

# POLAR WAVE

2013-05호

## 변화무쌍한 극지방, 불확실한 미래

북극권에서 영향력을 확대하려는 러시아와 중국의 노력이 여전히 계속되고 있다. 러시아는 북극지역의 비상사태에 대비한 긴급대책을 위해 북극권 지역 최초로 개설된 사고구조센터를 개설하였고, 중국은 상선으로는 처음 북극항로를 가로지르는 상업 운항에 나섰다, 중국의 한 민간사업자는 아이슬란드 지역 개발을 다시 추진할 예정이라고 한다. 이외에 캐나다 북극지역에서 해양경비대 소속 헬기가 추락해 조종사 등 탑승자 모두가 숨진 안타까운 사고도 있었다.

과거 백만 년 동안의 기후변화를 잘 설명해 주는 밀란코비치 이론을 재평가한 연구논문도 있었고 북극권 지역의 평균 햇빛 반사율(알베도)의 변화가 기후변화에 중요한 영향을 끼친다는 연구, 기후변화 속도가 6500만 년 전 보다 10배 이상 빠른 것으로 예상된다는 연구 등 기후변화와 관련된 연구결과들이 다수 보고되었다. 이외에 북극 동 시베리아 해의 거대빙상이 존재했다는 증거를 확인한 연구 결과와 남극 바다에서는 처음 발견된 고래 사체의 뼈를 먹는 남극 신종 벌레 2종에 대한 논문도 보고되는 등의 새로운 발견들에 대한 연구결과도 보고 되었다.

세계에서는 북극의 개발 및 산업화가 가져올 기회 뿐만 아니라 지구환경과 인류에게 치명적인 결과를 초래할 수 있다는 우려 섞인 경고, 폭염과 홍수 등의 기상이변을 경험하여 기후변화로 인한 재해를 선제적으로 대처하기 위한 연구 등 북극의 변화와 기후변화가 가져올 불확실성에 대응하고자 하는 노력들을 하고 있다.



정책동향

- 러시아, 북극권에 '사고구조센터' 개설
- 중국, 북극항로 첫 상업운항



연구동향

- 빙상-기후모델을 통해 빙기-간빙기의 10만년 주기 매커니즘 이해
- 북극 동시베리아해의 대륙붕을 덮고 있던 거대 빙상 흔적 발견
- 북극 해빙(Arctic Sea Ice)의 햇빛 반사율, 30년간 감소
- 느리게 확장하는 해저산맥도 남대서양의 중요한 철 공급원
- 기후변화 속도, 6500만 년 전 보다 10배 빨라
- 고래 뼈 먹는 남극 신종 벌레 발견
- 남극해보다 북극해가 인간활동 기원의 변화에 더 취약



그 외 소식

- 캐나다 북극지역에서 해양경비대 소속 헬기 추락
- 기상청, '북극해빙 자료' 홈페이지서 공개

## 극지연구소

### 주요 행사

- 제 39차 니알슨과학운영자회의(NySMAC)  
10.7~8 / 이탈리아 로마
- 2013년 아시아극지과학포럼(AFoPS) 회의  
10.10~11 / 말레이시아 페낭
- 극지 데이터 활동에 관한 국제 포럼(International Forum on Polar Data Activities within the Global Data Systems)  
10.15~16 / 일본 도쿄
- 제 19차 국제 극지과학 심포지엄  
10.16~18 / 극지연구소
- 남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP) 쇄빙선 워크샵  
10.21~22 / 남아프리카 공화국 케이프 타운
- 제 32차 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 회의  
10.23~11.1 / 호주 호바트
- 북극 스발바르 종합관측망구축사업 기획연구(SIOS-PP) 회의  
10.22~24 / 노르웨이 오슬로

## 러시아, 북극권에 '사고구조센터' 개설

러시아 나리얀마르(Nar'yan-Mar)에 북극권 지역 최초로 사고구조센터가 문을 열었다. 북극지역 전 비상사태에 대비한 긴급대책을 위해 개설된 사고구조센터의 전문가들은 사고긴급대책 외에도 사고예방차원에서 북극항로와 석유가스 철로작업 상황 등을 모니터링 할 예정이라고 밝혔다.

새로 개설된 사고구조센터는 특히, 기름 유출 흔적을 제거하는 일에 관심을 갖고 있으며, 러시아가 지정학적으로 북극지대 주요 위치를 차지하고 있어 환경문제는 북극지역국가들과 긴밀한 협력관계가 요원한 주요한 사안이라고 관계자는 전하였다.

