일반연구 2024-09

한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구

Establishing Green Shipping Corridors between Ports of South Korea and the U.S. East Coast

김가현 · 김은우 · 정여진 · 신정훈 · 김찬호



KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

일반연구 2024-09

한국과 미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구

Establishing Green Shipping Corridors between Ports of South Korea and the U.S. East Coast

김가현 · 김은우 · 정여진 · 신정훈 · 김찬호

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	**김가현, 김은우, 정여진, 신정훈, 김찬호**
내부연구진	연구책임자 김가현 한국해양수산개발원 항만연구본부 부연구위원 공동연구원 김은우 한국해양수산개발원 항만연구본부 부연구위원 공동연구원 정여진 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 공동연구원 신정훈 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원 공동연구원 김찬호 한국해양수산개발원 항만연구본부 연구위원

연구기간	2024. 1. 1. ~ 2024. 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	김가현 연구총괄 제1~5장
내부연구진	김은우 제2장 2절, 제4장 2절 일부 정여진 제2장 1절, 제4장 1절 및 2절 신정훈 제3장 1절, 제4장 2절 일부 김찬호 제1장 2절 일부

산·학·연·정 연구자문위원	김종민 한국선급 연구본부 책임연구원 남형식 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수 김상현 해양수산부 항만물류산업과 사무관

※순서는 산·학·연·정 순임

발간사

최근 10년간 해운 분야의 온실가스 배출량은 전 세계적으로 20% 급증했으며, 우리나라도 약 15% 증가했다. 이러한 상황에서 국제사회는 IMO를 중심으로 2030년까지 온실가스 배출량을 최소 20%, 2040년까지 70% 감축하고, 2050년경에는 순배출량 제로 달성을 목표로 하는 전략을 채택했다. 특히 EU는 이미 역내 운항 5천 톤 이상 선박에 대한 배출권 거래제를 2024년부터 시행하는 등 해운 분야 탄소규제가 더욱 가속화되고 있다.

우리나라는 2023년 한-미 서부 녹색해운항로 협력을 시작으로 본격적인 첫걸음을 내디뎠다. 전 세계적으로 녹색해운항로 이니셔티브는 2022년 22건에서 2024년 초 57개로 크게 증가했으나, 아직까지 실제 운항된 사례는 없는 상황이다. 이러한 불확실성 속에서 친환경 연료 생산시설 및 공급망 구축은 초기 단계에 머물러 있으며, 연료 비용, 인프라, 기술성숙도, 안전규정 등 다양한 장애요인이 존재한다.

녹색해운항로가 조선·해운을 넘어 에너지 산업의 주도권 경쟁으로 이어질 것으로 전망되는 가운데, 다각도의 접근을 통해 우리나라가 주도권을 확보하는 것이 매우 중요해진 시점이다. 이러한 배경에서 본 연구는 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 참여자 간 협력방안을 모색하고 시사점을 도출하였다. 특히 양국의 분야별 전문가 의견을 심층적으로 분석하고, 이를 바탕으로 실효성 있는 정책대안을 제시하기 위해 힘썼다.

본 연구가 우리나라의 녹색해운항로 확대를 위한 정책 수립의 기초자료로 활용되고, 나아가 해운·항만 분야의 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있기를 기대한다. 끝으로 연구를 수행한 연구진의 노고와 함께, 녹색해운항로를 구성하는 각 분야 전문가들의 소중한 의견이 연구에 귀중하게 활용되었음을 밝히며 이에 감사드린다.

2024년 12월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _ xv

01 서론 _1

제1절 연구 배경 및 목적 1
1. 연구 배경 및 목적 1
2. 연구 내용 및 방법 8

제2절 선행연구 검토 및 연구의 차별성 11
1. 선행연구 검토 11
2. 본 연구의 차별성 26

02 녹색해운항로 구축 배경 및 글로벌 동향_29

제1절 기후위기 대응 글로벌 규제 동향 29
1. 유엔기후변화협약(UNFCCC) 29
2. 국제해사기구(IMO) 31
3. 유럽연합(EU) 33
4. 국내 관련 동향 35

제2절 전 세계 주요 녹색해운항로 구축 추진 동향 37
1. 녹색해운항로 구축 배경 및 정의 37
2. 글로벌 녹색해운항로 추진 동향 38
3. 단계별 녹색해운항로 프로젝트 추진 사례 51

제3절 우리나라 녹색해운항로 추진 현황 60
1. 한-미 서부 항만 60
2. 그 외 68

제4절 소결 70

03 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 구성요인_73

제1절 한-미 동부항로 물류특성 분석 73
1. 미국 항만의 현황 및 특징 73
2. 물류환경 변화 82
3. 아시아-미국 동부 항로 및 연결성 88

제2절 한-미 동부 녹색해운항로 구성요인 97
1. 녹색해운항로의 생태계 및 주요 구성요소 97
2. 주요 역할 및 참여자 협력의 기대 효과 100

제3절 소결 105

04 한-미 동부 녹색해운항로 구성 분야별 전문가 의견분석_109

제1절 분석 개요 109
1. 연구방법론 109
2. 분석방법 및 절차 111

제2절 한-미 동부 녹색해운항로 분야별 전문가 의견분석 113
1. 종합 113
2. 분야별 분석 결과 115

제3절 소결 147

05 한-미 동부 녹색해운항로 협력방안_151

제1절 주요 도전과제 및 해결방안 151
1. 녹색해운항로 구축의 주요 도전과제 151
2. 주요 도전과제 해결방안 152

제2절 단계별 협력방안 155
1. 단기(1~3년) 155

2. 중기(4~7년) 160
3. 장기(8~10년 이상) 166
제3절 소결 174

06 결론 및 정책제언_177

제1절 연구내용 요약 177
제2절 협력강화를 위한 정책대안 185
1.「녹색해운 전환 종합 지원 법안」(가칭) 제정 185
2. 녹색해운항로 기금 조성 및 운영 189
3. 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입 195
4. 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영 198
5. 녹색해운항로 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행 202
제3절 연구의 한계 및 향후 연구 제안 207

참고문헌 _209

부록 _215

표 목차

〈표 1-1〉 녹색해운항로 구성요소 관련 연구 ····· 13
〈표 1-2〉 녹색해운항로 타당성 조사 연구 ····· 19
〈표 1-3〉 그 외 녹색해운항로 관련 연구 ····· 23
〈표 1-4〉 선행연구 대비 본 연구의 차별성 ····· 26
〈표 2-1〉 해운선사 탈탄소를 위한 규제 종류 및 특징 ····· 34
〈표 2-2〉 주요 국가별 녹색해운항로 관련 정책 ····· 40
〈표 3-1〉 미국 주요 항만물동량 기준별 비교 ····· 75
〈표 3-2〉 미국 주요 컨테이너 항만의 터미널, 인입철도, 크레인 현황(2021년) ····· 79
〈표 3-3〉 발주 선박별 연료 현황 ····· 84
〈표 3-4〉 동-서 항로 정보 ····· 89
〈표 3-5〉 아시아-미 동부(동-서) 항로 정보 ····· 91
〈표 3-6〉 녹색해운항로의 주요 구성 요소 ····· 99
〈표 3-7〉 녹색해운항로 부문별 참여자 정의 ····· 102
〈표 4-1〉 응답 참여자 기본 정보 ····· 111
〈표 4-2〉 반구조화된 질문지 ····· 112
〈표 4-3〉 한-미 동부 녹색해운항로 구축방안의 주제 묶음, 주제, 의미 형성 ····· 113
〈표 4-4〉 연료 분야 의견 요약 ····· 119
〈표 4-5〉 항만 분야 의견 요약 ····· 124
〈표 4-6〉 조선 분야 의견 요약 ····· 130
〈표 4-7〉 해운 분야 의견 요약 ····· 135
〈표 5-1〉 단기 협력방안의 도전과제와 해소방안 ····· 157
〈표 5-2〉 중기 협력방안의 도전과제와 해소방안 ····· 163
〈표 5-3〉 장기 협력방안의 도전과제와 해소방안 ····· 171
〈표 6-1〉 정책대안 1: 「녹색해운 전환 종합 지원 법안」 (가칭) 제정 ····· 189
〈표 6-2〉 정책대안 2: 녹색해운항로 기금 조성 및 운영 ····· 194
〈표 6-3〉 정책대안 3: 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입 ····· 197
〈표 6-4〉 정책대안 4: 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영 ····· 201
〈표 6-5〉 정책대안 5: 녹색해운항로 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행 ····· 205

그림 목차

〈그림 1-1〉 IMO의 기후변화 대응 온실가스 감축 추진 계획 ····· 2
〈그림 1-2〉 전 세계 녹색해운항로 이니셔티브 현황(57개, 2024. 2 기준) ····· 3
〈그림 1-3〉 2024년 글로벌 물류 공급망 리스크 현황(한-미 물류망 중심) ····· 5
〈그림 1-4〉 녹색해운항로 협력 주체 ····· 6
〈그림 1-5〉 연구 흐름도 ····· 9
〈그림 2-1〉 COP27에서 한-미 간 녹색해운항로 조성에 관한 첫 협약을 체결한 모습 ·· 30
〈그림 2-2〉 IMO 선박 온실가스 규제 사항 ····· 33
〈그림 2-3〉 2024년 한국형 친환경선박(Greenship-K) 보급시행계획 기본방향 ···· 36
〈그림 2-4〉 글로벌 녹색해운항로 이니셔티브 지도(44개, 2023년 말) ····· 43
〈그림 2-5〉 글로벌 녹색해운항로 참여 주체 현황(2023년) ····· 44
〈그림 2-6〉 글로벌 녹색해운항로 지역별 분포 현황(2023년) ····· 46
〈그림 2-7〉 글로벌 녹색해운항로 이니셔티브 단계별 진척 상황(2023년) ····· 47
〈그림 2-8〉 글로벌 녹색해운항로 연료 선택 및 해운 부문별 참여 현황(2023년) ····· 48
〈그림 2-9〉 참여 주체별 글로벌 녹색해운항로 주도 현황(2023년) ····· 50
〈그림 2-10〉 사전타당성 조사 선박 유형별 운송 경로 범위 ····· 60
〈그림 2-11〉 한-미서부 녹색해운항로 사전타당성 조사 일정 ····· 61
〈그림 2-12〉 한-미 서부 녹색해운항로 구축을 위한 컨소시엄 파트너(부문별) ····· 62
〈그림 2-13〉 녹색해운항로 공급사슬의 부문별 참여자 정의 ····· 62
〈그림 2-14〉 한국항만의 대체연료 벙커링 준비 상태 ····· 64
〈그림 2-15〉 미국항만의 대체연료 벙커링 준비 상태 ····· 64
〈그림 2-16〉 한국의 청정연료(메탄올 및 암모니아) 산업 형성 지도 ····· 65
〈그림 2-17〉 미국의 청정연료 유형별 생산용량 및 생산시설 지도 ····· 65
〈그림 2-18〉 컨테이너선박 녹색해운항로 로드맵 수립의 참여자 ····· 66
〈그림 2-19〉 자동차 운반선 녹색해운항로 로드맵 수립의 참여자 ····· 67
〈그림 3-1〉 미국 주요 25개 항만의 위치 ····· 74
〈그림 3-2〉 미국 주요 25개 컨테이너 항만의 수출입 실적(2021년) ····· 77
〈그림 3-3〉 미국의 지역별 인구 밀도 ····· 78
〈그림 3-4〉 미국의 화물철도 네트워크 ····· 80
〈그림 3-5〉 컨테이너선 규모와 컨테이너 크레인 크기 비교 ····· 81
〈그림 3-6〉 LNG 추진선 선대 현황 및 전망 ····· 82

〈그림 3-7〉 대체 연료별 컨테이너선 발주 현황 ····· 83
〈그림 3-8〉 주요 선종별 환경규제 효과에 의한 기대발주량 및 실제발주량 ····· 85
〈그림 3-9〉 미국 주요 9개 컨테이너 항만의 동-서 간 실적 추이 ····· 86
〈그림 3-10〉 미국 주요 20개 컨테이너 항만의 연결성 지수 변화(2021년, 2022년) ·· 96
〈그림 3-11〉 DNV가 제시한 녹색해운항로 생태계 개념도 ····· 97
〈그림 4-1〉 한-미 녹색해운항로 관리 현황 및 협력 방안 ····· 146
〈그림 5-1〉 단기 협력방안 ····· 159
〈그림 5-2〉 중기 협력방안 ····· 165
〈그림 5-3〉 장기 협력방안 ····· 173

정책제안

▌분석 내용 및 방법

1. 국내외 연구 문헌 및 각종 자료 분석을 통해 녹색해운항로 구축 배경, 글로벌 동향 및 한-미 동부 녹색해운항로 구성요인 파악, 녹색해운항로 구축의 주요 도전과제 도출
2. 기초자료 조사 및 분석을 통해 글로벌 녹색해운항로 구축 배경 및 현황, 글로벌 녹색해운항로 구축 추진 현황, 한-미 동안 항로 물류 특징 파악
3. 질적연구방법론을 적용한 녹색해운항로 분야별 주요 이해관계자 대상 설문조사 및 분석을 통해 공통된 관심사와 우려사항을 효과적으로 파악하고 다양한 이해관계자의 상충되는 의견과 복잡한 상호작용을 분석

▌정책제안

1. 「녹색해운 전환 종합 지원 법안」(가칭) 제정
2. 녹색해운항로 기금 조성 및 운영
3. 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입
4. 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영
5. 녹색해운항로 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행

요 약

한국과 미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구

김가현 · 김은우 · 정여진 · 신정훈 · 김찬호

1. 연구의 배경 및 목적

- **해운 분야의 지속적인 온실가스 배출 증가와 IMO를 중심으로 한 국제사회의 탄소중립 규제가 가속화되는 가운데, 새로운 대안으로 녹색해운항로가 주목받고 있음**
  - 해운 분야의 온실가스 배출량이 전 세계적으로 최근 10년간 20% 급증했으며, 우리나라도 10년 만에 약 15% 증가했고, 추가적인 감축 노력이 없다면 2050년엔 130% 증가할 것으로 전망됨
  - 특히 IMO는 2023년 7월 제80차 해양환경보호위원회에서 2030년까지 온실가스 배출량을 최소 20%, 2040년까지 70% 감축하고, 2050년경 순배출량 제로 달성 목표 전략을 채택함
- **세계적으로 녹색해운항로 구축이 활발히 진행되는 가운데, 우리나라도 이러한 변화에 대응하여 녹색해운항로 확대를 적극 준비해야 하는 시점임**
  - 전 세계 녹색해운항로 이니셔티브는 2022년 22건에서 IMO가 개정된 온실가스 전략을 채택한 2023년 44건으로 두 배 증가했으며, 2024년 초에

는 57개로 집계되고 있어 글로벌 협력이 더욱 가속화될 것으로 전망됨

- **이러한 배경에서 본 연구는 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 실효성 있는 협력방안 도출과 함께 다양한 리스크 해소 방안을 제시하고자 함**
  - 본 연구는 향후 우리나라 녹색해운항로의 확대에 대비하여 한-미 동부지역 항만과의 녹색해운항로 구축을 위한 참여자 간 협력방안을 모색하고, 산업생태계 위험을 회피·제거함과 동시에 연료생산 및 인프라에 대한 장기적 투자, 선주의 단기적인 선박 및 연료 조달 사이의 시간적 차이 및 리스크 프로필 차이를 해소할 수 있는 솔루션을 제시하는 것을 목적으로 함

2. 연구 방법 및 특징

1) 연구 방법

- **문헌조사를 통해 국내외 관련 연구보고서, 학술논문, 정책자료, 백서 등을 검토하여 선행연구 분석 및 연구의 차별성 도출**
- **기초자료 분석을 통해 글로벌 녹색해운항로 구축 배경 및 현황, 추진 현황, 한-미 동안 항로의 물류 특징 분석**
- **전문가 의견 수렴을 통해 정부·민간 이해관계자 현황 및 애로사항 파악, 연구 객관성 확보를 위한 전문가 자문, 정부 부처별 담당자 의견 수렴 등 수행**
- **질적연구방법론을 통해 양국 녹색해운항로 분야별 전문가 의견을 심층 분석하여 이해관계자들의 공통 관심사와 우려사항 파악, 상충되는 의견이나 복잡한 상호작용을 분석하여 실효성 있는 협력방안과 정책 대안 도출**

