

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

Poles & Globe

극지와 세계

2023 MARCH
Vol. 01

북극발 중위도 기상재해 예측의 중요성

김주홍
극지연구소 대기연구본부

과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

남승일
극지연구소 빙하환경연구본부

극지활동 선도국으로의 길 - 제1차 극지활동 진흥 기본계획 수립 -

서민정
해양수산부 해양개발과
극지정책팀장

중앙북극해 해양생태계 보전의 주역으로 부상하는 대한민국

신형철
극지연구소 부소장



MARCH

Vol. 01

03p 김주홍 극지연구소 대기연구본부

북극발 중위도 기상재해 예측의 중요성

최근 북극의 온도는 전 지구 평균 대비 4배 정도까지 빠르게 상승한 것으로 보고되었는데, 이러한 북극의 온도 상승은 중위도의 날씨와 기후를 조절하는 제트기류를 요동치게 하여 기상재해를 빈번하게 하는 원인으로 지목되고 있다. 그러나 북극 온도 변동과 중위도 기상재해 발생은 해마다 큰 차이가 있어 다가올 계절의 변동성이 어떨지 예측하는 것은 어려운 문제이다. 북극 온도 예측력은 지구 시스템 요소인 대기-해양-해빙-지면 등의 상호작용을 잘 표현하는 예측 모델을 통해 향상시킬 수 있다. 그리고 북극 온도 변화 예측력이 제트기류 반응을 통한 기상재해 예측력으로 연계되려면 좀 더 종합적인 예측 모델에 포함된 대기 모델 내의 역학 및 물리 과정의 개선을 위한 연구, 좋은 품질의 관측을 확보할 수 있게 하는 관측 네트워크 강화 노력, 관측을 모델에 안정적으로 입력되게 할 수 있도록 하는 향상된 자료동화 기술, 예측 시작 조건에 조금씩 변화를 주어 여러 번 반복 수행하여 그 평균을 취함으로써 예측 성공 확률을 높일 수 있는 앙상블 기법 등이 필수적이다. 이러한 광범위한 예측 기술 개발이 장기적인 계획을 통해 달성될 때 북극 온난화로 인한 기상재해의 중장기 예측력도 향상될 수 있을 것이다.

06p 남승일 극지연구소 빙하환경연구본부

과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

얼음으로 덮여 냉각 기능을 하면서 전 지구적 기후 시스템을 조절하는 등 지구의 심장과 같은 역할을 하는 북극해는 생성 이후 지구조운동을 거치면서 현재 모습으로 진화된 과정이 대부분 알려지지 않은 대양이다. 특히 해저 지형 탐사는 심해저나 달 또는 화성의 표면 탐사보다도 미진해 지구의 마지막 미답지로 남아 있다. 현재 지구온난화가 가속화되면서 극지 빙하는 물론 여름철 북극해 해빙 면적과 두께도 빠르게 감소하고 있다. 앞으로 지구 평균 기온이 1.5°C를 넘어 2~3°C까지 상승되면 빙하의 급속한 용해로 해수면 상승이 가속화되면서 전 지구적으로 기후가 어떻게 반응할지 예측하기조차 어려운 실정이다. 따라서 현재보다 대기 온도도 높고 더 많은 양의 빙하가 녹으면서 해수면이 높았던 과거의 최대 간빙기 해저 퇴적물에 보존된 기후변화 기록으로부터 현재 진행되고 있는 기후패턴을 좀 더 잘 이해하고 불확실한 미래에 대한 해답을 얻기 위해 북극해에서 해저 심부 시추를 추진하고 있다.

09p 서민정 해양수산부 해양개발과 극지정책팀장

극지활동 선도국으로의 길 - 제1차 극지활동 진흥 기본계획 수립 -

우리나라는 2021년 세계 최초로 남극과 북극을 포괄하여 국가 차원의 체계적 진흥을 목적으로 하는 「극지활동 진흥법」을 제정하였다. 또한 법령에 따라 남-북극을 포괄하여 우리나라 극지활동의 미래비전 설정과 달성을 위한 향후 5년간 세부 실천과제를 담은 우리나라 최초의 법정기본계획으로서 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027년)」을 수립하였다. 이번 기본계획에는 그동안의 우리나라 극지활동 수준을 진단하고, 극지에 대한 국민들의 인식과 전문가 정책 수요조사를 바탕으로 북극점에서 남극 내륙까지 인류 미지의 영역에 도전하고, 기후변화 등 글로벌 현안에 대응하며, 극지 신기술 선도를 통해 대한민국이 극지활동 주도국으로 나아가기 위한 비전과 전략을 담고 있다.

12p 신형철 극지연구소 부소장

중앙북극해 해양생태계 보전의 주역으로 부상하는 대한민국

얼어붙은 북극 바다가 열리면서 커지는 수산자원 수확에 대한 기대를 엄격하게 관리하고 합리적으로 만족시킬 수 있도록 과학을 우선으로 하며 최소 16년간 상업 조업을 잠정 금지하는 중앙북극해 협정이 합의되고 발표되었다. 이 협정은 국제공해역 생태계 보전과 자원관리에 대한 파격적인 선제대응이며 비북극권 국가가 대등한 위상으로 북극 거버넌스에 참여하게 하는 중요한 의미를 지닌다. 코로나 감염증의 대유행과 심화된 지정학적 갈등을 비롯한 난제를 슬기롭게 헤치고 첫 번째 당사국 총회가 대한민국의 극지연구소에서 성공적으로 개최되었다. 이 과정에서 우리나라는 협정 이행에 필요한 동력을 유지하고 진전시키는데 크게 기여하였다. 과학기구가 공식 설치되고 공동과학연구 및 모니터링 프로그램과 데이터 공유 프로토콜을 완성하기 위한 작업반을 가동하게 된 것은 우리나라가 유치하고 마무리한 창립총회의 대표적 성과였다. 우리는 이제 우리의 기반시설과 과학역량을 심분 활용한 실질적 지식 기여로 미담의 북극해 수산자원을 환경친화적으로 수확하고 활용하기 위한 초석을 놓을 것이다. 네트워크를 다지고 위상을 강화하며 북극해 거버넌스 의사결정에 주도적으로 참여하는 것은 우리가 놓칠 수 없는 과제이다.

김주홍 극지연구소 대기연구본부



북극발 중위도 기상재해 예측의 중요성

최근 북극의 온도는 전 지구 평균 대비 4배 정도까지 빠르게 상승한 것으로 보고되었는데, 이러한 북극의 온도 상승은 중위도의 날씨와 기후를 조절하는 제트기류를 요동치게 하여 기상재해를 빈번하게 하는 원인으로 지목되고 있다. 그러나 북극 온도 변동과 중위도 기상재해 발생은 해마다 큰 차이가 있어 다가올 계절의 변동성이 어떨지 예측하는 것은 어려운 문제이다. 북극 온도 예측력은 지구 시스템 요소인 대기-해양-해빙-지면 등의 상호작용을 잘 표현하는 예측 모델을 통해 향상시킬 수 있다. 그리고 북극 온도 변화 예측력이 제트기류 반응을 통한 기상재해 예측력으로 연계되려면 좀 더 종합적인 예측 모델에 포함된 대기 모델 내의 역학 및 물리 과정의 개선을 위한 연구, 좋은 품질의 관측을 확보할 수 있게 하는 관측 네트워크 강화 노력, 관측을 모델에 안정적으로 입력되게 할 수 있도록 하는 향상된 자료동화* 기술, 예측 시작 조건에 조금씩 변화를 주어 여러 번 반복 수행하여 그 평균을 취함으로써 예측 성공 확률을 높일 수 있는 앙상블 기법* 등이 필수적이다. 이러한 광범위한 예측 기술 개발이 장기적인 계획을 통해 달성될 때 북극 온난화로 인한 기상재해의 중장기 예측력도 향상될 수 있을 것이다.

