠 연구회 소속 센터에서는 ‘지구와 환경’ 연구 분야의 공동연구 프로그램인 "Changing Earth-Sustaining our Future('21~'27)"에 참여하여, 기후에서의 해양과 빙권, 해양 및 극지 생물, 지속가능한 생물경제학 등의 주제 연구를 집중적으로 수행할 계획

- 9개 주요 주제를 다루는 프로그램으로 구성

〈표 2-23〉 “변화하는 지구 - 우리의 미래 지속” 9개 주요 주제

No.	주요 주제
1	전 지구적 변화에서의 대기 (The Atmosphere in Global Change)
2	기후 변화 동안의 해양과 빙권 (Ocean and Cryosphere during Climate Change)
3	안절부절 못하는 지구에 사는 것: 지질학적 위험 예측을 향하여 (Living on a Restless Earth: Towards Forecasting Geohazards)
4	자연적 및 인위적 압력에 의한 해안 전이대 (Coastal Transition Zone under Natural and Human Pressure)
5	미래의 풍경: 자연역학과 글로벌 변화에 따른 육상생태계 및 담수자원 확보 (Landscapes of the Future: Securing Terrestrial Ecosystems and Freshwater Resources under Natural Dynamics and Global Change)
6	해양과 극지 생물: 생물 다양성 유지, 생물학적 상호작용, 생지화학 기능 (Marine and Polar Life: Sustaining Biodiversity, Biotic Interactions, Biogeochemical Functions)
7	지속가능한 바이오 경제를 향한 자원, 활용, 공학 및 농업 생태계 (Towards a Sustainable Bioeconomy - Resources, Utilization, Engineering and AgroEcosystems)
8	에너지 전환과 첨단 기술 사회를 위한 지질 자원 (Georesources for the Energy Transition and High-tech Society)
9	건강한 행성-무독성 환경을 향하여 (Healthy Planet - Towards a Non-Toxic Environment)

※ 출처: Changing Earth-Sustaining our Future ('21~'27)



- AWI는 6개의 연구주제에 공동연구기관으로 참여하고 있으며, 특히 ‘Topic2. 기후 변화 동안의 해양과 빙권’ 연구주제의 경우 주도적인 조정 및 추진 역할

<표 2-24> 독일 AWI의 공동연구 참여 연구주제

주제	연구주제명	주요 내용
Topic 1	전 지구적 변화에서의 대기	■ 초고해상도로 개선된 대기 예측 및 지역 기후 예측을 위한 교차 관측 및 모델링 솔루션 개발을 목표로 함 ■ 주요 요인부터 기후 변화 영향까지 모든 단계에 걸친 대기 현상과 프로세스 체인의 관측, 이해 및 예측 ■ 지표면, 생물권, 빙권, 해양 각 구성 간의 상호 작용 및 피드백 현상 관측, 이해 및 예측 ■ 대기 변화의 물리적, 화학적, 사회-생태학적 결과와 그 영향이 기후, 극한 날씨 및 육지 생태계 기능에 미치는 영향을 평가
Topic 2	기후 변화 동안의 해양과 빙권	■ 기후 변화가 해양의 온도 분포, 탄소 저장 및 영양 순환과 해빙의 면적에 미치는 영향을 연구 ■ MOSAiC 탐사에서 쇄빙선 Polarstern이 수집한 북극의 데이터를 사용 ■ 대서양에서 기후적으로 관련된 해류 시스템이 어떻게 변화하는지 분석 및 심해에서 표면으로의 상승 결과 설명 ■ 2027년에 미국과 독일의 공동 위성 연구 파트너십을 통해 지구 온난화가 세계의 바다와 영구 빙하에 미치는 영향 분석 연구 수행 계획 ■ 상기 연구결과는 향후 IPCC(기후 변화에 관한 정부 간 패널)가 작성한 보고서에 반영될 예정
Topic 4	자연적 및 인위적 압력에 의한 해안 전이대	■ 미래 지속 가능한 연안 지역 설계를 위한 관리 옵션 개발 ■ 자연 과학 및 사회 경제학 분야의 모델링과 관측을 통합하고 육지, 해양 및 대기의 결합된 시스템을 인간 활동과 연결하여 해안 지역을 전체적으로 연구
Topic 5	미래의 풍경: 자연역학과 글로벌 변화에 따른 육상생태계 및 담수자원 확보	■ 육상 생태계, 풍경, 담수 자원 등이 증가하는 스트레스에 어떻게 반응하는지 이해 ■ 급격한 기후 변화 시기에 지구 표면의 변화 설명을 위한 분석 및 모델 시나리오 개발 ■ 자원 사용이 환경과 인간의 건강에 미치는 결과를 평가하고 해결 전략을 개발하고자 관련 장기데이터를 수집 ■ 관리 옵션을 평가하고 환경 보존을 목표로 하는 정치적 권고 조치 사항의 근거 제시
Topic 6	해양과 극지 생물: 생물 다양성 유지, 생물학적 상호작용, 생지화학 기능	■ 해양 생물 다양성이 적응, 서식지 이동 또는 생물 군집 구성의 변화를 통해 현재 위기에 어떻게 대응하고 있는지 조사 ■ 이러한 변화가 먹이 그물, 탄소 흡수 및 방출, 기타 기본주기에 미치는 영향을 분석 ■ 해양 및 극지 생물 다양성에 대한 연구는 북극의 국제 MOSAiC 탐험 중 Polarstern 연구 쇄빙선에서 수집된 데이터와 같은 다양한 출처를 기반으로 함
Topic 7	지속가능한 바이오 경제를 향한 자원, 활용, 공학 및 농업 생태계	■ 식물 유전자형, 생물정보학, 생명 공학, 토양 및 수질 관리 분야에서 새로운 기술을 개발 ■ 미생물과 미생물 군집의 유전적 및 생화학적 특성분석 ■ 디지털화 및 데이터 과학의 도움을 받아 경제적 및 기술적 관점에서 지속 가능한 경제로의 변화를 실현하기 위한 개념을 공식화

※ 출처: AWI 홈페이지 (<https://www.awi.de/en/science/research-program.html>)



○ 폴라스턴(Polastern) 쇄빙선의 과학 활동 및 프로그램 목표('21.02~'21.03)

〈표 2-88〉 2021년 폴라스턴 쇄빙선 탐사 프로그램

주제	내용
남웨델해 필크너 부근 해양 미량가스 분포 및 해양지질학적 조건 (Oceanographic Conditions and Distribution of Oceanic Trace Gases near the Sill of Filchner Trough, Southern Weddell Sea)	■ 남웨델해 경사 전류의 역학 및 특성 분석 ■ 남웨델해 대륙붕으로의 MWDW(Modified Warm Deep Water) 흐름 모니터링 ■ 필크너 트로프에서 대륙 사면을 따라 나오는 빙붕수(Ice Shelf Water, ISW) 경로 식별
필크너-론스 빙붕에서의 바다표범 및 해양학 (Seals and Oceanography at the Filchner-Ronne Shelf Ecosystem (SEAROSE))	■ 센서가 탑재된 선박, 헬리콥터를 활용한 바다표범 탐지 ■ 육안으로 관찰한 바다표범 수와 고해상도 위성 이미지에서 알고리즘을 기반으로 탐지한 수 비교
남웨델해 대륙 사면의 수심 측량 (Bathymetry of the Southern Weddell Sea Continental Slope)	■ 고해상도 해저 맵 생성 및 선박 운행 경로를 따른 밑바닥 정보 수집 통한 지질학적, 퇴적 과정 이해 향상
해빙 지구물리학 및 생물화학 (Sea Ice Geophysics and Biogeochemistry)	■ 여름 계절에 빙하의 면적 증가 원인과 남극에서 웨델해의 빙하 면적이 갖는 특별한 역할 규명을 위한 해빙 두께, 특성, 이동 이해 향상
기후변화에 따른 식물성 플랑크톤 이동과 수괴 기반 입자수송이 남극해 탄소 순환에 미치는 영향 (Effects of Climate Change-Induced Phytoplankton Community Shifts and Water Mass Driven Particle Transport on Southern Ocean Carbon Cycling)	■ 대기 중 이산화탄소 증가에 따른 남극해의 회복력을 포함하여 기후 변화에 따른 남극해의 탄소 방출 효율성 변화 측정 ■ 고해상도 탄소 플럭스 관측 자료 생성 및 수괴에서의 재광화를 측정
남웨델해에서의 생지화학적 순환 (Biogeochemical Cycling in the Southern Weddell Sea)	■ 1,2차 생성에 주요 역할을 하는 플랑크톤에 초점을 맞춘 수괴의 생화학적 특성 분석 ■ 완충지대에서 1차 및 세균 생산을 평가 ■ 미량의 금속, 비타민 순환 및 농도 측정 ■ 생물학적 펌프 및 탄소 방출에 주요한 역할을 하는 상승/하강 과정 규명을 위한 영양소 수정 및 방목 조정 실험 수행
지구화학 (Geochemistry)	■ 남웨델해 대륙 빙붕에서의 물 대중 특성 및 해빙수 내용물 및 영양분 농도 분석 ■ 빙붕, 사면부터 수주에서의 매크로, 마이크로 영양분 플럭스 및 고영양 저클로로필의 웨델해 촉진 가능성 분석 ■ 영양분과 해저 플럭스의 재활용에의 초기 속성화 과정의 기여도 평가
해저 동물군 (Benthic Fauna)	■ 하층 해류, 해저 기질, 유기 탄소 이용가능성과 관련하여 빙붕에서의 해저 동물군 다양성, 바이오매스, 풍부성 분석 ■ 총 해저 산소 흡수와 확산 측정을 통한 해저 무기질화 및 회전을 분석 ■ 남극 대륙 빙붕의 해저 동물군 주요 구성원인 바다 거미 다양성 분석 ■ 생물적 과정 및 탄소 방출에 관한 중요한 생화학적 요인인 용존 무기 탄소, 알칼리성, 탄소/질소 입자, 클로로필a 측정

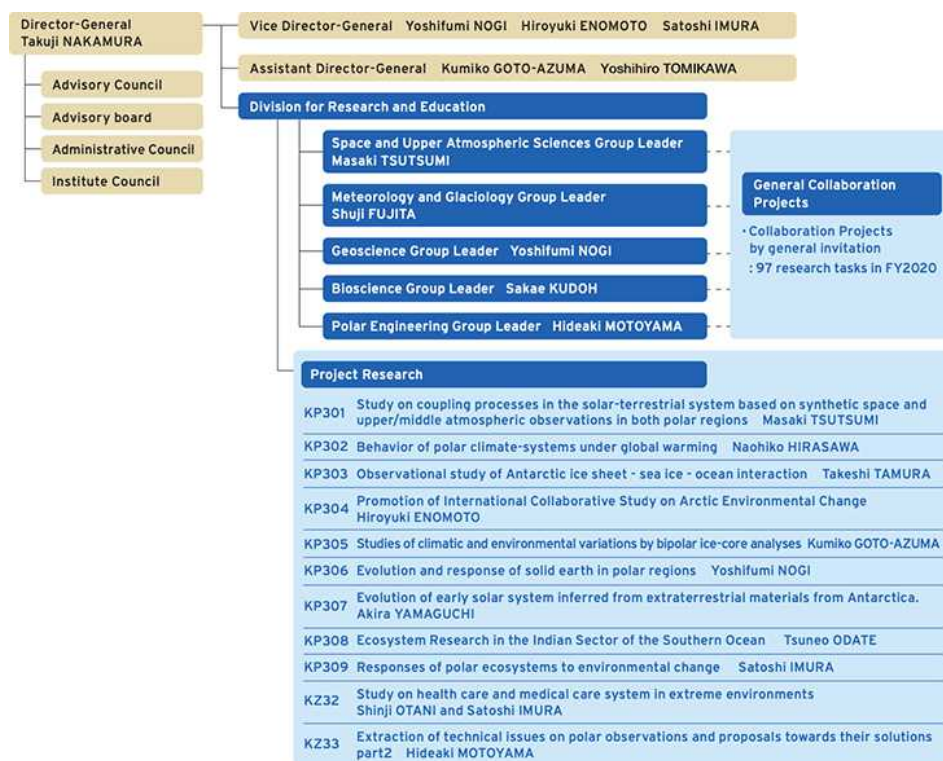
※ 출처: The Expedition Programme Polarstern(2021)



○ NIPR은 극지연구수행을 위해 설립된 문부성 산하 대학부설 연구기관으로써, 남극 기지 운영을 담당하며 남·북극 조사를 통해 얻어진 데이터와 시료를 수집하고 처리하여 이용가능하게 하는 역할 수행

- 연구 및 교육부 직원 50명, 연구자 32명, 직원 및 극지 관측 담당 직원 118명, 기술자 9명, 행정원 14명으로 2020년 기준 총 191명의 직원으로 구성
- 운영 보조금 약 30억 엔, 환경 기술 연구 및 개발 보조금 약 10억 엔, 과학 연구 지원 보조금 약 3억 엔, 위탁 연구 수입 1억 엔, 소득 약 100만 엔으로 2020년 기준 총 44억 엔 정도의 예산 보유
- 5개의 연구그룹*이 관련 연구 프로젝트를 담당하여 추진하고 그룹별 협력 연구 추진

* 우주 및 고층대기과학그룹(Space and upper atmospheric sciences group), 기상학 및 빙하학 그룹(Meteorology and glaciology group), 지구과학 그룹(Geoscience group), 생명과학 그룹(Bioscience group), 극지공학 그룹(Polar engineering group)



※ 출처: NIPR 홈페이지 (<https://www.nipr.ac.jp/english/research/organization/>)

〈 일본 NIPR 연구프로젝트 추진도 〉

□ 정책 동향

- 대내외 환경변화와 함께 혁신의 중요성이 강조됨에 따라 과학기술기본법을 과학기술·혁신기본법으로 개정하고 이에 근거한 **6차 과학기술·혁신기본계획(2021~2025)** 수립
 - 과학기술·혁신을 중심으로 하여 기후변화 등의 글로벌 과제에 대응하기 위한 향후 5년간의 정책방향 제시
 - 「Society 5.0」사회 실현을 목표로 데이터 수집·활용, 지구환경문제, 안전·안심 대응체제, 핵심기술 투자 강조
 - 향후 5년간 정부연구개발투자 30조 엔, 총 연구개발비(정부+민간) 120조 엔 목표
 - **해양·극지 프론티어 개척에 기여하는 연구개발 강화**를 위해 21년에는 20년 대비 10억 엔 증가된 예산인 64억 엔 투입
- ‘남극지역관측 6개년 계획’ 수립 및 추진
 - 일본은 남극 관련 종합정책(과학연구, 연구기반, 국제협력 등)으로서 5년마다 남극지역 관측을 위한 관측계획 수립
 - 제 9기 남극관측계획(2015~2021)에서는 ‘남극에서부터 시작되는 지구시스템의 변화’라는 주제 아래 3개의 부주제 관측 시행
 - 남극 대기의 정밀 관측에서 찾는 지구 전체의 대기 시스템
 - 빙상 해빙연 변역의 종합관측에서부터 시작되는 대기-빙상-해양의 상호작용
 - 지구시스템 변화의 규명을 목표로 하는 남극 고환경 복원
 - 제 9기 6개년 계획의 성과와 쇼와 기지의 현대화 등을 포함한 2034년을 향한 비전을 바탕으로 제 10기 6개년 계획(2022~2027) 수립 및 추진 계획

〈표 2-89〉 일본 제 10기 남극관측계획 주요 연구과제

주요 연구과제	내용
해수면 변화 예측 및 물질 순환 변화의 열쇠 - 빙상과 해양의 상호작용	지구의 해수면 변동 예측, 빙상/해양의 변화가 남극 생태계에 미치는 영향
과거의 남극빙상 변화가 규명하는 장래의 지구환경	과거 온난기의 남극 빙상은 얼마나 퍼져 있었을까, 미래 남극빙상은 어떻게 변화할 것인지 등 연구
기후변화의 열쇠 - 대기 대순환	오존홀의 회복과 온실효과 기체의 증가에 대하여 기후가 어떻게 변화할 것인지 연구
태양활동의 영향을 규명하는 열쇠 - 극지	태양활동이 활발해지면서 대기 상층의 전리권에 영향을 미치고 이로 인한 태양활동과 초고층 대기의 변화 등을 예측하는 우주기상정보

※ 출처: 일본 南極地域観測第10期6か年計画(중점메인테마)



○ 남극 관측 제 X기 6개년 계획 (초안) 수립

- (수립 방향) 학술 연구의 기초가 되는 관측이나 사회적 요구가 높은 관측에 폭넓게 대처하고, 인류의 지적 호기심 자극과 사회적 과제의 해결의 쌍방에 공헌하는 것을 목표로 관측 계획 수립
 - 또한 관측계획을 뒷받침하는 설명계획의 수행과 관측 추진 기반의 효율적인 운용을 중시 하는 동시에 사회와 함께 창조하는 관측사업을 목표로 사회와의 연계 강화 추진
 - 남극지역 관측사업이 남극조약 체제라는 국제적인 틀 아래에 진행되고 있음을 직시하고, 국제제휴와 국제공헌의 관점을 염두에 둠
 - 극지연구에 관한 연구자 네트워크 확대와 국내외 대학·연구기관과의 연계 강화를 통해 남극 현장에서의 연구 관측과 북극 연구의 발전 도모
 - 동 계획 수립 시, "21 세기를 향한 활동 지침 (헤세이 12 년 6 월)"을 비롯한 각종 제언 이나 현재 진행 중인 "남극 관측 제 IX기 6개년 계획의 중간 평가 결과(令和 원년 11 월)" 등의 평가 결과를 기초로 삼았으며, 각종 글로벌 연구 동향 자료*를 참고하여 작성
- * 국립 극지연구소에서 발간한 "새로운 남극 지역 관측 사업의 바람직한 모습-신 관측선 시대의 비전 (2009 년 5 월)"과 "남극관측 장래 구상- 2034년을 위한 지원 사이언스와 비전(2019 년 5 월)" 및 남 극연구 과학위원회(SCAR) 등
- 또한, 코로나바이러스 및 각 종 환경변화 등으로 인해 남극관측에 영향을 미치지 않게, 환경변화의 관측 관측사업이 지속적으로 실시될 수 있도록 함

1) 관측 계획

- 관측계획은 학술연구에 필수적인 국제 및 사회적 요구가 높은 과학 관측데이터를 지속적으로 수집하는 것을 목적으로 하는 기본관측과, 독창적·선구적인 연구수행을 목적으로 시한을 정해 실시하는 연구 관측으로 분류
- (기본관측) 국가 기관(정보통신 연구기구, 기상청, 해양보안청, 국토지리원 및 문부과학성)이 책임지고 실시하는 정상 관측과 국립극지연구소가 장기적 관점에서 연구 커뮤니티의 의향을 감안하면서 실시하는 모니터링 관측으로 구분하여 실시
- (연구관측) 사회적 요청이나 국제적인 연구 동향을 근거로 하여 특히 가치가 높은 주제로서 기존 연구 분야를 넘어 집중적으로 대응하는 중점 연구 관측, 연구자의 자유로운 발상을 기본으로 실시하는 일반 연구 관측, 미래의 연구 관측의 새로운 발전을 위한 망아 연구 관측으로 구분되어 실시
 - (중점연구 관측) 메인테마 '과거와 현재의 남으로부터 찾는 장래 지구 환경 시스템'을 토대로 빙상-해양 상호작용, 빙하코어, 태양활동 규명 등을 주요 연구과제로 수립 중
 - (서브테마1) 가장 오래된 아이스크어 채취를 축으로 한 고 환경 연구 관측에서 찾는 남극 빙상과 지구 환경의 변동
 - (서브테마2) 빙상-해빙-해양결합시스템 통합연구관측에서 찾는 남극 빙상 융해 메커니즘과



물질순환 변동

- (서브테마3) 대형 대기 레이더를 중심으로 한 관측 전개에서 찾는 대기 대순환 변동과 우주의 영향
- (일반연구·맹아연구관측) 연구자의 자유로운 발상을 중시하는 관점에서 연구 요구에 맞추어 실시 기간 등을 재검토 하고, 신규 참가의 확대를 목표로 매년 공모를 통해 시동적인 관측 개시 도모

〈표 2-90〉 남극관측의 구분

대분류		소분류		담당기관	계획 대차수	평가대상
구분	정의	구분	정의			
기본관측	확립된 관측 방법을 통해 국제적 또는 사회적 요청이 높은 과학 관측 데이터를 계속적으로 취득·공개하는 것을 목적으로 하는 관측	정상관측	국가 기관 등이 책임지고 실시하는 관측	정상관측 기관	6대차	관측실적 데이터 공개·활용 실적
		모니터링관측	기초연구의 기반이 되는 관측으로, 극지연구소가 연구 커뮤니티의 의향을 근거로 장기적 관점에 입각하여 관측	국립극지연구소	6대차	
연구관측	남극 지역의 특색을 살린 독창적·선구적 연구를 목적으로 시한을 정하여 실시하는 관측	중점연구관측	사회적 요청이나 글로벌 연구동향을 근거로, 특히 오늘날 가치가 높은 테마로서, 연구 분야를 넘어 집중적으로 임하는 관측	국립극지연구소	6대차	관측실적 연구 성과
		일반연구관측	연구자의 자유로운 발상을 기본으로 실시하는 관측 및 조사	국립극지연구소 (공모)	6대차 이내	관측실적 연구 성과
		맹아연구관측	장래의 연구 관측의 발전을 향한 관측, 조사나 기술개발	국립극지연구소 (공모)	연속하는 3대차 이내	관측 실적

※ 출처: 문부과학성(2021), '남극지역관측제10기6개년계획(1차안)'

2) 설명 계획

- 제 X기 기본계획 상의 설명계획에서는 계속성 외에 포스트코로나 시대를 대비한 기지운영의 원격화 등을 염두에 둔 디지털 트랜스포메이션을 추진을 통한 관측기지 원격·디지털화, 데이터 공유 시도 및 하기의 3가지 사항에 중점적으로 대처
 - (1) 노후 시설의 갱신을 착실히 추진하여 쇼와 기지 기능의 강인화를 도모
 - (2) 제3기 돔 후지 빙상 심층 굴착 계획을 수행하기 위한 내륙 관측 거점을 정비
 - (3) 환경부하 저감의 관점에서 재생가능 에너지의 효과적 이용과 과거의 폐기물에 대한 대책을 추진



3) 관측 추진기반 운용

- 관측을 추진하는 중요한 기반으로서의 선박 및 항공기의 운용에 대해, 하기의 2가지를 토대로 관측계획에 따라 최적의 운용 실시
 - 남극 관측선 ‘시라세’는 쇼와 기지로의 수송을 기초로 하며, 매년 관측목적에 따라 유연하고 기동적인 운용을 실시
 - ‘시라세’에서는 실시할 수 없는 관측을 위해 다른 관측선을 운용
 - 하(夏)기 활동기간의 연장, 대원출장기간 단축, 관측지역의 광역화나 긴급시의 대비로서 항공기의 운용을 국제 제휴에 따라 확대

4) 관측대 운영

- 관측계획을 수행하기 위해 견실하고 유연한 관측대 편성을 실시하고, 현지에서의 안전하고 효율적인 관측대 운영을 위한 시스템을 정비

5) 사회와 연계

- 남극분야의 과학적 가치를 창출하는 관측을 지속하기 위해서는 남극 관측에 대한 사회와의 연계가 필요하며, 이를 위해 오픈데이터와 사회 환원, 민간과의 파트너십 확대, 교육활동 및 인재육성, 상호커뮤니케이션을 통한 사회와의 대화·협동 등의 활동을 동 계획에 포함
 - (오픈데이터 및 사회환원) 관측 사업의 오픈 사이언스화를 추진하여 데이터·성과 공개 등의 사회 환원을 강화
 - (민간 파트너십 확대) 쇼와 기지 등의 관측 사업 플랫폼을 개방하는 등, 민간과의 파트너십 확대를 도모
 - (교육활동 및 인재육성) 학교 교육 현장과 관측 현장의 제휴를 심화함과 동시에 대학생 참가 수 확대의 방안을 강구
 - (상호 커뮤니케이션을 통한 사회와의 대화·협동) 사회와의 대화·협동을 진행시키기 위해, 다양한 미디어·이벤트를 통해서 국민과의 쌍방향 커뮤니케이션을 도모

6) 연관계획

	64	65	66	67	68	69
내륙	중점 서브테마 1.		신규 동후지 빙상 심층 굴착		신 동후지 검층·전층 굴착	
대륙빙상·고체권	신규 동후지 관측기지 건설					
빙하 말단		류조 홀름만 해저 퇴적물 시추		토텐 빙하해역 해저 퇴적물 굴착	소야카이강 육상 굴착	
정착 얼음	드론잉 모드랜드 퇴적물 시추		류조 홀름만 빙하 관측			
해빙·해양·생물권	중점 서브테마 2.		쇼와기지 주변 해양·빙하 관측			
계절해빙영역			토텐 빙하·빈세네스 만 해양 관측			
대륙권 성층권			집중 관측	집중 관측		
대기권	중점 서브테마 3.		쇼와기지·선상 구름·에어로졸 관측			
전리권 중간권 시라세			쇼와기지 대기전층 연중 관측(풍속/온도/화학량 등) · 대형 대기레이더·MF레이더·대기 광 관측			
해양관측선 쇼와 기지 동남극연안/내륙 타지역			Super Pressure Balloon 집중 관측			
			쇼와기지 우주선 관측			
			오로라 카메라 관측 다점전개			
				신 동후지 오로라 카메라 관측		
			기본 관측(정상관측 및 모니터링 관측)			
			일반 연구 관측·맹아연구 관측			

* 출처: 문부과학성(2021), '남극지역관측제10기6개년계획(1차안)'

※ 출처: 문부과학성(2021), '남극지역관측 제10기6개년계획(1차안)'

< 제10기 주요관측 연간 계획표 >



[참고] 제 62차 남극지역 관측 실시계획 內 ‘연구관측’ 추진

- 일본 국립극지연구소(NIPR)는 제62차 남극지역관측대를 구성하고 ‘20년 11월~22년 3월까지 남극지역의 기본 관측 및 연구관측을 추진
- 남극관측선 ‘시라세’를 이용하는 관측으로, 일본의 남극지역 관측 역사상 최초로 타국에 기항하지 않는 계획으로 추진
- 제 62차 남극지역 관측대는 국제 관측망으로써의 역할 수행을 위해 정상관측 및 모니터링 관측을 수행하며, 연구관측은 크게 중점연구관측, 일반연구관측, 맹아연구관측으로 구분하여 추진
- ‘대류권, 성층권, 중간권의 대기 정밀관측*’ 과 ‘강수 레이더를 사용한 쇼와기지 부근의 강수량 연간 관측’을 주로 실시

* 본 프로젝트에서는 대형 대기 레이더(PANSY 레이더)를 중심으로 전파 및 빛을 사용하여 쇼와기지 상공의 바람과 온도, 물질 분포를 측정하는 다양한 관측장치를 조합하여 대기중력파(대기 중 부력을 복원력으로 하는 대기의 주요한 파도)가 대기 대순환을 만들어 내기 위해 다하는 역할을 명백히 밝히는 것을 목표로 함

〈표 2-91〉 제 62차 남극지역 관측대 연구관측 개요

구분	관측 계획명
중점연구관측	메인 테마 : 남극에서 다가오는 지구시스템 변동
	서브 테마 : 1) 남극대기 정밀관측을 통해 탐구하는 전 지구 대기 시스템
일반연구관측	쇼와기지에서 우주선(線)관측에 의한 제 24/25주기 태양활동 극소기의 우주 날씨 연구
	무인시스템을 이용한 오로라 현상의 광범위한 네트워크 관측
	SuperDARN 레이더를 중심으로 한 그랜드 미니엄기의 극 지역 초고층 대기와 내부 자기권의 다이내믹스 연구
	번개 방전에 따른 AC, DC 전 지구 전류계 구동기구와 대기변동 해명
	남극 상부 대류권 및 하부 성층권의 선진적 기구 관측
	전 지구 생물지구화학적 환경에서의 동남지역 에어로졸 변동
	동남극의 대기 및 빙상 표면에 나타나는 온난화 영향의 검출과 메커니즘 해명
	강수 레이더를 사용한 쇼와기지 부근의 강수량 연간 관측
	지진파, 인프라 사운드 계측을 통한 극 지역 표층의 환경변화 해명
	극한 환경에서의 남극관측대원의 의학적 연구
맹아연구관측	리스크 대응의 실천 지식 파악에 근거한 현장 안전교육 프로그램 개발
	시라세 선박에 탑재된 전천 이미지저(All-Sky Imagers)를 이용하여 오로라 및 대기광의 관측 공백구역 해소

※ 출처: 일본 국립극지연구소(2020), 제62차 남극지역관측대 개요

□ 인프라 현황

○ 남극 과학관측 기지 및 쇄빙선 보유 현황

- 쇼와 기지, 미즈호 기지(1987년 폐쇄 후 비정기적 활용), 아스카 기지(1991년 이후 연구활동 중지), 돔후지 기지 총 4개의 관측기지 보유



※ 출처: <https://www.nipr.ac.jp/antarctic/jarestations/>

〈 일본의 남극관측 기지 〉

- **(쇼와 기지)** 1957년 1월 제1차 남극 지역 관측대에 의해 류초 홀름만의 동웅그루섬에 개설하여 현재 세계 기상 관측망의 거점으로서, 약 30명의 대원이 1년간 관측 활동을 수행하는 등, 일본의 주요기지로 50년 이상 지속적으로 운영·관리하고 있음
 - (시설 및 설비) 쇼와 기지에는 67동의 건물 외에 관측설비로서 대형 안테나 등 각종 안테나, 촬영 설비인 연료탱크, 통신용 안테나 등을 갖추고 있으며, 각 관측동 내에는 관측설비, 건물 내에는 발전기 설비 및 촬영 설비가 설치되어 있음
- **(돔후지 기지)** 1995년 2월, 쇼와 기지에서 남쪽으로 약 1,000km 떨어진 드롱 잉 모드랜드 지역의 빙상 마지막 부분에 빙상 심층 굴착의 거점으로 개설하여, 깊이 3,053m까지의 빙하 코어 채취에 성공 후, 연중 체류를 중지하고 있음
 - (시설 및 설비) 돔후지 기지에는 건물 9개 동 외에 통신용 안테나 등 촬영시설과 관측시설로 기상관측장치, 설빙 관측 장치 등이 설치
- **(미즈호 기지)** 1970년 7월 쇼와 기지의 남동방향으로 약 270km떨어진 미즈호고원 빙상 위에 개설하여 현재는 무인 관측기지 및 내륙 중계점으로 활용되고 있음
 - (시설 및 설비) 거주용 및 관측용으로 5개 프리패브동이 있으며, 비상용으로 파이프하우스를 갖추어



긴급용 설영용구 등을 마련하고 있으며, 발전실, 시추작업장, 설빙실험실 등 건물들은 모두 설면 아래에 매몰되어 있음

- (아스카 기지) 1985년 3월 쇼와 기지의 서남서 670 km에 위치하는 드룽잉 모드 랜드 지역의 빙상 위에 개설 하였으며, 현재는 폐쇄됨

- 현재 일본은 ‘시라세’, ‘미라이’ 2대의 극지관측 쇄빙선을 보유하고 있으며,
 - (시라세)일본 해상자위대 소속 쇄빙선인 시라세는 남극관측을 주요임무로 활용되고 있는 남극 전용 쇄빙선으로 , 관측기기를 탑재하기 어렵다는 한계가 존재
 - 선체 규모는 길이 143미터, 폭 28미터이며, 일본과 남극 사이를 왕복
 - (미라이) 북극관측을 위해 무츠호라는 원자력선박을 개조한 해양연구선(내빙연구선)으로, 쇄빙기능은 없어, 얼음이 두껍거나 일년빙과 다년빙이 혼재하는 해역에서는 연구조사가 불가능
- '21년 북극 쇄빙연구선 건조 착수를 위해 4억 엔을 확보했으며, 향후 5년간 총 335억 엔 투입 계획
 - 연중 항해가 가능한 1만t급 북극 관측용 쇄빙선을 건조할 계획이며, '21~'22년 경 취항 예정

□ 연구 동향

○ 남극 관련 연구는 주로 대표 연구기관인 NIPR에서 수행

- 일본 NIPR에서는 5개의 주요 주제별 연구 그룹*에서 프로젝트 수행

* 1)우주 및 상층 대기과학그룹(Space and upper atmospheric sciences group), 2)기상학 및 빙하학 그룹(Meteorology and glaciology group), 3)지구과학 그룹(Geoscience group), 4)생명과학 그룹(Bioscience group), 5)극지공학 그룹(Polar engineering group)



<표 2-92> 일본 NIPR 연구그룹별 주요 연구 내용

연구 그룹	주요 연구 내용
우주 및 상층 대기과학그룹 (Space and upper atmospheric sciences group)	■ 오로라와 태양풍, 자기권, 이온권 사이의 연결고리에 대한 연구 :: 남극과 북극 지역에서 레이더, 자기계, 오로라 이미지로 지상 기반 네트워크 관측을 개발하여 태양풍-자기권-이온구 커플링 프로세스와 다양한 오로라 관련 현상의 메커니즘을 연구 ■ 중층 및 상층 대기에 관한 연구 :: 극 지역 중층 대기와 상층 대기를 정확하게 관찰하기 위해 북극과 남극 지역에서 다양한 지상 측정을 실시하여 아래에서의 기상학적 교란, 위에서의 전자기적 영향 및 전 지구적 순환, 대기의 원격 상관성 규명
기상학 및 빙하학 그룹 (Meteorology and glaciology group)	■ 극성 대기(대류권, 성층권), 눈과 얼음, 해양에 대한 연구를 통해 글로벌 환경의 과거, 현재 및 미래의 조건 연구 ■ 현장 관측, 위성 원격 탐사, 기후/빙상 모델링을 통한 재기, 수권 및 빙권의 상호 관련 변화 분석 ■ 빙하 코어를 활용한 고기후 환경 조건 분석 ■ 지구 온난화에 따른 해수면 상승의 주요 요인인 빙상의 생성 과정, 내부 구조, 유동성 및 질량 수지 변화 등 분석
지구과학 그룹 (Geoscience group)	■ 지질학, 지형학 및 고체 지구 물리학에 대한 고급 연구 :: 지질학, 광물학, 지형학, 지설 및 고체 지구 물리학을 통한 우주의 역사, 지구 지각의 역사적 진화에 따른 변화, 빙하의 후퇴와 발전에 수반되는 네 가지 요소로 된 환경의 변화 연구
생명과학 그룹 (Bioscience group)	■ 유기체가 극지방의 극심한 열악한 환경에서 어떻게 적응하고 살아남았는지 확립 ■ 해양 및 육상 공동체의 지구 환경 변화에 대한 민감한 대응 메커니즘에 대한 연구
극지공학 그룹 (Polar engineering group)	■ 과학적 관찰 및 물류 활동과 관련된 기술적 과제를 해결 :: 향후 내륙 운영을 위한 물류 문제 연구, 현장에너지 생산에 대한 조사, 디젤 에너지와 재생에너지 간 상호 연결된 전력시스템에 대한 연구, 잉여 전력의 저장 및 활용 시스템에 대한 연구, 물 만들기에 대한 연구 :: e.g. 운송 수단이 극지 지역에서 방해되기 때문에 제한된 연료, 식품 및 재료로의 효과적인 연구 수행 방안 연구

※ 출처: NIPR 홈페이지



- 남·북극 관련 다양한 분야의 연구를 수행 중이며, 현재 11개의 프로젝트 연구 수행

〈표 2-93〉 일본 NIPR 연구 프로젝트 목록

프로젝트 번호	프로젝트명
KP301	두 극지방의 합성 공간과 상층 및 중층 대기 관측을 기반으로 하는 태양-육상 시스템의 커플링 프로세스에 대한 연구
KP302	지구 온난화 하에서 극지 기후 시스템의 행동
KP303	남극 빙상-빙하-해양의 상호작용에 대한 관측 연구
KP304	북극 환경 변화에 대한 국제 협력 연구 촉진
KP305	양극성 빙하 코어 분석에 의한 기후 및 환경 변화에 대한 연구
KP306	극지방에서의 고체 지구의 진화와 반응
KP307	남극대륙의 외계 물질에서 유추된 초기 태양계의 진화
KP308	남극해의 인도 섹터의 생태계 연구
KP309	환경 변화에 대한 극지 생태계의 반응
KZ32	극한 환경에서 의료 및 의료 시스템에 대한 연구
KZ33	극지 관측에 대한 기술적 문제 및 해결 방안추출 - part2

※ 출처: NIPR 홈페이지

- 남극 관련 프로젝트별 대표 연구 목적 및 내용
 - (KP301) 태양, 지구 공간, 대기의 연관관계 이해: 양 극 지방에서의 태양-육상 시스템 변동 메커니즘 규명을 위한 국제적 협력 연구 및 새로운 관측 시스템 구축
 - (KP302) 극 지방에서의 기후 변화 감지 및 메커니즘 규명: 정확한 미래 예측을 위한 극 지방의 현재 기후 상태 분석
 - (KP303) 남극 지역 해양-빙하 가장자리의 상호작용 및 변화 연구: 해안 변동성의 전 지구적 영향 분석을 위한 동 남극 대륙에서의 변동성 및 메커니즘 조사
 - (KP306) 극 지역의 지표 환경 및 고체 지구 변화 탐구: 수백만 년 전부터 현재까지 환경 변화와 관련된 고체 지구 반응 탐구 및 수백만 년부터 수십억 년까지의 지질학적 시간에 걸친 고체 지구의 진화 탐구
 - (KP307) 초기 태양계에서의 미량 행성 형성 및 진화: 남극 운석, 미세 운석에 대한 암석학적 및 지구화학적 연구를 통한 달, 화성, 초기 태양계 역사 이해 증진
 - (KP308) 남극해의 인도 섹터 변화 및 전 지구 시스템에의 영향: 남극해의 인도 섹터 특성 규명을 위한 관측 기반 데이터 생산 및 샘플 분석 촉진
 - (KP309) 극 지방에서 환경 변화에 따른 유기체의 생태학적 프로세스 반응: 유기체들이 변화하는 환경에 어떻게 적응하고, 생태계를 변화시키는지 이해
 - (KZ32) 남극 프로그램의 극한 환경에서 의료 환경 개선 탐구: 탐험 대원들의 효율적인 건강관리를 위한 쇼와기지 의료 환경 개선
 - (KZ33) 극지 관측 지원을 위한 기술적 문제 해결: 쇼와기지 현대화에 대한 극지 공학 연구, 내륙 기지의 건설 및 운송 관련 문제 및 극 지역의 무인 관측 관련 문제에 대한 연구



○ ICC(Ice Core Consortium) 설립을 통해 돔후지 기지 주변을 분석하고 연구하는 공동연구 실시

- ICC는 NIPR Ice Core Research Committee에 설치한 공동연구조직으로서, NIPR과 함께 'Dome Fuji Deep coring Project'를 공동 연구 수행
 - (설립목적) ICC는 남극 빙상 돔 후지 심층 시추 계획에서 시추 된 아이스코어의 분석과 연구의 실시, 연구의 연계 추진을 도모
 - 주요 활동 내용
 - 빙핵 관리, 연구 계획 및 분석 수행, NIPR 빙핵 연구위원회 위탁
 - 분석 정보의 상호 이용 촉진 및 공동 연구
 - 연구 회의 개최
 - 빙핵 파견 장려 국내외 연구 커뮤니티에 대한 연구 결과
 - ICC의 목적을 달성하기 위해 필요한 기타 활동

○ 일본에서 수행 중인 남극 관련 연구과제는 '20년부터 현재까지 총 57건으로 조사

- '20년부터 수행 중인 남극 관련 연구과제수는 총 57건이며, 예산 규모는 총 614,528 천 엔으로 조사
 - 남극 관련 연구과제는 6개 유형*으로 분류 가능하며, 신학술영역연구(연구영역제한형) 과제가 23건 (155,948 천 엔), 기반연구 20건(410,410천 엔)으로 두 유형이 대부분을 차지
- * 기반연구, 도전적 연구(맹아), 신진연구, 신학술영역연구(연구영역제한형), 연구활동 시작 지원, 특별 연구원 장려금
- 최근 남극 연구는 총 28개 기관(대학교 및 연구소)에서 수행되고 있으며, 57개 과제 중 12건을 국립극지 연구소에서 총 193,700천 엔 규모로, 9건 115,780 천엔 규모로 홋카이도 대학에서 연구수행 중으로, 전체 과제 예산의 약 50.3%를 차지하는 것으로 보아, 남극연구는 주로 극지연구소와 홋카이도 대학에서 수행 하는 것으로 조사

제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

〈표 2-94〉 최근('20~현재) 수행 중인 남극관련 일본 연구과제 현황

No.	연구과제명	수행기관	연구기간	유형	지원규모 (단위: 엔)
1	고체 지구 반응 모델을 사용하여 중공생성의 따뜻한 기간 동안 남극 빙하 변화와 관련된 해수면 변화 평가	국립극지연구소	2021-2024	신진연구	3,770,000
2	남극 해역의 현대와 과거 해양 변화의 역사: 지하 퇴적물 및 심해 산호의 Nd-Pb 동위 원소 비율 분석	나고야 대학	2021-2024	신진연구	4,420,000
3	남극해 연안 지역의 데이터 동화 프로젝트 개발	홋카이도 대학	2021-2024	신진연구	4,550,000
4	남극 아이스코어 중 고대 진균 DNA 계통 해석과 고환경 변동에 따른 진균의 동태 해명	국립극지연구소	2021-2024	기반연구(C)	4,160,000
5	동남극 빙하 유동과 저면 융해의 상호 작용에 따른 소모량 변동 해명	일본대학	2021-2024	기반연구(C)	4,160,000
6	+1-2℃ 온난한 기후상태에서의 남극 빙상의 다이내믹스	홋카이도 대학	2021-2023	특별 연구원 장려비	1,500,000
7	남극 해양관측 진화: 물질 패러메트리제이션 적용 및 활용	홋카이도 대학	2021-2023	특별 연구원 장려비	1,700,000
8	동남극 빙상-해빙-해양시스템 지역특성 규명	국립극지연구소	2021-2026	기반연구(A)	39,780,000
9	과거 온난기 남극 빙상의 대규모 융해 실태 해명: 남 동위원소에 주목한 새로운 해석	토야마 대학	2021-2025	기반연구(A)	41,860,000
10	빙상융해와 심층순환의 흔들림을 이어준다-동남극아한대순환에서 연안수송과정-	홋카이도 대학	2021-2026	기반연구(A)	41,470,000
11	빙상융해 최전방 선진세 온난기 남극 빙상붕괴 이벤트 검증과 지역성 해명	고치 대학	2021-2025	기반연구(B)	16,640,000
12	동남극 토텐 빙봉으로 난수를 운반하는 거대한 정재 해양 소용돌이의 성인과 순환 유량의 변동 요인 해명	도쿄 해양 대학	2021-2025	기반연구(B)	17,550,000
13	완신세 동남극 토텐 빙하의 융해와 난수과 유입의 영향평가	국립연구개발법인 산업기술종합연 구소	2021-2024	기반연구(B)	17,420,000
14	육상 퇴적물 시료 분석과 GIA 모델 해석의 융합에 의한 간빙기 남극 빙상 융해사의 해명	국립극지연구소	2021-2025	기반연구(B)	17,290,000
15	남극 지역의 선진 기구·레이더 관측을 이용한 대기 중력파의 3차원 특성 해명	국립극지연구소	2021-2024	기반연구(B)	18,070,000
16	위성 중력 데이터와 고체 지구 응답 모델을 이용한 남극역 벌시 형성	국립극지연구소	2020-2022	연구활동 시작 지원	2,080,000

III. 남극연구 동향 및 수준진단

	및 붕괴 검출				
17	북태평양 생물생산을 지탱하는 북태평양 중층수의 화학적 특성 형성과정 해명	홋카이도 대학	2020-2022	도전적 연구(맹아)	6,500,000
18	극한환경 번식 생태지구 규명과 기후변화 영향 평가	주요 대학	2020-2024	신진연구	4,290,000
19	수천년 주기 기후변화를 구동하는 남대양 해빙 프로세스의 정량적 이해	도쿄 대학	2020-2023	신진연구	4,290,000
20	CMB 편광 관측 실험을 위한 구름 모니터 개발	도쿄 대학	2020-2023	신진연구	2,990,000
21	국제법 규범으로서의 생태계 접근법 전개과정 : 남극과 북극을 중심소재로 하여	고베 대학	2020-2023	신진연구	3,380,000
22	남극 시라세 빙하의 현저한 저면 융해를 일으키는 배경 요인	홋카이도 대학	2020-2023	기반연구(C)	4,290,000
23	극지폐쇄환경에서의 구강질환 발병 메커니즘 규명에 관한 연구	도쿄 의과 치과 대학	2020-2023	기반연구(C)	4,290,000
24	남극 주회 지구 실험을 통한 우주선 반중립자 탐색	가나가와 대학	2020-2023	기반연구(C)	3,900,000
25	남극해 케이프댄리 앞바다의 입경 및 유기물 분석을 이용한 저층수 생성 변천 복원	고치 대학	2020-2023	특별 연구원 장려비	2,500,000
26	아델리펭귄의 채식행동으로 추정하는 남극 연안지역의 크릴라미 3차원 공간분포	종합 연구 대학원 대학	2020-2023	특별 연구원 장려비	3,100,000
27	해면 밑에 불시착한 동 남극 빙상의 안정성에 관한 연구	도쿄 대학	2020-2023	특별 연구원 장려비	3,100,000
28	질소순환으로 풀어주는 남극해 생태계 변동	도쿄 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,590,000
29	페오다리아가 남대양 인도양구 계절해빙 지역의 생물 펌프에 수행하는 역할의 해명	공익재단법인 해양생물환경연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,330,000
30	빙상변동의 고정밀도 예측을 위한 지질연대 측정기법 개발 및 적용	국립연구개발법인 산업기술종합연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
31	지난 40년간의 남극 빙상 표면 질량 수지 고정밀 계산	기상청 기상연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,590,000
32	위성 중력 데이터 위성 고도계 데이터를 이용한 남극 빙상의 장기 질량 변화 결정	국립 천문대	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
33	남극 빙상코어 더스트와 블랙카본 고정밀·고시간 분해능 분석을 통한 고환경 복원	국립극지연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	16,380,000