2) 선행연구와의 차별성

- **기존 연구들이 개별 요소 중심의 분석에 집중한 것과 달리, 본 연구는 양자 간 협력 관점에서 실질적인 실행방안을 도출하고자 함**
  - 녹색해운항로를 구성하는 개별 요소(선박, 연료, 제도 등)를 대상으로 한 정성적·정량적 연구는 많이 수행되었으나, 항로구축을 양자 간 협력 관점에서 바라보고 협력을 위한 구체적 실행요인을 모색한 연구는 미미한 실정
  - 타 항로 및 타 국가 중심의 녹색해운항로 타당성 연구는 해당 항로 및 국가별로 상이한 물류환경과 구성요인별 현황에만 초점을 맞추고 있음
- **한-미 동부 녹색해운항로라는 새로운 연구대상에 대해 단계별 로드맵과 구체적인 실행방안을 제시함**
  - 아직까지 연구주제로서 다뤄지지 않은 한-미 동부 녹색해운항로를 대상으로, 참여자의 협력방안과 정책적 대안을 제시
  - 녹색해운항로 구성요인 및 협력과제에 대한 한국과 미국의 분야별 전문가 의견을 분석하고, 단계별 로드맵을 통해 구체적 실행방안 도출

3. 주요 연구 내용

1) 녹색해운항로 구축 배경 및 글로벌 동향

- **녹색해운항로는 기후위기 대응을 위한 글로벌 해운업계의 핵심 전략으로서, 주요 국제기구와 국가들의 정책·규제를 통해 추진되고 있음**
  - UNFCCC는 클라이드뱅크 선언과 그린쉬핑 챌린지를 통해 국제적 협력 강화
  - IMO는 2050년 순배출량 제로를 목표로 2023년 온실가스 감축전략을 채택
  - EU는 해상연료 기준 이니셔티브를 통해 선박 연료의 탄소배출 제약

- **전 세계적으로 녹색해운항로 구축 이니셔티브가 확대되며, 다양한 특징적 변화가 나타나고 있음**
  - 이니셔티브 수는 2023년 말 44개에서 2024년 2월 기준 57개로 증가
  - 주요 특징은 참여 주체의 다양화, 지리적 확산, 성숙도 증가, 특정 연료 지정 증가, 다양한 거버넌스 모델 공존 등임
- **우리나라는 한-미 서부 항만 간 녹색해운항로를 시작으로 다양한 국가와의 협력을 확대 중임**
  - 부산항-시애틀·타코마항(메탄올 연료 컨테이너선), 울산·마산항-시애틀·타코마항(메탄올 연료 자동차 운반선) 항로 선정
  - 호주, 싱가포르, 덴마크 등과 녹색해운항로 구축 및 관련 기술개발 추진
- **녹색해운항로의 성공적 구축을 위해서는 다양한 도전과제 해결이 필요함**
  - 주요 과제는 친환경 연료의 경제성 확보, 인프라 구축, 기술개발 및 상용화, 이해관계자 간 협력 체계 구축, 국제 표준 및 규제의 조화임
  - 해결방안은 정부의 정책 지원, 민간기업의 투자 및 기술 혁신, 국제 협력 강화, 인프라 구축, 금융 지원, 인력양성, 모니터링 시스템 구축 등이 될 수 있음

2) 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 구성요인

- **미국의 서부·동부·남부 항만은 각각 지리적 특성을 가지고 있으며, 파나마 운하 확장과 친환경 선박 증가 등 물류환경 변화로 특히 동부 항만의 성장이 두드러지고 있음**
  - 미국 항만은 서부(태평양), 동부(대서양), 남부(멕시코만)로 구분, 주요 컨테이너 항만은 서부의 비중이 높으나 전체 항만 수는 남부와 동부가 많음

- 친환경 선박(LNG 추진선, 메탄올 연료 선박 등) 발주가 증가하고 있으며, 파나마 운하 확장으로 미 동부 항만의 성장세가 두드러짐

■ **아시아-미 동부 항로는 파나마운하 확장 이후 물동량이 증가하고 있으며, 특히 부산항과 미 동부 주요 항만 간 연결성이 강화되어 글로벌 해운 네트워크에서 중요성이 높아지고 있음**

- 파나마운하 경유 아시아-북미 동부 항로의 회당 평균 컨테이너 물동량이 약 1만TEU로 서부 항로보다 많음
- 부산항-미 동부 4대 컨테이너 항만 기항 항로가 전체 아시아-미 동부 개설 항로의 40%를 차지함
- 미국 주요 동부 항만의 연결성 지수가 증가하며 글로벌 해운 네트워크에서 중요성이 증대됨

■ **녹색해운항로는 저탄소·무탄소 연료와 친환경 기술을 활용하여 항만 간 해상운송 전 과정에서 탄소배출을 제로화하는 것을 목표로 하며, 이를 위한 핵심 구성요소들이 필요함**

- 친환경 선박(저탄소 및 무탄소 추진 시스템, 에너지 효율 향상 기술, 배출가스 저감 장치 등)
- 친환경 연료 생산(저탄소·무탄소 연료 개발 및 생산, 연료 공급 인프라 구축)
- 항만 인프라(제로 배출 연료 저장 및 벙커링 시설, 에너지 효율 모니터링 시스템)

■ **녹색해운항로는 해운 부문의 탈탄소화와 기술혁신을 촉진할 것으로 기대되며, 이를 위해서는 다양한 이해관계자들의 유기적인 협력이 필수적임**

- 해운선사, 항만공사, 터미널 운영사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관, 정부 및 규제기관, 연구기관, 화주 등 각 분야의 참여자들이 긴밀히 협력해야 함

- 이를 통해 해운 부문의 탈탄소화 촉진, 기술혁신 가속화, 안정적인 초기 수요 창출, 투자 활성화 등의 효과가 기대됨

3) 한-미 동부 녹색해운항로 구성 분야별 전문가 의견 분석

- **한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축은 초기 단계로, 분야별 전문가들은 전반적인 준비 상황을 '미흡' 또는 '보통' 수준으로 평가하고 있으며, 특히 친환경 연료와 인프라 측면의 과제가 많은 것으로 나타남**
  - 친환경 연료의 높은 생산비용(기존 대비 3~5배)으로 인해 경제성 확보가 어려움
  - 벙커링 인프라 부족, 기술적 불확실성, 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 부재
  - 대형 선사와 중소 선사 간 녹색경영 격차 심화 우려
- **전문가들은 녹색해운항로의 성공적 구축을 위해 정부 주도의 인센티브 제도와 다자간 협력 체계 구축이 시급하다고 제안함**
  - 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 등에 대한 인센티브 지원 필요
  - 정부, 선사, 항만, 연료 공급업체 등 이해관계자별 명확한 역할 분담과 협력 체계 구축
  - 한-미 간 체계적 정보 공유망 구축 및 공동 이니셔티브 형성 필요
- **통합적 녹색해운 계획 수립과 법규 마련, 경제성 확보를 위한 다각적 접근이 요구됨**
  - 친환경선박 개발·보급 계획, 기본항만계획 등을 단일 녹색해운항로 계획으로 통합
  - 친환경 연료 안전 규정 및 법규 마련

- WtW(Well-to-Wake)[1] 관점의 미래연료 공급과 벌금을 고려한 경제성 확보 방안 마련

▪ **녹색해운항로의 성공적 구축을 위해서는 정책·기술·운영 등 전 분야에 걸친 종합적 접근이 필요함**

- 중소선사 지원을 위한 맞춤형 정책 마련
- 한-미 간 공동 연구 및 기술 표준화 추진
- 통합적 로드맵 수립 및 지속적 모니터링 체계 구축
- 해기사 양성 및 교육 프로그램 개발, 안전 규정 마련 등 소프트웨어적 준비 병행

4) 한-미 동부 녹색해운항로 협력방안

▪ **녹색해운항로의 성공적 실현을 위해서는 연료 선택의 불확실성, 복잡한 거버넌스 구조, 비즈니스모델 부족, 정책 지원 미비 등의 도전과제 해결이 시급하며, 이를 위해 단계별 협력방안 수립과 체계적인 이행이 필요함**

▪ **단기적(1~3년)으로는 협력 체계 구축 및 제도적 기반 마련을 위해 정부, 해운회사, 항만공사 등이 참여하는 공식 협의체를 구성하고 시범사업을 추진하는 것을 제안**

- 양국 정부 주도로 해운회사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관이 참여하는 협의체 구성 및 공동 비전·목표 수립
- 녹색해운항로 관련 양국 법규 검토 및 개정을 통한 제도적 프레임워크 구축
- 정부의 재정적 지원과 기술 협력을 바탕으로 한 초기 파일럿 프로젝트 실시

1) 연료의 생산부터 선박 운항까지 전 과정

〈단기 협력방안〉



자료: 저자 작성

- **중기적으로(4~7년) 실질적인 인프라 구축과 기술개발을 위해 대규모 공동 투자와 연구개발 추진을 제안**

- 친환경 선박 건조 및 항만 인프라 확충을 위한 한-미 공동 투자 프로그램 마련 및 시행
- 안정적인 대체 연료 공급을 위한 장기 공급 계약 체결 지원 및 연료 다변화 전략 수립
- 양국의 기술력을 결합한 공동 R&D센터 설립 및 산·학·연 협력 네트워크 구축

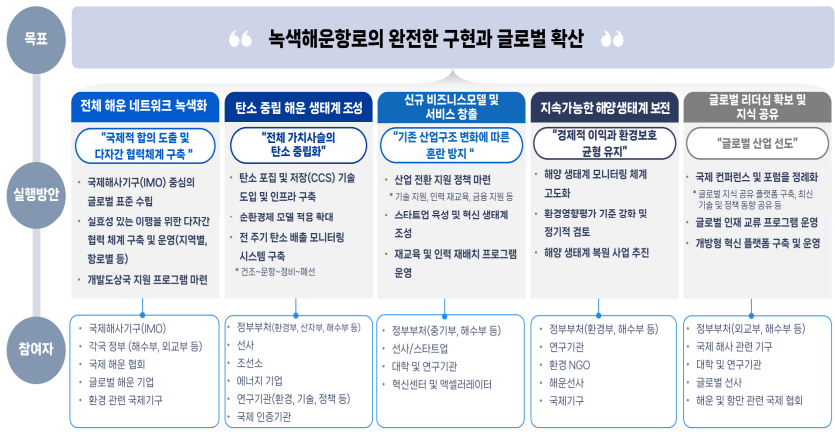
〈중기 협력방안〉



자료: 저자 작성

- **장기적으로(8~10년 이상) 녹색해운항로의 완성과 글로벌 표준화를 위한 국제 협력을 강화, 새로운 비즈니스모델 창출을 제안**
  - IMO 등 국제기구에서 양국이 공동으로 글로벌 표준 수립을 주도하고 국제 협력 확대
  - 양국의 기술력을 결합한 차세대 친환경 기술개발 및 순환경제 모델 적용 확대
  - 스타트업 육성을 위한 공동 액셀러레이터 프로그램 운영 및 혁신적 비즈니스모델 발굴
  - 양국 간 정기적인 고위급 회의와 인적 교류 활성화, 공동 펀드 조성을 통한 지속가능한 협력 체계 유지

〈장기 협력방안〉



자료: 저자 작성

5) 정책제언

- (제언 1) 「녹색해운 전환 종합 지원 법안」(가칭) 제정

- 국가 녹색해운 전략 수립·이행과 기술개발 촉진 등 정부의 책무를 명시하고, 친환경 선박 도입 및 운영에 대한 재정 지원 근거 마련
- 녹색해운 R&D 투자 확대, 산학연 협력 연구 지원, 실증사업 추진 등 기술 개발 및 상용화 지원제도 수립
- 녹색해운진흥원 설립(가칭), 전문가위원회 구성 등 전담기구 설치 및 모니터링·평가 체계 구축

- (제언 2) 녹색해운항로 기금 조성 및 운영

- 정부출연금을 핵심 재원으로 민간기부금, 탄소세, 녹색채권 발행 등 다각적 재원조달 방안 마련
- 친환경 선박 건조·구매 보조금, 저리융자, 항만 인프라 구축 지원, 대형 국책 R&D 과제 추진 등에 활용

- 정부·업계·학계·시민단체가 참여하는 '녹색해운기금운영위원회(가칭)' 설치로 투명성·전문성 확보

▪ **(제언 3) 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입**

- 수소연료전지 추진선박, AI 자율운항 시스템 등 혁신기술 적용 선박의 실해역 시험운항 허용
- 암모니아·메탄올 등 신규 대체연료의 선박 저장·사용, 선박 간 LNG 벙커링 등에 대한 한시적 규제 완화
- 화물공유 플랫폼, 친환경 선박 공유서비스 등 혁신적 비즈니스모델 실증 지원

▪ **(제언 4) 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축**

- 주요 해운국가들과 MOU 체결 및 'Global Green Shipping Partnership (가칭)' 설립으로 다자간 협력체계 구축
- 'International Green Shipping Standards Committee(가칭)' 설립으로 기술표준 수립 주도
- 개도국 대상 정책수립 지원, 기술이전, 인력양성 등을 위한 'Green Shipping Knowledge Sharing Program(가칭)' 운영

▪ **(제언 5) 녹색해운항로 전문인력 양성을 위한 마스터플랜 수립**

- 대학 중심의 '녹색해운학과' 신설 및 '녹색해운 융합대학원(가칭)' 설립으로 체계적 전문인력 양성
- '녹색해운 전환 아카데미(가칭)' 설립 및 온라인 플랫폼 구축으로 현직자 재교육 강화
- '녹색해운 산학협력 컨소시엄(가칭)' 구성 및 글로벌 인재교류 네트워크 구축으로 실무중심 교육 확대

EXECUTIVE SUMMARY

Establishing Green Shipping Corridors between Ports of South Korea and the U.S. East Coast

Ga-Hyun Kim · Eun-Woo Kim · Yea-Jin Jung · Jung-Hoon Shin · Chan-ho Kim

1. Background and Purpose

- The continuous increase in greenhouse gas emissions in the shipping industry and the acceleration of carbon-neutral regulations led by the IMO have highlighted green shipping corridors as a promising solution.
  - Greenhouse gas emissions from the global shipping industry have surged by 20% over the past decade. Korea alone has experienced a 15% increase during this period, with projections indicating a staggering 130% rise by 2050 if no additional mitigation measures are implemented.
  - The IMO, at the 80th Marine Environment Protection Committee (MEPC) in July 2023, adopted a strategy to reduce greenhouse gas emissions by at least 20% by 2030, 70% by 2040, and to achieve net-zero emissions by 2050.

- As global efforts to establish green shipping corridors intensify, Korea must actively prepare to expand its green shipping initiatives to align with these changes.
  - The number of global green shipping corridor initiatives doubled from 22 in 2022 to 44 in 2023, following the IMO's revised greenhouse gas strategy. This number is anticipated to reach 57 by early 2024, underscoring the accelerating trend of international collaboration.
- Against this backdrop, this study aims to develop effective collaboration strategies for establishing a green shipping corridor between Korea and the US East Coast, while addressing associated risks.
  - This study aims to prepare for the future expansion of Korea's green shipping corridors by exploring collaborative strategies among stakeholders to establish a green shipping corridor with ports on the US East Coast. It also seeks to mitigate and eliminate risks within the industrial ecosystem, while providing solutions to address long-term investments in fuel production and infrastructure, as well as bridging the temporal and risk profile gaps between shipowners' short-term needs for procuring ships and alternative fuels.

2. Methodology and Feature

1) Methodology

- A thorough review of domestic and international research reports, academic papers, policy documents, and white papers was conducted. This analysis aimed to evaluate prior studies and highlight the distinctiveness of this research.
- Foundational data was examined to assess the background, current status, and progress of global green shipping corridors, as well as the logistics characteristics of the Korea-US East Coast shipping route.
- Insights were gathered from experts in the field to capture the current state and challenges faced by government and private stakeholders, sought advice to ensure research objectivity, and collected feedback from relevant government department representatives.
- In-depth qualitative methodologies were applied to analyze expert opinions from both countries in the green shipping corridor field. This approach identified common interests and concerns among stakeholders, analyzed conflicting views and complex interactions, and developed actionable collaboration strategies and policy alternatives.

2) Distinctions from Previous Studies

- Unlike prior studies focusing on individual elements, this research intends to adopt a bilateral cooperation perspective and focuses on deriving practical implementation measures for green shipping corridors.
  - While extensive qualitative and quantitative research exists on individual components of green shipping corridors (e.g., ships, fuels, regulations), there is a lack of studies exploring actionable collaboration factors specifically for corridor development in the context of bilateral cooperation.
  - Feasibility studies on green shipping corridors for other routes or countries often concentrate on the logistics environment and component-specific conditions unique to those routes or countries.
- A step-by-step roadmap was proposed along with detailed implementation measures for the Korea-US East Coast green shipping corridor, a novel research subject.
  - Focuses on this previously unexplored subject of research by presenting collaboration strategies among stakeholders and formulating policy alternatives.
  - Analyzes expert opinions from Korea and the US to analyse key components and collaborative tasks for green shipping corridors, providing concrete implementation measures through a phased roadmap.