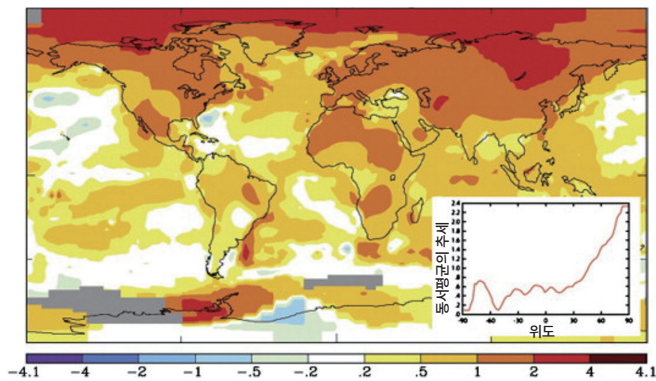
북극의 급격한 온난화

기후변화와 관련하여 지구상에서 관심을 크게 받는 지역을 꼽으라면 단연코 눈과 얼음으로 덮여 있는 극 지역일 것이다. 극 지역 중 하나인 북극의 기후변화는 그린란드 빙하, 대륙의 영구 동토층, 그리고 바다 얼음으로 덮인 북극해에 걸쳐 뚜렷하게 나타나고 있다. 그린란드 빙하의 연간 유실량은 21세기 들어 눈에 띄게 증가하는데, 현재 지속되는 온난화 추세로 지구 평균온도 상승이 산업혁명 이전 대비 2°C 이하로 제한되지 못하면 빙하가 모두 녹아 해수면이 약 7m 상승할 수 있다고 예측한다. 이는 여의도 면적의 960배에 달하는 약 2,800km² 정도의 국토를 수면 아래로 잠기게 할 수 있는 변화이다. 대륙의 영구 동토층의 변화도 감지되고 있는데, 오랫동안 얼어 있어 단단했던 동토가 온도 상승에 따라 탄소 저장 능력이 약해지고

대기로 온실가스가 빨리 방출되고 있어 온난화의 시한폭탄으로 여기고 있다.

좀 더 고위도로 눈을 돌리면 바닷물이 얼어서 생기는 해빙(sea ice)이 녹아 줄어들고 있는 북극해가 있다. 북극 바다의 해빙은 햇빛을 반사하고, 해양과 대기 간 열교환을 효과적으로 차단하며 북극을 춥게 유지하는 기후 조절의 역할을 하는데, 장기적으로 북극 해빙의 감소가 뚜렷하여 우려가 커지고 있다. 백야의 여름에 바다는 얼음보다 햇빛을 더 잘 흡수하여 수온이 높아지고, 흑야로 진입하는 가을~겨울에 바다가 완전히 해빙으로 덮이지 않은 북극 해역에서 수온이 높아진 바다로부터의 수증기 증발은 대기에 구름을 더 많이 만든다. 겨울에 구름이 증가하면 이불을 덮은 것과 같아 온도가 크게 떨어지는 것을 막는다. 즉, 북극 해빙의 감소는 지구상에서 북극의 온도가 유난히 빨리 상승하고 있기 때문이다.

연평균 지상 온도의 장기 추세 (1960-2009)



[그림 1] 1960년 이후 전 지구 기온의 경향: 지구상에서 북극 지역의 온난화가 가장 빠름을 알 수 있다. (출처: Serreze and Barry (2011)의 그림 1)

북극 온난화와 중위도 기상재해의 연결고리

기후변화에 따른 온도 상승이 북극에서 가장 빠르다고 하지만 멀리 떨어진 한반도에 사는 우리는 그 영향이 어떨지 상상하기는 쉽지 않다. 그러나 최근 연구들을 통해 그 연관성이 점점 밝혀지고 있다. 북극과 중위도 간 연결고리는 중위도의 날씨를 조절하는 제트기류*의 운동이 북극의 빠른 온도 상승에 영향을 받는다는 점에 있는데, 제트기류의 운동이 어떤 모습인가에 따라 중위도의 날씨는 평온한 상태와 극단적 상태로 나뉜다. 그렇다면 제트기류가 북극의 빠른 온도 상승에 영향을 받는 이유는 무엇일까? 이는 제트기류 흐름을 만들어내는 에너지원이 열대 쪽의 따뜻한 공기와 극 쪽의 찬 공기 간 온도 기울기(temperature gradient)이기 때문이다. 남북 온도

기울기가 클 때는 동서 방향으로 더 곧고 빠른 제트기류가 나타난다는 점을 생각해보면, 북극의 빠른 온도 상승에서 빚어지는 불균등한 온난화 속도는 남북 온도 기울기를 약화시켜 제트기류가 느슨해지고 남북으로 굽이치는 흐름이 커지는 데 좋은 조건을 제공함을 이해할 수 있다. 이렇게 제트기류가 남북으로 크게 굽이쳐 흐르고 느린 상태에서 따뜻한 공기는 극 쪽, 찬 공기는 중위도 쪽으로 제 위치를 크게 벗어나 한파, 폭설 등 기상재해가 발생할 확률이 높아진다.

대류권 상공 제트기류의 흐름이 곧고 빠른 상태와 굽이치고 느린 상태 간의 전이는 북극진동이라 불리는 극 소용돌이(polar vortex)가 성층권에서 주기적으로 강해지고 약해지는 현상과도 직접적으로 연계되어 있다. 제트기류 흐름이 곧고 빠른 상태는 북극진동이 양(+)의 위상에 있고 성층권의 극 소용돌이가 극 주변에 중심을 둔 원형으로 강하게 흐르는 반면에 굽이치고 느린 상태는 북극진동이 음(-)의 위상에 있어 성층권 극 소용돌이의 중심이 극 주변에서 벗어나고 땅콩 모양으로 변형되거나 심하게는 둘로 쪼개지기도 한다. 따라서 북극의 온난화는 제트기류 흐름의 변화와 더불어 북극진동의 위상 변화와 성층권 극 소용돌이의 이상 거동을 통해서도 중위도 날씨에 영향을 준다고 할 수 있다.

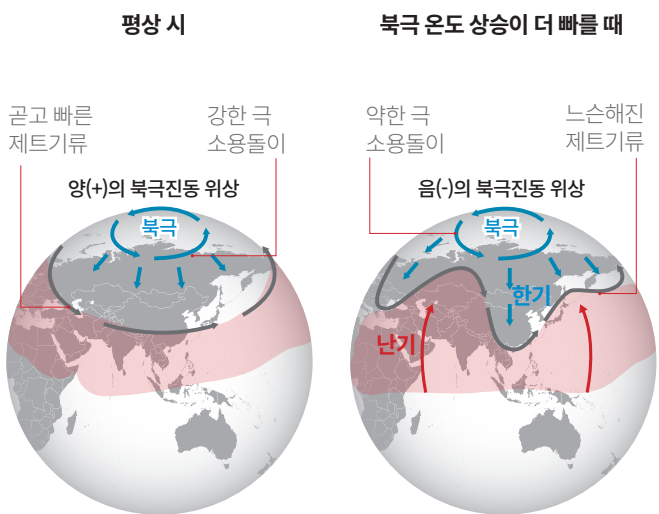
북극발 중위도 기상재해 예측

북극에서 더 빠른 온도 상승은 제트기류의 흐름, 북극진동의 위상, 극 소용돌이의 운동에 영향을 주어 중위도 기상재해를 빈번히 발생시킬 수 있음을 설명하였다. 그러나 북극에서 매년 전년도 기록을 경신하며 온도가 상승하는 것은 아니며 온도의 변동성이 크게 나타나며 서서히 상승한다고 보는 것이 타당하다. 일례로 최근인 2020~2021년 겨울에는 북극 온도 상승과 성층권 극 소용돌이의 급격한 변형이 동반되어 2000년대에 가장 강력한

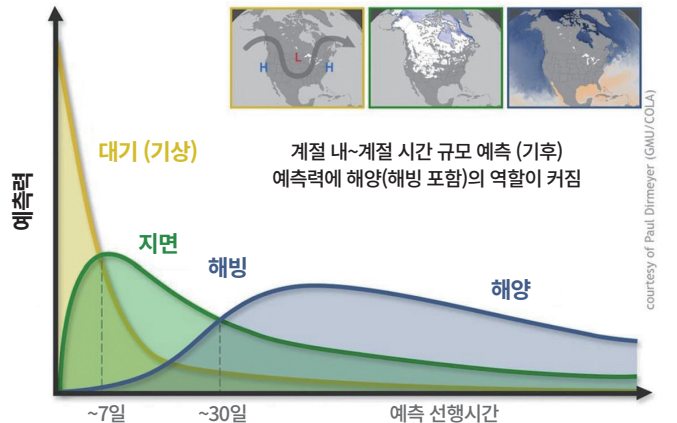
한파가 나타났던 반면에 그 전년도인 2019~2020년 겨울에는 강한 극 소용돌이 안에 북극 한기가 갇히며 한반도의 겨울에 역대 최고 기온이 나타났다. 전자는 온난화의 역설이라 불리는 북극 한기의 급격한 남하의 대표적 사례이고, 후자는 북극 한기가 극에 갇힌 상황에서 겨울철 한반도에 장기적 온난화 추세가 크게 나타난 대표적 사례이다. 그러므로 기후 예측 모델로 다가올 계절에 어떤 유형의 기상재해가 나타날 확률이 높을지 예측하는 데 있어 이러한 변동성의 원인을 예측할 수 있는 기술이 요구된다.

