
극지환경재현실용화센터 내부 시설 구축

기획보고서



제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “극지환경재현실용화센터 내부 시설 구축 기획” 과제의 최종보고서로 제출합니다.



연구책임자 : 이 유 경

참 여 연 구 원	: 이 지 영, 주 동 찬
”	: 김 예 찬, 이 민 영
”	: 이 주 한, 이 강 현
”	: 김 진 형, 박 기 홍
”	: 박 상 종, 김 기 태
”	: 박 창 근, 한 영 철
”	: 이 미리내, 조 성 미
”	: 이 영 미, 이 세 은

목 차

I. 서론	1
1. 기획연구의 필요성	1
1.1 연구개발 배경 및 필요성	1
1.2 기존사업 차별성	1
1.3 기존사업 연계방안	2
2. 기획연구의 목표 및 주요내용	4
2.1 기획대상의 정의	4
2.2 기획연구 목표	4
2.3 기획연구 주요내용(범위)	5
2.4 기획연구 추진체계	5
II. 환경 및 역량분석	6
1. 국외 동향	6
1.1 미국 육군 공병단 한랭지연구소 (CRREL, Cold Regions Research and Engineering Laboratory)	6
1.2 캐나다 국립연구위원회(NRC) 기후시험연구시설	7
1.3 미국 NASA 글렌연구센터 Icing Research Tunnel(IRT)	8
1.4 미국 Subzero Research Laboratory	8
1.5 미국 국립과학재단 빙하보관소	9
1.6 덴마크 코펜하겐대학 빙하보관소	10
1.7 독일 HSVA 대형 빙해수조 (Large Ice Model Basin, LIMB)	11
1.8 일본 북방생물권 야외과학센터	11
1.9 뉴질랜드 국제남극센터	13
2. 국내 동향	14
2.1 기초과학연구원(IBS)의 Yemilab과 RAON	14
2.2 한국생명공학연구원의 생물 시료 제공 연구시설	15
3. 기획기술 시사점	16
III. 연구개발과제 및 추진계획	17
1. 복합극지환경실 설치를 위한 기본설계	17
2. 복합극지환경실 설치 및 운영의 경제성 평가	20

3. 극지 특수시료 현황	22
3.1 극지 시료별 특징	22
가. 극지데이터센터	22
나. 극지 빙하 시료	26
다. 남극 운석 시료	29
라. 극지 암석 시료	32
마. 극지 화석 시료	34
바. 극지 식물-해조류 표본 시료	38
마. 극지 미생물 시료	42
3.2 극지 시료 관리 방안	43
4. 창업 지원 계획 수립	45
4.1 창업 지원 규정 개선	45
가. 배경	45
나. 목적	46
다. 현황 분석	46
라. 문제점 도출	46
마. 해결 방안	47
바. 결론 및 제언	47
4.2 창업 지원 방안	49
5. 극지환경 체험시설 구축 계획 수립	50
5.1 몰입형 극지교육·전시 시설 구축 및 운영 계획 수립	50
가. 해외 유사 시설	50
나. 몰입형 극지과학 체험시설	54
다. 결론 및 제안	62
5.2 실감형 극지영상관 설치 계획 수립	63
6. 극지과학 전문 교육프로그램 기획	67
6.1 극지를 극지과학 전문 교육프로그램 운영을 위한 맞춤형 커리큘럼 개발	67
6.2 극지과학 전문 교육 프로그램 운영 방안 수립	68
가. 극지과학탐구프로그램 (polar open lab) 운영 현황 분석	68
나. 극지과학탐구프로그램 운영 방안	82
다. 프로그램 표준 운영(안)	82
7. 사업추진 로드맵	83
8. 소요예산	86

9. 기대효과 및 활용방안	89
9.1 성과활용방안	89
9.2 파급(기대)효과	89
IV. 사업 타당성 분석	90
1. 정책적 타당성	90
2. 과학·기술적 타당성	90
3. 경제적 타당성	91
4. 사회·문화적 타당성	92
 부록 1. 복합극지환경실 설치를 위한 기본설계	93
부록 2. 복합극지환경실 경제성 분석 보고서	114
부록 3. 창업 관련 규정	160
부록 4. 몰입형 극지교육·전시 시설 구축을 위한 마스터 플랜	161
부록 5. 극지영상관 구축을 위한 마스터 플랜	175



I. 서론

1. 기획연구의 필요성

1.1 연구개발 배경 및 필요성

- 극지환경재현실용화센터는 극지 연구 성과의 실증과 실용화를 촉진하고, 연구 인프라를 개방하며, 극지 교육 및 대국민 인식 제고를 목적으로 2023년 준공된 국가 차원의 극지 연구 지원 인프라로, 극지환경을 재현함으로써 극지 현장 이전 단계에서 연구 장비·기술 검증, 극지 시료 활용, 교육·체험 기능 수행이 가능하도록 기획된 시설임
- 그러나 현재 센터는 극지생물배양실, 바이오생산분석실, 폴라오픈랩 등 일부 연구시설만 구축되어 있고, 극지환경을 종합적으로 재현할 수 있는 핵심 시설은 미비한 상황이며, 저온, 강풍, 동결 등 극지 연구의 필수 요소를 포괄하는 극지환경재현시설이 부재하여 실증 및 활용 기능에 한계가 존재함
- 극지 연구는 현장 접근 비용과 위험 부담이 매우 높아 사전 검증과 육상 실증 인프라의 중요성이 지속적으로 제기되고 있으며, 국내에는 극지환경 조건을 실제와 유사하게 재현하여 장비나 기술을 사전에 시험 및 검증할 수 있는 종합 인프라가 부족한 실정임. 이로 인해 극지 연구 장비 및 기술의 현장 실패 가능성이 존재하며, 연구 효율성과 성과 창출에 제약이 있음
- 정책적으로 극지 연구는 기후변화 대응, 극한 환경 기술 개발, 미래 산업 기반 확보 측면에서 중요성이 지속적으로 증가하고 있으나, 극지 시료를 통합적으로 보관, 관리, 제공할 수 있는 시스템과 인프라가 구축되지 않은 상태임
- 기후변화 및 극지환경 변화에 대한 사회적 관심은 증가하고 있으나, 이를 체감할 수 있는 극지 교육 인프라는 부족한 실정이며, 이로 인해 대국민 인식 제고와 미래 극지 인력 양성에 구조적 한계가 존재함
- 극지환경재현실용화센터의 기능을 실질적으로 완성하기 위해서는 내부 시설의 단계적 확충과 체계적인 구축 계획 수립이 필요가 있음
- 본 기획연구는 내부 시설 구축 방향과 범위를 명확히 설정하고, 향후 시설 구축을 위한 예산 확보 및 단계적 사업 추진의 객관적 근거를 마련하는 데 목적이 있음
- 이를 통해 센터는 국내 유일의 극지환경 실증과 실용화, 교육 거점으로서 연구 경쟁력 강화와 사회적 파급 효과 창출이 가능할 것으로 기대됨

1.2 기존사업 차별성

- 기존 사업은 극지환경재현실용화센터 건립을 위한 기본 설계와 공간 배치를 중심으로 추진하거나* 일부 연구시설과 장비 구축, 운영 규정 마련, 시범 프로그램 운영 등 초기 운영 기반 마련에 초점을 두고 있음**

* 극지과학관 건립 기본계획 수립 및 타당성조사 기획연구 ('12), 극지교육관 건립 기본계획 수립을 위한 기획연구 ('15. 9월~'16. 2월), 극지 산·학·연 연구협력관 건립 기본계획 수립을 위한 기획연구

(‘16. 12월~‘17. 4월)

**** 극지환경 재현 실용화 센터 설치 및 운영계획 수립 (‘23. 5월~‘24. 10월)**

- 극지환경재현실용화센터가 내부 시설을 제외하고 건설되어 명칭과 달리, 실제 극지환경 조건을 구현할 수 있는 시설은 구축되지 못했고, 극지시료 큐레이션이나 몰입형 극지과학교육 등의 기능은 장기 과제로 설정되거나 구체적 실행 단계로는 진입하지 못한 상황임
- 극지 연구 성과를 대중과 교육 분야로 확산하기 위한 체험형 교육이 제한적으로 시행되고 있으나 실용화와 교육을 포괄하는 종합 거점으로서의 역할 수행에는 제약이 존재함
- 본 기획연구는 단순 시설 추가가 아닌, 극지환경재현과 교육 기능을 하나의 내부 시설 체계로 통합 설계하는 데 목적이 있음
- 극지 연구 장비·기술 실증 수요는 증가하고 있으나, 이를 수용할 수 있는 극지환경 재현 인프라가 부족한 상황이며, 기후변화나 극지환경 변화에 대한 사회적 관심 증대에 비해 이를 전달할 수 있는 체험형 교육 인프라는 부족한 실정임
- 극지교육을 부가 기능이 아닌, 센터의 주요 기능으로 설정하여 몰입형 체험시설과 전문 교육프로그램을 함께 기획하고자 함
- 센터 준공 이후 시간이 경과함에 따라 내부 시설 미비로 인한 활용도 저하가 점차 가시화되고 있어 극지환경재현실용화센터의 내부 시설 추가 구축이 시급함
- 현 시점에서 내부 시설 구축 방향을 명확히 설정하지 않을 경우, 센터의 기능 고착화 및 중장기 발전 정체 우려가 존재하며, 사전 기획 없이 개별 시설을 단계적으로 도입할 경우, 공간 비효율 및 운영비 증가 가능성이 큼
- 따라서 내부 시설에 대한 종합적인 기획연구를 조속히 수행하여, 단계적 구축 전략과 예산 확보 논리를 선제적으로 마련할 필요가 있음

1.3 기존사업 연계방안

- 기존 사업은 극지환경재현실용화센터의 물리적 구축과 초기 운영 기반을 마련한 단계임
- 본 기획연구는 기존 사업의 성과를 전제로, 내부 시설이라는 미완 요소를 보완하여 센터 기능을 실질적으로 완성하는 단계임
- 기존에 구축된 연구시설과 운영 전략은 복합극지환경실, 교육-체험 시설 기획을 통해 유기적으로 연계되며(표 I-1), 이를 통해 기존 사업과 본 기획연구는 단절된 과제가 아닌, 단계적·연속적 사업 구조를 형성함

<표 I -1> 기존사업과의 연계방안

구분	기존 사업의 주요 결과·성과	본 기획연구와의 구체적 연계 방안
센터 건립	극지환경재현실용화센터 건축물 준공 및 기본 공간 확보	기존 공간 구조를 전제로 내부 시설 재배치 및 기능 고도화 계획 수립함
연구시설 구축	극지생물배양실, 바이오생산분석실, 플라오픈랩 구축	복합극지환경실과 연계하여 실험-재현-분석이 순환되는 구조로 확장함
운영 전략 수립	센터 운영 방향, 단계별 로드맵 초안 마련	내부 시설 구축을 전제로 한 운영 전략 재정립 및 실행 가능 로드맵 보완함
시범 프로그램	극지과학 프로그램 및 일부 교육 프로그램 시범 운영	몰입형 극지교육-체험시설 기획을 통해 기존 프로그램의 질적 고도화 추진함
연구 수요 분석	극지환경모사실, 냉동시설 등에 대한 수요 도출	수요 기반 복합극지환경실 세부 설계 및 비용 산출
대외 인지도	극지 실용화 거점으로서 센터의 정책적 위상 확보	내부 시설 구축을 통해 명칭과 기능의 일치성 확보 및 신뢰도 강화함

극지연구소

2. 기획연구의 목표 및 주요내용

2.1 기획대상의 정의

- 본 기획연구의 대상은 극지환경재현실용화센터 내부에 구현되어야 할 핵심 기능을 정의하고, 이를 실현하기 위한 시설 구성, 운영 개념을 사전에 설계하는 것으로 설정함
- 기술적 기획대상은 극지환경을 실용화센터에서 재현하고 연구 및 실증에 활용할 수 있는 환경 재현 기술과 시설 체계로, 저온-강풍이라는 극지 특유의 복합 환경을 실제와 유사한 조건으로 구현하는 것을 기본개념으로 설정함
- 극지환경재현시설은 단순 실험 공간이 아닌, 관측장비와 과학장비 및 실용화 기술을 사전에 검증하는 실증 인프라로 정의함
- 인프라적 기획대상은 극지환경재현실용화센터 내부에 구축될 물리적 공간, 설비, 운영 구조 전반으로 복합극지환경실, 극지 시료 보관-관리 시설, 몰입형 극지교육-체험 시설을 핵심 인프라 요소로 정의함
- 본 기획연구는 내부 시설 구축을 위한 기본 개념 정립, 기능 정의, 공간 구성, 운영 전략, 경제성 평가까지를 범위로 설정하며, 실제 시설 공사는 본 기획연구의 결과를 기반으로 한 후속 구축 사업의 범위에 해당함
- 본 기획연구는 향후 단계적 내부 시설 구축과 예산 확보를 위한 사전 기획 단계로서의 역할을 수행함

2.2 기획연구 목표

- 본 기획연구의 목적은 극지환경재현실용화센터의 내부 시설 구축을 위한 기획안을 도출하는데 있으며, 최종 목표는 극지환경재현실용화센터 내부 핵심 시설 구축을 위한 실행 가능한 기획 패키지를 도출하는 것임
- 복합극지환경실 구축을 위하여 시설 구성, 공간 배치, 운영 개념, 구축 전략을 제시하고 구축 비용을 산출하며 경제성 분석 결과를 도출하고자 함
- 몰입형 극지교육-체험 인프라 구축을 위하여 극지환경 체험형 교육-전시 시설 기본 개념 및 공간 구성을 제시하고 극지과학 전문 교육프로그램 운영 모델을 도출하고자 함
- 극지환경재현실용화센터의 수혜자는 극지 연구자, 산업체 및 창업 기업, 교육 분야 및 일반 국민, 그리고 국가로 구성되며 다음과 같은 효과가 기대됨
 - 극지 연구자: 극지 현장 이전 단계에서 장비·기술·시료 실증이 가능해져 연구 효율성 향상
 - 산업체 및 창업 기업: 극지환경 실증 인프라와 시료 활용을 통한 기술 개발 및 사업화 기회 확대
 - 교육 분야 및 일반 국민: 몰입형 극지교육-체험을 통해 극지 연구의 중요성에 대한 인식 제고
 - 국가 차원: 극지 연구 실증·실용화 기반 확보를 통한 국제 경쟁력 강화 및 정책적 위상 제고

2.3 기획연구 주요내용(범위)

- 본 기획연구는 극지환경재현실용화센터 내부 시설 구축을 위한 사전 기획연구로서, 실제 시설 구축 이전 단계의 개념 정립, 설계 기획, 운영 전략 및 경제성 평가를 주요 범위로 설정함
- 본 기획연구의 공간적 범위는 극지환경재현실용화센터 건물 내부 공간 1층으로 설정함
- 신규 기획 대상 공간은 복합극지환경실 구축 예정 공간, 몰입형 극지교육-체험 시설 및 실감형 극지영상관으로 설정함
- 본 기획연구의 결과물은 내부 시설 구축을 위한 시설별 기획 보고서 및 개념 설계안, 시설 구축 비용 및 운영 경제성 분석 결과, 몰입형 극지교육-체험 인프라 기획 및 설치 계획으로 설정

2.4 기획연구 추진체계

- 본 기획연구는 다음과 같은 일정에 따라 수행함(표 I-2)

<표 I -2> 기간별 주요 추진 내용

기간	주요 수행 내용
4~5월	○ 극지연구소 내부 연구자의 복합극지환경실 수요 조사 ○ 국내외 극지환경재현시설 사례 조사 ○ 국내외 극지교육-체험 시설 사례 조사
6~11월	○ 복합극지환경실 기초 설계 개념 도출 ○ 몰입형 극지교육-체험 시설 기초 설계 개념 도출 ○ 시설별 공간 구성 및 기능 정의 수행 ○ 시설별 운영 개념 설정 ○ 내부 시설 구축 비용 추정 수행 ○ 복합극지환경실 구축에 따른 경제성 평가 수행
12월	○ 내부 시설 구축을 위한 단계적 추진 전략 수립 ○ 내부 시설 구축 로드맵 수립 ○ 결과보고서 작성

II. 환경 및 역량분석

1. 국외 동향

본 과제에서 분석하고자 하는 극지환경재현실용화센터 주요 내부시설은 복합극지환경실이므로 국내외 저온 연구시설을 중심으로 현황을 조사하였다.

1.1 미국 육군 공병단 한랭지연구소 (CRREL, Cold Regions Research and Engineering Laboratory)

미 육군 공병단 산하 한랭지연구소는 1961년에 설립되었고 본부는 뉴햄프셔주 하노버에 있다. 설립 목적은 혹한지와 극지에서의 군사 작전 수행을 과학과 공학으로 지원하고, 영구동토·설해·결빙 등 한랭지에서 발생하는 토목과 환경 문제를 해결하며, 눈·얼음·토양의 기초 과학과 응용 공학을 통합해 실질적 기술 해법을 개발하는 데 있다.

한랭지연구소에는 24개의 독립 제어실로 구성되어 영하 35°C에서 영상 43°C까지 가능한 복합 저온실(Cold Rooms Complex)가 있으며 이곳은 재료 시험, 생물학적 시료 보존, 극지 장비 성능 검증에 활용된다. 세계 최대 규모의 제어형 동결토 시험 시설인 동결융기연구실(Frost Effects Research Facility)은 계절에 무관하게 동결·해빙 주기와 그에 따른 지반 강도 변화를 정밀 재현한다. 결빙점착시험실(Ice Adhesion Testing Facility)은 표면 코팅과 자재, 장비에 대한 결빙과 부착력을 정량 평가하여 공항과 군용 장비의 제빙 기술을 검증한다.

알래스카 폭스에 위치한 동토동굴연구실(Permafrost Tunnel Research Facility)는 영구동토에 위치한 동굴이다. 이곳에는 동토 코어와 고대 퇴적층이 노출되어 있어 빙하시대 이후 환경 변동과 동결 지반 위 기반 시설의 안정성을 연구할 수 있다.

한랭지연구소는 영구동토 및 인프라 분야에서 알래스카 송유관 건설 당시 동토 지반 안정성 연구에 핵심적으로 기여하고 북극 기지·도로·항주로 설계의 과학적 근거를 제공한 바가 있다. 또한 해빙 및 해상 운송 분야에서는 1969년 쇄빙 유조선 SS 맨해튼의 북극항로 시험 항해를 지원하고 항만 및 수상 교통에서의 얼음 하중 예측 기법을 개발했다. 환경과 에너지 분야에서는 알래스카의 오염 토양 정화 연구를 수행하고 원유 유출 시뮬레이션과 신형 회수 장비 시험을 진행했다. 신기술 개발 측면에서는 2025년에 광섬유 기반 얼음 두께 측정 기술을 선보였으며 항공기와 풍력 터빈용 저빙착 코팅을 체계적으로 시험했다.

한랭지연구소는 극지 기반 시설, 기후변화 과학, 산업 응용 기술을 아우르는 연구 허브이며 복합저온실, 동결융기연구실, 결빙점착시험실 같은 다목적 실험 인프라와 동토동굴연구실 같은 야외 현장 시설을 동시에 보유해 연구-검증-현장 적용을 통합적으로 수행할 수 있다. 역사적으로 알래스카 송유관 건설, 북극 쇄빙 항로 개척, 그린란드 아이스코어 과학에 기여했고 현재는 기후변화 대응, 저빙착 신소재, 극지 인프라 안전성 연구를 선도하고 있어 일종의 '저온환경의 NASA'라고 부를 만한 연구소다.

1.2 캐나다 국립연구위원회(NRC) 기후시험연구시설

캐나다 국립연구위원회(NRC) 기후시험연구시설은 차량과 철도차량 및 부품의 성능을 사계절 극한 조건으로 재현해 검증하고 제조사와 교통기관 및 국방 고객의 규격 충족과 결함 조기 발견 및 설계 개선과 인증 준비를 지원하기 위해 구축되었다. 실내에서 눈과 비와 결빙비와 얼음과 안개와 일사열 및 난류풍을 통합 제어해 다음 시즌의 기상 조건을 사전에 재현하고 반복 가능한 시험을 할 수 있어 개발 리스크와 현장 시험 비용을 줄이는 것을 핵심 목적으로 한다.

현재 운영중인 대형 기후 챔버의 크기는 내부가 약 30 m × 6 m × 6 m 크기이며 온도는 영하 51°C에서 영상 55°C까지 제공한다. 전 구간 습도 제어와 눈과 비와 결빙비와 얼음과 안개 재현이 가능하며 최대 512채널의 데이터를 수집할 수 있고 대형 철도차량과 원형 시제품을 반입하여 테스트할 수 있다.

또한 신규 인프라는 영하 65°C에서 영상 71°C까지 더 넓은 범위의 온도 테스트가 가능하며 시험 공간도 36.6 m × 15 m × 7.6 m로 더 넓다. 분리벽으로 다중 온도대 또는 실내·실외 복합 환경을 구성하고 온도 사이클로 주야 변동을 재현하며 최대 140 km/h 난류풍과 강우·강설의 동시 모사가 가능하다. 이 곳은 4축 독립 8륜 다이노를 갖춰 대형차 동력 주행 시험과 다중 차량을 동시에 시험할 수 있다.

시험 지원 인프라는 압축공기와 냉각 신선공기와 급수와 스팀과 배기가스 처리와 유해가스 모니터링 등 설비 서비스를 완비하고 철도차량 HVAC와 차체 단열과 구동·제동과 전장품 및 통신 장비 등 전 계통에 대한 환경 스트레스 시험을 위한 계측 및 전원 인프라를 제공한다.

실물 객차 단위의 HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) 난방, 환기, 냉방 시스템 성능을 혹한·혹서 및 습도 조건에서 검증해 승객 쾌적성과 에너지 소비를 평가한 사례가 있다. 또한 선로 분기기 핫에어 블로어 성능과 결빙 환경에서의 차륜 신호 회로 셉트 성능 등 선로 설비 및 신호 시스템의 동계 거동을 재현 기후에서 시험해 신뢰성을 높인 사례가 있다.

또한 디젤 연료의 저온 여과성이나 라디에이터 냉각팬 전부하 성능 등 동력계와 연료계의 저온 한계를 규명하는 시험을 수행했고 제빙제와 방빙제 신규 조성물과 강풍·강우 동반 조건에서의 적용성을 평가했으며 군용 차량의 착용형 냉각 베스트와 보온 담요 등 열관리 장비의 혹서 대응성을 검증한 사례가 있다.

대형 시험 공간과 도로·철도 진입성을 활용해 완성차 단위의 혹한·혹서 통합 신뢰성 시험을 수행하여 북미와 유럽 프로젝트의 차량 형식시험 선행 검증에 활용되고 있어 국제적인 시험 허브로 기능하고 있다.

NRC 기후시험 연구시설은 광역 온도와 습도와 강수와 결빙과 일사와 바람을 실규모 환경에서 통합 재현하는 북미급 대형 인프라로서 철도차량과 상용차 및 군수 장비까지 전 계통 환경 내구와 성능 검증을 단일 장소에서 수행할 수 있다. 대형 시험 공간과 철도·도로 접근성 및 고용량 전원과 다채널 계측과 일사 및 난류풍과 결빙의 복합 재현 능력과 4축 다이노 등은 계절 의존성을 제거하고 개발 리스크를 축소하며 규격 적합성 확보와 상용화 가속에 직접 기여한다.

1.3 미국 NASA 글렌연구센터 Icing Research Tunnel(IRT)

NASA 글렌연구센터의 Icing Research Tunnel(IRT)은 1940년대 초 항공우편기 사고 등으로 대두된 비행 중 결빙 위험을 지상에서 안전하고 반복 가능하게 재현·해석하고, 제빙·방빙 기술과 결빙 계측·예측 기법을 체계적으로 개발하기 위해 1944년에 구축되었다.

IRT는 이후 80년 넘게 운영되며 세계에서 가장 오래되고 큰 결빙 전용 풍동 중 하나로 항공 안전 규정과 산업 인증의 근간이 되는 자료를 지속적으로 제공해 왔다. IRT는 폐회로(recirculating)·상대기압형 냉동 풍동으로, 시험부는 높이 1.8 m × 너비 2.7 m × 길이 6.1 m의 크기를 갖는다. 공력 속도 50~350 kts, 영하 25°C의 저온 대기와 과냉각 미세물비 구름을 연중 생성·제어할 수 있다.

스프레이 바와 분무 노즐 배열로 MVD 14~50 μm 범위의 물방울과 LWC 0.5~2.5 g/m^3 수준의 균일 결빙 구름(약 4.5 ft × 6 ft)을 형성한다. 8.67 ft 직경의 회전테이블($\pm 20^\circ$)과 관측창, 조명, 유량 배기(모의 고도 배기), 가열 공기와 증기가 제공되며 6×9×20 ft 시험부 전역의 데이터 확보가 가능한 시스템이다. 계측 시스템은 전자식 스캔 압력(ESP) 224채널, 열전대 96채널, RTD 68채널 등으로 구성되어 있으며 결빙 형상, 열유동 반응, 시스템 거동 등의 데이터를 얻을 수 있다.

IRT에서는 결빙 물리와 예측의 정량 검증으로 공력체, 날개, 흡입구, 회전체의 결빙 성장 형상 라이브러리를 구축해 LEWICE/GlennICE 등 예측코드를 검증하며 개선하는데 활용한다. 또한 제빙, 방빙 시스템 및 계측의 개발과 인증을 지원한다. 이를 위해 지상 제빙, 방빙 유체, 전열식 및 기계식 방빙, 결빙 감지기 등의 성능을 규정 조건에서 시험해 실제 비행시험 시간을 줄이고 인증 준비를 지원한다. IRT에서는 실규모 또는 축소 모델의 산업 적용 시험을 수행한다. 예를 들어 회전 로터와 테일로터의 결빙 성능과 탈락 충격을 연구하고, 미쓰비시 SpaceJet 개발 시험과 같은 민항기 개발 과정에 실증 데이터를 제공하였다. IRT는 보잉, 벨, 시코르스키 등 다수의 산업체와 협력해 구성품 인증과 형상 데이터 영구 주소, 트레이싱을 수행하고 있다.

1.4 미국 Subzero Research Laboratory

몬태나주립대학교(Montana State University, MSU)의 Subzero Research Laboratory는 세계적으로 손꼽히는 극저온 전문 연구 시설 중 하나로, 눈 과학(snow science)과 극한 환경 연구를 위해 설립되었다. 이 연구실은 2008년 미국 국립과학재단(National Science Foundation), Murdock Charitable Trust 등 여러 기관의 지원을 받아 설립되었으며, 그 뿌리는 1970년대 초 MSU 공학자와 지구과학자들이 함께 진행한 눈 구조 및 눈사태 안전 연구로 거슬러 올라간다. 따라서 이 연구실은 수십 년간 이어진 MSU의 전통 위에 세워진 연구 거점이라 할 수 있다.

연구실은 MSU의 노름 아스비욘슨 공과대학(Norm Asbjornson College of Engineering) 내 토목 공학과(Civil Engineering Department)에 소속되어 있다. 연구실이 위치한 보즈먼(Bozeman)의 혹독한 겨울 기후와 산악 지형이 연구와 교육에 이상적인 환경을 제공한다. 연구 공간은 총 아홉 개의 주요 실험 구역과 다양한 특수 장비를 갖추고 있다. 대표적인 시설로는 눈사태 역학과 눈 변태 실험이 가능한 태양 시뮬레이션 및 습도 조절 기능을 갖춘 환경 챔버, 영하 60°C까지 유지 가능한 초저온 챔버, 마이크로CT를 포함한 아이스·스노우 시료 분석 장비가 있는 재료 준비 및 특

성 분석실, 인공 눈 생성 장치와 태양 시뮬레이터를 갖춘 냉수역학 챔버, 청정 빙핵 샘플 처리를 위한 Class 100 클린룸 등이 있다. 또한 냉동 시료 저장실, 저온 조건에서 재료의 내구성을 시험할 수 있는 구조 시험실, 특수 현미경을 보유한 극저온 현미경실 등도 포함되어 있어 다양한 학문적·실용적 연구를 지원한다.

Subzero Research Laboratory는 설립 이후 다양한 분야의 학제 간 연구에 크게 기여하고 있다. 대표적으로 눈 미세구조 및 눈사태 메커니즘 규명, 남극 미생물 및 극한 생물학 연구, 눈덮임의 물리적 변화(snowpack metamorphism) 분석, 빙핵 코어를 통한 환경 및 생물학적 기록 탐색 등이 이루어지고 있다. 또한 저온 교통 인프라 연구와 도로 제설제 관련 실험, 저온에서 건설 자재의 구조적 성질을 탐구하는 연구 등 실용적 문제 해결에도 중요한 역할을 하고 있다. 이와 같이 Subzero Research Laboratory는 눈, 얼음, 극저온 환경을 중심으로 한 세계적 수준의 연구 시설로, 기초과학과 응용연구를 동시에 선도하며, MSU가 냉환경 연구와 교육에서 세계적 권위를 유지하는 핵심 기반이 되고 있다.

1.5 미국 국립과학재단 빙하보관소

NSF(National Science Foundation, 미국 국립과학재단)은 전 세계 빙상 지역에서 채취한 운석 기원이 아닌 빙핵을 장기 보존하고 큐레이션 하기 위해 빙하보관소(Ice Core Facility)인 NSF-ICF를 건립하였다. 이 시설은 1993년에 National Ice Core Laboratory로 설립되어 2018년 현 명칭으로 개칭되었고, 콜로라도주레이크우드의 덴버 연방단지에 위치한다. NSF가 재원을 제공하고 미지질 조사국(USGS) Core Science Systems가 운영을 맡고 있다. 현재는 세계 최대 규모의 빙핵 저장고 가운데 하나로써 연구자 현장 방문을 통한 절단, 기록, 기초 계측을 지원하고, 누적 보관 길이는 약 2만5천 미터 수준으로 알려져 있다.

NSF-ICF는 표준화된 절단, 분배, 검체 준비 서비스를 통해 연구의 재현성과 접근성을 높이며, 층후, 포획 기체, 미세먼지, 화산재 등 고해상도 고기후 지표 분석을 위한 통합 인프라를 제공하고 있다. 주 보관동은 약 50,600 ft³ 용적의 냉동 창고로 영하 36°C로 유지되며 장기 보존 시 온도 변동을 최소화해 빙핵의 화학 및 고대 대기 기록의 보존을 최우선으로 하고 있다. 저온 작업 및 비파괴 검사를 위한 ‘Exam Room’은 약 12,000 ft³ 규모로 영하 25°C로 유지되며, 방문 연구자가 빙하의 절단과 서브샘플링, 얼음의 밀도와 전기적 특성 측정 등을 수행할 수 있도록 톱과 슬라이서, 기록 장비가 구비되어 있다. 환경 민감 시료를 위한 Class-100(ISO 5) HEPA 여과 저온 클린룸과 빙하 시료의 포장과 라벨링 구역이 갖춰져 있다.

이곳에 보관된 대표적인 빙하로는 서남극 빙상 분할(WAIS Divide) 심부 코어가 있다. 길이 3,405 m(WDC06A)의 심부 코어가 이곳에 보관되어 있는데, 이 빙하의 고해상도 수소, 산소 동위원소 및 CO₂, CH₄ 등 대기 성분 분석을 통해 과거 기후 변동을 규명하였다. NSF-ICF에는 그린란드 GISP2 코어도 보관되어 있다. 이 빙하는 3,053 m 길이로 지난 11만 년 이상의 기후 변화를 복원하는 핵심 자료이다. 남극 Allan Hills 청빙 지역에서 채취된 초고연령 빙설 시료도 NSF-ICF에 보관되어 있는데, 약 240만 년 전까지의 고대 대기 성분을 복원할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

1.6 덴마크 코펜하겐대학 빙하보관소

덴마크 코펜하겐 대학교 소속 닐스 보어 연구소(Niels Bohr Institute)에 위치한 빙하보관소(Ice Core Storage Facility)는 전 세계에서 가장 오래되고 권위 있는 빙하코어 연구 기관 중 하나로, 50년 이상의 역사를 자랑하는 세계적인 선도 연구 그룹이다. 이 시설은 빙하코어를 장기적으로 안전하게 보관하고, 이를 기반으로 기후 변화와 지구 환경의 과거를 연구하는 데 중점을 두고 있으며, 특히 그린란드 및 남극 등 극지방에서 채취한 빙하코어 샘플의 분석과 활용을 위한 국제 협력의 중심 역할을 수행하고 있다.

빙하보관소는 총 450m² 면적의 냉동 공간으로 구성되어 있으며, 내부는 영하 30도 이하의 안정적인 초저온 환경이 유지된다. 이 공간에는 수천 미터 길이의 빙하코어가 정밀하게 분류되어 보관되어 있으며, 각 코어는 채취된 위치, 깊이, 채취 연도에 따라 체계적으로 관리된다. 시설 내의 냉동 저장고는 고도로 단열된 구조와 첨단 온도 조절 시스템을 갖추고 있어, 수십 년에 걸쳐 코어의 원형을 유지할 수 있다. 이러한 기술적 안정성은 연구의 정확도와 신뢰성을 높이는 핵심 요소로 작용한다.

닐스 보어 연구소의 빙하코어 연구는 단순한 저장을 넘어, 국제 공동연구와 데이터 공유를 위한 거점으로 운영된다. 특히 그린란드 국제 공동 빙하코어 프로젝트(GRIP, GISP2, NorthGRIP, NEEM, EastGRIP 등)와 같은 대규모 프로젝트에서 채취된 코어의 분석과 보관을 주도해왔으며, 전 세계 연구자들과의 협업을 통해 고해상도 기후 재구성, 대기 중 이산화탄소 농도 변화, 화산 폭발 기록, 해양-대기 상호작용 등의 다양한 주제를 연구하고 있다.

이 시설은 국제적으로도 공동 활용 시스템을 갖추고 있어, 전 세계의 연구기관들이 공동 신청 및 평가를 통해 코어 샘플을 분배받을 수 있는 투명한 시스템을 운영 중이다. 이를 통해 연구 자원의 독점이 아닌 공유와 협력이 촉진되며, 전 지구적 기후 문제 해결을 위한 학제 간 연구가 활발히 이루어지고 있다.

또한, 보관소 내에는 정밀 절단 및 분석을 위한 실험실이 함께 운영되며, 연구자들은 이곳에서 코어를 밀리미터 단위로 절단하고, 산소 및 수소 동위원소, 먼지, 기체 성분(예: CO₂, CH₄, N₂O), 미세화산재 등의 다양한 항목을 측정하는 분석 작업을 수행할 수 있다. 이러한 고정밀 분석은 고대 대기 구성 및 기후 패턴을 수만 년 전까지 소급해 재구성할 수 있는 과학적 근거를 제공한다.

빙하보관소는 또한 차세대 연구자들을 위한 교육 및 훈련의 장으로 활용되고 있다. 코펜하겐 대학교의 지구과학 및 기후학 관련 학과에서는 대학원생과 박사후 연구원들이 실험실 실습 및 공동연구를 통해 이 시설에서 직접 코어 분석 기술을 익히고 있으며, 정기적으로 국제 워크숍과 세미나가 열려 학제 간 지식 교류가 이루어진다.

닐스 보어 연구소의 빙하보관소는 단순한 저장 공간을 넘어, 전 지구적 기후 변화 연구의 핵심 인프라로서 기능하며, 과거 기후에 대한 고해상도 데이터를 기반으로 미래 기후 변화 예측 모델 개발에도 기여하고 있다. 이곳에서 축적된 지식과 데이터는 인류가 직면한 기후 위기에 대한 대응 전략을 수립하는 데 있어 중요한 과학적 토대를 제공한다.

1.7 독일 HSVA 대형 빙해수조 (Large Ice Model Basin, LIMB)

독일 함부르크의 HSVA(Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt GmbH) 대형 빙해수조(Large Ice Model Basin, LIMB)는 빙해역에서 운항하는 선박과 해양구조물의 성능과 안전을 실험실 규모에서 재현 및 검증하고 설계 최적화와 인증 대응, 운용 리스크와 실험 비용을 낮추기 위해 구축되었다. HSVA는 소수의 빙해 시험 인프라를 보유한 기관으로서 얼음-선박/구조물 상호작용, 파랑-해빙 상호작용, 아이스클래스 요구조건 검토까지 포함한 아틱 기술 서비스를 제공하며, 1972년 소형 아이스탱크 운영 경험을 바탕으로 1984년 LIMB를 본격 가동해 현재까지 관련 시험법과 모형얼음 기술을 고도화해 왔다.

주요 시설은 길이 78 m × 폭 10 m × 수심 2.5 m의 직사각형 수조와 말단의 12 m × 10 m × 5 m 침수 구간으로 구성되며, 전 구간에 얇은 수심 바닥을 가변 설치해 내수면/천수 조건을 모사할 수 있다. 공랭식 저온 시스템으로 수조를 공기를 최저 약 영하 20°C까지 낮추고 염분을 첨가한 수면을 시간당 약 2 mm 속도로 동결해 물성 스케일링된 모형얼음을 성장시킨다. 주 카리지(최대 3 m/s, 견인 50 kN)와 횡방향 서브 카리지를 결합해 모델을 x-y 평면에서 컴퓨터 제어로 이동시키면서 얼음 이동 시나리오와 급격한 유빙 유형 변화를 모사할 수 있다. 플랩형 조파기는 규칙·불규칙 파랑과 파군을 발생시키며, 반대측 비치는 반사 저감을 위해 설치되어 있고, 바닥 관찰창·수상/수중 서브 카리지, 파력/압력, 6분력 밸런스, 광학 트래킹, 상하 수중 영상과 데이터 수집 장비를 갖추어 선박 저항/자항/조종성, 구조물 정·동적 하중, 파랑-빙 상호작용 등의 정밀 계측이 가능하다.

대표적 연구로는 LIMB에서 수행된 연속 해빙 하에서의 파랑 전파 실험이 있으며, 굴곡-중력파 분산관계 복원과 아이스의 굽힘 레올로지 및 파랑 감쇠 계수를 계측해 얼음 내부 미세균열 발생과 경계층 에너지 소산 메커니즘을 규명했다. 또한 스테나 DrillMAX ICE 시추선 모델을 이용해 실제 운용을 가정한 관리빙(managed ice) 조건에서의 동적위치제어(DP) 성능과 추력 활용을 평가하는 자유항주 시험을 세계 최초로 수행하여, 변동 유빙 하중 하에서의 정위 유지 한계와 제어 로직 보정을 검증했다. 이 밖에도 유럽 공동연구 프로그램을 통해 파쇄빙장에서의 반복 가능성 평가, 파쇄빙 형상·분포가 구조물 하중과 아이스 클리어링에 미치는 영향, 어깨빙 차수벽(Shoulder Ice Barrier) 모형시험 등 빙상 공학 전반에 걸친 실험 연구가 수행되어 수치모델 보정과 규정·가이드라인 개선에 활용되고 있다.

1.8 일본 북방생물권 야외과학센터

일본 홋카이도대학교(Hokkaido University)에 소속된 북방생물권 야외과학센터(Field Science Center for Northern Biosphere, FSC)는 북방 생태계에 특화된 종합 야외 연구기관으로, 일본 전역에 걸쳐 분포한 16개의 야외 실험 및 교육 시설을 운영하고 있다. 이 센터는 육상, 산림, 수산, 고산지대, 해양 등 다양한 북방 생물권 환경을 연구하고 체험할 수 있는 거점 역할을 하며, 전문 연구자뿐만 아니라 일반인에게도 개방되어 과학 교육과 시민 참여형 과학 확산에 크게 기여하고 있다.

센터의 핵심 목표는 북위 고위도에 분포하는 생태계와 생물다양성에 대한 기초 및 응용 연구를 수행하고, 기후 변화와 인간 활동이 북방 생물권에 미치는 영향을 정량적으로 분석하며, 그 결과를 교육과 보전, 지역사회 협력으로 연결하는 것이다. 이를 위해 산림 생태, 고산식물, 습지

생태, 해양생물, 야생동물 행동, 농업생태 등 다양한 분야의 연구 인프라와 프로그램을 통합적으로 운영하고 있다.

토카치 실험농장(Tokachi Research Farm)은 홋카이도 동부에 위치한 대규모 실험 농장으로, 고위도 지역에서의 지속가능한 농업 생산과 목축 연구를 수행하며 작물 생리, 토양관리, 가축 사양 관리, 유기농업 등에 대한 현장 실험이 가능하다.

후레이 실험림(Hureai Forest)은 대학 캠퍼스 내에 위치한 도시형 교육림으로, 도시 생태계와 숲의 사회적 기능, 산림 교육 프로그램을 운영하며 지역 주민과 학생들을 위한 환경교육과 산림 체험 활동을 제공한다.

우토로 연안 생물실험소(Utoro Marine Biological Laboratory)는 오토츠크해 연안에 위치하여 해양생태와 해양환경 변화, 해조류 및 해양무척추동물에 대한 연구를 수행한다. 동절기 바다얼음 아래 생태계에 대한 관측도 가능하다.

히다카 산악 생태연구소(Hidaka Highland Research Station)는 고산지대 식생 및 기후 변화에 따른 식물군락의 이동 연구를 수행하며, 북방 한계선에 가까운 고산 식물 및 동물의 생리 생태 연구도 하고 있다.

나이세츠 국립공원 고산 연구소(Naisetsu Mountain Station)는 다이세쓰산 국립공원에 위치하여 고산지대 기후와 생물다양성 연구, 기후 변화에 따른 고산 종의 생존 전략 연구, 눈 덮인 환경의 식물 생존 메커니즘 분석 등을 수행하고 있다.

하코다테 수산 실험소(Hakodate Fisheries Laboratory)는 북방 해양 어업 및 양식 기술 개발, 바닷물 온도 상승에 따른 어류 분포 변화 및 어족 자원 관리 등을 연구하고 있다.

산림 실험림(Forest Research Stations)은 홋카이도 각지에 걸쳐 산재된 복수의 산림 실험림(예: 우토로, 유바리, 소라치 등)에서는 자연림과 인공림의 생태, 수목 생리, 탄소흡수량, 숲의 기후조절 기능 등에 대한 장기 모니터링을 수행하고 있다.

북방생물권 야외과학센터는 기본적으로 야외 실습 및 현장 기반 교육 프로그램을 운영하며 학부 및 대학원생 대상의 계절별 야외 실습 운영하고 있다. 학생들은 동식물 분류, 식생 조사, 환경 모니터링, GIS 실습 등을 통해 현장 감각과 연구 역량을 강화할 수 있다.

이 센터는 북방 생물권이라는 특수한 환경 특성을 바탕으로 유럽, 북미, 동아시아 국가들과의 공동연구 수행하고 있으며 실험시설은 국내외 연구자들에게 개방되어, 공동 활용 신청을 통해 연구 장비와 데이터 공유가 가능하다.

뿐만 아니라 지역 주민과 학생들을 대상으로 생태 관찰, 생물다양성 기록, 숲 가꾸기 체험 프로그램을 운영하고 있다. 일반인 대상 연중 공개 행사, 여름 자연학교, 자연관찰 워크숍 등을 통해 과학 커뮤니케이션 기능을 수행하고 있다.

북방생물권 야외과학센터는 홋카이도대학교의 연구 자산을 넘어, 일본 북방 자연환경 이해와 보전, 고위도 생태계 연구를 선도하는 국제적 허브로 기능하고 있으며, 기후변화 시대에 북방 생물권의 지속가능한 미래를 위한 과학적 해법을 제시하고 있다.

1.9 뉴질랜드 국제남극센터

국제남극센터(International Antarctic Centre)는 뉴질랜드 크라이스트처치 공항 인근에 위치한 세계적인 남극 체험 및 교육 시설로, 남극의 환경과 역사, 과학 연구의 중요성을 일반 대중에게 알리기 위해 설립되었다. 이 센터는 다양한 전시, 체험, 교육 프로그램을 통해 남극의 극한 환경을 생생하게 전달하며, 남극에 직접 갈 수 없는 이들에게 남극의 실제 모습을 간접적으로 경험할 수 있는 기회를 제공한다.

가장 인기 있는 체험 중 하나는 Antarctic Storm Room이다. 이 방에서는 실제 남극의 겨울을 재현한 환경 속에서 영하 18도까지 떨어지는 극한의 추위와 시속 40km에 달하는 강풍을 직접 체험할 수 있다. 입장 전에는 따뜻한 방한복이 제공되며, 방문객들은 제한된 시간 동안 남극의 혹독한 기후 조건을 견디며 생존 상황을 간접적으로 경험하게 된다. 이는 단순한 오락을 넘어, 남극 환경이 얼마나 척박하고 인간의 생존이 어려운지를 이해하는 교육적 목적을 갖는다.

센터 내에는 실제 남극 연구기지에서 사용되는 장비와 생활 도구들이 전시되어 있으며, 뉴질랜드의 남극 탐사 역사와 남극 연구의 중요성에 대한 설명이 자세히 제공된다. 또한, 뉴질랜드에서 남극으로 향하는 대부분의 연구자들이 출발하는 관문인 크라이스트처치의 역할도 강조되어 있다. 이를 통해 뉴질랜드가 국제 남극 연구에 기여하는 위상과 역할을 확인할 수 있다.

방문객들은 Hägglund all-terrain vehicle을 직접 탑승해 볼 수 있는 기회도 있다. 이 스웨덴제 궤도 차량은 남극의 험난한 지형에서도 이동할 수 있도록 설계된 특수 차량으로, 센터 내부에서는 안전하게 조성된 트랙을 따라 차량의 성능을 직접 체험할 수 있다. 급경사 오르막과 물웅덩이, 모래 언덕 등을 지나며 남극 탐사의 실제 조건을 간접적으로 이해할 수 있다.

또한, 센터에는 리틀 블루 펭귄(Little Blue Penguin) 보호 및 전시 구역도 마련되어 있다. 이곳에서는 구조된 야생 펭귄들이 재활 중이며, 방문객들은 펭귄의 생태와 보호 활동에 대한 설명을 들으며 직접 관찰할 수 있다. 펭귄 급식 시각에 맞춰 방문하면 사육사가 펭귄에게 먹이를 주는 장면도 볼 수 있다.

그 외에도 남극을 주제로 한 4D 극장 체험, 가상 현실(VR)을 활용한 탐사 시뮬레이션, 아이들을 위한 남극 테마 놀이터, 그리고 남극 사진 및 예술 작품 전시 등 다양한 프로그램이 운영되고 있다. 모든 체험과 전시는 과학적 지식과 실제 사례에 기반을 두고 설계되어 있어, 어린이부터 성인까지 누구나 교육적이면서도 흥미로운 남극 여행을 즐길 수 있도록 구성되어 있다.

국제남극센터는 단순한 전시관을 넘어, 지구 최남단 대륙인 남극에 대한 관심을 높이고 보존의 중요성을 알리는 데 중요한 역할을 수행하고 있으며, 크라이스트처치를 찾는 많은 관광객들에게 꼭 방문해야 할 명소로 자리잡고 있다.

2. 국내 동향

2.1 기초과학연구원(IBS)의 Yemilab과 RAON

기초과학연구원(IBS, Institute for Basic Science)은 세계 수준의 기초과학 연구를 선도하기 위해 설립된 국가기관으로, 연구 중심의 전문 연구단 운영과 함께 첨단 인프라 구축을 통해 국내외 과학자들에게 공동 연구의 장을 제공하고 있다. 특히 자연과학 분야에서는 강원 정선의 지하 실험실 Yemilab과 대전 신동지구에 건설된 중이온 가속기 RAON을 중심으로 한 대규모 연구 인프라를 운영하고 있으며, 이는 대한민국이 국제적인 기초과학 허브로 자리매김하는 데 핵심적인 역할을 수행하고 있다.

극저방사선 환경의 지하실험 인프라인 Yemilab(에밀랩)은 강원도 정선군 예미광산 내 약 1,000m 깊이에 조성된 국내 최초의 심층 지하 연구실험소로, 극히 낮은 배경 방사선 환경을 제공함으로써 고감도 실험이 요구되는 기초물리 연구에 최적화된 인프라를 갖추고 있다. 시설 규모는 약 3,000m³의 실험실 공간과 함께, 지름 약 20m, 깊이 20m에 이르는 다목적 실험 피트(약 6,300 m³)가 포함되어 있다. 이는 초대형 검출기를 설치하거나 다수의 중·소형 실험을 동시에 운용할 수 있는 물리적 기반을 제공한다. 연구 목적은 주로 암흑물질 탐색, 중성미자 질량 연구, 드문 핵 반응 관측, 저에너지 핵물리 실험 등이며, 특히 극소수 현상에 대한 배경 신호 억제가 핵심인 실험들이 중점적으로 수행된다. IBS 중심의 실험 프로젝트뿐만 아니라, 국내외 연구기관이 공동연구 협약을 통해 공간 및 장비 사용이 가능하도록 설계되어 있으며, 향후 실험제안공모(Call for Proposals) 형식의 정기적 사용자 모집 시스템도 마련할 예정이다.

희귀 동위원소 생산용 중이온가속기 RAON(라온)은 IBS 희귀동위원소과학연구사업단(RISP)이 주도하여 대전 신동지구에 구축 중인 세계 최초의 ISOL + In Flight 하이브리드 중이온가속기 시설로, 방사성 동위원소 및 희귀 동위원소를 활용한 첨단 핵물리 실험을 수행하기 위해 설계되었다. RAON의 명칭은 'Rare isotope Accelerator complex for ON line experiments'의 약자로, 동시에 한국어로는 '즐거움(라온)'이라는 의미를 내포하여 과학과 창의의 융합을 상징한다. 가속기 구성은 선형가속기(LINAC), 동위원소 생성용 표적 시스템, 빔 전달 시스템, 실험 빔라인 등으로 구성되며, 총 연장 약 1.1km, 부지 면적은 약 65만m²에 달하는 초대형 실험 단지이다. 주요 연구 분야는 희귀 동위원소를 활용한 핵구조 연구, 핵천체물리학(별의 탄생과 진화, 초신성 폭발 메커니즘 등), 중성자방출 반응, 핵융합 재료 실험, 핵의학용 동위원소 개발 등 폭넓은 기초 및 응용 물리 실험이 포함된다. 국제적 협력을 위해 RAON은 미국 FRIB, 일본 RIKEN RIBF, 독일 GSI/FAIR 등 세계 유수의 가속기 시설과의 연계 연구를 추진하고 있으며, 글로벌 연구자들의 참여를 위한 개방형 사용자 프로그램을 점진적으로 확대하고 있다. 연구자 접근 방식은 공동연구 협약을 기반으로, RAON 사용자위원회(User Committee) 운영과 실험 제안 심의 과정을 거쳐 가속기 빔 사용 기회를 부여받게 되며, 분석 장비, 시뮬레이션 인프라, 데이터센터 등의 지원도 함께 제공된다.

Yemilab과 RAON은 각각 극저배경 환경과 고에너지 물리 실험이라는 상호 보완적 기반을 갖춘 국가 대표급 자연과학 실험 인프라이다. 이들은 단순한 연구 공간을 넘어 국내외 연구자들이 협력하고 창의적인 실험을 수행할 수 있도록 하는 개방형·공동형 연구 플랫폼으로 설계되었으며, 대한민국이 세계 기초과학 강국으로 도약하는 데 있어 핵심적인 과학 기반 인프라로 기능하고 있다. 향후 이들 인프라의 안정적 운영과 국제 네트워크 확대는 학문적 진보와 기술 혁신의 토대를 제공할 것으로 기대된다.

2.2 한국생명공학연구원의 생물 시료 제공 연구시설

한국생명공학연구원(KRIBB, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology)은 대한민국을 대표하는 생명과학 전문 정부출연연구기관으로, 생물소재의 확보, 보존, 활용을 위한 다양한 연구 인프라를 구축하고 운영하고 있다. 특히 국가 차원의 생물자원 주권 확보와 생물소재 기반 융합기술 개발을 위해 생물시료 제공을 목적으로 하는 전문 시설을 다수 운영하고 있으며, 이는 국내외 연구자들에게 실질적인 연구자원을 지원하는 개방형 인프라로 기능하고 있다.

KRIBB 산하의 국가생명연구자원정보센터(KOBIC) 생물자원센터는 바이오 빅데이터 허브로서의 역할뿐 아니라, 생물 시료의 보존·분양 기능을 함께 수행하는 생물자원 통합정보 플랫폼으로 기능하고 있다. 이 센터는 다양한 유전정보 및 생명자원을 체계적으로 수집, 보존, 관리하며, 유전자원·세포주·미생물주 등 생물학적 소재의 검색 및 신청 서비스를 웹 기반 시스템을 통해 제공한다. 등록된 생물시료는 과학기술정보통신부, 농림축산식품부 등 여러 부처로부터 지원받은 국가사업의 결과물로, 공익적 활용을 전제로 한 분양 시스템을 통해 제공된다. 생물시료는 연구자의 요청에 따라 심의 절차를 거쳐 분양되며, 각종 생물소재의 특성과 활용방법에 대한 설명 자료 및 데이터 시트가 함께 제공된다.

KRIBB이 직접 운영하는 국가생물자원센터(KCTC, Korean Collection for Type Cultures)는 1981년에 설립되어, 국내 최대 규모의 생물자원 저장 및 분양 전문 시설로 기능하고 있다. 이 센터는 국제미생물자원기구(WFCC) 및 세계기탁기관연맹(WDCM)에 등록된 공인 기탁기관으로, 국내외 연구자가 개발하거나 발견한 균주를 장기적으로 안전하게 보존하고 분양하는 기능을 수행하고 있다. 현재까지 60,000종 이상의 균주 및 세포주를 보유하고 있으며, 이 중 일부는 특허 균주, 신균종, 유전체 해독종 등 고부가가치 연구 자원으로 분류되어 있다. 연구자들은 KCTC 웹사이트를 통해 균주의 특성, 계통분류, 유전정보 등을 사전에 확인하고 온라인으로 분양 신청을 할 수 있으며, 국내 연구자에게는 연구 목적에 한해 무료 또는 저비용으로 제공된다. KCTC는 또한 생물자원의 품질관리 및 인증서비스(QC Test, DNA 바코딩, 보존성 검증 등)를 제공하여, 분양 자원의 신뢰성과 재현성을 확보하는 데 기여하고 있다.

전북 정읍분원에 위치한 “바이오신소재 실용화센터”는 고부가 생물소재 개발 및 생산 실증에 특화된 시설이다. 이 센터는 천연물, 미생물 대사산물, 기능성 생리활성 물질 등을 대상으로 고순도 정제, 기능 평가, 시제품 생산 등의 기능을 갖추고 있으며, 연구자가 확보한 생물시료의 산업화 가능성 검증 및 고도화에 실질적인 지원을 제공한다. 이 시설에서는 국내외 대학 및 기업 연구자에게 시료 분석, 물질 스크리닝, 분리·정제 서비스, 기술이전까지 연계 지원하고 있으며, 특정 생물소재의 대량 배양 기반 구축 또한 가능하다.

3. 기획기술 시사점

해외 선진 수준(미 CRREL, 캐나다 NRC, NASA IRT, NSF-ICF 등)은 ‘실규모 통합 재현 - 표준화 시험 - 공동활용 - 산업/인증 연계’가 운영 단계까지 정착된 수준인 반면, 국내(극지환경재현 실용화센터 기준)는 현재 ‘부분 구축 + 개념정립/기획 단계’에 가까운 상태다(표 II-1). 따라서 극지환경을 복합적으로 재현할 수 있는 실규모 환경 재현 시설 구축이 필요하다. 이는 극지 장비나 기술의 사전 검증, 실패율 저감, 연구 효율성 향상을 위해 필수적인 요소다. 또한 해외처럼 연구 - 실증 - 현장 적용으로 이어지는 구조를 국내에서도 구현할 필요가 있다.

<표 II-1> 기획기술의 목표수준 비교

구분	주요기술	선진 기관	해외 선진 수준	국내 수준	기술 수요
극지·한랭 환경 재현/실증	복합저온실(다중 제어실), 재료시험, 시료보존, 장비검증	미 육군 공병단 CRREL	●●●	●	●●●
실규모 기후시험/성능검증	대형 기후챔버 (온도·습도·강수·결빙· 안개·일사·바람 통합)	캐나다 NRC 기후시험시설	●●●	●	●●
결빙 풍동/인증 지원	결빙 전용 풍동(과냉각 미세물비 구름, 결빙 형상·열유동 데이터 확보)	NASA 글렌 IRT	●●●	●	●●
극저온 연구/분석	초저온 챔버(최대 -60℃), 눈·얼음 시료 분석(마이크로CT 등)	MSU Subzero Research Lab	●●●	●	●●
시료 큐레이션/공동활용	빙핵 장기 보관(-36℃), 저온 작업/분배·기록·비파괴 검사(Exam Room)	NSF-ICF(미국)	●●●	●	●●●
시료 큐레이션/공동활용	초저온 저장(-30℃ 이하), 국제 공동 활용·분배 시스템, 정밀 절단/분석 연계	코펜하겐대 NBI	●●●	●	●●●
빙해 공학 실증	대형 빙해수조(모형얼음 성장, 선박/구조물-빙 상호작용 계측)	독일 HSVA LIMB	●●●	●	●●
야외 연구·교육 개방형 인프라	16개 야외 연구·교육 거점 네트워크, 일반인 개방·시민과학 확산	훅카이도대 FSC	●●●	●●	●●
몰입형 교육·체험	스톡룸(-18℃, 강풍 체험), 장비·전시·체험 프로그램 통합 운영	뉴질랜드 국제남극센터	●●●	●	●●●

III. 연구개발과제 및 추진계획

1. 복합극지환경실 설치를 위한 기본설계

극지환경재현실용화센터 내 복합극지환경실 설치를 위한 기본설계 용역은, 극지연구소 내부 연구자 및 실사용자를 대상으로 수행한 수요 조사 결과를 바탕으로 실제 연구와 실증에 활용 가능한 극지환경 재현 공간을 구축하기 위해 추진되었다. 본 설계용역은 단순한 공간 조성이나 장비 배치를 넘어, 극지 연구 현장에서 요구되는 극한 환경 조건을 육상에서 안정적으로 구현하고, 이를 통해 연구 효율성과 안전성을 동시에 확보하는 것을 목적으로 수행되었다.

극지연구소 내부 수요 조사 결과, 다수의 연구자들은 남·북극 현장에서 수행되는 연구와 장비 운용이 높은 비용과 위험성을 수반하고 있으며, 사전 검증 없이 현장에 투입될 경우 실패 가능성이 크다는 점을 공통적으로 지적하였다. 특히 저온 환경에서의 장비 성능 검증, 동결·해빙 조건에 따른 재료 및 구조물 거동 시험, 강풍을 동반한 대기 환경 재현 실험에 대한 수요가 지속적으로 제기되었다. 이에 따라 극지환경을 실제와 유사하게 재현할 수 있는 실규모 환경 재현 시설의 필요성이 명확히 도출되었다.

본 과업지시서는 이러한 내부 수요를 반영하여, 극지환경재현실용화센터 1층 내 약 185㎡ 규모의 공간에 저온기술실용화실증실과 극지대기환경모사실, 그리고 각 실에 대응하는 전실을 포함한 복합극지환경실의 기본설계를 수행하는 것을 주요 내용으로 설정하였다(그림 III-1, 표 III-1). 저온기술실용화실증실은 최저 영하 30도까지 온도 조절이 가능하도록 계획되었으며, 극지 장비와 시료의 실증 시험이 가능하도록 중장비 반입이 가능한 구조와 고내구성 마감 사양을 적용하도록 요구되었다. 극지대기환경모사실은 최저 영하 40도의 저온 환경과 초속 20미터 수준의 강풍을 재현할 수 있도록 계획되어, 극지 대기 조건에서의 장비 성능 시험과 운용성 검증이 가능하도록 설계 기준이 제시되었다.

