

POLES & GLOBE

극지와 세계

2021 APRIL
VOL. 02

**한반도 미세먼지 해결의 출발점:
지구규모 광역-장기 미세먼지 빅데이터 구축**

박지연 극지연구소 대기연구본부
윤영준 극지연구소 대기연구본부

남극 빙하가 녹으면 한반도가 더워진다

진경 극지연구소 빙하환경연구본부

북극이사회 새 의장국, 러시아와의 북극협력

김민수 한국해양수산개발원 북방극지연구실장



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

3p 박지연 극지연구소 대기연구본부 윤영준 극지연구소 대기연구본부

한반도 미세먼지 해결의 출발점: 지구규모 광역-장기 미세먼지 빅데이터 구축

최근 태풍, 집중호우, 지진 등 인류가 피할 수 없는 자연 재해 목록에 '미세먼지'라는 새로운 항목이 등장했다. 인간의 화석연료 사용이 증가됨에 따라 더욱 심각해지고 있는 미세먼지를 정확히 이해하고 예측하기 위해서는 과학적인 접근이 필요하며, 그러기 위해선 방대한 자료 축적과 분석이 선행돼야 한다. 광범위한 지역, 불규칙적인 분포, 다양한 생성 원인을 수반하는 미세먼지의 특성상 한반도에 국한된 국지적 관측만으로는 분명 한계가 있다. 한반도를 포함한 중위도, 고위도, 그리고 남북극해를 아우르는 광역-장기 현장 관측을 통한 미세먼지 빅데이터 구축은 모델 예측 정확도 향상 및 국내 미세먼지 저감 정책 수립뿐 아니라 미세먼지 저감을 위한 국제 공조 노력에 가장 기초적이고 필수적인 정보를 제공할 것이다.

6p 진경 극지연구소 빙하환경연구본부

남극 빙하가 녹으면 한반도가 더워진다

한반도에서 17,000km 떨어진 얼음 대륙 남극은 호기심을 자아내는 미지의 땅이지만 지리적 거리 때문에 우리나라와의 연관성을 찾기 쉽지 않다. 최근 들어 남극 대륙이 급격히 녹아내리는 것이 관측되었다. 전 지구 평균 해수면을 57m 상승시킬 수 있는 거대한 얼음의 땅 남극 대륙이 녹는다면 인류의 종말까지 초래할 수 있다는 위기감이 고조되기 시작했다. 남극 빙하가 녹아 방출된 물은 남빙양으로 흘러 들어 해양 순환을 바꿀 뿐 아니라 연관된 대기 순환을 변화시켜 결과적으로 전 지구상 기후 변화의 흐름을 바꿀 수 있는 요인으로 작용할 것이다. 이러한 상황에서 극지연구소는 남극에서 녹아내린 빙하가 동아시아 온도를 높이는 기작을 세계 최초로 규명하였다. 남극과 한반도가 비록 멀리 떨어져 있지만 열대 지역을 매개체로 대기와 해양 순환을 통해 긴밀하게 영향을 주고받을 수 있다는 사실은 주목할 만하다. 따라서 남극 용빙과 연관된 한반도 기후 변화 메커니즘을 규명하는 것이야말로 우리가 직면한 지구온난화 상황에서 더욱 정교한 한반도의 미래 변화 시나리오를 제공하기 위해 필수 불가결한 퍼즐 조각이 될 것이다.

9p 김민수 한국해양수산개발원 북방극지연구실장

북극이사회 새 의장국, 러시아와의 북극협력

올해 러시아는 북극정책 추진에 있어 전환기를 맞는다. 2035년을 목표로 2020년에 수립한 중장기 북극 개발 전략이 본격적으로 추진되는 첫해이고, 북극이사회 의장국을 맡기 때문이다. 그러나 북극에서 러시아를 안보 위협으로 보고 있는 미국의 견제, 코로나 팬데믹을 거치면서 북극협력의 동력이 약화되고 있는 상황 등으로 인해 러시아가 가벼운 행보를 하기는 쉽지 않을 것으로 전망된다. 그럼에도 불구하고 올해는 북극이사회 설립 25주년이 되는 해로 북극이사회의 위상이 재조명되고, 의장국을 맡는 러시아의 역할이 중요해질 것으로 예상된다. 우리나라 또한 올해는 극지활동진흥법을 제정하고 미래지향적 극지정책과 북극협력을 추진하기 위한 밑그림을 그리는 중요한 한 해가 될 것이다. 중일처럼 당장 러시아와 북극 지역 내에서 대규모 경제협력 사업을 추진하기는 어렵지만 차근차근 러시아와의 북극협력의 기반을 구축할 필요가 있다. 이러한 상황에서 올해 북극이사회를 협력플랫폼으로 북극이사회 의장국을 맡는 러시아와의 협력을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

한반도 미세먼지 해결의 출발점: 지구규모 광역-장기 미세먼지 빅데이터 구축

박지연
극지연구소 대기연구본부

윤영준
극지연구소 대기연구본부

최근 태풍, 집중호우, 지진 등 인류가 피할 수 없는 자연 재해 목록에 ‘미세먼지’라는 새로운 항목이 등장했다. 인간의 화석연료 사용이 증가됨에 따라 더욱 심각해지고 있는 미세먼지를 정확히 이해하고 예측하기 위해서는 과학적인 접근이 필요하며, 그러기 위해선 방대한 자료 축적과 분석이 선행되어야 한다. 광범위한 지역, 불규칙적인 분포, 다양한 생성 원인을 수반하는 미세먼지의 특성

상 한반도에 국한된 국지적 관측만으로는 분명 한계가 있다. 한반도를 포함한 중위도, 고위도, 그리고 남북극해를 아우르는 광역-장기 현장 관측을 통한 미세먼지 빅데이터 구축은 모델 예측 정확도 향상 및 국내 미세먼지 저감 정책 수립뿐 아니라 미세먼지 저감을 위한 국제 공조 노력에 가장 기초적이고 필수적인 정보를 제공할 것이다.