3. Result

1) Background and Global Trends in Green Shipping Corridors

- Green shipping corridors are a core strategy for the global shipping industry to address the climate crisis, driven by policies and regulations from key international organizations and nations.
  - The UNFCCC has strengthened international cooperation through initiatives like the Clydebank Declaration and Green Shipping Challenge.
  - The IMO adopted its Greenhouse Gas Reduction Strategy in 2023, aiming for net-zero emissions by 2050.
  - The EU launched initiatives such as FuelEU Maritime to impose carbon emission limits on marine fuels.
- The expansion of green shipping corridor initiatives globally has brought significant changes.
  - As of February 2024, the number of green shipping corridor initiatives increased from 44 at the end of 2023 to 57.
  - Key trends include the diversification of participants, geographic expansion, increasing maturity, the rise of specified fuel types, and the coexistence of various governance models.
- Korea is actively expanding collaborations for green shipping corridors, starting with Korea-US West Coast routes.
  - Selected routes include Busan-Seattle/Tacoma ports (methanol-

fueled container ships) and Ulsan/Masan-Seattle/Tacoma ports (methanol-fueled car carriers).

- Collaborations with Australia, Singapore, and Denmark for green shipping corridor development and related technology advancements are underway.

▪ Successful establishment of green shipping corridors necessitates addressing a range of challenges.

- Key challenges include ensuring the economic viability of eco-friendly fuels, building infrastructure, advancing and commercializing technology, fostering stakeholder cooperation, and harmonizing international standards and regulations.
- Potential solutions encompass government policy support, private sector investment and innovation, international collaboration, infrastructure development, financial assistance, workforce training, and monitoring system establishment.

2) Key Components for Establishing a Korea-US East Coast Green Shipping Corridor

▪ US ports on the West, East, and Gulf coasts have unique geographical features, with the East Coast experiencing significant growth driven by the Panama Canal expansion and a rise in eco-friendly shipping activities.

- US ports are divided into West (Pacific), East (Atlantic), and South (Gulf of Mexico) coasts. While the West Coast dominates in container volume, the East and South coasts have a larger number of ports.

- The expansion of the Panama Canal has catalyzed growth among East Coast ports, supported by increased orders for eco-friendly ships (e.g., LNG- and methanol-powered vessels).

▪ **The Asia-US East Coast shipping route has seen increased cargo volume and strengthened connectivity between Busan Port and major East Coast ports.**

- The average container volume per voyage on the Asia-US East Coast route via the Panama Canal is approximately 10,000 TEUs, higher than that of the West Coast route.
- Routes connecting Busan Port to the four major US East Coast container ports account for 40% of all Asia-US East Coast routes.
- Enhanced connectivity indices for major US East Coast ports highlight their growing importance in the global shipping network.

▪ **Green shipping corridors aim to achieve zero emissions in maritime transport between ports by leveraging low- or zero-carbon fuels and eco-friendly technologies, requiring key components to succeed.**

- Eco-friendly ships: Adoption of low- and zero-carbon propulsion systems, energy efficiency enhancement technologies, emission reduction devices.
- Eco-friendly fuel production: Development and production of low- and zero-carbon fuels, establishment of fuel supply infrastructure.
- Port infrastructure: Deployment of facilities for the storage and bunkering zero-emission fuels, energy efficiency monitoring systems.

- Green shipping corridors are expected to promote decarbonization and technological innovation in the shipping industry, requiring integrated collaboration among stakeholders.
  - Close cooperation is required among stakeholders such as shipping companies, port authorities, terminal operators, fuel suppliers, shipyards, financial institutions, governments and regulators, research institutions, and cargo owners.
  - Such collaboration is anticipated to drive decarbonization in the shipping sector, accelerate technological innovation, generate stable initial demand, and stimulate investment.

3) Analysis of Expert Opinions on Korea-US East Coast Green Shipping Corridor Components

- The establishment of a Korea-US East Coast green shipping corridor is in its early stages, with experts rating overall preparedness as "insufficient" or "moderate," particularly highlighting challenges in eco-friendly fuels and infrastructure.
  - High production costs of eco-friendly fuels (3 to 5 times higher than conventional fuels) significantly hinder economic feasibility.
  - Insufficient bunkering infrastructure, technical uncertainties, and a lack of concrete agreements between governments on the proliferation of future fuels.
  - Concerns about widening disparities in green management practices between large and small shipping companies.

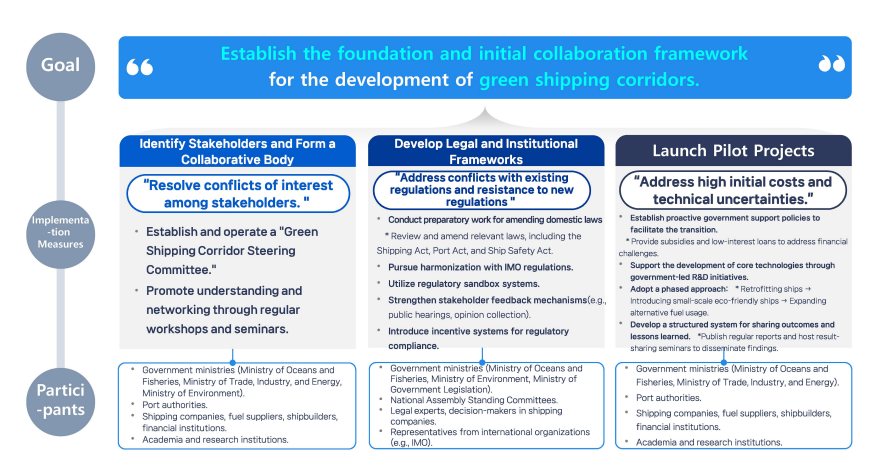
- **Experts emphasize the urgent need for government-led incentive systems and multilateral collaboration frameworks to ensure the success of green shipping corridors.**
  - Incentives are critical for supporting eco-friendly ship orders, engine retrofits, and offsetting additional fuel costs.
  - Clear role allocation and collaboration frameworks among stakeholders, including governments, shipping companies, ports, and fuel suppliers.
  - Establishment of a systematic information-sharing network and joint initiatives between Korea and the US.
- **Integrated green shipping plans, regulatory frameworks, and multi-faceted approaches to economic feasibility are required.**
  - Integration of eco-friendly ship development and dissemination plans into a unified green shipping corridor strategy.
  - Development of safety regulations and legal frameworks for eco-friendly fuels.
  - Economic feasibility measures considering the entire Well-to-Wake(full fuel lifecycle assessment) lifecycle of future fuels, including penalties and supply logistics.
- **A comprehensive approach encompassing policy, technology, and operations is critical for the successful establishment of green shipping corridors.**
  - Tailored policies to support small shipping companies.
  - Joint research and standardization of technologies between Korea and the US.

- Development of an integrated roadmap and continuous monitoring systems.
- Parallel efforts focusing on software development, such as training programs for seafarers, education initiatives, and the establishment of safety regulations.

4) Collaboration Strategies for the Korea-US East Coast Green Shipping Corridor

- To realize the green shipping corridor successfully, addressing challenges such as fuel selection uncertainty, complex governance structures, lack of business models, and insufficient policy support is crucial. A phased collaboration strategy with systematic implementation is essential.
- In the short term (1–3 years), establish a collaborative framework and institutional foundations through government, shipping companies, and port authorities, while initiating pilot projects.
  - Establish a joint consultative body led by the governments of Korea and the US, involving shipping companies, port authorities, fuel suppliers, shipbuilders, and financial institutions, and develop a shared vision and objectives.
  - Review and amend relevant regulations in both countries to establish an institutional framework for green shipping corridors.
  - Launch initial pilot projects funded by governments and supported by technological collaboration

〈Short-term Collaboration Strategies〉

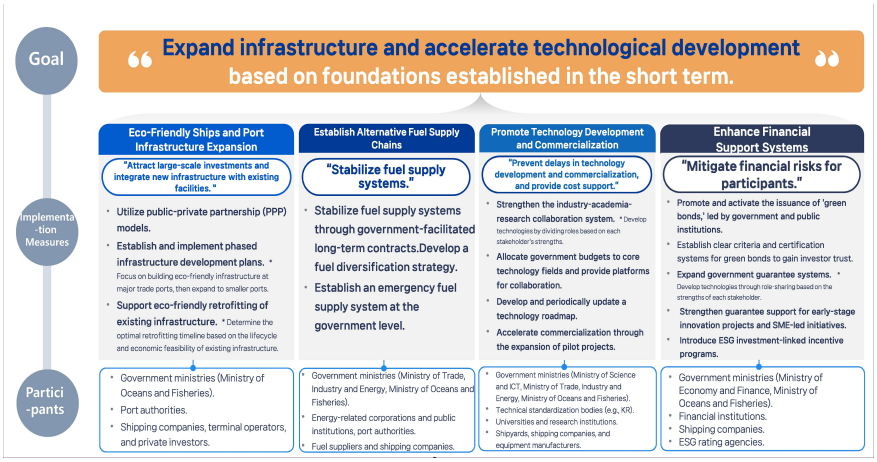


Source: Prepared by the authors

- In the medium term (4–7 years), large-scale joint investments and R&D efforts are needed for substantial infrastructure development and technological advancement.

- Establish and implement a Korea-US joint investment program to support the construction of eco-friendly ships and the expansion of port infrastructure.
- Facilitate long-term fuel supply agreements and develop fuel diversification strategies to ensure a stable alternative fuel supply.
- Set up a joint R&D center combining the technological expertise of both countries and establish an industry-academia-research collaboration network.

〈Medium-term Collaboration Strategies〉



Source: Prepared by the authors

- In the long term (8–10 years and beyond), strengthen international cooperation and create new business models to complete the green shipping corridor and achieve global standardization.

- Jointly lead the establishment of global standards at international organizations such as the IMO and expand international cooperation.
- Develop next-generation eco-friendly technologies by combining the technological strengths of both countries and apply circular economy models more broadly.
- Operate a joint accelerator program to nurture startups and discover innovative business models.
- Maintain a sustainable collaboration framework through regular high-level meetings, active human resource exchanges, and the creation of a joint fund.

〈Long-term Collaboration Strategies〉



Source: Prepared by the authors

5) Policy Recommendations

- (Recommendation 1) Enactment of Comprehensive Green Shipping Support Legislation

- Clearly define the government's responsibilities in formulating and implementing a national green shipping strategy and promoting technological advancements, while establishing a legal basis for financial support for the adoption and operation of eco-friendly ships.

- Expand investments in green shipping R&D, support collaborative research among industry, academia, and research institutes, and create mechanisms for demonstration projects to facilitate technology development and commercialization.

- Establish dedicated organizations, such as a Green Shipping Promotion Agency and expert committees, alongside a robust monitoring and evaluation framework.

- (Recommendation 2) Creation and Operation of a Green Shipping Corridor Fund

- Secure core funding sourced from government grants, supplemented by private donations, carbon taxes, and green bond issuances.
- Use the fund to provide subsidies for eco-friendly ship construction and purchases, low-interest loans, port infrastructure development, and large-scale national R&D projects.
- Establish a "Green Shipping Fund Management Committee" with participation from government, industry, academia, and civil society to ensure transparency and expertise.

- (Recommendation 3) Introduction of a Green Shipping Corridor Regulatory Sandbox

- Allow trial operations of innovative technology ships, such as hydrogen fuel cell-powered vessels and AI autonomous navigation systems, in real-sea environments.
- Temporarily ease regulations on for the storage and use of emerging alternative fuels, such as ammonia and methanol, and on LNG bunkering between vessels.
- Support pilot programs for innovative business models such as cargo-sharing platforms and eco-friendly ship-sharing services.

- (Recommendation 4) Establishment of a Global Green Shipping Corridor Alliance

- Sign MOUs with major maritime nations and create a "Global Green Shipping Partnership" to build a multilateral collaboration framework.
- Lead the establishment of technical standards through the creation of an "International Green Shipping Standards Committee."
- Operate a "Green Shipping Knowledge Sharing Program" to support policy formulation, technology transfer, and workforce development in developing countries.

- (Recommendation 5) Development of a Master Plan for Green Shipping Professional Workforce Training

- Introduce new university programs, such as "Green Shipping Departments," and create "Green Shipping Interdisciplinary Graduate Schools" for systematic workforce development.
- Set up a "Green Shipping Transition Academy" and build an online platform to enhance re-education for current professionals.
- Form a "Green Shipping Industry-Academia Collaboration Consortium" and a global talent exchange network to expand practical, field-oriented education opportunities.

01
서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경 및 목적

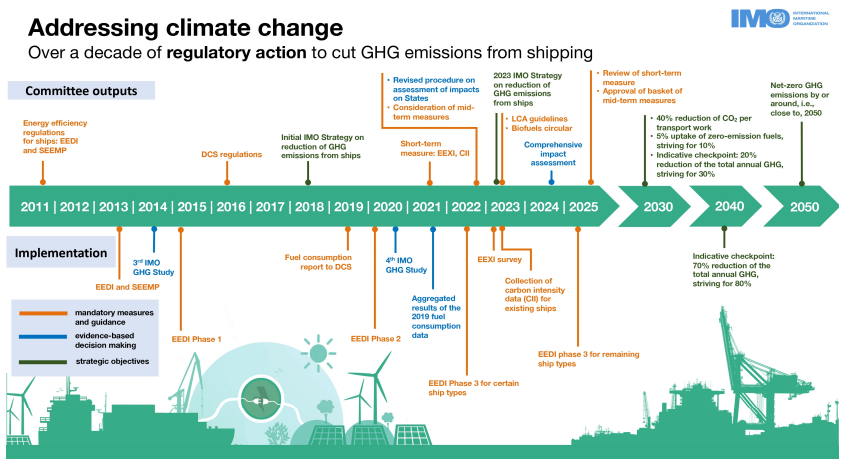
탄소중립이 전 지구적인 숙제로 받아들여지고 있음에도 아직까지 화석연료 의존도가 높은 해운 분야의 온실가스 배출량은 전 세계적으로 최근 10년간 20%가 급증했다. 우리나라의 경우 선박 보유 기준 세계 8위로 10년만에 배출량이 약 15%(2012년 2,432만tCO_2 → 2022년 2,873만tCO_2) 증가했으며 추가적인 온실가스 감축 노력이 없다면 2008년 대비 2050년엔 온실가스 배출량이 130% 증가할 것으로 전망되고 있다.[2)]

그에 따라 국제사회의 해운 분야에 대한 탄소규제는 유럽연합(이하 EU), 국제해사기구(이하 IMO), 유엔기후변화협약(이하 UNFCCC) 등을 필두로 가속화되고 있다. IMO의 2023년 7월 제80차 해양환경보호위원회(이하 MEPC)에서는 2030년까지 온실가스 배출량을 최소 20%, 2040년까지 70% 감축하고, 2050년경에는 순배출량 제로 달성 목표 전략을 채택했다. 특히 선박 에너지

2) 기후솔루션(2024), 국제해운 탄소중립을 위한 한미일 녹색해운항로 구축

효율 강화만으로는 온실가스 감축목표 달성이 어려울 것이라는 판단하에 한층 더 강력한 조치인 온실가스 부담금 제도 도입이 예상되고 있다.[3)]

〈그림 1-1〉 IMO의 기후변화 대응 온실가스 감축 추진 계획



자료: IMO 홈페이지(검색일: 2024.4.1.)

이에 따라 세계 각국은 국가별로 법제도 및 이니셔티브를 통해 해운·항만 분야 탄소배출량 감소를 추진하고 있다. 특히 해운·항만 분야에서는 IMO의 해운 온실가스 배출 목표 달성을 위해 선박 탄소 배출량이 적거나 없는 연료를 사용하고, 항만에서는 온실가스 저감기술 적용, 연료 인프라 등이 포함된 '녹색해운항로(Green Shipping Corridor)' 구축이 중요한 과제로 인식되고 있다. 그리고 녹색해운항로 구축을 위한 지역 및 양자 간 협력 움직임 또한 활발하게 진행되고 있다.

녹색해운항로 추진에 대한 직접적인 권고는 2021년 UNFCCC 당사국총회(이하 COP)[4)] 26차 회의에서 시작되었다. 26차 회의의 '클라이드뱅크 선언'

3) EU는 이미 역내 운항 5천 톤 이상 선박에 대한 배출권거래제를 2024년부터 시행 중
4) COP(Conference of the Parties)는 세계 각국 정부가 기후변화에 대응하기 위한 정책을 논의하기 위해

에 참여한 22개국[5]은 2025년까지 6개의 녹색해운항로를 국가별로 구축해야 하고 서명 국가 간 2개 이상 항로 구축이 권고되었으며[6] 이때 우리나라는 해당국이 아니었다. 1년 뒤 2022년 27차 회의에서 클라이드뱅크 선언의 목표였던 2020년대 중반 달성을 2030년대 초까지로 완화했으며 40여 개 국가, 항만 유관기관 등까지 참여 기회가 확대되었다. 즉 27차 회의에서 우리나라 녹색해운항로 추진의 첫걸음이 시작되었다.

