

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

Poles & Globe

극지와 세계

2023 MARCH
Vol. 01

북극발 중위도 기상재해 예측의 중요성

김주홍
극지연구소 대기연구본부

과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

남승일
극지연구소 빙하환경연구본부

극지활동 선도국으로의 길 - 제1차 극지활동 진흥 기본계획 수립 -

서민정
해양수산부 해양개발과
극지정책팀장

중앙북극해 해양생태계 보전의 주역으로 부상하는 대한민국

신형철
극지연구소 부소장



MARCH

Vol. 01

03p 김주홍 극지연구소 대기연구본부

북극발 중위도 기상재해 예측의 중요성

최근 북극의 온도는 전 지구 평균 대비 4배 정도까지 빠르게 상승한 것으로 보고되었는데, 이러한 북극의 온도 상승은 중위도의 날씨와 기후를 조절하는 제트기류를 요동치게 하여 기상재해를 빈번하게 하는 원인으로 지목되고 있다. 그러나 북극 온도 변동과 중위도 기상재해 발생은 해마다 큰 차이가 있어 다가올 계절의 변동성이 어떨지 예측하는 것은 어려운 문제이다. 북극 온도 예측력은 지구 시스템 요소인 대기-해양-해빙-지면 등의 상호작용을 잘 표현하는 예측 모델을 통해 향상시킬 수 있다. 그리고 북극 온도 변화 예측력이 제트기류 반응을 통한 기상재해 예측력으로 연계되려면 좀 더 종합적인 예측 모델에 포함된 대기 모델 내의 역학 및 물리 과정의 개선을 위한 연구, 좋은 품질의 관측을 확보할 수 있게 하는 관측 네트워크 강화 노력, 관측을 모델에 안정적으로 입력되게 할 수 있도록 하는 향상된 자료동화 기술, 예측 시작 조건에 조금씩 변화를 주어 여러 번 반복 수행하여 그 평균을 취함으로써 예측 성공 확률을 높일 수 있는 앙상블 기법 등이 필수적이다. 이러한 광범위한 예측 기술 개발이 장기적인 계획을 통해 달성될 때 북극 온난화로 인한 기상재해의 중장기 예측력도 향상될 수 있을 것이다.

06p 남승일 극지연구소 빙하환경연구본부

과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

얼음으로 덮여 냉각 기능을 하면서 전 지구적 기후 시스템을 조절하는 등 지구의 심장과 같은 역할을 하는 북극해는 생성 이후 지구조운동을 거치면서 현재 모습으로 진화된 과정이 대부분 알려지지 않은 대양이다. 특히 해저 지형 탐사는 심해저나 달 또는 화성의 표면 탐사보다도 미진해 지구의 마지막 미답지로 남아 있다. 현재 지구온난화가 가속화되면서 극지 빙하는 물론 여름철 북극해 해빙 면적과 두께도 빠르게 감소하고 있다. 앞으로 지구 평균 기온이 1.5°C를 넘어 2~3°C까지 상승되면 빙하의 급속한 용해로 해수면 상승이 가속화되면서 전 지구적으로 기후가 어떻게 반응할지 예측하기조차 어려운 실정이다. 따라서 현재보다 대기 온도도 높고 더 많은 양의 빙하가 녹으면서 해수면이 높았던 과거의 최대 간빙기 해저 퇴적물에 보존된 기후변화 기록으로부터 현재 진행되고 있는 기후패턴을 좀 더 잘 이해하고 불확실한 미래에 대한 해답을 얻기 위해 북극해에서 해저 심부 시추를 추진하고 있다.

09p 서민정 해양수산부 해양개발과 극지정책팀장

극지활동 선도국으로의 길 - 제1차 극지활동 진흥 기본계획 수립 -

우리나라는 2021년 세계 최초로 남극과 북극을 포괄하여 국가 차원의 체계적 진흥을 목적으로 하는 「극지활동 진흥법」을 제정하였다. 또한 법령에 따라 남-북극을 포괄하여 우리나라 극지활동의 미래비전 설정과 달성을 위한 향후 5년간 세부 실천과제를 담은 우리나라 최초의 법정기본계획으로서 「제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027년)」을 수립하였다. 이번 기본계획에는 그동안의 우리나라 극지활동 수준을 진단하고, 극지에 대한 국민들의 인식과 전문가 정책 수요조사를 바탕으로 북극점에서 남극 내륙까지 인류 미지의 영역에 도전하고, 기후변화 등 글로벌 현안에 대응하며, 극지 신기술 선도를 통해 대한민국이 극지활동 주도국으로 나아가기 위한 비전과 전략을 담고 있다.

