일반사업 2023-02

북극권 친환경 선박 협력 방안 연구
: ASTD 기반 북극해 선박 분석을 중심으로

A Study on cooperation ways for green vessels in Arctic
: Focusing on the analysis of vessels in Arctic based on ASTD

김엄지 · 유지원 · 정다현 · 이우진 · 장은진

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	**김엄지, 유지원, 정다현, 이우진, 장은진**
내부연구진	연구책임자 김엄지 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 전문연구원 공동연구원 유지원 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 연구원 공동연구원 정다현 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 연구원 공동연구원 이우진 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 실습생 · 부산대학교 경제학과 공동연구원 장은진 한국해양수산개발원 북방·극지전략연구실 실습생 · 동서대학교 국제물류학과

연구기간	2023. 1. 1. ~ 2023. 12. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	김엄지 연구총괄, 제1장, 제2장 제4절, 제5절, 제6절, 제3장 제3절, 제4장 제1절 일부, 제2절, 제5절
내부연구진	유지원 제3장 제1절, 제3절 정다현 제3장 제2절 이우진 제2장 제1절, 제2절, 제3절, 제7절, 제8절 장은진 제4장 제1절 일부

목차

01 **서론 _1**

제1절 연구 배경 및 필요성 1

제2절 선행연구 검토 및 차별성 4

1. 북극과 친환경 에너지 4
2. 북극과 녹색해운 11

제3절 연구 방법 15

1. 문헌조사 15
2. 통계자료 분석 16
3. 전문가 자문 17

02 **북극권 국가의 친환경 선박 기술 현황 _19**

제1절 미국 21

제2절 덴마크 24

제3절 노르웨이 26

제4절 러시아 29

제5절 아이슬란드 31

제6절 핀란드 33

제7절 캐나다 35

제8절 스웨덴 37

제9절 소결 39

03 **북극권 친환경 선박 동향과 필요성 분석 _41**

제1절 친환경 선박 관련 북극이사회 워킹그룹 프로젝트 41

1. 북극이사회 워킹그룹 및 워킹그룹 사업 개괄 44
2. 북극이사회 워킹그룹 친환경 에너지 선박 기술 사업 연계

가능 프로젝트 도출 48

제2절 ASTD 기반 북극항로 운항 선박 유형 분석 63
1. 오염물질을 배출하는 선박 유형 분석 64
2. 세부 경로별 선박 유형 분석 71

제3절 북극 원주민 대상 인터뷰 조사 결과 87

04 한-북극권 국가 협력 방안 도출 _93

제1절 우리나라 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황 93
1. 공공기관 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황 93
2. 국내 기업 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황 105
3. 지자체 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황 115

제2절 한-북극권 전기 선박 분야 협력 모델 제안 121
1. 다자협력 모델 121
2. 양자협력 모델 125

05 결론 및 정책제언 _131

제1절 결론 131

제2절 정책제언 133
1. (국제) 소형전기어선 기술개발을 위한 국제 R&D 지원 133
2. (국제) 소형전기어선 기술의 국제표준화를 위한 한-북극권 산·학·연 이해관계자 간 국제협력 체계 구축 136
3. (국내) 낙후된 어선의 소형전기선박 전환 사업 추진 138
4. (국내) 북극해운정보센터 구축 및 운영 140

참고문헌 _143

표 목차

〈표 1-1〉 북극·친환경 에너지 주제의 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성 ····· 8
〈표 1-2〉 북극·녹색해운 주제의 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성 ····· 13
〈표 2-1〉 아이슬란드 소형전기어선 개발 사업에 적용된 전기추진시스템 특징 ····· 33
〈표 2-2〉 북극권 국가 전략 생산 구도 및 친환경 선박 종류 ····· 40
〈표 3-1〉 북극이사회 워킹그룹 개요 ····· 45
〈표 3-2〉 우리나라 북극이사회 워킹그룹 사업 참여 연혁 ····· 50
〈표 3-3〉 ACAP 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록 ····· 51
〈표 3-4〉 AMAP 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록 ····· 53
〈표 3-5〉 PAME 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록 ····· 57
〈표 3-6〉 선박 유형별 일산화탄소(CO) 배출량 순위 ····· 64
〈표 3-7〉 선박 유형별 이산화탄소(CO2) 배출량 순위 ····· 66
〈표 3-8〉 선박 유형별 질소산화물(NOx) 배출량 순위 ····· 67
〈표 3-9〉 선박 유형별 이산화황(SO2) 배출량 순위 ····· 69
〈표 3-10〉 36 – Delelinjen 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 72
〈표 3-11〉 Bear Island – Spitsbergen 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 74
〈표 3-12〉 Davies Strait north of Illulisat 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 75
〈표 3-13〉 Davies Strait Nuuk and Illulisat 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ···· 77
〈표 3-14〉 Iceland – Faroe Islands 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 78
〈표 3-15〉 Iceland – Greenland 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 80
〈표 3-16〉 Kara Port – Yugorski Shar strait 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ··· 81
〈표 3-17〉 Murmansk Inlet 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 83
〈표 3-18〉 North Cape – Bear Island 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 84
〈표 3-19〉 Spitsbergen North 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위 ····· 86
〈표 3-20〉 설문지 배포 북극 원주민 목록 ····· 89
〈표 4-1〉 2020~2022 아이슬란드 어선 척수 현황 ····· 126
〈표 4-2〉 아이슬란드 친환경 선박 관련 지원 정책 ····· 127
〈표 5-1〉 국제 R&D 지원 사업 로드맵 ····· 135
〈표 5-2〉 국제표준화를 위한 지원체계 구축 ····· 137
〈표 5-3〉 낙후된 어선의 소형전기선박 전환 사업 추진 ····· 140

그림 목차

〈그림 1-1〉 ASTD 예시 ····· 16
〈그림 2-1〉 Amogy사가 공개한 암모니아 추진 선박 예상 일러스트레이션 ····· 22
〈그림 2-2〉 SWITCH사의 수소 연료 전지 페리, Sea Change ····· 23
〈그림 2-3〉 재생에너지로부터 그린 암모니아를 생산하고 선박에 적용하는 모형 ····· 25
〈그림 2-4〉 로라 머스크호 ····· 26
〈그림 2-5〉 노르레드의 액체 수소 선박 MF 히드라 ····· 28
〈그림 2-6〉 러시아 전기 여객선 ····· 29
〈그림 2-7〉 시트로닉스의 수소 기반 선박 ····· 30
〈그림 2-8〉 아이슬란드 소형전기어선 ····· 32
〈그림 2-9〉 메리아우라 암모니아 추진선 ····· 35
〈그림 2-10〉 AKA Energy System에서 공개한 Hybrid 1 ····· 37
〈그림 2-11〉 SeaFjord Energy의 E-벙커선박 ····· 38
〈그림 3-1〉 북극이사회 구성도 ····· 42
〈그림 3-2〉 ASTD의 구간 표시 및 선박 수 예시 ····· 63
〈그림 3-3〉 36 – Delelinjen 구간 선박 유형 분석 ····· 72
〈그림 3-4〉 Bear Island – Spitsbergen 구간 선박 유형 분석 ····· 73
〈그림 3-5〉 Davies Strait north of Illulisat 구간 선박 유형 분석 ····· 75
〈그림 3-6〉 Davies Strait Nuuk and Illulisat 구간 선박 유형 분석 ····· 76
〈그림 3-7〉 Iceland – Faroe Islands 구간 선박 유형 분석 ····· 78
〈그림 3-8〉 Iceland – Greenland 구간 선박 유형 분석 ····· 79
〈그림 3-9〉 Kara Port – Yugorski Shar strait 구간 선박 유형 분석 ····· 81
〈그림 3-10〉 Murmansk Inlet 구간 선박 유형 분석 ····· 82
〈그림 3-11〉 North Cape – Bear Island 구간 선박 유형 분석 ····· 84
〈그림 3-12〉 Spitsbergen North 구간 선박 유형 분석 ····· 85
〈그림 3-13〉 Sea Zero 프로젝트를 통한 친환경 선박 모델 예상도 ····· 91
〈그림 4-1〉 전기복합(하이브리드)추진 어선 개발 ····· 95
〈그림 4-2〉 친환경 및 미래선박 기술 개발 ····· 96
〈그림 4-3〉 한국조선해양기자재연구원 전기 부품 시험 ····· 97
〈그림 4-4〉 카이스트 전기구동시스템 핵심기술 ····· 98
〈그림 4-5〉 순수전기추진 차도선 실시 예시 도면 ····· 99

〈그림 4-6〉 자가 이동형 대용량 전원공급장치 모습 ····· 104
〈그림 4-7〉 빈센 전기 기반 소형 선박(레저용, 여객용) ····· 106
〈그림 4-8〉 한화에어로스페이스 친환경 선박 시스템 ····· 107
〈그림 4-9〉 세호마린솔루션즈 수소 기반 선박 ····· 108
〈그림 4-10〉 대해선박기술 친환경 선박 개발 프로젝트 ····· 109
〈그림 4-11〉 마스터볼트 전기 선박 개발 프로젝트 ····· 110
〈그림 4-12〉 일렉트린 전기 배터리 시스템 ····· 111
〈그림 4-13〉 유신HR 전기 선박 시스템 ····· 112
〈그림 4-14〉 스탠다드에너지의 바나듐 이온 배터리 모습 ····· 113
〈그림 4-15〉 완전 전기 동력 시스템 모습 ····· 114
〈그림 4-16〉 포항 배터리 산업 클러스터 ····· 115
〈그림 4-17〉 에코프로 포항캠퍼스 ····· 116
〈그림 4-18〉 어선용 탄소중립 K-Battery 산업파크 ····· 117
〈그림 4-19〉 제주시 탐라해상풍력단지 ····· 118
〈그림 4-20〉 제주도청의 친환경선박 도시 구축 사업 ····· 119
〈그림 4-21〉 한국 북극 협력 네트워크(KoNAC) 추진 체계 ····· 122
〈그림 4-22〉 어선 노후화 비율 및 사고 건수 ····· 125
〈그림 4-23〉 한-아이슬란드 협력 모델 ····· 129
〈그림 5-1〉 한-아이슬란드 국제공동연구개발 컨소시엄(예시) ····· 134
〈그림 5-2〉 북극항로 데이터 흐름(예시) ····· 141

01
서론

제1절 연구 배경 및 필요성

코로나 팬데믹, 러시아-우크라이나 전쟁, 미국-중국 무역분쟁, 이스라엘-팔레스타인 전쟁 등으로 인해 글로벌 공급망의 불안정 현상이 심화되었다. 이러한 상황에 대응하기 위한 방안 중 하나로 '북극항로' 이용이 제안되었다. 물론, 현재 북극항로는 러시아 연안을 따라 연결된 북동항로를 중점으로 활성화되었기 때문에 러·우전쟁의 직접적인 영향을 받고 있다. 그러나, 북동항로의 물동량이 큰 폭으로 감소할 것이라는 국제사회의 예상과는 달리 2022년 연말까지의 북동항로 물동량은 2021년 동기 대비 약 2.7% 감소했다. 북동항로(NSR)의 국제통과화물량은 최근 5년간 약 3.5배 증가('17년 993만 톤→'21년 3,485만 톤)하였고, '22년 3,400만 톤을 기록했다. 러시아 국영 원자력 발전기업 로사톰(Rosatom)을 비롯하여 러시아 정부는 러·우전쟁으로 북극항로 개발 속도가 늦춰졌을 뿐, 물동량은 지속적으로 증가할 것이라고 예상했다. 러시아 정부의 북극항로인프라개발계획에 따르면, 2024년 8,000만 톤, 2030년에는 1억 1,000~1억 3,000만 톤까지 증가시키는 것이 목표이다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해 러시아 예브투호브 산업통상부 차관은 북극항로의 운송량 증가를 위해 강력한 쇄빙

선 선단을 만드는 것이 필요하다고 설명했다. 프로젝트 22220의 일환으로 원자력 추진 선박 9척, 디젤 전기 선박인 프로젝트 '리더(Leader)'로부터 1척, 디젤 전기 선박 로스네프티예프스키(Rosneftevsky) 4척을 포함한 총 14척으로 구성할 것이라는 계획을 발표했다.[1)]

러시아 리스크가 있는 북동항로 제외하고도, 북극 공해를 통한 북극항로 이용 가능성이 존재한다. 향후 북극 공해의 얼음이 녹아, 선박이 통항할 수 있는 여건이 조성된다면, 러시아의 승인 없이도 북극항로를 이용할 수 있기 때문이다. 따라서, 북극권 국가 역시 친환경 정책 기조를 강화하고 있는 동시에 북극항로 상용화 시대에 대비하고 있다. 즉, 북극을 친환경적이고, 지속가능한 방안으로 활용하고자 고민하고 있다. 예를 들어, 노르웨이, 덴마크 등은 북극해 연안에서 운항되는 선박을 암모니아, 수소 등 친환경 연료 기반 선박으로 전환하는 사업을 추진하고 있다. 노르웨이의 경우, 2022년 말부터 노르웨이 남부와 북부를 연결하는 주요 고속도로인 유럽 고속도로 E6의 페리 연결항로인 Bognes-Skarberget 구간에서 전기 배터리 추진 페리가 운항되고 있다. 아이슬란드의 그라나플(Graenafl)사(社)는 소형 연안 어선을 대상으로 한 그린 연료 기반 순수 전기어선을 개발한 바 있다.

이에 국제해사기구(IMO)는 2021년 북극을 지나는 선박의 중유(HFO) 운송 및 사용 금지안을 채택했다. 그뿐만 아니라, IMO는 2023년부터 총 톤수 400톤 이상의 선박임과 동시에 국제 항해를 진행하는 선박은 선박에너지효율지수(EEXI, Energy Efficiency Exisiting ship Index)와 탄소집약도지수(CII) 기준치를 준수해야 한다고 발표하는 등 장기적으로는 2030년 및 그 이후 기간 탄소배출이 제로에 수렴하는 연료를 개발할 필요성에 대해 강조하고 있다. 이러한 규제는 북극 원주민의 생업인 어업에 직접적으로 영향을 미칠 수 있다. 현재 북극 원주민이 사용하고 있는 어선의 경

1) https://morvesti.ru/news/1679/103263/(검색일: 2023.06.18.)

우, 낙후화 문제가 심각하기 때문이다. 즉, 일반 해양뿐만 아니라 북극해 또한 더욱 강력한 선박 규제가 적용될 가능성이 높음에 따라, 북극 환경에 맞는 친환경 에너지 추진 선박 건조 기술 개발 필요성이 증대하고 있다.

우리나라 어선의 경우, 낙후화 문제가 심각하여, 새로운 선박으로 전환해야할 시점이다. 새로운 선박으로 하이브리드 선박을 개발하고 있으나, 전기 배터리와 호환되는 시스템, 장비 개발 등과 관련하여 국내외 협력이 필요한 실정이다. 그뿐만 아니라, 하이브리드 선박 관련 충전 장치 등 인프라를 구축 및 확충하고, 이와 관련한 법·제도를 정비할 필요가 있다. 따라서, 우리나라보다 앞서 상용화하기 시작한 북극권 국가의 친환경 선박의 운영 제도, 지원 체계, 인프라 구축 등과 관련한 노하우를 습득할 필요가 있다.

따라서, 본 보고서는 북극항로 운항이 가능한 친환경 선박 개발에 우리나라가 기여할 수 있는 사업을 제안하고자 한다. 특히, 본 보고서에서 제시된 협력사업은 범부처 극지 전략 및 계획의 실질적 추진을 위한 북극권 국가와의 구체적인 협력 모델로서, 극지 경제활동, 국제협력, 과학연구, 인력양성 등 전 분야에 대한 최초의 법정 기본계획인「제1차 극지활동 진흥 기본계획('22.11.선포)」내 산업분야 과제와의 연계가 가능하다. 또한, 기본계획 세부사업인 △북극권 특화 친환경·디지털·자율운항 조선·선박 기술 개발, △8개 북극권 국가와의 맞춤형 양자협력사업(Arctic 8) 등 이행을 위한 기초 자료로서 제공할 수 있다. 그뿐만 아니라, 현 정부의 국정과제 40번 세계를 선도하는 해상교통물류체계 구축의 미래선박 시장 주도를 실현하기 위한 기초연구로서 제안 가능하다. 그 밖에도, 한국해양수산개발원의 경영목표 [Ⅰ-3-②] 데이터 기반 정책 의사결정 지원 강화의 데이터 분석을 통한 정책의사결정 지원, [Ⅱ-2-②] 글로벌 공급망 혁신생태계 구상의 글로벌 공급망 리스크 대응 강화, [Ⅱ-3-①] 해양기반 지역경제 성장동력 발굴의 연안지역 상생협력 기반 조성, [Ⅲ-1-①] 글로벌 해양수산 협력 체계 구축의 MOU 등 글로벌 연구협력망 확충 등과 같은 성과과제 실현을 위한 기

초자료로 제공하고자 한다. 마지막으로, 북극이사회 워킹그룹별 전문가 그룹인 KoNAC(한국북극협력네트워크, Korean Network for the Arctic Cooperation)*와 북극이사회의 신규 협력사업 어젠다로 제안할 수 있다.

제2절 선행연구 검토 및 차별성

북극에서의 친환경 에너지, 에너지 전환, 그린 해운 등에 대한 논의는 최근 활발히 이루어지고 있다. 이는 러-우 전쟁으로 인한 에너지 안보에 대한 중요성과 기후 위기 대응에 대한 시급성이 부각되고 있기 때문이다. 따라서, 본 보고서는 북극에서의 친환경 에너지와 그린 해운에 대한 선행연구를 분석하고자 한다.

1. 북극과 친환경 에너지

Gassiy(2020)은 북극의 재생에너지와 에너지 소비 및 주택 개발 등에 관한 데이트를 활용하여 북극 건설 분야의 동향을 평가했으며, 그린 기술을 활용하는 방안은 수익성을 보장하고, 장기적으로 지속가능하다는 점을 강조했다.[2] Zoe Garbis etc(2023)의 연구에 따르면, 스웨덴을 그린 산업의 육성을 위해 탄소중립 강철 제조, 배터리 생산, 데이터 센터 설치 등 메가 프로젝트를 추진하고 있다. 또한 어떤 이해관계자가 북극 환경에 대한 의제를 부과할 수 있는지, 갈등과 협력이 필요한 이슈를 분석했다. 특히,

2) Gassiy, Violetta, and Vasiliy Stoikov. "Renewable energy and green construction in the Arctic." E3S Web of Conferences. Vol. 207. EDP Sciences, 2020.

기존 프로젝트는 경제발전과 전통간 균형을 찾는 것이 쉽지 않았으나, 그린 프로젝트의 경우, 사미족과의 협력체계 및 지속가능성을 보장할 수 있다고 주장했다.[3] Tishkov, Sergey, et al.(2022)는 재생에너지의 역할을 분석하고, 친환경적 활동을 결정하는 요인을 분석했다.[4] McCauley, Darren, et al.는 에너지 전환에 있어서 리더십을 발휘할 가능성이 높은 국가를 분석했다. 북극이사회 회원국과 옵서버 국가의 분배, 절차 및 회복 정의(DeePeR)의 에너지 및 형평성을 평가하는 모델을 기반으로 정량적 분석을 수행했다. 그 결과, 아이슬란드, 핀란드, 덴마크가 상위 3위를 차지했다.[5] Degtyaryova, E. V(2022)는 북극의 경제발전을 위해서는 기존의 전통적인 방식에서 벗어나 새로운 방안과 자원을 모색해야 한다고 주장한다. 또한, 북극의 합리적인 발전을 위해서 '녹색' 경제가 고려되어야 하며, 녹색 산업에 실질적 투자를 할 경우, 환경에 대한 위험을 감소시킬 수 있으며, 생태계를 보존하고, 북극지역의 새로운 에너지 전략 등을 지원할 수 있다고 설명했다.[6] Kukkonen, Henna, Reeta Sipola, and Tuuli Nivala(2022)[7]은 보고서에서 북극에서의 그린 전환에 대한 경험을 공유하고, 중유를 대체할 수 있는 대체연료 개발, 바이오메스에 기반한 에너지 생산 분산화, 북극 원주민과의 협력 관계 구축, 블루 에코노미의 가능성 등에 대해 분석했다. Potravnyi I.M. et. al.(2020)은 러시아 북극 지역의 지속

3) Garbis, Zoe, et al. "Governing the green economy in the Arctic." Climatic Change 176.4 (2023): 33.
4) Tishkov, Sergey, et al. "Citizens' Behavior as a Driver of Energy Transition and Greening of the Economy in the Russian Arctic: Findings of a Sociological Survey in the Murmansk Region and Karelia." Applied Sciences 12.3 (2022): 1460.
5) McCauley, Darren, et al. "Which states will lead a just transition for the Arctic? A DeePeR analysis of global data on Arctic states and formal observer states." Global Environmental Change 73 (2022): 102480.
6) Degtyaryova, E. V., and G. E. Leyman. "The Role of Green Economy in Strategic Socio-Economic Development of the Arctic Zone." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 539. No. 1. IOP Publishing, 2020.
7) Kukkonen, Henna, Reeta Sipola, and Tuuli Nivala. "Green Rural Economy: Promoting Green Transition in the Rural Arctic." (2022).

가능한 발전을 위해서는 안정적인 에너지 공급이 필요하며, 환경피해를 최소화할 수 있는 재생 에너지를 활용할 가능성이 크다고 주장했다. 또한, 재생에너지 활용을 위해서는 민관협력 플랫폼을 구축할 필요가 있다고 설명했다.[8] Mikhail Dvoynikov et. al.(2021)은 북극지역의 석유 및 가스 생산 프로젝트를 다시 검토하고, 탄소 배출량을 감축하기 위해 Gas-To-Chem 솔루션을 제시하고 있다. 즉, 천연가스를 활용하여 수소와 암모니아를 생산하여 자원을 활용하되, 탄소 배출량을 감축하고자 한다.[9] M. O. Morgunova et. al. (2020)은 북극지역에서는 에너지 수요가 증가하고 있으나, 공급의 경우, 분산된 방식으로 공급되고 있다는 문제점을 제시했다. 이제 재생 에너지 인프라를 설치하여, 러시아 북극지역의 소비자 요구를 충족할 수 있다고 제안하고 있다.[10] Viktoriia Brazovskaia et. al.(2021)은 탈탄소화 정책 등 지속가능발전 개념을 적극적으로 이행하고 있는 15개국의 데이터를 계량경제학적으로 분석한 결과, SDGs 달성 지표는 CO2 배출량이었다. 즉, 재생에너지가 차지하는 비중, 1인당 평균 소득, 탄소집약도, 전력소비량 등은 지속가능발전목표 달성에 기여하는 요소라는 결론을 도출했다. 이러한 결과는 북극지역에서도 적용됨에 따라 재생에너지를 활성화해야 한다고 주장한다.[11] De Witt, Magnus et. al.(2019)는 북극지역 중 접근이 어려운 지역의 경우, 디젤이 차지하는 비율이 80%이며, 이는 에너지 안보 및 환경의 부정적인 영향을 미치고 있다고 설명했다.

8) Potravnyi I.M., Yashalova N.N., Boroukhin D.S., Tolstoukhova M.P, “The Usage of Renewable Energy Sources in the Arctic: The Role of Public-Private Partnership.” Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, Vol. 13, No. 1, 2020.

9) Dvoynikov, Mikhail, et al. "New concepts of hydrogen production and storage in Arctic region." Resources 10.1 (2021): 3.

10) Morgunova, M. O., et al. "Renewable energy in the Russian Arctic: Environmental challenges, opportunities and risks." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1565. No. 1. IOP Publishing, 2020.

11) Brazovskaia, Viktoriia, Svetlana Gutman, and Andrey Zaytsev. "Potential impact of renewable energy on the sustainable development of Russian Arctic territories." Energies 14.12 (2021): 3691.

접근이 어려운 지역일수록 독립적인 에너지원이 필요하며, 석유는 공급이 불안함에 따라 재생에너지를 활성화할 것을 제안했다.[12] Tishkov, S. et.al.(2020)은 전력망이 구축되지 않은 지역일수록 재생에너지가 지역의 사회경제적 안보에 중요한 역할을 할 수 있다고 설명했다.[13] R.N. Shulga et. al.(2020)은 L수소 혹은 저전력핵전력(Low-power nuclear plants, LPNPPs)은 에너지 저장에 가장 효율적이고, 친환경적인 방안으로서 타 에너지 대비 인프라 및 적용 절차가 단순하고, 설치 비용이 낮다는 장점을 갖고 있다고 설명했다. 대규모 인프라를 설치해야 하는 경우, 건설 자재 확보, 인력 공급, 물류 등이 안정적이지 않기 때문이다.[14]

선행연구를 검토한 결과, 두 가지 시사점을 도출할 수 있다. 첫째, 북극에서의 대체에너지로 주로 재생에너지가 제안되었다. 그러나, 재생에너지 중 태양열에너지의 경우, 해가 뜨지 않는 겨울에 활용하기 어렵다는 단점을 갖고 있다. 재생에너지는 한 구역에서 전력을 생산하기 때문에 자동차, 선박 등 이동수단에 바로 적용하기 어렵다는 단점 또한 갖고 있다. 즉, 재생에너지에서 생산한 전력을 연료전지에 저장한다면, 이동수단에 적용할 수 있다.

또한, 선행연구에서 제안된 가스를 기반으로 수소 및 암모니아를 생산하는 방안은 그레이 에너지에 해당됨에 따라, 완전 친환경 에너지로 간주하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 재생에너지, 암모니아, 가스, 메탄올 기반 연료전지 활용 모델을 제안하고자 한다.

12) De Witt, Magnus, Hlynur Stefansson, and Ágúst Valfells. "Energy security in the Arctic: Policies and technologies for integration of renewable energy." Arctic Yearbook—Redefining Arctic Security (2019): 189-196.
13) Tishkov, Sergey, et al. "Assessment the role of renewable energy in socio-economic development of rural and Arctic regions." Entrepreneurship and Sustainability Issues Vol.
14) Shulga, R. N., A. Y. Petrov, and I. V. Putilova. "The Arctic: Ecology and hydrogen energy." International Journal of Hydrogen Energy 45.11 (2020): 7185-7198.

〈표 1-1〉 북극·친환경 에너지 주제의 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성

구분	연구 방법	주요 연구 내용
Renewable energy and green construction in the Arctic(Gassiy, Violetta, and Vasiliy Stoikov, E3S Web of Conferences, 2020)	• 문헌조사	• 신기술 및 새로운 에너지 발전소 건설을 위한 혁신적 플랫폼으로서 북극을 조망 • 러시아 북극지역에서의 신재생 에너지를 활용하는 건물의 면적 및 러시아 북극의 에너지원 등을 분석
Governing the green economy in the Arctic(Garbis, Zoe, et al., Climate Change, 2023)	• 문헌조사	• 북극권 국가 중 하나인 스웨덴 북부의 룰레오(Luleå) 지역을 중심으로 산업 프로젝트 사례 분석 및 이를 통한 북부 지역 온실가스 배출의 이해관계자 확인 • 북극 지역 거버넌스가 스웨덴 북극 지역 거주 원주민인 사미족(Saami)이 추구하는 방향대로 추진되고 있지 않다는 점을 도출
Citizens' Behavior as a Driver of Energy Transition and Greening of the Economy in the Russian Arctic: Findings of a Sociological Survey in the Murmansk Region and Karelia(Tishkov, Sergey, et al., Applied Sciences, 2022)	• 문헌조사 • SPSS 통계 분석	• 기존 선행연구를 통한 '사회-자연' 상호작용 이론을 활용하여 2020년 여름 무르만스크 및 카렐리아 공화국 지역 주민 일부 대상 설문조사 진행 및 조사 결과를 사용하여 회귀분석 실시 • 인구적 특성과 환경적 특징을 매개변수로 하여, △거주지역, △연령, △성별, △교육수준별 북극 주민들의 환경문제 관심도를 측정
Which states will lead a just transition for the Arctic? A DeePeR analysis of global data on Arctic states and formal observer states(McCauley, Darren, et al., Global Environmental Change, 2022)	• 문헌조사	• 에너지 전환 담론에 자주 회자되는 '공정전환(Just Transition)' 관점을 북극지역에 최초로 적용 • 국가별 △화석연료 에너지 의존도와 이에 대한 국가 재정 의존도, △CO2 배출량과 기후변화 조치의 정도, △재생 가능 전력을 활용하는 일자리 순위와 재생 가능 전력 생산량 등을 도출
The Role of Green Economy in Strategic Socio-Economic Development of the Arctic Zone(Degtyaryova, E. V., and G. E. Leyman., IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020)	• 문헌조사	• 북극지역, 특히 러시아 북극지역 자원확보를 위한 사업 역사를 요약하여, 잠재적 탄화수소 매장 자원의 고갈 및 지속가능한 북극 개발을 위한 러시아 북극의 녹색경제 실현 강조 • 러시아 연방차원에서의 환경 법규 및 새로운 환경 규제 마련, 탄소중립을 위한 녹색산업 투자자들에 대한 인센티브 등 북극 녹색경제 이룩을 위한 해결책 제안

구분	연구 방법	주요 연구 내용
Green Rural Economy: Promoting Green Transition in the Rural Arctic(Kukkonen, Henna, Reeta Sipola, and Tuuli Nivala, 2022)	• 문헌조사 • 사례연구	• 북극권 지역의 △바이오매스 프로젝트, △대형 차량을 위한 대체연료, △가축 농장 등을 통해 발생되는 바이오가스의 활용 등 북극 녹색 전환에 기여한 사례 분석 • 성공 사례 및 성과를 확산하기 위한 이해관계자들과의 미팅은 물론, △워크숍, △교육, △네트워킹 컨퍼런스 등 개최 결과 제시
The Usage of Renewable Energy Sources in the Arctic: The Role of Public-Private Partnership(Potravnyi I.M., Yashalova N.N., Boroukhin D.S., Tolstoukhova M.P, Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 2020)	• 문헌조사	• 사하공화국, 무르만스크, 아르한겔스크, 코미 공화국, 네네츠 자치구, 야말로-네네츠 자치구 등 러시아 북극지역에서 추진되는 재생에너지 파일럿 프로젝트 정리 및 북극 러시아 지역에서 재생에너지 활용 시 강점 제시 • 기존의 정부 및 지방 정부 주체로 이루어진 러시아 북극지역 재생에너지 파일럿 프로젝트로의 민간분야 참여 제고를 위한 투자 유치 방안 제안
New concepts of hydrogen production and storage in Arctic region(Dvoynikov, Mikhail, et al., Resources, 2021)	• 문헌조사 • 모델적용	• 북극지역에서의 수소 생산, 저장, 운송을 위해 △암모니아, △메탄, △사이클로헥산, △수소화물 등 분해·활용 방법 제안 • 상트페테르부르크 광업대학에서 개발한 'Gas-to-Chem' 개념을 활용하여, 북극에서의 유전·가스전에서의 탄화수소 채굴 과정에서의 청색 수소 생산·운송 방법 제시
Renewable energy in the Russian Arctic: Environmental challenges, opportunities and risks(Morgunova, M. O., et al., Journal of Physics: Conference Series, 2020)	• 문헌조사	• 러시아 본토로부터 이격된 에너지 발전 시스템을 가진 러시아 북극권에서의 재생가능에너지 분야 개발 SWOT분석을 진행하고, 기회와 위험 요인 제시 • 러시아 북극지역의 재생가능에너지 발전을 위한 기후변화 등의 환경 이슈 분석
Potential impact of renewable energy on the sustainable development of Russian Arctic territories(Brazovskaia, Viktoriia, Svetlana Gutman, and Andrey Zaytsev,	• 문헌조사 • 계량경제모형개발	• UN의 지속가능발전목표(SDGs)에 따라 지속가능한 개발 및 기후변화 문제 해결이라는 맥락에서 북극에서의 재생에너지 개발 필요성 제시 • 북극권 내에서의 재생에너지 발전 비율이 증가하면 CO2 배출량이 감소한다는 전제하에, 북극권에서의 △전기 소비량, △화

구분	연구 방법	주요 연구 내용
Energies, 2021)		석연료 소비량, △북극권 국가 도시화 수준, △에너지 소비량 등과 CO2 배출량간의 연관성을 파악할 수 있는 계량경제모형 개발
Energy security in the Arctic: Policies and technologies for integration of renewable energy(De Witt, Magnus, Hlynur Stefansson, and Ágúst Valfells, Arctic Yearbook—Redefining Arctic Security, 2019)	• 문헌조사 • 비교분석	• 기존 디젤을 활용한 북극 에너지 발전 시스템에서, 북극권 에너지 안보 강화를 위해 △수력, △풍력, △태양광 등의 재생에너지 활용으로의 전환 필요성 제안 • 알래스카, 캐나다, 그린란드 등 북극권 국가 간 에너지 정책 비교 분석
Assessment the role of renewable energy in socio-economic development of rural and Arctic regions(Tishkov, Sergey, et al., Entrepreneurship and Sustainability Issues, 2020)	• 문헌조사	• 전통적인 화석에너지에서 재생에너지로의 전환이 북극지역 사회경제적 안보에 미치는 영향 및 북극으로의 재생에너지 적용 가능성 분석 • 러시아 북부 농촌지역을 중심으로 러시아 북극권 재생에너지 시장 성장 잠재력 추정
The Arctic: Ecology and hydrogen energy(Shulga, R. N., A. Y. Petrov, and I. V. Putilova, International Journal of Hydrogen Energy, 2020)	• 문헌조사	• 북극 내 에너지 공급 측면에서 사회·환경적, 기후 및 빙하학적 접근의 필요성 분석 • 수소 및 저전력 원자력 발전소 기술 등을 기반으로 제안된 다기능 에너지 복합단지(Multifunctional Energy Complex, MEC) 모델의 활용 가능성 제시
본 연구	• 문헌조사 • 통계자료 분석 • 전문가 자문	• 태양열 에너지를 비롯한 재생에너지나, 가스 기반 수소 및 암모니아 생산 에너지 등은 북극의 환경 요건에 영향을 받거나 에너지의 친환경 정도가 매우 낮은 편에 속하므로, 완전 친환경 에너지로 분류되는 '전기 배터리' 활용 협력 모델 제안 • 북극 에너지의 녹색전환을 에너지 안보차원이 아닌 해운 및 산업적 측면에서 접근

자료: KMI 작성

둘째, 다수의 선행연구가 북극지역의 에너지 안보 차원에서 접근하고 있다. 즉, 친환경 에너지를 어떻게, 어떤 방식으로 적용할 것인지, 북극지역의 어떤 분야에 적용할 수 있는지 구체적인 모델을 제시하기보다 북극 사

회경제적인 측면에서 재생에너지의 적용 필요성에 초점을 두고 있다. 따라서, 본 연구에서는 북극의 해운·산업에 친환경 에너지, 특히 전기배터리의 필요성과 협력 모델을 제안하고자 한다.

2. 북극과 녹색해운

Teslya et. al.(2020)은 북극항로의 지속가능한 개발의 일환으로 북극항만의 친환경화 가능성을 분석하고, 지속가능성, 이해관계자, 기업가 정식, 인력, 재정 등 5가지를 기준으로 주요 항만 인프라와 비교 분석을 실시했다. 분석 결과, 구성 요소 간 인과관계가 발견되었으며, 지속 가능성 구성 요소에 대한 핵심 성과 지표를 제안했다.[15] Wang, Zhaojun et. al.(2021)은 오히려 북극항로의 활용도가 높아질수록 GHG 배출량이 감소하는 것으로 나타났으며, CO2 배출량은 24% 감소했다고 주장했다.[16] Zhang, Qiang, et al.(2019)는 북극 해운에서의 블랙카본 배출량 감소를 위해 새로운 기술과 솔루션의 필요성을 강조함과 동시에, 실증연구가 필요하며, 선박의 연료를 중유에서 증류유로 전환할 필요가 있다고 설명했다. 또한, 어업 관행과 어구를 개선하기 위해 친환경 어선을 도입해야하며, 북극 해운을 관리하기 위한 글로벌 협력이 필요하다고 주장했다.[17] Chen, Qiong, et al.(2022)는 북극지역 선박의 분포와 활동을 조사하고, 배출량을 추적하기 위해 AIS(자동식별시스템) 데이터를 기반으로 분석했다. 배출

15) Teslya, A., and S. Gutman. "Forming and developing a green transport corridor in the Arctic." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 434. No. 1. IOP Publishing, 2020.

16) Wang, Zhaojun, Jordan A. Silberman, and James J. Corbett. "Container vessels diversion pattern to trans-Arctic shipping routes and GHG emission abatement potential." Maritime Policy & Management 48.4 (2021): 543-562.

17) Zhang, Qiang, et al. "Reducing black carbon emissions from Arctic shipping: Solutions and policy implications." Journal of Cleaner Production 241 (2019): 118261.

