



## Snapshot



### ○ 빙하코어과학: 극지 빙하에 숨겨진 기후 역사를 찾아서

(홍성민/인하대학교 해양학과 교수) ..... 3면

지구 지표면의 약 10% 정도를 덮고 있는 빙하는 지구의 기후를 조절하는 중요한 역할을 하는 동시에 기후변화에 매우 취약한 존재이다. 지구가 더워져서 극지의 빙하가 전부 녹는다면 해수면은 65~70미터가 상승하기 때문에 인류는 엄청난 재앙에 직면할 수 있다. 반면에 빙하는 과거 수 십 만년 동안의 기후변화 기록을 간직하고 있어서 '냉동타임캡슐'이라 일컫는다. 오늘날 '빙하코어과학(Ice Core Science)'이라는 새로운 과학 장르를 개척한 과학자들의 노력과 성과를 살펴본다.

### ○ 북극원주민의 전통·지역지식 보호와 우리나라 북극연구

(서원상·진동민/극지연구소 미래전략실) ..... 8면

북극원주민의 인권보호는 북극 거버넌스의 핵심 이슈이며, 그 연장선에서 북극이사회는 '북극과학협력강화협정(안)'에 원주민의 전통·지역지식의 보호 문제를 다루고 있다. 전통지식의 보호가 필요하다는 국제적 공감대에도 불구하고, 자칫 불합리한 전통지식의 보호는 우리나라와 같은 비북극권 국가의 북극연구에 장벽으로 작용할 수도 있다. 이 글에서는 북극이사회와 국제사회의 전통지식 보호에 관한 논의의 내용을 분석한다.

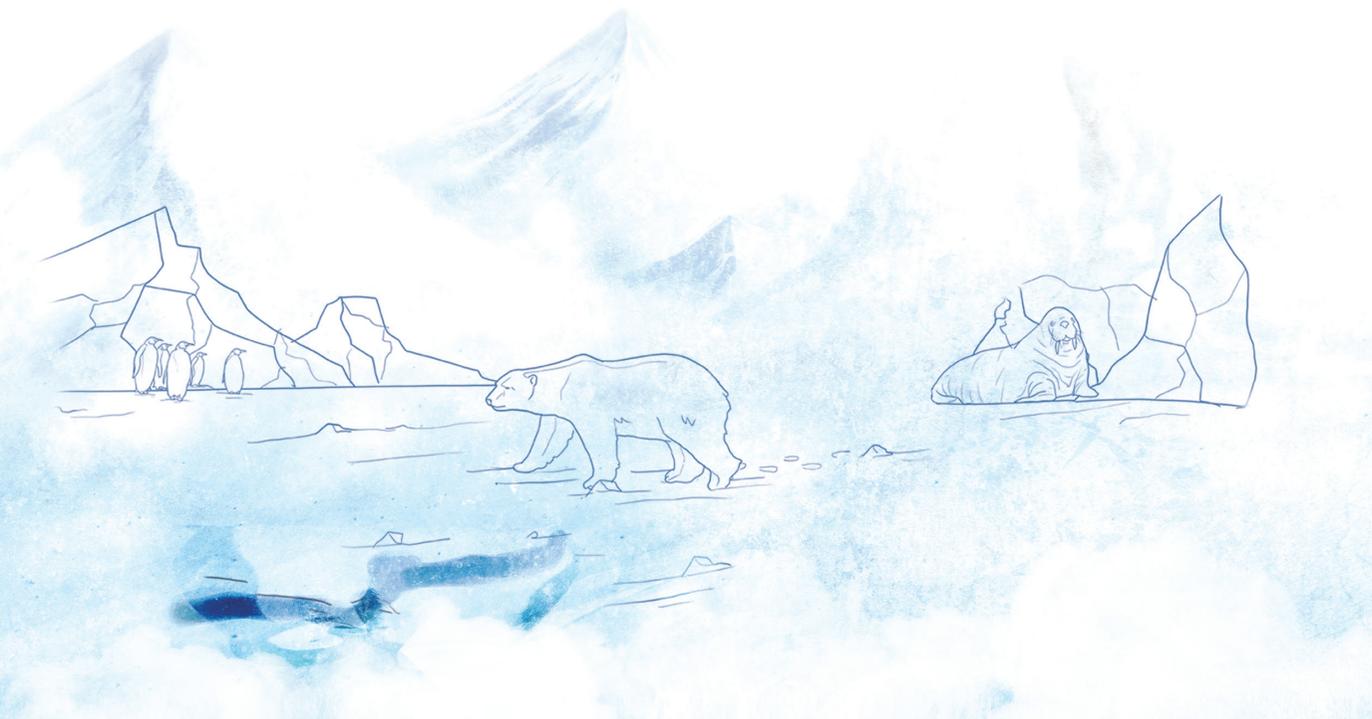
### ○ 남극 빙저호 탐사(Subglacial Antarctic Lake Expedition, SALE): 남극 과학의 뉴 프런티어

(김옥선/극지연구소 극지생명과학연구부) ..... 13면

남극의 빙하 아래에는 예상하지 못했던 매우 많은 호수와 하천으로 이루어진 복잡한 담수생태계가 존재한다. 과학자들은 이 미지의 세계에 어떤 생명체가 존재하는지에 대한 호기심으로 끊임없는 도전을 하였고, 2013년 1월 처음으로 빙저호 시추에 성공하였다. 빙저호 연구는 이제 겨우 시작한 미지의 영역으로, 남극 빙저호 탐사는 다양한 학문분야가 융복합적으로 연계가 되어야 하며, 충분한 사전조사와 철저한 준비와 계획, 그리고 거대 규모의 연구비가 지속적으로 뒷받침이 되어야만 가능하다.

# KOPRI

극지연구소





## 빙하코어과학: 극지 빙하에 숨겨진 기후 역사를 찾아서

홍성민 (인하대학교 해양과학과 교수)

### I. 냉전시대와 빙하연구의 서막

빙하코어과학은 남북극의 고위도부터 중·저위도의 고산지대까지 널리 분포하는 만년설과 만년빙을 대상으로 연구하는 학문이다. 만년설과 만년빙은 고체이지만 중력 작용으로 지형이 높은데서 낮은 데로 흐르기 때문에 얼음하천을 뜻하는 빙하라고 부른다. 이 빙하는 매년 내린 눈이 겹겹이 쌓여서 만들어지기 때문에 눈이 내릴 당시의 기후와 지구환경의 상태를 그대로 기록하고 있다. 빙하 시료를 녹여서 산소나 수소 안정동위원소를 분석하면 눈이 쌓일 당시의 기온을 추정할 수도 있고,<sup>1)</sup> 빙하 얼음에 촘촘히 박혀있는 기포에서 이산화탄소와 메탄가스 등의 기체를 고집어내어 지구상에서는 유일하게 과거의 기체 농도를 측정할 수도 있다. 이밖에도 대기에 떠있던 먼지의 양, 대형 화산활동과 산불의 흔적, 바다 얼음의 확장과 축소, 외계물질 유입량의 변화 등 다양한 지구 환경적 기록들을 간직하고 있어서 빙하를 ‘냉동타임캡슐’이라고 일컫는다. 오늘날 빙하코어과학이 발전할 수 있게 된 데는 어느 분야와 마찬가지로 창의적인 아이디어를 가진 뛰어난 과학자들의 선구적인 역할이 있었기에 가능했다. 또한 극한 환경에서 수천 미터 깊이까지 빙하코어를 시추하



〈그림 1〉 Willi Dansgaard 교수〈출처: 덴마크 코펜하겐대학교 닐 보어(Niels Bohr) 연구소〉

게 된 데에는 많은 과학자와 기술자들의 노력과 헌신이 있었음은 말할 나위가 없다.

빙하에 숨겨진 기후변화의 기록에 처음으로 주목한 사람은 덴마크 코펜하겐 대학의 물리학자이면서 고기후학자인 Willi Dansgaard 교수(1922-2011)이다(그림 1). 그는 1950년대에 강수의 산소동위원소에 대한 연구를 하면서 세계 각지의 강수에서 다르게 나타나는 산소동위원소비의 차이가 해당 지역의 기온과 밀접한 연관성이 있다는 사실을 찾아냈다. 그리고 이러한 연관성을 이용한다면 그린란드 빙하에서 과거의 기후변화를 복원할 수 있을 거라는 아이디어가 떠올랐다. 하지만 당시에는 빙하코어의 시료가 없었기 때문에 Dansgaard 교수의 아이디어를 실현할 방법은 없었다.

빙하코어 시추는 대략 1950년도부터 시작되었지만 수백 미터 길이의 빙하코어 시추는 국제지구물리관측

1) 산소와 수소원자는 중성자의 수가 다른  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ 와  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ 의 안정동위원소들이 존재한다. 강설의 물 분자( $\text{H}_2\text{O}$ )는 각각의 동위원소들과 결합되어 있으며, 산소와 수소의 각 동위원소 사이의 비율 변화는 기온과 밀접한 관계를 가지기 때문에 동위원소비의 변화로 과거의 기온을 추정할 수 있다.