12p 신형철 극지연구소 부소장

중앙북극해 해양생태계 보전의 주역으로 부상하는 대한민국

얼어붙은 북극 바다가 열리면서 커지는 수산자원 수확에 대한 기대를 엄격하게 관리하고 합리적으로 만족시킬 수 있도록 과학을 우선으로 하며 최소 16년간 상업 조업을 잠정 금지하는 중앙북극해 협정이 합의되고 발표되었다. 이 협정은 국제공해역 생태계 보전과 자원관리에 대한 파격적인 선제대응이며 비북극권 국가가 대등한 위상으로 북극 거버넌스에 참여하게 하는 중요한 의미를 지닌다. 코로나 감염증의 대유행과 심화된 지정학적 갈등을 비롯한 난제를 슬기롭게 헤치고 첫 번째 당사국 총회가 대한민국의 극지연구소에서 성공적으로 개최되었다. 이 과정에서 우리나라는 협정 이행에 필요한 동력을 유지하고 진전시키는데 크게 기여하였다. 과학기구가 공식 설치되고 공동과학연구 및 모니터링 프로그램과 데이터 공유 프로토콜을 완성하기 위한 작업반을 가동하게 된 것은 우리나라가 유치하고 마무리한 창립총회의 대표적 성과였다. 우리는 이제 우리의 기반시설과 과학역량을 심분 활용한 실질적 지식 기여로 미담의 북극해 수산자원을 환경친화적으로 수확하고 활용하기 위한 초석을 놓을 것이다. 네트워크를 다지고 위상을 강화하며 북극해 거버넌스 의사결정에 주도적으로 참여하는 것은 우리가 놓칠 수 없는 과제이다.

남승일 극지연구소 빙하환경연구본부



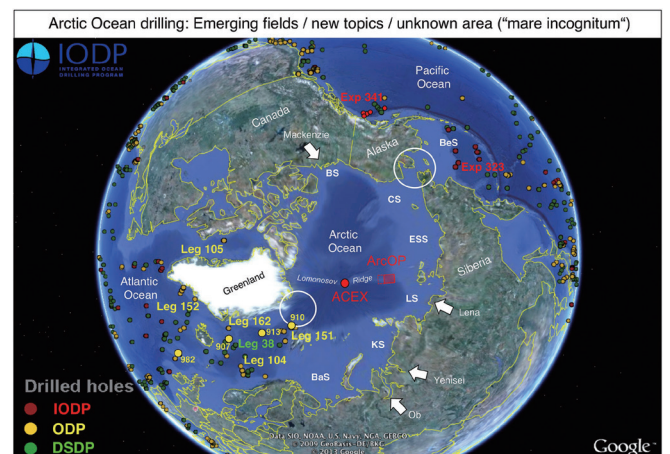
과거에서 해답을 얻기 위한 북극해 해저 심부 시추

얼음으로 덮여 냉각 기능을 하면서 전 지구적 기후 시스템을 조절하는 등 지구의 심장과 같은 역할을 하는 북극해는 생성 이후 지구 조운동을 거치면서 현재 모습으로 진화된 과정이 대부분 알려지지 않은 대양이다. 특히 해저 지형 탐사는 심해저나 달 또는 화성의 표면 탐사보다도 미진해 지구의 마지막 미답지로 남아 있다. 현재 지구온난화가 가속화되면서 극지 빙하는 물론 여름철 북극해 해빙 면적과 두께도 빠르게 감소하고 있다. 앞으로 지구 평균 기온이 1.5°C를 넘어 2~3°C까지 상승하면 빙하의 급속한 융해로 해수면 상승이 가속화되면서 전 지구적으로 기후가 어떻게 반응할지 예측하기조차 어려운 실정이다. 따라서 현재보다 대기 온도도 높고 더 많은 양의 빙하가 녹으면서 해수면이 높았던 과거의 최대 간빙기 해저 퇴적물에 보존된 기후변화 기록으로부터 현재 진행되고 있는 기후패턴을 좀 더 잘 이해하고 불확실한 미래에 대한 해답을 얻기 위해 북극해에서 해저 심부 시추를 추진하고 있다.