보이지 않는 인류의 재앙 ‘미세먼지’

오늘날 우리는 TV, 신문, 인터넷 매체 등에서 날씨 예보와 함께 미세먼지 예보도 실시간으로 전해주는 시대에 살고 있다. ‘미세먼지 없는 청정한 하늘’이 메인 뉴스거리가 된 지금 미세먼지는 하늘 색깔뿐 아니라 우리의 일상까지 바꾸고 있다. 우리나라에서 미세먼지에 대한 대중적 관심은 2013년 초 중국 하늘을 뒤덮은 심각한 대형 스모그 현상이 발생된 이후 세계보건기구(WHO)에서 미세먼지를 1군 발암물질로 지정하고, 우리나라에서도 고농도 미세먼지 사례가 증가하고 정부가 초미세먼지 대기환경기준 설정을 발표하면서부터 급증하였다. 정부에서는 국민들에게 신속하고 정확한 정보를 제공하기 위해 2014년 2월부터 미세먼지 예보, 2015년 1월부터 전국적인 초미세먼지 예보를 시작했다. 과학기술에 기반을 둔 미세먼지 대응 전략을 마련하기 위해 2017년 8월부터 과학기술통신부, 환경부, 보건복지부가 공동으로 “미세먼지 범부처 프로젝트 사업단(총 사업비 492억 원, 3년)”을 발족하였다. 미세먼지 문제가 중요한 사회적 현안으로 부각되면서 2016년부터 연구비가 매년 크게 증가하고 있는 추세다. 특히 국내에서의 미세먼지 관련 연구는 인위적 오염원으로부터 발생한 고농도 미세먼지 사례의 원인 규명, 저감 기술 개발, 인체건강영향 평가에 집중되어 있다. 하지

만 미세먼지는 그 자체가 다양한 오염물질의 결합체인데다 생성 경로도 워낙 복잡해 단기간에 미세먼지 발생에 대한 정량적인 원인 분석 및 미세먼지 예보 정확도 향상이 쉽지 않은 실정이다.

미세먼지는 무엇이고 왜 위험할까?

미세먼지로 정의되는 에어로졸은 지구 대기 중에 부유하는 고체 또는 액체 형태의 입자를 의미하며, 크기에 따라 지름 10 μ m 이하의 미세먼지(PM10: Particulate Matter Less than 10 μ m)와 지름 2.5 μ m 이하의 초미세먼지(PM2.5: Particulate Matter Less than 2.5 μ m)로 나뉜다. 미세먼지 발생원은 사막, 바다, 식물과 같은 자연 기원과 자동차와 공장 등 주로 인간 활동이 만들어내는 인위적 기원으로 구분된다. 또한 미세먼지의 생성 과정에 따라 다양한 발생원에서 입자상 물질로 직접 배출되는 1차 생성 미세먼지와 대기 중 화학 반응을 통해 가스상 물질에서 입자상 물질로 변환하는 2차 생성 미세먼지로 나뉜다. 이렇게 대기 중으로 배출 또는 생성된 미세먼지는 증발, 응집, 성장 등과 같은 물리화학적 변화 과정을 거치면서 크기 및 화학적 조성이 빠르게 변환된다.

미세먼지는 인체에 유해한 영향을 미치며 기후변화에도 여러

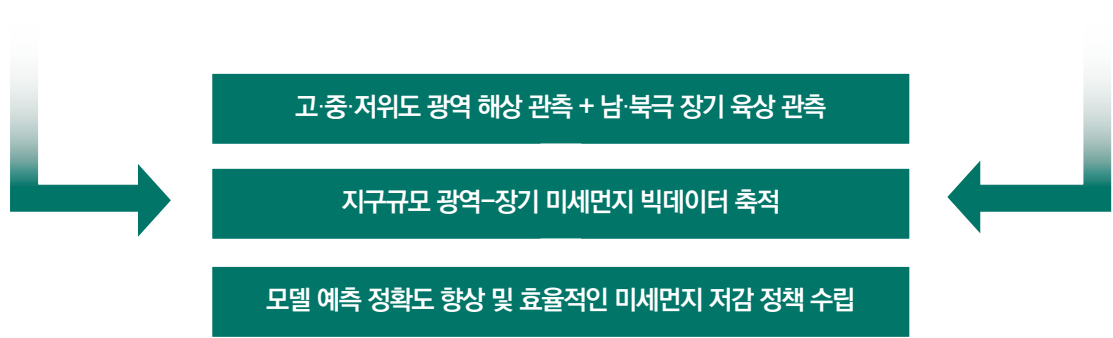
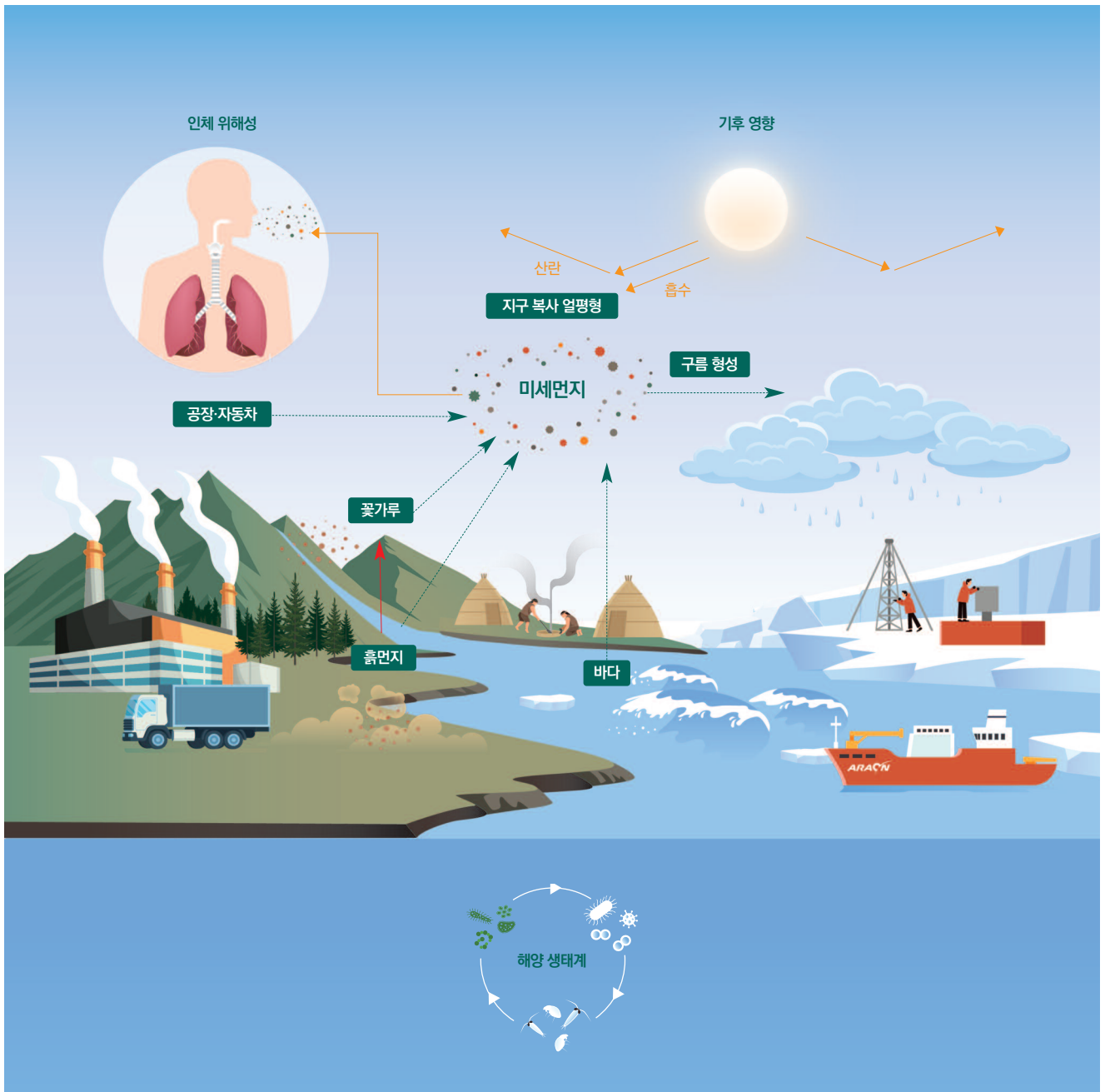
가지 문제를 발생시킨다. 사람의 머리카락 지름(50~70 μ m)의 약 1/5~1/7 정도로 그 크기가 작은 미세먼지는 인체에 흡입 시 폐포·혈관에 직접 침투가 가능하기 때문에 호흡기 질환, 심혈관계 질환 등을 유발할 수 있다. 따라서 세계보건기구(WHO)는 1987년부터 대기질 가이드라인을 제시하여 미세먼지의 위해성을 강조해 왔다. 또한 미세먼지는 크게 두 가지 물리 과정으로 기후에도 중요한 영향을 미친다. 첫째, 직접적 효과로서 미세먼지는 종류에 따라 지구에 도달하는 태양 빛을 흡수(온난효과) 및 산란(냉각효과)시켜 지구 복사열 평형에 큰 영향을 준다. 둘째, 간접적 효과로서 미세먼지는 구름 형성의 핵(구름응결핵)으로 작용하여 태양 빛 차단뿐만 아니라 강수에도 영향을 준다. 기후변화에 관한 정부 간 패널 보고서(IPCC, 2013)는 총 복사강제력을 추정할 때 에어로졸과 구름에 의한 불확실성이 가장 큰 인자라고 보고했다.

