

# POLES & GLOBE

## 극지와 세계

2021 JUNE  
VOL. 03

북극 소용돌이 연구, 기후예측의 새로운 출발점

김백민 부경대학교 환경대기학과

남극 운명의 날 예측을 위한 국제 선도 연구

: 남극 빙봉 하부 탐사

이원상 극지연구소 빙하환경연구본부

우리나라 북극연구 협력플랫폼으로서의

한국북극연구컨소시엄(KoARC)의 역할 진단과 미래 방향

서현교 KoARC 사무총장

최영준 극지연구소 정책개발실장



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

3p 김백민 부경대학교 환경대기학과

**북극 소용돌이 연구, 기후예측의 새로운 출발점**

금세기 들어 북극의 온도가 전지구 평균온도 상승에 비해 2~3배 빠른 속도로 급격히 상승하고 있다. 북극과 중위도 지역의 온도 차이는 두 지역 사이에서 부는 바람의 세기를 결정하는 요인이어서 북극의 급격한 온도상승은 제트 기류의 세기를 약화시키고 있고 이에 따라 북극 소용돌이가 더욱 거세게 요동치고 있다. 북극 소용돌이가 주로 한반도를 포함한 동아시아 지역과 북미지역에 극단적인 이상 기상현상의 발생과 밀접한 관련이 있음은 선행 연구들을 통해 밝혀지고 있으나 이제는 관련성의 차원을 넘어 북극 소용돌이를 예측하고, 소용돌이 전개 양상에 따른 지역별로 차별화된 기상 영향을 명확히 밝혀내야 할 단계로 접어들고 있다. 하지만 그 중요성에 비해 국가적인 투자는 아직 미흡한 실정이다. 북극의 고온현상 증폭에 따라 북극 소용돌이의 변동성이 커지고 있는 지금, 기후변화 문제에 대응하기 위해 북극 소용돌이의 관측, 모델링을 통한 재현 및 미래 예측 연구에 대한 투자와 연구 집중이 필요한 시기이다.

5p 이원상 극지연구소 빙하환경연구본부

**남극 운명의 날 예측을 위한 국제 선도 연구**

**: 남극 빙붕 하부 탐사**

IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체)는 2019년 '해양 및 빙권 특별보고서'에서 2100년이면 전지구 평균 해수면이 무려 1.1m까지 상승할 것으로 예측하고 있으며, 이는 기후변화로 인한 가장 광범위한 자연재해 중 하나로 인식되고 있다. 해수면 상승에 매우 취약한 연안지역의 체계적인 대응 방안 마련을 위해서는 과학적 사실에 근거한 올바른 정책적 결정이 가장 중요하다. '운명의 날 빙하'라고 불리는 서남극 스웨이츠 빙하 지역은 얼음질량 감소가 가장 빠르게 진행 중이어서 미래 평균 해수면이 예측조차 할 수 없을 정도로 급상승할 가능성이 높다. 육상의 얼음이 바다로 향하는 흐름은 빙붕에 의해 효과적으로 속도가 조절되고 있지만 빙붕이 붕괴되기 시작하면 결국 전지구 평균 해수면의 급격한 상승은 불가피하게 된다. 또한 빙붕은 대기온도와 빙붕 하부 해양 특성에 의해 안정성에 큰 영향을 받는데, 현장탐사 혹은 인공위성 원격탐사 등 다양한 관측 방법으로 자료 획득이 가능한 대기온도와는 달리 빙붕 하부에 대한 직접 관측은 기술적 한계로 대부분 미지의 영역으로 남아 있어 빙상 및 해수면 변동 예측 정확도 향상을 위해서는 반드시 해결해야 할 부분이다.

8p 서현교 KoARC 사무총장 최영준 극지연구소 정책개발실장

**우리나라 북극연구 협력플랫폼으로서의**

**한국북극연구컨소시엄(KoARC)의 역할 진단과 미래 방향**

우리나라의 북극정책에 기반한 북극 진출 역량 강화에 한국북극연구컨소시엄(KoARC, Korea Arctic Research Consortium)이 기여하기 위해 보다 목적 지향적인 플랫폼으로서의 방향 모색이 요구된다. 현재까지 KoARC이 우리나라 북극 연구 중장기 연구 방향을 마련하고, 연구 수요 도출과 이슈 발굴에 집중했다면, 앞으로는 목표지향적인 '전략형 협력 플랫폼'으로서의 전환을 모색해야 한다. 북극 거버넌스에서 우리나라의 역할 확대에 기여하기 위해 전략적 과제발굴과 연구수행을 적극 지원하고, 산업계 및 정부의 정책 수요 등을 반영하는 융복합 연구 성과 창출로 산업계의 북극 진출과 정부의 정책 실현 등에 기여해야 한다. 이러한 목표 실현을 위해 우리나라 대표 북극 연구 협력 플랫폼으로서의 역할과 위상 확보를 위해 그간의 역할과 성과를 면밀히 진단하고, 발전적인 미래 방향을 설정해야 할 것이다.