나리얀마르의 사고구조센터를 포함하여 러시아는 2015년도까지 러시아 북극지대에 총 10개의 사고구조센터를 개설할 계획을 가지고 있다고 발표하였다. 위성 정보 등을 활용한 다목적 시스템을 갖출 것으로 기대되는 가운데 항해안전을 비롯해 해양 시설 및 환경 모니터링 수준이 향상될 것으로 전망하였다. (Barents Observer, 2013년 8월 27일)



극지연구소

## 중국, 북극항로 첫 상업운항

중국 화물선이 사상 처음으로 북극항로를 가로지르는 상업 운항에 나섰다. 중국 국영 해운기업인 중국원양운수집단(코스코그룹)은 지난 8월 8일 자사 소속 1만9461t급 용성(永盛)호가 랴오닝(遼寧)성 다렌(大連)항에서 러시아 위쪽의 항로를 이용해 네덜란드 로테르담을 향해 출발했다고 밝혔다. 용성호는 베링 해협을 통과한 뒤 서쪽으로 항해해 동시베리아해, 빌키츠키 해협을 통해 노르카프 부근에 도착한 다음 로테르담까지 이어지는 항로를 이용하게 되는데, 이는 수에즈 운하와 지중해를 통과하던 기존 항로보다 항해 일수를 15일 단축할 수 있다고 전하였다. 용성 호는 오는 9월 11일 로테르담에 도착할 예정이다. (The Financial Times, 2013년 8월 11일)

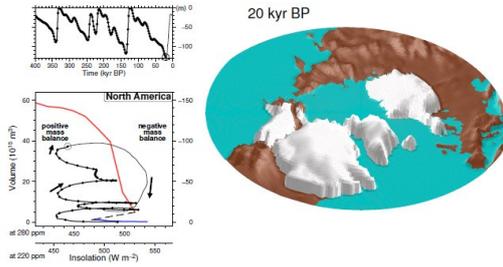
중국 다렌-네덜란드 로테르담 항해시간  
자료:파이낸셜타임스



## 중국의 억만장자, 아이슬란드에 투자

중국의 부동산 재벌 황누보(黃怒波) 중군그룹(中坤集團) 회장은 외국인 투자자의 토지 소유권을 불허하는 아이슬란드 정부의 반대로 접어야 했던 아이슬란드 리조트 개발 계획을 다시 추진할 예정이라고 밝혔다. 지난 4월 아이슬란드 총선에서 '긴축보다 성장'을 앞세운 독립진보당 연립내각으로 정권이 교체된 후 각종 법 개정예가 가속도가 붙어, 외국인 투자자가 현지 부동산에 투자할 수 있게 된 것이다. 아이슬란드 내무부의 기슬리 발도슨(Gisli Freyr Valdorsson)대변인은 아이슬란드의 현행 투자법에 대한 재검토가 필요하다는 사실을 전했다. 법 개정에 대한 검토는 오늘 겨울 시작될 것이라고 밝혔다. (Bloomberg, 2013년 8월 14일)

## 빙상-기후모델을 통해 빙기-간빙기의 10만년 주기 매커니즘 이해



빙기-간빙기의 10만년 주기를 뒷받침하고 그 매커니즘에 대한 이해를 도울 수 있는 연구논문이 최근 네이처(Nature)를 통해 발표되었다. 기존 밀란코비치 이론은 북반구 고위도의 여름 일사량 변화가 빙기-간빙기를 유도하는데, 이 일사량은 지구 공전궤도의 이심률, 지구 자전축의 기울기, 그리고 지구의 세차운동이 종합적으로 작용하여 변화된다는 것이다. 통계적 분석을 통해서도 빙기와 간빙기가 나타나는 주기가 공전궤도 이심률, 자전축 경사, 세차운동과 연관되는 것으로 나타났으나, 밀란코비치 이론이 빙기-간빙기의 10만년 주기 매커니즘을 온전히 설명하기에는 부족함이 있었다. 이에 국제 공동연구팀은 빙상-대기 인자들과 북미(North America)와 유라시아(Eurasia) 대륙의 빙상의 질량 평형을 종합적으로 검토한 빙상-기후모델을 제시하였다. 그 결과 연구팀은 일사량과 기후, 빙상 그리고 암석-암류권 사이의 내부 피드백들이 10만년 주기를 설명한다고 밝혔다. 북미 빙상이 처음 만들어지기 시작한 이후 이심률은 점차 최소가 되며 세차순환들의 진폭들을 감소시키는 여러 차례의 세차순환들을 통해 질량 평형이 양(+)으로 남고 빙상이 커져 저위도로 확장하면 할수록 질량 평형을 음(-)으로 만드는데 요구되는 일사량은 더욱 작아진다는 것이다. 결국, 거대한 빙상이 만들어질 때 일사량 내 적당한 증가는 음(-)의 질량 평형을 유도하는데 충분하여 몇 천년 이내에 거의 완전한 빙상 후퇴를 이끌고, 이렇게 빠르게 진행되는 빙상 후퇴는 자연성 지각평형 반발과 낮아진 빙하 표면 고도의 급격한 삭마(削磨)로 주도되는 암석-암류권 반응이라고 설명하였다. 또한 이산화탄소가 빙기-간빙기의 10만년 주기에 영향을 미치는 요소이기는 하나 결정적인 것은 아니라고 밝혔다. (Nature, DOI: 10.1038/nature12374)