남북극 대기 관측 연구를 통한 지구규모 광역-장기 미세먼지 관측

현재 환경적 문제를 넘어 사회적 문제로 인식되고 있는 미세먼지 문제를 극복하기 위해서는 장기적이고 체계적인 미세먼지 관측 자료 확보가 선결 과제이다. 이를 통해 미세먼지 현상에 대한 과학적 규명과 함께 상황에 맞는 효율적인 미세먼지 저감 정책 수립이 이루어져야 한다. 현재 극지연구소는 해양수산부와 과학기술정보통신부의 지원으로 북극 다산과학기지와 남극 세종과학기지에서 미세먼지 장기 육상 관측과 쇄빙연구선 아라온 호를 활용해 고·중·저위도에 이르는 지구 규모 광역 미세먼지 해상 관측을 수행하고 있다. 극지연구소는 2006년 스웨덴, 노르웨이, 프랑스 연구팀과 공동으로 북극 다산과학기지 인근 코벨 관측소에서 미세먼지 농도 관측을 시작으로, 2007년부터 현재까지 북극 제플린 관측소에서 구름응결핵 관측을 진행하고 있다. 이는 전 세계 최장 기간 북극 하늘 구름응결핵 연속 관측 프로그램으로써 과학적 가치가 매우 높다. 2009년부터는 남극 세종과학기지에서 미세먼지 및 구름응결핵 특성 관측 장기 프로그램을 추가로 진행 중이다. 남북극 육상 기반 최장기 미세먼지 관측 노하우를 바탕으로 2017년 아라온 호에 승선하여 중위도-고위도-북극해에서 미세먼지 해상 관측 캠페인을 시도하였고, 북극해부터 태평양과 일본 오후츠크해를 거쳐 동해까지 10,609km의 바다를 항해하며 중위도에서 고위도에 이르는 광역 규모로 미세먼지 발생원 및 이동 경로를 파악했다. 해상에서 관측한 미세먼지를 분석한 결과, 북극 내륙의 강과 툰드라에서 기원한 미세먼지의 양은 해양의 생태계에서 기원한 미세먼지의 양보다 약 3.2배 높게 나타났다. 극지연구소 연구팀은 지구온난화로 북극의 온도가 상승하면 북극 육상의 강과 툰드라에서 배출되는 가스상 물질의 양이 증가하고, 대기 중 북극 미세먼지의 생성도 더 빨라질 수 있다는 시나리오를 제시했다. 그리고 2019년 주옥같은 해상 관측 캠페인을 중위도-저위도-남극해에 적용하였고, 마침내 지구규모 광역 미세먼지 해상 관측에 성공했다.

한반도 미세먼지 문제, 빅데이터로 접근한다.

그렇다면 중위도, 고위도, 그리고 남북극해를 아우르는 광역-장기 현장 관측을 통한 미세먼지 빅데이터 구축이 한반도 미세먼지 문제 해결에 중요한 이유는 무엇일까? 한반도 미세먼지 예측 모델의 정확도를 높이기 위해서는 체계적이고 신뢰할 수 있는 미세먼지 장기-광역 대기 관측을 통한 빅데이터 확보가 필수적이다. 우리나라 대기질 예보 절차는 ‘관측→모델→예측→전달’의 4단계로 이루어진다. ‘관측’은 대기질을 감시하고 추세를 파악하는 단계로 국내의 실시간 대기질 측정 자료가 이에 활용된다. 현재 미세먼지 예보에는 국내 지상 관측 자료를 주로 사용하고 있으므로 예보의 정확도를 담보하기 위해서는 관측 자료의 정확도 향상과 관측소 증가가 필요하다. 하지만 연구 인력 및 예산 등의 문제로 미세먼지 장기 관측 시스템 구축 및 관측소 확장에는 한계가 있다. 향후 국내뿐만 아니라 동아시아 지역 및 청정 지역인 남북극을 포함한 지구규모 광역-장기 미세먼지 빅데이터 자료를 추가로 활용함으로써 미세먼지 예보의 정확도를 높이고, 국민 건강과 삶의 질 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 전 지구규모 미세먼지 이동 경로를 추적하여 인접국으로부터 국내로 유입되는 대기질 위해 정도를 과학적으로 규명함으로써 한·중·일 미세먼지 공동 대응을 위한 논의에 있어서 우리나라가 우위를 선점할 수 있는 위상 강화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



