

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

POLES & GLOBE

극지와 세계

2024 JUNE

VOL. 02



남극해 '잔물' 생성 정밀 관측을
통한 전 지구 해양 변화 예측
능력 향상

윤승태
경북대학교

극한환경 생존의 대명사,
완보동물을 통한 극지연구

김지훈
극지연구소 빙하지각연구본부

아라온호, 성과와 미래

김춘식
극지연구소 쇄빙선운영실



SNAPSHOT

03p 윤승태 경북대학교

남극해 '잔물' 생성 정밀 관측을 통한 전 지구 해양 변화 예측 능력 향상

남극해에서는 지구상에서 가장 무거운 '잔물'인 고염대륙붕수가 생성된다. 이 해수는 전 지구 해양 순환의 핵심 중 하나인 남극저층수의 특성을 결정하는 '마중물' 같은 존재이다. 최근 급격해진 기후변화의 영향으로 표층에서 만들어지는 '잔물' 고염대륙붕수와 '잔물'의 영향을 받는 남극저층수의 특성 변화가 꾸준히 관측되고 활발하게 보고되고 있다. 지구상에서 가장 무거운 해수인 남극저층수의 특성 변화로 인해 무게(밀도)가 변하게 된다면 전 지구 해양 순환 변화 및 해수면 변동까지 초래할 수 있다. 따라서 전 지구 해양 순환 및 해수면 변동 예측 능력을 향상하기 위해서는 남극해 고염대륙붕수의 생성 기작과 과정을 면밀히 파악하는 것이 매우 중요하다. 하지만 남극의 극한 환경 조건으로 인해 현장 관측이 매우 제한적이었기 때문에 지금까지는 하계 선박 관측 자료에서 확인된 고염대륙붕수 특성 변화를 통해 간접적으로 해수의 생성 정도와 분포 특성 등을 규명해왔다. 그러나 최근 경북대학교, 극지연구소, 미국 컬럼비아대학교, 뉴질랜드 국립수문대기연구소 등으로 구성된 국제 공동연구팀은 도전적 관측 시도로 약 1년 동안 연속 모니터링에 성공하여 고염대륙붕수의 생성 과정을 상세히 규명하고, 정량적인 수치를 기반으로 고염대륙붕수 생성에 영향을 미치는 주요 요소들을 밝혀냈다. 겨울철 고염대륙붕수 생성 과정을 직접 관측하여 해수 생성량과 그 영향 요소를 정량적으로 제시한 것은 이번이 처음이며, 본 연구는 향후 전 지구 해양 순환 변화와 해수면 변동 예측 연구에 크게 기여할 것으로 기대한다.

07p 김지훈 극지연구소 빙하지각연구본부

극한환경 생존의 대명사, 완보동물을 통한 극지연구

완보동물은 극한의 환경조건에서 살아남는 능력을 가졌지만 눈에 보이지 않을 정도로 크기가 작은 동물로 알려져 있다. 이러한 적응 능력을 토대로 전 세계 어디에서든 다양한 종이 발견되며, 특히 남극과 북극의 육상 생태계에서 주요 구성원으로 자리 잡고 있다. 극한의 조건에서 살아남는 생물의 대표 종으로 인식되는 완보동물은 동물계에서 종 수로 가장 큰 분류군인 탈피동물군에 속하는데, 이 분류군의 진화사를 밝히는 데 중요한 역할을 한다. 또한 잘 알려진 모델 종들을 이용해 실험한 결과, 상당수의 육상 완보동물이 열에 취약한 것으로 밝혀져 기후변화로 인한 극지 생태계의 충격과 변화를 알려주는 지표 역할도 할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 생리학적, 생태학적, 진화생물학적 중요성에도 불구하고 국내에서는 한동안 연구 활동이 없었지만, 극지연구소가 그린란드의 완보동물 연구를 시작한 이래로 점차 세계적 수준의 연구 역량을 갖추어 가고 있다. 지속적인 연구를 통해 극지에서의 생물의 적응과 지구온난화에 따른 생태계의 변화, 그리고 동물 진화에 있어서 완보동물이 중요한 과학적 기여를 할 수 있으리라 기대한다.

