

극지환경재현 실용화센터 설치 및 운영계획 수립
**Operational Planning for the Polar Environment Simulation and
Application Center**



극 지 연 구 소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “극지환경재현실용화센터 설치 및 운영계획 수립” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 12. 26.



연구책임자 : 이 유 경

참 여 연 구 원	: 김 일 찬, 김 진 형
”	: 김 현 철, 도 학 원
”	: 박 기 태, 박 상 종
”	: 박 창 근, 유 재 일
”	: 조 경 호, 한 영 철
”	: 권 영 훈, 강 동 훈
”	: 강 민 구, 권 영 훈
”	: 서 규 현, 서 원 상
”	: 이 기 성, 이 지 영
”	: 하 삼 식, 김 문 교
”	: 양 준 영, 장 승 연

보고서 초록

과제관리번호	PE23530	해당단계 연구기간	2023. 5. 1 - 2024. 10. 31	단계 구분	1단계 / 총 1단계
연구사업명	중 사 업 명	정책·지원과제			
	세부사업명				
연구과제명	중 과 제 명				
	세부(단위)과제명	극지환경재현실용화센터 설치 및 운영계획 수립			
연구책임자	이 유 경	해당단계 참여연구원수	총 : 23명 내부 : 20 명 외부 : 3 명	해당단계 연구비	정부: 50,000 천원 기업: 천원 계: 50,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 생명과학연구본부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)					보고서 면수 182
- 극지환경재현실용화센터의 목적 및 방향 재정립: 극지환경재현실용화센터는 다음과 같은 세 가지 주요 방향으로 설립되었음. 첫째, 극저온 환경 플랫폼을 활용한 전기, 전자, 기계, 화학, 바이오산업과 연계한 산업화 지원시설 구축. 둘째, 극지 연구 관련 교육을 위해 중고등학생 및 대학생, 과학 교사를 대상으로 하는 교육시설을 운영하여 극지 연구와 시료를 활용한 기초 및 심화 교육 제공. 셋째, 극지 관측과 시료 장비 검교정 및 분석 기술을 통한 창업 지원시설을 마련하여 극지 연구 know-how를 전수하고 실험 환경 제공 - 본 과제에서 설치한 주요 시설: 극지위성실은 위성 탐사를 통해 극지 환경을 분석하는 극지위성실, 폴라 오픈랩은 지구과학, 대기과학, 해양학, 빙하학, 생물학 등의 실습 교육을 제공하는 폴라 오픈랩, 극지 유래 식물, 동물세포, 미생물, 미세조류 등을 배양할 수 있는 극지생물배양실, 극지 시료의 동결건조, 성분 분석 등을 수행하는 바이오생산분석실을 구성하였음. 그러나 바이오생산분석실의 경우 아직 분석 장비가 부족하여 추가 확충이 필요한 상태임 - 본 과제의 한계: 예산 부족으로 극지 환경을 모사하여 극저온 환경에서 장비 성능 테스트 및 연구를 지원하는 곳으로 계획된 극저온 환경 플랫폼인 극지환경모사실험실, 빙해환경실, 극지코어센터를 설치하지 못했음. 그러나 각 시설의 냉동시설 설치 계획과 배치도, 예산을 제시하였으며, 수요의 통합 재배치 및 조정 방안을 도출하였음 - 산업화 지원시설: 당초 창업자를 위한 극지 과학 기반의 창업기술 개발을 지원하는 창업지원시설을 구축하고자 하였으나 실제 극지 과학을 직접 응용하는 창업 수요가 크지 않을 것으로 예상되어 창업뿐 아니라 극지 기술이나 시료를 활용하고자 하는 기업이나 기관이 입주하는 산업화 지원시설로 변경하였음. 극지장비개발센터는 이 공간에 포함되어 연구 장비의 개발과 시험을 위한 시설로 운영되며, 학생과 연구자 및 산업체 관계자들이 기술개발을 위한 공동 연구와 시제품 개발에 참여할 수 있는 환경을 제공하고자 함. 그러나 아직 구체적인 장비는 구비되지 못한 상황임 - 앞으로 극지환경재현실용화센터는 인근 창업지원센터와 협력하여 극지연구소에서 창업에 관심있는 연구자들과 학생들을 위한 창업 교육을 실시하고 예비창업자를 발굴하고, 극한지에서 습득한 다양한 기술을 활용하여 창업 및 중소기업의 문제 해결을 지원하는 인큐베이터 역할 수행					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	극지 환경, 실용화, 극지환경 모사, 극지생물 배양, 창업 지원			
	영 어	Polar environment, practical application, polar environment simulation, polar organism cultivation, startup support			

요 약 문

I. 제 목

극지환경재현실용화센터 설치 및 운영계획 수립

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 극지환경(-40°C, 초속 20m/sec)을 재현하는 연구시설 설치를 위한 설계 및 예산 계획 필요
- 에너지 효율을 높이며 사용자의 안전을 고려한 설계 필요
- 수요자 요구에 부합하는 창업지원 시설 인테리어 계획 필요
- 인천 송도지역 지식산업센터의 입주 조건과 비용, 계약서 등을 파악하고 창업지원 시설 운영에 적정한 사용료 책정 필요
- 극지환경재현실용화센터에서 보존할 극지시료 재검토 및 전시와 교육 기능을 갖춘 시료 보존 시설 설치 계획 필요
- 교육뿐만 아니라 산·학·연 협동연구 플랫폼으로서의 폴라 오픈랩 구축 계획 필요
- 부지를 제공한 인천시와 교육시설 사용자의 요구를 반영한 교육 시설 설치 필요
- 극지와 극지연구의 중요성에 대한 대국민 인식제고를 위한 홍보기능 확충

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 극지환경재현실용화센터의 운영전략 및 로드맵 수립
- 실질 수요를 반영한 극지환경모사실험실 공간계획 재정립 및 냉동시설 설치 계획 수립
- 실질 수요를 반영한 극지생물배양실, 바이오생산분석실 시설 설치
- 극지실험실(폴라 오픈랩) 시설 설치, 극지과학프로그램 계획 수립 및 시범운영
- 실용화 촉진을 위한 창업 지원 운영전략 수립, 입주 기관 유치 및 운영규정 수립

IV. 연구개발결과

- 본 과제에서 설치한 주요 시설: 극지위성실은 위성 탐사를 통해 극지 환경을 분석하는 극지위성실, 폴라 오픈랩은 지구과학, 대기과학, 해양학, 빙하학, 생물학 등의 실습 교육을 제공하는 폴라 오픈랩, 극지 유래 식물, 동물세포, 미생물, 미세

조류 등을 배양할 수 있는 극지생물배양실, 극지 시료의 동결건조, 성분 분석 등을 수행하는 바이오생산분석실을 구성하였음. 그러나 바이오생산분석실의 경우 아직 분석 장비가 부족하여 추가 확충이 필요한 상태임

- 본 과제의 한계: 예산 부족으로 극지 환경을 모사하여 극저온 환경에서 장비 성능 테스트 및 연구를 지원하는 곳으로 계획된 극저온 환경 플랫폼인 극지환경모사실험실, 빙해환경실, 극지코어센터를 설치하지 못했음. 그러나 각 시설의 냉동 시설 설치 계획과 배치도, 예산을 제시하였으며, 수요의 통합 재배치 및 조정 방안을 도출하였음
- 산업화 지원시설: 당초 창업자를 위한 극지 과학 기반의 창업기술 개발을 지원하는 창업지원시설을 구축하고자 하였으나 실제 극지 과학을 직접 응용하는 창업 수요가 크지 않을 것으로 예상되어 창업뿐 아니라 극지 기술이나 시료를 활용하고자 하는 기업이나 기관이 입주하는 산업화 지원시설로 변경하였음. 극지장비개발센터는 이 공간에 포함되어 연구 장비의 개발과 시험을 위한 시설로 운영되며, 학생과 연구자 및 산업체 관계자들이 기술개발을 위한 공동 연구와 시제품 개발에 참여할 수 있는 환경을 제공하고자 함. 그러나 아직 구체적인 장비는 구비되지 못한 상황임

V. 연구개발결과의 활용계획

- 지자체, 대학, 연구소, 스타트업, 기업 등 극지환경재현시설 사용자를 꾸준히 발굴하여 산학연 공동활용 촉진
- 고등학생 대상 극지과학 교육 프로그램의 대상을 초등~대학원으로 확대하고 글로벌 인재 유치 및 배출을 위한 국제 교육 프로그램을 개발하는데 활용하여 극지과학교육 및 인재 양성 허브로 도약
- 인근 창업지원 기관과 협력하여 극지연구소에서 창업에 관심있는 연구자들과 학생들을 위한 창업 교육 실시 및 예비창업자 발굴
- 극한지에서 습득한 다양한 기술을 활용하여 스타트업 및 중소기업의 문제 해결을 지원하고 유망기술의 민간 기업 활용을 촉진하는데 기여

목 차

제 1 장 서론	7
제 2 장 국내외 기술개발 현황	9
1. 국외 동향	9
가) 미국 공군 연구소의 맥킨리 기후 실험실	9
나) 독일해양극지연구소의 기술이전 사무소	9
다) 영국 남극연구소의 오로라 혁신 센터	10
라) 일본 극지연구소의 냉장-냉동시설	11
마) 영국의 롤란드 폰 글라소우 대기-해양-빙하 챔버	11
2. 국내 동향	13
가) 해양플랜트산업지원센터	13
나) 해양시료도서관	14
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	15
제 1 절 극지환경재현실용화센터 현황 파악	15
1. 극지환경재현실용화센터 공간 활용 계획	15
가) 극지환경관	15
나) 교육시설	19
다) 창업 지원시설	20
2. 극지환경재현실용화센터 시설 현황	23
가) 극저온 환경 플랫폼	24
나) 교육시설	25
다) 산업화 지원시설	27
제 2 절 극지환경재현실용화센터 운영전략 수립	29
1. 극지환경재현실용화센터 운영 전략	29
2. 극지환경 재현 인프라 고도화	31
가) 극지대기모사실	31
나) 에어로졸 모사실	34
다) 극지동토모사실	38
라) 빙해환경실	43

마) 극지코어센터	47
바) 극지해양생물아쿠아리움	52
사) 극지환경 재현 인프라 고도화 제안	57
3. 극지 특화 교육 프로그램 확산	59
가) 주니어닥터 프로그램 사례 검토	59
나) 빙하박물관	63
다) 베르겐빌비테과학센터	72
라) 극지영상실 공간 계획 제안	79
마) 극지과학 프로그램 시범 운영	81
4. 극지 유망기술 발굴 및 실용화 지원 강화	90
가) 창업-운영지원 시설	90
 제 3 절 극지환경재현실용화센터 향후 운영 방안	93
1. 극지환경재현실용화센터 운영 애로사항 및 대안	93
2. 극지환경재현실용화센터 예산 확보 방안	93
3. 극지환경재현실용화센터 5개년 로드맵	94
4. 폴라오픈랩 운영방안	95
 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 활용계획	121
1. 목표 달성도	121
2. 연구개발결과의 활용계획	122
 부록	123
부록 1. 극지연구소 재원 활용 시설 구축 현황	123
부록 2. 폴라 오픈랩 실험 시설과 장비 목록	128
부록 3. 바이오생산분석실에 비치한 실험 시설과 장비 목록	136
부록 4. 극지대기환경모사실 수요조사	139
부록 5. 극지코어센터 수요조사	157
부록 6. 빙해환경실 수요조사	158
부록 7. 극지아쿠아리움 수요조사	168



제 1 장 서론

본 보고서는 극지환경재현실용화센터의 기존 설치 목적을 재검토하고, 향후 센터의 효과적인 운영을 위해 필요한 새로운 목적과 방향을 제시하고자 작성되었다. 극지환경재현실용화센터는 기후변화와 지구 환경 연구의 최전선인 극지 연구를 지원하는 중요한 시설로서, 극한의 환경 조건을 재현하여 각종 산업과 학문적 요구에 부응하는 실험과 테스트를 수행할 수 있는 장소로 자리 잡고 있다. 현재 극지 연구와 관련된 다방면의 과학적 연구 및 기술 발전이 빠르게 이루어짐에 따라 센터는 설립 초기의 목적을 넘어, 더 폭넓은 과제 수행과 산업 지원 기능을 강화해야 하는 시점에 도달하였다. 이를 위해 기존의 시설 및 기능을 평가하고, 확충할 필요성이 대두되었다.

극지환경재현실용화센터의 내부 시설 확충 및 향후 설치 계획은 극저온 환경 플랫폼, 교육 시설, 창업 지원시설 등 세 가지 주요 영역을 중심으로 수립된다. 극저온 환경 플랫폼은 극지 환경을 모사하여 극저온에서 발생할 수 있는 기계적, 화학적 반응을 실험하고, 다양한 산업 장비와 연구 장비의 성능을 검증하는 것을 목표로 한다. 극지 연구와 관련된 다양한 분야에서 필요로 하는 전문성과 정확성을 갖춘 데이터 및 결과를 제공함으로써 산업체와 연구 기관들이 안전하고 효율적인 제품 개발을 가능하게 한다. 극지 환경을 직접 재현하는 이 실험적 플랫폼은 현재 센터의 가장 중요한 구성 요소로서, 산업계와 학계의 공동 연구 기회를 제공하며, 고급 기술이 필요한 창의적인 실험을 수행할 수 있도록 설계되었다.

또한, 극지환경재현실용화센터는 중·고등학생 및 대학생을 대상으로 극지 연구의 과학적 원리를 교육하는 교육시설로서의 역할을 확립하고자 한다. 교육시설은 극지 위성 영상 자료와 각종 시료를 통해 기초 및 심화 과학 교육을 가능하게 하며, 이를 통해 차세대 극지 연구 인재를 양성하는 기반을 마련하고자 한다. 이 외에도 학생들이 실제 극지 관련 실험을 경험할 수 있는 교육 공간을 제공함으로써, 극지와 기후변화에 대한 이해와 관심을 높이하고자 한다. 폴라 오픈랩은 이를 위한 구체적인 공간으로, 각종 교육 장비와 시청각 자료, 실험 기기들을 갖춰 실험 중심의 학습 경험을 제공한다.

더불어, 극지환경재현실용화센터는 창업 지원시설을 통해 극지와 관련된 연구 기술과 제품 개발을 목표로 하는 기업 및 연구자들을 위한 공간을 제공하고자 한다. 창업 지원시설은 극지와 관련된 아이디어를 현실화할 수 있는 기반을 제공하며, 산업체와 연구 기관들이 신제품 개발, 시제품 제작, 기술 검증 및 보완을 할 수 있도록 다양한 지원을 아끼지 않을 것이다. 극지 환경을 재현하여 각종 기술의 실증 시험을 가능하게 하는 이 센터는 극지 기반 기술의 혁신과 창업을 지원함으로써 국가적, 사회적 경제 성장에 기여하는 역할을 할 것이다. 창업 지원시설 내 극지장비개발센터와 같은 공간은 산업체와 산학연 연구 협력을 강화하고, 국내 극지 연구의 상용화와 발전을 촉진하는 중요한 자원이 될 것이다.

본 보고서는 이러한 내용을 중심으로 극지환경재현실용화센터의 각 기능별 운영 방안을 제시하고, 향후 필요한 내부 시설과 인프라를 체계적으로 확충하는 데 필요한 구체적 계획을

수립하였다. 또한, 센터 운영의 지속 가능성을 높이고 다양한 활용 방안을 마련하기 위해 각종 전략을 탐색하였다. 이를 통해 극지환경재현실용화센터가 과학적 연구, 산업 지원, 교육 및 창업 지원의 다목적 시설로 자리 잡고, 향후 극지연구소가 수행하는 국제적 연구와 정책적 요구에 부응할 수 있도록 하는 종합적 기반을 제공하고자 한다.



제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국외 동향

가) 미국 공군 연구소의 맥킨리 기후 실험실

미국 공군 연구소가 플로리다주 엘진 공군기지에서 운영하는 맥킨리 기후 실험실(McKinley Climatic Laboratory, MCL)은 세계 최대 규모의 기후 시험 시설이다. 1947년에 설립된 이 시설은 전 세계에서 경험할 수 있는 다양한 극한 기후 조건을 모사하여 군용 항공기, 장비, 지원 시스템의 내구성과 기능을 테스트한다. 극지의 혹한부터 사막의 뜨거운 열기까지 다양한 환경에서 장비가 어떻게 견디는지를 평가함으로써, 어떠한 환경에서도 장비가 작동할 준비가 되어 있는지 확인하는 것이 이 시설의 목적이다

MCL은 다섯 개의 기후 실험실을 포함하고 있으며, 이 중 가장 큰 실험실은 C-5M 수퍼 갤럭시와 같은 대형 항공기도 수용할 수 있는 규모다. 이 메인 챔버에서는 온도를 영하 65°F(영하 54°C)에서 165°F(74°C)까지 조절할 수 있어, 극지의 추위부터 사막의 고온까지 다양한 조건을 재현할 수 있다. 또한 높은 습도와 낮은 습도, 60노트의 강풍, 눈, 결빙비, 부식성 염수안개 등의 환경을 재현할 수 있으며, 태양광 패널을 통해 항공기가 직사광선을 장기간 받는 환경도 시뮬레이션할 수 있다. 이러한 환경에서 항공기 외부가 열을 흡수하는 정도와 소재의 내구성을 확인하는 “태양 복사” 시험도 가능하다.

MCL의 관리는 정밀한 기후 조건을 유지하는 복잡한 HVAC 및 냉각 시스템을 기반으로 한다. 각 시험 설정은 실험실 내 숙련된 엔지니어에 의해 맞춤 설계되며, 이러한 고유한 요구에 맞춰 훈련된 엔지니어들이 운영한다. 냉각 시스템은 각각 1,000에서 1,250마력의 압축기로 작동하며, 최근에는 환경 친화적인 냉매와 에너지 효율적인 모터로 개선되었다. 정기적인 유지 보수와 업그레이드를 통해 시험의 정확도뿐만 아니라 시설의 장기적 운영도 보장하고 있다. 이는 국방부의 최신 장비 시험 요구를 충족시키고자 하는 MCL의 의지를 반영하는 것이다.

이 시설은 미군 여러 부대뿐 아니라 해외와 상업 부문에서도 이용되고 있으며, 극한 환경에서의 정확한 시험 결과를 제공하여 미국의 방위력 강화에 필수적인 역할을 하고 있다.

나) 독일해양극지연구소의 기술이전 사무소

Alfred Wegener Institute(AWI)의 기술이전 사무소(Technology Transfer Office, TTO)는 과학과 산업의 가교 역할을 수행하며 연구 결과의 상업화를 목표로 운영된다. TTO는 AWI에서 개발된 혁신적 기술 및 지적 재산을 보호하고, 이를 산업과 협력하여 라이선싱, 기술 계약, 공동 연구 및 스핀오프 기업 설립 등을 통해 상업적 활용을 가능하게 한다. 이러한 활동은 해양 및 극지 과학의 연구 성과를 다양한 산업 분야에 적용하고 확산하는 데 중요한 역할을 한다.

TTO의 주요 기능은 다음과 같다:

- 발명 지원 및 보호: 연구자들이 개발한 기술의 혁신성을 평가하고, 이들의 발명 및 지

적 재산을 보호하기 위한 전략을 마련한다. 이는 연구자들이 실험실 단계를 넘어 실질적인 산업적 가치를 발휘할 수 있도록 돕는다.

- 산업 협력 및 라이선싱: 산업체와의 협업을 통해 연구 성과의 상용화 가능성을 확대하며, 이를 통해 기업들이 연구 결과를 라이선싱 받아 사용할 수 있도록 지원한다.

- 스핀오프 및 창업 지원: 잠재력이 높은 연구 결과를 바탕으로 새로운 벤처 기업을 창업하고 성장할 수 있도록 지원하며, 창업에 필요한 법적, 재정적 조언을 제공한다.

TTO는 AWI 내부 및 외부의 네트워크와 협력하여 기술이전 및 연구 성과의 상업화를 진행한다. 내부적으로는 연구진들과의 소통을 통해 발명 및 상업화 가능성을 탐색하며, 외부적으로는 산업체, 정부 기관, 벤처 투자자와 협력하여 시장에 적합한 기술 이전 전략을 수립한다. 이를 위해 TTO는 정기적으로 기술 스크리닝, 발명가 워크숍 등을 개최하여 혁신적인 아이디어를 발굴하고 있다.

TTO는 상업화를 통해 AWI의 연구가 산업에 실질적인 변화를 가져올 수 있도록 한다. 예를 들어, 해양 생태계 모니터링 시스템, 해양 데이터 분석 기술 등 AWI의 연구는 다양한 산업(에너지, 환경, 생명과학 등)에서 응용되고 있으며, 이러한 기술이전에 따라 AWI는 지속 가능한 해양 및 극지 환경 연구의 가치를 확대하고 있다.

AWI의 Technology Transfer Office는 과학적 발견을 산업적 응용으로 전환하는 중심 기관으로서, 독일의 해양 및 극지 연구를 글로벌 산업에 연결하는 중요한 역할을 하고 있다. 이를 통해 연구 결과가 시장에서 실질적 가치를 창출할 수 있으며, AWI의 선진적인 기술들이 산업 전반에 기여하는 실질적인 사례를 만들어내고 있다.

다) 영국 남극연구소의 오로라 혁신 센터

영국 극지연구기관인 British Antarctic Survey(BAS)는 환경 문제를 해결하고 극지 연구의 실제 이점을 증진하기 위해 다학제 협력을 위한 공간인 오로라 혁신 센터(Aurora Innovation Centre)를 운영하고 있다. 오로라 혁신 센터는 BAS 본부 내에 위치하며 기후 변화, 지속 가능한 환경 관리, 극한 환경을 위한 첨단 기술 연구를 중심으로 한 협력 프로젝트를 지원한다.

오로라 혁신 센터의 주요 목표는 극지 연구를 실질적인 응용 연구로 확장하여 지구 지속 가능성에 대한 이해를 높이고, "탄소 중립(Net Zero Carbon)" 미래를 위한 솔루션을 개발하는 데 기여하는 것이다. 이곳에서는 BAS의 극지 과학 전문 지식을 기반으로 여러 분야의 전문가들이 모여 협력하며 재생 에너지, 기후 모델링, 지속 가능한 자원 관리 등 다양한 분야에 걸쳐 실제 적용 가능한 연구를 추진한다.

센터에는 회의실, 세미나실, 그리고 외부 단체에서도 이용 가능한 오로라 컨퍼런스 극장과 협업 공간이 포함되어 있으며, 이 공간들은 네트워킹 행사, 워크숍, 세미나 등의 협력 활동을 위한 최적의 환경을 제공한다. 특히, 환경 및 극지 연구를 위한 특화된 장비가 갖추어져 있어 고급 연구와 혁신을 뒷받침한다.

오로라 혁신 센터는 NERC(Natural Environment Research Council)와 케임브리지 대학교의 공동 자금 지원을 통해 설립되었으며, 이를 통해 주요 연구 기관들과의 강력한 연계성을 확

보했다. BAS는 국내외 다양한 기관과 파트너십을 구축하여 환경 보존과 극지 기술 개발을 중점으로 한 협력을 진행하며, 이러한 프로젝트는 모로코의 지하수 모니터링에서 북극 해빙 연구까지 전 세계적으로 진행되고 있다. BAS는 이를 통해 극지 전문 지식을 활용해 세계적인 환경 문제를 해결하는 데 기여하고 있다.

센터는 2017년에 약 5,400 평방피트 규모로 완공되었으며, ADP 및 Cartwright Pickard 건축가들과 함께 ISG가 설계를 담당했다. 에너지 효율적 시스템과 유연한 공간을 통해 지속 가능하고 현대적인 디자인을 자랑하며, BAS가 주관하는 행사, 교육 프로그램 및 협력 연구 활동을 통해 효율적으로 운영된다.

오로라 혁신 센터는 환경 문제 해결을 위한 학제 간 연구의 중심지로 자리 잡으며, 사회가 환경 변화에 적응할 수 있는 혁신적 해법을 개발하는 데 필수적인 시설로 기능하고 있다. BAS의 지속 가능한 미래 비전을 실현하기 위해 중요한 역할을 하고 있는 이 센터는 국제적 수준의 연구와 파트너십을 촉진하는 공간을 제공하고 있다.

라) 일본 극지연구소의 냉장-냉동시설

일본 극지연구소(National Institute of Polar Research)는 지하 1층에 냉장-냉동시설을 설치하고 영상 5도 ~ 영하 50도까지 다양한 실험실을 운영하고 있다. 이곳은 연구용 빙하 코어를 보관하는 데 특화된 시설이다. 이 시설은 극지에서 채취한 다양한 빙하 코어 샘플을 초저온 상태로 보관하여, 과거의 기후와 환경 변화를 연구하는 데 필수적인 자료를 안정적으로 제공한다. 특히, 이 시설에서는 남극과 북극 지역에서 채취된 깊이별 코어뿐만 아니라 Dome Fuji 지역에서 얻은 72만 년 전의 빙하 코어도 보관하고 있다. 이를 통해 빙하 코어에 저장된 대기 구성 요소, 기온 변화, 해양 및 육상 환경 상태 등을 분석하여 지구 환경의 장기적 변화 패턴을 추적할 수 있다.

NIPR의 저온 냉동시설은 극지 연구에 필요한 다양한 첨단 분석 장비를 갖추고 있으며, 기체 분석, 안정 동위원소 분석, 이온 분석, 입자 분석 등을 통해 세밀한 데이터를 얻어낼 수 있다. 이러한 장비들은 고해상도 연속 분석을 가능하게 하며, 이 분석을 통해 이산화탄소와 메탄과 같은 온실가스 변화, 대기와 해양의 순환 패턴, 화산 활동 등 지구 환경에 큰 영향을 미친 요소들을 구체적으로 연구할 수 있다.

이 저온 시설은 극지 연구소와 협력하는 국내외 연구자들에게 개방되어 있으며, 공동 연구와 기술 교류를 촉진하는 역할도 수행한다. 연구소는 또한 학생들을 대상으로 빙하 코어와 관련된 실습과 교육을 제공하며, 학문적 협력과 교육 기회를 확대하고 있다.

마) 영국의 롤란드 폰 글라소우 대기-해양-빙하 챔버

롤란드 폰 글라소우 대기-해양-빙하 챔버 (Roland von Glasow Air-Sea-Ice Chamber, RvG-ASIC)는 영국의 이스트앵글리아 대학교(UEA)에 위치한 실험 시설로, 특히 극지 조건에서의 해양, 해빙, 대기 상호작용을 연구하기 위해 설계되었다. 고(故) 롤란드 폰 글라소우 교수의 이름을 딴 이 챔버는 초년 해빙이 대기 화학에 미치는 영향을 조사하는 데 중점을

두고 다양한 실험 연구를 지원한다.

RvG-ASIC는 2.4m x 1.4m x 1.1m 크기의 유리 탱크로 구성되어 있으며 약 3.5세제곱미터의 물을 담을 수 있다. 이 탱크는 -55°C에서 +30°C 사이의 온도를 유지할 수 있는 냉각실에 설치되어 있으며, 온도 안정성은 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이다. 여러 실험적 조건에 맞춰 해양-대기, 눈-대기, 순수 대기 등 다양한 모드를 구현할 수 있다. 탱크 상부는 FEP 필름으로 덮여 대기 조건을 재현할 수 있으며, 태양광과 기타 극지 방사선을 모사할 수 있는 LED와 자외선(UV) 조명도 장착되어 있어 정밀한 광화학적 연구를 가능하게 한다.

이 시설은 다음과 같은 다양한 장비와 도구를 갖추고 있다:

- 대기 분석기: CO_2 , CH_4 , NO_x 농도를 연속적으로 측정할 수 있으며, 온도, 습도, 풍속을 함께 모니터링한다.

- 해빙 센서: 온도, 염도, 광 투과율 등을 측정하여 해빙의 물리적 특성을 상세히 파악할 수 있다.

- 스펙트로미터 및 방사선계: 다양한 파장에서의 조도를 평가하여 자연광 조건을 실험실에서 정확히 재현한다.

- 비디오 모니터링 시스템: 수중 및 수면 위에 설치된 카메라를 통해 실시간 관찰과 타임랩스 촬영을 지원하며, 해빙 형성과 용해 과정을 관찰하는 데 유용하다.

각 실험은 일반적으로 약 열흘 동안 진행되며, 설정, 해빙 성장, 실험 기간, 마무리 정리 단계를 포함한다. 실험실에서 안정적으로 조정되는 환경은 실제 극지 환경과 유사한 조건을 제공하며, 비용 대비 효율적이고 안전한 연구가 가능하다. UEA의 연구진은 실험 설정, 데이터 수집 및 분석을 돕고, 학술 및 산업 연구자들에게 필요한 지원을 제공한다.

RvG-ASIC는 극지 연구에서 어려운 환경을 모사하여 연구하는 독특한 플랫폼으로, 극지의 공기-해양-빙하 상호작용에 대한 이해를 돕고 기후 변화 연구에도 기여하고 있다. 이 시설은 특정 환경 시나리오를 반복적이고 정밀하게 재현할 수 있어, 해양 및 대기 화학, 해빙 역학에 대한 중요한 과학적 발견을 이끌어내는 데 핵심적인 역할을 한다.

2. 국내 동향

가) 해양플랜트산업지원센터

해양플랜트 기술 개발과 인력 양성을 위해 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소가 주관하여 설립한 해양플랜트산업지원센터가 있다. 해양플랜트산업지원센터는 한국해양대학교, 한국조선해양기자재연구원, 한국선급 및 한국조선해양플랜트협회와 협력하며, 해양수산부와 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 설립되었다.

해양플랜트산업지원센터는 해양플랜트 기자재의 국산화와 국제 경쟁력 강화를 지원하기 위한 인프라 구축을 목표로 설립되었다. 주요 목표는 해양플랜트 설계 및 엔지니어링 관련 핵심 역량을 확보하고, 해양플랜트 기자재의 시험 및 인증을 지원하는 체계 마련이다.

이 센터는 거제도 장목 부지에 위치하며, 약 235,000㎡ 부지에 종합연구동, 다목적 시험동, 복지후생관을 포함한다. 종합연구동(연면적 5,842㎡, 지상 5층)은 연구실, 행정실, 산업정책 분석실, 교육실습실 등을 갖추고 있으며, 다목적 시험동(연면적 1,240㎡)과 복지후생관(연면적 591㎡, 지상 2층)에는 연구 인력의 복지와 업무 지원을 위한 시설이 설치되어 있다.

센터는 극지환경 성능시험 설비와 MTS 시험 설비를 갖추고 있으며, 극지환경 시험설비는 극한의 환경에서 장비 성능을 테스트하는 데 활용된다. 이를 통해 최저 영하 65℃의 환경을 조성할 수 있으며, 극지 장비의 신뢰성을 높이는 연구를 지원한다. 이곳에 설치된 주요 장비 목록은 표 1과 같다.

표 1. 해양플랜트산업지원센터의 주요 장비 목록

장비 명칭	설명
HOIST식 천장 크레인 20톤	다목적시험동 내에 설치된 고하중 장비로, 안정성이 높고 고빈도 작업에 적합
극지환경 성능평가 시험설비	극한의 해양 환경을 재현하여 장비의 성능을 평가하는 설비
500kN 초저온/고온 동적피로시험설비	다양한 온도에서 피로 내구성을 테스트하기 위한 설비

이러한 장비들은 해양플랜트 기자재와 시스템의 신뢰성 평가, 피로 시험 및 성능 검증을 지원하며, 해양플랜트 산업의 경쟁력 강화를 목표로 다양한 연구 및 테스트에 활용되고 있다. 극지환경 성능평가 시험설비의 경우 영하에서 다양한 장비 테스트가 가능하나 거제도에 설치되어 있어 인천에서 이 시설을 활용하기에는 어려움이 많다.

나) 해양시료도서관

한편 한국해양과학기술원은 2012년부터 해양시료도서관을 운영하고 있다. 해양시료도서관은 해양 시료의 저장과 분석, 교육 및 연구지원을 주요 목적으로 한다. 이 도서관은 심해저 지질 미생물 시료, 유전자 시료, 해양유래 병원성 미생물 시료 등 다양한 해양 시료를 보관할 수 있는 초저온 냉동 시설을 갖추고 있으며, 이를 통해 해양 시료의 변질을 방지하고 있다. 해양시료도서관에서 운영하는 주요 장비 목록은 표 2와 같다.

표 2. KIOST 해양시료도서관의 주요 장비 목록

장비 명칭	설명
대형 초저온 액체질소 탱크 (1400L)	해양 시료의 장기 보관을 위한 초저온 냉동 장비
코어 비파괴 분석기 (ITRAX)	퇴적물 코어 등의 비파괴 분석을 위한 장비
대형 동결건조기	시료의 장기 보관을 위한 동결건조 처리 장비
퇴적물 분쇄기	퇴적물 시료의 미세 분쇄 처리를 위한 장비
퇴적물 입자 분석기	퇴적물 시료의 입자 크기 분석 장비
디지털 현미경	고해상도의 디지털 현미경

이 외에도 초중고생 및 대학(원)생을 대상으로 하는 해양과학 실습 교육을 위해 다양한 채취기 및 교육 장비들이 구비되어 있다. 해양시료도서관은 또한 개도국 연구진을 대상으로 한 교육 프로그램을 운영하여 국제 해양 협력에 기여하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 극지환경재현실용화센터 현황 파악

1. 극지환경재현실용화센터 공간 활용 계획

가) 극지환경관

극지환경재현실용화센터는 극지환경(-40℃, 초속 20m/sec)을 재현할 수 있는 연구시설과 극지시료 보존 및 공동활용이 가능한 산·학·연 협동연구 플랫폼 구축을 목표로 추진되었다. 당초 2021년 12월 완공 예정이었으나, 수도권정비위원회에서 심의가 지연되어 사업기간 연장되었고 2023년 11월에 준공되었다.

당초 표 3과 같이 공간 활용 계획을 세웠으나 연구부서 대상 연구기반설비 실별 수요조사 재시행('22.11) 결과 교육준비실이 '극지 해양생물 아쿠아리움 및 전시실'로 계획 변경되었다(그림 1). 또한 본 사업의 국과심 예산 심의과정에서의 특수연구시설 구축비가 제외됨에 따라 내부 시설이 갖춰지지 못한 상태로 건물이 준공되었다.

극지와 유사한 환경을 재현하는 시설은 당초 극지환경관이라는 이름 아래에 극지코어센터, 빙해환경실, 극지모사실험실로 계획되었다. 여기에 극지 해양생물 아쿠아리움이 추가되어 총 4개의 시설이 되었다. 극지환경관의 요구 기능은 극지환경(영하 40도, 초속 20m/sec) 구현, 연구시설과 장비의 극저온 테스트 실험, 저온 및 온-습도 변화 구현이었다. 극지환경관은 모두 1층에 배치되었으나, 빙하 시추기 개발과 극미량 원소분석 장비개발 및 테스트를 수행하는 극지코어센터는 1층과 2층을 동시에 사용하는 313㎡/95평 크기의 영하 20도 냉동시설을 설치하고자 계획되었다. 이와 별도로 2층에 35평 규모의 시추장비 제작공간과 홍보공간도 계획되었다(그림 2).

표 3. 극지환경재현실용화센터 층별 계획

구분	실명	면적(㎡)
지하 1층	기계실, 전기실, 중앙감시실, CCTV실	612.12
지상 1층	극지환경관(I): 빙해환경실, 극지코어센터, 교육준비실(극지 해양생물 아쿠아리움으로 변경) 극지환경관(II): 극지환경모사실험실 극지위성/영상관: 극지위성실, 극지영상실	2,603.71
지상 2층	바이오플랜트: 극지생물배양실, 바이오생산분석실 폴라오픈랩: 극지실험실1, 극지실험실2, 극지실험실3 극지환경관(I): 극지코어센터 극지장비개발센터, 연구데이터 서버운영실	2,369.53
지상 3층	지원시설-1,2	1,358.47
합계		6,943.83



그림 1. 지상 1층 평면도 (실시설계)

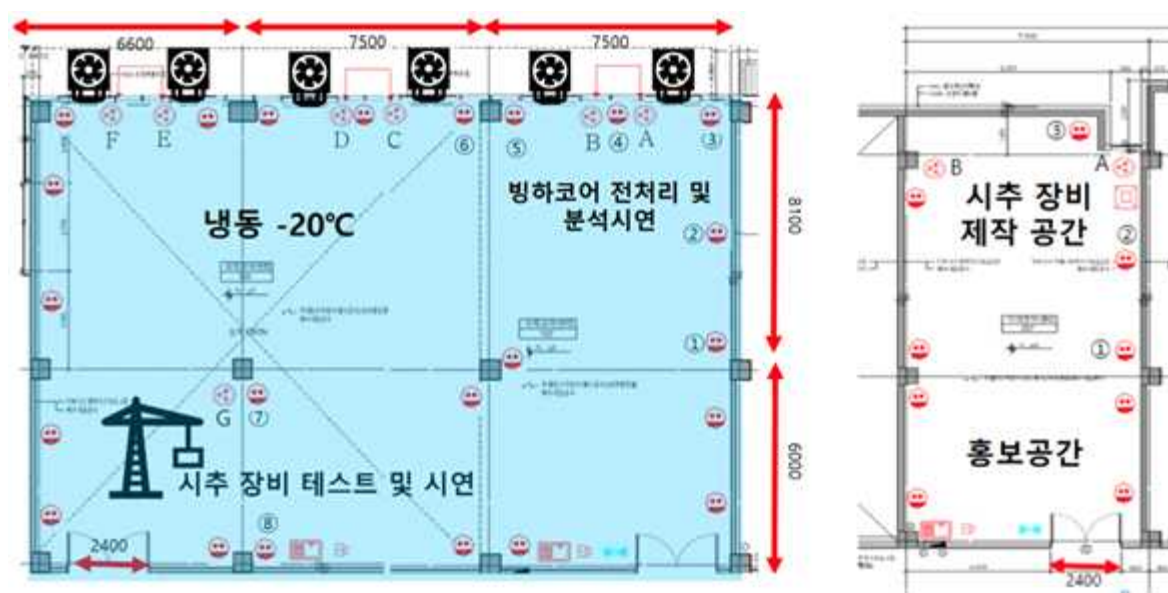


그림 2. 극지코어센터(1층, 313㎡/95평; 2층, 117㎡/35평) 활용 계획

빙해환경실은 극지 해역과 유사한 환경을 구축한 해빙(해양) 위에서 물리/화학적 관측장비 테스트 및 모의 연구활동 수행하는 곳으로 영하20도를 유지하는 18평의 냉동실에 내부 크기 3(W)X4(D)X1(H), 최대수심 1m의 해빙모사수조를 설치하고 강설 효과를 위한 눈 제조기를 천장에 설치하며 이와 별도로 최소 1면은 강화유리로 제작한 내부 크기 2(W)X4(D)X1(H), 최대수심 1m의 해양모사수조를 설치하는 것을 계획하였다(그림 3). 이때 해빙모사수조 주변으로 1m 높이의 시설물을 두어 해빙연구를 홍보하고자 하였다.

극지모사실험실 극한 환경(낮은 기온, 강한 바람 등)을 모사하여 극지현장에 설치할 관측 장비의 개선, 성능 테스트를 진행하는 곳으로 운영시설로 영하 40도 동토모사실(면적 4m x 4m) 2개, 영하 20도 동토모사실(면적 4m x 4m) 1개, 영하 20도 대기모사실(면적 4m x 3m) 1개의 저온시설이 있고 이외에도, 오로라 재현실, 극지 대기시료 보관실, 극지 시료 준비실, 대기 분석실을 설치하고자 하였다(그림 4). 저온 시설을 작은 규모로 구성한 이유는 냉동 시설을 운영할 때 전기요금 등의 운영비 부담을 줄이고 다양한 조건의 실험을 동시에 수행할 수 있게 하기 위해서다.

교육준비실로 배정되었던 1층 297㎡/90평 크기의 공간은 극지해양생물 아쿠아리움 및 전시실로 변경되어 극지 및 비극지 해양 생물을 배양하는 배양시설과 극지 해양생물 전시용 수조, 실험실 등이 계획되었다(그림 5).



그림 3. 빙해환경실(310㎡/95평, 기계실 포함) 활용 계획

나) 교육시설

교육시설로는 극지위성-영상관과 폴라 오픈랩(polar open-lab)을 계획하였다. 극지위성실은 1층에 배치되었으며, 인공위성을 활용하여 극지의 다양한 환경 변화를 관측하고, 극지 위성자료와 무인기 등 원격탐사 자료를 처리하며, 주요 결과를 가시화하여 내외부 자료를 공유할 수 있는 곳이다. 이곳에서 다양한 극지 위성탐사 영상 자료를 분석하고, 기후 모델링 및 예측 연구 실습 진행하고자 하였다.

극지영상실은 1층에 배치되었으며, 4D영상이나 VR과 같은 영상 체험시설이 계획되었다. 이와 같은 영상 체험실에서 극지 항해, 남극화산, 펭귄 서식지, 오로라, 빙하 타임랩스 영상, K-ROUTE 개척과 같은 극한 미답지 개척 과정을 소개하는 등 다양한 극지 영상으로 극지 과학 교육 수행하고자 기획되었다.

폴라 오픈랩은 중고등학생, 대학생, 과학 교사를 대상으로 극지 연구 관련 기초 및 심화 교육을 수행하는 교육시설로 2층이 위치하며 다음과 같은 세 개의 실험실로 구상되었다(그림 6). 극지실험실Ⅰ은 극지 관련 대기과학, 해양학, 빙하학, 지구과학 등 기초과학 실험 실습, 지구내부, 판구조론, 극지의 역사 등을 배우고 극지 암석과 화석 직접 관찰, 화석의 채취와 복원 과정 체험하는 곳으로 계획되었다.

극지실험실Ⅱ은 우주의 역사, 남극 운석을 통해 알 수 있는 우주의 비밀 등을 배우고, 지구 암석들 사이에서 운석을 직접 찾아보는 실습을 수행하는 곳으로 계획되었다.

극지실험실Ⅲ은 동토, 빙하 등의 극지 특징을 배우고 극지 식물과 동물을 직접 관찰, 미생물 배양, DNA 추출, PCR, 전기영동, 현미경 관찰, 생리 실험 등 다양한 생물 실험을 수행하는 곳으로 계획되었다.



그림 6. 지상 2층 평면도 (실시설계)

다) 창업 지원시설

창업 지원시설은 산학연 공동연구 사무공간이자 극지과학 기반 창업 기술개발 지원하는 곳으로 (i) 극지과학을 기반으로 창업을 추진하는 모든 학생, 연구자, 일반인의 기술 개발 지원하는 창업지원실, (ii) 아이디어나 시제품 개발을 원하는 산업체를 위한 사무 공간, (iii) 산업체, 방문연구자, 창업지원자 회의 공간, 그리고 (iv) 기업체와 분석 장비 개발, 지구물리 관측 장비 검교정, 첨단 정밀분석장비에 필수적으로 요구되는 기술 개발하는 극지장비개발센터로 구성되어 있다.

유관부서에서 연구기반설비 수요조사를 받아 공사단계에 반영된 ‘극지환경재현실용화 센터 추진현황 보고서’(23.1.13 작성)에 따르면 ‘연구 데이터 서버 운영실’(120㎡/36평), 극지 식물과 미세조류를 순수 배양하는 ‘극지 생물 배양실’(181㎡/55평), 극지생물 바이오 공정 및 분리 물질 분석이 가능한 ‘바이오생산/분석실’(213㎡/64평)이 창업 지원시설에 추가되었다(그림 7 - 그림 9). ‘극지장비개발센터’와 함께 이들 세 개의 연구실은 2층에 배치되었다(그림 6). 극지생물배양실은 20도 이하의 온도를 유지하기 위하여 상업용 에어컨이 설치되고, 연구데이터서버운영실은 서버의 안정적인 운영을 위하여 항온-항습 시설이 갖추어져야 한다.

극지장비개발센터는 극지 연구장비의 개발과 시험을 수행하는 시설로, 개발이 완료된 연구장비의 전시와 시연을 위한 공간도 포함하고 있다. 한편 창업지원실, 산업체를 위한 사무 공간, 회의 공간은 3층에 배치되었다.



그림 7. 극지장비개발센터(254㎡/77평)와 연구데이터서버운영실(120㎡/36평) 활용 계획



그림 8. 극지생물배양실(181㎡/55평) 활용 계획

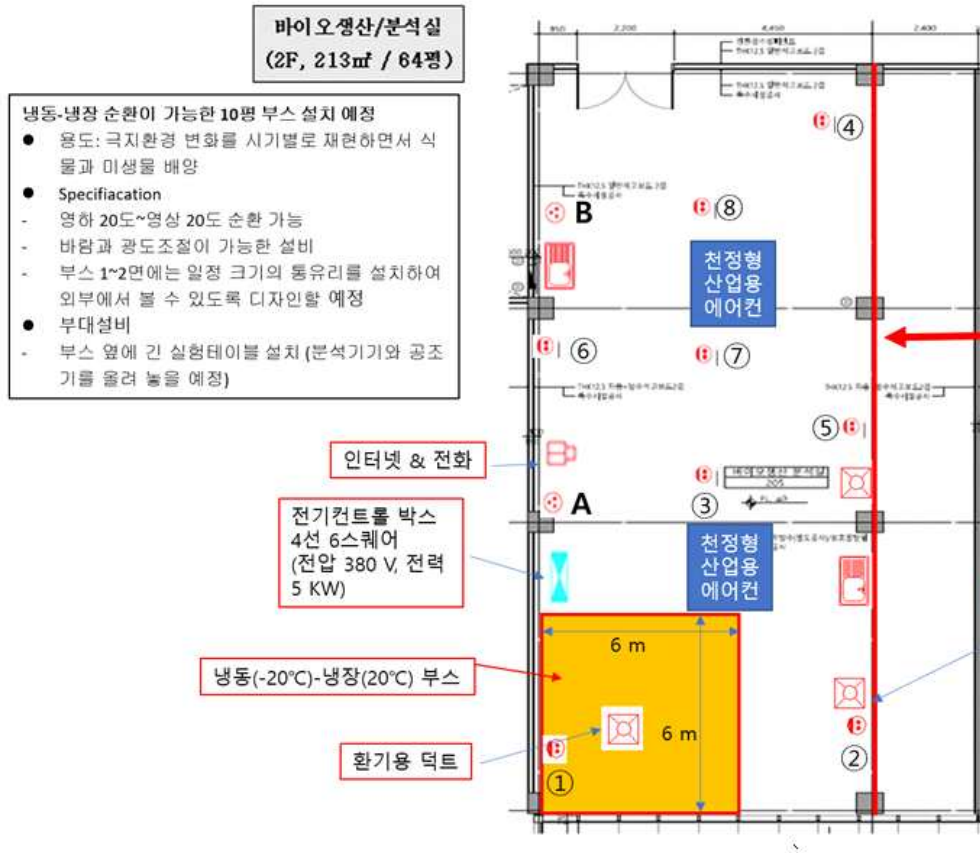


그림 9. 바이오생산/분석실(213㎡/64평) 활용계획

2. 극지환경재현실용화센터 시설 현황

극지환경재현실용화센터는 다음과 같은 일정으로 건설되었다. 2019년 설계용역 입찰을 진행하고 설계사를 선정하여 설계 작업을 착수하였다. 2021년 건설사업관리 용역사를 선정하였고 2022년 건설공사 입찰을 통해 시공사를 선정하고 본격적으로 건설을 착공하였다. 이후 2년 동안의 건설 공사를 마무리하고 2023년 11월 건축물 사용승인을 받았다. 그러나 준공 시점에는 내부 시설이 거의 없어 극지연구소의 자체 예산을 활용하여 일부 시설이 설치되었다(표 4). 2024년 10월 현재 극지환경재현실용화센터의 내부 시설은 다음과 같다.

표 4. 극지연구소의 자체 예산으로 구비한 시설 및 실험장비

재원	시설명	세부 구축 내역	소요예산 (천원)
연구개발 적립금 (2023)	극지생물배양실	·실험테이블, 클린벤치, 시약장, 산업용 에어컨, 광배양대 22대, 냉장고, 냉동고 등 ·형광현미경, 스펙트럼 변환 광원, 원심분리기, 멸균기, 제빙기, 초순수 제조장치, 자력교반기, 액체질소통, 드라이오븐 등	257,733
	플라오픈랩	·실험테이블, 실험기자재 수납장, 흡후드, 사물함, PC, 모니터, 냉장고, 냉동고 등 ·광학현미경, Linkaman thermal stage, 다목적 테이블원심분리기, PCR, 편광판 관찰대, 유압프레스, 얼음합성 온도장치, 고성능블렌더, 온도센서, 적외선열감지기, 핫플레이트, 광합성 측정기, 3D 현미경, 전자저울, 카메라, 소형수조, 미니 수중 펌프, UV 조사기, 전기영동장치 등	185,366
	극지위성실	·천장 방음 시설, 대형스크린 설치 등	100,000
	바이오생산분석실	·실험테이블, 흡후드, 인화성캐비닛 등 ·미생물 대량배양기, 광배양기 등	58,603
	운영기반설비	·냉난방기, 국소배기설비, 생활폐기물 이송설비, 출입통제시스템, 주차관제시스템 등	1,137,000
	소계		1,738,702
연구정책 지원과제 연구장비비 (2024)	바이오생산분석실 추가	·공기청정기, 벽면실험대, 시약장, 실험실 의자, 냉장고 ·대용량 원심분리기, 동결건조기, 나노드랍, 광배양기, 오토데시케이터	88,000
	극지환경재현실	·달환경모사초저온실 설치 지원	70,000
	플라오픈랩, 극지생물배양실 추가	·실험실 수납장, 제습기, 암막커튼, 실험테이블, 작업대, 의자, 컴퓨터, 프린터기, 무균배양대 등 ·토양수분장력측정기, 셀파스페이스, 에어로포닉스 식물배양기, 드라이오븐, 히팅블록, 안전멸균기, real-time PCR, 실체현미경, 수조세트, 해부현미경, 기타 소액 연구장비 등	142,000
	소계		300,000
	합계		2,038,702

가) 극저온 환경 플랫폼

극저온 환경 플랫폼으로 과학기술정보통신부 우주기술개발사업의 지원을 받아 달/화성 탐사에 필요한 다목적 우주탐사 장비 테스트를 할 수 있는 영하 70도가 가능한 초저온냉동실을 구축하였다. 초저온냉동실은 비록 기존에 기본시설로 계획되지 않았지만 극지 환경 플랫폼에 적합한 시설로 당초 오로라재현실로 계획했던 공간에 설치되었다(그림 10).

초저온냉동실은 영하 50°C에서 영하 80°C까지 온도를 유지할 수 있는 실험용 냉동고로, 챔버와 전실로 구성되었다. 챔버는 길이 5.3m, 너비 4.5m, 높이 3.0m의 크기를 가지며, 전실은 길이 2.0m, 너비 4.5m, 높이 3.0m로 냉장고와 유사한 온도인 4도로 유지된다. 초저온냉동실의 챔버는 ‘나관 방식’을 채택하였다. 나관 방식은 동관을 통해 냉매가 순환하여 자동으로 온도가 조절되며, 제상이 필요 없는 시스템이다. 이러한 방식은 히터 가동이 필요 없기 때문에 냉동고 내부의 온도 편차가 발생하지 않아 안정적인 초저온을 유지할 수 있다. 내부 기압 변화가 없으므로 추가적인 기압 변환 장치가 필요 없다. 또한 냉각 시스템 내부에 추가적인 회전 장치나 팬이 없어 기계적 마찰로 인한 손상률이 낮다. 그리고 히터 작동이 없고, 냉매 순환 시스템이 효율적으로 설계되어 전기료 절감 효과가 있다.