# 북극 소용돌이 연구, 기후예측의 새로운 출발점

김백민

부경대학교 환경대기학과

금세기 들어 북극의 온도가 전지구 평균온도 상승에 비해 2~3배 빠른 속도로 급격히 상승하고 있다. 북극과 중위도 지역의 온도 차이는 두 지역 사이에서 부는 바람의 세기를 결정하는 요인이어서 북극의 급격한 온도상승은 제트 기류의 세기를 약화시키고 있고 이에 따라 북극 소용돌이가 더욱 거세게 요동치고 있다. 북극 소용돌이가 주로 한반도를 포함한 동아시아 지역과 북미지역에 극단적인 이상 기상현상의 발생과 밀접한 관련이 있음은 선행 연구들을 통해 밝혀지고 있으나 이제는 관련성의 차원을 넘어 북극 소

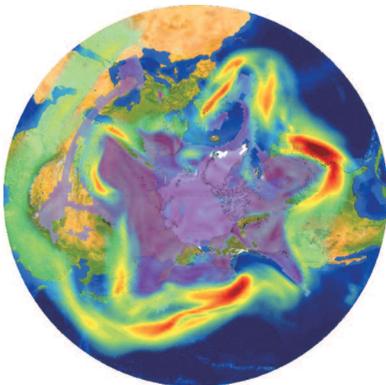
용돌이를 예측하고, 소용돌이 전개 양상에 따른 지역별로 차별화된 기상 영향을 명확히 밝혀내야 할 단계로 접어들고 있다. 하지만 그 중요성에 비해 국가적인 투자는 아직 미흡한 실정이다. 북극의 고온현상 증폭에 따라 북극 소용돌이의 변동성이 커지고 있는 지금, 기후변화 문제에 대응하기 위해 북극 소용돌이의 관측, 모델링을 통한 재현 및 미래 예측 연구에 대한 투자와 연구 집중이 필요한 시기이다.

## 지구상 가장 큰 소용돌이, ‘북극 소용돌이’

기상학자가 아닌 일반인들에게 지구상에서 가장 큰 규모의 소용돌이를 꼽으라고 하면 무엇을 떠올릴까? 아마도 태풍을 가장 많이 떠올리지 않을까?

그러나 정답은 북극 소용돌이(polar vortex)이다. 북극 소용돌이는 극지방을 소용돌이처럼 휘감고 돌고 있는 최대 지름 6,000 km의 한랭한 공기덩어리 자체를 의미한다. 기온은 무려 영하 50~60도에 달한다. 북극 소용돌이를 그림으로 표현하면 아래 [그림1]과 같다. [그림1]은 비교적 북극 소용돌이의 구조가 선명하게 드러나고 있는 2014년 1월의 어느 날을 골라 기상학자들

이 주로 사용하는 과학 데이터를 가공하여 눈에 선명하게 드러나도록 그린 그림이다. 그림의 가운데 북극을 감싸고 있는 큰 별모양의 공기 덩어리가 바로 북극 소용돌이의 실체다. 이 거대한 북극 소용돌이는 왜 만들어지는 걸까? 근본적인 원인은 극지역이 너무 춥기 때문이다. 바닥이 지나치게 추워서 극지역의 공기 기둥이 수축하게 되면 극지 상공에 거대한 저기압이 생기게 되는데, 이것이 곧 북극 소용돌이다. 이렇게 만들어진 북극 소용돌이의 경계를 감싸면서 중위도 공기와 구분 짓는 얇은 파이프 같은 공기의 흐름이 발생하는데, 이를 플라 제트(Jet-stream)라고 한다. 대기에 존재하는 일종의 바람의 강이라고 할 수 있으며, 지구상 가장 빠른 바람길이다. 사람들이 흔히 제트기류라고 부르기도 한다. 플라 제트는 중위도 지역의 기상현상에 큰 영향을 준다. 중위도 지역에서 발생하는 대부분의 기상현상이 제트기류의 강한 바람 속에 응축되어 있는 에너지를 뿜아 쓰기 때문에 기상현상은 제트기류를 따라 발생하는 경향이 있고, 또 제트기류가 끊어지거나 남북 방향으로 굽이치면서 요동을 치는 곳에는 대개 극단적인 기상현상이 동반되곤 한다.



[그림1] 2014년 1월 북극 상공에서 관측한 북극소용돌이 양

## 북극 소용돌이와 중위도 극한 기상현상의 연관성

한편, 북극의 온도가 급격히 상승하면 북극 소용돌이에는 어떤 변화가 생길까? 극지역의 온도에 민감한 북극 소용돌이와 그 주

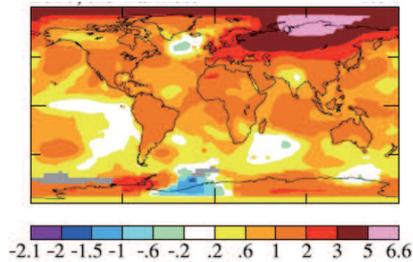
변 경계 공기의 흐름인 제트기류에도 큰 변화가 생기고 이에 따라 다양한 극단적인 기상현상들의 발생 증가가 예상된다. 하지만 아직 새로운 분야이다 보니 지역별로 구체적으로 어떤 극단적인 현상들이 북극 소용돌이와 관련이 있고 과거 발생하던 극단적인 기상현상들과는 어떤 측면에서 달라지는지에 대해 세밀하게 조사한 연구는 극히 드물다.

북극 소용돌이 연구는 생각보다 역사가 길지 않다. 이는 기상학자와 기후학자들이 오랫동안 갖고 있던 고정관념과 무관하지 않다. 바로 적도지역의 대류활동과 해수면 온도 변동이 지구의 기후를 조절한다는 개념이다. 대표적으로 엘니뇨와 라니냐 현상이 있다. 따가운 햇살을 받은 적도지역의 수증기를 듬뿍 머금은 공기가 무서운 속도로 치솟아 거대한 구름덩어리를 만들고, 이는 대기의 상층 파동을 조절하여 중위도 지역의 큰 기후변동을 만들어낸다는 논리이다. 지난 수십 년간 대기과학자들은 매력적인 적도와 중위도 기후변동의 연결고리를 명확하게 하기 위해 수많은 관측 연구와 모델링 연구를 거듭해 왔고, 상대적으로 자료가 부족하고 변동이 적었던 극지역은 대기과학자들의 관심 밖에 있었다.

