

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

Poles & Globe

극지와 세계

2023 JUNE
Vol. 02

초소형위성,
극지 온난화 대응의
패러다임을 바꾸다

김현철
극지연구소 원격탐사빙권정보센터

백만 년 된 빙하를 시추한다는 것:
심부빙하코어
연구 동향과 시사점

한영철
극지연구소 빙하환경연구본부

새롭게 떠오르는
극지과학 분야로서의 의학

이어진
서울과학종합대학원 /
대한극지의학회



JUNE

Vol. 02

03p 김현철 극지연구소 원격탐사빙권정보센터

초소형위성, 극지 온난화 대응의 패러다임을 바꾸다

초소형위성의 개발과 활용은 다양하고 정확한 과학적 관측 자료와 정보를 제공함으로써 연구자와 정책 입안자들에게 지구환경에 미치는 기후변화의 영향을 더 잘 이해시키고 빠르게 대응하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 특히 급변하는 극지환경을 빠르게 이해하기 위해서는 저비용으로 단기간에 개발 및 운용이 가능한 극지 관측용 초소형위성을 활용하여 극지 온난화에 의한 해빙의 변화를 능동적으로 추적 감시해야 한다. 이는 재난 대응 및 이상기후의 영향 완화 노력에 중요한 거시적 정보를 제공함으로써 기후변화 영향을 최소화하기 위한 정부의 노력을 지원해 지역사회와 생태계에 미치는 재해를 줄이는 데 획기적인 역할을 할 수 있다. 또한 초소형위성은 광역 통신망 구축, 해양 선박 감시, 자원 탐사 및 우주 탐사와 같은 다양한 분야에서 과학과 기술의 발전에 크게 기여할 수 있다. 초소형 위성 개발 및 활용에 대한 투자는 비용 효율성, 다기능성, 신속한 배치, 군집 운영에 따른 다양한 분야의 동시 협업 가능 및 과학적 발전 측면에서 상당한 이점을 제공할 수 있기 때문에 정부와 민간기업 모두가 투자할 만한 가치가 있다. 이처럼 초소형위성의 개발과 활용은 기후변화에 대응하기 위한 다양한 가치의 관측기구 확대를 통해 과학자들의 이해 능력을 확장할 수 있으며, 온난화로 빠르게 변화하는 환경에 적응하기 위한 전 세계적인 노력에 크게 기여할 것이다.

06p 한영철 극지연구소 빙하환경연구본부

백만 년 된 빙하를 시추한다는 것: 심부빙하코어 연구 동향과 시사점

빙하는 지구 스스로가 기록한 자서전과 같다. 지난 60여 년 동안 과학자들은 빙하를 시추하여 빙하코어(ice core)를 얻고, 그 안에 기록된 지구의 과거를 읽어내어 기후 시스템에 대한 인류의 지식을 크게 향상시켰다. 이제 빙하코어는 과거 기후와 환경을 이해하고 현재의 급격한 변화를 진단하는 데 필수적인 재료로 인식되고 있다. 최근 극지 연구 선도국들은 남극에서 백만 년 이상의 기록을 가진 빙하를 찾아 시추하고자 “Oldest Ice” 프로젝트를 경쟁적으로 추진하고 있다. 관련된 최신 동향과 우리에게 주는 시사점을 생각해 본다.

09p 이어진 서울과학종합대학원 / 대한극지의학회

새롭게 떠오르는 극지과학 분야로서의 의학

극지과학으로서의 의학 분야는 극한 환경에서 인간이 생존하고 건강을 유지하기 위한 학술연구와 실천 사항인 의료(진료)가 결합한 것이 특징이다. 극지활동 진흥에 따른 극지 인구 증가는 필연적으로 의료 수요 증가를 초래하므로 전체 극지 안전망에는 의료지원체계가 반드시 포함되어야 한다. 여기에 기초 및 응용의학 연구 성과가 더해지면 발전된 극지 의료서비스가 현장에 환류된다. 곧 다가올 의료-바이오-제약산업의 성장은 극지 의생명과학의 응용과 활용에 있어서도 기회의 발판을 마련할 것이다. 대한민국이 확실한 극지 선도국가로 도약하기 위해서는 남북극의 ‘체계적인 의료 지원’, ‘융복합 의학 연구’ 두 축을 중심으로 극지의학 분야의 전반적인 성장과 발전을 위한 정책적 노력을 기울여야 한다.

김현철 극지연구소 원격탐사빙권정보센터



초소형위성, 극지 온난화 대응의 패러다임을 바꾸다

초소형위성의 개발과 활용은 다양하고 정확한 과학적 관측 자료와 정보를 제공함으로써 연구자와 정책 입안자들에게 지구환경에 미치는 기후변화의 영향을 더 잘 이해시키고 빠르게 대응하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 특히 급변하는 극지환경을 빠르게 이해하기 위해서는 저비용으로 단기간에 개발 및 운용이 가능한 극지 관측용 초소형위성을 활용하여 극지 온난화에 의한 해빙의 변화를 능동적으로 추적 감시해야 한다. 이는 재난 대응 및 이상기후의 영향 완화 노력에 중요한 거시적 정보를 제공함으로써 기후변화 영향을 최소화하기 위한 정부의 노력을 지원해 지역사회와 생태계에 미치는 재해를 줄이는 데 획기적인 역할을 할 수 있다. 또한 초소형위성은 광역 통신망 구축, 해양 선박 감시, 자원 탐사 및 우주 탐사와 같은 다양한 분야에서 과학과 기술의 발전에 크게 기여할 수 있다. 초소형 위성 개발 및 활용에 대한 투자는 비용 효율성, 다기능성, 신속한 배치, 군집 운용에 따른 다양한 분야의 동시 협업 기능 및 과학적 발전 측면에서 상당한 이점을 제공할 수 있기 때문에 정부와 민간기업 모두가 투자할 만한 가치가 있다. 이처럼 초소형위성의 개발과 활용은 기후변화에 대응하기 위한 다양한 가치의 관측기구 확대를 통해 과학자들의 이해 능력을 확장할 수 있으며, 온난화로 빠르게 변화하는 환경에 적응하기 위한 전 세계적인 노력에 크게 기여할 것이다.

원격탐사와 기존 관측 위성의 한계

인공위성 원격탐사는 지구의 환경 연구 및 자원 탐사에 매우 중요한 역할을 한다. 그 가운데 가장 중요한 역할이자 장점은 인간의 가시거리를 벗어나는 대규모 공간에 대한 집약적인 정보를 제공하고, 특정 공간의 시간적 변화를 연속 관측할 수 있다는 점이다. 특히 극지와 같이 접근이 어려운 지역에 대한 다양한 조사와 분석을 가능하게 한 과학기술이다. 인공위성을 이용한 과학연구는 1950년대부터 시작되었다. 1957년 발사된 소련의 스푸트니크 1호를 시작으로 다양한 위성이 현재까지 발사되어 지구환경 관측 및 자원 탐사 연구가 진행되고 있다. 인공위성 원격탐사는 지구 관측뿐 아니라 천문 관측 등 우주 관측에도 활용되고 있다.