10p 김춘식 극지연구소 쇄빙선운영실

아라온호, 성과와 미래

아라온호는 우리나라 극지연구의 활동 범위 확장과 독자적인 연구 진행을 위해 건조된 아라온 쇄빙연구선으로 2009년 11월 2일 첫 항해를 시작해 지금까지 15년간 전 세계 바다를 누비고 있다. 총톤수는 7,507t으로 길이가 111m에 달한다. 항해 속력은 12노트(22.2km)로 결빙 지역에서 1m의 해빙을 시속 3노트(약 5.6km)의 속력으로 깨뜨리며 항해할 수 있는 국내 최초의 쇄빙연구선이다. 아라온호는 음향음심장치(Mui-beam echo sounder), 탄성파장비(Seismic system), 해수분석장비(CTD) 및 해저퇴적물채취장비를 비롯한 60여 종의 연구 장비를 장착하고 있다. 또한 15년 동안 남극과 북극 간 총 69만 마일을 오가며 "아라오나의 발견" 및 2023년 "남극 빙하 녹이는 바닷물 계절 변동성 최초 규명" 등 총 204건의 연구 활동을 지원하였다. 그뿐만 아니라 남극해에서는 조난 어선과 인명을 구조하여 "남극산타"라는 별명을 얻기도 했다. 아라온호는 남극과 북극에서 연구 활동을 지원하여 우리나라 극지연구의 위상 제고를 견인하는 핵심 인프라일 뿐만 아니라 차세대 쇄빙선이 인도되기 전까지 국내외 연구자들의 다양한 연구 수요를 수용하여 우수한 연구 성과가 도출될 수 있도록 지속적인 지원을 하고 있다. 지구온난화 현상으로 갈수록 어려워지는 극지에서의 남극과학기지 보급 업무를 성공적으로 지원하여 극지연구의 미래를 함께하고자 한다.

아라온호, 성과와 미래



김춘식 극지연구소 쇄빙선운영실

아라온호는 우리나라 극지연구의 활동 범위 확장과 독자적인 연구 진행을 위해 건조된 아라온 쇄빙연구선으로 2009년 11월 2일 첫 항해를 시작해 지금까지 15년간 전 세계 바다를 누비고 있다. 총톤수는 7,507t으로 길이가 111m에 달한다. 항해 속력은 12노트(22.2km)로 결빙 지역에서 1m의 해빙을 시속 3노트(약 5.6km)의 속력으로 깨뜨리며 항해할 수 있는 국내 최초의 쇄빙연구선이다. 아라온호는 음향음심장치(Mui-beam echo sounder), 탄성파장비(Seismic system), 해수분석장비(CTD) 및 해저퇴적물채취장비를 비롯한 60여 종의 연구 장비를 장착하고 있다. 또한 15년 동안 남극과 북극 간 총 69만 마일을 오가며 “아라오나의 발견” 및 2023년 “남극 빙하 녹이는 바닷물 계절 변동성 최초 규명” 등 총 204건의 연구 활동을 지원하였다. 그뿐만 아니라 남극해에서는 조난 어선과 인명을 구조하여 “남극산타”라는 별명을 얻기도 했다. 아라온호는 남극과 북극에서 연구 활동을 지원하여 우리나라 극지연구의 위상 제고를 견인하는 핵심 인프라일 뿐만 아니라 차세대 쇄빙선이 인도되기 전까지 국내외 연구자들의 다양한 연구 수요를 수용하여 우수한 연구 성과가 도출될 수 있도록 지속적인 지원을 하고 있다. 지구온난화 현상으로 갈수록 어려워지는 극지에서의 남극과학기지 보급 업무를 성공적으로 지원하여 극지연구의 미래를 함께하고자 한다.

극지에서 쇄빙연구선의 역할과 필요성

얼음을 깨고 항해하는 쇄빙연구선은 남극과 북극의 극지를 기반으로 연구 활동을 수행하는 과학자들에게 결빙 해역에서 연구 활동을 가능하게 하고, 남극과학기지에 연구 장비 운송 및 보급품을 전달하는 역할을 한다.

우리나라에 쇄빙연구선이 없었을 때의 극지 활동은 쇄빙연구선을 보유한 외국의 연구기관에 비싼 사용료를 지급하거나 그 기관의 연구 일정에 맞추어 승선해야 했으므로 해빙이 없는 곳이나 연구자가 원하는 연구 활동을 수행할 수 없었다. 우수한 연구 성과를 기대하기 위해서는 독자적 연구 활동은 물론 남극장보고과학기지 건설과 건설 후 기지 운영에 필요한 보급품을 전달하기 위해 쇄빙연구선이 필요하게 되었다.



