

# POLES & GLOBE

## 극지와 세계

2021 DECEMBER  
VOL. 06

인공광 실내농장과 남극에서의  
연중 안정적인 채소 생산 확보

안세웅 한국농수산대학, 이현동 국립농업과학원

데이터분석을 통해 살펴본  
극지연구의 성과와 미래 연구방향

황유나 극지연구소 정책개발실

코로나19 상황에서의  
우리나라 2021/2022 극지 연구 활동

이형근 극지연구소 인프라운영부



ISSN 2733-7529 (Print)  
ISSN 2733-7537 (Online)

3p 안세웅 한국농수산대학, 이현동 국립농업과학원

### 인공광 실내농장과 남극에서의 연중 안정적인 채소 생산 확보

전 세계적으로 남극 기지 연구 활동을 시작하면서 신선 채소의 공급은 연구원들의 건강과 녹색 식물을 통한 심적 안정을 위해 필요한 요소로 대두되었다. 남극과 같은 극한 환경에서 채소 작물을 재배하는 것은 불가능하다고 여겼으나, 최근 농업 기술의 발전과 디지털화를 통해 외부 환경에 영향을 받지 않고 채소 생산을 할 수 있는 인공광 실내농장이 순수한 우리나라의 기술로 남극 세종과학기지에 구축되었다. 농업에 대해 비전문가인 월동대원들도 원격으로 모니터링하고 제어가 가능한 스마트 실내농장을 이용하여 상추, 토마토, 오이, 애호박, 수박 등을 수월하게 생산하여 즐길 수 있게 되었다. 이러한 모습은 우리나라 농업 기술의 비약적인 발전의 단면을 보여주는 동시에 사막, 해양, 우주 등 식물이 자라기 어려운 환경에서도 안정적인 먹거리의 확보 가능성 또한 높여 주고 있다. 또한, 남극 세종과학기지 인공광 실내농장은 월동대원들의 원활한 활동 지원과 더불어 건강 기능성 및 의료용 식물 생산 등으로 확대 적용하기 위한 중요한 토대가 될 것이다.

7p 황유나 극지연구소 정책개발실

### 데이터분석을 통해 살펴본 극지연구의 성과와 미래 연구방향

극지연구에 대한 중요성과 관심이 꾸준히 증가하면서 우리나라 극지연구의 위치를 파악하고 향후 나아가야 할 연구방향을 도출하기 위해 극지연구분야에 대한 심층적인 분석이 요구되고 있다. 이에 극지연구소는 한국과학기술정보연구원과 함께 전 세계 극지연구 분야 문헌 데이터를 수집하여 연구 현황에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 극지연구 분야의 연구 지형도를 도출했고 극지연구분야의 유망연구 영역과 미래 투자영역을 발굴하는 등 다양한 분석결과를 얻을 수 있었다. 이 결과에 따라 극지연구소의 전략적 투자 배분의 후보를 제시하며 연구소의 중장기 전략 수립, 극지 관련 국가정책 수립시 주요 참고 자료로서 가치를 가지게 됐다. 또한 해외 극지연구기관들의 연구 현황을 보여줌으로써 앞으로 연구소가 나아갈 방향에 대한 논의점도 함께 제시한다.

11p 이형근 극지연구소 인프라운영부

### 코로나19 상황에서의 우리나라 2021/2022 극지 연구 활동

2020/21 남극하계 시즌과는 달리, 2021/22 남극하계 시즌에는 코로나19 백신과 치료제 등이 개발되면서, 지난 2020/21 남극하계 시즌보다 나은 여건에서 현장 연구활동을 시행할 수 있게 되었다. 특히 2021/22 남극 하계 시즌은 약 6개월에 걸쳐 진행될 예정이며, 극지연구소에서는 남극 활동 기간 중 코로나19의 유행 방지와 현장 연구 인력의 안전을 위해 사전 방역대책과 감염자 발생 시 대응 계획을 수립하였다.

# 인공광 실내농장과 남극에서의 연중 안정적인 채소 생산 확보

안세웅 한국농수산대학  
이현동 국립농업과학원

전 세계적으로 남극 기지 연구 활동을 시작하면서 신선 채소의 공급은 연구원들의 건강과 녹색 식물을 통한 심적 안정을 위해 필요한 요소로 대두되었다. 남극과 같은 극한 환경에서 채소 작물을 재배하는 것은 불가능하다고 여겼으나, 최근 농업 기술의 발전과 디지털화를 통해 외부 환경에 영향을 받지 않고 채소 생산을 할 수 있는 인공광 실내농장이 순수한 우리나라의 기술로 남극세종과학기지에 구축되었다. 농업에 대해 비전문가인 월동 대원들도 원격으로 모니터링하고 제어가 가능한 스마트 실내농

장을 이용하여 상추, 토마토, 오이, 애호박, 수박 등을 수월하게 생산하여 즐길 수 있게 되었다. 이러한 모습은 우리나라 농업 기술의 비약적인 발전의 단면을 보여주는 동시에 사막, 해양, 우주 등 식물이 자라기 어려운 환경에서도 안정적인 먹거리의 확보가 가능성 또한 높여주고 있다. 또한, 남극세종과학기지 인공광 실내농장은 월동대원의 원활한 활동 지원과 더불어 건강 기능성 및 의료용 식물 생산 등으로 확대 적용하기 위한 중요한 토대가 될 것이다.

## 극한지(極寒地)에서의 신선 채소 재배와 인공광 실내 농장

지구상에서 극한지는 온도, 물 등의 환경 여건이 열악하여 사람을 비롯한 식물과 동물의 안정적인 생존활동이 어려운 지역을 말하며, 적도권, 극지권, 사막권, 심해저 등의 열악한 지역이 해당한다. 이러한 지역에서도 인류는 좀 더 향상된 미래 사회를 준비하고 현재의 경제활동과 삶을 더 윤택하게 개선하기 위해 극한지에 축적되어 있는 자연 자원의 활용과 아직 밝혀지지 않은 다양한 생물들의 새로운 가치 발견을 위해 활발히 진출하고 있다. 이러한 극한지에서의 인간 생활 활동에도 필수적으로 연중 안정적인 채소의 공급이 필요하나, 극한지의 너무 낮거나 높은 온도, 부족한 물 등의 열악한 환경은 채소 생산에는 매우 불리한 조건이다.

현재의 농업은 과거 기상환경과 농부의 경험에만 의존하던 시절을 넘어서, 4차 산업혁명 기술을 도입한 디지털 농업으로 전환되고 있으며, 이러한 디지털 농업 중에 외부의 기상 환경에 영향을 받지 않으며 연중 안정적으로 채소 생산이 가능한 인공광 실내농장 기술이 미래농업 기술로 주목받고 있다. 농업 분야의 애플이라는 별칭을 가진 미국 뉴저지의 '에어로팜'은 수직형 실내농장의 대표적 벤처 기업이다. '에어로팜'은 최소의 자원으로 최대의 효과를 내는 것을 목표로 기존 수경재배 대비 약

40%의 물을 절약하면서도 생육기간을 15일로 단축하여 단위 면적당 연간 생산량은 약 390배가 높다. 일본의 경우에도 2009년과 2015년 농지법 개정으로 기업의 농업경영 진입장벽이 낮아져 농·축산업과 식품관련 기업 외에도 건설업 226개소와 제조업 98개소도 실내농장 활성화를 위한 전·후방 산업에 참여하고 있다.