년(IPY, International Geophysical Year) 기간인 1957년에 미국 공병대의 빙설동토연구소(SIPRE, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment)가 처음으로 그린란드 북서쪽에서 411미터, 남극의 버드(Byrd)기지에서 307미터의 빙하코어를 시추하면서 시작되었다. 당시 빙하코어를 시추한 빙설동토연구소는 미군이 한국전쟁 당시 혹독한 겨울을 겪으면서 극한 환경을 연구하기 위해 만들어진 연구기관이었다. 이후 냉전시대에 극한지 군사작전을 대비하기 위해서는 무엇보다 빙설의 물리적 특성을 알아야 한다고 판단한 미군은 그린란드의 빙상을 대상으로 연구를 시작하였고, 그 일환으로 빙하코어를 시추하게 된 것이다. 이후 1961년 빙설동토연구소는 미국 육군의 북극건설·서리영향연구실(ACFEL, Arctic Construction and Frost Effects laboratory)과 통합되면서 극한지공학연구소(CRREL, Cold Regions Research and Engineering Laboratory)가 설립되었다.

빙하코어의 과학적 중요성은 빙설동토연구소가 빙하코어의 물리적 특성뿐만 아니라 산소동위원소와 화학적 특성 등을 분석하면서 인식하게 되었다. 이후 미국국립과학아카데미(The US National Academy of Sciences)의 지원 아래 극한지공학연구소는 본격적으로 빙하의 기반암 깊이까지 시추할 수 있는 시추기 개발에 나선다. 그리하여 1961년부터 1966년까지 6년에 걸쳐 그린란드 캠프센추리 기지에서 1388미터 길이의 빙하코어를 시추하는데 성공하였다(그림 2). 한편, 미국이 그린란드에서 빙하를 시추하고 있다는 소식을 듣게 된 Dansgaard 교수는 캠프센추리 빙하코어 시추 책임자인 극한지공학연구소의 Chester Langway 박사를 만나서 캠프센추리 빙하코어의 일부 시료를 요청했다. 당시 Dansgaard 교수의 연구실은 가장 정확하고 가장 빠르게 산소동위원소비( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ )를 분석할 수 있는 세계 최고 수준의 분석기술을 보유

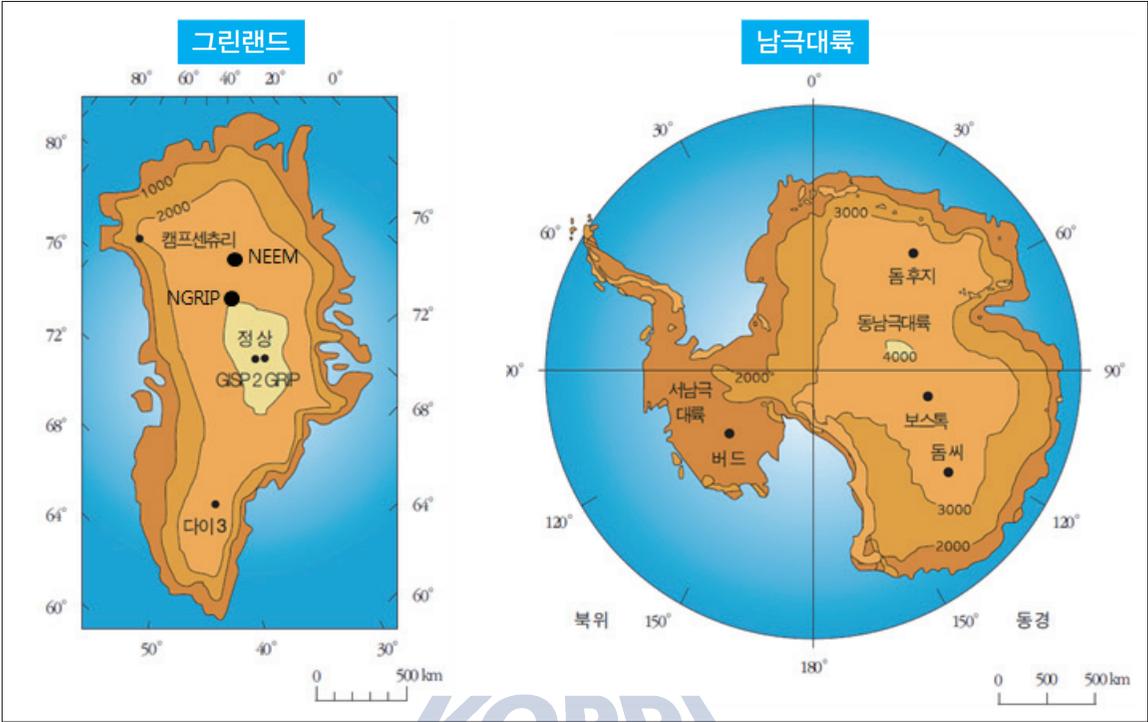
하고 있었기에 Langway 박사는 주변의 반대를 무릅쓰고 Dansgaard 교수에게 캠프센추리 빙하코어 분석을 맡겼다. Langway 교수의 도움으로 Dansgaard 교수는 아이디어를 생각해낸지 10여년이 지나서야 마침내 그 아이디어를 실현하게 된다. Dansgaard 교수와 Langway 박사는 당시 추정으로 지난 10만년의 고기후 변화 기록을 복원하였으며 1969년에 최고의 학술지인 '사이언스'에 논문을 발표하였다.<sup>2)</sup> 하지만 논문이 발표되면서 전 과학계의 비판에 직면하게 되었다. 무엇보다 산소동위원소비의 변화로 추정한 과거의 기후 변화 기록이 매우 급격한 패턴을 보인다는 것이었다. 이러한 급격한 기후변화는 당시 과학계에 퍼져있던 완만한 기후변화의 통념과는 상충되는 것이었기 때문에 캠프센추리 빙하코어의 기록은 변질된 기록이라는 주장들이 제기되었다. 또한 Dansgaard 교수팀은 1972년에 남극 버드빙하코어 기록을 네이처에 발표하였으나<sup>3)</sup> 빙하코어에서 나타나는 기후변화 기록의 진실에 대한 공방은 계속되었다.

## II. 기후변화 패러다임의 변화

1970년대에 들어서면서 그린란드의 캠프센추리와 남극의 버드 빙하코어에서 나타난 기후변화의 기록을 더 확장하고 재현성을 확인하고자 Langway 박사는 미국과학재단(NSF)의 지원을 받아 GISP (Greenland Ice Sheet Program)라는 그린란드 빙하프로그램을 시작하였다. Dansgaard 교수와 스위스 베른대학교의 Oeschger 교수도 본격적으로 참여한 GISP 프로그램은 순수한 과학적 목적으로 그린란드 빙상에서 심도가 2000미터 이상 되는 빙하코어를 시추하고자 했다. 이 빙하코어가 1981년에 2037미터 깊이의 기반암까지 시추한 다이 3(Dye-3) 빙하코어이다(그림 2). 이듬해인 1982년에 Dansgaard 등은 사이언스에 지난 9만

2) Dansgaard 등 (1969) One thousand centuries of climate record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet. Science, 166, 377-381.

3) Johnsen 등 (1972) Oxygen isotope profiles through the Antarctic and Greenland ice sheets. Nature, 235, 429-434.



〈그림 2〉 그린란드와 남극대륙의 심부빙하코어 시추 지점



년 동안의 기후변화 기록을 발표하였고<sup>4)</sup> 이전에 발표한 기후변화의 급격한 변동성이 사실이라는 것을 다시 한 번 확인하게 되면서 본격적인 빙하코어과학의 시대가 열렸다.