지구 내부 깊은 속을 직접 들여다볼 수 있는 북극해 해저 심부 시추

연중 두꺼운 다년빙으로 대부분 덮여 있던 북극해는 일반 탐사선의 접근이 거의 불가능했기 때문에 가장 탐사가 미진한 대양이었다. 그러다 1985년 3월 옛소련 당시 고르바초프가 서기장으로 선출되면서 오랫동안 지속해온 서방 국가와의 냉전시대를 종식하는 구상의 개혁·개방 노선이 채택되었다. 이를 계기로 북극해 연안 국가인 미국, 캐나다, 스웨덴을 비롯한 독일 등은 북극해 진출에 새롭게 눈을 돌려 연중 얼음으로 덮인 북극해 탐사를 위해 쇄빙 능력을 갖춘 탐사선의 필요성을 깨달았다. 이를 위해 우수한 쇄빙 능력과 첨단 탐사 장비를 갖춘 대형 쇄빙선을 건조하여 1990년대 부터 본격적인 북극 탐사에 뛰어들어 해빙이 두껍지 않은 연안 대륙붕뿐만 아니라 연중 두꺼운 다년빙으로 덮여 있어 접근이 어려웠던 북극점 주변의 중앙 결빙해역 탐사도 가능해졌다. 특히 해양지구물리 및 해저 탐사를 통해 과거 빙하 활동의 영향을 받은 해저지형과 지층탐사 자료를 획득하고 해저 퇴적물을 시추함으로써 과거 빙하-간빙기 동안 북극해에서 일어났던 기후변화 기록이 조금씩 알려지기 시작했다. 무엇보다도 과거 수십만 년 전 빙하기에 북극해 주변을 둘러싸고 있는 유라시아와 북미대륙 및 그린란드를 덮었던 거대한 대륙빙하의 크기와 지리적 분포뿐만 아니라 결빙해역에 따른 북극해 기후환경에 대한 새로운 지식을 통해 북극해가 전 지구적인 기후변화에 중요한 역할을 하는 사실이 밝혀졌다. 육상에서 유입된 빙하기원의 쇄설성 입자와 생물기원 플랑크톤 잔해인 미화석 등의 물질이 수 km 이상 두껍게 쌓여 있는 북극 해저 퇴적층에는 과거 수천만 년 동안 북극해와 주변의 대륙에서 일어났던 과거 기후변화의 기록이 잘 보존되어 있다. 이러한 퇴적층은 북극해

에서 일어났던 기후변화를 복원할 수 있는 최적의 기록 저장고인 셈이다. 그러나 전 세계 쇄빙선에 장착된 피스톤이나 중력 코어를 이용하여 획득된 코어 퇴적물은 약 15m 내외로 비교적 짧다. 이렇게 획득된 코어 퇴적물은 수십만 년의 비교적 짧은 지질학적인 기록(플라이스토세 중기 이후)을 포함하고 있을 뿐이다. 지난 2015년 아라온에 탑재된 점보피스톤코어(JPC)를 이용하여 수심 약 2,200m의 서북극해 척치분지에서 획득한 약 14m의 시추코어에서도 과거 네 번의 빙하-간빙기 주기를 포함하는 40만 년의 기후변화 기록이 확인되었다. 그러나 2004년 8월 국제통합 해저지각시추프로그램 (IODP: Integrated Ocean Drilling Program)에서 미국과 유럽이 중심이 되어 북극점 주변의 로모노소프 해령에 대한 북극해 시추



[그림 1] 국제공동해저심부시추프로그램(DSDP, ODP 및 IODP)의 시추 위치와 북극해 로모노소프 해령과 시추 예정 시추 정점(붉은색)

(ACEX: Arctic Coring Expedition)가 최초로 추진되었다. 두꺼운 다년빙으로 덮인 북극점 결빙해역에서 안전한 시추를 위하여 러시아와 스웨덴의 쇄빙선(IBRV Sovetskiy Soyuz, IBRV Oden) 2척과 전용시추선(Vidar Viking)으로 선단을 구성하여 약 428m 길이의 퇴적층을 획득하였다. 과학자들은 시추코어를 분석하여 후기 백악기부터 플라이스토세에 이르는 과거 수천만 년 동안 북극해에서 일어난 기후변화 기록을 처음으로 세상 밖으로 알린 기념비적인 연구 성과를 이루었다.