지구온난화로 극지 해빙이 감소하는 현상에 대한 과학적이고 객관적인 증거들은 인공위성 원격탐사를 통해서만 확인이 가능하다. 극지는 지구자전축 주위를 도는 위성궤도의 경사각이 가장 크기 때문에 위성의 발사와 운용이 어려운 곳이다. 이 때문에 군집 운용이나 다중 위성 발사 등의 방식으로 위성 운용이 이루어지고 있다.

기존의 위성들은 개발에 소요되는 긴 시간 및 막대한 비용, 그리고 위성의 규모에 비해 제한된 운용 수명으로 인해 인공위성에 대한 투자 결정에 오랜 과정을 거쳐야 하므로 원격탐사에 필요한 위성 개발이 늦어짐에 따라 위성으로 관측할 수 있는 시간과 공간에 제약이 발생한다. 하지만 초소형위성은 발전된 과학기술을 기반으로 한 규격화된 구조를 가지고 있으므로 빠른 생산이 가능하며, 개발 및 운용 비용 또한 대형위성보다 아주 저렴하다. 다만 소형이라는 규모 때문에 위성의 기능이 기존 위성에 비해 제한적이다. 이 때문에 여러 대를 동시에 운용하는 군집운용기술을 도입하여 다양한 관측

센서를 탑재함으로써 적은 비용으로 관측 목표에 시의적절한 대응을 할 수 있다.

초소형위성, 극지 온난화 대응을 위한 전략적 가치

초소형위성은 큐브셋, 나노위성, 마이크로 위성으로도 불린다. 일반적으로 1kg 정도의 중량에 약 10×10×10cm의 크기(1유닛)를 가지는 정사각형 규격을 큐브위성으로 정의하고 이 큐브의 확장으로 구성된 1~10kg의 위성을 말하지만, 한국에서는 100kg 미만의 위성을 초소형위성으로 통칭하고 있다. 또한 크기가 작고 가벼워 대형 위성이나 다른 탑재체를 운반하는 로켓의 2차 탑재체를 이용하여 동시에 여러 대가 발사될 수 있다. 이러한 특징 때문에 초소형위성은 대형위성에 비해 저렴하고 제작과 발사가 용이하여 소규모 조직이



[그림 1] 초소형위성(큐브위성, 나노위성, 마이크로위성)의 크기 (출처: 캐나다우주청 CSA)

쉽게 발사 운용을 할 수 있다. 또한 적은 비용으로 우주 또는 지구, 그리고 대기를 원거리 감시하는 원격탐사와 새로운 우주 과학기술 시연 등 다양한 분야의 우주개발에 대한 아이디어 실현에 적극 활용되고 있다.

과학자들은 초소형위성이 지구 관측 방법을 개선할 것으로 생각하고 있다. 초소형위성은 지구의 환경 및 날씨의 변화를 관측하고 연구하기 위해 카메라 및 다양한 목적의 센서들을 적은 비용으로 장착할 수 있다. 이러한 관측 기술은 이상기상으로 인한 급격한 지구환경 변화와 다양한 관련 정보를 동시에 대량으로 획득할 수 있기 때문에 기후변화, 자연재해, 식량안보와 같은 국제사회의 문제 해결에 효과적인 도움을 줄 수 있다.

대형위성은 개발과 운용에 시간과 비용이 많이 들기 때문에 세계 각국에서는 제한된 운용을 하고 있다. 이 때문에 시간과 공간에 대한 관측 규모의 한계가 있다. 하지만 저비용으로 단기 개발이 가능하고, 다양한 센서 탑재가 가능하며, 운용이 간편한 초소형위성은 군집 운용을 통해 대형위성이 가지는 시공간에 대한 관측 한계를 넘을 수 있다. 대표적인 예로 북극의 해빙이나 남극의 빙하와 같이 넓은 지역에서 빠르게 변화하고 있는 거대한 자연 현상을 관측하기

위한 획기적인 방법으로 활용될 수 있다.

또한 초소형위성은 극지와 같이 지구상의 외딴 지역에 원거리 인터넷 접속과 통신 서비스를 제공할 수 있다. 이는 정보에 대한 연결성과 접근성을 증가시킴으로써 일상생활에 향상된 통신 환경을 제공하여 저개발 지역이나 극지 원주민 지역의 발전에 기여할 수 있다.

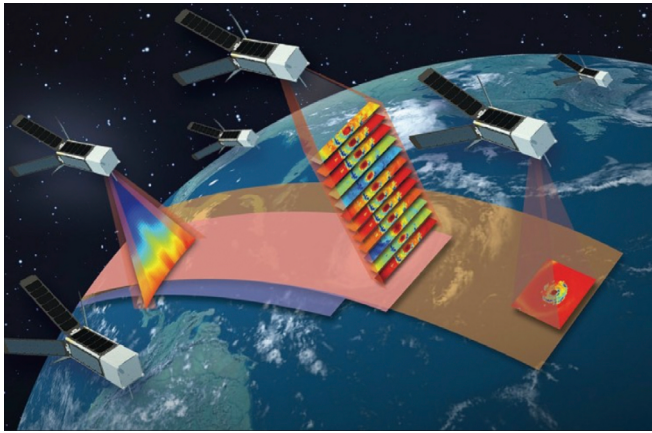
초소형위성의 개발 수준은 지속적으로 빠르게 발전하고 있으며, 그 역량 또한 향상되고 있다. 과학기술이 계속 발전함에 따라 초소형 위성은 점점 더 작아지는 대신 활용 분야는 더 다양해지고 있다. 정밀하게 소형화된 가벼운 무게를 유지하면서 점점 더 복잡한 기능을 수행할 수 있다는 것이다. 초소형위성은 지구관측뿐만 아니라 달, 화성, 그리고 다른 행성 관측과 같은 과학적 연구와 탐험에 활용되어 우리의 지식을 확장시키고 새로운 통찰력과 과학적 발견에 활용될 것이다.

초소형위성의 활용성 확대에 가장 필요한 군집운용기술 또한 확대될 것이다. 현재 초소형위성은 통신과 제어를 위해 지상국에 의존하고 있다. 그러나 미래의 초소형위성은 자율적으로 작동하도록 설계되어 지상과의 지속적인 통신에 의존하지 않고 군집화된



[그림 2] 초소형위성을 활용한 극지 빙권 감시와 한반도 해양수산 재난 대응(출처: 극지연구소)

초소형위성 간 상호 통신을 통해 스스로 결정을 내리고 더 복잡한 임무를 수행할 수 있다. 초소형위성 간의 고도화된 통신과 운용 기술로 군집운용기술도 고도화될 것이다.