쇄빙연구선의 건조

쇄빙연구선은 2003년 건조가 착수된 이후 2004년 한국해양연구원에서 개념 및 기본 설계를 추진하였으며, STX조선의 실시 설계 시행으로 2008년 1월 부산 한진중공업에서 건조 착공 후 국내 최초로 진수되었다. 마침내 2009년 11월 2일 취항식에서 선명을 “아라온호”라 명명함으로써 대한민국 최초이자 유일한 쇄빙연구선이 탄생하여 우리의 힘으로 운항할 준비를 완료하였다.

· 제원

총톤수는 7,507t으로 길이 111m, 폭 19m, 항해 속력은 12노트(22.2km)로 최고 16노트까지 달릴 수 있으며, 결빙 지역에서 1m의 해빙을 시속 3노트(약 5.6km)의 속력으로 깨뜨리며 항해할 수 있는 쇄빙 능력을 갖추고 있다. 한 번의 보급으로 70일간 약 2만 해리(약 3,700km)를 항해할 수 있고 승무원 25명과 연구원 60명이 탑승하여 총 85명이 정원이다.

· 탑재 연구 장비 및 연구 지원 능력

아라온호에는 음향측심장치(Mui-beam echo sounder), 탄성파장비(Seismic system), 해수분석장비(CTD) 및 해저 퇴적물채취장비를 비롯한 60여 종의 연구 장비가 장착되어 남북극의 결빙 지역에서 전천후로 연구 활동 지원 업무를 수행한다.

· 특징

아라온호의 선수는 40mm의 저온 고장력 특수강으로 제작되어 있고, 특수강 외부에는 저온과 쇄빙 때 얼음 충격으로부터 선체를 일차적으로 보호하기 위하여 단단한 내빙 도료가 시공되어 있다. 앞부분 아래쪽에는 얼음을 자를 수 있는 아이스 나이프가 장착되어 있으며, 선미에 360도 회전이 가능한 프로펠러 2개가 장착되어 있다. 또한 선수에는 보조 프로펠러 2개가 장착되어 있으므로 결빙 지역에서 배의 조종을 쉽게

할 수 있도록 하여 쇄빙 중 얼음 속에 갇히면 빠르게 탈출할 수 있는 기능도 갖추고 있다. 아라온호의 쇄빙 원리는 강력한 추진기의 추진력을 이용하여 선체와 선수의 아이스 나이프가 얼음을 충돌하여 깨는 것과 충돌로 깨기 어려운 두꺼운 얼음은 아라온호가 얼음 위를 올라타 그 무게로 얼음을 깨는 것이다.

운항 일정

남극 항해는 10월 말에 출항하여 남극장보고과학기지의 보급 활동 및 남극에서의 연구 활동 지원을 수행하고 이듬해 4~5월에 다시 모항인 인천항에 귀항한다. 인천항에 돌아오면 시험항해로 아라온호 및 연구 장비를 최적의 환경으로 만든 후 북극 항해는 7월에 출항하여 9월 말에 인천항에 돌아온다.

·남북극 운항 항적도

1월	2월	3월	4월	5월	6월
남극					유자보수
7월	8월	9월	10월	11월	12월
수리	북극	대기	남극		

실적 및 성과

2009년 11월 첫 항해를 시작한 아라온호는 2009년 항해 4,600마일을 시작으로 쉼 없이 남극 15번과 북극 14번을 오가며 연평균 약 48,000마일, 15년 동안 약 69만 마일 (약 127만 km)의 대장정 항해를 하였다.

·연구 성과

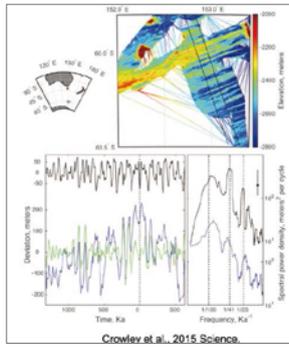
69만 마일을 항해하며 연평균 약 13건의 연구 과제를 수행하는 등 15년 동안 총 204건의 연구 과제를 수행하였다. 204건의 연구 과제 중 대표적으로 2015년 남극 해저에서 신종 생명체 “아라오나의 발견” 및 2023년 “남극 빙하 녹이는 바닷물 계절 변동성 최초 규명” 등 우수한 성과를 도출함으로써 극지 연구에 커다란 양적, 질적 성장에 이바지하였다.