우리나라도 이 문제를 풀어내기 위해 학계와 손잡고 북극과 중위도의 연결고리를 찾는 등 비교적 새로운 학문 분야를 개척해 나가고 있다. 특히 성층권 북극 소용돌이는 대류권의 기상현상들과 밀접하게 상호작용하고 있으며, 대류권에서 엘니뇨·라니냐 혹은 북극 해빙 감소와 같은 큰 변화가 있는 해에는 대류권에서 성층권으로 강하게 파동이 전파되어 성층권 북극 소용돌이가 수년에 한 번씩 갑자기 약해지는 현상이 나타난다. 이 현상은 북극 성층권의 온도가 순간적으로 50℃ 이상 치솟는 현상을 동반하기 때문에 '성층권 돌연 승온'이라는 이름의 현상으로 알려져 있다. 극지연구소에서는 최근에 성층권 북극 소용돌이가 급작스레 붕괴될 때 다양한 형태로 성층권 소용돌이 패턴들이 전이되는 양상이 나타날 수 있음을 보인 바 있다. 극지연구소로 중심으로 Choi et al. (2021)은 지상 수십 km 상공에서의 소용돌이 붕괴 양상에 따라 대류권에서 극단적인 한파가 유라시아 지역 혹은 북미 지역에서 나타날 수 있음을 보인 바 있다. 이러한 발견을 통해 극지역 중층 혹은 고층 대기의 현상들이 결코 중위도 지역의 기상현상들과 무관하지 않음을 보인 점은 고무적이며, 이 연구를 바탕으로 성층권의 소용돌이 전개 양상을 기상 예보에 활용하는 연구들이 다양하게 고안될 것으로 기대된다.

**더욱 예측하기 어려워지는 기후, 북극 소용돌이가 실마리**  
2000년대 들어 한 가지 큰 변수가 나타났다. 북극의 온도가

2000년대 들면서 급격히 치솟고 있는 것이다. 물론 지구온난화에 따라 북극의 온도가 빠르게 상승할 것이라 예상은 했지만 아무도 이와 같은 북극의 급격한 온도 상승을 예상하지 못했다. 특히 최근 북극권 시베리아 영구동토 지역과 이에 근접한 동시베리아해의 변화는 정말 심상치가 않다.



[그림2] 2020년 연평균 전지구 온도 편차. 편차는 1951년부터 1980년까지의 기후 평균 기준임. (Ref.: Hansen and Makiko 2020:Global Warming Acceleration)

위 그림을 보면, 2020년 지구가 산업혁명 이전에 비해 온도가 1.2℃ 높았던 데 반해 시베리아 영구동토 지역은 무려 온도가 6℃ 높았던 것으로 기록 되었다(그림의 분홍색 지역). 물론 2020년 한 해가 특이했던 것이었다고 애써 의미를 축소해 보더라도 연평균 기온 기준으로 상승폭이 6℃가 넘는 지역이 나타난 것은 처음 있는 일이며, 북극을 10여 년 이상 연구해온 과학자로서 필자도 큰 충격에 휩싸였다.

북극 소용돌이는 어땠을까? 아니나 다를까 2020년의 겨울은 북극 소용돌이가 크게 출렁거리면서 북미, 유럽, 동아시아를 번갈아가며 혹한의 추위와 폭설을 몰고 왔다. 작년뿐만이 아니다. 북극의 고온현상과 더불어 2000년대 이후 동아시아, 유럽, 북미 등 인구 밀집 지역은 겨울철 극단적 한파 발생에 시달리고 있다. 지구온난화로 지구의 평균 온도가 서서히 증가하고 있는 상황에서 다소 모순되어 보이는 극단적인 한파 발생은 학계에서도 뜨거운 이슈가 되고 있다. 극지연구소에서는 2014년 북극의 고온현상과 그에 따른 해빙 감소가 성층권 극소용돌이의 약화를 불러일으키고 이에 따른 연쇄반응으로 동아시아 지역과 북미 지역에 혹한이 찾아올 수 있음을 밝힌 바 있다(Kim et al. 2014). 우리나라 과학자들은 특히 북극과 중위도의 연결고리를 규명하는 데 있어 관련 분야 연구를 선도하고 있다. 이러한 성과들을 바탕으로 한 단계 더 나아가기 위해서는 아라온을 활용한 북극 관측 연구와 기후예측 모델 내에서의 북극 지역에 대한 예측성향상 연구가 보다 긴밀하게 연계되어 시너지를 내야 할 것으로 생각된다. 이를 위해 국가 차원에서 먼저 전폭적인 연구 지원이 이루어져야 하고, 관련 R&D 연구과제들을 중심으로 학연 협력 연구를 수행해야 할 것이다.

# 남극 운명의 날 예측을 위한 국제 선도 연구 : 남극 빙붕 하부 탐사

이원상

극지연구소 빙하환경연구본부

IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체)는 2019년 ‘해양 및 빙권 특별보고서’에서 2100년이면 전지구 평균 해수면이 무려 1.1m 까지 상승할 것으로 예측하고 있으며, 이는 기후변화로 인한 가장 광범위한 자연재해 중 하나로 인식되고 있다. 해수면 상승에 매우 취약한 연안지역의 체계적인 대응 방안 마련을 위해서는 과학적 사실에 근거한 올바른 정책적 결정이 가장 중요하다. ‘운명의 날 빙하’라고 불리는 서남극 스웨이츠 빙하 지역은 얼음질량 감소가 가장 빠르게 진행 중이어서 미래 평균 해수면이 예측조차 할 수 없을 정도로 급상승할 가능성이 높다. 육상의 얼음이 바다로 향하는

