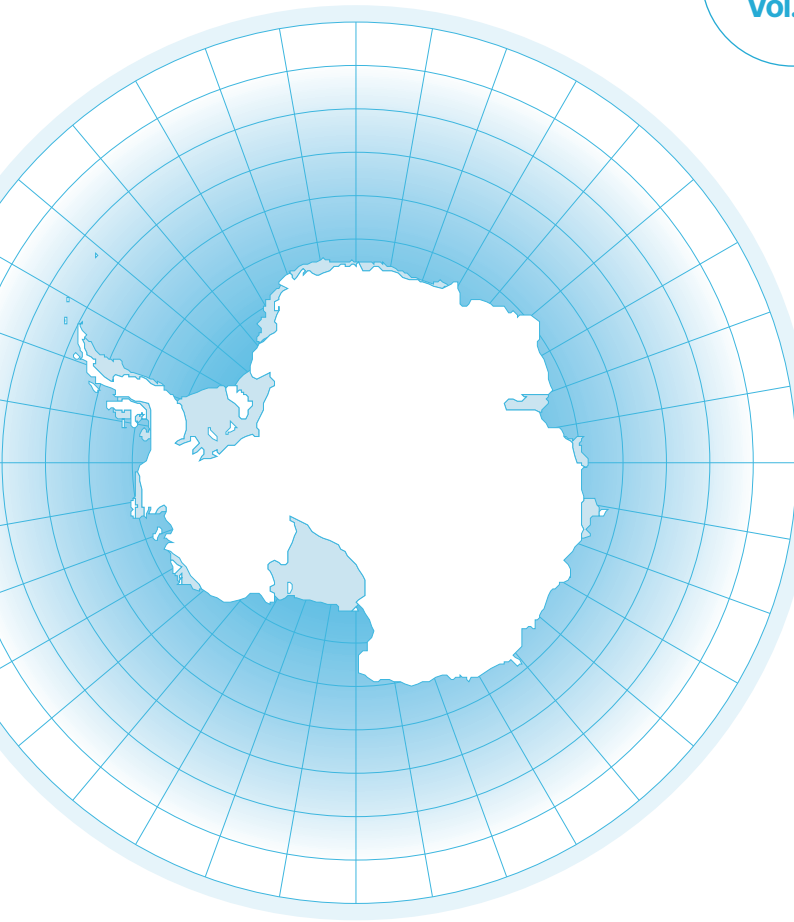


ISSN 2733-7529 (Print)  
ISSN 2733-7537 (Online)

# POLES & GLOBE

## 극지와 세계

2022  
JUNE  
Vol. 02



**남북극과 블루카본**  
권봉오 군산대학교

**컨테이너선의 개발 역사와 전망**  
- 친환경 쇠빙 컨테이너선  
최중효 대우조선해양 중앙연구원

**남극과 북극에서의 과학외교**  
김찬우 외교부 명예교수, 전 북극협력대표

제2호 2022년 6월 발행  
극지연구소 정책개발실

03p 권봉오 군산대학교

### 남북극과 블루카본

기후 위기를 해결하기 위한 2050 탄소중립이 인류 생존의 마지막 보루로 떠오르고 있다. 2030년까지 45% 이상 감축해야 하며, 2050년에 탄소 중립을 이루어야 한다. 전 세계가 앞다투어 탄소중립을 선언하고 있으며, 우리나라에서도 2050 탄소중립을 선언하였으며, 해양수산 분야에서는 324만 톤 네거티브를 선언했다. 또한 탄소 감축뿐만 아니라, 탄소흡수원을 찾기 위한 노력도 기울이고 있다. 해양은 육상과 비슷한 수준으로 탄소를 흡수하고 있고, 최근 해양생태계에 흡수·저장되어 있는 탄소인 블루카본이 주목받고 있다. 현재는 맹그로브, 염습지, 해초지가 블루카본으로 인정받고 있으나, 최근 신규 탄소흡수원에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 넓은 의미의 블루카본으로 해양보호구역이 관심을 받고 있다. 남극해 해양보호구역을 중심으로 탄소흡수 저장 프로세스에 관한 정량적인 연구가 시급한 실정이다.

05p 최중효 대우조선해양 중앙연구원

### 컨테이너선의 개발 역사와 전망 - 친환경 쇠빙 컨테이너선

중국 경제의 급성장으로 인해 2000년대부터 빠르게 대형화된 컨테이너선은 과거에는 파나마 운하의 폭, 항구의 수심 및 길이, 컨테이너 하역 장비의 크기 등 제약 조건들을 고려하여 개발되었으나, 물동량의 급격한 증가 및 각국의 신항만 개발과 함께 조선소 및 선사들에 의해 경쟁적으로 대형화되었다. 또한 컨테이너선은 대형화뿐만 아니라 세계 경제의 성장률, 주요 항구의 상/하역 처리 수용력, 주요 운하의 교통량 등의 영향으로 항로, 선속 등 운항 조건이 바뀌고 있으며 이에 맞춰 설계의 주요 조건 또한 빈번히 변경되고 있다. 최근에는 환경보호를 위한 친환경 연료의 사용 및 추진 효율을 높이기 위한 장비 설치 등이 컨테이너선 개발에 필수 조건으로 대두되었다.

중국처럼 대량의 신규 물동량을 출하할 수 있는 신흥 경제국이 등장하기 어려운 현실에서 이제 컨테이너선의 개발 방향은 대형화 경쟁보다는 경제적인 운항이 가능한 북극해항로와 같은 신흥로 개발과 대기오염물질을 줄이는 방법에 대한 연구가 주를 이룰 것으로 보인다.

08p 김찬우 외교부 명예교수, 전 북극협력대표

### 남극과 북극에서의 과학외교

남극은 남극 대륙과 남극이 대륙을 둘러싼 남극해로, 북극은 북극권 국가들의 영토와 그 영토로 둘러싸인 북극해로 이루어져 있다. 이러한 지형적 특성으로 남극과 북극은 기온, 강수, 동식물, 생태계 등에서 큰 차이가 있다. 또한 거버넌스에 있어서도 인류 공동의 자산으로 여기는 남극과 북극권 국가들의 영향력하에 있는 북극은 차이가 있다. 우리나라의 남북극 과학외교는 이러한 상황에서 전개되는 남북극에서의 과학연구 활동이 차질 없이 수행되도록 지원하고, 연구 활동 성과의 공유와 전파를 통해 우리나라의 국제적 위상을 제고하는 역할을 한다. 우리나라 남북극 과학 외교는 이러한 목적을 위해 자체 극지 연구역량을 강화하고, 남북극 연구에 있어 선도적인 국가들과 다차원적인 협력 관계를 구축하고, 다양한 남북극 관련 회의와 포럼을 적극 활용하여야 한다. 그리고 이러한 노력은 남북극의 상이한 거버넌스를 고려하여 전개되어야 할 것이다.

