

# 북극해 블랙카본 규제 전망 및 대응 방안 조사

Investigation of Arctic Ocean Black Carbon  
Regulatory Outlook and Response Strategies

엄단비 · 김엄지 · 김지영 · 박예나 · 채수란



한국해양수산개발원  
KOREA MARITIME INSTITUTE

<b>저자</b>	<b>엄단비, 김엄지, 김지영, 박예나, 채수란</b>			
<b>내부연구진</b>	연구책임자	엄단비	한국해양수산개발원	글로벌전략연구본부 전문연구원
	공동연구원	김엄지	한국해양수산개발원	글로벌전략연구본부 전문연구원
	공동연구원	김지영	한국해양수산개발원	글로벌전략연구본부 전문연구원
	공동연구원	박예나	한국해양수산개발원	글로벌전략연구본부 전문연구원
	공동연구원	채수란	한국해양수산개발원	글로벌전략연구본부 전문연구원

**연구기간** 2025. 1. 1. ~ 2025. 10. 31.

### 보고서 집필내역

<b>연구책임자</b>	엄단비 연구총괄, 제1장, 제2장 제2절 일부, 제3절, 제4절, 제5장, 제6장			
<b>내부연구진</b>	김지영	제2장 제1절, 제2절 일부	제3장 제1절 일부	
	김엄지	제2장 제2절 일부, 제4장 제2절		
	박예나	제4장 제1절		
	채수란	제3장 제1절 일부, 제2절 제3절		

<b>산·학·연·정 연구자문위원</b>	최수범	한국북극항로협회 사무총장
	임세희	충남대학교 환경공학과 교수
	정성엽	선박해양플랜트연구소 책임연구원
	김민수	한국해양수산개발원 기획조정본부장
	한덕훈	한국해양수산개발원 글로벌전략연구본부장

※ 순서는 산·학·연·정 순임

---

# 목차

## 01

### 서론\_1

제1절 연구배경 및 목적	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적 및 필요성	5
제2절 선행연구	7
1. 북극해 블랙카본 규제와 거버넌스 선행연구	7
2. 블랙카본 관련 산업 영향 및 국가 대응 선행연구	9
제3절 선행연구와 본 연구의 차별성	12
제4절 연구의 범위 및 방법	13

## 02

### 북극해 블랙카본 규제\_15

제1절 북극해 블랙카본 규제 배경	15
1. 북극해 블랙카본 배출원	16
2. 블랙카본에 대한 국제사회의 인식과 논의	25
제2절 북극이사회의 블랙카본 주요 문서	27
1. 레이카비크 선언(2021)	29
2. EGBCM 권고안	32
3. 북극이사회 PAME의 해운부문 권고 사항	33
제3절 IMO 블랙카본 권고 체계 분석	46
1. IMO 블랙카본 논의 배경	46
2. 해양환경보호위원회(MEPC) 논의 경과	47
제4절 북극해 블랙카본 규제 전망	50
1. IMO-북극이사회 워킹그룹 협력 체계 내 블랙카본 규제	50
2. 향후 규제 발전 전망	53
3. 소결	54

## 03

### 블랙카본 규제 정책 동향\_57

제1절 북극권 국가의 대응 정책	57
1. 러시아	58
2. 미국	64
3. 캐나다	69
4. 노르웨이	73
5. 스웨덴	76
6. 핀란드	80
7. 덴마크	83
8. 아이슬란드	86
제2절 주요 오피서버 국가 정책	90
1. 일본	91
2. 중국	95
3. 싱가포르	98
4. 인도	101
제3절 정책 분석 및 시사점	104

## 04

### 해운·조선업계의 블랙카본 규제 대응 현황\_113

제1절 IMO 환경규제 국내 이행 현황	113
1. 국제법의 국내법 이행	113
2. IMO MARPOL 73/78 국내법 이행 현황	120
3. 블랙카본(친환경) 규제 대응을 위한 현행 지원 제도	122
4. 우리나라 극지 관련 법·정책의 블랙카본 규제	126
5. 향후 과제와 입법 개선 필요성	127
제2절 국내 조선사·해운사의 준비 현황	130
1. IMO 블랙카본 배출 규제 도입에 대한 인지도	131
2. 블랙카본 권고 지침 충족 여부	132
3. 블랙카본 저감을 위한 기술 적용 여부	138

4. IMO 기술파일 형식에 따라 측정·보고 권고에 대한 애로사항	141
5. 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도	145
6. 북극해에서의 블랙카본 저감 연료 적용 고려 여부	146
7. (조선사) 시점별 적합한 친환경 연료	148
8. (해운사) 북극항로 활용에 대한 해운사의 기대효과	151
9. 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 단기적 지원 제도	152
10. 북극해 연료 규제 도입 시 필요한 중·장기적 지원	156
11. IMO 차원에서 정부가 추진해야 할 활동	162

## 05 블랙카본 규제 대응 전략\_169

제1절 단기 규제 대응 방안	169
1. 기술 실증 및 검증 지원	170
2. 설비 투자 지원	174
제2절 중장기 정책 지원 방향	178
1. 블랙카본 규제 대응을 위한 제도 보완	178
2. 업계 대상 인센티브 및 이행 유도 방안	180
제3절 국제 협력 강화 방안과 우리나라의 역할	181
1. 북극이사회 협력 및 IMO 규제 대응	181
2. 정책 입장문(Policy Position Paper) 초안	184

## 06 결론\_187

제1절 연구 요약	187
제2절 연구의 한계	188
제3절 정책 제언	190

## 참고문헌\_193

---

**부록\_221**

부록 1. Policy Position Paper on Arctic Black Carbon Regulation (Republic of Korea)	221
부록 2. 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(조선사)	225
부록 3. 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(해운사)	232

---

# 표 목차

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차별성 .....	10
〈표 2-1〉 배출원별 비교 .....	21
〈표 2-2〉 국제해사기구와 북극이사회의 비교 .....	29
〈표 2-3〉 레이카비크 선언 - 블랙카본 관련 주요 내용 .....	29
〈표 2-4〉 EGBCM 권고안: 주요 배출원별 권고 사항 .....	32
〈표 2-5〉 PAME 해운부문 블랙카본 관련 권고 사항 .....	33
〈표 2-6〉 북극 해상 안전 강화 관련 권고 사항 .....	40
〈표 2-7〉 북극 주민과 환경 보호 관련 권고 사항 .....	44
〈표 2-8〉 북극 해양 인프라 구축 관련 권고 사항 .....	46
〈표 3-1〉 북극권 8개국 블랙카본 정책 비교표 .....	106
〈표 3-2〉 옅서버국가 블랙카본 정책 비교표 .....	109
〈표 4-1〉 MARPOL 73/78의 주요 내용 .....	121
〈표 4-2〉 해양환경관리법의 MARPOL 부속서 규정 내용 .....	121
〈표 4-3〉 IMO 블랙카본 배출 규제 도입에 대한 인지도 .....	131
〈표 4-4〉 블랙카본 권고 지침 충족 여부(조선사) .....	135
〈표 4-5〉 블랙카본 권고 지침 충족 여부(해운사) .....	136
〈표 4-6〉 블랙카본 권고 지침 적용 여부(조선사) .....	138
〈표 4-7〉 방해요인 분류 .....	141
〈표 4-8〉 방해요인 우선순위 .....	142
〈표 4-9〉 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도 .....	145
〈표 4-10〉 북극해에서의 블랙카본 저감 연료 적용 고려 여부 .....	146
〈표 4-11〉 시점별 적합한 친환경 연료 .....	148
〈표 4-12〉 시점별 적합한 친환경 연료 .....	150
〈표 4-13〉 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도 .....	151
〈표 4-14〉 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 단기적 지원 제도 .....	153
〈표 4-15〉 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 중장기적 지원 제도 .....	157
〈표 4-16〉 IMO 차원에서 정부가 추진해야 할 활동 .....	162

---

# 그림 목차

〈그림 1-1〉 연구흐름도 .....	14
〈그림 2-1〉 IMO 기준 북극 해역의 블랙카본 배출량 .....	17

# 01 서론

## 제1절 연구배경 및 목적

---

### 1. 연구배경

블랙카본(Black Carbon, BC)은 화석연료의 불완전 연소 과정에서 발생하는 강력한 단기성 기후오염물질(Short-Lived Climate Pollutant, SLCP)로, 산불, 선박 연료 배출에서 발생하여 지구온난화를 가속화하는 주요 요인 중 하나이다.<sup>1)</sup> 블랙카본은 공기 중에서 햇빛을 흡수해 열을 발생시키고, 눈과 얼음 위에 쌓일 경우 반사율(albedo, 알베도)을 크게 감소시켜 해빙을 가속화한다.<sup>2)</sup> 북극의 눈과 얼음은 본래 햇빛의 80-90%를 반사하는 성질이 있으나, 블랙카본이 침적되면 이 반사율이 최대 30%까지 감소할 수 있다.<sup>3)</sup>

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 6차 평가보고서에 따르면, 블랙카본의 온난화 효과

---

1) Intergovernmental Panel on Climate Change(2021), pp. 7-34.

2) 위 자료, pp. 7-34.

3) 위 자료, pp. 7-34.

---

( $+0.36\text{W m}^{-2}$ )는 아산화질소( $+0.21\text{W m}^{-2}$ )보다 더 크며, 특히 북극 지역에서 그 영향이 매우 크게 나타난다.<sup>4)</sup> 네덜란드 스마트 프레이트 센터(Smart Freight Center)의 연구에 따르면, 블랙카본은 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )에 비해 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)<sup>5)</sup>가 20년 기준 약 2,200배에서 3,000배에 달하는 것으로 추정된다.<sup>6)</sup> 이렇게 블랙카본은 지구온난화에 미치는 강력한 단기적 영향력으로 인해, 단기간 내 온실 효과를 효과적으로 완화할 수 있는 전략적 감축 대상으로 적합하다. 이러한 블랙카본의 특성에 따라 본 연구는 블랙카본을 우선적 규제 연구 대상으로 설정하였다.

북극해의 9월 최소 해빙 면적은 1979년 이후 10년마다 약 12.5%씩 감소하고 있으며, 2024년 9월의 북극 해빙 면적은 위성 관측 이래 여섯 번째로 작은 규모로 기록되었다.<sup>7)</sup> 2024년 네이처 커뮤니케이션스(Nature Communications)에 게재된 연구에 따르면, 기존 2050년으로 예상되었던 얼음 없는 북극 여름의 시작이 빠르면 2027년 여름, 늦어도 2030대 초에 도래할 것으로 분석되었다.<sup>8)</sup> ‘얼음 없는 북극’이란 해빙 면적이 하루 동안 100만 $\text{km}^2$  이하로 감소하는 경우를 의미하며, 이는 북극 기후 시스템이 전환하는 기점에 해당한다.<sup>9)</sup> 2000년 이후 15일 이상 지속되는 한파는 북극에서 이제 사라졌고, 평균 해수면의 온도(Sea Surface Temperature, SST) 역시 1991년 8월에 비해 2020년에는 평균 2~4°C가 더 상승했다.<sup>10)</sup>

이러한 북극해 해빙의 급속한 감소는 북극에서의 해상 운송이 가능하게

---

4) 위 자료, pp. 7-34.

5) 특정물질이 20년 동안 얼마만큼 지구온난화를 일으키는지를 수치화한 것을 의미함.

6) Smart Freight Centre(2017), pp. 6-41.

7) NOAA(2024), pp. 9-12.

8) Heuzé & Jahn(2024).

9) 위 자료

10) Arctic Monitoring and Assessment Programme(2021a), p. 6; National Oceanic and Atmospheric Administration(2024), p. 51.

만들어 북극항로의 이용이 증가하고 있다.<sup>11)</sup> 러시아 부근 북극 해역에서는 이미 교통 북극항로 이용 증가로 이어지고 있으며, 북동항로와 북서항로가 주로 운영되고 있다.<sup>12)</sup> 2015년부터 2021년까지 북극해 내 블랙카본 배출량은 두 배로 증가했으며, 북위 58.95° 이북 지역(발트해 제외)에서는 8,500여 척의 선박에서 총 1.5kt의 블랙카본이 배출되었다.<sup>13)</sup> 유엔환경계획(United Nations Environment Programme, UNEP) 발간 보고서는 블랙카본과 같은 SLCP의 배출은 탄소 배출 산정 체계에 포함되어야 할 뿐 아니라, 기존 CO<sub>2</sub>중심의 감축 조치와 병행하여 이루어져야 한다고 지적했다.<sup>14)</sup>

북극 지역의 기후변화는 한반도를 포함하여 지구 전체에 영향을 미친다.<sup>15)</sup> 2000년 이후 15일 이상 지속되는 한파는 북극에서 사라졌고, 평균 해수면의 온도도 1991년 8월에 비해 2020년에는 평균 2~4°C가 더 상승했다.<sup>16)</sup>

북극해 블랙카본 감축을 위한 국제사회의 움직임은 점차 강화되고 있다. 북극이사회(Arctic Council)는 블랙카본 및 메탄 전문가그룹(Expert Group on Black Carbon and Methane, EGBCM)을 통해 블랙카본 감축을 위한 정책적 노력을 기울이고 있다. 2021년 레이카비크 선언(Reykjavik Declaration)에서는 2013년 대비 2025년까지 블랙카본 배출량을 25-33% 감축한다는 목표를 설정하였다.<sup>17)</sup> 블랙카본을 포함한 대기오염물질 저감은 북극이사회의 지속가능한 개발 워킹그룹(Sustainable Development Working Group, SDWG)과 북극해양환경보호 워킹그룹

11) Yang et al.(2024).

12) Huntington et al.(2023), p. 1; Gunnarsson(2021), p. 104369.

13) Clean Arctic Alliance(2025)

14) United Nations Environment Programme and World Meteorological Organization(2011), p. 25.

15) NASA(2020)(검색일: 2025.4.1.); National Oceanic and Atmospheric Administration(2020)(검색일: 2025.4.1.)

16) Arctic Monitoring and Assessment Programme(2021), p. 6.

17) Arctic Council(2021.5.12.) (검색일: 2025.5.15.)

---

(Protection of the Arctic Marine Environment Working Group, PAME)의 주요 의제로 다루어지고 있다.<sup>18)</sup>

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)는 2024년 7월부터 북극해에서의 중유 사용을 금지하는 조치를 시행하고 있다.<sup>19)</sup> 이는 MARPOL 부속서 I의 개정을 통해 이루어졌으며, 중유 사용 금지를 통해 블랙카본 배출을 감소시키는 것을 목표로 한다.<sup>20)</sup> 또한, 2024년 10월 제82차 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee, MEPC)에서는 북극해에서의 블랙카본 영향을 줄이기 위한 권고지침(Res.MEPC.393(82))과 블랙카본 측정, 모니터링 및 보고를 위한 권고지침(Res.MEPC.394(82))을 채택하였다.<sup>21)</sup>

아직 블랙카본은 국제사회에서 규제 대상이 아니다. 하지만 이와 같은 일련의 과정들이 북극해 블랙카본 규제 도입의 전초 과정임을 알 수 있다.

한국은 2013년 북극이사회 옵서버 자격을 획득한 이후, 2018년 '북극정책 기본계획'과 2021년 '극지활동진흥기본계획'을 수립하여 책임있는 옵서버 국가로서의 역할을 강화해 왔다. 극지활동진흥기본계획에서는 'Arctic-8' 프로젝트를 통해 북극권 8개 국가와의 경제협력을 강화하고자 하는 의지를 표명하였다. 2022년에는 한국 북극협력네트워크(Korean Network for Arctic Cooperation, KoNAC)를 발족하여 북극이사회 워킹그룹 활동에 체계적으로 참여할 수 있는 기반을 마련하였다. 이에 따라 블랙카본 규제와 같은 주요 현안에 대해 우리나라의 정책적 입장을 보다

---

18) Arctic Council(검색일: 2025.7.17.)

19) PAME(검색일: 2024.7.17.)

20) IMO(2021), p. 1.

21) International Maritime Organization, Guidelines for the reduction of the impact on the Arctic of Black Carbon emissions from international shipping (Resolution MEPC.393(82)); International Maritime Organization, Guidelines for the measurement, reporting and monitoring of Black Carbon emissions from international shipping (Resolution MEPC.394(82))

체계적으로 제시할 필요성이 증대되고 있다.

우리 정부는 「국정과제 56: 북극항로 시대를 주도하는 K-해양강국 건설」을 통해, 급변하는 북극 해양환경과 신북방 물류질서에 능동적으로 대응하고 새로운 해운·조선의 성장축을 마련하는 것을 국가적 전략목표로 제시하고 있다. 북극항로는 향후 글로벌 물류의 핵심 루트로 부상할 잠재력이 크지만, 이 항로의 실질적 개방은 단순한 항만·항로 인프라 구축만으로 달성될 수 없다. 무엇보다 북극해 운항 선박에 적용될 환경 규제 선제적 대응 없이는, 북극해 접근 자체가 제약될 수 있다는 점에서, 환경 정책이 곧 항로 정책의 전제조건이 된다. 북극해에서의 블랙카본 배출 규제는 IMO와 북극이사회 논의의 핵심 의제로, 향후 북극항로 진출 조건과 경제성에 직접적인 영향을 미칠 것이다. 따라서 북극항로를 개척하는 전략과 함께, 블랙카본 규제에 대한 선제적 대응은 “K-해양강국” 건설을 위한 필수적인 기반으로 생각할 필요가 있다.<sup>22)</sup>

본 연구는 이러한 정책적 맥락 속에서, 국제적 블랙카본 규제 논의에 대한 체계적 분석과 더불어, 우리나라 조선사와 해운사의 준비 수준을 진단하고 향후 북극항로 시대를 대비해 우리 산업계가 필요한 정부 지원 방향을 제시하고자 한다. 이를 통해 국가 차원의 북극항로 전략이 환경 규제와 기술혁신을 병행하는 지속 가능한 해양 거버넌스 구축 전략으로 발전될 수 있는 근거를 마련하고자 한다.

## 2. 연구목적 및 필요성

본 연구는 북극해 블랙카본 규제 현황과 전망을 체계적으로 분석하고, 이에 대한 국내 대응방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로는

22) 국정기획위원회(2025.8.13)(검색일: 2025.10.14.)

---

다음과 같은 세부 목적을 가진다.

첫째, 북극이사회와 IMO를 중심으로 한 국제기구의 블랙카본 권고 체계를 분석하고, 향후 규제 진행 방향을 전망한다. 특히 IMO MEPC 제82차 회의에서 채택된 블랙카본 관련 권고지침(Res.MEPC.393(82), 394(82))의 주요 내용과 법적 의미를 분석하고, 향후 의무화 가능성을 검토한다.

둘째, 북극권 국가 및 주요 오피서버 국가들의 블랙카본 관련 정책을 조사하고 비교·분석한다. 이를 통해 각국의 규제 대응 현황과 협력 가능성을 파악하고, 우리나라에 적용 가능한 시사점을 도출한다.

셋째, 국내 조선사·해운사의 블랙카본 규제 대응 현황을 조사하고, 효과적인 대응전략을 제시한다. 특히 IMO 환경규제의 국내법 수용 현황을 검토하고, 현행 국내법 체계에 향후 블랙카본 규제를 반영할 수 있는 방안을 모색한다.

넷째, 블랙카본 규제와 관련된 국제협력 방안을 모색하고, 한국이 북극이사회 오피서버 국가로서 기여할 수 있는 방안을 제안한다. 특히 KoNAC를 통한 북극이사회 워킹그룹 활동 참여 및 정책입장보고서(Policy Position Paper) 제출 등을 통한 국제협력 강화 방안을 모색한다.

북극해 블랙카본 규제는 점차 강화되고 있으며, 이는 향후 북극해를 이용하는 선사들에게 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 특히 IMO MEPC 제82차 회의에서 채택된 블랙카본 관련 권고 지침은 단계적으로 강행규정이 될 가능성이 있기 때문에, 이에 대한 체계적인 분석과 대응 방안 마련이 시급하다.

북극권 국가들은 '지속가능성'이라는 기본적인 원칙을 중심에 두고 북극 지역의 경제 발전을 위한 투자를 추진하면서도, 녹색 해운, 친환경 에너지 등 친환경 산업 육성 정책을 적극적으로 추진하고 있다.<sup>23)</sup> 이러한 상황에

서 우리나라도 북극해 블랙카본 규제에 대한 체계적인 대응과 함께, 북극권 국가들뿐 아니라 유사한 입장을 가진 옅서버 국가들과의 환경 협력을 강화할 필요가 있다. 특히 러·우 전쟁의 여파로 러시아와의 협력이 제한된 상황에서, 다른 북극권 국가들과의 협력 기반을 조성하고 외연을 확대하는 것이 중요하다.

특히 본 연구는 국내 조선사와 해운사가 북극해 블랙카본 규제에 효과적으로 대응할 수 있도록 실질적인 정보와 전략을 제공하고, 나아가 블랙카본 관련 기술 개발을 통한 새로운 시장 진출 기회를 모색하는 데 기여할 수 있다. 이를 통해 한국이 북극 지역의 지속가능한 발전에 기여하는 책임 있는 옅서버 국가로서의 위상을 강화하고, 국제 환경 거버넌스에서도 입지를 확대하는 데 도움이 될 것이다.

## 제2절 선행연구

### 1. 북극해 블랙카본 규제와 거버넌스 선행연구

북극해와 북극지역의 블랙카본 연구는 주로 규제체계의 부재, 복합적인 거버넌스를 다루어왔다. Bond 외(2013)는 사회과학분야 연구는 아니지만, 처음으로 블랙카본에 대한 정의를 한 연구로 향후 북극이사회 워킹그룹과 IMO의 블랙카본 정의에 활용되었다.<sup>24)</sup> Qi 외(2024)는 북극 해운에서의 블

23) Tiller et al.(2022); Hailu(2025).

24) Bond et al.(2013); 블랙카본의 정의와 특성에 대한 기준을 명확히 제시한 Bond et al.(2013)은 본 연구의 개념적 기반 마련을 위해 본 절에 포함하였으며, 그 외 블랙카본의 물리·화학적 특성 등 과학적 분석에 국한된 연구는 정책 분석 목적과의 직접적 관련성이 낮아 선행 연구에서 제외하였다.

---

랙카본 배출 문제를 거버넌스 문제로 정의하며, 현 체계의 분절성과 비구속성을 지적하고 규제 통합의 필요성을 제시하였다.<sup>25)</sup> Yamineva 외(2018)는 블랙카본 규제 체계를 협력적 복합체(cooperative regime complex)로 설명하면서, 국제규제의 실효성 확보를 위해 제도간 연계가 필요하다고 지적했다.<sup>26)</sup> 동 연구는 IMO와 북극이사회의 노력에도 불구하고 현재의 국제법적 체계가 단편화되어 있으며, 집행 메커니즘이 약하고 조율된 거버넌스 능력이 제한적임을 지적했다. Narita·Motohashi (2024)는 북극 국가들과 중국, 인도의 육상 기반 블랙카본 배출원에 대한 국가별 관리시스템을 비교하며, 각국 정치구조에 따른 집행력의 차이점을 강조했다.<sup>27)</sup> Shapovalova(2016)는 북극 블랙카본 저감을 위한 다양한 국제 및 지역 이니셔티브의 상호작용을 검토하고, 각 기구의 장단점을 평가했다.<sup>28)</sup> Yang 외(2024)는 블랙카본에 대한 법적 공백을 지적하고, 독립적인 오염물질에 대한 명시적인 규정이 필요하다고 주장했다.<sup>29)</sup> 국내에서는 정혁(2021a)이 유럽연합의 북극 지역 단기체류오염물질의 감축 정책을 분석하며, 유럽연합의 환경정책의 변화를 강조했다.<sup>30)</sup> 동일 저자의 후속 연구인 정혁(2021b)에서는 유럽연합의 북극 지역 블랙카본 저감을 위한 국가 배출 감축 의무량 지침 시행과 한국 정부를 위한 정책적 시사점을 제시했다.<sup>31)</sup>

북극이사회 등 국제기구와 일부 정부기관 및 비정부기구도 블랙카본 연구를 계속적으로 진행하고 있다. 북극이사회의 전문가그룹 발간 보고서인 EGBCM(2019)은 당시 회원국들의 블랙카본 및 메탄(CH<sub>4</sub>) 감축 이행상황과 정책 권고를 정리하였다.<sup>32)</sup> 북극오염방지행동계획(Arctic Contaminants

---

25) Qi et al.(2024)

26) Yamineva Y.(2019)

27) Narita D., & Motohashi K.(2024).

28) Shapovalova D.(2026).

29) Yang et al.(2024)

30) 정혁(2021a)

31) 정혁(2021b)

32) Arctic Council Expert Group on Black Carbon and Methane(2019).

Action Programme, ACAP)의 2017년 보고서는 블랙카본 감축을 위한 기술사례를 정리한 문서로 연료품질개선, 배출측정표준화, 연료 전환 등 저감 수단을 소개했다.<sup>33)</sup> 미국의 국제청정운송위원회(International Council on Clean Transportation, ICCT)의 2025년 보고서는 실제 선박 데이터를 활용하여 북극해 해운활동의 블랙카본 배출량을 실증적으로 연구했다.<sup>34)</sup> Pacific Environment(2025) 보고서는 북극 해운 부문의 블랙카본 배출이 생태계에 미치는 영향을 평가하고 IMO 규제 채택을 촉구하기도 했다.<sup>35)</sup>

## 2. 블랙카본 관련 산업 영향 및 국가 대응 선행연구

McConnell et al.(2007)은 20세기 산업혁명이 블랙카본 배출이 북극기후강제력(Arctic Climate Forcing)에 미친 영향을 장기 빙하 코어 분석을 통해 규명한 연구로, 산업화와 북극 기후 변화를 직접적으로 연계한 최초의 연구이다. 본 연구는 향후 블랙카본과 산업화를 연관짓는 여러 연구들의 근거로 활용되었다.<sup>36)</sup> Wang et al.(2012)은 1949년부터 2050년까지의 중국의 산업과 운송 부문 블랙카본 배출 추세를 분석했다.<sup>37)</sup> Zhang et al.(2019)은 북극항로 운항 선박에 대한 연료전환 정책을 시행할 경우, 블랙카본 저감에 미치는 영향을 정량적으로 분석했고, 중유에서 저유황유(Marine Gas Oil, MGO) 또는 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, LNG)로 전환시 블랙카본 배출이 최대 80%까지 저감될 수 있음을 확인했다.<sup>38)</sup> Makarova et al.(2021)은 러시아의 북극항로 주변 물류 인프라 개

33) ACAP(2017)(검색일: 2025.05.12.)

34) International Council on Clean Transportation(2025)

35) Pacific Environment(2025)(검색일: 2025.10.26.)

36) McConnell et al(2007)

37) Wang et al.(2012)

38) Zhang et al.(2019)

선이 블랙카본 배출 저감에 미치는 영향을 시나리오 분석을 통해 연구하였다.<sup>39)</sup> Otsuka 외(2014)는 북극항로와 수에즈 운하 통과 항로를 비교하여, 항로 선택에 따른 경제적 비용과 오염물질배출량을 평가했다.<sup>40)</sup> Ni et al.(2024)는 중국의 산업부문을 중심으로 블랙카본 배출원별 기여도를 분석했고, 에너지 구조 변경 및 연료 전환이 가장 블랙카본 감축에 효과적이라고 주장했다.<sup>41)</sup>

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차별성

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
<b>북극해 블랙카본 국제 규제·거버넌스</b>			
연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>북극 블랙카본 배출의 법적 구조를 진단</li> <li>블랙카본 감축을 기후변화 완화 메커니즘으로 제도화할 수 있는 법적 근거와 협약 간 연계를 검토</li> <li>북극해운에서 블랙카본 감축을 위한 항만 요금 정책 모델링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yang et al.(2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>북극 블랙카본 규범의 전망과 산업의 준비도로 어떻게 이어지는지 다층적 규제 대응 분석</li> </ul>
연구 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>유럽연합</li> <li>북극권 8개국</li> <li>중국, 인도</li> <li>NGO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wenhai Lu(2019)</li> <li>정혁(2021a,b)</li> <li>Pacific Environment (2025)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>북극권 8개국(미·러·캐·노·핀·덴·스웨·아이슬란드) + 옅서버국(한국, 중국, 일본, 인도, 싱가포르 등) 정책 비교</li> <li>한국 해운·조선업계</li> </ul>
연구 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>북극이사회, IMO, EU 중심의 규범 및 정책 변화 검토</li> <li>주요국의 제도적 대응 분석</li> <li>국제해운의 규제 구조 한계</li> <li>생태영향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yang et al. (2021)</li> <li>Yamineva(2018)</li> <li>Qi et al.(2024)</li> <li>Pacific Environment(2025)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국제제도: IMO·Arctic Council 규제체계, 국제협약 간 연계성 평가</li> <li>국가 정책: 북극권 및 옅서버국의 BC 감축 정책, 법제이행 구조 분석</li> <li>산업 준비 수준: 해운·조선업계 대응전략, 인센티브 정책, 국내 이행 방안 제시</li> <li>범위 확장형 다층 분석</li> </ul>

39) Makarova et al.(2021)

40) Otsuka et al.(2014)

41) Ni et al.(2024)

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
연구 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌연구</li> <li>• 비교법적 분석</li> <li>• 사례 중심 질적 접근</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shapovalova, (2016)</li> <li>• Yamineva · Kulovesi(2018)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌조사</li> <li>• 비교법적 분석</li> <li>• 전문가 자문</li> <li>• 설문조사</li> </ul>
<b>북극해 블랙카본 산업 대응</b>			
연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적·경제적 감축 수단(연료전환, 세제, 효율화) 중심</li> <li>• 북극 교통·물류 부문에서의 저감 기술</li> <li>• 환경비용(BC 포함) 위한 세제·인센티브 정책효과 평가</li> <li>• 산업부문의 블랙카본 배출 기여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qi et al. (2025)</li> <li>• Zhang et al. (2019)</li> <li>• Narita &amp; Motohashi (2024)</li> <li>• Makarova et al. (2021)</li> <li>• Ni et al.(2024)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 블랙카본 자체를 핵심 산업규제 이슈로 분석</li> <li>• 블랙카본 감축을 위한 실제 기업 준비 현황에 기반한 대응책 제시</li> </ul>
연구 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽연합 규제 내 선박 활동 데이터</li> <li>• 북동항로(NSR) 선박 배출량</li> <li>• 러시아 교통산업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wang et al.(2012)</li> <li>• Ni et al.(2024)</li> <li>• 정혁(2021b)</li> <li>• Zhang et al.(2019)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국제제도: IMO·Arctic Council 규제체계, 국제협약 간 연계성 평가</li> <li>• 국가 정책: 북극권 및 옴서버국의 BC 감축 정책, 법제이행 구조 분석</li> <li>• 산업 준비 수준: 해운·조선업계 대응전략, 인센티브 정책, 국내 이행 방안 제시</li> </ul>
연구 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연료전환 효과, 에너지 구조 변화, 배출 감축 시나리오 분석</li> <li>• 러시아 북극의 교통·항만, 신기술 등 일반적 영향에 대한 연구 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zhang et al.(2019), Makarova et al.(2021), Ni et al.(2024), Otsuka et al.(2014)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역적 범위: 8개 북극권 국가 및 우리나라를 포함한 주요 옴서버 국가</li> <li>• 내용적 범위: 정책 수단 및 제도 이행 준비 현황 조사</li> </ul>
연구 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌연구</li> <li>• 경제모형 분석</li> <li>• 게임이론</li> <li>• 기술효율평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zhang(2019)</li> <li>• Narita(2024)</li> <li>• Qi(2025)</li> <li>• Makarova(2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌조사</li> <li>• 전문가 자문</li> <li>• 산업체 설문조사</li> </ul>

---

### 제3절 선행연구와 본 연구의 차별성

---

앞서 선행연구들을 살펴본 결과, 많은 연구에서 북극 블랙카본 배출 규제에 관한 논의가 이루어졌다. 본 연구는 북극 블랙카본 규제와 대응 방안을 내용으로 분석하고 있다는 점에서 기존 연구 결과와 유사성을 가지고 있으나, 다음의 세 가지 측면에서 차별성을 가진다.

첫째, 선행연구는 북극 블랙카본의 육상 배출원이나 일반적인 국가별 규제 프레임워크에 초점을 맞추고 있으나, IMO의 최신 권고에 관한 분석은 부족한 실정이다. 본 연구는 '북극해 블랙카본 규제'에 중점을 두고, 특히 2024년 MEPC 제82차 회의에서 새롭게 채택된 지침(Res.MEPC.393(82), Res.MEPC.394(82))의 분석과 실질적 영향을 중심으로 연구를 수행하고자 한다.

둘째, 국내외 선행연구들은 블랙카본 배출 측정 및 저감 기술에 관한 연구 또는 국제협약의 분석에 치중하고 있으나, 북극항로를 이용할 수 있는 잠재 기업의 준비 현황과 대응 방안을 모색한 연구는 부족하다. 따라서, 본 연구는 국내 산업계가 북극해 블랙카본 규제에 효과적으로 준비할 수 있는 실질적인 전략과 정책 지원방안을 제시하고자 한다.

셋째, 주요 북극권 국가 및 오픈서버 국가들의 블랙카본 관련 정책을 비교·분석하여 우리나라 실정에 맞는 정책적 시사점을 도출한 연구는 극히 제한적이다. 본 연구는 북극권 국가와 주요 오픈서버 국가(일본, 싱가포르, 중국, 인도)의 정책 사례를 심층 분석하여 한국의 대응 전략 수립에 활용할 수 있는 구체적인 정책 방향을 제시하고자 한다.

## 제4절 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 다섯 가지 주요 영역으로 구성된다. 첫째, IMO 결의문(MEPC.393(82), MEPC.394(82)) 및 관련 기술 보고서를 검토하고, 북극 이사회 블랙카본 및 메탄에 관한 전문가그룹(Expert Group on Black Carbon and Methane, EGBCM), 북극해양환경보호 실무그룹(Protection of the Arctic Marine Environment, PAME), 북극 모니터링 및 평가 프로그램(Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP) 등에서 제시하는 북극 지역 블랙카본 저감 기준 및 권고사항을 분석하였다.

둘째, 북극권 8개국(러시아, 미국, 캐나다, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 덴마크, 아이슬란드)과 주요 옅서버 국가(일본, 중국, 싱가포르, 인도)의 블랙카본 정책을 체계적으로 비교 분석하였다. 각국의 정책 프레임워크, 핵심 규제 수단, 배출원 관리 체계, 모니터링 시스템, 국제협력 현황 등을 검토하여, 우리나라가 벤치마킹할 수 있는 정책적 시사점과 국내 적용 가능성을 도출하였다.

셋째, 조선사와 해운사를 대상으로 설문조사를 실시하여, 연료 전환 계획, 감축 기술 도입 수준, 규제 인식도, 정책 수요 등을 파악하였다.

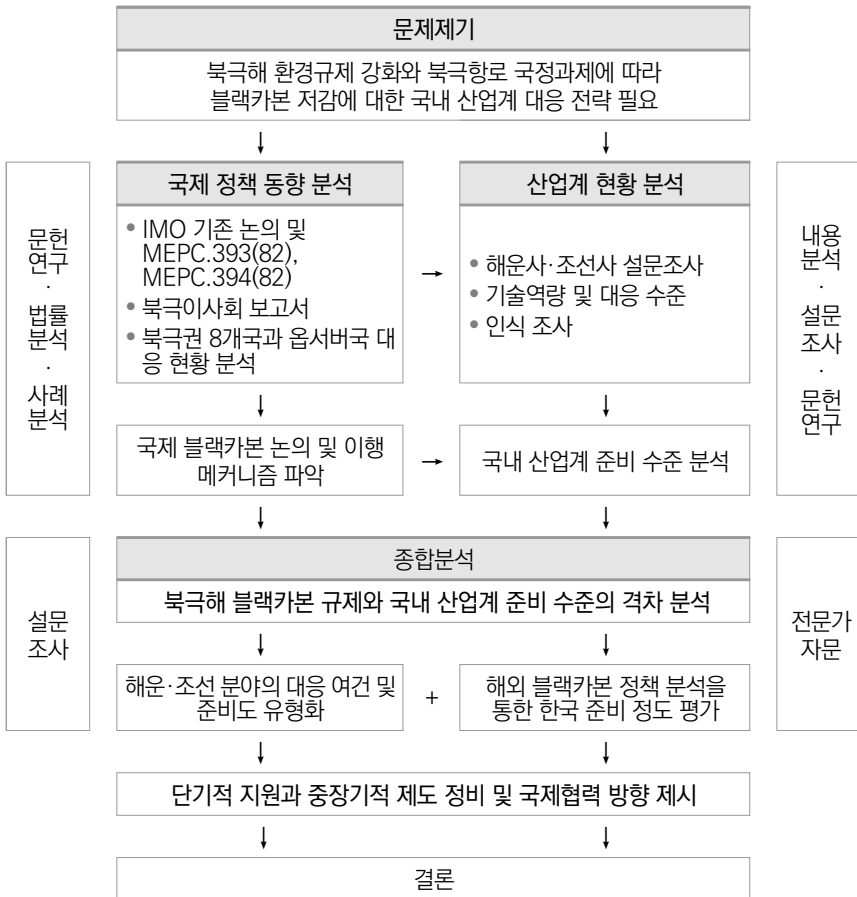
넷째, IMO의 국제 규제의 국내법 이행 체계를 검토하고 관련 국내법을 살펴보고, 블랙카본 관련 규제 및 지원 정책이 기존 법령을 근거로 적용될 수 있는지, 기존 법령으로 부족하다면 어떤 법에 어떤 형태로 개정 논의할 수 있을지를 검토하였다.

다섯째, 단기적으로는 블랙카본 대응 관련 현장 적용 지원과 저감 기술 적용 지원을 논하고, 중장기적으로는 국내 법령 보완과 국제 협력 강화 방안을 제시하였다.

본 연구는 문헌조사, 국내외 정책 분석, 산업계 설문 및 전문가 자문 등

다각적인 방법론을 병행하여 수행하였다. 먼저 IMO와 북극이사회의 공식 문서, 보고서, 학술논문 등을 분석하였다. 다음으로는 북극권 국가 및 주요 옵서버 국가의 블랙카본 정책을 7가지 분석 요소(정책 프레임워크, 담당기관, 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템, 국제협력)에 따라 비교하였다. 마지막으로 국내 주요 조선사 및 해운사를 대상으로 정량 설문조사 및 자문을 병행 실시하여, 기술 도입 현황, 규제 인식, 정책적 지원 수요에 대한 데이터를 확보하였다.

〈그림 1-1〉 연구흐름도



## 02

# 북극해 블랙카본 규제

### 제1절 북극해 블랙카본 규제 배경

---

블랙카본은 화석 연료, 바이오 연료, 바이오매스의 불완전 연소로 생성되는 탄소 기반 에어로졸이다. 미세먼지(PM2.5)의 구성 요소인 블랙카본은 빛과 열을 흡수한다. 블랙카본은 대기 중으로 배출된 후 이산화탄소보다 짧은 시간(일반적으로 며칠에서 몇 주) 동안만 존재하는 단기기후오염물질로 분류된다.<sup>42)</sup> 블랙카본은 대기 중 체류 기간이 수일에서 수주에 불과함에도 불구하고, 단위 질량당 온난화 효과는 이산화탄소의 수백 배에 달한다. 블랙카본은 대기 중 체류 기간이 수일에서 수주에 불과함에도 불구하고, 단위 질량당 온난화 효과는 이산화탄소의 수백 배에 달한다.<sup>43)</sup> 북극항로의 해상 운송 증가로 인해 선박에서 배출되는 블랙카본 문제가 계속되면서, 국제 규범 차원의 대응 필요성이 한층 부각되고 있다.

---

42) Intergovernmental Panel on Climate Change(2021), pp. 947-949.

43) 위 자료, pp. 947-949.

---

## 1. 북극해 블랙카본 배출원

### 1) 해운 및 산업 활동

북극 지역의 해운 활동은 해빙이 녹으면서 새로운 항로가 열림에 따라 급속도로 증가하고 있다. 2013년부터 2019년 사이, 북극 해역의 선박 운항은 25% 늘어났고, 항해 거리는 75% 확장되었다. 이에 따라 동일 기간 블랙카본 배출량은 85% 상승했다. 이러한 증가의 주된 배경은 새로운 해양 통로 개척과 해운업 확대이다. 북극 해빙의 감소로 상업적 항로가 활성화되었고, 국제 물동량의 일부가 북극을 경유하면서 블랙카본 배출량도 급증했다.<sup>44)</sup>

ICCT는 2015년부터 2021년까지 선박 및 연료 유형을 기준으로 블랙카본 주요 배출원을 추적하는 연구를 수행했다.<sup>45)</sup> 본 분석에서는 분석 범위를 지리적 북극과 IMO 규정 북극 해역에서의 블랙카본 배출량을 정량화하고 지도화하는 작업을 수행했다.<sup>46)</sup>

본 연구에 따르면 2021년 지리적 북극에서 8,577척의 선박이 항해했으며, 총 1,500톤의 블랙카본을 배출했다. 선박 유형으로는 어선, 유조선, 화물선이 총 배출량의 50%를 차지했으며, 그 가운데 어선이 약 25%로 가장 많은 비중을 차지했다.<sup>47)</sup> 연료 유형으로는 증류유가 200만 톤으로 이 지역 블랙카본 배출량의 최대 비중인 55%를 나타냈다.<sup>48)</sup> 잔여 연료는 33%로 나타났으며, 이 중 5%는 스크러버 장착 선박에서 사용되었고, 두 연료는 전체 배출량의 44%를 차지했다. LNG는 연료의 13%에 불과했으며, 전체 블랙카본 배출량의 1%를 나타냈다.<sup>49)</sup>

---

44) Arctic WWF(검색일: 2025.5.15.)

45) ICCT(2021)(검색일: 2025.5.15.)

46) 위 자료

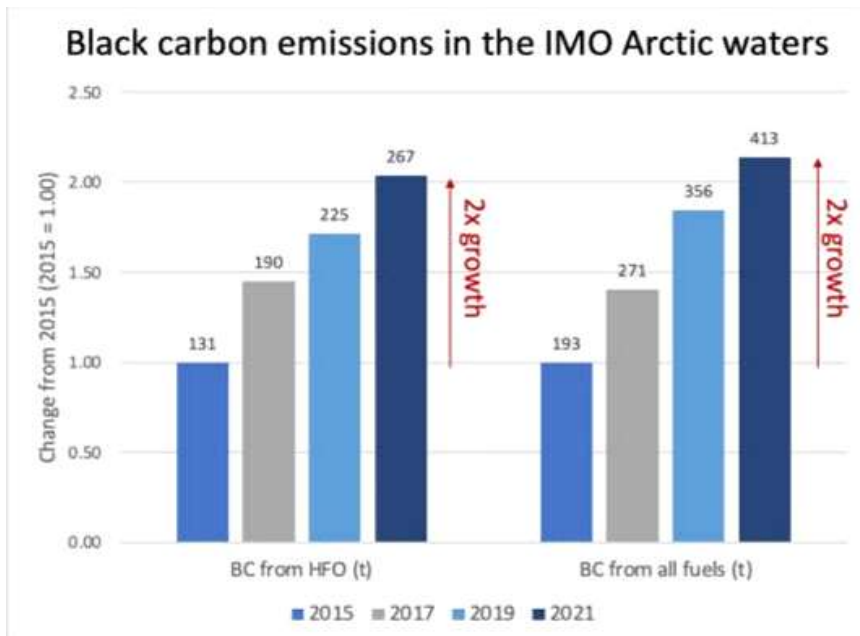
47) 위 자료

48) 위 자료

49) 위 자료

IMO 지정 북극 해역에서는 1,866척의 선박이 운항했으며, 약 413톤의 블랙카본을 배출했다. 이는 지리적 북극 지역 대비 선박은 22%를 나타내며, 블랙카본 배출량은 27% 수준을 나타내는 수치이다.<sup>50)</sup> 그러나 2015년과 2021년 사이 IMO 지정 북극 해역의 블랙카본 배출량은 두 배로 증가했다.<sup>51)</sup> 특히 잔여 연료가 총 배출량의 64%로 최대 배출원으로 나타났다.<sup>52)</sup>

〈그림 2-1〉 IMO 기준 북극 해역의 블랙카본 배출량



출처: ICCT(2021)(검색일: 2025.5.15.)

블랙카본 배출량을 감축시키기 위해 북극해에서 운항하는 선박은 잔여 연료 대신 증류유를 사용할 것을 권고하고 있다. 증류유를 사용할 경우 잔

50) 위 자료

51) 위 자료

52) 위 자료

---

여 연료 대비 선박의 블랙카본 배출량을 50%에서 최대 80%까지 감축시킬 수 있다.<sup>53)</sup>

잔여 연료는 원유 정제 과정에서 남은 찌꺼기로, 경제성이 높아 대형 선박에 널리 사용되지만, 연소 시 대량의 블랙카본을 방출한다는 특징이 있다. 이러한 잔여 연료의 사용은 IMO 해역에서 주요 오염원으로 지목되고 있다. 이에 따라 IMO는 이를 규제하기 위한 노력을 지속적으로 강화하고 있다.<sup>54)</sup>

결론적으로, ICCT의 연구는 지리적 북극 해역에서 운항하는 선박의 블랙카본 배출량을 줄이고, 더 깨끗한 연료 사용이 필요함을 시사하고 있다.

## 2) 석유 및 가스 산업

석유 및 가스 산업은 북극 지역에서 두 번째로 큰 블랙카본 배출원으로 알려져 있다. 특히, 과정에서 막대한 양의 블랙카본이 배출되어 북극 환경에 심각한 악영향을 미치고 있다. 가스 플래어링은 원유 채굴 및 정제 과정에서 발생하는 불필요한 가스들을 대기로 방출하기 전에 연소시키는 과정으로, 화석 연료의 불완전 연소로 인해 대량의 블랙카본이 대기 중으로 방출된다.<sup>55)</sup> 이는 북극에서 연간 블랙카본 표면 농도의 약 42%를 차지해 지역 환경에 직접적이고 심각한 위협이 되고 있다. 블랙카본은 공기 중을 떠다니다 북극의 눈과 얼음에 침적되어 알베도(반사율)를 감소시키고, 이로 인해 태양열 흡수가 증가하며 해빙의 용해 속도가 가속화된다.

오스트리아 국제응용시스템분석연구소(International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA)에서 개발한 단기기후오염물질 기후·

---

53) Clean Arctic Alliance(2021)(검색일: 2025.5.12.).

54) Clean Arctic Alliance(2021)(검색일: 2025.5.12.).

55) Wang et al.(2011)

대기질 영향평가 모델(Evaluating the Climate and Air Quality Impacts of Short-Lived Pollutants version, ECLIPSE) 버전 6을 활용한 측정 결과에 따르면, 가스 플레어링은 북극 블랙카본 배출의 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.<sup>56)</sup>

이러한 가스 플레어링으로 인한 블랙카본 배출은 러시아 북서부 시베리아 지역에 특히 집중되어 있다. 주요 배출 지역으로는 야말-네네츠 자치구, 한티-만시 자치구, 코미 공화국이 꼽힌다. 야말-네네츠 자치구는 러시아 최대의 천연가스 생산지로, 빈번한 가스 플레어링으로 인해 대기 중 블랙카본 농도가 매우 높다.<sup>57)</sup> 한티-만시 자치구는 시베리아 내륙의 대표적인 석유 및 가스 생산 지역으로, 집중적인 가스 플레어링이 이루어지고 있다.<sup>58)</sup> 코미 공화국은 시베리아 서부에 위치하여 원유 채굴과 가스 플레어링으로 인한 대기 오염이 심각한 지역이다.<sup>59)</sup>

러시아 블랙카본 배출 인벤토리(Russian National Black Carbon Emission Inventory, BCRUS) 조사에 따르면, 러시아 전역에서 발생하는 인위적 블랙카본 배출의 약 36%는 가스 플레어링으로부터 발생하는 것으로 나타났다.<sup>60)</sup> 가스 플레어링으로 인한 블랙카본의 주요 발생 지역은 야말-네네츠 자치구, 한티-만시 자치구, 코미 공화국이 31%로 나타났다.<sup>61)</sup> 이 수치는 기존 예측치보다 약 40% 높은 것으로, 북극 지역의 기후 변화에 미치는 심각한 영향을 시사한다.

특히, 러시아 북서부 시베리아 지역의 가스 플레어링은 러시아 전체 인

56) 이 모델은 전세계 가스 플레어링 지역의 블랙카본 배출량을 추정하여 북극 지역의 주요 오염원을 식별하는 데 중요한 역할을 하고 있다: Stohl et al.(2013)

57) Kholod & Evans(2016)(검색일: 2025.10.14.)

58) Böttcher et al.(2021)

59) Åström S.(2021)

60) Huang et al.(2015)

61) Zhu et al.(2020)

---

위적 블랙카본 배출의 36%를 차지하며, 이는 기존 ECLIPSEv5 모델 예측치보다 40% 더 높은 수준으로 분석되었다.<sup>62)</sup>

### 3) 원주민 활동

북극 지역 원주민들의 전통적인 생활 방식은 수천 년간 지속되어 온 지속 가능한 생계 방식이지만, 현대적 기술의 도입이 더딘 상황에서 전통적인 난방 및 요리 방식의 지속은 블랙카본 배출의 주요 원인으로 지목되고 있다. 그동안 북극 지역의 원주민 공동체는 혹독한 추위에 적응하기 위해 목재, 석탄, 바이오매스를 주요 연료로 삼아 난방과 요리를 해왔다. 이러한 전통적 연소 방식은 불완전 연소로 인해 미세입자인 블랙카본을 대기 중으로 방출하게 된다.<sup>63)</sup>

북극 원주민 사회는 극한 기후 환경에서 생존하기 위해 고유한 난방 시스템과 조리 방식을 발전시켜 왔으며, 겨울철 난방을 위한 목재 연소는 일상생활에 필수적인 에너지원이 되었다. 그러나 목재의 불완전 연소로 발생하는 블랙카본은 대기 중에 부유하다가 해빙 표면에 쌓여 알베도(반사율)를 감소시키고, 태양열 흡수를 증가시켜 해빙의 용해를 가속화한다.<sup>64)</sup>

일부 북극 지역 원주민들은 여전히 석탄을 난방 연료로 사용하고 있다. 석탄 연소는 대량의 블랙카본과 황산화물을 대기 중으로 배출하며, 이는 북극의 대기질 악화와 해빙 용해에 상당히 기여하고 있다. 한편, 바이오매스의 경우, 목재 폐기물, 동물 배설물, 건초 등 다양한 유기물질이 연료로 활용된다. 이러한 연료들은 전통적인 난방 장치에서 불완전 연소되어 블랙카본을 생산한다.<sup>65)</sup>

---

62) Conrad, Johnson(2017)

63) Moriarity et al.(2020)

64) WWF Arctic Programme(2022)(검색일: 2025.05.12)

65) Arctic Council(검색일: 2025.05.12)

〈표 2-1〉 배출원별 비교

배출원	주요 연료	블랙카본 기여도	주요 영향 지역
해운 및 산업 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중유류</li> <li>• 잔여 연료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북극 해역 전체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북극항로</li> <li>• 지리적 북극</li> <li>• IMO 해역</li> </ul>
석유 및 가스 산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가스 플레어링</li> <li>• 석유 연소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북극 전체 42%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 러시아 북서부 시베리아</li> <li>• 러시아 야말</li> <li>• 러시아 코미</li> </ul>
원주민 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재</li> <li>• 바이오매스</li> <li>• 석탄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대적 낮은 비율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역사회 중심</li> <li>• 알베도 감소 지역</li> </ul>

자료: 저자 작성

#### 4) 해운 및 산업 활동

북극 해운 활동에서 발생하는 블랙 카본 배출의 주요 배출원은 증류유(Distillates), 잔여 연료(Residual Fuels), 그리고 스크러버(Scrubber) 사용으로 구분된다. 각 배출원은 연료의 성격에 따라 블랙 카본 배출의 양과 환경적 영향이 상이하며, 북극 해빙의 용해와 지역 생태계에 큰 영향을 미친다.<sup>66)</sup>

해운 부문에서 증유와 같은 잔여 연료를 연소할 때 발생하는 블랙카본 배출은 단기적으로 이산화탄소보다 수천 배 더 강력한 기후 온난화를 야기한다.

다행히도 HFO와 같은 연료는 증류유나 기타 청정 연료로 대체할 수 있으며, 이러한 연료는 블랙카본 배출량을 50% 이상 감축할 수 있다. 이미 수천 척의 선박이 IMO가 지정한 배출 통제 구역(ECA)에 진입할 때 잔류 연료와 증류유를 정기적으로 전환하고 있으며, 추가 연료 비용은 해운 업

66) Arctic WWF(검색일: 2025.05.12)

---

계에서 전액 부담하고 있다. 북극에서는 증류유에 대한 접근성이 용이하며, 주로 소형 선박에서 사용되고 있다.

2024년 IMO에서 '극지 연료(블랙카본 배출량이 적어 극지방 해역에서 사용 가능한 연료)' 개념에 대한 논의가 진행된 후, 국제표준화기구(ISO)는 2024년 ISO 표준에 따라 DMA 기반 증류유의 특성을 네 가지 연료 품질 기준으로 정의할 것을 제안했다. DMA는 세계 해운 증류액 시장에서 많이 쓰이는 연료로, 블랙카본 발생량이 낮은 DMA 기반 증류액, 즉 '극지 연료'는 북극 운항에 필요한 모든 선박 및 병커링에 공급이 가능하다. PPR12의 핵심 과제는 '극지 연료'를 정의하는 연료 품질 기준에 대한 합의를 통해 MARPOL 부속서 VI에 따라 북극에서 블랙카본 배출량이 낮은 연료 및 기존 비잔류성 연료 사용의 의무화 방안을 마련하는 것이다.<sup>67)</sup>

잔여 연료는 원유 정제 후 남은 고점도 연료로, 경제성이 높아 많은 대형 선박에서 사용된다. 그러나 이 연료는 불완전 연소가 쉽게 발생하여 대량의 블랙카본을 배출한다. 2021년 기준, 북극 해역에서의 블랙카본 배출 중 33%가 잔여 연료에서 발생했으며, 이 중 5%는 스크리버를 장착한 선박에서 배출되었다. 잔여 연료는 높은 점도와 많은 불순물로 인해 연소 효율이 낮고 다량의 미세먼지를 발생시킨다. 특히 IMO 북극 해역에서는 잔여 연료가 전체 블랙카본 배출의 64%를 차지하며, 주요 오염원으로 지목된다.<sup>68)</sup> 연소 과정에서 블랙카본, 황산화물, 질소산화물(NOx)을 대기 중으로 방출하여 해빙 위에 침적된 블랙카본이 알베도를 감소시키고 태양열 흡수를 증가시켜 해빙 용해를 가속화한다. 잔여 연료를 사용하는 대형 선박들은 주로 화물선과 유조선으로, 긴 항해 거리 동안 대기 오염을 심화시키며 그 영향은 지역 생태계와 기후 변화에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 연료 사용으로 북극 해역의 해빙이 빠르게 녹으면서 생태계 변화와 해양 순환에도 심각한 영향을 미치고 있다.

---

67) Clean Arctic Alliance(2025.1.23.)(검색일: 2025.05.12)

68) ICCT(검색일: 2025.05.12)

잔여 연료를 사용하는 선박 중 5%가 스크리버를 장착하고 있으며, 이는 전체 블랙카본 배출량의 44%를 차지한다.<sup>69)</sup> 스크리버는 선박의 배출가스를 정화하기 위해 장착되는 장치로, 주로 황산화물 배출 감소를 목적으로 한다. 하지만 블랙카본을 효과적으로 줄이지 못하며, 오히려 세정 과정에서 수집된 오염물질이 바다로 배출되는 문제를 야기한다.<sup>70)</sup>

IMO는 이러한 스크리버의 문제점을 인식하고, 북극 해역에서의 사용을 제한하거나 금지하는 방안을 검토 중이다. IMO의 규제 강화와 함께 LNG, 수소, 메탄올 등 청정 연료 사용이 대안으로 논의되고 있다.<sup>71)</sup>

## 5) 석유 및 가스 산업

북극해 지역의 블랙카본 배출에서 석유 및 가스 산업은 해운업에 이어 두 번째로 큰 오염원으로 확인된다. 특히, 가스 플레어링, 정유 및 가스 처리 과정(Refining and Gas Processing), 오일샌드 및 해양 시추(Oil Sands and Offshore Drilling)가 주요 배출원으로 지목된다. 이러한 배출원들은 원유와 천연가스의 채굴 및 처리 중 블랙카본을 대기로 방출하며, 북극 지역의 해빙 감소와 기후 변화에 직접적인 영향을 미치고 있다.<sup>72)</sup>

가스 플레어링은 석유 및 가스 생산 과정에서 발생하는 천연가스 부산물을 소각하는 과정이다. 이 과정에서 완전히 연소되지 않은 미세입자들이 블랙카본 형태로 대기 중에 방출된다. 주요 배출 지역은 러시아 야말-네네츠 자치구, 한티-만시 자치구, 코미 공화국이다. 이 지역의 배출량은 러시아 전체 블랙카본 배출의 약 36%를 차지하며, 북극 지역에서는 특히 가스 플레어링이 블랙카본 배출의 주요 원인으로 꼽힌다. 가스 플레어링으로 발

69) International Council on Clean Transportation (ICCT)(2023)

70) Clean Arctic Alliance(2025.4.7)(검색일: 2025.05.12)

71) Reuters(2024.7.1)(검색일: 2025.05.12)

72) Arctic WWF(검색일: 2025.05.12)

---

생한 블랙카본은 대기 중으로 확산되 북극 해빙에 쌓이면서 햇빛을 흡수해 빙하 용해 속도를 가속화한다.<sup>73)</sup>

석유 정제와 천연가스 처리 과정에서도 상당한 양의 블랙카본이 발생한다. 원유를 가열하고 증류하는 동안 불완전 연소가 일어나며, 이로 인해 블랙카본이 대기로 방출된다. 천연가스 정제 과정에서도 부산물 연소로 인해 다량의 미세입자가 대기 중으로 퍼진다. 시베리아의 정유 단지과 천연가스 처리 시설이 집중된 지역에서 이러한 현상이 특히 두드러지며, 배출된 블랙카본은 지역 대기질에 상당한 영향을 미친다.<sup>74)</sup>

오일샌드와 해양 시추 또한 블랙카본의 주요 배출원 중 하나이다. 원유를 추출하기 위해 모래와 혼합된 오일샌드를 가열하고 처리하는 과정에서 블랙카본이 발생한다.<sup>75)</sup> 또한, 북극 해역에서의 시추 작업은 대형 디젤 엔진을 사용하며, 이 과정에서 연소된 연료가 블랙카본을 생성한다. 해양 시추로 인한 블랙카본은 해양 표면에 쌓여 알베도를 낮추고, 해양 생태계에 심각한 악영향을 미친다.<sup>76)</sup>

## 6) 원주민 활동

북극 원주민 사회에서 가장 흔한 난방 방식은 목재 난로이다. 목재는 비교적 저렴하고 현지에서 쉽게 구할 수 있어 북극 지역 가정의 필수적인 에너지원으로 자리 잡고 있다. 그러나 전통적인 목재 난로는 현대식 연소 기술이 부족해 불완전 연소가 자주 발생하며, 이로 인해 블랙카본이 대기 중으로 방출된다. 목재를 연소할 때 고온에서 완전히 태우지 못하면 미세 입자 형태의 블랙카본이 생성된다.<sup>77)</sup>

---

73) Arctic Council(검색일: 2025.05.12)

74) Wikipedia(검색일: 2025.05.12)

75) Government of Canada(검색일: 2025.05.12)

76) McCarty et al.(2021), pp. 5053-5083.