량의 80% 이상이 노르웨이해와 바렌츠해에 집중되어 있으며, 북극항로에서 배출되는 오염물질 규모는 상대적으로 낮다는 결과를 도출했다.[18] Jing, Danyue, et al.(2021)은 북극 선박의 CO2 배출량을 예측하기 위해 시스템 역학(SD) 모델을 제안했다. 북극항로 선박의 연료 종류와 선박 속도가 다른 12가지의 시나리오를 설정했고, 그 결과 2050년까지 북극항로의 CO2배출량은 약 550만 톤이 될 것이라고 예측됨에 따라 그린 에너지로 연료를 전환할 필요가 있다고 주장했다.[19] Kondratenko, Aleksander A. et. al.(2023)은 환경 효율성, 비용 효율성, 안전성 등을 고려하여 기존 북극 선박의 설계를 확장할 필요가 있다고 주장했다.[20]

위 선행연구를 분석한 결과, 본 연구와 두 가지 차별성을 설명할 수 있다. 현재 북극지역의 해운업계에서는 이미 북극항로의 가능성보다는 북극항로의 지속가능한 활용 방안에 대해 논의하고 있다. 2023년 5월 북극이사회 의장국이 된 노르웨이가 발표한 전략 중 하나로 '북극에서의 녹색 해운'이 포함되어 있다. 따라서, 첫째, 북극항로의 경제성, 오염물질 배출량 등을 분석한 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나, 북극의 녹색해운을 위한 친환경 선박 개발에 대한 연구가 부족한 실정이다. 일반 해양에서는 현재 암모니아, 전기배터리, 수소, 메탄올 등 다양한 유형의 선박이 개발 및 상용화되고 있으며, 관련 법과 규제에 대한 논의 역시 활발히 진행되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 북극권 국가의 친환경 선박 개발 현황을 조사하고, 우리 조선업의 주요 먹거리였던 북극 LNG선 외 북극시장에서 새로운 유형의 선박에 대한 잠재적인 수요를 파악하고자 한다.

18) Chen, Qiong, et al. "Implications of Arctic shipping emissions for marine environment." Maritime Policy & Management 49.2 (2022): 155-180.
19) Jing, Danyue, et al. "CO2 emission projection for Arctic shipping: A system dynamics approach." Ocean & Coastal Management 205 (2021): 105531.
20) Kondratenko, Aleksander A., Pentti Kujala, and Spyros E. Hirdaris. "Holistic and sustainable design optimization of Arctic ships." Ocean Engineering 275 (2023): 114095.

둘째, 대부분의 선행연구는 컨테이너선, 유조선, LNG선 등 상선을 대상으로 경제성 분석, 오염물질 배출량 등을 분석했으나, 본 연구는 북극항로를 통과하는 모든 유형의 선박 오염물질 배출량을 분석하여, 상위 5위 유형을 도출했다. 어선의 친환경화에 대한 필요성을 언급한 연구가 소수 수행되었으나, 구체적으로 어떤 유형의 친환경 어선으로 제안할 수 있을지, 어떤 방법으로 수행할 수 있을지 등에 대한 내용은 부재하다. 반면, 본 연구에서는 북극원주민의 생업인 전통적인 어업활동을 보존하되, 지속가능한 방안이 전기소형어선 개발 모델의 필요성과 추진 방안을 제안했다.

〈표 1-2〉 북극·녹색해운 주제의 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성

구분	연구 방법	주요 연구 내용
Forming and developing a green transport corridor in the Arctic(Teslya, A., and S. Gutman, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020)	• 문헌조사	• 북극항로 인프라를 포함 러시아 영토에 접한 북극해 운송 인프라 개괄 • △지속가능성, △이해관계자, △기업가정신, △인력, △재정 등 5가지를 기준으로 북극해 항만 인프라를 분석하여, 북극항만의 열악한 인프라 미래 개발 방향을 제시
Container vessels diversion pattern to trans-Arctic shipping routes and GHG emission abatement potential(Wang, Zhaojun, Jordan A. Silberman, and James J. Corbett, Maritime Policy & Management, 2021)	• 문헌조사 • 모델개발	• 로이드 선급협회의 데이터, IPCC에서 발표한 지구온난화지수(GWP: Global Warming Potential)를 활용한 북극 컨테이너 항행시 최소 발생 비용과 GHG(온실가스) 배출량 계산 모델 제안 • 선박 북극항로 활용 시 실질 운송 단축 거리 및 이에 따른 온실가스 배출 저감 효과성 분석
Reducing black carbon emissions from Arctic shipping: Solutions and policy implications(Zhang, Qiang, et al., Journal of Cleaner Production, 2019)	• 문헌조사	• 북극이사회(Arctic Council)의 북극해운 관련 보고서, IMO의 선박에너지효율설계지수(EEDI) 등을 활용하여 북극에서의 블랙카본 배출량을 추정 • 기존 선행연구들을 통해 제안된 블랙카본 배출 저감 솔루션을 활용하여 △선박 설계, △연료 처리, △대체 연료, △선박 개조, △배기가스 등 선박의 건조에서부터 선박 운항에까지 전 단계에서의 선박 배출

구분	연구 방법	주요 연구 내용
		대기오염 물질 감소 방안 제시
Implications of Arctic shipping emissions for marine environment(Chen, Qiong, et al., Maritime Policy & Management, 2022)	• 문헌조사 • 모델개발	• IMO, 한국선급, 일본해사협회, 중국선급협회, 러시아선급협회에서 생산한 2012~2016년 AIS(Automatic Identification System, 선박자동식별장치) 데이터 분석을 통한 북극해 항행 선박 특성 분석 • 북극 선박 오염물질 배출량 추정 모델 제시
CO2 emission projection for Arctic shipping: A system dynamics approach(Jing, Danyue, et al., Ocean & Coastal Management, 2021)	• 문헌조사 • 모델개발	• 북극 항행 선박으로부터의 CO2 배출량 예측 목적의 시스템 역학(System Dynamics, SD) 방법론을 활용한 모델 개발 • 선박 항행 속도는 물론, 연료(△중유(Heavy Fuel Oil, HFO), △ 경유와 중유가 섞인 MDO(Marine Diesel Oil), △ LNG 등) 사용 여부에 따른 CO2 배출 시나리오 12개를 생성하여 CO2 배출량이 가장 높은 선박 9개 유형 도출
Holistic and sustainable design optimization of Arctic ships(Kondratenko, Aleksander A., Pentti Kujala, and Spyros E. Hirdaris, Ocean Engineering, 2023)	• 문헌조사 • 모델개발	• 기존 선행연구를 통해 도출된 모델을 활용하여 △선박 유형, △외부 환경, △인프라 및 시장, △시스템 수준 등 4가지 지표를 활용한 친환경 선박 설계를 위한 핵심성과지표(Key Performance Indicator, KPI) 도출 • 모델 활용을 통해 도출된 최적의 친환경 선박 설계 솔루션을 제시하고 이를 통한 비용 효율성 추정
본 연구	• 문헌조사 • 통계자료 분석 • 전문가 자문	• 북극권 국가의 친환경 선박 개발 현황 조사 및 북극 LNG선 외 새로운 북극 선박 유형에 대한 잠재적 수요 분석 • 북극해 통항 선박 유형별 오염물질 배출량 분석 및 빈도수가 높은 상위 5개 선박 유형 도출을 통해, 북극에서의 어선 친환경화 필요성 도출 및 구체적 친환경 선박 개발 모델 제안

자료: KMI 작성

제3절 연구 방법

제2장에서는 미국, 덴마크, 노르웨이, 러시아, 아이슬란드, 핀란드, 캐나다, 스웨덴 등 북극권 국가의 전기 선박 및 기술 개발 동향을 분석한다. 제3장에서는 북극이사회 워킹그룹별 친환경 에너지 기반 선박 관련 프로젝트를 도출하고 북극 원주민을 대상으로 친환경 선박에 대한 수요를 파악한다. 또한, ASTD를 기반으로 오염물질 및 세부 경로별 선박을 유형별로 파악한다. 제4장에서는 우리나라 전기 선박 기술 개발 현황을 조사하고, 이를 바탕으로 한-북극권 전기선박 분야 협력 모델을 제안하고자 한다. 본 연구를 수행한 방법은 아래와 같다.

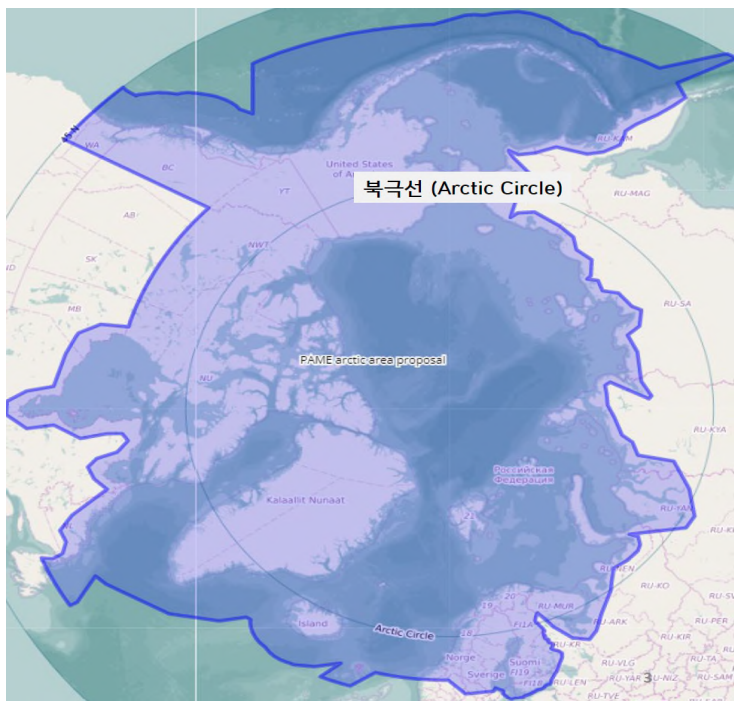
1. 문헌조사

북극권 8개국 친환경 에너지 추진 선박 기술 개발 관련 국가 계획, 시장 최신 동향을 파악하기 위해서 문헌조사를 실시했다. 특히, 북극이사회 및 북극이사회 워킹그룹 진행 사업 관련 보고서, 북극이사회 북극고위관료(SAO) 회의(연중 2회) 및 워킹그룹 회의 결과자료, 워킹그룹별 사업 계획(work plan) 보고서, 북극 원주민 단체 발간 보고서 및 성명(statement) 내용을 파악하고, 분석하여 북극이사회가 추진하고 있는 사업과 연계성을 도출했다.

2. 통계자료 분석

북극이사회 워킹그룹인 PAME(Protection of the Arctic Marine Environment)이 공개하고 있는 ASTD는 2005~2018년 동안의 선박유형, 선박운항패턴, 사용연료, 선박대기배출, 해빙(海氷), 기상, 해양조건, 국제규범 등의 정보를 모아서 제공하는 정보제공 플랫폼이다. ASTD를 활용하여 북극항로 노선별 운항 선박 특징 분석 및 유형화했다. 특히, 2017 ~ 2022년(5개년) 간의 △선박 종류, △선박 배출 물질, △각개 노선에서 특정 선박의 항행 횟수 등의 데이터를 추출했다.

〈그림 1-1〉 ASTD 예시



자료: https://www.switchmaritime.com/projects(검색일: 2023.06.18.)

3. 전문가 자문

해양수산부, 포항시, 제주도청, 제주테크노파크, 한국해양교통안전공단(KOMSA), 중소조선연구원(RIMS), 한국조선해양기자재연구원(KOMERI) 등 정부협의회를 통해 우리나라 친환경 선박 개발 현황 및 북극권 진출 가능성 등을 논의했다.

또한, 2023년 5월 친환경 소형 선박 협력 사업 설명회, 2023년 9월 친환경 소형 선박 관련 기업 설명회, 기업 간담회, 2023년 10월 친환경 에너지 협력 세미나 등을 통해 국내 전기어선개발 관련 업체 소속 전문가를 대상으로 국내 시장 현황 및 기술 개발 현황을 파악했으며, 한-북극권 협력 모델 제안에 대한 자문회의를 개최했다. 그 밖에도 극지기술연구회, 북극항로 전망 세미나 등을 통해 북극해 및 북극항로 전문가를 대상으로 본 연구 내용에 대한 자문회의를 개최했으며, 정책협의회를 통해 정부부처의 의견 또한 수렴하였다.

그 외에도 북극아타바스칸이사회(Arctic Athabaskan Council, 이하 AAC), 이누이트 지역조합(Inuvialuit regional corporation) 및 러시아 북극 원주민 중 하나인 야쿠트(Yakut)인이 대다수 거주하는 사하공화국(Republic of Sakha) 주 정부 소속 원주민 등 다양한 북극원주민단체 소속 전문가를 대상으로 전기 선박 전환에 대한 인터뷰를 실시했다. 잠재 수요자인 북극 원주민의 의견을 본 보고서에 반영했으며, 북극 원주민의 의견을 기반으로 북극이사회 워킹그룹 주도 추진 사업 중 우리 기업 및 정부 참여 가능 사업 최종 선정했다.

02
북극권 국가의 친환경 선박 기술 현황

친환경 선박이란, 환경을 고려하여 선박으로부터 배출되는 모든 해양오염 물질, 대기오염물질, 선박에너지효율설계지수를 만족시키는 선박을 말한다.[21] 해양수산부는 ①해양오염을 저감하는 기술로 선박에너지효율을 높이는 선박, ②액화천연가스 등 환경친화적인 에너지를 동력으로 사용하는 선박, ③전기 배터리를 이용하는 전기추진 선박, ④배터리+내연기관 구성의 하이브리드 선박, ⑤수소 등을 발전하여 동력으로 사용하는 선박 등 5가지로 구분하고 있다. 본 장에서는 북극권 국가의 암모니아, 수소 등 친환경 에너지로 전기를 생성해 구동되는 선박, 배터리 전기 추진 차도선 등을 포함한 모든 친환경 선박 기술 개발 현황을 살펴보고자 한다.

국제해사기구(IMO)는 2023년 7월 제80차 해양환경보호위원회에서 2050년 탄소중립 실현을 목표로 하는 '2023 온실가스 감축 전략'을 채택했다. 이번에 채택된 전략은 2050년경 순 배출량 '0' (Net Zero)를 달성하는 것으로 기존에 2050년까지 2008년 온실가스 총배출량의 50% 감축이라는 목표에서 대폭 상향된 수치이다. 또한 점진적 목표 달성을 단계적 목표치도 언급하고 있다.

21) 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서6의 제4장(선박의 에너지효율규정)의 제20규칙(Attained EEDI)

단계적으로 2030년까지 20% 탄소배출 감축을 달성하기 위해 기존 화석연료보다 30%가량 탄소배출을 감축할 수 있는 LNG 연료 기반 선박 수주가 늘어나는 추세이다. 하지만 선박의 수명이 약 30년 정도인 점, 점차 규제가 강화되면서 30% 이상 절감이 필요한 점 때문에 다음 선박 교체수요에서는 탄소배출이 거의 없는 연료를 기반으로 하는 선박이 필요하다. 현재는 암모니아, 수소, 전기, 메탄올, 바이오연료 등 대체 연료가 주목받고 있다.[22]

하지만 여전히 전 세계에서 운항하는 상선의 98% 이상이 전통적 화석연료를 사용하고 있다. 전체 수주 중인 선박에서 LNG와 대체 연료를 기반으로 하는 선박의 비율은 22.1%로 증가하고 있다. 2022년 대체 연료를 기반으로 하는 선박의 수주 수는 전기배터리와 하이브리드를 사용하는 선박의 수가 417대로 534대인 LNG를 이어 2위이지만 적재량은 전체 선박의 0.02%로 가장 낮은 수치를 보여주고 있다.[23] 이는 아직 전기 배터리의 효율이 기술적으로 부족해 배터리는 큰 규모의 컨테이너선보다는 연안 소형 선박이나 자국 내 여객선에 활용되고 있다는 것을 뜻한다. 따라서 현시점에서 소형 선박에서는 전기 배터리나 수소 배터리, 대형 선박에서는 암모니아, 바이오연료, 하이브리드 전지 등이 화석연료를 대체할 것으로 기대받고 있다.

22) https://m.dnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=202307111510028540664(검색일: 2023.10.29.)

23) Maritime Forecast to 2050 – DNV

제1절 미국

미국은 청정 해운법(Green Shipping Act)의 도입으로 더 강한 해운 규제를 예고했다. 청정 해운법은 2040년까지 모든 선박이 활용하는 탄소의 배출량을 0%로 줄이는 것을 목표한다. 추가로 2030년부터 미국 항구에 정박 중인 모든 선박도 온실가스나 탄소배출이 금지된다. 현재 미국은 약 1,100대의 지배 선대를 보유 중이며 특히 크루즈 선의 비중이 높아 해당 시장에서의 높은 수요가 예상된다.[24]

미국의 아모지(Amogy Inc)사(社)는 2023년이 끝나기 전에 암모니아 기반 선박을 시연하려는 목표를 세웠으며, 내년부터 이 기술을 바탕으로 한 상선 건조를 계획했다. 이전에도 아모지 사(社)는 암모니아를 연소 연료로 사용하는 기술은 보유했으나, 2023년 말 시연을 위해 암모니아 화합물을 수소와 질소로 나누어 연료전지에 작용해 전기를 생산할 수 있도록 할 계획이다.[25]

24) https://www.sustainable-ships.org/rules-regulations/us-clean-shipping-act(검색일: 2023.10.29.)

25) https://interestingengineering.com/innovation/worlds-first-ammonia-powered-ship (검색일: 2023.10.29.)

〈그림 2-1〉 Amogy사가 공개한 암모니아 추진 선박 예상 일러스트레이션



자료: https://www.offshore-energy.biz/amogy-to-bring-the-first-ammonia-powered-ship-to-life/ (검색일: 2023.10.29.)

미국의 플리트제로(FleetZero)사(社)는 효율적인 전기 소형 선박을 개발하기 위해 노력하고 있다. 20피트 화물 컨테이너선에 적용할 수 있는 2MWh 리튬인산철 배터리를 개발했다. 배터리의 시제품을 생산했으며, 2023년 내 화물을 운반하는 컨테이너선에 적용하는 것을 목표로 하고 있다. 플리트제로의 배터리는 규격을 표준화해 탈착 및 교환 가능한 점이 특징이다. 이를 통해 선박이 배터리를 충전하는 시간보다 빠르게 배터리를 교환해 항구에 머무르는 시간을 보다 줄일 수 있을 것으로 기대된다.[26]

그 밖에도 미국의 하이브리드 선박 건조 업체인 AMM사(社)와 미국의 무공해 해양 선박 투자 플랫폼인 SWITCH사(社)는 무공해 수소 연료전지로 구동하는 페리인 'Sea Change'의 출시를 발표했다. Sea Change는 캘리포니아 베이 지역에서 운항할 70피트, 75인승의 규모의 페리이다. Sea Change에는 360kW의 연료전지와 246kg 용량의 수소 저장탱크로 구성

26) https://www.offshore-energy.biz/us-start-up-developing-battery-swapping-electric-cargo-ships/ (검색일: 2023.10.29.)

된 엔진이 장착되어 있다. 이번 프로젝트는 CARB(캘리포니아 대기 자원 위원회) SWITCH는 이번 'Sea Change' 프로젝트를 통해 기존에 노후화된 디젤 엔진을 장착한 페리의 교체를 위해 기존의 노후화된 페리 소유자들과 협력할 예정이다.[27]

〈그림 2-2〉 SWITCH사의 수소 연료 전지 페리, Sea Change



자료: https://www.switchmaritime.com/projects (검색일: 2023.06.18.)

미국의 크루즈 선사인 선스톤 쉽스(SunStone Ships)는 크루즈선인 알바트로스(Albatros)를 운용하고 있다. 이 선박은 극지 등급6(ICE 1A)을 준수하며 4개의 디젤 엔진과 2개의 전기 모터를 추진 장치로 사용한다. 북극과 남극에서 운영될 예정이며 2024년 초까지 남극 반도, 사우스 조지아 제도, 그리고 포클랜드 제도를 방문할 예정이다.[28]

27) https://www.allamericanmarine.com/hydrogen-vessel-launch/ (검색일: 2023.10.29.)
28) https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/cruise/vessel-review-ocean-albatros-sunstone-ships-takes-delivery-of-sixth-infinity-class-newbuild/ (검색일: 2023.10.29.)

제2절 덴마크

덴마크는 해운업의 중심 국가이며 덴마크 내의 해운업 종사자만 고려해도 10만 명에 이른다. 또한 덴마크는 세계에서 가장 큰 컨테이너선 운용사 중 하나인 머스크(AP Moller-Maerk) 그룹을 보유하고 있는 해운 강국이다. 머스크는 약 4,200만 TEU의 선복량을 보유하고 있다. 500척에 가까운 선박을 보유하고 있으며 전 세계 135개국 이상에 지사와 약 12만 명의 직원을 두고 있다. 덴마크는 덴마크 전체 선박 보유 척수 역시 800척에 육박한다. 컨테이너선 운송 시장에서 매우 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 향후 컨테이너선에 대한 친환경 선박 발주가 증가할 것으로 기대된다.[29]

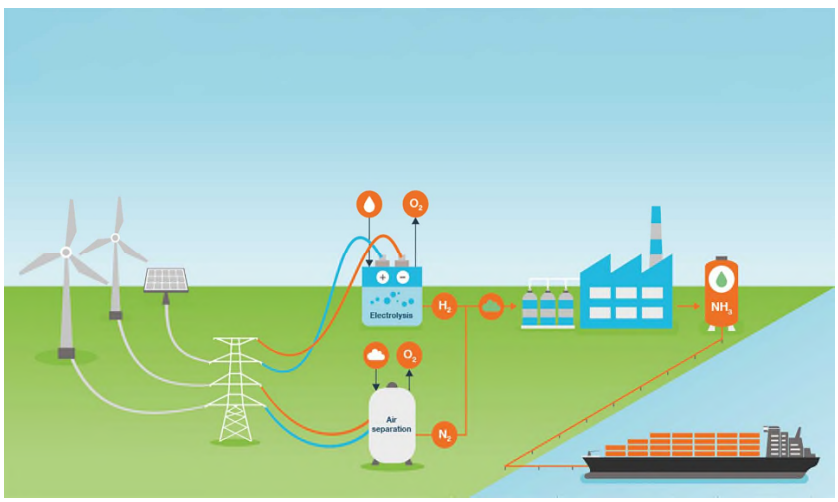
덴마크 경제에서 어업도 중요한 역할을 하고 있다. 덴마크의 어업 단은 약 2,000척의 선박으로 구성된다.[30] 향후 어선에서도 친환경 선박 수요가 증가할 것이기 때문에 소형 어선에서 전기 또는 하이브리드 선박 수요가 클 것으로 판단된다.[31]

덴마크의 블루 월드 테크놀로지스(Blue World Technologies) 투코 마린(Tuco Marine)은 메탄올 연료전지 기반으로 작동하는 작업선 개발을 위한 파트너십을 체결했다. 블루 월드 테크놀로지의 메탄올 연료전지 기술과 투코 마린의 경량 작업선 제조 기술을 결합해 친환경 선박 운용을 위한 시스템을 제공하기 위해 노력하고 있다.[32]

29) https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?pageNo=1&pagePerCnt=10&SITE_NO=3&MENU_ID=200&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=403&bbsSn=403&pNttSn=192147&recordCountPerPage=10&viewType=&pStartDt=&pEndDt=&sSearchVal=%EB%8D%B4%EB%A7%88%ED%81%AC (검색일: 2023.10.29.)
30) European Maritime and Fisheries Fund Denmark(검색일: 2023.10.29.)
31) https://eurofish.dk/member-countries/denmark/(검색일: 2023.10.29.)
32) https://www.mynewsdesk.com/blue-world-technologies/pressreleases/commercial-collaboration-between-tuco-marine-and-blue-world-technologies-3185973(검색일: 2023.10.29.)

독일의 만 에너지솔루션 (MAN Energy Solutions)는 코펜하겐 연구센터에서 2-stroke 암모니아 엔진을 만들고 시험하고 있다. 하지만 이 연구는 만 에너지솔루션이 단독으로 진행하는 것이 아니라 코펜하겐의 비영리 단체인 Märsk Mc-Kinney Möller Center에서도 중요한 연구가 진행되고 있어 덴마크의 비영리 단체들도 글로벌 회사들과 협력하여 친환경 엔진 개발에 노력하고 있다.[33]

〈그림 2-3〉 재생에너지로부터 그린 암모니아를 생산하고 선박에 적용하는 모형



자료: https://www.man-es.com/discover/two-stroke-ammonia-engine(검색일: 2023.10.29.)

2023년 9월 HD현대는 덴마크 코펜하겐에서 세계 최초 메탄올 추진 컨테이너 운반선 로라 머스크(Laura Maersk)호의 명명식을 개최했다. 해당 선박은 머스크가 HD현대에 발주한 19척의 메탄올 추진선 중 첫 번째이다.[34] 그린 메탄올은 폐이산화탄소(CO2)와 그린수소로 구성돼 있는데, 이는 재생에너지를 이용해 물 분자를 쪼개는 방식으로 만들어진다. 그린 메

33) https://www.man-es.com/discover/two-stroke-ammonia-engine(검색일: 2023.10.29.)
34) https://stock.mk.co.kr/news/view/233369(검색일: 2023.10.29.)

탄올 기반 선박은 기존 선박 대비 황산화물과 질소산화물을 99%, 80% 감축할 수 있다.[35]

〈그림 2-4〉 로라 머스크호



자료: https://www.joongang.co.kr/article/25193130#home(검색일: 2023.10.29.)

제3절 노르웨이

노르웨이 정부는 2016년 2030년까지 탄소중립 달성을 결의했고, 이에 친환경 신기술을 해양 조선 분야에 적용하여 고부가가치의 신시장을 선도

35) https://www.yna.co.kr/view/AKR20230915001300098(검색일: 2023.10.29.)

한다는 목표를 세웠다. 이에 2016년 트론헤임 피오르드에 전기 자율운행 선박 개발을 위한 테스트베드를 설립했고, Kongsberg사에서 자율운행 전기컨테이너선을 개발하고 있다.[36] 또한, 2021년 12월 노르웨이 정부는 북극지역의 환경보호를 위해 수소와 암모니아를 생산하는 3개의 프로젝트를 지원하기 위해 10억 크라운(약 1억 1,100만 달러)을 예산에 배정했다.[37] 또한, 2021년 10월 노르웨이의 북극대학교와 친환경기술 기업인 테코(TECO)는 수소와 연료전지 관련 교육 및 연구를 강화하기 위해 MOU를 체결하는 등 북극지역의 환경보호를 위해 기업과 대학간 협력 역시 강화하는 추세를 보였다. 이렇게 자체 생산된 암모니아와 수소를 해운용 선박에 활용하는 것까지 가치사슬을 구축하고자 한다. 노르웨이는 친환경·에너지 고효율 선박 파일럿 프로젝트(The Green Coastal Shipping Program(CGCS))로 하이드로젠파워 선박, 바이오연료 선박, 제로에미션 자율주행선박, 로우 에미션 어선 프로젝트를 진행하고 있다.[38]

노르웨이 정부는 세계문화유산인 피오르 지역을 관광하는 유람선과 페리에 대한 결의안을 채택했다. 2026년까지 피오르 유람선 및 페리에 대해 탄소배출 제로를 목표로 하고 있으며, 이는 향후 해양 산업 및 크루즈 산업에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.[39] Siemens and the Bellona Foundation의 연구에서 현재 노르웨이에서는 180여 척의 페리가 운항하고 있고 그중 127척의 페리가 전기 및 하이브리드 페리로 대체될 수 있다고 설명해 관광용, 이동용 페리 시장에서의 높은 수요가 예상된다.[40]

36) KOTRA, KDB산업은행, 글로벌 친환경 선박기자재 시장 동향 및 해외시장 진출 전략, 2019, p.66
37) https://www.arctictoday.com/norway-grants-111-million-to-clean-hydrogen-ammonia-projects/ (검색일: 2023.10.30.)
38) https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx =174656(검색일: 2023.10.30.)
39) https://spectrum.ieee.org/why-the-shipping-industry-is-betting-big-on-ammonia(검색일: 2023.10.30.)
37) https://hafenstrom.com/70-of-norwegian-ferry-fleet-can-be-replaced-with-greener-alternatives/(검색일: 2023.10.30.)

노르웨이 해운사 노르레드(Norled)는 노르웨이 해양청으로부터 MF히드라(MF Hydra)의 운항 요청을 승인받았다. MF히드라는 2021년에 인도된 세계 최초의 상업용 액체 수소 추진 선박이며 배터리와 액체 수소 연료전지를 모두 사용하는 하이브리드 선박이다. 수소 시스템은 독일의 린데 엔지니어링, 연료전지는 캐나다의 발라드가 개발했다. 선박 건조는 노르웨이 LNM마린과 웨스트콘(Westcon) 조선소가 맡았다.[41]

〈그림 2-5〉 노르레드의 액체 수소 선박 MF 히드라



자료: https://www.man-es.com/discover/two-stroke-ammonia-engine(검색일: 2023.10.29.)

노르웨이 해운사 Torghatten AS사(社)는 2023년 6월 전기 자율주행 페리(Ferry)인 에스텔(Estelle)의 운영을 시작했다. 에스텔은 스톡홀롬 내에서 정기적으로 운항하며 Torghatten AS는 향후 운항하는 페리를 62척까지 늘릴 예정이다. 에스텔은 낮에는 태양광 패널을 활용해 전기를 충전하고 밤에는 케이블을 통해 전기를 충전하는 시스템을 가지고 있다.[42]

41) https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023040515283158824(검색일: 2023.10.30.)
42) https://maritime-executive.com/article/world-s-first-autonomous-ferry-set-to-begin

제4절 러시아

러시아는 암모니아, 수소 등 친환경 연료를 활용하는 선박과 자율운항선박을 자체적으로 개발하고 있다. 러시아의 모스크바 강에서는 3척의 전기 여객선이 운영되고 있다. 이 여객선은 러시아의 엠페리움(Emperium) 조선소에서 건조했다. 해당 여객선들은 내빙 등급을 보유하고 있고 항해를 위해 리튬 인산철 배터리를 활용한다. 현재 배터리 수명은 약 10년 정도로 예상된다.[43]

〈그림 2-6〉 러시아 전기 여객선



자료: https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ferries/vessel-review-sinichka-electric-commuter-boats-designed-for-russias-moskva-river/(검색일: 2023.10.30.)

-service (검색일: 2023.10.30.)

43) https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ferries /vessel-review-sinichka-electric-commuter-boats-designed-for-russias-moskva-river/ (검색일: 2023.10.30.)

러시아의 시트로닉스(Sitronics) 사(社)는 상트페테르부르크(St. Petersburg) 인근 네바강(Neva River)에서 진행된 러시아 최초의 수소연료전지 선박의 프로토 타입 테스트를 성공적으로 마쳤다. 해당 선박은 수소를 이용해 에너지를 생성하는 전기화학 발전기(electrochemical generator, ECG)를 탑재했다.

〈그림 2-7〉 시트로닉스의 수소 기반 선박



자료: https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ferries/vessel-review-sinichka-electric-commuter-boats-designed-for-russias-moskva-river/(검색일: 2023.10.30.)

제5절 아이슬란드

아이슬란드에서 수산업은 국가 기간 산업 중 하나로서 전체 GDP의 8.1%를 차지하고 있으며, 전체 인구의 약 3.9%가 수산업에 종사하고 있다. 따라서, 아이슬란드는 약 1,500척 이상의 어선을 보유하고 있으며, 어선의 운항 비중이 높아 어선들의 그린 연료 전환이 중요하다. 어선의 크기가 일반 상선에 비해 상대적으로 작아 배터리 또는 하이브리드 선박의 수요가 높을 것으로 판단된다.[44] 특히, 아이슬란드는 지열 및 수력발전으로 국내 전력 대부분을 공급하고 있을 정도로 재생에너지를 적극적으로 활용하고 있다. 따라서, 전기자동차, 전기선박으로 전환하는데 있어서 상대적으로 용이하다. 그 뿐만 아니라, 아이슬란드는 북극권 국가 중 수소에너지를 가장 적극적으로 활용하는 국가로서 2040년까지 단계별 관련 정책의 이행을 통해 수소 사회로 전환하고자 한다. 즉, 2040년까지 5단계 에너지 전환 이행정책은 수소 연료 버스 시범운영 확대, 수소연료 자동차의 민간 도입 및 확대, 연료전지 선박 시범운영을 통한 선박 동력의 에너지 전환 내용을 포함하고 있다.

아이슬란드의 에너지 기업인 Landsvirkjun사(社)와 독일의 투자 회사 PCC SE사(社)는 선박에 사용될 그린 메탄올 사용될 기술을 연구하는 것에 대해 합의했다. 이 기업들은 아이슬란드 북동쪽에 위치한 PCC의 실리콘 금속 공장에서 배출되는 탄소를 포집해서 활용 가능한지에 대해 조사했으며, 이를 활용해 선박에서 사용하는 화석연료를 대체할 수 있는 그린 메탄올을 생산하고자 한다. 그린 메탄올은 화석연료를 대체할 수 있는 유망한 대안으로 해운업계로부터 많은 관심을 받고 있다.[45]

44) https://www.responsiblefisheries.is/seafood-industry/a-nation-with-fishing-in-its-genes(검색일: 2023.10.30.)
45) https://www.offshore-energy.biz/icelandic-german-collab-to-convert-emissions-into

아이슬란드의 그라나플 사(社)는 완전 전기로 구동되는 소형 어선을 개발하여 시운항에 성공했다. 그라나플 사(社)의 소형전기어선은 10~14m 길이로 300~400hp 엔진으로 운항한다.

〈그림 2-8〉 아이슬란드 소형전기어선



자료: 아이슬란드 Grænafl사 제공(KMI-Iceland Research Collaboration Workshop 발표자료, 2022, 4. 19.)

아이슬란드의 소형전기어선 개발 사업에는 핵심 기술로서 추진 모터 및 리튬이온 배터리 팩 등에 대한 사항이 포함된다. 추진 모터는 장기간 보존을 위해 영구자석(permanent magnet)으로 이루어져 있으며, 50~150kW 출력 범위, 100~300V 또는 300~700V의 전압 범위, 그리고 냉각 액체 등으로 구성되어 있다. 리튬이온 배터리팩의 경우 기존의 트럭 또는 버스 등의 운송 차량에 적용이 되었던 기술을 기반으로 100~300V 또는 300~700V 수준의 전압 및 통상 150~300kWh 출력 수준의 제품을 개발하고 있다.

-green-methanol-for-ships/(검색일: 2023.10.30.)

〈표 2-1〉 아이슬란드 소형전기어선 개발 사업에 적용된 전기추진시스템 특징

구분		주요 특징
추진모터		• DNV, LR • Permanent magnet 영구자석 • 50-150 kW • 100-300 V or 300-700 V • 액체 냉각
리튬 이온 배터리 팩		• 트럭, 버스, 선박에 적합 • IP65 enclosure class (IP67 option) • DNV, LR • 100-300 V or 300-700 V • 액체 냉각 • 150 - 300 kWh
기타		• 수소연료전지 • 메탄올에서 수소 개질지로 전환 • 기타 구성요소 • 열병합발전 및 열회수용장비

자료: 아이슬란드 Grænafl사 제공(KMI-Iceland Research Collaboration Workshop 발표자료, 2022, 4. 19.)

제6절 핀란드

2021년 7월 핀란드 기술 업체 바르질라는 수소와 암모니아 연료를 사용한 본격적인 엔진 테스트를 완료했다고 발표했다.[46] 또한, 삼성중공업과 바르질라는 암모니아 연료 엔진 개발을 위한 공동개발 프로그램 협약을 체

46) http://www.g-icode.com/view.php?ud=20210716172756516O4cc1360168_8 (검색일: 2023.10.30.)

결했으며, 암모니아 연료 엔진 개발이 마무리되면, 대형 원유 운반선에 사용할 것이라고 밝혔다.[47]

또한, 바르질라 사(社)는 액체Co2운반선 설계를 개발했는데, 해당 선박은 기존 선박보다 온실가스 배출량이 적다는 장점이 있다.[48] 그 밖에도, 바르질라는 수소와 암모니아를 연료로 하는 엔진을 개발하고 있으며, 스크러버 설계를 개선해 배기가스로 배출되기 전 이산화탄소를 회수하는 기술을 개발하고 있다고 발표했다.[49] 2021년 내 암모니아 이중연료 엔진을 가동할 수 있을 것이며, 2023년에는 100% 암모니아 연소 엔진 개발을 완료할 것이라고 밝혔다.[50] 이처럼 핀란드의 바르질라 사(社)는 선박의 스마트화 및 디지털화를 위해 관련 기업을 M&A하고, 조선기자재 부문에서 에너지사업 부문까지 포트폴리오를 다각화하는 등 적극적으로 투자하고 있다.[51]

그 밖에도 핀란드의 Green NortH2 Energy사(社), 메리아우라(Meriaura)사(社), 바르질라(Wärtsilä)사(社)는 그린 암모니아를 동력으로 사용하는 화물 선박 건조에 협력하고 있다. 메리아우라 사(社)가 선박을 발주했으며, 해당 선박에는 암모니아와 바이오 연료를 동시에 사용하는 바르질라 사(社)의 엔진이 장착된다. 핀란드의 바르질라 사(社)는 메탄올 엔진을 개발하고 했다. 여기에 사용되는 메탄올은 재생에너지로 만든 전기와 자연에서 회수한 탄소 및 수소로 만든 그린 메탄올을 사용한다.[52] Green NortH2 Energy 사(社)는 해당 선박이 사용할 그린 암모니아의 공급을 담

47) https://cmobile.g-enews.com/view.php?ud=20210923094330594 2ce58317c16_1&sk=favorset&m d=20210923111805_S(검색일: 2023.10.30.)
48) http://www.arcticroute.co.kr/news/articleView.html?idxno=3118(검색일: 2023.10.30.)
49) http://www.arcticroute.co.kr/news/articleView.html?idxno=2877(검색일: 2023.10.30.)
50) https://www.h2news.kr/news/article.html?no=9124(검색일: 2023.10.30.)
51) http://www.maritimepress.co.kr/news/articleView.html?idxno=307351(검색일: 2023.10.30.)
52) https://www.goodnewsfinland.com/en/articles/news-spotlight/2022/finnish-maritime-expertise-is-in-high-demand/(검색일: 2023.10.30.)

