

# POLAR WAVE

2014-03호

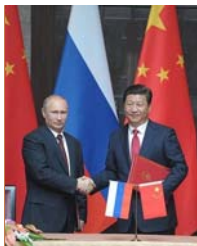
## 혹한의 땅에서 지구의 미래를 생각하다

극지방의 얼음이 녹아내리는 현상을 정밀하게 관측하고 앞으로 다가올 지구의 미래를 예측하려는 과학자들의 노력은 계속 되고 있다.

서남극빙상이 빠르게 녹아 이미 되돌릴 수 없는 수준이라는 연구결과가 세상 밖으로 알려지면서, 극지방온난화가 곳곳에서 예상보다 빨리 진행되고 있음이 밝혀졌다. 그러나 여기에는 인간활동 뿐만 아니라 지구자체의 기후 변화도 부분적 역할을 하였다. 북대서양 진동으로 인한 기후변동, 남극대륙 지각활동에 의한 빙상으로의 지열유입 등은 이를 잘 보여준다. 즉, 지구자체의 기후 변동성이 극지방온난화 원인의 상당부분을 차지한다는 견해는, 온난화 과정 규명이 결코 단순하지 않음을 보여준다.

변화하는 환경에 대한 우려의 목소리도 커지고 있는데, 북극해가 열리면서 선박을 통해 유입되는 외래종이 북극생태계에 미치는 영향, 해류를 타고 돌고 돌아 북극 빙하코어에서 발견된 플라스틱 미세입자 등이 그것이다. 한편, 북극해와 북극권 보호를 목적으로 유전개발 반대운동을 하며 'Save the Arctic' 캠페인을 벌여온 국제환경보호단체 그린피스 선박의 나포와 석방은, 과학 현상을 두고 여러가지 가설과 결론을 내는 연구만큼이나 다양한 시각에서 시사점을 던진다.

변화하는 지구의 미래를 내다보기 위해 먼 혹한의 땅에서 보내는 메시지를 눈여겨볼 필요가 있다.



정책동향

- 2014 북극과학최고회의, 핀란드서 개최
- 노르웨이-핀란드 북극협력 강화
- 중국, 북극항로 이용 쉬워질 듯
- 국제해사기구, 극지선박운항 안전규정(Polar Code) 초안 승인



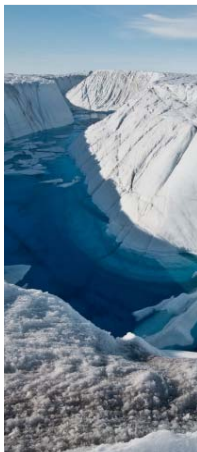
인프라

- 캐나다, 새 쇄빙선 운항 준비
- 노르웨이, 새로운 선박이 북극관리 임무 나서
- 러시아, 2020년 까지 3대의 쇄빙선 건조



그 외 소식

- 그린피스 선박 'Arctic Sunrise' 풀려나
- 러시아 석유업체 루코일, 작업 중 화재 발생
- 플라스틱 미세 입자, 북극 얼음에 갇히다



연구동향

- 최근 북극권 온난화, 인간활동 때문만은 아니다
- 폭풍이 해빙변화에 미치는 영향 밝혀
- 북극중폭, 중-고위도 온도 변동 감소시켜
- 그린란드 빙하, 아래의 숨은 빙하가 흘러보내
- 빙상, 전지구 철 순환에 중요한 역할
- 서남극 빙상 아래 뜨거운 열원 측정
- 북극식물 나이테로 과거 빛을 추적하다
- 서남극빙하, 빠르게 녹아 막을 수 없는 수준
- 북극해, 외래종 유입 우려 높아져



자원개발동향

- 노르웨이, 북극 가스 개발을 위한 노력
- 러시아, 북극개발 제재 들어올까
- 러시아, 북극개발 본격 준비

### 주요 행사

- The 2014 North Pacific Arctic Conference  
08.21~08.22 / 미국 하와이 호놀룰루(Honolulu)
- SCAR Meetings & Open Science Conference  
08.22~09.03 / 뉴질랜드 오클랜드(Auckland)
- COMNAP AGM 2014  
08.27~08.29 / 뉴질랜드 크라이스트처치(Christchurch)
- COMNAP Wastewater Management Workshop  
08.28 / 뉴질랜드 크라이스트처치(Christchurch)
- Arctic Council CAFF Board Meeting  
08.25~08.29 / 캐나다 캠브리지베이(Cambridge Bay)
- Inaugural meeting of the Arctic Economic Council  
09.02~09.03 / 캐나다 이칼루이트(Iqaluit)

## 2014 북극과학최고회의, 핀란드서 개최

2014  
Arctic  
Science  
Summit  
Week  
Helsinki, Finland



지난 4월 5~8일 핀란드 헬싱키에서는 북극과학최고회의(Arctic Science Summit Week)가 개최되었다. 이번 회의에서 주목할 만한 것은 제3차 북극연구계획회의(ICARP III) 제안서가 최종 선정된 것과, 신진연구자(Early Career Scientist)를 지원한 것이다.

ICARP III(Third International Conference on Arctic Research Planning)은 향후 10년간 우리가 추진해야 할 북극 관련 다학제 연구 주제를 도출하는 컨퍼런스로 2015년 4월 일본 토야마에서 개최되는 ASSW 2015와 연계하여 개최될 예정이다. ICARP III의 주제는 “Integrating Arctic Research: a Roadmap for the Future”이며, 이번 ASSW 2014에서 다음과 같은 연구 주제가 확정되었다.