각 실에는 온도 충격을 완화하고 작업자의 안전을 확보하기 위한 전실이 포함되었으며, 전실은 영하 10도에서 영상 5도 범위의 온도 조건을 유지하도록 설정되었다. 내부 벽체와 천장, 바닥은 고성능 단열과 내구성을 확보할 수 있도록 우레탄 패널과 스테인리스 마감재를 적용하도록 하였고, 바닥은 중장비 적재 하중을 고려한 철판 구조로 설계하였다. 또한 실 내부 관찰을 위한 투명창과, 향후 태양광 모사 장치 설치를 고려한 상부 전기 설비 여건이 설계에 반영되었다.

본 설계용역에서는 제시된 공간 계획안을 기반으로 평면도, 입면도, 단면도, 상세도 등 기본설계 도서를 작성하도록 하였으며, 설치 자재 및 수량 산출, 전기 및 기계 설비 계획, 예상 공사 일정과 공사비 산출을 포함하도록 요구되었다. 이를 통해 향후 실시설계 및 시공 단계로 즉시 연계 가능한 수준의 설계 결과물을 확보하는 것을 목표로 하였다. 아울러 설계 과정에서는 기존 건물 구조와 설비에 대한 현장 조사를 실시하고, 냉동 설비로 인한 구조 안전성, 인접 연구시설과의 간섭 여부, 관련 법규 준수 여부를 종합적으로 검토하도록 하였다.

저온설비 공사 소요금액 내역(원가계산서)에 따르면 저온설비 공사 968,000천원, 바닥공사 50,000천원, 전기설비공사 100,000천원, 풍동설비 100,000천원, 태양광설비 100,000천원, 총 1,318,000천원이 소요될 것으로 예상되었다. 기본 설계와 공사 예산은 부록에 수록하였다.

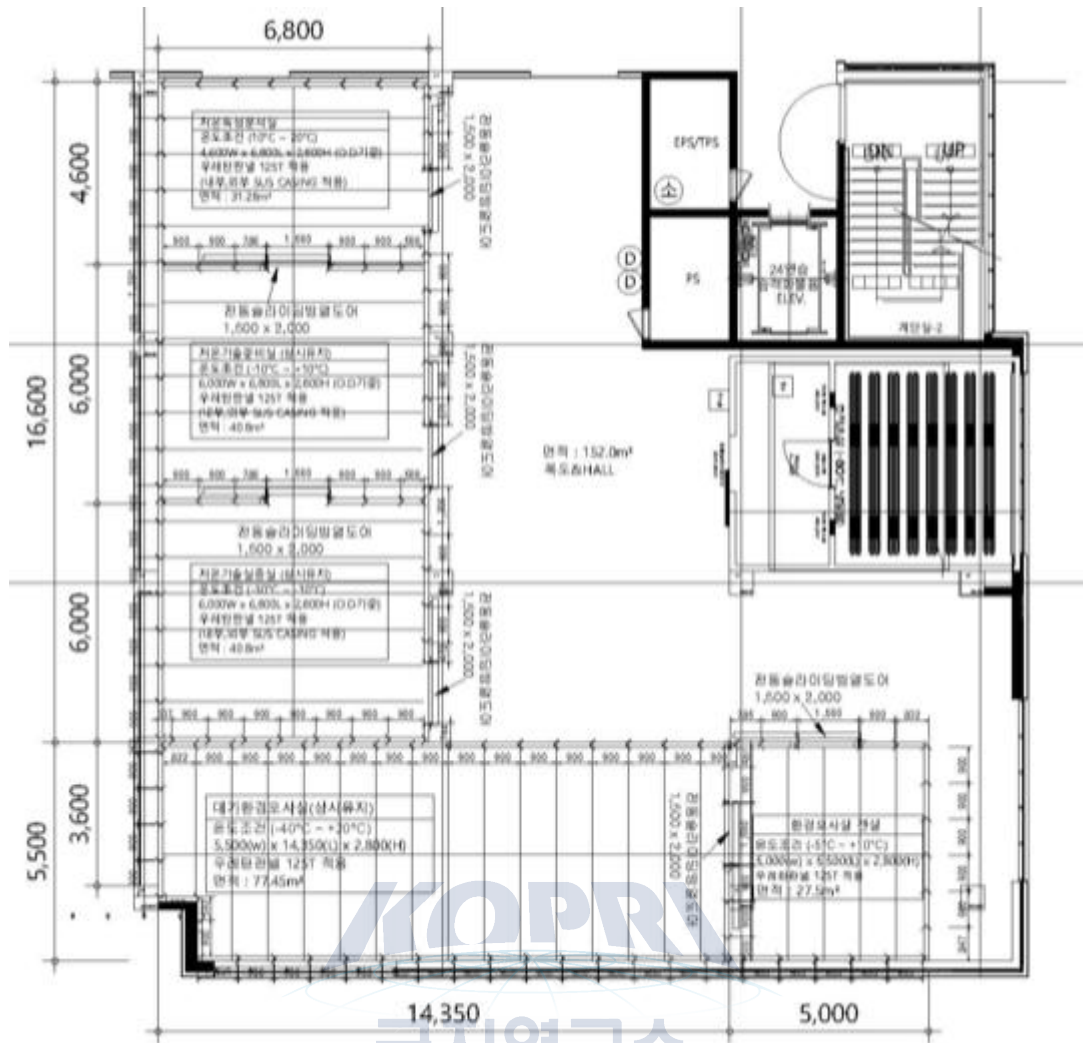


그림 III-1. 복합극저환경실의 저온기술실용화실증실과 극저대기환경모사실 위치

복합극저환경실 저온 설비공사는 극저환경재현실용화센터 내부 약 185m² 규모의 공간에 극저저온 환경을 재현하기 위한 핵심 설비를 구축하는 것을 목적으로 수행하였다. 설계 및 시공 대상 공간으로 저온기술실증실, 대기환경모사실, 그리고 각 실에 대응하는 전실을 포함하였으며, 실험 목적과 운전 조건에 따라 기능적으로 구분하였다. 각 공간에는 극저 장비 실증과 환경 모사 실험이 가능하도록 독립적인 온도 제어 구조를 적용하였다.

저온기술실증실은 최저 영하 30℃ 이하의 저온 환경을 안정적으로 유지할 수 있도록 설계하였다. 해당 공간은 극저 장비 및 소재의 성능 검증과 반복 실증 시험 수행을 목적으로 설정하였으며, 중장비 반입이 가능한 구조와 고하중을 견딜 수 있는 바닥 사양을 적용하였다. 대기환경모사실은 최저 영하 40℃ 수준의 저온 환경과 강풍 조건을 모사할 수 있도록 계획하였으며, 최대 초속 20m 수준의 풍속 재현을 전제로 설계하였다. 각 실 전면에는 전실을 배치하여 영하 10℃에서 영상 5℃ 범위의 완충 온도대를 형성하도록 구성하였다.

주요 저온 설비로 실별 요구 조건에 따라 독립 운전이 가능한 냉동 설비를 구성하였다. 냉동 설비는 각 실의 열부하와 운전 특성을 고려하여 분산 배치 방식으로 계획하였으며, 연속 운전과 간헐 운전을 모두 수행할 수 있도록 설계하였다. 이를 통해 장시간 저온 유지가 필요한 실험과 단기 반복 시험을 안정적으로 수행할 수 있도록 하였다. 냉동 시스템에는 제상 운전과 온도 복귀 과정에서도 환경 안정성을 유지할 수 있도록 제어 로직을 적용하였다.

표 III-1. 복합극지환경실의 실별 필요 사양

구 분	세부구획	필요 사양
저온기술 실용화실증실	본실	• -30℃(최저 온도, 온도 조절 가능) • 우레탄 판넬(125T 이상) • 내·외부 SUS CASING • 바닥 철판작업 (SUS 5T 이상) • 태양광 장치를 설치할 수 있는 상부 전기시설 • 중장비 입출이 가능한 대형 슬라이딩 도어 • 내부를 볼 수 있는 투명창(2EA)
	전실	• -10℃~5℃ • 우레탄 판넬(125T 이상) • 내·외부 SUS CASING • 바닥 철판작업 (SUS 5T 이상)
극지대기환경 모사실	본실	• -40℃(최저 온도, 온도 조절 가능) • 초속 20m/s 풍동 생성 장치 • 우레탄 판넬(125T 이상) • 내·외부 SUS CASING • 바닥 철판작업 (SUS 5T 이상) • 태양광 장치를 설치할 수 있는 상부 전기시설 • 중장비 입출이 가능한 대형 슬라이딩 도어 • 내부를 볼 수 있는 투명창(2EA)
	전실	• -10℃~5℃ • 우레탄 판넬(125T 이상) • 내·외부 SUS CASING • 바닥 철판작업 (SUS 5T 이상)

제어 설비에는 중앙 감시 시스템을 구축하여 각 실의 온도 상태와 설비 운전 상황을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 온도 설정, 운전 모드 전환, 이상 발생 시 경보 기능을 통합적으로 관리하도록 설계하였다. 전기 설비는 저온 설비의 안정적인 가동을 위해 충분한 전원 용량을 확보하였으며, 냉동 설비와 제어 계통을 분리하여 전기적 안정성과 운전 신뢰성을 확보하였다.

안전 측면에서는 극저온 환경에서 발생할 수 있는 결빙과 결로를 최소화하기 위해 고성능 단열 패널과 기밀 구조를 적용하였다. 비상 상황 발생 시 설비를 자동으로 정지시키는 보호 장치와 경보 체계를 설계에 반영하였다. 유지관리 측면에서는 주요 냉동 장비와 제어 장치에 대한 접근성을 고려하여 설비를 배치하였으며, 장기 운전을 고려한 점검과 부품 교체가 가능하도록 계획하였다.

운영 측면에서는 무인 운전과 상시 운전을 가능하게 하기 위해 자동제어 기능을 강화하였다. 중앙 제어를 통해 운전 조건 변경과 상태 확인이 가능하도록 하여 운영 인력 부담을 최소화하였다. 또한 향후 설비 증설이나 기능 확장을 고려하여 냉동-제어-전기 설비가 유연하게 연계될 수 있는 구조로 설계하였다.

종합적으로 본 복합극지환경실 저온 설비공사는 영하 30℃에서 영하 40℃ 수준의 극지 저온 환경을 실내 공간에서 안정적으로 구현할 수 있는 기반을 마련하였다. 이는 극지 장비 실증, 환경 모사 연구, 장기 저온 실험을 수행할 수 있는 핵심 인프라로서 향후 극지환경재현실용화센터 기능 고도화를 위한 중요한 기술적 토대를 제공하였다.

2. 복합극지환경실 설치 및 운영의 경제성 평가

본 연구에서는 외부 전문기관에 의뢰하여 복합극지환경실(극지대기환경모사실 및 저온기술실 용화실증실, 총 투자비 11억원) 구축의 경제적 타당성을 종합적으로 분석하였으며, 외부 전문가 보고서는 부록에 첨부하였다. 경제성 분석 결과, 극지환경재현시설 구축은 경제적으로 타당한 것으로 판단되었다. 정량적 경제성 지표(B/C 1.96, NPV 23.2억원, IRR 18.5%)가 모두 기준을 충족하며, 편익 구조가 확실하고 달성 가능성이 높다. 민감도 분석 결과 주요 변수 변동에도 경제성이 유지되어 투자 리스크가 낮으며, 정량화하지 못한 정성적 효과까지 고려하면 실제 가치는 더욱 높다.

경제적 효과 분석은 다음의 절차로 수행하였다.

첫째, 항목별 편익 산출: 경제적 효과 항목(출장비 절감, 시설사용료 수입, 장비 테스트 수수료, 교육훈련 수입)에 대해 연간 편익을 산출하였다.

둘째, 현재가치 환산: 각 항목의 연간 편익에 할인율 4.5%를 적용하여 10년간 총 편익의 현재가치를 산출하였다.

셋째, 단계별 적용: 시설 활용도가 점진적으로 증가하는 현실을 반영하여 초기(1~3년), 성장(4~7년), 성숙(8~10년) 단계로 구분하여 분석하였다.

이때 다음 항목을 주요 가정으로 설정하였다.

- 할인율: 4.5% (예비타당성조사 표준 할인율)
- 분석 기간: 10년 (보수적 접근)
- 화폐 단위: 2025년 불변가격
- 수요: 총 29개 기관 등 수요조사 결과 기반

복합극지환경실을 국내에 구축하면 극지 현지에서만 가능했던 연구 및 테스트를 일부 국내에서 수행할 수 있어 연구원 파견 비용을 절감할 수 있다. 수요조사를 제출한 29개 기관을 포함하여, 기존 극지연구소 출장인원 평균 약 50여명의 파견 비용을 본 시설을 통해 대체할 수 있고 이와 관련된 출장비 절감 편익을 산출하였다. 극지환경재현시설은 국내외 연구기관, 대학, 산업체 등에 유료로 제공되어 시설사용료 수입을 창출할 수 있다. 이와 관련하여 연간 총 약 150일 가동하며 1일 사용료 150,000원의 시설사용료를 10년간 징수할 때의 현재가치를 산출하였다. 초저온에서 장비 성능 검증을 위한 유료 테스트 수요를 연간 10건 가정하여 장비 테스트 수수료를 산출하였다. 극지 파견 예정 연구원 및 대원들에게 극저온·강풍 환경에서의 장비 설치 및 운영 교육과 극지 적응 훈련을 제공하는 것에 대한 교육훈련 수입을 산출하였다. 각 항목별 구체적인 산출 과정은 부록2에서 자세하게 정리하였다.

복합극지환경실 구축의 경제적 효과는 10년간 현재가치 기준 약 47.4억원으로 산출되었다. 이 시설 구축에 사용되는 비용과 운영비를 총 비용으로 산출하고 총 편익과 비교할 때 B/C Ratio 1.96, NPV 23.2억원, IRR 약 38%로 세 가지 경제성 지표가 모두 기준을 충족하여 경제적으로 타당한 것으로 나타났다 (표 III-2).

<표 III-2> 경제성 분석 주요 결과

구분	내용	경제성 기준	평가
총 비용 (PV)	24.2억원	-	11억 + 13.2억
총 편익 (PV)	47.4억원	-	출장비 44.0억+기타 3.4억
B/C Ratio	1.96	1.0	충족
NPV	23.2억원	0	충족
IRR	약 38%	4.5%	충족

본 경제성 분석은 분석 기간을 10년으로 제한하고 (실제 시설 내구연한 20년 이상), 초기 단계 수요를 보수적으로 추정하였으며, 연구 효율성 향상이나 시간 절감과 같은 정성적 편익은 계상하지 않았고 산업적 파급효과를 포함시키지 않았다는 점에서 보수적으로 수행되었다. 따라서 실제 경제적 효과는 본 경제성 분석 결과보다 클 것으로 예상되며, 극지환경재현시설은 명확한 경제적 가치를 창출할 것으로 판단된다.

극지환경재현시설 구축은 대한민국 극지연구의 패러다임을 현장 중심에서 국내 기반 연구로 전환하는 계기가 된다. 극지 현장에서만 가능했던 연구를 국내에서 수행할 수 있게 되어, 시간적·공간적 제약을 극복하고 연구 효율성을 대폭 향상시킬 수 있다.

또한 극지환경재현시설은 「극지활동진흥법」에 따른 극지연구 시설·장비 구축 의무를 이행하는 핵심 수단이며, 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023-2027)」의 핵심 사업이다. 본 시설은 국가 극지정책의 구체적 실행 수단으로서 극지연구 역량 강화에 기여할 것이다.

복합극지환경실 구축을 통해 우리나라도 미국 CRREL 등 극지연구 선진국과 동등한 연구 인프라를 보유하게 되며, 국제 극지연구에서 주도적 역할을 수행할 수 있다. 이는 대한민국의 과학기술 경쟁력을 한 단계 끌어올리는 계기가 될 것으로 기대된다.

3. 극지 특수시료 현황

3.1 극지 시료별 특징

가. 극지데이터센터

극지환경재현실험화센터에서의 극지 시료 관리는 극지데이터센터(Korea Polar Data Center, KPDC)와 협력하여 수행하고자 한다. 극지데이터센터는 우리나라가 남극과 북극에서 진행한 연구 활동을 통해 얻은 데이터를 관리하고 보존하며, 국내외 연구자들이 편리하게 활용할 수 있도록 돕는 기관이다. KPDC는 2002년에 남극데이터 관리 조직인 공동데이터관리위원회(Joint Committee on Antarctic Data Management, JCADM)에 가입하면서 남극 데이터 관리 활동을 시작했다.

2010년부터는 본격적으로 KPDC 구축 사업을 진행하며 데이터 관리에 필요한 기반 시설과 시스템을 마련했다. 현재 KPDC는 남극조약협의당사국(Antarctic Treaty Consultative Party, ATCP)이자, 남극연구과학위원회(Scientific Committee on Antarctic Research, SCAR)와 과학데이터관리위원회(Standing Committee on Antarctic Data Management, SCADM)의 회원국으로 활동하고 있다. 이를 통해 국제 남극데이터 관리 체계(Antarctic Data Management System, ADMS)에서 한국을 대표하는 국가 데이터센터 역할을 하며, 전 세계와 함께 남극 데이터 관리와 공개를 위해 협력하고 있다. 극지데이터센터는 데이터 관리뿐 아니라 데이터 관리와 사용을 위한 교육과 데이터 관리 정책 개발, SCADM 활동과 같은 국제협력의 역할도 수행한다(표 III-3).

표 III-3. 극지데이터센터의 역할

역할	업무
데이터 관리	·데이터 관리 계획 수립 및 이행 지원 ·디지털 원시데이터 확보/저장/보존 ·디지털 데이터 품질 관리 ·디지털 데이터 영구 보존 ·데이터 공개, 활용 지원
데이터 관리 시스템 구축·운영	·데이터 활용성과 분석 ·디지털 데이터 저장/보존 인프라 구축 ·디지털 데이터 관리 도구 개발/보급
교육 및 지원	·연구 분야별 데이터 관리/분석 ·데이터 관리 교육 실시
정책개발	·데이터 관리 절차 수립 및 방법 ·데이터 관리 가이드라인 제작/배포 ·데이터 관리 정책 수립 ·데이터 관리 세부 규정/지침 제정
국제협력	·국가별 데이터 관리 정책 분석 ·남극자료관리상임위원회(SCADM) 활동 ·데이터 관리 기구와 극지데이터 상호교환 ·SCAR 데이터 관리 가이드라인 제작

극지에서 수집한 시료를 관리하는 궁극적인 목표는 데이터 가치 극대화과 영속적인 데이터 활용이다(표 III-4). 극지 시료를 수집한 연구자가 은퇴한 이후에도 후속 연구가 지속되고 다른 분야의 연구자들도 극지 시료를 활용하여 다양한 연구를 수행하여 연구의 폭이 확장되는 것을 기대한다.

극지환경재현실용화센터는 극지 시료의 분양을 직접 담당하고자 한다. <그림 III-2>에서 극지 현장에서 생산된 자료가 어떻게 수집되고, 분류되고, 저장되고, 공개되는지를 한눈에 보여준다. 극지 시료는 남극세종과학기지와 남극장보고과학기지, 북극다산과학기지, 쇄빙연구선 아라온 등에서 수집된다. 확보한 시료는 유형별 관리 체계에 등록하고 보관한다. 이때 모든 시료에는 생산 주체, 시료 획득 시간과 공간 정보, 시료 획득 방법, 품질, 이용 제약을 포함한 메타데이터를 작성하고 메타데이터 관리시스템에 우선 등록한다. 메타데이터란 시료를 설명하는 데이터로, 누가 언제 어디서 어떻게 만들었는지 등의 정보를 담은 기술서이다.

빙하 코어, 암석, 토양, 생물 등의 실물 시료는 각 시료에 맞는 방법으로 시료를 확보한 연구 부서 또는 극지환경재현실용화센터에 시료 별로 구비된 별도 시설에 보존하며 이를 위하여 시료 보관 시설은 적정 환경 조건을 유지한다. 자료 제공을 위해 종류별 분양 정보를 등록하고 원시데이터 분양시스템에서 시료를 검색 및 신청 할 수 있도록 지원한다. 이 관리 체계는 자료의 전 주기 품질과 재현성을 높이고 국내외 연구자의 신속하고 공정한 활용을 돕는다. 나아가 체계적인 시료 관리와 공개를 통해 극지 연구의 파급 효과를 확대한다. 극지환경재현실용화센터는 극지 시료 이용자의 접근 창구로서 투명하고 표준화된 절차를 제공한다.

표 III-4. 데이터 관리의 주요 내용, 목표, 기대효과

주요내용	달성목표	기대효과
· 데이터 유형 및 종료 · 데이터 획득절차 및 방법 정의 · 데이터 관리 절차 및 방법 정의 · 데이터 소유권 및 이용 시 제약 사항 등	· 고품질의 데이터 획득 · 체계적인 데이터 관리 및 사용 · 성과의 질 향상	· 데이터 가치 극대화 · 영속적인 데이터 활용 · 극지 시료 활용 연구 영역 확장 · 극지 연구의 파급효과 확대

극지 시료 분양은 이용자, 시료 분양시스템, 시료 코디네이터, 시료 관리담당자가 단계적으로 협력하여 운영된다(그림 III-3). 이용자는 시료 분양시스템에서 필요한 정보를 검색하고 확인한 뒤 시료 제공을 요청한다. 시료 코디네이터는 이용자의 요청을 접수하고 시료 관리담당자에게 승인을 요청한다. 시료 관리담당자는 제공 가능성, 권한, 보안과 윤리 요건을 검토한 뒤 결과를 시료 코디네이터에게 통보한다. 시료 코디네이터는 승인 결과를 이용자에게 알리고 승인된 경우 분양 일정과 비용 납부 방법을 안내한다. 시료 제공이 거부된 경우 시료 코디네이터가 구체적인 거부 사유를 이용자에게 알린다. 이용자가 안내에 따라 비용을 납부하면 시료 코디네이터가 실물 시료를 정해진 절차에 따라 발송한다. 이 절차는 표준화된 제공을 보장해 이용자의 접근성과 재현성을 높일 수 있다.



그림 III-2. 극지 시료와 데이터 획득, 데이터 흐름과 관리 체계

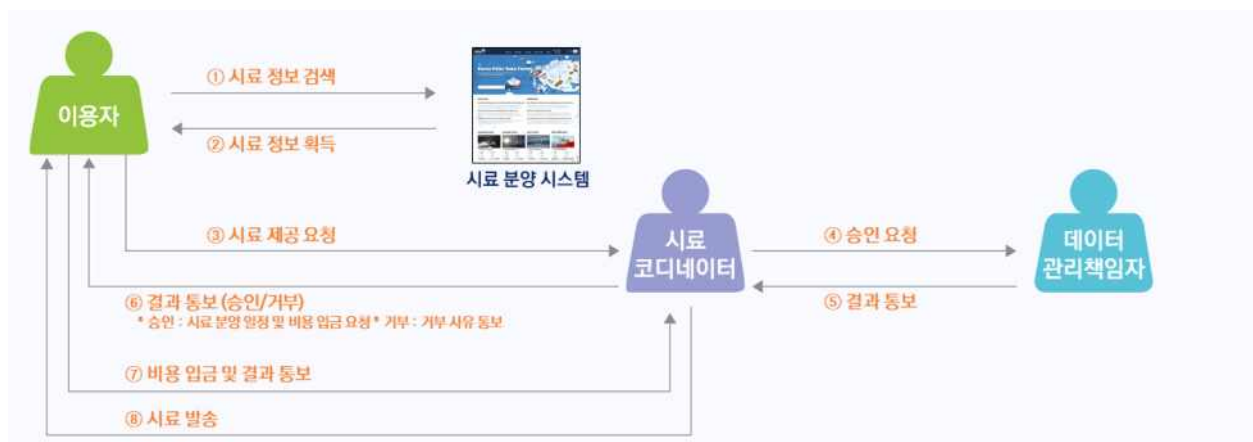


그림 III-3. 표준화된 극지 시료 분량 절차

극지연구소는 이미 극지 시료 정보를 제공하는 여섯 개의 데이터 시스템을 운영하고 있다(표 III-5). 이중 ‘북극해 환경변화 통합정보-감시 시스템’과 ‘극지유전체정보 데이터베이스’는 실물 시료가 없는 데이터 시스템이다. 한편 남극 운석 큐레이션, 극지 암석 데이터베이스, 극지연구소 가상식물표본관, 극지미생물자원은행은 실물 시료를 보유하고 있는 데이터 시스템이다. 이밖에도 빙하 코어와 극지 화석 시료를 연구자들이 보유하고 있으나 아직 데이터베이스를 공개하고 있지 않아서 이들의 데이터 시스템이 필요하다.

시료를 수집 및 관리하고 데이터 시스템을 운영하고 있는 주체는 연구자이며, 극지환경재현실험용센터는 시료 코디네이터 역할을 담당하고자 한다. 각각의 극지 실물 시료는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

표 III-5. 기 구축된 극지 시료 정보시스템

구분	역할
북극해 환경변화 통합정보-감시 시스템 (Korea Arctic Ocean-data System) https://kaos.kopri.re.kr/	· 서북극해에서 관측된 물리, 화학, 생물학적 자료를 제공 · 과거와 현재의 해빙-해양-생태계의 변화를 모니터링 · 기후변화 시나리오에 따른 미래 전망을 동시에 가시화
극지유전체정보 데이터베이스 (Antarctic Functional Genomics Program) https://antagen.kopri.re.kr/	· 극지생물 유전체 지도, 유전자 정보, 단백질 정보 등 공개
남극 운석 큐레이션 (Antarctic Meteorites Curation) https://koreamet.kopri.re.kr/	· 달운석을 포함한 다양한 종류의 운석 연구
극지 암석 데이터베이스 (KOPRI Polar Rock Database) https://rock.kopri.re.kr/	· 극지 암석 데이터 관리 시스템 · 공동연구를 위해 대여 가능
극지연구소 가상식물표본관 (KOPRI Virtual Herbarium) https://kvh.kopri.re.kr/	· 극지에서 채집한 조류, 육상식물, 지의류의 표본 정보 · 연구목적 표본 대여 가능
극지미생물자원은행 (Polar Microbial Collection) https://pamc.kopri.re.kr/	· 균주의 분류군, 지리 정보, 서식처 및 생리특성 정보 공유 · 미생물의 생리특성 및 생태적 역할 연구

나. 극지 빙하 시료

극지 빙하시료는 수십만 년에 걸친 기후·환경의 연속 기록을 보존하는 핵심 과학 자료로서, 과거 기후 패턴의 재구성과 변화 원인 규명, 예측모형 개선 및 변화 속도 평가의 정확도 제고에 직접 기여한다. 국내 연구자들이 이러한 시료에 신속·공정하게 접근하고 안정적으로 활용할 수 있는 체계를 확립하는 것은 국가 기후연구 역량을 강화하는 필수 과제다. 극지연구소는 극지 시료의 획득 - 운송 - 보관 - 제공 전 과정에서 발생하는 기술적·물류적 제약을 해소하고 연구 효율을 높이기 위해 시료 제공 플랫폼을 운영하고 있다. 현재 KPDC를 통해 직접 시추한 빙하코어 및 관련 분석데이터를 공개하고 있으나, 빙하시료의 특성상 장기·저온 아카이브와 빈번한 반출·전처리를 위한 워킹 구역을 구분한 체계적 관리 인프라가 요구되는 시점이다(그림 III-4). 특히, 향후 심부빙하시추 및 추가 시추 성과를 고려할 때 최소 4,500 m 이상의 빙하코어를 -25°C에서 안정적으로 보관·관리할 수 있는 저장 공간이 필요하다. 또한 온실기체 분석 등 특수목적 시료의 품질 보전을 위해서는 -50°C 유지가 가능한 별도 저장구역이 필수이며, 시료의 절단·슬래빙·분배를 수행할 전처리 공간도 함께 배치되어야 한다.

No.	제목	출처	제출자	등록일
1	(KOPRI-KPDC-00012882) Trace elements measured in EGRIP snowpit		이승대	2025-09-29
2	(KOPRI-KPDC-00012885) Pb concentration measured in EGRIP snowpit		이승대	2025-09-29
3	(KOPRI-KPDC-000021215) Water isotope composition in a GV7 3-m snow pit (2013-2014)		한영철	2025-09-24
4	(KOPRI-KPDC-000021782) Geochemical properties of 1458r59 CE cryptotephra in VK22 firn core		이승대	2025-03-31
5	(KOPRI-KPDC-000021778) Single particle analysis data in VK22 firn core		이승대	2025-03-31
6	(KOPRI-KPDC-000021663) Major ionic species measured at ice core from CPSW		정재원	2024-10-22
7	(KOPRI-KPDC-000021377) Snowpit water isotopes data from CPSW		문장원	2024-10-16
8	(KOPRI-KPDC-000021343) The drill log of CPSW shallow ice core		문장원	2024-10-16
9	(KOPRI-KPDC-000021338) The density profile and HL model data of CPSW shallow ice core		문장원	2024-10-16
10	(KOPRI-KPDC-000021778) Trace elements in Vostok		이승대	2024-10-10
11	(KOPRI-KPDC-000021777) Plutonium (Pu) in Tourmaline Plateau		이승대	2024-10-10
12	(KOPRI-KPDC-000021304) Major ionic species measured at ice core from Tourmaline Plateau(0-20m)		정재원	2023-11-01
13	(KOPRI-KPDC-000021355) Major ionic species measured at firn core from Moore Dome (0-10m depth)		정재원	2023-11-01
14	(KOPRI-KPDC-00012883) Analyzing Particles in moore Dome firn Cores(0-10m) using Flow Imaging Microscopy		강해진	2023-10-31
15	(KOPRI-KPDC-00012883) Analyzing Particles in Vostok Ice Cores using Flow Imaging Microscopy		강해진	2023-10-31

그림 III-4. KPDC에 공개된 빙하 데이터 자료

현재 극지연구소는 남극, 그린란드 고산지역 등에서 획득한 총 약 1,000 m 규모의 빙하코어를 보유하고 있으나, 보관 공간 부족으로 일부는 과밀 적재 상태에 있다(그림 III-5). 이들 시료는 국내외 공동연구를 통해 다수 학술성과의 기반 자료로 활용되고 있으나, 아카이브 형태 시료 및 여분 시료의 경우 공간 제약으로 인해 체계적 데이터베이스화 및 개별 단위 관리에 현실적 어려움이 존재한다. 현재 사용 중인 빙하코어 전처리실 면적은 49.5 m², 빙하시료 보관실 면적은 92.25 m²로 총 141.75 m²에 불과하며, 일본·미국 등의 대형 저장소와 비교할 때 상대적으로 협소한 수준이다(표 III-6).



그림 III-5. 현재 빙하시료 전처리실 및 보관실 공간의 과밀 적재중인 상황

현재 운영 중인 KPDC의 메타데이터는 시추지역의 위도, 경도, 획득 시 시추로그정보만을 포함하고 있다. 그러나 빙하코어 시료의 경우 한 지역에서 깊이 별로 연속 시료가 존재하며, 연구 목적에 맞게 절삭하여 동일 깊이에서 추가로 3~5개 섹션으로 분할되는 것이 일반적이다. 이용자가 필요한 시료의 보유 유무 혹은 공개 범위를 한 번에 파악하여 보다 신속·정확하게 확인·요청할 수 있도록 하려면, 섹션 단위의 고유 식별자 부여와 개별 데이터베이스화를 진행해야 하며 이를 안정적으로 보관·가공 및 제공 할 수 있는 공간이 필수적이다(그림 III-6). 이러한 체계가 구축 되면 이용자는 개별 단위로 정확한 제공 요청이 가능해지고, 국내외 연구기관 간 교류·공동연구 활성화와 성과 창출 가속이 기대된다.

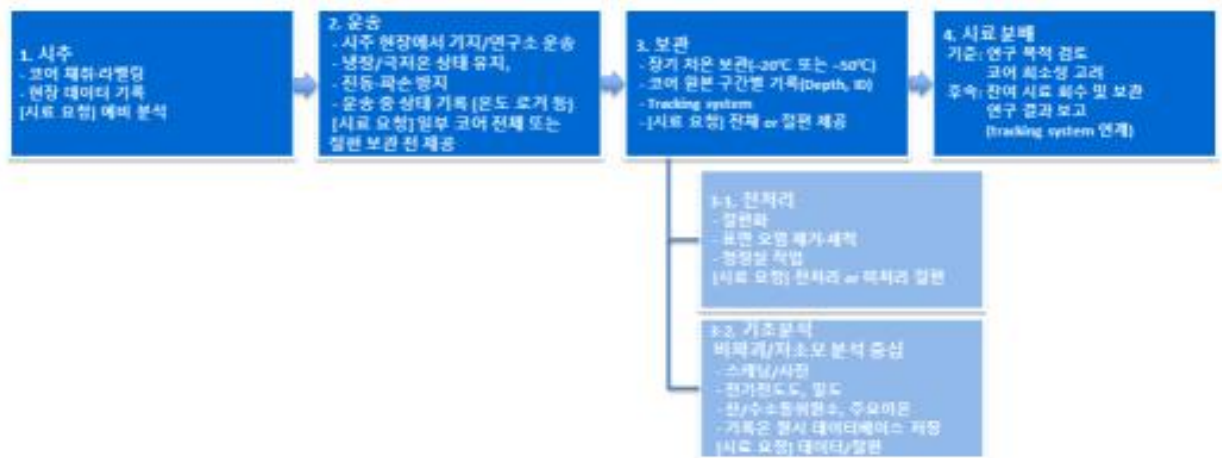


그림 III-6. 빙하코어 시료 관리 워크플로우 전반

표 III-6. 기 구축된 타국의 빙하코어 저장소 및 특징

시설명 및 위치	특징	참고 사진
미국과학재단 빙하코어센터 (National Science Foundation Ice Core Facilities) 콜로라도 덴버	- 세계의 빙하 지역에서 채취한 빙하 코어의 저장, 큐레이팅, 분석 시설 - NSF 운영비 지원, USGS 운영, 뉴햄프셔대학 과학적 관리 지원 - 시료보관은 -36°C(1,557m²), 실험공간은 -24°C 유지(340m²), 전처리, 분석, 보관, 홍보·교육, 방문과학자 작업공간 등이 있음. - 남극, 그린란드, 북극 등 다양한 지역에서 수집된 22,000미터 이상의 얼음 코어 보유	 1m 길이로 보관중인 빙하코어
		 빙하코어 운반 컨테이너
일본극지연구소 저온연구실 (NIPR, Low temperature Laboratory and Storage) 도쿄	 - 영하20°C~영하50°C의 다양한 저온실험실 운영(9실의 저온실험실, 6실의 시료저장실, 2실의 상온연구실) - 보관실 235m², 저온실험실 300m² - 신청 절차를 거쳐 자국내 공동 활용	 저온실험실
		 빙하코어 보관실

다. 남극 운석 시료

남극 운석시료는 KOREAMET에서 관리하고 있다. KOREAMET은 극지연구소가 주관하는 정부 지원 프로그램으로 구축한 데이터 시스템으로 남극에서 수집된 운석의 회수, 분류, 보관, 분배를 담당한다.

운석은 태양계의 소행성·화성·달에서 기원해 지구에 낙하한 외계 물질로서 태양계의 형성과 진화, 더 나아가 생명의 기원에 관한 결정적 단서를 제공하는 귀중한 연구 시료이다. 국제 운석 학회에 공식 등록된 운석은 현재 약 78,000점에 이르며 이 가운데 약 49,000점이 남극에서 발견되었고 극지연구소는 2006 - 2007 시즌부터 남극 운석 탐사를 지속적으로 수행하여 현재까지 약 1,500점의 운석을 수집했다. 그중에는 달 운석과 물과 유기물이 풍부한 운석도 포함되어 과학적 가치가 매우 크다(그림 III-7).

모든 수집 운석은 암석학적 및 우주화학적 분류 절차를 거쳐 국제 운석학회에 공식 등록되며 이를 통해 전 세계 연구자들이 자료를 활용할 수 있다. 운석을 연구하기 위해 분양 받기 원하는 경우 현재는 KOREAMET 큐레이터인 박창근 박사에게 이메일로 신청서를 보내는 방식으로 운영되고 있다(그림 III-8)

KOREAMET에서는 보유한 운석의 채집지 정보뿐 아니라 운석의 분류 정보도 제공한다(그림 III-9) 기원에 따라 소행성 기원 운석, 화성 기원 운석, 달 기원 운석으로 구분할 수 있으며 분류학적 관점에서는 크게 한번도 용융되지 않은 콘드라이트와 용융을 경험한 에이콘드라이트(시원적 에이콘드라이트, 화성운석, 달운석, 석철운석, 철운석 포함)으로 구분하여 정보를 제공한다. 분류학적인 정보는 각각 원시 태양계 물질의 기록, 행성핵 구성과 구조 해석, 규산염-금속 복합 구조 연구 등 서로 다른 학술적 가치를 지닌다.

운석에는 미량 원소와 유기 분자, 동위원소 신호 등 태양계 천체의 기원과 진화를 추적하는데 필요한 정보가 보존되어 있어 생명의 기원 연구와 달·화성의 지질학적 역사 복원에도 기여할 수 있다. KOREAMET은 미량 외계 물질을 초정밀로 분석하기 위해 전계방출 전자현미분석기(FE-EPMA), 저진공 전계방출 주사전자현미경(LV FE-SEM), 동위원소비 질량분석기(IRMS), 희귀기체 질량분석기 등 최첨단 분석 장비를 운용하여 광물 조성, 미세구조, 동위원소 조성, 희귀기체 함량 등을 정밀 규명하고 이를 통해 운석의 형성사와 우주 환경 노출 이력을 복원하고 있다.

극지연구소는 KOREAMET 컬렉션과 분석 전문성을 바탕으로 국내 대학 및 연구기관과 협력하는 한편 미국 NASA, 하와이대학교, 일본의 홋카이도대학교·도호쿠대학교·도쿄대학교 등과 국제 공동연구를 활발히 수행하여 한국의 운석 연구를 세계적 수준으로 심화하고 학술 성과의 확산과 자료 공유를 촉진하고자 한다.

DEW 12007 (Lunar meteorite)

DEW 12007 Backscattered electron image (4 Gigapixel)

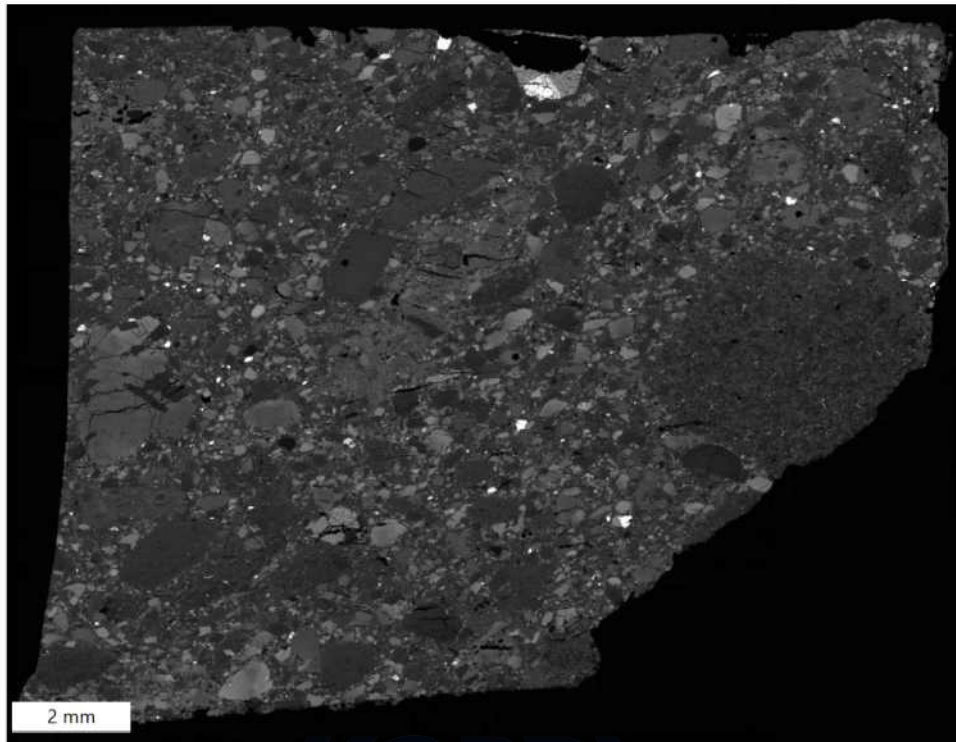
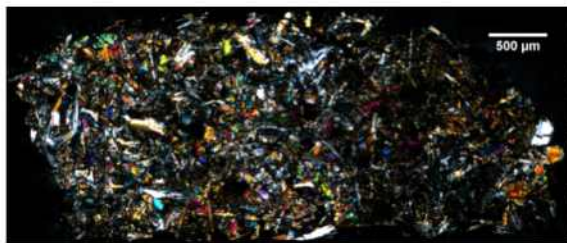


그림 III-7. KOREAMET이 보유하고 있는 달에서 기원한 운석

Sample Request



Antarctic meteorites collected by KOREAMET are kept at Korea Polar Research Institute (KOPRI) for allocation to scientists worldwide. Please fill the request form below and send it to the curator (Dr. Changkun Park) of KOREAMET.

Requests for Antarctic meteorite samples are reviewed by Drs. Changkun Park, Jong Ik Lee, and Keisuke Nagao (KOPRI).

Curator will send approved samples as soon as possible.

Catalog of KOREAMET ([Database](#))

Request form ([doc](#))



Korea Curation of Antarctic Meteorities
Korea Polar Research Institute
26, Songdomirae-ro, Yeosu-gu, Incheon, Korea
Curator: changkun@kopri.re.kr
Copyright (C) Korea Polar Research Institute. All rights reserved.



그림 III-8. KOREAMET이 보유한 운석을 신청하는 방법

Abbreviation	EET 15162
Place	Elephant Moraine 4
latitude	76°14.871'S
Longitude	156°19.204'E
Date	Dec 05, 2015
Pieces	1
Mass (g)	24.1
Class	Carbonaceous
Group	CK5
Fa (mol %)	30.2±0.51
Fs (mol %)	25.1±0.45

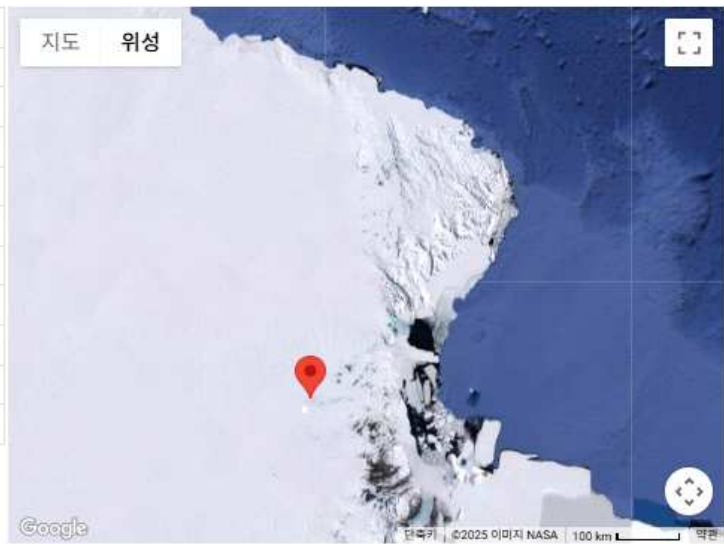


그림 III-9. KOREAMET에서 관리하는 운석의 정보 예시. 채집 지역, 수량, 무게, 분류군 등의 정보를 제공하고 있다.

라. 극지 암석 시료

극지연구소는 남극과 북극 지역의 암석 시료를 체계적으로 수집·보관하고 이를 바탕으로 지질 연구를 지원하기 위해 운영하기 위하여 KOPRI Polar Rock Database를 구축하였다. 이 데이터베이스는 극지 암석 표본의 기본 지질 정보를 제공하고 연구자들이 표본 기반 연구를 수행할 수 있도록 설계되어 있다.

시료 수집은 세종기지의 지질조사를 바탕으로 남극 킹조지섬에서 시작되었고 다산기지 개설 이후 북극 지역 시료가 추가되었으며 2014년 장보고기지 운영을 계기로 남극 대륙 빅토리아랜드의 대륙성 시료까지 포함되면서 암상과 지질 연대의 범위가 크게 확장되었다. 또한 파타고니아 등 준극지 지역과 최근 그린란드 원정에서 채집한 시료도 포함되어 있어 지리적·지질학적 포괄성이 높다. 현재 약 1,730점의 암석 시료가 데이터베이스에 등재되어 있고, 주기적으로 업데이트하여 정보를 최신화하고 있다.

데이터베이스에는 퇴적암·화성암·변성암 등 다양한 암석 유형과 암상이 포함되며 예시로 KSR 01 시료는 퇴적암인 석회암으로 분류되고 DO-2 시료는 퇴적암의 한 종류인 다이아미타이트로 분류된다. 각 시료에는 성층위와 지질 연대가 함께 기록되며 DO-2는 Spurs 층군에 속하고 연대는 캄브리아기로 표기되어 있고 KSR 01은 Scheteligfjellet 층군에 속하며 연대는 석탄기로 기재되어 있다. 위치 정보는 지역·세부 채집 지점과 함께 위도·경도 좌표로 제공된다(그림 III-10). DO-2는 남극 빅토리아랜드에서 채집되어 좌표가 72.6985°S, 165.9888°E로 기록되어 있고 KSR 01은 북극 스발바르의 Kiaerstranda에서 채집되어 좌표가 78.897°N, 11.5035°E로 기재되어 있다.

시료의 물리적 보존 상태에 관한 메타데이터로 보관 랙 번호·슬랩 수·대형 및 소형 박편 수가 제공되며 예시로 KSR 01과 DO-2 모두 소형 박편 1개를 보유한 것으로 되어 있고 시료 특이사항을 보완하는 사용자 메모 필드도 운영된다. 일부 시료는 3D 모델을 제공하여 디지털 기반의 시각적 분석을 지원한다.

이 데이터베이스의 강점은 남극·북극·준극지에 이르는 광범위한 지리 범위와 다양한 암상 및 지질 시대를 망라한 표본 구성으로 지질학적 변천사를 탐구할 수 있는 기반을 제공한다는 점이다. 채집 위치, 성층위, 박편 등 정밀 자료가 연계되어 심층 분석이 가능하고 연구자 대출 제도를 통해 실제 실험과 분석까지 연결할 수 있다.

다만 일부 시료에는 이미지가 제공되지 않거나 암상·성층 정보가 불완전할 수 있고 디지털 정보만으로는 밀도·강도·미세구조 등 물리적 특성을 확인하기 어려워 많은 경우 실물 시료 분석이 필요하다.

Sample No:DO-2

Sample No	DO-2
kpdc_id	KPDC_ROCK_000010
Publish	publish
Rock type	Sedimentary
Lithology	Diamictite
Collector	Young-Hwan Kim
Date Collected	2013-12-15
Region	Antarctica/Victoria Land
Location	ERK3 CU1
More information for location	On the steep cliff beneath 2nd camp site
Positioning method	GPS coordinate of sedimentary log starting point
Stratigraphy	Spurs Formation
Geological age	Cambrian
Coordinate	72.6986° S, 165.9888° E
Rack No	4-5-1-1
Slab	1
Thinsection Large	0
Thinsection Small	1
Memo	

User

sedrock

• no images

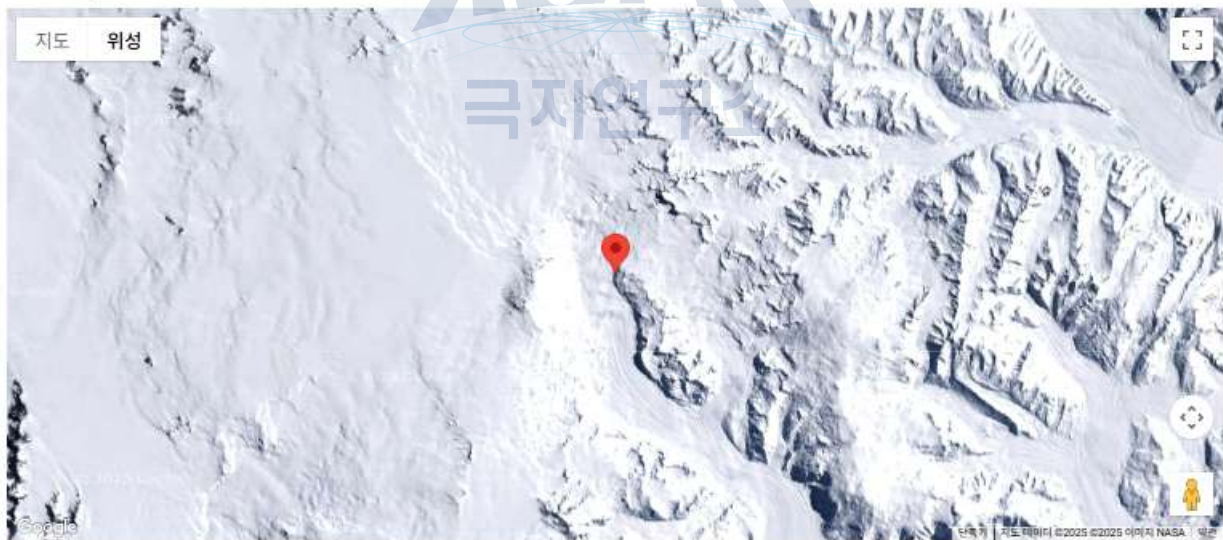


그림 III-10. KOPRI Polar Rock Database에 보관된 DO-2 시료의 정보. 남극 빅토리아랜드 Spurs 층군에서 2013년에 채집된 퇴적암으로, 암상은 다이아미타이트이며 캄브리아기에 형성된 것임을 알 수 있다.

마. 극지 화석 시료

극지연구소에서는 남극과 북극 지역에서 확보한 다양한 암석 및 화석 시료를 보관하고 있다. 현재 고생물진화실험실에서 보관 중인 화석은 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 주사전자현미경으로만 관찰 가능한 미화석(SSFs; Small Shelly Fauna), 둘째, 수 센티미터 크기로 육안 분류가 가능한 입체 화석, 셋째, 얇은 탄소 필름 형태로 보존되는 2차원 화석이다.

미화석은 주로 남극 세종기지가 위치한 킹 조지 섬의 Cape Melville 지역과 동그린란드 Ella Island 지역에 노출된 캄브리아기 탄산염퇴적층에서 채취되었다. 입체 화석은 남극 장보고기지 인 프라를 활용해 Shackleton Limestone과 Eureka Spurs Formation에서 확보한 캄브리아기 삼엽충 화석, 그리고 스발바르 Scheteligfjellet Formation에서 채취한 석탄기 산호 및 과석화 해면류 화석 등이 포함된다.

특히 극지연구소가 현재 중점적으로 연구하고 있는 시료는 북그린란드의 세계적 캄브리아기 Conservation Lagerstätte 화석 산지인 Sirius Passet에서 확보한 초기 동물 화석이다. 2025년 기준 약 15,000점 이상의 화석이 탄소 필름 형태로 수장되어 있다. 지구 초기 역사에서 등장한 동물들이 “어떤 형태였고, 어떠한 역할을 했으며, 현생 유사 분류군과 비교해 어떻게 진화해 왔는가”를 규명하는 것은 최근 지질·고생물학 분야에서 중요한 연구 주제로 떠오르고 있다. 이에 따라 전 세계 연구자들은 초기 동물의 형태, 생태적 지위, 유연관계를 밝히기 위해 화석 시료 확보에 주력하고 있다. 그러나 Sirius Passet은 북위 82°47.6', 서경 42°13.7'에 위치한 고위도 지역으로 접근성이 낮아, 아직 전 세계적으로도 시료가 충분히 확보되지 않은 상황이다.

극지연구소는 이 화석 산지에 2016년부터 총 7차례 진출해 현장 조사를 수행했으며, 확보한 시료들은 연구지원동 304호의 모빌랙 보관장에 수장하고 있다 (그림 III-11). 각 시료는 채취 연도, 화석이 포함된 암석의 일련번호, 단일 암석 내 화석 고유번호가 부여되어 있으며, 이 정보는 스프레드시트 형식의 카탈로그로 정리된다. 해당 자료는 연도별로 구분해 별도 파일로 관리·공유되고 있다. 또한 화석은 고각도·저각도의 광원을 이용해 DSLR로 촬영하며, 촬영 이미지 파일은 부여된 일련번호와 함께 관리된다.

고생물학 연구 특성상 동일한 화석의 재발견 가능성이 낮기 때문에, 타 기관에서 연구 목적의 시료 대여 요청이 가능하다(그림 III-12; 스웨덴 자연사박물관의 예시). 이를 위해 극지연구소는 국외 공동연구 그룹과 연도별 카탈로그 자료를 공유하고 있으며, KPDC에도 Sirius Passet 화석 자료를 업로드하였다(그림 III-13, III-14). 이를 통해 외부 반출, 대여 요청 및 공동 연구 제안이 가능하다.

2025년 7월, Sirius Passet에서 7차 현장 조사가 진행되었으며 약 200kg 규모의 캄브리아기 초기 동물 화석 시료가 추가로 채취되었다. 현재 이 시료들의 국내 운송 방안이 검토 중이다. 특히 기존 시료에서 확인되지 않았던 신종 절지동물 및 새예동물 화석이 현장에서 발견되어 주목된다. 다만, 연구지원동 304호 모빌랙 보관장의 공간이 한계에 도달해 추가적인 수장 공간 확보가 필요한 상황이다. 현재의 모빌랙은 연구 우선순위가 높은 Sirius Passet 초기 동물 화석 수장 전용으로 설계된 낮은 높이의 수납장이다. 그 외 지역에서 채취된 미화석 및 입체 화석 약 300여 점은 실험대나 복도 공간에 임시 적치되어 있으며, 필요할 때마다 확인 후 다시 임시 공간에 보관되고 있다 (그림 III-15).



그림 III-11. 극지연구소에 큐레이션 중인 북그린란드 Sirius Passet에서 산출된 캄브리아기의 초기동물 화석들



그림 III-12. 스웨덴 스톡홀름에 있는 국립자연사박물관 (Naturhistoriska riksmuseet)의 화석 수장고 전경. 다양한 분야의 화석 시료를 보관하고 있으며, 기관 외부에서 요청이 들어올 경우 시료의 대여 역할도 수행

Search 7 data out of 31,608

No.	Title ▲▼	Reg. Date ▲▼
1	[KOPRI-KPDC-00002242] 2022 KOPRI North Greenland Sirius Passet collection	2024-10-16
2	[KOPRI-KPDC-00001564] 2016-8 KOPRI North Greenland Sirius Passet collection (modified)	2022-09-28
3	[KOPRI-KPDC-00001545] The complete mitochondrial genome of the fourhorn sculpin <i>Trigloporus quadricornis</i> (Perciformes, ...	2021-10-08
4	[KOPRI-KPDC-00001679] The complete mitochondrial genome of the Arctic fairy shrimp <i>Branchinecta paludosa</i> (Anostraca, ...	2021-09-10
5	[KOPRI-KPDC-00001008] 2018 KOPRI North Greenland Sirius Passet collection 1	2021-08-04
6	[KOPRI-KPDC-00000784] Fossils from North Greenland (2017)	2021-08-04
7	[KOPRI-KPDC-00000777] Fossils from North Greenland (2016)	2021-08-04

그림 III-13. KPDC에 업로드된 Sirius Passet의 화석 카탈로그 일람표

2016-8 KOPRI North Greenland Sirius Passet collection (modified)

This entry includes the Early Cambrian fossils from Sirius Passet, North Greenland, collected by 2016-2018 KOPRI expedition. The collections include various kinds of marine invertebrates, representing morphology of the early stage of animal evolution. Total of ca. 2000 kg of fossils were collected during 2016-2018 expedition. The Early Cambrian fossils will help us understand the rise of the first animals during the Cambrian Explosion.

Register favorites + Add

Disclosure Request + Add

793 views

Facebook Twitter

Entry ID KOPRI-KPDC-00001564

DOI <https://dx.doi.org/doi:10.22663/KOPRI-KPDC-00001564>

Copyright

Science Keyword EARTH SCIENCE > Paleoclimate > Land Records > Macrofossils
EARTH SCIENCE > Paleoclimate > Ocean/Lake Records > Macrofossils

ISO Topic Geoscientific Information

Personnel Tae-Yoon Park (typark@kopri.re.kr)
Mirinae Lee (mirinae.lee@kopri.re.kr)

Project **PE20220**, Advancement into unexplored areas of North Greenland through paleoenvironment and animal evolution research. **PI.Park Tae-Yoon**
PE21060, Advancement into unexplored areas of North Greenland through paleoenvironment and animal evolution research. **PI.Park Tae-Yoon**
PE22060, Advancement into unexplored areas of North Greenland through paleoenvironment and animal evolution research. **PI.Park Tae-Yoon**

Research period 2018-07-11 ~ 2018-07-19
2016-07-20 ~ 2016-08-10
2017-06-29 ~ 2017-07-22

Create/Update Date 2020-11-12 / 2022-09-28

Paleo PHANEROZOIC PALEOZOIC CAMBRIAN

Location Sirius Passet > North Greenland

Citation The data(KOPRI-KPDC-00001564) used in this work was provided by the Korea Polar Research Institute.

Spatial Coverage **POINT** lat:82.793333, lon:-42.228333

그림 III-14. KPDC에 업로드된 Sirius Passet의 화석 카탈로그의 상세 자료.
각 카탈로그 자료들은 약 1-2년 간격으로 업데이트되고 있음



그림 III-15. Sirius Passet 화석 이외에 극지연구소에 보관 중인 연구용 화석. (좌) 국내, 북그린란드, 동그린란드, 남극 등에서 채취한 캄브리아기 미화석 시료. (우상) 미화석 시료를 선별, 표본화하기 전 탄산염암의 산처리가 완료된 미화석 함유 residue. (우하) 보관 공간이 협소하여 실험대 아래 임시 적치중인 다양한 종류의 화석들 예시

바. 극지 식물-해조류 표본 시료

KOPRI Virtual Herbarium(KVH)은 극지연구소 표본관의 자료를 전자화하여 제공하는 포털로, 남극과 북극 및 인접 대륙의 생물다양성 연구를 지원하기 위해 구축되었다. KVH가 보유하고 있는 표본은 크게 해조류(algae), 지의류, 이끼류, 관속식물 등으로 나눌 수 있다(그림 III-16). 해조류 표본은 남북극 및 기타 해양에서 채집되었고 총 1,837점으로 현재 보유하고 있는 표본의 약 50%에 이른다. 이끼류와 지의류 표본은 주로 남극에서 서식하는 종으로 각각 838점, 433점을 보유하고 있다. 이끼류와 지의류 표본은 건조 보존된 형태로 제공된다. 관속식물 표본은 북극과 남극 및 주변 지역에서 수집된 식물로 석송류, 속새류, 양치류와 속씨식물 총 576점이다. 채집지 별로 보면 남극이 70%, 북극이 22.5%로 대부분을 차지한다(그림 III-17).