## 남극 과학 연구 시작과 월동 연구원을 위한 채소 생산 노력

영국의 스콧 남극 탐험대(1901~1904)가 남극에서 연구를 수행할 때부터 사람들은 남극 연구 활동의 원활한 유지를 위해 연구원에게 신선한 채소를 보급하는 것에 대해 꾸준히 연구를 수행하였다. 1902년, 해당 탐험대에서는 남극 탐험기간 중 최초 녹색 채소로 샐러드용 어린새싹과 겨자잎 재배에 성공하였다. 이후로 꾸준히 남극에서 연구를 수행하는 우리나라를 비롯하여 미국, 영국, 러시아, 일본, 독일 등 많은 국가가 남극에 상주하는 연구 기지를 구축하고 월동 대원들을 위한 신선 채소 공급을 위해 온실, 인공광 실내농장 등 다양한 시설을 운영하고 있다.

이들 국가의 신선 채소 생산 시설은 남극 협약 중 외부 생물체 반입을 금지하는 조항을 준수하기 위해 대부분 인공 토양이나 순수한 배양액만을 이용하는 수경재배 방식을 적용하여 운용



[사진 1] 남극 기지 채소 생산 시설 (좌-호주(1982년),우-미국(2013년))

※ 출처 : Baisey 등(2015) Review of Antarctic Greenhouses and Plant Production Facilities: A Historical Account of Food Plants on the Ice

하고 있다. 남극 기지에 운용중인 최첨단 인공광 식물공장으로  
는 미국의 아문센스콧 남극점 기지에 설치된 South Pole Food  
Growth Chamber (SPFGC)를 들 수 있다. SPFGC는 인공광  
을 이용하는 실내농장 형태로 상추, 오이, 토마토, 멜론, 고추  
등 엽채류와 과채류를 복합적으로 생산 할 수 있는 기술을 구비  
하였다.

### 스마트팜 기술과 남극세종과학기지의 인공광 실내농장

우리나라는 본격적인 남극 연구를 위해 1988년 남극세종과학  
기지를 구축한 후 다른 국가들과 마찬가지로 상주 연구원들을  
위한 신선 채소의 공급에 어려움을 겪었다. 남극세종과학기지  
월동 대원들이 간절히 원하고 있는 먹거리인 신선 채소를 자체  
적으로 공급하기 위해 극지연구소는 농촌진흥청과 협업하여  
2010년부터 상추 등 엽채류 생산 중심의 1세대 컨테이너형 인  
공광 실내농장을 설치하여 운용하였다.

지난 10여년간 1세대 컨테이너형 인공광 실내농장은 남극세종  
과학기지 월동 대원들의 텃밭으로서 비타민, 식이섬유 등 건강  
한 신선 채소 제공과 녹색 식물 재배를 통한 심리적 에도 기여  
하는 역할을 하게 되었다. 하지만, 10여년의 남극 환경에서의  
1세대 엽채류 생산 컨테이너형 인공광 실내농장의 노후화로 인  
하여 실내농장의 시스템, 광원 등 시설의 성능 저하 및 재배 작  
물의 이상 징후 등 문제 발생에 대한 대처 능력 부족으로 활용  
도가 낮아지고 있었다. 또한, 엽채류 중심의 생산 이외 고추, 토  
마토, 수박 등의 신선한 과채류에 대한 월동 대원들의 요구가  
증가하였다.

이러한 문제점과 요구를 충족시키기 위해, 극지연구소와 농촌  
진흥청은 스마트팜 기술을 적용하여 엽채류와 과채류가 동시

에 재배가 가능한 새로운 모델의 2세대 컨테이너형 인공광 실  
내농장 구축 프로젝트를 수행하였으며, 2021년 5월부터 남극  
세종과학기지에서 상추, 고추, 토마토, 수박, 애호박 등을 생산  
하면서 안정적으로 가동하고 있다. 2세대 컨테이너형 인공광  
실내농장은 기존 1세대 인공광 실내농장에 비하여 에너지 효  
율이 높으면서 고효율(광합성유효광량  $300\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )인  
LED 인공 광원을 이용하여 생산이 가능한 채소 종류의 범위를  
대폭적으로 확대하였다.

상추 등 기본적인 엽채류 생산과 더불어 고추, 토마토, 오이, 애  
호박, 수박 등의 과채류까지 안정적으로 생산이 가능하다. 엽  
채류의 경우 재배 기간동안 식물체 키가 20~30cm 정도로 크지  
않아 식물 지지를 위해 부리를 고정 시키지 않아도 되므로 4단  
재배의 배양액으로만 작물을 생산하는 담액형 수경재배(쌈채소  
재배에 주로 활용) 방식으로, 재배한다. 반면에 과채류는 재배 기  
간동안 식물체가 최소한 1m 이상 자라기 때문에 식물체가 쓰  
러지지 않도록 부리를 단단히 고정시킬 있는 인공 토양인 생분  
해성 배지를 이용한 고품배지경 수경재배(토마토, 호박, 오이 등  
과채류 재배에 주로 활용) 방식으로 1단(오이, 수박, 애호박, 고추,  
토마토) 및 2단(고추, 토마토) 재배 방식이 적용되었다. 엽채류 재  
배를 위한 환경 기준으로는 광주기(14시간), 광도( $200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 주간/야간 온도( $24/20^{\circ}\text{C}$ )를 설정 하였으며, 과채류의  
경우는 광주기(14시간), 광도( $300\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 주간/야간  
온도( $24/20^{\circ}\text{C}$ )의 기준으로 운용 되고 있다.

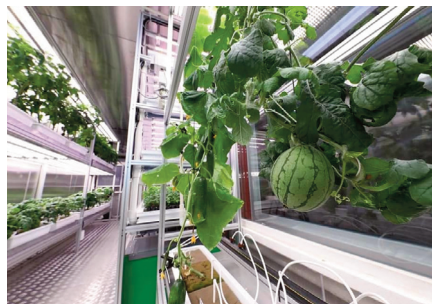
또한, 스마트팜 기술이 적용된 2세대 컨테이너형 인공광 실내  
농장에 설치된 각종 환경 센서와 카메라를 통해 원격으로 온도,  
습도, EC(전기 전도도)<sup>1)</sup> 및 pH 등 재배 환경과 식물체 생육 상  
태의 모니터링이 가능하고 채소 재배에 비전문가인 월동 대원

들을 위해서 채소 재배 기간에 발생할 수 있는 문제점에 대해 실시간으로 채소 재배 전문가들의 자문 지원을 받을 수 있는 것이 특징이다.

1) 전기 전도도는 이온의 이동성, 전하, 농도 및 온도에 비례하고, 단위는 dS/m를 사용함. 식물 배양액은 무기성분이 이온 상태로 존재 하고 있고, 배양액을 순환하여 재사용 하기 위해서 EC(전기전도도)를 측정함. 과채류의 전기 전도도는 2.5~3.5dS/m, 엽채류는 1.5~2.0dS/m범위이며, 이 범위를 벗어나면 배양액 농도를 조정하게 됨.