이처럼 글로벌 해운항만 분야의 탄소중립 목표치 달성을 위한 규제는 앞으로도 다양한 방식으로 강화될 것이며 모두에게 피할 수 없는 과제로 다가오고 있다. 이러한 시대적 조류는 새로운 시장진입과 입지 선점을 위한 경쟁으로 이어지고 있다. 그리고 전 세계 녹색해운항로 이니셔티브는 2022년 22건에서 IMO가 개정된 온실가스 전략을 채택한 해인 2023년 44건으로 두 배가 증가했으며, 2024년 초에는 57개로 집계되고 있다.

〈그림 1-2〉 전 세계 녹색해운항로 이니셔티브 현황(57개, 2024. 2 기준)



자료: DNV(2024.3.25.)(검색일: 2024.4.19.).

모이는 자리

5) 호주, 벨기에, 캐나다, 칠레, 코스타리카, 덴마크, 피지, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 마샬군도, 모로코, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 스페인, 스웨덴, 영국, 미국

6) The National Archives(2021.10.11.)(검색일: 2024.5.10.)

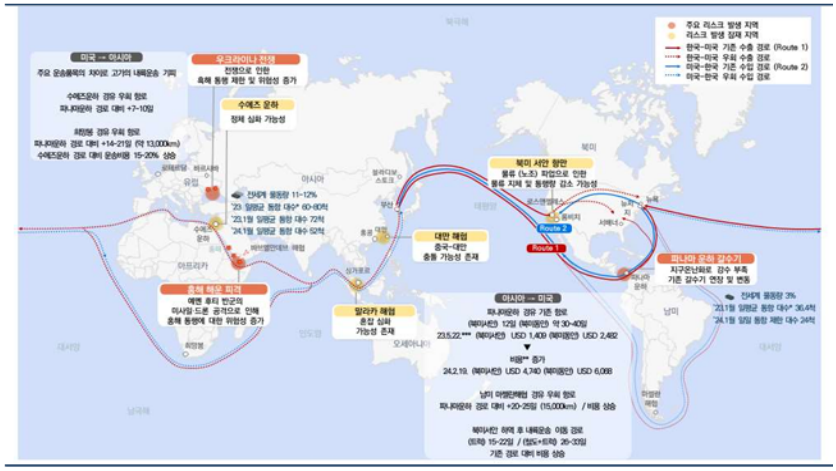
전 세계 총 57개의 녹색해운항로 협력이 진행되고 있음에도 현재 우리나라의 경우 일본 및 중국 등 주변국[7] 대비 공식적으로 양자 간 협력이 발표되어 추진되고 있는 녹색해운항로는 '한-미 서부 녹색해운항로' 단 하나에 불과하다.[8]

북미지역은 녹색해운항로의 주요 구성요소인 친환경 연료 기지가 다수 입지하고 있고, 특히 미 서안 항만은 코로나19 팬데믹 이전 한국의 대미 수출의 중심지였다. 그러나 서안 항만의 배후 물류망 문제와 한국 기업들의 미국 동남부 투자 증가에 따라 다수의 물동량이 파나마운하를 통해 전체 구간 해운(All-water)으로 수송되기 시작했다. 이후 2023년 발생한 파나마운하 갈수기 문제로 일부는 다시 미국 서안에서 복합 운송(항만-트럭/항만-철도-트럭)으로 전환하거나 한국-수에즈운하-미국 동안 우회 루트를 이용하고 있다. 따라서 향후 이러한 미국 내 물류망 변화, 수에즈운하 및 파나마운하 이용, 다양한 해상물류 리스크 등에 따라 기존 우리나라와 미 서안 중심의 항로가 미 동안으로 확대 또는 이전될 가능성을 배재할 수 없다고 보인다.

7) 2023년 기준 일본은 '호주-일본 철광석항로'(2023), '아시아-유럽 컨테이너항로'(2022) 등 4개 항로, 중국은 '미국 LA-상해 컨테이너항로'(2022) 등 3개 항로에 대한 녹색해운항로 구축

8) 정부는 2024년 내 3개의 신규 녹색해운항로(한-호주, 한-싱가포르, 한-덴마크) 협력 체결을 계획 중임 (출처: (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.), pp. 12-13)

〈그림 1-3〉 2024년 글로벌 물류 공급망 리스크 현황(한-미 물류망 중심)



주: * 일평균 통항 대수는 전체 선박 수를 기준으로 함
** 비용은 KCCI(KOBC Container Composite Index) 발표 '컨 운임으로 부산항 선적, 해상 수출 SPOT 운임으로 Dry, 40피트 '컨을 기준으로 한 수치임. 2024.2.19. 발표한 운임을 기준으로 비교함
*** 운임시점 비교는 파나마운하 흘수 제한 시점(2023.5.23.), 후티반군의 홍해 상선 공격 시점(23.10.7.) 대비 현재를 기준으로 함

자료: 한국해양수산개발원(2024.3.15.), p.4

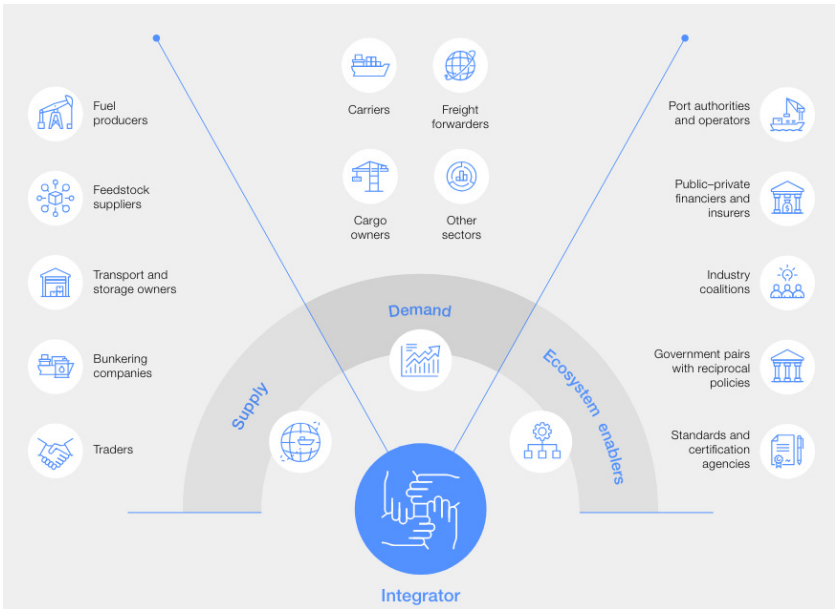
이러한 점에서 한-미 양국 간 해운·항만 분야 탈탄소화를 위한 전방위적 협력은 미 서부지역뿐만 아니라, 동부 항만까지 포함하는 다각적인 대응과 협력이 요구되는 상황이다. 그리고 이를 바탕으로 향후 다른 국가(항만)와의 협력 확대 기반 구축도 필요할 것이다.

녹색해운항로는 탄소중립 이행을 위해 세계 각국이 협력해야 한다는 이상적인 공동의 목표 달성을 위해 시작되었으나 이면에는 조선·해운을 넘어 에너지 산업의 주도권을 잡기 위한 패권 경쟁이 치열해질 것으로 예상된다.[9] 따라서 단일 항로가 아닌 다양한 항로에 대한 이니셔티브 구축과 협력을 통한 시장 주도권 확보도 매우 중요하다. 녹색해운항로는 다양한 관계자가 참여하나 연료비용이 높고 수요는 낮으며, 연료가용성, 벙커링 인프

9) 현재 친환경 선박 연료의 대안인 LNG는 탄소 감축량이 기존 선박용 중유의 15% 수준에 미치지 못해, 이를 넘어서는 무탄소 연료 개발 및 이를 활용한 선박 및 항만물류 인프라 구축, 시장 선점에 집중

라, 기술의 성숙도, 안전규정, 법규의 미미함, 지원정책 등 다양한 요소들이 장애요인으로 적용할 가능성이 높다.[10]

〈그림 1-4〉 녹색해운항로 협력 주체



자료: World Economic Forum(2023) p.18

이에 따라 본 연구는 향후 우리나라의 녹색해운항로의 확대에 대비하고자 신규 녹색해운항로에 대한 참여자 간 협력방안을 모색하고 시사점을 제공하는 것이 목적이다. 그리고 그 대상은 한국과 미 동부지역 항만과의 녹색해운항로로 설정하고자 한다. 그 이유는 앞서 언급한 바와 같이 기존 미 서부 중심의 물류체계가 정부정책 변화 및 코로나19 시기 미 서부 공급망 대란 등으로 인해 동부로 이동하고, 이에 따라 미 동부의 물류 성장 및 투자 증가 추세[11][12]로 향후 미 동부 항만과 녹색해운항로 구축 수요 증대가

10) (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.), p. 27
11) TRADLINX(2022.12.18.)(검색일: 2024.4.24.)

예상됨에 따라 한국과 미 동부지역 항만과의 녹색해운항로 구축을 위한 선제적인 검토와 노력이 필요하다고 판단되기 때문이다.

특히 참여자 간 협력의 중요성이 지속적으로 강조되고 있으나, 아직까지 세계적으로 친환경 연료 생산시설 및 공급망 구축은 초기 단계(MOU 체결, 타당성 조사 수행 등)이며, 전 세계적으로 녹색해운항로 구축이 완료되어 실제 운항되지는 않는 실정이다. 따라서 우리나라도 향후 효과적이고 다양한 녹색해운항로 구축을 위한 다각적인 검토 및 참여자 협력 방안과 전략 수립이 빠르게 이루어져야 하는 상황이다. 또한 녹색해운항로와 관계된 산업생태계 위험을 회피·제거함과 동시에 연료생산 및 인프라에 대한 장기적 투자, 선주의 단기적인 선박 및 연료 조달 사이의 시간적 차이 및 리스크 프로필 차이를 해소할 수 있는 솔루션 또한 필요하다.

12) 컨테이너 선박의 초대형화와 고속화에 힘입어 아시아 화물의 동부항 직송 비율이 과거 8%에서 35%로 증가(서부를 통한 MLB 비중 감소)(출처: Kotra 무역투자 24, 미국)(검색일: 2024.4.24.)

2. 연구 내용 및 방법

1) 연구 내용

본 연구는 크게 네 개 영역으로 구성된다. 첫 번째는 녹색해운항로 관련 문헌 검토, 녹색해운항로 구축 배경 및 글로벌 동향 파악이다. 여기에서는 선행연구 검토와 더불어 글로벌 녹색해운항로 구축 배경 및 현황(기후위기 대응 글로벌 규제동향, 국가별 대응 현황 등), 전 세계 주요 녹색해운항로 구축 추진 동향 등 해운항만 분야의 탈탄소화와 녹색해운항로 구축 동인에 대한 전반적인 배경을 다룬다. 그리고 우리나라의 대응현황에 대한 검토 내용도 포함된다. 이는 본 연구의 1장 2절 및 2장에 해당된다.

두 번째로는 질적연구방법론(Qualitative research methodology)을 활용하여 한-미 동부 녹색해운항로 구축의 필요성과 녹색해운항로 구성요소에 대한 심층적인 이해를 도모하고자 한다. 이를 위해 한-미 동안 항로의 물류 특성 및 정량적 데이터, 각 분야 주요 이해관계자들을 대상으로 한 심층 설문자료를 분석하고자 한다. 그리고 이를 통해 녹색해운항로 구축의 필요성, 기대효과, 잠재적 장애요인 등을 다각도로 파악하고, 향후 협력방안을 구체화할 수 있는 실질적인 틀을 마련하고자 한다. 이러한 질적 연구 결과는 본 연구의 3장 및 4장에 해당되며, 녹색해운항로 구축을 위한 실효성 있는 전략 수립의 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

세 번째는 한-미 동부 녹색해운항로 협력방안을 수립하는 것이다. 3장 및 4장에서 수행된 결과를 바탕으로 단계별 협력을 위한 세부방안을 제시하고 예상 문제점 및 리스크 요인 도출, 협력을 지원하기 위한 정책대안을 제시하는 내용을 포함한다. 이는 본 연구의 5장에 해당된다.

마지막으로 제6장에서는 연구의 전반적인 내용을 요약하고 제5장에서 도출된 내용을 기반으로 정책화가 가능한 항목에 대한 구체적인 실행방안

을 제시하고자 한다. 그리고 연구의 한계점과 향후 연구과제를 제안하고자 한다.

〈그림 1-5〉 연구 흐름도



자료: 저자 작성

2) 연구 방법

본 연구에서는 네 가지 방법을 통해 연구를 수행한다.

첫 번째는 국내외 연구문헌 조사이다. 이는 선행연구 검토를 통한 본 연구의 차별성 제시를 위해 수행된다. 조사 자료는 국내외 관련 연구보고서, 학술논문, 정책자료 등이다.

두 번째는 기초자료 조사 및 분석이며 글로벌 녹색해운항로 구축 배경 및 현황, 글로벌 녹색해운항로 구축 추진 현황, 한-미 동안 항로 물류 특징 분석을 위해 수행된다.

세 번째는 이해관계자 인터뷰, 전문가 자문을 활용한다. 먼저 이해관계자(정부 및 민간) 인터뷰를 통해서 참여 부문별 대응현황과 더불어 다양한 의

견 및 애로사항 등을 파악하고자 한다. 또한 연구내용의 객관성 확보 및 연구방향 점검 등을 위한 전문가 자문, 한-미 동부 녹색해운항로 구축 실효성 제고를 위한 정부 부처별 담당자, 정책 전문가의 의견 수렴 등을 수행하고자 한다.

네 번째로는 양국 녹색해운항로 분야별 주요 전문가를 대상으로 구성요소에 대한 의견을 질적연구방법론을 통해 심층적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 이해관계자들의 공통된 관심사와 우려사항을 효과적으로 파악하고 다양한 이해관계자들의 상충되는 의견이나 복잡한 상호작용을 분석함으로써 보다 실효성 있는 협력방안과 정책대안을 제시하고자 한다.

제2절 선행연구 검토 및 연구의 차별성

1. 선행연구 검토

1) 녹색해운항로 구성요소 관련 연구

대부분의 유사 연구는 녹색해운항로의 개별 구성요소로 정의할 수 있는 연료, 선박, 법제도, 인프라 및 운영, 거버넌스 등 특정 주제만을 중심으로 수행되고 있다.

친환경 선박 및 연료 기술 분야에서는 LNG, 수소, 암모니아, 메탄올 등 다양한 대체연료의 개발 동향과 비교 분석이 이루어졌으며(황진회 외, 2022; Foretich et al., 2021), 친환경 선박 설계 및 추진 시스템에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 특히 선박 배출가스 저감 기술에 대한 평가가 주요 관심사로 떠오르고 있는 것을 확인할 수 있다(Wang et al., 2024).

법제도 및 정책 측면에서는 국제 해양환경 규제와 친환경선박 관련 법률에 대한 분석이 이루어졌으며(최병열, 2021), 녹색해운을 지원하기 위한 보조금 제도 등 다양한 정책이 제안되고 있다(Getting to Zero Coalition, 2023). 또한 친환경선박 인증제 활용 방안에 대한 연구도 진행되었다(안준건, 2023).

금융 및 경제성 분야에서는 친환경선박에 대한 금융 조달 방안과 대체연료 사용에 따른 비용 격차 해소 방안이 주요 연구 주제로 다뤄지고 있다(Schinas & Sonechko, 2022). 녹색해운 투자의 경제성 분석도 이루어졌으며, 이는 산업계의 실질적인 관심사를 반영하고 있는 것으로 해석된다.

인프라 및 운영 측면에서는 LNG 벙커링 등 친환경 연료 공급 인프라 구축 방안과 그린 포트(Green Port) 구축 전략이 연구되었다(강석환, 2018; 임종섭, 2010). 또한 친환경 선박의 효율적 운영을 위한 최적화 연구도 진행되었다(김상현, 2022).

거버넌스 및 이해관계자 협력 분야에서는 해운산업 내 민간 이니셔티브 및 파트너십에 대한 연구가 이루어졌으며(Wuisan, van Leeuwen, & van Koppen (2012)), 녹색해운을 위한 이해관계자 간 협력 모델이 제안되었다(Larkin et al., 2017).

그러나 이러한 연구들은 대부분 녹색해운항로의 특정 구성요소에 초점을 맞추고 있어, 종합적인 접근이 부족한 것으로 판단된다. 특히 친환경 선박 기술 및 대체연료 개발에 관한 연구가 많은 비중을 차지하고 있어 기술 중심의 연구에 편중된 경향을 보이고 있다(Tadros, Ventura, & Guedes Soares, 2023). 또한 일부 연구들은 수행 시기가 다소 오래되어 최신 동향을 반영하지 못하고 있어, 급변하는 해운산업의 현실을 완전히 반영하지 못하는 한계를 보이고 있다.