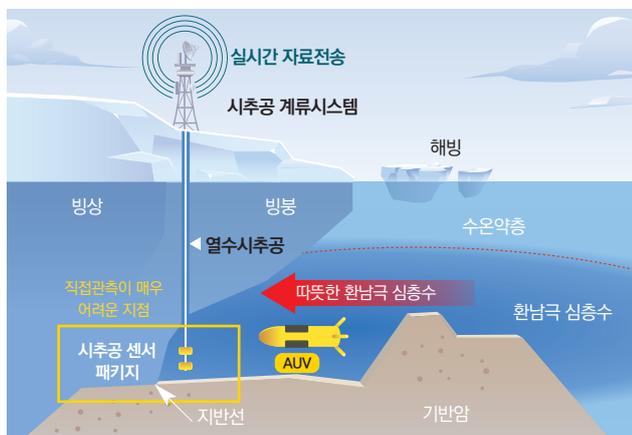
흐름은 빙붕에 의해 효과적으로 속도가 조절되고 있지만 빙붕이 붕괴되기 시작하면 결국 전지구 평균 해수면의 급격한 상승은 불가피하게 된다. 또한 빙붕은 대기온도와 빙붕 하부 해양 특성에 의해 안정성에 큰 영향을 받는데, 현장탐사 혹은 인공위성 원격탐사 등 다양한 관측 방법으로 자료 획득이 가능한 대기온도와는 달리 빙붕 하부에 대한 직접 관측은 기술적 한계로 대부분 미지의 영역으로 남아 있어 빙상 및 해수면 변동 예측 정확도 향상을 위해서는 반드시 해결해야 할 부분이다.

## 위기의 남극

남극은 지구상에서 5번째로 큰 대륙이며, 전지구 담수의 60%에 해당하는 엄청난 양의 얼음의 형태로 보존되어 있다. 이 극지역의 얼음이 모두 녹게 되면 순식간에 전지구 평균 해수면을 58m가량 상승시키는데 이는 상상을 초월하는 자연재해를 불러일으킬 것이다. 이러한 극지역의 빙하 중 해수면 상승에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 서남극 스웨이츠 빙하는 일명 ‘운명의 날 빙하’라고도 불린다. [그림1]을 보면 스웨이츠 빙하 지역에는 남극 대륙 위의 얼음(빙상, 빙하)이 바다와 만나는 부

분(지반선)까지 남극 대륙 주위를 빙글빙글 돌고 있는 짜고 따뜻한 환남극 심층수가 도달하여 지반선 후퇴와 더불어 빙붕 붕괴가 가속화되고 있다. 지반선 후퇴는 더 많은 육상의 얼음이 바다로 빠져나갈 수 있는 상황을 조성하는데, 해안선으로부터 남극 내륙 쪽으로 깊어지는 이곳의 독특한 얼음 하부 지형 때문에 더욱 빠르게 지반선 후퇴가 진행되어, 학계에서는 이미 ‘돌이킬 수 없는’ 상황으로 치닫고 있다는 의견이 지배적이다. 한편 빙붕은 내륙의 빙하가 바다로 이동하는 것을 효과적으로 막고 있는 일종의 코르크 마개와 같은 역할을 하고 있는데, 이 코르크 마개의 안전성도 역시 최근 들어 매우 빠르게 훼손되고 있는 상황이라 심히 우려되고 있다.

1960년대 이후 꾸준히 발전해온 인공위성 원격탐사 기술은 남극 빙하가 얼마나 빠르게 움직이고 있고 녹아내리는지에 대한 많은 의문점을 밝히는 데 크게 기여하였다. 하지만 여전히 왜 급격하게 얼음이 녹고 있는지 숨겨진 물리현상을 이해하기 위해서는 현장 탐사로 확보된 관측자료 분석이 무엇보다 중요하다. 특히 빙붕 하부 지반선 부근에서 어떤 일이 발생하고 있는지에 대해 직접 관측하는 연구 활동은 탐사의 난이도뿐만 아니라 획득 자료의 학술적 가치가 매우 높아 남극 빙상 및 해수면 변동 예측 분야에서 핵심 연구 주제 중 하나로 손꼽힌다.



[그림1] 남극 빙붕 하부 연구 모식도

## 미지의 세계로; 남극 빙봉을 이해하기 위한 탐사 기술

빙봉 하부 해양 및 해양저 환경을 직접 관측하기 위해서는 열수 시추를 활용한 반영구적 시추공 계류시스템 설치와 무인자율잠수정(Autonomous Underwater Vehicle; AUV) 투입과 같은 극한 탐사 기술이 대표적으로 활용되고 있다. 서로 성격이 다른 두 관측 방법을 함께 적용할 경우 상호보완적으로 연구 효율성이 극대화된다.

열수시추 기술은 약 90°C의 뜨거운 물을 얼음에 고압으로 분사하여 직경 30cm가량의 구멍을 뚫는, 단순하지만 대규모 현장지원과 다년간의 노하우가 필요한 기술이다. 빙봉의 경우 두께가 50~600m가량으로 얇아서 열수시추로 비교적 손쉽게 빙봉 하부 해양 접근이 가능하지만, 지반선 부근은 얼음의 두께가 약 1500m까지 두꺼워져 탐사 난이도가 급격히 높아진다. 일단 열수시추로 얼음에 구멍을 뚫고 나면 시추공을 통해 해양계류시스템 설치가 가능해진다. 이 열수시추 해양계류시스템(ice-through mooring system)은 연구 목적에 따라 다양한 해양 관측센서를 부착할 수 있어 지반선 부근 장기 해양 탐사에 가장 적합한 관측 방법이다.

한편 장거리 AUV는 수만 km<sup>2</sup> 크기의 넓은 빙봉 하부 영역을 단기간에 탐사 가능한 시스템으로 열수시추 해양계류시스템의 공간적 한계를 극복하는 데 결정적 도움이 된다. 더욱이 AUV에 탑재 가능한 다중빔 음향측심기(multibeam echo sounder) 및 청정 해수시료채집 장비 등은 다른 관측 방법으로는 획득 불가능한 자료를 확보할 수 있어 AUV 활용 빙봉 하부 탐사의 효율성을 극대화시킨다.