※ 광합성유효광량

광합성유효광량은 식물의 광합성에 필요한 빛은 가시광선 중 400~700nm 사이의 파장 대역의 광의 양을 의미함. 일반적으로 상추 재배간 가능한 수준의 광합성유효광량은 150~200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이며, 열매가 달리는 과채류(오이, 호박, 수박)는 엽채류보다 많은 광량을 요구하게 되는데 최소한 250  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  이상이 유지되어야 안정적인 작물재배가 가능함. 남극 세종과학기지 실내농장에 설치된 LED 조명의 광량은 엽채류 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 과채류 300  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  이므로(일반 백색형광등 10,000lx는 약 135  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 정도) 상당히 고효율 LED 조명이며 이러한 고효율이 과채류 재배를 가능하게 함.



[사진 2] 남극세종과학기지 2세대 컨테이너형 인공광 실내농장 엽채류 및 과채류 복합 재배

## 남극세종과학기지 사례와 인공광 실내농장의 확산과 상용화

인공광 실내농장은 IoT, 빅데이터 및 로봇 기술 등 첨단 기술을 농업에 접목할 수 있는 가장 좋은 테스트 베드이며, 디지털 농업의 중요한 한 축을 담당할 수 있는 분야이다. 최근의 코로나 사태로 농업분야에도 언택트 시대가 다가온 지금, 앞서 남극에서 제기된 여러 가지 어려움을 발상 전환의 기회로 만드는 지혜가 필요한 시기라고 생각된다. 이를 위해 실내농장의 산업적 모델과 상용화를 위한 연구개발이 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

실내농장에서 생산되는 품목이 기존 농업인이 생산하는 품목과 경쟁하게 되는 것에 대한 우려를 해소하기 위한 산업적 모델로 약용작물 표준화 생산이 좋은 사례가 될 수 있다. 우리나라의 건강 기능성 식품 시장규모는 10,671억 원('08) → 14,820('13) → 45,800('19)으로, 최근 5년간 연평균 약 11.7% 성장하고 있다('19, 건강기능식품협회). 천연물을 원료로 하는 생약제제와 건강 기능성 식품 소재의 생산에는 실내농장이 매우 적합하다. 인공광 실내농장은 생산물의 안전성에 필요한 GAP와 HACCP를 적용하기에 유리하며, 연중 안정적인 원료를 공급할 수 있다. 가장 큰 장점은 인공광과 수경재배로 생산되는 천연물 의약품 소재의 유용성분 함량을 표준화하여 관리할 수 있다는 점이다. 또 다른 사례로 돼지열병 백신을 담뱃잎에서 생산하는 실내농장도 국내에 있다.

농림축산식품부는 2018년부터 스마트팜 집적화, 청년창업, 기술혁신 등 생산·교육·연구 기능이 집약된 첨단 융복합 클러스터인 '스마트팜 혁신밸리'를 활성화 하기 위해 대상 시·도를 선정하여 구축하고 있다. 현재 스마트팜 혁신 밸리는 온실 시설을 중심으로 진행되고 있는데, 남극세종기지의 인공광 실내농장 형태도 향후 상용화를 위해서 스마트팜혁신밸리를 실내농장의 테스트 베드로 활용하는 것을 적극적으로 검토해 봐야 할 것이다. 스마트팜혁신밸리는 시행령 예외 조항이 적용되어 지자체와의 협의를 통해 건축물 형태의 실내농장 구축과 실증이 가능하다. 특히, 스마트팜 혁신 밸리 중 기능성 물질 소재화에 특화구역도 있어, 의약품 소재 실내농장 테스트베드 운영과 산업화 모델 개발 연구를 진행할 수 있을 것이다. 디지털 농업 시대에 실내농장을 농산업 영역으로 끌어들이는 것은 농업과 농산업을 연결하여 중요한 기간산업으로 발전시키기 위한 발상의 전환을 보여준 것이다. 스마트팜 기술과 실내농장의 접목을 통하여 우리 농업의 영역 확장과 농업경쟁력 향상에 기여하는 산업으로 발전할 수 있도록 지속적인 실내농장 연구개발에 매진할 것이다. 앞으로 10년 뒤 우리는 또 어떤 새로운 형태의 실내농장을 남극으로 보내게 될까.

# 데이터분석 결과 나타난 극지연구의 현황과 미래 연구 영역

황유나  
극지연구소 정책개발실

극지연구에 대한 중요성과 관심이 꾸준히 증가하면서 우리나라 극지연구의 위치를 파악하고 향후 나아가야 할 연구방향을 도출하기 위해 극지연구분야에 대한 심층적인 분석이 요구되고 있다. 이에 극지연구소는 한국과학기술정보연구원과 함께 전 세계 극지연구 분야 문헌 데이터를 수집하여 연구 현황에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 극지연구 분야의 연구 지형도를 도출했고 극지

연구분야의 유망연구 영역과 미래 투자영역을 발굴하는 등 다양한 분석결과를 얻을 수 있었다. 이 결과에 따라 극지연구소의 전략적 투자 배분의 후보를 제시하며 연구소의 중장기 전략 수립, 극지 관련 국가정책 수립시 주요 참고 자료로서 가치를 가지게 됐다. 또한 해외 극지연구기관들의 연구 현황을 보여줌으로써 앞으로 연구소가 나아갈 방향에 대한 논의점도 함께 제시한다.

## 전 세계 극지연구 현황 분석의 필요성

극지는 기후변화 연구의 최적지이자 자원경쟁의 각축장으로 극지연구에 대한 중요성과 관심이 꾸준히 증가하고 있다. 극지연구에 대한 글로벌 경쟁이 심화되는 상황에서 우리나라 극지연구의 위치를 객관적으로 파악하고 앞으로 나아가갈 연구방향을 도출하기 위해서는 무엇보다 극지연구의 특성을 반영한 객관적 데이터에 기반을 둔 심층분석이 필수적으로 선행되어야 한다. 이에 극지연구소는 한국과학기술정보연구원과 함께 전 세계 극지연구 연구현황 전반에 대한 분석을 실시했다. 이러한 분석을 위해 WOS(Web Of Science)에서 극지연구문헌 176,238편의 서지정보 데이터를 추출했으며 이를 이용하여 전세계 극지연구지형도를 도출, 연구기관들의 연구수준 분석, 유망연구영역과 극지연구의 미래유망 투자영역을 발굴하는 등 방대한 분석을 시행할 수 있었다. 그리고 그 결과를 ‘2021 극지연구 성과 분석 및 미래극지연구 도출’이라는 보고서로 작성하였다. 이에 본 지면을 통해 그 중 몇 가지 주요 결과를 소개하고자 한다.