당하고 있다. 이 선박의 인도는 2024년을 목표로 하고 있으며 2026년부터 운항하는 것이 목표이다.[53] 이번 프로젝트에 대해서 Green NorthH2 Energy 사(社)는 핀란드의 정부 부처인 비즈니스 핀란드(Business Finland)로부터 230만 유로의 자금을 지원받았다.[54]

〈그림 2-9〉 메리아우라 암모니아 추진선



자료: https://www.theguru.co.kr/news/article.html?no=42523(검색일: 2023.10.30.)

제7절 캐나다

캐나다의 발라드 파워시스템(Ballard Power Systems)사(社)는 자사에서 개발한 해양 연료전지 모듈인 FCwave™사(社)가 세계 최초로 DNV Type 승인을 받았다고 발표했다. 이 승인은 세계 해양 산업이 요구하는 안

53) https://www.greencarcongress.com/2022/11/20221128-gnh2.html(검색일: 2023.10.30.)
54) https://www.projectcargojournal.com/construction/2022/09/22/meriaura-and-compa triots-to-build-green-ammonia-fuelled-project-cargo-ship/?gdpr=accept(검색일: 2023.10.30.)

전 및 신뢰성의 기준을 보장하는 것으로 선박 건조회사들과 해운사들이 FCwave™를 채택할 수 있게 하는 토대가 될 수 있다. 발라드는 이미 노르웨이 노르레드가 운영하는 페리의 연료전지를 납품했고 네덜란드 FPS(Future Proof Shipping)의 내륙 컨테이너선인 Waal에 PEM 연료전지를 공급했다.[55]

워터포드 에너지 서비스(Waterford Energy Services)사(社)와 리웨이 마린 (LeeWay Marine)사(社)는 캐나다 선박들에 수소 연료 공급 솔루션을 제공하기 위해 협력하기로 발표했다. 두 회사는 솔루션 제공을 위한 초기 설계를 시작했고 연료 전환 타당성이 있는 대상 선박을 조사했다. 세부 설계는 2023년 4분기까지 완료될 것으로 예상된다. 이번 협력으로 해양 연료의 전환, 화석연료 공급망의 위협 제거 등을 이뤄낼 수 있을 것으로 기대된다.[56]

그 밖에도 밴쿠버의 시프트 클린 에너지(Shift Clean Energy)사(社)는 가든 리치 조선소 및 엔지니어(GRSE)와 협력해 인도 정부가 소유한 전기 페리에 전력을 공급하고 있다. 이 페리는 GRSE가 설계했으며 시프트 클린 에너지의 에너지 저장 시스템(EES)을 사용한다. 이 페리는 인도 내륙에서 운영될 예정이고 2023년 5월 캘커타에서 인도되었다.[57]

또한, 캐나다 Prince Edward Island사(社)의 AKA 에너지 시스템(AKA Energy System)은 "Hybrid 1"이라는 하이브리드 엔진 추진 어선을 개발했다.[58] AKA 에너지 시스템은 이미 2022년 캐나다 연방 정부로부터 하이

55) https://blog.ballard.com/marine/fcwave-achieving-dnv-type-approval-what-means-marine(검색일: 2023.10.30.)
56) https://leewaymarine.ca/news/waterford-energy-services-leeway-marine-bring-hydrogen-fuel-solutions-atlantic-canada(검색일: 2023.10.30.)
57) https://www.marinelog.com/passenger/ferries/shift-clean-energy-to-power-indian-fully-electric-ferry/(검색일: 2023.10.30.)
58) https://www.aka-group.com/hybrid-fishing-boat-hybrid-1-will-set-sail-for-new-brun swick-with-the-passamaquoddy-first-nation/ (검색일: 2023.10.30.)

브리드 랍스터 어선 개발을 명목으로 34만 달러를 지원받았다. AKA 에너지 시스템은 과거에 대형 하이브리드 선박을 개발했지만, 최근 10년 동안에는 소형 하이브리드 선박 개발에 집중하고 있다.[59]

〈그림 2-10〉 AKA Energy System에서 공개한 Hybrid 1



자료: https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ferries/vessel-review-sinichka-electric-commuter-boats-designed-for-russias-moskva-river/(검색일: 2023.10.30.)

제8절 스웨덴

스웨덴의 여객선사인 레데리 AB 고틀랜드(Rederi AB Gotland)사(社)는 스웨덴 최초로 승객과 화물을 모두 운송할 수 있는 대형 수소 기반 선박을 개발하고 있다. 레데리 AB 고틀랜드 사(社)는 2030년까지 이 선박을 활용해 스웨덴에서 가장 큰 섬인 고틀랜드 섬을 왕복하는 것을 목표로 프로젝트를 진행하고 있다. 또한, 여객선의 수소 연료 개발을 위해 웁살라

59) https://www.cbc.ca/news/canada/prince-edward-island/pei-aspin-kemp-hybrid-lobster-boat-1.6414642(검색일: 2023.10.30.)

(Uppsala) 대학의 연구원들이 주도하는 프로그램에도 참여하고 있다.[60]

스웨덴의 씨피오르 에너지(SeaFjord Energy)사(社)는 세계 최초로 E-벙커 선박을 공개했다. 세계 최초로 항구나 선박에서 전기를 공급할 수 있는 선박이다. 최대 50MW의 출력의 큰 배터리팩을 자랑하며 충전 시간은 약 60분이다. 이 선박을 통해 보다 유리한 위치에서도 선박의 충전이 가능하고 선박의 비상 상황이나 위기 시에도 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 씨피오르 에너지에 따르면 전달할 수 있는 전기의 양은 스웨덴 남부에서 독일의 북부까지 갈 수 있는 정도이며 향후 전기 선박들이 충전을 위해 항구에 오래 머물지 않도록 할 수 있을 것으로 기대된다.[61]

〈그림 2-11〉 SeaFjord Energy의 E-벙커선박



자료: https://splash247.com/swedens-seafjord-energy-unveils-worlds-first-e-bunker-vessel/eview-sinichka-electric-commuter-boats-designed-for-russias-moskva-river/(검색일: 2023.10.30.)

60) https://www.offshore-energy.biz/swedens-to-get-1st-large-scale-hydrogen-powered-vessel-by-2030/(검색일: 2023.10.30.)

61) https://splash247.com/swedens-seafjord-energy-unveils-worlds-first-e-bunker-vessel/(검색일: 2023.10.30.)

스웨덴의 볼보 펜타(Volvo Penta)사(社)와 마렐 보트(Marell Boats)사(社), 그리고 후르티그루텐 스발바르(Hurtigruten Svalbard)사(社)는 스발바르 투어를 위한 새로운 하이브리드 전기 선박을 개시했다. 2021년 11월 공개된 선박인 Kvitbjørn호는 볼보 펜타의 하이브리드 전기 솔루션에 의해 구동된다. 현재 5월~10월 간 스발바르 지역 관광을 위해 운영되고 있다. 이 선박은 극한의 해양 환경에서 새로운 전기 구동 시스템의 적용을 위해 3년간 세 회사가 협력한 결과이다. Kvitbjørn호는 북극에서 약 800마일 떨어진 스발바르 주 롱이어에서 첫 항해를 시작했다.[62]

제9절 소결

전 세계적으로 탄소중립 정책을 추진하고 있기 때문에, 친환경 선박 개발이라는 큰 흐름은 같다. 다만, 국가별 산업특성 및 지리·기후에 맞는 기술을 중점으로 개발하고 있는 추세이다. 미국, 덴마크, 스웨덴, 핀란드의 경우, 친환경 컨테이너선 및 대형상선을 개발하고 있고, 캐나다, 아이슬란드, 러시아, 노르웨이의 경우, 여객선, 페리 등 중소형 선박을 위주로 관련 기자재, 설계 등을 개발하고 있다. 특히, 노르웨이나 아이슬란드의 경우, 자체 에너지 공급망이 안정적인 데다가 이미 재생에너지로 국가의 총 전력 수요를 충족할 만큼 생산하고 있기 때문에 선박의 전기화 전환에 기본 조건은 이미 형성되어 있다고 판단된다.

62) https://www.volvopenta.com/about-us/news-page/2022/may/first-of-its-kind-hybrid-electric-vessel-enters-operation-for-svalbard-tours/(검색일: 2023.10.30.)

〈표 2-2〉 북극권 국가 전략 생산구도 및 친환경 선박 종류

국가	전력 생산	친환경 선박 종류
미국	석유 및 천연가스 43% 석탄 17%, 풍력 12%, 태양광 10%, 원자력 8%	자율운행 전기컨테이너선 암모니아/수소 연료전지 기반 선박 (크루즈선 등)
덴마크	재생에너지 55.8%, 석탄 34.4%,	메탄올 연료전지 기반 경량 작업선 암모니아 연료전지 기반 컨테이너선
노르웨이	수력 96%	전기 및 하이브리즈 페리/크루즈선 전기 및 액체수소 연료전지 기반 선박
러시아	석유,석탄, 천연가스 60.7%, 원자력 19.9%	암모니아/수소 연료전지 기반 여객선
아이슬란드	수력 및 풍력 70%, 지열 30%	그린 메탄올 기반 소형 선박 전기 소형 선박
핀란드	원자력 34.6%, 수력 19.7%, 재생에너지 18.9%, 석탄 17.4%	수소/암모니아 연료전지 기반 화물선 (원유운반선 등)
캐나다	수력 60%, 원자력 15%, 석탄 7%	전기페리, 하이브리드 엔진 기반 어선
스웨덴	원자력 42.3%, 수력 41.5%	수소 기반 대형선박, E-벙커 선박 하이브리드 전기 여객선

자료: https://www.joongang.co.kr/article/21830035#home(검색일: 2023.10.29.), https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=196132(검색일: 2023.10.29.), https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=80&CONTENTS_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=201326(검색일: 2023.10.29.), https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2023070719410002921(검색일: 2023.10.29.) 자료를 바탕으로 KMI 작성

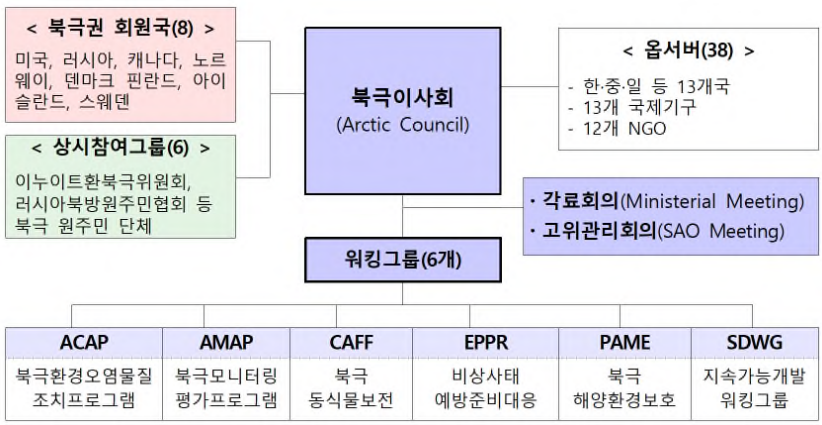
03
북극권 친환경 선박 동향과 필요성 분석

제1절 친환경 선박 관련 북극이사회 워킹그룹 프로젝트

북극이사회(Arctic Council)는 북극권의 현안에 대해 논의 및 의결하는 정부 간 협의기구로, 북극권 국가 및 북극 원주민을 포함한 북극 거주민들 간 협력, 조율, 교류 촉진 등을 위해 1996년 9월 19일 설립되었다. 북극이사회 회원국은 총 8개 국가로, 북극권 연안국이라 불리는 미국, 캐나다, 러시아, 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 덴마크, 아이슬란드 등이 회원국 자격을 유지하고 있으며, 해당 8개국이 의장직을 돌아가며 맡게 되는데 2년마다 개최되는 각료회의를 통해 의장국이 교체된다.

북극이사회는 회원국 외에도 상시참여단체(permanent participants)로 일컬어지는 6개의 원주민 단체 및 한국을 포함한 13개의 옵서버국, 13개의 국제기구 옵서버, 12개의 비정부기구 옵서버 등으로 구성되어 있다.

〈그림 3-1〉 북극이사회 구성도



자료: KMI 작성

북극이사회 내에는 6개의 주제에 따라 설립된 6개의 워킹그룹이 존재하는데, 각각 북극환경오염물질조치프로그램(Arctic Contaminants Action Program, 이하 ACAP), 북극모니터링평가프로그램(Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP), 북극동식물보전(Conservation of Arctic Flora and Fauna, 이하 CAFF), 비상사태예방준비대응(Emergency Prevention, Preparedness and Response, 이하 EPPR), 북극해양환경보호(Protection of the Arctic Marine Environment, 이하 PAME), 지속가능한개발워킹그룹(Sustainable Development Working Group, 이하 SDWG)으로 명명된다.

북극이사회는 격년마다 1회 진행하는 각료회의(Ministrial Meeting)를 통해 의장국 임기를 시작 혹은 종료하게 되며, 연 2회 북극고위관리회의(Senior Arctic Official, 이하 SAO) 회의를 개최할 뿐만 아니라 6개 워킹그룹 회의를 수시 개최한다. 특히, 북극이사회의 구조적 특징에 따라 SAO 회의 및 각료회의에서는 옵서버의 발언권이 극히 제한되나, 워킹그룹 내

전문가 그룹의 회의 및 워킹그룹 회의를 통해서는 비교적 옵서버가 동등한 자격으로 워킹그룹 협력사업에 대한 제안, 사업 추진과 같은 의제 논의에 적극 참여가 가능함에 따라, 우리나라는 2013년 북극이사회 옵서버로 가입한 뒤 북극이사회 워킹그룹·전문가 그룹 회의에 참여하여 북극이사회 회원국과의 협력사업을 확대하고자 노력하고 있다.[63] 또한, 북극이사회는 1998년 의사진행규칙(Rules of Procedure)[64] 제정시기부터 2021년 5월 북극이사회 25주년을 맞아 제12차 북극이사회 각료회의에서 채택된 '2021~2030 북극이사회 전략 계획'[65]이 발표되기까지 북극이사회로의 옵서버 참여를 강조 및 독려하고 있는바, 개방성이 확대된 북극이사회를 옵서버국인 한국의 국익 도모 및 북극권 국가와의 협력방안 모색을 위한 플랫폼이자 교두보로 삼을 수 있을 것으로 판단된다.

다만, 옵서버는 단독으로 워킹그룹에 사업 제안이 불가능하며 북극이사회 회원국 혹은 상시참여단체를 통한 공동제안만이 가능하기 때문에, 기존에 북극권 국가 주도로 제안된 혹은 추진이 예정된 사업을 파악하여 개중 한국이 참여·기여할 수 있는 사업에 공동 참여하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

이에 따라, 본 제3장 제2절에서는 북극 관련 현안 해결의 국제적 장으로서 역할을 하는 북극이사회 내 6개 워킹그룹의 현재 진행 중인 사업들을 검토하고, 기존에 우리나라가 내재하고 있는 친환경 에너지 선박관련 기술을 북극권 국가에 전수·공유 및 한-북극권 기술 공동개발이 가능할 것으로 보이는 북극이사회 워킹그룹 사업을 도출하고자 한다.

63) Arctic Council, https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/940 (검색일: 2023.05.29.)
64) 1998년 제정된 북극이사회 의사진행규칙 내 파트 5의 기타문제(Other matters) 하위 옵서버 항목의 제38조에 따르면, 옵서버의 주요 역할은 북극이사회의 업무를 관찰하는 것이지만 옵서버는 주로 워킹그룹 참여를 통해 관련 있는 기여를 지속하는 존재라고 정의되고 있다.
65) 해당 전략 계획 7.6.항목에 따르면, 북극이사회의 관련 활동에 있어 옵서버의 건설적이고, 균형 있고, 의미 있는 참여 증진과 함께 옵서버의 사전적 참여를 장려하고 있다.

1. 북극이사회 워킹그룹 및 워킹그룹 사업 개괄

지난 2022년 2월 24일 푸틴 러시아 대통령이 우크라이나에 특별 군사 작전 진행을 결정함에 따라 러시아를 제외한 북극이사회 7개 회원국(미국, 캐나다, 노르웨이, 핀란드, 덴마크, 스웨덴, 아이슬란드)은 2022년 3월 공동성명을 발표하여, 러시아 의장국 체제 하의 북극이사회 회의 참여를 거부하는 등 이사회 회원국으로서의 활동을 잠정적으로 중단하겠다고 선언했다.[66] 이후 6월 북극이사회 7개 회원국이 러시아가 참여하지 않는 프로젝트에 한해 북극이사회 활동을 제한적으로 재개할 것이라 2차 공동성명을 발표하였으나[67], 러시아 정부는 2021~2023년 간 의장국으로서 활동할 예정이었던 러시아를 배제한 북극이사회 재활동 결정은 불법적이며 이사회 회원국 문서를 통해 규정된 회원국 간 합의 원칙을 훼손하는 행위라고 공개 비난하였다. 이같은 북극이사회 내 협력의 불협화음은 최근 5월 11일 개최된 '제13차 북극이사회 총회'를 통한 노르웨이의 의장국 수임 직전까지 계속되었으며, 이로 인해 2022년 3월 이래 러시아 의장국 기간 동안 북극이사회 워킹그룹 사업 또한 잠정 추진 중단되었다. 언급한 북극이사회 회원국 사이에 발생한 지정학적 반목 상황으로 인해, 워킹그룹 협력사업 추진 중단 전 2021년 12월 1~2일 마지막으로 개최된 SAO 회의를 통해 공유된 워킹그룹 사업 현황 및 성과 보고서를 기준으로 워킹그룹 사업을 검토해 보고자 한다.

2021년 12월 기준 북극이사회 워킹그룹 6개가 SAO 회의를 통해 보고

66) United States Department of State, https://www.state.gov/joint-statement-on-arctic-council-cooperation-following-russias-invasion-of-ukraine/ (검색일: 2023.05.29.)

67) Arctic Portal, https://arcticportal.org/ap-library/news/2855-joint-statement-by-the-arctic-7-on-the-limited-resumption-of-arctic-council-cooperation-without-russia (검색일: 2023.05.29.)

한 사업은 총 128개로, 개중 ACAP 사업 13개(CAFF와의 공동사업 1개, SDWG와의 공동사업 1개 포함), AMAP 사업 9개, CAFF 사업 26개(PAME과의 공동사업 2개 포함), EPPR 사업 15개(PAME과의 공동사업 1개 포함), PAME 사업 49개(CAFF와의 공동사업 3개, EPPR과의 공동사업 1개 포함), SDWG 사업 14개(AMAP과의 공동사업 1개) 및 북극이사회 산하 별도 전문가 그룹인 블랙카본 및 메탄의 사업 1개가 존재한다. 각 워킹그룹의 활동 범위 및 사업의 범위는 다음 표와 같다.

〈표 3-1〉 북극이사회 워킹그룹 개요

워킹그룹 이름	설립 및 활동 목적	워킹그룹 내 전문가 그룹
ACAP 북극환경오염물질 조치프로그램	- 북극이사회 환경오염 관리 대응 활동 수행 - 오염물질의 위험이 밝혀진 환경 오염원배출의 지속적인 감소 노력 - 북극 국가 오염원 관련 구체적 예방책 마련 등 국가적 조치 매커니즘 강화 및 지원	- 전문가 그룹 총 4개 ①잔류성유기오염물질 및 수은 전문가그룹(Expert Group on POPs and Mercury (EG POPS/HG)) ②유해 폐기물 전문가그룹(Expert Group on Hazardous Wastes (EGW)) ③원주민의 오염물질 행동 프로그램 전문가그룹(Indigenous Peoples' Contaminant Action Program (IPCAP)) ④단기체류성 기후오염물질 전문가그룹(Short Lived Climate Pollutants (SLCP))
AMAP 북극모니터링 평가프로그램	- 북극의 오염도 및 기후 변화에 관련된 문제들을 모니터링·평가 - 북극지역의 현재 오염도와 기후변화 관련 과학 기반 보고서 생성을 통해 올바른 정책 결정에 기여	- 전문가 그룹 총 7개 ①기후 전문가그룹(Climate Expert Group), △쓰레기 및 미세플라스틱 전문가 그룹(Expert Group on Litter and Microplastics)

워킹그룹 이름	설립 및 활동 목적	워킹그룹 내 전문가 그룹
		②수은 전문가 그룹(Expert Group on Mercury). △잔류성 유기오염물질 전문가 그룹(Expert Group on Persistent Organic Pollutants) ③방사능 관련 전문가 그룹 (Expert Group on Radioactivity) ④단기체류성 기후오염물질 전문가그룹(Expert Group on Short-Lived Climate Pollutants) ⑤보건 관련 전문가그룹 (Human Health Assessment Group)
CAFF 북극동식물보전	- 다양한 생물종의 서식지 관리와 활용을 위한 협력, 생물자원의 관리 기술 및 규제에 대한 정보 공유 - 모니터링, 평가 및 전문가 활동을 통해 북극 생물다양성 보존 문제 해결 및 관련 정보 북극권 국가·원주민에게 제공	- 전문가 그룹 총 7개 ①식물 전문가그룹(Flora Group (CFG)) ②바다새 전문가그룹 (Circumpolar Seabird Group (CBird)) ③환극지 보호구역 네트워크 (Circumpolar Protected Areas Network (CPAN)) ④북극 해양 생물다양성 모니터링(Arctic Marine Biodiversity Monitoring) ⑤북극 담수생물다양성 모니터링(Arctic Freshwater Biodiversity Monitoring) ⑥북극 육생 생물다양성 모니터링(Arctic Terrestrial Biodiversity Monitoring) ⑦북극 연안 생태계 몸니터링 (Coastal Ecosystem Monitoring)
EPPR 비상사태예방준비대응	- 북극 환경 비상사태·사고수색 및 구조·원자력 사고를 비롯 사고 예방 및 대비와 대응에 기여	- 전문가 그룹 총 3개 ①수색 및 구조 전문가그룹 (Search and Rescue Expert Group)

워킹그룹 이름	설립 및 활동 목적	워킹그룹 내 전문가 그룹
	- 북극에서 발생 가능한 비상사태 관련 전략 준비, 정보 공유, 데이터 수집 등 관련 협력 및 프로젝트 수행	②해양환경대응 전문가그룹 (Marine Environmental Response Expert Group) ③방사선 관련 전문가 그룹 (Radiation Expert Group)
PAME 북극해양환경보호	- 북극 해양 환경의 지속가능한 이용과 보호와 관련된 활동 수행 - 육상 및 해양 활동으로 인한 환경 변화와 해양 정책의 대응 방안에 대해 연구 - 북극 해양 환경 보호 및 지속가능한 사용을 위한 전략 계획, 프로그램, 평가 및 지침 개발·조정	- 전문가 그룹 총 5개 ①해운 전문가그룹(Shipping Expert Group (SEG)), △생태계접근 전문가그룹 (Ecosystem Approach Expert Group (EA-EG)) ②해양보호구역 전문가그룹 (Marine Protected Areas Expert Group (MPA-EG)) ③해양쓰레기 전문가그룹 (Marine Litter Expert Group (ML-EG)) ④자원탐사 및 개발 전문가그룹(Resource Exploration & Development Expert Group (RED-EG))
SDWG 지속가능한 개발워킹그룹	- 북극 원주민 및 원주민 지역사회의 환경·경제·문화·건강을 보호 및 증진을 위한 활동 수행 - 지속가능한 개발을 위해 북극 국가가 취할 조치 제안 및 채택 - 실용적인 지식 제공 및 원주민·북극 지역사회의 역량 강화를 위한 이니셔티브 구축	- 전문가 그룹 총 2개 ①북극거주민보건 전문가그룹(Arctic Human Health Expert Group (AHHEG)) ②사회·경제 및 문화 전문가 그룹(Social, Economic and Cultural Expert Group (SECEG))

자료: 북극이사회 및 6개 워킹그룹 공식 홈페이지 참고 KMI 작성

상기 표 3-1을 통해 알 수 있듯, 6개 워킹그룹 중 ACAP 및 AMAP은 오염물질 관리 및 모니터링과 그에 따른 기후변화 영향 파악, CAFF는 북

극 동식물 보존·관리, EPPR은 험난한 북극 자연 환경에서 야기되는 비상상황 대응, PAME은 북극해운, 북극해 환경 보호 및 북극해 환경의 지속가능한 활용도 제고 목적의 탐사·개발, SDWG는 북극 원주민 및 북극 커뮤니티의 복지 수준·삶의 질 증진 및 전통문화 보존 등의 분야에서 각각 활동하고 있는바, 본 보고서에서는 ACAP, AMAP, PAME의 사업을 중심으로 북극해운, 친환경 에너지, 선박 배출 오염물질 관리·저감, 친환경 선박 기술 개발 등과 연관성을 지닌 워킹그룹 사업을 선별하고자 한다.

2. 북극이사회 워킹그룹 친환경 에너지 선박 기술 사업 연계 가능 프로젝트 도출[68)]

국제해사기구(IMO)는 1973년 해양환경 보호 및 보호 규제 강화를 위한 MARPOL(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships) 협약을 채택하고, 1978년에는 관련 의정서를 채택하는 등 선박 항행으로 인해 발생하는 해양환경으로의 피해를 최소화하기 위한 노력을 추진해왔다. 해당 협약, 의정서를 도합하여 일반적으로 '해양오염 방지 협약' 즉, MARPOL 73/78이라 불리어지는데, 해당 협약은 조문 20개, 2개의 의정서, 부속서 6개 등으로 구성되어 있다. 동 MARPOL 협약은 155개 당사국이 국기를 게양할 수 있는 선박 및 당사국의 권한 하에 운항되는 선박을 범위로 하여 널리 적용되므로 세계 전역의 해역에서 운항되는 대다수의 선박에 적용되는 협약이라고 이해된다.[69)] MARPOL 협약은 부속서를 통해 각각 △기름, △유해액체물질, △포장 유해물질, △선

68) KMI 북방극지전략연구실에서 작성한 북극이사회 워킹그룹별 대응전략(안)의 내용을 일부 참고하여 작성했다.

69) IMO, https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx, https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/pages/Marpol.aspx (검색일: 2023.08.20.)

박오수, △선박 폐기물 그리고 △대기오염물질 방지를 위한 규칙을 규정하고 있는데, △오존층파괴물질(이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등), △질소산화물(NOx), △황산화물(SOx), △염화물화탄소(CFC), △수소불화탄소(HFCs), △휘발성 유기화합물(VOCs) 등의 배출을 엄격하게 규제하고 있다.

해당 MARPOL 협약은 '특별해역(Special Area)'을 지정하여 해양 오염에 유독 취약한 해역에 강제적이고 보다 보수적인 조치를 적용하여 배출규제지역을 특정할 수 있으나, 북극해의 경우 오염물질 처리 시설이 설치된 항만이 부족하여 특별해역으로서 지정되지 않고 있었다.[70] 그러나, 북극해의 생태학적, 환경적 취약성을 인지한 국제사회에서는 북극과 남극을 포괄한 극지역에서의 선박 운항 규범 필요성이 지속적으로 제기되었고, 이윽고 극지해역 운항 선박 국제기준인 Polar Code가 제정되었다. 2017년 1월 1일부터 발효된 Polar Code는 강제적 효력을 가짐에 따라 빙해역을 운항하는 선박은 모두 이 규정의 적용을 따르게 되었으며, 해당 Polar code는 IMO 해사안전위원회(MSC)와 해양환경보호위원회(MEPC) 논의를 통해 도출되어 MARPOL 내 본문에 근거 규정을 신설하는 등 MARPOL 부속서를 모법으로 두고 있다.[71] 이 사실에 근거하여 모법 MARPOL 협약 부속서에서 규정하는 선박 폐기물 및 대기오염물질 관련 규정 또한 Polar Code로까지 영향이 미치게 된다.

현재 북극이사회 내 워킹그룹은 상기 언급한 Polar Code 및 MARPOL 협약을 통해 규제받는 선박 배출 대기오염물질 저감을 위한 사업들이 진행중에 있다. 워킹그룹의 사업들은 대부분이 정책 결정자 및 입안자들을 위한 문서 작성 및 보고서 작성으로 이루어져 있는데, 선박 운항으로 인해

70) IMO, https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Special-Areas-Marpol.aspx (검색일: 2023.08.20.)
71) 김지혜, 김민수, 김주현, 이슬기, 정성엽 (2020), 북극 해상운송 규범 분석을 통한 우리나라 대응방안 연구, 한국해양수산개발원, p.58.

발생되는 대기오염물질 방지 기술을 적용한 선박인 일명 친환경 에너지 선박 기술 개발과 직접적으로 관련이 있는 사업보다는 친환경 에너지 선박 개발이 북극해 환경 보전을 위한 하나의 해법으로 제안될 수 있는 사업들이 다수 포함되어 있는 것으로 보인다. 이 같은 사실에 기반하여 북극이사회 6개 워킹그룹 추진 사업 중 친환경 에너지 추진 선박 개발 사업으로까지 발전 가능하거나, 우리나라 개별 기업 혹은 기관이 분절적으로 진행하던 친환경 에너지 선박 관련 사업을 국제적 수준의 협력 사업으로 격상시킬 수 있는 사업이 있는지 워킹그룹 별 사업 도출해볼 수 있겠다.[72)]

아울러, 기존에 우리나라 북극 전문가들이 참여해 온 사업은 주로 CAFF, PAME, SDWG 주도의 소수 사업들이었던 바, 우리 전문가들의 워킹그룹 내 사업 참여 범위를 넓히고 ACAP, AMAP 등 기존에 참여하지 않았던 워킹그룹의 사업 추진 과정에 보다 많은 우리 북극 전문가들을 투입시키기 위해서라도 참여 가능성이 높은 워킹그룹 사업을 검토할 필요성이 제기된다.

〈표 3-2〉 우리나라 북극이사회 워킹그룹 사업 참여 연혁

워킹그룹	참여 협력사업	참여기간	국내 참여 기관
CAFF	북극이동성물새이니셔티브	2015~	국립생태원
EPPR-PAME	신 저유황유-빙해 조건에서의 특성 연구 사업	2020~	선박해양플랜트 연구소
PAME	북극 원주민 해역이용도 지도화 사업	2015~2017	한국해양수산개발원
PAME	PAME의 해운 작업 관련 옵서버 참여의 체계적 강화	2019~	한국해양수산개발원
SDWG	북극 재생에너지 지도화 사업	2017	한국해양수산개발원
	북극 수소에너지 적용 및 시현 사업	2021~	한국해양수산개발원

자료: 해양수산부·KMI, '북극이사회 워킹그룹별 대응 전략(안)' p.17 참고

72) 모든 사업들은 워킹그룹 협력사업 추진 중단 전 2021년 12월 1~2일 마지막으로 개최된 SAO 회의를 통해 공유된 워킹그룹 사업 현황 및 성과 보고서를 기준으로 검토되었다.

〈표 3-3〉 ACAP 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록

사업명	사업기간	주도국	사업내용	분야
북극 블랙 카본 사례 연구 플랫폼 (Arctic Black Carbon Case Studies Platform)	2013~	• 미국	• 북극 전역에서의 블랙 카본 배출 저감을 위한 모범적 프로젝트·사례·정책 소개 플랫폼 개발 및 플랫폼으로의 모범 사례 내용 게재	• 환경 오염물질 저감
북극 그린쉬핑 – 단기 체류성 기후 변화 유발 물질(SLCP) 완화 (Arctic Green Shipping – SLCP Mitigation)	2017~	• 러시아	• 러시아 북극 북부지역 하천을 통한 내륙 운송으로 인해 발생하는 SLCP 대기 배출량 저감 목적의 권고사항, 투자 제안 등을 담은 보고서 작성	• 환경 오염물질 저감

자료: 북극이사회 2021 SAO회의 보고서 기반 KMI 작성

ACAP은 소위 폐기물 등으로 일컬어지는 각종 오염물질로부터 북극 환경을 보호하기 위한 활동을 추진하는 워킹그룹으로, 2001년 행동 계획이 채택된 이후 잔류성 유기오염물질 (Persistent Organic Pollutants, POPs) 및 수은과 관련한 작업을 시작으로 설립 초기 폴리염화바이페닐 (polychlorinated biphenyls, 이하 PCBs), 다이옥신(dioxins), 퓨란(furnas), 수은(mercury) 등의 저감을 위한 작업을 진행했던 영향으로 현재까지도 주로 POPs, 수은, 다이옥신 등의 유해물질을 비롯하여 쓰레기, 미세플라스틱 등의 폐기물로 인한 북극 오염 방지를 위한 사업들을 진행 중에 있다. 오염 물질 및 유해 물질 발생 억제 방안을 고민하여 궁극적으로 북극해 환경 오염 방지에 기여한다는 차원에 있어서는 친환경 에너지 선박 개발 사업들과 추진 목적이 궤를 함께한다 할 수 있으나, ACAP 특성상 해운 및 선박 관련 사업에 크게 관여하고 있지 않은바, ACAP에서 진행 중인 친환경 에너지 선박 개발 연계 가능 사업의 수는 많지 않은 것으로 보여진다.

그러나, ACAP 진행 사업 중 비북극권 국가인 우리나라의 정부의 친환경

에너지 선박 관련 사업이나 정책을 홍보하고 우리나라 개별 기업 혹은 기관의 친환경 에너지 선박 개발 사업을 소개할 뿐만 아니라, 관련 전문가들이 보고서 작성 등을 통해 사업 참여가 가능해 보이는 사업들이 소수 있다. '북극 블랙 카본 사례 연구 플랫폼 (Arctic Black Carbon Case Studies Platform)'사업이 그러한 사업 중 하나이다.

북극 블랙카본 사례 연구 플랫폼 사업은, 북극 전역에서 국가 및 지역사회가 블랙카본 배출을 줄이기 위해 어떤 조치를 취하고 있는지 조치와 관련한 정책, 그리고 개별 기관 및 기업이 정부의 정책적 기조를 등에 업고 추진하는 성공적인 사업 사례 등에 대한 공유와 소개를 목적으로 마련된 플랫폼 개발 사업이다.

북극이사회 회원국 8개국은 2015년 4월 '강력해진 블랙카본 및 메탄 배출의 감소 : 북극이사회 행동계획(Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions: An Arctic Council Framework for Action)' 채택을 통해 이미 북극권 내에서의 전체 블랙카본 배출량 감소를 가속화하고 메탄 배출량을 전반적으로 크게 저감시키기 위해 강하된 그리고 야심찬 국가적, 집단적 조치를 취하겠다고 선언한 바 있다.[73] 또한 2017년 북극이사회 각료회의에서는 2025년까지 블랙카본 배출량을 2013년 수준에 비해 25~33% 수준까지 더 낮춰야 한다고 강조하는 북극이사회 전문가 그룹의 보고서 또한 채택하였다.[74] 이처럼 북극이사회를 활용하여 북극권 8개 국가들은 북극권 지역의 대기오염 문제에 블랙카본이 큰 영향을 미치고 있다고 판단하고 있으며, 2015년 발표한 행동계획 실천의 일환

73) Arctic Council, https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/policy-experiences-and-best-practices/ (검색일: 2023.09.01.)
74) Arctic Council, https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/policy-experiences-and-best-practices/ (검색일: 2023.09.05.)

으로 동 플랫폼 사업을 활성화 시키고 있다. 특히, 해당 사업은 단순히 블랙카본 저감을 위한 북극권 국가들의 정책적 사례를 소개하는 것에서 더 나아가, 옵서버국가들이 추진하는 북극권 블랙카본 및 메탄 배출량 저감 노력 성공 사례에 대한 소개를 적극 격려하고 있고, 현재까지 플랫폼에 등록 및 소개된 100건 가량의 사례 소개에서 그치지 않고 플랫폼을 확장하여 성공 사례뿐 아니라 국제사회가 흥미를 가질 수 있는 노력 사례에 대한 소개 또한 플랫폼에 게재할 수 있도록 독려하고, 타 북극권 지역으로의 사례 및 정책 적용을 지향하고 있다. 이에 따라, 우리나라에 동 사업에 참여할 경우 옵서버국가의 지위를 지닌 우리나라가 북극이사회 회원국의 블랙카본 저감을 위한 전략적 노력에 기여할 수 있는 바가 클 것으로 보이며 참여 가능성도 매우 높다고 판단된다.[75]

〈표 3-4〉 AMAP 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록

사업명	사업기간	주도국	사업내용	분야
북극 생태계와 관련 기후 피드백에 대한 기후변화 영향 이해 (Understanding climate change impacts on Arctic ecosystems and associated climate feedbacks (CAFF와 공동 추진))	2020~	• 덴마크 • 노르웨이	• 북극 생태계 보존을 저해하는 기후변화 현상 및 요인들이 △운송 및 인프라, △식량 안보, △문화, △사회경제적 복지, △생물다양성 등에 미치는 영향 파악	• 기후변화
단기체류기후변화유발물질(SLCFs)을 포함한 대기 오염 (Air Pollution, including SLCFs)	2017~	• 캐나다 • 핀란드 • 노르웨이 • 미국	• SLCFs 등이 북극 기후, 대기질, 북극 거주민 건강에 미치는 영향 및 관련 정책입안자를 위한 보고서 작성	• 환경 오염물질 저감 • 기후변화

자료: 북극이사회 2021 SAO회의 보고서 기반 KMI 작성

75) Arctic Council, https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/ (검색일: 2023.09.05.)