## 숨겨진 영역 탐사를 위하여, 'To see the unseen'

'운명의 날 빙하'인 서남극 스웨이츠 빙하는 시급성 및 파급효과 측면에서 남극 연구 커뮤니티 내 가장 주목받는 곳이다. 다른 극 지역 연구와 마찬가지로 빙하 및 주변 환경에서 일어나는 다양하고 복잡한 물리현상을 이해하기 위해서는 획기적인 관측 플랫폼을 활용한 국제협력연구가 필수적이며, 이를 위해 미국-영국의 스웨이츠 빙하 국제공동연구(ITGC; International Thwaites Glacier Collaboration)와 6개국(대한민국, 미국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드, 이탈리아)이 참여하는 대한민국 주도의 LIONESS-TG(Land-Ice/Ocean Network Exploration using Semiautonomous Systems-Thwaites Glacier) 협력 연구가 수행되고 있다. 여러 주요 연구목표 중 열수시추 기술 및 AUV를 활용하여 달성하고자 하는 노력은 가장 빠르게 녹고 있는 빙하의 지반선 부근 특성을 직접 탐사하여 그동안 감춰진 자료를 획득하

는 것이다.

열수시추 기술을 활용한 남극 얼음 하부 탐사(빙봉 하부 및 빙저 호 등)는 주로 미국 및 영국에서 기술 개발을 주도하고 있다. 우리나라에서도 2020년부터 영국 남극조사소(British Antarctic Survey)와 협력 연구를 통해 열수시추 장비를 도입하고 있으며, 2022년 1~2월 남극하계탐사 시 스웨이츠 빙하에서 가장 빠르게 지반선이 후퇴하고 있는 지역 약 1300m 두께의 빙봉을 열수시추하여 해양계류시스템을 설치할 계획이다. 해양계류시스템 설치 직전 시추공을 통해 지반선 부근 해양저 퇴적물 및 해수 채집 활동도 병행할 예정이다. 인공위성을 통해 준실시간으로 전송될 장기 해양 관측 자료는 향후 서남극 빙상 붕괴 시점을 예측하는 데 가장 중요한 자료로 활용될 것으로 기대를 모으고 있다. 빙봉 연구에 초점을 맞춘 장거리 AUV 탐사는 얼음의 두께, 해저, 빙봉 하부 해수의 특성 및 빙봉 하부 용융 과정에 대한 직접 관측자료를 동시에 획득할 수 있는 유일한 방법이며, 열수시추 해양계류시스템과 함께 빙봉 이해에 관한 전례 없는 정보를 제공할 것으로 예의주시하고 있다. 하지만 아직까지 우리나라는 빙봉 하부 탐사를 위한 장거리 AUV를 보유하고 있지 않아 국제협력연구는 선택이 아닌 필수적인 작업이다. 이를 위해 ITGC 및 LIONESS-TG는 열수시추 기간 동안 3개의 대형 AUV 프로그램을 구성하여 스웨이츠 빙하 공동 탐사에 역량을 집중하기로 결정하고 영국(이스트 앵글리아 대학), 스웨덴(예테보리 대학), 대한민국(극지연구소)-호주(태즈매니아 대학)의 핵심 AUV 연구진과 함께 태스크 팀의 리더십이 구성되었다. 각 연구 그룹은 3기의 대형 AUV를 스웨이츠 빙하의 동쪽과 서쪽에 배치하고 빙봉 아래 깊숙한 곳을 탐험하여 따뜻한 환남극 심층수 이동 경로를 조사하고 시추공 계류시스템과 연결하려는 야심찬 계획을 수립하였다. 영국의 Autosub는 뛰어난 장거리 운용 성능을 바탕으로 빙봉 하부 해저 곳곳을 헤엄쳐 다니며 해양 환경 자료를 확보하고, 스웨덴의 Hugin AUV는 매우 상세한 빙봉 하부 해저지형 자료를 취득할 예정이다. 우리나라는 호주와 협력하여 nupiri muka AUV가 해결해야 할 과학적 목표(해양-얼음 열전달, 용빙수 기원 추적 등)를 설정하고 획득 자료 분석에 집중할 계획이다. 우리나라로서는 대형 AUV를 활용한 과학적-운영적 측면에서 값진 경험을 축적할 것으로 기대된다.

## 새로운 극지연구 협력의 기회

우리나라는 2017년 2월 미국과 공동으로 남극 장보고기지 부근 난센빙봉에서 수행했던 빙봉 열수시추(두께 약 400m) 및 오랜 빙하 시추 경험을 바탕으로 독자적인 열수시추 기술 활용에

한걸음 다가섰지만, 여전히 장거리 AUV 활용 연구는 장비 부재 및 운용기술의존도가 높아 국제협력이 불가피한 실정이다. 게다가 장비 도입에 대당 50억 원가량이 소요될 뿐만 아니라 최소 6인 이상의 전문 엔지니어와 과학자가 팀을 이루어 상시 운용 및 관리를 해야 하는 시스템은 장거리 AUV 운용에 높은 진입장벽으로 작용한다. 이러한 대형 연구 인프라는 국가 차원의 지원이 필수적이나 재정적·전략적 투자 방향에 민감한 운용 시스템은 준비기간이 매우 길어 신속한 연구수요 대응 및 지속성 보장이 현실적으로 어렵다. 따라서 위험을 최소화하고 시너지 효과를 최대화하기 위해 서로 다른 다국적 장거리 극지 AUV 프로그램이 함께 협력하는 것이 시급하다는 데 공감대가 형성되었다. 이것이 국제 극지 AUV 태스크 팀(<https://www.soos.aq/activities/task-teams/auvs>)을 구성한 근본적인 이유이다.