# 남북극과 블루카본

권봉오 군산대학교



기후 위기를 해결하기 위한 2050 탄소중립이 인류 생존의 마지막 보루로 떠오르고 있다. 2030년까지 45% 이상 감축해야 하며, 2050년에 탄소중립을 이루어야 한다. 전 세계가 앞다투어 탄소중립을 선언하고 있으며, 우리나라에서도 2050 탄소중립을 선언하였으며, 해양수산 분야에서는 324만 톤 네거티브를 선언했다. 또한 탄소 감축뿐만 아니라, 탄소흡수원을 찾기 위한 노력도 기울이고 있다. 해양은 육상과 비슷한 수준으로 탄소를 흡수하고 있고, 최근 해양생태계에 흡수·저장되어 있는 탄소인 블루카본이 주목받고 있다. 현재는 맹그로브, 염습지, 해초지가 블루카본으로 인정받고 있으나, 최근 신규 탄소흡수원에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 넓은 의미의 블루카본으로 해양보호구역이 관심을 받고 있다. 남극해 해양보호구역을 중심으로 탄소흡수 저장 프로세스에 관한 정량적인 연구가 시급한 실정이다.

## 기후변화와 탄소중립

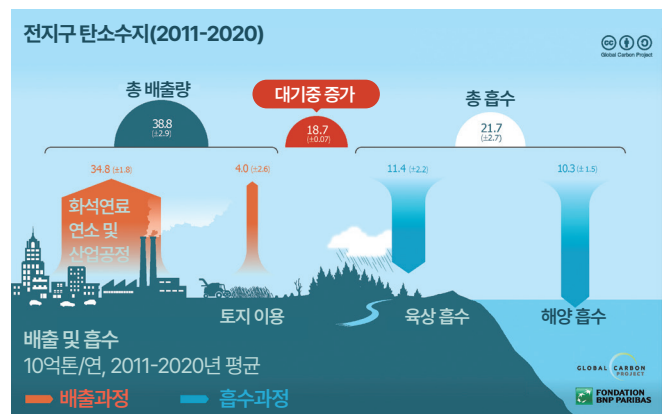
전 세계적으로 기후변화가 환경문제를 넘어 기후 위기로 인식되고 있다. 기후 위기로 인해 바다에서는 해수면 상승, 해수온 상승, 해양산성화, 어획량 감소, 연안침식, 연안침수 등이 발생하고 있다. 극지에서는 21세기 말에 해빙이 북극에서는 19~76%, 남극에서 20~54%가 감소할 것으로 예측하고 있다. 한반도 인근 바다에서는 1968~2020년에 표층 수온이 약 1.23°C 상승하여, 전 세계 평균 상승 온도 약 0.53°C보다 2배 이상 높은 것으로 알려져 있다. 이러한 기후 위기가 지속된다면 인류의 생존까지도 장담할 수 없는 상황이다. 기후 위기를 극복하기 위해 "기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)"는 2100년 지구 평균온도 상승폭을 1.5°C 내로 제한하고, 2030년엔 글로벌 이산화탄소 배출량을 최소 45% 이상 감축(2010년 대비)하고 2050년엔 탄소중립(Net-Zero)을 달성할 것을 제안하였다. 이에 따라 미국, EU, 일본 등 주요국들을 중심으로 탄소중립이 전 세계적인 관심사가 되었다.

우리나라 또한 2020년 하반기에 2050 탄소중립 목표(비전)를 수립하고, 2021년 '기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법'(탄소중립기본법)을 제정하였다. 2021년 11월 영국 글래스고에서 열린 제26차 기후변화협약당사국 총회(COP26)에서 문재인 대통령은 2030년까지 온실가스를 2018년 대비 40% 이상 감축하기로 약속하였다. 이는 종전 목표보다 14% 상향한 과감한 시도였다. 이로써 2050년까지 탄소중립을 이루겠다는 계획이다. 해양수산부에서는 2021년 12월에 '해양수산 분야 2050 탄소중립 로드맵'을 발표하고, 온실가스 감축 강화와 흡수원 확대를 2050년 해양수산 탄소네거티브를 달성하겠다고 선언하였다. 구체적으로 밝히면 해양에너지 분야 -230만 톤, 블루카본 -136만 톤 등 순배출량을 -324만 톤으로 낮추겠다는 구상이다.

## 해양탄소흡수원 블루카본

2021년 국가온실가스 인벤토리 보고서에 의하면 우리나라에서 2019년에 7억1377만 톤(CO<sub>2</sub>eq)의 온실가스가 배출되었으며, 이 중 약 3,955만 톤(CO<sub>2</sub>eq)이 산림지, 농경지, 초지 등에 흡수되었다. 그런데 흡수량이 2000년 5,898만 톤을 정점으로 해마다 줄어들고 있으며, 2030년에는 2,210만 톤으로 감소할 것으로 예측된다. 이는 산림이 노후화되면서 흡수능력이 떨어지기 때문이다. 따라서 새로운 탄소흡수원을 찾아야 하는 상황이고, 해양탄소흡수원이 주목받고 있다.

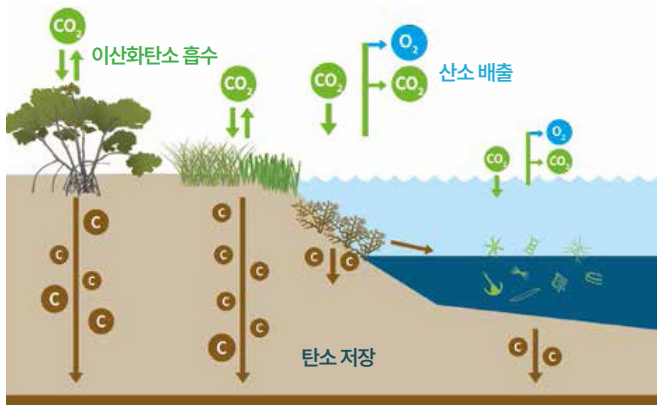
최근에 발표된 2021년 전 지구 탄소수지 보고서(Global Carbon Budget 2021)에 따르면 2011~2020년 10년 동안 평균 연간 388억 톤의 이산화탄소가 배출되었는데, 이 중 103억 톤은 바다로, 114억 톤은 육상으로 흡수되었으며 187억 톤이 대기 중에 남아 있다고 한다. 또한 2020년 한 해에만 이산화탄소 농도가 약 2.4ppm 증가하여 누적



[그림 1] 전지구 탄소수지(2011-2020년)(출처: Friedlingstein et al. 2021 Global Carbon Budget 2021. Earth System Science Data.)  
 (<http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/global-carbon-budget>)

412ppm이 되었다고 한다. 여기서 주목할 점은 배출된 이산화탄소의 약 27%를 바다가 흡수한다는 점이다. 이 보고서는 실제 측정치가 아니고, 모델을 이용한 추정치인 점을 감안하더라도 흡수원으로서 바다의 역할이 매우 중요하다는 사실을 알 수 있다.