전통적인 조리 방식 역시 블랙카본 배출의 주요 원인이다. 북극 원주민들은 주로 목재와 바이오매스를 사용해 야외에서 조리하거나 실내의 전통 화덕을 이용한다. 목재와 동물 배설물을 사용할 경우 연소 시 불완전 연소로 블랙카본이 생성된다. 조리 과정에서 발생한 블랙카본은 실내 공기질을 크게 악화시키며, 환기가 어려운 북극의 혹독한 겨울 환경에서는 주민들의 건강에 직접적인 위협이 된다. 야외 조리 시에는 블랙카본이 대기 중으로 확산되어 해빙 위에 쌓이면서 알베도 감소를 초래한다.<sup>78)</sup>

북극 원주민 사회는 목재와 바이오매스 같은 전통적인 연료에 크게 의존하고 있다. 이는 천연가스나 전기 같은 상업용 에너지원의 사용이 경제적으로 부담스럽기 때문이다. LNG나 태양광 같은 친환경 에너지원이 지역 사회에 보급되지 않아 대체 연료가 부족한 상황에서, 전통적 난방 방식이 여전히 지속되고 있다.<sup>79)</sup> 또한 현대식 저탄소 난방 기구의 부족으로 효율이 낮은 난로와 화덕을 계속 사용하고 있으며, 국제적 지원 프로그램이나 정부 차원의 보조금 부족으로 에너지 전환이 이루어지지 못하고 있다.<sup>80)</sup>

## 2. 블랙카본에 대한 국제사회의 인식과 논의

국제환경법 체계에서 블랙카본은 아직 규제 대상이 아니다. 기존 국제환경법 체계는 주로 장기 온실가스 감축에 초점을 두고 있으며, 단기기후오염물질 중에서도 메탄(CH<sub>4</sub>)에 대한 감축 논의가 상대적으로 활발하게 이루어지고 있다.<sup>81)</sup> 이러한 규범 공백 속에서 해운 부문의 블랙카본 배출은

77) McCarty et al.(2021)

78) Arctic Council(검색일: 2025.05.15)

79) ScienceDirect(검색일: 2025.05.15)

80) Reuters(2024.7.1)(검색일: 2025.05.15)

81) Clean Air and Climate Coalition(검색일: 2025.05.15); Institute for European Environmental Policy(2021)(검색일: 2025.10.4); European Commission(검색일: 2025.10.4); US Environmental

---

지속적으로 증가하고 있다.

이에 따라 국제사회는 해운 분야를 중심으로 블랙카본 감축을 위한 규범화 논의를 본격화하고 있다. 대표적으로 IMO(International Maritime Organization, IMO)는 국제해양오염방지협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL)<sup>82)</sup> 부속서 VI(Annex VI) 하에서 대기오염 및 온실가스 규제를 추진하면서, 측정지침(MEPC.1/Circ.893/Rev.1) 채택, 자발적 가이드라인 작성, 연료 전환 및 기술적 저감방안 검토 등 일련의 논의를 진전시키고 있다.<sup>82)</sup> 다만 아직까지 블랙카본은 부속서 VI의 의무 규제 대상이 아니며, 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee, MEPC) 및 오염방지대책 및 대응 하위위원회(Sub-Committee on Pollution Prevention and Response, PPR) 논의도 측정·보고 수준에 머물러 있어 법적 구속력 확보가 과제로 남아 있다.

한편, 연성법(soft law) 중심의 거버넌스 체계를 가진 북극이사회(Arctic Council) 또한 블랙카본 감축 논의에서 중요한 역할을 수행하고 있다.<sup>83)</sup> 다음으로는 북극이사회회의 블랙카본에 대한 주요 문서를 살펴보고 IMO의 블랙카본에 대한 논의에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보자.

---

Protection Agency(2023)(검색일: 2025.10.4); Colorado Law Review(2024)(검색일: 2025.10.4)  
82) International Maritime Organization, Revised Guidance on Methodologies for Estimating Black Carbon Emissions from Ships (MEPC.1/Circ.893/Rev.1, 26 July 2023); MARPOL Annex VI, Regulations 14-16; IMO, Report of the Sub-Committee on Pollution Prevention and Response on its 9th Session (PPR 9) (MEPC 78/9, 2022)  
83) 이정원(2016), p. 371.

## 제2절 북극이사회의 블랙카본 주요 문서

북극이사회는 1996년 오타와 선언(Ottawa Declaration)에 의해 설립된 정부간 포럼(intergovernmental forum)이다.<sup>84)</sup> 8개 북극권 국가(캐나다, 덴마크, 핀란드, 아이슬란드, 노르웨이, 러시아, 스웨덴, 미국)를 회원국으로 하며, 북극 원주민 단체가 영구참여자(Permanent Participants)로서 독특한 지위를 갖는다. 북극이사회는 조약 기반 국제기구(international organization)가 아닌 회원국 간 합의와 선언을 통해 운영되는 연성법(soft law) 체계를 취한다. 따라서 북극이사회가 채택하는 결정이나 권고는 법적 구속력이 없으며, 회원국의 정치적 의지에 의존한다.

오타와 선언 제1항은 북극이사회의 목적을 "북극 지역의 지속가능한 발전과 환경 보호 증진"으로 명시하면서도 "군사안보 문제는 다루지 않는다"고 명시하고 있다.<sup>85)</sup> 이러한 법적 한계는 역설적으로 IMO와의 협력을 필수적으로 만든다. 북극이사회는 과학적 정당성과 지역적 특수성을 제공하고, IMO는 이를 법적 구속력 있는 규범으로 전환하는 기능을 수행하고 있다. 블랙카본과 같은 환경오염물질 문제는 북극이사회의 핵심 의제에 속하며, 실제로 과학적 평가와 정책 권고와 같은 중요한 역할을 수행해 왔다. 북극이사회는 6개의 작업반(Working Groups)을 통해 실질적인 활동을 수행한다. 블랙카본 거버넌스와 관련하여서는 다음과 같은 역할 분담이 이루어진다.

84) Arctic Council, Ottawa Declaration on the Establishment of the Arctic Council (Declaration adopted 19 September 1996)(검색일: 2025.10.4)

85) 위의 자료

---

북극오염대책 프로그램(Arctic Contaminants Action Program, ACAP)은 블랙카본을 포함한 단기체류 기후오염물질(Short-Lived Climate Pollutants, SLCPs) 감축을 위한 실질적 조치를 개발하고 이행한다.<sup>86)</sup> 북극모니터링 및 평가 프로그램(Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP)은 환경 모니터링 및 평가를 수행한다. AMAP은 블랙카본의 배출원, 이동 경로, 환경 영향에 대한 과학적 평가를 제공하며, 이는 정책 결정의 과학적 기반이 된다. 북극해양환경보호 작업반(Protection of the Arctic Marine Environment, PAME)은 북극해 선박 블랙카본 배출 문제를 IMO에 전달하고, IMO의 규제 논의에 북극 지역의 환경적 특수성을 반영하는 가교 역할을 한다.<sup>87)</sup> 아이슬란드 의장국 기간(2019년부터) 중 임시 작업반인 블랙카본 및 메탄에 관한 행동 프레임워크 이행 지원 전문가그룹(Expert Group in support of implementation of the Framework for Action on Black Carbon and Methane, EGBCM)이 운영되기도 했다.<sup>88)</sup>

북극이사회의 작업반 체계는 블랙카본 문제에 대한 다층적 접근을 가능하게 한다. ACAP과 AMAP이 과학적 평가와 감축 조치 개발을 주도하고, PAME가 해운 부문의 블랙카본 배출을 IMO 규제 체계와 연계한다. 이러한 기능적 분화는 북극이사회가 연성법(soft law) 기구임에도 불구하고 블랙카본 거버넌스에서 실질적 영향력을 발휘할 수 있는 구조적 기반이 된다.

---

86) Arctic Monitoring and Assessment Programme(2021), p. 6

87) PAME(2021)(검색일: 2025.10.4)

88) Expert Group on Black Carbon and Methane(2021)(검색일: 2025.10.4)

〈표 2-2〉 국제해사기구와 북극이사회의 비교

구분	국제해사기구(IMO)	북극이사회 (Arctic Council)
법적 성격	정부간 조약기구	비구속적 협의체
규범 형성 방식	조약(예: MARPOL) 및 결의 채택→ 구속력 있는 규제 가능	각종 선언 및 보고서 중심→ 소프트 로우 위주
주요 문서	MEPC.393(82), MEPC.394(82) 등 비구속적 지침	PAME 보고서(2011), Tromsø 선언(2009) 등
블랙카본 관련 대응 개시 시점	2010년대 초(PPR 소위원회 논의 시작)	2009년 Tromsø 선언에서 블랙카본 문제 최초 언급
기술적 권고 수준	연료 전환, 후처리 장치, MRV 등 구체적인 기술 권고 포함	배출원 식별 및 과학적 영향 평가 중심
측정 및 보고 지침	FSN, PAS, LII 등 국제표준 중심 측정법 명시 (MEPC.394)	표준화된 측정법 없음, 연구 권장 수준
규범화 수준	규제 전 단계의 비구속적 지침(soft law)→ MARPOL 개정 가능성 있음	정치적 합의 수준의 선언 및 기술 보고 → 규제 권한 없음
영향력 및 관할 범위	전 세계 선박 대상, 조약당사국 의무 발생 가능	북극권 8개국 중심, 국제법적 강제력 없음

자료: 저자 작성

## 1. 레이카비크 선언(2021)

〈표 2-3〉 레이카비크 선언 - 블랙카본 관련 주요 내용

항목	조항	내용
지역 사회 중심의 접근	제4항	• 블랙 카본 문제 해결을 위한 지역 사회 중심의 접근
북극 기후 변화와 블랙카본의 역할	제19항	• 블랙 카본의 북극 기후 변화 가속화 영향
블랙카본 및 메탄 감축 목표 설정	제22항	• 2013년 대비 2025년까지 25~33% 감축 목표
석유 및 가스 부문 블랙 카본 감축 노력	제23항	• 석유 및 가스 부문에서의 블랙카본 및 메탄 저감

자료: 레이카비크 선언 기반 저자 작성.

---

2021년 북극이사회 각료회의에서 채택된 레이카비크 선언은 블랙카본 문제를 명시적으로 다루었다. 동 선언문은 "북극 지역 기후변화의 주요 원인인 블랙카본 배출 저감의 시급성(urgency of reducing black carbon emissions)"을 강조하며, EGBCM의 '진행 상황 요약본 및 권장 사항 2021'을 승인하고, 북극 국가와 오픈서버 국가 간 블랙카본 및 메탄 배출량을 줄이기 위한 공동노력의 필요성을 강조(제22항)했다. 이를 위해 2025년까지 2013년 수준보다 블랙카본 배출량을 25-33% 줄이겠다는 공동의 목표를 선언했다. 또한, 오픈서버 국가가 유사한 감소 목표를 약속하도록 강력히 장려하고 있다.

레이카비크 선언은 제4항, 제19항, 제22항, 제23항에 블랙카본에 대한 내용을 다루고 있다. 제4항은 북극 전역의 지역 사회가 직면한 요구 사항과 과제를 이해하고 해결하는 것이 북극 이사회 역할의 핵심임을 강조한다. 또한, 요리, 난방 및 에너지 생산으로 인한 블랙카본 노출을 감축시키기 위한 북극 지역 사회의 블랙카본 및 공중 보건 평가의 구현을 환영하며, 북극 전역의 지역 사회와 원주민 지역 사회의 블랙카본 배출량을 줄이기 위한 작업을 지원하는 것이 상호 환경 및 기후 개선에 도움이 될 것임을 언급하고 있다.

제19항은 지난 50년 동안 북극은 지구 평균의 3배 속도로 온난화되어 환경, 생물 다양성, 사회 및 기반 시설뿐만 아니라 많은 북극 지역 사회 주민의 생계에 해로운 영향을 미친다는 점에 우려를 표하고 있다. 장기적인 온도 목표와 파리 협정의 효과적인 이행을 충족하고 온실 가스 및 SLCF 배출량을 줄이며 지구 및 북극의 평균 기온 상승 속도를 늦추기 위한 강화된 조치의 필요성을 재차 강조하고 있다.<sup>89)</sup>

---

89) Arctic Council, Reykjavik Declaration(2021)(검색일: 2025.05.15.)

제22항은 블랙카본 및 메탄에 관한 전문가 그룹 보고서(EGBCM)의 '진행 상황 요약본 및 권장 사항 2021'을 승인하고, 북극 국가와 옅서버 국가 간 블랙카본 및 메탄 배출량을 줄이기 위한 공동노력의 진전에 대해 설명하고 있다. 이를 위해 북극 국가와 옅서버 국가 간 협력을 발전시키고 보고서의 권장 사항을 이행하도록 장려하고, 2025년까지 2013년 수준보다 블랙카본 배출량을 25-33% 줄이겠다는 공동적이고 열망적인 목표를 지원한다. 또한, 옅서버 국가가 유사한 감소 목표를 약속하도록 강력히 장려하고 있다. 배출량 감소 목표에 대한 가능한 업데이트를 고려해 다음 북극이사회 장관 회의에서 권장 사항을 제시하고, 전체 메탄 배출량을 크게 줄이기 위해 추가적인 조치와 대책이 필요하다는 점을 지적하고 있다.<sup>90)</sup>

제23항은 북극의 석유 및 가스 부문에서 플레어링으로 인한 블랙카본 및 메탄 배출 완화를 위한 작업을 환영하고, SLCP 감소를 위한 지속적인 북극 협력의 중요성을 재확인하고 있다.<sup>91)</sup>

레이카비크 선언에서 블랙카본 문제는 북극 기후 변화와 생태계 보호의 핵심 과제로 다뤄지고 있다. 선언은 블랙카본이 북극 지역의 온난화 가속화와 빙하 용해 촉진에 결정적인 영향을 미친다는 점을 명확히 인식하고, 이를 해결하기 위해 다층적 접근과 국제 협력의 필요성을 강조하고 있다. 레이카비크 선언은 블랙카본 문제 해결을 위해 지역 사회 참여, 국제 협력, 산업 저감 노력을 포괄적으로 고려하며, 북극 생태계와 기후 변화 대응을 위한 다양한 이해관계자 간의 지속적 협력을 촉구하고 있다.<sup>92)</sup>

90) 위 자료

91) Government of Canada(검색일: 2025.05.15)

92) Arctic Council Archive(검색일: 2025.05.15)

## 2. EGBCM 권고안

〈표 2-4〉 EGBCM 권고안: 주요 배출원별 권고 사항

배출원	주요 권고 사항
모바일 및 고정식 디젤 엔진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계적 수준의 배출 기준 채택</li> <li>• 기존 디젤 차량 및 엔진의 배출 저감을 위한 정책 및 프로그램 도입</li> <li>• 대체 차량 기술 및 교통수단으로 전환 촉진</li> <li>• 선박에서의 입자상 물질 및 블랙카본 배출 저감 조치 개발</li> <li>• 고정식 디젤 엔진의 배출 저감 정책 도입</li> </ul>
석유 및 가스 부문	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메탄 배출 저감을 위한 전략 채택 및 이행</li> <li>• 가스 플레어링(flare) 감소 및 회수 개선</li> <li>• 메탄 및 블랙카본 배출 저감 활동 참여 촉진</li> <li>• 대규모 메탄 배출원에 대한 목표지향적 조치 촉진</li> </ul>
주거용 연소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신규 주거용 연소 장치의 배출 기준 강화</li> <li>• 기존 장치의 교체 및 업그레이드</li> <li>• 청정 연료 사용 촉진</li> <li>• 사용자 교육 및 인식 제고</li> </ul>
농업 및 축산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업 폐기물 소각 감소</li> <li>• 축산에서의 메탄 배출 저감 전략</li> <li>• 농업 부문 최적 관행 도입</li> </ul>
산불 및 야외 연소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산불 예방 및 대응 전략 개발</li> <li>• 야외 연소 관행의 개선</li> <li>• 지역 사회 참여를 통한 연소 관리 강화</li> </ul>

자료: 저자 작성.

EGBCM(Expert Group on Black Carbon and Methane)은 2015년 북극이사회 장관회의에서 채택된 "블랙 카본 및 메탄 배출량 감축 강화: 북극이사회 액션 프레임워크"에 근거하여 설립된 블랙카본 및 메탄 전문가 그룹이다. 2017년 북극이사회 장관 회의에서 진행 상황 요약 및 권고안 초판이 채택되었으며, 여기에는 2025년까지 2013년 수준 대비 블랙카본 배출량을 25~33% 감축한다는 공동의 목표가 포함되었다.

북극권 국가들은 2018년 블랙카본 배출량을 2013년 기준 대비 20% 감축했으며, 2025년까지 32% 감축할 것으로 예상된다. 메탄의 경우, 북극권 국가들의 배출량은 2013년부터 2018년까지 2% 증가했으며, 2025년까지 8% 증가할 것으로 예상된다.

EGBCM 제1차 회의에서는 권고사항 이행에 더욱 집중했다. 이를 위해 회원국 간 이행 개선을 위한 소통 노력 확대, 프로젝트 규모 확대, 장애물 파악 및 지속적인 과학 연구의 필요성이 강조되었다.

레이카비크 선언 의무와 관련해서는 블랙카본 배출 감축을 위한 공동 목표 업데이트 및 메탄 관련 목표 권고 검토와 EGBCM 내에 소규모 하위 그룹을 구성해 블랙카본 목표 및 가능한 메탄 목표 달성여부를 체크하는 내용을 논의하였다.<sup>93)</sup>

### 3. 북극이사회 PAME의 해운부문 권고 사항

#### 1) 해운 부문 블랙카본 관련 권고

〈표 2-5〉 PAME 해운부문 블랙카본 관련 권고 사항

구분	권고 사항
배출 현황	• 2015년 기준, 북극 해운에서 발생하는 블랙카본 배출량의 약 64%가 중유 사용에 기인
연료 전환	• 중유에서 증류유(distillate fuels)로 전환 시, 블랙카본 배출 평균 33% 감소 가능
배출 저감 기술	• 디젤 미립자 필터(DPF) 등 배출가스 후처리 장치를 통해 블랙카본 배출 최대 90%까지 저감 가능
국제 협력	• IMO와 협력을 통한 북극 해운 블랙카본 배출 저감 규제 강화 필요

93) Expert Group on Black Carbon and Methane(2015)(검색일:2025.05.25.)

구분	권고 사항
정책 권고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북극 해운에서의 블랙카본 배출 저감 목적 연료 품질 규제 강화</li> <li>• 대체 연료 도입 촉진</li> <li>• 배출 저감 기술 개발 및 적용 권장</li> </ul>

자료: PAME 권고 기반 저자 작성.

북극이사회 북극해양환경보호(PAME)는 북극 해양 환경을 보호하고 지속가능한 개발을 촉진하기 위해 설립된 워킹그룹이다. PAME은 북극 해운 활동으로 인한 블랙카본 배출량을 줄이기 위한 다양한 정책 제안과 기술적 해결책을 모색하고 있다. 특히, 해운 부문은 북극 지역에서 블랙카본 배출량의 주요 배출원 중 하나로 지목되고 있으며, PAME은 IMO와 협력하여 블랙카본 감축 목표를 수립하고 구체적인 액션플랜을 마련했다.

PAME는 2004년부터 북극 해운 관련 장기 평가 작업에 착수했고, 2005년부터 2009년까지 약 4년에 걸쳐 AMSA를 추진했다.<sup>94)</sup> 이 평가에는 북극 8개 연안국, 원주민 단체(ICC 포함), 전문가, 해운업계, 연구기관 등이 폭넓게 참여하였다. 보고서에서는 북극 해역에서의 통항 유형, 항로별 리스크, 법적 제도 미비 사항, 사고 사례, 생태계 영향 등을 면밀히 분석했다.<sup>95)</sup>

2009년 북극이사회 장관회의에서는 AMSA의 최종 결과를 승인하고, 이를 바탕으로 총 블랙카본 감축을 포함한 17가지 권고사항을 채택하였다.<sup>96)</sup> 이 권고사항은 ▲북극 해상안전 강화, ▲환경 보호 및 오염 방지, ▲기초 인프라 구축, ▲국제 협력 및 데이터 공유 등을 포괄하는 구조로 구성되었다. 권고사항의 주요 목적은 북극 해양 환경과 지역 공동체의 지속가능성을 보장하면서도, 해운 활동의 안전성과 효율성을 제고하는 데 있다. 아울러 북극이라는 특수 환경에서 발생 가능한 다양한 위험 요소에 대응하

94) Arctic Council(2009), p. 1

95) 위 자료

96) PAME(2015.4)(검색일: 2025.10.4)

기 위한 국제적 기준과 관리 체계의 기반을 마련하는 데 중점을 두었다. 예를 들어, 증유의 사용 및 운반 규제, 침입종 대응, 극한 해상에서의 조난 구조 시스템 개선, 선박 배출 저감 기술 도입 등이 포함되었다. 이후 PAME는 해당 권고사항의 이행 현황을 2011년, 2013년, 2015년, 2017년에 걸쳐 지속적으로 점검했으며, 2021년에는 기후·기술·제도 변화 등을 반영한 재점검 보고서를 발간했다.<sup>97)</sup> 특히 최근에는 극지운항선박 안전기준(International Code for Ships Operating in Polar Waters, Polar Code) 이행, 저유황 연료 사용 확대, 북극 선박 교통 데이터베이스(Arctic Ship Traffic Database, ASTD)를 통한 통항 정보 분석 등 보다 실천적인 사업과제를 병행하고 있다.<sup>98)</sup>

PAME의 해운 부문 권고사항은 2009년 발표된 AMSA를 기반으로 수립되었다.<sup>99)</sup> 해당 권고는 북극항로를 포함한 해운 활동이 기후변화로 인해 급격히 증가하면서, 이에 따른 환경적·사회적·안전상의 리스크를 사전에 조율하고 장기적 대응 체계를 마련하기 위한 목적에서 시작되었다. 특히 북극 지역의 해빙 현상이 가속화되면서 상업 선박, 자원 운반선, 연구선, 크루즈선 등의 진입이 확대되었고, 이로 인한 오염 배출, 사고 위험, 해양 생태계 교란, 원주민 사회 영향 등이 주요 우려로 제기되었다.<sup>100)</sup> 이에 따라 북극이사회는 북극 해운의 현황과 향후 전망, 정책 공백 등을 종합적으로 검토할 필요가 있다고 판단했다.<sup>101)</sup>

2015년 PAME 보고서에 따르면, 북극 해운에서 발생하는 블랙카본의 약 64%가 증유 사용으로 인해 배출된다고 분석하고, 증유 대신 증류유(distillate fuels)를 사용할 경우, 블랙카본 배출량을 평균 33% 이상 감축

97) PAME(검색일: 2025.10.08)

98) PAME, Arctic Ship Traffic Data (ASTD)(검색일: 2025.10.08.)

99) Arctic Council(2009)(검색일: 2025.05.15)

100) 위 자료

101) 위 자료

---

할 수 있다고 제시하였다.<sup>102)</sup> PAME은 블랙카본 배출 저감을 위한 기술적 해결책을 적극적으로 제안하고 있다. 특히 디젤 미립자 필터(DPF, Diesel Particulate Filter)와 같은 배출가스 후 처리 기술은 배기가스에서 블랙카본 입자를 포집하고 연소하여 제거하는 방식으로, 최대 90% 수준까지 저감할 수 있다는 보고가 있다.<sup>103)</sup>

이러한 내용에 따라 PAME은 IMO에 아래와 같은 조치를 요청했다.

첫째, 북극 해역에서 중유 사용을 금지하거나 규제를 대폭 강화하는 조치를 요청했다.<sup>104)</sup> 중유 대신 증류유(distillate fuels)를 사용할 경우, 블랙카본 배출량을 평균 33% 이상 감축할 수 있으며, 이는 북극 생태계 보호에 직접적으로 기여할 수 있다.<sup>105)</sup> 이에 따라 중유사용금지 2021년 MEPC 제76차 회의에서 최종 규정이 공식 채택되었다. 해당 규정은 2024년 7월 1일부터 발효되었으며, 북극 해역(북위 60도 이북)에서 HFO를 연료로 사용하거나 적재하여 운반하는 것을 원칙적으로 금지하고 있다. 다만, 북극 연안국이 자국 국적 선박에 대해서는 2029년 7월 1일까지 사용과 운반을 허용할 수 있도록 유예 조항이 포함되었으며, 이에 따라 규제 실효성에 대한 부정적인 의견이 존재한다.

둘째, Polar Code를 개정하여 블랙카본 배출 기준을 더욱 엄격하게 하고 환경 보호 규정을 명확히 할 것을 요청했다. Polar Code 자체 개정은 아직 이루어지지 않았으나, IMO는 MEPC.342(77) 및 MEPC.393(82) 권고 결의에서 Polar Code의 기술 기준 보완 필요성을 언급하며, 목표기반 제어조치(goal-based control measures) 도입을 통한 실질적 규제 강화를 추진하고 있다.<sup>106)</sup>

---

102) Arctic Monitoring and Assessment Programme, Black Carbon from Shipping (검색일: 2025.5.12.)

103) Arctic Monitoring and Assessment Programme, Maritime Shipping(검색일: 2025.5.12.)

104) PAME(2020).

105) EUA-BCA(검색일: 2025.05.12)

셋째, 친환경 대체 연료 사용을 적극적으로 확대할 것을 요청했다. MEPC 제81차 회의에서는 LCA 가이드라인(Life Cycle Assessment Guidelines) 채택을 통해 연료의 전 주기 온실가스 배출 평가 기준을 설정했으며, 이후 IMO 내에서는 암모니아·수소·메탄올 등 대체 연료의 안전 기준, 엔진 인증, 배출 계수 등 관련 기술 지침 개발 가능성이 주요 의제로 논의되고 있다.<sup>107)</sup> MEPC 제83차 회의에서는 특히 비탄소계 연료의 NO<sub>x</sub> 인증 방안이 공식적으로 논의되었으며, 관련 기술 표준 개발이 진행 중이다.<sup>108)</sup>

PAME은 블랙카본 저감을 위한 정책적 대응 외에도, 기술적 수단 확보와 정보 공유를 강조하고 있다. 특히 선박 연료 전환, 저유황 연료 사용 확대, LNG 및 메탄올과 같은 대체 연료 도입이 주요 권고 대책으로 제시되고 있다. 또한 선박 엔진의 연소 효율 개선, 입자상 물질 저감장치(DPF, Diesel Particulate Filter) 도입, 저속운항 전략의 확대 등도 병행되어야 한다고 주장한다. DPF 기술은 배기가스에서 블랙카본 입자를 포집하고 연소하여 제거하는 방식으로, 최대 90% 이상의 블랙카본 저감 효과를 기대할 수 있다.<sup>109)</sup>

이와 더불어 PAME는 블랙카본 배출 경로와 영향을 과학적으로 규명하기 위한 다국적 모니터링 프로그램을 운영하고 있으며, “Cleaner Arctic Shipping” 캠페인을 통해 극지방로에 진입하는 선박의 연료 및 배출기준 강화를 추진하고 있다. IMO의 Polar Code 역시 선박의 연료유 관리, 항해 훈련, 사고대응 계획 등을 의무화함으로써 북극에서의 환경 피해를 최소화하고자 한다.

106) International Maritime Organization(2024)(검색일: 2025.10.6.)

107) International Maritime Organization(2024)(검색일: 2025.10.6.)

108) International Maritime Organization(2025)(검색일: 2025.10.8.)

109) EU Action on Black Carbon in the Arctic(검색일: 2025.05.12)

---

PAME은 블랙카본 배출량 감축을 위해 다음과 같은 정책 권고안을 제시했다. 첫째, 중유 대신 저유황 연료와 LNG 사용을 장려하기 위해 연료 품질 기준을 강화하고, 연료 전환을 지원하는 인센티브를 제공할 것을 제안했다. 또한 연료 전환으로 인해 큰 경제적 부담을 겪는 중소 해운사를 위한 국제 지원 프로그램을 구축할 것을 권고했다. 둘째, 대체 연료 개발을 촉진하기 위해 수소 연료, 암모니아, 바이오 연료 등 대체 연료의 개발 및 상용화를 지원하고, 북극항로를 운항하는 선박에 대한 대체 연료 사용을 의무화하는 방안을 검토할 것을 제안했다. 셋째, 북극항로를 운항하는 모든 선박에 디젤 미립자 필터와 스크러버 설치를 단계적으로 의무화하기 위해 배출 저감 기술 도입을 의무화하고, 기존 선박에 배기가스 후처리 장치 설치를 위한 국제적 지원 및 기술 이전을 확대할 것을 제안했다. 넷째, 북극 해역을 통과하는 모든 선박의 블랙카본 배출량을 실시간으로 모니터링하고 국제 데이터베이스에 보고하는 모니터링 및 데이터 관리를 권고했다. 또한 주요 항로 및 항만의 배출량 데이터를 공유해 정책 개선을 도출해 줄 것을 요청했다. PAME의 해운부문 권고안은 북극 지역의 블랙카본 배출량을 효과적으로 감축하기 위한 구체적이고 실질적인 접근 방식을 담고 있다. 특히 국제 정책 공조 및 기술 혁신을 통해 북극 해양 생태계를 보호하고 기후 변화의 영향을 최소화하기 위한 노력이 강력하게 반영되었다. PAME의 정책 권고안은 단순한 규제 강화를 넘어 국제 해운 산업의 구조적 변화를 유도하고 북극 생태계를 복원하는 것을 목표로 한다.

## 2) 북극 해상 안전 강화

해상 안전 강화를 위한 첫 번째 권고는 IMO를 중심으로 북극 해역에 특화된 국제적 규범을 개발하고 적용을 촉진하는 것이다. 당시에는 일반 해역을 기준으로 한 선박 안전 규정만 존재했으며, 극지방의 결빙, 극한 기후, 낮은 구조 접근성 등을 고려한 별도의 기준이 부재했다. 이에 따라 북

극 특성을 반영한 새로운 운항 기준과 설계·운항 규칙(Polar Code)의 필요성이 제기되었다.

둘째, 수색 및 구조(SAR: Search and Rescue) 능력 강화에 대한 것이다. 북극은 구조 요청에 즉시 대응하기 어려운 광범위하고 인프라가 취약한 해역이기 때문에, 인접국 간 협력 체계 구축과 SAR 인프라의 지역 간 연계 강화가 필수적이다. 이에 따라 2011년 북극 국가들은 ‘북극 SAR 협정(Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic)’을 체결했다.

셋째, 해양사고 대비 및 비상대응 역량 개선이다. 이는 선박의 좌초, 침몰, 유류 유출 등 복합 재난 상황에 대비하기 위한 대응계획과 장비 확충, 연습훈련 체계화 등을 포함한다. PAME는 실제 사고 사례 분석을 토대로 사고 발생 시 구조 지연에 따른 인명·환경 피해 위험을 강조했다.

넷째, 운항 위험 정보를 수집하고 공유하는 체계의 구축이다. 북극항로는 계절, 기후, 해빙 상태에 따라 빠르게 변화하며 예측이 어려우므로, 선박이 항행 전·중·후에 실시간 위험 정보에 접근할 수 있는 체계를 마련해야 한다. 이에 따라 PAME는 ASTD 시스템을 개발하여 북극 내 운항 패턴과 통계를 추적한다.

다섯째, 해상교통관리(Vessel Traffic Services, VTS) 및 항행보조시설(AtoN) 확충이다. 북극 대부분의 항로는 VTS 범위를 벗어나 있으며, 물리적 표지나 전자항법 보조수단이 부족한 상태이다. 따라서 안전 운항을 위한 항행지원 인프라를 단계적으로 확충하는 것이 필수적이다.

여섯째, 위성 통신, 항법 보조체계 등 극지 운항에 필요한 정보전달 인프라 개선을 목표로 한다. 극지방에서는 위성신호 수신에 제약이 많고, 자동식별시스템(AIS)이나 위성항법(GNSS) 등도 제 기능을 발휘하기 어려운 경

우가 많다. 이에 따라 고위도 통신 위성 확대, 극지항법 기술 개발 등이 병행되어야 한다.

일곱째, 극지 운항에 적합한 선박 설계 및 운항기술 기준 확립이다. 동절기 결빙과 파손 위험에 대응하기 위한 아이스클래스(ice-class) 기준의 강화, 냉각방지장치 및 선체 보강 설계, 해상 생존장비 규격 제정 등 기술적 기준의 상향이 필요하다는 점이 강조되었다.

이와 같은 권고사항은 북극 해역에서의 선박 운항이 ‘안전하고 예측 가능하며, 지역 주민과 환경에 대한 영향을 최소화’하는 방향으로 이뤄지도록 하는 데 목적이 있다. PAME는 이후 권고사항의 이행 현황을 점검하고 (2011, 2013, 2015, 2017), Polar Code의 채택 및 이행을 통해 국제 기준 수립에 기여했다. 또한 PAME는 극지 선원 훈련, 사고 대응 매뉴얼 개발, 공동 구조훈련 등 실질적 조치로 이어질 수 있는 후속 프로젝트도 병행하고 있다. 이러한 일련의 노력은 북극 해상운송의 위험 요소를 사전에 식별하고 대응함으로써, 장기적으로 북극권 해상 활동의 안정성과 국제적 책임성을 높이는 데 기여하고 있다.

〈표 2-6〉 북극 해상 안전 강화 관련 권고 사항

번호	권고사항
1	IMO를 통한 북극해운 안전규정 개발 및 이행 촉진 (e.g., Polar Code 등)
2	북극 해상 수색 및 구조(SAR) 협력 강화
3	북극에서의 해양사고 대응 역량 개선
4	운항 위험 정보 및 데이터 수집 및 공유 확대
5	해상교통시스템 및 항행보조시설 확충
6	선박 통신 및 항법 보조 인프라 개선
7	선박 안전 기준 및 설계 기준 강화

자료: AMSA 기반 KMI 작성

### 3) 북극 주민과 환경 보호

북극 주민과 환경 보호 관련 권고사항은 기후변화로 인한 해빙과 해상교통량 증가, 산업 활동 확대로 인해 북극 원주민 공동체와 환경에 가해지는 복합적인 위협에 대응하고자 마련되었다.

첫째, 북극 원주민 공동체와의 협력 및 권리 존중을 강조했다. 선박 운항은 전통적인 수렵·어로 지역을 교란하거나, 해양 포유류 서식지에 간섭을 유발할 수 있으며, 항로 인근 공동체에 소음·공기오염 등의 간접 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 PAME는 해상 활동 계획 수립 시 지역사회와의 조율, 문화적 가치 존중, 참여적 거버넌스 강화의 중요성을 제안했다.

둘째, 선박 배출로 인한 대기오염과 블랙카본 문제에 대한 대응이다. 블랙카본은 중유(HFO) 등 고유황 연료를 사용할 때 발생하며, 해빙 표면에 흡수되어 빙하 용해를 가속화하고 지역 온난화를 심화시킨다. PAME는 블랙카본 저감을 위한 정책적 대응 외에도, 기술적 수단 확보와 정보 공유를 강조하고 있다. 특히 선박 연료 전환, 저유황 연료 사용 확대, LNG 및 메탄올과 같은 대체 연료 도입이 주요 권고 대책으로 제시되고 있다. 또한 선박 엔진의 연소 효율 개선, 입자상 물질 저감장치(DPF, Diesel Particulate Filter) 도입, 저속운항 전략의 확대 등도 병행되어야 한다고 주장한다. DPF 기술은 배기가스에서 블랙카본 입자를 포집하고 연소하여 제거하는 방식으로, 최대 90% 이상의 블랙카본 저감 효과를 기대할 수 있다.<sup>110)</sup> 또한, 스크러버 기술을 활용해 블랙카본과 황산화물을 동시에 줄이는 방안이 제시되었다. 이 기술은 배출가스를 액체 용액에 통과시켜 오염 물질을 흡수하는 방식으로, 특히 북극 해역과 같이 섬세한 생태계를 보호하는 데 핵심적인 역할을 한다.

110) EU Action on Black Carbon in the Arctic(검색일: 2025.05.12)

---

이와 더불어 PAME는 블랙카본 배출 경로와 영향을 과학적으로 규명하기 위한 다국적 모니터링 프로그램을 운영하고 있으며, “Cleaner Arctic Shipping” 캠페인을 통해 극지방로에 진입하는 선박의 연료 및 배출기준 강화를 추진하고 있다. 국제해사기구의 Polar Code 역시 선박의 연료유 관리, 항해 훈련, 사고대응 계획 등을 의무화함으로써 북극에서의 환경 피해를 최소화하고자 한다.

셋째, 중유(Heavy Fuel Oil, HFO)의 사용 및 운반에 따른 환경 위험성 평가 및 규제 도입이다. HFO는 유출 시 점도가 높아 회수 및 정화가 매우 어렵고, 생물학적 분해도 느려 북극 생태계에 장기적 피해를 유발할 수 있다. 이에 따라 PAME는 IMO와의 협력을 통해 북극해에서의 HFO 규제를 위한 과학적·정책적 기반을 마련했다.

2015년 PAME 보고서에 따르면, 북극 해운에서 발생하는 블랙카본의 약 64%가 중유 사용으로 인해 배출되며, 이 연료는 연소 과정에서 미세한 검은 입자를 대기 중으로 방출한다. 특히, 중유는 점도가 높고 불완전 연소 시 대량의 블랙카본을 생성하기 때문에, PAME는 대체 연료로의 전환 필요성을 강조했다. 중유 대신 증류유(distillate fuels)를 사용할 경우, 블랙카본 배출량을 평균 33% 이상 감축할 수 있으며, 이는 북극 생태계 보호에 직접적으로 기여할 수 있다.<sup>111)</sup> 이에, 2021년 MEPC 76에서 최종 규정이 공식 채택되었다. 해당 규정은 2024년 7월 1일부터 발효되었으며, 북극 해역(북위 60도 이북)에서 HFO를 연료로 사용하거나 적재하여 운반하는 것을 원칙적으로 금지하고 있다. 다만, 북극 연안국이 자국 국적 선박에 대해서는 2029년 7월 1일까지 사용과 운반을 허용할 수 있도록 유예 조항이 포함되었으며, 이에 따라 규제 실효성에 대한 부정적인 의견이 존재한다.

---

111) 위 자료

넷째, 선박에서 배출되는 생활폐수, 고형폐기물, 기름 찌꺼기 등 각종 해양 오염물의 적정 처리 및 방출 금지이다. 특히 극지방은 낮은 생분해 속도와 제한된 생물정화 능력으로 인해 소규모 오염물도 장기적 생태계 피해를 야기할 수 있다. PAME는 이에 따라 Polar Code의 Annex IV 및 V 등 해양오염 관련 조항의 엄격한 적용을 지지했다.

다섯째, 외래생물 침입종(invasive species)의 유입을 방지하기 위한 선박 관리 강화이다. 선박의 선저(biofouling) 또는 평형수(ballast water)를 통해 비고유종이 북극에 도입될 경우, 생태계 교란 및 어족자원 피해가 발생할 수 있다. 따라서 국제 협약(BWM Convention 등)과 연계된 모니터링 체계와 방제 대책을 마련할 필요성이 제기되었다.

여섯째, 환경영향평가(EIA)의 의무화 및 지역 맞춤형 기준 개발이다. 항만 개발, 항로 확장, 대형 선박 운항 확대 등 북극에서의 새로운 인프라 또는 운송 활동이 환경에 미치는 영향을 사전적으로 평가하고 관리하는 체계를 정착시켜야 한다. 또한 해당 EIA에는 원주민의 전통 지식과 지역 특성이 반영될 수 있도록 가이드라인을 정비해야 한다고 권고되었다.

이러한 권고들은 해상 운송의 증가가 단순한 경제적 이익을 넘어서, 지역사회 및 환경에 미치는 부정적 영향을 고려한 책임 있는 북극 개발(Responsible Arctic Shipping)의 토대를 마련하고자 하는 취지에서 수립되었다. 특히 PAME는 단순한 기술적 대응을 넘어, 거버넌스·문화·생태적 관점을 통합한 정책 접근을 강조했다. 이후 PAME는 해당 권고 이행을 위한 후속 활동으로, 블랙카본 연구 프로젝트, 침입종 모니터링 협력, 원주민 의견 수렴 체계 개선, HFO 관련 정책 개발 등을 단계적으로 추진했다. 이러한 일련의 조치는 북극 주민의 생존 기반을 보전하고, 고유 생태계를 미래 세대까지 지속가능하게 유지하기 위한 국제적 책무를 실현하는 데 있어 핵심적인 역할을 수행하고 있다.

〈표 2-7〉 북극 주민과 환경 보호 관련 권고 사항

번호	권고사항
1	북극 원주민 공동체와의 협력 및 문화·생계 보호 고려
2	선박 배출(유해 대기물질 포함) 및 블랙카본 저감 대책
3	중유(HFO) 사용·운반에 따른 오염 위험 평가 및 규제
4	유해 폐기물 및 생활폐수 등 선박 오염물 관리 강화
5	외래종 침입 방지를 위한 선박 생물오염 통제
6	북극 생태계 영향을 고려한 환경영향평가(EIA) 의무화

자료: AMSA 기반 저자 작성

#### 4) 북극 해양 인프라 구축

「북극 해상운송 평가 보고서(Arctic Marine Shipping Assessment, AMSA)」은 북극항로 및 주변 해양 활동이 증가하는 가운데, 해도 정보 부족, 항만 수용 능력 미비, 통계 데이터의 단편성, 운항 인력의 전문성 부족 등의 문제가 해상 안전과 환경 보호의 핵심 걸림돌로 지적되었다.<sup>112)</sup>

첫째, 주요 항로 및 항만에 대한 정기적인 해도 측량 및 해양 정보 확보이다. 북극 대부분의 항로는 정밀한 수로측량이 이루어지지 않았으며, 암초·빙해·수심 변화 등의 해양 위험 요소에 대한 정보가 부족한 상태였다. 이에 따라 PAME는 선박 운항의 기초자료 확보를 위해 국가별 수로청의 측량 활동 확대와 국제적인 해도 정보 공유를 촉구했다. 이는 북극항로의 예측 가능성과 항해 안전성을 높이는 첫 단계로 간주되었다.<sup>113)</sup>

둘째, 항만 내 오염물 수거 및 처리시설(port reception facilities)의 확충이다. 북극 항만은 대부분 소규모이고 계절적 접근성에 제한이 있으며, 선박에서 배출되는 폐유, 생활폐수, 고형 쓰레기 등을 적정하게 수거·처리할 수 있는 시설이 미비하다. PAME는 MARPOL 협약에 따라 선박이 해양

112) Arctic Council(2009), Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report(검색일:2025.05.12.)

113) 위 자료

오염물질을 육상에서 처리할 수 있도록, 주요 기항항에 적합한 수거 인프라를 마련할 것을 권고했다. 이는 특히 크루즈선, 벌크선 등의 증가에 따라 필수적인 조치로 강조되었다.<sup>114)</sup>

셋째, 북극 선박 교통 데이터베이스(예: ASTD) 구축 및 국가 간 공유 확대이다. 북극항로의 안전한 운영을 위해서는 통항 선박의 유형, 계절별 밀도, 사고 발생 정보 등 실질적인 운항 데이터를 장기적으로 축적하고 이를 다자간 공유하는 시스템이 필요하다. 이에 따라 PAME는 ASTD 시스템을 개발하고, 참여국 간의 정보 공유 및 정책 연계 강화를 지속하고 있다.<sup>115)</sup> 이는 선박 위험 분석, SAR 자원 배치, 정책 결정에 있어 핵심적 기반으로 기능하고 있다.

넷째, 북극항로 운항 선박에 대한 훈련 및 교육 기준 개발 및 확산이다. 북극 해역 운항은 결빙, 저온, 극야 등의 특수 환경에 따른 대응능력이 요구되며, 일반 해역과는 구별되는 전문 교육이 필요하다. PAME는 IMO의 Polar Code 및 STCW(Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 해기사 교육훈련기준협약) 체계와 연계하여, 극지 운항자 대상의 교육 훈련 기준을 수립하고 이를 국제적으로 통일할 것을 제안했다.<sup>116)</sup> 이는 북극에서의 인명 사고 및 환경오염 위험을 예방하는 인적 기반 구축의 일환이다.

이와 같은 인프라 구축 권고사항들은 북극항로의 상업적 이용 확대에 대비하여, 최소한의 안전 기반을 확보하고, 각국의 정책과 투자 방향을 조정하기 위한 기준점 역할을 한다. 또한 이 네 가지 항목은 상호 연계되어 있으며, 북극 해양활동의 선제적 관리 및 장기적 지속가능성을 담보하는 핵심 수단으로 작동하고 있다.

114) 위 자료

115) 위 자료

116) 위 자료

〈표 2-8〉 북극 해양 인프라 구축 관련 권고 사항

번호	권고사항
1	주요 항로 및 항만에 대한 정기적인 해도 측량 및 해양 정보 확보
2	항만 내 오염물 수거 및 처리시설(port reception facilities) 확충
3	북극 선박 교통 데이터베이스(예: ASTD) 구축 및 국가 간 공유 확대
4	북극항로 운항 선박에 대한 훈련·교육 기준 개발 및 확산

자료: AMSA 기반 저자 작성

### 제3절 IMO 블랙카본 권고 체계 분석

#### 1. IMO 블랙카본 논의 배경

블랙카본 문제를 국제 해운 규제 의제로 최초 제기한 것은 북극이사회였다. 1996년 오타와 선언(Ottawa Declaration)에 의해 설립된 북극이사회는 8개 북극권 국가의 정부간 포럼으로, 법적 구속력은 없으나 과학적 평가와 정책 권고를 통해 북극 환경 보호에서 중요한 역할을 수행해 왔다. 북극이사회 산하 해양환경보호 작업반(Protection of the Arctic Marine Environment, PAME)은 2009년 북극 해상운송 평가보고서(Arctic Marine Shipping Assessment, AMSA)를 발간하며 블랙카본 배출 문제를 처음 제기했다. 이를 근거로 2010년 MEPC 제60차 회의에서 북극이사회 회원국인 노르웨이·스웨덴·미국이 북극 지역 선박 블랙카본 배출 저감을 공동 제안했다.<sup>117)</sup>

117) Norway, Sweden and the United States, Reduction of Emissions of Black Carbon from Shipping in the Arctic, MEPC 60/4/24 (IMO, 2010.1.15)(검색일: 2025.10.4)

2011년 7월 MEPC 제62차 회의에서는 국제 해운에서 블랙카본이 미치는 영향을 줄이기 위해 할 수 있는 조치를 조사하고, 그 결과를 MEPC 제 65차 회의에 최종 보고하는 내용의 작업계획(work plan)을 수립했다.<sup>118)</sup> 동 회의부터 블랙카본 문제는 단순 논의 단계를 넘어 기술적 검토 대상이 되었다.

## 2. 해양환경보호위원회(MEPC) 논의 경과

2015년 MEPC 제68차 회의에서 IMO는 Bond et al.(2013)의 정의를 참고하여 블랙카본을 “탄소 기반 연료의 연소 과정 중 불꽃에서만 형성되는 독특한 유형의 탄소질 물질로서, 대기 중 에어로졸에 포함된 다른 형태의 탄소 및 탄소 화합물과는 그 고유한 물리적 특성으로 구별되는” 물질로 정의했다.<sup>119)</sup> 이 정의는 광학적 특성, 화학적 구성, 물리적 특성, 환경 영향 등을 포함하는 포괄적인 것으로, 블랙카본에 대한 권고의 근거가 되었다.<sup>120)</sup>

2019년 MEPC 제74차 회의에서는 다양한 기술적 감축 방안이 검토되었다. LNG 사용, 증류연료 사용, 디젤 미립자 필터 설치, 감속운항, 스크러버 등의 기술 적용이 포함되었다.<sup>121)</sup>

2021년 MEPC 제76차 회의에서는 블랙카본 배출 측정·보고 지침(MRV)이 도입되었다. 이는 실제 배출량 데이터를 수집하고 규제 이행을

118) International Maritime Organization, Regulating Black Carbon emissions from international shipping impacting the Arctic, MEPC 81/5/5 (2024.1.12)(검색일: 2025.10.4)

119) Bond et al.(2013), p. 5380. 이 정의에 따라 블랙카본은 다음과 같은 속성을 지닌다고 간주된다. 광학적 특성: 가시광선 및 적외선 영역에서 강한 빛 흡수 능력, 화학적 구성: 흑색 탄소(C)로 구성되며, 다른 탄소 화합물(예: 유기탄소)과 구별됨, 물리적 구조: 구형의 입자들이 응집된 구조 (aggregated spherules), 환경적 영향: 대기 중에서 태양 복사 흡수 → 온난화 유발

120) International Maritime Organization, Report of the Marine Environment Protection Committee on its Sixty-Eighth Session, MEPC 68/21/Add.1 (2015.5.15)

121) International Maritime Organization, Resolution MEPC.393(82) (2024.10.4)

---

모니터링하기 위한 필수적 기반으로, 향후 강제 규제로의 전환을 위한 준비 단계로 평가된다. 2024년 MEPC 제82차 회의에서는 두 가지 핵심 권고 결의서가 채택되었다.

블랙카본 규범화에 있어 가장 최근의 진전은 2024년 MEPC 제82차 회의에서 채택된 두 건의 권고 결의서이다. MEPC.393(82)은 북극해에서의 블랙카본 배출 저감을 위한 목표 중심(goal-based) 권고 지침으로, 다음과 같은 다섯 가지 조치를 포함하고 있다.<sup>122)</sup>

- ① 선박 설계 단계에서의 블랙카본 배출 최소화 고려<sup>123)</sup>
- ② 선박 운항 최적화(예: 선속 조정, 항로 계획 등)를 통한 연료 효율 증진<sup>124)</sup>
- ③ 디스틸레이트 연료 또는 청정 대체 연료의 사용 권장<sup>125)</sup>
- ④ 디젤 미립자 필터(Diesel Particulate Filter, DPF) 등 배출가스 후처리 장치의 설치<sup>126)</sup>
- ⑤ 선박별 블랙카본 관리 계획 수립 및 연간 보고 체계의 구축

한편, MEPC.394(82)는 MRV 절차에 대한 보다 구체적인 권고 지침으로, 출력 130kW 이상의 디젤기관이 장착된 선박을 대상으로 블랙카본 배출량을 매년 해당 선박의 주관청(flag administration)에 보고하도록 권고하고 있다.<sup>127)</sup> 동 지침은 필터스모크넘버(Filter Smoke Number, FSN),

---

122) International Maritime Organization, Resolution MEPC.393(82) (2024.10.4)

123) 선박설계기술은 근본적인 해결책이지만, 기존 선박에는 적용이 제한적이다.

124) 즉각적 도입이 가능하고 추가 투자 비용이 적지만, 실효성 한계가 있을 수 있다.

125) 메탄올, 암모니아, 수소 등 저탄소·무탄소 연료로의 전환을 의미한다. 블랙카본 배출을 근본적으로 저감할 수 있으나, 연료 공급 인프라 부족, 높은 전환 비용, 기술적 성숙도 등이 과제로 지적된다.

126) 디젤 미립자 필터(DPF) 등 배출가스 후처리 장치를 통해 블랙카본을 물리적으로 제거하는 기술이다. 기존 선박에도 적용 가능하다는 장점이 있으나, 장치 설치 비용, 유지보수 부담, 공간 제약 등이 문제로 제기된다.

127) IMO, Resolution MEPC.393(82): Guidance on best practice on recommendatory goal-based control measures (adopted 4 October 2024)

광음향 분광법(Photoacoustic Spectroscopy, PAS), 레이저유도백열법(Laser Induced Incandescence, LII) 측정방식을 권고하며, 관련 데이터는 IMO의 기술파일 형식(technical file format)에 따라 기록되어야 함을 명시하고 있다.<sup>128)</sup>

동 권고안들은 블랙카본의 국제 규제화를 위한 사전 단계로 기능하며, 향후 MARPOL 부속서 VI 개정 등 구속력 있는 규범으로의 발전할 가능성이 있음을 시사한다.

### 3. 향후 논의 일정

2025년 MEPC 제83차 회의에서는 블랙카본을 포함한 비CO<sub>2</sub>온실가스(non-CO<sub>2</sub> GHG) 배출 측정 및 검증 체계 구축이 공식 안건으로 논의되었다.<sup>129)</sup> 특히 비CO<sub>2</sub>온실가스 배출 측정·검증 프레임워크 개발을 위한 서면 작업반(Correspondence Group)이 설치되었으며, 이는 향후 SLCP를 포함한 규제 체계의 기반을 마련하려는 의도로 해석될 수 있다. 동 회의에서는 극지연료(polar fuels) 개념의 개발 기한을 2027년까지 연장하기로 합의하기도 했다.<sup>130)</sup>

IMO는 「국제해양오염방지협약(MARPOL)」 부속서 VI(Annex VI) 하에서 대기오염 및 온실가스 규제를 추진하면서, 측정지침 채택, 자발적 가이드라인 작성, 연료 전환 및 기술적 저감방안 검토 등 일련의 논의를 진전시

128) FSN (Filter Smoke Number) : 연소 가스를 필터지에 통과시킨 후, 필터 표면의 그을림(매연) 농도를 정량화하는 전통적 방법이다. PAS (Photoacoustic Spectroscopy, 광음향 분광법) : 시료에 특정 파장의 레이저를 조사하여 흡수된 빛이 열로 변환되며 발생하는 음향파(소리)를 감지해 블랙카본 농도를 측정하는 기술이다. LII (Laser Induced Incandescence, 레이저 유도 백열법) : 고출력 레이저로 입자(블랙카본)를 순간적으로 가열하여 백열광(thermal emission)을 발생시키고 이를 측정하여 농도를 추산하는 기술이다.

129) IMO, Marine Environment Protection Committee (MEPC), 83rd Session - Highlights (7-11 April 2025) (re-establishment of Correspondence Group on non-CO<sub>2</sub> GHG measurement & verification)

130) 위 자료

---

키고 있다.

IMO의 블랙카본 규범화는 약 15년간의 논의를 거쳐 권고 지침 채택 단계에 이르렀으나, 법적 구속력 있는 의무 규제로의 전환은 여전히 과제로 남아 있다. 측정 기술의 표준화, MRV 체계의 실효성 확보, 산업계의 기술적·경제적 부담 완화 등 여러가지 과제가 남아 있다. 특히 북극해라는 특수한 환경적 맥락에서 극지연료 개발, 중유 금지 조치와의 정합성 확보, 북극 이사회 등 지역 거버넌스와의 연계 등이 추가적으로 고려되어야 한다. 다음 장에서는 북극이사회의 역할과 IMO와의 상호작용을 분석한다.

## 제4절 북극해 블랙카본 규제 전망

---

### 1. IMO-북극이사회 워킹그룹 협력 체계 내 블랙카본 규제

블랙카본 배출 문제에 대응하기 위해 북극이사회와 IMO는 과학, 정책 권고, 기술 표준, 국제 규제의 연계 구조를 통해 협력 체계를 발전시켜 왔다. 이러한 두 기구 간의 협력은 규범 형성 과정에서 '단계적 전환' 모델로 설명될 수 있다. 양 기구 간의 상호작용은 연성법과 경성법의 연결 고리로 기능하며, 다음과 같은 흐름을 따라 규범화가 진행되고 있다.

#### 1) 3단계 접근법

북극이사회는 블랙카본 문제에 대해 체계적인 3단계 접근법을 취하고 있다. 첫 번째 단계는 과학적 근거 생산이다. 북극이사회 작업반 AMAP이 주도하여 블랙카본의 배출원을 분석하고, 북극 지역에 미치는 환경적 영향을

정량적으로 평가한다. 이들 작업반은 2년 주기로 종합 평가 보고서를 발간하며, 이는 정책 수립의 과학적 기반이 된다.

두 번째 단계는 블랙카본 영향 평가이다. 북극이사회의 과학적 연구는 북극 지역이 지구 평균보다 빠른 속도로 온난화되고 있으며, 블랙카본이 눈과 얼음 표면에 축적되어 빙하 용해를 가속화한다는 사실을 밝혀냈다. 이러한 과학적 발견은 블랙카본 규제의 시급성을 입증하는 핵심 근거가 되었다.

세 번째 단계는 정책 권고 및 제안이다. PAME은 북극이사회의 과학적 평가 결과를 바탕으로 구체적인 정책 권고안을 개발하여 IMO에 제출한다. 2021년 레이카비크 선언에서는 2013년 대비 25-33%의 블랙카본 감축이라는 구체적인 목표를 설정하였으며, 이는 회원국뿐만 아니라 우리나라와 같은 옵저버 국가에도 참여를 권장하고 있다.

## 2) IMO의 규범화 과정

IMO는 북극이사회의 제안을 받아 국제 규제로 전환하는 과정을 거친다.

네 번째 단계는 기술 표준 개발이다. IMO는 MEPC와 PPR 소위원회를 통해 블랙카본 측정을 위한 국제 표준을 확립한다. MEPC.394(82) 결의에서는 FSN, PAS, LII 세 가지 측정법을 명시하였으며, 이는 블랙카본 배출량을 객관적으로 평가하고 비교할 수 있는 기술적 기반을 마련하였다.<sup>131)</sup>

다섯 번째 단계는 국제 규제로의 전환이다. IMO는 확립된 기술 표준을 바탕으로 MARPOL 협약 개정 및 MEPC 결의 채택을 통해 법적 구속력 있는 규제를 도입한다. 현재는 비구속적 지침 단계에 있으나, 향후 MARPOL Annex VI 개정을 통해 강제적인 배출 기준으로 발전할 것을 예상할 수 있다.

<sup>131)</sup> International Maritime Organization, Resolution MEPC.393(82) (2024.10.4)

---

### 3) 순환적 피드백 구조

이 5단계 과정은 순환적 구조를 가지고 있다. IMO가 국제 규범을 제정하고 이행한 후, 그 결과에 대한 피드백이 다시 북극이사회의 과학적 평가로 돌아간다. 북극이사회는 각국의 이행 현황을 모니터링하고, 새로운 과학적 데이터를 수집하여 다음 단계의 정책 개선을 위한 근거를 마련한다. 이러한 순환 구조는 블랙카본 규제가 지속적으로 발전하고 강화될 수 있는 동력이 된다.

### 4) 협력사례: 중유금지조치

북극이사회는 법적 구속력이 없는 지역 협의체임에도 불구하고, 중유의 북극 해역 사용에 따른 환경적 위험성을 분석한 다수의 보고서와 권고를 통해 IMO의 규범 형성에 실질적인 영향을 미쳤다. 특히 PAME은 2013년 이후 중유의 유출 위험과 블랙카본 배출 문제를 과학적으로 분석한 자료를 지속 발행했고, 이를 토대로 2018년 북극국가들은 IMO에 북극에서의 중유 사용 및 운송을 금지하는 제안을 제출하였다. 그 결과, IMO는 2021년 결의 MEPC.329(76)을 채택하여 MARPOL Annex I을 개정하고, 2024년 7월부터 북극 해역에서의 중유 사용과 운송을 단계적으로 금지하는 Regulation 43A를 도입하였다.

이 사례는 북극이사회의 권고가 국제법으로 전환된 대표적인 연성법의 경성법으로의 전환 사례로 평가된다. 다만, 해당 규정은 일부 선박에 대한 유예 및 예외 조항을 포함하고 있으며, 중유 화물로서의 운송은 여전히 허용되어 있다는 점에서 규제의 실효성에는 한계가 있다는 지적도 존재한다. 그럼에도 불구하고, 북극이사회가 과학 기반 정책 제안과 외교적 협의를 통해 국제 규범 형성 과정에 중요한 역할을 수행할 수 있음을 보여주는 의미 있는 선례이다.

## 2. 향후 규제 발전 전망

IMO의 블랙카본 규제는 현재 MEPC.393(82)와 MEPC.394(82)에 기반한 권고 수준에 머무르고 있으며, 향후 실효성 있는 구속력 있는 규제체제로 전환되기 위해서는 몇 가지 핵심 과제가 선결되어야 한다.

### 1) MARPOL Annex VI 개정 필요성

블랙카본 배출을 법적 규제 대상으로 포함하려면, MARPOL 부속서 VI의 공식 개정이 필요하다. 개정 절차는 MARPOL 제16조에 따라 회원국 제안, MEPC에서의 심의와 2/3 다수결 채택, 일정 발효 요건 충족을 포함한다. 형식적으로는 묵시적 수락 절차를 따르지만, 실질적으로는 회원국 간 정치적 합의 형성이 관건이다.