초저온냉동실을 설치하기 위하여 다음과 같이 바닥 기초 공사를 시행하였다. 바닥 우레탄 패널을 설치하기 전 기초대를 배치했는데, 기초대는 바닥 수평 및 배수를 고려하여 설계했고 아연도금 재료를 사용해 내구성을 강화하였다.

챔버는 초고밀도 우레탄 판넬을 사용하여 영하 80°C까지의 환경을 유지할 수 있도록 하였다. 패널의 표면은 평탄하게 유지되며, 네모서리는 정밀한 각도로 제작되어 조립하였다. 모든 냉매 배관은 은납 용접으로 연결되며, 질소 가스를 사용해 용접 시 불순물 유입을 방지하였다. 결로 방지를 위해 흡입관에는 보온 처리를 하였으며, 각 관의 열신축을 흡수할 수 있도록 배관 길이를 조정하였다.

전실에는 컨트롤 패널을 설치하였다. 냉동기와 연결된 컨트롤 패널은 사용자가 온도 설정, 제상 조절, 알람 등을 쉽게 제어할 수 있도록 구성되었으며, 디지털 디스플레이를 통해 온도 상태를 실시간으로 확인할 수 있다.

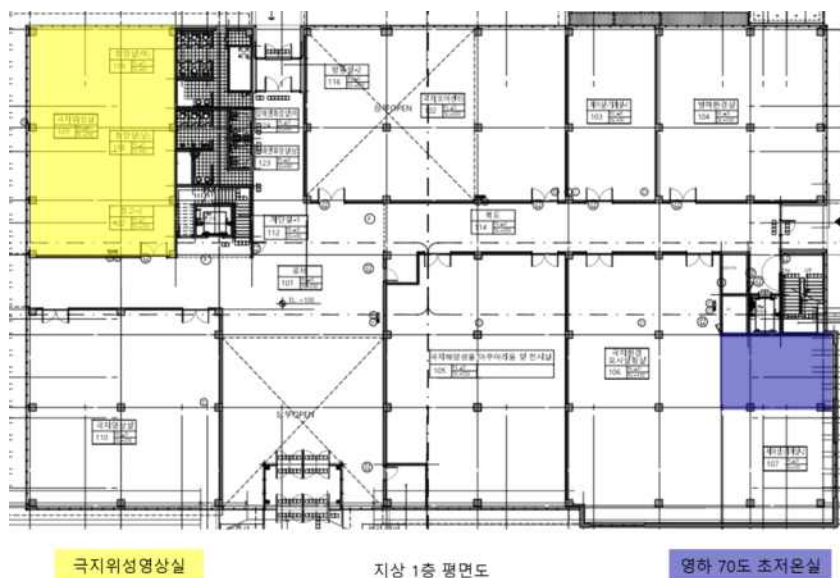


그림 10. 초저온냉동실과 극저위성영상실 위치

나) 교육시설

교육시설로는 극지위성실과 폴라오픈랩이 있다. 극지위성실은 극지 위성 자료와 원격탐사 자료를 분석하고 공유하며 교육을 수행하는 연구실로, 디스플레이를 위한 내부 스크린을 설치하고 영상의 효과적인 상영을 위하여 내부 전체를 암실로 만들었다(그림 11).



그림 11. 극지위성실 천장 방음시설(좌), 대형스크린(우)

한편 당초 교육시설로 배정되었던 극지실험실 1과 2를 입주 기업용 연구실로 변경하고 극지실험실 3을 이등분하여 두 개의 폴라 오픈랩을 조성하였다. 폴라 오픈랩에는 안전하고 쾌적한 실험 환경을 위해 국소배기설비가 신설되었다. 폴라 오픈랩을 실험 목적에 따라 Dry lab과 Wet lab으로 구분하여 시설을 구축하였다(그림 12). Dry lab은 물을 사용하지 않는 지구과학과 대기과학 관련 실험, Wet lab은 물을 사용하는 생명과학과 해양학 관련 실험에 적합하다.

Dry lab에는 교육자 및 강사가 이용할 실험대 9대, 샘플 보관 및 얼음 생성용 초저온 냉동고 2대, 강의용 대형 모니터 1대, 실험기기 보관용 수납장 8대, 샘플 분석용 일체형 PC 5대가 비치되어 있다. 얼음 관련 실험을 할 수 있도록 얼음 마쇄장치가 있고, 운석 관찰 실험에 사용하는 편광현미경이 비치되어 있다.

Wet lab은 실험 및 실험기기 사용을 위한 실험대 9대, 실험 용품 보관을 위한 수납장 5대, 무균 실험을 위한 클린벤치 2대, 흡후드 1대, 멸균기 1대, 강의용 대형 모니터가 비치되어 있다. 디지털카메라가 부착된 해부현미경이 있어 소형 동물이나 식물, 해조류, 지의류 등의 생물을 확대하여 관찰하며 사진을 촬영할 수 있다. DNA 추출과 증폭, 전기영동 등의 실험 장비가 있어 분자생물학 실험도 가능하다.

이밖에 구체적인 폴라 오픈랩 실험 시설과 장비 목록은 부록에 있다.

다) 산업화 지원시설

창업지원시설은 당초 창업자를 위한 극지 과학 기반의 창업기술 개발을 지원하는 창업 지원시설을 구축하고자 하였으나 실제 극지 과학을 직접 응용하는 창업 수요가 크지 않을 것으로 예상되어 창업뿐 아니라 극지 기술이나 시료를 활용하고자 하는 기업이나 기관이 입주하는 산업화 지원시설로 변경하였다.

산업화 지원시설에는 입주 기관이 사용할 수 있는 사무공간과 실험공간, 극지 유래 식물, 동물세포, 미생물, 미세조류 등을 배양할 수 있는 극지생물배양실, 극지 시료의 동결건조, 성분 분석 등을 수행하는 바이오생산분석실, 연구 장비의 개발과 시험을 위한 시설로 학생과 연구자 및 산업체 관계자들이 기술개발을 위한 공동 연구와 시제품 개발에 참여할 수 있는 극지장비개발센터가 있다.

입주 기관이 사용할 수 있는 실험공간은 2층, 사무공간은 3층에 배치했다. 극지생물배양실은 시설보안실에서 작성한(‘22.11) 수요조사 결과반영 평면도를 기준으로 생명과학연구본부의 검토와 TF 보고(‘23.5.16, 보고안건 2호)를 거쳐 최종 공간 계획을 그림 13과 같이 확정하였다. 극지생물배양실은 크게 A, B, C 3개 구역으로 구분된다. A 구역은 온도가 12도로 유지되는 저온 배양실로, 온도가 15도 이상이 되면 생장 속도가 급격히 떨어지는 극지미세조류와 같은 호냉성 생물 배양에 적합하다.

B 구역은 다시 기내배양(B1, B2)과 기외배양(B4, B5)용으로 구분된다. 기내배양용 배양실은 밀봉된 용기 안에서 자라는 생물을 배양하는 공간으로 15도(B2)와 20도(B1)의 두 가지 온도로 구성되어 있다. 조직이나 세포 상태의 극지 동·식물과 미생물 배양이 가능하다. B3은 배양실로 들어가기 전 준비를 하고 물품을 보관할 수 있는 전실이다. B4와 B5는 식물을 재배하는 배양실로 온도가 18~20도로 유지되고 있고 제습기와 공기청정기를 비치하여 내부 환경을 식물 재배에 적합하게 유지하고 있다. B4는 광원의 파장별 식물 재배가 가능한 장비가 설치되어 있고 B5에는 스마트팜 시설이 갖춰져 있다.

C 구역은 배양용 생물을 접종하거나 간단한 분석을 위한 실험을 위한 실험실이다. 극지생물을 활용하기 위하여 배양을 할 수 있도록 실험대, 클린벤치, PCR 등 기본 실험 장비가 구비되었다(그림 14). 극지생물배양실에 비치한 실험 시설과 장비 목록은 부록 2에 있다.

바이오생산분석실에는 냉방기와 국소배기설비가 설치되었다. 국소배기설비는 환기 효율을 높이기 위한 설치로, 바이오 연구 활동에 필요한 쾌적한 환경을 마련하였다. 이와 같은 내부 시설 설치의 극지환경재현실용화센터의 기능을 극대화하고, 산·학·연 협력 연구와 실험에 적합한 연구 환경을 제공하는 데 중점을 두었다. 이밖에 구체적인 바이오생산분석실 시설과 장비 목록은 부록에 있다.

극지환경재현실용화센터 입주 기업이나 창업 기업, 창업을 준비하는 예비창업자들이 다양한 극지 생물을 극지생물배양실에서 배양할 수 있으며 바이오생산분석실에서 유용성분을 분석할 수 있다. 극지 생물을 활용한 실용화의 첫 걸음이 이곳에서 시작될 것이다.

제 2 절 극지환경재현실용화센터 운영전략 수립

1. 극지환경재현실용화센터 운영 전략

극지연구소 2023년도 기관운영평가 실적보고서에 따르면 극지환경재현실용화센터의 기본 방향은 크게 세 개로 구분된다: (1) 극저온 환경 플랫폼을 활용하여 전기, 전자, 기계, 화학, 바이오산업과 연계한 산업화 지원시설 (2) 중고등학생, 대학생, 과학 교사를 대상으로 극지 영상과 시료를 활용하여 극지 연구 관련 기초 및 심화 교육이 가능한 교육시설 (3) 극지 관측과 시료 장비 검교정, 시료 분석기술 등 극지연구 know-how 전수 및 실험 환경을 제공하는 창업 지원시설이다.

이와 같은 기본 방향을 반영하는 극지환경재현실용화센터의 비전으로 “**극지 환경의 접근 및 활용을 확대하는 협력 플랫폼**”을 설정하였다(그림 15). 극지 현장에서 직접 연구를 하거나 극지 유래 시료를 활용한 연구를 희망하는 국내 연구자는 많으나 실제 극지를 방문할 수 있는 연구자는 제한되어 있다. 남극이나 북극까지 장거리 이동을 위해서는 막대한 비용이 발생하며 이마저도 제한된 교통수단(쇄빙연구선, 항공기)으로 인해 접근이 어렵기 때문이다. 극지연구소는 극지 연구 저변 확대를 위하여 국내 연구기관을 대상으로 연구비를 지원하는 Polar Academy Program(PAP)을 운영하고 있는데, 2024년의 경우 최종 4개 과제를 선정했는데, 102개 과제가 지원하여 선정 비율이 4%에 불과했다. 기상 조건에 따라 이동 일정의 변경이나 지연이 빈번하고, 일 년 중 하계 기간(11월~2월)에만 현장 접근이 가능하며 연구 장비나 시료의 운송에 제약이 있어 물리적/시간적으로 극지 현장에서 연구를 하는 것은 한계가 많다. 또한 극지과학기지의 수용 인원과 연구 공간도 제한되어 있고 통신 인프라의 제약으로 인해 현장에서의 신속한 데이터 분석도 쉽지 않으며 극한 환경에서의 장비 오작동 및 고장도 발생할 수 있다. 이러한 제약들로 인해 남극 현장 연구는 상당한 어려움이 있기에 극지에 직접 가지 않아도 극지와 유사한 환경에서 연구할 수 있는 극지환경재현 시설이 필요하다. 따라서 내부시설이 완성될 때까지 극지환경재현실용화센터의 **가장 시급한 과제는 극지환경재현 인프라 구축**이라고 하겠다.

극지환경재현실용화센터의 기본 방향을 충실하게 실현하기 위한 목표로 (i) **극한 환경에의 접근성을 확대하여 공동 연구와 기술 개발 촉진**, (ii) **극지 특화 교육을 통한 미래 인재 양성 및 과학 저변 확대**, (iii) **극지 유망기술 발굴 및 실용화 촉진**, 세 가지를 설정했다. 이와 같은 목표를 이루기 위하여 가장 먼저 극한 환경에 접근할 수 있는 인프라가 필요하다.

극지환경 재현 인프라 고도화를 위하여 극지연구소뿐만 아니라 외부의 수요가 다양하며 현실적으로 구축 가능한 시설부터 단계적으로 추진하는 것을 운영전략으로 제시하였다. 또한 극지뿐만 아니라 저온 테스트가 필요한 다양한 분야에서 저온 인프라를 테스트베드로 활용하는 것도 운영전략에 포함시켰다. 2024년 극지과학 실험을 직접 해보는 프로그램을 고등학생과 교사를 대상으로 시범운영하였다. 그러나 실험마다 과학분야가 제한되어 통합교육을 위하여 극지과학 전반을 아우르는 몰입형 체험 교육의 필요성이 대두되었다. 따라서 **극지 특화 교육 프로그램 확산**을 위하여 몰입형-체험형 실험교육 프로그램 개발을 운영 전략에 추가했다. 이밖에도 극지 유망기술 발굴 및 실용화 지원 강화 방안을 운영 전략에 포함시켰다.

비전

극지 환경의 접근 및 활용을 확대하는 협력 플랫폼

목표

- 극한 환경에의 접근성을 확대하여 공동 연구와 기술 개발 촉진
- 극지 특화 교육을 통한 미래 인재 양성 및 과학 저변 확대
- 극지 유망기술 발굴 및 실용화 촉진

2030년까지의 운영 전략

1. 극지환경 재현 인프라 고도화

- 극지대기환경모사실, 복합저온실 등 실증 인프라 확충
- 극한 환경 적용 기술 개발 및 적용을 위한 테스트베드 운영
- 기술 창업을 위한 인프라 및 자원 제공, 기술 이전 촉진

2. 극지 특화 교육 프로그램 확산

- 초등~대학원생 대상별 극지과학 교육 프로그램 확대 운영
- 몰입형-체험형 실험교육 프로그램 개발로 교육 효과성 제고
- 교육청, 과학관, 박물관 등과 연계한 교육 프로그램 운영

3. 극지 유망기술 발굴 및 실용화 지원 강화

- 극지 센서, 신소재, 데이터 분석 SW 등 실용화 유망기술 발굴
- 기술성숙도(TRI) 향상을 위한 맞춤형 기술지원 프로그램 운영
- 창업지원단 등 외부 전문기관과 협력하여 기술사업화 지원

그림 15. 극지환경재현실용화센터의 비전, 목표, 운영 전략

2. 극지환경 재현 인프라 고도화

극지환경 재현 인프라를 구축하기 위한 전략을 수립하기 위하여 저온 인프라에 대한 기존 수요와 계획을 먼저 분석하였다.

가) 극지대기모사실

□ 용도

- 극지역의 저온 및 강풍 환경을 모사하여, 극한환경에서의 장비 개발 및 시험, 극지현장 활동 인력에 대한 훈련에 활용
 - 기온을 실온에서 영하 40℃ 수준까지 조성하여 극지역과 유사한 극저온 환경을 재현하고, 동시에 20㎾ 범위 이내의 바람을 발생시켜 극지역의 활강풍 또는 블리자드 환경을 재현함
 - 상기와 같이 저온·강풍 환경에서 각종 장비를 시험 운영함으로써 극한환경에서 운용될 장비의 내구성·정확성·운용성 등을 검증하고 개발에 활용
 - 남북극 등 극한 환경에서 활동할 인력을 대상으로 한 장비 설치 및 운영 등 훈련활동 수행
 - 극한 조건에서 현장활동을 연습함으로써 극지현장에서 발생할 수 있는 안전사고를 예방하는 효과를 기대할 수 있음

□ 핵심 성능

- 극저온 및 강풍 구현
 - 실온부터 영하 40℃ 범위 기온 설정하여 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 범위에서 유지
 - 0 ~ 20㎾ 범위 내에서 목표 풍속 설정하여 $\pm 10\%$ (또는 $\pm 1\%$) 범위에서 유지
 - 장비 시험에 필요한 면적 (내부 6m×6m 이상, 층고 2.5m 이상)

□ 필요 장비·기기

- 영하 40℃ 저온 구현을 위한 냉방장치
- 20㎾ 강풍 구현을 위한 바람 발생장치
 - 0 ~ 20㎾ 범위 내에서 목표 풍속 설정하여 $\pm 10\%$ 또는 $\pm 1\%$ 범위에서 유지
 - 시험위치(주)에서 설정 풍속 구현
주) 시험위치: 실내 중심축 부근에 1m×1m 면적, 바닥으로부터 높이 1~1.5m 범위
- 기타
 - 대형 방열출입문 (너비 2.4m 이상, 높이 2.5m 이상,

- 관측창 및 CCTV
- 내외부 전력 및 통신망
- 배수 시설
- 중량물 테스트를 위한 바닥 하중 (500 kg/m² 이상)

□ 연구 목적과의 부합성

- 국제과학계에서는 기존 예상보다 빠른 지구온난화가 전지구환경에 미칠 영향을 시급히 이해하고 대응책을 마련할 필요성이 제기되어 2023년 10월에 5차 극지의해(IPY) 계획을 발표하고 2032-2033년 극지 집중관측을 위한 국제사회의 관심을 촉구하고 있음
- IASC(북극과학위원회) 및 SCAR(남극과학위원회)는 급격한 기후변화에 대해 시급한 이해 및 대응의 필요성에 공감하여 2023년 10월 공동으로 5차 극지의해(IPY) 계획을 발표하고 2032-2033년 극지 집중관측을 추진중임
- 극지연구소는 K-루트 사업을 통해 남극장보고기지에서 남극내륙기지 후보지까지 총 길이 1740km의 루트를 2023년 12월 완료하였고, 2032년 남극내륙기지 건설을 추진하고 있음
- 남극에서 활동 영역이 넓어짐에 따라 극저온 환경에서 성공적인 연구를 위해서는 남극 현장에서 운용할 관측장비에 대한 개발 및 국내 사전 테스트가 필수적임
- 재현시설은 상기와 같이 극한지에서의 연구활동 필요성이 높아지고 있는 대내외적 필요성에 대응하기 위해 필요한 연구시설임

□ 국내·외 유사 시설

순번	시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동 활용 여부	비 고
1	환경시험동	한국조선해양기자재연구원	○	부산 미음 산업단지 소재
2	해양플랜트산업지원센터	선박해양플랜트연구소	○	경남 거제도 소재
3	기후환경실험실	한국건설생활환경시험연구원	○	충북 진천군 소재

□ 기대 효과

- 과학기술적 측면
 - 극지역과 유사한 저온·강풍 환경에서 관측장비, 데이터장비, 통신장비 등 각종 장비를 테스트함으로써 극지역 대상 과학장비의 내구성·정확성·운용성 개선 등을 검증하고 개발하는데 활용

- 재현시설에서 사전 검증된 장비를 극한지에서 운영함으로써 실패율을 최소화하고 데이터 획득율을 높혀 과학적 연구성과 창출에 기여
- 남북극 등 극한 환경에서 활동할 인력을 대상으로 한 장비 설치 및 운영 등 훈련활동 수행을 통해 숙련도 제고 및 목표 달성도 향상

○ 경제적 측면

- 인천 및 수도권에서의 우수한 접근성을 기반으로 산업체 및 연구소의 연구개발 과정을 지원함으로써 신기술 및 신제품개발 기간을 단축하고 학연산 협력 촉진 및 개발과정 촉진을 통해 가진 시설을 활용해 인접지역 연구소와 민간업체에서 편리하게 활용할 수 있어 협력 및 연구활동을 촉진

○ 사회적 측면

- 극한 환경에서의 활동 훈련을 통해 극지현장에서 발생할 수 있는 안전사고 예방

○ 지역적 측면

- 인천광역시 및 수도권에 위치한 대학, 연구소, 민간업체에서 편리하게 접근할 수 있어 인천 및 수도권 소재 학·연·산 협력 및 연구 인프라 활용 촉진
- 교육 및 체험 활동을 통해 인천 및 수도권 지역내 청소년을 대상으로 한 교육적 효과 달성
- 극지역 연구 및 극한환경용 기술개발 면에서 지역적 특화 가능

나) 에어로졸 모사실

- 자연유래 또는 인위적 발생원에 의한 극지 대기 에어로졸(미세입자) 발생 및 성장 과정을 연구하기 위한 ‘에어로졸 모사실’이 필요함(그림 16-19)
- 에어로졸 모사실 내부에 위치한 에어로졸 모사 챔버에서 발생한 가스상 및 입자상 물질의 물리화학 특성을 실시간 분석하기 위한 각종 분석 장비 운영을 위하여, 에어로졸 모사실과 인접한 공간에 별도의 분석실(가로 9m, 세로 5m) 및 준비실(가로 4.0m, 세로 4.0m)을 요구함(그림 20)
- 대기 중 에어로졸 발생은 일차 에어로졸과 이차 에어로졸 기작으로 나눌 수 있으며, 에어로졸 모사실은 이 두 과정을 모사하기 위한 연구장비 운영이 가능하여야 함. 에어로졸 발생 모사 실험 수행 및 필수 운영 장비 유지를 위하여 해당 모사 실험실은 최대 영하 20도에서 영상 20도 수준의 온도 조절이 가능한 설비가 요구됨
- 일차 에어로졸 및 이차 에어로졸 모사 장치는 해수챔버, 입자발생기, 입자포집기 등을 포함하며, 해당 장비 운영을 위해서는 충분한 실내 공간(약 가로 4.0m, 세로 4.0m, 높이 2.0m)이 필요함. 또한, 에어로졸 모사실은 정기적인 장비 검교정 및 유지보수 작업을 위하여 너비 1m, 높이 1.8m 이상의 주출입문, 전원공급, 환기 장치 등을 포함하여야 함
- 에어로졸 모사에 사용되는 챔버 및 제반 실험 장비들의 세척을 위해 준비실에 개수대와 급수시설이 요구됨. 분석실에 설치될 장비에서 유기용매의 휘발이 발생될 수 있으므로, 이를 위한 흡 시설 (예, 천장형 암후드 후드 등)이 요구됨
- 에어로졸 모사실은 아래의 전문 연구기관 및 대학과 에어로졸 형성 기작에 관한 다양한 연구 수행이 가능함
 - 극지 대기 나노입자 형성 모사연구: 광주과학기술원, 이화여자대학교, 경인여자대학교
 - 극지 해양/육상 유래 기후가스 발생 모사연구: 포항공과대학교, 고려대학교, 연세대학교
 - 극지 대기 에어로졸 물리화학 특성 변화 연구: 기초과학기술지원연구원, 한국표준과학연구원, 한국과학기술연구원, 서울대학교

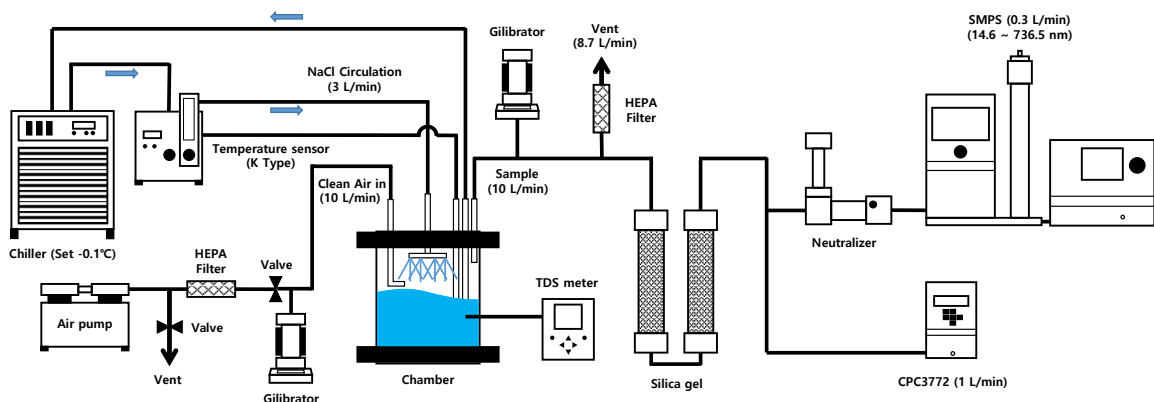


그림 16. 소규모 (5L) 에어로졸 발생 모사 실험 모식도

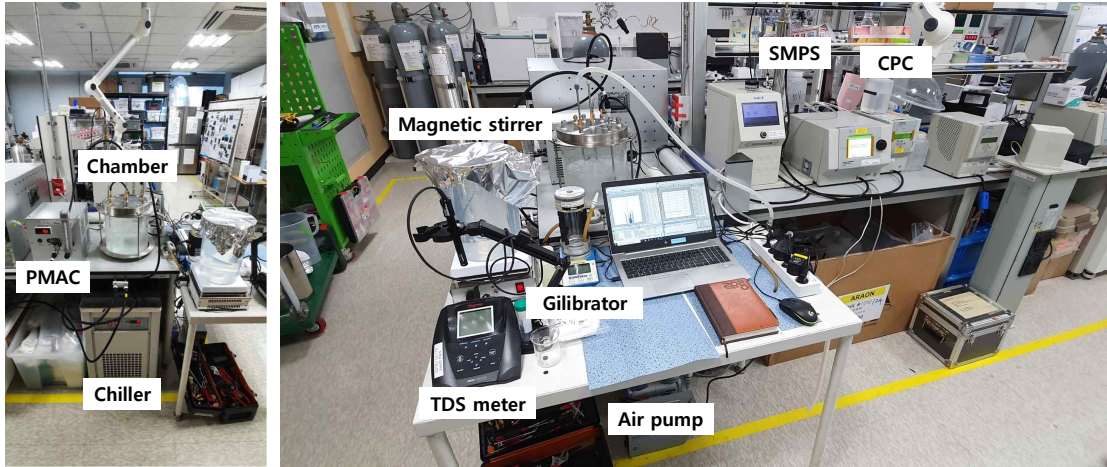


그림 17. 소규모 (5L) 에어로졸 발생 모사 실험에 활용되는 에어로졸 분석 장비 사진

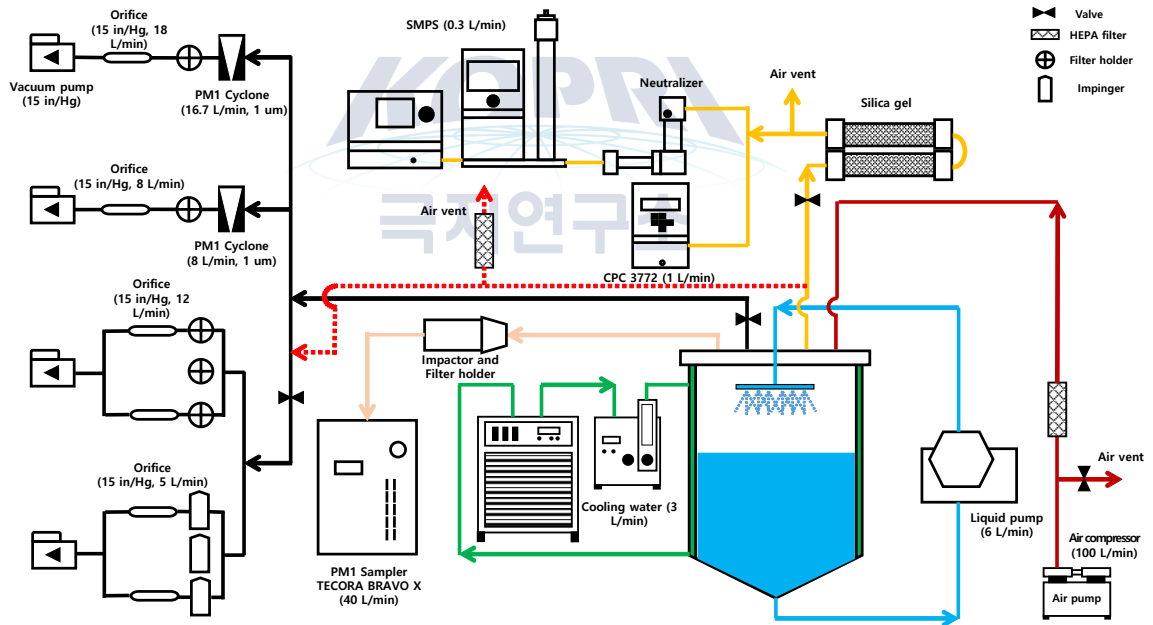


그림 18. 중규모 (50L) 에어로졸 발생 모사실험 모식도



그림 19. 중규모 (50L) 에어로졸 발생 모사 실험에 활용되는 에어로졸 분석 장비 사진



그림 20. 극지 대기 에어로졸 발생 연구수행을 위한 ‘에어로졸 모사실, 준비실, 분석실 공간 제안

- ‘에어로졸 모사실’에서는 극지 대기환경 모사가 가능한 일차 에어로졸 및 이차 에어로졸 모사 챔버를 운영하며, ‘준비실’에서는 에어로졸 모사실에서 안전한 작업을 수행하기 위한 피복 착용 및 극지 시료(해수, 육상생물, 해양생물 등) 전처리 작업을 수행하며, ‘분석실’에서는 모사 챔버에서 발생한 다양한 가스 및 입자상 물질의 물리화학 특성 실시간 분석에 활용될 다양한 분석기기들이 위치함
- 기후가스 분석: VOC농도 실시간 분석기 (PTR-TOF-MS), 가스크로마토그래피 (Gas Chromatography)
- ‘분석실’에는 각종 고압가스 (질소, 헬륨 등) 활용을 요구하는 고가의 분석기기가 설치될 예정이므로, 고압가스 공급을 위한 관련 시설 설치가 필요함
- 위 수요를 바탕으로 에어로졸 모사실은 극지대기 환경에서의 에어로졸 발생을 모사하는 실험을 위해 적정 수준(온도조건: 영하 20도~영상 20도/면적: 약 가로 4.0m, 세로 4.0m, 높이 2.0m)의 냉동시설 구축을 요구함
- 냉동시설 구축에 필요한 구체적인 비용은 추후 관련 전문 업체와의 협의 후에 산정될 예정임



다) 극지동토모사실

□ 용도

- 급격한 온난화가 진행 중인 남극의 연안지역 토양에서 일어나는 미생물군집 조성 및 분해 활성 변화를 모니터링하기 위해, 세종기지 이전 달 월평균 기후 조건을 다음 달에 환경 모사실 내에서 동일하게 재현
 - 월평균 기온 (영하 20도 ~ 영상 20도)
 - 월평균 풍속 (0 ~ 10 m/sec)
 - 월평균 일조량 (4 ~ 20 시간)
 - 월평균 자외선량
 - 월평균 습도
- 온난화에 따른 남극 연안지역 토양 내 미생물군집의 변화가 유도하는 식생 변화를 모니터링하기 위해 세종기지 시계열 기후 변화를 시설 내에서 동일하게 재현
- 남북극 지역 토양 코어의 해동 과정 동안 일어나는 미생물 군집, 토양의 물리화학적 특성, 온실가스 거동 변화를 동시에 모니터링하기 위해 시계열 온도 변화(영하 20도 ~ 영상 20도)를 시설 내에서 재현

□ 핵심 성능

- 시기별 남북극 환경 변화를 유사하게 재현하면서 식물과 미생물 배양이 가능하도록 설계된 냉동-냉장 순환이 가능한 10평 부스형 공간
 - 온도 변환 설비 (영하 20도 ~ 영상 20도)
 - 풍속 변환 설비 (0 ~ 10 m/sec)
 - 자외선(UV-C lamp)과 가시광선(Fluorescent lamp) 조사 설비
 - 전기 설비(온도, 수분 등 각종 센서들의 동작 및 로깅)
 - 배수 설비
 - 모사실과 분석실 간 기체 이동을 위한 연결 설비(모사실로의 외부 기체 공급 및 발생한 기체 정량/정성 분석용)
- 식물과 토양을 전처리하기 위한 전실 공간
- 모사 실험에서 발생하는 기체들의 실시간 정량/정성 분석을 위한 분석실 공간

□ 필요 장비·기기

- 특수한 기능의 장비나 기기 필요 없이 일반적인 설비로 운영 가능함

□ 연구 목적과의 부합성

○ 남극의 급격한 온난화가 유도하는 육상생태계 영향 규명 필요

- 기후변화는 농작물과 산림의 생육환경 변화, 병원균의 분포변화, 농수산 자원의 분포변화 등 인간 생활에 큰 영향을 미치는 생태계 변화를 동반하므로 이에 대비하는 생태계 변화 예측기술 개발이 필요함
- 2018년 IPCC의 1.5도 특별보고서에 의하면 남극반도의 온난화는 이미 전세계 평균을 상회하며 그 영향으로 생물분포 지역이 남하할 것으로 예상되며, 고유종의 멸종, 외래종의 유입, 생태계 구성과 기능에 변화가 생길 것으로 예측하였음
- 남극생태계의 환경변화와 생물반응 모니터링 및 이를 통한 생태계의 작동원리 규명은 주요 연구주제임
- 남극 킹조지섬은 온난화가 가장 빠르게 진행되고 있는 지역으로서, 기후변화에 의한 생태계의 반응 및 변화가 매우 역동적인 지역임
- 킹조지섬 바톤반도는 육상생태계 구성요소에 대한 관측거점 구축이 완료되어 환경변화와 생물반응 자료의 안정적인 확보가 가능하며, 남극반도 또는 동남극 등 남극 내 타지역 생태계와 비교 연구를 수행할 수 있는 최적의 장소임
- 남극의 급격한 온난화가 유도하는 육상생태계 영향을 규명하기 위해서는, 남극 현장 방문 연구만으로는 부족하므로 국내에서 남극 생태계와 동일한 환경 조건을 재현하면서 생물의 변화와 반응을 연구할 수 필요가 있음

○ 남극 생태계의 미래 변화 예측을 위한 생리생태 연구 강화 필요

- 극지연구소에서는 기존 주요사업을 통해 남극 지역 생태계 연구를 수행해 왔음
- 초기에는 환경요인 장기관측 기반 구축과 생물다양성 조사에 집중했고 이후 생물반응 관측과 반응기작 연구를 도입하였음
- 향후 환경요인과 생물반응의 연결고리를 생성하는 생리반응 중심의 연구가 필요한 시점이며, 이를 통해 미래의 환경변화에 대한 생물반응 예측기술 개발이 가능함

○ 지속 가능한 남극 생태계 종합관측 기술의 선도적 개발 필요

- 남극 육상생물에 대한 심층적인 생리생태 반응을 규명하고 육상생태계 모델링을 위한 기술기반을 확보함으로써 남극 육상생태 연구의 국제적 선도가 가능함

○ 북극 동토층 해빙에 따른 온실가스 방출 및 육상 생태계 변화 관련 연구 강화 필요

- 지구 온난화로 인한 영구동토층 해빙 가속화와 대량의 온실가스 방출 문제는 전지구적 해결 현안임
- 동토 미생물은 메탄, 이산화탄소, 이산화질소와 같은 온실가스 발생/산화와 직접적인 연관이 있음에도 현재까지의 기후 예측 모델에서 등한시 되어왔음
- 동토 해빙에 따른 온실가스 거동 모델의 정확도를 높이기 위해서는 온실가스 거동 변화에 관여하는 미생물들의 대사 과정과 더불어 이들 대사 과정에 관여하는 다양한 조절 인자들에 대한 정량/정성 분석이 반드시 필요함
- 북극의 경우 접근성의 문제로 현장의 실측자료는 턱없이 부족한 상황이며, 특히 얼어있는 동토 땅 속 미생물 변화와 각종 대사물질들의 조성/플럭스 변화를 현장에서 지속적으로 측정하기에는 많은 한계점이 있음
- 따라서, 극지 토양 환경 모사를 통해 영구동토층 해빙으로 인해 발생하는 다양한 변화 양상을 재현함으로써 각종 시나리오 별로 온실가스 거동을 조절하는 주요 미생물, 대사물질, 토양 특성 인자들 도출이 가능해짐. 이렇게 도출된 인자들은 향후 동토 해빙에 따른 온실가스 거동 모델의 핵심 파라미터로 사용되어 모델의 정확도 향상에 기여할 수 있음
- 남극의 급격한 온난화가 유도하는 육상생태계 영향 규명 필요

□ 국내·외 유사 시설

순번	재현시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동 활용 여부	비 고
1	극한온도실험시설 Extreme Temperature Chamber	서울대학교	○	-60 ~ +60도 온도 도에 노출된 재료 및 구조물에 대한 안정성 검증 및 극한지역에서의 건설공법 개발 및 검증

□ 차별성

- 급격한 온난화가 진행 중인 연안성 남극의 토양 내에서 일어나는 미생물 군집조성과 분해활성의 변화를 모니터링하기 위해, 세종기지 이전 달 월평균 기후 조건을 다음 달에 토양환경모사실 시설 내에서 동일하게 재현하기 위해서는 냉동-냉장 순환이 가능한 10평 부스 설치가 필요함
- 주요 사용 목적은 극지역 토양환경 변화를 시기별로 재현하면서 식물과 미생물 성장을 유지하는 것이며, 아래의 성능을 요구함
 - 영하 20도~영상 20도 순환 가능

- 바람과 자외선과 가시광선의 광도 조절이 가능한 설비
- 외부에서 내부 환경변화를 관찰할 수 있는 일정 크기의 통유리 설치
- 환경모사실 입구 옆에 흡후드가 설치된 전처리 공간

- 현장 동토층의 수직구조를 그대로 재현한 intact core 상태로의 동토 해빙 실험. 다양한 종류의 동토 코어 시료들을 대상으로 실제 현장의 동토층 해빙 과정에서 일어나는 다양한 현상들을 동일하게 재현 가능
 - 영하 20도~영상 20도까지의 온도 조절을 통해 동토를 둘러싼 외기 온도 세팅이 가능하며, 식물 생육기간 중 실제 현장에서 주기적으로 발생하는 활동층의 동결-융해 과정 재현 가능
 - 상층부에 백열구 등의 광원 세팅으로 실제 동토 표면에 내리쬐는 태양광 재현. 광량 및 열원 조절을 통해 동토 해빙 과정에서 활동층이 깊어지는 현상 재현 가능
 - 코어 외부 열선(heating cable) 세팅으로 현장의 토양 깊이에 따른 온도 구배 재현 가능. 토양 깊이 별 온도 조절을 통해 겨울철 특정 깊이에서 0도로 유지되며 얼지 않는 zero curtain 현상 재현. 토양 내 수면(water table) 조절을 통한 동토 해빙 시 건조화 및 열카르스트/탈릭 형성 조건 모사
 - 파이프라인을 통해 현장 대기 성분과 유사한 외부기체 투입, 모사 과정에서 발생하는 온실가스의 정량/정성 분석 및 토양 깊이 별 온습도 등의 환경인자 자료의 실시간 모니터링 및 로깅 가능

극지연구소

□ 기대 효과

○ 과학기술적 측면

- 극지역 토양 생태계 유지에 참여하는 주요 미생물의 다양성 및 잠재적 유해 미생물 군집 다양성 분석을 통해서 생태계 작동 원리를 파악하고, 유해 미생물의 확산을 최소화하는 방안을 모색할 수 있음
- 생태학적인 지식을 기반으로 지속 가능한 극지 환경 관리 및 보전 전략을 계획할 수 있음
- 남극 육상생태계에 대한 정보를 바탕으로 개발된 생물반응 분석기술과 환경변화 예측기술을 한반도 생태계 변화 연구에 활용할 수 있음
- 국제적 남극 육상생태계 변화 연구에서 선도적인 역할을 수행할 수 있는 기반을 마련함
- 다양한 동토 해빙 시나리오에서 도출된 온실가스 거동 관련 조절 인자들을 파라미터화 하여 동토 해빙에 따른 온실가스 거동 예측 모델의 정확도 향상에 기여

○ 경제적 측면

- 글로벌 기후변화에 따른 유해 미생물 군주의 발생과 전파를 모니터링 및 확산을 억제하

는 정책 수립에 도움을 줄 수 있음

- 환경변화에 대한 적응 전략 개발을 위한 기초 자료를 제공할 수 있음
- 주요 경제적 작물(고추, 감자 등)에 피해를 주는 토양 유래 식물병원균의 생리생태적 특성을 연구하여 이들 병원균의 발생과 전파를 조기에 예측할 수 있는 기초 연구에 이용할 수 있음

○ 사회적 측면

- 남북극 토양 생태계 내에 존재하는 잠재적 유해 미생물에 관해 연구함으로써 기후환경변화로 인해 인간이 직면할 수 있는 미생물 감염에 대한 대응책 마련
- 글로벌 기후환경변화로 인한 작물생장을 저하화 식물병원성 미생물 발생 기작과 결과를 연구하여 새로운 농업기술(스마트팜) 개발에 필요한 기초지식 제공
- 극지역 인근에서 식물병원균의 확산을 조기에 예방할 수 있으므로, 경제적 손실을 줄이고 안정적인 식량 확보에 기여
- 글로벌 현안인 기후 변화 이슈의 주요 पार्ट인 영구동토층 해빙과 온실가스 거동 문제에 과학적으로 기여함으로써 북극권 오퍼버 국가로서의 외교적 역할 수행 및 국가 이미지 제고

○ 지역적 측면

- 지역 내 다양한 연구기관과의 시설 공동이용 및 공동연구를 위한 지역 인프라 제공



라) 빙해환경실

□ 용도

○ 해빙 형성 모의 실험

- 극지 외부 환경에 따른 해빙 형성 과정 모의
- 해빙의 brine channel 형성 기작 연구

○ 극해역 해빙 환경 모의 실험

- 극해역 환경 재현 기술 고도화를 통한 해빙미세조류(ice algae) 배양 연구
- 기후 변화로 인한 극해역 환경 변화에 따른 해빙미세조류 반응 연구

○ 극해역 연구활동 시연 / 교육

- 극지 해역에서 활용되는 연구활동 재연 및 연구장비 교육 및 홍보
- 연구장비 빙해 성능 평가 시험 및 장비간 비교 검증

□ 핵심 성능

○ 빙해 모사 성능

- 최저 실내 기온 -20°C 유지를 위한 냉각 및 온도 조절 성능
- 해빙 형성을 위한 수조(길이 4m, 폭 3m, 깊이 1m)
- 강설 모의 시설(시간당 0.25-0.3 m3)

○ 극해역 환경 모사 성능

- 극해역 환경에서 해빙미세조류 배양을 위한 원형 수조 2기(내부직경 1.6m, 깊 2m)
- 극해역 환경에서 연구장비 시험용 수조 1기(길이 4m, 폭 2m, 깊이 1m)
- 극해역 환경과 유사하도록 최저 수온 0°C 유지를 위한 냉각 및 순환 성능
- 실험실 환경 유지를 위한 항온항습(냉각 능력 10kW 이상, 표준 제습면적 140m²이상)
- 고중량 연구장비 테스트를 위한 호이스트 설비(최소 200kg, 3m이상 거중)

□ 필요 장비·기기

○ 냉동 설비

- 냉각 및 온도 조절 설비 포함

○ 빙해모사 수조

○ 해양모사 수조

○ 항온항습기

○ 호이스트

□ 연구 목적과의 부합성

- 빙해연구실은 극지 해역의 환경을 재현하여 연구 현장에서 시간적 제약으로 수행하지 못했던 다양한 재현 실험을 수행할 수 있는 시설로, 해빙 뿐 아니라 대기 조건(기온, 강설 등)도 극지와 유사한 환경을 조성하므로써 재현 실험의 현실성을 높일 수 있음.
- 기후변화로 인해 예상되는 극지 해빙환경의 변화에 따른 생물 (해빙성 무척추동물, 해빙 미세조류, 미생물)의 반응 실험 등 극지 해역에서 예상되는 다양한 기상, 해빙/해양 조건을 상정하여 모의실험이 가능함.
- 극지 해역에서 장기 관측 계류 시스템 운영을 위하여 부속 장비에 대한 저온 환경에서 시험 운영이 필요하며, 본 시설에서 재현된 환경에서의 시험 운영은 극지 현장 운용에서 안정성 증대에 기여할 것으로 기대됨. 아울러 국내 신규 개발된 해양관측장비를 극지에서 활용하고자 할 때, 테스트베드로서의 최적의 공간을 제공할 것으로 기대됨.

□ 국내·외 유사 시설

순번	재현시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동 활용 여부	비 고
1	빙해수조	선박해양플랜트연구소 (대전광역시 유성구)	○	산박에 대한 활용도가 높아 극해역 물리적, 생화학적 환경 재현에 부적합
2	북극 환경 시험 수조 Arctic Environmental Test Basin(AETB)	Hamburg Ship Model Basin(HSVA) (독일 함부르크)	○	기온조절시스템과 해류발생기, 송풍기, 파랑 발생기 등을 갖추고 있어 실제 북극해와 유사한 환경 재현 가능하나 국외 시설로 활용가능성이 낮음
3	실증해상 모사 수조 Actual Sea Model Basin(ASMB)	일본 국립 해상기술안전연구소((National Maritime Research Institute, NMRI) (일본 도쿄)	○	송풍기와 파랑 발생기가 설치되어 있어 실제와 비슷한 해상 환경에서 산박안전 실험 수행 가능하나, 국외 시설로 활용가능성이 낮음

□ 차별성

- 해양과 대기까지 조절되는 극지 재현 공간
 - 기존 해빙수조는 선박의 극지운항 성능 시험을 위한 목적으로 구축된 시설로, 수조에 해빙을 형성할 수 있는 능력은 있으나, 해빙 주변 환경까지 조절할 수 없음. 반면 구축을 추진하는 빙해수조는 최저 -20℃까지 냉각 및 온도 조절이 가능한 시설에 위치하여 해빙 및 대기까지 모두 극지 해역과 유사한 환경을 조성할 수 있음.

- 적절한 크기의 수조 구축으로 기존 설비에 비해 정교한 환경 조절
 - 기존의 해빙수조(선박해양플랜트연구소 빙해수조 길이 42m, 폭 32m)에 비해 작은 4m X 3m 크기의 수조로 해빙 형성의 미세 과정을 정교하게 조절할 수 있음. 또한 기존의 해빙수조는 해수를 냉각시켜 해빙을 형성하는 시설이라면, 구축 예정인 시설은 대기의 냉각을 통해 해빙이 형성되는 과정을 사실적으로 모사할 수 있는 시설로, 극지 환경을 더 정교하게 반영할 것으로 기대됨.

□ 기대 효과

- 과학기술적 측면
 - 극지 환경 재현 기술 고도화
 - 저온, 해빙, 강설 등의 극지 환경을 국내 시설에서 재현함으로써 대형 혹은 유사 연구 시설의 구축 및 운영 노하우 축적 기대
 - 다양한 환경 조건에서의 물리적, 생화학적 모의 실험 수행
 - 수온 및 기온 등의 정교한 조절을 통해 기후변화에 따른 극지 환경 변화를 모사하여, 생태계 반응 등을 규명할 수 있는 연구 수행 기대
 - 재현된 극지 환경에서 사전 테스트로 극지 현장 적용시 연구장비 운영의 안정성 향상 및 장기간 고품질 해양 관측 자료 생산 기대
 - 해빙/해양 환경 변화를 파악하기 위한 핵심 기술 확보 및 중/장기적 자료 축적, 정밀한 분석 기술 확보
 - 해빙환경 데이터와 생물 데이터를 신속하고 정확하게 측정하는 시스템을 체계화하여 연구 효율성과 신뢰도 향상
 - 해빙연구에서 다양한 데이터 획득 방식을 체계화 하고 샘플링 이후 물리, 화학, 생물 분석 연계 작업까지 이어지는 기술 혁신 시스템 기반 구축
 - 해빙/해양생태계의 환경 특성, 개체에서 먹이망 수준에 이르는 multi-level에서의 생태계 변화 감지 및 예측기술개발을 위한 기반 구축
- 경제적 측면
 - 극지 현장 출장 대비 비용 감소 및 극한지 산업 생태계 정착 기여
 - 극지현장에서 수행하는 해빙/해양 연구 과정의 일부를 모의 수행 가능하여 현장에서의 시행착오를 줄이고, 극지 출장의 횟수, 인력, 기간 등의 비용 감소로 연구 효율성과 비용감소 효과 기대

- 국내에 실증 극지재현시설 완성으로 국내 연구장비 및 극한지 특화 장비, 기술 개발 업체의 검증 비용 절감 등으로 극한지 산업 정착 및 활성화에 기여
- 중장기 모의 수행으로 보다 체계적인 해빙/해양환경 관련 연구기술개발 수행 기반 구축
 - 극지해양/해빙 연구와 북극항로에서 수행해야하는 환경영향 평가 기술 기반 구축
 - 해빙 환경변화에 따른 생태계의 변화 예측 연구의 기반구축 및 환경보호를 위한 자료로 활용
 - 해빙/해양환경-생태계 연구 혁신 노하우를 통해 국제연구를 선도하고 연구 네트워크 구성

○ 사회적 측면

- 극지연구활동의 대국민 홍보 및 극지 이슈 관심 제고
 - 체험형 전시 프로그램을 통해 전문가 그룹과 일반 국민 사이에 존재하는 극지정책 체감도 격차를 완화하고, 극지 관련 이슈에 대한 관심 제고에 기여할 것으로 기대.
- 범국제적 환경연구 기술개발에 동참함으로써 국제협약 의무 이행 및 국제사회적 위상 제고
 - 극지 해빙/해양환경 및 생태계 보전을 위한 범국제적 환경연구 기술개발에 기여함으로써 국제사회 위상 제고
 - 미래 해빙/해양 환경변화의 효율적 관리와 지속가능한 이용을 위한 환경지표 제공 및 기후 변화 대응 정책 수립시 활용 가능

○ 지역적 측면

- 지역 교육 연계 교육 프로그램 발굴
 - 지역 교육기관과 연계한 체험 위주의 극지 관련 학생 및 교사 교육과정 개발 등으로 지역 사회와 연계한 교육 프로그램 발굴.
- 거점 지역 극지 관련 전문 인력 양성 기여
 - 미래세대에 대한 극지 체험형 기회 제공을 통해 극지의 관심도를 높이고, 장기적으로 관련 지역 인력 양성으로 이어질 것으로 기대됨.