제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

34	중양해령에서의 해저마그마 활동이 지구환경변화에 미치는 영향에 관한 연구	국립극지연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
35	남극 빙상에 대한 표면 질량 수지의 관측 오차 평가	국립극지연구소	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
36	해빙 과정의 정량적인 데이터 세트에서 나타내는 열염 플렉스, 물질 수송, 그리고 생물 생산	토마코마이 공업 고등 전문학교	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
37	철, 황, 인의 화학종별 존재량과 동위원소 조성에서 찾는 남대양의 산화 환원상태 변동사	토호 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	4,290,000
38	남극대륙을 둘러싼 해산 미소저생동물의 분화과정과 진화사 해명	게이오기주쿠 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
39	무시되어 온 미화석 '황금색조시스트'를 이용한 고환경 프록시 개발	고치 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
40	동남극의 점무늬호수소 퇴적물을 이용한 소빙기 이후의 빙상 융해사 해명	시마네 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	4,550,000
41	동남극 랑그호브데 빙하의 접지선 동정	니가타 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	7,618,000
42	툰텐 빙봉 융해의 방아쇠 : 해양 소용돌이가 개재하는 앞바다에서 빙봉으로의 열수송 과정의 해명	도쿄 해양 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	16,380,000
43	남극 빙상 코어 속의 황산·질산 동위원소 조성으로부터 복원하는 과거 에어로졸의 기원과 생성 과정	도쿄 공업 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,330,000
44	위성 관측과 LES를 이용한 남대양 하층운 연구	도쿄 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	2,730,000
45	남극 빙상 위에서의 다점 연속 관측을 목표로 한 소형 절대 중력계 개발 연구	도쿄 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	16,120,000
46	남양양 수괴 형성 해역에서의 난류 연직 혼합과 수괴 변질 및 영양물질 공급	도쿄 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,590,000
47	우주선 변동에 근거한 슈퍼 간빙기 고기후 기록 육해 동기	히로사키 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
48	남극 난습화의 원인과 그 영향의 정량화	기타미 공업 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,460,000
49	남양양 연변부 준실시간 인위기원 이산화탄소의 동태 해명	홋카이도 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,590,000

Ⅲ. 남극연구 동향 및 수준진단

				제안형)	
50	동남극토텐선반빙역에서의빙상해양상호작용관측연구	홋카이도 대학	2020-2022	신학술영역연구(연구영역 제안형)	5,720,000
51	양극의 빙상 코어와 전구 기후 식생 모델에 의한 과거 1만년의 메탄 농도 변동 요인 해명	국립극지연구소	2020-2024	기반연구(B)	17,550,000
52	남양 계절 해빙지역에서의 분립양와편모충의 동태와 생태학적 역할	국립극지연구소	2020-2024	기반연구(B)	17,940,000
53	밀리미터 정밀도 측거로 지구의 형태와 변동을 포착: 전구 전개형의 위성 레이저 측거 장치	히토쓰바시 대학	2020-2024	기반연구(B)	17,680,000
54	동위원소비를 이용한 대기중 메탄의 전구적 변동원인 해명	도호쿠 대학	2020-2024	기반연구(B)	17,420,000
55	신빙상 코어 레이저 용융법으로 탐색하는 거대 태양 프로톤 현상 초고시간 분해능 검증	국립연구개발법인 이화학연구소	2020-2023	기반연구(B)	18,720,000
56	남극 빙상 코어의 연속 메탄 농도 해석에 따른 과거 전구 기후 불안정성 해명	국립극지연구소	2020-2024	기반연구(A)	45,760,000
57	+5℃까지 온난화가 진행되는 과정에서의 남극 빙상 융해의 행동과 특성 해명	홋카이도 대학	2020-2025	기반연구(A)	44,460,000

※ 출처: 日本の研究.com (<https://research-er.jp/>), '21년 6월28일 검색 결과 기준



마. 중국

▣ 관련 정책 및 연구 기관

- 국가해양국(State Ocean Administration, SOA)은 두 개의 보조 기관*이 수행하는 중국의 극지 탐사, 극지 관련 일을 총괄하는 정부 기관

* 국가 해양국 내 설치된 중국 극지 연구국(Chinese Arctic & Antarctic Administration, CAA), 극지 연구소(Polar Research Institute in China, PRIC)

- CAA는 중국 남극 탐험대 조직, 남극 관련 문제 관리 및 관련 규정, 법률, 표준 및 지침 작성 등과 같은 기획·조정 등의 업무를 담당
 - PRIC은 연구 활동의 실질적인 집행·지원을 담당하는 역할로써, 선박 및 항공기 운영, 극지방 환경 감시 및 보존, 과학 기술 및 전략에 관한 연구 등을 수행
 - 소장 산하에 4명의 부소장을 두고 행정 부문, 연구 부문, 운영지원 부문 업무 담당
 - 연구 부문은 극지방하연구부, 극지고층대기연구부, 극지생물-생태연구부, 극지자료센터로 구성
- 상하이에 위치한 극지연구소(Polar Research Institute in China, PRIC)을 중심으로 란조우 빙하연구소, 우한 남극관측소, 칭다오 제1해양연구소, 기타 대학 등이 참여하는 중국남극연구단(CHINARE) 구성 및 운영

▣ 정책 동향

- 남극조약국 중 가장 적극적으로 남극 진출에 투자하며 영향력 확대 가속화
 - 8개의 기지를 운영 중인 러시아를 제외하고 두 번째로 많은 기지(5개)를 운영 중인 미국과 동일한 수의 남극 기지 운영
 - 남극에서 고정익 항공기를 운항하는 5번째 국가로써 항공기를 이용한 각종 과학 관측 및 물자, 인원 수송
 - 2017년 베이징에서 40번째 남극조약협약당사국회의(ATCM)을 성공적으로 개최했을 뿐만 아니라 적극적으로 안건을 발의하고 결의안 작업에 참여하는 등을 통해 남극 강국으로써의 이미지 구축
 - 신에너지 마이크로그리드 급전시스템 등을 통한 에너지 현지화 및 순환이용 체계 구축
 - 칠레, 우루과이, 태국, 호주, 러시아 등의 국가들과 활발한 국제교류 지속



○ 2021년 3월 「국민경제와 사회발전을 위한 14차 5개년계획(2021-2025) 및 2035년 장기목표에 대한 건의」 초안 발표

- 과학기술 자주혁신, 산업구조 고도화, 녹색성장, 문화 소프트파워 강화, 국방 현대화, 국민의 삶의 질 제고 등 종합적인 국가 역량을 키워 혁신형 선진국 대열에 합류하겠다는 목표 제시
- 과학기술의 자주화와 국가 혁신체계 구축을 주요 내용으로 하는 ‘혁신주도 성장’을 최우선 핵심 과제로 추진
- ‘9대 전략적 신흥산업’ 집중 육성계획이 제시되었으며, 국가안보와 관련성이 큰 항공우주와 해양 설비 분야가 새롭게 강조
- 중국정부가 선정한 전략적 과학기술 분야(인공지능, 양자정보, 반도체, 바이오, 뇌 과학, 품종개량, 우주과학, 심우주·심부 지하·심해·극지 탐사 등)에 국가의 지원이 집중될 것으로 보이고, 기존에 국가 주도로 개발하였던 기초연구 분야에서 민간기업의 참여를 독려하고 기업 간 범용기술 공동개발을 촉진하는 플랫폼을 구축하는 등 산관학연 협력 확대 기대

〈표 2-95〉 분야별 과제와 주요 추진 정책(참고)

분야	과제	주요 추진 정책
혁신	국가전략과학기술역량 강화	[국가전략으로서 과학기술역량 강화] 과학기술강국의 ‘액션플랜’을 제정, 사회주의시장경제 조건하의 신행 국가체제를 정비하고 주요 핵심 기술영역에서 경쟁력을 확보, 혁신체제의 효율성을 제고 [기초연구 강화] 기초연구 강화를 통해 원천기술 혁신에 집중 [구조개혁] 교육과 과학기술 및 연구개발 구조 최적화, 교육과 과학의 상호 융합 추진을 통해 범용 기초기술의 공급체계를 개선 [핵심영역 전략적 과학 계획 및 과학 공정 제정] △인공지능 △양자정보 △반도체 △바이오 △뇌 과학 △품종개량 △우주과학 △심우주·심부 지하·심해·극지 탐사 등 첨단영역에 관해 전략적 국가 중대 과학기술 프로젝트를 진행 [연구 주체 간 자원 배치] 과학연구기관, 대학 및 기업 과학기술역량의 최적 배치 및 자원 공유 추진 [국가실험실 건설] 국가실험실 건설을 추진하고 국가중점 실험실 체계를 재구축 [지역적 배치] 종합형 국가과학중심 및 지역적 혁신발전지역을 건설하고 배치하여 베이징, 상하이, 웨강아오다완취(粵港澳大灣區)가 국제과학기술혁신의 중심(国际创新科技中心)이 되도록 지원 [과학기술정보체계 구축] 국가과학기술연구 논문 및 관련 정보를 교류하는 고급 플랫폼 구축
	기업기술혁신능력 제고	[기업중심화] 혁신주체로서 기업의 지위를 강화하고, 다양한 혁신요소가 기업에 집중되도록 추진 [산학연추진] 산·학·연의 융합을 심화 [선도기업 역할 강조] 선도기업들이 혁신연합체를 구성하도록 지지, 국가급 중대 과기 프로젝트를 수행하는 것을 지원 [기업가정신] 경영인이 기술혁신 과정에서 중요한 역할을 발휘하고, 기업의 연구개발 확대를 격려 [기초연구투자 지원] 기업의 기초연구 투자에 대해 세무우대정책을 시행 [대기업의 역할 강조] 대기업은 혁신형 중소기업이 혁신의 중요한 발원지로



		성장하도록 지원 [범용기술 플랫폼 건설] 범용기술 플랫폼 건설을 강화하여 산업 밸류체인 내 기업 간의 혁신 흐름을 원활화
	인재 혁신활동 촉진	[인재중심] 노동중시, 지식중시, 인재중시, 혁신방침 중시원칙을 관철하여 인재발전체제 개혁을 심화, 전방위적으로 인재를 배양, 영입하여 중용 [국제 일류 인재 육성] 국제 일류의 과학기술 선도형 인재와 혁신집단을 형성하여, 국제경쟁력을 갖춘 과학기술 후속 청년인재 양성 [인재 평가체제 개선] 혁신능력, 실효성, 공헌도가 중심이 되는 과학기술인재 평가체제를 완비 [학술적 신용 강조] 학문의 중요성을 강화하고, 학술적 신용을 견지 [인센티브 개선] 혁신 촉진 및 보장체제를 개선하고 지식, 기술 등 혁신요소의 가치에 따라 이익을 분배하는 인센티브 체제 건설, 과학연구 종사자가 발명성과에 대한 권리와 이익을 얻을 수 있도록 시스템 개선 [기초연구인력 강화] 높은 수준의 연구를 수행하는 대학의 발전을 지원하고, 기초연구인재의 배양을 강화 [대외 개방적 인재등용] 더욱 개방적인 인재정책을 시행하여 국내외 우수인재를 결집하여 과학연구혁신 중심지역 구축을 공고히 함
	과학기술혁신 체계 완비	[체계개선] 과학기술체제 개혁을 심화추진하고, 국가과학기술 거버넌스를 완비하여, 국가 과학기술규획체계 및 운영시스템을 최적화 [프로젝트 관리 일체화] 중점영역 프로젝트, 수행지역(基地), 인재, 자금 일체화 배치를 추진 [프로젝트 관리 개선] 과학기술 프로젝트의 조직관리 방식을 개선하고 ‘연구수행 능력에 따른 권한부여(揭榜挂帅)’와 같은 제도 수행 [과학기술장려항목 개선] 과학기술평가체제를 정비하여 과학기술장려항목을 수정·보완 [과학연구기관 개혁] 과학연구기관의 개혁을 가속화하고 과학기술 연구의 자주권을 확대 [지적재산권 보호] 지적재산권 보호를 강화하고, 과학기술 성과의 전환을 대폭 확대 [정부투자 강화] 연구개발 투자를 늘리고, 정부투자가 중심이 되어 사회 다방면에서 투자 [기초연구 지원] 기초, 첨단 연구의 지원을 강화 [금융지원] 금융을 통해 혁신체계를 지원하고, 신기술이 산업에 응용되는 것을 추진 [과학지식 보급 강화] 과학정신과 장인정신을 통해 과학지식의 보급업무를 강화하고, 혁신을 우선시하는 사회 분위기를 조성 [과학윤리체제 완비] 과학윤리체제를 완비 [대외개방협력 추진] 과학기술 개방협력을 추진하고 세계를 대상으로 한 과학기술연구기금 설립을 연구

※ 출처: 중국 14차 5개년 계획(2021~25)의 경제정책 방향과 시사점(2020)

- 전략적 과학기술 분야로 선정한 심지·심해 및 극지 탐사를 위한 인프라 구축, 기술개발 예산 확대 및 집중 지원
 - 심해 운송보장 및 장비 시험선, 극지 입체관측 플랫폼 및 중형 쇄빙선 등의 연구·제작, 쉘롱 극지 탐사 제2기 건설 등을 통한 원천기술, 선도 기술 강화 목표 제시
 - 독자적으로 건설한 최초의 극지 과학 쇄빙선인 ‘쉐롱 2호(Xuelong 2)’를 타고 수행한 제 37차 남극 과학 탐험을 통해 기후변화 및 기타 문제를 해결하기 위한 수문 기상학, 생태 환경 및 기타 과학적 조사 수행 및 지역 내 미세 플라스틱, 해양 쓰레기와 같은 새로운 오염 물질에



대한 운영 모니터링 작업 수행 완료

- 북극에 실질적으로 협력하여 ‘빙상 실크로드’를 건설하고 남극에 대한 보존과 이용능력 향상시킴으로써 글로벌 해양 거버넌스에 심도 있게 참여 계획
- 국가적 차원에서 우주개발계획과 더불어 극지 연구를 주요 사업으로 선정 및 추진
- 향후 5년간 매년 연구개발비 투자 7%씩 확대 계획

- 극지연구소 내에 극지 과학 홍보관을 개최하여 극지 탐사성과전, 극지탐사대원 강연 등 다양한 형태의 홍보 및 교육활동을 추진함으로써 극지 관련 대국민 인식 제고를 위한 교육·홍보 정책 강조

■ 인프라 현황

- 남극 과학관측 기지 및 쇄빙선 보유 현황

- 상주 기지인 장성 기지(Great Wall Station)와 중산 기지(Zhongshan Station), 하계 기지인 쿤룬 기지(Kunlun Station), 타이산 기지(Taishan Station) 총 4개의 관측기지 운영
- ‘쉐룽(Xuelong)’, ‘쉐룽 2호(Xuelong2)’ 총 2대의 쇄빙선 보유
- 로스해(Ross Sea) 인근 인익스프레시블 섬(Inexpressible Island)에 5번째 남극 기지 건설 중 - 제 5기지 운영을 통해 남극 내 자체 항공망 구축, Bei Dou 위성 관제 시스템 구축 등 계획
- 중국 국가 남북극 데이터 센터(Chinese National Arctic and Antarctic Data Center, CN-NACD) 설립·운영 중에 있으며, 아시아 3국(한국, 중국, 일본) 중 가장 앞서 데이터 관리시스템 구축·운영

■ 연구 동향

- 중국 국가남극프로그램은 SOA가 승인하는 5개년 프로그램인 “중국 극지 환경 종합 조사 및 평가 프로그램(Chinese Polar Environment Comprehensive Investigation and Assessment Programs)”으로 구성
 - 남극 해양 환경 조사, 남극 육상 환경 조사, 남극 환경 종합 평가 세 부분으로 구성
 - 해양학, 생물학 및 생태학, 기상학, 천문학, 지질학 그리고 빙하학을 포함한 다양한 분야의 조사 및 평가를 통해 수행
 - 제 13차 5개년 계획을 통해 남극 관련 법률제정에 대한 연구를 강화하고, 극지탐사의 주요국에서 극지과학의 주요국으로 탈바꿈하며 남북극의 평화적 이용에 기여하고 지구의 진화 및 글로벌 변화를 이해하는데 공헌



○ 남극 지역에서의 핵심 연구프로그램으로 PANDA(Prydz Bay, Amery Ice Shelf and Dome A Observation) 프로그램 운영 중

- 중산기지 앞의 프리츠만, 에머리 빙봉, 중산기지, 중산기지와 돔A 연결지역, 램버트 분지를 연결하는 지역 대상*

* 해양, 빙봉, 빙상이 연결되는 곳으로 동남극의 물질순환, 해수면 높이, 기후 변화 등의 연구에 중요한 역할을 하는 지역

- 해양-해빙-대기 상호작용, 빙봉-해양순환작용, 기지 주변 종합 모니터링, 빙하 탐사, 돔A 종합 모니터링 5가지 주요 프로젝트로 구성

〈표 2-96〉 PANDA 프로그램 5가지 주요 프로젝트

프로젝트	주요 내용
해양-해빙-대기 상호작용	■ 얼음의 두께, 양, 물리적 특성 파악 ■ 시기별 해류 및 수괴 특성 파악 ■ 해양-해빙-대기 상호작용 모델 개발
빙봉-해양순환작용	■ 남극 빙상 균형 예측 ■ 담수의 해수유입으로 인한 온도 변화와 해수면 상승 관계 연구
중산기지 주변 종합적 모니터링	■ 첨단과학기술 활용을 통한 생물·생태, 고층대기, 지질학, 저온학 등 다양한 분야의 종합적 연구 ■ 북극의 대칭지역인 니알스 지역과 비교연구
동남극 빙하탐사	■ 탐사대상 지역의 얼음역학과정, 지형 파악 ■ 태양풍 및 자기장 연구
돔A 종합 모니터링	■ 심부빙하시추 ■ Gamburtsev 산맥의 지형연구 ■ 우주관측 및 대기연구

○ 향후 5-10년간 남극에서의 주요 과학 우선순위 및 실행 계획*

* China's Key Science Priorities and Action Plans in the Antarctic for the next 5-10 years

■ 빙상 불안정성과 해수면 변화

- 빙상-해양, 빙상-대기, 빙상-기반 상호작용 및 빙하 하부 조건에 대한 연구 강화
- 빙상 모델 개선 및 모델 간 비교, 빙상 역학의 관측 강화
- 서남극 빙상의 급격한 변화 결과 및 기준 규명
- 고환경 자료와 빙상 변화 간의 연관성 분석
- 지구 시스템 모델 내 빙상 모듈 개선을 통한 해수면에서의 양극 빙상 상호작용의 연관성 예측

■ 남극해 순환과 전 지구적 영향

- 제트, 프론트, 에디 등의 역학 이해를 위한 대기-해양 교환과정 탐구에 필요한 현장 관측 강화



- 남극해가 환기 과정, 전 지구 순환 및 열 흡수에 미치는 영향의 정량적 이해
- 생지화학적 순환, 탄소 배출 및 흡수 패턴, 남극해의 산성화에 대한 정량적 분석
- 남극 지질학적 프로세스 원천 및 환경 영향
 - 남극 대륙-맨틀 구조 탐지
 - 지구상의 초대륙의 수렴/발산과 남극의 주요 지질학적 사건들 간의 관계 이해
- 극지 생태계의 민감성 및 취약성
 - 생물 다양성, 극지역의 극한 서식지에서의 주요 종들의 특성, 적응 및 진화 관련 연구 강화
 - 기후변화와 인위적 활동이 극지 육상 및 해안지역의 취약한 생태계에 미치는 영향 분석
- 극지에서의 태양-육상 상호작용 및 외계 물리학
 - 어떻게 태양풍 에너지와 입자가 극지 대기로 유입되는지, 그로 인한 영향에 대한 이해

〈표 2-97〉 남극에서의 주요 과학 우선순위에 따른 실행 계획

계획명	내용
남극해를 위한 빅링 프로그램 (Big Ring Program for the Southern Ocean)	■ 남극해와 대서양 표면부터 심해층까지의 자료 수집을 위해 위성 원격탐사, 부표, 아르고 플롯, 글라이더, AUV, ROV 등을 활용한 다분야, 지속 가능한 관측 플랫폼 개발 ■ 국제 커뮤니티에 차세대 백본 관측 네트워크 제공 및 전 세계 해양 및 기후 관측 시스템 보완 ■ 주요 물리적, 생물학적, 지질학적 및 생지 화학적 프로세스 뒤에 숨겨진 메커니즘 규명을 통한 지구 시스템 모델의 성능 향상
빙상 이해 (Illuminating Ice Sheet)	■ 빙상과 빙붕의 환경 데이터 수집을 위한 지상 기반, 항공 및 위성 원격탐사의 조합 관측 ■ 표면 근처 및 깊은 내부 층, 얼음 표면 고도, 중력, 자기, 얼음 두께, 얼음 기반암 경계면의 얼음 레이더 이미지, 태양-지상 시스템과 우주 날씨 간의 결합 과정 데이터 수집 ■ 다양한 시공간적 남극 빙상 변화를 이해하고, 기후 예측 모델을 검증하며 향후 해수면 변화의 예측 정확도를 향상시키기 위해 신세대 빙상 모델, 해양 모델 및 결합된 지구 시스템 모델 활용
우주 지상 관측소 프로젝트 (Space and Universe Ground-Based Observatory (SUGA) Project)	■ 하층 대기에서 상부 전리층까지 전체 높이 커버리지 관측 시스템 형성 ■ 북극과 남극의 관측소를 기반으로 통신, 내비게이션, 항공기 및 항공 우주 활동 등을 위한 태양-지상 물리학 및 데이터 서비스 연구를 위한 극지 우주 기상 모니터링 시스템 구축 ■ 우주 쓰레기 모니터링 망원경 설치 ■ 우주의 기원, 천체 및 생명체, 흑색 물리학, 암흑 물질에 대한 이해를 촉진하기 위한 대구경 광학/적외선 망원경과 테라 헤르츠 망원경을 설치



○ 최근 중국에서는 지구 과학, 해양지질학, 생물학, 기후학 등 전반적인 분야에 대한 연구를 수행하되, 남극 생물자원, 위성·무인기를 활용한빙상 모니터링 연구를 중점적으로 수행

■ 남극 크릴 아스타잔틴 개발 및 활용 연구

- 남극해 지역에 서식하는 크릴새우에서 추출한 오일에 함유되어 있는 강력한 항산화 성분인 아스타잔틴의 제조 방법, 구조적 특성, 생물학적 활성, 검출 방법 및 안정성 연구 진행을 통해 아스타잔틴 관련 심층 연구 개발 및 활용을 위한 참고자료 제공

■ 동남극 극지방 빙하 호수 표면 변화 모니터링 연구

- Landsat 및 Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) 광학 데이터를 사용한 2000-2017년 동남극 지역 빙하 호수 변화 모니터링 및 변화 분석

■ CryoSat-2 위성 고도 측정 데이터를 활용한 남극 웨델해에서의 해빙 고도 변화 연구

- CryoSat-2 위성 고도 측정 데이터, 공동 빙교 프로젝트(IceBridge) 고도 측정 데이터 및 과학적 데이터를 기반으로 웨델해 해빙 고도의 시공간적 변화를 분석하고, 연구 결과를 토대로 기후변화에 따른 남극 해빙 두께 변화 대응 위한 참고자료 제공

■ 남극 과학 연구 응용 분야의 무인비행기(UAV) 관련 연구

- 남극 탐사 및 과학적 응용 분야에서 드론의 현재 연구 현황 조사 및 중국의 남극 과학 탐험에서 무인비행기의 개발 역사, 주요 성과 검토
- 남극 대륙에서의 무인비행기 적용 결함 요약 및 향후 개발 동향 제시

바. 러시아

▣ 관련 정책 및 연구 기관

○ 극지연구소(Arctic and Antarctic Research Institute of Roshydromet: AARI)는 러시아 연방의 국가과학센터로서, 러시아의 남극 연구 활동을 주관하여 담당

- (역할) 러시아 극지연구소는 극지(남극/북극) 관련 연구 및 조정, 방법론 등을 담당하며, 특히 남극탐험(RAE)의 조직과 수행을 담당
- (주요 연구 활동) 남북극 지역에서의 해양, 지구물리, 기상, 해양-대기 상호작용, 해빙, 빙하 극지지리, 수문학, 생태학, 장기개발 및 해상 선박운영 기술 등 다양한 분야 연구 수행
- 그 외 남북극 환경 구성요소(빙설권, 수권, 지권, 대기권, 고층대기권) 내 기작 및 기작 간 상호작용에 대한 규명, 원거리 탐사 및 심부빙하시추 기술개발 및 수행, 동토공학, 북극 생태연구, 남북극 해양활동 지원을 위한 수문기상 연구 및 실시간 모니터링 활동 등 활발한 연구를 진행



<표 2-98> 러시아 극지연구소의 목표 (참고용)

구분	세부 내용
과학연구 분야의 목표	■ 북극과 남극의 기상, 수문, 얼음, 지구 물리학적 과정 및 현상의 진단, 계산 및 예측을 위한 방법의 생성 및 개선 ■ 남극해의 수문학적 정권 및 수문학적 특성 ■ 항공 기상 체제 및 대기 과정 ■ 해양, 빙상, 대기 및 육지의 상호작용 ■ 자기권 및 전리층 현상, 전파 조건 ■ 자연 환경의 상태 및 오염
과학 및 기술 활동 분야의 목표	■ 극지방의 수문 기상 및 지구 물리학 적 과정을 연구하기위한 복잡한 탐사 계획, 조직 및 수행 ■ 극지방의 자연 환경 상태에 대한 데이터를 수신하고 전송하기위한 시스템, 방법, 기술 및 기술적 수단 (항공 우주 포함)의 개선; ■ 환경의 상태 및 오염을 모니터링하는 방법, 얼음 방법, 기상학, 수 문학 (북극 강 하구 지역 포함) 계산 및 극지방 예측을 개선 ■ 극지방의 전리층 및 자기권 장애를 예측하는 방법의 개선 ■ 북극과 남극의 항해 및 경제 부문에 대한 수문 기상 지원의 효과 평가 ■ 극지방의 유빙에 설치하기 위한 자동 수문 기상 관측소 개발 ■ 빙해의 수력 시설을 위한 위험한 얼음 및 수문 기상 현상에 대한 추적 시스템 개발 ■ 극지방의 자연 환경에 관한 과학 및 응용 매뉴얼 및 참고 도서 작성 ■ AARI 작업의 도량형 지원 ■ 해안과 바다의 선반에 있는 구조물과 시설의 설계 및 건설에서 공학 측지, 공학 지질, 공학 수 기상 및 공학 환경 조사의 규정 된 방식으로 수행 ■ 수립 된 절차에 따라 계획 및 운영하는 기업 및 기타 경제 활동의 자연 환경에 대한 영향과 엔지니어링 구조에 대한 환경의 영향을 평가하기위한 연구, 생물 의학 연구를 수행 ■ 수문 기상학 및 환경오염 모니터링 분야에서 방사성 물질 및 전리 방사선원을 사용하여 규정 된 방식으로 작업을 수행 ■ AARI에 배정 된 과학적, 과학적 및 기술적 활동 유형에 대해 규정 된 방식의 훈련, 고급 훈련 및 직원 재훈련으로 조직 ■ 타당성 조사, 건설 프로젝트 및 조사 및 동결 바다의 선반 및 해안을 포함하여 극지방의 기타 유형의 경제 및 방위 활동에 대한 국가 수문 기상 조사를 수행하기위한 자료 준비, 그러한 조사 참여
운영 및 생산 활동 분야	■ 현재 얼음, 수문기상학적, 지구물리학적 조건 및 과정, 북극, 남극 및 북대서양의 자연 환경 상태에 대한 정보의 수집, 처리 및 보급 ■ 얼음, 기상학, 수문학 해양 (강 하구 지역 포함), 지구 물리 현상 및 극지방의 과정에 대한 배경 장기 및 초장기 예측 편집 ■ 극지방의 항해 및 기타 해양 활동에 대한 운영 지원 ■ 북극 및 남극의 환경 상태에 대한 주 데이터 기금의 생성 및 유지 관리: 기상학, 일기 예보, 항공학, 해양 수문학, 선박 수문 기상학, 하천 수문학, 위성 데이터, 지구 물리학, 얼음 항공 정찰 ■ 다음 섹션의 극지방에서 정권 기준 은행의 생성, 유지 및 사용 : 기상학, 해양학, 강 하구의 수문학, 해빙 ■ 러시아 남극 기지 및 원정대와와의 통신 ■ 북극과 남극에서 운송 작업을 수행하고 관련화물 운송을 수행 ■ 계산, 인증서, 권장 사항, 연례 검토 및 수문 기상 관측 및 극지방에서의 작업에 대한 협의 발행 준비.



○ ‘남극 연구(ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ)’ 프로그램 지속 추진

* 출처: <http://www.aari.aq/>

- 러시아 연방 정부령 10.08.1998 No. 919에 따라, 러시아 연방 경제개발 및 무역부는 ‘세계 해양’이라는 연방 목표 프로그램 하위에 ‘남극 연구(ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ)’ 프로그램을 추진(1998~2013)한 바 있음
 - (목적) ‘남극 연구’ 프로그램의 목적은 남극에서 러시아의 입지를 공고히 하고, 장기적인 과학적, 실제적 이익을 보장하기 위해서, 국가 정책 실행의 주요 요소로 남극에서 과학적 연구를 수행하는 것임
 - (추진 현황) 남극 연구 프로그램은 2012년까지 공식화되었으며 3단계로 구성되어 추진됨
 - (1단계: 1999~2002) 가장 우선순위가 높은 연구 완료, 러시아 남극 탐험 작업의 재구성
 - (2단계: 2003~2007) 우선과학연구가 개발되고 러시아의 남극 진출은 1단계에서 마련한 정보, 재료기술 기반으로 강화됨
 - (3단계: 2008~2013) 현대 기술 및 자동 관측 장비의 개발을 기반으로 연구 확대 수행
 - (주요 임무) 남극 연구 프로그램에서 근본적인 과학연구의 주요 임무는 남극의 자연 상태에 대한 새로운 데이터를 얻고, 자연 환경의 과거, 현재, 미래 변화를 결정하고, 지구변화에 미치는 영향을 평가하는 것임
 - (참여주체) 남극 연구 프로그램은 다양한 부처 및 부서가 참여*
- * 러시아 연방 수문 기상 및 환경 모니터링 서비스 (Roshydromet), 러시아 과학아카데미(RAS), 러시아 교육 과학부, 러시아 연방 천연 자원부, 러시아 연방 수산 연방청, 러시아 연방 경제 개발 무역부, 러시아 연방 국방부, 연방 측지 및지도 제작 기관(Roskartografiya) 등
- 1998-2013년에 구현된 완성된 FTP "세계 해양(World Ocean)"의 연속으로, 2015년에는 남극 대륙에 러시아의 존재를 보장할 목적으로 2016-2031년을 위한 새로운 연방 목표 프로그램인 ‘세계 해양(World Ocean)’이 승인되었고, 전략과제로 ‘남극 연구’를 추진
 - * 출처: 러시아 부총리회의(2015.06.22.)의 годa No. 1143-p 안건(2016-2031년 연방 목표 프로그램 "월드 오션"의 개념 승인: Об утверждении концепции федеральной целевой программы «Мировой океан» на 2016-2031 годы)
 - (목표) ‘세계 해양’ 프로그램의 목표는 러시아 바다의 자원 및 공간 잠재력 사용을 강화하고, 세계 해양 및 남극 대륙의 주요 지역에 러시아의 존재를 보장하고 구현을 보장하는 것
 - (구성) ‘세계 해양’ 프로그램은 러시아 경제개발부가 추진하며, 해양 활동 개발을 위한 과학 및 정보 지원을 위한 전략적 과제로 구성되고 이 중 하나가 ‘남극 연구’임
 - (종합적인 남극 연구) 남극 러시아 원정 인프라의 현대화 및 개편, 학제 간 과학



연구 개발 및 자연 환경에 대한 지식 축적을 목표로 함

- (세계 해양 탐험 연구) 해양 활동 분야의 꾸준한 진전, 러시아의 해양 잠재력 증가, 자연 재해 및 인공 재해로 인한 피해 감소를 보장하는 기초적이고 응용적인 과학 기반 개발을 위해 세계 해양에 대한 새로운 실험 데이터를 수집하는 것을 목표로 함
- (세계 해양의 본질에 관한 연구) 세계 해양을 연구하고 자원을 사용하는 분야에서 과학적 잠재력을 개발하고 군도에서 러시아의 존재를 보장하는 유망한 형태로 스발 바르 군도에 대한 과학적 연구를 수행하는 것을 목표로 함

- (예산) 프로그램의 자금조달 금액은 87,200.2백만 루블
- (추진단계) 1단계-2016-2021, 2단계-2022-2026, 3단계-2027-2031의 세 단계로 구현 될 예정
- (참여주체) 교육과학부, FANO 및 Roshydromet
- (프로그램 지표) 프로그램 구현은 2030년까지 러시아 연방 해양 활동 개발 전략의 여러 주요 목표 지표*(예: 건조 된 연구 및 원정 선박 수, 수행 된 해양 수)를 충족하도록 추진

* 과학 원정대, 러시아 남극 기지 및 현장 기지를 운영하고 그에 투입되는 수, 장비, 정보 자원 수의 증가, 해안 지역의 통합 관리를 위한 구현 또는 개발 된 프로그램 수 등

■ 2020년 8월 러시아 연방 정부는 2030년까지 남극에서 러시아 연방 활동 개발 전략*을 승인

* 출처: 2020년 8월 19일 정부회의 채택 결정(Решения, принятые на заседании Правительства 19 августа 2020 года)

* Разработан проект Стратегии развития деятельности РФ в Антарктике до 2030 года

- 러시아 천연자원 및 환경부(Минприроды)는 2030년까지 러시아 연방의 남극활동 개발을 위한 전략 초안을 도출(‘20)하였으며, 동 전략의 이행은 러시아 경제 및 과학적 잠재력을 강화하며 세계적 자연 및 기후적 위협을 예방하고 국가의 국제적 명성을 높이는데 기여할 수 있을 것임
- 동 전략은 러시아 남극탐험(RAE) 활동에 대한 예산 지원을 확대하고, 러시아 남극 Station 및 단지 건설, 장비를 위한 투자 프로젝트 구현, 포괄적인 과학기술 개발을 가정
- 관측소 구조를 현대화하여 Russkaya 기반으로 연중 남극 관측소 제작 가능토록 함
- 현대적인 통신 수단과 기술 도입, 새로운 연구선 건조, 러시아 남극탐험대에 Il-114 항공기 2 대를 장착, 공중지구물리실험실 구성 계획 등을 승인함



▣ 정책 동향

- 남극연구활동계획(2013-2017)은 남극 내 러시아의 영향력(presence) 확대와 러시아의 남극전략의 윤곽을 담은 주요 사업 과제로 구성되어 있음
- 남극연구활동계획(Russian Antarctic Expedition operations plan, 2018-2022)은 이전 계획과 유사하며, 남극 거버넌스 내에서 러시아의 영향력을 유지하고 발전시키는 것을 목표로 하고, 미개발 남극대륙의 선점을 목표로 한한 정책 추진
 - (2018-2022 남극탐험 목표)
 - 우선과제 및 개발 활동의 이행: 남극에서 러시아 연방의 활동 정의, 활동 개발 전략 도출
 - 복잡한 기관 간 수행 보장: 남극대륙과 태평양의 미개발 지역을 포함한 연구, 국제 남극 커뮤니티, 세계 과학계에서의 위치에서 러시아 연방의 명성 강화
 - 인사 활동 안전 보장: 남극의 겨울 및 계절별 탐험, 수송 등
 - 러시아 연방의 국제 의무 이행: 남극 환경보호에 관한 조약 이행
 - (조직) Росгидромет(연방 주 예산 기관)과 관심 있는 연방행정당국, 연방정부의 참여로 국가예산기관인 ‘러시아 과학 아카데미(Российская академия наук)’의 활동을 조직
 - (주요 연구 활동) 남극에서 러시아의 활동을 지원하고 과학연구를 수행하기 위해 남극 탐험 및 다양한 연구를 지원

〈표 2-99〉 러시아 남극연구활동계획(2018-2022) 상의 남극탐험 활동 지원 내용

활동명	이행 기간	책임 집행기관
1. 조직 및 행위 - 지리학, 수문학, 지질학, 지구화학을 포함한 연구, 남극 환경 모니터링, 지구 기후 변화 연구, 빙하 아래 보스토크호수탐사, 육상 및 해상 지구물리학 연구, 우주 및 지상 통신 성능을 위한 태양-지구의 물리적 연결 탐색 및 엔지니어링 시스템, 생물학적 유기체의 활동 평가, 남극 대륙과 남극해의 생태 시스템과 기후변화에의 영향, 지형 측지 및 지도 제작, 국가 우주 활동 지상 지원 등의 연구 지원	2018-2022 2	■ Росгидромет (러시아 수문기상환경청) ■ Арктический и антарктический научноисследовательский институт (북극 및 남극 연구소) ■ Роснедра (국가 우주 활동 공사) ■ Роскосмос(러시아의 연방 정부 예산 기관) ■ Российская академия наук (러시아 과학 아카데미; 연방 집행 기관)
2. “기능 보장” - 러시아 남극기지 및 계절별 필드 기지, 러시아 남극 탐험의 일환으로 과학탐험선 Akademik Fedorov와 "Akademik Treshnikov" 2척의 사용과 우주활동의 결과	2018-2022 2	■ Росгидромет (러시아 연방 참여 주 예산 기관) ■ Роснедра (국가 우주 활동 공사) ■ Роскосмос(러시아의영국남극조사원(BAS) 연방 정부 예산 기관) ■ Российская академия наук (러시아 과학 아카데미; 연방 집행 기관)
3. “서비스 및 정기 수리” - 러시아 남극 기지의 건물	2018-2022 2	■ Росгидромет (러시아 수문기상환경청)
4. “조치 이행”	2018-2022	■ Росгидромет (러시아

활동명	이행 기간	책임 집행기관
- 러시아 남극 기지 및 계절별 현장기지의 청소 - 남극에서 러시아 남극 탐험의 현재 및 과거 활동으로 인한 폐기물의 정기적 제거	2	수문기상환경청) ■ Роснедра (국가 우주 활동 공사)
5. “분류의 구현” - 과학탐사선 "Akademik Fedorov"의 수리를 통해 2022년까지 서비스 수명 연장	2018-2022 2	■ Росгидромет (러시아 수문기상환경청)

※ 출처: 러시아 연방정부(2018.04.19.), No. 699-r

인프라 현황

○ 연구기지

- 러시아는 5개* 연구기지를 연중 상설운영하고 있으며, 최근 남극 탐험 확장을 위한 시설 현대화에 집중

- 러시아는 남극에 10개의 연구기지를 보유하고 있으며, 이 중 5개* 연구기지만 운영되고 있음

* Mirny, Vostok, Progress, Novolazarevskaya, Bellingshausen

- Vostok 기지 : 1957년 개소하였으며 미국의 아문젠-스콧기지에 대응하기 위해 남극점에 설치한 상설연구기지로서, 기상학, 방사에너지 관측, 대기 중 변이현상에 대한 오존측정 및 관측, 지자기 관측, 고층대기 연구, 빙하시추 연구, 빙하내 호수 연수 등 다양한 연구를 수행
- Novolazarevskaya 기지 : 1961년 개소하였으며 환경감시, 측지학 및 지도제작, 지자기 관찰, 대륙 및 해상 얼음면의 빙하학, 인류 생물학, 전리층 및 극관 관찰, 육수학, 기상관측, 지질학 및 지구물리학, 지진학, 지질생물학 등의 연구가 수행
- Progress 기지 : 1988년 개소하였으며 환경감시, 측지학 및 지도제작, 빙하학, 기상관측, 지질학 및 지구물리학, 지진학, 조수 측량 등의 연구가 수행
- Bellingshausen 기지 : 1968년 개소하였으며 수문학, 해양생물학, 생태학, 식물학, 조류학 등의 연구가 이루어짐
- 그 밖에 5개의 무인자동기상관측기지(Molodezhnaya 기지, Leningradskaya 기지, Russkaya 기지, Druzhnaya-4 기지, Soyuz 기지)는 운영하지 않는 상태(inactive; closed)
- 최근에는 러시아 남극 탐험을 확장하기 위해 Vostok 남극연구기지의 현대화 및 재건 중
 - 2019년~2020년간 주정부는 약 70억 루블(약 1억 1,30만달러)을 투입하여 Vostok 기지 재건
 - 5개 모듈의 총 건축 면적은 25,000m²로, 2021년에는 스테이션의 요소가 지점까지 전달되고 2023년 초에 모듈 설치가 시작 예정



○ 연구용 선박

- 남극 해역의 쇄빙연구선 2대 운영 중이며, 최근(2020년)에 새로운 과학 연구 선박 생산 계획을 발표
 - 현재는 Akademik Fedorov, Akademik Tryoshnikov(‘13년 건조)* 등 2대의 쇄빙연구선을 운영 중
- * 두 번째 쇄빙 연구선을 건조 및 출항한 이후, 운영을 중단했던 2개 서남극 과학기지(Russkaya, Leningradskaya)를 다시 운영

○ 남극 관측소

- 기존 관측소에 더해 2021년부터는 또 다른 관측소(Russkaya)가 연중 관측소에 추가 될 예정

▣ 연구 동향

- 극지연구소(Arctic and Antarctic Research Institute of Roshydromet: AARI)는 러시아 수문기상환경청 산하 국가과학센터로서, 러시아의 남극 연구 활동을 주관하여 담당
 - **(역할)** 러시아 극지연구소는 극지(남극/북극) 관련 연구 및 조정, 방법론 등을 담당하며, 특히 남극탐험(RAE)의 조직과 수행을 담당
 - **(주요 연구 활동)** 남북극 지역에서의 해양, 지구물리, 기상, 해양-대기 상호작용, 해빙, 빙하 극지지리, 수문학, 생태학, 장기개발 및 해상 선박운영 기술 등 다양한 분야 연구 수행
 - 그 외 남극 자연 상태의 이해 증진을 위한 남북극 환경 구성요소(빙설권, 수권, 지권, 대기권, 고층대기권) 내 기작 및 기작 간 상호작용에 대한 규명, 원거리 탐사 및 심부빙하시추 기술개발 및 수행, 동토공학, 북극 생태연구, 남북극 해양활동 지원을 위한 수문기상 연구 및 실시간 모니터링 활동 등 활발한 연구를 진행



<표 2-100> 러시아 극지연구소의 목표 (참고용)

구분	세부 내용
과학연구 분야의 목표	■ 북극과 남극의 기상, 수문, 얼음, 지구 물리학적 과정 및 현상의 진단, 계산 및 예측을 위한 방법의 생성 및 개선 ■ 남극해의 수문학적 정권 및 수문학적 특성 ■ 항공 기상 체제 및 대기 과정 ■ 해양, 빙상, 대기 및 육지의 상호작용 ■ 자기권 및 전리층 현상, 전파 조건 ■ 자연 환경의 상태 및 오염
과학 및 기술 활동 분야의 목표	■ 극지방의 수문 기상 및 지구 물리학 적 과정을 연구하기 위한 복잡한 탐사 계획, 조직 및 수행 ■ 극지방의 자연 환경 상태에 대한 데이터를 수신하고 전송하기 위한 시스템, 방법, 기술 및 기술적 수단 (항공 우주 포함)의 개선; ■ 환경의 상태 및 오염을 모니터링하는 방법, 얼음 방법, 기상학, 수문학 (북극 강 하구 지역 포함) 계산 및 극지방 예측을 개선 ■ 극지방의 전리층 및 자기권 장애를 예측하는 방법의 개선 ■ 북극과 남극의 항행 및 경제 부문에 대한 수문 기상 지원의 효과 평가 ■ 극지방의 유빙에 설치하기 위한 자동 수문 기상 관측소 개발 ■ 빙해의 수력 시설을 위한 위험한 얼음 및 수문 기상 현상에 대한 추적 시스템 개발 ■ 극지방의 자연 환경에 관한 과학 및 응용 매뉴얼 및 참고 도서 작성 ■ AARI 작업의 도량형 지원 ■ 해안과 바다의 선반에 있는 구조물과 시설의 설계 및 건설에서 공학 측지, 공학 지질, 공학 수 기상 및 공학 환경 조사의 규정 된 방식으로 수행 ■ 수립 된 절차에 따라 계획 및 운영하는 기업 및 기타 경제 활동의 자연 환경에 대한 영향과 엔지니어링 구조에 대한 환경의 영향을 평가하기위한 연구, 생물 의학 연구를 수행 ■ 수문 기상학 및 환경 오염 모니터링 분야에서 방사성 물질 및 전리 방사선원을 사용하여 규정 된 방식으로 작업을 수행 ■ AARI에 배정 된 과학적, 과학적 및 기술적 활동 유형에 대해 규정 된 방식의 훈련, 고급 훈련 및 직원 재훈련으로 조직 ■ 타당성 조사, 건설 프로젝트 및 조사 및 동결 바다의 선반 및 해안을 포함하여 극지방의 기타 유형의 경제 및 방위 활동에 대한 국가 수문 기상 조사를 수행하기 위한 자료 준비, 그러한 조사 참여
운영 및 생산 활동 분야	■ 현재 얼음, 수문기상학적, 지구물리학적 조건 및 과정, 북극, 남극 및 북대서양의 자연 환경 상태에 대한 정보의 수집, 처리 및 보급 ■ 얼음, 기상학, 수문학 해양 (강 하구 지역 포함), 지구 물리 현상 및 극지방의 과정에 대한 배경 장기 및 초장기 예측 편집 ■ 극지방의 항해 및 기타 해양 활동에 대한 운영 지원 ■ 북극 및 남극의 환경 상태에 대한 주 데이터 기금의 생성 및 유지 관리: 기상학, 일기 예보, 항공학, 해양 수문학, 선박 수문 기상학, 하천 수 문학, 위성 데이터, 지구 물리학, 얼음 항공 정찰 ■ 다음 섹션의 극지방에서 정권 기준 은행의 생성, 유지 및 사용 : 기상학, 해양학, 강 하구의 수문학, 해빙 ■ 러시아 남극 기지 및 원정대와의 통신 ■ 북극과 남극에서 운송 작업을 수행하고 관료화물 운송을 수행 ■ 계산, 인증서, 권장 사항, 연례 검토 및 수문 기상 관측 및 극지방에서의 작업에 대한 협의 발행 준비.