이 시스템은 표본 이미지, 수집 정보, 분포 정보, DNA 시퀀스 등 다양한 데이터를 제공하며, 실제 표본을 운송해야 하는 부담을 줄이고 연구자들이 디지털 자료만으로 연구를 수행할 수 있도록 돕는다. 또한 사진, 도면, 현미경 표본, 출판 논문, DNA 시퀀스 등 표본과 관련된 다양한 데이터를 원 표본 기록과 연계해 제공함으로써 데이터의 통합성을 유지한다. KVH의 디지털 컬렉션은 약 3,700개의 표본과 1,000장 이상의 고해상도 표본 이미지를 목표로 하며 주기적으로 업데이트되고 있다. 현재는 약 1,000여 점의 표본과 500여 장의 고해상도 이미지가 공개되어 있으며, 수시로 새로운 자료가 보강되고 있다.

KVH는 각 표본에 대해 다양한 데이터를 함께 제공한다. 표본 사진과 고해상도 스캔 이미지를 제공하며, 촬영 시 색상 기준표나 척도를 포함하기도 한다. 표본 사진은 지의류와 이끼류의 경우 서식지 현장에서 촬영한 사진을 제공하고(그림 III-18), 관속식물의 경우 식물 표본 사진을 제공한다(그림 III-19). 또한 수집 일자, 수집자, 수집 번호, 수집 지역의 위도와 경도 등 채집지 정보와 생육지 환경에 대한 기록을 제공한다. 학명, 분류학적 계층, 동정자 및 확인자 정보 등이 포함된 분류학적 정보도 제공한다. 일부 표본에는 DNA 시퀀스 정보와 분자계통학적 자료가 포함되어 연구자가 유전적 분석을 수행할 수 있다.

KVH의 강점은 실제 표본을 운송하지 않고도 디지털 이미지와 메타데이터를 활용해 연구를 수행할 수 있다는 점이다. 또한 유전 정보나 사진 등 다양한 연계 자료를 하나의 포털에서 제공하며, 극지 생물다양성 연구에 특화된 자료를 제공한다는 장점이 있다. 그러나 한계도 존재한다. 현재 공개된 디지털 표본 수는 목표치에 비해 일부에 불과하며, 내부 조직 사진이나 미세구조 같은 세부 정보가 누락될 수 있다. 또한 디지털화 과정에서 이미지 품질이나 색상 왜곡이 발생할 수 있고, 실제 표본의 물리적 특성인 질감이나 두께 등은 확인할 수 없다. 따라서 일부 연구에서는 여전히 실제 물리적 표본이나 조직 샘플이 필요하다.

극지연구소는 국제 생물 바코드 생명(iBOL, International Barcode of Life) 사업의 목표를 달성하기 위해 남극과 북극에서 수집한 조류, 이끼, 식물의 DNA 바코드 데이터를 구축하였다. KVH가 보유한 DNA 바코드 데이터는 약 1,050개의 COI 데이터와 680개의 rbcL 데이터로 구성되어 있으며, 약 3,700점에 이르는 조류, 이끼, 식물 표본의 전면적인 디지털화를 목표로 매주 업데이트되고 있다. 이는 연구자들에게 효율적인 접근성을 제공하고 국제적 협력 연구를 촉진하는 중요한 자원으로 기능하고 있으며, 앞으로 전체 표본의 완전한 디지털화를 통해 활용 가치가 더욱 확대될 것으로 기대된다.

Taxon Common of data rate in KVH, 2025

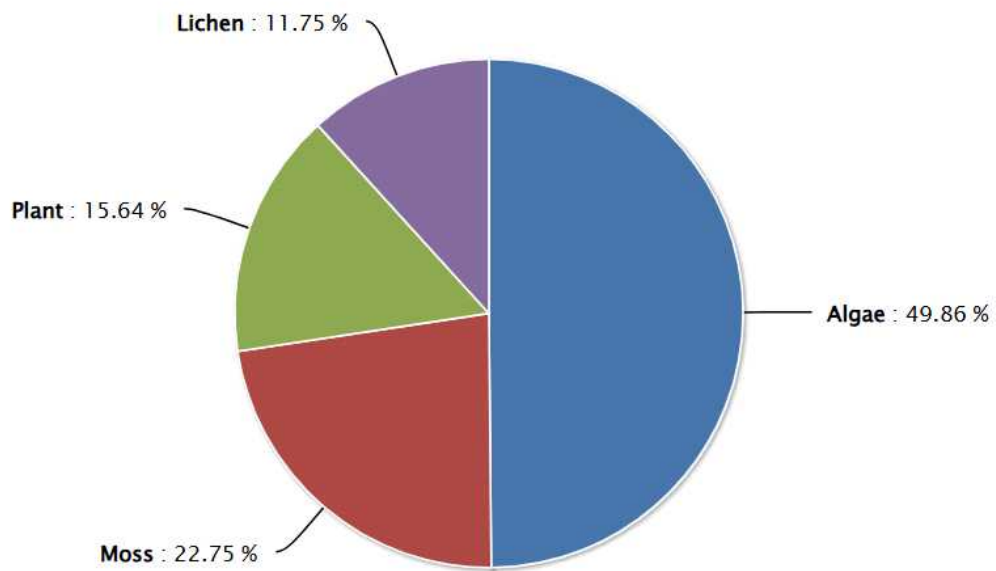


그림 III-16. KVH가 보유하고 있는 표본의 분류학적 통계. 해조류, 이끼류, 관속식물, 지의류 등으로 구분된다.



Location of data rate in KVH, 2025

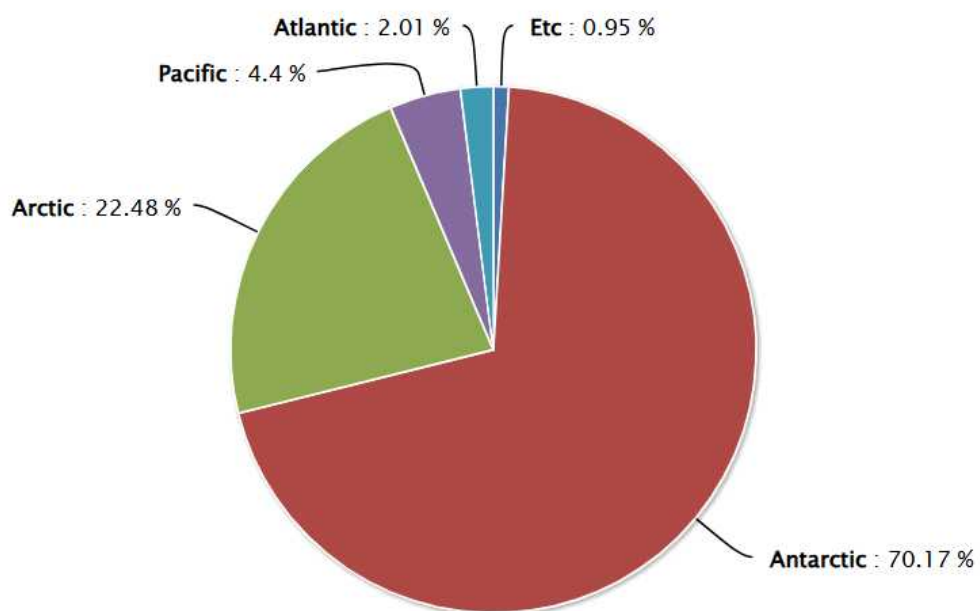


그림 III-17. KVH가 보유하고 있는 표본의 채집지 별 통계. 대부분 남극과 북극에서 유래한 표본이다.

Herbarium

- Herbarium List
- Herbarium Chart
- Taxon Chart
- Year Chart
- Location Chart
- Loan

Herbarium View

1. Taxonomic Information

Common Taxon	LI
Scientific Name	Cladonia sp.
Korean Name	사슴지의 속
Kingdom	Fungi
Division/Phylum	Ascomycota
Class	Lecanoromycetes
Order	Lecanorales
Family	Cladoniaceae
Genus	Cladonia

2. Collection information

Collector	Woong Ghi Shin
Coll. Date	2018.01.04 ~ 2018.02.23
Coll. No.	2018KGIC-025

3. Determination Information

Det. by	Jae Eun SO
---------	------------

4. Locality Information

Location	[Antarctic] Barton Peninsula
Specific Locality	King George Island
Habitat Information	
Latitude	[S]°"
Longitude	[W]°"
Altitude / Depth	[+]/m / m

5. Specimen information



Herbarium Specimen Name
Herbarium Specimen Note

그림 III-18. KVH에서 보유한 지의류 표본 데이터 사례. 분류학적인 정보와 함께 서식지에서 촬영한 사진을 제공한다.

1. Taxonomic information

Common Taxon	PL
Scientific Name	<i>Dryas octopetala</i>
Korean Name	달자리꽃나무
Kingdom	Plantae
Division/Phylum	
Class	
Order	Rosales
Family	Rosaceae
Genus	<i>Dryas</i>

2. Collection information

Collector	Chaewon Jung
Coll. Date	2024-07-26 ~ 2024-07-26
Coll. No.	

3. Determination information

Det. by	Moonyoung Kim
---------	---------------

4. Locality information

Location	[Arctic] Svalbard, Norway
Specific Locality	Blomsterdalen
Habitat Information	
Latitude	[N]78°10'16.0"
Longitude	[E]15°59'29.6"
Altitude / Depth	m / m



5. Specimen information



그림 III-19. KVH에서 보유한 관속식물 표본 데이터 사례. 분류학적인 정보와 함께 표본 사진을 제공한다.

사. 극지 미생물 시료

극지연구소와 국내 연구자들이 남북극에서 수집한 미생물 시료는 PAMC(Polar and Alpine Microbial Collection)에 보관되어 있다. PAMC는 극지연구소가 2012년에 설립한 극지 및 고산지대 특화 미생물 자원은행으로, 북극과 남극, 그리고 고산지대에서 확보한 약 9,500주의 세균을 보유하고 있다. PAMC가 보유한 세균은 저온, 저영양, 강한 자외선과 같은 극한 환경에 적응하여 살아가는 특징을 지닌다. 저온성 세균과 저온 활성 단백질 분해효소등을 포함한 유용 단백질 활성 보유 세균이 포함되어 있어 다양한 분야의 생명공학적인 이용 가능한 자원으로 활용될 수 있다.

PAMC는 극지 및 고산지대에 직접 접근하기 어려운 연구자들에게 귀중한 자원을 제공을 위한 목표로 구축되었다. PAMC는 보유한 세균 자원을 분류학적 정보, 지리적 기원, 서식지, 생리학적 특성과 같은 다양한 기준에 따라 검색이 가능하도록 설계되었다. 이러한 미생물 자원은 극한 생명과학 연구를 지원할 뿐만 아니라 저온성 효소, 극저온 발효 기술, 극한 대사산물 탐색 등 다양한 산업적 활용 가능성을 지니며, 향후 바이오테크놀로지와 우주생명과학 발전에도 크게 기여할 수 있다. 하지만, PAMC는 2017년 예산 부족으로 자원 관리 및 분양 업무를 중단한 상태로 (그림 III-20), 이를 기반으로 한 분양 업무 재개를 위해서는 자원관리 및 분양에 대한 지침 구축 및 균주관리 데이터베이스 신규 구축 등이 필요하다.



그림 III-20. 시료 분양 기능은 수행하지 않는다고 공지하고 있는 PAMC 웹사이트 초기화면

3.2 극지 시료 관리 방안

극지 연구 과정에 수집하여 보관 중인 시료는 크게 빙하, 운석, 암석, 화석과 같은 지구과학분야의 시료와 식물 및 해조류 표본, 박테리아와 고균 등의 배양 미생물 시료와 같은 생물 시료 총 6가지로 구분된다(표 III-7). 해양생물도 동식물 플랑크톤과 해양동물 표본과 배양중인 미세조류가 있으나 별도의 과제에서 시료 관리 방안을 수립하고 있어 본 과제에서는 다루지 않았다.

각 시료 담당자들과 논의하여 실용화로 이동을 원하는 시료를 파악하였다. 이중 운석 시료와 생물 시료는 R1동에 시료 보관 시설을 이미 구축하였고 연구의 편의성을 위하여 실용화센터로 이전하는 것을 원하지 않았다. 암석 시료의 경우 기지지원동에 보관 중이며, 시료 보관 랙과 시료의 무게를 고려하여 실용화센터로 이전하는 것을 원하지 않았다.

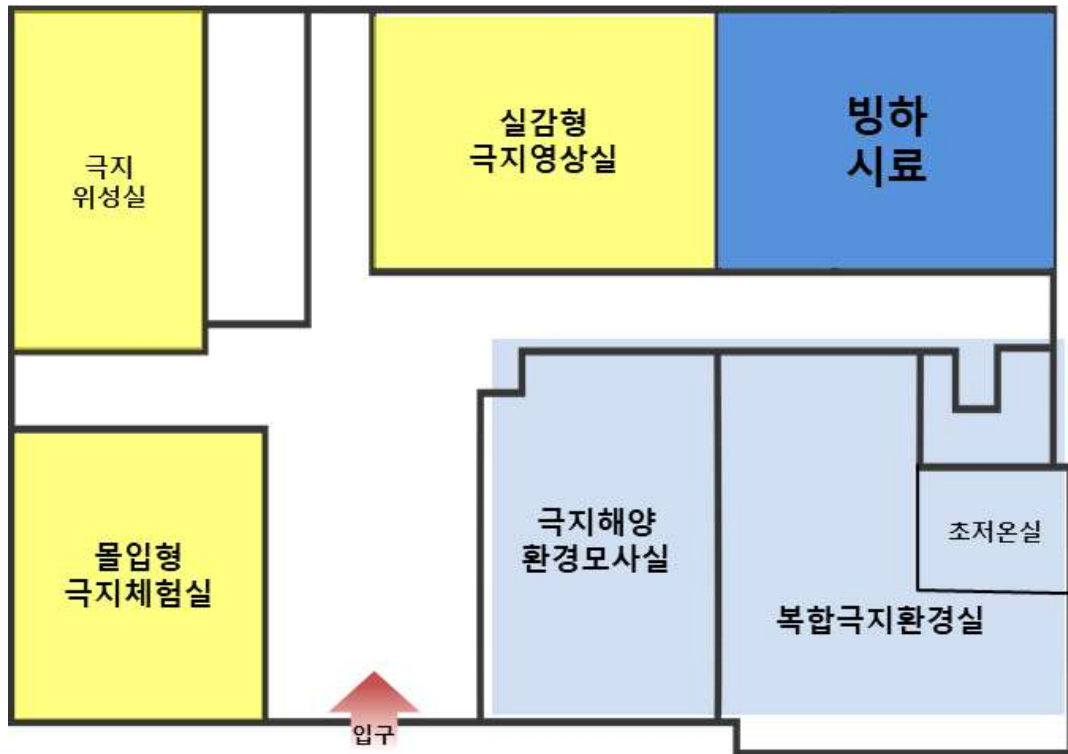
빙하 시료도 현재 기지지원동에 보관중인데 이미 포화상태이며 보관 시설에 문제가 생기면 빙하가 녹아 시료가 소실되는 문제가 발생할 수 있어 안정적으로 유지관리가 잘 되는 신규 시설로 이전을 희망하였다. 화석 시료의 경우 현재 별도의 보관실이 미비한 상태라 실용화센터에 화석 시료 보관실 신설을 희망하였다. 해양생물 시료도 실용화센터 보관을 희망하였다.

실용화센터에서 극지 시료를 보관할 수 있는 장소로 빙하 시료의 경우 시료가 무겁고 냉동차량에서 신속하게 보관실로 이송해야 하므로 1층에 보관하는 것이 바람직하고, 해양생물이나 화석 시료는 2층에서 창문의 개수가 적고 크기가 작은 실험실 공간이 적절한 것으로 판단된다(그림 III-21).

극지 시료를 공용으로 활용하도록 제공하는 경우, 시료 유지보관을 위한 전기요금을 지원하고 시료를 관리하는 전담인력을 배치하는 등의 인센티브 제공을 통해 시료 제공 연구자들의 호응을 이끌어낼 필요가 있다.

표 III-7. 극지연구소에서 보관중인 시료의 종류와 특징

시료 유형	주요 과학적 가치	시료의 고유 특성	관리 상의 요구 조건	활용 분야	보관 위치
빙하 시료	과거 기후·환경 변화 기록 복원	수십만 년 규모의 연속적 환경 정보 보존	초저온 장기 보관, 절단·전처리 전용 공간 필요	기후변화 연구, 지구환경 모델링, 교육·전시	실용화센터 보관 희망
운석 시료	태양계 형성과 행성 진화 규명	외계 기원 물질, 희귀 동위원소 및 유기물 포함	오염 방지 밀봉 보관, 분류·큐레이션 체계 필요	우주과학 연구, 행성과학 교육, 국제 공동연구	R1동
암석 시료	극지 지질사 및 지각 진화 해석	다양한 암상·지질 연대 정보 보유	상온 보관, 위치·성층 정보 메타데이터 관리	지질학 연구, 자원 탐사 기초자료, 교육	기지지원동
화석 시료	고생물 진화 및 초기 생명사 규명	재발견 불가능한 비가역적 기록	물리적 손상 방지 수장, 체계적 카탈로그 관리	고생물학 연구, 진화 교육, 박물관 전시	실용화센터 보관 희망
식물 및 해조류 표본	극지 생물다양성 및 분포 특성 분석	건조 표본 및 디지털 이미지 병행 관리	건조·방습 보관, 표본·유전정보 연계 관리	생태·분류 연구, 생물자원 활용, 교육	R1동
미생물 시료	극한 환경 적응 메커니즘 규명	저온·저염양 적응 균주 및 효소 보유	저온 배양·동결 보존, 균주 이력 관리 필요	생명과학 연구, 바이오산업, 우주생명과학	R1동



1층



2층

그림 III-21. 실용화센터 내 극지 시료 보관 위치

4. 창업 지원 계획 수립

4.1 창업 지원 규정 개선

가. 배경

극지환경재현실용화센터는 실용화 촉진을 위한 창업 지원 운영전략 수립, 입주 기관 유치 및 운영규정 수립 등의 업무를 수행하고 있다. 최근 들어 과학연구 결과의 실용화와 사업화가 국가 혁신을 견인하는 핵심 동인으로 자리잡고 있다. 특히 공공연구기관에서 개발된 독자적 기술과 연구 성과는, 이전과 달리 단순한 연구 결과에 머무르지 않고, 창업 또는 사업화 과정을 통해 새로운 부가가치와 고도화된 산업생태계를 창출하는 데 기여하고 있다. 이러한 흐름은 '연구성과의 빠른 사회 확산'과 '기술기반 창업 지원' 등으로 정책적 확대가 이루어지고 있으며, 국제적 경쟁력 향상을 위한 시급한 과제로 부상되고 있다.

실제로 해외 주요 정책 동향을 살펴보면, 독일 AWI(Alfred Wegener Institute)의 기술이전 사무소, 영국 BAS(British Antarctic Survey)의 혁신센터와 같은 연구기관들은 스피노프 창업, 산업체 기술전환, 산학연 공동 R&D를 적극 지원하여 국가 연구역량을 곧바로 산업현장으로 연결시키는 모델을 구축하고 있다. 이러한 사례는 단순히 창업 인큐베이팅에 그치는 것이 아니라, 공공연구와 민간 산업 간의 가교로서, 연구성과의 상용화 전 과정을 체계적으로 지원하고 산학연 협력을 강화하는 혁신적 정책 모델을 제시한다.

국내의 경우에도 국가 R&D의 실효성 제고와 미래지향적 산업육성을 위해, 공공연구시설 기반의 기술사업화 및 창업지원 제도가 점차 강화되고 있다. NST(국가과학기술연구회)의 출연(연) 창업 플랫폼 구축을 통한 완결형 R&D 정책과, 2025년도 공공연구성과 확산 및 실용화 사업 등이 그 대표적 사례이다. 또한 대학연구소-스타트업 공동혁신 R&D 지원사업을 통해 75억원 규모로 5개 과제를 지원하는 등 공공연구기관을 개방형 혁신 거점으로 활용하는 정책이 본격 추진되고 있다. 극지환경재현실용화센터 역시 그와 같은 시대적 요구에 부응하여, '연구의 실용화', '기술창업 생태계 조성', '산학연 공동 활용체제 구축'을 핵심 목표로 삼아, 과학기술 혁신과 산업적 가치 창출이 연계되는 전주기 지원 기반을 마련하고 있다.

창업지원과 관련된 상위법 또한 최근에 개정되었는데, 「기술이전법 제25조의4(공공연구기관 소속 연구자등의 휴직·겸임·겸직 허용 등)」 [시행 2025. 1. 21.] 해당 법령을 통해서 공공연구기관 소속 연구자들이 창업 시 7년 이내 휴직 및 겸직을 허용함으로써, 공공연구자창업 활성화 촉진을 위하여 현행 제도의 운영상 나타난 일부 미비점을 개선·보완했다. 또한, 「벤처기업법 제16조의2(교육공무원등의 겸임이나 겸직에 관한 특례)」 [시행 2024. 9. 20]에서는 정부출연연구기관 연구원의 벤처기업 임직원 겸임 또는 겸직을 6년에서 7년으로 확대했다. 이러한 법률 개정의 취지는 그동안 기술이전법에 창업 관련 명문 규정이 없어 연구자가 퇴사 후 창업해야 했던 제도적 제약을 해소하고, 공공연구기관의 연구자 창업을 활성화하겠다는 것으로, 연구자 창업 및 연구소 기업의 5년 차 생존율이 75%로 일반 기업(28.5%)의 2.6배 수준에 달한다는 실증적 근거에 기반한 것이다.

이러한 맥락에서 극지환경재현실용화센터는 극지과학의 특수성과 희소성을 활용한 차별화된 창업생태계 구축을 통해, 연구성과가 실질적 경제가치로 전환되는 선순환 체계를 완성하고, 궁극적으로는 과학기술 기반 국가혁신시스템의 핵심 거점으로서 기능하게 될 것이다.

나. 목적

극지환경재현실용화센터는 과학기술의 연구개발 단계에서 창출된 혁신적 성과가 실질적인 산업 및 사회적 가치 창출로 이어질 수 있도록 ‘연구-실용화-사업화’의 선순환 체계를 구축해야 한다. 특히, 혁신 아이디어가 구체적인 창업 모델로 구현되고, 관련 규정과 운영 시스템이 시대적 요구에 부응하여 지속적으로 개선될 수 있도록 시스템을 설계해야 한다.

이러한 목적은 실효성 높은 창업지원 제도를 명확히 정립하고, 현행 창업지원 규정 및 관리체계를 현실에 맞게 개선함으로써, 과학기술 기반 창업 생태계를 안정적으로 육성하고, 연구·실용화·사업화의 전주기 지원을 실현하는 데 있다. 이는 연구의 결과가 실질적으로 경제적 가치 및 사회적 파급효과로 이어질 수 있게 하는, 국가 과학기술 정책의 중요한 실천적 토대라 할 수 있다.

다. 현황 분석

현재 극지연구소 소속 연구원이 창업을 시도할 수 있는 경로는 연구소기업 설립과 창업기업 설립, 두 가지로 요약된다. 첫째, **연구소기업 설립**은 KOPRI 연구소기업 설립 및 지원 요령에 따른 절차적 요건을 충족해야 가능하다. 구체적으로, **극지연구소가 보유한 기술과 현물·현금 출자를 통해 연구개발특구 내 기업을 설립해야** 한다. 그리고 자본금의 일정 비율 이상 극지연구소의 지분이 확보되어야 하며, 이를 통해 연구소기업 임직원으로 겸직이 허용된다. 이로써 연구원들은 기존 연구 활동을 지속하면서 기업 운영을 병행할 수 있으나, 초기 출자 부담과 특구법상 지분 요건 충족이 적지 않은 초기자본을 요구한다는 점에서 소규모 연구팀이나 아이디어 단계에서 바로 진입하기 어려운 구조적 한계를 지닌다.

둘째, **창업기업 설립**은 KIOST 창업지원규정에 따라 진행되며, 최소 5년 이상 연구소에 재직한 직원 중 창업 관련 기술 또는 아이디어 개발에 직접 참여한 자가 신청 자격을 부여받는다. 더욱이 창업 후에는 **연구소와의 겸직이 불가능하므로, 연구원은 연구소와 창업기업 중 하나를 선택해야 한다.** 이 요건은 경력 연구자가 조직에 남아 연구를 지속하면서 동시에 창업을 추진하려는 경우 선택의 딜레마를 초래한다.

현재 극지연구소에는 1호 연구소기업인 (주)크라이오텍이 설립되어 성공적 운영 사례를 만들어가고 있으며, 실용화센터에는 BIO FD&C와 사단법인 대한극지의학회가 입주하여 연구 성과의 사업화 단계에 진입해 있다. 또한, 바이오 실용화 기획연구에 관심을 보이는 대표발명자 연구원 12명이 생명공학연구본부에 포진해 기술 역량을 보유하고 있으나, 이들 중 연구소기업 설립이나 창업기업 설립 절차를 실제로 이행한 인력은 한명도 없다. 이처럼 **잠재력이 높은 연구 인력과 기술 자산이 존재함에도 불구하고, 제도적 진입 장벽이 높아 실질적 창업 활동으로 이어지지 못하는 병목 현상이 발생하고 있다.**

라. 문제점 도출

첫째, 현행 지원체계는 상위법이 보장하는 연구자의 창업 권리를 충분히 활성화하지 못하고 있다. 연구소기업 설립 요건은 기술 보유와 현물·현금 출자를 포함한 복잡한 자본 요건, 특구 내 지분 확보 의무로 인해 초기 진입 장벽이 과도하게 높다. 반면 창업기업 설립 경로는 5년 재직·기술 참여 요건과 겸직 금지 조항이 병존하여 연구원들이 창업을 자유롭게 추진하지 못하는 제

약으로 작용한다. 이로 인해 연구성과의 시장 전이 속도가 늦어지고, 창업 의지를 가진 연구원들이 실제로 창업 단계로 발을 내디디기 어려운 구조적 문제를 안고 있다.

둘째, 특허 출원 기반이 아닌 기술과 노하우를 보유한 연구원은 현재 제도 하에서 사실상 창업 기회조차 가질 수 없다. 특허를 신청하기 어려운 극지 현장 대응 장비 설계, 시료 분석 프로토콜, 데이터 처리 기술 및 플랫폼 등 수많은 실질 기술이 있음에도 이들은 연구소기업 설립 요건을 충족하지 못해 대체 경로가 전무하다. 그 결과, 연구소를 떠나 퇴직 후 일반 창업 경로로만 진입해야 하며, 이 과정에서 연구원은 경력 단절 및 안정성 상실이라는 중대한 리스크를 감수해야 한다.

종합하면, 국내 극지연구소 연구원의 창업 지원체계는 법령 개정에도 불구하고 복잡한 절차와 높은 자본 요건, 경력 및 기술 참여 요건, 겸직 금지 조항 등으로 인해 실효적 창업 지원이라 보기 어려운 상황이다. 이로 인해 연구 성과의 신속한 시장 전이와 혁신 창업 생태계 조성이라는 정책적 목표에 현저히 미치지 못하고 있으며, **제도 개선과 지원 확대를 통해 연구원들의 창업 장벽을 근본적으로 해소해야 할 필요가 있다.**

마. 해결 방안

첫째, 극지연구소는 2023년 「연구소기업 설립 및 지원요령」 제정 사례처럼, **겸직 허용 조항을 추가한 창업지원요령을 신설해 연구원이 창업 후에도 연구소에 겸직할 수 있도록 해야 한다.** 상위법인 「기술이전법 제25조의4」와 「벤처기업법 제16조의2」가 연구자의 휴직·겸직을 최대 7년까지 허용하는 취지를 반영한다. 이를 통해 연구원들은 연구성과를 기반으로 한 사업화 전 과정을 포기하지 않고 진행할 수 있으며, 창업 초기 단계에서 발생하는 인력 공백과 운영 차질 문제를 해소할 수 있다.

둘째, 산학연 민관 전문가 네트워크를 체계적으로 구축해 멘토링과 기술 협력을 활성화한다. 국내외 극지 분야 전문 연구기관, 벤처캐피탈, 법률·회계·마케팅 전문가 등 전문가 풀을 조성하고 분기별 매칭 행사 및 전담 멘토링 프로그램을 운영한다. 멘토링 과정에서 시제품 성능 검증, 시장 조사, 투자 유치 전략 수립 등이 이루어지도록 지원하며, 연구원 창업팀이 실제 사업화 시장에 빠르게 진입할 수 있는 역량을 강화한다.

셋째, 창업지원 원스톱 서비스를 제공해야 한다. 기술이전·사업화 전담 매니저, 특허·인허가 컨설턴트, 투자유치 담당자, 마케팅·판로 개척 지원 인력 등 운영해, 연구원이 창업 준비부터 법인 설립, 자금 조달, 시제품 제작, 시판까지 모든 절차를 내부 지원으로 해결할 수 있도록 한다.

이와 같은 방안을 종합하여 2030년까지 극지연구소의 창업지원 로드맵을 작성하였다(표 III-8).

바. 결론 및 제언

극지연구소는 법·제도 개정과 내부 규정 정비를 통해 창업지원 제도를 고도화하고, 연구 성과의 실질적 사업화 연계 정책을 지속적으로 추진해야 한다. 이를 위해 **겸직 허용 조항을 포함한 창업지원요령을 신설하고, 단계별 사업화 가이드라인과 전문가 네트워크를 구축함으로써 연구원 창업의 문턱을 획기적으로 낮추어야 한다.** 종합적으로, 극지연구소는 중장기 창업지원 로드맵을 수립하고 단계별 추진 과제를 명확히 설정함으로써, 극지과학 분야의 혁신 창업 생태계를 선도해

야 한다. 향후 이 로드맵에 따라 제도 개선, 지원 인프라 확충, 산학연 협력 체계 정비를 체계적으로 실행하면, 극지연구소는 국가 경쟁력 강화를 견인하는 핵심 혁신 거점으로 도약할 수 있을 것이다.

<표 III-8> 2030년까지 극지연구소의 창업지원 로드맵

구분	2026	2027	2028	2029	2030 이후
제도 개선	상위법령 적합성 검토	창업지원요령 초안 수립	제도 운영 모니터링 및 피드백 반영 개선	제도 안정화 및 정착	지속적 모니터링
전문가 네트워크 구축	산학연 전문가 풀 구성	멘토링 프로그램 런칭	투자 네트워크 확장	글로벌 협력 네트워크 구축	국제적 전문가 네트워크 완성 글로벌 리더십 확보
창업지원 프로그램 확충	원스톱 서비스체계 구축	IP관리 시스템 구축	사업화 지원 프로그램 확대	사업화 플랫폼 완성	차세대 기술 발굴 지원
창업 생태계 구성	창업경진대회 개최	창업기업 1개 이상 발굴 목표	바이오클러스터 연계 강화	자립형 창업 생태계 구축	극지과학창업허브 완성
성과관리 및 확산	성과지표 설정	우수사례 발굴 및 성과확산 전략수립	중간평가 및 로드맵 보완	종합평가 및 발전방안 마련	차기 로드맵 수립

4.2 창업 지원 방안

실용화센터를 연구 - 실증 - 사업화 - 창업을 연결하는 거점으로 구축하여 기업 유치와 연구소 기반 창업을 활성화하기 위하여 극지 장비, 소재, 생물자원, 환경 기술 등으로 접근할 수 있다. 시험·실증 기능을 갖춘 실용화센터는 현장 적용 이전 단계에서 기술의 신뢰성을 확보할 수 있는 실증 거점으로서 기업과 연구자에게 실질적인 활용 가치를 제공한다. 아울러 극지 유래 생물이나 소재 시료와 장기간 축적된 기후환경 데이터는 신소재 개발, 바이오 기술, 데이터 기반 산업으로 확장 가능한 핵심 자산으로 활용될 수 있다.

실용화센터를 활용한 기업 유치는 기업의 성장 단계와 기술 특성에 따라 차별화된 전략으로 추진한다. 스타트업의 경우 극지 바이오, 극한환경 장비, 환경·기후 데이터 기반 기업을 중심으로 실증 인프라 제공과 연구자 협업을 통한 공동개발 모델을 적용한다.

중소기업을 대상으로는 에너지, 방산, 해양, 건설, 소재 분야 기업을 중심으로 실증 테스트베드 제공과 공동 연구개발을 통해 기술 검증과 사업 확장을 지원한다.

기술기반 기업의 경우 실증 단계를 필요로 하는 Scale-up 단계 기업을 유치하여 실용화센터를 시장 진입을 위한 실증 거점으로 활용하도록 유도한다.

연구소 기반 창업은 연구성과의 사업화 가능성을 체계적으로 전환하기 위한 단계별 구조로 추진한다. 창업 전 단계에서는 연구 성과, 시료, 데이터를 기반으로 창업 후보 기술을 발굴하고 사업화 가능성을 검토한다. 초기 창업 단계에서는 실용화센터 인프라를 활용한 기술 실증을 지원하고, 기술이전, 지분 구조 설계, 법인 설립 등 창업 전반에 대한 지원을 제공한다. 성장 단계에서는 민간 투자 연계와 공공 실증 과제 참여를 통해 창업 기업의 시장 진입과 사업 확장을 지원하며, 장기적으로는 실용화센터와의 협력 기업으로 정착하도록 유도한다.

단기적으로는 실증 기반 기업 유치와 연구소 기반 창업 파이프라인 구축을 통해 초기 성과를 창출한다. 중기적으로는 창업 기업과 협력 기업의 기술 이전, 공동 연구, 시장 진입 성과를 가시화한다. 장기적으로는 실용화센터를 중심으로 극지·극한환경 기술 산업 클러스터를 형성하고, 글로벌 수준의 극지 기술 허브로 성장하는 것을 목표로 한다.

무엇보다 국가 R&D 성과의 확산과 기술사업화 촉진을 강조하는 정부 정책 방향과 긴밀히 연계한다. 또한 지역 혁신 및 산업 생태계 조성 정책과 연계하여 실용화센터를 중심으로 한 지속 가능한 산업 기반 구축에 기여한다.

이와 같은 노력으로 극지연구 성과의 기술이전과 공동 연구개발 과제 수 확대와 함께 민간 투자 유치 성과가 창출될 것으로 예상된다. 아울러 극지 연구성과의 산업적 활용도와 공공 연구 성과 환류 체계의 완성도가 제고될 것으로 기대된다.

5. 극지환경 체험시설 구축 계획 수립

5.1 몰입형 극지교육·전시 시설 구축 및 운영 계획 수립

가. 국외 유사 시설

1) 노르웨이 트롬쇠 폴라리아(Polaria) - 노르웨이 트롬쇠

- 노르웨이 트롬쇠의 폴라리아(Polaria)는 북극 환경과 생태계를 체험할 수 있는 독특한 북극 체험센터이자 아쿠아리움임. 1998년에 개관하였으며, 트롬쇠 시내 중심에서 도보로 약 5분 거리에 위치해 있어 방문객들에게 편리한 접근성을 제공함.
- 폴라리아의 건물은 북극 바다에서 밀려온 얼음덩어리가 육지에 밀려 올라온 모습을 형상화한 독특한 디자인이 특징임. 이러한 형태는 주변의 자연 환경과 조화를 이루며, 건축 자체가 전시의 일부로서 관람객의 관심을 끌.
- 주요 전시 및 체험
 - 물개 관람: 폴라리아의 중심에는 물개들이 서식하는 수조가 있으며, 관람객들은 수중 터널을 통해 물개들의 자연스러운 행동을 가까이에서 관찰할 수 있음.
 - 아쿠아리움: 바렌츠해에서 서식하는 다양한 해양 생물들을 전시하고 있으며, 어린이들도 쉽게 접근할 수 있는 전시가 마련되어 있음.
 - 파노라마 시어터: 특별 제작된 파노라마 영화관에서는 'Svalbard Arctic Wilderness', 'Behind the Scenes', 'Northern Lights' 등의 영화를 상영하여 북극의 자연과 생태계를 생동감 있게 전달함.
 - 인터랙티브 전시: 기후 변화와 환경 문제에 대한 인식을 높이기 위해 과학자들과 협력하여 제작한 최신 전시들이 마련되어 있음.
- 운영 시간 및 요금
 - 운영 시간: 매일 10:00 - 17:00 (5월 17일 휴무, 12월 24일 10:00 - 14:00)
 - 입장 요금: 성인: 295 NOK / 어린이 (3 - 15세): 150 NOK / 학생 : 240 NOK

2) 미국 스미소니언 내셔널 뮤지엄 오브 내추럴 히스토리 극지 전시관 - 워싱턴 D.C.

- 스미소니언 국립자연사박물관(Smithsonian National Museum of Natural History)은 미국 워싱턴 D.C.에 위치한 세계적인 자연사 박물관으로, 극지 지역에 대한 다양한 전시를 통해 북극과 남극의 생태계, 문화, 환경 변화 등을 소개하고 있음.
- 극지 전시관
 - Narwhal: Revealing an Arctic Legend
 - 북극의 신비로운 동물인 일각고래(Narwhal)를 중심으로, 그들의 생태, Inuit 문화와의 연관성, 그리고 기후 변화가 미치는 영향을 탐구함. 아울러, Inuit의 관점과 최신 과학적 지식을 결합하여, 일각고래와 관련 생태계의 중요성 설명.
 - Polar Eskimo: The Northernmost People of the World
 - 1957년에 개관된 이 전시는 북극 지역의 Inuit 사람들의 생활상을 재현한 전시로, 썰매와

썰매개, 사냥한 물개 등을 포함한 인물 모형이 특징

- Arctic: A Friend Acting Strangely

- 북극 지역에서 관찰된 환경 변화와 그로 인한 영향을 과학자들과 북극 주민들의 관점에서 소개

- Wondrous Cold: An Antarctic Journey

- 남극 대륙의 풍경을 담은 50점의 흑백 및 컬러 사진을 통해, 남극의 아름다움과 그곳의 생태계를 소개

- Poles Apart

- 이 전시는 북극과 남극의 생태계 차이와 그곳에서의 생명체들의 적응 방식을 비교하여 설명

○ 운영 시간 및 요금

- 운영 시간: 매일 10:00 AM - 5:30 PM (연휴 및 특별 일정에 따라 변동 가능)
- 입장료: 무료

3) 일본 국립극지연구소 극지과학박물관 (National Institute of Polar Research Antarctic and Arctic Science Museum)

- 2010년 7월 개관하였으며 NIPR 부속 시설이므로 실제 극지물품이 전시되어 있음.
- 1968년에 남극까지 왕복 5,200km를 주행한 설상차와 외계 물질(운석), 극지 암석 등을 편광 현미경으로 관찰할 수 있음.
- 전시관 내에 TACHIHI 오로라 극장이 있으며, 직경 4m의 전천후 돔 형태의 오로라 극장이 있음. 연구원이 실제로 연구를 위해 촬영한 오로라 영상이며, 오로라 현상의 원리를 설명함. 아울러, 쇼와 기지(일본의 남극 연구 기지)의 실시간 모습을 관찰할 수 있음.
- 1년에 3일간 일본 극지연구소 Open House Day 개최. 극지연구소를 시민에게 개방해 극지 과학에 대해 설명하고 각종 흥미로운 극지과학 이벤트를 개최함.
- 운영 시간 및 요금
 - 운영 시간: 매일 10:00 AM - 5:00 PM (연휴 및 특별 일정에 따라 변동 가능)
 - 입장료: 무료

4) 핀란드 라플란드 Arktikum Science Center and Museum - 핀란드 로바니에미

- 아르кти쿰의 특징은 172미터 길이의 유리로 된 복도이며, 이 복도는 '북극의 문'으로 불리며, 남쪽 입구에서 북쪽으로 향하는 구조로 설계되었음. 로바니에미 시내 중심가와 오우나스요키 강가에 위치해 있어, 도시의 아름다운 풍경과 함께 즐길 수 있음.
- 구성
 - Lapland Regional Museum (라플란드 지역박물관) - 라플란드의 역사·문화 전시

- Arctic Centre, University of Lapland (라플란드 대학교 북극센터) - 북극 연구·과학 전시

○ Arctic Center Exhibitions

- 자연환경: 북극 기후, 빙하 형성과 변화, 오로라 현상, 북극 생태계
- 기후변화 체험: 가상 환경 체험(VR·멀티미디어)으로 빙하 녹는 과정, 북극 야생동물 서식 변화 소개
- 과학 연구: 현재 진행 중인 북극권 연구 프로젝트, 위성 데이터 활용 북극광, 야생동물, 토착민 문화 체험 가능.

○ 운영 시간 및 요금

- 운영 시간: 매일 10:00 AM - 6:00 PM (연휴 및 특별 일정에 따라 변동 가능)
- 입장료: 어른: €20 / 학생 및 청소년: €15 / 어린이 (3 - 12세): €5

5) 영국 케임브리지 스콧 폴라 연구소(Scott Polar Research Institute) - 영국 케임브리지

- 캠브리지 대학교 Scott Polar Research Institute (SPRI) 내에 위치한 Polar Museum (극지전시관)는 남극과 북극 탐험, 연구, 문화의 역사와 현재적 의미를 폭넓게 조망하는 전시로 꾸며져 있음. 2024년 37,000명이 방문함.

○ 전시 콘텐츠 및 컬렉션

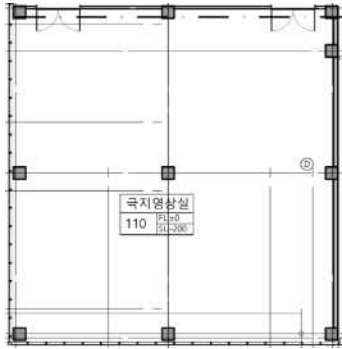
- 영구 전시는 탐험 시대의 유물, 예술 작품, 역사적 문서, 사진 등이 중심임.
 - 테라노바 원정에서 사용한 로버트 팔콘 스콧의 접이식 카메라, 로렌스 오이츠의 순록가죽 침낭, 그리고 셰클턴의 Endurance 원정 중 사용된 섹스턴(항해 측정기) 등 탐험 역사적 유물들이 전시되어 있음. 또한 영국 극지 탐험 ‘Heroic Age’의 핵심 인물들의 편지, 일기, 사진 등도 포함되어 있음.
 - 예술가 및 사진작가들의 극지 작품 컬렉션도 있으며, 에드워드 월슨의 남극에서 제작된 수채화 수백 점은 전시관의 하이라이트임.
- 특별 및 임시 전시
 - ‘Painting the Poles’ : 탐험 지역에서 영감을 받은 8인의 Artist in Residence 예술가들의 작품 전시
 - ‘Hidden Histories’: 여성 인물, 이누이트 미술의 기원 등, 숨겨진 역사들을 다룬 라벨 전시
 - 과거 전시로는 ‘Arctic Cultures: Collections and Imaginations’, ‘Ice From Above’, ‘Remembering Shackleton’ 등이 있었으며, 과거 전시도 기획 다양성을 보여줍니다
- 온라인 전시 및 디지털 리소스
 - Shackleton Online: 셰클턴 탐험 관련 사진, 문서, 오디오 설명, 필름, 학습 자료가 포함된 디지털 아카이브

- 온라인 전시: Polar Museum 소장품과 SPRI 100년 역사를 다룬 온라인 전시도 제공
- 외부 예술품 및 상징
 - 박물관 외부에는 Kathleen Scott 제작의 청동 조각상 “These had most to give”가 설치되어 있으며, Robert Falcon Scott 및 탐험대원들을 기리는 의미로 1934년 건립 당시부터 전시되어 왔음.
- 운영 시간 및 요금
 - 운영 시간: 매주 화-토요일, 오전 10시- 오후 4시
 - 입장료: 무료



나. 몰입형 극지과학 체험시설

극지환경재현실용화센터 1층에 위치한 265m²의 공간(구 극지영상실)을 청소년을 위한 몰입형 극지과학 체험시설을 설치하고자 한다. 기존의 건물 구조를 활용하는 몰입형 전시공간으로 기획하여 교육의 효과를 살릴 뿐 아니라, 직접적인 소재와 체험을 통한 재미요소를 더하여 학생들의 극지연구에 대한 관심과 인식 제고 효과를 극대화하고자 한다.



몰입형 극지체험관 설치 공간 구조



몰입형 극지체험관 설치(안)

○ 주요 내용

- 체험 주제 : 우주의 역사 / 지구의 역사 / 기후변화 / 실용화

우주의 역사	- 우주와 지구의 탄생 - 태양계 연구에서 가장 귀한 운석, 운석의 종류와 가치, 운석 연구 방법 - 극지를 통해 우주를 연구하다, 우주과학자가 남극에 가는 이유
지구의 역사	- 빙하, 백만년 전의 공기를 담고 있는 지구 역사의 타임캡슐 - 과거 극지는 오늘과 어떻게 달랐을까? - 생명의 기원은 밝히는 블랙박스, ‘극지’에 있다 - 화석, 니가 왜 북극에서 나와?
기후변화	- 기후변화 연구에 꼭 필요한 극지 - 극지에서 펼쳐는 다양한 기후변화 연구 - 지구온난화의 시한폭탄 비밀의 열쇠 - 남극의 빙하가 모두 녹으면 벌어지는 일
실용화	- 무궁무진한 남극 미생물의 잠재력 - 남극 식물을 만나 7배 강해진 버 - 극지 유용 자원으로 만드는 상용화 제품 - 극지에서 활용되는 첨단과학기술

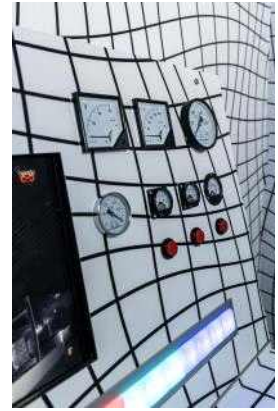
1) 극지 테마 방탈출 체험실(Polar Quest Escape)

- 목적: 극지(북극·남극)를 테마로 한 몰입형 스토리텔링과 퍼즐을 결합한 방탈출 체험시설
- 대상: 2인~6인 팀 중심의 청소년, 일반인
- 콘셉트 및 스토리라인
 - 콘셉트: 극지 과학 기지(기상 관측소/연구기지)의 미스터리를 풀며 탈출하는 몰입형 체험
 - 체험 환경(안): 차가운 금속·유선형 설비, 눈·얼음 텍스처, 블루·시안 계열 조명, 잔잔한 바람·얼음 소리 효과
 - 스토리(안): "남극 연구기지에서 연구원이 실종되고, 기지의 비밀을 풀어야 구조 신호를 보내고 탈출할 수 있다." (난이도·분량에 따라 변형 가능)
- 공간 구성 및 평면 제안
 - 권장 총면적: 80~150m²
 - 제안 구성 (약 150m² 기준)
 - 리셉션/대기 공간(20m²): 접수대, 락커, 소품 전시, 월업 포토존
 - 4개의 테마룸(120m²): 우주의 역사/지구의 역사/기후변화/실용화
 - 운영·관리실(6~8m²): 모니터링, 마감·리셋용 소품 보관
 - 화장실/소방·비상 통로 포함(기존 시설 이용)
 - 동선: 리셉션 → 대기 → 입장 전 안전·규칙 안내 → 체험룸 입장 → 퇴장(포토존)
- 필요 설비
 - 전기: 각 룸별 회로 분리(최소 15A 이상 권장), UPS(무정전 전원장치) 설치 권장
 - AV: 스피커(방당 1~2개), 마이크(운영자용), 모니터(관제용)
 - 조명: RGB 컨트롤러 기반 DMX 혹은 스마트 조명으로 색·밝기 연출
 - 특수효과: 연막(안전 등급·저자극), 냉풍기(실내 냉각 연출), 프로젝션 맵핑 소형 장비

○ 세계의 유명 과학 테마 방탈출 시설

1) Escape @ Science Centre (싱가포르)

싱가포르의 E.S.C. (Escape @ Science Centre)는 과학과 테크놀로지를 테마로 한 몰입형 이스케이프 룸으로, 어린이부터 성인까지 모두 즐길 수 있는 다양한 스토리와 퍼즐을 제공. 과학 센터 내에 위치해 있어 전시와 함께 더욱 풍성한 경험을 할 수 있음.



○ 게임 테마 및 특징

E.S.C.는 현재 3개의 테마룸을 운영하고 있음.

■ Museum of Humankind

- 스토리: 기후 변화로 멸망한 지구에서 마지막 생존자들이 외계인에게 포로로 잡혀 전시됨. 탈출의 유일한 방법인 'Zearth'라는 식물을 찾아내는 것이 목표
- 특징: 전시관처럼 꾸며진 공간에서 팀워크와 커뮤니케이션을 통해 퍼즐을 풀어야 함.

■ Shangri-La

- 스토리: 메타버스의 오류로 가상 세계 '샹그릴라'에 갇힌 아바타들이 현실로 돌아가기 위해 고군분투하는 이야기
- 특징: 지진과 레이저 장애물 등 다양한 물리적 효과가 게임에 포함되어 있어 몰입감을 높임.

■ Dr. X

- 스토리: 공포를 연구하는 비윤리적인 과학자 'Dr. X'의 실험실에 갇힌 친구를 구하기 위한 모험
- 특징: 일부 플레이어는 독립적으로 진행되는 '관찰자' 역할을 맡아야 하며, 팀워크와 분리된 협력이 중요한 요소

○ 게임 정보

- 소요 시간: 각 게임당 약 60분
- 추천 인원: 3~5명
- 연령 제한: 13세 이상 권장 (Dr. X는 다소 높은 난이도와 공포 요소가 포함되어 있음)
- 힌트 시스템: 무제한 제공 (무전기를 통해 진행)
- 기타: 모든 게임은 모바일 기기를 활용한 퍼즐이 포함되어 있어, 참가자는 스마트폰을 지참해야 함.

○ 위치, 운영 시간 및 이용 방법

- 위치: 15 Science Centre Road, Singapore 609081

- 운영 시간:
 - 목요일, 일요일: 오전 10시 - 오후 5시 45분
 - 금요일, 토요일: 오전 10시 - 오후 8시 15분
- 이용 방법
 - 공식 웹사이트를 통한 온라인 예약

2) LabEscape (미국) - 물리학 기반



LabEscape는 미국 일리노이주 어배나(Urbana)에 위치한 세계 최초의 과학 기반 이스케이프 룸으로, 물리학을 활용한 독특한 퍼즐을 통해 과학의 재미와 매력을 전달하는 체험형 공간임.

○ LabEscape 개요

- 위치: 1304 W Springfield Ave, Urbana, IL 61801, Digital Computing Lab (DCL)
- 운영 시간: 금~일요일, 사전 예약 필수
- 주요 게임: ‘Quantum Salvation’
- 추천 인원: 2~8명
- 소요 시간: 약 60분
- 난이도: 초급자부터 물리학 전공자까지 모두 즐길 수 있도록 설계
- 연령 제한: 12세 이상 권장

○ 게임 스토리라인

플레이어는 전설적인 양자 컴퓨터 과학자 ‘Alberta Schrödenberg 교수’의 비밀 실험실에 갇히게 되며, 기억을 지우는 치명적인 바이러스를 막기 위해 양자 컴퓨터를 활용한 퍼즐을 풀어야 함. 이 과정에서 양자 얽힘, 간섭, 양자 터널링 등 실제 물리학 현상을 기반으로 한 퍼즐을 경험할 수 있음. 게임 진행 중에는 과학적 개념에 대한 기본적인 설명이 제공되어, 과학 지식이 없어도 충분히 참여 가능

○ 특징

- 과학 기반 퍼즐: 모든 퍼즐은 실제 물리학 현상을 기반으로 하며, 과학 지식이 없어도 참여할 수 있도록 설계됨.
- 교육적 가치: 게임을 통해 과학의 재미와 중요성을 자연스럽게 배울 수 있음.

- 높은 평가: TripAdvisor에서 3년 연속 'Certificate of Excellence'를 수상하며, 98% 이상의 별 5개를 받음.
- 커뮤니티 참여: University of Illinois의 물리학과 교수진과 학생들이 참여하여 개발하였으며, 지역 사회와 협업하고 있음.

○ 위치, 운영 시간 및 이용 방법

- 위치: 1304 W Springfield Ave, Urbana, IL 61801, Digital Computing Lab (DCL)
- 운영 시간:
 - 목요일, 일요일: 오전 10시 - 오후 5시 45분
 - 금요일, 토요일: 오전 10시 - 오후 8시 15분
- 이용 방법
 - 공식 웹사이트를 통한 온라인 예약

3) Kitty Q Escape Room (독일) - 양자역학 테마

Kitty Q - A Quantum Adventure는 독일 드레스덴의 Technische Sammlungen Dresden 박물관에 위치한 이스케이프 룸으로, 양자 물리학을 주제로 한 독일 최초의 어린이 대상 이스케이프 룸임. 이 체험은 Schrödinger의 고양이 사고 실험을 기반으로 하여, 참가자들이 양자 세계의 신비를 탐험하며 문제를 해결하는 방식으로 구성되어 있음.



○ 체험 개요

- 위치: Technische Sammlungen Dresden, Junghansstraße 1-3, 01277 Dresden, Germany
- 운영 시간: 화~금: 오전 9시~오후 5시 / 토~일 및 공휴일: 오전 10시~오후 6시
- 소요 시간: 약 1시간
- 참여 연령: 11세 이상 추천
- 언어: 독일어, 영어
- 예약: 전화 +49 351 488 72 72 또는 이메일 service@museen-dresden.de를 통해 예약 가능
- 입장 요금:
 - 학교 단체: 1인당 €3 (박물관 입장료 포함), 최대 2명의 동반 교사 무료

- 일반 그룹: €60 + 박물관 입장료
- 일반 관람: 예약 없이 박물관 입장료만 지불하면 참여 가능

○ 체험 구성

17개의 퍼즐로 구성된 4개의 방으로 이루어진 양자 아파트로, 참가자들은 Kitty Q를 구하기 위해 다양한 양자 현상을 탐구함. 퍼즐은 양자 중첩, 불확정성 원리, 양자 얽힘 등 실제 양자 물리학 현상을 기반으로 하며, 참가자들은 이를 통해 양자 세계를 직관적으로 이해할 수 있음.

○ 교육적 가치

이 체험은 단순한 오락을 넘어, 양자 물리학에 대한 호기심을 자극하고, 과학적 사고를 촉진하는 교육적 요소를 갖추고 있음. 특히 학교 단체나 과학 교육에 관심 있는 그룹에게 적합하며, 양자 물리학의 기본 개념을 재미있게 배울 수 있는 기회 제공

○ 디지털 버전

오프라인 체험 외에도, Kitty Q - A Quantum Adventure 모바일 앱 제공

4) CSI: The Experience

CSI: The Experience는 인기 TV 시리즈 CSI: Crime Scene Investigation을 기반으로 한 몰입형 전시로, 방문객들이 실제 범죄 현장을 조사하고 과학적 기법을 통해 사건을 해결하는 체험을 제공



○ 체험 개요

- 장소: 3799 Las Vegas Blvd S, MGM Grand Hotel and Casino, Las Vegas, NV 89109
- 운영 시간: 매일 9:00 AM - 9:00 PM (마지막 입장 8:00 PM)
- 입장료: 성인 \$31.50
- 연령 제한: 12세 이상 권장
- 특징: 범죄 현장 조사, 증거 수집, 실험실 분석, 부검실 체험 등을 통해 사건을 해결하는 과학적 접근

○ 체험 내용

- 방문객들은 다양한 범죄 현장을 조사하며, 다음과 같은 활동을 진행함.
- 증거 수집: 현장에서 지문, 혈흔, 섬유 등 다양한 증거를 채취
- 과학적 분석: DNA 분석, 총기 및 도구 자국 분석, 혈흔 패턴 분석 등을 수행
- 사건 해결: 수집된 증거를 바탕으로 가설을 세우고, 최종적으로 사건을 해결
- 실제 범죄 수사에서 사용되는 과학적 기법을 체험할 수 있는 기회 제공

○ 위치 및 예약 정보

- 위치: MGM Grand Hotel and Casino 내 Studio Walk
- 예약: 온라인 예약이 권장되며, Viator 또는 Seatgeek에서 티켓 구매 가능

○ 각 룸별 기획(안)

구분	배경	환경 설치	핵심 퍼즐	주요 소품	소요 시간
룸 A	기지 관측실	모니터 바람 생성 장비 빙하 지도	위성데이터 해독 얼음 샘플 속 단서 찾기 (조명·UV 사용) 전원복구 패널 조작	해시계형 잠금장치 전자락(EM lock) UV 랜턴 방수 소품 박스	50분
룸 B	빙하 동굴	인공 얼음벽 차가운 연무(안전한 안개 머신) 동굴 내부 음향	레이저(거울 반사) 무게·압력 센서 물리적 탈출(숨겨진 문)	//	60분
룸 C	구명정 대기실	좁은 공간 구명장비 응급상자	조합형 자물쇠 색깔·소리 퍼즐 단서 추리형 소품	//	40분

○ 인테리어 및 자재

- 기본시설: 인테리어 목공(합판·우레탄 코팅), 바닥재(미끄럼 방지), 방수·단열 자재
- 전기·AV: 제어판, 릴레이, 전자락, 서버우퍼 포함 스피커, 컨트롤러(아두이노/라즈베리파이 가능)
- 퍼즐·락: 전자식 자물쇠(EM/솔레노이드), 기계식 잠금장치, 커스텀 퍼즐 키트
- 소품: 인공 얼음(아크릴·폴리우레탄), 북극 동물 모형(비상용 안전 소재), 구명 장비 등

○ 안전 기준 및 접근성 확보

- 비상구 확보 및 표기(건축법·소방법 준수)
- 연기·화재 감지기 및 소화기 배치
- 전기설비 점검(정기 점검 기록 보관)

- 휠체어 동선 고려(입구 및 일부 룸 문턱 최소화)
- 시각·청각 장애 고객을 위한 대체 단서(점자 표지판, 자막형 디스플레이)
- 보험: 안전보험(화재·배상 책임 등) 가입 권장

○ 운영 계획

- 운영 시간: 월~목 15:00~17:00 15명×1팀 (회당 60분 기준) / (방학기간) 오전,오후 각 1팀
- 스텝 구성: 운영자(1명), 게임 마스터(1명), 필요시 청소·리셋 담당
- 운영 순서: 입장 10분 전 안내·규칙 설명, 체험 후 피드백 수집(간단 설문)

○ 설치 예산(안)

* 수치는 예시이며, 위치·시공사·자재 선택에 따라 변경 가능

- 인테리어/목공: 2,000만 ~ 5,000만원
- AV·전기·제어 시스템: 500만 ~ 1,200만원
- 퍼즐·락·특수효과: 300만 ~ 1,000만원
- 초기 소품·비품·안전장비: 200만 ~ 500만원
- 총 예산(초기 설치): 약 4,000만 ~ 1억 원대

○ 공사 일정(예상)

- 기획·설계: 2~3주
- 전기점검: 1~2주(병행 가능)
- 인테리어·목공 공사: 3~5주
- 전기·AV·특수효과 설치: 1~2주
- 시운전·테스트·스태프 교육: 1~2주
- 총 소요기간(설계→오픈): 약 8~12주

○ 유지보수·리셋 프로세스

- 각 회차 종료 후: 소품 정리(10~15분), 전자 장비 점검(5분), 상태 기록(간단 체크리스트)
- 주간: 전기·안전 점검, 소품 교체 계획
- 분기별: 대대적 리프레시(스토리 보강, 고장 난 장비 교체)

○ 리스크 분석 및 대응

- 전자장비 고장: 예비 부품 보유, 원격 재부팅(UPS)
- 고객 안전사고: 안전교육 의무화, CCTV 및 음성 안내 시스템
- 스토리·퍼즐 반복성으로 인한 성능 저하: 시즌별·월별 소규모 변형 필요

○ 결론 및 제안

최근 방탈출 카페는 단순한 퍼즐 풀이를 넘어, 스토리와 몰입감을 제공하는 체험형 엔터테인먼트로 자리 잡고 있다. 이에 따라 특정 테마를 중심으로 한 차별화된 경험 제공이 중요한 경쟁력이 되고 있다. 극지를 주제로 하는 방탈출은 일반적으로 접하기 어려운 환경을 간접적으로 체험하게 하며, 탐험, 생태계, 환경 위기 등 다양한 소재를 활용할 수 있어 새로운 몰입 경험을 제공할 수 있다.

