

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

# 극지와 세계

## Poles & Globe

2020 OCTOBER  
Vol. 03

**통합적으로 접근하는 북극 연구,  
글로벌 기후대응의 시작**

양은진

극지연구소 극지해양과학연구부

**대한민국 남극연구의  
뉴 프론티어, 코리안루트**

이강현

극지연구소 K-루트사업팀

**극지생물에서 찾아내는  
새로운 항생물질**

이준혁

극지연구소 실용화연구사업단

**Polar Code의 의미와  
국내 이행을 위한 과제**

김기순

산하온환경연구소



**극지연구소**  
Korea Polar Research Institute

# 극지와 세계

Poles & Globe  
2020 OCTOBER Vol. 03

제3호 2020년 10월  
발행 극지연구소 정책부

Snapshot

양은진 극지연구소 극지해양과학연구부

## 3p 통합적으로 접근하는 북극 연구, 글로벌 기후대응의 시작

북극의 온난화와 빙권 감소는 북극 항로 개척 등으로 막대한 경제적 잠재력과 기회를 의미하기도 하지만, 인류에게 기후재해와 같은 위협이 되기도 한다. 북극 빙권의 감소, 온난화 가속, 해양순환 및 생태계변화, 동토의 환경변화는 복합적으로 일어나기 때문에 북극의 환경변화가 언제 돌이킬 수 없는 임계점을 만날지 예측하기는 쉽지 않다. 따라서 북극을 하나의 거대 시스템으로 이해하는 대기-빙권-해양-동토의 통합적 차원의 관측시스템 구축과 미래 예측 시나리오 생산이 필요하다. 모든 분야를 포괄하는 통합연구 수행을 시작하기가 쉽지는 않지만, 준비된 북극 통합 연구는 글로벌 이슈에 대한 선제적 대응의 출발점이 될 것이다.

이강현 극지연구소 K-루트사업팀

## 6p 대한민국 남극연구의 뉴 프론티어, 코리아나루트

2020년대, 미국, 프랑스, 이태리, 중국, 일본 등 극지연구 선진국들이 잇달아 남극내륙에서 심부빙하시추, 빙저호 시추, 천문관측과 같은 연구계획을 발표하면서 남극내륙은 극지연구의 새로운 각축장이 되고 있다. 그러나 남극연구의 후발주자인 대한민국은 2014년 장보고기지 준공을 계기로 이제야 남극내륙을 향한 발걸음을 내딛기 시작했다. 앞으로 대한민국이 극지연구 선도국으로 도약하기 위해서는 여전히 미지의 땅으로 남아있는 남극내륙에서 연구 인프라를 확충하고 글로벌한 이슈 해결형 연구주제를 개발하기 위한 노력이 필요할 것이다.

이준혁 극지연구소 실용화연구사업단

## 8p 극지생물에서 찾아내는 새로운 항생물질

항생제 내성 감염균에 의해 유럽과 미국에서만 한해 5만 명의 환자가 사망하고, 다수의 기존 항생제에 내성을 가지는 슈퍼박테리아의 출현은 신규 항생물질 개발연구가 더 이상 미룰 수 없는 필수과제임을 보여준다. 항생제의 원료가 되는 물질의 40~50% 정도가 생물자원으로부터 유래한 천연물 의약품으로 신규 항생물질 개발을 위해서는 새로운 생물자원확보가 필수적이다. 극저온, 강한 자외선, 건조 등 혹독한 환경조건은 극지생물이 극한환경 극복 유전자와 보호 물질을 갖도록 적응하고 진화하게 만들었다. 특히 극지환경 특이적 유전자에 의해 만들어지는 단백질 효소와 이차 대사산물은 신규 항생제 후보물질과 같은 의약소재 개발에 사용될 수 있다. 안정적인 지원이 이루어지고 신규 생물자원을 계속 제공할 수 있다면 극지생물을 활용한 신규항생물질 개발은 우리나라 생명공학의 세계적 경쟁력 확보에 한축이 될 것이다.

김기순 산하온환경연구소

## 10p Polar Code의 의미와 국내 이행을 위한 과제

북극해 항로의 상업적 이용으로 해상교통량과 관광활동이 늘어남에 따라, 해상사고와 해양오염의 가능성이 높아지고 있다. 국제사회는 선박 안전성과 환경오염 방지를 위해 극지운항선박의 안전운항을 위한 국제규정 개발에 나섰다, 2014년과 2015년 두 차례에 걸쳐 Polar Code를 채택하였다. Polar Code는 극지해역을 운항하는 선박이 반드시 지켜야 할 구속력 있는 국제기준으로, 전 세계적으로 적용된다.

우리나라는 2016년 해양수산부 고시를 통해 Polar Code의 이행 기준을 마련하고, 이를 시행하고 있다. 우리나라는 세계 5위의 해운 국가로 수출입 물량의 99.7%를 선박으로 운송하고 있어서, 북극해 항로 진출을 기대하고 있다. 이러한 점에서, Polar Code의 일관되고 지속적인 이행과 극지선박의 설계 및 건조, 안전운항, 오염 방제 등과 관련된 기술 수준을 높이기 위한 다양한 기술개발과 연구 활동이 요구되고 있다.



# 통합적으로 접근하는 북극 연구, 글로벌 기후대응의 시작

양은진

극지연구소 극지해양과학연구부

북극의 온난화와 빙권 감소는 북극 항로 개척 등으로 막대한 경제적 잠재력과 기회를 의미하기도 하지만, 인류에게 기후재해와 같은 위협이 되기도 한다. 북극 빙권의 감소, 온난화 가속, 해양순환 및 생태계변화, 동토의 환경변화는 복합적으로 일어나기 때문에 북극의 환경변화가 언제 돌이킬 수 없는 임계점을 지날지 예측하기는 쉽지 않다. 따라서 북극을 하나의 거대 시스템으로 이해하는 대기-빙권-해양-동토의 통합적 차원의 관측시스템 구축과 미래 예측 시나리오 생산이 필요하다. 모든 분야를 포괄하는 통합연구 수행을 시작하기가 쉽지는 않지만, 준비된 북극 통합 연구는 글로벌 이슈에 대한 선제적 대응의 출발점이 될 것이다.

## 글로벌 이슈의 중심에 선 북극의 온난화와 기후 피드백

2020년 한 해 동안 대형 산불, 장마, 태풍 등 다양한 자연재해의 원인으로 기후변화가 주목받고 있다. 이와 같이 지구온난화, 기상 이변 등이 인류 생존의 문제로 다가오면서, 극지의 온난화에도 관심이 쏠리고 있다. 지난 50년간 북극 기온은 전세계 평균보다 두 배 이상 빠르게 상승했다. 북극의 장기적인 기후 변화는 대륙의 빙하와 영구동토층을 녹아내리게 하고, 바다 얼음(해빙)을 사라지게 하고 있다. 이는 이차적으로 지구 전체의 해류 순환 시스템뿐만 아니라 대기, 육상시스템에 큰 영향을 미치며, 또 그곳에 서식하고 있는 생물들에게도 위협이 되고 있다.