1. 북극의 적설 변화와 그 영향
2. 산업과 기후변화로 빠르게 변화하는 북극(Rapid Arctic Transition due to Infrastructure and Climate Change, RATIC)
3. 동토역학과 원주민의 토지 사용
4. 북극 기후변화와 문화: 장기적 관점에서 본 고고학과 환경과학의 통합
5. 고대 북극의 시공간적 관문(Palaeo-Arctic Spatial and Temporal Gateways, PAST Gateways)  
: 북극 고기후 연구 위한 다학제적 범북극 네트워크
6. 북극 해빙의 계절적 변화 및 그 영향
7. 그린란드의 빙상과 해양의 상호작용
8. 북극 육상빙권의 알베도 피드백(Albedo Feedback)의 수치화와 질량 보존(Mass Balance)에서의 역할
9. 북극 기후 연구 위한 다학제적 표류관측소 설치 계획(Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate, MOSAiC)
10. 북극 기후변화와 중위도 기상이변의 연관성

현재 각 주제별로 워크샵 등을 열고 있고 시행계획(Action Plan), 연구의제(Research Agenda), 성명(Statement) 등의 형태로 최종 보고서를 작성하며, 일부 워크샵은 학술저널 특별호 등으로 관련 리뷰 논문을 발표할 예정이다. 우리 연구소에서는 김성중 박사가 10번 주제에 주요 저자로 참여하고 있다. 더 자세한 정보는 ICARP III 홈페이지(<http://icarp.iasc.info/>)를 참조하면 된다.

올해부터 북극과학위원회에서는 대학원생과 박사학위 수여 5년 이내의 신진연구자를 대상으로 ASSW 참가 경비를 지원하는 IASC Fellowship을 시행하고 있다. 올해 8명의 학생들이 선발되어 참가 경비를 지원받고 각 워킹그룹 회의록 작성에 참여하였다. IASC Fellowship은 APECS(Association of Polar Early Career Scientists)를 통해 선정한다(<http://apecs.is/>).

(북극환경자원연구센터 이유경 책임연구원)



\*다음호에는 북극관측회의(Arctic Observing Summit)에 관한 내용이 이어질 예정입니다.

# 정책동향

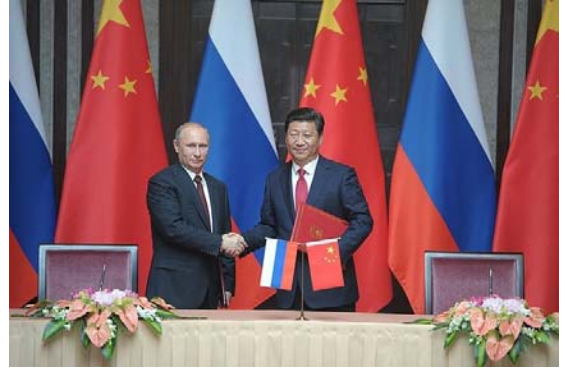
## 노르웨이-핀란드 북극협력 강화



노르웨이-핀란드의 경제 및 과학연구 협력이 강화될 것으로 보인다. 노르웨이와 핀란드는 북극권에 730km에 달하는 국경 지역이 접해있으며 북극권 개발에도 공통관심사가 많다. 노르웨이와 핀란드 각 국의 외교부가 함께 한 북극파트너십(The Arctic Partnership) 회의에서 노르웨이 외교부 관계자는 두 나라의 관계가 혁신과 지식을 기반으로 발전되기를 바란다고 전했다. 또한 “기술이전, 전문가 교류를 확대하기 위해 핀란드와의 협력을 국경과 분야를 넘어 우선으로 두고있다.” 고 전했다. 이 회의에서 양국은 교환학생제도 및 연구협력의 강화, 이동과 보급 지원에 대한 충분한 양자대화, 국경지역에서의 협력과 근무자 및 지원 업무 이동 등 협의의 범위 안에서 이루어질 수 있는 가능성을 검토하였다.

한편, 북극파트너십은 사울리 니니스토 핀란드 대통령이 2012년 10월 노르웨이를 방문하였을 때 제시하였다.  
(Barents Observer, 2014년 5월 16일)

## 중국, 북극항로 이용 쉬워질 듯



러시아의 푸틴대통령과 중국 시진핑 주석이 양국의 포괄적 파트너십과 전략적 협력을 담은 공동성명에 서명하였다.

공동성명에는 재정, 무역, 에너지, 교통 등에 걸친 다양한 분야에 대한 협력이 포함되어 있다. 이 성명에 따르면 양국은 핵에너지의 평화적 사용, 민간 항공, 항공우주 기술연구, 위성을 이용한 항해, 유인우주비행 등 주요 프로젝트 협력을 강화하기로 하였다. 뿐만 아니라 수송인프라 구축에 속도를 내고 철도망과 항구, 북극해항로 등을 이용하여 물적이동을 용이하게 할 것이라고 밝혔다.

북극해항로를 이용한 첫 중국 선박은 쇄빙선 ‘설롱호(Xue Long)’로 2012년 북극항로를 통해 바렌츠해로 들어갔다가 아이슬란드를 출발하여 북극점을 지나 베링해협으로 돌아왔다. 한편 이번 공동회담을 통해 북극항로 이용이 더욱 수월해질 것으로 내다봤다. (Barents Observer, 2014년 5월 21일)

## 국제해사기구, 극지선박운항 안전규정(Polar Code) 초안 승인



국제해사기구(International Maritime Organisation, IMO)의 해상안전위원회(Maritime Safety Committee, MSC)는 5월 14일부터 23일까지 런던에서 열린 제 93차 회의에서 ‘해상인명안전협약(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)’의 일부개정안과 함께 ‘극지선박운항 안전규정안(Draft Polar Code)’을 기본승인(Approval In Principle)했다고 알렸다.

해상안전위원회는 올해 11월 열리는 제 94차 회의의 안건채택을 위해 ‘해상인명안전협약(SOLAS)’에 새로 추가될 제14장 ‘극지해역에서의 선박운항안전규정’ 초안을 승인하였으며, 이에 따라 ‘극지선박운항 안전규정안(Draft Polar Code)’의 도입부와 Part I-A가 의무

사항이 될 것이라고 알렸다. 또한 협약 제14장의 향후 채택과 연관되어 있는 ‘극지선박운항 안전규정(Polar Code)’ 초안도 채택을 위해 함께 승인하였다.

극지선박운항 안전규정(Polar Code)은 선박 설계, 건조, 장비, 운영, 승조원 훈련, 수색구조와 환경보호 등 극지 항해와 관련되는 모든 것을 다루고 있다. 이 중 환경보호와 관련되는 규정은 올해 10월에 열릴 제 67차 해양환경보호위원회(The Marine Environment Protection Committee, MEPC) 회의에서 더욱 구체화 될 예정이다.