극지 테마를 극대화하기 위해 내부 공간은 얼음 동굴, 빙벽, 탐험 기지와 같은 콘셉트로 구성할 수 있다. LED 조명과 반투명 아크릴을 활용하여 실제 빙하와 얼음 동굴의 질감을 구현하고, 드라이아이스 및 안개 머신을 이용해 시각적·촉각적 몰입감을 높인다. 극지과학기지는 남극세종과학기지, 남극장보고과학기지, 북극다산과학기지, 아라온호를 모델로 하여 연구 장비, 무전기, 연구일지, 온도계, 탐험 장비 등의 소품을 배치할 수 있다. 또한 펭귄 발자국, 북극곰의 발톱 자국 같은 흔적을 단서로 활용하여 환경적 사실성을 강화한다.

스토리 라인은 참가자가 몰입할 수 있도록 탐험과 미스터리를 중심으로 설계한다. 가능한 주요 시나리오는 다음과 같다.

- 탐험대원 구조 미션 : 조난된 대원을 찾고 무전을 통해 구조 요청을 완료하는 시나리오
- 빙하 속 비밀 : 빙하에 봉인된 고대 생물이나 미스터리 유물을 찾아내거나 봉인하는 과정
- 연구소 시스템 복구 : 망가진 냉각 장치로 인해 빙하가 붕괴 위기에 처한 상황에서 제한 시간 내 시스템을 복원해야 하는 시나리오.
- 극지 괴담 : 극야 동안 사라진 탐험대와 오로라 현상에 얽힌 미스터리를 풀어내되, 과학적인 사실에 바탕을 둔 시나리오

단순한 시각적 연출을 넘어 오감을 활용한 체험 요소를 포함한다. 바람 기계와 차가운 색깔 조명을 통해 추위를 간접적으로 경험하게 하며, 눈보라 소리·빙하 균열음·동물 울음소리 등을 사운드 효과로 삽입하여 현실감을 높인다. 플레이어는 탐험용 고글, 장갑, 헤드램프 등을 직접 착용하고 미션을 수행하면서 몰입도를 극대화할 수 있다.

극지 테마 방탈출은 단순 오락 요소를 넘어 교육적 의미를 담을 수 있다. 북극곰 멸종 위기, 기후 변화의 심각성 등 메시지를 스토리 속에 자연스럽게 녹여내어 체험 후에도 여운을 남길 수 있다. 또한 오로라 포토존, 펭귄 캐릭터와의 포토존을 설치하여 SNS 공유를 유도하고, 어린이용·성인용 버전으로 스토리를 차별화하여 다양한 연령층이 즐길 수 있도록 구성하는 것도 필요하다.

극지를 주제로 한 방탈출 카페는 탐험과 미스터리를 결합한 몰입형 체험 공간으로, 기존 방탈출 카페와 차별화된 재미와 교육적 가치를 동시에 제공할 수 있다. 빙하, 극지과학기지, 극지 동물 등 현실적인 요소와 상상력을 접목시켜 참가자에게 새로운 경험을 제공함으로써, 엔터테인먼트와 환경 인식 제고라는 두 가지 효과를 기대할 수 있다.

5.2 실감형 극지영상관 설치 계획 수립

극지환경재현 실용화센터 내에 구축된 극지영상관은 극지 연구 성과를 대중과 공유하고, 기후 변화에 따른 극지 환경 변화를 실감형 콘텐츠로 전달하기 위해 조성되었다. 본 영상관은 기존의 평면적 전시 방식을 탈피하여, 관람객이 극지 환경 속에 직접 들어간 듯한 몰입 경험을 제공하는 것을 목표로 설계되었다. 이를 통해 극지 연구의 과학적 가치와 사회적 중요성을 보다 직관적으로 전달하고자 하였다.

극지영상관은 실용화센터 1층의 개방형 공간 구조와 높은 천고를 활용하여 구축되었으며(그림 V-), 바닥과 사면 벽을 포함한 다면 프로젝션 매핑 방식이 적용되었다. 이러한 공간 구성은 관람객의 시야 전반을 영상으로 감싸는 360도 몰입 환경을 구현하는 데 중점을 두었다. 별도의 착용형 장비 없이도 극지의 자연환경과 현장감을 체험할 수 있도록 설계되어, 다양한 연령층과 관람 목적에 유연하게 대응할 수 있도록 하였다.

영상관 사전 기획

현재 극지코어센터의 천장오픈 공간을 영상관으로 기획



영상 콘텐츠는 북극과 남극에서 실제로 촬영된 고해상도 영상 자료와 컴퓨터 그래픽을 결합하여 제작되었다. 빙하의 이동과 붕괴, 해빙 면적의 변화, 극지 해양과 대기의 상호작용, 오로라와 같은 극지 고유의 자연 현상이 시각적으로 재현되었다. 이러한 콘텐츠 구성은 극지 환경 변화가 시간에 따라 어떻게 진행되어 왔는지를 효과적으로 전달하는 데 초점을 맞추었다.

극지영상관 구축을 위한 참고 사례로는 다면 프로젝션 매핑을 활용한 실감형 영상관들이 분석되었다. 높은 천장고를 가진 공간의 특성을 활용하여 벽면과 바닥 등 모든 공간 면에 프로젝션 매핑을 적용함으로써, 관람객이 영상 속에 온전히 몰입할 수 있는 미디어 아트 체험 환경이 구현되었다. 360도 전방위 영상 체험은 관람객의 감각을 자극하고, VR이나 AR 기기를 착용하지 않더라도 실제 해당 공간에 존재하는 것과 유사한 몰입 경험을 제공하였다. 특히 극지의 실제 촬영 영상을 투사함으로써 관람객이 마치 극지 현장에 직접 방문한 듯한 체험을 가능하게 하였다.

해외 사례로 중 원형 가스 저장소를 개조한 드레스덴 파노라마가 있다. 드레스덴 360은 원통형 공간에 이미지와 빛을 결합하여 과거 드레스덴의 모습을 360도로 조망할 수 있도록 구성된 전시관이었다. 이 전시는 높이 약 27미터 규모의 원형 파노라마와 조명, 음향 효과를 결합하여 높은 몰입감을 구현하였다. 이 공간은 2층에서 3층 높이에 해당하는 전망대 시점을 기준으로 설계되어, 관람객이 실제 도시를 내려다보는 듯한 조망 경험을 제공하였다. 전쟁으로 파괴된 드레스덴과 18세기 문화적 황금기의 도시 모습을 사실적으로 재현하여, 단순한 역사 기록을 넘어 전쟁과 문화적 부활이라는 메시지를 감성적이고 교육적인 방식으로 전달하였다. 해당 전시는 독일 뿐 아니라 유럽 여러 국가로 확산되며 대형 파노라마 전시 기법의 국제적 확산에 기여하였다.

미국 뉴욕에 위치한 지하형 몰입형 미디어 전시 공간에 4면 프로젝션 매핑을 활용한 아텍하우스도 있다. 아텍하우스는 계단을 따라 이동하며 다양한 시점에서 영상을 감상할 수 있도록 공간이 구성되었다. 고해상도 디지털 프로젝션 매핑과 다면 몰입 환경을 통해 관람객이 콘텐츠 내부에 들어간 듯한 경험을 제공하였다. 모션 센서와 인터랙티브 요소를 일부 도입하여 관람객 참여형 콘텐츠를 운영하였다. AI와 알고리즘 기반의 미디어 아트 콘텐츠를 중심으로 시즌별 기획 전시를 순환 운영하는, 디지털 아트와 상업 공간 결합의 성공 사례로 글로벌 몰입형 전시 트렌드를 선도하였다.

국내외 실감형 영상관 사례로는 뮤지엄 X 심포니가 있었다. 해당 전시관은 5면 프로젝션 매핑을 통해 다양한 시공간의 변화를 체험할 수 있도록 구성된 몰입형 전시 콘텐츠를 제공하였으며, 관람객이 서사적 흐름 속에서 공간 전체를 경험하도록 설계되었다. 이러한 사례들은 극지영상관 구축 시 적용 가능한 공간 연출 방식과 기술적 방향성을 제시하는 참고 모델로 활용되었다.

극지영상관도 바닥과 4면의 벽을 모두 활용하여 5면 프로젝션 매핑을 하고자 한다(그림). 현재 공간에 적용 가능한 영상 기술로 360도 아나모픽 콘텐츠 프로젝션 매핑 기술을 적용할 수 있다. 360도 촬영 영상이나 3D 콘텐츠를 다면 공간에 투사하여 실제 공간에 있는 듯한 몰입감을 제공하며, 별도의 VR 장비 없이도 가상현실과 유사한 체험이 가능하다. 이는 북극과 남극 등 접근이 어려운 환경을 재현하는 데 효과적인 기술이다.

극지영상관은 극지코어센터의 천장 오픈 공간을 영상관으로 활용하는 방안이 제안되었다. 높은 천장고를 활용한 5면 프로젝션 매핑 공간 구성한다. 바닥과 벽면 전체를 활용하여 관람객이 영상 속에 완전히 몰입할 수 있다. VR이나 AR 기기 착용 없이 전방위 영상 체험이 가능하며 극지에서 실제 촬영된 영상을 활용하여 현장감 있는 체험을 제공할 수 있다. 이를 위하여 프로젝터는 바닥용 2K 프로젝터 6대와 벽면용 4K 프로젝터 8대 설치한다. 공간 규모는 바닥면적 14미터 × 14미터, 높이 9미터이며, 중앙 기둥은 관람자 시점 조절을 위한 연출 요소로 활용할 수 있다. 또한 360도 카메라 촬영 원본을 기반으로 렌더링하여 몰입형 환경을 구현하도록 설계되었다.

극지영상관은 단순한 영상 상영 공간을 넘어, 과학적 데이터를 기반으로 한 실감형 정보 전달 공간이다. 극지 연구를 통해 축적된 관측 자료와 분석 결과가 영상에 반영되고, 이를 통해 연구 성과가 시각적 서사로 전환되어, 관람객은 극지 연구가 수행되는 현장을 간접 경험할 수 있다.

지구 환경 이머시브 전시 콘텐츠는 단순한 시각 중심 전시관에서 벗어나 실제 공간에 와 있는 듯한 체험을 제공하기 위해 기획되었다. 이를 위해 시각뿐 아니라 촉각, 후각, 청각 등 다양한 감각을 경험할 수 있는 몰입형 전시 콘텐츠 개발을 목표로 하였다. 고정형 콘텐츠가 아닌 인공지능에 의해 지속적으로 변화하고 생성되거나 사용자와 상호작용하는 콘텐츠를 통해 방문할 때마다 새로운 체험이 가능하도록 구성되었다.



ALT02

시설공사 : 바닥 + 측면 4면 공사 + 가운데 기둥 거울 시공 + 천장 미러바리셀 공사 + 전망대 공사
콘텐츠 : 전망대 관람자 시점 기준 몰입형 콘텐츠

극지 콘텐츠 제작 방식은 맞춤형 극지 촬영 장비와 데이터를 활용하는 방향으로 설정되었다. 극한 환경에서도 촬영이 가능한 360도 카메라와 드론 기술이 활용되었으며, 6개 카메라 어레이, 극한 환경용 배터리 히팅 패킹, 원격 제어 시스템, 드론 및 휴대용 크레인을 활용한 촬영 장치 개발이 포함되었다. 또한 실시간 극지 환경 데이터를 활용한 몰입형 콘텐츠 제작과 극지 연구팀과의 협력을 통한 탐사 과정 기록 및 시각화가 추진되었다.

멀티모달 기법을 활용한 실감형 전시 연출을 위해 극지의 기온, 습도, 바람, 소리, 기상 현상 등의 데이터를 실시간으로 반영하는 체험 요소가 도입되었다. 생성형 AI 기반 모델을 적용하여 매일 변화하는 극지의 날씨와 환경을 자동으로 생성하는 몰입형 파노라마 영상 기법이 적용되었다. 공간 내 온도 변화를 감지할 수 있는 환경 연출 시스템도 함께 고려되었다.

관람객 참여형 인터랙티브 요소를 구현하기 위해 인터랙티브 센서와 장치 설치가 필요 요소로 제시되었다. 매일 새로운 영상이 생성되고 반응하는 AI 기반 생성형 콘텐츠가 적용되었으며, 극지 환경 속에서 탐사 미션을 수행하거나 생태계를 복원하는 시뮬레이션형 콘텐츠가 제안되었다. 터치스크린, 센서 기반 체험 기기, AR 및 VR 연동 장비를 통해 관람객이 직접 체험하는 경험을 제공하도록 구성되었다.

본 전시는 기후 변화와 환경 보호를 체험 중심으로 전달함으로써 글로벌 인식 제고 효과를 기대할 수 있도록 기획되었다. 실시간 데이터와 AI 기반 몰입형 콘텐츠를 통해 세계적인 극지 연구 교육 및 공감대 형성을 목표로 하였다.

북극·남극 환경 변화 360도 몰입형 영상 콘텐츠는 두 편의 영상으로 구성된다. 북극 편은 ‘빙

하의 숨결’, 남극 편은 ‘얼음대륙의 균열’로 명명했다. 각 영상의 길이는 5분으로 총 10분 분량으로 기획되었다. 본 콘텐츠는 기후변화로 인한 극지방 환경과 생태계 파괴를 시각적으로 표현하고, 과학적 데이터를 기반으로 사실적 연출을 극대화하는 것을 목표로 하였다.

북극 편에서는 해빙 감소와 환경 변화를 주제로 빙하 협곡을 질주하며 탐험하는 장면으로 시작되었다. 광활한 빙원과 바다를 지나며 변화하는 얼음 지형과 북극곰 서식지 감소가 표현되었다. 극야의 오로라와 얼음 반사 효과를 통해 온난화 영향을 상징적으로 연출하였다. 마지막으로 거대한 빙하 붕괴 장면을 슬로모션으로 표현하고, 바닥면 프로젝션을 통해 얼음 아래 심해 생태계를 시각화하였다.

남극 편에서는 영구동토층 해빙과 메탄가스 방출, 생태계 변화 및 글로벌 이상 기후 현상을 주제로 구성되었다. 남극 고원과 초대형 빙벽 탐험으로 시작하여 빙산 아래 수중 세계와 크릴 생태계를 묘사하였다. 영구동토 해빙으로 인한 메탄가스 방출과 빙상 균열 확장이 연출되었으며, 대규모 빙산 붕괴와 전 세계 이상 기후 현상과의 연계성이 강조되었다.

AI를 활용한 콘텐츠는 실시간 극지 데이터를 기반으로 영상이 자동 생성되는 구조로 제안되었다. 북극과 남극의 날씨, 온도, 해빙, 오로라 데이터를 수집하여 매일 새로운 극지 영상이 생성되도록 설계되었다. 관람객 참여형 AI 인터랙션으로 관람객이 웹을 통해 스케치를 입력하면 AI가 눈과 얼음 질감의 극지풍 이미지로 변환하여 벽면에 투사하는 방식이 제시되었다.

구축 비용은 전시 하드웨어, 전기 및 네트워크, 전시 공사 비용으로 구성되었으며, 안전관리비와 부가세를 포함한 **총 사업비는 700,920백만원으로 산정**되었다. 예산에는 옛지 블렌딩 및 왜곡 보정 소프트웨어가 필수적으로 포함되었으며, 프로젝터 수량은 제품 사양에 따라 달라질 수 있다. 또한 지속적인 영상 제작을 위한 운영비가 추가로 필요하다.

본 영상관은 극지 연구의 대중화와 교육적 활용 가능성을 고려하여 설계되었다. 학생과 일반 시민을 대상으로 한 과학 교육, 기후변화 인식 제고, 정책 홍보 및 국제 협력 행사 등 다양한 활용 시나리오를 염두에 두고 공간과 콘텐츠가 구성되었다. 이를 통해 극지연구소의 연구 활동이 학술 영역을 넘어 사회 전반으로 확산되는 기반을 마련하고자 하였다.

결과적으로 극지영상관은 극지 연구 성과를 감각적이고 직관적인 방식으로 전달하는 실감형 전시 인프라로 구축되었다. 본 시설은 극지 환경 변화에 대한 이해를 증진시키고, 극지 연구의 공공적 가치를 확산하는 데 기여하는 거점 공간으로 기능하도록 계획하였다. 보다 자세한 마스터 플랜은 부록에 수록했다.

6. 극지과학 전문 교육프로그램 기획

6.1 극지를 극지과학 전문 교육프로그램 운영을 위한 맞춤형 커리큘럼 개발

최근 기후변화와 지구환경 위기에 대한 관심이 증대됨에 따라, 극지 교육의 필요성 역시 증대되었다. 현재 국내에서 운영되는 극지 교육프로그램은 주로 연구소를 중심으로 제한적으로 시행되고 있으며, 대표적인 형태로는 연구소 견학, 극지 현장 방문 프로그램 등이 있다. 극지에 대한 관심이 증대되는 한편 극지 교육에 대한 논의는 적으며, 현행 극지 교육프로그램 또한 일회적인 견학 프로그램이나 소수 인원의 극지 현장 방문에 머물고 있어 극지 교육의 저변을 확대하기에 분명한 한계가 있다. 이에 피교육자의 수요에 대응할 수 있는 심화·맞춤형 교육프로그램 개발이 필요하다.

극지과학 탐구프로그램 (polar open lab)은 극지환경재현실용화센터 내 구축된 극지환경 재현 시설물을 활용하여 체험형·실습형 교육프로그램을 운영하고자 하며, 이를 위해 학습자 학령별 발달 단계와 학습 요구를 반영한 맞춤형 커리큘럼을 개발하고 있다.

저학년(초등~중등 저학년) 극지 교육의 핵심 목표는 학습자가 극지의 문제를 ‘자기환경화(personalizaion of environment)’하여, 극지에서 발생하는 현상에 공감하고 기후 위기 상황에서 합리적인 선택을 할 수 있는 역량을 기르는 것이다. 먼저 전지구적 차원에서 극지를 이해한 뒤, 최종적으로 극지에서 일어나는 사건이 학습자 개인의 삶과 어떻게 연결되는지를 스스로 발견하도록 설계한다. 이 과정에서 학습자가 프로그램 내용에 흥미를 잃지 않도록 강의 형식 보다는 실습 및 체험형 프로그램으로 구성하는 것이 효과적이다.



▲ 세종특별자치시 주최 및
(주)세종테크노파크 주관

초등 대상 실험·체험형 프로그램
사례

▲ 한국화학연구원 주최 및 (주)리윤바이오 주관

초등·중등·고등 대상 맞춤형 실험·체험형 프로그램 사례

고학년(중등 고학년~고등학생)의 교육 목표는 저학년과 본질적으로 동일하나, 향후 극지 전문 인력 양성과의 연계 가능성을 고려할 필요가 있다. 이를 위해 고교생 자율 탐구 프로그램을 도입하여 단발성 실험·체험 학습을 넘어 개인 연구 보고서 작성까지 이어질 수 있도록 하는 방안을 검토할 수 있다. 이 과정에서 연구소는 극지과학 탐구프로그램 참여자에게 과학적 글쓰기 강의, 연구원 멘토링 프로그램 및 소내 극지 데이터 활용 지원 등을 제공함으로써 학습자의 심화 탐구 역량을 강화할 수 있다.

01

단계별 창의연구(R&E) 평가 지원

- 창의연구(R&E) 과제 지원 사업 공모 및 선정
- 대상: 과학고·과학(예술)영재학교 27개교 R&E 연구과제(500개)
- 분야: 8개(수학, 물리, 화학, 생물, 지구과학, 정보, 공학, 융합)
- R&E 단계별 평가 지원

구분	선정 평가	중간평가공유회	최종 평가	발표 평가
시기	2025. 4.	2025. 9.	2025. 11.	2025. 12.
평가 내용	계획서 평가	중간보고서	연구보고서 평가	우수과제 발표 평가
평가 결과	500개 과제 선정	500개과제	우수과제 선정 (상위 20%내외)	장관상 및 재단 이사장상 상격 결정
평가 분야	수학, 물리, 화학, 생물, 지구과학, 정보, 공학, 융합(총 8개)			
심사위원	분야별 과제 수에 따라 분야로 나누어 분야별 심사위원 선정			

과학영재 창의연구(R&E) 지원센터

02

연구역량 강화 프로그램 보금·운영

- 오리엔테이션
 - 기간: 2025. 3.~5.
 - 대상: 과학고·과학(예술)영재학교 27개교 학생, 교원
 - 내용:
 - 2020년~24년도 R&E 사업으로 기재직원 O.T. 영상 링크 안내 (R&E 이해, 영역별 R&E 트렌드, 민성교육)
 - 2025년 R&E 지원 사업안내
 - 학교별·분야별 실시간 온라인 O.T. 진행
- 학생특강
 - 기간: 2025. 5.~11.
 - 대상: 과학고·과학(예술)영재학교 27개교 학생
 - 내용: 연구방법, 연구윤리, 보고서쓰기, 민성교육
- 융합연구 학생캠프
 - 대상: 지정주제별 R&E 팀 외 관심있는 R&E팀 40여명
 - 장소: 포스트백
 - 일시: 2025. 7. 21.~22. (1박2일)
 - 내용: 음악, AI, 물리, 망자 등 융합연구프로젝트

과학영재 창의연구(R&E) 지원센터

▲ 과학영재 창의연구(R&E) 지원센터의 고등학생 대상 연구 지원 프로그램 운영 사례

이러한 학령별 맞춤형·단계별 교육 설계를 통해, 학습자는 단순 지식 습득을 넘어 극지 문제를 자기 삶과 연계하여 이해하게 되며, 고학년의 경우 실제 과학적 탐구 과정을 경험함으로써 극지 분야 전문 인력으로 성장할 수 있는 기초 역량을 확보하게 될 것으로 기대된다.

6.2 극지과학 전문 교육 프로그램 운영 방안 수립

본 장에서는 극지 전문 교육프로그램의 지속 개발 및 국내 극지 교육의 저변 확대를 목표로 본 정책과제를 통해 수행한 극지과학탐구프로그램(polar open lab)을 분석하고 프로그램의 향후 운영 방안을 수립하고자 한다.

가. 극지과학탐구프로그램 (polar open lab) 운영 현황 분석

극지환경재현실용화센터는 인천광역시교육청과 협력하여 학생 및 교사 극지과학탐구프로그램(Polar Open Lab)을 성료했다. 본 교육 과정은 극지환경재현실용화센터 내에서 학생 및 교사 약 150명을 대상으로 대기과학, 우주과학, 빙하, 극지생물 등 극지과학 전 분야에 걸쳐 진행되었다. 각 프로그램은 극지연구소 소속 연구원들이 진행하였으며 강의 및 실험, 연구실 견학 등 다양한 교수법을 활용하였다. 특히 기존 강의 위주의 교육에서 벗어나 실제 빙하코어, 극지 운석 및 극지 지의류를 관찰하는 등 직접 보고 느끼는 hands-on 교육으로 참여자의 몰입도를 높였고, 센터 내 실험 교육장을 활용한 실험형 교육을 통해 피교육자가 스스로 사고하고 판단할 수 있는 minds-on 교육을 도모했다.

참여 대상

극지과학탐구프로그램(polar open lab)은 극지환경재현실용화센터 설립 이후 2024년을 시작으로 2개년 연속 개최되었다. 2025년 시행한 프로그램은 총 7일의 과정으로 구성했으며 관내 중·고등학교 학생 120여 명(4일간) 및 교사 32명(3일간)이 참석하였다. 관내 학생 89명을 대상으로 3일간 시행한 종전 회차보다 확대된 규모이다. 그러나 본 프로그램은 여전히 대상자의 소속이 인천 관내로 제한되며, 대상자 규모를 크게 확대하기 어렵다는 한계를 남겼다.

구분	2025년 학생 극지과학탐구	2025년 극지과학탐구 교사 연수
일시	2025.7.28.(월) ~ 7.31.(목) (총 4일)	2025.8.4.(월) ~ 8.6(수) 09:30~16:30 (총 18시간)
장소	극지환경재현실용화센터 (인천 연수구 송도미래로12번길 24, 극지연구소 옆)	
대상	관내 중·고등학교 8개 동아리 120명 내외 (1개 동아리당 15명 이내)	관내 초·중·고등학교 교사 32명 (16명, 2개 분반으로 운영)
내용	극지 관련 생물·해양·대기과학·우주과학 분야의 탐구 프로그램 (8개 프로그램 중 택1)	극지 관련 생물·해양·대기과학·우주과학 분야의 탐구 프로그램
기타	-	연수종별 : 직무연수 이수기준 : 연수시간의 80% 이상 수강

현행 극지과학 탐구프로그램은 인천광역시교육청과 연계하여 진행하였다. 참여자 모집은 인천광역시교육청을 통해 이루어졌고 인천 관내 학교 소속 학생과 교원으로 참여 대상자가 제한되었다. 이러한 참여자의 지역적 제한성은 추후 타 시·도 교육청과의 연계를 확장하는 방식으로 개선할 수 있다. 혹은 교육청과의 연계 없이 극지연구소 차원에서 교육 봉사의 형태를 갖추어 일반 시민을 대상으로 직접 모집을 시행하고, 프로그램을 운영한다면 이러한 지역적 한계를 타파할 여지가 있다. 다만 이런 경우 현재 본 프로그램이 추구하는 ‘극지 심화 교육’의 의미가 다시 퇴색되고, 일반 대중을 대상으로 소내 운영 중인 연구소 견학 프로그램의 연장으로 그칠 우려가 있다.

다음으로 대상자의 규모 확대와 관련하여 핵심적인 사항은 강의자의 안정적인 확보이다. 현재 극지과학 탐구프로그램은 극지 과학자의 강의, 실험 수업 및 연구실 견학을 중심으로 진행되었다. 이에 프로그램 운영이 개별 과학자의 역량에 의존하는 경향이 있어 교육을 진행하는 강의자의 교수 역량에 따라 프로그램의 질이 균등하지 않을 우려가 있다. 더욱이 극지 출장이 잦은 극지 과학자의 특성을 고려하면 강의자의 안정적인 확보 자체도 쉽지 않은 상황이다. 인천광역시교육청 외 타 시·도 교육청과의 협력으로 추가로 프로그램을 운영할 시 강의자 확보 방안을 모색할 필요가 있다.

운영 기간

현재 극지과학 탐구프로그램(polar open lab)은 학생 프로그램의 경우 1일 과정으로 운영하며, 교원 프로그램의 경우 3일 과정으로 운영했다. 본 프로그램은 학생 및 교사의 극지 기본 소양 강화에 일차 목표가 있으나, 장기적인 관점에서는 피교육자가 극지에 대한 깊은 이해를 통해 극지를 ‘자기 환경화’하고 교육 이후에도 극지에 관심을 이어가도록 하는 것에 있다. 극지에 대한 지속적 관심의 고취가 극지 전문 인력 양성으로 이어지는 것은 본 프로그램의 궁극적인 비전이라고 할 수 있다. 특히 학생 대상 교육을 시행함에 있어 이러한 연속적 학습 참여의 동기를 부여하기 위해서는 본 프로그램의 콘텐츠를 내실화하는 것과 더불어 프로그램 운영 기간에 대한 고찰도 동반되어야 한다. 구체적으로는 학생 프로그램은 기존 1일형에서 장기·연속형으로 전환하여 심화 학습과 진로 개발에 직접 도움이 되도록 재편하고, 교사 프로그램은 기존 3일형에서 1일 집중형으로 재편하여 더 많은 교사가 극지 교육에 참여할 수 있도록 하는 방안을 검토할 수 있다. 이러한 이중 전략은 학습 지속성과 교육 확산성을 동시에 확보할 것으로 기대된다.

특히 기존 1일 과정으로 운영되던 학생 대상 극지과학 탐구프로그램을 장기, 연속 형태로 전환하는 방안은 학습의 지속성과 진로 개발 효과를 극대화할 수 있다. 기존 프로그램은 단기적 흥미 유발에는 효과적이거나 학습 내용의 심화와 진로 연계성 확보에는 한계가 있었다. 이에 한 학기 이상에 걸쳐 자율 연구 프로젝트 프로그램을 운영하는 등 장기형 교육 과정을 설계함으로써 본 프로그램 참여가 극지에 대한 학생들의 학문적 호기심을 고취하고 나아가 극지 과학자로서의 진로 개발에 실질적인 도움이 될 것으로 기대된다.

탐구프로그램 구성

프로그램은 개론(1), 생물(4), 해양(6), 대기과학(1), 우주과학(2) 총 14개 프로그램으로 구성하였다(표). 준비한 프로그램 내용과 담당 연구원의 일정을 고려하여, 학생 및 교사 연수 프로그램으로 적절히 배치하여 진행하였다.

분야	내용	담당자
개론	(극지개론) 극지과학개론 - 극지방의 지리/역사, 극지기후, 극지생태계, 자원개발, 국제협력, 극지에 대한 오해와 이해 등 극지과학에 대해 전반적으로 이해한다.	허순도 연구원
생물	(극지생물) 극지, 그리고 빙권 미생물 - 극지 미생물이 극한 환경에서 생존하는 방법과 생태계에서의 역할을 이해한다. - 빙하 코어 속 미생물이 과거 기후와 환경 변화를 연구하는 데 어떻게 사용되는지 탐구한다. - 극한 환경에서 미생물의 생존 전략과 환경 적응 능력을 실험을 통해 확인한다.	김옥선 연구원
	(극지생물) 극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구 - 극지 잠수동물(펭귄, 물범 등)의 극한 환경 생존적응 원리를 탐구한다. - 잠수동물의 먹이 사냥 및 잠수 과정을 이해한다.	이원영 연구원

	- 펭귄과 물범 등 상위포식자가 극지 생태계에서 어떤 역할을 하는지 분석한다.	
	(극지생물) 눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까? - 극지 미세조류(snow algae)의 색소에 관해 이해한다.	조성미 연구원
	(극지생물) 오래가는 생명체 지의류 - 지의류가 무엇인지와 형태를 공부한다. - 지의류 안에 공생하고 있는 다양한 미생물의 존재 및 구성성분을 이해한다.	이영미 연구원
해양	(해양) 극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤 - 극지 바다에서 플랑크톤이 1차 생산자로서의 역할을 이해한다. - 극지 바다에 서식하는 다양한 플랑크톤의 종류와 특성을 탐구한다. - 플랑크톤이 기후 변화에 어떻게 반응하고 영향을 미치는지 이해한다.	하선용 연구원
	(해양) 남극 퇴적물 연구 :과거 기후 복원과 IODP의 역할 - 남극 해저 퇴적물 시추 획득 방법을 이해한다. - 실제 획득된 시추 퇴적물의 가시적인 기술 실험과 비파괴 기기 분석을 통해 과거 남극 해양 및 빙하의 변화를 이해한다.	김성한 연구원
	(빙하) 빙하코어 시추 전문가와 함께 하는 빙하의 비밀 탐구 - 빙하코어 시추의 과학적 중요성과 시추 과정, 극지에서의 연구활동을 이해한다.	전성준 연구원
	(빙하/대기과학) 빙하 코어와 온실가스: 과거 지구의 CO₂ 농도 추정 - 빙하 코어가 과거 기후와 대기 조성을 연구하는 데 어떻게 사용되는지, 빙하 코어에 갇힌 공기 방울을 통해 CO₂ 농도를 측정하는 방법을 학습한다. - 빙하 코어 데이터와 현재의 CO₂ 농도를 비교하여 기후 변화를 분석한다.	신진화 연구원
	(빙하) 얼음에 머신129 - 얼음결합단백질 특성 연구 - 얼음결합단백질의 역사 및 얼음과의 결합 특성을 이해한다 - 얼음결합단백질의 재결정화 방지 원리를 이해한다. - 빙핵활성단백질의 빙핵 활성 원리를 이해한다. - 얼음결합단백질을 이용한 극지 생물의 저온적응 전략에 대해 이해한다.	도학원 연구원
	(빙하) Into the Unknown - 빙하의 물리적 특성과 얼음 결정의 형성 과정을 학습하고, 온도 변화에 따른 얼음의 재결정화 현상을 실험을 통해 확인한다. - 청정실험실에서의 실험 절차와 주의 사항을 이해하고 적용한다.	한영철 연구원

	- 극지방 또는 극한 환경에서의 과학적 연구 방법을 탐구한다.	
대기과학	(대기과학) 남북극 하늘 살펴보기 - 기상관측 방법을 배우고 남극기지에 원격접속하여 현장 기상현황을 확인하고 국내의 기상과 비교 이해한다. - 남북극 기지 기반 미세먼지 및 기후가스 관측 현황을 확인하고 국내의 관측값과 비교 이해한다. - 기후모델을 이용한 극지역 및 전지구 기후변화 연구가 어떻게 진행되는지 살펴보고 이해한다.	전상운 연구원
우주과학	(우주과학) 오로라와 우주날씨 - 대기광 및 오로라의 발생 원리와 이 현상들을 관측하기 위해 극기지에서 운영하고 있는 관측 장비, 그리고 변화하는 우주날씨에 대해 이해한다.	김정한 연구원
우주과학	(운석) 운석의 편광현미경 관찰 - 광학현미경과 주사전자현미경을 통해 운석을 구성하는 물질(광물)을 분석할 수 있다. - 운석을 분류하고 각 운석이 간직하고 있는 태양계의 진화를 이해할 수 있다.	박창근 연구원

학생 극지과학 탐구 프로그램에는 10개교, 학생 123명이 참여하였다.

학생 극지과학 탐구 프로그램				
시간	7.28.(월)	7.29.(화)	7.30.(수)	7.31.(목)
10:00 -13:00	대기과학	빙하	극지생물	극지생물
	남북극 하늘 살펴보기	빙하코어 시추 전문가와 함께 하는 빙하의 비밀탐구	극지, 그리고 빙권 미생물	극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구
	전상운 연구원	전성준 연구원	김옥선 연구원	이원영 연구원
	세일고등학교(10명) 인천진산과학고(10명)	가좌고등학교(15명)	신명여자고등학교(15명)	광성고등학교(7명) 인천아라고등학교(7명)
14:00 -17:00	우주과학	운석	극지생물	해양
	오로라와 우주날씨	운석의 편광현미경 관찰	눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까?	극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤
	김정한 연구원	박창근 연구원	조성미연구원	하선용 연구원
	문일여자고등학교(15명)	인천현송중학교(14명)	인하대사범대학부속고 등학교(15명)	인천동수중학교(15명)

극지과학탐구 교사 연수에는 교사 32명이 참여하여 31명이 수료하였다.

극지과학탐구 교사 연수						
시간	8.4.(월)		8.5.(화)		8.6.(수)	
	A반	B반	A반	B반	A반	B반
10:00 -13:00	극지과학	생태학	빙하	해양	극지생물	빙하
	극지과학개론	극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구	얼음에 머선129 - 얼음결합 단백질 특성 연구	극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤	오래가는 생명체 지의류	Into the Unknown
	허순도 연구원	이원영 연구원	도학원 연구원	하선용 연구원	이영미 연구원	한영철 연구원
	16명	16명	16명	16명	16명	15명
14:00 -17:00	우주과학	극지생물	해양	극지생물	빙하/ 대기과학	빙하
	오로라와 우주날씨	눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood) 일까?	남극 퇴적물 연구: 과거 기후 복원과 IODP의 역할	오래가는 생명체 지의류	빙하 코어와 온실가스: 과거 지구의 CO ₂ 농도 추정	얼음에 머선129 - 얼음결합 단백질 특성 연구
	이창섭 연구원	조성미 연구원	김성한 연구원	이영미 연구원	신진화 연구원	도학원 연구원
	16명	16명	16명	15명	16명	15명

학생 극지과학탐구 현장 사진



7/28(월)
남북극 하늘 살펴보기



7/28(월)
오로라와 우주날씨



7/29(화)
빙하코어 시추 전문가와 함께 하는 빙하의
비밀탐구



7/29(화)
운석의 편광현미경 관찰



7/30(수)
극지, 그리고 빙권 미생물



7/30(수)
눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까?



7/31(목) 극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구



7/31(목) 극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤

극지과학탐구 교사 연수 현장 사진



8/4(월)
극지과학개론



8/4(월)
극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구



8/4(월)
오로라와 우주날씨



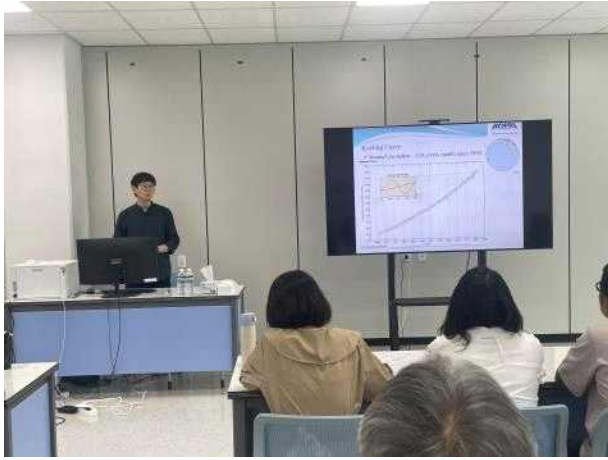
8/4(월)
눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까?



8/5(화)
얼음에 머신129 - 얼음결합단백질 특성 연구



8/5(화)
극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤



8/5(화)

남극 퇴적물 연구: 과거 기후 복원과 IODP의 역할



8/5(화)

오래가는 생명체 지의류



8/6(수)

오래가는 생명체 지의류



8/6(수)

Into the Unknown



8/7(수)

빙하 코어와 온실가스: 과거 지구의 CO₂ 농도 추정



8/7(수)

얼음에 머신129 - 얼음결합단백질 특성 연구

프로그램의 만족도 및 개선점 등 도출을 위하여 다음과 같이 설문조사를 진행하였다.

구분	2025년 학생 극지과학탐구	2025년 극지과학탐구 교사 연수
조사방법	객관식(5점 척도) 및 서술형	
조사기간	프로그램 종료일 기준 진행	
조사대상	123명	32명
응답인원	80명	23명
응답율	65.04%	71.86%

학생 프로그램 만족도 및 참여자 의견은 다음과 같다.

학생

(프로그램 1) 남북극 하늘 살펴보기
 (프로그램 2) 빙하코어 시추 전문가와 함께 하는 빙하의 비밀탐구
 (프로그램 3) 극지, 그리고 빙권 미생물
 (프로그램 4) 극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구
 (프로그램 5) 오로라와 우주날씨
 (프로그램 6) 운석의 편광 현미경 관찰
 (프로그램 7) 눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까?
 (프로그램 8) 극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤

- 객관식 (5점 척도)

설문(객관식)	프로그램 1	프로그램 2	프로그램 3	프로그램 4	프로그램 5	프로그램 6	프로그램 7	프로그램 8	평균
응답자수 / 참여자수	11/20	10/15	8/15	11/14	11/15	9/14	7/15	13/15	80 /123
극지과학탐구 프로그램은 매끄럽게 운영되었나요?	4.91	4.80	4.75	4.91	4.64	4.89	4.71	4.92	4.82
극지과학탐구 강의와 실험 내용은 유익했나요?	4.91	5	4.50	4.82	4.82	4.89	4.71	4.77	4.80
극지과학탐구 프로그램을 다음에도 또 신청하고 싶나요?	4.91	4.90	4.50	4.64	4.73	4.89	4.71	4.92	4.78

구분	내용
(프로그램 1) 남북극 하늘 살펴보기	· 평소에 잘 몰랐던 분야에 대해 알게 되어서 좋았음 · 기후 변화 연구와 실제 관측의 필요성을 알게 됨 · 기후 모델링 프로그램에 흥미가 생겼음 · 앞으로 나의 진로 선택에 도움이 되었음 · 기후와 기후 변화에 대한 기본적인 정보, 기후 모델링을 포함한 극지 기후 연구 방법 등 강의 내용을 복기하는 코멘트
(프로그램 2) 빙하코어 시추 전문가와 함께 하는 빙하의 비밀탐구	· 다른 선진국들의 극지연구 역사와 한국의 극지과학연구, 연구소 위치, 앞으로의 전망 등을 알 수 있었음 · 실제 빙하가 있는 창고와 연구소를 체험하며 새로운 경험을 할 수 있었음 · 처음 극지과학이라고 들었을때는 생소해서 거리낌이 있었는데 수업 후, 극지과학에 대한 몰랐던 지식을 많이 얻을 수 있었고, 수업이 지루하지 않는 실험형식도 있어서 재미있었음 · 남극 탐사에 대해 관한 강의도 듣고, 실험실 견학을 하면서 극지에 관심이 생겼고, 해양학과 진학을 고려해보게 되었음 · 기후 위기의 심각성을 느꼈고 그에 따라 빙하 코어를 연구하는 것이 중요하다는 것을 알게 되었음 · 평소라면 절대 가 볼 수 없는 실험실도 가보고 여러 경험을 하게 되어 값졌음. 올해 내가 한 프로그램 중 제일 재미있고 유익했음 · 프로그램을 통해 진로에 대한 고민을 다시 하게 되었고 커서 여기서 일하고 싶다는 생각도 들었음. 또 와서 체험해 보고 싶음 · 극지탐사의 힘들, 시추의 어려움을 알게 되었음. 그래서 극지탐구의 생태계적 의의나 고됨을 알게 되었음 · 극지연구소가 자연에 중요한 역할을 한다는 것을 알게 되었음 · 체험을 통해 극지연구소의 역할에 대해서 알게 되어 재미있고 의미 있었음 · 기후변화를 이해하는 데 극지 연구가 중요한 역할을 한다는 걸 느꼈음. 또한 k루트를 만드는 과정을 보며 많은 사람들이 빙하에 대해 분석하기 위해 많은 힘을 쏟는다는 것을 알게 되었음
(프로그램 3) 극지, 그리고 빙권 미생물	· 세상에는 연구할 것들이 정말 많다고 느꼈음 · 극지에 대한 연구가 왜 필요한지 배울 수 있었음 · 극지 미생물 탐구 과정을 세밀하게 알 수 있어서 좋았음 · 쉽게 설명해주시고 다양한 시각자료를 통해 설명해주셔서 이해하기 수월했음 · 이번 활동을 통해 빙저호에 관심을 갖게 되었고, 세균배양실험으로 다양한 곳에서 세균이 많이 존재한다는 사실을 인지하게 되었음 · 이번 기회에 미생물에 대해서 자세히 알게 되었고, 극지 탐험이 어떻게 이루어지는지 생생하게 들을 수 있어 좋았음 · 프로그램을 듣기 전에는 내 진로와 크게 연관 없는 분야라고 생각했

	었는데, 생각보다 많은 부분에서 연결되어 있다는 것을 알 수 있었음 · 평소 접할 수 없었던 극지에 대한 연구 과정을 알게 되어 흥미로웠고, 연구자란 스스로 질문하고 답변해내는 사람이라는 점을 다시 한번 깨달을 수 있었음
(프로그램 4) 극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구	· 평소에는 접하기 어려운 극지방의 환경과 과학적 탐구 활동을 직접 체험할 수 있어서 매우 새로웠음. 특히, 극지 연구가 단순히 남극과 북극을 탐험하는 것이 아니라, 기후 변화, 생태계 보존, 미래 과학기술과도 밀접하게 관련되어 있다는 점이 인상 깊었음 · 실제 극지 연구자들의 이야기를 듣고 그들의 열정과 노력에 감동 받았으며, 나도 언젠가 이런 분야에 기여해보고 싶다는 생각이 들었음 · GPS를 직접 밀봉해보는 체험이 정말 재밌었음 · 극지에서 실제로 사용하는 장치들을 눈으로 직접 보고 만져볼 수 있는 것이 흥미로웠음 · 강사님이 극지 생물과 환경 보호에 대한 엄청난 열정을 보여주셔서 이 주제에 대해 생각해보는 계기가 되었음 · 남극 탐사를 경험한 박사님이 강의를 해주셔서 유익했음 · 극지 동물과 기후 변화의 심각성을 다시금 체감할 수 있었음 · 강사님이 보여준 연구 방식이 나의 진로인 생명과학 분야와도 연결되어, 나도 극지 생물처럼 특수한 환경에서 살아가는 생명체를 연구해보고 싶다는 생각이 들었음 · 극지 환경과 그 환경에서 사는 동물, 극지 근처 국가들의 영토 분쟁, 북극과 남극의 차이 등 강연 내용에 대한 코멘트
(프로그램 5) 오로라와 우주날씨	· 오로라, 태양풍에 따른 우주환경이 지구에 미치는 영향, 북극/남극기지의 특징, 대기권, 우주관찰장비 등에 대해 자세히 알 수 있어 좋았음 · 북극과 남극에 있는 다양한 기지들에서 어떤 연구를 하고 어떤 장비를 쓰는지 알 수 있어 좋았음. 앞으로 관련된 내용을 더 배워보고 싶음 · 동아리 시간에 배울 수 없었던 내용을 배워서 좋았고, 동아리 대표로 여러 가지를 만져볼 수 있어서 좋았음 · 프로그램을 통해 극지연구소에 대해 자세히 알게 되었고 많은 관심을 가지게 되었음. 진로를 설계하는데 큰 도움이 되었음 · 박사님께 직접 강의를 듣고 질문도 할 수 있어서 유익한 시간이었음
(프로그램 6) 운석의 편광 현미경 관찰	· 운석을 직접 만져보는 희귀한 체험을 할 수 있어 유익했음 · 운석을 직접 보고 밀도를 느끼고 편광 현미경을 다룰 수 있다는 것이 인상적이었음 · 운석에 대해 더 자세히 알게 되었음 · 달과 남극에 대해 배운 것이 유익하고 재밌었음 · 광물과 암석에 대한 내용이 작년에 배운 내용과 연관되어 알아듣기 쉬웠음 · 강의해주시는 연구원님의 과학적 자산에 대한 자부심이 느껴져서 인

	상적이었음 · 지질학을 통한 과학탐구에도 관심이 생겨 새로운 과학탐구를 구상해 볼 수 있는 계기가 된 것 같아 아주 유익했음
(프로그램 7) 눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까?	· 학교에서 일반적으로 할 수 없는 실험으로, 새로운 경험을 할 수 있어서 유익했음. 한 번 더 참여하고 싶음 · 이번 프로그램을 통해서 미세 조류에 대한 기본적인 개념을 배우게 되어 앞으로 기회가 된다면 미세 조류에 대해서 더 배우거나 심화 탐구를 해보고 싶음 · 실험을 통해서 생명과학은 기다림이 정말 중요하다고 느낌 · 보이는 색이 같다고 해서 같은 성분이 아니라, 여러 성분이 혼합된 결과라는 것을 실험을 통해 직접 확인할 수 있었음 · 색소 추출과 분리 과정이 흥미로웠고, 눈에 보이지 않는 과학 원리를 이해하는 데 도움이 되었음. 또한 미세조류와 같은 생물의 생물학적 특징과 다양성에 대해서도 흥미롭게 배울 수 있었음
(프로그램 8) 극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤	· 극지 해수에 있던 플랑크톤을 현미경으로 자세히 관찰하고 이름을 찾아보았던 것이 좋았음 · 플랑크톤에 대한 다양한 것을 알게 되었음 · 평소에 접해보지 못했던 과학 용어나 극지에 관한 정보들을 알게 되어 유익했음 · 평소에 접하지 못했던 활동들을 많이 체험할 수 있어 좋았음 · 강의 내용이 흥미롭고 유익했음 · 친구들과 여러 가지 체험을 해서 좋았음 · 선생님들이 너무 친절하게 설명을 해주셔서 좋았음

교사

- 연수 전반에 대한 설문 (객관식, 5점 척도)

설문(객관식)	A반	B반	평균
응답자수 / 참여자수	10/16	13/15	23/32
본 연수 일정에 대해 만족하십니까?	4.90	5	4.95
본 연수 과정은 연수 목적에 맞게 운영되었습니까?	4.90	5	4.95
본 연수과정이 생태전환교육 지도 역량 강화에 도움이 되었습니까?	4.80	5	4.9

- 강좌별 만족도 (객관식, 5점 척도)

설문(객관식)	A반	B반
극지과학개론	4.90	-
오로라와 우주날씨	4.80	-
남극 퇴적물 연구: 과거 기후 복원과 IODP의 역할	4.90	-

빙하 코어와 온실가스: 과거 지구의 CO ₂ 농도 추정	4.90	-
오래가는 생명체 지의류 8-2	4.90	5
얼음에 머신 129 - 얼음결합단백질 10-2	4.90	5
극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구 5-2	-	5
눈 발의 사건현장 : 누구의 피(blood)일까? 6-2	-	5
극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤 7-2	-	5
Into the Unknown 9-2	-	5

- 서술형

구분	내용
A반	· 생소한 극지생물의 생태에 대해 알고, 더욱이 극지연구소의 역할과 기능에 대해 알아볼 수 있는 좋은 경험이 되었음 · 극지 연구의 중요성에 대해 학생들에게 교육하기 위한 여러 정보를 얻게되어 너무 좋았음. 실제 연구원들이 하는 과정을 곁에서 볼 수 있는 좋은 기회였음 · 실험이 많아서 좋았음 · 초중등 교사를 구분하여 반을 편성하여 강의를 편성한다면 좀 더 현장연구 및 적용이 될 것으로 판단됨 · 직접 해보는 활동이 더 늘어도 좋을 것 같음 · 실제 극지에서의 활동에 대해서 더 자세히 소개해주는 것도 좋을 것 같음
B반	· 평소 접할 수 없었던 극지, 빙하 이야기가 흥미로웠음 · 비전공자라서 내용이 좀 어렵기도 했지만, 현장에서 연구하는 과학자들의 얘기를 들을 수 있어서 신선하고 흥미로웠음 · 생소한 주제로 새롭게 알게 된 내용이 많음. 생생한 경험을 바탕으로 한 강의 내용이 좋았음 · 개인적으로 학교 현장에서 학생들에게 풀어줄 썰과 최신 과학 지식을 습득하고, 다양한 수업 개발 아이디어를 얻었음. 여기에 한가지 추가 반영이 된다면 학생들 진로 지도 역량도 강화될 것 같음. (1) 연구원의 개인적인 성장과정, 연구원이 되기까지의 일대기와 품어왔던 고민과 현재의 고민들, 극지에서의 경험 등 (2) 연구 분야에서 최신 이슈 또는 연구하시는 내용에 대한 소개(기초 개념을 간략히 정리해주시고 전문 내용을 목적-내용-전망 정도로 소개) (3) 간단한 실습 또는 랩실 투어

본 교육 프로그램에 대한 설문조사 결과, 전반적인 만족도가 높게 나타났다. 학생 프로그램에서 프로그램 운영의 원활성은 전체 응답자 80명 중 79명이 ‘매우 만족’ 또는 ‘만족’으로 응답하였으며, 프로그램 내용의 유익성 또한 90명 중 88명이 긍정적으로 평가하였다. 주관식 응답에서는 학습 지식의 증가(37건), 프로그램의 흥미 유발(21건), 심화적 학습 흥미 형성(7건), 진로 설계

예의 기여(10건) 등이 보고되었다.

참여자들은 프로그램 운영 측면에서 실습 및 실험 중심의 활동 강화를 요청(5건)하였으며, 극지 현장 연구자의 실제 경험을 청취할 기회 확대(2건)를 희망하였다. 이러한 요구는 기존 강의 중심 전달 방식의 긍정적 성과에도 불구하고, 체험적·참여적 요소를 확대함으로써 교육의 몰입도와 만족도를 제고할 수 있음을 시사한다. 교사 연수 프로그램에서도 동일한 요구가 확인된 바, 향후 운영 과정에서 이를 적극 반영할 필요가 있다.

나. 극지과학탐구프로그램 운영 방안 도출

프로그램 구성의 측면

향후 교육 프로그램은 강의식 지식 전달 위주의 운영에서 벗어나, 실습 및 실험 중심의 체험형 활동을 강화하는 방향으로 개편할 필요가 있다. 더불어 극지 현장 연구자의 실제 경험을 학습자에게 직접적으로 전달할 수 있는 프로그램을 마련하여 교육의 현장감을 높이고, 극지 연구의 현실적 가치와 필요성을 인식할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

아울러 학생 설문 결과에서 다수의 응답자가 본 프로그램이 진로 설계에 도움이 되었다고 응답(10건)하였으며, 교사 프로그램에 참여한 교사 응답군 또한 본 프로그램에 대하여 단순히 극지 과학에 대한 지식 습득의 기능에서 나아가 과학자로서의 진로 개발에 유용할 것으로 기대한 바, 본 프로그램의 진로 설계 기능을 향후 더욱 강화할 필요가 있다. 따라서 본 프로그램이 학습자의 진로 탐색과 연계될 수 있도록 강의자의 과학자로서의 업적 생애 강의 등을 포함하여 체계화하는 방안을 검토하고자 한다

장기적으로는, 학습자의 흥미를 유지하고 단기적 지식 습득에 그치지 않도록, 단계별 학습 경로를 체계적으로 구축할 필요가 있다. 구체적으로는 △기초 단계에서 극지 과학의 전반적 이해를 돕는 체험형 활동, △중급 단계에서 실험·탐구 기반의 문제 해결형 과제를 수행하는 활동, △심화 단계에서 연구자 멘토링과 연계한 프로젝트 수행을 통해 학습자가 스스로 탐구 주제를 설정·해결하도록 하는 방식이 제안될 수 있다.

이를 통해 학령에 맞는 맞춤형 극지 경험을 제공하고, 나아가 본 프로그램이 단순한 학습 기회 제공을 넘어, 학습자의 극지 과학 분야에 대한 심화적 관심 형성을 강화하고 과학 분야의 전문가로서 진로를 설계하는데 기여하는 교육 과정으로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다.

대상자 범위 확대의 측면

현재 프로그램은 인천광역시교육청과의 협력 체계에 기반하여 인천 관내 학생 및 교원만을 대상으로 운영되고 있다. 향후에는 타 시·도 교육청과의 연계 협력 체계를 구축하여 전국 단위의 참여를 유도할 필요가 있다. 이를 위해 광역·기초 교육청과의 사전 업무 협약(MOU) 체결, 권역별 순회 운영 등의 방안을 검토하고자 한다.

운영 기간 재편의 측면

학생 프로그램은 기존 1일 과정에서 장기·연속형(예: 3개월~1학기)으로 전환하여 심화 학습과

진로 탐색 기능을 강화한다. 이를 위해 기초 이론 학습, 실험·탐구 심화, 자율 연구 프로젝트의 3단계 구조를 도입한다. 반면 교사 프로그램은 기존 3일 과정에서 1일 집중형으로 개편하여 참여 교원 수를 확대하고, 단기간 내 핵심 교육 내용을 전달하는 방식으로 운영하는 방안을 고려한다.

강의자 확보 및 역량 강화의 측면

극지 과학자의 연구 일정과 출장 특성을 고려할 때, 안정적 강의자 확보를 위해 전·현직 연구원 풀(pool)을 구성하고, 강의 및 실험 지도 역량 강화를 위한 사전 연수를 시행하는 방안을 검토할 필요가 있다. 또한 교육과정별 표준 강의안 및 실험 매뉴얼을 개발하여 강의자별 프로그램 질 차이를 최소화하는 방안 또한 검토하고자 한다.

극지 과학 탐구프로그램을 지속적으로 운영하며 점진적 개선을 추진한다면 학습자의 극지 학습 지속성과 교육 확산성을 확보하고 미래 극지 전문 인력 양성을 위한 전략적 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

예산 확보 측면

현재 폴라 오픈랩 운영 예산은 인천시교육청에 의존하고 있으나 장기적으로 유지 가능하기 위하여 독자적인 재원이 필요하다. 극지연구소 자체 예산 외에도 인천시 영재학교 운영 예산, 각 시도 교육청의 과학프로그램 운영 예산 등을 활용할 필요가 있다. 이를 위하여 폴라 오픈랩 프로그램의 홍보가 선행되어야 할 것이다.

다. 프로그램 표준 운영(안)

본 표준교안은 2025년도 극지과학 탐구프로그램 운영 경험을 바탕으로, 차기 교육과정에 활용 가능한 예시안으로 작성하였다. 실제 강사별 운영 방식과는 일부 차이가 있을 수 있으며, 교육 현장 특성에 맞추어 조정·활용하도록 한다.