녹색해운항로 구축을 위한 전체적인 프레임워크나 전략 수립에 관한 연구가 부족한 점도 주목할 만하다. 특히 녹색해운항로 이니셔티브를 고려한 이해관계자 간 협력 모델에 대한 연구가 제한적이어서, 실제 산업 현장에서 적용 가능성에 대한 의문이 제기될 수 있다.

한편 최근 들어 친환경 기술 도입에 따른 비용 문제와 이를 해결하기 위한 금융 모델에 대한 관심이 증가하고 있는 것으로 나타나는데(Ren & Lützen, 2015), 이는 녹색해운으로의 전환이 단순히 기술적 문제가 아니라 경제적, 정책적 측면에서 종합적인 접근이 필요함을 시사한다.

이러한 연구 동향은 향후 녹색해운항로 구축을 위해서는 각 구성요소 간의

상호작용과 전체 시스템으로서 녹색항로에 대한 통합적 접근이 필요함을 보여주고 있다(Pettit et al., 2018). 기술, 정책, 금융, 운영, 그리고 이해관계자의 협력 등 다양한 측면을 종합적으로 고려한 연구가 요구되며, 이를 통해 보다 실효성 있는 녹색해운항로 구축 방안이 도출되어야 할 것으로 판단된다.

〈표 1-1〉 녹색해운항로 구성요소 관련 연구

NO.	논문명 (년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	친환경선박 인증을 통한 해운금융 조달에 관한 고찰	안준건 (2023)	해운 및 금융 규제 고찰을 통한 친환경선박 인증제를 활용한 선박금융 조달 방안 제시	• 문헌연구 • 관련동향 및 현황 조사 • 법·제도 분석	• 해양환경규제 및 금융규제 고찰 • 선박금융 및 조세리스시장 현황 분석 • 국제항해선박의 친환경선박 인증제 고찰 • 해운 분야 녹색금융 검토 → 선박(친환경) 금융제도 중심, 녹색해운항로 구축 관점의 전반적 전략 수립 부재
2	선박 대체 연료 기술 개발 동향 조사	황진회 외 (2022)	해운산업의 탄소 중립 실현을 위한 선박 대체연료의 국내외 최신 트렌드와 기술개발 동향 파악	• 현황 및 동향조사 • 전문가 자문	• 친환경연료(메탄올, 암모니아, 수소)별 선박건조, 벙커링, 선박기술 동향 조사 → 친환경 선박연료 및 기술 중심
3	LNG 벙커링 공급사업의 효율적 운영 방안 우선순위 선정에 관한 연구	김상현 (2022)	국내 LNG 벙커링 공급사업자의 사업운영을 위한 사업조직 구성 및 운영경쟁력 우선순위 파악	• 문헌연구 • AHP	• IMO 환경규제 및 LNG 벙커링 추진 현황 분석 • LNG 벙커링 공급사업 평가요인 및 운영주체 도출 → 연료로서 LNG만 고려, 기업 운영 효율성 중심
4	친환경선박법의 체계 및 조선소의 대응을 고려한 발전방향에 대한 고찰	최병열 (2021)	친환경시장 관련 법제 상호 비교, 친환경선박법의 역할 및 입지 검토, 현재 및 향후 관련 기술 진행방향 고찰, 개선 가능사항 제시	• 문헌연구 • 법률분석	• 친환경선박 관련법 검토 (국내법 및 국제법) • 조선소 대응 시나리오 검토 (암모니아, 메탄올, 기자재 및 주변 기술) • 관련법(친환경선박법 등) 고찰 → 선박(친환경) 법제 중심 검토

NO.	논문명 (년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
5	녹색해운 인프라구축 우선순위 선정에 관한 연구 -LNG추진선을 중심으로-	강석환 (2018)	국제 해운규제하 LNG 추진선 경쟁력 확보를 위한 필요 인프라 도출 및 이행주체 선정	• 문헌연구 • AHP	• 녹색해운 글로벌 동향 및 전망분석 • LNG 추진선 현황 및 전망 분석 • LNG 추진선 중심 녹색해운 인프라 구축 우선순위 도출 → 연료로서 LNG만 고려
6	항만환경 규제에 따른 Green Port 구축방안	임종섭 (2010)	국제기구와 주요 선진국의 Green Port 구축을 위한 친환경 규제 분석 및 대응방안 제시	• 문헌연구	• Green Port 관련 규제 내용 검토 • Green Port 구축을 위한 대응 방안(선박 재활용, 신재생에너지 개발 등) → 2010년 수행된 연구로 최신 동향과 괴리
7	Towards a marine green power system architecture : Integrating hydrogen and ammonia as zero-carbon fuels for sustainable shipping	Wang et al. (2024)	저탄소 연료(수소/암모니아) 기반 친환경 선박 전력 시스템 아키텍처 제안	• 다기준 의사결정 방법 (MCDM) • 전과정 평가 (LCA) • 혼합정수 선형 계획법 (MILP) • 유전알고리(GA)	• 선박 탈탄소화 방안 고찰 및 연료 수요 도출(해역, 항로, 선종 기반) • 친환경선박시스템 구성요소 정의(연료, 전력모듈, 추진모드, 후처리, 추진모듈) • 동력시스템(내연기관, 연료전지, 하이브리드)별 평가 → 공학 관점의 선박(친환경) 중심
8	National and regional policy for green shipping corridors	Getting to Zero Coalition (2023)	녹색해운항로 활성화 지원방안으로서 보조금제도 적용방안 제시	• 문헌연구 • 사례조사	• 녹색해운항로 단계별 정책 요구사항 • 녹색해운항로 지원을 위한 접근방식 검토 • 비용격차 해소를 위한 보조금 제도 및 중요 고려사항 제안 • 정책적 보완점 제시 → 제도(보조금) 중심, 녹색해운항로 구축 관점의 전반적 전략 수립 부재

NO.	논문명 (년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
9	Review of current regulations, available technologies, and future trends in the green shipping industry	Tadros et al. (2023)	국제규제 기반 해운 탈탄소화를 위한 선박설계, 추진시스템, 청정연료, 선박운영 측면의 기술 정의 및 최신 동향 분석	• 문헌연구 • 계량서지학분석 (Bibliometrican alysis)	• 선박설계, 추진시스템, 청정연료, 선박운영기술 최신 동향 및 관련 문헌 동향 분석 → 공학 관점의 선박(친환경) 기술 중심
10	A pay-as-you-use business model for the greening of shipping Cleaner	Schinas & Sonechko (2022)	친환경 기술 적용에 따른 비용 격차 해소를 위한 금융 조달방안으로서 PayU (A pay-as-you-use) 모델 제시	• 문헌연구 • 순현재가치(NPV) 분석	• 친환경기술 파이낸싱, 성과기반 모델, 장비리스 관련 선행연구 고찰 • 이자율 및 잔존가치 감가상각에 대한 민감도 분석(제조사, 임차인/리스인) → 기업 비용 보전을 위한 특정 제도(금융) 중심
11	Challenges and opportunities for alternative fuels in the maritime sector	Foretich et al. (2021)	열두 가지 대체연료에 대한 잠재적 이점, 규제동인, 도전과제 규명	• 문헌연구 • 메타분석	• 대체연료별(MGO, MDO, LPG, LNG, 메탄올, SVO, HVO, 바이오디젤, 바이오원유, 바이오오일, 암모니아, 수소) 환경/인프라/경제/기술 측면 고찰 → 대체연료에 대한 전반적인 설명, 녹색해운항로 관련 내용 부재
12	Revisiting history: Can shipping achieve a second socio-technical transition for carbon, emissions reduction?	Pettit et al. (2018)	벌크선과 유조선의 해운 탄소배출량의 장기적인 증가 추세 분석, 선박 규모 및 선박 속도 증가가 배출량에 미치는 영향 규명	• 문헌연구 • 사례연구	• 사회-기술적 전환이론 고찰 • 해운혁신이 전 세계 해운배출량 감소에 미치는 영향 고찰 • 선박(유조선 및 벌크선) 연료 소비량 분석 • 선박 화물적재량 및 속도가 연료 소비에 미치는 영향 분석 • 운송용량 수요와 속도가 배출량에 미치는 영향 분석 → 배출량에 대한 실증분석 위주, 녹색해운항로 관련 전략 수립 및 참여자 협력 내용 부재

NO.	논문명 (년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
13	Shipping in changing climates	Larkin et al. (2017)	해운 분야 기후변화에 따른 기술, 운영 및 수요 측면의 최신 변화 파악	• 문헌연구	• 해운 탈탄소화의 장벽과 기회 요인 파악 • 온실가스 감축을 위한 이해관계자 거버넌스 구축 고찰 • 해운 탈탄소화를 위한 글로벌 규제 및 제도 수립의 필요성 제시 → 이해관계자 거버넌스 내용을 포함하나 녹색해운항로 프레임워크를 고려하지 않음
14	Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under un certainties	Ren & Lützen (2015)	정보의 불확실성 및 불완전성을 고려한 다기준의사결정 기반 해운 부문 온실가스 감축을 위한 기술 선택	• 문헌연구 • Fuzzy-AHP	• 불확실한 조건하의 지속가능한 해운 온실가스 감축기술 선정을 위한 프레임워크 구상 • 선박기인 배출가스 저감기술의 지속가능성 평가 * LNG 대안이 최종 도출됨 → 연료로서 LNG만 고려(2015년 수행), 기업 운영 효율성 중심
15	Greening international shipping through private governance: A case study of the Clean Shipping Project	Wuisan et al. (2012)	해운산업 내 민간 이니셔티브, 특히 공공/민간 파트너십의 안정적인 거버넌스 구축을 위한 제도 활성화 요인 및 제약요인 도출	• 문헌연구 • 사례연구 • 관계자 인터뷰	• 민간 거버넌스 제도화 고찰 • 청정해운 프로젝트 제도화를 위한 필요요인 도출 • 활성화 및 제약 측면에서 청정해운 프로젝트 제도화에 영향을 미치는 요인 분석 → 이해관계자 거버넌스 내용을 포함하나 녹색해운항로 이니셔티브 프레임워크를 고려하지 않음

자료: 선행연구를 바탕으로 저자 작성

2) 녹색해운항로 타당성 조사 연구

녹색해운항로 타당성 조사 연구는 주로 특정 지역이나 항로(호주-일본, 아시아-유럽, 동북아-미국, 한-미 서부, 칠레, 스페인 등)를 대상으로 수행되고 있으며, 다양한 측면에서 접근하고 있다. 연구방법론 측면에서는 대부분의 연구가 문헌연구, 현황 및 동향조사, 사례연구를 기본으로 하고 있다. 여기에 시나리오 분석, 이해관계자 설문 및 토론, 물동량 및 화종 분석, 기종점(O/D)분석, 배출량 분석 등 다양한 방법을 추가로 활용하고 있다(Global Maritime Forum, 2023; Talalasova et al., 2023; Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping(이하 MMMCZCS), 2023).

연구 내용 측면에서는 크게 대체연료 분석, 인프라 구축, 정책 및 규제 분석, 경제성 분석, 이해관계자 분석, 배출량 분석 등의 주제들이 다뤄지고 있다. 대체연료 분석에서는 청정 암모니아, 수소, 메탄올 등 다양한 대체연료의 적용 가능성을 평가하고 있으며(Global Maritime Forum, 2023; ABS, 2022), 인프라 구축 측면에서는 벙커링, 저장 시설 등 필요한 인프라에 대한 분석이 이루어지고 있다(MMMCZCS, 2023). 정책 및 규제 분석에서는 국제규제 동향과 각국의 정책을 검토하고, 지원 방안을 제시하고 있으며(ESCAP, 2023; ABS, 2022), 경제성 분석에서는 대체연료 사용에 따른 비용 분석과 경제적 타당성 평가가 이루어지고 있다(MMMCZCS, 2022).

이해관계자 분석에서는 주요 이해관계자 식별과 참여 방안에 대한 연구가 진행되고 있으며(Talalasova et al., 2023), 배출량 분석에서는 현재 배출량 현황과 녹색해운항로 구축 시 예상되는 배출량 감축 효과를 분석하고 있다(ABS, 2022; MMMCZCS, 2022).

특징적인 점은 대부분의 연구가 특정 지역이나 항로에 국한되어 있다는 것이다. 예를 들어, 서호주-동아시아, 스페인, 칠레, 발트해 지역 등을 대상

으로 한 연구들이 있다(Global Maritime Forum, 2023; Talalasova et al., 2023; MMMCZCS, 2023; MMMCZCS, 2022). 그러나 일부 연구에서는 좀 더 포괄적인 접근을 시도하고 있다. ESCAP(2023)의 연구는 아시아-태평양 지역 전체를 대상으로 하고 있고, ABS(2022)와 Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping, RMI, & Green Hydrogen Catapult(2023)의 연구는 녹색해운항로에 대한 전반적인 프레임워크를 제시하고 있다.

한편 Getting to Zero Coalition(2021)의 연구는 글로벌 주요 항로를 대상으로 녹색해운항로 구축의 타당성을 검토하고 있어, 좀 더 광범위한 접근을 시도하고 있다. 이 연구에서는 호주-일본 철광석 항로, 아시아-유럽 컨테이너 항로, 동북아-미국 자동차 운송노선 등의 녹색해운항로 구축의 타당성을 검토하였으며, 특히 동북아-미국 간 자동차 운송노선이 무공해 연료 상용화 전에도 업계관계자 가치사슬 전반의 협력을 통해 배출량 감축 가능성이 높다고 평가하였다.

상술한 선행연구들을 종합해 보면, 현재까지의 연구들은 주로 기술적 실현 가능성, 경제성, 정책 및 규제 분석에 초점을 맞추고 있으나, 실제 녹색해운항로 구축을 위해 필수적인 참여자 간 협력 방안과 리스크 관리 전략에 대한 심도 있는 연구는 상대적으로 부족한 것으로 보인다. 특히 전 세계적으로 친환경 연료 생산시설 및 공급망 구축이 초기 단계에 머물러 있는 현 상황에서 이해관계자들 간의 협력과 리스크 공유 방안에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 판단된다. 따라서 참여자 간 협력 모델 개발, 산업생태계 위험 관리 방안, 그리고 장기적 투자와 단기적 운영 사이의 간극을 해소할 수 있는 혁신적인 솔루션 개발에 더 많은 관심을 기울여야 할 것이다. 이를 통해 우리나라가 글로벌 녹색해운 전환에 주도적으로 참여하고, 경쟁력을 확보할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것이다.

〈표 1-2〉 녹색해운항로 타당성 조사 연구

NO.	논문명(년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	Fuelling the decarbonisation of iron ore shipping between Western Australia and East Asia with clean ammonia – Green shipping corridor feasibility assessment	Global Maritime Forum (2023)	서호주-동아시아 철광석 항로의 탈탄소화를 위한 청정 암모니아 경로 가능성 평가	• 현황 및 동향조사 • 시나리오 분석	• 탈탄소화 시나리오 설정 (선박수 및 무공해 연료사 용량 추정) • 선박, 연료, 벙커링 등 녹색 해운항로 구축 구성요인 정의 • 청정암모니아 적용 시 평가 (단/중/장기) → 타깃 항로가 서호주-동아시아(일본)에 국한
2	Green shipping corridors in and out of Spain: Assessing route-based opportunities	Talalasova et al. (2023)	스페인 녹색해운 항로 구축을 위한 경로 우선순위 도출, 주요 이해관계자 참여방안 제시	• 현황 및 동향조사 • 이해관계자 설문 및 토론	• 실현 가능성(연료, 수요 및 화물, 참여국 정책, 이해관계자 측면)에 기반한 유망 경로 판별 * 영국, 이탈리아, 미국이 가장 유망한 파트너 국가로 선정 → 녹색해운항로 정의 및 프레임워크에 대한 상세한 설명이 있으나 스페인에 국한
3	A Study on the Implementation Strategy of the Green Shipping Corridor in Asia and the Pacific	ESCAP (2023)	녹색해운항로의 실행조건 및 실행 전략 제시	• 문헌연구 • 현황 및 동향조사 • 사례연구	• 녹색해운항로 배경 및 현황 (국제규제, 주요 구성요소) • 녹색해운항로 이니셔티브 분석 및 성공요인 분석 • 녹색해운항로 실효성 제고를 위한 전략 및 세부실행 계획 수립 → 전반적이고 개괄적인 내용을 포함하고 있으나 한-미 동안 항로를 대상으로 하고 있지는 않음