[그림 1] 아라온호의 운항 항적도



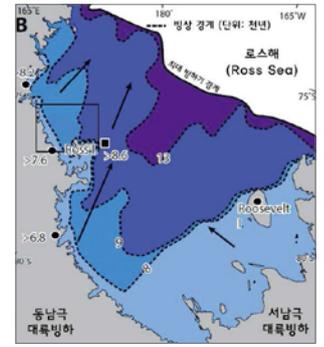
2013 세계 최초 북극 동시베리아 거대 빙상의 흔적 발견



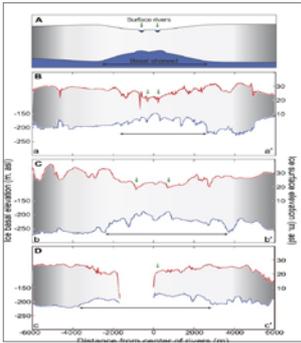
2015 세계 최초 남극 중앙해령 지각의 빙하기-간빙기 순환 증거 발견



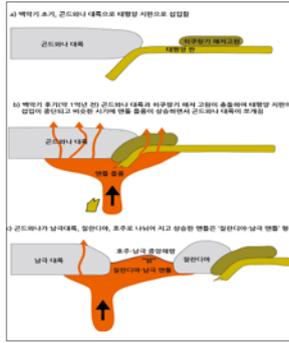
2016 세계 최초 동시베리아해 가스하이드레이트 채취 성공



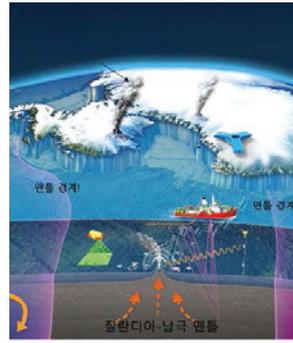
2017 남극 로스해(Ross sea) 빙하 흔적 발견



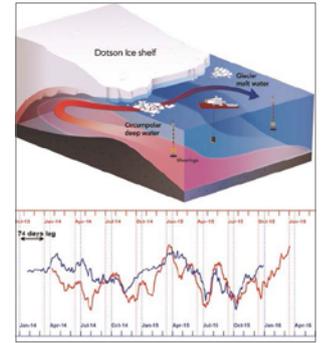
2018 빙봉 하부 채널로 인한 빙봉 상부 하천망 생성 및 빙봉 붕괴 촉진



2019 동위원소적으로 뚜렷이 다른 Zealandia - 남극해 내의 남극 맨틀 영역



2020 신규 맨틀 남극 바다서 세계 최초 발견



2023 남극 빙하 녹이는 바닷물 계절 변동성 최초 규명

[표 1] 아라온호의 주요 연구 성과

· 남극장보고과학기지 운영 및 남극 연구 활동 지원

2014년에 대한민국 최초의 남극 대륙기지인 남극장보고과학기지 건설 사업을 지원하였으며, 이후 매년 장보고과학기지에 남극 항공유 약 600m³, 컨테이너 27TEU에 각종 연구 장비, 식자재, 생활용품이나 기지 유지 부속품을 보급해왔다. 또한 특수 중장비를 운송하여 대륙을 기반으로 하는 연구 활동을 지원하였다.

· 연간 승선 인원

극지연구소 연구원, 국내 산학연 연구원 및 해외 연구기관의 연구원을 포함하여 연평균 약 260명, 15년 누계 약 3,756명(국내 3,411명, 해외 345명)이 승선하여 남북극에서 연구 활동을 수행하였다.

· 조난 선박과 인명의 구조 활동

아라온호의 주요 임무는 결빙 지역에서의 연구·보급 활동을 지원하는 것과 남극에서 조업하는 어선이 남극 결빙 지역에서 선체 파공, 화재 및 긴급환자의 발생 등 위험에 빠졌을 때 신속하게 출동해 구조에 성공하여 “남극의 산타”로 불리며 남극에서의 대한민국의 입지와 영향력을 강화해 나가고 있다. 최근 2024년 1월에는 남극에서 조업 중인 우루과이 어선에서 응급환자가 발생하여 아라온호 선장, 아라온호에 승선 중인

선과의 극지의학회 소속 의사와의 협진으로 의료 및 의약품을 지원함으로써 환자가 모항에 무사히 도착할 수 있도록 하여 그간 남극에서 시행해 온 의료 협력 체계를 한 단계 격상시켰음을 확인하였다.