- **(연구 프로젝트 지원 현황)** 2020년 기준 총 50개 이상의 연구 프로젝트를 완료*하였고, 7남극 얼음 코어 데이터 기반의 지구 기후 시스템 재구성 연구 등을 포함하여 수행

* 출처: 러시아 천연자원부 보도자료

http://www.mnr.gov.ru/press/news/bole_50_nauchno_issledovatel'skikh_proektov_v_arktike_i_antarktike_vypolneno_rosgidrometom_v_2020_go/

- 한편, 최근 코로나19로 인해 러시아 남극 탐험대의 구성과 작업 내용이 크게 감소하였고, 계절 과학 프로그램의 일부를 포기하고 대부분 정비 및 시설 현대화에 집중
 - 2대의 쇄빙선("Akademik Fedorov", "Akademik Tryoshnikov")은 남극 기지의 필요 물자 배달 뿐 아니라 해양 및 기상 관측도 함께 수행

사. EU

▣ 정책동향

○ Horizon Europe strategic plan(2021-2024), 남극 R&I 협력을 강조

- EU는 국제 해양 거버넌스와 기후 변화에 대한 지식을 뒷받침하기 위해 모든 유럽 해저에서 과학, R&I를 강화하기 위해 국제 파트너와 지속 협력할 계획
- 특히 북극 및 남극 내에서 지속적인 R&I 협력이 지역에서 일어나는 급격한 변화를 이해하고 지역 및 글로벌 영향 예측에 기여하는 데 점점 더 중요해짐을 강조
- 이에 따라 기후변화 대응에 초점을 맞추고 이를 해결하기 위한 남극 연구를 추진할 계획

○ 유럽 극지위원회(European Polar Board)*는 극지(남극포함) 전략계획(Strategic 2017-2022)을 수립 및 추진 중으로, 극지 연구 인프라 접근개선, 국제협력연구, 증거 기반 정책자문, 극지연구 및 물류의 환경영향 최소화에 집중

* 유럽 극지위원회는 북극과 남극의 주요 전략적 우선순위에 초점을 맞춘 독립적인 조직으로서, 유럽 전역의 연구기관, 물류 운전자, 자금지원기관, 과학아카데미 및 정부 부처로 구성됨

- 유럽 극지위원회는 극지방에 영향을 주거나 영향을 받는 결정 시 참고할 수 있도록 독립적이고 정확하며 시기적절한 조언을 실시하며, 회원들 간의 다자간 협력 활동을 장려하고, 특히 유럽의 사회적 관련성 맥락에서 극지 문제에 대한 집단적 지식을 발전시킴
- 유럽 극지위원회의 업무는 인프라, 국제협력, 정책 자문, 극지 연구 및 물류의 환경 영향과 같은 문제에 초점을 맞춘 다양한 action group이 주로 실행
 - **(인프라 action group)** 유럽 극지 인프라에 대한 접근 개선
 - 유럽 극지 인프라 데이터베이스 기능 향상 및 업데이트 자동화 등
 - 극지 연구 인프라에 대한 접근성 향상



- 극지방의 모바일 및 상호교환이 가능한 인프라 범위 조사 연구

- (국제협력 action group) 유럽의 북극/남극 연구의 이익을 위해 유럽 및 전 세계에서 협력 이니셔티브를 개발
- (정책 자문 action group) 극지 문제에 대한 정책 관련 증거 기반 조언 제공
- (극지연구 및 물류의 환경영향 action group) 극지 연구 및 물류의 4가지 영역*에서 플라스틱 사용 및 폐기물을 감축, 극지 지역사회에 대한 영향 최소화 또는 최적화

* 1)물류, 2)과학장비 및 소모품, 3)현장 장비, 4)연구 기지 및 선박 등

- 유럽 극지위원회는 전략계획(Strategic 2017-2022)을 수립하고, 유럽 및 국제의 극지 연구 커뮤니티에서 유럽극지위원회가 리더로서의 입지를 강화하는 것을 목표로 북극 및 남극 연구에서 유럽의 협력을 개선하는 3가지 임무를 제시

- (Promote) 전 세계 극지 연구 커뮤니티와의 연결을 강화하고, 유럽 극지 조직과의 협력 추구
- (Coordinate) 극지방의 물류, 인프라 및 과학 협력을 위한 유럽 조정 및 통합을 위한 플랫폼 제공
- (Advance) 유럽의 사회적 관련성 맥락에서 전략적 우선순위 영역을 식별하고, 강조 및 지원

- 극지 연구 전략계획을 구현하기 위한 향후 5년간의 세부 활동 계획으로서 실행계획을 수립하고, 극지 전략적 우선순위를 도출, 인프라, 데이터 및 관찰 등 8개 활동 영역에 대해 제시

* 1)극성 우선순위 정렬, 2)인프라, 3)데이터, 정보 및 관찰, 4)정책 조언, 5)극지 연구 대표 유럽 공동체, 6)국제적으로 유럽을 대표하는 극지 연구, 7)홍보 및 커뮤니케이션, 8)진행 모니터링

○ “Europe polar science week” 개최를 통한 유럽 극지 과학 활동의 협력 촉진 도모

- 최근(20) 개최된 Europe polar science week는 유럽의 첫 번째 극지 과학 행사로서, EU 및 ESA의 극지 활동 전반에 걸친 긴밀한 협력과 네트워킹 및 협업을 촉진할 도모
- Europe polar science week는 유럽위원회와 유럽우주국이 함께 주최하고, EASME/EU PolarNet2가 지원하였으며, EC 및 ESA 프로젝트 팀, 이해관계자와 주요 과학자들이 극지 관련 주요 과제와 기회를 논의하고, 프로젝트 및 활동 전반에 걸쳐 네트워킹 및 협업을 촉진
- 동 행사는 50개 이상의 국가 1,350명 이상의 극지 이해관계자가 유럽 수준에서 협력을 강화하고, 공통과제와 우선순위를 설정함
- Europe polar science week의 과학 세션에서는 남극 빙상 질량 측정, 남극 지역 디지털트윈, 남극해양 위성 관찰 및 모델링 등을 강조
- (ICE SHEET) 남극 빙상 질량 균형 결정시 위성 데이터를 결합하는 대체 방법 탐색, 질량 균형 간 편향에 대한 체계적 평가 수행 등
- (DIGITAL TWIN ANTARCTICA) 남극대륙의 디지털 트윈은 빙상, 해양, 대기 및 생물권 시스템과 그 상호작용을 나타내기 위해 관측, 모델 및 인공지능을 포함



- (The southern ocean challenge) 남극해양에서 다중소스데이터*의 더 나은 통합과 관련하여 EO 위성** 현장 관찰 및 모델링을 통해 지식 격차를 감소

* 해수면 D UAEH, 온도, 중력 측정 및 해빙/해면 지형 등

** 과거/현재/미래 임무에서 지구 물리 검색을 개선하는 기술

- (TER FLUXES IN THE SOUTHERN OCEAN) 남극해양 영역에서 개선된 EO 데이터 제품은 남극 육지 얼음과 해빙의 계절 및 연간 변동에 대한 이해 뿐 아니라 주변 빙봉 및 극지 바다와의 다단계 상호 작용에 대한 이해*를 향상

* 메조스케일 역학, 지구화학, 탄소 순환, 생태계 및 기후변화와 관련된 지역 및 글로벌 영향 등 포함

○ EU Polar Cluster 구성 및 남극 프로젝트(antarctic projects) 추진을 통해 상향식 극지 관련 연구 및 조정 활동의 넓은 스펙트럼을 병합

- (개요) EU Polar cluster는 호라이즌 2020의 네트워크와 프레임 워크 프로그램 7(FP7) 자금의 지원을 받는 극지 프로젝트로서, 극지 관련 연구 및 조정 활동의 넓은 스펙트럼을 병합하는 상향식 협력 이니셔티브에 해당
- (구성) 북극/남극/극지 등으로 구분하며, 총 21개 프로젝트*로 구성
 - (남극 프로젝트) Beyond EPICA, SO-CHIC, TiPACCs
 - (북극 프로젝트) APPLICATE, ARCSAR, Arctic PASSION, ArcticHubs, ARICE, BLUE-ACTION
 - (극지 프로젝트) EU-PolarNet, EU-PolarNet 2, FORCeS, KEPLER
- (비전) 유럽 극지 프로젝트와 조직이 함께 운영하는 강력하고 잘 연결된 생태계로, 영향력의 실질적 증가
- (역할) 해빙에 대한 최신 연구결과부터 관찰 개선, 예측 개선, 네트워킹 연구기지에서 쇄빙선에 대한 접근 조정에 이르기까지 광범위한 연구 및 조정 활동을 병합
- (사명)
 - EU Polar cluster 회원을 연결하기 위해 유럽 극지 연구, 관찰, 인프라 및 모델링 커뮤니티 네트워크를 개발
 - 중복을 최소화하고 워크로드를 공유하고 이해 관계자의 피로를 피하면서 클러스터 멤버의 공동 활동을 조직하여 개별적으로 보다 큰 영향을 미치도록 함
 - 대규모 EU 자금이 지원되는 Polar 프로젝트의 공식 종료 후 결과 창출의 지속 가능성과 접근성을 지원
 - EU 폴라 클러스터 회원국 간에 조언과 모범 사례를 공유
 - 유럽 극지 연구 커뮤니티, 특히 유럽 연합(EU)의 자금 지원을 통해 극지 연구의 힘, 우수성, 통합 및 모범 사례를 촉진



- 원주민 및 지역 사회를 포함한 외부 파트너 및 이해 관계자를 위한 모든 EU 폴라 클러스터 회원에게 단일 연락점을 제공

○ EU-PolarNet2 (유럽 연구분야 조정 및 공동 설계) 구성 및 통합유럽극지연구프로그램 추진을 통한 국제 협력 극지(남극 포함) 연구 강조

- **(개요)** EU는 극지연구의 국제협력을 위해 EU-PolarNet2*에 자금을 지원
* 극지 연구를 위한 세계 최대의 전문지식과 인프라 컨소시엄
- **(목표)** EU-PolarNet2의 목표는 유럽 극지 연구 활동을 공동 개발하고 발전시키고 정책 결정 프로세스에 증거 기반 조언을 제공하는 지속 가능하고 포괄적인 플랫폼을 구축하는 것이며, 동 플랫폼을 통해 유럽 및 해외 파트너와의 극지 연구 활동 조정을 더욱 발전시킬 수 있음
- **(주요 활동)** EU-PolarNet2는 6개의 작업 패키지(WPs)를 제시하고 관련 업무를 수행: 1)연구 조정, 2)이해관계자 참여, 3)연구우선순위, 4)연구최적화, 5)정책 자문, 보급, 커뮤니케이션, 6) 유럽 극성 조정 사무소, 7)프로젝트 관리
- **(연구 프로그램 추진)** 극지 연구분야 공동 설계 및 공동 개발 과정(5년)을 거쳐 '통합 유럽 극지 연구 프로그램(Integrated European Polar Research Programme)을 제시('20)
- **(참여국가 및 기관)** 유럽 17개 회원국과 잘 설립된 극지 프로그램을 보유한 25개 파트너
* 알프레드-베게너-인스티튜트(AWI), 북극 모니터링 및 평가 프로그램 사무국 (AMAP), 벨기에 연방 과학 정책 사무소 (BELSPO), 영국 남극 조사 (BAS), 불가리아 남극 연구소 (BAI), 덴마크 과학 고등 교육 기구 (DAFSHE), 스위스 폴라 인스티튜트 (SPI), 유럽 극지 보드 (EPB), 극지과학연구소, 이탈리아 국립연구 위원회(ISP-CNR) 등

○ 통합 유럽 극지 연구 프로그램(Integrated European Polar Research Programme) 추진('20~)

- 통합 유럽 극지 연구 프로그램은 극지 변화에 대한 더 나은 이해를 제공하고 극지방에 관한 유럽사회의 긴급 현안 요구와 기대에 답하기 위해 해결해야하는 지식 격차를 식별하는 것을 목표로 함
- 현재 극지방의 급격한 환경변화*에도 불구하고, 극지방의 환경 시스템에 대한 지식은 여전히 너무 불안정하여 변화와 그 결과의 규모, 속도를 파악하여 미래 지원 전략(전체론적 이론 및 관찰 프레임워크 등)을 마련하기가 어려움

* 남극 빙상 불안정 가능성, 대기 및 해양의 고농도 오염물질, 생물다양성과 종 분포 변화 등

- 특히 극지방의 변화와 영향이 지역적 규모에서 지구적 규모로 예측하기 위해서는 지속적 관측이 필수이나, 원격 위치와 혹독한 조건 등으로 현실적으로 어려움
- 가장 포괄적이고 비용 효율적인 데이터 수집을 지원 및 보장하려면 데이터 수집 및 상호



운용성을 위한 새로운 방법론과 절차를 개발하기 위한 교차 연구가 필요

- 지식의 접근 및 공유는 연구협력 강화, 서양 지식 시스템과 고유 지식 시스템 간의 차이에 대한 이해도 향상, 기존 관찰 능력의 더 나은 사용, 개발을 포함한 이해관계자들의 연결을 의미

- 이에 따라 지난 5년(2014-2020) 동안 EU-PolarNet은 유럽 극지 연구 커뮤니티의 연구 관심사와 운영 역량을 조사하고 중요한 연구 영역(예 : 데이터 관리, 모니터링 및 모델링)에 대한 갭 분석을 수행하였으며, 분석 결과는 유럽 극지 연구가 극지방의 지속적 변화를 완화하고 이에 적응할 수 있는 연구 방향을 제시
- ① 극지역의 기후변화에 대한 이해 - 극 지역 기후 예측, 모델링, 인간의 활동이 미치는 영향 예측 등
- ② 날씨와 기후의 변화에 대한 정보 - 극지 기후변화의 지표 정의, 극지역 기후 변화와 사회-생태계 시스템의 흐름에 대한 접근
- ③ 회복 가능한 사회-생태 시스템 - 극지의 생태계 구조나 기능과 변화 등에 대한 이해, 건강한 사회-생태계 시스템의 구성 등
- ④ 북극 지역사회의 번성 - 북극 지역에서의 국가/지역적 거버넌스의 도전, 북극의 미래 인구 구조, 북극의 문화 다양성 등
- ⑤ 극지 운영을 위한 도전과 기회 - 기후변화에 따른 시설들의 변화 가능성, 지속가능하고 안전한 운영을 위한 정책적 결정 등
- ⑥ 지식의 접근, 활용, 창조 - 지식의 공유, 신기술의 개발과 관측/모델링 등의 역량 강화 등



<표 2-101> EU PolarNet2의 극지 연구 요구

Research needs	Key questions
1. 극지방의 기후 변화와 저위도와의 연관성에 대한 더 나은 이해	1.1 : 기후 시스템의 극지 특정 구성 요소의 핵심 프로세스 1.2 : 지역 및 글로벌 규모의 극성 결합 및 피드백 프로세스 1.3 : 극지방 기후 시스템 모델링 및 예측 1.4 : 인간 활동이 극지방 기후에 미치는 영향 평가
2. 정보에 입각한 날씨 및 기후 행동	2.1 : 극지방 기후 변화의 관련 지표 식별 2.2 : 기후 지표에서 의사 결정에 이르는 일련의 프로세스를 테스트하기 위한 새로운 접근 방식 설계 2.3 : 극지방 기후와 사회 생태계의 예측과 예측을 통한 의사 결정 지원 2.4 : 기후 변화 및 인간 활동 영향과 관련하여 극지방의 부가가치를 평가
3. 탄력적인 사회 생태 시스템	3.1 : 극지 생태계 구조, 기능 및 변화의 핵심 문제 이해.\n 3.2 : 건강한 사회 생태 시스템 설계 3.3 : 사회 생태학적 시스템에 대한 관찰 확대 3.4 : 지속 가능한 미래를 위한 생태계 기반 관리, 거버넌스 및 혁신적인 솔루션
4. 북극에서 번영하는 공동체	4.1 : 지속 가능한 커뮤니티 개발을 지원하는 인프라 계획 4.2 : 북극 지역의 국가 및 하위 국가 거버넌스 문제 4.3 : 북극 공동체의 지속 가능한 개발을 위한 경제 혁신 4.4 : 변화에 대응하기 위해 북극 주민들의 능력을 확장하기 위한 도구로서의 교육 4.5 : 극지방의 사회 경제적 균형과 성 평등 개발을 위해 과거로부터 배움 4.6 : 미래 북극 인구의 인구 통계 4.7 : 북극 번영을 위한 문화적 활력
5. 극지 운영을 위한 도전과 기회	5.1 : 변화하는 환경 조건과 운영이 위험과 취약성에 미치는 영향 이해 5.2 : 극지 작전의 환경 영향 최소화 5.3 : 극지 작전을 위한 사회적 면허의 개념 이해 및 홍보 5.4 : 안전하고 지속 가능하며 공정한 운영을 보장하는 정책, 프레임 워크 및 거버넌스 식별
6. 포괄적인 지식의 생성, 접근 및 사용	6.1 : 극지방에서 관찰, 모델링 및 연구에서 새로운 기술과 향상된 역량 개발 6.2 : 사회적 이해 관계자의 이익으로서 지식의 공동 생산 6.3 : 극지방 데이터 수집을 위한 FAIR 데이터 관리 원칙 6.4 : 극지방에서 지식 접근 및 역량 구축 보장 6.5 : 극지방에 대한 의사 결정을 알리기 위해 지식 활용

※ 출처: EU-PolarNet(2020),

“The need for an integrated European Polar Research Programme”

- 또한, 통합 유럽 극지 연구 프로그램의 결과는 극지방의 사회적 및 환경적 취약성 이해에의 기여 뿐 아니라, 하기의 중요하고 지속적인 글로벌 이니셔티브도 지원해야함

- UN2030 의제*

* 지속 가능한 개발 목표 (UN-SDGs)와 극지방 및 기타 지역, 북극에 거주하는 사람들 및 극지방에서 활동하는 모든 이해 관계자와 관련된 지표를 만들어 지속 가능한 개발을 위한

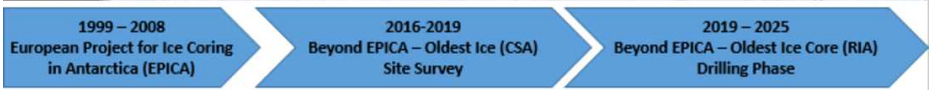
- UN 2030 의제를 모두 이행 할 것을 약속하는 EU Green Deal
- IPCC 및 북극위원회 보고서, EU 및 국가 적응 전략 및 계획을 포함한 주요 국제 과학 평가
- 재난 위험 경감을 위한 센다이 프레임 워크 2015-2030 년
- 생물 다양성 준비를 위한 UN 구속력 있는 협정 국가 관할권 밖의 영역



연구 동향

- “H2020-EU.3.5.1.-기후 변화에 대한 싸움과 적응” 프로그램의 지원을 받아 EU Polar cluster가 남극 관련 연구 프로젝트 추진

〈표 2-102〉 EU Polar cluster의 남극 프로젝트 목록

구분	주요 내용
EPICA	■ (프로젝트명) European project for ice coring in antarctica (남극 빙하 코어 탐색) ■ (추진 현황) 2019~2025년까지 Beyond EPICA 추진   ■ (파트너) 이탈리아 국립연구위원회 극지과학연구소(ISP-CNR), 독일 알프레드 베게너 연구소(AWI), 영국 남극조사, 프랑스 극지연구소(IPEV), 프랑스 국립과학연구센터(CNRS), 노르웨이 극지연구소(NPI) 등 ■ (목표) - 남극대륙의 암반에 연속적 빙하 코어 탐색으로, 빙하 주기가 40,000년에서 100,000년으로 변경된 중부 플리스토센(Pleistocene) 전환의 기후 역사를 다룸 - 700kyr보다 오래된 시간 간격에 걸쳐 첫 번째 고해상도 기후 레코드 파생 - 새로운 기후 기록을 사용하여 MPT 및 장기 탄소 주기 기후 피드백의 원인을 제약
SO-CHIC	■ (프로젝트명) Southern Ocean Carbon and Heat Impact on Climate (남극해양 탄소 및 기후에 미치는 열의 영향) ■ (추진 현황) 2019년 11월부터 4년간 지원 * 2018년 8월에 유럽연합의 Horizon 2020 연구 및 혁신 프로그램의 일환으로 LC-CLA-08-2018 "기후 과학의 지식 격차 해결"이라는 제안을 통해 SO-CHIC 프로젝트로 추진됨 ■ (예산) 7,989,925유로 ■ (파트너) 소르본 유니버시테(프랑스)가 공동 주최하고, 10개국(프랑스, 독일, 영국, 아일랜드, 스웨덴, 노르웨이, 스위스, 이탈리아, 네덜란드, 남아프리카 공화국)의 16개 파트너로 구성 * 독일 AWI, 영국 UKRI, 소르본 대학교, 유럽극지보드 등 ■ (목표) 관측 및 모델링 접근 방식을 사용하여 대기, 바다 및 해빙 사이의 교류를 제어하는 주요 프로세스에 대한 조사를 통해 남극해양의 열 및 탄소의 가변성을 이해하고 정량화 - 남극해의 열과 탄소 예산을 지속적으로 모니터링하기 위해, 공기-해빙 인터페이스에서 플럭스를 정량화하고 남극해의 열 및 탄소 저장의 연간 가변성을 추정 - 대기와 심해 사이의 열 및 탄소 교류의 공간 분포와 가변성에 대한 이해 제고를 위해, 해양 혼합층의 역학, 해빙 분포와의 관계 등을 평가 - 남극해 기후 시스템의 중요한 민감도 식별로, 해양 열 및 탄소 함량의 향후 예측 불확실성을 감소 - 모든 데이터에 대한 자유롭고 개방적인 접근이 가능하게 하고, 기후보고서(IPCC), 기후 서비스 및 기후모델 그룹에 미치는 영향을 극대화

구분	주요 내용
TiPACCs	■ (프로젝트명) Tipping Points in Antarctic Climate Components ■ (추진 현황) 2019년 8월~2023년 7월 * EU 호라이즌 2020 기금 프로젝트(820575호) ■ (예산) 460만 유로 ■ (파트너) 노르웨이, 영국, 독일 및 프랑스의 우수한 기후 연구원 5개 기관 구성 ■ (목표) 남극해와 남극 빙하의 티핑 포인트로 인해 남극 빙하가 글로벌 해수면에 기여하는 크고 갑작스럽게 가까운 미래의 변화의 가능성을 평가 - 남극 대륙 빙상을 추위에서 따뜻한 상태로 전환하는 데 필요한 표면의 변화를 결정하고 바다로 인한 빙붕 기저 용융의 변화를 정량화 - 남극 빙상 접지선의 안정성 체제와 빙붕 융해(빙상 티핑 포인트)에 관한 티핑 포인트의 존재를 결정 - 해양 상태가 추위에서 온난화로 전환되는 것이 접지선의 안정성 체제에 미치는 영향과 결과적으로 지구 해수면에 미치는 영향을 결정 - 남극 기후 구성 요소의 티핑 포인트에 대한 조기 경고 지표 목록을 제공하고 티핑 포인트의 프로세스와 영향에 대한 개선된 이해를 일반 공공, 정책 입안자 및 정부 패널에 전파

※ 출처: 각 프로젝트 홈페이지,
<https://www.beyondepica.eu/>, <http://www.sochic-h2020.eu/activities/>,
<https://www.polarcluster.eu/>

○ EU(유럽위원회)의 남극 연구 지원 프로젝트

- 유럽위원회로는 호라이즌 프로그램을 통해 남극 연구 프로젝트를 지원하고 있으며, 대부분 기후변화와 관련된 주제의 연구를 지원



〈표 2-103〉 EU의 남극 연구 지원 프로젝트 사례

프로젝트명	주요 내용
ANTSIE	■ (프로젝트명) ANTArctic Sea Ice Evolution from a novel biological archive (새로운 생물학적 아카이브에서 남극 해빙 진화) ■ (지원 프로그램) H2020-EU.1. ■ (예산) 1,999,928유로 ■ (지원기간) 2020~2025 ■ (주요 내용) 남극 해빙 제어 및 영향에 대한 새로운 이해 ∴ 남극 해빙 조건의 독특한 생물학적 아카이브를 활용하여 LGM 의 패턴과 특성에 대한 새로운 생태계 관점을 생성 ∴ 결과는 마지막 빙하 최대(LGM) 해빙 팩의 새로운 최첨단 시뮬레이션을 개발하고 평가 등 ■ (수행기관) UNIVERSITY OF DURHAM, UKRI
WAMSISE	■ (프로젝트명) West Antarctic Margin Signatures of Ice Sheet Evolution ■ (지원 프로그램) H2020-EU.1.3.2.-국경 간 및 부문 간 이동성을 통해 우수성을 육성 (빙상 진화의 서남극 시그니처) ■ (예산) 245,943유로 ■ (지원기간) 2018~2022 ■ (주요 내용) 주요 퇴적물 변화와 글로벌 의미를 제어하는 요인을 제시하고 명확히 하기 위해, 중간 미오센(Miocene)에서 서남극 대륙에 대한 빙상 진화의 기록 검토 ■ (수행기관) 웰링턴 빅토리아 데히(뉴질랜드)
COMPASS	■ (프로젝트명) Climate-relevant Ocean Measurements and Processes on the Antarctic continental Shelf and Slope ■ (지원 프로그램) H2020-EU.1.1. 우수 과학 - 유럽 연구 위원회 (ERC) ■ (예산) 3,499,269유로 ■ (지원기간) 2017~2014 ■ (주요 내용) 자율해양차량(글라이더)를 활용하여 기후에 중요한 남극 대륙붕과 경사면에서 프로세스를 관찰, 정량화 및 설명 ∴ 남극 대륙붕과 바다 사이의 경계를 표시하는 바다전선과 관련 전류 시스템 ∴ 남극 대륙붕의 바다, 대기 및 해빙 간의 상호작용 ∴ 빙붕 아래 열, 소금과 담수의 교환 등 ■ (수행기관) UNIVERSITY OF EAST ANGLIA
ACES	■ (프로젝트명) Antarctic Cyclones: Expression in Sea Ice ■ (지원 프로그램) H2020-EU.1.3.2. 국경 간 및 부문 간 이동성을 통해 우수성을 육성 ■ (예산) 224,933유로 ■ (지원기간) 2019~2022 ■ (주요 내용) 개별 사이클론의 역할과 서남극의 변화하는 기후에 미치는 순 효과 조사 ∴ 기계 학습 알고리즘으로 추적하여 사이클론의 물리학을 특성화함 ∴ 사이클론-빙붕-바다의 상호작용에 대한 물리적 이해 ■ (수행기관) UKRI
ANTICE	■ (프로젝트명) Antarctic Ice Sheet Response to Past Warmer than Present climates ■ (지원 프로그램) H2020-EU.1.3.2. ■ (예산) 259,398유로 ■ (지원기간) 2019~2022 ■ (주요 내용) 남극 빙상의 미래를 예측하기 위해 과거의 빙하 연구 ∴ 빙하의 지질학적 기록을 연구하여 해양 기반 동남극 빙하 손실의 프로세스, 동인 등 이해 ∴ 특히 마지막 빙하인 Holocene을 연구하고, 기후와 해양 조건의 범위에서 일어나는 두 개의 Pliocene 빙하 연구 ■ (수행기관) AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS(스페인)

※ 출처: <https://cordis.europa.eu/>



○ ESA 극지 과학 클러스터 프로젝트

- ESA의 극지 과학 클러스터 이니셔티브에는 극지방과 그로 인해 글로벌 영향에 미치는 극적인 변화와 관련된 주요 과학문제 및 사회적 문제를 다루는 광범위한 활동과 프로젝트 포함
 - 과학 및 사회적 문제를 해결하기 위해서 EO 위성 데이터, 현장 및 시민 관찰, 고급 모델링 기능, 학제 간 연구, 신기술의 시너지 효과 활용이 필수적이며, 이러한 과학기술에 대한 상당한 협력과 통합된 접근 방식이 필요함을 제시
 - ESA 극지 과학 클러스터는 상기 문제 해결에 기여하고, 네트워킹, 공동연구, 국제 협력을 촉진하는 것을 목표로 함
- 또한 ESA는 극지 과학에서 향후 5~10년 내에 해결되어야 하는 과제를 제시한 바 있으며, 특히 남극 관련해서 **남극 대륙의 기준 데이터 셋 확보, 가용성 및 접근성 확대, 남극 심해 시추 등 어려운 연구 지원** 등을 해결해야할 과제로 제시
 - 빙상의 진화와 질량 균형을 추정하기 위해 남극 대륙의 기본 기준 데이터 셋에 대한 공백구간 존재, 이에 따라 빙상의 기본 지구 물리학과 지구역학에 대한 이해, 이미 존재하는 국가과학 및 현장 기지를 활용하여 남극 대륙 프로젝트 구현 필요
 - 남극 지역의 현장 데이터에 대한 가용성 및 접근 부족
 - 남극 대륙의 심해 시추 프로젝트와 같이 우주에서 확실히 할 수 없는 프로젝트에 자금 지원 필요



〈표 2-104〉 ESA의 남극 연구 프로젝트 최근 지원 사례

프로젝트명	주요 내용
4D남극 (4DANTARCTIC)	■ (목표) 남극 빙하의 수프라와 빙하 이하 수문학, 진화, 그리고 광범위한 빙상과 해양 시스템 내에서의 역할에 대한 이해를 증진 :: 지구 관측 데이터 세트 및 최첨단 빙상 및 수문학 모델로 구성된 전례없는 데이터 집합을 만들고 통합 :: 전자기 방사선, 빙상 및 액체 간의 물리적 상호 작용에 대한 이해 개선 :: 숫자 모델링과 함께 위성 관측에서 표면 및 기초 융해를 감지하는 기술과 알고리즘 개발 :: 지역 현장과 대륙 빙상 전반에 걸쳐 이러한 새로운 기술을 적용하여 수(水)역학을 모니터링하고 새로운 수문학 데이터 세트를 도출 :: 남극 빙상 수문학에 대한 과학적 평가 수행과 대륙이 겪고 있는 현재의 변화에 대한 역할 :: 남극의 수문학적 주기에 대한 향상된 관찰을 위한 향후 로드맵 제안 ■ (방법) 동 프로젝트는 광범위한 지구 관측 임무(예: 센티넬-1, 센티넬-2, SMOS, CryoSat-2, GOCE, TanDEM-X, AMSR2, Landsat, Icesat-2)를 빙상 및 수문학적 모델과 결합하여 사용
CryoSat+ Antarctic Ocean *CryoSat-2 for enhanced sea-ice thickness and ocean observations in Antarctica	■ (목표) ESA의 CryoSat-2 지상 세그먼트 프로세서에서 구현될 수 있는 새로운 접근 방식과 알고리즘을 개발하여 공중 및 현장 측정의 포괄적인 데이터 집합에 대해 검증된 최첨단 해빙 및 해양 제품을 생산하고, 남극 기후 시스템과 해양 순환에 대한 과학적 진전을 이루는 것 ■ (방법) 남극 해빙에서 해표면 높이와 해빙 두께 검색에 대한 여러 접근법을 개발, 상호 비교 및 검증, 개발한 알고리즘 구현 및 유용성 평가 등
GOCE+ ANTARCTICA	■ (목표) 암반 지형의 불확실성을 줄이고, 파생 된 정보를 기반으로 GIA 모델링에 미치는 영향을 연구 ■ (방법) 높은 공간 해상도와 정확도로 빙상의 접지 부분의 암반 지형을 결정할 수 있는 잠재력을 조사, 지구 물리학 데이터 및 정보 - 상부 맨틀의 열 구조 또는 조성, 그리고 이에 의해 지각과 상부 맨틀을 연결하는 결정 등
Polar+ Ice Shelf	■ (목표) 지난 10년 동안 남극대륙의 빙붕이 어떻게 변했는지를 특성화하고 이러한 데이터 세트를 활용하여 진화를 이끄는 물리적 프로세스를 조사하기 위한 지구 관측 데이터 세트 제품군을 생성 ■ (방법) SMOS, S-1, S-2, 및 CryoSat-2 데이터를 처리한 스왑 모드를 포함한 ESA 위성 관측의 25년 기록을 활용하여 시간적 커버리지를 확장하고, 남극 빙붕을 연구할 수 있는 공간 해상도를 향상시키는 빙붕 변경에 대한 포괄적인 기록을 제공

※ 출처: <https://eo4society.esa.int/projects/?tags=polar>

아. 국가 간 비교분석

구분	미국	영국	독일	일본	중국	러시아	EU
담당부처	국립과학재단(NSF) 내 극지연구실(OPP)	국가자연환경연구위원회(NERC) 산하 영국남극조사원(BAS)	연방교육연구부(B MBF)	문부과학성(MEXT)	국가해양국(SOA) 내 극지 연구국(CAA)	수문기상환경청(Ro shydromet)	
연구기관 현황	NSF 및 기타 미국 연방기관(NASA, NOAA, USGS, NIST 등)	영국남극조사원(B AS), 스코 극지연구소(SPRI)	헬름홀츠연구회 소속 알프레드 베게너 극지해양 연구소(AWI)	극지연구소(NIPR)	극지연구소(PRIC) 포함 중국남극연구단(C HINARE)	극지연구소(AARI)	
주요 정책방향	■ “남극 및 남극해 연구에 대한 NSF 투자를 위한 전략적 비전(‘15~’25)” * A strategic vision for NSF investments in antarctic and southern ocean research ■ 10년 단위의 남극 연구 투자우선순위 및 전략 기반 연구 추진 ■ 인프라적 역량 강화 추진 ■ 기지 현대화 및 신규 채빙선 건조,	■ “지구를 위한 극지과학(‘09~)” * Polar Science for Planet Earth (PSPE) ■ 전지구적시스템차원에서의 극지과학 전략 프로그램 수립 및 운영 ■ “남극에서의 영국 과학(‘14~’20)” * UK Science in Antarctica ■ 남극 과학 분야 선도를 위해 투자가 필요한 주요 분야 기반 연구 추진 ■ 국제사회에서	■ “지속가능성을 위한 연안, 해양, 극지 연구” * MARE:N - Coastal, Marine, and Polar Research for Sustainability ■ 지속가능한 개발을 위한 연구 정책과 의사 결정에 필요한 정보 제공을 위한 극지 연구 추진 ■ “변화하는 지구-우리의 미래 지속(‘21~’27)” * Changing Earth - Sustaining	■ “과학기술·혁신기 본계획(‘21~’25)” ■ 기후변화 등 글로벌 과제 대응 위한 정책방향 수립 ■ “제 10기 남극지역관측 6개년 계획” ■ 해수면 변화 예측, 남극 빙상 변화, 기후변화, 태양활동의 영향 분석을 주요 연구과제로 추진 ■ “제 62차 남극지역 관측 실시계획” ■ ‘남극에서 다가오는	■ “국민경제와 사회발전을 위한 14차 5개년계획(‘21-’25) 및 2035년 장기목표” ■ 과학기술 자주혁신을 주요 내용으로 하는 혁신주도 성장을 핵심과제로 추진 ■ 전략적 과학기술 분야의 하나로 극지 탐사 지원 ■ 인프라 역량 강화 및 글로벌 거버넌스 적극 참여 추진	■ “남극연구활동계획(‘18-’22) ■ 남극 내 러시아 존재 유지 및 발전 목표 ■ 국제남극공동체 내 선도적 위치 제공 위한 연구 수행 목표 제시 ■ 인프라 역량 확충 계획 ■ 신규 채빙선 건조, 기지 신설 및 현대화 계획	■ EU Polar Cluster 구성 및 남극 프로젝트 추진 ■ 효율적인 협력 연구 추진 프레임워크 개발 및 활용 ■ EU-PolarNet2 구성 및 통합유럽극지연구 프로그램 추진 ■ 연구활동 공동개발 및 정책결정에 조언 제공하는 지속 가능하고 포괄적인 플랫폼 구축 목표 “통합 유럽 극지

제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

구분	미국	영국	독일	일본	중국	러시아	EU
	기지 건설 계획 ■ 남극 연구프로그램(US AP)을 통한 연구 지원 ■ 해수면 상승의 크기와 속도, 남극생명의 적응과 진화, 우주의 기원 규명을 3대 전략적 우선순위로 추진	남극 대륙 및 남극해 환경 변화 조사 및 모니터링 주도 ■ 남극환경과 생태계보호에 높은 우선순위 부여	our Future ■ 기후변화, 환경오염 등 위기 대응 위한 7개년 프로젝트 수립 및 진행	지구시스템 변동'이라는 메인 테마 하에 중점연구관측 수행			연구 프로그램” 제시 * Integrated European Polar Research Programme
연구동향	■ 남극을 관측 플랫폼으로 한 우주 관련 연구 ■ 생물학적 및 환경 과학의 근본적인 문제 해결을 위한 학제 간 연구 ■ 남극대륙의 역사 및 형성과정 이해를 위한 연구 ■ 기후, 환경 변화에 따른 영향 분석 및 피드백 연구 강조	■ 기후변화 관련 연구 중점 수행 ■ 기후변화에 따른 환경변화 분석(빙하, 빙붕, 해양 탄소 순환 등) ■ 환경 모니터링 및 종 생태계 보존 연구 강조 ■ 그 외 우주 기상, 인문학적 연구 추진	■ 기후변화 환경에서의 해양과 빙권, 극지 생물 등 중점 연구 ■ 예측 향상을 위한 근본적 프로세스 이해 및 모델 개발 연구 ■ 기후변화에 따른 환경변화 분석 ■ 자원 활용 기술 개발 연구	■ 5개 주요 주제별 연구 수행 ■ 우주 기상 및 근본적인 이해를 위한 연구 ■ 기후변화에 따른 극지 시스템 및 환경 요인별 상호 작용 분석 연구 ■ 지구의 진화 및 역사 이해에 관한 연구 ■ 극한환경에서의 생물체 적응 및 환경변화에 대한 민감성 분석 연구 ■ 극지 연구 및 물류 활동 관련 기술적 과제 해결 연구	■ 남극 관련 법률 제정 연구 강화 ■ 기후변화에 따른 환경요인 변화 분석 ■ 온난화에 따른 빙상 안정성, 해수면, 해류 순환 변화 분석 ■ 생태계에 미치는 영향 분석 ■ 생물자원 개발 및 활용 연구	■ 해양, 지구물리, 기상, 해양-대기 상호작용, 해빙 등 다양한 분야 연구 수행	■ 주로 남극지역에서의 기후변화 현상 및 영향 분석 연구를 중점적으로 수행



4. 국내 정책 동향

가. 법령체계 동향

▣ 남극활동 및 환경보호에 관한 법률의 개정

- (제정이유) 환경보호에 관한 남극조약의정서에서 부과한 의무에 따라 우리나라의 남극환경 보호체제에 대한 적극적인 참여를 도모하고, 남극 환경을 보호하며, 남극관련 과학기술연구 등 우리나라의 남극활동을 촉진하기 위함
 - 남극에 관한 연구 활동의 진흥을 위한 5년 단위의 남극연구활동진흥기본계획을 수립 및 남극환경 보호 활동 근거로 활용
- (최근 개정 사항 및 이유) 보다 내실 있고 실효적인 남극연구활동진흥기본계획 및 시행계획 수립을 위해 추진실적의 점검·평가 결과를 기본계획 및 시행계획 수립에 반영하는 명시적인 규정을 추가함
 - (제 21조 제 4항) - 추진실적의 점검·평가 결과를 남극연구활동진흥기본계획 및 시행계획 수립 시 반영하도록 함
 - (제 21조의 2) - 남극에 관한 연구 활동 등에 대한 실태조사 및 자료 제출 요청의 근거규정을 마련

▣ 극지활동진흥법 시행

- (제정이유) 지구온난화 등 기후변화로 극지의 지속가능성 문제가 대두되고 자원고갈 등으로 극지 환경 및 자원의 관리·보전·개발·이용의 필요성이 점차 커지는 추세에 맞추어, 극지활동을 체계적으로 육성·지원함으로써 국가경제의 발전과 국민 삶의 질 향상을 도모하고 국제사회에서 인류 공통의 문제 해결에 이바지할 수 있는 법적 기반을 마련하기 위함
 - 5년 단위의 ‘극지활동 기본계획’ 등 극지활동을 육성하고 효과적으로 지원하기 위한 전략 수립, 극지연구 및 지원 전문 인력을 양성하고 활용하기 위한 시책 마련 근거로 활용
- (주요내용) 과학기지, 쉼터 등 극지활동에 필요한 기반시설 설치·확보, 항로 개척 등 북극에서의 경제활동 진흥, 극지활동 관련 정보를 체계적으로 관리하기 위한 통합정보시스템 구축·운영 등 극지의 지속가능한 발전과 이용에 관한 사항이 종합적으로 담겨 있음



나. 과학기술 분야 주요 정책동향

▣ 제 4차 과학기술기본계획

- 동 정책은 과학기술기본법의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 과학기술발전에 관한 중·장기 정책목표와 방향을 설정하고 이를 반영하여 수립하는 법정 계획
- **(목적)** 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 함
- 중·장기 정책목표와 방향에 따라 각 부처 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획으로써, 과기정통부 주도로 매 5년마다 수립하고 있음



※ 출처: 제4차 과학기술기본계획(2018~2022), 과기정통부

〈 제 4차 과학기술기본계획 비전-전략 체계도 〉



- 최근 계획인 제 4차 과학기술기본계획에서(2018~2022)는 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여한다는 비전하에 4대 추진 전략 및 19개 중점 추진과제 제시
- **(비전)** 과학기술을 통해 지구 온난화, 환경오염 심화, 고령화 등 미래 사회의 새로운 인류사회 문제를 해결하고 지속가능한 발전과 삶의 질 향상을 이끌어 인류사회 발전에 기여하고자 하는 비전 제시
- **(미래상)** 빠른 기술혁신과 미래사회 변화에 대응하여 과학기술 자체를 선도형으로 혁신하고, 과학기술이 경제·사회 발전의 원동력이 될 수 있도록 국가혁신시스템의 역량을 획기적으로 강화하며, 과학기술이 삶의 질 향상에 대한 국민의 요구에 적극 대응하고, 과학기술인의 자율성과 창의성, 연구에 대한 열정과 노력이 존중받는 사회 구현을 통한 4가지 미래상 제시

〈표 2-106〉 제 4차 과학기술기본계획 내 4가지 미래상

과학기술이 꿈꾸는 미래세상

- ① 혁신적 산업과 일자리가 넘쳐나는 풍요로운 세상
- ② 생활의 편의성이 획기적으로 개선된 편리한 세상
- ③ 건강한 삶이 보장되고 안전·안보 걱정이 없는 행복한 세상
- ④ 경제발전과 환경보전의 선순환이 이루어지는 자연과 함께하는 세상

- **(주체별 미래상)** 과학기술이 꿈꾸는 세상 속 주체별(연구자, 기업, 국민, 혁신생태계) 미래모습과 실현을 위한 방안이 제시되었으며, 직접적인 관련은 없지만 기초연구에 해당하는 남극 연구 계획 수립을 위해 ‘자유로운 연구 환경에서 혁신적인 성과를 창출하는 연구자’ 미래상 관련 방안을 참고할 필요가 있음
 - 연구자들이 진리와 지식 탐구에 몰두하여 세계를 선도하는 독창적인 연구 성과를 창출하기 위한 창의적·도전적 기초연구에 대한 투자 강화 및 신진연구자들의 안정적인 연구 수행 지원
 - 불필요한 행정부담 감소 및 R&D 주관부처와 관계없이 단일화된 법·제도·시스템 하에서의 연구 수행을 통한 연구몰입 환경 조성
 - 미래지향적 원천연구를 도전적으로 수행할 수 있는 환경 조성 및 혁신 주도를 통한 세계 수준의 연구기관 도약
- **(정책방향)** 미래비전 실현을 위하여 단기성과·목표 중심에서 파괴적 혁신을 일으키는 R&D로의 전환, 유기적인 협력을 통한 활발한 혁신생태계 조성, 신산업 및 일자리 창출 가속화, 경제성장 중심에서 삶의 질과 글로벌 이슈해결 기여 확대로의 목표 전환 4가지 과학기술정책방향 제시
 - 연구자들의 자율성과 창의성, 도전성을 증진시켜 파괴적 혁신을 일으킬 수 있는 창의·선도형 R&D 체계로 전환 및 4차 산업혁명을 선도할 융합형 인재 육성 및 신진연구자 적극 발굴·지원



- 민간 R&D 개방성 확보, 산·학·연 간 유기적 협력체계 구축 등 국가 R&D 시스템 개방성 확대에 성장한계 돌파
- 과학기술이 혁신성장의 동력으로서 주도적 역할을 할 수 있도록 투자 포트폴리오와 혁신생태계 정비 및 R&D를 통한 미래 유망산업 육성 위한 R&D의 전략성과 혁신 유인체계 강화
- 질병, 환경, 기후변화, 자원부족 등 전 인류적 난제해결에 주도적 역할을 함으로써 국가 위상 제고

- **(전략 및 추진과제)** 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여한다는 비전 달성을 위한 4대 추진 전략 및 19개의 중점 추진과제가 제시되었으며, 직접적으로 남극 연구와 관련된 내용은 부재하나 남극 연구가 포함되는 기초연구 관련 내용, 산·학·연 및 국제 협력 네트워크 관련 내용은 기본계획 수립에 참고할 필요가 있음

- (전략1) 파괴적 혁신을 이끌어낼 창의적이고 도전적인 연구 수행 지원체계 및 관리제도 혁신을 통한 과학기술역량 확충 제시하고 전략 추진 방안으로 5가지 추진과제를 제시

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 기초연구 지원 강화, 연구자 주도의 자유 공모형 연구 지원 확대 등을 통해 과학적 지식탐구 및 창의·도전적 연구를 진흥시키고자 함
- 연구자가 10년 이상의 장기연구를 안정적으로 수행할 수 있도록 하는 지원체계 구축, 출연(연)의 전문성 강화, 행정업무 간소화 등을 통해 연구자 중심의 연구몰입환경을 조성하고자 함
- 과학기술인력 육성을 위한 종합적인 지원 인프라 구축 등을 통해 창의·융합형 인재를 양성하는데 힘쓰고자 함
- 글로벌 아젠다 해결 선도를 위해 국제공동프로그램에 참여를 확대하고, 인류공동문제 해결에 기여하기 위한 공동연구를 추진하는 등의 국제 협력 네트워크 구축 강화를 통해 과학기술 외교의 전략성을 강화시키고자 함

- (전략2) 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성을 제시하고 전략 추진 방안으로 5가지 추진과제를 제시

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 산·학·연 주체 및 분야 간 협력·융합을 활성화하기 위한 기반을 구축하고 공동연구 촉진을 위한 연구 데이터 수집·공유 플랫폼을 구축하고자 함