남극 빙하가 녹으면 한반도가 더워진다

진경
극지연구소 빙하환경연구본부

한반도에서 17,000km 떨어진 얼음 대륙 남극은 호기심을 자아내는 미지의 땅이지만 지리적 거리 때문에 우리나라와의 연관성을 찾기 쉽지 않다. 최근 들어 남극 대륙이 급격히 녹아내리는 것이 관측되었다. 전 지구 평균 해수면을 57m 상승시킬 수 있는 거대한 얼음의 땅 남극 대륙이 녹는다면 인류의 종말까지 초래할 수 있다는 위기감이 고조되기 시작했다. 남극 빙하가 녹아 방출된 물은 남빙양으로 흘러 들어 해양 순환을 바꿀 뿐 아니라 연관된 대기 순환을 변화시켜 결과적으로 전 지구상 기후 변화의 흐름을 바

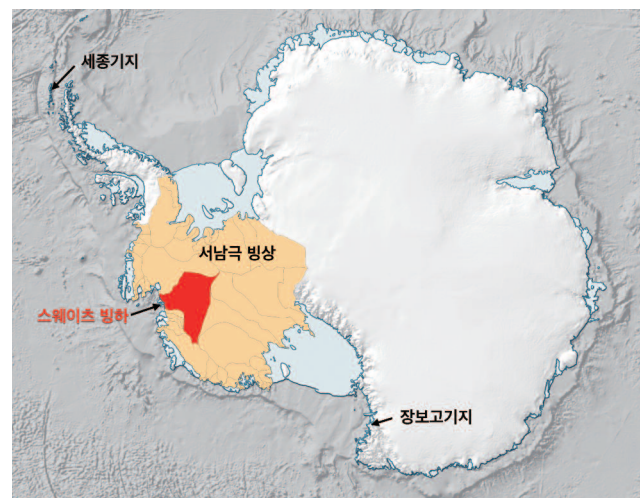
꿀 수 있는 요인으로 작용할 것이다. 이러한 상황에서 극지연구소는 남극에서 녹아내린 빙하가 동아시아 온도를 높이는 기작을 세계 최초로 규명하였다. 남극과 한반도가 비록 멀리 떨어져 있지만 열대 지역을 매개체로 대기와 해양 순환을 통해 긴밀하게 영향을 주고받을 수 있다는 사실은 주목할 만하다. 따라서 남극 융빙과 연관된 한반도 기후 변화 메커니즘을 규명하는 것이야말로 우리가 직면한 지구온난화 상황에서 더욱 정교한 한반도의 미래 변화 시나리오를 제공하기 위해 필수 불가결한 퍼즐 조각이 될 것이다.

지구온난화의 게임체인저(Game Changer), 남극

지구온난화가 인간 활동에 의해 초래되었다는 사실이 인류에게 널리 인식되기 시작한 것은 2007년 노벨평화상위원회가 IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체)와 미국의 앨 고어 전 부통령을 공동 수상자로 선정하면서부터다. 하지만 2007년 발간된 4차 종합보고서에서만 해도 남극의 온난화 경향은 뚜렷하지 않았으며 당시 지구 시스템 모델을 이용한 미래 예측에서도 남극이 따뜻해지고 빙상이 녹을 것으로는 전망되지 않았다. 이후 2015년 발간된 IPCC 5차 종합보고서에서 남극반도와 서남극 아문센해 지역에서 융빙이 가속화하고 있음이 발표되면서, 전 지구 평균 해수면을 57m 상승시킬 수 있는 거대한 얼음의 땅 남극이 녹는다면 급격한 해수면 상승과 함께 인류의 종말까지 초래할 수 있다는 위기감이 고조되기 시작했다. 그뿐만 아니라 남극이 녹아 방출된 융빙수는 해양 순환을 바꾸고 연관된 대기 순환을 변화시켜 결과적으로 지구상 기후변화의 흐름을 바꿀 수 있는 주요한 게임 체인저로 작용할 것이다. 하지만 인간이 접근하기 힘든 남극은 다른 지역에 비해 현장 관측 자료가 매우 부족하기 때문에 남극 빙상 거동 및 용융 메커니즘에 대한 이해가 여전히 불충분하고, 이를 재현하는 수치 모델링 수준 또한 다른 기후 모델에 비해 매우 불확실하다.

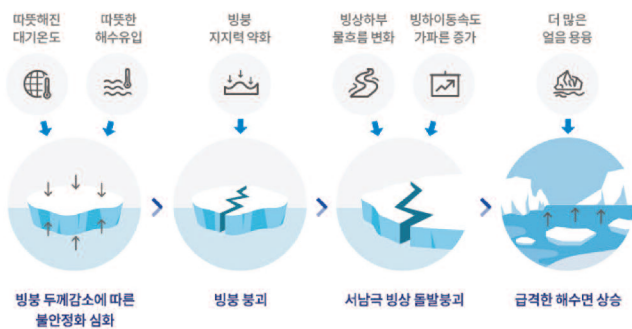
한국에서 17,000km 떨어진 서남극 스웨이츠 빙하를 연구하는 이유

21세기 들어 남극에서 특히 서남극 지역의 얼음이 빠르게 녹고 있음을 보고하는 다수의 논문들이 쏟아져 나오면서 수 미터의 해수면 상승을 야기할 수 있는 서남극 빙하의 후퇴가 이미 돌이킬 수 없는 수준에 이르러 멈출 수 없는 상황임을 경고하고 있다. 이 중 스웨이츠 빙하[그림 1]가 가장 빨리 녹고 있는데 이는