(IMO Press Briefings, 2014년 5월 28일)

# 연구동향

## 최근 북극권 온난화, 인간활동 때문만은 아니다



지구온난화로 북극권에서 해빙이 사라지고 있는 가운데, 북극의 햇빛반사율이 감소하여 다시 더워지는 되먹임 과정을 거치면서 북극권의 온난화는 지구전체 평균 온난화보다 더 빨리 진행되고 있다. 북동 캐나다와 그린란드 지역에서 연평균 지표온도와 대류권의 온도가 1979년 이래 급속도로 상승하였고, 이 기간 중 기온변동의 상당수가 북대서양에서 일어나는 자연적 기후변동인 북대서양진동(North Atlantic Oscillation, NAO)과 관련되어 있음이 네이처지를 통해 발표되었다.

워싱턴대학교 연구진에 따르면 열대 태평양에서 기인한 대기 상층의 대규모 파동인 로스비파의 변화에 반응하여 북대서양진동이 음의 인덱스를 나타내었고, 북대서양진동이 음의 인덱스를 나타내면 그린란드와 북동캐나다에 상대적으로 따뜻한 기류와 해류를 공급하게 되어 북극지역의 온난화에 영향을 준다는 설명이다. 실제로 대기모델 실험에서 열대태평양 해수면온도 조건을 주었더니 관측된 것과 같은 대기순환의 변화와 북동캐나다 및 그린란드에 대류권 및 지표면 온난화가 발생하였다. 그러나 같은 모델에 오로지 인간활동 요인만 넣었더니 관측과 같은 결과가 나타나지 않았다. 이 같은 결과는 최근 북동캐나다와 그린란드의 온난화 상당수가 자연적 변동에서 발생했음을 보여준다.

(Nature, doi:10.1038/nature13260)

## 극지연구소

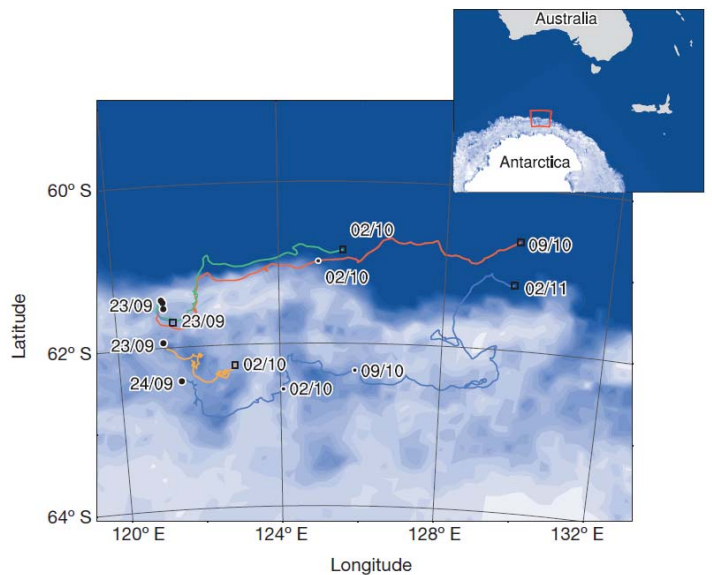
## 폭풍이 해빙변화에 미치는 영향 밝혀

폭풍에 의해 발생한 파도가 어떻게 해빙을 깨뜨리는지 그 과정은 아직까지 밝혀지지 않았다. 하지만, 이 과정에 대한 이해는 극지방 해빙의 현재 및 미래 예측을 위해 꼭 필요하다. 뉴질랜드 수자원 대기연구소(NIWA)와 호주 뉴캐슬대학 연구진은 폭풍으로 인해 발생한 파도가 남극 연안의 수백km가 넘는 해빙을 깨뜨릴 수 있을 만큼의 에너지를 갖고 있음을 밝혔다.

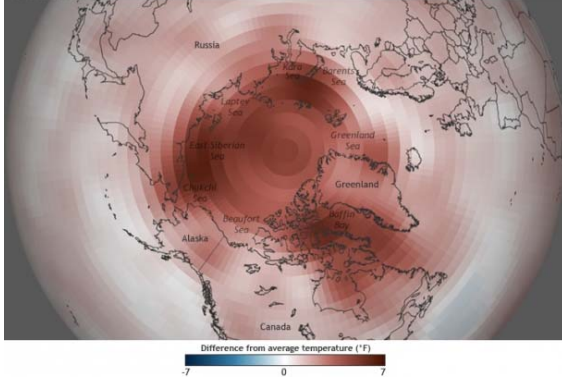
관측은 여러 곳에서 동시에 진행되었고 당초 지수감소곡선을 따라 파고가 줄어들 것이라는 예상과 달리 파도는 해빙에 최초 도달하는 곳의 반대편을 깨뜨렸다. 파고가 3미터 이상인 큰 파도의 경우 파도의 에너지가 거리에 비례하여 감소하였으며, 파고가 3미터 미만인 파도만 지수감소곡선을 따라 에너지가 감소하는 것으로 관측되었다. 이는 해빙이 깨지고 후퇴하는데 파도가 당초 생각했던 것 보다 훨씬 큰 영향을 미치는 것을 암시한다. 또한 연구진은 1997년부터 2009년 사이 수치모델을 이용해 파고의 변화와 관측된 해빙 가장자리 위치변화를 비교하였는데, 파고가 증가하면 해빙이 후퇴하고, 파고가 감소하면 해빙의 분포가 더 확장되는 등 연관성을 찾을 수 있었다.

연구진은 최근 기후모델이 남극과 북극 모두에서 해빙의 변화를 잘 재현하지 못하였는데 파도와 해빙의 연관성을 고려한다면 문제를 해결할 수 있을 것이라고 덧붙였다.