현재 세계적으로 선도적인 기관들에서는 고성능 컴퓨팅 자원을 구축하고 기후시스템 요소(대기, 해양, 해빙, 지면 등) 간의 상호작용을 다룰 수 있는 지구시스템 모델을 기반으로 하는 예측 모델을 기후 예측에 운영하면서 북극의 온도 변화 예측 능력을 향상시키고 있다. 북극해 대기-해빙-해양 간의 상호작용을 잘 표현할 수 있는 예측 모델로 북극권 대기 흐름의 예측 능력을 끌어올릴 수 있다. 물론 지구시스템 모델을 기반으로 예측 모델의 성능을 향상하는 데는 물리적 요소 간 상호작용 표현이 잘 되었는지 다양한 방식의 성능 검증 및 조절 과정이 연구를 통해 충분히 선행되어야 한다.

북극 온도 상승은 제트기류와 성층권 극 소용돌이로 영향을 받지만, 그 반응 강도를 2주부터 1개월 전에 예측할 수 있는가는 현재 기후 예측 분야에서 넘어야 할 큰 걸림돌 중 하나이다. 북극 온도 상승의 예측력이 그대로 중위도 기상재해 예측력으로 이어지기 위해서는 제트기류와 성층권 극 소용돌이와 같은 대기 상공까지 표층 온난화가 대기에 가하는 힘이 전달되는 과정에 대한 모델의 모사 능력이 요구되는데, 이는 대기의 역학 과정과 물리 과정이 포괄적으로 관여하고 있어 대기과학 분야 내 협동 연구개발이 필수적이다. 한편 대기의 과정이라서 예측 시 '나비효과'라 불리는 현재 상태의 미세한 오차가 미래 예측에 큰 오차를 발생시키는



[그림 2] 북극 온도 상승이 더 빠름으로 인한 제트기류와 극 소용돌이 반응의 모식도: (좌) 정상시, (우) 북극 온도 상승이 더 빠를 때(기상재해가 더 빈번하게 발생) (출처: AFP Strait Times Graphics)



[그림 3] 지구시스템 모델을 기반한 예측 모델의 필요성: 예측 시작 후 경과 시간(예측 선행시간)이 길어질수록 대기의 초기 상태가 미치는 예측력의 영향은 급격히 감소하는 반면에 지면, 해빙, 해양 등 비교적 천천히 변하는 인접한 표면 상태와의 상호작용의 영향력이 훨씬 커진다. 즉, 장기 기후 예측에 있어서는 예측 시작 시 표면 상태 정보의 정확성과 예측 수행 중 표면 상태와 대기 간의 적절한 상호작용이 예측력 향상에 더 중요한 요소가 된다. (출처: Mariotti et al. (2018))

문제를 피할 수는 없다. 그러므로 현재 상태의 오차를 줄이기 위한 좋은 품질의 관측 확보를 위한 관측 네트워크 강화와 관측을 예측 모델에 안정적으로 입력하는 기술(자료동화 기술) 개발, 그리고 여러 초기 상태로 예측을 수십 번 반복하여 예측 평균 경로를 찾음으로써 예측 성공 확률을 높이는 기술(양상불 기법) 개발도 필요하다.

맺음말

지구온난화에 따른 북극 지역의 온도 상승과 같은 불균등한 변화가 나타나는 현상은 기후변화의 영향이 단순하지 않다는 점에서 우리에게 시사하는 바가 크다. 지구상 모든 곳이 균등하게 온도가 올라가지 않는다는 것은 지구 대기의 순환이 온도 상승에 대한 반응에 더해 이러한 북극에 증폭된 차등적 가열에 대해 추가적으로 반응한다는 의미이고, 이는 우리나라를 포함한 중위도의 날씨와 기후 조절에 북극의 영향력이 커지고 있다는 것으로도 이해될 수 있다. 따라서 북극 온난화로 인한 기상재해 발생의 중장기 예측력 향상을 위해 기술 개발이 지속적으로 이뤄져야 한다.

지구시스템 모델을 기반한 예측력 기술 개발을 통해 예측 시작 후 1~3개월간의 기후 전망 능력에 더해, 중기 기상 예측(2주 이내)과 장기 기후 예측(1개월 이상) 사이의 공백으로 존재했던 예측 시작 후 2주~1개월 기간(연장 중기 예측)의 예측력 향상을 도모할 수 있다. 그리고 향상된 예측력을 달성하기 위해서는 기술 개발에 더해 실과 바늘처럼 뉘 수 없는 것이 있는데, 이는 향상된 예측 모델을 수행할 수 있는 고성능 병렬 계산 컴퓨터(예: 슈퍼컴)이다. 즉, 지구시스템 모델을 기반한 예측 모델로 정해진 시간 내에 예측을 완료할 수 있는 규모의 계산 자원이 확보되어야 하고, 모델 고도화에 따라 이를 정기적으로 업그레이드할 수 있어야 하므로 지속적인 투자가 필요하다.

※보충 설명

·역학 및 물리 과정

역학 과정은 모델에서 유체(공기, 얼음, 물)의 모델 격자 크기 이상의 큰 규모 흐름을 만들어내는 역할을 하는 과정을 의미하며, 물리 과정은 열 전달, 물의 상변화, 모델 격자 크기 보다 작은 규모의 흐름을 표현하는 부분 등을 총칭한다.

·자료동화

시공간적으로 불규칙하게 분포된 관측 자료를 규칙적 격자로 구성되고 일정한 시간 간격으로 수행되는 모델 생산 자료에 충격 없이 잘 입력하여 현재 상태의 자료를 만들어내는 수학적 기법을 의미한다. 예측 시작 시점(현재 상태)의 대기, 해양, 해빙 등에 대한 정보가 자료동화를 통해 모델이 받아들일 수 있는 자료로 만들어져야 예측을 시작할 수 있다.

·양상불 기법

가용 관측을 모두 모아 자료동화를 잘 수행한다 하더라도 우리는 대기, 해양, 해빙 등의 현재 상태를 정확하게 만들어내는 것은 불가능하여 카오스 이론의 나비효과를 피할 수 없다. 양상불 기법은 현재 상태에 미세한 변화를 주면서 예측을 반복적으로 수행하여 이의 평균 경로를 취함으로써 예측이 크게 벗어날 수 있는 상황을 극복하고자 하는 방법론이다.

·제트기류

평균 11~14km 상공의 대류권 상부에서 서에서 동으로 빠르게 부는 편서풍으로 열대의 난기와 극 지역 한기의 경계를 나누고 있어 중위도 날씨/기후 조절의 핵심 요소이다.

남승일 극지연구소 빙하환경연구본부



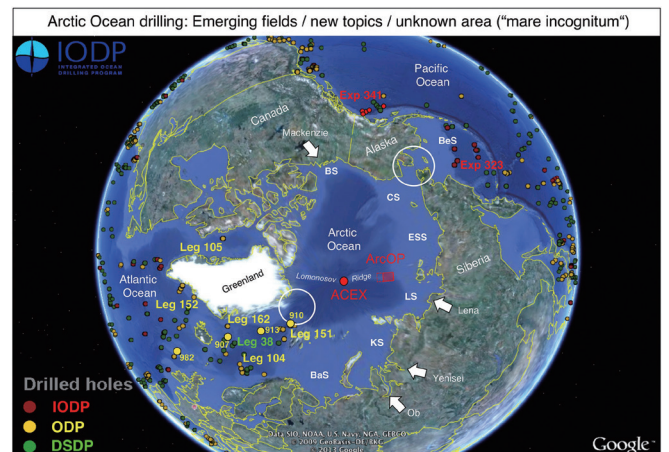
과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

얼음으로 덮여 냉각 기능을 하면서 전 지구적 기후 시스템을 조절하는 등 지구의 심장과 같은 역할을 하는 북극해는 생성 이후 지구 조운동을 거치면서 현재 모습으로 진화된 과정이 대부분 알려지지 않은 대양이다. 특히 해저 지형 탐사는 심해저나 달 또는 화성의 표면 탐사보다도 미진해 지구의 마지막 미답지로 남아 있다. 현재 지구온난화가 가속화되면서 극지 빙하는 물론 여름철 북극해 해빙 면적과 두께도 빠르게 감소하고 있다. 앞으로 지구 평균 기온이 1.5°C를 넘어 2~3°C까지 상승하면 빙하의 급속한 융해로 해수면 상승이 가속화되면서 전 지구적으로 기후가 어떻게 반응할지 예측하기조차 어려운 실정이다. 따라서 현재보다 대기 온도도 높고 더 많은 양의 빙하가 녹으면서 해수면이 높았던 과거의 최대 간빙기 해저 퇴적물에 보존된 기후변화 기록으로부터 현재 진행되고 있는 기후패턴을 좀 더 잘 이해하고 불확실한 미래에 대한 해답을 얻기 위해 북극해에서 해저 심부 시추를 추진하고 있다.