[그림 3] 군집위성을 활용한 태풍지상항법위성시스템(CYGNSS: Cyclone Global Navigation Satellite System)

8대의 소형 위성이 일정한 간격을 두고 군집비행을 하면서 실시간으로 풍속을 측정하고 태풍의 발생 경로를 관측한다. 미 공군의 기상관측기 ‘허리케인 헌터’ 32대가 1년 365일 하늘에 떠 있는 것과 같은 효과를 내며 기존 기상위성이 폭우의 영향을 받는 것과 달리 두꺼운 구름 벽을 뚫고 태풍의 눈을 정확히 관측할 수 있다.(출처: NASA)

초소형위성은 대형위성과는 다른 전략적 가치와 장점이 있다. 초소형위성의 전략적 가치는 작은 크기, 낮은 비용 및 개발, 그리고 활용의 유연성에 있다. 초소형위성은 대형위성보다 제작 및 발사 비용이 아주 저렴하기 때문에 다량의 초소형위성을 동시에 생산해서 군집 운용하는 것이 가능하다. 또한 극지와 같이 넓은 지역을 여러 번 관측할 수 있는 최대 장점이 있다. 초소형위성은 상대적으로 빠르고 쉽게 설계되고 발사될 수 있기 때문에 대형위성보다 더 유연한 개발과 운용이 가능하다. 따라서 해빙 모니터링, 재해 대응 또는 감시와 같이 응답 시간이 빠르거나 자주 업데이트해야 하는 긴급한 재난 재해 감시 분야에 적합하다. 초소형위성은 크기가 작기 때문에 특정 응용 분야에 맞게 맞춤 제작할 수 있으며, 위성의 운용 궤도 임무를 더욱 자유롭게 구성할 수 있어 대형위성보다는 유연한 다목적성과 적응성을 제공한다.

초소형위성 개발 및 활용에 대한 투자는 중요하다. 저비용 고효율, 그리고 유연한 개발과 운용의 장점 때문이다. 개별 위성의 낮은 단가는 더 많은 수의 초소형위성의 운용이 가능하며, 막대한 양의 관측 정보(빅데이터)를 동시에 확보할 수 있다. 또한 초소형위성은 특정 용도에 맞게 맞춤 제작할 수 있기 때문에 위성 운용의 목적과 활용 부분이 더 다양하고 유연해진다. 초소형위성은 크기가 작고 표준화된 설계를 따르기에 상대적으로 빠르고 쉽게 설계되고 생산될 수 있다.

각국의 기술 수준과 전략, 그리고 국제사회의 움직임

초소형위성 개발과 활용에는 많은 국가와 조직들이 각각 고유한 목표와 접근 방식을 가지고 있다. 미국은 인공위성 개발과 운용에 가장 오랜 역사를 가지고 있으며, 초소형위성 개발의 선도국이다. 미국항공우주국(NASA)과 국방부는 초소형위성 발사 계획과 우주 시험 프로그램 등을 만들어 적극적으로 활동하고 있다. 미국의 초소형위성 전략은 민간의 혁신적인 활동을 지원하여, 새로운 기술을 개발하고, 과학연구와 탐사를 강화하는 데 초점을 맞추고 있다. 한편 유럽우주국(ESA)은 유럽연합 교육 관련 기관과 함께 지구 관측 프로그램을 운용하면서 초소형위성 개발에 적극적이다. 초소형위성 전략은 과학연구와 개발 및 활용에 대한 혁신을 지원할 뿐만 아니라 교육, 서비스 지원, 다분야 간 협력을 강조하고 있다. 우리나라와 가까운 일본의 일본항공우주개발기구(JAXA)는 1990년대부터 초소형위성을 개발해 왔으며 여러 가지 초소형 임무를 수행했다. 초소형위성에 대한 JAXA의 전략은 신기술 개발, 과학연구 지원, 국제 협력 증진에 초점을 맞추고 있다. 중국은 초소형 위성 개발 등 우주 역량을 빠르게 확대하고 있다. 중국도 일본과 같이 자체적인 여러 임무를 시작했으며, 지구 관측 및 통신과 같은 응용 분야에 초소형위성을 사용하는 것에 중점을 두고 있다. 중국의 초소형위성 전략은 혁신, 기술개발, 국제 협력이다. 이상과 같이 초소형위성에 대한 각 국가의 전략은 그들의 고유한 목표, 자원 및 우선순위에 의해 결정되고 있지만 공통된 전략은 혁신, 기술개발, 과학연구, 국제 협력이다.

이처럼 초소형위성의 개발 용이성과 활용성 때문에 각국에서는 다양한 프로그램을 통해 광범위한 분야에서 초소형위성의 활용 확대를 위한 노력을 하고 있다. 아울러 초소형위성 활용의 잠재적인 이점을 극대화하기 위한 국가와 조직 간의 협력과 노력이 진행되고 있다. 유엔우주사무국(UNOOSA)은 “Access to Space for All” 이니셔티브를 통해 지속 가능한 개발, 재난 관리 및 환경 모니터링을 위한 초소형위성의 사용을 권장함으로써 국제사회의 미래 지향점을 제시하고 있다. 또한 미국 국제개발처(USAID)는 “큐브셋 챌린지” 주관을 통해 지구환경보존에 혁신적인 역할을 하는 전문가들을 초청해 식량안보, 보건, 재난대응 분야 등의 개발 과제에 초소형위성 활용 방안을 제안하고 있다.

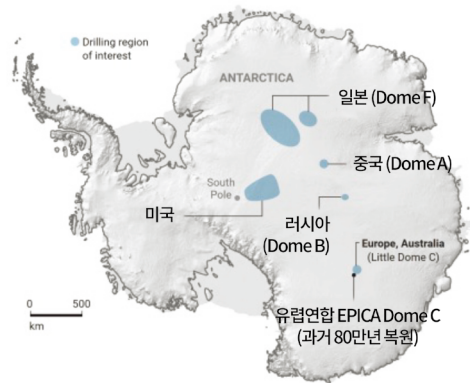


백만 년 된 빙하를 시추한다는 것: 심부빙하코어 연구 동향과 시사점

빙하는 지구 스스로가 기록한 자서전과 같다. 지난 60여 년 동안 과학자들은 빙하를 시추하여 빙하코어(ice core)를 얻고, 그 안에 기록된 지구의 과거를 읽어내어 기후 시스템에 대한 인류의 지식을 크게 향상시켰다. 이제 빙하코어는 과거 기후와 환경을 이해하고 현재의 급격한 변화를 진단하는 데 필수적인 재료로 인식되고 있다. 최근 극지 연구 선도국들은 남극에서 백만 년 이상의 기록을 가진 빙하를 찾아 시추하고자 “Oldest Ice” 프로젝트를 경쟁적으로 추진하고 있다. 관련된 최신 동향과 우리에게 주는 시사점을 생각해 본다.

빙하는 층층이 쌓인 적설이 다져져서 만들어진다. 빙하의 나이는 적설된 후 경과한 시간으로 볼 수 있다. 오래전에 내린 눈(이 다져진 얼음)은 대개 빙하의 심부에 위치하므로 심층으로 갈수록 빙하의 나이도 증가한다. 따라서 빙하를 표층부터 수직으로 시추해 들어가면, 연령이 연속적으로 증가해 가는 빙하코어를 얻을 수 있다. 빙하코어는 시시각각 변화해 온 지구 대기의 구성 물질(온실가스, 에어로졸, 수증기 등)들을 연속해서 간직하고 있다. 이를 분석하여 복원한 과거로부터 지구의 기후 시스템을 이해할 수 있다. 복원된 기록은 길이가 길수록, 바뀌 말해 시추가 빙하의 심층에 다다를수록 우리가 얻을 수 있는 지식은 풍부해진다. 이렇게 얻은 지식은 지구를 사용하는 단계에 이른 현 인류에게 현재 상황을 진단하고 향후 대응책을 마련할 수 있는 과학적 근거를 제공한다.