(Nature, doi:10.1038/nature13262)



## 북극증폭, 중-고위도 온도 변동 감소시켜



날씨와 계절 내 변동 (Subseasonal Variability)과 같이 비교적 짧은 시간 규모에 걸쳐 나타나는 기후 변동성 (Climate Variability)의 확대는 온난화에 따른 전지구 평균 온도의 급격한 증가보다 사회와 생태계에 더 중요할 수 있다. 기후 변동이 만약 기상 이변 (Weather Extreme)으로 나타난다면 더욱 그렇다. 전지구 평균 온도가 올라갔음에도 불구하고 지난 10여년 간 북반구 중위도 광범위한 지역에 걸쳐 혹한이 종종 발생하였으며, 학계에서 이를 설명하는 중요한 이론 중 하나는 북극 온난화 증폭(Arctic Amplification)이다. 북극 온난화 증폭은 북극권의 온도상승이 저위도의 온도 상승보다 크게 나타나는 것을 의미하는데, 북극의 급격한 온난화에 의해 북극 해빙과 북극을 덮고 있는 눈이 급격히 줄어들고 북극 제트기류가 변화하여 온도변동 폭이 커지면서 기상 이변이 증가한다는 것이 현재까지의 통상적 설명이었다.



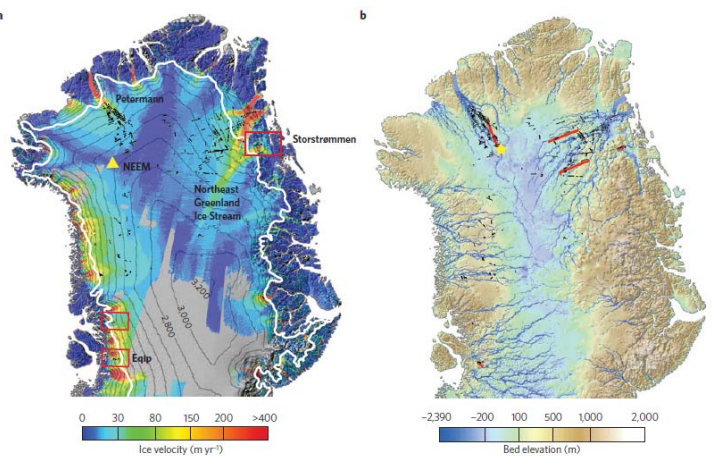
영국 엑세터대학교의 연구진은 추운 시즌 계절 내 변동 (Subseasonal Variability, 90일 이하)이 최근 수 십년간 북반구 중-고위도에 걸쳐 감소하였음을 보이며 이전과는 상반된 견해를 내어놓았다. 차가운 북풍이 북극의 급격한 온난화로 인해 따뜻한 남풍보다 더 빨리 더워졌으며, 따라서 북극증폭이 오히려 계절 내 변동을 감소시키는 역할을 한 것으로 볼 수 있다. 북극 온난화 증폭이 기상이변의 증가로 이어질 수 있다는 이전의 가설은 제트기류 변화 등 대기순환의 역학적인 변화를 설명해야 하지만, 현재의 관측자료로는 입증되기 어려우며 이에 근거한 미래 변동성 예측도 불확실성이 높다고 볼 수 있다. 반대로 겨울철 계절 내 온도 변동 폭의 감소는 관측으로 확인 가능하며, IPCC 보고서에 참여한 모델들을 이용한 미래기후 시뮬레이션에서도 잘 확인되고 있다.

(Nature Climate Change, doi: 10.1038/nclimate2268)

## 그린란드 빙하, 아래의 숨은 빙하가 흘러보내

거대 빙상의 아래층이 녹으면 그 자체로 유히탈제 역할을 하거나 다시 어는 과정에서 상대적으로 따뜻한 얼음이 된다. 이미 동남극에 이와 같은 과정으로 거대얼음기저층이 형성되어 있으며, 북동쪽 그린란드에도 마찬가지로 다시 얼은 얼음기저층 존재하여 빙상의 빠른 이동에 영향을 주는 것을 컬럼비아대학교 지구연구소 연구진이 밝혔다.

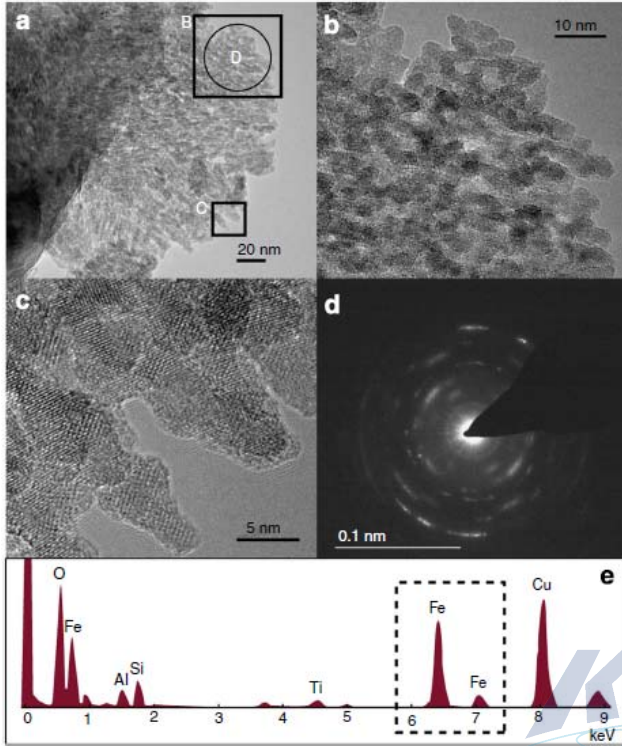
중력탐사를 이용하면 지하의 밀도를 측정하여 그 층을 이루고 있는 물질을 짐작할 수 있는데, 이 연구에서도 중력탐사를 이용하여 기저층이 얼음으로 이루어져 있으며 두께가 1,100m에 이르는 것을 보였다. 또한 얼음기저층은 녹았다가 다시 얼은 것으로, 쌓인 눈이 심하게 변형이 되어 주위를 둘러싸고 있었다. 레이더로 얼음기저층의 분포 범위를 확인하고 지도로 나타내었는데 기저층이 녹는 내부 뿐만 아니라 표면에서 녹는 빙상 가장자리 또한 그랬다. 피터만 빙하(Petermann Glacier)의 경우에는, 그 아래의 얼음기저층이 상부의 빙하를 빨리 흐르게 하고 좁은 지역에는 설빙(ice tongue)을 형성하게 하였다. 연구진은 아래의 빙상이 녹았다가 다시 얼거나 그 주변을 둘러싸고 있는 기저얼음의 변형 과정에서 열이 방출되어, 얼음의 수직온도구조를 변화시키고 빙상의 이동과 지표면과 닿아있는 빙상을 녹이는 데 영향을 주는 것이라고 제시했다.