이후 시추와 분석기술이 발전하고, 연대측정의 정확도가 개선되면서, 제4기<sup>5)</sup>의 최종 간빙기인 엠 간빙기 (Eem interglacial age, 13만 년 전부터 11만 5천 년 전의 기간)를 포함하는 제4기 후기의 기후변화 기록을 복원하려는 야심찬 계획이 추진되었다. 새로운 빙하코어 시추 지점은 빙하의 두께가 가장 두껍고 적설량이 상대적으로 적어서 더 오래된 과거의 기록을 찾을 수 있고, 더불어 빙하의 기록을 교란시키는 빙하 흐름 현상이 거의 없을 것으로 추정되는 그린란드 내륙 정상 부인 써밋(Summit)이었다. 덴마크, 프랑스 등 유럽 8 개국은 1992년에 3028미터 길이의 GRIP (Greenland Ice Core Project) 빙하코어를 시추하였고, 미국은 독자적으로 28km 떨어진 지점에서 1993년에 3053미터의 GISP2 (Greenland Ice Sheet Project) 빙하코어

를 시추하였다(그림 2). 두 개의 지점에서 유럽과 미국이 각각 빙하코어를 시추한 것은 과학적인 경쟁 때문이었다. 유럽 8개국은 1992년에 기존의 기후변화에 대한 모든 통념을 송두리째 바꾸는 GRIP 빙하코어의 기후변화 기록을 미국보다 앞서 네이처에 발표하게 된다.<sup>6)</sup> 이 논문에서는 지난 빙하기 동안 수십 년 내에 급작스럽게 5~10°C가 상승하는 아빙기가 반복적으로 24번이나 일어났다는 사실이 밝혀졌다. 이러한 급격한 기후변동은 빙하코어 기록을 찾아내는데 기여를 한 Dansgaard 교수와 Oeschger 교수의 이름 첫자를 따서 D/O 이벤트라고 한다. D/O 이벤트의 발견

4) Dansgaard 등 (1982) A new Greenland deep ice core. Science, 1273-1277.  
 5) 북반구에서도 빙하 작용이 시작된 약 2.6백만 년 전부터 현재까지의 지질시대  
 6) Johnsen 등 (1993) Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. Nature, 359, 311-313.

은 기후라는 것이 완만하게 변화한다는 기존의 상식을 완전히 뒤집는 것으로서 이때부터 기후변화에 대한 패러다임이 바뀌게 되었다. 이후 북대서양 심층수 형성의 변화가 D/O 이벤트와 연관된다는 이론이 정립되었으며, 남북극 빙하코어 기록의 비교 연구를 통해 D/O 이벤트가 반복되는 동안에 북반구의 기온이 상승하면 남반구에서는 하강하고 반대로 북반구의 기온이 하강하면 남반구에서는 상승했다는 시소(seesaw) 현상도 발견되었다.

### III. 기후변화의 미스터리

그린란드 GRIP 빙하코어에서 엠 간빙기의 기록을 살펴보면 과학자들은 또 한 번 놀라지 않을 수 없었다. 홀로세 간빙기(약 1만 년 전 이후 현재까지의 간빙기)의 기후가 상대적으로 안정되어 있는 반면에 엠 간빙기에는 급격한 기후변동이 있었다는 기록이 나타났기 때문이다. 만약 이 기록이 사실이라면 홀로세 간빙기의 기후 안정성이 오히려 비정상적인 것이 되는 획기적인 발견이었다. 하지만 불과 28km 떨어진 곳에서 시추한 GIPS2 빙하코어에서는 엠 간빙기 동안 급격한 기후변화가 있었다는 징후가 보이지 않았다. 이것은 엠 간빙기에 해당하는 빙하코어 구간이 기반암에 가까이 있었기 때문에 어느 하나의 기록은 굴곡작용으로 변질되었을 가능성을 의미했다.

미스터리한 빙하코어 기록을 확인하기 위하여 2003년에 그린란드 정상에서 북쪽에 위치한 지점에서 3085미터 길이의 NGRIP (North Greenland Ice Core Project) 빙하코어를 시추하였다(그림 2). 하지만 엠 간빙기 후반부의 약 5천 년 정도의 기록만을 복원할 수 있었기 때문에 온전한 엠 간빙기의 기후변동은 확인할 수 없었다. 그래서 또 다시 빙하코어를 시추했는데 우리나라를 포함하여 14개국이 참여해서 시추한 NEEM (North Greenland Eemian Ice Drilling) 빙하코어이다(그림 2). 2011년 2550미터까지 시추한 NEEM 빙하코어의 기록은 다행히 엠 간빙기의 기록을 보존하고 있었으며, GRIP 빙하코어에서 나타나는 급격한 기

후변동은 발견되지 않았다. 엠 간빙기의 기후변동성에 대한 진실 하나를 확인하고자 많은 과학자들과 기술자들이 무려 20년 동안 노력한 것은 고기후의 변동성과 메커니즘에 대한 이해가 바로 미래의 기후변화를 예측하는데 반드시 필요하기 때문이다. 이상 언급한 엠 간빙기의 기후변동성뿐만 아니라 아직도 해결하지 못한 기후변화의 미스터리가 많이 실존하고 있으며 지금도 그 해결의 실마리를 찾으려는 노력은 계속되고 있다.

### IV. 더 깊게, 더 세밀하게

빙하코어의 연대에 가장 많은 영향을 주는 것은 연간 적설량이다. 남극대륙의 깊은 내륙은 연간 적설량이 불과 수 센티미터밖에 되지 않을 정도로 지구상에서 가장 건조한 지역이다. 따라서 남극에서 시추한 빙하코어는 그린란드 빙하코어보다 훨씬 오래 된 고기후변화의 기록을 복원할 수 있다. 남극에서 시추한 빙하코어를 보면, 먼저 러시아 보스톡(Vostok) 기지에서 시추한 빙하코어가 세계 최장의 코어로 기록되어 있다(그림 2). 1979년부터 20년 동안 여러 차례 실패를 거듭한 끝에 1998년에 3623미터까지 시추하는데 성공하였고, 이 빙하코어에서는 지난 42만년의 기후변화 기록이 복원되었다. 그리고 프랑스와 이태리의 공동 기지인 돔 콩코르디아(Dome Concordia) 기지에서는 3265미터의 빙하코어를 시추하였으며 무려 80만년의 기록을 보존하고 있는 것으로 나타났다(그림 2). 일본은 자국 기지인 돔 후지(Dome Fuji) 기지에서 2007년에 3035미터까지 시추하였으며 이 빙하코어는 72만 년 정도의 기록을 가지고 있다(그림 3).

남극의 빙하코어에서는 과거 언제까지의 기록을 복원할 수 있을까? 추정컨대 남극대륙의 내륙에서는 1백만 년보다 나이가 많은 얼음을 찾을 수 있을 것으로 보고 있다. 하지만 이렇게 오래된 얼음을 찾는 것은 쉽지 않은 도전이다. 빙하의 흐름에 의한 굴곡 현상이 없으면서도 4천 미터 이상의 두께를 가진 빙하의 층을 찾아야 한다. 게다가 지열로 인해 기반암에 접



〈그림 3〉 시추한 원통형의 빙하코어 (일본 극지연구소 제공)

해있는 빙하의 바닥이 녹아서 없어지는 현상도 감안해야 하기 때문이다. ‘국제빙하코어과학연구회’인 IPICS (International partnerships in Ice Core Science)에서는 최대 현안으로 1백만 년 이상의 기록을 복원할 수 있는 최적화 지점을 찾으려는 노력을 기울이고 있다.

더 오래된 빙하 기록을 찾는 것도 중요하지만 분석기술이 점점 더 발전하면서 보다 세밀하게 기록을 들여다보는 것도 중요한 연구의 추세이다. 단적인 예를 들면, 그린란드 NGRIP 빙하코어에서는 지난 빙하기가 끝날 즈음인 1만 5천 5백 년 전부터 1만 천 년 전 사이에 발생했던 마지막 급격한 기후변동인 영거드라이어스(Younger Dryas) 한랭기의 초고해상도 기록이 복원되었다.<sup>7)</sup> 이 기록에서는 놀랍게도 영거드라이어스 동안 북대서양의 기후시스템이 불과 1년 내지 3년 이내에 변했다는 사실이 밝혀졌다. 이 연구는 급격한 기후변화를 내용으로 한 기후재난 영화인 ‘투모로우’가 실제로 발생할 가능성을 보여주고 있다. 이처럼 빙하코어에서 아주 세밀하게 기록을 복원한다면 앞으로 기후변화에 대한 새로운 사실들이 속속 드러날 것이다.

## V. 우리나라의 빙하연구

불과 10여년의 짧은 역사를 가진 우리나라의 빙하연구는 이제 기초 단계에서 성장 단계로 진입하고 있다. 하지만 선진국의 수준에 도달하려면 아직도 해결하고 극복해야 할 과제들이 산적해 있는 것도 사실이다.

그 이유는 빙하코어과학을 실현하기 위해서는 무엇보다도 빙하를 시추할 수 있는 기술과 인프라를 보유하고 있어야 하기 때문이다. 앞서 살펴본 것처럼 선진국들은 수천 미터 깊이까지 빙하코어를 시추하는 기술력을 가지고 있지만 우리나라는 아직 수백 미터 정도만 시추할 수 있다. 더 깊게 빙하코어를 시추하려면 훨씬 정밀하고 복잡한 첨단 기술이 필요하다. 우리나라가 선진국 수준의 빙하코어과학을 수행하기 위해서는 무엇보다도 심부빙하코어를 시추하기 위한 원천기술 확보에 주력해야 한다.