- (전략3) 과학기술이 성장 동력과 신산업 창출을 통해 양질의 일자리를 창출하는 선순환 생태계 조성을 제시하고 전략 추진 방안으로 5가지 추진과제를 제시
- (전략4) 과학기술로 재난, 안전, 환경 등 국민 생활과 밀접한 문제 해결에 기여함으로써 모두가 행복한 삶을 구현하는 것을 제시하고 추진 방안으로 4가지 추진 과제를 제시

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 기후변화 예측 및 국가적 대응역량 제고를 통해 쾌적하고 편안한 생활환경 조성에 기여하고자 함



▣ 제 4차 기초연구진흥종합계획

- 동 정책은 기초과학연구 진흥법에 따라 대한민국 기초연구 진흥을 위한 범정부 차원의 중·장기 지원 방향 및 목표를 제시하는 종합 계획
 - **(목적)** 기초과학연구를 효율적으로 지원·육성하여 창조적 연구 역량을 축적하고 우수한 과학·기술인력 양성능력을 배양함으로써 과학문화 창달과 신기술창출에 이바지함을 목적으로 함
 - 과학기술기본계획의 기초연구 관련 내용을 반영하여 기초연구 진흥에 관한 중·장기 정책목표 및 방향을 설정하고 이를 달성하기 위한 중점추진과제를 제시하는 계획으로써, 정부 주도로 매 5년마다 수립하고 있음
- 최근 계획인 제 4차 기초연구진흥종합계획에서(2018~2022)는 투자와 성과 측면의 추진 목표를 기반으로 4가지 주요 전략 및 18개 주요 추진 과제 제시
 - **(추진 목표)** 연구자 주도의 기초연구비 확대 등을 통해 연구자의 창의·도전성을 극대화시키는 방향으로 투자를 확대한다는 투자 목표와 세계적 수준의 기초분야 연구성과를 창출하고 미래 과학기술계를 이끌 차세대 R&D 인력을 양성한다는 성과 목표 수립
 - **(추진 전략)** 투자, 지원, 효과, 제도적 측면의 4가지 추진 전략 및 18개의 추진 과제가 제시되었으며, 주로 남극 연구를 포함하는 기초연구에 관련된 전반적인 내용 및 연구 환경, 체계에 관한 내용으로 4차 기본계획 수립에 참고할 필요가 있음
 - 연구자 중심의 기초연구 혁신을 위해 개인연구자를 위한 자유공모연구 지원을 확대하고 분야별 특성을 반영한 연구 설계(연구비, 연구기간 등)가 가능하도록 맞춤형 정책을 지원하고자 함
 - 우수 연구 성과 창출을 위해 젊은 유망 연구자들의 연구 지원 및 기초연구 저변을 확대하고, 효과적인 미래 이슈 대응을 위한 연구 집단의 체계적 육성을 통한 전주기 기초연구 지원 체계를 구축하고자 함
 - 양적·결과중심의 과제 평가에서 독창성 등 질적 평가로 전환하고, 제도 개선을 통해 연구 행정을 최소화함으로써 자율과 책임에 기반한 연구 몰입 환경을 조성하고자 함
 - 효율성 극대화를 위해 연구데이터 개방을 통한 활용 가치를 증대시키고, 연구시설장비의 효율적 구축, 공동 활용체계 정착 및 국제협력 증진을 통해 국민이 체감하는 기초연구 생태계를 조성하고자 함



〈표 2-107〉 제 4차 기초연구진흥종합계획 추진 전략 및 과제

추진 전략	추진 과제
[투자] 연구자 중심으로 기초연구 혁신	■ 연구자 주도 기초연구 지원 확대 ■ 연구자 수요를 반영한 지원 개편 ■ 정부 R&D 기초단계 연구 지원 강화 ■ 기초연구 종합 조정체계 개선
[지원] 전주기 기초연구 지원 체계 구축	■ 젊은 연구자의 조기 연구정착 지원 ■ 수월성과 다양성을 고려한 연구 지원 확대 ■ 생애기본연구비 지원 ■ 대학의 연구 역량 강화 기반 조성 ■ 세계적 선도 기초연구기관 육성
[효과] 국민이 체감하는 기초연구 생태계 조성	■ 연구정보 공유체계 강화 ■ 우수성과 발굴·확산 강화 ■ 연구 장비·시설의 활용성 강화 ■ 국제 협력 강화 ■ 기초연구 사회적 역할 강화
[제도] 자율과 책임에 기반한 연구 몰입 환경 조성	■ 연구수행의 유연성 강화 ■ 연구과제 평가제도 혁신 ■ 연구 행정 개선 ■ 성숙한 기초연구 문화 조성

과학기술 미래전략 2045

- 동 정책은 10년 단위로 과학기술을 기반으로 하여 수립되었던 미래전략*을 발전적으로 계승하여 2045년 대한민국의 미래 모습을 실현해나가기 위한 과학기술의 중장기 정책목표와 방향성을 제시하기 위해 수립

* 1999년 「2025 과학기술발전 장기비전」, 2010년 「2045 과학기술 미래비전」 등

- **(목적)** 과학기술기본계획, 국가R&D 중장기 투자전략 등 5년 단위의 중·단기 전략·계획 수립 시 기본 지침서로 활용함으로써, 전략의 실효성 및 실행력을 확보하고자 수립됨

대한민국 과학기술 미래전략 2045

비전 국민 삶과 경제성장의 질을 높이고 인류사회에 기여하는 과학기술



비전과 미래상 실현을 위해 해결해야 하는 과학기술 도전과제

기후변화, 재난재해, 감염병 등 인류의 생존을 위협하는 요인에 대처	환경오염 대응을 통한 문명의 지속가능성 확보
차세대 바이오·의료 기술을 통한 건강한 삶 실현	인간의 신체적·지적 능력 보완 및 확장
자원 고갈에 대비한 농어업·제조업·에너지 혁신	우주 생활권 및 안전하고 편리한 이동 실현
다양한 소통방식과 신뢰할 수 있는 네트워크 확보	새로운 삶의 영역을 확보하기 위한 미지의 공간 개척
도전과제 해결의 토대가 되는 창의적 지식 탐구: 기초과학의 거대질문(Big Questions)	

과학기술 도전과제 해결을 위해 추구해야 하는 과학기술 정책방향

미래 변화에도 지적 역량이 확보되고 발휘되는 인재정책	도전적이고 창의적으로 지식을 창출하는 국가연구개발체계
신성장동력을 키우고 기존 성장동력을 다지는 산업기술개발	사회문제를 해결하고 삶의 질을 제고하는 공공연구개발
산학연 주도로 혁신의 중심지가 되는 지역	국경 없는 글로벌 과학기술혁신체계
과학기술과 국가정책 간 연계를 강화하는 과학지향 국가	미래전망과 국가정책 간 연계를 강화하는 미래지향 국가

※ 출처: 대한민국 과학기술 미래전략 2045(2020), 과학기술정보통신부

〈 과학기술 미래전략 2045 비전 및 과제 〉

- 동 정책에서는 국민 삶과 경제성장의 질을 높이고 인류사회에 기여하는 과학기술이라는 비전을 수립하고, 실현을 위한 8대 도전 과제를 제시
 - **(미래상)** 안전하고 건강한 사회, 풍요롭고 편리한 사회, 공정하고 차별 없는 소통·신회 사회 및 인류사회에 기여하는 대한민국이라는 미래상을 수립하고, 실현을 위해 미래에 직면하게 될 8대 주요 도전과제를 선정하고 해결의 기반이 되는 국가의 과학기술 혁신역량을 지속적으로 확충해나가기 위한 중·장기적 관점에서의 정책방향을 제시



- **(8대 도전과제)** 선정된 8대 주요 도전과제 중 ‘기후변화, 재난재해, 감염병 등 인류의 생존을 위협하는 다양한 외부요인들에 대처’ 과제에서 제시하고 있는 전 지구적인 문제인 기후변화 대응 관련 내용 및 ‘새로운 삶의 영역을 확보하기 위한 미지의 공간 개척’ 과제에서 제시하고 있는 극지 탐사와 관련된 내용은 4차 기본계획 수립에 참고해야 함

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 기후변화, 재난재해, 감염병 등 인류의 생존을 위협하는 다양한 외부요인들에 대처
 - 전 지구적 위기인 기후변화에 대응하여, 고효율 친환경 에너지와 탄소 포집·저장·자원화로 온난화 속도를 늦추고, 인공강우, 태풍의 진로변경 등 혁신적인 기상조절 기술 및 기상기후에 대한 초정밀도 예측 모델 등 개발
- 우주·심해·극지 등 미지의 공간을 개척하여 희귀자원을 채취하고 탐사·연구를 수행하며 장기적으로 생활영역으로까지 확장
 - 재사용 우주 발사체, 극지연구용 쇄빙선, 심해 유인잠수정 등의 개발을 통해 우주·심해·극지 등을 탐사·개척하고, 희귀자원 채취 및 극한 환경에서의 다양한 기초·원천연구 진행
 - 장기적으로는 극한환경 생존기술, 우주·해저도시 건설, 우주생산 및 농업 기술 등을 통해 미지의 영역을 삶의 공간으로까지 확장

- **(정책방향)** 국내 과학기술 생태계 요소의 양적 확충보다는 각 요소를 질적으로 개선하고 지역, 글로벌까지 전선을 넓혀 요소 간 연계를 강화하는데 초점을 맞춘 8대 정책방향을 제시하고 있으며, 4차 계획 수립에 참고할만한 관련 내용으로는 세계적 성과 창출을 위한 공공(연)의 명확한 임무 설계, 글로벌 과학기술 강국으로의 도약을 위한 글로벌 의제 발굴 등이 있음

〈표 2-108〉 8대 도전과제 해결의 기반이 되는 8대 정책방향

**과학기술 도전과제 해결의 기반이 되는
과학기술 정책방향**

- 인재 규모 확보에서 개인역량 발휘 지원으로
- 추격을 위한 연구에서 도전과 창의적 연구로
- 정부와 기업이 팀이 되어 미래 시장을 창출
- 모두가 혜택을 받는 사회문제 해결형 연구로
- 혁신의 허브로서 선진국 수준의 지역 경쟁력 확보
- 세계의 중심이 되는 글로벌 과학기술 강국
- 과학기술을 국정운영의 기본원리로
- 미래를 탐색하고, 선제적으로 대응하는 대한민국



*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- (연구자) 추격을 위한 연구에서 도전과 창의적 연구로 전환
 - 기술적 한계에 도전하는 연구 강화 및 다양한 연구자 간 교류와 협업 활성화를 통해 창의성을 발휘할 수 있는 환경을 조성하고자 함
 - 공공(연)은 국가적 도전과제에 대한 명확한 임무를 설정하고 공동연구단, 연구기관 간 횡단적 융합연구를 활성화하여 임무해결역량을 극대화하며, 대학은 연구실 단위가 아닌 정책연구소 수준의 대학연구소를 육성하여 장기간 한 분야에 몰입하고 세계적 성과를 창출할 수 있도록 함
- (글로벌) 세계의 중심이 되는 글로벌 과학기술 강국으로의 도약
 - ITER, CERN 등 세계 정상급 연구그룹과 전략적 국제공동연구 추진, 국내기관 해외 진출 및 국외연구자, 연구기관 및 다국적 기업의 유치 지원 등을 통해 국내 연구개발 생태계의 외연을 글로벌로 확장하고자 함
 - 지속가능성 이슈, 데이터 교류·활용 등 글로벌 의제 가운데 우리가 주도하는 의제 발굴 및 남북 과학기술 교류·협력, 한중일 공동연구 협력체계 추진 등 주변국과의 전략적 협력을 통해 미래 동북아 과학기술 중심국가로 도약하고자 함
- (미래지향국가) 미래를 탐색하고 선제 대응하는 대한민국
 - 사회 모든 분야에서 수집된 데이터는 플랫폼을 통해 연계·공유하며, 데이터에 기반하여 향후 국가적인 차원에서 주목해야 할 메가트렌드, X-이벤트 등 기회와 리스크 요인들을 주기적으로 탐색하고자 함
 - 사후적인 현안해결이 아닌 선제적인 미래 대응형으로 국가 위기대응체계를 구축하고, 상시 과학기술 미래전략기구를 통해 미래전망 및 방향성 제시, 국가 차원의 장기 미래전략 수립 역할을 수행하고자 함

다. 남극연구 분야 주요 정책동향

▣ 제 3차 해양수산발전 기본계획

- 동 정책은 해양수산발전기본법의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 해양수산자원의 합리적인 관리·보전, 개발·이용 및 해양수산업의 육성에 관한 중·장기 정책목표 및 방향을 설정하고 이를 반영하여 수립하는 법정 계획으로써, 해양수산부 주도 하에 10년 단위로 수립
- **(목적)** 해양 및 해양수산자원의 합리적인 관리·보전, 개발·이용 및 해양수산업의 육성을 위한 정부의 기본정책 및 방향을 정함으로써 국가경제의 발전과 국민복지의 향상에 이바지함을 목적으로 함
- 최상위 해양수산계획으로 다른 법령에 따라 수립되는 해양, 수산, 해운, 항만 각 분야별 해양수산 계획에 우선하여 그 기본이 됨으로, 모든 해양수산 분야 국가계획은 해양수산발전기본계획의 틀 안에서 수립되어야 함



※ 출처: 제 3차 해양수산발전기본계획(2021-2030), 해양수산부

〈 제 3차 해양수산발전기본계획 비전-전략 체계도 〉



○ 최근 계획인 제 3차 해양수산발전기본계획에서(2021~2030)는 전환의 시대, 생명의 바다 풍요로운 미래라는 비전을 수립하고 3대 목표에 따른 6대 추진전략을 제시

- **(목표)** 안전하고 행복한 포용의 바다, 디지털과 혁신이 이끄는 성장의 바다, 세대와 세계를 아우르는 상생의 바다 3가지 목표를 제시하였으며, 4차 기본계획 수립에 참고할만 한 내용으로는 세부적으로 제시된 내용 중 남극연구에 활용되는 인프라 관련 내용 및 주요 이슈로 대두되고 있는 해양환경보호 내용이 있음
 - 자율운항선박, 스마트 항만, 차세대 해상교통통신 등 신기술을 해운·항만 산업에 적극 도입
 - 해양바이오, 첨단 해양장비, 해양에너지 등 해양 신산업을 적극 육성하여 해운·항만에 치중된 해양수산업 구조개선
 - 불법어획·남획 예방과 더불어 해양보호구역의 실효성도 제고하여 수산자원 회복 및 해양생태계 보존
 - 국제 해양수산 논의에 주도적으로 참여하여 해양모범국가로의 위상 제고
- **(추진 방향)** 6대 추진전략 하에 18대 정책목표, 50대 정책과제로 구성되어 있으며, 추진전략 중 하나인 국제협력을 선도하는 해양강국에서 기후변화 및 극지관련 내용을 제시하고 있음
 - 국제협력을 선도하는 해양강국으로의 도약을 위한 국제 기후협력 체계 및 IMO*, ReCAAP** 등 국제해양기구 적극 참여 및 선도적 대응

* IMO: International Maritime Organization

** ReCAAP: The Regional Cooperation Agreement on Combating Piracy and Armed Robbery against Ships in Asia

- K-해양수산으로 국제사회 상생 견인 목표 달성을 위한 기후변화 대응 글로벌 협력체계 강화, 해양생물다양성 보전 의제에 주도적 대응 등이 제시
- 굳건한 해양안보로 해양영토 수호를 위해 해양영토 주권·주권적 권리 행사를 강화하는 방안으로 지속가능한 극지개발 추진 제시



*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- K-해양수산으로 국제사회 상생 견인 목표 달성을 위한 기후변화 대응 글로벌 협력 체계 강화 방안
 - 불법어업 근절 및 이행 증진을 위한 규범 수립 선도 등을 통한 국제 어업관리 및 수산규범 수립 주도권 확보
 - Post 2020 신 기후체제 출범에 대비하여 유엔 기후변화협약 및 파리협정의 협상 대응, 국내이행체계 점검·개선, 해양환경 종합계획 등을 국가계획에 반영
 - UNFCCC COP, IPCC, UNEP 지역해 프로그램, IMO, CBD, World Bank 등 해양기후변화 관련 국제협약 및 기구의 통합적 대응을 위해 ‘(가칭)해양기후센터’의 설치·운영
 - 기후변화로 인한 연안재해·해수면·해수온 상승, 산성화 등 해양환경 및 해양생태계에 미치는 영향과 질병·감염병 발생률 상승 등 인간의 삶에 미치는 영향 등을 분석
 - 공해 등에서의 해양생물다양성 보전 의제에 주도적으로 대응
- 굳건한 해양안보로 해양영토 수호를 위한 해양영토 주권·주권적 권리 행사 강화 방안으로써 지속가능한 극지 개발 추진
 - 북극권 환경변화(고온현상)에 대한 지속적인 모니터링 및 정보수집, 해빙-해양-생태계 상호작용 연구, 디지털 트윈 기술 등을 활용한 미래 모델링을 통해 기후예측시스템 구축
 - 북극해 기후변화에 따른 생물다양성과 생태계 상호관계 분석을 통한 생태계 보전 방안 도출, 북극 고기후 복원기술 개발 등 과학적 대응방안 연구 강화
 - 남극 장보고과학기지, 세종과학기지 및 남극내륙 개발을 위한 내륙루트(K-Route)를 개척해 남극대륙에 특성화된 연구를 실시하고 극지과학기술 발전 및 세계적 경쟁력 확보
 - 우리나라 내 극지환경을 구현한 극지환경 재현 실용화 센터 건립, 극지활동진흥법 제정 등을 통해 극지에 대한 극지 과학연구 및 산업 육성 등에 대한 정책 지원 강화
 - 극지를 통한 미래자원 산업화 촉진 및 차세대 친환경 선박연구선 등 첨단기술의 극지 적용확대를 통해 극지의 개발 및 이용에 지속가능성 확보
 - 극지에서의 해상재난 예방 및 대응, 항만건설, 자원개발, 환경보전, 해양조사 등 분야에 4차 산업기술을 활용한 새로운 사업기회 발굴 및 기업지원

제 1차 해양수산과학기술육성 기본계획

- 동 정책은 해양수산과학기술 육성법에 근거하여 해양수산과학기술 육성 정책의 비전·목표를 제시하고 이에 따른 전략과제를 도출하기 위해 수립되는 법정 계획
 - **(목적)** 해양수산과학기술의 발전 기반을 조성하고 체계적인 육성 방안을 마련함으로써 해양수산 관련 산업의 건실한 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 함
 - 해양수산 분야 과학기술 정책의 최상위 계획으로, 과학기술기본계획과 연계하여 수립되며 해양수산부 주도 하에 5년 단위로 수립 및 시행됨
 - 해양수산과학기술 연구개발 및 산업육성, 인력양성 등 해양수산분야 과학기술 육성 정책의 전반을 포괄한 종합적인 실천전략을 제시함



○ 최근 계획인 제 1차 해양수산과학기술육성 기본계획에서(2018~2022)는 풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성이라는 비전을 수립하고, 정량적인 4대 목표를 제시

- **(4대 목표)** 최고기술보유국 대비 기술수준 90% 달성, 산업혁신 생태계 조성을 목표로 한 혁신형 창업기업 50개 육성, 해양사고 30% 저감 및 재해예측시간 30% 단축, 연간 전문 인력 800명 이상 양성
- **(추진전략 및 과제)** 4대 전략 및 8개 추진 과제를 제시하였으며, 기후변화나 환경오염과 같은 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보 방안으로 남·북극 연구의 진흥 추진 내용이 담겨있음

〈표 2-109〉 해양수산과학기술육성 기본계획 추진 전략 및 과제

추진 전략	추진 과제
신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산과학기술 집중 육성	■ 4차 산업혁명 기술 융합 분야 집중 육성 ■ 전략산업 육성을 위한 상용화 기술 확보
사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보	■ 국민생활 문제 해결을 위한 과학기술 혁신 ■ 국제 사회에 기여하는 과학기술 선도
정부의 연구개발 지원체계 혁신	■ 해양수산과학기술 연구개발의 전략성 제고 ■ 연구개발 지원 및 수행·관리 체계 개편
해양수산과학기술의 지속 발전을 위한 생태계 조성	■ 민간의 연구개발 역량 강화 지원 ■ 해양수산 기업 혁신 및 창업 지원 확대

- 자율운항선박, 스마트 해운항만 등 4차 산업혁명 기술 융합 분야를 집중 육성하겠다는 추진 내용은 대부분의 국가에서 진행하고 있는 남극 기지 현대화, 인프라 구축에 활용될 수 있음
- 해양바이오 분야를 포함한 전략산업 육성을 위한 상용화 기술 확보 추진 과제를 통해 확보된 기술은 최근 이슈가 되고 있는 극지에서의 자원을 활용한 신약 개발, 생물자원 개발에 활용될 수 있음
- 국민 생활문제 해결 및 예보 등 해양공공서비스 고도화를 위한 해양수산과학기술 집중 육성 방안 중 하나로 대양-극지-연근해를 포괄하는 무인 관측망 구축 및 해양관측 데이터 통합을 위한 빅데이터 플랫폼 마련 등 데이터 통합센터 구축이 제시됨
- 해양 환경오염 문제 해결을 위하여 해양쓰레기, 해양미세플라스틱, 잔류성 유기오염 물질(다이옥신 등) 등에 대한 예방 및 처리기술 개발이 제시되었으며, 최근 남극에서도 미세플라스틱이 발견되고 관련 연구가 활발히 진행되고 있는 만큼 적용 및 활용 여지가 있음
- 지속가능한 발전, 기후변화 대응 및 해양자원 보존 등 국제사회 공동 현안을 해결하기 위한 국제협력 강화 방안으로 적극적인 공동연구 프로젝트 참여 및 남북극 연구 진흥이 제시됨

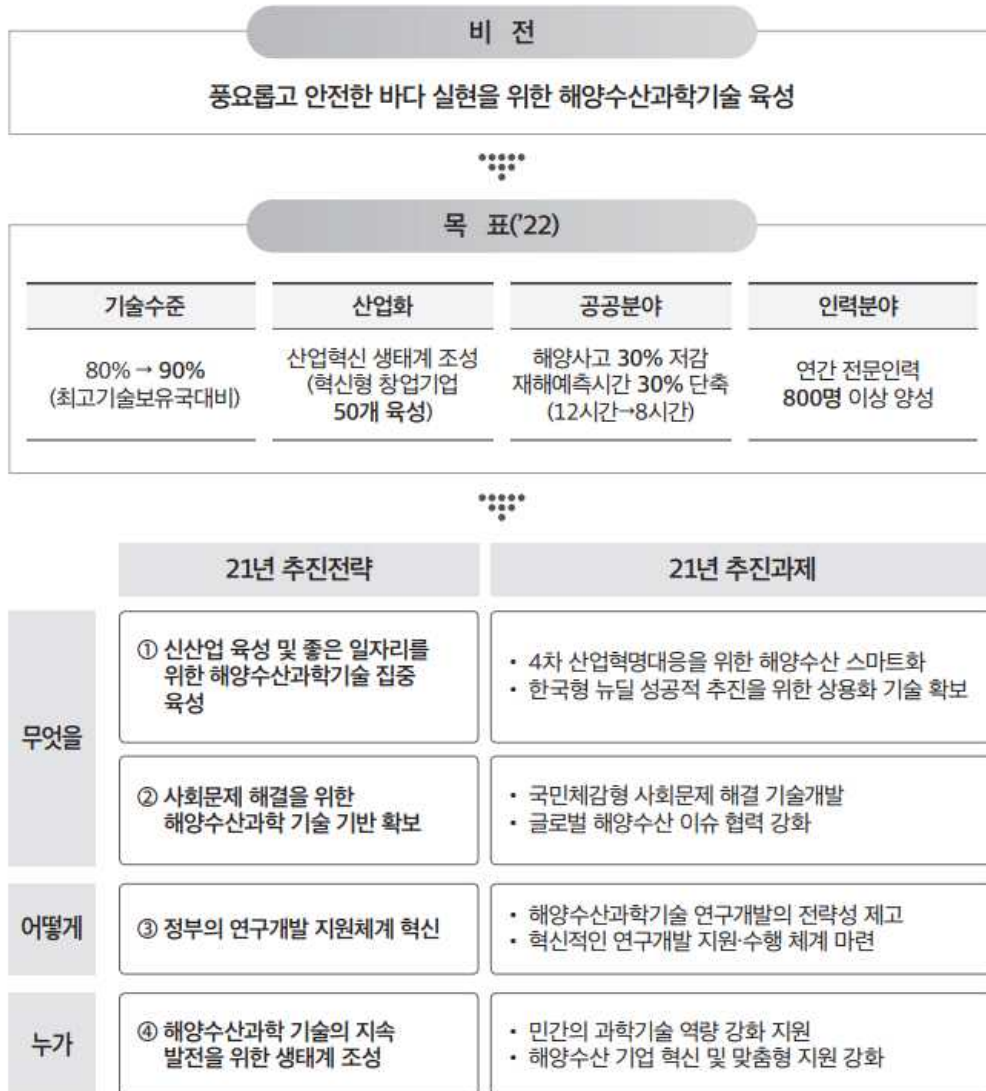


*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- (남·북극 연구 진흥) 극지 과학조사 및 국제공동연구를 강화하고, 북극 진출 등 국익증진에 기여
 - (남극연구) 남극 해양환경 관측 및 빙상변화 연구 등 국제연구 프로젝트 적극적 참여
 - * 남극 빙상·해양변동 예측, 남극 로스해 해양보호구역(MPA) 생태계 보존
 - (북극연구) 한반도 이상기상 현상에 영향을 미치는 북극권 환경변화 연구를 확대하고, 북극항로 개척, 해저자원 개발 등을 통해 북극권 경제 진출의 기반 마련
 - * 한반도를 포함한 중위도지역의 기상기후 및 재해성 기상현상 연구(기상청 협업), 북극 기후변화 연구의 국제협력 체계 구축, 극지연구 인프라 확보 등
- 해양수산물과학기술 연구개발의 전략성 제고를 위한 방안으로 출연연구기관의 대표과제 발굴 및 이를 중심으로 한 연구역량 집중, 기관장이나 연구자 변경 시에도 안정적인 연구가 가능한 장기·공공·대형 프로그램형 사업구조 적용 필요성이 제시됨
- * 예시) 극지연구소 - 해양-빙권 변화에 따른 전 지구 환경영향 분석
- 출연연 등이 보유한 연구시설·장비의 공동 활용 및 산·학·연 간 협동 프로그램 확대 등을 통한 과학기술 역량 강화가 강조됨

2021년 해양수산물과학기술육성 시행계획

- 동 정책은 제 1차 해양수산물과학기술 육성 기본계획을 기본으로 해양수산 한국판 뉴딜에서 제시된 정책과제 이행을 위해 해양수산부 주도 하에 수립된 4차년도 실행계획
 - 해양수산물과학기술 연구개발 및 산업육성, 인력양성 등 해양수산 분야 과학기술 육성 정책의 전반을 포괄
 - 추진과제별 점검 및 스마트화 기술개발, 한국형 뉴딜 전략산업 육성, 민간의 연구개발 역량 강화 등 정책목표 달성을 위한 추진계획을 제시



※ 출처: 2021년도 해양수산과학기술 육성 시행계획(2020), 해양수산부

〈 2021년도 해양수산과학기술 육성 시행계획 비전-전략 체계도 〉

- 동 정책에서는 풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성이라는 비전을 수립하고 제 1차 해양수산과학기술육성 기본계획에서와 동일한 4가지 정량적 목표를 제시
 - **(4대 목표)** 최고기술보유국 대비 기술수준 90% 달성, 산업혁신 생태계 조성을 목표로 한 혁신형 창업기업 50개 육성, 해양사고 30% 저감 및 재해예측시간 30% 단축, 연간 전문인력 800명 이상 양성
 - **(추진 전략 및 과제)** 제 1차 해양수산과학기술 육성 기본계획의 4대 추진전략에 따른 8개의 추진과제를 제시하고 있으며, 추진 전략에 따른 세부 과제 내용으로 남·북극 연구진흥 및 극지연구소의 대표과제 육성 관련 사항을 포함하고 있음



- (스마트화·뉴딜) 자율운항선박 연계기술 등 해양 수산분야의 스마트화 기술을 개발하고, 한국형 뉴딜 추진을 위한 해양바이오 상용화 기술개발 등의 산업·상용화 기술 확보 추진
- (사회문제해결) 해양쓰레기 및 미세플라스틱 수거장비개발 등의 국민 체감형 기술개발, 미래 해양 자원 발굴 및 개발 추진 및 기후변화 대응, 남·북극 연구 진흥

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 미래해양 자원 발굴 및 개발 추진
 - 극한지 사물 인터넷(IoET), 모바일 플랫폼을 통한 관측 데이터 수집·저장·처리 인프라 개발 및 데이터 분석 기술 개발 추진('21~'25)
 - * 다부처(해수부, 산업부, 과기부) '극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발' 사업 추진 해수부 역할로서 '극한지 관측 및 정보처리기술' 확보
- 해양안전 확보를 위한 기술개발 확대
 - 불법어업, 해양수산생태계 모니터링 등을 위한 무인비행체·임무장비·운용통제 제작 및 시험, 어선 및 극한 환경탐지 개발 추진('19~'22)
 - * 특수 임무형 무인 항공체 개발 및 불법어업·수산생태계 관리 운용장비 제작 및 시험 등
- 기후변화 대응 및 해양생태계 보호
 - 스웨이트 빙하를 중심으로 서남극지역 빙하의 돌발 붕괴 기작규명 및 전 지구적 해수면 상승에 미치는 영향 평가
 - * 서남극지역의 급격한 빙하 소멸 기작 규명을 통한 스웨이트 빙하 붕괴시점 및 전 지구적 영향 예측
- 남·북극 연구 진흥
 - 차세대 쇄빙연구선 건조 예산 확보로 북극 고위도 진출 기반을 마련하고, 남극 내륙 루트 개척과 빙저호, 심부빙하 등 내륙 첨단 연구 착수
 - 양극해 환경, 생태계 구조와 기능 관련 연구 및 극지연구 인프라를 기반으로 한 빙하 붕괴의 메커니즘과 영향 분석 연구 추진

- (연구 지원체계) 출연연구기관 등 공공연구기관의 대표과제 육성, 다부처·융합 프로젝트 확대를 통한 해양수산과학기술 혁신 추진

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

- 출연연구기관 등 공공연구기관의 대표과제 육성
 - (KOPRI) 극지과학연구 성과 제고 및 미지의 극지 과학영토 확대
 - i) 한반도 기후변화 예측, 남극 환경 보전 이슈 대응 등 국민적 관심이 높은 분야의 연구 확대
 - ii) 극지 자원의 경제적 가치 제고를 위한 신소재 개발, 무선통신·무인 이동체 기술개발 등 실용화 연구 강화
 - iii) 독자적인 남극 내륙루트 개척을 통해 남극 내륙연구 수행에 필수적인 물자 보급루트 및 최적 연구 지점 확보

〈표 2-110〉 극지연구소 대표과제

대표과제	주요내용
기후·환경변화 전망시스템 구축을 통한 한반도 이상기후 예측	■ 북극권 고온현상과 빙권 감소 등 환경변화가 한반도에 미치는 영향 분석 및 예측시스템 구축 ■ 인공위성 원격탐사기술을 활용한 북극 해빙변화 관측 강화 및 분석기술 개발
극지 자원 활용성 제고를 위한 실용화 연구 확대	■ 극한지에서 운용 가능한 무인이동로봇 및 무선통신 기술 개발 착수 ■ 극지 유래 생물자원을 활용한 항치매 치료제 등 의약소재 개발 ■ 극지 고유의 저온특성을 활용한 신소재 개발, 오염정화 기술 등 저온 응용기술 연구
남극 내륙 기반 첨단 거대과학 연구	■ 남극 빙저 지형도(Bedmap) 작성을 위한 항공기용 빙하탐사 시스템 개발 ■ 세계 최초 남극 빙저호(2,000m급) 청정 열수시추 기술 개발 착수 ■ 남극대륙진출로(남극장보고과학기지→남극점) 확보 및 남극 내륙 첨단연구 수행 거점 확보

- (생태계 조성) 해양수산 R&D 통합관리와 인프라 공동 활용을 통한 민간 연구역량 지원

*** 남극 연구 계획 수립 관련 참고할만한 주요 내용**

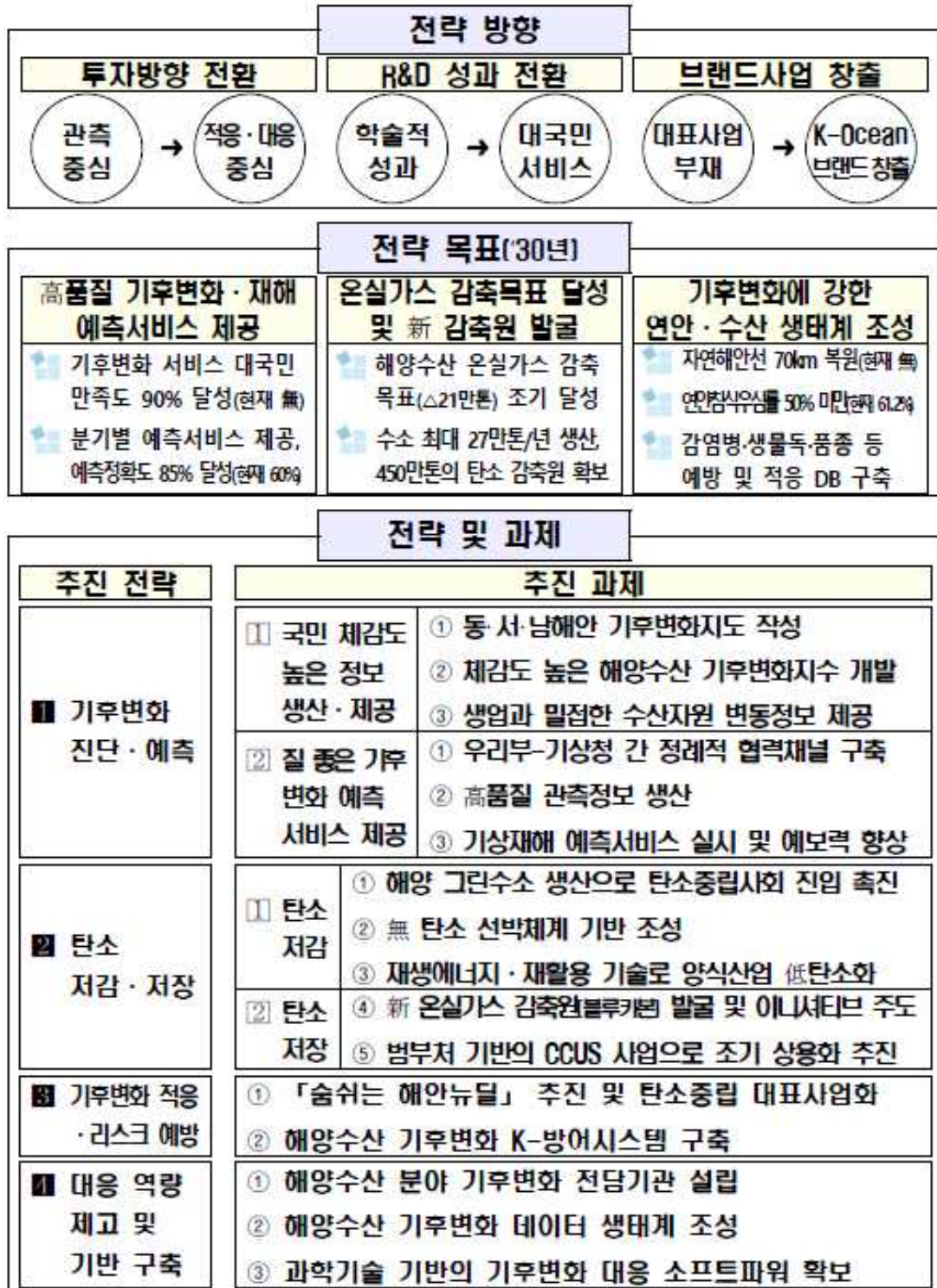
- 연구 인프라 및 연구정보 공유를 통한 민간 연구역량 지원
 - (KOPRI) 극지환경 재현 실용화 센터 건립을 위한 최적의 실시설계(안) 도출('21.6.) 및 건설참여자 적기 선정을 통한 시설공사 착공('21.9.)

해양수산기후변화 대응 R&D 강화 로드맵

- 한국판 뉴딜 발표, 2050탄소중립 선언 등의 대응에 맞추어 기후변화 영향이 빠르게 진행중인 해양수산 부문의 대응을 위해 ‘해양수산 기후변화대응 R&D 강화로드맵’ 수립
 - (전략방향 및 목표) 전략방향을 관측 중심에서 적응·대응·예측 등 R&D 투자방향을 전환하고, 학술적 성과에서 대국민 서비스 제공으로 성과 전환, 우리나라 대표 브랜드사업 창출 도모로 설정
 - (전략목표1) 고품질 기후변화·재해 예측 서비스 제공
 - (전략목표2) 온실가스 감축목표 달성 및 신 감축원 발굴
 - (전략목표3) 기후변화에 강한 연안·수산 생태계 조성
- (추진전략 및 과제) 4개 추진전략 하에 16개 세부 과제로 구성되며, 기후변화 예측, 탄소저감, 관련 기반 구축 등 남극 연구와 밀접한 과제 다수
 - (기후변화 진단·예측) 고품질 관측정보 생산, 기상재해 예측서비스 실시 및 예보력 향상과제의 경우, 관측정보의 고도화 및 극지의 빙하 면적·두께 등의 예측·예보 등 포함



- 북극·고위도의 기단·해빙의 관측정보를 바탕으로 한파·이상고온 예측력 향상 및 예측모델 개선('21년~)
- 극지 관측용 큐브위성 개발·운용을 통해 빙권 상시 관측 및 위성정보 서비스
 - 해빙정보(두께, 표면, 면적, 강도) 등을 실시간에 가깝게 모니터링하여 중장기 기상·기후 예측에 필요한 자료 확보
- 극지 관측자료(해빙 등)의 정확도 및 수치모델의 성능향상을 통해 모델링 기술개발 및 겨울기온(한파 등) 예측력 향상*
- * 정확도 목표 : (현재) 60% 수준 → ('23년) 70% 수준 → ('30년) 90% 수준
 - 특히, 실제 예측에는 활용되나 실시간 현장 관측 자료가 전무한 결빙해역 실시간 관측시스템 구축 및 자료 활용
- 독자적 전 지구 예측시스템(해양-해빙-대기-지면 모델 결합) 고도화를 통해 중장기(2주~3개월) 기후 예측 서비스 실시
 - 태풍 급강화에 영향을 주는 북태평양 워풀(warm pool), 이상고온·한파 등에 영향을 주는 남·북극 해빙 면적·두께 등 예측·예보
- 큐브위성의 상시 관측 자료를 바탕으로 기상청과 협업을 통해 중장기(2주~3개월) 기상·기후 예보 정확도 향상('24년~)
- * 극지연구소는 세계 최초로 계절 예측분야에서 북극 해빙의 겨울기온(한파) 예측의 중요 요소(Game Changer)로서의 역할 제시
- **(탄소 저감·저장)** 해양 그린수소 생산(~27만톤/년), 선박 배출 탄소 Zero화 등 에너지 녹색 전환 및 블루카본·CCS 등 탄소 감축원(~450만톤) 확보
- **(기후변화 적응·리스크 예방)** 생태 친화적 탄소 흡수형 해안 조성, 기후변화 위협 노출 분야 예방체계 구축
- **(대응 역량 제고 및 기반 구축)** 전담기관 설립, 데이터댐 구축 등 공공·민간의 역량을 제고하고, 다자·양자 간 협력 확대로 기후변화 대응 선도
 - (해양수산 분야 기후변화 전담기관 설립) 해양수산 기후변화 분석·예측 전문 인력 확보, 대응 컨트롤타워 역할 수행 등을 위한 전담기관 설립 추진
- * KIOST 내 기후예측·분석센터(대양·극지 등 총괄) 설치('21.2)
- (데이터댐 구축 및 응용정보 제공) 축적된 기후변화 데이터의 슈퍼컴퓨팅 분석을 통해 국민 니즈와 실생활에 활용도가 높은 응용정보를 재생산·제공
 - 특히, 대양·극지 등 해수부만의 특화된 연구 자료를 정제해 국민 체감도가 높은 전 지구·한반도 기후변화 예측정보를 주기적으로 제공



※ 출처: 해양수산부(2021) '해양수산 기후변화 대응R&D 강화 로드맵(안)'

〈 해양수산 기후변화대응 R&D강화 로드맵(안) 〉



❑ 극지과학미래발전전략

○ 극지연구 선도국 도약을 위한 극지 과학연구의 혁신을 견인할 극지과학 미래발전전략 수립

- 국내 극지 연구는 산·학·연 네트워크 구축 등으로 협력 연구를 확산하는 추세이나, 연구지역이 북극저위도 해역, 남극 연안 등에 국한되어 있고, 기초연구에 편향되고 제도적 기반이 미흡한 경향이 있어 이에 대한 개선이 요구됨에 따라 극지연구 도약이 필요
- * 극지연구에 대한 정부 투자대비 국민이 체감하는 성과부족, 연구 인프라 부족, 제도적 기반 부족 등
 - 이에 기존의 극지과학 선도국 추격형 연구에서 극지과학 뉴패러다임을 주도하는 선도 국가 도약을 위한 기본방향 수립
 - 국가·사회의 기대에 부합하는 극지과학연구 성과 창출
 - 과학영토 확대를 위한 미지·미답지 진출 확대
 - 극지과학의 지속발전을 위한 정부지원체계 강화



※ 출처: 관계부처합동(2020) ‘극지과학 미래발전전략(안)’

〈 극지과학 미래발전전략 기본방향 〉

○ 미래 현안을 해결하고 국익을 창출하는 극지과학 연구라는 비전하에 4대 추진전략과 9대 추진과제를 수립하였으며, 남극 연구와 관련된 사항으로는 아래와 같음

- * 북극 및 기타 남극연구 외의 내용은 미작성
- (극지과학연구 성과제고) 한반도 기후변화, 남극 환경 보전 이슈 대응 등 국민의 관심과 공감대가 높은 분야의 연구를 집중적으로 확대하고, 극지자원의 산업적, 경제적 활용 가능성을 높이는 실용화 연구 강화를 통해 신 성장 동력 발굴
- (기후·환경변화 전망시스템 구축을 통해 한반도 이상기후 예측) 쇄빙연구선, 인공위성 등을 활용하여 축적한 데이터를 기반으로 북극권 육상, 빙권을 포함한 해양과 대기 등



전 지구 시스템의 상호작용을 반영한 예측 모델* 구축

* 서남극 스웨이트 빙하 붕괴에 따른 해수면 변동과정 원인규명, 온난화 감시체계 구축, 극지역 기후변화 원인 진단 등 추진(19~24년) - 남극의 빙하는 지난 10년 동안 연 평균 1,550억 톤이 바다로 흘러들어가고 있는 상황. 녹아내린 빙하는 해수면을 끌어올리고, 바닷물의 염도를 낮춰서 지구의 해양순환에도 영향을 미치는데, 서남극 스웨이트 빙하는 남극에서도 가장 빠르게 녹고 있는 빙하로, 본 연구를 통해 빙하가 녹는 기작과 해수면 상승에 미치는 영향 등을 파악 추진

- (극지 환경 보전 이슈 대응을 통한 글로벌 위상 제고) 남극해양보호구역 생태계 연구, 남극특별보호구역 관련 연구 확대 등 극지 환경 보전 이슈 해결에 기여
- (극한지에서 운용 가능한 첨단 기술 개발) 극한지 지형 정보 수집을 위한 무인 이동 로봇, 극지에서의 통신을 위한 극한지 무선 통신 기술, 극한지 사물 인터넷, 모바일 플랫폼 기술과 연계하여 극한지 관측 데이터 처리 인프라 및 정보 분석 기술 등 개발
- (극지자원을 활용한 신소재 개발 연구 지원) 극지 생물의 유전자원을 활용한 차세대 항생제 및 항치매 치료제 개발 등 의약소재
 - 항생제 후보물질 개발(~ '24년), 항치매 치료제 실용화 연구(~ '24년)
 - 극지에서 확보한 생물시료의 산업적 활용을 위한 생물자원 확보 전략 수립 및 극지생물 유전체 데이터베이스 고도화
 - 극지 유용연구자 발굴을 위한 기능유전체 연구(~ '22년)
 - 얼음 특성을 활용한 신소재 개발, 저온화학 기술을 활용한 오염정화 기술 등 실용화 연구 실시
 - 얼음 특성을 기반으로 한 신소재 개발(~ '25년), 저온화학 기반 오염물질 제거 기술을 활용한 동결수 처리 공정기술 개발(~ '25년)
- 신 성장 동력 확보를 위한 유망기술 발굴·활용체계 활성화
 - 실용화 연구 성과의 파급력 확대를 위해 특허 활용 체계 강화, 우수기술 설명회 등 기술마케팅 연계 프로그램 지원
 - 극지 연구 분야 신산업 발굴 및 장비·기술 개발을 위한 산·연 공동연구 프로그램(Polar Industrial Program)* 확대 추진

* PIP(Polar Industry Program) : 산·연 극지공동연구프로그램으로 연구 수행에 필요한 장비를 국내 기술로 개발하고 기술이전 등을 통한 사업화를 지원

■ (미지의 극지 과학영토 확대) 현재 6개국*이 주도하는 남극 내륙 연구 확대

* 미국, 러시아, 프랑스, 이탈리아, 일본, 중국 등 내륙 기지 보유 국가

- 독자적 남극 내륙루트(K-루트) 개척으로 세계7번째 남극 대륙을 연구하는 국가로 도약
- 남극 내륙연구 거점을 활용한 국제공동연구 선도
 - 한·영 공동 세계 최초 2,000m급 남극 심부 빙저호 청정멸균열수 시추기 개발 등 국제공동연구 추진