마) 극지코어센터

□ 용도

○ 빙하코어 보관

- 대용량 냉동 저장 시설을 통한 빙하코어의 장기 보존
- 연구 목적에 따라 영하 15°C~50°C 이하의 극저온 환경 유지, 다양한 지역의 빙하코어에 대한 연구 목적 맞춤형 보관 조건 제공

○ 빙하코어 전처리

- 빙하코어의 절단 및 샘플 준비
- 오염 방지를 위한 국제 표준에 부합하는 청정실험실 환경에서의 전처리 작업 수행

○ 기초분석 수행

- 빙하코어 연구를 위한 물리·화학적 기초자료 생산
- 분석 장비를 통한 과거 기후 변화, 대기 성분 등의 연구 및 최신 분석 기술의 도입 및 연구능력 강화

○ 빙하시추 기술 개발 및 테스트

- 새로운 빙하시추 기술 연구 개발 및 테스트
- 빙하시추 캠프 구현 및 극지역 적용을 위한 현장 모사 테스트 환경 제공

○ 교육, 연구 국제협력 플랫폼

- 학생 및 연구원을 위한 실습, 연구, 훈련 기회 제공
- 국내외 신규 빙하코어 연구 수요 대응을 위한 테스트베드 제공
- 공동 연구 프로젝트 및 빙하코어 시료 공유 플랫폼 구축
- 국내외 빙하코어 연구 네트워크와의 협력 강화

□ 핵심 성능

- 온도 유지: 빙하코어 보관을 위한 -50°C에서 -15°C 사이의 온도 유지 능력
- 중량 적재: 빙하코어 시료 및 박스를 적재할 수 있는 최적화된 중량 랙
- 오염 방지: 청정실험실에서의 오염 방지 시스템, HEPA 필터를 통한 공기 청정
- 정밀 분석: 빙하코어의 화학적 및 물리적 성분 분석을 위한 고정밀 분석 기능

□ 필요 장비·기기

- 냉동 저장 시설: 대용량 냉동고 및 온도 조절 시스템, 중량 랙
- 청정 실험실: HEPA 필터 공조 시스템, 청정/무균 실험대, 시료 오염 방지를 위한 실험실

설계

- 전처리 장비: 빙하코어 절삭을 위한 톱
- 분석 장비: 전기전도도 측정기, 얼음 광학 관측장비, 얼음 밀도 측정기, 초순수 제조기, 공동광자감쇠분광분석기(CRDS), 기체 크로마토그래피(GC), 질량 분석기(MS), 코어 절단 및 샘플링 장비

□ 연구 목적과의 부합성

- 빙하코어는 빙하 환경에서 확보 가능한 가장 기본적인 시료 형태로, 과거 지구 환경과 시간에 따른 그 변화를 복원하는 다양한 연구에 사용
 - 지구환경이 변화가 어떻게 이루어지는지 과학적으로 이해하여 미래 기후 변화 예측 및 대응 능력 개선
- 극지코어센터의 대표 기능은 빙하 시추 기술 개발, 세계 여러 빙하 지역에서 채취한 빙하코어 저장, 큐레이션, 기후/환경 변화 지시자 분석 및 과거 기후/환경 변화 연구
 - 극지 또는 고산 빙하 접근이 쉬운 국가들과는 달리 우리나라에는 만년설조차 없어 테스트가 필수적인 빙하 시추 기술 개발 어려워 별도 시설 필요
 - 상당한 인력과 예산이 투입되어 획득한 빙하코어의 현재 및 향후 연구를 위해 손상, 변형, 오염 없이 장기 보존
 - 연구자들이 극지 현장에 가지 않고도 빙하코어 획득, 또는 실험과 측정 수행 가능한 연구 환경 제공
- 극지코어센터는 세부적으로 다음과 같은 연구 목적에 부합
 - 고정밀 기후 데이터 분석: 고해상도, 고민감도의 분석 장비를 통해 빙하코어에서 정밀한 기후 데이터를 추출할 수 있으며, 이를 통해 과거의 기후 변화 패턴을 재구성하고, 현재 및 미래 기후 변화의 예측에 기여
 - 연구 네트워크 구축 및 국제 협력: 본 시설은 국내외 연구기관과의 공동 연구 및 정보 공유의 중심지 역할을 하며, 극지 연구의 글로벌 협력을 촉진함. 이는 국제적인 과학 커뮤니티 내에서 국가의 연구 역량을 강화하고, 국제 협력을 통한 새로운 연구 기회를 창출
 - 극지 연구의 핵심 인프라 제공: 극지코어센터는 빙하코어 보관, 전처리, 분석을 위한 최신 시설과 장비를 갖추고 있어, 국내 연구자들이 국제 수준의 연구를 수행할 수 있는 기반을 제공. 이를 통해 극지 연구의 질을 향상시키고, 국가적인 과학 연구 경쟁력을 강화

□ 국내·외 유사 시설

- 국외

순번	재현시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동활용 여부	비 고
1	국가과학재단 빙하코어 시설 National Science Foundation (NSF) Ice Core Facility	US NSF, USGS (미국)	자국내 공동활용	· 1557 m ³ @ -36°C (보관) · 340 m ³ @ -24°C (실험) · 보관, 전처리·기초분석, 홍보·교육
2	저온실 시설 Low temperature room facilities	National Institute of Polar Research (일본)	자국내 공동활용	· 235 m ³ (ice equivalent) 보관실 · ~300 m ² (청정) 실험실 · -20 ~ -50°C
3	빙하코어 시설 Ice core facilities	Niels Bohr Institute, University of Copenhagen (덴마크)	공동활용	· ~450 m ² · 그린란드 국제공동 빙하코어 연구 프로그램 지원

○ 국내

순번	재현시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동활용 여부	비 고
1	콜드룸 암실 Cold room and Dark room	연세대학교 (서울)	단독활용	· NFEC-2019-03-254934 · 규모, 성능 정보 없음
2	냉동실 Freezer	충북테크노파크 (충북)	불용	· NFEC-2007-10-002699 · 크기 2,300W × 8,250D × 2,600H mm 온도: -30~-50°C
3	저온 및 냉동실 Cold & Freeze Room	(재)진주바이오산업진흥원 (경남)	공동활용	· NFEC-2007-10-015716 · -25도 동결 · 원거리로 공동활용 어려움

□ 차별성

○ 빙하코어 입고로부터 분석 및 시료 분배까지 원스톱(One-Stop) 연구 지원

○ 빙하코어 취급 과정

- 채빙선 아라온호 해상 운송으로 국내로 운반된 신규 빙하코어는 육상 냉동 운송망을 통해 극지코어센터로 이동 후 빙하코어가 담겨 있는 단열 상자 상태로 냉동고로 신속하게 입고
- 신규 빙하코어가 냉동고 온도와 열평형 상태에 도달하면 전처리실로 이동하여 포장을 풀고, 시료 정리 및 하여 시료 목록 등록

○ 극지코어센터 시설 특성 및 혁신성

- 빙하코어 보존실(-25~-50°C), 전처리실(-15°C)과 분석실 일부(-15°C)를 포함한 냉동 시설의 전체 체적은 약 1,300 m³
- 이 가운데 빙하코어 보존 공간은 약 900 m³ 수준으로, 직경 10 cm 빙하코어 약 7 km 이상 저장 가능
- 전처리실은 보관된 빙하코어의 로깅(logging), 절삭, 포장, 시료 분배에 사용

- 분석실은 빙하코어의 표면 오염 제거 및 물리·화학적 기초자료 획득에 활용
- 일부 공간을 청정실로 운영하여 빙하시료 오염 방지
- 별도의 상온 청정 실험실은 기초자료 분석용 분석 장비 운영과 더불어 연구 목적에 따라 내·외부 분석 장비의 단기 설치 지원
- 시추 기술 개발 및 유지보수, 시추기 시운전 공간 설치
- 연구자들이 현장에 가지 않고도 시추 과정 이해, 빙하코어 획득 및 연구 가능

○ 기존 시설과의 차별성

	기존 시설	극지코어센터	비고
시추기술 개발	· 시설 없음	· 시추기술 개발 (부품 제작 등) · 시추 시운전 및 시연	
빙하코어 보관	· 기존 시료로 냉동 공간 포화 · 지역, 연구 목적 등 분류 불가 · 온도 일괄 유지(-25℃)	· 총 길이 7 km 이상의 빙하코어 보관 가능 · 지역, 연구 목적에 따라 적정 온도 (-25~50℃)에서 보관 가능	
빙하코어 전처리	· 보관 냉동고와 별도 건물 내 냉동 실험실에서 전처리 수행	· 보관 공간에 인접	
빙하코어 분석	· 비연속적 시료 분석 · 미량 금속 분석에 최적화	· 연속 시료 분석 · 연구 주제 확장성 높음	

□ 기대 효과

○ 과학기술적 측면

- 기후 변화 연구의 질적 향상
 - 고해상도 빙하코어 분석을 통해 과거 기후 상태에 대한 정밀한 재구성 가능
- 국제 과학 커뮤니티와의 협력 증진
 - 최첨단 장비 및 시설을 통해 국내외 연구기관과의 공동 연구 활성화
 - 국제적인 연구 네트워크 확대와 과학기술 교류 촉진
- 극지 연구의 새로운 방향 제시
 - 극지 코어 연구의 혁신적인 접근 방법과 기술 개발
 - 극지 과학 분야에서 새로운 연구 주제 및 방향성 모색

○ 경제적 측면

- 극지 연구 관련 산업의 활성화
 - 극지 코어 분석에 필요한 장비 및 기술의 개발은 해당 분야 산업의 성장을 촉진, 신기술

상용화로 이어질 수 있음

■ 관련 산업과의 시너지 효과

- 극지 연구 장비 및 기술의 개발은 바이오, 환경, 에너지 등 타 산업 분야로의 기술 이전 및 활용을 가능하게 하여 경제적 파급효과 증대

○ 사회적 측면

■ 기후 변화에 대한 인식 제고

- 극지 코어 연구 결과의 공유는 기후 변화에 대한 사회적 인식을 높이고, 환경 보호 및 지속 가능한 발전에 대한 공감대를 형성

■ 교육 및 인재 양성

- 재현시설은 학생 및 젊은 연구자들에게 고급 연구 인프라를 제공하여, 과학기술 분야에서의 교육 및 전문 인재 양성에 기여

○ 지역적 측면

■ 지역 경제의 활성화

- 지역 내 여러 대학 및 기관과의 공동이용 및 공동연구를 위한 지역 인프라 활성화 유도
- 극지코어센터 시설과 장비 관련 산업의 기업 활동 촉진

■ 지역 사회와의 연계 강화

- 극지 코어 센터와 지역 사회 간의 연계 프로그램 운영은 지역 주민들의 과학기술에 대한 이해도를 높이고, 지역 사회의 과학 문화를 조성하는 데 기여

■ 지역 교육 자원으로의 활용

- 지역 내 교육 기관과 협력하여, 학생들에게 실제 극지 연구 환경을 체험할 수 있는 기회를 제공하여 과학 교육의 질 향상

바) 극지해양생물아쿠아리움

□ 용도

- 극지 해양생물 전용의 아쿠아리움
 - 극지 해양환경에서 채집한 해양생물 시료를 장기간 실시간 관측하고 살아있는 상태로 분석하기 위해 생물시료가 서식할 수 있는 환경을 제공
- 극지 및 비극지 수중생물 유지 배양
 - 극지 어류 유지 배양
 - 비교 실험용 비극지 수중생물 유지 배양
- 생리/유전자원 특성 연구
 - 극지 해양생물 생리반응 연구
 - 극지 해양생물 유전자원 발굴 연구
- 극지 해양 수산생물 전시 및 현장 교육
 - 극지 해양생물 전시
 - 극지 해양생물 현장 교육

□ 핵심 성능

- Specification
 - 수조 250 L * 15 EA : PVC, 2중구조
 - 보조여과조 * 5 EA : PVC 2중구조
 - 스키머 & UV 램프 * 10 EA 보유
 - 히트펌프 : 15RT 공냉식
 - 브로워: 20 m³/hour
 - 슬러지 여과장치 * 4 EA : 필터, 프리필터, 슬러지 여과기
 - 컨트롤 패널 : 온도 INDICATOR, 냉각기, 펌프, 스키머 및 UV 램프, LED 램프, 보충수 펌프
 - 산소발생기 * 3LPM
 - 수온, DO, 수위 센서 및 경보장치
 - 실시간 모니터링 장치 등

□ 필요 장비·기기

- 온도 조절 시스템
 - 극한 환경을 모방하기 위해 정밀한 온도 조절이 가능한 시스템. 저온 환경을 유지하고 정확한 온도 설정 필요

○ 항동결 시스템

- 물이 얼지 않도록 하면서도 극저온 상태를 유지할 수 있는 시스템. 남극 및 북극 해양생물이 필요로 하는 특수한 환경 조건 제공

○ 물질 순환 및 필터링 시스템

- 물의 질을 최적 상태로 유지하기 위한 고급 필터링 시스템. 이 시스템은 물 속 불순물을 제거하고, 적절한 염분 수준과 화학적 조성 유지

○ 산소 공급 시스템

- 해양생물에 충분한 산소를 공급하기 위한 시스템. 산소 농도를 조절하여 생물의 건강과 웰빙 지원

○ 조명 시스템

- 자연 광주기를 모방하여 극지 해양생물의 생리적 및 행동적 반응을 지원하는 조명. 특히 식물성 플랑크톤 등 광합성을 필요로 하는 생물을 위해 중요

○ 모니터링 및 데이터 로깅 시스템

- 해양생물의 건강, 수질, 온도 등 환경 변수를 실시간으로 모니터링하고 기록하는 시스템. 연구 및 생태계 관리에 필수적인 데이터를 제공

○ 비상 대비 시스템

- 전력 공급 중단이나 기타 비상 상황에 대비한 백업 시스템. 생명 유지 시스템의 연속성을 보장하여 해양생물의 생존을 확보

○ 자동 영양소 및 약품 투여 시스템

- 해양생물의 영양 요구를 충족시키고, 물질 순환 시스템의 균형을 유지하기 위해 필요한 영양소와 약품을 자동으로 투여하는 시스템

□ 연구 목적과의 부합성

- 극지 해양생물 전용 아쿠아리움은 극지 해양생물의 산업화 기술 개발, 미래 양식 대상 종으로서의 수산자원 연구 등의 목적과 매우 밀접하게 연관. 이러한 연구는 극지 어류의 유용 형질을 활용하여 새로운 자원의 가능성을 탐색하고, 지속 가능한 활용 기술을 개발하는 것을 목표로함. 극지 어류와 같은 고유의 해양생물을 연구하는 것은 이들이 적응한 극한 환경의 특성을 이해하고, 이를 바탕으로 한 생명과학 및 생물공학적인 응용 가능성을 모색하는 데 있어 필수적임.

○ 극지 해양생물의 연구 및 활용의 중요성

- 극한 환경 적응 메커니즘의 이해: 극지 해양생물은 극한의 저온 환경에서 생존하기 위해

독특한 생물학적 적응 발달. 예를 들어, 남극 어류는 얼음 결정 형성을 막는 항동결 단백질 생산. 이러한 특성의 연구는 저온에서 활동하는 효소, 단백질 등의 산업적 응용 가능성을 탐색하는 데 중요한 기초 자료 제공

- 진화적 기원과 생물다양성 연구: 극지 해양생물은 진화적으로 중요한 위치에 있으며, 이들의 유전체 및 생리학적 특성을 연구하는 것은 생명의 진화 과정과 생물다양성을 이해하는 데 중요함. 이러한 연구는 생명의 기원과 진화에 대한 근본적인 질문에 답하는 데 기여할 뿐만 아니라, 유전자 조작이나 유전자 치료 등의 분야에서 응용 가능성을 가짐
- 지속 가능한 수산자원으로서의 가능성: 극지 해양생물은 지구 온난화와 같은 환경 변화에 대응하여 새로운 양식 기술 개발의 대상임. 이들의 양식은 전통적인 수산자원에 대한 압력을 줄이고, 식량 안보를 강화하는 지속 가능한 방법을 제공 가능

○ 아쿠아리움 시스템의 필요성

- 극지 해양생물 연구를 위한 아쿠아리움 시스템의 구축은 이러한 생물들을 연중 사육하며 실시간으로 관찰하고 실험하는 데 필수적임. 이는 고등해양생물의 생태적, 유전적, 생리학적 특성을 직접적으로 연구할 수 있는 기반을 마련하며, 특히 극한 환경에서의 생존 전략, 생명 유지 메커니즘, 그리고 산업적 활용 가능성에 대한 깊이 있는 이해 가능케함

○ 2017년부터 남극 세종과학기지과 국내 연구소 내에 구축된 남극 어류 사육 시스템은 전 세계적으로 선도적인 연구 활동을 가능하게 했음. 이 시스템은 극지 해양생물의 산업화 기술 개발뿐만 아니라, 미래 수산자원으로서의 가능성을 탐색하는 중요한 연구 활동 지원가능

○ 이처럼, 극지 해양생물 전용 아쿠아리움은 극지 환경 적응기작의 규명, 진화적 기원의 이해, 대사 과정의 연구, 그리고 자원으로서의 활용 기술 개발에 있어 필수적인 인프라로서의 역할 수행. 이는 극지 해양생물의 보존과 지속 가능한 활용을 위한 근본적인 기반을 마련하는 것이며, 미래 지속 가능한 개발을 위한 중요한 단계임.

□ 국내·외 유사 시설

순번	재현시설명	설치 기관명 (설치지역)	공동 활용 여부	비 고
1	극지 해양생물 아쿠아리움 Polar Marine Life Aquarium	극지연구소 (대한민국 인천)	부	2018년에 구축한 소규모 극지 해양생물 전용 아쿠아리움
2	크릴 아쿠아리움 Krill Aquarium	오스트레일리아 남극연구소 (오스트레일리아, 호바트)	부	남극 크릴 전용의 아쿠아리움
3	남극 해양생물 아쿠아리움 Antarctic Marine Life Aquarium	영국 극지연구소 (영국 런던, 캠브리지 대학교)	부	남극 무척추동물 전용의 아쿠아리움

□ 차별성

- 고급 온도 조절 시스템: 극지 해양생물 아쿠아리움은 극한의 저온 환경을 정밀하게 재현할 수 있는 고급 온도 조절 시스템을 구축. 이 시스템은 남극 또는 북극 해양의 극도로 낮은 온도를 유지하면서도, 생물학적 연구 및 사육에 필요한 정확한 온도 및 환경 조건 제공
- 특수한 물질 순환 시스템: 극지 해양생물은 특정한 염분 수준과 화학적 조성을 가진 물에서 생활. 극지 해양생물 아쿠아리움은 이러한 환경을 모방하기 위해 특수 설계된 물질 순환 시스템을 사용하여, 물의 질과 조성을 엄격하게 관리
- 항동결 기능과 저온 생물 지원: 일부 극지 해양생물은 항동결 단백질을 생산하여 얼음 결정 형성을 방지. 아쿠아리움은 이러한 생물의 특성을 지원하기 위해 저온에서도 안정적인 생활 환경을 제공하는 항동결 기술과 장비를 포함
- 극한 환경 적응 연구를 위한 고급 모니터링 시스템: 극지 해양생물의 극한 환경 적응 메커니즘을 연구하기 위해, 아쿠아리움은 고급 모니터링 시스템을 사용하여 생물의 행동, 생리 반응, 건강 상태 등을 실시간 관찰 기록. 이 시스템은 기존의 아쿠아리움 시설에서는 찾아보기 어려운 고도의 정밀성과 세밀한 데이터 수집 능력을 제공
- 지속 가능한 생태계 모델링: 극지 해양생물 아쿠아리움은 단순히 개별 종을 전시하는 것이 아니라, 극지 해양 생태계의 복잡한 상호작용과 식물-동물 관계를 모델링하는 데 중점. 이러한 접근 방식은 생태계 수준에서의 연구와 보존 노력을 지원
- 기존 시설과의 차별성

특성	기존 아쿠아리움	극지 해양생물 전용 아쿠아리움
온도 조절 시스템	일반적인 수온 범위 조절	극한 저온 환경 재현을 위한 고급 온도 조절 시스템
물질 순환 시스템	대부분의 경우 불필요	특정 염분 수준과 화학적 조성 모방을 위한 특수 설계
항동결 기능	대부분의 경우 불필요	저온에서 생물의 생존을 지원하는 항동결 기능 및 장비
모니터링 시스템	기본적인 생물 모니터링 및 관리 기능	생물의 행동, 생리 반응, 건강 상태 등을 실시간으로 관찰하는 고급 시스템
생태계 모델링	단일 종 또는 제한된 생태계 전시에 초점	극지 해양 생태계의 복잡한 상호작용과 식물-동물 관계 모델링

□ 기대 효과

- 과학기술적 측면
 - 과학 연구의 심화
 - 극지 해양생물의 독특한 생태적, 생리적, 유전학적 특성을 연구함으로써, 생명 과학의

여러 분야에서 새로운 이론과 개념 발전 가능

- 이는 극한 환경에서 생존하는 생명체의 적응 전략을 이해하고, 이러한 지식을 의학, 약학, 농업 등 다른 분야에 적용할 수 있는 가능성을 열어줌

■ 혁신과 기술 개발

- 극지 생물로부터 발견된 새로운 생물학적 물질은 약물 개발, 생물공학 제품, 저온에서 작동하는 산업용 효소 개발 등을 포함한 다양한 혁신적 응용 가능
- 이러한 연구는 국제 과학 커뮤니티와의 협력을 촉진하고, 국가의 과학 기술 경쟁력 강화

○ 경제적 측면

■ 지역 경제 활성화

- 아쿠아리움은 관광 명소로서 지역 경제에 활력을 불어넣고, 관광 관련 산업뿐만 아니라 서비스업, 소매업 등 다양한 분야에서 경제적 이익 창출
- 이는 지역 사회에 새로운 일자리를 제공하고, 소득 수준 향상
- 관광 및 연구 개발 관련 산업의 성장, 지역 내에서의 소득 증가 및 경제 다변화
- 극지 연구와 관련된 산업 생태계 구축

■ 기술 이전 및 상업화

- 연구 개발 활동을 통해 개발된 새로운 기술이나 제품은 상업화를 통해 시장에 출시 가능
- 이는 지역 및 국가 경제에 새로운 성장 동력 제공

○ 지역적 측면

■ 지역 인프라 개선

- 아쿠아리움 구축과 관련된 활동은 지역 내 교통, 숙박, 서비스 등의 인프라 개선에 간접적 기여
- 이는 장기적으로 지역의 생활 품질과 방문객의 경험 향상
- 지역 문화와 자연 자원에 대한 자긍심 증대, 지역 사회와 과학 커뮤니티 간의 연결 강화, 지역 경제의 지속 가능한 성장 기여

■ 글로벌 인식과 협력

- 아쿠아리움은 지역의 국제적 인식을 제고하고, 국제 연구 기관, 환경 보호 단체, 교육 기관과의 협력을 촉진함으로써 지역 사회의 글로벌 네트워크 확장 가능
- 이러한 협력은 지역적 문제뿐만 아니라 글로벌 이슈 대응에 기여

사) 극지환경 재현 인프라 고도화 제안

극지환경 재현 인프라 중에서 외부 수요가 많은 인프라를 중심으로 우선 인프라를 확충하는 전략을 제안한다. 영하 40도 이하에서 물성이 변환되므로 극지에서는 고가의 극한 환경 전용 장비가 사용되고 있으며, 이러한 장비 개발과 검교정을 위해 극지 현장에 가지 않고도 실증할 수 있는 시설 필요하다. 극지대기환경모사실은 영하 40도와 강풍을 실증할 수 있어 체감 온도는 영하 50도 이하까지 구현 가능한 시설로 산-학-연에서 가장 수요가 많았다(표 5). 구체적인 수요조사 내용은 부록 4에 정리되어 있다. 그런데 풍동 시설이 들어서고 강풍을 실증하기 위해서는 일정 크기 이상의 공간이 확보되어야 한다. 따라서 기존에 작은 크기로 분할되었던 저온 시설을 통합하여 극지대기환경모사실로 구성하였다(그림 21).

대기환경모사실은 표 5에서 정리한 수요조사의

복합저온실은 2~3개 구획을 두어 영하 30℃부터 영상 10℃까지의 서로 다른 온도 환경을 제공하도록 구성하였다. 온습도 제어, 대용량 냉각 챔버(수십~수백 리터 규모) 운영이 가능한 전원용량, 측정 장비 포트, 장비 및 시료 운송을 위한 호이스트 등을 구비하며 사용자 요구에 맞춰 다양한 용도로 활용이 가능한 시설이다. 예를 들어, 에어로졸 분석, 동토 융해-동결 실험, 극한 환경 적용 기술이나 장비의 테스트, 기술 창업을 위한 실증 등에 복합저온실이 활용될 수 있다.

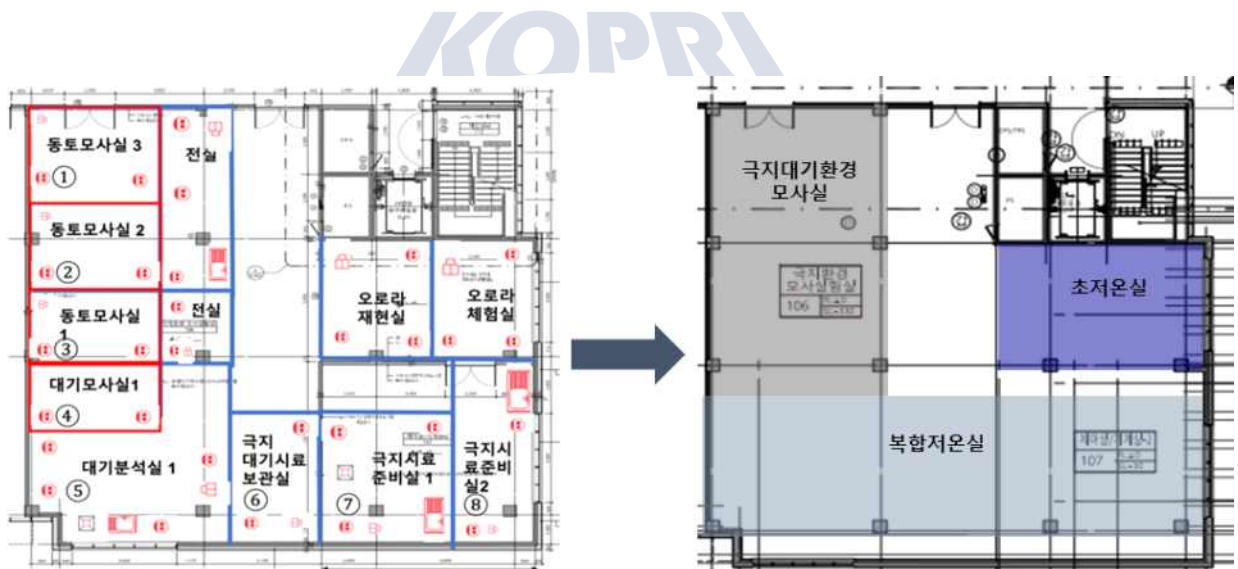


그림 21. 외부 수요를 충족하는 극지환경모사실 개념 고도화

표 5. 극지대기환경모사실 수요 현황

기관명	시설활용 필요성	기대효과
강릉원주대	고위도의 극한 환경에서의 강풍 및 강설 특성 연구	남극 기후 데이터를 확보하여 남극 기후변화를 파악하고 기상재해에 대비
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
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)
와이드이앤티	극한 환경하에서 방위산업 관련 제품의 물리적·기능적 테스트	방산 제품 및 시스템의 신뢰성 검증, 방위산업 시험 평가 소요시간 단축
연세대	극지에서의 풍력에너지 개발	남북극 기지 및 극한지 에너지 생산에 관한 탄소 중립 이슈 선점
이커넥트	극한 환경에서 동작하는 저궤도위성통신용 스마트센서 및 배터리 보호용 항온항습시스템 개발	전력과 통신 인프라가 구축되지 않은 곳에서의 장기간 무인 관측 센싱 시스템이 개발되면 극지 환경 모니터링에 적용 가능
(주)더블유엠케이	연직 관측이 가능한 TDLAS 방식의 온실가스 특정 복합 센서 개발	고층 환경과 유사한 극지 환경에서 신뢰도 높은 기상센서 상용화
(주)비애피 인스트루먼트	각종 기상관측장비를 대상으로 극저온 및 강풍 등 극한환경 운용성 평가	극한 환경 테스트를 통한 성능 향상 및 극지에서 운용 및 활용 노하우 보유
(주)쫄단	에디공분산 시스템의 극지환경하에서의 운용 및 동작 테스트	극한 환경에서의 관측장비 운용 사전 테스트를 통한 보다 안정적인 관측 여건 마련
(주)에이베스트	국산 저온 환경 작동센터 개발	극한 환경 사용 압력센서의 신뢰도 향상을 통한 국산화, 저온 압력센서제작의 원천 기술 확보를 통한 기술 자립도 실현
케이웨더(주)	극저온에서 안정적으로 작동하는 기상장비와 주변 장치 개발 및 테스트	개발된 기상센서와 장비를 해외기지 등에서 각종 기후변화 연구에 활용

3. 극지 특화 교육 프로그램 확산

극지과학프로그램을 구성하기에 앞서 과학교육 프로그램 사례 조사를 하였다. 과학교육 프로그램으로는 오랫동안 지속적으로 운영하고 있는 주니어닥터 프로그램을 검토하였다. 국내에는 극지관련 전시 시설이 전무하여, 외국 사례로 노르웨이의 극지 관련 과학관인 빙하 박물관과 빌비테과학센터의 전시 시설을 조사하였다.

가) 주니어닥터 프로그램 사례 검토

주니어닥터 프로그램은 국기초과학지원연구원이 주관하고 대덕연구개발특구의 여러 과학기관들이 참여해 진행하는 형식이며 청소년들에게 과학 체험의 기회를 제공하는 프로그램이다. 학교 교과과정에서 경험하기 어려운 실험과 실습을 통해 과학자와 함께 체험하는 과학축제이다. 주니어닥터 프로그램은 지자체인 대전광역시가 후원하였다.

2008년에 시작해 올해 제 17회를 맞이한다. 그동안 431개 기관이 4229회 프로그램을 진행하여 총 16만 6천여 명이 참가하였고, 그 결과 8,521명에게 주니어닥터 인증서를 수여했다. 제 17회 주니어 닥터는 2024년 7월 25일부터 8월 30일까지 6주간 운영되었으며, 주요 프로그램은 체험교실, 과학 DIY 챌린지, 랜선 과학교실 등이다. 대덕특구 내 정부출연(연), 공공기관, 대학, 민간 등 총 31개 기관이 참여하였고 160여 개 주제로 총 300여회의 과학체험 프로그램이 제공되었다. 주니어닥터 프로그램의 참가대상은 8세~16세 초등학교생과 중학생이며 참가비는 무료다.

주니어 닥터 프로그램 중 체험교실은 다양한 과학기술 주제를 직접 체험할 수 있는 프로그램이다(표 6). 체험교실은 주로 대덕특구 내 연구기관을 방문하여 참여하는 대면 체험 프로그램으로 홈페이지 추천을 통해 참가자를 선정하며 참가자는 체험 활동을 마친 후, 패스포트(스탬프 날인 부분)를 홈페이지에 업로드하여 인증받는다.

표 6. 2024년도 체험교실 프로그램

번호	참여기관	주제명	대상
1	한남대학교 BTCI 교육센터	동,식물 세포관찰	초 (4, 5, 6)
2	한국전자통신연구원(ETRI)	우리나라 최초의 반도체, 전화기, 컴퓨터부터 홀로그램, 6G, AI까지 모두 이 곳 ETRI에서!	초 (4, 5, 6)
3	한국기초과학지원연구원 대구센터	전자현미경을 이용한 나노 세계로의 여행 1	초 (4, 5, 6)
4	선박해양플랜트연구소	재미있는 배 이야기	초 (1, 2, 3)
5	한국핵융합에너지연구원	둥실둥실! 마녀의 마법 빗자루 만들기	초 (4, 5, 6)
6	충남대학교 과학영재교육원	영원히 도는 LED 자이로팽이 만들기	초 (4, 5, 6)
7	한국기초과학지원연구원 광주센터	마이크로CT로 보는 초미세구조의 세계	초 (4, 5, 6)
8	한국기초과학지원연구원 부산센터	미래에너지, 태양광	초 (4, 5, 6)
9	대전충남생태보전시민모임	식물의 채집과 표본제작	초 (4, 5, 6)

과학 DIY 챌린지는 참여기관별 대표 연구분야의 과학원리가 반영된 총 20종의 과학키트를 사용하여 참가자가 집에서 실험하고 스스로 과학원리를 학습하는 프로그램이다(표 7). 과학 키트를 신청하여 홈페이지 추첨을 통해 참가자를 선정하며 난이도에 따라 참여대상을 구분하여 프로그램을 구성한다. 완성된 키트 사진을 홈페이지에 올려 인증받는다.

표 7. 2024년도 과학 DIY 챌린지 프로그램

번호	참여기관	주제명	대상
1	한국기초과학지원연구원	몸속 마약, 도핑테스트 어떻게 분석할까?- 액체크로마토그래피	초 (1, 2, 3)
2	대전관광공사	자원의 효율적 이용과 재활용- 페트병 천체 망원경 - 폐품재활용 천체망원경LF60GL	초 (1, 2, 3)
3	대전과학기술대학교	와! 재밌다!! 크리스쿨 - 병아리 시소 만들기(힘의 평형판)	초 (1, 2, 3)
4	한국핵융합에너지연구원	똑딱똑딱! 지구 위 인공태양 만들기 - 두근두근! 지구 위 인공태양 만들기	초 (1, 2, 3)
5	한국기초과학지원연구원	빛을 이해하기 위한 편광경 만들기 - (STEAM) 편광경(4인용)	초 (4, 5, 6)
6	한국기초과학지원연구원	센서이야기-적외선센서란? - DIY 적외선 경보 만들기	초 (4, 5, 6)
7	대전관광공사	자원의 효율적 이용과 재활용- 캔깡통 태양광자동차 - 뉴페품 재활용 태양광자동차 만들기(창작용)	초 (4, 5, 6)
8	대전과학기술대학교	우리 몸안의 훌륭한 마라토너! 심장과 혈액의 순환 이해하기 - 뉴 심장과 혈액의 순환 원리	초 (4, 5, 6)
9	대전지방기상청	「에어컨의 1°C, 지구의 1.5°C, 북극은?」- 북극의 눈물 "북극곰과 빙하"	초 (4, 5, 6)
10	한국원자력연구원	한국원자력연구원 랜덤KIT	초 (4, 5, 6)
11	한국천문연구원	우주 날씨의 비밀을 밝힌다 - 도요샛모형	초 (4, 5, 6)
12	한국핵융합에너지연구원	둥실둥실! 마녀의 마법 빗자루 만들기 - 둥실둥실! 마녀의 마법 빗자루 만들기	초 (4, 5, 6)
13	한국기초과학지원연구원	전기자동차 배터리 역할 이해하기 - 다람쥐 전기충전 자동차	중 (1, 2, 3)
14	한국기초과학지원연구원	전자기유도의 이해 - 무선충전원리 실험 - 무선충전 원리이해(전자기 유도현상)	중 (1, 2, 3)
15	대전관광공사	자원의 효율적 이용과 재활용- 폐품재활용 식물공장 - 폐품재활용 식물공장만들기	중 (1, 2, 3)
16	한국핵융합에너지연구원	번쩍번쩍! 내 손으로 만드는 미니번개 - 번쩍번쩍! 내 손으로 만드는 미니번개	중 (1, 2, 3)

예를 들어, 대전관광공사가 제안한 DIY 챌린지 프로그램인 ‘페트병 천체망원경’의 경우 천체망원경 경통(종이) 1장, 페트병 1개, 대물렌즈 1개, 접안렌즈 1개, 접안렌즈 캡 1개, 양면 테이프 4장, 유리테이프 1세트 등의 구성품을 제공받아 빛의 굴절 현상을 이용한 망원경을 제작하는 것이다. 이를 통해 페트병을 재활용하면서 빛의 굴절 현상을 익힐 수 있다. 빛의 굴절이란 빛이 직진하다가 공기와 다른 물질을 만나면 경계면에서 방향이 꺾이는 현상인데, 페트병 천체망원경은 두 개의 볼록 렌즈로 빛을 꺾어서 멀리 있는 사물을 크고 서명하게 볼 수 있도록 해준다.

대전과학기술대학교가 준비한 ‘뿌드득 뿌드득 싹이 났어요!’의 경우 화분 1개, 상토흙 1개, 씨앗 포트볼 2개. 화분밑받침, 새싹보리 씨앗, 메리골드 꽃씨, 진홍호피얼룩이강낭콩 씨앗을 제공하여 식물이 새싹이 돋고 줄기가 형성되며 꽃이 피고 열매를 맺기까지 전 과정을 관찰할 수 있도록 했다.

대전과학기술대학교의 DIY 챌린지 프로그램 ‘사람의 얼굴, 체질, 성격 등 생물학적 특징을 결정하는 DNA’는 유전정보를 담고 있는 DNA를 직접 모형으로 제작할 수 있도록 했다.

랜선 과학교실은 참여기관이 직접 제작한 과학 강연 및 실험 영상 제공하는 온라인 프로그램으로 인원 제한 없이 신청할 수 있었다(표 8). 강연을 시청한 후 시청 후기를 작성하여 인증받도록 했다.

표 8. 2024 랜선 과학교실 프로그램명

번호	교육내용	교육기관	연령	정원
1	(던질까말까)바나나 먹으면 방사선에 피폭된다	한국원자력연구원	전연령	무제한
2	SMR, 원자로가 작아지려면 어떤 기술이 필요할까? 소형모듈원자로	한국원자력연구원	전연령	무제한
3	[케미스트리 실험실] 무지개 물담 쌓기	한국화학연구원	전연령	무제한
4	[케미스트리 실험실] 물 전기분해	한국화학연구원	전연령	무제한
5	[케미스트리 실험실] 알록달록 양배추 지시약 만들기	한국화학연구원	전연령	무제한
6	[케미스트리 실험실] 크로마토그래피	한국화학연구원	전연령	무제한
7	[케미스트리 실험실] 표면장력 실험	한국화학연구원	전연령	무제한
8	[해바라기 실험실 EP.1] 플라스마 볼의 비밀 공개! 플라스마로 이게 된다고?	한국핵융합에너지연구원	전연령	무제한
9	[해바라기 실험실 EP.2] 건전지에 ?? 붙였더니 자동으로 움직임!!	한국핵융합에너지연구원	전연령	무제한
10	과학쿠키와 함께하는 한국천문연구원_고천문기기	한국천문연구원	전연령	무제한
11	달에서도 전기를 생산하는 배터리가 있다!? 원자력전지	한국원자력연구원	전연령	무제한
12	몸 속 마약, 도핑성분 어떻게 분석할까? 질량분석기의 원리와 활용! [질량분석기 1/2] (KBSI 최창민 박사)	한국기초과학지원연구원	전연령	무제한
13	바다로 흘러간 방사성 오염수를 정화할 수 있을까?	한국원자력연구원	전연령	무제한
14	방사광가속기로 알아보는 전기이야기	한국기초과학지원연구원	전연령	무제한
15	삶을 변화시키는 인공지능과 로봇	대덕넷	전연령	무제한
16	실제 광산에서 광물 캐는 법	대덕넷	전연령	무제한

17	와!재밌다!! 크리스쿨 - 물체의 무게실험편	한국표준과학연구원	전연령	무제한
18	우주에서 온 메시지는?, 우주에 대한 엉뚱하고 재치있는 어린이들의 질문에 과학으로 답한다.	한국천문연구원	전연령	무제한
19	운석, 배터리, 반도체 분석에 필요한 이차이온질량분석기의 원리와 국산화 [질량분석기 2/2] (KBSI 최창민 박사)	한국기초과학지원연구원	전연령	무제한
20	원자력으로 암을 치료할 수 있을까? 방사성의약품	한국원자력연구원	전연령	무제한
21	천문학자를 만난 우주 질문왕 어린이, 우주에도 끝이 있을까요?	한국천문연구원	전연령	무제한
22	태양물리학자 김수진 박사의 일상, 우주를 읽는 사람들	한국천문연구원	전연령	무제한
23	핫이슈! 상온 초전도체! 핵융합과는 무슨 관련이 있는 걸까?	한국핵융합에너지연구원	전연령	무제한
24	핵융합 궁금증 해결사!!! 남용운 박사의 친절하고 정확한 설명해 드립니다!!!	한국핵융합에너지연구원	전연령	무제한
25	핵융합 연구원을 꿈꾸는 후배들에게 들려주고 싶은 이야기는?	한국핵융합에너지연구원	전연령	무제한

감상문 발표대회는 온라인으로 제출한 감상문을 1, 2차에 걸쳐 선발한 후 3차 발표대회를 통해 과학기술정보통신부 장관상 1명, 국가과학기술연구회 이사장상 1명, 대전광역시 시장상 3명, 대전광역시교육청 교육감상 3명, 한국기초과학지원연구원 원장상 22명을 선정하여 시상하는 것이다.

이밖에도 주니어 닥터 프로그램 5~9개 참여 완료 시 주니어닥터 인증서를 발급하고, 주니어 닥터 프로그램 10개 이상 참여 완료 시 슈퍼주니어닥터 인증서 수여하였다.

2008년 한국기초과학지원연구원에서 10억원으로 시작한 주니어 닥터는 청소년들이 과학에 쉽게 접근할 수 있는 프로그램으로 해를 거듭하며 프로그램이 다양해지고 질적으로 향상되었다. 코로나로 인하여 2020년부터 비대면 프로그램으로 ‘과학 DIY 챌린지’와 ‘랜선과학교실’을 개발하였고 시간이나 공간적 제약 없이 대전에서 멀리 떨어진 지방의 청소년들에게 까지 참여할 수 있어 참가자가 두 배 이상 증가하였다(그림 22).



그림 22. 주니어 닥터 연도별 참가자 수 (출처: 주니어 닥터 공식 홈페이지)

나) 빙하박물관

빙하박물관(Norwegian Glacier Museum)은 1991년 노르웨이 피에를란드(Fjærland)에 설립된 박물관으로, 빙하와 기후 변화에 대해 교육하는 데 초점을 맞추고 있다. 이 박물관은 체험형 전시와 파노라마 영화를 통해 빙하학, 지질학, 빙하의 환경적 중요성을 알려준다.

박물관 전면에는 맘모스 동상이 있고 야외에 직접 화석을 찾으며 화석의 개념을 이해하는 전시물이 있다(그림 23-24).

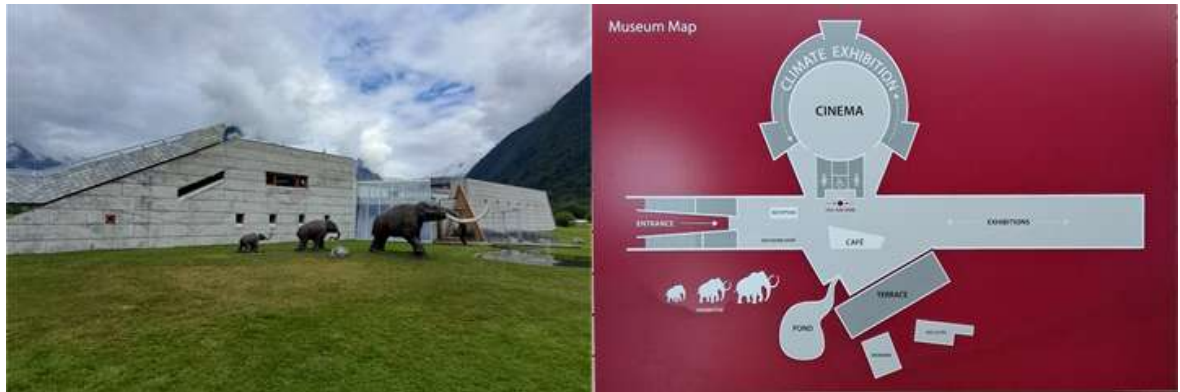


그림 23. 빙하박물관 외관(좌), 빙하박물관 내부 배치도(우)

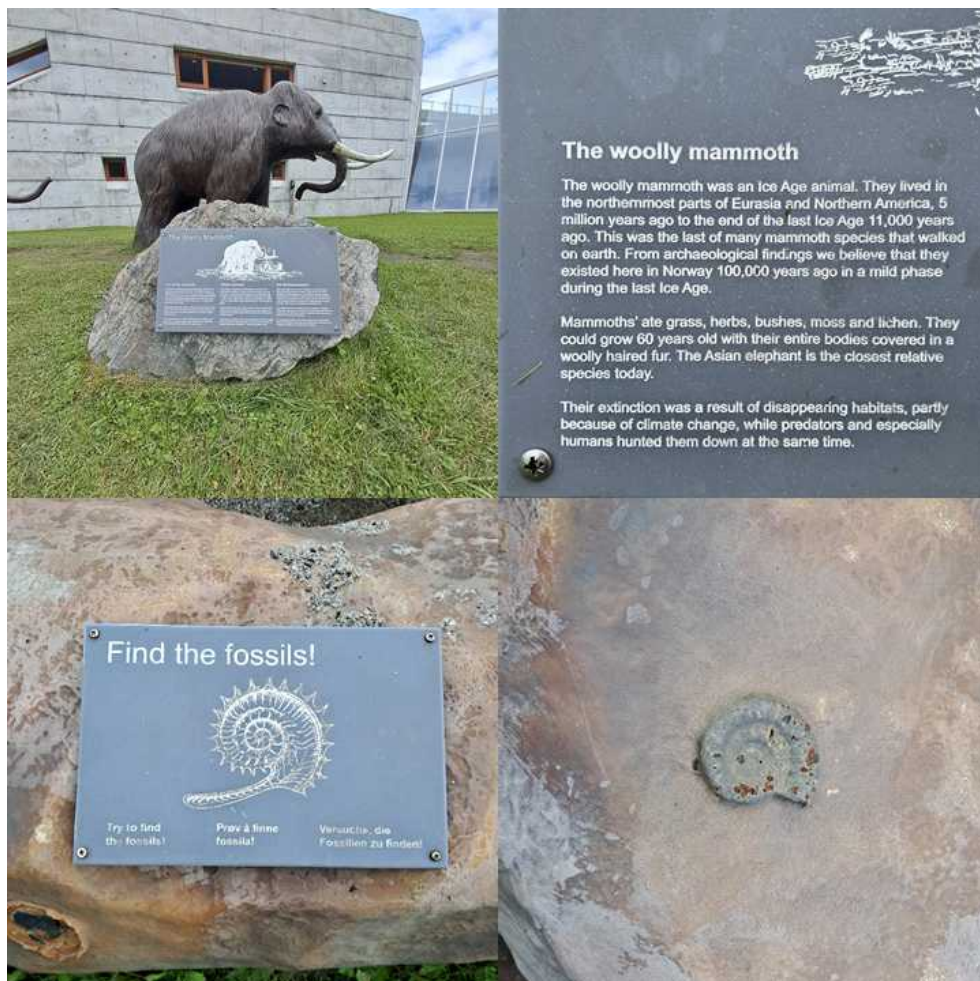


그림 24. 맘모스에 관한 설명(위), 화석 찾기 체험용 야외 전시(아래)

빙하가 물러나면서 형성되는 모레인을 직접 만들어보면서 빙하후퇴지역을 이해할 수 있도록 했다. 모레인은 빙하가 이동하면서 운반한 암석, 토양, 자갈 등이 퇴적되어 형성된 지형이다. 모레인은 빙하가 녹으면서 더 이상 운반할 수 없게 된 물질들이 빙하 가장자리나 바닥에 쌓이면서 만들어진다. 또한 직접 손잡이를 돌리면 물이 퍼올려져서 해수면이 상승하며 박물관이 물에 잠기는 과정을 눈으로 볼 수 있게 해 놓았다(그림 25).



그림 25. 빙하의 침식과 운반 작용의 결과물로 형성되는 모레인(위), 빙하가 녹으면서 일어나는 해수면 상승 체험시설(아래)

빙하박물관이라는 이름답게 빙하와 관련된 전시물도 다양하다. 우선 거대한 파노라마 스크린 전용으로 제작된 다큐멘터리 영화를 통해 요스테달스브레엔(Jostedalsglaci) 빙하를 소개한다. 요스테달스브레엔은 유럽 본토에서 가장 큰 빙하로, 노르웨이 베스틀란 주에 있다. 면적 약 474km², 최대 두께 600m, 해발고도 2,083m이며 50개 이상의 빙하 지류가 있고 빙하호수와 빙하계곡을 형성하고 있으며 기후변화로 인해 매년 빙하가 사라지고 있다. 이 빙하의 항공 촬영, 빙하 표면 탐사, 빙하 아래의 장면들을 담은 파노라마 영화로 빙하와 그 주변 환경을 실감나게 보여준다(그림 26).

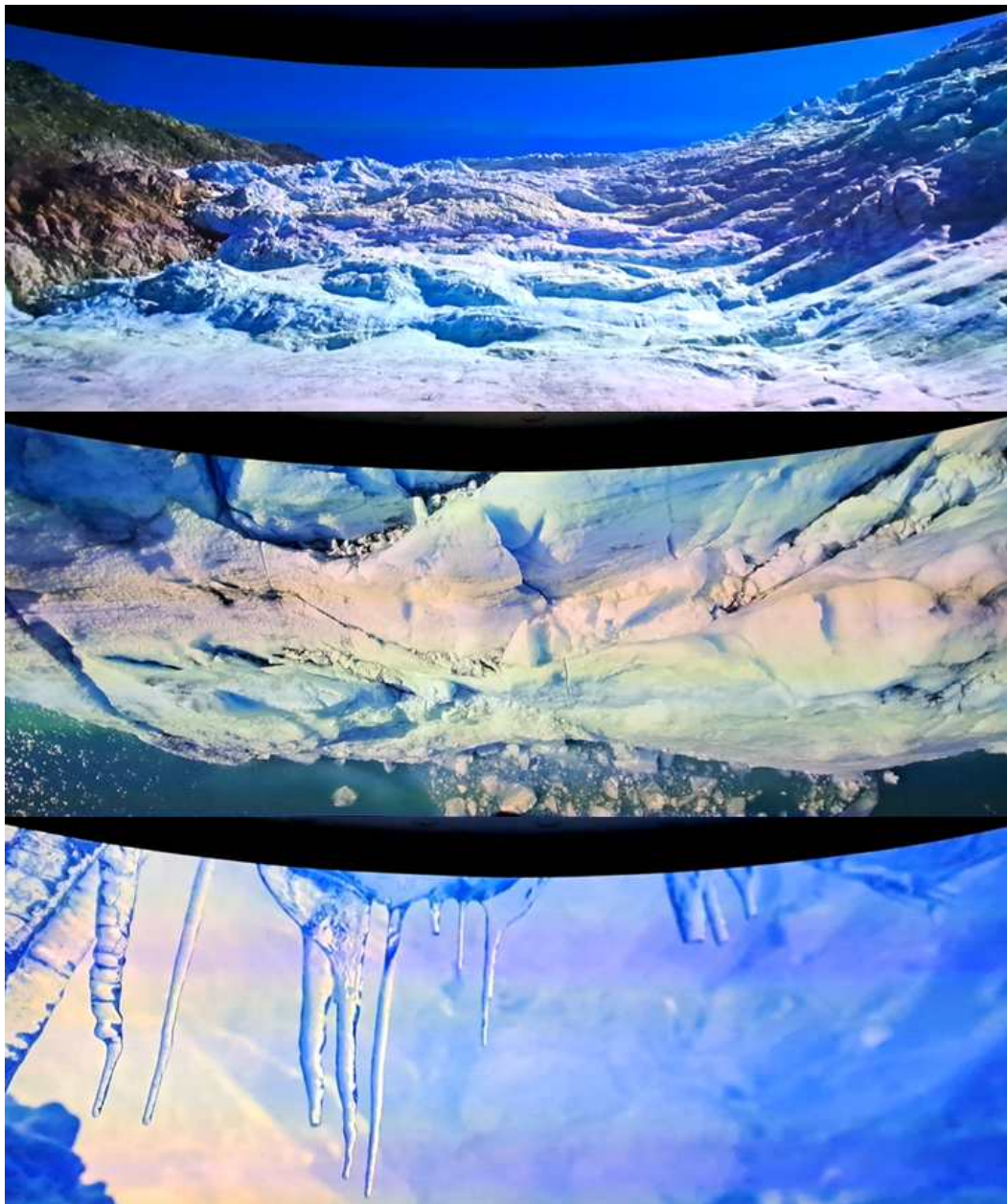


그림 26. 요스테달스브레엔 빙하 파노라마 영화

빙하박물관은 빙하를 모티브로 기후 위기의 심각성을 알리고 있었다. 박물관에서는 요스테달스브레엔 빙하에서 가져온 실제 얼음을 전시하고 있으며 그냥 눈으로만 보는 것이 아니라 직접 얼음을 관찰하고 만지며 코어링도 체험할 수 있다. 또한 해빙이 녹을 때와 육지 얼음이 녹을 때 해수면 상승에 어떤 영향을 주는지 관찰하면서 기후변화로 인해 육지 빙하가 사라질 때 어떤 영향이 있는지 생각할 수 있게 한다(그림 27).