이해관계 조정이 가장 큰 장애 요인이다. 북극권과 비북극권 국가 간 규제 필요성 인식 차이, 해운 강국과 환경 우선국 간 규제 강도 선호도 차이 등은 합의 도출을 지연시킬 수 있다. 실제로 중유 금지는 논의 개시부터 발효까지 9년, NOx Tier III 규제는 8년이 소요된 바 있어, 블랙카본 규제 역시 7년에서 10년의 과도기가 예상된다.

### 2) 측정 표준화 및 MRV 체계 구축

규제 실효성을 확보하려면 측정 방법의 국제 표준화가 우선되어야 한다. 현재 결의안에서 제안된 FSN, PAS, LII 방식은 측정 원리와 결과가 상이해, 동일 선박에서 동일 연료를 사용한 경우라도 서로 다른 결과가 나올 수 있다. 기술적 신뢰성, 비용 효율성, 규제 적용 가능성을 종합 고려한 국제적 합의가 필요하며, ISO와의 협력을 통한 표준화 작업이 요구된다.

---

또한 MRV 체계 역시 신뢰성과 실효성을 확보해야 한다. 자체 보고 (self-reporting) 방식만으로는 한계가 크므로, 제3자 검증체계, 항만국통제(PSC) 기반 무작위 점검, 위반 시 제재 메커니즘 구축 등이 병행되어야 한다.

### 3) 단계적 규범화 및 실행 전망

MARPOL 개정을 위한 직접적 조치에 앞서, 먼저 기존 권고 지침의 이행 성과 평가와 데이터 축적이 이뤄져야 한다. MEPC는 회원국 이행 사례와 배출 저감 효과를 분석해 실효성을 검토할 것이며, 북극이사회 EGBCM의 2년 주기 보고서와 AMAP의 환경 모니터링 자료가 이 과정에서 과학적 정당성을 제공할 수 있다.

한편, 규제 논의는 MEPC 산하 PPR 소위원회에서 지속되며, 극지연료에 대한 표준화, 기술적 타당성 검토도 병행될 예정이다. 이미 일부 회원국 및 NGO는 블랙카본을 MARPOL Annex VI의 명시적 규제 항목으로 포함할 것을 요구하고 있으며, 향후 북극이사회의 PAME 보고서를 근거로 북극권 국가들이 공동 개정안을 제출할 가능성도 있다.

조약 개정이 이루어지고 일정 유예기간이 경과하면, 특정 해역(예: 북극해) 또는 전 지구적 범위에서 법적 구속력을 지닌 배출 기준이 설정될 수 있으며, IMO의 국제 준수 메커니즘이 작동하게 된다. 북극이사회는 이행 모니터링 및 지역적 환경 영향 평가를 통해 지속적인 역할을 수행할 수 있다.

### 3. 소결

북극이사회와 IMO의 관계는 단순한 협력을 넘어 본질적으로 상호보완

적이다. 북극이사회는 법적 구속력이 없는 정부간 포럼이지만, 8개 북극권 국가와 원주민 단체가 참여하는 독특한 구조를 통해 북극 지역의 환경적 특수성을 정확하게 반영할 수 있다. 6개 작업반을 통한 기능적 분화는 블랙카본 문제를 다층적으로 접근할 수 있는 구조적 기반이 된다.

북극이사회는 연성법적 성격을 지닌 정부간 포럼으로, 과학적 근거 제공과 정책 권고를 통해 블랙카본 문제에 대응하고 있다. EGBCM과 AMAP의 정기 보고서는 북극 지역 블랙카본의 영향에 대한 정량적·질적 데이터를 제공하고 있으며, PAME는 이를 바탕으로 IMO에 블랙카본 규제를 지속적으로 촉구해왔다. 이러한 두 기구 간의 협력은 규범 형성 과정에서 '단계적 전환' 모델로 설명될 수 있다. 북극이사회는 과학적 정당성과 지역적 특수성을 제공하고, IMO는 이를 법적 규범으로 전환하는 역할을 수행한다. 블랙카본의 법적 규범화는 여전히 진행 중이며, 다음과 같은 주요 과제가 남아 있다.

첫째, MARPOL Annex VI의 정식 개정과 국제적 합의 도출이 필요하다. 중유 금지(9년) 및 NOx Tier III 규제(8년) 사례에 비추어볼 때 블랙카본 규제 역시 7년에서 10년 정도의 과도기를 거칠 가능성이 있다. 둘째, 측정 표준의 국제적 통일성과 MRV 체계의 신뢰성 확보가 요구된다. 현재 FSN, PAS, LII는 각각 측정 원리와 결과값이 상이하므로 단일 표준의 확립이 시급하며, 자체 보고를 보완할 제3자 검증 체계 구축이 필요하다. 셋째, 북극이사회의 권고 실효성을 높이고 향후 규제 작업이 진행되기 위해서는 오픈서버 국가와 민간 부문의 자발적 이행을 유도할 수 있는 유인과 각국 정부의 블랙카본 감축 및 MRV에 대한 지원 구조가 마련되어야 한다.

다음 장에서는 잠재적인 블랙카본 규제에 북극권 국가들과 주요 오픈서버 국가들이 어떻게 준비를 하고 있는지, 해양 분야 뿐 아니라 블랙카본 전반에 대한 대응정책에 대해 살펴보고자 한다.



## 03

# 블랙카본 규제 정책 동향

### 제1절 북극권 국가의 대응 정책

---

본 절에서는 북극 지역의 영토를 직접 관할하고 있어 북극 환경에 가장 직접적인 영향력을 가진 북극권 국가 8개국(러시아, 미국, 캐나다, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 덴마크, 아이슬란드)의 블랙카본 정책을 살펴보고자 한다. 블랙카본은 다른 지역보다 북극에서 훨씬 더 강력한 온난화 효과를 발휘하는데 눈과 얼음에 침착되면 태양 반사율(알베도)을 감소시켜 온난화를 가속화한다.<sup>132)</sup> 북극권 국가 8개국은 북극이사회의 정식 회원국으로 이들 국가의 정책 조화와 협력이 북극 환경보호와 전 지구적 기후변화 대응에 결정적인 역할을 한다. 따라서 8개국의 블랙카본 정책을 비교 분석하는 것은 북극 환경보호를 위한 국제협력의 가능성과 한계를 파악하는 데 필수적이다. 그리고 각국의 블랙카본 정책을 체계적으로 이해하기 위해 7가지 분석 요소(정책 프레임워크, 담당기관, 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템, 국제협력, 5년간 정책 동향)에 따라 정책적 흐름과 국제협력 가능성을 모색하여 효과적인 블랙카본 감축 전략을 수립하고자 한다.

---

132) Odelle L. Hadley & Thomas W. Kirchstetter(2012), pp. 437-440.

---

# 1. 러시아

## 1) 정책프레임워크 및 담당기관

러시아는 북극권 내에서 가장 넓은 영토를 차지하고 있으며, 북극 지역에서 활발한 화석연료 개발과 선박 운항, 디젤 기반 에너지 사용 등으로 인해 블랙카본을 다량 배출하는 주요 국가로 지적되고 있다. “러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021-2030년 연방 과학기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 годы)”에 블랙카본에 대한 부분을 언급하고 있다.<sup>133)</sup> 동 문서에서 러시아 정부는 블랙카본을 국가 온실가스 감시체계의 한 부분이자, 국제 협약에서 감축해야 할 주요 대상(단기기후오염물질)으로 명시하고 있다.<sup>134)</sup> 동 문서는 블랙카본을 러시아의 국가 기후 전략과 외교 전략 양쪽 모두에서 중요한 축으로 인식하게 만든 첫 번째 공식 문서로 평가할 수 있다.

전체 구성은 1장 서문 및 배경, 2장 환경 및 기후 변화의 현황 분석, 3장 프로그램 목표와 주요 과제, 4장 주요 연구기술 개발 방향, 5장 기대성과 및 사회경제적 효과와 6장 국제협력 및 프로그램 이행 체계으로 구성되었다.<sup>135)</sup> 그 가운데 2장, 3장, 5장, 6장에 블랙카본에 대한 내용이 직접 언급되며, 전체 문서에서 블랙카본은 총 5번 언급된다.<sup>136)</sup> 다음은 블랙카본이

---

133) 러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021-2030 연방 과학 기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 годы)

134) 「러시아 연방의 과학기술 발전 전략」은 2016년 12월 1일자 러시아 연방 대통령령으로, 2021년 2월 8일자 러시아 연방 대통령령으로 「러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야에서 국가 과학기술정책을 실행하기 위한 조치에 관하여」가 공포되었다. 그리고 2022년 2월 8일에 러시아 연방 정부령 №133로 동 프로그램이 공포되었다.

135) 위 자료

136) 위 자료

직접 언급된 부분에 대한 내용이다.

### (1) 환경 및 기후 변화의 현황 분석(제2장)

“러시아의 대기 모니터링 시스템은 일부 해외 국가들과 달리 현재 대기 중 이른바 ‘블랙카본’(연료의 불완전 연소 산물)의 농도 모니터링을 포함하지 않는다. 블랙카본은 인체 건강에 해롭고, 지역 기후에도 영향을 미친다고 알려져 있으며(그 영향에 대한 평가는 상당히 상이하다), 이러한 이유로 블랙카본은 국제 기후 의제에서 상당히 중요한 위치를 차지하고 있다.”<sup>137)</sup>

본 장에 언급된 내용은 현재까지 러시아는 블랙카본 모니터링을 하지 않았음을 인정하고, 동시에 건강·기후 위험성 강조(당시 러시아 시스템에는 블랙카본 모니터링 시스템이 없음을 지적하고, 이번 프로그램이 사실상 처음으로 국가적 블랙카본 모니터링을 제도화하는 것)하고 있다. 또한, 블랙카본이 러시아 내부 정책뿐 아니라 국제 협력, 의제에서 핵심적으로 다뤄지고 있음을 나타내고 있다.

### (2) 프로그램 목표 및 주요 과제(제3장)

“러시아 연방 및 인접한 해양 수역에서 온실가스 및 탄소 순환 모니터링 시스템(지상·원격 모니터링 포함), 그리고 자연 생태계의 온실가스 흐름 및 탄소 예산 데이터 관리 시스템이 마련된다. 러시아 연방 영토 내 대기 중 ‘블랙카본’ 모니터링 시스템이 마련된다. 세계 해양의 주요 구역, 연안 및 러시아 연방 연해 수역의 기후·환경 모니터링 시스템이 마련된다.”<sup>138)</sup>

137) 러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021-2030 연방 과학 기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 годы) 제2장중 블랙카본 언급 부분을 저자가 번역했다.

138) 러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021-2030 연방 과학 기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерац

---

본 장은 블랙카본이 ‘정책적 개발 대상’으로 처음 명시된 부분이다. 즉, 블랙카본을 관측해야 할 과학적 변수가 아니라 개발하고 구축해야 할 국가 기술 시스템의 한 구성요소로 정의했다.

### (3) 기대성과 및 사회경제적 효과(제5장)

“프로그램 이행의 기대 성과는 메탄, 이산화탄소 및 블랙카본을 포함한 통합 온실가스 모니터링 시스템의 구축, 기후 변화 및 자연재해 위험 예측의 정확성 향상, 국가 차원의 기후 관측 및 환경 매개변수 데이터베이스 구축, 환경 및 자원관리 분야 정책결정을 위한 과학적·방법론적 기반 형성, 경제 및 인구의 기후변화 적응 조치의 효율성 제고이다.”<sup>139)</sup>

본 장에서는 블랙카본을 온실가스 감시체계의 구성요소로 명시하고 있다. 즉, 블랙카본이 더 이상 추가적으로 연구해야하는 항목이 아닌 정부가 2030년까지 달성해야 하는 구체적인 결과 항목으로 확정된 것으로 볼 수 있다.

### (4) 국제협력 및 프로그램 이행 체계(제6장)

“본 프로그램의 이행은 러시아 연방이 파리협정(Paris Agreement), 기후변화에 관한 유엔기본협약(UNFCCC), 그리고 북극이사회(Arctic Council) 내의 단기 기후오염물질(SLCP) 배출 감축 이행 의무, 그중에서도 특히 ‘블랙카본’ 감축 의무를 수행하는 것을 목적으로 한다.

이러한 국제적 의무의 이행은 러시아의 기후 연구 및 데이터 교류, 공동

---

ии и климатических изменений на 2021–2030 годы) 제3장에서 블랙카본 언급 부분을 저자가 번역했다.

139) 러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021–2030 연방 과학 기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы) 제5장에서 블랙카본 언급 부분을 저자가 번역했다.

기후적응 조치의 개발에 관한 국제 협력 강화를 촉진하고, 글로벌 기후 거버넌스 내에서 책임 있는 참여자로서의 러시아의 위상을 높일 것이다.”<sup>140)</sup>

본 장에서는 블랙카본이 파리협정과 유엔기후변화협약, 북극이사회 등 주요 국제협약에서 이행 항목으로 명확하게 언급되고 있다고 설명한다. 이를 바탕으로 러시아는 단기 기후오염물질 감축에 대한 국제적인 의무를 다 하고, 관련 협력에도 참여하겠다는 입장을 밝히고 있다. 이는 블랙카본이 단순히 국내 기후 정책의 한 부분을 넘어, 러시아 외교정책에서 기후협력의 주요 의제로 공식화된 첫 사례라고 볼 수 있다.

①북극지역 발전을 위한 국가정책 기본원칙(Basic Principles of Russian Federation State Policy in the Arctic to 2035: 블랙카본 감축보다는 화석연료 개발에 더 중점), ②러시아 2030 환경개발전략(Stratgy for Environmental Development of the Russian Federation for the Period up to 2030: 온실가스 감축과 에너지 효율성 개선), ③러시아 기후 독트린(Climate Doctrine of the Russian Federation, 2023 개정: 탄소중립 달성과 온실가스 감축에 중점을 두고 블랙카본에 대한 구체적인 목표는 없음), ④러시아 국가결정기여(Nationally Determined Contribution NDC)에서는 블랙카본에 대한 별도의 감축 목표를 언급하고 있지 않았다.<sup>141)</sup>

140) 러시아 연방의 환경 발전 및 기후 변화 분야 2021-2030 연방 과학 기술 프로그램(Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 годы) 제6장중 블랙카본 언급 부분을 저자가 번역했다.

141) Russian Federation(2020), Basic Principles of Russian Federation State Policy in the Arctic to 2035, Presidential Executive Order No. 164, The Kremlin Vladimir Putin approved basic principles of state policy in the Arctic(2025.03.05.)(검색일: 2025.9.21.); Russian Federation(2012), Strategy for Environmental Development of the Russian Federation for the Period up to 2030, Government Decree No. 2423-r, Official Government Portal (검색일: 2025.9.21.); Russian Federation(2023), Climate Doctrine of the Russian Federation, Presidential Decree, The Kremlin (검색일: 2025.9.21.); Russian Federation(2020), Nationally Determined Contribution of the Russian Federation,

---

러시아의 블랙카본 규제 주요 담당 부처는 천연자원환경부(Ministry of Natural Resources and Environment)로, 환경보호와 자원관리에 관해 포괄적인 권한을 가지고 있으며, 블랙카본을 포함한 대기 오염물질 규제에 환경정책 수립과 국제협력을 담당한다.<sup>142)</sup> 그밖에 러시아 연방 기상환경 모니터링청(Roshydromet)은 대기오염 모니터링과 블랙카본을 포함한 대기오염물질의 데이터 수집을 담당하며, 연방 자연감독청(Rosprirodnadzor)은 환경규제 집행 및 감독을 담당한다.

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

러시아의 블랙카본 규제 내용은 북극이사회 회의를 통해 간접적으로 이해할 수 있다. 2020년 10월 27, 28일 북극이사회 ACAP 실무그룹이 주최한 웨비나 회의에서 러시아를 비롯한 몇몇 북극권 국가들이 블랙카본과 메탄 감축을 위해 어떤 감축 방법이 효과적인지를 보여준다. 이 분석에는 러시아 석유회사인 가즈프롬 네프트(Gazprom Neft)와 브레즈카가스(BerezkaGas)뿐 아니라 러시아 천연자원환경부가 참여하여 자국의 블랙카본 및 메탄배출량을 정기적으로 보고하고, 북극권 내 주요 배출원(난방, 산업, 운송 등) 관리 및 저감 정책에 관한 정보를 공유하는 등 북극이사회 산하 연구단체가 운영하는 연구에 협력하였다.<sup>143)</sup> 이는 러시아는 자국 내 정책을 직접적으로 변화시키기보다는 국제적 감축 목표 설정, 데이터 제공, 모범사례 공유, 연구협력 등 간접적·거버넌스 중심의 역할을 수행하는 형태로 협력하였다는 사실을 말한다.<sup>144)</sup>

---

UNFCCC Secretariat (검색일: 2025.9.21.)

142) 러시아 천연자원환경부는 2011-2015년까지 미국-러시아 양자간 대통령 위원회 환경워킹그룹(EWG)의 파트너로 북극 블랙카본 이니셔티브에 참여한 바 있다. 이 기간 북극에서의 디젤 블랙카본 감축 프로젝트가 진행되어 러시아의 북극지역 블랙카본 주요 원인 평가와 감축 활동이 이루어졌다. 해양수산부·한국해양과학기술진흥원(2015), p. 79.

143) Arctic Council, How to reduce emissions of black carbon and methane in the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

러시아의 블랙카본 주요 배출원으로 석탄 및 석유 등의 화석연료의 불완전 연소, 산업시설, 운송(디젤차량), 난방 및 폐기물 소각을 꼽고 있다. 그러나 국가 차원의 블랙카본 전용 모니터링·규제 시스템은 갖추고 있지 않다.<sup>145)</sup> 이에 대해 핀란드가 북극이사회 의장국일 당시, 러시아의 소극적인 규제 정책에 대해 비판하기도 하였다.<sup>146)</sup> 따라서 블랙카본 배출에 대한 모니터링, 보고 및 검증 방법의 개선이 필요한 상황이다.

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

러시아는 북극이사회 활동, 미국과 양자협력, 국제연구 참여, 국제협약 준수의 네 가지 틀에서 블랙카본 국제협력에 참여해왔다. 먼저 러시아는 북극이사회 회원국으로, 2015년 채택된 블랙카본 및 메탄감축프레임워크에 공식 참여하여 블랙카본 배출 인벤토리 작성<sup>147)</sup>, 정책 정보 공유, 감축 노력 보고 의무를 수행하였다. 다만 당시 배출량 공식 보고서 제출의 실질적 이행에 미흡하다는 평가가 있었다.<sup>148)</sup> 두 번째 국제협력 형태로는 미국-러시아의 양자협력을 들 수 있다. 러시아는 미국 환경보호청(EPA)과 협력해 북극 러시아 지역의 블랙카본 디젤 이니셔티브(Black Carbon Diesel Initiative in the Russian Arctic) 프로젝트(2011~2016)를 추진, 무르만스크 등지에서 디젤 블랙카본 배출 실태 조사 및 저감 시범사업을 수행하

144) CAFF(2015), Actions for Arctic Biodiversity 2013-2021: Implementing the Recommendations of the Arctic Biodiversity Assessment, p. 19(검색일: 2025.5.12.)

145) 해수부, KMC, 한국해운협회(2022-2023), p. 48

146) Barents Observer(2019), U.S., Russia thwarting black carbon reduction in Arctic, says Finland(검색일: 2025.5.12.)

147) 인벤토리 관리는 온실가스나 블랙카본 등 오염물질이 얼마나, 어디서, 어떻게 배출되는지 정량적으로 조사해 목록(데이터베이스)으로 만드는 작업을 뜻한다. 인벤토리는 배출량의 출발점과 변화 추이를 파악하는 정책의 기초자료이자, 국제사회에 감축성과를 투명하게 보고하는 근거가 된다. 환경부, 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서(검색일: 2025.5.12.)

148) Arctic Council Archive(2015), NATIONAL REPORT BY RUSSIA - SEPTEMBER 2015: Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions- an Arctic Council Framework for Action(검색일: 2025.5.12.)

---

였다.<sup>149)</sup> 세 번째 형태인 국제연구 참여는 러시아 연구기관 및 전문가들이 북극이사회 AMAP과 2015년, 2021년 블랙카본 평가 보고서 연구에 참여한 것은 물론<sup>150)</sup>, 유럽연합과 북극 블랙카본에 관한 유럽연합 행동(European Union Action on Black Carbon in the Arctic, EUA-BCA)에 참여해 북극권 블랙카본 배출량 추정, 주요 배출원(가스 플레어링, 주거 난방, 해상운송 등) 분석, 정책 시나리오 평가, 국제 워크숍 개최 등을 수행하였다.<sup>151)</sup> 네 번째 협력은 국제협약을 준수하는 형태로, 러시아는 IMO의 Polar Code 등 국제협약을 통해 북극항로 선박의 환경성 강화, 연료 규제 등 블랙카본 저감 관련 규정을 일부 이행하고 있다.<sup>152)</sup> 이렇듯 러시아는 국가의 직접적인 블랙카본 정책을 펼치기보다는 간접적인 형태의 국제적 협력을 추구해 왔다. 2022년 우크라이나 침공 이후 국제협력 프레임 워크에서 상당히 고립되는 방향으로 변화하였다. 북극이사회 활동은 재개되었으나 러시아와의 근본적인 협력에는 한계가 있다. 따라서 북극권 내에서 활동하며 다량의 블랙카본을 배출하고 있으나 러시아의 주요 정책 문서에는 블랙카본에 대한 구체적인 목표가 설정되어 있지 않다.

## 2. 미국

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

미국은 알래스카 영토를 포함하고 있는 북극권 국가로, 블랙카본을 환경

---

149) EPA(2011), Black Carbon Diesel Initiative in the Russian Arctic(검색일: 2025.5.12.)

150) AMAP(2015), AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers, pp. 10, 17, 51. AMAP(2021), Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts, pp. 32, 49(검색일: 2025.5.12.)

151) EU(2021), A Call for bold regional and global actions to reduce black carbon emissions impacting the arctic(검색일: 2025.5.12.)

152) IMO, Shipping in polar waters(검색일: 2025.5.12.)

과 기후 이슈에 중요한 요소로 인식하고 있다. 때문에 블랙카본을 포함한 SLCP 저감을 북극 정책의 핵심 과제로 다룬다. 미국의 북극정책은 2022년 북극지역을 위한 국가전략(National Strategy for the Arctic Region, NSAR 2022)<sup>153)</sup>, 해양기후행동계획(Ocean Climate Action Plan 2023), 메탄 방출 감축 행동 계획(Methane Emissions Reduction Action Plan 2021) 등 주요 전략 문서에서 북극 환경보호와 함께 기후변화 대응의 일환으로 블랙카본 저감의 필요성을 강조한다.<sup>154)</sup> 바이든 행정부는 2021년 출범 직후 파리기후협약에 재가입하여 기후변화대응을 강화하였고, 미국 기후위기 대응을 위한 행정명령(Executive Order 14008)에 단기체류오염물질 감축을 위한 종합전략개발 내용을 발표하였다. 이 행정명령에는 기후 위기를 국가 안보의 최전선에 두고 있음을 표명하고 있으며, 메탄에 관한 언급이 여러 번 나타나는 반면, 블랙카본에 대한 직접적인 언급은 빠져있다.<sup>155)</sup> 다만, 바이든 정부와 달리 현 트럼프 2기 행정부(2025~)는 파리협정 재탈퇴, 화석연료 확대, 환경규제 완화 기조를 보이고 있어 블랙카본 규제의 강도와 일관성은 약화될 가능성이 크다.<sup>156)</sup>

미국 내 블랙카본을 관리하는 주관 부처는 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)으로, 대기청정법(Clean Air Act)에 근거해 블랙카본을 포함한 미세입자(PM2.5; 직경이 2.5마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 이하인 미세먼지) 배출을 규제한다. 미국 환경보호청(EPA)은 북극이사회 산하 ACAP(Arctic Contaminants Action Programme) 워킹그룹에서 미국 정부 대표로 활동하며, 블랙카본 등 SLCP 저감 프로젝트를 주도하고 있다.<sup>157)</sup>

153) 바이든 정부가 발표한 북극정책비전 4대 전략축은 향후 미국의 10년간의 안보, 기후·환경, 지속가능한 경제, 국제협력 및 거버넌스를 제시했다. 트럼프 2기 행정부의 NSAR은 아직 발표되지 않고 있다. The White House (2022), National Strategy for the Arctic Region, October 2022, (검색일: 2025.05.12.)

154) The White House(2023.3), p. 81(검색일: 2025.09.21); The White House(2021.11)(검색일: 2025.09.21)

155) The White House(2021.1.27.)(검색일: 2025.5.12.)

156) NPR(2025.1.21)(검색일: 2025.09.21)

---

그밖에 에너지부(Department of Energy)는 청정에너지 기술 개발을 통해 블랙카본 감축에 기여하며, 교통부(Department of Transportation)는 운송 부문의 배출 저감을 담당한다. 또한 국무부(Department of State)는 블랙카본 관련 국제협력을 주도하고 있다.

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

미국도 러시아와 마찬가지로 블랙카본에 대한 직접적인 규제 제도는 없으나, PM2.5 규제를 통해 간접적으로 블랙카본 배출을 관리하고 있다. 다만 러시아와 달리 알래스카 등 북극권에서 주거용 난방, 디젤 엔진, 발전소, 선박 등 다양한 배출원을 대상으로 체계적인 인벤토리 구축, 배출허용 기준 설정, 모니터링 및 정책평가를 수행한다는 점에서 차이를 보인다. 특히 알래스카 페어뱅크스 지역은 겨울철 온도역전 현상과 목재난로 사용 증가로 PM2.5 오염이 심각해, 환경청(EPA)과 알래스카 환경보호청(Alaska Department of Environmental Conservation, ADEC)은 알래스카만을 위한 맞춤형 대책을 공동 추진해 왔다.<sup>157)</sup>

승인 제안된 알래스카의 대기질 개선계획은 2027년까지 연방 PM2.5 기준 달성을 목표로 하며, 주요 내용으로 건조목 사용 의무 강화(목재난로), 커피로스터 배출기준 하향, 석탄스토브 규제 강화, 발전소 PM2.5 배출 한도 허가조건 부여, 주택 매매 전 에너지 진단·등급 보고 의무, 비상시 추가 감축조치 등을 포함한다. 또한 2015년 평균 약 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준이던 FNSB의 PM2.5가 최근 평균 절반가량 감소했으나, 겨울철 기온 역전기에는 여전히

---

157) EPA는 ACAP 내 단기기후오염물질 전문가그룹(SLCP EG) 공동의장국으로서, 북극권 내 블랙카본 배출원(디젤, 가스 플레어링, 선박, 산불, 목재난방 등) 분석, 감축 시범사업, 정책 권고, 데이터 공유 등 다양한 국제협력 활동을 이끌고 있다. EPA, EPA's Role in the Arctic Council(검색일: 2025.5.12.)

158) EPA, EPA proposes approval of Alaska's plan to reduce harmful air pollution in Fairbanks North Star Borough(검색일: 2025.5.12.)

24시간 기준( $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 약 2배에 달한다는 점이 지적되었다.<sup>159)</sup> 이렇듯 미국 환경청은 알래스카 정부와 협력해 대기질 개선계획의 이행을 제안 및 감독하고, 지역사회의 참여를 독려함과 동시에 관련 데이터를 국제사회와 공유한다.<sup>160)</sup> 또 대기질 기준 미달 시 교통·산업 관련 신규 사업을 제한하여(연방자금제한, 신규오염권 규제 강화 등), 실질적 이행을 담보한다.<sup>161)</sup>

알래스카에서 시행되는 제도 외에 미국 모든 주에서는 미국 환경보호청(EPA)을 중심으로 블랙카본 규제를 위한 디젤배출감축법(DERA, Diesel Emissions Reduction Act)을 실시하고 있다. DERA 프로그램(이 법에 의해 운영되는 프로그램)은 2005년 에너지 정책법의 일부로 설립되었으며, 노후 디젤 엔진의 교체 및 개조를 지원하여 블랙카본 배출을 줄이는데 중점을 두고 있다.<sup>162)</sup> DERA 프로그램을 통해 2018년까지 미세먼지 16,800톤, 질소산화물 491,000톤, 이산화탄소 5.3백만 톤, 블랙카본 11,000톤 이상의 배출량이 감소했다.<sup>163)</sup> 이처럼 미국은 알래스카뿐만 아니라 전국적으로 DERA와 같은 제도를 시행하며 다양한 부문별 규제를 통해 블랙카본 배출을 통제하고 있다. 그러나 미국은 블랙카본을 직접 규제하기보다는 PM<sub>2.5</sub> 규제를 통해 간접적으로 블랙카본 배출을 관리하는 접근법을 사용한다. 기후·청정대기연합(Climate and Clean Air Coalition)에 따르면, 블랙카본은 PM<sub>2.5</sub>의 구성요소이지만 특유의 기후영향·건강영향 요소를 가지고 있어,<sup>164)</sup> 블랙카본의 특성을 고려한 추가적인 관리 방안

159) EPA, EPA proposes approval of Alaska's plan to reduce harmful air pollution in Fairbanks North Star Borough(검색일: 2025.5.12.)

160) STATE OF ALASKA, Development of the FNSB State Implementation Plan(검색일: 2025.5.12.)

161) EPA, Fairbanks Air Quality Plan(검색일: 2025.5.12.)

162) EPA, Learn About Impacts of Diesel Exhaust and the Diesel Emissions Reduction Act (DERA)(검색일: 2025.5.12.)

163) SHELLEY MOORE CAPITO, Senate EPW Approves Diesel Emissions Bill(검색일: 2025.5.12.)

164) CCAC, Black carbon(검색일: 2025.5.12.)

---

이 필요하다.

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

미국의 블랙카본 관련 국제협력도 북극이사회 활동, 타국과의 양자협력, 국제연구참여, 국제협약 준수의 네 가지 틀에서 설명할 수 있다. 먼저 미국도 북극이사회 회원국으로 2015-2017년 의장국 기간 동안 블랙카본 및 메탄 감축 프레임워크 채택과 이행에 주도적으로 참여하였다. 특히 미국 환경청은 북극이사회 산하 ACAP, AMAP 워킹그룹 활동을 주도하며 블랙카본 감축 시범사업, 정책개발, 데이터 공유, 사례 연구 플랫폼 운영 등 다양한 실무를 이끌었다.<sup>165)</sup> 양자협력 측면에서 미국은 러시아와 북극 디젤 블랙카본 이니셔티브 및 캐나다와 청정에너지 대화와 같은 양국 협력을 통해 대기오염 문제를 해결하기 위해 노력해오고 있다.<sup>166)</sup> 국제연구 참여에도 적극적이어서, NASA, NOAA, EPA 등은 블랙카본의 기후 영향에 관한 과학적 연구를 주도하며 과학계에 기여하고 있다.<sup>167)</sup> 국제협약 준수 측면에서 미국은 IMO의 선박 배출규제강화를 참여·지시하며, <sup>168)</sup> 기후·청정 대기연합(CCAC)의 창립회원국으로서 단기체류 기후오염물질 감축을 위한 글로벌 이니셔티브에 재정적, 기술적 지원을 제공하고 있다.<sup>169)</sup> 이렇듯 미국은 러시아와 달리 국내 규제와 국제협력 간의 일관성을 높이는 방향으로

---

165) Arctic Council(2015), U.S. Chairmanship Brochure 2015-2017(검색일: 2025.5.12.)

166) Government of Canada, Canada and United States announce renewed commitment on climate and nature ambition(검색일: 2025.5.12.) White House, Joint Statement by President Biden and Prime Minister Trudeau(검색일: 2025.5.12.)

167) AMAP(2015), AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers(검색일: 2025.5.12.) EPA, SCIENCE IN ACTION, BLACK CARBON RESEARCH AND FUTURE STRATEGIES(검색일: 2025.5.12.)

168) DNV, Emissions control in the USA In US territorial waters, regulations on emissions from ships are managed by the Environmental Protection Agency (EPA)(검색일: 2025.5.12.)

169) CCAC, First Anniversary of the Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants(검색일: 2025.5.12.)

정책을 추진할 뿐 아니라, 기술개발과 민간 부문 참여를 강조하는 접근법을 취하고 있다. 다만 트럼프 2기 정부의 북극정책 및 기후환경 대응 방안은 바이든 정부와 다를 것으로 예상되는 만큼 앞으로 정책의 일관성과 강도에서 차이가 있을 것으로 보인다.

### 3. 캐나다

#### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

캐나다는 북극 지역에 영토를 보유한 국가로, 블랙카본 정책 프레임워크는 국제적 약속과 국내 법·제도에 기반해 체계적으로 운영된다. 정책의 핵심은 블랙카본을 단기체류 기후오염물질로 인식하고, 기후변화와 원주민 건강에 미치는 영향을 동시에 관리하는 데 있다. 캐나다 정책프레임워크는 북극이사회 프레임워크, 고텐부르크 의정서, UNFCCC NDC 세 가지를 들 수 있다. 북극이사회 블랙카본 및 메탄 감축 프레임워크는 2015년 채택되어 2025년까지 2013년 대비 블랙카본 배출량을 25~33% 감축하는 공동 목표를 설정했다. 이에 따라 캐나다는 매년 배출량을 보고하며, 정책 목표의 국제적 기준으로 삼고 있다.<sup>170)</sup> 고텐부르크 의정서(Gothenburg Protocol) 개정안은 2017년 캐나다가 비준한 의정서로 블랙카본을 미세먼지의 구성요소로 포함하는 최초의 법적 구속력이 있는 국제협약이다. 캐나다는 이 의정서에 따라 블랙카본을 미세먼지(PM2.5) 관리의 핵심으로 규정한다.<sup>171)</sup> 그 외에 캐나다는 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 따른 국가

170) ARCTIC COUNCIL, ANNEX 4. IQALUIT 2015 SAO REPORT TO MINISTERS. ENHANCED BLACK CARBON AND METHANE EMISSIONS REDUCTIONS AN ARCTIC COUNCIL FRAMEWORK FOR ACTION(검색일: 2025.5.12.)

171) Government of Canada, Gothenburg Protocol to reduce transboundary air pollution (검색일: 2025.5.12.)

---

결정기여(NDC)에 공식 온실가스 7종(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>) 감축목표를 명시하고 있으며, 블랙카본(BC)은 그 대상에 포함되지 않는다. 다만 캐나다는 SLCP(BC 포함) 감축을 별도 정책과 국제협력 틀(북극이사회·CLRTAP)로 병행하고, 매년 『Canada's Black Carbon Inventory Report』를 통해 BC 배출을 국가 온실가스 인벤토리(NIR)와 별도로 보고·공개한다.<sup>172)</sup>

캐나다의 블랙카본 정책 관리 주요 담당 기관은 환경기후변화부(Environment and Climate Change Canada, ECCC)이다. 이 부처는 환경정책과 프로그램을 계획하고 보존하는 책임을 맡고 있다. 환경기후변화부 내에서는 오염물질 인벤토리 및 보고부서(Pollutant Inventories and Reporting Division)가 캐나다 블랙카본 배출량 인벤토리 보고서 작성을 담당한다.<sup>173)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

캐나다는 환경보호법(Canadian Environmental Protection Act 1999, CEPA)를 근거로 블랙카본을 포함한 유해 대기오염물질을 규제한다.<sup>174)</sup> 산업·수송·에너지 부문별로 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 배출기준을 설정하고, 이를 통해 간접적으로 블랙카본을 관리한다.<sup>175)</sup> 그리고 2019년부터 시행된 탄소가격제(Carbon Pricing: 이산화탄소 등 온실가스 배출에 비용

---

172) UNFCCC, CANADA'S 2021 NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION UNDER THE PARIS AGREEMENT(검색일: 2025.5.12.) UNFCCC, CANADA'S 2035 NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION(검색일: 2025.5.12.)

173) Government of Canada (2025), Canada's Black Carbon Inventory Report — 2025 Edition, Chapter 1 ("The report is prepared and published by Environment and Climate Change Canada (ECCC)."),(검색일: 2025.09.21.)

174) ECOJUSTICE, Working to bring CEPA into the 21st century(검색일: 2025.5.12.)

175) Government of Canada, Canada's Black Carbon Inventory Report 2025 (검색일: 2025.5.12.)

을 부과하는 제도)를 도입해, 기업과 소비자가 화석연료(석탄, 석유, 천연가스 등) 사용을 줄이도록 경제적 인센티브를 제공하고 있다. 이를 통해 블랙카본 감축에도 기여하고 있다.<sup>176)</sup>

환경기후변화부(ECCC)의 인벤토리에 따르면 주요 배출원은 가정용 목재 연소(20%), 오프로드 디젤 엔진(32%), 교통 부문(9.9%), 석유·가스 부문(12%)으로 나타난다. 정부는 각 부문별로 특화된 규제를 적용하며, 예를 들어 목재 난로 교체 프로그램, 오프로드 압축 점화 엔진 배출 규정, 중장비 차량 온실가스 규정 등을 통해 체계적으로 관리한다. 산불 등 자연적 배출원은 별도 관리하며, 인위적 배출만 공식 집계에 포함된다.<sup>177)</sup>

ECCC는 매년 Canada's Black Carbon Inventory Report를 발간해 배출량을 공식적으로 집계·공개한다. 이 인벤토리는 국제 기준(UNECE CLRTAP, 북극이사회 등)에 따라 작성되며, 최신 과학기술(센서, 위성, 현장측정 등)을 활용해 배출원별·지역별로 세분화된 데이터를 제공한다.<sup>178)</sup> 선박 등 북극해역 통항 선박은 '캐나다 북부 선박통항서비스구역 규정(Northern Canada Vessel Traffic Services Zone Regulations)'에 따라 입출항·운항상태를 의무적으로 보고해야 하며, 이 데이터도 모니터링에 활용된다.<sup>179)</sup>

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

캐나다도 북극이사회 회원국으로 산하의 블랙카본·메탄 배출그룹(Black

176) Government of Canada, Carbon pollution pricing systems across Canada (검색일: 2025.5.12.)

177) Government of Canada(2025), CANADA'S BLACK CARBON INVENTORY REPORT 2013-2023(검색일: 2025.5.12.)

178) Government of Canada, Canada's Black Carbon Inventory Report 2025 (검색일: 2025.5.12.)

179) Government of Canada, Justice Laws Website(검색일: 2025.5.12.)

---

Carbon and Methane Expert Group)에서 감축 프레임워크를 이행하며 회원국들과 함께 북극지역 블랙카본 감축 목표 설정, 정책개발, 정보 공유 및 과학적 평가에 적극 참여하고 있다.<sup>180)</sup> 또한 캐나다는 미국과 양자협력의 상대국가이다. 가장 대표적인 공식 협력은 1991년 체결된 미국-캐나다 대기질 협정(Canada-United States Air Quality Agreement)으로 양국은 산성비, 미세먼지(PM), 오존, 블랙카본 등 월경성 대기오염 감축을 위해 공동규제, 과학연구, 정보 공유, 모니터링, 정책 연계를 활발히 추진해오고 있다.<sup>181)</sup> 국제연구 참여로는 UNECE CLRTAP(장거리월경대기오염협약), AMAP(Arctic Monitoring and Assessment Programme) 등 국제 연구 네트워크에 참여해 블랙카본 배출 평가, 과학적 데이터 공유, 정책개발에 기여하고 있다.<sup>182)</sup> 국제협약 준수 내용으로 캐나다는 IMO 해양오염방지 협약(MARPOL)과 북극해 선박 연료규제 등 국제협약을 준수하며, 선박에서 발생하는 블랙카본 배출 저감을 위한 정책을 적극 이행하고 있다. 2024년 MEPC 82에서 캐나다 북극해가 MARPOL Annex VI상의 배출통제구역(ECA, NO<sub>x</sub>·SO<sub>x</sub>·PM 대상)으로 채택되었고, 발효일은 2026년 3월 1일이다. NO<sub>x</sub> Tier III 요건은 2025년 1월 1일 이후 건조선이 캐나다 북극 ECA(Emission Contril Area)에서 운항할 때 적용되며, SO<sub>x</sub> 0.10% 연료유 황함량 및 PM 규정은 2027년 3월 1일부터 시행된다(PM에는 블랙카본이 포함되지만, BC에 대한 별도의 직접 기준은 아님—PM 규제를 통한 간접 감축).<sup>183)</sup>

---

180) Arctic Council, Black Carbon and Methane(검색일: 2025.5.12.)

181) International Joint Commission, Canada-United States Air Quality Agreement (검색일: 2025.5.12.)

182) UNECE, Arctic Council welcomes UNECE work on black carbon(검색일: 2025.5.12.)

183) Friends of the Earth International, WWF, Pacific Environment (2024), Regulating Black Carbon emissions from international shipping impacting the Arctic, Submission to IMO MEPC 81(검색일: 2025.5.12.)

## 4. 노르웨이

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

노르웨이의 블랙카본 정책은 여러 국제기준과 규범(북극이사회, CLRTAP, EU, IMO 등)에 따라 다양한 국제협약과 지역적 규제를 동시에 적용받고 있다. 큰 틀에서 노르웨이는 2015년 파리기후변화협약(Paris Agreement)에 따라 2030년까지 온실가스 감축 목표를 국제적으로 약속했으나, 블랙카본(Black Carbon)은 파리협정 공식 보고 의무에는 포함되어 있지 않다. 즉, 국가 온실가스 인벤토리(NIR) 대상이 아니다. 노르웨이는 자발적으로 2015년부터 장거리월경대기오염협약(CLRTAP)과 북극이사회(Arctic Council) 틀에서 블랙카본 배출량을 매년 보고하고, 감축 정책을 개발·이행하고 있다.<sup>184)</sup> 국내 정책은 EU와의 협정에 따라 배출권거래제(EU ETS), 비ETS 부문 감축, 토지이용·임업(LULUCF) 규제 등 다양한 국제 규범을 통합해 이행하고 있으며, 블랙카본도 이러한 맥락에서 지속적으로 관리되고 있다.

노르웨이에서 블랙카본 정책을 총괄하는 부처는 노르웨이 기후환경부(Ministry of Climate and Environment)이며, 노르웨이 환경청(Norwegian Environment Agency)이 구체적 이행, 감축평가, 보고업무를 담당한다.<sup>185)</sup>

### 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

노르웨어도 다른 북극권 국가와 마찬가지로 블랙카본에 대한 직접적인

184) Arctic Council (2017), National Report by Norway 2017(검색일: 2025.5.12.)

185) Ministry of Climate and Environment (2021), Norway's Climate Action Plan for 2021-2030(검색일: 2025.5.12.)

---

규제 제도는 없으나, 북극이사회와 CLRTAP의 블랙카본 감축 프레임워크에 따라 배출량을 보고하고 감축 목표를 설정한다.<sup>186)</sup> 그리고 노르웨이는 EU 회원국은 아니지만, 유럽경제지역(EEA) 협약을 통해 EU의 환경 기준과 배출 규제를 국내 정책에 반영하고 있다. 예로 대기오염물질 배출한도, 교통·산업 부문 규제 등은 EU 지침을 따른다.<sup>187)</sup> 북극이사회와 CLRTAP는 주로 자발적 감축과 데이터 공유에 중점을 두고, EU는 법적 구속력이 있는 배출한계와 감축 목표, 공식 보고 의무를 강화하는 방식이다.<sup>188)</sup>

노르웨이의 블랙카본 주요 배출원은 주거용 목재연소, 도로 운송(특히 디젤 차량), 해상 운송(선박)이며, 이들 부문이 전체 배출에서 가장 큰 비중을 차지한다. 2022년 기준, 가장 큰 배출원은 주거용 목재연소(wood combustion in private households)였고, 그 다음이 도로 운송(road transport), 세 번째가 해상 운송(national navigation, shipping)이었다. 이에 정부는 노후 디젤차 조기 폐차, 친환경 선박 연료 전환, 고효율 목재난로 보급 등 다양한 감축 정책을 시행하고 있다.<sup>189)</sup>

블랙카본 배출량은 국가 ‘대기오염물질 인벤토리(air pollutant inventory, CLRTAP 체계)’에서 공식적으로 산정·관리되며(UNFCCC NIR과 별개), 측정소에서는 전용 장비(aethalometer)로 실시간 모니터링이 이루어진다.<sup>190)</sup> 이 데이터는 UNECE CLRTAP 등 국제기구에 정기적으로 보고되어 정책 효과 평가와 규제 준수에 활용되고 있다.<sup>191)</sup>

---

186) Cowan, E. C., Allan, J. I., Seppala, T., Maes, T., & Wilson, S. (2025).

187) Norwegian Ministry of Climate and Environment. (2021), pp. 13, 42.

188) 정혁(2021), pp. 131-166.

189) Norwegian Ministry of Climate and Environment(2025), Norway's first Biennial Transparency Report under the Paris Agreement, p. 17(검색일: 2025.5.12.)

190) Backman, J., et al. (2016), pp. 1-31.

191) AMAP. Policy action on black carbon and methane in the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

노르웨이는 블랙카본 감축을 위해 다양한 국제협력에 적극적으로 참여하고 있다. 북극이사회 차원에서는 회원국으로서 블랙카본과 메탄 감축을 위한 공동 프레임워크이행에 앞장서며, 각국의 감축 목표 설정, 정책 권고, 데이터 공유, 그리고 전문가 그룹(EGBCM) 활동을 통해 협력하고 있다.<sup>192)</sup> 양자협력 차원에서 노르웨이는 EU, 아이슬란드 등과의 기후협력(양자협력) 및 개발도상국과의 양자 지원 프로그램을 통해 블랙카본 등 단기 기후오염물질(SLCFs) 감축 정책을 적극적으로 추진하고 있다.<sup>193)</sup> 국제 연구 차원에서는 AMAP(Arctic Monitoring and Assessment Programme) 등 국제 네트워크와 스발바르 제프펠린 관측소 등에서의 실측 자료 제공 등 과학적 연구와 국제 공동연구에 기여하고 있다.<sup>194)</sup> 끝으로 국제협약 준수 차원에서는 UNECE CLRTAP 등 국제협약에 따라 블랙카본 배출량을 공식 산정·관리하고, 정기적으로 국제기구에 보고하여 정책 평가와 규제 준수에 활용하고 있다. 이와 같이 노르웨이는 파리협정 공식 NIR에는 블랙카본이 포함되지 않으며, CLRTAP 및 북극이사회 체계에서 별도 보고를 수행한다.

192) Arctic Council Expert Group on Black Carbon and Methane. (2017), Summary of Progress and Recommendations: Framework for Action on Black Carbon and Methane(검색일: 2025.5.12.)

193) Arctic Council. (2021), Norway – National Reporting to the Framework for Action on Black Carbon and Methane 2021, p. 7(검색일: 2025.5.12.)

194) Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). About the AMAP Programme (검색일: 2025.5.12.); Norwegian Polar Institute, The Zeppelin Observatory in Ny-Ålesund (검색일: 2025.9.21.)

---

## 5. 스웨덴

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

스웨덴의 블랙카본 정책은 국가 기후정책의 중요한 부분으로, 블랙카본을 SLCP로 인식하고 체계적으로 관리하고 있다. 스웨덴은 2017년, 기후법(Climate Act)을 채택하고 2018년부터 시행했다. 이 법은 2045년까지 탄소중립을 달성하는 국가 목표를 법제화하였으며, 정부가 기후정책 행동계획을 4년마다 제출하도록 의무화하였다. 비록 블랙카본을 직접 언급하지는 않지만, 온실가스 감축과 함께 대기오염물질 관리의 법적 기반을 제공하였다.<sup>195)</sup> 또 스웨덴은 2012년 개정된 고텐부르크 의정서에 적극 참여했으며, 이 의정서는 최초로 블랙카본 배출 감축을 포함하고 있다. 스웨덴은 2020년 의정서 집행기구 의장국으로서 블랙카본 감축 강화와 메탄 배출 감소 포함을 위한 검토를 주도하였다.<sup>196)</sup> 그밖에 스웨덴은 2013년 북극이사회 단기체류 기후오염물질 테스크포스 의장국 당시, 블랙카본 및 메탄 배출 감축 권고안을 발표했고, 2017년 북극이사회의 2025년까지 블랙카본 25-33% 감축 목표에 적극 동참하고 있다.<sup>197)</sup>

스웨덴의 블랙카본 정책 담당기관은 크게 세 부처를 들 수 있다. 스웨덴 에너지청(Swedish Energy Agency)은 에너지 및 기후정책의 수립과 이행을 총괄하여 블랙카본 감축 정책의 실무를 담당하며, 스웨덴 환경보호청(Swedish Environmental Protection Agency)은 환경정책 전반을 주도하며, 블랙카본 등 대기오염물질 감축을 위한 정책 지원 및 이행 점검 역할을 한다.<sup>198)</sup> 스웨덴은 기후정책위원회(Climate Policy Council)를 독립

---

195) European Parliamentary Research Service. (2024). Sweden's climate action strategy (검색일: 2025.5.12.)

196) CCAC, Sweden(검색일: 2025.5.12.)

197) CCAC, Arctic Countries commit to reduce black carbon emissions by as much as a third (검색일: 2025.5.12.)

적으로 설치하여 과학적 자문 및 정부 정책의 목표 달성 여부를 정기적으로 점검하고 평가한다.<sup>199)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

스웨덴은 블랙카본 감축을 위해 주요 배출원에 대한 체계적인 규제와 선진적인 모니터링 시스템을 운영하고 있다. 우선, 교통(특히 디젤 차량), 소규모 고체연료 난방(목재 스토브 등), 산업공정이 주요 배출원으로 규정되어 있어 이에 대해 중점적으로 관리하고 있다. 예를 들어, 노후 디젤차 운행 제한, 친환경 난방기기 보급, 산업 배출시설의 정기적 점검 및 필터링 장치 설치가 의무화되어 있다.<sup>200)</sup> 또 스웨덴은 세계에서 가장 높은 수준의 탄소세를 부과(2023년 기준 약 126달러/CO<sub>2</sub>톤, 또는 112~130유로/톤)하고 있다. 이 탄소세의 과세대상은 CO<sub>2</sub>eq 배출(연료의 탄소 함량)에 한정되며, 블랙카본은 직접 과세 대상이 아니다. 다만 화석연료 사용 억제·연료전환 효과로 블랙카본 등 대기오염물질은 간접적으로 감축된다.<sup>201)</sup> 최근 5년간 스웨덴은 기존 정책을 더욱 강화하여 2017년부터 스톡홀름의 모든 버스를 재생연료로 운행하도록 하는 등 대중교통 부문의 친환경화를 앞당겨 달성했다.<sup>202)</sup> 또한 2017년 스웨덴 환경보호청과 에너지청은 가정용 목재 연소가 주요 블랙카본 배출원임을 인식하고, 에너지 효율적인 목재 연소 기술에 관한 정보 캠페인을 시작했다. 2020년에는 고텐부르크 의정서

198) European Commission. (2020), Sweden's Integrated National Energy and Climate Plan (NECP), p. 7(검색일: 2025.5.12.)

199) Swedish Climate Policy Council. (2024), Report of the Swedish Climate Policy Council 2024(검색일: 2025.5.12.)

200) Swedish Environmental Protection Agency. (2025), Informative Inventory Report Sweden 2025, p. 33(검색일: 2025.5.12.)

201) Tax foundation Europe, Looking Back on 30 years of Carbon Taxes in Sweden (검색일: 2025.5.12.)

202) European Commission. (2023), EU Climate Action: Sweden Country Factsheet 2023 (검색일: 2025.5.12.)

---

집행기구 의장국으로서 블랙카본 배출 감축 강화와 메탄 배출 감소를 포함하는 의정서 개정 검토를 주도했다.<sup>203)</sup> 산업 부문에서는 2023년부터 2025년까지 산업 도약 이니셔티브에 연간 5,500만 유로의 추가 자금을 할당하여 저탄소 기술 개발을 지원하고 있으며,<sup>204)</sup> 2025-30년 동안 바이오연료 혼합 의무화 비율을 6%에서 10%로 높이는 정책을 추진하고 있다.<sup>205)</sup> 이러한 정책들의 효과는 모니터링 시스템을 통해 지속적으로 평가되며, 기후정책위원회는 매년 정부에 진행 보고서를 제출하여 배출 추세를 검토하고 있다. 이러한 노력으로 스웨덴은 2023년 기준 2005년 대비 72.6%의 온실가스 순배출량 감소를 달성했는데, 이는 EU 평균(30.5%)을 크게 상회하는 성과이다.<sup>206)</sup>

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

스웨덴의 블랙카본 정책 국제협력 실태를 크게 4가지 차원으로 나누어 볼 수 있다. 먼저 북극이사회 활동 차원에서 스웨덴은 EGBCM(Black Carbon and Methane Expert Group) 활동에 적극 참여, ACAP(Arctic Contaminants Action Programme), AMAP(Arctic Monitoring and Assessment Programme) 세 가지 활동을 통해 블랙카본, 메탄배출감축을 위한 목표에 합의하고 실행하는 중이다. 북극이사회는 2013년 수준 대비 블랙카본 배출을 2025년까지 25-33% 감축하는 공동 목표를 설정한 바 있다.<sup>207)</sup> 양자협력차원에서 2019년 스웨덴-인도 공동주도로 CCAC(기후청정대기연합) 틀에서 철강·시멘트 산업의 블랙카본 배출 저감기술협력을 추

---

203) CCAC, Sweden, <https://www.ccacoalition.org/partners/sweden>(검색일: 2025.5.12.)

204) Swedish Energy Agency, The Industrial Leap(검색일: 2025.5.12.)

205) Research Institutes of Sweden(RISE)(검색일: 2025.5.12.)

206) European Parliament, Sweden's climate action strategy(검색일: 2025.5.12.)

207) ARCTIC COUNCIL, Arctic states on track to reach the collective goal on black carbon emissions(검색일: 2025.5.12.)

진한 바 있다.<sup>208)</sup> 또 스웨덴 해양수산관리청은 2020년 중국·러시아와 함께 환경협력을 진행하였다. 중국과는 해양공간계획수립협력을, 러시아와는 바렌츠해 지역 블랙카본 배출량 공동 측정 프로젝트를 진행하였다.<sup>209)</sup> 국제연구 참여 측면에서 스웨덴은 EU 파트너십 기금 지원으로 노르웨이, 핀란드와 함께 북극의 블랙카본 영향을 연구(ABC-iCAP 프로젝트(2022-2023))했으며,<sup>210)</sup> 2013년부터 2020년까지 스웨덴이 주도하여 진행한 대기-기후 통합 연구 SCAC(Swedish Clean Air & Climate Research Program) 프로그램이 있다.<sup>211)</sup> 그밖에 스웨덴은 최근 다양한 국제협약을 통해 블랙카본 감축의무 이행을 적극 이행하고 있다. 2020년 CLRTAP(장거리 국경간 대기오염에 관한 협약) 집행기구 의장국으로서 고텐부르크 의정서 검토를 주도하여 블랙카본 배출 감축 기회를 확대하였다. EU의 북극 블랙카본 대응 조치에도 적극 참여하며 주요 배출원에 대한 명확한 감축 목표 설정을 지원하고 있다.<sup>212)</sup> 2024년에는 스웨덴이 덴마크와 함께 선박에서 발생하는 스크러버 폐수 배출을 자국 영해에서 금지하는 조치를 취했으며, 이는 블랙카본 배출 관련 해양 환경 보호에 기여하고 있다.<sup>213)</sup>

208) CCAC, SWEDEN(검색일: 2025.5.12.)

209) Naturvardsverket. (2021), Bilateral environmental and climate cooperation with strategic countries, funded by allocation 1:13: Annual report for 2020 (Report No. 7006)(검색일: 2025.5.12.)

210) Finnish Environment Institute (SYKE). Arctic Black Carbon Impacting Climate and Air Pollution (ABC-iCAP)(검색일: 2025.5.12.)

211) IVL Swedish Environmental Research Institute. (n.d.), SCAC - Swedish Clean Air & Climate Research Program(검색일: 2025.5.12.)

212) EU Action on Black Carbon in the Arctic (EUA-BCA). (n.d.), An EU Initiative to Support International Policy to Reduce Black Carbon(검색일: 2025.5.12.)

213) CCAC, IMO Sets Clear Pathway for Future Black Carbon Regulation for Shipping(검색일: 2025.5.12.)

---

## 6. 핀란드

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

핀란드는 블랙카본 감축을 위한 별도의 독립 전략을 두지 않고, 여러 주요 정책에 통합적으로 반영해 추진하고 있다. 첫째 기후변화법(Climate Change Act, 개정 2022)에 의거하여 2030년(-60%), 2040년(-80%), 2050년(-90%~95%) 온실가스 감축 목표 및 2035년 탄소중립 목표를 명시하여, 연간 기후 보고서로 진행 상황을 모니터링하고 있다.<sup>214)</sup> 둘째 중기 기후변화 정책계획(2022)에 따라 2030년까지 교통, 에너지, 농업, 건물 난방 등 주요 배출 부문에서 블랙카본 배출량을 절반으로 줄이는 구체적인 조치를 제시하고 있다.<sup>215)</sup> 셋째 국가 대기오염 관리 프로그램(2019)은 대기오염물질 저감 목표와 이행 방안을 담고 있으며, 블랙카본을 대기오염물질로 다루면서도 기후 이익을 연계하는 접근법을 담고 있다.<sup>216)</sup> 넷째 핀란드 정부 프로그램으로 2035년까지 화석연료 없는 복지국가 실현, 탄소 흡수원 강화 등을 목표로 한다. 지방자치단체의 기후 계획 수립을 지원하고, 다양한 사회 주체들의 참여를 촉진하고 있다.<sup>217)</sup>

핀란드의 블랙카본 감축 정책을 담당하는 핵심 중추 기관은 환경부와 경제고용부이다. 정책총괄은 환경부(Ministry of the Environment), 인벤토리 작성은 핀란드 환경연구원(SYKE), 모니터링은 핀란드 기상연구소(FMI)가 담당한다.<sup>218)</sup> SYKE는 CLRTAP에 매년 NFR 서식으로 대기오염물질·BC 배출을 제출하고, FMI는 실시간 BC 관측(온라인 서비스 포함)을

---

214) State Treasury Republic Finland, Carbon Neutral Finland 2035(검색일: 2025.5.12.)

215) Ministry of the Environment, Finland. (2022, June 2), Towards carbon-neutral Finland - Government adopts Medium-term Climate Change Policy Plan(검색일: 2025.5.12.)

216) CCAC, FINLAND(검색일: 2025.5.12.)

217) United Nations. Finland will achieve carbon neutrality by 2035. United Nations Partnerships for SDGs platform(검색일: 2025.5.12.)

218) Ministry of the Environment, Finland., Finland's national climate policy(검색일: 2025.5.12.)

운영한다.<sup>219)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

핀란드는 주요 배출원을 교통(경유 차량 및 비도로 이동기계), 소형 고체 연료 연소시설(가정용 목재), 산업(금속, 목재 가공 등), 농업(노천 소각, 농업잔재물 연소), 산불 및 산림관리 화재로 보고 있다.<sup>220)</sup> 블랙카본 배출량의 산정·제출은 ‘국가 대기오염물질 배출 인벤토리’(CLRTAP NFR)로 이루어지며, UNFCCC 국가 온실가스 인벤토리(NIR)와는 별개다. 이에 따라 교통 부문에서는 최신 유럽연합(EU) 배출기준(Euro 6/VI 등)을 도입해 경유 차량과 비도로 이동기계의 배출가스를 엄격히 규제하고, 노후 경유차의 운행 제한, 친환경 연료 전환, 전기차 보급 확대 정책을 추진하고 있다.<sup>221)</sup> 소형 고체연료 연소시설의 경우, 연소기기 인증제도와 연료 품질 기준을 강화하고, 올바른 사용 가이드라인 제공을 통해 블랙카본 배출을 줄이고 있다. 산업 및 발전 부문은 EU 배출권거래제(ETS)와 대기오염물질 허가제도를 통해 각 시설의 배출량 산정과 감시를 의무화하고 있다.<sup>222)</sup> 농업 및 산림 부문에서는 노천소각, 농업잔재물 연소, 산불 등은 산림법과 환경법, 그리고 국가 산림전략의 지침에 따라 엄격히 규제 및 관리되며, 산불 예방과 신속 대응 시스템이 구축되어 있다.<sup>223)</sup>

219) Finnish Environment Institute (SYKE) (2025), Finnish air pollutant inventory to the CLRTAP (Updated August 29, 2025)(검색일: 2025.09.22.)