북극 온난화는 대기 중 온실기체 농도의 증가와 온실기체가 가두는 열 때문에 발생한다. 북극권의 온난화는 바다얼음을 녹이고, 바다얼음의 감소가 다시 북극권의 온난화를 촉진하는 기후 피드백 메커니즘이 작용하게 된다. 북극의 바다 얼음은 바다를 덮어주고, 태양열을 반사시키는 이른바 '얼음 반사판' 역할을 하는데, 이 얼음이 줄어들면 그만큼 태양열이 그대로 바다에 흡수되면서 바닷물의 온도가 올라가는 얼음반사 피드백이 작동하게 되고, 이는 해빙(解氷)을 촉진시킨다.

## 북극 해빙(解氷)과 북극 해양 생태계의 변화

북극해의 바다얼음이 사라지면 해양의 순환과 해양 환경, 그리고 그곳에 서식하고 있는 해양 생물들에게 큰 변화가 생길 것이다. 바다얼음이 녹으면서 북극 바다의 염분은 낮아지고 또 해양 산성화에 노출된다. 게다가 주변 대륙의 많은 강을 통해 강물뿐 아니라 눈, 얼음이 녹은 담수가 북극해로 유입되는데 이 양은 전세계 바다로 유입되는 담수의 10%를 차지한다. 그 결과 북극해는 적어도 여름에는 염분이 상당히 낮은 싱거운 상태로 유지된다. 이렇게 북극의 바다가 따뜻해지고, 산성화되고, 담수화 되면서 북극 바다에 서식하고 있는 생물들은 큰 환경 변화를 겪게 된다. 일부 해양 생물은 서식지를 잃고, 일부는 새로운 지역에 자리 잡을 것이다. 예를 들어, 생존과 번식을 위해 바다얼음이 꼭 필요한 북극곰과 바다표범의 개체수는 감소할 것이고, 해양 산성화는 탄산칼슘 껍데기를 갖고 사는 생물들의 껍데기를 녹이고 생존을 위협할 것이다. 반면 해수온도 상승과 바다얼음의 감소는 식물플랑크톤과 비토착종의 개체수를 증가시킬 것으로 예상되며, 북극해 일차 생산력의 증가로 해양 먹이망도 따라서 변할 것이다. 특히 바다얼음이 사라지고 넓은 바다가 드러나면서, 아북극권에 서식하고 있는 우리 밥상의 주요먹거리인 물고기들(대구, 명태 등)이 점차 북극

으로 이동하여 어류의 서식처도 변화를 겪게 될 것이다. 향후 얼음이 사라진 바다에서 발생할 수 있는 무분별한 어획을 방지하고 북극해에서 지속가능한 인류의 미래 먹거리인 어류를 보존하고자 북극권 및 비북극권 나라 10개국이 모여 '중앙북극해 비규제 어업방지협정(2018)'을 체결하였다. 북극의 온난화로 인한 해빙과 주변 시스템과의 상호작용 및 피드백은 대기와 해양의 순환뿐 아니라 해양 생물들, 그리고 우리의 식탁에도 큰 영향을 미칠 것이다. 북극의 온난화로 인한 해빙과 주변 시스템과의 상호작용 및 피드백은 대기와 해양의 순환뿐 아니라 해양 생물들, 그리고 우리의 식탁에도 큰 영향을 미칠 것이다.

### 북극의 온난화와 북극 육상환경 변화의 연관성

북극의 온난화 증폭은 바다얼음 뿐 아니라 북극 육상 환경에도 심각한 영향을 미칠 것이다. 북극의 차가운 땅에서 장구한 세월을 얼어 있던 영구 동토층이 예상보다 70년이나 빠르게 녹기 시작하면서 오랫동안 그 안에 묻혀 있던 동식물의 사체는 분해되고 미생물 활동은 활발해진다. 유기물 분해가 가속화되면 온실기체인 막대한 양의 탄소와 '지구의 시한폭탄'이라 불리는 메탄가스가 대기 중으로 방출되어 다시 북극의 온난화를 증가시키는 연쇄작용이 시작될 것이다. 영구 동토층의 해빙(解氷)은 생물 다양성과 서식지, 이주 패턴을 크게 변화시키고 있다. 영구 동토층에는 물이 스며들지 않기 때문에 빗물이나 융해수가 표면에 고여 호수와 습지를 형성하는데 이는 철새를 비롯해 순록 같은 동물들에게 중요한 번식지이자 식수원이다. 하지만, 온난화는 이러한 호수와 습지를 감소시키고, 생물들의 환경에 큰 영향을 줄 것이다. 또한 영구동토층 위에 서식하는 다후리안 낙엽송은 영구동토층이 녹으면 영양분이 많아져 성장이 급격히 빨라지게 된다. 영구동토층 위에서 자라는 식물이 급격히 많아지면 땅 속의 온도는 더욱 빨리 높아지고, 결국 영구동토층은 더욱 빨리 녹게 될 것이다. 따라서 빙권의 감소는 우리가 살고 있는 지구시스템의 기후와 에너지가 평형을 유지하는데 매우 중요한 역할을 하고, 지구온난화로 빙권이 감소할수록 기후변화는 더욱 증폭될 수밖에 없을 것이다.

### 세계적으로 진행되고 있는 북극 통합 연구

북극의 환경 변화가 미치는 영향이 이렇거나 지대한 만큼, 북극권 환경변화를 종합·관측은 매우 필수적이라고 할 수 있다. 하지만, 연구의 범위가 워낙 광대하기 때문에 육상-대기-해양-생태계의 모든 부분을 통합적으로 연구하는 것은 쉽지 않