실제 얼음을 만져보거나 코어링을 할 수 있는 전시를 하고 있는데 몇 시간에 한 번씩 얼음을 다시 제공해야 하는 등 지속적인 관리가 필요해서 운영 인력이 확보되지 않은 상태에서 빙하 자체를 전시하는 것은 어렵다고 판단했다. 이보다는 극지 자체를 소개하고 기후 위기의 심각성을 알리는 전시물이 적당할 것으로 판단된다.

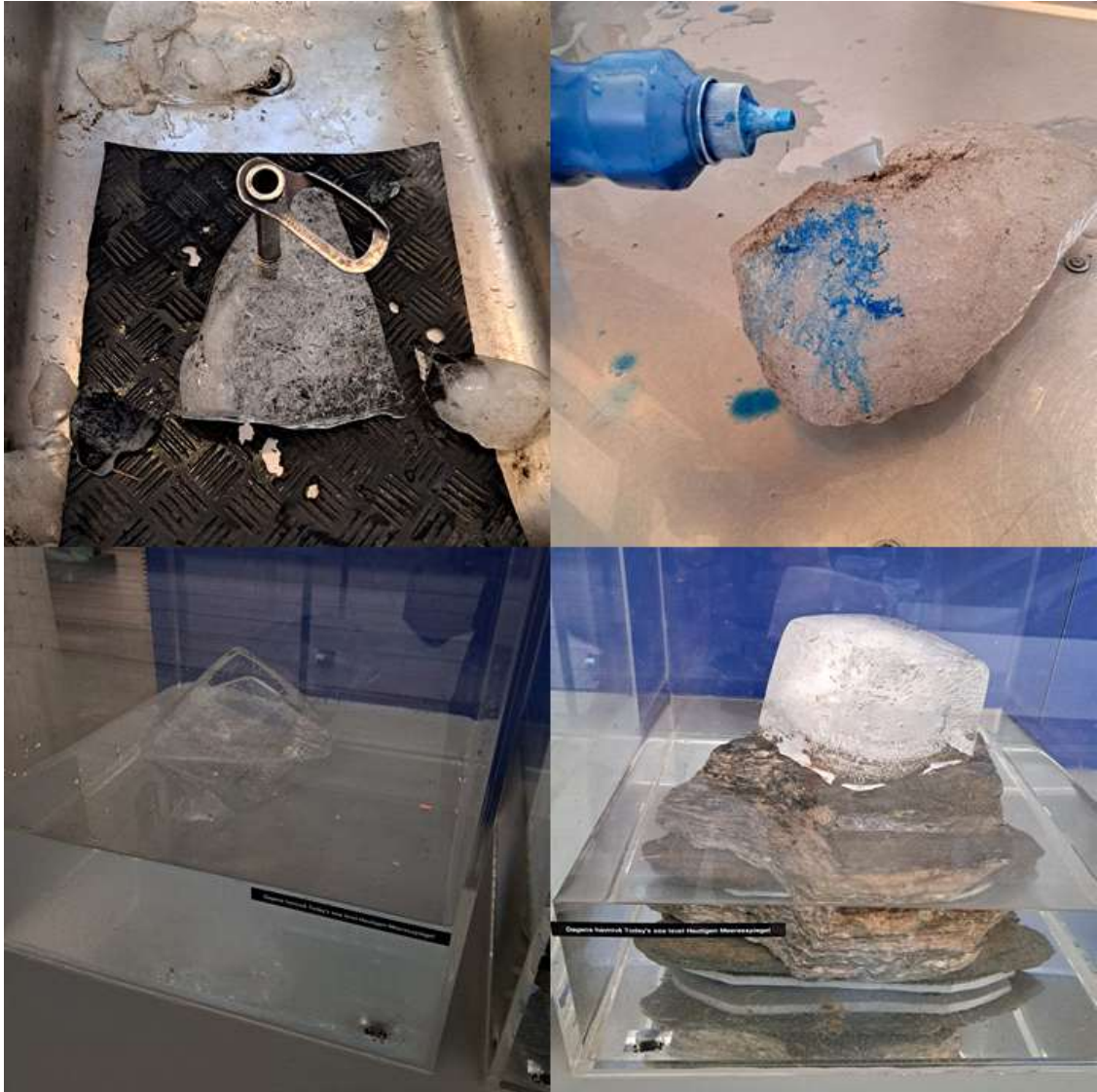


그림 27. 얼음 코어링과 빙하 얼음에 물감 스며들기 관찰 체험(위), 해빙이 녹을 때와 육지 빙하가 녹을 때 물의 높이 변화 비교 체험(아래)

빙하박물관에서는 또한 빙하가 어떻게 형성되고 움직이며 지형을 형성하는지, 그리고 빙하 칼빙(calving)은 어떻게 형성되는지 보여준다. 알프스에서 발견된 5,300년 된 얼음 미라 ‘외치(Ötzi the Iceman)’와 최후의 빙하기를 살았던 인류를 소개한다. 빙하 얼음이 파란색으로 보이는 이유를 빛 흡수와 얼음 밀도의 과학을 통해 설명한다. 빙하 하천이 퇴적물을 어떻게 운반하고 지형 형성에 기여하는지 보여준다(그림 28).

빙하에서 녹은 물이 수력 발전에 어떻게 활용되는지, 빙하 아래의 발전소 모델을 통해 보여주고, 빙하가 어떻게 과거 기후를 알려주는지 과학적인 연구 내용을 이해하기 쉽게 보여주며, 빙하가 수백만 년 동안 피오르드를 어떻게 조각해왔는지를 설명한다(그림 29).

빙하박물관에서 가장 인상적인 시설은 기후변화 관련 전시물이었다. 지구온난화를 일으키는 온실 기체와 기후변화의 개념을 그림으로 간결하게 설명했고(그림 30), 방탈출 게임 형식으로 만든 기후변화체험관은 들어가면 모든 미션을 완수해야 나올 수 있었다(그림 31).



그림 28. 빙하 칼빙의 형성(위), 알프스에서 발견된 5,300년 된 얼음 미라 ‘외치’와 최후의 빙하기를 살았던 인류(가운데), 빙하 얼음이 파란색으로 보이는 이유와 빙하 하천의 퇴적물(아래)

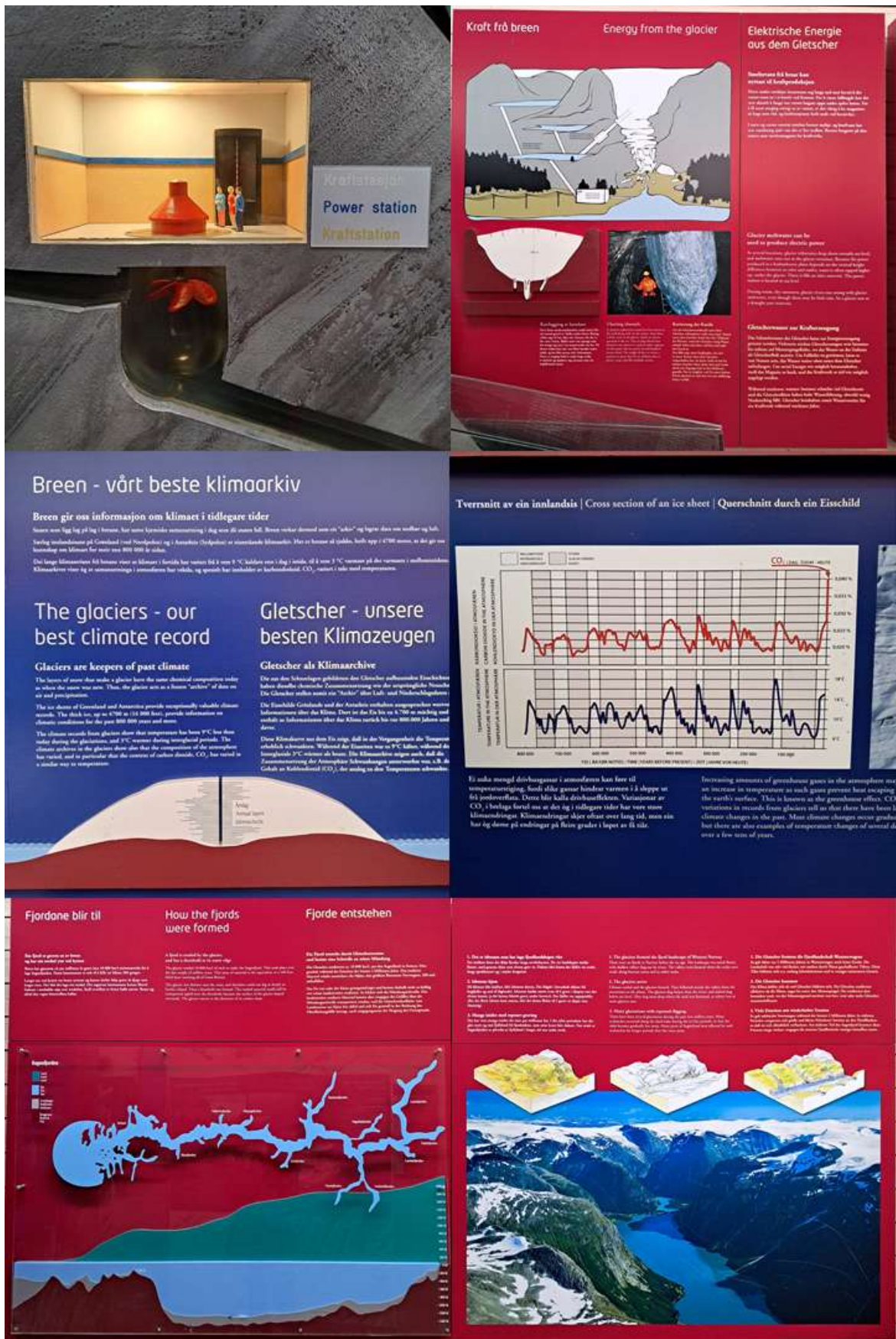


그림 29. 빙하에서 녹은 물을 활용한 수력 발전(위), 빙하 속에 담겨 있는 과거 기후의 흔적(가운데), 빙하가 피오르드를 만드는 과정(아래)



그림 30. 기후와 기후변화의 정의, 지구역사 속의 기후변화 (위), 온실 기체와 지구 온난화 설명(아래)



그림 31. 각각의 방에서 기후 위기의 심각성을 설명하고 설명이 끝나면 다음 방으로 넘어가는 방탈출 게임 형식으로 기후변화의 현실과 미래를 위해 행동해야 한다는 메시지를 명확하게 전달하는 기후변화체험관

빙하박물관은 전시물의 설명을 영어와 한국어를 비롯한 다양한 언어로 설명하고 있어 외국인도 방문할 수 있는 시설이었다. 전시물에 영어를 병기한다면 외국인 방문자들에게 우리의 극지연구 현황을 소개하고 외국의 청소년이나 학생들에게 극지와 기후변화를 교육하는데 활용할 수 있을 것이다(그림 32).

빙하박물관은 운영 인력이 상시 전시관에 체류하며 방문자들을 지원하고 있었다. 극지환경재현실용화센터가 교육과 전시 기능을 수행하기 위해서는 이와 같은 전담 인력이 반드시 필요하다.



그림 32. 영어와 한국어를 비롯한 다양한 언어로 설명하는 스크린 전시물(위), 운영 인력이 얼음이나 잉크와 같은 시설물을 보충해야 함(아래)

다) 베르겐빌비테과학센터

베르겐에 위치한 빌비테(VilVite)과학센터는 과학과 기술을 쉽고 재미있게 배울 수 있도록 만들어진 노르웨이의 대표적인 과학관이다. 매년 약 12만 명이 방문하며 스칸디나비아에서 가장 큰 과학 센터 중 하나로 꼽힌다. 전시물 외에도 아이들이 직접 활동할 수 있는 시설과 참여하는 프로그램이 다양하게 있었다.

빌비테과학센터는 컬러 랩(Color Lab), 과학 쇼(Science Shows), 게임 제작(Game Maker) 등의 체험 프로그램을 하루에 2회씩 운영한다(그림 33). 과학 쇼는 물리와 화학 실험을 응용한 공연으로 10 m x 10 m 정도 크기의 공간에서 계단에 앉아 관람하며 관객들이 직접 참여하는 코너도 있었다. 이곳에는 학생 교육용 실험실이 별도로 있었고 관람객이 직접 만져보고 조작할 수 있는 도구가 많아 과학적 개념을 체험으로 이해할 수 있도록 했고, VR 체험도 다양하게 할 수 있었다(그림 34).

빌비테의 주요 전시물은 물 실험(Water Experiments), 자연의 순환(Nature's Cycles), 인체 탐구(Human Body Exploration), 해양 전시(Marine Exhibition) 등이었다.

‘물 실험’은 물의 움직임, 성질, 그리고 물리적 원리를 직접 체험해 볼 수 있는 시설로 구성되어 있었다. 방문객들은 물의 흐름을 조절하거나, 압력과 부력의 원리를 실험하면서 물리학적 현상을 이해할 수 있었다. 예를 들어, 물이 서로 다른 경사면을 따라 흐를 때의 속도를 비교하거나, 물의 힘으로 물건을 띄우는 실험을 할 수 있다. 또한, 물과 관련된 환경 문제를 배울 수 있는 코너가 있어서, 물의 중요성과 지속 가능성을 배울 수 있었다.

빌비테과학센터에서 가장 인상적인 전시물은 인터랙티브 스크린을 활용하는 ‘자연의 순환’ 전시였다. 자연의 순환은 환경과 생태계에서 일어나는 중요한 물질 순환 과정을 탐구하는 공간이었다. 공기 중의 이산화탄소가 식물에 의해 흡수되어 광합성으로 변화되는 과정부터, 다시 대기로 방출되기까지의 순환을 보여주는 탄소 순환(Carbon Cycle)에서는 "이산화탄소 농도를 조절하면 어떤 일이 생길까?"라는 질문과 함께 이산화탄소 농도를 설정하면서 생태계에서 일어나는 결과를 시뮬레이션도 할 수 있다. 또한 생태계를 구성하는 생물과 환경 요인을 찾고 그림에 해당 위치를 맞추면 사과나무가 자라는 과정을 통해 생태계와 물질 순환을 이해할 수 있도록 구성했다(그림 35).

또한 비가 내리고, 강물이 흐르고, 증발과 침투를 통해 다시 순환되는 과정을 보여주는 물 순환(Water Cycle)에서는 관람자가 펌프를 작동시켜 강의 흐름을 조정하거나 가상 비를 만들어보는 체험이 가능했다. 나무와 뿌리 사이의 영양 교환, 균류가 토양 생태계에서 어떤 역할을 하는지 보여주는 ‘식물과 토양의 상호작용’ 전시에서는 균사 네트워크(Mycorrhizal Network)라는 최신의 과학 개념을 소개했다. ‘에너지 순환(Energy Flow)’ 전시에서는 태양광, 바람, 물의 에너지가 자연 생태계에서 어떻게 사용되고 변환되는지 보여주었고 태양광 패널을 조정해 에너지 생산 효율을 비교할 수 있었다. ‘생물 다양성과 균형’ 전시에서는 생물 다양성이 왜 중요한지, 그리고 특정 종이 멸종되면 생태계에 어떤 영향을 미치는지를 보여주는 시뮬레이션을 하고 생태계 균형을 맞춰보는 게임도 할 수 있었다.

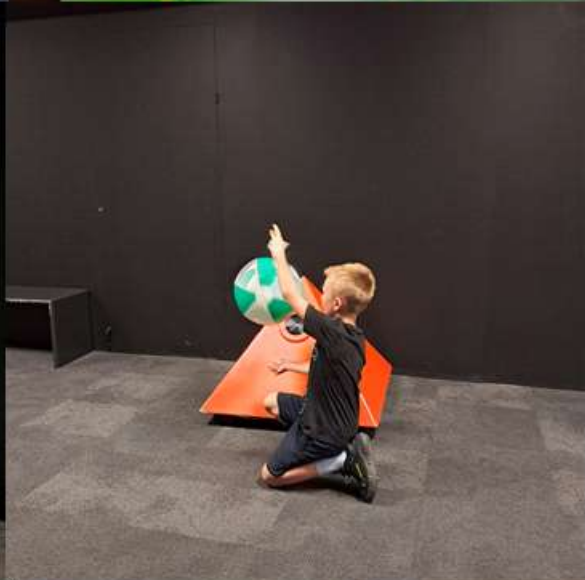


그림 33. 베르겐과학센터 전경과 프로그램(위), 아이들이 직접 활동할 수 있는 시설(가운데), 간단한 화학 실험으로 보여주는 마술공연과 공연장 시설(아래)

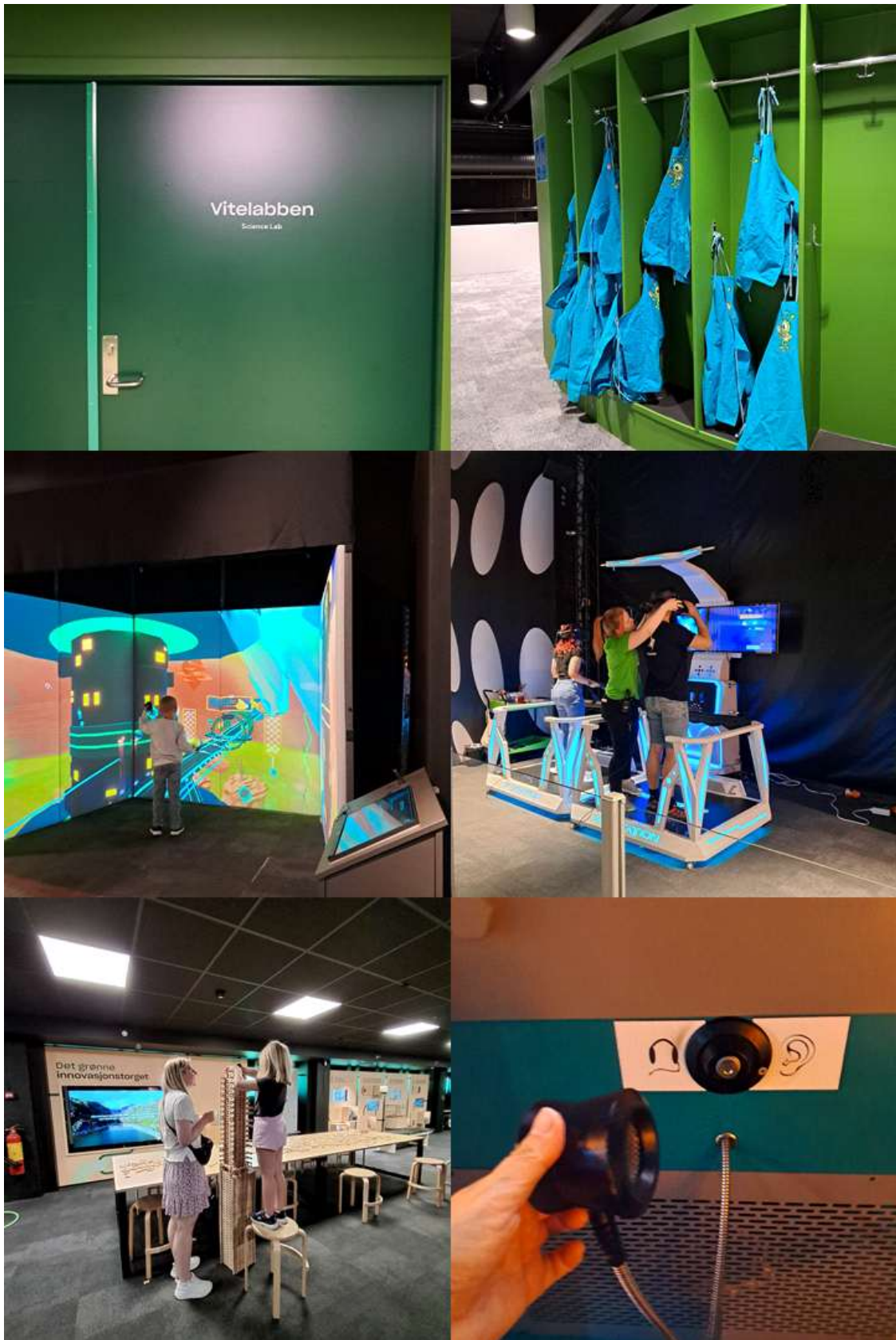


그림 34. 초등학생부터 고등학생까지 실험 교육을 수행하는 실험실과 초등학생용 앞치마 형태의 실험복(위), 안경 없이 모니터 벽을 이용하는 VR 체험 시설과 VR용 안경을 착용하고 사용 방법을 운영자에게 설명 듣고 사용하는 시설

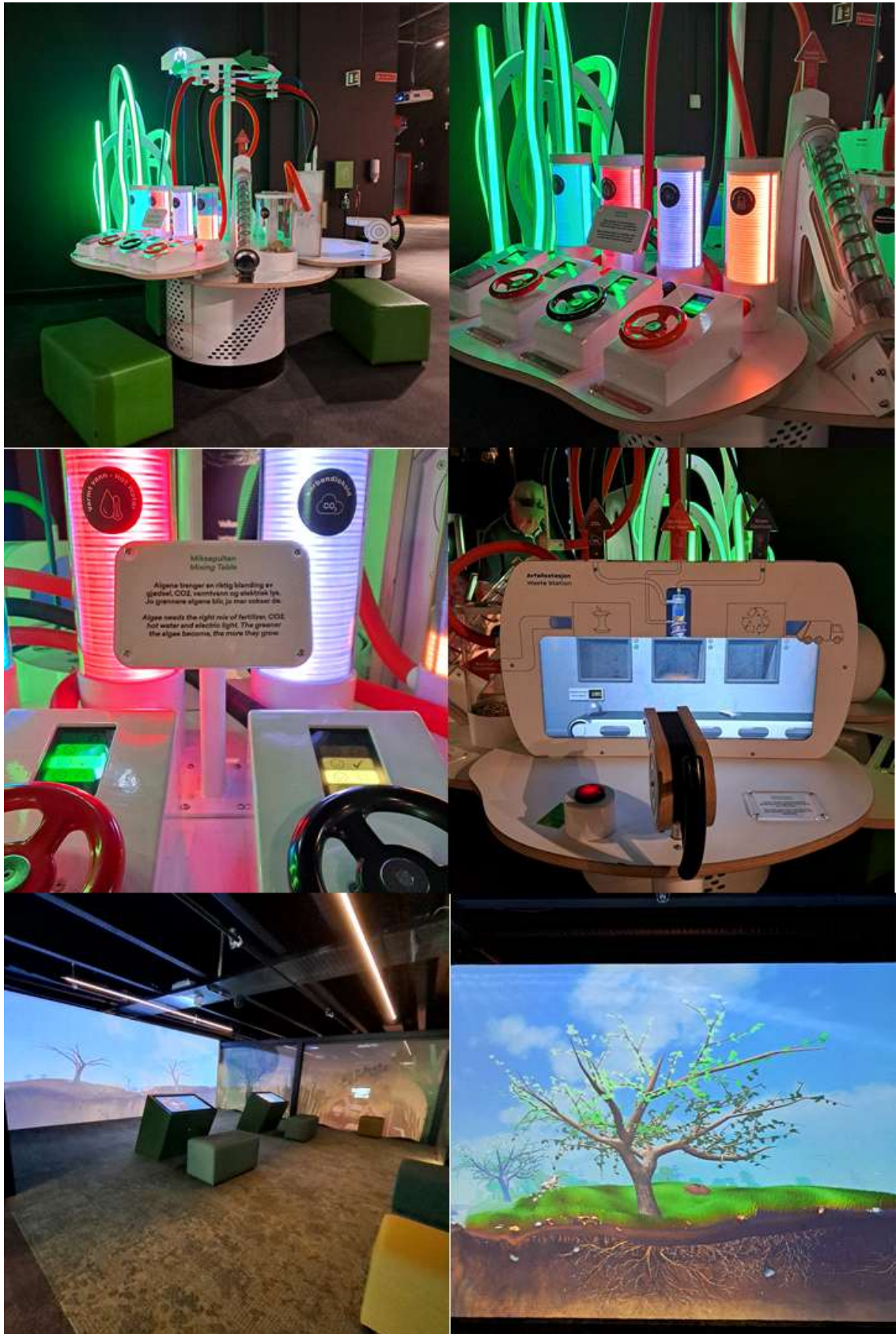


그림 35. 물질의 순환을 미세조류 배양과 쓰레기 재순환으로 보여주는 체험형 전시물 (위), 미세조류가 자라는데 필요한 각각의 요소를 추가하면 미세조류 성장하고 쓰레기 분리수거를 하는 게임(가운데) 생태계를 구성하는 생물을 맞추면 잎이 자라고 꽃이 피어 사과가 열매를 맺는 사과나무 키우기 게임(아래)

인체 탐구 전시는 인체의 해부학적 구조와 생리적 기능을 재미있고 직관적으로 배울 수 있는 체험형 전시로 구성되어 있었다. 시신경의 종류에 따라 시신경이 망가지면 시력에 어떤 이상이 생기는지 직관적으로 볼 수 있는 체험형 전시물, 심장 박동 소리를 직접 들어보거나, 신체의 다양한 기관이 서로 어떻게 연결되고 작동하는지를 시각적으로 이해할 수 있는 인터랙티브 디스플레이가 인상적이었다(그림 36).

해양 전시는 실제 현장에서 이루어지는 과학연구를 쉽게 알려주고 있었다(그림 37). 예를 들어 수중 음향을 직접 듣고 그 소리를 내는 발생원을 맞추는 게임을 하면서 음파를 연구하는 해양물리 분야를 접할 수 있다. 해수나 해저퇴적물 샘플링 과정을 통해 어떤 연구를 할 수 있는지 소개하고, 해수의 화학 성분을 분석한 결과를 통해 해양화학 분야가 어떤 연구를 하는지 알 수 있다.

빌비테과학센터의 체험형 전시물은 어린아이부터 성인까지 모든 연령대가 즐기고 있었고 과학에 대한 호기심을 자극하기에 충분했다. 예를 들어 관람객이 직접 물 소용돌이를 만들어 관찰하며 회전과 중력의 원리를 배울 수 있었다. 파도 발생기에서는 관람객이 주파수와 진폭을 조절하며 다양한 파도 패턴을 만들면서 파동의 특성과 간섭을 이해할 수 있었다(그림 36). 자전거를 타고 한 바퀴 회전하며 중력과 균형의 원리를 체험할 수 있고, 로봇을 직접 조작하며 작동 원리를 배울 수 있었다.

베르겐과학센터에서는 해양 관련 연구 내용을 소개하는 것이 인상적이었다. 현재 극지연구소 홍보관이 남북극과학기지를 중점적으로 소개하고 있으므로 극지환경재현실용화센터에서는 지구환경과 극지 연구내용을 소개하는 것이 중복을 피하고 연구 성과를 소개하는데 효율적일 것으로 판단된다.

베르겐과학센터는 운영 인력이 상시 전시관에 체류하며 방문자들을 지원하고 있었다. 극지환경재현실용화센터가 교육과 전시 기능을 수행하기 위하여 이와 같은 교육 전담 인력이 뒷받침 되어야 한다.



그림 36. 시신경의 종류에 따라 어떤 기능을 하는지 보여주는 전시물(위), 물의 물리적인 특징을 체험할 수 있는 전시물(가운데), 산과 해저 지형을 만지면서 이해할 수 있는 입체 지구본(아래)



그림 37. 해양 체험관 전경과 소리 발생원 맞추기 게임(위), 해수 샘플링을 통해 볼 수 있는 해수 속 미세조류와 동물 플랑크톤과 해저퇴적물 샘플링으로 발견하는 해양 박테리아 전자현미경 사진(가운데), 해수의 화학분석 데이터와 이 분석 결과로 알 수 있는 내용 설명(아래)

라) 극지영상실 공간 계획 제안

극지영상실은 극지환경재현실용화센터 1층에 위치한 265㎡의 공간으로, 극지연구소가 보유한 다양하고 방대한 영상 자료를 활용하여 극지를 보다 실감나게 하는 멀티미디어 교육실로 계획되었다. 그러나 건물 구조상 중앙에 위치한 기둥으로 인하여 영상 시청을 위한 스크린과 좌석 배치가 부적합하여(그림 38) 용도 변경에 대한 필요성에 제기되었다.

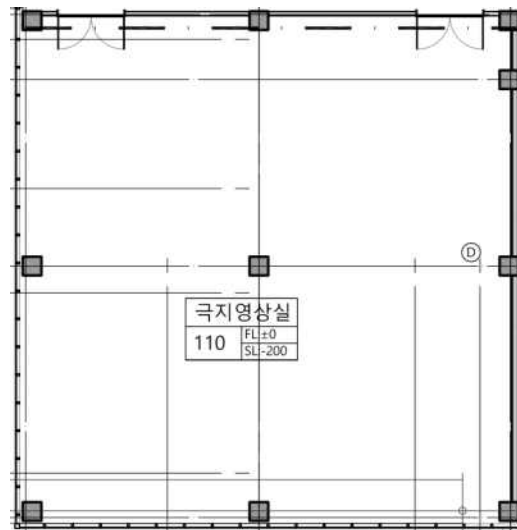


그림 38. 극지영상실 구조

상기 문제점을 해소하는 방법으로 본 공간을 작은 공간으로 구획하고, 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 하였다(그림 39).

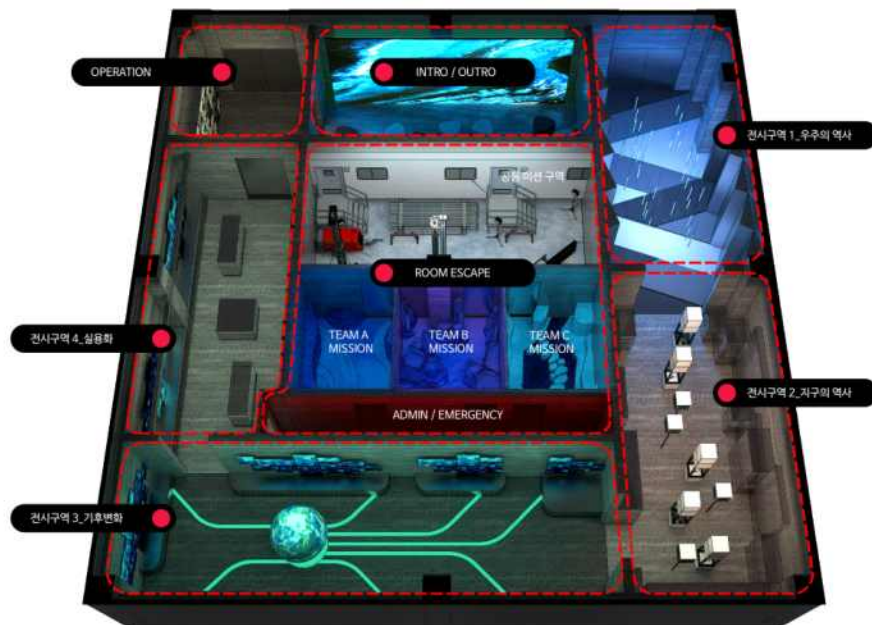


그림 39. 몰입형 체험전시실 공간 배치 계획(안)

○ 주요 내용

- 전시 체험 주제 : 우주의 역사 / 지구의 역사 / 기후변화 / 실용화 4개 구역

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 펼쳐지는 다양한 기후변화 연구 - 지구온난화의 시한폭탄 비밀의 열쇠 - 남극의 빙하가 모두 녹으면 벌어지는 일
실용화	- 무궁무진한 남극 미생물의 잠재력 - 남극 식물을 만나 7배 강해진 벼 - 극지 유용 자원으로 만드는 상용화 제품 - 극지에서 활용되는 첨단과학기술

- 전시 프로그램 운영 : 60분 동안 15명이 동시에 체험 가능한 형태의 몰입형 극지 전시 프로그램 제공
- 대상 : 초등학교 고학년-성인
- 운영인력 최소화 위해 영상을 통한 안내 진행 및 설정 자동화

○ 주제 설정 및 체험 방향

- 직접적인 소재와 체험을 통한 전시로 극지연구에 대한 관심도 증가와 인식 제고
- 과학을 학습이 아닌 문제 해결을 위한 수단으로 활용할 수 있도록 하는 체험 콘텐츠 개발
- 실제 경험을 통한 학습 강화 : 몰입형 체험은 학생들이 이론을 단순히 듣고 배우는 것을 넘어서 실제 상황에 참여하게 유도. 이를 통해 배운 내용을 실질적으로 적용하고 기억에 오래 남길 수 있음
- 집중력과 참여도 향상 : 몰입형 환경은 학습자의 감각을 자극하여 주의 집중을 유도하고, 학습자가 학습에 더욱 깊이 몰입하게 만들어 주며, 이로 인해 학습의 질이 향상
- 비판적 사고 및 문제 해결 능력 향상 : 몰입형 체험에서는 학습자가 실질적인 문제 상황에 직면하고 스스로 해결하는 경험을 통해, 논리적 사고와 문제 해결 능력을 기를 수 있으며, 복잡한 개념을 보다 쉽게 이해하고 적용함

마) 극지과학 프로그램 시범 운영

기후변화를 직접 체험하는 미래 세대인 청소년들은 심각한 기후변화를 몸소 체험하는 세대로서, 이들에게 기후변화의 원인과 현상을 이해하고 미래를 준비하기 위한 구체적인 방안을 제시하는 것이 필요하다. 이에 극지연구소는 극지환경재현실용화센터의 폴라오픈랩(Polar Open Lab)을 이용하여 청소년들이 직접 극지의 시료를 관찰하고 실험에 참여하는 기회를 제공하여, 극지환경 변화가 한반도의 기온상승과 경제 사회 등에 주는 영향에 대해 생각해보고, 기후 변화에 대한 인식을 높이고자 본 프로그램을 계획하였다.

올해는 인천시교육청의 지원을 받아 인천시 고등학교 과학동아리 학생과 교사들을 대상으로 극지과학탐구프로그램을 시범적으로 실시하였고, 동 프로그램에 대한 많은 수요는 기후변화 현상과 연관된 최근의 극지에 대한 관심을 보여주었다.

(1) 학생 대상 2024 극지과학탐구프로그램 운영

○ 운영 개요

프로그램명	2024 Polar Open Lab 극지과학탐구 프로그램		
책임기관명	극지연구소	공동 주관 기관	인천시 교육청
교육인원 수	인천시 소속 고등학교 과학동아리 학생 총 89명	참여강사 수	총 20명 (주강사 8명, 보조강사 12명)
프로그램 운영시기	8월 30일, 9월 6일~9월 7일 (총 3회)	예산	약 20,000천원 (인천시 교육청 부담)
교육목표	○ 극지 환경 변화가 한반도의 기온상승과 경제 사회 등에 주는 영향을 파악하여 기후 변화 대응 역량 강화 ○ 극지 연구 분야(대기과학, 지구과학, 해양학, 생명과학 등)에 대한 이해를 높이고 개방형 극지연구 인프라 활용 현장실습 기회 제공		
주요성과	○ 학생들에게 극지와 연관된 환경탐구를 위한 자연과학분야 심화교육 제공 ○ 극지 환경탐구 연구 기초 및 심화교육을 통한 극지분야 진로진학탐색 기회제공		

○ 프로그램 일정

일시	대상	장소	시간	강의 주제 및 활동
8월30일 (금)	인천연송고	Wet lab	15:00~18:00	남극은 왜 빨리 녹고 있나?
		극지연구소	18:00~19:00	극지연구소 견학

	인제고	Dry lab	15:00~18:00	운석의 편광현미경 관찰
		극지연구소	18:00~19:00	극지연구소 견학
9월6일 (금)	옥련여고	Wet lab	15:00~18:00	함께 오래가는 생명체 지의류
	인일여고	극지연구소	18:00~19:00	극지연구소 견학
	박문여고	Dry lab	15:00~18:00	얼음도 돌이야?
	인일여고	극지연구소	18:00~19:00	극지연구소 견학
9월7일 (토)	인천하늘고 인천효성고	Wet lab	09:00~12:00	얼음에 머선129 -얼음결합단백질 특성 연구
		극지연구소	12:00~13:00	극지연구소 견학
	송도고	Dry lab	09:00~12:00	광합성 생물의 다양한 세계
		극지연구소	12:00~13:00	극지연구소 견학

○ 프로그램 진행 사진



○ 만족도 조사 결과

- 조사 개요

조사목적	교육프로그램의 만족도
조사참여인원	학생 67명
조사기간	8월 30일, 9월 6일 ~ 9월 7일
조사방법 및 내용	○ 설문조사, 5점 척도 및 서술형 ○ 교육프로그램 만족도

- 응답 현황

구 분	대 상(a)	참 여(b)	응답률(c=b/a*100)
인 원	89	67	75.28

- 응답 결과(종합 점수)

설문(객관식)	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다	합계	평균점수 (5점 만점)
	5	4	3	2	1		
1. 강의와 실험&실습 내용은 유익했다	59	7	1			67	4.9
2. 극지 연구소의 견학 과정은 유익했다.	56	9	2			67	4.8
3. 2024 Polar Open Lab (극지과학탐구) 활동은 나의 관심분야와 진로진학분야에 도움이 되었다.	37	18	11	1		67	4.4
4. 프로그램 운영의 흐름은 불편함이 없었다.	51	12	3	1		67	4.7
5. 2024 Polar Open Lab (극지과학탐구)를 친구나 후배들에게 추천해 주겠다.	56	8	2	1		67	4.8
6. 다음 기회에 2024 Polar Open Lab(극지과학탐구)를 또 신청하고 싶다.	52	12	2		1	67	4.7
평균							

강의 주제 : 남극은 왜 빨리 녹고 있나?

- 남극과 북극의 차이점에 대해서 알게 되었고, 남극의 빙봉 부분이 지속적으로 녹는 과정과 그 영향에 대해서도 알 수 있었다. 또한 density ratio 계산방법에 대해 구체적으로 강의를 들을 수 있었고, 남극빙봉에서 얼음녹은물의 유동가시화실험을 진행하며 측정온도와 염도기반 density ratio의 계산값과 유동과의 관계에 대해 자세한 설명을 들을 수 있었다. 얼음이 녹는 과정을 직접 두눈으로 봄으로서, 지구온난화에 대한 경각심을 일깨울 수 있었던 유익하고 알차고 보람있었던 시간이었다.
- 북극은 녹아도 해수면 상승에 큰 변화를 주지 못한다는 것과 남극의 빙하들이 그저 녹기만하는 것이 아니라, 빙하가 바다로 흘러들어가 빙봉이되고 부서지는 구체적인 과정을 통해 해수면이 상승한다는 것을 새롭게 배웠다. 남극의 빙하가 모두 녹으면 해수면이 56m가 높아져 우리나라의 대부분이 물에 잠기게 된다는 것을 듣고 지구온난화와 해수면 상승에 더욱 경각심을 가지게 되었다. 또 다른 프로그램 중에 직접 북극에 방문할 수 있는 프로그램이 있다는 소식을 들어 다음에 기회가 되면 꼭 신청해야겠다는 생각이 들었다. 그리고 실험 참여 중에 실험공간은 너무 작는데 실험 참여 인원은 너무 많아서 불편함이 느껴졌다. 다음에 방문할 때는 더 크게 실험했으면 좋겠다.
- 빙하 해빙의 원인을 알게 됨
- 연송고등학교에 더 많은 프로그램 부탁드립니다
- 이런기회를 얻을 기회가 별로 없었는데 이번 기회로 극지연구소와서 남극이 왜 빨리 녹고 있나?라는 수업을 듣고 빙하가 녹고 순환되는 과정을 보면 남극에 대해서 더 자세히 알게 된 거 같다
- 재밌었다
- 지구온난화로 인해 빙하가 녹아 해수면이 상승한다는 내용은 이미 알고 있었지만 빙하가 녹음으로써 또 다른 문제, 태풍의 발생량 증가와 같은 추가적인 문제가 발생할 수 있다는 점을 알게 되었고. 오늘 진행한 실험을 통해 해수의 온도가 빙하, 빙상, 빙봉에 미치는 영향을 시각적 실험을 통해 더욱 쉽고 자세히 알게 되었다. 해수의 온도뿐만 아닌 염도, 빙하 속의 기포가 영향을 미친다는 것이 놀라웠다.
- 오늘 극지 연구소에서 진행한 프로그램 수업을 들으면서 북극의 얼음은 바다위에 있어서 녹아도 얼음 부피만큼 이미 바다의 수위에 영향을 주고 있는 거여서 북극의 얼음이 녹아도 큰 영향은 없지만 남극의 경우는 대륙 위에 얼음이 있어 바다의 수위가 올라가는 것을 알게 되었다. 또한 대륙위에 있는 얼음을 빙상 바다와 인접해 있는 얼음이 빙봉인 것을 알게되어 스스로 구분할 수 있게 되었다. 또 남극의 얼음을 관찰하는 방법이 두가지가 있는데, 첫 번째는 인공위성 두 대를 남극 위를 지나가게 하여 남극의 큰 질량 때문에 일어난 거리 차이로 얼음을 측정하는 방법 알게되었고, 두 번째는 한 구역을 지정한 뒤 인공위성에서 마이크로파를 보내왔다가는 동안 시간을 측정하여 얼음을 측정 할 수 있다는 것을 알게 되었다. 또한 남극에서 얼음이 녹는 과정을 실험을 통해 직접 관찰함으로써 남극의 얼음이 녹는 과정을 자세하게 알게 되어 뜻깊은 시간이었다.

강의 주제 : 운석과 태양계

- 별로 관심이 없던 운석에 대해 새롭게 알게된 것이 많아 매우 유익했다고 생각했으며 극지연구소의 설명을 들으며 남극과 북극에 대한 관심이 증가하였다.
- 실제로 운석을 만져보고 내 눈으로 보니 매우 신기한 경험이었다. 극지과학탐구에 참여함으로써 운석을 만져보는 흔치않은 경험을 해봐서 좋았다. 또한 편광현미경 사용법에 대해 알아보았고, 또 이를 사용하여 박편을 관찰해보는데 매우 신기했다. 다음에 기회가 된다면 다른 주제로도 참여하여 배워보고싶다는 생각이 들었다.
- 운석에 대한 내용을 알 수 있는 유익한 시간이었습니다
- 운석에 대해 더 잘 알게 되어서 좋았다.
- 운석의 다양한 특징을 알게되었고 현미경으로 관찰한 모습이 특이했다.
- 유익했다
- 이번 기회를 통해 남극의 비밀과 남극과 북극의 차이점 운석이 남극에 많이 분포하는 이유 등을 알게되어 좋은 경험이었던것 같습니다
- 이번 체험을 통해서 처음으로 운석을 관찰하고 만져볼 수 있었던 경험이었어서 좋았고, 뿐만 아니라 극지에 대한 설명이나 극지 연구소에서 하는 일 등을 알 수 있게 되어서 유익한 경험이었다.
- 이야 정말 좋다. 편광 현미경으로 운석들을 보니 여러물질들을 더욱 자세히 볼 수 있어서 좋은 경험이 되었다.
- 조금 더 나의 꿈에 다가갈수 있어서 좋았다.

강의 주제 : 함께 오래가는 생명체 지의류

- 극지연구소를 탐험하고 지의류에 대해 알아보는 시간이 정말 귀중했고 신기했다. 다 음에도 기회가 있다면 또 방문하고 싶다.
- 너무 재밌고 또 다른 프로그램을 체험하고 싶다
- 매우 유익했다
- 이끼는 식물이고 지의류는 곰팡이와 균(조류)이다. 이끼는 광합성을 하지만 지의류는 광합성을 하지 않는다. 지의류는 엽상, 고착성, 수지상으로 분류할 수 있다. 지의류는 바위와 나무 등 우리 주변에서 쉽게 발견할 수 있다. 지의류는 영어로 ‘Lichen’라고 하며 ‘땅의 옷’이라는 뜻이다. 또 지의류는 온도와 습도 등에 따라 모양과 색이 변화 한다. UV로 지의류를 관찰하면 빛이 난다. 지의류는 물에 닿으면 부드러워 진다. 젖 기 않은 상태는 딱딱하고 으스러질 것 같다.
- 이끼와 지의류의 차이점을 알 수 있었다 이끼는 식물이고 지의류는 곰팡이와 조류이 다. 이끼는 광합성을 하지만 지의류는 광합성을 하지 않는다. 지의류는 고착상, 엽상, 수지상으로 분류할 수 있고 생각보다 우리 주변에서 쉽게 발견할 수 있다. 지의류의 의미는 땅의 옷이라는 뜻으로 영어로는 Lichen이라고 하며 날씨 등 여러 조건에 따 라 색도 변하고 모양도 변하고 크기도 변한다. UV로 관찰했을 때 빛이 난다. 이러한 것들을 알 수 있오 유익했다
- 이번 기회로 지의류에 대해 알게 되고 구분할 수 있게 되어 뜻깊은 시간이었습니다! 선생님께서 이해 쉽게 설명해주어 듣는동안 불편함 없이 편한하게 들을 수 있어 좋았 어요.
- 재미있었고 유익했다
- 재밌었다
- 지의류는 곰팡이와 녹조류 사이의 공생체로서 자연 속에서 다양한 환경에서 볼 수 있 습니다. 이들은 일반적으로 바위, 나무, 흙, 심지어는 건축물의 표면에도 자란다. 곰팡 이는 주로 보호 역할을 하고, 조류는 광합성을 통해 에너지를 제공합니다. 또한 UV 렌즈로 지의류를 찍었을 때는 형광 성질을 나타내는 경우가 많으며, 지의류에 포함된 특정 색소들이 자외선에 반응하여 파란색,주황색 등의 다양한 색깔을 보이는 걸 볼 수 있었습니다. 이는 지의류의 화학적 성분에 따라 달라진다는 사실을 알 수 있었습 니다. 또한 지의류는 우주에서 살아남을 만큼 강인하며 수지성,엽록성,고착성 등의 형 태로 지의류를 분류할 수 있습니다.
- 지의류라는 새로운 미생물에 대해 알고 연구하고 관찰하며 균류와 조류의 공생체, 지 의류라는 뜻에 걸맞는 식물이라고 생각했습니다. 강사님들의 강의를 들을 수 있는 기회 가 있어 너무 흥미롭고 재밌었습니다!

강의 주제 : 얼음도 돌이야?

- <얼음도 돌이야?> 프로그램에 참가하면서 광물과 암석, 극지의 얼음에 대한 내용들을 새롭게 알게 되었습니다. 얼음박편을 제작해 편광판을 통하여 관찰하거나 실제로 극지 환경에서 생성되는 얼음을 만드는 얼음합성실험을 해보면서 학교에서 쉽게 할 수 없는 실험을 해볼 수 있어 매우 신기하고 흥미로웠습니다.
- 극지연구소를 갈 수 있는 좋은 기회를 얻을 수 있어 좋았고, 평소 잘 알지 못했던 극지와 빙하에 대해 더 자세히 알 수 있었습니다. 지구과학을 좋아하고 전공으로 하고 싶은 사람이라면 한번쯤은 들으면 큰 도움을 될 경험일거 같습니다.
- 시간이 좀 촉박해서 아쉬웠지만 재미있었습니다!
- 유익했습니다
- 재미있었다
- 좋은 시간이였습니다
- 직접 실험을 하고 관련된 강의를 듣고 많은 지식을 얻을 수 있어서 좋은 경험이었다.



- 그제 이론만 배우는 것이 아닌 직접 실험을 할 수 있어서 재미있었습니다. 추후 동아리에서 하게 될 실험에 좋은 아이디어를 얻은 것 같아 유익한 시간이었습니다.
- 극지 연구소에 와서 직접 강의를 들으니 얼음 결합 단백질이라는 새로운 단백질에 대해 알게 되었고 이에 따라 이후 실험계획과 같은 심화탐구에 대한 방향성을 제시할 수 있었다.
- 극지연구소에서 현재 진행중인 연구들을 좀 더 다양하게 이런 것도 진행 중이다 라고 나열하듯이 알려주셔도 좋을 것 같습니다. 연구소 연구자분과 이야기하고 새로운 내용 (얼음결합단백질)에 관해 처음 들었는데 극지의 생물들이 얼어죽지 않고 잘 살아있을 수 있는 새로운 방법에 대해 알 수 있어서 좋았습니다
- 매우 유익하고 좋은 시간이었고 설명도 저희 수준에 맞추어 설명해주셔서 좋았습니다
- 얼음 결합 단백질과 빙핵 활성 단백질에 대해 간단하게 배우고 실험을 진행하였습니다 이론 수업을 들으면서 처음 듣는 내용이라 생소하고 어려웠습니다. 이론 내용을 완전히 이해하지는 못하였지만 잘 이해할 수 있게 설명해 주셔서 결합 단백질과 빙핵 단백질이 무엇인지 어떤 역할을 하는지 설명할 수 있게 되었습니다. 또한 실험을 진행함으로써 두 종류에 단백질에 대해 더 이해할 수 있었고 실험 과정들이 신기하였고 실험에 직접 참여할 수 있어 좋았습니다
- 얼음 결합 단백질과 빙핵 활성 단백질의 개념과 작용 메커니즘을 자세히 배우고, 그를 실험을 통해 관찰하며 깊이 있게 이해할 수 있었다. 나중에 기회가 된다면 학교에서 실험을 진행하거나 새로운 주제에 대해 탐구해보고 싶다.
- 얼음결합단백질과 빙핵활성단백질의 존재 자체를 모르고 있었는데 이번 기회를 통해 극지에서 발견된 이런 단백질들의 특성과 연계방안 등을 이론을 통해 배우고 실험을 통해 직접 느낄 수 있던 경험이었던것 같다.
- 얼음결합단백질에 대해 처음 알게 되어서 좋았고 유익한 시간이었다. 얼음결합 단백질 억제 실험과 비핵활성 단백질의 비핵활성 실험을 통해 내용을 더 잘 이해할 수 있었고 관심분야인 식품에도 얼음결합단백질이 쓰여서 신기했다 .
- 이번 2024 polat open lab 이 실험뿐만 아니라, 교수님과 직접 문답할 수 있는 유익한 시간이 되었습니다. 정말 재미있는 시간이었습니다
- 처음에는 극지연구소가 어떤 일을 하는지에 대해 잘 몰랐는데, 이번 기회를 통해 극지 연구소에 대해 잘 알게 되었다. 또한 오늘 실험이 너무 재미있어서 다음에도 동아리 등에서 이런 류에 실험을 하고 싶다. 이런 기회가 또 있다면 다시 신청하고 싶다.