AMAP은 북극권 오염 상태 및 기후 변화 문제를 해결하기 위해 북극의 환경 상태를 관찰하고 평가하는 작업을 진행하는 워킹그룹으로, 본래 북극 국가 다자협정인 북극환경보호전략(Arctic Environmental Protection Strategy, 이하 AEPS)를 통해 1991년 발족된 이후 1996년 북극이사회 워킹그룹으로 재구조화되며, 북극이사회 및 북극이사회 회원국 정부의 북극 기후 및 환경 문제 관련 정책결정을 위한 정보를 제공하고자 다양한 보고서 발간 활동을 주로 추진하고 있다. 특히 현재까지 △쓰레기 및 미세플라스틱, △수은, △잔류 유기 오염물질(PoPs), △지속가능한 북극 관측 네트워크(Sustaining Arctic Observing Networks, 이하 SAON), △기후, △방사능을 주제로 사업을 워킹그룹 내 전문가 그룹들을 활용해 워킹그룹 중점 사업으로 추진하여, 궁극적으로는 북극 오염 수준과 동향, 경과, 향후 시나리오를 문서화하고 북극권 국가 정부의 정책 입안자들이 참고할 수 있는 자료를 생산하고자 하는 데 AMAP의 활동의 목적이 있다.

북극권 내에서 배출 및 축적되거나 북극권 환경에 영향을 주는 오염물질 수준을 낮추기 위한 사업을 진행한다는 점에 있어 ACAP과 AMAP의 사업 영역 및 활동 범위는 상당수 겹친다고 볼 수 있으며, AMAP 또한 ACAP과 유사하게 해운·선박 관련과 직접적 연관성을 가진 사업을 진행하고 있지 않는 상황이다. 이에 따라 AMAP에서 추진하고 있는 사업들 중 친환경 에너지 선박 개발과 높은 수준의 연계성을 지닌 사업은 거의 전무한 것으로 보인다.

다만, ACAP 사업과 마찬가지로 친환경 에너지 추진 선박 기술 개발을 북극권 대기환경 및 생태계 보전을 위한 솔루션으로서 제안하고, 이의 필요성을 제기하는 방향으로 AMAP과 CAFF가 공동으로 추진하고 있는 '북극 생태계와 관련 기후 피드백에 대한 기후변화 영향 이해(Understanding climate change impacts on Arctic ecosystems and associated climate feedbacks)' 사업 보고서 작성 작업 참여를 제안할

수 있다. 해당 사업은 현재 북극에서 발생하고 있는 빠른 기후변화가 북극 생태계 및 해양·육상 환경에 다시금 영향을 미치며 이같은 순환이 결국에는 북극 지역 사회에까지 영향을 미친다는 전제하에, 최종적으로 기후변화가 북극 생태계에 미치는 영향의 정도를 평가하고 기후변화 적응 및 기후변화로 인한 북극 생태계 및 사회의 탄력적 대응 전략을 제공하는 것이 사업의 목표라고 볼 수 있다.[76][77]

사업은 총 3단계로 이루어질 예정인데, 2021년까지는 1단계인 준비단계로 △워킹그룹 전문가들간 우려사항 및 관심 사안을 공동 선별, △최종 평가 단계 이전 기술보고서 작성을 위한 우선순위 주제 선정, △공동작업을 위한 세부 프로젝트 식별 등을 추진했고, 2021~2023년은 2단계인 이행단계로서 △세부 프로젝트 주제에 대한 리더 및 프로젝트 추진 팀 구성을 확정하고, △대상 프로젝트 연구, 분석 및 지식 취합 작업을 수행하는 등의 작업을 진행하고자 한다. 그리고 마지막 단계인 3단계는 2024~2025년 진행될 예정으로 종합적 평가 보고서를 작성하는 단계라 할 수 있다.

해당 사업에서 주목할 점으로는 작업 과정에서 북극에 거주하는 북극 원주민들과 거주민들의 우려사항을 식별하는 작업을 진행하는데, 지속가능한 북극에서의 해상 운송 작업과 환경 오염 방지를 위한 안전한 운송 관행과 운송 기술 개발이 필요하다는 부분에 대해 알류트족 등을 중심으로 생계형 수렵 및 어업에 의존하는 원주민들의 목소리가 지속적으로 있었던바[78], 친환경 에너지 선박 기술을 북극 기후변화 방지를 위한 필요 기술 개발 분야 중 하나로서 제안하고 한국의 기술개발 수준과 기여 가능 세부 분야, 그리

76) CAFF, https://caff.is/climate-change (검색일: 2023.09.21.)
77) AMAP·CAFF(2021), Scoping outline for AMAP-CAFF joint-work on Climate change impacts on Arctic ecosystems and associated climate feedbacks.
78) Arctic Council, https://arctic-council.org/news/at-the-doorway-to-the-arctic-an-aleut-perspective-on-a-sustainable-arctic-ocean/ (검색일: 2023.09.21.)

고 기술 개발 및 연구 개발 사례의 북극 적용 가능성을 타진하는 방향으로 우리나라의 동 사업 보고서 작성 작업 참여가 가능할 것이라 보인다. 아울러, 현재 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 지난 2022~2023년 상반기까지의 워킹그룹 활동이 전면 중단된 탓에 기술 보고서 작성 및 종합 평가 보고서 작성 작업이 중단·지연되고 있는 상황을 고려했을 때, 워킹그룹 사업 재개 과정에서 우리나라 전문가들이 중도 참여할 수 있는 가능성이 있는지 고려해 봄 직하다.

〈표 3-5〉 PAME 사업 중 친환경 에너지 선박 기술 분야 연계 가능 사업 목록

사업명	사업기간	주도국	사업내용	분야
북극에서의 어업 관행 및 어업 관련 장비 용품: 유기되거나 유실된 혹은 폐기된 어업 장비에 대한 이해 증진 (Fishing Practice & Gear Inventory: Enhancing Understanding of Abandoned Lost or otherwise Discarded Fishing Gear)	진행 중	• 노르웨이 • 미국	• 북극권 어업 활동을 위해 필요한 장비들을 식별하고, 이에 대한 정보를 공유 • 모니터링을 통해 북극해 연안 어업 활동에 대한 이해를 높일 신뢰도 높은 정보 자원 개발	• 북극 해운
PAME의 해운 작업 관련 옵서버 참여의 체계적 강화 (Systematically Strengthening Observer Engagement in PAME's Shipping Work)	진행 중	• 미국	• 북극이사회 옵서버가 PAME의 해상운송 관련 사업 및 작업에 기여 또는 참여할 수 있는 기회 개발 • 옵서버 참여 강화를 위한 PAME의 우선 순위 권장 사항 목록화 등	• 북극 해운
북극 해운 현황 보고서 (Arctic Shipping Status Reports)	2019~	• 미국	• PAME의 ASTD 데이터베이스를 활용하여 정량적 사실에 근거한 실질적 북극 해운 활동 상황 보고서 작성 • 북극 해운 활동에 대한 주요 동향 및 정보 공유	• 북극 해운
북극 해운 분야로의 보다 체계적인 옵서버 참여를 위한 프레임워크 (A framework for more systematically engaging with Observers on shipping related matters)	2019~2023	• 미국	• PAME의 북극 해상 운송 관련 작업에 대한 옵서버의 적극적 인입을 위해 워크숍 1회 이상 개최	• 북극 해운

자료: 북극이사회 2021 SAO회의 보고서 기반 KMI 작성[79]

PAME은 1991년 6월 북극권 국가 간 개최된 북극환경보호를 위한 장관회의를 통해 채택된 '북극환경보호전략(Arctic Environmental Protection Strategy)'을 이행하기 위해 설립된 것으로부터 활동이 시작되었으며, 공식적으로는 1993년 9월 그린란드 누크(Nuuk)에서 개최된 북극이사회 각료회의를 통해 출범했다. 이에 따라 PAME은 육상 및 해상의 여러 활동으로 인한 북극 환경 변화에 대응하기 위한 북극 해양 관련 정책적 조치 및 규범, 관련법을 보완하는 데 기여하고, 이를 위해 전략 계획, 프로그램 및 사업, 평가 및 지침을 개발하고 조정하는 기능을 수행한다. 여기서 말하는 활동이란 인간이 벌이는 북극 해양 및 육상에서의 활동을 포함하며, PAME의 활동 범위는 △북극에서의 운송, △해양 보호 구역, △북극 자원 탐사 및 개발, △북극 생태계 관리를 위한 접근법, △북극 해양 오염 등으로 동 범위 내에서 여러 보고서 작성 작업 및 정책 개발 사업 등을 진행한다.

PAME은 북극이사회 워킹그룹 중 북극 운송 및 해운 분야에 밀접한 사업을 가장 많이 수행하는 워킹그룹이라 할 수 있으며, 기존에 우리나라 전문가들이 다른 워킹그룹 사업보다 PAME의 사업에 가장 많이 참여해왔다. 또한 PAME은 옵서버국의 참여를 겨냥한 사업을 지속적으로 진행해왔기 때문에 북극이사회 옵서버국 자격의 우리나라가 PAME 추진 사업 참여 범위를 보다 쉽게 넓힐 수 있을 것으로 예상된다.

특히, PAME 추진 사업 중 '북극에서의 어업 관행 및 어업 관련 장비 용품: 유기되거나 유실된 혹은 폐기된 어업 장비에 대한 이해 증진 (Fishing Practice & Gear Inventory: Enhancing Understanding of Abandoned Lost or otherwise Discarded Fishing Gear)' 사업의 경

79) 국제해사기구(IMO)가 2012년 채택한 국제협정으로 선체구조, 복원성, 기관, 구명설비 등 원양어선의 안전을 위한 요건들을 규정한 협정이며, 한국은 지난 2021년 협정 비준을 위한 국내 절차를 개시한 바 있다.

우, 북극권 근해를 포함한 전반적인 북극권 해역에서의 북극 어업 관행과 어업 활동 양상, 그리고 이에 따른 어업 장비 유형을 분류하고 목록화하고자 하는 사업으로 주목해 봄 직하다. PAME은 동 사업을 통해 궁극적으로 북극 해양 오염의 원인이 되는 미세 플라스틱 포함 해양 쓰레기의 핵심 원인인 어망 및 기타 어업 관련 자재, 장비들이 어떤 방식으로 발생이 되며 어떤 경로로 북극해에 유입되는지에 대한 이해를 제고하고, △북극권 수역 내 어업이 활발히 이루어지는 지역, △어업 활동 지역별 활용 어업 장비, △목표 어종별 공통 사용 장비 혹은 어종별 사용 장비의 차이점 등에 대한 데이터를 포괄하여 지도 등의 시각화 데이터를 구축하고자 한다. 또한, 데이터를 축적하여 이를 자료화 시킨 이후에는, 워킹그룹 내 관련 전문가들과의 협업을 통해 어종별 어획량과 생산성과 같은 정보를 추가하여 실제적으로 북극권 연근해에서 사용되는 어업 장비 및 자재의 규모를 산정하고, 이로 인한 미래 해양 쓰레기 발생량을 예측할 계획이다. 현재 사업의 추진 정도에 대해 공개된 자료가 없고 워킹그룹 활동의 공백이 1년 이상 있었던 바 공개된 자료가 부족하여 사업 현황을 정확히 파악할 수 없는 상태이긴 하나, PAME이 강조하는 주요 사업 중 하나로 사업이 확대 추진될 가능성이 있으며 구축된 데이터를 활용한 인쇄물 발간 및 교육사업 진행 등 연계 사업이 계획된 것으로 파악되고 있어 우리 전문가들의 향후 사업 참여가 가능할 것으로 기대된다.[80]

그리고 '북극 해운 분야로의 보다 체계적인 옵서버 참여를 위한 프레임워크(A framework for more systematically engaging with Observers on shipping related matters)' 사업과 'PAME의 해운 작업 관련 옵서버 참여의 체계적 강화(Systematically Strengthening

80) PAME, https://www.pame.is/projects-new/arctic-marine-pollution/current-marine-litter-projects/426-fishing-practice-gear-inventory-enhancing-understanding-of-abandoned-lost-or-otherwise-discarded-fishing-gear-aldfg (검색일: 2023.09.21.)

Observer Engagement in PAME's Shipping Work)' 와 같은 사업으로의 우리 전문가 참여 또한 가능할 것으로 보이는데, 두 사업들 중 'PAME의 해운 작업 관련 옵서버 참여의 체계적 강화' 사업의 경우 실현 가능 수준과 여부에 따라 PAME 사업 범위 내에서 실행 가능한 사업에 대한 아이디어를 제안하여 이를 목록화하고 순위를 매기는 작업을 포함하여, 옵서버를 위한 PAME 매뉴얼을 마련하는 등 북극이사회 옵서버가 PAME 사업을 주도할 수 있도록 기반을 마련하는 모든 포괄적 작업 추진을 위해 마련된 사업이라고 할 수 있다.[81] 해당 사업은 이미 2019년부터 시작되어 한국이 미국, 노던포럼(Northern Forum), 폴란드와 함께 주도국으로 참여 중에 있다. 지난 2021년 9월 27일부터 10월 8일에 진행된 PAME 화상 회의 결과 리포트 내용에도 한국의 사업 활동 관련 내용이 포함되어 있는데, PAME은 동 사업의 공동 주도국들이 과거 진행하던 사업 과제에서 추가적인 과제를 더하여 사업을 지속적으로 추진해갈 것을 권고하고 있다.[82] 한국해양수산개발원은 동 사업의 한국측 참여 기관으로서 PAME 워킹그룹 회의에 지속 참석해왔으며, 이로 인해 현재 한국은 PAME 주요 보고서 국문화 작업, PAME 요구 자료 제출 등에 참여하여 활발한 활동을 벌인 옵서버국 중 하나로 평가받고 있다. 다만, 뚜렷한 사업 제안 등의 활동 움직임은 보이지 않았던바, 기존의 활동 기조를 앞으로도 이어가며 향후 지속 진행될 PAME 회의에 참석하여 현재 우리나라 지자체 및 연구기관들이 진행하고 있는 북극 해운 및 운송 기술 개발, 선박 기술개발 관련 사례를 홍보할 필요가 있어 보인다. 아울러, 'PAME의 해운 작업 관련 옵서버 참여의 체계적 강화' 사업 참여국으로서 친환경 에너지 선박과 관련한 우리나라의 기술 수준과 협업 시 강점을 문서화한 자료를 제출하여 PAME이 강조하는

81) PAME, https://www.pame.is/images/05_Protectec_Area/2020/PAME-I/Agenda_Item_6/6.7/Agenda_6.7-Engagement_of_Observer_States_in_PAMEs_Shipping_Related_Activites_27_Jan_2020.pdf (검색일: 2023.09.21.)

82) PAME(2021), PAME II-2021 WORKING GROUP MEETING REPORT, p.14.

지속가능한 북극 운송에 기여할 수 있는 구체적인 연구 사업 및 북극권 국가들과 옵서버간 관련 기초 자료 수집 및 보고서 작성 작업 또한 제안해 볼 수도 있을 것으로 판단된다.

이 밖에 '북극 해운 현황 보고서(Arctic Shipping Status Reports)' 사업으로의 참여를 제안해볼 수 있겠다. 해당 보고서는 미국과 PAME 사무국이 직접 주도하는 사업으로, 본 보고서에서 활용하는 PAME의 북극해운통계데이터(ASTD)를 기반으로 북극에서의 선박 활동에 대한 정확하고도 신뢰도가 높은 최신 데이터를 수집 및 보고서로서 가공하여 배포하는 작업을 추진하는 사업이다. 2020년 3월 31일에 첫 번째 보고서인 △2013-2019 북극해운 증가(2013-2019 The Increase In Arctic Shipping) 제하 보고서를 발행한 이후, 동년 10월 20일 △2019 북극 항행 선박의 중유사용(Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic 2019) 보고서를 두 번째로 발행하여 2013년부터 2019년까지의 일반적인 북극에서의 선박 항행 및 해상 운송 동향에 대한 정보를 제공했음은 물론, 중유(HFO)를 중심으로 하여 2019년 기준 북극 선박이 활용하는 선박 연료 동향 및 비율에 대한 자세한 데이터를 제공한 바 있다.[83] 이후 2021년에는 동 사업의 일환으로 북서항로(Northwest passage) 운송 현황 및 북서항로를 지나는 선박 정보에 대한 내용을 담은 △북서 항로에서의 선박 항행 : 2013년과 2019년 비교(Shipping in the Northwest Passage: Comparing 2013 with 2019) 보고서를 발간하여, 현재까지 총 3편의 보고서가 발표되었다.[84]

83) PAME, https://www.pame.is/projects/arctic-marine-shipping/arctic-shipping-status-reports (검색일: 2023.09.21.)

84) Arctic Council, https://arctic-council.org/news/report-on-shipping-in-the-northwest-passage-launched/ (검색일: 2023.09.28.)

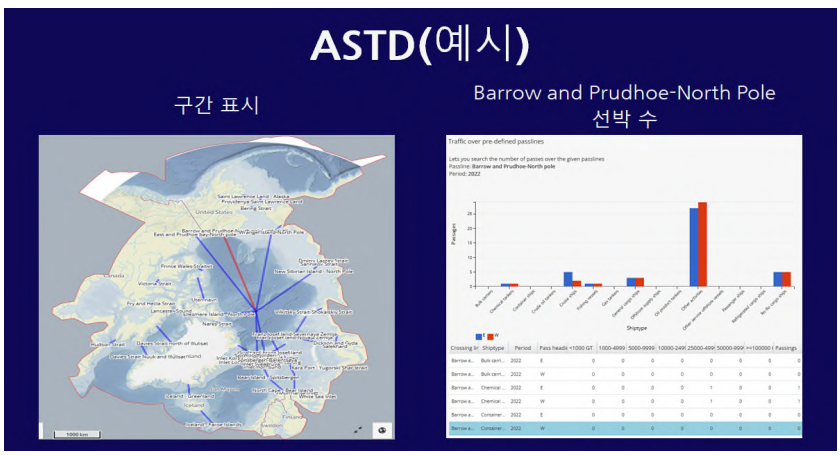
발간된 보고서들은 수치화된 자료들을 통해 2013~2019년 동안 북극해에 진입하는 선박 수가 1,298척에서 1,628척까지 약 25% 증가한 점, 이들 선박이 북극해를 거쳐 항해한 거리가 2013년 기준 651만 해리에서 2019년 950만 해리로 75% 정도 비약적으로 증가한 점 등을 비롯하여, 북극해에서 항행하는 선박의 절대다수인 41%가 상업용 어선인 것을 지적함과 동시에 이들 대부분이 증류유(Distillate Fuel)로 추진되나 여전히 10%의 선박은 중유를 사용하고 있음에 대해 강조하였고, 2020년 1월 1일부터 적용되기 시작한 IMO의 선박연료 유황성분에 대한 0.50% 규제 시행을 언급하여 저유황유는 물론 보다 친환경적인 연료 사용에 대한 필요성을 강조한 바 있다.[85] 이처럼 대부분의 보고서 내용은 ASTD 자료를 기반으로 작성되었으나, 단순한 수치 제시뿐만 아니라 북극 해운 관련 규범·규제 도입에 따른 미래 북극 해운의 방향성을 제시하는 내용과 함께 전기추진선의 북극해 내 항행 수가 전무함이 보고서 내에 강조되는 등 PAME은 보고서 발간을 통해 전기 추진 선박을 비롯 친환경 에너지 선박 기술 개발의 필요성을 간접적으로 시사하였다.[86] 이에 따라, 향후 북극 해운과 연관성 있는 다양한 주제로 해당 사업의 일환으로 보고서가 작성될 시, 친환경 에너지 추진선 기술 개발의 필요성 및 현황에 대한 내용 또한 작성될 수 있을 것으로 예상되며 우리나라의 선진 기술 북극해 적용 및 우리나라 전문가들이 예측하는 향후 북극해 항행 친환경 에너지 추진선 예상 수치 등에 대한 내용을 담는 방향으로서 PAME과 협업이 가능할 것으로 예상된다.

85) PAME(2019), Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic, p.9.
86) PAME(2019), Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic, p.18.

제2절 ASTD 기반 북극항로 운항 선박 유형 분석

2019년 북극이사회 워킹그룹 중 하나인 '북극해양환경보호(Protection of the Arctic Marine Environment, PAME)'가 제공하고 있는 북극해운통계데이터(ASTD)는 선박 유형별[87], 선박별 대기오염물질 배출량 추정치, 경로별, 운항 시간별, 북극권 지역의 60개 항구 및 지역사회의 선박 수 정보, 선박별 연료 소비량, 기상, 해양조건 등 광범위한 정보를 수집한다. 동(同) 프로젝트는 북극권 해운에 대한 지식 격차를 해소하기 위해 개발되었다. 북극 동향을 모니터링함으로써 북극 해양 안정성 강화를 도모할 뿐만 아니라 북극권 환경보호 및 원주민을 지원하고자 한다. 또한 AMSA 데이터베이스처럼 특정 연도의 정보만 수집하는 것이 아니라 지속적으로 선박 데이터를 수집 및 제공하여 지속가능성을 확보하고자 한다.[88]

〈그림 3-2〉 ASTD의 구간 표시 및 선박 수 예시



자료: KMI 작성

87) 북극해운통계데이터(ASTD)의 선박 유형은 총 15개로 다음과 같이 구분하고 있음. 벌크선(Bulk carriers), 케미컬선(Chemical tankers), 컨테이너선(Container ships), 유조선(Crude oil tankers), 유람선(Cruise ships), 어선(Fishing vessels), 가스선(Gas tankers), 일반화물선(General cargo ships), 해안지원선(Offshore supply ships), 정유운반선(Oil product tankers), 기타선(Other activities), 기타 경비함(Other service offshore vessels), 여객선(Passenger ships), 냉동화물선(Refrigerated cargo ships), 로로선(Ro-Ro cargo ships)

88) https://pame.is/(검색일: 2023.05.30.)

1. 오염물질을 배출하는 선박 유형 분석

1) 일산화탄소(CO) 배출 분석

일산화탄소(CO)는 무색, 무취의 맹독성 기체로 주로 연료의 불완전 연소로 발생된다.[89] 2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 선박 유형별 일산화탄소(CO) 배출량 데이터를 수집하고, 연도별로 배출량이 가장 높은 선박 유형 상위 5개를 선별하였다. 도출한 결과는 다음과 같다.

〈표 3-6〉 선박 유형별 일산화탄소(CO) 배출량 순위

단위: 선박유형, 오염물질 배출량 Metric ton

순위	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1위	컨테이너선 13020.4	컨테이너선 18080.2	컨테이너선 18576.9	컨테이너선 17910.1	컨테이너선 19326.8	컨테이너선 20872.2	컨테이너선 18752	컨테이너선 9541.2	컨테이너선 10049.8	컨테이너선 3980808.8
2위	벌크선 7298.1	벌크선 10353.2	벌크선 9757.3	벌크선 10092.7	벌크선 10787.1	벌크선 11153.5	벌크선 10534.4	벌크선 7563.7	벌크선 7570.9	벌크선 3146644.4
3위	여객선 3151.3	어선 3460	어선 3845	어선 3831.8	어선 4193.5	어선 4298.7	어선 4400.5	어선 5108.4	기타선 4719.9	가스선 2427565.7
4위	어선 3124.6	여객선 3377.1	여객선 3576.1	일반화물선 3717.3	여객선 3749.5	여객선 3711.2	가스선 4102.4	가스선 4043.7	가스선 4436.2	기타선 2376492.1
5위	일반화물선 2585.3	일반화물선 3079.1	일반화물선 3319.0	여객선 3667.7	일반화물선 3675.4	일반화물선 3547.2	유람선 4080.6	여객선 3238.4	어선 4159.1	유람선 2227351.9

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

2013년부터 2022년까지 컨테이너선이 지속적으로 배출량 1위를 기록하였다. 다음으로 벌크선은 2위를 일관되게 유지하며, 컨테이너선 다음으로 많은 배출량을 기록하였다. 어선의 경우 2013년부터 2019년까지 어선이 일산화탄소 배출량에서 상위권을 차지하였으나, 2021년에는 기타선에 의해 5위를 차지하였다. 여객선은 2014년부터 2018년까지 배출량 3~5위 안에 들었으나, 2020년 이후로는 순위에서 밀려났다. 여객선과 일반 화물

89) https://cleanair.seoul.go.kr/information/info152(검색일: 2023.05.30.)

선은 배출량 순위에서 상승과 하락을 반복하며 변동성이 있었다.

위 표에서 주목할 점은 첫째, 2022년의 모든 선박 유형의 배출량이 2021년에 대비 현격히 상승한 점이다. 이는 코로나 팬데믹에 의해 일시적으로 억제되었던 소비 및 경제활동이 회복하면서 발생한 반동효과로써 급증한 배출량은 팬데믹 이후의 강력한 소비와 경제적 활동과 밀접한 관련이 있을 것이라고 사료된다. 둘째, 일산화탄소 배출량에 있어 컨테이너선과 벌크선이 2013년부터 2022년까지, 10년간 각각 1위, 2위를 기록하고 있으며, 특히 컨테이너선의 경우 대체적으로 지속적인 증가 추세를 보이고 있어, 환경보호를 위한 기술적 혁신 또는 규제 강화 등의 시급한 조치가 필요하다고 판단된다.

2) 이산화탄소(CO2) 배출 분석

이산화탄소는 지구 대기에 자연적으로 존재하는 무색무취의 무거운 기체이다. 이산화탄소는 호흡이나 유기물의 분해와 같은 자연적 과정에 의해서뿐만 아니라 주로 화석 연료의 연소와 같은 인간의 인위적 활동에 의해서도 발생한다. 이산화탄소는 주요 온실가스로서 대기 중에 열을 가두어 일반적으로 지구온난화 또는 기후변화로 일컫는 온실효과에 기여한다.[90]

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 이산화탄소(CO2) 배출량 데이터를 수집하고, 연도별로 배출량이 가장 높은 선박 유형 상위 5개를 선별하였다. 도출한 결과는 다음과 같다.

90) https://www.sem.go.kr/portal/plcTch/imoPlcDtl.do(검색일: 2023.05.30.)

〈표 3-7〉 선박 유형별 이산화탄소(CO2) 배출량 순위

단위: 선박유형, 오염물질 배출량 Metric ton

순위	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1위	컨테이너선 5624279.2	컨테이너선 7809505.3	컨테이너선 8027323.8	컨테이너선 7796376.5	컨테이너선 8418497.6	컨테이너선 9088905.8	컨테이너선 8171579.6	컨테이너선 4181164.3	컨테이너선 4440705.7	컨테이너선 3990308.8
2위	벌크선 3153166.6	벌크선 4472953.9	벌크선 4218788.6	벌크선 4418952.1	벌크선 4732296.2	벌크선 4894551.1	벌크선 4624998.1	벌크선 3349018.8	벌크선 3345887.9	벌크선 3146644.4
3위	여객선 1366915.8	어선 1482205.1	어선 1648115.5	여객선 1726226.3	어선 1807827.2	어선 1853670.8	어선 1900123.5	어선 2216501.6	기타선 2144420.7	가스선 2427565.7
4위	어선 1338639.2	여객선 1453783.5	여객선 1547956.0	어선 1653691.9	여객선 1770460.6	여객선 1752693.6	유람선 1818959.9	가스선 1753886.1	가스선 1921852.5	기타선 2376492.1
5위	일반화물선 1107525.9	일반화물선 1319065.3	일반화물선 1423482.8	일반화물선 1624276.5	일반화물선 1606739.0	일반화물선 1552266.6	가스선 1784388.2	여객선 1633606.1	어선 1795374.1	유람선 2227351.9

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

2013년부터 2022년까지의 기간 동안 선박 유형별 이산화탄소 배출량을 살펴보면, 컨테이너선이 지속적으로 1위를 차지하며 가장 높은 배출량을 기록하였다. 2013년 약 562만 톤을 기록하였으며, 2018년에는 최고치인 약 908만 톤에 달하였다. 벌크선은 2위를 유지하며 컨테이너선 다음으로 높은 배출량을 보였다. 2013년에는 약 315만 톤이었으나 2018년에는 약 489만 톤으로 증가하였다. 어선과 여객선은 3위와 4위를 번갈아 가며 차지하였고, 이들의 배출량 역시 점진적으로 증가하는 추세를 보였다. 특히 어선의 경우, 2020년에는 약 221만 톤을 기록하며 큰 폭으로 증가하였다. 일반 화물선은 초기에 5위 내에 포함되었으나, 2019년부터는 순위에서 밀려났다. 대신 가스선과 유람선이 상위 5위 안에 포함되며 배출량 증가를 보였다.

위의 표 분석을 통해 일산화탄소와 마찬가지로 컨테이너선과 벌크선 이산화탄소 배출량에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 두 선박의 공통점은 큰 규모의 선박이라는 점이다. 선박 규모에 따라 상당한 양의 이산화탄소를 배출하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 따라서 이러한 선박 유형들을 중심으로 이산화탄소 배출량을 줄이는 방안을 고려해 볼 필요가 있다.

3) 질소산화물(NOx) 배출 분석

질소산화물이란 질소와 산소로 구성된 기체의 혼합물로서 일산화질소(NO)나 이산화질소(NO2) 등이 있다. 질소산화물은 엔진 내부와 같이, 높은 압력과 높은 온도에서 산소와 질소가 반응하여 형성된다.[91] 2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 질소산화물(NOx) 배출량 데이터를 수집하고, 연도별로 배출량이 가장 높은 선박 유형 상위 5개를 선별하였다. 도출한 결과는 다음과 같다.

〈표 3-8〉 선박 유형별 질소산화물(NOx) 배출량 순위

단위: 선박유형, 오염물질 배출량 Metric ton

순위	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1위	컨테이너선 133252.4	컨테이너선 184789.2	컨테이너선 189326.8	컨테이너선 182875.8	컨테이너선 197739.1	컨테이너선 213414.0	컨테이너선 190935.7	컨테이너선 95543.1	컨테이너선 99692.5	컨테이너선 88369.7
2위	벌크선 74848.1	벌크선 105995.9	벌크선 99553.8	벌크선 102869.8	벌크선 109601.8	벌크선 113363.4	벌크선 106949.4	벌크선 75710.0	벌크선 76069.9	벌크선 71154.0
3위	여객선 27121.5	여객선 28647.3	여객선 30147.1	여객선 30678.7	여객선 31248.0	유람선 32544.4	가스선 41309.9	가스선 41270.5	가스선 45513.6	가스선 57623.0
4위	유람선 20575.7	로로선 25176.8	로로선 28340.6	일본화물선 30017.0	일본화물선 29376.8	여객선 30944.4	유람선 39684.8	어선 30762.2	기타선 29673.5	유람선 48664.2
5위	로로선 19887.1	일본화물선 24568.7	일본화물선 26511.2	유람선 26279.3	유람선 29171.9	일본화물선 27722.6	여객선 31157.6	여객선 25337.9	여객선 27969.3	기타선 33254.6

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

2013년부터 2022년까지의 기간 동안 부동의 1위를 차지한 선박은 컨테이너선으로 도출되었다. 특히 2018년까지는 계속해서 배출량이 증가하는 추세를 보였으나, 2019년 이후 약 19만 톤, 2022년 약 8만 톤으로 감소하는 모습을 보이고 있다. 아울러 벌크선 또한 2위를 꾸준히 유지하면서 높은 질소산화물 배출량을 보였다. 3위는 2013년부터 2017년까지 여객선이 차

91) https://www.sem.go.kr/portal/plcTch/imoPlcDtl.do(검색일: 2023.05.30.)

지하였다. 2018년에는 유람선, 2019년부터는 가스선이 3위로 진입하였고, 이후로 계속해서 배출량이 증가하며 3위를 유지하고 있다. 그 이후로는 여객선, 유람선, 로로선, 일반 화물선 등 다양한 선박 유형들이 순위에서 상승하거나 하락하는 등의 변동성을 보인다.

위의 표 분석을 통해 컨테이너선과 벌크선이 질소산화물 배출량이 가장 높은 선박으로 도출되었음을 알 수 있다. 흥미로운 점은 일산화탄소, 이산화탄소에서 상위권을 차지하였던 어선이, 질소산화물에서는 2020년 4위로 단 한 차례만 등장한 점이다. 이는 질소산화물 배출이 선박의 규모 즉, 엔진 출력에 의한 영향을 많이 받고 있다는 것을 증명한다. 아울러 각 선박 유형별로 배출량 증감 원인을 파악하여 전략을 개발해야 한다는 사실을 알 수 있다. 해양 환경 보호 및 기후변화 대응에 있어 중요한 통찰력을 제공할 것이라고 판단된다.

4) 이산화황(SO2) 배출 분석

이산화황은 황과 산소 분자의 화합물이며, 하층대기에서 볼 수 있는 가장 지배적인 형태이다. 정도의 차이는 있지만 석유계 연료에는 황이 함유되어 있기 때문에, 연소시키면 황산화물이 생성된다.[92] 2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 이산화황(SO2) 배출량 데이터를 수집하고, 연도별로 배출량이 가장 높은 선박 유형 상위 5개를 선별하였다. 도출한 결과는 다음과 같다.

92) https://www.sem.go.kr/portal/plcTch/imoPlcDtl.do(검색일: 2023.05.30.)

〈표 3-9〉 선박 유형별 이산화황(SO2) 배출량 순위

단위: 선박유형, 오염물질 배출량 Metric ton

순위	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1위	컨테이너선 29740.1	컨테이너선 41534.0	컨테이너선 42682.3	컨테이너선 41920.6	컨테이너선 45825.7	컨테이너선 49629.4	컨테이너선 44005.1	컨테이너선 9672.4	컨테이너선 9848.3	컨테이너선 8533.4
2위	벌크선 12747.7	벌크선 17780.3	벌크선 16539.6	벌크선 17244.7	벌크선 18599.2	벌크선 19282.5	벌크선 18378.3	벌크선 7857.8	벌크선 7941.2	벌크선 7404.1
3위	유람선 4323.7	로로선 5167.1	로로선 5855.9	유람선 5637.4	유람선 6248.3	유람선 6961.7	가스선 9361.6	가스선 5026.9	가스선 5541.7	가스선 7045.7
4위	로로선 3934.8	유람선 4762.8	유람선 5532.0	로로선 5469.8	로로선 5855.2	로로선 5705.0	유람선 8644.3	유조선 2843.7	유조선 2815.8	유람선 2799.8
5위	여객선 3762.5	여객선 3862.8	여객선 4064.4	여객선 4606.6	유조선 4968.7	유조선 5310.2	로로선 5650.9	일반화물선 1779.6	일반화물선 1948.5	유조선 2525.5

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

2013년부터 2022년까지 컨테이너선이 꾸준히 1위를 유지하였으며, 2013년에는 약 3만 톤을 기록하여 2018년에는 약 5만 톤으로 상승하였다. 이후 감소 추세를 보이며 2022년에는 약 9천 톤으로 감소하였다. 벌크선 또한 지속적으로 2위를 유지하였으며, 2013년 약 1만 톤에서 2018년 약 2만 톤까지 증가했으나, 그 이후 감소하였다. 유람선과 로로선은 3위와 4위에서 잦은 순위 변동이 있었으며, 유람선은 2019년에는 약 9천 톤으로 4위에 있었지만, 이후 배출량이 감소하였다. 로로선은 2019년 5위로 내려가고, 이후 순위에서 제외되었다. 가스선은 2019년부터 3위로 상승하며 이산화황 배출량이 증가하였다. 유조선은 2017년 약 5천 톤으로 5위에 등장하여 2022년까지 순위에 포함되었다.

5) 소결

위의 표를 분석한 결과, 로로선은 최근 배출량이 감소하여 순위에서 빠져나온 점이 주목된다. 이는 특정 선박 유형에 대한 관리 및 규제가 효과를 보이고 있음을 시사한다. 또한 배출량 기준으로 분석한 결과, 일산화탄소,

이산화탄소, 질소산화물 배출 순위에 어선이 없다는 것을 알 수 있다. 이는 어업활동 특성상 엔진을 중지 또는 저속운항하는 경우가 많기에 타 선박 대비 이산화황 및 질소산화물 배출량이 적은 것으로 사료된다. 아울러 선박 유형별 이산화황 배출량 감소 전략이 중요하다는 것을 보여주며, 특히 컨테이너선, 벌크선, 유람선, 로로선, 가스선 등에 대한 이산화황 배출량 관리가 중요할 것으로 판단된다.

또한, 2021년 이후 일산화탄소 및 이산화탄소의 경우, 어선의 순위가 3위에서 4~5위로 하락했다. 이는 어선의 절대적 배출량이 감소해서가 아니라 다른 유형의 선박이 상대적으로 배출량이 증가했기 때문이다. 즉, 러시아가 북극 LNG를 생산하여 수출하기 시작한 이후로 북극항로를 항해하는 가스선이 많아졌으며, 그 결과 가스선의 배출량 역시 증가했음을 알 수 있다.