[그림 1] 서남극 스웨이츠 빙하의 위치

빙붕 바닥이 해수면보다 낮아 지구온난화에 의해 증가한 따뜻한 남극순환심층수의 침투가 용이하여 더 빠르게 용융이 진행되는 독특한 지형적 구조에서 기인한다. 스웨이트 빙하가 녹으면 전 지구 평균 해수면을 65cm 상승시킬 수 있을 뿐만 아니라 서남극 지역 빙상 전체의 붕괴로 이어져 5.3m의 급격한 해수면 상승을 초래할 수 있다(Morlighem et al. 2019). 이러한 긴박한 위험 때문에 2018년부터 우리나라와 미국, 영국이 협력하여 대규모 국제 ‘스웨이트 빙하 변화 연구(International Thwaites Glacier Collaboration)’ 프로젝트를 추진하였으며, 그 중요성과 의의를 주목하고 있던 네이처와 사이언스 저널에서 이 과제를 각각 “2019년 주목해야 할 연구” 1순위로 선정하였다. 극지연구소에서는 해양수산부의 지원으로 「서남극 스웨이트 빙하 돌발붕괴의 기작규명 및 해수면 상승 영향 연구」라는 주제로 지구온난화의 추세를 급변시킬 수 있는 스웨이트 지역의 용빙 메커니즘을 현장 관측을 통해 규명하는 연구를 수행하고 있다. 그리고 해당 연구에서 획득한 자료들을 기반으로 이 지역 수치 모델을 개선함으로써 스웨이트의 얼음이 얼마나 많이, 그리고 빨리 녹을지에 대한 미래 예측 정확도를 높여 미래 해수면 상승 예측 불확실성을 줄이기 위한 연구도 진행하고 있다. 이 과제에서 산출된 신뢰도 있는 미래 해수면 상승 시나리오는 극지방 용빙에 따른 해수면 상승으로 향후 심각한 침수가 예상되는 국내 연안지역 재해대응정책 수립의 과학적 근거를 제공할 수 있을 것이다[그림 2].



[그림 2] 지구온난화에 의한 남극 용빙에서 한반도 연안 해수면 상승까지 모식도

남극과 한반도를 최초로 잇다

남극은 한반도와 17,000km 이상 떨어져 있어, 남극이 녹는다고 해도 그 영향이 한반도까지 미칠 수 있을지에 대한 연구는 본격적으로 이루어진 적이 없었다. 하지만 서남극 용빙이 가속화하고 있는 시점에 이와 연관된 미래 한반도 기후 변화를 미리 예측하여 대응하기 위한 연구의 필요성이 대두하게 됐다. 이러한 배경에서 극지연구소와 포항공대, 독일 GEOMAR 헬름홀

츠 해양연구소 등 국제공동연구팀은 지구시스템 모델 실험을 기반으로 남극에서 녹아내린 빙하가 동아시아를 데우는 기작을 세계 최초로 규명하였다. 빙하가 녹은 차가운 물은 남극 바다 표면의 수온을 낮추고 바다얼음(해빙)의 형성을 도와서 일정 기간 지구의 온난화를 늦추는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 하지만 우리나라를 포함한 동아시아에서는 오히려 기온을 높일 수 있다는 사실이 새롭게 드러난 것이다. 현재 추세로 온난화가 진행된다는 가정 하(RCP8.5 시나리오)에 2035년에는 연간 약 3,000기가톤의 남극 얼음이 녹게 되는데, 이러한 용빙이 발생하는 경우를 가정하여 모델 실험을 했더니 남극 빙하 녹은 물이 지속적으로 유입되기 시작한 22년 후부터 한반도를 포함한 동아시아에 0.2도 이상의 온난화 현상이 뚜렷하게 나타나고 이후 50여 년간 이 기작이 지속되는 것으로 나타났다. 기작을 살펴보면 남극 빙하가 녹아 찬물이 남극 바다에 유입되면서 해빙이 증가하게 되고, 해빙이 늘면서 지구 밖으로 반사되는 태양 빛이 많아져 남반구의 온도가 북반구에 비해 상대적으로 낮아지게 된다. 이렇게 남반구가 차가워지면서 상대적으로 따뜻한 북반구의 열을 가져오기 위하여 지표 부근의 바람이 북쪽으로 확장하면서, 북반구와 남반구의 무역풍이 적도 부근에서 수렴하는 열대수렴대가 북쪽으로 이동된다. 열대수렴대의 북상으로 적도 부근 대류 활동이 전반적으로 감소하게 되는데, 이중 적도 서태평양이 동태평양보다 빨리 차가워지면서 대류 활동이 상대적으로 더 많이 억제되는데 특히 서북태평양의 강수가 현저하게 감소하게 된다. 이러한 서북태평양 강수 감소에 의해 발생한 로스비 파동이 열대 에너지를 고위도로 전파하기 위해 북상하면서 특히 북태평양 서쪽의 고기압이 강해지고, 이 고기압성 흐름을 따라 한반도를 포함하는 동아시아로 따뜻한 공기가 흘러들어가면서 온난화를 부추기는 것으로 확인됐다. 반면에 같은 기간 지구 평균 온도는 0.2도 이상 감소해 동아시아의 지역 온난화가 상대적으로 두드러질 것으로 전망된다.