지구 내부 깊은 속을 직접 들여다볼 수 있는 북극해 해저 심부 시추

연중 두꺼운 다년빙으로 대부분 덮여 있던 북극해는 일반 탐사선의 접근이 거의 불가능했기 때문에 가장 탐사가 미진한 대양이었다. 그러다 1985년 3월 옛소련 당시 고르바초프가 서기장으로 선출되면서 오랫동안 지속해온 서방 국가와의 냉전시대를 종식하는 구상의 개혁·개방 노선이 채택되었다. 이를 계기로 북극해 연안 국가인 미국, 캐나다, 스웨덴을 비롯한 독일 등은 북극해 진출에 새롭게 눈을 돌려 연중 얼음으로 덮인 북극해 탐사를 위해 쇄빙 능력을 갖춘 탐사선의 필요성을 깨달았다. 이를 위해 우수한 쇄빙 능력과 첨단 탐사 장비를 갖춘 대형 쇄빙선을 건조하여 1990년대부터 본격적인 북극 탐사에 뛰어들어 해빙이 두껍지 않은 연안 대륙붕뿐만 아니라 연중 두꺼운 다년빙으로 덮여 있어 접근이 어려웠던 북극점 주변의 중앙 결빙해역 탐사도 가능해졌다. 특히 해양지구물리 및 해저 탐사를 통해 과거 빙하 활동의 영향을 받은 해저지형과 지층탐사 자료를 획득하고 해저 퇴적물을 시추함으로써 과거 빙하-간빙기 동안 북극해에서 일어났던 기후변화 기록이 조금씩 알려지기 시작했다. 무엇보다도 과거 수십만 년 전 빙하기에 북극해 주변을 둘러싸고 있는 유라시아와 북미대륙 및 그린란드를 덮었던 거대한 대륙빙하의 크기와 지리적 분포뿐만 아니라 결빙해역에 따른 북극해 기후환경에 대한 새로운 지식을 통해 북극해가 전 지구적인 기후변화에 중요한 역할을 하는 사실이 밝혀졌다. 육상에서 유입된 빙하기원의 쇄설성 입자와 생물기원 플랑크톤 잔해인 미화석 등의 물질이 수 km 이상 두껍게 쌓여 있는 북극 해저 퇴적층에는 과거 수천만 년 동안 북극해와 주변의 대륙에서 일어났던 과거 기후변화의 기록이 잘 보존되어 있다. 이러한 퇴적층은 북극해

에서 일어났던 기후변화를 복원할 수 있는 최적의 기록 저장고인 셈이다. 그러나 전 세계 쇄빙선에 장착된 피스톤이나 중력 코어를 이용하여 획득된 코어 퇴적물은 약 15m 내외로 비교적 짧다. 이렇게 획득된 코어 퇴적물은 수십만 년의 비교적 짧은 지질학적인 기록(플라이스토세 중기 이후)을 포함하고 있을 뿐이다. 지난 2015년 아라온에 탑재된 점보피스톤코어(JPC)를 이용하여 수심 약 2,200m의 서북극해 척치분지에서 획득한 약 14m의 시추코어에서도 과거 네 번의 빙하-간빙기 주기를 포함하는 40만 년의 기후변화 기록이 확인되었다. 그러나 2004년 8월 국제통합 해저지각시추프로그램(IODP: Integrated Ocean Drilling Program)에서 미국과 유럽이 중심이 되어 북극점 주변의 로모노소프 해령에 대한 북극해 시추



[그림 1] 국제공동해저심부시추프로그램(DSDP, ODP 및 IODP)의 시추 위치와 북극해 로모노소프 해령과 시추 예정 시추 정점(붉은색)

(ACEX: Arctic Coring Expedition)가 최초로 추진되었다. 두꺼운 다년빙으로 덮인 북극점 결빙해역에서 안전한 시추를 위하여 러시아와 스웨덴의 쇄빙선(IBRV Sovetskiy Soyuz, IBRV Oden) 2척과 전용시추선(Vidar Viking)으로 선단을 구성하여 약 428m 길이의 퇴적층을 획득하였다. 과학자들은 시추코어를 분석하여 후기 백악기부터 플라이스토세에 이르는 과거 수천만 년 동안 북극해에서 일어난 기후변화 기록을 처음으로 세상 밖으로 알린 기념비적인 연구 성과를 이루었다.

연속적인 제3기층 기후변동 기록 획득을 위한 북극해 심부 시추

북극점 인근 로모노소프 해령 시추를 통해 온실 기후가 우세했던 호수 환경의 후기 중생대부터 주변 대륙에 2~3km 두께의 거대한 빙상이 확장했던 빙하기-간빙기가 뚜렷하게 나타나는 2.6백만 년 이후 냉각기후가 지배적이었던 북극해 기후변화 기록이 처음으로 밝혀졌다. 퇴적물에서 다양한 기후변화 프록시를 분석한 결과, 북극해가 지구조적인 진화 과정에서 북대서양과 북태평양으로 연결됨으로써 주변 대륙에 빙하가 형성되고 두꺼운 해빙으로 덮인 현재와 같은 지형을 형성하면서 지속적으로 변화된 사실이 확인된 것이다. 무엇보다 제4기 빙하기-간빙기 동안 주변 대륙에 거대한 빙하가 확장하고 후퇴하면서 해수면과 해양순환시스템을 조절하는 등 북극해가 전 지구적 기후변화에 중요한 영향을 미치는 지구의 심장과 같은 역할을 한다는 사실을 밝혀내었다. 그러나 과거 기후 변화에 대한 새로운 사실들이 밝혀졌음에도 불구하고 북극해에서의 첫 심부 시추는 절반의 성공으로 평가되었다.

ACEX 코어 퇴적물에는 제3기(65백만~2.6백만 년) 지질시대 중 전기 에오세(44백만 년)부터 중기 마이오세(18백만 년)에 이르는 약 26백만 년의 지질학적 기록이 없는 결층(Hiatus)이 확인되었다. 이에 ACEX 시추제안서 작성에 참여했던 과학자들을 포함한 전 세계의 북극 전문가들이 2008년 10월 알프레드 베게너 극지해양 연구소(AWI)에 모여 북극해에서 제3기 층의 완전한 기록 확인을 위해 로모노소프 해령을 비롯한 다른 해역에서 새로운 시추 필요성에 의견을 같이하였다. 당시 우리나라는 극지 탐사에 필요한 쇄빙선을 건조하고 있는 시기여서 독일과 스웨덴, 미국을 중심으로 추진된 시추제안서 작성을 위한 그룹에는 직접 참여할 수 없는 실정이었다. 독일 AWI의 루디거 슈타인 교수를 주축으로 러시아 랍테프해(Laptev Sea)에 인접한 로모노소프 해령에서 추가 심부 시추를 위한 예비 시추제안서가 IODP에 제출된 후 여러 차례에 걸쳐 시추과학위원회의 심의에 의한 수정 요청을 거쳐 제안된 시추제안서("60백만 년 이후 북극해 고기후·고해양기록 복원")가 채택되어 2018년 여름 6주간의 시추 계획이 확정되었다.