■ (극지과학 개방형 협력체계 구축) 과학기지, 쇄빙선연구 등 연구 인프라 및 연구자원, 정보



공유·개방 확대, 극지연구 국제 거버넌스의 주도적 참여

- 극지인프라 공동 활용확대(인프라 개방, 고도화)
 - 극지 인프라 활용수요 조사 및 극지연구 인프라 활용계획 수립을 통해 이를 반영한 중장기 인프라 확보·고도화 계획 수립
- 극지 자원 및 극지 정보의 공동 활용제고를 위한 실용화센터 및 통합정보플랫폼 구축
 - (실용화센터) 극지환경을 재현한 실험 공간과 빙하·운석 등 극지 특수시료를 제공하는 ‘극지환경 재현 실용화센터’ 건립
 - (통합정보 플랫폼) 한국극지데이터센터*와 남극데이터센터(국외)가 자동으로 연동되도록 정보플랫폼을 구축(∼’21)하여 데이터 접근성 제고
- 과학기지 관문지역(노르웨이, 뉴질랜드, 칠레)의 극지연구 협력센터를 기반으로 양자 협력연구 추진
 - (노르웨이 Incubating Center) 스발바르 지역 쇠빙선 활용 지형변화 연구(’17∼’24)
 - (뉴질랜드 Experiment & Experience) 남극 빅토리아랜드(’20∼’22) 및 로스해 공동연구(’20∼’22)
 - (칠레 Open Lab) 남극 킹조지섬 기반 육상 해양 생태계 및 고환경 연구(’20∼’22)
- 남극조약 협의당사국회의에서의 영향력 확대를 위해 참여 전문가 확대 및 보강
- (극지과학 발전 지원기반 구축) 전문 인력양성 및 제도적·정책적 기반 강화
 - 극지과학의 저변확대를 위한 전문 인력양성 교육 및 미래 극지과학자(청소년, 대국민 대상) 육성 프로그램 개발 등
 - 극지과학연구 관련 법령을 제정하고 지원조직을 강화하는 등 법적·제도적 기반 강화

비전	미래 현안을 해결하고 국익을 창출하는 극지과학 연구
정책 목표	◆ 국민이 체감할 수 있는 연구성과 창출 * 글로벌 '최고그룹' 수준 도약 (2030년 최고기술국 대비 85% 달성) ◆ 신 연구영역 확보를 위한 미지의 극지 공간 개척 * (남극) 세계 7번째로 남극점까지 내륙 육상루트 개척 * (북극) 북위 80° 이상 고위도 북극 중앙공해 진출 ◆ 미래 극지과학 수요 대응을 위한 협력체계 및 지원기반 구축 * (협력체계) 극지연구 참여 개방 및 국제 협력 주도 * (지원기반) 미래 극지 인력 확보 및 극지활동진흥법 제정
추진 전략	
전략 1 극지 과학연구 성과 제고	1-1. 국가사회 현안 해결을 통한 국민체감형 연구 확대 1-2. 극지자원 활용 실용화 연구 확대 1-3. 극지 신비즈니스 발굴
전략 2 미지의 극지 과학영토 확대	2-1. 미래 연구경쟁력 제고를 위한 북극 고위도 진출 2-2. 첨단 거대 과학 선도를 위한 남극 내륙 연구 확대
전략 3 극지과학 개방형 협력체계 구축	3-1. 연구성과의 질적 혁신을 위한 개방형 연구체계 구축 3-2. 국제 거버넌스 주도적 참여
전략 4 극지과학 발전 지원기반 구축	4-1. 차세대 극지연구 인적 역량 강화 4-2. 극지연구에 대한 제도적·정책적 기반 강화

※ 출처: 관계부처합동(2020) '극지과학 미래발전전략(안)'

〈 극지과학 미래발전전략(안) 추진전략체계 〉



2050 극지비전

- 지난 30년간의 극지활동과 정책성과를 바탕으로 향후 30년의 극지 정책의 방향을 제시하는 '2050 극지비전'을 수립('18년 12월)하였으며, '남극연구활동기본계획'수립을 위한 지침으로 활용
 - 과학기술, 경제·산업 등 분야별 전문가 TF를 구성·운영하여 극지전망 분석 및 추진과제 도출 과정을 거쳐, 우리나라가 2050년까지 극지의 새 미래를 여는 7대 극지 선도국가로 도약한다는 계획을 발표
 - 3대 정책방향으로 '기후변화를 예측하고 대응하는 극지연구 실현', '극지에서의 기회를 극대화하는 극지경제 창출', '신뢰받는 극지협력 파트너로서의 위상 확보' 추진
 - 2050 극지비전에서 제시된 7대 추진전략은 '남극연구활동기본계획'과 '북극활동진흥 기본계획'의 지침으로 활용하도록 제시한 바 있음

〈표 2-111〉 2050 극지 비전의 7대 추진 전략 및 도전과제

7대 추진 전략	주요 도전과제
기후변화에 선제적으로 대응하는 극지정책 추진	■ 기후변화 통합관측시스템 구축 ■ 국제공동연구 추진 및 해수면 상승 경보 등 대국민 서비스 제공
극지를 통한 새로운 에너지·자원 확보 노력	■ 북극 자원협력을 통한 국가에너지·자원 수급 신규축량 확보
새로운 성장 동력으로서 극지 미래신산업 활성화	■ 환유라시아 물류 이니셔티브 추진 ■ 극지관광, 수산 진출 등 성장 동력 육성
극지연구 혁신 및 실용화 성과 창출	■ 4차 산업혁명 기술의 극지연구 도입 ■ 극한지 토목, 바이오신약 개발 및 극한기술 테스트베드 지원
국제사회의 극지환경 보전 노력에 적극 참여	■ 극지의 환경변화 대응과 생태계 보전을 위한 연구 및 국제규범 마련 주도
교류 확대를 통한 북극 진출 교두보 확보	■ 북극권과의 인문·사회 교류 ■ 원주민문화 보전 및 생활개선을 위한 사회적 인프라 투자 협력
연구 인프라 확충 및 인력 양성 등 정책역량 강화	■ 남극 제 3기지, 북극 제 2기지, 최첨단 쇄빙연구선 등 연구 인프라 확충 ■ Polar 100 프로그램 등 인력양성



라. 남극연구 분야 주요 연구동향

○ 2021년 해양수산과학기술육성 시행계획 내 극지와 관련된 세부과제 내용을 통한 최근 주요 연구동향 파악

■ 극지 유전자원 활용 기술개발

- (사업목적) 극지생물만이 가지는 독특한 환경적응 관련 유용 유전자 및 물질의 활용 시스템 구축을 통해 극지를 활용한 해양 신산업 육성
- (사업기간/총사업비) `20~`24년/240억원
- (사업내용) 극지생물 저온성 효소의 기질 유연성을 이용한 항생제 선도물질 개발 및 극지 지의류 유래 항치매 치료제 실용화 연구

세부 과제명	2021년 주요 연구내용
극지생물 저온성 효소의 기질 유연성을 이용한 항생제 선도물질 개발	극지 해양 유래 항생제 선도물질 및 변형 효소 발굴과 이를 활용한 항생제 변형기술 개발 ■ 신규 항생물질 탐색 및 극지유전자원 기반 항생 물질 변형효소 선별
극지 지의류 유래 치매치료제 실용화 연구	극지 지의류 유래 치매치료제 발굴, 후보약물의 약물작용 규명, 치매치료제 상용화 자료 확보를 통한 실용화(기술이전) ■ 치매치료제 선도물질 발굴 및 후보약물 약물기작 규명

■ 극지 및 대양과학 연구

- (사업목적) 극지 빙하 및 환경 변화, 양극해 해양자원 등 남극·북극해에서의 특성화된 연구를 통한 극지 과학기술 발전을 도모하고, 대양 연구를 통한 우리나라 해양기후 변화 예측, 대양자원 발굴 및 활용기반 구축
- (사업기간/총사업비) `11~`23년/1,498억원
- (사업내용) 양극해 활용연구, 장보고기지 활용 기반기술, 대양활용연구로 구성
 - 쇄빙 연구선을 활용한 연구를 통해 양극해의 환경 변화를 이해하고 미래자원탐사 및 활용기술을 개발

세부 과제명	2021년 주요 연구내용
남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능연구	남극해 해양생태계 보전 및 체계적인 관리방안을 수립하여 남극해양생물자원보존위원회 회원국으로서 의무 이행과 지속적으로 이용 가능한 해양생물자원 확보전략 마련 ■ 로스해 해양보호구역의 생태계 구조와 기능 연구 ■ 크릴의존성 아델리 펭귄의 개체군 생태 연구 ■ 로스해 생태계에 영향을 미치는 환경변화 파악 ■ 해양생물 및 생태계보전 관련 과학적·정책적 기여



- 장보고기지를 활용하여 빙권 변화를 파악하고 기후변화 대응시스템을 구축

세부 과제명	2021년 주요 연구내용
서남극 스웨이트 빙하 돌발붕괴의 기작규명 및 해수면 상승 영향 연구	스웨이트 빙하를 중심으로 서남극지역 빙하의 돌발 붕괴 기작규명 및 전 지구적 해수면 상승에 미치는 영향 평가 ■ 해저 탐사 관측 자료 획득 및 빙봉 하부 융해과정 규명 ■ 서남극 빙상 질량 손실량 평가 기반 빙상용융 가속화 원인 해수면 변동 특성 규명 ■ 빙저수문 변화 기반 빙하 이동 가속화 원인 규명 ■ 서남극 급격한 빙하 소멸 기작 규명을 통한 스웨이트 빙하 붕괴시점 및 전 지구적 영향 예측

- 대양-한반도 해양기후의 상관관계 규명을 통한 해양기후변화 예측역량 제고 및 대양
자원 발굴 및 활용기반 구축

세부 과제명	2021년 주요 연구내용
북서태평양 해양-대기 상호작용 및 태풍 급강화 현상 연구	태풍이 급강화되는 북서태평양 난수성 소용돌이 해역의 태풍-해양 상호작용 조사 및 태풍 예측기술 개선 연구 ■ 연구선·ROV를 활용한 북서태평양 태풍 급강화 해역 조사 ■ 해양-태풍 상호작용 및 급강화 기작 분석, 저위도 서안경계류 및 기후변화 상관관계 분석
인도양 중앙 해령대 심해열수공 생명시스템 이해	인도양 중앙해령에 분포하는 심해 열수분출공 환경특성 이해 및 주변 생태계 구조와 생명기능 해석 ■ 신규 열수분출공 탐사, 열수분출공 내부 및 초근접 지역 정밀자료 확보, 열수생태계 구조 및 기능 연구
아북극-서태평양 기인 한반도 주변 고수온 현상 규명 및 예측시스템 구축	한반도 고수온 현상 예측을 위한 아북극과 아열대 해양-대기 시계열 관측시스템 구축과 북태평양 기후예측시스템 수립

■ 극지 해양환경 및 해저조사 연구

- (사업목적) 글로벌 기후환경변화에 민감한 극지 해양-생태계-해저환경 연구를 통한
극지 연구 역량 강화 및 주요 극지 자원정보 확보
- (사업기간/총사업비) `21~`26년/483억원
- (사업내용) 북극해 해양 및 해저환경 탐사, 남극해 해양 보호 연구로 구성
 - 북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구, 북극 해저지질 및 해저환경
변동 연구, 혁신형 Open Innovation 과제 추진을 통한 극지 R&D 연구사업의 시너지
창출



세부 과제명	2021년 주요 연구내용
북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구	■ 북극해 현장 관측 및 온난화 조절인자 파악을 위한 해빙-해양 종합 관측시스템 구축/고도화 ■ 급격한 해빙 감소에 따른 해수순환 및 물질(탄소, 질소)순환 반응 연구 ■ 해빙 및 해양환경변화에 따른 해양 생태계/주요 수산생물자원 변동 및 반응 평가 ■ 북극해 온난화에 따른 해빙-해양 생태계 변화 미래전망 시나리오 생산 및 가시화
북극해 해저지질 조사 및 해저환경 변화 연구	■ 북극해 미답지역 해저지질 탐사를 통한 해저자료/시료 확보 ■ 급격한 북극해 해저환경변화 연구 ■ 북극해 해저 자원 환경 특성 및 해저관측/탐사기술 고도화 ■ IODP 등 북극해 국제공동연구 프로그램 수행
극지 Open Innovation	■ 북극해 해양 및 해저 환경탐사분야 연구역량 강화 기초연구(창의·혁신적 자유공모)

- 로스해 해양보호구역의 보존조치에 따른 생태계 변화 연구

■ 극지연구소 운영지원

- (사업목적) 남·북극이 갖는 정치·경제적 중요성 증대에 따른 극지 활동 확대와 국제 수준의 극지연구 전문기관으로서의 역할 수행
 - 극지 거대 인프라의 안정적 운영을 통한 극지와 관련 지역에서의 기초 및 첨단응용 과학 연구 수행 및 국제 협력 강화
 - 3개 남·북극과학기지 및 쇄빙연구선 아라온 등 극지 첨단 인프라의 안정적 운영지원
- (사업내용) 기관목적사업, 연구 인프라 운영사업, 장비·시스템구축 및 연구정책·지원 사업으로 구성
 - 신 기후체제 대응을 위한 극지환경 관측과 기후변화 원인규명, 극지과학 영역 확장을 위한 새로운 연구거점 확보와 실용화 기술개발
 - 3개 남·북극 과학기지와 쇄빙 연구선의 안정적 운영과 이를 활용한 기초·응용 융복합 연구 수행 지원 및 국제협력 네트워크 구축
 - 연구 장비의 운영효율화 및 공동 활용 활성화를 목적으로 장비·시스템 구축 중장기 계획 자체계획 수립
 - 신진연구원의 창의적이며 도전적인 아이디어를 발굴하여 장래 연구소 전략과제로 발전시킬 수 있는 기반 마련



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

세부 과제명	2021년 주요 연구내용
질란디아-남극 맨틀의 특성 및 기원규명	■ 질란디아-남극 맨틀의 동편 경계 규명 ■ 맨틀 고유의 특성 및 기원 규명
Polar3 지자기 이상 형성 원인과 서남극 열개구조에 미치는 영향 규명	■ 육상 지진 관측망 설치 및 해저면 지진계 자료 회수/설치와 연속지진자료 DB 구축 ■ 3차원 속도 구조 모델링
장보고과학기지 기반 남극지질·운석 연구: 빅토리아랜드 지각진화와 소행성 표면물질 특성 규명	■ 월슨-바워스 터레인 경계부 및 주변 암석 절대 연령 분석 ■ 월슨-바워스 터레인 경계부 암석 변성 온도·압력 조건 계산
국제 심부빙하시추 네트워크를 활용한 대기-빙상 상호작용의 자연적·인위적 특성 규명	■ 한-러시아 국제공동심부빙하시추 프로그램 개선 ■ 남극 보스톡 탐사
과거 온난기의 서남극 빙상 후퇴 및 해양 순환 변화 연구	■ 빙하운반역 산정 비파괴 X-선 촬영 이미지 프로그램 개발 ■ 벨링스하우젠해의 지난 빙하기 이후의 해양 순환 변화 연구
남극해 탄소펌프와 기후조절력 변동 연구	■ 남극순환심층수의 거동에 대한 현장관측 및 자료분석 ■ 남극해 생지화학적 환경변화와 탄소흡수력 변동성에 대한 현장관측 및 자료 분석
장보고기지 및 캠벨빙하 주변 환경과 연안생태계 간 상호반응 모델 개발	■ 해빙과 캠벨빙하 변동 영향 파악과 정량화 ■ 빙하-해양-해빙 상호 반응 연구를 위한 연안 환경 요인 조사
극지 해양에 서식하는 물범과 동물의 행동생태 기초 연구	■ 물범 행동자료 구축 및 분석 ■ 극한 적응행동 기작연구
오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명	■ 남극 장보고기지 상공 전리권 전자밀도 불균일성 연구를 위한 전리권 레이더 및 GPS 신틸레이션 모니터 자료 비교 분석
환경변화에 따른 킹조지섬 육상생물의 생리생태 반응 규명	■ 극지 육상생태 관측을 위한 선도 기술 개발 ■ 환경요인 관측자료 확보와 DB 웹페이지 업데이트
화학 추적자를 활용한 서남극 융빙수 거동과 해양순환 변동 연구	■ 저온·저염의 빙봉 융빙수의 서남극 연안 해역으로의 확산·혼합 과정 파악 ■ 남극 연안 해류의 시공간 변동성과 융빙수이 거동과의 관계 규명
급속한 빙하 감소에 따른 세종과학기지 기반 연안 해양[수층-저층] 생태계 적응과 영향 평가	■ 해양환경 정보 획득을 위한 모니터링 및 빙하 이동 자료의 정량화와 기후 기체 분포 특성 관측 ■ 빙하후퇴지역 지표생물군집기반 먹이망, 생태프로세스 분석
북극 해양·해빙 변화에 기인한 북극과 한반도의 재해기상 현상 모델링 시스템의 개발 및 활용	■ 종관 관측 및 위성 관측자료 동화를 위한 전구 대기 자료동화 체계 수립 ■ 대기화학모형 결합 기반 북극-한반도 통합 재해기상 발생 진단/전망용 모델링 시스템 평가
남극 극한 기상/기후변화 진단 및 전 지구 영향평가	■ 관측 자료와 수치모의 결과를 이용하여 남극기지 극한기상 종류별 특성 분석
남극대기 에어로졸 생성-성장-구름형성 과정 연구를 통한 기후피드백 이해	■ 세종기지 기반 에어로졸 현장 관측 DB 고도화 ■ 극지 육상 유기물과 에어로졸 물리특성 상관성 규명
북극 빙권 변화 정량 분석을 위한 원격탐사 연구	■ 다중위성자료 분석기술 고도화를 통한 빙권 특성 변동성 평가 ■ 인공위성 관측 결과 검보정을 위한 북극 현장조사
극지 바이오신소재 상용화 구축 사업	■ 항염증 치료제 Curvularin 유도체의 약리효과(MOA) 규명

포스트 극지유전체프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구 지구온난화에 따른 북극 유해 미생물의 잠재적 위험성 평가	■ 신규 바이오소재 구조 특성 분석 및 활용 규명 ■ 극지생물의 표준 유전체지도 작성 ■ 특정 단백질 활성을 고려한 극지 미생물종 선정 ■ 환경 시료 내 바이러스의 분리/농축/추출 방법 확립 ■ 북극권 환경 시료 대상 유해 미생물의 유전정보 탐색
얼음의 미세구조 특성연구를 통한 저온 정화기술 및 환경/에너지 신소재 개발	■ 저온 분석법을 통한 얼음 표면 및 준액체층의 물리 및 화학적 특성 연구 ■ 동결조건에 따른 산화종 생성 및 오염물질 분해 메커니즘 연구
항공탐사 시스템 개발을 통한 남극 빙저 지형(BEDMAP) 연구 남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척과 지원시스템 구축	■ 무임 VTOL 항공플랫폼 개발 ■ 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발 ■ 내륙진출루트 개척: 내륙진출루트 1500km 탐사 ■ David 빙하 빙저호 연구캠프 구축
남극 David 빙하 빙저호 열수시추 기술 개발	■ 빙저호 지역 광역 탄성파 탐사 및 자료해석 ■ 이동식 청정 실험실 개발
고환경 및 동물 진화 연구를 통한 북그린란드 미답지 진출	■ 북그린란드 Sirius Passet 지역의 베이스캠프 및 미답지 내 신규 연구 지역 현장 조사 ■ 절지동물 다리의 진화적 기원 규명
남극 빙저호의 물질순환에 관여하는 미생물의 생태학적 기능 규명	■ 질소, 황, 메탄, 철 등 생지화학 순환 관련 유전자 분석 ■ 빙저호 특이 적응 유전자 발굴을 위한 진화특성연구
PAP사업 (국내 학·연 극지연구진흥 프로그램)	■ 국내 학·연을 대상으로 극지연구의 창의성이 높고 심층적인 기초연구 성과와 연구인력 양성이 기대되는 다학제간 극지공동연구 수행
PIP사업 (국내 산·연 극지공동연구 프로그램)	■ 국내 산·연을 대상으로 극지연구 수월성 확보와 극지인프라 지원 효율성을 강화할 수 있는 장비 및 기술 개발
Seed형 선행과제	■ 선진연구기관과 경쟁 가능한 연구성과 창출 기반 마련 ■ 대형 R&D과제로 발전 가능한 성과 창출

마. 국내 극지정책 종합

전략기술 집중 육성 및 기후변화 대응 탄소 중립 추진

- (단기) 디지털 전환을 위한 빅데이터 플랫폼 구축과 데이터, AI 기술 융합을 통한 디지털 댐 구축 등 공공데이터 개방·연계 확대
- (중장기) 전 세계적 기후변화 대응을 위한 탄소 감축과 기술주도권 확보를 위한 우주, 바이오, 로봇 등 10대 전략기술 선정 및 집중 육성
- ⇒ (연계성) 극지 데이터 공공화, 탄소 중립을 위한 남극해 연구, 극지 생명자원 활용한 바이오 연구, AI, 로봇 등을 활용한 첨단 탐사기술 개발

미래 삶의 공간으로 인식하고 극한 환경에서 기술 개발 추진

- (단기) 극지를 미래 삶의 공간으로 인식하고 미지의 공간 개척을 위한 탐사기술 개발, 극한 환경에서의 기초·원천 연구를 추진



- (장기) 우주, 심해와 함께 극한 환경에서 인간의 삶이 가능한 생존 기술 개발을 통해 급격한 변화할 미래 환경에 대비한 삶의 공간 확장
- ⇒ (연계성) 극한 환경 탐사를 위한 내륙 연구 수행과 지원을 위한 융·복합 탐사기술 개발, 생존을 위해 변화에 적응한 생태 변화 예측

▣ 해양 연구를 통한 글로벌 기후, 환경변화 해결 추진

- (중단기) 극지 및 해양 관측을 통해 확보한 데이터를 바탕으로 전 지구적 기후, 환경 변화 원인규명과 예측 등 문제해결 중심의 연구 추진
- (장기) 지속가능한 개발 관점에서 극지와 첨단기술의 접목을 통해 미래 극지 공간 활용에 대비 및 국제협력을 통한 과학 영토 확장
- ⇒ (연계성) 글로벌 현안 해결(재해기상, 해수면상승 등)을 위한 남극 환경 변화의 종합적 관측과 예측 기반 국제 사회 기여 및 협력 확대

▣ 과학연구를 통한 기후 현안해결과 거버넌스 협력 확대

- (남극) 기후변화에 따른 환경 변화와 보호 등 중장기 현안 해결을 위한 해양, 생태, 내륙 연구 확대와 관련 의제 발굴·제시를 통한 영향력 확대
- (북극) 기후, 해양환경 위기 대응 등 북극해와 중위도 지역의 연관성 규명을 위한 북극해 종합관측과 현안 중심의 양·다자 협력 확대
- ⇒ (연계성) 현안 기여형 남극 연구 확대, 내륙 미답 연구 선점, 남극 거버넌스 의제 선도를 통한 리더십과 영향력 제고



5. 종합 시사점

- 전 지구적 기후변화 문제 대응을 위한 관련 연구가 주로 이루어지고 있으며, 지속적인 필요성이 강조되고 있음
 - 기후변화에 따른 현재 남극 현황 분석을 기반으로 한 관리 방안 및 예방적 조치 수립
 - 미래 기후변화 시나리오에 따른 변화 경향 예측 연구
 - 남극지역 뿐만 아닌 중위도·저위도 지역의 기후에도 영향을 미치는 남극 기후 변동성 분석 연구
- 과학적 탐사활동, 관광활동, 기지 현대화 활동 등에 따른 남극 환경 모니터링의 중요성에 따라 관련 사찰 프로그램 개선 및 지속적인 업데이트 필요성이 강조되고 있음
 - 관광 활성화에 대비한 사전 환경 영향 평가 분석 및 관광 매뉴얼 수립
 - 기지의 현대화 과정이 남극지역에 미치는 영향 평가 및 모범 사례 활용 촉진
 - 미세 플라스틱, 독성 오염물질의 남극으로의 유입 경로 분석 및 감시 연구
- 생물자원 탐사와 더불어 남극 생태계 보전을 위한 연구 필요성 또한 강조되고 있음
 - 온난화, 얼음 핵 보관 프로젝트 등을 통한 비원생종 유입 차단을 위한 연구
 - 인공위성 자료를 활용한 원격 탐사 기법 등을 통한 육상·해양 생물 개체 수 및 이동 모니터링 연구
- 주요 이슈들에 대한 활발한 의견 공유 및 국제적 협력의 중요성이 강조되고 있으며, 전자정보시스템 등을 통한 효율적인 정보 공유가 장려되고 있음
 - 각 국에서 운영하고 있는 관측소들의 네트워크 구축을 통한 데이터 공유 및 협력 연구
 - 전자정보시스템 등의 데이터베이스 공유 및 활용을 통한 연구 활동 촉진
 - 분야별 정기적인 연구포럼 등을 통한 지식 교류 및 국제적인 협력 증진
- 남극연구를 과학 선진국으로 도약하기 위한 전략연구 분야로 인식
 - 미국, 중국 등 주요국들에서 투자 우선순위 및 전략에 기반하여 연구를 추진하고 있으며, 남극연구를 전략적 과학기술 분야로 선정하여 집중 지원하고 있음
 - 영국, 러시아에서는 남극 거버넌스 내 영향력 유지, 확대를 위한 전략을 담은 주요 남극연구 과제들을 수행하고 있음
 - 남극조약의 취지에 맞게 남극의 평화적 이용에 기여하고, 전 지구적 문제 해결에 공헌함으로써 남극 과학 분야를 선도하고자 각 국에서 활발한 연구를 수행하고 있음



○ 혁신적 과학성과 창출을 위한 기초연구 강화·집중 전략 전개

- 미국, 중국 등 주요 국가들에서는 천체물리, 지구시스템, 생태계, 남극-전 지구 상호작용 등 기초연구 분야 강화를 통해 원천기술 혁신에 집중하고 혁신적 발견 잠재력이 높은 분야에 투자를 높이고 있음
- 일본, 러시아는 기초연구의 기반이 되는 자료 수집을 위한 관측 및 실험 계획을 수립 중에 있음

○ 남극 환경변화와 전 지구적 영향의 상관관계 규명 촉진

- 기후변화, 환경오염 등의 문제가 전 세계적으로 대두되며, 주요국들에서는 남극지역과 글로벌 시스템 간의 상호 작용에 대한 이해 향상을 위한 연구를 중점적으로 지원함
- 미국, 러시아 등 주요국들에서는 남극 환경의 과거, 현재, 미래 변화를 분석하고 지구변화에 미치는 영향을 평가하는 것을 주 목적으로 남극 연구 프로그램을 진행하고 있음

○ 첨단기술 기반 남극관측, 원격탐사, 인프라 디지털화 시도

- 접근이 힘든 지역의 관측 및 연속적인 데이터 수집을 위해 각 국에서는 위성, 무인기 등을 활용한 모니터링 연구를 중점적으로 수행하고 있음
- 무인비행기 관련 연구도 활발히 진행되고 있으며, 무인 관측 시스템의 활용, 노후화된 기지의 스마트화 등을 통한 기존 설비의 활용성을 증대하고자 노력하는 추세

○ 데이터 공유 및 실용화 연구 등 사회 환원에 대한 인식 제고

- COVID19로 각 국이 수집할 수 있는 데이터가 한정됨에 따라 국제적인 협력의 중요성이 더욱 강조되는 추세
- 자료 공유 시스템의 활성화 등 직접적인 물리적 교류 없이도 협력할 수 있는 방안 및 체계 구축 필요성 부각

○ 전 세계적인 문제이자 국민 삶의 질과 직결된 기후변화, 환경오염 등의 주요 현안 해결을 위한 연구 강화 추세

- ‘과학기술 미래전략 2045’, ‘제 3차 해양수산발전 기본계획’ 등 대부분의 추진 정책에서 과학기술을 통해 기후변화를 포함한 국제사회 공동 현안문제 해결에 기여함을 목표로 제시하고 있음
- 특히, 기후변화에 따른 극지 해양과 빙권의 변화가 전 세계의 이슈가 되면서 ‘해양수산기후 변화 대응 R&D 강화 로드맵’에서는 해빙 변화 관측 및 예측 모델 개발 등의 연구를 중점적으로 제시하고 있음



- ‘제 1차 해양수산과학기술육성 기본계획’ 등의 정책에서 해양오염 및 생태계 보전과 관련하여 해양환경오염 모니터링 및 저감 기술 개발 등의 과제를 제시하고 있으며, ‘극지과학미래발전 전략’에서는 이러한 연구 확대를 통해 극지 환경 보전 이슈 해결에 기여할 것을 목표로 제시하고 있음
- 그 외에도 공통적으로 국제적인 현안해결에 기여 및 선도적 역할을 수행함으로써 국제 거버넌스 내 영향력을 확대하기 위하여 국제협력 강화, 공동연구프로그램 발굴 및 확대를 추진과제로 포함하고 있음

○ 환경, 생태계 변화 연구 강화 추세

- ‘극지과학미래발전전략’에서는 남극 해양보호구역 생태계 연구, 남극특별보호구역 관련 연구 확대 등을 통해 극지 환경 보전 이슈 해결에 기여하는 것을 주요 추진과제로 두고 있음
- ‘2050 극지비전’에서도 극지의 환경변화 대응과 생태계 보전을 위한 연구를 주요 도전과제로 추진하고 있음

○ 남극 연구 활동의 영역과 범위가 확대되며, 서로 다른 분야 간 **첨단 융·복합 연구**가 추진되는 추세이며, 데이터 및 연구시설 개방을 통한 **다양한 주체의 협력**이 강조되는 추세

- ‘제 4차 과학기술기본계획’, ‘제 4차 기초연구진흥종합계획’에서는 산·학·연 주체 및 분야 간 협력·융합 활성화를 위한 기반 및 연구 데이터 수집·공유 플랫폼 구축을 추진과제로 제시하고 있음
- ‘제 1차 해양수산과학기술육성 기본계획’ 등에서도 출연연구기관의 보유 연구시설, 장비 공동 활용을 통한 연구역량 강화 및 분야 간 융합연구 촉진이 추진과제로 제시됨
- 국제적인 추세에 맞추어 다양한 분야의 연구를 체계적이고 효율적으로 수행할 수 있도록 범부처적인 연구 활동 지원체계 구축이 필요함

○ 미지 공간 개척 및 새로운 자원 개발 관련 연구 활성화 추세

- ‘과학기술 미래전략 2045’에서는 새로운 삶의 영역 확보를 위한 미지 공간 개척 방안으로 극지 공간 개척 및 희귀자원 채취 등을 추진 과제로 제시하고 있음
- ‘제 3차 해양수산발전 기본계획’에서는 해양 바이오, 해양에너지 등 해양 신산업 적극 육성을 제시하였을 뿐만 아니라, 해양영토의 주권·주권적 권리 행사 강화 방안으로 극지에서의 특성화 연구 실시 및 성과 창출을 통한 세계적 경쟁력 확보를 제시하고 있음
- ‘극지과학미래발전전략’에 제시한 바와 같이 최근 극지자원을 활용한 신소재 개발 연구도 활발히 진행되는 추세이며, 이러한 극지자원 선점을 위해 국내 극지 해양 연구 활성화



및 적극적인 자원 탐사를 통한 경쟁력 확보가 필요함

○ 국제 공동연구 강화를 통한 거버넌스 주도 필요

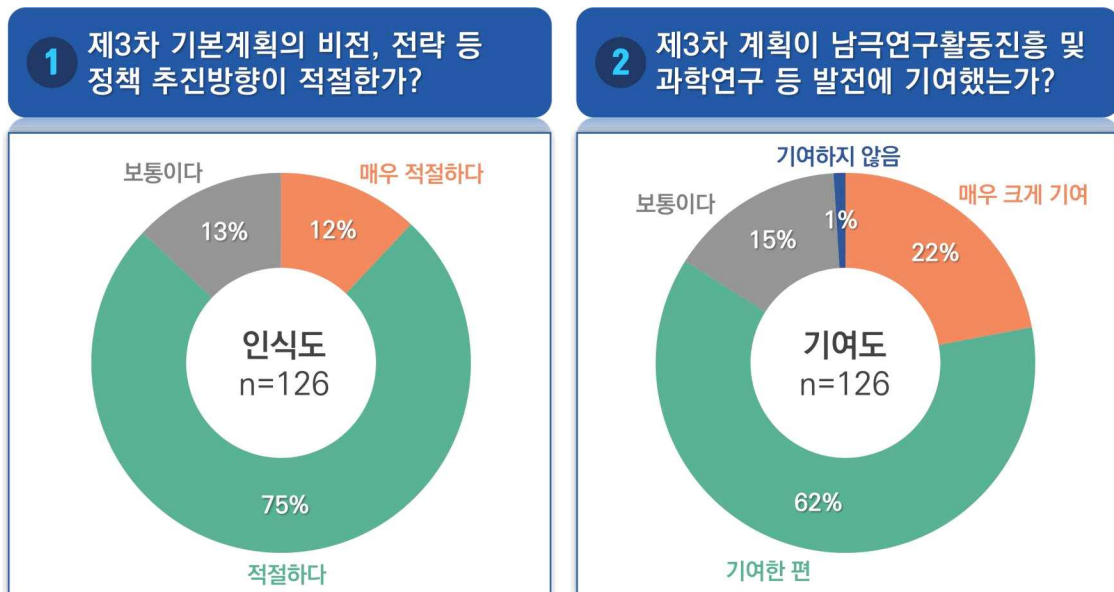
- 주요 정책들에서는 국제협력을 선도하는 강국으로의 도약을 위해 다양한 국제 협력 체계 및 기구에 적극 참여하고, 기후변화, 해양생물다양성 보전 의제 등에 선도적으로 대응하는 방안을 제시하고 있음
- 남극 연구 진흥을 위해 남극 해양환경 관측 및 빙상변화 연구 등 국제연구 프로젝트에 적극적으로 참여하는 추세
- ‘극지과학미래발전전략’에서는 남극 내륙연구 거점을 활용한 국제공동연구 선도 및 다양한 연구 인프라, 자원의 공유·개방 확대를 통한 극지연구 국제 거버넌스의 주도적 참여를 주요 추진 전략으로 제시함

2 절 수준진단 및 수요조사

1. 남극연구 인식도 조사

제3차 기본계획의 인식도

- 제3차 기본계획의 추진 방향이 적절하며, 남극연구활동진흥 및 국가발전에 기여했다고 인식
 - 대부분의 연구자(94%)가 남극연구활동진흥 기본계획의 목표, 전략, 추진과제 등 세부내용에 대한 충분한 이해도는 낮아서 이를 제고하기 위한 노력 필요



〈 제3차 기본계획 인식도 및 기여도 조사 결과 〉

연구 주제별 우리나라 기술수준 및 선도국과의 기술격차 인식도

- 기존 중점지원 분야인 기후예측, 빙상변화, 환경분야는 상대적으로 선도 수준에 진입 중이나, 최근 유망 분야는 상대적으로 기술수준이 낮고, 격차가 크다고 인식
 - 내륙진출 및 탐사기술, 고기후 복원 연구 등 취약 분야에 대한 투자전략 고려 필요



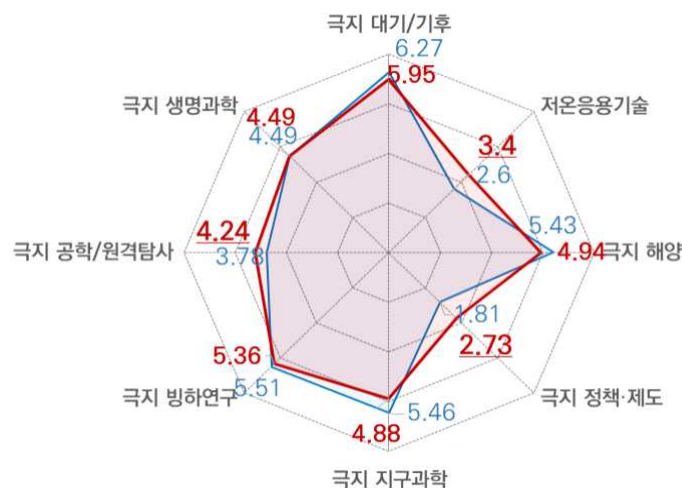
제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

격차(년)	5.9	5.7	5.5	7.3	6.0	6.5	6.0	6.7	7.7
최고	-	1.8	0.9	-	1.0	0.9	-	0.9	-
선도	19.3	22.0	22.9	21.1	19.3	20.2	26.6	17.4	10.1
추격	62.4	54.1	53.2	50.5	55.0	43.1	42.2	35.8	42.2
후발	16.5	21.1	22.0	22.9	19.3	31.2	30.3	37.6	36.7
후박	1.8	0.9	0.9	5.5	4.6	4.6	0.9	8.3	11.0
연구주제	남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	남극의 전지구 기후 조절력 연구 및 기후예측 연구	빙상변화 관측 및 영향규명 기술	남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	남극 고기후 복원연구 및 재현 기술	남극의 극저온 적응 생물 연구기술	극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	남극 우주활동 관측 기술

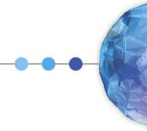
〈 연구 주제별 기술수준 및 격차 인식도 조사 결과 〉

제4차 기본계획 내 강화가 필요한 연구 분야 및 주제

- 제3차 기본계획에서는 대기/기후, 빙하, 지구과학 순으로 집중적인 연구가 수행되었다고 응답
- 제4차 기본계획에서는 전체 분야 대비 중요도는 낮지만 기존보다 강화가 필요한 분야로써 공학/원격탐사, 저온응용, 정책 순으로 꼽힘
 - 강화해야 할 분야별 세부 연구주제로는 남극의 전 지구 기후 조절력 연구 및 기후예측 연구, 남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측, 빙상변화 및 영향규명 기술 순으로 높은 우선순위를 보임



〈 제3차 기본계획 내 집중 연구 분야(파란색) 및 제4차 기본계획에서 강화 필요 연구 분야(빨간색) 〉



○ 남극연구의 강화를 위하여 R&D 지원 외에도 산학연 협력, 인프라 구축, 인력양성 및 역량강화 활동에 대한 수요가 높았음

- 수요에 기반하여 제4차 기본계획 내 협력 강화, 인프라 구축, 인력양성 등을 위한 활동을 포함하고, 적극적으로 추진할 필요가 있음

○ 제4차 기본계획 내 수행하고 싶은 연구과제로 총 41건의 과제 수요가 접수

〈표 118〉 주요 연구 분야별 과제 수요 조사 결과

연구 분야	주제
남극대기/기후	■ 남극 상공 할로겐 산화물 농도 원격탐사 기술 개발 ■ 세종기지 고층대기 관측 장비 확장 개선 및 지속 운영 ■ 배출 수소에 의한 남극대기 산화능 영향 분석 및 향후 변화 예측
남극 지구과학	■ 쇄빙선을 이용한 남극 주변 고층대기/우주환경 다지점 관측 ■ 고온-고압 광물물리 실험을 통한 질란디아-남극 맨틀의 특이점 규명 ■ 남극 내륙 고원 우주탐사 관측환경 탐사 프로그램
남극 생명과학	■ 극지 미세조류 및 해조류를 이용한 감각신경성 청력손실 치료·보호제 개발 ■ 남극 해빙지역 증가에 따른 조류 생태계 변화 및 영향력 분석 ■ 극지 자원 유래 역노화성 약물 개발/항올리고성 항치매 약물 개발
남극 공학/탐사	■ 수중 드론용 일체형 추진장치 개발 ■ 남극 환경의 상시 모니터링을 위한 시료 분석모델 및 극저온 저장기술 개발 ■ 서남극해 크릴 중장기 변동 관측을 위한 원격탐사 네트워크 개발
남극 빙하연구	■ 서남극지역 화산 지열에 의한 해빙의 예측 및 규명을 위한 모델 및 장비 개발 ■ 남극 블루아이스에서 오래된 얼음 시료 확보와 장주기 기후변화 복원 ■ 남극내륙 심부빙하코어 시추 원천기술 개발 및 기후변화 복원 연구
남극 해양연구	■ 남극 수중음향관측을 통한 해양음향환경변화 장기 모니터링 ■ 남극 연안 국지적 역학이 기후변화에 미치는 영향 규명 및 미래 예측 모델링

○ 시사점

- 남극연구활동진흥기본계획에 대한 대내외 인지도 향상과 연구진의 세부 전략에 대한 이해도 증진을 통해 정책 효과를 극대화할 필요
- 기후예측, 빙상변화 등 중점 지원영역의 기술수준 인식도가 기대 보다 낮고, 내륙탐사, 저온기술 등 미래 유망 분야는 후발 그룹의 기술수준으로 기술수준 향상과 투자 포트폴리오 강화 전략의 마련이 시급
- 공학/원격탐사, 저온응용 등 수요가 높은 新 유망 분야에 대한 투자 강화와 이를 위한 연구 인프라 구축 등 선제적 추진 필요



2. 우리나라 수준 분석

□ 연구

- 극지연구 주요국/기관 성과 수준 분석 결과 국가 순위 세계 19위, 극지연구소는 35위 수준(논문 수 기준, 총 41개국, 53개 기관)
 - 논문 수는 계속 증가추세이나, 우수논문(인용영향력 상위 10%)에 속하는 논문의 비중은 미국, 영국, 독일 등에 비해 낮아 질적 성과 강화 필요
 - * 국가별 극지 논문 중 우수논문(상위 10% 이상)의 비중 독일 19%, 미국·영국·호주 18%, 일본 13%, 중국 11%, 한국 9% 수준

□ 기술수준

- 최고선도국(美) 대비 극지과학연구(해양, 생명, 지질, 대기, 빙하)는 70%(6년)*, 극한 공간 인프라 기술은 75%(4.8년)** 수준
 - * 2020년 해양수산 과학기술 수준평가 연구(해양수산과학기술진흥원, '21.5월)
 - ** 2020년 기술수준평가(한국과학기술기획평가원, '21.4월)
 - 기술수준 격차는 극지과학 2.6%, 극한공간 6% 감소*하였으나, 선도국 도약을 위한 혁신적 돌파는 부족한 상황
 - * 극지과학('16년 : 67.4%⇒'20년 : 70%) / 극한공간('18년 : 71% ⇒ '20년 : 75%)

□ 국제협력

- 남극연구 기관 간 협력연결망 영국, 독일, 미국 중심으로 우리나라는 상대적으로 주변부*에 위치(262개 기관 중 65위)
 - 연구 수준이나, 보유 인프라 역량에 비해 주요국 연구기관과의 협력 수행과 국제공동연구 주도가 부족으로 글로벌 협력 중심부 진출 필요
 - * 남극연구 기관이 연결된 타 협력기관 수를 측정했을 때 262개 기관 중 65위로, 영국 BAS, 독일 AWI, 미국 NASA 등이 극지연구 네트워크 핵심 기관으로 나타남

□ 인프라

- 남극기지는 운영하는 30개국 중 2개 이상 상주기지를 운영하는 8개 국가 중 하나이며, 남극에서 가장 최선의 과학기지를 운영
 - 남극 내륙 진출로를 개척 중이나, 기지 주변부에서 한정된 연구 수행 중으로, 내륙 연구를 지원할 수 있는 기반시설 구축 필요

3. 수요조사

1) 수요조사 개요

▣ 남극연구 현황, 기존 정책 점검을 위한 인식 및 기여도, 향후 강화되어야 할 연구 분야 등 기술수요조사 실시

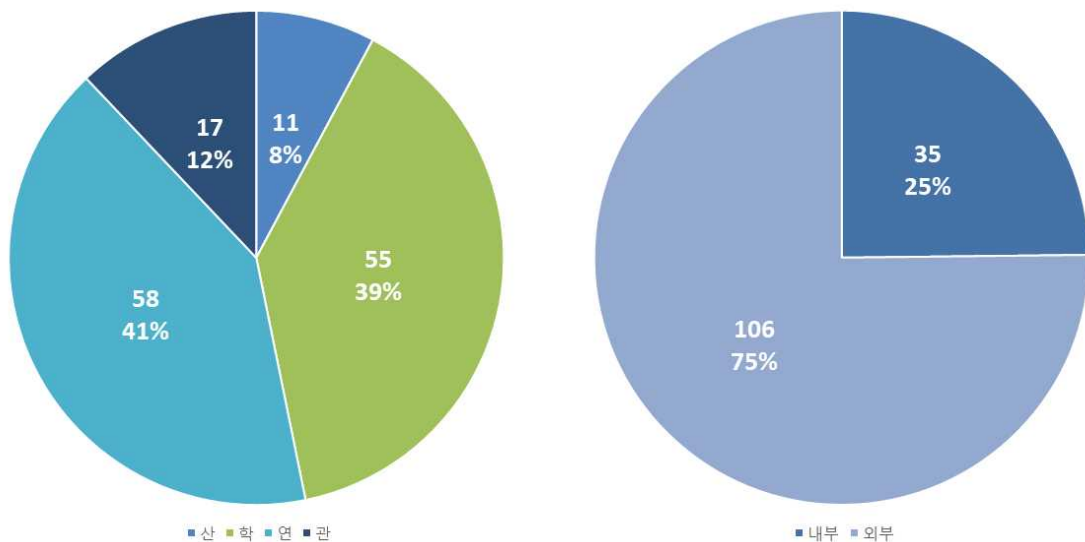
○ (개요) 극지연구소 내·외부 전문가들을 대상으로 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 수립을 위한 기존 정책 점검 및 연구·과제수요 도출을 위한 수요조사 실시

- (조사기간) 2021.06.21. ~ 07.07
- (조사내용) 남극연구 활동의 현황, 기존 남극연구 관련 정책에 대한 인식 및 향후 방향성, 제 4차 기본계획 수립 시 반영하여 강화되어야 할 연구 분야 조사

○ (응답현황) 총 175건의 응답 중, 141건의 유효응답 확보

* 무효 응답의 유형: 신상정보 미입력 또는 필수 응답 미실시 후 설문 종료(이탈자)

- 연구기관(41%) 소속 응답자가 가장 많았으며, 학계, 정부 및 공공기관, 산업계 순으로 응답
- 내부에서는 총 46건 중 35건, 외부에서는 총 129건 중 106건의 유효응답이 확보되어 외부 응답이 전체 유효 응답의 75% 차지