2. 세부 경로별 선박 유형 분석

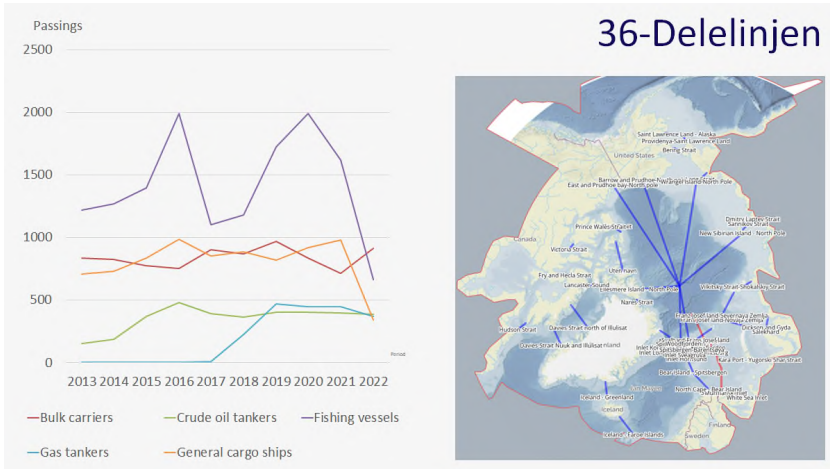
북극해운통계데이터(ASTD)는 총 47개 항해 구간을 설정하여 선박유형, 기간, 항해 방향 및 횟수 등의 데이터를 수집하고 있다.[93] ASTD를 기반으로 가장 항해 횟수가 많은 상위 10개 구간을 선별하고, 구간 내 운항 횟수가 가장 높은 상위 5개 선박을 도출하여 분석하고자 한다. 데이터 분석을 통해, 선박 유형별 특정 연도나 특정 기간의 항해 활동성 변화 추세를 파악할 수 있으며, 선박 운항 및 미래 전략을 수립하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

총 47개 구간 중 상위 10개 구간을 선별하기 위해, 구간별 선박의 양방향 총 운항 횟수를 기준으로 설정하였다. 그 결과, 36 – Delelinjen, Bear Island - Spitsbergen, Davies Strait north of Illulisat, Davies Strait Nuuk and Illulisat, Iceland - Faroe Islands, Iceland - Greenland, Kara Port - Yugorski Shar strait, Murmansk Inlet, North Cape - Bear Island, Spitsbergen North 구간 순으로 도출되었다.

93) 북극해운통계데이터(ASTD)의 경로는 총 47개로 다음과 같이 구분하고 있음. 1. 36 – Delelinjen, 2. Barrow and Prudhoe–North pole, 3. Bear Island – Spitsbergen, 4. Bering Strait, 5. Davies Strait north of Illulisat, 6. Davies Strait Nuuk and Illulisat, 7. Dickson and Gyda, 8. Dmitry Laptev Strait, 9. East and Prudhoe bay–North pole, 10. Edgeøya–Barentsøya, 11. Ellesmere Island – North Pole, 12. Fram Strait, 13. Frans Josef land–Novaja Zemlja, 14. Franz Josef land–Severnaya Zemlja, 15. Fry and Hecla Strait, 16. Hinlopenstredet, 17. Hudson Strait, 18. Iceland – Faroe Islands, 19. Iceland – Greenland, 20. Inlet Hornsund, 21. Inlet Kongsfjorden – Krossfjorden, 22. Inlet Longyearbyen, Barentsburg, 23. Inlet Sveagruva, 24. Kara Port – Yugorski Shar strait, 25. Lancaster Sound, 26.Long Strait, 27. McClure Strait, 28. Murmansk Inlet, 29. Nares Strait, 30. New Sibirian Island – North Pole, 31. Nordaustlandet North, 32. North Cape – Bear Island, 33. Prince Wales Strait, 34. Providenya–Saint Lawrence Land, 35. Saint Lawrence Land – Alaska, 36. Salekhard, 37. Sannikov Strait, 38. Spitsbergen North, 39. Spitsbergen–Barentsøya, 40. Svalbard–Frans Josef land, 41. Uten navn, 42. Victoria Strait, 43. Vilkitsky Strait–Shokalskiy Strait, 44. White Sea Inlet, 45. Widgefjorden, 46. Woodfjorden, 47. Wrangel Island–North Pole

1) 36 - Delelinjen

〈그림 3-3〉 36 - Delelinjen 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 36 - Delelinjen 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-10〉 36 - Delelinjen 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

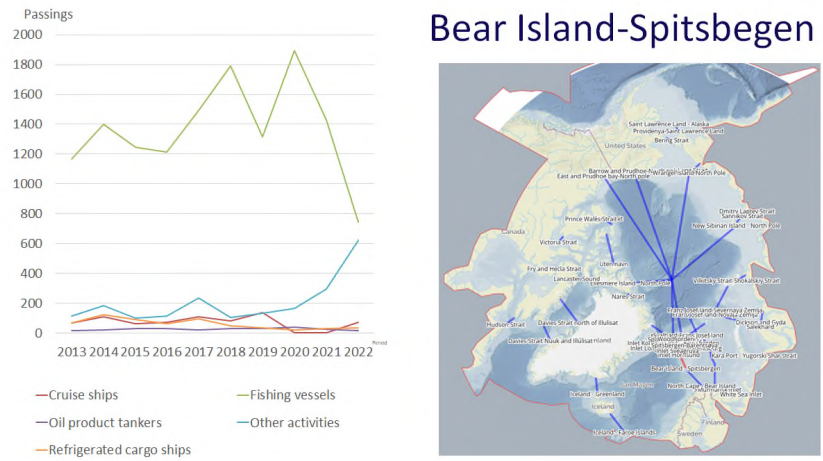
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	1,220	1,269	1,394	1,990	1,100	1,178	1,722	1,991	1,619	665	14,148
벌크선	834	825	772	751	902	869	967	836	715	910	8,381
일반 화물선	708	728	833	985	853	885	820	919	981	341	8,053
유조선	154	185	367	480	389	364	403	400	398	387	3,527
가스선	2	2	0	0	9	223	469	447	448	367	1,967

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 14,148회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2015년에서 2016년 사이 1,990회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 벌크선 8,381회, 일반화물선 8,053회 운항으로 각각 2위, 3위를 차지하였으며, 두 선박은 지속적으로 증가하는 추세를 보였다. 유조선은 3,527회로 4위를 차지하였다. 유조선 또한 증가 추세를 보이고 있으나, 다른 선박에 비해 상대적으로 낮은 운항 증가 추세를 보이고 있음을 알 수 있다. 가스선은 1,967회로 5위를 차지했다. 가스선의 운항 횟수는 2017년 이전에는 거의 변동이 없었으나, 이후 급격히 증가하였다. 이후로는 지속적인 운항이 이어지고 있는 것을 파악할 수 있다.

2) Bear Island – Spitsbergen

〈그림 3-4〉 Bear Island – Spitsbergen 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Bear Island - Spitsbergen 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-11〉 Bear Island – Spitsbergen 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

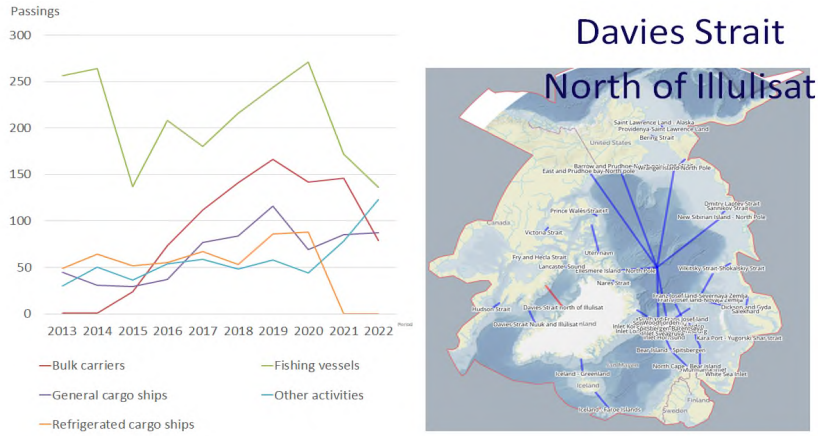
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	1,169	1,398	1,246	1,212	1,493	1,792	1,318	1,893	1,426	745	13,692
기타선	113	184	102	115	237	103	135	163	294	623	2,069
유람선	68	110	61	74	111	81	137	3	3	70	718
냉동 화물선	67	123	93	64	97	51	35	23	32	36	621
정유 운반선	16	23	28	30	23	29	30	39	24	15	257

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 13,692회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2017년에서 2018년 사이 1,792회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 기타선은 2,069회 운항으로 2위를 차지하였으며, 2021년 2022년 사이 623회를 운항하면서 급격한 증가 추세를 보였다. 유람선은 718회, 냉동화물선 621회 운항으로 각각 3위, 4위를 차지하였다. 두 선박의 운항 횟수는 비슷한 추세를 보였으나, 유람선이 조금 더 높은 운항 횟수를 기록하였다. 마지막으로 정유운반선은 257회 운항으로 5위를 차지하였으며, 다른 선박에 비해 상대적으로 적은 운항을 하고 있음을 알 수 있다.

3) Davies Strait north of Illulisat

〈그림 3-5〉 Davies Strait north of Illulisat 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Davies Strait north of Illulisat 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-12〉 Davies Strait north of Illulisat 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

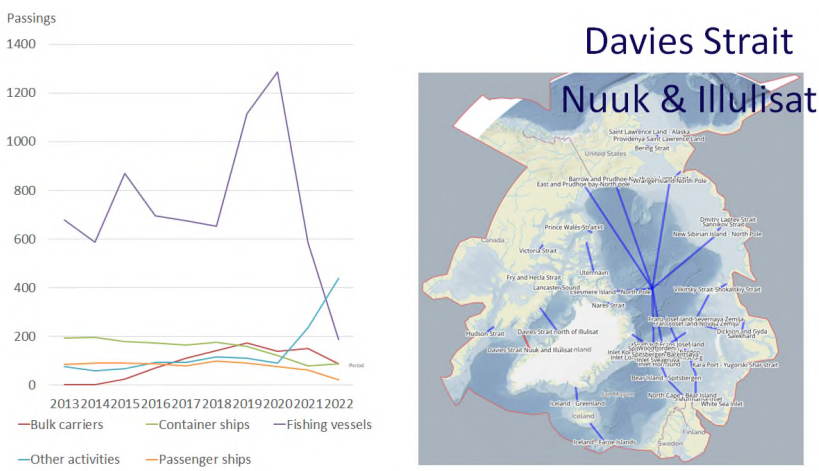
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	256	264	137	208	180	216	244	271	172	136	2,084
벌크선	1	1	24	73	112	141	166	142	146	79	885
일반 화물선	45	31	29	37	77	84	116	69	85	87	660
기타선	30	50	36	54	59	48	58	44	78	123	580
냉동 화물선	49	64	52	55	67	53	86	88	0	0	514

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 2,084회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2019년에서 2020년 사이 271회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 벌크선은 885회 운항으로 2위를 차지하였으며, 2015년에서 2016년 사이 73회를 운항하면서 증가 추세를 보였다. 이후로도 지속적으로 운항이 증가하는 추세임을 알 수 있다. 일반 화물선은 660회, 기타선은 580회 운항으로 각각 3위, 4위를 차지하였다. 두 선박의 운항 횟수는 비슷한 추세를 보였으나, 일반화물선이 조금 더 높은 운항 횟수를 기록하였다. 마지막으로 냉동화물선은 514회 운항으로 5위를 차지하였으며, 2020년 이후로 누적 항해 횟수에 변동이 없어 다른 선박에 비해 상대적으로 적은 운항을 하고 있음을 알 수 있다.

4) Davies Strait Nuuk and Illulisat

〈그림 3-6〉 Davies Strait Nuuk and Illulisat 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Davies Strait Nuuk and Illulisat 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-13〉 Davies Strait Nuuk and Illulisat 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

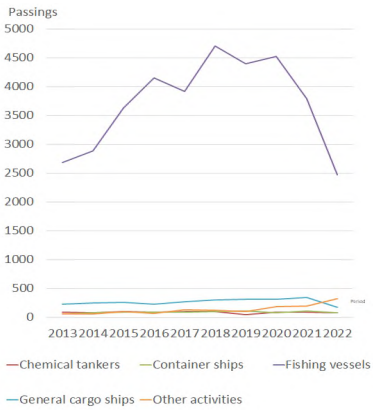
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	678	588	870	695	675	652	1115	1287	585	187	7,332
컨테이너선	194	197	178	172	165	177	158	122	79	88	1,530
기타선	77	60	69	94	93	117	111	92	236	440	1,389
벌크선	1	1	24	72	110	142	172	139	151	88	900
여객선	85	91	92	89	78	99	92	77	61	23	787

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 7,332회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2019년에서 2020년 사이 1,287회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 컨테이너선은 1,530회 운항으로 2위를 차지하였으며, 꾸준한 증가 추세를 보였다. 기타선은 1,389회 운항으로 3위를 차지하였으며, 2020년에서 2021년 사이 236회를 운항하면서 급격한 운항 증가 추세를 보였다. 벌크선은 900회 운항으로 4위를 차지하였다. 특히, 2015년에서 2016년 사이 72회를 운항하면서 증가 추세를 보였다. 마지막으로 여객선은 787회 운항으로 5위를 차지하였으며, 전체 기간 동안 비교적 완만한 운항 증가 추세를 보였다.

5) Iceland – Faroe Islands

〈그림 3-7〉 Iceland – Faroe Islands 구간 선박 유형 분석





자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Iceland - Faroe Islands 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-14〉 Iceland – Faroe Islands 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

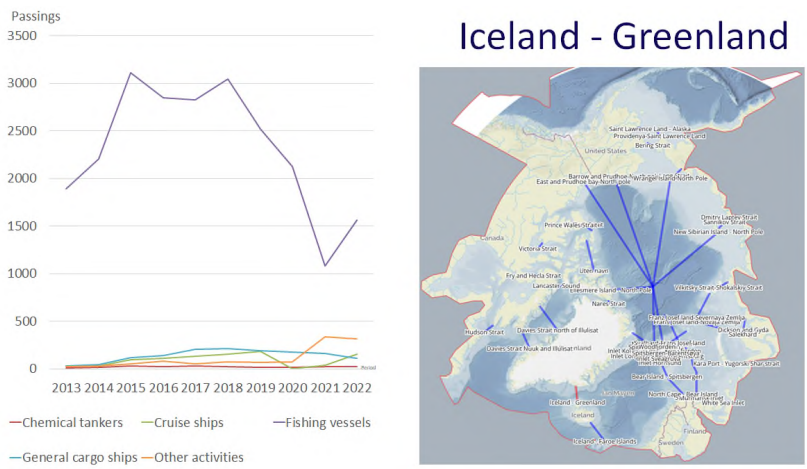
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	2,684	2,883	3,630	4,150	3,920	4,707	4,400	4,526	3,794	2,473	37,167
일반 화물선	222	248	252	226	268	296	314	308	343	171	2,648
기타선	54	52	96	64	126	117	100	182	189	323	1,303
케미컬선	90	71	96	91	97	102	48	88	86	80	849
컨테이너선	55	75	83	88	87	94	104	79	109	74	848

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 37,167회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2019년에서 2020년 사이 4,526회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 일반 화물선은 2,648회 운항으로 2위를 차지하였으며, 2020년에서 2021년 사이 343회를 운항하면서 큰 증가 추세를 보였다. 기타선은 1,303회 운항으로 3위, 케미컬선은 849회 운항으로 4위를 차지하였다. 마지막으로 컨테이너선은 848회 운항으로 5위를 차지하였으며, 전체 기간 동안 비교적 완만한 운항 증가 추세를 보였다.

6) Iceland – Greenland

〈그림 3-8〉 Iceland – Greenland 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Iceland - Greenland 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-15〉 Iceland – Greenland 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

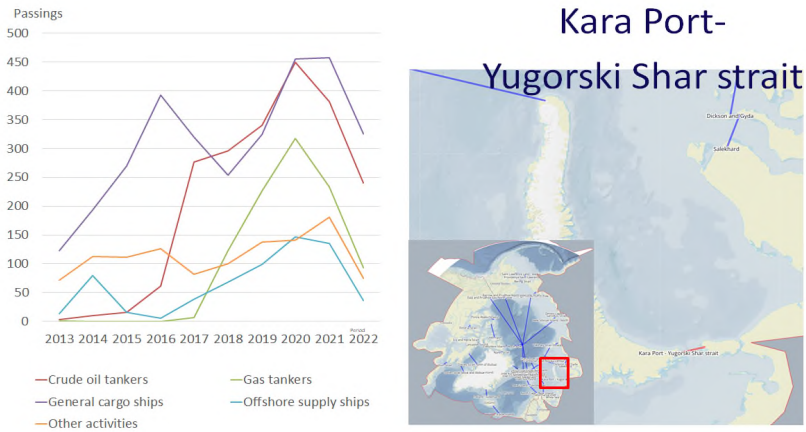
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	1,891	2,209	3,107	2,851	2,827	3,046	2,519	2,126	1,085	1,562	23,223
일반 화물선	31	44	119	139	204	212	189	174	165	112	1,389
기타선	27	28	55	85	57	76	68	75	336	314	1,121
유람선	30	35	97	111	133	154	187	1	36	152	936
케미컬선	10	20	29	22	29	25	20	19	25	22	221

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 23,223회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2014년에서 2015년 사이 3,107회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 일반 화물선은 1,389회 운항으로 2위를 차지하였으며, 기타선은 1,121회 운항으로 3위를 차지하였다. 특히, 기타선의 경우 2020년에서 2021년 사이 336회를 운항하면서 급격한 운항 증가 추세를 보였다. 유람선은 936회 운항으로 4위를 차지하였다. 마지막으로 케미컬선은 221회 운항으로 5위를 차지하였으며, 전체 기간 동안 비교적 완만한 운항 증가 추세를 보였다.

7) Kara Port – Yugorski Shar strait

〈그림 3-9〉 Kara Port – Yugorski Shar strait 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Kara Port - Yugorski Shar strait 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-16〉 Kara Port – Yugorski Shar strait 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

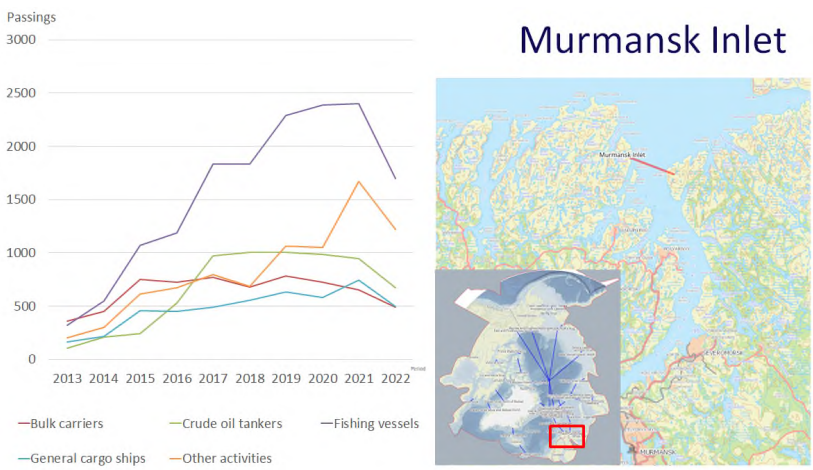
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
일반 화물선	123	193	270	393	320	254	324	455	458	326	3,116
유조선	3	10	16	61	277	296	340	450	381	240	2,074
기타선	71	112	111	126	82	100	138	141	181	75	1,137
가스선	1	0	0	0	7	123	226	318	233	93	1,001
해안 지원선	13	80	16	5	38	68	99	147	135	36	637

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

일반 화물선은 2013년부터 2022년까지 3,116회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 유조선은 2,074회 운항으로 2위를 차지하였으며, 2016년에서 2017년 사이 277회를 운항하면서 큰 증가 추세를 보였다. 기타선은 1,137회 운항으로 3위를 차지하였다. 가스선은 1,001회 운항으로 4위를 차지하였다. 특히, 2017년에서 2018년 사이 123회를 운항하면서 급격한 운항 증가 추세를 보였다. 마지막으로 해안지원선은 637회 운항으로 5위를 차지하였다.

8) Murmansk Inlet

〈그림 3-10〉 Murmansk Inlet 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Murmansk Inlet 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-17〉 Murmansk Inlet 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

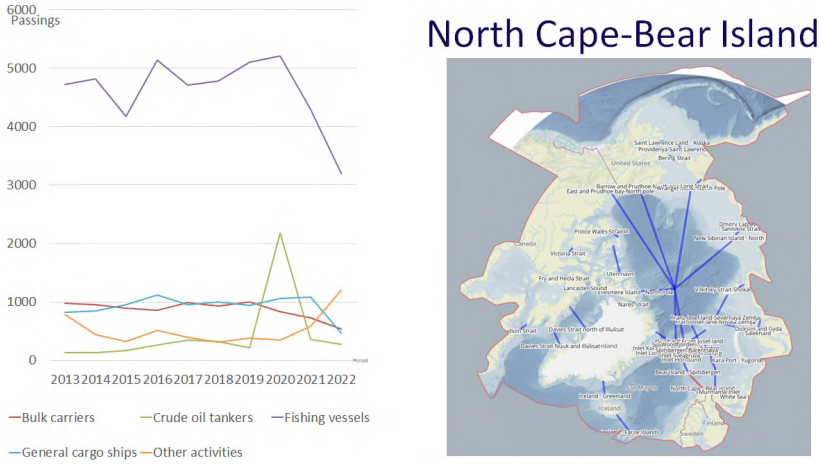
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	322	547	1,069	1,188	1,832	1,837	2,293	2,386	2,403	1,700	15,577
기타선	205	300	612	676	800	688	1,063	1,049	1,668	1,220	8,281
유조선	106	209	246	531	976	1,003	1,006	989	945	672	6,683
벌크선	358	450	750	723	772	680	786	724	652	488	6,383
일반 화물선	168	218	456	452	492	555	636	582	745	499	4,803

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 15,577회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2018년에서 2019년 사이 2,293회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 기타선은 8,281회 운항으로 2위를 차지하였다. 특히, 2020년에서 2021년 사이 1,668회를 운항하면서 큰 증가 추세를 보였다. 유조선은 6,683회 운항으로 3위를 차지하였다. 특히, 2016년에서 2017년 사이 976회를 운항하면서 급격한 증가 추세를 보였다. 벌크선은 6,383회 운항으로 4위를 차지하였다. 특히, 2014년에서 2015년 사이 750회를 운항하면서 증가 추세를 보였다. 마지막으로 일반 화물선은 총 4,803회 운항으로 5위를 차지하였다.

9) North Cape – Bear Island

〈그림 3-11〉 North Cape – Bear Island 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 North Cape - Bear Island 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-18〉 North Cape – Bear Island 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

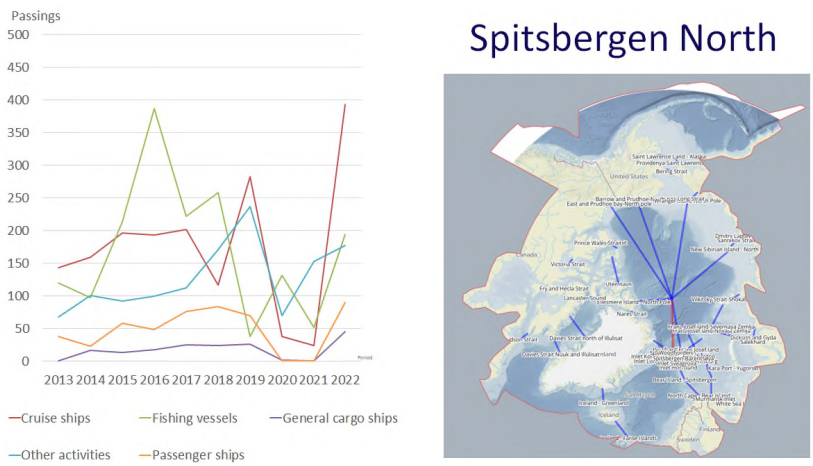
선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
어선	4,723	4,825	4,176	5,141	4,711	4,778	5,104	5,214	4,297	3,204	46,173
일반 화물선	819	848	953	1,117	949	1,001	944	1,061	1,089	468	9,249
벌크선	975	959	899	863	995	928	997	837	723	533	8,709
기타선	788	439	330	520	397	317	388	343	581	1,204	5,307
유조선	139	135	164	266	349	324	217	2174	356	272	4,396

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

어선은 2013년부터 2022년까지 46,173회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2018년에서 2019년 사이 5,104회를 운항하면서 가장 큰 운항 증가 횟수를 보였다. 일반 화물선은 9,249회 운항으로 2위를 차지하였다. 벌크선은 8,709회 운항으로 3위를 차지하였다. 기타선은 5,307회 운항으로 4위를 차지하였다. 특히, 2021년에서 2022년 사이 1,204회를 운항하면서 증가 추세를 보였다. 마지막으로 유조선은 4,396회 운항으로 5위를 차지하였다. 특히, 2019년에서 2020년 사이 2,174회를 운항하면서 급격한 증가 추세를 보이고 있음을 알 수 있다.

10) Spitsbergen North

〈그림 3-12〉 Spitsbergen North 구간 선박 유형 분석



자료: KMI 작성

2013년부터 2022년까지의 최근 10년간 Spitsbergen North 구간의 운항 횟수가 가장 많은 선박 유형을 살펴보면 아래의 표와 같다.

〈표 3-19〉 Spitsbergen North 구간 선박 유형별 항해 횟수 순위

단위: 회

선박 유형	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	총 운항 횟수
유람선	143	159	196	193	202	116	283	38	24	393	1,747
어선	120	97	213	387	222	258	38	131	52	194	1,712
기타선	68	101	92	100	112	171	237	70	153	177	1,281
여객선	38	23	58	48	76	84	70	0	0	90	487
일반 화물선	0	16	13	18	25	24	26	2	0	45	169

자료: 북극해운통계데이터(ASTD) 자료를 바탕으로 재작성

유람선은 2013년부터 2022년까지 1,747회 운항으로 가장 많은 항해 횟수를 기록하여 1위를 차지하였다. 특히 2021년에서 2022년 사이 393회를 운항하면서 가장 급격한 운항 증가 횟수를 보였다. 어선은 1,712회 운항으로 2위를 차지하였다. 기타선은 1,281회 운항으로 3위를 차지하였다. 여객선은 487회 운항으로 4위를 차지하였으며, 전체 기간 동안 비교적 완만한 증가 추세를 보였다. 마지막으로 일반 화물선은 169회 운항으로 5위를 차지하였다. 전체 기간 동안 비교적 적은 운항 횟수를 기록하였다. 특히, 여객선은 2020년에서 2021년, 일반화물선은 2021년 단 한번의 운항도 없었다는 사실을 알 수 있다.

위 데이터는 각 선박 유형의 운항 동향 및 시장 변화를 반영하며, 특정 기간 동안의 운항 횟수 변동은 다양한 외부 요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 시사한다.

제3절 북극 원주민 대상 인터뷰 조사 결과

2020년 북극이사회 워킹그룹 PAME에서 발표한 북극 해운 현황 보고서 내용에 따르면, 2019년 기준 Polar Code가 적용되는 북극해 수역을 통과하는 선박들 중 41%가 어선으로 분류되며 그 수치는 쇄빙선 및 연구선 등을 포함한 기타 활동을 진행하는 선박 수인 274척을 2배 이상 웃도는 수치의 671척에 달해 북극해에서 가장 많은 항해를 진행한 선박으로 나타났다.[94] 그러나 이 수치는 북극 내의 실질적 어선 활동량을 모두 담지 못한 수치로, △베링해 및 바렌츠해, △그린란드 서쪽 해안, △아이슬란드 근해 및 △페로 제도 인근의 어업활동 등지의 주요 어업 가능 지역에 대한 정보 위주로 데이터화 되었고 이외의 지역에서 북극 원주민들에 의해 주로 진행되는 연근해 어업 및 소형 선박을 통한 어업 활동은 수치화되지 못했다.[95] 이같은 어업 활동은 사냥, 목축, 채집과 더불어 현 원주민 사회에서 원주민들이 관습적으로 섭취해 온 식재료의 공급과 전통적 경제활동의 계속성 측면에 있어 중요도가 매우 높으나,[96] 2019년 기준 북극 Polar Code 적용 수역에서의 중유 포함 선박 연료유 소비량이 LNG 탱커 다음으로 어선이 가장 많아 지속가능한 원주민 어업 활동을 위해서는 북극해 항행 어선을 비롯한 선박의 추진 에너지 전환이 필요하다고 보여진다.[97]

그러나 북극에서의 친환경 에너지 추진 어선 및 선박 전반에 대한 필요성이 북극 원주민 사회 외부에서 제기가 되고 있음에도 불구하고, 원주민 사회 내부적으로 이에 대한 논의가 실제 진행되고 있는지 그리고 이에 대한 구체적 수요가 있는지에 대한 검토는 매우 소극적으로 이루어지고 있다.

94) PAME(2021), PAME II-2021 WORKING GROUP MEETING REPORT, p.11-14.
95) Arctis, http://www.arctis-search.com/Fishing+Vessels+in+the+Arctic (검색일: 2023.09.28.)
96) AMAP(2005), Arctic Climate Impact Assessment, p.650.
97) PAME(2019), Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic 2019, p.24.

특히, 북극 거버넌스의 중심에 선 북극이사회의 상시참여단체로 활동하는 북극 원주민 단체 6개[98] 및 이들을 지원하는 북극이사회 내 원주민 사무국(Indigenous Peoples' Secretariat)은 북극권 자원 개발과 환경 이슈 등 원주민 사회의 이해관계에 영향을 미치는 사안들에 대해 북극이사회 회원국들과 협의하고 이들에게 의견을 피력할 수 있는 권리를 가지는 등 북극이사회 내에서의 입지가 높아, 북극 원주민들의 수요가 확인된다면 차후 북극이사회 내에서 관련 사업 착수로까지 이어질 수 있는 가능성이 있다.

이에 따라, 본 보고서는 해당 이슈에 대한 실질적인 북극 원주민들의 의견을 청취하고 원주민 사회 내에서의 관련 논의 상황을 파악하기 위해 인터뷰 형식의 주관식 답변이 가능한 설문지를 약 북극 원주민 13인에게 배포하여 2023년 7월~9월 약 3개월의 기간 동안 설문 요청을 추진했다. 메일, SNS, 전화 연락 등 다양한 창구를 통해 설문 응답을 요청하였으나, 오랜 기간 신뢰 관계 구축이 이루어지지 않은 비원주민과의 협력에 소극적인 북극 원주민 특성으로 인해 13인의 북극 원주민 중 설문에 답을 준 원주민은 총 3인에 그쳤다. 3인의 원주민은 각각 △러시아 국적의 에벤족(Even), △캐나다 국적의 메티스(Metis) 그리고 △캐나다 국적의 이누이트족(Inuit)으로 응답자 수는 적으나, 원주민 문제 및 이슈 관련 오피니언 리더 및 대표적인 전문가로 활동해왔기 때문에 답변의 신뢰도가 높다고 볼 수 있다.[99] 이들에게 주관식 형태의 설문을 진행하여 3개 질문에 대한 답을 송부받았다.

98) 북극이사회 상시참여단체 6개는 알류트국제협회(Aleut International Association, 이하 AIA), 북극아타바스칸이사회(Arctic Athabaskan Council, 이하 AAC), 그위친국제이사회(Gwich'in Council International, 이하 GCI), 이누이트환극지회의(Inuit Circumpolar Council, 이하 ICC), 북극원주민러시아협회(Russian Arctic Indigenous Peoples of the North, 이하 RAIPON), 사미이사회(Saami Council, 이하 SC) 이다.

99) 자문 진행에 앞서 KMI 연구진들은 원주민들의 개인정보를 공개하지 않겠다고 서약했으므로 이름 및 소속 기관 등을 보고서 내에서 별도 밝히지 않을 예정이다.

〈표 3-20〉 설문지 배포 북극 원주민 목록

북극 원주민 민족 분류	소속	설문 참여 요청 수락 여부
알류트족 (Aleut)	알류트 프리빌로프 제도 협회 (Aleutian Pribilof Islands Association, 이하 APIA)	X
이누이트족 (Inuit)	알래스카 페어뱅크스 대학교 (University of Alaska Fairbanks)	X
이누이트족	이누이트환북극이사회(Inuit Circumpolar Council, ICC)	X
이텔멘족(Itelmens) (러시아 국적)	러시아 과학아카데미 태평양지리연구소 극동지부	X
에벤족(Even) (러시아 국적)	러시아 연방 사하공화국 정부	O
이텔멘족(Itelmens)	캄차카 이텔멘족 이사회 (Council of Itelmens of Kamchatka)	X
축치인(Chukchi)	추코트카 전통 해양포유류 사냥 협회 (Chukotka Traditional Marine Mammal Hunting Association Chukotka)	X
이누이트족	이누이트환북극이사회	X
우데게족(Udege) (러시아 국적)	우데게 원주민 대표 (representative of the Indigenous Udege people)	X
알류트족	알류트국제협회(Aleut International Association, AIA)	X
메티스족(Metis) (캐나다 국적)	북극아타바스칸이사회 (Arctic Athabaskan Council, AAC)	O
사미족(Saami)	사미이사회(Saami Council)	X
이누이트족 (캐나다 국적)	이누이트 지역 조합 (Inuvialuit regional corporation)	O

자료: KMI 작성

3개 질문은 각각 다음과 같다: ①본인이 속한 원주민 사회 내에서 친환경 선박 개발에 대한 논의가 이루어지고 있는지? 만약 그렇다면, 언제부터 해당 논의가 지속되어 왔는지 그리고 논의를 주도하는 핵심 주체(북극 원주민 연구자, 기업가 혹은 정책 결정자 등)는 누구인지? ②북극 원주민 사회에서 지향하는 이상적인 친환경 선박 기술 개발 방향이 있는지? 원하는 친환경 선박 모델이 있는지? ③원주민 사회의 수요를 기반으로 한 친환경 선박 기술개발 사업 혹은 선박 건조 사업 등이 실제로 수행된 적이 있는지?

첫 번째 질문에 대한 대답으로, 3인의 북극 원주민 모두 원주민 사회 내부적 논의는 아주 소극적인 수준으로 이루어지고 있다고 답하였다. 그러나, 설문에 응한 에벤족 북극 원주민의 답변에 따르면, 러시아 북극지역에 해당하는 사하공화국(Sakha Republic) 거주 북극 원주민인 에벤족 및 야쿠트족(Yakut) 원주민들 대다수는 북극의 취약한 환경을 보호하기 위한 다양한 조치에 관심이 매우 높은 편이라 선박분야 뿐만 아니라 기타 다른 분야에서도 친환경 기술을 활용하고 싶어 하는 움직임을 보이고 있는 상황이다. 다만, 사하공화국을 비롯 북극권 지역의 혹독한 기후 조건에서 문제없이 잘 작동할 수 있는 선박 즉, 안전성에 문제가 없는 높은 기술 신뢰도를 지닌 선박 기술에 대한 낮은 정보 접근성으로 인해 친환경 선박 기술의 가능성 및 활용도 등을 제대로 검토하지 못하고 있는 실정이라고 한다.

두 번째 질문에 대한 답변으로 이누이트족 전문가는 1893년에 설립된 노르웨이 선박 기업 Hurtigruten 그룹을 언급하며 이들의 선박 모델이 북극 원주민들이 원하는 선박 모델의 사례에 해당한다고 설명하였다. 동 기업은 2030년까지 Co2를 포함한 선박 배출 대기가스를 '제로'상태로 만드는 친환경 여객선 기술 개발 프로젝트인 '씨 제로(Sea Zero)'프로젝트를 2022년부터 노르웨이 SINTEF 연구소와 공동으로 추진하고 있으며, 해당 사업의 일환으로 하이브리드 선박 모델을 개발함은 물론, 해양과 육상 모두에 탄소 발자국을 남기지 않는 친환경 소형 선박 개발을 현재 진행 중에

있다.[100] 2030년 첫 번째 친환경 전기 추진 선박 시제품 개발을 완료할 계획이며, 60MWh 배터리 솔루션과 풍력 기술을 결합한 동 선박은 양광 패널을 갖춘 접이식 돛, 인공 지능 조종, 역회전 프로펠러 및 다중 접이식 항해를 포함하여 현존하는 여객선에는 존재하지 않는 신기술을 도입할 것으로 예상되고 있다.[101]

〈그림 3-13〉 Sea Zero 프로젝트를 통한 친환경 선박 모델 예상도



자료: https://www.hurtigruten.de/reiseziele/norwegen/die-klassische-postschiffroute-das-original/sea-zero/(검색일: 2023.09.28.)

또한, 3인 원주민 모두 공통적으로 친환경 전기 추진 선박을 북극에서 활용하게 되더라도 해당 선박들을 위한 충전 인프라를 선제적으로 건설할 필요가 있음을 강조하였으며, 특히 극북 지역은 각 국가의 중앙 전력망(grid energy system)으로부터 이격되어 별도의 에너지 시스템을 조성하는 경우가 많으므로 이 부분을 고려한 충전 인프라 마련이 필요함을 언급

100) https://global.hurtigruten.com/destinations/norway/the-original-norwegian-coastal-express/sea-zero/(검색일: 2023.09.28.)
101) https://www.electrive.com/2023/06/08/hurtigruten-norway-introduces-electric-cruise-ship/ (검색일: 2023.09.28.)

하였다. 아울러, 메티스족 원주민의 경우 답변을 통해 각 북극권 지역별 어업 활동 원주민들과 관련 분야 지역 기업가들의 수요, 각 북극권 국가의 상업적 수요 등을 모두 고려한 맞춤형 친환경 에너지 추진 선박 모델의 개발이 필요함을 설명하였다.

아울러, 마지막 세 번째 질문에 대해서는 이누이트족, 메티스족, 에벤족 전문가 모두 공통적으로 사실상 원주민 사회의 수요를 고려한 친환경 선박 기술에 대한 논의가 이루어지기 위해서는 각 북극권 국가의 선박 관련 규제 당국과의 규범, 규정, 규제 등에 대한 면밀한 논의가 우선되어야 함을 강조하였다. 또한, 에벤족 전문가는 현재 러시아 내에서 원자력 추진 선박 기술 개발에 대한 수요 및 공급이 활발히 이루어지고는 있다는 점을 언급했는데, 러시아 아톰플로트(Atomflot)의 원자력 추진 컨테이너선 세브모르푸트(Sevmorput)는 세계 최초 쇄빙선단 지원 없이 북극항로를 통과 항해한 원자력 추진 선박으로 기록되었고 러시아의 원자력 추진선에 대한 공급이 비교적 활발히 이루어지고는 있으나 이 밖의 전기추진선 등에 대한 기술 공급 및 사업 추진은 이루어지지 않고 있으며 원주민 사회에서의 지속가능한 해양 생태계 활용에 대한 요구가 점진적으로 확대된다면 국가 혹은 지방정부 차원에서의 사업 제안이 가능할 것으로 예상되고 있다.