북극해 시추를 위한 과학자들의 끊임없는 노력

ACEX보다 퇴적물이 2~4배 더 높은 로모노소프 남부 해령에서 시추를 통해 연속적인 층서를 정립하여 제3기 기후변화의 연속적인 기록이 보존된 완벽한 복원을 이루고자 하였다. 이를 위해 다년빙의

위험으로부터 안전한 최적의 시추 정점을 선택하고 적합한 시추 기술을 적용하여 완벽한 시추를 목표로 세웠다. 시추는 안전성 확보와 경비 절감을 위하여 해저면 아래 1000m 이하 길이의 기본 시추공 한 점을 시추하기로 결정하였다. 또한 교란되지 않은 퇴적층의 최상부 층인 제4기 층과 플라이오세 층을 획득하기 위해 추가로 3~5정점을 선택하여 30~50m 길이의 짧은 퇴적층을 시추하는 계획이 채택되었다. 2018년 8월 결정된 시추는 결빙해역에서 안전성을 확보하면서 시추를 추진하기 위해 2004년처럼 시추선 이외에 쇄빙선 두 척을 확보하기 위해 유럽을 대표한 AWI의 폴라스턴과 아시아를 대표한 대한민국의 쇄빙선 아라온의 참여를 정식으로 ECORD가 제안한다. 그러나 아라온호가 투입되지 못하게 되면서 시추는 연기되었고, 4년 후 2022년 8월부터 5주간의 로모노소프 해령 시추가 다시 한 번 결정되었다. 이를 위해 노르웨이 시추선인 디나 폴라리스(Dina Polaris)와 외곽에서 위험한 유빙의 진입을 막는 러시아 쇄빙선 빅토르 체르노미르딘(IBRV Viktor Chemomyrdin), 그리고 시추선 가까이서 안전한 시추가 진행되도록 보호해 주는 스웨덴 쇄빙선 오덴(IBRV Oden)이 함께 선단을 꾸려 추진하는 계획이 결정되었다. 그러나 2022년 2월 러시아가 우크라이나를 침공하면서 러시아와 인접한 해역에서 추진되는 시추 작업에 안전이 확보되지 않다는 이유로 북극해 시추는 무기한 연기되는 비운을 맞았다. 2013년 시추제안서를 제출한 이후 두 번의 시추 계획이 연기되고 무산된 것이다. 러시아-우크라이나 전쟁이 언제 끝날지, 그리고 종료된 후에도 과연 러시아 연안에 인접한 시추해역에서 안전하게 시추가 추진될지는 여전히 불확실하기 때문에 미제로 남게 되었다.

그러나 다행히도 북극해와 인접한 그린란드 서쪽 해역인 베핀만(Baffin Bay)에서 2023년 8월부터 8주간 시추가 추진될 예정이다. 2024년에는 북극 스발바르군도 서쪽 해역에서 6월 초부터 8주간 시추가 진행된 이후, 이어 동부 그린란드 해역에서 10월 초까지 8주간 미국의 전용 시추선인 조이데스 레졸루션(Joides Resolution)을 이용하여 시추가 추진된다. 주요 시추 목적은 북극해가 열린 시기를 밝히고, 다른 대양과의 연결로 표층 및 심층 해양순환이 시작되면서 제3기 동안 전 지구적 기후변화가 어떻게 진행되었는지 이력을 규명하는 것이다. 또한 북대서양 해류가 북극해로 유입되면서 북극해의 결빙과 주변 대륙의 빙상 확장이 이루어진 시기를 밝히고, 전 지구적인 기후변화에 어떻게 영향을 미쳤는지에 대해서도 명확하게 규명하는 것이다.

IODP2050 출발과 북극해 심부 시추 프로그램 참여 추진

미국, 일본 및 유럽국가가 구축한 컨소시엄(ECORD)이 주축이 되어 2013년부터 2023년까지 추진된 IODP는 2024년부터 다음 단계를 다시 준비하고 있다. 미국은 기존과 같이 독자적으로 한 축을 담당하고 ECORD와 일본(J-DESC)이 함께 컨소시엄을 구축하여 양분된 새로운 운영 시스템으로 개편하고 있다. 또한 참여 회원국이 공동으로 새로운 과학 계획 설정과 더불어 미래의 해양과학시추 2050년

(2050 Science Framework) 계획을 수립하고 있다. 1997년부터 IODP 회원국에 가입하여 25년간 활동해온 우리나라는 분담금 지원 문제가 해결되지 않아 아쉽게도 2022년을 끝으로 회원국 지위를 잃어버린 상황이다. 그러나 세계 경제대국 10위권인 우리나라도 전 세계 26개 회원국이 함께하는 거대 지구과학 프로그램의 회원국 지위를 회복하여 다시 한 번 세계 최대·최고의 국제공동해저 탐사에 주도적으로 참여하는 빅사이언스 연구 활동이 필요하다. 다행히 새롭게 개편되는 운영 시스템에 따르면 국가를 대표하지 않더라도 극지연구소와 같은 단일 국가연구기관이나 대학이 일정한 분담금을 지불하고 유럽과 일본이 함께 구성하는 컨소시엄에 가입하여 IODP 회원국으로서 지위를 유지하여 극지의 중요한 시추해역에서 수행하는 탐사에 참여할 수 있는 기회를 얻을 수 있다. 따라서 대한민국을 대표하여 극지연구를 수행하는 극지연구소는 유럽연합과 일본이 추진하고 있는 새로운 컨소시엄에 가입하여 전 지구적인 기후변화에 가장 중요한 역할을 하고 있는 극지해역에서 과거의 기록을 통해 해답을 얻고자 하는 국제공동해저시추에 적극적으로 동참하여야 한다. 이에 필요한 분담금 등 관련 정부부처의 관심과 지속적인 지원이 무엇보다 필요한 시점이다. 특히 현재 쇄빙선 아라온과 함께 더욱 향상된 쇄빙 능력과 최첨단 탐사 및 시추 장비를 갖춘 차세대 쇄빙선이 2027년에 건조되면 남극해와 북극해 탐사 활동을 통해 획득한 자료와 노하우를 기반으로 향후 극지 해역의 중요한 시추를 위한 시추제안서를 주도적으로 제출할 수 있다. 무엇보다 남·북극 주요 해역에서 시추 탐사를 주도하고 적극적으로 동참하여 글로벌 주요 이슈를 공동으로 해결할 수 있는 빅사이언스를 수행함으로써 수월성 높은 세계적인 연구에 함께할 수 있을 것이다.



[그림 2] 2004년 8월 북극해 로모노소프 해령 시추를 위해 북극해로 향하는 3대의 시추 선단

서민정 해양수산부 해양개발과 극지정책팀장



극지활동 선도국으로의 길

- 제1차 극지활동 진흥 기본계획 수립 -

우리나라는 2021년 세계 최초로 남극과 북극을 포괄하여 국가 차원의 체계적 진흥을 목적으로 하는 「극지활동 진흥법」을 제정하였다. 또한 법령에 따라 남·북극을 포괄하여 우리나라 극지활동의 미래비전 설정과 달성을 위한 향후 5년간 세부 실천과제를 담은 우리나라 최초의 법정기본계획으로서 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027년)」을 수립하였다. 이번 기본계획에는 그동안의 우리나라 극지활동 수준을 진단하고, 극지에 대한 국민들의 인식과 전문가 정책수요조사를 바탕으로 북극점에서 남극 내륙까지 인류 미지의 영역에 도전하고, 기후변화 등 글로벌 현안에 대응하며, 극지 신기술 선도를 통해 대한민국이 극지활동 주도국으로 나아가기 위한 비전과 전략을 담고 있다.

가깝고도 먼 극지역

올해 겨울은 유난히 춥다. 지난 12월 중순의 일 평균기온이 영하 4.2도, 1973년 기상관측 이래 가장 낮은 수치다. 지구는 온난화로 점점 따뜻해지는데 우리나라는 왜 더 추워졌을까? 바로 북극으로부터 온 차가운 공기 때문인데 이른바 ‘북극한파’다. 온난화에 따른 북극의 고온 현상으로 북극 상공의 소용돌이가 약해지면서 그 안에 갇혀 있던 차가운 공기가 동아시아 방향으로 내려와 이상 한파를 불러 일으키는 것이다. 아울러 지구온난화로 남극 빙하가 전부 녹으면 지구의 해수면은 58m 상승할 것으로 예측된다. 이처럼 극지는 지구 끝단에 위치하여 우리와 멀리 있지만, 극지의 변화에 따른 기후변화는 우리 일상과 밀접해 있다. 극지는 기후변화의 바로미터이자, 인류의 당면한 난제를 담고 있는 공간이기도 하다. 남극 내륙 빙하 수천 미터 아래 호수(빙저호) 속의 수백~수천만 년간 고립된 환경에서도 살아남은 생명체를 통해 그 기원과 진화기작을 연구하고, 3,000m 빙하 속 100만 년 전 공기를 통해 기후변화 대응에 필수적인 지구의 고기후를 복원할 수 있다. 또한 극한환경에 적응한 극지 생물 연구로 의약품 산업용 신소재 물질을 찾아내어 당뇨병 치료제나 산업용 효소 등의 응용화 기술을 통해서도 인류의 삶의 질 향상에 기여하고 있다.