프로그램명	개요	진행 절차
극지 과학 개론	- 대상 : 중학생 - 목표 - 극지방의 지리·역사, 기후, 생태계, 자원, 국제 협력 이해 - 극지과학 전반의 기초 지식 습득 - 소요시간 : 약 90분	- 도입(10분): 극지 경험 소개 및 퀴즈 - 전개(60분) - 극지 지리·역사(15분) - 극지기후·생태계(20분) - 자원·협력(15분) - 질의응답(10분) - 정리(20분): 극지과학 퀴즈 및 토론
오로라와 우주날씨	- 대상 : 중학생 - 목표 - 대기광·오로라 발생 원리 이해 - 우주날씨 변화와 지구환경의 상관성	- 도입(10분): 오로라 영상 시청 - 전개(90분) - 태양활동과 대기광(30분) - 극지 관측 장비 소개(20분)

프로그램명	개요	진행 절차
	파악 - 관측 장비 및 데이터 활용 체험 • 소요시간 : 약 120분	- 실습: 공개 위성데이터 분석·오로라 발생 시기 추정(40분) • 정리(20분): 팀별 발표, 퀴즈, 질의응답
오래가는 생명체 지의류	• 대상 : 중학생 • 목표 - 지의류의 정의와 형태학적 특징 이해 - 지의류 내 공생 미생물과 극한 적응 원리 학습 - 극지 생태계에서의 지의류 역할 파악 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): 지의류 사진 제시 및 퀴즈 (“식물일까? 균류일까?”) • 전개(90분) - 지의류 구조·형태 강의(30분) - 실습: 현미경으로 지의류 샘플 관찰 (40분) - 공생 미생물 사례 및 적응전략 설명 (20분) • 정리(20분): 질의응답, 미니퀴즈
극지 잠수동물의 생태와 생리학 연구	• 대상 : 중·고등학생 • 목표 - 펭귄·물범의 극한 생존전략 이해 - 잠수·사냥 과정 탐구 - 상위포식자의 생태적 역할 파악 • 소요시간 : 약 90분	• 도입(10분): 극지잠수생물 영상 시청 • 전개(60분) - 생리학적 특성 강의(30분) - 먹이사슬 토론(30분) • 정리(20분): 질의응답, 퀴즈
눈 발의 사건현장: 누구의 피(blood)일 까?	• 대상 : 중·고등학생 • 목표 - 눈 위 붉은색의 정체 = snow algae 이해 - 색소의 생리적 의미 탐구 • 소요시간 : 약 90분	• 도입(10분): 극지미세조류 사진 제시, 추측 토론 • 전개(60분) - snow algae 강의(20분) - 현미경 관찰 실습(40분) • 정리(20분): 관찰 결과 공유
극지 바다의 1차 생산자 플랑크톤	• 대상 : 중·고등학생 • 목표 - 극지 플랑크톤 종류와 역할 이해 - 기후 변화에 따른 반응 학습 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): 극지 바다 영상 시청 • 전개(90분) - 플랑크톤 종류 강의(30분) - 현미경 관찰 실습(40분) - 토론(20분) • 정리(20분): 발표 및 정리
빙하 - Into the Unknown	• 대상 : 중·고등학생 • 목표 - 빙하의 물리적 특성 및 재결정화 과정 이해 - 극지 실험실 연구 절차 습득 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): 빙하 사진·영상 감상 • 전개(90분) - 빙하 물리적 특성 강의(30분) - 모의 얼음 재결정화 실험(40분) - 실험 절차 안전교육(20분) • 정리(20분): 질의응답 및 결과 공유
운석의 편광현미경	• 대상 : 중·고등학생 • 목표	• 도입(10분): 운석 영상 시청 • 전개(90분)

프로그램명	개요	진행 절차
관찰	- 운석을 구성하는 물질(광물) 분석방법 이해 - 운석을 통한 태양계 진화 과정 이해 • 소요시간 : 약 120분	- 운석 관측 방법 강의(10분) - 실제 극지 운석 관찰 실습(40분) - 관찰 결과 공유(20분) • 정리(20분): 조별발표 및 피드백
남북극 하늘 살펴보기	• 대상 : 고등학생 • 목표 - 기상관측 방법 학습 - 남북극 기지 기반 미세먼지 및 기후 가스 관측 현황 이해 - 기후모델을 이용한 극지역 및 전지구 기후변화 이해 • 소요시간 : 약 90분	• 도입(10분): 강의 목표 소개 및 퀴즈 • 전개(90분) - 남극기지 기상현황 원격 시청(10분) - 기상관측 방법 강의(20분) - 미세먼지 및 기후가스 관측 현황 강의(30분) - 기후모델 이용한 기후변화 예측 실습(30분) • 정리(20분): 조별발표 및 피드백
남극 퇴적물 연구: 과거 기후 복원과 IODP 역할	• 대상 : 고등학생 • 목표 - 남극 퇴적물 시추 및 분석 과정 이해 - 실험을 통해 과거 기후 변화를 추정하는 방법 습득 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): 남극 해저 탐사 영상 시청 • 전개(90분) - 퇴적물 시추 방법 강의(30분) - 모의 시추 샘플 실험·분석(40분) - 데이터 해석 및 토론(20분) • 정리(20분): 조별발표 및 피드백
얼음 결합 단백질 특성 연구	• 대상 : 고등학생 • 목표 - 얼음결합 단백질(IBP)의 역사·특성 이해 - 빙핵활성 단백질의 기능과 저온적응 전략 학습 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): IBP 관련 뉴스·영상 소개 • 전개(90분) - IBP 구조·역사 설명(30분) - 빙핵활성 단백질 사례 소개(20분) - 실험: 모의 단백질 결합 실험(40분) • 정리(20분): 조별발표 및 피드백
빙하 코어와 온실가스: 과거 지구 CO ₂ 농도 추정	• 대상 : 고등학생 • 목표 - 빙하 코어로 과거 대기 조성 연구하는 방법 이해 - CO₂ 농도 측정 원리 습득 및 기후 변화 분석 • 소요시간 : 약 120분	• 도입(10분): 빙하코어 영상 시청 • 전개(90분) - 빙하 코어 채취·구조 설명(30분) - 실습: 모의 코어 샘플의 기포 분석(40분) - 현재 CO₂와 비교 토론(20분) • 정리(20분): 결과 공유, 피드백

7. 사업추진 로드맵



그림 VII-1. 극지환경재현실용화센터 시설 구축 및 운영 로드맵



그림 VII-2. 극지환경재현실용화센터 시설 구축 계획

2030년까지의 운영 전략

1. 극지환경재현 인프라 고도화로 극지 접근성 확대

- 극지환경재현 인프라(복합극지환경재현실) 확충
- 극지환경재현 인프라 개방으로 연간 약 4억원의 현장 출장 대체 효과 창출
- 대학 및 산업계 인원의 극지 현장 방문 기회 확대

2. 극지 시료 제공, 유망기술 발굴 및 실용화 촉진

- 극지 시료 보관시설 구축 및 극지 시료 분양 시스템 운영
- 극지 시료와 복합극지환경재현실 활용 극지 기반 신산업 시장 개척
- 창업지원단 등 외부 전문기관과 협력하여 기술이전 10건, 기술창업 5건

3. 극지 특화 교육 프로그램 확산

- 폴라오픈랩(Polar-Open Lab) 활용 극지 심화 교육프로그램 연 700명 참여
- 복합극지환경재현실, 극지장비개발실 활용 극지 전문 인력 연 10명 양성
- 실감형극지영상실, 몰입형극지체험실 구축 및 연 1만2천명 방문

그림 VII-3. 극지환경재현실용화센터 운영전략

8. 소요예산

구 분	'26	'27	'28	'29	'30	'31~	합 계
요구금액(백만원)	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	11,400
극지 시료 활용 시스템 구축 및 창업지원 프로그램 운영	극지 시료 홍보						3,400
	- 극지 시료 소개 자료 제작 , 홍보 부스, 기념품 제작 및 홍보활동 운영비 (100백만원/28~30년)						
	- 창업지원 프로그램 운영 (500백만원/31년~)						
	-	-	100	100	100	500	
	극지 시료 분양 시스템 구축 및 분양						
- 극지 빙하 아카이브 구축 (900백만원/28년)							
- 극지 빙하 보관 시설 운영비 (300백만원/28년~)							
- 극지 화석 보관 시설 구축 (200백만원/27년)							
- 극지 화석 보관 시설 운영비 (100백만원/27년~)							
- 극지 시료 분양용 웹사이트 구축 (100백만원/28년)							
- 극지 시료 분양 시스템 운영비 (100백만원/28년~)							
-	300	1,200	600	600	600		
극지환경재현실 구축 및 운영	극지환경재현실 구축 및 운영						5,050
	- 저온실용화기술실증실 설치 (1900백만원/26년)						
	- 저온실용화기술실증실 운영비 (150백만원/27년~)						
	- 극지해양환경모사실 (1400백만원/27년)						
	- 극지해양환경모사실 운영비 (250백만원/27년~)						
1,900	1,550	400	400	400	400		
극지특화교육 프로그램 운영	몰입형 극지교육시설 운영						1,050
	- 실감형 극지 영상 시설 구축 (700백만원/29년~)						
	- 몰입형 극지 체험 시설 구축 (400백만원/30년~)						
	- 몰입형 극지 체험 및 실감형 극지 영상 시설 운영 (300백만원/30년~)						
	- 실감형 극지 영상 제작 (300백만원/30년)						
-	-	-	700	700	300		
극지교육 및 프로그램 운영							
- 전국 단위 극지교육 프로그램 및 실험실 운영비(100백만원/27년~)							
-	50	100	100	100	100		

9. 기대효과 및 활용방안

9.1 성과활용방안

- 복합극지환경실은 저온, 동결-해빙, 강풍 등의 극한 환경을 재현 가능한 핵심 연구 인프라로 활용하여 대학, 공공연구기관, 산업체와 공동 활용하고, 장기 연속 운전과 단기 반복 시험을 병행하는 운영 체계 구축하고 실별 독립 제어 기능을 활용하여 다수 연구 과제 동시 수행
- 극저온 환경에서의 소재 물성 변화, 장비 내구성, 구조 안정성 연구를 통한 미래 원천기술 확보, 극지 인프라 설계 기술, 저온 대응 기계·전자 시스템, 극한 환경용 센서 및 계측 기술 기초 데이터 축적, 극지 현장 투입 이전 단계 사전 검증을 통한 연구 실패 위험 저감 및 연구 효율성 향상
- 저온 대응 장비, 방빙·제빙 기술, 극한 환경용 소재 및 부품 개발을 위한 실증 플랫폼으로 활용, 중소기업 및 스타트업 대상 기술 실증 환경 제공을 통한 상용화 가능성 검증, 극지·고위도 지역뿐 아니라 우주·고산·극저온 물류 등 유사 환경 산업으로 활용 분야 확장
- 실감형 극지 영상실 및 몰입형 극지 체험·교육 프로그램은 극지 환경과 연구 활동을 효과적으로 전달하기 위한 실감형 전시 및 체험 공간으로 활용하고 소년·대학생·일반인 대상 수준별 극지 교육 프로그램 운영
- 연구 결과의 실시간 또는 준실시간 전달을 통한 대국민 과학 소통을 강화하고, 콘텐츠 제작 기업 및 교육 기관과의 협력을 통한 과학 전시, 교육 콘텐츠, 디지털 관광 등 콘텐츠 산업으로 활용 분야 확장하여 극지 연구 성과의 사회적·경제적 가치 확산

극지연구소

9.2 파급(기대)효과

- 복합극지환경실 구축을 통해 극저온 환경에서 운용 가능한 극지 장비의 개발과 성능 검증을 체계적으로 수행하고 산학연 협력을 통한 기술 이전 및 산업화 촉진 기반 마련
- 남극과 북극 현지 실험의 접근성 및 안전성 한계를 극복하고 극지 현장 적용성에 대한 사전 검증 체계 구축을 통해 연구 효율성과 연구 안전성 동시 제고
- 시료 보관실 및 시료 제공 시스템 구축을 통해 극지 연구로 확보된 생물·환경 시료의 체계적 관리 및 안정적 제공
- 극지 유래 생물자원과 환경 시료를 활용한 신소재 및 유용물질 연구 활성화
- 시료 관리 표준화 및 이력 관리 체계 확립을 통한 연구 신뢰성 제고
- 실감형 극지 영상 제작 및 극지 교육 프로그램 운영을 통한 극지 연구 성과 확산, 극지 환경과 기후변화 인식 제고,
- 극지 특화 교육을 통한 미래 과학기술 인재 양성과 극지 과학의 대중화 및 과학 저변 확대에 기여

IV. 사업 타당성 분석

1. 정책적 타당성

- 본 사업은 「제5차 과학기술기본계획(’23~’27)」에서 제시한 국민 건강 및 삶의 질 향상과 연안-대양-극지 탐사를 통한 미래자원 확보 및 해양안전체계 구축 기조와 부합함. 극지 환경을 국내에서 재현하고 이를 기반으로 기술 실증과 응용 연구를 수행하는 체계는 극한환경 대응 기술 확보와 미래 자원 탐사 역량 강화라는 국가 전략 목표를 직접적으로 지원함
- 「제3차 해양수산발전 기본계획(’21~’30)」의 지속가능한 극지 개발 추진 과제에서 제시한 실용화센터 구축과 연계되어 극지 연구 인프라 고도화 및 실증 기반 연구 수행의 핵심 수단으로 기능함
- 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(’23~’27)」의 국가 경제에 기여하는 극지 산업 기반 마련 및 지속가능한 극지 수산·생명자원 개발 과제와 연계되어, 본 사업은 극지 생물·환경 자원을 활용한 응용 연구 및 산업화 가능성을 확대하는 기반 역할을 수행함. 특히 극지 시료의 체계적 관리와 제공, 극지 환경 재현 실험 인프라 구축은 극지 유래 자원의 연구-활용-사업화로 이어지는 전주기 생태계 형성에 기여함
- 「제4차 남극연구활동 진흥기본계획(’22~’26)」에서 제시한 국내 남극 협력 연구 활성화 여건 조성 및 남극과 동일한 환경의 국내 연구 플랫폼 구축이라는 정책 목표와 직접적으로 연동되며, 남극 특성화 응용 기술 개발을 실증 중심으로 추진할 수 있는 핵심 거점으로 기능함
- 「제4차 생명공학육성 기본계획(’23~’32)」의 바이오 혁신기술 창업 활성화 및 바이오 소부장 기업 육성 정책과 연계하여, 극지 생명자원 기반 기술 개발과 실증은 신기술 창출과 초기 기술 사업화 촉진에 기여함. 극한환경 적응 생물에서 유래한 소재와 기술은 차별화된 바이오 원천기술로 발전 가능성이 높아, 기술 기반 창업 및 민간 기업 참여를 유도할 수 있는 정책적 파급효과를 가짐
- 본 사업은 극지연구소의 상위 역할인 극지연구 신성장 동력 발굴과 실용화 성과 창출이라는 R&R을 구체화하는 핵심 수단에 해당함. 기존의 현장 중심 극지 연구 한계를 보완하고, 국내에서 반복적·안정적 실증이 가능한 연구 환경을 구축함으로써 연구 효율성, 안전성, 성과 활용성을 동시에 제고함
- 이는 단순 연구 수행을 넘어 극지 기술의 축적, 실용화, 산업 연계로 이어지는 국가 극지 연구 체계의 구조적 전환을 뒷받침하는 정책적 의미를 가짐

2. 과학·기술적 타당성

- 본 사업의 기술개발계획은 극지 환경을 국내에서 재현하고 이를 기반으로 장비·기술·시료 활용 연구를 수행하기 위한 체계적 계획으로 구성되어 있음

- 기획 단계에서 극지 현장 실험의 한계와 안전성 문제, 높은 비용 구조 등을 명확히 인식하고 이를 해결하기 위한 대안으로 실증 중심 연구 인프라 구축을 제시하고 있어 기획과정의 타당성이 확보됨
- 사업 목표는 단순 기술 개발에 그치지 않고, 극지 환경 재현 - 성능 검증 - 응용 및 실용화로 이어지는 단계적 목표 체계를 갖추고 있으며, 연구 인프라 구축, 기술 실증, 시료 관리 및 제공 등 세부 내용 간 연계성이 높아 사업 구성 및 내용 측면에서도 적절한 것으로 판단됨
- 투자 시기 측면에서 볼 때, 극지 연구 수요의 증가와 함께 기후변화 대응, 극한환경 기술 확보의 중요성이 확대되고 있어 현 시점은 기술개발을 본격화하기에 적절한 시기로 판단됨
- 기술수준 측면에서는 국내 극지 연구 역량이 축적되어 있으나, 극지 환경 재현 및 실증 인프라는 해외 선진국 대비 제한적인 상황으로 본 사업을 통해 해당 분야의 핵심 인프라를 확보할 경우, 반복 실험과 기술 고도화를 통해 경쟁우위를 확보할 가능성이 높음
- 특히 극지 환경 재현 기술과 이를 활용한 장비·소재·생명자원 응용 연구는 차별화된 기술 영역으로, 후발국 추격이 아닌 선도적 기술 확보가 가능한 분야로 평가됨
- 극지환경재현실용화센터의 내부 시설 구축은 기존의 개별 연구과제 중심 R&D와 달리, 극지 환경을 종합적으로 재현하고 실증을 지원하는 공통 기반 인프라 구축을 핵심으로 하고 있어, 단일 기술 개발 사업과 직접적인 중복 가능성은 낮으며, 오히려 기존 연구개발사업의 효율성과 완성도를 제고하는 보완적 역할을 수행함
- 기존 극지 연구는 현장 중심 또는 단편적 실험 위주로 수행되어 왔으나, 본 사업은 이를 통합·고도화하는 플랫폼 성격을 지녀 특정 분야에 대한 과잉투자보다는 국가 연구개발 포트폴리오의 균형성과 연계성을 강화하는 방향으로 기여함
- 극지환경재현실용화센터의 내부 시설 구축은 기술개발계획의 충실성, 기술 확보의 시급성과 경쟁력, 기존 사업과의 차별성을 종합적으로 고려할 때 국가 극지 연구 역량 강화와 실증 기반 기술개발을 위한 과학·기술적 타당성이 충분한 사업으로 판단됨

3. 경제적 타당성

- 극지환경재현실용화센터의 종합극지환경실 구축은 사업 시행 시 발생하는 편익을 사업 미추진 시와 비교할 때 합리적인 투자 수준으로 판단됨
- 또한 연구 성과의 실증 가능성 제고로 기술 성숙도가 향상되어 연구개발 성공률 증가, 후속 연구 및 산업 연계 확대에 따른 파급 편익이 발생함
- 사업을 추진하지 않을 경우, 극지 연구는 계속해서 제한적인 현장 실험으로 연구 효율 저하와 비용 증가가 지속될 가능성이 높으며, 이에 비해 본 사업을 추진할 경우 장기적으로 연구 인프라의 공동 활용에 따른 누적 편익이 비용을 상회하는 것으로 분석됨
- 종합적으로 볼 때 비용 대비 편익이 충분히 확보되는 것으로 평가되며 경제성 평가 결과, 경제성이 있는 것으로 판단됨

4. 사회 · 문화적 타당성

- 극지환경재현실용화센터의 교육시설은 학생과 연구자가 실제 극지 환경과 유사한 조건에서 실험·실습을 수행함으로써 이론 중심 교육의 한계를 보완하고 실무 역량을 강화하는데 기여함
- 국내 실증 환경 구축을 통해 극지 현장 실험에 따른 연구자 안전사고 위험을 감소시켜 연구 인력 보호 및 안전한 연구 문화 조성에 기여하며, 극한환경 대응 기술 축적은 향후 재난 대응, 극한 연구 환경 개선 등 공공 안전 분야로의 확산 가능성을 가짐
- 극지 연구 인프라의 국내 구축은 극지 연구 접근성을 높이고 연구 기회의 형평성을 제고하며, 단일 기관 중심이 아닌 공동 활용이 가능한 개방형 인프라로서 국가 연구 인프라의 공공성을 강화함
- 극지 연구를 소수 전문가의 영역에서 국민이 공감할 수 있는 미래 과학기술 분야로 확장시켜 과학문화 확산에 기여함
- 극지 환경과 기후변화 문제에 대한 이해 증진을 통해 환경 보전 및 지속가능성에 대한 사회적 인식 변화를 유도함
- 연구 성과의 실용화 및 산업 연계를 통해 연구 중심 문화에서 성과 활용 중심의 연구 문화로의 전환을 촉진함



부록 1. 복합극지환경실 설치를 위한 기본설계

번호	도면번호	도면명	축척		번호	도면번호	도면명	축척		비고
			A1	A3				A1	A3	
01	M-0001	도면목록표	NONE	NONE	23	M-0214	UC-06 장비상세도	1/150	1/300	
02	M-0002	장비일람표	NONE	NONE						
03	M-0003	냉매영면도	NONE	NONE	24	M-0301	2차원기공시 영면도	1/150	1/300	
					25	M-0302	자동제어 영면도	1/150	1/300	
04	M-0101	바닥단열공사(전속SCOPE)	1/150	1/300	26	M-0303	자동제어 시스템구설도	1/150	1/300	
05	M-0102	바닥통기관공사(전속SCOPE)	1/150	1/300						
06	M-0103	냉동판넬 시공영면도	1/150	1/300						
07	M-0104	냉동판넬 시공상세도	1/150	1/300						
08	M-0105	청동냉열도어 상세도	1/150	1/300						
09	M-0106	유크리트 시공	1/150	1/300						
10	M-0201	냉동기 FLOW DIAGRAM	1/150	1/300						
11	M-0202	냉동기 냉매배관 영면도	1/150	1/300						
12	M-0203	냉동기 드래인배관 영면도	1/150	1/300						
13	M-0204	CDU-01 장비상세도	1/150	1/300						
14	M-0205	CDU-02 장비상세도	1/150	1/300						
15	M-0206	CDU-03 장비상세도	1/150	1/300						
16	M-0207	CDU-04 장비상세도	1/150	1/300						
17	M-0208	CDU-05 장비상세도	1/150	1/300						
18	M-0209	UC-01 장비상세도	1/150	1/300						
19	M-0210	UC-02 장비상세도	1/150	1/300						
20	M-0211	UC-03 장비상세도	1/150	1/300						
21	M-0212	UC-04 장비상세도	1/150	1/300						
22	M-0213	UC-05 장비상세도	1/150	1/300						



MS Int'l
(주)명성 인터내셔널
2025. 09.
M-0001

극지연구소

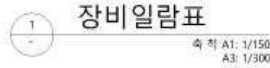
장비일람표

01. 냉매영면도

기호	설비명	설비종	수량	설치위치	냉매영면도				시공비율	설비명	설비종	수량	설치위치	비고
					냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도						
01	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	100%	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	비고
02	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	100%	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	비고
03	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	100%	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	비고
04	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	냉매영면도	100%	냉매영면도	냉매영면도	1	2차원기공시 영면도	비고

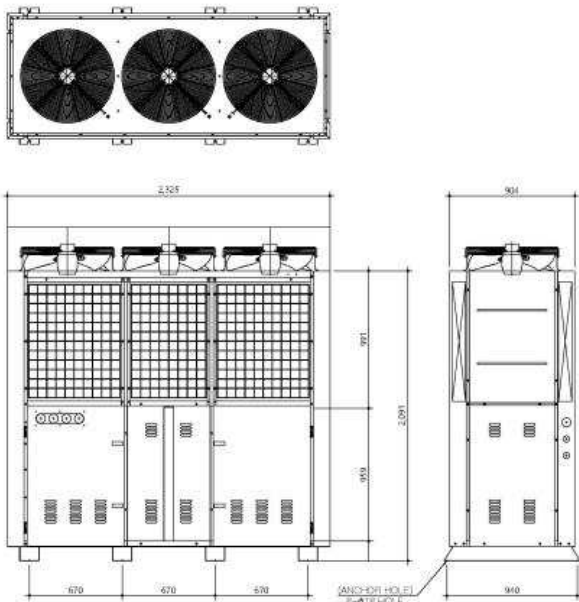
02. 유닛목록리

기호	설비명	설비종	수량	설치위치	유닛목록리				시공비율	설비명	설비종	수량	설치위치	비고
					유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리						
01	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	100%	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	비고
02	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	100%	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	비고
03	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	100%	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	비고
04	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	유닛목록리	100%	유닛목록리	유닛목록리	1	2차원기공시 영면도	비고



MS Int'l
(주)명성 인터내셔널
2025. 09.
M-0001

1
CDU : 1 SET



CDU-01 장비상세도
단위: mm

SPECIFICATION

CONDENSER	35HP
TYPE	2C1단축
COMPRESSOR	MODEL : -
CAPACITY	25HP
AL-FIN P.P.	22x25.4mm
F.P.	2.1mm
COIL	3/8" 98x345x2040EL (2EA)
CONDENSER	TRANSFER AREA : 222.1 M ² 열량(Kcal/h) : 93,967 Kcal/h
FAN	FAN : Ø630x3EA MOTOR : 380V 3PH 50Hz (805W) AIR VOLUME : 486 CMH
PIPE SIZE	CONDENSER INLET : Ø41.28 OUTLET : Ø28.58
CASING	CASE : G.L.I. 21 ~ 2.01 POWDER COATING : 5Y-6.5-01
WEIGHT(kg)	~560

MS Int'l
(주)명성 인터내셔널
KOREA LTD. 100-1000, 1000, 1000
100-1000, 1000, 1000, 1000

MODEL DESIGNED BY
ELECT. DESIGNED BY
MECH. DESIGNED BY
PIPE DESIGNED BY

극지연구소
극지대기환경관측시설
자문 설계공제

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

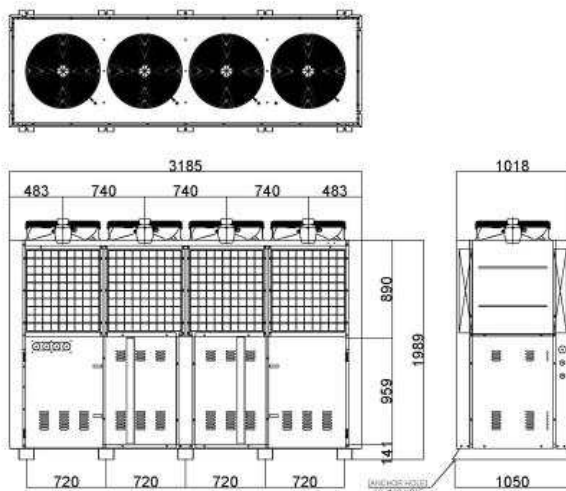
2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2
CDU : 1 SET



CDU-02 장비상세도
단위: mm

SPECIFICATION

CONDENSER	45HP
TYPE	2C1단축
COMPRESSOR	MODEL : -
CAPACITY	35HP
AL-FIN P.P.	22x25.4mm
F.P.	2.1mm
COIL	3/8" 48x305x2900EL (2EA)
CONDENSER	TRANSFER AREA : 371.5 M ² 열량(Kcal/h) : 140,261 Kcal/h
FAN	FAN : Ø630x4EA MOTOR : 380V 3PH 50Hz (805W) AIR VOLUME : 548 CMH
PIPE SIZE	CONDENSER INLET : Ø41.28 OUTLET : Ø28.58
CASING	CASE : G.L.I. 21 ~ 2.01 POWDER COATING : 5Y-6.5-01
WEIGHT(kg)	~670

MS Int'l
(주)명성 인터내셔널
KOREA LTD. 100-1000, 1000, 1000
100-1000, 1000, 1000, 1000

MODEL DESIGNED BY
ELECT. DESIGNED BY
MECH. DESIGNED BY
PIPE DESIGNED BY

극지연구소
극지대기환경관측시설
자문 설계공제

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

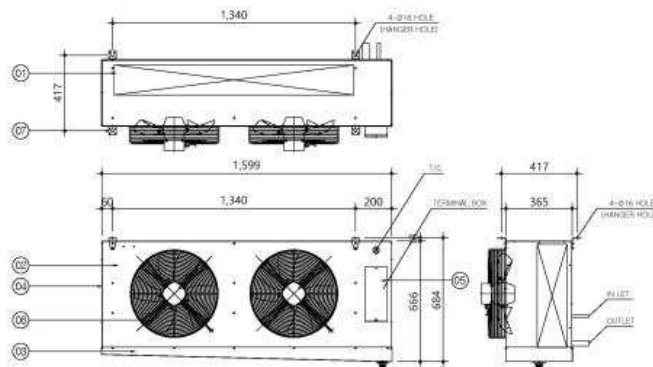
2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

2025. 09.
2025. 09.

SPECIFICATION		
MODEL	UNIT COOLER -04	
COOL	TYPE	AL-FIN & TUBE
	COIL SIZE	3/8" 6R 189 (1800L)
	PIPE PITCH	R=27.5, S=31.75
	PIPE PITCH	M
	FLARE PITCH	6.2mm
MOTOR & FAN	POWER	32, 380V 50Hz
	MOTOR	154Wx1Px2EA
	FAN	Ø450x56x2EA
	AIR VOLUME	130 CMM
	INLET	5/8" (Ø15.88)
PIPE CALIBER	OUTLET	1.5/8" (Ø41.28)
	DRAIN	25A
	BODY	1.69W x 1EA
HEATER	DRAIN	1.90W x 1EA
	FRONT	0.99W x 1EA
CASING	AL EMBOS. G1	1.21 ~ 1.01
	도장재질(도장명)	철도도장(도장명)
WEIGHT(KG)	1180kg	

4 UC : 1 SET



UC-04 장비상세도

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

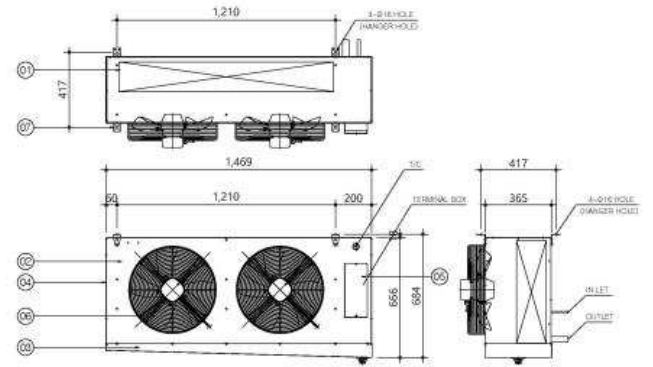
MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

SPECIFICATION		
MODEL	UNIT COOLER -05	
COOL	TYPE	AL-FIN & TUBE
	COIL SIZE	3/8" 6R 189 (1800L)
	PIPE PITCH	R=27.5, S=31.75
	PIPE PITCH	M
	FLARE PITCH	6.2mm
MOTOR & FAN	POWER	32, 380V 50Hz
	MOTOR	154Wx1Px2EA
	FAN	Ø450x56x2EA
	AIR VOLUME	130 CMM
	INLET	5/8" (Ø15.88)
PIPE CALIBER	OUTLET	1.5/8" (Ø41.28)
	DRAIN	25A
	BODY	1.69W x 1EA
HEATER	DRAIN	1.90W x 1EA
	FRONT	0.99W x 1EA
CASING	AL EMBOS. G1	1.21 ~ 1.01
	도장재질(도장명)	철도도장(도장명)
WEIGHT(KG)	1180kg	

5 UC : 1 SET



UC-05 장비상세도

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

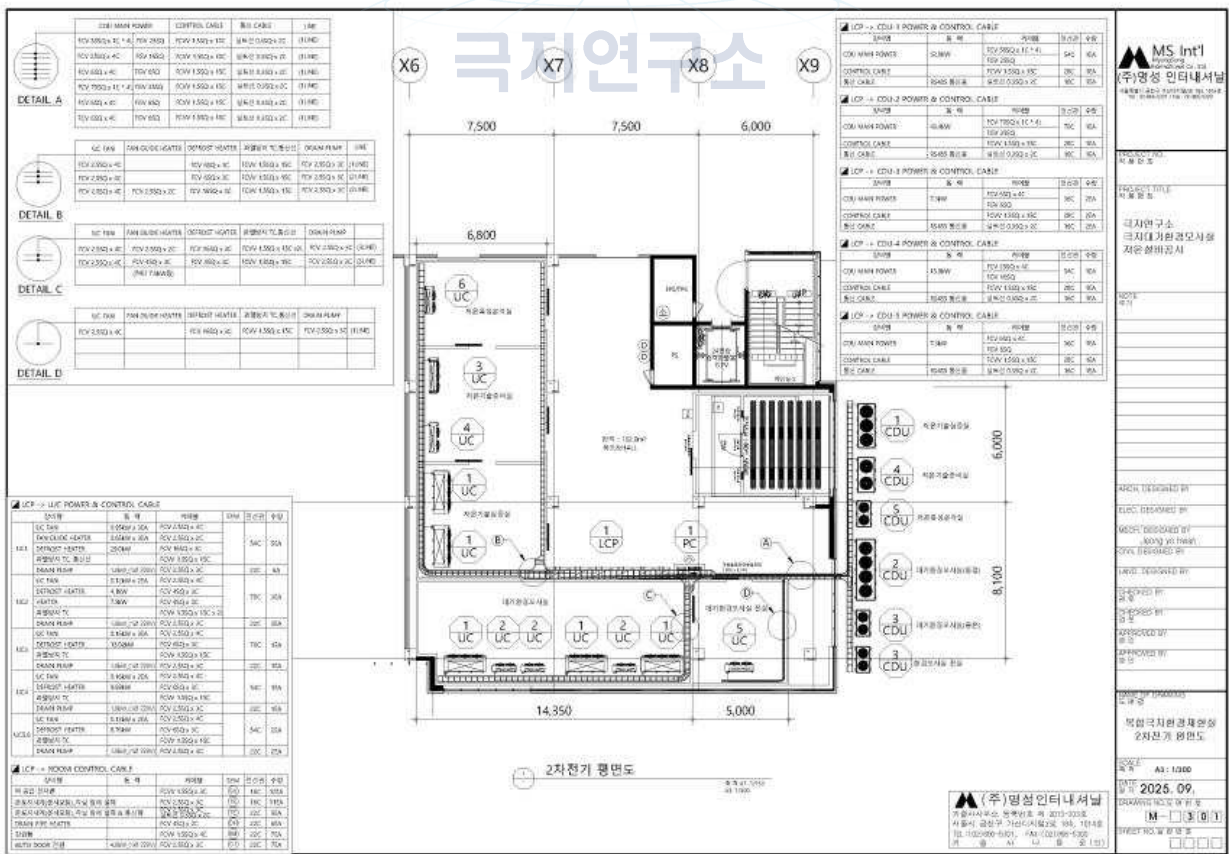
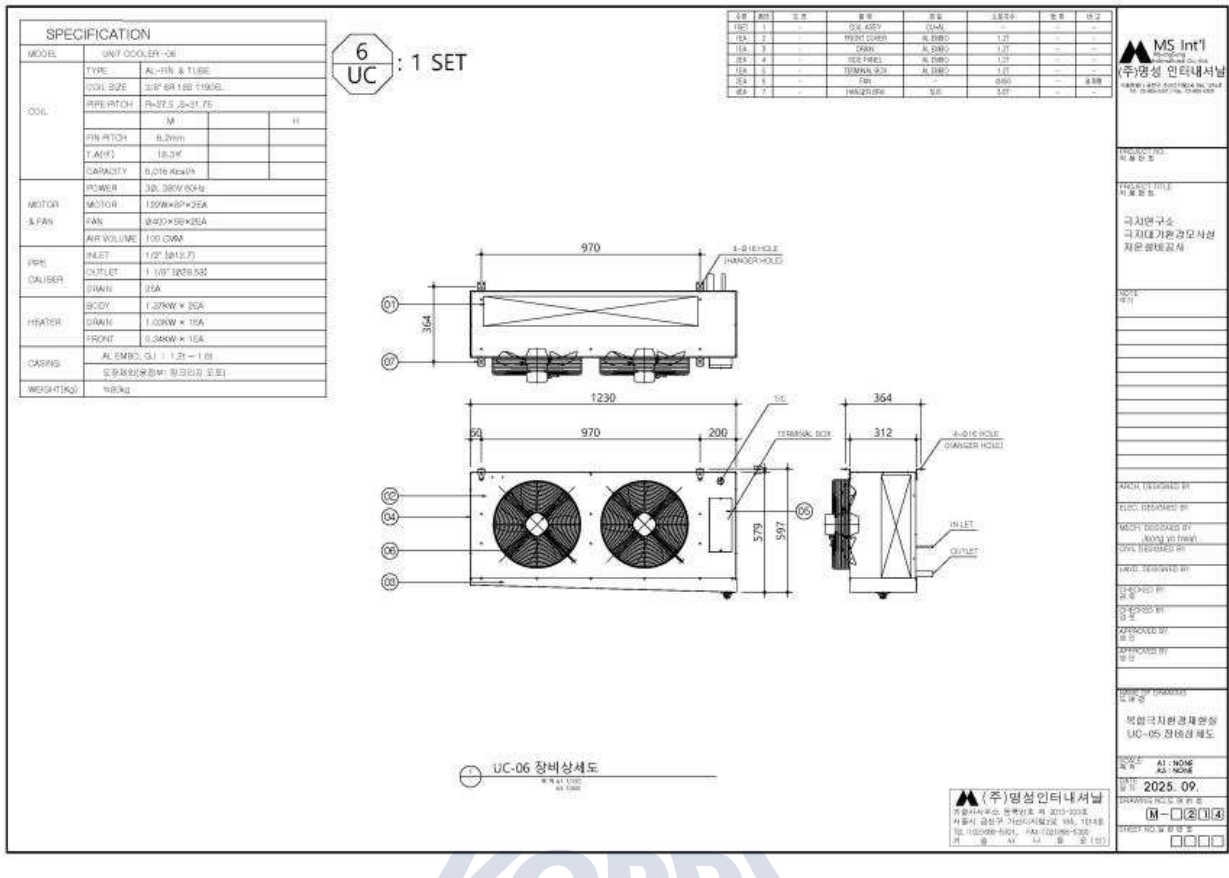
MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널

MS Int'l
(주)명성인터내셔널



원 가 계 산 서

건명 : 극지환경재현 실험화센터 복합극지환경재현실 저온설비공사

비 목			구 분	지급율	금 액	구 설 비	비 고
순 공 사 비	재 료 비	직접재료비			555,599,734		
		작업부산물					
		소 계			555,599,734		
	노 무 비	직접노무비			131,594,558		
		간접노무비	15.0%		19,739,183	직접노무비*15%	
		소 계			151,333,741		
	경 비	일반경비			9,975,000		
		신재보험료	3.70%		5,599,348	노무비*3.7%	
		고용보험료	1.01%		1,528,470	노무비*1.01%	
		건강보험료	3.545%		4,665,027	직접노무비*3.545%	
		연금보험료	4.50%		5,921,755	직접노무비*4.5%	
		노인장기요양보험료	12.81%		597,589	건강보험료*12.81%	
		산업안전보건관리비	2.28%		19,993,030	(재료비+직접노무비)*2.28%+4,325,000	
		기타경비	4.60%		32,518,939	(재료비+노무비)*4.6%	
		환경관리비	0.30%		2,091,507	(재료비+직접노무비+일반경비)*0.3%	
		건설기계대여수수료	0.08%		564,707	(재료비+직접노무비+일반경비)*0.08%	
		소 계			83,455,372		
	계				790,388,847		
	일반관리비			6.00%	47,423,330	(재료비+노무비+경비)*6%	
	이 문			15.00%	42,265,107	(노무비+경비+일반관리비)*15%	
	계				880,077,284		
	부가가치세			10.00%	88,007,728	10%	
	합 계				968,085,012	[만원단위 이하 절삭]	



건명 : 극지환경재현 실험화센터 복합극지환경재현실 저온설비공사

품 명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	비 고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
[냉동설비공사 집계표]											
1. 냉동장비					161,380,000		-		-	161,380,000	
2. 냉매배관공사					78,959,797		34,493,180		4,300,000	112,691,977	
3. 드레인배관공사					17,182,830		9,323,008		-	26,505,838	
4. 2차전기공사					51,679,707		33,278,310		3,200,000	88,158,017	
5. 두레탄판넬 설치공사					124,381,400		13,960,000		1,875,000	140,196,400	
6. 차동제어공사					87,569,100		54,000,000		-	121,569,100	
7. 유크리트 설치공사					39,467,900		6,600,000		500,000	46,567,900	
[합 계]					555,599,734		131,584,558		9,975,000	697,169,292	
1. 냉동장비											
UNIT COOLER -01	50HP	대	1	10,480,000	52,400,000		-		-	52,400,000	
[대기환경모사실 동결, 저온기술실증실]											
UNIT COOLER -02	5HP (7.5kW(터포팅))	대	3	1,600,000	4,800,000		-		-	4,800,000	
[대기환경모사실 동온]											
UNIT COOLER -03	15HP	대	1	2,900,000	2,900,000		-		-	2,900,000	
[저온기술준비실]											
UNIT COOLER -04	12.5HP	대	1	2,260,000	2,260,000		-		-	2,260,000	
[저온기술준비실]											
UNIT COOLER -05	10HP	대	1	2,000,000	2,000,000		-		-	2,000,000	
[대기환경모사실 진설]											
UNIT COOLER -06	5HP	대	1	1,290,000	1,290,000		-		-	1,290,000	
[저온특성분석실]											
CONDENSING UNIT -01	COMP : 2단 25HP	대	1	26,550,000	26,550,000		-		-	26,550,000	
[저온기술실증실]											
CONDENSING UNIT -02	CONDENSER : 35HP			-	-		-		-	-	
	COMP : 2단 35HP	대	1	32,230,000	32,230,000		-		-	32,230,000	

2/1 Page

내역서

건명 : 국가환경재원 실용화센터 복합국지 환경저해물질 저온설비공사

품명	규격	단위	수량	자료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
(대기환경모사실 동결)	CONDENSER : 45HP			-	-	-	-	-	-	-	
CONDENSING UNIT -05	COMP : 단단 5HP	대	2	8,560,000	17,120,000		-		-	17,120,000	
(대기환경모사실 중온, 대기환경모사실 전설)	CONDENSER : 10HP			-	-	-	-	-	-	-	
CONDENSING UNIT -04	COMP : 단단 10HP	대	1	12,360,000	12,360,000		-		-	12,360,000	
(저온기술준비실)	CONDENSER : 20HP			-	-	-	-	-	-	-	
CONDENSING UNIT -05	COMP : 단단 3HP	대	1	7,450,000	7,450,000		-		-	7,450,000	
(저온특성분석실)	CONDENSER : 7.5HP				-		-		-	-	
[합계]					161,380,000		-		-	161,380,000	
2. 냉매배관공사											
동관(L-TYPE)	28.58mm	M	288	28,700	8,265,600		-		-	8,265,600	
동관(L-TYPE)	34.92mm	M	66	39,700	2,620,200		-		-	2,620,200	
동관(L-TYPE)	41.28mm	M	117	51,900	6,060,600		-		-	6,060,600	
동관(L-TYPE)	19.05mm	M	164	17,300	2,837,200		-		-	2,837,200	
동관 FITTING 류	동관 자체의 10%	식	1	1,978,360	1,978,360		-		-	1,978,360	
동관 보온재(고무발포보온재)	28.58mm (40T)	M	288	17,200	4,953,600		-		-	4,953,600	
동관 보온재(고무발포보온재)	34.92mm (40T)	M	66	19,500	1,287,000		-		-	1,287,000	
동관 보온재(고무발포보온재)	41.28mm (40T)	M	117	22,300	2,609,100		-		-	2,609,100	
동관 보온재(고무발포보온재)	19.05mm (32T)	M	164	17,300	2,837,200		-		-	2,837,200	
보온 삽지재	보온재의 10%	식	1	1,168,690	1,168,690		-		-	1,168,690	
배관트레이(커버포함)	500x100 아연도 1.5k	M	70	50,400	3,528,000		-		-	3,528,000	
배관트레이(커버포함)	300x100 아연도 1.5k	M	50	41,700	2,085,000		-		-	2,085,000	
온냉용접봉	BCUP-3	KG	25	199,900	4,997,500		-		-	4,997,500	
Polyma Tape	21*25M	BOX	3	50,400	151,200		-		-	151,200	
Pipe Hanger		개소	30	43,200	1,296,000		-		-	1,296,000	
C.D.U 고무받침 패드		EA	44	7,200	316,800		-		-	316,800	

3/7 Page

내역서

건명 : 국가환경재원 실용화센터 복합국지 환경저해물질 저온설비공사

품명	규격	단위	수량	자료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
플러 가터		EA	12	431,300	5,175,600		-		-	5,175,600	
냉매	R-404R-507	KG	300	22,300	6,690,000		-		-	6,690,000	
냉동유	SW-32(20L)	L	80	36,000	2,880,000		-		-	2,880,000	
산소	99%	B/T	10	43,200	432,000		-		-	432,000	
질소		B/T	20	43,200	864,000		-		-	864,000	
아세틸렌		B/T	3	78,100	237,300		-		-	237,300	
냉매배관 마감재		SET	5	215,700	1,078,500		-		-	1,078,500	
전자변 (DANFOSS)	5HP-EVR-15	EA	3	307,900	923,700		-		-	923,700	
전자변 (DANFOSS)	10~15HP-EVR-15	EA	4	145,200	580,800		-		-	580,800	
전자변 (DANFOSS)	35~40HP-EVR-15	EA	5	175,700	898,500		-		-	898,500	
전자변 (DANFOSS)	5HP-TES-5	EA	3	151,000	453,000		-		-	453,000	
전자변 (DANFOSS)	10~15HP-TES-5	EA	4	266,000	1,064,000		-		-	1,064,000	
전자변 (DANFOSS)	35HP-TES-5	EA	5	553,500	2,767,500		-		-	2,767,500	
기타습지제거	자체비의 5%	식	1	3,521,847	3,521,847		-		-	3,521,847	
노무비	배관공	인	30		-	239,439	7,183,170		-	7,183,170	
노무비	용접공	인	30		-	250,178	8,405,340		-	8,405,340	
노무비	보온공	인	30		-	214,975	8,449,250		-	8,449,250	
노무비	특별인부	인	38		-	224,439	8,530,620		-	8,530,620	
노무비	기계설비공	인	16		-	241,550	3,864,800		-	3,864,800	
장바사용료	지게차, 고소장바 외	식	1		-		-	4,300,000	4,300,000	4,300,000	
[합계]					73,958,797		34,433,180		4,300,000	112,691,977	
3. 드레인배관공사											
PVC	40A	M	55	6,500	357,500		-		-	357,500	
PVC	50A	M	95	9,400	902,400		-		-	902,400	
PVC	65A	M	65	12,300	1,057,800		-		-	1,057,800	

4/7 Page

내역서

건명 : 국지환경재현 실험화센터 복합국지환경재현실 저온설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		결비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
PVC	25A	M	14	4,400	61,600	-	-	-	-	61,600	
PVC 보존재(고무발포보존재)	40A (32T)(2M)	M	65	9,500	522,500	-	-	-	-	522,500	
PVC 보존재(고무발포보존재)	50A (32T)(2M)	M	96	10,800	1,036,800	-	-	-	-	1,036,800	
PVC 보존재(고무발포보존재)	65A (32T)	M	66	13,400	1,152,400	-	-	-	-	1,152,400	
PVC 보존재(고무발포보존재)	25A (19T)	M	14	8,000	112,000	-	-	-	-	112,000	
정온전선		M	289	14,400	4,161,600	-	-	-	-	4,161,600	
플러콜프	0.75KW/3.6M	EA	4	1,750,000	7,000,000	-	-	-	-	7,000,000	
기타잡지재비	자재비의 5%	식	1	818,230	818,230	-	-	-	-	818,230	
노무비	배관공	인	16	-	-	239,439	3,831,024	-	-	3,831,024	
노무비	보온공	인	16	-	-	214,975	3,439,600	-	-	3,439,600	
노무비	보통인부	인	12	-	-	171,037	2,052,444	-	-	2,052,444	
[합계]					17,182,830		9,323,088		-	26,505,918	
4. 2차전기공사											
TRAY BODY/COVER	W500 * H100	M	9	41,700	375,300	-	-	-	-	375,300	
H-TEE W/COVER	W500 * H100	EA	1	91,100	91,100	-	-	-	-	91,100	
TRAY BODY/COVER	W300 * H100	M	35	29,900	1,046,500	-	-	-	-	1,046,500	
HOR ELBOW W/COVER	W300 * H100	EA	1	57,800	57,800	-	-	-	-	57,800	
VER ELBOW W/COVER	W300 * H100	EA	2	57,800	115,600	-	-	-	-	115,600	
H-TEE W/COVER	W300 * H100	EA	1	66,500	66,500	-	-	-	-	66,500	
TRAY BODY/COVER	W200 * H100	M	54	25,500	1,377,000	-	-	-	-	1,377,000	
HOR ELBOW W/COVER	W200 * H100	EA	4	48,800	195,200	-	-	-	-	195,200	
H-TEE W/COVER	W200 * H100	EA	1	56,200	56,200	-	-	-	-	56,200	
JOINT CONNECTOR	H100	EA	70	1,800	126,000	-	-	-	-	126,000	
BOLT/NUT	10mm	EA	700	200	140,000	-	-	-	-	140,000	
G.B JUMBER	14SQ	EA	35	1,900	66,500	-	-	-	-	66,500	

5/17page

내역서

건명 : 국지환경재현 실험화센터 복합국지환경재현실 저온설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		결비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
TRAY,DUCT 부속품	자재비의 20%	식	1	742,740	742,740	-	-	-	-	742,740	
전선볼트	3부	EA	20	5,300	106,000	-	-	-	-	106,000	
C선넬	41x41x1.6T	본	20	7,100	142,000	-	-	-	-	142,000	
C선넬	41x41 (주공)	본	5	26,100	130,500	-	-	-	-	130,500	
셋트암카	3/8"	EA	50	400	20,000	-	-	-	-	20,000	
800V 기교케이블	TFR-CV 50SQ/1C	M	160	14,300	2,288,000	-	-	-	-	2,288,000	
801V 기교케이블	TFR-CV 70SQ/1C	M	140	20,400	2,856,000	-	-	-	-	2,856,000	
802V 기교케이블	TFR-CV 85SQ/4C	M	120	7,700	924,000	-	-	-	-	924,000	
803V 기교케이블	TFR-CV 25SQ/4C	M	40	28,900	1,156,000	-	-	-	-	1,156,000	
접지용 비닐 절연전선	TFR-GV 25SQ	M	40	7,000	280,000	-	-	-	-	280,000	
접지용 비닐 절연전선	TFR-GV 35SQ	M	35	9,500	332,500	-	-	-	-	332,500	
접지용 비닐 절연전선	TFR-GV 6SQ	M	120	2,200	264,000	-	-	-	-	264,000	
접지용 비닐 절연전선	TFR-GV 16SQ	M	40	4,500	180,000	-	-	-	-	180,000	
800V 기교케이블	TFR-CV 16SQ/3C	M	240	14,000	3,360,000	-	-	-	-	3,360,000	
801V 기교케이블	TFR-CV 65SQ/3C	M	160	6,000	960,000	-	-	-	-	960,000	
802V 기교케이블	TFR-CV 45SQ/3C	M	240	4,400	1,056,000	-	-	-	-	1,056,000	
803V 기교케이블	TFR-CV 45SQ/2C	M	240	3,200	768,000	-	-	-	-	768,000	
804V 기교케이블	TFR-CV 2.5SQ/2C	M	240	2,300	552,000	-	-	-	-	552,000	
805V 기교케이블	TFR-CV 2.5SQ/4C	M	520	3,900	2,028,000	-	-	-	-	2,028,000	
제어용 전선	TFR-CV 2.5SQ/3C	M	1,085	3,100	3,364,500	-	-	-	-	3,364,500	
제어용 전선	TFR-CV 1.5SQ/3C	M	520	2,500	1,300,000	-	-	-	-	1,300,000	
제어용 전선	TFR-CV 1.5SQ/4C	M	260	3,100	806,000	-	-	-	-	806,000	
제어용 전선	TFR-CV 1.5SQ/2C	M	640	1,900	1,216,000	-	-	-	-	1,216,000	
제어용 전선	실투선 0.3SQ/2P	M	435	1,000	435,000	-	-	-	-	435,000	
제어용 전선	TFR-CV 1.5SQ/15C	M	235	9,200	2,162,000	-	-	-	-	2,162,000	
UTP CABLE (CAT.6)	4P	M	50	800	40,000	-	-	-	-	40,000	

6/17page

내역서

건명 : 국지환경재원 실험화센터·독립국지환경재원실 지온설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
감광용 BOX		SET	5	68,800	344,000		-		-	344,000	
패널용 콘센트 BOX		EA	7	41,300	289,100		-		-	289,100	
전선관(ST)	16C	M	240	5,900	1,416,000		-		-	1,416,000	
전선관(ST)	22C	M	304	7,500	2,280,000		-		-	2,280,000	
전선관(ST)	28C	M	48	9,800	470,400		-		-	470,400	
전선관(ST)	36C	M	24	12,600	302,400		-		-	302,400	
전선관(ST)	54C	M	68	20,100	1,366,800		-		-	1,366,800	
전선관(ST)	70C	M	40	25,700	1,028,000		-		-	1,028,000	
ST 부속품	자재비의 20%	식	1	1,453,120	1,453,120		-		-	1,453,120	
전선관(ST노말)	36C	EA	3	13,100	39,300		-		-	39,300	
전선관(ST노말)	54C	EA	11	25,500	280,500		-		-	280,500	
전선관(ST노말)	70C	EA	5	41,100	205,500		-		-	205,500	
전선관(GW)	16C	M	165	1,100	181,500		-		-	181,500	
전선관(GW)	22C	M	180	1,700	306,000		-		-	306,000	
전선관(GW)	28C	M	30	2,300	69,000		-		-	69,000	
전선관(GW)	36C	M	10	3,500	35,000		-		-	35,000	
전선관(GW)	54C	M	55	6,200	341,000		-		-	341,000	
전선관(GW)	70C	M	25	11,500	287,500		-		-	287,500	
GW 콘넥타	16C	EA	68	1,500	102,000		-		-	102,000	
GW 콘넥타	22C	EA	76	2,100	159,600		-		-	159,600	
GW 콘넥타	28C	EA	10	2,800	28,000		-		-	28,000	
GW 콘넥타	36C	EA	4	4,200	16,800		-		-	16,800	
GW 콘넥타	54C	EA	22	7,500	165,000		-		-	165,000	
GW 콘넥타	70C	EA	10	16,800	168,000		-		-	168,000	
PULL BOX	300x100	EA	5	17,300	86,500		-		-	86,500	
이우트레드박스	종형 4각 54mm	EA	50	2,100	105,000		-		-	105,000	

7/17page



내역서

건명 : 국지환경재원 실험화센터·독립국지환경재원실 지온설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
박스커버-4각	종	EA	50	1,300	65,000		-		-	65,000	
방화구획처리	TRAY, 전선관	식	1	5,000,000	5,000,000		-		-	5,000,000	
기타잡자재비	자재비의 5%	식	1	2,413,398	2,413,398		-		-	2,413,398	
장비사용료	고소작업대 외	식	1		-		-	3,200,000	3,200,000	3,200,000	
인건비	내선전공	인	110		-	279,539	30,089,290		-	30,089,290	
인건비	계량공	인	10		-	318,902	3,189,020		-	3,189,020	
공구손료	인건비의 3%	식	1	998,348	998,348		-		-	998,348	
[합계]					51,679,707		33,278,310		3,200,000	88,158,017	
5. 우레 단판설 설치공사											
우레단 판넬	125T, IN OUT C/S	m	313	72,500	22,892,500	20,000	6,260,000		-	29,152,500	
우레단 판넬	125T, IN OUT SUS304 0.5T	m	385	138,000	53,030,000	20,000	7,700,000		-	60,730,000	
기초 BASE U바	AL	M	126	11,300	1,423,800		-		-	1,423,800	
알루미늄 울드		M	190	18,600	3,534,000		-		-	3,534,000	
천장보강		m	218	12,500	2,725,000		-		-	2,725,000	
실리콘 코킹		m	698	3,200	2,233,600		-		-	2,233,600	
판넬 조립 부자재		m	698	5,000	3,490,000		-		-	3,490,000	
기압조형편		EA	10	75,000	750,000		-		-	750,000	
전동편제슬라임방열도어	1500W x 2000H x 125T	SET	7	3,875,000	27,125,000		-		-	27,125,000	
에어커튼	1500L	SET	7	462,500	3,237,500		-		-	3,237,500	
FLOOR HEATER	1.5KW	SET	8	500,000	4,000,000		-		-	4,000,000	
LED 방습등	44W	EA	12	175,000	2,100,000		-		-	2,100,000	
점검등 350x450_열선유리	SUS FIX 울드	EA	4	500,000	2,000,000		-		-	2,000,000	
장비사용료	고소작업대 및 지게차 외	식	1		-		-	1,875,000	1,875,000	1,875,000	

8/17page

내역서

건명 : 국지환경재현 실용화센터 복합국지환경재현실 저온실비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
[합계]					124,361,400		13,980,000		1,875,000	140,198,400	
5. 자동제어공사											
중앙관리장치(CPU)		식	1	3,750,000	3,750,000	-	-	-	-	3,750,000	
- CPU : 코어i7-				-	-	-	-	-	-	-	
- 메모리 : 16GB DDR4				-	-	-	-	-	-	-	
- 저장장치 : 1TB + 256G SSD				-	-	-	-	-	-	-	
- 키보드, 마우스				-	-	-	-	-	-	-	
- Window 11 Pro 한글				-	-	-	-	-	-	-	
모니터 (4K UHD)	32인치, 3840*2160	EA	1	925,000	925,000	-	-	-	-	925,000	
레이저 컬러 프린터	출력용지 : A4	EA	1	400,000	400,000	-	-	-	-	400,000	
HMI SOFTWARE	2000 TAG	EA	1	3,475,000	3,475,000	-	-	-	-	3,475,000	
경보 문자 전송시스템		EA	1	1,875,000	1,875,000	-	-	-	-	1,875,000	
이더넷 스위치	8PORT, 만케이블	SET	1	242,000	242,000	-	-	-	-	242,000	
MS Office 2021		EA	1	506,300	506,300	-	-	-	-	506,300	
무정전 전원장치,UPS	10*220V, 1KVA	EA	1	575,000	575,000	-	-	-	-	575,000	
최상 및 의자		SET	1	937,500	937,500	-	-	-	-	937,500	
프로그래밍 설계 및 작업비		식	1	3,750,000	3,750,000	4,300,000	4,300,000	-	-	8,050,000	
시운전비		식	1	3,750,000	3,750,000	4,300,000	4,300,000	-	-	8,050,000	
취합(STEEL)	1100*2200*500	면	5	2,475,000	12,375,000	-	-	-	-	12,375,000	
취합(STEEL)	800*2250*500	면	2	1,601,300	3,602,600	-	-	-	-	3,602,600	
DIGITAL MULTI METER	IM PRO II-H-C/RS-485	EA	6	411,200	2,467,200	-	-	-	-	2,467,200	
온도지시계	SDM-700T	EA	11	522,500	5,747,500	-	-	-	-	5,747,500	
온도지시계	SDM-700T, RS485	EA	5	585,600	2,928,000	-	-	-	-	2,928,000	
온도센서	SPN-100TA*PT100 리드선 5M	EA	6	79,800	478,800	-	-	-	-	478,800	
온도센서	SPN-200TA*4~20mA 리드선 30M 8선	EA	10	341,000	3,410,000	-	-	-	-	3,410,000	
A-패터	600/5광각도	EA	33	40,900	1,349,700	-	-	-	-	1,349,700	

5/17page

내역서

건명 : 국지환경재현 실용화센터 복합국지환경재현실 저온실비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
CT 5VA	25용	EA	33	7,100	234,300	-	-	-	-	234,300	
CT 15VA	40용	EA	15	13,200	198,000	-	-	-	-	198,000	
TOUCH SCREEN(10.2")	TGPRW01000WD(10.2")	EA	1	921,300	921,300	-	-	-	-	921,300	
POWER SUPPLY	PRO ECO 120W 24V 5A	EA	1	108,700	108,700	-	-	-	-	108,700	
POWER SUPPLY	PRO ECO 240W 24V 10A	EA	1	188,400	188,400	-	-	-	-	188,400	
PLC [CPU]	X6K-CPU5	EA	1	916,100	916,100	-	-	-	-	916,100	
PLC [전원]	X6P-DQ42	EA	1	225,300	225,300	-	-	-	-	225,300	
PLC [ETHERNET]	X6L-EFMTB	EA	1	927,100	927,100	-	-	-	-	927,100	
PLC [CNET]	X6L-C42B	EA	2	412,800	825,600	-	-	-	-	825,600	
PLC [입력 64점]	X6I-D2BA	EA	8	343,400	2,069,400	-	-	-	-	2,069,400	
PLC [출력 64점]	X6Q-TR8A	EA	3	349,000	1,047,000	-	-	-	-	1,047,000	
PLC [출력 32점]	X6Q-TR4A	EA	1	240,000	240,000	-	-	-	-	240,000	
PLC [BASE]	X6B-M08A	EA	1	285,800	285,800	-	-	-	-	285,800	
PLC [중성 BASE]	X6B-E08A	EA	1	304,700	304,700	-	-	-	-	304,700	
PLC [중성케이블]	X6C-E121	EA	1	112,400	112,400	-	-	-	-	112,400	
PLC [중단재함]	X6T-TERA	EA	1	68,900	68,900	-	-	-	-	68,900	
PLC [디미]	X6T-DMMA	EA	5	12,400	37,200	-	-	-	-	37,200	
RELAY BOARD	R32C-YNT	EA	7	221,400	1,549,800	-	-	-	-	1,549,800	
IO LINK 단자대	XTB-40H	EA	12	17,400	208,800	-	-	-	-	208,800	
IO LINK 전용 케이블	C40HF--PB-1	EA	19	37,400	710,600	-	-	-	-	710,600	
이더넷 스위치	IE-SW-BL08-8TX	SET	1	262,700	262,700	-	-	-	-	262,700	
비상버튼	250, AC220V	EA	1	5,000	5,000	-	-	-	-	5,000	
푸시버튼 스위치	250, AC220V	EA	1	11,400	11,400	-	-	-	-	11,400	
부저 (25D)	250, AC220V	EA	1	6,900	6,900	-	-	-	-	6,900	
세탁터 5W(조광형,3인)	250, AC220V	EA	91	11,100	1,010,100	-	-	-	-	1,010,100	
푸시버튼 스위치(조광형)	250, AC220V	EA	10	19,700	197,000	-	-	-	-	197,000	