레이더로 얼음기저층의 분포 범위를 확인하고 지도로 나타내었는데 기저층이 녹는 내부 뿐만 아니라 표면에서 녹는 빙상 가장자리 또한 그랬다. 피터만 빙하(Petermann Glacier)의 경우에는, 그 아래의 얼음기저층이 상부의 빙하를 빨리 흐르게 하고 좁은 지역에는 설빙(ice tongue)을 형성하게 하였다. 연구진은 아래의 빙상이 녹았다가 다시 얼거나 그 주변을 둘러싸고 있는 기저얼음의 변형 과정에서 열이 방출되어, 얼음의 수직온도구조를 변화시키고 빙상의 이동과 지표면과 닿아있는 빙상을 녹이는 데 영향을 주는 것이라고 제시했다.

(Nature Geoscience, doi: 10.1038/ngeo2179)

## 빙상, 전지구 철 순환에 중요한 역할



그린란드와 남극의 빙상(ice sheet)은 지표면의 10%를 차지하고 있지만, 이 빙상들이 전지구적 철 순환(global iron cycle)에 미치는 영향에 대해서는 많이 알려지지 않았다. 남북극 빙상 주위의 해양들은 대부분 철의 결핍(iron limitation)이 나타나고 있으며 연안생태계가 매우 풍부한 생산력을 유지하고 있다. 유럽지구화학협회(European Association of Geochemistry) 연구진은 그린란드 빙상에서 녹아나온 빙저 용빙수(subglacial melt water) 내의 철 농도의 측정을 통해 전지구적으로 상당한 양의 철이 빙상으로부터 해안유광층(광합성을 할 수 있는 해수층, near-coastal Euphotic Zone)으로 공급될 것이라 예상했다.

연구결과에 따르면 매년 남북극 빙상 용빙수로부터 생물적으로 이용될 수 있는 철이 그린란드에서 약 0.4-2.54Tg, 남극에서 0.06-0.17Tg가 공급 되는 것으로 측정되었다. 빙상 용빙수로부터 유입되는 철의 대부분은 반응성이 매우 강하거나 나노입자들로 이루어져 있어 생물적으로 이용될 가능성이 있으며 남극빙산(Antarctic icebergs)에서 발견되는 것과 비슷한 특성을 가지고 있다고 전했다. 또한 그린란드 및 남극의 빙상 용빙수로부터 유입되는 철의 양이 바람에 실려와 바다로 유입되는 먼지의 양(혹은 먼지에 포함된 철의 양)과 비슷하며, 지구온난화로 인한 빙봉의 용해로 인해 유입량이 더욱 늘어날 것으로 예상했다. 결과적으로 그린란드 및 남극의 빙상들은 우리

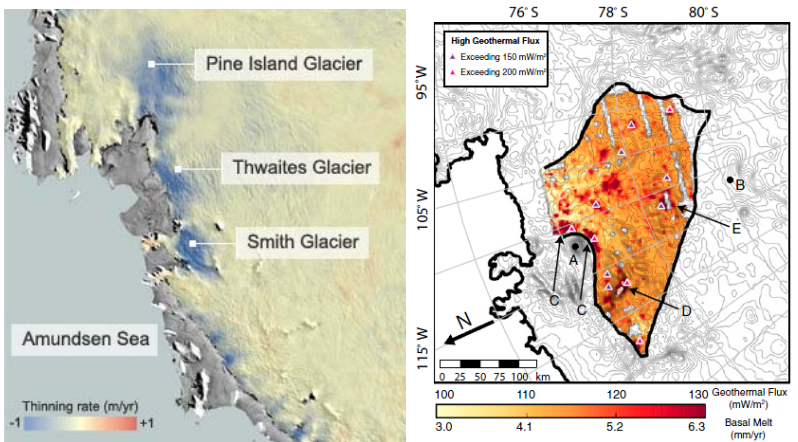
가 이전에 생각했던 것 보다 전지구적 철 순환에 상당히 중요한 역할을 하고 있으며 기후예측모델에도 고려되어야 한다고 언급했다.

(Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms4929)

## 서남극 빙상 아래 뜨거운 열원 측정

빙상 기저부분의 수문학적, 암석학적, 지질학적 불균일은 빙상의 진화, 안정성, 해수면 기여도에 큰 영향을 준다. 지열 플럭스(Flux) 또한 빙하의 상태에 영향을 미치는 중요한 요소이지만 이를 통해 빙하의 급격한 이동양상을 예측하고 이해하는 데에는 규모의 제약으로 인해 매우 어렵다.

텍사스대학교 오스틴캠퍼스 연구진은 지열플럭스 유입이 비균질적이고 일시적이지만 많을 것으로 예상되는 서남극 대지구대(대양저의 해령과 유사한 지역으로 지각활동이 일어나는 곳)의 낮은 지역에 빙상들이 분포해있으며, 특히 이 지역에 대한 관측이 부족하여 지열플럭스 측정에는 불확실성이 큰 편이라고 밝혔다. 연구진은 항공레이더와 빙하저수이동 모델로부터 스웨이트(Thwaite) 빙하 하부용해와 지열 플럭스를 측정하였다. 스웨이트 빙하지역에서 관측된 지열 플럭스는 평균적으로 104~124mW/m<sup>2</sup>, 최대 200mW/m<sup>2</sup> 를 보여 마그마 이동과 화산활동 등 대지구대의 활동과 관련된 가설을 입증하였다. 지열플럭스가 가장 높은 이 지역은 타카헤(Takaha) 화산과 근접한 스웨이트 빙하의 가장 서쪽과 미국의 남극 프로그램이 진행되는 서남극 빙하코어 시추 프로젝트(West Antarctic Ice Sheet Divide, WAIS Divide)지역 부근의 상부 중앙이 해당된다.



