

혹한의 극지에서  
펼치는 극지연구는

미래를 예측하고  
준비하기 위한  
가치있는 도전입니다.

오늘 우리의 발걸음이  
내일의 미래를 밝힌다는 사명으로  
멈추지 않고 나아가겠습니다.



# Contents

---



## 미래를 여는 극지인 2016 가을 + 겨울 NO.20

허가번호 서울 사 02127호(No.20) 등록일자 2006년 5월 3일 발행처 한국극지연구진흥회 발행인 윤석순 발행일 2016년 12월 19일 편집위원 진동민, 이유경, 유규철, 이지영, 오윤석  
주소 서울특별시 마포구 마포동 136-1 한신빌딩 1214호 전화 02-702-1135 팩스 02-702-1136

기획·편집 도서출판 사람과 산 에디터 강윤성 사진\_정종원, 주민욱 디자인 박은경, 전명숙, 최미연  
주소 서울시 금천구 가산디지털1로 212, 301호(가산동, 코오롱디지털타워에스텐) 전화 02-2082-8833 팩스 02-2082-8822

표지 북극해에서 만난 북극곰, 커다란 덩치와 무게로 인해 지나간 자리의 얼음이 부서지고 있다.(사진제공·극지연구소)



---

## News & Message

- 04 칼럼 | 북극이사회, 성과와 우리의 대응방향 민관협력 연구역량 강화가 북극 문제 해결의 첩경
- 72 극지 뉴스

## Special 아라온호 북극해 대탐사

- 10 특집1 | 신북극 시대 지속 가능한 개발을 위한 북극해 연구 선행돼야
- 14 특집2 | 북극의 기후변화 북극해 조기경보시스템 구축해야
- 18 특집3 | 북극의 해저자원 엄청난 변화의 소용돌이, 북극해 대륙붕

## People & Life

- 22 스페셜 인터뷰 | 윤호일 제5대 극지연구소장 “끊임없는 혁신 통해 극지연구 질적 성장 이룰 터”
- 36 극지를 사랑하는 사람들 | 극지연구소 한·칠레 남극협력센터장 진동민 “한·칠레 남극연구 협력 초석 다질 것”
- 38 극지를 사랑하는 사람들 | 우리나라 첫 부자(父子) 월동대원 정재우 “3대 월동부자로 남극사랑 실천하고 싶어요”
- 40 세종기지 이야기 | 취미활동 환상적인 슬로프, 세종 스키장을 가다
- 43 장보고기지 이야기 | 남극의 극야 신비롭고 아름다운 남극으로의 초대

## Science & Information

- 46 극지 탐사 | 빙저호 미지의 도전, 남극 빙저호 탐사
- 49 극지 리포트 | 킹조지섬 남방큰재갈매기 번식지 확장 과정 극지방 얼음 감소는 다른 종에겐 번성의 기회가 된다?
- 52 극지 실험실 탐방 | 극지 해양 퇴적물 분석실 과거 남극의 해양 환경을 밝히다
- 55 포커스 | 제7회 전국학생 극지논술공모전 “철저히 준비하는 나라만이 보물창고 열 수 있어”
- 58 극지 상식 | 남극에서는 왜 오존홀 파괴가 심할까요?
- 60 재미있는 극지 과학교실 | 지구는 하나의 거대한 자석이다

## Culture

- 06 갤러리 | 제6회 극지사진 콘테스트 수상작 인간과 우주가 하나 되는 곳, 남극!
  - 24 극지활동 | 21C 다산주니어 북극 체험 꿈의 북극, 빙하 위를 걷다
  - 28 전시회 | 2016년 극지체험 전시회 다함께 즐거운 극지 여행 떠나요!
  - 32 아라온호 365일 | 아라온호 승선 창작 레지던스 8월에 만난 북극해... 두 가지 꿈
  - 62 쯤인 | 제2회 북극아카데미 한국과 북극권, 학문과 문화 교류로 우정 다진다
  - 65 극지 프로그램 | 극지 전문인력 양성 프로그램 참가기 “한국의 성공적인 북극진출에 기여하고파”
  - 68 극지 이야기 | 진동민 대장의 극지 이야기 하계대 항공 수송 작전
  - 70 글로벌 이슈 | 37억년 된 화석 발견 그린란드에서 지구상 가장 오래된 화석 발견
  - 71 책 속의 극지 | 남극을 살다 남극 장보고과학기지 제1차 월동대원들의 기록
  - 76 퍼즐
-



## 민관협력 연구역량 강화가 북극 문제 해결의 첩경

글 김종덕 한국해양수산개발원 선임연구위원

1987년 10월 1일, 당시 소련의 미하일 고르바초프 서기장이 무르만스크에서 연설을 통해 북유럽의 비핵화를 제안했을 때만해도 같은 연설문에 포함되었던 북극의 자원개발과 항로이용을 통한 협력에 대한 언급이 크게 부각되지는 못했다. 하지만 이 무르만스크 연설은 북극을 '대결의 공간'에서 '협력의 공간'으로 전환시키는 매우 중요한 변곡점이었다. 그 영향은 냉전이 종식된 지금에도 'Zone of Peace' 개념으로 북극이사회 정신을 통해 이어지고 있다. 지난 9월 19일 북극이사회가 창설 20주년을 맞이하여 발표한 기념사에서 북극지역에서의 장기적인 평화와 안정에 대한 기대감으로 이 정신이 다시 확인되었다

### 북극이사회는 북극에 관한 가장 포괄적인 국가간 협의체

1996년 캐나다의 주도로 창설된 북극이사회는 그동안 환경의 보전과 지역 원주민 중심의 어젠다를 발굴하고 그에 대한 대응방안을 마련하는 다양한 논의를 추진해 왔다. 2011년과 2013년에는 처음으로 구속력 있는 국제협약을 도출했으며, 2017년에는 3번째 협약이 북극과학협력협정을 통해 이루어질 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 북극원주민의 목소리가 투영될 수 있는 독특한 의사결정체계를 구축하여 국가 간의 국제정치적인 논란으로부터 자유로운 운영기반을 조성하였다.

이를 바탕으로 북극기후변화평가, 북극해운평가, 북극생물평가 등 다양한 문제에 대해 북극국가 중심의 대응방안을 도출하는데 성공적인 성과를 보이고 있다. 앞으로도 북극이사회는 북극 문제를 논의하는 가장 포괄적인 국가간 협의체로서 역할을 할 것이라는 것에는 의문의 여지가 없다.

따라서 우리나라가 2013년 5월 스웨덴 키루나에서 개최된 각료 회의에서 중국, 일본과 함께 옵서버 지위를 획득한 것은 국내외적으로 매우 큰 의미를 가지는 성과였다. 북극이사회를 통해 우리의 북극에 대한 관심을 공식화하고 북극국가들과 북극문제로 직접 대면할 수 있는 기회를 확보했고, '북극정책 기본계획'과 같은 국내 정책개발을 위한 토대를 만들었다. 더불어 북극국가와의 협력시점을 파악할 수 있는 중요한 기회를 제공받게 되었고 북극 문제에 대한 상호간의 이해와 신뢰구축에 큰 도움을 주고 있다.

하지만 우리나라의 북극정책을 북극이사회에 옵서버라는 지위에 한정하는 것은 바람직하지 않다. 북극이사회에 가입하기 이전에도 우리나라는 많은 북극국가들과 다양한 정부협력과 민간 교류를 해왔고 과학연구를 비롯하여 양자간, 다자간 협력 틀을 유지해 왔다. 예를 들어 북극 8개국 중 러시아를 제외한 7개국과 FTA를 체결하고 있으며, 5개국과 과학협정, 4개국과 해운협정을 각각 체결하고 있다. 우리나라 전체 무역액 중 북극국가 8개국이 차지하는 비중은 15%에 가깝고 11개 옵서버 국가들을 포함하면 그 비중은 57%에 이른다. 따라서 북극 문제는 우리의 주요 경제 협력파트너와의 관계에 영향을 줄 수 있는 요인이며, 이들 국가와의 관계에서 새롭게 추가해야할 어젠다이다.

다만, 북극 문제만 놓고 보면 우리뿐만 아니라 북극국가들에게도 정치 경제 사회 환경 모든 면에서 매우 어려운 과제이고, 사안에 따라서는 지구촌 전체의 도전과제이기 때문에 뒤늦게 북극 문제에 도전하기 시작한 우리로서는 보다 체계적이고 종합적인 시각에서 역량강화와 국제협력 노력이 필요하다 하겠다.

미래의 북극을 보는 시각은 여러 가지가 있을 수 있으나, 필자



는 크게 두 가닥의 방향이 다음 10년간을 지배할 것으로 예상된다. 우선 '하나의 북극'을 위한 북극국가들의 노력을 더욱 강화될 것이다. 2017년부터 시행되는 IMO 폴라코드 이외에도 북극과학 협력협정, 북극해 공해지역 수산자원관리 협정 등 북극국가의 권익과 이해를 반영하는 통일된 거버넌스 구축은 북극이사회와 그 관련 협의를 통해 확산될 것이다. 또한 북극권의 기후변화와 해양환경에 영향을 주는 요인들에 대한 북극권 차원의 종합적인 검토가 확대될 것이다. 또 다른 시각은 이른바 '소북극' 또는 '다북극'의 시각이다. 이는 주로 북극에서의 경제활동이 확대되어 감에 따라 더욱 주목해야 할 것으로 보인다.

#### 북극 문제 해결을 위해선 역량강화와 국제협력 필요

북극국가들은 각기 다른 정치 경제 사회여건을 가지고 있기 때문에 환경이외의 분야에 대해서는, 특히 경제분야에 대해서는 서로 다른 방향성을 가질 수밖에 없고 같은 국가 내에서도 지역에 따라 다른 정책이 추진될 것이다. 예를 들어 러시아와 노르웨이는 국가경제의 근간인 석유가스자원 개발과 이를 운송할 북극해항로를 포기할 수 없을 것이고, 러시아는 극동지역과 시베리아, 서부

**우리나라는 아시아에서 북극으로 가는 중요한 지정학적 위치에 있을 뿐만 아니라, 북극이 필요로 하는 경제, 공학, 과학, 생물학 분야의 역량을 갖추고 있다. 마지막으로 북극연구 컨소시엄을 중심으로 융복합 연구체계를 적극적으로 마련해야 한다.**



지역의 경제여건이 매우 상이하며 때로는 경쟁관계에 놓이고 있다. 그린란드는 독립국가 실현을 위해서 자원개발을 통한 경제자립이 우선되어야 하고, 캐나다는 부족한 인프라 구축과 미국시장으로 보내던 석유자원의 새로운 판로개척을 고민해야 한다. 미국의 알래스카도 이와 유사한 여건에 놓여 있고 인프라가 부족하여 연안지역과 내륙지역의 상황이 다르고 원주민사회의 경제적 기반에 따라 더 세분화될 것이다.

이렇듯 북극 문제는 중장기적 시각과 다양성에 대비한 역량강화가 동시에 필요하다. 이를 위해 우선 최근의 새로운 북극환경변화와 국내외 여건을 고려하여 지난 2013년에 마련된 '북극정책 기본계획'의 확대강화를 통해 보다 종합적인 정책이 추진되어야 한다. 또한 우리나라의 북극활동과 연구를 위해 쇄빙연구선의 역량강화가 반드시 필요하다. 이는 얼음이 덮인 한반도의 50배에 가까운 북극해에 대한 과학영토 확장을 위한 조치일 뿐만 아니라, 북극해의 공해역에 대한 조사와 관리가 핵심적인 논의 의제가 되고 있어 선박을 활용한 조사역량은 필수적이다.

쇄빙연구선은 노르웨이나 러시아의 예를 보듯이, 바다가 80%인 북극권에서는 단순한 조사선이 아니라 '모바일 과학기지'의 역할을 하는 것으로 봐야 한다. 또 하나 주목해야 할 것은 전문인력양성이다. 북극에 대한 종합적인 지식을 갖춘 인력은 앞서 제기한 다양성에 대응하고 이를 주도할 수 있는 기반이다. 이를 위해 북극국가들의 선진적인 교육시스템을 경험하는 프로그램을 대폭 확대하고, 중장기적으로는 세계적 수준의 융복합 극지대학원과 같은 교육기반을 갖추어야 한다.

우리나라는 아시아에서 북극으로 가는 중요한 지정학적 위치에 있을 뿐만 아니라, 북극이 필요로 하는 경제, 공학, 과학, 생물학 분야의 역량을 갖추고 있다. 마지막으로 북극연구컨소시엄을 중심으로 융복합 연구체계를 적극적으로 마련해야 한다. 북극해항로만 보더라도 해운비즈니스가 기반이 되지만 해빙예측, 오염관리, 항만기능, 통신기술, 토목건설, 지역사회 협력 그리고 국제법이 관련되어 있다. 이는 하나의 시각이나 역량으로 문제가 해결될 수 없음을 뜻한다. 따라서 북극연구의 융복합적인 요소를 강화하는 것은 북극을 가장 효과적으로 파악하는 첩경이 될 것이다. ●



## Gallery

제6회 극지사진 콘테스트 수상작



나 홀로 타이타닉 서원석(제3차 장보고기지 월동연구대원)





## 인간과 우주가 하나 되는 곳, 남극!

극지연구소가 지난 6월 13일~7월 1일 개최한 제6회 극지사진 콘테스트가 성황리에 끝났다. 이번 콘테스트에는 총 52명이 383점의 사진을 응모했다. 1차 전문가 심사를 통해 15점을 선정했으며, 페이스북을 활용한 2차 SNS 투표 심사를 통해 수상작을 결정했다. 영예의 대상은 서원석(제3차 장보고기지 월동연구대원)의 <나 홀로 타이타닉>, 우수상(2점)은 전성준(극지연구소 고기후연구실)의 <빙하시추>와 이현수(장보고기지 2차건설단, 2013년)의 <한줄기 물길을 위한 노력>, 가작(3점)은 김만진(제3차 장보고기지 월동연구대원)의 <빙하시추 현장>, 강찬영(오션테크)의 <빙벽과 나란히>, 정도영(극지연구소 제2 쇄빙연구선 건조사업단)의 <세종기지에서 태어난 아기해표> 작품이 선정됐다.



 **가작** 세종기지에서 태어난 아기해표 정도영(제2 쇄빙연구선 건조사업단)





빙하시추 현장 김만진(제3차 장보고기지 월동연구대원)

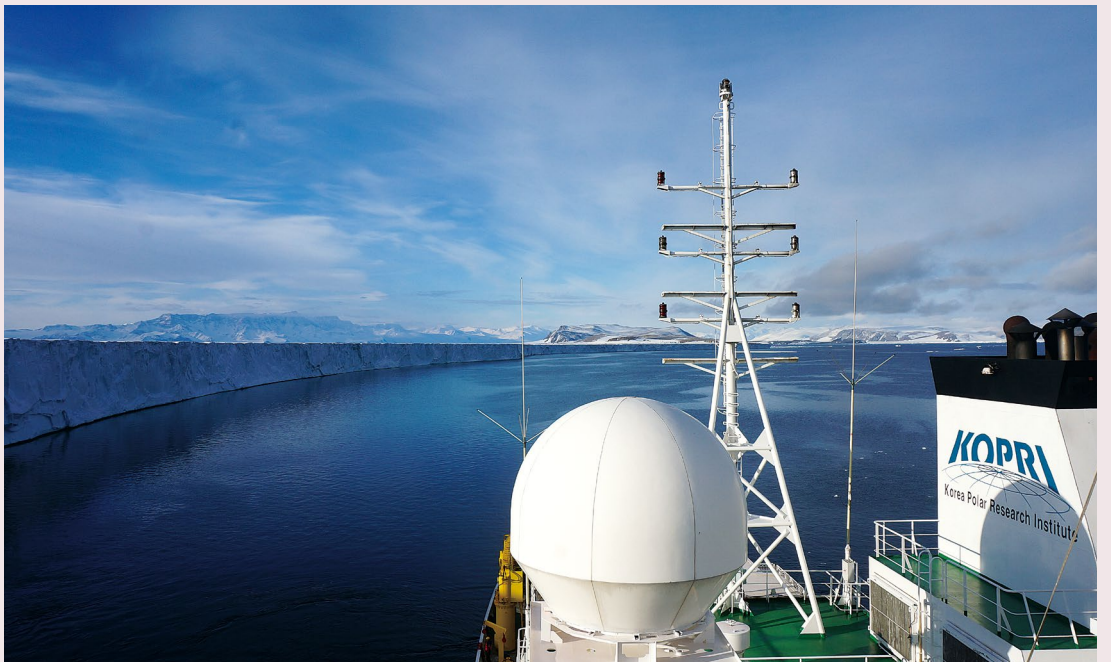


빙하시추 전성준(극지연구소 고기후연구실)





**우수상** 한줄기 물길을 위한 노력 이현수(장보고기지 2차건설단)



**가작** 빙벽과 나란히 강찬영(오션테크)



Special

아라온호 북극해 대탐사 ❶

신북극 시대

# 지속 가능한 개발을 위한 북극해 연구 선행돼야

미래를 위한 자원의 보고이자 지구환경 변화의 비밀이 숨어있는 북극이 최근 급속한 지구온난화로 인해 북극해의 얼음이 사라지면서 자원개발과 새로운 항로개발을 위한 경제적 해역으로 바뀌고 있다. 기후변화로 인하여 점차 높아지는 북극의 중요성을 짚어본다.

글 사진 강성호 극지연구소 극지해양과학연구부장







1 연구원들이 북극해 결빙해역에 세운 캠프.  
2 북극 다산과학기지 주변 해빙에서 시료를 채취하는 연구원들.  
왼쪽 페이지 극지 해양연구의 움직이는 실험실인 아라온호.

우리나라의 남극해양 연구는 1978년에 시작되었지만, 북극해 연구는 상당히 늦게 시작했다. 북극해양까지 연구하기에는 인력과 예산이 부족했기 때문이었다. 북극해 결빙해역 연구는 우연한 기회에 이루어지게 되었다. 1999년 7월 중국 쇄빙연구선 설룡(雪龍) 호의 제1차 북극해 탐사 국제공동연구에 우리나라 연구원(필자)이 초청되면서 북극해 연구에 첫발을 내딛게 되었다. 이어서 2000년에는 해양수산부 사업으로 러시아 극지연구팀과 공식적으로 우리가 주도하는 북극해 공동연구를 수행하였다. 이를 통해 북극권 국가들과 관계를 맺는 기회를 가지며 북극해 연구에 박차를 가하기 시작하였다. 하지만 아라온호가 없던 시절에는 러시아, 미국, 중국, 일본, 캐나다 등 선진 북극해 연구팀에 의존하며 북극연구를 수행할 수밖에 없었다.

### 쇄빙연구선 아라온호와 함께 주도적 해양연구 시작

이와 같이 2009년 쇄빙연구선 아라온호가 건조되기 전에는 우리나라의 극지해양 연구는 열 명 내외의 현장 연구진이 겨우 보름 남짓한 시간 동안 타국 배를 빌려 여러 개의 과제를 모아 한꺼번에 연구하는 식으로 힘겹게 꾸려졌다. 그런 열악한 연구 환경에서 선진 세계 연구진들과의 협력 연구를 통해 원하는 연구를 주도적으로 추진하려고 노력하였지만 역부족이었다.

우리의 염원이었던 쇄빙연구선 아라온호가 2009년 12월 남극해에서 시험운항을 성공적으로 마치면서, 2010년부터 우리가 주도하는 본격적인 극지해양 연구 활동이 시작되었다.

주요 연구해역으로 선택한 곳은 지구에서 가장 빨리 온난화가 진행되고 있는 서북극 척치/동시베리아해였다. 러시아와 미국 주변 해역인 척치/동시베리아해 주변 해역은 최근 20년 동안 섭씨 2도 가까이 평균 온도가 상승하였다.

쇄빙연구선 아라온호를 활용한 극지 해역과 그 주변 해역의 해양물리·화학·지질학적 환경 특성을 규명하는 해양기초과학 연구가 집중적으로 수행되었다. 우선 해수순환과 해양 물질순환특성 연구, 해양대기 상호작용에 의한 해양기후 변화 이해, 환경변화에 따른 해양생태계 기능과 구조 연구, 수중음향을 이용한 해양생물자원 분포와 이용 연구, 극지해양 원격탐사 활용연구, 해빙 구조와 분포 특성연구, 해양순환과 생태계 모델 등 융복합적인 연구가 진행됐다.

북극해뿐만 아니라 중저위도권에 이르는 해역을 대상으로 전지구 환경변화에 따른 극지역 해양환경의 기능과 구조변화를 예측하는 연구도 시도되었다. 지구환경 변화의 원인을 제공하기도 하고 환경 변화의 결과가 극적으로 나타나기도 하는 미지의 북극 결빙해역에서 다학제 연구가 가능해진 것이다.

### 북극해는 전지구 환경변화 대응을 위한 핵심 연구지역

우리나라는 2002년 4월 북극 다산과학기지를 개설하면서, 북극해 진출을 위한 교두보 확보, 북극해 자원과 항로 등 북극권 개발에 대비한 경험과 기술의 축적, 그리고 북극 지역에서 나라의 격을 높이고 북극에서의 지속 가능한 개발을 위한 과학기술 외적으로 필요한 과학적





1 북극해 진출 교두보인 북극 다산과학기지 전경. 2 북극해 해빙에서 아이스코어링 작업 중인 연구원들. 3 아라온호에서 헬기를 활용한 해빙 용빙호를 조사 중이다. 4 연구원들이 북극해 결빙해역 용빙호 해양생태계를 조사하고 있다. 5 아라온호 갑판에서 연구 활동 중인 연구원들.

근거를 마련하였다.

본격적인 북극해 연구는 2010년부터 아라온호를 활용하여 시작하였다. 2011년에는 쇄빙연구선 아라온호를 효율적으로 활용한 대형 국제 해양연구프로그램이 추진되었다. 정부에서는 남북극해를 아우르는 '양극해 환경변화 이해와 활용 연구(K-PORT) 사업'의 일환으로 한국·캐나다·미국·일본·중국·러시아 국제공동연구팀과 함께 급격하게 변화하고 있는 서북극해 연구 활동을 본격적으로 수행하였다.

북극해 주변은 전지구의 환경, 에너지·자원과 같은 중요한 문제들을 해결하기 위한 핵심 지역으로 과학적, 경제적, 지정학적으로 중요성이 대단히 크다. 나아가 북극해는 기후변화에 민감하여 전지구 기후시스템에 커다란 영향을 준다. 실제 기후모델과 관측 자료를 통해 북극해가 전지구 평균보다 상당히 높은 비율로 더워지고 있음을 알 수 있다.

북극해가 더 빨리 더워지는 이유는 해빙이 녹아 사라지면서 태양 에너지를 더욱 많이 흡수하기 때문이다. 대기-해양의 순환양상의 변화 역시 북극해를 더욱 더워지게 만드는 주요한 원인이 된다. 최근의 기후변화가 북극해 주변의 해양생태계를 현저히 크게 변화시키고 있다. 그 주요 원인은 해빙이 줄어들고 강물이 더 많이 흘러 들어오기 때문이다. 북극해 변화가 급격하게 일어나기 때문에 온난화에 따른 해빙

의 감소 등 북극해의 환경변화가 언제 돌이킬 수 없는 임계점을 예측하는 일은 쉽지 않다. 나아가 현재 위험에 직면해 있는 북극해를 연구하여 미래 환경변화에 대비하고 우리 사회가 준비할 수 있는 시간을 벌어야 한다. 그런 점에서 북극해 연구는 전지구 환경변화에 대한 미래의 조기경보시스템을 구축하는 '프론티어' 연구 분야라 할 수 있다.

### 콜드러시와 북극항로

북극의 급격한 환경변화로 인해 고통을 받고 있는 지역이 있는 반면, 새로운 개발의 기회가 주어지고 있는 지역도 있다. 북극해 주변 지역은 개발되지 않은 지하자원의 보고이다. 전세계 미개발 석유와 가스의 4분의 1이 북극해 주변해역에 매장되어 있는 것으로 보고되고 있다. 최근 해빙이 급격히 사라지면서 과거 접근이 어려웠던 미답해역에 석유를 개발하기 위한 오일 러시가 이루어지고 있다. 기름 유출과 같은 환경 재앙의 위험에도 불구하고 중동 및 아프리카 등 유전지역에서의 정치적 문제가 증가하면서 북극의 석유와 가스 자원은 전세계 에너지의 안정된 공급을 위한 대안으로 떠오르고 있다. 미국의 셀사에 의하면 기술적, 정치적, 환경적으로 어려운 문제들만 해결된다면 앞으로 20년 안에 북극의 석유 생산량이 전세계 석유 생산량의 4분의 1을 차지할 것으로 예측하고 있다.





1904년 노르웨이의 아문센이 2년에 걸쳐 어렵게 횡단한 북극항로가 오늘날 태평양 동아시아 경제국가들(한국, 중국, 일본)과 대서양의 북미 및 유럽 국가들을 연결하는 새로운 항로로 대두되고 있다. 태평양과 대서양의 주요 무역국가들 간의 물류 이동거리를 6,000km 정도 단축하여 물류 비용을 절감할 수 있는 새로운 뱃길이 열리고 있는 것이다. 오일러시와 북극항로 개발이 활발해지는 가운데 북극해를 둘러싸고 있는 5개 북극권 국가들(미국, 러시아, 캐나다, 노르웨이, 덴마크/그린란드)은 배타적경제수역(EEZ)을 확장하고 각자의 권리와 지배권을 주장하기 위한 과학적 근거를 마련하기 위해 해저탐사에 박차를 가하고 있다. 북극점 해저에 러시아 국기를 꽂고, 캐나다가 2007년 새로운 북극기지를 열기로 한 결정은 북극지역이 전략적으로 중요한 지역으로 부상되고 있음을 보여주는 것이다.

### 지구를 위한 '카나리아' 북극

북극권에서 멀리 떨어져 있는 다른 지역에서는 오히려 북극의 변화로 눈물을 흘리고 있다. 방 온도를 일정하게 유지해주는 에어컨과 같은 역할을 하는 북극의 변화로 심지어 한반도에 거주하는 우리들도 한파, 폭설, 폭염 등과 같은 기후변화로 큰 고통을 받고 있다. 이는 우리 인간들이 과도한 화석에너지 이용으로 인한 이산화탄소 증가로 지구온난화가 가속화되면서 전지구 기후를 통제하고 조절하는 북극 에어컨 장치가 이상 작동되고 있기 때문이다. 북극지역에서 태양열 에너지를 우주로 반사시켜 되돌려 보내는 역할을 하는 눈과 얼음의 면적이 줄어들면서 얼어있던 동토가 녹아 강력한 온실기체인 메탄이 대기 중으로 방출되고 있다. 메탄가스는 이산화탄소의 약 20배에 달하는 지구온실 기체로 이들의 방출이 증가하면 지구온난화가 더 가속화된다.

지구상 어떤 곳보다 환경변화에 민감하게 반응하는 북극을 우리는 지구를 위한 '카나리아'라 여겨야 할 것이다. 탄광에서 카나리아는 광부들에게 유독한 기체가 앞에 있음을 경고하는 경고등의 역할을 하듯, 북극은 지구에 큰 변화가 다가오고 있음을 우리에게 경고하는 경고등 역할을 하는 것이다.

이처럼 북극의 환경은 이미 급격하게 변화하고 있다. 남극과 달리 북극은 개발의 압력이 심하기 때문에 지속가능한 개발을 위한 철저한 사전 연구 수행이 중요하다. 대한민국도 북극다산과학기지를 중심으로 한 북극권 대서양 환경변화 연구를 수행하고, 쇄빙연구선 아라온호를 활용한 북극권 태평양 북극해 환경변화 연구를 수행하여 얻은 결과를 전세계 국가들과 공유하면서 환경 파괴와 개발로 인해 발생하는 재앙을 방지하기 위해 최선을 다해야 할 것이다. 🌍



## Special

아라온호 북극해 탐사 ②

### 북극의 기후변화

# 북극해 조기경보시스템 구축해야

지구온난화에 따른 급격한 기후변화로 북극해 곳곳이 몸살을 앓고 있다. 이에 아라온호는 지난 8월 5일 알래스카 놈(Nome)을 출발, 북극해를 향한 탐사에 나섰다. 전 세계 7개 나라(미국, 일본, 중국, 프랑스, 스페인, 영국), 15개 연구기관과 대학에서 모인 53명의 연구원이 동참한 1항차 북극해 탐사의 임무는 '해빙의 변화에 따른 해양-해빙-대기 상호 작용에 대한 연구'였다

글 사진 양은진 극지연구소 극지해양과학연구부 책임연구원(북극해 1항차 탐사 수석연구원)

북극은 현재 지구상 그 어떤 지역보다 빠르게 뜨거워지고 있으며, 지구온난화에 따른 급격한 기후변화로 북극권 곳곳이 몸살을 앓고 있다. 기후 변화의 영향은 이미 북극의 많은 지역에서 가시적으로 나타나고 있다. 북극의 장기적인 기후변화는 대륙의 빙하(눈이 오랫동안 쌓여 다져져 육지의 일부를 덮고 있는 얼음층)를 녹아내리게 하고, 해빙(바다의 얼음)을 사라지게 하며, 지구 전체의 해류 순환 시스템뿐만 아니라 해수면 상승에도 영향을 미친다. 특히 대륙으로 둘러싸인 거대한 얼음바다인 북극해는 5대양 중에서 가장 작지만 지구 전체의 기후를 조절하는 사람의 심장과 같은 곳이다. 북극해는 전지구의 열과 이산화탄소의 중요한 저장고로서 인위적 혹은 자연적 기후변화를 조절할 수 있는 완충해역으로서 역할을 한다.

최근 들어 북극해에서 급격한 환경변화를 예측하는 일은 단기간

내에 이루어질 수 없기 때문에 북극해 연구는 전지구 환경변화에 대한 미래의 조기경보시스템을 구축하는 '미개척' 연구 분야라 할 수 있다. 이와 같은 이유로 북극권 국가뿐 아니라 비북극권 국가에서도 북극해 연구에 집중하고 있다.

극지연구소 아라온호는 북극해에서 현재 발생되고 있는 현상을 이해하고, 기후온난화로 인해 발생하는 여러 가지 문제들의 원인을 분석하고, 미래 북극해 조기경보시스템을 구축하기 위하여 매년 북극해로 향하고 있다.

## 북극이 더워지면서 점차 사라지는 북극의 얼음들

지난 반세기 동안 북극해는 전지구 평균보다 더 빠른 속도로 더워지고 있으며, 북극의 온도는 지구 평균 온도가 증가하는 속도보다 2~3





배 빠르게 증가하고 있다. 지구의 기온이 점차 높아질수록 지구상에서 발생하는 많은 일 중에 가장 엄청난 일은 수만 년 동안 쌓여온 극지방을 뒤덮고 있는 얼음이 녹아내리면서 점차 사라지는 것이다. 북극해의 여름동안 얼음이 사라지면서 얼음으로 덮여있던 물이 태양 복사에 노출됨에 따라 북극해의 해수면 온도와 대기 온도는 점차 올라가게 된다. 북극해 해수면 온도는 태양의 계절적 주기, 해류와 대기순환에 의한 열교환 등의 종합적인 영향을 보여주는 중요한 기후 지표로서, 특히 여름철 해수면 온도는 북극해 미래의 해빙상태를 예측하는데 이용될 수 있다.