04
한-북극권 국가 협력 방안 도출

제1절 우리나라 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황

앞서 설명한 친환경 선박 중 친환경 에너지 기반 선박의 경우, 중대형 선박을 대상으로 상용화되는 추세이며, 소형선박의 경우, 전기 선박으로 전환되고 있다. 배터리 용량의 한계로 장거리 운항이 기술적으로 불가능하기 때문에, 상대적으로 운항거리가 짧은 소형선박을 대상으로 전기 추진 기술이 적용되고 있다. 제4장 제1절에서 살펴봤듯, 북극항로를 운항하는 대부분의 선박 종류가 어선임에 따라 본 절에서는 전기 선박 기술을 대상으로 우리나라의 기술 개발 현황을 살펴보고, 한-북극권 국가 협력 방안을 제안하고자 한다.

1. 공공기관 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황

현재 우리나라는 전기기반 선박 건조 기술 수준은 높지만, 추진 전동기, 컨버터, 전기 인버터, 전력 제어 모듈 등 전기기반 선박의 핵심 기자재 국산화율이 저조하여 전기기반 선박의 핵심 기자재는 해외 수입에 의존하는

문제점이 있다.[102] 또한 우리나라 연안의 경우 조수간만의 차가 크고 태풍 내습이 잦은 특성으로 인하여 선착장에 고전압/고전류의 고속 충전 설비를 설치하여 운영하기가 어려울 것으로 판단된다. 이러한 이유로 우리나라 연안 환경에 맞는 한국형 전기기반 선박 기술 개발이 요구되고 있다.[103] 따라서 국내에서는 전기기반 선박 건조 기술에 더불어 전기기반 선박의 핵심 기자재 국산화를 위해 국가적 차원과 기업적 차원에서 개발이 이루어지고 있다.

1) 중소조선연구원

중소조선연구원은 국내 어선의 노후화 문제가 심각함에 따라 차세대 연근해 어선을 개발하고자 한다. 이를 위해 안전한 조업을 위한 선형 개발, 어로장비 및 조업 시스템 연구, 선단 조정 관련 연구, 에너지절감형 어선설계 연구, 친환경 시스템 적용 어선 개발 연구 등을 수행하고 있다.

특히, 친환경 연료 추진 선박의 경우, 전기 추진 스마트 선박 기술 개발 연구, 저탄소 연료(LPG) 추진 선박, 수소, 암모니아, 메탄 연료전지 추진 선박 등에 대한 연구를 수행하고 있다. 전기복합(하이브리드)추진 어선 개발 연구사업의 경우, 어선용 하이브리드 전기 추진 핵심기자재 및 전력 시스템을 개발하고, 성능 평가 테스트베드를 구축하고자 한다. 또한 하이브리드 전기 추진 시스템이 적용된 표준 어선을 설계하고, 실제 건조하고 실증평가까지 실시하고자 한다.

102) https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE11422812(검색일: 2023.06.18.)
103) https://www.kimst.re.kr/pdf.jsp?path=rnd&fn=oceaninsight_2112.pdf(검색일: 2023.06.18.)

〈그림 4-1〉 전기복합(하이브리드)추진 어선 개발



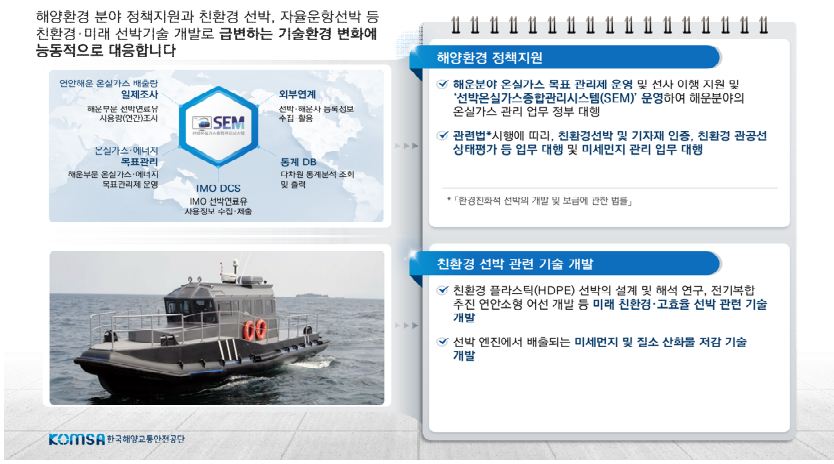
자료: 중소조선연구원 발표자료(2023.05.10. 한-아이슬란드 MOU 추진위원회 발족식)

2) 한국해양교통안전공단

한국해양교통안전공단은 ①해양교통 빅데이터 플랫폼 구축, ②선박안전관리, ③스마트 교통체계 구축, ④해양안전문화 확산, ⑤친환경 미래선박기술 개발, ⑥국제협력 등의 사업을 추진하고 있다. 친환경 미래선박기술 개발 사업의 경우, 친환경 플라스틱 선박의 설계 및 해석 연구, 전기복합 추진 연안소형 어전 개발 연구 등을 수행하고 있으며, 선박 엔진에서 배출되는 미세먼지 및 질소 산화물 저감 기술 또한 개발하고 있다.

친환경 선박 관련 기술 개발뿐만 아니라 친환경 선박과 기자재에 대한 인증 사업, 친환경 관공선 상태 평가 등의 업무 또한 수행하고 있다. 또한, 해운 분야 온실가스 목표 관리제 운영 및 선박온실가스종합관리시스템을 운영하여 온실가스 관리 업무를 수행하고 있다.

〈그림 4-2〉 친환경 및 미래선박 기술 개발



자료: 한국해양교통안전공단 발표자료(2023.05.10. 한-아이슬란드 MOU 추진위원회 발족식)

3) 한국조선해양기자재연구원

한국조선해양기자재연구원은 조선 및 해양기자재 관련 부품의 기술 개발 및 시험 인증 등의 종합적인 기술을 지원하고 있다. 따라서, 자율운항기술, 친환경 그린기자재, 친환경가스연료, 하이브리드 추진 시스템, 중소형 선박 등 다양한 분야에 대한 R&D 사업을 추진하고 있다. 하이브리드 추진시스템 분야의 경우, 하이브리드 추진시스템 육상 성능평가 설비 구축, 친환경 내연기관 기술 분야 연구개발, 친환경 선박 발전 및 전력시스템 연구 개발 등의 연구를 수행하고 있다. 친환경 그린기자재 분야의 경우, 친환경 기자재 연구개발, 배터리, 에너지저장장치, 전력변환장치 관련 기술 연구, 대용량 전기에너지 저장, 변환장치 성능과 안전성 연구 등의 연구를 수행하고 있다.

또한, 실제 기술 테스팅까지 추진할 수 있는 기술센터를 부 전국에 보유하고 있다. 기술센터를 활용하여 온도에 따른 장비 신뢰성 시험, 이차전지

및 연료전지 성능 평가 및 안정성 평가 시험, 소프트웨어 테스팅, 화재반응 시험 등을 수행하고 있다.

〈그림 4-3〉 한국조선해양기자재연구원 전기 부품 시험



자료: 한국조선해양기자재연구원 발표자료(2023.05.10. 한-아이슬란드 MOU 추진위원회 발족식)

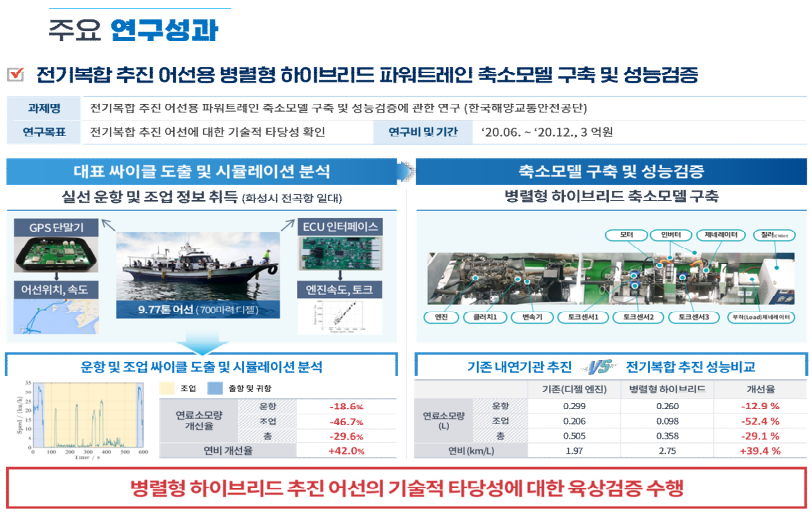
4) 카이스트

카이스트는 전기구동시스템의 핵심기술을 개발하고 있다. 연구의 수행 과정은 다음과 같다. 우선, 데이터를 수집하고, 대표적인 싸이클을 생성하여, 최적의 단일 하드웨어(모터, 배터리) 사양을 선정한다. 2단계로 운용환경에 따른 구동모드를 분석한다. 즉, 저속 운항시, 조업시, 고속 운항시, 만재 운항시 등 상황별 구동 모드를 분석하여, 최적의 제어룰을 생성한다. 그 다음 인버터, 컨버터, 감속기, 클러치, 모터 등으로 구성된 일체형 모듈화 파워트레인 시스템을 적용한다.

연구 결과를 활용하여 현재 택배차량용 디젤 트럭의 하이브리드 개조기

술 개발 및 실용화를 추진했으며, 국토부 제1호 우수물류신기술로 지정된 하이브리드 기술을 개발했다. 또한, 2020년 전기복합 추진 어선용 파워트레인 축소모델 구축 및 성능검증에 관한 연구를 수행했으며, 기존 내연기관 대비 병렬형 하이브리드 어선의 경우, 연료 소모량이 29.1% 감소했다는 결과를 도출했다.

〈그림 4-4〉 카이스트 전기구동시스템 핵심기술



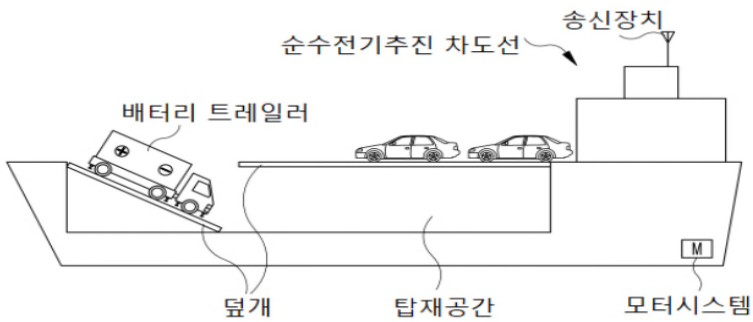
자료: 카이스트 발표자료(2023.05.11. 한-아이슬란드 MOU 추진위원회 발족식)

5) 선박해양플랜트연구소

선박해양플랜트연구소는 전기 기반 선박 및 관련 핵심 기자재 기술을 개발하고 있다. 기존의 순수전기추진 차도선은 소음과 오염정도가 적고 추진력이 강한 편이다. 다만, 모터 시스템을 구동시키기 위해 내장된 배터리 충전에 많은 시간이 소요되고 연안 주변에 대규모의 충전 시스템이 구축되어야 한다. 다만, 우리나라는 조수 간만의 차가 심하고 태풍에 의한 침수가 잦아 연안에 대규모 충전 시스템 설치가 매우 어려워 순수전기추진 차도선

을 상용화하기 매우 어렵다는 문제가 있다. 따라서, 선박해양플랜트연구소는 이러한 문제를 해결하기 위해 전기로 구동되는 모터 시스템을 이용했다. 그 결과, 운항하면서 배터리 트레일러를 탑재해 모터 시스템으로 전기를 공급할 수 있게 되었다. 또한, 배터리 트레일러의 탑재가 용이하고, 간단하게 이루어질 수 있게 되었다.

〈그림 4-5〉 순수전기추진 차도선 실시 예시 도면



자료: https://ofris.kimst.re.kr/tech-trade/tech/techSalesView.do(검색일: 2023.06.18.)

해당 순수전기추진 차도선은 전기에너지로 운행되는 선박으로서, 충전 배터리가 직접 내부에 장착되는 것이 아니라, 충전 배터리를 운반하는 배터리 트레일러가 탑재할 수 있도록 설계되었다. 또한, 상기 배터리 트레일러에 적재된 충전 배터리의 전류를 선박 운행에 직접 사용할 수 있도록 구성되었다.

해당 순수전기추진 차도선은 ①선박의 추진력을 발생시키는 모터 시스템, ②배터리 트레일러가 인입 가능한 크기를 갖도록 갑판 아래에 탑재 공간, ③탑재 공간의 상측 입구를 개폐하는 덮개, ④배터리 트레일러를 탑재 공간 내부로 인입 및 인출시키는 리프트 장치, ⑤탑재 공간에 탑재된 배터리 트레일러의 전류를 모터 시스템으로 전달하는 유선형 또는 무선형의 충

전기구 등으로 구성되어 있다. 구성품의 특징을 살펴보면, 아래와 같다.

첫째, 배터리 트레일러의 경우, 갑판 아래의 내부에 탑재시킬 수 있도록 구성된다는 점이 특징이다. 본 순수전기추진 차도선은 별도의 리프트 장치 없이도 배터리 트레일러가 탑재 공간에 탑재될 수 있도록 구성될 수도 있다. 덮개가 하향으로 경사지게 작동되도록 구성하면 배터리 트레일러는 경사진 덮개를 타고 탑재 공간으로 진입 가능해지므로 별도의 리프트 장치가 필요 없게 된다는 장점이 있다. 배터리 트레일러의 탑재가 완료되면 경사지게 작동되었던 덮개는 원상태로 복원된다. 배터리 트레일러가 경사진 덮개를 타고 주행하도록 구성되면 별도의 리프트 장치를 설치할 필요가 없어 차도선의 제조원가를 낮출 수 있고 한정된 탑재 공간에 더 많은 수의 배터리 트레일러를 탑재할 수 있다는 장점이 있다.[104]

둘째, 충전기구의 경우, 무선형과 유선형이 존재한다. 특히, 무선형은 충전 배터리의 종류나 기타 여러 가지 조건에 따라 충전기구의 주파수를 조절할 필요가 있기 때문에 별도의 주파수 변환기가 필요하다.

셋째, 탑재 공간을 개폐하는 덮개이다. 탑재 공간이 항상 개방되어 있으면 갑판을 지나던 사람이나 차량이 탑재 공간으로 추락할 우려가 있으므로 평소에서는 덮개가 폐쇄되어 있다가 배터리 트레일러가 선적되면 덮개가 개방된다. 즉, 덮개는 리프트 장치가 작동되는 동안에는 개방되고, 배터리 트레일러가 탑재 공간에 탑재 완료된 이후에는 닫히도록 제어된다. 탑재 공간의 상측 입구가 개방될 때 승강판은 가이드바를 따라 상승하고, 배터리 트레일러가 승강판의 상면에 안착이 됐을 때 승강판은 아래로 하강하여 배터리 트레일러가 탑재 공간 내부에 위치되도록 한다.

넷째, 배터리 트레일러이다. 배터리 트레일러가 탑재 공간 내부에 위치

104) http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020190164725&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.18.)

되면 배터리 트레일러에 탑재된 충전 배터리와 선박의 모터 시스템을 충전 기구로 연결하여 선박의 운항이 가능해지도록 한다. 충전스테이션에서 충전된 충전 배터리를 선박에 탑재시키는 것이 아니라 충전 배터리가 탑재된 배터리 트레일러 자체를 선적시킨 후 배터리 트레일러에서 탑재된 충전 배터리의 전류를 곧바로 사용하므로 충전 배터리 교체에 소요 시간을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 배터리 트레일러를 갑판 위에 두고 사용하는 것이 아니라 갑판 아래에 마련된 탑재 공간에 배터리 트레일러를 탑재해 선박의 무게중심을 낮춤으로써 운항의 안정성을 높일 수 있다는 장점이 있다.

그 뿐만 아니라 배터리 트레일러에 탑재된 충전 배터리의 전류 잔량과 선박의 운항상태 등의 각종 정보를 통합 관리 시스템에 송신하는 송신장치를 포함할 수 있다. 배터리 트레일러가 위치되는 탑재 공간의 온도가 너무 높거나 낮으면 충전 배터리의 출력이 저하되거나 과열로 인한 폭발 등의 문제가 발생 될 수 있으므로 탑재 공간 내부의 온도를 일정한 수준으로 조절하는 냉난방기를 포함할 수 있다. 즉, 선박 내부의 냉난방 공기를 이용하여 탑재 공간의 온도를 조절하는 공조 덕트가 설치된다. 또한, 탑재 공간뿐만 아니라 탑재 공간 내부에 위치한 배터리 트레일러의 충전 배터리 장착 공간으로도 냉난방 공기를 공급할 수 있도록 연장 설치될 수 있다.

다섯째, 온도 조절 장치이다. 탑재 공간 또는 공조 덕트의 내부 온도를 실시간으로 측정할 수 있도록 온도센서를 포함할 수 있고 탑재 공간 또는 공조 덕트의 내부 온도를 사전에 설정된 온도로 자동 유지 시킬 수 있도록 냉난방기의 작동을 제어하는 제어기를 포함할 필요가 있다. 충전 배터리가 탑재되는 하우징 내부의 장착 공간 온도가 너무 높거나 낮으며 충전 배터리의 출력이 저하되거나 과열로 인한 폭발 등의 문제가 발생 될 수 있기 때문이다. 냉난방 유로에는 전기추진형 선박으로 공급되는 냉난방 공기가 제공될 수도 있고 별도의 냉난방장치에 의해 발생 된 냉난방 공기가 제공

될 수도 있다. 또한 장착 공간의 내부 온도를 사전에 설정된 온도로 일정하게 유지 시킬 수 있도록 냉난방장치의 작동을 제어하는 별도의 제어부를 설치할 필요가 있다.

공기 유입 포트를 통해 유입되는 냉난방 공기를 활용하여 하우징 내부의 장착 공간 온도를 조절하는 경우, 전기추진형 선박에 사용되고 있는 냉난방 공기를 활용하는 것이므로 냉난방 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 또한 별도의 냉난방장치를 이용하여 냉난방 유로에 냉난방 공기를 제공하는 경우, 하우징 내부의 장착 공간 온도를 즉각적으로 정밀하게 제어할 수 있다는 장점이 있다.

여섯째, 사고 대응 시스템이다. 배터리 트레일러에 탑재된 충전 배터리가 과열되어 화재가 발생 되는 경우, 화재를 빠르게 진압할 수 있도록 탑재 공간 내부의 화재를 감지하는 화재 감지 센서와 탑재 공간 내부의 화재를 진압하는 소방시설을 포함할 필요가 있다. 또한 탑재 공간 내부에서 화재가 발생 되었을 때 화재가 탑재 공간 외부로 확산이 되는 현상을 방지할 수 있도록 탑재 공간 내부에는 방화벽 등과 같은 격벽 시설을 설치해야 한다. 특히, 하우징 내부의 장착 공간이 과열되거나 화재가 발생 됐을 때 충전 배터리로 전류가 유입되거나 충전 배터리의 전류가 외부로 인출되면 화재가 더욱 크게 확산이 될 우려가 있다. 따라서 장착 공간 내부에 과열 또는 화재가 발생 되었을 때 충전기구를 통한 전류 공급을 차단하는 자동 차단 장치를 설치해야 한다. 또한, 화재 상황을 감시하여 관리자에게 전송되는 모니터링 장치를 설치할 필요가 있다. 이는 관리자가 내부를 직접 순찰하지 않더라도 하우징 내부의 상황을 인지할 수 있으므로 각종 사고 대처나 관리를 보다 용이하게 할 수 있다는 장점이 있기 때문이다.[105]

105) http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020190164743&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.18.)

그 밖에도 배터리 트레일러가 탑재된 탑재 공간 내부로 바닷물이나 빗물 등이 유입되어 배터리 트레일러가 침수되면 배터리 트레일러에 탑재된 충전 배터리가 손상되거나 전기 누전으로 인한 각종 사고가 발생 될 수 있다. 따라서 탑재 공간 내부의 침수를 감지하는 침수 감지 센서와 탑재 공간 내부의 물을 배출시키는 배수펌프를 포함한다. 또한, 탑재 공간으로 유입된 물의 수위가 사전에 설정된 기준치 이상이 되었을 때 이를 감지하여 관리자에게 통보하고 배수펌프는 침수 감지 센서가 작동하였을 때 자동으로 작동되어 탑재 공간 내의 물을 외부로 배출시키는 역할을 한다. 이처럼 탑재 공간 내부에 침수 감지 센서와 배수펌프가 설치되면, 탑재 공간 내부로 바닷물이나 빗물이 유입되더라도 충전 배터리가 침수되어 발생 되는 각종 사고를 예방할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 각종 사고 즉, 충전 배터리의 방전 여부, 탑재 공간의 화재, 탑재 공간의 침수 등이 발생 되었을 때 이에 대한 정보는 송신장치를 통해 통합관리 시스템으로 전송된다.

일곱째, 전기추진형 선박용 자가 이동형 대용량 전원공급장치 기술을 개발했다. 배터리 충전에 소요 시간을 줄이기 위해 선박에 내장된 방전 배터리를 완충 배터리로 교체할 수 있도록 설계했다. 단, 이러한 설계는 선박을 지속적으로 운항할 수 있다는 장점이 있지만 방전된 배터리를 탈거시키고 완충된 새로운 배터리를 장착시키는 데에도 많은 시간이 소요되며, 배터리 교체를 위해 여러 종류의 장비가 필요하므로 배터리 교체 작업에 비용이 많이 소모된다는 문제가 있다. 선박해양플랜트연구소는 이러한 문제를 해결하기 위해 내부에 장착된 충전 배터리의 전기로 주행이 가능하며 전기추진용 선박에 탑재되었을 때 전기추진용 선박의 모터로 전류를 공급할 수 있으며 충전 배터리의 장착 공간을 안전하게 유지 시킬 수 있어 각종 사고를 방지할 수 있는 전기추진형 선박용 자가 이동형 대용량 전원공급장치를 제공하는 목적으로 특허 기술을 냈다.

전기선박용 자가 이동형 대용량 전원공급장치는 충전 배터리를 전기추진형 선박에 탑재시키는 것이 아니라, 자가 이동형 대용량 전원공급장치 자체가 전기추진형 선박에 탑재 가능하도록 설계되었다. 유선형 또는 무선형의 충전기구는 전원 공급 전선이 착탈 가능한 구조로 장착되어 충전 배터리 측으로 충전 전류가 공급될 수 있고 충전 배터리의 전류가 선박의 모터로 공급된다. 본 자가 이동형 대용량 전원공급장치는 전기를 에너지원으로 주행하되, 별도의 배터리를 사용하지 않고 하우징에 장착된 충전 배터리의 전류로 주행하도록 구성된다. 즉, 충전스테이션에서 충전된 충전 배터리를 선박에 탑재시키는 것이 아니 자가 이동형 대용량 전원공급장치 전체를 선적시킨 후, 장치를 통해 배터리를 충전하기 때문에 선박의 충전 배터리를 교체할 필요가 없어진다. 이는 배터리 교체에 소모되는 시간과 비용을 절감할 수 있으므로 전기추진형 선박의 활용성이 우수해진다는 장점이 있다.[106]

〈그림 4-6〉 자가 이동형 대용량 전원공급장치 모습



자료: https://ofris.kimst.re.kr/tech-trade/tech/techSalesView.do?techSn=6099&cateType=oc&techCd=sales(검색일: 2023.06.22.)

106) http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&appIno=1020210104842&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.22.)

2. 국내 기업 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황

1) 빈센

빈센 사(社)는 2020년 8m급 스포츠 낚시보트(V-100)을 개발했다. V-100은 순수 전기 추진 선박으로 100kWh의 대용량 리튬배터리로 운항된다. 선체는 알루미늄으로 제작되었으며, 정지 상태에서 780Kn의 순간 토크를 발휘한다.[107] 2023년 9월 '100kW 해상용 연료전지모듈' AIP 인증을 획득했다. 해당 인증은 수소를 이용해 고출력 전기를 생산하는 수소연료전지 모듈을 선박에 적용할 수 있는 설계안을 인증받은 것이다.[108] 2024년까지 해당 100kW 연료전지모듈 2기를 탑재하여 소형친환경 선박을 건조하여 실증사업을 수행할 계획이다.

그뿐만 아니라, 2023년 7월 빈센 사(社)는 선박용 고속 충전 및 제어 연동 시스템을 상용화했다. 전기 선박의 급속 충전을 위해 선박과 충전기 간의 통신을 지원하는 핵심 부품인 '고속 충전 연동제어시스템'을 통해 빠른 충전 속도와 선박과 충전기의 안정성, 그리고 사용자의 안전을 확보했다. 또한, 해당 시스템은 기존 선박 내부에 충전기를 장착하고 외부의 전원을 연결하여 10kW 미만으로 충전하는 방식과는 다르게 선박 외부에 50kW 전력을 540V의 전압으로 직접 공급할 수 있는 형태로 선박의 충전 시간을 획기적으로 단축했다.[109]

107) https://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=8274(검색일: 2023.06.22.)
108) http://www.motormag.co.kr/news/articleView.html?idxno=11141(검색일: 2023.06.22.)
109) http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=110684(검색일: 2023.06.22.)

〈그림 4-7〉 빈센 전기 기반 소형 선박(레저용, 여객용)



자료: 빈센 발표자료(2023.05.11. 한-아이슬란드 MOU 추진위원회 발족식)

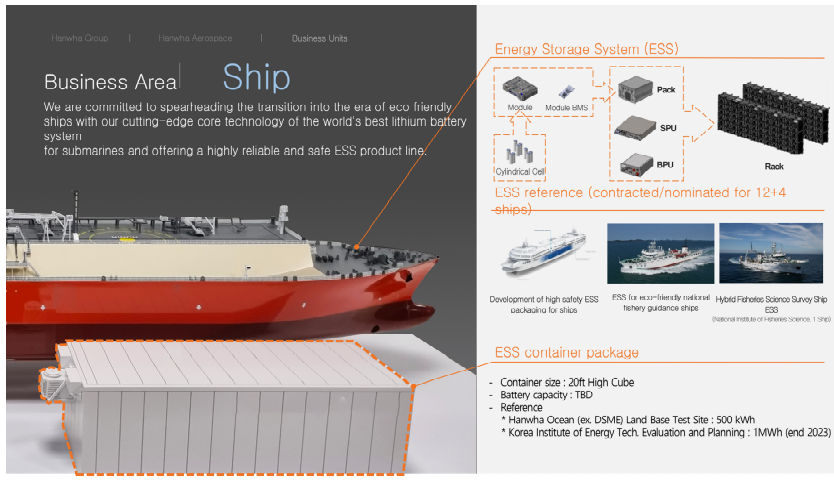
2) 한화에어로스페이스

한화에어로스페이스는 기술을 개발하는 것뿐만 아니라 친환경 선박 시장의 가치사슬을 구축하고자 한다. 이에 2023년 8월 한화오션과 LNG운반선, 컨테이너선 등 대형 선박에 적용할 수 있는 에너지저장시스템(ESS) 기술을 발표했다. 공동으로 개발한 리튬이온 배터리 기반의 ESS를 연동한 하이브리드 동력 시스템을 선박에 적용하게 될 경우, 운항시 연료를 절감하고, 오염 물질 배출량 또한 감축할 수 있다.[110]

그 밖에도 한화에어로스페이스는 관공선, 중소형 민간 선박 등에 ESS를 공급한 경험 및 전문성을 바탕으로 친환경 선박 등 새로운 형태의 모빌리티(이동수단) 동력체계 시장에 진출하고자 한다.[111]

110) https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=323275(검색일: 2023.06.22.)
111) https://www.hanwha.co.kr/media/news/news_view.do?seq=8389(검색일: 2023.06.22.)

〈그림 4-8〉 한화에어로스페이스 친환경 선박 시스템



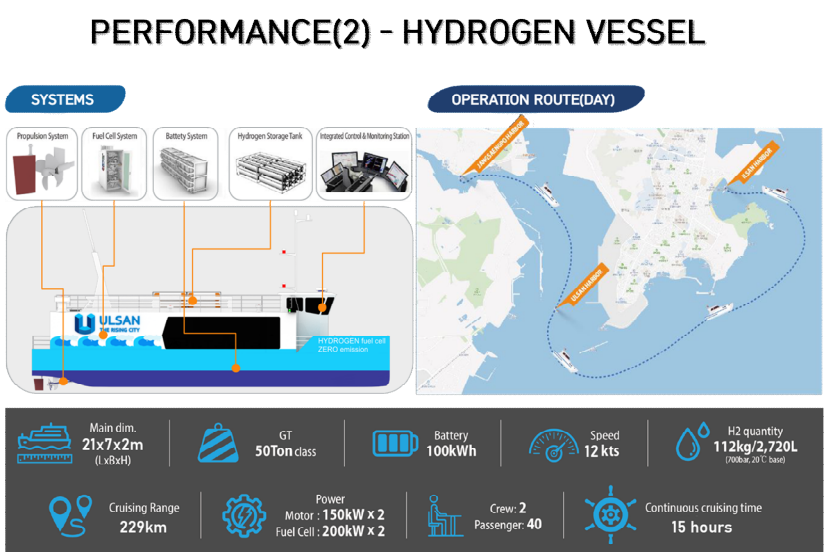
자료: 빈센 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

3) 세호마린솔루션즈

세호마린솔루션즈 사(社)는 전기 하이브리드 추진 잠수함 예인정 개념 설계를 유관기관에 공급했으며, 2021년 40인승 350kW급 수소연료전지 유람선 기본설계 및 선형 개발을 완료했으며,[112] 2023년 7월 해당 선박에 대한 개념 승인(AIP)을 인증받았다. 개념 승인이란, 조선해양 및 산업 플랜트 분야에서 제작되지 않은 개념 설계에 대한 원칙 승인을 뜻한다.[113]

112) http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=16473(검색일: 2023.08.22.)
113) https://www.ksilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=974994(검색일: 2023.08.22.)

〈그림 4-9〉 세호마린솔루션즈 수소 기반 선박



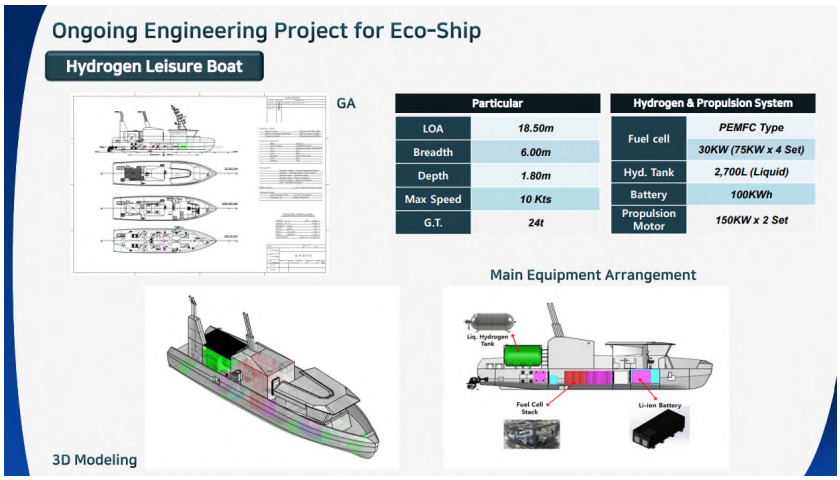
자료: 세호마린솔루션즈 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

4) 대해선박기술

대해선박기술은 특수선박인 쇄빙선 등 90여 척에 이르는 선박 포트폴리오를 보유하고 있다. 대해선박기술이 2022년 발표한 친환경 선박 '가능성' 호는 100% 재활용 가능한 해상용 고밀도폴리에틸렌 소재로 건조되었으며, 태양광으로 충전 가능한 리튬인산철배터리를 주전원으로 탑재해 연료 사용량을 절감했다.[114] '가능성'호는 태양광발전 판넬과 리튬형 배터리로 전환한다는 점이 특징이다.

114) https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=309675(검색일: 2023.08.22.)

〈그림 4-10〉 대해선박기술 친환경 선박 개발 프로젝트



자료: 대해 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

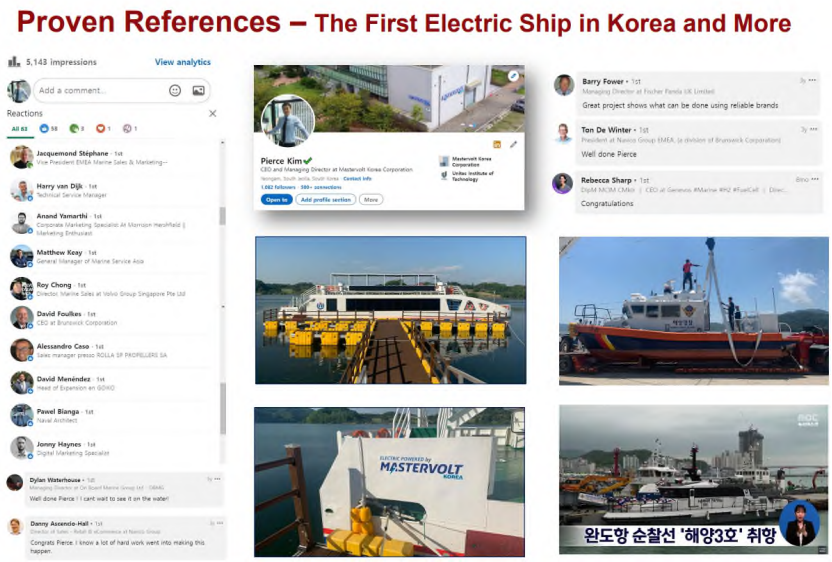
5) 마스터볼트

마스터볼트는 중소형 선박의 통합 설계, 납품, 설치 공사까지 맞춤형 턴키 솔루션을 제공하는 기업이다. 2020년 9월 마스터볼트는 순수전기추진 선박의 전기추진 시스템과 배터리 및 충전시스템 시운전을 완료했으며, 같은 해 프랑스선급(BV) 승인 후 유람선 운항사업자 코리아크루즈에 납품했다. 해당 선박은 내수면용으로 알루미늄으로 선체를 제작해 친환경적이며, 총 72명의 승객을 수용할 수 있다.[115]

2023년 6월 마스터볼트는 30노트부터 80노트까지 운항이 가능한 수면관통형 추진 시스템과 하이브리드 친환경 선박 시스템을 발표했다.[116]

115) https://www.etnews.com/20200902000098(검색일: 2023.08.22.)
116) https://mastervolt.kr/news/59(검색일: 2023.08.22.)

〈그림 4-11〉 마스터볼트 전기 선박 개발 프로젝트



자료: 마스터볼트 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

6) 일렉트린

일렉트린 사(社)는 선박용 배터리를 개발하는 회사로서 전기추진 시스템을 중점으로 개발하고 있다. 90마력, 115마력의 전기추진기 모델피싱보트, 관공선, 레저보트 등에 선외기와 배터리, 시스템을 개발하여 국내외로 판매하고 있다. 해양수산부가 인정하는 40kW, 52 100 kW 선박용 배터리팩의 형식 인증을 확보했다. 배터리 셀은 외부에서 공급받으나, 배터리팩을 자체 생산하고 있으며, 전기선에 필요한 선외기, 선내기, 배터리팩 등 여러 전자장비를 자체 개발 및 상품화 완료했다. 또한 하드웨어뿐만 아니라 통합적인 소프트웨어도 개발했다.

〈그림 4-12〉 일렉트린 전기 배터리 시스템



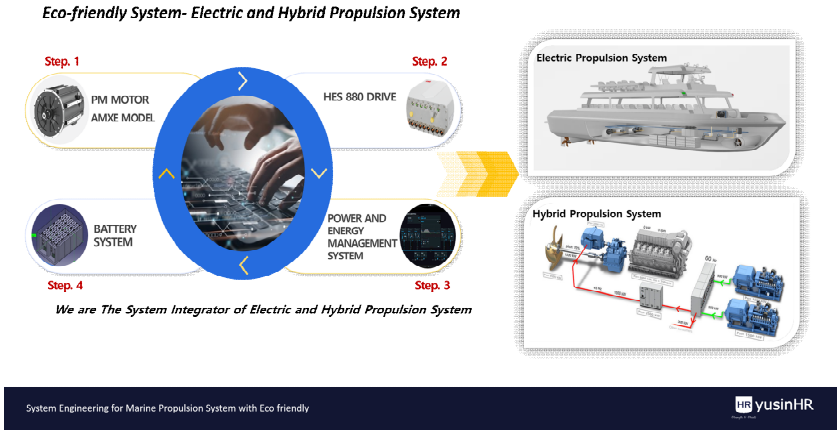
자료: 일렉트린 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

7) 유신HR

유신HR은 해상용, 육상용 엔진 및 발전기의 토탈 엔지니어링 솔루션을 제공하는 업체로, 친환경 선박 추진 시스템 전문기업이다. 유신HR은 전기 출력이 정해지면, ABB 및 AMXE 모델을 기반으로 모터를 선정한다. 선정된 모터에 맞는 HES880(소형선박용), ACS800(대형선박용)과 같은 드라이브를 사용한다. 또한, 파워 매니지먼트 시스템을 고객 니즈에 맞춰서 제작하고 있다. 또한, 현재 130,kw 용량의 LFP 배터리를 개발 중이며, 10월 시제품이 나올 예정이다. 2024년 1분기 형식 승인을 완료할 계획이다.[117]

117) http://yusinhr.com/(검색일: 2023.09.15.)