(2) 교사 대상 2024 극지과학탐구프로그램 운영

○ 운영 개요

프로그램명	2024 Polar Open Lab 교사 대상 극지과학탐구 프로그램(‘극지아카데미’)		
책임기관명	극지연구소	공동 주관 기관	인천시 교육청
교육인원 수	인천시 소속 과학교사 총 18명	참여강사 수	총 6명
프로그램 운영시기	11월 7일, 8일, 19일 (2강의, 4실습)	예산	인천시 교육청 부담
운영 목적	○ 인천시 과학교사의 극지과학 지식 함양 및 전문성 신장 ○ 극지연구 분야(대기과학, 지구과학, 생명과학 등)에 대한 이해를 높이고 개방형 극지연구 인프라 활용 현장실습 기회 제공		
기대 효과	○ 과학교사의 극지과학에 대한 관심과 이해도 증진 ○ 실험 실습을 통한 실질적인 과학 교육 능력 향상 ○ 극지 연구의 중요성과 가치에 대한 인식 제고		

○ 프로그램 일정

일시	시간	관련과목	강좌명	강사	강좌 소개
11. 7. (목)	15:00-16:30	지구과학 (대면강의)	대한민국 남극 대륙 연구	이종익 (빙하지권 연구본부 책임연구원)	(이론) 남극 운석 탐사, K-루트와 빙저호 탐사
	16:30-18:00	지구과학 (대면강의)	빙하와 기후변화	허순도 (빙하지각 연구본부 책임연구원)	(이론) 빙하를 통해 알아보는 지구의 과거 기후
11. 8. (금)	14:00-16:00	생물학 (Wet Lab)	함께 오래가는 생명체 지의류	이영미 (생명과학 연구본부 책임연구원)	(실습) 극지 및 주변 지의류 관찰
	16:00-18:00	지구과학 (Dry Lab)	운석과 태양계	박창근 (빙하지권 연구본부 책임연구원)	(실습) 관광현미경을 이용한 운석의 분류와 상호 토론
11. 19. (화)	14:00-16:00	생물학 (Wet Lab)	얼음에 무슨129 (얼음결합단백질 특성연구)	도학원 (생명과학 연구본부 책임연구원)	(실습) 결빙방지단백질의 재결정화 방지 능력 실습, 빙핵활성단백질의 빙핵활성 능력 측정
	16:00-18:00	지구과학 (Dry Lab)	얼음도 돌이야?	김대영 (빙하지권 연구본부 책임연구원)	(실습) 박편제작 및 관광판을 통한 관찰, 얼음합성과 변형 실험

4. 극지 유망기술 발굴 및 실용화 지원 강화

가) 창업-운영지원 시설

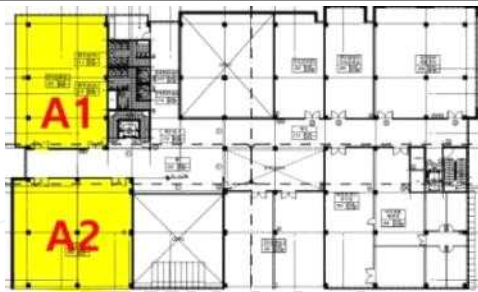
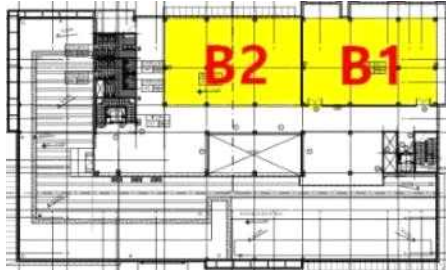
(1) 기업(기관) 입주 개요

극지환경재현실용화센터는 극지 관련 기술이나 아이디어를 보유한 예비창업자, 창업 기업 또는 극지 시료나 데이터 활용 계획이 있는 중소 기업, 극지 연구활동 지원 단체(법인)를 센터에 입주를 추진하였다. 이로써 선정된 기업(단체)은 기업(단체) 경영에 필요한 사무 공간을 저렴하게 사용할 수 있고, 극지생물배양실, 바이오생산분석실 등의 실험공간의 이용과 함께 극지연구소가 보유하고 있는 극지 시료와 데이터를 활용할 수 있게 하였다.

(2) 입주 기업 선정

○ 모집 기간 : 2024. 4. 1.(월) ~ 2024. 4. 30.(화)

○ 입주 대상 공간

구분	평면도상 위치	면적
A (2층) * 상하수도 설치가능		A1 : 273.25m ² A2 : 299.71m ²
B (3층) * 상하수도 설치불가		B1 : 375.72m ² B2 : 313.12m ²

○ 입주 조건

구분	주요 내용
신청자격	○ 극지 관련 기술이나 아이디어를 보유한 예비창업자, 창업 기업 ○ 극지 시료나 데이터 활용 계획이 있는 중소 기업 ○ 극지 연구활동 지원 단체(법인)
입주기간	○ 5년(기본 3년 + 연장 2년) ※ 입주기업(단체)가 시설설비 설치 비용을 부담하는 경우 최대 7년까지 입주 기간 연장 가능
관리비	○ 입주공간별 월30,000원/3.3m ² ※ 부가세 별도
입주보증금	○ 입주공간별 100,000원/3.3m ²

- 기업 전용 사무실, 실험실, 회의실 제공
- 극지 시료, 데이터 제공
- 생물배양실, 바이오생산분석실 등 센터 시설 사용 지원

○ 심사 항목

- (기업) 기술성, 극지관련성, 사업성, 대표자역량, 센터협력가능성
- (기관) 극지관련성, 전문성, 수행실적, 활동계획, 센터협력가능성

2) 입주 기업 선정 결과

번호	기업/단체명	입주 공간 및 면적	업종	주생산품 또는 주요활동	상근 인원
1	(주)바이오에프디엔씨	A1, B1일부 517m ²	연구개발업, 생물학적소재 제조업	식물세포, 바이오소재	22명
2	사단법인 대한극지의학회	B1일부 131m ²	협회 및 단체	운영 및 연구지원, 학술용역	1명

3) 연구소와의 예상 협력 분야

- (주)바이오에프디엔씨 : 극지 식물을 활용한 건강식품, 화장품 소재 개발
- 대한극지의학회 : 극지의료지원센터 설립 지원, 남극과학기지 의료 자문



(주)바이오에프디엔씨



(사) 대한극지의학회

다. 산업화 지원 시설 구축 계획

극지에 대한 아이디어를 가지고 있는 창업자에게 극지 시료와 전문 멘토링, 창업 공간을 제공할 뿐 아니라, 시료 관측·분석기술 등 극지 분야 know-how 전수를 통해 국내 극지연구 산업화 촉진을 위한 사무 공간을 구축하고자 한다(그림 40). 극지에서 수집된 미생물, 식물, 동물, 해양퇴적물, 빙하 등의 시료는 극한 환경에 적응한 독특한 메커니즘과 물질을 보유한 귀중한 자원이며 바이오신소재로서의 가치가 매우 큼에도 불구하고 국내 극지 실용화 연구는 아직 초기 단계에 머물러 있다. 이는 국내에 극지 산업을 지원할 전문기관이 없는 것에서도 이유를 찾을 수 있다. 이에, 극지 특수 시료를 극지환경재현실용화센터를 통해 제공하고자 한다.



그림 40. 극지환경재현실용화센터 3층 산업화 지원 시설 구축(예)

○ 극지 실용화 플랫폼 역할(안)

- 극지 실용화 R&D 대상 창업 아이템 발굴 및 창업자 매칭
- 극지 산업에 대한 아이디어를 가진 청년 창업자 발굴 및 지원 (창업경진대회, 전문가 멘토링, 창업 활동 공간 지원 등)
- 극지현장을 직접 가지 않고서도 연구 수행과 장비테스트가 가능한 극지 유사 연구 공간 (극지환경재현시설) 활용 지원
- 남·북극에서 수집된 미생물, 식물, 동물, 해양퇴적물, 빙하 등 다양한 극지 시료 제공
- 사업화 및 연구소 기업 창업 노하우 공유 세미나, 기술정보교류회 등 개최

제 3 절 극지환경재현실용화센터 향후 운영 방안

1. 극지환경재현실용화센터 운영 애로사항 및 대안

극지환경재현실용화센터를 2024년 1년동안 운영하면서 몇 가지 애로 사항을 확인했다. 가장 중요한 문제는 극지환경재현시설이 구축되지 않고 운영 예산이 별도로 책정되어 있지 않아 당초 계획했던 극지환경을 제공하여 극지 연구를 확장하고자 하는 목표를 이룰 수 없는 것이었다. 본 과제에서 수요조사를 한 결과 극지환경재현시설 중에 극지대기모사실이 가장 수요가 많았고 시급함을 확인할 수 있었다. 극지환경재현시설은 예산 확보가 반드시 필요하며 시설 설치 예산과 운영 비용, 수요조사 결과를 고려할 때 극지대기모사실, 극지해양생물아쿠아리움, 에어로졸모사실, 극지동토모사실, 빙해환경실, 극지코어센터 순서로 우선순위를 정할 수 있다.

두 번째 애로사항은 운영지원 인력의 부족이다. 부서장과 한 명의 행정직원만으로는 운영하기에는 업무의 성격이 매우 이질적인 다양한 업무를 동시에 수행해야 했다. 향후 예산 확보를 위한 계획수립, 교육 프로그램 운영, 입주 기관 지원, 추가 입주 기관 유치, 극지 기술 활용 촉진, 저온시설과 연구실 운영 등의 업무 수행을 위해서 인력의 추가 지원이 절실하다.



2. 극지환경재현실용화센터 예산 확보 방안

극지환경재현실용화센터 1층에 극지환경재현실을 구축하기 위하여 15억원의 예산이 필요하다. 구체적으로 영하 40°C-영하 20°C, 최대풍속 20 m/s를 구현하는 극지대기환경모사실 구축에 10억원, 영하 30°C-영하 10°C, 온습도 제어, 대용량 냉각 챔버(수십~수백 리터 규모), 내부 장치 사용을 위한 전원 및 측정 장비 포트, 장비 및 시료 운송을 위한 호이스트 등을 구비한 복합저온실 구축에 3억원, 영하 20°C에서 영상 20°C까지 온도를 주기적으로 변환할 수 있고 온습도가 제어되는 극지동토환경모사실 구축에 2억원이 필요하다.

이와 같은 극지환경재현 시설을 구축하기 위한 예산 확보를 시설비, 연구비, 운영비 등으로 검토해 본 결과, 새로운 건물이나 시설을 구축하는 것이 아니므로 시설비로 예산 확보가 불가능하다고 판단된다. 연구비에 시설 구축 예산을 추가할 수 있지만, 이 경우 연구비를 확보한 극지연구소 내부시설로 활용될 가능성이 높다. 극지 연구 저변 확대를 위해 외부 연구자들에게 극지환경재현 시설을 제공하는 극지환경재현실용화센터의 당초 취지에 부합하지 않는다. 따라서 극지환경재현 시설을 구축은 극지환경재현실용화센터 운영비로 예산을 확보하는 것이 최선의 방안이라고 할 수 있다. 남극 기지 운영비로 노후 시설을 보수하거나 신규 장비를 구매하는 것을 운영비를 활용하는 사례로 볼 수 있다.

3. 극지환경재현실용화센터 5개년 로드맵

극지환경재현실용화센터는 향후 다양한 목표와 전략을 통해 극지 환경 연구와 기술 개발, 대중 교육, 산업 활용을 촉진하는 방향으로 운영 방안을 설계할 필요가 있다. 우선 극지 대기환경모사실, 복합저온실 등 첨단 실증 인프라를 구축하여 다양한 실험과 연구를 지원하며, 신기술 및 제품을 테스트할 수 있는 공간을 제공하고 창업을 희망하는 연구자와 기업에 기술 자원과 시설을 지원하며 기술 이전을 활성화해야 한다.

극지 특화 교육 프로그램 확산을 위해 몰입형, 체험형 콘텐츠 개발로 교육 효과를 향상시키고 초등학생부터 대학원생까지 대상별로 특화된 극지 과학 교육 프로그램 운영하며 교육청, 과학관, 박물관 등과 협력해 프로그램 확산 및 대중 인식 제고해야 한다. 몰입형 극지 체험 시설 확충으로 방문객들에게 극지 환경에 대한 체감형 경험을 제공하며 연구성과를 효과적으로 대중에게 전달하여 과학 소통을 다각화하고자 한다.

극지연구소의 연구자들이 보유한 유망기술뿐 아니라 산-학-연 다양한 연구자들로 네트워크를 넓혀 극지 센서, 신소재, 데이터 분석 소프트웨어(SW) 등 산업화 가능성이 높은 기술을 발굴할 필요가 있다. 또한 기술 개발 단계에 맞춘 맞춤형 지원 프로그램을 운영하여 기술성숙도를 향상시키고 대학창업지원단이나 민간 기업과 협력하여 극지 관련 기술 상용화를 추진할 수 있다. 바이오 클러스터와 같은 지역 특화 산업과 연계하여 극지 유망 기술 활용을 촉진하고 지자체, 연구소, 스타트업 등 다양한 이해관계자와 협력을 넓히고 민간 투자, 크라우드 펀딩 등 다양한 방식으로 안정적인 재원 확보할 필요가 있다.

이를 통해 극지 환경 연구 허브로 도약하고 미래 과학인재 양성에 기여하며 극지 특화 기술의 실용화를 통해 경제적 가치 창출에 기여할 수 있다. 극지환경재현실용화센터가 연구, 교육, 산업의 중심지로 성장할 수 있도록 하는 로드맵은 그림 41과 같다.



그림 41. 극지환경재현실용화센터의 로드맵

4. 플라오픈랩 운영방안

2024년 여름방학 기간에 고등학생을 대상으로 극지과학 교육 프로그램을 시범 운영할 수 있는 기본 시설을 제공하고자 한다. 극지과학 프로그램은 향후 학생들이 학습 계획에 맞춰 희망과목을 수강할 수 있는 학생 맞춤형 교육과정인 고교학점제로 확장시킬 수 있다. 고교학점제는 2025년부터 전체 고등학교에서 시행될 예정이며 극지연구소에서 박창근 박사가 2022년부터 시범과목인 “운석과 태양계”를 운영하고 있다.

극지연구소 구성원들이 제안한 극지과학 프로그램은 다음과 같으며 각 강좌는 이론 강의와 실험 실습을 포함하여 총 3시간으로 구성하였다 (표 9). 각 강좌는 고등학교의 과학 과목과 연계할 수 있도록 물리, 화학, 생물학, 지구과학으로 구성하였다. 극지연구소의 특성을 살리며 고등학교에서 배울 수 없는 심화 과정을 제공하기 위하여 지구과학에서 대기과학, 우주과학, 해양학을 세분화하고 극지안전교육을 추가하였다.

표 9. 극지환경재현 실용화 센터에서 운영할 극지과학 교육 프로그램 세부 내용

번호	관련과목	강좌명	강좌 소개	필요 기자재
1	화학	지구온난화와 해수면 상승 시나리오	(이론) 지구온난화와 이산화탄소의 상관관계, 해수면 상승에 대한 RCP 시나리오 소개 (실습) 만능지시약과 함께 탄산수를 가열하고 이산화탄소 용해도와 온도의 상관관계 이해	탄산수 제조기, 만능지시약(universal indicator), 핫플레이트
2	생물학	얼음에 머신129 (얼음결합단백질 특성 연구)	(이론) 얼음결합단백질의 역사, 특성 및 활용 (실습) 결빙방지단백질의 재결정화 방지 능력 실습, - 빙핵활성단백질의 빙핵활성 능력 측정	Linkam Thermal Stage, 온도 조절 가능한 Benchtop Freezer, 편광현미경
3	생물학	식물도 숨을 쉰다고?	(이론) 북극 식물의 광합성과 호흡 이해 (실습) 북극 식물 잎 형태 관찰, 명조건과 암조건에서의 광합성 비교	광합성 측정기
4	생물학	생물의 다양성 이해	(이론) 단세포 생물로부터 인간까지 생물의 다양성 이해 (실습) 극지 생물 표본 관찰 및 북극 식물 표본 제작	3D 해부현미경, 다양한 생물의 스티커, 건조한 식물, 표본 제작용 대지, 유산지, 접착테이프, 펠트리디쉬, 핀셋
5	생물학	극지생물의 유전학	- 이론)극지생물의 환경적응기작과 유전자의 진화 - 실습)극지생물의 DNA 추출 및 PCR 증폭	PCR, 원심분리기, 액체질소, 디지털 해부현미경 등
6	생물학	함께 오래가는 생명체 지의류	(이론) 지의류 소개 (실습) 극지 및 주변 지의류 관찰	돋보기, 현미경, UV 조사기

7	지구과학	운석과 태양계	• (이론) 관광현미경 구조와 사용법, 광물 분류법 • (실습) 관광현미경을 이용한 운석의 분류와 상호 토론	관광현미경 5대 모니터 일체형 PC 5대
8	지구과학	얼음도 돌이야?	• (이론) 얼음의 결정구조 • (실습) 박편제작 및 관광판을 통한 관찰, 얼음합성과 변형 실험	냉동고, 관광판 관찰대, 블렌더, 유압 프레스 얼음합성 온도장치, 얼음변형 실험장치
9	대기과학	남북극 하늘 살펴보기	• (이론) 극지 대기환경과 기후 • (실습) 극지 대기관측 장비 원격접속 및 대기관측/예측 프로그램 체험	대형 모니터 3개, 원격접속용 컴퓨터 3개
10	대기과학	해빙/육빙이 녹으면 지구 온난화가 가속화된다	• (이론) 얼음-알베도 피드백, 알베도의 특성, 북극증폭, 양의되먹임현상 • (실습) 색과 물성에 따른 알베도 측정 실험	온도센서, 빛/색 센서, 적외선열감지기, 전등 5개, 검은천, 하얀천, 디쉬 3개, 물, 흙, 하얀모래
11	해양학	북극 해빙이 녹으면 해수면이 얼마나 상승하나?	• (이론) 부피와 질량 개념, 해수면 상승 원인 • (실습) 북극해 실험모델 만들어 해빙(물에 떠 있는 얼음)이 해수면에 미치는 영향 실험 (2시간 정도 소요)	리빙박스, 물, 얼음, 파랑염색시료
12	해양학	남극은 왜 빨리 녹고 있나?	• (이론) 해양-빙붕 상호작용 • (실습) 성층화된 해수와 빙붕을 모형화한 수조 실험을 통하여 해양-빙붕 상호 작용 관찰 및 이해	입자영상유속계, 카메라, 소형 수조, 온도계, 염분계, 미니 수중 펌프
13	해양지질학	과거 남극 해양 환경 이해를 위한 시추 코어 분석	• (이론) 남극의 과거 해양 및 빙하의 변화 이해 • (실습) 남극 해저면 시추 퇴적물의 기술과 비파괴 분석 실험	광학 현미경, 이동형 대형 모니터, 컬러 북, 돋보기
14	우주과학	오로라와 우주날씨	• (이론) 대기광/오로라 발생과 관측원리 및 우주날씨 • (실습) 대기광/오로라 관측장비 견학 및 오로라 영상 관람	영상 표출용 프로젝터 및 운영 PC
15	기타	극지에 대한 오해 와 이해	• (이론) 남극 조약체제와 북극 거버넌스 국가 간의 "약속과 다짐"이라는 접근방식으로 이해 • (실습) 모의 북극이사회, 남극조약당사국회의	일반 수업 기자재 (컴퓨터, 대형모니터 등)
16	기타	나도 극지 항법사! (GPS 항법 과정)	• (이론) 지구모델, 좌표체계, GPS 위성, 자기장의 이해 • (실습) 지도, GPS, 나침반을 이용하여 진북 방위, 현 위치 파악, 목적지 찾기 실습	지도, GPS, 나침반
17	기타	지식재산권의 이해	• (이론) 지식재산권의 개괄 (특허권의 발생과 이용) • (실습) 지식재산권 관련 모의법정	일반 수업 기자재 (컴퓨터, 대형모니터 등)

실험 1. 지구온난화와 해수면 상승 시나리오

학습 목표

- 실험 도구 사용법을 익힌다.(마이크로피펫, 핫플레이트 등)
- 기체(이산화탄소)는 온도가 상승할수록 용해도가 감소함을 실험으로 파악하고, 지시약의 역할을 이해한다.

실험원리

RCP(Representative Concentration Pathways, 대표농도경로) 시나리오는 인간 활동이 대기에 미치는 복사량을 온실가스 농도 변화량을 결정하여 온실가스 배출 시나리오에 따른 변화를 표현한 것으로, IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 5차 평가 보고서에서 활용되었다. '대표(Representative)'는 기후변화를 일으키는 힘인 '복사강제력' 중 가장 대표적인 온실가스의 '농도(Concentration)'를 시나리오에 사용한다는 의미를 담고있다. 또한, 시간적인 변화를 나타내는 시나리오의 특성을 강조하기 위해 경로'경로(Pathway)'라는 단어를 포함한다. 시나리오의 숫자는 온실가스로 지구를 얼마나 변화시키는지의 의미를 의미한다. 숫자가 클수록 온실가스의 영향이 커지고, 기후변화가 빠르게 일어난다는 것으로 볼 수 있다.

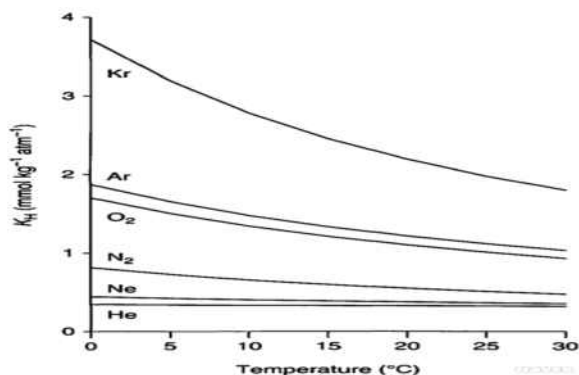
< RCP 시나리오별 전망치 비교 >

RCP 시나리오	전망치 비교(2100년까지)			비고
	인위적 복사 강제력	CO ₂ 농도	평균온도 상승	
RCP 2.6	2.6W/m ²	420ppm	1.0°C	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우
RCP 4.5	4.5W/m ²	540ppm	1.8°C	온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우
RCP 6.0	6.0W/m ²	670ppm	2.2°C	온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우
RCP 8.5	8.5W/m ²	940ppm	3.7°C	현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오)

* 출처 : 기상청 기후정보포털(http://www.climate.go.kr/home/snr_greeting/rcp_php)

온실가스로 인해 발생한 지구온난화는 해수면 상승을 유발하며, 이로 인해 전 세계 연안 도시가 위험에 빠질 수도 있다. 해수면 상승의 주요 원인은 극지방의 빙상과 빙하가 녹는 것과 더불어 해수의 열팽창도 있다. 따뜻해진 바다는 해양 생물에게도 영향을 끼친다. 수온이 상승하면 용존 산소량이 감소하기 때문이다. 따뜻한 물은 차가운 물보다 적은 양의 산소를 흡수하는 성질이 있는데, 해수면 표면의 수온이 높아지면 산소 흡수가 적어져 깊은 바닷물까지 산소를 흡수하기가 힘들다.

본 실험에서는 실험 도구 사용법을 익히고, 온도 변화에 따른 기체의 용해도 변화를 확인하며, 지시약의 색깔 변화를 통해 기체의 용해도가 시료의 pH 변화에 영향을 줄 수 있음을 이해한다.



- 수온에 따른 주요 기체의 헨리상수(1기압, 염분 35)
: 수온이 증가할수록 기체의 헨리상수는 감소하므로, 용해도는 감소한다 (출처: Emerson and Hedges, 2008)

pH range	Description	Colour
< 3	Strong acid	Red
3-6	Weak acid	Yellow
7	Neutral	Green
8-11	Weak base	Blue
> 11	Strong base	Violet

- 위의 표는 일반적인 pH 지시약의 산과 염기에 따른 색상이다. 만능 지시약(Universal Indicator)의 주요 성분으로는 용액 형태의 티몰블루, 메틸레드, 브로모티몰블루, 페놀프탈레인이 있다.

실험재료

탄산수 500 mL이 든 밀폐된 유리병, 만능지시약(Universal Indicator), 마이크로피펫, 핫플레이트, 15 mL 코니칼 튜브, 온도계, 250 mL 비커, 100 mL 메스실린더

실험방법

I. 실험 도구 사용법 익히기

< 마이크로피펫 사용 방법 >

- ① 마이크로피펫의 부피 범위를 확인하고 조절 손잡이를 돌려 용액이 필요한 만큼 눈금을 맞춘다.
- ② 마이크로피펫을 수직으로 잡아 First Stop 부분까지 버튼을 천천히 눌러준다.
- ③ 채취할 시료에 팁을 담근 상태에서 천천히 마이크로피펫의 버튼을 놓아준다.
- ④ 옮겨 담을 용기에 팁을 분배할 때는 용기의 안쪽 벽면을 약간 기울여 주고 Second Stop 부분까지 버튼을 눌러 용액을 빼낸다.
- ⑤ 사용 후 Tip Ejector 버튼을 눌러 Tip을 제거한다.

※ 학생 성취도 확인 방법 : 15 mL 코니칼 튜브와 1 mL 측정이 가능한 마이크로피펫을 사용하여 증류수 1 mL을 반복하여 옮길 수 있는지 확인한다.

< 핫플레이트 사용 방법 >

- ① 전원을 켜고 온도 조절기를 돌려 온도를 조절한다.
- ② 사용이 끝나면 전원을 끄고 플러그를 뽑는다.

II. 온도와 기체의 용해도 상관관계 실험

- ① 미지의 기체가 용해된 시료를 비커 4개에 각각 100 mL씩 나눠담는다.
※ 본 실험은 온도가 증가하면 기체의 헨리상수(K)가 감소하여 기체의 용해도가 감소하는데 주안점을 두었음(헨리의 법칙 : 용해도(C) = 헨리상수(K) × 압력(P)). 따라서 본 실험에서 탄산수를 사용하지만 학생들에게는 ‘미지의 기체가 용해된 시료’라고만 알려줄 예정임.
- ② 마이크로피펫을 이용하여 동량의 만능지시약을 각 시료에 넣고 가열한다.
- ③ 일정 시간의 간격을 두고 한 개씩 가열을 멈춰 온도와 지시약의 색깔을 파악한다.

주의사항

I. 마이크로피펫 사용

- ① 용액을 흡입할 때는 피펫은 수직으로 사용하고 천천히 작동한다.
- ② 용액이 담긴 상태에서 마이크로피펫을 거꾸로 들지 않는다.
- ③ 피펫팅은 꼭 눈앞에서 한다.
- ④ 사용 후에는 Tip을 반드시 제거한다

II. 핫플레이트 사용

- ① 절대 가열판을 손으로 만지지 않는다.
- ② 전선은 가열판과 가능한 멀리 배치한다.

실험 2. 얼음에 머신129 (얼음결합 단백질 특성 연구)

학습 목표

- 얼음결합 단백질의 역사 및 얼음과의 결합 특성을 이해한다
- 얼음결합 단백질의 재결정화 방지 원리를 이해한다.
- 빙핵활성 단백질의 빙핵 활성 원리를 이해한다.
- 얼음결합 단백질을 이용한 극지 생물의 저온적응 전략에 대해 이해한다.

실험원리

얼음결합 단백질 (ice binding protein, IBP)은 주로 극지방에서 살아가는 생물들에서 발견되는 단백질 그룹으로 얼음과 상호 작용하여 얼음의 성장에 영향을 미치는 능력을 가지고 있다. 얼음결합 단백질은 그 기능에 따라 결빙방지 단백질(antifreeze protein)과 빙핵 활성 단백질(Ice nucleation protein)로 나뉜다. 처음으로 특성화된 얼음결합 단백질은 해양 생물과 육상 곤충과 같은 유기체 내부에서 얼음 형성을 방지하는 결빙방지 단백질이다. 이러한 결빙방지 단백질은 얼음과 결합하는 부위에 친수성 아미노산인 Threonine 또는 Serine으로 구성되어 있어서 수소결합 및 소수성 상호작용을 통해 얼음의 물 분자와 결합한다. 빙핵 활성 단백질의 경우 얼음 형성을 유도하는 단백질로, 결빙방지 단백질과 유사한 얼음결합 부위를 이용하여 물 분자를 모아 빙핵 형성을 유도한다. 얼음 성장 억제 및 빙핵 활성 실험을 통해 이러한 현상이 분자 수준에서 어떻게 일어나지를 관찰할 것이다.

실험재료

편광 편미경, 초정밀 온도 조절 장치, 액체 질소, 파이펫, 알루미늄 블럭, 결빙방지 단백질, 빙핵 활성 단백질, 슬라이드 글라스

실험방법 I. (얼음 재결정화 방지 실험)

- ① 알루미늄 블럭을 액체 질소가 담긴 얼음 상자에 올려놓아 블럭의 온도를 낮춘다.
- ② 알루미늄 블럭 위에 커버 글라스를 올려놓고 물방울을 약 1.2m 높이에서 커버 글라스 위로 떨어뜨린다.
- ③ 커버 글라스에 올려진 얼음을 -6°C로 세팅된 온도 조절 장치 위로 옮긴다.
- ④ 편광 현미경을 통해 얼음의 성장을 30분 동안 관찰한다.
- ⑤ 결빙방지 단백질을 물과 섞고 농도를 측정한다.
- ⑥ 2-4 과정을 반복한다.
- ⑦ 결빙방지 단백질이 있을 때와 없을 때 얼음의 모양 크기를 비교한다.

실험방법 II. (빙핵 활성화 실험)

- ① 온도 조절 장치 위에 커버 슬라이드를 올려놓는다.
- ② 커버 슬라이드 위에 물 1 μ L씩 총 24개의 물방울을 만든다.
- ③ 온도 조절 장치의 온도를 분당 1°C의 속도로 -20°C까지 낮춘다.
- ④ 온도가 낮아짐에 따라, 어는 물방울의 개수와 시간을 기록한다.
- ⑤ 물 대신 빙핵 활성화 단백질을 물에 섞어 2-4 과정을 반복한다.
- ⑥ 빙핵 활성화 단백질이 있을 때와 없을 때 얼음이 어는 온도를 비교한다.

주의 사항

액체 질소의 위험성을 인지하고 주의해서 사용하도록 합니다.



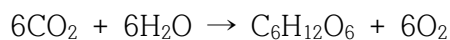
실험 3. 식물도 숨을 쉰다고?

학습 목표

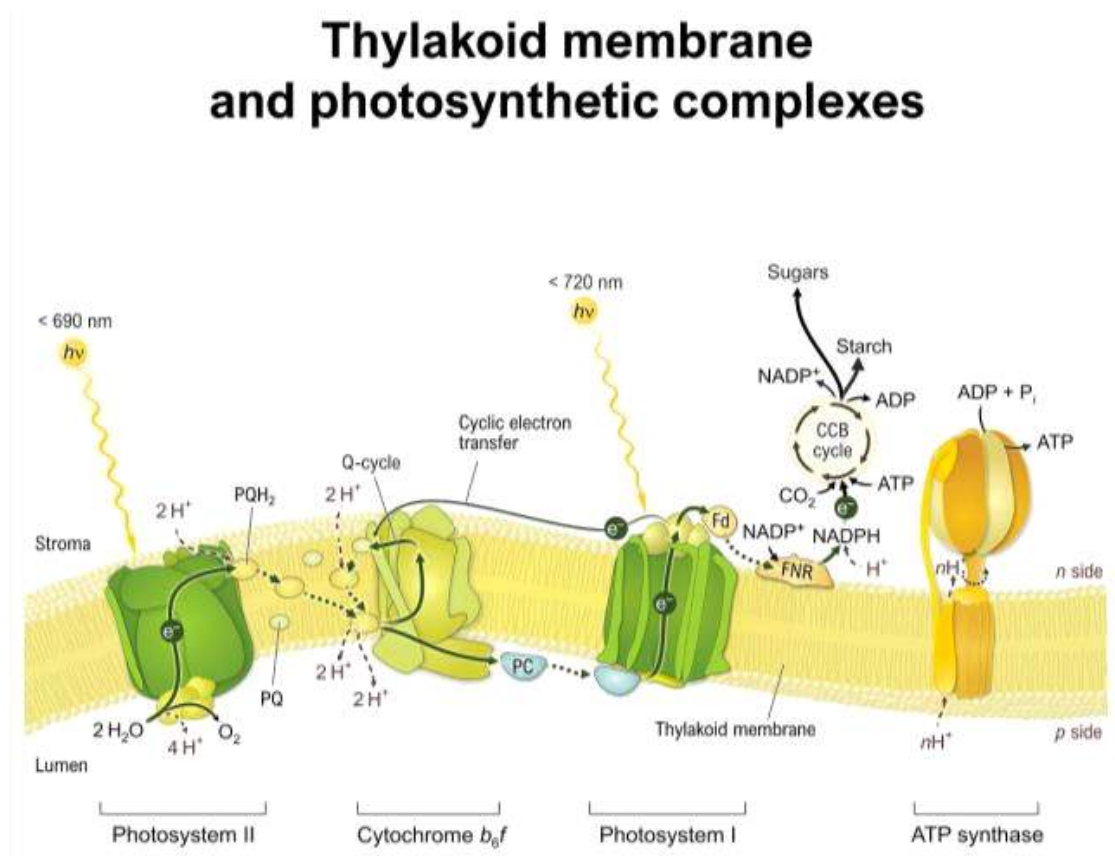
- 북극식물의 외부 형태를 익힌다.
- 식물의 광합성과 호흡을 이해한다.
- 온대식물과 북극식물의 광합성의 차이를 광합성 측정기를 이용해 파악한다.

실험원리

광합성은 식물이 빛 에너지를 이용하여 이산화탄소와 물을 산소와 포도당으로 변환하는 생화학적 과정으로 광합성의 기본 반응은 다음과 같다:



이 반응에서 식물의 엽록체 틸라코이드막에서 빛 에너지를 이용하여 물 분자를 분해하고 산소와 전자를 생성한다. 전자는 전자전달계를 통해 에너지(NADPH)를 생성하고, 산소는 대기 중으로 방출된다. NADPH는 식물의 엽록체 스토마에서 이산화탄소를 포도당으로 합성하여 식물의 성장과 생존에 필요한 에너지원으로 사용된다.



식물이 빛 에너지를 흡수하면 광합성에 이용되며, 흡수하지 못한 일부 에너지는 형광에너지 형태로 방출된다. 광합성측정기는 방출되는 형광값을 측정하여 광합성 효율을 계산하는 원리이다. 이 실험에서는 온대식물인 애기장대와 북극식물 그린란드고추냉이의 광합성을 비교하며, 환경조건에 따라 애기장대와 그린란드고추냉이의 광합성 효율의 변화를 광합성 측정기를 이용해 알아보고자 한다.

실험재료

현미경, 애기장대, 그린란드고추냉이, 잎 클립, 광합성 측정기

실험방법

I. 북극 식물의 형태 관찰하기

- ① 온대식물과 북극식물의 형태적 차이를 관찰하고 기록한다.

II. 식물의 광합성 측정하기

- ① 잎 클립을 이용해 애기장대와 그린란드고추냉이 상위 세 번째 잎에 30분 암처리한다.
- ② 광합성 측정기를 잎 클립에 결착한 후 클립을 열어 광합성을 측정한다.



<광합성 측정기 사용 방법>

- ① 기기의 [SET] 버튼을 3초간 길게 눌러 전원을 켜다.
 - ② 기기의 [MENU] 버튼을 눌러 < OJIP > 측정항목으로 이동한다.
 - ③ 식물에 암처리 중인 클립에 광합성 측정기를 결착하여 고정시킨 후 클립을 당긴다.
 - ④ [SET] 버튼을 누르면 약 2초간 광합성 측정기에서 광원이 조사되어 광합성이 측정된다.
 - ⑤ 나머지 클립을 같은 방식으로 측정한다.
 - ⑥ 다른 처리구의 샘플일 경우, 원활한 데이터 식별을 위해 실험자 임의로 마킹 처리한다.
- * 한 처리구 측정이 끝났을 경우 클립이 닫혀있는 상태에서 [SET]버튼을 눌러 Blank 처리

III. 광합성 데이터 분석하기

- ① 측정된 결과를 소프트웨어에 연결하여 광합성 효율을 나타내는 파라미터를 확인한다.
- ② 애기장대와 그린란드고추냉이의 광합성을 비교한다.

주의사항

실험 중 장비가 고장 및 파손되지 않도록 주의한다.

실험 측정 항목을 정확하게 파악하고, 결과를 정확하게 기록해야 한다.

실험 중 식물체가 손상되지 않도록 주의한다.

실험 4. 생물의 유전자 지문 찾기 (바이오 마커)

학습 목표

- 식물의 DNA 추출 방법 배우기
- 분자 마커의 개념과 PCR 분석 방법 배우기
- 전기영동 실험 방법과 결과 해석 배우기

실험원리

DNA 추출은 세포 또는 조직에서 DNA를 분리하는 과정이다. DNA는 세포의 핵 안에 존재하며, 단백질, 탄수화물, 지질 등의 다른 세포 성분으로 둘러싸여 있다. 따라서 DNA를 추출하기 위해서는 이러한 세포 성분들을 제거해야 한다. DNA 추출의 기본적인 원리는 먼저 세포를 용해하여 세포막을 파괴하고 다음으로 DNA를 용해된 세포로부터 분리하고, 마지막으로 DNA를 정제하여 불순물을 제거함으로써 진행된다. DNA 추출은 생명과학 연구에서 필수적인 기술 중 하나이다. DNA 추출을 통해 DNA를 분리하고 정제하여 다양한 생명과학 연구에 활용할 수 있다. 예를 들어, DNA 서열 분석, 유전자 변형 연구, 유전자 치료 등 다양한 연구에 DNA 추출 기술이 사용된다.

분자마커는 유기체의 DNA 또는 RNA에 존재하는 특이적인 염기서열을 말한다. 유기체의 유전적 특징이나 진화적인 역사에 대한 정보를 담고 있기 때문에, 생명과학 연구에서 다양한 분야에 활용되고 있다. 또한 유전적 다양성 분석, 유전적 품종 개발, 유전적 질병 진단, 환경 오염 감시, 범죄 수사 등에 활용 가능하다. 분자마커 기술은 생명과학 연구에 있어 혁신적인 발전을 가져왔다. 분자마커 기술을 통해 유기체의 유전적 특징을 보다 정확하고 효율적으로 분석할 수 있게 되었으며, 이를 통해 다양한 분야에서 새로운 발견과 발전이 이루어지고 있다.

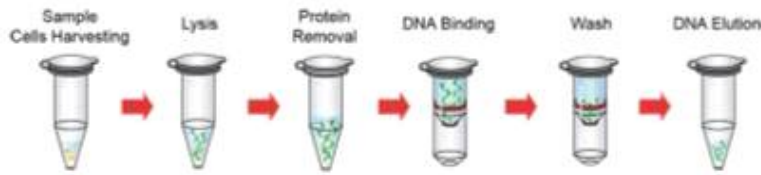
전기영동은 전기장을 이용하여 분자를 분리하는 방법이다. 전기영동은 생명과학 연구에서 매우 중요한 기술로, DNA, RNA, 단백질 등을 분리하고 분석하는 데 사용된다. 전기영동의 기본 원리는 먼저 분자를 겔이라는 기질에 넣고 전기장을 가하면 분자는 전기장에 의해 전하의 방향으로 이동하게 된다.

실험재료

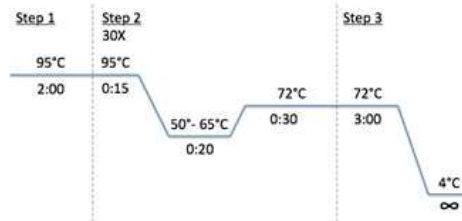
DNA prep kit, Agarose, Taq polymerase, Distilled water, Ice, Primer set, DNA ladder

실험방법

- ① DNA를 추출하고자 하는 생물의 전처리
- ② DNA prep kit를 사용하여 DNA 추출



③ PCR 증폭을 통해 target DNA 증폭



DNA, primer, Taq polymerase를 tube 또는 plate에 넣고 PCR 머신에 넣는다.
Denaturation, annealing, extension 과정을 거쳐 target DNA를 증폭시킨다.

④ 전기영동 gel 제작

1차 증류수에 agar를 넣고 전자레인을 이용하여 충분히 녹여준다. gel 트레이와 comb를 배치하고 녹여준 gel을 부어 서서히 굳힌다.

⑤ 증폭된 DNA를 gel에 분주하고 충분히 running 시킨 다음 결과 사진 관찰

PCR product를 굳힌 gel에 적량 분주하고 전기영동 기기에 전류를 흘려주어 DNA가 이동하는 것을 관찰함.

주의사항

실험을 할 때는 깨끗한 장비를 사용하고, 실험 결과를 정확하게 기록해야 합니다. 실험에 사용되는 시약이 섞이거나 잘못 넣지 않도록 주의해야 합니다.

실험 5. 극지생물의 유전학

학습 목표
이 실험을 통해 학생들은 환경적응과 유전자 진화에 대한 중요한 개념을 이해하고 DNA 추출 및 PCR 기술을 배우고자 함
- “극지생물의 환경적응 및 유전자의 진화”에 대한 이해 향상
- DNA 추출과 PCR 증폭 기술을 습득하여 실제 실험 기술을 배우고 적용하고자 함

실험원리

- PCR은 특정 DNA 단편을 대량으로 복제하는 기술로, 원하는 유전자를 증폭하여 분석하기에 이상적이다.
- 이 실험에서는 DNA 추출과 PCR (Polymerase Chain Reaction), 전기영동법을 사용하여 남극조새풀의 얼음결합단백질인 IRIP (Ice Recrystallization Inhibition Protein)을 증폭하고 확인한다.

실험재료

남극조새풀, 디지털현미경, 그라인더, DNA 추출시약, PCR 반응용액, PCR 기계, 마이크로파이펫, 마이크로튜브 등

실험방법

- ① 남극조새풀 샘플 준비: 남극에서 채취하여 실험실에서 배양된 남극조새풀을 사용한다.
- ② DNA 추출:
 - a. 남극조새풀 조직 샘플을 그라인더로 분쇄
 - b. DNA 추출 시약을 사용하여 DNA를 추출하고 정제
 - c. 추출한 DNA의 양과 품질을 측정합니다.
- ③ PCR 증폭:
 - a. PCR 반응용액을 준비합니다. DNA 템플릿, 프라이머 (IRIP 유전자 특이적), DNA 폴리머라아제, 염기 시약 등을 포함
 - b. PCR 기계를 사용하여 IRIP 유전자를 증폭
- ④ PCR 결과 확인: 증폭된 DNA 샘플을 전기영동을 통해 확인하고 IRIP 유전자의 존재 여부 확인

주의사항

1. 실험실 안전규칙을 준수. 실험복 착용, 필요시 안전고글, 장갑 등 착용
2. DNA 추출 및 PCR 작업은 깨끗한 환경에서 수행 필요
3. PCR 반응에 사용되는 모든 시약과 장비는 깨끗하고 정확하게 다루어야 함

실험 6. 함께 오래가는 생명체 지의류

학습 목표

- 지의류가 무엇인지와 형태를 공부한다.
- 지의류 안에 공생하고 있는 다양한 미생물의 존재 및 구성성분을 이해한다.

실험원리

지의류는 전통적으로 지의류 형성 곰팡이 (mycobiont)와 광합성을 하는 지의류 형성 조류 또는 남세균 (photobiont)의 공생관계로 이루어진 복합체이다 (그림 1). 최근 공생에 관련된 미생물 뿐만 아니라 다양한 종류의 세균 등이 지의체 안에 존재하는 것이 보고되면서 지의류를 작은 생태계라는 관점으로 정의하는 움직임이 있다. 지의류는 땅의 옷이라 불릴만큼 극지를 포함한 극한 환경에 적응하여 살아가고 있지만, 지의류를 연구하는 연구자라 지극히 적어 일반인 뿐만 아니라 연구자들도 지의류에 대한 존재를 인식하지 못하는 연구가 많다. 따라서 본 실습을 통해 주변에 서식하는 지의류 및 극지 지의류에 대해 알아보고자 한다. 또한 지의류의 형태를 육안 및 현미경으로 관찰하고, 지의류 형성 곰팡이가 생성하는 물질은 특정 파장의 UV를 흡수하게 되는 데 UV 조사기를 활용하여 물질의 존재를 파악한다.

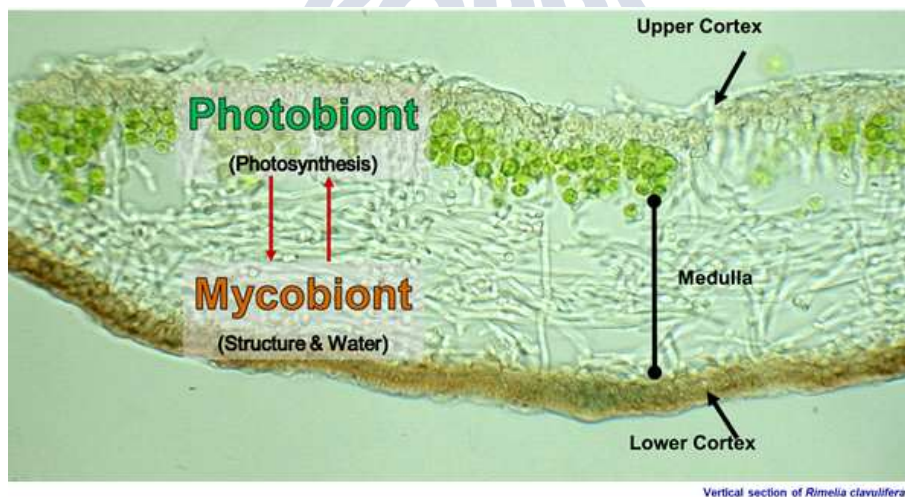


그림 1. 지의류의 구조

실험재료

극지 또는 연구소 주변 지의류, 현미경, UV 조사기

실험방법

1. 연구소 주변에서 서식하는 지의류 채취한다.
2. 현미경을 이용하여 형태를 관찰한다.
3. UV 조사기에 지의류를 넣어 지의류 형성 곰팡이가 만들어내는 물질을 관찰한다.

실험 7. 운석과 태양계

학습 목표

- 광학현미경과 주사전자현미경을 통해 운석을 구성하는 물질(광물)을 분석할 수 있다.
- 운석을 분류하고 각 운석이 간직하고 있는 태양계의 진화를 이해할 수 있다.

실험원리

운석 육안 관찰, 편광현미경 관찰, 주사전자현미경 관찰을 통해 운석을 분류하고 각각의 형성 과정에 대해 토론한다.

실험재료

편광현미경, 20배 확대경 (15개), 비닐 장갑 (15개)

철운석, 오디너리 콘드라이트, 팔라싸이트, 카보네이셔스 콘드라이트, 유크라이트

실험방법

I. 운석의 육안 관찰

- ① 확대경을 이용하여 운석의 표면, 내부의 구성 물질과 조직을 관찰한다.
- ② 무게를 가늠하여 운석간 밀도 차이가 있는지 알아보고 구성 물질과의 관련성을 탐구한다.
- ③ 운석 종류별 구성 광물과 조직 차이에 대해 지구 암석과 비교하여 토론한다.

II. 운석 박편의 편광 현미경 관찰

- ① 편광현미경을 이용하여 광물의 광학적 특성에 따라 구성 광물을 동정(identification)한다.
- ② 운석 종류에 따라 구성 물질과 광물이 어떻게 다른지 토론한다.
- ③ 구성 광물의 크기, 산출 양상, 내부 조직이 운석 종류에 따라 어떻게 다른지 탐구한다.

주의사항

- 운석과 박편은 맨손으로 만지지 않는다.
- 편광현미경 사용법을 숙지한다.

실험 8. 얼음도 돌아야?

학습 목표
- 주변에서 쉽게 관찰할 수 있는 석영과 얼음의 결정구조를 비교하고 각각의 특성을 이해한다. - 편광현미경 원리, 얼음의 광학적 특성을 파악하고, 합성얼음을 제작해 편광판 사이에 두고 관찰한다. - 얼음의 배열방향과 흐름관계의 상관관계를 통해 극지방 얼음의 이동속도가 해수면 변동에 미치는 영향을 이해한다.

실험원리

일정한 크기의 얼음을 합성하고, 미구조 관찰을 통해 광학적 특성을 이해한다.

실험재료

냉동고 2대, 편광판 관찰대 2대, 고성능 블렌더 2대, 유압 프레스 2대, 얼음합성 온도장치 2개, 얼음합성대(ice die) 2개, 콜드트랩 4개, 펌프 2대

닌자장갑(얼음작업용 4켤레), 샌드페이퍼(종류별로 >10), 슬라이드글라스(4개), 스티로폼박스(4개), 스티로폼 내부 망(2개), 드라이아이스(>30 l), 액체질소(50 l), 톱날 등

실험방법

I. 얼음의 합성

- ① 냉동고 하에서 고성능 블렌더를 이용해 얼음을 곱게 갈고, 얼음합성대에 넣는다.
- ② 얼음합성대를 얼음합성 온도장치에 넣고 드라이아이스를 채운 후, 유압 프레스로 압력을 가한다(콜드트랩 및 펌프와 연결 & 작동).

II. 얼음시료의 제작 및 관찰

- ① 톱날을 이용해 얼음을 자르고, 한쪽면을 곱게 갈아 슬라이드글라스에 부착한다.
- ② 반대편을 곱게 갈아 얇게 만들고 편광판 관찰대에서 관찰한다.
- ③ 결정크기, 간섭색 등 다양한 특성을 관찰하고, 이들이 자연현상에 어떤 영향을 미치는지 이해한다.

주의사항

- 얼음, 드라이아이스, 액체질소는 절대 맨손으로 만지지 않는다.

실험 9. 남북극 하늘 살펴보기

학습 목표
- (극지 기상) 기상관측 방법을 배우고 남극기지에 원격접속하여 현장 기상현황을 확인하고 국내의 기상과 비교 이해한다
- (대기구성물질) 남북극 기지 기반 미세먼지 및 기후가스 관측 현황을 확인하고 국내의 관측값과 비교 이해 한다.
- (기후모델링) 기후모델을 이용한 극지역 및 전지구 기후변화 연구가 어떻게 진행 되는지 살펴보고 이해한다.

실험원리

(기상관측) 일반적인 자동기상관측시스템을 실제로 보고 작동원리에 대해 이해한다. 남극기지에 원격접속하여 남극 현지의 실시간 기상관측값을 확인하고 국내 기상과 비교하며 극지 기상의 특성을 이해한다.

(대기구성물질) 미세먼지(에어로졸), 기후가스 등을 포함하는 대기구성물질은 다양한 자연요인 및 인위적요인에 의해 발생하며 전지구적인 기후조절에 중요한 역할을 한다. 남북극 하늘에 존재하는 작은 미세먼지와 저농도 기후가스를 분석하는 원리를 이해하고 남북극 과학기지에서 실시간 운영 중인 관측장비 운영 상황 원격접속을 통해 살펴본 후 국내 미세먼지 농도 수준과 비교해 본다.

(기후모델링) 컴퓨터 등 수치연산자원을 이용하여 대기, 해양, 해빙 등 기후시스템의 시간에 따른 상태 변화를 계산하는 수치모델은 관측이 극히 어려운 극지역 대기/해양 등의 특성을 이해하는 중요한 도구로 활용되고 있다. 이러한 수치모델이 어떠한 방식으로 동작하고 어떠한 결과를 생산하는지 단순화된 수치모델을 이용한 실험을 직접 수행하여 기후모델링 연구 방법을 이해한다.