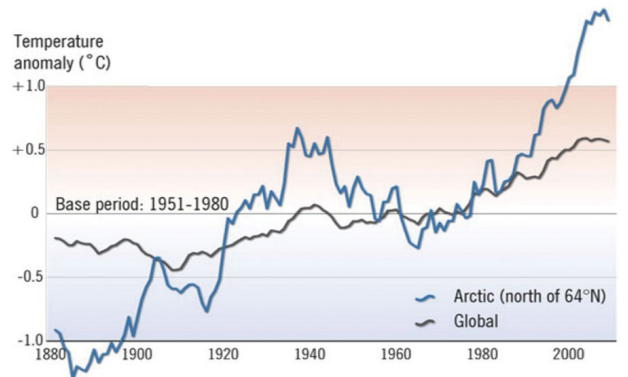
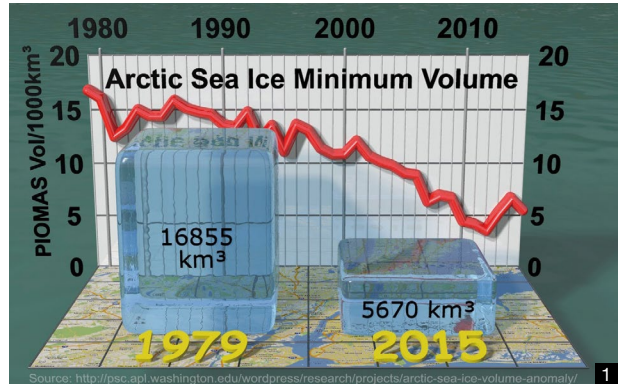
최근 몇 년 동안 8월의 북극 바다 해수면 온도가 1982~2010년 평균 값에 비해서 비정상적인 정도로 따뜻했다. 특히 2007년 8월의 해수면 온도는 1982년 이래 가장 큰 폭으로 증가했으며, 이는 척치해의 해빙 후퇴 시기가 앞당겨진 것과 관련이 있다. 이번 아라온호 탐사 동안 북극해의 수괴 분포 특성을 이해하고, 수온 및 염분의 변화 양상을 이해하기 위하여 CTD(해양물리특성측정장비)와 XCTD를 이용한 해양의 수괴 특성 연구들이 수행되었다.

북극해 여름의 평균 해빙 면적은 지난 30년 동안 기록적인 속도로 줄어들고 있다. 북극해 탐사를 떠나기 전부터 연일 매스컴에서는 올해 북극해 해빙이 가장 많이 사라질 것임을 보도하였고, 외국의 공동 연구자들은 올해 북극해 해빙이 역대 최대로 사라질 것을 전망하여 북극해 연구방향에 대하여 논의하자고 제안해 왔다. 필자가 2012년에 북극 척치해에서 얼음이 사라진 새파란 바다를 경험한 이후 다시 한 번 북극에서 파란바다를 본다고 생각하니 머릿속이 복잡해졌다.

아라온호는 8월 5일 남을 출발하여 이틀 후에 베링해협 첫 정점에 도착하였고, 베링해협을 지나면서 '여기가 북극이 맞아'라고 가우뚱할 때까지 바다에서는 얼음 한 조각 나타나지 않았다. 설마하는 심정으로 척치해를 향해 갔다. 척치해 북위 72도에 도착할 때쯤 사방이 온통 하얗게 빛나는 하얀 바다와 만났다.

이번 탐사에서 아라온호의 가장 큰 임무 중의 하나는 해빙캠프를 설치하여 얼음의 두께, 물성, 얼음에 사는 생물, 얼음의 생화학 반응 등을 조사할 뿐 아니라 얼음 밑에서 벌어지는 현상들에 대하여 조사하는 것이다.

아라온호는 얼음을 깨뜨리면서 척치해 북쪽을 향해 갔고, 우리는 헬리콥터를 이용하여 아라온호 주변을 관찰하면서 해빙캠프에 적합한 얼음판을 찾아 다녔다. 드디어 북위 78도에서 해빙캠프에 적합한 얼음판을 찾아냈고, 이틀



1 부피로 환산된 1979년과 2015년 북극해 여름철 얼음 부피의 비교.  
 2 1951~1980년을 기준으로 산정한 지구 평균 기온과 북극권지역 평균 기온 아노말리(°C) 시계열 분석.(출처: <http://www.stockholmresilience.org/research/2013-05-31-pushed-to-the-limits.html>)  
 3 척치해 북위 78도에 설치된 해빙캠프에서 연구 활동을 하는 연구원들. 왼쪽 페이지 북극해 해빙캠프와 아라온호.







1 해빙 부이를 설치하는 연구원들.  
2 해빙 위에서 북극곰을 감시하는 북극곰 감시자.



동안 해빙 연구를 수행하였다. 특히 프랑스, 중국, 영국에서 온 연구자들은 해빙 움직임과 해빙 아래 해수 수온 등을 무인 관측하여 자료들을 실시간으로 받을 수 있는 해빙 부이를 해빙에 설치하여 오랫동안 북극해에 버티주길 기원하였다. 해빙캠프에서 가장 큰 문제는 북극곰이다. 북극에서는 어느 누구도 갑자기 나타나는 북극곰의 공포로부터 자유로울 수 없기 때문에 북극곰 감시자들은 밤낮없이 아라온호 주변에서 연구자들을 보호한다.

미국항공우주국(NASA)에 의하면 매년 9월 북극해 얼음 면적은 지속적으로 감소하고 있으며, 얼음 부피로 따졌을 때 약 70% 이상의 얼음이 감소하였다. 전문가들은 2040년 여름이면 북극해 얼음이 사라져 하얗던 북극해가 얼음 한조각 남지 않은 바다가 될 수 있음을 전망하였다. 더 큰 문제는 가장 오래되고 두꺼운 다년생 해빙이 얇아지거나 녹고 있는 것이다. 보통 여름철에 초년생 얼음이 녹았는데 최근 몇 년 사이 북극해 해빙의 최후 보루로 생각했던 다년생 얼음조차 규모가 점차 작아지면서 지난해에 다년생 얼음의 비율은 32%에 불과한 것으로 나타났다. 이번 북극해 탐사에서 다년생 얼음으로 가득하던 척치해 남쪽이 초년생 얼음으로 바뀌어가고 있는 현상을 관측함으로써 현장에서 북극해 해빙 변화를 실감하였다.

북극해 얼음은 지구기후변화의 척도로서 지구환경이 얼마나 위험 수준에 이르렀는지 알려주는 상징적인 지표이다. 북극해의 얼음이 이와 같은 속도로 급속히 사라진다면, 지구의 끝자락 바다를 덮고 있던 얼음이 사라짐으로써 북극해는 하얀 세상(눈, 빙하, 해빙)에서 점차 검푸른 세상(땅, 바다)으로 바뀌게 될 것이다.

### 위험에 처한 북극 생물들

지나치게 빠른 속도로 녹고 있는 북극해 얼음이 불러오는 가장 큰 재앙은 해양생태계가 무너지고 있는 것이다. 특수한 환경으로 인해 북극해는 북극에만 존재하는 독특한 해양생태계를 유지하고 있으며 해양 생물들은 오랜 시간을 잘 적응해 왔다. 그러나 빠르게 사라지는 바다 얼음과 수온 상승은 해양 먹이사슬과 해양 생물의 생산성을 변화시키고 그들의 삶의 터전을 사라지게 함으로써 해양생태계에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 밝혀지고 있다. 즉 해양생태계 먹이사슬의 가장 아래쪽을 지키고 있는 해양 플랑크톤의 생산성을 감소시키고, 순차적으로 먹이사슬을 이루는 바다표범, 바닷새, 북극곰에 이르는 생태계 구조를 심각한 위험에 빠뜨리게 한다.

1항차 연구팀에서는 해양 플랑크톤 전문가들이 많이 승선하였다. 아주 작은 플랑크톤부터 크기가 큰 플랑크톤까지 채집하여 그들의 생산력, 다양성, 개체수 변화 등과 생지화학 상호작용에 대한 연구를 수행하였다. 예를 들어, 기후변화에 따른 해수면의 온도 상승으로 지난 60년간 북반구에서 약 40% 이상의 식물플랑크톤이 감소하였으며, 해빙의 감소로 북극해 식물플랑크톤의 크기가 점차 작아지고 있다. 대구와 같은 따뜻한 물에 사는 물고기들은 북극해로 점차 이동하



고 있으며, 북극해에 외래종의 유입은 먹이와 필수 자원을 놓고 생물 종간의 경쟁으로 북극어종을 감소시키거나 쫓아내고 있다. 또한 얼음을 터전으로 살아가고 있는 바다코끼리, 북극곰 등의 집이 점차 사라지고 있다. 이에 따라 새끼를 죽이거나 서로 먹이를 찾지 못하게 하는 등의 경쟁이 심하게 벌어지고 있다.

북극에서만 서식하는 북극곰은 주로 해빙에서 삶의 터전을 마련하고, 해빙을 타고 다니면서 바다표범을 먹으면서 살아간다. 그러나 지속적으로 증가하는 북극의 더위와 무너져 가는 집을 바라보는 북극곰들은 당황스러울 것이다. 학자들은 지구온난화로 가장 먼저 생존 위기를 겪고 있는 동물로 북극곰을 꼽았고, 북극 얼음이 점차 사라지게 되면서 2050년까지 30%의 북극곰이 사라질 것으로 전망하고 있다(세계자연보전연맹). 지금처럼 온난화가 지속되면 북극곰 이후로 멸종하는 동물들이 지속적으로 늘어날 것이며, 그 먹이사슬의 가장 꼭대기에는 인간이 있다. 그래서 일부 학자들은 지구온난화로 인하여 얼음이 녹는 현상을 '지구의 재앙'이라고 표현한다. 이와 같이 북극 해양생태계는 작은 미생물부터 최상위 생물들까지 모든 먹이사슬에 걸쳐 심각한 영향을 받고 있기 때문에 향후 북극해 환경 변화가 인류에게 어떤 영향을 미칠지에 대한 대책 마련이 시급하다.

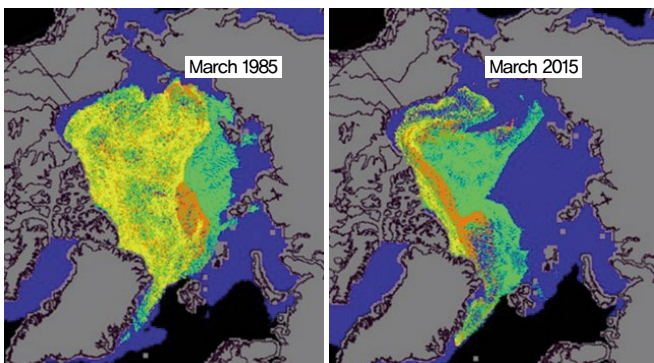
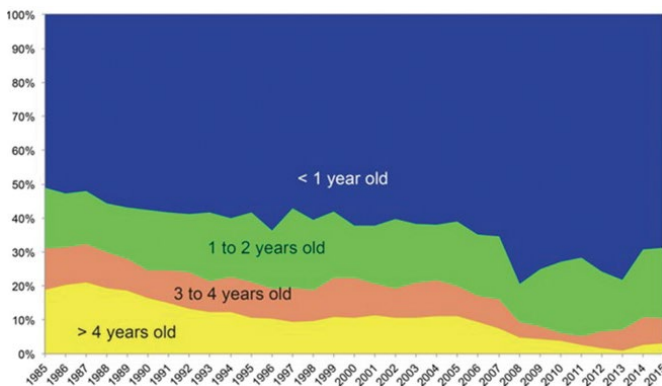


지구온난화로 생존위기에 놓인 굶주린 북극곰.

### 얼음나라 북극이 인류에게 주는 메시지

북극의 급격한 변화는 사람이든 동물이든 누구에게나 적응할 시간을 주지 않고 빠르게 변화하고 있으며, 특히 북극해 주변에서 살아가고 있는 원주민들과 거주민들의 생활 모습도 점차 변화시키고 있다. 매년 엄청난 양의 얼음이 녹으면서 바다의 높이는 점차 높아지고, 이로 인해 북극의 이누이트들은 사는 곳을 떠나 자꾸만 바다에서 더 멀리 물러나고 있고, 어떤 마을들은 높아진 해수면으로 완전히 사라져 가고 있다. 알래스카 주 모든 지역에 존재하는 원주민은 주요 거주지의 약 90%가 홍수 또는 연안침식으로 생활에 어려움을 겪고 있으며, 얼음이 어는 시기가 점차 늦어지면서 북극권 원주민들은 삶의 터전을 잃을 운명에 놓여 있다. 점차 사라지는 눈과 얼음은 원주민들의 생존을 위한 먹이 사냥을 점차 어렵게 만들고 있다.

그러나 무엇보다 걱정스러운 현실은 북극에서 일어나는 일은 북극에만 머무르지 않을 것이라는 사실이다. 전세계 기후와 해류 변화에 지대한 영향을 미친다는 의미다. 전문가들은 북극해 얼음이 사라질 경우 세계 각지에 가뭄과 태풍과 같은 기상 재해가 견잡을 수 없이 발생할 수도 있다고 경고했다. 지금까지 북극은 아주 멀리 떨어진, 우리와 전혀 상관없는 지역으로만 인식하여 왔지만 실제로 북극의 차가운 대기는 우리나라가 위치한 중위도 지역까지 밀려내려오으로써 우리나라도 주기적으로 이상기후 현상을 일으키고 있으며, 북극권의 해빙감소, 기류변화 등은 우리나라 날씨에 적지 않은 영향을 미치고 있다. 특히 극지연구소 김백민 박사는 점차 사라지는 북극얼음은 한반도에 더 매서운 한파를 몰고 올 수 있다고 경고하였다. 북극은 이미 재앙이 시작되었음을 경고하였고, 우리는 가능한 재앙을 늦추도록 노력하는 것이 인류가 미래의 후손들을 위해서 할 수 있는 최선이 될 것이다. 🌍



북극해 1984년부터 해빙 나이에 대한 분포 시계열 분석(위 그림)과 1985년과 2015년 3월에 비교한 해빙 나이(초년빙과 다년빙) 분포 특성.  
(자료: Arctic report card 2015)



Special

아라온호 북극해 대탐사 ㉓

북극의 해저자원

## 엄청난 변화의 소용돌이 북극해 대륙붕

지난 7월 20일 인천항을 출발한 쇄빙연구선 아라온호는 67일간 동시베리아해와 베링해, 척치해 등 북극 인근에서 북극해 환경조사와 자원탐사를 수행했다. 아라온호 북극해 2항차(8월 25일~9월 10일) 탐사에는 총 33명의 연구원들이 참가했다. 아라온호가 동시베리아해 대륙붕 탐사에 나선 것은 이번이 처음이다.

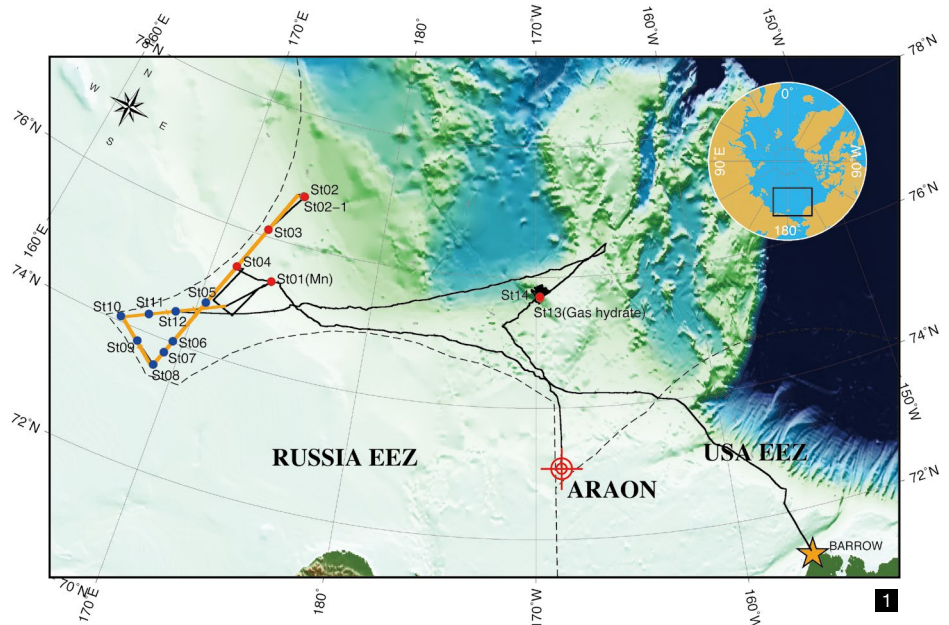
글 사진 진영근 극지연구소 극지지구시스템연구부장(북극해 2항차 탐사 수석연구원)



아라온호 갑판에서의  
퇴적물 시추작업.



1 아라온호 북극 2항차 탐사 지역도. 아라온호 항해경로(검은색 선), 다중채널탄성파탐사 축선(오렌지색 선), 높은 용존메탄농도 측정정점(청색 점), St01-망간단괴 채취정점, St13-가스하이드레이트 채취정점 등.  
2 북극 자원 현황(출처: 아시아경제).



북극이 급속하게 더워지고 있다. 북극은 지난 100년 동안 지구상에서 기온이 가장 많이 상승한 지역이다. 북극해를 덮고 있는 해빙도 빠르게 녹고 있다. 그동안 혹독한 추위와 해빙 때문에 어려웠던 북극해 지역의 해저자원, 특히 석유가스 자원 개발이 쉬워지고 있다.

현재 북극에는 전세계 미발견 석유의 약 13%, 가스의 약 30%가 분포하고 있고, 미래의 에너지 자원으로 주목받고 있는 메탄하이드레이트의 약 20%가 매장되어 있는 것으로 추정되고 있다(USGS, 2009). 북극해의 넓은 대륙붕 지역은 막대한 석유가스자원이 매장된 지역으로 향후 북극 자원과 북극항로 개발 그리고 경제개발이 집중될 지역이다. 다만 이런 대륙붕 지역은 북극연안국 5개국(미국, 캐나다, 러시아, 노르웨이, 덴마크)의 배타적경제수역(EEZ)에 대부분 속해 있다.

### 미래의 대체자원으로 주목받는 ‘불타는 얼음’

한편 북극해 대륙붕에서는 지구온난화를 증폭시킬 수 있는 ‘온난화의 시한폭탄’으로 주목을 받고 있는 해저 메탄 방출이 일어나고 있다. 2년 이상 영하의 온도를 유지하는 땅, 즉 꽁꽁 얼어있는 땅을 영구동토층이라 하는데, 북반구 전체 면적의 24%를 차지한다. ‘불타는 얼음’이라 불리는 메탄하이드레이트도 영구동토층에 함께 존재한다. 이런 영구동토층은 북극해 면적의 절반가량을 차지하고 있는 대륙붕에도 넓게 발달해 있다. 2만년 전 마지막 빙하최대기 때 육지였던 북극해 대륙붕은 이후 계속해서 해수면이 높아지면서 바다가 되었다. 적어도 10도 이상 따뜻한 바닷물이 들어오면서 얼어있는 대륙붕의 영구동토층이 녹기 시작했다. 또한 최근 백년 동안만 해도 북극해 바닷물의 온도가 3도나

높아졌다. 대기가 따뜻해지고, 해빙이 녹고, 그 밑에 얼어있는 땅도 녹고 있는 것이다.

과학자들은 이제 북극해의 대륙붕이 엄청난 변화를 겪을 것으로 예상하고 있다. 영구동토층과 메탄하이드레이트가 녹으면서 방출된 엄청난 양의 메탄이 대기에 도달할 것이다. 메탄은 이산화탄소에 비해 25배나 강한 온실가스이다. 메탄은 대기 중에서 기온을 빠르게 상승시킨다. 기온이 상승하면 해빙은 더 빨리 녹고 해수온도는 높아진다. 따뜻해진 바닷물 때문에 해저는 더 빨리 녹아 더 많은 메탄을 방출하게 될 것이다. 이런 되먹임 현상이 지구온난화를 견잡을 수 없게 증폭시켜 대재앙을 가져올 것이라는 과학자들의 시나리오가 실제 북





극현장에서 일어나고 있는 것일까?

이 질문에 대답하기 위해 극지연구소에서는 2016년부터 2021년까지 해양수산부가 지원하는 '북극해 해저자원환경 조사 및 메탄방출현상 연구'를 수행중이다. 이 연구에 사용되는 탐사방법은 기본적으로 자원탐사 방법과 동일하다. 획득한 자료는 북극해 대륙붕과 대륙사면의 해저자원환경 즉 심부/천부 지층구조, 석유·가스나 메탄하이드레이트, 해저광물자원과 같은 자원부존 가능성을 파악하는 기초자료로도 활용할 수 있다.

2016년 여름, 아라온호는 이런 연구목표를 가지고 동시베리아해로 향했다. 8월 25일부터 9월 10일까지 북극해 2항차 탐사가 실시되었다. 극지연구소 16명, 한국해양과학기술원 1명, 선박해양연구소 3명, 한국지질자원연구원 4명, 한양대 1명, 경상대 1명, 러시아 쉬르쇼프 해양연구원 1명, 난징대와 페어뱅크스대 중국인 연구원 2명, 작가 1명, 러시아 해빙도선사 2명, 선의 1명 등 총 33명의 연구인원이 참가하였다.

이번 탐사를 준비하면서 우리 연구팀이 가장 우려했던 현장 상황은 해빙(바다얼음)의 분포였다. 올해 초반에는 북극의 해빙 면적이 관측사상 최저를 기록했던 2012년에 비견될 정도로 빠르게 감소하다가, 중반 이후에는 정체하는 경향을 보였다. 특히 우리 탐사지역인 동시베리아해 해역은 예년과 다르게 7월 하순까지도 두꺼운 해빙에 덮여 있었다. 이런 해빙상황이면 우리가 계획하는 해저탐사를 수행

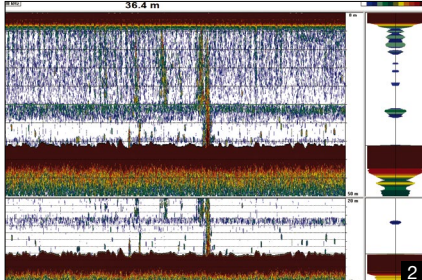
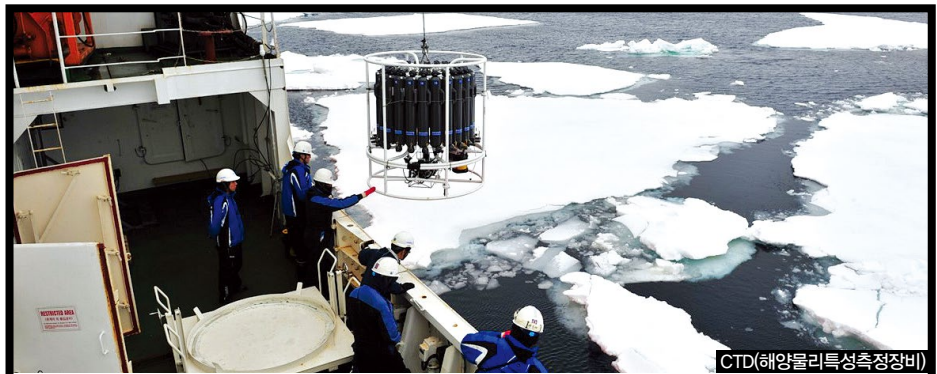
하는 것이 거의 불가능하였다.

다행히 8월 20일 해빙이 다시 빠르게 감소하기 시작한다는 소식을 들으면서 한결 가벼워진 마음으로 한국을 출발할 수 있었다. 8월 25일 알래스카 배로우에서 탐사지역으로 출발할 때에는 해빙 상황은 더욱 호전되어 계획한 탐사지역의 절반 이상이 해빙에서 벗어나 보였다.

8월 27일 해빙지역을 통과하여 첫 번째 탐사정점에 도착하였다. 갑자기 시작된 폭풍과 거센 파도로 인해 탐사 시작은 쉽지 않았다. 피할 할 곳도 없는 거친 북극바다에서는 항해하지 않고 하루 종일 제자리에 정선하며 악천후가 호전되기를 기다릴 수밖에 없었다. 해황이 좋아진 후, 천부지층구조 탐사를 수행한 후, 200m 수심의 대륙사면에서 해저퇴적물 채집방법을 이용해서 망간단괴를 채취하였다. 망간단괴는 수천 미터 수심의 태평양 심해에서 주로 발견되는 해저광물인데 북극해 200m 수심에서 발견된 것은 매우 이례적인 일이다. 북극의 해저자원 환경을 이해할 수 있는 좋은 시료이다.

### 동시베리아해 대륙붕 안쪽에서 메탄가스 기둥 발견

8월 29일부터 9월 2일까지 이번 탐사에서 가장 중요한 탐사항목인 다중채널탄성파탐사를 실시하였다. 해저 지하 5km 깊이까지 지층을 영상화하는 자료를 획득하는 탐사이다. 약 3.5일 동안 660km 축선의 탐사자료를 획득하였다. 해빙 상황과 더불어 현장 탐사의 가장 큰





북극해 2항차 연구탐사 주요 실적(2016. 8. 28~9. 7)	
탐사자료 항목	정점수/측선길이
3.5kHz 천부지층 자료	4148km
다중빔 해저지형 자료	3330km
다중채널탄성파탐사 자료	665km
스파커 천부탄성파 자료	181km
CTD 자료	13개 정점
지열 자료	5개 정점
박스 퇴적물 코아 시료	8개 정점
중력 퇴적물 코아 시료	7개 정점

문제인 장비 고장, 특히 고압음파신호 발생기(에어건)의 고장 없이 성공적으로 탐사를 마쳤다. 획득한 자료는 선상에서 일차적인 처리를 마친 후, 연구소에 돌아가서 심층처리를 하여 심부 지층단면도를 작성할 예정이다. 이는 동시베리아해 대륙붕과 대륙사면의 해저지층 구조와 영구동토층, 가스하이드레이트 해리현상을 연구할 수 있는 가장 중요한 자료가 될 것이다.

다중채널탄성파탐사를 마친 지점은 위도 77도 44.78분이다. 남쪽으로 측선을 따라 거슬러 올라가면서 이미 선정한 12개 정점에서 30시간 연속적으로 이어지는 탐사작업을 시작하였다. 정점 작업에서는 해수/해저퇴적물 시료 채취와 해수메탄농도/지열 측정이 진행되었다. 연구원들은 2~3시간마다 도착한 정점에서 채취와 측정 작업을 하고 이동시간에는 이전 시료 처리와 다음 정점 준비를 해야 했다.

수심 50m보다 얇은 동시베리아해 대륙붕 안쪽으로 접근하면서 해저에서 뿜어져 나오는 메탄가스 기동을 발견하였다. 이 지역에서 해수 중 용존메탄농도가 150nM까지 치솟는 높은 값이 측정되었다. 이는 전세계 해양의 평균값에 비해 약 40배에 달하는 높은 수치가 측정된 것이다. 2010년 발표된 사이언스지 논문(Shakova, 2010)에서는 동시베리아해 연안쪽 대륙붕의 해수층에서 전세계 평균의 8배에 달하는 높은 용존메탄농도 측정값이 발표되었다. 이런 높은 메탄농도는 북극해 영구동토층과 가스하이드레이트층이 녹아서 방출된 메탄 때문이고, 향후 지구온난화가 급격히 가속화될 것이라고 주장하였다. 하지만 이후에 알래스카와 보퍼트해, 그리고 동시베리아해 대륙붕 바깥쪽 지역에서 진행된 탐사에서는 높은 메탄농도가 관측되지 않았다. 이번 우리가 측정한 동시베리아해 중부 대륙붕에서의 높은 용존메탄농도는 사이언스지 논문의 연구결과를 지지하는 결과가 될 것이다.



1 다중채널탄성파 수신기 투하작업.  
2 수중음향측심기에 포착된 동시베리아해 대륙붕 해저면(수심 36.4m)에서 수층으로 뿜어져 나오는 메탄가스 기동 모습.  
3 망간단괴 지역에서의 정점탐사.  
4 동시베리아해/척치해 지역에서 처음 채취한 가스하이드레이트.

### 향후 캐나다, 러시아의 북극 대륙붕 공동탐사 나설 것

동시베리아해 대륙붕지역에서 다음 탐사지역인 척치고원 지역으로 이동하였다. 해빙이 거의 없는 것으로 표시한 해빙분포도와는 달리 많은 해빙들이 연구선의 앞을 막아섰다. 계속되는 얼음과의 충돌로 발생한 충격과 소음을 몸으로 느끼면서 이 지역에서의 탐사를 포기하였다. 북극탐사에서 언제나 만나는 상황이다. 다른 지역을 찾아가는 플랜B를 가동해야 하는 순간이다. 밤새 지난밤 해저지형/지층 탐사에서 얻은 자료를 검토하여 메탄하이드레이트가 자주 발견되는 지형 구조를 가진 네 개의 해저언덕 구조를 탐사하기로 결정하였다.

9월 7일 오전 11시경 수심 500m의 목표지점에서 획득한 코아의 맨 아래쪽 부분에서 퇴적물과는 전혀 다른 모습의 메탄하이드레이트가 발견되었다. 동시베리아해에서 메탄하이드레이트가 처음으로 모습을 보이는 순간이었다.

이번 탐사는 북극해에서 글로벌 이슈가 되고 있는 중요한 질문들에 대해 중요한 단서가 되는 새로운 자료와 시료를 얻는 성공적인 탐사였다. 향후 캐나다(2017년, 2019년)와 러시아(2018년, 2020년)의 북극 대륙붕 지역에서 국제공동과학탐사를 수행할 예정이다. 과학활동을 통해 우리나라와 북극연안국과의 협력 파트너십을 구축하는데 기여할 것이다.🌐



극지연구소 제5대 소장에 취임한 윤호일 박사

# “끊임없는 혁신 통해 극지연구 질적 성장 이룰 터”

에디터 강윤성 사진 주민욱 기자







“기존 연구 과제를 전면적으로 개편했습니다. 연구 실적이 미달하거나 성과가 부진한 과제는 과감히 없었습니다. 그 대신 내년에 신성장 동력을 창출할 수 있는 새로운 과제를 발굴 중입니다. 이를 위해 극지연구소 중심으로 해오던 과제를 각계 대학 교수들에게 문호를 개방하여 공동 연구하는 방향으로 전환하고자 합니다. 그렇게 해야만 과제의 질이 높아지고, 극지 논문도 많이 생산되며, 극지 전문 인력 또한 더욱 양성됩니다.”

우리나라의 극지연구를 선도해나가고 있는 극지연구소 제5대 소장에 윤호일 극지연구소 책임연구원이 지난 8월 1일 취임했다. 윤 소장은 “극지연구 질적 성장과 극지인력 양성을 위해서는 극지연구 시스템을 전반적으로 개혁하고 혁신할 수 있는 선순환구조가 필요하다”면서 “앞으로 극지를 대상으로 실용과학을 연구하는 각 대학에 문호를 대폭 개방, 극지연구소는 단지 극지 연구를 총괄하는 플랫폼 역할을 수행하겠다”고 밝혔다.

“처음에는 연구원들 의견이 분분하기도 했지만 선진국 형태의 시스템으로 나가야 극지연구소가 산다고 설득하니까, 다들 공감합니다. 제가 이곳에 학생 때부터 다녔기 때문에 DNA까지 극지인이거든요. 극지연구소에 대해, 그리고 연구원들의 심정을 누구보다도 잘 알고 있습니다.”

윤 신임 소장은 인하대 해양학과를 졸업하고, 동 대학원 해양학과에서 석박사 학위를 받았다. 어린 시절 인천 연안부두에서 할아버지 산소가 있었던 선재도까지 배타고 다녔던 추억이 바다에 대한 애착과 동경으로 남아, 해양학을 선택했다고 한다. 그는 특별 장학생으로 대학교에 입학, 대학원까지 전액 장학금을 받고, 과수석을 차지할 정도로 학과 공부에 열심이었다. 이후 윤 소장은 1986년 한국해양연구소 극지연구실 입소를 시작으로 극지연구에 첫 발을 내딛었으며, 남극에서 미래 지구의 기후변화를 예측하는데 원천 재료가 되는 과거의 해양퇴적물과 빙하시료를 이용한 고기후 연구를 해왔다. 그는 또한 제17차 남극세종과학기지 월동연구대장, 극지연구소 극지환경연구부장, 선임연구본부장, 부소장을 역임했다.

지난 11월 22일 극지연구소에서 만난 윤호일 소장은 인터뷰 약속 시간이 다 됐음에도 전화를 붙들고 있느라 좀체 자리를 일어서지 못했다. 윤 소장은 “취임 후 눈코 뜰 새 없이 바쁜 일정을 소화하고 있다. 소장이 되고 나니 일이 많기도 하지만 최종 결정권자로서 이 결정이 옳은가? 매사에 현명한 판

“

극지연구 인프라가 갖춰지는데 25년이 걸렸습니다. 이제는 우리가 질적 성장을 해야 할 시점입니다. 외형적인 규모뿐만 아니라 선진국 형태의 과학적인 마인드를 가져야 가능합니다. 그러기 위해선 조직원들의 의지가 중요합니다. 공부에, 연구에, 과학에 더 충실해야 합니다. 무엇보다 창조적이고 혁신적인 조직으로 거듭나야 합니다.