## 연구지형도:

### 국내외 극지연구 현황을 이해할 수 있는 5개의 지도

연구지형도는 하나의 지도와 같다. 예를 들어 우리나라를 나타내는 지도는 일반적인 도로지도, 산악지도부터 맛집지도까지 다양하다. 연구지형도도 마찬가지다. 한 분야의 연구지형은 다

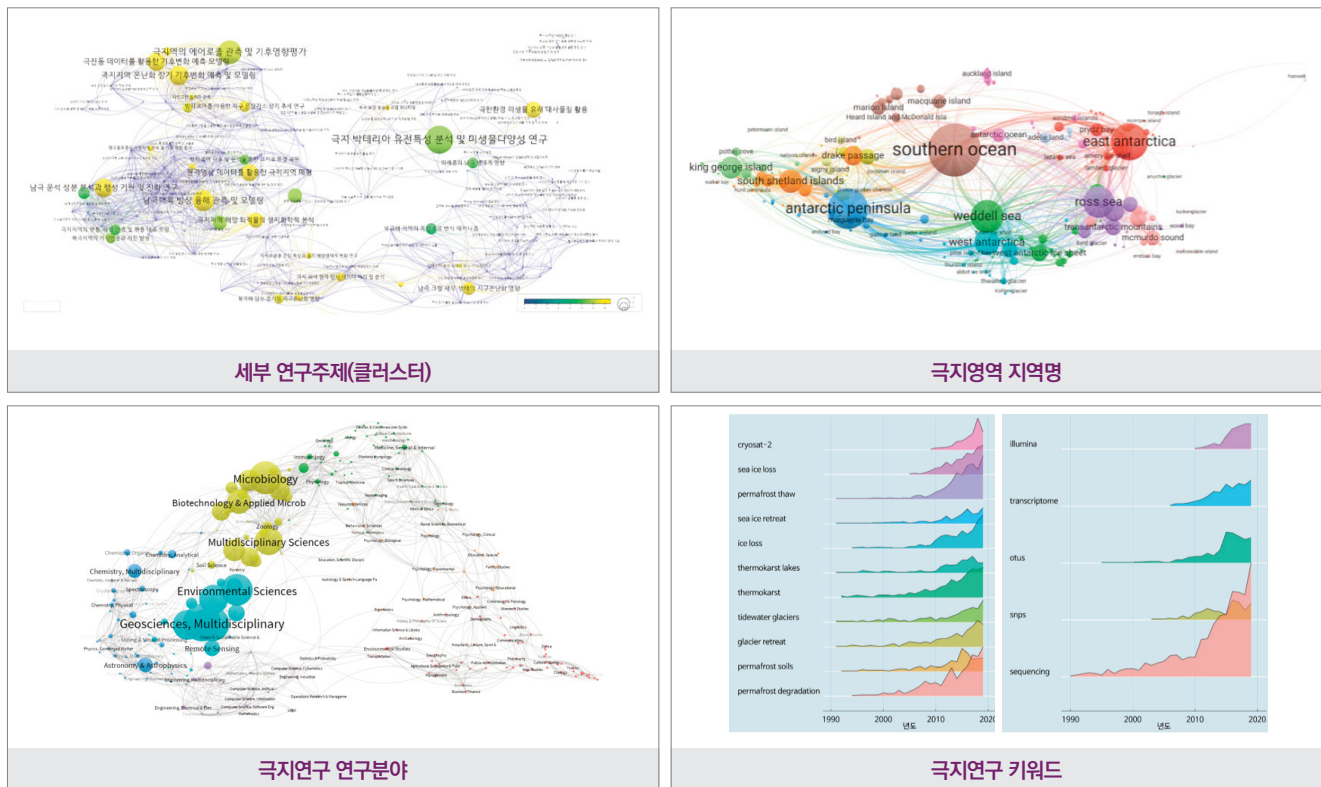
양한 지형도로 나타낼 수 있으며 연구의 어떤 부분을 알고 싶은지 그 목적에 따라 선택하고 이용할 수 있는 지형도의 종류가 달라진다. 본 연구에서는 극지연구의 글로벌 연구지형을 알기 위해 5개의 연구지형도를 작성했다. 각 지형도의 종류에 대해 간략히 소개하면 [그림1]과 같다.

이 5개 연구지형도의 이용방법은 다양하다. 알고자 하는 목적에 따라 단일 지형도를 이용할 수 있고 2개의 지형도를 결합하여 분석할 수도 있다. 산속에 있는 맛집을 찾아가기 위해서는 산악지도와 맛집지도를 함께 이용하는 경우와 유사하다. 연구지형도 또한 2개의 지형도를 결합하여 분석할 수 있다. 예를 들어 연구기관과 지역명을 결합하여 분석한다면 연구기관별 특화된 연구지역을 도출할 수 있다. 또한 WOS 주제분야와 지역명을 결합하여 분석한다면 특정 지역에서 어떤 분야의 연구가 많이 수행되고 있는지 알 수 있다. 이렇듯 연구지형도는 연구 목적에 따라 매우 유용하게 사용할 수 있다.

## 극지연구분야의 미래 연구분야: 유망 연구영역 33선

본 연구에서는 극지연구 분야의 유망연구영역 33개를 제시하였다. 유망 연구 영역은 ‘비교적 최근에 등장하여 향후 성장할 것이 예상되는 영역이면서 연구소의 역량도 상대적으로 우수한 영역’을 의미한다. 유망 연구영역은 극지분야 연구지형도에서 구성된 204개의 클러스터를 대상으로 유망성 탐지 지표(성장성, 신규성, 영향력, 응집성)를 이용해 도출했고 그 결과 4개

극지연구 지형도	지형도 소개
극지연구 연구분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지문헌 분류의 인용프로파일 유사도 데이터를 이용하여 도출</li> <li>WOS(Web Of Science)의 연구영역(7개의 주제*, 254개의 연구영역) 지형도에 전세계 극지연구분야의 분포를 겹쳐서(Overlay mapping) 제시함</li> <li>* 물리/화학/나노, 지구/환경, 전기전자/ICT, 바이오, 의학, 신경/심리, 인문/사회과학</li> </ul>
세부 연구주제(클러스터)	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지 문헌간 인용관계를 이용하여 도출</li> <li>문헌들이 속해 있는 5개 연구 영역 (대기, 해양, 지구, 생물/생태계, 환경/사회) 을 확인</li> <li>5개 영역에 구성된 204개의 세부 연구주제(클러스터)를 제시함</li> <li>타 기관들의 연구분야 현황을 쉽게 파악할 수 있게 하며 연구분야 벤치마킹 비교 시 유용함</li> </ul>
극지연구 키워드	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지문헌의 저자키워드와 초록, 제목의 키워드 동시발생 정보를 이용하여 도출</li> <li>'최근 급상승한 연구키워드' = 최근 관심이 집중되고 있는 연구분야'를 의미함</li> <li>* 지구온난화에 따른 해빙, 극지 미생물 유전체 분석, 기후변화 예측 그룹의 키워드 빈도가 급상승한 것으로 나타남</li> </ul>
극지영역 지역명	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지문헌의 지역명 동시발생 정보를 이용하여 도출</li> <li>국내외 연구기관들의                         <ol style="list-style-type: none"> <li>① 남·북극 주요 연구대상 지역</li> <li>② 남·북극 연구 비중*</li> <li>③ 남·북극 연구에서 최근 급부상한 지역을 제시함</li> </ol> </li> <li>* 한국의 경우 남극(51.30%)과 북극(48.70%)의 연구비중이 20개 국가 중에서 가장 균형을 맞춘 것으로 나타남</li> </ul>
연구기관 협력망	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지문헌 서지정보 중 공저자들간 관계 정보를 이용하여 도출</li> <li>극지연구 기관들간 협력관계를 연결망을 통해 시각적으로 보여줌</li> <li>극지연구는 중심부가 아닌 외곽에 위치하며 기관간 협력연구가 부족한 것으로* 나타남</li> <li>* 실제 수치상에서도 논문수 기준으로는 369개 기관 중 35위였지만 연결망 지표에서는 그 순위가 낮게 나타남</li> </ul>



[그림 1] 극지분야 연구지형도 소개



연구분야(대기, 생물/생태계, 지질/빙하, 해양)에 속하는 33개의 유망 영역을 제시할 수 있었다. 각 분야의 유망 연구영역의 특징은 [표1]과 같다.