220) Arctic Council. (2021), Summary of Progress and Recommendations: Framework for Action on Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions(검색일: 2025.5.12.)

221) European Environment Agency. (2025), Benchmark analysis against the standards in the revised Directive (EU) 2024/2881. In Air quality in Europe - 2025 status report(검색일: 2025.5.12.)

222) Ministry of the Environment, Finland. (2016), Finland's air pollution control programme to 2030(검색일: 2025.5.12.)

223) Ministry of Agriculture and Forestry, Finland. (2019), National Forest Strategy 2025: Government Resolution on 21 February 2019(검색일: 2025.5.12.)

---

핀란드에서는 핀란드 기상연구소(FMI: 모니터링 담당)와 환경연구소(SYKE: 인벤토리 담당)가 전국적으로 대기질 측정망을 운영하며, 블랙카본 농도를 실시간으로 측정·분석하고 있다. FMI와 헬싱키대학 연구소 등은 전국에 분포한 연구 관측소를 통해 다양한 환경과 지역에서 블랙카본 실시간 데이터를 수집하며, 이 정보는 지역별 오염원 분석과 정책 평가, 국제 보고에 활용되고 있다.<sup>224)</sup> 특히, 이러한 실시간 모니터링 시스템은 블랙카본의 주요 배출원 파악과 EU 대기질 기준 강화에 대응하는 데 중요한 역할을 하며, 측정 데이터는 국제 협력체(예: Arctic Council, EU Copernicus Atmosphere Monitoring Service)와 연계되어 활용된다.<sup>225)</sup>

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

핀란드의 블랙카본 정책 국제협력 실태를 크게 4가지 차원으로 나누어볼 수 있다. 핀란드는 북극이사회 내에서는 블랙카본 및 메탄 감축을 위한 다자간 협력에 적극 참여하고 있다. 북극이사회 산하 워킹그룹(ACAP, AMAP 등)과 전문가그룹(EGBCM)에서 블랙카본 배출 감축, 과학적 평가, 정책 권고, 모범사례 공유 등 다양한 활동을 전개하며, 북극권 내 블랙카본 저감 목표 설정과 이행 점검에 중요한 역할을 담당한다. 핀란드는 우크라이나 전쟁 전 러시아와 바렌츠해 블랙카본 배출 공동 측정 프로젝트를 진행한 바 있으나,<sup>226)</sup> 전쟁 이후에는 양자협력이 어려워 다자간 협력에 기반한 협력에 주력하고 있다. 국제협약 준수 차원에서 핀란드는 IMO의 MARPOL 협약 개정 논의에 적극 참여하여 북극 선박의 블랙카본 배출 저감과 연료

---

224) Finnish Meteorological Institute. (2024, April 25), Black carbon concentrations can now be monitored in real time in our online service(검색일: 2025.5.12.)

225) Copernicus Atmosphere Monitoring Service. (2025), Finland: National needs and approach(검색일: 2025.5.12.)

226) Staalesen, A. (2021, May 19), US, Russia thwarting black carbon reduction in Arctic, says Finland(검색일: 2025.5.12.)

규제 강화에 기여하고 있다.<sup>227)</sup> 또 파리협정 이행에 따라 공식 온실가스 7종에 대한 국가 온실가스 인벤토리(NIR)와 감축정책을 운영하며, 블랙카본(BC)은 NIR 대상이 아니다. BC 관련 보고·평가는 CLRTAP 및 북극이사회 체계로 별도 수행된다.<sup>228)</sup>

## 7. 덴마크

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

덴마크는 북극이사회의 핵심 회원국으로 블랙카본 규제 프레임워크 형성에 주도적 역할을 수행하는 국가이다. 덴마크는 EGBCM에 따라 2013년 대비 2025년까지 BC 25-33% 감축이라는 북극이사회 공동목표 이행에 참여한다.<sup>229)</sup> 또한 덴마크는 2025-2027년 북극이사회 의장국이다.

덴마크는 2020년 기후법(Climate Act)을 통해 1990년 대비 2030년까지 온실가스 배출량을 70% 감축하고 2050년까지 기후 중립을 달성하는 법적 구속력 있는 목표를 설정하였다. 이후 2022년 연정 합의에서 기후중립 달성 시점을 2045년으로 앞당기고, 2050년에는 1990년 대비 110% 감축(순배출 마이너스)을 지향한다고 명시하였다. 이 기후법은 CO<sub>2</sub>eq(공식 GHG 7종) 감축을 중심으로 하는 법률로, 블랙카본(BC)에 대한 별도의 법정 감축목표는 없다. BC 관리는 대기오염 관리(예: PM2.5 연소·연료 기준) 및 EU 규범을 통해 간접적으로 이뤄지며, 북극이사회 EGBCM과

227) International Maritime Organization. (2021), IMO working to address Black Carbon emissions in the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

228) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023), Finland: National Inventory Report(검색일: 2025.5.12.)

229) ECCC(2018), Arctic Council Framework for Action on Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions, Plain Language Summary(검색일: 2025.09.22.)

---

UNECE CLRTAP 체계에서 별도로 보고·관리된다.<sup>230)</sup>

덴마크의 블랙카본 관련 총괄부처는 기후·에너지·유틸리티부(Ministry of Climate, Energy and Utilities)이다. 2015년 6월 28일에 설립된 이 부처는 국내외 기후변화 방지 노력을 담당하며, 덴마크 정부의 온실가스 배출량 70% 감축 목표 달성을 위한 선도적인 녹색 리더십을 제공한다.<sup>231)</sup> 그리고 덴마크 환경보호청(Danish Environmental Protection Agency)은 블랙카본을 포함한 대기오염물질에 대한 허용 한계치를 설정하고 이를 규제하는 역할을 담당한다.<sup>232)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

덴마크는 블랙카본만을 위한 독립적 규제는 없지만, 온실가스과 대기오염물질 감축 정책에 블랙카본 관리를 통합시키고 있다. 덴마크는 주요 블랙카본 배출원인 주거난방 부문에서 열 스토브에 대한 블랙카본 배출 테스트 및 에코라벨링을 개발하고, 2013년부터 신축 건물의 화석연료 보일러 설치를 금지했다.<sup>233)</sup> 교통 부문에서는 전기차 세금 공제, 해운 및 페리의 연료 전환 지원, 충전 인프라 구축에 자금을 지원하고 있다.<sup>234)</sup> 산업 및 폐기물 부문에서는 도시 폐기물 관리 협력 프로그램과 바이오가스 생산 촉진 정책을 시행하며, 해운 부문에서는 디젤 미립자 필터(DPF) 도입과 북극해 배출 통제 구역(ECA) 지정에 지지한다.<sup>235)</sup>

---

230) European Parliamentary Research Service. (2021), Climate action in Denmark (EPRS\_BRI(2021)679106)(검색일: 2025.5.12.)

231) State of Green. Danish Ministry of Energy, Utilities and Climate(검색일: 2025.5.12.)

232) Danish Environmental Protection Agency (Danish EPA), Air pollution monitoring programme(검색일: 2025.5.12.)

233) CCAC, DENMARK(검색일: 2025.5.12.)

234) International Energy Agency. (2022), Denmark(검색일: 2025.5.12.)

235) The Maritime Executive. (2022, March 2), Danish researchers get ready for regulations on black carbon(검색일: 2025.5.12.)

덧붙여, BC 배출 통계·보고는 UNFCCC 국가 온실가스 인벤토리(NIR)가 아니라 CLRTAP 대기오염물질 인벤토리(NFR, Nomenclature For Reporting)와 북극이사회 EGBCM 국가보고를 통해 수행된다.<sup>236)</sup>

덴마크는 국가 대기질 모니터링 네트워크를 통해 PM2.5, PM10, NOx, SOx 등과 함께 블랙카본 농도를 측정·관리한다. 주요 도시와 산업지역, 교통 밀집지역에 측정소를 설치하고, 데이터는 덴마크 환경청(Danish Environmental Protection Agency)과 에너지청(Danish Energy Agency)이 통합 관리한다. 측정 결과는 EU 및 북극이사회 등 국제기구에 정기적으로 보고되며, 정책 개선 및 감축 효과 평가에 활용되는 시스템을 갖추고 있다.<sup>237)</sup> 즉, 덴마크 블랙카본 모니터링 시스템은 국내 측정 시스템과 국제보고체계를 유기적으로 결합해 데이터의 투명성과 신뢰성을 높였다.

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

덴마크의 블랙카본정책 관련 국제협력을 네 가지 틀에서 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 북극이사회 활동 측면에서 덴마크는 2025년까지 2013년 배출량 수준보다 블랙카본 배출량을 25-33% 감축하는 목표에 합의하고 달성에 적극 참여하고 있다(이는 덴마크의 법정 '독립 목표'가 아니라, 회원국이 공동으로 추구하는 목표임).<sup>238)</sup> 2025년부터 덴마크는 북극이사회 의장국으로 이러한 목표 달성을 주도할 것으로 예상된다.

236) NIR (National Inventory Report): UNFCCC/파리협정 공식 온실가스(7종: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>)에 대한 국가보고서(서술)로, 블랙카본(BC)은 포함되지 않는다. 반면 NFR (Nomenclature For Reporting): CLRTAP 체계의 대기오염물질 인벤토리 표(NFR14 섹터 분류)로, SOx/NOx/NH<sub>3</sub>/NMVOC/CO/PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>/중금속/POPs 등과 함께 BC가 '권장(recommended)' 항목으로 보고된다. CEIP (2023), (검색일: 2025.09.22.)

237) Ellermann, T. et al. (2022), Air quality 2020: Status of the national air quality monitoring (Scientific Report No. 467)(검색일: 2025.5.12.)

238) CCAC, Targeting Black Carbon and Methane at the Arctic Council(검색일: 2025.5.12.)

---

둘째, 다자협력 차원에서 덴마크는 EU 북극 블랙카본 행동 프로젝트(2018-2021)에 참여하며 유럽 6개 연구기관과 협력해 배출원 분석과 정책 로드맵 개발에 참여해오고 있다.<sup>239)</sup> 양자협력보다는 다자협력을 통해 블랙카본 감축 행동에 참여하고 있다.

셋째, 국제연구 참여 차원에서 덴마크는 2012년 CCAC(기후·청정공기연합) 가입 이후, 가정용 에너지 및 폐기물 분야에서 블랙카본 감축 기술 연구를 지원해오고 있다.<sup>240)</sup>

끝으로 국제협약 준수 차원에서 덴마크는 CLRTAP 회원국으로서 블랙카본 배출량을 정기 제출하고, IMO 회원국으로서 북극해 증유(HFO) 사용·운송 금지의 국내 이행과 MARPOL 부속서 VI상 블랙카본 관련 규정의 도입·강화를 지지한다. 또한 클린 북극 연합(Clean Arctic Alliance)과 협력해 이러한 IMO 내 규정 채택을 촉구하고 있다.<sup>241)</sup>

## 8. 아이슬란드

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

아이슬란드는 별도의 블랙카본 독자적 정책을 추진하기보다는 국제협력 체계 안에서 정책을 설계하고 이행한다. 가장 핵심적인 협력은 북극이사회와의 연계이다. 아이슬란드는 북극이사회 회원국으로 2015년에 채택된 북극 지역 블랙카본 및 메탄 감축 프레임워크 이행에 적극 참여하고 있

---

239) Matthews, B., & Paunu, V.-V. (2019), Review of Reporting Systems for National Black Carbon Emissions Inventories(검색일: 2025.5.12.)

240) CCAC, DENMARK(검색일: 2025.5.12.)

241) CCAC, As Arctic Ocean Acidifies Due to Changing Climate, Shipping Sector Must Slash Black Carbon Emissions(검색일: 2025.5.12.) WWF, No time to waste: IMO must tackle black carbon emissions in the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

다.<sup>242)</sup> 아이슬란드는 또 EU 기후정책(특히 유럽 그린딜, Fit for 55, EU-ETS 등)과도 연동되어 있으며,<sup>243)</sup> EEA(European Economic Area)를 통해 관련 체계에 참여한다. 또 EU회원국 및 EEA 국가들과 공동으로 블랙카본 및 온실가스 감축 목표를 설정·이행하고 있다. 또한 파리협정 등 글로벌 기후 거버넌스 하에서 자국의 NDC(국가결정기여)와 연계된 블랙카본 감축 노력을 병행하고 있다.<sup>244)</sup>

국내 제도로는 2024년 개정된 기후행동계획(Climate Action Plan, CAP)이 있으며, 국제협력의 틀 안에서 국내제도를 중첩적으로 운영하고 있다. CAP는 2030년까지 온실가스 55% 감축(1990년 대비), 2040년 탄소중립 달성이라는 국가 목표에 의거하여 150여 개의 세부 이행과제를 제시한다. 블랙카본은 주로 교통, 선박, 어업, 폐기물 등에서 발생하는 미세먼지 및 단기기후오염물질(SLCPs) 관리 항목에 포함되어 관리된다.<sup>245)</sup>

담당기관은 환경·에너지·기후부(Ministry for the Environment, Energy and Climate), 환경청(Environment Agency of Iceland, Umhverfisstofnun), 국립에너지청(National Energy Authority, Orkustofnun)이 있다. 환경·에너지·기후부가 국가 기후정책 및 블랙카본 관련 정책 총괄한다면<sup>246)</sup>, 환경청은 대기오염 감시, 배출량 인벤토리 작성, 정책이행 모니터링을 담당한다.<sup>247)</sup> 국립에너지청은 에너지·수송부문의 블랙카본 감축정책을 지원하는 역할을 한다.<sup>248)</sup>

242) High North News (2022), Targeting Black Carbon and Methane at the Arctic Council, High North News(검색일: 2025.5.12.)

243) European Commission (2024), EU Climate Action Progress Report 2024 (검색일: 2025.5.12.)

244) Government of Iceland (2023), Climate Change - Government of Iceland (검색일: 2025.5.12.)

245) Loftslagsráð (2024), Climate Change(검색일: 2025.5.12.)

246) Government of Iceland (2023), Climate Change - Government of Iceland (검색일: 2025.5.12.)

247) European Environment Agency, The Environment Agency of Iceland(검색일: 2025.5.12.)

---

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

아이슬란드는 북극이사회와 IMO의 국제협력 틀에서 블랙카본 규제를 다룬다. 먼저 IMO 회원국으로, 북극 및 북대서양 해역의 선박 배출 규제 강화(Emission Control Area, ECA) 논의에 적극 참여하며, 선박 연료의 청정화, 황산화물(SO<sub>x</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 미세먼지(Particulate Matter)와 함께 블랙카본 배출을 줄이기 위한 연료 전환 및 배출기준 강화 방안을 포함한다.<sup>249)</sup> 또, 아이슬란드는 국내 국가기후정책과 연계해 교통, 폐기물, 산업 등 주요 부문에서 블랙카본을 포함한 단기체류 오염물질(SLCPs) 저감 정책을 추진하며, 국가 온실가스 감축 목표(NDC)와도 연동 추진하고 있다.<sup>250)</sup>

아이슬란드는 블랙카본 주요 배출원을 선박, 교통, 폐기물 소각, 일부 농업 및 산업 부문으로 나눠 관리한다. 선박 부문에서는 IMO의 북극 연안 연료 규제, 청정 연료 사용 의무화, 잔류유(Residual Fuel)에서 저유황유 및 증류유(Marine Distillate Fuel)로의 전환 등이 핵심 관리 방안이다.<sup>251)</sup> 교통 부문에서는 전기차 보급 확대, 내연기관차 단계적 퇴출, 청정연료 전환 등으로 블랙카본 배출을 줄이고 있다.<sup>252)</sup> 폐기물 부문에서는 소각 규제와 함께 메탄 및 블랙카본 동시 저감형 폐기물 관리 정책이 적용된다.<sup>253)</sup>

---

248) Government of Iceland (2023), Sustainable Financing Framework Second Opinion(검색일: 2025.5.12.)

249) CCAC, Black Carbon and the Arctic: What is Happening, and What Comes Next?(검색일: 2025.5.12.)

250) CLEAN AIR FUND, Cutting black carbon will save glaciers and slow climate change(검색일: 2025.5.12.)

251) WWF, Reducing black carbon in the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

252) PV KnowHow (2025), Iceland carbon neutrality: 5 Essential Steps Towards 2040 Success (검색일: 2025.5.12.)

253) Clean Air Fund (2025), Cutting black carbon will save glaciers and slow climate change (검색일: 2025.5.12.)

---

덧붙여, BC 배출 통계·보고는 UNFCCC 국가 온실가스 인벤토리(NIR)가 아닌, CLRTAP 대기오염물질 인벤토리(NFR/IIR) 및 북극이사회 EGBCM 국가보고를 통해 수행된다. UNFCCC NIR은 공식 온실가스 7종(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>) 보고 체계로 BC는 대상이 아니다. CLRTAP NFR 표준에서는 PM 등과 함께 BC가 ‘권장(recommended)’ 항목으로 보고된다.<sup>254)</sup>

아이슬란드는 북극이사회, IMO, UNFCCC 등 국제 보고체계에 따라 국가별 블랙카본 배출량을 산정·보고하고 있다. 특히, 선박 배출의 경우 IMO의 MARPOL Annex VI 개정 논의에 따라, 선박 연료유형·운항구역별 배출 모니터링이 강화되는 추세에 따르고 있다.<sup>255)</sup> 국가 차원에서는 대기오염 측정망, 배출원별 인벤토리 구축, 정책 효과 모니터링, 국제 데이터 베이스와의 연계 보고 등 다층적 시스템을 운영하고 있다.<sup>256)</sup>

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

아이슬란드는 2019-2021년 북극이사회 의장국을 맡으며, 블랙카본 및 메탄 워킹그룹(EGBCM) 활동을 적극적으로 추진하였다. 북극 생태계 모니터링, 오염물질 감축, 기후변화 대응 등에서 회원국들과 협력하며, 블랙카본 감축을 위한 정책개발, 과학적 평가와 데이터 공유에 중추적 역할을 하였다.<sup>257)</sup> 국제연구협력 측면에서 아이슬란드는 북극이사회 산하 워킹그룹(AMAP, EGBCM 등) 및 국제 심포지엄, 연구 플랫폼(예: Arctic Black

254) UNFCCC Secretariat (2019), Decision 18/CMA.1 (ETF MPGs), p.23 para.20 / p.26 para.48. <https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf>(검색일: 2025.09.22.); CEIP (2023), Emissions Reporting Guidelines 2023 (for CLRTAP)(검색일: 2025.09.22.)

255) FOEI, WWF, Pacific Environment, CSC (2024), MEPC-81-5-5: Regulating Black Carbon Emissions from International Shipping Impacting the Arctic(검색일: 2025.5.12.)

256) Environment Agency of Iceland (2023), National Inventory Report 2023 (검색일: 2025.5.12.)

257) Arctic Council (2021), Icelandic Chairmanship, 2019-2021(검색일: 2025.5.12.)

---

Carbon Case Studies Platform)에서 회원국 및 옵서버 국가들과 공동 연구, 데이터 수집, 정책 평가, 과학적 자문 등 국제연구협력을 활발히 수행하고 있다.<sup>258)</sup> 끝으로 아이슬란드는 파리협정, 유엔기후변화협약, CLRTAP(장거리월경성대기오염협약) 등 국제협약에 따라(BC는 CLRTAP/EGBCM 체계에 따라, 온실가스는 UNFCCC 체계에 따라) 국가별 블랙카본 및 온실가스 배출량 산정·보고, 감축 목표 이행 등 국제적 의무를 성실히 준수하고 있다.<sup>259)</sup>

## 제2절 주요 옵서버 국가 정책

---

북극이사회의 옵서버 국가들은 북극권에 영토를 보유하고 있지는 않지만, 북극 환경과 기후변화에 상당한 관심과 영향력을 행사하고 있다. 이들 국가들(한국, 중국, 일본, 인도, 싱가포르, 이탈리아, 프랑스, 독일, 폴란드, 스페인, 스위스, 영국 등)은 북극이사회 활동에 참여하며 블랙카본 감축을 위한 다양한 정책적 노력을 기울이고 있다.

본 절에서는 아시아 주요 옵서버 국가들의 블랙카본 대응 정책을 앞서 북극권 국가들과 동일한 분석 요소(정책 프레임워크, 담당기관, 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템, 국제협력)를 기준으로 살펴보고자 한다.

---

258) PAME (2020), Black Carbon emissions from shipping activity in the Arctic and technology developments for their reduction – Status Report submitted by Iceland and Finland (검색일: 2025.5.12.)

259) Environment Agency of Iceland (2022), Report on Policies, Measures and Projections (검색일: 2025.5.12.)

이를 통해 북극권 국가와 오피서버 국가 간의 정책적 접근 방식의 공통점과 차이점을 파악하고, 국제사회의 블랙카본 감축을 위한 협력 방안을 모색하는 기반을 마련하고자 한다. 오피서버 국가들의 정책 분석은 북극 환경 보호를 위한 보다 포괄적이고 효과적인 국제 공조체계 구축에 중요한 시사점을 제공할 것이다.

## 1. 일본

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

일본은 블랙카본을 독립 법률로 따로 다루기보다 국가 온실가스·대기오염 정책과 통합해서 관리한다. 일본은 국제적으로도 북극이사회 오피서버로서 EGBCM(블랙카본 및 메탄 전문가그룹) 활동에 참여하며, UNEP 등 국제기구와 SLCP 감축 협력, IMO 선박 배출 규제 논의에도 적극 관여하고 있다.<sup>260)</sup> 다만 EGBCM의 ‘2025년까지 25~33% 감축’은 일본의 독자 국가목표가 아니라 북극이사회 차원의 공동 목표이며, 일본은 데이터 제공·정책 교류 등으로 그 이행에 기여하는 형태이다. 국내적으로는 2050년 탄소중립 목표와 2030년 온실가스 46% 감축(2013년 대비)이라는 국가 목표 하에, 「지구온난화대책추진법」(2021년 개정)과 ‘그린노베이션 펀드’ 등 대규모 투자 정책, 2022년 ‘GX(그린 트랜스포메이션) 실현을 위한 기본방침’ 등을 통해 산업, 교통, 에너지, 폐기물 등 주요 부문에서 블랙카본 감축을 포함한 대기오염 저감정책을 시행 중이다.<sup>261)</sup>

260) OECD (2025), OECD Environmental Performance Reviews: Japan 2025 (검색일: 2025.5.12.)

261) IEA (2024), Green Innovation Fund - Policies(검색일: 2025.5.12.)

---

블랙카본 정책을 담당하는 기관은 환경성, 경제산업성, 국토교통성 등을 들 수 있다. 환경성(Ministry of the Environment, MOE)은 국가 대기오염 및 기후변화 정책 총괄, SLCP(블랙카본 포함) 감축 로드맵 수립 및 이행, 배출 인벤토리 관리, 국제보고를 담당한다. 경제산업성(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)은 산업·에너지 부문 배출 저감 정책, 기술개발, 에너지 전환 정책을 담당한다. 국토교통성(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, MLIT)은 교통·운송 부문 배출 관리, 선박 및 자동차 배출 규제를 담당한다.<sup>262)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

일본은 대기오염방지법·지구온난화 대책추진법 등 기존 틀 안에서 교통(특히 디젤), 산업, 화력발전, 폐기물 부문에 대해 배출기준 강화·연료전환·저감기술 보급·효율 향상을 병행한다.<sup>263)</sup>

일본의 블랙카본 주된 배출원은 디젤차량, 산업시설, 발전소, 폐기물 소각으로 도쿄와 같은 대도시에서는 도로 교통이 블랙카본의 주요 원인이다. 따라서 차량 배출 규제 강화와 저공해차 보급 확대가 블랙카본의 핵심 대책이다. 산업·발전 부문에서는 석탄·중유 등 고탄소 연료사용 저감, 폐기물 부문에서는 소각장 배출 기준 강화 및 에너지 회수 효율화 정책을 시행하고 있다.<sup>264)</sup>

일본의 모니터링 시스템은 일본의 환경성 주도하에 블랙카본 농도를 정밀하게 측정한다. 대표적으로 다각도 흡수 광도계(Multi-Angle Absorption

---

262) OECD (2025), OECD Environmental Performance Reviews: Japan 2025 (검색일: 2025.5.12.)

263) Kanaya et al.(2020), pp. 6339-6356

264) CCAC, Japan's Experience With Short-Lived Climate Pollutants-The Case Of Black Carbon(검색일: 2025.5.12.)

Photometer)와 연속 매연 모니터링 시스템(Continuous Soot Monitoring System) 장비를 활용하는데 MAAP은 필터에 포집된 블랙카본에 여러 각도에서 빛을 쏘아 산란과 투과광의 강도 변화를 측정, 질량농도로 환산하는 방식이고, COSMOS는 연속적으로 블랙카본을 실시간 측정해 장기 관측에 적합하다. 이 두 시스템은 도쿄, 후쿠에섬 등의 중요 도시와 배출원 인근에서 운영되며, 수집된 데이터는 대기질 관리, 정책평가, 국제 보고 등에 활용된다.<sup>265)</sup>

### 3) 국제협력 및 최근 5년간 정책 동향

일본은 북극이사회 참여, 양자·다자 협력, 국제연구 네트워크, 국제협약 준수 등 네 가지 차원에서 활발한 국제협력 활동을 전개하고 있어 읍서버 국가 중 가장 체계적이고 선진적인 접근을 보여준다.

일본은 2013년부터 북극이사회 읍서버로 참여하며, 블랙카본 및 메탄 전문가 그룹(EGBCM)에 데이터를 제공하고 2025년까지 블랙카본 25~33% 감축 목표에 동참하고 있다.<sup>266)</sup> 양자협력으로 일본은 미국 환경보호청(EPA)이 주도하는 "북극 블랙카본 이니셔티브(ABCI)"에 참여하여 북극 지역의 디젤 배출 블랙카본 감축을 위한 국제 협력을 수행하고 있다.<sup>267)</sup>

국제연구 측면에서 일본은 다국적 연구 파트너십인 글로벌 카본 프로젝트(Global Carbon Project, GCP)에 적극 참여하며, 국립환경연구소(NIES)가 운영하는 츠쿠바 국제사무소를 통해 전 세계 탄소 순환과 블랙카본을 포함한 기후 오염물질을 모니터링하고 분석하는 국제 협력 연구

265) Kanaya, Yugo et al. (2016), Kanaya, Yugo et al., "Long-term observations of black carbon mass concentrations at Fukue Island," Atmospheric Chemistry and Physics Discussions (검색일: 2025.5.12.)

266) Arctic Council. Japan(검색일: 2025.5.12.)

267) EPA, Black Carbon Diesel Initiative in the Russian Arctic(검색일: 2025.5.12.)

---

(2001~현재)에 기여하고 있다.<sup>268)</sup> 또한 일본 환경성과 국립환경연구소(NIES)가 주도하고 아시아-태평양 지역 다수 국가가 참여하는 아시아-태평양 기후변화 적응 정보 플랫폼(Asia-Pacific Climate Change Adaptation Information Platform, AP-PLAT)을 운영하여, 블랙카본 감축 전략과 기후변화 적응 방안에 관한 지식을 공유하고 있다.<sup>269)</sup> 이 두 국제 연구프로젝트를 통해 일본은 블랙카본 모니터링 기술과 저감 전략에 관한 과학적 지식을 국제사회와 공유하며, 특히 아시아 지역의 대기오염 문제 해결과 기후변화 대응에 중요한 역할을 하고 있다. 끝으로 국제협약 준수 측면에서 일본은 블랙카본을 다루는 최초의 국제 협약인 장거리월경성 대기오염에 관한 협약(CLRTAP)의 고텐부르크 의정서에 참여하여 미세먼지 감축 조치와 함께 블랙카본 배출 저감을 위한 국제 협력을 진행하고 있다.<sup>270)</sup> 또 일본은 IMO의 선박 배출가스 규제 강화에 적극 대응하며, 2018년부터 액화천연가스(LNG) 병커링 허브 개발을 위한 보조금 프로그램을 마련하여 이세단과 미카와만에서 선박 대 선박(Ship to Ship) 방식의 LNG 병커링을 2020년부터 시행하고 있다.<sup>271)</sup> 뿐만 아니라 선박 블랙카본 배출과 관련하여 IMO의 해양환경보호위원회(MEPC)에서 초저유황선박연료(VLSFO)의 품질 문제와 블랙카본 배출에 미치는 영향을 지속적으로 논의하는 데 참여하고 있다.<sup>272)</sup>

---

268) Global Carbon project Tsukuba Int'l Office(검색일: 2025.5.12.)

269) NIES(검색일: 2025.5.12.)

270) US Department of State, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (검색일: 2025.5.12.)

271) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) of Japan. (n.d.), Port and Harbor Bureau(검색일: 2025.5.12.)

272) International Maritime Organization. (2020, January 1), IMO2020 fuel oil sulphur limit - cleaner air, healthier planet(검색일: 2025.5.12.)

## 2. 중국

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

중국의 블랙카본 감축 정책은 국가 기후변화 대응, 탄소중립(2060년), 탄소배출 정점(2030년)이라는 ‘이중 탄소 목표(dual carbon goals)’ 하에 추진된다. 2024년 10월 발표된 탄소배출 통계 및 산정 시스템 개선을 위한 방안(Work Plan for Improving the Carbon Emission Statistics and Accounting System)에서 SLCPs의 통합 관리가 강조되고 있다.<sup>273)</sup> 중국 정책의 실질적 기준과 집행력은 중국 자체의 국가전략과 국내법에 따른다고 볼 수 있다. 이 정책 프레임워크에 따르면 중국은 2025년까지 성(省) 단위의 연차·중간 탄소배출 보고 체계와 데이터베이스를 구축하고, 산업, 기업, 제품 등 다층적 배출량 산정과 관리 체계를 마련하며,<sup>274)</sup> 배출량 통계 및 회계 시스템을 국가 탄소배출권 거래제(ETS)와 연계하고, 국제 기준과의 정합성도 강화한다.<sup>275)</sup> 즉, 2025년까지는 통계·회계 체계 구축, 2030년까지는 전면적 배출량 관리 및 제품 탄소발자국 관리체계 완비를 목표로 하고 있다.

중국의 대기오염 및 온실가스(블랙카본 포함) 감축 정책을 주관하는 부처는 생태환경부(Ministry of Ecology and Environment, MEE)이며, 에너지 정책, 산업 구조 개선, 탄소배출관리 등은 국가발전개혁위원회(National Development and Reform Commission, NDRC)가 담당한다. 이 두 기관을 핵심 기관으로 해서 국가 차원의 특별 지도 소조(National Leading Group: 국무총리 주도)가 부처 간 정책 조정과 목표 달성을 총괄한다.<sup>276)</sup>

273) China Briefing, Understanding China's New Carbon Accounting Plan: Green Compliance and Opportunities(검색일: 2025.5.12.)

274) China Briefing, Understanding China's New Carbon Accounting Plan: Green Compliance and Opportunities(검색일: 2025.5.12.)

275) International Carbon Action Partnership (ICAP), China National ETS(검색일: 2025.5.12.)

---

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

중국은 2025년까지 연차·중간 보고체제와 국가 온실가스 배출 계수 데이터베이스를 마련하고, 2030년까지 산업·기업·제품 등 다층적 통계·회계 체계를 완성하는 것을 목표로 한다. 블랙카본은 대기오염 방지와 기후변화 대응의 두 정책 영역에서 모두 생태환경부(MEE)가 통합 관리하며, 주요 산업의 원자재, 반제품, 완제품에 대한 탄소 배출 회계 기준과 제품별 탄소 라벨링 시스템 도입이 추진되고 있다.<sup>277)</sup> 여기에 국무원은 에너지 소비 통제에서 탄소배출 총량 및 배출 강도 직접 관리로 정책 초점을 전환하고, 배출권 거래제(ETS) 적용 산업 확대, 법적 감독 강화 등 새로운 규제 메커니즘을 도입하고 있다.<sup>278)</sup>

중국은 석탄 화력발전소, 제철소, 석유·가스 생산업체 등 주요 배출원에 대해 포괄적인 온실가스 모니터링과 감축계획 수립을 의무화하고 있다. 특히 블랙카본 배출의 상당 부분을 차지하는 가정용 석탄 및 바이오연료 연소 부문에 대한 관리도 강화하여, 연료 대체, 효율 개선, 청정에너지 전환을 추진하고 있다. 산업별·제품별로 탄소발자국 기준과 표준을 마련하고, 2027년까지 약 100개 핵심 제품에 대한 탄소발자국 계산 기준을 마련하고 2030년까지 약 200개로 확대할 계획이다. <sup>279)</sup>

모니터링 인프라로는 국가·성(省) 단위 통계·DB와 연동된 실시간 배출 모니터링(CEMS, Continuous Emissions Monitoring System)이 광범위

---

276) State Council Information Office of the People's Republic of China. (2021), Responding to Climate Change: China's Policies and Actions(검색일: 2025.5.12.)

277) Sino-German Cooperation on Climate Change, China strengthens its carbon emissions statistical accounting system(검색일: 2025.5.12.) 제품이 생산·유통·소비·폐기 되는 전 과정에서 발생한 온실가스 배출량(이산화탄소 등)을 수치화해 제품에 표시(라벨)하는 제도.

278) Yue, Mengdi, & Nedopil, Christoph, China Green Finance Status and Trends 2024-2025 (검색일: 2025.5.12.)

279) Progress Report of China's National Carbon Market (2024). Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, July 2024(검색일: 2025.5.12.)

하게 운영 중이며, 약 2만 3천 개 주요 오염원에서 대기오염물질과 일부 온실가스를 상시 계측한다. 이 데이터는 주기적 검증을 거쳐 행정 집행과 ETS 정산·성과평가의 핵심 자료로 활용된다.<sup>280)</sup>

### 3) 국제협력

중국은 2013년부터 북극이사회 옵서버로서 블랙카본과 메탄 배출량 감축에 대한 전문가 그룹에 참여하며 북극 온난화 줄이기 공동 노력에 동참하고 있다.<sup>281)</sup> 양자협력 측면에서 중국은 러시아와 에너지 개발, 항로개척 뿐 아니라 환경보호와 블랙카본 감축 기술협력도 포함해 협력을 늘려가고 있다.<sup>282)</sup> 이는 차후 북극 지역의 세력균형에 영향을 미칠 수 있다. 중국의 북극 국제연구 참여는 2004년 노르웨이 스텔바르에 첫 번째 연구기지를 설립했을 때부터 시작되었으며, 이후 연구 활동과 인프라 개발 등을 통해 지역에 대한 접근과 영향력을 확보해 왔다.<sup>283)</sup> 끝으로 국제협약준수 측면에서 중국은 북극이사회는 합의를 기반으로 생물다양성 변화, 해빙, 플라스틱 오염, 블랙카본과 같은 문제를 다루는데 옵서버로서 이러한 국제 협력에 참여하고 있다.<sup>284)</sup> 중국은 국제사회에서 블랙카본 감축을 위한 노력에 동참하면서도, 경제적 이익과 전략적 이해관계를 함께 추구하는 균형적인 접근을 취하고 있습니다. 이러한 중국의 참여는 국제 블랙카본 감축 노력에 기여하는 한편, 북극에 대한 자국의 영향력 확대에도 활용되고 있다.

결국 중국은 UNFCCC·CLRTAP·IMO 등 국제 기준을 참고하되, 2024

280) Reuters, China launches campaign to plug greenhouse gas monitoring gap(검색일: 2025.5.12.)

281) Reuters, China granted observer seat on Arctic Council(검색일: 2025.5.12.)

282) The Arctic Institute, The Arctic Council and Asian Observers: A Call for Enhanced Cooperation(검색일: 2025.5.12.)

283) U.S. House Committee on Foreign Affairs, China Regional Snapshot: Arctic(검색일: 2025.5.12.)

284) Drishti IAS, Arctic Council(검색일: 2025.5.12.)

---

년 「탄소배출 통계·산정 체계 강화 방안」과 같은 자국 내 회계·감독 체계를 우선 적용해 블랙카본 감축정책을 집행하며, 북극이사회 옵서버로서 EGBCM 활동에도 참여하고 있다.

### 3. 싱가포르

#### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

싱가포르의 블랙카본 관련 정책은 크게 두 가지 틀 안에서 운영되고 있다. 첫째, 해양 부문은 탈탄소화 청사진((Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint, 2022) 정책으로, 항만·선박의 장기 감축 로드맵을 제시해 IMO 전략과 연계한다.<sup>285)</sup> 둘째, 싱가포르 내 국가차원에서 시행하는 그린 플랜 2030(Singapore Green Plan 2030)에 의해 5대 축을 관리한다. 이 계획은 싱가포르의 국제 지속가능성 의제 및 글로벌 기후 목표에 대한 기여로, 도시·에너지·경제·회복력·생활 다섯 가지로 구성되어 있다. 특히 탄소세는 “이산화탄소 환산 배출량(tCO<sub>2</sub>e)”에 부과되는 국가적 가격 신호로, 블랙카본 자체를 직접 과세하는 제도가 아니다(BC에는 간접 효과).<sup>286)</sup>

싱가포르의 블랙카본 담당기관은 국가환경청(National Environment Agency, NEA)으로 싱가포르의 대기오염 관리, 배출 기준 설정, 모니터링, 정책 집행 등 총괄한다.<sup>287)</sup> 또 해양항만청(Maritime and Port Authority of Singapore, MPA)은 항만 및 선박 배출 규제, 친환경 선박 정책, 국제 협력 담당하며,<sup>288)</sup> 지속가능성환경부(Ministry of Sustainability and

---

285) Maritime and Port Authority of Singapore. (2022), Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050(검색일: 2025.5.12.)

286) Mayer Brown. "Singapore's Carbon Regulations: Paving the Way for the Green Plan 2030." February 2024(검색일: 2025.5.12.)

287) National Environment Agency(검색일: 2025.5.12.)

the Environment, MSE)는 NEA와 함께 국제 탄소 크레딧 프레임워크에 따른 적격 기준을 설정하여 탄소 시장 개발을 지원하고 있다.<sup>289)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

싱가포르는 항만국가의 특성을 반영해 국가 전체와 해양 부문을 아우르는 두 가지 주요 정책 프레임워크를 통해 블랙카본을 포함한 온실가스 배출을 관리하고 있다. 블랙카본 규제 내용은 탄소 가격정책과 해양부문 특화 규제로 나눌 수 있다. 먼저 2019년에 도입된 탄소세는 연간 25,000 tCO<sub>2</sub>e 이상을 배출하는 시설에 적용되며, 2024-25년에는 톤당 \$25, 2026년 이후에는 톤당 \$45로 점진적으로 인상될 예정이다. 이 정책을 통해 다양한 온실가스 배출을 간접적으로 제한하고 있다.<sup>290)</sup> 특화된 해양부문 규제로는 해양 싱가포르 녹색 이니셔티브(Maritime Singapore Green Initiative, MSGI)가 2011년 출범된 이후 해당 2013년, 2019년, 2022년 프로그램 내용이 강화되었으며, 2024년에는 제로 및 근접 제로 배출 기술과 연료의 조기 채택을 장려하기 위해 인센티브가 업데이트 되었다. 싱가포르를 이룰 통해 이를 통해 탄소 인식, 탄소 회계 및 녹색 금융을 촉진하여 블랙카본 배출 감소를 유도하고 있다.<sup>291)</sup>

싱가포르는 블랙카본을 포함한 배출원을 효과적으로 관리하기 위해 항만 및 터미널 운영에서 2030년까지 배출량 60% 감축, 2050년까지 넷제로 목표를 설정하고, 2030년부터 신규 항만 선박의 전기화 또는 저탄소 연료 사용 의무화, 자동차 배출 가스 및 연료 품질 기준 설정, SGX(지속가능성 공

288) MPA, Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050 (검색일: 2025.5.12.)

289) Ministry of Sustainability and the Environment Singapore. Singapore sets out eligibility criteria for international carbon credits under the carbon tax regime(검색일: 2025.5.12.)

290) NCCS, Carbon Tax(검색일: 2025.5.12.)

291) MPA, Maritime Singapore Green Initiative(검색일: 2025.5.12.)

---

시 의무) 상장 기업에 대한 지속가능성 보고 의무화, 그리고 저탄소 및 제로 탄소 연료 사용을 장려하는 인센티브 제도를 시행하고 있다.<sup>292)</sup>

싱가포르는 블랙카본 및 온실가스 배출의 효과적인 모니터링을 위해 탄소세와 연계된 강력한 측정, 보고 및 검증(MRV) 프레임워크, 연간 배출 보고서 제출 의무화, NEA 인증 제3자 검증 시스템, 탄소 배출 기록 도구(CERT)를 통한 정확한 탄소 회계 추적, 그리고 국가 온실가스 인벤토리를 통한 배출량 통합 모니터링을 실시하고 있다.<sup>293)</sup>

### 3) 국제협력

싱가포르는 북극이사회 옵서버 국가로, 북극환경 보호를 위한 협력에 참여 중이며, IMO 및 다른 회원국과 적극적으로 협력하여 선박으로부터 오염 방지와 관련된 모든 주요 IMO 협약을 비준하였다. 양자협력도 활발해 싱가포르의 로테르담, 로스앤젤레스-롱비치, 헨진, 일본, 호주, 산둥과 같은 여섯 개의 양자 녹색 및 디지털 해운 회랑(GDSCs)을 설립하여 해운 산업의 탈탄소화를 지원하고 있다.<sup>294)</sup> 특히 일본과는 양국 간 '녹색 및 디지털 해운 회랑'을 설립하여 암모니아를 포함한 대체 해양 연료에 대한 시범 프로젝트를 시작할 예정이다.<sup>295)</sup> 국제연구 참여 측면에서 싱가포르는 북극이사회 워킹그룹 CAFF(북극 동식물 보전), AMAP(북극 모니터링 및 평가 프로그램) 워킹그룹에 참여하며 연구활동에 참여하고 있다.<sup>296)</sup>

---

292) Singapore. (2024), Singapore BTR1 2024: First Biennial Transparency Report under the Paris Agreement(검색일: 2025.5.12.)

293) National Environment Agency. (2025), Greenhouse Gas Inventory(검색일: 2025.5.12.)

294) Ministry Of Transport, An Environmentally Sustainable Maritime Singapore (검색일: 2025.5.12.)

295) Ammonia Energy Association. Japan, Singapore to establish green shipping corridor (검색일: 2025.5.12.)

296) THE ARCTIC INSTITUTE, Singapore(검색일: 2025.5.12.)

국제협약 준수 측면에서 싱가포르는 파리협정 제6조에 부합하는 국제 탄소 크레딧(ICC) 프레임워크를 도입하는 등 유엔의 2030 지속가능발전 의제, 파리협정, IMO의 선박 온실가스 감축 전략에 대한 싱가포르의 약속에 기여하고 있다.<sup>297)</sup>

## 4. 인도

### 1) 정책프레임워크 및 담당기관

인도는 2013년 북극이사회 옵서버 국가로 활동하기 시작하였으나, 워킹 그룹 수준에서만 참여를 허용하며, 재정적 기여도 제한적이다. 블랙카본에 대한 독립적인 정책 프레임워크 대신 대기오염 및 기후변화 관리의 일환으로 접근해 정책을 펼친다. 먼저 인도는 2019년 국가 청정 대기 프로그램(National Clean Air Programme, NCAP)을 출범하고 2024년까지 2017년 대비 미세먼지(PM2.5) 대기오염 수준을 20-30% 감축하는 것을 목표로 세웠다. 이 이 프로그램은 131개 '비달성' 도시를 대상으로 하며, 블랙카본은 미세먼지의 주요 구성 요소로서 간접적으로 관리된다.<sup>298)</sup> 인도는 블랙카본 감축을 통해 기후변화 완화와 대기질 개선, 공중보건 증진이 라는 이중적 목표를 달성하고자 한다.<sup>299)</sup> 인도의 블랙카본 정책은 NCAP 외에도 BS-VI 배출 기준 도입<sup>300)</sup>을 통한 디젤 차량 규제와 우즈왈라 요자나(Ujjwala Yojana) 프로그램을 통한 가정용 LPG 보급을 확대하고 있다.

297) MPA, Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050 (검색일: 2025.5.12.)

298) Knowlton, Kim, Sustaining Progress Towards Clean Air In India, NRDC(검색일: 2025.5.12.)

299) World Economic Forum, Black Carbon Reduction: A Rapid Action Plan(검색일: 2025.5.12.)

300) 정식 명칭은 Bharat Stage VI (BS-VI) emission standards로 유럽연합의 Euro 6 기준을 기반으로 한 차량 배출가스 규제이다. 연료의 황 함량을 50ppm에서 10ppm으로 대폭 낮출 것을 내용으로 한다. International Council on Clean Transportation(2016)

---

특히 2016년부터 시작된 우즈왈라 요자나는 8천만 가구 이상에 청정 요리 연료(clean cooking fuel)를 제공함으로써 실내 블랙카본 배출을 획기적으로 감소시켰으며,<sup>301)</sup> 이는 공중보건 개선과 기후변화 완화에 동시에 기여하고 있다.<sup>302)</sup>

인도의 블랙카본 및 대기오염 정책을 총괄하는 주무부처는 환경·삼림·기후변화부(Ministry of Environment, Forest and Climate Change, MoEFCC)이다. 이 부처는 국가 청정 대기 프로그램(NCAP: National Clean Air Programme)과 국가 온실가스 인벤토리, 대기질 모니터링 등 블랙카본 관련 정책의 수립 및 집행을 담당한다. 에너지, 교통, 농업 등 부문별로는 각 부처(에너지부, 교통부 등)가 MoEFCC와 협력해 배출원별 감축 정책을 시행한다.<sup>303)</sup> 그밖에 과학기술부, 인도기상청 등 연구기관도 블랙카본 측정, 연구, 정책 지원에 중요한 역할을 한다.<sup>304)</sup>

## 2) 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템

인도는 NCAP를 통해 2024년까지 PM2.5와 PM10을 20~30% 감축하는 목표를 설정했으며, 2020년 시행된 BS-VI 배출 기준을 통해 디젤 차량의 미립자(PM) 배출량을 80% 이상 줄였다. 블랙카본(BC)은 PM의 주요 구성 성분으로, 이 규제는 결과적으로 교통 부문 블랙카본 배출 감축에도 기여하고 있다.

인도는 블랙카본의 주요 배출원을 관리하기 위해 다양한 정책을 시행하

---

301) Indian Express, "Ujjwala scheme implementation spiked in election years: RTI," 2021.12.12(검색일: 2025.5.12.)

302) Karthick, R., et al. Challenges in producing BS-VI diesel(검색일: 2025.5.12.)

303) Press Information Bureau, Government of India, Black Carbon(검색일: 2025.5.12.)

304) Mongabay-India, Dual role as air pollutant and warming agent makes black carbon a neglected player in policy(검색일: 2025.5.12.)

고 있다. 먼저, BS-VI 배출 기준 도입으로 디젤 차량의 미립자 필터 장착을 의무화하여 도로 교통 부문의 블랙카본 배출을 크게 감소시키고 있으며,<sup>305)</sup> 가정에서는 우즈왈라 요자나 프로그램을 통해 8천만 가구 이상에 LPG를 보급하여 바이오매스 연소로 인한 블랙카본 배출을 줄이는 데 성공하기도 하였다.<sup>306)</sup> 농업 부문에서는 국가 농업 잔여물 관리 정책을 통해 작물 잔여물 소각을 제한하고 대체 관리 방법을 지원하며, 산업 부문에서는 17개 주요 오염 산업군에 연속 배출 모니터링 시스템 설치를 의무화하고 있다.<sup>307)</sup> 또한 도시 고형 폐기물 관리 개선을 위한 스와치 바라트 미션을 통해 쓰레기 소각으로 인한 블랙카본 배출 저감에도 노력하고 있다.<sup>308)</sup>

인도는 현재 국가 대기질 모니터링 프로그램(NAMP)을 통해 28개 주와 7개 연방직할지의 419개 도시에 966개 모니터링 스테이션을 운영하고 있으며, 산업 부문에서는 연속 배출 모니터링 시스템(CEMS)의 도입을 확대하고 있는 추세이다.<sup>309)</sup> 그러나 모니터링 시스템의 확장이 진행 중이지만, 인도의 광활한 영역, 인구규모, 복잡한 오염 패턴을 고려할 때 현재 수준으로는 충분치 않다는 지적이 있다.<sup>310)</sup>

### 3) 국제협력

인도는 북극이사회의 '대기오염행동프로그램(ACAP)' 워킹그룹과 '북극 모니터링 및 평가 프로그램(AMAP)'에 참여하여 블랙카본 문제를 논의하고 있지만, 북극 블랙카본 감축에 직접적으로 기여하는 프로젝트나 이니셔티브

305) Ministry of Road Transport and Highways. "Official website." Government of India(검색일: 2025.5.12.)

306) Smith, K. R., & Sagar, A. (2021), pp. 1105-1107.

307) Lohan, S. K., et al. (2018), pp. 2289-2297.

308) Kumar, S., et al. "Swachh Bharat Mission: A paradigm shift in waste management and cleanliness in India."(검색일: 2025.5.12.)

309) Guttikunda, S. et al. (2019).

310) Pant, P., Lal, R.M., Guttikunda, S.K., et al. (2019), pp. 45-58.

---

브는 현재까지 제한적이다. 인도가 블랙카본을 다루는 양자 협력 프로그램은 부재한 상태이며, 국제 연구 분야에서는 인도 우주연구기구(ISRO)와 스위스 연방재료시험연구소(Empa)가 공동으로 2020년부터 진행 중인 'SnowAMP(Snow Aerosol Measurements Programme)'를 통해 히말라야 지역의 눈과 빙하에 침적된 블랙카본이 알베도 및 용해에 미치는 영향에 관한 연구에 참여하고 있다.<sup>311)</sup> 끝으로 국제협약 준수 차원에서 인도는 IMO의 회원국으로서 선박 배출 블랙카본 저감 논의에 참여하고 있으며, 말레 선언(Malé Declaration)의 서명국으로 남아시아 지역의 국경을 넘는 대기오염 관리에 협력하고 있다. 또한, 유엔기후변화협약(UNFCCC)의 파리협정에 따른 국가결정기여(NDC)를 통해 간접적으로 블랙카본 저감에 기여하는 청정에너지 전환 및 에너지 효율 향상 정책을 이행하고 있다.<sup>312)</sup>

### 제3절 정책 분석 및 시사점

---

북극권 8개국의 블랙카본 정책을 살펴본 결과, 대부분의 국가들은 독립적인 블랙카본 전용 규제 체계보다 대기질(주로 PM<sub>2.5</sub>)·연소·연료 기준에 BC 관리를 '간접' 통합하는 방식을 취하고 있었다. 북유럽 국가들(스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 덴마크)은 강한 대기오염 규제와 촘촘한 모니터링을 바탕으로 북극이사회 공동 목표(2013년 대비 2025년 BC 25-33% 감축) 이행에 적극적이며, 러시아와 아이슬란드는 국내 제도보다는 국제프로젝트와 협력에 더 의존하는 경향을 보인다. 배출원 관리에서는 모든 국가가 주

---

311) Chandel, V.S., Mahajan, A.S., et al. (2022), pp. 73362-73376.

312) Gupta, J., & Pisupati, B. (2019).

거용 난방(목재), 디젤 차량, 선박, 산업시설을 주요 대상으로 삼고 있으며, 미국·캐나다는 PM2.5 규제를 통해 간접 관리하고, 스웨덴은 높은 탄소세를 활용하되(※ 탄소세는 CO<sub>2</sub> 대상이므로 BC에는 ‘간접 효과’) 보조 규제를 병행하고 있었다. 또한 다수의 북극권 국가는 SLCP 감축 국제연합체인 CCAC(Climate & Clean Air Coalition)에 참여하여 기술·재정·정책에 협력하고 있었다.

모니터링 시스템 측면에서는 국가별 격차가 뚜렷한데, 러시아는 국가 차원의 전용 시스템이 부재한 반면, 핀란드, 노르웨이, 스웨덴은 실시간 측정망과 선진 장비를 이용하고 있었다. 국제협력에서는 북극이사회의 블랙카본·메탄 감축 프레임워크가 주요 플랫폼으로 기능하고 있으며, IMO를 통한 해운 규제(ECA 지정 등)도 강화되는 추세이다. 캐나다 북극해 ECA는 MEPC 82에서 채택되어 2026년 3월 1일 발효될 예정이며 SO<sub>x</sub>·PM/NO<sub>x</sub> Tier III 기준을 통해 BC가 ‘간접’ 감축된다. 우크라이나 전쟁 이후 러시아와의 북극 협력이 약화된 점은 지역 전체의 통합적 대응을 저해하는 요소로 작용하고 있다.

이러한 경향은 정책 접근법(정책프레임+법적기반), 핵심 규제 및 감축 수단(배출원관리+규제수단), 이행 및 협력 체계(모니터링+국제협력)라는 세 가지 핵심 측면에서 더욱 명확히 드러난다. 정책 접근법 측면에서는 스웨덴의 기후법과 강한 대기질 규제, 미국과 캐나다의 대기청정법과 환경보호법을 통한 PM2.5 간접 규제, 그리고 러시아와 아이슬란드의 국제협력 의존형 접근이 대비된다. 핵심 규제 및 감축 수단으로는 스웨덴의 버스 재생연료 전환, 미국의 디젤배출감축 프로그램(DERA), 캐나다의 탄소가격제(CO<sub>2</sub> 대상이므로 BC는 간접효과), 핀란드의 과학 연구 기반 정책이 주목할 만하다.

이행 및 협력 체계 측면에서는 북극이사회를 중심으로 하는 국제협력이

지속되는 가운데, 북유럽 국가들의 촘촘한 모니터링 체계와 러시아의 모니터링 부재가 극명한 대조를 이룬다. 각 국가는 EGBCM 공동목표 이행과 더불어 CLRTAP 보고(NFR/IIR) 및 IMO 논의에 참여하며, 자국 여건과 역량에 맞는 역할을 수행한다.

결론적으로, 북극권의 BC 정책은 국가별 상이성을 보이나, 국제협력(EGBCM/CLRTAP/IMO)과 선진 모니터링을 축으로 한 통합적·간접 규제(대기질 중심)로 수렴한다. 다만 우크라이나 전쟁으로 인한 러시아와의 협력 단절은 북극 환경보호에 중요한 과제로 남아있어, 이를 극복하기 위한 새로운 협력 방안 모색이 향후 중요한 과제가 될 것이다.

〈표 3-1〉 북극권 8개국 블랙카본 정책 비교표

국가	정책접근법	핵심규제 및 감축수단	이행 및 협력체계
러시아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별도 블랙카본 독립 전략 부재</li> <li>• 기존 기후·환경 정책에 통합되지 않음</li> <li>• 직접적 규제보다 국제협력 의존적 접근</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화석연료 불안전 연소 제한적 규제</li> <li>• 국제 시범사업 일부 참여</li> <li>• 실질적인 규제 메커니즘 미흡</li> <li>• 배출원별 감축 목표 미설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가차원 전용 모니터링 부재</li> <li>• 국제 공동연구 일부 참여</li> <li>• ACAP, AMAP 활동 제한적 참여</li> <li>• 우크라이나 전쟁 이후 협력 단절</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기청정법 기반 PM2.5 규제로 간접 관리</li> <li>• 북극지역 국가전략(NSAR 2022)에 포함</li> <li>• 알래스카 지역 맞춤형 접근</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디젤배출감축 프로그램(DERA)</li> <li>• 알래스카 대기질 개선계획</li> <li>• 노후 경유차 규제 및 녹색교통</li> <li>• EPA의 PM2.5 기준 강화(2024)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가/알래스카 특화 모니터링 네트워크</li> <li>• 북극이사회 블랙카본·메탄 프레임워크 주도</li> <li>• CCAC 창립국 및 재정지원</li> </ul>
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경보호법(CEPA) 기반 통합적 접근</li> <li>• 고텐부르크 의정서 준수</li> <li>• 북극이사회 프레임워크와 연계</li> <li>• 탄소가격제 도입(2019)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가정용 목재 연소/오프로드 디젤 중점 관리</li> <li>• 산업·수송·에너지 부문별 PM2.5 규제</li> <li>• 목재난로 교체 프로그램</li> <li>• 탄소가격제를 통한 간접 감축 유인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연간 블랙카본 인벤토리 보고서 발간</li> <li>• 북극해역 선박통항 의무보고 시스템</li> <li>• 미국과 대기질 협정(1991)</li> <li>• 북극해 배출통제구역(ECA) 지정 주도</li> </ul>

국가	정책접근법	핵심규제 및 감축수단	이행 및 협력체계
노르웨이	<ul style="list-style-type: none"> <li>EU 환경 규제와 통합된 접근</li> <li>북극이사회 프레임워크 참여</li> <li>파리협약 NDC와 연계</li> <li>CLRTAP 이행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주거용 목재연소/도로·해상 운송 관리</li> <li>EU 배출한계치 적용</li> <li>노후 디젤차 퇴출 정책</li> <li>청정연료 전환 및 고효율 난로 보급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전용 측정장비로 실시간 모니터링</li> <li>블랙카본·메탄 워킹그룹 적극 참여</li> <li>스발바르 관측소 국제 데이터 공유</li> <li>EU 북극 블랙카본 행동 참여</li> </ul>
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후법(2017) 기반 강력한 규제</li> <li>세계 최고 수준의 탄소세 적용</li> <li>고텐부르크 의정서 적극 이행</li> <li>독립 기후정책위원회 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통부문 디젤차량 규제 강화</li> <li>스톡홀름 버스 재생연료 100% 전환</li> <li>열스토브 테스트/라벨링 시스템</li> <li>경제적 인센티브와 규제 병행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>체계적인 국가 대기질 모니터링</li> <li>정책효과와 정기평가 시스템</li> <li>EGBCM 활동 주도적 역할</li> <li>고텐부르크 의정서 의장국 (2020)</li> </ul>
핀란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화법과 중기 정책계획에 통합</li> <li>대기오염 관리 프로그램 (2019) 연계</li> <li>EU 정책과 연동</li> <li>과학 연구 기반 접근법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통, 소형 고체연료 연소 중점 관리</li> <li>전기차 세금 공제 및 인프라 확대</li> <li>해운 연료 전환 적극 지원</li> <li>도시 폐기물 관리 협력 프로그램</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상연구소/환경연구소 주도 실시간 모니터링</li> <li>과학적 데이터 기반 정책 수립</li> <li>블랙카본·메탄 감축 프레임워크 참여</li> <li>ABC-iCAP 등 국제 연구 프로젝트 주도</li> </ul>
덴마크	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후법(2020) 기반 통합적 접근</li> <li>EU 환경 규제 체계와 연계</li> <li>북극이사회 프레임워크 준수</li> <li>그린란드를 포함한 북극 정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주거난방/교통/선박 배출 집중 관리</li> <li>열스토브 테스트 및 에코 라벨링</li> <li>화석연료 보일러 설치 금지</li> <li>선박 디젤 미립자 필터 의무화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 대기질 모니터링 네트워크 운영</li> <li>EU/북극이사회 정기보고 체계</li> <li>선박 스코러버 폐수 배출 금지(2024)</li> </ul>
아이슬란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>독립 블랙카본 전략 없음</li> <li>기후행동계획(2024)에 일부 통합</li> <li>EU 기후정책과 연동</li> <li>국제 협력 중심 정책 접근</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IMO 북극 선박 연료 규제 준수</li> <li>전기차 보급 확대 정책</li> <li>내연기관차 단계적 퇴출 계획</li> <li>청정연료 전환 중점 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국제 보고체계 활용 중심 접근</li> <li>EGBCM 활동 주도</li> <li>해운부문 블랙카본 규제 적극 참여</li> </ul>

자료: 저자 작성

---

다음으로 옅서버 국가의 블랙카본 정책을 살펴본 결과, 일본, 중국, 인도 모두 직접적인 블랙카본 규제보다 기존 기후·환경 정책 내에서 관리하는 접근법을 취하고 있었다. 일본은 기술 혁신과 국제협력에 중점을 두며, 중국은 체계적인 탄소 통계·회계 시스템 구축에 주력하고, 인도는 대기질 개선 차원에서 접근하는 반면, 싱가포르의 해운국가의 특성을 반영해 항만과 해운에 특화된 정책에 집중하고 있다.