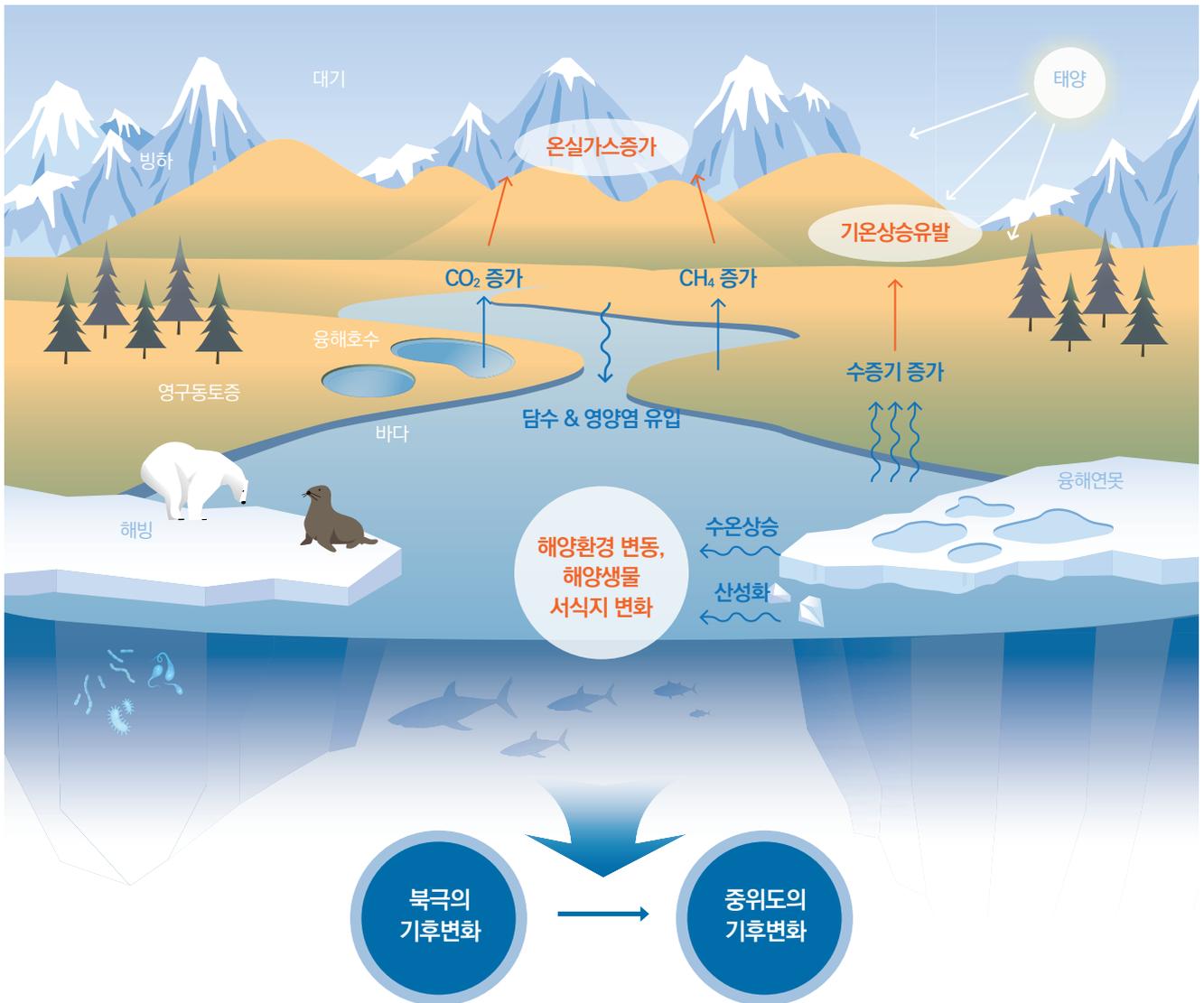
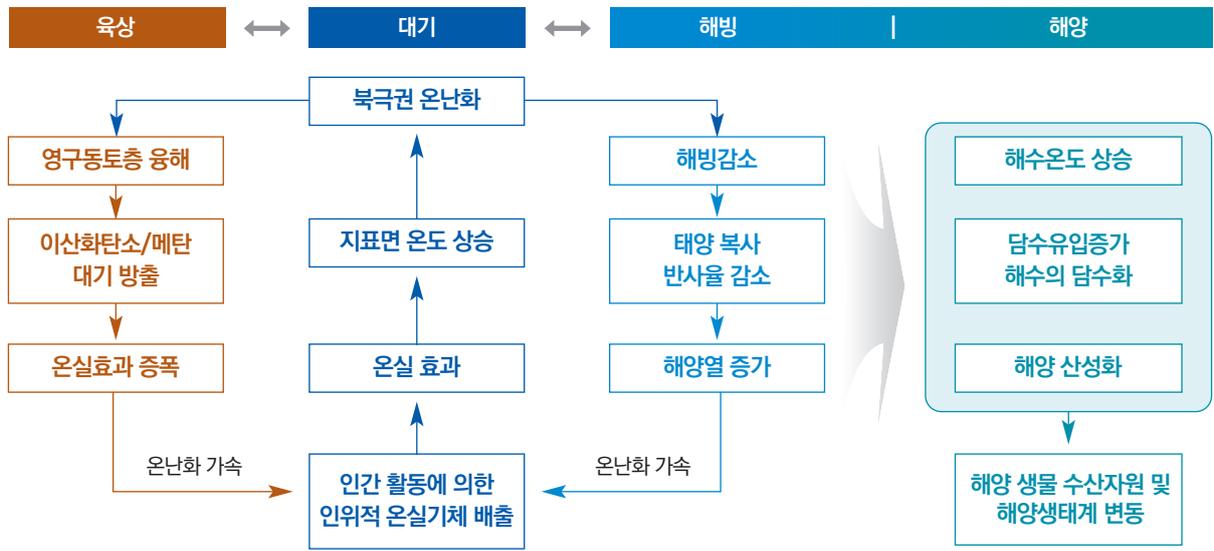
다. 북극의 기후시스템을 이해하고자 하는 역사상 가장 큰 규모의 모자이크 프로젝트(MOSAic, Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate)가 독일의 극지연구소(AWI) 주도로 20개국이 수행 중이지만, 해당 연구에 동토연구는 포함되지 않는다. 우리나라 극지연구소 주도로 북극권 6개 나라에 관측거점을 구축하여 육상(동토)-대기-생태계 변화에 대해 연구하는 CAPEC(Circum Arctic Permafrost Environment Change) 프로젝트는 북극권 광역거점에서 환경변화를 감시하고 예측하여 기후변화 예측 시나리오를 만들고자 한다. 하지만, 해당 프로젝트에는 해양과 해빙연구를 포함되지 않는다.

### 통합적으로 접근하는 북극권 시스템 연구, 세계 기후변화 문제 해결의 출발점

북극의 온난화와 빙권 감소는 인류에게 기후재해와 같은 위협을 주는 것과 동시에 경제적 이용 가능성을 향상할 수 있는 기회 영역으로 부각되면서 종합적이고 과학적 접근 방법이 요구된다. 따라서 우리나라를 포함한 전 지구적 기후변화와 관련 글로벌 이슈에 적극 대응·기여하고, 새로운 기회영역을 선점하기 위해 북극을 하나의 시스템으로 바라보면서 이해하는 통합적 접근 방법이 필요하다. 북극의 시스템이 급격하게 변화에 따라 복합적으로 발생하는 예측 불가한 환경이슈에 대비하기 위하여 대기-빙권-해양-동토를 하나의 시스템으로 연결한 통합적 차원의 연구는 기후환경변화 민감 지역인 북극에서 인류 현안 이슈 대응을 위한 융·복합 연구이다. 글로벌 기후변화의 바로미터인 북극은 정부간기후변화패널(IPCC)이 제시하는 미래예측 기후 모델의 불확실성을 해결하는 열쇠가 되는 곳이다. 북극 통합연구를 통한 북극권에 특화된 중장기 통합 관측시스템 구축과 미래 예측 시나리오의 생산은 글로벌 이슈에 대한 선제적 대응의 출발점이 될 것이다.