블루카본은 연안에 서식하는 식물과 퇴적물을 포함한 해양생태계가 흡수·저장하는 탄소다. 블루카본의 원리는 연안에 서식하는 식물(맹그로브, 염생식물, 해초 등)이 광합성을 통해 이산화탄소를 흡수하여 생체에 저장하거나, 퇴적물 내에 저장하여 반영구적으로 이산화탄소를 대기 중으로부터 격리하는 것을 말한다. 2000년대 후반에 블루카본 개념이 세계자연보전연맹(IUCN, International Union for Conservation of Nature)을 중심으로 도입된 이후, 2013년 IPCC에서 발간한 국가온실가스 인벤토리 산정 가이드라인에는 해양생태계 탄소흡수원으로 맹그로브, 염습지, 해초지 등 연안습지의 관리 및 복원 활동에 대해서만 블루카본으로 인정하고 있다. 현재 미국과 호주를 비롯해 20여 개국에서 블루카본을 국가온실가스 인벤토리에 포함시키고 있다. 우리나라에서는 2021년까지 '국내 블루카본 정보시스템 구축 및 평가관리기술개발' 연구를 통해서 인벤토리 산정을 위한 기반을 구축하였고, 2024년 보고서에 연안습지를 국가온실가스 인벤토리에 포함시키기 위해 준비 중이다.



[그림 2] 블루카본 모식도(출처: IUCN (2021). Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean. Otero, M. (Ed.), 144 pages.)

현재 국제적으로 블루카본으로 인정하는 것은 앞서 언급한 대로 맹그로브, 염습지, 해초지 뿐이다. 탄소중립을 달성하기 위해서는 추가적인 흡수원을 발굴해야 한다. 최근 국제적으로 갯벌, 해조류, 패각, 플랑크톤, 조하대 퇴적물 등이 흡수원으로 주목받고 있다. 넓은 의미의 블루카본이라 할 수 있겠다. 탄소흡수원으로 인정받기 위해서는 탄소순환 프로세스를 밝혀 반영구적으로 탄소가 고정된다는 과학적 뒷받침이 있어야 한다. 따라서 2021년을 기점으로 전 세계적으로 해양 탄소순환 프로세스에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

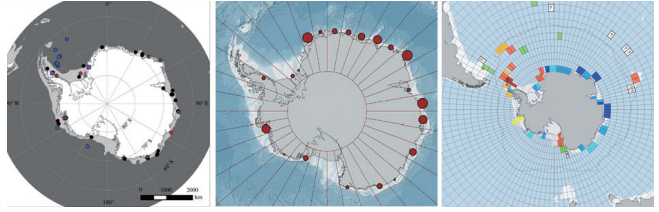
**극지의 탄소흡수원: 해양보호구역**

전 지구적 기후 위기로 인해 남극과 북극은 환경변화가 직접적이며, 급격하게 일어나고 있는 지역이다. 남극과 북극이 이전 불모지에서

벗어나 탄소흡수원으로서 역할과 가치를 재조명받아야 할 시점으로 보인다. 그 실마리를 2021년 11월 영국 글래스고 COP26에서 찾아 보고자 한다. COP26의 주제는 해양과 육지를 비롯한 자연기반 해법을 찾는 것이었다. COP26에서 가장 많이 언급된 단어 중 하나가 30-30 목표이다. 이는 2030년까지 해양의 30%를 보호구역으로 지정하자는 것이다. 해양보호구역과 기후변화 대응 간의 관계를 살펴보면 다음과 같다. 현재 육상의 산림은 유지하는 것만으로도 탄소흡수원으로 인정받고 있으나, 그에 비해 해양 탄소흡수원인 블루카본은 추가적인 노력(복원, 회복 등)에 대해서만 흡수원으로 인정받고 있다. 해양보호구역이 언급되는 것은 향후 국제사회에서 해양보호구역으로 관리되는 지역에서 흡수되는 탄소에 대해서도 흡수원으로 인정할 개연성이 높다는 의미로 해석된다.

그렇다면 우리는 어떻게 해야 할까? 해양보호구역의 탄소흡수저장 등 순환 프로세스 연구가 반드시 선행되어 정량적인 평가가 이루어져야 한다. 남극해에도 2개의 해양보호구역이 지정되었으며, 여러 개의 해양보호구역 지정안이 제출된 것으로 알려져 있다. 해양보호구역의 본래 목적인 생물다양성 보호 및 회복 가치에 더해 탄소흡수원의 가치 연구가 더해져야 한다. 정성적인 의미의 탄소흡수원은 국제적으로 인정받지 못한다. 정확한 정량적인 평가를 받아야 탄소흡수원으로서 인정받는다. 남극해와 북극해도 어느 바다와 마찬가지로 최근 블루카본으로 주목받고 있는, 식물플랑크톤, 해조류 등 탄소를 흡수하는 식물이 서식하고 있으며, 해저 바닥에는 탄소를 반영구적으로 격리하고 있는 퇴적물이 존재한다. 이에 대한 정량적인 연구가 시급히 이루어져야 한다. 플랑크톤 연구라고 하면 전통적인 방식의 생물량, 생산량에 더해 탄소의 관점에서 흡수, 배출을 정량화할 수 있는 연구가 필요하겠다. 또한 해저 퇴적물에 대해서도 주상시료를 채취하여 해저에 저장되어 있는 탄소의 양과 퇴적물을 측정하고 연간 탄소흡수율을 정량화하여 남극해의 탄소흡수 잠재력을 명확히 제시해야 한다.

극지방에서의 블루카본 연구는 아직 시작 단계이다. 일부 그룹에서 저서생물과 해빙의 관계를 통해 블루카본의 득과 실에 대한 연구를 발표한 사례가 전부일 정도로 극지의 블루카본 연구는 빈약하다 (Barnes et al., 2018). 늦었지만 지금이라도 한시바빠 극지 블루카본 연구에 극지연구소가 앞장설 것을 주문한다. 우리나라도 이미 선진국의 반열에 올라섰고, 충분한 연구역량과 인프라를 갖췄다고 본다. 선진국을 쫓아가는 시대에서 이제는 선도하는 시대를 열어야 한다.