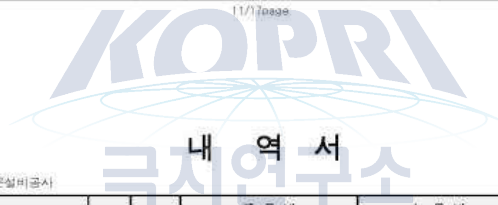
10/17page

내역서

건명 : 국지환경재원 실용화센터 복합국지환경재원실 자원설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
배선용 차단기	ABS 204c	EA	2	334,300	668,600		-		-	668,600	
배선용 차단기	ABS 104c	EA	4	153,100	612,400		-		-	612,400	
배선용 차단기	ABS 32c	EA	2	37,200	74,400		-		-	74,400	
누전용 차단기	EBS 204c	EA	1	529,600	529,600		-		-	529,600	
누전용 차단기	EBS 104c	EA	2	249,100	498,200		-		-	498,200	
누전용 차단기	EBS 54c	EA	2	189,700	399,400		-		-	399,400	
누전용 차단기	EBS 103c	EA	3	212,800	638,400		-		-	638,400	
누전용 차단기	EBS 63c	EA	3	159,800	479,400		-		-	479,400	
누전용 차단기	EBS 53c	EA	1	154,200	154,200		-		-	154,200	
누전용 차단기	EBS 33c	EA	21	95,600	2,007,600		-		-	2,007,600	
누전용 차단기	EBS 32Fb	EA	17	53,200	904,400		-		-	904,400	
누전용 차단기	32GRHS 2.5KA	EA	34	17,000	578,000		-		-	578,000	
최소 보호기	LCP 32FM/10	EA	3	26,300	84,900		-		-	84,900	
배선용 차단기	KB3H 2P C10	EA	5	12,800	64,000		-		-	64,000	
전자점속기	MC9	EA	6	16,500	99,000		-		-	99,000	
전자점속기	MC12	EA	21	17,400	365,400		-		-	365,400	
전자점속기	MC18	EA	9	24,700	222,300		-		-	222,300	
전자점속기	MC32	EA	3	48,300	144,900		-		-	144,900	
전자점속기	MC40	EA	1	57,000	57,000		-		-	57,000	
전자점속기	MC65	EA	6	99,500	591,000		-		-	591,000	
과전류보호계	EOCR-SP 10(1~12A)	EA	24	36,800	883,200		-		-	883,200	
RELAY(4점접, AC220V)	DRM570730LT	SET	109	7,300	795,700		-		-	795,700	
유리광류즈	HY-F15-1A	EA	1	1,500	1,500		-		-	1,500	
DZ류즈 + 홀더	KF-30L 2A	EA	15	5,500	82,500		-		-	82,500	
테미스타트(T.C)	RTM-50F	EA	16	11,000	171,400		-		-	171,400	
부스바	4P -A	식	5	206,300	1,031,500		-		-	1,031,500	

11/17page



내역서

건명 : 국지환경재원 실용화센터 복합국지환경재원실 자원설비공사

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계	비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액		
판넬통(1200)	A2V12C51TB1-1	EA	22	22,200	488,400		-		-	488,400	
작부동	220V/20W (삼파장)	EA	7	13,500	94,500		-		-	94,500	
열관		식	7	66,800	461,600		-		-	461,600	
TERMINAL BLOCK	15A ~ 400A	식	7	66,800	461,600		-		-	461,600	
WIRE & TERMINAL		식	7	125,000	875,000		-		-	875,000	
PVC DUCT, COVER	80*100쪽	식	7	187,500	1,312,500		-		-	1,312,500	
ACRYLIC COVER	투명 5T지	식	7	187,500	1,312,500		-		-	1,312,500	
접지재		식	7	625,000	4,375,000		-		-	4,375,000	
판넬 제작비		식	7		-	3,100,000	21,700,000		-	21,700,000	
PLC 프로그램 설계 및 설치 비용, 시운전비		식	1		-	3,700,000	3,700,000		-	3,700,000	
공구손로	인건비와 3%	식	1	1,020,000	1,020,000		-		-	1,020,000	
[합계]					87,569,100		34,000,000		-	121,569,100	
7. 유크리트 설치공사											
UD-이장타임(논슬립) / 9T	저온복합점착설, 저온기물분비 설 대기환경모사실	m ²	99	100,300	9,929,700	20,000	1,980,000		-	11,909,700	
UD-이장타임(논슬립) / 12T	저온기술실공식	m ²	40	130,800	5,232,000	20,000	800,000		-	6,032,000	
UD-이장타임(논슬립) / 15T	대기환경모사실	m ²	77	161,400	12,427,800	20,000	1,540,000		-	13,967,800	
MF-슬립타임 / 6T	복도&HALL	m ²	152	60,500	9,196,000	15,000	2,280,000		-	11,476,000	
마력면 처리비용		m ²	368	4,300	1,582,400		-		-	1,582,400	
장미 및 경미		식	1	1,100,000	1,100,000		-		-	1,100,000	
폐기물처리비		식	1		-		-	600,000	600,000	600,000	
[합계]					39,497,900		6,600,000		600,000	46,697,900	

12/17page

물 량 집 계 표

품 명	규 격	단위	수량	적용부분	산출근거
1. 냉동장비					
UNIT COOLER -01	30HP	대	5	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	3+2
UNIT COOLER -02	5HP (7.5kW 공기히터)	대	3	대기환경모사실(중온)	3
UNIT COOLER -03	15HP	대	1	자온기술준비실	1
UNIT COOLER -04	12.5HP	대	1	자온기술준비실	1
UNIT COOLER -05	10HP	대	1	대기환경모사실 전실	1
UNIT COOLER -06	5HP	대	1	자온특성분석실	1
CONDENSING UNIT -01	2단 25HP / 35HP	대	1	자온기술실증실	1
CONDENSING UNIT -02	2단 35HP / 45HP	대	1	대기환경모사실(동결)	1
CONDENSING UNIT -03	단단 5HP / 10HP	대	2	대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	1+1
CONDENSING UNIT -04	단단 10HP / 20HP	대	1	자온기술준비실	1
CONDENSING UNIT -05	단단 3HP / 7.5HP	대	1	자온특성분석실	1
2. 냉매배관설비공사					
배관설비					
중관 L-TYPE	41.28mm	M	117	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	(6+6.8+7.5+6+10+6+6+9+15+5.5+6+6)+1.3
중관 L-TYPE	34.92mm	M	66	자온기술준비실	(6+6+6+21+12)+1.3
중관 L-TYPE	28.58mm	M	288	자온기술실증실, 자온기술준비실, 자온특성분석실, 대기환경모사실(동결), 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	(6+6.8+7.5+6+10+6+6+6+6+21+12+4.6+3+6+6+21+12+9+9+5.5+6+6+6+3+4+5.5+5+6+5)+1.3
중관 L-TYPE	19.05mm	M	164	자온특성분석실, 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	(4.6+3+6+6+21+12+5.5+6+12+5.5+6+6+4+5.5+5+6+12)+1
동관 보온재(고무발포보온재)	41.28mm (40T)	M	117	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	(6+6.8+7.5+6+10+6+6+9+15+5.5+6+6)+1.3
동관 보온재(고무발포보온재)	34.92mm (40T)	M	66	자온기술준비실	(6+6+6+21+12)+1.3

13쪽



품 명	규 격	단위	수량	적용부분	산출근거
동관 보온재(고무발포보온재)	28.58mm (40T)	M	288	자온기술실증실, 자온기술준비실, 자온특성분석실, 대기환경모사실(동결), 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	(6+6.8+7.5+6+10+6+6+6+6+21+12+4.6+3+6+6+21+12+9+9+5.5+6+6+6+3+4+5.5+5+6+5)+1.3
동관 보온재(고무발포보온재)	19.05mm (32T)	M	164	자온특성분석실, 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	(4.6+3+6+6+21+12+5.5+6+12+5.5+6+6+4+5.5+5+6+12)+1
배관 TRAY (취부포함)	500x100 아연도 1.5t	M	70	자온기술실증실, 대기환경모사실, 실험기까지	6+21+15+5.5+6+16
배관 TRAY (취부포함)	300x100 아연도 1.5t	M	90	자온특성분석실, 자온기술준비실, 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	6+6+4.5+21+5+6
전자밸(DANFOSS)	5HP-EVR-15	EA	3	대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	2+1
전자밸(DANFOSS)	10~15HP-EVR-15	EA	4	대기환경모사실(중온), 자온특성분석실, 자온기술준비실	1+1+2
전자밸(DANFOSS)	35~40HP-EVR-15	EA	5	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	2+3
팽창밸(DANFOSS)	5HP-TES-5	EA	3	대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	2+1
팽창밸(DANFOSS)	10~15HP-TES-5	EA	4	대기환경모사실(중온), 자온특성분석실, 자온기술준비실	1+1+2
팽창밸(DANFOSS)	35HP-TES-5	EA	5	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	2+3
3. 드레인배관공사					
PVC (VG-1)	65A	M	86	홀리폼프레치 외부마감	(6+2+7.5+6)+4
PVC (VG-1)	50A	M	96	대기환경모사실(동결), 자온기술실증실	6+15+21+24+30
PVC (VG-1)	40A	M	55	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	4+6+21+24
PVC (VG-1)	25A	M	14	자온특성분석실, 자온기술준비실, 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	2+4+6+2
PVC 보온재(고무발포보온재)	65A	M	86	홀리폼프레치 외부마감	(6+2+7.5+6)+4
PVC 보온재(고무발포보온재)	50A	M	96	대기환경모사실(동결), 자온기술실증실	6+15+21+24+30
PVC 보온재(고무발포보온재)	40A	M	55	자온기술실증실, 대기환경모사실(동결)	4+6+21+24
PVC 보온재(고무발포보온재)	25A	M	14	자온특성분석실, 자온기술준비실, 대기환경모사실(중온), 대기환경모사실 전실	2+4+6+2

14쪽

물 량 집 계 표

품 명	규 격	단위	수량	적용부분	산출근거
정류전선	드려안배관용	M	289	드려안배관길이 합계 × 1.15	289
출력케이블	0.75kW/0.8M	EA	4	저온기술준비실양, 저온기술실증실양 대기환경모사실전실양	1+1+2
5.우려탄탄발설치 및 바닥단열공사					
우려탄 판넬	125T, IN OUT C/S	m ²	313	단열공사 물량산출서 참조	313
우려탄 판넬	125T, IN OUT SUS304 0.5T	m ²	385	단열공사 물량산출서 참조	385
기초BASE U바	AL	M	126	단열공사 물량산출서 참조	126
알루미늄 플드		M	190	단열공사 물량산출서 참조	190
천장보강		m ²	218	단열공사 물량산출서 참조	218
실리콘 코킹		m ²	698	단열공사 물량산출서 참조	698
판넬 조립 무자재		m ²	698	단열공사 물량산출서 참조	698
가열조정면		EA	10	저온특성분석실, 저온기술준비실, 저온기술실증실 대기환경모사실, 환경모사실 전실	2+2+2+2+2
전동면개슬라이딩방열도어	1500W x 2000H x 125T	SET	7	저온특성분석실, 저온기술준비실, 저온기술실증실 대기환경모사실, 대기환경모사실 전실	2+2+1+1+1
배어커튼	1500L	SET	7	저온특성분석실, 저온기술준비실, 저온기술실증실 대기환경모사실, 대기환경모사실 전실	2+2+1+1+1
FLOOR HEATER	1.5kW	SET	6	저온특성분석실, 저온기술준비실, 저온기술실증실 대기환경모사실	2+2+1+1
LED 방습등	44W	EA	12	저온특성분석실, 저온기술준비실, 저온기술실증실 대기환경모사실, 대기환경모사실 전실	2+2+2+4+2
점검창 350*450_열선유리	SUS FIX 플드	EA	4	저온기술실증실, 대기환경모사실	2+2



경제성 분석 보고서

사 업 명

극지환경재현시설 운영 경제성 분석

분 석 대 상

극지환경재현시설

분석수행기간

2025.9.29.~2025.11.7.

발 주 기 관

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

발 주 부 서

극지환경재현실용화센터사업단

1. 본 보고서는 특정 목적(정책 타당성 검토/경제성 판단)을 위해 작성되었으며, 그 외 용도로 사용할 수 없습니다.
2. 본 보고서는 제공받은 자료와 공개정보에 기초한 비감사(unaudited) 분석으로, 사실확인의 법적·회계적 보증을 제공하지 않습니다.
3. 보고서에 포함된 가정·추정·전망(전망치, 시나리오, 민감도 결과)은 향후 사업환경 변화에 따라 달라질 수 있으며, 평가결과의 변동 가능성을 내포합니다.
4. 본 보고서의 수치·표·도표는 표준화·반올림 규칙에 따라 표시되며, 원단위 합계와 표시치 간에는 경미한 차이가 발생할 수 있습니다.

특 허 그 룹 디



제 출 문

한국해양과학기술원 부설 극지연구소장 귀하

귀 연구소와 체결한 「극지환경 재현시설 운영 경제성 분석 용역」 과업 지시서에 따라 수행한 분석 결과를 아래와 같이 제출합니다.

- 아 래 -

과제명	극지환경 재현시설 운영 경제성 분석
분석대상	극지환경 재현시설 (저온기술 실용화 실증실 및 극지대기 환경 모사실)
분석기간	2026년~ 2035년(10년)
수행기간	2025년9월29일~ 2025년11월7일(40일)
발주기관	한국해양과학기술원 부설 극지연구소
발주부서	극지환경재현실용화센터 사업단

2025년 11월 7일

수행기관: 특허그룹 디딤

책임연구원: 노재일

요약문

I. 과업 개요

과 제 명	극지환경 재현시설 운영 경제성 분석
과업 목적	극지환경 재현시설 구축 및 운영의 경제적 타당성 평가
분석 대상	저온기술실용화실증실 및 극지대기환경모사실 (총 185㎡)
분석 기간	2026년 ~ 2035년 (10년)
구축 예산	1,100백만원 (부가세 포함)
주요 분석방법	비용편익분석(CBA), 민감도 분석
사회적 할인율	4.5% (예비타당성조사 표준 할인율)
화폐 단위	2025년 불변가격

II. 분석 배경

우리나라는 1988년 남극세종과학기지 설립 이후 남극장보고과학기지(2014년), 쇄빙연구선 아라온 등의 극지연구 인프라를 운영하며 극지연구 역량을 확대해왔으나, 다음과 같은 한계에 직면하고 있습니다.

- 수용인원 한계: PAP 사업 평균 선정률 4%, 연간 약 50여 명 현장 출장 제한
- 계절적 제약: 극지 현장 연구는 하계 기간(11~2월)에 집중, 기상 악화 시 기회 상실
- 막대한 출장 비용: 남극 2~3개월 출장 시 1인당 1,000~1,600만원 소요
- 장비 및 실험 제약: 저온취성 현상, 통신 제한, 반복 실험 어려움

극지환경 재현시설은 영하 40℃ 저온 환경 및 초속 20m/s 강풍을 국내에서 재현하여 상기 한계를 극복하고, 연중 안정적인 극지 연구 환경을 제공하기 위한 시설입니다.

Ⅲ. 주요 분석 결과

1. 경제성 지표

지표	분석 결과	경제성 기준	평가
B/C Ratio	1.96	≥ 1.0	경제성 확보
NPV	2,319백만원 (약 23.2억원)	≥ 0	경제성 확보
IRR	38%	$\geq 4.5\%$	경제성 확보
투자회수기간	약 2.8년	-	매우 우수

※ 투입 비용 1 원당 1.96 원의 편익 발생, 10 년간 순편익 23.2 억원 창출

2. 비용·편익 구조 (10년 현재가치)

구 분	항 목	금액 (백만원)
비용	초기 투자비	1,100
	운영비 (10년 현재가치)	1,321
	소계	2,421
편익	연구원 파견 비용 절감	4,400
	시설사용료 등 부가 수입	340
	소계	4,740
	순편익 (NPV)	2,319

※ 편익의 92.8%가 연구원 파견 비용 절감으로 구성되어 달성 가능성이 매우 높음

3. 민감도 분석 결과

할인율 변동 및 편익 변동 시나리오 분석을 통해 경제성의 강건성을 검증한 결과, 주요 변수 변동 시에도 경제성이 유지됨을 확인하였습니다.

- 할인율 6.5% 상승 시: B/C 1.87, NPV 2,006백만원 (경제성 유지)
- 편익 20% 감소 시: B/C 1.57, NPV 1,371백만원 (경제성 유지)

IV. 정책적 시사점

1. 확실한 편익 구조

- 편익의 92.8%가 출장비 절감으로 구성되어 달성 가능성이 매우 높음
- 수요조사에서 29 개 기관의 구체적 활용 의사 확인

2. 보수적 평가

- 10 년 분석 기간 적용 (실제 시설 내구연한 20 년 이상)
- 정성적 편익(연구 효율성 향상, 산업적 파급효과) 미계상
- 실제 경제적 가치는 분석 결과보다 높을 것으로 예상

3. 국가 정책 부합성

- 극지활동진흥법 제 8 조(연구개발 촉진), 제 11 조(기반시설 운영) 부합
- 제 1 차 극지활동 진흥 기본계획(2023-2027) 연계
- 2050 탄소중립 및 극지 연구 역량 강화에 기여

4. 산업적 파급효과

- 극지장비 국산화율 30% → 70% 목표
- 단기 연간 10~20 억원 수입대체 효과
- 한랭지 기술 확산 (에너지, 건설, 농업)
- 장기 극지기술 수출 연간 50~100 억원 전망

V. 결론 및 제언

1. 결론

극지환경 재현시설 구축은 경제적으로 타당합니다. 정량적 경제성 지표(B/C 1.96, NPV 23.2억 원, IRR 18.5%)가 모두 기준을 충족하며, 편익 구조가 확실하고 달성 가능성이 높습니다. 민감도 분석 결과 주요 변수 변동에도 경제성이 유지되어 투자 리스크가 낮으며, 정량화하지 못한 정성적 효과까지 고려하면 실제 가치는 더욱 높습니다.

2. 제언

극지환경 재현시설 구축에 필요한 예산 투입을 적극적으로 권고하며, 단계별 구축 계획 수립 제1 단계(2026) 핵심 시설, 제2단계(2027-2028) 시범 운영, 제3단계(2029~) 추가 확충 검토가 요구됩니다.

통합 운영체계 구축, 개방형 플랫폼 운영, 성과 관리 체계 마련을 통한 효율적 운영 방안의 검토가 요구됩니다.

PAP 사업 연계, 극지장비 국산화 지원, 지역 협력 및 국제 협력 확대를 통한 정책 연계 강화가 요구됩니다.

제1장 서론

1.1 분석 배경 및 목적

1.1.1 극지 연구 환경의 한계

우리나라는 1988년 남극세종과학기지 설립 이후 2014년 남극장보고과학기지를 준공하고 운영하며 극지 연구 역량을 확대해왔다. 그러나, 현재 운영 중인 극지 연구 인프라는 증가하는 국내 극지 연구 수요를 충족하는 데 다음과 같은 한계에 직면하고 있다.

첫째, 극지과학기지 및 쇄빙연구선의 수용인원 한계로 극지 현장 접근이 제한적이다. 남극세종과학기지는 하계 연구 기간 최대 100여 명, 남극장보고과학기지는 최대 60명, 쇄빙연구선 아라온은 연구원 60명(선원 포함 총 85명)을 수용할 수 있으나, 이는 증가하는 극지 연구 수요에 비해 매우 제한적이다. 극지연구소의 Polar Academy Program(이하, 'PAP')의 경우 2024년 102개 과제가 신청되었으나 최종 4개 과제만 선정되어 선정률이 4%에 불과한 실정이다¹⁾.

둘째, 극지 현장 연구는 하계 기간(11월~2월)에 집중되어 있으며, 기상 악화로 인한 일정 지연 시 연구 수행 기회를 상실하는 결과를 초래한다.

셋째, 극지 현장 출장에는 막대한 비용이 소요된다. 남극세종과학기지 2개월 출장 시 1인당 추정 1,000만원, 남극장보고과학기지 3개월 출장 시 추정 1,600만원, 쇄빙연구선 아라온 1개월 출장 시 추정 600만원²⁾이 소요된다.

넷째, 저온취성(Brittleness at Low Temperatures) 현상으로 인한 장비 파손 위험이 존재하며, 통신 인프라 제약으로 실시간 데이터 분석 및 반복 실험이 어려운 실정이다.

1.1.2 극지환경재현시설의 필요성

극지연구소는 2019년부터 2023년까지 총 178억원을 투입하여 인천 송도에 극지환경재현실용화센터(연면적 6,944m², 부지면적 10,401m²)를 설립하였다.³⁾ 본 센터는 극지 유망기술의 실용화 촉진, 재현된 극지 환경을 통한 극지 접근성 확대, 극지 특화 교육 및 극지 특수 시료 제공을 목적으로 한다⁴⁾.

극지환경 재현시설은 첫째, 극지 현장 출장을 국내 시설 활용으로 대체하여 연구비용을 절감할 수 있다. PAP 사업의 경우 과제당 연구비가 2~3억원이나 출장비가 평균 1억원을 차지하는 실정⁵⁾으로, 극지환경 재현시설 활용 시 PAP 선정률을 평균 11%⁵⁾에서 20%내외로 확대할 수 있을 것으로 예상된다. 둘째, 연중 상시 실험이 가능하여 연구 효율성을 향상시킬 수 있다. 셋째, 12개 산업체와 14개 연구기관이 제기한 극지 특화 기술 개발 및 장비 테스트 수요를 충족할 수 있다⁶⁾.

1) <https://www.kopri.re.kr>

2) 각 출장 비용은 「극지연구소」 기존 출장 비용에 기초한 추정치임.

3) 인천광역시 연구구 송도미래로12번길 24

4) 극지환경재현실용화센터사업단, 「극지환경재현시설운영경제성분석용역과업지시서」, 2025

5) '21년 선정비율 14%, '22년 선정비율 15%, '23년 자료없음, '24년 4%

6) 극지환경재현실용화센터사업단, 「극지환경재현시설수요현황」

1.1.3 분석 목적

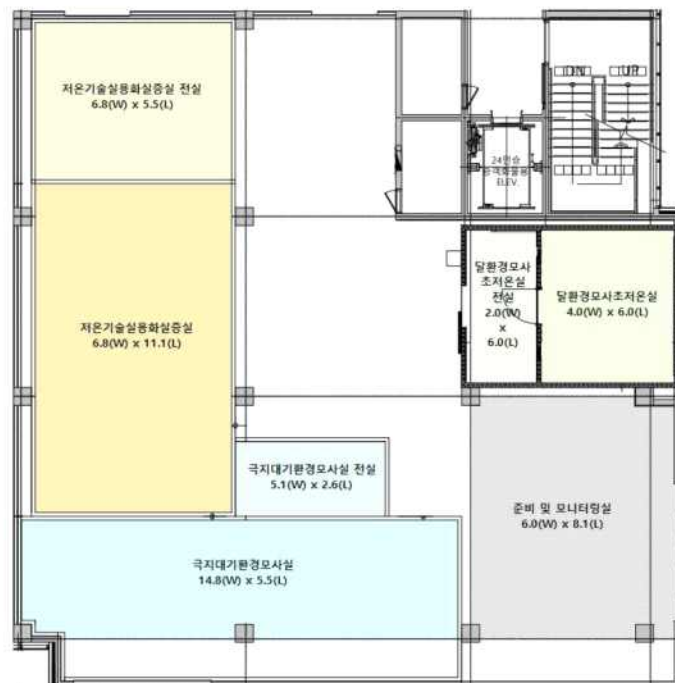
본 경제성 분석은 극지환경 재현시설 구축 및 운영에 대한 경제성 분석을 수행하여 투자 타당성을 객관적으로 평가하고, 정책적 의사결정을 위한 근거를 제공하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로 첫째, 극지 현장 출장을 국내 시설 활용으로 대체할 경우 절감되는 비용 절감 효과를 정량적으로 분석한다. 둘째, 경제적·사회적 편익을 종합적으로 도출한다. 셋째, 향후 시설 운영 및 추가 투자 필요성에 대한 근거를 마련한다.

1.2 분석 범위 및 방법

1.2.1 분석 대상 시설

본 경제성 분석의 대상은 극지환경재현실용화센터 1층 185m² 공간에 구축 예정인 극지환경 재현 시설로서, 저온 기술 실용화 실증실과 극지 대기 환경 모사실로 구성된다. 저온 기술 실용화 실증실은 영하 30℃까지 온도 조절이 가능하며, 극지 대기 환경 모사실은 영하 40℃까지 조절 가능하고 초속 20m/s의 풍동을 생성할 수 있다. 총 구축비는 1,100,000천원(11억원, 부가세 포함)으로, 저온풍동실 529,500천원, 저온실증실 175,000천원, 기초공사 395,500천원으로 구성된다.⁷⁾

그림 1 극지환경재현시설 설치안



7) 극지환경재현실용화센터사업단, 「극지환경재현시설 기본설계 용역」, 2025

1.2.2 분석 기간 및 방법

본 경제성 분석의 분석 대상 기간은 2026년부터 2035년까지 10년으로 설정한다. 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(한국과학기술기획평가원, 2024)에 제시된 연구시설의 표준 분석 기간에 부합하며, 시설의 초기 안정화 단계와 본격적인 활용 단계를 모두 포함한다.

본 분석은 "극지환경재현시설 운영 경제성 분석 용역 과업지시서(극지연구소, 2025)에 제시된 5개 분야를 수행하며, 구체적으로 ①국가 극지정책과의 연계성 분석, ②경제적 효과 분석(출장비 절감, 인건비 절감, 물류비 절감), ③산업적 파급효과 분석, ④비용·편익 분석(B/C Ratio, NPV, IRR 도출), ⑤종합 평가 및 정책 제언을 포함한다.

분석 방법으로 비용편익분석(CBA)을 적용하며, 사회적 할인율은 4.5%를 기본값으로 적용한다. 민감도 분석을 통해 주요 변수 변동 시 경제성 지표의 변화를 평가하여 투자 리스크를 검토한다. 모든 비용과 편익은 2025년 불변가격으로 표시한다.



2.1 극지환경재현실용화센터 개요

2.1.1 설립 목적 및 배경

극지환경재현실용화센터는 극지연구의 효율성 제고와 극지 유망기술의 실용화 촉진을 위해 극지 연구소가 설립한 국내 최초의 극지환경 재현 연구시설이다. 본 센터는 첫째, 극지 유망기술의 실용화 촉진, 둘째, 재현된 극지 환경을 통한 극지 접근성 확대, 셋째, 극지 특화 교육을 통한 과학 저변 확대, 넷째, 극지 특수 시료 제공을 목적으로 한다.

본 센터의 설립 배경은 극지과학기지와 쇄빙연구선 아라온의 수용인원 한계, 극지시료의 외부 반출 제약, 극지 장비 개발 및 검·교정의 어려움 등 기존 극지연구 인프라의 한계를 극복하고자 하는 데 있다. 극지연구소의 주요 인프라인 남극세종과학기지 100명, 남극장보고과학기지 80명, 북극다산과학기지 18명, 쇄빙연구선 아라온 60명의 제한적 수용인원으로 인해 증가하는 극지연구 수요를 충족할 수 없는 상황에서, 국내에서 극지환경을 재현하여 연구 기회를 확대하고자 하였다.

2.1.2 위치 및 규모

극지환경재현실용화센터는 인천광역시 연수구 송도미래로12번길 24에 위치하며, 수도권에서의 우수한 접근성을 확보하고 있다. 극지환경재현실용화센터의 부지면적은 10,401m², 연면적은 6,944m²로 지상 3층 규모이다. 극지환경재현실용화센터 내부에는 극지환경재현시설 외에도 실감형 극지영상실, 폴라오픈랩, 극지시료 보관시설, 회의실, 교육공간 등이 갖추어져 있어 연구, 교육, 산업지원 기능을 종합적으로 수행할 수 있다.

2.1.3 총 사업비

본 경제성 분석의 대상인 극지환경재현시설(저온기술실용화실증실 및 극지대기환경모사실)은 극지환경재현실용화센터 건립 이후 추가로 구축되는 시설로서, 별도의 구축비 11억원(부가세 포함)이 소요될 예정이다.

2.2 극지환경재현시설 구축 계획

2.2.1 저온기술실용화실증실

저온기술실용화실증실은 영하 30℃의 극저온 환경을 재현하여 동결 응용기술 개발 및 실용화 연구를 수행하는 시설로, 본실과 전실로 구성된다. 본실은 영하 30℃까지 온도 조절이 가능하며, 우레탄 패널(125T 이상), 내·외부 SUS CASING, SUS 5T 이상 바닥 철판, 대형 슬라이

딩 도어(너비 2.4m 이상, 높이 2.5m 이상), 내부 관찰용 투명창 2개소를 포함한다. 20마력 압축기 및 냉각기가 설치되어 영하 30℃의 저온을 안정적으로 유지할 수 있다.

전실은 영하 10℃에서 영상 5℃까지 온도 조절이 가능하며, 본실로 진입하기 전 예비 냉각 공간으로 기능한다. 저온기술실용화실증실은 동결정화기술을 이용한 유해물질 제어 사업화, 기능성 얼음 제조, 해수 담수화 기술, 얼음 물성 연구 및 실증 등에 활용될 예정이다.

2.2.2 극지대기환경모사실

극지대기환경모사실은 영하 40℃의 극한 저온과 초속 20m/s의 강풍 환경을 재현하여 극지 기상 관측장비 테스트, 방산제품 극한환경 시험, 극지 활동 인력 훈련 등에 활용되는 시설로, 본실과 전실로 구성된다. 본실은 최소 6,000mm×6,000mm 이상 규모이며, 영하 40℃까지 온도 조절($\pm 2^{\circ}\text{C}$ 범위 유지)과 초속 0~20m/s 범위의 풍속을 구현할 수 있다.

본실에는 30마력 실외기 4대, 압축·냉각기, 풍동장치, 태양광 모사 광원이 설치된다. 우레탄 패널은 150T 이상으로 강화된 단열 성능을 확보하며, 대형 방열출입문, 관측창, CCTV, 전력 및 통신망 등이 갖추어진다. 극지대기환경모사실은 극지 대상 과학장비의 내구성·정확성·운용성을 검증하고, 극한 환경 활동 인력의 장비 설치 및 운영 훈련, 안전사고 예방 훈련에 활용된다.⁸⁾

2.2.3 구축 예산

극지환경재현시설의 총 구축비는 1,100,000천원(11억원, 부가세 포함)으로 산정되었다. 저온풍동실(극지대기환경모사실) 529,500천원, 저온실증실 175,000천원, 기초 공사비 395,500천원으로 구성된다. 저온풍동실은 실외기(30HP, 4대) 352,000천원, 압축·냉각기 80,000천원, 풍동장치 80,000천원, 태양광 모사 광원 17,500천원이며, 저온실증실은 영하 10℃ 저온실 설치 및 압축기(7.5HP) 70,000천원, 영하 30℃ 저온실 설치 및 압축기(20HP) 105,000천원이다. 기초공사는 우레탄 패널(150T) 176,000천원, 전기제어 및 전원공사 77,000천원, 바닥판넬 및 스테인리스판 마감 142,500천원이다.⁹⁾

8) 참고자료 2 극지환경재현시설 기본 설계 용역 과업지시서

9) 참고자료 1 극지환경재현시설 운영 경제성 분석 용역 과업지시서

대분류	내용	예산(천원)
저온풍동실	실외기 (30HP, 30hp+12hp) 4대	352,000
	압축·냉각기	80,000
	풍동 장치	80,000
	태양광 모사 광원	17,500
저온실증실	저온실 설치 (4,000×6,800×3,300; -10℃)	45,000
	압축기 및 냉각기 (7.5마력)	25,000
	저온실 설치 (9,000×6,800×3,300; -30℃)	70,000
	압축기 및 냉각기 (20마력)	35,000
기초공사	우레탄 판넬 (150T)	176,000
	전기제어 및 전원공사(제어판넬 포함)	77,000
	바닥판넬, 스테인리스판 마감	142,500
합계		1,100,000

표 2-1. 구축 예산

2.2.4 향후 확충 계획: 빙하코어 저장시설

극지환경재현시설의 2단계 확충 계획으로 빙하코어 저장시설 구축이 예정되어 있으며, 총 구축비는 약 9억원(부가세 별도)으로 추정된다. 빙하코어 저장시설은 메인 아카이브(영하 20℃, 15m×10m×2.5m, 4,000m 빙하코어 보관, 300,000천원), 덩 프리징 아카이브(영하 50℃, 5m×5m×2.5m, 특수 목적 시료 보관, 500,000천원), 빙하코어 전처리실(영하 25℃, 시료 점검·분석·절삭, 100,000천원)로 구성된다. 본 시설은 극지연구소가 보유한 1,200m 길이의 빙하코어와 향후 획득할 3,300m의 남극 심부빙하코어를 보관하는 데 활용될 예정이다.

2.3 시설 운영 계획

2.3.1 사용료 체계

극지환경재현시설의 사용료는 "극지환경재현시설 사용료 징수 지침¹⁰⁾에 따라 산정되며, 시설장비 사용단가와 직접경비(유지보수비)로 구성된다. 극지대기환경모사실(달환경모사초저온실)의 시설장비 사용단가는 230,000원/일이며, 유지보수비는 55,000원/일로, 1일 총 사용료는 285,000원이다. 극지연구소 또는 실용화센터 입주기업, 업무협약 기관의 경우 사용료를 30% 감면하여 199,500원/일이 적용된다.

2.3.2 운영 시간 및 방식

극지환경재현시설의 사용시간은 근무시간(월요일~금요일 09:00~18:00) 범위 내를 원칙으로 하며, 필요시 실용화센터 담당자의 승인을 받아 연장할 수 있다. 사용 절차는 사용신청서 제출 →

10) 참고자료 4 극지환경재현시설 사용료 징수 지침

검토 및 통지(7일 이내) → 안전교육 → 시설 사용 순으로 진행된다. 사용자는 안전사고 예방을 위해 방한 장구를 착용하고 통제구역 진입을 금지하며, 시설물 고장·손상에 대한 책임을 부담한다.

2.3.3 연간 유지관리비

극지환경재현시설의 연간 유지관리비는 초기 3년간 약 167,000천원(1억 6,700만원), 4년차 이후 약 175,000천원(1억 7,500만원)으로 추정된다. 유지보수비는 초기 3년 12,000천원(장비 보증기간), 이후 20,000천원, 인건비 120,000천원(시설 운영 2명 연 3,800만원, 안전관리 1명 연 4,200만원), 전력비 25,000천원(실제 가동률 43% 반영), 기타 경비 10,000천원(안전장비·소모품, 보험료 등)으로 구성된다.



제3장 국가 극지정책과의 연계성 분석

3.1 극지활동진흥법 부합성

3.1.1 극지활동진흥법의 주요 내용

극지활동진흥법은 극지에 관한 과학적 조사·연구 등 극지활동을 진흥하고 국제협력을 증진함으로써 국가의 경제적·과학기술적 발전과 국민 삶의 질 향상을 도모하고, 인류 공통의 문제 해결에 이바지하는 것을 목적으로 한다. 법은 극지연구개발의 촉진, 극지활동 기반시설의 설치·운영, 극지통합정보시스템 구축, 교육·홍보 등을 국가 책무로 규정하고 있다¹¹⁾.

동법 시행령은 법상의 추상 규정을 실행하기 위한 세부 사항을 정하며, 극지활동 기반시설의 설치·운영, 업무 위탁 범위, 극지통합정보시스템, 교육·홍보 등 조항을 통해 정책수단을 구체화하고 있다¹²⁾.

3.1.2 극지환경재현시설의 법적 근거 및 정당성

극지환경재현시설은 국내에서 극지 유사 환경을 재현하여 연구·시험·교육을 수행하는 인프라로서, 법 제11조(극지활동 기반시설의 설치·운영) 및 시행령 관련 조항이 정한 ‘극지활동 수행에 필요한 시설·장비’ 범주에 해당한다. 따라서 공공투자 대상 인프라로서 법적 정당성을 가진다.

또한 법이 강조하는 연구개발 등의 지원(제8조), 교육·홍보(제15조), 극지통합정보시스템 구축(제13조)과의 연계가 가능하므로, 국내 재현 인프라를 통해 현장(남·북극)과 국내(모사 환경)를 상호 보완하는 정책 수단으로 기능할 수 있다.

법령 근거	조항 요지	시설 측 기능	연계 효과
법 제11조, 시행령 해당 조항	극지활동 기반시설 설치·운영	저온·풍설 재현 시험실 운영	기반시설 확충으로 연구 접근성 제고
법 제8조	극지연구개발 촉진	장비 검교정·반복실험 지원	연구 효율·성공률 제고
법 제13조	통합정보시스템 구축	시험데이터 표준화·연계	데이터 기반 연구 확산
법 제15조	교육·홍보	안전·실습·교육 프로그램	인력양성·저변 확대

표 3-1. 법령 조항과 시설 기능의 정합성

3.2 국가 극지정책 방향 일치성

3.2.1 극지활동진흥 기본계획

정부는 남극조약 협의당사국 지위를 기반으로 남극 연구활동 진흥 기본계획을 주기적으로 수립·

11) 국가법령정보센터, 극지활동진흥법 — <https://www.law.go.kr>

12) 국가법령정보센터, 극지활동진흥법시행령 — <https://www.law.go.kr>

시행하고 있으며, 최근 제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027) 및 제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획('22~'26)에서 핵심 연구 인프라 확보, 연구역량 강화, 거버넌스 확대를 중점 추진 과제로 제시하였다.

해양수산부는 극지활동진흥법(2021.10.14. 시행)을 통해 극지활동 전반을 포괄하는 상위 법제 프레임 마련하였다. 법·시행령 체계가 정비되었고, 향후 기본계획 및 연차 시행계획의 근거가 공고화되었다.

본 시설은 위 기본계획이 요구하는 인프라 확충과 연구 실용화 환경 조성에 부합하며, 현장 기반 인프라(과학기지·쇄빙연구선)와 국내 재현 인프라의 상호 보완 모델을 제시한다.

3.2.2 극지연구 저변 확대 정책

정부 및 KOPRI는 학·연 극지연구 진흥프로그램(Polar Academic Program, PAP), KOPRI Fellowship 등으로 국내외 연구 저변과 인력 파이프라인을 확대하고 있다. 2025년에도 Fellowship 공고가 이어지고 있으며, 국내 대학·연구기관 대상 신규 과제 공고가 실시되었다.

극지환경재현시설은 국내에서 극지 유사 환경을 제공함으로써 현장 출장 의존도를 낮추고, 교육·실습의 접근성을 높인다. 이는 PAP·Fellowship 참여자 및 초기 경력 연구자의 실험·검증 허들을 낮춰 참여 저변 확대에 기여할 것으로 기대된다.

3.2.3 극지 현장 접근 한계 보완

일반적으로 극지는 계절성·기상 리스크·수용인원 한계로 접근 비용과 안전 리스크가 높은 환경이다. 기본계획은 이러한 제약을 인지하고 핵심 인프라 확보 및 운영 효율화를 강조한다.

국내 재현 인프라는 연중 반복 실험·장비 사전 검증·안전 교육을 가능하게 하여, 현장 투입 전 품질·신뢰성을 높이고 전체 연구비 대비 출장·지연 비용 비중을 낮출 수 있다. 이는 법 제8조(연구개발 촉진) 및 제11조(기반시설 설치·운영)의 정책 취지를 실현하는 수단이다.

정책 계층	정책/계획 핵심	시설의 대응 기능	기대 효과
법률	극지활동진흥법('21 시행)	국내 재현형 기반시설 설치·운영	법적 정당성·정책 수단 확보
시행령	기반시설·정보·교육 수단	시험데이터 표준화·교육 프로그램	데이터 연계·인력양성
기본계획	'22~'26 인프라·역량·거버넌스	저온·풍설 시험, 사전 검증, 안전교육	연구 효율·안전성 향상
저변확대	PAP·Fellowship('25 지속)	실습 접근성·검증 환경 제공	참여 저변 확대·성과 창출

표 3-2. 국가 정책과 시설 기능의 정렬(요약표)

4.1 극지환경재현시설 구축의 필요성

4.1.1 극지 현장 연구의 한계

극지 연구는 세계적으로 기후변화, 생태계 변화, 자원 탐사 등의 관점에서 매우 중요하나, 극지 현장 연구에는 다음과 같은 한계가 있다.

첫째, 극지과학기지 및 쇄빙연구선의 수용인원 한계로 극지 현장 접근이 제한적이다. 북극다산과학기지 18명, 남극세종과학기지는 최대 100명, 남극장보고과학기지는 80명, 쇄빙연구선 아라온은 60명을 수용할 수 있으나, 이는 증가하는 극지 연구 수요에 비해 매우 제한적이다. Polar Academy Program(PAP)의 경우 가장 최근인 2024년 102개 과제가 신청되었으나 최종 4개 과제만 선정되어 선정률이 4%에 불과한 실정이다.

둘째, 극지 현장 연구는 하계 기간(11월~2월)에 집중되어 있으며, 기상 악화로 인한 일정 지연 시 연구 수행 기회를 상실하는 결과를 초래한다.

셋째, 극지 현장 출장에는 막대한 비용이 소요된다. 남극세종과학기지 2개월 출장 시 1인당 평균 1,000만원, 남극장보고과학기지 3개월 출장 시 1,600만원, 쇄빙연구선 아라온 1개월 출장 시 600만원이 소요된다.

넷째, 저온취성(Brittleness at Low Temperatures) 현상으로 인한 장비 파손 위험이 존재한다. 저온취성은 금속이나 기타 재료가 저온에서 약해져 쉽게 깨지는 현상으로, 미국 알래스카 파이프라인 파손, 저온에서 타이어 균열 발생, 극지 야외 관측 장비의 플라스틱과 금속 연결 부위 파손 등의 사례가 있다. 탄소 함량이 높은 철강은 영하 40도 이하에서 취약해져 극저온용 합금(예: 니켈강)이 필요하다. 또한 통신 인프라 제약으로 실시간 데이터 분석 및 반복 실험이 어려운 실정이다.¹³⁾

4.1.2 극지환경재현시설의 역할

극지환경재현시설은 극지 현장의 한계를 보완하는 핵심 인프라로서 다음과 같은 역할을 수행할 것으로 기대된다.

첫째, 극지 현장 출장을 국내 시설 활용으로 대체하여 연구비용을 절감할 수 있다. PAP 사업의 경우 과제당 연구비가 2~3억원이나 출장비가 평균 1억원을 차지하는 실정으로, 극지환경재현 시설 활용 시 PAP 선정률을 4%에서 10~20%로 확대할 수 있을 것으로 예상된다.

둘째, 연중 상시 실험이 가능하여 연구 효율성을 향상시킬 수 있다. 극지 현장은 하계에만 접근 가능하나, 국내 시설은 사계절 상시 활용이 가능하다.

셋째, 극지 특화 기술 개발 및 장비 테스트 수요를 충족할 수 있다. 29개 기관(산업체 14개, 연구기관/대학 15개)이 극지환경재현시설 활용 수요를 제기하였다.¹⁴⁾

13) 참고자료 2 극지환경재현시설 운영 경제성 분석 용역 과업지시서

14) 참고자료 1 극지환경재현시설 운영 경제성 분석 용역 과업지시서

4.2 수요 기관 현황

4.2.1 산업체 수요(14개 기관)

극지환경재현시설에 대해 14개 산업체가 구체적인 활용 계획을 제시하였다. 활용 분야별로 기상 관측장비 테스트(6개사), 극지환경 장비 테스트(3개사), 방산/전자 테스트(2개사), 산업체 응용(3개사)로 구분된다.

표 4-1과 같이 기상관측장비 테스트 분야에서는 극지방 대기조건 재현, 저온 환경 장비 테스트, 온실가스 센서 개발, 기상관측장비 극한환경 운용성 평가, 극저온 기상장비 개발, 저궤도위성 통신용 센서 개발 등의 수요가 있다. 극지환경 장비 테스트 분야에서는 에디공분산 시스템 테스트, 국산 저온 센서 개발, 결빙방지 물질 연구 등이 계획되어 있다. 방산/전자 테스트 분야에서는 방위산업 제품 테스트와 반도체/배터리 저온 특성 평가가, 산업체 응용 분야에서는 동결 주류 가공, 세포 저온 보관법 개발, 중금속 독성 저감 기술 개발이 진행될 예정이다.

기관명	시설활용 필요성	기대효과
그라우이앤씨	극지방의 대기조건 재현을 통해 극지방 구름의 미세물리적/복사 특성 분석	재현한 구름의 반복 관측을 통해 극지방 데이터를 확보함으로써 기후변화 이해도 향상
바이살라코리아	기상 관측장비 제조사로서 저온 환경에서의 장비 실증 테스트	극저온 환경에서의 데이터를 바탕으로 한 지면, 고공, 광학장비 기술 개발 및 보완
와이드이앤티	극한 환경하에서 방위산업 관련 제품의 물리적·기능적 테스트	방산 제품 및 시스템의 신뢰성 검증, 방위산업 시험평가 소요시간 단축
㈜더블유엠케이	연직 관측이 가능한 TDLAS 방식의 온실가스 특정 복합 센서 개발	고층 환경과 유사한 극지 환경에서 신뢰도 높은 기상센서 상용화
㈜비애플 인스트루먼트	각종 기상관측장비를 대상으로 극저온 및 강풍 등 극한환경 운용성 평가	극한 환경 테스트를 통한 성능 향상 및 극지에서 운용 및 활용 노하우 보유
㈜솔단	에디공분산 시스템의 극지환경하에서의 운용 및 동작 테스트	극한 환경에서의 관측장비 운용 사전 테스트를 통한 보다 안정적인 관측 여건 마련
㈜에이베스트	국산 저온 환경 작동센서 개발	극한 환경 사용 압력센서의 신뢰도 향상을 통한 국산화, 저온 압력센서 제작의 원천 기술 확보를 통한 기술 자립도 실현
케이웨더㈜	극저온에서 안정적으로 작동하는 기상장비와 주변 장치 개발 및 테스트	개발된 기상센서와 장비를 해외기지 등에서 각종 기후변화 연구에 활용
이커넥트	극한 환경에서 동작하는 저궤도위성 통신용 스마트센서 및 배터리 보호용 항온항습시스템 개발	전력과 통신 인프라가 구축되지 않은 곳에서의 장기간 무인 관측 센싱 시스템이 개발되면 극지 환경 모니터링에 적용 가능

넥스트바이오메디컬	결빙 방지 물질에 의한 대규모 얼음 구조 변화 특성 연구	극지 및 한랭 지방 결빙방지기술 연구 및 개발기술 검증
농업회사법인 강화애	동결 주류 가공 기술을 이용한 고부가가치 전통주 개발	동결 증류를 이용한 국내산 주류 생산 산업화
(주)아이엠티	반도체, 배터리 등의 저온 특성 및 성능 평가	전자소자의 저온 안정성 확보 및 저온용 장비 부품으로 활용
(주)오펜론	얼음 결정 형성을 막는 과냉각을 이용해 세포 등의 저온 보관법 개발	식품 및 장기 등의 장시간 보존 및 운송 범위 확대
(주)이앤에스이앤지	중금속의 동결 시 독성 저감 파일럿 설비 테스트 및 조건 최적화	저공해 도금폐수 정화 및 재생 기술 개발

표 4-1. 산업체 수요 현황

4.2.2 연구기관 및 대학 수요(15개 기관)

15개 연구기관 및 대학이 극지환경재현시설 활용 계획을 제시하였다. 활용 분야별로 기상관측장비 개발(4개 기관), 동결정화 및 수처리 기술(5개 기관), 얼음 물성 및 빙하 연구(4개 기관), 극지 에너지·생태계 연구(2개 기관)로 구분된다.

표 4-2와 같이 기상관측장비 개발 분야에서는 극한 환경 강풍/강설 특성 연구, 장비 테스트, 관측 장비 개발 등이 계획되어 있다. 동결정화 및 수처리 기술 분야에서는 결빙방지물질 활용 연구, 해수담수화 기술, 오염물질 처리 시스템, 유제품 가공 기술, 파일럿스케일 수처리 공정 등이 포함된다. 얼음 물성 및 빙하 연구 분야에서는 자연 눈 모사, 빙하 형성 과정 연구, 얼음 물리적 성질 연구, 극지 빙저호 환경 연구 등이 진행될 예정이다. 극지 에너지/생태계 연구 분야에서는 풍력에너지 개발과 동결 광화학 반응 연구, 블랙아이스 연구가 계획되어 있다.

기관명	시설활용 필요성	기대효과
강릉원주대	고위도의 극한 환경에서의 강풍 및 강설 특성 연구	남극 기후 데이터를 확보하여 남극 기후변화를 파악하고 기상재해에 대비
부경대	극한 환경에서 운용할 장비 테스트	극지에서 유실 및 고장 가능성을 낮춰 예산절감 및 극지 연구 효율 향상
서울대	극한 환경에서의 안정적인 관측 장비 운영을 위한 장비 테스트	신뢰할 수 있는 기상 및 대기 관측 장비의 독자 기술 개발 확대
세종대	극한 환경에서 연속 관측이 가능한 기상관측장비 개발	정확한 극지 기상 정보 제공 (온습도계, 바람센서등)
연세대	극지에서의 풍력에너지 개발	남북극 기지 및 극한지 에너지 생산에 관한 탄소 중립 이슈 선점

College of William & Mary	극지 빙저호와 유사한 저온 무산소 환경에서 생태계 및 화학반응 연구	무산소 동결화학 반응 및 극지 빙저호 환경 이해 향상
강원대	결빙방지물질을 활용한 용액 내 유용 물질 회수 연구 및 대용량 테스트	결빙방지물질을 이용한 유용자원 회수 원리 연구 및 기술개발 선도
경북대	동결 농축을 이용한 해수담수화 공정 및 효율 개선 연구	동절기 및 극지 등에서 사용할 수 있는 친환경 담수화 기술로 활용
고려대	저온실을 이용하여 극지와 유사한 환경에서 동결 광화학 반응 연구	극지 화학물질 거동 예측 모델 향상 및 동결 광화학반응 시스템 제시
고려대	겨울철 발생하는 블랙아이스의 특성 연구 및 제설법의 실험실 내 평가	블랙아이스에대한 효과적 대응책 개발로 안정성 향상 및 교통사고 예방
성신여대	실험실 수준의 오염물질 동결정화시스템 대형화 및 실 적용성 테스트	동결수처리공정 실용화 및 기술 개선 여건 마련
세종대	불균질 혼합물인 유제품의 동결 농축 가공 기술 개발	동결 유가공기술 개발을 통한 유제품 고급화 기여
포스텍	자연 눈 모사 시료를 이용한 겨울 환경 모사	얼음화학 연구를 눈까지 확대하여 자연환경에서 눈의 역할 규명
한국에너지공대	제어된 조건에서 빙하 형성 및 변화 과정 모사	빙하의 특성 및 화학 반응을 연구하여 극지 빙하변화 근거 획득
한림대	극지 유사 환경에서 화학반응 연구 및 파일럿스케일 수처리 공정 평가	극지 환경에서의 오염물질 변화 및 기후가스 생성 모사 장기 실험 결과 획득

표 4-2. 연구기관 및 대학 수요 현황

극지연구소

4.2.3 총 29개 기관 확정 수요 종합

극지환경재현시설에 대해 총 29개 기관(산업체 14개, 연구기관·대학 15개)이 구체적인 활용 수요를 제기하였으며, 이는 시설 구축 전부터 명확한 수요가 확보되어 있음을 의미한다.

활용 분야별로 보면, 기상관측장비 개발 및 테스트가 10개 기관으로 가장 많고, 동결정화 및 수처리 기술이 5개 기관, 얼음 물성 및 빙하 연구가 4개 기관, 극한환경 장비 테스트가 3개 기관, 극지 에너지·생태계 연구가 3개 기관, 방산/전자소자 테스트가 2개 기관, 식품·의료 응용이 2개 기관으로 분류된다.

기관 유형별로는 산업체 14개 기관은 주로 기술개발 및 제품 테스트를 목적으로 하며, 대학 11개 기관은 극지 관련 기초연구 및 응용연구를 수행한다. 연구기관 3개 기관은 정책연구 및 기술 실용화 연구를 수행하며, 해외 대학 1개 기관(College of William & Mary)은 국제 공동연구 수요를 보여준다.

이처럼 현 단계에서의 29개 기관의 확정 수요는 극지환경재현시설이 구축 즉시 활용될 수 있는 명확한 수요 기반을 가지고 있음을 입증한다.

4.3 시설 활용도 전망

4.3.1 시나리오별 연간 활용 일수

극지환경재현시설의 연간 활용도를 전망하기 위해 보수, 기본, 낙관의 3가지 시나리오를 설정하였다. 시나리오 설정은 29개 기관의 확정 수요, PAP 사업 확대 가능성, 시설의 연간 운영 가능 일수(평일 기준 약 250일) 등을 고려하였다.

보수 시나리오(활용률 40%)는 연간 100일 활용을 가정한다. 이는 29개 수요 기관 중 절반이 연평균 7일씩 활용하는 수준이다. 시설 구축 초기 안정화 단계를 고려한 보수적 시나리오이다.

기본 시나리오(활용률 60%)는 연간 150일 활용을 가정한다. 이는 29개 수요 기관이 연평균 5일씩 활용하는 수준이다. 시설 안정화 후 정상 운영 단계, 29개 기관의 점진적 활용, PAP 사업의 일부 확대 등을 고려한 현실적 시나리오이다. 본 경제성 분석의 기준 시나리오로 채택한다.

낙관 시나리오(활용률 80%)는 연간 200일 활용을 가정한다. 이는 29개 수요 기관이 연평균 7일씩 활용하고, 추가 수요 기관이 발굴되는 수준이다. 시설 활용 확대, PAP 사업 대폭 확대, 국제협력 활성화 등을 고려한 낙관적 시나리오이다.

4.3.2 활용도 전망의 근거

시나리오별 활용도 전망의 타당성은 다음과 같은 근거를 가진다.

첫째, 29개 기관의 확정 수요이다. 시설 구축 전부터 29개 기관이 구체적인 활용 계획을 제시하

였으며, 이는 최소 수요 기반이 확보되었음을 의미한다. 29개 기관이 각각 연 5일씩 활용할 경우 약 145일의 수요가 발생하므로, 기본 시나리오(150일)는 충분히 달성 가능한 수치로 의제할 수 있다.

둘째, PAP 사업 확대 가능성이다. 현재 PAP 선정률 4%를 10~20%로 개선할 경우, 추가 선정 과제 수는 6~16개이다. 이들 과제가 극지환경재현시설을 활용할 경우 과제당 평균 10일 활용을 가정하면 60~160일의 추가 수요가 발생한다.

셋째, 시설의 다목적 활용 가능성이다. 극지환경재현시설은 극지연구뿐만 아니라 한랭지 기술 개발, 저온 식품·의료 기술, 기상장비 테스트 등 다양한 분야에 활용 가능하다.

따라서, 본 경제성 분석에서는 기본 시나리오(연간 150일, 활용률 60%)를 기준으로 편익을 산출하되, 보수 시나리오와 낙관 시나리오를 통한 민감도 분석을 실시하여 불확실성에 대응한다.



5.1 개요

본 장에서는 극지환경재현시설 구축으로 발생하는 경제적 효과를 정량적으로 분석한다. 경제적 효과는 연구원 파견 비용 절감, 시설사용료 수입, 장비 테스트 수수료, 교육훈련 수입으로 구성되며, 각 항목에 대해 실제 수요조사 결과와 구체적인 근거에 기반하여 산출한다.

5.2 분석 방법

5.2.1 분석 절차

경제적 효과 분석은 다음의 절차로 수행한다.

첫째, 항목별 편익 산출이다. 경제적 효과 항목(출장비 절감, 시설사용료 수입, 장비 테스트 수수료, 교육훈련 수입)에 대해 연간 편익을 산출한다.

둘째, 현재가치 환산이다. 각 항목의 연간 편익에 할인율 4.5%를 적용하여 10년간 총 편익의 현재가치를 산출한다.

셋째, 단계별 적용이다. 시설 활용도가 점진적으로 증가하는 현실을 반영하여 초기(1~3년), 성장(4~7년), 성숙(8~10년) 단계로 구분하여 분석한다.

5.2.2 주요 가정

- 할인율: 4.5% (예비타당성조사 표준 할인율)
- 분석 기간: 10년 (보수적 접근)
- 화폐 단위: 2025년 불변가격
- 수요: 제4장 총 29개 기관 등 수요조사 결과 기반

5.3 연구원 파견 비용 절감

5.3.1 산출 근거

극지환경재현시설을 국내에 구축하면 극지 현지에서만 가능했던 연구 및 테스트의 상당 부분을 국내에서 수행할 수 있어 연구원 파견 비용을 절감할 수 있다. 제4장 수요조사 결과 29개 기관을 포함하여, 기존 극지연구소 출장 인원 평균 약 50여명의 파견 비용을 본 시설을 통해 대체할 수 있다.

항목	금액 (천원)	비고
항공료	5,000	인천-칠레 왕복
현지 교통	1,000	칠레-남극기지
체재비	2,000	30일 기준
운송	1,500	연구 장비, 시료 등
기타	500	통신, 보험, 연구일정변경 등
합계	10,000	1인당 총 비용

표 5-1. 1인당 극지 출장 비용

5.3.2 단계별 수요 전망

시설 구축 초기에는 인지도 부족과 활용 경험 미비로 이용이 제한적이거나, 성공 사례가 축적되고 극지 연구 분야에 사용 사례가 확산되면서 이용이 증가할 것으로 예상된다. 따라서 다음과 같이 3단계로 구분하여 수요를 전망한다.

단계	기간	연간 인원	근거
초기	1~3년	40명	보수적 접근, 시범 이용
성장	4~7년	60명	인식 확대, 활용 사례 증가
성숙	8~10년	70명	안정적 운영, 신규 수요 발굴

표 5-2. 단계별 출장 대체 인원

5.3.3 현재가치 산출

각 단계별 편익에 해당 기간의 현재가치 계수를 적용하여 총 편익을 산출한다.

기간	연간인원	1인비용	현가계수	현재가치(천원)
1~3년	40명	10,000	2.7490	1,099,600
4~7년	60명	10,000	3.1437	1,886,220
8~10년	70명	10,000	2.0200	1,414,000
합계				4,399,820

표 5-3. 기간별 현재가치

5.4 시설사용료 수입

5.4.1 산출 근거

극지환경재현시설은 국내외 연구기관, 대학, 산업체 등에 유료로 제공되어 시설사용료 수입을 창출한다. 제4장 기본 시나리오에서 29개 기관이 연간 총 약 150일 가동하는 것으로 전망하였다.