33개의 연구영역은 본 연구에서 도출된 극지연구소의 연구 역량결과와 비교 분석하면 매우 유용한 결과를 도출할 수 있다. 예를 들어 신규성은 낮지만 연구소의 연구수준이 높은 영역(예: 영구동토층의 지형학적 분석 및 기후 영향 평가, 남극해류순환과 지구온난화 영향)을 제시할 수 있고, 혹은 유망성 지표가 높은 영역(예: 극지 박테리아/미생물 응용 연구)을 제시할 수 있다. 이같은 결과들은 향후 중장기 계획 수립 시 연구소의 방향성에 따른 연구영역 제시에 도움이 된다.

**극지연구소의 미래 전략 영역 탐색을 위한 분석 관점의 확장**

극지연구소의 미래의 전략 영역을 탐색하기 위해 분석관점을 확장하여 앞서 제시된 유망영역 탐색결과에 극지연구소가 놓치고 있

는 공백기술영역\* 과 환경/사회 연구 영역\*\*을 추가 제시하였다. 공백기술영역은 '이미 타 기관들에서는 활발히 연구가 어지는데 비해 극지연구소에서 세계 평균 이하의 연구활동도를 보이는 영역'을 의미한다. [그림 2]에서 공백기술영역 23개에 대한 타 연구기관들의 연구 현황과 극지연구소의 연구 역량을 함께 표시했다. 이를 통해 벤치마킹 대상인 8개 극지연구기관들이 우리가 놓치고 있는 연구영역에서 얼마나 활발히 연구를 진행하고 있는지 알 수 있다. 또한 [그림 2]에 극지연구소의 연구 역량을 별 모양으로 표시함으로써 연구영역에서 연구소의 연구 역량을 파악할 수 있게 하였다. 예를 들어 [그림 2]에서 '남극대륙 빙상 융해 관측 및 모델링' 영역은 초록색으로 표시되어 유망연구영역 33선에도 중복 제시된 분야임을 알 수 있으며 8개의 극지연구기관들 중 BAS, AAD, NPI, AARI, PRIC에서 활발히 연구가 진행되고 있고 KOPRI 의 경우 현재 연구 활성도는 평균 이하지만 연구역량은 높은 분야임을 알 수 있다. 하지만 본 분석의 한계점도 드러났다. 연구영역(클러스터)의 구성

[표 1] 극지분야 유망연구영역과 분야별 특징

분야	유망연구영역 33선	특징
대기	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 극진동 데이터를 활용한 기후변화 예측 모델링</li> <li>2. 기후 변화와 영구동토층 탄소 피드백</li> <li>3. 온난화 장기 기후변화 예측 및 모델링</li> <li>4. 남극진동과 남반구 기후변화 시뮬레이션</li> <li>5. 극지역의 에어로졸 관측 및 기후 영향평가</li> <li>6. 극지역 구름 특성 변화에 따른 기후 변화영향</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화 관련 연구영역이 주를 이룸</li> <li>- 에어로졸 및 구름 특성이 기후변화에 미치는 영향 연구 포함됨</li> </ul>
생물/생태계	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 북극 생태계 식생변화의 기후변화 위험 분석</li> <li>2. 극지 박테리아 유전특성 분석 및 미생물다양성 연구</li> <li>3. 극지지역 해양산성화 관측과 영향</li> <li>4. 외래종의 남극 생태계 영향</li> <li>5. 극지지역 신규 미생물 분리 및 특성 연구</li> <li>6. 극한환경 미생물 유래 대사물질 활용</li> <li>7. 극지 토양 유래 항생제 내성균 특성 규명과 활용</li> <li>8. 환경 DNA와 메타바코딩 기반 극지생태계 모니터링</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 극지 생태계 식생변화 연구를 통한 기후변화 위험성 분석연구 포함</li> <li>- 극지 미생물 관련연구가 다수 포함되며 극한환경 미생물의 유용성, 산업적 응용가능성에 대한 관심이 급부상하고 있음을 보여줌</li> <li>- 메타바코딩 관련 영역은 신규성이 매우 높은 클러스터로 최근 급부상한 유망연구영역으로 나타남</li> </ul>
지질/빙하	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 그린란드 등 빙상 융해 관측 및 모델링</li> <li>2. 남극대륙 빙상 융해 관측 및 모델링</li> <li>3. 해수면 변동 예측 연구</li> <li>4. 영구동토층의 지형학적 분석 및 기후 영향 평가</li> <li>5. 극지지역 가스하이드레이트 발굴 및 자원화 연구</li> <li>6. 극지지역 해양 퇴적물의 생지화학적 분석</li> <li>7. 해빙/해수면의 위성관측 영상데이터 분석 고도화</li> <li>8. 해수 용존 희토류 원소 연구</li> <li>9. 북극 해안의 침식 현상</li> <li>10. 원격영상 데이터를 활용한 극지지역 매핑</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구온난화로 인한 빙하 융해, 해수면 상승, 해안 침식, 영구동토층의 변화 등 기후변화 따른 영향을 살펴보는 연구영역이 다수 포함됨.</li> <li>- 원격영상을 활용하여 극지지역을 매핑 연구는 성장성이 모든 연구영역 가운데 가장 높게 산출됨</li> </ul>
해양	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 남극 해류순환과 지구온난화 영향</li> <li>2. 북대서양 진동에 의한 해류순환과 기후변화영향</li> <li>3. 북극해 담수 증가의 지구온난화 영향</li> <li>4. 지구온난화에 따른 베링해의 해양생태계 변화</li> <li>5. 기후변화로 인한 극지지역 용존유기물 변동 측정</li> <li>6. 극지지역 가스하이드레이트 탐사 연구</li> <li>7. 알래스카 주변 해역의 연어류 생태계 변동 연구</li> <li>8. 극지 해색 원격 탐사 데이터 처리 및 분석</li> <li>9. 기후변화에 따른 남극반도 생태계 변화 연구</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화로 인한 해류순환의 변동, 연어류 등 해양 생태계 변화 연구 등이 주를 이루며, 북극해 담수 증가, 가스하이드레이트 탐사 연구 등이 포함됨.</li> </ul>

은 수치적인 분석을 통해 구성되었지만 연구영역의 중요도와 같은 정성적인 가치적용이 필요할 것으로 보이며 향후 추가분석을 통해 연구영역에 대한 재정립과정에 진행된다면 보다 유의미한 연구결과를 얻을 수 있고 그 가치도 더 높아질 것이다.