우리나라 극지 진출의 시작

미국과 러시아를 비롯한 주요 선진국들은 극지의 중요성을 인지하고 일찍이 극지에 과학기지를 건설하는 등 극지에 대한 투자를 지속적으로 확대해왔다.

우리나라는 1988년 세계 18번째로 남극 상주 기지인 ‘세종과학기지’를 건립하면서 본격적인 극지 과학연구를 시작하였다. 2002년에는 북극에 다산과학기지를 개소하였고, 2014년에는 남극 제2기지인 장보고과학기지를 건립하였다. 특히 2009년 쇄빙연구선 아라온호를 건조한 이후 우리나라는 독자적으로 남·북극해에서 연구를 수행할 수 있게 되었다. 극지 진출에 있어서 주요 선진국에 비해 약 30년 정도 늦었지만, 우리나라는 국가 주도의 적극적 투자와 극지 과학자들의 열정을 바탕으로 더 멀리 더 빨리 도약할 수 있었다. 극지와 관련된 세계적 수준의 연구 성과들을 도출하고 있으며, 국제사회에서도 극지 거버넌스의 신뢰받는 파트너로 성장해가고 있다.

극지활동의 제도적 기반, 「제1차 극지활동 진흥 기본계획」 수립

극지활동의 체계적 지원을 위해서 2021년 4월에는 「극지활동 진흥법」을 제정하여 극지 인프라 운영, 극지연구와 과학기술 개발, 국제협력 등 다양한 극지활동 확대를 위한 기반을 마련하였다. 지난해 11월에는 극지활동 진흥법에 따라 남극과 북극을 아우르는 극지활동 진흥 법정 기본계획인 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027년)」을 수립하여 국무회의에서 심의·의결하였다. 대한민국은 이제 극지활동 ‘추격자’에서 ‘선도자’로 도약하는 국가 전략을 수립하게 된 것이다. 이번에 수립된 기본계획은 ‘국민을 위한 극지선도국가’라는 극지활동의 비전과 이를 실현하기 위한 5대 추진 전략과 대표과제 등을 담고 있다.



남극 내륙 연구 확대와 북극 고위도 진출을 통한 미지의 영역 탐사 확대

제1차 극지활동 진흥기본계획의 첫 번째 전략은 '남북극 미지의 영역 탐사 확대'이다. 2030년까지 남극 내륙에 세계 6번째 기지를 건설하고 기존의 해안에 위치한 남극기지에서는 하기 어려웠던 내륙 연구를 집중 추진해 나가고자 한다. 남극 내륙에는 100만 년 전의 공기를 그대로 품은 깊이 3,000m 이상의 심부 빙하, 오랜 기간 고립된 상태로 생존해 온 미생물이 존재하는 빙저호 등 아직까지 인류의 손길이 닿지 않은 영역이 다수 존재한다. 극지연구 선도국들은 이러한 지구의 비밀을 풀기 위해 일찍부터 내륙기지를 건설하여 경쟁적으로 탐사해오고 있으며, 우리나라도 내륙기지를 건설하게



되면 그간 누적된 연구 경험과 연구 인프라 등을 바탕으로 남극 내륙 연구를 주도해 나갈 것으로 기대한다. 한편 2027년부터는 현재 두 번째 건조 중인 '차세대 쇄빙연구선'이 세계 최고 수준의 쇄빙 능력(1.5m/3노트)을 바탕으로 북극 연구를 전담하게 된다. 새로운 쇄빙연구선이 건조되면 기존 쇄빙연구선 아라온호로는 접근할 수 없었던 북극점을 포함해 고위도 북극 바다까지 나아가 해빙(海氷) 변화, 북극해 공해상 수산자원 연구 등을 주도하게 될 것이다.

극지 기후·환경 관측과 변화 예측기술 개발을 통한 기후·환경 등 인류의 현안 해결 기여 확대

두 번째 전략은 '기후·환경 문제 해결 주도'이다. 기후변화의 최전선인 극지의 환경 변화를 통해 전 지구적 변화를 예측한다. 북극에서의 해빙 변화가 우리나라 사계절에 미치는 영향을 밝히는 것은 물론이고, 남극 빙하의 용해에 따른 미래 해수면 상승을 예측한다. 국제협력을 바탕으로 향후 100년까지의 해수면 상승 예측 시나리오를 제시할 예정이다. 또한 북극 동토층이 녹으면서 예상되는 유해 미생물 출현의 위험성 파악 등 온난화로 인한 극지 생태계 변화를 모니터링하고 기후 위기가 초래하는 재해 예측기술 또한 확보하고자 한다.

극지 경제·산업 활동 확대를 위한 극지 특화 기술과 수산생명자원 개발을 통한 국가 경제에 기여하는 극지 산업의 기반 마련

세 번째 전략은 '국가 경제에 기여하는 극지산업 기반 마련'이다. 아직 전 세계적으로 '극지산업'이라고 분류할 수 있는 시장은 형성되지 않은 단계이다. 그러나 극한지에 특화된 신기술 등 극지와 관련된 기술 개발이 활발히 이루어지고 있어 우리나라도 미래 산업의 신시장 진출에 적극 대비할 필요가 있다. 한편 북극의 해빙(海氷)이 녹아내림에 따라 새롭게 열리게 될 물류 루트인 북극 항로에 대한 운항 경쟁력을 확보해 나갈 계획이다. 대표적으로 북극에서 컨테이너 운송이 가능한 '친환경 쇄빙컨테이너선'을 개발하고, 더불어 자율운항시스템을 비롯하여 우리나라 선사들이 북극 항로에서 안전하게 운송할 수 있는 기술을 개발해 나갈 예정이다. 또한 탄소중립 등에 따른 에너지 안보 문제에 대응하기 위해 북극권 국가와 협력하여 친환경 에너지 사업에 적극 참여하고, 우리나라 기업의 관련 사업 진출을 지원할 계획이다. 아울러 극한 환경에서 생존이 가능한 극지 생물자원을 활용한 항생제 물질과 치매치료 물질, 항균·면역조절물질 등 신규 의약품질을 개발하여 해양 바이오산업의 활성화에도 적극 기여할 것이다.

국내 민·관극지 협력체계 구축과 북극권 국가와 협력 확대를 통한 국내외 협력생태계 및 문화 조성

네 번째와 다섯 번째 전략은 위의 전략들을 추진하기 위한 지원 체계로서 '국내외 협력생태계 조성'과 '극지활동 참여문화 구축'이다. 극지활동의 다양한 이슈에 체계적으로 대응하기 위해 '범정부

극지정책 협의체'를 구축하고, 북극권 8개 국가와 맞춤형 협력사업을 발굴한다. 또한 쇄빙연구선과 같은 극지활동 인프라를 민간과 공유하고, 극지 장학사업 등 다양한 프로그램으로 극지활동 관련 전문인력을 양성한다. 그리고 마지막으로 이러한 극지활동의 의미와 중요성을 국민과의 소통을 통해 확대해 나가고자 한다.

극지활동의 새로운 시작과 도약

2023년 올해는 「제1차 극지활동 진흥 기본계획」 이 시행되면서 우리나라는 극지활동 체계적 진흥을 위한 법과 정책적 기반을 모두 갖추었다. 특히 이번 기본계획에는 차세대 쇄빙연구선 건조와 남극 내륙기지 구축을 통해 우리나라 극지활동의 수준 도약을 위한 기반 구축 과제가 담겨 있다. 또한 대한민국이 전 지구적인 기후와 환경 변화에 주도적으로 대응하고, 극지활동과 관련된 첨단 기술을 바탕으로 극지산업의 새 시장을 열어가는 미래 방향을 함께 담고 있다. 이번 계획의 목표 달성으로 우리나라가 앞으로 글로벌 위기 해결을 주도하는 극지활동 선도 국가로 자리매김할 수 있도록 정부도 「제1차 극지활동 진흥 기본계획」 이 차질 없이 이행될 수 있도록 최선을 다할 것이다.