”

단을 내리기 위해서 신중해진다”면서 “잠을 자다가도 깰 정도로 스트레스가 만만치 않다”며 자리에 대한 부담감을 감추지 않았다.

“현재 가장 큰 현안이 제2 쇄빙선 건조 예비타당성 조사입니다. 최근 지구온난화로 북극항로와 북극 대륙붕의 막대한 지하자원에 관심이 고조되고 있습니다. 선진국들이 강력한 쇄빙선을 만들어서 앞 다투어 북극 진출을 하고 있죠. 우리나라도 북극권에서의 영향력 확대를 위해서는 제2 쇄빙선 건조가 시급합니다.”

윤호일 소장은 또한 “인천 송도에 산학연 연구협력관을 짓기 위한 예산 확보를 위해서 바쁘게 뛰고 있다”면서 “인천시로부터 무상으로 공급 받은 부지에 2020년까지 전시 체험 시설을 갖춘 연구협력관을 건립할 예정”이라고 밝혔다. “눈으로 보고, 귀로 듣는 것뿐만 아니라 실제 체험해 보는 것이 무엇보다 중요합니다. 학생들이 과학자들과 직접 실험해볼 수 있는 시설이 들어서면 우수한 극지연구 인력을 확보하는데도 큰 도움이 될 것입니다.”

극지연구소는 1987년 작은 연구실에서 시작, 2004년 부설화 이후 큰 성장을 이루었다. 2009년 쇄빙연구선 아라온호의 건조, 2013년 독립 청사 준공, 2014년 2월 장보고과학기지 건설 등 대형 극지 인프라 구축을 성공적으로 진행해 왔다. 극지연구 인프라나 연구비 규모에서 볼 때 명실공히 세계 10위권의 극지연구 국가로 발돋움한 것이다.

“극지연구 인프라가 갖춰지는데 25년이 걸렸습니다. 이제는 우리가 질적 성장을 해야 할 시점입니다. 외형적인 규모뿐만 아니라 선진국 형태의 과학적인 마인드를 가져야 가능합니다. 그러기 위해선 조직원들의 의지가 중요합니다. 공부에, 연구에, 과학에 더 충실해야 합니다. 무엇보다 창조적이고 혁신적인 조직으로 거듭나야 합니다.”

이를 위해 윤 소장은 “동료들이 서로의 단점이 아니라 장점에 집중하고 인정해줘야 한다”면서 “그런 과정을 거쳐 조직에 시너지 효과가 발생해야 혁신의 길로 들어설 수 있다”고 강조했다.

윤호일 소장은 또한 진로를 고민하는 청소년들에게 꿈과 도전에 대한 따뜻한 조언을 아끼지 않았다.

“지금 당장 눈앞을 위한 선택이 아니라 10년, 20년 뒤를 바라봐야 합니다. 남극을 비행하는 알바트로스처럼 멀리 보고 멀리 날아가야 하죠. 남이 안 하는 분야에서 내가 가장 잘 할 수 있는 것을 찾아야 최고가 될 수 있습니다. IT, 의대, 법대 같은 경쟁이 치열한 레드오션이 아니라, 위험하다고 힘들다고 쉽게 접근하지 않는, 경쟁이 덜한 블루오션을 선택해야 그 분야의 최고가 될 수 있습니다. 극지항로, 극지법, 극지경영 등도 좋은 예입니다.”



## 꿈의 북극, 빙하 위를 걷다

2016년 '21C 다산주니어'에 선발된 4명의 학생들이 8월 4일부터 9박 10일간 북극 체험에 나섰다.

올해 12번째를 맞이한 다산주니어 프로그램에는 올 초 연구계획서 평가와 면접을 통해 선발된 3명(권우진, 양수정, 윤서주)과 전국학생 극지논술공모전에서 수상한 한정현 군 등 총 4명의 학생들이 참가했다. 이들은 노르웨이 스발바르에 위치한 다산과학기지에서 북극식물 채집, 북극동물 생태조사, 육상빙하 탐사, 빙하시추 체험, 북극광물 조사연구 등과 함께 개별 연구 과제를 수행했다.

글 한정현(경기과학고 3년) 사진제공 극지연구소







1 다산기지로 향하는 경비행기에서 내려다본 북극의 모습.  
 2 다산기지 부근 선착장에서 해수 채취에 나선 다산주니어들.  
 3 선착장에서 채취한 생물을 현미경으로 관찰한 모습.  
 4 다산기지가 있는 니알스 과학기지 마을.  
 왼쪽 페이지 육상 빙하 탐사에 나선 다산주니어들.  
 왼쪽부터 한정현, 권우진, 양수정 학생, 이진실 단장, 윤서주 학생.



8월 4일 목요일 오전, 핸드폰이 수차례 울렸다. 폭염 주의보를 알리는 문자가 도착한 것이었다. 평소 같았으면 더위에 힘겨워하며 짜증을 부렸을 테지만, 그날 만큼은 기분이 좋았다. 북극으로 떠나 절정의 더위를 피한다는 사실도 기뻐지만, 과거 속에서 미래를 찾을 수 있는 극지연구 활동에 직접 참여할 기회가 주어졌다는 사실이 너무도 영광이었다.

**폭염 주의보 피해 북극 다산기지에 도착**

우리 다산 주니어들은 인천에서 출발해, 프랑크푸르트와 오슬로를 경유하여 북위 78도의 롱이어비에엔에 도착하였다. 긴 비행과 시차 때문에 많이 지쳐 있었지만, 눈앞에 펼쳐진 투명한 바다와 눈 덮인



산은 여독을 풀어주는 마중물과도 같았다. 솜사탕과도 같은 북극 황새플은 한입 베어 물고 싶을 만큼 부드러웠다. 한 포기 가져가서 기르고 싶었다.

마침내 다산과학기지가 위치한 니알스 기지촌에 도착하였습니다. 그간 다산주니어들이 실험에 사용해 왔던 기구들을 정리하고, 실험에 사용할 것들을 살펴보고서 리스트를 작성하였다. 사실, 이곳에 오기 전 실험 계획을 작성하며 기지에 무엇이 있는지, 어떤 기구를 활용할 수 있는지 알 길이 없어 고민을 많이 했다. 이렇게 구비된 물품 리스트를 작성해 놓으면 예비 다산주니어들이 실험을 계획하는 데에 조금이나마 도움이 되지 않을까 싶다.

다산기지에서 맞이한 아침은 아주 상쾌했다. 식사 후 우리는 해양실험실에서 연구 현장 견학을 하였다. 우리나라의 과학자 선배들이 연구에 몰두하시는 모습을 보니 괜히 가슴이 두근거렸다. 머





다산기지에서 맞이한 첫 아침은 아주 상쾌했다. 식사 후 우리는 해양실험실에서 연구 현장 견학을 하였다. 우리나라의 과학자 선배들이 연구에 몰두하시는 모습을 보고 괜히 가슴이 두근거렸다. 머지않은 미래의 내 모습이기를 기대하며 다짐을 했다.

머지않은 미래의 내 모습이기를 기대하며 다짐을 했다.

해양실험실에서 멀지 않은 곳에 선착장이 있었다. 선착장을 따라 가며 바다 속을 살펴보았다. 다양한 바다 생물들을 찾을 수 있었는데, 특히나 주먹 두 개 크기의 해파리가 유명한 모습이 아주 신기했다. 채수병을 이용하여 조그마한 해파리와 수초 주변에서 부유하는 작은 생명체들을 채집할 수 있었다.

### 바다에서 해양 생물과 빙하 관찰

해양 생물을 어느 정도 관찰하고 난 뒤, 바다 건너 펼쳐진 빙하를 가까이서 보기 위해 보트를 타고 바다로 떠났다. 바다에는 빙하에서 떨어져 나온 얼음 조각인 유빙들이 떠다녔고, 유빙의 주위에는 여러 새들과 해표와 같은 동물들을 찾을 수 있었다. 가까이에서 본 빙하는 말문을 막히게 하였다. 푸르도록 희어 두 눈이 부셨다.

기지에 돌아와 채집한 생물들을 관찰하였다. 해부 현미경으로 해파리와 작은 갑각류들을 뒤적이며 특징들을 찾아보았다. 선착장과 바다 한가운데서 담은 해수를 감압 여과 장치를 이용하여 필

터링하는 활동도 하였다.

아, 새벽에 기지 근처에 북극 여우가 놀러 왔었다고 한다. 나는 꿈나라에서 헤메고 있었을 때였다. 정말 아쉽다. 남은 체류기간에 '북극 강아지'라는 별명을 가질 정도로 귀엽다는 깜찍한 북극 여우를 꼭 만나보고 싶다.

'화석'은 책 속에서나 보던 특별한 것이었다. 내 두 눈으로 직접 보고, 손으로 만지게 될 줄은 꿈에도 몰랐다. 오늘 우리 다산주니어들은 구조토 지역을 트레킹하며 지형의 지질학적 특징을 관찰하고 암석 속에서 화석을 발견하는 활동을 하였다.

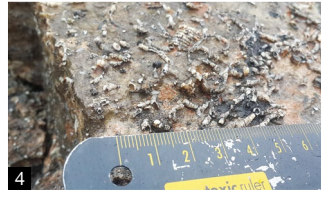
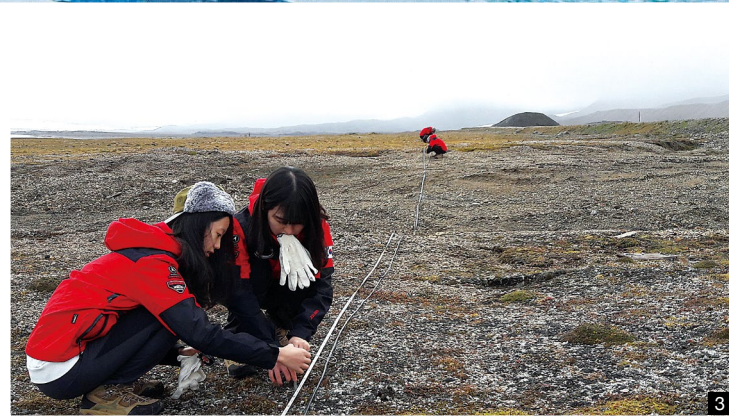
주로 고생대 석탄기의 암석이 발견된다는 이 지역에서 우리는 각종 산호와 완족류 등의 화석을 발견할 수 있었다. 암석 표면에 흔적만 남은 것도 있었고, 형태가 그대로 보존된 것도 있었다. 교과서에 나오는 화석처럼 온전히 보존된 것은 찾기가 힘들었지만 다양한 모양의 화석들로부터 본래 생명체의 모습을 상상해 볼 수 있어 재미가 있었다.

기지로 귀환한 후, 온실기체의 측정에 관한 설명을 들었다. 단순





- 1 북극 빙산 트레킹에 나선 다산주니어들이 환호하고 있다.
- 2 다산주니어들이 보트를 타고 탐사에 나서 바라본 다산기지 주변의 빙하 지대.
- 3 다산주니어들이 전기 저항으로 지층의 단면을 관찰하기 위해서 직접 땅에 철심을 박고 전선을 연결하고 있다.
- 4 화석 탐사 중 발견한 *Aulopora* 화석.
- 5 다산주니어들이 다산기지 근처 퇴적지형을 탐사하며 고생대 석탄기의 지층 구조와 화석을 관찰하고 있다.



히 온실기체의 양을 측정하는 것으로 그치는 것이 아니라, 토양의 상태와 식생에 따라 온실기체의 방출과 흡수 수준을 비교하여 보다 상세한 모델링을 가능하게 한다. 빙하기와 간빙기의 반복 사이에 평년 기온의 변화나 북극 해빙 면적의 변화 등은 충분히 일어날 수 있는 일이나, 오늘날에는 그 속도가 지나치게 빠르다고 한다. 해를 거듭하며 더워지는 날씨, 기상재해의 조짐 등을 돌이켜보며 온난화의 심각성과 환경을 위한 변화의 중요성을 되새겼다.

### 빙하 트레킹... 상상해온 북극 그대로의 모습

다산기지에서 처음 맞이한 평일 아침이었다. 어제보다 일찍 일어나 하루의 시작을 준비하였다. 오전에는 기지의 뒤편으로 나가 지면 아래의 구조를 알아보는 실험을 하였다. 일정한 간격으로 쇠로 된 기둥을 장치하고 변갈아 전류를 흘려보내며 각 지점에서 측정되는 전류의 크기를 통해 지점간의 비저항을 계산하는 방법으로 구조를 알아보았다. 토양의 공극률이 작을수록, 수분의 포화도가 낮을수록 비저항의 값이 커지는 성질을 이용하여 땅의 구조적 특

질을 알 수 있다. 특히, 극지역의 영구동토층의 경우 비저항이 매우 커 이 방법을 이용하여 영구동토층의 깊이와 분배 등을 알 수 있다고 한다.

관측 실험을 마친 후 다산기지 바로 옆에 위치한 중국과 노르웨이의 연구 기지를 방문하였다. 다산기지보다 공간이 넓어서인지 더 정돈되어 보였다. 언젠가 다산기지 건물의 절반을 나눠 쓰고 있는 프랑스의 공간까지 우리나라의 것이 되었으면 좋겠다는 생각이 들었다. 잘생긴 프랑스 사람들도 좋지만 그 자리에 우리나라 사람들이 있는 것이 더 행복할 것 같다.

점심을 먹고 기지 뒤편의 언덕을 넘어 빙하까지 트레킹을 하였다. 무척 가까워 보였는데 거리가 꽤 되었다. 돌맹이가 가득한 산이었는데, 어제 보았던 화석이 곳곳에서 보였다. '아는 만큼 보인다'라고 했던가. 마침내 도착한 빙하는 굉장했다. 얼음으로 가득한 계곡이었고, 주변에는 설산이 늠름히 서 있었다. 내가 상상해온 북극의 모습 그대로였다. 오늘 꿈에서 나는 빙하 위의 스노우보더가 되어있을 것 같다. 🌍



# 다함께 즐거운 극지 여행 떠나요!

남극조약 가입 30주년을 기념하는 2016년 극지체험 전시회가 지난 7월 1일~8월 28일 인천어린이과학관에서 개최됐다. (사)한국극지연구진흥회가 '극지를 알면 미래가 보인다'라는 주제로 개최한 이번 전시회에는 극지연구의 중요성과 극지 동식물, 85 남극관측탐험대의 활약 등을 알아볼 수 있는 다양한 볼거리가 선보였다. 특히 남극대원과의 화상통화, 크레바스 포토존, 극지연구 장비 체험존, 나도 극지 연구대원, 월동대원에게 편지쓰기 등의 다채로운 체험공간은 어린이들뿐만 아니라 어른들에게도 큰 인기를 끌었다.

에디터 강윤성

## 가자! 남극을 향한 첫 도전의 발자취

올해는 우리나라가 남극조약에 가입한 지 30주년이 되는 해다. '미래자원의 보고'인 남극은 미래의 대체 에너지 개발에서 가장 중요한 지역으로 떠오르는 곳이다. 한국해양소년단연맹(총재 윤석순)은 남극조약 가입과 남극지원 개발에 참가하는 계기를 만들고자 남극도전을 결심, 1985년 11월 6일 남극관측탐험대를 꾸려 장도에 올랐다.

정부와 각계의 성원 아래 남극에 도착한 탐험대는 킹조지섬에 베이스캠프를 구축하고 연구활동을 펼쳤을 뿐만 아니라 남극 최고봉인 빈슨매시프를 오르는 등 남극탐험과 연구를 성공리에 마쳤다. 남극을 향한 우리나라의 첫 도전이었다. 이 같은 남극관측탐험대의 도전정신을 발판 삼아 우리나라는 1986년 세계에서 33번째로 남극조약에 가입할 수 있었다.

이러한 우리나라의 극지 탐사 발자취를 한 눈에 볼 수 있는 기록물들이 이번 전시회에 대거 선보였다. 1985년 남극관측탐험대원들이 실제 사용한 깃발과 방한복 등의 장비와 계획서, 대원들의 사진, 남극동판 등은 생생한 역사 현장을 방불케 했다. 우리나라의 극지를 향한 도전과 역사를 한자리에서 체험하는, 극지연구의 중요성을 깨달을 수 있는 값진 기회였다.

## 야호! 세상 끝 극지로 넓힌 과학 영토

남북극을 향한 우리의 극지 진출 현황과 극지활

- 1 남극의 펭귄과 도둑갈매기 박제를 흥미롭게 바라보는 아이들.
- 2 커다란 북극곰 모형이 전시관 입구에서 관람객들을 맞이하고 있다.
- 3 월동대원들이 실제 남극 설원에서 사용했던 스노우모빌을 타고 즐거워하는 어린이들.







## 극지의 얼음바다로!

극지의 얼음 바다를 탈리는 재미 있는 가상, 실감 체험!  
 북극 얼어붙은 강과 강철로 만들어졌을 북극에서 가는 체험이라는 재미!  
 우리나라의 해양연구기관인 해양수산부 극지 연구소를 찾아가 보겠습니다.

외빙산이란 남극대륙 주변이나 북빙양과 같은 얼음 바다에서 얼음을 깨며 항해 할 수 있는 선박을 말한다. 이런 얼음 바다에서 독자적인 항해 연구 수행과 남 북극 기지에 대한 탐구, 남극 정보고과확기 지 건설 지원 등의 임무를 수행한다. 종의 최첨단 연구장비가 실려 있어 바다 위의 연구실이라고도 한다.

해빙선은 두꺼운 얼음을 깨어 나갑니다.

1-2m 두께를 깨어낸 얼음이



1 우리나라의 남극탐사 각종 기록물들.  
 월동대 각종 보고서와 기념품,  
 남극동판, 월동대원들의 장비.  
 2 미래의 극지연구원들이 현미경을  
 통해 북극의 이끼류를 관찰하고 있다.  
 3 85 남극관측탐험대의 활약을 한눈에  
 볼 수 있는 전시 공간.



동 인프라를 한눈에 확인할 수도 있었다. 남극 속의 대한민국이나 다름없는 세종과학기지와 장보고과학기지를 비롯해서 남북극의 빙하를 깨며 항해하는 아라온호의 축소된 모형은 마치 실물을 보는 듯했다. 또한 북극 다산과학기지는 '북극 속의 대한민국'이란 테마로 대형 패널로 상세하게 소개됐다.

게다가 세종과학기지를 방문한 반기문 유엔사무총장의 친필서명을 비롯해서 그간 월동대원들이 사용한 고글, 깃발, 각종 산악장비, 패치, 기념패, 보고서 등과 세종과학기지 준공 현수막, 다산과학기지 준공기념 우표, 남극조약 전문 사본, 남극조약 관보 등도 눈길을 끌었다. 극지를 향해 한발 한발 내딛었던 대한민국의 자랑스러운 극지인들의 발자취를 볼 수 있는 현장이었다.

우리나라는 1988년 남극 세종과학기지 건설을 시작으로 1989년 남극조약협약당사국 지위 획득, 2002년 북극 다산과학기지 개설, 2009년 쇄빙연구선 아라온호 건조, 2013년 북극이사회 정식옵서버 지위 획득, 2014년 남극 장보고과학기지 준공 등 광활한 남북극에 우리의 극지활동의 지평을 넓혀왔다. 한 마디로 과학영토의 확장이 아닐 수 없다.

### 도전! 나도 극지 연구대원

지구온난화 문제가 등장하면 꼭 나오는 곳이 남극인 만큼 극지는 기후변화와 관련해 과학적으로 중요한 의미를 갖는 지역이다. 또한 '미래자원'의 보고/답게 극지의 빙하 속에는 미래의 에너지 자원이 풍부하게 묻혀있다.

이번 전시회는 이처럼 지구의 비밀을 간직하고 있는 신비한 극지 과학으로의 여행을 안내한다. 광물자원과 지구환경 변화 등의 차원에서 점점 그 중요성이 커지고 있는 극지의 생생한 현장을 경험하고 연구를 체험해볼 수 있도록 전시회는 다양한 체험 공간으로 꾸며졌다.

남극과 북극의 비교, 북극과 환경오염 등을 알아볼 수 있는 대형 패널, 극지 식물을 이용해 만든

화장품, 수십만 년 전 지구의 역사를 그대로 간직하고 있는 많은 화석과 운석, 펭귄, 해표, 조류 등 극지동물과 해조류, 이끼류와 같은 극지 식물 등 평소 쉽게 접할 수 없는 표본들을 볼 수 있었다. 무엇보다 실제 경험해 볼 수 있는 북극진동과 한파 모의실험, 결빙방지물질 모의실험, 현미경을 통한 극지의 다양한 표본 관찰 등은 미래의 극지 박사를 꿈꾸는 중고생들에게 흥미로운 관심거리가 아닐 수 없었다.

### 신나다! 겨울왕국으로의 초대

"우와, 스노우모빌이다." "도와줘! 크레바스가 무너지고 있어!" 이번 극지체험 전시회는 남북극에서의 간접적인



# “극지대원에게 보내는 메시지를 우체통에 넣어주세요!!”

여러분이 작성하는  
응원메시지는  
남극 장보고과학기지와  
세종과학기지 대원들에게  
전달할 예정입니다.



체험을 만끽할 수 있는 다양한 극지 체험 시설과 이벤트를 선보였다. 전시관 안쪽에 설치된 극지 연구 대원들이 남극의 대설원을 달렸을 때 사용한 실제 스노우모빌과 남극 바다를 누볐을 때 탔던 고무보트는 어린이들의 신나는 놀이터이자 포토존이었다.

그밖에도 다양한 이벤트가 준비됐다. 크레바스를 형상화한 극지체험 포토존, 극지 사진전, 쇄빙연구선 아라온호 모형 조립하기, 펭귄 종이접기 등은 가족이 함께 즐길 수 있는 행사가 다채롭게 펼쳐졌다. 게다가 극지영상체험존에서는 세종과학기지와 장보고과학기지 대원들의 월동생활을 비롯해서 남극의 신비롭고 역동적인 모습이 영상과 음향으로 쏟아져 나왔다. 실제 극지의 거칠고 신비로운 느낌이 그대로 묻어났다.

무엇보다 극지에 관한 궁금증을 연구대원에게 직접 물어볼 수 있는 남극대원과의 화상통화는 전시장을 찾은 많은 사람들에게 큰 호응을 얻었다. 남극의 월동대원들에게 편지를 보낼 수 있는 빨간 우체통 앞도 항상 어린이들로 붐볐다. 한 어린이가 쓴 “월동대원 아저씨 감사합니다”라는 응원의 메시지는 사뭇 가슴을 뭉클하게 했다. 극지에 대한 국민들의 뜨거운 관심의 현상이 아닐 수 없었다. 🌐

- 1 극지대원에게 응원의 메시지를 보내는 아이들.  
“월동대원 아저씨 감사합니다.”
- 2 관람객들이 쇄빙연구선 아라온호 모형과 남극 기지의 현지 시간과 영상을 바라보고 있다.
- 3 크레바스 포토존에서 포즈를 취하며 즐거워하는 아이들.





Araon 365

아라온호 승선 창작 레지던스

## 8월에 만난 북극해...두 가지 꿈

'아라온호 승선 창작 레지던스' 프로그램을 통해 일 년에 한 명만 갈 수 있는 북극 여행을 떠났다. 2016년 8월, 무더위가 절정인 한국을 떠나 사흘 만에 도착한 알래스카의 배로우(Barrow)에는 눈발이 날렸고 새빙연구선 아라온호를 타고 돌아본 북극해에서는 해빙(海水)과 북극곰, 오로라와 고래떼를 만날 수 있었다. 한 달 동안의 선상생활은 꿈처럼 짧았다. 평생 동안 단 한 번 꿀 수 있는 아름다운 꿈이었다.

글 사진 김남중 동화작가

1 아라온호 항해 중 딱 하루 볼 수 있었던 오로라.  
2 북극곰이 아라온호 주위를 헤엄치고 있다.



살다보면 단 한 번으로 끝나는 기회가 많이 있다. 그걸 붙잡은 나는 운이 좋은 편이었다. 두 눈에 담을 수 없을 만큼 널리 펼쳐졌던 해빙과 북극곰 한 마리, 고래떼와 오로라, 장관처럼 매끈한 바다와 유난히 낮고 흐렸던 북극해의 하늘, 인터넷과 휴대전화가 연결되지 않아 불편함 끝에 얻은 낯선 자유. 밤낮없이 연구에 몰두하던 과학자들, 아라온호를 운전하던 베테랑 승조원들...

### 탐험가와 얼음왕국을 꿈꿨던 소년의 북극행

탐험가가 되고 싶었던 소년은 작가가 되었다. 새로운 바다 이야기를 구상하던 중에 한국문화예술위원회와 극지연구소에서 주관하는 '쇄빙선 아라온호 승선 창작 레지던스 프로그램'이 눈에 들어왔다. 북극해에 가는 것만도 굉장한데 한 달 동안 쇄빙선을 탈 수 있는 기회였다. 일 년에 작가 한 사람만 선정되는 프로그램이라 정성들여 계획서를 제출하고 선정 결과를 초조하게 기다렸다. 운 좋게 두 달 뒤 압력밥솥 같았던 8월의 한국을 떠나 하와이를 거쳐 알래스카 최북단의 이른바 '땅 끝 마을' 배로우 앞바다에 대기하고 있던 아라온호에 승선하게 되었다.

쇄빙연구선 이름에서 알 수 있듯 아라온호는 극지를 연구하는 과학자들을 위한 배다. 8월 23일부터 9월 10일까지 19일 동안의 연구항해를 위해 여러 연구소의 연구원 29명이 아라온호를 타게 되었는데 까치때 속에 숨어든 펭귄처럼 작가 한 명이 끼어들게 된 것이다. 지금까지 이런저런 배를 타보았지만 아라온호는 여러 모로 독특한 배였다. 붉은 선체와 하얀 갑판 구조물이 예뻐보였지만 두꺼운 얼음을 뚫고 남북극해를 항해하는 강력한 배였고 내부에는 호텔처럼 안락한 거주공간과 최첨단의 연구시설이 구비되어 있었다. 아라온호가 러시아쪽 북극해로 이동하면서 본격적인 연구가 시작되었다. 아침마다 수석과학자의 진행 아래 각기 다른 분야를 연구하는 연구원들이 모여 회의를 열었다. 대기와 지질, 지형, 미생물, 동물, 극지운항 등 영역이 다양했고 수행해야 하는 실험도 각각 달랐다. 워낙 전문적인 주제라 간략한 이해에 그쳤는데 과학자에 대한 새로운 이미지는 확실히 얻게 되었다. 먼저 하나 없는 실험실과 하얀 가운, 고성능 컴퓨터가 연구의 전부가 아니었다. 진흙투성이 장화와 방한복, 안전헬멧과 장갑을 끼고 찬바람 들이치는 갑판에서



흔들리고 젖어가며 북극해에 대한 자료를 확보하는 모습은 과학자라기보다 차라리 산업역군 같아 보였다.

### 아라온호는 초등학생들이 꿈꾸는 과자천국

북극해 탐사가 진행되는 동안 아라온호는 거대한 연구소가 되었다. 나는 방해되지 않게 조심하며 카메라와 수첩을 들고 곳곳을 돌아다녔다. 여름 북극해는 낮이 길어서 새벽이 가까워져야 하늘이 어두워졌다. 낮이 길어지면 일하는 시간도 길어졌고 오래 일하려면 잘 먹어야 하는데 아라온호의 식사는 기대 이상으로 훌륭했다. 점심, 저녁마다 다른 메뉴가 나왔고 밤 열 시에는 간식도 나왔다. 냉장고에는 과일과 아이스크림이 가득했고 컵라면과 음료수, 갖가지 과자가 무한 제공이었다.(돌아와서 초등학교 강연을 했더니 반응이 열광적이었다. 아라온호는 초등학생들이 꿈꾸는 '천국'이었다.)

8, 9월의 북극해는 대체로 잔잔했다. 해빙(海氷)구역을 지날 때 뱃머리가 얼음을 깨는 소리가 선체를 쿵쿵 울렸다. 배를 조종하는 선교에서 러시아 아이스 파일럿 두 명이 교대로 해빙지역 항해를 이끌었는데 되도록 얼음을 피해서 배를 조종했음에도 커다란 얼음장을 깰 때



1 북극해의 해빙지역을 항해하는 아라온호.  
2 아침마다 연구원들이 모여 지금까지의 실험결과와 계획을 공유한다.  
3 연구원들이 식당에 모여 불고기 파티를 하고 있다.





1

면 배가 살짝 기우뚱거리기도 했다. 처음에는 놀랐지만 곧 소리와 진동에 익숙해졌다. 잠을 잘 때도 얼음 깨지는 소리를 잠결에 들으며 소리의 크고 작음에 따라 바다의 상태가 어떤지 느낄 수 있었다. 종종 뱃전에 서서 해빙을 구경했는데 수면에 뜬 부분은 하얗지만 바다에 잠긴 아랫부분은 신기할 만큼 파란색이었다. 선체가 얼음을 깰 때면 수면에 있던 작은 물고기들이 얼음 위로 밀려 올라와 파닥대다 금세 얼어붙곤 했다. 북극하늘을 날아다니는 새들에게 뜻밖의 선물이 될 것 같았다.

**원격 진료와 선내 입원도 가능한 의료실도 갖춘 아라온호**

예전에 작은 배로 먼 바다에 나갔다가 뱃멀미에 고생한 적이 있어서 이번 항해에는 멀미약을 잔뜩 준비했다. 씹어 먹는 약, 귀 뒤에 붙이는 패치, 마시는 약, 컵불이 따끔한 자석침을 골고루 준비했는데 파도가 유달리 거칠었던 사나흘 동안 씹어 먹는 약을 몇 개 먹은 것 말고는 멀미약을 거의 쓰지 않았다. 배가 편안해서였을까? 엔진 대신 모터로 구동해서 배의 진동이 적고 기름 냄새가 나지 않는 것도 멀미가 적은 이유였을 것이다.

취재차 의료실을 찾아가더니 선의는 멀미에 좋다며 생강이 든 페퍼민트 차를 내주었다. 배에 선의를 태우는 것이 강제 규정은 아니지만

남북극해를 장기간 항해해야 하는 아라온호의 특성상 선내에는 간단한 수술과 검사, 원격 진료와 선내 입원을 할 수 있는 의료 장비가 구비된 의료실이 있었다. 준비가 철저하면 오히려 사고가 나지 않는지 호주에서 살고 있다는 선의는 환자가 없어 넉넉한 시간을 이용해 의료실의 장비 재배치를 위한 보고서 작성, 유효기간에 따른약품 정리, 후임을 위한 매뉴얼 작성을 꼼꼼하게 하고 있었다.

나 혼자 쓴 2인용 선실에는 커튼과 스탠드가 달린 2층 침대, 테이블과 소파가 있었고 화장실 겸 샤워실, 책상과 옷장이 구비되어 있었다. 동그란 창을 열면 북극해의 시원한 바람이 순식간에 선실을 가득 채웠다. 파도가 높지 않은 날에는 글을 쓰기에 가장 이상적인 환경이어서 취재보다 오히려 창작을 위해 아라온호를 오래 타보고 싶은 생각이 들었다.

아라온호의 선체 길이는 109m에 달하지만 아무래도 하루 운동량을 채울 수 있을 만큼 넓은 공간은 아니었다. 더구나 날마다 네 끼의 고열량 식사가 제공되기에 가만히 있으면 뱃살이 순식간에 늘어날 게 분명했다. 그래서 아라온호에는 탁구장이 포함된 작은 체육관이 있었다. 러닝머신과 실내 자전거가 여러 대 있었는데 바쁜 연구 일정에도 연구원들은 틈을 내어 체육관을 이용했다. 뜻밖에 연구원들은 탁구를 잘 쳤는데 흔들리는 배에서 치는 선상탁구는 독특한 재미가 있었다. 계획했던 연구를 마치고 알래스카의 항구로 복귀할 때에는 빈 헬리콥터 격납고로 탁구대를 옮겨 연구원과 승조원 사이에 자존심을 건 탁구대회가 열리기도 했다.

실험 일정이 뻘뻘한 연구원과 달리 시간이 넉넉한 나는 틈날 때마다 뱃머리에 나와 해빙을 구경했고 운 좋게 오로라까지 보았지만 정작 보고 싶은 건 따로 있었다.