북극을 하나의 거대 시스템으로 이해하는 통합적 차원의 연구가 진행되고, 미래 예측 모델이 완성된다면, 이는 북극발 이상 기후현상을 예측할 뿐만 아니라 이로 인한 사회의 전분야에 걸친 경제적 비용을 추산하는 기본 자료가 될 것이다. 극지의 기후 변화는 극지뿐만 아니라 북반구 전반과 더 장기적으로는 남반구까지 포함한 전 지구의 해양 및 육상 생태계에 영향을 미칠 것이기 때문이다. 이러한 지구의 변화는 결국 세계의 사회와 경제에 영향을 미칠 것이고, 여러 분야를 아우르는 종합적인 분석은 기후변화로 인한 사회적 비용을 최소화 할 수 있도록 하나의 길을 열어주는 역할을 하게 될 것이다.

[ 북극 연구 통합시스템 구축을 위한 기후변화 피드백 메커니즘 ]



# 대한민국 남극연구의 뉴 프론티어, 코리안루트

이강현

극지연구소 K-루트사업팀

## 극지연구 선진국의 지표, 남극 내륙 연구기지

아문젠과 스코티 경쟁하듯 남극점에 도달한 후 지금까지 110여년이 흐르는 동안 33개 나라에서 90개가 넘는 기지를 남극에 건설하였다. 대한민국도 세종과학기지와 장보고과학기지 등 2개 기지를 연중 운영하고 있다. 그러나 90개가 넘는 기지 중 대부분이 상대적으로 접근이 쉬운 해안가에 위치하고 있으며, 해안선에서 수백 km 이상 떨어진 내륙에 위치한 기지는 미국의 아문젠-스코티지, 러시아의 보스톡 지, 일본의 돛후지 지, 중국의 곤륜기지와 태산기지 및 이태리와 프랑스가 공동운영하는 콘코르디아 지 등 5개에 불과하다. 남극내륙에서 지속적으로 연구를 수행하기 위해서는 극한 추위를 견뎌내며 수개월간 사람들이 머물 수 있는 안전한 인프라와 연구장비, 물자를 수송할 수 있는 육상 이동루트 확보 등 많은 인적·물적 자원이 소요되기 때문에 남극에 진출한 30여개 국가 중에서 남극내륙에 연구기지를 건설·운영하는 국가는 아직까지 6개 국가뿐이다. 미국, 러시아 등 극지연구 선진국들이 남극 내륙진출과 연구에 매년 막대한 예산을 투자하고, 최근에는 중국이 기존 내륙기지까지 잇는 새로운 루트를 개발하려고 하고 있다. 이렇게까지 남극 내륙 연구에 선진국들이 적극적인 이유는 남극내륙 연구가 인류 문제의 새로운 해결책을 제시하기 때문이다.

2020년대, 미국, 프랑스, 이태리, 중국, 일본 등 극지연구 선진국들이 잇달아 남극내륙에서 심부빙하시추, 빙저호 시추, 천문관측과 같은 연구계획을 발표하면서 남극내륙은 극지연구의 새로운 각축장이 되고 있다. 그러나 남극연구의 후발주자인 대한민국은 2014년 장보고기지 준공을 계기로 이제야 남극내륙을 향한 발걸음을 내딛기 시작했다. 앞으로 대한민국이 극지연구 선도국으로 도약하기 위해서는 여전히 미지의 땅으로 남아있는 남극내륙에서 연구 인프라를 확충하고 글로벌한 이슈 해결형 연구주제를 개발하기 위한 노력이 필요할 것이다.

## 미래 기후변화연구와 우주연구의 Key, 남극내륙연구

남극내륙연구의 중심인 심부빙하시추는 지구의 기후변화기록을 복원할 수 있게 하며, 이를 통해 미래 기후의 예측을 가능하게 한다. 1990년대 중반 러시아의 보스톡 기지에서 시추한 3,600m 깊이의 빙하시료를 통해 과거 약 42만년 동안의 지구 기후변화 기록이 밝혀졌고, 이후 이태리, 프랑스, 일본, 중국 등이 남극내륙기지를 건설하고 심부빙하시추를 통해 과거 82만년간의 지구 기후변화 기록을 확인하였다. 현재는 내륙기지 보유 6개 국가가 100만년 기후변화기록 복원을 위한 새로운 심부빙하시추를 먼저 성공하기 위하여 꾸준한 투자와 연구를 진행 중이다.

심부빙하시추와 함께 대표적인 남극내륙연구 중 하나가 바로 천문우주 연구이다. 남극 해안에 있는 기지들은 바다의 영향으로 가시권 확보가 수월하지 않은 것에 비하여, 남극 내륙의 고원지대는 같은 고도의 중위도 지역에 비해 공기가 희박하고 대기 중의 먼지가 거의 없어 지구상에서 최고의 천문 관측지다. 가장 오래된 남극 내륙 기지를 보유한 미국은 2017년, 아문젠-스코티 지 약 2,000m 빙하 아래 설치한 아이스큐브 검출기를 통해 세계 최초로 외계에서 방출된 중성미자를 관측하였고, 2019년에는 이벤트 호라이즌 망원경 시스템을 이용하여 인류 역사상 최초로 지상에서 블랙홀을 촬영하는데 성공하였다.

최근에는 남극내륙의 빙하 아래 존재하는 빙저호가 남극빙상

의 감소에 미치는 영향을 파악하여 지구 온난화에 따른 해수면 변동을 보다 정확하게 예측하기 위한 연구도 진행되고, 빙저호에서 시료를 확보하여 빙저호와 유사한 환경을 갖고 있는 것으로 알려진 외계 행성의 생명체의 존재 가능성을 확인하는 우주생물학(Astro Biology) 연구가 진행되고 있다. 아직까지 미국과 영국 외에는 빙저호 시료 채취에 성공한 국가가 없어 국제적으로 적극적 투자를 유지하고 있는 연구 분야이다.

이와 같이, 남극 내륙은 기후변화 등 인류 문제의 해결책을 제시하고, 인류 최초의 과학성과를 창출할 수 있게 해주는 과학 연구 최적지이다.