NO.	논문명(년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
4	The Chilean Green Corridors Network Pre-Feasibility Study	MMMCZCS (2023)	다양한 구성요소를 고려한 칠레 녹색해운항로 구축 대안 제시	• 문헌연구 • 물동량 및 화종 분석 • O/D 분석	• 대체연료 분석(시기, 용량, 배출량 및 비용) • 항만, 저장 및 벙커링 인프라, 무역경로, 배치가능선박, 화물 및 서비스 부문 분석 • 정책, 규제 및 자금 지원방안 제시 • 잠재적인 녹색해운항로 선택 프레임워크 제시 → 녹색해운항로 프레임워크에 대한 상세한 설명이 있으나 칠레에 국한
5	Green Shipping Corridors: Leveraging Synergies	ABS (2022)	녹색해운항로의 개괄적 정보 제공 및 배출량의 정량화를 위한 프레임워크 제시	• 현황 및 동향조사 • 사례연구 • 배출량 분석	• 녹색해운항로 주요 구성요소 정의 • 연료별(암모니아, 메탄올, 수소)생산 경로 및 벙커링 인프라 검토 • 관련 정책 및 규제 동향 • 배출량 추정, 항만 및 선박 운영 배출량 인벤토리 제시 → 전반적이고 개괄적인 내용을 포함하고 있으나 한-미 동안 항로를 대상으로 하고 있지는 않음
6	Green Corridors Pre-Feasibility Phase Blueprint.	Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping, RMI, & Green Hydrogen Catapult (2023)	타당성 단계에서 녹색해운항로 구축 실현 가능성 평가를 위한 청사진 제시 및 상업적 격차 해소, 생태계 전반의 위험을 감소시키기 위한 접근방식 및 프레임워크 제공	• 문헌연구 • 사례조사	• 녹색해운항로 및 대체연료 정의 • 항로유형(Single-point, Point to Point, Network) 별 정의 • 녹색해운항로 타당성 조사 단계별 가이드라인 및 청사진 제시(대체연료, 항만 벙커링 인프라, 선박, 화물수요, 기술/규제 및 경제적 타당성 평가, 로드맵 수립 측면) → 구체적 실행 내용을 포함하고 있으나 한-미 동안 항로를 대상으로 하고 있지는 않음

NO.	논문명(년도)	저자	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
7	Green Corridors between The Republic of Korea and the United States of America Pre-Feasibility Study	BPA, MMMCZCS, & The Northwest seaport alliance (2023)	대한민국 남동부와 미국 북서부 항만 간 3개 선박항로 내 녹색해운항로 구축 타당성 모색	• 기초자료 조사 및 분석(법제도, 물동량, 화종, 투입 선박 등) • 현황 및 동향조사 • 설문조사 및 관계자 워크숍	• 한(부산항, 울산항, 마산항)-미(시애틀항, 타코마항, 에버렛항) 간 화물운송, 무탄소연료, 연료공급 인프라 등 검토 → 한-미 서부 항로 대상
8	European Green Corridor Network Project	MMMCZCS (2022)	북유럽-발트해 녹색해운항로 구축	• 문헌연구 • 사례조사 • 현황 및 동향조사 • 탄소배출량 분석	• 녹색해운항로 및 대체연료 정의 • 선박운항 현황, 발트해 지역 선박기인 탄소배출량 현황 • 선종별 배출량 및 연료소비량 분석 • 연료유형 및 대체연료 기술성숙도 → 녹색해운항로 프레임워크에 대한 상세한 설명이 있으나 발트해 지역에 국한
9	The Next Wave Green Corridors	Getting to Zero Coalition (2021)	글로벌 주요 항로의 녹색해운항로 구축을 위한 구성요소 도출 및 주요 항로별 사전 타당성 조사	• 문헌연구 • 시나리오 분석(연료사용 규모) • 비용분석	• 호주-일본 철광석 항로, 아시아-유럽 컨테이너 항로, 동북아-미국 자동차 운송 노선 녹색해운항로 구축 타당성 검토 * 동북아-미국 간 자동차 운송노선이 무공해 연료 상용화 전에도 업계관계자 가치사슬 전반의 협력을 통해 배출량 감축가능성 높음 → 한-미 동안 항로 관련 내용 부재

자료: 선행연구를 바탕으로 저자 작성

3) 그 외 녹색해운항로 관련 연구

그 밖에 친환경 관련 기술적용, 사용연료의 가격, 비즈니스모델, 수익성 등을 정량적으로 분석한 연구들이 수행되었으나, 이들 연구의 대부분은 개별 기업의 친환경 전략 수립 지원을 목적으로 진행되었다.

안순구와 윤희성(2023)은 디지털-탈탄소 시대의 비즈니스모델 다원화를 통한 차별적 생태계 구축과 경쟁우위 확보 방안을 제시하였다. 이 연구는 인지 맵핑 기법을 활용하여 해운산업 생태계의 다원화를 구상하고, 혁신 플랫폼 비즈니스 모델링을 적용하였으나, 주로 기업 관점의 비즈니스모델 구축에 초점을 맞추고 있다.

안영균과 이민규(2022)는 글로벌 선사의 친환경 해운(Green Shipping) 경영전략 동향을 조사하고 정책을 제언하였다. 이 연구는 아시아 및 EU 선사의 최신 친환경 해운 경영전략을 검토하고 분석하였으나 주로 기업(선사) 관점의 경영전략 정리에 그쳤으며, 다자간 협력 관점의 전반적 전략 수립은 부재하였다.

배성봉(2021)은 미국 수소경제 및 한국의 진출 방안에 대해 연구하였다. 이 연구는 미국 수소산업의 주요 동향을 파악하고 우리 기업의 진출 기반 마련을 위한 경제협력 방안을 제시하였으나, 주로 수소산업 중심의 기업 현지 진출 방안에 초점을 맞추고 있다.

임종관 외(2011)는 미래형 선박을 활용한 신해양비즈니스 모델 구축 연구를 수행하였다. 이 연구는 미래형 선박의 특성 및 개발 동향을 조사하고, 우리나라의 신해양비즈니스 추진 전략을 제시하였으나, 주로 선박(친환경) 및 기업 관점의 비즈니스 모델 구축에 중점을 두었으며, 2011년에 수행된 연구로 최신 동향과는 다소 괴리가 있다.

Liu, Xu, & Lyu (2023)는 탄소세 하에서 해운 공급망의 배출 감축 기술에 대해 연구하였다. 이 연구는 슈타켈버그(Stackelberg) 게임 모델을 사용하여 항만과 정기선사의 이익을 비교 분석하고, 지식 공유와 배출 감축 기술 사용 간의 상호관계를 규명하였다. 그러나 이 연구 역시 개별 해운기업의 관점에서만 접근하고 있다.

Lin, Juan, & Ng (2021)는 진화적 게임이론을 사용하여 해운 정기선 분야의 녹색 전략을 평가하였다. 이 연구는 해운기업의 친환경 활동 시 수익 극대화를 위한 지침을 제공하였으나, 주로 수익 극대화 관점의 해운기업 전략에 중점을 두고 있다.

이러한 연구들은 친환경 해운과 관련된 다양한 측면을 다루고 있지만, 대부분 개별 기업의 관점에서 접근하고 있다는 한계가 있다. 특히 비즈니스모델, 경영전략, 수익성 분석 등에 초점을 맞추고 있어, 녹색해운항로 구축을 위한 다자간 협력이나 전체 생태계 관점의 접근은 상대적으로 부족한 실정이다.

〈표 1-3〉 그 외 녹색해운항로 관련 연구

NO.	논문명	저자 (년도)	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	해양산업의 디지털-탈탄소 전환에 따른 비즈니스모델 변화에 대한 인지적 관점의 탐색적 연구	안순구, 윤희성 (2023)	디지털-탈탄소시대의 비즈니스모델 다원화를 통한 차별적 생태계 구축과 경쟁우위 확보방안 제시	• 문헌연구 • 인지 맵핑 (cognitive mapping)	• 비즈니스모델 변화에 따른 해운산업 생태계의 다원화 구상 • 모델링 기법을 활용한 비즈니스모델 다원화 • 비즈니스모델 프레임워크를 적용한 해운비즈니스모델 다원화와 경쟁우위 도출 • 혁신플랫폼 비즈니스모델링 적용 → 기업 관점의 비즈니스 모델 구축 중심

NO.	논문명	저자 (년도)	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
2	글로벌선사의 Green Shipping 경영전략 동향조사 및 정책제언 연구	안영균, 이민규 (2022)	해운·물류 분야 환경부하 억제추구 글로벌 선사의 최신 Green Shipping 경영전략 동향 조사·소개	• 문헌연구	• 해운업의 친환경 경영전략 관련 분석 • 아시아 선사 및 EU 선사의 최신 Green Shipping 경영전략 검토·분석 → 기업(선사) 관점의 경영전략 정리, 다자간 협력 관점의 전반적 전략 수립 부재
3	미국 수소경제 및 한국의 진출방안	배성봉 (2021)	미국 수소산업 주요 동향 파악 및 우리 기업의 진출기반 마련을 위한 경제 협력방안 제시	• 현황조사	• 수소에너지 개요 (정의 및 공급 등) • 미국 수소산업 현황(도입 배경 및 수소 관련 R&D 현황) • 우리 기업의 진출 및 협력 방안 → 협력방안이 일부 있으나 수소산업 중심의 기업 현지 진출방안 위주
4	미래형 선박을 활용한 신해양비즈니스 모델 구축 연구	임종관 외 (2011)	미래형 선박 활용 비즈니스 조사, 국내 도입 가치가 있는 부문에 대한 비즈니스모델 제시	• 문헌연구 • 현황조사 • 5W1H기법	• 미래형 선박 특성 및 개발 동향 조사 • 미래형 선박 비즈니스모델 구축 • 우리나라 신해양비즈니스 추진전략 제시(초대형 친환경 컨테이너선, 전기추진선, LNG추진선 등) • 정책제언 → 선박(친환경) 및 기업 관점 비즈니스 모델 구축 중심, 2011년 수행된 연구로 최신 동향과 괴리

NO.	논문명	저자 (년도)	선행연구 현황		
			연구목적	연구방법	주요 연구내용
5	Emission reduction technologies for shipping supply chains under carbon tax with knowledge sharing	Liu et al. (2023)	항만과 정기선사의 이익을 비교 분석함으로써 지식 공유와 배출 감축 기술사용 간 상호 관계를 규명하여 탄소발자국 제약 하에서 해운기업의 전략적 의사 결정 지원	• 문헌연구 • 슈타켈버그 모형 (Stackelberg game model)	• 항만의 협력/비협력 여부, 항만/정기선사 탄소세를 고려한 모델 구축 • 탄소발자국 제약과 지식 공유 간 이중 상호작용이 항만과 정기선사의 균형 상태에 미치는 영향 분석 • 탄소세 정책이 최적의 탄소 저감기술 선택에 미치는 영향 분석 → 탄소저감 영향요인으로 협력(지식공유), 제약요인(탄소세)을 고려한 실증분석을 수행했으나 개별 해운기업 관점에서만 접근
6	Evaluation of green strategies in maritime liner shipping using evolutionary game theory	Lin et al. (2021)	진화적 게임이론 기반 가격결정모델 적용을 통한 해운기업의 친환경 활동 시 수익 극대화 지침 제공	• 문헌연구 • 진화게임이론 (Evolutionarygametheory) • 민감도 분석	• 해운기업 친환경전략에 따른 시나리오 기반 게임이론 프레임워크 구상 • 가격탄력성, 시장경쟁, 친환경성 등을 고려한 가격결정 모델 수립 • 해운기업의 장기적 관점에서 진화적으로 안정적인(evolutionarily stable strategy) 친환경 전략 행동 분석 → 수익극대화 관점의 해운기업 전략 중심

자료: 선행연구를 바탕으로 저자 작성

2. 본 연구의 차별성

녹색해운항로를 구성하는 개별 요소(선박, 연료, 제도 등)를 대상으로 한 정성적·정량적 연구는 많이 수행되었으나 항로구축을 양자 간 협력 관점에서 바라보고 협력을 위한 구체적 실행요인을 모색한 연구는 아직까지 미미한 실정이다.

그 밖에 타 항로 및 타 국가 중심의 녹색해운항로 타당성 연구에서는 해당 항로 및 국가별로 상이한 물류환경 및 구성요인별 현황에 초점을 맞추고 있다.

이러한 측면에서 본 연구는 아직까지 연구주제로서 다뤄지지 않은 한-미 동부 녹색해운항로를 대상으로, 참여자의 협력방안과 정책적 대안 제시를 목표로 한다는 점에서 차별성을 가진다. 또한 연구 목표 달성을 위해 녹색해운항로 구성요인 및 협력과제에 대한 한국과 미국의 분야별 전문가 의견을 분석하고, 녹색해운항로 구축 협력방안 수립을 단계별 로드맵을 통해 제시하고자 한다. 다만, 타 항로 및 타 국가의 녹색해운항로 구축 타당성 검토와 관련된 연구에서는 대부분 녹색해운항로에 대한 프레임워크를 상세히 기술하고 있으며 구성요소 또한 정의하고 있어 본 연구에서도 이를 일부 참고하고자 한다.

〈표 1-4〉 선행연구 대비 본 연구의 차별성

구분	선행연구 특징	본 연구의 차별성
연구목표	• 친환경 선박, 친환경 연료, 관련 규제, 거버넌스 등 특정 주제만을 중심으로 한 대응방안 마련	• 한-미 동부 녹색해운항로 구성요인 및 실태 파악, 참여자 및 협력방안 도출을 통해 단계별 로드맵 제시
	• 개별 기업의 친환경 전략 수립(기술, 가격, 비즈니스모델 등) 지원	
	• 특정 타깃 항로 또는 단일 국가 위주의 녹색해운항로 구축 타당성 검토	

구분	선행연구 특징	본 연구의 차별성
연구대상	• 친환경 연료 및 선박	• 한-미 동안 녹색해운항로 구성요소 및 이해관계자
	• 친환경 관련 법제도	
	• 해운기업	
	• 녹색해운항로	
연구범위	• 해운선사 비즈니스모델 모색	• 글로벌 해운항만 분야 환경규제 및 이니셔티브 동향 • 녹색해운항로의 개념 및 구성요소 • 한-미 동부 녹색해운항로 이해관계자 파악 및 협력방안 도출
	• 녹색해운항로 구성요소 중 단일항목(연료, 선박, 제도 등)에 대한 효과분석, 검토 등	
	• 타 항로 및 타 국가 녹색해운항로(호주-일본, 아시아-유럽, 동북아-미국, 한-미 서부, 칠레, 스페인 등)	
연구방법	• 문헌연구 및 설문조사 등 정성적 방법론	• 한-미 동부 녹색해운항로 프레임워크 구성을 위한 문헌연구 및 전문가 자문 • 녹색해운항로 구성요인 및 협력과제에 대한 한-미 분야별 전문가 대상 설문조사 • 질적연구방법론을 적용한 전문가 의견 심층 분석 • 녹색해운항로 구축 협력방안 수립을 위한 로드맵 수립
	• 우선순위 및 대안 도출을 위한 AHP	
	• 기업 전략수립 의사결정 지원을 위한 게임이론	
	• 연료사용 등에 대한 시나리오 분석	
	• 비용분석, 다기준 의사결정방법, 유전알고리즘 등 기타 방법론 활용	

자료: 선행연구를 바탕으로 저자 작성

02
녹색해운항로 구축 배경 및 글로벌 동향

제1절 기후위기 대응 글로벌 규제 동향

해운업의 탈탄소화를 위한 녹색해운항로 구축은 여러 국가와 지역의 협력을 통해 이루어지고 있다. 이러한 노력은 유엔기후변화협약(UNFCCC)과 같은 국제협약, 국제해사기구(IMO)의 새로운 규제 도입, 그리고 유럽연합(EU)의 해상연료기준과 같은 지역적 이니셔티브에 의해 추진되고 있다. 이들 기구와 협약은 해운업이 미치는 환경 영향을 줄이고, 지속가능한 선박 운항 방식을 도모하는 데 필수적인 역할을 수행하고 있다.

1. 유엔기후변화협약(UNFCCC)

유엔기후변화협약(이하 UNFCCC)의 당사국총회(이하 COP)는 기후변화 문제에 대처하고 국가 간 해결책을 협상하며 중요한 협약과 이니셔티브를 도출하는 역할을 담당하고 있다. COP는 매년 개최되며, 협약의 이행을 검토하고 새로운 정책을 논의한다.

2021년 COP26에서는 영국 교통부의 주도로 클라이드뱅크 선언이 발표되었다. 이 선언은 2025년까지 6개의 무탄소 항로를 개척하는 것을 목표로 하며, 영국, 독일, 일본, 프랑스, 미국 등 22개국이 서명하였다. 이에 대응하여 미국은 2022년 COP27에서 '그린쉬핑 챌린지(Green Shipping Challege)' 캠페인을 발족하였다. 이 캠페인은 전 세계 원양 선대의 5%를 무탄소 선박으로 대체하고 화물의 10%를 무탄소 선박으로 운행하겠다는 구체적인 목표를 포함하고 있다. 한국은 그린쉬핑 챌린지에 동참하여 부산항과 미국 타코마항 사이에 무탄소 연료 선박의 시범 운항을 추진하고 있다. 이 항로에서는 선박들이 암모니아, 메탄올, 수소와 같은 친환경 연료를 사용하도록 전환하고, 관련 인프라를 구축하는 것을 목표로 한다. 2023년 COP28에서 우리나라는 해당 항로의 사전타당성 연구 결과와 향후 이행방안을 공식적으로 발표하였다. 한국과 미국은 2025년부터 경제 및 규제적 타당성 조사를 실시하고 2028년 전후로 녹색해운항로를 시범 운항할 계획이다.