앞으로 선진국 수준의 시추 기술력을 확보하게 된다면 남극의 내륙에 진출하기 위한 교두보인 장보고과학기지를 보유하고 있는 우리나라는 국제적 이슈의 연구를 주도할 기회를 가질 것이다. 그 중의 하나가 남극 빙상 아래서 발견된 빙저호(subglacial lake)에 대한 연구이다. 남극에서는 지금까지 약 400개의 크고 작은 빙저호가 발견되었으며, 가장 큰 것은 러시아 보스톡기지 밑에서 발견된 빙저호로서 크기는 경기도 면적만하다. 빙저호에 대한 관심은 수백만 년 또는 수천만 년 동안 외부세계와 철저히 고립된 암흑 환경에서 과연 미지의 생물체가 존재하는지, 존재한다면 어떻게 생존하고 진화했는지에 대한 과학적 의문이다. 이러한 연구는 바로 외계생명체 탐사 연구와도 직결되어 있다. 최근 미국 연구팀은 남극 빙상의 800미터 아래에 있는 Whillans라는 작은 빙저호에서 최초로 미생물을 발견하여 네이처에 보고하기도 했다<sup>8)</sup>. 이제 우리나라도 남극의 깊숙한 내륙까지 진출해서 빙저호 연구는 물론 백만 년 전의 얼음을 세상 밖으로 끄집어 낼 그 날을 기대해본다. 이런 연구야말로 인류의 지속가능한 발전에 공헌하는 것이고 과학의 보편적 가치에 가장 부합한다고 말할 수 있다.

7) Steffensen 등 (2008) High-resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years. Science, 321, 680-684.

8) Christner 등 (2014) A microbial ecosystem beneath the West Antarctic ice sheet. Nature, 512, 310-315.



## 북극원주민의 전통·지역지식 보호와 우리나라 북극연구\* 서원상·진동민 (극지연구소 미래전략실)

### I. 들어가며

북극이사회의 설립 이전부터 ‘원주민(indigenous people)의 보호’ 문제는 북극 거버넌스의 핵심 의제로 다루어져 왔다. 북극의 환경변화와 해빙(海氷)이 누군가에게는 산업과 자원개발의 기회일 수 있겠으나, 북극의 환경적 특성에 맞추어 전통적인 삶을 유지해 오던 원주민들에게는 생존을 위협하는 재난이었다. 북극 원주민이 지구온난화와 기후변화의 원인을 제공하지 않았기에, 산업화의 혜택을 입고 있는 사람과 국가들은 북극에 관한 정책결정에 앞서 마땅히 북극 원주민의 삶과 생각에 주의(注意)를 기울여야만 한다.

북극 원주민의 보호는 법적인 인권(human rights) 보호 차원에서 논의되어 왔다. 인권의 개념이 광범위한 만큼 원주민의 인권에 관한 쟁점도 다양하여, 원주민의 존엄성으로부터 건강, 교육, 환경, 경제, 개발 등의 사회적·문화적 권리 이슈, 자결권(self-determination)과 같은 시민적·정치적 권리 이슈, 그리고 북극권 국가별 원주민 정책에 이르기까지 원주민 인권에 대하여 다채로운 주제에 관한 연구가 발표되어 왔다.

그 중에서도 전통·지역지식(Traditional and Local Knowledge: TLK)의 보호는 원주민의 전통문화의 보존과 지식재산권의 보호라는 두 가지 중요한 이슈를 담고 있다. 더욱이 북극 원주민이 수동적으로 원조를 받는 보호의 대상이 아니라, 그들이 자신의 문화와 지

식을 재산적·경제적 가치로 환원함으로써 능동적·적극적으로 권리를 행사하는 주체가 된다는 점에 큰 의의가 있다.

그러나 원주민의 전통·지역지식이 지적재산권이 된다는 것은 새로운 과학연구의 수행을 위하여 전에 없던 비용 부담을 고려해야 함을 의미하고, 더 나아가 공동체 연구한 결과물의 특허출원 등에 제약이 따를 수 있음을 의미한다. 더욱이 전통·지역지식의 대부분이 구전(口傳)되는 경우라면, 이를 지적재산권으로 인정할 수 있는 기준 또한 모호하여, 후속 연구자가 무엇을 북극 원주민의 지적재산권으로서 존중할 것인지의 여부마저도 불명확하다.

이 글에서는 북극의 과학연구수요가 증가하고 있는 우리나라도 북극 원주민의 전통·지역지식 보호의 규범화에 대한 검토가 필요하다는 문제의식에서 출발하여, 북극이사회의 북극 원주민 전통·지역지식 보호에 관한 논의는 물론 일반적인 국제법 체제 하에서 다루어져 왔던 전통지식 관련 논의 내용을 소개한다.

### II. 북극이사회의 북극원주민 전통·지역지식 보호

북극이사회는 2013년 12월 과학협력 테스크포스(Science Cooperation Task Force: SCTF)를 설치하였고, SCTF는 북극과학협력강화를 위한 조약 채택을 목표로 여덟 번의 회의를 거쳐, 지적재산권, 인력·장비·시료의 출입, 데이터에 대한 접근, 연구인프라

\* 극지연구소 정책연구과제(PE-15240)의 지원으로 작성됨.

에 대한 접근, 연구지역에 대한 접근, 교육·경력개발·훈련 등의 내용과 함께 전통 및 지역지식을 핵심 사안으로 다루어 왔다.

2015년 8월에 덴마크 코펜하겐에서 작성되어 현재에도 검토 중에 있는 북극과학협력강화협정(안)(이하 '협정(안)')<sup>2)</sup>은 제11조에서 전통·지역지식에 관하여 당사국들에게 다음의 사항을 요청하고 있다. 첫째 이 협정에 따른 과학연구 및 활동을 계획하고 수행하는데 있어서 경우에 따라 참여자들이 전통 및 지역지식을 참작하고 접목하도록 장려하여야 한다. 둘째 경우에 따라 토착 지역 사회가 전통 및 지역지식 보유자와 이 협정에 따른 과학연구 및 과학평가를 수행하는 참여자들 간의 의사소통을 용이하게 할 수 있도록 장려하여야 한다. 셋째 경우에 따라 전통 및 지역지식 보유자들이 이 협정에 따른 과학연구 및 과학평가에 참여하도록 장려하여야 한다.<sup>3)</sup> 세 가지 요청사항의 공통점은 모두 “하여야 한다(shall)”는 표현을 사용한다는 것인데, 일반적으로 조약에서 shall은 should보다 강한 표현이지만, 장려(encourage)의 기준이 모호하다는 점에서 그 의미가 경감되는 것으로 해석된다.

협정(안) 제11조가 ① 과학연구자의 전통·지역지식의 참작 및 접목, ② 전통·지역지식 보유자와 과학연구 및 평가자간의 의사소통, ③ 전통·지역지식 보유자의 연구 및 평가 참여 등을 “장려해야 한다”라고 적고 있는바, 아직까지 북극원주민의 전통·지역지식 자체를 특허 등의 지적재산권 형태로 보호하는 단계에는

이르지 않은 것으로 보인다. 실제로 협정(안)은 제5조<sup>4)</sup>에서 지적재산권을 다루고 있지만, 주로 북극 과학연구를 통하여 획득하는 지적재산권의 공정한 분배 또는 지적재산권 관련 분쟁해결에 관한 원칙적인 내용을 담고 있을 뿐, 북극 원주민의 전통·지역지식의 보호에 관하여는 별다른 언급이 없다.

주목할 만한 것은 원주민 대표들의 새로운 제안이다. 이들은 제7차 회의(아이슬란드 레이카비크, '15.12)에서, “전통·지역지식을 ‘원주민·지역지식(Indigenous and local Knowledge)’으로 수정할 것을 제안하였다. 그 이유로 ‘전통적인(traditional)’은 ‘과거 지향적이고 고정적’이라는 의미를 담고 있고, ‘원주민의(indigenous)’는 ‘유연성을 갖고 발전 중’이라는 의미를 내포한다는 것이다(진동민·서현교, 2016). 원주민의 주장으로부터 두 가지 목적을 추론해 볼 수 있겠다. 하나는 원주민 입장에서 과거의 전통·지역지식에 더하여 현재와 미래에 창출되는 원주민의 지식을 폭넓게 보호받기를 원하는 것이고, 또 하나는 일반적인 국제법체제 하에서 선진국과 개도국의 입장 대립에 가로막힌 ‘전통지식’이라는 용어보다 북극 중심의 논의와 합의를 조속히 도출하기 위하여 ‘원주민지식’이라는 용어 사용이 좀 더 용이하다 판단하였을 수 있다.

지금 당장 북극 원주민의 전통·지역지식을 지적재산권으로 보지 않는다 할지라도, 장기적으로는 국제법의 큰 틀 속에서 다루어지게 될 것이다. 실제로 전통·지역지식은 비단 북극 원주민 이슈가 부각되기 전부터 국

2) Copenhagen Draft of Agreement on Enhancing International Arctic Scientific Cooperation (2015.08.)

3) Article 11. Traditional and local knowledge:

1. The Parties shall encourage participants to take into account and incorporate, as appropriate, traditional and local knowledge in the planning and conduct of scientific research and activities under this Agreement.