IPICS(International Partnerships in Ice Core Sciences)는 빙하코어 연구자들의 국제 네트워크로서 협력을 강화하고 자원을 효율적으로 공유하여 빙하코어 연구를 촉진하는 것을 주된 목표로



[그림 2] 국가별 Oldest Ice 관심 지역(Modified from Voosen(2021), Science)

삼고 있다. IPICS는 빙하코어 주요 연구 현안을 6개 항목으로 정리하고 있다. 그 가운데 현재 가장 역점을 두고 추진하고 있는 주제는 지구상에서 가장 오래된 얼음(Oldest Ice) 연구에 관한 것이다.

지구상에서 가장 오래된 얼음, “Oldest Ice” 프로젝트

Oldest Ice 프로젝트의 핵심 목표는 빙하코어로부터 최소 100만 년, 최대 150만 년 이상의 연속된 기록을 복원하는 것이다. 이는 유럽 10개국이 공동으로 1999년부터 2003년까지 남극 Dome C 지역에서 EPICA(European Project for Ice Coring in Antarctica) 프로젝트를 수행하면서 3,260m의 빙하를 시추하여 얻은 80만 년 기록을 두 배 가까이 확장하려는 것이다. 여러 국가가 Oldest Ice 프로젝트에 뛰어든 가운데 현재는 유럽연합이 추진하는 BE-OIC(Beyond EPICA Oldest Ice Core) 프로젝트가 가장 앞서

1. 가장 오래된 얼음(연속된 과거 150만 년 기록)
2. 마지막 간빙기(약 13만 년 전)의 기후와 지구 시스템
3. 수 만년 규모의 기후변화
4. 과거 2천년 기후변화
5. 과거와 현재의 빙하 흐름
6. 빙하코어 시추 신기술



[그림 1] IPICS에서 제시한 6가지 연구 현안

있다. BE-OIC 프로젝트는 Dome C 콩코르디아 기지에서 약 30km 떨어진 Little Dome C에서 시추를 진행하고 있으며, 2022/23년 남극 하계기간에 7주간의 시추로 약 800m 깊이에 도달했다. 뒤를 이어 호주의 MYIC(Million Year Ice Core) 프로젝트가 BE-OIC 시추지점에서 약 5km 떨어진 곳에서 시추를 준비 중이다. 호주는 앞서 시추 거점 구축용 물자들을 자국에서 Casey 해안 기지로 해상 운송하였고, 2022/23 하계에 시추지점까지 왕복 2,300km 거리를 육상 운송하였다. 돌아오는 2023/24 하계부터 본격적으로 거점을 구축하고 시추를 시작할 예정이다. 일본은 Dome F 기지에서 약 5km 떨어진 지점을 선정하여 최근 시추 거점 구축을 완료하였다. 미국은 2019년에 COLDEX(Center for Oldest Ice Exploration) 프로젝트에 착수하여 1단계 5년 동안 약 300억 원의 예산을 Oldest Ice 연구에 투자하고 있다.

Oldest Ice 프로젝트의 핵심기술(1): 탐사

흥미로운 점은 과거 기록을 두 배 가까이 복원하기 위하여 선정된 시추지점들의 빙하 두께가 2,800m 내외로 상대적으로 얇다는 점이다. 이는 보다 두꺼운 빙하의 최심부는 지열로 인한 변질 가능성이 커서 의미 있는 결과를 얻기 어렵기 때문이다. 호주 이외의 국가들은 이미 더 깊은 빙하를 시추한 경험이 있으므로 사실상 위 Oldest Ice 프로젝트들의 성공은 최심부에 백만 년 이상의 고기후 기록을 잘 보존하고 있는 지점을 찾아내는 것에 달려 있다고 할 수 있다. 각국은 최적의 위치를 선정하기 위하여 지난 수십 년 동안 축적한 탐사 자료를 기반으로 추가적인 레이더 탐사와 모델링을 반복적으로 수행하여 범위를 좁혀나가는 방식으로 시추지점을 도출하였다. 유럽의 BE-OIC는 이 과정을 위해 3년 동안 별도의 연구 프로젝트 (BE-OI: Beyond EPICA Oldest Ice)를 앞서 수행하였다. 호주 MYIC는 BE-OI 프로젝트에 초기부터 참여하여 탐사를 공동으로 수행하였다. BE-OI 프로젝트의 결과로 Little Dome C 내 두 지점이 선정되었고, BE-OIC와 MYIC가 각각 하나씩을 맡아 시추를 추진하고 있다. 일본은 6년간 추가 탐사와 해석을 거쳐 현 지점을 결정하였다. 미국 COLDEX는 1단계 5년 동안 다양한 탐사 활동을 수행하고, 그 결과를 바탕으로 시추지를 선정할 계획이다.

Oldest Ice 프로젝트의 핵심기술(2): 시추

심부빙하 시추 기술은 물류 운송, 거점 구축, 시추 역량을 종합적으로 아우르는 개념으로 보는 것이 적절하다. 여러 해에 걸쳐 진행되는 심부빙하 시추의 특성상 안정적인 시추 캠프 구축과 효율적인 캠프 운영 및 유지가 요구되는데, 여기에는 육상, 해상, 항공을 아우르는 운송망이 필수적이다. 물론 심부빙하 시추기를 설계, 제작하고 이를 실제 극지 현장에서 운용할 수 있는 기술력이 핵심 전제 조건인 것은 자명한 사실이다. 이와 관련된 두 가지 사례를 소개한다.

중국은 남극 내 고도가 가장 높은 Dome A에서 2012년에 심부빙하 시추에 착수하였다. 일본 시추기를 도입하여 초기에는 일본

기술진과 협력하였으나 시추 캠프 구축과 운영은 단독으로 진행해 왔다. 그 결과를 Hu et al.(2021)에 논문으로 보고한 바에 따르면, 시추 중에 발생한 여러 문제 때문에 진행이 다소 느려 현재까지 약 800m 깊이를 시추하였다고 한다. 가장 큰 문제로 논문에서는 시추 인력의 기술 부족을 꼽고 있다. 중국은 Dome A에 곤륜(Kunlun) 기지를 지어 거점을 확보하였고 아울러 육해공 물류 운송망을 갖추었으나 연구 논문에서 흔히 쓰이지 않은 표현 (“too many novices”)을 사용할 만큼 시추 기술력 부족을 경험한 듯하다. 다른 사례는 BE-OIC 프로젝트 홈페이지에 게시된 내용이다. BE-OIC는 심부빙하 시추기의 드릴 모터로 덴마크와 독일이 각각 준비한 것을 사용하고 있는데, 2022~23년 시즌 초에 덴마크 모터가 고장이 나서 독일 모터를 사용해 오던 중 이 모터에도 문제가 발생하였다. 하지만 다시 덴마크 모터로 대체하여 시추를 이어갈 수 있었다. 이는 앞서 고장 직후 덴마크에서 수리에 필요한 부품을 준비하여 이를 뉴질랜드 크라이스트처치-미국 맥머도 기지-이태리 마리오주켈리 기지-Dome C 콩코르디아 기지를 거쳐 Little Dome C까지 운송하였고, 시추 현장에서 기술진이 해당 부품을 수리하였기에 가능한 일이었다. 실제로 심부빙하 시추 중에는 혹독한 현장 환경 특성상 예기치 못한 문제가 빈번하게 발생하는 것을 볼 수 있으며, 따라서 이에 대한 대처 역량이 시추 기술의 핵심이라고 하여도 과언이 아니다.