평균적으로 104~124mW/m<sup>2</sup>, 최대 200mW/m<sup>2</sup> 를 보여 마그마 이동과 화산활동 등 대지구대의 활동과 관련된 가설을 입증하였다. 지열플럭스가 가장 높은 이 지역은 타카헤(Takaha) 화산과 근접한 스웨이트 빙하의 가장 서쪽과 미국의 남극 프로그램이 진행되는 서남극 빙하코어 시추 프로젝트(West Antarctic Ice Sheet Divide, WAIS Divide)지역 부근의 상부 중앙이 해당된다.

(Proceedings of the National Academy of Sciences, doi: 10.1073/pnas.1405184111)

# 연구동향

## 북극식물 나이테로 과거 빛을 추적하다



나이테의 성장으로 온도를 재현해 낼 수 있지만 사실 식물의 나이테는 온도와 일조 두 요소 모두 영향을 받는다. 보통의 경우, 일조가 온도로 이어지기 때문에 나이테 밀도의 양상이 온도를 따라 따듯할수록 밀도가 낮고 추울수록 밀도가 높다고 알려져 있다. 그러나 북극권에서는 특히, 이 양상이 어긋나기도 하는데 나이테의 밀도가 온도 뿐만 아니라 일조에 영향을 주는 대기투과도에 따라서도 달라질 수 있음을 의미한다.

샌프란시스코 주립대학 연구진은 화산폭발이나 대기중의 에어로졸 등에 의한 지구흐림(Global dimming)이 대기투과도에 변화를

주어 북극권 식물의 나이테 밀도에 미치는 영향을 보였다. 온도의 범위가 비교적 비슷한 7개의 샘플을 이용하였는데 화산폭발과 지구흐림 두 경우 모두에서, 빛이 제한된 지역에서 나이테 밀도의 감소가 크게 나타난 반면, 빛이 잘 드는 지역에서는 밀도의 감소가 나타나지 않았다. 이번 연구결과로 일조 또한 나이테의 밀도변화에 중요한 영향을 미치며, 반대로 나이테 분석을 통해서 과거의 지표면 일조 강도 등 과거기록을 복원할 수 있을 것으로 추정된다.

(Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms4836)

극지연구소

## 북극해, 외래종 유입 우려 높아져

북극의 해빙이 녹으면서 북태평양과 북대서양이 연결되어 두 대양의 연안과 북극해가 외래유입종에 취약해지고 있다고 스미소니언환경연구센터(Smithsonian Environmental Research Center)의 생물학자가 주장했다. 외래유입종은 주로 선박이 이동할 때 선체에 달라붙어서 오거나 선체안의 선박평형수로 끌려들어오게 되는데, 환경이 다르다고 할지라도 차가운 온도만 잘 견디면 북극해로 유입되어 생명을 유지하는데 큰 무리가 없다는 설명이다. 또한 북극해로 진출하려는 각국의 시도가 늘어나면서 북태평양과 북대서양의 연안 생태계 파괴도 우려되고 있다. 그럼에도 아직까지는 북극 해양 생태계가 상대적으로 잘 보존되고 있으며, 외래종의 번식을 막고 외래종이 생태계에 끼치는 영향을 최소화 하기 위해 효율적인 관리가 필요하다고 전했다.

(Nature Climate Change, doi: 10.1038/nclimate2244)

## 서남극빙하, 빠르게 녹아 막을 수 없는 수준

서남극 빙하가 빠르게 녹고 있으며 그 속도는 이미 '돌이킬 수 없는 수준'에 이른 것으로 밝혀졌다. 미국 항공우주국(NASA)은 5월 12일 기자회견을 열고 선임연구원인 에릭 리그노(Eric Rignot) 어바인 캘리포니아대(UC Irvine) 교수의 연구 결과를 발표했다. 리그노 교수는 유럽연합(EU) 레이더 관측위성인 EPR 1, 2호의



자료를 통해 서남극 아문센 해 빙하가 육지와 맞닿는 경계선을 관측하였다. 그 결과 빙하의 하단부가 녹아서 바닷물 위에 떠 있는 지역이 과거에 비해 훨씬 많아졌다는 사실을 밝혀냈다. 더불어 두께가 얇아진 남극의 빙하는 따듯한 바닷물 위에 떠서 흘러가고 있어 빙하의 용해 속도가 더욱 빨라지는 상황이다.

리그노 교수는 "아문센 해 빙하가 사라지는 것은 막을 수는 없을 것으로 보인다"면서 "이와 같은 급속한 속도로 빙하가 녹는다면 향후 수십 년, 수백 년간 해수면 상승에 상당 부분 영향을 미칠 것"이라고 말했다. 아문센 해의 빙하가 모두 녹는다면 지구 전체 해수면 높이를 1.2m 상승시킬 수 있는 것으로 알려졌다.

(NASA/Jet Propulsion Laboratory, 동아일보, 2014년 5월 14일)

### 감사의 말씀

Polar Wave 2014-03 연구동향 기사 감수를 도와주신 극지기후변화연구부 김기태, 김백민 박사님, 극지해양환경연구부 김태완 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

# 자원개발 동향

## 노르웨이, 북극 가스 개발을 위한 노력



노르웨이 가스관 공기업인 가스코(Gassco)가 26개의 유전 및 가스개발 업체와 포럼을 가졌으며 포럼 보고서에 따르면 바렌츠해의 가스개발을 통해 2020년 대 또는 그 너머까지 가스공급이 가능할 것으로 보았다. 그러나 자원매장량은 그 지역에 가스개발 주요 투자를 할 만큼 충분치 않다고 저자들이 결론지었다. 그럼에도, 각 지역을 기반한 협력개발은

추후에도 가능할 것으로 보았다.

궁극적으로 북극지역의 인프라 개발은 노르웨이 정부의 결정에 좌우된다. 노르웨이 에너지 자원부의 한 관계자는 바렌츠해에 가스생산과 산업개발로 많은 기회가 있을 것이라고 말하면서 장기적 관점에서 석유 개발이 북노르웨이 산업의 중요 요소임을 한번 더 확인했다고 밝혔다.