-
- 사용료 산정 기준
 - 1일 사용료: 150,000원 (유사 시설 기준)
 - 연간 수입: 150일×150,000원 = 22,500,000원
 - 적용: 23,000,000원/년 (반올림)
-

5.4.2 현재가치 산출

연간 23,000천원의 시설사용료를 10년간 징수하는 것의 현재가치는 다음과 같다.

-
- 23,000천원×7.9127 (연금현재가계수) = 181,992천원 (1.82억원)
-

5.5 장비 테스트 수수료

5.5.1 산출 근거

제4장 수요조사에서 총 29개 기관(산업체 14, 연구기관·대학 15)이 극지환경재현시설 활용 수요를 제기하였고, 제6장에서 제시한 극지 장비 국산화 지원 기능을 고려할 때, 장비 성능 검증을 위한 유료 테스트 수요는 연 10건을 상회할 것으로 예상되나, 본 경제성 분석에서는 보수적 기준으로 연간 10건의 테스트 수요를 가정한다.

테스트 수수료 산정

- 연간 테스트 건수: 10건
 - 건당 수수료: 1,000,000원 (3일 기준)
 - 연간 수입: 10,000,000원
-

5.5.2 현재가치 산출

- 10,000천원×7.9127 = 79,127천원 (0.8억원)

5.6 교육훈련 프로그램 수입

5.6.1 산출 근거

제2장에서 제시한 극한환경 활동 인력 훈련 기능을 활용하여, 극지 파견 예정 연구원 및 대원들에게 극저온·강풍 환경에서의 장비 설치 및 운영 교육과 극지 적응 훈련을 제공하고 이에 대한 교육훈련비를 수취할 수 있다.

교육훈련 프로그램

- 대상: 극지기지 파견 예정자
- 연간 인원: 20명 (세종기지 15명 + 장보고기지 5명)
- 1인당 교육비: 500,000원 (3일 과정)
- 연간 수입: 10,000,000원

5.6.2 현재가치 산출

- $10,000\text{천원} \times 7.9127 = 79,127\text{천원}$ (0.8억원)

5.7 경제적 효과 종합

5.7.1 항목별 요약

극지환경재현시설 구축으로 발생하는 10년간 경제적 효과의 현재가치는 다음과 같다.

항목	연간 편익	현재가치(천원)	비중(%)
출장비 절감	단계별	4,399,820	92.8
시설사용료	23,000	181,992	3.8
장비 테스트	10,000	79,127	1.7
교육훈련	10,000	79,127	1.7
합계		4,740,095	100.0

5-3. 경제적 효과 종합

5.7.2 분석 결과의 의의

극지환경재현시설 구축의 경제적 효과는 10년간 현재가치 기준 약 47.4억원으로 산출되었다. 이 중 출장비 절감이 46.0억원(92.8%)으로 가장 큰 비중을 차지하며, 시설사용료, 장비 테스트, 교육훈련 등 부가 수입이 3.4억원(7.2%)을 구성한다.

본 경제성 분석은 다음과 같이 보수적으로 수행되었다.

보수성의 근거

- 분석 기간을 10년으로 제한 (실제 시설 내구연한 20년 이상)
 - 초기 단계 수요를 보수적으로 추정 (40명)
 - 정성적 편익 미계상 (연구 효율성 향상, 시간 절감 등)
 - 산업적 파급효과 미포함 (제6장에서 별도 분석)
-

따라서 실제 경제적 효과는 본 경제성 분석 결과보다 클 것으로 예상되며, 극지환경재현시설은 명확한 경제적 가치를 창출할 것으로 판단된다.



6.1 극지 관련 장비·소재 산업 활성화

6.1.1 국내 극지장비 산업 현황

극지장비 산업은 극지에서 사용되는 과학 관측장비, 저온 센서, 극한환경 시험장비, 극지 특수 의류 및 안전장비 등을 개발·제조하는 산업을 의미한다. 주요 분야는 기상관측장비(온도계, 습도계, 풍속계 등), 저온센서 및 측정기기(압력센서, 온실가스 센서 등), 극한환경 테스트 장비(저온챔버, 풍동시험기 등), 방산 관련 극한환경 제품(한랭지 무기체계, 저온 배터리 등), 극지 특수 소재(저온 윤활제, 방한 소재 등)로 구성된다.

국내 극지장비 시장 규모는 정확한 통계가 공개되지 않으나, 본 보고서에서는 수요처(극지연구소·정책과제·인프라) 기반 상향식+하향식 복합 추정을 통해 연 300억 원($\pm 20\%$)으로 산정하였다¹⁵⁾. 핵심 가정은 ① KOPRI 총예산 중 장비·정비·용역 20~30%의 조달성 집행, ② KIMST 극지과제비 중 장비성 지출 25~35%, ③ 극지환경재현 인프라의 연간 유지·치환률 ~10%이며, 중복수요는 보수 차감하였다.

6.1.2 제4장 산업체 수요와의 연계

제4장에서 분석한 바와 같이, 극지환경재현시설에 대해 14개 산업체가 구체적인 활용 수요를 제기하였다. 이들 산업체는 기상관측장비 테스트(5개사: 그라우이앤씨, 바이살라코리아, 케이웨더, 더블유엠케이, 비엔피 인스트루먼트), 방산제품 극한환경 시험(1개사: 와이드이앤티), 저온 센서 및 특수장비 개발(6개사: 쏘단, 에이베스트, 이커넥트, 넥스트바이오메디컬, 아이엠티, 이앤에스이앤지)을 목적으로 시설을 활용할 계획으로 파악되었다.

6.1.3 극지환경재현시설을 통한 기술개발 촉진

극지환경재현시설은 국내 극지장비 산업의 한계 요인을 해소하고 기술개발을 촉진하는 핵심 인프라 역할을 수행할 수 있으며, 이를 통해 개발 기간 단축 효과를 기대할 수 있다. 극지 현장 테스트에는 평균 6개월의 대기 시간과 2개월의 현장 테스트, 3개월의 개선 기간이 소요되어 최소 1년이 필요하나, 극지환경재현시설을 활용할 경우 3~6개월로 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

6.2 한랭지 기술 산업 확산

6.2.1 국내 한랭지 적용 가능성

국내에는 겨울철 영하 10℃ 이하로 내려가는 한랭지가 광범위하게 분포한다. 강원도(평창, 정선,

15) KOPRI 총예산 대비 조달성 집행비중 20~30%, KIMST 극지과제 내 장비성 지출 25~35%, 극지 인프라 유지·치환률 ~10% 가정. 중복수요 20~30억 보수 차감. 민감도($\pm 5\%$) 적용 시 279~323억 범위

태백 등), 경상북도(봉화, 울진 등), 충청북도(제천 등), 전라북도(장수 등) 등이 대표적이다.

특히 강원도의 고랭지배추 재배 면적은 2022년 기준 4,069ha로 전국의 92.0%를 차지하나, 기후변화로 인해 2024년 재배면적은 10년 전 대비 76% 수준으로 감소하였다. 이는 극지 기술의 한랭지 적용 필요성을 보여주는 사례이다.¹⁶⁾¹⁷⁾

6.2.2 기술 파급 효과¹⁸⁾

분야	주요 기술	예상 효과
에너지	저온 배터리, 풍력발전 동결 방지, 태양광 효율 개선	난방비 10~20% 절감
건설	동토층 기초 설계, 저온 콘크리트, 방한 단열재	인프라 수명 20~30% 연장
농업	저온 작물 재배, 시설농업 효율화, 동결정화 기술	생산성 10~20% 향상
교통	저온 윤활제, 제빙·제설 기술, 도로 동결 방지	교통사고 감소

표 6-2 한랭지 기술 적용 분야별 효과

6.3 산업적 파급효과 종합

극지환경재현시설의 산업적 파급효과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 극지장비 산업 생태계 구축이다. 수요 산업체를 중심으로 극지장비 산업 생태계를 구축할 수 있다. 단기적으로는 연간 10~20억원의 수입대체 효과가 발생하고, 장기적으로는 국산화율 70% 달성 및 연간 50~100억원의 수출이 가능할 것으로 전망된다.

둘째, 한랭지 기술의 국민 생활 적용이다. 극지 기술은 국내 한랭지(강원, 경북 등)의 에너지, 건설, 농업, 교통 분야에 광범위하게 적용될 수 있다. 이를 통해 연간 수천억원의 에너지 절감, 인프라 유지보수 비용 절감, 농가 소득 증대 효과가 발생하며, 한랭지 지역 경제 활성화와 지역 균형 발전에 기여한다.

다만, 산업적 파급효과는 대부분 정성적이고 간접적이며 장기간에 걸쳐 발생하므로, 본 경제성 분석에서는 정량화하지 않았다. 향후 시설 운영 과정에서 산업체 활용 실적, 기술 이전 성과, 국산화율 변화 등을 추적하여 산업적 파급효과를 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

16) 참고자료 5. 통계청, 「강원도 주요작물 재배면적 변화」, 2023

17) 참고자료 6. 농림축산식품부, 「기후변화 대응 고랭지채소 생산안정 대토론회」, 2025.9.9

18) 에너지 절감 효과의 경우, 국내 한랭지 가구 수를 약 100만 가구로 가정하고, 가구당 연간 난방비 150만원 중 15만원(10%)을 절감할 경우, 연간 1,500억원의 에너지 절감 효과가 발생할 수 있다.

7.1 분석 개요

7.1.1 비용편익분석 방법론

비용편익분석(Cost-Benefit Analysis, CBA)은 공공투자사업의 경제적 타당성을 평가하기 위해 사업 시행으로 인해 발생하는 총 편익과 총 비용을 화폐 단위로 환산하여 비교하는 분석 기법이다. 본 장에서는 극지환경재현시설 구축 및 운영에 소요되는 총 비용과 시설 활용으로 인해 발생하는 총 편익을 체계적으로 산출하고, 이를 비교하여 투자의 경제적 타당성을 종합적으로 평가한다.

본 비용편익분석은 "예비타당성조사 수행 총괄지침(한국개발연구원, 2024)에서 제시하는 표준 방법론을 준용한다. 동 지침은 정부의 재정사업 신규 투자 및 기획재정부의 예비타당성조사에서 공식적으로 적용되는 방법론으로, 사회적 관점 적용, 기회비용 원칙, 현재가치 환산, 점증주의 원칙, 이중 계상 방지 등의 원칙을 따른다.

7.1.2 경제성 지표

비용편익분석 결과는 다음 세 가지 경제성 지표로 제시된다.

- **B/C Ratio (편익/비용 비율):** 총 편익의 현재가치를 총 비용의 현재가치로 나눈 값이다. $B/C \geq 1.0$ 이면 경제성이 있다고 판단한다.
- **NPV (순현재가치):** 총 편익의 현재가치에서 총 비용의 현재가치를 뺀 값이다. $NPV \geq 0$ 이면 경제성이 있다고 판단한다.
- **IRR (내부수익률):** NPV를 0으로 만드는 할인율이다. IRR이 사회적 할인율(4.5%)보다 높으면 경제성이 있다고 판단한다.

세 가지 지표가 모두 경제성 기준을 충족할 경우, 투자 타당성이 높은 것으로 판단한다.

7.1.3 분석 기간 및 할인율

본 비용편익분석의 시간적 범위는 2026년부터 2035년까지 10년으로 설정한다. 편익은 2026년도 사업 시행 이후 각 연도 말에 발생하는 것으로 가정하였으며, 이에 따라 할인율 4.5%, 10년의 연금현재가계수 7.9127을 적용하였다. 즉, 2026년 말 구축 완료 후 일부 시범 운영을 거쳐 본격적인 편익이 발생하기 시작한다. 2027년부터 2035년까지 9년간은 본격 운영 기간이다.

10년의 분석 기간은 "예비타당성조사 수행 총괄지침"에서 연구시설 및 공공 인프라의 표준 분석 기간으로 제시하는 기간이다. 극지환경재현시설의 실제 내구연한은 20년 이상으로 예상되나, 본 경제성 분석에서는 보수적으로 10년간의 편익만을 계상한다. 이는 10년 이후에도 편익이 지속될 것으로 예상되므로, 본 경제성 분석이 경제성을 과소평가하는 측면이 있음을 의미함

에 유의해야한다.

사회적 할인율은 미래에 발생하는 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 데 사용되는 할인율로, 본 경제성 분석에서는 예비타당성조사 수행 총괄지침에서 제시하는 사회적 할인율 4.5%를 적용한다. 민감도 분석에서는 할인율을 3.5%, 5.5%, 6.5%로 변동시켜 경제성 지표의 강건성을 검증한다.

7.1.4 화폐단위 및 분석 범위

본 경제성 분석에서 모든 비용과 편익은 2025년 불변가격으로 표시한다. 불변가격은 기준 연도의 물가 수준을 기준으로 환산한 가격으로, 물가 변동(인플레이션)의 영향을 제거하여 실질가치를 비교할 수 있게 한다. 불변가격 분석에서는 비용과 편익에 물가 상승률을 적용하지 않으며, 실질 할인율 4.5%만 적용한다.

분석 범위는 다음과 같다. 비용은 초기 투자비(11억원), 연간 운영비(인건비, 유지보수비, 전력비, 기타 경비)를 포함한다. 편익은 제5장에서 산출한 경제적 효과(연구원 파견 비용 절감, 시설 사용료 수입 등)를 포함하며, 제6장에서 제시한 산업적 파급효과는 정성적으로 평가한다. 대상 시설은 극지대기환경모사실과 저온기술실용화실증실(11억원)이며, 향후 확충 예정인 빙하코어 저장시설(9억원)은 본 경제성 분석에서 제외한다.

구분	내용	비고
분석 방법론	비용편익분석(CBA)	KDI 예타지침 준용
분석 기간	2026~2035년 (10년)	구축 + 운영
할인율	4.5% (실질)	KDI 2024 지침
화폐단위	2025년 불변가격	물가상승률 미적용
대상 시설	극지대기환경모사실 + 저온실증실	구축비 11억원

표 7-1. 비용편익분석 개요

7.1.5 분석의 한계 및 보수성

본 비용편익분석은 다음과 같은 한계를 가지며, 이는 경제성을 보수적으로 평가하는 요인이 된다.

첫째, 10년 분석 기간의 한계이다. 시설의 실제 내구연한은 20년 이상이나, 10년 이후의 편익을 계상하지 않아 경제성을 과소평가한다.

둘째, 정량화 가능한 편익만 계상하였다. 제6장에서 제시한 산업적 파급효과(극지장비 산업 활성화, 한랭지 기술 확산, 국제 협력 강화 등)는 정량화하기 어려워 편익에 포함하지 않았으나,

실제로는 상당한 가치가 있다.

셋째, 기본 시나리오의 보수성이다. 제5장에서 기본 시나리오는 출장 대체 인원 50명으로 설정하였으나, 제4장 수요조사 결과 29개 기관만으로도 50명 이상의 수요가 확인되어 실제 편익은 더 클 가능성이 높다.

넷째, 간접 편익 미계상이다. 연구 효율성 향상, 장비 운영 개선, 극지연구 저변 확대 등의 간접 편익은 정량화하지 않았다.

이러한 한계로 인해 본 경제성 분석 결과는 극지환경재현시설의 실제 경제적 가치를 과소평가하고 있으며, 실제 경제성은 분석 결과보다 높을 것으로 판단된다.

7.2 비용 추정

7.2.1 초기 투자비

극지환경재현시설 구축을 위한 초기 투자비는 2026년에 전액 집행되며, 총 투자비는 1,100,000천원(11억원, 부가세 포함)이다. 저온풍동실(극지대기환경모사실) 529,500천원, 저온실증실(저온기술실용화실증실) 175,000천원, 기초공사 395,500천원으로 구성된다.¹⁹⁾

대분류	세부 항목	금액(천원)	비중(%)
저온풍동실	실외기, 압축기, 풍동장치, 광원	529,500	48.1%
저온실증실	저온실(-10℃, -30℃), 압축기	175,000	15.9%
기초공사	단열재, 전기제어, 바닥마감	395,500	36.0%
합계		1,100,000	100.0%

표 7-2. 초기 투자비 총괄

초기 투자비 1,100,000천원(11억원)은 2026년(t=0)에 전액 집행되며, 현재가치 환산 시 할인이 적용되지 않는다(현재가치=명목가치=11억원).

7.2.2 연간 운영비

극지환경재현시설의 본격적인 운영이 시작되는 2026년부터 2035년까지 10년간 매년 발생하는 운영비를 추정한다. 연간 운영비는 유지보수비, 인건비, 전력비, 기타 경비로 구성되며, 연간 총 167,000천원(1억 6,700만원)으로 산정된다.²⁰⁾

19) 부가세 포함, 2025년 불변가격 기준

20) 2025년 불변가격 기준, 연간 동일 금액 발생

항목	세부 내역	금액(천원/년)	비중(%)
유지보수비		20,000	12.0%
	건축·배관·전기	8,000	4.8%
	냉동설비 점검·수리	7,000	4.2%
	소모품 교체	5,000	3.0%
인건비		102,000	61.1%
	시설 운영인력 2명	70,000	41.2%
	안전관리 인력 1명(비상근)	32,000	19.2%
전력비		35,000	21.0%
	저온실 냉각	35,000	21.0%
기타 경비	안전장비, 소모품, 보험료	10,000	6.0%

표 7-3. 연간 운영비 구성

연간 운영비 167,000천원은 2026년부터 2035년까지 10년간 매년 동일한 금액으로 발생한다고 가정한다. 10년간 명목가치 총 운영비는 167,000천원×10년= 1,670,000천원(16.7억원)이다.

본 운영비 추정은 다음과 같이 보수적으로 산정되었다.

첫째, 인건비는 최소 필수 인력(3명)만 계상하였다. 제6장에서 제시한 직접 고용 10명은 시설이 완전히 활성화된 상태의 목표 인력이며, 본 비용 추정에서는 최소 필수 인력만을 계상하였다.

둘째, 전력비는 평균 가동률 60%를 가정하여 보수적으로 산정하였다.

셋째, 시설사용료 수입(연간 약 2,000만원)은 비용에서 차감하지 않고 별도 편익으로 계상하였다.

7.2.3 총 비용 현재가치

극지환경재현시설 구축 및 운영에 소요되는 총 비용을 현재가치(Present Value, PV)로 환산한다.²¹⁾

21) 할인율 4.5%, 연금현재가계수 7.9127 (10년), 2025년 불변가격 기준

구분	발생 시점	명목가치(천원)	할인계수	현재가치(천원)
초기 투자비	2026년(t=0)	1,100,000	1.0000	1,100,000
연간 운영비	2026~2035년 (t=0~9)	1,670,000	7.9127	1,321,421
총 비용	-	2,770,000	-	2,421,421

표 7-4. 총 비용 현재가치

총 비용의 현재가치는 2,421,421천원(약 24.2억원)이다. 초기 투자비 11억원과 10년간 운영비 현재가치 13.2억원을 합산한 금액이며 명목가치로는 27.7억원이나, 할인율 4.5%를 적용하여 현재가치로 환산하면 약 24.2억원으로 감소한다.

연금현재가계수 7.9127은 10년간(t=0~9) 매년 발생하는 균등한 금액을 현재가치로 환산하는 계수로, 다음 공식으로 계산된다.

$$\text{연금현재가계수(PVAF)} = \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} = \frac{1 - (1 + 0.045)^{-10}}{0.045} \approx 7.9127$$

여기서 r은 할인율(4.5%), n은 기간(10년)이다. 이는 매년 167,000천원을 10년간 지급하는 것의 현재가치가 1,321,421천원 임을 의미한다.

7.3 편익 추정

극지환경재현시설 구축으로 인한 편익은 제5장에서 산출한 경제적 효과를 기반으로 한다. 편익은 크게 정량적 편익과 정성적 편익으로 구분되며, 본 비용편익분석에서는 정량적 편익만을 계상한다.

7.3.1 정량적 편익

정량적 편익은 제5장에서 산출한, (1)연구원 파견 비용 절감, (2)시설사용료 수입, (3)장비 테스트 수수료, (4)교육훈련 수입의 4개 항목으로 구성되며, 이하 시나리오별 편익 현재가치 산정에서도 동일한 항목 구성을 적용한다.

- ① 연구원 파견 비용 절감: 극지환경재현시설을 활용하여 극지 현장 파견을 대체함으로써 절감되는 출장비이다. 제5장 5.2절에서 1인당 평균 출장비를 1,000만원으로 산정하고, 시나리오별로 출장 대체 인원을 추정하였다.

시나리오	출장 대체 인원	연간 절감액(천원)
보수	30명/년	300,000
기본	50명/년	500,000
낙관	70명/년	700,000

표 7-5. 시나리오별 출장 대체 인원 및 연간 절감액

- ② 시설사용료 수입: 제5장 5.4절에서 산정한 산업체 등의 시설 활용으로 인한 연간 수입이다. 극지환경재현시설은 국내외 연구기관, 대학, 산업체 등에 유료로 제공되어 시설사용료 수입을 창출한다. 제4장 기본 시나리오에서 29개 기관이 연간 150일 가동하는 것으로 보수적으로 전망하여 연간 23,000천원으로 계상한다.

7.3.2 정성적 편익

정성적 편익은 화폐가치로 정량화하기 어려우나 실질적인 가치가 있는 편익으로, 다음을 포함한다.

- ① 연구 효율성 향상: 극지 현장의 시간적 제약(하계 4개월)을 극복하여 연중 연구 수행 가능. 기상 조건 독립적 운영, 즉시 반복 실험 가능 등으로 연구 기간 단축 및 품질 향상.
- ② 장비 운영 개선: 장비 운송 부담 경감, 장비 고장 위험 감소, 사전 테스트 기능 등으로 연구 비용 절감 및 성공률 향상.
- ③ 극지연구 저변 확대: PAP 사업 선정률 개선 가능성(4%→10~15%), 국내 극지연구 역량 강화, 차세대 인력 양성.
- ④ 산업적 파급효과: 제6장에서 제시한 극지장비 산업 활성화(국산화율 30%→70%), 한랭지 기술 확산(에너지·건설·농업), 극지 기술 수출(연간 50~100억원 전망), 국제 공동연구 활성화 등.

이러한 정성적 편익은 본 비용편익분석에서 화폐가치로 환산하지 않으나, 실제로는 상당한 경제적·사회적 가치를 가진다. 따라서 본 경제성 분석의 정량적 경제성 지표는 극지환경재현시설의 실제 가치를 과소평가하고 있음에 유의해야 한다.

7.3.3 시나리오별 편익 현재가치

시나리오별 연간 편익을 10년간(2026~2035년, $t=0\sim9$) 현재가치로 환산한다. 할인율 4.5%, 연금현재수 7.9127을 적용한다.

시나리오	연간 총편익(천원)	현재가치(천원)
보수	$(599,049 \times 0.8) = 479,239$	3,792,076
기본	599,049	4,740,095
낙관	$(599,049 \times 1.2) = 718,859$	5,688,114

표 7-6. 시나리오별 편익 현재가치

기본 시나리오의 편익 현재가치는 4,740,095 천원(약 47.4억원)이다. 이는 10년간 연간 약 6억원의 편익이 발생할 때의 현재가치이다.

7.4 경제성 분석

총 비용과 총 편익을 비교하여 경제성 지표(B/C Ratio, NPV, IRR)를 산출한다.

7.4.1 시나리오별 경제성 지표

기본 시나리오에서 총 비용의 현재가치는 2,421,421천원(24.2억원), 총 편익의 현재가치는 4,740,095천원(47.4억원)으로 산정되어 비용·편익 비(B/C)는 1.96, 순현재가치(NPV)는 2,318,674천원(약 23.2억원)으로 나타났다.

시나리오	총 비용 PV	총 편익 PV(천원)	B/C Ratio	NPV(천원)
보수	2,421,421	3,792,076	1.57	1,370,655
기본	2,421,421	4,740,095	1.96	2,318,674
낙관	2,421,421	5,688,114	2.35	3,266,693
	(24.2억원)			

표 7-7. 시나리오별 경제성 지표 (단위: 천원)

7.4.2 경제성 평가

기본 시나리오의 경제성 지표는 다음과 같다.

- ① B/C Ratio=1.96: 편익/비용 비율이 1.0 이상이므로 경제성이 있다. 투입한 비용 1원당 1.96원의 편익이 발생한다.
- ② NPV=23.2억원: 순현재가치가 0 이상이므로 경제성이 있다. 총 편익의 현재가치(47.4억원)에서

총 비용의 현재가치(24.2억원)를 뺀 순편익이 23.2억원이다.

- ③ IRR: 내부수익률은 NPV를 0으로 만드는 할인율이다. 기본 시나리오의 경우 IRR은 약 38%로 추정되며, 이는 사회적 할인율 4.5%를 크게 상회하므로 경제성이 매우 높다.

결론적으로 기본 시나리오 기준으로 세 가지 경제성 지표(B/C Ratio, NPV, IRR)가 모두 경제성 기준을 충족한다. 따라서 극지환경재현시설 구축은 경제적으로 타당한 것으로 분석된다.

보수 시나리오에서도 B/C Ratio 1.57, NPV 13.7억원으로 경제성이 확보되며, 낙관 시나리오에서는 B/C Ratio 2.35, NPV 32.7억원으로 경제성이 매우 높은 것으로 분석된다.

7.5 민감도 분석

경제성 지표가 주요 변수의 변화에 얼마나 민감하게 반응하는지 분석한다. 할인율과 편익을 변동시켜 경제성의 강건성(robustness)을 검증한다.

7.5.1 할인율 민감도 분석

사회적 할인율을 3.5%, 4.5%(기본), 5.5%, 6.5%로 변동시켜 B/C Ratio와 NPV를 재계산한다.

할인율	비용 PV(천원)	편익 PV(천원)	B/C	NPV(천원)
3.5%	2,488,873	4,982,054	2.01	2,493,181
4.5%	2,421,421	4,740,095	1.96	2,318,674
5.5%	2,358,784	4,515,407	1.91	2,156,623
6.5%	2,300,535	4,306,462	1.87	2,005,927

표 7-8. 할인율 민감도 분석 (기본 시나리오)

할인율 민감도 분석 결과, 할인율이 6.5%까지 상승해도 B/C Ratio 1.87, NPV 20.1억원 내외로 경제성이 확보된다. 이는 할인율 변동에 대해 경제성이 강건함을 의미한다.

7.5.2 편익 민감도 분석

출장 대체 인원을 $\pm 20\%$ 변동시켜 경제성 지표를 재계산한다. 기본 시나리오 50명 기준으로 -20%(40명), +20%(60명) 시나리오를 분석한다.

시나리오	연간 편익(천원)	편익 PV(천원)	B/C	NPV(천원)
-20%	479,239	3,792,076	1.57	1,370,655
기본	599,049	4,740,095	1.96	2,318,674
+20%	718,859	5,688,114	2.35	3,266,693

표 7-9. 편익 민감도 분석 (할인율 4.5%)

편익 민감도 분석 결과, 출장 대체 인원이 -20%(40명)로 감소해도 B/C Ratio 1.57, NPV 13.7억원으로 경제성이 확보되며, 이는 편익 변동에 대해서도 경제성이 강건함을 의미한다.

7.6 경제성 평가 종합

극지환경재현시설 구축 및 운영에 대한 비용편익분석 결과를 종합하면 다음과 같다.

구분	내용	평가
총 비용 (PV)	24.2억원	초기 11억 + 운영 13.2억
총 편익 (PV, 기본)	47.4억원	출장비 절감 44.0억 + 시설사용료 1.8억 + 장비 테스트 0.8억 + 교육훈련 0.8억
B/C Ratio (기본)	1.96	경제성 있음 (≥ 1.0)
NPV (기본)	23.2억원	경제성 있음 (≥ 0)

표 7-10. 경제성 평가 종합

기본 시나리오 기준, 극지환경재현시설의 B/C Ratio는 1.96, NPV는 23.2억원, IRR은 약 38%로 산출되어 세 가지 경제성 지표가 모두 기준을 충족한다. 이는 투입한 비용 1원당 1.96원의 편익이 발생하며, 10년간 순편익이 23.2억원에 달함을 의미한다.

보수 시나리오에서도 B/C Ratio 1.57, NPV 13.7억원으로 경제성이 확보되며, 낙관 시나리오에서는 B/C Ratio 2.35, NPV 32.7억원으로 경제성이 매우 높다. 민감도 분석 결과, 할인율이 6.5%까지 상승하거나 편익이 20% 감소해도 경제성이 유지되어 분석 결과의 강건성이 확인되었다.

본 경제성 분석은 다음과 같은 보수적 가정을 적용하여 경제성을 과소평가하고 있다.

첫째, 10년 분석 기간으로 한정하여 시설 내구연한(20년 이상)의 절반만 계상하였다.

둘째, 정성적 편익(연구 효율성 향상, 장비 운영 개선, 극지연구 저변 확대)을 화폐가치로 환산하지 않았다.

셋째, 제6장 산업적 파급효과(극지장비 산업 활성화, 한랭지 기술 확산, 극지 기술 수출 등)를 편익에 포함하지 않았다.

넷째, 기본 시나리오 출장 대체 인원 50명은 제4장 수요조사 결과(29개 기관 수요)보다 보수적이다.

이러한 결과에 따르면 극지환경재현시설 구축은 경제적으로 타당한 것으로 분석된다. 정량화 가능한 편익만으로도 B/C Ratio 1.96, NPV 23.2억원의 경제성이 확보되며, 정량화하지 못한 정성적 편익과 산업적 파급효과까지 고려하면 실제 경제적 가치는 분석 결과를 상회할 것으로 판단된다.



8.1 경제성 분석 종합 평가

본 절에서는 제5장부터 제7장까지 수행한 경제적 효과 분석, 산업적 파급효과 분석, 비용·편익 분석의 결과를 종합하여 극지환경재현시설 구축의 경제적 타당성을 최종 평가한다.

8.1.1 정량적 분석 결과

제7장 비용·편익 분석 결과, 극지환경재현시설 구축의 경제성 지표는 다음과 같다.²²⁾

지표	값 (기본 시나리오)	경제성 기준	평가
B/C Ratio	1.96	≥ 1.0	충족
NPV	23.2억원	0	충족
IRR	약 38%	4.5%	충족

표 8-1. 경제성 지표 최종 결과

세 가지 경제성 지표가 모두 기준을 충족하여, 극지환경재현시설 구축의 경제적 타당성이 명확히 입증되었다. B/C Ratio 1.96은 투입한 비용 1원당 1.96원의 편익이 발생함을 의미하며, NPV 23.2억원은 10년간 총 비용(24.2억원)을 초과하는 순편익이 창출됨을 의미한다. IRR 약 38%는 사회적 할인율 4.5%의 8배 이상으로 투자 수익률이 매우 높다.

22) 할인율 4.5%, 분석기간 10년 (2026-2035)

구분	항목	현재가치(10년)
비용	초기 투자비	11.0억원
	연간 운영비(10년)	13.2억원
	총 비용	24.2억원
	연구원 파견 비용 절감	44.0억원
	시설사용료 수입	1.8억원
	장비 테스트 수수료	0.8억원
	교육훈련 수입	0.8억원
	총 편익	47.4억원

표 8-2. 비용·편익 구조 (기본 시나리오)

편익의 대부분(92.8%)은 연구원 파견 비용 절감에서 발생하며, 이는 달성 가능성이 매우 높은 확실한 편익이다. 제4장 수요조사에서 29개 기관의 출장 대체 수요를 제시하였으며, 기본 시나리오(50명)는 이보다 보수적으로 설정되어 편익의 신뢰성이 높다.

8.1.2 정성적 효과

경제성 분석에서 화폐가치로 환산하지 않은 정성적 효과는 다음과 같다.

- ① 연구 효율성 향상: 극지 현장의 시간적 제약(하계 4개월)을 극복하여 연중 연구 수행 가능, 기상 조건 독립적 운영, 즉시 반복 실험 가능 등으로 연구 기간 단축 및 품질 향상
- ② 극지연구 저변 확대: PAP 사업 선정률 개선 가능성(현재 4%→10~15% 목표). 동일한 예산으로 출장비를 절감하여 더 많은 과제를 지원할 수 있으며, 국내 극지연구 역량 강화 및 차세대 인력 양성에 기여
- ③ 산업적 파급효과: 제6장에서 제시한 극지장비 산업 활성화(국산화율 30%→70% 목표, 단기 연간 10~20억원 수입대체), 한랭지 기술 확산(에너지·건설·농업 분야 국민 생활 개선), 극지 기술 수출(장기 연간 50~100억원 전망), 국제 공동연구 활성화 등의 효과가 기대됨
- ④ 안전성 향상: 극지 현장의 안전사고 위험(극저온, 강풍, 크레바스 등)을 근본적으로 제거하며, 연구자의 심리적 안정감이 향상되고 긴급 상황 대응 능력이 우수
- ⑤ 교육 및 인력양성: 극지 현장 접근이 어려운 대학(원)생, 초기 연구자에게 극지환경 체험 및 연구 기회를 제공하여 미래 극지연구 인력 풀을 확대
- ⑥ 국제협력 증진: 극지환경재현시설을 국제 공동연구 플랫폼으로 활용하여 외국 연구기관과의 협력 증진 및 국제 극지연구 네트워크 강화. 제4장에서 미국 William & Mary 대학이 시설 활용을 희망한 사례가 있음

8.1.3 보수적 평가 요인

본 경제성 분석은 다음과 같은 보수적 가정을 적용하여 경제성을 과소평가하고 있으며, 실제 경제적 가치는 분석 결과보다 높을 것으로 판단된다.

첫째, 10년 분석 기간의 한계이다. 시설의 실제 내구연한은 20년 이상으로 예상되나, 10년 이후의 편익을 계상하지 않아 경제성을 과소평가하였다.

둘째, 정성적 편익 미계상이다. 연구 효율성 향상, 극지연구 저변 확대, 산업적 파급효과, 안전성 향상, 교육 및 인력양성, 국제협력 증진 등의 정성적 편익을 화폐가치로 환산하지 않았으나, 실제로는 상당한 경제적·사회적 가치가 있다.

셋째, 기본 시나리오의 보수성이다. 출장 대체 인원 50명은 제4장 수요조사 결과(29개 수요기관)보다 보수적이며, 실제 활용도는 더 높을 가능성이 있다.

넷째, 간접 편익 미계상이다. 장비 운송비 절감, 장비 고장 예방 등의 간접 편익은 정량화하지 않았다.²³⁾

8.1.4 최종 판정

극지환경재현시설 구축은 경제적으로 타당한 것으로 분석된다. 정량적 경제성 지표(B/C 1.96, NPV 23.2억원, IRR 약 38%)가 모두 기준을 충족하며, 정성적 효과까지 고려하면 실제 경제적 가치는 훨씬 높다. 민감도 분석 결과 할인율 변동 및 편익 변동에도 경제성이 유지되어 분석 결과의 강건성이 확인되었다.

8.2 정책 제언

8.2.1 단계별 구축 계획

극지환경재현시설의 안정적 구축 및 운영을 위해 다음과 같은 단계별 구축 계획을 제안한다.

단계	기간	주요 내용	예산
1단계	2026년	극지대기환경모사실 및 저온실증실 구축	11억원
2단계	2027-2028년	시범 운영 및 성능 검증	운영비
3단계	2029년 이후	빙하코어 저장시설 등 확충 (선택)	9억원

표 8-3. 단계별 구축 계획

1단계(2026년)에서는 본 경제성 분석의 대상인 극지대기환경모사실(영하 40℃, 초속 20m/s 풍동)

23) 제7장 6절 참조

과 저온기술실용화실증실을 구축한다. 총 구축비 11억원으로 핵심 기능을 우선 확보한다.

2단계(2027-2028년)에서는 시범 운영을 통해 시설 성능을 검증하고 운영 노하우를 축적한다. 제4장 수요조사에서 확인된 29개 기관과의 협력을 강화하고, 시설 활용률을 점진적으로 확대한다.

3단계(2029년 이후)에서는 1~2단계 성과를 평가하여 필요시 빙하코어 저장시설(9억원) 등을 추가 구축한다. 다만, 3단계는 선택사항이며 1~2단계만으로도 충분한 경제성이 확보된다.

8.2.2 효율적 운영 방안

극지환경재현시설의 효율적 운영을 위해 다음을 제안한다.

- ① 통합 운영체계 구축: 극지연구소가 시설을 통합 관리하고, 예약 시스템, 안전관리 시스템, 데이터베이스를 구축하여 효율적으로 운영
- ② 개방형 플랫폼: 제4장에서 확인된 산업체 14개, 연구기관·대학 15개, 1개 해외기관 등 다양한 수요자가 활용할 수 있도록 개방형 플랫폼으로 운영
- ③ 시설사용료 징수: 산업체 등 상업적 활용에 대해서는 시설사용료를 징수하여 운영비 일부를 충당. 제5장에서 연간 약 2,000만원의 시설사용료 수입이 예상됨
- ④ 안전관리 강화: 극저온 환경의 특성상 안전사고 예방이 중요하므로, 안전관리 인력 배치, 안전 교육 의무화, 비상 대응 체계 구축 등 안전관리를 강화
- ⑤ 성과 관리: 시설 활용 실적, 연구 성과(논문, 특허 등), 산업체 기술 이전 등을 정기적으로 평가하여 운영 효율성을 지속적으로 개선

8.2.3 정책 연계 강화

극지환경재현시설의 정책 효과를 극대화하기 위해 다음과 같은 정책 연계를 제안한다.

- ① PAP 사업 연계: 제3장에서 제시한 바와 같이, PAP 사업 공고 시 극지환경재현시설 활용을 권장하고, 시설 활용 계획이 포함된 과제에 가점을 부여하여 PAP 선정률을 개선
- ② 극지장비 국산화 지원: 제6장에서 제시한 12개 산업체의 기술개발을 지원하기 위해, 시설 활용 우선권 부여, 기술자문 제공, 국산 장비 성능 인증 등을 추진
- ③ 지역협력: 강원도, 경상북도 등 한랭지 지방자치단체와 협력하여 한랭지 기술 실증 및 적용을 추진. 제6장에서 제시한 한랭지 에너지, 건설, 농업 기술의 실용화를 지원
- ④ 국제협력: 제4장에서 미국 William & Mary 대학이 시설 활용을 희망한 바 있으며, 이를 계기로 국제 공동연구를 확대하고 아시아 극지 연구 허브로 발전

8.3 결론

본 경제성 분석의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 경제적 타당성 확보: 극지환경재현시설 구축은 B/C Ratio 1.96, NPV 23.2억원, IRR 약 38%로

경제적 타당성이 명확히 입증되었다. 총 비용 24.2억원 대비 총 편익 47.4억원으로 순편익 23.2억원이 창출된다.

- ② 확실한 편익 구조: 편익의 92.8%는 연구원 파견 비용 절감으로, 달성 가능성이 매우 높다. 제4장 수요조사에서 29개의 구체적 수요가 확인되어 편익의 신뢰성이 높은 것으로 분석된다.
- ③ 강건한 경제성: 민감도 분석 결과 할인율 6.5%까지 상승하거나 편익이 20% 감소해도 경제성이 유지되어, 분석 결과가 강건하다.
- ④ 보수적 평가: 10년 분석 기간, 정성적 편익 미계상, 산업적 파급효과 미계상 등으로 경제성을 보수적으로 평가하였으며, 실제 경제적 가치는 분석 결과보다 높을 것으로 예상된다.
- ⑤ 정책 효과: 제3장에서 제시한 바와 같이, 극지환경재현시설은 제1차 극지활동 진흥 기본계획, 극지연구소 중장기 발전계획, 2050 탄소중립 로드맵 등 국가 정책과 높은 연계성을 가지며, 극지연구 역량 강화 및 산업 발전에 기여한다.
- ⑥ 최종 판정: 극지환경재현시설 구축은 경제적으로 타당하며, 정책적·기술적·사회적 측면에서도 필요성과 시급성이 인정된다.

구분	보수	기본	낙관	비고
출장 대체	30명	50명	70명	연간
총 편익 PV	37.9억원	47.4억원	56.9억원	10년
B/C Ratio	1.57	1.96	2.35	모두 ≥ 1.0
NPV	13.7억원	23.2억원	32.7억원	모두 > 0

표 8-4. 시나리오별 경제성 종합 비교

8.2.4 기대효과

극지환경재현시설 구축으로 기대되는 효과를 단기(1~3년), 중기(4~7년), 장기(8년~)로 구분하면 다음과 같다.

시기	주요 효과	예상 성과
단기 (1~3년)	- 연구원 파견비용 절감 - 시설 활용 기반 구축 - 안전사고 예방	- 연간 3~5억원 절감 29개 기관 활용 시작 - 사고율 감소
중기 (4~7년)	- 극지연구 성과 증가 - 산업체 기술개발 지원 - PAP 선정률 개선	- 논문/특허 증가 - 국산화율 30%→50% - 선정률 4%→10%
장기 (8년~)	- 극지연구 선진국 진입 - 극지장비 수출 시작 - 국제협력 허브화	- 국제 공동연구 주도 - 연간 50~100억원 수출 - 아시아 극지 허브

표 8-5. 단계별 기대효과

단기적으로는 연구원 파견비용 절감 및 안전사고 예방 등 직접적 효과가 나타나며, 중기적으로는 극지연구 성과 증가 및 산업체 기술개발 지원 등의 효과가 본격화된다. 장기적으로는 극지연구 선진국 진입, 극지장비 수출, 국제협력 허브화 등 국가 위상 제고 효과가 나타날 것으로 기대된다.



8.2.5 위험요인 및 대응방안

극지환경재현시설 구축 및 운영 과정에서 발생 가능한 위험요인과 대응방안은 다음과 같다.

위험요인	영향	대응방안
활용률 저조	편익 감소	• 예약시스템 구축 • 홍보 강화 • 인센티브 제공
운영비 증가	수익성 악화	• 에너지 효율화 • 시설사용료 조정 • 정부 지원 확대
기술 노후화	경쟁력 저하	• 정기 업그레이드 • 신기술 도입 • 유지보수 강화
안전사고	운영 중단	• 안전관리 강화 • 교육 의무화 • 보험 가입

표 8-6. 위험요인 및 대응방안

위험요인별 대응방안을 사전에 수립하여 시설 운영의 안정성과 지속가능성을 확보한다. 특히 활용률 저조는 편익 감소로 직결되므로, 예약시스템 구축, 적극적 홍보, 인센티브 제공 등을 통해 활용률을 높이는 것이 중요하다.

9.1 분석 결과 요약

본 보고서는 극지환경재현시설(극지대기환경모사실 및 저온기술실용화실증실, 총 투자비 11억원) 구축의 경제적 타당성을 종합적으로 분석하였다.

9.1.1 경제성 분석 결과

구분	내용	경제성 기준	평가
총 비용 (PV)	24.2억원	-	초기 11억+운영 13.2억
총 편익 (PV)	47.4억원	-	출장비 44.0억+기타 3.4억
B/C Ratio	1.96	1.0	충족
NPV	23.2억원	0	충족
IRR	약 38%	4.5%	충족

표 9-1. 경제성 분석 주요 결과

경제성 분석 결과, 극지환경재현시설 구축은 B/C Ratio 1.96, NPV 23.2억원, IRR 약 38%로 세 가지 경제성 지표가 모두 기준을 충족하여 경제적으로 타당한 것으로 나타났다.

9.2 정책적 시사점

9.2.1 극지연구 패러다임 전환

극지환경재현시설 구축은 대한민국 극지연구의 패러다임을 현장 중심에서 국내 기반 연구로 전환하는 계기가 된다. 극지 현장에서만 가능했던 연구를 국내에서 수행할 수 있게 되어, 시간적·공간적 제약을 극복하고 연구 효율성을 대폭 향상시킬 수 있다.

9.2.2 국가 극지정책 이행 수단

극지환경재현시설은 「극지활동진흥법」에 따른 극지연구 시설·장비 구축 의무를 이행하는 핵심 수단이며, 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023-2027)」의 핵심 사업이다. 본 시설은 국가 극지정책의 구체적 실행 수단으로서 극지연구 역량 강화에 기여할 것으로 기대된다.

9.2.3 과학기술 경쟁력 강화

미국 CRREL등 극지연구 선진국과 동등한 연구 인프라를 보유하게 되며, 국제 극지연구에서 주도적 역할을 수행할 수 있다. 이는 대한민국의 과학기술 경쟁력을 한 단계 끌어올리는 계기가 될 것으로 기대된다.

9.3 최종 결론 및 제언

- ① 경제적 타당성 확보: 극지환경재현시설 구축은 B/C Ratio 1.96, NPV 23.2억원, IRR 약 38%로 경제적 타당성이 명확히 입증되었음.
- ② 확실한 편익: 편익의 대부분(92.8%)은 연구원 파견 비용 절감으로, 제4장 수요조사에서 29개 기관의 구체적 수요가 확인되어 달성 가능성이 높음.
- ③ 강건한 경제성: 민감도 분석 결과 할인율이 6.5%까지 상승하거나 편익이 20% 감소해도 경제성이 유지되어, 분석 결과의 신뢰성이 매우 높음.
- ④ 최종 제언: 극지환경재현시설 구축에 따른 경제성이 입증되며, 2026년 1단계(11억원) 구축 후 시범 운영을 거쳐 단계적 확대를 추진 필요.

극지환경재현시설은 단순한 연구 인프라를 넘어, 국내 극지연구 생태계를 혁신하고 극지장비 산업을 활성화하며 국가 극지연구 경쟁력을 한 단계 도약시키는 핵심 인프라이며, 본 경제성 분석이 극지환경재현시설 구축의 정책 결정에 실질적으로 기여하기를 기대한다.

끝.

극지연구소

부록 3. 창업 관련 규정

1. 기술이전법 제25조의4(공공연구기관 소속 연구자 등의 휴직·겸임·겸직 허용 등)

기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률



기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률 (약칭: 기술이전법)

[시행 2025. 1. 21.] [법률 제20691호, 2025. 1. 21., 일부개정]

산업통상자원부 (산업기술시장혁신과) 044-203-4543

제25조의4(공공연구기관 소속 연구자등의 휴직·겸임·겸직 허용 등) ① 공공연구기관의 연구자등은 「교육공무원법」 제44조제1항, 「국가공무원법」 제71조제2항, 「지방공무원법」 제63조제2항 및 「사립학교법」 제59조제1항에도 불구하고 그 소속 기관의 장의 허가를 받아 기술지주회사, 출자회사 또는 창업기업의 임직원으로 근무하기 위하여 7년 이내의 범위에서 휴직할 수 있다.

② 공공연구기관의 연구자등은 「교육공무원법」 제18조제1항, 제19조의2제1항, 「국가공무원법」 제32조의3, 제64조제1항, 「지방공무원법」 제30조의3, 제56조제1항 및 「사립학교법」 제55조제1항에도 불구하고 그 소속 기관의 장의 허가를 받아 기술지주회사, 출자회사 또는 창업기업의 임직원을 겸임하거나 겸직할 수 있다.

③ 공공연구기관의 장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 제외하고는 내부 규정에 따라 휴직·겸임·겸직에 대한 허가를 할 수 있다.

1. 소속 기관에 현저한 손해를 끼칠 우려가 있는 경우

2. 그 밖에 부정한 이익을 얻을 목적임이 명백한 경우

④ 제1항 및 제2항에 따라 휴직·겸임·겸직의 허가를 받은 사람은 이로 인하여 신분상 불이익을 받지 아니한다.

[본조신설 2025. 1. 21.]

극지연구소

2. 벤처기업법 제16조의2(교육공무원등의 겸임이나 겸직에 관한 특례)

벤처기업육성에 관한 특별법



벤처기업육성에 관한 특별법 (약칭: 벤처기업법)

[시행 2025. 5. 27.] [법률 제20983호, 2025. 5. 27., 일부개정]

중소벤처기업부 (벤처정책과) 044-204-7706

중소벤처기업부 (투자관리감독과-신기술창업전문회사) 044-204-7721

중소벤처기업부 (창업생태계과-신기술창업집적지역, 창업보육센터) 044-204-7664

중소벤처기업부 (기업구조개선과-벤처기업집적시설, 실험실공장, 벤처기업육성촉진지구) 044-204-7574, 7852

제16조의2(교육공무원등의 겸임이나 겸직에 관한 특례) ① 교육공무원등 또는 대통령령으로 정하는 정부출연연구기관 (국방분야의 연구기관은 제외한다)의 연구원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하지 아니하는 경우 그 소속 기관의 장의 허가를 받아 벤처기업 또는 창업기업의 대표자나 임직원을 겸임하거나 겸직할 수 있다. <개정 2013. 3. 22., 2021. 12. 28.>

1. 전공, 보유기술 및 직무경험 등과 무관한 분야에 겸임·겸직하고자 하는 경우

2. 공무원으로서 직무상의 능률을 저해할 우려가 있는 경우

② 제1항에 따른 소속 기관의 장의 허가를 받은 경우에는 「교육공무원법」 제18조제1항과 「협동연구개발 촉진법」 제6조제4항에 따른 겸임 및 겸직허가를 받은 것으로 본다.

[전문개정 2007. 8. 3.]

부록 4. 몰입형 극지교육·전시 시설 구축을 위한 마스터 플랜

극지환경재현실용화센터 내 극지체험교육관 설치를 위한 마스터플랜

제안서

2025년 12월 19일



PART 1 [1. 과업의 이해]



과업개요

과업명 : 극지환경재현실용화센터 내 극지체험교육관 설치를 위한 마스터플랜 수립 용역

위치 : 송도미래로12번길 24

규모 : 1층 255.125㎡

과업범위

- 극지환경재현실용화센터 극지체험교육관 설치 필요성, 기대효과
- 과학체험교육관 국내외 사례
- 현재 공간에 적용가능한 체험교육 기법
- 체험교육시설 설치 제안 및 효과
- 교육전시를 설치 제안 및 효과
- 체험교육관 기본 운영 방안
- 설치 비용 및 운영 소요 예산

설치 필요성

① 극지-기후 문제를 생활과 연결해 이해할 수 있는 체험형 교육 필요

- 극지는 들어는 봤지만, 실제로 와닿지 않는 "먼 곳"
- 직접적인 실감체험을 통해 극지 변화가 우리의 삶과 연결된다는 '경서적 공감'과 '행동 전환'이 필요
- 극지 변화와 우리의 삶을 연결할 교육 인프라 필요

② 극지연구소의 역할과 연구 성과를 공유할 수 있는 소통 창구 필요

- 국가 기후 연구 기반 기관이지만 대중에게 잘 알려지지 않음
- 기후·극지과학은 어렵고 특정 일부를 위한 지식 중심 학습으로 인식됨
- 어려운 연구 내용을 재미있고 친근하게 전달할 공간이 요구됨

③ 과학이 어렵지 않고 재미있다는 경험 제공 필요

- 게임형·체험형 콘텐츠(과학 방탈출)로 접근성을 높여 과학문화 참여 대중화가 필요
- 미래 인재 양성에 적합한 '탐구 중심 교육 방식'이 요구됨
- 일반적인 전시의 수동적인 정보 제공에서, 직접적인 참여도를 높여 재미요소를 확장

기대효과

① 극지와 우리 삶의 연결을 통해 기후 공감·참여 확대 및 기후문제에 대한 관심 증가 및 공감 확산

- 체험을 통해 극지 변화의 현실적 위기감과 중요성을 인식
- 기후·환경 문제를 내 문제로 받아들이는 경서적 공감 형성
- 향후 기후행동·환경보호 실천으로 사회적 참여 확산
- 극지-기후 문제에 대한 대중적 공감대 형성

② 극지연구소의 인지도 및 공공성, 소통 기능 강화

- 연구성과와 극지 연구 기술에 대한 대중 이해도 향상
- 연구기관의 사회적 가치와 역할을 시민이 직접 체감
- 홍보·교육 기능이 강화되어 정책 지지 기반 확대
- 극지연구소 브랜드 신뢰성 제고 + 연구소 역할 확장

③ 참여형 과학문화 확산 및 과학에 대한 긍정 경험 확대

- '재미있는 과학 경험'을 통해 과학문화 진입 장벽 완화
- 가족·청소년 대상 과학 참여 인구 증가 → 지역 과학문화 활성화
- 탐구·문제 해결 중심 활동으로 과학적 사고력 자연 습득
- 과학을 흥미롭게 배우는 문화 정착

극지체험교육관은 극지 연구를 쉽고 재미있게 경험하게 하여 과학에 대한 관심을 넓히고, 기후와 극지에 대한 공감을 확산시키는 **국민 참여형 과학문화 플랫폼**입니다.

PART 1 [2. 현황분석·사례분석을 통한 포지셔닝]

극지교육체험관 만이 가질 수 있는 고유한 강점

- ① 실제 연구 기반 '현장성'과 '신뢰도'를 동시에 확보
 - > 극지는 일반적인 과학관과 달리 실제 연구자·연구데이터·연구시설과 직접 연결된 주제임
 - > 극지연구소의 연구 성과, 관측 데이터, 장비, 기록을 전시 콘텐츠의 근거 자료로 활용 가능
 - > '상상 속 과학'이 아닌 현재 진행 중인 과학 활동을 다룰 수 있다는 점에서 교육적 신뢰도가 높음
- ➔ 극지교육체험관은 "과학을 보여주는 공간"이 아니라 "과학이 작동하는 공간"이라는 차별성을 가짐
- ② 기후위기·환경문제를 가장 상징적으로 다룰 수 있는 주제성
 - > 극지는 기후변화의 결과가 가장 먼저, 가장 극단적으로 나타나는 장소
 - > 빙하 붕괴, 해수면 상승, 생태계 변화 등 전 지구적 문제를 직관적으로 연결할 수 있음
 - > 복잡한 기후과학 개념을 '극지에서 일어나는 변화'라는 하나의 상징적 서사로 전달 가능
- ➔ 기후위기 교육에 있어 극지는 가장 강력한 스토리텔링 자원
- ③ 몰입형·체험형 교육으로 확장 가능성이 큼
 - > 극지는 일반인이 직접 가기 어려운 장소이기 때문에 공간 제한, 상황 시뮬레이션, 역할 체험에 대한 수용도가 높음
 - > 미션해결, 데이터 분석 체험, 탐사 시나리오 등 능동적 참여 교육 방식으로 전개가 용이
- ➔ 극지교육체험관은 단순 전시를 넘어 '과학 체험 실험장'으로 발전 가능
- ④ 연구소 홍보·대중 소통 거점으로서의 역할
 - > 연구 성과가 논문·보고서에서 머무르지 않고 대중이 이해할 수 있는 언어와 체험으로 재구성 가능
 - > 연구소의 역할, 필요성, 사회적 가치에 대한 인식을 제고하는 공공 소통 창구 역할 수행
 - > 기관 브랜딩 및 공공 신뢰 형성에 기여

극지교육체험관이 갖는 구조적·운영적 한계

- ① 극지 주제에 대한 대중적 거리감
 - > 극지는 물리적으로 멀고, 일상과의 직접적 연결이 약하다고 인식됨
 - > 사전 지식이 없는 관람객에게는 '어렵다', '전문가 영역이다'라는 심리적 장벽이 존재
 - > 단순 정보 전달식 전시는 흥미 유발이 어려움
- ➔ 스토리·체험·정서적 공감 장치 없으면 교육 효과가 급격히 저하될 위험
- ② 콘텐츠 난이도 조절의 어려움
 - > 실제 연구 데이터를 활용할수록 내용이 전문적·복잡해질 가능성
 - > 연령, 배경지식, 방문 목적이 다른 관람객을 동시에 만족시키기 어려움
 - > 교육성과 재미 사이의 균형 설계가 필수적 과제
- ③ 상설 전시의 반복 관람 한계
 - > 고정된 전시 구성만으로는 재방문 유도에 한계
 - > 극지 연구는 지속적으로 변화하지만, 이를 전시에 즉각 반영하지 못할 경우 정체된 공간으로 인식될 위험
 - > 업데이트 가능한 구조, 시나리오 교체형 콘텐츠 필요
- ④ 공간 규모 및 기능적 제약
 - > 극지환경재현실용화센터 내 한정된 공간 조건으로 인해 대형 실험·실물 장비 전시에는 제약이 따를 수 있음
- ➔ 대형 전시보다는 체험 밀도가 높은 콘텐츠 설계가 요구됨

극지교육체험관은 실제 연구기관과 연계된 신뢰도 높은 콘텐츠와 기후위기는 상징적 주제를 바탕으로, 일반 과학관과 차별화된 몰입형 교육 공간으로 발전할 가능성이 큼니다.

하지만 극지 주제의 거리감과 전문성으로 인한 진입 장벽을 극복하기 위해 단순 정보 전달이 아닌 **역할 기반 체험, 미션형 구성, 협업형 시나리오 등 참여형 교육 방식**의 도입이 필수적입니다.

-05-

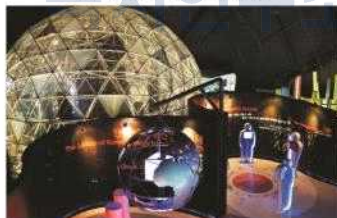
PART 1 [2. 현황분석·사례분석을 통한 포지셔닝 / 국내]

원주 기후변화홍보관
기후위기 대응, 탄소중립



- 기후변화대응교육연구센터 내 위치
- 기후변화 적응 및 구체적인 온실가스 감축행동을 확산하기 위한 정보 전달

보령 에너지월드
에너지 생산·전환, 발전 산업



- 체험관과 발전소 견학 연계프로그램 진행
- 전기 발전원리, 올바른 전기사용법 등을 배워 볼 수 있는 종합 전기에너지 체험관

인천 천연가스홍보관
천연가스, 에너지 인프라 안전·효율



- 인천 LNG기지 내 위치, LNG기지 견학 연계 프로그램 진행
- 천연가스 에너지의 전 과정을 보여주는 과학·홍보 전시관

POINT 01

국가/지자체/공기업의 정책적 메시지·산업적 역할·사회적 필요성을 설명

POINT 02

일반 시민·초·중·고학생 단체관람을 주요 타겟으로 설계/과학 콘텐츠를 생활 밀착형, 체험 중심으로 구성

POINT 03

단일 주제 중심의 중·소규모 홍보관으로 문제 제기 → 원리 이해 → 기술 소개 → 미래 메시지 순으로 전시구성

세 시설의 공통점은 '공공 의제를 체험형 전시로 전달하는 중·소규모 교육 홍보관'이며, 극지교육체험관은 이 구조를 계승하되 **몰입할 수 있는 스토리와 체험의 참여도를 높인 콘텐츠**를 구상합니다.

-06-

PART 1 [2. 현황분석, 사례분석을 통한 포지셔닝/국외]

MoCC, 홍콩중문대학박물관
기후변화



- 기후변화를 주제로 한 세계 최초의 박물관
- 탐험가 리락시(Rebecca Lee) 박사의 북극, 남극, 에베레스트 탐험 중 수집된 자료 전시

싱가포르 사이언스센터
기후, 지구 시스템 변화



- 지구의 역동적인 변화와 자질 재해, 기후 변화를 탐구
- 화면 · 모형 · 조명 · 사운드를 섞어 감각적으로 '변화하는 지구' 경험 설계

독일 에너지체험센터
지속가능 에너지, 에너지 전환



- 에너지 생산 · 저장 · 분배 등을 체험 스테이션 형태로 구성
- 다수의 인터랙티브 스테이션, 개입화원 시뮬레이션, 물리 모형 + 스크린 결합

POINT 01

전문적인 단일 의제
(기후/지구변화/에너지)를 대중이
'이해 가능한 경험'으로 구상

POINT 02

전통적 패널 위주의 과학교육이 아닌,
상호작용 · 체험형 전시

POINT 03

"보는 것(시각적 몰입)"과
"하는 것(손으로 하는 조작)"을 조합해
기억에 남게 만드는 공통의 연출 전략

세 시설의 공통점은 단일주제를 중심으로 학습 목표가 명확하게 설정된 테마형 센터로, 극지교육체험관 역시 '극지에서 발생하는 변화를 과학적으로 해석하는 과정'을 **관람객이 직접 경험하는 구조**로 설계합니다.