[그림 3] BE-OIC 2022/23 시추 캠프 사진(<https://www.beyondepica.eu/>)

Oldest Ice 프로젝트의 핵심 기술(3): 분석

Oldest Ice 시추가 성공적으로 진행되어 빙하코어를 얻는다면 80만 년 이전의 기록은 최하부 100m 남짓한 구간에 밀집되어 있을 것으로 추정된다. 다시 말해 최심부 빙하코어 1m가 1만~2만 년 정도의 긴 기간에 해당한다는 뜻이다. 두께가 얇은 빙하에서 더 오래된 기록을 찾아내고 있기 때문이다. 따라서 이 구간에 대한 분석은 과거 어떤 심부빙하보다 더 정밀한 분석이 필요하며, 필연적으로 Oldest Ice 프로젝트들에는 앞으로 얻게 될 오래된 얼음을 정밀하게 분석하기 위한 분석법 개발 연구가 포함되어 있다. 종합하여 정리하면, Oldest Ice 프로젝트는 시추지 선정, 심부빙하

시추, 정밀 분석 기술 각 분야 가운데 하나라도 미흡하면 성공할 수 없는 연구 주제라고 할 수 있다. 그리고 그 프로젝트가 문제없이 진행된다면 4년간 지속될 시추의 마지막 해, 그리고 가장 마지막에 획득한 최심부 빙하코어의 분석 결과가 나온 후에야 성공 여부를 판단할 수 있을 것이다. 가장 앞서 있는 BE-OIC 프로젝트는 빠르면 2026년쯤에 성패를 확인할 수 있을 것으로 예상된다. 물론 표층부터 최심부까지 모든 빙하코어가 장기간에 걸쳐 분석될 것이며, 이 경우 Dome C 인근에서는 과거 80만 년 동안의 기록이 추가로 2개의 코어에서 복원되어 해당 기간에 대한 과학적 이해 역시 개선되리라 기대된다.

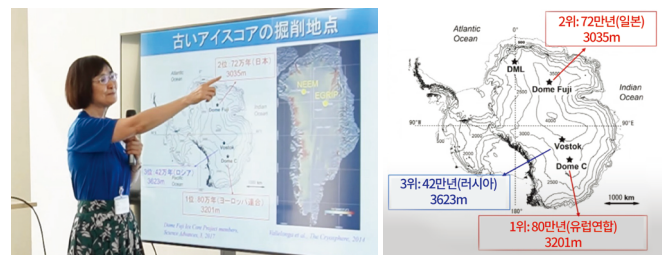
우리에게 주는 시사점

Oldest Ice 프로젝트는 백만 년 전 즈음에 빙하기-간빙기 주기가 4만 년에서 10만 년으로 바뀐 원인을 규명하는 것을 핵심 목표로 꼽고 있다. 하지만 이 프로젝트에 경쟁적으로 투입되는 막대한 예산과 인력을 과학적 의미만으로 이해하기에는 충분치 않아 보인다. 위에서 열거한 내용을 포함해 극지 연구 역량을 가늠하는 척도로서 심부빙하코어가 갖는 의미도 내포되어 있을 것이며, 순위로 환산하여 의미를 부여한 아래 사진은 그 하나의 예이다.

심부빙하 시추 기술은 글과 말보다는 현장에서 경험으로 축적되는 암묵적(tacit) 지식의 비중이 크다. 이를 습득하는 빠른 방법은 전문가와의 협업을 통한 관찰과 모방이다. 따라서 “남극 연구 활동 진흥 기본계획” 등에서 패스트 팔로어(fast follower)를 천명하고 있는 우리나라가 수십 년의 격차를 따라잡고자 선도국과의 공동 현장 활동을 추진하는 것은 효율적인 선택이다. 극지연구소는 오랜 심부빙하 시추 역사를 가진 러시아 AARI(Arctic and Antarctic Research Institute)와 함께 Dome B 지역을 후보지로 선정하여 Oldest Ice 프로젝트를 공동으로 진행해왔다. 시추지점 선정을 위한 탐사 계획을 수립하였고, 선행연구로 2021~22년 시즌에 진행된 보스토크 지기(Vostok Station) Oldest Ice 시추에 극지연구소 연구원이 참여하였다. 병행하여 자체적인 심부빙하 분석 기술을 꾸준히 개발 및 축적해왔다. 그러나 코로나19로 해외 연구 협력과 남극 현장 활동이 크게 위축된 데 이어 2022년에 발발한 우크라이나 전쟁의 장기화로 인하여 러시아와의 협력이 불가피하게 중단되었고 현재 대안을 마련하고 있다.

암묵지를 습득하는 다른 방법은 시행착오 경험, 즉 현장에서 성공과 실패를 직접 체험하는 것이다. 심부빙하를 성공적으로 시추한 러시아 Vostok, EPICA Dome C 그리고 일본의 Dome F에도 시추 중에 발생한 문제 때문에 회수하지 못한 시추기가 지금도 빙하심부 어딘가에 여전히 묻혀 있다는 사실은 흥미롭다. 이들 국가는 실패와 극복을 통해 습득한 지식을 발판 삼아 성공을 이뤄 냈고, 지금은 Oldest Ice 프로젝트를 추진하고 있다. 이런 관점에서 볼 때 어쩌면 실패로 평가할 수도 있겠으나 중국이 Dome A에서 보여준 과감한 도전이 후일을 위한 최고의 선택일는지도 모른다. 극지연구소는 별도의 연구 사업으로 K-route를 개척하여 육상 물류

운송망을 확장하고, 심부빙하 시추 후보지를 탐색하기 위해 미답 지역 항공 및 육상 탐사를 추진하여 자체 역량을 강화하고 있다. 또한 남극 내륙 연구 거점을 확보하기 위하여 신규 기지 건설을 계획하는 등 우리나라가 심부빙하 연구 선도국들과 역량을 견주기 위한 기반을 다져가고 있다. 이제 심부빙하 시추 기술을 확보하기 위하여 무엇보다 필요한 것은 풍부한 극지 경험과 공학적 소양, 뛰어난 직관을 보유한 우수 기술 인력이다. 이들에게 현장에서 관찰과 모방을 통하여 경험을 확장하거나 시행착오를 극복해갈 기회와 시간을 제공해야 한다. 물론 그에 앞서 우수한 기술 인력이 혹독한 환경을 감내할 만한 동기가 필요할 것이다. 선도 국가들에는 최초가 주는 의미가 있다면, 우리나라와 같은 패스트 팔로어가 이들에게 부여할 동기에는 어떤 것이 있을지 고민되는 지점이다.