[그림 3] 극지방 블루카본 연구의 예, 조사, 모니터링, 블루카본 잠재력 평가의 예시 (출처: Barnes et al., 2018, Icebergs, sea ice, blue carbon and Antarctic climate feedbacks, Philos Trans A Math Phys EngSci)

# 컨테이너선의 개발 역사와 전망

## - 친환경 쇄빙 컨테이너선

최중효 대우조선해양 중앙연구원



중국 경제의 급성장으로 인해 2000년대부터 빠르게 대형화된 컨테이너선은 과거에는 파나마 운하의 폭, 항구의 수심 및 길이, 컨테이너 하역 장비의 크기 등 제약 조건들을 고려하여 개발되었으나, 물동량의 급격한 증가 및 각국의 신항만 개발과 함께 조선소 및 선사들에 의해 경쟁적으로 대형화되었다. 또한 컨테이너선은 대형화뿐만 아니라 세계 경제의 성장률, 주요 항구의 상/하역 처리 수용력, 주요 운하의 교통량 등의 영향으로 항로, 선속 등 운항 조건이 바뀌고 있으며 이에 맞춰 설계의 주요 조건 또한 빈번히 변경되고 있다. 최근에는 환경보호를 위한 친환경 연료의 사용 및 추진 효율을 높이기 위한 장비 설치 등이 컨테이너선 개발에 필수 조건으로 대두되었다.

중국처럼 대량의 신규 물동량을 출하할 수 있는 신흥 경제국이 등장하기 어려운 현실에서 이제 컨테이너선의 개발 방향은 대형화 경쟁보다는 경제적인 운항이 가능한 북극해항로와 같은 신항로 개발과 대기오염물질을 줄이는 방법에 대한 연구가 주를 이룰 것으로 보인다.

### 컨테이너선의 개발 역사

컨테이너는 반복 사용 가능한 상자 모양의 수송 용기로 중세 대항해 시대부터 나무로 만든 상자 안에 여러 가지 물건을 담아 운반한 것이 해상운송에서의 컨테이너선의 시작이라고 할 수 있다. 즉, 1766년 영국에서 국내 물동량 운송을 위해 10개의 나무 컨테이너를 운반할 수 있는 선박을 개발한 것이 컨테이너선의 시초로 볼 수 있다. 이후 세계 12차 세계대전 중 유럽과 미국 사이에 늘어난 물동량을 소화하기 위해 다양한 형태의 화물선들이 개발되었고, 군수 물자 운반을 위해 석유 운반선을 개조한 T2 Tankers(Ideal-X)가 맥컴 매클레인에 의해 1951년 최초로 컨테이너만을 운반하는 상업 운항이 시도됐다. 이후 한국전쟁, 베트남전쟁 등에서 컨테이너를 이용한 화물의 운송량은 빠르게 늘어났다. 특히 미국 정부는 베트남전 중 육상과 해상을 연결한 대규모의 군수 물자 수송과 하역 비용을 획기적으로 줄이기 위해 해상운송에 컨테이너를 도입하였고, 납품업체들의 요구로 컨테이너의 크기가 규격화되었다. 1960~70년 당시 세계 무역의 중심이었던 미국에서 컨테이너로 운송함으로써 유럽 및 동아시아 모두 컨테이너를 운송 수단으로 활용하기 시작하였으며, 컨테이너 크기는 1972년 ISO에 의해 국제적으로 규격화되었다. 현재 해상운송에 가장 많이 사용되고 있는 컨테이너는 20ft, 40ft 컨테이너이며 컨테이너의 길이에서 따온 명칭이다.

일반 화물선 상부 갑판에 컨테이너를 운반하는 방식에서 컨테이너만을 운송하는 컨테이너선은 1964년에 처음 개발되었으며, 컨테이너 크기가 표준화된 후 70년대에는 소형선, 80년대에는 대형선의 형태로 개발되었다. 석유, 천연가스, 철광석 등 수출국과 수입국이 구분된 한 방향으로 운송되는 다른 화물들과 달리 컨테이너는 양방향으로 운송되는 특징으로 인해 컨테이너의 표준화는 각 나라에서 컨테이너 전용항만 건설, 컨테이너 상/하역설비(크레인) 개발 등에 큰 영향을 끼쳤다. 당시

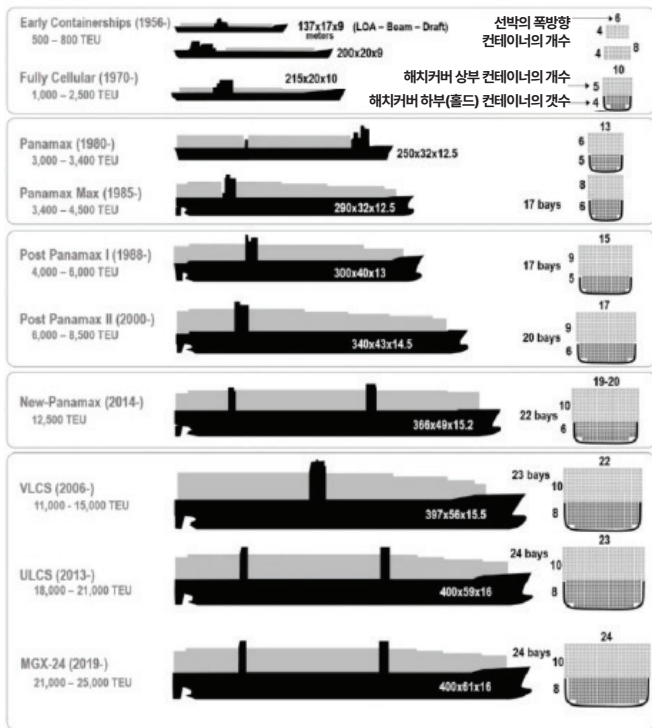
컨테이너선의 대형화 개발 방향은 파나마 운하 통과 가능 여부에 의해 결정되었다.

선박의 길이에 따라 최대 폭이 결정되었으므로 파도 등 외부하중을 견뎌내기 위해서는 길이에 제한이 있을 수밖에 없었으며 자연스럽게 선박의 크기가 표준화되었다. 이 표준화된 컨테이너선을 파나마급 컨테이너선(Panamax Container Ship)이라고 칭하며 길이 250~295m로 3,001~5,100TEU(Twenty-foot Equivalent Unit), 즉 3,001~5,100개의 컨테이너를 운반할 수 있는 선박이다. 이후 각국의 항만은 점차 대형화되었으며 항구의 수심 증가는 조금 더 큰 컨테이너선 개발을 촉구했으며 이때 개발된 선박들이 포스트-파나마급 컨테이너선(Post-Panamax Container Ship)이다. 급격히 증가하는 물동량을 감당하기 위해 파나마 운하는 2016년 확장되었고, 운하 통과 가능 폭이 49m 확장되면서 11,000~12,000TEU를 운송할 수 있는 네오-파나마급(Neo(New)-Panamax) 컨테이너선이 개발되었다.

2000년대 들어 중국의 급성장은 세계 물류의 흐름에도 큰 영향을 끼쳐 물류의 중심이 미국에서 중국으로 이동하였다. 중국은 급증한 물동량을 소화하기 위해 대규모의 항만 개발을 하였으며, 양방향 운송을 위해 대형 항만을 보유하고 있던 나라들은 허브항의 지위를 유지 또는 획득하기 위해 중국 항만 크기에 맞춰 기존 항구를 확대하거나 신항만을 건설하게 되었다. 컨테이너선의 크기도 파나마 운하 통과 기준이 아닌 최적화된 항만의 하역시설과 항만의 깊이를 기준으로 고려하였으며 이로 인해 조선소 및 선사들에 의해 선박의 대형화 경쟁이 촉발되어 현재 ULCS(Ultra Large Container Ship)라는 20,000TEU 이상급 선박이 건조되고 있다.