2. The Parties shall encourage indigenous and local communities, when appropriate, to facilitate communication

between holders of traditional and local knowledge and those participants conducting scientific research and scientific assessments under this Agreement.

3. The Parties shall encourage holders of traditional and local knowledge to participate in scientific research and scientific assessments under this Agreement as appropriate.

4) 아직까지 문안의 단일화에 이르지 못하고, 복수의 안이 검토되고 있는 중이다.

제경제법과 국제환경법 분야에서 논의가 이루어져 왔다. 따라서 일반 국제법상 전통·지역지식에 관한 논의 동향에 주목할 필요가 있다.

### III. 전통지식 보호에 관한 국제적 논의

국제사회에서 전통지식을 지적재산권과 연계된 경제적 가치로 다루기 시작한 것은 1967년 스톡홀름 지적재산권 회의로 거슬러 올라간다. 이로부터 개도국들은 전통지식과 전통문화표현물의 보호를 국제규범화하려 하였지만 선진국들의 반응은 그다지 적극적이지 않았다. 오히려 선진국의 기업들이 풍부한 경험, 정보, 자본을 바탕으로 유전자원 관련 전통지식을 소재로 새로운 연구개발에 착수한 뒤, 그 연구 성과를 새로운 지식재산권으로 창출하는 사례가 속출하였다. 다양한 사례 중에 님 나무 사건(Neem Tree case)과 바스마티 사건(Basmati case)의 예를 소개한다.

님 나무 사건은 유전자원과 전통지식을 특허를 통하여 상업적으로 악용한 대표적 사례다. 님 나무는 인도를 비롯한 동남아시아를 원산지로서 하는 열대 수목으로, 생명의 나무라 불릴 만큼 약재, 방충제, 위생약품, 비료 등 다양한 용도로 사용된다(〈사진1〉 참조).<sup>5)</sup>

〈사진 1〉 님 나무



5) 자세한 내용은 <https://namu.wiki/w/님나무> 참조. (2016.5.25. 검색)

6) 발명에 대하여 일정기간 독점권을 인정하는 것으로, 특허 출원을 하는 자는 개발한 제품 또는 제법에 신규성, 진보성, (산업

1971년 미국의 목재수입상 Robert Larson은 님 나무에서 추출된 오일로 Morgosan-O라는 방충제를 제조하여 미국 식약청(FDA)의 승인과 함께 특허권을 획득한 후, 화학회사 WR Grace에 양도하였다. 1994년 WR Grace는 ‘님 오일에서 추출된 용성물질에 의한 식물의 곰팡이 통제방법’으로 유럽특허청의 특허를 획득하였다. 이에 1995년 인도 농민 대표와 국제 NGO는 님 나무의 방충효과가 이미 수세기 동안 알려진 기술이라는 이유로 이 특허에 대한 이의신청을 하여, 2000년 유럽특허청은 특허등록을 취소하였다. 이 사건의 핵심은 WR Grace의 신청 특허가 기존 전통지식으로부터 도출된 것이므로 ‘신규성’에 결함이 있다는 것이었다(Marden, 1999).<sup>6)</sup>

바스마티 사건은 지역 특유의 환경과 재배방법에 의한 유전자원에 대하여 선진국이 특허로 독점하지 못하게 된 사례다. 바스마티(Basmati)는 인도와 파키스탄의 편잡 지방에서 생산되는 쌀의 한 품종으로 가늘고 길며 특이한 향기가 나는 것으로 유명한데,<sup>7)</sup> ‘당뇨쌀’로도 알려져 있다(〈사진2〉 참조).

1997년 미국의 쌀 품종 육종회사인 RiceTec가 바스마티와 매우 유사한 특성을 가진 쌀을 포함하여 다양한 쌀의 변종 특허를 미국특허청으로부터 획득하였으나, 2000년

〈사진 2〉 바스마티 쌀



적) 유용성을 입증하여야 한다(TRIPs 협정 제27조).

7) 바스마티 쌀에 대한 자세한 내용은 <https://en.wikipedia.org/wiki/Basmati> 참조. (2016.5.25. 검색)

8) The Protection of Traditional Knowledge: Draft Articles.

〈표 1〉 WIPO의 전통지식 보호 논의에 대한 선진국과 개도국간 이견(정명현, 2012 재구성)

| 쟁점            | 선진국 입장                           | 개도국 입장                                   |
|---------------|----------------------------------|--|
| 전통지식의 보호방법    | 전통지식의 데이터베이스화 및 전통지식의 부정합 이용 방지  | 개인, 국가, 공동체 등에게 전통지식의 지적재산권 부여           |
| 전통지식 보호의 수혜자  | 전통지식을 보유한 특정 단체에 한정              | 원주민, 지역사회, 종교집단, 국가 등 다양한 지적재산권 행사 주체 인정 |
| 이익배분          | 당사자간 사적 계약에 따른 이익배분              | 이익배분을 위한 국제규범 필요                         |
| 접근 및 사전통보와 동의 | 데이터베이스 기반 전통지식의 이용자가 보유자에게 사전 통보 | 전통지식 보유자의 사전 허가 및 승인 후 이용 가능             |
| 보호기간          | 보호되는 권리의 종류에 따라 상이한 보호기간 설정      | 한시적 보다는 영속적 보호 필요                        |
| 형식요건          | 데이터베이스화 및 등록제도 (전통지식 목록 작성)      | 전통지식의 형태와 무관하게 그 자체로서 지적재산권 부 및 보호여 필요   |

인도정부가 바스마티의 특허에 대한 재심사를 미국특허청에 요청하자 RiceTec는 바스마티와 유사한 특성의 품종에 대한 식물특허를 포기하였다(Arewa, 2006).

앞에서 소개한 두 사건에서 주목할 만한 것은 전통지식의 보호를 국제기구나 국제법원에 다룬 것이 아니라 개별 국가 정부에 의하여 결정되었다는 점이다. 그러나 개도국들은 그동안 전통지식이 허가나 경제적 지불 없이 상업적으로 사용되어 왔고, 전통지식의 보유자 및 원산지는 이윤을 얻지 못하는 반면 전통지식을 활용하여 지적재산권을 취득한 사람에게 경제적·법적으로 독점화되어 가고 있다고 주장하면서, 국제사회의 통일된 규범을 요청하였다. 이에 세계지적재산권기구(WIPO), 유엔환경계획(UNEP), 유엔식량농업기구(FAO), 생물다양성협약 당사국회의(CDB CoP), 무역관련지적재산권협정(TRIPs) 이사회 등을 중심으로 다각적인 논의를 진행해 왔다.

특히 WIPO는 정부간 위원회를 설치하여 전통지식의 보호 문제를 다루어 '전통지식 보호에 관한 국제협약 초안'을 제시하였는데, 그 초안은 전통지식 보호의 목적 및 일반원칙, 보호대상(제1조), 보호의 수혜자(제2조), 보호범위(제3조), 보호와 제재의 범위(제3조의 2), 권리 및 적용의 행사, 제재, 구제(제4조), 권리의 집행(제5조), 집단적 권리의 적용(제5조의 2), 예외 및 제

한(제6조), 보호기간(제7조), 권리의 형식(제8조), 경과조치(제9조), 일반 법체제와의 일관성(제10조), 내국민대우 및 외국인의 권리·이익의 인정(제11조), 초국경적 협력(제12조) 등의 규정으로 구성되어 있다.

그러나, 아직까지도 전통지식의 보호방법, 전통지식 보호의 수혜자, 이익배분, 접근 및 사전통보와 동의, 보호기간, 형식요건 등의 쟁점에 대하여 선진국과 개도국간의 쟁점별 견해차이가 좁혀지지 않고 있다(〈표1〉 참조).

#### IV. 국제적 전통지식 보호 논의의 북극 연구 시사점

아직도 많은 전통지식이 신기술로 둔갑하고 있으며, 전통지식이나 유전자원이 신제품 개발에 오·남용될 여지가 있다. 이에 국제사회는 전통지식을 법의 테두리 안에서 보호하기 위하여, 전통·지역지식에 특허<sup>9)</sup>, 지리적 표시<sup>10)</sup>, 상표 및 인증마크<sup>11)</sup> 등과 같은 지적재산권을 부여하는 적극적 보호방식과 전통지식의 출처 공개<sup>12)</sup>, 데이터베이스 작성<sup>13)</sup> 등을 통하여 전통지식을 이용한 지적재산권 설정을 사전에 차단하는 소극적 보호방식을 검토하고 있다.

그러나 많은 국가들이 신규성을 국내 특허 취득 요건

으로 규정하고 있어서 외국에서 공지된 전통지식이 자국의 특허로 인정될 가능성이 남아 있으며, 전통지식이 구전되는 경우가 일반적인 터라 신규성 기준의 적용에도 어려움이 있고, 특허 심사관이 타국의 전통지식에 대한 정보를 접하기가 쉽지 않기에 심사과정에서 고려되지 않을 가능성도 있다.