[그림 4] 복원한 기간을 순위로 표현한 일본 국립극지연구소(NIPR) 교육 홍보 영상 캡처(<http://www.nipr.ac.jp>)



새롭게 떠오르는 극지과학 분야로서의 의학

극지과학으로서의 의학 분야는 극한 환경에서 인간이 생존하고 건강을 유지하기 위한 학술연구와 실천 사항인 의료(진료)가 결합한 것이 특징이다. 극지활동 진흥에 따른 극지 인구 증가는 필연적으로 의료 수요 증가를 초래하므로 전체 극지 안전망에는 의료지원체계가 반드시 포함되어야 한다. 여기에 기초 및 응용의학 연구 성과가 더해지면 발전된 극지 의료서비스가 현장에 환류된다. 곧 다가올 의료·바이오-제약산업의 성장은 극지 의생명과학의 응용과 활용에 있어서도 기회의 발판을 마련할 것이다. 대한민국이 확실한 극지 선도국가로 도약하기 위해서는 남북극의 ‘체계적인 의료 지원’, ‘융복합 의학 연구’ 두 축을 중심으로 극지의학 분야의 전반적인 성장과 발전을 위한 정책적 노력을 기울여야 한다.

지구상 가장 혹독한 기후 조건을 가진 극지에서의 생활과 연구 활동에는 수많은 도전이 수반된다. 다른 극지과학 분야와 마찬가지로 극지의학 또한 이러한 도전을 극복하며 발전해 왔다. 극지에 왜 의사가 가는가? 그리고 왜 극지에서 의학연구를 해야 하는가? 극한 환경에서 생존하고 건강을 유지하려는 일련의 인체 활동, 이른바 ‘인간 현상’ 전반에 대한 연구와 실천이 서로 긴밀하게 연결된다는 점은 극지의학 분야의 큰 특징이다.

극지로 간 의사들

극지의학의 역사는 백 년이 훌쩍 넘는다. 남극 탐험의 영웅시대(1895~1922년)에는 18~30개월에 이르는 장기 탐험을 위해 대부분의 원정대에 한두 명의 의사가 꼭 포함되었다. 스콧 선장의 테라노바



[그림 1] 20세기 영국 스콧 남극 탐험대와 에드워드 윌슨 의사(앞줄 우측)
[출처: 영국 스콧극지연구소]

남극 원정대(1910~1913년)의 일원이었던 에드워드 윌슨과 에드워드 앳킨슨을 비롯하여 남극 활동에 참여하였던 선대 의사들은 의사이기 이전에 ‘팀원’으로 남극 탐험 전 과정에 함께하였다. 한편 북극의 극지의학은 오래전부터 거주해온 원주민들의 삶과 궤를 같이해왔다. 사람이 사는 곳에는 응당 의료가 필요하여 북극권 또는 극지권 의학(circumpolar medicine)이라는 독특한 분야로 발전했다. 북극 탐험과 관련해서는 프레더릭 쿡(1908)을 비롯한 북극 원정대 의사들의 광선치료(온열치료), 일명 ‘이누이트 패러독스’¹⁾에서 착안한 만성질환 대응, 괴혈병 대응 등 근대 의학 발전에도 기여한 경험적 치료 사례가 보고된 바 있다.

남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP)의 집계에 따르면 전체 76개 남극기지에 연간 120명 이상의 의료인이 파견된다. 우리나라도 남극과 북극을 경험한 의사가 50명을 넘어섰다. 1988년 남극 세종기지에 정형외과 군의관이 처음 파견된 이후 28년간 공중 보건외과가 선발되었다가 현재는 외과계열 중심으로 다양한 전공의 의사들이 매년 4명 이상 세종기지, 장보고기지, 남극내륙(미답지단 K-루트팀), 쇄빙연구선(아라온)에 파견되고 있다.

극지의료체계: 안전한 극지활동의 기초

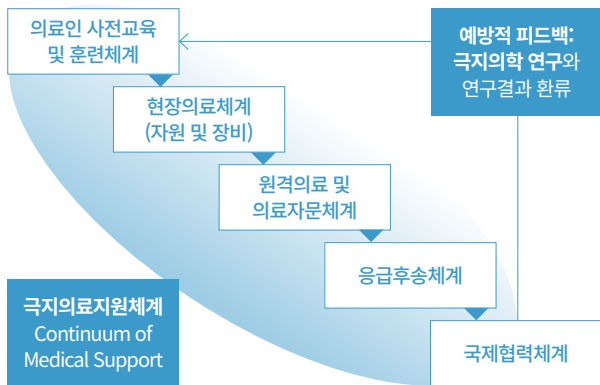
‘정상’ 환경의 ‘아픈’ 사람이 아닌, ‘비정상’ 환경의 ‘건강한’ 사람을 대상으로 하는 것이 극지의료이다. 정상 환경에서는 건강하던 사람도 비정상 환경²⁾에서는 아프고 다치기 쉽다. 의료는 그 속성상 ‘시스템’으로 작동되는데, ‘슈퍼맨’ 의사 한 명이 모든 것을 할 수 없으므로 개별 의사나 병원이 아닌 전체 시스템의 역량을 키워야

한다. 일련의 연속적인 ‘극지의료지원체계’가 필요한 이유이기도 하다. 지난 2021년 「극지활동진흥법」 시행에 이어 2022년 「중대재해법」도 본격 시행되었다. 극지라는 지구상 가장 위험한 사업장에서 펼쳐지는 도전과 탐험 활동을 ‘진흥’하면서 개개인의 ‘안전’은 지켜내야만 하는 것이다. 일견 모순되는 두 법률 사이에서 극지의료지원체계는 두 마리 토끼를 잡는 좋은 방책이 될 수 있다.



남극세종기지 남극프레이지지 남극공항과 활주로 칠레폰타아레나스

[그림 2] 극지의료지원체계(일부). 남극세종기지에서 칠레를 연결하는 응급환자 후송의 주요 지점을 보여준다. 남극세종기지에서 인근 프레이지지까지는 고무보트 또는 헬기로 30분 남짓, 이후 남극 활주소에서 가까운 폰타아레나스까지 2~3시간이 추가 소요된다. 남극 활주와 미리 준비된 앰블런스의 모습이 보인다.



[그림 3] 극지의료지원체계 각 분야와 극지의학 연구의 선순환 도식

극지의학: 새로운 극지과학 분야

극지의료지원체계가 원활하게 작동하는 데 필요한 마지막 핵심 고리가 바로 극지의학 연구이다. 극지 현장의 질병 데이터를 토대로 도출된 연구 결과는 극한 환경에서 아프고 다친 사람들을 위해 다시 쓰여 궁극적으로 의사와 환자 모두에게 도움이 된다. 기초나 응용과학 측면에서도 극지의학 주제들은 다양하다.^{<주3>} 남극연구 과학위원회(SCAR)가 제시한 남극 과학연구 7대 연구주제에도 ‘극한 환경에서의 남극 생명’, ‘남극에서의 인간 존재’라는 생명과학·인간 관련 주제가 두 가지나 포함되어 있다. 북극 또한 인접국을 중심으로 북극 및 극지권 보건의료(circumpolar health)^{<주4>} 위원회 및 학술단체가 공식 결성되어 기능한다. 요컨대 새로운 극지과학 분야로 극지의학이 갖는 가치는 극한 환경에서의 생명과 안전에 대한 핵심 역할, 그리고 다른 극한지나 특수 분야와 연결되는 확장성과 잠재력이 무궁무진하다는 것이다.