**친환경선박**

2000년대 초까지 컨테이너선 수주 및 건조에 있어 대형 조선소들의 기술적인 경쟁은 같은 크기의 선박에서 최대한 많은 화물, 같은 엔진에서 최대한 빠른 선속 등이었다. 즉, 많이 싣고 더 빠르게 가는 선박을 개발하기 위한 기술의 확보가 필요했다. 하지만 중국의 성장은 급격한 물동량 증가와 다수의 대형선 건조 및 운항을 야기했고, 이로 인해 항만에서 하역 대기 시간 및 하역 시간이 늘어났다. 또 국제해사기구(IMO)의 대기오염방지 규정 적용으로 말미암아 오염물질이 더 많이 배출되는 엔진의 최대출력으로 운항하는 선박이 사라지게 되었다. 통상 최고 선속 25노트(약 46km/h)로 운항 가능한 ULCV들은 연료 소모가 적고, 오염 물질이 적게 배출되는 12~15노트 속도로 운항하기 시작하였고, 이로써 항만에서의 대기시간까지 고려하면 최적화된 운항 방법이라고 얘기하는 일부 선사들도 있다.



[그림 1] 컨테이너선의 개발 역사

최근 선사들은 같은 선속에서 연료 소모 및 오염물질 배출 저감 등 기술적인 측면에서 경쟁하고 있는데, 에너지 저감 장치를 설치하고 오염물질 저감을 위해 대체연료를 사용하는 선박을 친환경 선박이라고 칭하고 있다.

연비 향상을 위한 에너지 저감 장치(ESD, Energy Saving Device)인 ALS(Air Lubricated System), PSS(Pre-Swirl Stator), Rotor Sail 등이 경쟁적으로 개발되고 있으며, 일부 장치는 이미 상용화되어 운항 중인 선박에 탑재되어 약 2~5%의 연료 저감을 보이고 있다.



공기 윤활 장치      전류 고정날개      로터세일

[그림 2] 선박의 에너지 저감장치

오염물질 저감을 위해서 대체연료 적용기술이 2000년대 초부터 개발되었으며, 현재 가장 경쟁력 있는 대체연료인 천연가스 추진 방식은 이미 상용화되어 다수 선박에서 활용하고 있다. 2021년 기준 403척의 천연가스 연료 선박(LFS, LNG Fueled Ship)이 발주되었고, 그 중 251척의 선박이 운항 중이다. 이 중 컨테이너선의 경우 배수량 기준으로 발주된 선박 중 27%의 컨테이너선이 천연가스를 연료로 하고 있다. 이는 각 컨테이너 대형 항만에 이미 천연가스 연료를 주입할 수 있는 시설이 갖추어져 있다는 것을 의미한다. 천연가스 이외에도 수소, 암모니아 등이 대체연료로 활발히 검토되고 있으나 천연가스의 채취, 운송 및 연료로의 활용 기술 및 경험에 비하면 아직 초기 단계에 있다. 개발 기술의 성숙성 및 IMO의 대기오염물질 규정을 지키는 선에는 향후 10~20년 후까지는 천연가스가 선박의 주요 대체연료가 될 것으로 보인다.

**북극해항로(NSR, Northern Sea Route)**

17세기 헨리 허드슨이 발견한 북극항로 중 러시아 북쪽 근해에 있는 북극해항로는 현재 가장 활발하게 상업적으로 이용되고 있다. 지구 온난화의 영향으로 북극지역 결빙 영역의 감소로 북극해항로 중 대부분

대체연료	장점	단점	이산화탄소 배출 감소 수준
차세대 바이오연료	<ul style="list-style-type: none"> <li>이산화탄소 배출량 매우 적음</li> <li>황배출량이 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연료 공급 인프라 부족</li> <li>장기간 저장시 불리</li> </ul>	25~100%
액화천연가스 (LNG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>연소시 대기오염물질과 미세먼지가 거의 발생하지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미연소메탄 방출</li> </ul>	0~20%
수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 생성시 증류에 비해 약 10배 적은 이산화탄소 배출</li> <li>중유와 혼합물로 사용시 이산화탄소 배출량 1톤당 최대 43% 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대체 연료의 수소는 아직 개발단계</li> <li>안전 설계 문제</li> <li>인프라 부족</li> </ul>	0~100%
암모니아	<ul style="list-style-type: none"> <li>이산화탄소 배출 및 대기오염물질의 방출이 거의 없음</li> <li>낮은 저장온도(-33.4°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생산의 거의 대부분이 화학 연료에 의존</li> </ul>	0~100%
메탄올	<ul style="list-style-type: none"> <li>중유에 비해 SOx 99%, NOx 60%, 미세먼지 95% 배출 감소</li> <li>다수 운영 경험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>온실가스가 많은 석탄으로부터 생산</li> </ul>	0~25%

[표 1] 대체연료별 장단점

지역에 다년생 해빙이 사라짐에 따라 상업적 이용이 본격화되었다. 특히 풍부한 자원 매장량은 1970년대부터 탐사를 통해 추정되었으며 2000년 경부터 시작된 러시아 정부의 북극 자원 개발 사업은 2010년경 Yamal LNG onshore field 개발 사업을 시작으로 본격적으로 추진하고 있다. Yamal LNG 프로젝트를 위해 Sabetta 항이 건설되었으며, LNG의 운송을 위해 15척의 대형 쇄빙 LNG선을 대우조선해양에서 건조해 2017년부터 운항하고 있다. 2002년부터 약 15년간 개발한 기술로 북극 운항에서 안전성이 확보된 대형 쇄빙 LNG선을 개발하였고, 지난 6년간 운항한 결과, 높은 구조적 안전성과 안정된 성능을 선사들에게 인정받고 있으며 이는 후속 프로젝트인 Arctic LNG2 선박의 수주로 이어졌다.

Yamal LNG선은 최초 운항 시 Sabetta~중국 간 15일, 이후 9일, 북극해 항로 중 평균 선속 12.8노트 등 선박의 높은 성능으로 다양한 기록을 만들면서 안전하게 LNG를 운송하고 있으며, 2021년 2월 겨울철 북극해 항로 운항 성공이라는 역사를 쓰고 있다. 겨울철 운항 성공의 의미는 북극해항로상 다년생 해빙이나 위협적인 두께를 가진 해빙이 더는 존재하지 않고 있다는 것을 의미하며, 이는 컨테이너선과 같은 다른 대형 선종의 운항 가능성을 기대하게 한다. 또 유럽~아시아를 운항 시 현재 선박 교통이 혼잡한 수에즈 운하를 이용하는 것보다 획기적으로 운항 기간을 단축할 수 있을 것으로 예상된다. 운항 기간 절감으로 연료 소모의 절감 또한 큰 폭으로 증가할 것으로 보여 북극 운항 리스크에 대한 기술적 대응이 확보된다면 대규모 물류 운송 선박의 북극해항로 활용은 더욱 늘어날 것으로 보인다.