북극곰과 지구 온난화를 소재로 동화를 쓴 적이 있는데 야생의 북극곰이야말로 이번 항해를 통틀어 가장 보고 싶은 우선 순위 1번이었다. 그러나 극지안전교육에서 강조했듯 야생의 북극곰은 극도로

1 솟구쳐 오르는 귀신 고래, 2 헬기 격납고에서 연구원과 승조원이 탁구 시합을 하고 있다. 3 글 쓰는 작업실로 완벽했던 선실, 4 입원이 가능한 아라온호 의료실.



2



3



4





1 모든 연구 일정을 마치고 뱃머리에 모여 기념사진을 찍었다. 2 이번 여름 북극해 연구를 위해 아라온호가 오간 북극해 항로. 3 아라온호 뱃머리에서 북극곰을 애타게 찾고 있는 필자. 4 얼음장 틈에서 솟아난 물고기.

위험해서 무장한 감시원의 보호 하에서만 배 밖으로 나갈 수 있다. 멀리서 북극곰을 얼핏 볼 수만 있어도 운이 좋은 편이라 했다. 게다가 이번 항해에서는 해빙 상륙 일정이 없어서 북극곰을 만날 기회가 없다고 보아야 했다.

그래도 혹시 해빙 사이로 북극곰이 나올까 싶어 종종 뱃머리에 서서 바다를 지켜봤는데 뜻밖에 곰이 나타난 곳은 얼음 하나 없는 푸른 바다 한복판이었다. 선교에서 내보낸 '북극곰 출현' 안내를 듣고 뱃머리로 뛰어 나왔더니 멀리 하얀 점 하나가 보였다. 배가 속도를 줄이자 북극곰이 배 주위를 헤엄치기 시작했다. 살아있는 진짜 북극곰을 만나는 순간이었다.

**북극곰, 귀신고래떼와 회색빛 북극 무지개**

여름이면 한두 달을 굶는다는 북극곰은 크고 하얗고 피곤해 보였다. 할 수만 있다면 아라온호에 태워서 배불리 먹고 싶었지만 안타깝게 바라보기만 하다가 그냥 떠나야 했다. 꿈같은 이십여 분이 지나고 아라온호는 북극곰을 흰 점으로 남겨둔 채 다시 항해를 시작했다. 그 곰은 육지에서 500km 떨어진 바다까지 무엇을 찾아 나왔을까? 무사히 돌아갈 수는 있을까?

머칠 뒤에는 넓은 바다 곳곳에서 물줄기를 뿜어 올리는 귀신고래떼를 만났고 안개처럼 뿌연 바다 위에 완벽한 반원형으로 서 있는 회색빛 북극 무지개도 보였다.

베링해협에 있는 작은 항구 놈(Nome)에 연구원들을 내려주고 아라온호는 한국을 향해 2주간의 복귀 항로에 올랐다. 한산해진 아라온호를 타고 돌아오며 나는 선내 도서관에서 그동안 읽고 싶었던 책들을 잔뜩 읽었다. 밤낮없이 항해하며 북극해에서 멀어질수록 얼마 전 보았던 북극해의 이런저런 모습이 꿈처럼 아득하게 느껴졌다.

아마 이번 여름에 본 것들을 다시는 보지 못할 것이다. 살다보면 단 한 번으로 끝나는 기회가 많이 있다. 그걸 붙잡는 나는 운이 좋은 편이었다. 두 눈에 담을 수 없을 만큼 널리 펼쳐졌던 해빙과 북극곰 한 마리, 고래떼와 오로라, 장판처럼 매끈한 바다와 유난히 낮고 흐렸던 북극해의 하늘, 인터넷과 휴대전화가 연결되지 않아 불편함 끝에 얻은 낯선 자유. 밤낮없이 연구에 몰두하던 과학자들, 아라온호를 운전하던 베테랑 승조원들, 작가가 꿈이라며 밤에 나를 찾아왔던 젊은 선원.

막바지 여름에 인천공항을 떠나 추석을 훌쩍 넘긴 가을에 광양항으로 돌아왔다. 어릴 적 품었던 소원 하나를 이룬 기분은 더없이 행복했지만 어딘지 아쉽기도 했다. 이미 이룬 꿈은 더 이상 꿈이 아니기 때문이다. 그래서 또 다른 꿈 하나를 꾸게 된다. 다시 아라온호를 타고 북극해를 항해할 수는 없겠지만 내가 경험한 모든 것들은 언젠가 작품 속에서 되살아 날 것이다. 그때는 수많은 어린이들이 함께 북극해를 모험하게 될 것이다. 두 번째 꿈도 부디 이를 수 있기를 바랄 뿐이다. 🌐







About

진동민 센터장은 한국해양과학기술원에서 근무 중 2002년 제15차 세종과학기지월동대 총무로 극지와 인연을 맺었다. 이후 극지연구소에서 남극연구활동기본계획과 극지정책 선진화방안 등 우리나라의 극지정책 수립활동에 참여했고, 남극연구국가운영자회의 등 극지관련 국제기구 정부대표로 활동했다. 또한 남극 정보고과학기술지 초대 월동대장을 역임했다.

**Q 한·칠레 남극협력센터가 들어선 칠레남극연구소에 대한 소개 부탁드립니다.**

**A** 칠레는 남극반도를 중심으로 남극영유권을 주장하는 국가입니다. 남극조약 원초서명 12개국 중의 한 나라로, 남극조약협약의당사국으로서 의무와 권리를 행사한다는 정책적 목표를 갖고 있으며, 최근 남극에서 가장 우선시되는 남극환경보호를 강조하고 있습니다.

한·칠레 남극협력센터가 사무실을 개소한 칠레남극연구소(INACH)는 1963년에 설치된 칠레 외교부 산하 정부기관으로 칠레의 남극연구활동을 기획하고 시행하고 있습니다. 실질 연구 활동은 칠레의 대학에서 많이 수행하고, 칠레남극연구소는 공모과정을 통해 과제를 선정하고 지원하는 역할을 주로 하는 편이지만 생명과학, 환경 모니터링 등의 분야는 직접 연구를 수행하기도 합니다. 2003년 남극활동에 대한 근접지원과 연구 활동 수행을 위해 폰타아레나스로 이전했으며, 남극반도에 위치한 4개의 기지와 연구선을 운영하고 있습니다.

**Q 남극의 관문이라 불리는 폰타아레나스는 어떤 곳인가요.**

**A** 폰타아레나스는 “모래가 있는 곳”이란 뜻으로 칠레의 남부지역, 마젤란지역, 남극지역의 주도입니다.(칠레는 남극의 일부를 자국의 영토라고 주장하고 있다) 남위 46도선 이남에서 가장 큰 도시로 인구는 15만 명 정도입니다. 폰타아레나는 남극활동 초기부터 남극의 관문으로 활용되어 왔습니다. 우리에게 잘 알려진 아문센, 스콧, 셰쿨턴 등 남극 탐험가들의 활동 거점이기도 하며, 현재도 폰타아레나스를 통해 남극활동을 수행하는 국가가 20여 개국에 이릅니다. 따라서 남극 시즌에는 이곳에서 각국의 남극연구활동을 주관하는 관계자들을 쉽게 만날 수 있습니다.

극지연구소 한·칠레 남극협력센터장 진동민

# “한·칠레 남극연구 협력 초석 다질 것”

한·칠레 남극협력센터가 지난 2월 26일 남극의 관문이라 불리는 칠레 폰타아레나스에 위치한 칠레남극연구소 내에 개소했다. 30여 년간 다져온 우리나라와 칠레의 남극 협력관계를 더욱 발전시키는데 그 목적을 두고 있다. 이곳 센터에 10월 4일에 부임한 진동민 한·칠레 남극협력센터장과 이메일 인터뷰를 통해 한국과 칠레의 남극 협력관계에 대해 알아봤다.

에디터 강윤성



**Q 한국과 칠레의 그간의 남극연구 협력관계에 대해서 알고 싶습니다.**

**A** 칠레는 남미 최초로 우리나라 정부를 승인한 전통 우방국으로서 1988년 세종과학기지를 건설한 이후 많은 협력 활동이 있었습니다. 세종과학기지 출입을 위해서는 칠레 공군의 협조가 필수적이기도 하고요.

1996년 한국해양연구원은 칠레 남극연구소와 협력 양해각서를 체결하였고, 2004년에는 이를 확대하여 양국 정부간 한칠레 남극협력 확대에 관한 양해각서를 체결하였습니다. 이전의 협력활동이 주로 보급지원을 중심으로 이루어졌다면 2004년 이후에는 연구활동에 대한 협력논의가 시작되었고, 2010년 이후에는 육상생태계, 기지 주변 모니터링, 생명과학 등의 다양한 분야에서 공동연구를 수행하고 있습니다. 또한 지난해에는 양국 정상회담의 일환으로 극지연구소와 칠레 남극연구소간 양해각서가 갱신되었습니다. 이를 계기로 양국은 금년 8월 산티아고에서 처음으로 한칠레 남극고위대화를 개최하여 남극과 관련한 양국 관심사를 논의하고 협력을 촉진키로 하였으며, 내년에는 동회의를 남극조약협약당사국회의를 전후하여 한국에서 개최할 예정입니다.

**Q 남극협력센터장으로 부임한 이후 어떤 일들을 해오셨나요?**

**A** 극지연구소가 해외에 센터를 설치하고, 인력을 파견한 것은 이번이 처음입니다. 지난 2월에 센터를 마련하고 현판을 걸었지만 다른 시설은 전무한 상태였습니다. 우선은 사무실 세팅과 숙소 확보 등을 추진하면서 칠레의 주요 남극관련 행사에 참석했습니다. 마젤란지역과 칠레가 영유권을 주장하는 남극지역을 총괄하는 호르헤 플리스토지사를 면담했고, 칠레 남극의 날(11월 6일) 행

**전통적인 남극활동 강국인 칠레와 브라질, 우루과이 등 남미권 국가뿐만 아니라 폰타아레나스를 통해 남극활동을 하는 국가들과 서로 협력활동을 강화하는데 센터가 큰 역할을 할 것이라 생각합니다.**



사에도 참석했습니다. 또한 칠레남극연구소가 시행하는 남극교육프로그램에 참석, 교사와 학생들을 대상으로 우리나라 남극연구활동을 소개하기도 했습니다.

무엇보다 칠레남극연구소의 주요 관계자들과 향후 남극연구 협력방안에 대한 논의를 진행하고 있습니다. 호세 레타말레소 소장이 국가남극운영자회의(COMNAP) 의장단 회의 참석차 일본 동경을 방문할 예정인데, 직후에 우리나라의 극지연구소를 방문하는 계기를 마련하기도 했습니다. 또한, 남미의 남극활동기관들에게 센터의 개소와 업무 착수를 알리고 이번 시즌부터 폰타아레나스에서 협력활동을 논의할 수 있도록 했습니다.

**Q 한칠레 남극협력센터의 역할과 앞으로의 계획은?**

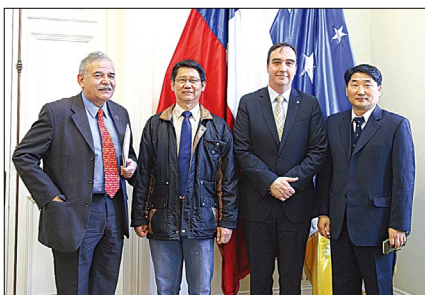
**A** 전통적 협력 분야인 보급지원분야에서 협력을 강화하고, 칠레남극연구소를 중심으로 칠레 남극 과학자들과 협력할 수 있는 분야를 발굴하는 것입니다. 이를 위해 인력교류와 정기적인 세미나 개최 등을 추진코자 합니다. 또한 칠레는 최근 마젤란 지역과 남극에 대한 투자를 확대하고 있습니다. 국제남극센터 건설, 쇄빙연구선 및 남극전용 소형연구선 건조, 킹조지섬 광케이블 매설, 남극 원격진료시스템 구축 추진 등이 대표적이라 할 수 있습니다. 이런 사업들이 우리의 남극활동에 미치는 영향을 파악하고 서로 협력할 수 있는 분야를 도출코자 합니다. 나아가 전통적인 남극활동 강국인 칠레와 브라질, 우루과이 등 남미권 국가뿐만 아니라 폰타아레나스를 통해 남극활동을 하는 국가들과 서로 협력활동을 강화하는데 센터가 큰 역할을 할 것이라 생각합니다.

**Q 남극협력센터에서의 하루 일과는 어떻게 되나요?**

**A** 아침 8시 30분부터 오후 5시 30분까지 근무시간입니다. 점심시간은 오후 1시부터 2시까지이고요. 오전엔 주로 자료 정리와 필요한 서류 작성을 하고, 오후에는 극지 관계자들을 만나는데 시간을 할애하고 있습니다. 그런데 이곳 아침 6시면 한국은 오후 6시입니다. 극지연구소 직원들이 업무를 마감하기 전에 필요한 연락을 주고받느라 공식적인 근무 시간보다 일찍 시작하는 편입니다.

**Q 칠레에서 생활하면서 한국과의 문화적인 차이로 인한 에피소드는 없는지요.**

**A** 남미 사람들이 옛날에는 시에스타라고 해서 점심 후에는 낮잠도 자고, 점심 시간도 거의 두 시간이나 됐다고 하는데, 요즘은 한국과 거의 비슷해진 것 같습니다. 하지만 시간에 있어서는 여전히 문화적 차이가 있는 것 같습니다. 얼마 전 칠레남극연구소의 조찬 초청을 받아 일요일 10시에 딱 맞추어 갔는데, 그때서야 행사 준비를 시작하더군요. 다른 사람들은 30여분 뒤늦게 도착하고요. 하지만 이런 느긋함 때문인지 자전거를 타거나 걸어서 길을 건널 때면 차들이 양보를 기가 막히게 잘해 줍니다. 🌍







About

정재우 제29차 세종과학기지 월동대원(34세-전자통신)은 우리나라 첫 부자(父子) 월동대원이다. 아버지 정회철 전 대원(2차, 7차 세종기지 월동대원)에 이어 현재 세종기지에서 전자통신 대원으로 제26차에 이어 두 번째 월동 임무를 수행하고 있다. 그의 주요 임무는 세종기지의 무전, 전화, 인터넷 등 통신 장비와 컴퓨터, CCTV 등 전자기기 운영관리다.

우리나라 첫 부자(父子) 월동대원 정재우  
**“3대 월동부자로 남극사랑 실천하고 싶어요”**

남극 세종과학기지에는 극지 연구자뿐만 아니라 기지를 운영하는 시설유지 대원, 의료 대원, 통신 대원 등 20여명이 상시 월동대원으로 활동하고 있다. 월동대원들은 1년이라는 기간 동안 문명세계와 철저히 단절된 채 동료애로 뿔뿔 뭉쳐 남극의 겨울을 보낸다. 현재 월동대원으로 임무를 수행 중인 우리나라 첫 부자(父子) 월동대원인 정재우 대원을 이메일로 만나봤다.

에디터 강윤성

**Q** 지난 2월 17일 열린 ‘제1회 대한민국 극지인의 밤’ 행사에서 화상통화를 통해 국내 최초 부자(父子) 대원으로 소개됐는데, 기분이 어땠나요.

**A** 많은 사람들이 모인 극지인의 밤 행사에서 아버지와 함께 소개 받아서 너무 뿌듯했습니다. 항상 부족한 모습을 보여드린 것 같아 죄송했었는데 화상통화를 통해 기뻐하시는 아버지의 모습을 보니 제 가슴이 벅차고 기뻐했습니다. 기회가 된다면 3대 월동부자로 유일무이한 남극사랑 가족이 되고 싶습니다.

**Q** 월동대원을 지원하게 된 계기에 아버지의 영향이 컸나요?

**A** 어려서부터 남극에 호기심이 많았습니다. 촬영을 좋아하는 아버지가 남극 사진을 많이 찍어 오셔서 다양한 남극환경을 미리 접할 수 있었습니다. 특히 교과서에 남극세종과학기지가 소개되었을 때 친구들에게 ‘우리 아버지가 다녀오신 곳이다’라며 자랑했던 기억이 나네요. 어려서부터 그렇게 남극에 대해서 동경과 호기심을 갖고 자라왔고, 좋은 기회가 생겨서 지원하게 되었습니다.

**Q** 어린 시절, 세종기지 월동대원을 하셨던 아버지에 대한 기억이 있나요.

**A** 아버지가 제2차 월동을 했을 때는 유치원 때라 기억이 별로 없습니다. 하지만 제 7차 월동대원이었을 때에는 제가 초등학교 4학년 때였습니다. 지금은 인터넷을 통해 통화도 할 수 있고 영상도 전달할 수 있었지만, 그 당시에는 통화로가 1분에 만 원이나 될 정도로 비싸서 편지를 보내곤 했습니다. 그러면 아버지는 답장과 캠코더로 찍으신 영상을 보내주셨는데, 항상 즐겨보던 기억이 납니다.





**Q 월동대원 선발과 훈련 과정에 대해 소개 부탁드립니다.**

**A** 전자통신 월동대원이 되기 위해서는 이력서 통과 이후에 무전 및 네트워크 관련 실기시험과 면접을 통과해야 됩니다. 이후 전자통신 대원으로 맡은바 임무를 수행하기 위한 직무교육을 통해, 기지에서 전자통신 대원이 담당하는 장비(KT 위성 인터넷, 골프존 등)들을 운영할 수 있도록 훈련을 받습니다.

**Q 전자통신 대원으로서 기지에서의 하루 일과가 궁금합니다.**

**A** 통신실에 출근하면 제일 먼저 위성모뎀을 체크하여 인터넷 상태를 확인합니다. 그 이후 무전기와 서버 등을 점검합니다. 장비점검이 끝나면 세종기지 대표메일을 확인하여 답장을 보내줍니다. 보통 주변기지에서 문의나 대원 초대가 있습니다. 새로 설치하는 장비가 아니라면 매번 반복되는 업무는 이 정도 수준입니다. 그리고 각종 전자기도 관리하기 때문에 고장 발생 시 수리나 정비를 합니다. 분기별로 원활한 통신시스템을 운영하기 위해 무전기나 안테나 점검도 실시합니다. 그리고 매달 둘째 주와 넷째 주 금요일에 과천과학관, 토요일에 부산해양박물관과 화상대화를 실시하기 위한 연결 작업이 있습니다.

**Q 월동을 함께하는 동료 대원들과는 평상시 어떻게 지내나요?**

**A** 저는 이곳에서 밑에서 세 번째 막내라인입니다. 막내라인은 총 4명으로 이십대 후반 삼십대 초반이기 때문에 수준이 비슷하여 같이 이야기도 많이 하면서 당구, 축구 게임, 헬스, 영화 시청 등 매일 같이 어울리며 지냅니다. 특이하게도 막내라인들은 술을 잘 못해서 그런지 더 같이 어울리는 시간이 많습니다. 주요 관심은 군 시절과 마찬가지로 걸그룹입니다. I.O.I, 트와이스, 라붐 등 걸그룹 예능을 보고 즐겨워합니다. 아마도 군인을 제외하고 저희가 여자 아이돌 그룹을 가장 많이 알지 않을까 싶네요.

**Q 월동대원 임무 수행 중 가장 힘들었던 점은 무엇인가요?**

**A** 한국에서 사회인 야구를 했는데, 야구 못하는 것을 빼면 오히려 이곳 남극생활이 즐겁습니다. 삼시세끼 맛있는 식사가 제공되고, 개인 시간이 많아 공부나 취미생활도 할 수 있고요. 또한 펍원들이 잘 맞춰서 언 바다를 횡단하는 모습이나 수 백 마리의 개잡이 해표 무리들을 볼 때면 기분이 무한정 좋아집니다. 비록 가족이나 친구들을 만날 수는 없지만 1년이라는 시간이 그리 길지는 않은 것 같고요. 다만 가끔 네트워크 회선이 단선되어 외부 신설작업을 하거나 블리자드를 헤치며 인터넷 레이돔안테나 착빙 제거 작업을 할 때는 꽤나 고생하긴 합니다.

**Q 월동대원으로서의 앞으로의 계획과 귀국 후 가장 하고 싶은 것은 무엇인가요?**

**A** 얼마 남지 않은 월동기간 동안 업무를 잘 마무리 하여 30차대 월동대를 위해 최대한 준비를 해놓고자 합니다. 현재는 세종기지 대수선공사로 인해 기지가 많이 붐비고 공사 관련 업무가 많이 있는데, 제가 준비해놓은 만큼 다음 차대 전자통신 대원이 편하지 않을까 싶어요. 그리고 귀국하면 제일 먼저 부모님과 같이 오붓하게 식사를 하고 싶네요. 극지연구소를 목표로 취업 준비도 착실히 해서, 다음번에는 극지연구소 직원으로서 장보고과학기지에서 월동을 한 번 더 하는 게 꿈입니다. ☺







## 환상적인 슬로프 세종 스키장을 가다

이번 호에서는 1년간의 월동생활 중, 대원들의 건강 증진과 활력소가 되는 세종과학기지의 여가 및 취미활동에 대해 소개합니다. 특히 천혜의 설원에서 즐기는 겨울의 대표적인 스포츠인 스키와 스노우보드 타기는 큰 추억이 아닐 수 없습니다.

글 사진 윤영준 제29차 세종과학기지 월동대원(생물연구)

어느덧 남극 세종과학기지는 해가 떠 있는 시간이 12시간을 넘어 15시간을 향해 달려가고 있습니다. 해가 길어지는 만큼 집으로 돌아갈 절대적인 시간은 계속해서 짧아지겠죠!

현재 세종과학기지에서는 매주 수요일을 체육수요일로 지정하여 오전 정상 근무를 마친 후, 오후 1시부터 대원들의 여가 및 취미활동 개발을 위한 시간을 마련하여 운영 중입니다.

### 월동대원들의 다양한 취미활동

여가 및 취미활동은 크게 실내 활동과 실외 활동으로 나눌 수 있습니다. 대원들에게 인기가 좋은 대표적인 실외 활동으로는 스키, 스노우보드와 같은 대표적인 겨울스포츠와 날씨가 좋은 날에만 제한적으로 허용되는 기지 주변 트레킹이 있습니다. 반면 “기지 5m 밖은 위험한 곳”이라는 신념을 가지고 있는 몇몇 대원들은 실내 활동으로 당구, 게임(플레이스테이션 4), 헬스 등을 하며 시간을 보냅니다. 축구게임



을 하는 대원들의 열기는 직접 축구경기를 하는 것처럼 뜨겁고 흥미진진하며, 당구를 치면서 서로 견제하는 농담들을 듣고 있다면 배가 아프게 웃기도 하고, 가끔은 진짜로 짜장면이 배달 올지도 모른다는 기분 좋은 상상을 해봅니다.

이번 호에서는 천혜의 자연에서 즐기는 스키와 스노우보드에 관해 집중해서 이야기하도록 하겠습니다.

### 세종기지의 환상적인 스키 슬로프

남극세종과학기지가 위치하고 있는 바톤반도에는 예전부터 월동대원들의 구전을 통해서 내려오는 세 곳의 스키 및 스노우보드 코스があります.

1) A코스, 발해봉에서 포터소만까지 이어지는 가장 길고 경사가 완만한 코스입니다. 슬로프 면적이 넓고 길어서 눈이 많이 내리는 7, 8, 9월 정도에만 이용할 수 있습니다.

2) B코스, 아리랑봉에서 펑권마을 상단으로 이어지는 경사가 험하고 슬로프 길이는 중간정도인 코스입니다. 29차에서는 이용하지 않았지만, 중급 이상의 스키어들이 즐기기에 좋다고 합니다.

3) C코스, 가야봉에서 해안가로 이어지는 경사가 완만하고 슬로프의 길이는 짧은 코스입니다. 상대적으로 눈이 빨리 쌓이는 지역이고 기지와 인접해 있어 5월말부터 10월초까지 이용이 가능합니다.

저희 29차 월동연구대는 5월과 6월에는 C코스, 7월부터 9월까지는 A코스를 이용하였고, 스키 및 스노우보드를 타러가는 자세한 과정은 다음과 같습니다.

우선, 완벽하게 정비된 설상차에 스키와 스노우보드 그리고 추운 몸을 따뜻하게 덮어줄 뜨거운 어묵국을 챙깁니다. 남극은 한국과 달리 중간에 구입할 수 있는 마트 등이 없는 관계로 최대한 꼼꼼하게 점검한 후 출발합니다.



1



2



3

1 설상차에 스키와 보드 장비를 챙기는 월동대원들.  
2-3-4 멀경거리는 설상차와 스노우모빌을 타고 설원으로 이동 중인 대원들.  
5 천연 슬로프에 도착한 대원들.  
왼쪽 페이지 추억의 한 페이지가 된 2016년 7월 26일, 포터소만에 소풍갔던 월동대원들.



4



5





1



2

1 리프트 대신 스노우모빌을 타고 슬로프 상부로 이동 중인 대원들.  
2-3-4-5 남극 포터소만에서 스키 소풍을 즐기는 월동대원들.



3



4



5

### 설상차와 스노우모빌 타고 천연 슬로프로 이동

그리고는 텅텅거리는 설상차 또는 스노우모빌에 몸을 맡긴 채 아름다운 주변 풍경을 감상합니다. 고개만 돌려도 책에서나 봄직한 풍경들이 펼쳐집니다.

한참을 주변 풍경에 빠져있다 보면 어느덧 목적지인 포터소만에 도착하게 됩니다. 각자 장비를 챙기고 추운 날씨를 고려하여 옷매무새를 꼼꼼하게 확인합니다. 마지막으로 마음에 준비를 마친 후, 개인 맞춤형 스노우모빌에 탑승합니다. 한국에서는 북적되는 인파속에 오랜 시간 리프트 탑승을 위해 기다려야 하지만 남극에서는 리프트가 없는 관계로 그럴 필요가 없습니다. 대신 스노우모빌을 이용하여 대원들을 슬로프 상부로 이동시킵니다. 대기시간이 필요 없기 때문에 조금만 타도 금세 지치게 되는 효과가 있습니다.

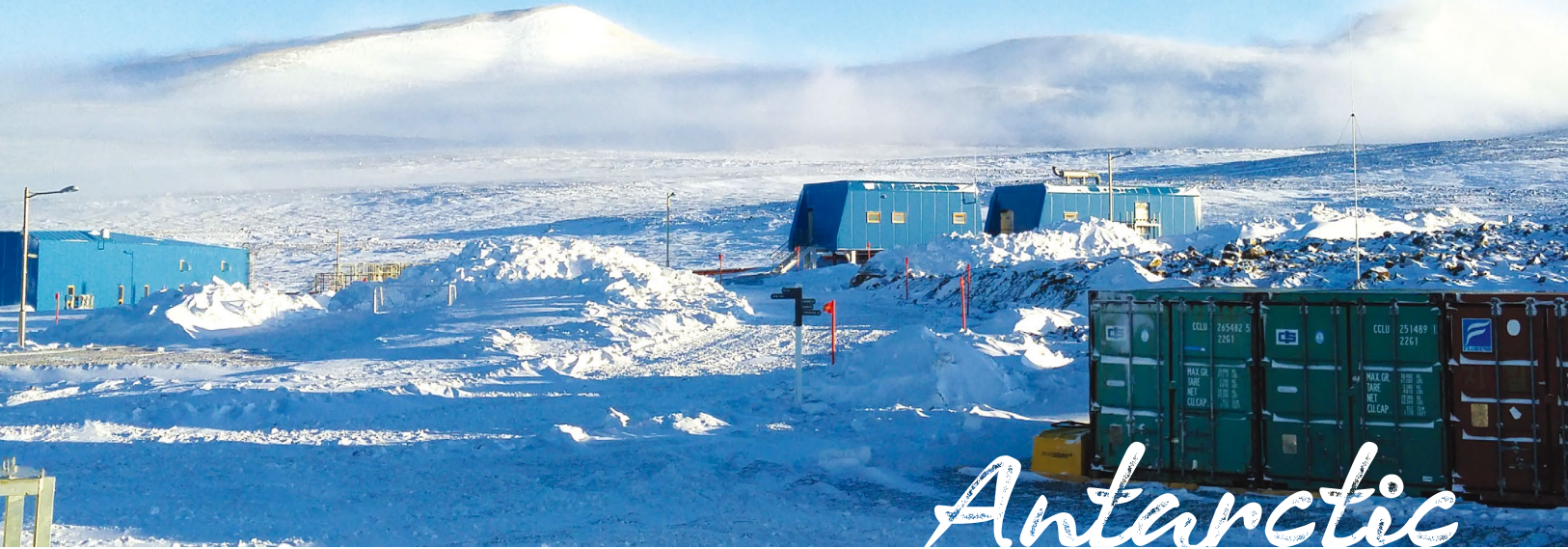
### 조심조심 스키 타며 추억 만들기

자! 모든 준비가 끝났습니다. 이젠 즐기만 하면 됩니다. 남극에는 의료시설이 충분하지 않은 관계로 항상 부상을 염두에 두고 스키를 탑니다. 천연의 설지에서 타는 스키는 야생마를 길들이는 것과 같은 쾌감도 있지만, 불규칙한 슬로프 상태는 부상의 염려가 있으니 남극의 스키는 첫째도 조심, 둘째도 또 조심입니다.

남극 세종기지가 위치한 킹조지섬의 동계기간 평균 기온은 영하 15도에 육박하며, 매서운 바람까지 감안하면 체감 기온은 영하 30도 가까이 떨어지게 됩니다. 따라서 장기간의 야외 활동 시에는 적절한 체온유지 및 체력관리는 필수조건입니다. 한참을 스키를 타다보면 자연스레 온몸에서 뜨거운 국물이 생각납니다.

그때 마셨던 뜨끈한 어묵국! 식도를 타고 넘어가던 그 뜨거웠던 느낌! “월동”하면 생각나는 또 하나의 추억이 아닐까 하는 생각을 해봅니다.☺





Antarctic

# 신비롭고 아름다운 남극으로의 초대

남극은 자연의 경이로움이 가득한 미지의 땅이다. 밤하늘에는 형형색색의 아름다운 빛을 내는 오로라가 펼쳐지고, 때때론 심한 찬바람과 눈보라를 동반하는 블리자드가 몰아친다. 또한 한밤의 태양이라 불리는 백야나 겨울철에 해가 뜨지 않고 밤이 지속되는 극야가 공존하기도 한다.

글 사진 김성근 제3차 장보고과학기지 월동대원(기상 담당)



맨위 장보고기지 뒤편의 브라우닝 언덕에서 발생되고 있는 카타바틱(활강풍). 위 장보고기지 주변에 발생한 오로라와 은하수.

남극하면 같이 떠오르는 것이 오로라일 정도로 남극과 오로라를 동일시하는 경향이 있다. 우리나라에서는 볼 수 없는 자연현상에 대한 동경 때문인지, 남극의 오로라를 아름다움의 대명사나 버킷 리스트의 필수 아이템으로 선정하는데 주저하지 않는다. 특히, 대부분의 사람들은 오로라를 남극에서만 볼 수 있다고 생각한다. 하지만 그것은 잘못된 상식이다. 최근 케이블 채널의 한 예능 프로그램에서도 다뤘듯이, 북반구에서도 오로라를 관찰할 수 있다. 아이슬란드, 스코틀랜드, 핀란드, 알래스카 그리고 캐나다 등 비교적 위도가 높은 나라에서는 쉽게 볼 수 있다.

### 오로라와 블리자드를 동시에 품은 남극의 극야

이러한 오로라의 아름다움 뒤에는 남극의 위험하고도 무서운 발톱이 숨겨져 있다. 바로 블리자드이다. 순식간에 시정이 150m 아래로 떨어지고 14m/s 이

상의 강풍이 몰아치는데, 일반적인 강풍과는 달리 눈 알갱이가 섞여있어 블리자드 안으로 들어가면 눈을 뜰 수 없고 방향을 상실하게 된다. 매년 남극의 여러 기지에서 일어나는 안전사고의 원인 중 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 이렇게 아름다움과 위험이라는 상존하기 힘든 두 요소를 동시에 품고 있는 것이 바로 남극의 극야(極夜)이다. 하루 종일 해가 떠 있는 백야(白夜)의 반대 개념으로 24시간 낮이 없고 밤만 계속되는 현상이다. 우리나라에서는 상상할 수 없는 현상이 장보고기지에서는 무려 3개월 동안 계속된다. 어두울수록 더 잘 보이는 오로라와 은하수, 그리고 아무 것도 보이지 않는 어두운 밤만 계속되는 극야, 발생하기는 어렵지만 일단 발생하면 태풍만큼이나 무서운 블리자드... 이러한 모든 극과 극의 현상들이 나타나는 남극에 장보고기지가 자리하고 있다.