주요국의 극지의학 연구 동향

이러한 이유로 인해 해외 극지과학 선도국들은 극지에서의 인간 연구(human research)^{<주5>}를 생명과학 분야의 주요 연구 주제로 설정하고, 정부 차원의 지원을 꾸준히 지속해 오고 있다. 남극 연구 10위권 주요국 모두 자체 극지의학 연구 조직을 대학 또는 연구기관 중 하나에 설치해 운영하고 있다. 대표적으로 영국에는 극지의학 유닛인 BASMU가 있고, 지난 20년 동안 유럽우주국(ESA)은 프랑스 및 이탈리아 극지연구소와 협력하였다. 남극 콩코르디아기지에 별도 우주의학 의사를 파견하는 동시에 심리, 수면생리, 심혈관생리, 면역, 신경과학 등 총 36개의 생의학 연구 프로젝트를 지원했다. 가까운 일본도 극지연구소(NIPR)는 물론 항공우주연구개발기구(JAXA)의 우주기본계획 기본이념에 ‘안전 및 고령화’, ‘유인 우주탐사’라는 인간 관련 어젠다를 두 가지나 포함시켰다. 남극에서 수행되던 심리, 고산, 미생물 연구가 자연스럽게 우주의학 연구과제로 연결된 배경이기도 하다.

이들 기구의 공동된 기초는 고유한 남북극만의 극지의학 연구를 넘어 해양의학, 우주의학 등 연계 분야와 협력하거나 확대하고자 하는 것이다. 남극연구과학위원회(SCAR)나 남극프로그램 국가운영자회의(COMNAP) 주요국의 극지의학 연구 성과를 보면, 단순히 연구 대상을 극지로 한정하지 않고 고산, 사막, 심해, ISS, 달, 화성과 같은 극한지, 해양 및 우주 등으로 확장해 접근하는 경향이 두드러진다. 반면 우리나라 극지의학 연구는 극지 선도국 위상과는 다소 동떨어져 있다. 일부 연구자가 극지의학 관련 연구 과제를 수행 중이기는 하나 안타깝게도 아직 완성된 극지의학 연구 인프라는 갖추지 못한 상태이다.

대한극지의학회와 국제협력

국내에도 그나마 극지의학 연구 발전과 극지의료지원을 위한 자생적 활동이 있었다. 역대 남극 월동 의사들과 고려대 의대 교수진의 노력으로 마침내 2014년 ‘대한극지의학회(KSPM)’가 결성됨으로써 그 결실을 맺게 되었다. 각기 존재하던 극지의학 관련 단체인 월동 의사회, 극지의학연구회, 극지연구소 소속 구성원들이 극지의료활동 지원과 극지의학 연구 활성화를 목표로 의기투합한 것이다. 극지 의사들이 자발적으로 참여하여 이 분야 학술단체를 만든 것은 국제적으로도 전례 없는 일이다. 현재는 연례 학술대회를 필두로 일본 극지의학회 교류 등 국내외 극지의료지원 활동을 펼치고 있다. 2023년에는 법인화를 통해 관련된 다양한 전문가들이 참여하는 융복합 의학 플랫폼으로 거듭나고자 한다.

국제적으로는 생명과학 하위 전문분과에 ‘인간생물학과 의학 전문가그룹(JEGHBM)’이 COMNAP 및 SCAR 합동으로 조직되어 극지의학 분야의 대표기구로 기능하고 있다. JEGHBM은 남극 활동에 대한 의료지원뿐만 아니라 남극 생의학 연구에 참여하는 의사, 심리학자, 생리학자, 생물학자의 지식과 경험을 조정하고 통합한다. 정책 및 현안 논의는 물론 북극, 우주탐사, 원격, 극한 환경의 관련 활동과도 연대한다. 우리나라도 지난 2021년 처음으로

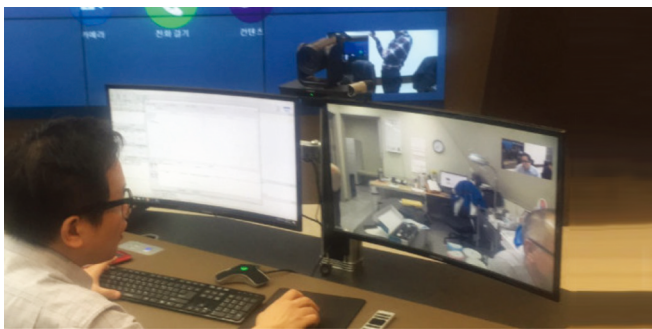
JEGHBM 국내 대표를 공식 추천하여 각종 회의에 참석하는 등 주요국으로 기여하고자 노력하고 있다.



[그림 4] 제8회 대한극지의학회 학술대회 사진

우리나라 극지의학 연구의 향후 전망

국내에서도 극지의학 연구과제가 일부 수행되었거나 수행 중이다.<주6> 구체적으로는 극지의료지원체계 연구, 디지털 헬스를 적용한 응급의료 프로토콜 연구, 우주 아날로그 연구 등이다. 특히 주목할 것은 「제1차 극지활동진흥기본계획(2023~2027년)」에 처음으로 ‘극지의료지원센터’ 설치 계획이 담기게 된 사실이다.<주7>



[그림 5] 원격의료 시스템을 이용해 남극기지와 소통하는 모습 (극지연구소 제공/신동아 2019년 5월호)

극지의학 연구수행과 극지의료지원에 대한 대내외의 공감대를 형성하고, 향후 극지의료지원센터를 중심으로 학-연-산-병 융복합 연구개발 기반 구축이 진행된다면, 협력관계를 바탕으로 ‘극지 의생명 과학 연구’, ‘극지 기후변화와 건강 연구’, ‘우주의학 및 우주탐사 연계 연구’, ‘극지 국제협력 연구’ 등 한 단계 진화된 연구수행이 가능할 것으로 보인다.

또한 원격의료는 과거 위성전화와 팩시밀리를 사용하던 시절부터 인터넷 이메일과 메신저, 모바일 SNS를 거쳐 화상전화를 사용하는 현 단계에 이르렀다. 최근 연세대 의대 연구팀에서는 남극의 제한된 통신환경에서도 적정기술 개념<주8>을 적용해 국내 의료진과 남극 의료진이 원격으로 협진할 수 있도록 하였는데, 이는 극지 통신환경 개선에 발맞추어 증강 및 확장현실과 실시간 동영상 스트리밍을 기반으로 고도화된 성과가 있을 것으로 주목된다.

극지의학 발전을 위한 정책적 시사점

우리나라의 극지 인프라를 활용한 극지의학 연구는 사실 뒤늦은 감이 없지 않다. 또한 극지의료 분야는 안정적 사업 기반 확보가 이루어지지 않아 체계적·연속적인 사업 진행이 이루어지지 않고 있다. 따라서 현재 체계로는 극지의학 전문가 인력풀과 육성체계, 연구체계, 조직이 일정 규모 이상 커지기 어렵다. 특히 항공 후송 등 극지만의 고난도 환경에서 의료 현안을 제대로 해결하려면 지속적인 관심과 치밀한 전략이 필요하다.