### 인류의 미래를 위한 또 하나의 위대한 도전

다가올 남극 탐사 시즌에 국제공동연구팀은 도전, 흥분, 위험 속에서 '운명의 날 빙하'(스웨이츠 빙하) 탐사를 위한 경쟁을 계획하고 있으며, 이는 과거 남극 또는 달을 향한 목숨을 건 경주를 연상시킨다. 이전과 다른 가장 중요한 차이점은 각 국제공동연구팀이 스웨이츠 빙봉 하부를 광범위하게 탐사하기 위해 경쟁과 더불어 인류 공동의 문제인 기후변화 이슈해결을 위해 서로 협력할 것이라는 점이다. 여전히 남극탐험에는 우리가 예측하지 못하는 위험요소가 도사리고 있지만, 전혀 없는 국제협력 연구로 남극연구 커뮤니티와 더 나아가 기후변화 문제에 대응하기 위한 지속적인 노력으로 성공적인 결과를 가져올 것으로 기대한다.

# 우리나라 북극연구 협력플랫폼으로서의 한국북극연구컨소시엄(KoARC)의 역할 진단과 미래 방향

서현교  
KoARC 사무총장

최영준  
극지연구소 정책개발실장

우리나라의 북극정책에 기반한 북극 진출 역량 강화에 한국북극 연구컨소시엄(KoARC, Korea Arctic Research Consortium)이 기여하기 위해 보다 목적 지향적인 플랫폼으로서의 방향 모색이 요구된다. 현재까지 KoARC이 우리나라 북극 연구 중장기 연구 방향을 마련하고, 연구 수요 도출과 이슈 발굴에 집중했다면, 앞으로는 목표지향적인 ‘전략형 협력 플랫폼’으로서의 전환을 모색해야 한다. 북극 거버넌스에서 우리나라의 역할 확대에 기여하기

위해 전략적 과제발굴과 연구수행을 적극 지원하고, 산업계 및 정부의 정책 수요 등을 반영하는 융복합 연구 성과 창출로 산업계의 북극 진출과 정부의 정책 실현 등에 기여해야 한다. 이러한 목표 실현을 위해 우리나라 대표 북극 연구 협력 플랫폼으로서의 역할과 위상 확보를 위해 그간의 역할과 성과를 면밀히 진단하고, 발전적인 미래 방향을 설정해야 할 것이다.

## 미래 북극 진출을 주도할 성과 창출을 위한 협력 플랫폼으로서 KoARC

우리 정부는 작년(20.7월) ‘한국판 뉴딜정책’의 정책 방향으로 ‘디지털 뉴딜’을 제시하고 지속적으로 투자를 강화해나가고 있다. 현재 현실세계를 똑같이 구현한 ‘디지털 트윈’ 기술은 정책 결정에 필요한 정보를 분석하고 미래 예측을 위한 시뮬레이션 플랫폼으로 적극 활용되고 있다. 제조업뿐만 아니라 현재는 기상 예측, 홍수 등 자연재해의 피해 예측에 이르기까지 디지털 트윈이 정보 획득과 예측 플랫폼으로 쓰이고 있다. 이러한 디지털 트윈 기술이 과학, 산업, 인문 등의 분야를 넘어 다양한 분야와 융합이 가능하고, 우리나라가 관련 기술을 선도할 수 있는 분야이지만 아직 활용에 있어 크게 관심 받지 못하고 있는 지역이 있다. 바로 북극 지역이다.

실제로 사람이 혹한의 환경과 더불어 상호작용을 하며 살아가고 있는 북극은 에너지 자원과 미래 물류의 중심축으로서 기후·환경변화 등의 과학연구뿐만 아니라 안보, 자원, 거버넌스, 통신·인프라, 원(거)주민 복지 등 전 분야를 포괄하는 접근이 필요한 지역이다. 특히 환경적 요인 때문에 실제 관측 데이터를 활용하여, 안전을 위한 선박 운항 사전 시뮬레이션 등이 필수적인 곳으로 디지털 트윈 기술의 활용 가능성이 무한한 지역이다. 현재

우리나라가 디지털 트윈 기술 등을 활용해 한국형 북극 신항로 활용기술과 경제·안전운항 시뮬레이터 등을 개발한다면 북극권을 앞서는 선제적 진출 역량을 확보할 수 있을 것이다.

이를 위해서는 과학기술을 활용한 해빙 관측 분석 기술이 필요하고, 이를 바탕으로 디지털 트윈 등으로 실제 환경과 동일하게 북극환경을 구현하는 기술, 또한 해당 기술을 적용하는 데 필요한 선박 관련 기술, 최종적으로 북극권의 정책 동향 등이 융합되어야 최종 목표 달성이 가능할 것이다. 이러한 특성 때문에 북극은 각 분야의 유기적 협력과 융합이 있어야 실제 활용 가능한 성과를 도출할 수 있는 지역이다.

앞서 제시한 ‘한국형 북극 신항로 활용기술과 경제·안전운항 시뮬레이터 기술 개발’ 연구는 우리나라 대표 북극 연구 플랫폼인 한국북극연구컨소시엄(KoARC)이 과학, 산업, 정책 분야 대표 기관들의 수요를 발굴하고 융합하여 2020년에 제안한 융복합 과제이다. 이처럼 실제 활용 가능한 북극 연구 성과 창출을 위해서는 KoARC과 같은 협력 플랫폼을 통해 북극권 동향을 바탕으로 북극 연구 방향을 제시하고, 각 분야의 연구 수요 발굴과 융·복합 과제 수행을 위한 연구 생태계 구축, 또 이러한 필요성을 정부에 제시하고 납득시키는 역할 수행이 필수적이다.

우리나라 정부도 이러한 필요성을 인식하고 북극권의 환경 변

확뿐만 아니라 북극 거버넌스 체제 내에서 일어나는 다양한 이슈에 대응하고, 미래 북극 진출을 위한 우리나라의 역량 축적을 위해서 2015년 해양수산부에서 ‘북극연구 협력플랫폼’으로서 정부출연(연), 대학, 산업체 등이 참여하는 ‘한국북극연구컨소시엄(Korea Arctic Research Consortium, 이하 KoARC)’을 설립했다.