극야에 기상 관측을 위해 라디오 존데를 준비하는 월동대원. 오후 1시임에도 밤처럼 어둡다.

## Polar night \_\_\_\_\_ 극야

지구인이면 누구나 다 알고 있는 것이 지구의 자전축이 23.5도 기울어져 있다는 사실과 이 때문에 계절 현상이 뚜렷이 나타난다는 것이다.

남극과 북극에서는 이 기울어진 자전축 때문에 일어나는 독특한 현상이 있는데, 바로 극야(Polar night)와 백야(White night)이다. 극야는 위도 66.5도 이상인 지역에서 하루 종일 태양이 지평선 위로 뜨지 않는, 낮이 없이 밤만 지속되는 현상을 말한다. 남극 기지들 사이에서 비교적 낮은 위도(62도)에 위치한 세종기지는 극야와 백야현상이 나타나지 않지만, 75도의 고위도에 위치한 장보고기지는 5월 초부터 극야가 시작된다. 하지만 극야가 시작되었다고 해서 완전히 어두운 것은 아니다. 5월에는 손전등을 휴대하지 않고 걸을 수 있을 정도로 앞을 볼 수 있지만 6월부터는 완전히 컴컴해지기 때문에 항상 손전등을 휴대하고 야외 활동을 해야 한다. 극야 현상은 위도가 높아질수록 지속되는 시간이 길어지게 되는데, 장보고기지가 위치한 테라노바 베이는 동지(한국은 하지)부터 점점 박명이 일어나기 시작하여 8월부터는 다시 햇빛을 볼 수 있다.

## Blizzard \_\_\_\_\_

### 블리자드

우선 사전적 정의부터 살펴보면 얼음모자(ice cap)로부터 불어내리는 맹렬한 치내리 바람(산에서 밀려 내려 부는 강한 활강 바람의 일종) 중 보라형(한랭 건조한 바람)에 속하며 또한, 낮은 온도에서 강한 바람에 의해 미세한 눈 알갱이가 날려서 시정이 악화되는 기상현상을 말한다(Huschke, 1970). 미국 기상청 기준에 따라 풍속 14m/s 이상, 저온에서 눈이 날려 시정이 150m 이하로 감소하는 경우를 지칭한다.

장보고기지의 블리자드 특성을 보면 하계 기간과 동계 기간 동안에 기압배치의 특성이 다르게 나타난다. 하계 기간 동안에는 저기압이 로스해 안쪽 깊숙이 들어와 저기압에 의한 블리자드 현상이 관측되기도 하였으며, 동계 기간에는 주로 대륙고기압 확장 전면에서 블리자드 현상이 관측된다. 주로 서~북서풍에 따라 기지 쪽으로 눈보라 또는 높이 날린 눈의 형태로 나타나는데 지금까지는 일반적인 강풍과 달리 발원지의 기온이 낮기 때문에 눈보라와 높은 눈날림 현상이 동반되어 시정이 악화되고, 기온이 급속히 낮아지는 경우가 많았다.

하지만, 2016년 올해의 경우는 이전과는 전혀 다른 메커니즘으로 발생했다.



블리자드 발생 시 시정 변화를 찍은 시차별 비교 사진.

남극진동(극진동)으로 인한 저위도의 온난저기압 기단이 파동에 의해 남극에까지 영향을 미쳐 대부분의 블리자드가 기온의 급상승(남극 동계 시즌에 -0.1℃ 기록), 기압 하강을 동반하였고, 이로 인한 기압 경도력의 급격한 증가로 강풍과 높은 눈날림 현상으로 시정이 악화되는 변형된 형태의 블리자드로 나타났다.

2016년 10월까지 총 13회 블리자드가 발생하여 2015년의 2회보다는 발생 일수는 줄어들었지만 전체적인 지속시간은 크게 차이가 나지 않았다는 것은 일단 발생하면 이전보다 현상이 오래 지속되었음을 알 수 있다. 이는 평상시 극고기압의 영향권에서 블리자드라는 극한 상황을 지속할 수 있는 대기 조건이 충분하지 않은 반면, 극 진동은 완전히 서로 다른 두 기단의 만남으로 급격한 에너지의 변화가 오랜 시간 동안 강한 블리자드를 유지할 수 있었다고 보아야 할 것이다.



# Aurora 오로라

오로라는 태양에서 방출되는 입자들이 태양풍에 따라 지구 근처에 왔다가 지구자기장에 의해 포획되어 지구 대기를 구성하는 입자들과 부딪히면서 나타나는 현상이다. 자극에 가까운 고위도 지방, 즉 극지방에 가까울수록 관측이 쉽기 때문에 극광(極光)이라고 하며, 위치에 따라 북반구에서는 북극광, 남반구에서는 남극광이라고 한다.

오로라는 주로 고도 80~수백km의 초고층 대기에서 잘 나타난다. 부딪히는 입자의 구성 성분에 따라 다양한 색깔로 나타나게 되는데, 태양 입자가 질소와 부딪힐 때는 녹색을, 산소와 부딪힐 때는 붉은색 계열의 빛이 발생한다. 태양 활동이 활발해지면 오로라는 더욱 강해지고 색상도 노란색, 분홍색 등 다양하게 나타나며, 중위도까지 확장된다.

예를 들어 미국에서는 북위 40도 이하에서 나타나기도 한다. 하지만 오로라를 직접 눈으로 보았을 때는 하얀색 계열로 보이게 되고, 카메라로 장시간 노출을 주어 촬영해야만 우리가 알고 있던 오로라의 다양한 색상들을 관측할 수 있다. 참고로 오로라의 이름은 아우로라에서 유래했다. '새벽'이라는 뜻의 라틴어이며 로마신화에서 나오는 '여명의 여신(그리스 신화의 에오스)'이기도 하다. 중위도에서 볼 수 있는 극광이 새벽빛과 비슷하다고 해서 17세기경부터 극광을 오로라라고 부르게 되었다.



동짓날(극야 기간) 기념 촬영에 나선 장보고과학기지 월동대원들.

장미꽃과 선인장 꽃이 아름다운 이유는 가시가 있기 때문이라고 한다. 남극이 아름다운 이유도 마찬가지로 아닐까? 불리자드와 극야라는 가시가 있긴 하지만 오로라와 은하수 그리고 순수(?)한 동물들이 함께 공존하여 살아가는 자연의 대륙이기에 그것만으로도 충분히 아름답다. 더구나, 남극은 7000만년 동안 꼭꼭 숨겨왔던 자신의 보물을 이제 인류를 위해 하나씩 하나씩 보여주고 있다. 그러기에 우리 인류는 더더욱 남극을 아름답게 지켜야 하는 것이다. 더 이상 남극에서의 환경 파괴가 일어나지 않기를 간절히 소망해 본다. 🌍



오른쪽 해빙 위에 발생한 금발의 여신 오로라. 아래 동지음식 만들기.



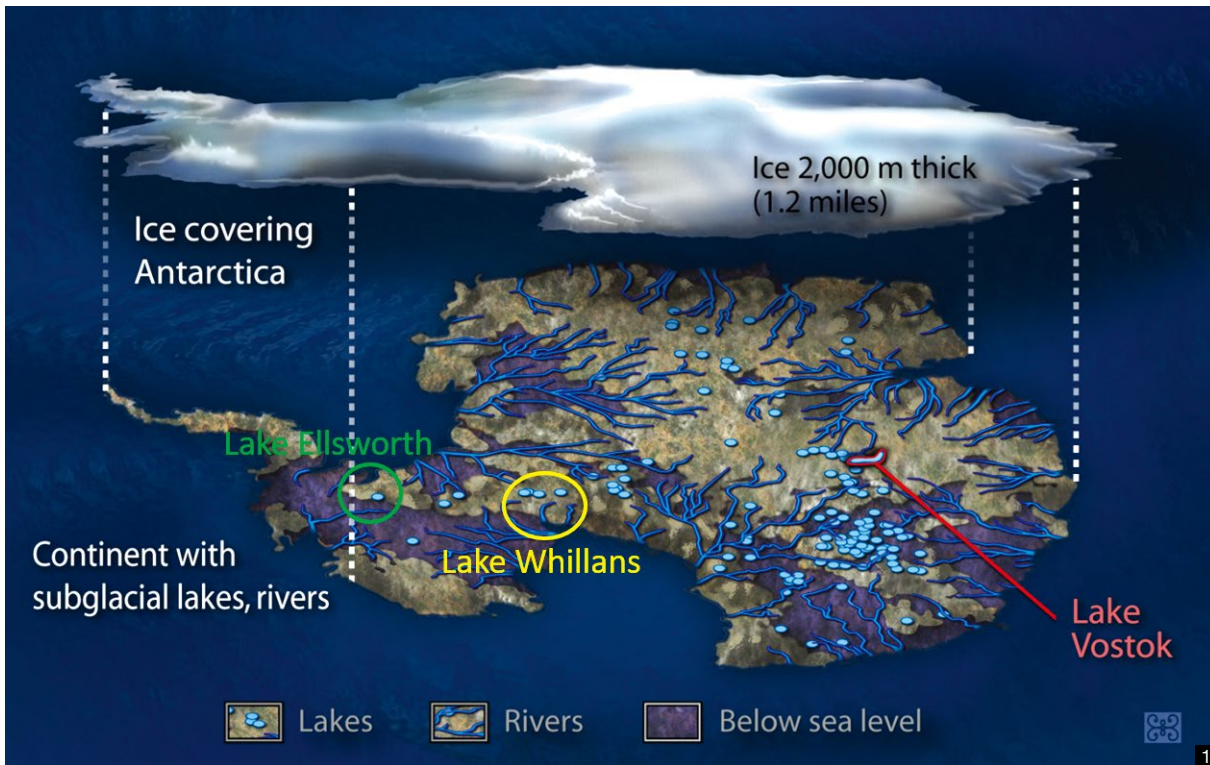


# Subglacial Antarctic Lake Expedition

## 미지의 도전, 남극 빙저호 탐사

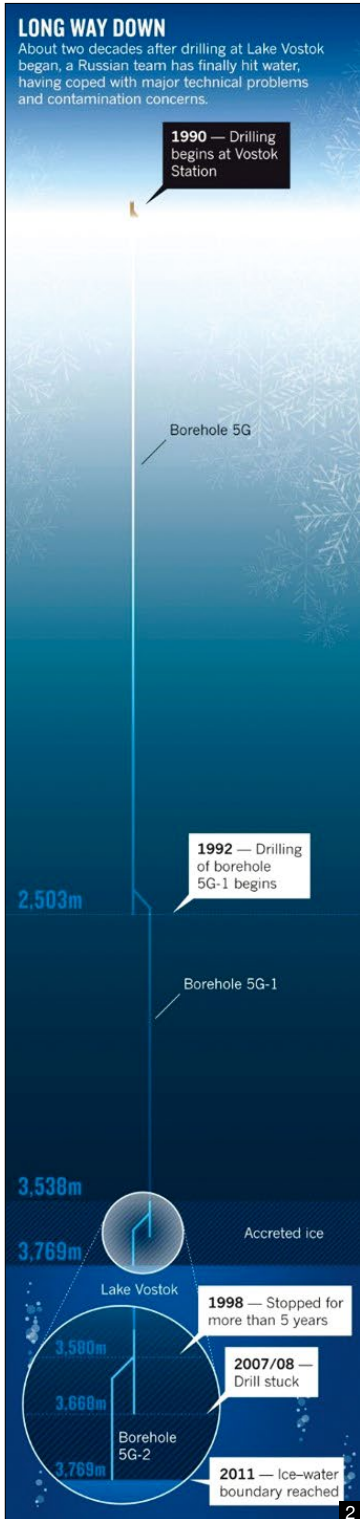
빙상 아래 존재하는 호수, 빙저호. 남극대륙의 평균 2,000m 빙하 아래에는 400여개의 빙저호가 존재한다. 이곳에서는 현재 태양계 다른 행성의 생명체의 존재 가능성과 지구역사에 대한 단서를 찾고자하는 탐사가 진행 중이다.

글 사진 김옥선 극지연구소 K-루트 사업단 선임연구원



1 남극 빙하 아래 존재하는 호수와 하천의 분포. 2 러시아 보스토르크호 시추. 3 공식적인 첫 빙저호 연구결과 논문.





실제로 유로파(목성의 위성)를 보스토크호의 아날로그로 보고 있으며, 이 행성에 생명체가 존재할 가능성에 대하여 조심스럽게 언급하고 있다. 또한 잘 보존된 빙저호의 퇴적물에는 지구역사가 그대로 기록되어 있을 것으로 예상되어 지구의 과거 역사를 알 수 있는 중요한 단서가 될 수 있다.

### LETTER

doi:10.1038/nature13667

#### A microbial ecosystem beneath the West Antarctic ice sheet

Brent C. Chabiner<sup>1</sup>, John C. Fryxell<sup>2</sup>, Amanda M. Achberger<sup>3</sup>, Carlo Barbante<sup>4</sup>, Sasha P. Carter<sup>1</sup>, Karri Christensen<sup>5,6</sup>, Alexander B. Michaud<sup>7</sup>, Bill A. Minckley<sup>8</sup>, Andrew C. Mitchell<sup>9</sup>, Mark L. Skidmore<sup>7</sup>, Trista J. Vick-Majors<sup>8</sup> & the WISSARD Science Team<sup>1</sup>

Liquid water has been known to occur beneath the Antarctic ice sheet for more than 40 years<sup>1</sup>, but only recently have these subglacial aqueous environments been recognized as microbial ecosystems that may influence biogeochemical transformations on a global scale<sup>2</sup>. Here we present the first genomic, microbiological description of water and surficial sediments obtained from direct sampling of a subglacial Antarctic lake, Subglacial Lake Vostok (SLV), lies beneath approximately 800 m of ice on the lower portion of the West Antarctic Ice Sheet (WAIS) in West Antarctica and is part of an extensive and evolving subglacial drainage network<sup>3</sup>. The water column of SLV contained metabolically active microorganisms and was derived primarily from glacial ice melt with solutes sourced from lithogenic weathering and a minor seawater component. Heterotrophic and autotrophic production data together with small-subunit ribosomal RNA gene sequencing and biogeochemical data indicate that SLV is a chemosynthetically driven ecosystem inhabited by a diverse assemblage of bacteria and archaea. Our results confirm that aquatic environments beneath the Antarctic ice sheet support viable microbial ecosystems, corroborating previous reports suggesting that they contain globally relevant pools of carbon and microbes<sup>4</sup> that can mobilize elements from the lithosphere<sup>5</sup> and influence Southern Ocean geochemical and biological systems<sup>6</sup>. Almost 400 subglacial lakes have been identified beneath the Antarctic ice sheet. Speculation on the presence of functional microbial ecosystems within these lakes followed their discovery<sup>7</sup> and motivated the initial studies of samples originating from Subglacial Lake Vostok (SLV)<sup>8,9,10</sup>. However, the body of microbiological data from SLV has been a point of contention, primarily because all studies were based on analyses of frozen (that is, accreted) lake water samples recovered from a borehole containing a contaminated hydrocarbon drilling fluid<sup>11</sup>. Our report documents the first analysis of water and surficial sediments collected directly from a subglacial lake beneath the West Antarctic ice sheet (WAIS) using microbiologically clean drilling and sampling techniques<sup>12</sup>. The water residence time for SLV exceeds 10,000 years<sup>13</sup>, while that for 'active' lakes such as SLW is on the order of years to decades<sup>14</sup>. SLW is part of a network of three major reservoirs beneath the lower ice plain of the WAIS that regulates water transport to a subglacial estuary of the

Figure 1 | Locator map of the WAIS and SLV. The yellow box and star

빙저호는 위에서 누르는 거대한 압력에 의하여 물이 얼지 않거나, 지구 내부로부터 기인된 열, 또는 빙하의 움직임에 의하여 발생하는 바닥과의 마찰열에 의하여 빙하 하단부가 녹아서 형성된 것으로 알려져 있다. 빛이 차단되고, 고압과 저영양의 상태로 수백만 년 동안 격리되어 진화해 왔기 때문에, 매우 독특하면서도 고유한 생태계로 천이되었을 것이고, 환경 자체가 매우 혹독하기 때문에 상당히 적은 양의 미생물만이 존재할 것으로 예상된다.

**지구역사 그대로 기록된 빙저호 퇴적물**  
우주생물학자들에게 빙저호는 얼음으로 덮여있는 태양계의 다른 행성에도 생명체 존재의 가능성을 시사한다. 실제로 유로파(목성의 위성)를 보스토크호의 아날로그로 보고 있으며, 이 행성에 생명체가 존재할 가능성에 대하여 조심스럽게 언급하고 있다. 또한 잘 보존된 빙저호의 퇴적물에는 지구역사가 그대로 기록되어 있을 것으로 예상되어 지구의 과거 역사를 알 수 있는 중요한 단서가 될 수 있다.  
빙저호의 존재는 1960년대 러시아가 지구물리 탐사를 하면서 처음으로 알게 되었다. 지속적인

탐사를 통하여 학계에는 현재까지 379개의 남극 빙저호가 기록되었다. 이 중 1975년에 발견된 러시아의 보스토크호는 빙하 약 3,800m 깊이 아래에 존재하고 있는 남극 빙저호 중 최대 규모이다. 러시아를 주축으로 1990년부터 빙하 시추를 시작하여 1998년 빙하 깊이 3,580m까지 도달하였지만, 연구비 문제로 중단되었다. 2007/08년에는 3,668m 척빙(accreted ice, 호수 표면 바로 위의 얼음으로 녹았다 얼었다를 반복하는 부분)에서 얼음으로 녹았다 얼었다를 반복하는 부분)에서 시추의 기술적인 문제로 중단되었다. 2011/12년에 시추기는 얼음과 물의 경계면까지 도달하였고 발표하였으나, 얼음을 뚫자마자 압력에 의해 호수물이 시추공 내부로 분출되어 부동액에 의한 빙저호 오염이 제기되면서 많은 환경단체의 항의를 받게 되었고, 연구 결과 또한 많은 논쟁거리가 되었다.

**미국, 열수시추로 빙저호 탐사 성공**  
보스토크호가 빙하시추에 의한 접근법의 어려움을 인지하고, 미국과 영국은 2010년 3월에 열수 시추(뜨거운 물로 얼음을 녹여서 빙저호로 접근하는 방법) 방법으로 변경하여 독자 시추를 선언하였다. 영국은 1996년부터 지구물리 탐사에 의

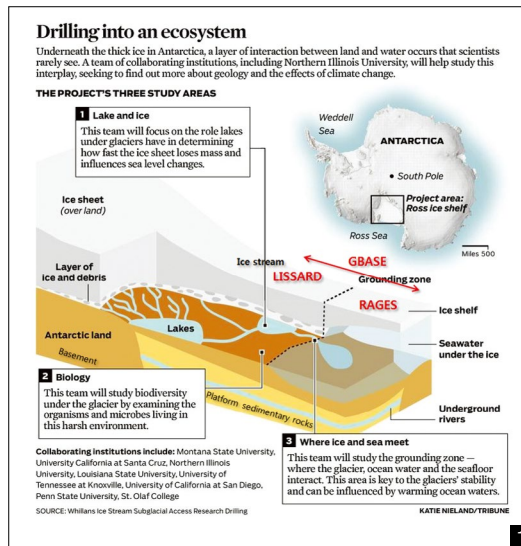


한 정밀탐사를 진행한, 서남극의 빙하 약 3,400m 아래에 위치한 엘스워스호를 탐사 대상으로 하였다. 5단계 정수시스템을 통해 소독된 물을 가열하여 사용하는 등 빙저호 오염 방지에 많은 노력을 기울였다. 그러나 2012년 12월에 진행된 열수 시추는 탐사 중 발생한 기술적인 문제로 인하여, 영국의 첫 번째 빙저호 탐사는 실패하였다. 미국은 이 두 호수보다 상당히 얕은 얼음두께 약 800m 아래에 위치한 윌란스호를 대상으로 진행하였다. 2007년 지구물리 탐사에 의하여 처음 빙저호 존재를 확인하였고, 이후 정밀탐사를 통하여 이 지역의 하천수의 상당량이 남극해로 유입되는 것을 알게 되었다. 미국 전역의 학연산 네트워크에 의하여 3개의 프로젝트가 독립적으로 진행하였고, 2013년 1월에 미국은 세계최초로 빙저호 탐사에 성공하였다. 미국은 2014년 8월에 윌란스호 연구결과를 네이처지에 발간하였으며 이는 공식적인 세계 최초 빙저호 연구결과이다.

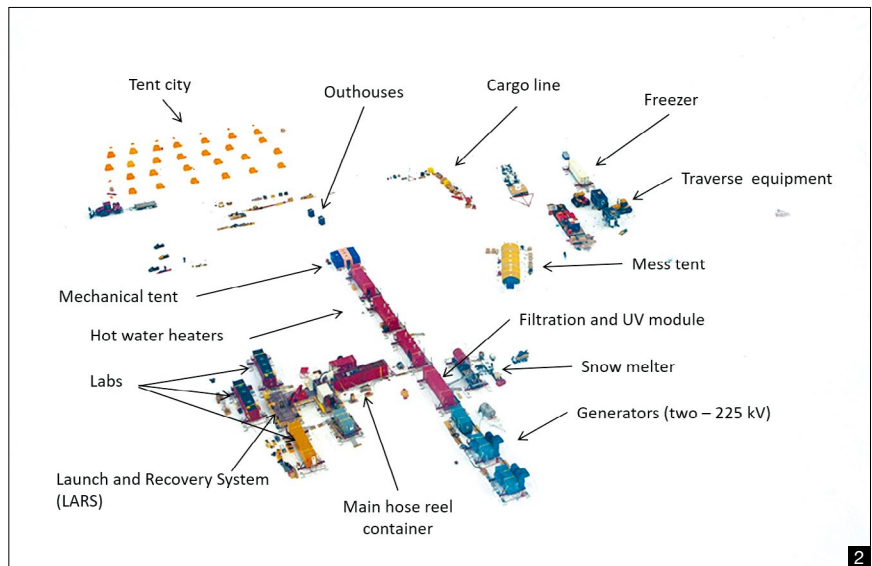
**빙저호 탐사는 새로운 기회이자 도전의 영역**

2015년 3월 30일과 31일 영국의 버킹엄셔 주에서는 “남극 빙저호 탐사 : 첫 번째 결과와 향후 계획”이라는 주제로 워크숍이 개최되었다. 여기에는 총 55명의 과학자들이 참여하여, 미국의 연구 성과, 영국의 실패 원인 분석, 러시아의 진행 상태에 대하여 논의를 진행하였다. 현재 미국은 두 번째 빙저호 탐사 대상인 엔겔하르트호를 대상으로 지구물리 탐사를 진행하여 향후 연구계획을 수립할 예정이다. 영국은 엘스워스호 근처의 2,000m 규모의 호수 2개를 대상으로 2017/18년도에 탐사할 계획을 가지고 있다.

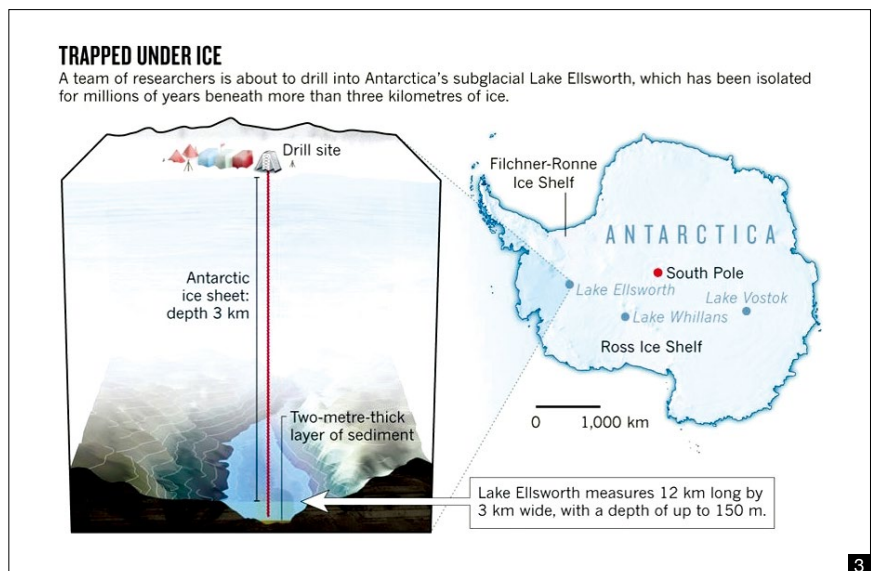
우리나라도 극지연구소를 주축으로 2014년 지구물리연구 팀에 의해 장보고기지 주변에서 빙저호 존재 가능성을 확인하였다. 현재 지구물리 정밀탐사를 계획하여 진행하고 있으며, 2020/21년도에 시추를 목표로 연구지원 및 접근로 확보(Logistics), 열수시추(Hot water drilling) 및 과학 프로그램(Science)을 운영하여 진행하고 있다. 빙저호 탐사는 극지연구소뿐만 아니라, 우리나라에게 있어 새로운 기회이면서 동시에 도전의 영역이다. 탐사 홍보와 다양한 문화 콘텐츠 개발로 범국민적 호응과 동참 유도를 통하여, 자부심 향상에도 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대해본다. 🌐



- 1 미국의 윌란스호 프로젝트.
- 2 미국의 열수시추 캠프 전경.
- 3 영국의 서남극 엘스워스호 빙저호 탐사.



2



3



## Report

킹조지섬 남방큰재갈매기 번식지 확장 과정



빙퇴석 지역에서 번식하는 남방큰재갈매기와 돌지.



# 극지방 얼음 감소는 다른 종에겐 번성의 기회가 된다?

2004년부터 남극 킹조지섬에 분포하는 도독갈매기류의 동지 분포 조사를 위해 바톤반도의 모든 곳을 매년 방문해왔던 필자는 최근 킹조지섬의 빙하 후퇴 지역에서 남방큰재갈매기의 번식지 확장 과정을 추정할 수 있는 논문을 발표했다. 극지방에서 얼음의 감소는 일부 특정종에게는 위협이 되지만 어떤 종들에게는 새로운 번성의 기회가 되고 있다.

글 김정훈 극지연구소 극지생명과학연구부 선임연구원



**‘남극에서 얼음이 사라지면 다른 종들이 그 자리를 메우고 번성할텐데 뭐가 문제인가?’ 라고 생각할 수 있을 것이다.  
 하지만 남극은 추위에 적응해왔고 얼음에 의존해 살아왔던 생물들의 생활터전이다.  
 그런데 환경이 변화하면서 이들의 서식지는 그 기능을 잃어가고 그곳에 살던 고유  
 생물들이 사라져가는 것이다.**

극지방에서 얼음이 녹고 있다. 최근 북극에서 빠르게 진행되고 있는 바다얼음의 감소는 북극곰을 멸종위기로 몰아넣고 있다. 남극에서는 얼음에 의존해서 살아가는 크릴이 감소하고 있으며, 이는 곧 크릴 의존성 상위포식자인 고래, 물범, 펭귄 및 다양한 해양조류의 먹이원 감소로 이어져 생태계의 구조와 기능에 영향을 미칠 수 있다.

또한 기후변화에 관한 정부간 협의체(ICPP: Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 현 상태의 지구온난화가 지속될 경우 2100년경에 바다얼음에서 번식하는 조류인 황제펭귄 개체수의 95%가 사라질 것으로 예측하고 있다.

최근에는 지구 온난화의 영향으로 떨어져 나간 거대 빙봉이 서식지 입구를 가로막아 아델리펭귄의 집단 번식지가 황폐화되는

상황도 보고되고 있다. 육상에서는 해안가를 중심으로 빙하가 빠르게 후퇴하고 있으며 토양이나 암반이 드러나면서 다양한 생물들이 정착하기 시작하기 시작하고 천이가 진행되고 있다.

**빙하 후퇴 지역에 등지 트 남방큰재갈매기**

필자는 2004년부터 킹조지섬에 분포하는 도둑갈매기류의 등지 분포 조사를 위해 바톤반도의 모든 곳을 매년 방문해왔다. 바톤반도의 동쪽에 위치한 포터소만 빙벽과의 경계지역에는 빙하가 남긴 빙퇴석이 널리 산포해있고, 이를 방풍벽 삼아 남방큰재갈매기가 등지를 틀고 있었다.

바톤반도의 동쪽 끝 지역은 2007년만 해도 빙하로 덮여 있어서 접근하기도 어려웠을 뿐 아니라 조류의 등지가 지어지거나 식

생이 서식할 수 없는 지역이었다. 하지만 그 이후 빙하의 후퇴 속도가 빨라지면서 동쪽 경계부의 토양 노출지역이 확장되어 갔다.

2012년부터 빙하 후퇴 지역의 조류조사사가 본격적으로 시작되어 이 지역의 대표적인 번식조류인 남방큰재갈매기의 등지 분포를 분석하면서 재미있는 사실이 발견되었다. 분명 몇 년 전까지 빙하에 덮여 있었던 지역이었는데 최근에 땅이 드러난 곳에서 두 개의 남방큰재갈매기 등지가 확인된 것이다. 이는 극지 환경변화에 따른 남방큰재갈매기의 번식지 확장 과정을 추정할 수 있는 단서를 제공한다.

그렇다면 이 지역에서 과거의 빙하 후퇴와 남방큰재갈매기의 번식지 형성과정을 추정해볼 수도 있을까? 과거의 인공위성 이미지들은 이곳에서의 빙하 후퇴 과정을 보

빙하가 후퇴하면서 드러난 빙퇴석지역.



2014년 1월



2007년 12월

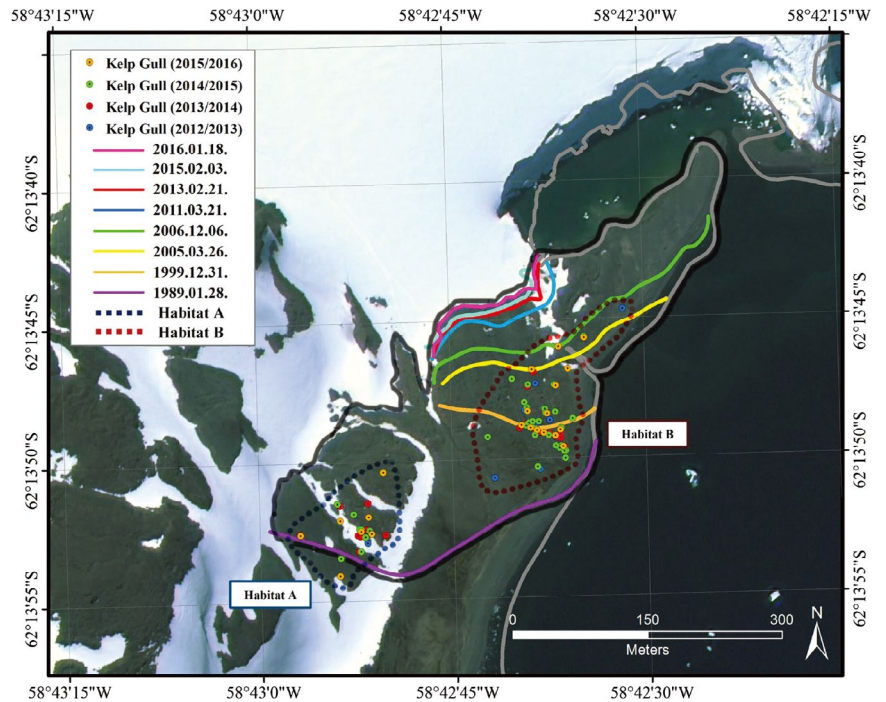




여준다(오른쪽 그림 참조). 1989년 이래로 해안에서 200~300m 가량 후퇴하였으며, 약 96,000m<sup>2</sup>의 해빙지역이 드러났다.