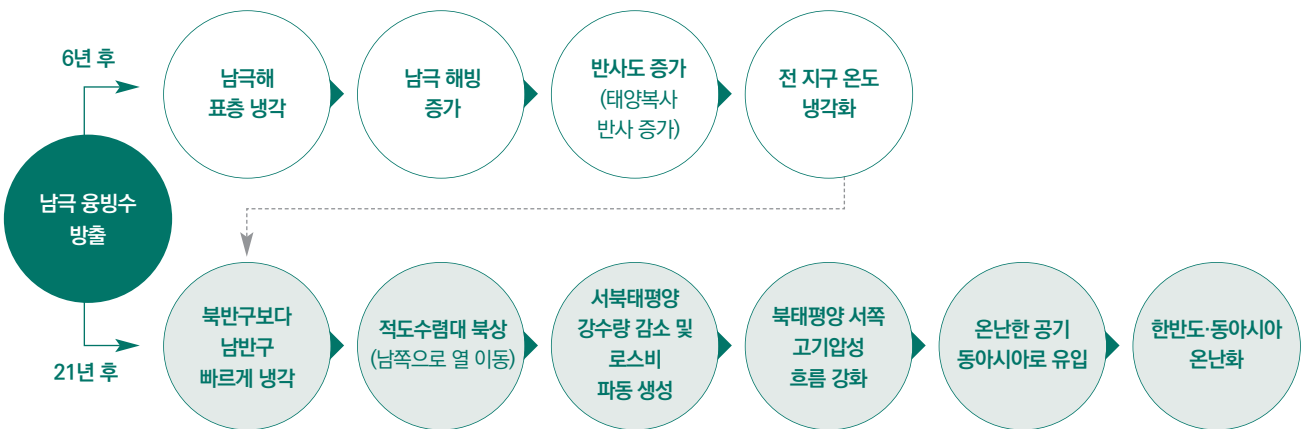
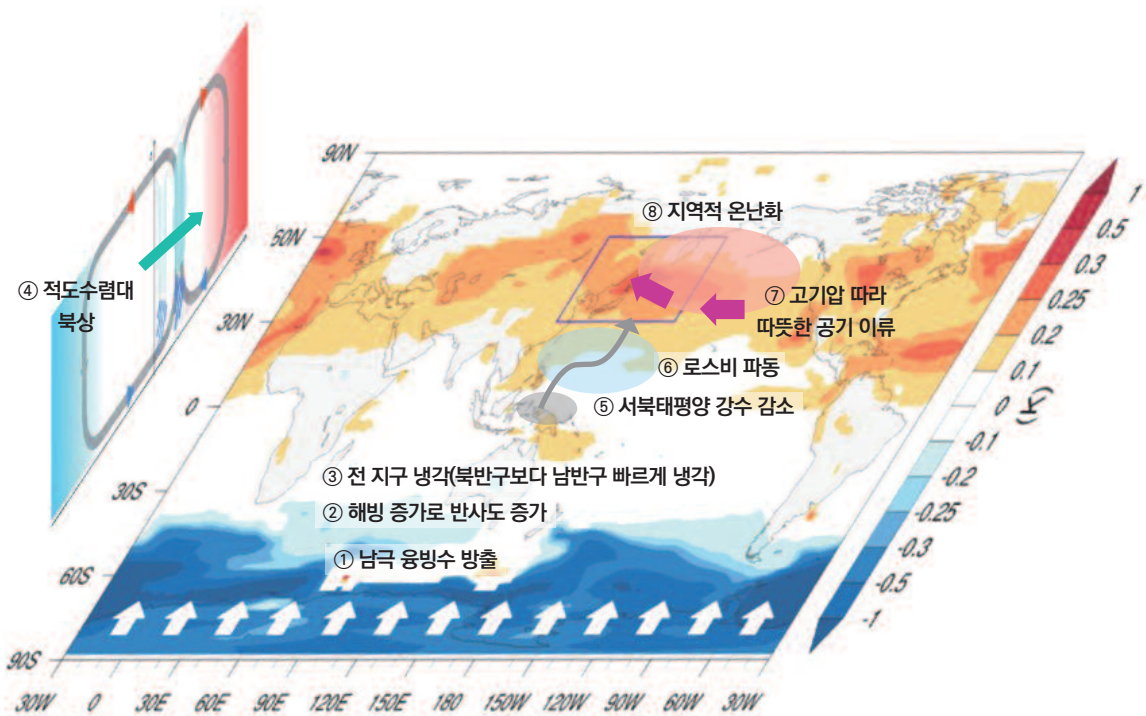
남극에서 한반도까지

이처럼 남극과 한반도는 멀리 떨어져 있지만 열대 지역을 매개체로 대기와 해양 순환을 통해 긴밀하게 영향을 주고받을 수 있다. 남극 용빙수에 의한 해양 순환의 변화는 수개월에서 수백 년까지 천천히 이루어지는 현상이지만, 대기를 매개로 한 변화는 수일에서 수개월 만에 17,000km 이상 동떨어져 있는 한반도에도 전파될 수 있기 때문이다. 남극 대륙의 크기를 고려하면 남극 용융으로 발생하는 해수면 상승과 기후변화는 지구상 여러 지역에서 이제껏 예상하지 못한 결과를 초래할 수 있다. 따라서

남극이 녹으면서 나타날 전 지구와 한반도의 미래 변화를 관측과 수치 모델을 기반으로 찾아낸 정교한 시나리오로 기후 변화 대응에 활용되도록 하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 반드시 부족한 남극 현장 관측 자료를 획득해야 한다. 또한 종합 관측망을 구축하고 유지할 수 있도록 지속적인 투자와 정책의 뒷받침이 지속적으로 제공되어야 한다. 획득된 관측 자료를 기반으로 지구시스템 모델의 극지방 미래 예측 성능을 개선함으로써 남

극이 얼마나 많이, 그리고 얼마나 빨리 녹을지 더욱 세밀한 시나리오를 제시하고, 남극 용빙과 연관된 전 지구 및 한반도 해수면 상승과 기후변화 메커니즘을 규명할 수 있을 것이다. 이러한 연구 활동은 이제까지 간과되어온 남극과 연관된 미래 변화 추세와 양상을 포함하는 더욱 정확한 한반도 미래 기후변화 전망 제시에 보탬이 될 것이다.

남극이 녹아 한반도가 더워지는 메커니즘



북극이사회 새 의장국, 러시아와의 북극협력

김민수

한국해양수산개발원 북방극지연구실장

올해 러시아는 북극정책 추진에 있어 전환기를 맞는다. 2035년을 목표로 2020년에 수립한 중장기 북극 개발 전략이 본격적으로 추진되는 첫해이고, 북극이사회 의장국을 맡기 때문이다. 그러나 북극에서 러시아를 안보 위협으로 보고 있는 미국의 견제, 코로나 팬데믹을 거치면서 북극협력의 동력이 약화되고 있는 상황 등으로 인해 러시아가 가벼운 행보를 하기는 쉽지 않을 것으로 전망된다. 그럼에도 불구하고 올해는 북극이사회 설립 25주년이 되는 해로 북극이사회의 위상이 재조명되고, 의장국을 맡는

러시아의 역할이 중요해질 것으로 예상된다. 우리나라 또한 올해는 극지활동진흥법을 제정하고 미래지향적 극지정책과 북극협력을 추진하기 위한 밑그림을 그리는 중요한 한 해가 될 것이다. 중일처럼 당장 러시아와 북극 지역 내에서 대규모 경제협력 사업을 추진하기는 어렵지만 차근차근 러시아와의 북극협력의 기반을 구축할 필요가 있다. 이러한 상황에서 올해 북극이사회를 협력플랫폼으로 북극이사회 의장국을 맡는 러시아와의 협력을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

러시아, 2021년 ‘북극호’ 선장이 되다

2021년은 러시아의 북극정책 추진에 있어 중요한 한 해가 될 것으로 예상된다. 러시아는 올해 2035년을 목표로 북극항로 활성화, 자원 및 인프라 개발을 중심으로 한 중장기 북극개발 전략을 본격적으로 추진할 계획이다. 북극 해빙(解氷)을 기회로 북극을 서방 경제제재의 돌파구이자 경제성장을 위한 디딤돌로 적극 활용하고자 하는 러시아의 정책적 의도가 담겨 있다. 또한 올해는

향후 2년간 러시아가 북극이사회의 의장직을 맡는 첫해이다. 러시아는 의장국 임기 동안 ‘지속가능개발(sustainable development)’ 목표로 ‘북극 주민’, ‘북극 환경’, ‘지속가능한 경제성장’, ‘국제협력 강화’ 등 4개 실천방안을 중점적으로 추진할 예정이다. 북극이사회를 중심으로 국제협력을 강화하고 이를 통해 인간, 자연, 경제 세 분야에서의 북극 현안을 적극 해결하겠다는 목표를 내세우고 있다.