〈그림 4-13〉 유신HR 전기 선박 시스템



자료: 유신HR 발표자료(2023.09.21. 기업간담회)

8) HD한국조선해양

HD한국조선해양은 자율운항선, 암모니아 기반 선박 등 차세대 선박을 적극적으로 개발하고 있다. 2023년 9월 초대형 암모니아 운반선 4척을 수주했고, 같은 해 8월 세계 최초 인공지능 기관사가 탑재한 자율운항선박을 인도했다. 그 뿐만 아니라 특히 '고효율·고안정 발전시스템', '직류전기 추진시스템 SI(System Integration)' 기술 등 친환경 하이브리드 전기 추진시스템 기술을 개발하고 있다.

그 밖에도 화재와 폭발 위험이 없어 안정성이 확보된 '바나듐 이온 배터리'를 활용한 차세대 선박용 ESS 솔루션 개발을 추진 중이다. 바나듐 이온 배터리는 물이 주성분인 전해액을 사용해 화재 및 폭발 위험을 제거할 뿐만 아니라 외부 충격 등으로 인한 열 발생 역시 거의 없고 에너지 출력 면에서도 기존의 리튬이온 배터리보다 2배 가까이 높은 에너지 효율을 갖고 수명도 4배 이상 뛰어나다는 장점이 있다. 한국조선해양은 이러한 바나듐 이온 배터리를 제작·공급하는 업체인 '스탠다드에너지'와 협력해 내년 상반

기까지 바나듐 이온 배터리 기반 선박용 ESS 솔루션을 개발 및 실증하여 선급 승인을 추진할 계획이다.[118]

〈그림 4-14〉 스탠다드에너지의 바나듐 이온 배터리 모습



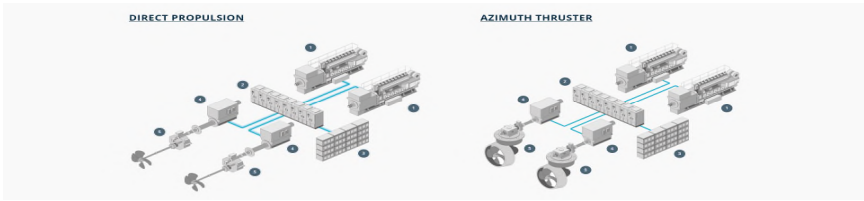
자료: https://stndenergy.com/battery/(검색일: 2023.09.15.)

9) HD현대중공업

HD현대중공업이 개발한 완전 전기 동력 시스템은 HIMSEN 디젤 및 듀얼 연료 주 발전기, 전력 변환 시스템, 추진 모터, 추진 장치, 배터리와 같은 에너지 저장 시스템 및 제어 시스템을 갖추고 있다. HIMSEN 엔진의 동력 없이 완벽히 배터리로 작동하는 추진 시스템도 사용할 수 있고 추진 및 기타 전기 소비 장치와 함께 사용할 수 있는 광범위한 전원 옵션이 제공되고 시스템의 세부 전력 용량은 설계 단계에서 선박의 운항 프로필에 대한 철저한 조사를 통해 결정된다. 사용 가능한 장비로는 HIMSEN 주 발전기, 전력 변환 시스템, 에너지 저장 시스템, 전기 모터, 추진 장치가 있다.[119]

118) https://www.hhi.co.kr/filedown/2022_KSOE_IR_KR_1.pdf(검색일: 2023.09.15.)

〈그림 4-15〉 완전 전기 동력 시스템 모습



자료: https://www.hyundai-engine.com/ko/products/Hybrid(검색일: 2023.09.20.)

10) 카네비모빌리티

국내 자동차 전장 부품 전문 기업인 카네비모빌리티는 최근 국제적으로 해양 환경 오염 규제 강화에 따른 선제적 기술 대응으로 국내의 친환경 선박 보급 사업이 확대될 것으로 예상해 2020년 SM 사업본부를 신설해 전기추진 선박용 배터리 모듈, 시스템 개발을 추진했다. 이를 통해 국내 순수기술로 확보된 배터리 모듈, 시스템 개발 및 운용 기술을 개발했다. 또한, 한국전기연구원에서 8개월 동안 진행된 배터리 셀의 열 폭주 전이 시험, 과전류 시험 등을 포함하여 50여개 이상 항목의 안전기준 시험을 모두 통과하며 해양수산부로부터 전기추진 선박용 배터리 셀, 모듈 및 시스템에 대한 모든 형식 승인테스트를 통과했다.

그 밖에도 카네비모빌리티는 2021년 12월에 인천경제자유구역청으로부터 송도 국제신도시 센트럴파크 30톤급 전기추진 선박 납품 사업에 대원마리택과 공동 컨소시엄으로 참여하여 수주받았다. 해당 사업과 관련하여 주동력원인 배터리를 포함해 전력변환장치, 모터 등을 직접 공급하며 이 장치들을 연동하는 인터페이스 기술과 구동 드라이브뿐 아니라 선박이 최적의 상태로 운항하기 위한 시스템 간 로직 프로세스 설계 및 개발하여 현재 시험 서비스 진행 중이다. 개발이 완료된 장비와 형식 승인이 완료된 전기추진 설비들은 선체에 탑재된 후 시운전을 진행할 예정으로 납품 준비가

119) http://www.hyundai-engine.com/ko/products/Hybrid(검색일: 2023.09.20.)

완료되면 인천경제자유구역청에 인계되어 송도 센트럴파크 해수로에서 운항할 예정이다.[120]

3. 지자체 전기 선박 기술 관련 프로젝트 현황

1) 포항시 K-Battey 산업파크 조성

포항시는 철강에서 신산업으로 산업지도를 개편하고자 한다. 신산업으로서 배터리 산업, 바이오산업, 수소에너지 산업을 선정했다. 배터리 산업은 향후 친환경 전기어선 산업파크 조성을 위해 필요한 후방 산업 중 하나로 온실가스 배출을 감축하고, 환경 규제에 대응할 수 있기 때문에 향후 육성이 필요한 산업 중 하나이기 때문이다. 이에 포항시의 배터리규제자유특구는 전국에 선정된 29개 특구 중 최고 성과를 창출했다. 전국 최초 3년 연속 '우수' 특구로 지정되었으며, 블루밸리 국가산단의 경우 100% 분양을 완료했다. 사용 후 배터리에 대한 법령을 정비한 사례도 10건이다.

〈그림 4-16〉 포항 배터리 산업 클러스터



자료: 포항시 발표자료(2023.04.10. 한-아이슬란드 MOU 추진 위원회 발족식)

120) https://www.newspim.com/news/view/20230321000673(검색일: 2023.09.20.)

특히, 에코프로 포항캠퍼스 등 기업 인프라를 확충하여, 대기업을 유치했다. 포항테크노파크, 포항가속기연구소, 포항창조경제혁신센터 등 R&D 역량을 제고하기 위해 연구원, 대학, 기업이 협력할 수 있는 플랫폼을 구축했다.

〈그림 4-17〉 에코프로 포항캠퍼스



자료: 포항시 발표자료(2023.04.10. 한-아이슬란드 MOU 추진 위원회 발족식)

국가 차원에서 이차전지 실증 허브를 구축하여, 기술 개발뿐만 아니라 실증사업까지 실현할 수 있도록 환경을 조성했다. 이차전지 종합관리센터는 폐배터리 미래거점수거센터와 산업화 센터로 지정받았으며, 기업을 지원하고 있다. 사용 후 배터리 인라인 자동평가센터는 폐배터리 고속 성능평가 시스템을 구축했다.

그 뿐만 아니라, 포항시는 항만, 철도 등 인프라가 연결되어 있어 배터리 운송, 관련 부품 수출입이 가능한 물류 인프라가 구축되어 있다. 특히 어선을 위한 배터리 산업파크 또한 연안에 구축하고자 한다. 전국 연근해어선을 전시어선으로 전환하는 것을 목표로 하는 '어선용 탄소중립 K-Battery

산업파크'는 2023년부터 2028년까지 영일만산업단지에 조성될 예정이다. 해당 산업파크에는 어선용 배터리 공장, 폐배터리 전처리 재활용시설, R&D 및 비즈니스 센터가 조성될 계획이다.

〈그림 4-18〉 어선용 탄소중립 K-Battery 산업파크



자료: 포항시 발표자료(2023.04.10. 한-아이슬란드 MOU 추진 위원회 발족식)

2) 제주시 '제주형 친환경 선박' 개발

제주도의 10톤 미만 어선의 비중은 81.2%일 뿐만 아니라 10톤 미만 노후 어선 보유율(60.5%)은 전국 1위로 전국 평균인 42.2%보다 높은 수준이다. 따라서, 어선의 친환경 전환 사업이 시급한 실정이다.

따라서, 제주는 어선의 친환경화에 필요한 기본 인프라 구축에 대규모 투자를 하고 있으며, 타 지역 대비 구축률이 높은 편이다. 제주의 친환경 인프라 증가율은 22.0%로 전국에서 1위를 차지했다. 제주의 적극적인 정책 시행을 통해 제주지역의 신재생에너지 설비용량은 전국 평균보다 빠르

게 증가했고, 오히려 한계 용량 초과 문제가 발생했다. 섬이 수용할 수 있는 양 이상의 전력이 생산되어 풍력 발전기를 강제로 운영 중단하는 사례가 다수 발생했다. 이를 다시 말하면, 현재 운용되고 있는 어선을 전기 선박으로 전환할 수 있는 충분한 여건이 된다고 판단할 수 있다.

〈그림 4-19〉 제주시 탐라해상풍력단지



자료: https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022102017154744947(검색일: 2023.09.23.)

해상 탄소 배출량 역시 연평균 성장률 약 -1.2%로 전국 해안도시 연평균 성장률 평균 대비 9.6% 낮은 수치를 기록했다. 또한, 제주의 신재생에너지 발전량은 2018~2020년 연평균 성장률이 약 22%로 전국에서 가장 높은 것으로 나타났다.[121]

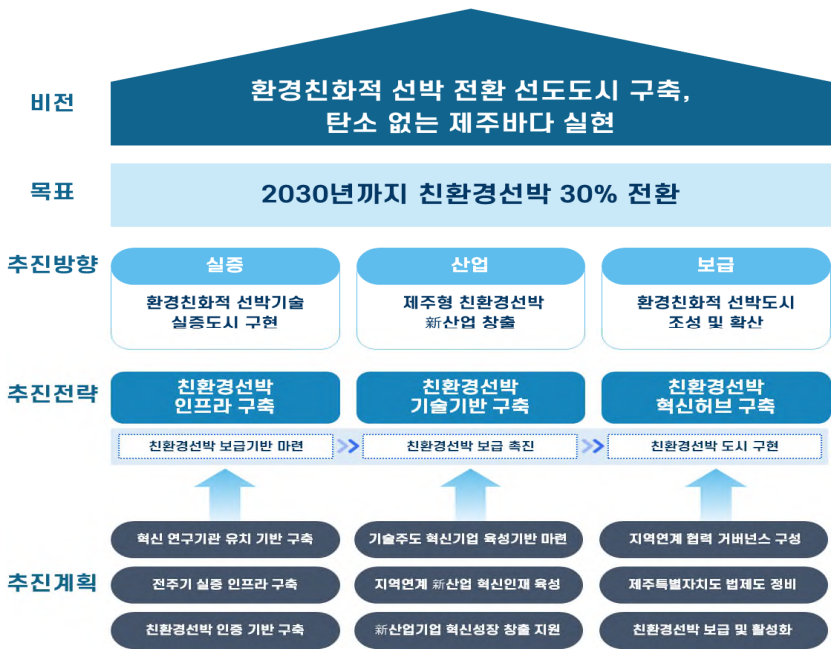
특히 제주특별자치도는 이미 2013년부터 전기자동차 보급 사업을 추진하고 있으며, 그 결과, 2022년 10월 기준 전기자동차 보급률이 전국 1위로 전기자동차 점유율은 7.3%로 전국 평균의 1.4%를 크게 상회하고 있다. 또

121) 제주특별자치도, 제주 환경친화적 선박도시 구축 종합계획, 2023, p.80

한, 2019년 12월 전기차충전서비스 규제자유특구로 지정받아 충전 시간 단축을 위한 충전 인프라 고도화, 이동형 충전 서비스 사업이 추진되고 있다.[122]

이러한 인프라 및 경험을 기반으로 제주는 전기소형선박 실증단지를 구축하고자 한다. 2021년 전기소형선박 실증단지 조성계획을 수립했고, 2022년 종합계획을 수립했고, 기초연구, 산업단지 타당성 조사 등을 착수했으며, 2023년 5월 환경친화적인 선박도시 구축 종합계획 용역을 완료했다.

〈그림 4-20〉 제주도청의 친환경선박 도시 구축 사업



자료: 제주도청 발표자료(2023.08.18. 사업설명회)

122) https://www.jejumaeil.net/news/articleView.html?idxno=322075(검색일: 2023.09.23.)

해당 계획에 따르면, 1단계(2023~2026)는 친환경 선박 다목적 해상 실증 기반을 구축하고자 한다. 거점을 지정하고, 친환경 선박 보급을 촉진하고, 도시모델 보급을 확산할 계획이다. 2단계(2027~2030)는 친환경 선박 산업 분야의 기업을 발굴하고, 인재를 양성하기 위한 인프라를 구축할 계획이다. 3단계(2030년 이후)는 친환경 선박 전환율을 단계(5%, 30%, 100%)별로 제고하는 과정이다. 친환경 선박 도시 구축을 위한 3대 추진전략은 ①실증연구단지 및 충전 인프라 구축을 통한 환경친화적 선박기술 실증도시 구현, ②선박연구기관 및 기업 유치를 통한 제주형 친환경선박 신산업 창출, ③어촌마을마다 골고루 잘 사는 환경친화적 선박도시 조성 및 확산 등이다.

첫 번째 추진전략과 관련한 추진 과제는 혁신 연구기관 유치 기반을 마련하고, 실증 인프라를 구축하며, 친환경선박 인증 기반을 마련하는 것이다. 두 번째 추진전략과 관련한 추진 과제는 기술주도 혁신기업 육성기반을 마련하고, 지역연계 신산업 혁신인재를 육성하며, 신산업 기업의 창출을 지원하는 것이다. 세 번째 추진 전략은 지역연계 협력 거버넌스를 구성하고, 제주특별자치도 법 및 제도를 정비하여, 친환경 선박의 보급률을 제고하고, 활성화하는 것이다.

제2절 한-북극권 전기 선박 분야 협력 모델 제안

1. 다자협력 모델

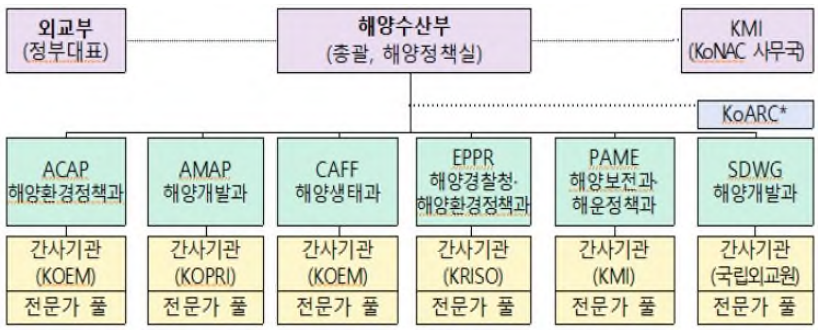
1) 북극이사회 워킹그룹 연계 협력 모델

2014년부터 북극이사회 워킹그룹 대응을 위한 한국 북극 전문가 네트워크(KAEN) 체제를 구성하여 운영했다. 총 23개 기관 50여 명의 전문가로 구성되어 있었다. 단, 개별적 네트워크에 의존하는 경우가 있어, 정부 지원과 실무진 간 의사소통이 원활하지 않았다는 평가로 인해 우리 정부는 기존 워킹그룹 대응체계인 KAEN을 개편하여 한국 북극 협력네트워크(KoNAC, Korean Network for Arctic Cooperation)을 2022년 6월 발족했다. 북극이사회의 체계적인 대응과 전문성 강화를 위해 6개 워킹그룹별 '담당부서(책임 및 총괄)-간사기관(의제 분석 및 공유)-전문가 그룹(의제발굴, 사업 추진)'을 구성하여 협력체계를 구축했다. 또한, 각 전문가 그룹별 회의를 통해 성과를 공유하고, 의제를 모니터링하고, 대응 전략을 마련한다. 또한 연 4회 총괄회의를 개최해 담당부서, 간사기관, 사업수행자는 워킹그룹별 대응 전략을 공유하고, 우선 협력사업을 발굴한다. 또한, 연 1회 전략회의를 개최하여 북극이사회 활동에 정부 차원에서 대응할 수 있도록 전략을 수립하고 대응계획을 수립한다.

KoNAC은 북극이사회와의 네트워크를 강화하고, 정부와 전문가간 의사소통을 지원하여 북극이사회에 우리 정부의 의견을 전달하고, 전문적인 대응을 할 수 있는 플랫폼이다. 특히, 우리나라는 북극이사회 옵서버 국가로서 주도적으로 사업을 제안할 수 없기에, 연구자가 개별적으로 대응하는 것이 아닌 정부 차원에서 대응할 필요가 있다. 즉, 북극권 국가 및 상시참여단체를 통해서만 신규 사업을 제안할 수 있기 때문에, 북극이사회와 워

킹그룹의 주도국과 긴밀한 협력체계를 구축하는 것이 중요하다. 따라서, KoNAC을 활용하여 북극이사회 워킹그룹의 사업에 참여할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

〈그림 4-21〉 한국 북극 협력 네트워크(KoNAC) 추진 체계



자료: 한국해양수산개발원

첫째, 북극의 친환경 선박 개발과 관련한 사업을 새롭게 제안하는 경우, 북극권 국가 및 상시참여단체와 사전협의를 통해 사업을 구상하는 단계가 필요하다. 해당 단계에서는 외교적 채널을 적극적으로 활용할 필요가 있으며, 정부 차원에서의 KoNAC 전문가 활동의 지원이 필요하다. 1개 이상의 북극권 국가 및 상시참여단체와의 사전협의가 마무리된 후, 워킹그룹 회의에서 발표를 통해 사업을 제안할 수 있으며, 옵서버의 경우, 참여 의사를 표명할 수 있다. 사업 기간은 의장국 기간 종료 전까지며, 사업이 지속될 필요성이 있다고 합의되는 경우 지속 사업으로 제안할 수 있다.

둘째, 북극이사회 기존 워킹그룹 사업에 참여하는 방안을 제안할 수 있다. 앞 장에서 도출했듯, 진행되고 있는 워킹그룹 사업 중 친환경 선박 개발과 직접적으로 관련된 사업은 ACAP의 '북극 블랙 카본 사례 연구 플랫

폼 사업'과 PAME의 '북극에서의 어업 관행 및 어업 관련 장비 용품 및 유기되거나 유실된 혹은 폐기된 어업 장비에 대한 증진 사업'이다. PAME의 사업의 경우, 북극 어업 활동을 위해 필요한 장비를 친환경 기술을 기반으로 하는 장비로 대체할 것을 제안하고, 친환경 장비 및 선박을 공동으로 개발하는 것을 제안할 수 있다. 해당 사업은 노르웨이 및 미국의 주도로 추진되고 있다. ACAP의 사업에 참여할 경우, 우리나라의 친환경 선박 개발 현황 및 연구 결과를 공유하여, 북극 해운에 있어서 블랙 카본을 감축시킬 수 있는 방향을 제시할 수 있다. 해당 사업은 미국의 주도로 2013년부터 추진되고 있다. KoNAC 전문가가 해당 사업의 회의에 참관할 수 있도록 외교적 및 재정적 지원이 필요하다.

2) IMO 및 ISO 연계 협력 모델

IMO(국제해사기구)는 선박의 안전, 선원의 안전, 환경보호 등과 관련한 국제협약의 제·개정을 논의하고, ISO(국제표준화기구)는 선박 설계, 통신장비를 제외한 선박의 장치에 대한 국제표준을 마련한다. 이러한 국제표준을 마련하기 위해 '신규작업표준안(NP) → 작업반초안(WD) → 위원회안(CD) → 국제표준안(DIS) → 최종국제표준안(FDIS) → 국제표준 제정(IS)'과 같은 절차를 밟는다. 신규작업초안 단계에서는 신규규격을 제정하고, 현행 규격에 추가되는 새로운 내용 혹은 개정되는 내용을 제안한다. 국가기관, 소속 기술위원회 및 분과위원회의 간사기관, 연계기관, 기술관리부, 사무총장이 제안할 수 있다. 신규작업항목 초안이 승인되면, 신규 우선 프로젝트로서 기술위원회 및 분과위원회 업무 프로그램에 포함되며, 작업반초안 단계로 넘어간다. 기술위원회 및 분과위원회가 작업반을 설립하여 업무영역을 규정하고, 목표기한을 설정한다. 완성된 작업초안을 중앙사무국에 등록하고 나면, 위원회가 검토하는 작업을 거친다. 위원회에서 국제표준안을 모든 국가 회원기관에 배포하며, 투표를 실시한다. 기술위원회 또는 분

과위원회 투표수의 2/3 이상이 찬성하고, 전체 투표수 중 1/4 이하가 반대하는 경우 승인된다. 이후 지적된 오류를 시정하고, 국제규격으로 배포함으로서 국제표준화 단계는 완료된다.[123] 이러한 각 단계별로 우리 전문가가 주도하고, 의견을 제시할 수 있도록 정부적 차원에서의 지원은 필수적이다. 예를 들어, 2023년 5월 국제표준화기구(ISO) 배관 및 기계류 기술분과위원회 총회 및 국제표준 세미나를 개최했다. 해당 총회에서 우리나라는 「액화수소 선박용 밸브 시험요구사항」 및 「암모니아 선박 용어」국제표준 제정을 위한 신규작업표준안 2건 제안과「LNG 화물량 통합측정시스템 가이드라인」예비제안서 1건을 발표했다.[124] 또한, 우리나라는 2023년 9월 '고부가 미래선박 표준화 포럼'을 창립했다. 해당 포럼은 조선해양분야 기술 정보를 공유하고, 국내 전문가들의 표준화 활동 참여 기회를 확대하는 것을 목표로 한다. 해당 포럼에는 선박용 배관, 전기설비 등 국제표준화를 논의하기 위해 중국, 일본 등 13개 회원국 국내외 전문가가 참석했으며, 우리나라는 ①조선해양플랜트용 비계의 설치 및 제작에 관한 지침, ②조선해양플랜트용 비계 부품 등을 제안했다.[125]

북극의 경우, 위와 같은 국제표준화 기술 승인 절차를 밟는 것과 동시에 IMO의 Polar Code(폴라코드)의 개정 또한 필요하다. 2020년 국제해양오염방지협약 규정을 반영하여 북극해역에서 원유, 중유 등을 화물로서 산적 운송, 복원성을 유지하기 위한 용도 및 연료유로서 사용 또는 운반을 금지하는 조항을 채택했지만, 친환경 선박에 대한 기준은 부재하다. 어선, 민간요트, 500톤 미만의 소형화물선에 대한 적용 여부는 아직 논의 중이다. 그러나, 앞서 살펴봤듯, 어선의 운항 횟수 또는 이산화탄소 및 일산화탄소의 배출량은 낮지 않은 수준임에 따라 이에 대한 규정이 시급한 실정이다.

123) https://www.kpetro.or.kr/lay1/S1T157C396/contents.do(검색일: 2023.10.29.)
124) 산업통상자원부 보도자료, 한, 친환경 선박분야 ISO 국제표준 주도, 2023.5.16., p.1
125) 산업통상자원부 보도자료, 고부가 미래선박 표준화 포럼 출범, 2023.9.7., p.3

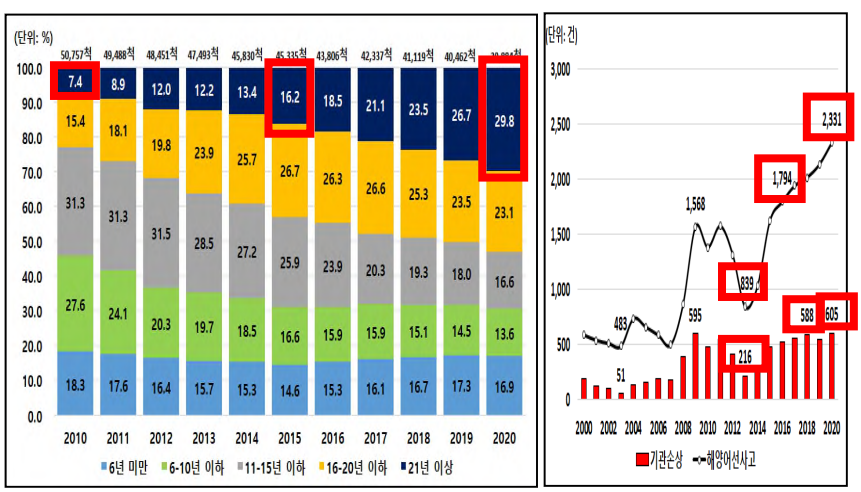
즉, ISO를 통한 북극용 친환경 기술의 국제표준화, IMO를 통한 북극 선박 통항에 대한 규제 개발에 우리나라 정부 및 전문가가 국익에 맞는 의견을 타진할 수 있도록 국내외 전문가의 의견을 수렴하고, 공유할 수 있는 체계적인 플랫폼을 구축할 필요가 있다.

2. 양자협력 모델

1) 한-아이슬란드 소형전기어선 개발 협력 모델

우리나라 어선의 노후화 문제는 심각한 수준으로 차세대 선박으로 전환해야 할 필요가 있다. 전체 어선 중 선령이 21년 이상 어선이 차지하는 비중은 2020년 기준 29.8%이다. 어선이 노후화되자 어선 사고 건수 역시 계속해서 증가하고 있는데, 2016년에는 1,794건, 2020년에는 2,331건 발생하여, 연간 증가율은 약 13.6%를 기록하고 있다.

〈그림 4-22〉 어선 노후화 비율 및 사고 건수



자료: 한국해양수산개발원 발표자료(2023.05.18. 한-아이슬란드 MOU 추진 위원회 발족식)

우리나라 전기 어선 산업의 또 다른 특징은 순수 전기 어선이 아니라 하이브리드 어선을 개발하고 있다는 점이다. 이는 우리나라 어업의 특성상 상대적으로 연안 어업보다 근해 어업이 발달하여 어선의 운항 시간이 긴 편이다. 그러나 근해 어업[126]의 경우, 배터리 용량 한계 문제로 순수 전기 어선으로 전환하기에 시기상조이다. 따라서 정부는 하이브리드 어선을 중점으로 R&D 사업 등에 지원하고 있다.

또한 우리나라는 배터리 기술은 선진화된 반면, 전기배터리와 호환되는 프로펠러 등 각종 부가장비나 설비 기술은 상대적으로 투자가 필요한 실정이다. 그 밖에도 앞서 설명했듯, 지자체가 배터리 재활용, 선박용 배터리 기술 개발, 배터리 생산 인프라 구축 사업 등을 주도하고 있음에 따라 우리나라는 배터리 생산 역량은 높은 편에 속한다.

반면, 아이슬란드의 경우, 우리나라 대비 어선 척수는 적으며, 연안어업이 발달했다. 그 결과, 2022년 기준 아이슬란드의 어선 척수는 1,540척으로 소형어선으로 볼 수 있는 척당 평균 5톤을 차지하고 있는 비갑판선(Undecked boat) 척수는 전체 어선의 50% 이상을 차지하고 있다.

〈표 4-1〉 2020~2022 아이슬란드 어선 척수 현황

단위: Metric ton, GT.km

구분	2020			2021			2022		
	어선척수 (A)	총톤수 (B)	평균 (B/A)	어선척수 (A)	총톤수 (B)	평균 (B/A)	어선척수 (A)	총톤수 (B)	평균 (B/A)
합계	1,561	148,485	95	1,549	161,324	104	1,540	162,919	106
트롤어선	46	56,622	1,231	41	50,853	1,240	42	53,847	1,282
갑판선	695	87,773	126	693	106,382	154	685	104,959	153
비갑판선	820	4,091	5	815	4,089	5	813	4,113	5

자료: https://px.hagstofa.is/pxen/pxweb/en/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__sjavarutvegur__skip/SJA05001.px/table/tableViewLayout2/(검색일: 2023.09.28.)

126) 근해어업이란 2~3일 외양에 출어하여 조업하는 것을 뜻하며, 연안어업은 연안의 수역에서 소형 어선을 이용하여 수산물을 어획하거나 수산 동식물을 인공적 방법으로 길러서 생산하는 어업을 뜻한다.

이와 같은 아이슬란드 어업의 특성상 연안 어업용 어선, 즉 완전 전기로 구동되는 선박으로 전환을 할 수 있는 여건에 맞다. 따라서, 아이슬란드 정부는 여객·수송선 청정에너지 사용, 선박에 대한 재생에너지 사용 강화, 항만 및 항·포구의 전기 충전 인프라 구축, 기후기금 조성 등과 같은 제도를 통해 적극적으로 친환경 선박으로 전환하고자 한다.

〈표 4-2〉 아이슬란드 친환경 선박 관련 지원 정책

지원 정책	주요 내용
여객·수송선 청정에너지 사용 (Clean energies for ferries)	• 아이슬란드 웨스트 섬와 본토의 신규 여객·수송선에 대한 전기에너지 전환 • 청정 에너지와 배출량 최소화를 위한 전기추진 여객·수송선 대체 및 확대 추진
선박에 대한 재생에너지 사용 강화 (Increased share of renewable energy for ships)	• 선박의 재생 에너지 사용 증대를 위한 경제적 지원 확대 • 수산업에서의 온실가스 배출량 감소를 위한 시범사업 실시 및 배출량 감소 로드맵 구축·시행
항만 및 항·포구의 전기 충전 인프라 구축 (Electrical infrastructure in harbours)	• 향후 대부분 선박의 전기에너지 사용 전환에 대비한 항만 및 항포구의 전기충전 인프라 구축 추진 • 크루즈선 등을 대상으로 한 고전압 충전소 구축 검토 및 추진 계획 마련
기후기금 조성 (Climate Fund – support for clean innovation and public education)	• 2012년 법률로 마련된 기후기금(Climate Fund)에 대한 재원 조달 및 운영 정상화 추진 • 2019년부터 기후기금에 대한 운영을 통해 녹색기술혁신 및 공교육 분야 사업에 대한 지원계획 마련

자료: Ministry for the Environment and Natural Resources(2018), p. 5~8.

특히 아이슬란드 정부는 전기에너지 사용 전환에 대비하여, 항만 및 항포구의 전기 충전 인프라를 구축하고 있으며, 동시에 크루즈선 등 대형선박을 대상으로 한 고전압 충전소 또한 설치하는 사업을 추진하고 있다.

위의 내용을 종합해보면, 다음과 같은 한-아이슬란드 협력 모델을 제안할 수 있다. 첫째, 국제 R&D를 통해 아이슬란드의 순수전기어선 개발 기

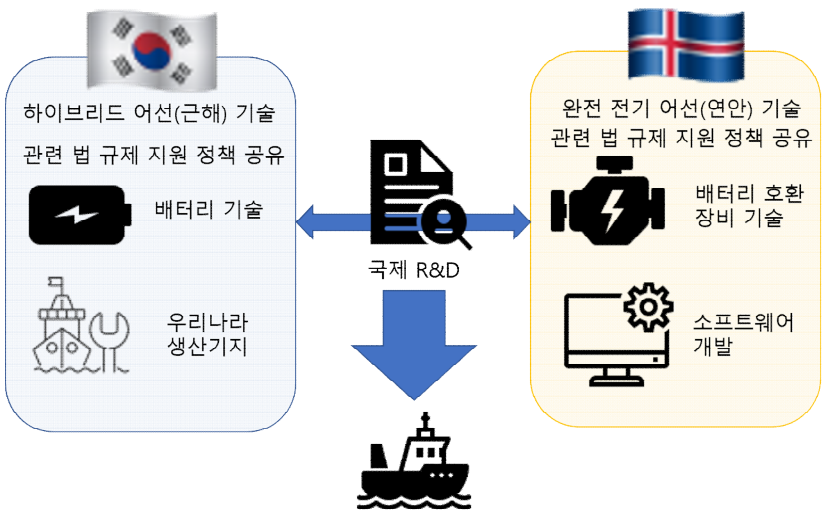
술과 우리나라 하이브리드 어선 개발 기술을 교환할 수 있다. 우리나라는 현재 하이브리드 어선을 중점으로 기술을 개발하고 있으나, 장기적 관점에서 완전 전기 어선으로 전환될 필요가 있기 때문이다. 또한, 우리나라 정부의 규제로 인해 실증사업을 추진하기 어렵거나, 혹은 유럽 지역의 해양 기후에 적용 가능한지 판단하기 위한 실증사업이 필요한 경우, 아이슬란드에서 실증사업을 추진할 수 있다. 또한, R&D 연구를 통해 개발된 전기 어선을 국제표준화 수준으로 발전시킬 수 있다.

둘째, 하이브리드 어선 및 완전 전기 어선 기술 관련 법 및 규제, 제도를 상호 공유하고, 개선할 수 있다. 아이슬란드는 우리나라보다 먼저 전기어선 선박을 상용화할 수 있는 법 및 제도적 여건을 마련했다. 따라서, 아이슬란드 정부가 기존 어선을 전기 어선으로 전환하도록 유도하기 위한 지원 정책과 전기어선을 위한 인프라 구축을 위해 추진했던 프로젝트 및 정책을 분석하여, 우리나라 조건에 맞는 지원 정책 및 제도를 개발할 수 있다.

셋째, 우리나라의 배터리 기술과 아이슬란드의 배터리 호환 기술을 상호 교환할 수 있다. 아이슬란드는 이미 완전전기선박의 파일럿 프로젝트를 성공적으로 완료했으며, 일부 상용화되었다. 즉, 전기배터리와 호환되는 프로펠러 등 각종 부가장비나 설비 기술은 우리나라보다 선진화되어 있음에 따라 협력 사업을 통해 배터리와 장비의 호환문제를 해결할 수 있는 방안을 공동으로 모색할 수 있다. 반대로 아이슬란의 경우, 배터리 용량을 증가시키고자 함에 따라 우리나라의 배터리 기술이 필요한 실정이다.

넷째, 우리나라의 전기어선 및 배터리 생산기지와 아이슬란드의 소프트웨어 및 기술을 활용하여 글로벌 시장을 선도하는 완전전기어선을 생산할 수 있다. 앞서 설명한 포항시의 K-Battery 산업단지, 제주시의 친환경 선박 프로젝트, 부산의 선박기자재 생산단지 등 우리나라 지자체의 인프라를 활용하여, 글로벌 시장에 공급할 수 있는 전기어선을 생산할 수 있다.

〈그림 4-23〉 한-아이슬란드 협력 모델



자료: 저자 작성

2) 한-덴마크 친환경쇄빙컨테이너선 개발 협력 모델

일반 대형 컨테이너선과 달리 북극항로용 대형 컨테이너선은 해빙, 결빙, 흑야 등 기후적인 요소와 폴라코드 등 북극에만 적용되는 규제, 안전문제 등을 고려해야 할 필요가 있다. 이러한 문제점은 새로운 기술 개발을 통해서 해결 가능하나, 새로운 기술을 개발하기 위해서는 우선적으로 기후자료 및 데이터가 필수적이다. 얼음의 두께, 크기, 강도, 움직임을 예측하고, 북극해에서의 특징적인 바람세기, 조류 등에 대한 데이터를 분석해야만 정확하고 안전한 운항이 가능하기 때문이다. 우리나라는 결빙 해역이 없는 여건상 인공위성을 활용한 해빙 정보의 수집과 분석을 진행해야만 기후 및 환경 데이터를 수집할 수 있다.[127] 따라서, 보다 정확한 데이터를 수집하

127) 최중효, 컨테이너선의 개발 역사과 전망- 친환경 쇄빙 컨테이너선, 극지와세계 2022 June, Vol.02., p.7

고, 분석하기 위해서는 북극권 국가와의 협력 체계를 구축할 필요가 있다. 특히, 다음 사례와 같이 이미 구축되어 있는 덴마크와의 협력체계를 활용하여 개발된 메탄올 추진 컨테이너선에 쇄빙 기능을 적용하는 방안을 연구하거나, 새로운 친환경 쇄빙 컨테이너선을 개발하여 덴마크 북극해역을 테스트 베드로 활용하는 등과 같은 방안으로 협력을 추진할 수 있을 것으로 판단된다.

05
결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구에서는 북극항로 활성화 시대에 대비하고, 북극권 국가의 정책 및 북극이사회 정책 기조에 맞는 지속가능한 협력 모델을 제안했다. 제2장에서는 북극권 국가의 친환경 선박 기술 현황을 파악했다. 그 결과, 북극권 국가는 에너지 안보를 확보하고, 러시아 에너지 의존도를 감소시키는 것과 동시에 북극 환경을 보호하기 위한 방안으로 친환경 에너지 전환 정책을 적극적으로 추진하고 있다. 특히 크루즈선, 관공선 등 소형선박의 경우, 암모니아, 수소, 전기 배터리 등 이미 친환경 기술이 적용된 선박이 상용화되었다.