### 우리나라 남극내륙 진출의 현재

20세기 중반부터 남극에 기지와 자체적인 육상 루트를 운영하며 연구 활동을 수행하고 있는 극지연구 선도국들에 비해 대한민국은 1988년 남극세종과학기지 준공을 기점으로 남극연구를 시작한 후발주자라고 볼 수 있다. 2000년대 까지 대한민국의 남극연구는 쇄빙연구선 없이 두꺼운 해빙으로 뒤덮인 남극 대륙에 접근하기가 쉽지 않았기에 주로 세종기지가 위치한 서남극 끝단의 킹조지섬 및 주변 해역을 중심으로 진행되었다. 그러나 2009년 쇄빙연구선 아라온호가 건조되고 2014년 장보고 과학기지가 문을 열면서 대한민국의 남극연구는 남극내륙으로 그 영역을 넓힐 수 있는 계기가 마련되었다. 현재 극지연구소에서는 남극내륙을 탐사하기 위한 인프라를 구축하고, 남극내륙 연구후보지를 발굴함과 동시에 2023년까지 장보고기지와 각 연구 후보지 및 남극점을 잇는 총 3,000km의 내륙진

출루트 개척을 목표로 하는 코리아루트 남극내륙 진출 개척사업 (이하 K루트 사업)을 수행하고 있다.

### 남극연구의 과거와 미래를 연결하는 K루트 사업

K루트 사업은 대한민국의 과학영토를 남극내륙 깊숙한 곳까지 확장하고, 지금까지의 소수의 선진국에 의해서만 수행 가능했던 내륙연구를 가능케 함으로써 이들 국가와 어깨를 나란히 할 수 있는 발판이 된다. 이렇게 과거의 대한민국 남극 연구와 새로운 남극연구의 미래를 연결하는 가교역할을 하는 것이다. 이러한 효과를 창출하기 위해서는 지속적이고 중장기적인 투자가 이루어지고 있다. 오래전에 남극 내륙에 진출하였음에도 꾸준한 투자를 하고 있는 미국, 러시아, 일본 등의 국가를 따라잡기 위함이며, 하계 약 3~4개월에만 사업을 추진할 수밖에 없는 지리적 특성 때문이기도 하다.

2023년까지 K루트 구축이 완료되고 나면 지금까지 집중되었던 남극 주변 해양 및 해안지역을 중심으로 한 지역적인 기후·환경변화 연구에 더해 남극내륙에서 전 지구 규모의 기후·환경변화 연구도 수행할 수 있을 것이다. 특히, 심부빙하시추나 빙저호 연구는 현재 전 세계적으로 큰 이슈가 되고 있는 급격한 기후변화 문제와 신종 바이러스에 의한 전염병 문제 등 인류 공동의 문제를 해결하는 데에도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 앞으로 K루트를 통해 남극내륙에 기지를 건설할 경우, 보다 심도 있는 천문관측 연구도 수행할 예정이다. 이외에도 다양한 산학연 기관과의 협업을 통해 극지 환경 특성을 이용한 4차 산업 기술개발 연구도 수행할 수 있을 것이다.



남극 내륙진출 루트 위치도

# 극지생물에서 찾아내는 새로운 항생물질

이준혁

극지연구소 실용화연구사업단

항생제 내성 감염균에 의해 유럽과 미국에서만 한해 5만 명의 환자가 사망하고, 다수의 기존 항생제에 내성을 가지는 슈퍼박테리아의 출현은 신규 항생물질 개발연구가 더 이상 미룰 수 없는 필수과제임을 보여준다. 항생제의 원료가 되는 물질의 40~50% 정도가 생물자원에서부터 유래한 천연물 의약품으로 신규 항생물질 개발을 위해서는 새로운 생물자원 확보가 필수적이다. 극저온, 강한 자외선, 건조 등 혹독한 환경 조건은 극지생물이 극한환경 극복 유전자와 보호 물질을 갖도록 적응하고 진화하게 만들었다. 특히 극지환경 특이적 유전자에 의해 만들어지는 단백질 효소와 이차 대사산물은 신규 항생제 후보물질과 같은 의약소재 개발에 사용될 수 있다. 안정적인 지원이 이루어지고 신규 생물자원을 계속 제공할 수 있다면 극지생물을 활용한 신규항생물질 개발은 우리나라 생명공학의 세계적 경쟁력 확보에 한축이 될 것이다.

## 슈퍼박테리아의 출현, 국제적 재난 예고

항생제를 통한 감염증의 예방과 치료는 20세기 의학이 이룬 가장 큰 업적이라 할 수 있으나, 치료제인 항생제에 내성을 보이는 미생물이 증가하면서 치료 실패에 따른 사망률이 증가하는 추세다. 최근 여러 항생제에 내성을 보이는 다제내성균 때문에 약효를 내는 항생제가 아예 없어지는 현상이 전세계에서 발생하고 있으며, 영국 내성 보고서에 따르면 2050년에 슈퍼박테리아 감염에 의해 3초에 한명 꼴로 사망(매년 천만명 사망)하고 경제적 손실은 OECD 국가 기준 USD 100조에 이를 것으로 예측하고 있다. 이는 미생물 감염에 대응할 수 없는 항생제무용시대(post-antibiotic era)가 올 수 있다는 것을 의미한다. 우리나라도 국민 건강을 위협하는 기존 항생제 내성균의 등장 즉, 슈퍼박테리아 출현이라는 국가적 재난 발생 현안에 대한 선제적 대응이 필요한 시점이다.

## 지속적 국제 관심사 '신규 항생물질 개발'

국내 항생제 사용량 및 시장 규모는 지속적인 증가 추세이지만 항생제 개발 노력은 선진국 대비 상대적으로 부족한 실정이다. 선진국들은 이미 국가적 차원에서 전략적으로 새로운 항생제를 찾는 연구를 지원하고 있다. 미국은 2015년 오바마 대

통령 주도하에 2020년 내 10개의 신규 항생제를 개발하자는 '10×20 프로그램'을 진행하였고, 유럽연합에서는 남극과 북극을 포함한 해양에서 새로운 항생제 및 신약 후보 물질을 발굴하는 대형 프로젝트인 "PharmaSea (2012~2016)" 연구과제를 수행하여 13개국에서 24개의 기업 및 연구기관 참여, 4년간 950만유로 이상의 투자를 하였다. 그 외에도 다양한 후속 과제 (SeaBiotech, BlueGenics, Micro B3 과제) 를 지원하고 있다.

전 세계 항생제 시장은 2014년 기준 403억 달러 규모로 전체 의약품 시장의 4.3%를 차지한 반면, 국내 항생제 시장은 2015년 기준 1조 3,000억 원으로 국내 의약품 시장의 15%를 차지하고 있다. 이런 사실은 타 OECD 국가에 비해 우리나라의 항생제 남용이 우려됨을 방증하는 것으로, 이로 인한 슈퍼박테리아의 등장 등 국가적 재난 상황에 대비해야 함을 시사한다. 하지만 대형 제약회사를 제외한 국내 중소형 제약회사는 생물자원 확보 및 초기 개발비가 부담되는 신약의 원료물질 연구보다는 선진국 의약품의 복제품 제조와 단기간 시판 가능한 단백질 의약품에 투자를 집중하는 실정이어서 신약 개발을 위한 정부주도의 과감한 지원과 정부출연연구기관의 생

물자원 확보 및 제공을 통해 기초연구부터 상품 상용화까지 연결되는 연구 플랫폼 구축이 시급하다.