이와 같은 전통지식 보호의 장애요소가 북극원주민의 전통·지역지식의 지적재산권 보호를 약화시키는 요인이 될 수도 있지만, 오히려 북극원주민의 보호를 강화해야 한다는 위기식으로 작용하여 대부분이 선진국인 북극권 국가들로 하여금 더욱 강력한 규범체제를 확립하게 하는 촉매가 될 수도 있다.

우리나라는 북극정책기본계획을 수립하여 북극과학연구에 박차를 가하는 동시에 북극전용 쇄빙연구선 건조를 준비하고 있다. 우리의 속제는 과학협력을 통한 민간외교를 지속하는 동시에 우리의 연구성과가 지적재산권으로 보장받을 수 있는 해답을 찾는 것이다. 우리의 북극 현장연구에 원주민 참여 및 공동연구 방안을 찾는다면, 우리의 연구과정에 자연스럽게 원주민의 전통지식이 녹아들게 되고, 그 성과의 지적재산권 문제도 함께 해결될 수 있을 것이다.

보는 이의 철학과 가치관에 따라, 우리나라의 북극진출 또는 북극연구활동에 대한 기대치는 다를 수 있다. 그러나 변치 않을 전제는 북극의 땅과 대부분 해역은 이미 북극권 국가들의 관할영역이라는 점이다. 따라서 우리가 북극연구가 과학연구를 통한 기후변화, 생태계 등 북극권 국가들 또는 인류전체의 문제해결을 위한

기여하는 것이 아니라면, 우리의 북극진출을 환영받지 못 할 것이고 동시에 북극권 국가와의 외교적 물꼬 트기도 기대할 수 없다. 만일 우리나라의 궁극적 목적이 북극의 개발이나 자원에 있다할지라도, 과학이라는 순수한 교류와 신뢰구축이 전제되어야만 이해관계가 첨예하게 뒤섞인 경제협력도 가능하지 않겠는가. 우리의 북극연구의 성과를 지적재산권으로 지키기를 고려하기보다, 북극 원주민의 전통지식을 존중하되 이를 기반으로 우리가 진일보한 성과를 창출하여 이익을 분배하는 것이 좀 더 현실적이고 합리적이며 선진국다운 전략일 것이다.

#### 참고문헌

강길모 외, “생물다양성보전을 위한 지적재산권의 역할 연구 - 유전자원과 전통지식 보호를 위한 특허법의 역할 중심으로,” 『Ocean and Polar Research』, Vol. 29, No. 1, (2007) 43-53면.

김병일, “전통지식의 특별법적 보호에 관한 연구 - WIPO 논의동향을 중심으로-,” 『정보법학』, 제16권 제1호, (2013), 93-128면.

정명현, “전통지식의 국제적 보호방안에 관한 고찰 - WTO와 WIPO의 쟁점을 중심으로,” 『국제경제법연구』, 제10권 제1호, (2012), 131-171면.

진동민·서현교, “북극이사회의 북극과학협력협정(안) 논의 동향 및 전망,” 『Polar Brief』, 제12호, (2016), 10-14면.

Arewa, Olufunmilayo B., “TRIPs and Traditional Knowledge: Local Communities, Local Knowledge, and Global Intellectual Property Frameworks,” *Marquette Intellectual Property Law Review*, Vol.10, No.2, (2006), pp.155-180.

Marden, Emily, “The Neem Tree Patent: International Conflict over the Commodification of Life,” *Boston College International and Comparative Law Review*, Vol.22, No.2, (1999), pp.279-295.

WIPO IGC, The Protection of Traditional Knowledge: Draft Articles, WIPO/GRTKF/IC/19/5(2011.5.20).

- 9) 북극원주민의 전통지식에 특허권을 부여하려면, 전통지식의 신규성 및 진보성의 입증, 특허출원 시 발명자의 주체의 선정 등의 문제가 해결되어야 한다.
- 10) 북극원주민 공동체의 기반이 되는 토지, 지역, 자원, 환경 등의 특질을 반영하여 제품의 특성과 지역적 특성의 관련성에 근거하여 지적재산권을 부여할 수 있다.
- 11) 북극원주민 공동체의 식별성을 토대로 일정한 품질 및 규칙의

- 준수 사실을 표시함으로써 지적재산권화 할 수 있다.
- 12) 북극의 유전자원 또는 전통지식의 출처를 공개함으로써 사전통보 및 동의 절차 확보와 이익배분의 사실을 확인할 수 있도록 할 수 있다.
- 13) 북극원주민 전통지식을 정리하여 목록을 작성함으로써 부정이용이나 남용을 방지하고, 부실 특허 및 기타 지적재산권의 창출을 방지할 수 있다.

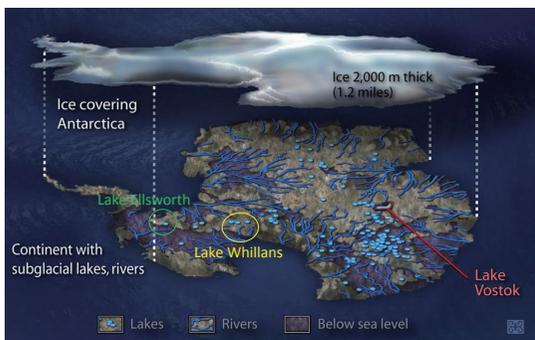


## 남극 빙저호 탐사(Subglacial Antarctic Lake Expedition, SALE): 남극 과학의 뉴 프런티어

김 옥 선 (극지연구소 극지생명과학연구부)

### I. 머리말

남극 대륙을 덮고 있는 평균 2,000m의 얼음 두께를 열어보게 되면 대륙의 표면에는 379개의 호수가 존재하는데, 이를 빙저호라 한다. 빙저호와 빙저호 사이에는 수많은 강으로 연결되어 남극해로 흘러가는 등 남극 빙하 아래에는 우리가 예상하지 못한 매우 복잡하고 거대한 담수 생태계가 존재한다. 이 글에서는 남극 연구의 새로운 영역이자 미지의 세계로 인식되고 있는 빙저호 연구의 역사와 각국의 연구 및 우리의 연구 계획에 대해 소개하고자 한다.



〈그림 1〉 남극대륙에 존재하는 빙저호와 하천. 시추 대상인 러시아의 보스토크호와 영국의 엘스워스호, 미국의 윌란스호 위치

### II. 빙저호 생성 원인 및 연구의 의의

남극 대륙의 빙저호가 생성된 원인으로는 위에서 누르는 빙하의 거대한 하중이 만들어 내는 압력에 의하여

얼지 않거나, 빙하의 움직임에 의하여 발생하는 바닥과의 마찰열, 그리고 지구 내부로부터 기인된 열로 인하여 빙하 하단부가 녹아서 형성된 것으로 알려져 있다.