주요 감축 수단에서도 일본은 디젤차량과 해운 규제, 중국은 산업 부문 관리, 인도는 가정용 청정연료 보급, 싱가포르의 항만·선박 배출 규제와 친환경 인센티브에 각각 집중하는 차이를 보인다. 국제협력 참여도에서는 일본이 가장 적극적이고, 중국은 러시아와의 양자협력을 강화하며, 인도는 상대적으로 소극적인 특징을 보이는 반면, 싱가포르는 해양 녹색 회랑 (Green Shipping Corridor) 구축에 주력하고 있다. 이러한 다양성은 북극권 국가들과의 협력 방안 모색에 중요한 시사점을 제공한다.

그리고 비교표(표 3-1)에서 볼 수 있듯이, 일본은 지구온난화대책추진법과 그린이노베이션 펀드를 통해 블랙카본을 포함한 대기오염물질을 관리하며, 특히 선박 LNG 병커링 허브 개발과 같은 해운 부문 청정화에 강점을 보인다. 또한 MAAP/COSMOS 같은 첨단 장비를 활용한 모니터링 시스템과 글로벌 카본 프로젝트 참여 등 국제 연구 네트워크에서 주도적 역할을 하고 있다.

중국은 2030년 탄소배출 정점과 2060년 탄소중립이라는 '이중 탄소 목표'를 중심으로 정책을 설계하며, 특히 2024년 발표된 탄소 배출 통계 및 회계 시스템 개선 계획을 통해 체계적인 관리 체계를 구축하고 있다. 국가 탄소배출권 거래제(ETS)와 산업·기업·제품별 탄소발자국 회계 시스템은 중국 정책의 핵심 수단으로, 23,000개 주요 오염원에 대한 실시간 모니터링을 통해 이행을 관리하고 있다.

인도는 국가 청정 대기 프로그램(NCAP)과 BS-VI 배출 기준 도입을 통해 간접적으로 블랙카본을 관리하며, 특히 우즈왈라 요자나 프로그램을 통해 8천만 가구에 LPG를 보급하여 가정용 바이오매스 연소로 인한 블랙카본 배출이 크게 감소하였다. 그러나 국제협력 참여는 상대적으로 제한적이며, 히말라야 지역 블랙카본 연구 프로젝트와 같은 특정 분야에 집중되어 있다.

싱가포르는 해양 싱가포르 탈탄소화 청사진과 싱가포르 그린 플랜 2030을 통해 정책을 추진하고 있으며, 연간 25,000 tCO<sub>2e</sub> 이상을 배출하는 시설에 탄소세를 부과하는 한편, 해양 싱가포르 녹색 이니셔티브(MSGI)를 통해 친환경 항만 운영과 선박 배출가스 저감을 유도하고 있다. 특히 싱가포르의 일본, 로테르담 등 여러 국가와 녹색 및 디지털 해운 회랑(GDSCs)을 구축하여 해운 산업의 탈탄소화를 주도적으로 추진하고 있다.

이러한 오피서버 국가들의 다양한 정책 접근법과 우선순위는 각국의 경제 구조, 발전 단계, 지리적 위치 등을 반영하며, 북극 블랙카본 감축을 위한 국제협력에서 상호보완적인 역할을 할 수 있는 잠재력을 보여준다.

〈표 3-2〉 오피서버국가 블랙카본 정책 비교표

국가	정책접근법	핵심규제 및 감축수단	이행 및 협력체계
인도	<ul style="list-style-type: none"> <li>독립적 블랙카본 전략 부재</li> <li>국가 청정 대기 프로그램(NCAP) 통합</li> <li>미세먼지(PM2.5) 감축을 통한 간접 관리</li> <li>BS-VI 배출 기준 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>우즈왈라 요자나(8천만 가구 LPG 보급)</li> <li>디젤차량 규제(BS-VI 기준)</li> <li>작물 잔여물 소각 제한</li> <li>도시 고형 폐기물 관리 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 대기질 모니터링 프로그램(NAMP)</li> <li>북극이사회 오피서버 활동 제한적</li> <li>히말라야 블랙카본 연구 프로젝트</li> <li>UNFCCC NDC와 연계</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 기후·환경 정책에 통합</li> <li>지구온난화대책추진법 활용</li> <li>그린이노베이션 펀드 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>디젤배출감축 프로그램</li> <li>석탄발전 단계적 감축</li> <li>선박 LNG 벙커링 허브 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAAP/COSMOS 장비 활용 모니터링</li> <li>글로벌 카본 프로젝트 주도</li> </ul>

국가	정책접근법	핵심규제 및 감축수단	이행 및 협력체계
	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기오염방지법 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업·에너지 탈탄소화 정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아시아-태평양 대기오염 협력</li> <li>IMO 해운 규제 적극 참여</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>이중 탄소 목표와 연계</li> <li>배출통계·회계 시스템 강화</li> <li>국가 온실가스·대기오염 통합 관리</li> <li>국제협력 중심 정책 접근</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 탄소배출권 거래제 (ETS)</li> <li>산업·기업·제품별 탄소발자국 체계</li> <li>석탄 화력발전 배출 규제</li> <li>청정에너지 전환 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>23,000개 주요 오염원 실시간 모니터링</li> <li>러시아와 환경·에너지 협력 강화</li> <li>북극이사회 옵서버 역할 수행</li> <li>IMO 규제 준수</li> </ul>
싱가포르	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양 탈탄소화 청사진 (Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint)</li> <li>Singapore Green Plan 2030</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연간 25,000tCO<sub>2</sub>e 이상 배출시설에 탄소세 부과</li> <li>항만·선박 배출 규제(친환경 연료, 전기화, 저탄소 연료 사용 의무화 등)</li> <li>MSGI(해양 싱가포르 녹색 이니셔티브) 인센티브 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국제(IMO, 파리협정 등) 기준과 연계한 정책 설계</li> <li>북극이사회 옵서버 역할 수행</li> </ul>

자료: 저자 작성.

끝으로 북극권 국가와 옵서버 국가 두 그룹의 블랙카본 정책을 비교해 보았다. 두 그룹은 모두 블랙카본을 독립적 규제 대상으로 삼기보다 기존 기후·환경 정책 프레임워크 내에서 다루고 있다는 공통점이 있다. 법적 기반에서도 북극권 국가들이 기후법, 환경보호법, 대기청정법을, 옵서버 국가들이 지구온난화대책추진법, 이중 탄소 목표, 국가청정대기계획, 해양 탈탄소화 청사진을 활용하는 등 유사한 접근을 취하고 있다.

그러나 정책 동기와 우선순위에서는 뚜렷한 차이를 보인다. 북극권 국가들은 지리적 근접성으로 인해 블랙카본이 북극 빙하와 알베도 효과에 미치는 직접적 영향에 주목하는 반면, 옵서버 국가들은 국내 대기질 개선과 국제적 의무 이행의 관점에서 접근하고 있다. 특히 싱가포르와 같은 항만국가는 해운 부문의 친환경화와 IMO 규제 준수에 초점을 맞추는 경향이 있다.

규제 내용과 감축 수단에서도 각국의 상황이 반영된다. 북극권 국가들이 주저 난방, 디젤 차량, 해상 운송 등 북극 환경에 직접적 영향을 주는 부문에 집중하며 탄소세, 배출기준, 과학 연구 등 다각적 접근을 취하는 데 비해, 옅서버 국가들은 자국 산업 구조에 맞춰 일본은 기술 개발, 중국은 통계 시스템, 인도는 청정에너지 보급, 싱가포르는 해운·항만 부문 탄소 인증 및 녹색 인센티브에 중점을 두고 있다.

가장 극명한 차이는 이행 및 협력 체계에서 드러난다. 북극권 국가들은 발달된 모니터링 시스템과 북극이사회를 통한 지역 공동 대응을 강화하고 있지만, 옅서버 국가들은 참여도에 큰 편차를 보이며 각자의 전략적 이해 관계를 반영한 접근을 취하고 있었다.

결론적으로, 법적·제도적 틀은 유사하나 정책 우선순위와 이행 방식에서 뚜렷한 차이를 보이는 두 그룹 간 협력이 효과적인 북극 블랙카본 감축의 핵심이다. 블랙카본은 국경을 넘는 장거리 이동 오염물질이라는 특성상, 러시아를 포함한 주요 배출국들의 참여 없이는 근본적 해결이 어렵다. 특히 우크라이나 전쟁으로 인한 러시아와의 협력 단절 상황에서, 북극권 국가들의 지역적 전문성과 옅서버 국가들의 기술적·재정적 역량을 결합한 새로운 국제협력 모델 구축이 시급한 과제로 남아있다.

싱가포르의 사례는 특히 주목할 만한데, 직접적인 북극권 국가가 아님에도 해운 부문의 탈탄소화와 친환경 항만 운영을 통해 글로벌 차원의 블랙카본 감축에 기여하는 모델을 제시하고 있다. 이는 전 지구적 차원의 기후 변화 대응과 지역적 특수성을 결합한 효과적인 협력 접근법의 가능성을 보여준다.



# 04

## 해운·조선업계의 블랙카본 규제 대응 현황

### 제1절 IMO 환경규제 국내 이행 현황

#### 1. 국제법의 국내법 이행

과거 국내 문제로만 간주되던 사안들이 점차 국제법의 규율 범주에 포함되면서, 두 법체계 간 충돌이 불가피해졌다. 이에 따라 양자의 적용 우선순위와 조정 원리를 규정하는 법적 준칙의 확립이 필수적 과제로 제기되었다. 국내법이 국제법에 반하는 내용을 규정하고 있는 적극적 저축의 경우나 국제법의 이행을 위해 필요한 국내법을 따로 제정하지 않는 소극적 저축의 경우 적용의 문제가 생기기도 하며, 어느 법이 우선 적용 되는가 한 법이 다른 법을 무효화시킬 수 있는가의 문제가 생기기도 한다. 또한, 어떤 절차를 요하는가의 문제를 해결해야 한다.

---

## 1) 국제법과 국내법 관계

### (1) 국제법의 국내법에 대한 태도

#### 가. 국제법의 국내법에 대한 우위

국제상설재판소(PCIJ)는 1930년 ‘그리스-불가리아 촌락 공동체에 관한 사건’<sup>313)</sup>의 권고적 의견에서 조약에 의하여 소수 민족의 이동의 자유를 보장한 경우, 이와 상이한 국내 법령을 개정해야 하며, 이를 방치한 경우 국가책임을 진다고 권고하였다.

#### 나. 국내법은 국제법상 의무의 이행을 면제하는 근거가 될 수 없음

국가는 국제 의무를 면하거나 제한할 목적으로 국내법을 원용할 수 없다. ‘알라바마호사건’<sup>314)</sup>에서 국제재판소는 개별 국가의 국내법을 국제법적 분쟁의 근거로 삼지 않는다. 국내법은 단지 사실 관계를 확인하는 참고 자료에 불과하며, 국제법적 판단의 대상이 되지 않는다고 판시하였다.

#### 다. 단순한 사실로서의 국내법

국제법과 국제 재판소의 입장에서 볼 때 국내법은 단순한 사실에 불과하다. 따라서 국제 재판소로서는 관계 국내법 자체를 해석해야 할 의무도 없고 권한도 없다.

---

313) Greco-Bulgarian Communities, Advisory Opinion, 1930 P.C.I.J. (ser. B) No. 17 (July 31): 본 사건은 1919년 체결된 그리스-불가리아 조약(Treaty of Neuilly-sur-Seine)과 관련하여, 두 나라 간의 자발적 인구 교환과 관련된 재산권 및 공동체의 권리 문제를 중심으로 진행되었다. 이 사건은 국제법상 소수민족 보호와 재산권 문제에 대한 초기 사례로, 국제사법기관이 국가 간 조약을 이행을 감독하는 역할을 보여준다.

314) United States v. Great Britain (Alabama Claims)(1972): 미국 남북전쟁(1861-1865)기간 동안 영국이 중립 의무를 위반했다는 미국의 청구를 다룬 국제 중재 사건으로 미국은 영국이 Alabama의 건조를 알면서도 방치했으며, 이는 국제법상 중립 위반이라고 주장했다. 이는 국가가 사적 행위로 인한 피해를 방지할 의무를 강조하는 중재판결이다.

## 라. 국제법을 위반한 국내법의 지위

국제법은 원칙적으로 국내법에 우선하나, 국제법 위반을 이유로 해당 국내법이 자동적으로 무효가 되는 것은 아니다. 국제재판소는 통상 국내법의 효력 자체를 부정하기보다는 국제의무의 불이행 여부에만 판단의 초점을 둔다.

## (2) 국제법의 국내법상 지위와 효력

### 가. 국제법의 국내 도입 방식

연방제 국가에서 연방법과 주법의 관계가 연방법에 의하여 규율되기 때문에 각 주에서 연방법의 지위가 부여되는 것과는 달리 국제법과 국내법의 관계는 국제법 규율 대상이 아니고 각국의 주권 사항이다. 따라서 국제법에 대한 국내법의 태도를 일반화하기는 어렵다.

우리나라의 경우 대한민국 헌법 제6조 제1항은 “헌법에 의하여 체결·공포된 조약과 일반적으로 승인된 국제법규는 국내법과 같은 효력을 가진다.” 고 규정한다. 이는 국제법의 국내적 효력을 규정한 조항이다.<sup>315)</sup>

채용이론(Adoption Theory)은 국제조약이 국내에서 효력을 미친다 하더라도, 그 조약이 국제법으로서의 규범적 성격을 상실하지 않는다고 보는 학설로, 조약의 국내적 효력과 국제법적 성질이 병존할 수 있음을 전제로 한다. 조약은 별도의 국내 입법 절차 없이 체결과 동시에 국내법적 효력을 갖는다. 이 과정에서 국가기관이 관여하는 경우가 있을 수 있으나, 이는 조약의 내용을 확인하거나 해석하는 차원에 불과할 뿐 실질적인 변형을 가하는 것은 아니다.

315) 정인섭(2015), p. 27.

---

조약이 별도의 국내 입법 절차 없이 법원에서 직접 원용될 수 있는 경우를 ‘직접적용성(direct applicability)’이라 하며, 이때 조약 조항이 개인에게 권리나 의무를 명확히 부여하는지를 기준으로 판단한다. 조약 규정이 별도의 국내법 제정 없이도 개인에게 직접 권리를 주거나 의무를 지우며, 이를 국내 법원에서 바로 주장할 수 있을 만큼 명확하고 구체적이라면, 해당 조약은 직접 효력(direct effect)을 갖는다고 본다. 직접 적용성은 헌법적 결단의 문제이나 직접 효력은 조약 해석의 문제이다.

국제법이 국가 간의 합의로서 성립되며, 그 규율 대상은 국가이며, 개인은 직접적인 관계가 없다는 이론이 변형(Transformation)이론이다. 이 입장에 따르면 국제법은 그대로 국내에 적용될 수 없고, 국내적으로 적용되기 위해서는 국내법으로 그 형태를 바꾸는 변형이 있어야 한다.

변형에 의한 국제법의 국내법화는 해당 규범의 형식적 가치를 변경시키고 부분적인 내용 변경을 가져오게 된다.

#### 나. 국제법의 국내적 효력

국제법의 국내적 효력은 각국 헌법 체계에 따라 다양하게 규정된다. 법률과 동일한 효력을 인정하는 국가로는 미국과 스위스가 있으며, 미국의 헌법 제6조는 연방법과 조약이 주 법률보다 상위법임을 명시하고, 스위스 헌법은 연방의회 동의를 얻은 조약이 연방법원을 구속한다고 규정한다. 법률에 우월하는 효력을 인정하는 국가로는 프랑스와 일본이 있는데, 프랑스 제5공화국 헌법은 조약의 법률 우월적 지위를 명시하고, 일본은 조약을 위헌법령심사권에서 제외시켜 조약의 우위를 규정한다. 오스트리아는 조약에 헌법과 동위 또는 헌법 우월적 효력을 인정하여 조약이 법률 뿐만 아니라 헌법까지 변경할 수 있다고 규정한다.

조약의 자기집행성은 별도로 추가 입법 없이 국내법원이 국제법을 직접 적용할 수 있는 조약의 특성이다. 통일설 국가에서는 비준되어 공포된 조약이 그 자체로 법이 된다. 반면, 대립설 국가에서는 변형을 통해 국내법으로 수용되어야 국내법적 지위를 갖는다. 법원은 구체적 사안에서 내용과 형식을 분석하여 자기집행성을 판단하고 있으며, 동일 조약 내에서도 조항별로 자기집행성이 다를 수 있다.

각국의 실행을 보면, 영국은 전통적으로 이원론을 유지하고 있는데 이는, 조약이 국내에서 효력을 갖기 위해서는 의회의 별도 승인 절차가 필요한 것으로 적용하고 있다. 반면 미국은 헌법 제6조<sup>316)</sup>에 따라 조약을 ‘국가의 최고법’으로 규정하고는 있지만, 판례상 자기집행적 조약과 비자기집행적 조약을 구별한다. 독일은 연방헌법 제59조<sup>317)</sup>에 따라 입법 동의 절차를 거쳐 조약을 국내법으로 변환하여 적용하는 구조를 채택하고 있다.

## 2) 우리나라 국내법상 국제법과 국내법의 관계

### (1) 국제관습법의 지위

대한민국 헌법 제6조 제1항에 따라 국제관습법은 별도의 입법 조치 없이

316) 미국 헌법 제6조 제2항: This Constitution, and the Laws of the United States which shall be made in Pursuance thereof; and all Treaties made, or which shall be made, under the Authority of the United States, shall be the supreme Law of the Land; and the Judges in every State shall be bound thereby, any Thing in the Constitution or Laws of any State to the Contrary notwithstanding

317) 독일 연방 헌법(Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland) Art.59 (2) : Verträge, welche die politischen Beziehungen des Bundes regeln oder sich auf Gegenstände der Bundesgesetzgebung beziehen, bedürfen der Zustimmung oder der Mitwirkung der jeweils für die Bundesgesetzgebung zuständigen Körperschaften in der Form eines Bundesgesetzes. Für Verwaltungsabkommen gelten die Vorschriften über die Bundesverwaltung entsprechend.(연방의 정치적 관계를 규정하거나 연방입법 사항과 관계있는 조약은 연방법률의 형식으로 연방 입법권을 가진 기관의 동의 또는 참여를 요한다. 행정협정에 대하여는 연방행정에 관한 규정이 준용된다.

---

국내법에 수용된다. 또한 일반적으로 승인된 국제법규는 국내법과 같은 효력을 지니나 해석상 이때 국내법은 법률로 본다.

국제 공동체의 상위규범인 일반 국제법의 강행규범(jus cogens)에 대해서는 법률보다 상위에 두는 것이 바람직하다는 견해도 있다. 법률과의 관계에서는 일반적으로 동위의 효력을 인정하고, 조약 및 국제관습법이 법률과 충돌하는 경우에는 신법 우선이나 특별법 우선의 법리가 적용된다고 보는 것이 일반적 해석론이다.

## (2) 조약의 지위

우리나라 헌법 체계에서 조약은 헌법해석론에 따라 국제관습법과 동일한 방식으로 국내법 체계에 수용된다. 조약의 효력 순위를 살펴보면, 조약 체결권 자체가 헌법에 의해 부여된 권한이므로 조약이 헌법보다 우위에 설 수는 없으며, 이는 헌법 부칙 제5조318)와도 일치하는 해석이다. 조약과 법률 간의 관계에서는 헌법 제60조319)에서 정한 사항을 다루는 조약의 경우 법률과 동등한 효력을 갖지만, 그 외 영역을 규율하는 조약은 법률보다 낮은 지위에 있다는 것이 법원과 헌법재판소의 일관된 견해이다.

국내에서 국제조약을 어떻게 적용할 것인가를 놓고 헌법재판소와 대법원의 시각은 달라진다. 헌법재판소는 1998년 결정320)을 통해 WTO 협정에 대한 이른바 ‘전도된 수직적 직접효력’이 있다고 인정했다. 1994년 체결된

---

318) 대한민국헌법 부칙 제5조: 이 헌법시행 당시의 법령과 조약은 이 헌법에 위배되지 아니하는 한 그 효력을 지속한다.

319) 대한민국헌법 제60조: ①국회는 상호원조 또는 안전보장에 관한 조약, 중요한 국제조직에 관한 조약, 우호통상항해조약, 주권의 제약에 관한 조약, 강화조약, 국가나 국민에게 중대한 재정적 부담을 지우는 조약 또는 입법사항에 관한 조약의 체결·비준에 대한 동의권을 가진다.

320) 헌법재판소 97헌바65(1998. 11. 26.): 관세포탈죄 관련 특정범죄가중처벌법 부칙의 위헌 여부 심판에서 WTO 마라케쉬 협정(국제조약)을 국내법과 동등한 효력으로 인정. 협정으로 인한 형사처벌 강화가 국내법 효과와 유사하다고 판단. ‘전도된 수직적 직접효력’ 개념을 통해 조약의 국내 적용 가능성을 인정.

마라케쉬 협정(Marrakesh Agreement)<sup>321)</sup>도 정당한 절차를 밟아 체결되고 공포되었으므로, 국내법과 같은 법적 효력을 지닌다고 판단했다. 헌법재판소는 더 나아가 이런 조약으로 인하여 새로운 범죄가 생기거나 형벌이 무거워지더라도 그것은 국내법으로 처벌을 강화한 것과 마찬가지로 보았다. 그러나 이런 해석에 문제가 있다는 지적도 나온다. 조약의 형식을 빌려 새로운 범죄를 만들거나 세율을 마음대로 조정할 수 있게 되는 것이 아니냐는 우려가 이것이다.

대법원은 한편 보다 조심스러운 태도를 보여왔다. 2005년에는 WTO협정에 어긋나는 지방자치단체 조례가 무효<sup>322)</sup>라고 판단하기도 했지만, 2009년에는 입장을 정리하여 모호했던 태도를 바꾸어, WTO협정이 국내에서 직접 효력을 명시적으로 부정<sup>323)</sup>하였다. 결국 같은 국제 조약을 두고도 헌법재판소와 대법원은 서로 다른 관점으로 보고 있다.

### 3) 환경법 영역에서 국제법 수용

국제환경법에서 국제법의 국내적 수용은 다른 분야 국제법 보다 적극적으로 이루어진다. 환경문제는 원래 공동이익(commuinity interest)과 초국경적(transboundary)의 특징을 가지고 있으며, 어느 한 국가만의 노력으로 해결할 수는 없다.

1972년 ‘스톡홀름 선언(Stockholm Declaration on the Human Environment)’으로 환경을 인류 공동의 이익으로 여기기 시작했으며, 이

321) Marrakesh Agreement Establishing the World Trade Organization (WTO)(1994. 12. 31.): 모로코 마라케쉬에서 123개국 서명, 세계무역기구 설립을 위한 협정

322) 대법원 2005두16079(2005): WTO 협정 위반으로 지방자치단체(예: 특정 지자체 조례)가 무효 또는 효력 정지된 사안. 대법원이 조례의 WTO 위배를 인정하고 효력을 부인한 판결.

323) 대법원 2008두17936(2009. 1. 30.): 반덤핑관세 부과 처분 관련 소송에서 WTO 협정(마라케쉬 협정 등)의 사인(私人)에 대한 직접효력을 명시적으로 부인. 협정 위반을 처분 취소의 독립적 사유로 인정하지 않음.

---

러한 국제적 합의는 각국의 법률 체계에 반영되었다. 기후변화, 해양오염, 생물다양성 보존 등 많은 영역에서 국가 간 협력이 필요하며, 국내법은 국제 환경조약의 이행을 위한 법률적 체계를 갖추는 것이 필수적임을 인식하게 되었다.

IMO는 국제 해운에 있어서 환경 영향의 최소화를 위하여 여러 가지 방법 규제를 하고 있다. 이러한 IMO의 환경보호를 위한 주요 협약들은 국제법이 국내 수용되었다.

## **2. IMO MARPOL 73/78 국내법 이행 현황**

### **1) MARPOL 73/78의 국내법 반영**

전술한 바와 같이 MARPOL협약은 1973년 IMO에서 채택되었으며, 협약이 미발효 상태일 때 1978년 MARPOL의정서가 모협약을 흡수했다. 통합된 형태로 1983년 10월 2일 발효되었으며, 1997년 협약 개정을 위한 의정서가 채택되었고, 2005년 새롭게 제6부속서가 추가되었다. 수 십년에 걸친 개정을 통해 업데이트되고 있다.

우리나라는 1984년 이 협약에 가입하고 87년 비준 이후 6개 부속서 규정을 국내법 법에 반영하고 시행하고 있다. 해양수산부를 주관부처로 하여 지속적인 법령 개정을 통해 국제 기준 강화에 대응하고 있다.

### **2) 국내법 이행 체계**

#### **(1) 부속서 구조**

MARPOL 73/78은 총 6개의 부속서를 가지고 오염원을 규제하고 있다.

〈표 4-1〉 MARPOL 73/78의 주요 내용

부속서	내용	주요 규제 대상
Annex I	기름에 의한 오염 방지	석유류 배출(원유, 중유, 슬러지 등)
Annex II	산적된 유해액체물질에 의한 오염 방지	화학물질 탱커의 화물 잔여물 배출
Annex III	포장된 형태로 선박에 의하여 운송되는 유해 물질에 의한 오염 방지	위험화학품의 포장 및 표시 기준
Annex IV	선박으로부터의 오수에 의한 오염방지	선박 하수 처리 및 배출
Annex V	선박으로부터의 폐기물에 의한 오염방지	선박 쓰레기 투기 금지(플라스틱 등)
Annex VI	선박으로 인한 대기오염 방지	SOx, NOx, 온실가스 배출 규제

자료: IMO 국제해사협약, 해양환경보호관련 협약(IMO KOREA 홈페이지)

## (2) 국내 이행 현황

초기에 MARPOL 73/78의 국내 이행을 위하여 「해양오염방지법」<sup>324)</sup>이 제정되었으나 현재는 「해양환경관리법」으로 통합·보완되어 운용되고 있다. 일부 규정은 여전히 참조 되고 있기도 하다.

「해양환경관리법」해양환경관리법은 선박, 해양시설, 해양공간 등 해양오염물질을 발생시키는 발생원을 관리하고, 기름 및 유해액체물질 등 해양오염물질의 배출을 규제하는 등 해양오염을 예방, 개선, 대응, 복원하는 것을 목적으로 한다.<sup>325)</sup> 「해양환경관리법」은 MARPOL 73/78의 국내 이행을 위한 핵심적 법적 기반이다. 본법은 6개 부속서를 국내 상황에 맞게 수용하여, 해양오염 방지와 관련한 세부 규정을 정하고 있다.

〈표 4-2〉 해양환경관리법의 MARPOL 부속서 규정 내용

부속서	해양환경관리법
Annex I 기름에 의한 오염 방지	제26조: 기름오염방지설비의 설치 등을 규정

324) 구 해양오염방지법 제1조.

325) 해양환경관리법 제1조.

부속서	해양환경관리법
Annex II 산적된 유해액체물질에 의한 오염 방지	제27조: 유해액체물질에 의한 해양오염을 방지하기 위한 설비의 설치를 규정
Annex III 포장된 형태로 선박에 의하여 운송되는 유해물질에 의한 오염 방지	제29조: 선박을 이용하여 포장 유해물질 운송을 하려는자의 포장 및 표시 적재 방법 등의 요건을 규정
Annex IV 선박으로부터의 오수에 의한 오염방지	제22조: 오수 등 오염물질 배출 금지 등을 규정
Annex V 선박으로부터의 폐기물에 의한 오염방지	제22조의 2: 선박 항해 중 발생하는 폐기물의 배출물 등을 규정
Annex VI 선박으로 인한 대기오염 방지	제41조에서: 선박 소유자가 대기오염물질의 배출방지를 위한 설비의 설치를 할 것을 규정

자료: 해양환경관리법 [법률 제20604호, 시행 2025.6.21.]

### 3. 블랙카본(친환경) 규제 대응을 위한 현행 지원 제도

#### 1) 헌법상 환경권

「대한민국헌법」제35조 제1항은 “모든 국민은 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 가지며, 국가와 국민은 환경보전을 위하여 노력하여야 한다.”고 규정한다.<sup>326)</sup> 이는 우리나라가 환경권을 기본권으로 보장하며, 국가의 적극적 환경보전 의무를 강조하고 있음을 알 수 있다.

지난 2024년 선고된 ‘기후위기 대응을 위한 국가 온실가스 감축목표 사건’<sup>327)</sup>은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」<sup>8조 1항</sup><sup>328)</sup>이 청구인들의 환경권을 침해한다고 판단하였다. 정부의 ‘중장기 온실가스 배출량 감축목표’를 2030년까지 1018년 대비 35%이상의 범위 내에서 대통

326) 대한민국헌법 제35조 제1항.

327) 헌법재판소 2020헌마389, 2021헌마1264, 2022헌마854, 2023헌마846(2024. 8. 29.)

328) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 제8조 제1항/ [헌법불합치, 2020헌마389, 2021헌마1264, 2022헌마854, 2023헌마846(병합), 2024. 8. 29., 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(2021. 9. 24. 법률 제18469호로 제정된 것) 제8조 제1항은 헌법에 합치되지 아니한다. 위 법률조항은 2026. 2. 28.을 시한으로 개정될 때까지 계속 적용된다.]

령령으로 정하는 비율로 규정한 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」제 8조 1항과 위 조항의 ‘대통령령으로 정하는 비율’을 40%로 규정한 본법 시행령 제3조 제1항이 청구인들의 기본권을 침해한다고 헌법소원을 신청하였다. 국민의 기본권으로서의 환경권을 적극적으로 인정한 사례이다.<sup>329)</sup>

블랙카본은 건강권과의 연관성을 가지며, 헌법 제35조의 ‘건강한 환경에서 생활할 권리’에 직접적 연관성을 가진다. 또한 블랙카본은 지구온난화를 가속화 하여 전체적인 환경의 질을 악화시키므로 국민의 ‘쾌적한 환경’에서 살 권리에 대한 침해의 소지가 있다.

따라서 헌법상 환경권은 국가에게 적극적 의무인 블랙카본 배출을 줄이기 위한 규제 체계 구축 등의 의무가 생기게 되며, 소극적으로 블랙카본 배출 증가시키는 정책 등을 금지하는 의무가 생긴다.

## 2) 국내 법령상 규정

### (1) 항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법

「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」(항만대기질법)은 항만배출원을 체계적으로 관리함으로써 지역 주민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활환경을 조성하는 것을 목적으로 하는법이다.<sup>330)</sup>

주요 내용으로는 선박배출 규제해역 지정 등 배출원 관리 및 친환경 항만 구축에 대한 규정을 하고 있다. 특히 선박의 정박·예선·하역 등 항만 운영의 전 단계에 걸쳐 대기오염물질 배출을 관리하는 체계를 갖추고 있다.

329) 법무법인(유) 지평 홈페이지(검색일: 2025.9.29.)

330) 항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법 제1조.

---

## (2) 대기환경보전법

「대기환경보전법」은 대기오염으로 인한 국민 건강이나 환경에 의한 위해를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속가능하게 관리·보전하여 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하는 법이다.<sup>331)</sup>

본 법에서는 선박의 배출허용 기준<sup>332)</sup> 등을 규정하고 있다. 선박소유자는 「해양관리법」 제43조 제1항에 따라 선박에서 배출되는 대기오염물질 배출 시 환경부령이 정하는 허용기준에 맞게 하여야 한다.<sup>333)</sup> 또한 본법 제4장을 통해 대기오염을 줄이기 위해 기술개발, 연구 지원 등을 하도록 규정하고 있다.<sup>334)</sup>

## (3) 해양환경관리법

전술한 바와 같이 해양환경관리법은 IMO 협약의 부속서를 수용하고 있으며, 해양 오염물질을 발생시키는 발생원의 관리와 배출의 규제, 예방·개선·대응·복원에 그 목적이 있다.<sup>335)</sup>

특히 해양에서 대기오염물질의 배출방지를 위하여 설비의 설치<sup>336)</sup> 등을 규정하고, 5천톤 이상 선박은 선박운항탄소집약도지수를 계산하고 제출하도록 규정하고 있다.<sup>337)</sup> 또한 오존층 파괴물질을 배출규제<sup>338)</sup> 하고 있으며, 질소산화물의 배출 규제<sup>339)</sup>를 하는 등 오염원 관리와 대기오염물질에

---

331) 대기환경보전법 제1조.

332) 대기환경보전법 제76조.

333) 해양환경관리법 제43조 제1항.

334) 대기환경보전법 제46조의 2, 제47조.

335) 해양환경관리법 제1조.

336) 해양환경관리법제41조.

337) 해양환경관리법 제41조의 6.

338) 해양환경관리법 제42조.

339) 해양환경관리법 제43조.

대한 규제를 하고 있다.

그리고 선박 등에 의해 해양 사고가 발생하는 경우를 대비해 기름 및 유해액체물질 오염 대응을 사전에 예방할 수 있는 설비를 구비하도록 규정하고 있으며, 사고 발생시 대응하는 방법에 대해서도 규정하고 있다.

#### (4) 소결

「항만대기질법」, 「대기환경보전법」, 「해양환경관리법」은 선박 배출원 관리라는 공통적인 부분을 규정하며, 상호보완적 작용을 한다. 「항만대기질법」 및 「대기환경보전법」은 주로 항만 인근과 연안지역의 대기질 보호에 초점을 맞추고, 「해양환경관리법」은 해양생태계 전반의 보호와 선박 운항 중 환경관리에 관한 사항을 규정하고 있다.

아직 블랙카본에 대한 규정 자체는 없으나, 이 법체계의 적용을 통해 선박에서 배출되는 블랙카본에 대하여 육상과 해상에서 종합적으로 관리할 수 있다.

### 3) 지원제도 현황

#### (1) 재정적 지원

해양수산부는 한국해양진흥공사를 통해 친환경선박 전환 지원사업을 하고 있다. 이 사업은 노후 선박을 해체 또는 매각하고 친환경 선박으로 대체 건조하는 사업자에게 해양수산부가 신조선가의 약 10% 내에서 보조금을 지원하는 제도이다.<sup>340)</sup>

또한 해양수산부는 친환경인증선박 보급지원사업을 통해 국가인친환경

340) 한국해양진흥공사 홈페이지(검색일: 2025.9.25.)

---

선박을 신조 또는 대체 건조하는 민간사업자에게 보조금을 지원하여 친환경 선박 전환 수요 창출 및 민간 보급 확산하는 사업도 추진하고 있다.<sup>341)</sup>

## (2) 기술적 지원

정부는 배출가스 후처리장치, 대체연료 기술, 에너지 효율화 기술 등에 대한 연구개발 자금을 지원하며, 산·학·연 협업을 통해 실용화를 촉진하는데 힘을 기울이고 있다. 이는 「대기환경보전법」등에서도 배출을 줄이기 위해 연구개발 및 기술개발 지원 등을 할 수 있음을 규정하고 있다.

## 4. 우리나라 극지 관련 법·정책의 블랙카본 규제

### 1) 극지활동진흥법의 목적과 적용 범위

2021년 제정된 「극지활동진흥법」은 극지의 지속가능한 발전과 체계적 극지활동의 육성·지원을 규정하며, 5년마다 ‘극지활동진흥기본계획’을 수립할 것을 규정한다.<sup>342)</sup>

「극지활동진흥법」에는 블랙카본을 직접적으로 규제하는 규정은 없다. 그러나 모든 극지활동에 있어서 극지환경을 오염시키지 않을 의무를 부과하고 있고, 정부는 극지활동으로 발생할 수 있는 사고의 예방과 발생시 대응에 대하여 안전관리 체계를 만들 의무를 규정한다.<sup>343)</sup>

---

341) 해양수산부 홈페이지(검색일: 2025.9.25.)

342) 극지활동진흥법 제1조.

343) 극지활동진흥법 제14조

## 2) 제1차 극지활동진흥기본계획<sup>344)</sup>

2022년 발표된 ‘제1차 극지활동진흥기본계획(2023-2027)’은 「극지활동진흥법」제 6조에 근거하여 수립된 법정계획으로 남극·북극을 포괄하는 중장기 전략을 내용으로한다. 여러 가지 환경에 관한 계획들을 수립했다.

이 기본계획은 △남·북극 미지의 영역 탐사 확대, △기후·환경문제 해결 주도, △국가 경제에 기여하는 극지 산업기반 마련, △ 다원적 국내외 협력 생태계 조성, △참여하고 소통하는 극지활동 강화의 5대 추진 전략이 마련되었다. 특히 환경야의 핵심전략의 설정으로 극지 환경오염 예방과 생태계 보전을 국가의 주요 책무로 명시하였다.

기후변화로 인한 급격한 온난화와 해빙 감소를 전 지구적 문제로 인식하였으며, 과학적 기반으로 △북극 대기-해양-해빙 통합 예측모델 구축, △남극 빙상 용융에 따른 해수면 상승 예측 시나리오 제시 등을 주요 목표로 제시하였다.

또한 북극·남극 해역에서 해양오염물질(블랙카본, 미세플라스틱 등)의 유입현황과 확산 경로를 규명하기 위한 과학 연구를 포함한 과제를 제시함으로써, 해양 오염의 원인 분석과 예방적 정책 대응의 필요성을 강조하였다.

## 5. 향후 과제와 입법 개선 필요성

### 1) 현 체계의 한계

극지활동을 규정한 「극지활동진흥법」과 법정계획인 ‘제1차 극지활동진흥기본계획’은 블랙카본과 관련하여 직접적 규제 관련 규정이 없다. 또한 계획

344) 관계부처 합동, 제1차 극지활동진흥기본계획(2022).

---

차원에서는 관측·모델링 항목으로만 다루고 있으므로, 배출원별 기준, 측정·보고·검증, 감축 목표의 설정 등 규제를 위한 핵심 요소들이 빠져있다.

또한 극지활동 수행 선박·항공·기지 운영에 적용될 특화된 배출 관리 규정이 없어 극지 특수성 반영이 미흡하다. 친환경 운항기술·연료 전환 등 북극항로를 위한 산업 과제는 있지만 이 과제들을 블랙카본 감축 메커니즘과 연결하는 전략이 부족하기도 하다.

블랙카본은 항만·연안·원양을 가로지르는 오염원으로 해양·대기·산업·외교가 관련된 복합적 문제이지만 현행 법제로는 「항만대기질법」, 「대기환경보전법」, 「해양환경관리법」 등으로 분산되어있고, 극지 특화된 조정장치가 취약한 편이다.

## 2) 개정·보완 필요성

### (1) 블랙카본 규제에 관한 법적 근거 마련

현재 「대기환경보전법」-「항만대기질법」-「해양환경관리법」이 각각 항만, 대기, 해양의 오염원을 개별적으로 규율하고 있어, 동일한 오염물질(블랙카본)에 대한 통합관리 체계가 존재하지 않는 것이 문제이다.

헌법상 환경권을 근거로 할 때 블랙카본에 대한 저감은 국민의 ‘건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리’ 실현과 직결되는 국가의 의무에 해당하기도 한다.

요컨대 현 법체계상 육상-해상-항만 간 관리체계의 단절이 있으며, 중복 및 사각지대가 병존하여 블랙카본과 같은 복합적 오염원을 관리하기 위해서는 해양·대기 통합 오염을 관리하는 법안이 필요하며, 이를 위한 범정부 협력체계 구축이 중요하다.

## (2) 정책적 지원체계의 예방적 접근

정부의 지원체계는 친환경 선박 보조금, 기술개발(R&D)지원 등은 대체 연료·후처리기술을 촉진하고 있으나, 이 조치들은 배출 이후의 저감 중심의 지원체계이다.

IMO의 “예방원칙(precautionary principle)” 및 “오염자 부담 원칙(polluter pays principle)”에 부합하는 선제적 규제가 필요하다. 예컨대 블랙카본 배출허용기준의 마련, 감축목표 설정 등 예방적 접근이 필요하다.

## (3) 극지활동에 특화된 국가 전략 연계

「극지활동진흥법」하위 시행령에 극지활동(선박·항공·기지)의 블랙카본 규제 근거(배출기준·연료기준·운영기준)와 극지 MRV·인벤토리(활동유형별 배출계수·보고양식)를 신설하여, 국가온실가스·대기 인벤토리와 연동<sup>345)</sup>하는 것이 효율적일 것이다.

또한 IMO와 남극조약체제 등 상호인정(연료·장비 인증)을 추진하고, 조선·기자재에 시험선박·공용실증·공동인증 패키지를 제공하여 규제순응 비용을 산업경쟁력으로 전환 시키는 것도 필요하다.

## 3) 소결

우리나라는 헌법상 환경권의 보장과 국제법 수용체계를 바탕으로 IMO의 환경규제를 국내법에 이행할 수 있는 법적 인프라를 갖추고 있다. 대한민국의 헌법 제6조 제1항에 따라 적법하게 체결·공포된 조약은 국내법과 동등한 효력을 가지며, MARPOL 73/78 협약은 「해양환경관리법」을 중심으

345) 관계부처 합동, 제1차 극지활동진흥기본계획(2022).

---

로 6개 부속서가 체계적으로 반영되어 시행되고 있다.

현행 국내법체계는 블랙카본과 같은 복합 오염원을 규율하는 데 구조적 한계를 갖는다. 앞서 살펴본 바와 같이, 이는 단일한 문제가 아니라 여러 층위의 문제가 중첩된 결과다.

무엇보다 블랙카본 규제의 법적 근거 자체가 불명확하다. 해양과 대기를 분리해서 관리하는 현재의 접근으로는 한계가 있으며, 극지환경의 특수성을 반영한 별도의 제도적 장치가 필요하다. 규제 방식도 문제다. 사고 발생 후 수습하는 사후 대응 중심에서 벗어나, 애초에 오염을 예방하는 방향으로 전환해야 한다.

「극지활동진흥법」 시행령과 시행규칙에 블랙카본 배출기준을 구체적으로 명시하고, 측정·보고·검증(MRV) 체계를 갖추는 것이 첫 단계가 될 것이다. 여기에 국제인증체계와의 상호인정 메커니즘을 구축하면, 규제 준수가 단순한 의무 이행에 그치지 않고 산업 경쟁력을 높이는 계기가 될 수 있다.

이같은 개선이 이루어진다면 헌법상 환경권 보장은 물론, 극지 거버넌스를 선도하는 국가로서 국제적 위상도 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제2절 국내 조선사·해운사의 준비 현황

---

국내 주요 조선사 및 해운사를 대상으로 북극해 블랙카본 규제에 대한 준비 현황을 파악하기 위해 설문을 실시했다. 설문조사는 블랙카본 규제 인식에 대한 사항(파트 A)과 북극해에 대한 사항 등 크게 두 개의 파트(파

트 B)로 나누어 진행되었다. 파트 A의 경우, 총 4개의 질문, 파트 B는 8개의 질문으로 구성했다. 파트 A의 질문은 다음 표와 같다. 2025년 3월부터 5월까지 총 5개 조선사를 대상으로 개별 접촉을 진행하였고, 조선사(5개)으로부터 응답을 확보했다. 동 기간 총 5개 해운사를 대상으로 개별 접촉을 진행했으나, 1개의 해운사로부터 응답을 확보했다.<sup>346)</sup>

### 1. IMO 블랙카본 배출 규제 도입에 대한 인지도

IMO의 블랙카본 배출 규제 도입에 대해서 얼마나 인지하고 있는지에 대한 질문에 조선사 대부분 IMO의 블랙카본 배출 규제 도입에 대해서 어느 정도 알고 있다고 긍정적으로 답변한 반면, 해운사는 블랙카본 배출 규제에 대해 보통으로 알고 있다고 답변했다. 이는 조선사와 해운사 간 IMO 블랙카본 배출 규제에 대한 인식 수준의 차이를 보여주며, 조선사는 규제 대응에 해운사보다 적극적임을 알 수 있다. 조선사는 배출 저감 기술의 개발 주체로서 국제 규제 동향에 민감하게 대응해야 하기 때문으로 판단된다.

〈표 4-3〉 IMO 블랙카본 배출 규제 도입에 대한 인지도

	전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
조선사	-	-	-	3	1
해운사	-	-	1	-	-
의미	• 대략적인 내용도 모름	• 구체적인 내용도 잘 모름	• 일반적인 수준으로 알고 있음	• 규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	• 규제 대응을 위한 기술 적용하고 있음

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

346) 본 설문조사는 북극항로가 본격적으로 정책화되기 이전 시점에 실시되었다는 한계가 있다. 당시 해운업계 전반은 북극항로를 단기적 사업 현안이 아닌 장기적 과제로 인식하고 있었기 때문에 응답률이 낮게 나타났으며, 이는 조사 결과 해석에 있어 중요한 제약 요인으로 작용했다.

---

## 2. 블랙카본 권고 지침 충족 여부

IMO의 MEPC 82차 회의에서 제시된 블랙카본 저감 권고안<sup>347)</sup>에 따라, ▲선박 설계 기술, ▲운항 최적화 기술, ▲운항 효율성 향상 기술, ▲대체 연료 전환, ▲저감장치 개발, ▲모니터링 기술 등 총 6가지 기술 항목에 대한 국내 조선사 및 해운사의 대응 현황을 조사했다.

### 1) 조선사

일부 조선사(1개 사)에서는 모니터링 기술 분야에서 소수의 미충족 사례가 보고되었다. 그러나 대부분의 조선사(4개 사)는 특히 운항 효율성과 연료 전환 부문에 대해 기술 요건을 충족하고 있다고 응답했다. 이는 최신 엔진 기술 및 저유황 연료(LSFO) 또는 LNG 기반 이중연료 시스템<sup>348)</sup>을 활용한 친환경 선박 설계가 점차 보편화되고 있으며, 환경 규제 대응 역량이 산업 전반에 걸쳐 빠르게 제고되고 있음을 반영한다.<sup>349)</sup>

한편, 선박 설계 기술 및 운항 최적화 기술의 경우, 일부 조선사(2개 사)가 ‘일부 충족’으로 응답한 바 있는데, 이는 선체 형상 개선, 저항 저감 설계, 선체-프로펠러 연계 기술 등 고도화된 설계 기술이 모든 선형에 전면적으로 적용되지 않았거나, 다양한 항로 및 운항 조건에서 최적 효율을 확보하기 위한 디지털 기반 솔루션 도입이 아직 제한적인 현실을 시사한다. 국내 조선업계는 이러한 흐름 속에서 친환경 선박 건조 기술을 선도적으로

---

347) International Maritime Organization (IMO), MEPC.1/Circ.893/Rev.1and MEPC.1/Circ.894/Rev.1, Recommendations on Reduction of Black Carbon Emissions from Marine Shipping in the Arctic, 2024.

348) Clarksons Research, 『Green Technology Uptake Tracker – June 2023; DNV, Maritime Forecast to 2050, 2023.

349) IMO, MARPOL Annex VI; International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code), 2017 Edition.

개발하고 있으며, 고효율 추진 시스템, 연료 절감형 선체 설계, LNG 및 Dual Fuel 엔진 탑재, 탈황장치(SOx scrubber), 선택적 환원 촉매장치(SCR)등 다양한 배출 저감 기술을 신조선에 적용해 왔다.<sup>350)</sup> 이들 기술은 단순한 규제 대응 수단을 넘어, 글로벌 친환경 선박 시장에서의 경쟁우위 확보를 위한 전략적 투자로 평가된다.<sup>351)</sup> 이는 IMO의 환경 규제 강화와 주요 화주·선주의 탈탄소 요구가 가속화되는 상황에서, 선제적 기술 적용이 향후 수주 경쟁력, 선박 운영 비용 절감, 그리고 기업 이미지 제고 등 다층적인 효과를 가져오기 때문이다. 다시 말해, 배출 저감 기술 도입은 단기적인 규제 준수를 넘어 장기적인 시장 지배력 확보와 직결되는 핵심 전략으로 볼 수 있다.

현재 북극해에서 상업용 선박 운항은 쇄빙선을 제외하면 극히 제한적이며, MEPC 82차 회의에서 제시된 블랙카본 저감 권고안 역시 당장은 조선업계에 직접적인 설계 변경이나 규제 부담으로 작용하지 않고 있다.<sup>352)</sup> 현재까지 블랙카본을 직접 측정할 수 있는 상용 기술은 매우 제한적이며, 측정 장비의 표준화, 데이터 정확도 향상, 극지환경에서의 신뢰성 확보를 위해 다수의 기술적 검증이 필요하다.<sup>353)</sup>

한편, 북극 해역을 안정적으로 운항할 수 있도록 내빙 기능(Ice-Class)을 갖춘 컨테이너선 및 탱커선의 수요는 향후 증가할 가능성이 있다. 이에 한 조선사는 IMO의 중기조치(Mid-term Measures)시행에 따라 이중연료 엔진 탑재가 유력한 대응 방안으로 부상할 것으로 예상한다고 답변했다.<sup>354)</sup> 그 논리는 다음과 같다.

350) 한국경제(2025.3.21.), K-조선, 친환경 기술력으로 글로벌 패수 질주, <https://www.hankyung.com/article/202503219243i> (검색일: 2025.06.30.)

351) International Maritime Organization, Initial IMO GHG Strategy, 2018: IHS Markit, Eco Ship Market Outlook, 2022.

352) Arctic Council PAME, Arctic Ship Traffic Data Summary Report, 2023; IMO Polar Code Implementation Review, 2022.

353) 설문조사 답변을 바탕으로 작성했음.

---

첫째, 중기조치의 핵심인 연료 기반 온실가스 집약도 규제(technical measure)와 경제적 수단 도입 논의가 진전되면서, 기존 단일 연료 대비 규제 준응 비용을 낮출 수 있는 연료 유연성의 가치가 커지고 있다(예: 저탄소 연료 비중 확대 시 즉시 대응 가능).<sup>355)</sup>

둘째, 블랙카본은 연료의 방향족·탄소함량과 연소 특성에 크게 좌우되는데, 가스계 연료(LNG)나 산소 함유 연료(메탄올) 사용 시 그을음 형성이 구조적으로 감소해 블랙카본 배출이 크게 줄어드는 효과가 확인되어 왔다. DNV의 Alternative Fuels Insight와 T&E 분석 역시 LNG·메탄올 전환이 BC 배출 저감 측면에서 유의미하다는 점을 보고하고 있다.<sup>356)</sup>

셋째, 국내 주요 조선사들은 이미 대형 이중연료 추진선의 설계·건조 실적과 공급망을 보유하고 있어, 발주 시 납기·위험관리 측면의 실행 가능성이 높다. 다만, 이 접근은 연료 가용성·가격 스프레드, 메탄 슬립 관리(특히 LNG), 측정·인증 기준 확정 등 남은 과제에 따라 비용-효과가 달라질 수 있다. 그럼에도 현 시점에서 블랙카본 저감과 규제 대응을 동시에 달성할 수 있는 ‘즉시 실행형’ 옵션으로서 이중연료 엔진의 채택 가능성이 높다는 것이 응답자의 판단이었다.<sup>357)</sup>

다만, 실제 북극항로에서 이중연료 선박이 운항하게 될 경우, 실제 운항 환경에서의 블랙카본 배출 정량 실증 데이터 확보는 매우 중요하며, 이는 향후 연료 선택 및 친환경 선박 설계 전략에 있어 핵심 기초자료로 기능할 것이다.<sup>358)</sup> 이와 함께, 블랙카본 저감을 위한 연소 최적화 기술, 후처리 필

---

354) 설문조사 답변을 바탕으로 작성했음.

355) 블랙카본은 IMO 중기 조치의 대상이 온실가스에 해당되지 않지만, 중기조치의 논의로 인한 연료 전환은 결과적으로 블랙카본 배출을 낮추는 효과를 가진다.

356) DNV, AFI - Black Carbon Impact of LNG and Methanol, 2022; Transport & Environment, Black Carbon and the Arctic Shipping Risk, 2021

357) 설문조사 답변을 바탕으로 작성했음.

358) Arctic Council PAME(2022), Technical Report on Black Carbon Emissions Monitoring; ABS(2023), Considerations for Dual Fuel Vessels in Polar Operations, 2023.

터링 장치, 폐열회수형 배출 제어 시스템 등 다양한 기술들이 개발되고 있으나, 높은 초기 투자 비용과 유지보수 부담으로 인해 상용화는 아직 제한적인 상황이다.<sup>359)</sup> 이는 EU의 탄소배출권 거래제(ETS)와 같은 규제 수단 및 친환경 선박금융과 같은 시장 기반 인센티브를 통해 경제적 유인을 제 공함으로써 보완될 수 있다.<sup>360)</sup>

▲모니터링 기술의 표준화와 실증, ▲경제성 있는 측정 장비 개발, ▲연료 전환을 위한 항만 인프라 구축 등은 여전히 산업계가 공동으로 해결해야 할 핵심 과제로 남아 있다. 이러한 기술·정책 기반이 함께 마련될 경우, 북극을 운항하는 선박의 친환경 전환은 단순한 규제 대응을 넘어, 산업 경쟁력 강화의 기회로 기능할 수 있을 것이다(표4-4).<sup>361)</sup>

〈표 4-4〉 블랙카본 권고 지침 충족 여부(조선사)

구분	미충족	일부 충족	모두 충족
•선박 설계 기술	-	2	3
•운항 최적화 기술	-	2	3
•운항 효율성 향상 기술	-	1	4
•대체 연료 전환	-	1	4
•저감장치 개발	-	3	2
•모니터링 기술	1	3	1

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

## 2) 해운사

해운사의 경우, 핵심 기술 항목을 충족하지 못한 것으로 나타났다. 배출 저감을 고려한 선박 운항 전략의 경우, 선박 운항 시 블랙카본 배출을 최소

359) ICCT, Technological Options for Black Carbon Control from Marine Sources, 2021.

360) European Commission, ETS Directive (2018/410) and the Inclusion of Maritime Sector, 2023; UNEP FI, Green Shipping Finance Principles, 2020.

361) OECD, Decarbonising Maritime Transport: Pathways to Clean Shipping, 2022.

화하기 위한 항로 선택, 속력 조절, 계절적 조건에 따른 최적 경로 설정 등이 아직 체계적인 전략으로 수립되어 있지 않은 것으로 나타났다. 이는 환경 영향을 고려한 운항계획 수립 역량이 아직 정착되지 않았음을 시사한다.

둘째, 운항 최적화 기술 부문에서는 연료 소비 절감과 배출가스 저감을 동시에 달성할 수 있는 실시간 항해 최적화 기술(AIS 기반 항로 분석, 연료 모니터링 시스템 등)의 도입이 미진하다.

셋째, 에너지 절감형 기술로는 고효율 추진기, 공기유통 시스템, 에너지 회수 장치 등 다양한 기술이 존재하지만, 현장 적용 수준은 낮은 편이다. 특히 선령이 오래된 선박의 경우, 이러한 기술을 적용하기 위해서는 구조적 개조가 필요하므로 추가적인 비용과 시간이 소요되는 한계가 있다.

넷째, 저감 장치 장착에 있어서는 블랙카본 등 입자상 오염물질을 물리적으로 저감할 수 있는 후처리 필터, 폐열회수형 제어 장치 등 장비의 설치가 아직 이루어지지 않았다. 이는 장비의 고비용과 선박 설계에 미치는 구조적 영향 등이 주요 장애요인으로 작용하고 있다.

다섯째, 블랙카본 배출 측정 및 보고 체계 부문에서는 정량적 측정을 위한 신뢰성 있는 장비의 부재, 측정 기준 및 보고 포맷의 미정립 등으로 인해 실제 규제 이행 시 어려움이 발생할 가능성이 있다. 향후 기술 표준화 및 인증체계 마련이 선결 과제로 지적되고 있다.

반면, '대체 연료 사용' 항목은 기술 요건을 충족한 것으로 나타났다. 이는 LNG, 메탄올, 저유황 연료유 등 상대적으로 블랙카본 배출량이 낮은 연료로의 전환이 실제 운항에 일부 적용되고 있음을 보여준다.

〈표 4-5〉 블랙카본 권고 지침 충족 여부(해운사)

구분	미충족	일부 충족	모두 충족
• 선박 설계 기술	1	-	-

구분	미충족	일부 충족	모두 충족
• 운항 최적화 기술	1	-	-
• 운항 효율성 향상 기술	1	-	-
• 대체 연료 전환	-	-	1
• 저감장치 개발	1	-	-
• 모니터링 기술	1	-	-

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

### 3) 시사점

첫째, 조선업계는 선제적으로 블랙카본 저감 기술을 설계에 통합하고 있으며, 향후 규제 강화에 대비한 기술적 기반을 이미 갖추고 있으나, 해운업계는 운항 단계에서의 전략 수립과 운영기술 적용에 있어 대응 속도가 뒤처지고 있다는 것을 알 수 있다. 특히 정량 측정, 실시간 최적화, 장비 도입 등의 영역에서 구조적 한계가 존재한다.

둘째, MEPC 권고안은 ‘설계’보다 ‘운영’ 단계에서의 배출 저감을 중점적으로 다루고 있다. 따라서 해운사는 규제 대응의 주체로서, 설계 의존형 전략에서 탈피해 자율적 감축 전략과 운항 관리 역량을 강화해야 할 필요가 있다.

셋째, 해운업계가 적극적으로 대응할 수 있도록 정책적 유인 및 비용 지원 장치 마련이 필요하다. 선령 선박 또는 중소 해운사는 기술 도입 비용 부담과 적용 한계가 크다. 따라서, ETS 수익 활용, 녹색 해운 회랑 참여, 금융 인센티브 등을 통해 단계적 기술을 적용할 수 있도록 유도 정책을 수립할 필요가 있다.

### 3. 블랙카본 저감을 위한 기술 적용 여부<sup>362)</sup>

#### 1) 조선사

〈표 4-6〉 블랙카본 권고 지침 적용 여부(조선사)

구분	전혀 없음	개념 인지	과거 검토	검토중	시험 적용	제한 적용	전면 적용
• 선박 설계 기술	-	1	-	1	-	-	3
• 운항 최적화 기술	-	1	-	-	-	1	3
• 운항 효율성 향상 기술	-	1	-	-	-	3	1
• 대체 연료 전환	-	-	-	1	1	1	1
• 저감장치 개발	-	1	1	1	-	-	2
• 모니터링 기술	-	3	-	1	-	1	-

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

첫째, 선박 설계 기술의 경우, 응답한 5개 조선사 중 3개 조선사가 ‘전면 적용’하고 있는 것으로 나타났다. 이는 고효율 선형 설계, 저저항 설계, 프로펠러 개선 등을 통해 블랙카본 배출을 사전적으로 저감하려는 기술적 노력이 일부 조선사에서 이미 상용화 단계에 접어들었음을 시사한다. 일부 조선사들은 자사가 보유한 고효율 선형 설계, 저저항 추진계 설계 등의 기술을 선박 설계에 일부 적용하고 있다고 명시하였다. 그러나 전면 적용보다는 프로젝트 기반 또는 선주 요청에 따라 제한적으로 적용 중이다.

둘째, 운항 최적화 기술도 응답한 5개 조선사 중 3개 조선사가 전면 적용하는 것으로 확인되었다. 이는 디지털 트윈, AI 기반 항로 최적화, 속도 조절 운항 기술이 이미 일부 신조선 설계 및 운영 단계에서 구현되고 있으며, 경제성과 연계된 기술로서 조기 도입이 용이한 특징이 있다. 에너지 소

362) ▲개념 인지: 개념을 알고 있으며 실제 검토 단계는 아님, ▲과거 검토: 과거 1회 이상 회의, 문서 검토 이루어짐, ▲검토 중: 적용 여부를 내부적으로 현재 검토 중, ▲시험 적용: 일부 설계에 시범적으로 반영 함, ▲제한 적용: 기술을 일부 선박·설계에 운영 중, ▲전면 적용 중: 기술을 모든 선박·설계에 운영 중

비를 줄이는 기술(EEDI/EEEXI, 공기유향 시스템, AI 기반 항로 최적화 등)은 블랙카본 저감과 직접 연결되지는 않지만, 연료 소모를 줄이는 간접적 수단으로 광범위하게 검토될 수 있다.