**바이오 신소재 개발에 해결책을 제시하는 ‘극지생물자원’**

현재까지 개발된 의약품의 약 40~50% 정도가 생물자원에서 분리된 천연물이거나 이로부터 유래된 물질이다. 그 중에서도 미생물은 신약개발을 위한 가장 중요한 생물자원이다. 세계에서 판매액이 가장 많은 50개 약물 중 40% 이상이 미생물의 일종인 방선균이 만들어 낸 물질이다. 이처럼 신규 생물자원과 유전정보는 엄청난 경제적 가치를 제공하고 있으며 생명공학 분야 산업의 핵심적 소재이다.

항생물질 개발 분야에서는 신규 생물자원의 확보가 더욱 중요하다. 현재 알려진 천연 항생물질의 약 64% 정도가 방선균에 의해 생산되었으나, 새로운 항생물질을 만들어 내는 신규 방선균을 찾기가 어려워, 항생물질 개발 연구자들은 극한환경 유래 미생물에 주목하고 있다. 극저온, 강한 자외선, 짙은 건조 등의 혹독한 환경조건은 극지생물이 다른 온대지역 생물과는 달리 독특한 극한환경 극복 유전자와 보호 물질을 갖도록 적응하고 진화하게 만들었다. 특히, 극한 환경 미생물은 높은 염분, 수압, 저온, 고온, 방사능, 오염물질 등의 특수한 환경에서 진화를 거듭해 오며 생존을 위해 타 지역 미생물과는 형태와 구조가 다른 2차 대사물질들(secondary metabolites)을 만드는데, 이러한 물질들이 지금까지 개발된 의약품과는 다른 구조와 성질을 가지고 있어 신규 의약품 개발 가능성이 높기 때문이다.

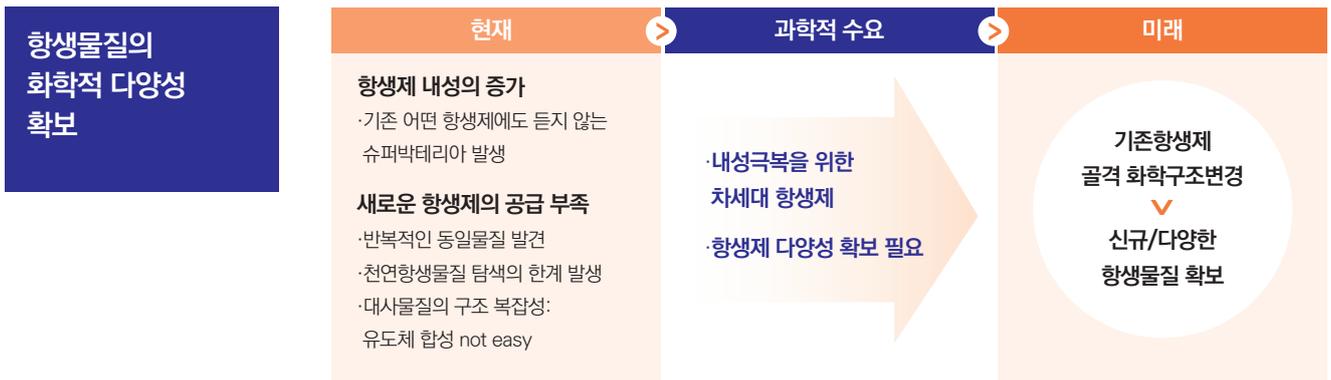
극지연구소는 지난 15년 동안 극지 및 해양생물 자원의 중요성을 인지하고 남극세종과학기지, 남극장보고과학기지, 북극 다산과학기지 및 쇄빙연구선 아라온을 활용하여 극지 생물자원 확보와 유용물질 탐색 연구를 수행하고 있다. 극지환경 적응 유전자 및 보호 물질은 바이오 의약품 또는 신소재 개발에 유용하게 이용될 수 있다. 극지연구소에서는 미생물 자원관

(PAMC: Polar and Alpine Microbial Collection), 극지생물 유전정보 DB, 극지식물 표본관, 극지해양생물 배양 시스템을 구축해서 운영하고 있다. 그리고 유용 유전자 정보 확보, 단백질 정보 확보, 유용물질 탐색 결과를 공유하여 국내 다른 연구기관도 이들을 활용하여 연구할 수 있도록 중개하는 허브 역할도 하고 있다. 또한, 남극 지의류의 신규 합성 화합물로 제2형 당뇨병 치료제를 만드는 기술 이전, 남극 로스해 해양미생물에서 발견한 얼음 성장 억제물질(항동결 바이오폴리머)로 혈액 동결보존제를 개발하는 등 최근의 신규 바이오소재 및 의약 후보물질의 개발 성공 등의 성과도 창출하였다.

**극지생물자원으로 개발하는 신규항생물질, 국제 신약시장의 선도 역할 기대**

국내외 연구개발 결과로 생물자원 천연물 유래 항생제 개발이 조금씩 이루어지고 있지만, 추가적인 신규 골격을 가지는 새로운 항생물질의 대량 발굴이 시급하다. 그에 대한 해결방안으로 극지/해양 생물자원을 이용한 신규 항생물질 탐색과 함께 저온성 효소의 기질 유연성을 이용한 항생물질 변형체 생산기술을 이용할 것이다. 뿐만 아니라, 항생제 내성균 타겟 단백질의 구조 정보로부터의 항생물질 디자인 방법을 동시 적용하여 신규 항생물질 개발 가능성을 증가시킬 것이다. 이러한 연구를 통해 최종적으로는 생물자원 제공, 신약 후보물질 발굴, 바이오 신소재 개발 연구를 통합할 수 있는 지속 가능한 연구 플랫폼을 구축해야 할 것이다.

현재 사회적 문제가 되고 있는 신종 코로나바이러스 사태는 새롭게 발생하는 병원균들에 대한 신약개발 연구를 지속적으로 추구해야 한다는 교훈을 주고 있다. 항생제 신약개발 연구는 정부의 안정적인 지원과 신규 생물자원 제공이 바탕이 된다면 이미 국내제약회사의 항생제 신약 개발 경험이 있고, 생물학, 약학, 의학, IT 분야의 인재가 많은 우리나라가 충분히 세계에서 가장 우수한 경쟁력을 가질 수 있게 될 것이다.