〈 소속기관 유형별 응답 현황(왼쪽) 및 극지연구소 내·외부별 응답 현황(오른쪽) 〉



2) 수요조사 결과 분석

가. 국내 남극연구 현황 분석

▣ 최근 5년 이내 극지 관련 연구 현황 조사 결과 분석

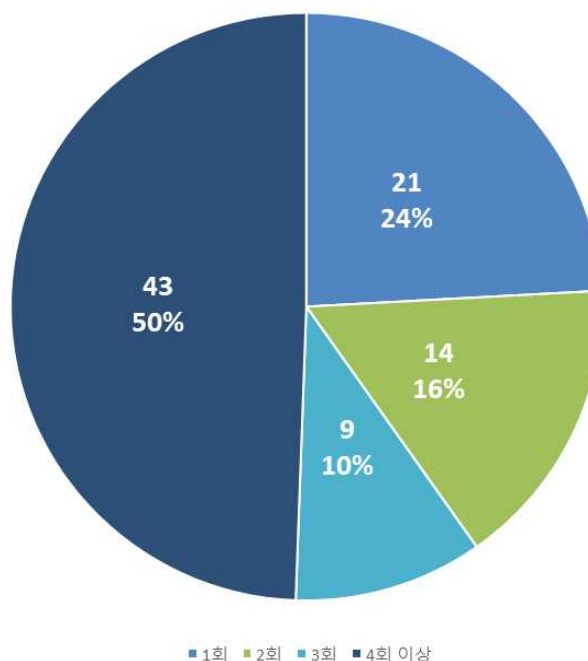
○ (참여 경험) 전체의 61.7%(87/141명)가 최근 5년 이내 극지연구 수행 또는 참여 경험이 있다고 응답

- 소속기관 유형별로는 연구기관(70.7%) 내 극지연구 수행 및 참여 경험 비율이 가장 높았으며, 학계(67.3%), 산업계(45.5%), 정부 및 공공기관(23.5%) 순으로 참여 경험 비율이 높음
- 내부 응답자는 94.3%(33/35명), 외부 응답자는 50.9%(54/106명) 비율로 극지 연구 수행 경험이 있다고 응답

〈표 3-1〉 소속기관 유형별 극지연구 수행 경험 조사 결과

소속기관 유형	총 응답자	수행 및 참여 유경험자 수	비율(%)
산	11	5	45.5
학	55	37	67.3
연	58	41	70.7
관	17	4	23.5
총	141	87	61.7

○ (경험 횟수) 응답자(87명)의 50%가 4회 이상 극지연구에 참여한 경험이 있음



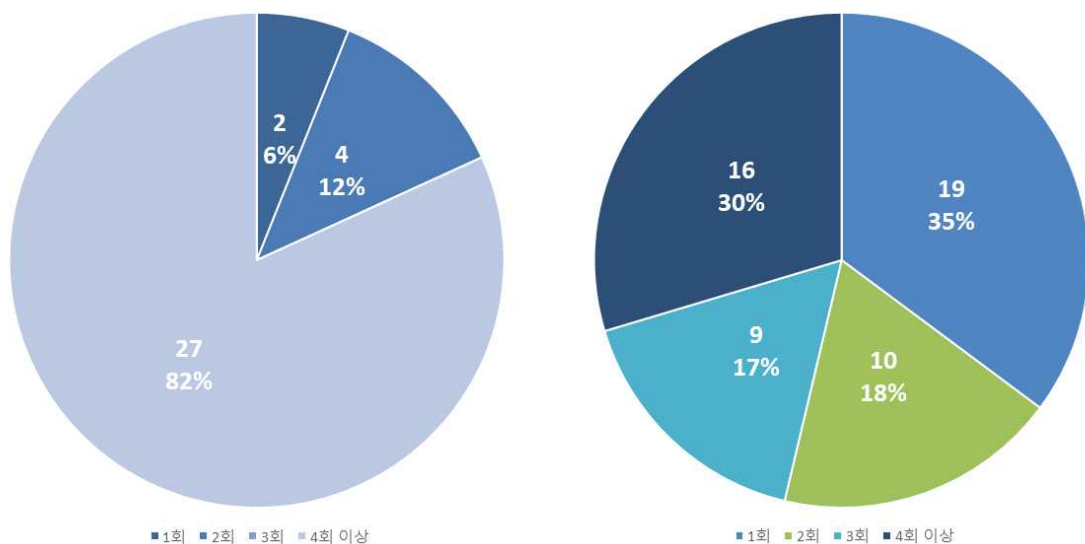
〈 극지연구 참여 경험 횟수 조사 결과 〉

- 소속기관 유형별로는 연구기관(73.2%), 정부 및 공공기관(50.0%)의 대부분이 4회 이상 극지연구 참여 경험이 있다고 응답했으며, 산업계는 1회(80.0%) 참여 비율이 가장 높음
- 학계의 경우, 4회 이상(32.4%), 1회(29.7%), 2회(21.6%), 3회(16.2%) 순으로 비교적 고르게 분포

<표 3-2> 소속기관 유형별 극지연구 참여 횟수 조사 결과

소속기관 유형	극지연구 참여 경험 횟수(유형 내 비율, %)			
	1회	2회	3회	4회 이상
산	4 (80.0)	1 (20.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
학	11 (29.7)	8 (21.6)	6 (16.2)	12 (32.4)
연	4 (9.8)	5 (12.2)	2 (4.9)	30 (73.2)
관	2 (50.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	1 (25.0)
총	21 (24.1)	14 (16.1)	9 (10.3)	43 (49.4)

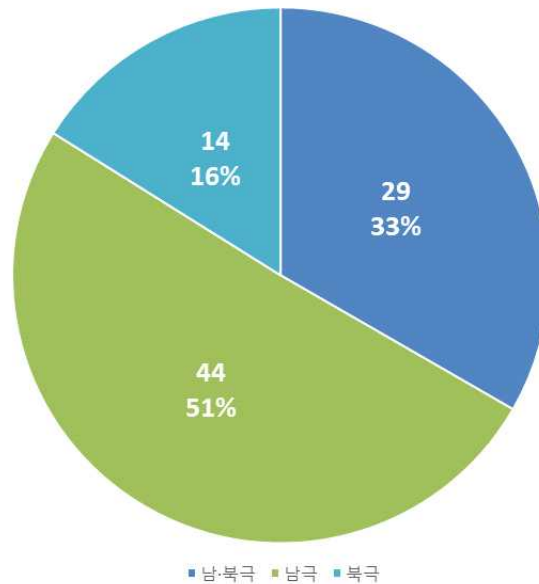
- 내부 응답자의 대부분(82%)이 4회 이상의 연구 참여 경험이 있다고 응답했으며, 외부 응답자의 경우 1회(35%), 4회 이상(30%), 2회(18%), 3회(17%) 순으로 응답



< 극지연구소 내부(왼쪽)·외부(오른쪽) 응답자별 극지연구 참여 경험 횟수 조사 결과 >



- (연구 지역) 극지연구 수행 및 참여 경험자의 대부분(84%)이 남극 또는 남·북극 분야에 대한 연구경험이 있다고 응답



〈 극지연구 참여자 대상 연구지역 조사 결과 〉

- 소속기관 유형별 응답 건수 기준으로는 연구계가 38건, 학계가 26건순으로 많았으며, 소속기관 유형 내 비율에 따른 비중으로는 산업계가 100%로 남극연구에 가장 많이 참여하는 것으로 집계됨
- 모든 유형에서 응답자의 70% 이상이 남극 또는 남·북극 분야 연구를 수행한 경험이 있다고 응답

〈표 3-3〉 소속기관 유형별 연구 수행 지역 조사 결과

소속기관 유형	연구 지역(유형 내 비율, %)		
	남·북극	남극	북극
산	0 (0.0)	5 (100.0)	0 (0.0)
학	11 (29.7)	15 (40.5)	11 (29.7)
연	17 (41.5)	21 (51.2)	3 (7.3)
관	1 (25.0)	3 (75.0)	0 (0.0)
총	29 (33.3)	44 (50.6)	14 (16.1)

- 내부 응답자의 97%(32/33건), 외부 응답자의 경우에는 76%(41/54건)가 남극 또는 남·북극 분야 연구를 수행한 경험이 있다고 응답



- (연구 분야 및 주제) 수행 중 또는 수행했던 연구 분야 및 주제로는 극지 대기/기후(21.1%) 분야가 가장 많았으며, 저온응용기술(2.0%) 분야 연구가 가장 적게 수행됨

〈표 3-4〉 연구 분야 별 수행 비율 및 주요 주제

순위	구분	응답 수	비중(%)	주요 주제
1	극지 대기/기후	31	21.1	■ 오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명 ■ 남극 극한기상/기후변화 진단 및 전 지구 영향평가 ■ 남극대기 에어로졸 생성-성장 구름형성 과정 연구를 통한 기후피드백 이해
2	극지 공학/원격탐사	26	17.7	■ 극한지 관측 및 정보처리 기술개발 ■ 남극내륙연구를 위한 진출루트 개척 및 탐사기술 개발 ■ 빙하전도도측정기 및 추적시스템 개발
3	극지 빙하연구	20	13.6	■ 서남극 스웨이트 빙하 돌발붕괴의 기작규명 및 해수면 상승 영향 연구 ■ 극지 빙하코어를 활용한 과거 기후와 환경변화 복원 ■ 국제 심부빙하시추 네트워크를 활용한 대기·빙상 상호작용의 자연적·인위적 특성 규명
4	극지 생명과학	19	12.9	■ 환경변화에 따른 남극 육상생물의 생리생태 반응 규명 ■ 극지 유래 생물자원을 활용한 항생제 후보물질 개발 ■ 바톤반도(세종기지)와 테라노바만(장보고기지) 육상생태 변화 장기모니터링
5	극지 지구과학	18	12.2	■ 남극 빅토리아랜드 지역 지각진화 및 행성형성과정 연구 ■ 우주 물질의 극한환경 실험을 통한 지구내부의 이해 ■ 질란디아-남극 맨틀의 지구 물리적 특성 규명
6	극지 해양	16	10.9	■ 남극 해양조사 및 해도제작 ■ 남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구 ■ 음향을 이용한 남극 로스해에 분포하는 어족자원 분포 및 현존량 추정
7	극지 정책·제도	11	7.5	■ 극지연구소 기능 정립 및 R&D 방향성 도출 ■ 기후변화가 이누이트 생활에 미치는 영향 ■ 남극 환경보호위원회 의제 제안 및 대응을 위한 국제협력
8	저온응용기술	3	2.0	■ 얼음의 미세구조 특성연구를 통한 저온 정화기술 및 환경/에너지 신소재 개발 ■ 식물생장 촉진과 환경 스트레스 저감 작용을 하는 천연물 발굴
8	기타	3	2.0	■ 북방극지지역 연계 복합운동 참여방안 연구 ■ 초·중등생들의 극지 연구 이해 함양을 위한 방안 연구

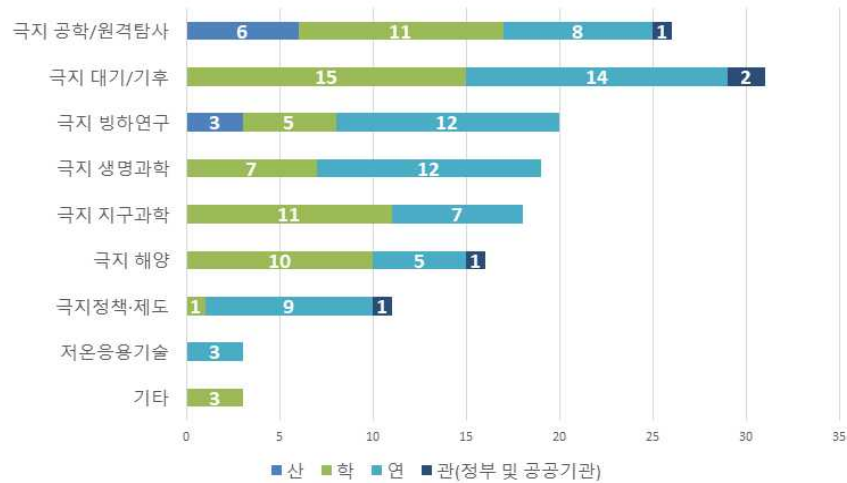
- 산업계에서는 극지 공학/원격탐사(6건), 극지 빙하연구(3건) 분야 연구만 수행되고 있는 반면, 학계와 연구기관에서는 대부분의 분야에 대한 연구가 수행됨
- 학계와 연구기관에서는 특히 극지 대기/기후 분야(15건, 14건) 연구가 가장 집중적으로



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

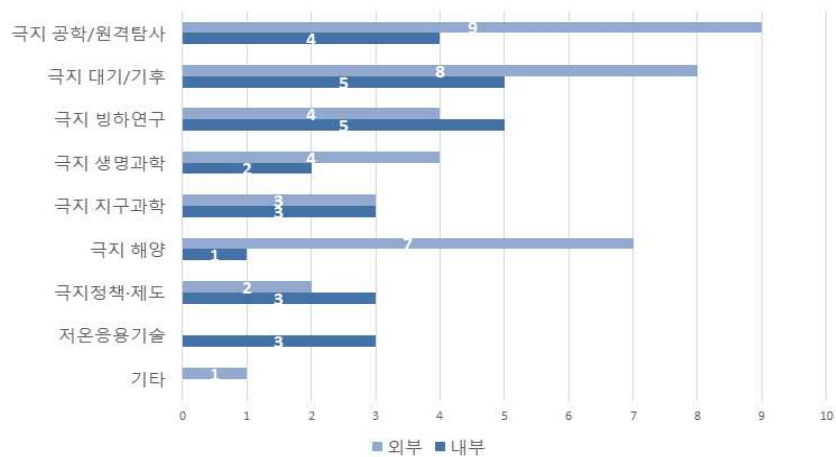
수행됨

- 정부 및 공공기관에서도 극지 대기/기후 분야(2건) 연구가 주로 수행되었으며, 그 외 극지 공학/원격탐사(1건), 극지 해양(1건), 극지정책·제도 분야(1건) 연구가 수행됨



〈 소속기관 유형별 수행 연구 분야 〉

- 내부에서는 극지 대기/기후(5건)와 극지 빙하연구(5건) 분야 연구가 가장 많이 수행되었으며, 외부에서는 극지 공학/원격탐사(9건) 분야 연구가 가장 많이 수행됨
- 내부에서 대부분의 분야에 대한 연구가 수행되고 있으며, 특히 극지 정책·제도와 저온응용기술 분야 연구는 외부에 비해 많이 수행됨



〈 극지연구소 내·외부별 수행 연구 분야 〉



최고 선진국 대비 우리나라 기술수준 및 기술격차 평가 조사 결과

- (최고 선진국 대비 우리나라 기술 수준 평가) 대부분의 분야에서 추격 수준의 기술을 보유하고 있는 것으로 평가하는 반면, 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술은 후발 수준이라는 응답 비율(38.7%)이 가장 높음
 - 최고 수준의 기술을 보유하고 있다는 응답은 전 분야에서 미비했으며, 남극 우주환경 관측 기술의 경우, 다른 기술 대비 낙후 수준이라는 응답이 높음

〈표 3-5〉 최고 선진국 대비 분야별 우리나라 기술 수준 평가(단위: %)

구분	낙후	후발	추격	선도	최고
남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	1.9	16.0	63.2	18.9	0.0
남극의 전지구 기후조절력 연구 및 기후예측 연구	0.9	21.7	53.8	21.7	1.9
빙상변화 관측 및 영향규명 기술	0.9	22.6	52.8	22.6	0.9
남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	5.7	23.6	50.0	20.8	0.0
남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	4.7	19.8	54.7	18.9	1.9
남극 고기후 복원연구 및 재현기술	4.7	32.1	42.5	19.8	0.9
남극의 극저온 적응생물 연구 기술	0.9	30.2	42.5	26.4	0.0
극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	8.5	38.7	34.9	17.0	0.9
남극 우주환경 관측 기술	11.3	37.7	41.5	9.4	0.0

- 학·연·관의 경우, 제시된 대부분의 기술 분야 수준이 추격 수준이라는 응답 비율이 우세한 반면, 산업계의 경우 대부분의 기술 분야 수준을 후발 수준으로 평가함

〈표 3-6〉 소속기관 유형별 최고 선진국 대비 분야별 우리나라 기술 수준 평가

구분	소속기관				
	전체	산	학	연	관
남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	추격	후발, 추격	추격	추격	추격
남극의 전지구 기후조절력 연구 및 기후예측 연구	추격	후발	추격	추격	추격
빙상변화 관측 및 영향규명 기술	추격	추격	추격	추격	추격
남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	추격	추격	추격	추격	추격
남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	추격	후발, 추격	추격	추격	추격
남극 고기후 복원연구 및 재현기술	추격	후발	추격	후발, 추격	추격
남극의 극저온 적응생물 연구 기술	추격	후발	추격	추격	후발
극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	후발	후발	후발, 추격	추격	후발
남극 우주환경 관측 기술	추격	후발, 낙후	후발	추격	후발



- 내부에서는 후발 수준으로 평가한 남극 내륙 진출 등 극지 탐사 기술과 선도 수준으로 평가한 남극의 극저온 적응생물 연구 기술을 제외한 기술 모두 추격 수준으로 평가하였으며, 외부에서는 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술, 남극 우주환경 관측 기술을 제외한 기술 모두 추격 수준으로 전체 응답 결과와 유사하게 평가
- 선진국 대비 낙후되거나 후발, 추격 수준으로 평가되는 기술들이 기타 의견으로 제시

〈표 3-7〉 최고 선진국 대비 분야별 우리나라 기술 수준 평가(기타의견)

기타 의견	기술 수준
남극 심부지각 탐사 기술 및 해석 능력	낙후
극지 천문학 관측기술	낙후
기후변화로 인한 대기 화학 과정 추적 기술	낙후
극지 체류 연구자 건강 모니터링	추격
남극 지구 내부 물질 순환 및 상호작용	추격
남극 탐사 장비 개발	후발

- (최고 선진국 대비 우리나라의 기술격차) 빙상변화 관측 및 영향규명 기술(5.5년)이 기술격차가 가장 적은 분야로 평가되었으며, 위의 문항에서는 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술이 다른 기술 대비 비교적 가장 낮은 수준으로 평가된 반면, 기술격차는 남극 우주환경 관측 기술 분야(7.7년)에서 가장 크게 나타남

〈표 3-8〉 최고 선진국 대비 분야별 우리나라의 기술격차(단위: 년)

순위	구분	기술격차(년)
1	남극 우주환경 관측 기술	7.7
2	남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	7.3
3	극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	6.7
4	남극 고기후 복원연구 및 재현 기술	6.5
5	남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	6.0
5	남극의 극저온 적응 생물 연구기술	6.0
6	남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	5.9
7	남극의 전 지구 기후 조절력 연구 및 기후예측 연구	5.7
8	빙상변화 관측 및 영향규명 기술	5.5

- 연구기관을 제외한 모든 소속기관 유형에서는 전체 응답결과와 동일하게 남극 우주환경 관측 기술을 가장 기술격차가 큰 분야로 꼽았으며, 기술격차가 가장 적은 분야로도 학계, 정부 및 공공기관, 산업계에서는 전체 응답과 동일하게 빙상변화 관측 및 영향규명 기술을 꼽은 반면, 연구기관에서는 남극의 극저온 적응생물 연구 기술이라고 응답

<표 3-9> 소속기관 유형별 최고 선진국 대비 분야별 우리나라 기술격차 순위 응답 결과

구분	소속기관				
	전체	산	학	연	관
남극 우주환경 관측 기술	1	1	1	2	1
남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	2	7	4	1	4
극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	3	4	2	4	5
남극 고기후 복원연구 및 재현 기술	4	4	5	3	2
남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	5	3	6	6	7
남극의 극저온 적응 생물 연구기술	5	5	3	9	6
남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	6	6	7	5	8
남극의 전 지구 기후 조절력 연구 및 기후예측 연구	7	2	8	8	3
빙상변화 관측 및 영향규명 기술	8	7	8	7	8

- 외부에서는 전체 응답 결과와 동일하게 기술격차가 큰 분야로는 남극 우주환경 관측 기술(7.8년)을, 가장 적은 분야로는 빙상변화 관측 및 영향규명 기술(5.3년)을 꼽은 반면, 내부에서는 남극 내륙진출 등 극지 탐사기술(9.9년)을 기술격차가 가장 큰 분야로, 남극의 극저온 적응 생물 연구기술(4.7년)을 가장 적은 분야로 꼽음
- 극지연구소 내부 응답 결과 : 남극 내륙진출 등 극지 탐사기술 - 남극 우주환경 관측 기술 - 남극 고기후 복원연구 및 재현기술 - 남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측 - 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술 - 남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구, 빙상변화 관측 및 영향규명 기술 - 남극의 전 지구 기후조절력 연구 및 기후예측 연구 - 남극의 극저온 적응생물 연구 기술
- 극지연구소 외부 응답 결과 : 남극 우주환경 관측 기술 - 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술 - 남극의 극저온 적응생물 연구 기술 - 남극 고기후 복원연구 및 재현기술, 남극 내륙진출 등 극지 탐사기술 - 남극의 전 지구 기후조절력 연구 및 기후예측 연구 - 남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구 - 남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측 - 빙상변화 관측 및 영향규명 기술
- 그 외 기타의견으로 세부적인 기술 및 해당 기술의 최고 선진국 대비 기술 격차 제시

<표 3-10> 최고 선진국 대비 분야별 우리나라 기술 격차 평가(기타의견)

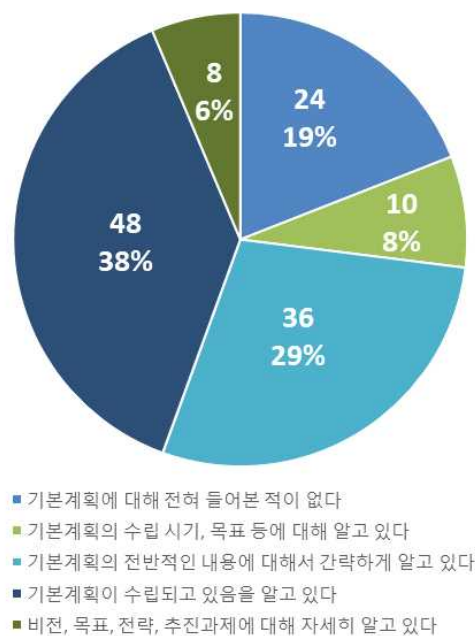
기타 의견	기술 격차
남극 지구 내부 물질 순환 및 상호작용	4년
남극 심부지각 탐사 기술 및 해석 능력	5년
극지 천문관측 기술	5년
극지 탐사 및 장비 개발	5년
극저온에 대한 적응 및 복원력 향상 기술	10년 이상
기후변화로 인한 대기 화학 과정 영향 및 미래 예측	15년 이상



나. 제 3차 기본계획 인식도 및 기여도 평가

▣ 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인식도 점검 및 향후 정책 방향성 조사 결과

- (3차 계획 인지도) 제 3차 남극연구활동진흥기본계획에 대해 대부분의 응답자(81%)가 기본계획을 인지하고는 있으나, 수립 시기, 목표, 추진 과제 등에 대해 자세히 알고 있진 않음
 - 기본계획이 수립되고 있음을 알고 있거나(38%) 기본계획의 전반적인 내용에 대해서 간략하게 알고 있다(29%)는 순으로 응답



〈 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인지도 조사 결과 〉

- 소속유형을 불문하고 각 유형 내 50% 이상이 제 3차 남극연구활동진흥기본계획의 전반적인 내용에 대해 간략하게 알고 있거나, 기본계획이 수립되고 있음을 알고 있다고 응답
 - 연구기관을 제외하고는 비전, 목표, 전략, 추진과제에 대해 자세히 알고 있다고 응답한 응답자가 없었으며, 기본계획에 대해 전혀 인지하지 못하고 있다는 응답은 학계(34%)에서 가장 높았음

〈표 3-11〉 소속기관 유형별 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인지도 조사 결과

소속기관	제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인지도(유형 내 비율, %)				
	1	2	3	4	5
산	1 (11.1)	1 (11.1)	2 (22.2)	5 (55.6)	0 (0.0)
학	16 (34.0)	3 (6.4)	11 (23.4)	17 (36.2)	0 (0.0)
연	5 (9.4)	5 (9.4)	20 (37.7)	15 (28.3)	8 (15.1)
관	2 (11.8)	1 (5.9)	3 (17.6)	11 (64.7)	0 (0.0)

1: 전혀 들어본 적이 없다, 2: 수립 시기, 목표 등에 대해 알고 있다, 3: 전반적인 내용에 대해서 간략하게 알고 있다, 4: 수립되고 있음을 알고 있다, 5: 비전, 목표, 전략, 추진과제에 대해 자세히 알고 있다

- 내·외부 모두 65% 이상이 제 3차 남극연구활동진흥기본계획의 전반적인 내용에 대해 간략하게 알고 있거나, 기본계획이 수립되고 있음을 알고 있다고 응답
- 내부에서는 기본계획에 대해 전혀 인지하지 못하고 있다는 응답이 없는 반면, 외부에서는 24건(25.3%)으로 기본계획이 수립되고 있음을 알고 있다는 응답 다음으로 가장 높았음

<표 3-12> 극지연구소 내·외부별 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인지도 조사 결과

구분	제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인지도(유형 내 비율, %)				
	1	2	3	4	5
내부	0 (0.0)	3 (9.7)	14 (45.2)	8 (25.8)	6 (19.4)
외부	24 (25.3)	7 (7.4)	22 (23.2)	40 (42.1)	2 (2.1)

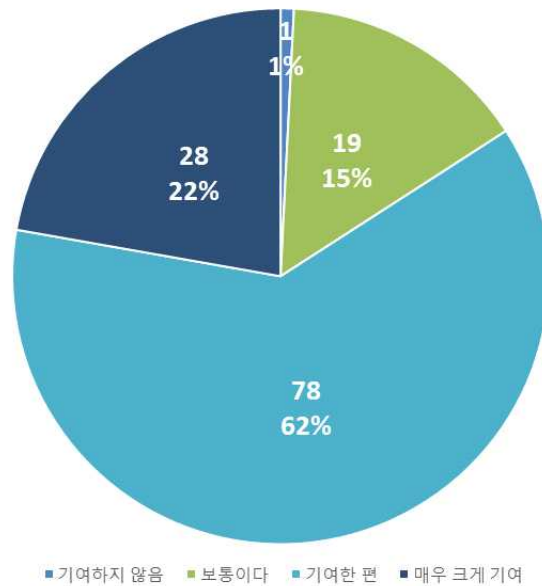
1: 전혀 들어본 적이 없다, 2: 수립 시기, 목표 등에 대해 알고 있다, 3: 전반적인 내용에 대해서 간략하게 알고 있다, 4: 수립되고 있음을 알고 있다, 5: 비전, 목표, 전략, 추진과제에 대해 자세히 알고 있다

- (3차 계획 인식도) 제 3차 남극연구활동진흥기본계획에 대해 대부분의 응답자가 비전, 목표, 추진과제 등을 비추어볼 때 정책의 추진방향이 적절하거나 매우 적절하다고 응답(86.5%)하였으며, 그 외 13.5%가 보통이라고 응답
- 소속기관을 불문하고 각 유형 내 75% 이상이 비전, 목표, 추진 과제 등을 비추어볼 때 정책의 추진방향이 매우 적절하거나 적절하다고 응답

<표 3-13> 소속기관 유형별 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인식도 조사 결과

소속기관	제 3차 남극연구활동진흥기본계획 인식도(유형 내 비율, %)		
	보통이다	적절하다	매우 적절하다
산	0 (0.0)	7 (77.8)	2 (22.2)
학	3 (6.4)	39 (83.0)	5 (10.6)
연	10 (18.9)	39 (73.6)	4 (7.5)
관	4 (23.5)	9 (52.9)	4 (23.5)

- 내부 응답자의 74.2%가 비전, 목표, 추진 과제 등을 비추어볼 때 정책의 추진방향이 매우 적절하거나 적절하다고 응답하였으며, 외부 응답자의 경우 90.5%의 더 높은 비율로 정책의 추진방향이 매우 적절하거나 적절하다고 응답
- (3차 계획 기여도) 대부분이 제 3차 남극연구활동진흥기본계획이 우리나라 남극연구활동진흥 및 과학연구, 정책 등의 발전에 기여하거나 매우 크게 기여한 편이라고(84%) 응답



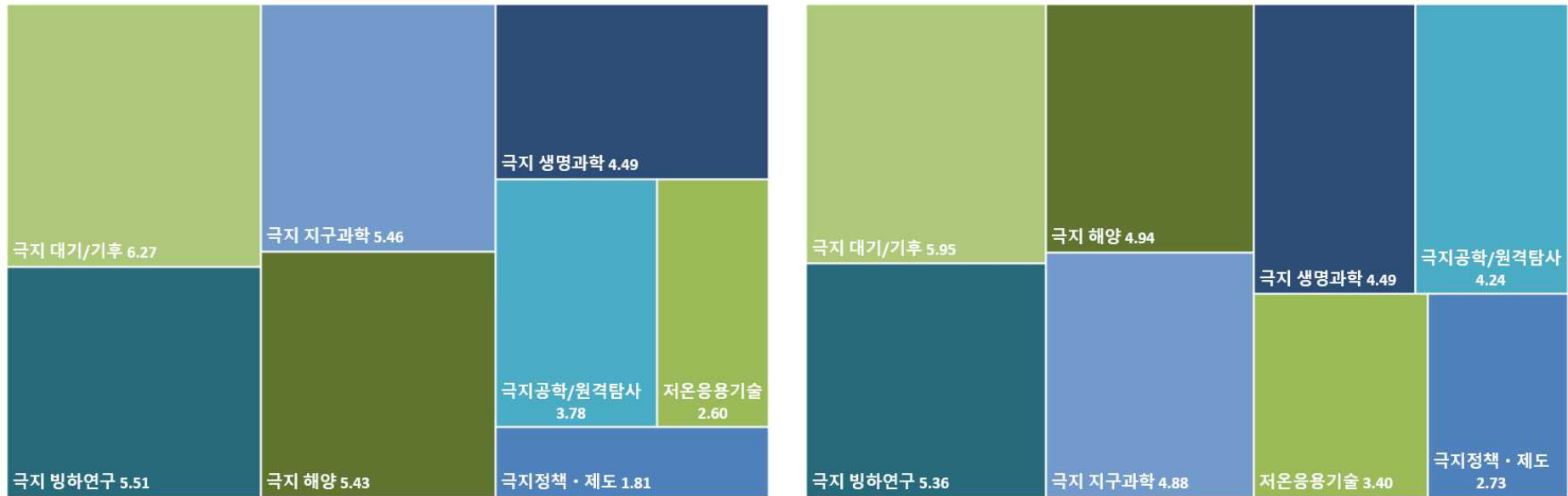
〈 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 기여도 평가 결과 〉

- 소속기관에 불문하고 각 유형 내에서 70% 이상이 제 3차 남극연구활동진흥기본계획이 우리나라 남극연구활동진흥 및 과학연구, 정책 등의 발전에 기여한 편이거나 매우 크게 기여했다고 응답
- 그 외에는 보통이다라고 응답하였으며, 전혀 기여하지 않았다고 응답한 건수는 연구 기관에서 1건임

〈표 3-14〉 소속기관 유형별 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 기여도 조사 결과

소속기관	제 3차 남극연구활동진흥기본계획 기여도(유형 내 비율, %)			
	기여하지 않음	보통이다	기여한 편	매우 크게 기여
산	0 (0.0)	1 (11.1)	5 (55.6)	3 (33.3)
학	0 (0.0)	5 (10.6)	30 (63.8)	12 (25.5)
연	1 (1.9)	9 (17.0)	32 (60.4)	11 (20.8)
관	0 (0.0)	4 (23.5)	11 (64.7)	2 (11.8)

- 내부 응답자의 80.7%(25/31건)와, 외부 응답자의 85.3%(81/95건)가 제 3차 남극연구활동진흥기본계획이 우리나라 남극연구활동진흥 및 과학연구, 정책 등의 발전에 기여한 편이거나 매우 크게 기여했다고 응답
- 나머지 외부 응답자들은 보통이다라고 응답한 반면, 내부 응답자 중 1명은 전혀 기여하지 않았다고 응답



〈 제 3차 계획 내 집중 연구 분야(왼쪽) 및 제 4차 계획 내 강화 필요한 연구 분야(오른쪽) (우선순위 평가 결과를 가중 평균한 값) 〉

- (3차 계획 내 집중 연구 분야) 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 기간 동안 가장 집중적으로 수행된 연구 분야는 극지 대기/기후로, 가장 적게 수행된 연구 분야는 극지정책·제도로 집계됨
 - 모든 소속기관 유형 내에서 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 내 가장 집중적으로 연구된 분야는 전체 응답 결과와 동일하게 극지 대기/기후로 집계된 반면, 가장 적게 연구된 분야로는 산·학·연의 경우 전체 응답 결과와 동일하게 극지 정책·제도로, 정부 및 공공기관의 경우 저온응용기술로 집계됨
 - 외부에서는 전체 응답 결과와 동일한 우선순위로 집중 연구 분야가 집계되었으며, 내부에서 역시 가장 집중적으로 연구된 분야와 가장 적게 연구된 분야는 전체 응답 결과와 동일하였지만, 연구 분야별 우선순위는 상이함
 - 극지연구소 내부 응답 결과 : 극지 대기/기후 - 극지 해양 - 극지 빙하연구 - 극지 생명과학 - 극지 지구과학 - 극지공학/원격탐사 - 저온응용기술 - 극지정책·제도



〈표 3-15〉 소속 유형별 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 내 집중 연구 분야 우선순위 응답 결과

연구 분야	소속기관				
	전체	산	학	연	관
극지 대기/기후	1	1	1	1	1
극지 빙하연구	2	3	2	2	5
극지 지구과학	3	2	4	4	2
극지 해양	4	4	3	3	4
극지 생명과학	5	3	5	5	3
극지공학/원격탐사	6	5	6	6	6
저온응용기술	7	6	7	7	8
극지정책·제도	8	7	8	8	7

다. 제 4차 기본계획 내 연구 수요 분석

▣ 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 포함되어야 할 연구 분야 및 세부주제 조사 분석 결과

- 전체 응답자의 53.9%(76/141진)가 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 포함되어야 할 분야가 있다고 응답
- (4차 계획에 포함이 필요한 분야) 극지 대기/기후 분야(19.7%)가 포함되어야 한다는 의견이 제일 많았으며, 극지 생명과학(15.8%) 및 극지 공학/원격탐사(15.8%), 극지 빙하연구(13.2%) 분야 순으로 수요 제시
 - 기타 의견으로 극지 우주, 환경오염 관련 연구 분야 수요 제시

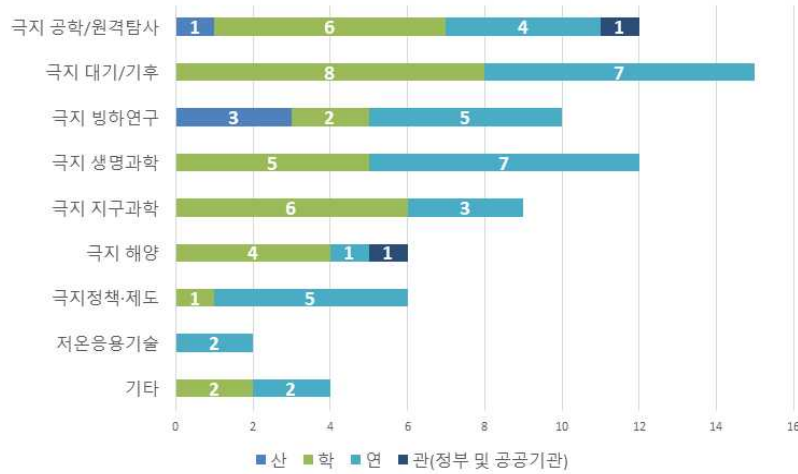
<표 3-16> 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 포함되어야 할 주요 연구 분야 및 세부 연구 주제

순위	구분	응답 수	비중(%)	세부 연구주제
1	극지 대기/기후	15	19.7	■ 남극대기 에어로졸의 기후학/광학적 특성 ■ 극지역 지하수-지표수-눈/빙하 상호작용과 물순환 연구 ■ 오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성과의 상관관계 규명 ■ 남극 기지기반 성층권 오존 농도의 기후학적 차이와 지역별 차이 특성 분석
2	극지 생명과학	12	15.8	■ 극지 식물의 극한지 적응기작 이해 ■ 기후변화로 인한 극지 육상 생태계 건조화가 미소생물의 서식처와 종 다양성에 미치는 영향 ■ 극지 물범과 동물의 행동생태 기초연구 ■ 극지 효소자원 발굴
2	극지 공학/원격탐사	12	15.8	■ 위성 기반 극지역 공간정보(수치지도, 정사영상, DEM) 구축 ■ 안전한 남극 내륙 연구 활동 지원을 위한 무인 플랫폼 활용 기술 개발 ■ 원격탐사장비 마이크로 그리드 설계
3	극지 빙하연구	10	13.2	■ 기후변화로 가속화되고 있는 극지역 빙상 용융의 원인 규명 및 미래 전 지구 해수면 변동 예측 ■ 남극 심부빙하시추와 백만 년 이상된 기후변화 복원 ■ 빙하, 빙봉의 3차원 구조 분석
4	극지 지구과학	9	11.8	■ 남극운석에 대한 광물물리 연구를 통한 지구 및 행성의 내부구조 분화과정 이해 ■ 남극-태평양 중앙해령 지역 확장균열대의 생성 원인 및 진화 양상 규명 ■ 남극 맨틀 물성과 표층 지진/화산활동 감시 및 변화 연구
5	극지 정책·제도	6	7.9	■ 남극조약체제의 이슈변화에 대한 대응 방안 ■ ATCM 대응 및 국제 리더십 강화를 위한 의제 발굴 및 관련 과제 수행
5	극지 해양	6	7.9	■ 남극 해양 내부 환경 모니터링 관측시스템 구축 ■ 빙하 용빙수의 생성과 거동, 경로 추적 ■ 극지 해양 이산화탄소 흡수 및 해양산성화가 생태계에 미치는 영향
6	기타	4	5.3	■ 극지 환경오염 문제에 관한 연구(미세플라스틱 및 잔류성 오염물질) ■ 극지 우주환경에 의한 지구 환경 시스템 변화
7	저온응용기술	2	2.6	■ 식물생장촉진 및 스트레스 저감 물질 탐색

- 산업계와 정부 및 공공기관에서는 극지 관련 일부 분야(극지 공학/원격탐사, 극지 빙하연구, 극지 해양)만을 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 포함하길 희망하는 연구 분야로 제시한 반면, 학계와 연구기관에서는 대부분의 분야에 대한 수요 제시
- 산업계에서는 극지 빙하연구(3건), 학계에서는 극지 대기/기후(8건), 연구기관에서는 극지 대기/기후(7건) 및 극지 생명과학(7건), 정부 및 공공기관에서는 극지 공학/원격탐사(1건)와 극지 해양(1건) 분야를 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 가장 포함하길 희망하는 연구 분야로 제시

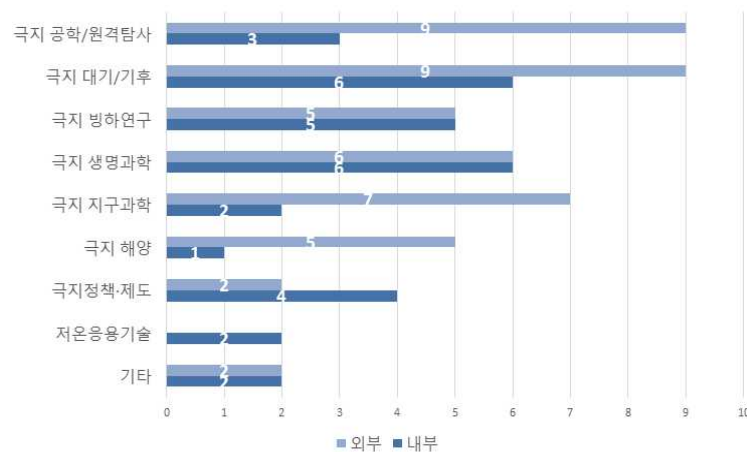


제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구



〈 소속기관 유형별 4차 계획 포함 희망 연구 분야 〉

- 내·외부 모두 대부분의 분야를 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에 포함해야 할 연구 분야라고 응답하였으며, 내부에서는 특히 극지 대기/기후(6건)와 극지 생명과학(6건)을, 외부에서는 극지 공학/원격탐사(9건)와 극지 대기/기후(9건)를 가장 포함해야 할 연구 분야로 제시
- 내부에서는 외부보다 높은 비율로 극지 정책·제도와 저온응용기술을 포함해야 할 연구 분야로 제시



〈 극지연구소 내·외부별 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 포함 희망 연구 분야 〉

- **(4차 계획 내 강화해야 할 연구 분야)** 제3차 남극연구활동진흥기본계획 내 집중적으로 연구된 분야로 꼽힌 극지 대기/기후 분야 연구가 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 내에서도 가장 강화해야 할 연구 분야로 꼽혔으며, 가장 적게 연구된 분야로 꼽힌 극지정책·제도에 대한 연구 강화 중요성은 여전히 낮게 평가됨
- 소속기관에 불문하고 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 내 가장 강화해야 할 연구 분야로는 전체 응답 결과와 동일하게 극지 대기/기후 분야를 꼽았으며, 가장 낮은 우선순위 역시 산·학·연은 전체 응답 결과와 동일한 극지정책·제도 분야를 꼽은 반면 정부 및 공공기관의

경우 저온응용기술을 꼽음

- 내·외부 모두 전체 응답과 동일하게 극지 대기/기후 분야를 가장 강화해야할 연구 분야로, 극지 정책·제도를 가장 낮은 우선순위로 꼽았으며, 연구 분야별 순위는 약간의 차이를 보였으나 대체적으로 비슷함
 - 극지연구소 내부 응답 결과 : 극지 대기/기후 - 극지 빙하연구 - 극지 지구과학 - 극지 해양 - 극지 생명과학 - 극지공학/원격탐사 - 저온응용기술 - 극지정책·제도
 - 극지연구소 외부 응답 결과 : 극지 대기/기후 - 극지 해양 - 극지 빙하연구 - 극지 지구과학 - 극지 생명과학 - 극지공학/원격탐사 - 저온응용기술 - 극지정책·제도
- 제시된 연구 주제 외에도 극지에서만 연구 가능한 우주과학, 천문우주 관련 연구 분야가 강화되어야 한다는 기타 의견 제시

〈표 3-17〉 소속 유형별 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 내 강화 필요 연구 분야 우선순위 응답 결과

연구 분야	소속기관				
	전체	산	학	연	관
극지 대기/기후	1	1	1	1	1
극지 빙하연구	2	4	2	2	6
극지 해양	3	3	3	3	3
극지 지구과학	4	6	4	4	2
극지 생명과학	5	5	5	5	5
극지공학/원격탐사	6	2	6	6	2
저온응용기술	7	7	7	7	7
극지정책·제도	8	8	8	8	4

- (4차 계획 내 강화해야할 연구 주제) 제 4차 남극연구활동진흥기본계획에서 가장 강화해야할 연구 주제로는 남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구가 꼽혔으며, 남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측, 빙상변화 관측 및 영향규명 기술 순으로 응답

〈표 3-18〉 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 내에서 강화해야할 연구 주제

순위	구분	가중평균
1	남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구	6.94
2	남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	6.17
3	빙상변화 관측 및 영향규명 기술	5.86
4	남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	5.34
5	남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	5.10
6	극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	4.36
7	남극의 극저온 적응 생물 연구기술	4.19
8	남극 고기후 복원 연구 및 재현 기술	4.09
9	남극 우주환경 관측 기술	2.94



- 소속기관을 불문하고 모든 유형에서 전체 응답결과와 동일하게 남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구를 가장 강화해야할 연구 주제, 남극 우주환경 관측 기술을 가장 낮은 우선순위를 갖는 주제라고 응답
- 외부 응답자들은 전체 응답결과와 동일한 우선순위를 보이는 반면, 내부 응답자들은 가장 강화해야 할 연구 주제로는 전체 응답결과와 동일한 남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구를 꼽았지만 남극의 극저온 적응 생물 연구기술을 가장 낮은 우선순위를 갖는 연구 주제라고 응답
- 극지연구소 내부 응답 결과 : 남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구 - 빙상변화 관측 및 영향규명 기술 - 남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측 - 남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구 - 남극 내륙진출 등 극지 탐사기술 - 남극 고기후 복원 연구 및 재현 기술 - 남극 우주환경 관측 기술 - 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술 - 남극의 극저온 적응 생물 연구기술
- 제시된 연구 주제 외에도 극지 과학 교육 및 대중 확산, 남극체류 연구자 건강진단기술, 남극 광물/석유/가스 자원 탐사 및 기술 개발 등에 관한 연구 분야 강화가 필요하다는 기타 의견 제시

〈표 3-19〉 소속 유형별 제 4차 남극연구활동진흥기본계획 내에서 강화해야할 연구 주제 우선순위 응답 결과

연구 주제	소속기관				
	전체	산	학	연	관
남극의 전지구기후조절력연구 및 기후예측연구	1	1	1	1	1
남극 생태계 변화 진단 및 미래 예측	2	4	2	3	2
빙상변화 관측 및 영향규명 기술	3	2	3	2	6
남극 환경(생태계) 관측과 보전을 위한 연구	4	2	4	5	3
남극 내륙진출 등 극지 탐사기술	5	3	5	4	5
극저온 신기술 및 신소재 개발 기술	6	6	6	6	7
남극의 극저온 적응 생물 연구기술	7	5	7	7	4
남극 고기후 복원 연구 및 재현 기술	8	7	6	8	8
남극 우주환경 관측 기술	9	8	8	9	9

- (연구 분야 강화를 위해 필요한 활동) 위의 연구 분야 강화를 위해서는 국내 산·학·연간 유기적 협력이 강화되어야 한다는 응답이 가장 많았으며, 국제 거버넌스 내 영향력 확대가 가장 낮은 우선순위를 보임



<표 3-20> 연구 분야 강화를 위해 필요한 활동

순위	구분	가중평균
1	국내 산·학·연간 유기적 협력	2.77
2	인프라·시설장비 구축	2.71
2	인력양성 및 역량 강화	2.71
3	국제 거버넌스 내 영향력 확대	1.81

- 소속기관 유형별로 연구 분야 강화를 위해서 가장 필요한 활동으로는 서로 다른 활동을 꼽았으나, 가장 우선순위가 낮은 활동으로는 대부분의 소속기관(산·학·연)에서 국제 거버넌스 내 영향력 확대라고 응답
- 내부에서는 연구 분야 강화를 위해 인력양성 및 역량 강화가 가장 필요하다고 응답한 반면, 외부에서는 국내 산·학·연간 유기적 협력이 가장 강화되어야 한다고 응답
 - 극지연구소 내부 응답 결과 : 인력양성 및 역량 강화 - 인프라·시설장비 구축 - 국내 산·학·연간 유기적 협력 - 국제 거버넌스 내 영향력 확대
 - 극지연구소 외부 응답 결과 : 국내 산·학·연간 유기적 협력 - 인프라·시설장비 구축 - 인력양성 및 역량 강화 - 국제 거버넌스 내 영향력 확대
- 남·북극에서 진행되는 여러 연구 활동에 비해 관련 연구 인력이 부족하므로 인력 양성이 시급하다는 의견이 많았으며, 극지연구소 인프라를 이용한 공동연구 기회를 확충하고 수립된 정책 및 연구 활동 방향에 대한 정부의 일관되고 지속적인 지원이 필요하다는 기타 의견 제시