**친환경 쇄빙 컨테이너선**

2010년부터 세계 최고 수준인 국내 대형조선소 3개사에서 건조된 컨테이너선은 대부분 11,000~25,000TEU를 선적할 수 있는 Neo-Panamax급, VLCS, ULCS이다. 앞서 언급한 컨테이너선 개발 과정에서 보듯 컨테이너선의 크기는 물동량과 해역 및 항만의 인프라에 따라 대형화되었다. 파나마 운하는 물류량 증가를 고려하여 확장을 결정하기까지 첫 이용 후 102년이 걸렸으며, 대형 항만의 건설 또한 5~10년 이상의 기간이 필요하다. 중국 경제의 급격한 성장으로 우리나라, 유럽, 일본, 미국의 항만은 2000년 이후 개조 및 신설을 통해 새롭게 건설된 상태이다. 세계 물류의 중심인 미국과 중국처럼 산업화와 물류량이 증가할 만한 나라가 또 출현할까? 유럽, 일본, 대한민국은 이미 인구 감소를 체감할 수준이며, 인도 등 신흥국이 산업화한 선진국에 진입하는 것은 불가능하거나 오랜 시간이 필요할 듯하다. 급격한 경제성장률을 기록한 중국 역시 성장 폭이 많이 감소하고 있으므로 향후 컨테이너선은 대형화보다는 현재 발주되고 있는 규모에 친환경 선박과 스마트십 기술이 접목된 선박이 주류가 될 것으로 보인다.

앞서 살펴봤듯이 친환경 선박 및 스마트십 기술로 이미 건조되고 있는 현재 상황에서 컨테이너선 운항에서 혁신이라고 할 수 있는 영역은 북극해 운항밖에 없다고 볼 수 있다. 세계 최대 선사인 머스크사는 2018년 내빙 컨테이너선을 이용하여 시범 운항을 했고, 세계 10위

권 선사인 중국 COSCO사는 2018년 이후 다수의 운항을 하고 있다. 정치적인 문제와 환경문제로 북극해 운항을 하지 않겠다고 선언한 MSC 등의 선사도 있으나, 러시아 이외에 북극해 항로 이용을 가장 적극적으로 추진하고 있는 나라는 중국으로 COSCO와 같은 선사가 유럽~중국 간 컨테이너 운송을 본격적으로 시작한다면 경쟁이 치열한 해운업에서 다른 선사들은 경쟁적으로 운항을 고려할 수밖에 없을 것으로 본다.

일반적인 대형 컨테이너선과 달리 북극해항로 운항 대형 컨테이너선은 해빙, 영하의 대기 온도에 의한 결빙, 흑야 등 환경적인 문제와 폭풍, 사고 또는 운항 정지 시 회피할 수 있는 항구 등 사회간접자본 개발 문제 등 기술적으로 극복해야 할 잠재적인 리스크가 있다. 환경적인 문제들 가운데 해빙은 쇄빙 또는 내빙 기술로 극복 가능할 수 있으나 북극해항로 이외에 대양을 운항해야만 하는 컨테이너선의 특성상 쇄빙 성능과 높은 파고에서의 뛰어난 운동 성능을 공유할 수 있는 선박 개발을 위한 기술 개발이 필요하며, 데크 상부에 외기에 노출된 컨테이너의 결빙 문제를 해결할 수 있는 winterization 기술이 필요하다. 무엇보다 먼저 기술적인 리스크 대응을 위해 가장 필요한 것은 환경 자료의 수집과 분석이다. 두께, 크기, 강도, 움직임 등 해빙의 정보 및 바람, 조류 등 실제운항에서의 리스크를 줄이려면 대양 항해와 마찬가지로 대량의 환경 정보가 수집·축적되어야 정확한 운항 예측 역시 가능하다. 향후 새롭게 개발될 컨테이너선은 친환경 쇄빙 컨테이너선일 수밖에 없는 이유를 과거 컨테이너선 개발에 영향을 주었던 주변 환경들을 살펴보면 좀 더 쉽게 알 수 있다. 아울러 우리나라는 결빙 해역이 없는 여건상 인공위성을 활용한 해빙 정보의 수집과 분석을 활발히 진행해야만 환경 정보 수집을 할 수 있으며, 수집된 정보를 스마트십 및 인공지능 기술과 접목하여 안전항로 운항 등이 가능할 것으로 보인다.



[그림 3] 친환경 쇄빙 컨테이너선 개발을 위한 필요 기술

# 남극과 북극에서의 과학외교

김찬우 외교부 명예교수, 전 북극협력대표



남극은 남극 대륙과 남극이 대륙을 둘러싼 남극해로, 북극은 북극권 국가들의 영토와 그 영토로 둘러싸인 북극해로 이루어져 있다. 이러한 지형적 특성으로 남극과 북극은 기온, 강수, 동식물, 생태계 등에서 큰 차이가 있다. 또한 거버넌스에 있어서도 인류 공동의 자산으로 여기는 남극과 북극권 국가들의 영향력하에 있는 북극은 차이가 있다. 우리나라의 남북극 과학외교는 이러한 상황에서 전개되는 남북극에서의 과학연구 활동이 차질 없이 수행되도록 지원하고, 연구 활동 성과의 공유와 전파를 통해 우리나라의 국제적 위상을 제고하는 역할을 한다. 우리나라 남북극 과학외교는 이러한 목적을 위해 자체 극지 연구역량을 강화하고, 남북극 연구에 있어 선도적인 국가들과 다차원적인 협력 관계를 구축하고, 다양한 남북극 관련 회의와 포럼을 적극 활용하여야 한다. 그리고 이러한 노력은 남북극의 상이한 거버넌스를 고려하여 전개되어야 할 것이다.

## 답은 듯 서로 다른 두 지역

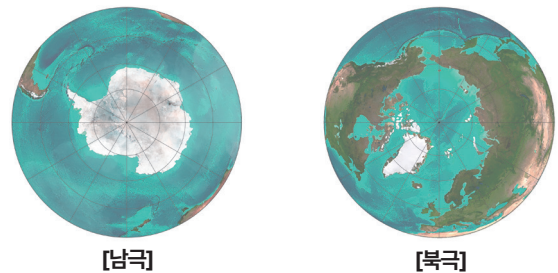
극지를 이야기하면서 우리는 자신도 모르게 두 지역의 자연환경과 동식물 등 생태계가 비슷할 것이라는 생각을 한다. 그러나 펭귄은 남극에만 있고 북극곰은 북극에만 사는 것처럼 두 지역은 여러 면에서 상당한 차이가 있다. 물론 지구 물리학적 특성으로 남극과 북극의 일부 지역에서 백야와 극야를 경험할 수 있으며, 오로라도 관측할 수 있다는 공통점도 있다.