현재 이 지역에는 두 개의 번식 집단이 분포하고 있다. A번식지의 대부분은 1989년 이전까지 빙하에 덮여있었으며, B번식지는 1989년에서 2006년 사이에 드러난 것으로 보인다. 이를 통해 A번식지가 B번식지보다 먼저 형성되었음을 추정해볼 수 있다. A번식지가 먼저 형성되었음에도 불구하고 B번식지보다 집단 규모가 작은 이유는 이 지역이 상대적으로 협소하고 경사가 심한 지역으로 둘러싸여 있기 때문인 것으로 생각된다. B번식지 인근은 지형이 완만하고 동지를 지을 수 있는 면적이 넓기 때문에 향후 번식 집단의 규모가 점진적으로 확장될 수 있는 잠재력을 보유한 지역이다.

**극지라는 특수한 환경 생물권역 사라질 수도**  
빙하 후퇴 지역에서의 조류 번식지 형성은 새로운 생물 유입을 촉진하는 요인으로 작용할 수 있다. 남방큰재갈매기는 식생을 이용해서 동지를 짓기 때문에 외부에서 동지 재료를 옮겨와야만 한다. 이때 유입된 이끼, 지의류 및 현화식물이 동지 주변에 정착하면서 식생 식재 효과로 나타날 수 있다. 현재에는 동지 근처에서 이끼와 지의류뿐만



아니라 남극개미자리와 남극좁새풀 등 2종의 현화식물이 서식하고 있는 것으로 확인되고 있다. 또한 조류의 배설물 등은 토양에 유기질을 공급할 뿐 아니라 이에 의존해서 살아가는 미소생물의 유입을 촉진할 수 있을 것이다.

극지방에서 얼음의 감소는 일부 특정종에게 위협이 되지만 어떤 종들에게는 새로운 번성의 기회가 될 수 있다. '남극에서 얼음이 사라지면 다른 종들이 그 자리를 메우고 번성할텐데 뭐가 문제인가?'라고 생각할 수 있을 것이다. 하지만 남극은 추위에 적응해왔고 얼음에 의존해 살아왔던 생물들의 생활터전이다. 그런데 환경이 변화하면서 이들의 서식지는 그 기능을 잃어가고 그곳에 살던 고유 생물들이 사라져가는 것이다. 이 상황이 지속되면 지구상에는 극지라는 특수한 환경을 지닌 생물권역이 사라지게 될 지도 모른다. 🌐

위 왼쪽 외부에서 옮겨온 식물성 재료로 지어진 남방큰재갈매기의 동지.  
위 킷조지섬 포터빙벽 인근에서의 빙하 후퇴 과정과 남방큰재갈매기의 동지 분포(Lee et al., 2016년 Journal of Ethology에 게재 승인).



## Experiment

극지연구소 실험실 탐방 \_ 극지 해양 퇴적물 분석실



해양은 우리가 매일 바라보는 육지와 지형적인 측면에서 크게 차이가 없다. 육지의 낮은 구릉과 높은 산맥이 있듯이 해양에도 깊은 수심 지형과 낮은 지형들이 존재한다. 일명 육상의 흙이 곳곳에 있듯 해양에도 흙이 쌓여있는 곳이 널려있고 해양 퇴적물이 쌓인 곳이라고 말한다. 이러한 해양 퇴적물은 대부분 육상의 하천이나 연안의 부유물질이나 대기의 입자 혹은 자생적인 해양유기물들의 침강으로 만들어진다.

이러한 퇴적물의 특징은 시공간적인 환경 변화에 따라 퇴적되는 양상이 달라지기 때문에 해양 퇴적물은 현재의 환경을 비롯하여 과거 환경 변화를 알 수 있는 과학적인 재료가 될 수 있다. 얼음이 존재하는 극지에서 해양 퇴적물에 대한 과거 환경 연구는 일반적인 열대 및 온대 지역보다 복잡한 양상을 갖는다는 점이 특이하다.

### 해양 퇴적물 시추와 저장

당연히 이 연구의 시발점은 극지에서 해양 퇴적물을 얻는데서 출발한다. 우리는 눈으로 보이지 않는 바다 아래의 퇴적층을 탄성과 탐사를 통해 찾고 다양한 시추 장비를 통해 해양 퇴적물을 획득하여 쇄빙연구선 아라온호 냉장실에 저장하여 실험실로 가져온다.

## 과거 남극의 해양 환경을 밝히다

현재 기후 변화를 이해하기 위한 중요한 열쇠 중 하나는 과거의 해양 환경을 복원하는 일이다. 이를 위해서는 극지 해양 퇴적물을 시추하고, 분석하는 작업이 필수다. 극지연구소 극지 해양 퇴적물 분석실의 연구 활동을 통해 극지에서 얻어진 해양 퇴적물이 어떻게 처리되고 어떤 분석이 이루어지는지 알아본다.

글 유규철 극지연구소 극지고환경연구부 책임연구원



해양 퇴적물을 찾고 시추하는 부분은 이전 호에서 자세하게 연재한 바 있어 여러분들이 관심있게 찾아본다면 본문이 잘 이해될 것이다. 이 글은 극지에서 얻어진 해양 퇴적물을 어떻게 처리하고 무슨 분석이 이루어지는가를 보여주는 극지 해양 퇴적물 분석실의 일반적인 업무를 소개하는 것이다.

극지에서 얻어진 퇴적물 코어들은 극지연구소 냉장 보관실에 보통 1.5m 간격으로 저장된다.(그림 1) 분석 시료 채취를 위해 실험실로 옮겨지면 맨 처음 시작하는 일은 퇴적물 코어를 반으로 자른다.(그림 2) 반으로 자른 퇴적물 코어의 한 부분은 시료 재분석이나 다양하게 시도되는 분석들을 위해 다시 냉장 보관되고 다른 한 부분은 시료 채취를 위해 준비된다.

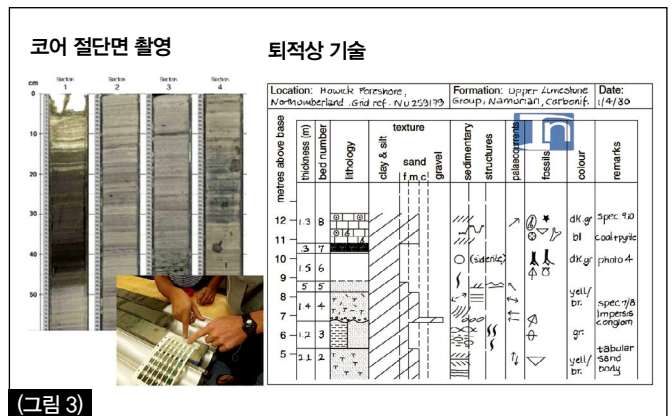
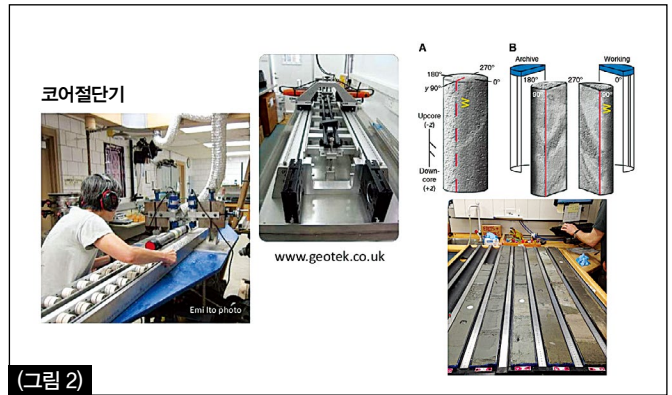
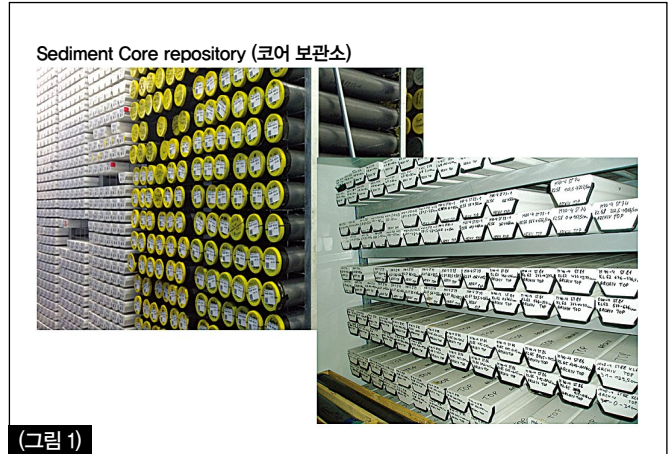
우선 연구자가 퇴적물 코어 안에서 눈으로 보이는 색상 변화나 구조 등을 기술한다. 오래전 분석 기술이 고도화되기 이전에는 이러한 가시적인 기술에서 매우 중요한 정보들이 제공되었다.

### 코어 퇴적물 시료에서 다양한 분석 가능

다음으로 시료 채취용 퇴적물 코어에서 전체적인 색상 변화를 알기 위해 카메라 촬영 및 코어 단면을 따라 채취된 1cm 두께, 30cm 길이의 퇴적물 슬라이드에서 퇴적물 내의 퇴적구조를 밝히기 위한 X-선 촬영이 이루어지고 퇴적물 내 육상 기원을 알려주는 대자율(Magnetic Susceptibility) 측정이 각각 개별적으로 이루어진다.(그림 3) 현재 고도화된 퇴적물 코어 통합 스캐너가 있어 코어 단면을 따라 카메라 및 X-선 촬영, 대자율 측정 및 비파괴 원소분석까지 동시에 이루어진다.(그림 4)

이러한 단계는 퇴적물 코어에 대한 매우 기본적인 분석 체계이며, 보다 근본적인 분석을 위해 코어 퇴적물이 보통 1cm 간격으로 채취된다. 각 채취된 시료들이 여러 다양한 분석을 위해 나누어진다. 실험실의 입도분석기는 퇴적물 내 입자 크기별 분포가 어떠한가를 보는 장비이다.

입자 크기별 분포는 물리적인 해양 순환(극히 일부는 대기 순환)에 따라 결정되는 요소인데, 가장 극명한 예시는 서해안과 동





해안에서 볼 수 있듯이 서로 입자 분포(빨과 모래)가 다른 것은 조석이 우세한 환경과 파랑이 우세한 환경에서 보여준다.

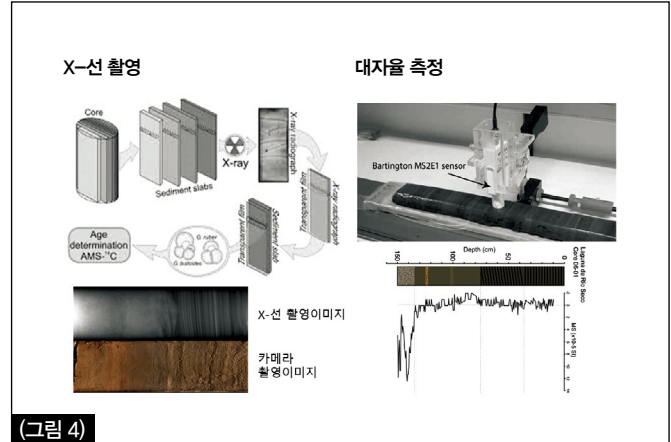
또한, 해양의 일차 생산력을 가늠할 수 있는 총 유기 탄소량은 퇴적물에서 측정된 총 탄소량에서 총 무기 탄소량을 빼서 구할 수 있다. 이 값을 통해 단순하게 해석한다면, 퇴적물 코어 내에서 상대적으로 높은 총 유기 탄소량은 따뜻한 온난기라고 볼 수 있다. 해양의 유기 생산이 광 조건과 밀접하기 때문이다.

이 외에 코어 퇴적물 시료에서 다른 유기 지화학 특성과 동위원소분석, 미화석(대부분 식물플랑크톤) 군집 분석, 미생물 분석 등 수십 가지의 다양한 분석이 가능하다.

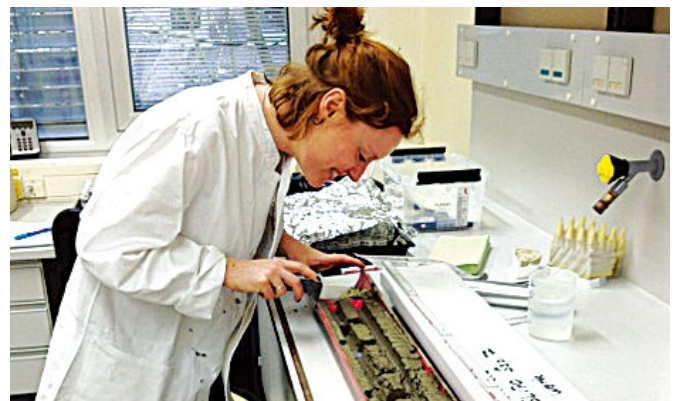
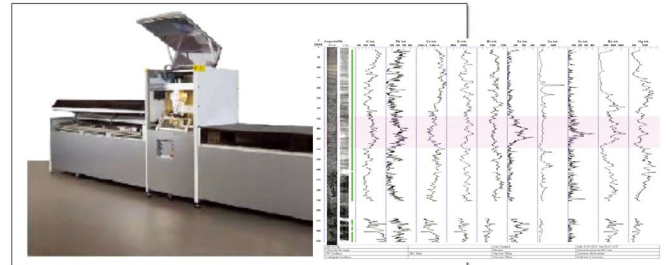
**과거 해양 환경 복원은 현재 기후 변화 이해의 중요한 열쇠**  
남극해 퇴적물 코어의 다양한 분석은 과거 남극의 해양 환경을 밝히는 것이다. 일일이 열거하기 힘든 다양한 남극해 퇴적물 특성들은 남극의 빙권, 대기 및 해양의 변화들을 잘 대변한다. 퇴적물 코어의 최상부는 가장 최근의 남극 환경을 말해주며, 그 밑으로 내려갈수록 오래된 환경을 지시한다. 결국 코어 퇴적물의 깊이별 특성들이 환경학적인 의미를 갖기 위해서는 각 깊이별로 얼마나 오래된 것인지 연대가 무엇보다도 중요하다.

해양 퇴적물의 연대는 절대연령법(탄소, 납, 우라늄 계열 방사선 동위원소 등을 이용)과 상대연령추정(생층서, 지자기, 화산쇄성물, 안정동위원소 등)이 있으며, 획득된 코어 퇴적물의 퇴적 환경(연안, 대륙붕, 심해 등)과 획득 길이, 특정 특성에 따라 적용되는 방법이 달라진다.

남극해 해양 퇴적물은 시공간적인 환경에 따라 다양한 모습을 갖고 있다. 다시 말해서, 과거 남극해 해양 환경을 복원하는 일은 현재의 기후 변화를 이해할 수 있는 중요한 열쇠가 되며, 결국 극지 해양 퇴적물 분석실에서 이루어지는 작업은 그 시초가 된다.🌐



ITRAX 통합 코어 스캐너



시료 샘플링 작업.



# “철저히 준비하는 나라만이 보물창고 열 수 있어”

대상 양석인 군은 북극 다산과학기지 체험, 특별상 이민지 양은 상금 200만원

에디터 강윤성

“극지논술공모전을 통해 평소에 생각해보지 않았던 ‘북극항로의 장단점’에 대해서 깊게 공부하였고, 관련 책들도 많이 접할 수 있었습니다. 북극항로에 대한 생각을 더욱 깊게 하고, 폭도 넓힐 수 있었던 좋은 기회였습니다.”

민족사관학교 1학년 양석인 군이 전국의 중학생과 고등학생을 대상으로 하는 제7회 전국학생 극지논술공모전에서 영예의 대상을 차지했다. 대상(해양수산부장관상)을 받은 양석인 군은 내년 북극다산과학기지 탐방 기회를 갖게 되며, 특별상(극지연구소장상)을 수상한 이민지(서초중 2) 양은 200만원의 상금을 받는다.

양석인 군은 ‘북극항로와 한국의 대응방안’이란 논제를 선택, “국제사회에서 북극항로는 주인 없는 보물창고와도 같다”며 “이를 눈독 들이는 나라가 우리나라만이 아니기에 철저히 준비하는 나라만이 이를 손에 넣을 수 있다”라고 논리정연하게 자기주장을 펼쳤다. 양 군은 글을 쓰는데 「글로벌 북극(지식 노마드)과 <2008년 미국 지질조사국 보고서>가 큰 도움이 됐다고 한다.

고생물학자가 꿈인 양석인 군은 “어렸을 때부터 공룡이나 삼엽충 같은 고생물들에 관심이 많았고 관련 책들도 많이 읽었으며, 박물관도 자주 다녔다”면서 “내년 북극체험 때에 화석탐사와 생물 관찰이 가장 기대되고, 특히 북극에 사는 생명체들을 직접 관찰할 수 있어 설렌다”라고 밝혔다. 또한 “논술을 지도해주신 김정무 선생님께도 매우 감사하다”라고 고마움을 전했다.



심사위원장을 맡은 장순근 극지연구소 명예연구원은 “상당수 학생들이 논술 질문을 제대로 이해하지 못했으며, 글을 인용한 경우에도 출처를 생각하거나 너무 많이 발췌했다”면서 “심사위원은 학생들이 쓴 글을 심사한다”라고 따끔한 충고를 했다. 또한 “대상으로 뽑은 양석인 군의 글은 북동항로의 기대되는 부분과 우려되는 부분을 설명하면서 나름대로 해결책을 제시한 게 모든 심사위원의 눈에 띄었다”라고 밝혔다.

한국극지연구진흥회가 주최하고 동아사이언스가 주관한 이번 극지논술공모전은 “극지를 알면 미래가 보인다”라

는 주제로 지난 9월 5일부터 10월 14일까지 전국의 중·고등학생을 대상으로 치러졌다. 총 응모 작품 수는 1,097편(고등부 600편, 중등부 497편)이며, 이 중 엄정한 심사를 거쳐 대상 1편과 특별상 1편이 중·고등부를 통합해 선정됐으며, 고등부 23편(금상 1편, 은상 2편, 동상 5편, 장려상 15편), 중등부 16편(금상 1편, 은상 2편, 동상 3편, 장려상 10편) 등 총 41편이 수상작품으로 뽑혔다. 또한 학생들의 논술을 지도하는데 힘쓴 우수 교사와 다수의 논술을 응모한 학교를 대상으로 하는 지도교사상(7명)과 단체상(5곳)도 선정됐다. 시상식은 12월 16일 동아일보 사옥 CC큐브에서 열릴 예정이다. ☎





# 북극항로는 준비된 나라에게만 열린다

논제: 북극항로와 한국의 대응방안

지구온난화로 북극이 해빙되면서, 우리는 새로운 기회에 당면했다. '북극항로'라고도 부르는 북극지방에 대한 본격적인 진출은 우리나라에게 경제적 측면과 외교적인 측면에서 새로운 기회가 될 것을 확신한다. 북극항로 이용에 따른 운항의 단축과 어마어마한 규모의 매장 자원, 국제관계의 증진, 글로벌 사회에서 한국의 영향력 확장 등은 우리나라 발전에 있어서 중요한 요소가 될 것이다. 하지만 이러한 국가적인 이익을 얻기 위해서는 그에 상응하는 '대비'가 필요하다. 그 성공 여부에 따라 '북극항로'의 중요성이 더욱 부각될 것이다.

그렇다면 '북극항로'가 우리나라에 어떤 의미를 가질 수 있는지 적어 보겠다. 우선 '북극항로'는 경제적인 이점이 될 수 있다. 현재 자원으로 가장 많이 사용되고 있는 석유와 천연가스는 북극에 매장되어 있는 가장 대표적인 자원으로, 그 규모는 각각 900억 배럴, 1670조 입방피트라 추정된다. 이는 전세계의 석유와 천연가스 매장량의 13%와 30%에 해당하는 어마어마한 수치이다. 또한 신에너지라 불리는 메탄 하이드레이트 역시 북극지방에 매장되어 있다고 한다. 다시 말하자면, 북극은 미래의 에너지 창고이다. 지금까지 천연자원은 대부분 미국이나 중동에서 생산되었고, 우리나라 역시 그쪽에서 수입해왔다. 하지만 중동지방은 계속되는 분쟁과 혁명으로 인해 '안정적인 자원의 공급'이 거의 불가능하고, 미국은 자원의 보호로 공급이 힘들어지는 상황이다. 산업의 기반이 되는 자원들을 거의 수입하는 우리나라의 입장에서는 새로운 공급처를 찾는 것이 급선무이고, 북극이 이 문제에 대한 해답이 될 수 있다는 것이다. 또한 북극지방은 아직까지는 개도국들과 선진국들의 주 타깃이 아니다. 그렇기 때문에 다른 개발지역(아프리카, 오세아니아, 알래스카 등)에 비해서 경쟁이 상대적으로 덜하다. 만약 우리나라가 적극적으로 북극항로 개발에 나서 자원개발의 권리를 획득한다면, 우리는 '자원 공급처 확보'라는 절대적인 우위에서 다른 개도국들과 개발 경쟁을 시작할 수 있는 것이다.

북극항로가 제공할 수 있는 경제적인 이점은 비단 '천연자원'뿐이 아니다. 북극항로는 국제 무역에 새로운 방향을 제시할 수 있다. 지금까

지 우리나라는 대부분의 무역을 '태평양 항로'에 불가피하게 의존해왔다. 남중국해와 인도양과 수에즈 운하를 이용해야만 하는 이 항로는 치명적인 문제들을 동반한다. 첫 번째로 이 태평양 항로는 동선이 비합리적으로 길다. 부산-로테르담까지의 거리는 대략 22,000km이다. 무역선이 이를 이동하기 위해서는 40일 정도의 시간이 소요된다. 촌각을 다투야 하는 국제무역에서는 '시간'이 곧 경쟁력이다. 최대한 빨리 목적지에 도달가능한 나라가 그 무역을 주도한다고 볼 수 있고, 이는 역사적으로 증명된 사실이다. 그런 의미에서 이 '태평양 항로'는 미래의 국제 무역을 주도하기에는 부적절하다. 다른 문제는 분쟁의 여부이다. 최근 화제가 되고 있는 남중국해 분쟁, 중동지방의 분쟁 등은 '태평양 항로'의 안정성을 떨어트리는 요인이다. 분쟁지역을 무역선의 주루트로 삼는 것은 위험하다. 만약 그렇다면 우리나라는 주기적으로 해선의 봉쇄와 물적 피해를 감당해야 한다. 아직까지 위의 분쟁들이 무역에 있어 큰 문제를 일으키지는 않았지만, 잠재적인 위험성을 무시하는 것은 현명한 판단이 아니다. 북극항로는 이러한 문제점들을 극복할 수 있다. 스칸디나비아반도와 시베리아 북부를 통하는 '북동항로'는 기존의 노선에 비해서 소요시간이 절대적으로 줄어든다. 전문가들은 대략 10일 정도의 시간을 단축할 수 있다고 예상한다. 위에서 밝혔듯이, 무역에서 시간은 곧 경쟁력이다. 따라서 북극항로의 사용은 우리나라가 무역경쟁에서 우위를 차지할 수 있게 한다. 또 분쟁지역을 지나지 않기에 전보다 안전하고, 위험수당이 줄어드는 효과를 볼 수 있다. 이런 긍정적 효과들은 우리나라가 미래 국제무역을 이끌어갈 수 있는 기회를 제공할 것이다.

이렇듯 북극항로의 개발이 우리나라에 여러 방면으로 긍정적인 효과를 불러일으킬 것이란 점에는 의심할 여지가 없다. 동시에 위의 이점들을 우리나라가 어떻게 '확보'할 것인지 철저한 대비책이 요구될 것에도 의심할 여지가 없다. 이미 국제사회에서 북극항로는 핫이슈가 되고 있다. 북극항로 개발에 착수한다는 뜻은 다른 나라들과 개발 경쟁을 불사한다는 뜻과 상통한다. 얼마나 '실용적'이고 '현실적'이며



'경쟁력'을 갖춘 기술과 자본으로 이익을 창출할 수 있는가, 이는 분명 북극항로 개발에 있어서 우리가 숙지해야 할 키워드일 것이다.

대비책을 논하기에 앞서, 우리나라가 현재 어떤 상황이고 어떤 요소가 결여되어 있는지 알아보도록 하겠다. 북극항로를 개발하기 위해 최우선적으로 요구되는 기술은 선박 기술력이다. 지구 온난화로 해빙이 녹았다고 하더라도 일반 무역선이 북극해를 통과하여 목적지까지 도달하는 것은 불가능하다. 이 때문에 쇄빙선을 사용하는데, 우리나라는 쇄빙 기술을 보유하고 있지만, 조선업의 문제가 큰 현 상황에선 쇄빙산업에 자본과 인프라를 투자한다는 것은 아주 어려운 문제다. 우리나라에서 북극항로의 개발이 지연되고 있는 또 다른 까닭은 '불확실성'인데, 이를 달리 말하면 북극항로가 왜 기존의 항로보다 이익이 되는지 확실하지 않다는 것이다. 객관적인 관점에서 '아무리 북극항로가 장·단기적인 관점에서 이익이 되는 것이 자명하다 하더라도, 이를 개발하는 기업이 뚜렷한 성과와 실적으로 입증하지 않으면 '불확실성'의 의혹이 사라질 수 없고, 동시에 기업의 의지까지 의심받을 수 있다. 현시점에서 우리나라의 북극항로 개발은 현대 글로벌사가 거의 주축이 되고 있는데, 여기서 '불확실성'의 문제가 논해지고 있다. 현대 글로벌사는 북극항로 개척에 '첫 삽'을 뚫지만 동시에 '경험부족'이라는 문제점을 지적받고 있기 때문이다. 현대 글로벌사는 협상이나 개발의 부분에서 중국이나 미국 같은 기술력과 자본을 갖춘 해외기업에 비해서는 선박 기술, 인프라의 규모, 자본 등의 경쟁력이 너무나 떨어진다. 현재 중국이 자루비노 항구를 증축하여 북극항로를 개발하려는 노력이나, COSCO 같은 국영 해운기업을 전폭적으로 지원하는 등 착실하게 북극항로 개발 실적을 쌓아가는 것과 글로벌사를 비교해 보았을 때, 국내기업의 가능성마저 의심받을 수 있는 상태이다.

또한 외교적인 측면에서도 부족한 면이 여실히 드러난다. 북극항로를 개발하기 위해서는 '개발'과 '외교'가 박자를 맞추어야 한다. 국내에서는 기술을 개발하고 자본을 확보하여 항로 개척에 대비해야 하고, 대외적으로는 외교적인 협상을 통해서 진출에 대한 '권리'를 확보해야 한다는 뜻이다. 현실적으로 본다면 북극항로의 개발은 러시아와의 외교관계가 수반된다. 북극항로가 시베리아 북부를 지나는 항로이기 때문에 이를 지나가거나 자원개발을 위해서는 러시아와 원만한 관계를 먼저 형성해야 한다는 것인데, 이는 현 시점 우리나라에서 상당히 부족한 부분이다. 만약 성공적인 외교관계를 수립하지 못하거나 늦게 진행되어 다른 나라에 선수권을 빼앗긴다면, 북극항로 개발의 실용성과 가능성, 심지어 진출의 유무까지 생각하게 만드는 문제가 될 것이다.

그렇다면 우리는 어떤 대비를 해야 하는 것일까. 의외로 답은 간단하다. 위에서 제시한 현 우리나라의 문제점들이 곧 우리나라의 대비책

이 될 것이다. 객관적으로 보았을 때 시급한 문제는 해운과 조선 산업의 복귀이다. 개발의 기본이 되는 산업들을 정상궤도로 복구시켜 놓은 다음에야 신항로 개발을 논할 수 있을 것이다. 이 과정에서는 국가적인 지원과 도움이 필요하다고 생각된다. 해운과 조선 산업을 정상화한 다음에는 신기술의 개발과 자본 유치가 요구될 것이다. 중요한 것은 현 시점처럼 특정기업에만 북극항로 개발을 맡기는 것은 그다지 바람직한 결정이 아니라 생각된다. 국영기업을 운영하여 체계적으로 개발에 도입하거나, 어느 정도 규모가 되는 2~3 개 기업들을 동시에 지원하여 일종의 경쟁체제를 도입하는 방법도 생각해 볼만하다. 만약 국영이나 새로운 기업을 끌어들이 자본이 없다면 현대 글로벌사와 타 해운기업의 인수합병을 통해서 기업의 '내실'과 '경쟁력'을 마련하는 방법도 하나의 대안이 될 것이다.

외교적인 차원에서도 대비책이 요구될 것이다. 러시아와 우호적인 관계를 유지하며 북극개발의 '권리'를 따는 것은 기본중의 기본이지만, 다른 나라들에 선수를 빼앗기는 일만은 가급적 피해야 할 것이다. 러시아는 절대 우리나라에게만 개발할 권리를 제공하지 않을 것이기에, 우리나라의 기술력과 성공 가능성을 내세워 이후 벌어질 개발경쟁에서 최대한 우위를 잡아야 한다. 동시에 우리나라는 거래국의 종류와 범위의 확신이 필요할 것이다. 현 우리나라의 해외 교역국은 일부 국가들에 편중되어 있는데, 특히 에너지 수입, 수출이나 공산품의 수출에서는 기이할 정도로 편중된 무역 상대국을 보이고 있다. 이는 변화에 매우 취약한 구조이기도 하다. 하지만 북극항로의 개발은 러시아나 캐나다, 노르웨이 같은 무역에 있어서 '마이너'였던 국가들과의 교류가 증가함을 암시한다. 따라서 이러한 변화에 적절히 대응할 수 있는 다양한 외교적인 전략들이 요구될 것이다.

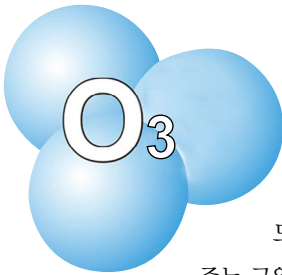
북극항로의 개발은 분명 미래의 에너지 고갈 문제에 대한 해결책이 될 수 있다. 또한 우리나라의 국제 교역 범위를 넓혀 세계경제를 이끌어갈 수 있는 기회를 제공할 것이다. 하지만 이런 이점들을 얻기 위해서 우리가 준비해야 할 부분도 많다는 것을 인식해야 한다. 현 우리나라가 타국에 비해 뒤쳐져 있는 자본과 인프라를 보충하고, 어려워진 조선과 해운 산업을 다시 일으켜야 할 것이다. 북극항로의 개발을 주도하는 기업을 성장시키고, 국제사회에서 통할 수 있는 전략들과 외교책을 마련해야 한다. 속담에는 '김치국부터 미리 마신다'라는 말이 있다. 이는 현 우리나라의 상황을 빗댄 것이라 생각한다. 비록 북극항로가 엄청난 경제적인 이점과 가능성을 가져다 줄 수 있다 하더라도, 체계적인 대책과 준비가 없으면 '그림의 떡'인 것이다. 지금 국제사회에서 북극항로는 주인 없는 보물창고와도 같다. 이를 눈독 들이는 나라가 우리나라만이 아니고, 철저히 준비하는 나라만이 이를 손에 넣을 수 있다는 사실을 직시해야 할 것이다.🌐



# 남극에서는 왜 오존홀 파괴가 심할까요?

오존층은 태양에서 쏟아지는 강한 자외선으로부터 지구와 생명체를 보호하는 역할을 한다.  
그런데 1980년대 남극 상공 오존층에 구멍이 생기면서 환경문제가 크게 대두되었다.  
이러한 현상은 왜 생겨나는 것일까?

글 오윤석 교사(인천과학고등학교)

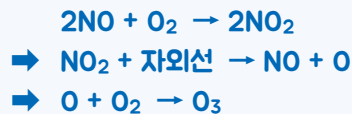


## 오존(Ozone)은 어떤 기체인가요?

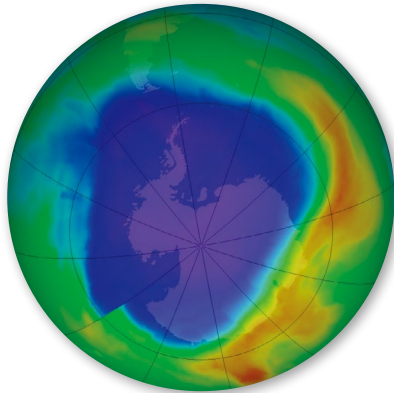
오존의 원소 기호는  $O_3$ 이며, 산소 원자 3개로 이루어진 산소의 동소체로서 훨씬 덜 안정되어 있다. 특유한 냄새 때문에 '냄새를 맡다'를 뜻하는 그리스어 Ozein을 따서 명명되었다. 오존은 자외선이 많이 도달하는 높은 산, 해안, 산림 등의 공기 중에도 존재하여 상쾌한 느낌을 주는 근원이 되고 있으나, 다량으로 존재할 때는 오히려 불쾌감을 느끼게 한다. 산소에 분해되는 성질을 이용하여 공기의 정화, 살균 작용에 쓰이며 독성이 있어 장시간 흡입하면 호흡 기관을 해치므로 주의해야 한다.