설립 당시 KoARC의 역할은 다음 세 가지로 요약될 수 있다. 첫째, 해외 북극 연구 동향을 수집하고 분석하여 국내 연구 수요를 결합하여 우리나라의 ‘북극 연구 방향’을 제시하는 역할이다. 둘째, KoARC이 제시한 북극 연구 방향에 따라 연구가 수행될 수 있도록 과학, 산업, 정책 분야 간 국내 ‘북극 연구 생태계 구축’이다. 즉 북극의 다양한 이슈를 반영하여 과학, 산업, 인문·사회 연구가 균형 있게 수행될 수 있도록 연구 수행 기관을 발굴하고 상호 협업체계를 마련해나가는 역할을 수행하는 것이다. 세 번째로 KoARC이 제시한 연구 방향이 우리나라의 북극정책 수립 시 정부의 정책 방향과 자원 투자가 이루어질 수 있도록 ‘북극정책 방향’을 제시하는 역할이다.

이 세 가지 기대 역할에 따라 KoARC은 중장기 북극 연구 방향 제시를 위해 ‘2030 중장기 로드맵(17년)’을 수립했다. 정책, 산업, 과학 융복합 연구를 통한 북극 연구 생태계 구축을 위해서는 ‘북극해빙변화와 북극항로의 운항 조건 분석’ 연구를 수행하여 해빙 변화에 대한 과학연구 성과를 바탕으로 운항 가능한 북극항로를 제시하는 운항 정보 가시화 시스템을 구축하였다. 또한 정부의 북극 정책방향 설정에 기여할 수 있도록 북극권 최신 이슈를 발굴하고 전문가 분석을 바탕으로 정책을 제시하는 ‘극지이슈리포트카드’를 발간하여 우리나라에 북극권 생태계 변화에 대응하기 위한 ‘One Health’ 개념을 소개하는 등 다양한 분야를 포괄하면서 북극에 대한 종합적인 이해도를 제고하기 위한 연구 활동을 활발히 수행해 왔다.

이러한 중장기 로드맵 수립 등을 통해 우리나라 북극 연구 방향을 제시하는 등 설립 당시의 기대 역할을 일부 수행했다고 볼 수 있지만, 그 파급력이나 정부 정책 반영 등의 측면에서 당초 기대했던 북극연구 방향 설정과 정부의 북극정책 수립 기여도에 대해서는 냉철한 평가가 필요한 상황이다. 북극 연구 생태계 구축에 있어서도 초기 23개 기관에서 현재 36개 회원기관으로 증가해 왔고, 4차 산업 혁명 기술을 활용한 북극항로 기술 개발과 관련된 융복합 기획연구를 추가로 수행했으나, 회원기관 간 분야를 뛰어넘는 공동연구 수행과 협력에 있어서 더 큰 성과를 내지 못하는 실정이다. 운영적 측면에서도 출범 당시 신속한 안정화를 위해 정부 출연연구기관 중심의 운영이 지속된 결과,

현재 대학과 산업체 등의 활동이 부진한 상황이다. 결국 국내 북극연구 생태계 구축에 있어 KoARC 기대역할에 비해 현재 성과들은 아쉬운 점이 있는 것이 사실이다.

그럼에도 불구하고 KoARC의 활동과 연구 성과는 이전에 개별적으로 수행되던 우리나라 북극 연구에 협력 체계가 필요함을 연구자들과 정부 관계자 등에게 널리 인식시키고, 북극 전반에 걸친 연구 주제 발굴과 향후 과제 방향을 설정했다는 점에서 최초 설립의 목적을 어느 정도는 달성했다고 볼 수 있다. 다만 당초 설립 취지의 역할을 강화하는 수준으로 KoARC이 운영될 수 있도록 기능별 개선 방향이 검토되어야 할 필요가 있다.

### 북극 연구 방향성 설정을 위한 전략 기능 강화와 북극 연구 생태계 구축

첫째, KoARC의 연구 방향성을 제시하는 역량이 강화되어야 한다. 이를 뒷받침하기 위해서는 KoARC의 동향 수집과 현안 분석 능력이 확보되어야 한다. KoARC이 창출한 연구 성과가 실제로 의미를 가지려면 북극권에서 관심도가 높고, 성과의 실질적 활용성이 높은 연구 성과가 창출되어야 한다. 이를 위해서는 KoARC이 북극권에서 주목받는 이슈와 연구 동향을 수집·분석하여 국내 북극 연구 및 정책 수요와 연계하여 방향성을 제시할 수 있어야 한다. 특히, 연구 방향 제시 기능을 통해 우리나라 북극 연구 분야가 균형 있게 발전할 수 있도록 우리나라 북극 연구 분야 중 더 강화가 필요한 인문·사회 분야, 정책 분야 및 산업 분야에 기여하는 연구가 활성화될 수 있도록 ‘조정자’로서의 역할 수행을 통해 우리나라 전반의 북극 연구 발전에 기여할 수 있어야 한다.

둘째, KoARC이 협력 플랫폼으로서 각 분야별 위상을 갖춘 대표 기관들의 참여와 협력을 통해 북극 연구 생태계 구축에 핵심 역할을 수행해야 한다. 북극 연구 방향을 제시하는 것도 북극 연구 기관들의 참여를 이끌어낼 수 있는 요인이 되겠지만, 각 기관들의 수요에 맞추어 참여 유인을 제시할 수 있도록 제도를 마련해야 한다. 단순히 연구 재원을 제공하는 것을 넘어서 하나의 개별 기관이 수행하기 힘든 역할을 협력 플랫폼이라는 틀에서 시너지 효과를 창출할 수 있도록 ‘북극연구 생태계’를 구축하는데 KoARC이 주도적 역할을 수행해야 한다. 이를 위해서는 과학, 산업, 정책 분야가 협업하여 융·복합 북극 연구 과제를 발굴하고, 국가 R&D 및 정책 사업으로 수행될 수 있도록 ‘연구방향 제시-과제 발굴-과제 수행 지원-성과 활용’의 ‘북극 연구 전주기 프로세스’ 구축을 통해 북극연구 생태계가 조성되도록 핵심적 역할을 수행해야 한다. KoARC이 제시한 연구 방향과 구축

한 생태계를 바탕으로 국내 북극연구가 수행된다면, 우리나라 북극 연구는 한층 더 명확한 방향과 체계적 협력을 바탕으로 전략적 북극 연구 수행이 가능해질 것이다.