### 데이터 분석 연구의 의의와 후속 연구의 필요성

연구소의 연구 중장기 전략의 의사결정에는 다양한 사항들(정부의 정책, 사회적·환경적 요인 등)을 고려해야 한다. 본 연구에서는 앞서 소개한 결과 외에도 극지연구기관들의 연구수준·역량 분석이 이루어 졌고 벤치마킹 대상인 8개 극지연구기관들과 극지연구소의 연구프로파일 분석 결과를 제시하였다. 이를 통해 극지연구소 연구실적의 급속한 성장과 5대 연구영역별 연구 역량 등을 알 수 있었다.

하지만 전세계 연구경향을 분석한 만큼 극지연구소 관점의 세부분석이 부족하고 초기연구이기에 데이터 해석과정에 대한 아쉬움이 있어 연구결과를 반영하는 과정에 한계점을 보였다. 또한 연구소의 한정된 자원을 이용해 효과적인 연구성과를 얻

기 위해서는 선택과 집중이 중요하다. 이번 연구 결과에서 해외 우수 연구기관들을 살펴보면 예상보다 참여하고 있는 연구영역이 적은 기관도 있고 또 예상보다 더 다양한 연구에 참여하고 있는 기관도 볼 수 있다. 이런 부분을 고려하여 향후 기존 데이터를 이용하여 연구소 관점의 추가분석과 연구분야의 범위와 연구성과간 상관관계 분석을 포함한 후속연구를 진행한다면 극지연구소의 연구전략 수립 뿐 아니라 연구소가 장기적으로 나아갈 방향을 정립하는 과정에 많은 도움이 될 것이다. 이번 연구는 전세계 연구현황, 우수 기관들의 연구 역량, 유망 연구영역과 미래 유망 투자영역 등 방대한 분석결과를 제시하여 극지연구소의 전략 수립에 주요 참고자료로서 가치가 있다. 특히 연구소가 최근 몇 년간 추진한 주요 중장기 계획과 이번 분석결과를 대조하여 살펴본다면 분석의 유용성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

\* 공백기술영역: 최근 10년간 다수의 연구기관에서 연구활동도는 높지만 극지연구소에서만 낮게 나타나는 영역

\*\* 환경/사회 연구영역: 유망연구영역 도출시 미포함된 분야, 주목도 지수를 이용하여 연구영역 추가 발굴

공백기술영역 / 연구기관명	AWI	BAS	NOAA	NIPR	AAD	NPI	KOPRI	AARI	PRIC
극지 해양동물의 섭식 생태계 변화									
+ 극지 전리층 변화 및 지자기폭풍 시뮬레이션									
남극 해양 포유류 생태 연구 및 개체수 보존									
극지지역에서 고래 생태의 지구온난화 영향							★		
기후변화로 인한 극지지역 용존유기물 변동 측정									
극지지역 해양산성화 관측과 영향									
+ 남극진동과 남반구 기후변화 시뮬레이션									
극지 중층대기 중력파 특성 분석									
북극 해빙 관측 및 모델링 연구									
남극 크릴 새우 생태의 지구온난화 영향							★		
지구 방사선대 관측 및 생성과 구조 연구									
+ 남극대륙 빙상 융해 관측 및 모델링							★		
빙하코어 분석을 통한 장기 태양활동 추적 연구									
오존층을 통한 남극지역 중금속 오염과 생물 축적									
해빙의 CO <sub>2</sub> 플럭스 영향 모니터링									
빙하코어를 이용한 지구 온실가스 장기 추세 연구							★		
+ 북극해 담수 증가의 지구온난화 영향							★		
+ 북극 지역의 상어 및 가오리 생태 연구									
+ 빙하코어의 산소동위원소를 이용한 극지 고기후 복원							★		
미세플라스틱의 생물 축적									
자료동화 기법을 이용한 해양-대기 순환 예측 모델링									
환경 DNA와 메타바코딩 기반 극지생태계 모니터링									
고주파 이용 전리층 실험 연구									

■ 클러스터의 전체 평균 대비 연구기관의 활성화도 평균이상  
 ■ 클러스터의 전체 평균 대비 연구기관의 활성화도 평균이하  
 ★ KOPRI 연구역량(상위 10% 엑셀런스) > 세계기준  
 + 유망연구영역 33선에 포함됨 클러스터

AWI: 독일 알프레드 베게너 해양극지연구소  
 BAS: 영국 국립남극연구기구  
 NOAA: 미국 해양기상청  
 NIPR:일본 극지연구소  
 AAD: 호주 남극연구소  
 NPI: 노르웨이 극지연구소  
 KOPRI:한국 극지연구소  
 AARI: 러시아극지연구소아 남북극연구소  
 PRIC:중국

[그림 2] 극지연구소의 공백기술영역과 벤치마킹 기관들의 연구 현황

# 코로나19 상황에서의 우리나라 2021/2022 극지 연구 활동

이형근

극지연구소 인프라운영부

2020/21 남극하게 시즌과는 달리, 2021/22 남극하게 시즌에는 코로나19 백신과 치료제 등이 개발되면서, 지난 2020/21 남극하게 시즌보다 나은 여건에서 현장 연구활동을 시행할 수 있게 되었다. 특히 2021/22 남극 하게 시즌은 약 6개월에 걸쳐 진행

될 예정이며, 극지연구소에서는 남극 활동 기간 중 코로나19의 유입 방지와 현장 연구 인력의 안전을 위해 사전 방역대책과 감염자 발생 시 대응 계획을 수립하였다.

## 2020년, 코로나19로 인해 축소된 극지 연구활동

2020년 초부터 시작된 코로나19 확산으로 남극에서 기지를 운영하는 대다수의 국가들은 기지운영과 연구활동을 대폭 축소하거나 취소하였다. 우리나라도 남극으로의 코로나19 유입을 방지하기 위하여 남극과학기지 운영을 위한 월동연구대와 최소화된 하계연구원 등 필수인원으로 한정하여 2020/21년 남극하계활동을 실시하였다. 한국을 떠나 남극으로 이동하는 과정에서 발생할 수 있는 감염을 방지하고자 모든 남극 입출 인원은 한국에서부터 만 14일의 시설 격리를 마치고 PCR검사를 거쳐 아라온호에 승선하여 외부인과 접촉 없이 남극장보고과학기지와 남극세종과학기지로 이동하였다. 이를 위해서 아라온호는 2020년 10월 31일 광양항을 출항하여, 뉴질랜드 리틀턴을 기항한 뒤, 장보고기지를 방문하였고, 칠레 푼타아레나스를 거쳐 세종기지를 방문 후 2021년 3월 18일 광양항으로 다시 귀항하는 총 138일의 항해를 실시하였다. 이 과정에서 코로나19의 선내 유입을 방지하기 위해서 기항지에서의 승하선을 철저히 배제하였고, 양 기지에서도 월동연구대 교대를 제외한 승하선을 최소화한 바 있다. 또한, 글로벌 팬데믹 상황에서 뉴질랜드 및 칠레도 타국 선박의 입항을 통제하였기 때문에, 각국 외교부와 대사관을 통하여 아라온의 입항이 가능하도록 협조 요청을 하였다. 이때 입항에 따른 각종 절차도 최소화하여 외부인에 의한 코로나 유입을 차단할 수 있도록 국제 공조를 통하여 해결하였다.