지역석유업체인 North Energy 이사회의 Barlindhaug는 북극대륙붕에서 유전 및 가스 개발을 한다면 2030년에는 그 생산량을 자원 잠재량의 50퍼센트까지 올릴 수 있을 것이라고 언급했다. 개발이 유력한 곳은 알마르요한센(Hjalmar Johansen High) 지역으로 노르웨이와 러시아의 해상국경에 위치해 있다.

(Barents Observer, 2014년 6월 11일)



## 러시아 북극개발 제재 들어올까

미국, 영국, 독일 및 프랑스는 러시아가 우크라이나 대통령선거를 방해하는 것으로 확인 되면 3단계에 걸친 제재승인 절차에 들어갈 수 있다고 경고했다. 그 중 한가지는 각국의 업체가 러시아 에너지 발굴에 필요한 첨단장비들을 수출하지 못하도록 막는 것이 포함되어 있다고 밝혔다. 엑손모빌(Exxon Mobil), 스타토일(Statoil), 에니(Eni), 쉘(Shell) 등은 러시아 석유 및 가스 업체의 파트너사로, 각각의 입장에 대한 구체적 언급은 아꼈지만 북극개발에 제재가 가해질 경우 타격이 클 것으로 예상했다. 그러나 긴밀한 협력에도 불구하고 개발지역으로부터 얻어지는 자원의 양은 전체에 비해 1%도 되지 않는다. 즉, 러시아에 대한 제재가 단기적으로는 러시아의 석유 및 가스 생산에 크게 영향을 미치지 않을 것이라고 전망했다. 그럼에도, 러시아가 20-30년 이후에도 안정적인 생산을 계속하고 싶다면 자국 기업들이 새로운 기술을 개발할 수 있도록 적극적인 투자를 해야 한다고 스베르뱅크(Sberbank)의 한 관계자는 덧붙였다.

(Barents Observer, 2014년 5월 14일)



## 러시아, 북극개발 본격 준비



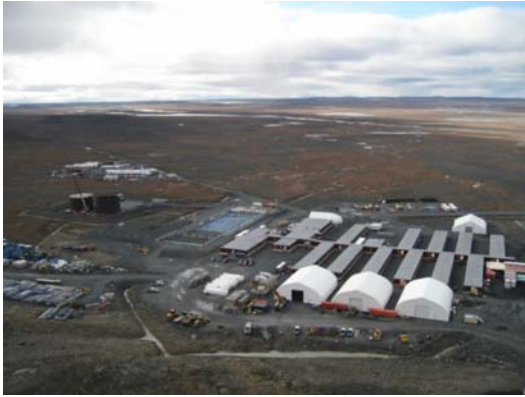
러시아 산업통상부는 8억 9,300만 루블(한화 약 269억 원) 규모로 7차에 걸쳐 북극해 유전 및 가스 개발 업체와 설계 업체를 대상으로 입찰절차를 밟는 중이라고 밝혔다. 입찰은 기름유출시 제거기술 개발, 핵동력 쇄빙선 설계, 북극항로 이동을 위한 정보기술과 해저시추장비 개발 등을 그 범위로 하고 있다. 특히 가장 규모가 큰 것은 2억 4,500만 루블(한화 약 74억 원) 규모인 유전 및 가스의 부유개발장비 설치이며, 낙찰된 업체 중 크릴로프연구센터(Krylov Research Center)는 쇄빙선을 위한 연구를, 말라카이트(Malachite)사는 유전 및 가스 개발 설계를 담당하게 된다.

(Barents Observer, 2014년 5월 7일)



# 인프라

## 캐나다, 새 쇄빙선 운항 준비



캐나다의 조선사 Fednav는 쇄빙선 누나빅(Nunavik)이 캐나다에 도착했다고 알렸다. 이 쇄빙선은 일본 조선사 Japanese Marine United(JMU)의 쓰(Tsu)조선소에서 건조되었으며, 채굴업체인 Canadian Royalties가 소유한 퀘벡 디셉션베이(Deception Bay)의 누나빅 니켈 채굴장에서 생산된 콘크리트를 수출하고 채굴장으로 장비, 연료를 수송하는데 이용될 예정이다. 누나빅은 세계에서 가장 추진력이 좋은 화물쇄빙선으로 독자적으로 북극항해를 할 예정이며 1.5미터 두께의 얼음에서도 운항이 가능하여 한겨울에도 항해가 가능하다. 또한 누나빅은 친환경 기술을 이용한 엔진을 사용하여 질소산화물 발생을 20%가량 줄이도록 하였으며, 해양생태계 교란 방지를 위한 선박평형수 처리시스템을 장착하였다.

Fednav의 공동 대표인 Paul Pathy는 “새로운 배가 도착해서 자랑스럽고 기쁘다. 우리의 노력이 마침내 기술발전과 에너지효율로 결실을 맺은 것이며, 선박은 북극 자원채굴에 기여할 것이다.” 라고 언급했다.

한편 누나빅은 캐나다 퀘벡 주 북부에 위치하는 이누이트 원주민의 거주지역으로, 원주민들과 누나빅 프로젝트를 인지하는 차원에서 선박의 이름으로 지었다고 Fednav사는 알렸다. (Canadian Sailings, 2014년 5월 15일)

## 노르웨이, 새로운 선박이 북극관리 임무 나서

길이 88m 규모의 탐험선 ‘Polarsyssel’이 장비들을 싣기 위해 노르웨이의 하브야드(Havyard) 조선소에 정박했다. Polarsyssel은 오는 8월 말 스발바르 제도 주변 운항을 시작으로 기존 선박 ‘MS Nordsysse’를 대신하여 약 6개월간 당국 주도 하에 스발바르 제도 주변 해역 관리와 구조 및 비상사태대비 등의 임무를 맡게 된다. 선박은 터키의 조선업체 Cemre가 건조하였으며 0.6m 두께의 얼음을 깰 수 있다. 또한 선박에는 장비를 끌어올리기 위한 권양기(Winch)가 갖추어져 있을 뿐만 아니라, 헬리콥터의 발착이 가능하며 연료 공급시스템이 탑재되어 있다.