셋째, 운항 효율성 항목은 응답한 5개 조선사 중 3개 조선사가 제한적으로 적용하는 것으로 나타났다. 이는 조선업계가 해당 항목을 필수 운항 성능 항목으로 인식하고 있으며, 저항 최소화, 에너지 효율 운항 조건 분석 등이 일정 수준 적용되고 있음을 보여준다.

넷째, 대체 연료 전환 항목과 관련해서 조선사는 검토 중, 시험 적용, 제한 적용, 전면 적용 등 다양한 단계에서 적용 중인 것으로 나타났다. LNG, 메탄올, 암모니아 등 다양한 대체연료 기술의 신뢰성과 경제성 문제로 인해 전면 확대는 제한적이나, 조선사들은 향후 IMO 규제 대응을 고려해 기술적 준비를 병행하고 있다. 대형 상선의 경우, 향후 북극 운항 시 LNG 및 저유황 중유(Low Sulphur HFO)를 사용하는 이중연료(Dual Fuel) 엔진 탑재 선택이 유력한 선택지로 언급되었다.

다섯째, 저감장치(예: 필터, 후처리 시스템) 또한, 개념 인지부터 전면적용 단계까지 다양한 단계에서 적용 중이다. 이는 설치 시 선체 구조와 경제성에 부담이 커 상용화 단계에 이르지 못했으나, 점차 적용 확산의 단계로 넘어가고 있음을 시사한다.

여섯째, 모니터링 기술은 전혀 없음(3곳)이라는 응답이 대부분을 차지했다. 이는 블랙카본 배출의 실시간 정량 측정 기술이 아직 실증 또는 표준화되지 않았음을 반영하며, 향후 IMO가 모니터링 기준을 구체화할 경우, 가장 큰 제도적 부담 항목이 될 수 있다. 일부 기업은 정량적 블랙카본 배출 측정 및 모니터링 기술의 부재 또는 불확실성을 지적했다. 이 기술의 상용화와 규제 기준 설정이 미흡한 상황에서, 관련 설비 도입에 대한 실효성 판단이 어려운 것으로 나타났다.

---

조선업계는 블랙카본 저감 기술 보유 여부와 별개로 다음과 같은 요소를 도입 제한 요인으로 지적하고 있다. 첫째, 경제성 부족이다. 기술이 존재하더라도 연료 절감 효과나 수익성 개선이 명확하지 않을 경우, 실제 탑재 결정이 이루어지지 않았다. 둘째, 규제의 불확실성이다. 아직 '지침' 수준에 불과한 국제 규제는 선박 설계나 건조 시 투자 결정을 유도하기에 부족하다고 지적했다. 셋째, 운항 실적 부족이다. 북극 운항이 제한된 현 상황에서 기술 적용에 대한 실증 데이터가 부족하여, 신뢰도 확보가 어렵다고 언급했다. 넷째, 정보 및 기술 표준 미비이다. 모니터링, 저감 장치 등 블랙카본 전용 대응 기술군은 아직까지 표준화와 실증이 부족한 실정이다.

## 2) 해운사

해운사는 위 6가지 기술에 대해 개념에 대한 인지만 하고 있다고 답했다. 이는 블랙카본을 줄이기 위한 항로 설정, 속도 조절 등 운항 전략의 체계화가 부족하며, 이를 위한 실시간 운항 최적화 시스템 도입 또한 미진하다는 점을 시사한다.

## 3) 시사점

조선업계는 대체로 블랙카본에 대한 규제가 현재까지는 '권고 수준'에 불과하다는 공통된 인식을 공유하고 있다. 이에 따라 업계는 단기적으로는 규제 대응에 대한 압박을 크게 체감하지 않고 있으나, 중장기적으로는 기술적 준비를 병행하며 상황을 주시하고 있다. 또한, 조선업계는 블랙카본이 특히 증유를 사용하는 선박의 저부하 운전 시에 집중적으로 배출된다는 기술적 특성에 주목하고 있다. 이에 따라 일부 기업은 "현재 북극 해역에서 실제 규제 적용 대상은 주로 어선, 소형선 등일 가능성이 높다"고 평가했다. 이는 현재 북극 기항 또는 운항 예정인 대형 상선의 수가 극히 제한적

이라는 점을 전제로 한 해석이며, 업계 전반이 규제 적용의 실질 영향력을 낮게 보고 있는 배경이다.

반면, 해운업계의 경우 블랙카본 저감 기술에 대한 개념적 인지는 대부분 이루어지고 있으나, 구체적인 대응 전략이나 기술 적용 수준은 전반적으로 미흡한 상황이다. 특히 운항 전략, 최적화 기술, 에너지 절감형 장비, 후처리 장치 등의 항목에서 실질적 적용이 부족하며, 이는 규제가 아직 강제력이 없다는 인식과 맞물려 기술적 전환의 유인이 낮기 때문이다. 더욱이 선령이 높은 선박이 많은 해운사들은 구조적 개조에 따른 투자 부담을 현실적인 장애요인으로 지적하고 있다.

#### 4. IMO 기술파일 형식에 따라 측정·보고 권고에 대한 애로사항

MEPC.394(82) 결의서는 130kW 이상 디젤기관 장착 선박에 대해 블랙카본 배출을 FSN, PAS, LII 등 국제적으로 인정된 방식으로 측정(Measure)하고, IMO 기술파일 형식에 따라 보고(Reporting)하도록 권고하고 있다.<sup>363)</sup> 해당 지침을 이행하게 된다면, 현업의 가장 큰 애로사항이 무엇인지 질문했다.

〈표 4-7〉 방해요인 분류

번호	항목명	정의
1	MRV 기술을 적용할 장비	• 블랙카본 측정(Monitoring)을 위한 물리적 장비 및 기술의 부재 혹은 도입 애로
2	측정 방식 해석 전문성 부족	• 다양한 측정 방식(FSN, PAS, LII 등)에 대한 해석능력 부족
3	기술파일 작성의 행정 부담	• IMO 기술파일 형식에 따라 문서화·보고 시 발생하는 행정적 부담

363) International Maritime Organization, MEPC.394(82): Guidelines on Measurement Methods for Black Carbon Emissions from Ships, Adopted 2024.

번호	항목명	정의
4	장비 개발 또는 설치 비용 부담	• 측정 장비 및 시스템 설치에 드는 비용적 부담
5	전문인력 양성 및 기술 교육	• MRV 운영 및 해석을 위한 전문기술 인력의 부족

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

해당 질문에 대한 응답을 종합 분석한 결과, 다음 5가지 항목이 대표적인 이행 장애요인으로 확인되었다. 항목별로 우선순위 빈도와 핵심 이슈는 다음과 같다.

〈표 4-8〉 방해요인 우선순위

구분	순위						점수
	조선사 A	조선사 B	조선사 C	조선사 D	조선사 E	해운사 A	
MRV 기술을 적용할 장비	3	2	1	3	1	1	13
측정 방식 해석 전문성 부족	-	1	3	2	3	2	9
기술파일 작성의 행정 부담	-	-	-	-	-	3	1
개발 또는 설치 비용 부담	1	-	2	1	2	1	13
전문인력 양성 및 기술 교육	2	3	-	-	-	3	4

자료: 저자 작성

주: 1순위: 3점, 2순위 2점, 3순위 1점으로 산정

## 1) MRV 기술 적용 장비 부족

조선사 및 해운사 모두 6개 요인 중 MRV 장비의 부족을 주요 문제로 인식했다. 해당 기술은 아직까지 상용화되지 않았으며, 조선소에서 직접 적용할 수 있는 설비도 확보되지 않은 상황이다.<sup>364)</sup> 특히, 선가 상승과 관련한 우려가 강하게 제기되었으며, 선주 부담으로 이어질 가능성이 크다.

364) 설문조사 응답 기반으로 작성했음.

## 2) 측정 방식 해석 전문성 부족

조선사 5개 중 4개사와 해운사 1개사는 PAS<sup>365)</sup>, FSN<sup>366)</sup>, LII<sup>367)</sup> 등 다양한 측정 방식에 대한 해석 역량 부족을 6개 방해요인 중 중요한 요인으로 응답했다. 복잡한 기술적 분석을 수행할 수 있는 인력이 부족하며, 업계 내에서도 이에 대한 공통된 인식이 확인되었다.

## 3) 기술파일 작성의 행정 부담

해운사만 유일하게 기술파일 작성의 행정부담과 관련하여 방해요인이라고 답변했다. 다만 규제 수준이 강화될 경우, 추가적인 행정 인력 및 표준화된 문서 시스템 필요성이 대두될 수 있다. 특히 현재 논의되는 지침에 따르면, 선박은 7일 운항당 최소 1회 이상의 블랙카본 배출량 측정 및 보고를 수행해야 하며, 이 과정에서 기관 엔진의 사양, 사용 연료의 성상(물성), 운항 조건 등 복수의 기술 항목에 대한 기록 및 제출이 필요할 수 있다.<sup>368)</sup> 이러한 기준은 승조원에게 과도한 서류 작업 및 행정 업무 부담을 초래할 수 있으며, 실제로 조사 대상 해운사는 보고 절차에 대한 명확한 시스템 부재와 관련 인력의 교육 부족 등을 이유로 이행 가능성에 대한 우려를 표했다.

365) PAS (Photoacoustic Spectroscopy, 광음향 분광법) : 시료에 특정 파장의 레이저를 조사하여 흡수된 빛이 열로 변환되며 발생하는 음향파(소리)를 감지해 블랙카본 농도를 측정하는 기술

366) FSN (Filter Smoke Number) : 연소 가스를 필터지에 통과시킨 후, 필터 표면의 그을림(매연) 농도를 정량화하는 전통적 방법

367) LII (Laser Induced Incandescence, 레이저 유도 백열법) : 고출력 레이저로 입자(블랙카본)를 순간적으로 가열하여 백열광(thermal emission)을 발생시키고 이를 측정하여 농도를 추산하는 기술

368) International Maritime Organization. MEPC.394(82): Guidelines on Measurement Methods for Black Carbon Emissions from Ships. Adopted 2024.

---

#### 4) 개발 또는 설치 비용 부담

MRV 장비 자체의 개발 및 설치에는 고비용이 수반되며, 조선소뿐 아니라 선주 입장에서도 부담 요인이 된다. 특히, 선박 건조 비용에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 경제성 측면의 고려가 필요한 상황이다. 따라서 조선사 5개 중 4개사와 해운사 1개사는 개발 또는 '설치 비용 부담'을 주요 애로사항으로 꼽았다.

#### 5) 전문인력 양성 및 기술 교육

응답한 5개 조선사 중 2개사가 및 해운사 1개사는 MRV 이행을 위해 필요한 기술 교육과 인력 양성 체계가 전반적으로 부족하다는 점을 공통적으로 지적했다. 또한, 실습 장비와 실습 환경이 부족하다는 점 역시 장애요인으로 작용한다. 향후 규제가 강화될 경우, 실질적인 인력 부족 문제가 야기될 가능성이 있으며, 조선사뿐 아니라 선주 및 검사기관 차원의 대응도 요구된다.

#### 6) 시사점

MRV(측정·보고·검증) 제도 이행과정에서 기관들이 경험하는 주요 애로사항에 대한 응답 결과, 가장 많이 지적된 어려움은 MRV 기술을 적용할 장비 부족과 설치 비용 부담이었으며, 이는 보조금 지원 및 장비 보급 정책과 같은 재정적·기술적 지원이 필요하다는 점을 나타낸다. 또한 측정 방식 해석 전문성 부족과 전문인력 양성 요구가 뒤를 이어 나타났는데, 이는 전문가 교육과 가이드라인 제공을 통해 해결 가능성이 크다. 마지막으로 기술파일 작성 시 행정적 부담은 비율은 낮지만 무시할 수 없는 요소로, 간소화된 행정지원 시스템과 표준화된 작성 지침이 필요하다는 점을 시사한다.

## 5. 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도

조선사는 ‘어느 정도 알고 있다’ ‘매우 잘 알고 있다’고 응답해, 북극해 중유 사용 금지에 대한 상대적으로 높은 인지도를 보였다. ‘전혀 모른다’, ‘거의 모른다’는 응답은 없었으며, 반면, 해운사는 2029년까지 유예를 두고 있어 검토한 적 없다고 답하여 인지도가 낮은 편에 속해 해당 이슈가 조선·해운 업계 내에서 공유되고 있지 않음을 시사한다.

북극해 중유 금지 조치에 대해서 얼마나 인지하고 있는지에 대한 질문에 응답한 조선사 5사 중 2곳은 매우 잘 알고 있다, 2곳은 어느정도 알고 있다. 1곳은 보통으로 알고 있다고 긍정적으로 답변했다. 해운사는 북극해 중유 금지 조치에 대해 보통으로 알고 있다고 답변했다. 이는 조선사와 해운사 간 북극해 중유 금지 조치에 대한 인식 차이를 보여주며, 조선사는 규제 대응에 해운사보다 적극적임을 알 수 있다. 조선사는 배출 저감 기술의 개발 주체로서 국제 규제 동향에 민감하게 대응해야 하기 때문으로 판단된다 <표 4-9>.

<표 4-9> 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도

	전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
조선사	-	-	1	2	2
해운사	-	-	1	-	-
의미	• 대략적인 내용도 모름	• 구체적인 내용은 잘 모름	• 일반적인 수준으로 알고 있음	• 규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	• 규제 대응을 위한 기술 적용하고 있음

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

## 6. 북극해에서의 블랙카본 저감 연료 적용 고려 여부

IMO의 환경 규제가 강화됨에 따라 북극항로를 운항하는 선박들은 기존 중유 중심의 운항에서 벗어나 친환경 연료로 전환을 가속화해야 하는 상황에 직면하고 있다. 특히 블랙카본(Black Carbon) 규제와 2025년 4월 예정된 중기조치 개정안은 선박 운영 및 건조 방식 전반에 큰 변화를 요구하고 있으며, 조선사와 해운사의 대응 방향 또한 차별적으로 나타나고 있다. 조선사 5개 사 및 해운사 1개를 대상으로 현재 극지방 연료에 관한 논의가 진행 중인 상황에서, 귀사는 저온 환경에서 운용 가능한 연료나 블랙카본 저감 연료 사용에 대해 논의하거나 검토한 적이 있는지 설문했으며, 답변은 아래 <표 4-10>과 같다.

<표 4-10> 북극해에서의 블랙카본 저감 연료 적용 고려 여부

응답자	응답 내용
조선사A	<ul style="list-style-type: none"> <li>당사는 쇠빙탱커 및 쇠빙 LNG선 건조 실적이 있으며, 쇠빙 LNG선의 경우 LNG와 MGO연료를 사용하는 DF엔진을 적용하였다. LNG연료는 친환경 연료로 탄소 배출이 HFO대비 크게 감소된다.</li> </ul>
조선사B	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNG 연료 증가를 예상하고 있다.</li> </ul>
조선사C	<ul style="list-style-type: none"> <li>블랙카본 규제 뿐만 아니라 2025년 4월 IMO 중기조치 개정안에 의해 선박이 저유황유(VLSFO)의 HFO를 계속 사용한다면, '28년에는 연료 1톤당 최대 약 140달러, '50년에는 1,400달러를 추가로 부담해야 한다.</li> <li>따라서, 온실가스 연료집약도(GHG Fuel Intensity)를 '35년까지 43% 감축해야 하며 이는 연료 전환이 없이 운항 방식 개선만으로 대응이 불가능하다.</li> <li>28년부터 5천GT이상의 선박은 감축 목표를 달성하기 위해 종래 HFO를 사용하는 선박 등 노후선의 LNG-HFO DF엔진 또는 LNG추진 엔진으로의 교체는 불가피하다.</li> <li>단, 암모니아 추진 엔진은 무탄소 엔진으로서 탄소 함유 연료가 불완전 연소로 발생하는 블랙카본이 거의 배출되지 않을 것으로 보여, 북극항로 선박의 엔진으로서 적합할 것으로 보인다.</li> <li>그러나, 암모니아의 독성으로 인하여 상용화 시점은 2026년 이후가 되어야 할 것으로 추정된다.</li> </ul>

응답자	응답 내용
조선사D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북극 운항을 위해 한화오션에서 개발/건조된 모든 선박 MGO(VLSFO)/LNG Dual Fuel로 규제 발표 전부터 기준을 만족하고 있다.</li> <li>• 최근 입찰 준비 중인 차세대 쇄빙 연구선 역시 MGO/LNG Dual Fuel을 적용할 예정이며, 적합한 극지에서의 운용을 위해서는 LNG Tank와 연료공급시스템(Fuel Gas Supply System)의 설계가 매우 중요하다.</li> <li>• Yamal 등에 적용된 기확보 기술 및 새로운 기술 개발 결과물을 적용하기 위해 노력 중이다.</li> </ul>
조선사E	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 저감 기술 적용을 선제적으로 고려하고 있고, 연료 소비량 발생 저감을 통해, 블랙카본 발생량의 감소를 유도할 수 있을 것으로 예상된다.</li> </ul>
해운사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2029년까지 유예를 두고 있어 검토한 적 없다.</li> </ul>

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

국내 조선사들은 쇄빙 탱커와 쇄빙 LNG선 건조 경험을 기반으로 이미 이중연료(DF) 엔진 기술을 확보하고 있으며, LNG와 MGO를 활용한 친환경 추진체계를 적극 도입해왔다. LNG는 HFO 대비 탄소 배출량을 크게 줄일 수 있어 향후 연료 수요 증가가 예상된다. 또한 암모니아 추진 엔진은 블랙카본 배출이 거의 없는 무탄소 대안으로서 북극항로 운항에 적합한 솔루션으로 평가되지만, 독성 문제로 인해 상용화는 2026년 이후로 예상할 수 있다.

한편, 조선사들은 북극 운항 선박을 이미 MGO(VLSFO)/LNG 듀얼연료 체제로 설계하여 규제 시행 이전부터 국제 기준을 충족해왔다. 차세대 쇄빙 연구선 역시 MGO/LNG 듀얼연료 체제를 적용할 예정이며, 극지 환경에서의 안정적 운용을 위해 LNG 탱크와 연료공급시스템(Fuel Gas Supply System)의 정밀 설계가 필수적이다. 더 나아가 야말 프로젝트에서 확보한 기술과 신규 기술 개발 성과를 접목하고 있으며, 에너지 절감 기술의 선제적 적용을 통해 연료 소비와 블랙카본 배출 저감을 도모하고 있다.

반면 해운사는 규제 대응의 필요성에는 공감하지만, 일부 항목에 대해서는 아직 시급성을 낮게 보고 있다. 특히 IMO 규제 중 일부는 2029년까지

유예기간이 부여되어 있어, 현재로서는 본격적인 검토와 투자 결정을 미루고 있는 상황이다. 이러한 시각은 조선사의 기술적·선제적 대응과는 차별화되는 접근으로, 단기적인 비용 부담을 최소화하려는 해운업계의 현실적 고려를 반영한다.

## 7. (조선사) 시점별 적합한 친환경 연료

조선사 5개 사를 대상으로 시점별 적합한 친환경 연료가 무엇인지 설문 을 실시했다. 답변은 아래 표와 같다.

〈표 4-11〉 시점별 적합한 친환경 연료

응답자	2030년 이후	2040년 이후	2050년 이후
조선사A	• LNG	• 암모니아	• 수소 연료
조선사B	• MGO	• LNG	• 그린 암모니아, 수소
조선사C	• LNG, 암모니아	• 암모니아, MSR	• MSR
조선사D	• MGO/LNG	• 암모니아, 수소	• 암모니아, 수소
조선사E	• LNG	• 암모니아	• 암모니아

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

### 1) 2030년 이후

2030년까지는 LNG와 MGO가 북극항로 선박에 가장 적합한 친환경 연료로 평가되고 있다. LNG는 이미 상용화된 연료로, 관련 기술과 인프라가 충분히 확보되어 있으며 탄소 및 블랙카본 배출량이 기존 증유에 비해 현저히 낮다. 특히 쇠빙 LNG선 등에서의 적용 사례가 축적되어 있기 때문에 선박의 설계 및 운항 안정성 측면에서도 유리하다는 평가다. 한편 MGO는 극한의 저온 환경에서도 안정적인 연료 특성을 가지며, 기존 연료 시스템

과의 호환성이 뛰어나 단기적인 대응에 적합한 과도기 연료로 간주되고 있다. 특히 높은 세탄지수와 낮은 유동점 특성을 갖고 있어 북극과 같은 환경에 기술적 제약 없이 적용 가능하다는 강점이 있다. 일부 기관에서는 암모니아 연료의 가능성에 주목하며 초기 실증 적용 가능성을 열어두고 있으나, 상용화 이전 단계로 제한적인 평가에 머물고 있다.

## 2) 2040년 이후

2040년 이후에는 암모니아가 북극 선박의 주요 친환경 연료로 부상할 것으로 예상된다. 암모니아는 이산화탄소 및 황산화물 배출이 거의 없는 무탄소 연료로, LNG 대비 더 강력한 환경 규제 대응력을 제공한다. 기술적 안전성과 공급 인프라가 일정 수준 이상 갖춰질 경우, LNG를 대체하여 주력 연료로 자리잡을 가능성이 크다. 또한 일부 기업에서는 암모니아와 함께 수소나 메탄올 등 다양한 대체 연료도 보조적으로 검토하고 있다고 응답했다. 수소는 완전 무탄소 연료라는 점에서 높은 잠재력을 가지나, 저장·운송의 어려움과 상용화 지연이 주요 과제로 지적된다. 아울러, 중장기적으로는 해양 원자력 기술인 소형모듈원자로(SMR)나 MSR(Molten Salt Reactor)을 활용한 대체 연료 체계에 대한 탐색도 병행되고 있다. 이는 특히 쇄빙선이나 장거리 극지 운항 선박에 있어 장기간의 에너지 자급과 무탄소 운항을 실현하는 차세대 동력원으로 주목받고 있다.

## 3) 2050년 이후

2050년 이후에는 국제적인 탄소중립 목표 달성을 위해 선박 연료 역시 완전한 탈탄소 전환이 요구될 것으로 예상된다. 이에 따라 암모니아와 수소가 중심이 되는 연료 체계가 북극 운항 선박에 적용될 것으로 전망된다. 암모니아는 운항 중 온실가스 및 블랙카본 배출이 거의 없어 가장 현실적인

무탄소 연료로 간주되며, 기술 성숙과 시장 수요가 결합되면 안정적 상용화가 가능할 것으로 보인다. 수소 역시 친환경성에서는 탁월하나, 저장안정성과 저온 취급 기술의 진전이 필요한 상황이다.

특히 일부 기업은 2050년 이후에는 소형 해양원자로(MSR)의 실용화 가능성도 열어두고 있다고 응답했다. MSR은 대형 선박에 적합한 고효율 장기 에너지 공급원으로, 기존 화석연료의 완전한 대체 수단이 될 수 있다는 평가를 받고 있다. 다만, 기술 안전성과 사회적 수용성, 규제 여건 등 해결해야 할 과제가 존재한다.

종합적으로 볼 때, 2030년까지는 LNG와 MGO를 중심으로 한 과도기적 대응이 주를 이루며, 2040년부터는 암모니아가 주력 연료로 자리잡을 가능성이 높다. 2050년에는 암모니아 및 수소를 중심으로 한 무탄소 연료 체계가 확산될 것으로 전망되며, 특수 목적 선박을 중심으로 원자력 기반 대체 연료에 대한 실증도 추진될 수 있다.

북극항로는 극한기후, 긴 항해 거리, 연료공급 인프라의 제약 등 복합적인 운항 조건을 고려해야 하므로, 연료 선택에 있어 단일한 기준보다는 연료별 기술 성숙도, 안전성, 환경성, 비용 및 공급망 여건을 종합적으로 고려한 이원화·다변화 전략이 요구된다.

〈표 4-12〉 시점별 적합한 친환경 연료

번호	2030년 이후	2040년 이후	2050년 이후
LNG	적극 사용	일부 유지	대체 예상
MGO	일부 사용	점차 감소	소멸 전망
암모니아	도입 초기	주력 연료	주력 지속
수소	검토 수준	보조 가능	주력 후보
MSR	고려 단계	시험 도입	일부 상용화 가능

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

## 8. (해운사) 북극항로 활용에 대한 해운사의 기대효과

북극항로 이용 시 귀사가 기대하는 사업적 이점을 중요도에 따라 우선순위로 표시 및 이유를 명시하도록 해운사를 대상으로 설문을 실시했다.<sup>369)</sup> ①운항 거리 단축 및 연료비 절감, ②신규 물류 항로 확보를 통한 시장 확대, ③친환경 이미지 및 투자자 신뢰 확보, ④국제 해운 네트워크 확장, ⑤경쟁사 대비 시장 우위 확보, ⑥사업적 이점이 없음 등 6개의 답변 중 우선순위 3개를 표시하도록 요청했고, 결과는 다음 표와 같다.

〈표 4-13〉 북극해 중유 금지 조치에 대한 인지도

사회적 이점	순위	선택 이유 및 상세 의견
운항 거리 단축 및 연료비 절감	1	• 주요 에너지 수출국인 러시아의 가격 경쟁력 있는 에너지 운송 운항 거리 단축으로 운항비 절감
신규 물류 항로 확보를 통한 시장 확대	3	• IMO 요건 충족을 통한 친환경 운송선사 이미지 제고를 통한 Green Financing 조달 기회 모색 가능
친환경 이미지 및 투자자 신뢰 확보	2	• IMO 요건 충족을 통한 친환경 운송선사 이미지 제고를 통한 Green Financing 조달 기회 모색 가능
국제 해운 네트워크 확장	-	-
경쟁사 대비 시장 우위 확보	-	-
사업적 이점이 없음	-	-

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

응답한 해운사는 운항 거리가 단축되고 연료비를 절감할 수 있다는 이점을 제일 큰 사업적 이점으로 꼽았다. 주요 에너지 수출국인 러시아의 가격 경쟁력 있는 에너지를 짧은 항로를 통해 수입할 수 있기 때문이라고 설명했다. 그 다음으로는 친환경 이미지 및 투자자 신뢰 확보를 꼽았다. 지속가능한 운송망으로 북극항로를 전략적으로 활용할 경우, 선사는 국제적으로

369) 총 5개의 해운사에 답변을 요청하였으나, 1개의 해운사만 응답했다.

---

탄소중립 및 ESG 경영을 실현하는 ‘친환경 해운사’ 이미지를 강화할 수 있다. 이에 따라 국제 금융기관, 국부펀드, 기관투자자 등으로부터 그린 파이낸싱(Green Financing)이나, 지속가능채권(Sustainability-linked Bond) 조달 가능성도 확대된다는 점을 기대하고 있다. 셋째로는 신규 항로 확보를 통해 시장을 확대할 수 있다는 점을 꼽았다. 기존의 수에즈 운하 경로에 집중된 해운망 구조에서 벗어나, 극동 러시아, 북극 연안국, 북유럽 및 북미 동부 지역과의 직접 해상 연결망을 확보함으로써 새로운 항로 기반의 시장을 개척할 수 있다고 평가했다. 특히 극동 연안에 위치한 LNG 터미널 및 광물 수출항과의 연결은, 기존에는 비경제적으로 간주되던 화물 수송에 경제성을 부여할 수 있으며, 향후 북극해 항로의 계절적 상시화에 따라 중장기적 물동량 확보에도 긍정적 영향을 줄 것으로 전망된다.

## 9. 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 단기적 지원 제도

### 1) 조선사

조선업계를 대상으로 ▲저감 기술 R&D 지원, ▲규제 대응 가이드라인 제공, ▲기술 실증 및 검증 지원, ▲전문 인력 양성 및 기술 교육, ▲설비 투자 비용 지원 등 5가지 답변 중 어떤 지원이 단기적 관점에서 가장 시급한지 조사했다. 그 결과 ▲기술 실증 및 검증 지원, ▲설비 투자 비용 지원, ▲저감 기술 R&D 지원, ▲전문 인력 양성 및 기술 교육, ▲규제 대응 가이드라인 제공 순으로 시급하다고 답변했다.

〈표 4-14〉 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 단기적 지원 제도

단기적 지원 제도	순위 (점수)	기업 개수	선택 이유 및 상세 의견
저감 기술 R&D 지원	공동 2위 (7점)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>적용 여부의 불확실성이 큼에 따라 조선소 단독으로 R&amp;D 수행에 부담이 큼</li> <li>DF엔진의 블랙카본 저감 기술 개발 지원 필요</li> <li>다양한 기술 연구를 개발하게 촉진해서 기술 선점 기여 가능</li> </ul>
규제 대응 가이드 라인 제공	4위 (3점)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>블랙카본의 규제 대응 가이드라인 필요</li> </ul>
기술 실증 및 검증 지원	1 (9점)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련 전문 인력이 없거나 기술이 확보되지 않은 업체 대상 규제 대응을 위한 실증 및 검증 지원 필요</li> <li>신기술은 실증이 중요하므로, 정부 주도하에 국내 선사와 실적을 만들 수 있도록 지원금 등으로 지원 필요</li> <li>육상 테스트 베드 필요</li> <li>저온(-30~-50도)에서 활용될 장비들에 대한 검증 시설이 부족하며, 개발 장비들에 대한 실증(선박탑재)이 매우 어려움(국내 선주의 발주 및 정부지원 필요)</li> </ul>
전문 인력 양성 및 기술 교육	3위 (4점)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>단기적으로 관련 전문 인력 양성과 기술교육이 실용화를 위해서는 가장 시급</li> <li>블랙카본 특화 전문인력 필요</li> <li>인력 양성이 규제 기준을 파악한 수준에 그치고 있으며, 엔진, 발전기, 내빙 장비 등에 대한 전문가 양성이 시급</li> </ul>
설비 투자 비용 지원	공동 2위 (7점)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>친환경 설비는 기술개발, 실증, 선박 탑재 등에 투자가 요구되나, 실증 시 지원금이 거의 없으며 투자비 회수가 비교적 장기임</li> <li>불확실한 시장에서 설비 투자 지원 필요</li> </ul>
기타	-	-	-

주1 : 가중점수 계산은 1순위 선택 = 3점, 2순위 선택 = 2점, 3순위 선택 = 1점 (0~15점) 으로 산정

주2: 기업 갯수의 경우, 응답한 총 5개사 중 해당 항목을 선택한 기업 개수를 뜻함

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

### (1) 기술 실증 및 검증 지원

대다수 응답 기관은 ‘기술 실증 및 검증 지원’이 가장 시급하다고 꼽았다. 특히, 저온(-30℃ ~ -50℃)의 극지환경에서 실질적으로 연료 및 장비가 작동 가능한지 확인하기 위한 실증 인프라가 국내에 부족하다는 점을 지적

---

하며, 정부가 주도적으로 실증 설비를 구축하고, 초기 선박 적용 실적 확보를 위한 지원 프로그램을 운영할 필요가 있다는 의견이 다수 제시되었다. 이는 신기술(R&D)의 상용화 이전에 요구되는 신뢰성 확보와 관련되며, 국내 선사의 실운항 협력을 전제로 한 정부-산업-선사 간 실증 플랫폼 조성이 핵심 과제로 부각된다.

## (2) 설비 투자 비용 지원

중소 조선소나 신기술을 도입해야 하는 장비업체의 경우, 실증 단계 이후 상용화 과정에서 대규모의 설비 투자 비용이 필요하지만, 시장 불확실성과 회수 지연으로 인해 선제적 투자가 어려운 상황임이 지적되었다. 이에 따라 정부 차원의 설비 투자비 보조금, 이자 지원, 세계 혜택 등 재정적 인센티브 마련이 시급하다는 목소리가 있었다. 이러한 설비 지원은 신기술의 조기 상용화를 유도할 뿐 아니라, 국내 공급망 구축과 산업 내 자립성 확보에도 기여할 수 있다.

## (3) 저감 기술 R&D 지원

블랙카본, 온실가스 감축 관련한 DF엔진 최적화 기술, 연료 연소 최적화 기술 등 다양한 신기술이 개발 중이나, 조선소 단독으로는 극지 조건을 반영한 연료·엔진 관련 R&D를 수행하기 어렵다는 지적도 공통적으로 제기되었다. 특히 수소, 암모니아, SMR 등은 R&D 자체에 고위험이 수반되므로, 기술 선점을 위한 정부의 공동 개발 프로젝트, 기술 로드맵, 국책연구소와의 협력이 절실하다는 점이 강조되었다.

## (4) 전문 인력 양성 및 기술 교육

주요 우선순위에는 포함되지 않았지만, 대부분 기관들은 블랙카본 및 친

환경 연료에 특화된 전문 인력의 부족을 문제로 지적하였다. 특히 선박 엔진, 내빙 장비, 연료공급시스템 등 복합 기술 분야에서 숙련 인력 확보가 어려운 상황으로, 정부 주도의 교육 프로그램 신설 및 현장형 훈련 확대가 요구된다.

또한 국제 규제와의 정합성을 확보하기 위해서는, IMO 규제에 대한 해석과 기술 적용 기준을 담은 정부 가이드라인의 제공이 필요하다는 의견도 있었다. 이는 기술개발과 실증의 방향성을 설정하는 데 있어 필수적 요소로 작용할 수 있다.

## 2) 해운사

해운사를 대상으로 ▲친환경 선박 도입 비용 지원, ▲연료 전환 및 저감기술 적용 가이드라인 제공, ▲저감기술 현장 실증 지원, ▲규제 대응 전문인력 양성 및 교육 지원, ▲환경규제 관련 최신 정보 제공 및 공유 등 5가지 답변 중 어떤 지원이 단계적 관점에서 가장 시급한지 조사했다. 그 결과, ▲저감 기술 R&D 지원, ▲연료 전환 및 저감기술 적용 가이드라인 제공, ▲규제 대응 전문인력 양성 및 교육 지원, ▲친환경 선박 도입 비용 지원, ▲환경 규제 관련 최신 정보 제공 및 공유 순으로 시급하다고 답변했다.

해운사는 기술을 "설계·제작"하지 않고 "운영·적용"하는 주체이기 때문에, 즉각 적용 가능한 검증된 솔루션 확보가 무엇보다 시급하다. 특히 블랙카본과 같은 미세 배출 규제는 실증적 저감 기술이 부족하므로, 상용화 가능한 기술의 R&D 결과 확보를 최우선 과제로 인식할 수 있다.

또한, 해운사는 규제에 대응하려 해도 무엇이 허용되고, 어떤 기술이 유효한지에 대한 국제적 기준이 모호하다는 점에서 명확한 운항 및 설비 적용 가이드라인을 필요로 한다. 특히 선령이 높은 선박의 경우 장비 적용

---

가능 여부나 친환경 개조 한계 등에 대한 판단 기준이 필요한 실정이다.

그 밖에도, 디지털 기반 저감 장치, 연료 이중화 시스템, AIS 기반 연료 모니터링 등 기술 도입에 따른 운용·정비 인력에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나, 해운사 내부에 규제 해석 및 이행 계획 수립을 주도할 인력이 부족하여, 외부 컨설팅 의존도 높은 편이다. 이에 따라 규제 대응 실무 인력의 양성 및 교육에 대한 수요가 3순위로 도출된 것으로 판단된다.

### 3) 시사점

첫째, 해운사는 기술 적용의 최종 수요자이자 리스크 보유자로서 규제 대응에서 직접적인 운영비 상승, 투자비 부담, 운항 제약을 감내해야 하는 주체이다. 따라서 조선업체보다 더 실용적이고 적용 가능성 중심의 지원 항목을 우선시하는 경향이 나타났다.

둘째, 정보·교육 기반이 부족한 상태에서 규제 불확실성에 대한 리스크가 확대되고 있다. 규제가 아직 '의무화'되지 않았음에도 해운사는 이미 적용 가능한 기술 부족, 인력 부재, 정보 비대칭에 대한 압박을 받고 있다. 이는 향후 규제가 본격 시행될 경우, 규정 위반 및 상업적 손실로 이어질 가능성이 크다는 점을 시사한다.

## 10. 북극해 연료 규제 도입 시 필요한 중·장기적 지원

### 1) 조선사

▲수출금융 및 보증 체계 강화, ▲북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련, ▲대-중소 조선소 간 기술이전 촉진, ▲국제 협력채널 확보, ▲개발 및

상용화 비용 지원 등 5가지 답변 중 어떤 지원이 중·장기적 관점에서 가장 필요한지 조사했으며, 답변은 아래 표와 같다.

〈표 4-15〉 북극해 연료 규제 도입 시 시급한 중장기적 지원 제도

중장기적 지원 제도	순위 (점수)	기업 개수	선택 이유 및 상세 의견
수출금융 및 보증체계 강화	공동 3위	2	• 초기 시장 선점을 위한 수주 촉진을 위한 친환경 선박 and/or 설치 장비에 대한 선박 금융 필요
북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련	2위	3	• 국내 해운업계에서 북극 운항을 위한 법, 제도적 안정성이 확보되어야 선박 발주로 이어질 것으로 예상 • 법/제도에 따라서 기술이 바뀔때 따라 안정적 법저 보호장치 필요
대-중소 조선소 간 기술이전 촉진	공동 3위	2	• 대형 조선소는 관련 기술 개발이 충분히 확보되나 중소 조선소의 북극 프로젝트 대응 능력은 부족함에 따라 대-중소 조선소간 기술이전을 통하여 상생 발전도 모 가능
국제 협력채널 확보	공동 3위	2	• 다양한 국제적 규제와 법.제도에 국가 차원에서 선제적으로 대응 필요 • 북극해운은 러시아, 캐나다 등 국제협력 구조로 이루어져 있어 북극 주변국들의 적극적인 참여 필요
개발 및 상용화 비용 지원	1위 (12점)	4	• 신기술은 실증이 중요하므로 실증 설비 또는 국내선사와 실적을 만들 수 있는 정부 지원이 필요 • 친환경 기술 경쟁력 확보 우선 • 큰 규모의 장비 업체가 없는 상황이므로 장비 개발 및 실증에 대한 장비 업체 지원 필요
기타	-	-	-

주1 : 가중점수 계산은 1순위 선택 = 3점, 2순위 선택 = 2점, 3순위 선택 = 1점 (0~15점) 으로 산정

주2: 기업 갯수의 경우, 응답한 총 5개사 중 해당 항목을 선택한 기업 개수를 뜻함

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

### (1) 개발 및 상용화 비용 지원

응답 기업 중 대다수가 1순위로 꼽은 항목이다. 특히 친환경 선박 기술은 개발 이후에도 상용화 단계에서 상당한 재정적 부담이 발생하는데, 이때 정부의 역할이 매우 중요하다는 공감대가 형성되어 있다. 한 조선사는

---

“큰 규모의 장비 업체가 국내에 없고, 장비 개발 및 선박 탑재 실증을 위한 공공투자가 부족하다”고 지적했다. 또한, 기술을 개발하더라도 실제 적용 가능한 설비투자까지 이어지기 위해서는 정부의 매칭 투자나 실증단계 보조금 제도가 절실하다는 점이 반복적으로 언급되었다. 특히 국내 기업들은 국제적인 규제에 대응한 실질적 경쟁력을 확보하기 위해 ‘기술 상용화 전 단계’에서 발주 유도과 연계된 형태의 정부보조 구조를 선호하고 있다. 이 항목은 중소기업뿐 아니라 대형 조선소에서조차 공통적으로 제시되었으며, 이는 실증장비나 친환경 설비가 장기간 투자회수가 어렵고 시장이 아직 미성숙하기 때문인 것으로 해석된다.

## (2) 북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련

조선업계는 기술개발 자체보다 더 본질적인 문제로 법·제도의 미비로 인한 수요 불확실성을 지적하고 있다. 북극 운항은 국제규범과 다자 규제 틀 내에서 움직이므로, 국내 조선소가 설령 기술을 확보하더라도 해운사(선주)의 발주로 이어지기 위해선 법·제도적 기반이 필수적이다.

여러 응답에서는 “국내 해운업계에서 북극 운항을 위한 법·제도가 확보되지 않으면 기술이 있어도 선박 수요가 창출되지 않는다”고 언급하며, 정책→수요→기술 개발이라는 선순환 구조의 전제가 되는 정책 기반의 조속한 마련을 촉구했다. 또한 이 제도적 기반은 국내뿐 아니라 북극항로 운항 국과의 국제 협정 및 표준화와 병행되어야 실효성이 크다는 지적도 있었다.

## (3) 국제 협력채널 확보

북극 관련 프로젝트의 특성상, 단일 국가 또는 기업 차원의 대응이 어렵다는 점에서 국제 협력은 필수로 인식되고 있다. 북극항로 이용과 기술 도입을 위해서는 러시아, 캐나다, 미국, 유럽 국가 등과의 국가 간 기술·제도

협력, 실증 정보 공유, 공동 프로젝트 참여가 중요한데, 현재는 이에 대한 정부 차원의 제도적 지원이 미흡하다는 평가가 제기되었다. 특히 일부 기업은 “러시아, 캐나다, 미국 등에서 자국 조선산업 육성 및 기술개발이 정부 주도로 활발히 이뤄지는 데 반해, 우리나라는 민간 주도에 의존하고 있다”고 지적하며, 정부가 북극권 국가들과의 해양기술 외교 및 협력 플랫폼을 적극적으로 이끌어야 한다고 주장했다. 국제 협력은 단순한 기술 교류를 넘어 규제 표준의 조율, 인증 공통화, 선주단과의 공동 실증 기획 등 포괄적 정책 기능을 요구하고 있는 실정이다.

#### (4) 대-중소 조선소 간 기술이전 촉진

북극해 선박 건조 및 장비 실증 기술은 대형 조선소에 일부 집중되어 있으며, 중소형 조선소는 고도 기술 적용에 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 대-중소 간 기술격차를 완화하고, 상생 기반의 생태계를 구축하기 위한 정부 중재의 필요성이 제기되었다. 일부 응답에서는 “대형 조선소는 실증 또는 기술 개발에서 이미 역량을 갖췄지만, 중소 조선소는 인력·설비·제도 측면에서 구조적으로 뒤처질 수밖에 없다”며, 기술이전, 인력교류, 공동 프로젝트 등 중소 조선소를 위한 맞춤형 정책지원을 강조하였다. 이를 위해 정부 차원의 기술 이전 컨소시엄 구축 및 실증 공동투자 유도책이 제시될 수 있다.

#### (5) 수출금융 및 보증체계 강화

친환경 선박이나 북극항로용 특수 선박은 건조비가 높고 리스크도 크기 때문에, 시장에서 선주가 발주하기 위한 금융·보증 장치가 매우 중요하다. 일부 기업은 “초기 시장 선점을 위해서라도 수주 촉진용 금융지원이 필요”하다고 응답했으며, 특히 기술 실증이 완료된 후 시장 진입까지의 연결 고

---

리로서 수출금융 제도의 역할을 강조했다. 일부 기관은 친환경 선박에 대한 금융기관의 이해 부족과 리스크 회피 성향이 문제라고 지적하며, 정부가 정책금융기관과 ESG 연계 금융상품을 활성화하는 역할을 해야 한다고 제안했다.

중소기업의 기술 역량과 대기업의 국제 협력력 간 균형 있는 지원 전략이 필요하다. 이는 기술 불균형 해소뿐 아니라 국가 차원의 기술 주권 확보와도 연결된다. 또한, 개발 → 실증 → 상용화 → 시장 수요 창출 → 수출금융 연계까지 이어지는 ‘전주기 지원 체계’ 마련이 절실하다. 정책 설계 시 조선업계의 요구를 ‘단계별’, ‘규모별’, ‘기술 성숙도별’로 분류한 맞춤형 지원 정책이 필요하다.

## 2) 해운사

▲국제 협력 채널 확보, ▲북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련, ▲친환경 선박 확보 금융 지원, ▲수출금융 및 보증 체계 강화, ▲친환경 선박 운영 인센티브 제도 등 5가지 답변 중 어떤 지원이 중·장기적 관점에서 가장 필요한지 조사했다. 조사 결과, ▲국제 협력채널 확보, ▲북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련, ▲친환경 선박 확보 금융 지원 순으로 필요하다고 응답했다.

러시아는 전 세계에서 가장 많은 쇄빙선을 보유하며, 북극항로 운영 경험과 관측 시스템의 숙련도가 매우 높은 국가이다. 북극항로의 상용화를 위해서는 쇄빙 보조 및 항로 정보 제공, 기상·위험 예보 등 운항 인프라에 대한 러시아와의 실질적 협력이 필수적이다. 특히 우리나라는 아직 독자적 쇄빙선 상업운항 능력이 부족하므로, 협력 없이는 중단기적으로 안정적인 운항이 어렵다는 점에서 전략적 파트너십 구축의 시급성이 강조되었다.

현재 북극항로 운항과 관련한 국내 법률 및 제도는 국제 규제(IMO Polar Code 등) 준수 중심에 국한되어 있으며, 국가 차원의 제도적 뒷받침은 미흡하다고 답변했다. 해운사는 항로 정보, 연료공급 기준, 환경규제 대응 기준, 통관절차 등에 있어 불확실성이 크고, 공급사와 운항사 간 리스크 분담 구조도 미비하다고 지적했다. 즉, 국가 주도의 법·제도 정비는 공급자(조선소, 기자재 업체)의 증장기 공급 안정성 확보와 선사들의 의사결정 지원에 결정적으로 작용할 수 있다.

북극 운항에 적합한 선박은 일반 친환경 선박 대비 더 높은 기술 사양(예: 내빙 설계, 강화된 엔진 및 보일러, 항법 장비 등)을 요구하며, 이에 따른 선박당 단가가 매우 높다. 특히 선령이 낮은 고사양 LNG추진선, 메탄올선, 이중연료 탱커 등은 도입에 추가적인 자금이 소요되며, 이는 중소 해운사의 접근성을 제한한다. 따라서 녹색선박금융(그린론), 보증형 금융, 이차보전 등 구조적 금융 지원 방안이 뒷받침되지 않으면 북극항로 참여는 일부 대형 선사에 국한될 수 있음이 지적되었다.

### 3) 시사점

북극해 운항은 기술력만으로 달성할 수 없으며, 외교·제도·금융이 결합된 ‘복합 지원체계’가 필수적이다. 국제 협력은 현장 운항 가능성 확보를 위한 전제조건이며, 제도 정비는 민간의 예측 가능성과 공급망 안정성 보장, 금융지원은 진입장벽 해소의 핵심 요소로 작용한다. 특히 쇄빙선 확보까지는 최소 수년이 소요되므로, 단기 대안으로는 러시아와의 실질 협력 강화가 중대한 시급 과제로 부상하고 있다. 정부는 이 세 가지 축을 중심으로 ‘북극항로 전환 로드맵’에 필요한 공공투자, 정책금융, 외교적 채널 형성에 집중할 필요가 있다.

## 11. IMO 차원에서 정부가 추진해야 할 활동

### 1) 조선사

우리나라 조선산업이 블랙카본 감축 규제에 효과적으로 대응할 수 있도록, 정부가 IMO 차원에서 추진해야 할 가장 중요한 활동은 ▲규제 기준 설정 과정에서 우리나라 산업계 의견 반영, ▲단계적 규제 도입 및 충분한 전환 기간 확보, ▲유사 입장 국가들과의 공동 대응체계 구축, ▲국내 기술 기반의 저감기술 제안, ▲규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유 등 5가지 답변 중 어느 것인지 조사했다. 그 결과 ▲규제 기준 설정 과정에서 우리나라 산업계 의견 반영, ▲국내 기술 기반의 저감기술 제안, ▲유사 입장 국가들과의 공동 대응체계 구축, ▲단계적 규제 도입 및 충분한 전환 기간 확보 순으로 시급하다고 답변했다.

〈표 4-16〉 IMO 차원에서 정부가 추진해야 할 활동

중장기적 지원 제도	순위 (점수)	기업 개수	선택 이유 및 상세 의견
규제 기준 설정 과정에서 우리나라 산업계 의견 반영	1 (12점)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽 등이 주도하는 다양한 해양 규제가 국내 조선업계의 현실과 동떨어진 경우가 다수임에 따라 우리 조선업계의 북극해운에 대한 의견을 반영한 정부의 IMO 차원 활동 필요</li> <li>• 규제 설계 초기부터 국내 현실을 반영해야 불합리한 규제 피해 최소화 가능</li> <li>• 소형선 선박 제조 업체의 의견 접수 필요</li> <li>• 국제규제 대응을 수동적으로 따르기보다, 우리기술을 국제표준화하여 산업 경쟁력을 확보하고 국내 기업의 시장 진출 기회 창출</li> </ul>
단계적 규제 도입 및 충분한 전환 기간 확보	공동 3위 (4점)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 환경 규제와 유럽 주도 IMO 의견은 높은 기술과 적용을 위해서는 비용이 상승됨에 따라 점진적인 도입을 통하여 조선업계의 기술발전 속도와 맞춤 기간 확보가 필요</li> <li>• 단계적으로 접근해야 선주, 조선소 준비 가능</li> </ul>

증상기적 지원 제도	순위 (점수)	기업 개수	선택 이유 및 상세 의견
유사 입장 국가들과의 공동 대응체계 구축	공동 3위 (4점)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단독 대응보다 다자협력을 통해 국제무대에서 발 언권 강화. 중국, 일본, 노르웨이 등과 공조 시 협 상력 상승 효과 기대</li> <li>• 국내 조선소 건조 선박의 경우 블랙카본 규제가 설 계 변경 등 큰 이슈가 되지 못하므로 적절한 대 응 필요</li> </ul>
국내 기술 기반의 저감기술 제언	2위 (8점)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 많은 친환경 기술이 유럽 주도로 이루어져 국내 원천기술 개발 중요</li> <li>• 어선 등 소형선 관련 기술 개발 필요 (이차전지, 친환경 연료 적용 등)</li> </ul>
규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유	4위 (1점)	1	-
기타	-	-	-

주1 : 가중점수 계산은 1순위 선택 = 3점, 2순위 선택 = 2점, 3순위 선택 = 1점 (0~15점) 으로 산정  
 주2: 기업 갯수의 경우, 응답한 총 5개사 중 해당 항목을 선택한 기업 개수를 뜻함  
 자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성.

### (1) 규제 기준 설정 과정에서의 산업계 의견 반영

다수의 기업이 1순위 또는 핵심 과제로 지목한 항목으로, 전체 응답에서 가장 높은 비중을 차지했다. 특히 조선업계는 유럽 주도의 환경 규제가 국내 산업 현실과 괴리가 크며, 그로 인해 불합리한 기술 적용 및 과도한 비용 부담이 발생하고 있다는 점을 지적하고 있다. 자문 결과, 국제 규범은 일반적으로 유럽 중심으로 형성되는 경향이 있으므로, IMO 차원의 규제 기준이 설정되는 초기 단계부터 국내 조선업계의 실정과 기술 여건이 충분히 반영될 수 있도록 정부의 공식 채널을 통해 적극적인 의견 개진이 필요하다는 의견이 제시되었다.<sup>370)</sup> 이는 블랙카본 규제뿐 아니라, 앞으로 도입 될 기타 온실가스 감축 및 저감 연료 기준 논의에 있어서도 공통적으로 적용되는 문제의식이다.

370) 국내 산업계의 의견 개진을 위해 본 보고서는 부록1에서 정책입장문(Policy Position Paper)초안을 제시하였다.

---

## (2) 국내 기술 기반의 저감 기술 제안

기술 수용자에서 기술 주도자로의 전환을 위한 정부의 전략적 역할이 강조되었다. 국내 조선소들은 LNG, VLSFO 등 저탄소·저블랙카본 연료 기반 기술을 이미 확보하고 있음에도 불구하고, 유럽 중심으로 형성되는 IMO의 기술 기준으로 인해 이러한 기술이 국제 시장에서 외면되거나 부적합 판정을 받을 수 있는 위험이 있다는 지적이 제기되었다. 특히 일부 조선업체는 친환경 기술을 국내에서 확보하더라도, 해당 기술이 국제적으로 표준화되지 않는 이상 상용화로 이어지기 어렵다는 점을 강조하였다. 이에 따라, 정부가 국제 기준 제안, 공동연구 결과 발표, 다자 기술협의체 주도 등의 방식으로 국내 기술을 국제규범으로 발전시킬 수 있도록 외교적 역량을 강화해야 한다고 총 5개 사(社) 중 4개 사(社)가 응답했다.

## (3) 유사 입장국과의 공동 대응체계 구축

우리나라와 기술 수준 및 시장 구조가 유사한 국가들—특히 중국, 일본, 노르웨이 등과의 협력 필요성이 제기되었다. 이들 국가는 IMO 산하 해양환경보호위원회(MEPC) 및 기술작업반(ISWG) 등 주요 협의체에서 단독 국가로 대응할 경우 정책적 설득력이 낮아지는 구조를 인식하고 있으며, 이에 따라 “국제 협상력 강화를 위한 정부 주도의 다자 네트워크 구축”을 공동 전략으로 제안하고 있다. 실제로 한 조선업계 관계자는 “단독 대응은 정책적으로 한계가 있고, 유럽 국가들의 의견이 강하게 반영되는 현실에서는 동북아 연합 또는 중견 해양국 중심의 공동 입장 정립이 필요하다”고 언급했다.

## 2) 해운사

우리나라 해운업계가 블랙카본 감축 규제에 효과적으로 대응할 수 있도

록, 정부가 IMO 차원에서 추진해야 할 가장 중요한 활동은 ▲국제 해운규제 정보 공유 및 소통 강화, ▲규제 대응을 위한 가이드라인 제공, ▲유사 입장 국가들과의 공동 대응 협력, ▲국내 해운사의 저감 사례의 국제 공유, ▲규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유 등 5가지 답변 중 어느 것인지 조사했다. 그 결과 ▲규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유, ▲유사 입장 국가들과의 공동 대응 협력, ▲규제 대응을 위한 가이드라인 제공 순으로 시급하다고 답변했다.

### (1) 규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유

해운업계는 블랙카본 규제의 국제 논의가 구체적인 기술·운항 기준 없이 선제적으로 도입되고 있다는 점에 대해 우려를 표했다. 이는 IMO의 선례인 2020년 황함유 규제(IMO 2020) 당시와 유사하게, 규정은 빠르게 마련되었지만, 현장의 기술 적용 방식, 검증 방법, 보고 절차 등은 사후에 마련되어 선사들이 상당한 불확실성 속에서 대응해야 했던 경험과 맞닿아 있다. 특히 북극해처럼 환경적으로 민감하고 인프라 접근성이 낮은 해역에서는 기술 적용의 어려움이 더욱 크며, 이에 따른 운항 회피 또는 리스크 증가 가능성에 대한 현장의 우려가 크다.

즉, 규제의 목적은 환경 보호이지만, 그 이행 방식이 실효성보다 규정 준수 여부에 초점을 맞출 경우, 오히려 회피 운항, 무리한 기술 적용, 운항 제한 등 비의도적 부작용을 초래할 수 있다. 따라서 정부는 IMO 회의에서 현장의 현실적 이행 애로사항을 체계적으로 수집·정리해 공식적으로 제기하고, 유예 기간 설정, 이행 로드맵 제안 등을 통해 보다 실용적이고 단계적인 규제 적용 방안을 유도할 필요가 있다.

---

## (2) 유사 입장 국가들과의 공동 대응 협력

현행 IMO 논의 구조는 북극 연안국이 정책적으로 큰 영향력을 행사하며, 자국 선사 보호를 위해 일부 예외 조항을 반영한 점이 있다. 예를 들어, 북극권 국가에게는 블랙카본 규제와 한시적 유예나 완화가 적용되고 있으나, 우리나라와 같이 북극항로를 활용하려는 비북극권 국가에 동일한 기준이 적용되어 형평성 문제가 제기되고 있다. 이에 따라, 우리나라와 기술력, 운항 여건이 유사한 일본, 싱가포르, 독일 등 중견 해운국들과 공동 입장 정립을 통해, 단독 대응 시보다 정치적 설득력과 규범 영향력을 높일 필요가 있다는 점이 강조되었다.

이해관계가 유사한 국가들과의 비공식 협의체나 정책 대화 채널을 조기에 구축하고, 공동 입장을 마련해 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 및 소작업반(PPR) 등에 제출하는 다자외교 플랫폼 전략을 적극 추진할 필요가 있다. 이는 우리나라의 독자적 주장을 국제규범으로 연결 짓기 위한 정책적 지렛대로 기능할 수 있다.

## (3) 규제 대응을 위한 가이드라인 제공

해운사는 기술적·행정적 대응 능력이 기업마다 상이한 가운데, 새로운 환경 규제가 발표될 때마다 선사별로 해석과 적용이 달라지는 문제를 반복 경험하고 있다. 특히 중소형 선사의 경우, 국제 규제의 내용 자체를 이해하고 대응하는 데 있어 전문적 해석과 정보 부족으로 어려움을 겪고 있는 상황이다. 이에 따라 Mac-Net(해양산업클러스터) 등 전문가 네트워크를 통해, 규제 해석, 기술 적용방안, 보고체계 등에 대한 명확한 가이드라인을 정부 차원에서 마련하고 주기적인 설명회와 세미나를 개최해달라는 요구가 제기되었다.

국제 환경 규제가 강화될수록, 업계의 대응 역량은 정보 격차와 정책 소

통 여부에 의해 좌우된다. 정부는 기술적 해석과 대응 방안을 포함한 실행 중심의 기술 가이드라인을 정기적으로 제공하고, 국내 전문 연구기관·협회 등과 연계하여 교육·세미나·자문 플랫폼을 상시화할 필요가 있다. 이는 규제 이행의 정확도를 높이고, 중소형 선사의 국제 경쟁력을 확보하는 데 기여할 수 있다.



# 05

## 블랙카본 규제 대응 전략

### 제1절 단기 규제 대응 방안

---

앞서 살펴본 바와 같이 북극해 블랙카본 규제는 IMO 및 북극이사회를 중심으로 ‘권고 지침’ 수준에서 논의되고 있으나, 향후 규제화가 예상되기 때문에 국내 해운·조선업계의 준비가 필요하다. 제4장 제2절에서 진행한 설문조사에서 조선사는 높은 비율로 블랙카본에 대한 측정과 저감 기술은 설계 등 준비가 많이 된 반면, 아직 우리나라 특성상 블랙카본 측정기기나 저감기기를 부착할 필요가 없어서 경험치가 없는 해운사는 실제 규제가 본격 시행될 경우, 대응 격차가 산업 간 경쟁력 차이로 이어질 가능성이 크다. 따라서 규제가 여전히 ‘권고 수준’에 머물러 있는 지금이야말로 해운업계가 선제적으로 운항 전략, 최적화 기술, 측정 체계 등을 정비할 수 있는 전략적 전환의 시점이라 할 수 있다.

본 절은 단기 규제 대응을 제4장에서 설문조사 결과에서 도출한 단기적 지원 제도 순위에 따라 “기술 실증 및 검증 지원(해운사의 경우, 저감 기술 R&D 지원)”과 “설비 투자 비용 지원”이라는 두 축으로 구성하였다. 첫째, 현장 적용 지원 측면에서는 아무리 우수한 블랙카본 측정 및 저감 기술이

---

개발되더라도 이를 실제 극한 환경에서 검증하고(실증 인프라), 정확하게 측정하며(MRV 기술), 선박에 탑재할 수 있고(실증 프로그램), 비용 부담을 감당할 수 있어야(재정 지원) 비로소 실제 대응이 가능하다.

둘째, 저감 기술 적용 지원 측면에서는 적용할 기술이 개발되어야 하고(R&D 지원), 이를 적용할 인력이 있으며(전문 인력), 적용 방법을 알아야(가이드라인) 비로소 기술 도입이 완성된다.