실험재료

자동기상관측장비(Automatic Weather Station, AWS) 1세트

원격 접속 및 수치모델 재현을 위한 PC 및 대형모니터

실험방법

(극지기상)

- ① 자동기상관측시스템(AWS) 실물을 보며 구성 센서들과 작동원리를 배운다.
- ② AWS와 컴퓨터를 연결하여 실제 측정되는 값을 확인하며 기상변수의 변화를 이해한다.
- ③ 남극기지와 원격으로 접속하여 남극 현장의 실제 기상 측정값을 살펴본다.
- ④ 남극의 기상측정값과 국내 기상측정값 또는 기후값을 비교하며 극지 기상/기후의 특성을 이해한다.

(대기구성물질)

- ① 미세먼지 및 기후가스 분석 장비의 작동원리를 이해한다.

- ② 남극 세종과학기지 미세먼지 및 기후가스 관측 장비에 원격으로 접속한다.
- ③ 실시간으로 관측되고 있는 미세먼지의 수농도 및 기후가스 농도를 확인한다.
- ④ 남북극 미세먼지와 국내 도심지에서 관측되는 미세먼지 농도 특성을 비교해 본다.

(기후모델링)

- ① 컴퓨터에 설치된 수치모델의 초기입력자료, 실험기간, 강제력 등 실험 설정을 수정하고 실험을 수행한다.
- ② 실험이 수행되는 동안 원격지 컴퓨터 접속이나 미리 생산된 실험 결과들의 가시화를 통해 전지구 및 극지역 기후 특성을 확인한다.
- ③ 실험 설정에 따른 결과를 확인하고 기후모델링 연구를 이해한다.

주의사항

없음



실험 12. 남극은 왜 빨리 녹고 있나?

학습 목표

- 해양과 빙붕, 그리고 빙붕이 녹는 전반적인 과정을 파악한다.
- 뜨거운 물이 빙붕 하부쪽으로 침투하는 과정을 가시화된 해류의 흐름을 통해 이해한다.
- 빙붕 하부 기울기, 온도, 염도에 따라 변화하는 해류 흐름과 연직 순환을 이해하고 그 변화가 뜨거운 물의 침투과정에 미치는 영향을 토의한다.

실험원리

남극의 얼음 중 바다와 맞닿아 있는 빙붕은 주로 해양과의 상호 작용에 의해 하부가 용융되며 주로 고염, 고온, 고밀도의 저층수가 해양 바닥을 따라 빙붕 하부 깊숙한 지반선까지 침투할 때 발생한다. 이 때 녹은 물은 바닷물보다 훨씬 가벼우므로 위로 용승하게 되면서 저층수가 침투하는 것을 촉진하는 역할을 하게 되며 이를 용융의 양의 되먹임(positive feedback)이라 지칭한다.

본 실험에서는 물을 담은 수조와 얼음 틀로 만드는 사각 얼음, 그리고 소금을 이용하여 빙붕과 남극 해양과 고염의 저층수를 상정하고 고염의 얼음이 녹은 물이 저층수와 밀도 차이에 의해 위로 용승하는 현상과 이로 인해 저층수가 안쪽으로 침투하는 연직 순환을 직접 가시화하여 그 과정을 직접적으로 이해하는 것에 그 의의가 있다. 이를 위해 수조에는 작은 입자를 뿌려두고 위에서 2D 단면의 파티클에 레이저를 조사한 후 이를 고속카메라로 촬영하여 물의 움직임을 따라가는 파티클의 운동을 순간적으로 잡아낸다. 이를 통해 얼음과 고염의 저층수 사이에서 어떤 순환이 발생하는지를 관찰하고자 한다. 또한 그 순환이 온도, 염도, 그리고 빙붕 하부의 기울기에 따라 어떻게 달라지는지를 실험하며 전반적인 빙붕 하부 용융과 그로 인한 순환에 대해 이해하고자 한다.

실험재료

수조, 얼음 틀, 소금, 온도계, 염도계, 고속카메라, 1W급 레이저, 수중 펌프, 파티클 (먼지로 대체 가능)

실험방법

- ① 수조에 2/3정도 물을 채우고 소금을 녹인 후 (실제 바닷물만큼 ~35 psu을 하기 위해서는 너무 많은 소금이 들어가기 때문에 적정량만 - 약 10psu 정도) 파티클을 뿌린 후 그대로 유동이 생기지 않고 염도계에서의 염도 변화가 거의 일어나지 않을 때까지 기다린다.
- ② 얼음틀에서 얼음을 꺼내 조심스럽게 수조에 넣고 고정한 뒤 안정화될 때까지 기다린다.
- ③ 레이저를 켜 후 고속카메라로 연속 사진 촬영을 한다.
- ④ 프로그램을 활용하여 연속된 사진들의 파티클의 이동을 기반으로 벡터 plot을 구한다.
- ⑤ 실험조건 - 소금의 양 (저층수의 염도), 얼음의 각도 등 선형적인 변화를 전제하는 변수들로 민감도 실험을 진행하고 각 변수의 선형적인 변화에 따라 순환의 크기와 강도가 어떻게 달라지는지에 대해 논의한다.

주의사항

실험 진행 시 입자를 비추는 레이저의 강도가 매우 강하기 때문에 눈에 직접 조사되는 경우

눈에 상해가 생길 수 있으므로 레이저를 직접 보지 않도록 주의한다.

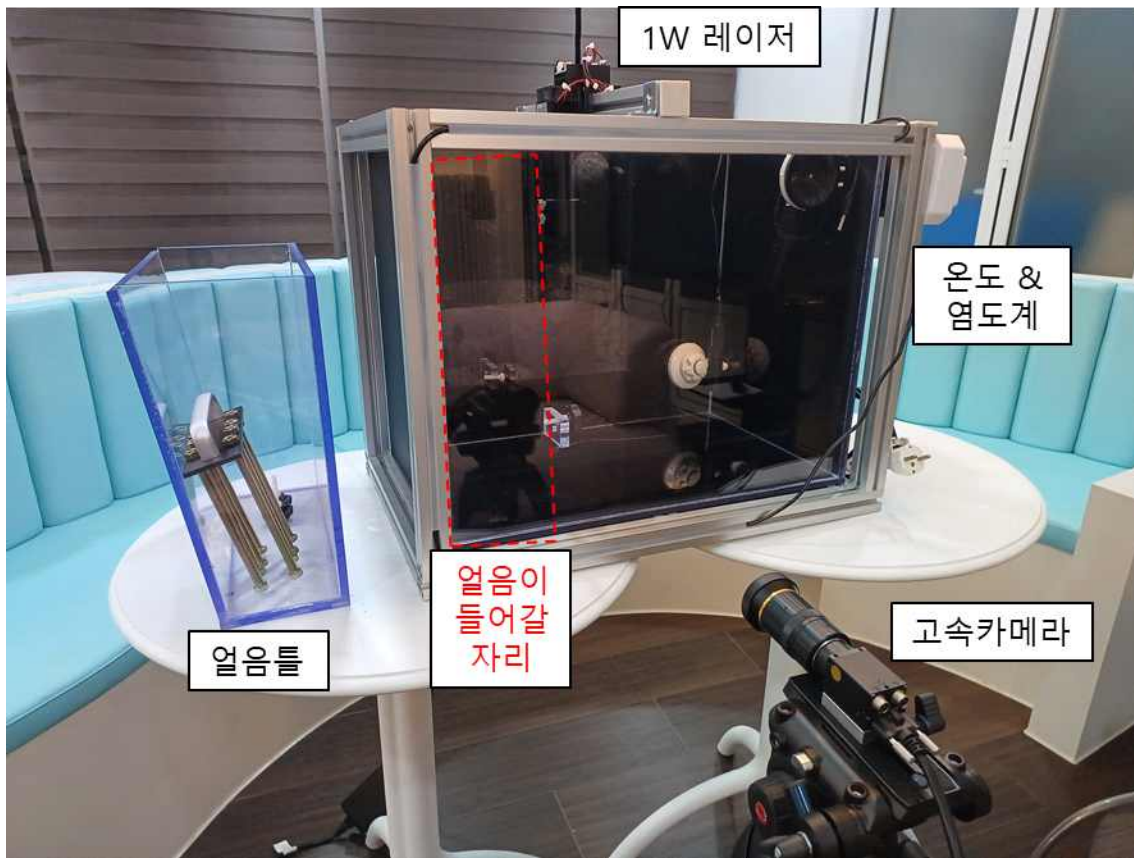


그림 63 실험에 필요한 장비들의 종류 및 배치

실험 13. 오로라와 우주날씨

학습 목표

- 대기광 및 오로라의 발생 원리와 이 현상들을 관측하기 위해 극기지에서 운영하고 있는 관측 장비, 그리고 변화하는 우주날씨에 대해 이해한다.

실험원리

지구의 고층대기 (중간권, 열권, 전리권)에는 대기광이라고 부르는 미약한 빛이 항상 존재하고 있으며, 특히 북극과 남극에는 우주에서 유입되는 고에너지 하전입자에 의해 오로라 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 이 오로라는 현재 운영중인 인공위성에 심각한 피해를 입힐 수 있는 우주날씨와 직접적으로 연관되어 있기 때문에 이 현상을 이해하고 예측하기 위해서는 현장 관측이 필수적이고, 관측 장비에 대한 이해도 매우 중요하다. 본 실험에서는 과거 관측에 사용했던 실제 장비를 보며 구조와 기능, 관측 원리를 이해하고, 획득한 자료를 어떻게 분석하고 연구하는지에 대한 지식을 습득한다.

실험재료

대기광 전천카메라 (All-Sky Camera) 1세트

원격 접속을 위한 PC 및 모니터



실험방법

- ① 대기광 및 오로라 현상의 발생 원리를 배운다.
- ② 대기광 전천카메라를 보며 관측 장비의 구성, 파트별 기능, 획득한 자료의 이해, 분석 과정 등을 배운다.
- ③ 원격접속을 통해 실제 관측 중인 극기지 장비의 제어컴퓨터를 살펴본다.

주의사항

없음

실험 14. 극지연구엔 어떤 연구장비들이 사용될까?

학습 목표

- 이론교육을 통한 극지해양과 대륙 연구에 사용되는 연구장비 기술 이해
- 소형 무인모바일차량과 수중로봇 작동실습을 통한 탐사방법을 이해

실습개요

극지환경 연구를 위해서는 대기, 육상, 해양 등 전 분야에 대한 연구 데이터 취득은 필수적이다. 이를 위해 이론교육을 통해 각 분야별 연구 데이터 취득을 위한 다양한 연구장비를 소개하고 기본동작원리를 배우게 된다.

실습을 통해서는 실제 육상연구와 해양연구에 사용되는 대표적인 소형연구장비를 직접 동작해봄으로써 장비에 대한 이해도를 높일 수 있다. 실습에 사용될 장비는 육상연구에 활용되었던 무인 모바일플랫폼과 해양연구에 사용되는 소형 수중로봇이다.

:: 시스템 사양

항목	사양
차체 사이즈	W 1,053 × D 970 × H 874(안테나포함)
차체 중량	110 kg
지상고	218 mm
견인중량	15 kgf
최대속력	2 m/s
운용범위	4 km
운용시간	2 hours
사용온도	-20 ~ 40 °C

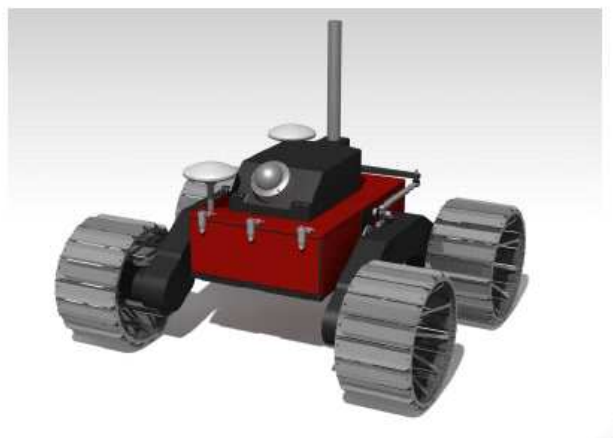


그림 64 무인 모바일플랫폼

BlueROV2 Specifications	
사이즈	457mm x 338mm x 254mm (L x W x H)
중량	11kg
사용 수심	100m
최대 속도	Maximum 3 knots
케이블 길이	300m
조명	4 x 1500 Lumens
카메라	1080p, Total 180 degree Camera tilt
허용 운용시간	배터리: 2~3 시간 외부전원 사용시: 제한 없음
장착 센서	고도계, <u>음향측심기</u> , 전 방향 음향탐지기
장착 악세서리	Gripper



그림 65 소형 수중로봇(ROV)

실습재료

무인 모바일플랫폼 1대, 소형수중로봇(ROV) 1대

실습방법

I. 무인 모바일플랫폼

- ① 전원을 켜고 컨트롤러와 연결상태를 확인한다.
- ② 플랫폼을 움직이기전 센서상태와 기본기능이 제대로 정상동작되는지를 확인한다.
- ③ 정해진 루트를 따라 플랫폼을 조정후 원래지점까지 복귀한다.
- ④ 장비전원을 끈다.

II. 소형수중로봇(ROV)

- ① 실습수조에 넣기전 장비상태(센서 및 툴, 각종 악세서리 동작여부) 확인한다.
- ② 실습수조에 ROV본체만을 넣고 전,후,좌,우,하강,상승등의 기본동작을 수행해본다.
- ③ 로봇팔을 이용하여 수조내에 있는 목표물을 취득후 수면위로 올라온다.
- ④ 장비전원을 끄고 물밖으로 ROV본체를 꺼낸다.

주의사항

사전교육 때 배운 장비동작방법을 숙지하여 안전사고 예방 및 장비 고장 및 파손되지 않도록 주의한다.



실험 16. 나도 극지 항법사! (GPS 항법 과정)

학습 목표
- 지구타원체와 도법(투영법) 개념을 통해 극지의 지리적 좌표(경위도 좌표)를 이해할 수 있다. - 스마트 폰에 설치한 GPS 앱을 실행하여 현재의 좌표를 저장하고 지도에 표기할 수 있다. - 지도에서 특정한 지점에 대한 좌표를 추출하고, 스마트폰의 GPS 앱을 실행하여 특정한 지점을 실제로 찾아갈 수 있다.

실험원리

오늘날 남극과 북극을 연구하는 대다수의 극지 과학자들은 그들의 연구를 위하여 GPS 위성 좌표 신호를 사용하고 있다. 눈과 얼음으로 덮인 3,000미터 고산지대에서 새로운 지층과 화석을 발견하거나, 남극 내륙의 드넓은 청빙(Blue Ice)지대에서 운석을 발견할 때 등등 중요한 연구 지점에 대한 정확한 위치를 표기하고 싶을 때, GPS 좌표를 필수적으로 기록하고 있다.

또한 쇄빙연구선 아라온호가 빙산과 유빙이 떠다니며 얼어붙은 극지의 바다를 항해할 때와 남극항 항공기가 거대한 빙하 또는 해빙 위에 마련된 빙원 활주로를 찾아갈 때도 GPS를 이용하고 있다.

GPS 사용에 있어서, 일반적으로 극지 과학자들은 지리적 좌표(경위도 좌표)를 많이 사용하고 있다. 지구본을 예로 든다면, 일정하게 세로로 그어진 선이 경도선이며, 가로로 그어진 선이 위도선이다. 지구 상에서 위치는 경도선과 위도선의 교차점으로 표시된다.

실제 지구를 수치적으로 표현한 지구타원체를 통해 경도와 위도의 값이 표현되고, 지구타원체의 경도와 위도를 평면 투영하면 지도가 된다.

GPS 위성은 지면으로부터 22,000km 상공에서 6개의 궤도를 돌며 GPS 사용자에게 위치 좌표를 제공하고 있다.

실험재료

스마트폰용 GPS 앱(참가자 개별 설치), 데스크탑, 대형 모니터, 인터넷

실험방법

I. 지리적 좌표(경위도 좌표) 이해하기

- ① 실제 지구를 수치적으로 표현한 지구타원체의 개념을 이해한다.
- ② 지구타원체를 통해 경도값과 위도값의 표현 방법을 이해한다.
- ③ 지구 자전축으로 수렴되는 경도선으로 진북방향을 찾는다.
- ④ 지구 자기장과 경도선의 수렴방향을 비교한다.
- ⑤ 지역별 적정 투영법(도법)을 통해 지도가 그려짐을 이해한다.
- ⑥ GPS 시스템의 구성과 GPS 위성의 궤도에 대해 알아본다.

II. GPS 앱으로 현재 좌표 기록하기

- ① 개인별 스마트폰에 GPS 앱을 설치한다.
- ② GPS 앱을 실행하여, GPS 위성 신호 수신 여부를 확인한다.
- ③ GPS 앱에서 경위도 좌표의 수치를 확인한다.
- ④ ‘현재 위치 저장’ 버튼을 눌러서 현재의 좌표를 저장한다.
- ⑤ GOOGLE EARTH를 실행하여 ④에서 저장한 좌표를 입력한다.
- ⑥ GOOGLE EARTH 지도에 표시된 위치를 확인한다.

III. 지도의 특정지점을 GPS 방법으로 찾아가기

- ① GOOGLE EARTH에서 특정 지점을 선정하여 경위도 좌표를 확인한다.
- ② GOOGLE EARTH에서 확인한 좌표를 GPS 앱에 입력한다.
- ③ GPS 앱에서 ‘목적지 찾기’ 기능을 이용하여 입력한 좌표의 실제 지점을 찾아가는다.
- ④ 정확하게 찾아가면 목적지에는 소정의 기념품이 놓여 있다.

IV. 정리(실험 피드백)

- ① 경위도 좌표의 개념을 이해하면 GPS를 쉽게 활용할 수 있다.
- ② 극지 과학자들은 실제로 ‘II’와 ‘III’의 방법으로 극지 탐사활동을 수행하고 있다.

주의사항

야외에서 GPS 앱을 사용할 때, 주의를 잘 살펴야 하며 넘어지거나 부딪히지 않도록 주의한다.

실험 18. 지식재산권의 이해

학습 목표
- 발명, 특허, 지식재산권의 의미를 설명할 수 있다 - 특허권, 실용신안권, 디자인권, 상표권을 비교하여 설명할 수 있다. - 실제 생활에서 산업 재산권은 어떻게 적용되는지 알 수 있다. ※ 본 주제는 긴급 대피, 실험 기자재 준비 불가 등 피치 못할 사정으로 실험실 출입이 불가능한 상황을 대비하여 대체 교육 프로그램으로 기획되었습니다.

실습원리

I. 발명과 특허

- 발명 : 창의적인 아이디어와 기술적인 방법으로 지금까지 없던 새로운 물건이나 방법을 만들거나 생각해내는 것
- 특허 : 발명의 보호를 위해 국가가 출원인에게 부여하는 독점권

II. 산업재산권의 종류

구분	특허	실용신안	디자인	상표
정의	자연법칙을 이용한 기술적 사상의 창작으로서, 고도의 것	자연법칙을 이용한 기술적 사상의 창작으로서 물품의 형상, 구조, 조합에 관한 고안	물품의 형상, 모양, 색채 또는 이들이 결합한 것으로서 시각을 통해 미감을 느끼게 하는 것	타인의 상품과 식별하기 위하여 사용되는 기호, 문자, 도형, 입체적 형상, 색채, 홀로그램, 동작 또는 이들을 결합한 것
보호대상	방법 및 물질의 발명 인정	물건만 인정	물품의 디자인	상품의 표시
존속기간	등록일 후 출원일로부터 20년이 되는 날 까지	등록일 후 출원일로부터 10년이 되는 날 까지	디자인권의 설정 등록이 있는 날부터 20년 유사 디자인은 기본 디자인 존속기간 만료일과 동일	상표권의 설정 등록이 있는 날부터 10년 10년씩 존속 기간 갱신 가능

III. 산업재산권이 중요한 이유

i. 산업재산권 획득이 주는 혜택

- ① 나의 권리를 함부로 도용하지 못하도록 하는 창의 역할
- ② 다른 사람의 공격으로부터 보호해주는 방패의 역할

ii. 발명자의 권리 보호 방법

- ① 특허 출원을 통한 보호 (ex : 삼성전자 등의 사례 소개)
- ② 영업비밀로 숨겨두어 보호 (ex : 코카콜라 등의 사례 소개)
→ 영업비밀의 성립 요건 : 비공개, 경제성, 비밀관리

IV. 산업재산권의 침해

- 특허의 직접침해 : 침해자의 침해행위가 등록된 특허 청구범위의 기재로부터 특정되는 발명을 그대로 포함하고 있는 경우
- 특허의 간접침해 : 침해자의 침해행위가 등록된 특허의 특허 청구범위의 기재로부터

특정되는 발명을 그대로 포함하고 있지 아니하며 특허침해라고 보기는 어렵지만 침해행위의 전 단계에 있어 침해의 개연성이 극히 큰 행위를 특허침해행위로 간주하는 것

실습자료

노트북, 대형 모니터, 의사봉(본관동 9층에서 대여 가능), 필기도구, 주사위

실험방법

I. 보드게임으로 산업재산권 이해하기

- i. 가능한 산업재산권을 많이 획득하는 사람이 유리하도록 기획
- ii. 같은 종류의 산업재산권을 많이 소유하고 있으면 유지비가 많이 들어 불리하도록 유도
- iii. 영업 비밀을 보유하여 사용료를 많이 받을 수 있도록 유도(부루마블 게임과 유사)
- iv. 홍보 쿠폰을 사용하여 산업재산권의 가치를 높여 자본금을 투자받을 수 있도록 기획



● 참고자료

지식재산 보드게임 판
(미래의 발명 CEO IV
교사용 지도서 p.36
(특허청, 한국발명진흥회))

II. 주제 조사하기

i. KIPRIS를 활용한 선행 특허 검색 실습



● KIPRIS 검색은 선행 기술 조사에 가장 많이 사용하는 방법으로, 여기에는 전문적인 검색을 하는 방법이 있음.
국내·외의 특허 등록 여부까지 모두 알 수 있음

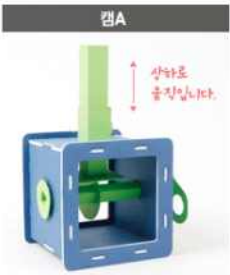
- ii. 스마트폰에 대해 산업재산권(특허권, 실용신안권, 디자인권, 상표권)에 해당하는 사례를 조사
- iii. 인터넷 쇼핑몰에서 특허, 실용신안, 디자인 등의 허위표시 사례 검색
 - ※ 출원과 등록이 다른 것임을 인지 필요
- iv. 학생이 실생활에서 산업재산권을 포함한 지식재산권을 침해할 수 있는 사례 소개

※ 사례 예시 : SNS에 배경 자료 출처 표시 미기재, 문화상품권을 받고 유료 학습 사이트에 시험문제 업로드

III. 모의 법정 운영

- i. 모의 법정 문제를 부여
- ii. 원고와 피고 중 한 쪽을 선택하여 변호인단 팀을 구성한 후 각자 준비한 변론을 진행
- iii. 재판부는 특허법원 판사(재판장) 기술심리관으로 구성

< 모의 법정 문제 예시 >

구분	주요 내용	
모의 법정 문제 예시	A기업은 대한민국 특허 등록번호 제10-1000000호(이하 '이 사건 특허발명'이라 한다)의 특허권자로, 2023년 12월 1일 오토마타 장난감을 제조 및 판매하는 B기업을 상대로 특허발명을 침해하는 오토마타 장난감을 제조 및 판매하지 말라는 취지의 내용증명을 발송했습니다. 그러나 B기업은 이 사건 특허발명이 새롭지 않다며 특허등록무효심판을 청구하였습니다.	
실시 예시	A 기업	B 기업
	 	 

※ 출처 : 지식재산 지킴이 '위티와 트윅클'(지식재산 모의재판 체험하기) p.5~6
(교육부, 한국과학창의재단, 한국발명진흥회)

주의사항

모든 학생이 참여할 수 있도록 유도 필요

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 활용계획

1. 목표 달성도

총연구기간내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
1년차 (2023)	실질 수요자의 요구 파악 및 실현 가능한 공간 계획 재정립	- 극지환경 모사 실험실, 극지생물배양실, 교육시설 등에 대한 수요 조사 - 수요의 통합 재배치 - 공간 및 시설 설치 계획 재정립 - 시행 가능한 공간 및 시설 설치 계획과 로드맵	0.7	- 극지환경 모사 실험실 수요 조사 및 수요의 통합 재배치 - 극지환경 모사 실험실 공간 및 시설 설치 계획 재정립 - 극지영상실 용도 및 설치 계획 재정립 - 지원시설 공간 및 시설 설치 계획 수립 - 극지생물배양실, 교육시설 시설 및 장비 설치 계획 - 극지환경재현실용화센터 로드맵 수립	100
	극지환경 재현 실용화 센터 운영 계획 수립	- 극지환경 재현 실용화 센터 사용료 책정 - 운영 계획 수립	0.3	- 사용료 책정 및 운영 규정 수립 - 입주기관 유치 - 극지과학프로그램 시범운영 - 창업지원단과 협력 계획 수립 - 운영 계획 수립	100
	계		1.0		100

2. 연구개발결과의 활용계획

현재 극지환경재현실용화센터는 예산 부족으로 극지 환경을 모사하여 극저온 환경에서 장비 성능 테스트 및 연구를 지원하는 극저온 환경 플랫폼인 극지환경모사실험실, 빙해환경실, 극지코어센터를 설치하지 못했다. 따라서 본 연구에서는 수요조사를 기반으로 실현 가능한 각 시설의 냉동시설 설치 계획과 배치도를 제시하였다. 향후 극지환경재현실 시설 구축을 위한 예산 수립에 본 연구 결과가 활용될 수 있다.

당초 창업자를 위한 극지 과학 기반의 창업기술 개발을 지원하는 창업지원시설을 구축하고자 하였으나 실제 극지 과학을 직접 응용하는 창업 수요가 크지 않을 것으로 예상되어 창업 뿐 아니라 극지 기술이나 시료를 활용하고자 하는 기업이나 기관이 입주하는 산업화 지원시설로 변경하였다. 극지장비개발센터는 이 공간에 포함되어 연구 장비의 개발과 시험을 위한 시설로 운영되며, 학생과 연구자 및 산업체 관계자들이 기술개발을 위한 공동 연구와 시제품 개발에 참여할 수 있는 환경을 제공하고자 하나 아직 구체적인 장비는 구비되지 못한 상황이다. 향후 산업화 지원시설과 극지장비개발센터 구축을 위한 예산 수립에 본 연구 결과가 활용될 수 있다.

앞으로 극지환경재현실용화센터는 인근 창업지원 기관과 협력하여 극지연구소에서 창업에 관심있는 연구자들과 학생들을 위한 창업 교육을 실시하고 예비창업자를 발굴하고자 한다. 또한 극한지에서 습득한 다양한 기술을 활용하여 중소기업의 문제 해결을 지원하는 인큐베이터 역할 수행할 수 있도록 지원 체계를 마련하고자 한다.

본 과제에서 설치한 주요 시설인 극지위성실은 위성 탐사를 통해 극지 환경을 분석하는 교육과 방문자들에게 강연이나 극지연구소 홍보동영상 시청 등에 활용하고자 한다. 지구과학, 대기과학, 해양학, 빙하학, 생물학 등의 실습 교육을 제공하는 풀라 오픈랩은 인천시 교육청 산하 고등학생과 교사뿐 아니라 경기도 안산시, 시흥시, 김포시 등 인근 지역으로 공간을 확장하고 초등학생, 중학생 등으로 대상도 확대하여 극지과학교육 프로그램을 운영하는데 활용하고자 한다. 극지 유래 식물, 동물세포, 미생물, 미세조류 등을 배양할 수 있는 극지생물배양실과 극지 시료의 동결건조, 성분 분석 등을 수행하는 바이오생산분석실은 입주 기관과 극지 시료를 활용하기 원하는 산-학-연에 개방하여 극지 관련 연구와 실용화를 지원하는데 활용하고자 한다. 그러나 바이오생산분석실의 경우 아직 분석 장비가 부족하여 추가 확충이 필요한 상태다.

부록 1. 극지연구소 재원 활용 시설 구축 현황

재원	시설명	세부 구축 내역	소요예산 (천원)
연구개발 적립금 (2023)	극지생물배양실	·실험테이블, 클린벤치, 시약장, 산업용 에어컨, 광배양대 22대, 냉장고, 냉동고 등 ·형광현미경, 스펙트럼 변환 광원, 원심분리기, 멸균기, 제빙기, 초순수 제조장치, 궤도형 쉐이커, 전자저울, spindown, pH미터, vortexer, 자력교반기, 액체질소통, 드라이오븐 등	257,733
	폴라오픈랩	·실험테이블, 실험기자재 수납장, 흡후드, 사물함, PC, 모니터, 냉장고, 냉동고 등 ·광학현미경, Linkaman thermal stage, 다목적테이블원심분리기, PCR, 피펫, 편광판 관찰대, 유압프레스, 얼음합성 온도장치, 고성능블렌더, 온도센서, 적외선열감지기, 핫플레이트, 탄산수정수기, 광합성 측정기, 3D 현미경, 전자저울, 카메라, 소형수조, 온도계, 미니 수중 펌프, UV 조사기, 전기영동장치 등	185,366
	극지위성실	·	100,000
	바이오생산분석실	·실험준비대, 수납장, 씽크대, 흡후드, 인화성캐비닛 등	58,603
	운영기반설비	·미생물 대량배양기, 광배양기 등 ·냉난방기, 국소배기설비, 생활폐기물 이송설비, 출입통제시스템, 주차관제시스템 등	1,137,000
	소계		1,738,702
연구정책 지원과제 연구장비비 (2024)	바이오생산분석실 추가	·공기청정기, 벽면실험대, 시약장, 실험실 의자, 냉장고 ·대용량 원심분리기, 동결건조기, 나노드랍, 광배양기, 오토데시케이터	88,000
	극지환경재현실	·달환경모사초저온실 설치 지원	70,000
	폴라오픈랩, 극지생물배양실 추가	·실험실 수납장, 제습기, 암막커튼, 실험테이블, 작업대, 의자, 컴퓨터, 프린터기, 무균배양대 등 ·토양수분장력측정기, 셀파스페이스, 에어로포닉스 식물배양기, 드라이오븐, 히팅블록, 안전멸균기, real-time PCR, 실체현미경, 수조세트, 해부현미경, 기타 소액 연구장비 등	142,000
	소계		300,000
	합계		2,038,702

부록 2. 폴라 오픈랩 실험 시설과 장비 목록

○ 폴라 오픈랩 장비 목록

장비	모델명	수량	용도
작업대	EM-ST 2118	1	작업대
의자	-	50	의자
수납장(유리장)	HSW-013	3	실험도구 보관
배양실 수납장(불투명)	HSW-009	8	실험도구 보관
실체 현미경	TM-10S	1	시료 관찰
수조세트	-	1	극지 해빙 용해 실험
클린벤치	EM-CB 1210	2	무균 작업
해부현미경	SZ61TR	1	시료 관찰
프린터기	HP 컬러레이저젯 프로 4203dn	3	프린터기
실험대	-	16	작업대
실험복보관함	-	2	실험복 보관
씽크대	-	1	씽크대
사물함(6인)	-	4	물품 보관
사물함(3인)	-	2	물품 보관
대형 모니터	삼성 LH85BECHLBFXKR	2	교육용 모니터
교육용 PC	-	2	강사용 PC
흡후드	-	1	실험용 흡후드
원심분리기	M15R	1	원심분리
현미경	EGZV-740D	1	시료 관찰

○ 주요 장비 설명

3D Videoscope System (EGZV-740D)

3D Videoscope System (EGZV-740D)는 고해상도의 3D 비디오스코프 시스템으로, 복잡한 구조물의 내부를 실시간으로 검사할 수 있도록 설계된 장비이다. 이 장비는 고해상도의 이미지 분석 및 측정 에 최적화된 시스템으로, 여러 기능과 부속 장치가 함께 구성된다.



- 카메라 줌 렌즈 어셈블리는 0.7배에서 5.0배까지 조절이 가능하며, 15배에서 최대 120배의 확대가 가능하다. 이 장치는 8 메가픽셀의 1/1.8인치 고성능 컬러 CMOS 센서를 탑재하고 있으며, USB 3.0 인터페이스와 C-Mount 타입을 통해 고해상도의 이미지를 제공한다.
- 이미지 이동 스탠드는 조동 기어를 사용해 초점을 쉽게 조절할 수 있고, 크기는 200mm x 260mm x 340mm로 설계되었다. 이미지 측정 소프트웨어는 이미지 저장, 편집, 리포트 생성 및 데이터베이스 관리 기능을 갖추고 있으며, 가로, 세로, 각도, 면적 등 다양한 치수 측정이 가능하다. 정밀 측정을 위해 마이크로스케일 바는 0.01mm와 0.1mm 단위로 구분된 눈금을 제공한다.
- 링 LED 조명과 어댑터가 포함되어 조명이 부족한 환경에서도 선명한 이미지를 얻을 수 있다. XY 이동 스테이지는 X축 75mm, Y축 60mm로 이동하며, 3D 뷰 렌즈가 장착되어 입체적인 시야를 제공한다. 이미지 컨트롤러(화상 운영 장치)와 PC 및 모니터가 포함되어 있어 편리한 이미지 관리 및 제어가 가능하다.

Stereo Microscope with Imaging Device (SZ61TR)

이 장비는 고해상도의 색상 이미지를 제공하는 입체 현미경 시스템으로, 미세한 표본의 세부 구조를 효과적으로 관찰할 수 있도록 구성된 장비이다.



- SZ61TR 입체 현미경 본체: 고해상도의 입체 이미지 제공이 가능하며, 표본의 세밀한 구조를 입체적으로 확인할 수 있다.
- SZ2-ST 스탠드: 안정적인 현미경 지지 역할을 하여 장비를 편리하게 사용할 수 있도록 한다.
- WHSZ10X-H 및 WHSZ10X 아이피스: 각각 10배 확대 기능을 갖춘 아이피스(대물렌즈)로, 샘플을 선명하게 관찰할 수 있다. 사용자의 시야에 맞게 조정할 수 있는 아이피스 두 종류가 포함되어 있다.
- SZ2-SPBW 리버시블 스테이지 플레이트: ESD (Electrostatic Discharge) 방전 기능이 적용된 흑백 양면 스테이지 플레이트로, 샘플을 안정적으로 고정하고, 전자기기에 민감한 표본도 안전하게 관찰할 수 있다.
- LED 링 조명: LED 링 라이트는 균일한 조명을 제공해 어두운 환경에서도 표본의 작은 디테일까지 선명하게 관찰할 수 있도록 돕는다.
- AcquCAM 3G 컬러 CMOS Pregius USB 카메라: 이 카메라는 1/1.8인치 CMOS Pregius 센서가 장착된 컬러 카메라로, 2,048 x 1,536 픽셀 해상도와 최대 60 프레임/초의 속도를 지원한다. USB 3.0 프로토콜을 통해 빠르게 이미지

	를 전송할 수 있으며, 650nm의 IR 컷 필터가 포함되어 있어 더욱 정교한 이미지가 가능하다.
--	--

실체현미경 TM-10S

고해상도 입체 이미지를 제공하는 스테레오 줌 현미경으로, 미세한 구조물이나 표본을 확대해 관찰할 수 있는 장비이다. 높은 확대율과 선명한 영상 제공을 통해 생물학, 재료 연구, 전자 부품 검사 등 다양한 분야에서 정밀한 시료 관찰에 유용하다.



- 스테레오 줌 현미경 본체: 트리노클러(Trinocular) 관찰 헤드가 장착되어 있으며, 45도 각도로 기울어져 있어 장시간 관찰 시에도 편안하게 사용할 수 있다.
- 광시야 아이피스 (EW10x/22): 10배 확대의 광시야 아이피스로, 더 넓은 시야각을 제공하여 관찰 시 불편함을 줄여준다.
- 줌 대물렌즈 (0.8x~5x): 8배에서 최대 50배까지 확대할 수 있으며, 줌 배율은 6.3:1로 다양한 배율의 관찰이 가능하다.
- 작업 거리 (115mm): 넓은 작업 거리로, 시료와 렌즈 사이에 충분한 공간을 확보하여 실험이나 표본 조작을 원활하게 할 수 있다.
- 동공 간 거리 조절: 57mm에서 75mm까지 조절이 가능해 사용자 맞춤 조정이 용이하다.
- 유리 인서트: 직경 100mm의 유리 인서트가 제공되어, 안정적인 표본 배치와 관찰이 가능하다.
- 조명: 100V-240V의 LED 조명이 장착되어 있어 투과 조명과 반사 조명 모두 사용할 수 있으며, 다양한 조건에서 시료를 선명하게 관찰할 수 있다.
- 오토포커스 HDMI 카메라: 소니 5.0 메가픽셀 컬러 센서를 탑재한 HDMI 카메라로, HDMI와 WiFi를 통해 실시간으로 이미지를 전송한다. HDMI 출력 시 1920 x 1080 해상도로 60fps, WiFi 출력 시 1920 x 1080 해상도로 25fps로 부드러운 영상을 제공한다. 1080P, 30fps로 SD 카드에 영상 녹화도 가능하다.
- HDMI 모니터 (13.3인치): 현미경 영상 출력 시 편리하게 볼 수 있도록 KCX용 13.3인치 HDMI 모니터가 포함되어 있다.

클린벤치 EM-CB 1210

실험 중 시료나 제품을 외부 오염으로부터 보호하기 위해 설계된 장비로, 특히 무균 상태가 중요한 실험에 적합한 장비이다. 안정적인 무균 환경을 제공하며, 바이오 연구, 미생물 배양, 조직 배양 등의 정밀한 실험에 최적화된 장비이다.

	- 외부 크기: 가로 1210mm x 깊이 700mm x 높이 1230mm로, 비교적 컴팩트한 사이즈로 다양한 실험실 환경에 설치가 가능하다. - 내부 작업 공간 크기: 작업 공간의 크기는 가로 1150mm x 깊이 600mm x 높이 650mm로, 충분한 공간을 제공해 장비와 재료를 쉽게 배치하고 작업할 수 있다. - 필터 시스템: HEPA 필터를 장착하여 공기 중 0.3 마이크론 크기의 입자를 99.99% 제거한다. 이는 실험 샘플의 오염을
--	--



- 최소화해 청정 등급이 중요한 작업에 필수적인 기능이다.
- 기류 시스템: 수평 기류 방식을 채택하여 HEPA 필터를 거친 청정 공기가 작업 공간 내에서 일정하게 흐르도록 하며, 외부로의 오염이 거의 없도록 유지한다.
 - 소음 수준: 작동 시 소음 수준이 60dB 이하로, 조용한 실험 환경을 제공한다. 소음 수준이 낮기 때문에 실험자의 집중을 방해하지 않는다.
 - 조명: LED 조명이 내장되어 있어 작업 중 충분한 밝기를 제공한다. 조명은 에너지를 절약하면서도 고효율의 밝기를 제공하여 실험 시 편리하다.
 - 조작 패널: 직관적인 터치 패널로 구성되어 있으며, 공기 흐름 속도 조절, 조명 및 팬 작동 제어가 가능하다. 이로 인해 실험 환경을 필요에 따라 쉽게 설정할 수 있다.
 - 전력 사양: 220V, 50/60Hz 전원에 연결되며, 전력 소비량이 효율적이라 장기간 사용에도 경제적이다.
 - 안전 설계: 재질은 내구성이 높은 스테인리스 스틸로 구성되어 있으며, 부식에 강해 오랜 기간 사용에도 안전성과 위생을 유지한다. 전면 보호창은 작업자가 유해 물질로부터 보호될 수 있도록 설계되었다.

Autoclave FLS-1000

TOMY FLS-1000은 TOMY사에서 제작한 대용량 고압증기멸균기로, 실험실 및 산업 현장에서 대량의 장비, 도구, 배양액 등을 멸균하기 위해 설계되었다. 강력한 고압 증기를 사용해 효율적으로 멸균하는 이 장비는 특히 연구소, 병원, 제약 및 생명과학 분야에서 사용되며, 대용량 처리 능력과 안전성을 갖추고 있다.



- 최대 121°C에서 135°C까지의 고온과 0.21MPa의 고압을 사용해 강력한 멸균 효과를 제공한다.
- 이 장비는 자동 제어 시스템을 통해 사용자가 멸균 사이클, 온도, 압력을 간편하게 설정할 수 있으며, LCD 디스플레이로 상태를 직관적으로 확인할 수 있다.
- 안전 잠금 장치와 과열 방지, 압력 센서 등 다양한 안전 기능을 갖추어 작업 중 안전을 보장한다.
- 외부 크기는 780mm x 870mm x 1220mm로 공간을 효율적으로 활용할 수 있으며, 220V 전원으로 작동하여 실험실 환경에서 손쉽게 사용할 수 있다.

부록 2. 극지생물배양실 실험 시설과 장비 목록

○ 극지생물배양실 장비 목록

장비	모델명	수량	용도
배양실험실 수납장	LMW 3008	2	실험도구 보관
실험실용 제습기 60L	SDH-BPM600	4	배양실 습도 조절
커튼	방염 암막커튼	1	실험실 차광
토양수분장력측정기	ZL6, TEROS21 Gen2	2	토양수분장력 측정
에오로포닉스 식물배양기	공기구조체 모듈	1	스마트팜
드라이오븐	Drying Oven (150L)	1	건조
실험테이블	EM-CT 3130	2	작업대
안전 멸균기	Tomy FLS-1000	1	멸균
real-time PCR	CFX Duet Real-Time PCR system	1	유전자 증폭
히팅블록	CHB-350T	1	샘플 가열
분광광도계	IMNP80-Touch_ver2	1	흡광도 측정
실험테이블	LSS-1215	1	작업대
광배양챔버	HB-301S-3	2	생물 배양
동결건조기	FD8518	1	샘플 건조
겔다큐멘테이션	BR12009077	1	분자생물 실험
전기영동 파워 서플라이	BR1645050	1	분자생물 실험
형광현미경	TM-30FC LED	1	현미경
원심분리기	Supra R22	1	원심분리
오토 데시케이터	-	1	비동결 시료 건조
공기청정기	-	4	배양실 공기정화
실험용 냉장고	-	2	샘플 보관
셀파 광원 및 배양대	-	2	생물 배양
PCR 장비	MINIAMP PLUS THERMAL CYCLER	1	유전자 증폭
자연순환형배양대	-	17	생물 배양
냉장원심분리기	M15R	1	원심 분리
정밀전자저울	PX223KR	1	무게 측정
시약장	-	1	시약 보관

벽면실험대	EM-ST 4118	3	작업대
중앙실험대	EM-CT 4136	1	작업대
벽면실험대	EM-ST 2118	1	작업대
벽면실험대	EM-ST 1118	3	작업대
벽면실험대	EM-ST 1115	3	작업대
실험용 의자	L-CAD	8	의자
초자건조대	L-3031	1	도구 건조
위험물 보관함	-	1	위험물 보관
흡후드	-	1	작업용 후드
씽크대	-	3	씽크대
드라이오븐	BF-65DOF	1	건조
제빙기	GB-902	1	제빙
액체질소통	DH.Cry7030	1	액체질소 보관
클린벤치	BF-1460C	2	무균 작업
멸균기	HQ-DAC100	1	멸균
pH미터	HM-40X	1	pH 측정
궤도형 셰이커	SK-750	2	생물 배양
초순수 제조장치	Pure Power I	1	초순수 제조
고정밀 전자저울	ATX224R	1	무게 측정
볼텍서	SI-0256	2	샘플 혼합
자력교반기	MSH-20A	2	배지제작
냉동고	C053AF	2	샘플 보관
냉장고	C052AR	3	샘플 보관
광배양기	HB-303DH	1	생물 배양
원심분리기	Combi R515	1	원심분리
수분활성도 측정기	HYGROPalm (HP23 - AW) 40	1	수분활성도 측정
진탕배양기	ISS-7100R	1	미생물 배양
드라이오븐	SG-150DO	1	건조

○ 주요 장비 설명

CFX Duet Real-Time PCR system

CFX Duet Real-Time PCR 기기는 Bio-Rad에서 출시한 최신의 Real-Time PCR 장비로, 소형이면서도 고성능의 PCR 분석을 제공한다. 주로 유전자 발현 분석, SNP(genotyping), 유전자 변이 탐지와 같은 다양한 연구에 활용된다.



- 이중 채널 감지: 두 개의 형광 채널을 지원해, 한 번의 실험에서 두 가지 형광 신호를 동시에 감지할 수 있다. 이를 통해 멀티플렉스 실험이 가능해져 여러 타겟을 한 번에 분석할 수 있다.
 - 간편한 설치와 휴대성: 크기가 작고 가벼워 연구실의 공간을 많이 차지하지 않으며, 필요한 경우 쉽게 이동할 수 있다.
 - 높은 민감도와 정밀성: 뛰어난 데이터 정확도와 일관성을 제공하여, 낮은 발현량의 타겟도 안정적으로 감지할 수 있다.
 - 직관적인 소프트웨어 인터페이스: 사용이 간편한 소프트웨어로, 실험 설계, 데이터 분석, 결과 해석을 쉽게 수행할 수 있으며, 데이터 시각화 기능이 잘 갖춰져 있어 결과를 빠르게 파악할 수 있다.
- 연결성과 호환성: 네트워크를 통해 데이터를 쉽게 공유하거나 다른 실험 장비와 연결할 수 있어 연구 워크플로우를 효율적으로 관리할 수 있다.

GelDoc Go Imaging System BR12009077

Bio-Rad의 GelDoc Go Imaging System (모델: BR12009077)는 생물학적 샘플의 겔 이미징과 분석을 위한 고성능 시스템이다. 이 장비는 DNA, RNA 및 단백질 겔 전기영동 결과를 시각화하고 분석하는 데 최적화되어 있다. 생명과학 및 생물의학 연구에서 필수적인 장비로, 효율적인 겔 이미징과 분석을 통해 연구자들이 실험 결과를 신속하고 정확하게 기록할 수 있도록 지원한다.



- 직관적인 사용자 인터페이스: GelDoc Go는 간편한 터치 스크린 인터페이스를 제공하여 사용자가 쉽게 설정하고 운영할 수 있다. 복잡한 조작 없이도 빠르게 이미지를 캡처할 수 있다.
- 고해상도 이미지: 이 시스템은 고해상도의 이미지 캡처를 통해 실험 결과를 정확하게 기록할 수 있으며, 분리된 밴드의 세부 정보를 선명하게 확인할 수 있다.
- 다양한 필터: UV, Blue 및 White Light 필터를 지원하여 다양한 형광 색소 및 샘플에 맞게 최적의 이미징을 제공한다. 이는 연구자가 필요한 경우 다양한 샘플을 동시에 분석할 수 있는 유연성을 제공한다.
- 자동 초점 조절: 자동 초점 조절 기능이 탑재되어 있어, 사용자는 각 샘플에 맞춰 수동으로 초점을 맞추는 필요가 없습니다. 이는 더욱 정확하고 일관된 이미지를 제공한다.
- 쉽고 빠른 데이터 분석: GelDoc Go는 이미지를 캡처한 후, 내장된 소프트웨어를 통해 분석 및 데이터 저장이 가능하다. 연구자는 분석 결과를 쉽게 내보내고 보고서를 작성할 수 있다.
- 컴팩트한 디자인: 소형 및 경량 설계로 인해 연구실의 공간을 효율적으로 활용할 수 있으며, 이동이 용이하다.

Growth Chamber HB-301S-3

식물의 생장과 발달을 위한 최적의 환경을 제공하는 챔버이다. 이 제품은 다양한 실험 및 연구 목적으로 사용되며, 온도, 습도, 조명 등을 정밀하게 제어하여 식물의 생장을 극대화한다. 안정적인 온도와 습도 조절, 강력한 조명 시스템을 통해 연구 및 산업에서 식물 성장에 적합한 환경을 조성하여, 다양한 실험적 요구를 충족시킬 수 있는 신뢰성 높은 장비이다.



- 온도 제어: 10단계 프로그램 P.I.D 제어를 통해 온도를 정밀하게 조절할 수 있으며, 온도 범위는 0°C에서 60°C까지 지원한다. 조명이 켜진 상태에서는 10°C에서 60°C 범위에서 작동합니다. 온도 정확도는 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ (25°C에서)이다.
- 습도 제어: 습도 또한 10단계 프로그램 P.I.D 제어기로 관리되며, 35~95% R.H의 습도 범위를 제공한다. 습도 센서는 전자 세라믹 센서를 사용하여 정밀한 측정을 가능하게 하며, 모터에 의한 증발 방식의 가습기를 장착하고 있다.
- 내부 용량 및 치수: 내부 용량은 588리터이며, 내외부 치수는 각각 750 x 650 x 1200mm (내부) 및 1240 x 1000 x 2100mm (외부)로 설계되어 있다.
- 선반 및 조명: 4개의 선반이 장착되어 있어 다양한 실험 샘플을 배치할 수 있으며, 조명은 28,000Lux의 밝기를 제공한다. 조명 제어는 10단계 프로그램 제어로 가능하며, 조명 원천으로는 HID 조명 2개와 형광등 12개가 사용된다.
- 재질: 내부는 스테인리스 스틸(SUS304)로 구성되어 있어 내구성과 청결성을 보장하며, 외부는 SCP-1으로 분체 도장 처리되어 있다. 측면은 진공 유리로 설계되어 외부 온도 변화에 대한 저항력을 높였다.
- 안전 장치: 물 높이 모니터, 전원 차단 스위치, 과온도 및 저온 보호 장치와 같은 안전 장치를 갖추고 있어 안전한 운영을 보장한다.
- 전원 사양: AC 220V, 60Hz 전원에서 4.5kW의 소비 전력을 요구한다.

동결건조기 FD8518

동결건조기(Freeze Dryer) FD8518은 생물학적 샘플의 동결 건조를 위한 고급 장비로, 주로 제약, 생명과학 연구 및 식품 산업에서 사용된다. 샘플의 품질을 유지하며, 대량의 샘플을 효율적으로 처리할 수 있는 신뢰성 있는 동결 건조 시스템이다.



- 온도 범위: FD8518은 -75°C 에서 -85°C 까지의 낮은 온도를 제공하여, 열에 민감한 샘플을 안전하게 동결 건조할 수 있다. 이는 생물학적 샘플의 품질을 유지하는 데 필수적이다.
- 용량: 18리터의 건조 챔버 용량을 갖추고 있어 대량의 샘플을 한 번에 처리할 수 있다. 이는 연구 효율성을 높이는 데 기여한다.
- 220V 전원: 이 제품은 220V의 전원으로 운영되며, 50~60Hz의 주파수에 대응한다. 이는 다양한 지역에서 사용 가능성을 의미한다.
- 진공 펌프: RV12 진공 펌프가 탑재되어 있으며, 2×10^{-3} mbar의 진공 용량을 제공한다. 이는 효과적인 동결 건조 과정을 지원한다.
- 건조 챔버: DC1316 규격의 건조 챔버는 지름 300mm, 높

	이 320mm로 설계되어 있으며, 샘플을 균일하게 건조할 수 있는 충분한 공간을 제공한다.
--	--

재배시스템 및 광원장치 SL-100

Sherpa Space의 재배시스템 및 광원장치 (SL-100)는 다단 재배 시스템과 LED 광원 장치를 포함하여, 식물의 성장과 재배에 최적화된 장비이다. SL-100 재배시스템 및 광원장치는 실내 농업, 연구소, 교육 시설 등에서 다양한 식물 재배 환경을 조성하는 데 적합하며, 사용자 맞춤형의 파장 제어 기능으로 효율적인 식물 성장을 지원한다.