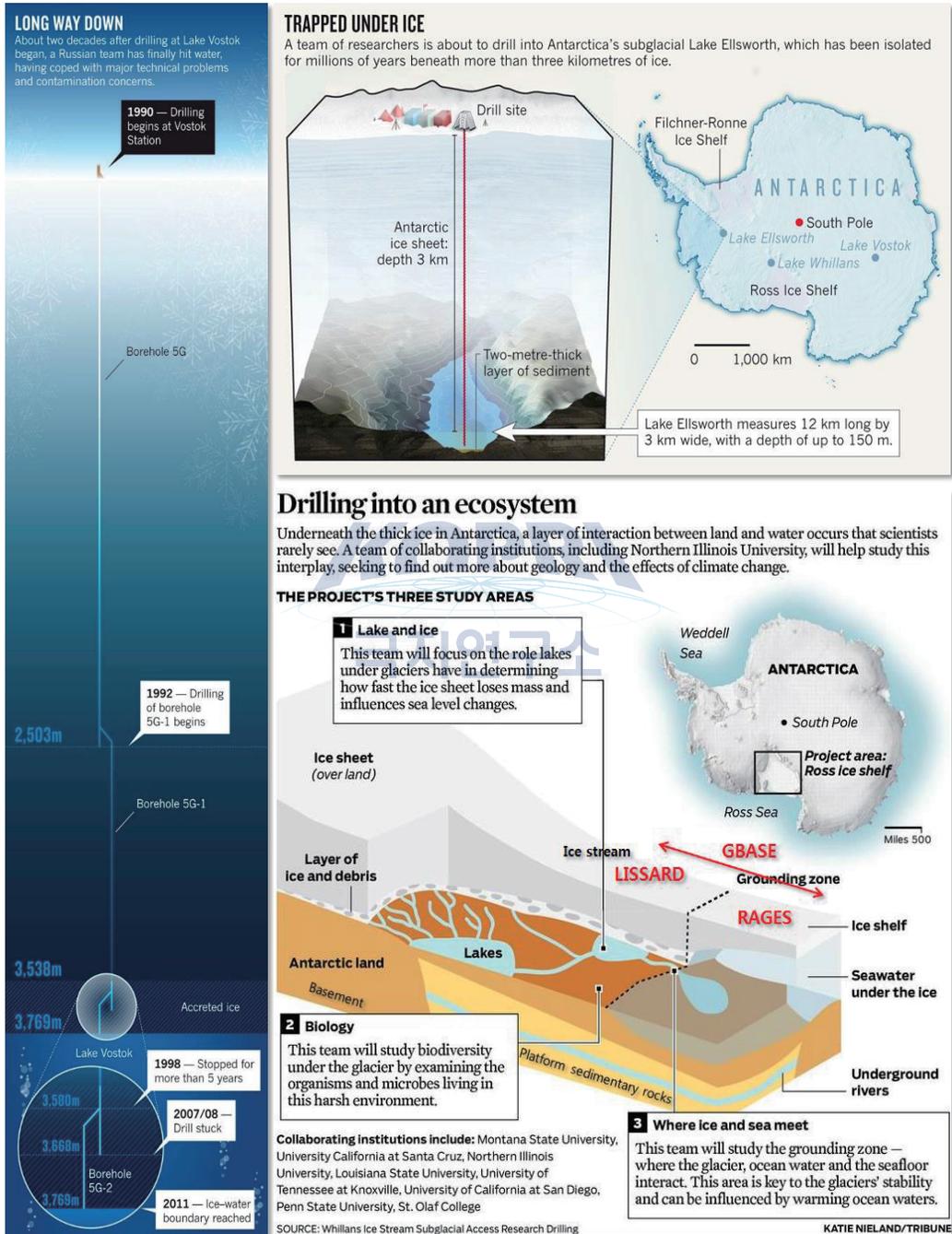
생태학적으로는 빛이 차단된 상태의 암흑에서 높은 압력과 낮은 영양상태의 환경에서 수천 만년의 시간 동안 격리된 채로 진화해왔기 때문에, 매우 독특하면서도 고유한 생태계로의 천이가 진행되었을 것이다. 이러한 극한의 환경에서 생명체가 발견된다는 것은 생물학적 연구 가치가 매우 높을 뿐만 아니라, 얼음으로 덮인 태양계의 다른 행성에서도 생명체가 존재할 가능성을 뒷받침 해준다. 실제로 보스토크 호수의 환경은 목성의 위성 유로파와 매우 유사할 것으로 추정하고 있다. 빙저수계에 대한 수리지질학적, 지구화학적 연구는 이 환경에서 일어나는 고유의 생지화학적 물질 순환이 어떻게 일어나고 있으며, 빙저수계가 빙상의 거동에 미치는 영향을 파악한다면, 빙상의 거동 변동과 기후변화와의 관련성을 알 수 있게 된다. 아울러 빙저호의 퇴적물은 빙저호가 어떻게 형성되었으며, 현재의 환경을 유지하고 있는지를 알 수 있으며, 이것은 앞으로의 변화에 대한 중요한 단서가 될 수 있다.

### III. 빙저호 연구의 역사와 각국의 진행상황

1960년대 러시아가 항공탐사, 탄성파탐사 등 지구물리 탐사를 진행하면서 남극대륙 아래에 호수가 존재한다는 것을 발견하였다. 지속적인 탐사를 통해 1973

년까지 빙저호 17개를 발견하였고, 이후 1975년에 보스토크호를, 1977년에는 엘스워스호를 발견하였다. 이 후의 지속적인 탐사를 통하여 1996년에는 77

개, 2005년에는 145개, 2012년에는 379개의 빙저호가 기록되었다(Wright & Siegert et al., 2012). 이 중 러시아가 보스토크호 시추를 주도하면서 학계에 많은



〈그림 2〉 러시아의 보스토크호 시추과정 (<http://www.nature.com/news>)(왼쪽), 영국의 엘스워스호의 모식도 (<http://www.ellsworth.org.uk>)(오른쪽, 위), 미국의 윌란스호 시추를 위한 프로젝트 WISSARD (<http://www.wissard.org/>)(오른쪽, 아래).

관심을 받기 시작하였다. 이 과정에서 러시아는 영국, 미국, 프랑스 등의 많은 연구자들과의 협업으로 진행하였으나 여러가지로 많은 어려움을 겪어왔다. 2010년 3월 영국과 미국이 각각 엘스워스호와 월란스호 시추를 선언하여, 3개국 독자 시추가 진행되었다. 미국과 영국은 기존 러시아에서 시추한 방법이 호수를 오염시킬 가능성이 높으므로 청정시스템인 열수시추(hot water drilling, HWD)를 도입하였다. 2012년 12월에 영국은 엘스워스호 시추를 실패하였으나, 미국은 2013년 1월에 월란스호 시추를 성공하였다. 이는 2014년 8월 네이처지에서 발간되어 공식적인 세계 최초 빙저호 연구결과이다(Christner et al., 2014).

### III-1. 러시아의 보스토크호

빙하 약 3,800m 깊이 아래에 존재하고 있는 보스토크호는 최대길이 250km, 최대너비 50km, 표면적 12,500km<sup>2</sup>, 평균수심 432m (최대수심 900m), 저수량은 5,400±1,600 km<sup>3</sup>으로 남극 빙저호 중 최대 규모로 체류시간은 13,300년이다. 1990년에 시추가 시작되어 1998년 3580m까지 도달하였지만, 연구비의 문제로 시추가 잠정 중단되었다. 2007/08년에 3,668m 척빙(accreted ice)에서 시추 기술문제와 부동액으로 인한 호수 오염 가능성이 제기되면서, 호수 표층까지 130m 남겨 놓은 채 시추가 중단되었다. 척빙을 대상으로 한 연구에서는 미생물이 얼음물 1ml에 약 100개의 세균이 존재함을 확인하였고, 미생물 배양 또한 성공하였다. 그러나 부동액으로 사용한 케로신에 의한 오염이 심각하게 제기되어 환경단체의 항의가 거세지기도 하였고, 연구 결과 또한 많은 논쟁거리가 되었다. 2011/12년 시추기는 얼음과 물의 경계면까지 도달하였다고 발표하였으나, 얼음을 뚫자마자 압력에 의해 호수물이 시추공 내부로 분출되어 부동액에 의한 오염제기로 또 한차례 논란거리가 되었다. 러시아는 보스토크호 시추를 위하여 많은 노력을 하였으나 현재까지 빙하시추의 기술적인 문제와 지속적인 연구비 확보의 어려움, 그리고 오염에 대한 끊임없는 문제

제기로 난항을 겪고 있다. 2015년 1월에는 새로운 청정시추방법을 적용하여 시추에 성공하였다고 발표하였지만, 학계에서는 여전히 많은 논쟁을 불러일으키고 있는 상황이다.

### III-2. 영국의 엘스워스호

서남극에 위치하고 있는 엘스워스 호수는 빙하 약 3,400m 깊이 아래에 있으며, 호수길이 약 12km, 너비 3km, 표면적 30km<sup>2</sup>, 최대수심 150m로 약 50만년 동안 격리되어 진화하였다. 엘스워스호는 온도가 약 -30°C로 보스토크호보다 두 배정도 따뜻하며 상대적으로 작은 규모의 호수로 이해하기 쉬울 뿐만 아니라, 장소의 접근성, 연구장비의 운반, 설치 및 보관이 용이하여 선택되었다. 1996년부터 지구물리탐사에 의한 정밀탐사를 진행하였으며, 총 연구기간 5년(2009년 4월 ~ 2014년 3월)으로 약 5.4백만 파운드(약 100억 원, 열수시추기 개발 약 60억원)의 연구비로 수행되었다. 5단계 정수시스템을 통해 자외선으로 소독한 물 6만리터를 준비하고, 5m길이의 실린더 티타늄 탐사기를 시추공으로 내려 보내는 계획을 세웠다. 탐사 중 발생한 보일러의 잦은 고장과 중간연못(cavity)에서의 두 개의 시추공 연결 실패 등의 기술적인 문제로 인하여 2012년 12월 말에 시추 포기를 선언하였다. 이후 실패 원인 분석 및 후속조치 계획을 수립하였고, 현재는 연구비 확보를 위해 노력하고 있다.