극지 프린티어 과제

NEW POLAR PROJECT

1

미지의 영역 진출 프로젝트

남극 대륙과 북극해에서 지구와 우주 탄생의 비밀을 밝히다

Navigate the Future

- 차세대 쇄빙연구선을 활용한 북극점 공동연구 탐사('27)
- 빙저호('25), 심부빙하('27) 시추를 통한 지구의 과거 규명
- 세계 6번째 남극내륙기지 구축('30)

2

기후변화 대응 프로젝트

기후변화의 최전선에서 지구와 인류의 미래를 보다

Eco Transition

- 북극 전역 해빙(海氷) 변화의 실시간 관측을 위한 초소형위성 개발('25)
- 남극 전역 빙상 용융에 따른 전 지구 해수면 상승 시나리오 제시('27)
- 대기-해양-해빙 통합모델 기반 북극발 한반도 재해기상 예측('27)

3

극지 신기술 선도 프로젝트

초격차 기술로 극한지에서 새로운 시장을 열다

World Technology

- 친환경 쇄빙컨테이너선 건조 기술 확보('26)
- 북극권 친환경 수소에너지 기반 탄소제로 연구인프라 조성('27)
- 극지 생물자원 활용 신규 의약품(항균, 면역기능조절물질) 확보('29)

신형철 극지연구소 부소장



중앙북극해 해양생태계 보전의 주역으로 부상하는 대한민국

얼어붙은 북극 바다가 열리면서 커지는 수산자원 수확에 대한 기대를 엄격하게 관리하고 합리적으로 만족시킬 수 있도록 과학을 우선으로 하며 최소 16년간 상업 조업을 잠정 금지하는 중앙북극해 협정이 합의되고 발효되었다. 이 협정은 국제공해역 생태계 보전과 자원관리에 대한 파격적인 선제대응이며 비북극권 국가가 대등한 위상으로 북극 거버넌스에 참여하게 하는 중요한 의미를 지닌다. 코로나 감염증의 대유행과 심화된 지정학적 갈등을 비롯한 난제를 슬기롭게 헤치고 첫 번째 당사국 총회가 대한민국의 극지연구소에서 성공적으로 개최되었다. 이 과정에서 우리나라는 협정 이행에 필요한 동력을 유지하고 진전시키는데 크게 기여하였다. 과학기구가 공식 설치되고 공동과학연구 및 모니터링 프로그램과 데이터 공유 프로토콜을 완성하기 위한 작업반을 가동하게 된 것은 우리나라가 유지하고 마무리한 창립총회의 대표적 성과였다. 우리는 이제 우리의 기반시설과 과학역량을 십분 활용한 실질적 지식 기여로 미답의 북극해 수산자원을 환경친화적으로 수확하고 활용하기 위한 초석을 놓을 것이다. 네트워크를 다지고 위상을 강화하며 북극해 거버넌스 의사결정에 주도적으로 참여하는 것은 우리가 놓칠 수 없는 과제이다.

새로 열리는 북극해 공해역과 국제 규범

얼어붙은 북극바다가 녹고 빙길이 열리면서 기대하는 경제적 이익 가운데 하나는 수산자원의 수확이다. 북극 아래 위치한 찬 북태평양 바다가 세계 수산물 생산량 공급의 40% 남짓을 차지하고 있고, 전 지구적 온난화 현상이 이 어장을 더 북쪽으로 밀어 올릴 가능성에다 앞에서 언급한 대로 훨씬 더 쉬워질 접근성을 더하면 전혀 근거 없는 희망이 아니다. 하지만 인류의 중요한 단백질 공급원으로 변함없는 수산물의 가치와 더불어 생각하지 않을 수 없었던 것은 남획과 자원의 고갈을 되풀이해온 인류의 국제공해역 원양어업 역사였다. 그에 대한 반성으로 중앙북극해 공해상 비규제 어업 방지 협정(CAOPA: Agreement to Prevent Unregulated High Seas Fisheries in the Central Arctic Ocean)이라는 국제규범이 만들어졌다. 이 협정은 북극연안국들의 배타적 경제수역(EEZ) 바깥 중앙 북극 공해를 대상수역으로 하며 해양생물자원 보전과 지속 가능한 이용을 달성하기 위한 목적으로 체결되었고, 미국과 러시아 등 5개의 북극 연안국과 우리나라를 포함해 북극에 해안선을 갖고 있지 않지만 원양어업 역량을 갖고 있는 다른 5개국 정부가 서명하며 당사국이 되었다.

이 협정의 가장 큰 요지는 협정수역의 해양생태계에 대해 과학적 지식이 충분히 쌓이고 적절한 관리체계가 마련될 때까지 이 수역에서 상업 조업을 최소 16년간 잠정 금지하는 것이다. 협정 발효 후 2년 내 공동과학연구 및 모니터링(JPSRM: Joint Program of Scientific Research and Monitoring)을 개발해서 시행하고 시험 조업에 대해서도 3년 안에 관리 조치를 제정해야 한다. 향후 이곳에서 축적된 연구 결과와 정해진 절차에 따라 상업 조업 개시 여부가

결정된다. 어업이 시작되기도 전에 유예조치를 결정했고 종합적인 연구와 생태계 감시를 숙제로 했으니 “사전예방주의 원칙”과 “생태계적 접근”을 가장 선제적으로 적용한 사례라고 할 수 있으며 협정의 기한을 제대로 된 관리체계가 들어설 때까지로 한정했다는 점에서 임시적인 체제이고 단계적 접근이라 할 수 있다. 상업 조업의 개시 여부를 과학적 판단에 맡긴 것, 그리고 공해역 거버넌스임에도 불구하고 원주민 지식의 활용과 과학지식과의 통합을 요구한 것은 이 협정의 가장 획기적인 측면이다.

중앙북극해 공해역 비규제어업 방지 협정의 탄생과 이행 경과

10개국 정부가 2018년 10월 3일 그린란드 일루리사트에 모여 중앙북극해 공해상 비규제 어업 방지 협정(이하 CAOPA)에 서명하였다. 이후 서명국들은 협정을 비준하기 시작했고 중국이 마지막으로 합류해서 2021년 6월 25일 발효되었다. 사실 이 협정이 성안될 때까지 2년간에 걸쳐 6번의 결코 쉽지 않은 논의와 협상의 장이 마련됐었다. 우리나라는 북극 연안 5개국, 그리고 다른 비연안 5개 정부의 일원으로 이 협정의 문안 협상 단계부터 참여한 당사국이었다. 이 과정에 참여하게 된 배경에 우리나라 원양 선단이 북극해 및 인근 해역에서 어업을 수행할 능력이 있다는 점과 더불어 쇄빙연구선 아라온호를 활용한 우리의 꾸준한 북극해 연구가 있는 것은 분명하다.

비북극권 국가들이 북극권 국가와 동등한 자격으로 참여한 첫 정부 간 협정이며 또 우리나라가 국제협약의 원초 서명국이 되는 흔치 않은 예였다. 기존 북극이사회에 옵서버 국가로 참여하는 것과는 차원이 다른, 북극권 거버넌스에 의사결정 주체 중 하나로 자리

매김하였다는 사실은 실로 막대한 의미가 있다고 하겠다. 협정의 발효 이전부터 협정 기탁국인 캐나다의 제안으로 2019년 5월 CAOFA 서명국들이 캐나다 오타와에 모여 준비회의(Preparatory Meeting)를 열고, 협정의 순탄한 이행을 위해 현안을 해소해나가는 과정과 향후 일정에 대해 합의한 바 있다. 우선 10개 서명국의 지명을 받은 전문가들로 구성된 ‘임시과학조정그룹(PSCG: Provisional Scientific Coordinating Group)’ 회의를 개최하여, JPSRM과 데이터 공유 방안을 마련하고, 북극 원주민 지식의 기여 방안 및 CAOFA 차원의 의사결정 과정에서 원주민 참여 방안을 검토하도록 과제를 부여하였다. 그리고 2020년 중반 즈음 10개국 정부 간 준비총회(Preparatory Conference)를 열어 서명국 간 후속 논의를 진전시키는 계획을 세웠다. 하지만 코로나19 감염증의 대규모 확산과 이로 인한 출입국 규제는 협정의 이행에도 치명적인 타격을 입혀 몇 차례 연기되다 당초 2020년 중순 열기로 한 준비총회를 2021년 6월이 되어서야 가까스로 온라인으로 개최하기에 이른다. 거의 동시에 중국이 마지막으로 협정을 비준했다는 소식이 전해지면서 협정 발효 후 2년 혹은 3년 시한으로 마쳐야 할 과업들을 제시간에 마무리해야 할 당위가 다시 확인되었고, 협정 이행 시계를 신속하게 돌려야 할 필요가 분명해졌다. 또한 CAOFA 발효(2021.6.25.) 이후 모든 당사국 정부가 모이는 첫 당사국 총회를 대면 회의 형태로 한국에서 개최하기로 결정했다. 역사적인 CAOFA 창립총회를 우리나라로 유치하게 된 것이다.