<표 3-21> 연구 분야 강화를 위해 필요한 활동 우선순위

활동 유형	소속기관				
	전체	산	학	연	관
국내 산·학·연간 유기적 협력	1	2	1	3	4
인력양성 및 역량 강화	2	3	2	1	2
인프라·시설장비 구축	2	1	2	2	1
국제 거버넌스 내 영향력 확대	3	4	3	4	3



종합 시사점

- 남극연구활동진흥 기본계획에 대한 대내외 인지도 향상과 연구진의 세부 전략에 대한 이해도 증진을 통해 정책 효과를 극대화할 필요가 있음
 - 대부분의 응답자가 제 3차 남극연구활동진흥기본계획에 대해 인지하고는 있으나, 수립시기, 목표, 추진과제 등 세부 전략에 대한 이해도는 낮은 실정
 - 제 3차 남극연구활동진흥기본계획의 비전, 목표, 추진과제 등을 비추어볼 때, 정책의 추진방향이 적절하였으며 우리나라 남극연구활동진흥 및 과학연구 발전에 기여했다고 평가
- 기후예측, 빙상변화 등 중점 지원영역의 기술수준 인식도가 기대보다 낮고, 내륙탐사, 저온 기술 등 미래 유망 분야는 기술수준 인식도는 후발 그룹 수준으로 **기술수준 향상과 투자 포트폴리오 강화 전략 마련이 시급함**
 - 제 3차 남극연구활동진흥기본계획 내 가장 집중적으로 연구된 분야는 극지 대기/기후, 빙하연구로, 가장 적게 연구된 분야는 극지공학/원격탐사, 저온응용기술로 집계됨
 - 기후예측, 빙상변화, 생태계 변화 등 대부분의 분야에서 최고 선진국 대비 추격 수준의 기술을 보유하고 있는 것으로 평가하는 반면, 극저온 신기술 및 신소재 개발 기술은 후발 수준으로 평가
 - 산업계의 경우, 대부분의 분야에서 우리나라 보유 기술 수준을 후발 수준으로 평가
- 공학/원격탐사, 저온응용 등 수요가 높은 **新 유망분야에 대한 투자 강화**와 이를 위한 연구 인프라 구축 등 선제적 추진이 필요함
 - 연구 분야 강화를 위해 국내 산·학·연간 유기적 협력 강화 및 인프라·시설장비 구축 활동이 필요하다고 응답
 - 극지에서 진행되는 여러 연구 활동에 비해 관련 연구 인력이 부족하므로 인력 양성이 시급하다는 의견이 많았으며, 극지연구소 인프라를 활용한 공동연구 기회 확충 및 수립된 정책 방향에 대한 정부의 일관된 지원이 필요하다는 의견

제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구

IV

4차 기본계획 비전-목표-전략

IV

4차 기본계획 비전-목표-전략

1 절 ④ 중장기 방향

1. 남극연구활동의 중장기 방향

□ 기본 방향

○ 남극에서 국가 과학연구 역량의 지속적인 강화

- 지난 3차에 걸친 기본계획과 연계하여 거대과학으로서의 남극연구를 확대하여 국가 과학연구 역량의 지속적 발전
- 남극 연구활동 지역과 범위를 확대하고 국제공동연구 및 융·복합연구 활성화하여 우수성과를 창출

○ 선진국 수준의 연구 인프라 확보와 효과적인 운영

- 세종·장보고 과학기지와 쏜대연구선 아라온호 등 극지 인프라의 효율적 연계·활용 및 제3과학기지(내륙) 및 차세대쏜대선 건조 추진
- 연구 인프라의 범부처·외부기관 공동 활용 및 협력연구 활성화를 통한 국가 해양 및 과학기술 발전에 기여

○ 남극 연구활동을 통한 과학기술 선진국 국가위상 제고

- 선진국 수준의 지속적인 투자로 남극과학연구 선진국 진입
- 특히, 남극 생태계 보전과 전 지구 기후변화연구를 통해 지구환경보호와 지구 현안 해결에 기여하는 선진 과학강국 이미지 제고

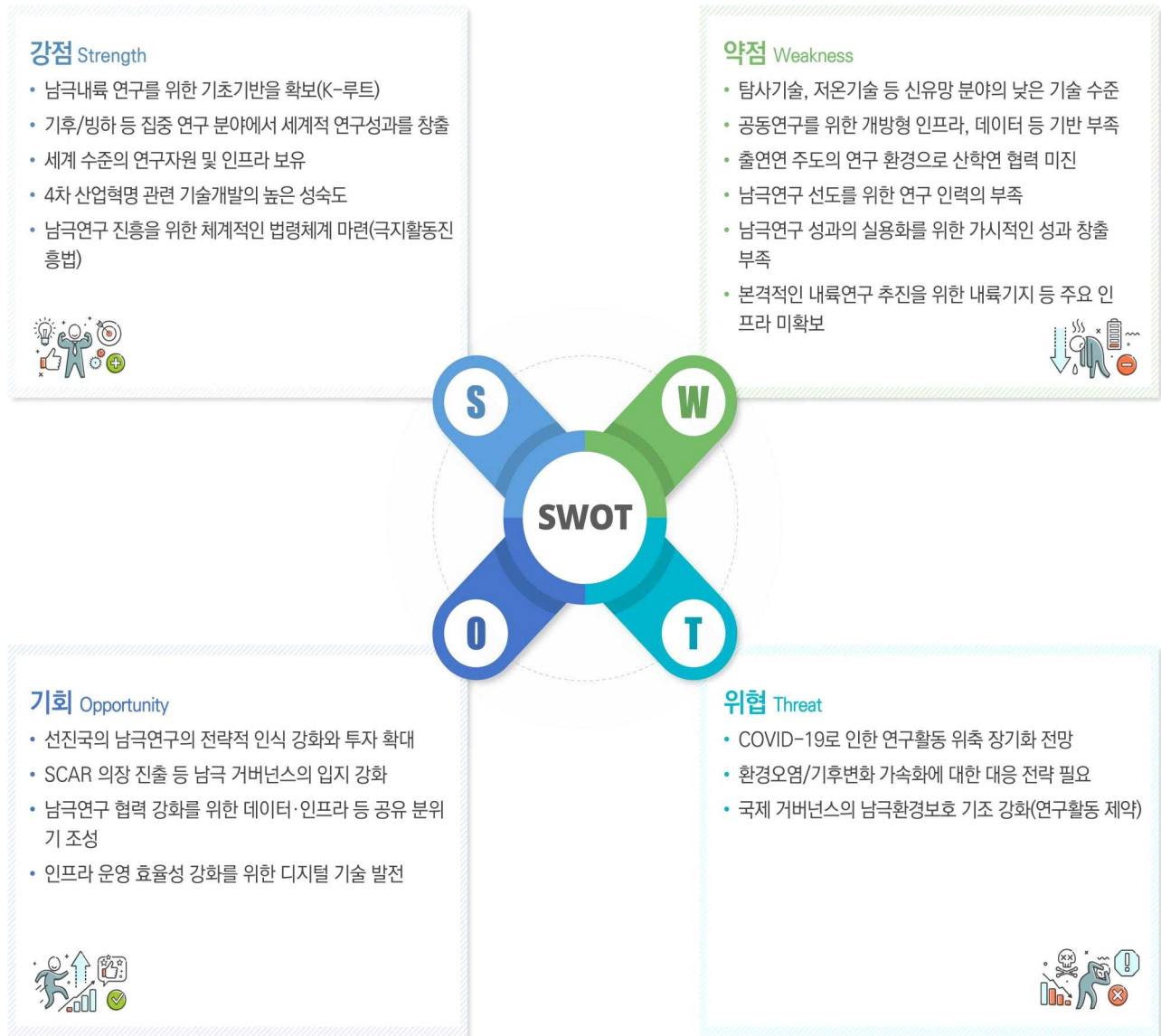
2 절 4차 기본계획 비전-목표-전략 도출

1. 4차 기본계획 비전-전략 틀 도출



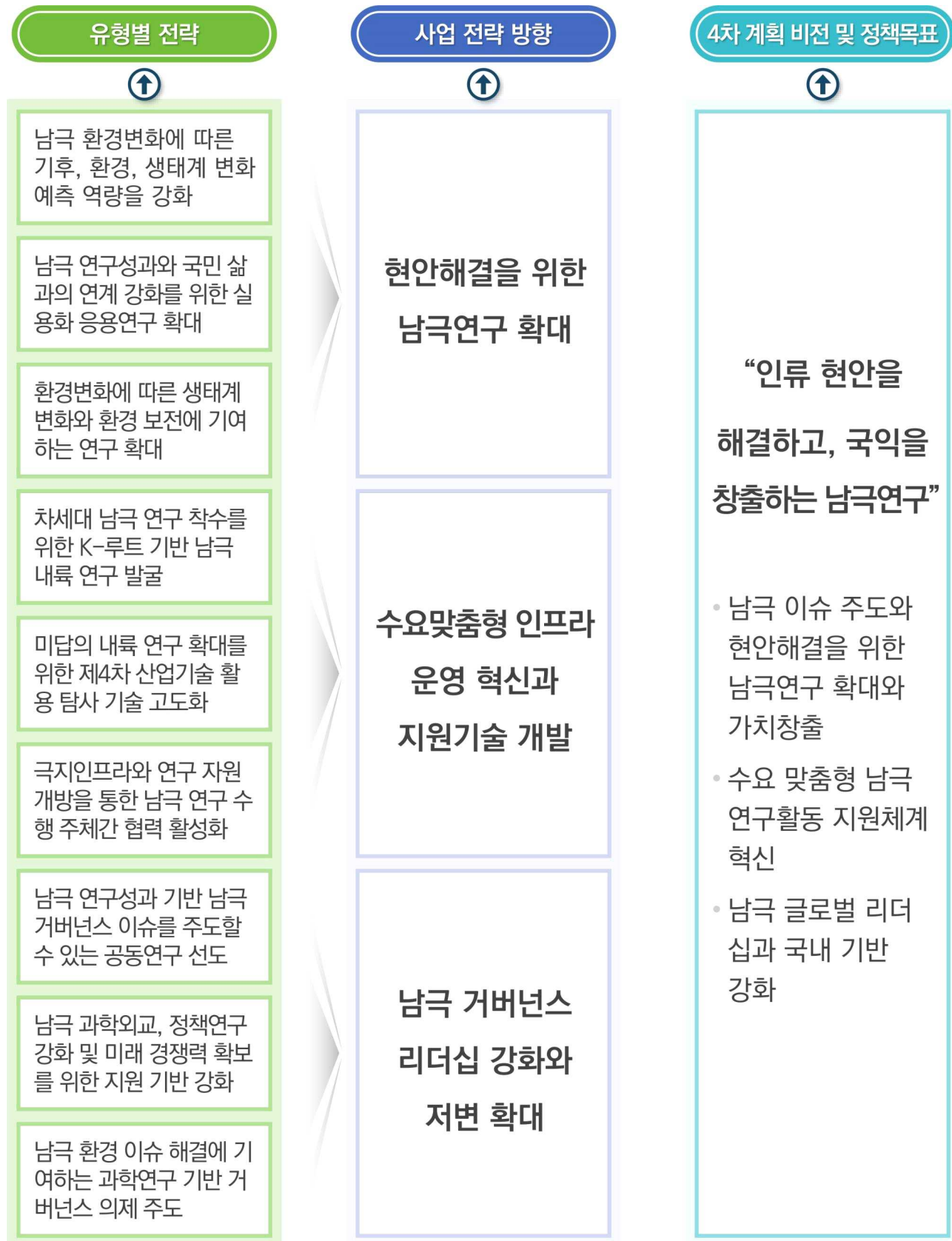
□ 분석 총괄

○ SWOT 분석





외부요인 ▶ 내부요인 ▼	 기회(O) O1. 선진국의 남극연구의 전략적 인식 강화와 투자 확대 O2. SCAR 의장 진출 등 남극 거버넌스의 입지 강화 O3. 남극연구 협력 강화를 위한 데이터·인프라 등 공유 분위기 조성 O4. 인프라 운영 효율성 강화를 위한 디지털 기술 발전	 위협(T) T1. COVID-19로 인한 연구활동 위축 장기화 전망 T2. 남극연구 지원 강화를 위해 원거리 관측, 무인항공, 디지털 전환 등 다양한 신기술 적용 필요성 증대 T3. 남극 거버넌스의 남극환경보호 기조 강화
	 강점(S) S1. 남극내륙 연구를 위한 기초기반을 확보(K-루트) S2. 기후/빙하 등 집중 연구 분야에서 세계적 연구성과를 창출 S3. 세계 수준의 연구자원 및 인프라 보유 S4. 4차 산업혁명 관련 기술개발의 높은 성숙도 S5. 남극연구 진흥을 위한 체계적인 법령체계 마련(극지활동진흥법)	SO 전략 방향 시너지 창출 - 남극 환경변화에 따른 기후, 환경, 생태계 변화 예측 역량을 강화 - 미답의 내륙 연구 확대를 위한 제4차 산업기술 활용 탐사 기술 고도화
 약점(W) W1. 탐사기술, 저온기술 등 신유망 분야의 낮은 기술 수준 W2. 공동연구를 위한 개방형 인프라, 데이터 등 기반 부족 W3. 출연연 주도의 연구 환경으로 산학연 협력 미진 W4. 남극연구 성과의 실용화를 위한 가시적인 성과 창출 부족 W5. 본격적인 내륙연구 추진을 위한 내륙기지 등 주요 인프라 미확보 W6. 본격적인 내륙연구 추진을 위한 내륙기지 등 주요 인프라 미확보	WO 전략 방향 리스크 최소화 - 차세대 남극 연구 착수를 위한 K-루트 기반 남극 내륙 연구 발굴 - 남극 연구성과 기반 남극 거버넌스 이슈를 주도할 수 있는 공동연구 선도 - 남극 환경 이슈 해결에 기여하는 과학연구 기반 거버넌스 의제 주도	WT 전략 방향 약점·위협 극복 - 극지인프라와 연구 자원 개방을 통한 남극 연구 수행 주체간 협력 활성화 - 남극 과학외교, 정책연구 강화 및 미래 경쟁력 확보를 위한 지원 기반 강화



〈 4차 기본계획의 전략방향 도출 과정 〉

제4차 남극연구활동 진흥기본계획
수립에 관한 연구



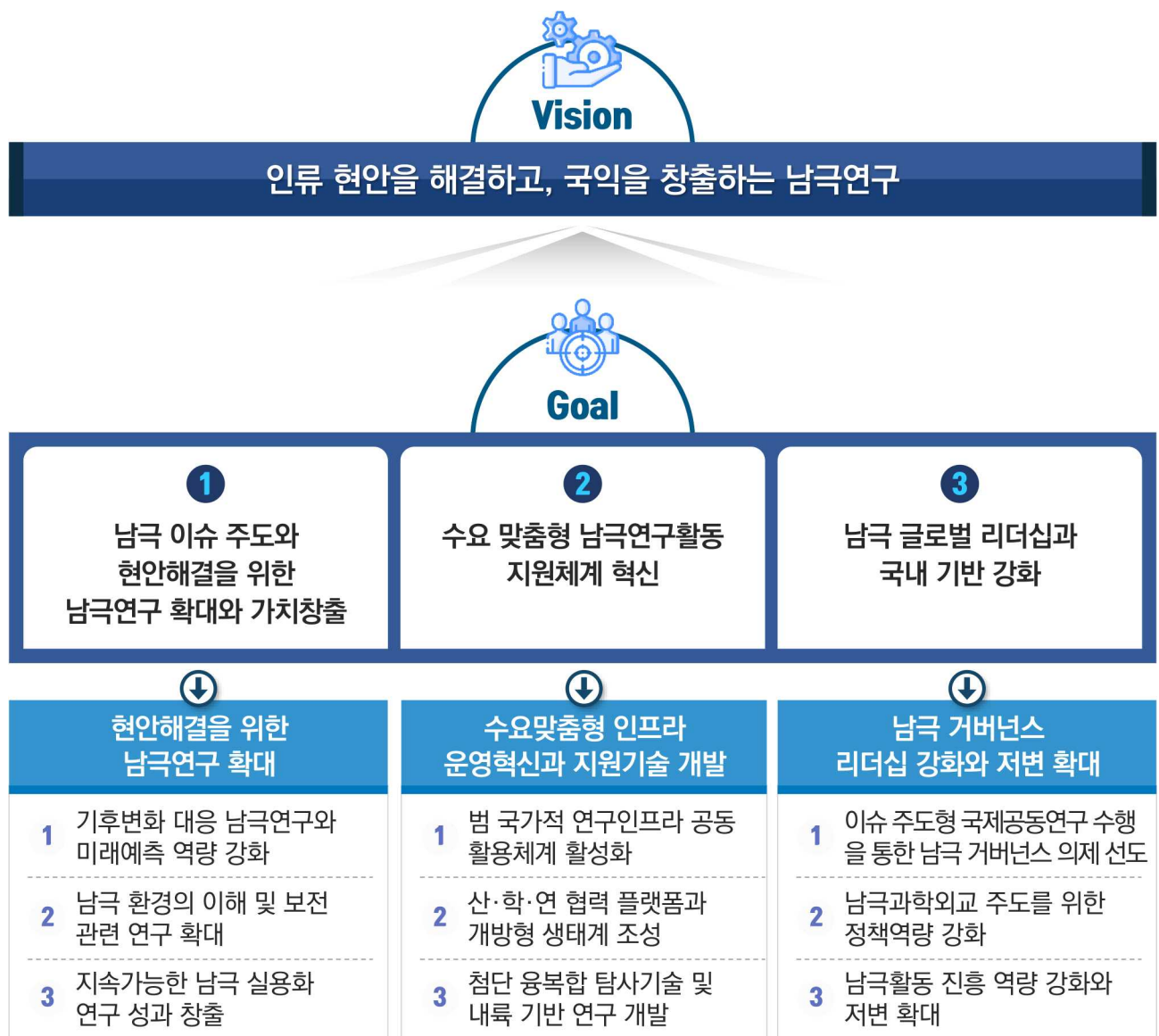
결론

V

결론

1 절 제4차 남극연구 기본계획(안) 비전-전략 틀과 추진과제

1. 비전-전략 틀





2. 전략별 추진과제

전략1) 현안해결을 위한 남극연구 확대

1-①. 기후변화 대응 남극연구와 미래예측 역량 강화

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 쏘지구적 기후변화 문제 해결에 기여하는 국제협력 기반 남극 환경변화 관측망 구축 및 남극발 재해 예측 프로그램 확대

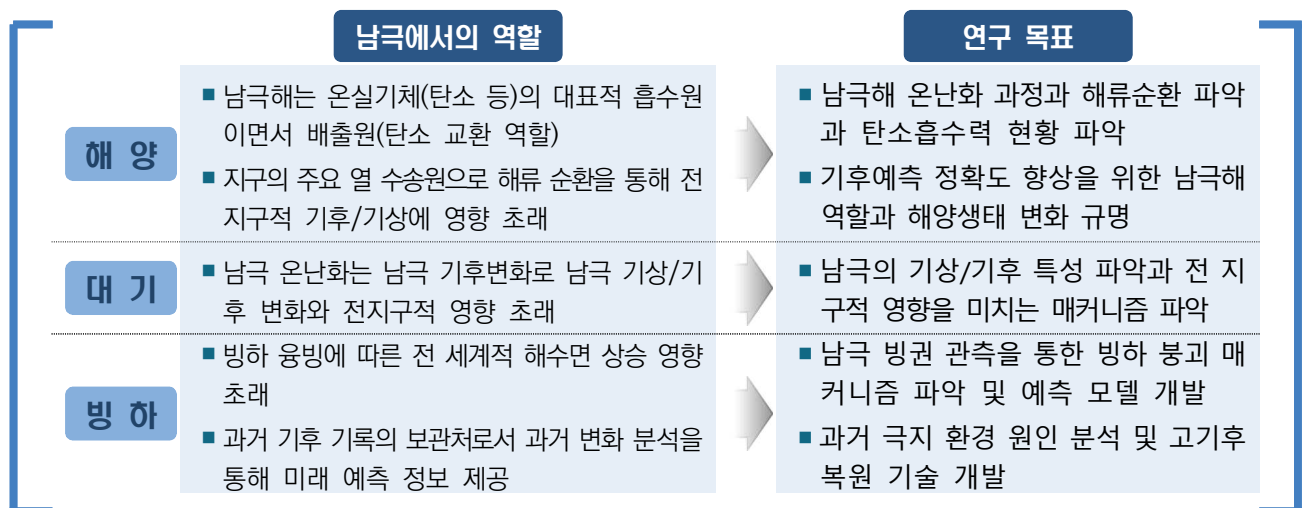
□ 필요성

- (해양) 전 지구적 환경 변화에 따른 남극해 열, 탄소 흡수 등 해양변화 관측을 통한 남극 해양 환경 변동성 증장기 관측과 전망 필요
- (대기) 기후변화가 남극에 미치는 영향, 남극의 변화가 전 지구적 기후변화에 미치는 영향 평가를 통한 기후변화 이해 필요
- (빙하) 남극 빙권 종합관측을 통한 빙상-해수면 변동과 한반도 해수면 상승에 미치는 영향 예측 필요
- 쇄빙연구선, 남극과학기지를 활용한 관측 역량을 바탕으로 남극발 환경변화 연구를 선도하여, 기후변화 이슈 해결에 기여 필요
- 산업화 이후 급격한 지구온난화가 초래하는 쏘지구적 기상재해 급증으로 인해, 기후변화 위기 심각성과 국제사회 관심 고조
 - IPCC 6차 보고서('21.8월)에 따르면, 지구 온도가 '40년 내*'에 산업화 이전 시기(1850~1900년)보다 1.5℃ 상승할 것으로 예상
 - * “지구온난화 1.5도 특별보고서('18년 발행)”의 시점보다 10년 앞당겨짐
 - 특히 대기중 이산화탄소 농도(과거 200만년 중 최고 수준)와 해수면 상승 속도*가 급격히 증가 중으로 원인 규명을 위한 과학적 근거 제공
 - * (연간 해수면 상승) 1901~1971년, 1.3mm → 2006~2018년, 3.7mm(약 2.85배 ↑)

현황 진단

- (해양) 남극 빙하 용빙수의 유입이 남반구 해류 순환 변동을 초래하여 북반구 동아시아 온난화에 미치는 영향을 세계 최초 규명('20.11.)
 - ⇒ 남극해 변동성 파악과 미래 전망을 위한 탄소 흡수력과 빙하 용빙수 영향에 대한 연구는 선진기관 수준 대비 15~25% 수준으로 강화 필요
- (대기) 남극 지형구조가 남극기후변화에 미치는 영향 세계 최초 규명을 통한 지구온난화와 남극 환경 특성 간 매커니즘 분석과 예측 기반 확보('20.6.)
 - ⇒ 남극 기후변화 경향 제시는 선진기관 대비 17% 수준으로, 지속적 남극 기상/기후 관측 자료 축적과 과거 재현을 통한 예측 역량 강화 필요
- (빙하) 빙붕 안정도 평가 모델의 새로운 기준 제시('17.4.), 빙붕 붕괴 과정 세계 첫 규명('18.6.) 등 남극 빙권 변동 관련 혁신적 성과 창출
 - ⇒ 빙상 동역학 모델 기반 해수면 연동 예측 모델 개발 연구는 선진기관의 30% 수준으로 해수면 상승 예측을 위한 국제공동연구 지속 필요

주요 추진내용



전 지구적 기후변화에서 남극 해양, 대기 역할 규명과 미래 변화 진단

- 지구온난화 과정에서 남극해의 열 수송·탄소 흡수력 변동과 전 지구적 기후·환경변화에 미치는 영향 규명



- 온난화에 따른 탄소 흡수, 배출 등 남극해의 탄소 순환역할 규명을 위한 해양-대기 탄소 교환 분포 특성 분석 및 미래 변화 예측
 - 해류 순환 변동* 관측을 통해 전 지구적 기후/기상에 영향을 미치는 남극해로의 열 유입 변동 예측
- * 극지연구소 연구결과를 통해 차가운 남극 용빙수의 남극해 유입으로 남반구 해류가 적도부근 따듯한 해류를 밀어 올려 동아시아 지역 기온 상승에 영향을 미침을 규명(20.6.)

○ 남극 기후변화의 특성 파악과 전 지구적 기후 변화에 남극의 극한 기상과 기후변화가 미치는 영향 분석

- 남극 기후 자료 복원과 기후변화 요소별 해빙 변화와의 관계 파악 등을 통한 남극 기후변화 영향 분포도(모식도) 산출
- 남극기 지 자료 기반 극한 기상 변동성 평가 및 고해상도 예측을 위한 극한기상 재현, 종류별 특성 파악과 물리적 모델(개념 모델) 개발

▣ 남극 빙상 붕괴 원인 규명을 통한 해수면 상승과 한반도 영향 예측

○ 남극 빙권 종합관측망을 통한 빙상-해수면 변동 예측 체계 구축

- 국제공동관측 네트워크를 주도하여 남극 주요 빙상 용융 원인 규명과 전지구 및 한반도 주변 해수면 예측 정확도 향상 기술 개발
- 현장 관측자료 공동 활용과 국내 해수면 예측 관련 기관과 협업체계 구축을 통해 미래 우리나라 연안 재해 위험도 평가 자료 확보

▣ 남극 과거 기후 복원을 통한 미래 기후변화 시나리오 정확성 제고

○ 서남극 빙하/퇴적물 시추 및 시료 활용 과거 온난기의 기후 복원을 통한 미래 기후 변화 예측 정확성 제고를 위한 고기후 복원 기술 개발

- 과거 기후 복원 자료와 미래 온난화 예측치 비교를 통해 정확성이 높아질 수 있도록 서남극 빙하/퇴적물 시료 확보 및 분석 기술 개발

▣ 남극 기후 변동성의 정확한 예측을 위한 기후 요소 연구 확대

○ 남극 기후 변화 변동에 있어 에어로졸, 오로라 등의 분석 대상 기후 요소(변수) 확대를 통한 미래 남극 기후 변동의 정확성 제고

- 남극 기후시스템에 있어서의 에어로졸의 역할 분석을 위한 에어로졸 발생 과정 및 특성 파악과 상시 관측 및 데이터베이스(DB) 구축



- 오로라와 기후 변동성과의 상관관계 규명을 위한 남극 오로라 발생에 따른 극지 대기 변화 관측과 오로라 발생 분포도 작성

예상 성과 및 활용

구 분	예상 성과	성과 활용
해 양	■ 해양환경 정보 수집 실시간 중장기 모니터링 시스템 구축 ■ 극지해양환경 변화 예측 모델 개발	■ 수집 및 분석 자료 활용 남극해 온난화와 탄소, 열 이동 상관관계 분석 ■ 미래 기후 및 해양환경 예측과 예측 모델의 정확성 검증에 활용
대 기	■ 남극 기상/기후 변화 특성 파악과 영향 평가를 통한 남극 기후변화 영향 분포도 ■ 남극 에어로졸 특성 DB 구축 및 남북극 오로라 발생 분포도	■ 전 지구적 기후변화 변동 예측 자료로 투입하여 전지구 기후모델 개선에 활용 ■ 기후예측 모델의 취약 부분 보완하여 기후예측 불확실성 감소에 활용
빙 하	■ 주도적 국제공동관측 네트워크 기반 남극 빙권 종합관측망 고도화 및 남극-해수면 변동 예측 시나리오 ■ 고기후 분석 기술력 제고를 통한 과거 온난기 빙상 규모 및 기후 복원	■ 기후변화 예측 국제보고서 인용 및 장기적 대응 정책 수립에 활용 ■ IPCC 보고서 제시 미래 지구 온난화 시나리오와의 비교를 통해 극지 기후 예측 모델링 검증에 활용

단계별 로드맵

~ 3차 기본계획(~'21)	4차 기본계획('22~'26)	목표
해양-대기 상관관계 기초 연구	서남극해 열 수송과 탄소흡수력 변동성 파악	열과 탄소 흡수원으로서 남극해의 역할 변화 파악
남극 기상 변수별 개별 연구 수행	남극 기상변수와 기후변화 종합연구 추진	남극대기·우주 변수와 기후변화 상관관계 규명
빙권·빙하 변동 분석으로 해수와 빙권 붕괴 상관관계 규명	남극 빙상의 급격한 용융에 따른 전지구 해수면 상승 예측기술 개발	남극발 전지구-한반도 해수면 변동 시나리오 산출
국제공동연구(IODP, ICDP) 참여로 퇴적물 분석 기술 고도화	과거 온난기 서남극 빙상변화 및 미래 온난화 변화상 예측	과거 기후 분석을 통한 기후변화 예측



1-② 남극 환경의 이해 및 보전 연구 확대

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 생태계 관측 및 변화 모니터링 연구를 통한 남극 생태계 보전 의무 이행을 통한 '환경 보전 지향형' 국가로의 위상 전환

□ 필요성

- (환경보전) 남극해양생물자원 보호의무* 이행과 지속가능한 이용을 위한 남극 환경 보전 연구 수행 및 중장기 모니터링을 위한 기반 확보 필요

* 우리나라는 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 회원국으로서 남극 해양생태계 보존 및 모니터링 의무 이행이 필요

- (모니터링) 환경변화의 최전선인 남극 환경변화가 생태계에 미치는 영향과 반응 연구를 통해 전 지구적 환경·생태계 변화 예측 필요

- 빙붕 붕괴 후 남극 펭귄이 환경 변화에 적응하는 활동 관측(21.6.)을 통해, 환경변화가 초래하는 생태계 변화 연구 기반 확보

- (지질연구) 남극 환경의 생성에 기여한 지체/지질환경 연구를 통해 남극 환경과 변화 이해와 미래 지구 환경 변화 예측

- 남극 환경의 생성에 기여한 지체/지질환경* 연구를 통해 남극 환경과 변화 이해와 미래 지구 환경 변화 예측 가능

* 남극해에 위치한 신규 맨틀(질란디아-남극) 최초 발견(19.1.)

현황 진단

- (환경보전) 남극 로스해 해양보호구역(MPA) 생태계 연구* 수행(17년~)과 남극특별보호 구역(ASPAs) 추가 지정(21.6.)에 주도적 참여(한·중·이태리)

⇒ 해양 및 특별보호구역 관측 수준은 선진 기관 대비 33%~50% 수준으로 후속연구 발굴과 특별보호구역 추가 지정에 따른 연구 기반 마련 필요

- (모니터링) 빙붕 붕괴 후 남극 펭귄이 환경 변화에 적응하는 활동 관측(21.6.)을 통해,



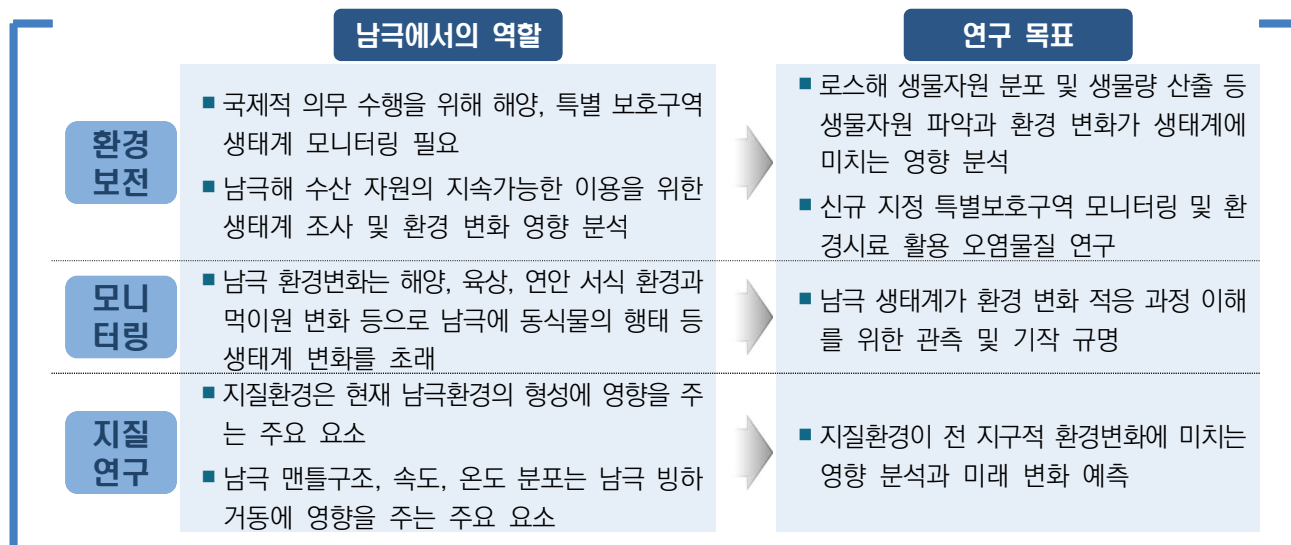
환경변화가 초래하는 생태계 변화 연구 기반 확보

⇒ 생물 태깅 기술은 선진기관대비 5%, 연안생태계 관련 기술은 70% 수준으로 모니터링 확대 및 관측기법 개발 확대 필요

- (지질연구) 전 세계 통용 이론의 수정이 필요한 남극해에 위치한 신규 맨들(질란디아-남극) 최초 발견(19.1.) 등 학설을 주도하는 성과 창출

⇒ 우리나라의 맨들 탐사 가능 범위는 선진기관 대비 33% 수준으로 맨들 기원, 분포, 활동이 지구환경 변화에 미치는 영향 연구 필요

주요 추진내용



남극 환경이슈 주도하는 생태계 보전 연구 수행 및 기반 확대

- 환경변화가 로스해 해양보호구역(MPA) 생태계 구조 및 대표생물종에 미치는 영향과 보존조치 이행이 생태계 건강성에 미치는 영향 분석

- 해양보호구역 생물자원 분포도, 생물량 산출(‘24년)과 해양환경 변화와 영향 분석 등 보호구역 생태계 건강성 종합 평가*(‘26년)

* 해당 종합평가 보고서는 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에 제출 예정

- 장보고기지 주변 신규 남극특별보호구역* 지정(‘21.6.)에 따른 현장조사 및 장기 생태 모니터링 기반 확대



- 아델리펭귄 개체군 변동 파악을 위한 항공, 자동 모니터링 시스템, 현장조사 시설 구축(22년~)을 통해 번식 성공률 등 변화 양상 연구
- * 한국, 중국, 이탈리아가 공동으로 남극장보고기지 주변 인익스프레스리블섬 신규 남극 특별보호구역 지정을 제안하여 제43차 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서 승인

▣ 남극 환경오염 감시를 위한 특별보호구역 환경시료 활용 연구 신규 착수

- 지구적 환경오염에 의한 남극 현광변화 감시를 위해 남극 보호구역 채취 시료와 초저온 저장 시설 활용 중장기 오염물질 모니터링(22~26년)
 - 국가환경시료은행*을 활용하여 우리나라 남극특별보호구역**(2곳)의 환경시료를 채취하여 국내 보관 및 초저온 저장(5년, 동식물 10여종)
 - * 국립환경과학원에서 초저온 액체질소 냉동시설을 설치하여 환경 연구를 위한 시료의 장기적 보관이 가능하며 변화가 최소화 될 수 있도록 유지할 수 있도록 운영 중(09년~)
 - 채취·저장한 시료에 대한 유해중금속, 잔류성 오염물질 등에 대한 장기적 변화 분석(26년)을 통해 특별보호구역 내 시공간적 오염도 조사

▣ 환경변화에 따른 미래 생태계 적응 이해를 위한 관측·분석 기반 확보

- 온난화로 초래된 환경변화에 따른 육상과 해양생물의 반응 및 적응 과정 분석 정보 확보를 위한 관측과 태깅* 기술 개발
 - 남극환경 특화 및 비파괴 방식을 통한 환경보전형 관측을 위한 원격 탐사 이미지** 기반의 식생분포와 생장량 측정 기술 개발
 - * 동물 및 해양생물에 영상, 위치추적 등 각종 센서 등이 달린 관측장비를 부착하여 부착 생물 뿐만 아니라 주변 생물의 서식환경, 행태 등을 관측하는 기술
 - ** 식생 변화를 광역으로 관측 가능한 원격탐사(위성 활용) 이미지를 확보하고, 생물을 파괴하지 않고 관측 정보 확보와 생장량 측정 등 정보 분석이 가능한 기술 확보
 - 극지 해양 동물의 극한 환경 서식 생태 매커니즘 규명을 위한 생물 반응 종합 관측 및 미생물의 극한 환경 적응 진화를 위한 분석 기술 개발

▣ 남극 지체 구조 연구를 통한 지구 진화 역사 파악과 지질 재해 예측

- 신규 남극 맨틀 분포 확인과 맨틀의 특성과 기원 규명을 통해 지구 시스템의 진화 이해와 지질 구조가 환경에 미치는 특성 규명



- 남극맨틀의 3차원 속도, 온도, 점성도 모델 구축, 과거 지질, 화산 활동 복원을 통해 지질재해 예측과 남극 빙하 거동 모델의 정확성 제고

예상 성과 및 활용

구 분	예상 성과	성과 활용
환경 보전	■ 해양보호구역 생물 자원 분포 및 생물량 정보 생태계 건강성 종합 평가 보고서 ■ 남극특별보호구역 생태계 변화 양상 및 시료를 활용한 오염물질 모니터링 감시 체계	■ CCAMLR 보고서 제출 등을 통한 환경보전 의무 이행 및 거버넌스 내 환경 보전에 기여하는 이슈 주도 ■ 향후 수산 자원 확보 시 지속가능한 이용을 위한 기초 자료로 활용
모니 터링	■ 남극 생물에 대한 정보 DB ■ 남극 빙하 및 해빙변화에 따른 연안생태계 반응 모델 ■ 남극에 특화된 지속 가능한 생태 관측 기술과 단일 세포 분석 체계	■ 남극 생물 정보 및 생태계 반응 모델을 활용하여 남극 환경 변화가 초래하는 생태계 반응의 미래 예측에 활용 ■ 남극 연구 DB를 활용하여 기후변화에 의한 생태계 교란과 변동 양상 규명을 위한 연구 자료로 활용
지질 연구	■ 질란디아-남극 해저지형도 및 육상/해저면 지진관측망 자료 DB ■ 남극지역 세계 최고 해상도의 3차원 맨틀 속도, 온도분포, 점성도 모델	■ 새로운 맨틀의 특성과 분포 자료 활용 신규 맨틀이 남극과 전 지구적 환경에 미치는 영향 규명 ■ 남극 빙하 거동 모델의 정확성 제고를 위한 투입 자료로 활용하여 빙권 변화의 예측력 강화

단계별 로드맵

~ 3차 기본계획(~'21)	4차 기본계획('22~'26)	목표
보호구역별 개별 환경 모니터링 수행 (로스해 MPA, 킹조지섬 ASPA)	남극 해양보호구역 연구 성과의 국제적 활용 강화, 환경 모니터링 확대 및 시료 활요 오염물질 연구 확대	남극 환경보전 지향형 국가 위상 확립과 생태 변화 관측
세종기지 주변 관측 거점 구축 및 장보고 기지 주변 기초적인 관측 수행	남극 특성에 맞는 생태계 장기관측체계 및 분석 기술 개발	기후변화에 따른 생태계 반응의 미래 변화 예측
남극 중앙해령 지구물리 탐사 (새로운 질란디아-남극 맨틀 발견)	신규 발견 맨틀의 분포 및 특성 확보와 남극 맨틀의 3차원 모델 개발	지체구조와 환경 구성 특성 규명과 빙하 거동 모델의 정확성 제고



1-③ 지속가능한 남극 실용화 연구 성과 창출

목표 및 필요성

□ 목 표

❖ 남극 생물의 독특한 유전적·생리적 특성과 극한 환경의 화학적·물리적 특성을 활용한 극지 생명공학 육성 및 新 산업 창출

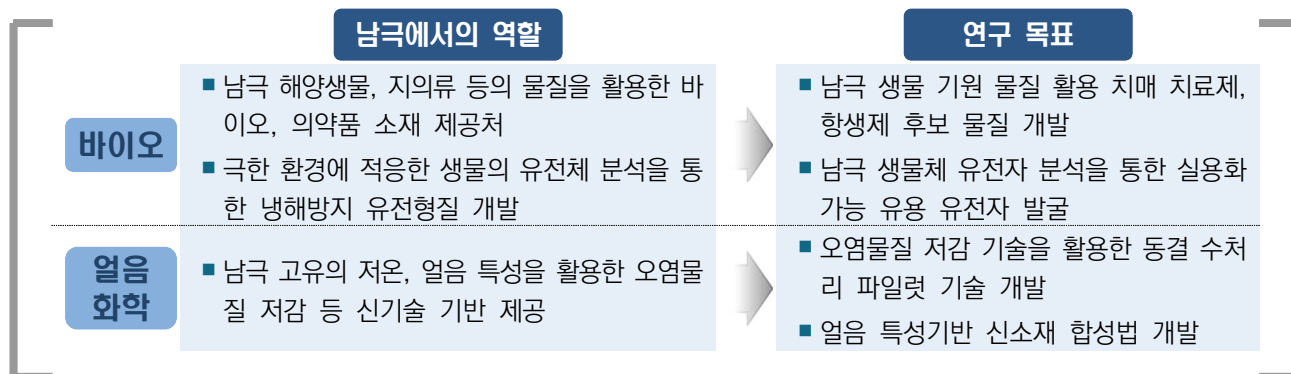
□ 필요성

- (바이오) 극한환경에 적응한 극지 생물 특성을 활용하여 내한(耐寒)작물, 바이오 신소재, 의약품 개발 등 국민 삶에 도움이 되는 성과* 필요
 - * 남극 생물 자원 활용 혈액보존제(‘18.6월), 당뇨치료제(‘19.8월) 기술이전과 냉해 방지 작물 개발(‘20.1월) 등 지속적 실용화 성과 창출
- (얼음화학) 얼음에서 일어나는 얼음 고유의 화학반응을 통해 친환경 오염제거, 신소재 합성법 등 저온 응용기술 개발 및 활용 필요
 - * 얼음화학은 아직 세계적으로 초기 단계이지만, 얼음의 화학적 특성 활용 오염물질 제거 기술 개발(‘21.1월) 및 국가 연구개발 우수성과 100선 선정 등의 성과를 창출

현황 진단

- (바이오) 남극 생물 자원 활용 혈액보존제(‘18.6월), 당뇨치료제(‘19.8월) 기술이전과 냉해 방지 작물 개발(‘20.1월) 등 지속적 실용화 성과 창출
 - ⇒ 국민 의료 수준 향상에 기여하는 의학 신소재 개발과 산업적 활용과 냉해, 가뭄 등 재해기상 피해 방지에 기여하는 유전체 연구 확대 필요
- (얼음화학) 얼음의 화학적 특성을 활용한 오염물질 제거 기술 개발(‘21.2월)등 세계적으로 초기 단계인 얼음화학 연구 기반을 확보
 - ⇒ 얼음의 미세구조와 화학특성 연구 성과를 활용하여 오염물질 제거, 동결 수처리 기술, 신소재 합성 등의 실용화 응용기술 개발 필요

주요 추진내용



■ 남극 생물 유래 물질 활용 국민 삶의 질 향상에 기여하는 소재 개발

- 극지 생물 자원 탐사를 통한 신규 자원 확보와 물질 발굴을 통한 항치매 치료제 개발('24년)과 항생제 후보 물질 개발('26년)
 - 극지 지의류 유래 후보약물 도출을 통한 항치매 치료제와 극지 미생물 유래 항생제 효소를 활용한 신규활성 항생물질 개발
- 극지 해양 미생물 유래 저온성 단백질 분해효소 개발('22년)을 통한 극지 소재의 산업적 (식품, 세제, 사료 등) 활용 기반 마련

■ 기후위기가 초래하는 피해 예방을 위한 극지 유전체 활용 연구

- 극지 유전체 분석을 통해 활용이 가능한 유용 유전자원 확보와 통해 저온 내성 수산자원 개발('25년) 등 유전체 상용화 기반 마련
- 극지 생물 유전체 해독 등 분석을 통한 유용 유전자 신속 발굴을 위한 극지 생물 전용 데이터베이스 고도화('23년)

■ 저온 화학 특성 활용 정화기술 및 환경/에너지 신소재 개발

- 얼음의 동결 화학반응 통한 오염물질 제거 기술을 활용한 기술특허 확보(2건) 및 동결 수처리 파일럿 기술 개발('26년)
- 얼음 특성을 활용한 나노구조체 합성법 개발 및 광촉매, 전도성 고분자 물질 시제품 제작('~25년)



예상 성과 및 활용

구 분	예상 성과	성과 활용
바이오	■ 알츠하이머성 항치매 치료제 후보약물, 항생제 선도물질과 생산기술 ■ 산업용 저온 효소 등 신규 상용화 가능 바이오 소재 ■ 저온 내성 등 극지 유용 유전체 기술/물질	■ 기술이전을 통한 치매치료제, 항생제 등 의약품 개발에 활용 ■ 극지 유래 바이오 소재의 세제, 식품, 사료 개발 등 산업적 활용 ■ 저온 내성 수산자원 등 극한 환경 변화에 대응 가능한 유전자원 개발에 활용
얼음 화학	■ 얼음의 오염물질 제거 기술 활용 동결 수처리 파일럿 기술 ■ 얼음의 화학 특성을 활용한 신소재 합성	■ 저온 특성을 활용한 친환경 정화 기술 개발에 활용 ■ 고성능 나노 구체체 및 전도성 고분자 소재 원천기술 개발에 활용

단계별 로드맵

~ 3차 기본계획(~'21)	4차 기본계획('22~'26)	목표
극지생물 유래 유용물질 시료 확보·분석 및 상용화 시도 (기술이전 4건)	유전체 분석을 통한 극지 유전자원 발굴 지속 및 상용화 시스템 고도화	극지 바이오산업 구축
항생제 후보군(37종) 발굴 및 특성 분석	극지 기반 항생제 발굴 지속 및 개발 플랫폼 확립	극지 신약 개발
얼음 저온 특성 기초연구 수행 (동결에 의한 오염물질 제거 반응 등)	저온 특성 활용 신기술 개발 (친환경 수처리 기술, 신소재 개발 등)	저온 응용기술 개발