북극 연구에 있어서는 2020년의 경우 항공 이동을 통한 육상 연구는 전면 취소하였으며, 아라온을 활용한 북극해 연구항해만 실시하였다. 남극과 마찬가지로 한국에서 출항한 후 기항지(알래스카)에서의 인원 승하선 없이, 물자와 유류만 보급하여, 외부인과의 접촉없이 연구 항해를 수행하였다.

## 더욱 활발한 2021/22 남극 하계 연구활동을 위한 노력

2021년에도 코로나19 상황이 지속되었지만 코로나19 백신과 치료제 개발 등이 이뤄지면서, 지난 2020년보다는 조금 더 나은 여건에서 2021/22년 남극 하계 시즌 준비를 시작하였다. 하지만 코로나19 이전의 정상적인 남극 활동을 수행하기에는 제약이 많은 상황이었다. 지난 2020/21년 남극 하계 활동과 같이 최소화된 현장 연구활동만으로는 올해의 기지 운영과 목표를 달성하기 어렵기 때문에, 극지연구소는 철저한 방역 대책을 수립하여, 남극 하계 활동을 수행기로 결정하였다. 우리나라뿐만 아니라 타 남극과학기지 운영 국가들도 유사한 상황이며, 다소간의 차이는 있지만 대부분이 코로나19 이전의 상황과 유사한 규모의 활동을 계획하고 있다.

우리나라를 비롯하여 남극과학기지를 운영하는 30여개 국들이 참여하는 국가남극프로그램운영자위원회(COMNAP)를 중심으로 남극으로의 코로나19 유입을 방지하고 예방하기 위한 다양한 국가간 협업도 이뤄졌다. COMNAP을 중심으로 남극방문자를 위한 코로나19 방역 대책 가이드라인과 남극으로 진입



[사진 1] 세종기지내 코로나19 이동형 검사 컨테이너

하기 위한 관문도시국가(Gateway)의 방역 수칙, 남극 내에서의 예방 조치 등에 대한 논의가 이뤄졌으며, 우리나라도 관련 논의에 참여하여, 코로나19 예방과 대응을 위한 국제협력에 기여하였다.

2021/22 남극 하계 현장연구활동은 2021년 10월 20일 남극 장보고과학기지에 투입되는 첫 하계연구원을 시작으로 2022년 3월 말까지 세종과학기지, 장보고과학기지 및 쇠빙연구선 아라온에서의 '코로나19 ZERO'를 목표로 활발하게 수행하고 있다. 이번 하계기간에 남극세종과학기지는 35개 연구팀, 104명의 인원이 기지에 방문할 예정이며, 남극장보고과학기지의 경우 32개 연구팀, 97명이, 아라온은 총 4항차의 운항 기간 중 10개팀 84명(승조원 26명 포함)이 승선하여 연구활동 및

기지 이동을 할 계획이다.

극지연구소에는 2021/22 남극 하계기간 중 현장활동의 안전과 남극으로의 코로나 19 유입 방지를 위해 다음과 같은 방역 대책을 수립하였다. 첫째, 남극과학기지에 방문하는 모든 이들에게 코로나19 백신 접종 완료 후 14일 경과자에 한하여 출입이 가능토록 하였다. 둘째, 기지 방문자에 대해 출국전 격리 종료 후 코로나19 감염여부 검사(PCR)를 의무화하였다. 셋째, 남극으로 진입하기 위한 관문도시국가(칠레·뉴질랜드)에서 최대 14일의 격리를 의무화하였다. 넷째, 코로나19 감염여부의 신속한 확인을 위해 간편검사키트를 도입하였다. 마지막으로 기지에서는 인력 입출이 있는 경우, 이에 따른 단계별 방역수칙을 수립하여 시행하고 있다. 이외에도 남극세종과학기지에서 감염의심자 또는 확진자 발생 시 2020/21 남극 하계 기간 중 설치한 이동형 코로나19 검사 컨테이너를 활용할 예정이다.



[사진 2] 코로나19 이동형 검사 컨테이너(내부)

### 아라온호의 '코로나19 ZERO' 달성을 위하여

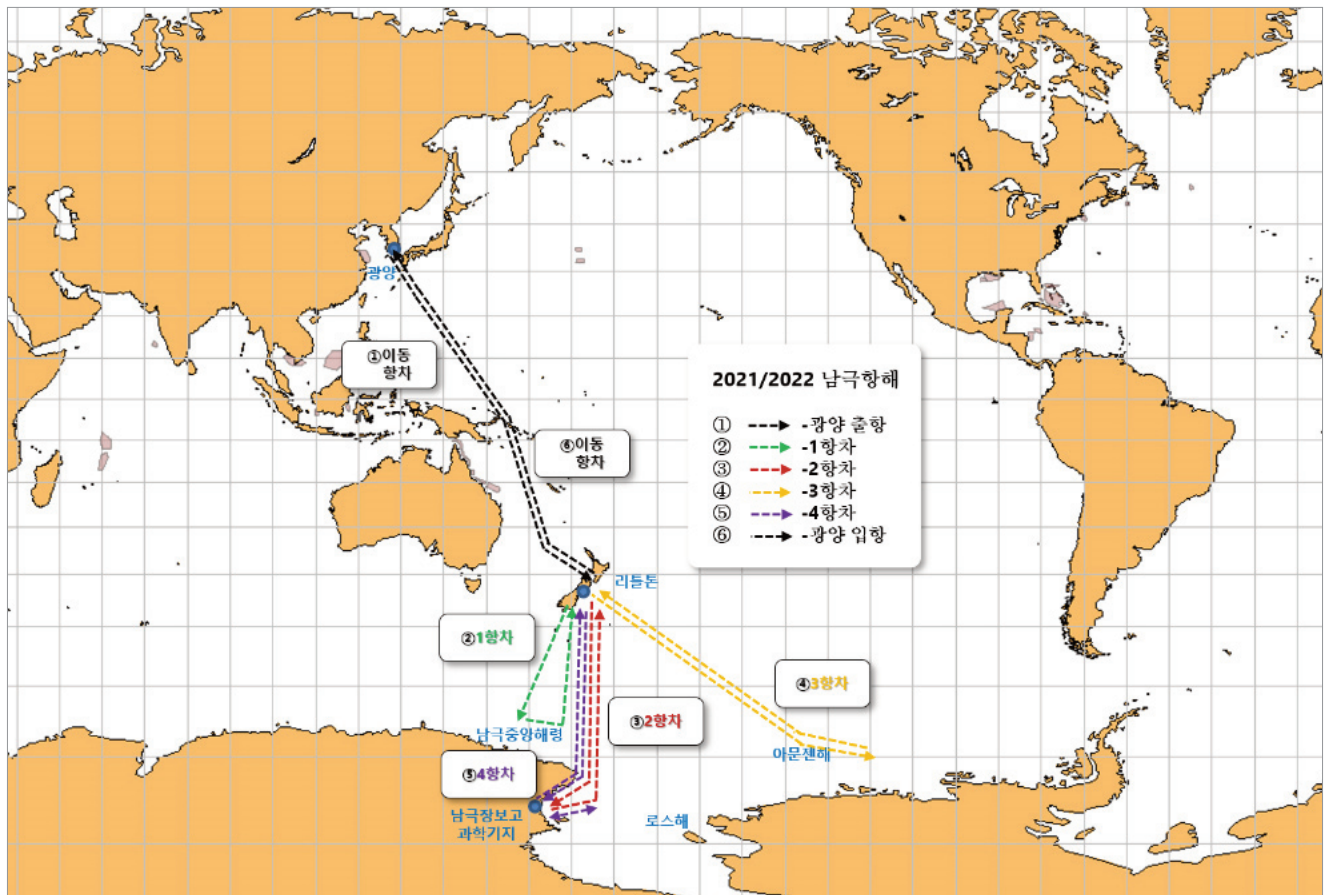
쇠빙연구선 아라온호는 국내에서 출항 7일 전부터 자체적인 선내 격리를 하여 외부인과의 접촉을 일절 차단하고, 모든 승선자는 의무적인 백신 접종 시행 및 PCR 음성 결과를 확인 후 승선이 가능하다. 또한, 항해 중에도 기항지(뉴질랜드 크라이스트 처치)에서의 외부 접촉을 최소화하고, 입항을 위한 도선사, 출입국 심사 등 불가피한 외부인 승선 시 방역복 착용, 소독과 같