## 오존은 어떻게 생성될까?

대기 중에 포함되어 있는 오존 총량의 약 90%는 성층권에 포함되어 있고, 나머지 10%는 대류권에 포함되어 있다. 특히 성층권 내에서도 25~30km 부근에 오존이 밀집되어 있는데 이 층을 오존층(Ozone Layer)이라 한다. 오존층의 오존은 산소 분자가 태양복사에너지 중 자외선을 받아 두 개의 산소 원자로 분해되면서 발생된 산소 원자가 다시 산소 분자와 결합하여 생성된다.





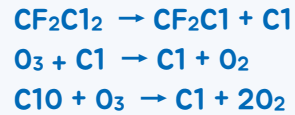


2013년 남극 오존 구멍의 모습  
(자료: NOAA)

오존 구멍(Ozone Hole)은 남극에서 봄에 해당하는 10월경에 성층권의 오존 농도가 정상시의 절반 정도까지 급격히 감소되면서 주위의 농도에 비해서 구멍이 뚫린 것처럼 농도가 낮은 장소가 생기기 때문에 붙여진 이름이다.

### 남극에서의 오존층의 파괴는 어떻게 이뤄질까?

오존층 파괴의 주된 물질은 '프레온'이라는 상표명으로 생산된 프레온 가스와 소화기에 사용되는 할론(Halon)가스 등이다. 프레온 가스(CFCs)의 원래 명칭은 염화불화탄소로 냄새도 없고 독성도 없으며 불에 타지도 않는 화학적으로도 매우 안정된 물질로서 냉장고, 에어컨 등의 냉매, 스프레이와 같은 분사제 등에 이용된다. 프레온 가스는 탄소원자를 염소와 불소원자가 둘러싸고 있는 형태인데 자외선을 받으면 분해가 되면서 반응성이 큰 염소 원자(Cl)를 방출하게 된다. 이 방출된 염소 원자가 결합력이 약한 오존 분자를 파괴한다. 염소 원자 하나가 무려 10만 개의 오존 분자를 파괴하며 프레온 가스가 일단 성층권까지 올라가면 오존층을 파괴하면서 최고 100년까지 머무를 수 있다.



오존 구멍(Ozone Hole)은 남극에서 봄에 해당하는 10월경에 성층권의 오존 농도가 정상시의 절반 정도까지 급격히 감소되면서 주위의 농도에 비해서 구멍이 뚫린 것처럼 농도가 낮은 장소가 생기기 때문에 붙여진 이름이다. 1985년 말에 그 존재가 발표되었는데, 이것은 먼 미래의 일이라고 여겼던 오존층의 파괴가 현실화된 것으로 큰 충격을 주었다.

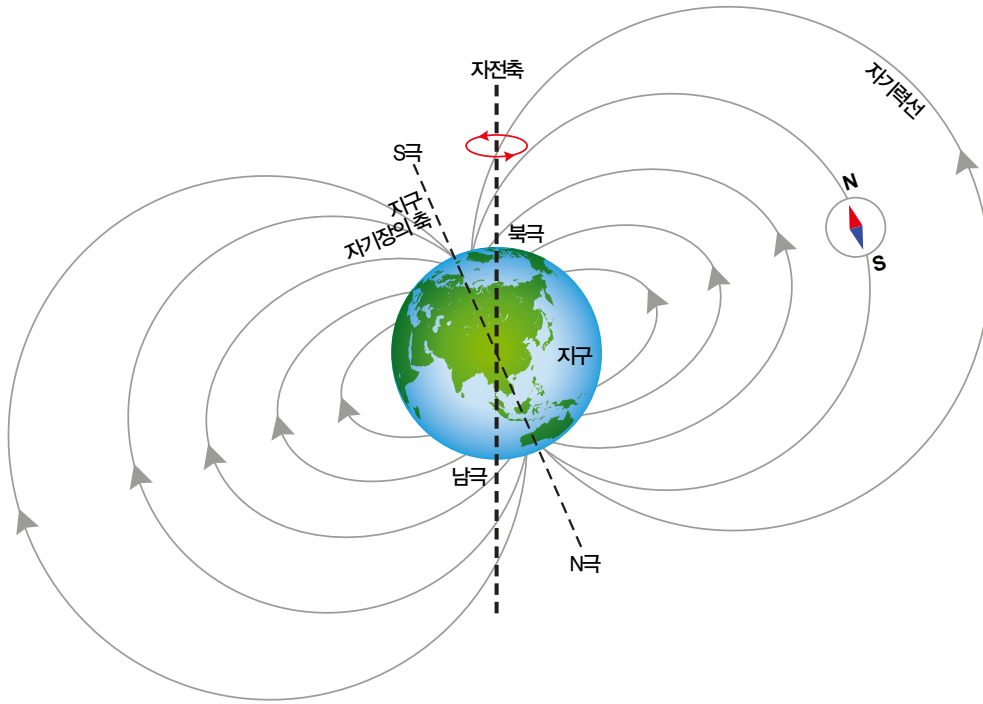
남극 오존 구멍의 생성 원인에 대해서는 여러 가지 학설이 있으나 최근에는 남극의 특이한 기상 조건하에서 플루오르카본이 효과적으로 오존을 파괴한 결과라고 보고 있다. 남극의 겨울에서 이른 봄까지는 강한 제트류가 남극대륙을 둘러싸기 때문에 주변의 공기가 흘러들지 않아 성층권은 심하게 냉각되면서 진주층(mother-of-pearl) 구름이라고 하는 극성층권 구름(para stratospheric cloud)이 나타난다. 초봄이 되어 태양광선이 비추기 시작하면 진주층 구름의 얼음 알갱이 속에 포함된 플루오르카본이 붕괴되어 활성 염소 원자가 생성된다. 활성 염소 원자는 구름 입자의 표면에서 오존과 접촉하여 높은 효율로 오존을 파괴하는 것으로 여겨지고 있다. 이러한 현상이 북극 성층권보다 남극 성층권에서 더 잘 일어나 남극의 성층권 오존이 더 많이 파괴되어 남극에 오존 구멍을 생성시킨다고 한다.🌐



# 지구는 하나의 거대한 자석이다

지구라 불리는 자석은 어떤 모양을 띄고 있을까? 지구 자기장은 지구의 거의 중심에서 자전축과 약 11도 기울어져 있는 막대자석이나 다름없다. 뿐만 아니라 매년 평균 40km 속도로 움직인다.

글 오윤석 교사(인천과학고등학교)



## 지구자기

사람들은 방향을 찾기 위한 도구로 나침반을 사용해왔다. 나침반의 자침은 남북을 가리키므로 쉽게 방위를 알아낼 수 있다. 이것은 지구가 하나의 큰 자석으로서, 자석의 성질을 지니고 있기 때문에 가능한 것이다. 이와 같이 지구가 가진 자석으로서의 성질을 지구자기 또는 지자기라고 한다. 지구 자기는 지구와 지구 주위에 나타나며 지구 주변에 영향을 미치는 영역을 지구자기장이라고 한다.

지구는 내부에 커다란 자석이 있는 것처럼 자기장을 형성하고 있으며 나침반이 언제나 북쪽과 남쪽을 가리키는 이유는 바로 이 지구자기장의 영향 때문이다. 지구 자기의 북극(자북극, S극)은 지리적 북극과 일치 하지 않으며 약 11.5도의 차이를 보이고 있다.



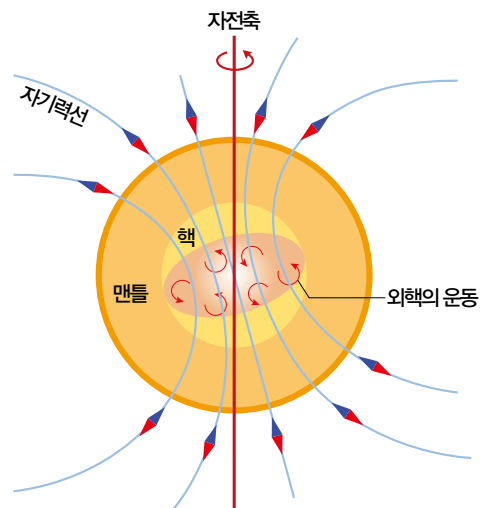
### 자북극과 자남극의 위치는?

지구 자기장의 북극(자북)은 현재 캐나다에서 러시아로 매년 평균 40km 속도로 '흐르고' 있다. 현재 자북극은 캐나다 북단의 한 섬에 위치하고 있는데 이는 지리적으로 북극에서 약 1,800km나 떨어져 있는 곳이다. 마찬가지로 자남극 역시 지리적 남극과 일치하지 않으며 현재 호주 태즈메니아섬 남쪽 3,000km 지점에 있다.(자북극과 자남극은 서로 지리적으로 정확한 지구 반대편 지점이 아니다.) 그런데 지금의 자북극은 1831년에 영국의 탐험가인 로스가 처음 자북을 발견했을 때보다 북서쪽으로 약 1,000km 떨어져 있다. 그 동안 자북극이 그만큼 움직였다는 얘기다. 게다가 지금 캐나다 영토 안에 위치하고 있는 자북도 러시아 쪽으로 흐르고 있기 때문에 50여년 뒤면 자북은 시베리아에 위치할 것으로 예측되고 있다.

이렇듯 지구 자기장이 변하고 있다는 증거는 오늘날 여러 가지가 발견되고 있는데, 그 중에는 우리와 밀접한 내용도 있다. 바로 극지의 밤하늘을 장식하는 아름다운 오로라가 그것이다. 오로라는 태양에서 날아오는 고에너지 입자들이 지구자기장을 따라 극지 쪽으로 흘러가다가 상층 대기와 부딪쳐서 일어나는 현상이다. 그런데 옛 문헌들을 보면 고려시대나 조선시대에는 오로라가 관측되었다는 기록이 무려 7백여 건 가까이 나온다고 한다. 하지만 왜 요즘엔 한반도에서 오로라를 볼 수 없을까? 그것은 그 동안 자북극이 이동한데 따른 자연스런 결과라고 보는 시각이 설득력이 있다. 즉 옛날에는 자북극이 지금보다 한반도에 훨씬 가까이 위치했기 때문에 그만큼 오로라도 자주 눈에 띄었다는 것이다.

### 지구의 자기장은 어떻게 생겨났을까?

지구의 내부에는 핵이 있으며 핵은 안쪽의 내핵과 바깥쪽의 외핵으로 구성되며 이 외핵에는 전도성이 높은 철이나 니켈이 액체 상태로 존재한다. 또한 액체 상태의 외핵은 상부와 하부의 온도 차이 때문에 대류하게 된다. 따라서 유도 전류가 발생하게 되고 이는 다시 새로운 자기장을 형성하는 과정이 되풀이 된다. 이를 '다이나모' 이론이라고 하며, 바로 발전기의 작동 원리와 같은 것이다.🌐



지구는 내부에 커다란 자석이 있는 것처럼 자기장을 형성하고 있으며 나침반이 언제나 북쪽과 남쪽을 가리키는 이유는 바로 이 지구자기장의 영향 때문이다. 지구 자기의 북극(자북극, S극)은 지리적 북극과 일치하지 않으며 약 11.5도의 차이를 보이고 있다.



## Zoom In

제2회 북극아카데미



국궁체험을 마치고 전통 무사복으로 갈아입은 북극아카데미 학생들.

# Korea 한국과 북극권, 학문과 문화 교류로 우정 다진다 Arctic Academy

북극아카데미는 한국해양수산개발원이 북극대학(University of the Arctic)과 공동으로 매년 추진하고 있는 북극권 대학(원)생을 대상으로 하는 단기 초청연수사업이다. 올해로 제2회를 맞이한 북극아카데미를 소개한다.

글 사진 신수환 한국해양수산개발원 극지연구센터 연구원



제2회 북극아카데미(Korea Arctic Academy)가 올해 7월 10일부터 16일간, 한국해양수산개발원 본원이 있는 부산에서 열렸다. 북극아카데미는 한국 해양수산개발원에서 한국인 학생의 선발과 전체적인 프로그램 운영을 담당하고 있으며, 북극권 학생의 선발은 핀란드 라플란드(Lapland)에 있는 북극대학에서 맡고 있다.

### 북극 개발에 대비하고자 북극아카데미 개설

지난 2015년 북극권과 우리나라의 소통과 교류를 확대하여, 궁극적으로는 북극 지역에서 친한파를 양성하고 우리나라의 젊은 인재들에게 북극에 대한 관심을 환기해 미래의 북극 개발에 능동적으로 대비하고자 북극아카데미를 개설했다.

총 29명의 학생들이 북극아카데미에 참여했으며, 이들에게 다양한 북극 이슈와 주요 국가들의 북극정책을 소개하는 강의 세션을 진행했다. 또한 국립해양박물관, 부산항만공사, 극지연구소 등 북극 관련 주요 관계기관에 대한 현장 방문을 병행했다. 아울러 외국인 참가 학생들의 적극적인 프로그램 참여를 유도하기 위해 자유로운 발표와 토론이 이루어질 수 있는 개별적인 학생 발표 세션을 실시했다.

덧붙여 한국문화체험 프로그램도 함께 이루어졌는데, 특히 부산 지역에서 이루어진 국궁체험활동과 서울에 있는 주요 고궁 방문프로그램에 대한 반응이 좋았다. 특히 사항으로는 북극대학 사무국의 피르코 풀칸넨(Pirkko Pulkkanen) 씨와 주한미국대사관의 유진 정(Eugene Chung) 씨가 참관인의 자격으로 프로그램에 참여한 것을 들 수 있는데, 이는 북극아카데미에 대한 북극해 연안국의 한층 높아진 관심을 잘 보여주는 부분이다.

### 11명의 북극 원주민 포함 19명의 외국인 참가

먼저 제2회 북극아카데미 프로그램에 참여한 학생들의 면모를 살펴보면, 미국, 캐나다, 러시아, 노르웨이, 덴마크(그린란드 포함), 핀란드, 아이슬란드 지역 대학에서 11명의 북극 원주민 학생을 포함한 19명의 외국인 학생이 참여했다. 여기에 한국 대학에서 8명의 한국인 학생이 참여했고, 개인 참관인의 자격으로 2명의 한국인 옵서버 학생이 참여했다.



맨위 한국해양수산개발원에서 열린 북극아카데미에 참가한 강사들과 학생들. 위 북극아카데미 기념 티셔츠를 입은 학생들이 한국해양수산개발원 강의실에서 수업을 받고 있다.

### 제2회 북극아카데미 참가 학생 현황

	외국인 학생		한국인 학생	
	전체	원주민		
러시아	7	4	정규 선발자	8
미국	1	0	개인 옵서버	2
덴마크	3 (그린란드 출신 2인 포함)	2		
노르웨이	2	2		
핀란드	3	2		
캐나다	2	1		
아이슬란드	1	0		
전체	19	11		10

### 제2회 북극아카데미 강사진 현황

연번	성명	국적	소속기관	직위	담당 강의명
1	Bernard Funston	캐나다	Sustainable Development Working Group (SDWG)	사무국장	기조강연 (북극이사회 20주년)
2	Matti Heimonen	핀란드	Embassy of Finland in Seoul	대사	핀란드 북극정책
3	James T Gamble	미국	Aleut International Association	사무국장	북극 원주민 알류트(Aleut)의 역사와 전통
4	Rebecca Albert	미국	U.S. Coast Guard	Lieutenant Commander	미국 북극정책
5	김종덕	한국	한국해양수산개발원	본부장	한국 북극정책
5	신형철	한국	극지연구소	국제협력 실장	북극과학
6	권오익	한국	대우조선해양	상무	쇄빙선 설계 측면에서 본 북극 비즈니스
7	이서항	한국	한국해양전략연구소	소장	해양법과 북극 거버넌스
8	김벨레	한국	부산영어방송재단	리포터	Kpop



우리는 북극 지역에 거버넌스, 기후변화, 비즈니스, 안보, 원주민과 같은 다양한 이슈들이 지역공동체, 특정 국가, 그리고 북극권 지역 전체를 넘나드는 다양한 층위에서 복합적으로 얽혀 있음을 배웠다.  
그리고 이러한 다차원적이고 복합적인 북극 이슈에 대응해 나가기 위해서는 전 세계적인 관심과 협력이 중요하다는 것을 깨닫게 되었다.

또한 제2회 북극아카데미 프로그램에 다양한 국가의 전문가들이 강사로 참여해서 프로그램의 질적 향상을 꾀할 수 있었다.

### 한국말 능숙한 외국인들과 한국 체험

아시아를 넘어 세계로 향하고 있는 한류의 위업은 제2회 북극아카데미에서도 여실히 드러났다. 에스토니아 국경 근처의 서쪽 러시아 지역에서 온 알리나 쿠즈미나(Alina Kuzmina) 학생은 단 한 번도 정규적인 한국어 교육을 받지 않았음에도 불구하고 수준급의 한국어를 구사하며 모두를 놀라게 했다. 소녀시대와 박보검의 열혈팬이라는 그녀는 유튜브(YouTube)를 통해 케이팝(KPOP)과 한국 드라마를 자연스럽게 접하면서 스스로 한국어를 익히게 되었다고 한다. 한국에 그토록 오고 싶었던 그녀는 비빔밥, 불고기, 삼계탕 등 한국 음식을 맛보면서 드라마 속에서만 보았던 그 곱같은 장면들을 몸소 다 체험하고 돌아갔다.

행사 기간 내 어느 날, 한번은 그녀를 포함한 몇몇 외국인 참가 학생들이 한국인 행사 스태프와 같은 엘리베이터를 타고 있었다. 필자는 한국인 행사 스태프들과 이런저런 이야기를 나누던 도중, 문득 그들 중 한 명에게 “혹시 여기 외국인 중에 한국말을 알아들을 수 있는 사람이 있을 수 있으니 말조심하자”고 무심코 말을 던졌다. 그러자 바로 그때 우리 일행 중에

는 분명 지금껏 이 말을 몸시도 기다리고 있었던 사람이 있어 보였다. “네, 무슨 이야기 하시는지 다 알아들었어요”라고 천연덕스럽게 답하던 금발의 러시아 아가씨, 알리나(Alina) 그녀로 인해 우리는 순간 너털웃음을 짓고 말았다.

그리고 드디어 외국인 참가 학생들의 출국 마지막 날 저녁, 우리 일행은 집으로 가져갈 기념품을 사기 위해 명동거리를 헤매고 있었다. 우리는 여기서 다시 한 번 믿을 수 없는 광경을 목격하고 말았다. 우리 일행의 쇼핑을 인도하던 사람은 다름 아닌 명동 지리를 손바닥 보듯 하던 러시아 출신의 또 다른 학생 마리나 안토노바(Marina Antonova), 그리고 그녀의 부족한 한국어 실력을 대신해 상점 주인과 우리 일행 사이에 통역을 자처하고 있었던 알리나(Alina), 이들 외국인 2명 덕택에 우리는 편하고 유익하게 명동 쇼핑을 마칠 수 있었다. 이어 밤늦게 이어진 한국 노래방 체험에서 알리나(Alina)는 조국인 러시아 노래도, 모두가 다 알만한 팝송도 아닌 케이팝(KPOP)을 부르며 한국에서의 마지막 밤을 보냈다. 한국에 유학 오고 싶다는 그녀의 꿈이 꼭 이루어졌으면 한다.

### 북극권 학생들과 함께 미래의 북극 대비

제2회 북극아카데미는 내(외)국인 학생들의 적극적인 참여와 협조, 한국해양수산개발원 행사 스태프의 헌신, 그리고 아카데미 강사진과 방문기관 관계자들의 도움으로 인해 성공적으로 마무리되었다. 북극아카데미 사업의 가장 큰 성과를 꼽는다면 이 프로그램을 통해 한국인 학생과 북극 지역 외국인 학생 간, 또 원주민 출신과 비원주민 출신 외국인 학생 간 상호교류와 이해가 촉진되었다는 것이다.

또한, 우리는 북극 지역에 거버넌스, 기후변화, 비즈니스, 안보, 원주민과 같은 다양한 이슈들이 지역공동체, 특정 국가, 그리고 북극권 지역 전체를 넘나드는 다양한 층위에서 복합적으로 얽혀 있음을 배웠다. 그리고 이러한 다차원적이고 복합적인 북극 이슈에 대응해 나가기 위해서는 전 세계적인 관심과 협력이 중요하다

북극 원주민과 한번 이야기를 나누어보고 싶은 이, 북극권 학생들과 함께 북극 지역에 대해 배우고 싶은 이, 서로 문화를 나누며 북극권 학생들과 교류하고 우정을 쌓고 싶은 이들은 내년도 북극아카데미에 지원하는 것을 깊이 고려했으면 한다. 🌐



1 북극아카데미 학생들의 세션 발표, 2 극지연구소를 견학한 북극아카데미 학생들.





## Polar Program

극지 전문인력 양성 프로그램 참가기

북극포럼 마지막 날, 스칸디나비아 호텔에서 러시아 학생이 대학원생 세션에서 발표하고 있다.



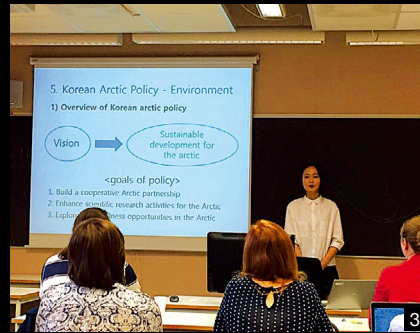
## “한국의 성공적인 북극진출에 기여하고자”

한국해양수산개발원(KMI)에서 진행하는 ‘극지전문 인력 양성 프로그램’을 통해 대학원생 3명 (김지영-한국외대 러시아-CIS 정치학, 박소연-부경대 응용경제학, 문규은-한국해양대 해양정책융복합학)이 북극권인 노르웨이에 다녀왔다. 이들은 5월 9일부터 3주간 북극 최대 연구센터인 프람센터, 북극대학, 보도대학 등에서 고강도 연수를 받으며 극지전문가로 거듭났다. 교육을 마친 후 KMI의 연구원이 된 김지영 씨의 참가기를 실는다.

글 사진 김지영 한국해양수산개발원 극지연구센터 연구원



- 1 2016 북극포럼 폐막식 날, 왼쪽부터 라스무스 베델센 트롬소 북극 대학 교수, 문규은, 김지영, 박소연 학생, 프로드 멜렘빅 노드 대학 북극 센터장.
- 2 아누 프레드릭슨 북극경제이사회 국장이 트롬소 북극대학교에서 북극경제이사회에 대한 강의를 하고 있다.
- 3 북극포럼 개막 하루 전 노드대학교에서 개최된 워킹그룹 워크숍. 우리는 바렌츠해의 환경 관련 세션에 참가, 한국의 친환경적인 북극정책에 대해 발표하였다.
- 4 북극포럼 이틀 전 보도 노드대학교에서 워킹그룹의 활동이 있었다. 우리는 옵서버로 참여해서 열심히 경청했다.
- 5 2016 북극포럼이 개최된 보도 시내풍경.



5월인데도 쌀쌀한 트롬소에서 극지인력양성의 첫 프로그램이 시작되었다. 첫 일정은 북극 최대 연구센터 프람센터(Fram centre)에서 진행되었다. 우리가 머무는 교내 기숙사에서 센터까지는 차로 15분 정도 걸렸다. 센터에 도착해 항구가 보이는 아늑한 세미나실에서 오전 10시부터 16시까지 다양한 강의가 밀도 있게 진행되었다. 세미나의 내용은 대부분이 북극 연구 기관에 대한 소개였다.

각 분야의 전문가들이 매년 개최되는 북극 프론티어(Arctic Frontier)를 비롯해, 프람센터(Fram centre), 북극 이사회(Arctic council) 등 북극 연구 기관에 대해 소개해주었다. 세미나 이후에는 센터 내부 견학시간이 있었는데 이를 통해 북극 이사회 사무국(Arctic council secretariat) 등 다양한 전문기관이 북극 연구에 매진하는 모습을 엿볼 수 있었다.

### 북극의 현재와 미래 엿볼 수 있는 다양한 수업 참가

5월 11일에는 북극경제이사회(Arctic Economic Council)에 대한 특강이 있었다. 북극경제이사회 사무국장인 아누 프레드릭슨(Anu Fredrikson)은 북극경제이사회(AEC)의 구성, 업무, 워킹 그룹의 역할을 소개했다. 강의 중 특히 기억에 남았던 것은 컬래버레이션, 파트너십, 혁신, 평화의 원칙으로 연안국뿐 아니라 전략적 파트너십을 가지고 비연안국과의 협력도 추구한다는 것이었다. 이것은 비연안국인 우리 한국에게도 좋은 기회로 향후 한국이 어떠한 전략을 세워야 하는지를 고민하게 하였다.

수업 과정 중 특이했던 점은 스카이프를 통한 온라인 수업이 많았다는 점

이다. 그 가운데 러시아 상트페테르부르크 국립대학교 국제관계학과 교수인 알렉산더 세르구닌(Alexander Sergunin)의 강의는 매우 흥미로웠다. 필자가 관심을 갖는 북극에서의 러시아의 전략에 대한 내용이었는데 국제정치적인 시각에서 러시아의 소프트파워와 하드파워에 대한 사항을 북극에 적용하여 설명해주셨다. 강의 내용은 무척 유익했고, 러시아의 전략을 러시아인의 목소리를 통해 직접 들으니 더욱 실감났다. 지역정치를 전공하고 있기 때문에 개인적으로 북극 정치와 관련된 강의에 더욱 귀를 기울이게 되었는데, 그 가운데 본 강의는 매우 유익했다.

트롬소 마지막 날 강의에서는 북극 안보 중요성 증가에 따른 코스트 가드(Coast guard)의 역할과 북극 관광 등의 내용이 다뤄졌다. 그 가운데 온라인을 통해 진행된 강의에서 한국인 교수님을 보았다. 그 분은 북극대학교(UIT)에서 부교수(Associate Professor & Head of Department of Tourism & Northern Studies at UIT)로 재직 중이신 이영숙 선생님이셨다. 한국인으로 타지에서 당당히 인정받으시고, 비록 온라인상이긴 하지만 우리 앞에 서신 선생님이 정말 반갑고 자랑스러웠다. 선생님께서는 북극 에코투어리즘에 대한 강의를 해주셨다. 강의를 들으면서 환경오염을 최소화한 에코투어리즘이 실제로 가능할지에 대한 의문도 들었지만 북극을 관광의 측면에서 접근한 것은 매우 흥미로웠다.

### 트롬소에서 보도로 이동, 노드대학에서 열린 토론 펼쳐

5월 21일, 트롬소에서의 일정을 마치고 보도(Bodo)에 도착했다. 공항에





픽업 나온 노드 대학 관계자는 약 일주일 동안 우리가 머물게 될 노드 대학 기숙사까지 우리를 택시로 안내해주었다. 보도는 트롬소와 도시 분위기는 비슷했지만, 날씨는 상대적으로 더 따뜻했다. 기숙사 시설은 호텔식으로 매우 좋은 편이었다. 첫날 짐을 풀고, 학교에 대한 안내를 받고 휴식을 취했다.

컨퍼런스 이틀 전, 워킹그룹 활동이 있었다. 각국의 석사, 박사 과정의 대학원생들이 모여 북극에 대한 세 가지 주요 시나리오를 가지고 의견을 나누며, 2030년을 예측하는 것이었다. 주제는 “지난 15년간 북극에서는 어떤 일들이 있었는가(What has happened in the High North during last 15 years?)”로 학생들은 북극발전을 위한 3개의 예측 시나리오를 구성해야 했다. 우리는 각 팀에 옵서버로 참여하게 되었다.

내가 속한 팀은 투어리즘(Tourism)이라는 주제를 가지게 되었는데, 팀에는 러시아, 아이슬란드, 미국, 우크라이나, 한국 사람인 나까지 다국적 학생들로 구성되었다. 시나리오를 구성하기 위해 ‘북극 투어리즘’의 긍정적인 면과 부정적인 면, 활성화 방안 등에 대한 열띤 토론이 이루어졌다.

컨퍼런스 전날, 진행된 바렌츠해의 환경에 대한 워크샵에서 미국, 캐나다 등 다양한 국가의 학생 및 전문가들이 다양한 주제를 발표하였고, 우리도 발표를 하게 되었다. 우리는 한국의 친환경적 북극 정책에 대해서 발표하였는데, 한국의 북극 연구의 역사, 다산 기지, 아라온호, 한-노 간 체결한 에코 선박(Eco shipbuilding) 등을 소개하였다. 짧은 시간 안에 한국의 북극 연구에 대한 긍정적인 이미지를 보여주는 것이 목표였는데, 많은 학생들이 발표를 매우 흥미롭게 들었고, 발표 후에는 여러 학생이 한국의 북극 정책에 관심을 가지고 질문을 하기도 하였다. 무엇보다 우리가 준비한 것을 외국 학생들에게 발표하고, 그들이 한국의 북극 정책에 관심을 갖고, 긍정적인 인상을 가지게 되었다는 것에 뿌듯했다.

5월 25일, 마침내 북극포럼(High North Dialogue)이 개최되었다. 2016년 주제는 ‘북극 블루 퓨처(The Blue Future of the Arctic)’로 해양 블루 혁신을 통한 북극 발전의 미래를 위한 아이디어를 논의하기 위한 목적으로 노드 대학(Nord University)과 스칸딕 하벳(Scandic Havel) 호텔에서 이틀 동안 컨퍼런스가 진행되었다. 소주제는 북극 지리학, 북극 혁신, 미래 북극 리더, 북극 시나리오였으며, 행사에는 약 300명의 대학원생, 사업가, 정치인

등 수많은 전문가가 참여하였다. ‘북극 블루 퓨처(The Blue Future of the Arctic)’라는 주제를 가지고, 북극의 미래는 어떻게 이루어질 것인가? 누가 미래 북극을 이끌어 갈 것인가? 북극 지속가능한 개발을 위한 도전은 무엇인가? 북극은 어떻게 글로벌 이슈와 관련되어 있는가? 북극은 특정 지역에만 속해야 하는지 인류 공동의 한 부분이 되어야 하는가? 의 질문에 대한 답을 얻기 위한 이들간의 여정이 시작되었다.

#### ‘북극의 블루 퓨처’란 주제로 북극포럼 개막

첫날 행사는 노드 대학(Nord University)에서 진행되었고, ‘블루 퓨처와 북극: 정치적 시각(The blue future and the Arctic: Political perspectives)’, ‘북극의 정치와 경제(Politics and Economy of the Arctic)’, ‘블루 포텐셜(Blue Potential)’, ‘북극 이노베이션(Arctic Innovation)’ 등 총 4개의 세션으로 이루어졌다. 세션별로 전문가들의 발표 후, 라운드 테이블 형식으로 질의응답을 통해 북극 미래에 대한 정치적인 견해를 나누었다. 컨퍼런스 첫날은 이렇게 4개의 세션이 밀도 있게 진행되었다.