셋째, 궁극적으로 KoARC의 역할은 정부와 우리나라 전체의 북극 활동 강화에 기여할 수 있어야 한다. 또한 정부의 북극 정책 수립과 해당 정책에 따라 우리나라의 북극 연구가 수행될 수 있도록 정부의 정책 방향 수립에 기여할 수 있어야 한다. KoARC이 북극 거버넌스 내에서 주목받고 활용될 수 있는 수준의 어젠다를 제시하고 관련 연구를 수행하여 어젠다 해결에 기여하는 성과를 창출할 수 있어야 한다. 이러한 성과가 실제 북극이사회 등의 북극 거버넌스 내에서 주목받고 기여할 수 있다면 결국 북극권에서 우리나라의 활동 영역 확대를 통해 영향력이 확대될 수 있기 때문이다. KoARC이 우리 정부가 북극권의 관심을 이끌어내고 우리나라와의 협력 유인으로 역할을 할 수 있는 북극권 의제를 제시할 수 있도록 성과를 창출한다면 정부 정책에 KoARC이 설정한 정책 방향이 반영될 수 있는 가능성은 높아질 것이다. 결과적으로는 KoARC이 제시한 정책 방향에 따라 수립된 정책이 다시금 북극 연구와 생태계 강화에 기여하는 선순환 체계 구축에 기여해야 한다.

마지막으로 위에서 언급된 KoARC의 기능 강화를 위해서는 KoARC의 법인화 등을 통해 설립 취지에 부합하는 운영체계 마련과 함께 기대역할 수행을 위한 자체역량을 확보할 수 있도록 독립적인 기반 마련을 검토해 보아야 한다. KoARC의 독립적 운영 기반이 마련된다면 KoARC의 설립 취지에 부합하는 창의

적인 융·복합 연구 발굴과 수행 프로그램이 운영되면서 분야별로 균형 있고, 시의성 있는 북극 연구 수행이 가능해지고, 연구 수행 주체 간 유기적인 협력을 통해 진정한 의미의 북극연구 협력 생태계 구축이 가능해질 것이다.

### 북극권과 실질적 협력과 소통 가능한 북극 연구 협력 플랫폼으로서 KoARC의 미래

다양한 현안이 복합적으로 공존하는 북극의 특성에 맞게끔 우리나라의 북극 연구도 분야 간 균형을 유지하고, 명확한 방향성을 가지고 북극에 접근해야 하는 전환의 시점에 다가와 있다. 북극의 현안과 우리나라의 북극 연구 수요를 연계하여 북극 연구의 방향을 전략적으로 제시하고, 이에 따른 연구 수행이 가능한 북극 연구 생태계를 구축한다면, 우리나라도 비북극권 국가이지만 북극권 현안에 당당히 입장을 표명하고 영향력을 확대할 수 있는 북극 연구 성과를 창출할 수 있게 될 것이다. 북극이 협력을 통해 점점 기회의 지역으로 변화하고 있는 만큼, 우리도 북극권에서 '신뢰 가능하고 소통 가능한 협력 파트너'로서의 위상 확보에 기여할 수 있고, 연구 성과 창출이 가능한 북극연구 수행 협력체계를 마련해야 한다. KoARC이 북극권과 실질적 협력과 소통이 가능한 연구 방향을 제시하고, 연구 생태계를 구축하는 역할을 수행하여 우리나라 '북극연구 협력 플랫폼'으로서 역할 수행이 가능하도록 KoARC의 미래 방향 실현에 관심과 지원이 필요한 시점이다.

KoARC의 기대 역할	현재 진단	미래 방향
<p><b>북극 연구 방향 제시</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 최신 북극 연구 동향 분석을 바탕으로 정부 정책, 연구 수요를 결합하여 북극 연구 방향 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 동향 수집-분석 역량 부족</li> <li>· 북극항로 등 한정된 분야의 연구 방향 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 동향-수집 분석능력 확보</li> <li>· 북극권과 실질적 협력이 가능하고 국내 연구 수요에 부응하는 연구 방향 제시</li> </ul>
<p><b>북극 연구 생태계 조성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 과학-산업-정책 분야 간 다양한 분야가 참여하는 균형 잡힌 융·복합 연구 생태계 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출연(연) 중심의 운영, 대학, 산업체 등의 참여 미흡</li> <li>· 인문·사회, 정책 기여형 연구 수행 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 참여 유인 강화를 통한 분야별 수요기관의 참여 확대</li> <li>· 과학, 산업, 정책, 인문·사회의 균형 잡힌 연구 수행 지원</li> </ul>
<p><b>북극 정책 방향 제언</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 북극권에 협력을 제안할 수 있는 의제 제시와 관련 연구 성과 창출로 정부 정책 수립에 기여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이슈리포트 발간을 통한 이슈 소개 및 정책 제언</li> <li>· 북극권에서 정부 활동을 지원하는 정책 기여 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 북극권에서 우리 정부의 협력 활동 확대에 기여하는 연구 수행</li> <li>· 융합 연구를 기반으로 분야별 실질적 활용이 가능한 정책 방향 제시</li> </ul>



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



발행일 : 2021년 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