제3장에서는 북극이사회 워킹그룹 사업, 북극원주민(이누이트, 에벤족, 메티스족)의 자문 내용, ASTD 분석 내용을 바탕으로 친환경 선박 수요를 분석했다. 즉, 친환경 선박 개발과 관련 있는 북극이사회 워킹그룹 사업을 도출했으며, 북극 원주민에게 친환경 선박 개발 관련 논의가 이루어지고 있는지, 어떤 종류의 친환경 선박을 가장 선호하는지, 현재 진행되고 있는 관련 사업이 있는지 인터뷰를 실시했다. 그 결과 실질적으로 수행되고 있

는 사업 자체는 없으나, 원주민 사회로부터의 친환경 에너지 추진 선박에 대한 기술 수요는 있는 상황이며 선박 배출 가스 제로의 상태를 목표로 친환경 선박을 개발하는 노르웨이의 Hurtigruten 그룹 등의 모델에 대한 수요 또한 나타나는 것으로 보였다. 다만, 원주민 사회의 친환경 선박 기술 필요성을 보다 높이 인지하고 이를 기반으로 한 북극권 사업 수행이 구체적으로 이행되기 위해서는 친환경 선박 기술에 대한 원주민들의 낮은 정보 접근성과 선박 인프라 부족 등이 개선되어야 할 필요가 있어 보인다.

또한, ASTD를 기반으로 어떤 유형의 선박이 북극항로를 항해하는지, 어떤 유형의 선박이 오염물질을 많이 배출하는지를 파악했다. 그 결과, 총 15개 유형의 선박 중 일산화탄소, 이산화탄소 배출량 가장 높은 상위 5위 선박은 컨테이너선, 벌크선, 어선, 가스선, 여객선이었다. 질소산화물과 이산화황의 경우, 컨테이너선, 벌크선, 로로선, 가스선, 유조선 등으로 주로 상선에서 많이 배출되었다. 또한, 세부 경로별 선박 유형을 분석한 결과, 어선이 가장 많이 항해하는 것으로 도출되었다. 따라서, 본 보고서에서는 어선을 대상으로 한-북극권 협력 모델을 구상했다.

제4장에서는 한-북극권 협력 모델을 제안하기 위해 우선, 우리나라 전기선박 기술 관련 프로젝트 현황을 파악했다. 공공기관, 기업, 지자체 등 소형선박용 배터리, 전기선박용 부품, 개발 및 생산단지 조성 등 다양한 프로젝트가 추진되고 있다. 전방위적으로 투자하고 있는 배경으로는 어선의 노후화 문제가 심각하다는 점에 있다. 우리나라의 전기 어선 개발의 특징은 하이브리드 어선을 중점으로 개발되고 있다는 점과 전기 배터리와 호환되는 부품 및 설비 기술의 개발이 시급하다는 점이다. 따라서 본 보고서는 한-아이슬란드 소형전기어선 개발 협력 모델을 제안했다. 아이슬란드는 완전 전기 어선 상용화 시범 사업을 성공적으로 완료했으며, 전기 배터리와 호환되는 부품 기술이 선진화되어 있기 때문이다. 그 외에도 북극이사회 워킹그룹 사업과 연계하는 방안을 제안할 수 있다. 북극이사회는 북극권

국가 간 정책, 경제 등 다양한 이슈와 관련하여 협력을 공조할 수 있는 국제협력 플랫폼으로서 친환경 조선 기술을 적극적으로 개발하고 있는 덴마크, 노르웨이 등과 협력을 위해 활용 가능하다. 또한, 연구 결과를 우리나라 북극 정책의 성과와 우리 기업의 북극 시장 진출 사례로 활용할 수 있다.

후속 연구에서는 실제 원주민 및 북극권 국가가 사용하는 어선의 종류, 크기, 운항시간, 운항횟수, 척수 등을 파악하여 실질적 수요를 파악할 수 있다.

제2절 정책제언

1. (국제) 소형전기어선 기술개발을 위한 국제 R&D 지원

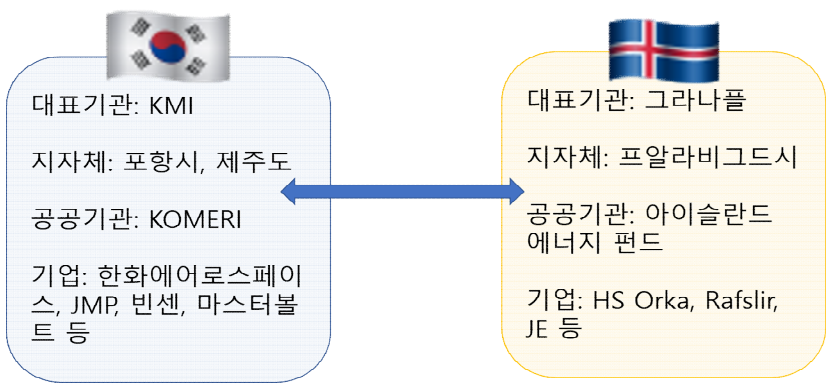
양자 공동펀딩형 연구 개발(R&D)은 정부 간 합의를 기반으로 양국 정부가 공동으로 연구 개발을 지원하는 형식이다. 한-북극권 국가 간 양자 공동펀딩형 R&D를 추진하여, 북극 기관 및 기업과의 국제공동연구를 통해 기술자원을 효과적으로 활용하고, 신기술 확보 및 북극을 포함한 해외시장 진출을 통한 산업경쟁력을 고도화할 필요가 있다. 즉, 양국 정부 간 합의를 기반하여 북극권 국가 기관 및 기업과 컨소시엄을 구성하고, 공동 승인한 과제를 대상으로 자국 기관에 자금을 지원하는 형식으로 추진할 수 있다.

첫 번째 단계로 한-북극권 정부는 소형전기어선 개발을 위한 MOU를 체결하여 협력 기반을 구축할 필요가 있으며, 주요 MOU 내용은 소형전기어선분야 협력, 양자펀딩형 R&D 수행, 컨소시엄 구성, 정기적 실무회의 개

최 등으로 구성될 수 있다.

두 번째 단계로 연구를 수행할 수 있는 양국 산학연 컨소시엄을 구성할 필요가 있다. 포항시, 제주도, 프알라비그드시는 실증단계에서 필요한 인프라와 재원을 제공하고, 아이슬란드 에너지 펀드의 경우, 파이낸싱을 KOMERI, KOMSA는 친환경 선박 기술 검사, 기준 마련, 기술 표준화 작업을 지원하며, 양국 기업은 실제 기술을 개발하고, 상용화하는 작업을 수행할 수 있다. KMI와 그라나플의 경우, 양국 컨소시엄을 관리하고, 조정하며, 향후 정책화할 수 있도록 지원한다. 또한, 사전 조사 및 기획연구, 기술수요조사를 수행하여 해당 사업의 추진 방향성을 설정하고, 사업기획안을 제출한다.

〈그림 5-1〉 한-아이슬란드 국제공동연구개발 컨소시엄(예시)



자료: 저자 작성

세 번째 단계로 연구협약을 체결한 뒤 국제 R&D를 수행한다. 수행하는 과정에서 양국 컨소시엄간 정기적 실무회의를 개최하여 지속적인 국제연구체계를 지속적으로 가동할 필요가 있다.

마지막 단계는 국제 R&D의 일부로 실증사업을 추진하여 기술사업화를 추진하는 단계이다. 실증사업은 시제품의 상용화 이전 안전성과 내구성 등을 입증하는 단계로, R&D 실증은 기술검증을 위한 실증, 기술사업화를 위한 실증, 사회적 가치 창출을 위한 실증 등으로 구분된다. 해당 국제R&D의 경우, 기술검증을 위한 실증으로, 유사환경에서의 워킹 모델을 검증하고, 유사환경에서의 프로토타입을 개발하고, 실제환경에서의 시제품 데모를 개발하는 단계이다.[128]

〈표 5-1〉 국제 R&D 지원 사업 로드맵

세부추진과제	추진일정					
	’23	’24	‘25	‘26	‘27	‘28
○ 한-북극권국가 MOU 체결						
○ 한-북극권 산학연 컨소시엄 구성						
○ 매칭펀드형 국제 R&D 수행						
○ 실증사업 추진						

자료: 한국해양수산개발원

128) 안소영, R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA) 분석을 통한 개선방안 제언, KISTEP, 2018, p.5

2. (국제) 소형전기어선 기술의 국제표준화를 위한 한-북극권 산·학·연 이해관계자 간 국제협력 체계 구축

국제 R&D 성과와 국제표준화의 연계성을 제고하고, 효율적으로 연계하기 위해 범부처 차원(예: 해양수산부, 외교부, 과학기술정보통신부)의 지원 체계를 구축할 필요가 있다.

첫째, 기술 공유는 국가 안보 및 경쟁력 확보 면에서 민감함에 따라 정부 차원에서 북극권 국가의 선박 건조 담당 정부 부처와 협력 기반을 구축할 필요가 있다. 또한 국가적 차원에서 양국이 친환경 전환을 위해 각자 어떠한 정책을 추진하고 있으며, 정책을 추진함에 있어서 긍정적인 효과와 장애요인에 대해 논의하고 노하우를 공유하여 정책의 실패율을 감축할 수 있다.

둘째, 포항시, 제주시 등과 같이 친환경 에너지 개발에 투자하고 산업단지, 클러스터 등 구축했거나, 구축할 우리 지자체와 친환경 에너지 프로젝트에 투자하거나, 관련 인프라를 구축했거나, 활용할 인프라를 보유하고 있는 북극권 지자체와 협력 체계(MOU, 자매결연 등)를 구축할 필요가 있다. 국가별 해양환경이 상이하기 때문에 우리 기술의 국제표준화를 위해서는 해외에 위치한 테스트 베드가 필요하다. 따라서, 지자체 간 MOU는 각 지자체가 갖고 있는 인프라 및 정부 지원을 활용하고, 테스트 베드로서 활용하는 것을 주요 내용으로 구성할 수 있다.

셋째, 양국의 산업, 대학, 연구기관 전문가 협의체를 구성하여, 기술 개발을 위한 가이드 라인, 개발 방향성을 협의하고, 추진 상황을 공유할 필요가 있다. 또한, 소형전기어선의 국제표준화를 위해 전략을 수립하고, 안전기준 및 법제화를 지원한다.

넷째, 국제해사기구(IMO)와 북극이사회(AC) 등 국제협의체와의 네트워크를 강화하여, 소형전기어선 기술의 국제표준 제정을 위한 연계 활동 및 지원을 강화해야 한다. 특히, 북극프론티어, 북극써클총회, IMO 총회 등 국제회의, 국제컨퍼런스 등을 통해 소형전기어선 기술 개발 성과를 발표하고, 글로벌 전문가들의 의견을 수렴하여 기술 및 관련 법 및 제도의 완성도를 제고할 수 있다. 이러한 활동을 위해서는 정부 차원의 지원이 필요한 실정이며, 북극이사회, 북극프론티어, 북극써클총회 등 북극관련 국제협의체와의 협력의 경우, KoNAC의 지원 제도를 활용할 수 있다. 그 밖에도 해당 협력사업을 통해 우리 정부의 북극 정책(제1차 극지활동진흥기본계획)과 친환경 선박 개발 정책(한국형 친환경선박 보급시행계획)간의 정합성과 시너지를 창출하여 정책적 성과를 도출할 수 있다.

〈표 5-2〉 국제표준화를 위한 지원 체계 구축

세부추진과제	추진일정					
	’23	’24	‘25	‘26	‘27	‘28
○ MOU 기반 한-북극권 정부간 기술공유						
○ 한-북극권 지자체간 협력체계 구축 (자매결연, MOU 체결 등)						
○ 한-북극권 전문가 협의체 구성 및 운영						
○ 국제협의체(IMO, AC 등) 협력 체계 강화						

자료: 한국해양수산개발원

3. (국내) 낙후된 어선의 소형전기선박 전환 사업 추진

우리 정부는 2020년 12월 친환경 선박 개발 보급 촉진 기본계획을 수립했고, 2023년 한국형 친환경 선박(Greenship-K)보급 시행계획을 발표했다. 해당 계획의 기본 방향은 친환경 선박 신기술을 개발하여, 시험 및 평가를 실시하고, 실증사업을 수행하는 것이다. 또한, 이와 연관된 연료 인프라를 확충하고, 보급을 확산하는 사업 또한 포함하고 있다. 그 외에도 2023년 계획에 따르면, 공공선박의 친환경 선박 전환 비율을 2030년까지 83% 수준으로 확대하기 위해서 해수부 어업지도선, 친환경 어선 실습선, 강원도 어업지도선 등 어업과 관련한 선박을 친환경 선박으로 전환하고자 한다. 전기기반 선박의 경우, 전기추진차도선 및 이동식 전원공급시스템 개발, 부산항만공사의 전기기반 항만안내선 건조, 한국수자원공사 순시선(전기 또는 하이브리드) 건조 등과 같은 세부사업이 포팜되어 있다. 즉, 노후 관공선 199척은 대체 건조하고, 선령 10년 미만의 189척은 미세먼지 저감장치(DPF)를 설치하여 개조하는 등 '30년까지 총 388척의 관공선을 친환경선박으로 전환하는 것을 목표로 한다. 또한, 민간선박의 경우, 유·도선 및 여객선 등 내항 선박 58척과 화물선 등 외항선박 82척, 총 140척을 친환경 선박으로 전환할 수 있도록 지원하는 내용이 포함되어 있다.[129] 또한, 해양수산부는 연안복합어업, 연안자망어업 및 근해채낚기어업을 대상으로 하이브리드 어선 기술 개발하는 연구 개발을 추진하고 있다. 해당 사업을 통해 전기모터, 배터리 선박용 기술을 개발해 새로운 표준선체 설계를 진행하고자 한다.

반면, 선박을 '전환'하기 위한 지원책으로는 해양진흥공사는 국적 선사를 대상으로 친환경 설비 관련 자금 대출 시 정부로부터 대출 이자 비용(2%

129) 산업통상자원부 보도자료, 그린뉴딜, 탄소중립을 위한 친환경 선박 중장기 계획 수립, 2020.12.24., p.3(검색일: 2023.10.29.)

이내)을 지원받을 수 있다.[130] 이와 같은 맥락에서 기존 어업용 석유류에 대한 간접세(부가가치세, 개별소비세, 교통·에너지·환경세, 교육세) 면제 제도를 친환경 어선으로 전환 시 지원하는 제도로 전환할 수 있다. 해당 제도는 한시적으로 2~3년 주기로 지원해왔으나, 환경단체를 중심으로 어업용 면세유를 폐지하라는 주장을 강하게 하고 있다. 2023년 12월 31일까지 조특법이 개정되지 않을 경우, 2024년부터 폐지될 예정이다. 어업용 면세유를 통한 세금 감면액은 2018년 6,864억 원, 2019년 7,154억 원, 2020년 7,334억 원 등 7,000억 원대를 기록했다.[131] 어업용 석유류에 대한 간접세 면제 제도를 친환경 어선 전환 지원 제도로 전환하게 될 경우, 실질 사용자인 어민 선호도, 어민의 어획 활동 특징별 필요한 어선 조건 등을 정확하게 파악하여 설계에 반영할 필요가 있다.

둘째, 전기어선을 위한 항만 인프라 구축 개발 계획을 수립할 필요가 있다. 전기어선을 위해서는 전력공급, 전력 저장장치, 충전장치 등 전후방 산업 기술의 개발이 필요하며, 이를 위한 종합적인 인프라 구축 계획이 필요하다. 즉, 재생에너지를 통해 전력을 공급할 경우, 항만 배후지역에 설치할 것인지, 태양열 혹은 풍력발전을 활용할 것인지 연구할 필요가 있다. 또한, 전력 저장장치의 경우, 전기 배터리 즉, 선박용 이차전지 생산 및 안정적인 공급이 필요하며, 배터리를 충전할 수 있는 충전 장치 생산 또한 필요하다. 또한, 항만 내 충전 장치를 설치할 수 있는지, 설치할 경우, 어느 구역이 가장 적합한지 등 항만공간계획 또한 수립할 필요가 있다.

130) 한국해양진흥공사, 보도자료 2023년 하반기 친환경 설비 개량 이차보전 사업 공고, 2023.06.02.,p.1
131) https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=257685(검색일: 2023.10.29.)

〈표 5-3〉 낙후된 어선의 소형전기선박 전환 사업 추진

세부추진과제	추진일정			
	’24~‘26	’27~‘29	‘30~’32	‘33~’35
ㅇ 친환경 어선 전환 지원 제도 개발 및 적용				
ㅇ 전기어선을 위한 항만 인프라 구축 개발 계획 수립				
ㅇ 전기어선을 위한 항만 인프라 구축				

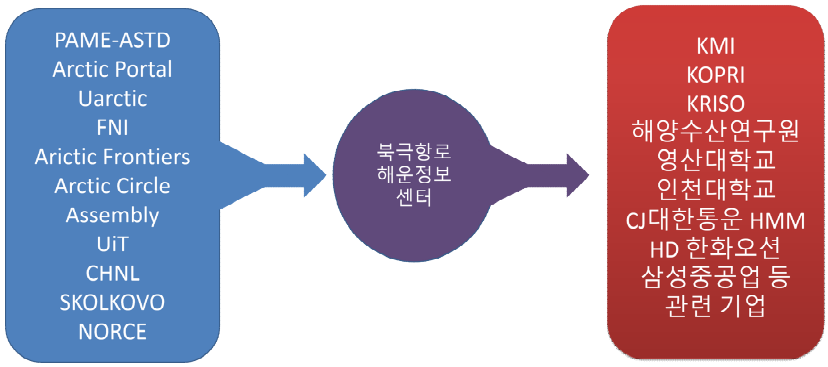
6

자료: 한국해양수산개발원

4. (국내) 북극해운정보센터 구축 및 운영

북극권 국가와 친환경 선박을 공동으로 개발할 경우, 북극해 환경에 대한 데이터 확보가 필요하다. 따라서, 북극 해운과 관련한 공공데이터를 확보하고, 국내 이해관계자와 공유할 수 있도록 플랫폼을 구축할 필요가 있다. 특히 북극 데이터의 경우, 북극권 국가와의 긴밀한 협력이 필수적이며, 가공된 후에만 공개 가능한 데이터가 존재하며, 개별 대학 및 기업이 확보하기 어려운 체계로 구축되어 있다. 예를 들면, 북극이사회 워킹그룹 PAME가 공개하는 ASTD의 경우, 정보를 활용하고자 하는 기관의 성격에 따라 공개 범위가 달라진다는 특징을 갖고 있다. 따라서 ‘공공성’을 기반으로 데이터를 확보할 수 있도록 컨트롤 타워 역할을 할 수 있는 기구 설립이 필요하다. 즉, 북극에 적용되는 법 및 규제의 현황, 북극해에서의 어업 현황, 어선의 종류, 운항 횟수, 얼음 두께, 위성 정보, 환경오염물질 배출 현황 등 다양한 정보에 대한 접근이 용이할 수 있도록 북극해운정보센터를 구축 및 운영할 수 있다.

〈그림 5-2〉 북극항로 데이터 흐름(예시)



자료: 저자 작성

참고문헌

국내 문헌

국준우, 박대수, 김성진, 임효섭, 정석희,(2023),친환경 전기 선박의 현황과 전망, 대한환경공학회지,45(5),256-266.

김지혜, 김민수, 김주현, 이슬기, 정성엽 (2020), 북극 해상운송 규범 분석을 통한 우리나라 대응방안 연구, 한국해양수산개발원.

안소영, R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA) 분석을 통한 개선방안 제언, KISTEP, 2018.

제주특별자치도, 제주 환경친화적 선박도시 구축 종합계획, 2023

최중효, 컨테이너선의 개발 역사과 전망- 친환경 쇄빙 컨테이너선, 극지와세계 2022 June, Vol.02.

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터(2021), 친환경 선박 현황 및 전망.

KOTRA, KDB산업은행, 글로벌 친환경 선박기자재 시장 동향 및 해외시장 진출 전략, 2019.

국외 문헌

AMAP(2005), Arctic Climate Impact Assessment.

AMAP·CAFF(2021), Scoping outline for AMAP-CAFF joint-work on Climate change impacts on Arctic ecosystems and associated climate feedbacks.

PAME(2019), Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic.

PAME(2021), PAME II-2021 WORKING GROUP MEETING REPORT.

AMAP(2005), Arctic Climate Impact Assessment.

AMAP·CAFF(2021), Scoping outline for AMAP-CAFF joint-work on Climate change impacts on Arctic ecosystems and associated climate feedbacks.

Brazovskaia, Viktoriia, Svetlana Gutman, and Andrey Zaytsev. "Potential impact of renewable energy on the sustainable development of Russian Arctic territor ies." Energies 14.12 (2021): 3691.

Chen, Qiong, et al. "Implications of Arctic shipping emissions for marine environme nt." Maritime Policy & Management 49.2 (2022): 155-180.

De Witt, Magnus, Hlynur Stefansson, and Ágúst Valfells. "Energy security in the Arcti c: Policies and technologies for integration of renewable energy." Arctic Yea rbook—Redefining Arctic Security (2019): 189-196.

DNV(2020), Maritime forecast 2050.

Dvoynikov, Mikhail, et al. "New concepts of hydrogen production and storage in Arctic region." Resources 10.1 (2021): 3.

Garbis, Zoe, et al. "Governing the green economy in the Arctic." Climatic Change 176.4 (2023): 33.

Gassiy, Violetta, and Vasiliy Stoikov. "Renewable energy and green construction in the Arctic." E3S Web of Conferences. Vol. 207. EDP Sciences, 2020.

IMO(2023), IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships.

Jing, Danyue, et al. "CO2 emission projection for Arctic shipping: A system dynamics approach." Ocean & Coastal Management 205 (2021): 105531.

Kondratenko, Aleksander A., Pentti Kujala, and Spyros E. Hirdaris. "Holistic and sust ainable design optimization of Arctic ships." Ocean Engineering 275 (2023): 114095.

Kukkonen, Henna, Reeta Sipola, and Tuuli Nivala. "Green Rural Economy: Promoti ng Green Transition in the Rural Arctic." (2022).

McCauley, Darren, et al. "Which states will lead a just transition for the Arctic? A DeePeR analysis of global data on Arctic states and formal observer states." Global Environmental Change 73 (2022): 102480.

Methanol Institute(2023), Methanol Fuelled Vessels on the Water and on the Way

Morgunova, M. O., et al. "Renewable energy in the Russian Arctic: Environmental challenges, opportunities and risks." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1565. No. 1. IOP Publishing, 2020.

PAME(2019), Heavy Fuel Oil(HFO) Use by Ships in the Arctic.

PAME(2021), PAME II-2021 WORKING GROUP MEETING REPORT.

Shulga, R. N., A. Y. Petrov, and I. V. Putilova. "The Arctic: Ecology and hydrogen energy." International Journal of Hydrogen Energy 45.11 (2020): 7185-7198.

Statista(2023), Green maritime shipping worldwide.

Tegtyaryova, E. V., and G. E. Leyman. "The Role of Green Economy in Strategic Socio-Economic Development of the Arctic Zone." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 539. No. 1. IOP Publishing, 2020.

Teslya, A., and S. Gutman. "Forming and developing a green transport corridor in the Arctic." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 434. No. 1. IOP Publishing, 2020.

The Usage of Renewable Energy Sources in the Arctic: The Role of Public-Private Partnership, Potravnyi I.M., Yashalova N.N., Boroukhin D.S., Tolstoukhova M.P.

Tishkov, Sergey, et al. "Assessment the role of renewable energy in socio-economic development of rural and Arctic regions." Tishkov, S., Shcherbak, A., Kargin ova-Gubinova, V., Volkov, A., Tleppayev, A., Pakhomova, A (2020): 3354-3 368.

Tishkov, Sergey, et al. "Citizens' Behavior as a Driver of Energy Transition and Green ing of the Economy in the Russian Arctic: Findings of a Sociological Survey in the Murmansk Region and Karelia." Applied Sciences 12.3 (2022): 1460.

Wang, Zhaojun, Jordan A. Silberman, and James J. Corbett. "Container vessels divers ion pattern to trans-Arctic shipping routes and GHG emission abatement potential." Maritime Policy & Management 48.4 (2021): 543-562.

Zhang, Qiang, et al. "Reducing black carbon emissions from Arctic shipping: Solution s and policy implications." Journal of Cleaner Production 241 (2019): 118261.

인터넷 자료

농수축산신문, “기로에 선 어업용 면세유”, https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=257685(검색일: 2023.10.29.)

대한경제, IMO 탄소배출 규제 강화 https://m.dnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=202307111510028540664(검색일: 2023.10.29.)

머니투데이(2023.04.06.), 유럽에서 세계 첫 수소 추진 선박 상업 운항 시작 https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023040515283158824(검색일: 2023. 10. 29.)

산업통상자원부 보도자료, 그린뉴딜, 탄소중립을 위한 친환경 선박 중장기 계획 수립, 2020.12.24., https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156428858(검색일: 2023.10.29.)

산업통상자원부 보도자료, 한, 친환경 선박분야 ISO 국제표준 주도, 2023.5.16., https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156569777(검색일: 2023.10.29.)

산업통상자원부 보도자료, 고부가 미래선박 표준화 포럼 출범, 2023.9.7., https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156588969(검색일: 2023.10.29.)

선박해양플랜트연구소, “전기추진 차도선의 배터리 트레일러 고박 시스템”, http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020210104842&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.18.)

스탠다드에너지, https://stndenergy.com/battery/(검색일: 2023.09.15.)

중앙일보, https://www.joongang.co.kr/article/25193130#home(검색일: 2023.10.29.)

중앙일보, https://www.joongang.co.kr/article/21830035#home(검색일: 2023.10.29.)

투데이에너지, “빈센, 국내 최초 선박용 고속 충전 시스템 상용화”, http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=262527(검색일: 2023. 10. 29.)

한국석유관리원, https://www.kpetro.or.kr/lay1/S1T157C396/contents.do(검색일: 2023.10.29.)

한국일보, https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2023070719410002921(검색일: 2023.10.29.)

한국해양진흥공사, 보도자료 2023년 하반기 친환경 설비 개량 이차보전 사업 공고, 2023.06.02., https://www.kobc.or.kr/ebz/kor/bbs/view.do?mId=0202000000&bIdx=95539&ptIdx=251(검색일: 2023.10.29.)

AKA Energy Systems(2023.07.24.), https://www.aka-group.com/hybrid-fishing-boat-hybrid-1-will-set-sail-for-new-brunswick-with-the-passamaquoddy-first-nation/(검색일: 2023.10.29.)

All American Marine, https://www.allamericanmarine.com/hydrogen-vessel-launch/(검색일: 2023.10.29.)

Arctic Council, https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/ (검색일: 2023.09.05.)

Arctic Council, https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/policy-experiences-and-best-practices/ (검색일: 2023.09.05.)

Arctic Council, https://arctic-council.org/news/at-the-doorway-to-the-arctic-an-aleut-perspective-on-a-sustainable-arctic-ocean/ (검색일: 2023.09.21.)

Arctic Council, https://arctic-council.org/news/report-on-shipping-in-the-northwest-passage-launched/ (검색일: 2023.09.28.)

Arctic Council, https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/940(검색일: 2023.05.29.)

Arctic Portal, https://arcticportal.org/ap-library/news/2855-joint-statement-by-the-arctic-7-on-the-limited-resumption-of-arctic-council-cooperation-without-russia (검색일: 2023.05.29.)

Arctis, http://www.arctis-search.com/Fishing+Vessels+in+the+Arctic (검색일: 2023.09.28.)

Baird Maritime(2023.03.20.), https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ferries /vessel-review-sinichka-electric-comm

uter-boats-designed-for-russias-moskva-river/(검색일: 2023.09.28.)

Baird Maritime(2023.07.25.), https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/cruise/vessel-review-ocean-albatros-sunstone-ships-takes-delivery-of-sixth-infinity-class-newbuild/(검색일: 2023.09.29.)

Ballard(2023.02.13.), https://blog.ballard.com/marine/fcwave-achieving-dnv-type-approval-what-means-marine(검색일: 2023.09.28.)

CAFF, https://caff.is/climate-change (검색일: 2023.09.21.)

CBC(2022.04.09.), https://www.cbc.ca/news/canada/prince-edward-island/pei-aspin-kemp-hybrid-lob ster-boat-1.6414642(검색일: 2023.10.30.)

Eurofish International Organisation, https://eurofish.dk/member-countries/denmark/ (검색일: 2023.10.29.)

Good News from Finland(2022.03.02.), https://www.goodnewsfinland.com/en/articles/news-spotlight/2022/finnish-maritime-expertise-is-in-high-demand/(검색일: 2023.10.30.)

Green Car Congress(2022.11.28.), https://www.greencarcongress.com/2022/11/20221128-gnh2.html(검색일: 2023.10.30.)

Hafenstrom(2021.10.21.), https://hafenstrom.com/70-of-norwegian-ferry-fleet-can-be-replaced-with-greener-alternatives/(검색일: 2023.10.30.)

KOTRA, https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=196132(검색일: 2023.10.29.)

KOTRA, https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=80&CONTENTS_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=201326(검색일: 2023.10.29.)

YTN, https://www.yna.co.kr/view/AKR20230915001300098(검색일: 2023.10.29.)

Iceland Responsivle Fisheries, https://www.responsiblefisheries.is/seafood-industry/a-nation-with-fishing-in-its-genes(검색일: 2023.10.30.)

IMO, https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx, https:

//www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/pages/Marpol.aspx(검색일: 2023.08.20.)

IMO, https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Special-Areas-Marpol.aspx(검색일: 2023.08.20.)

Intersting Engineering(2023.03.13.), https://interestingengineering.com/innovation/worlds-first-ammonia-powered-ship(검색일: 2023.10.29.)

Kotra(2021.12.03.), 덴마크 해운산업 https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?pageNo=1& pagePerCnt=10&SITE_NO=3&MENU_ID=200&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=403&bbsSn=403&pNttSn=192147&recordCountPerPage=10&viewType=&pStartDt=&pEndDt=&sSearchVal=%EB%8D%B4%EB%A7%88%ED%81%AC(검색일: 2023.10.29.)

Leeway Marine, https://leewaymarine.ca/news/waterford-energy-services-leeway-marine-bring-hydrogen-fuel-solutions-atlantic-canada(검색일: 2023.10.30.)

MAN Energy Solutions, https://www.man-es.com/discover/two-stroke-ammonia-engine(검색일: 2023.10.29.)

Marine Log, https://www.marinelog.com/passenger/ferries/shift-clean-energy-to-power-indian-fully-electric-ferry/(검색일: 2023.10.30.)

Offshore Energy(2021.12.23.), https://www.offshore-energy.biz/swedens-to-get-1st-large-scale-hydrogen-powered-vessel-by-2030/(검색일: 2023.10.30.)

Offshore Energy(2022.03.22.), https://www.offshore-energy.biz/us-start-up-developing-battery-swapping-electric- cargo-ships/(검색일: 2023.10.29.)

Offshore Energy(2022.04.12.), https://www.offshore-energy.biz/icelandic-german-collab-to-convert-emissions-into-green-methanol-for-ships/(검색일: 2023.10.30.)

PAME, https://www.pame.is/images/05_Protectec_Area/2020/PAME-I/Agenda_Item_6/6.7/Agenda_6.7-Engagement_of_Observer_States_in_PAMEs_Shipping_Related_Activites_27_Jan_2020.pdf (검색일: 2023.09.21.)

PAME, https://www.pame.is/projects/arctic-marine-shipping/arctic-shipping-s

tatus-reports (검색일: 2023.09.21.)

PAME, https://www.pame.is/projects-new/arctic-marine-pollution/current-marine-litter-projects/426-fishing-practice-gear-inventory-enhancing-understanding-of-abandoned-lost-or-otherwise-discarded-fishing-gear-aldfg (검색일: 2023.09.21.)

Project Cargo Journal(2022.09.22.), https://www.projectcargojournal.com/construction/2022/09/22/meriaura-and-compatriots-to-build-green-ammonia-fuelled-project-cargo-ship/?gdpr=accept(검색일: 2023.09.21.)

S&P Global Market Intelligence(2023.03.17.), https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/research-analysis/russias-shadow-fleet-understanding-its-size-activity-and-relat.html(검색일: 2023.10.30.)

Splash247(2023.06.06.), https://splash247.com/swedens-seafjord-energy-unveils-worlds-first-e-bunker-vessel/(검색일: 2023.10.30.)

United States Department of State, https://www.state.gov/joint-statement-on-arctic-council-cooperation-following-russias-invasion-of-ukraine/(검색일: 2023.05.29.)

Volvopenta, https://www.volvopenta.com/about-us/news-page/2022/may/first-of-its-kind-hybrid-electric-vessel-enters-operation-for-svalbard-tours/(검색일: 2023.10.30.)

http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020190164725&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.18.)

http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020190164743&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.18.)

http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020210104842&index=0&start=fulltext&openPageId=View03(검색일: 2023.06.22.)

https://www.h2news.kr/news/article.html?no=9124(검색일: 2023.10.30.)

http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=110684(검색일: 2023.06.22.)

http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=16473(검색일: 2023.08.22.)

http://www.hyundai-engine.com/ko/products/Hybrid(검색일: 2023.09.20.)

http://www.motormag.co.kr/news/articleView.html?idxno=11141(검색일: 2023. 06.22.)

http://yusinhr.com/(검색일: 2023.09.15.)

https://cleanair.seoul.go.kr/information/info152(검색일: 2023.05.30.)

https://global.hurtigruten.com/destinations/norway/the-original-norwegian-coastal-express/sea-zero/(검색일: 2023.09.28.)

https://maritime-executive.com/article/world-s-first-autonomous-ferry-set-to-begin -service(검색일: 2023.10.30.)

https://mastervolt.kr/news/59(검색일: 2023.08.22.)

https://morvesti.ru/news/1679/103263/(검색일: 2023.06.18.)

https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx =174656(검색일: 2023.10.30.)

https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022102017154744947(검색일: 2023.09. 23.)

https://ofris.kimst.re.kr/tech-trade/tech/techSalesView.do(검색일: 2023.06.18.)

https://ofris.kimst.re.kr/tech-trade/tech/techSalesView.do?techSn=6099&cateType=oc&techCd=sales(검색일: 2023.06.22.)

https://pame.is/(검색일: 2023.05.30.)

https://px.hagstofa.is/pxen/pxweb/en/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__sjavarutvegur__skip/SJA05001.px/table/tableViewLayout2/(검색일: 2023.09.28.)

https://spectrum.ieee.org/why-the-shipping-industry-is-betting-big-on-ammonia(검색일: 2023.10.30.)

https://stndenergy.com/battery/(검색일: 2023.09.15.)

https://stock.mk.co.kr/news/view/233369 (검색일: 2023.10.29.)

http://www.arcticroute.co.kr/news/articleView.html?idxno=2877(검색일: 2023. 10.30.)

http://www.arcticroute.co.kr/news/articleView.html?idxno=3118(검색일: 2023. 10.30.)

https://www.arctictoday.com/norway-grants-111-million-to-clean-hydrogen-ammonia-projects/(검색일: 2023.10.30.)

https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=309675(검색일: 2023.08.22.)

https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=323275(검색일: 2023.06.22.)

https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE11422812(검색일: 2023.06.18.)

https://www.electrive.com/2023/06/08/hurtigruten-norway-introduces-electric-cruise-ship/(검색일: 2023.06.18.)

https://www.etnews.com/20200902000098(검색일: 2023.08.22.)

http://www.g-icode.com/view.php?ud=202107161727565160 4cc1360168_8(검색일: 2023.10.30.)

https://www.goodnewsfinland.com/en/articles/news-spotlight/2022/finnish-maritime -expertise-is-in-high-demand/(검색일: 2023.10.30.)

https://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=8274(검색일: 2023.06.22.)

https://www.hanwha.co.kr/media/news/news_view.do?seq=8389(검색일: 2023.06.22.)

https://www.hhi.co.kr/filedown/2022_KSOE_IR_KR_1.pdf(검색일: 2023.09.15.)

https://www.hyundai-engine.com/ko/products/Hybrid(검색일: 2023.09.15.)

https://www.jejumaeil.net/news/articleView.html?idxno=322075(검색일: 2023.09.23.)

https://www.kimst.re.kr/pdf.jsp?path=rnd&fn=oceaninsight_2112.pdf(검색일: 2023.06.18.)

https://www.ksilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=974994(검색일: 2023.08.22.)

http://www.maritimepress.co.kr/news/articleView.html?idxno=307351(검색일: 2023.10.30.)

https://www.mynewsdesk.com/blue-world-technologies/pressreleases/commer

cial-collaboration-between-tuco-marine-and-blue-world-technologies-3185973 (검색일: 2023.10.29.)

https://www.newspim.com/news/view/20230321000673(검색일: 2023.09.20.)

https://www.offshore-energy.biz/amogy-to-bring-the-first-ammonia-powered-ship-to-life/(검색일: 2023.10.29.)

https://www.responsiblefisheries.is/seafood-industry/a-nation-with-fishing-in-its-ge nes(검색일: 2023.10.30.)

https://www.sem.go.kr/portal/plcTch/imoPlcDtl.do(검색일: 2023.05.30.)

https://www.sustainable-ships.org/rules-regulations/us-clean-shipping-act(검색일: 2023.10.29.)

https://www.switchmaritime.com/projects(검색일: 2023.06.18.)

https://www.theguru.co.kr/news/article.html?no=42523(검색일: 2023.10.30.)

일반사업 2023-02

북극권 친환경 선박 협력 방안 연구
: ASTD 기반 북극해 선박 분석을 중심으로

인 쇄 2023년 12월 29일

발 행 2023년 12월 31일

발 행 인 김 종 덕

발 행 처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 애드원플러스 (070-4390-3850)

비매품