연속적인 제3기층 기후변동 기록 획득을 위한 북극해 심부 시추

북극점 인근 로모노소프 해령 시추를 통해 온실 기후가 우세했던 호수 환경의 후기 중생대부터 주변 대륙에 2~3km 두께의 거대한 빙상이 확장했던 빙하기-간빙기가 뚜렷하게 나타나는 2.6백만 년 이후 냉각기후가 지배적이었던 북극해 기후변화 기록이 처음으로 밝혀졌다. 퇴적물에서 다양한 기후변화 프록시를 분석한 결과, 북극해가 지구조적인 진화 과정에서 북대서양과 북태평양으로 연결됨으로써 주변 대륙에 빙하가 형성되고 두꺼운 해빙으로 덮인 현재와 같은 지형을 형성하면서 지속적으로 변화된 사실이 확인된 것이다. 무엇보다 제4기 빙하기-간빙기 동안 주변 대륙에 거대한 빙하가 확장하고 후퇴하면서 해수면과 해양순환시스템을 조절하는 등 북극해가 전 지구적 기후변화에 중요한 영향을 미치는 지구의 심장과 같은 역할을 한다는 사실을 밝혀내었다. 그러나 과거 기후 변화에 대한 새로운 사실들이 밝혀졌음에도 불구하고 북극해에서의 첫 심부 시추는 절반의 성공으로 평가되었다.

ACEX 코어 퇴적물에는 제3기(65백만~2.6백만 년) 지질시대 중 전기 에오세(44백만 년)부터 중기 마이오세(18백만 년)에 이르는 약 26백만 년의 지질학적 기록이 없는 결층(Hiatus)이 확인되었다. 이에 ACEX 시추제안서 작성에 참여했던 과학자들을 포함한 전 세계의 북극 전문가들이 2008년 10월 알프레드 베게너 극지해양 연구소(AWI)에 모여 북극해에서 제3기 층의 완전한 기록 확인을 위해 로모노소프 해령을 비롯한 다른 해역에서 새로운 시추 필요성에 의견을 같이하였다. 당시 우리나라는 극지 탐사에 필요한 쇄빙선을 건조하고 있는 시기여서 독일과 스웨덴, 미국을 중심으로 추진된 시추제안서 작성을 위한 그룹에는 직접 참여할 수 없는 실정이었다. 독일 AWI의 루디거 슈타인 교수를 주축으로 러시아 랍테프해(Laptev Sea)에 인접한 로모노소프 해령에서 추가 심부 시추를 위한 예비 시추제안서가 IODP에 제출된 후 여러 차례에 걸쳐 시추과학위원회의 심의에 의한 수정 요청을 거쳐 제안된 시추제안서("60백만 년 이후 북극해 고기후·고해양기록 복원")가 채택되어 2018년 여름 6주간의 시추 계획이 확정되었다.

북극해 시추를 위한 과학자들의 끊임없는 노력

ACEX보다 퇴적물이 2~4배 더 높은 로모노소프 남부 해령에서 시추를 통해 연속적인 층서를 정립하여 제3기 기후변화의 연속적인 기록이 보존된 완벽한 복원을 이루고자 하였다. 이를 위해 다년빙의

위험으로부터 안전한 최적의 시추 정점을 선택하고 적합한 시추 기술을 적용하여 완벽한 시추를 목표로 세웠다. 시추는 안전성 확보와 경비 절감을 위하여 해저면 아래 1000m 이하 길이의 기본 시추공 한 점을 시추하기로 결정하였다. 또한 교란되지 않은 퇴적층의 최상부 층인 제4기 층과 플라이오세 층을 획득하기 위해 추가로 3~5정점을 선택하여 30~50m 길이의 짧은 퇴적층을 시추하는 계획이 채택되었다. 2018년 8월 결정된 시추는 결빙해역에서 안전성을 확보하면서 시추를 추진하기 위해 2004년처럼 시추선 이외에 쇄빙선 두 척을 확보하기 위해 유럽을 대표한 AWI의 폴라스턴과 아시아를 대표한 대한민국의 쇄빙선 아라온의 참여를 정식으로 ECORD가 제안한다. 그러나 아라온호가 투입되지 못하게 되면서 시추는 연기되었고, 4년 후 2022년 8월부터 5주간의 로모노소프 해령 시추가 다시 한 번 결정되었다. 이를 위해 노르웨이 시추선인 디나 폴라리스(Dina Polaris)와 외곽에서 위험한 유빙의 진입을 막는 러시아 쇄빙선 빅토르 체르노미르딘(IBRV Viktor Chemomyrdin), 그리고 시추선 가까이서 안전한 시추가 진행되도록 보호해 주는 스웨덴 쇄빙선 오덴(IBRV Oden)이 함께 선단을 꾸려 추진하는 계획이 결정되었다. 그러나 2022년 2월 러시아가 우크라이나를 침공하면서 러시아와 인접한 해역에서 추진되는 시추 작업에 안전이 확보되지 않다는 이유로 북극해 시추는 무기한 연기되는 비운을 맞았다. 2013년 시추제안서를 제출한 이후 두 번의 시추 계획이 연기되고 무산된 것이다. 러시아-우크라이나 전쟁이 언제 끝날지, 그리고 종료된 후에도 과연 러시아 연안에 인접한 시추해역에서 안전하게 시추가 추진될지는 여전히 불확실하기 때문에 미제로 남게 되었다.