# Polar Code의 의미와 국내 이행을 위한 과제

김기순

산하온환경연구소

북극해 항로의 상업적 이용으로 해상교통량과 관광활동이 늘어남에 따라, 해상사고와 해양오염의 가능성이 높아지고 있다. 국제사회는 선박 안전성과 환경오염 방지를 위해 극지운항선박의 안전운항을 위한 국제규정 개발에 나섰다. 2014년과 2015년 두 차례에 걸쳐 Polar Code를 채택하였다. Polar Code는 극지해역을 운항하는 선박이 반드시 지켜야 할 구속력 있는 국제기준으로, 전 세계적으로 적용된다. 우리나라는 2016년 해양수산부 고시를 통해 Polar Code의 이행 기준을 마련하고, 이를 시행하고 있다. 우리나라는 세계 5위의 해운 국가로 수출입 물량의 99.7%를 선박으로 운송하고 있어서, 북극해 항로 진출을 기대하고 있다. 이러한 점에서, Polar Code의 일관되고 지속적인 이행과 극지선박의 설계 및 건조, 안전운항, 오염 방제 등과 관련된 기술 수준을 높이기 위한 다양한 기술개발과 연구 활동이 요구되고 있다.

## 기후변화와 북극해 항로 활용의 확대

기후변화의 영향으로 북극의 기온이 급격히 상승하고, 북극해 해빙(sea ice)이 해마다 감소하고 있다. 이에 따라 북해항로(North Sea Route, NSR)와 북서항로(Northwest Passage, NWP), 북극브리지(Arctic Bridge), 극지횡단항로(Transpolar Sea Route) 등을 포함한 다양한 북극해 항로가 해운업계의 새로운 옵션으로 떠오르고 있는데, 이들 북극해 항로를 이용하는 경우 수에즈 운하나 파나마 운하를 이용하는 기존 항로에 비해 거리를 최대 40%까지 단축하는 것으로 알려져 있다. 문제는 북극해 항로 개발로 해상교통량이 늘어나면서 해상사고가 빈번해졌다는 점이다. 더욱이 관광활동이 증가하면서 수백, 수천 명의 승객을 태운 크루즈선 관광이 늘어나고 있고, 이에 따라 대형 선박사고의 발생 가능성이 더 높아지고 있다. 또한 사고 발생 시 수색 구조 활동과 오염된 해역의 정화작업이 쉽지 않다.

이와 같이 북극해의 해빙 감소로 해상교통량이 증가하고 선박 운항의 위험이 확대되는 반면, 이에 대한 규제는 북극권 국가들의 복잡하고 단편적인 관행 내지 국내 규제체제에 의존하여 적절한 대응이 어려웠다. 따라서 북극의 해상운송이 더 확대

되기 전에 북극해의 다양한 국가 및 지역의 규정을 포괄하는 통일된 국제규정이 필요하다는 인식이 확산되었고, 이에 1990년대부터 UN전문기관인 IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)에서는 극지운항선박의 안전운항을 위한 Polar Code(International Code for Ships Operating in Polar Waters, 극지해역 운항선박 국제기준) 개발에 나서게 되었다.

## 극지해 운항을 위한 안전장치, Polar Code 발효

Polar Code가 처음부터 강제규정으로 만들어진 것은 아니었다. 10여년의 개발 작업 끝에 2002년과 2009년, IMO 총회에서는 극지해역의 혹독한 환경과 기후 조건으로 인한 운항 위험의 완화를 목표로 하는 가이드라인을 채택하였다. 그러나 이들 가이드라인은 권고사항으로 법적 구속력이 없기 때문에 북극권 국가들은 IMO 해사안전위원회(Maritime Safety Committee, MSC)에 극지 가이드라인의 강제적 적용을 추가하는 제안을 제출하였고, 이를 계기로 강제적 성격을 지닌 Polar Code를 본격적으로 개발하게 되었다.

Polar Code는 원래는 북극해를 운항하는 선박만을 대상으로

하여 개발되기 시작하였다. 그러나 2004년 제27차 남극조약 협의당사국회의(Antarctic Treaty Consultative Meeting, ATCM)의 요청으로 IMO는 이들 가이드라인을 북극 해역뿐만 아니라 남극 해역에서 운항하는 선박에도 적용되도록 개정하였고, 이때부터 남극과 북극 해역에 모두 Polar Code를 적용하도록 하는 작업이 이루어졌다.

2007년 남극해의 남 셰틀랜드 제도(South Shetland Islands) 부근에서는 M/V Explorer호가 빙산과 충돌하여 침몰하는 사고가 발생하였다. 이 선박은 캐나다 유람선으로 154명의 승객과 승무원을 태우고 있었는데, 물에 잠긴 얼음에 부딪혀 선체가 갈라지고 침수되었지만 승객과 승무원 모두 지나가던 유람선에 의해 안전하게 구조되었다. 2015년에는 남극해에서 우리나라 원양어선 썬스타호가 유빙에 좌초되었다가, 쇄빙연구선인 아라온호에 의해 구조되는 사례도 있었다. 2010년부터 2015년 사이에 남극과 북극 해역에서 발생한 선박 사고는 모두 39건에 이르렀다. 이러한 사건들을 계기로 국제사회에서는 남극과 북극 모두에서 선박의 안전운항이 매우 중요하다는 인식이 널리 알려졌다.

결국 오랜 노력 끝에 IMO는 2014년과 2015년, 두 차례에 걸쳐 Polar Code를 채택하는 성과를 거두었고, Polar Code는 2017년 1월 1일 발효되었다.

### Polar Code의 의미와 보완점

Polar Code는 극지운항선박과 관련된 설계, 건조, 장비, 운영, 훈련, 수색 및 구조, 환경보호를 모두 포함하는 광범위한 기준이다. Polar Code는 기존의 IMO 문서를 보완함으로써, 극지해역 내의 위험을 줄이고 안전한 선박 운항과 극지환경 보호를 꾀하기 위한 목적으로 제정되었다. 즉 SOLAS(국제해상인명안전협약), MARPOL(국제해양오염방지협약)과 STCW 협약(선원의 훈련, 자격증명 및 당직근무의 기준에 관한 국제협약)을 개정하고 추가적인 요건을 부과해서, 극지해역의 안전운항과 해양오염 방지를 추구하고자 하는 것이다.

Polar Code가 시행되면서, 남극해와 북극해를 운항하는 선박들은 의무적으로 이를 준수하도록 되어 있다. Polar Code는 여객선과 총톤수 500톤 이상의 화물선을 대상으로 적용되며, 어선과 민간요트, 총톤수 500톤 미만의 소형화물선에 대한 개발 작업은 현재 IMO에서 추진 중에 있다.