[표] 러시아의 북극이사회 의장국 프로그램

	실천 방안	주요 내용
1	북극주민 (people of the Arctic)	<ul style="list-style-type: none"> · 지속가능한 사회경제개발을 통한 북극사회 회복성 확보 · 북극 원주민 복지 및 보건 · 차세대 젊은이의 북극이사회 활동 참여 확대
2	북극환경 (Arctic Environment)	<ul style="list-style-type: none"> · 북극 기후 대응과 회복성 확보 · 축적된 피해와 오염 제거 · 생물다양성 확보
3	지속가능환경경제성장 (sustainable economic growth)	<ul style="list-style-type: none"> · 경제성장과 취약한 북극 생태계 보전 간 균형 · 북극 내 경제 및 인간활동 증가에 따른 생태 위험의 효율적 관리 · 지속가능한 북극 금융 · 지속가능한 북극 해운
4	국제협력강화 (stronger cooperation)	<ul style="list-style-type: none"> · 그린에너지 솔루션 개발 · 북극경제이사회와 통신 인프라 협력 · 스노플레이크 국제기지 건설을 통한 과학협력 장려 · 기상협력
		<ul style="list-style-type: none"> · 북극 원주민 문화 및 언어 유산 보전 · 북극 교육 · 영구 동토층 붕괴, 가스하이드레이트 및 메탄 방출 대응 · 해양 이슈 협력 및 프로젝트 지원 · 북극이사회 사무국 기능 강화 · 실용적이고 건설적인 협력플랫폼 모델로서의 북극이사회 역할 강화

자료: 북극이사회 해양환경보호그룹(PAME)

북극호, 지금은 안개 낀 바다를 항행 중

그러나 러시아의 행보에 적지 않은 어려움이 예상된다. 우선 미국은 러시아의 북극 개발이 공세적이며, 미국 내 안보에 위협을 줄 수 있다고 인식하고 있다. 일례로 2019년 5월 개최된 제11차 북극이사회 각료회의에서 폼페이오 미 국무장관은 러시아와 중국의 북극활동을 공개적으로 비난한 바 있다. 이는 북극이사회에서 안보 문제를 다루지 않는다는 ‘북극 예외주의(Arctic Exceptionalism)’¹⁾를 지키지 않은 첫 사례로 받아들여지고 있기 때문이다. 나아가 미·중·러의 국제관계가 북극지정학에 깊이 투영되면서 북극거버넌스가 점점 불안정해지고 있다는 우려의 목소리가 커지고 있다. 한편 올해 1월 발간된 미 국토안보부 보고서²⁾에서는 러시아의 북극 안보 위협론을 드러내 강조하고 있다. 이러한 상황에서 바이든 행정부의 출범도 러시아에겐 부담이다. 대선 과정에서 러시아를 지속적으로 비판해왔던 전례에 비춰 보면 북극에서 러시아를 안보 위협으로 인식해왔던 트럼프 행정부와 기본적으로 같은 입장을 견지할 가능성이 높기 때문이다.

얽힌 데 덮친 격으로 코로나 팬데믹으로 인해 북극이사회를 중심으로 한 국제협력의 동력이 예전만 못하다. 현장에서의 과학 연구가 제한되니 연구자료 확보와 공유가 쉽지 않다. 머리를 맞댈 공간이 온라인으로 축소되었다. 인류 최대의 국제공동연구라 평가받는 모자이크(MOSAIC) 프로그램³⁾이 성공적으로 마무리되었으나 2020년에 코로나 확진자가 나오면서 프로젝트 성패에 영향을 미칠 만큼 휘청거린 바 있다. 북극호가 ‘안개 낀 바다’로 들어가고 있는 상황에서 이제 러시아가 선장을 맡게 되었다. 과연 북극호는 안전하게 순항할 수 있을까?

[사진] ‘모자이크(MOSAIC)’ 프로젝트를 수행한 ‘폴라스틴(Polarstern)’ 호



자료: 모자이크 프로젝트 공식홈페이지
<https://mosaic-expedition.org/expedition/polarstern/>, 2021.2.15. 검색

북극호는 계속 순항해야 한다

바다를 둘러싼 갈등은 바다의 탄생과 함께해왔다. 특히 유엔해양법협약을 통해 모든 바다에 육지와 똑같이 경계선을 긋기 시작한 이후 바다는 갈등과 협력이 공존하는 공간이 되었다. 북극해 역시 연안국의 주권과 관할권이 미치는 해역과 그렇지 않은 수역으로 나뉘어져 있다. 어떠한 북극 연안국도 자국의 주권과 관할권을 담보로 협력에 나서지 않을 것이기 때문에 북극해에서의 갈등 유발에 한몫하고 있다. 그럼에도 불구하고 북극해를 둘러싼 협력의 동력은 매우 크다. 북극의 문제가 한 국가나 지역 차원의 문제가 아니라 기후변화라는 특수한 환경 하에서 모든 나라가 함께 해결해 나가야 할 지구 전체의 문제이기 때문이다. 특히 올해는 북극이사회 설립 25주년이 되는 해이다. 북극이사회 역활이 재조명되면서, 북극이사회에 세계의 이목이 집중될 가능성이 크다. 북극이 기후변화의 최전선이라는 점에서 바이든 미 행정부의 親기후변화 정책이 트럼프 행정부 하에서 추락한 북극이사회 위상을 회복시켜 줄 수 있을 것이라는 기대감도 커지고 있다. 이러한 상황 하에서 러시아로선 북극이사회 의장국으로서 리더십을 인정받을 수 있는 좋은 기회를 맞았다. 파고는 높을 수 있고, 가끔 기관 고장으로 멈출 수도 있다. 그럼에도 ‘북극호’가 계속 순항하기 위해 올해부터 선장을 맡게 될 러시아의 역활에 세계인들의 관심이 집중되고 있다.