설문조사 결과는 전 단계에 걸쳐 국내 산업계가 어려움을 겪고 있음을 보여주며, 따라서 정부는 개별 지원책이 아닌 전주기 지원 체계를 고려할 필요가 있다. 특히 조선업계와 해운업계의 기술 성숙도와 필요 지원이 다르므로, 업종별 맞춤형 지원 설계가 필수적이다. 앞서 살펴본 논거에 따라 우선적으로 정부 지원이 필요한 부분 위주로 서술하고자 한다.

## 1. 기술 실증 및 검증 지원

제4장 제2절에서 실시한 설문조사 결과, 단기적 지원으로 '기술 실증 및 검증 지원'이 조선사에서 1순위(9점)로 선택되었다. 이는 기술 개발도 중요하지만, 기술이 있다고 해도 북극해 등 극지관련 기술은 이와 유사한 극한 환경 내에서 시험하고 검증할 수 있는 제도적·물리적 인프라가 시급하게 필요함을 의미한다.

설문조사에서도 조선업계는 특히 저온의 극지 환경에서 실질적으로 연료 및 장비가 작동 가능한지 확인하기 위한 실증 인프라가 국내에 부족하다는 점을 지적하였다. 실제로 조선사 5개 중 4개사가 기술 실증 및 검증 지원을 우선순위로 선택하였으며, "관련 전문 인력이 없거나 기술이 확보되지 않은 업체 대상 규제 대응을 위한 실증 및 검증 필요", "저온에서 활용될 장비

들에 대한 검증 시설이 부족하며, 개발 장비들에 대한 실증(선박탑재)이 매우 어려움, "육상 테스트 베드 필요" 신기술은 실증이 중요하므로 국내 선사와 실적을 만들 수 있도록 지원금 등으로 지원 필요"라는 구체적 요구가 제기되었다.<sup>371)</sup>

## 1) 극한 환경 실용화 인프라

현재 국내에는 극지 환경 재현 인프라가 존재한다. 극지연구소(Korea Polar Research Institute, KOPRI)는 2023년 11월 극지환경재현실용화센터를 개소하여 달환경모사초저온실(영하 80℃), 극지생물배양실, 바이오생산분석실 등을 보유하고 있으나, 주로 극지 생물·시료 연구 및 예비 창업자·중소기업 지원을 목적으로 하는 실험시설로, 선박 운항 환경의 실증에는 직접 활용이 어렵다.<sup>372)</sup> 선박해양플랜트연구소(Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, KRISO)의 아이스탱크(Ice Tank)는 결빙 환경(-50℃ 이하)을 조성할 수 있는 32×32m 크기의 인프라로 선박의 추진력, 빙저항과 연료 소모 등 실험이 가능하지만, 블랙카본 배출저감 장치나 측정기법 실증에는 한계가 있는 것으로 보인다.<sup>373)</sup> 한국조선해양기자재연구원(Korea Marine Equipment Research Institute, KOMERI)은 환경신뢰성시험센터를 운영하고 있으며, 기자재의 IMO MEPC 및 IEC 규격 기반 공인시험(KOLAS)을 수행하고 있으나, 블랙카본 농도 측정용 장비는 보유하고 있지 않아 향후 관련 장비 도입과 시험 체계 구축이 필요하다.<sup>374)</sup> 정부는 이러한 관련 기관의 인프라를 개선하여 블랙카본 측정 및 검증 장비를 단계적으로 도입하고, 민간 기업의 시험·실증 비용을 지원하여 접근성과 실효성을 높일 필요가 있다. 이를 통해 기술 신뢰

371) 단기적 지원 제도에 관한 조선사 답변을 정리한 제4장 제2절 <표4-14>

372) 극지연구소 보도자료(2023. 11. 20.), 극지환경재현실용화센터 개소(검색일: 2025. 10. 26.)

373) 선박해양플랜트연구소, Research Facilities - Ice Tank(검색일: 2025. 10. 26.)

374) 한국조선해양기자재연구원(KOMERI), 시험분야 소개 - 환경신뢰성시험(검색일: 2025. 10. 26.)

---

성을 확보하고, 상용화 이전 단계의 리스크를 완화하며, 국내 선박의 국제 경쟁력을 조기에 확보할 수 있다.

## 2) 블랙카본 MRV 장비 지원

IMO MEPC.394(82) 결의서는 블랙카본 배출을 FSN, PAS, LII 등 국제적으로 인정된 방식으로 측정·검증·평가(MRV)하도록 권고하고 있다.<sup>375)</sup> 해당 지침에 대한 애로사항에 대한 설문에서 응답한 조선사와 해운사 모두 MRV 장비의 부족(13점)을 주요 문제로 인식했다.<sup>376)</sup> 해운사는 단기 지원 제도의 우선순위에서 저감 기술 R&D 지원을 1순위로 꼽았다.<sup>377)</sup> 블랙카본 배출 저감 기술의 원리나 측정 방법에 대한 정보 접근 자체가 어렵고, 관련 장비나 실증 시나리오를 자체적으로 기획하거나 검증할 역량이 부족하다고 답했다.<sup>378)</sup> 블랙카본 감축과 측정 장비에 대한 성능 기준과 표준 정립을 위해서는 기존 블랙카본 연구에 관한 R&D 지원도 확장하는 것이 중요하다.

국가연구시설장비진흥센터(National Research Facilities & Equipment Center, ZEUS)의 장비 등록 현황에 따르면, 총 11기의 블랙카본 관련 장비가 등록되어 있다.<sup>379)</sup>

대표적인 대기 중 블랙카본 측정기기인 Aethalometer(AE33) 장비는 극지연구소, 한국해양과학기술원(Korea Institute of Ocean Science & Technology, KIOST), 한국과학기술연구원(Korea Institute of Science

---

375) IMO MEPC.394(82)

376) 제4절 제2장 4. IMO 기술파일 형식에 따른 MRV에 대한 애로사항에 대한 답변; 개발 또는 설치 비용 부담 역시 같은 13점으로 주요 문제로 응답했다.

377) 제4절 제2장 해운사 단기 지원 질문 시급성에 대한 답변

378) 위 답변

379) 국가연구시설장비진흥센터(2025)(검색일: 2025.10.30.)

and Technology, KIST), 한국표준과학연구원(Korea Research Institute of Standards and Science, KRIS) 등 4개 기관에서 총 6기가 구축되어 있으며, 7개 파장 동시 측정으로 블랙카본 구분을 할 수 있으며, 실시간 연속 모니터링이 가능하다. 특히 이 장비는 선박용으로 많이 쓰이는 모델로 블랙카본 관련 장비는 가장 다량 보유하고 있다.

다중각도흡수광도계(Multi-Angle Absorption Photometer, MAAP; 모델 5012)는 (사)한국선급(Korean Register, KR)과 KIOST에 각 1기씩 총 2기가 설치되어 있으며,<sup>380)</sup> 셋째, Aerosol Photometer 계열 장비(AE21, AE22, AE31)는 국립환경과학원(National Institute of Environmental Research, NIER)과 극지연구소 등에서 총 3기가 운영되고 있다.<sup>381)</sup> OCEC Analyzer(Sunset Lab)와 SP2(Single Particle Soot Photometer) 장비는 각각 국립환경과학원 및 극지연구소가 보유 중이며, 블랙카본은 열·광학적(EC/OC 분리) 분석 및 단일입자 기반 질량·입경 측정에 활용되고 있다.

최근에는 선박용 블랙카본 장비에 대한 수요가 있는 것으로 보이는데, 조달청 나라장터 기록에 따르면 올해 5건(7기)의 블랙카본 측정장비가 실제 구매된 것으로 확인되며, 그 중 한국조선해양기자재연구원은 2025년 5월과 9월에 각각 9천만 원 규모로 한국에이브이엘(주)사의 선박탑재형 이동식 블랙카본 측정 장비를 구입하였다.<sup>382)</sup> 환경부 국립환경과학원, 소방청 국립소방연구원, 서울대학교 보건대학원에서 LII 측정장비를 2025년에 구매하여 운용하고 있다.<sup>383)</sup>

380) Thermo Scientific사의 제품이다.

381) AE33 모델의 간소화 버전이고 더 저렴하다는 것이 특징이다. 2개 파장을 측정할 수 있으며 블랙카본 농도 측정용으로 사용된다.

382) 조달청 나라장터(2025), 선박탑재형 이동식 블랙카본 측정장비 검사검수 결과 (공고번호 R25NQ02752778), (검색일: 2025.10.30.)

383) 충남대학교를 포함 블랙카본 연구를 하는 몇 개 대학도 연구용도 LII 장비를 보유하는 것으로 확인되었다. 임세희(2025.4.10.), "Black-Carbon's emissions and implication", 한국해양수산개발원 국

---

첫째, 공공연구기관이 보유한 MRV 장비(FSN, PAS, LII 등)를 확충하고, 민간 기업 접근성을 강화할 필요가 있다. 북극해 블랙카본 규제의 대상이 될 수 있는 잠재 기업에 임대 및 공동 활용, 측정 지원 프로그램을 운영함으로써 초기 투자 비용 없이 실선 테스트와 기술 검증을 수행할 수 있는 기반을 마련할 수 있다.

둘째, 블랙카본 측정 장비의 국내 기술 확보 필요성을 검토할 필요가 있다. 앞서 살펴본 블랙카본 측정 장비는 대부분 해외 제조사 제품(Magee Scientific, Thermo Scientific 등)으로 파악되었다.<sup>384)</sup> 해외 제품에 의존도가 높은 경우, 구매 가격 뿐 아니라, 유지보수 비용 부담이 크기 때문에, 향후 블랙카본이 강행 규범화될 경우, 측정 장비 수요 증가에 따른 공급 안정성 문제가 발생할 가능성도 있다. 다만 국산 장비 개발 시에는 국제 인증 취득 및 기존 장비와의 비교 검증이 필수적이므로, 이에 소요되는 시간과 비용을 증장기 R&D 과제로 계획하는 것이 현실적일 것이다.

## 2. 설비 투자 지원

시급한 단기 지원 제도 관련 설문에서 조선사는 “설비 투자 비용 지원”을 2순위(7점)로 선정했으며, 4개 조선사가 이를 선택했다. 실제 블랙카본 저감 기술을 간접적으로라도 실증하고 검증한 후에 상용화를 하려면 대규모 설비 투자 비용이 필요하다. 하지만 시장 불확실성과 투자비 회수여부, 지

---

지전략연구실 콜로키움 발표 내용 중; 조달청 나라장터(2025.7.21.), 국립환경과학원 블랙카본측정기 구매 계약현황(사업번호 R25TA00731140); 조달청 나라장터(2025.5.28.), 서울대학교 보건대학원 초고감도 블랙카본 레이저 구매 계약현황(사업번호 R25TA00560665); 조달청 나라장터(2025.4.28.), 소방청 국립소방연구원 블랙카본측정기 구매 대금지급 내역(사업번호 R25TA00478943) (검색일: 2025.10.30.)

384) 한국에이비이엘(주)사의 장비 역시 오스트리아 AVL List GmbH사의 제품을 국내에 공급하고 있다; AVL Korea Co., Ltd. Company Profile(2025.10.30.)

연 여부에 대한 우려 때문에 선제적 투자가 어려운 상황이다. 설문에 응답한 한 조선사는 "친환경 설비는 기술개발, 실증, 선박 탑재 등에 투자가 요구되나, 실증 시 지원금이 거의 없으며, 투자비 회수가 비교적 장기"라고 지적했다. 또 다른 조선사는 "불확실한 시장에서 설비 투자 지원은 필요하다"고 응답했다. 따라서 블랙카본 감축 제도화에 준비하기 위해 정부는 다음과 같은 기존 제도의 확장을 고려해야 한다.

### 1) 한국해양진흥공사의 친환경 설비 개량 특별보증제도

한국해양진흥공사(Korea Ocean Business Corporation, KOBC)가 운영 중인 「친환경 설비 개량 특별보증」제도가 있다. 이 제도는 KOBC가 해양수산업 위탁을 받아 운영하는 설비금융 프로그램, 선박에 친환경 설비를 설치하는 경우에 금융조달을 할 수 있도록 보증을 지원하는 제도이다. KOBC의 보도자료에 따르면, 선박평형수처리설비(BWTS), "황산화물배출저감설비(스크러버)", "수전장치(AMP)", "에너지효율개선장치(ESD)" 등이 명시되어 있으며, 블랙카본 저감 설비에 관한 지원 항목은 명시되어 있지 않다.<sup>385)</sup> 동 제도는 2019년부터 IMO 환경규제 대응을 목적으로 탈황장치(스크러버), 선박평형수처리장치등에 대해 특별보증과 이자비용 지원을 제공하고 있으며, 운항 해역에 제한이 없어 북극항로 운항 선박에도 동일하게 적용 가능하다. 특별보증제도는 별도의 법 개정 없이 내부지침인 "특별보증 대상 목록"에 "블랙카본 저감 장치"를 포함하면 바로 적용가능하기 때문에 단기 정책 지원으로 적합하다.

385) 한국해양진흥공사(2023)(검색일: 2025.10.28.)

---

## 2) 해양수산부의 친환경 설비 이차보전사업

이차보전사업은 친환경 설비 개량시 설비 설치를 위해 은행 등의 대출을 받은 선사에 대해 정부가 대출금의 이자비용의 일부를 보전해 주는 제도이다.<sup>386)</sup> 이차보전사업 대상 목록에도 디젤미립자필터와 같은 블랙카본 저감 및 측정 장비를 포함하여 대출금의 이자비용 역시 보전해 줄 필요가 있다.

## 3) 한국해양교통안전공단 친환경인증선박 보급지원사업

친환경 인증을 받은 선박을 건조하거나 설비를 장착하는 선사에 보조금을 지급하는 제도로, 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」(친환경선박법)에 따라 한국해양교통안전공단(KOMSA)의 주도로 운영된다. 2025년 KOMSA는 친환경선박 건조비용의 최대 30%를 지원한다는 보도자료를 낸 바있다. 이미 동법은 제3조와 제7조에서 “대기오염물질 저감”을 위한 기술설비를 지원 대상으로 명시하고 있기 때문에, 블랙카본은 이미 별다른 규정 개정없이 포함이 가능할 것이다. 다만 실제 보조금 지원은 내부규정과 사업지침에 따라 결정되는 것으로 블랙카본 저감 장치를 내부 기준표에 추가하여 지원대상에 포함할 필요가 있다.

설문조사 결과, MRV(측정·보고·검증) 제도 이행 과정에서 "개발 또는 설치 비용 부담"과 "MRV 기술을 적용할 장비 부족"이 공동 1순위(각 13점)로 나타났다.<sup>387)</sup> 이러한 비용 지원 제도를 블랙카본 관련 설비에 확대 적용하는 것은 설문조사에서 확인된 산업계의 MRV에 대한 애로사항도 함께 해결할 수 있다. 북극해 잠재 운항 선박의 경우, 조기에 블랙카본 저감 설비를 도입함으로써 향후 IMO의 강제 규제 전환 시 선제적 대응이 가능할 것이다.

---

386) 해양수산부(2023.12.22.)(검색일: 2025.10.28.)

387) 제4장 제2절 MRV 제도 이행 방해 요인 설문문항에 대한 답변

#### 4) 기타 지원

우선 단기 지원의 선순위에 해당하지는 않지만, 블랙카본 기술을 검증하고 설비를 설치하더라도 실제 현장에 있는 선원들이 이를 적용할 수 없다면 아무리 선진적인 기술이 있더라도 우리 선사들에게 도움이 될 수 없을 것이다. 따라서 기술이 개발되더라도 이를 이해하고 적용할 수 있는 전문 인력과 실무 가이드라인이 없다면 현장 적용은 불가능하다. 조선사는 전문 인력 양성 및 기술 교육을 3순위로 선택하며 "블랙카본 특화 전문인력 필요", "엔진, 발전기, 내빙 장비 등에 대한 전문가 양성이 시급"하다는 의견을 제시했다. 해운사 역시 "전문인력 양성"을 3순위로 선택했는데, 단기적인 방안으로는 새로운 인력을 양성하기보다 이미 현장에 있어 블랙카본이 규제의 대상이 될 선사의 선원들을 교육하는 방식의 접근이 더 신속한 교육효과를 가져올 수 있을 것이다. 실제로 IMO의 환경규제가 빠른 속도로 변화하고 있기 때문에, 규제 해석 및 이행 계획 수립을 주도할 인력이 부족하여 외부 컨설팅 의존도가 높은 상황이다.

가이드라인 제공에 대한 수요도 높았다. 조선사는 규제 대응 가이드라인 제공을 4순위로, 해운사는 극지 연료 전환 및 블랙카본 저감기술 적용 가이드라인 제공을 단기 지원 필요 항목 2순위로 선택했다. 그리고 IMO의 권고안이 매우 추상적이어서 실제 선박 운항 및 설계에 어떻게 적용해야 할지 모르겠다는 의견도 제시되었다. 특히 MRV 측정 방식(PAS, FSN, LII 등)에 대한 해석, 기술파일 작성 절차, 극지환경에서의 연료 전환 시 유의사항 등 실무적이고 구체적인 내용을 담은 가이드라인이 필요하다. 따라서 정부는 블랙카본의 국문 해설서 및 기술별 적용 가이드라인을 제작·배포하여 산업계의 기술 이해도와 실무 적용 역량을 동시에 높여야 한다.

이러한 교육 및 가이드라인 지원은 단순히 규제 준수를 돕는 것을 넘어, 산업계가 스스로 규제 변화에 대응할 수 있는 자생력을 키우는 데 기여할

---

것이다. 또한 정기적인 교육 프로그램과 세미나를 통해 최신 규제 동향과 기술 적용 사례를 공유함으로써, 중소 조선사와 해운사의 정보 격차를 해소하고 산업 전반의 블랙카본 규제 대응 역량을 제고할 수 있을 것이다.

## 제2절 중장기 정책 지원 방향

---

### 1. 블랙카본 규제 대응을 위한 제도 보완

제4장 제2절 시행 설문조사 결과, 블랙카본 규제 대응에 있어 법·제도적 기반의 미비가 주요 장애로 인식되고 있었다. 중장기적 지원 제도에 대한 답변으로 조선사 3개사와 해운사 모두 북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련을 2순위로 선택했다. 세부 설문조사에서 한 조선사는 "법·제도가 확보되지 않으면 기술이 있어도 선박 수요가 창출되지 않는다"고 지적했다.<sup>388)</sup>

현재 우리나라의 「극지활동진흥법」에는 블랙카본을 직접적으로 규제하는 규정이 없다. 동법 제14조 제1항은 "극지활동을 하는 자는 극지 환경을 오염시키지 않도록 노력하여야 한다"고 규정하고 있다. 이렇게 극지 환경을 오염시키지 않을 일반적 의무만 규정하고 있을 뿐, 블랙카본이나 다른 극지오염물질을 직접적으로 규정하고 있지 않다.<sup>389)</sup> '제1차 극지활동진흥 기본계획(2023-2027)'에서 블랙카본은 "전략 1-1 미지의 영역 개척을 통한 미래 연구 도전" 항목에 차세대 쇄빙연구선을 활용하여 탐사할 수 있는

---

388) 제4장 제2절 중장기적 지원 제도에 관한 답변

389) 극지활동 진흥법[법률 제18055호, 2021. 10. 14.] 제14조

내용 중 해양 환경 연구의 해양오염 물질 중 하나로만 언급되어 있다.<sup>390)</sup>

「대기환경보전법」, 「항만대기질법」, 「해양환경관리법」이 각각 대기, 항만, 해양의 오염원을 개별적으로 규율하고 있지만, 현행 국내법 제도 하에서는 블랙카본과 같은 복합 오염원에 대한 통합관리 체계가 존재하지 않는다.<sup>391)</sup> 다만 우리나라 국가미세먼지정보센터(NIER)의 CAPSS(Clean Air Policy Support System) 통계시스템은 2014년을 기점으로 블랙카본을 산정했고, 2015년부터 통계에 포함했다.<sup>392)</sup> 다만, 통계시스템은 선박, 항만에서 발생하는 블랙카본을 별도로 분류하고 있지 않기 때문에 한계가 있다.

캐나다는 「환경보호법(CEPA)」을 근거로 산업·수송·에너지 부문별로 미세먼지(PM2.5) 배출기준을 설정하여 블랙카본을 간접 관리하고 있으며, 매년 정부 문건인 「Canada's Black Carbon Inventory Report」를 발간하여 블랙카본 배출량을 공개한다. 우리나라도 장기적으로는 캐나다처럼 블랙카본 배출량을 산업 분야별로 분류하여 공개하고 관리하는 시스템을 구축할 필요가 있다. 그리고 이를 위해 명확한 법적 근거를 마련할 필요가 있다. 현재 블랙카본 규제의 법적 근거 자체가 불명확하며, 해양과 대기를 분리해서 관리하는 현재의 접근으로는 한계가 있다. 「극지활동진흥법」시행령과 시행규칙에 극지활동 수행 선박·항공·기지의 블랙카본 규제 근거(배출기준·연료기준·운영기준)를 단계적으로 마련하는 것이 필요하다.

390) 극지활동진흥기본계획(2023-2027)

391) CAPSS 웹사이트(검색일: 2025.10.28.)

392) 지표누리, 기후에너지환경부, 대기오염물질배출량 웹사이트(검색일: 2025.10.28.); KIST(2021), (검색일: 2025.10.28.); 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 및 동법 시행령과 시행규칙에는 블랙카본이 포함되었다는 명시적 규정이 존재하지 않는다.

---

## 2. 업계 대상 인센티브 및 이행 유도 방안

블랙카본 감축 권고안은 아직 강행규범이 아니지만, 장기적으로 규제화 가능성이 높아지는 만큼, 국내 산업계의 자발적 대응 체계를 구축하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 기업의 수용성을 높이는 인센티브 및 이행 유도 전략이 중요하다. 설문조사 결과 조선사는 중장기적 지원 제도로 '개발 및 상용화 비용 지원'을 1순위(12점)으로 꼽았다.<sup>393)</sup> "신기술은 실증이 중요하므로 실증 설비 또는 국내선사와 실적을 만들 수 있는 정부 지원이 필요"하고, "큰 규모의 장비 업체가 없는 상황이므로 장비 개발 및 실증에 대한 장비 업체 지원이 필요"하다고 응답했다.<sup>394)</sup> 제3장에서 언급한 국가들의 사례를 활용해 우리나라에 세 가지 방안을 제안하고자 한다.

첫째, 정부와 선사간 실증 연계 플랫폼을 마련할 필요가 있다. 노르웨이는 선박 배출 감축 기술을 자국 선박에 실증할 수 있도록 정부 주도의 파일럿 프로젝트(Pilot project)를 운영하며, 이 과정에서 기술 개발 기업과 선사 간 매칭을 지원하고 있다. 이러한 구조는 기업이 개발한 기술을 실운항 환경에서 검증할 수 있게 하고, 선사는 검증된 기술을 조기에 도입할 수 있는 기회를 갖게 된다. 우리나라에서도 조선사 및 기자재 기업이 개발한 기술을 국내 선사에 우선 실증할 수 있도록 하는 정부-산업 간 실증 연계 프로그램이 필요하다. 선사의 운항 데이터를 활용해 기술 성능을 검증하고, 일정 기간 운항 후 도입 결정 시 장비 도입비를 보조하는 구조로 운영하는 것이 필요하다.

둘째, 시장 진입 지원 제도가 필요하다. 캐나다의 경우 북극해를 운항하는 자국 선사에 대해 저감 장비 설치 비용을 보조하고 있으며, 중소기업의 경우 기술 인증 장비에 대해 보증제도를 적용하고 있다. 우리나라도 블랙카

---

393) 제4장 제2절 중장기적 지원 제도에 관한 답변

394) 제4장 제2절 중장기적 지원 제도에 관한 답변

본 감축 장비 도입비를 단계적으로 지원할 필요가 있다(예를 들면, 실증 완료 후 50%, 상용화 후 50% 지원 등).

셋째, 블랙카본 배출기록 기반 보상책이 필요하다. 핀란드의 경우, 선박별 배출량 보고체계를 기반으로 블랙카본 등 오염물질 저배출 실적을 입증한 선사에 대해 운항료를 감면하고, 우선입항권을 제공하고 있다. 우리나라도 일정기간 블랙카본 저감 실적을 보고한 선사에 대해 이러한 보상체계를 고려할 수 있다.

### 제3절 국제 협력 강화 방안과 우리나라의 역할

#### 1. 북극이사회 협력 및 IMO 규제 대응

북극 블랙카본 문제는 특정 국가의 대응만으로 해결하기 어려우며, 북극이사회와 IMO와 같은 다자기구 중심의 전세계적 대응이 필수적이다. 특히 북극항로를 이용하거나 기술을 수출하는 국가로서 우리나라의 입장 정립과 전략적 개입이 필요한 시점이다.

##### 1) 북극이사회 협력

북극이사회는 2015년 블랙카본 및 메탄 배출 저감 강화를 위한 행동프레임워크를 채택하여, 회원국들에게 2013년 대비 25%에서 33% 감축 목표 달성을 권고하였다. 일본은 옵서버 국가임에도 불구하고, EGBCM 프레임워크에 따라 2017년 자국의 블랙카본 및 메탄 배출 데이터를 담은 국가

---

보고서를 제출하였다.<sup>395)</sup> 일본은 북극 지역 블랙카본 배출에 대한 국제 협력에 적극적으로 참여하고 있으며, 특히 북극 지속가능성을 위한 도전과제(Arctic Challenge for Sustainability, ArCSII)사업과 글로벌 카본 프로젝트(Global Carbon Project, GCP)사업을 통해 블랙카본 모니터링 기술과 저감 전략에 관한 지식을 국제사회와 공유하고 있다. 우리나라는 2013년부터 북극이사회의 옵서버 국가로 참여하고 있으며, 블랙카본 저감을 다루는 EGBCM과 AMAP 등의 워킹그룹 활동에 참여할 자격을 보유하고 있다. 아직까지는 배출량 데이터 제출이나 저감조치 보고 등 실질적 기여가 부족한 상황으로, 향후에는 이러한 기구 참여를 통해 국제 협력에서 보다 실질적 이행 역할을 강화할 필요가 있다.

이러한 배경에서 한국 북극협력 네트워크(KoNAC)는 한국의 블랙카본 협력을 위한 전략적 플랫폼으로 기능할 수 있다. KoNAC은 북극이사회 워킹그룹에 대한 대응을 위해 정부, 산업계, 학계, 연구기관이 연계된 국내 북극정책 플랫폼으로, 북극이사회 및 산하 실무그룹과의 교섭 채널로 기능한다.<sup>396)</sup> KoNAC을 중심으로 다음과 같은 국제 협력 강화를 추진할 수 있다.

첫째, EGBCM에 제출할 우리나라 블랙카본 측정 데이터 수집, 검증, 데이터 작성을 통해 다음 보고서에 데이터 제공국으로 참여할 수 있도록 AMAP, ACAP, PAME 등 워킹그룹이 역할을 수행한다.

둘째, 우리나라 블랙카본 관련 감축 기술과 저감조치를 측정 데이터와 함께 수록한 한국형 블랙카본 인벤토리(K-BC Inventory)를 공개하여 북극이사회 다른 국가들도 활용할 수 있도록 할 필요가 있다.

---

395) Ministry of Foreign Affairs of Japan (2017)(검색일: 2025.05.12.)

396) 해양수산부(2022) 한국북극협력네트워크(KoNAC) 활동안내서 pp. 33-34.

이러한 KoNAC 기반의 국제 협력 전략은 한국이 북극 블랙카본 규제와 정책 형성에 있어 단순 수용자(recipient)에서 규범 창출자(norm entrepreneur)로 나아가는 실질적 기반이 될 것이다.

## 2) IMO 기반 연계 강화

IMO에서 채택한 MEPC.393(82) 및 MEPC.394(82)에 따른 북극 블랙카본 감축 권고안을 기반으로, 국내 준비 방안 설계하고, 해당 내용을 국제 논의에 적극 반영해야 한다. 설문조사에 따르면, 조선사는 모든 응답자가 IMO 차원에서 추진해야 할 가장 중요한 활동으로 “규제 기준 설정 과정에서 우리나라 산업계 의견 반영”을 꼽았다. 해운사는 “국제 규제 이행 과정에서의 현실적 어려움 공유”, “유사 입장 국가들과의 공동 대응 협력”이 시급하다고 꼽았다. 이는 블랙카본 대응이 단지 기술 준비의 문제가 아니라, 정책 의사결정 과정에서 '대한민국의 산업계의 입장 공유'의 중요성이 크다는 점을 보여준다.

따라서 정부는 IMO PPR에서 논의 중인 극지 연료 기준 제정 과정과 블랙카본 관련 MEPC, PPR에 참여하여 우리나라 산업계의 입장을 전달하는 것이 중요하다.

일본, 중국, 싱가포르 등은 북극이사회 옵서버 국가이자 주요 조선·해운국으로서 북극항로의 활용과 환경 규제 대응에 높은 관심을 보이고 있다. 일본, 싱가포르와 같이 블랙카본 규제의 기준 설정, 측정 기술의 표준화, 예외 조항 적용 등에 대해 유사한 입장을 가진 국가들 간의 실무협의체를 구성하고 MEPC 등 국제회의에서 공동 입장을 제출하는 등 공동 대응 방안을 수립할 필요가 있다.

---

## 2. 정책 입장문(Policy Position Paper) 초안

### 1) 작성 배경 및 목적

본 연구는 국내 산업계의 기술·정책 수요를 반영하고, 한국 정부의 과학적·외교적 의지를 명확히 전달하기 위한 수단으로 정책입장문(Policy Position Paper, PPP)을 별도로 작성하였다. PPP는 기존 국제회의에서 한국이 수동적으로 논의를 수용하기보다는, 오피서버 국가로서 실질적 역할을 수행하고, 우리나라의 산업계 의견을 제안하는 데 목적이 있다.

본 입장문은 향후 북극이사회 및 IMO의 정책 협의, 국제 세미나, 양자 외교 채널 등에서 공식적 참고 자료로 활용될 수 있는 구조와 형식을 갖추고 있으며, 이에 따라 본 보고서의 <부록1>에 영어 전문을 수록하였다.

또한, 본문에서는 결론부와 정책제언 일부를 통해 해당 입장의 요지를 요약 반영함으로써, PPP가 보고서의 연장선에서 활용될 수 있도록 구성하였다.

### 2) 정책 입장문의 내용 구성

북극해 블랙카본 저감의 중요성과 IMO의 회원국이자 북극이사회의 오피서버 국가로서 우리나라의 위치, 조선과 해양 강국으로서의 우리나라의 책임을 인지하고 있으며, 대한민국의 입장을 다음과 같이 명시하였다.

첫째, EGBCM에 대한 데이터 제공, 국내 블랙카본 인벤토리 구축 등 블랙카본에 대한 과학적 데이터를 제공할 계획을 서술하였다. 이러한 데이터를 북극이사회와 IMO에 공유할 것도 명시하였다.

둘째, 북극해 블랙카본 규범의 방향에 따라 국내 정책을 반영할 것이라고 서술하였다. IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 결의안 393(82) 및 394(82)의 이행을 위해, 청정연료 사용 및 배출 저감 운항 방식 지원 등 산업 지원 정책을 강화하며, IMO 오염방지대응소위원회(PPR)의 극지 연료 정의 협의 과정에 공동제안국(co-sponsor)으로 참여하고자 하는 의지를 명확히 하였다.

국내 산업계 지원 방안에서는 구체적이고 실행 가능한 정책 수단들을 제안하였다. 본 연구의 설문조사를 언급하며, 기술 실증 인프라 부족, 측정 장비 확보 어려움, 초기 투자 비용 부담 등 우리 산업계의 애로사항 경험을 공유하고, 이러한 현장의 목소리에 대응하여 블랙카본 측정·검증 장비의 도입과 활용 인프라 확충, 설비 투자에 대한 금융지원 확대, 실무 가이드라인 제공 및 교육 프로그램 운영을 할 예정이라는 정부의 계획도 포함했다.

끝으로 국제협력 측면에서 북극이사회 및 IMO 내 협력 방식을 구체화하였다. 기존 우리나라의 북극협력네트워크(KoNAC)를 활용하여 EGBCM 참여 및 북극권 국가와의 공동 연구, 일본·싱가포르 등 아시아 옵서버국과의 연대를 통해 북극 블랙카본 규제에 대한 협력을 강화할 것임을 서술하였다.

본 정책 입장문 초안은 향후 블랙카본 관련 국제적 논의에서 한국의 입장을 명확히 전달하고, 협력적 리더십을 제고하는 전략 도구로 활용될 수 있다.

다음 장에서는 이러한 전략을 기반으로, 본 연구의 정책적 함의와 향후 과제를 결론적으로 정리하고자 한다.



# 06

## 결론

### 제1절 연구 요약

---

본 연구는 IMO와 북극이사회를 중심으로 진행 중인 북극해 블랙카본 배출 저감 논의에 대응하여, 우리나라 해운·조선 산업의 기술 수준과 정책 수요, 그리고 산업계의 대응 현황을 종합적으로 파악하고 실현 가능한 지원 전략을 제시하는 데 목적이 있다.

2장에서는 블랙카본이 북극 지역의 기후변화에 미치는 영향을 정리하고, 북극이사회에서 제시한 2013년 대비 25~33% 감축 권고, 그리고 IMO 해양환경보호위원회(MEPC)의 결의 MEPC.393(82) 및 MEPC.394(82)의 주요 내용을 분석하였다. EGBCM의 2023년 보고서를 통해, 북극권 블랙카본 배출량은 2013년 대비 약 17% 감소하였으나, 해운과 에너지 부문의 배출량은 정체 상태에 있음을 확인하였다. 이러한 국제 규범 형성 동향은 한국 산업계에도 중장기적 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3장에서는 북극권 8개 회원국 및 주요 읍서버국인 일본, 싱가포르, 중국, 인도 등의 블랙카본 정책과 대응 사례를 검토하였다. 이들 국가는 각기 자국의 기술역량과 외교적 지위를 기반으로 블랙카본 인벤토리 구축, 실시간

---

모니터링 체계 운영, 연료 규제 정책 도입 등을 추진하고 있었다. 특히 일본은 선박 연료 다변화와 북극 관측 자료 공유에 적극적이며, 노르웨이·핀란드는 북극항로의 친환경화 정책을 국가 전략에 통합하고 있는 것으로 분석되었다.

4장에서는 조선·해운 산업을 대상으로 한 설문조사와 인터뷰 결과를 분석하였다. 5장에서는 이러한 분석을 바탕으로, 단기적으로는 현장 기술 적용 및 연료 전환에 대한 정책적 지원, 그리고 관련 제도의 개선안을 제시했다. 중장기적으로는 업계 대상 인센티브 설계와 함께, 블랙카본 인벤토리 구축 및 MRV 체계 정비가 필요하다는 결론에 도달하였다. 국제협력 방안으로는 EGBCM에의 데이터 제공국 참여, IMO의 극지연료 정의 논의에 유사 입장을 가진 국가들과 공동제안국으로의 참여 방안을 제시했다.

결과적으로 본 연구는 한국의 산업 기반과 외교적 지위를 고려할 때, 블랙카본 감축의 실질적 이행 주체로 전환하기 위해 과학 기반 모니터링 체계 강화, 기술 실현 가능성에 기반한 단계적 이행, 국제 규범 연계 전략 마련이 필요하다는 점을 도출하였다.

## 제2절 연구의 한계

---

본 연구는 국내 조선·해운 산업의 블랙카본 대응 실태를 진단하고 정책 대응 전략을 제시하고자 하였으나, 몇 가지 한계가 존재한다.

첫째, 산업계 설문조사의 표본 수가 제한적이었다. 조선사 5개사와 해운사 1개사의 응답만 확보할 수 있었다. 따라서 본 연구의 설문 결과는 국내

산업계 전체를 대표하기보다는 현장의 정책 수요를 파악하기 위한 참고자료로 해석되어야 한다. 향후 연구에서는 보다 확대된 표본을 확보하여 산업계 전반의 기술 수용 능력과 정부 지원 제도에 대한 평가를 정량적으로 분석할 필요가 있다.

둘째, 조선기자재 관련 산업계 대상 조사나 자문을 하지 못했다. 블랙카본을 측정하고 줄이는 부분에 있어서 실제 선박에 센서 등 부착장치를 사용해야 하는데 이런 측면에서 조선기자재 산업을 대상으로도 본 설문 대상을 확장하거나, 5장에서 제시한 블랙카본 관련 설비 지원 제도 관련 추가 자문을 진행하지 못한 한계가 있다. 향후 연구에서는 조선기자재 제조업체를 대상으로 한 수요 조사를 실시하여, 본 연구에서 제안한 한국해양진흥공사의 특별보증 제도와 이차보전 사업이 블랙카본 저감 설비 산업에도 실효성 있는 지원 방안이 될 수 있는지 실증적으로 검증할 필요가 있다.

셋째, 해외 국가들과의 비교 분석의 깊이가 제한적이었다. 본 연구는 북극권 8개국 및 주요 읍서버국의 블랙카본 정책을 7가지 분석요소(정책 프레임워크, 담당기관, 규제 내용, 배출원 관리, 모니터링 시스템, 국제협력, 5년간 정책 동향)를 기준으로 검토하였으나, 다수 국가를 동일한 분석요소를 기준으로 조사하였기 때문에, 개별 국가의 제도적 특수성을 깊이 있게 분석하거나 한국의 정책 맥락에 적합한 벤치마킹 요소를 세밀하게 추출하지는 못하였다. 향후 연구에서는 비교한 국가들 중에서 상황별 한국과 유사성을 가진 국가를 선별하여 심층 사례 연구를 수행하여 한국에 적용 가능한 구체적인 정책 모델을 도출할 필요가 있다.

이러한 한계를 바탕으로 향후 연구에서는 다음 주제들이 다뤄질 필요가 있다. 우선 국내 선박의 블랙카본 배출량을 체계적으로 산정하고 보고할 수 있는 인벤토리 구축에 대한 구체적인 방안을 제시하는 연구가 필요하다. 블랙카본 인벤토리에는 우리나라 항만별 블랙카본 배출 배출량, 선박종류

---

별 블랙카본 배출량, IMO 권고에 따른 측정·보고 현황이 포함될 필요가 있다. 블랙카본 관련 기술의 극지 환경에서의 성능, 설치 및 운영 비용을 고려해서 실질적으로 북극해 운항할 선박에 블랙카본 측정 및 저감 장치를 설치하는 실용 연구가 요구된다.

### 제3절 정책 제언

---

본 연구는 블랙카본에 대한 IMO 권고 결의가 채택된 상황에서, 우리나라의 준비 현황을 파악하고, 향후 대응 방안을 모색하고자 하였다. 연구 결과를 바탕으로 우선 고려되어야 할 방향은 다음과 같다.

첫째, 블랙카본 규제 대응은 산업 현장의 여건을 고려하여 블랙카본 규제가 강제 규제로 전환되면 바로 대응할 수 있도록 정부가 지원하는 방향에서 출발해야 한다. 설문조사 결과, 다수 기업이 블랙카본 저감 장비나 연료전환에 대한 기술을 보유하고 있으나, 실제 적용 가능성을 낮게 평가하고 있었고, 초기 투자 비용 부담과 검증 시설 부족을 주요 애로사항으로 지적하였다. 이에 따라 극한 환경 실증 인프라 구축, MRV 장비 지원, 설비 투자 비용 지원 등 단기적 지원 제도를 우선적으로 시행하며, 기술 컨설팅, 표준화된 가이드라인 제공, 실제 적용 사례 공유 등을 통해 산업계의 대응 역량을 강화해야 한다.

둘째, 블랙카본 감축을 위한 법·제도 기반을 명확히 해야 한다. 현재 블랙카본은 대기환경보전법이나 해양환경관리법상 규제 대상이 아니다. 향후 IMO 결의안과 북극이사회의 권고 사항에 대응하여, 선박 배출물질 관리 항목에 블랙카본을 명시하고 측정·보고·검증 체계를 단계적으로 마련해야

한다. 장기적으로는 극지활동진흥법 시행령 및 시행규칙에 블랙카본 규제에 대한 조항을 추가하는 것도 검토할 필요가 있다. 또한 현재 해양수산부와 한국해양진흥공사가 시행 중인 친환경 설비 개량 보증사업 및 이차보전 프로그램이 블랙카본 감축 기술에도 적용될 수 있도록 정책 범위를 확대해야 한다.

셋째, 한국형 블랙카본 인벤토리를 북극이사회에 공유하여 EGBCM 등 워킹그룹 보고서에 한국의 블랙카본 관련 측정 데이터가 포함될 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 CAPSS 통계시스템에 선박, 항만에서 발행하는 블랙카본 배출량을 추가하고, 장기적으로는 블랙카본 배출량을 산정하고 보고하는 신규 인벤토리를 구축해야 한다. 국제회의에서 국내 산업계의 블랙카본 측정·저감 기술을 공유하고 일본과 싱가포르 등 유사 입장인 국가들과 공동 대응 체계를 마련하여 향후 블랙카본 관련 규제화 과정에 참여해야 한다.

넷째, 블랙카본 규제는 친환경 연료 개발, 북극항로를 위한 인프라 조성 등과 함께 종합적으로 접근해야 하며, 이를 위해 국정과제 56번의 이행 체계 내에서 블랙카본 저감을 세부 과제로 포함하고 대한민국 북극협력네트워크(KoNAC) 중심의 정책 조정 체계를 강화할 필요가 있다. 블랙카본 대응은 단순 규제 순응 차원을 넘어 중장기 산업 전략의 일부로 설계되어야 하며, 이를 미리 선제적으로 준비하면, 대한민국이 조선·해운 기술 강국이자 북극 환경 거버넌스의 기여국으로 자리매김하는 데 기여할 것이다.



## 참고문헌

### 국내 문헌

---

- 관계부처 합동(2022), 제1차 극지활동 진흥 기본계획(2023~2027).
- 정인섭(2015), 조약의 국내법적 효력에 관한 한국 판례와 학설의 검토, 서울국제법연구, 22(1), pp.27~63.
- 정혁(2021a), 유럽연합의 북극 지역 블랙카본 감축을 위한 노력과 전망, EU 연구, 57, pp. 131-166.
- 정혁(2021b), 유럽연합의 북극 지역 단명기후오염원(short-lived climate pollutants) 배출량 감축 정책의 변화와 과제: 유럽연합지침을 중심으로, 세계지역연구논총, 39(1), pp. 107-136.
- 환경부, 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
- 해양수산부, KMC, 한국해운협회(2022-2023), 탈탄소화 국제해사 동향 합본집.
- 해양수산부(2022), 한국북극협력네트워크(KoNAC) 활동안내서, 해양수산부.
- 한국환경공단(2021), 대기오염물질 배출량 산정 방법, 미세먼지 인사이트, 11월호(N o.13), 한국환경공단 청정대기센터.
- 한국해양과학기술진흥원(2015), 「북극연구 컨소시엄」 설립 타당성 및 운영방안 기획 연구(R&D/ISPAH5010-070-13), 해양수산부.

---

## 국외 문헌

---

- ABS(2023), Considerations for Dual Fuel Vessels in Polar Operations.
- Arctic Council Pollution Prevention Action Programme (ACAP) & Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)(2017), Short-Lived Climate Forcers: Mitigation of Black Carbon, Methane and Hydrofluorocarbons – Report for Policy-Makers, Arctic Council.
- Arctic Monitoring and Assessment Programme(2008), The Impact of Short-Lived Pollutants on Arctic Climate, AMAP Technical Report No.1, Oslo.
- Arctic Council EGBCM (2019), Summary of Progress and Recommendations on Black Carbon and Methane Reduction, Arctic Council Secretariat.
- Arctic WWF(2023), Time to Eliminate Black Carbon from Arctic Shipping.
- Afewerki, Samson et al.(2019), "Innovation policy in the Norwegian aquaculture industry: Reshaping aquaculture production innovation networks," *Marine Policy*, Vol. 104, pp. 19-27.
- Alabama Claims of the United States of America against Great Britain, Award rendered on 14 September 1872 by the Tribunal of Arbitration established by Article I of the Treaty of Washington of 8 May 1871.
- Andreas Østhagen, Andreas Raspotnik et al(2022), Blue Governance: Governing the Blue Economy in Alaska and North Norway.
- Andrey V. Smirnov(2020), Russia's Arctic Strategy and Prospects for Regional Development, *Arctic and North*, 41(2), pp. 227-243.
- Bond, T. C., & Others(2013), Bounding the Role of Black Carbon in the Climate System: A Scientific Assessment, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118.
- Böttcher, Paunu, Kupiainen, Zhizhin, Matveev, Savolahti, Klimont, Väätäinen, Lamberg, Karvosenoja(2021), "Black Carbon Emissions from Flaring in Russia in the Period 2012–2017," *Atmospheric Environment*.
- Clarksons Research(2023), Green Technology Uptake Tracker – June 2023.
- Comer, B. et al. (2017), "Heavy Fuel Oil Use in the Arctic: Impacts and Mitigation

- Options,” ICCT White Paper.
- Conrad, Johnson(2017), Field Measurements of Black Carbon Yields from Gas Flaring. *Environmental Science & Technology*. 51(3):1893-1900.
- Greco-Bulgarian Communities, Advisory Opinion, 1930 P.C.I.J. (ser. B) No. 17 (July 31).
- DNV(2022), AFI – Black Carbon Impact of LNG and Methanol.
- DNV(2023), Maritime Forecast to 2050.
- Environment and Climate Change Canada(2023), Canada's Black Carbon Inventory Report 2013–2021.
- Hailu, G.(2025), Renewable energy sources for arctic food sufficiency and sustainable development considerations, *Nature*.
- Heuzé C., Jahn A.(2024), The first ice-free day in the Arctic Ocean could occur before 2030. *Nature Communications*. 2024;15:10101. doi:10.1038/s41467-024-54508-3.
- Huang, Zhu, Choi, Kanaya, Taketani, Miyakawa, Kondo(2020), “Rapid reduction in black carbon emissions from China: Evidence from 2009–2019 observations on Fukue Island, Japan,” *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20:6339–6356. doi:10.5194/acp-20-6339-2020.
- ICCT (2025), Black Carbon and CO<sub>2</sub> Emissions from EU-Regulated Shipping in the Arctic, International Council on Clean Transportation.
- IMO (2024), MEPC 82/5/2: Regulating Black Carbon Emissions from International Shipping Impacting the Arctic, MEPC 82, London.
- International Maritime Organization(2024), Resolution MEPC.393(82): Guidance on Best Practice on Recommendatory Goal-Based Control Measures to Reduce the Impact on the Arctic of Black Carbon Emissions from International Shipping.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

- 
- International Maritime Organization(2024), Marine Environment Protection Committee (MEPC), 81st session.
- International Maritime Organization(2025), Marine Environment Protection Committee (MEPC), 83rd session.
- IPCC(2013), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Kanaya, Y., Yamaji, K., Miyakawa, T., Taketani, F., Zhu, C., Choi, Y., Komazaki, Y., Ikeda, K., & Kondo, Y.(2020), Rapid reduction in black carbon emissions from China: evidence from 2009–2019 observations on Fukue Island, Japan, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(11), pp. 6339–6356.
- Kretschmer, M., Coumou, D., Agel, L., Barlow, M., Tziperman, E., & Cohen, J.(2021), Polar vortex weakening linked to cold outbreaks in East Asia, *Geophysical Research Letters*, 48(1).
- Makarova, M., Shaposhnikov, D., Korneev, A., et al.(2021), Black carbon emissions from Arctic shipping and prospects for reduction through infrastructure development, *Sustainability*, 13(18), pp. 10342–10361.
- Makarova, I. et al. (2021), “Reducing Black Carbon Emissions in Arctic Shipping,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
- Marrakesh Agreement Establishing the World Trade Organization (WTO)(1994.12.31.)
- McConnell, J.R., Edwards, R., Kok, G.L., Flanner, M.G., Zender, C.S., Saltzman, E.S., Banta, J.R., Pasteris, D.R., Carter, M.M., & Kahl, J.D. (2007), 20th-century industrial black carbon emissions altered Arctic climate forcing, *Science*, 317(5843), 1381–1384.
- Moriarty, Robert, Wilton, Meaghan, Liberda, Eric, Tsuji, Leonard, & Peltier, Richard(2020), Wood smoke black carbon from Indigenous traditional cultural activities in a subarctic Cree community, *International Journal of Circumpolar Health*, 79.
- Narita, D. & Motohashi, Y. (2024), “Reducing Arctic Black Carbon Emissions: Comparative Policy Analysis,” *Polar Science*, Vol. 30.

- Ni, R., Zhao, B., Liang, Y., et al.(2024), Source apportionment and mitigation pathways of black carbon emissions from China's industrial sector, *Atmospheric Environment*, 314, 120137.
- Otsuka, N., Harada, H., Kumakiri, H., et al.(2014), Comparative study of GHG and pollutant emissions from Arctic and Suez Canal routes using the LEADIA model, *International Journal of Environmental Technology and Management*, 17(1), pp. 45-61.
- Pacific Environment & Clean Arctic Alliance(2026), *On Thin Ice: Why black carbon demands urgent action*, Pacific Environment & Clean Arctic Alliance.
- Pacific Environment (2025), *On Thin Ice: Why Black Carbon Demands Urgent Action*, San Francisco.
- PAME(2020), *Black Carbon Emissions from Shipping Activity in the Arctic and Technology Developments for Their Reduction – Status Report submitted by Iceland and Finland*, Arctic Council.
- Qi, L. et al. (2024), *International Governance of Arctic Shipping Black Carbon Emissions*, *Marine Policy*, Vol. 161.
- Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., et al.(2022), The Arctic has warmed nearly four times faster than the global average, *Nature Climate Change*, 12, pp. 529-536.
- Shapovalova, D. (2016), "The Effectiveness of the Regulatory Regime for Black Carbon Mitigation in the Arctic," *Arctic Review on Law and Politics*, Vol. 7(2).
- Smart Freight Centre(2017), *Black Carbon Methodology for the Logistics Sector*, Global Green Freight Project.
- Tiller, S. J., Rhindress, A. P., Oguntola, I. O., Ülkü, M. A., Williams, K. A., & Sundararajan, B.(2022), Exploring the Impact of Climate Change on Arctic Shipping through the Lenses of Quadruple Bottom Line and Sustainable Development Goals, *Sustainability*, 14(4).
- United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat (UNFCCC Secretariat) – "Decision 18/CMA.1 Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement" (Katowice 2018).

- 
- Wang, R., Tao, S., Shen, H., et al.(2012), Trend in black carbon emissions from Chinese industry and transportation sectors, 1949–2050, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(6), pp. 2495–2507.
- Yang, S. et al. (2024), International Regulatory Framework for Black Carbon Emissions from Arctic Shipping: Current Situation, Problems and Development, *Sustainability*.
- Yamineva, Y. & Kulovesi, K. (2018), “Keeping the Arctic White: The Legal and Governance Challenges of Reducing Black Carbon Emissions,” *Transnational Environmental Law*, Vol. 7(1).
- Zhang, Y. et al. (2019), “Reducing Black Carbon Emissions from Arctic Shipping,” *Journal of Cleaner Production*, Vol. 231.
- Zhu, Li, Liu, Zhou, Wang, Yang(2020), “Black carbon and climate change in the Arctic: A review,” *Atmospheric Research*, 127–128:239–249.

## 법령

---

- 극지활동진흥법(법률 제18055호, 2021.10.14.)
- 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(법률 제20849호, 2025.9.26.)
- 대기환경보전법(법률 제20852호, 2025.3.25.)
- 대한민국헌법(헌법 제10호, 1987.10.29., 전부개정).
- 독일 연방 헌법(Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland).
- 미국 헌법(U.S. Constitution) 제6조 제2항.
- 항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법(법률 제19141호, 2023.6.28.)
- 해양수산발전 기본법(법률 제16570호, 2019.8.27.)
- 해양환경관리법(법률 제20604호, 2025.6.21.)
- Marrakesh Agreement Establishing the World Trade Organization(1994.12.31.)

## 판례

Greco-Bulgarian Communities, Advisory Opinion, 1930 P.C.I.J. (ser. B) No. 17 (July 31).

United States v. Great Britain (Alabama Claims)(1972).

대법원 2005. 선고 2005두16079 판결.

대법원 2009.1.30. 선고 2008두17936 판결.

헌법재판소 1998.11.26. 97헌바65 결정.

헌법재판소 2024.8.29. 2020헌마389, 2021헌마1264, 2022헌마854, 2023헌마846 결정.

## 인터넷 자료

국가연구시설장비진흥센터(ZEUS), 블랙카본 장비 등록 현황, <https://www.zeus.go.kr/search?keyword=black%2520carbon&category=PRODUCT&subCategory=EQUIP>(검색일: 2025.10.30.)

극지연구소 보도자료(2023.11.20.), 극지환경재현실용화센터 개소, <https://www.kopri.re.kr/kor/board/noticeView.do?menuId=MENU00445&boardSeq=10422>(검색일: 2025.10.26.)

뉴스is(2025.7.16.), KOBC, 올해 상반기 친환경 설비 보증 4909억원 집행, [https://www.newsis.com/view/NISX20250716\\_0003253555](https://www.newsis.com/view/NISX20250716_0003253555) (검색일: 2025.10.28.)

대통령직속 국정기획위원회(2025. 8. 13.), 『이재명 정부 국정운영 5개년 계획(안) 및 123대 국정과제』<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148947514>(검색일: 2025.10.28.)

법무법인(유) 지평, [https://www.jipyong.com/kr/board/news\\_view.php?seq=13481&page=&value=&type=&nownum=5](https://www.jipyong.com/kr/board/news_view.php?seq=13481&page=&value=&type=&nownum=5)(검색일: 2025.9.29.)

선박해양플랜트연구소, Research Facilities - Ice Tank, <https://www.kriso.re.kr/menu.es?mid=a20203000000>(검색일: 2025.10.26.)

- 
- 조달청 나라장터(2025.4.28.), 소방청 국립소방연구원 블랙카본측정기 구매 대금지급 내역(사업번호 R25TA00478943), <https://www.g2b.go.kr>(검색일: 2025.10.30.)
- 조달청 나라장터(2025.5.28.), 서울대학교 보건대학원 초고감도 블랙카본 레이저 구매 계약현황(사업번호 R25TA00560665), <https://www.g2b.go.kr>(검색일: 2025.10.30.)
- 조달청 나라장터(2025.7.21.), 국립환경과학원 블랙카본측정기 구매 계약현황(사업번호 R25TA00731140), <https://www.g2b.go.kr>(검색일: 2025.10.30.)
- 조달청 나라장터(2025.9.12.), 선박탑재형 이동식 블랙카본 측정장비 검사검수 결과(공고번호 R25NQ02752778), <https://www.g2b.go.kr>(검색일: 2025.10.30.)
- 지표누리, 기후에너지환경부, 대기오염물질배출량. [https://www.index.go.kr/unit/y/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1037&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.index.go.kr/unit/y/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1037&utm_source=chatgpt.com)(검색일: 2025.10.30.)
- 한국조선해양기자재연구원(KOMERI), Exhaust Gas Measurement Test, <https://komeri.re.kr/eng/content.php?id=3020j0>(검색일: 2025.10.26.)
- 한국경제(2025.3.21.), <https://www.hankyung.com/article/202503219243i>(검색일: 2025.6.30.)
- 한국해양진흥공사(2023), 친환경 설비 개량 이차보전/특별보증 프로그램, <https://www.kobc.or.kr/ebz/kor/contents.do?mId=0410020000> (검색일: 2025.10.28.)
- 한국해양진흥공사, <https://www.kobc.or.kr/ebz/kor/contents.do?mId=0414010000>(검색일: 2025.9.25.)
- 해양수산부(2025), 북극항로 시대를 주도하는 K-해양강국 건설, 제20대 정부 국정과제 제56과제, <https://www.president.go.kr/goals>(검색일: 2025.10.26.)
- 해양수산부, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=60249&listUpdtDt=2025-02-06++10%3A00&menuSeq=375&bbsSeq=9>(검색일: 2025.9.25.)
- 해양수산부(2023.12.22.), 2024년 상반기 친환경 설비 개량 이차보전사업 시행 공고, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?bbsSeq=9&docSeq=54589&menuSeq=375> (검색일: 2025.10.28.)