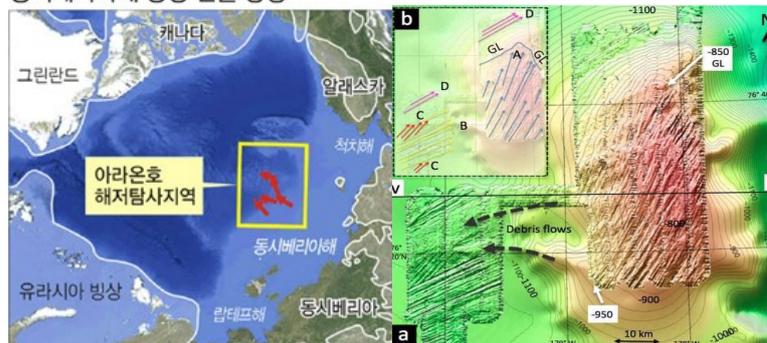
- \* 공전궤도의 이심률 변화: 지구의 공전궤도가 타원에 가까운 모양과 원에 가까운 모양으로 주기적으로 변화하는 것을 말한다. 이 주기는 약 10만년을 주기로 나타나게 되는데, 공전궤도의 이심률이 변하면 태양과 지구 사이의 거리가 달라지면서 지구에 도달하는 태양에너지의 양이 달라지게 된다.
- \* 지구 자전축의 경사각 변화: 지구의 자전축의 경사각은 22~24.5도 사이에서 4만 1000년을 주기로 커졌다 작아졌다를 반복한다. 지구 자전축의 경사각이 커지면 계절변화가 더 뚜렷이 나타나면서 여름과 겨울의 연교차가 더 커지게 된다.
- \* 지구의 세차 운동: 지구의 자전축이 1만 9천~2만 3천년을 주기로 회전하는 것을 말한다.

## 북극 동시베리아해의 대륙붕을 덮고 있던 거대빙상 흔적 발견

우리나라 첫 쇄빙연구선인 아라온호가 북극 동시베리아해 빙상의 흔적을 세계 최초로 밝혀냈다. 이는 과거 빙하기 동안 북극해 연안 전체가 거대한 빙상에 둘러싸여 있었다는 사실을 증명하는 것으로 향후 북극의 기후변화 패턴을 이해하는 데 중요한 자료가 될 전망이다. 극지연구소 홍중국, 남승일 박사 연구팀과 독일 알프레드 베게너 극지연구소(AWI)의 프랑크 니센(Frank Niessen) 박사 연구팀은 아라온호를 이용해 북극해를 공동으로 탐사한 결과 제4기 빙하기(260만년 전~1만년 전) 때 동시베리아해에 존재한 빙상(Icesheet)의 증거를 발견했다고 밝혔다. 빙상이란 대륙을 광범위하게 덮은 빙하로 면적이 5만km<sup>2</sup> 이상인 것을 말하는데, 그간 학계에서는 제4기 빙하기 때 북극해 주변 대륙을 덮은 빙상이 북극해까지 뻗어나가 북극해의 가장자리가 빙상에 덮여 있었을 것으로 추정하였다. 이를 뒷받침하는 증거가 북미, 그린란드, 러시아 서북부 해안에서는 발견됐으나, 동시베리아해에서는 지금까지 확인되지 않아 일각에서는 동시베리아해는 빙상이 없었다는 주장도 제기되고 있어 학계의 비상한 관심을 모으는 지역이었다.