(Barents Observer, 2014년 5월 15일)



## 러시아, 2020년 까지 3대의 쇄빙선 건조

발티스키 조선소는 핵동력 쇄빙선 건조 프로젝트 22220을 위한 입찰에서 유일하게 성공한 업체로, 계약기간 동안 약 2조 5,236억원 규모의 건조사업을 수행한다. 2013년 LK-60 아티카(Arktika) 쇄빙선 건조를 시작으로 2017년, 2019년, 2020년에는 세 대의 새로운 쇄빙선이 각각 운항을 시작할 수 있도록 할 예정이다. 또한 아티카는 길이 173m, 폭 34m의 규모로 3m 두께의 해빙에서도 항해할 수 있는 세계에서 가장 큰 규모의 쇄빙선이 될 것이라고 밝혔다.

(Barents Observer, 2014년 5월 8일)



## 그린피스 선박 'Arctic Sunrise' 풀려나



국제 환경보호 단체인 그린피스(Greenpeace)는 변호인단을 통해 러시아 당국이 지난 2013년 9월 러시아 석유 시추 플랫폼 '프리라즈롬나야' 인근에서 나포한 선박 'Arctic Sunrise'호를 풀어주겠다고 통보했다고 밝혔다.

그린피스 환경운동가 28명과 프리랜서 기자 2명 등 총 30명은 'Save the Arctic' 캠페인의 일환으로 네덜란드 선박의

쇄빙선 'Arctic Sunrise'호를 타고 북극해와 가까운 바렌츠해의 석유 시추 플랫폼 '프리라즈롬나야' 부근에서 시위를 벌이며 플랫폼 진입을 시도하다가 선박과 함께 러시아 국경 수비대에 해적 및 난동 혐의로 체포되었다. 이후 체포된 30명은 지난 2월 소치 동계올림픽이 열리기 직전 사면, 석방되었으나 선박은 그 대상에서 제외되었고 무르만스크로 견인되었다. 선박 'Arctic Sunrise'호는 최초 나포된지 9개월 만에 풀려났으나 조사 중인 필수 항해장비를 아직 돌려받지 못하였고, 선박의 기본적인 유지보수 조치를 취한 다음에야 항해에 나설 수 있을 것이라고 알려졌다.

한편, 지난 2013년 7월 그린피스는 80층이 넘는 런던 최대 빌딩 '더 샤드(Shard)' 꼭대기에서 해당 건물에 입주해 있는 석유회사 '셸(Shell)'의 북극 석유시추활동에 반대하는 운동을 벌인 적 있다. (이타르타스 통신, 2014년 6월 6일)

## 러시아 석유업체 루코일, 작업 중 화재발생

6월 10일 밤, 코미 공화국의 우신스크(Usinsk)에 위치한 러시아 석유전문업체 루코일(Lukoil)의 작업현장에서 화재가 발생했다. 불길은 1시간 30여 분 만에 진압되었으며 인명피해나 주변환경 오염은 없었다고 지역방송이 전했다.

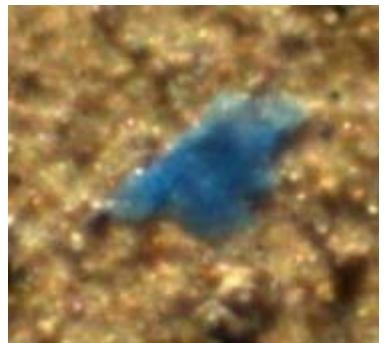
이번에는 화재가 빨리 진압이 되었으나 지난 5월, 2만 톤의 기름이 저장되어 있는 4개의 저장소가 불길에 휩싸이면서 이틀에 걸쳐 불을 끄고 한 명의 소방관이 다치는 등 어려운 상황을 겪은 바 있다.

우신스크는 기름유출사고가 여러 번 발생한 지역으로 잘 알려져 있다. 1988년과 1992년 기름유출사고가 있었고 1994년엔 최대 추정치 20만톤의 기름이 우신스크와 하라가(Kharyaga)를 잇는 송유관에서 툰드라 지대로 유출된 적 있다. 잇따른 기름유출 사고는 2007년과 2010년에도 발생했다. (Barents Observer, 2014년 6월 11일)

## 플라스틱 미세 입자, 북극 얼음에 갇히다

2012년, 인간은 무려 3억 톤에 달하는 플라스틱을 생산하였다. 버려진 플라스틱은 모두 어디로 가는 것일까? 새로운 연구는 플라스틱의 잔해가 북극해빙에서 발견되었다고 알렸다. 만약 해빙이 녹는다면 세계에 떠다니는 플라스틱을 다량 방출할 수도 있는 것이다.

과학자들은 바다, 해변가 또는 해류가 만들어낸 '태평양 거대 쓰레기지대(Great Pacific Garbage Patch)'에서 플라스틱미세입자가 떠도는 것을 이미 알고 있었지만, 다트머스대학의 Rachel Obbard 연구원은 해류를 타고 북극으로 온 플라스틱미세입자를 최근에 발견한 것이다. 시추한 빙하코어에서 발견된 것으로 유추해 볼 때, 입자 상당부분이 바다에 떠돌다 해빙이 얼 때 갇힐 수 있고 이 과정이 플라스틱의 소멸경로 중 상당수가 될 수 있음을 시사한다. 또한 현재 추세로 해빙이 녹을 경우 차후 10년 안에 1조개가 넘는 플라스틱 미세입자가 방출될 수 있다고 미국 우즈홀 해양교육협회의 해양학자 Kara Lavender Law는 전했다.



연구진은 2005년부터 2010년 동안 북극탐사에서 얻은 빙하코어를 일부 녹이고 거름망에 걸러낸 뒤 침전물을 가라앉혀 모양이나 색깔 등이 눈에 띄는 것을 현미경으로 관찰하였다. 또한 적외선 스펙트럼분석으로 54%가 천연고분자를 주원료로 한 인조섬유 레이온, 폴리에스테르 21%, 나일론 16% 등이 포함되어 있음을 알아내었다. 연구팀은 더욱 세밀한 거름망을 쓰면 초미세 플라스틱입자가 많이 발견될 것을 지적하면서 유기체 조직에의 잔류, 섭취 후 방출 등에 대한 연구를 수행 중이라고 밝혔다.

(Science News, 2014년 5월 22일)