아라온호의 도전

극한 환경인 극지에서의 쇄빙연구선 운항은 해빙에의 간헐, 화재 발생, 선체 파공 등 위험성과 고립성, 취약한 접근성에 노출되어 있다. 따라서 아라온호와 연구원의 안전을 지켜 내는 것은 매우 중요하다. 따라서 운영 연수의 증가로 노후화가 진행되는 연구 장비와 항해 장비의 성능을 유지하고, 위험성에 노출 빈도가 잦은 저온지역에서의 안전사고 예방을 위한 노력과 관심이 중요한 과제가 되고 있다.

코로나19로 쇄빙연구선인 아라온호는 새로운 난관에 직면했다. 바닷길과 하늘길이 중단된 남극과학기지는 유일한 남극 접근 수단이었던 아라온호를 활용하여 연구 활동 지원, 월동 연구대 교대 및 보급품 운송을 수행하여 초유의 무정박, 무보급 140일 항해를 성공적으로 수행하였다. 남극에 코로나19 전파를 차단하기 위한 절차와 경험은 앞으로 유사한 전염병이 창궐하였을 경우 이를 극복할 수 있다는 자신감과 함께 새로운 경험과 과제를 체득하기도 했다.

앞으로 쇄빙연구선에 대한 기대

대한민국의 유일한 쇄빙연구선인 아라온호는 2009년 취항 후 15년 동안 우수한 연구 성과를 거두는 데 큰 역할을 하였으며, 최근 신규 연구과제의 지속적인 증가와 외부 기관에서의 극지연구에 대한 관심이 높아짐에 따라 공동 활용의 기회를 제공함으로써 아라온호의 적정 운항 일수인 280일을 넘어 포화 단계에 이르게 되었다.

지구온난화 현상으로 발생하는 기후변화 원인 규명 등을 비롯한 다양한 극지연구에 대한 수요는 한 척의 쇄빙연구선으로 감당하기가 어렵게 되었다. 또한 제한된 운항 일정으로 연구과제의 지원, 보급 활동 등 남극의 산타로 역할을 수행하기에는 운항 안전 확보가 위협을 받게 됨에 따라 보다 쇄빙

능력이 강화된 대형 차세대 쇄빙선 건조가 필요하게 되었다. 친환경 선박으로 건조 추진 중인 차세대 쇄빙연구선은 강력한 쇄빙 능력으로 폭넓은 연구지역 항해와 극지 운항기간 연장 또한 가능하다. 아울러 아라온호와 역할 분담으로 보다 쉽게 연구 활동을 지원하고 안정적인 남극과학기지 보급 업무를 수행할 수 있어 극지 연구의 발전에 매진할 것이다.

2024년 5월, 아라온호는 15번째의 남극 항해를 완료하고 다시 모항으로 돌아왔다. 15번째의 성공적인 항해를 완료한 아라온호는 잠시 휴식한 후 개방과 협력으로 극지에서의 대한민국의 영향력을 확장하고, 급변으로 예측 불가한 지구 환경 변화에 대응하기 위한 최일선 지원체계에 16번째의 역사적인 항해를 준비하고 있다.

일시	사고 선명 / 소속	구조 내용	비고
2011.12.15.	스파르타호 / 러시아 어선	해빙과의 충돌로 파손된 어선과 선원 구조	
2012.01.11.	정우 2호 / 국내 어선	화재로부터 위험에 빠진 어선원 구조	
2015.12.17.	센스타호 / 국내 어선	해빙에 갇힌 선박을 얼음이 없는 안전지대로 인도	
2020.01.10.	홍진호 / 국내 어선	조타기 고장으로 해빙에 항해가 불가능한 선박을 안전지대까지 인도	
2020.04.20.	○성기업	코로나로 파푸아뉴기니에 고립된 어선원 수송	
2024.01.25.	우루과이 어선 환자	우루과이 어선에서 뇌졸중 응급환자 의료 및 의약품 지원	

[표 2] 아라온호의 주요 구조 활동(출처: 극지연구소, 연합뉴스)



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



발행일: 2024년 6월
발행처: 극지연구소 정책개발실 Tel. 032-770-8453
주소: 인천광역시 연수구 송도미래로 26, 극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.
Cover pages photo credit© KOPRI