〈그림 2-1〉 COP27에서 한-미 간 녹색해운항로 조성에 관한 첫 협약을 체결한 모습



자료: The Korea Times(2022.11.22.)(검색일: 2024.2.18.)

유엔기후변화협약 당사국총회에서 논의된 녹색해운항로는 전 세계 국가들이 탄소중립 달성을 위해 협력하는 이상적인 목표를 기반으로 하고 있다. 그러나 실제로는 조선, 해운산업을 넘어 에너지 산업 전반에 걸친 패권 경쟁의 양상을 보이고 있다. 이는 녹색해운항로 프로젝트가 차세대 선박 연료와 관련 기술의 표준을 정립하는 과정을 포함하기 때문이다. 이 과정을 주도하는 국가가 향후 조선, 해운산업의 기술 패권을 쥐게 될 것으로 예상되므로, 각국은 기술 표준 선점에 사활을 걸고 있다. 그뿐만 아니라 녹색해운항로 프로젝트는 각국의 시장 지배력 확보, 산업 경쟁력 강화, 무역 주도권 장악 등의 측면에서도 유리한 고지로 인식되고 있다. 결과적으로, 녹색해운항로를 둘러싼 국가 간 경쟁은 탄소중립이라는 공동의 목표 달성을 위한 협력의 장인 동시에 국가 간 경쟁의 장이 되는 복잡한 양상을 만들어내고 있다.

특히 수출 중심 경제인 한국에는 '녹색해운항로 전쟁'에서 유리한 고지를 점하는 것이 무엇보다 중요하다. 한국 정부는 이 경쟁에서 한국의 입장을 반영하고 주도권을 잡는 것이 국가 경제의 미래에 결정적인 영향을 미칠 수 있다고 판단하여 관련 기술과 표준 정립에 주도적인 역할을 하기 위해 노력하고 있다.[13] 이를 통해 조선, 해운, 에너지 산업에서 경쟁력을 강화하고 수출 시장에서 우위를 확보할 수 있다.

2. 국제해사기구(IMO)

국제해사기구(이하 IMO)는 2023년 제80차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 기존 해운 온실가스 배출 목표[14]를 강화한 '2023 온실가스 감축전략'을 채택하였다. 이 전략은 2030년까지 온실가스 배출량을 최소 20%,

13) 한국경제(2022.11.16.)(검색일: 2024.2.22.)
14) 2050년까지 2008년 대비 온실가스 배출을 최소 50% 감축

2040년까지 70% 감축하고, 2050년경에는 순배출량 제로(0)를 달성하는 것을 목표로 한다. 이는 2050년까지 2008년 기준 온실가스 배출량을 50% 감축한다는 기존의 목표에서 한층 더 강화된 것이다.

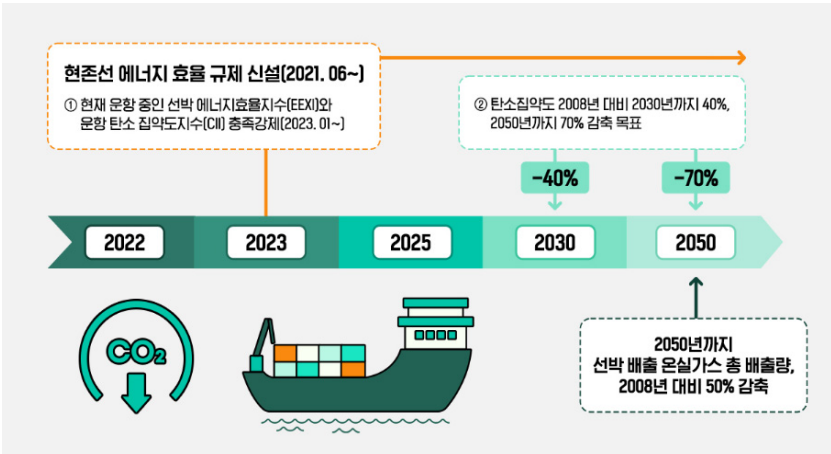
더불어 IMO 회원국은 연료별 온실가스 집약도[15]를 단계적으로 제한하는 '목표 기반 연료유 표준제(Goal based Fuel Standard)'와 온실가스 배출에 가격을 부과하는 제도(Maritime GHG emission pricing mechanism)를 결합한 '결합조치(Basket measure)'를 도입하기로 합의하였다. 이에 따라 지역 및 양자 간 녹색해운항로 구축을 위한 협력이 더욱 활성화될 전망이다.

유럽은 노르웨이와 네덜란드 간 암모니아 연료 선박 운항을 목표로 하는 NoGAPS(Nordic Green Ammonia Powered Ships) 프로젝트와 발트해 5개 항이 참여하는 발트해 녹색해운항로를 추진 중이다. 아시아·태평양 지역의 경우, 아시아·태평양에서는 한·중·일 중심의 동북아 주요 해운 노선 탄소배출 저감 협력 프로젝트와 호주-싱가포르 간 저배출 연료 및 기술 사용 촉진을 위한 녹색해운항로 구축을 논의 중이다. 북미지역은 미국-캐나다 국경 간 그레이트호와 세인트로렌스 수로의 지속가능한 해운을 위한 녹색해운항로, 캘리포니아 항구들의 탄소배출 저감 이니셔티브가 진행 중이다.

2021년 클라이드뱅크 선언에 따라 IMO가 해운업계에 부과할 수 있는 탄소 부과금은 연간 940억 달러(약 10조 원)로 예상되며 이는 해운업계 매출의 약 6%를 차지한다. IMO는 또한 황산화물 배출규제 조치인 'IMO 2020'을 통해 배출 통제구역 외부에서 운항하는 선박에 사용되는 연료유의 황 함량 상한값을 3.5%m/m[16]에서 0.5%m/m로 낮추는 것을 추진 중이다.

15) 에너지 사용량 대비 온실가스 배출량
16) 연료유 전체 질량의 3.5%가 황이라는 의미

〈그림 2-2〉 IMO 선박 온실가스 규제 사항



자료: Cello Square(2023.2.3.)(검색일: 2024.5.8.)

3. 유럽연합(EU)

유럽연합(이하 EU)은 그린딜 정책의 일환으로 해운산업의 탄소배출 감축을 위해 다양한 조치를 취하고 있다. 우선, EU는 해운 배출을 자체 배출권 거래 제도(Emission Trading System, ETS)에 포함하는 작업을 진행 중이다. 이와 더불어, 2023년 3월에는 선박 연료의 탄소배출을 규제하는 'Fuel EU Maritime' 정책이 최종 통과되었다.

이 이니셔티브에 따르면, EU 역내를 운항하거나 종착지가 EU 역내인 5천 톤 이상의 선박은 배출권 구매 의무가 2024년부터 배출량의 40%, 2025년부터는 70% 수준으로, 2026년부터는 배출량 전체로 확대된다. 이는 국제해사기구(IMO)의 규제보다 한발 앞선 EU의 독자적인 조치로, 이를 준수하지 않을 경우 벌금이 부과되고 EU 시장에서 퇴출될 수 있다.

EU 역내에서 발생하는 선박의 이산화탄소 배출량 중 약 90%가 5,000톤

이상의 선박에서 발생하기 때문에, 이 조치는 해운업의 탈탄소화를 위한 적극적인 노력으로 평가받고 있다. 그뿐만 아니라 'Fuel EU Maritime' 정책은 재생 가능 연료 사용에 대한 인센티브, 항구에 정박한 선박을 위한 육상 전력 공급, 그리고 탈탄소화 프로젝트로부터의 수익 분배에 관한 조항도 포함하고 있다.

EU가 엄격한 규제를 시행함에 따라, 해운산업은 LNG와 수소 같은 친환경 에너지 사용으로의 전환, 연료 절감을 위한 저속 운항 방식 도입, 그리고 엔진 성능 개선 등 기술 혁신에 더 많은 노력을 기울일 것으로 보인다. 이는 해운산업의 탄소배출 감축과 지속가능성 향상에 기여할 것이다.

결과적으로, EU의 그린딜 정책과 해상연료기준 이니셔티브는 해운산업의 탈탄소화를 가속화하고, 기술 혁신을 촉진하며, IMO의 규제를 보완하는 역할을 할 것으로 기대된다.

〈표 2-1〉 해운선사 탈탄소를 위한 규제 종류 및 특징

시행 연도	규제 종류	주관	관리 포인트	규제온실가스	온실가스 산정원칙
2012	EEDI	IMO	설계상 에너지 효율	CO_2	Tank to Wake[1]
2023	EEXI	IMO	설계상 에너지 효율	CO_2	Tank to Wake
2023	CII	IMO	실제 에너지 효율	CO_2	Tank to Wake
2024	EU-ETS	EU	연료 소모량	CO_2, N_2O, CH_4	Tank to Wake
2025	Fuel EU Maritime	EU	대체연료 비율	CO_2, N_2O, CH_4	Well to Wake[2]
2026 이후	GHG Fuel Standard	IMO	대체연료 비율	CO_2 + (미정)	Well to Wake (미정)
2026 이후	시장기반조치 (탄소세, 배출권거래제)	IMO	연료 소모량	CO_2 + (미정)	Tank to Wake (미정)

주: 1) 연료의 추출(well)부터 최종 사용에 이르는 전체 과정에서 발생하는 탄소 배출량을 측정
2) 연료가 탱크에 저장된 후부터 연소 과정을 통해 에너지가 사용되는 순간까지의 배출량을 산정
자료: (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.) p.4를 바탕으로 저자 작성

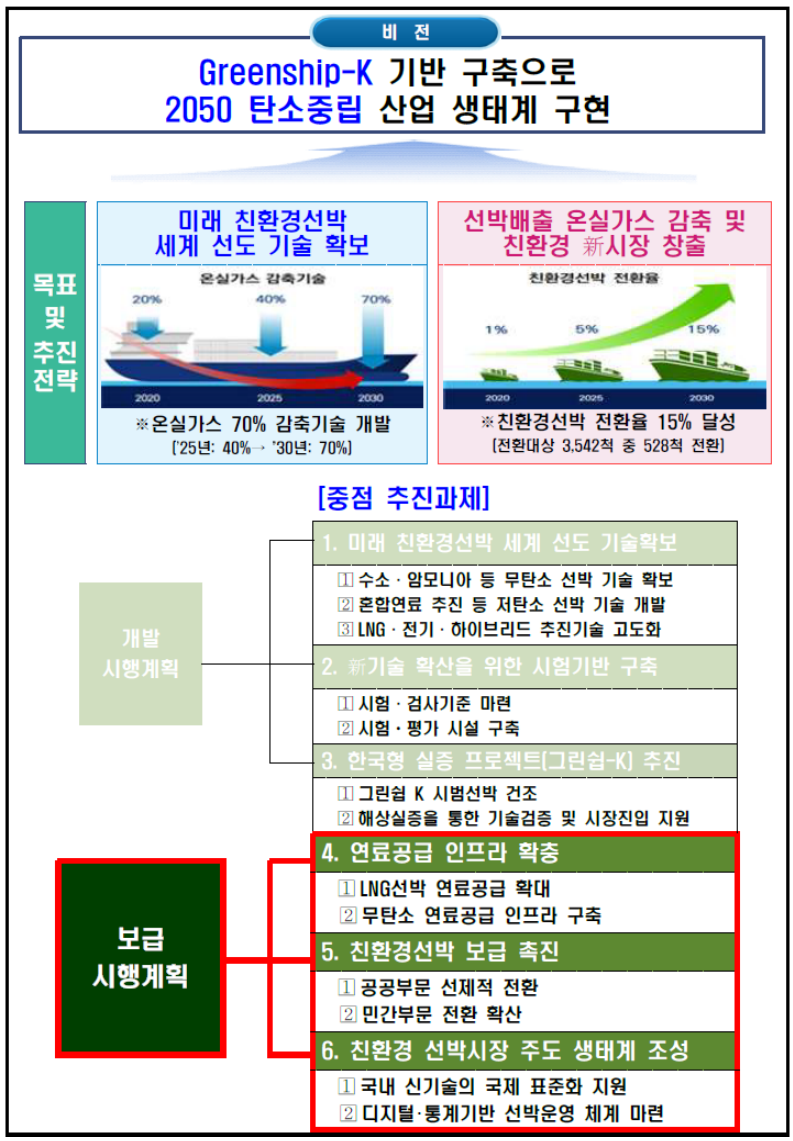
그 외 파리협정은 항만에 직접적으로 초점을 두지는 않으나, 국가별 결정된 기여(Nationally determined contributions, NDCs)에 해운 및 항만 탄소 제거를 포함하도록 장려하고 있다. 또한 '도시 기후 리더십 그룹'(Cities Climate leadership group, C40)은 전 세계 온실가스 배출량의 80% 이상을 차지하는 주요 대도시들이 2005년에 설립한 국제 협의체로, 이 그룹의 일부인 주요 항구 도시들은 항만 운영을 포함한 탄소배출 감소 목표를 제시할 것을 요구하고 있다.

4. 국내 관련 동향

우리나라는 2020년 '2050 탄소중립 추진 전략'을 발표하며 전 산업 분야의 탈탄소화를 목표로 삼고 있다. 이 전략에서는 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 24.4% 감축하고, 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 세웠다. 해운업계에서는 친환경 선박 비율을 2030년까지 15%, 2040년까지 30%, 2050년까지 50%로 확대할 계획을 발표하였다. 이를 위해 정부는 친환경 선박 개발 및 보급을 촉진하기 위해 연구개발 지원과 금융 인센티브를 제공하고 있다. 2018년에 제정된 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」(친환경선박법)이 2020년부터 시행되면서 관련 정책의 법적 기반이 마련되다. 이 법은 친환경 선박의 기술 개발, 보급, 운항에 필요한 제도적 지원을 제공하고 있다. 우리나라는 지속적으로 친환경 선박 기술 연구를 지원하고 관련 인프라를 확충하며, 글로벌 해운업계의 탈탄소화 흐름에 적극 동참하고 있다.

2024년 1월에는 '한국형 친환경선박(Greenship-K) 보급시행계획'을 발표하여 구체적인 방향을 제시하였다. 〈그림 2-3〉은 해당 계획에 대한 기본방향을 보여주고 있다.

〈그림 2-3〉 2024년 한국형 친환경선박(Greenship-K) 보급시행계획 기본방향



자료: 해양수산부 보도자료(2024.1.30.), p. 4

제2절 전 세계 주요 녹색해운항로 구축 추진 동향

1. 녹색해운항로 구축 배경 및 정의

녹색해운항로는 단순히 선박 연료 전환이나 항만 인프라 구축에 국한되지 않고, 전 세계 해운산업이 직면한 탈탄소화 과제를 해결하기 위한 새로운 패러다임과 대안적 비전을 제시하는 포괄적인 이니셔티브다.

2021년 11월 영국 글래스고(Glasgow)에서 열린 COP26에서 발표된 클라이드뱅크 선언(Clydebank Declaration)은 녹색해운항로 구축을 위한 최초의 글로벌 이니셔티브다. 이 선언에 따르면, 녹색해운항로는 회원국 간 항만, 선사, 연료 공급업체 등 해운산업 관계자들이 협력하여 혁신기술 도입과 신형 연료 사용을 통해 온실가스 감축 또는 제로 배출을 추구하는 항로로 정의된다.[17] COP26에서 회원국들은 생산, 운송, 소비를 포함한 전 주기에 걸쳐 온실가스 추가 배출을 지양하기 위해 완전히 탈탄소화된 연료나 추진 기술을 사용해야 한다는 원칙에 동의했으며, 이러한 목표 달성을 위해 2025년까지 최소 6개의 녹색해운항로를 구축하고, 2030년까지 그 수를 점진적으로 확대해 나가기로 합의했다.

'탄소배출 제로 연대(Getting to Zero Coalition)'의 정의에 따르면, 녹색해운항로는 공공 및 민간 부문의 협력을 통해 두 개의 주요 허브항 사이(중간 기항지 포함)에서 제로 배출 선박 운용의 기술적, 경제적, 규제적 실현 가능성을 촉진하는 특정 경로를 의미한다.[18] 한편 노르웨이선급협회(DNV)의 최근 정의는 이를 더욱 구체화하여, 녹색해운항로는 탄소중립 선박이 기존의 규정이나 인센티브가 요구하는 시점보다 앞서 전 생애주기에

17) The National Archives(2021.10.11.)(검색일: 2024.5.10.)
18) Getting to Zero Coalition(2021)

걸쳐 탄소중립 연료를 사용하기 시작하는 항로로 설명하고 있다.[19] 이러한 정의들은 녹색해운항로가 단순한 경로 설정을 넘어 지속가능한 해운산업으로의 전환을 위한 실질적인 노력을 포함하고 있음을 보여준다.