남극과 북극의 가장 큰 차이점은 무엇보다도 지형이 다르다는 것이다. 남극은 세계에서 5번째로 큰 대륙이며 남극해가 이 대륙을 둘러싸고 있고 남극점은 육지 안에 존재한다. 그러나 북극은 북극권 국가들의 영토와 이들이 둘러싸고 있는 북극해로 이루어져 있으며, 북극점은 북극해의 공해상에 존재한다. 또한 남극은 약 2km 두께의 얼음으로 덮여 있으며 육지에서 밀려 내려와 바다에 걸쳐 있는 빙붕이 특징이나, 북극은 동토와 북극해를 덮고 있는 해빙이 특징이다.

이러한 차이로 남극과 북극의 동식물과 생태계 또한 서로 상이한 모습을 보인다. 남극은 북극에 비해 더 극한 기온과 사막 수준의 적은 강수로 육지의 동식물 종이 다양하지 않다. 남극에는 이끼류가 주로 서식하며 꽃이 피는 풀은 2종에 불과하다. 그러나 북극에서는 다양한 열매 맺는 식물과 작은 관목들을 볼 수 있다. 동물도 남극에서는 펭귄, 고래, 물개 등이 연상되나 북극에서는 북극곰, 사향소, 무스, 북극여우, 고래, 물개 등 훨씬 다양한 종이 발견된다.

남극과 북극의 가장 확연한 차이점은 인간의 자연발생적 거주 여부에 있다. 남극에는 각국이 설치한 과학기지에 연구자들이 거주하고 있으나 이는 인위적인 환경에 불과하다. 그러나 북극에는 오랜 기간 척박한

자연환경에 적응해서 살아온 에스키모, 이누이트, 사미 등 다양한 원주민이 북극권 국가들의 영토에 거주해 왔다. 따라서 북극은 척박하기는 하나 남극에 비해 인간이 거주할 수는 있는 지역이라고 할 수 있다.



[그림 1] 남극과 북극의 지형 차이

## 남극과 북극의 상이한 거버넌스

이러한 물리환경적 차이뿐만 아니라 남극과 북극을 둘러싼 국제적인 거버넌스도 형성 과정과 구체적인 법과 규범에 있어 상당한 차이가 있다.

남극 거버넌스는 1959년에 채택되어 1961년에 발효된 남극조약이 중심이다. 남극조약은 남위 60° 이남 지역을 규율하며 남극의 평화적 이용, 과학연구의 자유, 비군사화, 현상 유지(status quo)가 핵심 내용이다. 남극조약은 남극을 "인류 공동의 자산"으로 바라보는 근거가 되었다. 그러나 일부 국가는 남극 대륙에 대한 탐험의 성과를 내세우며 영유권을 주장하기도 하나 일반적으로 인정을 받지 못하며, 신규 주장 또한 남극조약에 의해 허용되지 않고 있다.

남극조약 이후에 남극동식물보존협약(1964), 남극물개보존협약(1972), 남극해양생물자원보존협약(1980), 남극환경보호의정서



(1991)가 채택되어 발효되었다. 이들은 남극조약과 함께 남극에서의 활동을 규율하는 중요한 법적 체계가 되고 있다. 남극광물자원활동규율협약(1988)은 채택된 적이 있었으나 일부 국가의 반대로 발효되지 못했으며 협약의 구체적인 내용은 남극환경보호의정서에 반영되었다.

남극조약의 최상위 기구는 조약의 당사국으로 구성되는 당사국회의(Antarctic Treaty Consultative Meeting, ATCM)인데, 현재 당사국은 54개국이다. 당사국은 의사결정권 유무에 따라 협의당사국과 비협의 당사국으로 구분되는데, 조약의 원초 서명국인 12개국과 우리나라를 포함하여 과학 활동이 활발한 17개국은 협의당사국의 지위를 갖추고 있다. 남극에 과학기지를 운영하고 있는 우리나라가 아라온호를 통해 과학연구 활동을 지속해야 하는 이유이기도 하다.

한편 북극의 거버넌스는 북극에 영토를 가지고 있는 미국, 캐나다, 러시아와 노르딕 5개국(덴마크, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 아이슬란드)이 1996년 "오타와 선언"을 통해 설립한 북극이사회(Arctic Council)를 중심으로 운영되고 있다. 북극이사회 산하에는 6개의 작업반이 있는데, 이들은 북극 모니터링, 동식물 보전, 유류 오염 대응, 해양 환경 보호, 지속가능발전, 오염물질 등을 다루고 있다. 북극이사회는 해양 경계나 군사적인 문제는 다루지 않음을 설립 당시 명시하였다.

북극이사회에서는 8개 회원국이 의사결정을 하나 북극에 거주하는 원주민 단체들(현재 6개)의 영향력도 상당하다. 이들 원주민 단체들은 이사회에서 의사결정권은 없으나 회원국과 대등하게 발언하고 의제 조율에도 참여하고 있다. 이에 반해 우리나라를 포함한 옵서버 국가(현재 13개국)와 옵서버 국제기구 및 단체들은 회의에 참관하는 역할만 주어질 뿐인데, 비북극권 국가들에 대한 북극이사회의 "폐쇄성"은 앞으로 극복해야 할 과제이다.

북극이사회는 2011년에 옵서버 가입 시 조건으로 북극권 국가들의 주권적 권리와 관할권을 인정하고 북극해에 적용되는 국제법을 인정할 것을 요구하였다. 또한 이후 옵서버 국가와 옵서버 국제기구, 단체들에 활동 보고서 제출을 요구하며 북극이사회 활동 기여 여부에 대해 평가하고 있다. 평가제도가 회의에 참석하지 않는 옵서버들을 대상으로 한 것이기는 하나 다른 옵서버들에게도 부담으로 작용하고 있다.

**남북극 활동의 한계와 과학연구 활동**

제반 상황을 고려할 때 남극과 북극에서 우리나라가 활동하는 데는 한계가 존재한다. 따라서 우리나라의 남북극에서의 활동이 경제적 이익을 확보하기 위한 활동인지, 아니면 인류 공동의 이익을 추구하기 위한 활동인지에 대해 우리의 생각을 정리할 필요가 있다. 우리나라의 "남극활동 및 환경보호에관한법률(이하 남극활동법)"(2004)과 "극지활동진흥법"(2021)은 후자의 관점에서 남북극을 조망하고 있다. 북극에는 석유, 석탄, 우라늄, 천연가스 등과 같은 광물자원이 많이

매장되어 있다. 그러나 남극에는 매장 가능성은 있으나 경제성을 평가하기에는 자료가 부족하다. 한편 북극의 광물자원은 북극권 국가들의 주권적 영역 아래 매장되어 있고, 남극에서는 남극환경보호의정서에 따라 2048년까지는 과학적 용도 이외에 상업적 차원의 광물채굴 활동이 금지되어 있다. 따라서 광물자원과 관련하여 우리나라가 활동할 수 있는 영역은 거의 없다고 볼 수 있다.