은 철저한 대책을 마련하였다. 또한, 선내 의심환자 발생에 대비하여 간편검사키트를 준비하고, 분무 소독장비, 차단막, 환자 이송 음압 들것, 비상 격리공간 설정, 대응 매뉴얼 준비 등으로 사전예방과 대응에 만전을 기하였다.

이외에도, 감염자 발생에 대비하여 현재 국내외에서 코로나19 치료를 위해 투여하고 있는 의약품류를 의료진에게 자문을 받아 기지에 보급하였다. 또한 국내에서 유일하게 정식 승인된 코로나19 항체 치료제인 '렉키로나'를 확보하고 남극과학기지와 쉐빙연구선 아라온에 보급해 유사시 활용할 수 있도록, 현재 해양수산부, 질병관리청 등과 관련 협의를 진행하고 있다.



[사진 3] 아라온 뉴질랜드 입항시 현지 검역



[그림 1] 2021/22년 쉐빙연구선 아라온 운항경로

### 남극 과학기지의 안전을 위한 지침 마련

우리나라에서 남극 연구활동을 준비하는 시기 뿐만 아니라, 남극 과학기지에서도 코로나 감염을 관리하기 위해 지침을 마련하는 등 많은 노력을 기울였다. 남극에서 활동하는 모든 인원에게 대하여 한국에서 출국 전부터 경유국(도시)에서의 자가격리, 항공기/선박 이동 시 방역, 기지 내 활동 시 대응수칙 및 귀국까지의 활동 전주기에 걸친 대응 절차를 수립하였으며, 기지 내에서는 새로운 인원이 외부에서 들어오는 경우에는 3단계(일상생활, 주의, 경계)를 설정하여 유사 시 증상자를 즉시 파악하여 확산되지 않도록 하였다.

2021/22 남극하계 활동은 2021년 10월부터 2022년 3월까지 약 6개월에 걸쳐 진행된다. 극지연구소에서는 남극 활동

기간 중 코로나19의 남극으로의 유입 방지와, 남극 현장 연구인력의 안전을 위해 사전 방역 대책을 수립하여 시행하고 있다. 또한 감염자 발생 시 효과적인 대응을 위한 계획도 수립한 만큼, 안전한 현장연구활동을 통해 좋은 결과를 도출할 것으로 기대한다.

[표 1] 남극 단계별 방역수칙 시행

구분	마스크	사회적 거리	식사시간	공용시설 운영
1단계 (일상생활)	불필요 (단순 지침)	없음	기존과 동일	기존과 동일
2단계 (주의)	필수 착용	1미터*	2부제 적용	시간/인원 제한
3단계 (경계)	필수 착용	2미터	테이크아웃	폐쇄

\* 최소 2미터를 권장하나, 기지 운영여건상 최소 1미터로 제한  
 \*\* 타국 기지를 포함하여 외부인원과의 접촉은 원칙적으로 금지

[표 2] 2021년 입남극 기본 방침

국적	구분	방침		
		백신 접종	코로나 검사	격리
한국	남극기지 방문(입남극편 : 항공기,아라온)		2회 이상	(뉴질랜드) 14일 (칠레) 10일
	아라온호 연구항해(1항차)	최소 1차 접종 완료	1회	없음
외국	남극기지 방문, 아라온호 연구항해 (2,3항차)	해외입국자*	2회 이상	(뉴질랜드) 14일 (칠레) 10일
		자국민*	1회 이상	(뉴질랜드) 10-14일
공통	(아라온호 1항차 탑승자) 국내 출항 72시간 이내 코로나 음성 확인 필수 (아라온호 1항차 탑승자 외) 입남극 72시간 이내 코로나 음성 확인 필수			

\* 남극 관문도시국가(뉴질랜드, 칠레) 기준이며, 국가별 방역방침에 따라 다소 변경될 수 있음(21.12.01. 기준)

[표 3] 기지별 입남극 방역 세부 절차

구분	국적	경유국****	입남극
장보고기지	한국, 뉴질랜드 외 (캐나다 등) • 백신 접종 • 출국 전 코로나 검사 1회	• 입국 후 격리시설(MIQ) 입소 • 7일 격리 (코로나 검사 2회) • 퇴소 • 자체 시설 격리*(7일)	공통 코로나 검사 1회***
	뉴질랜드	• 자체 시설 입소 • 14일 격리** • 코로나 검사 1회 • 퇴소	
아라온 (한국 출발)	• 백신 접종 • 승선 전 코로나 검사 1회	• 선내 체류	
세종기지	한국, 칠레 외 (콜롬비아 등) • 백신 접종 • 출국 전 코로나 검사 1회	• 산티아고 입국 • 1일 대기 (코로나 검사 1회) • 퇴소 • 푼타 아레나스 도착 • 격리시설 입소 • 10일 격리 (코로나 검사 2회) • 퇴소	공통 코로나 검사 1회***

\* 입남극 수단(항공기, 아라온) 이용 시까지 대기가 필요한 인원만 해당  
 \*\* 헬기운영자(CHL) 14일 격리 / 남극프로그램참여자(ANZ) 14일 격리  
 \*\*\* 남극기지 도착시 코로나 검사 (자가진단 키트) 후 음성 판정자에 한해 활동 가능  
 \*\*\*\* 남극 관문도시국가(뉴질랜드, 칠레) 기준이며, 국가별 방역 방침에 따라 다소 변경될 수 있음(21.12.01. 기준)



ISSN 2733-7529 (Print)  
ISSN 2733-7537 (Online)



발행일 : 2021년 12월  
발행처 : 극지연구소 정책개발실 Tel. 032-770-8425  
주소 : 인천광역시 연수구 송도미래로 26, 극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.  
Cover pages photo credit© KOPRI