-07-

PART 1 [3. 컨셉 설정]

실제 연구 기반 데이터를 몰입형 방탈출 미션 풀이에 적용해

"참여자는 관람객이 아닌, 극지 과학자가 된다."

관람객은 **극지생물학자/ 극지지질학자/ 극지대기학자/ 극지해양학자**
4가지 연구 역할 중 하나를 선택해 각 역할별 스토리와 미션에 따라 임무를 수행합니다.



```

graph TD
    A1[극지해양학자  
Polar Oceanographer] --> D[데이터 통합  
INTEGRATE DATA]
    A2[극지지질학자  
Polar Geologist] --> D
    A3[극지대기학자  
Polar Atmospheric Scientist] --> D
    A4[극지생물학자  
Polar Ecologist] --> D
    D --> E[극지의 미래 해석  
INTERPRET THE POLAR FUTURE]
    
```

극지생물학자 는
극지생물들이 추위에 견딜 수 있는 비밀을 밝혀낸다.

극지지질학자 는
문석을 찾고, 빙하를 연구하여 지구의 비밀을 밝혀낸다.

극지대기학자 는
대기 성분을 분석하고 변화의 확산 범위를 추적한다.

극지해양학자 는
블랙스모커를 탐색하고 수온의 변화와 퇴적물을 분석한다.

4개 팀은 각자의 데이터를 확보하여 분석하고, 공유하며
극지의 현재와 미래를 해석하는 연구 협업을 완성하게 된다.

이 과정에서 **우리나라 극지연구 활동의 가치와 성과에 대한
이해와 인식을 제고**한다.

-08-

PART 1 [4. 주제 및 스토리라인]

"극지는 미래를 예언하지 않는다. 이미 기록하고 있을 뿐이다."

극지에서 지구의 암호를 찾다

ICE CODE

STORY LINE

INTRO (20인) 아이스코드의 시작

전시 도입부 공간으로 방문객에게 극지와 극지환경실용화센터를 개괄적으로 소개하고, 본격적인 체험에 앞서 미션을 전달한다.

Team. A (5인) 아이스코드의 생명

극지생물학자가 된 관람자들은 극지생물과 관련된 문제들을 단계별로 풀어가며 코드를 획득한다.

Team. C (5인) 아이스코드의 흐름

극지대기학자가 된 관람자들은 극지대기와 관련된 문제들을 단계별로 풀어가며 코드를 획득한다.

Team. B (5인) 아이스코드의 기록

극지지질학자가 된 관람자들은 빙하와 극지방 분석과 관련된 문제들을 단계별로 풀어가며 코드를 획득한다.

Team. D (5인) 아이스코드의 심장

극지해양학자가 된 관람자들은 해수면의 온도와 빙해를 분석과 관련된 문제들을 단계별로 풀어가며 코드를 획득한다.

OUTRO (20인) 아이스코드의 완성

네 개의 체험 결과를 종합해 아이스코드를 완성하고, 극지가 남긴 최종 메시지를 이해한다.

-09-

PART 1 [5. 공간기본구성 : ISOMETRIC]

ADMINISTRATOR AREA

MAIN MISSION ZONE
TEAM A / B / C / D

ADMINISTRATOR AREA

LOCKER

ORIENTATION ZONE

EXHIBITION ZONE

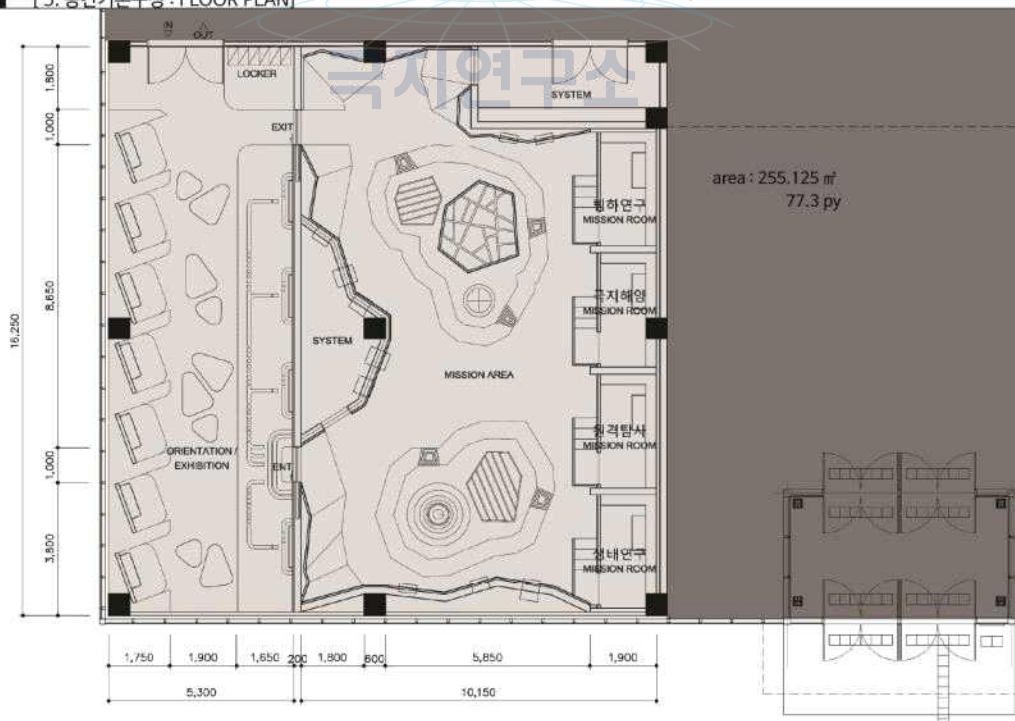
-10-

PART 1 [5. 공간기본구성 : ZONEING]



-11-

PART 1 [5. 공간기본구성 : FLOOR PLAN]



-12-

POSITIONING	TARGET	CONTENTS
실제 극지 연구 데이터를 기반으로, 관람자가 극지 과학자가 되어 지구의 변화를 '아이스코드'로 해독하는 참여형 · 몰입형 극지 과학 교육 공간	메인 타겟으로 평일 중 · 고등학생 단체 수용 확장 타겟으로 주말에 일반 관람객 · 관광객도 수용가능	생물 · 지질 · 대기 · 해양 연구를 하나의 서사와 방탈출 미션 구조로 연결해 관람자가 극지 연구의 의미를 '체험을 통해 이해' 하도록 구성

극지환경재현실용화센터 내 극지체험교육관



정보 전달 중심의 전시를 넘어, 관람자가 직접 극지 과학자가 되어 연구 과정을 수행하는 **방탈출 미션과 결합된 몰입형 체험**으로 구성

특화 01 : **최대 20인의 단체 체험객을 동시에 수용**할 수 있는 공간구성 및 체험 프로그램 개발

특화 02 : 극지 연구의 **'과정'**을 경험하는 미션형 체험 콘텐츠 개발

특화 03 : 교육과 체험을 동시에 충족하는 **유연한 운영**이 가능한 프로그램 개발

-14-





프롤로그. 아이스코드의 시작

최근 극지에서 설명되지 않는 신호가 감지되었고, 그 메시지는 아직 해독되지 않은 채 얼음 속에 봉인되어 있다. 관람객은 이 신호를 해독하기 위해 소집된 극지 과학자로 임명되고, '아이스코드'를 완성하기 위한 미션을 부여 받는다.



Team A. 아이스코드의 생명

관람객은 **극지생물학자**가 되어 혹독한 환경에서도 살아남는 극지 생물을 조사한다. 영하의 환경에서도 일지 않는 단백질 시료를 채취하며, 아이스코드를 구성하는 첫 번째 코드를 찾는다.



Team B. 아이스코드의 기록

관람객은 **극지지질학자**가 되어 극지에 떨어진 운석을 찾아 채취하며, 과거의 기후와 환경 변화가 지금과 어떻게 달아 있는지를 읽어 아이스코드의 두 번째 코드를 획득한다.



Team C. 아이스코드의 흐름

관람객은 **극지대기학자**가 되어 아이슬란드 화산 사건을 단서로, 극지에서 시작된 변화가 대기를 따라 전 지구로 확산되는 과정을 추적하며 아이스코드의 세 번째 코드를 획득한다.



Team D. 아이스코드의 심장

관람객은 **극지해양학자**가 되어 블랙 스모커를 찾아 수온과 퇴적물을 분석하며, 해양이 흡수해온 열과 물질이 한계에 다다르고 있음을 확인한다. 이 신호는 아이스코드의 마지막 코드 조각이 된다.



에필로그. 아이스코드 완성

네 개의 체험을 통해 수집된 코드가 하나로 결합되며, 아이스코드의 최종 메시지가 완성된다. 극지는 미래를 예언하는 곳이 아니라, 이미 변화를 기록해온 장소였다는 사실이 드러난다. 관람객은 이제 관측자가 아닌, 다음 선택을 고민하는 주체로 미션을 마무리한다.

-15-

PART 2 [3. 공간연출프로그램]

ZONE	STORY	CORNER	ITEM	CONTENTS	연출개개	전시물품
INTRO	환영합니다		국지연구소	우리나라 국지연구소가 하는 일, 연구분야, 활동 등을 소개	전시물, 전시책보	—
	관람자는 이곳에서 아이스크드를 해독하기 위해 수집된 국지 과학자로 일명된다. 각 분야의 데이터를 수집하고, 네 개의 코드 조각을 완성해야만 국지가 남긴 메시지를 읽을 수 있다.	〈아이스크드의 시작〉 일출에 봉인된 신호	체험안내	국지과학자로 임명된 관람객은 체험에 몰입할 수 있도록 역할과 임무를 전달받는다.	체험설명모니터	—
매일 체험 4개의 국지과학팀	Team A 국지생물학자	〈아이스크드의 생명〉 알지 않은 단백질	국지식물 (세포벽), 전마경	국지 식물이 영하의 날씨에 어떻게 알지 않는지 생각해본다. 국지 식물들은 추운 날씨에도 세포막이 딱딱하게 굳지 않도록 불포화 지방산의 비율을 높여 유연성을 유지한다.	EM lock 키카드	이끼, 지의류 등
			국지동물 (아류), 단백질 분석 키트	알지 않은 단백질 시료를 채취 분석하여 생명의 적응 메커니즘을 재현한다. 알바지인 물은 영하에서 얼음 결정이 커지며 세포막을 파괴하지만, 국지 생물의 체내에 있는 이 단백질은 얼음 결정의 표면에 결합하여 결정이 커지는 것을 물리적으로 막는다.	미션기척	병고, 불변 등
			주사기, 혈액 채취 병들	식물과 동물에서 채취한 물질을 전마경으로 관찰한다.	현미경, 미션기척	상염색, 고사리 화석, 균화석 등
	Team B 국지지질학자	〈아이스크드의 기록〉 일출에 기록된 시간의 층	빙판경	빙판경으로 주변 지역을 탐색하여 청정지역(BLUE ICE AREA)과 온석채취 지점을 파악한다.	빙판경, 지도, 온석샘플	빙하시추기 (배설)
			국지별 온석채취	국지별에 보존된 온석을 함께 채취하여 과거 환경의 흔적을 읽어낸다. 국지별은 건조하고 차가워 온석의 부식이 느리며, 영하의 로울에 따라 온석이 특정 구역(청정 지역)에 모이기 때문에 온석의 노드자간 불린다.	미션기척, EM lock	온석, 전기석 등 광물
			광물, 암석박편, 현상원미경	수집한 온석 박편을 현상 원미경에 넣으면 암석 내부의 격자 구조가 두드러져서 보이기 때문에 온석의 온도를 분석한다.	현상원미경, 키카드	빙하 공기방울, 빙하조
	Team C 국지대기학자	〈아이스크드의 호흡〉 보이지 않는 변화의 확산	라디오존데 (통산)	헬륨 풍선(라디오존데)을 가상으로 띄워, 대류권과 성층권 하부의 온도·습도·기압 변화를 추적하며, 지구 온난화, 성층권 냉각, 대기 순환 변화 등을 분석한다.	풍선모형, 분석용 미션기척	오로라, 백야, 극야
			대기성분분석장치	국지 대기 성분을 분석해 변화가 어디까지 확산되었는지 추적한다.	EM lock 키카드	유호 대기극소 장비 (AWS 등)
			관측모니터	포수 산물의 연(여아로움)가 기류를 타고 남극 방파 위해 내려앉아 빙하를 길게 만드는 과정을 모니터링한다.	타치모니터, EM lock	블러자드, 크래바스
	Team D 국지해양학자	〈아이스크드의 심장〉 바다가 품은 열과 기억	해도 (바다지도)	해도에 표시된 아래쪽의 진행계획을 파악하고, 범선의 이동 경로 및 고정 구역을 알아본다.	지도, 미션기척	빙하, 빙산, 빙봉, 빙산, 해빙 그림과 용어정리
			CTD (온도계, 채수계)	CTD 장비를 수심 수면 아래로 내려 온도와 염도를 측정하고, 해수의 밀도를 파악해 '해류의 흐름'을 알아본다.	EM lock 바다온도계	남극의 해산
			잠수정, 상해카메라	상해 잠수정의 카메라를 통해 블랙 스모커를 탐색하고 흩어져 나오는 화학 물질이 해안 생태계에 미치는 영향을 모니터링한다.	타치모니터, EM lock	생물산, 제2대빙산
OUTRO	네 개의 체험을 통해 관람객은 네 개의 코드 조각을 완성한다. 생명, 기록, 흐름, 심장. 각각 다른 데이터는 하나로 연결되어 아이스크드를 완성한다.	〈아이스크드 완성〉 다음 기록을 남기는 선택		네 개의 체험 결과를 종합해 아이스크드를 완성하고, 국지가 남긴 최종 메시지를 이해한다.	키카드, EM lock	—

-16-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - 오리엔테이션]

프롤로그 공간은 관람객을 맞이하는 도입 공간으로,

국지와 국지환경재원실용화센터에 대한 기본 정보를 소개하고, 체험 전 관람객의 임무와 수행해야 할 미션을 안내한다.



-17-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - 메인체험공간]

메인체험공간은 생물 · 지질 · 대기 · 해양 네 분야의 극지 연구를 체험활동으로 기획한 공간으로, 관람자가 극지 과학자가 되어 지구의 변화를 데이터로 수집하고 해석하는 과정으로 구성된다. 각 체험은 하나의 코드 조각이 되며, 모든 체험이 완료될 때 비로소 '아이스코드'의 의미가 완성된다



-18-

PART 2 [1. 과업의 이해]

각 팀별 메인 미션공간이 각각 존재하며, 팀별로 각자 맡은 임무들을 수행하고 정답을 입력하는 베이스캠프의 역할을 한다. 베이스 캠프 밖의 공간은 공용미션 수행 공간으로 모든 팀의 미션들이 공간의 곳곳에 흩어져 있으며, 개별 팀은 자신들이 받은 임무에 따라 퍼즐을 풀어나고 최종 코드를 획득하기 위한 몰입형 체험을 진행한다.



-19-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - Team A. 극지생물학자]

이 공간은 극지 생물의 생존 전략과 환경 적응 과정을 소개하는 체험 공간으로, 관람객은 극지생물학자가 되어 얼지 않는 단백질 시료를 채취하고 분석하는 미션을 수행한다. 이를 통해 생명체가 환경 변화를 어떻게 감지하는지 이해하게 된다.



+ 체험 사나리오

《 아이스로드의 생명 — 얼지 않는 단백질 》

관람객은 극지생물학자가 된다. 영하의 환경에서도 살아남는 극지 생물들은 얼어붙지 않는 단백질을 만들어 혹독한 환경에 적응해 왔다. 그러나 최근, 이 단백질의 구조와 발현 속도에서 기존과 다른 변화가 관측되기 시작했다. 관람객은 극지 생물 시료에서 얼지 않는 단백질을 채취하고 분석하며, 생명체의 환경 변화를 어떻게 감지하고 있는지를 추적한다. 이 단백질은 단순한 생존 기술이 아니라, 극지가 보내는 첫 번째 경고 신호다.

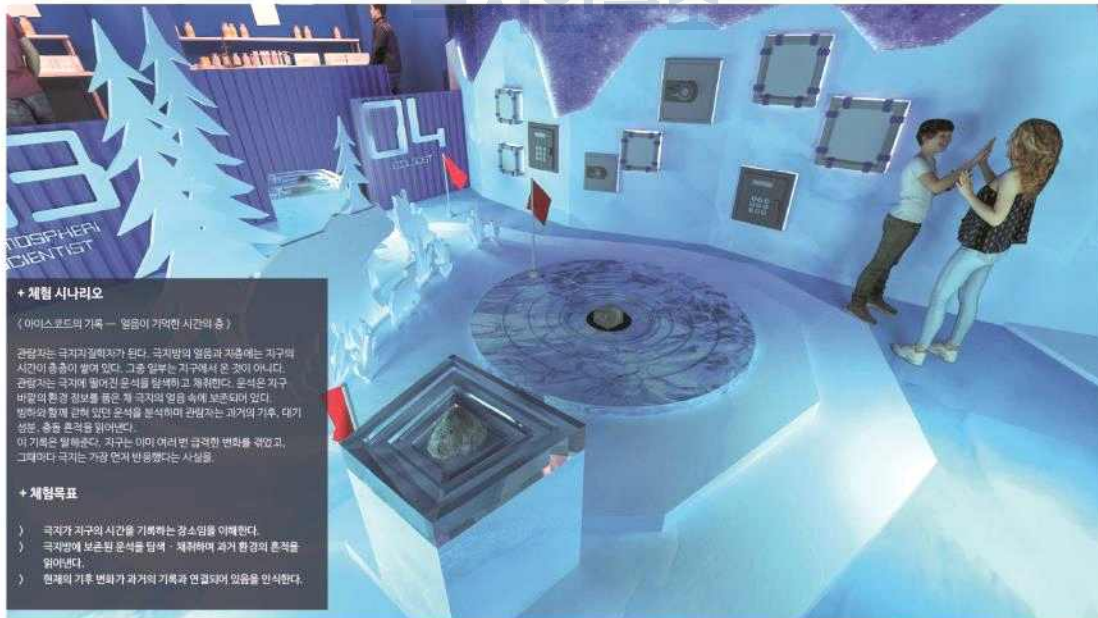
+ 체험 목표

- 극지 생물이 혹독한 환경에서 살아남는 과학적 원리를 이해한다.
- 얼지 않는 단백질 시료를 채취 · 분석하며 생명의 적응 매커니즘을 체험한다.
- 생명체가 환경 변화를 가장 먼저 감지하는 존재임을 인식한다.

-20-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - Team B. 극지지질학자]

이 공간은 극지가 지구의 과거를 기록하는 장소임을 소개하는 체험 공간으로, 관람객은 극지지질학자가 되어 극지방에 보존된 운석을 탐색 · 채취하는 미션을 수행한다. 이를 통해 과거의 환경 변화와 현재의 극지 상황이 연결되어 있음을 이해하게 된다.



+ 체험 사나리오

《 아이스로드의 기록 — 얼음이 기록한 시간의 층 》

관람객은 극지지질학자가 된다. 극지방의 얼음과 지층에는 지구의 시간이 층층이 쌓여 있다. 그중 일부는 지구에서 온 것이 아니다. 관람객은 극지에 떨어진 운석을 탐색하고 채취한다. 운석은 지구 역사의 환경 정보를 담은 채 극지의 얼을 속해 보존되어 있다. 발현의 환경 관측 있던 운석을 분석하며 관람객은 과거의 기후, 대기 성분, 충돌 흔적을 알아본다. 이 기록은 밝혀준다. 지구는 이미 여러 번 급격한 변화를 겪었고, 그때마다 극지는 가장 먼저 반응했다는 사실을.

+ 체험 목표

- 극지가 지구의 시간을 기록하는 장소임을 이해한다.
- 극지방에 보존된 운석을 탐색 · 채취하며 과거 환경의 흔적을 알아본다.
- 현재의 기후 변화가 과거의 기록과 연결되어 있음을 인식한다.

-21-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - Team C. 극지대기학자]

이 공간은 극지 대기가 지구와 연결되는 과정을 다루는 체험 공간으로, 관람객은 극지대기학자가 되어 대기 성분을 분석하고 변화의 확산 범위를 추적하는 미션을 수행한다. 아이슬란드 화산 사례를 통해 지역적 사건이 전 지구에 미치는 영향을 이해하게 된다.



-22-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - Team D. 극지해양학자]

이 공간은 극지 해양이 지구 에너지 순환의 핵심임을 소개하는 체험 공간으로, 관람객은 극지해양학자가 되어 블랙 스모커를 탐색하고 수온과 퇴적물을 분석하는 미션을 수행한다. 이를 통해 극지 해양 변화의 의미와 한계를 이해하게 된다.



-23-

PART 2 [4. 공간연출구성계획 - 전시]

에필로그 공간은 앞선 체험 결과를 종합하는 마무리 공간으로, 네 개의 체험을 통해 획득한 코드를 결합해 아이스크림의 최종 메시지를 확인하고 실제 극지방에서 진행중인 연구활동에 대한 전시물, 패널, 영상, 샘플 등을 확인한다. 관람객은 체험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 극지 변화에 대한 의미를 되새기며 미션을 마무리하게 된다.



-24-

PART 2 [5. 연출매체구성계획 - 체험교육기법]

■ 현재 공간에 적용가능한 체험교육 기법

극지연구소

A. 몰입 / 감각형

소리 · 바람 · 조명 · 냉기 등 감각연출/
체온 · 환경의 극차 경험 /
극지방 바다의 온도, 백야의 눈부심 등

AR(증강현실) 포토, 체험존/
태블릿 · 폰으로 숨은 정보 확장/
극지생물 관찰/
빙하 속 과거 기후 탐사

극지방 테마적용된 공간속으로
들어가 내재적 몰입감 극대화/
빙하 속으로 들어가는 공간 감각 시퀀스



B. 스토리 / 미션형

선택 기반 시나리오 (Branching) /
선택 결과가 전개를 좌우/
선택한 전략에 따라 미션엔딩 변화

암호, 단서 기반 추리 미션/
방탈출 요소와 전시체험 결합/
위성 데이터 암호 해독 /
남극기지 위치 파악

팀 협동형 체험/
단계 방문에 최적화/
기지 운영 미니게임



C. 오브제 기반 탐구형

아날로그 퍼즐 장치/
방탈출 기믹 요소로 몰입도 향상/
얼음블록 정렬 → 단서 획득

작은 실험형 스테이션/
현미경, 시약 등을 활용한 간단하고
명확한 과학 원리 실험/
빙점 변화, 염분과 결빙 실험 등

증거 수집 · 정리 · 보고 체험/
개체 감소 원인 분석/
연구 브리핑



-25-

본 체험교육시설은 극지환경재현실용화센터 내에 구축되는 역할 기반·미션 기반 체험형 교육 공간으로, 관람객이 극지과학자가 되어 실제 연구 과정을 수행하고 협업을 통해 하나의 극지 상황을 해석하는 경험을 제공합니다. 이를 통해 단순 관람을 넘어 **극지 연구의 중요성과 과학적 사고 과정**을 깊이 있게 이해할 수 있는 체험교육시설로 기능하고자 합니다.

체험교육시설 기획의 기본 개념

본 체험교육시설은 단순한 관람형 전시 공간이 아닌, 참여자가 '극지과학자'의 역할을 수행하며 실제 연구 과정을 체험하는 교육형 시설로 기획한다.

기존 과학 홍보관이 정보 전달과 설명에 중심을 두었다면, 본 시설은 과학적 사고 과정(관측 - 분석 - 해석 - 통합)을 직접 수행하도록 설계된 **미션기반, 역할기반 체험 교육시설**을 목표로 한다.

체험교육시설의 전체 구성

체험교육시설은 다음과 같은 구조로 구성된다.

프롤로그 공간: 극지 이상 신호 인식 및 상황 설정

팀별 체험 공간(4개): 전공별 극지과학자 역할 수행

에필로그 공간: 팀별 결과 통합 및 극지 연구 미션 완수

체험자는 입장 시 4개 팀 중 한 팀에 배정되어, 각각 다른 시나리오와 미션을 수행한 후 최종 단계에서 모든 팀의 결과가 결합되는 구조를 경험한다.

체험교육시설의 교육적 · 운영적 효과

① 학습 효과 측면

- 과학 지식 암기가 아닌 과학적 사고 과정 체험
- 데이터 해석과 의사결정 경험을 통한 이해도 향상
- 체험 종료 후에도 기억에 남는 학습 경험 제공

② 운영 측면

- 팀 단위 운영을 통한 단체 관람 수용 가능
- 모듈형 시나리오 구성으로 콘텐츠 교체 · 확장 용이
- 반복 방문 및 시즌별 콘텐츠 운영 가능성 확보

③ 기관 홍보 측면

- 극지연구소의 연구 활동과 역할을 체험을 통해 자연스럽게 인식
- 연구 성과를 대중 친화적 방식으로 전달
- 공공 연구기관으로서의 사회적 가치 전달 강화

-26-

본 교육전시물은 체험교육시설과 유기적으로 연계되어 극지 연구의 과학적 배경과 의미를 보완적으로 전달, 체험 과정에서 얻은 **경험을 과학적 이해로 확장**하고 정리하여 **체험 중심 교육의 학습 효과**를 강화하고자 합니다.

교육전시물 설치 제안의 기본 방향

극지체험교육관은 미션 기반 체험 시나리오를 중심으로 운영되지만, 체험 과정에서 습득한 정보와 경험이 일회성으로 소모되지 않도록 체험 시나리오와 연동된 교육전시물(패널·전시물)을 병행 배치

'체험 콘텐츠가 '몰입과 흥미'를 담당한다면, 교육전시물은 과학적 이해의 정리와 확장을 담당하는 역할을 수행

교육전시물은 단독 관람용 전시가 아니라, 체험 시나리오의 일부로 기능하는 보조 학습 장치로 기획

교육전시물 병행 설치의 기대 효과

체험만으로는 놓칠 수 있는 과학적 맥락을 패널·전시물이 보완함으로써 학습 완성도 향상 하고, '재미있었다'에서 끝나는 체험이 아닌, 이해와 기억으로 이어지는 교육 경험 제공

체험 참여자뿐 아니라 교사, 일반 관람객도 전시물을 통해 학습 가능

체험 난이도와 무관하게 연령·배경지식별 접근성 확보

체험 종료 후 전시물을 통해 체험 내용을 다시 확인·정리하는 복습 효과

재방문 시에도 전시물 관람을 통해 다른 관점에서의 학습 경험 가능

극지연구소의 실제 연구 내용과 성과를 체험과 전시를 통해 자연스럽게 노출하고, 연구기관의 역할과 필요성에 대한 대중적 이해도 제고

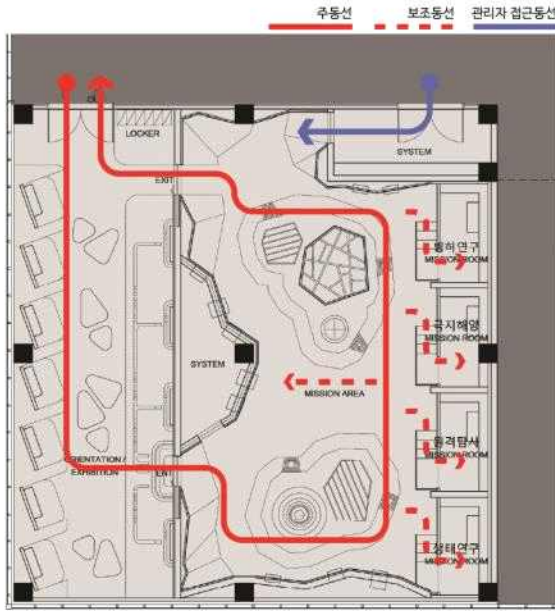
* 시나리오 연계 교육전시물 구성 제안

INTRO 극지상황 인식단계	극지 전역에서 관측된 최근 변화 데이터를 시각화한 인트로 패널 / 남극·북극 주요 관측 지점 지도 및 연구소 관측 네트워크 소개
Team. A 극지생물학자	극지 생태계 구조 및 주요 종 분포 패널 / 평면·해상 포유류 이동 경로 실제 데이터 시각화 / 생태 변화가 기후·해양 변화와 연결되는 구조 설명
Team. B 극지지질학자	빙하코어 구조 단면 패널 / 빙하코어 기록하는 과거 기후 정보 설명 / 빙하 붕괴와 지형 변화 실제 사례 소개
Team. C 극지대기화학자	극지 상공 대기 구조 및 오존층 설명 패널 / 대기 성분 변화 관측 방식 소개 / 극지 대기 변화가 중위도 기후에 미치는 영향 설명
Team. D 극지해양학자	남극 해류 시스템과 전지구 순환 연결도 / 수온·염분·해빙 변화 데이터 시각화 / 극지 해양 변화와 해수면 상승의 관계 설명
OUTRO 통합 이해 및 정리단계	극지 변화가 전 지구 시스템에 미치는 영향을 요약한 인포그래픽 / 극지연구소의 실제 연구 성과 및 향후 연구 방향 소개

-27-

PART 3 [1. 동선계획 / 운영계획]

■ CIRCULATION



운영계획

- 1회 4개팀 체험 : 팀별 최소2인~ 최대6인/ 1팀 5인 구성 추천
- 팀별 1회 45분 체험시간 소요
(사전 정보전달 및 교육 5분 + 방탈출 체험 35분 + 연딩 5분)
- 체험후 점검 15분 : 매회 체험 후 점검 진행
- 운영방식 : 사전예약제
(모든 사전 예약자는 체험 10분전 현장도착)
- 운영횟수 : 4회 / 1일
- 진행인력 : 운영 및 안내 1인
- 전시체험 개별운영

-29-

PART 3 [2. 설치비용 및 운영 소요예산]

품명 Name	단위 Unit	수량 Q'ty	단가 Unit Price	금액 Amount	비고 Remarks
1-1. 전시기획	식	1	4,000,000	4,000,000	
1-2. 전시설계	식	1	4,000,000	4,000,000	
1-3. 영상기획 및 사나리오 제작	식	1	2,000,000	2,000,000	
1-4. 시스템 설계	식	1	1,000,000	1,000,000	
1-5. 방탈출 체험 사나리오 개발	편	4	1,000,000	4,000,000	
1-6. 방탈출 체험 워크스 개발	식	1	3,000,000	3,000,000	
1-7. 전시 및 방탈출 그래픽 디자인	식	1	1,000,000	1,000,000	
1-8. 방탈출 운영프로그램 설계	식	1	1,000,000	1,000,000	
1-9. 체험 영상제작	편	4	4,000,000	16,000,000	편당 2-5분
1-10. 기믹 장치 설계	SET	4	1,000,000	4,000,000	
소계				40,000,000	
2-1. 월거 및 가벽공사	식	1	3,000,000	3,000,000	
2-2. 수장공사	식	1	40,000,000	40,000,000	
2-3. 모형공사	식	1	10,000,000	10,000,000	
2-4. 전기 / 조명 공사	식	1	10,000,000	10,000,000	
2-5. 기믹 및 퍼즐 장치 공사	식	1	25,000,000	25,000,000	
2-6. 마감공사	식	1	20,000,000	20,000,000	
2-7. 사인그래픽 공사	식	1	20,000,000	20,000,000	
2-8. 영상시스템 공사	식	1	4,000,000	4,000,000	
2-9. 방탈출 장치공사	식	1	20,000,000	20,000,000	
소계				152,000,000	
3-1. 유지 보수	식	1	3,040,000	3,040,000	1년 (해드웨어 및 용사양 항목2%)
3-2. 운영지원 및 교육	식	1	1,000,000	1,000,000	
소계				4,040,000	
4 간접경상감비	총 개발 / 설계비의 10% , 소모품,통신비,교통비,자료구입,etc			4,000,000	
				200,040,000	
합계				200,000,000	VAT 별도 (십만원 위 결산)

-30-

PART 3 [3. 사업추진 일정계획]

설계 및 제작설치 일정

기획 /제작 설치기간 (151일)																						
공종		MONTH	1				2				3				4				5			
		DAY	1	10	20	31	1	10	20	28	1	10	20	31	1	10	20	30	1	10	20	31
개발/설계	시나리오기획	20일	시나리오 / 콘티제작																			
	미션기획	15일			미션기획 및 적용																	
	전시기획	30일			전시기획 및 전시물 확보																	
	체험워크개발	30일			사전자료조사				웹스트 개발 및 도서제작													
	공간설계	40일				PLAN DRAWING				SHOP DRAWING												
	운영설계	20일			운영기획																	
	그래픽 설계	30일				설계도서 제작 / 디자인																
제작/설치	영상제작	40일				영상기획				인트로 영상 외주제작												
	전시시설	50일				현장사무실개설 설계도서 검토				가설 / 구조물설치 / 마감재공사												
	전시연출/전기	40일								설계도서 검토				현장배관배선 / 전기공사 / 연출장비공사								
	영상장비	10일								영상장비 구매 / 조립				장비설치								
	그래픽 패널	20일												사전제작				현장설치공사				
	실물모형	50일								계획 및 발주				외부공간 제작 및 가림 / 현관설치								
	기막장치 제작 설치	50일								계획 및 발주				외부공간 제작 및 가림 / 현관설치								
	기타공사	10일																시스템공사				
		전시물 / 체험기믹 개발 시운전																				
		테스트운영 / 전체 종합 시운전																				

-31-



부록 5. 극지영상관 구축을 위한 마스터 플랜



사업개요

시설대상 공간

극지환경재현 실용화센터 1층

극지코어센터 (102호)



현재 모습



연구소 측면 효과

극지연구소 홍보

- 극지연구소를 대중에게 효과적으로 홍보
- 연구 활동의 사회적 가치와 투자 필요성에 대한 공감대 형성
- 극지연구소의 연구분야에 대한 정보를 효과적으로 전달

극지과학 대중화

- 일반 시민들이 극지 연구의 중요성을 쉽게 이해할 수 있도록 함
- 첨단 실감 기술을 통해 극지 환경과 연구 활동을 생생하게 체험할 기회 제공
- 기후변화와 극지 연구의 연관성에 대한 인식 제고

지역사회 측면 효과

지역 문화인프라

- 지역 주민을 위한 새로운 문화·교육 공간 조성
- 관광 자원으로서의 가치 창출
- 지역 경제 활성화에 기여

교육적 가치 창출

- 학생들을 위한 극지 과학 교육의 현장 학습장 조성
- 실감형 콘텐츠를 통한 탐구형 학습 경험 제공
- 미래 극지 과학의 학생들의 관심도 증대

실감형 영상관 국내외 사례

다면 프로젝션 매핑 영상관 사례

높은 천장고를 가진 공간의 특성을 살려 모든 공간 면에 프로젝션 매핑을 활용하여, 관람객이 영상 속에 완전히 몰입할 수 있는 미디어 아트 체험 환경을 제공한다. 360도 전방위적인 영상 체험은 감각을 자극하고, 몰입감 넘치는 경험을 통해 VR·AR 기기 착용없이 관람객이 어떤 공간에 실제 가 있는 듯한 체험이 가능하다. 극지의 실제 촬영 소스들을 투사하여 관람객이 마치 극지에 와있는 듯한 경험을 제공한다.



드레스덴 360

원형형의 공간에 그려진 이미지와 빛을 사용하여 과거 드레스덴을 360도 조망할 수 있는 전시관. 2,3층 높이의 천장대에 시선을 맞추어 조망하는 듯한 경험을 제공



아트테크하우스

4면 프로젝션 매핑을 통해 예술과 기술이 융합된 몰입형 디지털 아트 공간



뮤지엄 X_실포니

5면 프로젝션 매핑을 통해 다양한 시공간의 변화를 체험할 수 있는 몰입형 전시관 문법초

『Dresden Panometer』 / Dresden, German

『Dresden Panometer』는 원형 가스 저장소를 개조하여 만든 360° 파노라마 전시관으로, 예술가 야데가르 아시시(Yadegar Asisi)가 설계했다. 전쟁의 상처와 문화적 반영을 시각적으로 재현하며, 예술과 역사적 기록을 결합한 몰입형 전시 기법을 통해 강렬한 인상을 남긴다.

1. 주요 연출 및 제작 방식

- 초대형 파노라마 기법 활용
- 높이 27m, 1:1 스케일의 원형 그림을 활용하여 몰입감 극대화
- 조명과 음향 효과를 통해 시간과 공간의 변화를 입체적으로 연출

2. 역사적 순간을 재현하는 몰입적 방식

- 「DRESDEN 1945」: 전쟁으로 파괴된 드레스덴의 모습을 사실적으로 구현
- 「BAROQUE DRESDEN」: 18세기 문화적 황금기의 드레스덴을 재현

3. 감성적·교육적 접근

- 단순한 역사 기록이 아니라, '전쟁과 문화적 부활'이라는 메시지를 전달
- 과거를 경험하게 함으로써 현대 사회에 대한 새로운 인식을 유도

4. 세계적인 파급 효과

- 독일뿐만 아니라 프랑스, 오스트리아 등에서 전시되며 국제적인 주목
- 대형 파노라마 기법이 역사·문화 콘텐츠 전시에 활용되는 계기가 됨



『아텍하우스 Artechouse』 / NewYork, USA

지하공간에 위치한 전시공간으로 계단을 통해 내려가면서 4면 맵핑 영상을 다양한 높이와 각도에서 감상. 정면 시점이 정해져 있어 한 방향의 시점 관련 콘텐츠 제작이 가능

1. 주요 연출 및 제작 방식

- 디지털 프로젝션 맵핑: 공간 전체의 벽면과 바닥에 고해상도 프로젝터를 활용하여 실시간 또는 프리렌더링된 영상을 투사
- 다면 몰입 환경: 하나의 스크린이 아닌, 공간 전체를 캔버스로 활용함으로써 관객이 콘텐츠 내부에 '들어감' 듯한 효과 연출
- 인터랙티브 요소: 모션 센서, 음성, 터치 기반의 관람객 참여형 콘텐츠 일부 도입

2. 콘텐츠 운영 방식

- 기획된 중심 운영: 시즌별 또는 협업 중심의 전시 구성(예: AI 아티스트, NASA, 유명 디지털 아티스트와의 콜라보)
- 순환형 상영 구성: 콘텐츠는 약 30-60분 분량으로 순환되며 입장 시간 관계없이 체험 가능
- 기술-예술 융합 중심 큐레이션: 실험적 기술 기반의 예술 콘텐츠를 선별하여 전시

3. 콘텐츠 특징

- 몰입형 미디어 아트: 현실 공간을 해체하고 사공간을 초월한 감각 체험 제공
- AI, 알고리즘 기반 아트: 생성형 예술 및 알고리즘 기반 콘텐츠가 많음
- 주제 다양성: 우주, 자연, 인지, 건축 등 다분야의 주제를 디지털 미디어로 재해석

4. 파급 효과

- 문화 콘텐츠 혁신 사례: 디지털 아트 대중문화로 확장되는 대표적 플랫폼으로 자리매김
- 신기술 도입의 선도적 모델: 미디어 아트와 상업 공간 결합의 성공 사례로 타 업계 확산에 기여
- 글로벌 전시 트렌드 선도: 몰입형 전시와 프로젝션 아트의 세계적 유행을 촉진
- 예술가-기술자 협업 모델 제시: 크리에이티브, 개발자, 테크니션의 융합형 제작 환경 구축



실감형 영상관 국내외 사례

『뮤지엄엑스,심포니』 / 속초, 대한민국

뮤지엄엑스 '심포니(Symphony)'는 360도 파노라마와 AI 미디어아트를 결합한 초몰입형 공간으로, 다양한 주제의 콘텐츠와 몰입감 높은 콘텐츠를 제공하는 다면 프로덕션 매칭 전시관입니다.

1. 주요 연출 및 제작 방식

- 360도 파노라마 방식 콘텐츠 제작: 구면(Spherical) 매핑으로 콘텐츠를 하나의 연속된 텍스처로 구현, 관람객이 어느 방향에서 감상하든 이질감 없이 몰입 가능.
- Daily Generation 시스템: 매일 뉴스 기반 데이터로 AI가 텍스트 프롬프트를 자동 생성 → 영상 콘텐츠 자동 제작.
- Super Resolution 적용: AI 생성 이미지의 한계를 보완하여 8m 이상의 대형 스크린에서도 고해상도 구현 가능.

2. 콘텐츠 운영 방식

- 360도 파노라마 연출 중심 운영: 콘텐츠가 공간 전체를 감싸며 전방위적 시각 정보를 제공하므로, 관람객의 위치와 관계없이 동일한 몰입도 유지.
- AI 콘텐츠 자동 생성 및 적용: 매일의 이슈를 반영하여 새롭게 생성되는 AI 콘텐츠를 실시간으로 대형 다면에 자동 반영.

3. 콘텐츠의 기술적/예술적 특징

- 전방위 몰입 환경 구현: 벽·바닥에 걸쳐 콘텐츠가 연결되어 마치 '하나의 세계 안에 들어온 느낌'을 제공.
- 360도 구면 콘텐츠의 장점: 콘텐츠 간 이동매가 없고 연속성이 뛰어나 몰입도 향상 / 중심 시점 기준 모든 방향에서 동일한 퀄리티의 시각 정보 제공.
- AI 기반 실시간 시각화: 매일 생성되는 프롬프트 기반 콘텐츠가 사할별 맞춤 연출로 공간 전체에 반영됨.

4. 파급효과

- 몰입형 콘텐츠 전시의 새로운 패러다임 제시: 360도 파노라마 콘텐츠는 관람객의 체류 시간과 재방문율을 높이는 효과가 있으며, 기존 정면형 콘텐츠 대비 공간 활용도를 비약적으로 확장함.
- B2G-B2B-B2C 확장성 강화: 전시/테마파크뿐만 아니라 쇼핑몰, 공항, 공연장, 브랜드 팝업스토어 등 다양한 상업 공간에 적용 가능.



현재 공간에 적용 가능한 영상 기술

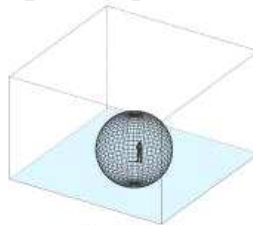
360도 아나모픽 콘텐츠 프로덕션 매핑 기술

360도 촬영된 영상이나 3D 콘텐츠를 다면 공간에 프로덕션 매핑하는 기술

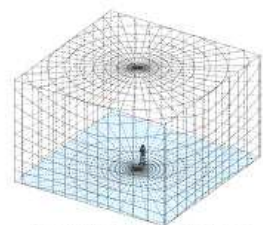
- 사용자 시점에 맞춰 실제 공간에 와있는 듯한 몰입감 높은 체험 가능
- 특별한 장비 없이 VR같은 경험 가능
- 북극, 남극 등 일반인들이 가기 힘든 다양한 공간을 재현하는 데 효과적인 솔루션



관측되는 가상 환경을 360도 영상콘텐츠로 제작
360° Scene



물리적으로 구현할 실제공간 설정
Actual Space



가상 공간에서 관측되는 형태로 영상을 왜곡하여 투사
360° Immersive Anamorphic



360도 콘텐츠



실제공간 (극지코어센터)



360도 콘텐츠 투사 결과

영상관 사전 기획

5면 프로젝션 매핑 공간

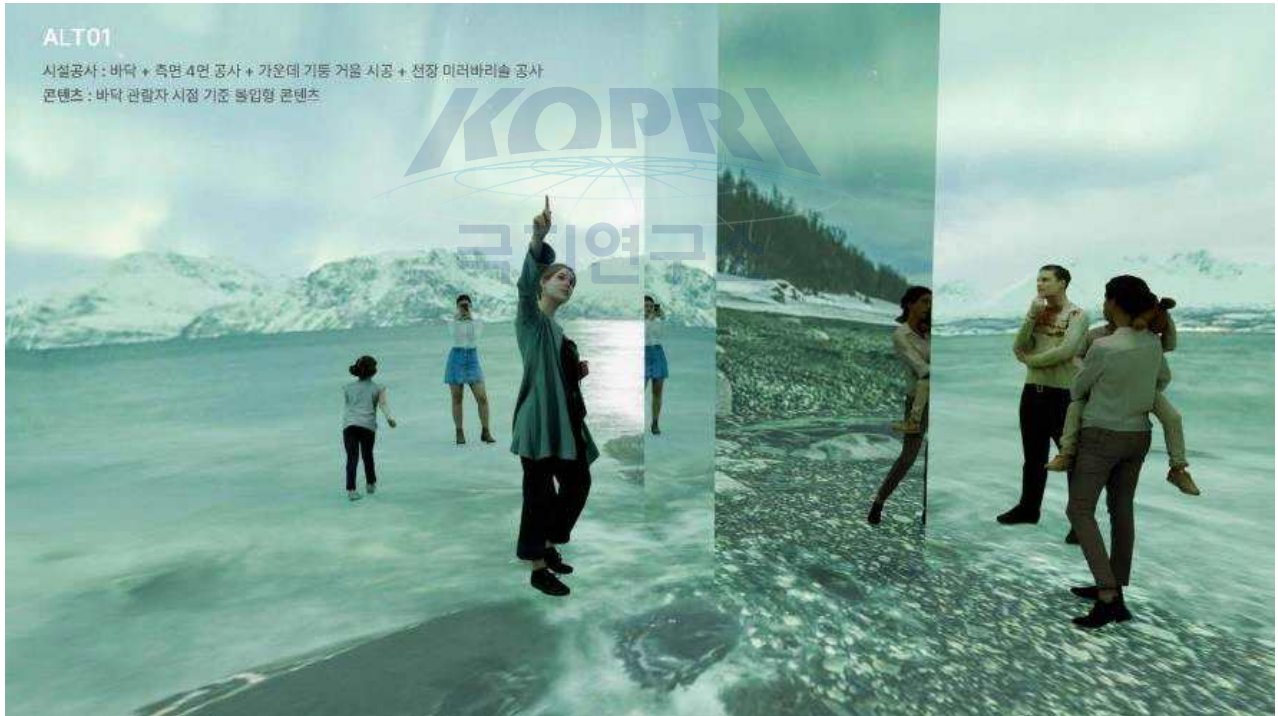
높은 천장고를 가진 공간의 특성을 살려 모든 공간 면에 프로젝션 매핑을 활용하여, 관람객이 영상 속에 온전히 몰입할 수 있는 미디어 아트 체험 환경을 제공한다. 360도 전방위적인 영상 체험은 감각을 자극하고, 몰입감 넘치는 경험을 통해 VR, AR 기기 착용없이 관람객이 어떤 공간에 실제 가 있는 듯한 체험이 가능하다. 극저의 실제 촬영 소스들을 두사하여 관람객이 마치 극자에 와있는 듯한 경험을 제공한다.

KOPRI



ALT01

시설공사: 바닥 + 측면 4면 공사 + 가운데 기둥 거울 시공 + 천장 미래바리솔 공사
콘텐츠: 바닥 관람자 시점 기준 몰입형 콘텐츠





영상관 사전 기획

1. 프로젝트 설치 예상도

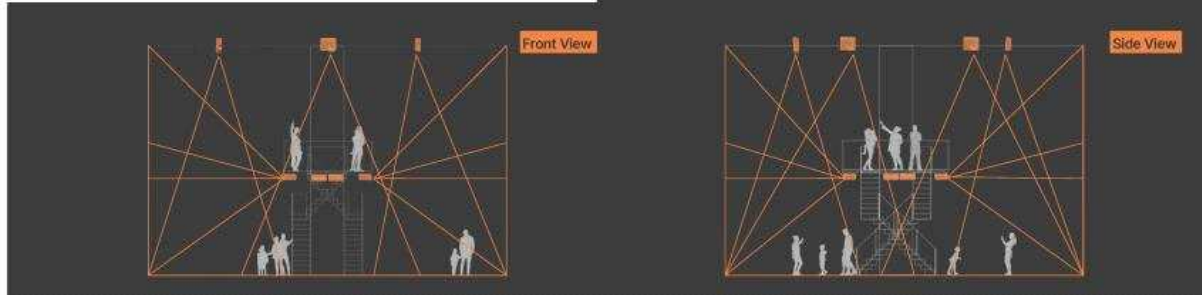
- 바닥용 2k 프로젝터 6대, 벽면용 4k 프로젝터 8대
- 바닥 예상 해상도 4000px * 4000px (대략 3~3.5pitch)
- 각 벽면 예상 해상도 4000px * 3000px (대략 3~3.5pitch)

2. 기술 및 하드웨어 사양

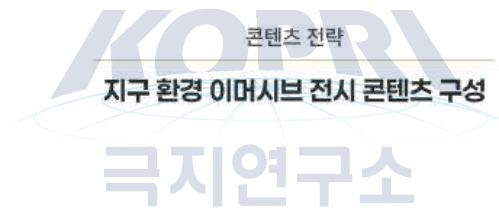
- 설치 공간: 14m x 14m 바닥면적, 높이 9m
- 중앙 기둥: 600mm x 600mm
- 관람자의 시점 조절을 위한 연출 요소로 활용

3. 영상촬영 및 구현 기술

- 촬영 방식: 360도 카메라 촬영 원본 활용
- 렌더링 방식: 실제 촬영 영상을 기반으로 돌입감 높은 환경 조성
- 관람 시야 설정: 관람자의 눈높이(소실점)를 실제 환경과 일치시키는 연출



상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시를 활용한 제안



IMMERSIVE

몰입형

단순 시각에 집중된 전시관에서 벗어나
실제 공간에 와 있는 듯한 체험을 주기 위해
시각, 촉각, 후각, 청각 등 다양한 감각을
경험할 수 있는 전시 콘텐츠를 개발

GENERATIVE

인공지능

고정형의 콘텐츠가 아닌
인공지능에 의해 늘 변화하고 생성되거나
사용자와 상호작용하여
방문할 때마다 새로운 체험이 가능한 콘텐츠 개발

상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시를 활용한 제안



극지 연구소 몰입형 미디어 전시 전략

1. 극지 콘텐츠 제작 방식

- 맞춤형 극지 촬영 장비 및 데이터 활용
- 극한 환경에서도 촬영이 가능한 360° 카메라 및 드론 기술 활용 (6계 카메라 Array, 극한에 사용가능한 배터리 리튬박킹, 원격제어, 드론 및 휴대가능 크레인 등 활용하기 위한 촬영장치 개발)
- 실시간 극지 환경 데이터를 활용한 몰입형 콘텐츠 제작
- 극지 연구팀과 협력하여 탐사 과정 기록 및 시각화

2. 멀티모달 기법을 활용한 실감형 전시 연출

- 극지의 기온, 습도, 바람, 소리, 기상현상 등의 데이터를 실시간 반영하여 체험 요소 구현
- 생성형 모델(AI) 기반으로 매일 변하는 극지의 날씨와 환경을 자동으로 생성하는 몰입형 파노라마 영상 기법 적용
- 공간 내 온도 변화를 감지할 수 있는 환경 연출 시스템 도입

3. 관람객이 참여하는 인터랙티브 요소 (인터랙티브를 위한 센서 및 장치 추가 설치 필요)

- AI 기반 생성형 콘텐츠 (매일 새로운 영상, 반응하고 살아 있는 콘텐츠)
- 인터랙티브 시뮬레이션을 통해 참여하는 콘텐츠 (ex. 극지 환경 속에서 탐사 미션을 수행, 생태계 복리기)
- 터치스크린, 센서 기반 체험 기기, AR VR연동 장비를 통해 관람객이 직접 체험하는 경험 제공

4. 해외 파급 효과

- 소규모의 콘텐츠라도 독창성, 예술적 연출, 새로운 기법, 주제에 대한 진지한 접근 등의 특징을 가지면 파급효과를 기대할 수 있음
- 기후 변화와 환경 보호를 체험 중심으로 전달하여 글로벌 인식 제고
- 실시간 데이터 및 AI 기반 몰입형 콘텐츠를 통해 세계적인 극지 연구 교육 및 공감대 형성

상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시를 활용한 제안

북극 & 남극 환경 변화 360도 Immersive 영상 콘텐츠 제안

1. 프로젝트 개요

• 프로젝트명:

극지방(북극 & 남극) 환경 변화 360도 Immersive 영상 콘텐츠

• 목적:

- 기후변화로 인한 극지방의 환경, 생태계 파괴를 시각적으로 표현
- 몰입형 콘텐츠를 통해 관람자가 현실감을 느끼고 환경보존의 필요성을 체험
- 과학적 데이터를 바탕으로 사실적 연출을 극대화

• 콘텐츠 구성:

- 북극 편: 빙하의 숨결 (The Breath of Arctic Ice)
- 남극 편: 얼음대륙의 균열 (Cracks of the Frozen Continent)
- 작 영상 길이: 5분 (총 10분)



상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시할용 영상

북극 & 남극 환경 변화 360도 Immersive 영상 콘텐츠 제안

2. 콘텐츠 상세 기획

2.1 북극 편: 빙하의 숨결 (The Breath of Arctic Ice)

주제:

북극 해빙 감소와 환경 변화
해수면 상승과 기후변화의 영향



연출 시나리오:

빙하 협곡 질주 (0:00~1:00)

개설매(또는 스노우모빌)를 타고 북극의 빙하 협곡을 질주하며 극지방 환경 담험
360도 시점으로 극지의 광활한 설원과 크레바스를 생생하게 체험

광활한 빙원과 바다 (1:00~2:30)

고요한 빙하 지대를 지나며 변화하는 얼음 지형을 관찰
해빙이 녹으며 점점 좁아드는 북극곰의 서식지를 보여줌

극야의 신비와 오로라 (2:30~4:00)

빙하늘을 수놓은 오로라와 얼음 표면의 반사 효과를 활용하여 몽환적인 연출
해빙 속도 변화와 온난화 영향을 상징적으로 표현

빙하 붕괴의 드라마틱한 연출 (4:00~5:00)

거대한 빙하가 갈라지며 무너지는 과정을 슬로모션으로 연출
바닥면 프로젝션을 활용하여 얼음 아래의 심해 생태계를 드러냄

상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시를 활용한 제안

북극 & 남극 환경 변화 360도 Immersive 영상 콘텐츠 제안

2. 콘텐츠 상세 기획

2.2 남극 편: 얼음대륙의 균열 (Cracks of the Frozen Continent)

주제:

남극 영구동토층 해빙과 메탄가스 방출
생태계 변화 및 글로벌 이상 기후 현상



연출 시나리오:

남극 고원과 빙벽 탐험 (0:00~1:00)

끝없이 펼쳐진 남극의 설원을 체험하며 시작
초대형 빙벽(아이스 클리프)의 웅장한 스케일을 강조

빙산과 수중 세계 (1:00~2:30)

카메라가 빙산을 따라 물속으로 이동하며 남극의 신비한 해양 생태계 탐험
빙산 아래의 빛 굴절 효과와 수중 크릴 생태계를 생생하게 묘사

영구동토 해빙의 역동적 변화 (2:30~4:00)

영구동토층에서 메탄가스가 방출되며 온실효과 가속화 연출
균열이 확장되며 빙산에 거대한 크레바스가 형성됨

대규모 빙산 균열과 생태 변화 (4:00~5:00)

남극의 빙산이 빠르게 붕괴하며 환경 변화의 심각성을 강조
전 세계 이상 기후 현상과의 연결성을 강조하는 시각적 연출

상영 가능 영상콘텐츠 및 기타 시를 활용한 제안

A.i 를 활용한 콘텐츠 제안

1. 주요 기술

- 실시간 극지 데이터 기반 AI 영상 생성

북극·남극의 날씨, 온도, 해빙, 오로라 등 실시간 데이터를 수집

AI가 이를 해석해 매일 새로운 극지 영상을 자동 생성

날씨에 따라 공간의 분위기가 실시간 변화

- 사용자 참여형 AI 인터랙션

관람객이 휴대폰으로 웹에 접속하여 간단하게 스케치하면

AI가 스케치를 '눈-얼음' 질감의 극지풍 이미지로 변환 (LoRA 스타일 적용)

생성된 이미지는 벽면에 투사되어 관람객 작품으로 전시

2. 기술 기반

실시간 환경 데이터 연동 (NASA, NOAA 등)

생성형 AI 영상/이미지 모델 (Diffusion, LoRA, ControlNet)

실시간 프로젝션 매핑 및 인터랙션 시스템

3. 콘텐츠 장점

매일 새로운 극지 경험 (실시간 데이터 반영)

예술과 과학의 융합 (데이터 기반 감성 미디어)

참여형 전시 (관람객이 직접 콘텐츠를 창조)

몰입형 공간 연출 (360도 영상 + 사운드로 극지 체험)



Snow Style_LoRA (출처:CIVITAI)

구축 비용 및 운영 소요 예산

- 구축 비용

전시하드웨어	- 프로젝트(Edge 불연딩 및 외곽보정 SW포함) - 서버 및 클라이언트 PC - 음향장비 (스피커, 앰프, 오디오인터페이스 등)	340,000
전기 및 네트워크	- 전기공사 일체, 네트워크장비, 배관 배선 일체	120,000
전시 공사	- 스크린면 구조 및 마감 - 기타 구조물	130,000
소계(A)		590,000
안전관리비 공과잡비(B)	- 안전관리비, 보증보험, 제경비 일괄 8%	47200
공사비총계(A+B)		637,200
부가세(10%)		63720
총 계		700,920

단위 : 백만원

- 예산계획에 Edge 불연딩 및 외곽보정 SW가 필수 포함
- 프로젝터의 수량은 프로젝트 제품별로 밝기, 해상도, 한스 구성 규격에 따라 차이가 있을 수 있음.

구축 비용 및 운영 소요 예산



- 운영 비용

영상 콘텐츠	- 개당 대략 1억 5천 - 3개 이상의 콘텐츠 필요	450,000
운영 인원 인건비	- 1명 (년간 비용)	30,000
소계(A)		480,000
부가세(10%)		48,000
총 계		528,000

단위 : 백만원

- 콘텐츠 필요 수량에 따라 차이가 있을 수 있음.
- 콘텐츠 기획에 따라 제작 비용 변경 가능함
- 내부 인원으로 운영이 가능할 시 인건비 변동 가능

영상관 운영 방안



- 운영

- 운영 인원 1인으로 영상관 관객 응대 및 관리
- 평일 오전 10시 - 저녁 6시
- 매주 월요일 휴관
- 사용자 체류 시간 : 대략 30분

- 콘텐츠 상영 방식

콘텐츠	영상 1	영상 2	영상 3	AI 영상	AI 인터랙티브
설명	극지 촬영 360 콘텐츠 - 주제 A	극지 촬영 360 콘텐츠 - 주제 B	극지관련 360 CG 영상	AI기술로 극지 데이터를 통해 매일 새롭게 만들어지는 영상 콘텐츠	생성형 AI기술과 사용자인터 랙티브를 통해 영상관에 본인 이 상호작용하여 만들어내는 콘텐츠
연출 타임	5분	5분	5분	2분	10분



주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 정책연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 정책연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.