- 재배 시스템: 하나의 모듈로 구성되며, 크기는 가로 1200mm x 깊이 600mm x 높이 2770mm로 설계되었습니다. 4단 구조로 다량의 식물을 재배할 수 있으며, PVC 트레이와 스테인리스 메쉬로 제작되어 내구성과 안정성을 제공한다.
- 광원 장치: 재배 시스템의 각 단마다 3개의 LED 기반 조명이 장착되어 총 12개의 광원 장치가 제공됩니다. 광원 장치의 크기는 가로 1185mm x 세로 110mm x 높이 48mm, 무게는 2.5kg으로 가벼우며, 파장 영역 360~780nm의 빛을 제공해 식물 성장에 필요한 다양한 파장을 조정할 수 있다.
- 전력과 소재: 각 광원 장치는 100W의 전력을 소모하며, 입력 전압은 100~240VAC로 범용 전원에 대응할 수 있습니다. 광원 장치의 소재는 ST(스틸), ABS/PC 플라스틱, 유리로 구성되어 있어 내구성과 안정성이 뛰어납니다.

대용량원심분리기 Supra R22

Supra R22는 대량 샘플을 효과적으로 처리할 수 있도록 설계된 고성능 원심분리기로, 생명 과학 연구, 생화학, 분자 생물학 등 다양한 분야에서 사용된다. 이 원심분리기는 정밀한 속도 조절과 뛰어난 균일성을 제공하여 신뢰할 수 있는 결과를 도출한다. 높은 성능과 안전성을 겸비하여, 대량의 샘플을 처리하는 데 적합한 장비이다.



- 고속 및 강력한 원심력: 최대 22,000 rpm (회전 속도)까지 지원하며, 최대 원심력은 50,000 x g에 달한다. 이는 세포, 단백질, 및 기타 고형 물질을 효과적으로 분리하는 데 적합하다.
- 대용량 샘플 처리: 다양한 로터 옵션을 제공하여 최대 4 x 1,000 ml 용량의 샘플을 동시에 처리할 수 있다. 이는 대규모 실험에 적합하다.
- 정밀한 속도 조절: 디지털 제어 시스템을 통해 사용자는 원심분리 속도를 세밀하게 설정할 수 있으며, 프로그래밍된 속도로 샘플을 처리할 수 있다.
- 안전 기능: 자동 잠금 장치 및 비상 정지 버튼이 장착되어 있어, 안전한 작업 환경을 제공한다. 또한, 진동 및 불균형 감지 기능이 있어 원심분리기 작동 중 문제 발생 시 즉시 정지한다.

	- 사용자 친화적 인터페이스: LCD 디스플레이와 직관적인 조작 패널로 사용자 편의성을 높였다. 사용자는 필요한 설정을 쉽게 조정하고 모니터링할 수 있다. - 유연한 로터 선택: 다양한 로터와 튜브 홀더 옵션을 지원하여, 연구자의 요구에 맞게 커스터마이징할 수 있다. 이는 다양한 용기와 샘플 크기에 대응할 수 있게 한다.
--	---

형광현미경 TM-30FC LED

생물학적 샘플의 고해상도 관찰과 이미징을 위한 기기로 형광 현미경 기술과 고성능 카메라 기능을 결합하여 다양한 연구 및 분석을 가능하게 하는 장비이다.



- 광학 시스템: 형광 현미경은 색 보정이 이루어진 무한대 광학 시스템을 사용하여, 이미지의 선명도와 정확성을 극대화한다. 이 시스템은 트리노클러 헤드와 30° 경사로 설계되어 있어, 사용자에게 편안한 관찰 환경을 제공한다.
- 눈금기 및 목표 렌즈: 이 현미경은 PL10X22mm 고안점 플랜 아이피스를 사용하여 높은 시야를 제공하며, 반 아포 목표 렌즈를 채택하여 뛰어난 이미지 품질을 보장한다. 렌즈 업그레이드 버전으로 4X, 10X, 20X, 40X, 60X의 다양한 배율을 지원한다.
- 포커스 시스템: 동축 포커스 시스템을 적용하여 조잡한 포커스 거리는 25mm이며, 미세 포커스 정밀도는 0.002mm로 설정되어 있다. 또한, 조임 정도 조절과 높이 제한 기능이 있어 사용자가 편리하게 조작할 수 있다.
- 기계적 스테이지: 기계적 스테이지의 크기는 175×145mm이며, 이동 범위는 76mm x 50mm 이다. 이는 샘플을 원활하게 이동하고 관찰할 수 있도록 설계되었다.
- 조명 시스템: 이 현미경은 3W LED 밝은 조명을 제공하며, 형광 조명은 LED 형광 조명 장치로 구현되어 있다. 응축기는 N.A. 1.2의 스윙 아웃 아크로매틱을 사용하며, 조리개 막대에 스케일 표시가 있다.
- 광학 밴드패스 필터: 형광 이미징을 지원하기 위해 DAPI, FITC, TRITC 필터가 포함되어 있다. 이러한 필터는 다양한 생물학적 샘플의 형광 특성을 효과적으로 분석할 수 있도록 돕는다.
- 카메라 사양: 현미경은 KCS3-83SF2 모델의 카메라를 장착하고 있으며, 8.3M CMOS 컬러 센서를 사용한다. 1/1.2" 크기의 센서로, G 감도는 2188mv(1/30초 노출)이다.
- 해상도 및 프레임 속도: 이 카메라는 3840x2160 해상도에서 45 FPS, 1920x1080 해상도에서 70 FPS의 프레임 속도를 지원하여 고해상도 이미지를 실시간으로 캡처할 수 있다. 노출 시간은 0.1ms에서 15s까지 조절 가능하다.
- 소프트웨어 및 운영 체제: 소프트웨어는 라이브 스티칭, 라이브 EDF, 컬러 합성, 타임랩스 기능을 지원한다. 운영 체제로는 Windows XP ~ 11(32 및 64비트), OS X (Mac OS X), Linux가 호환된다.

Spectrophotometer IMNP80-Touch_ver2

Implen의 NanoDrop IMNP80-Touch_ver2는 생명과학 및 분자생물학 연구에서 사용되는 고성능

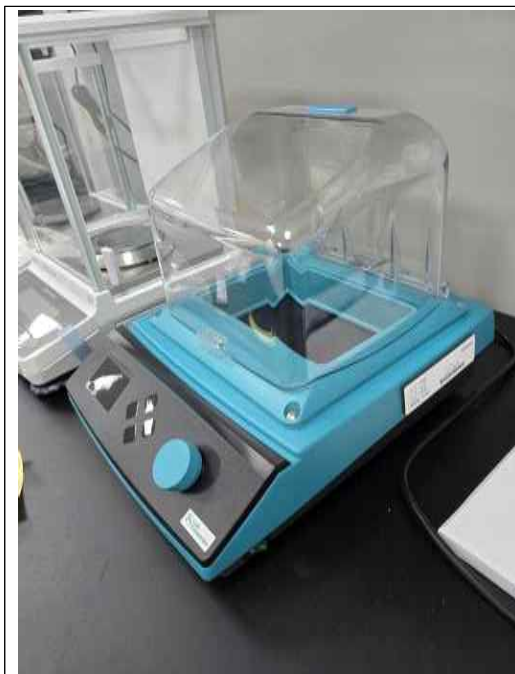
분광계이다. 이 장비는 특히 DNA, RNA, 단백질 및 기타 생체 분자의 농도를 측정하는 데 최적화되어 있다. 실험실에서 생명과학 연구에 필수적인 장비로, 높은 정확도와 편리한 사용자 인터페이스를 통해 연구자들이 효율적으로 작업할 수 있도록 돕는다.



- 터치 스크린 인터페이스: IMNP80-Touch_ver2는 직관적인 8인치 터치 스크린을 제공하여 사용자가 손쉽게 작동할 수 있도록 설계되었다. 메뉴 탐색이 간편하여 시간과 노력을 절약한다.
- 소량 샘플 측정: 장비는 극소량의 샘플로도 정확한 측정을 수행할 수 있어, 샘플의 낭비를 최소화한다. 보통 1-2 μL 의 샘플로 농도 측정이 가능하다.
- 광범위한 파장 범위: UV-VIS(280-800 nm) 파장 범위를 지원하여 다양한 생체 분자의 농도를 측정할 수 있다. 특히 DNA/RNA 측정에 최적화된 260 nm 및 단백질 측정에 적합한 280 nm 파장이 강조된다.
- 정밀한 데이터 분석: 내장 소프트웨어를 통해 실시간으로 데이터를 수집하고 분석할 수 있으며, 측정 결과를 그래프 및 표 형태로 출력할 수 있다.
- 자동 세척 시스템: 세척 기능이 내장되어 있어, 사용 후 장비의 청결을 유지하기 쉽다.
- 다양한 측정 모드: 농도 측정뿐만 아니라, 샘플의 흡광도와 다른 물리적 특성을 측정할 수 있는 다양한 모드를 제공한다.
- 주요 사양: 측정 범위: 1-15,000 ng/ μL (DNA/RNA), 정확도: $\pm 2\%$ (샘플 농도에 따라 다를 수 있음), 샘플 볼륨: 1-2 μL , 파장 범위: 200-850 nm, 전원 공급: AC 100-240 V, 50/60 Hz.

Heating Block CHB-350T

다양한 실험 및 연구 환경에서 샘플을 효율적으로 가열할 수 있도록 설계된 장비이다.



- 온도 조절 범위: 5°C ~ 150°C로 넓은 온도 조절 범위를 지원하여, 실험에 필요한 다양한 온도에서 샘플을 가열할 수 있다.
- 정밀한 온도 제어: 고성능 PID 제어 시스템을 통해 정확한 온도 설정과 유지가 가능하며 ($\pm 0.1^\circ\text{C}$), 온도 편차를 최소화한다.
- 사용자 친화적 인터페이스: LCD 디스플레이를 통해 현재 온도 및 설정 온도를 쉽게 확인할 수 있으며, 직관적인 조작 패널로 사용자 편의성을 높였다.
- 안전 기능: 과열 방지 및 자동 차단 기능이 내장되어 있어, 안전하게 사용할 수 있도록 설계되었다.
- 다양한 샘플 호환성: 다양한 크기와 형태의 샘플에 맞게 설계된 가열 블록이 제공되어, 다양한 실험 요구에 적합하다.
- 경량화 및 컴팩트 디자인: CHB-350T는 경량화된 디자인으로 이동 및 보관이 용이하며, 실험실 공간을 효율적으로 활용할 수 있다.

스마트팜 Airfarm

식물재배용 스마트팜인 Airfarm은 현대적인 수직 농업을 위한 최첨단 재배 시스템으로, 효율적인 식물 재배와 관리를 지원한다. Airfarm은 수직 농업의 이점을 최대한 활용하여, 공간과 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.



- 설치 공간: Airfarm의 설치에 필요한 공간은 0.85m x 4.0m x 2.4m로, 비교적 작은 면적에서도 효과적으로 운영할 수 있다. 이로 인해 다양한 환경에서 쉽게 배치할 수 있다.
- 소비 전력: 소비 전력은 1.5kW 이하로, 에너지 효율성을 고려하여 설계되었다. 이로 인해 운영 비용이 절감된다.
- 재배 단: 시스템은 3개의 재배 단으로 구성되어 있으며, 수직으로 식물을 재배할 수 있어 공간 활용을 극대화한다.
- 생산 포트 수: 총 192포트의 생산 공간을 제공하여, 대량의 식물을 동시에 재배할 수 있다. 이는 상업적 재배나 연구 목적에도 적합하다.
- 기본 장치: 각 재배 단에는 송풍팬, LED 조명, 그리고 노즐이 장착되어 있어 공기 순환, 광합성을 촉진하고, 수분을 균일하게 분사한다.
- 제어 시스템: 고급 제어 양액 시스템이 포함되어 있으며, 양액 센서, 용액 냉각기, 제어 펌프, 제어 터치스크린 및 앱이 통합되어 있어 사용자가 손쉽게 양액 관리를 수행할 수 있다. 이 시스템은 최적의 성장 환경을 자동으로 조절한다.
- 카메라 시스템: 상부에는 3대의 카메라가 설치되어 있으며, 하부에도 3대의 카메라가 있어 실시간으로 식물의 성장 상태를 모니터링할 수 있다. 이로 인해 생장 관리를 보다 효과적으로 할 수 있다.

부록 3. 바이오생산분석실에 비치한 실험 시설과 장비 목록

○ 바이오생산분석실 장비 목록

장비	모델명	수량	용도
흡후드	[LS-FHV]	1	유해가스 및 유증기 제거
인화성캐비닛	[SF-DL2R]	1	인화성 시약 보관
진탕배양기	[ISS-7100R]	1	미생물 액체 배양
드라이오븐	[SG-150DO]	2	시료 건조
광배양기	[HB-301S-3]	1	광합성 생물 배양
광배양기	[HB-303DH]	1	광합성 생물 배양
동결건조기	[FD8518]	1	시료 동결 건조
고성능 액체 크로마토그래피	[Prep 150Q LC System w/PDA]	1	물질 분리 및 분석
중앙실험대	[EM-CT 3100]	1	작업대
대형 원심분리기	[Supra R22]	1	시료 물질 분리

○ 주요 장비 설명

흡후드 [LS-FHV]

흡후드는 실험 과정 중 유기용매 사용에서 발생하는 유해가스 및 유증기를 배기 시스템에 의해 제거된다. IoT 기능 연동으로 실시간 원격제어가 가능하며, 이상징후 발생 시 알람이 작동되어 실험실 내 공기질을 유지하고, 작업자의 유해가스 및 유증기 노출을 최소화한다.



- 자동제어 시스템 제어: 배기면풍속 완전 자동제어 기능으로, IoT 기능 연동으로 실시간 Web을 통한 원격제어 및 송신이 가능하며, 이상징후 발생 시 경고 알람이 작동된다. 배기 Fan 작동상태 항시 감지가 가능하다.
- 에너지 절감 효과: 냉방 에너지 절감 효과(64%), 난방 에너지 절감 효과(70%)를 갖는다.

광배양기 [HB-303DH]

광배양기는 미세조류 및 식물 등 광합성 생물을 배양할 수 있는 장비이다. LED 조명을 사용하여 균일한 광원을 제공하며, 온도 및 습도 조절이 가능하여 다양한 조건에서 광합성 생물을 배양할 수 있다.

	- 조명 시스템: 조명을 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽에서 공급하여 빛이 상대적으로 고르게 분포 가능하다. 형광등과 식물 성장등이 설치되어 식물 배양에 최적의 조건을 유지할 수 있다.
--	---



- 10단계 제어: 온도와 습도를 10단계로 조절할 수 있으며, 낮과 밤의 조건을 변경할 수 있어 반복 실험이 가능하다. 다양한 조건의 인공 환경을 설정할 수 있다.
- LCD 디스플레이: 현재 온도, 습도, 설정 온도와 습도, 시간 및 기타 조건이 영문과 숫자로 표시되어 편리하게 사용할 수 있다.
- 습도: 전자식 습도 센서와 증발식 가습기를 사용하여 습도를 정밀하게 유지할 수 있으며, 미세한 습도 입자가 식물 성장에 적합하다.
- 이중 증발기: 냉각기가 두 개 설치되어 제상 중에도 설정된 온도와 습도가 영향을 받지 않는다.
- 편의 장치: 자동 조정, 자체 테스트 및 비밀번호 설정 등의 다양한 기능이 있어 사용자가 편리하게 사용할 수 있다.
- 안전 장치: 과열 또는 과냉을 방지하고 수위 조절과 과부하 방지 기능이 설치되어 안정성이 강화되었다.

광배양기 [HB-301S-3]

광배양기는 미세조류 및 식물 등 광합성 생물을 배양할 수 있는 장비이다. LED 조명을 사용하여 균일한 광원을 제공하며, 온도 및 습도 조절이 가능하여 다양한 조건에서 광합성 생물을 배양할 수 있다.



- 10단계 프로그래밍: 온도, 습도 및 조도를 통합적으로 프로그래밍할 수 있다. 낮과 밤 기능, 10단계 실험, 반복 동작 등을 통해 다양한 실험 조건을 설정할 수 있으며, 인공 환경을 세부적으로 설정할 수 있다.
- 3면 조명: 배양실 내부를 상단, 좌측, 우측에서 조명하여 상단 조명만 사용하는 경우보다 균일한 조명 분포를 제공한다. 공간 활용도가 높아 여러 샘플을 동시에 실험할 수 있다.
- 조명: 최대 25,000 렉스로 제작되었으며, 필요한 경우 추가 조명이 가능하다. 광원은 태양광과 유사한 파장의 고출력 방전(HID) 램프와 형광등으로 구성되어 있으며, 광원을 추가하거나 교체할 수 있습니다. 조명과 배양실 사이에 쌍유리를 사용하여 운영 온도에 영향을 주지 않고 조명을 공급할 수 있다.
- 냉각 압축기: 대용량 압축기를 통해 온도를 쉽게 유지할 수 있으며, 냉각기가 두 세트 설치되어 제상 중에도 온도와 습도가 영향을 받지 않는다.

진탕배양기 [ISS-7100R]

진탕배양기는 미생물을 액체 배양하는 장비이다. 균일한 진탕을 통해 배양액 속 미생물의 성장을 돕는다. 온도와 속도 조절 기능이 있어 다양한 조건 하에 배양이 가능하다.



- 구조 기능적 특징: 최대 3단 적재형 대용량 Incubated Shaker로, 고하중의 시료도 안정적으로 교반할 수 있다 (등록: 10-1678160). 내구성이 탁월한 Direct Drive 모터를 적용하여 모터에 대한 5년 품질 보증이 있으며, 최대 8 0°C, 400rpm의 다양한 실험 조건 세팅이 가능하다. 온도&교반, 온도, 교반의 3가지 동작 모드를 지원하며, Shaking 구조가 기기 진동을 최소화한다. 기기의 이동 및 고정 편리

	리하고, Glide-up Door로 시료 교환이 용이하다. - 사용 편의적 특징: 온도 Auto-tuning, Microprocessor PID, 3-point Calibration을 통해 정확한 rpm 및 온도 제어가 가능하다. LC Connected 모바일 모니터링 시스템을 통해 언제, 어디서나 모바일앱으로 모니터링 및 제어가 가능하며 (LC GreenBox 구매 시), 999시간 59분까지 교반 동작 Count-down 타이머를 적용할 수 있다. Color Touch 디스플레이로 직관적인 조작이 가능하고, 고휘도/저전력 LED 조명으로 내부 관찰이 매우 용이하다. Spill Drain 포트를 통해 청결한 유지 관리를 제공한다. - 뛰어난 안전성: 전자식 과열 온도 차단 시스템(A-OT, Advanced Over Temperature Limiter)이 독립된 정밀 온도 센서 및 컨트롤러로 구성되어 안전하고 확실한 과열 온도 차단을 구현한다. 일반식 과속 온도 차단 시스템(B-OT, Backup Over Temperature Limiter)도 설치되어 전자식 시스템 고장 시 백업 기능으로 과속 온도를 기계식으로 차단할 수 있다. 부드러운 교반 시작과 멈춤 기능, Controller Lock 기능으로 오조작을 방지하며, 기기 동작 및 에러 발생 정보가 모두 표시된다. 시스템 내부에 물체가 끼어 교반이 불가할 경우 과전류 방지 장치가 운전을 제한한다. - 스마트 자가진단: 실시간 자가진단을 통해 장비의 이상 상태를 점검할 수 있다. 설정 rpm/온도 대비 실제값 오차가 발생하면 알람이 울리고, 기기 불안정이 발생할 경우 (고 rpm, 과부하, 무게 불균형 등) 자동으로 rpm을 조정한다. 문을 열면 자동으로 동작을 멈추고, 3분 뒤 알람이 발생한다. 정전 후 전원이 재공급되면 직전 상태로 자동 재동작이 가능하며, 온도 센서에 문제가 발생하면 장비 운전을 자동으로 중지한다.
--	--

부록 4. 극지대기환경모사실 수요조사

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○현재 기상관측장비 제조사인 Vaisala에서는 KOPRI를 포함한 NWS, NOAA, DWD, Environment of Canada 등 남극 및 북극 다수의 국기기관 및 연구기관들에 기상 관측장비를 공급해오고 있음 ○세계적으로 극지 환경에 대한 연구 및 개발의 중요성이 확대됨에 따라 운영중인 시스템 및 센서의 내구성 및 신뢰성 확보가 중요한 과제로 부각됨 ○따라서 극저온 환경으로 안정적인 장비공급과 차세대 신규장비 개발을 위해 남극 현장과 유사한 환경에서의 시험 운용 및 테스트 장소가 필요함
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망) ○미국 및 유럽국가의 장비제작사들 중심으로 각 국 기상 유관기관과의 협업으로 저온 환경에서의 장비 및 실증테스트를 실시하는 것으로 파악됨 ○Vaisala에서는 현재 다수의 관측장비를 북극 및 남극에 위치한 국가 기관들과 협업으로 Pilot 테스트 진행해오고 있음
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○극저온 환경에서 지면기상관측장비 (AWS) 및 관측센서, 고층기상관측장비 (Upper-Air Sounding) 및 광학장비 (Optical Sensor)의 하드웨어 내구성 테스트, 데이터 검증 및 신규장비 개발에 필요한 데이터 확보
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○극저온 환경에서 오존관측을 포함한 고층기상관측장비의 하드웨어 내구성 테스트 및 데이터의 안정적인 획득 실험 ○남극과 유사한 환경에서 지면기상장비 AWS (온습도계, 기압계, 풍향풍속계 등)의 신뢰성 및 부품의 내구성 테스트 ○ 시정계, 운고계 등의 광학장비 센서들의 데이터 패턴 변화 관측 및 극저온이 레이저파장을 이용한 장비에 미치는 영향 연구
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○극지 환경에서의 테스트 결과를 바탕으로 현재 운용중인 시스템에 대한 하드웨어/소프트웨어적 보완사항 데이터 확보 ○신규장비에 대한 내구성 데이터 확보를 통한 부품 업그레이드 및 추가기능 (Anti-freezing, blower, auto-calibration) 에 대한 데이터 확보
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○현재 극지에 다수의 장비를 공급, 운영하고 있어 극지대기모사실의 테스트 자료를 바탕으로 양질의 데이터를 R&D에 반영할 수 있으며, 이에따라 차세대 관측망 공급에 있어 보다 정확하고 안정적인 데이터를 제공할 수 있을것으로 판단됨
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○극저온 환경에서의 데이터를 바탕으로 한 지면, 고공, 광학장비에 대한 기술 개발 및 보완 ○극지에 공급예정인 차세대 신규장비에 필요한 기능을 선제적으로 확보함으로 경쟁력 강화

	○WMO, 각 국가별 기상청 및 연구기관들과의 협업에서 특화된 제품 및 안정성에 대해 신뢰성 확보	
제안자 인적사항	(소속/직위) 바이살라코리아 / 대표	(HP) 010-5004-7767
	(성명) 박 찬 석	(E - m a i l) chanseok.park@vaisala.com



연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등	
	○ 극지방에서 발생하는 구름의 미세물리적 특성 및 복사 특성을 이해하고 정량화하기 위해 많은 현장 관측이 수행되고 있음 ○ 하지만 현장 관측은 동일한 구름을 반복 관측할 수 없다는 한계가 존재 ○ 극지대기모사실을 통해 극지방의 대기조건을 재현하고, 반복 관측을 통해 구름의 미세물리적 특성 및 복사 특성을 보다 정확하게 분석 가능	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)	
	○ 독일의 KIT (Karlsruhe Institute of Technology)는 AIDA (Aerosol Interaction and Dynamics in the Atmosphere classic) 챔버를 이용하여 다양한 대기조건에서 구름을 생성하고 관측함 ○ 국립기상과학원은 2022년에 구름 챔버와 에어로졸 챔버로 구성된 한국형 구름물리실험챔버(Korea Cloud Physics Experimental Chamber; K-CPEC)을 구축하여 운영중임	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 극한 조건(영하 40도)에서 구름 발생 및 관측	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 극지대기모사실을 이용하여 다양한 극지방의 대기조건을 재현 및 관측 ○ 다양한 대기조건에 따른 구름 특성 관측	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 극지방의 구름 특성에 대한 이해도 향상 ○ 극지방 구름의 미세물리적 특성 및 복사 특성 모수화식 개발을 위한 기초 자료	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 극지대기모사실을 통해 재현한 구름의 반복 관측을 통해 극지방 데이터를 확보함으로써 기후변화 이해도 향상	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 극지방 구름의 특성을 표현할 수 있는 모수화식 개발에 활용	
제안자 인적사항	(소속/직위) 그라우이앤씨/대표	(HP) 010-3554-3658
	(성명) 이 평 근	(E-mail) spark333@hanmail.net

□ 수요조사서 세부내용 (극지대기모사실 관련)

연구 배경과 필요성	<u>#극지대기모사실</u> ○ 당사 (주)WMK Inc는 고층기상관측장비인 라디오존데를 전문으로 하는 기상 업체입니다. 저희는 다년간 축적된 기술력을 바탕으로 ‘연직 관측이 가능한 TDLAS 방식의 온실가스 측정 복합 센서’의 특허를 취득하였습니다. ○ 본 기술을 상용화하기 위해서는 지상에서 연직방향으로 5km~10km까지의 환경하에, 본 센서가 실질적으로 작동되어야 합니다. ○ 대한민국의 고층 기상의 일반적인 환경 : 여름철 영하 40℃ (10km~12km) / 40 knot (8km~10km) 첨부1 참조 가을철 영하 40℃ (8km~10km) / 40 knot (5km~7km) 첨부2 참조 ○ 귀 기관에서 설립하려는 극지대기모사실은 순수 국내 기술로 제작한 ‘연직 관측이 가능한 TDLAS 방식의 온실가스 측정 복합 센서’를 상용화하기 위한 가장 이상적인 연구 환경입니다. ○ 극지대기모사실이 설립된다면, 연구환경의 부족으로 상용화를 하지 못하는 당사 같은 소규모 회사에는 오아시스 같은 역할을 할 것이며, 더불어 국내 기술의 발전에 큰 진일보를 담당할 것으로 기대됩니다.
국내/외 연구개발 동향	<u>극지대기모사실과 비슷한 국내 연구개발 동향</u> ○ 한국표준과학연구원(대전 / 이하 KRISS)와 국립기상과학원(제주)에서는 본 장비와 비슷한 UPPER AIR SIMULATOR (UAS)를 운영하고 있습니다. ○ 하지만 KRISS의 장비는 1년 동안 고장 난 채로 운영이 되지 않으며, 국립기상과학원은 KRISS의 담당자가 대전에서 제주로 출장을 오지 않는 이상 운영을 할 수 있는 인원이 없는 사유로 실질적인 사용이 불가한 상태입니다. ○ 극지연구소에 극지대기모사실이 설립된다면, 실질적인 운영으로 당사와 같이 연구 운영이 필요한 업체에게 한줄기 빛이 될 것으로 확신합니다.
연구 목표	<u>고층 기상 5km~10km 환경에서의 작동 확인</u> ○ 고층기상 환경 5km ~ 10 km 환경에서의 센서 작동 여부 확인 ○ 대한민국의 고층 기상의 일반적인 환경 : 여름철 영하 40℃ (10km~12km) / 40 knot (8km~10km) 첨부1 참조 가을철 영하 40℃ (8km~10km) / 40 knot (5km~7km) 첨부2 참조

연구내용 및 범위	연구기간 : 1개월	
	연구내용 : 고층 환경과 유사한 환경에서 신뢰도 높은 Test를 통한 신기술 개발의 상용화 및 안전성 검토 ○ 첨부 1. 라디오존데를 사용한 대한민국 여름철 고층 기상 현황 ○ 첨부 2. 라디오존데를 사용한 대한민국 가을철 고층 기상 현황 ○ 첨부 3. 특허증	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 고층 환경과 유사한 환경에서 신뢰도 높은 기상센서 상용화 ○ 저온·강풍 환경에서의 실증 테스트 과정에서 현장 목표의 달성도 증대	
극지와 의 연관성	※제한된 연구와 극지 연구 이슈 등과의 연관성	
	○ 극한의 극지의 환경은 고층 기상과 유사합니다. 극지대기모사실이 설립된다면, 극지 연구뿐만이 아닌 기상 및 환경 산업 전반에 획기적인 발전의 시발점이 될 것으로 확신합니다. ○ 전 지구적인 문제인 온실가스를 극지에서도 측정할 수 있다면, 온실가스 문제를 해결할 수 있는 신호탄이 될 수 있습니다.	
기대효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 대표성과 : 고층기상의 온실가스를 측정할 수 있는 순수 국내 기술의 진일보 ○ 달성 시점 : 당사는 TDLAS 방식의 온실가스 측정 복합센서를 이미 창업성장-기술개발사업을 완료하였으며, 이에 특허를 취득하였습니다. 본 장비의 상용화를 앞둔 시점에서 실질적으로 센서가 극한의 환경에서 작동이 가능한지 Test만을 앞둔 상태입니다. 극지연구소에 극지대기모사실이 설립된다면, 본 Test를 거쳐 6개월 안에 상용화가 될 것입니다. ○ 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 전 세계적으로 지구온난화에 대한 이슈가 해마다 커지고 있으며, 이상기후 현상이 빈번하게 발생하고 있습니다. 당사는 본 기술을 사용하여 당사의 이익만을 추구하는 것이 아닌, WMO에서 ODA 국가를 지원하는 사업에 적극적으로 참여할 것입니다. 이는 국내 기상 기술의 진일보만이 아닌, 전 지구적인 문제를 해결하기 위한 밑거름이 될 것입니다.	
제안자 인적사항	(소속/직위) ㈜더블유엠케이/대표이사	(HP) 010-8345-0151
	(성명) 전형석	(E-mail) sales@wmk-ltd.co.kr

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등	
	○ 당사의 주력 판매 제품인 에디공분산 시스템의 극지 환경하에서의 운용 및 동작 관련 테스트가 필요함 ○ 극지부에서의 온실가스 관측의 중요성이 점점 가중되고 있는 상황에서 관련 테스트의 필요성이 요구됨	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)	
	○ 온실가스 측정 ○ 이산화탄소, 메탄 플럭스 측정	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 영하 40도 수준(남극장보고기지 동계, 남극내륙기지 하계) 및 20m/s 수준 바람 환경에서 에디공분산 시스템의 운용여건에 대한 사전 확인 ○ 저온 및 강풍 환경하에서의 관측장비의 운용여건 및 측정데이터의 신뢰도 평가 및 개선	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 저온, 강풍 환경에서 개회로/폐회로 이산화탄소 측정기 및 개회로 메탄 측정기, 기상관측장비 및 데이터로거의 운용여건 테스트 ○ 저온, 강풍 환경에서의 측정데이터의 신뢰도 사전 평가	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 저온, 강풍과 같은 극한 환경에서의 관측장비 운용여건 사전 테스트를 통한 보다 안정적인 관측여건 마련 ○ 모의 환경테스트를 통한 관측 데이터의 신뢰도 사전 평가 및 구축	
극지와의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 남극장보고기지 동계, 남극내륙기지 하계와 유사한 관측 환경마련 ○ 온도와 바람 두 가지 복합 환경이 관측에 미치는 영향 테스트가 가능하므로 극지 환경에 적합한 관측장비에 대한 사전 테스트 및 확보 가능	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 극지환경에 적합한 관측장비 구축의 기반 마련 ○ 관측 데이터에 대한 신뢰도 사전 평가 및 구축 기반 마련	
제안자 인적사항	(소속/직위) 주식회사 솔단/대표이사	(HP) 010-2901-9000
	(성명) 김종현	(E-mail) soldan.inc@gmail.com

연구 배경과 필요성	※<u>극지대기모사실</u> 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○ 오늘날 전 세계가 직면하고 있는 기후변화와 이상기후, 에너지 문제 등에 대응하는 효과적인 방안이 필요한 실정임. ○ 기후변화에 따른 효과적인 대응을 위해서는 현재 기상현상을 정확하게 측정하고 오랫동안 안정적으로 사용할 수 있는 여러 가지 기상 장비와 주변장비가 필요한 실정임.
국내/외 연구개발 동향	※<u>해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)</u> ○
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 기온(영하 40℃ ~ 영상 20℃), 풍속(최대 20m/s)인 극저온에서 안정적으로 작동하는 기상장비 및 주변 장치들 개발 및 테스트
연구내용 및 범위	※<u>해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재</u> ○극저온 및 강풍 환경에서 운영할 수 있는 기상센서 및 주변장치들 운영환경 테스트 및 성능 평가  <한라산 윗세오름 기상장비 간이백엽상 착빙 현상>  <한라산 윗세오름 기상장비 강우감지계 착빙현상>



<한라산 윗세오름 기상장비 위성안테나 착빙현상>



<한라산 윗세오름 기상장비 전원공급용 솔라판>

※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등

예상성과

- 극저온, 강풍 환경에서 신뢰성 높은 기상센서 개발연구에 활용
- 현장 실증 테스트 시간을 단축할 수 있어 인력 및 비용 절감

극지와 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 극지대기모사실을 활용하여 개발된 기상센서 와 장비들은 우리나라 해외기지에서 여러 가지 연구활동에 사용할 수 있어 기후변화에 대응할 수 있는 연구에 활용	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 민간기업의 기술개발 환경 조성 ○ 기술경쟁력 확보로 기업성장 제고 ○ 해외수출 경쟁력 강화	
제안자 인적사항	(소속/직위) 케이웨더(주)/이사	(HP) 010-8830-7786
	(성명) 손대성	(E-mail) son@kweather.co.kr



연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등	
	○ 극한 환경에서 정확한 데이터 확보를 위해서는 극저온, 강풍 등 극한환경에서 운용할 관측장비에 대해 극지환경 운용성에 대한 테스트 및 인증 필요	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)	
	○ Vaisala, K&Z 등 대형 기상장비 브랜드들의 경우 극한 환경에서 사전 필드 테스트를 거침	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 각종 기상관측장비를 대상으로 극저온 및 강풍 등 극한환경 운용성 평가 ○ 극한환경 운용성 평가 결과를 토대로 장비성능 개선방안 마련	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 각종 기상관측장비의 극한 환경에서 운용성 테스트	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 극지환경 사전 테스트로 실제 현장에서 운영 시 발생 될 이슈에 대한 선제적 대응 및 예방 조치를 취할 수 있음.	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 극지에서 운영 및 활용 노하우를 보유 할 수 있음.	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 극지연구소에서 납품 되었던 제품의 성능 테스트를 마친 제품으로 안정성 있게 운영하고 우수성을 알리는데 있음. ○국/내외 기존 센서 혹은 개발 진행시 극한 환경 테스트를 통해서 성능향상을 기함. ○	
제안자 인적사항	(소속/직위) (주)비애피인스트루먼트 / 차장	(HP)010-6489-1449
	(성명) 정태경	(E-mail) tkjung@bandp.co.kr

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○ 급격한 지구온난화로 인하여 북극과 남극의 기후 및 환경이 급격하게 변화할 것으로 예상되고 있으며, 이러한 극한 지역에서 거주 가능 지역이 증가하고 있음. ○ 극지에서 인간의 거주 및 활동이 넓어짐에 따라 에너지 공급원으로서의 풍력 에너지가 주목을 받고 있음. 극지 환경에 따라 태양광은 제한적으로 사용될 수 밖에 없으며, 관련된 연구 및 기술 개발 선점이 필요함. 풍력 에너지의 경우 기상 및 기후 조건 뿐만 아니라 새로운 터빈 및 블레이드에 관한 연구가 필수적임. ○ 이러한 새로운 환경에 따라 극지연구소는 기존 인프라의 확충과 함께 극지기상 및 기후 환경을 모사할 수 있는 시설이 필수적이며, 거주지 기후 환경 및 풍력 에너지 관련한 시설 활용이 필요함.
	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망) ○ 국내에서는 풍력 발전량과 기상과의 관계를 연구하는 연구가 GS 풍력 발전과 대학과의 협업을 통해서 이루어졌으나 저온 환경에서의 연구는 이루어지지 않았음. ○ 거주민 증가와 거주 면적 확대에 따른 저온 지역의 거주 기후 및 환경 변화에 관한 연구는 국내에서는 이루어지지 않은 미개척 분야로서 국제 공동 연구를 통한 국내 기술 확보가 필요한 분야임. ○ 국외에서도 극지역에서의 풍력 발전에 관한 연구가 선도 그룹을 중심으로 이루어지기 시작함
국내/외 연구개발 동향	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 거주 환경 변화를 모사할 수 있는 시설을 통하여 다양한 극한 환경에서 맞이할 수 있는 기후환경 문제를 파악하고, 모델 개발 및 검증에 활용 ○ 풍력 발전 시설의 테스트 및 발전 최적화 환경 이해
	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 거주 환경 변화를 모사할 수 있는 시설을 통하여 다양한 극한 환경에서 맞이할 수 있는 기후환경 문제를 파악하고, 모델 개발 및 검증에 활용 ○ 풍력 발전 시설의 테스트 및 발전 최적화 환경 이해
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 거주 환경 변화를 모사할 수 있는 시설을 통하여 다양한 극한 환경에서 맞이할 수 있는 기후환경 문제를 파악하고, 모델 개발 및 검증에 활용 ○ 풍력 발전 시설의 테스트 및 발전 최적화 환경 이해
	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 거주 환경 변화를 모사할 수 있는 시설을 통하여 다양한 극한 환경에서 맞이할 수 있는 기후환경 문제를 파악하고, 모델 개발 및 검증에 활용 ○ 풍력 발전 시설의 테스트 및 발전 최적화 환경 이해
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○ 저온·강풍 환경에서 거주 지역의 풍환경 평가 및 모델 개발/검증 자료 생산 ○ 저온·강풍 환경에서 재생 에너지 잠재량 평가를 위한 설비 테스트 및 잠재량 산정 평가
	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○ 저온·강풍 환경에서 거주 지역의 풍환경 평가 및 모델 개발/검증 자료 생산 ○ 저온·강풍 환경에서 재생 에너지 잠재량 평가를 위한 설비 테스트 및 잠재량 산정 평가
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 극한 환경 최적의 거주지 평가 기술 ○ 저온·강풍 환경에서의 재생 에너지 잠재량 평가를 위한 기초 자료 생산
	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 극한 환경 최적의 거주지 평가 기술 ○ 저온·강풍 환경에서의 재생 에너지 잠재량 평가를 위한 기초 자료 생산
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 극지대기모사실을 활용해 개발한 거주 환경 평가 자료 및 재생 에너지 관련 자료를 이용하여 극지연구소 에너지 지원 및 향후 활동 지역 확대시에 활용 ○ 향후 국제적으로 진행될 극한지역 에너지 문제의 선도적 역할을 수행할 수 있는 기술 선점
	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 극지대기모사실을 활용해 개발한 거주 환경 평가 자료 및 재생 에너지 관련 자료를 이용하여 극지연구소 에너지 지원 및 향후 활동 지역 확대시에 활용 ○ 향후 국제적으로 진행될 극한지역 에너지 문제의 선도적 역할을 수행할 수 있는 기술 선점
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ 북극·남극내륙기지 및 K-루트 경로상 에너지 생산에 관한 탄소 중립 이슈 선점
	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ 북극·남극내륙기지 및 K-루트 경로상 에너지 생산에 관한 탄소 중립 이슈 선점

제안자 인적사항	○ 거주 지역 확대에 있어서 향후 발생 가능한 자연 재해 등에 지속 가능한 거주지 건설 ○ 국제과학계 우리나라 위상 제고	
	(소속/직위) 연세대/교수	(HP) 010-8987-3897
	(성명) 홍진규	(E-mail) jhong@yonsei.ac.kr



연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등	
	○ 남극 및 북극에서의 급격한 기후 및 환경 변화에 대한 과학적 이해 증진 및 미래 변화 예측을 위해 극지역에 대한 상시 및 집중 관측의 필요성이 증대되고 있음. ○ 극지역의 극한 기상 환경(극저온, 강풍, 강설 등)하에서 안정적인 관측 장비 운영을 통한 관측 자료의 확보를 위해서는 극한 환경에서 측기의 관측 성능 및 내구성에 대한 사전 테스트가 필수적이나, 국내에서는 이와 같은 사전 테스트를 수행할 수 있는 기초 실험시설이 전무한 실정임.	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)	
	○ 국내에서 한국건설생활환경시험연구원이나 한국조선해양기자재연구원 등 기관에서 극한 환경 실험시설을 운영 중이나 서울 등 수도권에서는 거리가 멀고 실제 활용하기에 불편함	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 영하 40-50도, 초속 20미터 이상의 극저온 강풍 조건에서 장기간 상시 운영가능한 기상 및 대기 관측 장비 테스트를 통한 운용신뢰도 평가 및 개선 방안 도출	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 극저온·강풍 환경에서 기상 관측 센서(풍향풍속계, 온습도계, 기압계, 강수량계 등)에 발생 가능한 다양한 문제들에 대한 사전 파악을 통한 운용 안정성 및 관측 정확도 확보 방안 도출 ○ 저온·강풍 환경에서 대기원격 관측장비 운용 안정성 평가	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 극한 환경에서 기상관측 및 대기관측 신뢰도 확보 ○ 저온·강풍 환경에서의 실증 테스트 과정에서 발생 가능한 문제들의 해결을 위한 독자 기술 개발 ○ 극한지역 연구인력의 전문성 강화 및 현장 미션 달성도 증대	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 남극 및 북극 지역의 관측 정확도 향상 및 안정적 운영을 통한 자료 습득을 증대	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 극한 환경에서 신뢰할 수 있는 기상 및 대기 관측 장비의 독자 기술 개발 확대 ○ 남극 및 북극의 기상 및 기후변화 감시 자료 확보 체계 고도화	
제안자 인적사항	(소속/직위) 서울대학교/교수	(HP) 010-5110-7866
	(성명) 김상우	(E-mail) sangwookim@snu.ac.kr

연구 배경과 필요성	※<u>극지대기모사실</u> 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○ 극지연구소는 K-루트 사업을 통해 남극장보고기지에서 남극내륙기지 후보지까지 총 길이 1740km의 루트를 2023년 12월 완료하였고, 2032년 남극내륙기지 건설을 추진하고 있음 ○ 남극에서 활동 영역이 넓어짐에 따라 극저온 환경에서 성공적인 연구를 위해서는 남극 현장에서 운용할 관측장비에 대한 개발 및 국내 사전 테스트가 필수적임 ○ 남극 내륙은 극저온 및 강한 바람이 부는 극한 환경에 있기 때문에 이와 같은 특수한 조건에서의 강풍 및 강설 특성 연구는 향후 안전한 남극내륙 개발 및 탐사에 중요한 자료가 될 것임
국내/외 연구개발 동향	※<u>해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)</u> ○ 국내에서는 국립기상과학원에서 구름챔버가 설치되어 있고, KIST에서도 구름챔버를 설계하고 구축중에 있음. ○ 이상의 챔버들은 중위도 대륙권에서의 구름 및 강수발달을 이해하는 데 필요하고, 추진중인 챔버는 고위도의 극한 환경에서의 강풍 및 강설 발달과정 이해를 위해 활용가능할 것임.
연구 목표	※<u>연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망</u> ○ 남극내륙과 유사한 극한 환경에서의 눈보라(blowing snow)와 편(Foehn) 바람 메커니즘 이해 ○ 극한 환경 모사가 가능한 챔버를 이용하여 극저온과 강한 난류가 다양한 강설 및 눈결정 변화 이해
연구내용 및 범위	※<u>해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재</u> ○ 남극의 지형적인 영향에 따라 발생하는 활강강풍과 편 현상 연구 (Elvidge and Renfrew, BAMS 2016) 위 그림은 산맥을 통과하는 바람에 의해 발생하는 편 현상의 모식도로써, 단열압축에 의한 가열 뿐만아니라 복사 가열, 현열속 등의 다양한 메커니즘이 작동하고 있음. ○ 극저온 환경에서의 강설 구름 및 강설 연구 아래 그림은 강릉에서 겨울철 강설 관측시에 눈결정 카메라와 강설 입자 정량분석을 위해 설치된 Parsivel, POSS 등의 강수입자 측정기를 보여주는 사진임. 이들 측정기를 활용하여 강설입자의 크기, 습성 및 낙하속도 등의 정량분석이 가능할 것임.

		
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 극한 환경에서 기상 및 대기환경조건에 대한 이해를 통해 향후 안전한 남극내륙 개발 및 탐사에 기여 ○ 저온·강풍 환경에서의 실증 테스트 과정에서 극한지역 연구인력의 전문성 강화 및 현장 미션 달성도 증대	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과 의 연관성 ○ 극지대기모사실을 활용해 개발한 극한지용 관측시스템을 남극장보고기지, K-루트, 남극내륙기지에 설치하여 남극 기후 데이터를 확보함으로써 남극 기후변화 파악 ○ 극한 환경에서 신뢰할 수 있는 장비 개발을 통해 극지 기후변화에 따라 빈도가 잦아지는 기상재해에 대비	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ 남극내륙기지 및 K-루트 경로상 기상관측시스템의 안정적 데이터 확보를 통해 남극내륙 기후환경 이해 ○ 남극 내륙에서부터 해안부에 이르는 내륙지역 대기순환 데이터 확보를 통해 남극 대순환 및 남반구 순환계와 연계 메커니즘 파악에 활용 가능 ○ 제5차 IPY 참여를 통해 국제과학계 우리나라 위상 제고	
제안자 인적사항	(소속/직위) 강릉원주대학교/교수	(HP) 010-6480-5239
	(성명) 김 병 곤	(E-mail) bgk@gwnu.ac.kr

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○ 기후변화에 따라 극한 기상현상이 급증하고 있는 추세이나 여전히 극한지에서의 대기 상태를 모사하는 연구 시설이 매우 부족하여 장비 개발, 현지 연구활동시 안전 확보에 어려움이 많음.
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망) ○ 기상과학원에서는 자체 기술력으로 구름 챔버를 구축하여 다양한 환경에서 구름 발달을 모사하는 실험동을 건설하여 운영중 ○ 해양과기원, 해양조사원 등 해양 관련 연구소의 경우 해양의 다양한 수중 환경을 재현하는 시설을 확충하여 해상 안전, 극한 환경 설비 구축 등 다양한 업무에 활용중이나 대기과학 분야의 경우, 이러한 장비 구축이 매우 미비한 상황
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 블리자드, 활강풍 등으로 인한 급작스런 온도 급강하와 초속 20m/s를 넘어가는 강풍이 예고없이 불어닥치는 극한지 환경을 재현할 수 있는 극지대기 모사실의 구현
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○ 영하 40도 이하의 저온에서의 강풍과 눈보라가 몰아치는 환경 모사하는 챔버 구축 ○ 온도의 급강하가 모의될 수 있도록 영상에서 영하40도 수준까지 수분 이내 급강하 구현 ○ 세밀한 강풍 컨트롤이 가능한 풍동 장비 구현 ○ 온습도, 풍향 풍속 장비의 배치 및 운용이 용이한 형태로 설계 ○ 극저온 환경에서 안전사고가 일어나지 않도록 안전에 유의하여 설계 ○ 남극 대륙기지 개척과 남/북극 극한지에서 작동하는 연구장비 테스트들이 상시 가능해야 하므로 지속적인 유지/보수 설계
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 극지연구의 가장 큰 어려움인 접근성 문제를 극복하여 다양한 극한 환경에서 고가의 연구장비들을 사전 테스트 함으로써 극한지에서 유실되거나 수시로 고장나는 연구장비들로 인한 피해를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 사료됨. 이로 인한 연구비 절감 뿐만 아니라 연구 효율도 획기적으로 개선될 것으로 판단되어 극지대기 모사실은 우선 순위가 높은 반드시 필요한 시설임.
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 극지에서 활용되는 장비들을 극지에 투입하기 전에 테스트할 극지대기 모사실은 반드시 필요한 시설이나 아직까지 갖추어져 있지 않아 극지연구의 비효율성이 초래되고 있는 상황.
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ 극지역에서 활용되는 장비들의 사전 테스트를 통해 실제 극지에서 유실 및 고장 가능성을 현저히 낮출수 있어 국가 예산 절감 및 극지연구 효율이 비약적으로 개선될 것으로 기대됨
제안자 인적사항	부경대학교 환경대기과학과 (HP) 010-4194-9404 (성명) 김백민 (E-mail)baekmin@pknu.ac.kr

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등 ○ 극한 환경에서 상고대와 같은 결빙에 의해 기상관측장비가 제대로 작동하지 않음. ※사진: 2023년 12월 3일 한라산 백록담 기상관측소   	
	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망) ○ ○ ○	
국내/외 연구개발 동향		
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 극한 환경에서 연속 관측이 가능한 기상관측장비의 개발 ○ ○	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○ 극한 환경에 연속 관측한 장비의 개발 - 극한 환경에서 연속 관측 가능한 온습도계의 설계 - 극한 환경에서 연속 관측 가능한 우량계의 설계 - 극한 환경에서 연속 관측 가능한 바람 센서의 설계 - 극한 환경에서 연속 관측 가능한 일사 센서의 설계	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 극지에서 정확한 자료의 확보	
극지와외 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 정확한 극지 기상 정보 제공	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ ○ ○	
제안자 인적사항	(소속/직위) 세종대학교 / 교수	(HP) 010-8874-8050
	(성명) 박 문 수	(E-mail) moonsoo@sejong.ac.kr

연구 배경과 필요성	※극지대기모사실 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구 필요성, 국가정책 등	
	○ 매년 겨울철에 도로 상에 얇은 뚝한 도로살얼음에 의한 재산과 인명 피해가 지속적으로 발생하고 있음. ○ 도로살얼음으로 인한 피해를 줄이고자 제설재가 다량으로 살포함.	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (가급적 자료 출처 기재 요망)	
	○ 도로살얼음에 대응하고자 노면온도예측모델이 개발되고 있으나 정확도가 높지 않음. ○ 기상청에서는 도로기상관측망을 구축 중에 있음.	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 물리 기반 도로살얼음이 발생할 수 있는 기상(기온, 습도, 바람) 조건 특성 연구	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 기상 조건에 따른 도로살얼음 발생 조건 규명 - 기온, 습도, 바람 조건을 달리 하며 도로살얼음 발생 조건 규명	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 도로살얼음 발생 기상 조건 규명 ※ 기온, 습도, 풍속이 동시에 조절 가능해야 함	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 극지 도로에 적용 가능	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 도로살얼음으로 인한 재산 및 인명 피해 저감 ○ 과도한 제설재 사용 저감 ○ 도로살얼음 예측 모형 개발 및 검증	
제안자 인적사항	(소속/직위) 세종대학교 / 교수	(HP) 010-8874-8050
	(성명) 박 문 수	(E-mail) moonsoo@sejong.ac.kr

부록 5. 극지코어센터 수요조사

기관명	시설활용 필요성	기대효과
인하대	빙하 내 미량원소 연구	
서울대	시료 획득, 빙하 가스 연구, 시추 기술	
서울대	빙하 내 진균류 연구	
서울대	황 동위원소 신규 프록시 개발 연구	
서울대	빙하 미세구조 연구	
이화여대	빙화학 연구	
충남대	빙하 내 미세입자 연구	
충남대	빙하 내 블랙카본 연구	
인천대	빙하 내 미세플라스틱 연구	
연세대	빙하 내 미량원소 동위원소 연구	
Univ. of Minnesota	국제공동연구(RAICA) 시료 보존,	KOPRI 극지연구소
	빙화학 분석 연구	
NEEM	그린란드 국제공동 빙하코어 연구	
EGRIP	그린란드 국제공동 빙하코어 연구	

부록 6. 빙해환경실 수요조사

기관명	시설활용 필요성	기대효과
국립호남권 생물자원관	·해빙생태계독성평가용표준 시험생물 개발 및 환경오염 반응 유전체 발굴	·환경변화와 독성생물자원 변동 예측을 통한 CAOFA 협정 관련 국가적 협상에 활용 ·극지환경변화의 효율적 관리와 지속가능이용을 위한 환경지표제공, 국가정책 수립에 활용
인천대	·용빙수유입에 따른 극지해양생물 생리 및 생화학지표영향 평가	·극지 해양생태계 변화에 대한 기초자료 획득
	·기후변화에 따른 극지 해양생물의 분자적 수준 적응기작규명	·극지해양생물고유의 적응 및 진화 기작규명
서울대	·극지해 연안의 해양환경 시뮬레이션 실험	·기상현상이 해빙 생성 및 소멸에 미치는 물리과정의전반적인 이해 증진
	·기상패턴의변화와 해빙 생성 및 소멸 패턴간의상관관계 조사	·환경변화가 해양 생태계에 미치는 영향 평가
인하대	연구장비의 저온환경 운영 성능 평가	·해수면 고도의 시공간적 변동성과 해수의 열용량변동성 확인 ·극지해역현장 방문없이 고해상도 관측자료확보
한국해양과학 기술원	·해빙수조활용 남극해양환경 모의 실험	·바람 등의 대기강제력에 의한 해양 표층 결빙 및 해빙 기작재현
	·해양표층해빙의 결빙과정, 해빙과정재현	·온난화의 효과가 남극연안 해양환경 변화에 미치는 영향 파악
이엔씨기술	해빙미세조류 생리적 특성 및 sink flux 연구	·해빙이 녹으면서 해빙미세조류가 바닥으로 침강하는 속도 예측, 관련 탄소 순환 연구

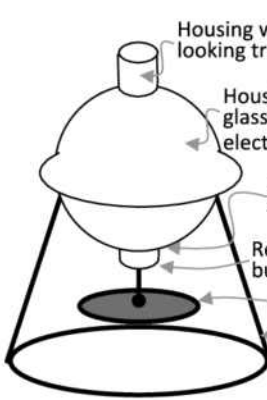
연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등 ○ 생태계의 구성 생물들은 각각 소중한 생명자원으로 그 중요성에 대한 인식이 확산되면서 생물다양성협약 (CBD), 유엔해양법협약 협정 국제식물신품종보호협정 등의 다양한 국제협약과 식량 , WTO , (UPOV) 농업기구 세계지적재산권기구 (FAO), (WIPO), OECD 등의 국제기구에서 활발한 지원사업이 이루어지고 있음. 우리나라 또한 『해양생명자원의 확보 관리 및 이용 등에 관한 법률 (‘13.3.23) 개정』에 따라 다양한 해양생명자원의 체계적 관리를 위해 해양생명자원 통합정보시스템을 구축 운영 중임. ○ 북극항로는 경제적으로는 그 가치가 높지만 불가피하게 해빙 파괴와 환경오염 등의 부작용을 일으킬 수 있음. 해빙 생태계에 서식하는 구성원들은 범지구적으로 발생하는 기후변화 문제의 환경변화 인자이며 또한 식량문제, 화석연료 고갈에 따른 신재생에너지 문제 등을 해결 할 수 있는 미래의 생명자원 임. 경제성과 환경모두를 만족하는 지속가능한발전을 이루는 것은 필수 불가결한 과정이며 이에 환경변화와 그 생태계의 변동을 파악하는 것은 매우 중요하다 할 수 있음. ○ 북극의 해양환경은 빠르게 변화하고 있으며 북극항로의 이용이 급속하게 증가 될 것으로 전망되어, 환경변화와 해빙생태계의 변동이 매우 클 것으로 예상 됨. ○ 극지방에서는 급격한 환경변화에 따라 해빙환경과 생태계는 크게 변화하고 있으며 해빙은 1년이상의 해양환경 데이터를 가지고 있음. 이에 따른 환경유전체 발굴을 위한 분자생물학적 진단 체계 구축연구가 필요하나 북극에서의 해빙 캠프는 여러 요인으로 인해 3일 이상 수행하기 어려운 실정임.
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망) 1. 국내 기술동향 ○ 국내에서의 생물에 대한 독성 및 분자생물학적 연구는 토양 미생물을 중심으로 몇몇 연구가 이루어져 왔으며, 해양생물을 대상으로 해양생물자원관, 국립호남권생물자원관, 해양과학기술원 등에서 해수 수층 시료를 획득하여 분자생물학적 방법을 통해 해양생태계의 독성생물 연구를 수행해 왔음. ○ 해빙생태계에서의 독성평가 및 분자적 연구는 전무하여 관련 연구수행 체계 구축이 필요한 실정임. 2. 국외 기술동향 ○ 미국에서는 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)를 중심으로 해양환경 모니터링을 체계적으로 실시하고 있음. ○ 영국은 기후, 대기화학과 고기후, 생태계, 환경변화와 진화, 빙상, 극지해양 등의 6개분야 중심의 Polar Science for Planet Earth (PSPE) 연구 프로그램을 2009년부터 추진 함. ○ 최근 Multidisciplinary drifting Observation for the Study of Arctic Climate (MOSAiC) 프로젝트에서는 독일 쇄빙선을 활용하여 2019년 9월부터 2020년 10월까지 20개국이 참여한 역대 최대규모의 북극해 환경 변화 연구를 수행함 ○ 각국의 대형프로젝트에의 환경요소와 생물 연구들은 선박을 기반으로 각각 팀별 독립적으로 수행하여 연구결과를 통합하는 방식으로 이루어져 왔으며, 특히 환경오염에 반응하는 유전체 발굴 등은 해양생태계의 주요한 연구 파트를 맡고 있음. ○ 해빙 시료를 통한 해양독성평가는 시작되는 단계이며 해빙에 축적된 독성물질이 해빙성 생물에 미칠 영향에 대한 연구사례는 전무한 실정임.