그러나 다행히도 북극해와 인접한 그린란드 서쪽 해역인 베핀만(Baffin Bay)에서 2023년 8월부터 8주간 시추가 추진될 예정이다. 2024년에는 북극 스발바르군도 서쪽 해역에서 6월 초부터 8주간 시추가 진행된 이후, 이어 동부 그린란드 해역에서 10월 초까지 8주간 미국의 전용 시추선인 조이데스 레졸루션(Joides Resolution)을 이용하여 시추가 추진된다. 주요 시추 목적은 북극해가 열린 시기를 밝히고, 다른 대양과의 연결로 표층 및 심층 해양순환이 시작되면서 제3기 동안 전 지구적 기후변화가 어떻게 진행되었는지 이력을 규명하는 것이다. 또한 북대서양 해류가 북극해로 유입되면서 북극해의 결빙과 주변 대륙의 빙상 확장이 이루어진 시기를 밝히고, 전 지구적인 기후변화에 어떻게 영향을 미쳤는지에 대해서도 명확하게 규명하는 것이다.

IODP2050 출발과 북극해 심부 시추 프로그램 참여 추진

미국, 일본 및 유럽국가가 구축한 컨소시엄(ECORD)이 주축이 되어 2013년부터 2023년까지 추진된 IODP는 2024년부터 다음 단계를 다시 준비하고 있다. 미국은 기존과 같이 독자적으로 한 축을 담당하고 ECORD와 일본(J-DESC)이 함께 컨소시엄을 구축하여 양분된 새로운 운영 시스템으로 개편하고 있다. 또한 참여 회원국이 공동으로 새로운 과학 계획 설정과 더불어 미래의 해양과학시추 2050년

(2050 Science Framework) 계획을 수립하고 있다. 1997년부터 IODP 회원국에 가입하여 25년간 활동해온 우리나라는 분담금 지원 문제가 해결되지 않아 아쉽게도 2022년을 끝으로 회원국 지위를 잃어버린 상황이다. 그러나 세계 경제대국 10위권인 우리나라도 전 세계 26개 회원국이 함께하는 거대 지구과학 프로그램의 회원국 지위를 회복하여 다시 한 번 세계 최대·최고의 국제공동해저 탐사에 주도적으로 참여하는 빅사이언스 연구 활동이 필요하다. 다행히 새롭게 개편되는 운영 시스템에 따르면 국가를 대표하지 않더라도 극지연구소와 같은 단일 국가연구기관이나 대학이 일정한 분담금을 지불하고 유럽과 일본이 함께 구성하는 컨소시엄에 가입하여 IODP 회원국으로서 지위를 유지하여 극지의 중요한 시추해역에서 수행하는 탐사에 참여할 수 있는 기회를 얻을 수 있다. 따라서 대한민국을 대표하여 극지연구를 수행하는 극지연구소는 유럽연합과 일본이 추진하고 있는 새로운 컨소시엄에 가입하여 전 지구적인 기후변화에 가장 중요한 역할을 하고 있는 극지해역에서 과거의 기록을 통해 해답을 얻고자 하는 국제공동해저시추에 적극적으로 동참하여야 한다. 이에 필요한 분담금 등 관련 정부부처의 관심과 지속적인 지원이 무엇보다 필요한 시점이다. 특히 현재 쇄빙선 아라온과 함께 더욱 향상된 쇄빙 능력과 최첨단 탐사 및 시추 장비를 갖춘 차세대 쇄빙선이 2027년에 건조되면 남극해와 북극해 탐사 활동을 통해 획득한 자료와 노하우를 기반으로 향후 극지 해역의 중요한 시추를 위한 시추제안서를 주도적으로 제출할 수 있다. 무엇보다 남·북극 주요 해역에서 시추 탐사를 주도하고 적극적으로 동참하여 글로벌 주요 이슈를 공동으로 해결할 수 있는 빅사이언스를 수행함으로써 수월성 높은 세계적인 연구에 함께할 수 있을 것이다.



[그림 2] 2004년 8월 북극해 로모노소프 해령 시추를 위해 북극해로 향하는 3대의 시추 선단



ISSN 2733-7529 (Print)

ISSN 2733-7537 (Online)



발행일: 2023년 3월

발행처: 극지연구소 정책개발실 Tel. 032-770-8425

주소: 인천광역시 연수구 송도미래로 26, 극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.

Cover pages photo credit© KOPRI