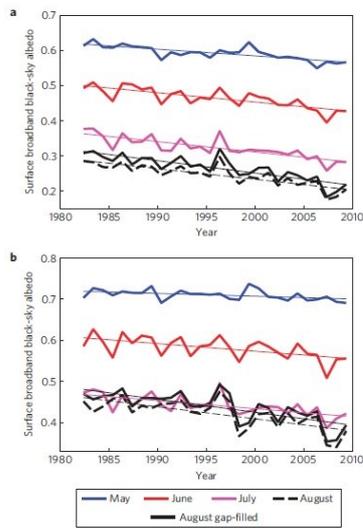
양국 연구팀은 2008년 독일 쇄빙선 플라스턴호를 이용해 얻은 예비 탐사자료를 바탕으로 지난해 8월, 아라온호를 이용해 동시베리아해 해저지형을 정밀조사한 결과, 빙상이 해저면을 긁으면서 형성된 대규모 '빙하침식 선형구조(mega-scale glacial lineations)'를 발견하였다. 이번에 발견된 동시베리아해의 빙상 두께는 그동안 북극해 연안에서 발견된 빙상(800~1000m)보다 두꺼운 1200m에 달하였고 길이와 폭도 각각 20km, 10km가 넘는 것으로 나타났다. 이번 연구결과는 세계적인 학술지 '네이처 지오사이언스(Nature Geoscience)' 온라인판에 게재되었으며, 아라온호가 북극해를 탐사하는 사진은 10월호의 커버사진으로 실리게 되었다. (Nature Geoscience, DOI: 10.1038/ngeo1904 / 연합뉴스, 2013년 9월 26일)

동시베리아해 빙상 진출 방향



# 연구동향

## 북극 해빙(Arctic Sea Ice)의 햇빛 반사율, 30년간 감소



두터운 해빙으로 덮인 해역은 그 표면이 흰색으로 매우 밝아 대부분의 햇빛을 반사하고 열 흡수율은 매우 낮다. 최근 가속화되는 북극 해빙 면적의 감소는 상대적으로 어두운 바다 표면이 더 드러나는 것과 동시에, 두께가 얇아 상대적으로 어두운 단년생 해빙 영역의 증가를 의미하므로 북극권 지역의 평균 햇빛 반사율(알베도)은 감소할 것이라 기대할 수 있다. 이러한 기대는 최근 네이처 기후변화(Nature Climate Change)에 보고된 연구에서 새로운 알고리즘으로 생산된 균질화된 장기 위성 관측 알베도 자료를 통해 확인되었다.

연구에서는 여름철 북극권의 알베도가 지난 30년간 유의하게 감소하고 있음을 밝혔는데, 이는 주로 해빙 농도의 장기 감소에 기인하였다. 또한, 기온 변화로 인한 표면 근처의 눈-얼음 층의 반복적인 결빙과 용융, 그리고 얼음과 바다에 흡수되는 누적 태양에너지를 결정하는 용융 시작 시점도 알베도의 변화를 야기하는 중요한 원인으로 확인되었다. 알베도의 변화는 해빙-알베도 피드백을 통해 기후 변화에 중요한 영향을 끼치므로 균질한 알베도 자료의 지속적인 축적이 수반되어야 할 것이다. (Nature Climate Change, DOI: 10.1038/nclimate1963)

## 느리게 확장하는 해저산맥도 남대서양의 중요한 철의 공급원

생물생장의 필수 미량영양소(micronutrient)인 철은 남빙양(Southern Ocean)을 포함한 많은 해양에서 일차생산력을 조절하는 중요한 미량원소로 알려져 있다. 그러나 해양에서 철 공급 근원지의 정확한 위치 및 규모에 대해서는 아직 불분명한 상태이다. 이전 연구결과에서 빠른 속도로 확장(fast-spreading)하는 해저 산맥을 따라 발견되는 심해 열수 분출공(hydrothermal vent)이 해양 내 철 농도를 좌우하는 중요한 공급원으로 밝혀졌다. 그러나 전 지구 해저 산맥의 절반이상을 차지하고 있는 느린 해저산맥의 확장이 해양 내 철 농도에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 수행되지 않았다.