우리나라, 북극호 망루에 올라 뱃길을 알려주는 옵서버의 역활이 필요

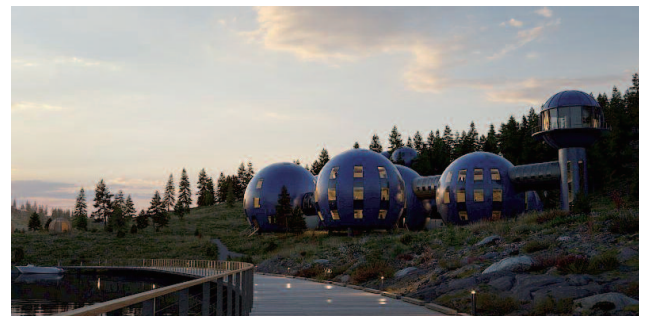
잠시 중국과 일본으로 시각을 돌려보자. 중·일의 경우 경제적 측면에서 러시아와 양자적 북극협력을 강화하고 있다. 러시아의 야말 LNG와 ‘북극 LNG-2’ 사업에 지분을 투자하고 이를 바탕으로 LNG 수입, 북극항로 진출, 물류허브기지 건설, 기자재 수출 등에 있어서 협력을 확대하고 있다. 올해 1월에는 일본이 정부 차원에서 러시아 극동북극개발부에 북극에서의 농업, 어업, 에너지와 인프라 분야에서 ‘신개념 협력’ 방안을 제안하였다.⁴⁾ 우리나라는 현재 중국과 일본과 같이 적극적인 북극 경제 협력을 추진하지 못하고 있다. 러시아의 경제제재 리스트에 대한 우려, 해외 인프라 개발 실패 선례들로 인한 소극적 태도, 러시아의 낮은 시장 투명성과 행정절차의 비효율성 등이 러시아와의 경제협력을 주저하게 만드는 주요원인으로 꼽힌다. 그러나 러시아와 북극이 경제적으로 점점 더 중요해지고 있다는 사실은 부인할 수 없다. 이를 감안하여 중장기적으로는 러시아와의 양자적 북극 경제협력을 신중하되 적극적으로 추진할 필요가 있다. 이러한 상황에서 올해부터 2년간 북극이사회 의장

국을 맡는 러시아와의 협력은 북극이사회 25주년을 맞아 주목 받고 있는 북극이사회와의 협력이자, 북극 개발 잠재력이 큰 러시아와의 양자협력 추진을 위한 밑그림을 그리는 주요한 기회가 될 수 있다. 아울러 협력의 첫 단추를 끼우는 작업으로 올해 러시아가 의장국 프로그램으로 주도하는 사업에 적극적으로 참여하는 방안을 모색해야 한다. 특히 우리나라가 추진하고 있는 신북방정책인 '9-브릿지 2.0'과의 연계성이 높거나, 우리나라 북극과학 성과를 확산시킬 수 있거나, 해양수산 분야 모범적 정책 추진 사례들을 북극해에 적용할 수 있는 가능성이 높은 의장국 프로그램을 선별해 집중적인 협력을 추진할 수 있다. 일례로 러시아가 북극지속가능워킹그룹(SDWG) 프로그램으로 추진하는 친환경 수소 국제 북극기지인 '스노플레이크(Snowflake)' 건설 프로젝트⁵⁾에 참여 가능하다.⁶⁾ 우리나라의 친환경 수소정책, 북극 원주민 지원을 통한 북극협력, 과학연구 추진 및 교류, 극한지 기술의 테스트베드로의 활용 등 우리나라 주요 정책과의 연계성이 큰 사업으로 볼 수 있다. 나아가 북극의 현안을 함께 해결하기 위해 우리나라가 주도적으로 북극이사회 워킹그룹 사업을 제안하여 러시아뿐 아니라 타 북극이사회 회원국과의 협력을 강화하는 방안도 고려해 볼 수 있을 것이다.

2013년 우리나라는 북극이사회에 옵서버 자격으로 승선했다. 이후 북극이사회가 우리나라 북극협력의 주 무대가 되었다. 그러나 최근 북극 이슈가 다양화되고 전문화되면서 북극협력도 협력 대상이나 분야가 확대될 필요성이 커지고 있다. 특히 올해는 통합극지정책 추진을 위한 '극지활동진흥법' 제정을 앞두고 있어 변화하는 북극 환경과 북극거버넌스를 고려한 북극협력 전략의 큰 그림이 필요한 시점이다. 즉 북극이사회의 협력, 북극권 국가와의 양자협력, 북극권 경제협력, 실용적이고 융복합 기반의 과학협력 등 다양한 분야에서 다양한 주체와의 균형 잡힌 협력의 밑그림이 필요하다. 이러한 '다원적 북극협력' 추진에 있어 우선 북극이사회 옵서버 국가로서의 우리나라의 역할에 대한 확실한 방향성을 설정할 필요가 있다. 이를 위해 갑판

에 앉아 배에서 무슨 일이 벌어지는지를 참관만 하는 옵서버가 아니라 당당히 배의 높은 곳 망루에 올라 북극호가 가는 방향을 정확히 보고 방향성을 제시해 줄 수 있는 당사국이 되도록 힘써야 한다. 따라서 북극권 국가와 대등하게 서로 윈-윈할 수 있도록 협력을 위한 콘텐츠를 많이 확보할 필요가 있다. 북극이사회 설립 25주년이 되는 올해 세계가 북극이사회 의장국으로서 러시아의 행보에 많은 기대를 걸고 있는 만큼 우리나라가 펼칠 러시아와의 북극협력도 기대된다.

[사진] '국제북극기지(Snowflake)' 개념도



자료: 북극이사회 홈페이지, 2021.2.15.검색

- 1) 1996년 9월 19일 오타와 선언문에서는 '북극이사회는 군사안보와 관련된 문제를 다루서는 안 된다(The Arctic Council should not deal with matters related to military security)'는 명문 규정을 두어 군사안보 관련 이슈를 배제한 바 있음.
- 2) 미 북극지역 안보를 위한 전략적 접근(Strategic Approach for Arctic Homeland Security), 2021.1.11.
- 3) 19개 나라, 약 900여 명의 연구원, 1,825억 원이 투입된 21세기 최대 국제공동북극연구 프로젝트로 2020년 10월 12일 '폴라스턴(Polarstern)'호가 1년간의 긴 항해를 성공적으로 마쳤다.
<https://mosaic-expedition.org/> 2021.3.17.일 검색
- 4) <https://arctic.ru/international/20210125/990421.html>, 2021.3.18. 검색
- 5) 2020년 11월에 개최된 제4차 한-러 협의회에서 러시아 북극협력대사는 북극이사회 의장국 프로그램에 우리나라의 적극적 참여를 요청한 바 있음. 연합뉴스, '한러 북극협의회 개최...친환경 북극기지 건설 협력 검토', 2020.11.20.(검색일 2021.2.15.).
- 6) '스노플레이크(Snowflake)' 기지는 친환경 미래기술 및 원격지 거주시설을 위한 기술 테스트 및 개선을 위한 플랫폼으로서 수소에너지 및 재생에너지를 기반으로 하고 있으며, 2022년 완공을 목표로 건설이 추진되고 있음.



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



발행일 : 2021년 4월
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