더 나아가 극지의학을 바라보는 패러다임 변화가 요구된다. 극지와 우주는 서로 긴밀히 연결되며, 비용과 진입 장벽이 높은 인간 대상 연구에서 특히 두드러진다. 미국 항공우주국(NASA)의 인간연구 프로그램(HRP-human research program) 등 극한지를 활용한 인간 대상 연구는 기초 생명과학 연구부터 생의학 및 정신심리



[그림 6] 남극-서울-시카고를 동시 연결한 새로운 원격협진 테스트

연구<주9>와 같은 임상과학 연구까지 폭넓게 수행되고 있다. 기존의 단순한 파견의사 선발이나 현장 의료서비스 제공 수준을 넘어서야 한다. 극한 환경의 인체 변화와 질병에 대해 융복합 극지과학의 한 분야로서 발전시키고자 하는 노력이 절실한 것이다. 궁극적으로는 극지의료지원센터를 중심으로 한 다기관·다학제 협력은 물론 학·연·산·병, 정부 차원의 지원 및 육성 등의 노력이 다방면으로 추진되어야 한다.

					
HRP미션	NSRL	HERA	Antarctica	AGBRESA	SIRIUS
우주아날로그	① 방사선	② 고립 & ③ 원거리		④ 미세중력	⑤ 폐쇄환경
소재지	미국 뉴욕	미국 휴스턴	남극	독일 쾰른	러시아모스크바

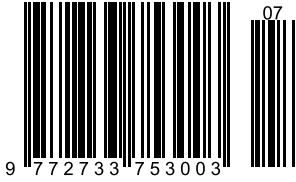
[그림 7] NASA HRP 각 분야와 인간 대상 연구의 우주 아날로그 프레임워크 하얀 화성이라고 불릴 정도로 우주환경과 가까운 극지에서 수행되는 의학 연구와 의료지원체계가 더는 과거에 갇혀서는 안 된다. 특수 상황이 갖는 예외 지역이라거나, 하거나 하지 않을 수도 있는 선택 사항으로 간주할 문제가 아니다. 우리에게서는 제2 쇄빙선과 제3 남극기지가 완성되는 미래가 기다리고 있고, 국제 경쟁력을

갖춘 의료계 역량이 있다. 이는 극지의학 후발주자라도 전략적 노력을 통해 얼마든지 경쟁 우위 선점이 가능함을 시사한다. 눈앞에 다가온 우주시대를 준비하기 위해 오직 극지에서만 가능하고 선결되어야만 하는 필수 과제로 탈바꿈한 극지의학 분야를 다시 바라보자. 한층 발전된 극지 연구수행과 의료지원체계를 통해 우리는 미래세대로 이어지는 인류의 위대한 도전을 씬 없이 지속해갈 수 있다.

※일러두기

1. 본고의 내용 중 일부는 다음의 기사와 원고에서 발췌하였음.
 - 셸프 맹장수술부터 ‘슈퍼맨’까지... 남극의 의사들 (스브스 프리미엄. 2023년 2월 23일자)
 - 남극의 극지의료와 극지의학연구 (<과학과 기술> 2018년 9월호)
2. 작성 내용 중에는 한국연구재단(학문후속세대 기초연구지원사업) 연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과 일부와(NRF-2021R1A6A3A01086756), 해양수산부(극지연구소 PAP 사업) 연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과 일부가 포함됨(PE22900).

- <주1> 이누이트 패러독스(Inuit Paradox)는 에스키모와 이누이트 지역 사람들이 전통적으로 지방과 단백질 함량이 높은 식이를 함에도 불구하고 심혈관 질환, 비만, 당뇨병 등의 만성질환 발생률이 역설적으로 낮은 현상을 칭하는 용어이다.
- <주2> 극저온, 건조, 낮은 산소분압, 강한 바람, 자외선, 극야, 백야 같은 극한 환경은 물론, 신체 활동 저하, 사회적 고립, 가족·친구와의 단절, 폐쇄되고 제한된 공간, 동료 관계, 적응 문제 등이 복합적으로 작용하여 극지 활동자들의 건강을 위협한다.
- <주3> 남북극에서의 인체생리 변화, 정신건강, 심리변화와 스트레스 같은 전통 주제에서부터, 분자생물학, 미생물, 감염병, 호흡기, 피부질환, 영양, 고산병, 응급후송, 나아가 국제협력, 공중보건, 예방의학, 직업환경의학, 의료정책, 의료데이터, 해양의학, 항공우주, 원격의료, 디지털 헬스, 의료윤리와 법적 문제에 이르기까지 거의 모든 의학 분야에 해당하는 연구가 극지라는 천연의 실험실에서 다루어질 수 있다.
- <주4> 북극과 북극해에 인접한 지역에 거주하는 인구를 대상으로 하는 의료활동 및 의료체계를 의미하며, 이 지역 특유의 만성질환과 추위, 어둠, 오염물질과 관련된 각종 질환, 야생동물 유래 인수공통 질병 등을 다룬다. 주요국으로는 캐나다, 그린란드, 알래스카, 러시아, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 아이슬란드가 있다.
- <주5> 인간연구 또는 인간대상 연구는 각종 환경요인이 인간에게 미치는 영향, 또는 인체에 대한 연구를 과학적으로 수행하는 것으로, 생명윤리법 제2조 제1호에 따르면 사람을 대상으로 물리적으로 개입하거나 의사소통, 대인접촉 등의 상호작용을 통하여 수행하는 연구, 또는 개인을 식별할 수 있는 정보를 이용하는 연구로서 보건복지부령으로 정하는 연구를 말한다. 실험적 연구, 조사 연구, 관찰 연구 등의 개별연구 또는 이들의 복합연구가 모두 포함된다.
- <주6> 주요 정부연구과제로는 ‘극지 의료지원 시스템 구축 및 적용프로그램 개발 연구(2013~2014년)’, ‘남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실기술 기반 원격협업 프로토콜 연구개발(2021~2023년)’, ‘우주인 선발과 우주공간 내 인간연구를 위한 남극과 극지의학의 활용(2021~2023년)’이 있다.
- <주7> 5개년제 걸친 세부 시행계획에는 극지 의료인력 교육, 안전사고 예방, 극지의학 연구 등이 포함될 것이다. 전반적인 기획연구를 시작으로, ‘인력양성 및 인력풀 구축’, ‘원격 및 응급의료 자문체 구성’, ‘극지의학 연구 및 연구기반 구축’, ‘극지활동 전주기 의료지침’, ‘중대 인명사고 예방을 위한 안전망 구축’ 등으로 체계화될 예정이다.
- <주8> 적정기술은 한 공동체나 현장의 문화·정치·환경적인 면들이 고려된 기술을 말한다. 통상 적정기술은 기존의 기술보다 더 적은 자원을 사용하며, 유지 운용하기 더 쉽고, 환경에 더 적은 영향을 미치도록 고안된다.
- <주9> 극지방에서의 정신심리 연구는 극한 조건에서 인간의 심리와 행동, 정신건강을 이해하려는 연구 분야로, 각 개인을 대상으로 하는 스트레스, 적응, 고립 등의 연구는 물론 리더십, 집단역동에 대한 연구를 포함한다.



ISSN 2733-7529 (Print)

ISSN 2733-7537 (Online)



발행일: 2023년 6월

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