컨퍼런스 이틀째이자 행사의 폐막일인 26일은 학교가 아닌 스칸딕 하벳(Scandic Havel) 호텔에서 진행되었다. 전날 끝난 4세션에 이어 남은 5, 6, 7세션에 대한 프로그램이 진행되었다. 5세션은 ‘노드 대학 프레젠테이션(Presentations from Nord University)’으로 컨퍼런스 전 워킹그룹 활동을 통해 결정된 우승팀을 소개하였고, 6세션에서는 ‘북극과 블루 디멘션(The Arctic and the Blue Dimension)’을 주제로 여섯 명의 전문가가 발제와 토론을 하였다. 마지막 7세션은 ‘미래 북극 리더(Future Arctic Leaders)’라는 주제로 대학원생을 비롯한 차세대 북극 연구가들이 나와 토론하는 시간을 가졌다. 모든 세션을 마치며, 4명의 전문가들이 나와 북극의 미래에 대해 논의하며 행사가 성공적으로 마무리되었다. 이렇게 약 한 달간의 여정이 끝이 났다. 🌐

#### 극지전문 인력 양성 프로그램 참가 소감 \_ 김지영 연구원



다양한 수업 커리큘럼을 통한 전문인들과의 만남, 국제컨퍼런스 참여를 통한 여러 국가 학생들과의 학술교류를 할 수 있었다. 무엇보다 비연안국이지만 한국이 적극적으로 북극 문제에 참여하며, 인재 양성에 힘쓰고 있다는 것을 국제사회에 보여주는 큰 시

도였다. 앞으로도 본 프로그램이 지속되어 실질적인 북극 연구가 많이 양성되는 발판이 되길 바란다. 필자 또한 북극 연구가로서 본 프로그램이 더욱 의미 있는 성과를 거두도록 노력할 것이며, 한국의 성공적인 북극진출에 기여할 수 있도록 최선을 다할 것이다.



## Story

진동민 대장의 극지 이야기



# 하계대 항공 수송 작전

남극 장보고과학기지 제1차 월동대장을 지낸 진동민 대장의 월동 이야기.  
이번 호에는 장보고기지 준공 후 항공기로 도착하는 첫 하계대를 맞이하는 월동대원들의 이야기를 소개한다.

글 사진 진동민 극지연구소 한철레 남극협력센터장





이태리남극프로그램은 남극 연구활동을 위해 매년 남아프리카항공사(Safair)의 항공기(Hercules L-100)를 임차하여 약 한 달에 걸쳐 운항한다. 이번 시즌에는 10월 21일부터 11월 20일까지 7회 운항할 계획이다. 극지연구수도 이종의 일부를 공동 활용하는 것으로 이태리남극프로그램과 협약을 체결하였다. 이태리 선발대와 서둘러 해빙활주로를 완성하고 21일 첫 비행을 기다렸다.

### 항공기 운항 수차례 연기 끝에 6일 만에 첫 비행

첫 비행기로 들어오는 현대건설팀을 위해 그들이 체류할 가설속소 주변의 눈을 정리하고 가설발전기도 미리 돌려서 방을 따뜻하게 준비해뒀다. 21일 당일 날이 화창하였으나 뉴질랜드 크라이스트처치에서 비행이 연기되었다는 연락을 받았다. 이곳 테라노바만은 날씨가 좋았으나 350km 떨어진 미국 맥머도기지가 기상이 좋지 않다는 이유 때문이었다. 만일의 경우를 대비해서 이곳과 미국 맥머도기지가 모두 기상이 좋아야 항공기를 운항하는 것이다. 며칠간 맥머도 쪽의 기상이 좋지 않아 항공기 운항이 계속 연기되었고, 기지에서 기다리는 월동대도 힘들어하고, 탑승을 기다리는 하계대도 매일 짐을 싣다 풀었다를 반복하며 지쳐갈 즈음인 27일 첫 비행이 이루어졌다.

아침 9시 30분 이태리기지 대장에게서 항공기가 12시 출발하여 20시에 도착 예정이란 연락을 받았다. 오후 2시에는 이태리기지에서 항공기 착륙 몇 시간 전에 시행하는 브리핑에 참석했다. 오후 8시이지만 이미 백야가 거의 임박해 있어 날이 대낮처럼 밝았다. 이내 항공기가 도착하고 일단의 이태리 사람들이 먼저 내리고 현대건설과 신민철 극지인프라 부장을 포함한 19명이 도착했다. 해빙활주로에선 월동대원들이 사전에 이태리기지와 협의한 대로 피스톤볼리 차량을 갖고 준비를 하였고, 이태리기지에서 제공하는 헬기편으로 도착한 사람들은 기지로 신속하게 이동할 수 있었다. 모든 사람들이 기지에 도착했을 때는 밤 9시가 훌쩍 넘었다.

정지웅 총무와 양환공 안전대원이 기지생활과 기지안전에 대해 설명하고 있는 사이에 서둘러 김밥과 라면을 준비했다. 현대건설팀으로 온 사람 중에는 지난 건설공사에 참여한 사람들이 다수 포함되어 있었지만 그래도 기지생활과 안전은 중요한 사항이라 간과할 수 없었다. 교육을 마치고 야참을 먹고 나니 11시가 넘었다. 늦은 시간이지만 현대건설의 임성락 부장과 향후 일정 등에 대해 논의를 하고 나니 자정이 넘었다. 이렇게 장보고기지가 생기고 첫 하계대의 도착을 맞는 일이 원만하게 마무리되었다.

이후의 항공운항은 비교적 순조롭게 진행되었다. 29일 본관 건물의 안정성 모니터링을 위해서 건설기술연구원의 2명이 들어와서 센서 장비 등을 설치하였고, 11월 11일 출납극하였다. 10월 31일에는 생물모니터링팀과 현대건설팀 등 33명이 들어왔고 생물모니터링팀은 모니터링 장비 설치와 생물 샘플 채취를 성공적으로 마치고 11일 출납극하였다. 11월 4일에는 정부조사단과 하계기간 기지에서 활용할 뉴질랜드 헬리콥터의 헬기 2대와 조종사 2명 등 10명이 들어왔다. 11월 6일에는 빙하연구팀, 지질연구팀, 운석연구팀 등의 하계연구팀과 현대건설 등 22명이 들어왔고, 이날부터는 해빙활주로에서 기지까지 인력 수송을 우리가 임차한 헬기로 할 수 있었다. 11일에는 기지에 들어오는 하계대는 없었으나 생물모니터링팀과 본관 건물 안정



4  
1 10월 27일 저녁 8시에 해빙활주로에 도착한 Safair 항공기.  
2 항공기에서 내리는 하계대원들.  
3 Safair L-100 항공기 내부 모습. 승객은 최대 60명이 탈 수 있다.  
4 승객과 화물을 내리고 재급유를 마친 항공기는 도착 후 2시간 이내에 다시 크라이스트처치로 출발해야 한다.

성 모니터링팀 등 하계임무를 마친 9명이 출납극하였다. 20일에는 빙하연구팀과 지질연구팀의 하계연구대가 마지막 항공편으로 기지에 들어왔다. 이로써 이번 시즌 이태리와 공동으로 수행한 남아프리카항공(Safair)을 이용한 연구인력과 물자 보급이 완료되었다. 약 7톤의 물자가 보급되었고 93명의 하계대가 입납극하고 19명이 출납극하였다.

### 93명 하계대 입납극하고 19명 출납극

한편 뉴질랜드는 공군기를 운항하여 자국의 과학자들을 수송하고 이태리 물자 3톤, 우리 빙하연구장비 2톤을 수송할 예정이었다. 우리 빙하연구팀은 11월 6일 입납극해서 11월 11일 뉴질랜드 공군기편으로 연구 장비가 도착하면 바로 헬기를 이용하여 기지에서 약 80km 떨어진 스틱스 빙하로 이동하여 캠프를 설치하고 현장작업에 착수할 예정이었다.

그러나 11월 11일 운항할 예정이었던 뉴질랜드 공군기는 맥머도기지의 기상이 좋지 않거나 엔진 정비가 필요하다는 이유로 여러 차례 연기를 반복하면서 이태리기지와 우리기지를 초조하게 하더니 결국에는 11월 21일 최종적으로 운항하지 못한다는 통보를 했다.

양 기지는 이 사태를 수습하기 위하여 몇 차례 회의를 반복하고 결국에는 12월 6일 들어오는 아라온호의 화물 중 일부를 다음 항차로 미루고 크라이스트처치에 남아있는 연구장비와 물자를 우선 보급하기로 결정하였다.

장보고기지에서는 기상과 기체 점검 등으로 기다림이 반복되고 가끔은 아주 취소되어 버리는 일이 늘어난다. 남극인 까닭이다. 그래서 남극에선 언제 남극에 들어가며, 언제 나간다고 이야기하지 않는다. 🌍



# 그린란드에서 지구상 가장 오래된 화석 발견

지구상에서 가장 오래된 37억 년 전의 화석이 그린란드 이수아 지역에서 발견됐다. 스트로마톨라이트라 불리는 이 화석의 발견으로 지구 생명체의 기원이 무려 2억 2천만년이나 앞당겨졌다.

에디터 강윤성

호주 울롱공대학(University of Wollongong) 앨런 너트먼(Allen Nutman) 교수가 이끄는 연구팀은 지난 8월 31일 과학 전문지 네이처에 발표한 논문에서 4년 전 그린란드 이수아(Isua) 지역에서 발굴한 화석을 연구한 결과 37억년 전 스트로마톨라이트(stromatolite) 화석이라는 결론을 얻었다고 밝혔다. 이 스트로마톨라이트는 박테리아 남조류 집단이 층을 이룬 퇴적 구조로 되어 있다. 이 화석은 지금까지 발굴된 화석 중 가장 오래된 것으로, 지구상의 생명체와 진화의 역사를 다시 써야할 만큼 중요한 발견으로 평가받고 있다. 연구팀은 이번 발견이 지구 생명체의 시작을 이해하는 것뿐만 아니라 화성 생명체의 흔적을 찾고 있는 우주생물학자들에게도 도움이 될 것이라고 설명했다.

## 지구 역사 2억 2천만년 앞당긴 스트로마톨라이트 화석

지구는 약 46억년 전에 형성됐으며, 소행성의 잇따른 충돌이 끝나고 난 약 40억년 전에 생명체가 처음 출현하기 시작한 것으로 추정되고 있다. 지금까지 지구상에서 발견된 가장 오래된 화석의 기록은 호주 서부의 필라라에서 발견된 것으로, 시기는 34억 8천만년 전 스트로마톨라이트 화석이다. 이에 따라 이번에 발견된 스트로마톨라이트는 지구 초기 생명체의 존재 시기를 무려 2억2천만년 정도나 앞당길 것으로 보인다.

뉴 사우스 웨일즈 대학의 지질 전문가인 마틴 줄리안 반 크랜던크(Martin Julian Van Kranendonk) 교수와 한 공동 연구자는 성명서를 통해 “이 발견은 지구상에서 가장 오래되고 보존된 증거의 새로운 기준을 제시한다”면서 “그린란드에서 새로 노출 된 노두(암석의 노출부)의 구조와 지구화학은 젊은 암석에 갖든 모든 특징이 생물학적 기원에 대한 논쟁을 나타내며, 그것은 지구상에서의 급격한 생명체의 출현을 가리킨다”라고 밝혔다.

이번 화석 발견에는 지구온난화도 기여했다. 너트먼 교수는 지난 30년 이상 그린란드 남서부의 이수아 지역을 찾아 고대 암석 형성 과정을 조사해 왔는데, 화석이 발견된 바위지대가 원래는 눈에 덮여 있었지만 지구온난화로 눈이 사라지게 되면서 이 화석들을 발견하게 된 것이다.



1 그린란드 이수아 지역에서 암석을 조사하는 연구진.(사진·울롱공대학)  
2 고대 미생물 군집의 흔적이 쌓인 37억년 전의 스트로마톨라이트 화석.(사진·네이처)  
3 호주 울롱공대학 앨런 너트먼 교수(왼쪽)와 호주국립대학(ANU) 비키 베넷 교수가 37억년 된 화석 표본을 들고 있다.(사진·ANU 대학)

이전부터 이수아 지역은 37억~38억년 전의 암석이 널리 분포한 것으로 알려졌으며, 그런 까닭에 지질학자와 생물학자들에게는 지구 초창기의 정보를 기록한 소중한 타임캡슐로 여겨지고 있었다.

너트먼 교수는 “고대 생명체에 대한 분명한 증거를 직접 맨눈으로 확인할 수 있다는 것과 함께 37억년 전에도 미생물 생명체는 이미 다양했다는 것을 알게 됐다”라며 이번 화석 발견에 의의를 부여했다. 🌐



# 남극을 살다 남극 장보고과학기지 제1차 월동대원들의 기록



진동민, 최태진 외 장보고기지 1차 월동대원 지음 | 지식노마드 | 272쪽 | 15,000원

우리나라가 남극대륙에 처음 건설한 과학기지 장보고기지! 그곳에서 2014년, 약 1년간의 첫 월동을 17명의 대원이 무사히 마쳤습니다. 남극 세종과학기지를 25년간 운영하고 나서 진출한 남극대륙! 그곳에서 처음 겨울을 지낸다는 것이 큰 자부심으로 대원들에게 다가왔습니다.  
-〈들어가는 글에서〉

장보고과학기지는 우리나라가 1988년 세종기지를 건설한 지 26년 만에 두 번째로 건립한 남극기지이자 남극대륙에 지은 첫 기지이다. 2014년 2월 12일 남극 테라노바만에 건립된 장보고과학기지는 현재 제3차 월동대원들이 상주하며 겨울을 나고 있다. 이 책은 남극장보고과학기지 1차 월동대의 월동 생활과 장보고기지 건설 과정, 장보고기지 내부와 그 주변 환경(오로라, 구름, 동물, 지형 및 역사), 그리고 그곳에서의 연구활동을 담고 있다. 장보고기지에 대한 모든 것을 알기 쉽게 소개하고, 기지 준공 후 남극에서 함께 활동하며 연구한 1차 월동대원들의 1년간의 남극 생활을 생생하게 보여준다.

### 첫 월동대원들의 1년간 월동 생활과 연구 과정 생생하게 전달

남위 74.5도에 위치한 장보고기지에서는 90여 일 동안 자정에도 해를 볼 수 있는 백야가 계속 되고, 어떨 때는 정오에도 해를 볼 수 없는 극야를 경험한다. 자정에도 해가 지지 않는 기간에는 기온이 영상 7도까지 올라가기도 하지만, 극야에는 영하 35도 밑으로 기온이 떨어진다. 겨울철 바람이 불 때면 체감 온도는 영하 50도에 이른다. 또한 장보고기지 인근에는 반경 350km 이내에 월동대 이외의 다른 사람들은 없다. 그리고 그 반경을 넘어서더라도 극야 기간에는 왕래가 거의 불가능하다. 이런 혹독한 추위와 접근과 이동이 어려운 가혹한 환경에서 장보고기지가 세워진 후 첫 1년을 자부심과 어려움을 가슴에 안고 함께 경험한 첫 월동대원들의 파란만장한 생활과 연구 과정이 이 책에 고스란히 녹아있다.

장보고기지는 그간 세종기지에서도 단편적으로 수행할 수밖에 없었던 남극대륙의 기상과 빙하, 지질 등 보다 본격적인 극지과학 연구에 한층 박차를 다할 수 있을 것으로 보인다. 또한 우리나라의 남극 내륙 진출의 교두보 역할을 할 것으로 보인다.

〈남극을 살다〉 저자는 문명세계와 떨어진 곳에서 오로지 동료애로 뚝뚝 뚫고 나가 첫 장보고기지 월동생활을 성공적으로 수행한 대장과 대원들이다. 진동민 1차 월동연구대장(극지연구소 한철레 남극연구센터장), 최태진(극지연구소 극지기후과학연구부 부장), 이창섭(극지연구소 기후과학연구부 선임연구원), 최영수(극한지 차량 및 초대형 특수장비 전문가), 정지웅(극지연구소 선임기술원) 등이 참여했다.🌐



# POLAR news



## 남극 세종과학기지, 준공 30년 맞아 대대적 증축

1988년 건설된 남극 세종과학기지가 대대적인 증축 공사를 시행하고 있다. 지난 29년간 운영된 세종과학기지는 혹한과 강풍과 같은 극심한 부식 환경에 따른 구조물의 내구성 저하와 소음 진동에 취약한 구조적 문제로 사용성 한계에 도달하여 주요 건축물 철거 후 재건축하는 것으로 결정되었다.

이번 공사에는 부족한 연구인프라 확충 및 에너지 효율 향상을 위해 기존의 2개 연구동과 1개 숙소동을 철거한 후 1동으로 집약한 하계연구동과 안정적 기지 운영을 위한 정비동 재건축이 포함되었다. 또한 태양광 발전설비(50kwh)를 도입하여 남극 기지 운영에 필요한 화석 연료 사용을 저감하고 만일의 유류유출 사고에 따르는 남극 토양오염을 방지하기 위해 기존 유류탱크(1겹)를 국제기준에 적합한 유류탱크(2겹)로 교체할 계획이다.

남극 현장 시공은 14,000톤급의 대형 화물선을 투입하여 20피트 컨테이너 224대 분량의 화물이 세종기지에 도착, 하역이 완료되는 2016년 11월 말부터 시작된다. 건설 1차년도인 올해는 재건축과 유류탱크 교체를 완료하고 2017년 4월 말 철수할 예정이다. 건설 2차년도에는 기존 건축물 보수·보강, 종합시운전 및 폐기물 반출 후 최종 준공할 예정이다.

## 극지연구소 청사 2단계 공사 완공

극지연구소(소장 윤호일)는 지난 7월 15일(금) 인천 송도에 있는 극지연구소 내에 극지첨단연구에 필요한 특수연구실험실과 극지에서 채취한 다양한 연구시료를 보관할 수 있는 시료보관동 공사를 끝내고 준공식을 가졌다.

2013년부터 시작한 2단계 공사는 남극장보고과학기지 건설운영에 따른 남극 대륙기반 연구 활성화 등으로 인한 극지 특수 시료 보관 필요성 증대에 따라 시행된 것으로, 앞으로 극지에서 채취한 빙하, 운석 등 극지시료의 체계적인 보관과 분석이 가능해져 세계적인 수준의 연구 결과를 도출하는데 큰 도움이 될 것으로 보인다.



## 미래 북극시대, 극지 관련 종합 청사진을 그린다 해수부, 12월 6~9일 부산에서 “북극협력주간” 개최

국내외 북극 전문가 600여명이 국내 최초로 한 자리에 모여 북극 관련 정책, 과학, 산업, 문화 등 관련 분야 간 종합 정책을 논의했다. 해양수산부(장관 김영석)는 12월 6일(화)부터 9일(금)까지 4일간 부산항 국제여객터미널, 국립해양박물관 등지에서 '지속가능한 북극개발을 위한 파트너십 구축(Partnership for a Sustainable Arctic)'을 주제로 '2016 북극협력주간(Arctic Partnership Week 2016)'을 개최했다. 행사에는 김영석 해양수산부 장관, 테로 바우라스테(Tero Vauraste) 북극경제이사회 부의장 등 국내외 산학연 관계자 600여명이 참석했다. 해양수산부가 주최하고 한국해양수산개발원, 극지연구소 등이 공동 주관한 이번 행사는 기후변화 등 위기 요인과 북극항로 이용, 자원 개발 등 기회 요인 등을 종합적으로 분석하여 정책·과학 등 분야별 협력 방안을 논의하기 위해 마련됐다.



우선, 6일에는 '북극 파트너십을 위한 정책협력' 방안을 논의하기 위한 북극해 정책포럼이 열렸다. 2017년 북극권 동향과 전망, 한국의 북극정책 추진 실적 및 향후 방향, 옅서버 국가의 북극이사회 참여 및 의의, 북극권과의 정보공유 협력 등에 대한 발표가 있었으며 북극대학(U-Arctic) 초청 학생과 함께 '미래 세대와의 대화'를 나누는 등 북극 정책 방향을 모색하기 위한 전문가 발표와 토론이 이어졌다. 7일에는 국제여객터미널에서 북극 온난화가 동북아 기후변화에 미치는 영향, 지구 온난화의 시한폭탄이라 불리는 메탄가스 등에 관한 북극 과학협력 세미나가 열렸다. 또한, 북극해에서의 해운, 한-노르웨이 북극연구 협력의 잠재력 등 한-노르웨이 과학협력 세미나가 개최됐다. 8일에는 같은 장소에서 북극항로의 운항여건, 북극항로의 상업 운항 및 경제성 등에 대한 북극항로 국제세미나와 미국 알래스카 석유탐사, 인공위성·드론을 활용한 극지 탐사기술 등에 관한 북극자원개발 세미나가 열렸다. 행사 마지막 날인 9일에는 부산항 국제여객터미널에서는 북극 비전 국제 컨퍼런스, 국립해양박물관에서는 북극 관련 영화를 상영하는 북극 문화행사가 열렸다.

특히, 이날 한국해양수산개발원에서 개최된 북극이사회 해양환경보호 워킹그룹(PAME) 전문가 세미나는 북극이사회 옅서버 국가에서 처음으로 열렸으며, 2013년에 우리나라가 북극이사회 옅서버로 진출한 지 3년 만에 이루어낸 성과다.

김영석 장관은 개회사를 통해 “북극의 기후변화 등 도전과 북극항로 이용 등 새로운 경제적 기회에 접근하기 위해서는 북극 정책, 과학, 산업 등 각 분야 간 긴밀한 협력 연계가 필요하다”며, “북극협력주간이 대한민국의 북극 싱크탱크를 넘어 북극연안국과 옅서버국가의 협력을 대표하는 포럼으로 발전할 수 있도록 노력하겠다”고 밝혔다.



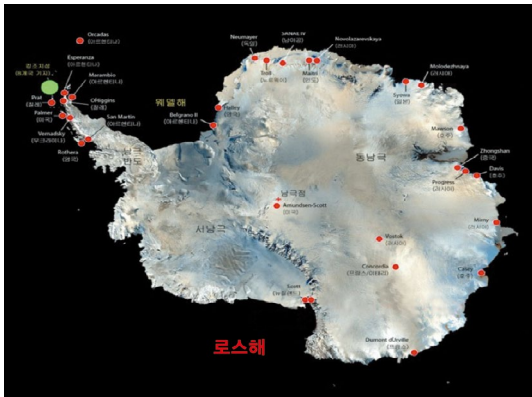
1 제5회 북극해 정책포럼에서 진행된 종합토론. 2 북극협력주간에 참석한 국내외의 주요 관계자들. 3 북극협력주간에서 개회사를 하는 김영석 해양수산부 장관.



## 극지연구소, '2016년 아시아극지과학포럼 연례총회' 개최

'2016년 아시아극지과학포럼(Asian Forum for Polar Sciences, 이하 AFoPS) 연례총회'가 지난 10월 12~13일 인천 극지연구소에서 개최됐다. 우리나라를 비롯해 중국, 인도, 말레이시아, 일본 등 5개 회원국과 태국, 베트남, 스리랑카 등 아시아 옵서버, 그리고 터키 이스탄불기술대학(TU), 호주 남극국(AAD), 유럽극지위원회(EPB) 사무국 등 총 12개국 40여명의 전문가가 참여하는 이번 연례총회에서는 회원과 옵서버 각 기관의 지난 시즌 극지연구 주요 성과와 신규 연구과제, 그리고 기지·연구선 등 인프라 운영현황에 대한 최신 정보를 공유하고 연구 협력 분야에서 AFoPS 회원국 간 공동 현장연구를 위한 협력 프로그램과 세 번째 학술저널 특별호 공동 출판 계획 발표 등 극지연구 분야의 대화와 협력이 포괄적으로 논의됐다. 특히, 이번 연례총회에서는 AFoPS의 다음 10년을 위한 로드맵 보고서 채택, 신규 회원과 옵서버 가입절차 정비 등 AFoPS 운영을 위한 논의와 의사결정이 이뤄졌다.

극지연구소는 지난 2014년 10월부터 AFoPS 의장 업무를 수행하며 회원기관 공동연구와 교육훈련 촉진, 국제학술지 AFoPS 특별호 공동출판 등 아시아 극지연구 협력 증진에 기여하고 지난 8월 남극연구과학위원회(SCAR), 국제북극과학위원회(IASC)와 3차 협력약정을 체결함으로써 남북극 과학공동체 내 아시아 주요 파트너로서의 위상 확립을 주도했다는 평가다.



## 남극 바다 '로스해', 세계 최대 해양보호지역으로 지정

남극해에 세계 최대 해양보호지역(MPA)이 지정됐다. 앞으로 35년 동안 남극해에서는 해양생물과 무기물 등 아무것도 채취할 수 없게 된다. 지난 10월 28일 영국 BBC 등에 따르면 호주 호바트에서 열린 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 회의에서 24개국과 유럽연합(EU) 대표들은 만장일치로 남극해에 있는 로스해를 해양보호지역으로 지정키로 했다고 뉴질랜드 외무부가 발표했다.

로스해는 175만km<sup>2</sup>로 전체 남극해의 2%에 해당한다. 로스해에는 전세계 아델리펭귄 38%, 남극 바다제비 30%, 남극 밍크고래 약 6% 등이 산다. 영양물질이 풍부한 심해수가 조류를 타고 전세계로 퍼져 지구 생태계에 중요하다.

뉴질랜드와 미국은 로스해를 해양보호지역으로 지정하자고 처음 제안했다. 지난해까지 러시아가 반대했지만 결국 이 제안에 동의하기로 마음을 바꾸면서 세계 최대 해양보호지역이 지정됐다.

## NASA 공식 유튜브, 북극 빙하 면적 30년간 변화 모습 공개

미국 항공우주국 NASA는 최근 공식 유튜브 페이지를 통해 지난 30년간 북극 빙하 면적의 변화를 보여주는 '타입 랩스' 동영상 공개했다. 공개된 영상은 1984년 9월 180만km<sup>2</sup>였던 북극 빙하의 면적이 30년 뒤인 2016년 9월에는 110만km<sup>2</sup>로 확 줄어든 모습을 보여준다. NASA 고다드 우주 비행센터 연구원 월트 마이어(Walt Meier)는 "진한 흰색일수록 두꺼운 빙하인데, 1984년 9월과 2016년 9월의 빙하를 비교해보면 확실히 면적이 줄고 두께가 얇아진 빙하의 모습을 확인할 수 있다"면서 "지구 온난화로 인해 러시아 북쪽 해안 얼음이 녹으면서 북극해 수온도 함께 올라가 빙하 면적이 줄어든 것"이라고 밝혔다.

하지만 지구 온난화로 인해 북극 빙하가 줄어든다는 NASA의 입장과 달리 일각에서는 이러한 현상이 지구의 기온 변화 주기에 의한 자연현상일 뿐이라는 주장도 제기되고 있다.



## 대우조선, 세계 최초 쇠빙LNG선 출항



대우조선해양은 11월 7일 거제 옥포 조선소에서 세계 최초로 수주한 쇠빙역 화천연가스 운반선(쇠빙 LNG선) 완공행사를 개최했다. 약 30개월의 건조

과정을 마치고 출항하는 이 선박은 길이 299m, 폭 50m 규모다. 우리나라가 이틀간 사용할 수 있는 양에 해당하는 17만 2600m<sup>3</sup>의 LNG를 싣고 최대 2.1m 두께의 얼음을 부수며 나갈 수 있는 '아크(ARC)-7급 쇠빙 LNG선'이다. 얼음과 직접 맞닿는 선수와 선미 부분에는 일반 선박 강판보다 3배가량 두꺼운 70mm 두께의 초고강도 특수강판을 사용했다. 영하 52도의 극한에서도 모든 장비가 안정적으로 가동할 수 있는 최적의 방한처리 기술을 적용했다.

이 선박은 오는 12월 8일 옥포조선소를 출항해 북극해의 빙해지역으로 이동한다. 내년 1월 말까지 쇠빙성능 검증에 위한 빙해 운항테스트를 마지면 러시아 야말반도 시베타항으로 이동해 최종 인도될 예정이다. 대우조선은 2014년 야말(Yamal) 프로젝트 수주 경쟁에서 척당 3억2000만달러인 쇠빙 LNG선 15척을 전량 수주했다. 2020년까지 15척을 선주 측에 인도할 예정이다.

## 유엔기후변화협약 당사국총회, '해양 온난화 피해, 연간 58조 원' 발표

지구온난화로 인한 해양 산성화와 해면 상승 등에 의해 세계 경제는 연간 500억 달러(약 58조 3,250억 원)를 넘는 큰 타격을 받을 우려가 있다는 보고서가 최근 발표됐다. 제22차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP22)에서 발표된 보고서에 따르면 이산화탄소가 바닷물에 용해하는 것으로 일어나는 해양 산성화는 과거 3억년 동안 가장 빠른 속도로 진행되고 있으며, 동물 플랑크톤과 갑각류, 산호 등의 생식에 악영향이 끼칠 것이며, 해양 산성화와 해수 온도의 상승이 함께 어울려 일어나는 산호초의 파괴가 관광업에 미치는 피해는 최대 연간 120억 달러(약 14조 원)에 이를 것이라고 밝혔다. 또한 해면 상승 때문에 2050년까지 거주지를 쫓겨나게 될 사람의 수는 최대 2억 명에 달하고 도쿄와 뉴욕 등 인구가 100만 명을 넘는 136개의 대도시의 해일에 의한 손해 액수는 연간 520억 달러(약 60조 6,580억 원)에 이를 것이라고 예측했다.



# PUZZLE

에디터 강윤성

극지와 관련된 퍼즐입니다. 극지 상식 위주로 문제를 냈습니다. 이번 호를 보시면 쉽게 풀 수 있는 문제들도 많습니다. 독자카드를 보내주신 정답자 중 10명을 추첨하여 극지연구소에서 제공하는 우드락과 종이로 뜯어 만드는 대한민국 최초의 쇄빙연구선 '아라온 3D Puzzle'을 보내드리겠습니다. 독자카드는 4월 30일까지 보내주시기 바랍니다.



1	2					10			
	3		4						
5								11	
			6		7				
	8	9							

<19호 정답>

북	극	연	구	컨	소	시	업		
	지								
	연								
지	구	온	난	화					
		실		학				극	
		가		결	빙	방	지		
	로	스		합				인	
							지	구	의
									밤

<19호 당첨자>

김선희 전북 부안군  
정현숙 충남 논산시  
김진호 경남 양산시  
정창재 경기도 용인시  
성기원 서울시 도원구  
서정민 전남 순천시  
박차영 전북 남원시  
김지영 전남 여수시  
김정윤 인천광역시 연수구  
정종영 인천광역시 부평구

## 가로열쇠

- 남극의 관문이라 불리는 칠레가 위치한 대륙입니다. 이 대륙 남서부에 자리한 칠레는 해안선 길이가 6,435km나 됩니다.
- 지구온난화는 대기 중 OOOO의 농도가 증가하면서 온실효과가 발생하여 지구 표면의 온도가 점차 상승하는 현상을 말합니다.
- 물 1L 속에 총 염분량을 0.5g 이상 함유하는 내륙의 호수를 말합니다. 이 염분량 이하의 호수를 담수호라고 하죠. 이 호수는 아프리카 동부, 오스트레일리아, 남극 지방 등에 분포합니다.
- 땅속에 매장되어 있으면서 인간이 채취해서 쓸 수 있는 광물. 지하자원이라고도 합니다. 지구온난화로 북극의 얼음이 녹으면서 이곳의 OOOO이 세계적인 경제적 이슈로 떠오르고 있습니다.
- 얼음이 덮여 있는 결빙해역에서 얼음을 부수며 항로를 만들기 위해 사용되는 배입니다. 아라온호가 대표적인 배입니다.
- 빙하 주변의 한랭한 기후에 의해 만들어집니다. 토양 속의 수분이 동결과 융해를 반복하면서 큰 자갈은 바깥쪽, 작은 자갈과 모래는 안쪽에 쌓이는 지름 10cm~10m의 다양한 크기와 모양의 토양을 말합니다.

## 세로열쇠

- 한국 최초의 쇄빙연구선으로 2009년 6월 11일 진수하였습니다. 남북극의 결빙지역에서 얼음을 깨면서 앞으로 나아갈 뿐만 아니라 첨단 연구시설도 갖추고 있습니다.
- 사람의 눈으로 밝기를 느낄 수 있는 파장의 광선을 말합니다. 빛을 눈으로 느낄 수 있느냐 없느냐 하는 것은 그 빛의 파장의 길고 짧음에 좌우됩니다.
- 자석이나 전류, 변화하는 전기장 등의 주위에 자기력이 작용하는 공간으로, 자계 또는 자장이라고도 합니다.
- 빙하의 침식작용과 퇴적작용에 의해 형성되는 지형을 말합니다. 크게 빙하의 침식에 의한 빙식지형과 운반된 퇴적물로 형성되는 빙하의 퇴적지형으로 구분할 수 있다.
- 극지를 대상으로 연구하는 사람을 말합니다. 극지연구소에서 연구활동을 하는 대부분의 사람들이 이에 해당됩니다. 빙하학연구원, 동토학연구원, 극지생물자원탐사연구원 등 극지 관련 모든 연구원들을 총칭합니다.