### III-3. 미국의 월란스호

남극 서부의 로스빙붕 가장자리에 위치한 월란스호는 다른 두 호수보다 상당히 얇은 두께인 약 800m 얼음 밑에 위치한다. 호수 표면적은 60km<sup>2</sup>, 평균수심은 2m, 수온은 -4.9°C이며, 호수의 유출수가 로스해로 유입된다. 2007년 ICESat 데이터에서 빙저수의 활동으로 인하여 얼음 표면에 변형이 생긴 것이 밝혀졌고, 지구물리 정밀탐사를 통하여 이 지역의 빙하하부

## WISSARD 2012-13 Traverse (largest ever in the history of polar research)



J.T. Thomas

〈그림 3〉 미국의 빙저호 시추를 위한 트래버스 대열(위)과 이동 경로(아래, 오른쪽), 빙저호 시추를 위한 현장캠프(아래, 왼쪽)

의 세부지형 조사가 이루어졌다. 이를 통하여 빙저수계에서 로스해로의 담수 유입이 예상보다 상당히 많다는 것을 알게 되었다. 이전에는 고립되어 있는 호수에 대한 관심이 높았지만, 이 연구를 계기로 남극해로 유입하는 빙저수계에 대한 관심이 높아지기 시작하였다. 미국의 월란스호 시추 프로그램 WISSARD(Whillans Ice Stream Subglacial Access Research)은 미국 전역에 걸쳐 3개의 프로젝트(GBASE, Geomicrobiology of Antarctic Subglacial Environments; LISSARD, Lake and Ice Stream Subglacial Access Research Drilling; RAGES, Robotics Access to Grounding-zones for Exploration and Science)가 독립적으로 가동되었으며, 13개 대학과 8개의 연구소가 참여하였다. 미국 빙저호 탐사의 총 연구기간은 2009년부터 2014년까지이며, 2012/13년에는 월란스호 시추, 2014/15년에는 빙하 밑 담수와 해양의 경계지역

(grounding-zone) 시추로 2차례 현장탐사를 성공하였다.

2012년 12월에서 2013년 1월 미국 연구팀은 남극 과학역사상 가장 거대규모의 탐사를 준비하였다. 총 12개의 트랙터(5.4×105kg)를 준비하여 맥머도 기지에서 964km를 14일동안 이동하여 시추지역에 도달하게 된다. 캠프지역에는 기술자, 과학자, 지원팀 등을 포함한 총 52명이 거주하는 소규모 마을을 이루어, 빙저호 시추 성공을 꿈꾸며 움직이기 시작한다. 그 결과 세계 최초로 빙저호의 물과 퇴적토를 채집하여 생명체 존재를 확인하였다(Christner et al., 2014). 월란스호에 존재하는 세균은 담수 1ml에 약 1000개의 세균이 존재하는 것을 확인하였으며, 세균의 배양에서도 매우 높은 성장률을 보였다. 이러한 세균은 빛이 차단된 지역에서 기반암이나 퇴적층으로부터 기인한 금속



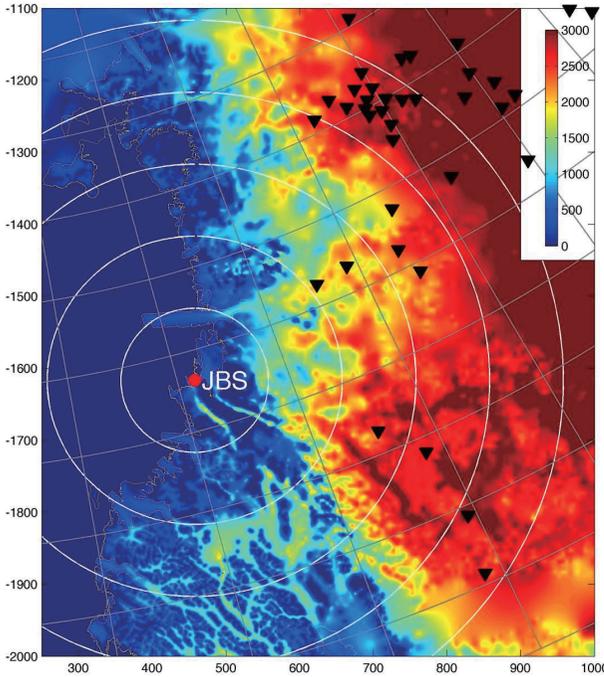
〈그림 4〉 월란스호 시료채집(위, 왼쪽), 현장랩으로의 운반(위, 가운데), 현장랩에서의 시료처리(위, 오른쪽)와 발견된 미생물의 현미경 관찰과 배양된 미생물(아래, 왼쪽)과 grounding zone에서 발견된 물고기(아래, 오른쪽). 위의 사진은 J. Priscu 제공.

이나 광물에서 에너지원과 탄소원을 얻는 화학자가영양세균(chemolithoautotrophs)임을 알게 되었으며, 생지화학적 연구와 퇴적물 연구를 통하여 환경학적 특성에 대하여 보고하였다. 현재 미국팀은 미국과학재단에서 2단계 빙저호 연구로 SALSA(Subglacial Antarctic Lakes Scientific Access) 프로젝트를 제안하였으며, 35억 규모의 연구비로 월란스호 주변의 메르세르호(Lake Mercer) 시추를 준비하고 있다.

**IV. 우리나라의 빙저호 연구계획**

극지연구소에서는 지구물리 연구팀이 2014년 장보고기지에서 동남쪽에 위치한 데이비드 빙하의 기원지에서 위성영상 자료를 통하여, 빙저호 존재 가능 지역 D1~D6와 기지의 서북쪽에 위치한 CookE1, E2를 발

견하여 이 지역을 탐사 후보지로 고려하고 있다. 빙저호 탐사 후보지역의 빙하 두께는 약 2,000~3,000m 사이로 심부빙하 밑에 탐사 대상이 위치하고 있다. 탐사 시작 전 지구물리 정밀탐사가 수행되어야 하나, 빙저호 환경은 엘스워스호와 유사할 가능성이 높을 것으로 예상된다. 이후, 연구정책지원사업으로 “남극 빅토리아랜드 Korean Route 사전조사와 빙저호 탐사를 위한 기획연구”를 수행하여 트래버스를 위한 K-route 탐사 사전조사, 남극대륙 연구 대형이슈 ‘빙저호’ 탐색-시추-연구를 위한 마스터 플랜을 기획하였다(K-DRILL). K-route 사전탐사는 2015/16년 시즌에 장보고과학기지 동남쪽 180km까지 안전 루트를 확보하였고, 2016/17년 시즌에는 360km 지점까지의 안전 루트를 확보할 계획을 가지고 있다. K-DRILL 운영위원회 구성에는 국내외 빙저호 시추 사업 전문가 그룹으로 구성된 자문위원단을 포함하여, 사업 추진의



〈그림 5〉 장보고기지주변 빙저호 존재 가능 위치와 빙하두께 (왼쪽)와 K-DRILL 운영위원회 구성(오른쪽, 위)와 국내외 자문단 구성(오른쪽, 아래). (기획보고서)

과학적 적합성, 전문성, 사업 진행의 투명성 확보와 원활한 국제협력 방안 마련을 도모하고자 한다. 연구 지원 및 접근로 확보(K-Route), 열수시추기 개발(HWD) 및 과학프로그램(Sciences)을 독립적으로 운영하고 각 사업 요소 간 역할 분담 및 협조를 통하여, 사전 준비, 빙저호 시추, 시추 후의 연구 단계로 진행할 계획이다.

## V. 맺음말

극지연구소는 2014년 2월 장보고과학기지 준공으로 남극 대륙 연구의 새로운 발판을 마련하였다. 남극 대륙의 빙저호 연구는 다양한 분야의 기술 개발과 응용, 지구과학, 수문학, 생태학 등의 융복합 연구가 독립적이면서도 상호협조를 이루어져야 하는 연구인 만큼 극지연구소에게는 새로운 기회이자 도전의 영역이다. 아울러 연구 기획단계부터 빙저호 탐사 홍보 및 다양한

문화 콘텐츠 개발로 전 국민의 호응과 동참 유도를 통한 개방형 연구를 지향한다면, 국민적 자부심 향상에도 많은 기여를 할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

이종익 외 31인. 남극 빅토리아랜드 Korean Route 사전조사와 빙저호 탐사를 위한 기획연구. 극지연구소 연구정책지원사업.

Christner BC, Priscu JC, Achberger AM, Barbante C, Carter SP, Christianson K, Michaud AB, Mikucki JA, Mitchell AC, Skidmore ML, Wick-Majors TJ, the WISSARD Science Team. 2014. A microbial ecosystem beneath the West Antarctic ice sheet. *Nature*. 512:310-313.

Wright A, Siegert M. 2012. A fourth inventory of Antarctic subglacial lakes. *Antarctic Science*. 24: 659-664.

## Polar Brief 편집위원회

편집위원장 윤호일 (극지연구소, 부소장)

편집위원 김성중 (극지연구소, 극지기후변화연구부장)

신형철 (극지연구소, 국제협력실장)

이유경 (극지연구소, 북극환경·자원연구센터장)

진동민 (극지연구소, 미래전략실장)

편집간사 서원상 (극지연구소 책임연구원)

**KOPRI**

「Polar Brief」에 게재된 원고는 극지연구소가 아닌 필자의 견해입니다.

본 간행물의 무단복제행위를 금합니다.





No. 13 (제13호)

# Polar Brief