- AMAP(2015), AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers, <https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2015-black-carbon-and-ozone-as-arctic-climate-forcers/1299> (검색일: 2025.5.12.)
- AMAP(2021), Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts, <https://www.amap.no/documents/doc/arctic-climate-change-update-2021-key-trends-and-impacts/3036> (검색일: 2025.5.12.)
- AMAP, Policy action on black carbon and methane in the Arctic. Retrieved May 9, 2025, from <https://eua-bca.amap.no/policy-action> (검색일: 2025.5.12.)
- Ammonia Energy Association. Japan, Singapore to establish green shipping corridor. <https://ammoniaenergy.org/articles/japan-singapore-to-establish-green-shipping-corridor/> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council (2015), U.S. Chairmanship Brochure 2015-2017, <https://oaarchive.arctic-council.org/items/4f780a37-9695-4c39-9b62-e21a7ad68928> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council (2017), National Report by Norway 2017, <https://oaarchive.arctic-council.org/server/api/core/bitstreams/a6a0fcbd-c45c-42b3-97c7-7b889713218e/content> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council (2021). Summary of Progress and Recommendations: Framework for Action on Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions. Retrieved May 10, 2025, from <https://oaarchive.arctic-council.org/server/api/core/bitstreams/ee2b9528-6524-45a5-b0b3-3d09593e3e43/content> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council Archive(2015), NATIONAL REPORT BY RUSSIA – SEPTEMBER 2015: Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions– an Arctic Council Framework for Action, <https://oaarchive.arctic-council.org/bitstreams/9718a53d-12b2-4cfa-9fec-cb1cfef08610/download> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council Expert Group on Black Carbon and Methane. (2017). Summary of Progress and Recommendations: Framework for Action on Black Carbon and Methane. Arctic Council. <https://www.ccacoalition.org/sites/default/>

- 
- files/resources/2017\_Expert-Group-on-Black-Carbon-and-Methane\_Arctic-Council.pdf (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council, Black Carbon and Methane, <https://arctic-council.org/about/task-expert/egbcm/> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council, How to reduce emissions of black carbon and methane in the Arctic, <https://arctic-council.org/news/how-to-reduce-emissions-of-black-carbon-and-methane-in-the-arctic/> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council.. Japan. Retrieved May 11, 2025, from <https://arctic-council.org/about/observers/japan/> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Council PAME(2022), Technical Report on Black Carbon Emissions Monitoring.
- Arctic Council. (2021). Norway - National Reporting to the Framework for Action on Black Carbon and Methane 2021. Arctic Council Open Access Archive. <https://oaarchive.arctic-council.org/server/api/core/bitstreams/fe5ab7a7-d6a8-4a00-a18a-18d74e676f6e/content> (검색일: 2025.5.12.)
- ARCTIC COUNCIL, ANNEX 4. IQALUIT 2015 SAO REPORT TO MINISTERS. ENHANCED BLACK CARBON AND METHANE EMISSIONS REDUCTIONS AN ARCTIC COUNCIL FRAMEWORK FOR ACTION, <https://oaarchive.arctic-council.org/items/8ad2f52f-0ec7-4f52-92e3-6fdb2ab15db> (검색일: 2025.5.12.)
- ARCTIC COUNCIL, Arctic states on track to reach the collective goal on black carbon emissions, <https://arctic-council.org/news/arctic-states-on-track-to-reach-the-collective-goal-on-black-carbon-emissions/> (검색일: 2025.5.12.)
- ARCTIC COUNCIL, Black Carbon and Methane Expert Group (EGBCM), <https://arctic-council.org/about/task-expert/egbcm/> (검색일: 2025.5.12.)
- Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). About the AMAP Programme. Retrieved from <https://www.amap.no/about/the-amap-programme/monitoring-and-assessment> (검색일: 2025.5.12.)
- Åström(2021), Elements in the Policy Landscape for Action on Black Carbon in the Arctic, EUA-BCA / Swedish Environmental Research Institute, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A1572142/FULLTEXT01.pdf> (검색일:

- 2025.10.14.)
- AVL Korea Co., Ltd., Company Profile. <https://www.avl.com/en/locations/avl-korea-co-ltd> (검색일: 2025.10.30.)
- Backman, J., et al. (2016). On Aethalometer measurement uncertainties and multiple scattering enhancement in the Arctic. *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*, 2016, 1–31. <https://amt.copernicus.org/preprints/amt-2016-294/amt-2016-294.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Barents Observer(2019), U.S., Russia thwarting black carbon reduction in Arctic, says Finland, <https://www.thebarentsobserver.com/climate-crisis/us-russia-thwarting-black-carbon-reduction-in-arctic-says-finland/131970> (검색일: 2025.5.12.)
- BBC(2024. 2. 27), Hungary's parliament clears path for Sweden's Nato membership, <https://www.bbc.com/news/world-europe-68405893>(검색일: 2024. 5. 15.)
- Bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2022/10/National-Strategy-for-the-Arctic-Region.pdf (검색일: 2025.5.12.)
- Brown, Kay(2025.8.14.), Viewpoint: Climate crisis demands a change in perspective at the IMO, TradeWinds, <https://www.tradewindsnews.com/opinion/viewpoint-climate-crisis-demands-a-change-in-perspective-at-the-imo/2-1-1676959>(검색일: 2025.9.15.)
- CAFE(2015), Actions for Arctic Biodiversity 2013–2021: Implementing the Recommendations of the Arctic Biodiversity Assessment, <https://oaarchive.arctic-council.org/bitstreams/8420ab36-6c79-49e8-b1d6-d0a57e6149a6/download> (검색일: 2025.5.12.)
- CAA, IMO Sets Clear Pathway for Future Black Carbon Regulation for Shipping, <https://cleanarctic.org/2024/10/04/imo-sets-clear-pathway-for-future-black-carbon-regulation/> (검색일: 2025.5.12.)
- CAPSS, 대기오염물질 배출량 산정시스템, <https://www.air.go.kr/capss/emission/search.do?menuId=33>(검색일: 2025.10.28.)
- CCAC, Arctic Countries commit to reduce black carbon emissions by as much as a third, <https://www.ccacoalition.org/news/arctic-countries-commit-re>

- 
- duce-black-carbon-emissions-much-third (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, As Arctic Ocean Acidifies Due to Changing Climate, Shipping Sector Must Slash Black Carbon Emissions, <https://cleanarctic.org/2024/09/30/as-arctic-ocean-acidifies-due-to-changing-climate-shipping-sector-must-slash-black-carbon-emissions/> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, Black Carbon and the Arctic: What is Happening, and What Comes Next?, <https://cleanarctic.org/2025/03/31/black-carbon-and-the-arctic-what-is-happening-and-what-comes-next/> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, Black carbon, <https://www.ccacoalition.org/short-lived-climate-pollutants/black-carbon> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, DENMARK, <https://www.ccacoalition.org/partners/denmark> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, FINLAND, <https://www.ccacoalition.org/partners/finland> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, First Anniversary of the Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants. [https://www.snieg.mx/Documentos/IIN/Acuerdo\\_5\\_II\\_2014/07\\_CCAC\\_Anniversary.pdf](https://www.snieg.mx/Documentos/IIN/Acuerdo_5_II_2014/07_CCAC_Anniversary.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, Japan's Experience With Short-Lived Climate Pollutants-The Case Of Black Carbon, <https://www.ccacoalition.org/resources/japans-experience-short-lived-climate-pollutants-case-black-carbon> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, SWEDEN, <https://www.ccacoalition.org/partners/sweden> (검색일: 2025.5.12.)
- CCAC, Targeting Black Carbon and Methane at the Arctic Council, <https://cleanarctic.org/2025/01/22/targeting-black-carbon-and-methane-at-the-arctic-council/> (검색일: 2025.5.12.)
- CEIP(2023), Emissions Reporting Guidelines 2023 (for CLRTAP), [https://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/ceip/00\\_pdf\\_other/2022/emissions\\_reporting\\_guidelines\\_2023\\_final.pdf](https://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/ceip/00_pdf_other/2022/emissions_reporting_guidelines_2023_final.pdf)(검색일: 2025.09.22.)
- Chandel, V.S., Mahajan, A.S., et al. (2022). Understanding the spatio-temporal variability in aerosols, trace gases and meteorology over the Himalayan region.

- Environmental Science and Pollution Research, 29, 73362–73376. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21121-0> (검색일: 2025.5.12.)
- China Briefing, Understanding China's New Carbon Accounting Plan: Green Compliance and Opportunities, <https://www.china-briefing.com/news/china-carbon-accounting-plan-green-compliance-opportunities/> (검색일: 2025.5.12.)
- Clean Air Fund (2025). Cutting black carbon will save glaciers and slow climate change. Clean Air Fund. <https://www.cleanairfund.org/news-item/black-carbon-new-report/> (검색일: 2025.5.12.)
- Clear Seas(2024), Black carbon in the Arctic: what you need to know, <https://clearseas.org/insights/black-carbon-in-the-arctic-what-you-need-to-know/> (검색일: 2025.5.14.)
- Copernicus Atmosphere Monitoring Service. (2025). Finland: National needs and approach. Retrieved May 10, 2025, from <https://atmosphere.copernicus.eu/finland> (검색일: 2025.5.12.)
- Cowan, E. C., Allan, J. I., Seppala, T., Maes, T., & Wilson, S. (2025). On thin ice – a review of multi-level governance regarding Chemicals of Emerging Arctic Concern (CEAC). *Environmental Science: Advances*, Advance Article. <https://doi.org/10.1039/D4VA00369A> (검색일: 2025.5.12.)
- DNV, Emissions control in the USA In US territorial waters, regulations on emissions from ships are managed by the Environmental Protection Agency (EPA), <https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/key-drivers/regulations/regional-developments/us/> (검색일: 2025.5.12.)
- Drishti IAS, Arctic Council, <https://www.drishtiias.com/important-institutions/drishti-specials-important-institutions-international-institution/arctic-council> (검색일: 2025.5.12.)
- ECOJUSTICE, Working to bring CEPA into the 21st century, <https://ecojustice.ca/file/working-to-bring-cepa-into-the-21st-century/> (검색일: 2025.5.12.)
- ECCC(2018), Arctic Council Framework for Action on Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions, Plain Language Summary, <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/international-affairs/comp>

- 
- endium/2020/batch-7/arctic-council-reducing-black-carbon-methane-emissions.pdf(검색일: 2025.09.22.)
- Ellermann, T. et al. (2022). Air quality 2020: Status of the national air quality monitoring (Scientific Report No. 467). Aarhus University, DCE – National Centre for Environment and Energy. <https://dce.au.dk/udgivelse/vr/nr-451-500/abstracts/no-467-air-quality-2020> (검색일: 2025.5.12.)
- Environment Agency of Iceland (2022). Report on Policies, Measures and Projections. [https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/PaMsProjections\\_Report%202022\\_published.pdf](https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/PaMsProjections_Report%202022_published.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Environment Agency of Iceland (2023). National Inventory Report 2023. [https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/ISL\\_NIR%202023\\_15%20april\\_on\\_web.pdf](https://ust.is/library/Skrar/loft/NIR/ISL_NIR%202023_15%20april_on_web.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- EPA(2011), Black Carbon Diesel Initiative in the Russian Arctic, <https://www.epa.gov/international-cooperation/black-carbon-diesel-initiative-russian-arctic> (검색일: 2025.5.12.)
- EPA, EPA proposes approval of Alaska's plan to reduce harmful air pollution in Fairbanks North Star Borough, <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-proposes-approval-alaskas-plan-reduce-harmful-air-pollution-fairbanks-north-star> (검색일: 2025.5.12.)
- EPA, EPA's Role in the Arctic Council, <https://www.epa.gov/international-cooperation/epas-role-arctic-council> (검색일: 2025.5.12.)
- EPA, Fairbanks Air Quality Plan, <https://www.epa.gov/ak/fairbanks-air-quality-plan> (검색일: 2025.5.12.)
- EPA, Learn About Impacts of Diesel Exhaust and the Diesel Emissions Reduction Act (DERA), <https://www.epa.gov/dera/learn-about-impacts-diesel-exhaust-and-diesel-emissions-reduction-act-dera> (검색일: 2025.5.12.)
- EU(2021), A Call for bold regional and global actions to reduce black carbon emissions impacting the arctic, <https://blackcarbonarctic.eu/> (검색일: 2025.5.12.)
- EU Action on Black Carbon in the Arctic (EUA-BCA). (n.d.). An EU Initiative to Support International Policy to Reduce Black Carbon. Retrieved May 10, 2025, from <https://eua-bca.amap.no/> (검색일: 2025.5.12.)

- European Commission (2024), [https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/iceland-and-blue-bioeconomy-making-most-fish\\_en](https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/iceland-and-blue-bioeconomy-making-most-fish_en). (검색일: 2024.5.15.)
- European Commission, Map of the Week: Developing Skills for the Blue Economy in Coastal Tourism, [https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/map-week-developing-skills-blue-economy-coastal-tourism\\_en](https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/map-week-developing-skills-blue-economy-coastal-tourism_en) (검색일: 2024.4.25.)
- European Commission (2024), EU Climate Action Progress Report 2024, European Commission, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52024DC0498> (검색일: 2025.5.12.)
- European Commission. (2020), Sweden's Integrated National Energy and Climate Plan (NECP). Retrieved from [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/se\\_final\\_necp\\_main\\_en\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/se_final_necp_main_en_0.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- European Commission. (2023), EU Climate Action: Sweden Country Factsheet 2023. Retrieved from [https://climate.ec.europa.eu/document/download/6c9066bd-0116-41dd-9ef0-1a76cfc72169\\_en?filename=se\\_2023\\_factsheet\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/document/download/6c9066bd-0116-41dd-9ef0-1a76cfc72169_en?filename=se_2023_factsheet_en.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- European Environment Agency(2025), Benchmark analysis against the standards in the revised Directive (EU) 2024/2881. In Air quality in Europe – 2025 status report. Retrieved May 10, 2025, from <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-status-report-2025/benchmark-analysis-against-the-standards-in-the-revised-directive-eu-2024-2881> (검색일: 2025.5.12.)
- European Parliamentary Research Service (2021), Climate action in Denmark (EPRS\_BRI(2021)679106). European Parliament. Retrieved May 10, 2025, from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/679106/EPRS\\_BRI\(2021\)679106\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/679106/EPRS_BRI(2021)679106_EN.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- European Parliamentary Research Service. (2024). Sweden's climate action strategy. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/767174/EPRS\\_BRI\(2024\)767174\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/767174/EPRS_BRI(2024)767174_EN.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- FEDERAL REGISTER, Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad, <https://www.federalregister.gov/documents/2021/02/01/2021-02177/tackling-the>

- 
- climate-crisis-at-home-and-abroad (검색일: 2025.5.12.)
- Finnish Environment Institute(2025), Finnish air pollutant inventory to the CLRTAP, <https://www.ymparisto.fi/en/pollution-and-environmental-risks/air-pollution-control/air-pollutant-emissions-finland/finnish-air-pollutant-inventory-clrtap>(검색일: 2025.09.22.)
- Finnish Environment Institute (SYKE). Arctic Black Carbon Impacting Climate and Air Pollution (ABC-iCAP). Retrieved May 10, 2025, from <https://www.syke.fi/en/projects/arctic-black-carbon-impacting-climate-and-air-pollution-abc-icap> (검색일: 2025.5.12.)
- Finnish Meteorological Institute. (2024, April 25). Black carbon concentrations can now be monitored in real time in our online service. Retrieved May 10, 2025, from <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/5ePGJSjeZo1t5qvIjQO992> (검색일: 2025.5.12.)
- FOEI, WWF, Pacific Environment, CSC (2024). MEPC-81-5-5: Regulating Black Carbon Emissions from International Shipping Impacting the Arctic. Marine Environment Protection Committee. <https://cleanshipping.org/wp-content/uploads/2024/03/MEPC-81-5-5-Regulating-Black-Carbon-emissions-from-international-shipping-impacting-the-Arctic-FOEI-WWF-Pacific-Enviro.1.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Friends of the Earth International, WWF, Pacific Environment (2024), Regulating Black Carbon emissions from international shipping impacting the Arctic, Submission to IMO MEPC 81, <https://cleanshipping.org/wp-content/uploads/2024/03/MEPC-81-5-5-Regulating-Black-Carbon-emissions-from-international-shipping-impacting-the-Arctic-FOEI-WWF-Pacific-Enviro.1.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Global Carbon project Tsukuba Int'l Office, <https://www.cger.nies.go.jp/gcp/> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada (2025), CANADA'S BLACK CARBON INVENTORY REPORT 2013-2023, [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2025/eccc/En81-25-2025-eng.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2025/eccc/En81-25-2025-eng.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Canada and United States announce renewed commitment

- on climate and nature ambition, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2023/12/canada-and-united-states-announce-renewed-commitment-on-climate-and-nature-ambition.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Canada's Black Carbon Inventory Report 2025, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-pollution/publications/black-carbon-inventory-emissions-2025.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Carbon pollution pricing systems across Canada, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/pricing-pollution-how-it-will-work.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Gothenburg Protocol to reduce transboundary air pollution, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/corporate-international-affairs/partnerships-organizations/gothenburg-protocol-air-pollution.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Justice Laws Website, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/sor-2010-127/index.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Canada, Reykjavik Declaration 2021, [https://www.international.gc.ca/world-monde/international\\_relations-relations\\_internationales/arctic-arctique/reykjavik-declaration-2021.aspx?lang=eng](https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/arctic-arctique/reykjavik-declaration-2021.aspx?lang=eng)(검색일: 2025.05.15)
- Government of Iceland (2023), Climate Change – Government of Iceland, Government of Iceland, <https://www.government.is/topics/environment-climate-and-nature-protection/climate-change/> (검색일: 2025.5.12.)
- Government of Iceland (2023), Sustainable Financing Framework Second Opinion, Government of Iceland, [https://www.government.is/library/Files/Second%20Opinion%20Iceland\\_Update\\_Final.pdf](https://www.government.is/library/Files/Second%20Opinion%20Iceland_Update_Final.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Gupta, J., & Pisupati, B. (2019). South-South regional cooperation for climate action: India's role in the 'neighborhood'. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108502238.020> (검색일: 2025.5.12.)
- Guttikunda, S. et al. (2019). National Clean Air Programme (NCAP) for Indian cities:

- 
- Review and outlook of clean air action plans. *Urban Climate*, 29, 100483. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100483> (검색일: 2025.5.12.)
- Gunnarsson, B.(2021), Recent ship traffic and developing shipping trends on the Northern Sea Route—Policy implications for future arctic shipping, *Marine Policy*, 124, pp. 1-17.
- Huntington, Henry P., Julia Olsen, Eduard Zdor, Andrey Zagorskiy, Hyoung Chul Shin, Olga Romanenko, Bjørn Kaltenborn, Jackie Dawson, Jeremy Davies, & Erin Abou-Abbsi(2023), Effects of Arctic commercial shipping on environments and communities: context, governance, priorities, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 118, pp. 1-25.
- Hanai, Y., Sugata, S., Sato, K., et al. (2020). Changes in black carbon and PM2.5 in Tokyo in 2003–2017. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 25, 23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7167368/> (검색일: 2025.5.12.)
- Hataya, S. (2023). Climate Impacts of Black Carbon and Methane Emissions in the Arctic and Current Frameworks for Prevention. In: Wu, HH., Liu, WY., Huang, M.C. (eds) *Moving Toward Net-Zero Carbon Society*. Springer Climate. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24545-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24545-9_11) (검색일: 2025.5.12.)
- High North News (2022), Targeting Black Carbon and Methane at the Arctic Council, High North News, <https://www.highnorthnews.com/en/targeting-black-carbon-and-methane-arctic-council> (검색일: 2025.5.12.)
- IEA (2024). Green Innovation Fund – Policies. International Energy Agency. <https://www.iea.org/policies/13128-green-innovation-fund> (검색일: 2025.5.12.)
- IMO, Shipping in polar waters, <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Polar-default.aspx> (검색일: 2025.5.12.)
- Indian Express, "Ujjwala scheme implementation spiked in election years: RTI," 2021.12.12, <https://indianexpress.com/article/ujjwala-yojana-connections-elections-7649304/> (검색일: 2025.5.12.)
- International Carbon Action Partnership (ICAP), China National ETS, <https://icarbonaction.com/en/ets/china-national-ets> (검색일: 2025.5.12.)
-

- International Council on Clean Transportation(2016), India Bharat Stage VI Emission Standards. Policy Update, <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/India-BS-VI-Policy-Update-vF.pdf> (검색일: 2025.10.31.)
- International Energy Agency. (2022), Denmark, <https://www.iea.org/policies?country=Denmark> (검색일: 2025.5.12.)
- International Joint Commission, Canada-United States Air Quality Agreement, <http://ijc.org/en/mission/air-quality-agreement> (검색일: 2025.5.12.)
- International Maritime Organization(2020). IMO2020 fuel oil sulphur limit - cleaner air, healthier planet. Retrieved May 11, 2025, from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/02-IMO-2020.aspx> (검색일: 2025.5.12.)
- International Maritime Organization. (2021). IMO working to address Black Carbon emissions in the Arctic. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Black-Carbon.aspx> (검색일: 2025.5.12.)
- IVL Swedish Environmental Research Institute. (n.d.). SCAC – Swedish Clean Air & Climate Research Program. Retrieved May 10, 2025, from <https://www.ivl.se/english/ivl/our-offer/research-projects/air/scac---swedish-clean-air--climate-research-program.html> (검색일: 2025.5.12.)
- Kanaya et al. (2013). Comparison of black carbon mass concentrations observed by Multi-Angle Absorption Photometer (MAAP) and Continuous Soot-Monitoring System (COSMOS) on Fukue Island and in Tokyo, Japan. *Aerosol Science and Technology*, 47(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02786826.2012.716551> (검색일: 2025.5.12.)
- Karthick, R., et al. "Challenges in producing BS-VI diesel." *DigitalRefining*, Mar. 2018, <https://www.digitalrefining.com/article/1001482/challenges-in-producing-bs-vi-diesel> (검색일: 2025.5.12.)
- Kholod, Evans(2016), Black Carbon Emissions from Diesel Sources in Russia: Final Inventory Report, PNNL-25754, Pacific Northwest National Laboratory, [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-25754.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-25754.pdf) (검색일: 2025.10.14.)
- Knowlton, Kim, Sustaining Progress Towards Clean Air In India, NRDC, <https://www>

- 
- w.nrdc.org/bio/kim-knowlton/sustaining-progress-towards-clean-air-india (검색일: 2025.5.12.)
- Kretschmer, M., Coumou, D., Agel, L., Barlow, M., Tziperman, E., & Cohen, J.(2021), Polar vortex weakening linked to cold outbreaks in East Asia, *Geophysical Research Letters*, 48(1), <https://doi.org/10.1029/2020GL091603>(검색일: 2025.4.1.)
- Kumar, S., et al. "Swachh Bharat Mission: A paradigm shift in waste management and cleanliness in India." *Journal of the Royal Society Interface* 14.131 (2017): 20170314. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0314> (검색일: 2025.5.12.)
- Loftslagsráð (2024). Climate Change. The Icelandic Climate Council. <https://loftslagsrad.is/english/climate-change/> (검색일: 2025.5.12.)
- Lohan, S. K., et al. (2018). Management of crop residues in the context of conservation agriculture. *Current Science*, 114(11), 2289–2297. (검색일: 2025.5.12.)
- McCarty, Jessica L., Aalto, Juha, Paunu, Ville-Veikko, Arnold, Steve R., Eckhardt, Sabine, Klimont, Zbigniew, Fain, Justin J., Evangeliou, Nikolaos, Venäläinen, Ari, Tchebakova, Nadezhda M., Parfenova, Elena I., Kupiainen, Kaarle, Soja, Amber J., Huang, Lin, & Wilson, Simon(2021), Reviews and syntheses: Arctic fire regimes and emissions in the 21st century, *Biogeosciences*, 18(18), pp. 5053–5083.
- McCarty, Aalto, Paunu, Arnold, Eckhardt, Klimont, Fain, Evangeliou, Venäläinen, Tchebakova, Parfenova, Kupiainen, Soja, Huang, Wilson(2021), "Reviews and syntheses: Arctic fire regimes and emissions in the 21st century," *Biogeosciences*, 18:5053–5083.
- Maritime and Port Authority of Singapore. (2022). Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050. Retrieved May 12, 2025, from <https://www.mpa.gov.sg/maritime-singapore/sustainability/maritime-singapore-decarbonisation-blueprint> (검색일: 2025.5.12.)
- Matthews, B., & Paunu, V.-V. (2019). Review of Reporting Systems for National Black Carbon Emissions Inventories. EU-funded Action on Black Carbon in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). <https://www.amap.no/documents/download/3380/inline> (검색일: 2025.5.12.)

- Mayer Brown. "Singapore's Carbon Regulations: Paving the Way for the Green Plan 2030." February 2024. <https://www.mayerbrown.com/en/insights/publications/2024/02/singapores-carbon-regulations-paving-the-way-for-the-green-plan-2030> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Agriculture and Forestry, Finland. (2019). National Forest Strategy 2025: Government Resolution on 21 February 2019. Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 17/2019. Retrieved May 10, 2025, from [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161739/MMM\\_17\\_2019\\_National%20Forest%20Strategy%202025%20final\\_.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161739/MMM_17_2019_National%20Forest%20Strategy%202025%20final_.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Climate and Environment (2021), Norway's Climate Action Plan for 2021–2030, <https://www.regjeringen.no/contentassets/a78ecf5ad2344fa5ae4a394412ef8975/en-gb/pdfs/stm202020210013000engpdfs.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Environment and Gender Equality, Air pollution monitoring programme, <https://eng.mst.dk/industry/air/air-pollution-monitoring-programme> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) of Japan. (n.d.). Port and Harbor Bureau. Retrieved May 11, 2025, from [https://www.mlit.go.jp/en/kowan/kowan\\_fr4\\_000011.html](https://www.mlit.go.jp/en/kowan/kowan_fr4_000011.html) (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Road Transport and Highways. "Official website." Government of India, <https://morth.gov.in/hi> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of Sustainability and the Environment Singapore. Singapore sets out eligibility criteria for international carbon credits under the carbon tax regime. <https://www.mse.gov.sg/latest-news/eligibility-criteria-for-international-carboncredits> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of the Environment, Finland. (2016). Finland's air pollution control programme to 2030. Reports of the Ministry of the Environment 19en/2016. Retrieved May 10, 2025, from [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75179/YMrep\\_19en\\_2016.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75179/YMrep_19en_2016.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of the Environment, Finland. (2022, June 2). Towards carbon-neutral Finland

- 
- nd – Government adopts Medium-term Climate Change Policy Plan. Retrieved May 10, 2025, from <https://ym.fi/en/-/towards-carbon-neutral-finland-government-adopts-medium-term-climate-change-policy-plan> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry of the Environment, Finland., Finland's national climate policy. Retrieved May 10, 2025, from <https://ym.fi/en/finland-s-national-climate-change-policy> (검색일: 2025.5.12.)
- Ministry Of Transport, An Environmentally Sustainable Maritime Singapore, <https://www.mot.gov.sg/what-we-do/green-transport/maritime-environment-responsibility> (검색일: 2025.5.12.)
- Mongabay-India, Dual role as air pollutant and warming agent makes black carbon a neglected player in policy, <https://india.mongabay.com/2024/01/dual-role-as-air-pollutant-and-warming-agent-makes-black-carbon-a-neglected-player-in-policy/> (검색일: 2025.5.12.)
- MPA, Maritime Singapore Green Initiative, <https://www.mpa.gov.sg/maritime-singapore/sustainability/maritime-singapore-green-initiative> (검색일: 2025.5.12.)
- NASA(2020), Changes in the Arctic have the potential to affect weather patterns across the Northern Hemisphere, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/ArcticPolarVortex>(검색일: 2025.4.1.)
- NASA Earth Observatory, Black Carbon, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/BlackCarbon>(검색일: 2025.4.1.)
- National Oceanic and Atmospheric Administration(2020), Arctic Report Card, <http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card>(검색일: 2025.4.1.)
- National Environment Agency. (2025). Greenhouse Gas Inventory. <https://www.nea.gov.sg/our-services/climate-change-energy-efficiency/climate-change/greenhouse-gas-inventory> (검색일: 2025.5.12.)
- National Environment Agency. <https://www.nea.gov.sg> (검색일: 2025.5.12.)
- Naturvardsverket. (2021). Bilateral environmental and climate cooperation with strategic countries, funded by allocation 1:13: Annual report for 2020 (Report No. 7006). Naturvardsverket. Retrieved May 10, 2025, from <https://www.na>

- turvardsverket.se/4ac5c8/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7006-9.pdf (검색일: 2025.5.12.)
- NCCS, Carbon Tax, <https://www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/mitigation-efforts/carbontax/> (검색일: 2025.5.12.)
- NIES, <https://weadapt.org/organisation/nies/> (검색일: 2025.5.12.)
- Norwegian Ministry of Climate and Environment(2025), Norway's first Biennial Transparency Report under the Paris Agreement, <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Norways%20first%20Biennial%20>
- Norwegian Ministry of Climate and Environment(2025), Norway's first Biennial Transparency Report under the Paris Agreement, <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Norways%20first%20Biennial%20Transparency%20Report%20under%20the%20Paris%20Agreement.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Norwegian Polar Institute, The Zeppelin Observatory in Ny-Ålesund, <https://npolar.no/en/zeppelin/>(검색일: 2025.9.21.)
- NPR(2025.1.21.), Trump is withdrawing from the Paris Agreement (again), reversing U.S. climate policy, <https://www.npr.org/2025/01/21/nx-s1-5266207/trump-paris-agreement-biden-climate-change>(검색일: 2025.09.21.)
- Odelle L. Hadley & Thomas W. Kirchstetter(2012), Black-carbon reduction of snow albedo, <https://www.nature.com/articles/nclimate1433> (검색일: 2025.5.12.)
- OECD (2025), OECD Environmental Performance Reviews: Japan 2025, OECD Publishing, Paris. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/03/oecd-environmental-performance-reviews-japan-2025\\_947dc3da/583cab4c-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/03/oecd-environmental-performance-reviews-japan-2025_947dc3da/583cab4c-en.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- PAME (2020). Black Carbon emissions from shipping activity in the Arctic and technology developments for their reduction - Status Report submitted by Iceland and Finland. [https://www.pame.is/images/05\\_Protectec\\_Area/2020/PAME-I/Agenda\\_Item\\_6/6.2/Agenda\\_6.2b\\_Black\\_carbon\\_project\\_status\\_report\\_submitted\\_by\\_Iceland\\_and\\_Finland.pdf](https://www.pame.is/images/05_Protectec_Area/2020/PAME-I/Agenda_Item_6/6.2/Agenda_6.2b_Black_carbon_project_status_report_submitted_by_Iceland_and_Finland.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- Pant, P., Lal, R.M., Guttikunda, S.K., et al. (2019). "Monitoring particulate matter in India: recent trends and future outlook." Air Quality, Atmosphere & Health

- 
- h, 12, 45-58. <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0629-6> (검색일: 2025. 5.12.)
- PNNL, Black Carbon Emissions from Flaring, [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-25754.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-25754.pdf)(검색일: 2025.05.13.)
- Press Information Bureau, Government of India, Black Carbon, <https://www.pib.gov.in/PressReleaselframePage.aspx?PRID=1884766> (검색일: 2025.5.12.)
- Progress Report of China's National Carbon Market (2024). Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, July 2024, <https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202407/W020240722528850763859.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- PV KnowHow (2025), Iceland carbon neutrality: 5 Essential Steps Towards 2040 Success. PV KnowHow. <https://www.pvknowhow.com/news/iceland-carbon-neutrality-aims-2040/> (검색일: 2025.5.12.)
- Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., et al.(2022), The Arctic has warmed nearly four times faster than the global average, *Nature Climate Change*, 12, pp. 529-536.
- Reuters, China granted observer seat on Arctic Council, <https://www.reuters.com/article/arctic-council/china-granted-observer-seat-on-arctic-council-idUSL6N0DW2ZT20130515/> (검색일: 2025.5.12.)
- Reuters, China launches campaign to plug greenhouse gas monitoring gap, <https://www.reuters.com/world/china/china-launches-campaign-plug-greenhouse-gas-monitoring-gap-2022-01-19/> (검색일: 2025.5.12.)
- Russian Federation(2015), Nationally Determined Contribution of the Russian Federation as part of the implementation of the Paris Agreement of December 12, 2015, [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC\\_RF\\_eng.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_eng.pdf)(검색일: 2025.9.15.)
- SHELLEY MOORE CAPITO, Senate EPW Approves Diesel Emissions Bill, <https://www.capito.senate.gov/news/in-the-news/senate-epw-approves-diesel-emissions-bill> (검색일: 2025.5.12.)
- Singapore. (2024). Singapore BTR1 2024: First Biennial Transparency Report under the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Ch

- ange (UNFCCC). <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Singapore%20BTR1%202024.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Sino-German Cooperation on Climate Change, China strengthens its carbon emissions statistical accounting system, <https://climatecooperation.cn/climate/china-plans-to-strengthen-its-carbon-emissions-statistical-accounting-system/> (검색일: 2025.5.12.)
- Smart Freight Centre(2017), Black Carbon Methodology for the Logistics Sector, Global Green Freight Project.
- Smith, K. R., & Sagar, A. (2021). Has India's Pradhan Mantri Ujjwala Yojana enabled a sustainable transition to clean household energy? *Nature Energy*, 6(11), 1105–1107. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00936-2> (검색일: 2025.5.12.)
- State Council Information Office of the People's Republic of China. (2021, October 27). Responding to Climate Change: China's Policies and Actions. Retrieved May 11, 2025, from [http://english.scio.gov.cn/m/whitepapers/2021-10/27/content\\_77836502\\_4.htm](http://english.scio.gov.cn/m/whitepapers/2021-10/27/content_77836502_4.htm) (검색일: 2025.5.12.)
- STATE OF ALASKA, Development of the FNSB State Implementation Plan, <https://dec.alaska.gov/air/anpms/communities/fbks-pm2-5-sip-development/> (검색일: 2025.5.12.)
- State of Green. Danish Ministry of Energy, Utilities and Climate. Retrieved May 10, 2025, from <https://stateofgreen.com/en/solution-providers/danish-ministry-of-energy-utilities-and-climate/> (검색일: 2025.5.12.)
- State Treasury Republic Finland, Carbon Neutral Finland 2035, <https://www.treasuryfinland.fi/investor-relations/sustainability-and-finnish-government-bonds/carbon-neutral-finland-2035/> (검색일: 2025.5.12.)
- Swedish Climate Policy Council. (2024). Report of the Swedish Climate Policy Council 2024. Retrieved from <https://www.klimatpolitiskaradet.se/wp-content/uploads/2024/06/reportoftheswedishclimatepolicycouncil2024.pdf> (검색일: 2025.5.12.)
- Swedish Environmental Protection Agency. (2025). Informative Inventory Report Sweden 2025. Retrieved from <https://www.naturvardsverket.se/492c33/c>

- 
- ontentassets/a793266c97e54f95806a9793fad82217/informative-inventory-report-submission-2025-v1.pdf (검색일: 2025.5.12.)
- Swedish Environmental Protection Agency. (n.d.). Arctic Council. Retrieved May 10, 2025, from <https://www.naturvardsverket.se/en/international/cooperation/multilateral/arctic-council/> (검색일: 2025.5.12.)
- Tax foundation Europe, looking back on 30 years of carbon taxes in sweden, <https://taxfoundation.org/research/all/eu/sweden-carbon-tax-revenue-green-house-gas-emissions/> (검색일: 2025.5.12.)
- THE ARCTIC INSTITUTE, Singapore, <https://www.thearcticinstitute.org/country-backgrounders/singapore/> (검색일: 2025.5.12.)
- The Arctic Institute, The Arctic Council and Asian Observers: A Call for Enhanced Cooperation, <https://www.thearcticinstitute.org/arctic-council-asian-observers-call-enhanced-cooperation> (검색일: 2025.5.12.)
- The Maritime Executive. (2022, March 2). Danish researchers get ready for regulations on black carbon. Retrieved May 10, 2025, from <https://www.maritime-executive.com/article/danish-researchers-get-ready-for-regulations-on-black-carbon> (검색일: 2025.5.12.)
- The White House(2021.11.), U.S. Methane Emissions Reduction Action Plan, <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>(검색일: 2025.09.21.)
- The White House(2023.3.), Ocean Climate Action Plan, [https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/03/Ocean-Climate-Action-Plan\\_Final.pdf](https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/03/Ocean-Climate-Action-Plan_Final.pdf)(검색일: 2025.09.21.)
- The White House(2022), National Strategy for the Arctic Region, <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2022/10/National-Strategy-for-the-Arctic-Region.pdf>(검색일: 2025.05.12)
- Transport & Environment(2021), Black Carbon and the Arctic Shipping Risk.
- U.S. House Committee on Foreign Affairs, China Regional Snapshot: Arctic, <https://foreignaffairs.house.gov/china-regional-snapshot-arctic/> (검색일: 2025.5.12.)

- UCECE, Arctic Council welcomes UNECE work on black carbon, <https://unece.org/environment/news/arctic-council-welcomes-unece-work-black-carbon> (검색일: 2025.5.12.)
- UNEP FI(2020), Green Shipping Finance Principles.
- United Nations Environment Programme and World Meteorological Organization (2011), Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone.
- UNEP/WMO(2021), Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone, United Nations Environment Programme & World Meteorological Organization.
- UNFCCC, CANADA'S 2021 NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION UNDER THE PARIS AGREEMENT, [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Canada's%20Enhanced%20NDC%20Submission1\\_FINAL%20EN.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Canada's%20Enhanced%20NDC%20Submission1_FINAL%20EN.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- UNFCCC, CANADA'S 2035 NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION, [https://unfccc.int/sites/default/files/2025-02/Canada's%202035%20Nationally%20Determined%20Contribution\\_ENc.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/2025-02/Canada's%202035%20Nationally%20Determined%20Contribution_ENc.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). Finland: National Inventory Report. <https://unfccc.int/documents/631234> (검색일: 2025.5.12.)
- United Nations. Finland will achieve carbon neutrality by 2035. United Nations Partnerships for SDGs platform. Retrieved May 10, 2025, from <https://sdgs.un.org/partnerships/finland-will-achieve-carbon-neutrality-2035> (검색일: 2025.5.12.)
- US Department of State, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, <https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/convention-on-long-range-transboundary-air-pollution/> (검색일: 2025.5.12.)
- White House, Joint Statement by President Biden and Prime Minister Trudeau, <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2023/03/24/joint-statement-by-president-biden-and-prime-minister-trudeau/> (검색일: 2025.5.12.)

- 
- World Economic Forum, Black Carbon Reduction: A Rapid Action Plan, [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Black\\_Carbon\\_Reduction\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Black_Carbon_Reduction_2024.pdf) (검색일: 2025.5.12.)
- WWF Arctic Programme(2022). Arctic connected | The Arctic's Indigenous communities under threat. <https://www.arcticwwf.org/newsroom/features/arctic-connected-the-arctics-indigenous-communities-under-threat/> (검색일: 2025.05.12.)
- WWF, No time to waste: IMO must tackle black carbon emissions in the Arctic, <https://www.arcticwwf.org/newsroom/features/no-time-to-waste-imo-must-tackle-black-carbon-emissions-in-the-arctic/> (검색일: 2025.5.12.)
- WWF, Reducing black carbon in the Arctic, <https://www.arcticwwf.org/the-circle/stories/reducing-black-carbon-in-the-arctic/> (검색일: 2025.5.12.)
- Yue, Mengdi, & Nedopil, Christoph, China Green Finance Status and Trends 2024-2025, Griffith Asia Institute, Griffith University, Green Finance & Development Center, FISF Fudan University, 2025, [https://greenfdc.org/wp-content/uploads/2025/03/Yue-and-Nedopil-2025\\_China-green-finance-status-and-trends-2024-2025-final.pdf](https://greenfdc.org/wp-content/uploads/2025/03/Yue-and-Nedopil-2025_China-green-finance-status-and-trends-2024-2025-final.pdf) (검색일: 2025.5.12.)

## 부 록

### **부록 1. Policy Position Paper on Arctic Black Carbon Regulation (Republic of Korea)**—————

#### **1. Background**

As an International Maritime Organization(IMO) member state and Arctic Council observer, the Republic of Korea recognizes the critical and growing importance of mitigating Black Carbon emissions in the Arctic region.

The Republic of Korea, as a global leader in shipbuilding and shipping, has both a responsibility and an opportunity to align its industrial capabilities with international environmental governance.

#### **2. Korea's Position**

##### **1) Science-Based and Pragmatic Approach**

Korea supports the principle that black carbon mitigation in

---

the Arctic must be grounded in scientific evidence and technological feasibility. To this end, Korea will:

Develop a national black carbon inventory system including emissions from ships and seaports.

Actively distribute data on Korea's Black Carbon emission to the Arctic Council and IMO.

## **2) Support for International Standards and Harmonization**

Korea recognizes and supports the leadership of the IMO and Arctic Council and will ensure that its national policy instruments remain aligned with evolving international norms:

Align national regulations with IMO Resolutions Marine Environment Protection Committee(MEPC).393(82) and MEPC.394(82) by supporting maritime through industry support for cleaner fuels and emission-reducing operational parties.

Participate as a co-sponsor in ongoing IMO Pollution Prevention and Response Sub-Committee(PPR) negotiations on Polar Fuel definitions, advocating Arctic-specific considerations reflecting industry needs.

## **3) Stepwise Industry Transition and Technological Uptake**

Based on industry surveys conducted by Korea Maritime Institute(KMI) in 2025, Korea recognizes the need to enhance

testing infrastructure and MRV instrumentation for extreme environments. Recognizing that rapid black carbon mitigation poses both technical and financial challenges to industry stakeholders, Korea will:

Promote the voluntary yet practical adoption of emission-reduction technologies, including black carbon filters, fuel switching, and operational optimization, through targeted industry engagement.

Expand and adapt existing government programs to support retrofitting and new installations, particularly for small and medium-sized enterprises.

Enhance support for testbed access and demonstration projects by research institutes, enabling domestic verification and cost-effective technology deployment.

Launch training programs and practical guideline development to assist operators and engineers in meeting MRV and compliance requirements.

#### **4) Enhanced International Cooperation and Governance Engagement**

Rather than creating new governance structures, Korea will utilize existing multilateral platforms, including:

Strengthening strategic cooperation with like-minded observer states and Arctic states to jointly advance technical standard

---

-setting in Arctic governance.

### **3. Conclusion**

Republic of Korea reaffirms its commitment to contributing meaningfully to the global effort to reduce Black Carbon emissions in the Arctic. By integrating scientific monitoring, regulatory alignment, technological support, and proactive multilateral engagement, Korea aims to serve as a responsible Arctic Council Observer.

This Policy Position Paper may serve as an official reference document for future Arctic Council working group meetings, IMO sessions, or bilateral negotiations.

## 부록 2. 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(조선사) —



### 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(조선사 대상)

안녕하십니까?

해양수산 정책분야의 국책연구원인 한국해양수산개발원에서는 ‘북극해 블랙카본 규제 전망 및 대응방안 조사’ 연구과제의 일환으로 국내 해운사, 조선사 및 조선기자재 업체를 대상으로 북극해 블랙카본 규제에 대한 인식과 및 준비 현황을 조사하고자 합니다. 본 연구는 북극해 환경규제가 강화되고, 북극항로 이용 관련 국제 논의가 확대되는 상황에서, 우리나라 조선·해운업의 준비사항을 파악하고 필요한 정책 지원 방안을 모색하는 데 목적이 있습니다. 귀하의 답변은 향후 북극항로 관련 환경규제 대응 및 정책 수립에 참고자료로 활용될 예정입니다.

업무에 바쁘시더라도 본 설문에 많은 관심 부탁드립니다.

본 설문과 관련한 문의사항은 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실로 문의하여 주시기 바랍니다.

2025. 4.

문의 사항 | 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 엄단비 전문연구원 (051-797-4766)

## PART A. 블랙카본 규제 인식에 대한 사항

### Q1. 블랙카본 규제 대응

블랙카본 규제 관련 참고사항:

2024년 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 제82차 회의에서는 북극해 선박의 블랙카본 배출을 줄이기 위한 권고지침(MEPC.393(82), 394(82))이 채택되었습니다.

**MEPC.393(82) 결의서:** 북극해 선박의 블랙카본 영향 저감을 위한 목표 기반 권고 조치 지침

선박 설계 단계에서의 블랙카본 배출 최소화 설계  
선박 운항 최적화(예: 선속 조정, 항로 계획)를 통한 연료 효율 증대  
디젤 미립자 필터(DPF) 및 청정 대체 연료 사용

디젤 미립자 필터(DPF) 등 배출가스 후처리 장치 설치

블랙카본 관리 계획 (선박별 배출 목표 설정, 저감 방법 및 모니터링 계획) 수립 및 연간 보고

**MEPC.394(82) 결의서:** 블랙카본(BC) 배출량에 대한 측정(Measurement), 보고(Reporting), 검증(Verification) 절차(MRV)를 포함한 권고 지침

출력 130kW 이상 디젤기관 장착 선박은 블랙카본 배출량 데이터를 매년 주관청에 보고

국제적으로 인정된 측정방법(FSN, PAS, LII) 사용

측정 데이터는 IMO 기술파일 형식에 따라 기록

※ 추가 용어 설명

FSN(Filter Smoke Number): 필터에 포집된 블랙카본 양을 측정하여 흑화도(Blackness)로 표현하는 방법

PAS(Photo-Acoustic Spectroscopy): 광음향 분광법을 이용한 블랙카본 측정 방법

LII(Laser-Induced Incandescence): 레이저로 블랙카본 입자를 가열하고 방출되는 열복사를 측정하는 방법

Q1-1. 국제해사기구(IMO)의 블랙카본 배출 규제 도입에 대해서 얼마나 인지하고 있는지 아래 표에 체크(v)해주세요.

전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
	구체적인 내용은 잘 모름	일반적인 수준으로 알고 있음	규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	규제 대응을 위한 기술 적용하고 있음

Q1-2. 현재 귀사가 설계 및 건조하는 선박은 MEPC 82차 393(82), 394(82)의 블랙카본 권고 지침을 충족하나요? 충족 여부를 체크해주시고, 항목별 미충족되는 요인을 서술식으로 작성해 주세요. (예: 기술 미확보, 투자비용 부담, 정보 부족 등)

	미충족	일부 충족	모두 충족	미충족 사유(서술형)
선박 설계 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
운항 최적화 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
운항 효율성 향상 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
대체 연료 전환	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
저감장치 개발	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
모니터링 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

기타 추가로 전달하고 싶은 의견을 작성해 주세요.

---



---

Q1-3. 블랙카본 저감을 위해 고려되는 주요 사항은 다음 6가지로 구분할 수 있습니다. 귀사에서 는 아래 각 항목에 대해 어느 정도 고려하거나 준비 중인지 선택해 주세요.

	전혀 없음	개념 인지	과거 검토	검토 중	시험 적용	제한 적용	전면 적용
선박 설계 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
운항 최적화 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
운항 효율성 향상 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
대체 연료 전환	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
저감장치 개발	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
모니터링 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

※ 추가 용어 설명

개념 인지: 개념을 알고 있으며 실제 검토 단계는 아님	검토 중: 적용 여부를 내부적으로 현재 검토 중
과거 검토: 과거 1회 이상 회의, 문서 검토 이루어짐	시험 적용: 일부 설계에 시범적으로 반영함
제한 적용: 기술을 일부 선박설계에 운영 중	전면 적용 중: 기술을 모든 선박설계에 운영 중

추가로 설명하고 싶은 기술별 사유나 귀사의 현황이 있으시다면 자유롭게 적어주세요.

---



---

Q1-4. MEPC.394(82) 결의서는 130kW 이상 디젤기관 장착 선박에 대해 블랙카본 배출을 FSN, PAS, LII 등 국제적으로 인정된 방식으로 측정(M)하고, IMO 기술파일 형식에 따라 모니터링 (R) 및 보고(V)하도록 권고하고 있습니다. 해당 지침을 이행하게 된다면, 현업의 가장 큰 애로사항이 무엇인가요? 우선순위(1~3 표시)를 표시해주시고, 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
MRV 기술을 적용할 장비		
측정 방식 해석 전문성 부족		
기술파일 작성의 행정 부담		
개발 또는 설치 비용 부담		
전문인력 양성 및 기술 교육		

추가로 설명하고 싶은 애로사항이나 귀사의 현황이 있으시다면 자유롭게 적어주세요.

---



---



---

## PART B. 북극해에 대한 사항

Q1-1. 북극해 중유 금지 조치에 대해서 얼마나 인지하고 있나요?

북극해 중유 금지 조치 규제 관련 참고 사항(2024년 7월 MEPC 제76차 회의)

북극해에서의 중유 사용 규제(MARPOL 부속서 I 제43A규칙 도입)에 따라, 15°C에서 밀도가 900kg/m³ 이상이거나 50°C에서 동점도가 180mm²/s 이상인 연료의 사용 및 운반이 금지된다. 북극해를 운항하는 선박은 저유황 경유(MGO) 또는 초저유황 연료유(VLSFO) 등 대체 연료를 사용해야 한다. 다만, 선박의 안전을 확보하거나 수색 및 구조 작업에 종사하는 선박, 유류 유출 대비 및 대응에 전념하는 선박, 보호 연료 탱크를 갖춘 선박은 예외적으로 규제에서 면제될 수 있다. 또한, 북극 연안에 근접한 국가는 지리적 특성을 고려하여 한시적으로 면허권을 발행할 수 있다.

전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
	규제적인 내용은 잘 모름	일반적인 수준으로 알고 있음	규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	규제 대응을 위한 기술을 적용하고 있음

Q1-2. 현재 극지방 연료에 관한 논의가 진행 중인 상황에서, 귀사는 저온 환경에서의 연료 안정성 또는 블랙카본 저감 연료 적용을 고려한 적이 있나요? 고려한 적이 있는 경우, 적용을 고려한 연료 또는 기술을 작성해 주세요.

**극지방 연료(Polar Fuels) 관련 참고 사항:**

- Polar Fuels란 저온에서 안정적으로 운용 가능하되, 기존 중유 대비 블랙카본 배출이 적은 연료를 의미
- '25년 1월 PPR(Pollution Prevention and Response)에서 극지방 연료 표준(밀도, 점도, 질량 기준 탄소 잔류물 함량, 세탄지수, 유동점 등)에 대한 논의 시작
- 향후 현 기준보다 더욱 강화될 것으로 예상

답변:

Q1-3. 북극해에서 연료 규제가 강화될 경우, 귀사에서 보시기에 각 시점(2030/2040/2050년)에 북극해 선박에 가장 적합하다고 생각하는 친환경 연료가 무엇인지 작성해 주세요. 구체적인 연료 종류와 선택 이유를 함께 작성해 주세요.

	연료	이유
2030년 이후		
2040년 이후		
2050년 이후		

추가로 전달하고 싶은 의견이 있으신 경우 작성해 주세요.

---



---



---

**Q2. 정책 지원**

Q2-1. 현재보다 북극해 선박 연료에 대한 규제가 더욱 엄격해질 것으로 예상됩니다. 단기적 관점에서 북극 환경에 맞는 친환경 연료 기반 선박 기술 개발을 위한 가장 시급한 정부 지원은 무엇이라고 생각하시나요? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
저감 기술 R&D 지원		
규제 대응 가이드라인 제공		
기술 실증 및 검증 지원		
전문 인력 양성 및 기술 교육		
설비 투자 비용 지원		
기타( )		

Q2-2. 북극해 연료 규제 및 친환경 선박 기술 도입이 본격화될 경우, 장기적으로 조선업계가 가장 필요로 하는 정부 지원은 무엇이라고 생각하십니까? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
수출금융 및 보증체계 강화		
북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련		
대·중소 조선소 간 기술이전 촉진		
국제 협력채널 확보		
개발 및 상용화 비용 지원		
기타( )		

추가로 전달하고 싶은 의견이 있으신 경우 작성해 주세요.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Q2-3. 우리나라 조선 산업이 블랙카본 감축 규제에 선제 대응하기 위해 국제해사기구(IMO)에서 우리 정부가 추진해야 할 가장 중요한 활동은 무엇이라고 생각하시나요? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
규제 기준 설정 과정에서 우리나라 산업계 의견 반영		
단계적 규제 도입 및 충분한 전환 기간 확보		
유사 입장 국가들과의 공동 대응체계 구축		
국내 기술 기반의 저감기술 제안		
규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유		
기타( )		

Q2-4. 추가적으로 귀사에서 겪고 있는 어려움이나 필요한 지원사항을 자유롭게 기재해 주세요.

답변:

▣ 응답해 주셔서 대단히 감사합니다 ▣

### 부록 3. 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(해운사) —



#### 북극해 블랙카본 규제 대응 현황 조사(해운사 대상)

안녕하십니까?

해양수산 정책분야의 국제연구원인 한국해양수산개발원에서는 '북극해 블랙카본 규제 전망 및 대응방안 조사' 연구과제의 일환으로 국내 해운사, 조선사 및 조선기자재 업체를 대상으로 북극해 블랙카본 규제에 대한 인식과 및 준비 현황을 조사하고자 합니다. 본 연구는 북극해 환경규제가 강화되고, 북극항로 이용 관련 국제 논의가 확대되는 상황에서, 우리나라 조선·해운업의 준비사항을 파악하고 필요한 정책 지원 방안을 모색하는 데 목적이 있습니다. 귀하의 답변은 향후 북극항로 관련 환경규제 대응 및 정책 수립에 참고자료로 활용될 예정입니다.

업무에 바쁘시더라도 본 설문에 많은 관심 부탁드립니다.

본 설문과 관련한 문의사항은 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실로 문의하여 주시기 바랍니다.

2025. 4.

문의 사항 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 엄단비 전문연구원 (051-797-4766)

## PART A. 블랙카본 규제 인식에 대한 사항

### Q1. 블랙카본 규제 대응

블랙카본 규제 관련 참고사항:

2024년 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 제82차 회의에서는 북극해 선박의 블랙카본 배출을 줄이기 위한 권고지침(MEPC.393(82), 394(82))이 채택되었습니다.

**MEPC.393(82) 결의서:** 북극해 선박의 블랙카본 영향 저감을 위한 목표 기반 권고 조치 지침

선박 설계 단계에서의 블랙카본 배출 최소화 설계

선박 운항 최적화(예: 선속 조정, 항로 계획)를 통한 연료 효율 증대

디스틸레이트 연료 및 청정 대체 연료 사용

디젤 미립자 필터(DPF) 등 배출가스 후처리 장치 설치

블랙카본 관리 계획 (선박별 배출 목표 설정, 저감 방법 및 모니터링 계획) 수립 및 연간 보고

**MEPC.394(82) 결의서:** 블랙카본(BC) 배출량에 대한 측정(Measurement), 보고(Reporting), 검증(Verification) 절차(MRV)를 포함한 권고 지침

출력 130kW 이상 디젤기관 장착 선박은 블랙카본 배출량 데이터를 매년 주관청에 보고

국제적으로 인정된 측정방법(FSN, PAS, LI) 사용

측정 데이터는 IMO 기술파일 형식에 따라 기록

※ 추가 용어 설명

FSN(Filter Smoke Number): 필터에 포집된 블랙카본 양을 측정하여 흑화도(Blackness)로 표현하는 방법

PAS(Photo-Acoustic Spectroscopy): 광음향 분광법을 이용한 블랙카본 측정 방법

LI(Laser-Induced Incandescence): 레이저로 블랙카본 입자를 가열하고 방출되는 열복사를 측정하는 방법

Q1-1. 국제해사기구(IMO)의 블랙카본 배출 규제 도입에 대해서 얼마나 인지하고 있는지 아래 표에 체크(v)해주세요.

전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
	구체적인 내용은 잘 모름	일반적인 수준으로 알고 있음	규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	규제 대응을 위한 기술 적용하고 있음

Q1-2. 현재 귀사가 보유 및 운영하는 선박은 MEPC 82차 393(82), 394(82)의 블랙카본 권고 지침을 충족하나요? 충족 여부를 체크해주시고, 항목별 미충족되는 요인을 서술식으로 작성해 주세요. (예: 기술 미확보, 투자비용 부담, 정보 부족 등)

	미충족	일부 충족	모두 충족	미충족 사유(서술형)
배출저감 고려한 선박 운항 전략	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
운항 최적화 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
에너지 절감형 운항 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
대체 연료 사용	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
저감장치 장착	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
블랙카본 배출 측정 및 보고	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

기타 추가로 전달하고 싶은 의견을 작성해 주세요.

---



---

Q1-3. 블랙카본 저감을 위해 고려되는 주요 사항은 다음 6가지로 구분할 수 있습니다. 귀사에서 는 선박 운영 측면에서 아래 각 항목에 대해 어느 정도 고려하거나 준비 중인지 선택해 주 세요.

	전혀 없음	개념 인지	과거 검토	검토 중	시험 적용	제한 적용	전면 적용
배출저감 고려한 선박 운항 전략	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
운항 최적화 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
에너지 절감형 운항 기술	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
대체 연료 사용	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
저감장치 장착	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
블랙카본 배출 측정 및 보고	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

※ 추가 용어 설명

개념 인지: 개념을 알고 있으며 실제 검토 단계는 아님	검토 중: 적용 여부를 내부적으로 현재 검토 중
과거 검토: 과거 1회 이상 회의, 문서 검토 이루어짐	시험 적용: 일부 운항 선박에 시범 적용함
제한 적용: 기술을 일부 선박·설계에 적용 중	전면 적용 중: 기술을 모든 선박·설계에 적용 중

추가로 설명하고 싶은 기술별 사유나 귀사의 현황이 있으시다면 자유롭게 적어주세요.

---

Q1-4. MEPC.394(82) 결의서는 130kW 이상 디젤기관 장착 선박에 대해 블랙카본 배출을 FSN, PAS, LI 등 국제적으로 인정된 방식으로 측정(M)하고, IMO 기술파일 형식에 따라 측정(Monitoring), 보고(Reporting)하도록 권고하고 있습니다. 해당 지침을 이행하게 된다면, 현업의 가장 큰 애로사항이 무엇인가요? 우선순위(1~3 표시)를 표시해주시고, 이유를 작성해주세요.

	순위	구체적인 어려움
MRV 기술을 적용할 장비		
측정 방식 해석 전문성 부족		
기술파일 작성의 행정 부담		
개발 또는 설치 비용 부담		
전문인력 양성 및 기술 교육		

추가로 설명하고 싶은 애로사항이나 귀사의 현황이 있으시다면 자유롭게 적어주세요.

## PART B. 북극해에 대한 사항

### Q1. 북극항로 전망

\* 북극항로: 북동항로(유럽~아시아), 북서항로(캐나다, 알래스카~아시아) 포함

Q1-1. 북극해 중유 금지 조치에 대해서 얼마나 인지하고 있나요?

북극해 중유 금지 조치 규제 관련 참고 사항(2024년 7월 MEPC 제76차 회의)

북극해에서의 중유 사용 규제(MARPOL 부속서 I 제43A규칙 도입)에 따라, 15°C에서 밀도가 900kg/m<sup>3</sup> 이상이거나 50°C에서 동점도가 180mm<sup>2</sup>/s 이상인 연료의 사용 및 운반이 금지된다. 북극해를 운항하는 선박은 저유황 경유(MGO) 또는 초저유황 연료유(VLSFO) 등 대체 연료를 사용해야 한다. 다만, 선박의 안전을 확보하거나 수색 및 구조 작업에 종사하는 선박, 유류 유출 대비 및 대응에 전념하는 선박, 보호 연료 탱크를 갖춘 선박은 예외적으로 규제에서 면제될 수 있다. 또한, 북극 연안에 근접한 국가는 지리적 특성을 고려하여 한시적으로 면책권을 발행할 수 있다.

전혀 모른다	거의 모른다	보통이다	어느 정도 알고 있다	매우 잘 알고 있다
	구체적인 내용은 잘 모름	일반적인 수준으로 알고 있음	규제 내용을 숙지하고 있으며 대응을 고려하고 있음	규제 대응을 위한 기술을 적용하고 있음

Q1-2. 현재 극지방 연료에 관한 논의가 진행 중인 상황에서, 귀사는 저온 환경에서 운용 가능한 연료나 블랙카본 저감 연료 사용 계획에 대해 논의하거나 검토한 적이 있나요? 검토한 적이 있는 경우, 해당 연료 또는 기술을 작성해 주세요.

**극지방 연료(Polar Fuels) 관련 참고 사항:**

- Polar Fuels란 저온에서 안정적으로 운용 가능하되, 기존 중유 대비 블랙카본 배출이 적은 연료를 의미
- '25년 1월 PPR(Pollution Prevention and Response)에서 극지방 연료 표준(밀도, 점도, 질량 기준 탄소 잔류물 함량, 세탄지수, 유동점 등)에 대한 논의 시작
- 향후 현 기준보다 더욱 강화될 것으로 예상

답변:

Q1-3. 북극항로 관련 .

사업적 이점	순위	장애요인	순위
운행 거리 단축 및 연료비 절감		엄격한 환경 규제 대응 부담	
새로운 물류 항로 및 시장 확보		높은 초기 투자 및 운항 비용	
친환경 기업 이미지 제고 및 ESG 대응		기술 및 운영 경험의 불확실성	
국제 협력채널 확보		지정학적 불안정 및 리스크	
경쟁사와의 차별화 및 시장 우위 확보		보험·금융 지원의 어려움	
현재로서는 사업적 이점이 없다고 생각함			

추가로 전달하고 싶은 의견이 있으신 경우 작성해 주세요.

---



---



---

**Q2. 정책 지원**

Q2-1. 현재보다 북극해 선박 연료에 대한 규제가 더욱 엄격해질 것으로 예상됩니다. 단기적 관점에서 북극 환경에 맞는 친환경 연료 기반 선박 기술 개발을 위한 가장 시급한 정부 지원은 무엇이라고 생각하시나요? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
저감 기술 도입 지원		
규제 대응 가이드라인 제공		
기술 실증 및 검증 지원		
전문 인력 양성 및 기술 교육		
친환경 선박 구입 비용 지원		
기타( )		

Q2-2. 북극해 연료 규제 및 친환경 선박 기술 도입이 본격화될 경우, 장기적으로 해운업계가 가장 필요로 하는 정부 지원은 무엇이라고 생각하십니까? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
수출금융 및 보증체계 강화		
북극해 운항 지원을 위한 법·제도 마련		
친환경 선박 확보 금융 지원		
국제 협력채널 확보		
친환경 선박 운영 인센티브 제도		
기타( )		

추가로 전달하고 싶은 의견이 있으신 경우 작성해 주세요.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Q2-3. 우리나라 해운산업이 블랙카본 감축 규제에 선제 대응하기 위해 국제해사기구(IMO)에서 우리 정부가 추진해야 할 가장 중요한 활동은 무엇이라고 생각하시나요? 중요하다고 생각하는 3가지를 선택하여 중요도 순으로 1~3 순위를 표시하고, 선택한 항목에 대해서 이유를 작성해 주세요.

	순위	이유
국제 해운규제 정보 공유		
규제 대응을 위한 가이드라인 제공		
유사 입장 국가들과의 공동 대응체계 구축		
국내 해운사의 저감기술 적용 사례 공유		
규제 이행 과정의 현실적 어려움 공유		
기타( )		

Q2-4. 추가적으로 귀사에서 겪고 있는 어려움이나 필요한 지원사항을 자유롭게 기재해 주세요.

답변:

■ 응답해 주셔서 대단히 감사합니다 ■



일반사업 2025-02

## 북극해 블랙카본 규제 전망 및 대응 방안 조사

---

인쇄 2025년 10월 28일

발행 2025년 10월 31일

발행인 조정희

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 애드원플러스 (070-4390-3850)

---

비매품