전략2) 수요맞춤형 인프라운영 혁신과 지원기술 개발

2-① 범 국가적 연구인프라 공동활용 체계 활성화

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 극지활동 기반시설, 연구데이터, 시료 등 남극 연구 자원 개방과 산·학·연 공동 활용 활성화를 위한 협력체계 및 기반 구축

□ 필요성

- 극지연구 저변 확대를 위한 산·학·연 공동연구 강화와 증대하는 남극연구 수요를 충족하기 위해 인프라 공동 활용체계 필요
 - 산·학·연 공동 연구 및 민간 연구수요* 등에 대응하기 위하여, 기존 필수 시설·장비의 유지보수 및 고도화, 공동 활용체계 구축
 - * 차세대 쇄빙연구선의 건조(~'27년)에 대비하여, 산·학·연 극지연구 참여 확대를 위한 체계적인 공동활용 개방 추진
- 산·학·연 및 민간 연구수요 등에 대응하기 위하여, 수요 발굴과 과제별 활용일 배분 등의 조정기능 수행 체계* 확대
 - * 극지활동 기반시설 공동활용위원회 운영 규정'을 근거로 '해양수산과학기술진흥원(KIMST)'에서 간사기관을 맡아서 사업 조사, 선정 등을 위한 위원회 운영 중
- 남극 인프라의 공동활용 확대, 관련 법령 제정 등에 따라 남극연구 시설 및 장비의 안전하고, 효율적인 사용을 위한 기반 마련 필요
 - 과학기지·연구쇄빙선 등 국내외 연구수요 증대, 활용 확대 전망 등에 따라 기지 운영 필수시설·장비 등의 개선, 유지보수 필요

기존현황

- 정부·공공기관 주도로 남극연구 인프라의 공동활용, 산·학·연 공동 연구 활성화를 위한 위원회 및 연구사업* 운영



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

* 극지연구인프라 공동활용위원회(간사기관: KIMST), 연구선 공동활용위원회(간사기관: KIOST), 해수부 Open Innovation 사업 등

○ 남극연구 인프라 고도화를 위한 예산을 확보하고, 안전관리체계를 운영

* 장보고과학기지 시설 고도화 예산 확보('20) 및 추진 중('21), 차세대 쇄빙연구선 예비타당성조사 통과('21)

4차 추진내용

□ 주요내용

○ 연구선 산·학·연 공동활용 활성화

- 쇄빙연구선 활용 연구를 위한 산·학·연 공동활용 과제* 선정
- * 공동활용위원회를 통해 매년 5개 이상의 산·학·연 연구사업 수행
- 안정적인 산·학·연 개방 및 쇄빙연구선 활용 접근을 위한 지원
- 차세대 쇄빙연구선 공동활용 방안 및 개방 확대 규모 방향 제시



〈 극지인프라 공동활용위원회 구성(안) 〉

○ 남극 장보고과학기지 시설·장비 고도화

- 장보고과학기지 보유 장비의 안정적 보관을 위한 중장비 보관동 신축



⇒



〈 중장비 보관동 신축 〉

- 기지운영 필수설비(유류탱크, 관랑) 보호시설 구축 및 노후설비 정비



〈 유류탱크 및 관랑 〉

- 컨테이너형 건물 장착 모듈러 구축



〈 남극기지 컨테이너형 모듈러 구축 사례(이탈리아 마리오쥬켈리 기지) 〉

○ 극지활동 기반시설 안전관리 체계 개편

- 극지활동진흥기본법 시행에 대비해 남극과학기지 안전관리지침 등 관련 지침을 정비하고, 영외 현장연구활동에 대한 안전지침을 보완
- 응급 후송상황 발생 시 대응체계, 극지 현장에서 안전사고 발생 시 사고보고 절차 등 안전관리 체계를 개선

□ 기대효과



- 쇄빙연구선의 공동 활용을 통한 산·학·연 남극연구 저변확대 기여
- 남극과학기지 시설 및 장비의 안전하고 효율적인 운영을 통한 지속 가능한 연구성과 창출 및 연구수행 지원 기반 정착
- 체계적인 안전관리 이행 및 위급 상황에 대비하는 대응력 제고



2-② 산·학·연 협력 플랫폼과 개방형 생태계 조성

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 남극(극지) 산·학·연 개방형 연구과제 지원 및 협력·공유 플랫폼 구축을 통한 극지연구 저변 확대

□ 필요성

- 극지연구 주도국으로 발돋움하기 위해 남극연구 확산과 기술경쟁력 강화를 위한 경쟁력 있는 협력 플랫폼 구축 필요
 - 특히, 남극 저온생물 자원, 심해 시추 빙하 및 내륙자원 등 新 유망 분야의 연구촉진을 위한 시료 보존 및 공동활용 인프라 구축 시급
 - * 국가생명연구지원정보센터(KOBIC), 국가해양생명자원센터(MBRIS) 등 유관 분야 자원 센터 구축과 연계 하여, 효율적인 남극 연구자원 공동활용 체계 구축 가능
- 남극 연구에서 확보한 관측데이터의 통합된 관리와 일원화된 제공을 위한 체계적이고 표준화된 플랫폼 구축 필요
 - ‘극지활동 진흥법’ 시행에 따라 시스템 구축을 위한 정보화전략계획 수립(‘22년)을 통한 구축 방안 마련 예정
- 또한, 연구데이터·정보 공유의 확산 기초, COVID-19 장기화에 따른 연구환경 변화 등에 맞추어 개방형 정보 공유체계 구축 필요
- 접근성이 제한된 남극 특성을 고려, 남극연구의 지리적·환경적 제약 극복을 통해 산·학·연 연구자들의 극지환경 접근성 확대
 - * 연구시설 개방형 협력플랫폼 구축을 위한 ‘극지환경 재현 실용화 센터’ 건립 예산 확보 및 착공 예정(‘22년)

기존현황

- 제3차 기본계획 원안에 따라 극지환경 재현 실용화센터 구축 착수*



* 2018년 예산 확보 및 사업추진 기본계획 수립

○ 극지통합정보 플랫폼 구축을 위한 사전기획 및 타당성 검토 수행 중

■ 유관 기관의 플랫폼*이 구축·운영중으로 관련 극지자원 축적 중

* '21년 기준 생명공학연구원 KOBIC(60명, 270억 원), 해양생물자원관 MBRIS(12명, 30억 원), 지질자원연구원 지오빅데이터 플랫폼(7명, 25억 원)

■ 2021년도 4월에 제정된 '극지활동진흥법'*에 극지통합정보시스템 구축·운영 포함

제13조(극지통합정보시스템의 구축·운영)

- ① 해양수산부장관은 극지활동의 진흥을 위하여 극지 및 극지활동 관련 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 극지통합정보시스템(이하 “극지통합정보시스템”이라 한다)을 구축·운영할 수 있다.
- ② 해양수산부장관은 관계 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장, 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관의 장 및 그 밖의 관계 기관·단체의 장에게 극지통합정보시스템의 구축·운영에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 자료제출의 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 극지통합정보시스템의 구축·운영에 필요한 사항은 해양수산부령으로 정한다.

4차 추진내용

▣ 주요내용

○ 산·학·연 활용 가능 극지환경 재현 실용화 센터 건립 및 운영

- 극저온 환경 플랫폼을 활용하여 전기, 전자, 기계, 화학, 바이오 산업과 연계한 산업화 지원시설(Polar Incubating Center) 구축
- 국가 재산인 극지 특수시료의 체계적 보존·관리와 활용가치 극대화를 위한 보관 및 공동연구·실험 공간(Ice Core Research Center) 구축
- 중·고등학생, 대학생 및 과학교사를 대상으로 극지 영상과 시료를 활용한 극지 연구 관련 기초 및 심화 교육이 가능한 교육시설(Polar open Lab) 구축
- 극지관측장비 검교정, 분석기술 등 극지분야 know-how 전수 교육 및 실험환경 제공 등 창업 및 지원시설(Support and Service) 구축



〈 실용화 센터 조감도 및 사업부지 〉

○ 극지통합정보시스템 구축·운영을 통한 극지정보 제공 기반 마련

- 극지활동을 통해 수집·생산되는 데이터와 정보를 체계적으로 관리하고 단일하고 통합된 '극지통합정보서비스' 제공
- 극지 정보의 접근성 및 활용성 향상, 극지데이터의 신뢰성 확보, 외부연구자 공동활용 기회 확대
- 극지통합정보시스템의 단계적* 구축과 운영 추진

* 사전기획('21년) → 정보화전략계획 수립('22년) → 프레임워크 개발('23년) → 기존시스템 통합('24년) → 신규 서비스 개발('25년) → 운영 및 서비스('26년)



〈 극지통합정보시스템 구성(안) 〉

○ 개방형 연구협력체계 구축을 통한 新극지영역 발굴 및 성과 창출



- 국내외 극지연구 트렌드를 반영한 신규 개방형 유망 연구주제 발굴
- 유망 극지연구 주제 도출을 통한 산·학·연 개방형 신규 연구과제 착수
- 극지 생물 유용자원을 활용하여 공동연구 및 협력을 통한 의약소재 개발 및 新성장동력 확보를 위한 개발기술 사업화 연계 지원
- 산·학·연 협력을 통한 창업기술 분야 발굴 및 적극 지원

기대효과

- 국내 유일의 극지연구 플랫폼 기능을 수행하는 산·학·연 협력관 운영을 통해 극지연구 도약의 계기 마련
- 극지데이터 및 정보 관리의 전문성·통합성 강화를 통해 극지 관련 종합 정보서비스 체계 구축
- 개방 및 협력 지원을 통해 극지(연) 연구 중심에서 극지연구 수행 주체 범위 확대 및 사회적 가치 창출 극대화



2-③ 첨단 융·복합 탐사기술 및 내륙기반 연구개발

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 연구 지역 확대와 연구 분야의 다각화 대응을 위한 IoT, 무인 이동체 기술 등 첨단 기술을 접목한 남극 탐사 기술 개발

□ 필요성

- 남극 내륙 진출로(K-Route) 바탕으로 세계에서 7번째*로 남극 내륙 연구를 수행하는 국가로 도약을 위한 내륙 연구 발굴 지원 체계 마련 필요
 - * 기존 6개 국가(미국, 프랑스, 이탈리아, 러시아, 중국, 일본)에서 5개(이탈리아-프랑스 공동)의 남극 내륙 기지를 운영하고 있으며, 각각 육상 보급루트 확보
- 남극연구 선도국만이 수행 가능했던 남극 내륙 연구 수행을 통해 추적형 연구 수행에서 한국형 중장기 미래지향형 연구로 체계 전환
 - 개척과정에서 확보한 이동식 모듈형 연구캠프를 활용하여 신속한 이동성, 확장성에 기반한 한국형 내륙 연구 모델 정립 필요
 - 선도국들은 지속적 투자를 통해 내륙에서만 수행이 가능한 심부빙하·빙저호 시추, 천문우주 관측 등의 중장기 미래형 연구 수행
- 진출로 개척의 평면형 연구에서, 우주관측과 빙하를 연구하는 입체형 연구로, IoT 기술로 거점을 연결하는 커넥티드(Connected)형 연구로 전환
 - 내륙 기반 연구지원을 위한 연구거점·지원시스템 구축 기술과 극한 기상환경에서 안정적으로 관측 자료를 수집·관리하기 위한 기술 개발 필요
- 우주관측, 심부빙하 분석을 통한 미래 기후 변화 예측, 극한 기술 개발을 통한 미래 기술 확보로 우리나라의 미래 경쟁력 강화 필요

현황 진단

- 장보고 기지를 거점으로 1,740 km의 육상 진출 루트 개척 완료('21)
- 남극내륙 연구 지원을 위한 보급물자 및 연료수송 능력을 확보하고, 인프라 구축 및



빙저호 유력 시추 후보지 파악 등 연구토대* 마련

* 고단열 컨테이너 개발로 보급물자(500t), 연료(10만ℓ) 수송능력을 확보하였으며, 설상차, 카라반 등 시추캠프 운영 인프라 구축 및 시추 후보지 선정 완료

○ 무인 로봇 기술*을 활용한 안전 확보 및 심부 빙하 시추 후보지 탐사 기술** 확보

* 극한지 무인 관측 기술 및 무인 자율 주행 로봇을 이용한 탐사 기술 개발

** 최대 4,000 m 이상의 빙원 탐사용 항공기용 고해상도 빙하 투과 레이더 개발

주요 추진내용

○ 우리나라 남극 내륙 연구추진 방향 ○

극지과학 선도국 추격형 연구

- 기초과학 중심의 현상 규명형 연구 수행
- 보유인프라 주변에서의 한정적인 연구 수행
- 전문기관 중심의 연구 수행 체계
- 단기 현안문제 해결형 정부지원

선도국형 중장기 미래 현안 해결형 연구

- 국가현안과 연계된 문제해결형 연구 수행
- 극지 모빌리티 기반의 연구 지역 확장
- 개방·협력에 기반한 극지과학 생태계 조성
- 중장기 현안 해결을 위한 미래 기반 투자 강화

극지 모빌리티 기반 개방형(open), 연결형(connected), 양용형(dual-use)
남극 내륙 연구 수행이 가능한 한국형 남극 내륙 연구 모델 구축

▣ 극지 모빌리티(이동성)을 바탕으로한 한국형 남극 내륙 연구 모델 구축

○ K-루트 개척 과정에 확보한 모빌리티 장비(이동식 모듈형 캠프)와 경험*을 활용 남극내륙 연구 수요에 탄력적 대응이 가능한 연구 거점 구축

* 우리나라는 남극 내륙 진출로를 개척하면서 내륙 연구거점을 동시에 구축한 세계 최초의 국가로 개척과정에서 직접 개발한 이동식 고단열 연구실 및 지원 시설 개발 역량 확보

- 심부빙하, 빙저호, 대기·빙하관측, 천문관측 등 4개 분야 특성을 반영한 연구 수행이 가능한 한국형 내륙 연구거점 구축



▣ 남극에서의 연구 경쟁력 강화와 미래 예측을 위한 내륙 첨단 연구

- 세계 최장 빙하코어 시추를 통해 과거 150만년 기후 복원을 통한 미래 변화 예측과 세계 최고 수준 초극미량 빙하 시료 분석 기술 개발
 - 심부빙하(3,000m)급 시추 시료 확보 및 과거 기후 정밀 복원을 위한 세계 최고 수준 초극미량 분석 기술 확보
- 세계 최초 2,000m 급 남극 빙저호 청정멸균열수 시추 기술 개발을 통해 빙저호 청정 호수물, 퇴적물 시료 확보로 빙저호 생태계 연구 지원
 - 세계 최초로 멸균시추를 통해 외부 물질 유입이 없는 시료 확보를 통해 고립 환경에서의 생태계 진화 및 미지 생명체 관련 연구

▣ 미래 탐사 경쟁력 강화를 위한 지형/공간/관측 정보 수집 기술 개발

- 지속적 내륙 연구 수행을 위한 후보지 발굴과 빙저 지형 파악을 위한 3차원 항공기용 빙하탐사 시스템(4,000m급) 개발 및 빙저지형도 작성
 - 남극빙하 거동, 빙저호 정보 파악을 위한 빙저지형 탐사를 위한 항공 관측 시스템 개발과 빙저지형도(Bedmap) 작성
- 독자적 남극 내륙 지리 정보 확보와 미래 우주 개발에 대비한 우주탐사 관측정보 수집을 위한 상시, 무인 관측소 및 DB 구축
 - 독자적 남극 공간 정보 확보를 위한 ‘위성 항법 시스템(GNSS)’ 정보 수집과 태양 전파 수신, 대기교란 등 우주 관측을 위한 관측소 구축
- 국토 위성(21.3월 발사)을 활용하여 남극 위성 영상 기반 남극 공간 정보 수집 및 남극 영상지도 구축을 통한 극지공간정보 제공
- 안전하고 효율적인 관측정보 수집과 관측 장비 관리를 위해 IOT 기술과 무인 이동 로봇 운영을 통한 스마트 관측 스테이션 및 시스템 구축

예상 성과 및 활용



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

구 분	예상 성과	성과 활용
루트 개척	■ 내륙진출로 3,000km 개척 및 한국형 K-Station 연구 거점 구축	■ 심부빙하, 빙저호, 우주, 천문 등 내륙 연구, 관측 수행 기반 구축에 활용
심부 빙하	■ 3,000m급 심부빙하 시추 및 초극미량 빙하 시료 분석 기술	■ 과거 150만년 기후변화 복원과 기후변화 기작 규명을 통해 기후 예측의 정확성 제고
빙저호	■ 2,000m급 청정멸균 빙저호 열수 시추 및 청정 시료 확보	■ 고립된 환경에서의 생명체 존재 및 진화 과정 규명과 우주 등 극한, 고립 환경에서의 생명체 존재 가능성 연구 등
빙저 지형	■ 4,000m급 남극 빙저지형도 탐사 시스템 개발 및 빙저지형도 작성	■ 향후 빙저호 등 남극 내륙 연구 수행 최적 후보지 도출 등에 활용 ■ 빙저지형도를 통해 남극 빙하 거동 및 빙상 붕괴 예측 정확성 제고에 활용
공간 정보	■ 글로벌 위성 항법 시스템 정보 및 우주 관측을 위한 관측소 ■ 국토위성 활용 남극 공간 정보	■ 독자적 정보 확보를 통해 우리나라 내륙 활동시 위치 정확성 확보와 내륙 연구 안전 지원 정보로 활용
스마트 관측	■ 극한지 스마트 관측 시스템 및 관측 스테이션과 운용 기술	■ 향후 무인 원격 탐사 기술 개발 등을 통해 안전하고 효율적 남극 탐사 기반 기술로 활용

단계별 로드맵

~ 3차 기본계획(~'21)	4차 기본계획('22~'26)	목표
남극내륙 진출(K-루트)로 개척 (1,740 km)	항공망 확보로 입체적 루트 개척	입체적 내륙 루트 확보
빙하코어 시추(1만년) 기술 습득	3,000m급 심부빙하 시추 및 초극미량 시료 분석기술 확보	세계 최장(150만년 전) 빙하코어 기록 복원
2,000 m 급 빙저호 시추기술 개발	빙저호 국제프로그램 개발 및 주도	심부빙저호 시추 및 국제 공동연구 개발
장보고 기지 주변 고층대기 관측	내륙 기반 천문·우주 관측망 구축	독자 천문·우주 관측망 구축
남극내륙 개척 탐사 기술 확보 (무인 로봇, 빙원탐사 레이더 개발 등)	극한지 통신·스마트 기술 활용 극한지 탐사기술 고도화	남극내륙 연구지원 및 안전 기술 고도화



전략3) 남극 거버넌스 리더십 강화와 저변 확대

3-① 이슈주도형 국제공동연구 수행을 통한 남극거버넌스 의제선도

목표 및 필요성

□ 목 표

- ❖ 과학연구 성과에 기반 한 우리주도 남극 의제 발굴과 후속논의 대응 강화를 통하여 남극조약체제(ATS) 내 국제사회 지지기반 공고화 및 리더십 확보

□ 필요성

- 접근이 어렵고, 고비용·고위험의 남극연구에서 남극 거버넌스 내 핵심 의제 발굴을 위해서는 양자·다자 간 국제협력이 긴요
 - 낮은 접근성, 방대한 규모, 급속한 변화, 국제법 차원의 지역 거버넌스 존재 등
- 신규 남극특별보호구역(ASPA)·해양보호구역(MPA) 지정 및 모니터링 등 국제 이슈 주도 및 환경보전 지향국가로 국가 위상 강화 필요
- 남극조약협약당사국의 일원으로 책임을 가지고 남극 환경과 생태계 보전을 위한 국제적 노력에 동참, 신규의제를 선도하여 신뢰기반을 구축하고 국제적 위상을 제고
- 한국의 과학연구 강점분야 중심으로 우리 주도 의제를 발굴하고 적극적 의견표명을 위한 전문인력 마련·유지하여 국제대응 강화

기존현황

- 남극 관문지역에 연구·인프라 협력 거점을 설치 및 운영하며, 지역 특화 공동연구 추진
 - * 한-뉴질랜드 남극 협력센터(뉴질랜드 크라이스트처치 소재, '14.10.~), 한-칠레 남극 협력센터(칠레 폰타아레나스 소재, '16.2.~)
- 남극특별보호구역 지정 및 모니터링 주체로서 적극적인 국제활동 수행
 - 제32차 ATCM(2009)에서 세종기지가 위치한 킹조지섬 바톤반도에 남극특별보호구역*



지정·승인받아 우리나라가 주도하여 관리

* ASPA 171번 나레브스키 포인트(Narebski point)

- 제43차 ATCM(2021)에서 장보고기지 주변 테라노바만 인익스프레시블 섬(Inexpressible Island)*에 신규 남극특별보호구역 지정

* 중국이 5번째 남극기지를 조성하는 지역으로 가까이 이탈리아 기지와 우리나라 장보고기지가 위치하고 있음

4차 추진내용

□ 주요내용

○ 남극과학연구 부문별 양자·다자협력 기반 강화

- 한-뉴질랜드*, 한-칠레** 남극협력센터를 매개로 한 공동연구 발굴·추진을 통해 양자협력 강화

* (한-뉴질랜드) 해양-대기-빙상 상호작용 연구, 빙하 고기후 연구, 로스해 해양보호구역 연구 등

** (한-칠레) 킹조지섬 육상 생태계 연구, 남극반도 연안 생태계 연구, 남극반도 기후변화와 해양반응 연구, 외래종 유입 대응 연구 등

- 남극 국제기구·회의 분과 활동 및 공동연구 프로그램 참여 강화* 를 통한 다자협력 강화

〈 다자협력 강화 단계 〉

단계	주요 활동
①	■ 과학프로그램(SRP), 액션그룹(action group) 등 한시조직 참여
②	■ 워킹그룹(working group) 등 상시조직 참여
③	■ 참여 그룹 내 공동산출물 도출 기여(그룹 보고서 작성 참여 등)
④	■ 관련 협의·회의 주재 또는 국내 유치
⑤	■ 참여 그룹 운영위원회(steering committee) 진출
⑥	■ 해당 분과 추진 대형 국제공동연구 기획·수행과정 주도적 참여

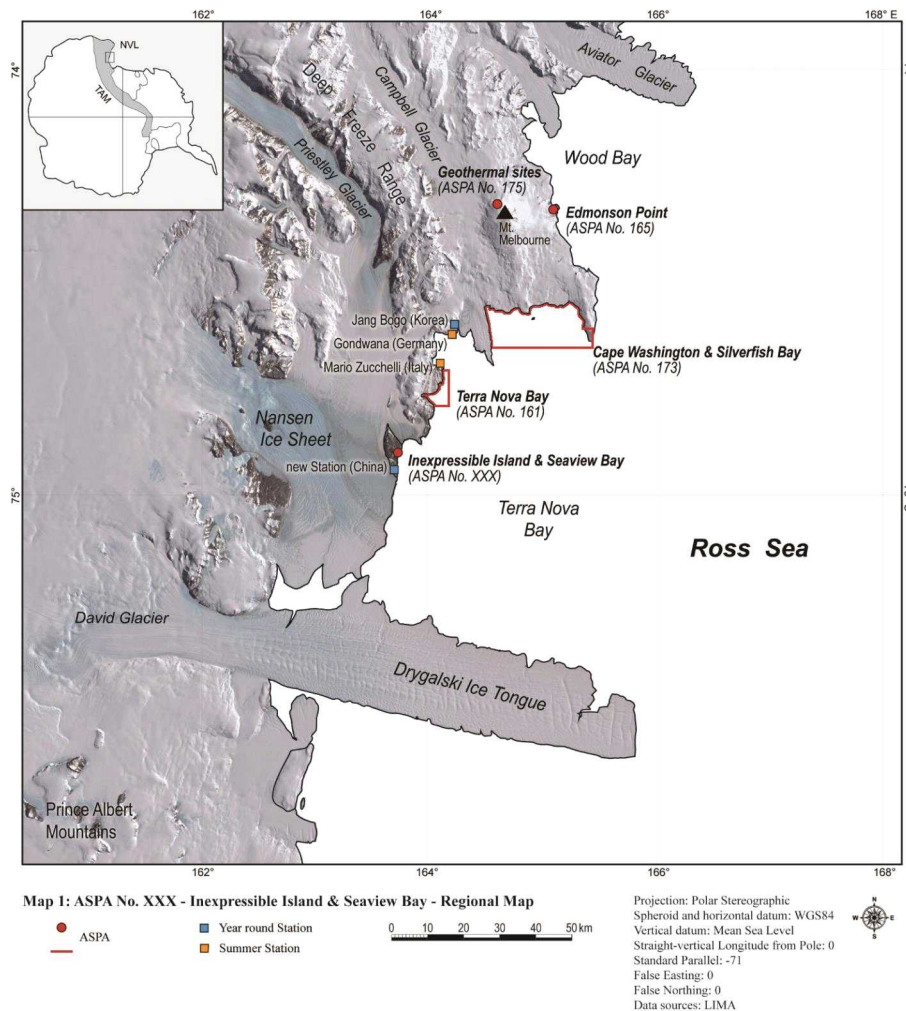
○ 신규 남극특별보호구역 모니터링 체계 구축 및 남극 해양보호구역 대응 연구 활성화

- 한-중-이탈리아 공동 모니터링 체계 구축 및 관리 방안 수립

* 남극조약환경보호의정서 제5부속서에 따른 5년 주기 관리계획 수립

- 신규 남극특별보호구역(ASPА)·해양보호구역(MPA) 기반 연구를 통해 남극 생태계 보존 방안을 수립하고 ATCM(CEP) 의제 발굴* 및 제안

* 남극조약 환경보호위원회(CEP)의 구역 기반 기후변화 취약종 보존 이슈 선도 및 남극해 해양보호구역 설정 최적화 사례 개발 연구



〈신규 ASPA 및 주변 연구기지 위치〉

기대효과

- 국제적 협력 기반을 강화하고, 활발한 공동연구를 통해 남극과학 거버넌스 내 핵심 이슈를 선도하여 국가적 영향력 강화
- 남극의 환경 보존을 위한 국제 활동에 적극적으로 참여하고 국가차원의 지속적인 연구 지원을 통해 환경보전국가로의 국제적 이미지 제고



3-② 남극 과학외교 주도를 위한 정책역량 강화

목표 및 필요성

□ 목 표

- 남극 정책지원 역량을 강화하여 남극 과학외교 지원 및 주요 이슈에 주도적으로 참여하여 남극 거버넌스 내 영향력을 제고

□ 필요성

- 극지 관련 정책 수립 시 관계 중앙행정기관 담당과 민간전문가 간 현안에 대한 논의와 정책 대안을 수립하기 위한 협의 체제 필요
- 남극 거버넌스 내에서 이슈를 주도하기 위한 현안을 발굴하고 논의할 수 있는 극지정책 생태계 필요
 - 우리나라가 의제화하였던 남극 공동사찰, 외래종 생물 유입 등 이슈 논의 지속과 신규 의제 발굴을 위한 정책연구 수행 필요
- 남극(극지)과 관련된 국내·외 정책, 국제기구·회의체 자료 및 각종 정책보고서에 대한 통합 관리* 및 정책정보서비스 필요

기존현황

- 해양수산부 수립 「2050 북극 활동 전략(21.11월)」에 북극 정책에 대한 부처 간 정책방향 공조를 위한 정책협의회 신설 계획 반영(추진과제 4-2)
- 우리나라 과학자 남극연구과학위원회(SCAR) 의장 선출*
 - * 전임 극지연구소 소장 김예동 박사
- 2013년부터 극지(남극) 관련 국제법 전문가로 구성된 학술 모임인 ‘극지법연구회’ 운영 중
 - * 극지업무 관련자 및 극지법 전공자들이 극지 관련 이슈를 논의하는 소규모 학술 모임으로 매년 3-4회 발표 및 토론회 개최



4차 추진내용

□ 주요내용

- 남극(극지) 정책에 대한 총괄 논의를 위한 관계 중앙행정 기관과 극지연구 수행 산·학·연 전문가로 구성된 ‘극지정책협의회’ 구성·운영
 - 남극연구 및 활동의 방향성과 부처간* 협력에 대한 논의의 장 마련
 - * 해양수산부, 외교부, 과학기술부, 환경부 등
 - 정부와 민간 전문가가 함께 남극 이슈를 도출하고 현안에 대한 토의를 통해 정책 및 대응방향을 조율하는 민-관 합동 협의회 운영
 - ‘극지활동진흥법’ 시행에 따라 북극 연구 및 활동과의 통합 조율을 위해 ‘극지활동진흥기본계획’ 에도 남·북극을 포괄 정책협의회 운영 과제 반영
- 남극 이슈 주도를 위한 정책지원 기반 구축
 - 남극 이슈 발굴 및 논의를 위한 극지정책 학술 교류 생태계 구축
 - * 극지정책전문가 네트워크 및 관련 대학·연구기관간 학술 교류 활성화
 - 남극조약체제 현안* 관련 국제조약·정책연구 활성화
 - * 환경보호의정서 제6부속서, 영유권 및 형사관할권, 생물자원탐사(bio-prospecting), 관광 및 비정부활동, 해양보호구역(MPA) 등
 - 현안 발굴 및 정책연구를 통해 ATCM, CCAMLR 의제화
- 남극(극지) 관련 정보의 통합 관리 및 대국민 서비스 강화
 - 정책 고객 및 일반 국민의 극지 관련 이슈 및 연구 성과 이해도 제고를 위한 ‘극지정책정보 지(극지와 세계)*’ 발간(연 4회)
 - * 극지과학 및 정책 정보를 시의성 있고, 쉽게 전달하는 내용으로 관련 전문가 기고 및 인포그래픽 등을 포함하여 연 4회 발간
 - 남극(극지)연구 관련 국내·외 정책자료 및 참고자료를 통합적으로 관리하는 ‘극지정책 아카이브’* 구축·운영
 - * 극지정책 아카이브: 2021년부터 극지연구소에서 구축하여 운영하고 있으며, 향후 극지활동진흥법 제13조에 따라 구축 예정인 ‘극지통합정보시스템’과 통합 예정

□ 기대효과



- 남극(극지) 활동에 대한 정부 차원의 협력 체계 구축으로 전략적인 남극연구 및 활동 전개 가능
- 남극 관련 이슈를 주도함으로써 남극 거버넌스에서 우리나라 발언권 강화 및 남극 연구 선도국으로서의 위상 강화
- 남극(극지) 정책정보 통합 관리 및 정보서비스 강화를 통한 대국민 남극 인식도 제고



3-③ 남극활동 역량 강화와 저변 확대

목표 및 필요성

□ 목 표

- 국제기구 현장전문가 육성과 국내 우수연구자 유입을 위한 남극과학 저변확대 노력을 바탕으로 남극조약 모범이행 인적여건 구축

□ 필요성

- 전공자 양성이 어려운 국내 관련 교육 여건의 극복과 남극연구의 저변 확대를 위한 체계적인 전문 인력양성 제도 도입 필요
 - 現 정규 교육과정에서 다루는 남극활동은 극히 일부에 불과하며, 남극연구 활동의 필요성·진행 상황 정보의 접근 기회가 제한적
- 언론사별 기후변화 전담부서 신설, 국민적 관심은 증가하고 있으나, 언론노출 빈도가 적고, 남극연구 중요도에 대한 체감은 낮은 편
 - 북극발 이상 한파 현상, 북극항로 등 북극 정보와 비교해 남극의 변화는 체감도가 낮아, 인지도 및 인식 제고를 위한 홍보 필요
- 코로나19로 인한 세계보건위기 발생 이후 극지역 현장연구, 국제연구협업, 신진연구자 지원이 축소되는 추세로, 극지과학계 내 우수학생 유치를 위한 중장기 방안 보완 필요
- 지속적인 남극조약 모범이행을 위한 국내 전담 지원조직 마련 및 남극연구 전략분야 전문성 제고와 국내 우수역량 유입방안 마련

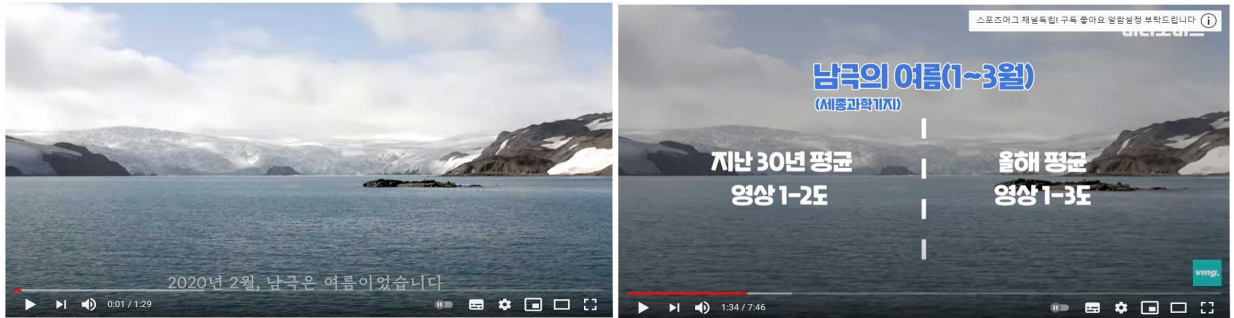
기존현황

- 극지연구소는 UST* 캠퍼스를 통해 전문 인재를 양성 중이나, 균일한 교육환경 제공의 어려움, 내부 행정체계 개선 등 문제해결 필요
 - * UST는 학사운영실적 및 스쿨 운영계획, 출연연 조직 내 스쿨 반영 등 심의 인증에 따라 전문인력을 양성하는 “스쿨 제도”를 도입(21 기준 9개 기관 인증)
- 구독 문화의 확산에 따라 남극연구 관련 기관은 블로그 및 유튜브 등 공식 언론에서 다루기 어려운 정보를 공유하는 자체적인 노력 확산



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

- 극지연구소는 영상콘텐츠, 웹툰, 포스트 등 다양한 콘텐츠 및 매체를 통해 남극연구에 대한 대국민 관심 증진과 공론화에 기여
- * 사례: '20년 지구온난화 등으로 눈이 녹은 세종과학기지를 극지연구소 SNS 채널을 통해 홍보(왼쪽), SBS 비디오머그에서 영상으로 재가공하여 100만 조회 달성(오른쪽)



〈 다양한 매체 활용 홍보 〉

4차 추진내용

주요내용

○ UST-KOPRI* 스쿨 설립 및 운영

- * UST School(University of Science and Technology School): 과학기술연합대학원 대학교(UST)에서 출연(연)에 설치하는 특화분야 학제 중심 전문 교육 조직
- UST-KOPRI 스쿨 설립(~'22년)
- UST-KOPRI 기반 세부 분야별 남극연구 전문 커리큘럼 구성(~'23년)
- 전공 분야별 신입생 선발 시행(~'23년)
- 우수학생 유치, 체계적인 학습 지원 및 처우개선, 교원·학생 역량강화 프로그램 구성 및 운영(~'25년)
- 스쿨체제 운영진단 점검 및 개선(안) 마련(~'26년)

○ 수요자 맞춤형 남극활동 홍보 강화

- 대중으로의 접근성과 파급력이 높은 매체 및 형식* 활용 강화
- * 기존에 많이 활용되지 않았던 예능, 교양 등 형식을 통한 남극활동 홍보 (예: '21.5월 MBC 아무튼 출근 장보고기지 월동연구대원 편)
- 남극관련 지식전달 플랫폼* 구축 및 고도화
- * 극지연구소 블로그와 포스트를 남극 지식정보 전문 플랫폼으로 전환하여 남극연구 동향, 기지운영, 남극 상식 등 대중에게 전달
- 남극 특화 영상 콘텐츠* 제작 및 확산



* 남극 기지생활 및 연구활동 등 남극에서만 확보 가능한 영상을 활용한 유튜브 콘텐츠 제작 및 타 매체 확산

○ 남극 특화 교육기부활동 강화

- 남극활동 성과를 교육현장으로 확산하기 위한 교육프로그램* 운영

* 과학교사 대상 직무연수 프로그램 및 극지아카데미 운영

- 남극 특화·전문 강연* 활성화

* 주제별 전문가(남극 유경험자) 및 청중 특성을 반영한 맞춤형 강연 추진

- 남극 온라인 교육 프로그램 및 체험형 콘텐츠* 개발

* 코로나-19 등 외부요인에 따른 온라인 콘텐츠 수요에 대응하고 극지 간접체험 기회 확대

○ 국제활동 참여 지원 확대(학술대회, 펠로우쉽, 심포지엄 등)

- 아시아 극지과학 펠로우쉽 방문 연구 추진 및 국제 학술대회(SCAR OSC 등) 참여 지원 및 확대

- 국제 극지과학 심포지엄 개최(23) 및 국내 우수 신진과학자 국제 학술대회/국외 교육훈련 참여 지원

○ 남극포럼 개최

- 매해 지난 1년간의 남극활동 결과를 관계자뿐만 아니라 국민들에게도 소개하고 논의하는 남극 관련 행사* 개최

* 북극 관련 대표적 국내 행사로서 '북극협력주간'이 매년 12월 개최되고 있음

- 남극연구활동, 남극거버넌스 국제회의 동향 및 주요국 남극활동 소개 등으로 구성

〈남극포럼 행사 구성 예시〉

단계	주요 행사	비고
1 일차	■ 남극 과학의 날(남극 과학연구 활동 소개)	
2 일차	■ 운영/정책의 날(기지, 쇄빙선 운영 및 남극정책 동향)	

□ 기대효과

- 남극 분야 교육·연구의 브랜드화로 대국민·이공계 학생의 관심을 이끌고, 중장기적으로 안정적인 연구인재 Pool 확보 및 역량 수준의 강화 기대
- 남극연구 우수 과학자 양성 및 신진연구자 역량 강화로 연구성과의 지속창출이 가능한 기반을 마련하고, 유관 전문가 집단을 활성화
- 남극과학 및 연구에 대한 대국민 관심의 증진을 통해 남극연구 분야에 대한 지속적인 지원과 국민적 공감대 형성



〈 제3차 및 제4차 남극기본계획 비교 〉

	제3차 기본계획('17~'21)	제4차 기본계획('22~'26)	비고
기본 방향	- 국가 과학연구 역량을 견인하는 가시적 성과 창출 - 연구 인프라 구축과 운영의 효율성 제고 - 연구활동을 통해 국제사회에 기여하고 국가위상을 제고	- 남극에서 국가 과학연구 역량의 지속적인 강화 - 선진국 수준의 연구 인프라 확보와 효과적인 운영 - 남극 연구활동을 통한 과학기술 선진국 국가위상 제고	
중장기 전략	〈남극활동 도약기〉 - 신규 인프라 기반 연구활동 지역 및 범위를 확대, 선도연구 착수 - 안전사고 예방과 응급의료 지원을 위한 종합안전시스템 확립 - 글로벌 현안 해결에 기여하고, 생태계 연구 및 보호활동 확대	〈남극활동 도약 2기〉 - 확장된 인프라를 활용해 연구활동 지역·범위를 확대하고, 국제적인 연구를 기획·수행하는 역량 확보 - 현장연구 지원체계와 안전사고 예방·응급의료 지원 등 종합안전 시스템을 확립(계속) - 글로벌 현안 해결에 기여하고, 생태계 연구 및 보호활동 확대(계속)	COVID-19 의 한계 극복
비전	인류공동의 현안해결에 기여하는 남극연구 선도국	인류 현안을 해결하고, 국익을 창출하는 남극연구	
목표	- 기후변화, 생태계 보존 등 글로벌 이슈에 대응 - 안전하고 지속가능한 남극연구 활동 지원기반 구축·운영 - 남극 과학연구 및 거버넌스에서 우리나라의 리더십 제고	- 남극 이슈 주도과 현안해결을 위한 남극연구 확대와 가치창출 - 수요 맞춤형 남극연구활동 지원체계 혁신 - 남극 글로벌 리더십과 국내 기반 강화	
추진 전략	■ 남극연구 지평확대 ■ 남극연구 지원기반 선진화 ■ 남극 거버넌스 리더십 제고	■ 현안해결을 위한 남극연구 확대 ■ 수요맞춤형 인프라 운영혁신과 지원기술 개발 ■ 남극 거버넌스 리더십 강화와 저변 확대	
주요 과제	- 내륙진출로 개척(K-루트) - 해양보호구역(MPA) 생태계 연구 - 실용화·융복합 연구 활성화 - 항공망·제빙기 등 인프라 고도화 - 남극정책 역량강화 기반마련	- 본격적인 내륙탐사 및 연구 추진 - 해양보호구역(MPA) 생태계 연구 지속 - 산학연 협력 및 국제공동연구 강화 - 차세대제빙선·항공망 등 인프라 고도화 - 남극정책 역량강화 및 의제 주도	
대표 브랜드 과제	남극 내륙진출 루트의 확보 (K-Route)	K-Route 기반 관측·연구거점 구축을 통한 남극 내륙연구 활성화 (한국형 남극 내륙 연구 거점 구축)	5차 All-around Antarctic을 위한 작업
예산	2,345 억 원	2,502 억 원	



2 절 소관 및 소요예산(안)

1. 소요예산(안)

* 소요예산은 추정치로 국가재정운용계획 및 예산편성 상황에 따라 변동될 수 있음

(단위: 억원)

구분	주관부처	관계부처	4차 소요예산		비고
			총 예산	22년 예산	
총계			2,507.2	507.7	
1. 현안 해결을 위한 남극연구 확대			1,595.2	287.5	
1-1. 기후변화 대응 남극연구와 미래예측 역량 강화			821.4	123.6	
■ 남극 기후환경변화 이해와 전지구 영향평가	해수부		49.46	9.46	
■ 국제 심부빙하시추 네트워크를 활용한 대기-빙하 특성 규명	해수부		190	30	
■ 오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후 변동성 규명	해수부		48.26	6.26	
■ 남극 빙상의 급격한 붕괴에 따른 전지구 및 한반도 해수면 상승 예측	해수부		334	42	
■ 과거 온난기의 서남극 빙상 후퇴 및 해양 순환 변화 연구	해수부		68	12	
■ 서남극해 온난화에 따른 탄소흡수력 변동 및 생태계 방응 연구	해수부		126.74	21.74	
1-2. 남극 환경의 이해 및 보전 연구 확대			370.6	77.3	
■ 남극권 맨틀활동과 지체구조 진화 연구	해수부		84	21	
■ 환경변화에 따른 남극 육상생물의 생리생태 반응 연구	해수부		78.3	13.3	
■ 온난화로 인한 극지 서식환경 변화와 생물 적응진화 연구	해수부		95.9	15.9	
■ 남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구	해수부		99	24	
■ 남극특별보호구역 환경시료 저장 및 오염 모니터링	환경부	해수부	8.5	1	



제4차 남극연구활동 진흥기본계획 수립에 관한 연구

구분	주관부처	관계부처	4차 소요예산		비고
			총 예산	22년 예산	
■ 남극특별보호구역 모니터링 및 환경관리에 관한 연구	환경부		4.9	2.1	
1-3. 지속가능한 남극 실용화 연구 성과 창출			408.1	88.7	
■ 얼음 저온 특성을 활용한 신기술 및 신소재 개발 연구	해수부		63.2	13.2	
■ 극지 바이오신소재 상용화 구축 사업	해수부		79.9	10.5	
■ 포스트 극지유전체 프로젝트	해수부		50	10	
■ 극지 유래 생물자원을 활용한 항생제 후보물질 개발	해수부		125	25	
■ 극지 지의류 유래 치매치료제 실용화 연구	해수부		90	30	
2. 수요맞춤형 인프라운영 혁신과 지원기술 개발			844.2	207.8	
2-1. 범국가적 연구인프라 공동활용 체계 활성화			129.2	51.2	
■ 연구선 산·학·연 공동활용 활성화	해수부		5	1	
■ 인프라 개발 수요 대응을 위한 시설 고도화	해수부		124	50	
■ 극지활동 기반시설 개방 확대에 따른 안전관리 체계 구축	해수부		0.2	0.2	
2-2. 산·학·연 협력 플랫폼과 개방형 생태계 조성			283.0	61.6	
■ 극지환경 재현 실용화 센터 건립 및 운영	해수부		82	24.6	추가 예산 추후 확보
■ 극지통합정보시스템 구축 및 운영	해수부		6	2	
■ 극지 해양조사 및 해도제작	해수부		95	15	
■ 개방형 연구협력 체계 구축을 통한 新극지역역 발굴	해수부		100	20	
2-3. 첨단 융복합 탐사기술 및 내륙기반 연구 개발			432.0	95.0	

구분	주관부처	관계부처	4차 소요예산		비고
			총 예산	22년 예산	
■ 극한지 관측 및 정보처리 기술 개발	해수부		130	30	
■ 남극 내륙연구를 위한 진출루트 개척 및 탐사기술 개발	해수부		140	35	
■ 남극내륙 우주탐사 무인관측소 구축	과기부	해수부	67	11	
■ 국토위성을 활용한 남극 공간정보 제작·제공 기술 개발	국토부	해수부	45	9	
■ 남극 David 빙하 빙저호 열수시추 기술개발	해수부		50	10	
3. 남극 거버넌스 리더십 강화와 저변 확대			67.8	12.4	
3-1. 이슈 주도형 국제공동연구 수행을 통한 남극거버넌스 의제 선도			43.0	8.0	
■ 남극 MPA기반 해양생태계 보전대책수립 연구	해수부		13	2	
■ 신규 남극특별보호구역 지정에 따른 중장기 모니터링 체계 구축	해수부		15	3	
■ 양자·다자협력 심화 기반 남극과학 의제 주도	해수부		15	3	
3-2. 남극과학외교 주도를 위한 정책역량 강화			9.0	1.8	
■ 극지이슈 대응을 위한 정부협의체 구축(극지 정책협의회)	해수부		1.5	0.3	
■ 남극 이슈 선도를 위한 정책연구 기반 구축	해수부		5	1	
■ 극지정책정보 확산 체계 고도화	해수부		2.5	0.5	
3-3. 남극활동 역량 강화와 저변 확대			15.8	2.6	
■ 남극연구 분야 특화 전문인재 발굴 및 양성	해수부		1.5	0.3	
■ 수요자 맞춤형 남극활동 홍보	해수부		9	1.5	
■ 남극 특화 교육기부 활동 강화	해수부		5.3	0.8	