최근 우즈홀 해양연구소의 사이토(Mak A. Saito) 박사 연구팀은 브라질부터 나미비아에 이르는 남대서양 연안을 따라 깊이에 따른 용존 철과 망간의 농도를 측정하였다. 연구팀은 느리게 확장되고 있는 남대서양 중앙해령 위쪽으로 매우 높은 농도의 철과 망간이 녹아 있는 기둥(plume)을 발견하였는데, 기둥의 농도가 빠르게 확장하고 있는 남동태평양 해저산맥에서 측정된 값보다 80배 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 빠른 해저산맥의 확장만이 주변해양에 많은 양의 철을 공급한다는 기존의 생각을 무너뜨리고 느리게 확장하는 해저산맥의 열수 분출공이 전 지구 해양에서 철의 농도를 좌우하는 매우 중요한 변수가 될 수 있음을 밝혔는데 의미가 있다. 향후 이 기둥의 정확한 모양과 확장범위를 밝히고 이렇게 분출된 철을 포함한 미량원소들이 얼마나 오랫동안 안정적으로 해수 중에 존재할 수 있으며 해수면까지 이동가능한지에 대해 추가적인 연구를 수행하고자 한다. (Nature Geoscience, DOI: 10.1038/ngeo1893)

## 기후변화 속도, 6500만년 전 보다 10배 빨라

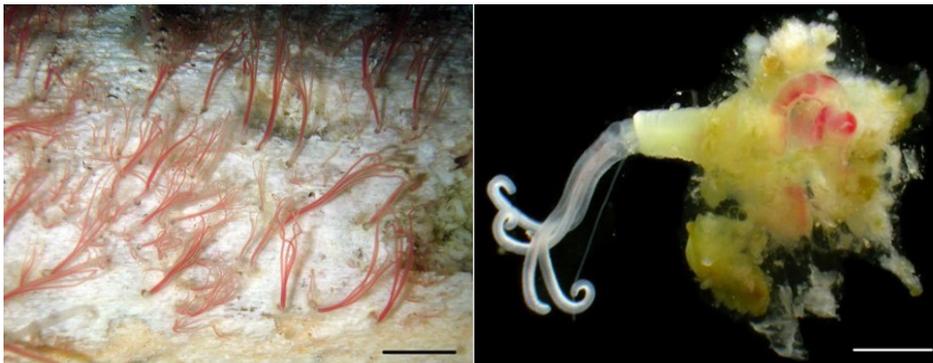
최근 연구에 의하면 현재의 기후 변화 속도는 6500만년 동안 있었던 어떤 시기의 기후 변화 속도보다도 최소한 10배 이상 빠른 것으로 예상된다. 미국 스탠퍼드 대학 연구자들은 지구 생태계에 영향을 미칠 수 있는 기후 변화의 여러 측면에 관한 기존 연구들을 집중적으로 분석한 결과 지금 같은 추세가 계속되면 전세계 육지 생태계에 큰 스트레스를 미쳐 많은 생물종이 생존을 위해 행동과 진화 및 지리적 적응을 해야만 하는 것으로 나타났다고 발표하였다.

이들은 약 2만년 전 지구가 마지막 빙하기에서 벗어날 때 기온이 5°C나 급상승했는데 20세기와 21세기에 걸쳐 일어날 온난화의 최대 폭이 그만큼 된다고 지적했다. 이 연구에 따르면 지금처럼 온실가스가 계속 방출되면 금세기 말 북반구 기온은 지금보다 5~6°C 오를 것이며 그렇게 되면 지난 20년 중 가장 더웠던 여름철이 새로운 일상이 될 것으로 전망하였다. 또한 현재부터 금세기 말까지 일어날 가능성이 있는 기후 변화 모델 20여 개를 분석한 결과 이상 고온과 폭우 같은 기상이변이 더 자주, 더 심하게 일어날 것으로 나타났다고 밝혔다. (Science, DOI: 10.1126/science.1237123)