CAOFA 제1차 당사국총회 개최와 성과

2022년 11월 23~25일 CAOFA 제1차 당사국총회(COP)가 우리나라 극지연구소에서 성공적으로 개최되었다. 당사국총회는 캐나다의 Nadia Bouffard 임시 의장, 대한민국의 홍영기 임시 부의장 주재로 10개 당사국과 유관 국제기관 옵서버까지 모두 75명이 참석하였다. 첫 당사국총회에서 CAOFA 정상 이행의 중요성과 다짐을 새롭게 하고 이를 달성하기 위해 10개 당사국 모두가 동의하는 중요한 의사결정이 이루어진 것은 큰 성취였다. 먼저 기존 임시과학조정 그룹(PSCG)에서 임시를 떼어내고 CAOFA의 과학기구로 ‘과학 조정그룹(SCG: Scientific Coordinating Group)’을 공식 설치하고 SCG에 위임되는 업무 내역(Terms of Reference)에 합의하였다. SCG 산하에 실제 작업 추진을 위해 두 개의 워킹그룹, 매핑 및 모니터링 워킹그룹(MM-WG)과 데이터 공유 프로토콜 워킹그룹(DSP-WG)을 두기로 하였다. 또 오랫동안 합의하지 못하고 온라인 회의를 지루하게 계속해 왔던 당사국총회 의사규칙(Rules of Procedure) 안에 대해서도 동의를 달성했다. 그동안 의사정족수(quorum)와 옵서버 초대 등 일부 항목에 대해서 지속된 견해차를 당사국들이 동등한 자격과 권한으로 참여한다는 협정의 큰 원칙에 부합하는 방향으로 해소할 수 있었다.

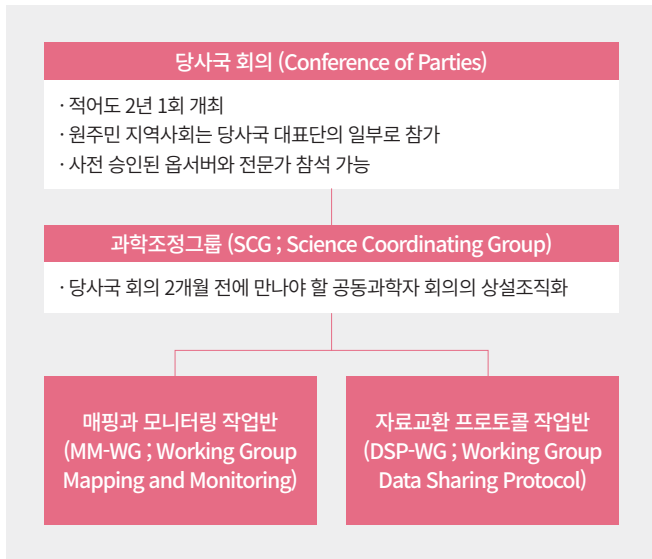
당사국총회와 과학조정그룹을 이끌어갈 의장단과 SCG 워킹그룹 공동의장국에 대해 의사결정을 한 것도 중요한 성과였다. 당사국 총회는 기존 임시 의장단이 정식 승인을 받아 4년 임기를 시작하게



[그림 1] 중앙북극해 비규제어업방지협정의 역사와 향후 여정

되었다. SCG 의장은 미국의 John Bengtson 박사가, 부의장은 EU 추천의 Sebastian Rodriguez 박사가 지명되고 지지를 받았다. SCG의 2개 워킹그룹에 대해서는 매핑 및 모니터링 워킹그룹 (MM-WG)은 캐나다와 EU가, 데이터 공유 프로토콜 워킹그룹 (DSP-WG)은 중국과 미국이 공동의장국으로 추진의 책임을 나눠 갖기로 했다.

향후 일정에 대해서도 2023년 3월 미국에서 SCG 첫 회의를 대면 및 온라인으로 갖고, 2개의 워킹그룹이 마련한 JPSRM 및 데이터 공유 방안을 시한 내 마무리하기 위한 검토를 진행하기로 하였다. 이어서 6월 한국에서 다시 당사국총회를 개최하여 SCG에서 보고한 JPSRM 및 데이터 공유 방안을 당사국들이 승인할 계획이다. 또 3년간의 시한을 갖는 시험조업 관리 조치에 대해서는 2023년 초 기본적인 질문과 쟁점을 정리하는 초안 작성그룹(drafting group) 회의를 온라인으로 개최하여 2024년 6월에 도래하는 시한에 맞춰 준비하기로 하였다.



[그림 2] 중앙북극해 비규제어업방지협정의 구성 체계와 조직

이번 당사국총회가 성공적으로 개최되는 데는 우리나라의 기여가 실로 적지 않았다. 심각한 지정학적 어려움 속에서도 우리 외교부와 홍영기 부의장은 다른 당사국들과 수차례 대면 혹은 화상 양자 협의를 통해 각국의 입장을 파악하고 설득하고 조율하여 창립총회인 이번 당사국총회에 결국 10개 당사국이 모두 현장 참석할 수 있도록 하였다. 우리 정부대표단의 구성과 회의 대응을 위해서도 외교부와 해양수산부, 각 전문기관이 머리를 맞대고 힘을 합쳤다. 극지연구소는 CAOFA의 역사적인 첫 당사국총회 회의장이 되었고, 회의 기록 작성 등 원활한 진행을 위해 기여했을 뿐 아니라 이번 당사국총회의 의미를 다양한 시각에서 학술적으로 새겨보는 사전 행사를 기획했다. 회의 한 달 전 10월 북극써클 총회에서 CAOFA를 주제로 한 세션을 미국 Wilson Center 등과 공동 개최하고, 또한 제1차 당사국총회 하루 전인 11월 22일에 미니 심포지엄을 주최하여 CAOFA의 주요 쟁점에 대해 과학, 원주민 사회, 다른 전문 조직의

경험과 식견을 집대성하는 담론의 장을 제공하여 당사국 정부 대표단들과 원주민단체로부터 시의적절하고 의미 있는 노력이었다는 호평을 받았다.

CAOFA의 미래와 우리

한 번도 수확이 이뤄진 바 없는 미답의 공해역에서 보전과 지속 가능한 개발이 조화되도록 원칙을 제도와 규범으로 만드는 것, 그리고 다양한 층위에서 여러 갈래로 펼쳐지는 복잡한 북극 거버넌스 환경에서 비북극권 국가들이 북극권 국가들과 대등한 위상으로 역할을 할 수 있게 하는 법적 장치를 만드는 것은 그 큰 의미만큼 까다로운 난제였다. 코로나 감염증의 창궐이 변이를 거듭하며 잦아들지 않고 2022년 2월 말 러시아의 우크라이나 침공으로 고조된 지정학적 갈등 등 당면한 어려움에도 불구하고 10개 당사국이 모두 모여 협정 이행이 공식 가동되도록 한 것은 그 자체로 큰 성공이고 자부심을 가져도 될 만한 업적이다. 이행을 위한 협상 과정에서 러시아에 대한 설득과 원주민 지역사회의 공감을 얻는 것은 결코 가볍지 않은 숙제였다. 가장 긴 북극 해안선을 가진 러시아의 참여가 배제되는 순간 협정의 온전한 이행에 하자가 생길 수 밖에 없는 숙명적 현실이 있었다. 원주민 사회와의 협력과 지식의 활용은 의지 외에도 학습과 성공적인 경험이 계속 필요한 경우였다. 상업 어획이 금지되는 향후 16년 동안 당사국들은 북극의 미래에 대해 각기 기대하는 자신들의 위상과 역할을 위해 진력할 것이다. 속내는 저마다 다르겠지만 과학이 가장 큰 자산이며 무기이고 한동안 과학의 시간이 될 것임은 의심할 나위가 없다. 우리는 이미 중앙북극해와 길목 해역 특히 척치해와 동시베리아에서 해빙 환경의 급변, 생물종의 이동, 생태계의 적응에 대해 독보적인 연구 성과를 내고 있으며, 앞으로도 과학연구와 이에 기반을 둔 조연 생성을 통하여 CAOFA 내 건설적 활동과 동 협정의 정상 이행을 적극 지원할 것이다. 북극 현안을 해결하는 데 있어 정보와 지식 제공이라는 실질적인 기여도 중요하지만 그에 맞는 인적 진출과 위상 강화 또한 우리의 리더십과 건설적 역할을 확대하는 데 필수 요소이다.



[그림 3] CAOFA 발효 후 첫 당사국총회가 2022년 11월 23~25일 우리나라에서 개최되었다. 제1차 당사국총회의 성공적인 개최를 통해 협정의 정상 이행을 위한 동력이 유지될 수 있었다.



ISSN 2733-7529 (Print)

ISSN 2733-7537 (Online)



발행일: 2023년 3월

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