연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 해빙생태계 독성평가용 표준시험생물 개발 및 환경오염에 반응하는 유전체 발굴 ○ 세부목표 1) 해빙생태계 독성평가용 표준시험생물의 개발 및 해빙환경 배양체 제구축 ○ 세부목표 2) 환경오염에 반응하는 해빙생물 유전체 발굴 시스템 구축
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○ 연구 개발기간 : 2026-2030 (5개년) ○ 제 1세부 : 해빙생태계 독성평가용 표준시험생물의 개발 및 해빙환경 배양체제 구축 • 북극 해빙생태계 안전성평가용 표준시험생물 개발 - 북극항로 이용에 따른 생태계 노출 가능한 오염물질 후보 선정 - 북극 해양생태계 환경을 고려한 시험종 선정 - 해빙생태계 독성연구 표준시험 방법 구축을 위한 해빙 재현 연구실 모사 실험 수행 - 시험방법의 기술체제 정립 및 시험 효용성과 보편성 검증 • 해빙생태계 인공배양시스템 구축 - 시험종과 시험 후보종의 생태, 생리적 특성을 고려한 해빙 배양 시스템 디자인 - 표준시험생물 채집 및 배양 매뉴얼 구축 • 북극해 해빙/해양환경 및 생물 독성 반응 데이터 네트워크 구축 - 북극해에서 획득되고 있는 데이터들을 정량화 효율화 작업을 통한 활용방안 및 북유럽국가, 러시아 등과의 국제공동연구 협의 ○ 제 2세부 : 환경오염에 반응하는 해빙생물 유전체 발굴 시스템 구축 • 표준시험생물의 지표유전자 선정 및 환경유전체 발굴 - 독성물질에 대한 민감도 및 시험 생물 배양의 유용성 고려한 표준 시험생물 선정 - 선정된 표준시험생물의 유전체 확보 - 다양한 환경오염에 반응할 수 있는 유전자 군의 발굴 • 해빙환경에서 중장기 테스트 및 국제표준화시험방법 개발 - 빙해환경실 활용 해빙환경 시험방법 구축 및 테스트 - 시험법 국제표준화를 위한 기구선정 및 사전협의 - 생태독성시험자료의 국제기구인증 및 특허 추진 • 독성물질에 반응하는 단백질체 특성 분석 및 항체 생산 - 해빙환경생체지표 후보군에 해당되는 단백질체의 in vitro 생산 - 단백질체를 이용한 항체 생산 및 분석 - 분자생물학적 독성시험법(안) 작성
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 미래 환경변화에 따른 해빙/해양 생태계의 독성 환경데이터 획득기술 정립 ○ 해빙 생태독성 국제표준화시험방법 개발 및 국제기구인증 ○ 환경오염에 따른 미래 극지 해빙 생태계 변동 전망에 기여
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 극지 이슈 1 : 북극해 해양환경 오염 및 해양생태계 보존 위기

	• 해양환경보호, 오염방제, 친환경운항 등 해양생물다양성 보존을 위한 실천적 접근과 지속적인 해양생태계 및 해양환경 모니터링 필요. → 중장기 해빙연구 시설 필요 ○ 극지이슈 2: ‘중앙 북극해 공해 비규제 어업협정’ 발효 및 미래 북극해 수산자원 확보 경쟁 가시화 • 풍부한 잠재력을 지닌 북극해 수산자원 확보를 위한 과학적 기반 마련 시급 → 북극 해빙생태계 환경유전체 획득 기술 개발 필요	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 기대 효과 • 해빙의 독성 데이터와 환경유전체 데이터 획득 방식 체계화 및 시스템 기반구축 • 해빙환경 변화에 따른 생태계 변화를 파악하기 위한 핵심 기술 확보 및 중/장기적 자료 축적 • 해빙생태계에서의 독성물질에대한 생물반응 연구의 효율성과 신뢰도 향상 • 체계적인 해빙환경 영향평가를 통한 극지환경 진단 및 해양생태계 생물자원 보전 • 해빙 환경변화에 따른 생태계의 변화 예측 연구의 기반구축 및 환경보호를 위한 자료로 활용 • 기후변화와 인간활동으로 인한 극지 생태계의 생물군에 영향을 줄 수 있는 환경변화 정도(값)를 제시하여 생태계 불균형으로 초래될 수 있는 유용생물자원의 피해를 막기 위한 대처 방안 마련 • 미래 극지 환경변화의 효율적 관리와 지속가능한 이용을 위한 환경지표 제공 및 국가 기후 변화 대응 정책 수립시 활용 가능 • 극지환경과 생물 보전을 위한 범국제적 환경연구에 동참함으로써 국제협약 의무 이행 및 국제적 위상 제고 ○ 성과의 활용 방안 • 해빙환경-독성 연구 기술 구축 및 해양환경 오염에 따른 미래 변동 전망 기여 • 환경변화와 독성생물자원 변동 예측을 통한 CAOFA 협정 관련 국가적 협상에 활용 • 미래 극지 환경변화의 효율적 관리와 지속가능한 이용을 위한 환경지표 제공 및 국가 기후 변화 대응 정책 수립 시 활용 가능	
제안자 인적사항	(소속/직위) 국립호남권생물자원관 동물자원연구부/ 전임연구원	(HP)010-9018-0711
	(성명) 김현경	(E-mail) hkkim@hnibr.re.kr

연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등 ○ 극지환경 변화로 인한 해양생물의 생리생태적 반응은 향후 기후변화로 인한 극지 해양생태계 변화를 이해하는데 중요한 인자로 기후변화 대응 극지해양환경 연구에 필수적임									
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망) ○남극과 북극해의 용빙수 과유입으로 인해 식물플랑크톤 및 동물플랑크톤 군집의 변동이 야기되고 있음이 보고됨(Middelbo et al., 2018; Garcia et al., 2019) ○현재 대부분의 연구가 군집 수준에서의 생물상에 대한 연구를 수행하고 있으며 개체 수준에서의 생리적인 영향에 대한 연구는 염도 및 수온 등 단일변수에 대해 제한적으로 수행되고 있음									
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○ 용빙수 유입에 따른 극지해양생물 생리 및 생화학지표 영향 평가 ○ 기후변화에 따른 극지 해양생물의 분자적 수준 적응기작 규명									
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 <table border="1" data-bbox="475 779 1300 918"> <tr> <td>연구기간</td><td>세부연구분야</td></tr> <tr> <td>2025-2026</td><td>해양생물 활용 실험 조건 구축 및 기초자료 확보</td></tr> <tr> <td>2026-2027</td><td>개체 생리적 및 생화학적 생물영향 평가</td></tr> <tr> <td>2027-2028</td><td>분자적 수준 적응 기작 규명</td></tr> </table>		연구기간	세부연구분야	2025-2026	해양생물 활용 실험 조건 구축 및 기초자료 확보	2026-2027	개체 생리적 및 생화학적 생물영향 평가	2027-2028	분자적 수준 적응 기작 규명
연구기간	세부연구분야									
2025-2026	해양생물 활용 실험 조건 구축 및 기초자료 확보									
2026-2027	개체 생리적 및 생화학적 생물영향 평가									
2027-2028	분자적 수준 적응 기작 규명									
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○ 기후변화로 인한 용빙수 유입에 대한 생물영향 파악 ○ 극지해양생물의 적응 기작 이해 및 생물유전자원 확보 ○ 국제학술지 논문 게재									
극지와외 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○ 남북극 해역 내 해빙추이 기반의 극지환경재현을 통한 연구결과 도출 ○ 극지 서식 해양생물을 활용한 생물영향 및 적응기작에 대한 연구결과 도출									
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○ 극지해역의 해양생태계 변화에 대한 기초자료 구축이 가능 ○ 극지해양생물 고유의 적응 및 진화 기작 규명 ○ 기후변화 대응 극지해양의 관리 및 보존을 위한 과학적 역량 확보									
제안자 인적사항	(소속/직위) 인천대학교 해양학과/교수	(HP) 010-9457-9785								
	(성명) 정창범	(E-mail) cbjeong@inu.ac.kr								

연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등	
	○ 지구 온난화의 영향이 복잡해지고 다변화됨에 따라 극지해 물리환경을 재현하고 이해하는 연구가 중요해짐. ○ 극지 조건을 재현하여 기후 변화의 영향과 해양 물리-생태계 적응을 파악하는 연구가 중요해짐.	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망)	
	○ 대전에 위치한 선박해양플랜트연구소(KRISO)는 국내 유일의 빙해수조를 보유하고 있으며, 주로 극지 운항 선박의 빙해 성능 시험 및 평가에 활용됨. ○ 독일의 Hamburg Ship Model Basin(HSVA)는 얼음 연구 시설들을 운영하며, 일본의 National Maritime Research Institute(NMRI)는 실제 해상 환경 및 가상 북극해 항로를 따르는 선박 모의 실험을 수행함.	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 본 연구는 극지 연안 해양 환경의 변화에 대응하기 위해 대기 조건 변화에 따른 해빙 과정을 시뮬레이션하고, 해양 표면의 결빙 및 해빙 메커니즘을 정밀하게 복제함으로써 온난화가 극지 연안 해양 환경에 미치는 영향을 평가하는 것을 목표로 함. 이를 통해 극지해 해양 환경 변화의 메커니즘을 이해하고, 기후 변화 연구에 기여하고자 함.	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 극지해 연안의 해양 환경 시뮬레이션 실험을 포함하여, 기상패턴의 변화와 해빙 생성 및 소멸 패턴 간의 상관관계를 조사함. ○ 실험은 해빙 탱크를 사용하여 해양 표면의 결빙과 해빙 과정을 재현하고, 이 과정에서 발생하는 다양한 환경 변화를 모니터링하며, 예측 가능한 모델을 개발하는 것을 목표로 함.	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 기상현상이 해빙 생성 및 소멸에 미치는 물리과정의 전반적인 이해를 증진시킬 것으로 기대됨. ○ 극지해 연안 해양 환경의 변화를 시뮬레이션하여 해양 생태계에 미치는 영향을 평가할 수 있는 기초 데이터를 제공할 것임. ○ 기후 변화 연구뿐만 아니라 정책 수립에도 중요한 기여를 할 것으로 예상됨.	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 극지해 해양 환경의 변화를 실험실에서 모니터링하고 예측하는 것에 중점을 두고 있으며, 극지 연구의 핵심 이슈에 직접적으로 기여함. ○ 극지해 연안 해양 환경의 변화는 전 세계적인 기후 변화의 중요한 지표로 작용하며, 이를 통해 극지 연구의 이해와 관심을 증진시킬 수 있음.	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 본 연구 결과는 과학적, 기술적, 사회경제적으로 다양한 분야에서 활용될 것임. 남북극 해양 환경에 대한 이해를 바탕으로 기후 변화에 대응하는 새로운 국가 정책적 전략을 개발할 수 있으며, 중고등학교 학문 후속세대를 위한 교육적 자료로도 활용될 수 있음. 또한, 이 연구는 미래의 기후 변화 관련 연구 및 산업의 기초 자료로서 중요한 역할을 할 것으로 기대됨.	
제안자 인적사항	(소속/직위) 서울대학교 / 교수	(HP) 010-4231-4956
	(성명) 남성현	(E-mail) namsh@snu.ac.kr

연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등 ○극지해역과 같은 저온환경에서는 연구 장비의 성능 저하가 우려되며 이를 확인하기 위한 유사환경의 모의실험 공간이 필요함 ○해양환경 장기모니터링을 위한 수중 운영 장비의 성능 및 음향통신 테스트를 위한 대형 수조가 필요함.
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망) ○국내: 선박해양플랜트연구소(KRISO)는 길이 42m, 폭 32m, 깊이 2.5m의 빙해 수조를 운영하고 있으며, 주로 극지운항 선박의 빙해 성능시험 및 평가에 활용됨. 그러나, 극지해역 환경을 재현 및 실험에 활용하기에는 크기가 크고 수요가 많아 부적합하다고 판단됨. ○국외: 독일 Hamburg Ship Model Basin(HSVA)은 25년 넘게 얼음연구시설들을 운용해오고 있음. HSVA는 -20℃까지 유지할 수 있는 ice tank와 Arctic Environmental Test Basin을 운용.
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망 ○빙해 환경실 해빙모사 수조를 활용하여 연구 장비의 저온환경 운영 성능 평가 ○높이 1.5m 이상의 대형수조를 활용하여 해양환경 장기모니터링 시스템의 음향통신을 테스트함.
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재 ○전도 음향측심기(Inverted Echo Sounder)는 해저에 설치하여 해양표면으로 음파를 송신하여 해표면 고도의 시공간적 변동성을 측정하는 장비임. ○본 장비는 관측 종료 후 회수를 Acoustic Release를 포함하고 있는 관측 도중 자료의 확보를 위 Data Shuttle(PDS)을 활용함. ○수중에서 Acoustic Release의 부와 본체와 PDS사이 전파를 적 수중 자료전송 조건을 확인하 운용을 위한 장비 개선을 위해 약의 대형수조를 활용한 연구가 필요함. 
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등 ○현장조사 이전 실험실에서의 충분한 사전 테스트를 통해 관측 성공률을 대폭 개선함 ○저온환경 모 실험실에서 장비의 지속적인 테스트를 통해 기존 장비의 문제점 파악 및 성능 개선이 요구되는 파트 확인.
극지와외의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성 ○본 연구 장비를 활용하면 해수면 고도의 시공간적 변동성과 해수의 열용량 변동성을 확인할 수 있으며, 이를 통해 극지 해역에서 해류의 변동성 및 극전선을 통과해 양극으로 전달되는 열의 수송 과정 파악이 가능함. ○PDS시스템이 도입된 전도 음향측심기를 활용하면 연중 접근이 허락되지 않은 극지해역에서 현장 방문 없이 고해상도의 현장관측 자료 확보가 가능함.
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등 ○해류 및 열 수송과정의 장기 변동성을 파악함으로써, 지구온난화가 야기하는 남극 연안 빙하의 급속 해빙에 해양을 주는 해양기원 열 에너지 공급량을 정량적으로

	로 파악 가능함. ○이로부터 미래 남극 환경변화를 전망하고, 전 지구 해수면 상승 및 지구온난화를 예측하기 위한 해양 및 기후모델의 성능 검증과 향상을 위해 활용가능한 중요 현장관측 자료 축적. ○이러한 연구를 통한 전 세계의 기후 위기 해결에 기여함으로써, 대한민국의 과학 선진국 리더십을 함양하고 국제사회의 영향력을 높일 수 있을 것임.	
제안자 인적사항	(소속/직위)인하대학교 해양과학과/교수	(HP)010-2441-7784
	(성명)박재훈	(E-mail)jaehunpark@inha.ac.kr



연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등	
	○ 지구온난화로 인한 남극연안 기온 상승은 바람의 세기와 빈도 등의 변화도 야기하여 해빙의 생성 및 소멸 시기와 공간분포가 과거와 달라지고 있으며 이를 파악함을 기후변화의 효과가 남극 해양환경에 어떠한 변화를 야기하는지 파악하는데 필수점임	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망)	
	○ 국내에 있는 빙해수조는 대전 선박해양플랜트연구소(KRISO)의 수조가 유일하고 주로 극지운항 선박의 빙해 성능시험 및 평가에 활용되고 있는 것으로 파악됨 ○ 국외로는 독일 Hamburg Ship Model Basin 회사에서 운용하는 얼음연구시설로 규모와 활용면에서 독보적임	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 바람 등의 대기강제력에 의한 해양 표층 결빙 및 해빙 기작 재현 ○ 온난화의 효과가 남극연안 해양환경 변화에 미치는 영향 파악	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 재현센터의 해빙수조를 활용한 남극연안 해양환경 모의 실험 ○ 해양 표층 해빙의 결빙과정, 해빙과정 재현 실험 ○ 바람의 강도 변화와 해빙의 생성, 소멸에 대한 실험 등	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 대기강제력이 해양표층 해빙의 생성 및 소멸에 미치는 영향, 과정 등에 대한 전반적인 이해도 증가 ○ 모의 환경을 활용한 남극 연안 해빙 역학 연구 추진	
극지와의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 남극해 대상 모의실험 및 재현 연구주제임	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 극지환경 재현센터를 활용한 실지적인 연구결과 획득 ○ 접근이 어려운 남극 현장에 대한 모의실험으로 효과적인 연구수행 ○ 향후 기후변화 관련 연구의 기초 정보로 활용 가능	
제안자 인적사항	(소속/직위) KIOST / 연수연구원	(HP) 010-3734-3395
	(성명) 한명희	(E-mail) mhan@kiost.ac.kr

연구 배경과 필요성	※해당 시설을 사용해서 수행하고자 하는 연구의 필요성, 국가 정책 등	
	○ 극지해양의 일차생산을 추정하는데 있어서 해빙미세조류는 중요한 부분을 차지하기 때문에 해빙미세조류의 생리적 특성 및 sink flux 에 대한 연구 수행을 위한 테스트 베드 필요	
국내/외 연구개발 동향	※해당 시설에서 수행하려는 연구 동향 (자료 출처 명확하게 기재 요망)	
	○ 국내에서 해빙미세조류를 연구하는 그룹은 극지연구소와 다른 대학에서 일부 수행하고 있지만 대부분 현장 연구 위주로 진행됨 ○ 국외에서 극지해역에서 일차생산 연구는 현장과 위성연구를 중심으로 수행되고 있음.	
연구 목표	※연구 목표는 정량화된 수치를 포함하여 작성 요망	
	○ 해빙미세 조류의 sinking flux 에 대한 연구	
연구내용 및 범위	※해당 시설을 사용하는 총 연구기간, 세부 연구 내용에 대해 참고 이미지 등을 포함하여 구체적으로 기재	
	○ 해빙미세조류의 해빙에서 적응력 테스트 ○ 해빙이 깨지면서 해빙미세조류들의 sinking flux 의 형태와 속도 연구	
예상성과	※해당 시설을 활용하여 획득하고자 하는 데이터, 연구 성과 등	
	○ 해빙 미세조류들은 해빙이 녹으면서 빠른 속도로 침강할것으로 예상됨	
극지와 의 연관성	※제안한 연구와 극지 연구, 이슈 등과의 연관성	
	○ 제안된 연구는 극지해양 연구를 수행하는데 있어 필요한 해빙에서 연구임 ○ 해빙미세조류에 대한 연구는 북극과 남극해빙과 해양에서만 가능함	
기대 효과 및 활용방안	※해당 연구 추진 시 예상되는 대표 성과 ※연구개발 성과의 예상 달성 시점 ※해당 성과물의 과학기술적, 사회 경제적 활용방안 등	
	○ 해빙이 녹으면서 해빙미세조류가 바닥으로 침강하는 속도를 예측하므로써 전체 탄소 순환에서 어떻게 기여할수 있을지 추정 가능 ○ 해빙미세조류의 sinking flux 재현등은 극지해양생물에 관심있는 학생들에게 극지교육으로 활용됨.	
제안자 인적사항	(소속/직위) /연구원/(주)이엔씨기술	(HP) 010-3125-0144
	(성명) 전석진	(E-mail) ddagu815@naver.com

부록 7. 극지아쿠아리움 수요조사

기관명	시설활용 필요성	기대효과
가천대	극지해양생물 유래 생리활성물질의 발굴과 그 조절 기전 규명	극지해양생물 유래 근감소증, 불임 치료물질 발굴 및 치료제 개발
상명대	신규 난연제(flame retardant)에 대한 극지 생태계 생물영향 평가	·난연제에 대한 극지해양생물의 급만성 독성자료 확보 ·난연제에 대한 극지 생태계 보호기준 마련의 과학적 근거 제공
이화여대	극한 환경 모사 배양시스템 개발	·극지 생물로부터 생리활성물질 확보, 적응 메커니즘 규명, 유전체 정보 확보 ·살아있는 극지생물연구를 위한 분양시스템 구축
제주대	극지방의 탄소순환이 해양생물에 미치는 영향 연구	·탄소순환 및 기후변화에 의한 극지생물의 생리적 변화 이해 및 예측 ·탄소순환 및 기후변화 지표종 발굴
인하대	극지 해양저서동물을 장기간 배양하여 기후 변화 조건에 따른 순응능력 평가	·극한 환경 서식 생물 유전자 조절 및 특성 변화연구를 통해 새로운 기후 조건에 적응 가능한 해양 및 육상 생물 개발에 활용
한국해양대	일 주조 조석 현상 및 백야 현상 등의 특수한 환경요인에 따른 극지해양생물의 내분비 조절/생리학적 반응 확인	다양한 환경변화에 노출된 어패류의 항산화 메커니즘, 즉 생체방어 기작과 항산화 관련 bio-marker 탐색
공주대	극지 어류에서의 점액포자충 동정 및 생활사 연구	극지어류에서의 점액포자충 다양성에 관한 이해와 기생충과 숙주의 상호작용 및 진화 연구 기초자료로 활용
국립수산과학원	저수온 내성 유전자 탐색 및 생리학적 기작 규명	저수온에 견디는 유전자를 이용한 현장 양식장에 도입으로 양식 어류 피해 저감
한국생명공학연구원	극지 모사환경 시스템 활용 모델 생물 개발 및 극지환경 생물적응 조절인자 발굴	·기후변화로 인한 식량자원 피해 최소화를 위한 원천기술 개발 ·보건의로 분야에 활용 가능한 산업화 기술 확보 ·장기적 대책연구방향 및 공공 정책 제언
한국해양과학기술원	독성평가를 위한 극지모델생물의 발굴 및 배양/유지시스템 구축	극지생물활용 독성평가결과는 극지환경감시 및 다양한 규정 책정을 위한 기초자료로 활용
한국해양과학기술원	극한환경재현시설을 활용한 극한지서식 해양생물 배양 및 분자생물학적 생리기작규명	극한환경 생명현상을 우주생명과학으로 확대, 신약개발 추진 기반 확보
아쿠아프로	극지 환경에서의 질산화 미생물의 효율 분석 및 사육수온 제어 방법에 대한 에너지 효율 분석	·질산화 미생물의 질산화 효율 연구에 기여 ·효과적인 열교환방법 도출을 통해 국내 순환여과양식시스템에 필요한 에너지비용 절감에 기여

연구 배경과 필요성	○ 극지 어류 추출물은 부작용의 문제가 적고 안전성이 확보된 천연 추출물임. ○ 극지 해양생물 유래 생리 활성 물질의 근육증강 및 수정란의 착상 증가 등에 특이적 작용이 있음을 확인하였음 ○ 이에 극지 어류 유래 물질은 예방 또는 치료용 약학적 조성물 또는 건강기능식품 조성물로 유용하게 사용될 수 있는 가능성이 있음.	
국내/외 연구개발 동향	○ 국내와 해외의 극지 유래 자원을 활용한 약학적 조성물을 찾고자 하는 연구 개발이 증가하고 있음. (참고자료: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175646462300083X)	
연구 목표	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용한 극지 해양생물 유래 생리활성물질의 발굴 및 그 조절 기전 규명	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용한 극지 해양생물 유래 생리활성 물질의 생리적 활성 분석	
예상성과	○ 극지 해양 생물 유래 근감소증 치료 물질의 발굴 및 치료제로의 개발 가능성 타진 ○ 극지 해양 생물 유래 불임 치료 물질의 발굴 및 임신 증진 효과 분석	
극지와 의 연관성	○ 극지 환경에서 극지 해양생물 아쿠아리움에서 유지 가능한 극지 생물을 발굴하여 새로운 생리활성 물질을 포함한 극지 해양 생물의 발굴이 가능함	
기대 효과 및 활용방안	○ 극지 유래 자원을 활용한 약학적 조성물을 발굴하여 극지 유래 유용자원을 확보함 ○ 이를 발판으로 세계 선도적으로 극지 유래 의용자원의 확보가 가능해짐	
제안자 인적사항	(소속/직위) 가천대학교/부교수	(HP) 010-9101-6710
	(성명) 윤미섭	(E-mail) msyoon@gachon.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 난연제(flame retardant) 사용은 습도가 낮은 극지 환경에 필요함에 따라 극지 환경에서의 검출량이 높아지고 있음 (Corsolini et al., 2021. Environmental Research 196: 110344). ○ 그러나 새로운 난연제 종류에 대한 극지 생물의 독성학적 자료는 미흡하여 극지 생태계 건강성 보전을 위한 독성 평가가 필요함.	
국내/외 연구개발 동향	○ 최근 기존 난연제 뿐 아니라 신규 난연제에 대한 생물독성영향 평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음 (reviewed by Wang et al., 2023. Environmental Pollution 334: 122121; EPA 2023, https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/fact-sheet-assessing-risks-flame-retardants)	
연구 목표	○ 신규 난연제에 대한 극지 생태계 생물 영향 평가	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용한 극지 해양생물을 이용하여 신규 난연제 및 난연제 대 대체에 대한 급만성 독성 시험을 실시하여 독성수치 값을 확보함. ○ 난연제에 대한 생태계 영향 조사를 위하여 먹이생물과 상위 극지해양생물을 이용하여 먹이사슬에 따른 난연제 영향 연구를 수행함. ○ 난연제에 대한 조기 영향 탐지를 위한 분자 마커 발굴 및 적용.	
예상성과	○ 난연제에 대한 극지 해양생물의 급만성 독성자료 확보 ○ 난연제에 대한 극지 해양 모니터링을 위한 근거 마련 ○ 극지해양생물 독성평가를 위한 기반 구축	
극지와외 연관성	○ 극지 환경 내 주요 오염물질에 대한 생물 독성 평가 ○ 극지해양생물을 대상으로 한 독성평가를 통해 극지 생태계 보호기준 마련의 근거 마련	
기대 효과 및 활용방안	○ 극지해양생물 배양 시설의 활용 기반 구축 ○ 난연제에 대한 극지 생태계 보호기준 마련의 과학적 근거 제공	
제안자 인적사항	(소속/직위) 상명대학교 교수	(HP) 010-4767-3953
	(성명) 이 영 미	(E-mail) ymlee70@smu.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 극지 생물 연구에 수반되는 접근성 제약을 극복할 수 있는 중요 수단의 하나인 아쿠아리움 배양 시스템과 분양 시스템 구축이 절실히 필요	
국내/외 연구개발 동향	○ 심해생물 연구를 위한 고압 및 열수화학 환경을 실험실장치를 통해 구현할 수 있는 첨단 배양 시스템 개발이 진행되고 있음 ○ 이처럼 극한 환경을 모사한 배양 시스템 개발은 극한 환경 생물 연구의 세계적 연구 성과로 이어짐	
연구 목표	○ 극지 환경 재현 활용화센터 내 akuarium 같은 극지 해양생물 배양 시스템 개 발	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 akuarium을 활용한 극지 해양생물의 배양과 이용 ○ 고부가 연구를 위한 생물자원 확보	
예상성과	○ 극지 생물자원 확보 및 활용기반 구축 ○ 극지 생물로부터 생리활성물질 확보, 적응 메카니즘 규명, 유전체 정보 확보	
극지와 의 연관성	○ 저온 적응 생물의 장기 배양과 연구활용을 통해 생물의 극지 적응 이해	
기대 효과 및 활용방안	○ 살아있는 극지 생물의 연구와 공동 및 독자 연구를 위한 분양 시스템 구축	
제안자 인적사항	(소속/직위) 이화여자대학교/교수	(HP) 010 8942 9805
	(성명) 원용진	(E-mail) won@ewha.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 남/북극 극지환경 서식 해양동식물은 탄소와 같은 물질순환에 있어 중추적인 역할을 함 ○ 지구온난화로 인한 해양환경의 급격한 변화는 탄소에어로졸 및 탄소순환 등에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려지고 있음	
국내/외 연구개발 동향	○ 세계적인 해양선진국 (예, EU, 미국, 일본)에서는 남/북극 지역의 해양탄소순환에 관한 많은 연구를 진행 중 임. ○ 우리나라는 지난 40년 이상 남극 연구에 많은 인력과 연구비를 투여한 반면, 극지 탄소순환에 관한 연구는 이들 선진국에 비하여 상대적으로 낮은 것으로 평가 됨	
연구 목표	○ 극지 해양-대기 상호작용에 의한 탄소 순환 및 탄소에어로졸 발생 기작 규명	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용한 극지방의 탄소순환이 해양생물에 미치는 영향 연구 ○ 해양생물 아쿠아리움을 이용한 생물 배양 및 다양한 생리 실험	
예상성과	○ 탄소순환 및 기후변동에 의한 극지생물의 생리적 변화이해 및 예측 ○ 탄소순환 및 기후변화 지표종 발굴	
극지와외 연관성	○ 극지 해양생물에 미치는 다양한 환경인자 이해	
기대 효과 및 활용방안	○ 극지 해양생물의 생리적특성 이해 및 기후변화로 인한 해양생물의 생리적 변화 예측	
제안자 인적사항	(소속/직위) 제주대학교/교수	(HP) 010-3699-9000
	(성명) 최 광 식	(E-mail) skchoi@jejunu.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 남극 해양동물은 온도, 염분 등의 변화에 순응하는데 온대종에 비해 오랜 시간이 걸림. ○ 남극 해양 저서동물의 경우, 성장이 느리고 수명이 길기 때문에 기후변화에 대한 장기 배양 실험이 필요함. ○ 기후변화로 인한 극지 해양생태계의 변화를 예측하기 위해 장기간 배양을 통해 순응 능력을 평가할 필요가 있음.	
국내/외 연구개발 동향	○ 현재 기후변화에 대한 남극 해양동물의 반응 연구는 몇 개월 이내의 단기간 배양 실험에 그치고 있으며, 장기간 배양 실험을 통해 해양 생물의 적응 능력을 제시한 연구가 증가하고 있음(Cross et al., 2019).	
연구 목표	○ 극지 해양저서동물을 장기간 배양하여 기후변화 조건에 따른 순응 능력을 평가하고자 함.	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용하여 탄산칼슘 보호외피를 갖는 극지 해양생물을 배양하여 대사 활성, 유전자 발현량 등의 생리적 요소와 보호외피를 분석함.	
예상성과	○ 기후변화에 대한 극지 해양생물의 순응 또는 적응 가능성을 평가 ○ 기후변화에 대한 생리적, 표현형적 보상기작을 활용한 신물질 개발 가능	
극지와 의 연관성	○ 극지 해양생물 아쿠아리움에서 기후변화 스트레스 환경을 재현하여 저서생물을 장기간 배양함으로써 새로운 생물학적 지표 개발 가능	
기대 효과 및 활용방안	○ 장기간 배양 실험을 통해 기후변화에 대한 극지 해양생물의 보상기작을 밝혀냄으로써 생물 다양성 보호에 대한 새로운 통찰력 제공 ○ 남극 이외의 다른 지역에 서식하는 해양 생물들의 기후변화 영향성을 평가하는 지표로 활용 가능 ○ 극한 환경에서 생존하기 위한 생물의 유전자 조절 및 특성 변화 연구를 통해 새로운 기후 조건에 적응 가능한 해양 및 육상 생물 개발에 활용 가능	
제안자 인적사항	(소속/직위) 인하대학교/부교수	(HP) 010-8726-3070
	(성명) 김태원	(E-mail) ktwon@inha.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 최근 오존층 파괴와 지구 온난화 등을 포함한 기후 변화로 인하여 최근 인류의 보고이자 청정해역인 남극 해양생물에게도 서식환경이 변화하는 등 이상 증후가 나타남. ○ 남극 해양생물의 서식환경에서 발생할 수 있는 스트레스 요인으로 수온 변화, 해빙에 따른 염분 변화 및 오존층 파괴에 따른 빛(UV 포함) 파장의 영향, 선박의 이동, 사고 등에 의한 기름 유출을 포함한 독성물질에 의한 스트레스 요인 또한 예상됨. 이러한 환경 스트레스 요인은 해양생물(패류의 경우에는 조간대에 서식 종)의 경우 특히 성장/성숙 저하, 내분비 장애 및 면역력 등에 악영향을 미칠 가능성에 따른 대응.
국내/외 연구개발 동향	○ 국내에서는 다양한 LED 빛 파장이 급격한 수온/염분 변화를 포함한 다양한 스트레스 환경에 노출된 해양생물의 생리기능에 긍정적인 영향을 끼친다는 논문이 발표된 바 있으며, 특정 빛 파장을 활용하여 해양생물의 성 성숙을 조절하였다는 연구 논문이 존재함. ○ 극지 생물을 대상으로는 특정 빛 파장을 극지 해양생물에 적용한 연구는 아직 국내외 연구자에 의해서 보고된 바 없음.
연구 목표	○ 청정해역 남극의 환경 변화(특히, 해빙&UV)에 따른 남극 해양생물을 대상으로 특정 빛 파장의 조사에 의하여 광수용체를 자극하는 방법을 통하여 이들 생물의 내분비 조절(생체리듬, 항산화 작용 및 성숙제 제어 효과) 반응/기작 확인이 필요, 즉, 일주조 조석 현상 및 백야 현상 등의 특수한 환경요인에 따른 해양생물의 내분비 조절/생리학적 반응을 확인하여 기후변화에 따른 수온 상승, 생태계 교란이라는 이중고 앞에 놓인 남극 해양생물자원의 효율적인 보존 및 활용에 기여하고자 함.
연구내용 및 범위	○ LED 조사 장치를 실험 수조에 설치하여 해양생물의 생체리듬, 광반응 및 항산화 관련 유전자 확보 및 관련 연구 ○ 해양생물의 항산화 메커니즘 관련 분자내분비생리학적 변화 - 수온/염분/UV 등 노출에 따른 LED 파장별 스트레스 감소 효과 - LED 파장별 세포 손상 제어 및 복원 가능성 확인: TUNEL assay 활용 - 광수용체의 기능, 역할 및 분포 확인: Comet assay 및 <i>in situ</i> hybridization 활용 ○ LED 파장별 해양생물의 성숙 제어에 미치는 효과 - 특정 빛 파장대와 어류 자어 및 패류의 먹이가 되는 미세조류(먹이생물)가 반응하는 빛 파장대가 일정 부분 동일하다는 점에 주목하여 해양생물의 성장 및 성숙 제어에 활용 가능성 확인 필요 - 특정 빛 파장에 sensitive한 해양생물의 성 성숙 관련 유전자의 확인/활용 및 LED 빛 파장별 노출에 따른 성숙 제어 가능성 확인
예상성과	○ LED 파장을 활용하여 다양한 빛 파장의 조사에 의해 수온, 염분, UV 및 다양한 환경 변화에 노출된 남극 해양생물의 (산화)스트레스 조절 가능성을 확인하는 동시에, 서식지의 환경변화에 적응하기 위한 메커니즘을 밝히기 위하여 내분비생리학적 데이터 확보 그리고 성숙과의 상호작용 모델링을 통하여 남극 해양생물의 효율적인 보존과 활용 가능성을 확인할 수 있는 데이터 축적.
극지와외	○ 극지환경 재현 시설(일 주조 조석 현상과 백야 현상 등 특수한 환경요인 포함)을

연관성	활용한 서식 환경 변화 등 다양한 실험 가능	
기대 효과 및 활용방안	○ 일 주조 조석 현상과 백야 현상 등 특수한 환경요인에 따른 남극 해양생물의 생체리듬 조절 그리고 급격하고 다양한 환경변화에 노출된 어패류 체내에서 발생된 산화스트레스를 극복하기 위한 항산화 메커니즘 즉, 생체방어 기작과 항산화 관련 bio-marker의 탐색은 생체기능과 항상성을 유지하기 위한 생리활성을 조절 가능성 ○ 해양생물의 성 성숙 조절 가능성에 대한 연구를 통하여 생물 보존 및 활용 가능성 관련 데이터 축적	
제안자 인적사항	(소속/직위) 한국해양대학교/정교수	(HP) 010 9756 4756
	(성명) 최철영	(E-mail) choic@kmou.ac.kr



연구 배경과 필요성	○ 기생생물의 자원으로서의 이용 가능성 확대 및 주권경쟁 ○ 극지 해양생물의 기생충에 관한 연구 증가중 ○ 극지 어류 및 환경에서의 점액포자충 연구 부족	
국내/외 연구개발 동향	○ 북미와 유럽을 중심으로 남극암치과(Nototheniidae)에서 기생충(원충, 선충, 이생흡충, 구두충) 감염 및 동정에 관한 연구 진행 (https://link.springer.com/article/10.1007/s11686-021-00455-8; https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222008604)	
연구 목표	○ 극지 어류에서의 점액포자충 동정 및 생활사 규명	
연구내용 및 범위	○ 극지 어류에서의 점액포자충 감염 사례 및 동정 연구 ○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 이용한 점액포자충 생활사 연구	
예상성과	○ 남극어류 감염 점액포자충의 다양성 및 생활사 규명 ○ 남극어류 점액포자충에 대한 유전정보 및 생물주권 확보	
극지와 의 연관성	○ 현재까지 2400종 이상의 점액포자충 발견 보고, 그러나 극지 어류에서는 저온 모사장치 및 탄소유기물 분석 장치를 활용한 극지 물질 순	
기대 효과 및 활용방안	○ 극지어류에서의 점액포자충 다양성에 관한 이해 증가 ○ 기생충과 숙주의 상호작용 및 진화 연구 기초자료로 활용 ○ 양식어류 감염 점액포자충과의 비교 연구 자료로 활용	
제안자 인적사항	(소속/직위) 공주대학교/부교수	(HP) 010 9706 7245
	(성명) 신상필	(E-mail) ssp1201@kongju.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 저수온 등 이상수온에 따른 양식어류 피해가 증가하고 있음 ○ 저수온 대응을 위한 양식어류 피해 저감 연구 및 대체품종 연구가 필요	
국내/외 연구개발 동향	○ 고수온 피해 저감 연구와 고수온 대체품종인 아열대종 연구는 활발히 수행되고 있으나, 저수온 대응 연구는 미흡함	
연구 목표	○ 저수온 내성 유전자 탐색 및 생리학적 기작 구명	
연구내용 및 범위	○ 극지 해양생물 아쿠아리움을 활용한 저수온 실험 설정 ○ 극지 해양생물을 이용한 저수온에 견디는 유전자 탐색 및 생리학적 분석	
예상성과	○ 저수온 내성 유전자 발현 확인 및 생리학적 기작 구명	
극지와 의 연관성	○ 저온 유지 및 관리 장치를 활용 및 극지 해양생물 생리생태 관련 정보 공유	
기대 효과 및 활용방안	○ 저수온에 견디는 유전자를 이용한 현장 양식장에 도입으로 양식어류 피해 저감 ○ 양식어업인 소득 증대 및 안정적인 경영 유도	
제안자 인적사항	(소속/직위) 국립수산물과학원 서해수산연구소/해양수산연구소	(HP) 010-8375-0507
	(성명) 이경미	(E-mail) bioykm@korea.kr

연구 배경과 필요성	○ 극한 환경 서식 생물 연구의 중요성 - 극한 환경이란 우리가 흔히 접하는 생물 대부분의 생존에 극단적이고 도전적인 지역의 환경을 일컬음 - 지구상 대표 극한 환경에는 심해 열수 분출구, 산성 온천, 빙저호 등이 있으며, 이곳에서 번성하여 살고 있는 생물들이 지속적으로 발견되고 있음. 이러한 발견은 겉보기에 생명체 적대적 환경에서의 생명체 적응 관련 중요 통찰력을 제공해 줌	
국내/외 연구개발 동향	○ 가상 극한 환경 시스템 구축 기반, 미생물/식물 연구는 중국, 유럽 등에서 일부 진행 중임 ○ 그 외 무척추, 척추 동물을 활용한 연구 사례는 극히 제한적	
연구 목표	○ 극지 모사 환경 시스템 내 비극지 생물 적응 규명	
연구내용 및 범위	○ 극지 모사 환경 시스템 활용 모델 생물 개발 및 극지환경 생물적응 조절인자 발굴	
예상성과	○ 미래 지구 환경 조건에서 인류 적응 방향을 모색하기 위한 기반 마련에 유용한 자연실험장으로써 활용할 수 있음 ○ 그 과정에서 확보한 연구결과는 특허 출원/등록 및 논문 발표	
극지와 의 연관성	○ 전 지구적 기후변화의 심장인 극지방 환경 조건이 반영된 극지 모사 환경 시스템은 미래 인류의 지구 적응을 모색하는 데 있어서 매우 기초적이고 중요한 자료를 제공할 것으로 예상됨	
기대 효과 및 활용방안	○ 극한 극지 환경에서의 생물 적응 기작 이해를 통해, 기후변화 등에 따른 환경 변화로 인한 (1)식량자원(농작물 및 수산자원) 피해 최소화를 위한 원천기술 개발 및 (2) 보건의료 분야에 활용 가능한 산업화 기술을 확보하고 (3) 인류 생존과 안녕을 위한 장기적 국책연구 방향 및 공공 정책 제언 가능함	
제안자 인적사항	(소속/직위) 한국생명공학연구원/선임연구원	(HP) 010-9493-7076
	(성명) 김세주	(E-mail) biosejoo@kribb.re.kr

연구 배경과 필요성	○ 중금속과 잔존유기오염물질(POPs) 등은 메뚜기효과에 의해 극지로 점차 이동되어 극지생물을 위협하고 있음. ○ 극지오염물질의 생물학적 영향을 평가할 수 있는 다양한 극지모델생물과 이를 유지할 수 있는 시스템이 요구됨.	
국내/외 연구개발 동향	○ UN Environment가 후원하는 스톡홀름 협약 등은 POPs의 극지로의 확산을 제한하기 위해 활발히 노력하고 있음. ○ Yue et al. (2023)에 의하면 최근 기후변화로 인한 남극의 해빙은 많은 양의 메틸수은을 방출하고 먹이사슬에 의한 생체농축 결과를 초래할 수 있다고 보고함.	
연구 목표	○ 독성평가를 위한 극지모델생물의 발굴 및 배양/유지 시스템 구축	
연구내용 및 범위	○ 생산자, 소비자, 분해자 등 영양단계별 대표생물 확보 ○ 생물의 최적 배양, 유지 및 독성평가 시스템 개발	
예상성과	○ 극지생물활용 독성평가기법 개발	
극지와 의 연관성	○ 극지환경재현시설을 통한 극지생물의 직접적 활용	
기대 효과 및 활용방안	○ 극지생물활용 독성평가결과는 극지환경감시 및 다양한 규정책정을 위한 기초자료로 활용	
제안자 인적사항	(소속/직위) 한국해양과학기술원 / 책임연구원	(HP) 010-8975-5598
	(성명) 이균우	(E-mail) kyunu@kiost.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 극한환경(심해, 극지, 우주)생명현상 규명 연구를 위해 극한환경조건(온도, 압력) 재현시설의 확보는 필수적이라 할 수 있음. ○ 하지만 극한환경재현시설의 구축과 운영에 초기 투자(리스크)가 크기에 적극적인 확보에 어려움이 있음.	
국내/외 연구개발 동향	○ 일본 해양연구소(JAMSTEC)의 경우 소형으로 심해열수환경(고압, 고온)배양시설을 확보하여 심해열수생물 생리, 생태 연구를 수행 중에 있음.	
연구 목표	○ 심해(저온/고온/고압)환경 서식 생물의 극한환경조건 생명 기작 규명	
연구내용 및 범위	○ 극한환경재현시설을 활용한 극한지 서식 해양생물 배양 및 분자생물학적 생리기작 규명	
예상성과	○ 실제 서식 환경 재현을 통한 정확한 생명현상 발견 - NSC 학술지 발표	
극지와 의 연관성	○ 극지해양환경(저온/고압) 생물 배양 및 생리기작 규명에도 적용 가능	
기대 효과 및 활용방안	○ 극한환경생명현상 - 우주생명과학으로 확대, 신약개발 추진 기반 확보	
제안자 인적사항	(소속/직위) KIOST/책임연구원	(HP) 010-3447-0526
	(성명) 주세종	(E-mail) sjju@kiost.ac.kr

연구 배경과 필요성	○ 순환여과방식의 생물 사육은 환경제어를 통해 어종, 수온 등의 제약이 없음 ○ 사육수를 재사용하며 사육환경을 조성하기 위한 공정이 기술의 핵심임 ○ 특히, 수온 유지를 위해 많은 에너지가 요구됨. 이는 경제성 확보에 가장 큰 영향을 미침	
국내/외 연구개발 동향	○ 제한된 수온 범위에서의 질산화효율에 대한 연구가 수행되고 있음 ○ 순환여과사육에 필요한 에너지 절감방안, 열에너지 효율 개선에 대한 연구는 전무한 상황임	
연구 목표	○ 암모니아 제거를 위한 질산화미생물의 효율 ○ 순환여과양식에서의 열에너지 효율 개선을 위한 방안 도출	
연구내용 및 범위	○ 극지 환경에서의 질산화미생물의 효율 분석 ○ 사육수온 제어 방법에 대한 에너지 효율 분석	
예상성과	○ 질산화 미생물의 속성, 질산화 효율에 대한 분석 ○ 열교환 방법 및 기술에 대한 효과적인 공정 확인	
극지와 연관성	○ 극지 환경 조성을 위한 환경제어는 상업적인 양식시스템에 비해 고도의 기술을 요구함. 다양한 국내 환경에 적용이 가능함	
기대 효과 및 활용방안	○ 질산화 미생물의 질산화 효율 연구에 기여 ○ 효과적인 열교환 방법 도출을 통해 국내 순환여과양식시스템의 운영에 필요한 에너지 비용 절감에 기여	
제안자 인적사항	(소속/직위) 아쿠아프로/대표	(HP) 010 6660 4575
	(성명) 윤지현	(E-mail) aquapro@aquapro.pro



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