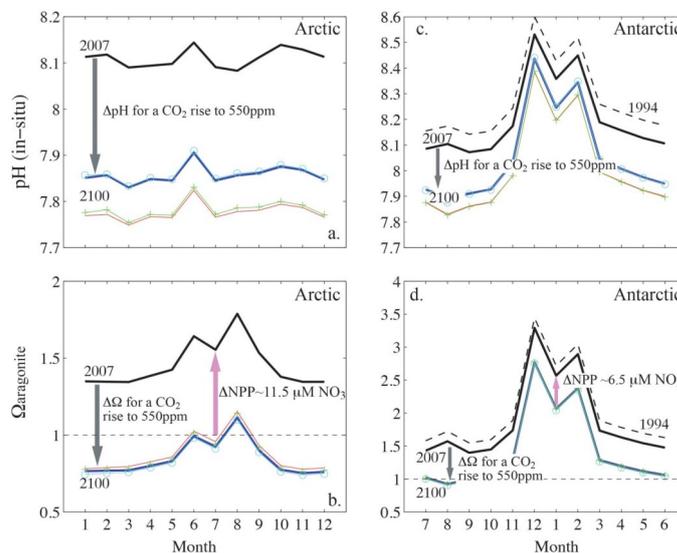
## 고래 뼈 먹는 남극 신종 벌레 발견

최근 영국 등 국제 공동연구팀은 '영국 왕립학회보(Proceedings of The Royal Society)'을 통해 남극 바다에서 발견한 신종 벌레 2종에 대한 논문을 발표하였다. 각각 오스덱스(*Osedax antarcticus*, *Osedax deceptionensis*)라는 학명이 붙은 남극 신종벌레는 가라앉은 고래 사체의 뼈에 구멍을 뚫고 뼈를 녹여 먹으며 기생하는 것으로 나타났다. 신종벌레의 최대 크기는 약 4cm로, 암컷보다 훨씬 작은 수컷은 암컷의 몸에 붙어 정자은행 역할을 하며 사는 것으로 나타났다. 연구진에 따르면 지금까지 따뜻한 지역에서 '남극 신종 벌레'와 유사한 벌레가 5종이 발견되었지만, 추운 지역에서 발견된 것은 처음이라고 밝혔다. (Proceedings of The Royal Society B, DOI: dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.1390)



## 남극해보다 북극해가 인간 활동 기원의 변화에 더 취약

최근 연구에 따르면 북극해역이 남극해역보다 인간 활동에 의한 변화에 더 취약하다는 주장이 제기되었다. 캐나다 델하우지 대학 연구팀은 동일한 관측기기를 이용하여 두 해양의 관측 지점들, 북극: 아문젠만(Amundsen Gulf)와 남극: 프릿츠만(Prydz Bay)에 대한 비교를 하였다. 그 결과, 북극의 여름은 남극의 여름보다 산성도가 더 높고(pH 8.15 대 pH 8.5), 더 많이 따뜻해지고(10°C 증가 대 3°C 증가), 더 많이 담수화(염분 단위 3만큼 감소 대 2만큼 감소)됨이 나타났다. 북극의 탄소 시스템은 알칼리성의 남극 시스템보다 계절변화가 약한 것으로 나타났는데, 연구팀은 여름철 남극의 과도한 표층 영양염이 이산화탄소를 제거하여 남극 해역의 해양 산성화를 완화하는 것으로 판단하였다. 해양 산성화는 크릴, 조개, 새우와 같은 해양 생물의 껍질과 골격 형성에 악영향을 주기 때문에 북극 생태계와 인류 식량 문제에 중대한 문제를 가져올 수 있다. 연구팀은 인구가 밀집한 북극 주변에 이러한 문제가 훨씬 빨리 올 것으로 예측하였다. (Scientific Reports, DOI: 10.1038/srep02339)



# 그 외 소식

## 캐나다 북극지역에서 해양경비대 소속 헬기 추락



캐나다 북극지역에서 해양경비대 소속 헬기가 추락해 조종사 등 탑승자 3명이 모두 숨진 사고가 발생하였다. 해양경비대에 따르면 사고는 지난 9월 9일 오후 8시경 맥클루어 해협(M'Clure Strait) 상공에서 일어났으며, 당시 헬기는 해양경비대함정 아문젠(Amundsen) 호에서 이륙해 북극 탐사 작업을 하던 중 추락한 것으로 전하였다. 당시 날씨는 맑았던 것으로 밝혔으나 정확한 사고원인은 연방교통안전위원회에서 조사 중이라고 밝혔다. (CBC News, 2013년 9월 10일)



## 기상청, '북극해빙 자료' 홈페이지서 공개

기상청은 지구온난화에 따른 북극해빙의 변화에 대한 국민적 관심을 충족시키고, 정부의 북극종합정책을 적극 지원하고자 「북극해빙 감시시스템」을 8월 1일부터 홈페이지를 통해 일반에 공개하였다. 이 시스템은 마이크로파 위성센서인 SSMIS 자료를 사용하여 개발하였고, 2007년부터 현재까지 주 단위의 해빙면적과 표면거칠기, 해빙변화 경향, 해역별 해빙 변화 등 다양한 정보를 준 실시간으로 제공한다. 아울러 정기적인 “북극해빙 분석 리포트”도 추가로 제공할 계획이라고 밝혔다. (기상청 홈페이지, 2013년 7월 31일)