그나마 경제성이 있는 자원은 남극해에서 획득할 수 있는 수산자원이다. 남극해 수산자원은 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서 관리하고 있는데 CCAMLR에서는 수산자원의 보존에 대한 목소리가 커지고 있고, 남극해에 해양보호구역 확대하고자 하는 노력이 성과를 거두고 힘을 얻고 있다. 한편 북극해 중앙 공해에서의 조업 가능성은 북극권 국가들의 주도로 비규제 조업을 방지하기 위한 협정이 체결됨에 따라 닫히게 되었다.

주목할 만한 경제적 활동은 지구온난화로 인해 열리고 있는 북동항로, 북서항로 등 북극항로 이용이다. 지구온난화는 저지되어야 하나 현재 여름에 북극항로 이용에는 문제가 없으며, 겨울에도 항해상 어려움이 약화되고 있어 연중 항해에 대한 기대도 높아지고 있다. 우리나라는 러시아 인근을 통과하는 북동항로가 유럽과 중앙아시아로 물류를 연결해 줄 새로운 가능성에 주목하며 시범 운항을 하고 있다.

남북극에서의 경제활동이 제한적인 우리나라는 남북극에서의 적극적 활동 근거를 다른 차원에서 찾는 것이 적절하다. 따라서 남북극에서 지구온난화 등 기상 연구, 동토층과 메탄 방출 연구, 지질과 운석 연구, 동식물 등 생태계 연구, 해수면 상승과 해류의 흐름에 영향을 줄 수 있는 육지의 빙상과 빙봉의 상태 등 다양한 연구를 진행하고 있다. 이 모든 활동은 국제사회가 요구하는 인류의 생존과 관련된 과학연구 활동이다.

남극조약은 남극에서의 활동을 환경보전과 과학연구 활동으로 제한하고 있고, 북극이사회는 북극 환경보전과 과학연구 활동, 비상시 대응체계 구축 등의 활동에 초점을 맞추고 있음을 고려할 때, 우리나라가 남극과 북극에서 중점적으로 추구해야 할 분야는 과학연구 활동이라고 하겠다. 과학연구 활동은 현재 남북극 극지에 대한 국제사회의 지식 축적에 기여하지만, 미래에는 경제적으로도 활용될 수 있는 가치를 지니고 있다.

**우리나라 극지 과학외교의 방향**

우리나라는 남극활동법과 극지활동진흥법에 따라 극지 활동을 하고있다. 남극활동법은 남극 환경의 보호와 남극 관련 과학기술의 발전에 기여하고자 하나, 극지활동진흥법은 북극에 중점을 두고 극지 환경의 보전과 조화, 극지의 생태적·문화적·경제적 가치의 조화와 지속가능한 발전 추구 등 남극활동법의 목적보다는 포괄적이다. 그러나 양 법의 핵심에는 환경보호와 과학연구 활동이 위치한다. 이러한 배경하에 우리나라는 극지 과학외교를 다음과 같이 추진해야 한다.

첫째, 무엇보다도 우리 자체의 극지 연구역량을 강화해야 한다. 우리나라는 남극에 세종과학기지(1988)와 장보고과학기지(2014)를 설치하고, 북극에는 다산과학기지(2002)를 설치하여 과학연구 활동에 매진하고 있다. 또한 쇄빙연구선인 아라온호를 통해 남북극 연구를 지원하고 있으며, 제2의 쇄빙연구선도 2027년에 건조되어 투입될 예정이다. 아울러 독자적인 극지 연구역량을 강화하기 위해 지속적으로 노력해야 한다.

둘째는 이러한 역량을 바탕으로 협력관계를 강화해 나가야 한다. 남극에서는 협업도 가능하나 독자적인 연구가 주가 되는 반면 북극에서는 북극권 국가들과의 협력 없이는 연구가 어려운 상황이다. 스발바르제도에 있는 다산기지만으로는 북극 연구에 한계가 있다. 다행히 북극권 국가들이 우리나라의 과학연구 능력을 높이 평가하고 협력에 긍정적인 반응을 보이고 있으므로 정부, 연구기관, 학계 등 다차원적으로 협력관계를 더욱 강화해 나가야 한다.

셋째는 남극과 북극에서의 과학연구 활동의 성과를 적극적으로 공유하고 전파해야 한다. 남극에서는 남극조약을 중심으로 한 조약체계와 남극연구과학위원회(SCAR)를, 북극에서는 비북극권 국가들도 적극 참여할 수 있는 북극서클, 북극 프런티어 등의 국제회의를 활용해야 한다. 그리고 국제적인 저널에 우리의 연구 성과를 발표하여 극지 지식의 축적에 기여하여야 한다. 한편 우리나라는 남극의 세종과학기지와 장보고과학기지 인근에 특별보호구역 지정을 추진하였는데(2009, 2021 지정), 우리나라의 남극 보호 의지를 보여주는 이러한 노력은 지속적으로 발굴되어야 한다.

넷째는 남극과 북극의 상이한 거버넌스에 걸맞은 접근을 해야 한다. 남극조약 체계에서 우리나라가 활동하는 데는 특별한 장애가 없다. 그러나 북극에서 비북극권 국가인 우리나라가 활동하기는 쉽지 않다. 북극이사회의 폐쇄성은 쉽게 해결될 수 있는 문제가 아니므로 이사회 자체보다는 북극권과 비북극권 국가들 간의 협력이 요구되는 산하 작업반(working group) 활동에 적극 참여해야 한다. 특히 북극의 상황을 모니터링하고 평가하는 작업반, 북극의 철새와 관련 있는 동식물작업반은 비북극권 국가들에 상당히 개방적인 태도를 취하고 있다.

우리나라의 남북극에 대한 과학연구 활동은 극지가 겪고 있는 심각한 생태적·환경적 문제들을 해결하는 데 필요한 극지 지식을 축적하는 데 기여하고 있다. 극지에 대한 지식의 축적은 일부 국가의 노력만으로 이룰 수 있는 것이 아니라 연구역량이 있는 모든 국가가 참여하여야만 가능하다. 우리나라의 위상은 극지 지식의 국제적인 축적에 적극 기여함으로써 높아질 수 있으며, 우리의 과학외교는 이러한 연구활동이 활발히 차질 없이 전개되도록 뒷받침할 것이다.



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



**발행일:** 2022년 6월  
**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