Polar Code는 극지해역 운송 관리의 전례 없는 성과이며 획

기적인 사건으로 불리고 있다. 그러나 일각에서는 Polar Code가 완벽한 규제 수단은 아니며 이를 개선하고 추가적으로 발전시켜야 한다는 비판적 목소리도 제기되고 있다. 실제로 Polar Code의 논의 과정에서 북극의 중유 사용과 운송 규제, 대기오염물질의 배출 규제, 비토착생물종의 배출 규제, 非 SOLAS 선박에 대한 안전 조치 적용, 중수 방출과 수중소음 규제 등 다수의 이슈가 배제되었고, 이는 앞으로 IMO가 해결해 나가야 할 과제로 지적되고 있다.

### 우리나라의 Polar Code 이행을 위해 통합적 대응 필요

우리나라는 2016년 12월 29일 「선박안전법」 제26조 등에 따라 「극지해역 운항선박 기준」을 일부 개정·고시하고(해양수산부 고시 제2016-226호), 2017년 1월 1일부터 이를 시행하고 있다. 모든 극지운항선박은 Polar Code를 준수해야 하며, 각 국가는 국내법을 제정하여 이를 이행하도록 되어 있다. 이에 따라 우리나라는 극지운항선박이 항해 시 지켜야 할 국내 이행 기준을 마련하여 해양수산부 고시로 제정한 것이다.

북극해 항로는 아시아와 유럽을 잇는 최단거리 항로로 각광받고 있다. 우리나라는 세계 5위의 해운 국가로 수출입 물량의 99.7%를 해상운송에 의존하고 있어서, 북극해 항로를 이용하는 경우 물류비를 절약하고 수출 경쟁력을 확보할 수 있다는 이점이 있다. 우리나라는 북극해 항로 진출을 위해 극지운항선사에 인센티브를 제공하고 극지운항 인력을 적극 양성하는 한편, 항로개발 연구와 극지운항선박 건조기술 개발에 주력해왔다.

이러한 점에서 「극지해역 운항선박 기준」의 일관되고 지속적인 이행이 요구되며, 이를 위해 극지운항선박 설계 및 건조 기술, 극지운항선박의 안전운항에 필수적인 관련기술과 항해안전지원시스템, 친환경기술을 개발하는 등 극지운항선박의 기술 수준을 높이기 위한 노력이 선행되는 한편, 승선 선원의 적절한 교육 및 훈련이 뒷받침되어야 할 것이다.

북극해 항로 이용 시에는 Polar Code뿐만 아니라 러시아 등 인접국가의 선박 운항 규제에 대비할 필요가 있으며, 이들 국가의 북극항로 운항 관련 규정 및 법령을 면밀하게 파악해야 할 것이다. 또한 극지운항선박에 관한 후속기준 개발 작업에 적극 참여하여 우리의 입장을 반영함으로써 국익을 확보해야 하며, 효과적인 대응을 위해 관련부처의 적극적인 참여와 협력이 필요하다.

### [ IMO(국제해사기구)의 Polar Code 세부사항 ]

#### 장비 확보



창문 확보



보온성 의류 구비



얼음 제거 장비



구명보트 확보



잠수복, 보온 장비 구비



소화 장비 구비

#### 배 설계 및 구조



극지 해역의 얼음 조건에 따른 선박 구분(A,B,C)



결빙을 견디는 완전한 복원성



극지 해역의 환경에 따른 선박의 구조적 재료(A,B,C)

#### 운항과 인력



항해 정보 수신

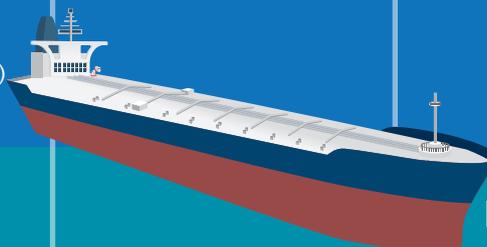


극지 운항 매뉴얼 및 극지 선박 증서



극지 해빙 지역 항해 전문 훈련 이수

#### Polar Code의 안전 조치



#### Polar Code의 환경보호 조치

#### 유류 오염



기름이나 기름 혼합물 방류 금지



유조선 이중선체 (double hull) 및 이중저(double bottom) 필수 적용



남극에서는 중유 운반 금지



무독성 생분해성 윤활유 사용 권장

#### 쓰레기 오염



플라스틱 쓰레기 폐기 절대 금지



음식물 쓰레기 빙하 투기 금지



동물 시체 등 방류 금지



해양 생태계에 유해하지 않은 화물 잔여물, 세척 첨가제만 방류 가능

#### 외래종 유입



선박평형수 정제 장치 탑재 의무

#### 오수(汚水)



오수 배출 금지



오수 처리 시설이 설치된 경우, 가능한 먼 지역에서 배출 허용

#### 화학물질 오염

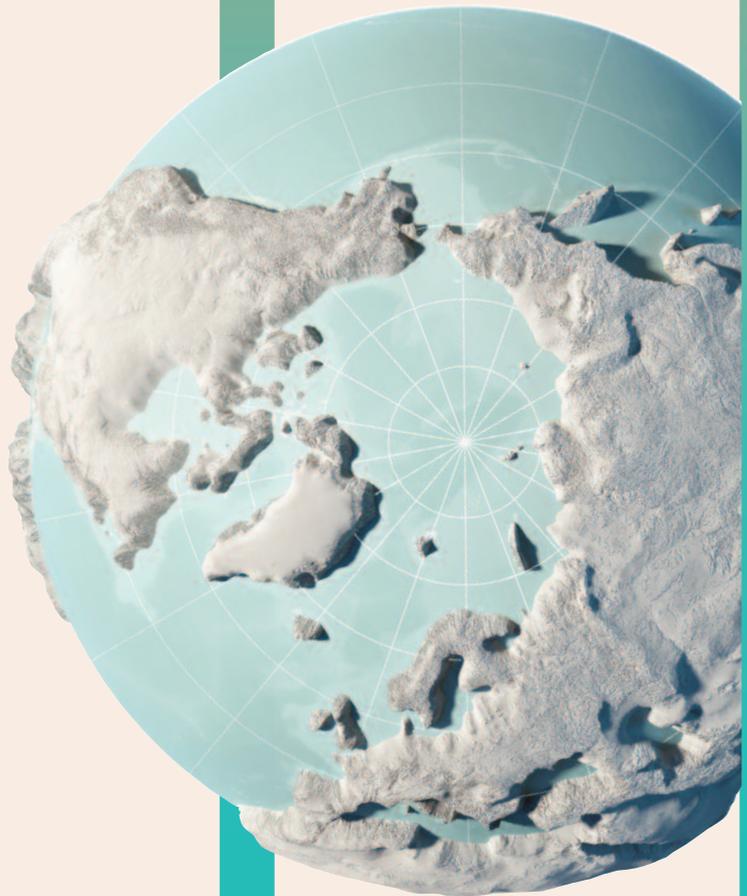


유독성 물질이나 이를 포함한 혼합물은 방류 금지

\*IMO 홈페이지 자료 재구성



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



발행일 : 2020년 10월  
발행처 : 극지연구소 정책부 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