2. 글로벌 녹색해운항로 추진 동향[20]

1) 주요국, 녹색해운항로 구축 위한 다각적 정책 추진

주요국의 녹색해운항로 정책은 청정에너지 기반의 선박기술개발, 항만 인프라의 친환경화, 국제협력 강화, 국내 정책 및 법규 정비라는 네 가지 축을 중심으로 발전하고 있다. 각국은 이러한 요소들을 자국의 상황에 맞게 조율하며 정책을 추진하고 있으며, 이는 글로벌 해운산업의 친환경 전환을 가속화하는 원동력이 되고 있다.

미국은 2022년 '녹색해운항로 프레임워크(Green Shipping Corridors Framework)'를 통해 2050년까지 온실가스 배출 제로를 목표로 제시했다. 2023년에는 「청정해운법(Clean Shipping Act)」과 「국제해양오염방지법'(International Maritime Pollution Accountability Act of 2023)」을 발의하여 법적 기반을 마련하고 있으며, '녹색해운항로 이니시에이션 프로젝트(Green Shipping Corridors Initiation Project)' 등을 통해 개발도상국 지원에 앞장서고 있다.

유럽 국가들은 EU의 그린딜 정책과 연계하여 녹색해운항로 구축에 박차를 가하고 있다. 영국은 클라이드뱅크 선언을 주도하며 프랑스, 싱가포르, 벨기에 등과 양자 간 협력을 통해 녹색해운항로를 확대하고 있다. 독일은 제로 배출 해운을 위한 국가행동계획을 수립하고 기후중립 선박 개발에 대

19) DNV(2024.3.25.)(검색일: 2024.4.19.)
20) Getting to Zero Coalition(2023b)를 바탕으로 저자 재작성

규모 투자를 계획하고 있으며, 노르웨이는 국내 해운에 대한 추가 기후 요구사항과 탄소가격 책정을 통해 2030년까지 1990년 대비 최소 55%의 기후 배출량 감축을 목표로 하고 있다. 덴마크는 2050년까지 제로 배출 해운 달성을 선언하고 북유럽 지역의 지속가능한 무탄소 연료 도입을 위한 로드맵에 참여하고 있다. 프랑스는 15억 유로 규모의 공공-민간 투자기금을 조성하여 해양 부문의 혁신과 제로 배출 선박 개발을 지원하고 있으며, 네덜란드는 2033년까지 30척의 기후중립 시범 선박을 개발, 건조, 운영하는 계획을 추진하고 있다.

아시아 지역에서는 일본, 중국, 한국이 각국의 산업 특성을 반영한 정책을 펼치고 있다. 일본은 탄소중립항만(CNP) 이니셔티브를 통해 항만 인프라의 친환경화를 추진하는 한편, 2026년 암모니아 연료 선박, 2027년 수소 연료 선박 운항을 목표로 제로 배출 선박 개발에 주력하고 있다. 중국은 클라이드뱅크 선언에는 참여하지 않았지만, 양쯔강 간선 녹색항로 건설을 추진하고 있으며, '선박 제조업 녹색 발전 행동 강령(2024-2030년)'을 통해 녹색 선박기술개발과 생산에서 글로벌 리더십을 확보하려는 전략을 보이고 있다. 한국은 '해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵'(2021.12)에서 2050년까지 해운 부문 배출량을 2018년 대비 69.9% 감축하는 목표를 설정했다. 또한 2023년 2월에는 '국제해운 탈탄소화 추진전략'을 발표하여 친환경 선대 전환, 해운선사 지원, 기술개발, 국제협력 강화 등을 추진하고 있다.

개발도상국들은 선진국의 지원을 받아 녹색해운항로 구축에 참여하고 있다. 미국, 영국, 독일, 한국 등 선진국들의 개발도상국, 특히 군소도서개발국(SIDS)과 최빈개발도상국(LDCs)에 대한 지원이 강화되고 있다. 이는 녹색해운항로 구축이 선진국만의 과제가 아니라 글로벌 해운산업 전체의 과제라는 인식이 반영된 것으로, IMO의 2023 GHG 전략 이행과 밀접하게 연관되어 있다.

〈표 2-2〉 주요 국가별 녹색해운항로 관련 정책

구분	주요 내용
미국	• 녹색해운항로 프레임워크(2022.4) – 2050년까지 온실가스 배출 제로 목표 • 해운 부문의 탈탄소화를 목표로 두 가지 주요 법안 발의(2023.6) – 청정해운법: 미국 환경보호국의 선박연료 규제를 통해 2040년까지 넷제로 달성 – 국제해양오염방지법: 1만 톤급 이상의 외국 선박을 대상으로 이산화탄소 배출량 1톤당 150 USD의 오염 부담금 부과 • IMO GHG 전략 이행 지원 – 개발도상국, 특히 SIDS와 LDCs의 참여를 지원하기 위해 IMO 자발적 다자 기부자 신탁기금에 10만 달러 기부 발표 • 녹색해운항로 이니시에이션 프로젝트 – 미국 국무부는 150만 달러의 예산을 배정하여 개발도상국이 참여하는 녹색해운항로에 대한 타당성 조사, 녹색해운항로 이행 기회를 모색하는 심포지엄을 지원할 예정
영국	• 클라이드뱅크 선언 지속 감독, 회원국 확대 노력 • 양자 간 녹색해운항로 협정 – 영국-프랑스 정상회담(2023.3): 녹색 항로 TF 개발 합의 – 영국-싱가포르 그린 경제 프레임워크(2023.3): 녹색해운항로 개발 협력 약속 – 영국-벨기에 협력(2023.10): 녹색해운항로 개발 지원 의향서 서명 • IMO GHG 전략 이행 지원 – SIDS와 LDC의 IMO GHG 회의 참석 지원을 위해 IMO 자발적 다중 기부 신탁기금에 15만 파운드 기부 – 중기 GHG 감축 조치의 종합적 영향 평가 지원을 위해 IMO GHG 기술협력 신탁기금에 10만 파운드 기부
독일	• 제로 배출 해운을 위한 국가행동계획 – 해상운송 및 내륙 항해를 포괄하는 종합적 계획 수립 – IMO와 라인강 운항 중앙위원회(CCNR) 기준에 부합하는 정책 개발 • 기후중립 선박 개발 – 연구개발 자금 지원 프로그램 준비 – 2026년까지 연간 3천만 유로(총 1억 5천만 유로) 배정 • IMO GHG 전략 이행 지원 – IMO GHG TC-Trust Fund를 통한 SIDS 및 LDCs 역량 강화 지원 – 자발적 다중 기부 신탁기금을 통한 개발도상국의 IMO GHG 회의 참석 지원 • GreenVoyage 2050 프로그램 참여 – 개발도상국의 GHG 감축 정책 및 프로젝트 지원

구분	주요 내용
노르웨이	• 국가행동계획 갱신 – 2030년까지 1990년 대비 최소 55%의 기후 배출량을 줄이기 위해 국가행동계획 업데이트 – 국내 해운에 대한 추가 기후 요구사항, 탄소 가격 책정 및 기후지원 제도 강화, 민관 협력 추가 조치, 지속가능하고 기후 친화적인 연료 생산 및 인프라 확대 계획 포함 • 개발도상국의 무배출 해운 전환을 위한 활동, GreenVoyage2050 프로젝트 지원
덴마크	• 제로 배출 해운 – 2050년까지 제로 배출 해운 달성 선언 • 해운에서 지속가능한 무탄소 연료 도입을 위한 북유럽 로드맵 참여 • IMO GHG 전략 이행 지원 – 아프리카 지역을 대상으로 하는 IMO 기금에 2천만 크로네(DDK) 기여 – 아프리카 당국의 역량 구축과 국가 및 주요 지역/국제 행위자 간 녹색 이니셔티브 조정 지원
프랑스	• 해양 탈탄소화 로드맵 – 15억 유로 규모의 공공-민간 투자기금(정부, 민간, 은행 레버리지 각 5억 유로) 조성 예정 – 지속가능한 해양연료 생산을 위한 항만 인프라 구축, 제로 배출 선박 개조 지원, 정부 소유 선대의 탈탄소화 등에 지원 • 프랑스-메르 2030(France-Mer 2030) – 2022~2030년 해양 부문의 혁신 및 제로 배출 선박 개발을 위해 약 5억 유로의 공공자금 지원 – 해양투자기금을 설립하여 제로 배출 선박 기술혁신, 어업·상업·관광 선박의 탈탄소화 실현 등 지원
네덜란드	• 해양 마스터플랜 – 2033년까지 30척의 기후중립 시범 선박 개발, 건조 및 운영 – 수소, 메탄올 또는 탄소 포집을 통한 LNG 등 대체 연료 사용 • IMO GHG 전략 이행 지원 – 개발도상국과의 파트너십 강화 • GreenVoyage2050 프로젝트에 10만 유로 기부 예정 – 개발도상국에 기술 지원 및 기술 이전, 녹색기술 도입 촉진
일본	• 탄소중립항만(CNP) 이니셔티브 – 항만의 탈탄소화를 위한 제로 및 저배출 하역장비, 육상전력 공급시설 도입 – 항만법 개정, 항만 탈탄소화 노력을 시각화하는 시스템 구현 – 수소와 기타 신에너지원을 항만에 도입하는 실증사업 수행 – 컨테이너터미널 전용 탄소중립 항만 인증 개발 중

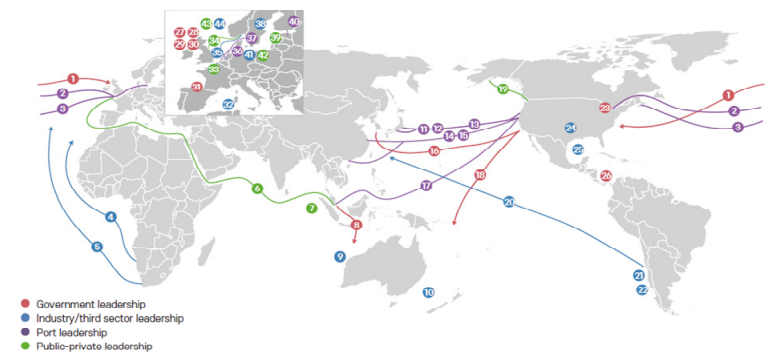
구분	주요 내용
	• 제로 배출 선박 개발 및 도입 – 엔진 및 연료 공급 시스템 등 제로 배출 선박 핵심 기술개발 지원, 암모니아 연료 선박은 2026년, 수소 연료 선박은 2027년 운항 예정 – 제로 배출 연료(암모니아와 수소)의 안전한 벙커링 가이드라인 마련, 암모니아 벙커링 가이드라인은 2024년, 수소 벙커링 가이드라인은 2025년부터 개발 예정
중국	• 양쯔강 간선 녹색항로 건설 및 응용(2021.9) – 중국 교통강국 시범 프로젝트의 일환으로 양쯔강 간선 녹색항로 건설 추진 • 제14차 5개년 계획(2022.5) – '제14차 5개년 계획 교통운송 중대 공정 프로젝트 실질 추진 사업방안'에서 신재생 및 청정에너지 선박의 대규모 응용 지원 명시 • 선박 제조업 녹색 발전 행동계획(2024~2030년)(2023.12) – 2025년 목표: 선박 제조업 녹색 발전 체계 초기 구축 ⇒ 녹색 선박 제품 공급 능력 향상, 선박용 대체 연료 및 신재생에너지 기술의 응용 국제 수준화, LNG, 메탄올 등 녹색 동력 선박의 국제 시장 점유율을 50% 이상으로 확대 – 2030년 목표: 선박 제조업 녹색 발전 체계 기본적으로 구축
한국	• 해양수산 분야 2050 탄소중립 로드맵(2021.12) – 2050년 해운 부문 목표배출량 30.7만 톤, 2018년 대비 69.9% 감축 – 항만 내 탄소배출 제로화 및 수소항만 구축 • 국제해운 탈탄소화 추진전략(2023.2) – 2050년까지 국제해운 탄소중립 목표 설정 – 친환경 선대 전환, 해운선사의 친환경 선박 적기 투자를 위한 지원 확대, 친환경 기술 및 미래 연료 인프라 확충, 무탄소 항로 구축 및 국제협력 강화 • IMO GHG 전략 이행 지원 – SIDS와 LDCs의 IMO GHG 전략 이행을 위해 역량 강화 지원 – SMART 훈련센터(SMART-TC) 설립, GHG-SMART 교육 프로그램 제공

자료: Green Shipping Challenge(2022.11.7.); Green Shipping Challenge(2023.12.1.)를 바탕으로 저자 작성(모든 자료의 검색일: 2024.3.20.)

2) 녹색해운항로 이니셔티브 및 참여 주체 확대 추세

2021년 클라이드뱅크 선언 이후 녹색해운항로에 대한 관심이 급격히 증가했으며, 이는 관련 이니셔티브 수의 급증으로 이어졌다. 2023년 말을 기준으로 44개의 녹색해운항로 이니셔티브가 발표되었는데, 이는 2022년 말의 22개에 비해 두 배로 증가한 수치다. 더욱 주목할 만한 점은 이러한 성장세가 지속되어 2024년 2월에는 총 57개로 증가(〈그림 1-2〉 참조)했으며, 이는 약 3개월이라는 짧은 기간 동안 13개의 새로운 이니셔티브가 추가되었음을 의미한다.

〈그림 2-4〉 글로벌 녹색해운항로 이니셔티브 지도(44개, 2023년 말)



No.	2050
1	S-UK Taskforce
2	Antwerp-Montreal
3	Halifax-Hamburg
4	Namibia-EU
5	South Africa - Europe Iron Ore
6	Rotterdam-Singapore
7	The Silk Alliance
8	Singapore-Australia
9	Western Australia-North Asia Iron Ore
10	Australia-New Zealand
11	Oakland-Yokohama
12	LA-Nagoya
13	LA-Yokohama
14	LA-Guangzhou
15	LA-Long Beach-Shanghai

No.	2050
16	Republic of Korea-United States
17	LA/Long Beach-Singapore
18	US-Fiji-Pacific Blue Shipping Partnership
19	Pacific Northwest to Alaska
20	Chile Cu-Concentrate
21	Chile Piscocultura
22	Chile sulfuric acid
23	Canada-US Great Lakes- St Lawrence
24	US Green Bulk
25	Gulf of Mexico
26	US and Panama
27	UK-Belgium
28	UK-Norway
29	UK-Netherlands
30	UK-Denmark

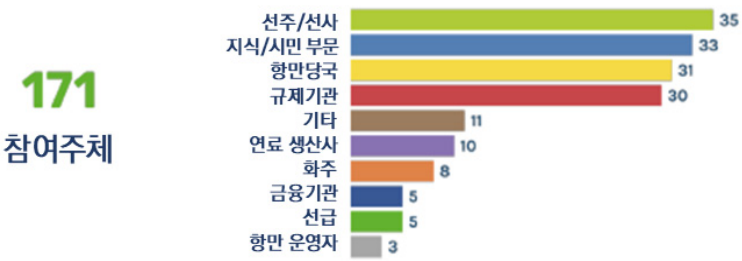
No.	2050
31	Green Corridors Spain
32	La Méridionale
33	Dover-Calais/Dunkirk Ferry
34	H2 powered North Sea crossing
35	Oslo-Rotterdam
36	Gothenburg - Rotterdam
37	Gothenburg - North Sea Port
38	Åland RoPAX
39	Decatrip
40	FIN-EST
41	European GC Network
42	Nordic Roadmap
43	Clean Tyne
44	GREENBOX

자료: Global Maritime Forum(2023.11)(검색일: 2024.3.20.), p. 1

이와 함께 이니셔티브 참여 주체의 수 또한 크게 증가했다. 2022년 말 110개였던 참여 주체가 2023년 말에는 171개로 늘어났으며, 특히 선주와 선사, 항만, 해사 규제 당국 등 전통적인 해운 관계자들의 참여가 두드러졌

다. 또한 세계 10대 컨테이너 선사 중 8개, 5대 크루즈 선사 중 3개, 10대 벌크 선사 중 4개, 세계 20대 벙커링 허브 중 9개가 이니셔티브에 동참하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 일부 중요 영역에서는 아직 참여 주체가 제한적이다. 2023년 기준으로 화주, 연료 생산자, 금융기관이 참여한 이니셔티브 수는 각각 8개, 10개, 5개에 그쳤다. 특히 화주의 참여가 녹색해운항로의 수요 기반 확보에 핵심적임에도 불구하고, 2023년 참여 화주는 총 8개에 불과했다.

〈그림 2-5〉 글로벌 녹색해운항로 참여 주체 현황(2023년)



자료: Getting to Zero Coalition(2023b), p.24

해운 부문별로 살펴보면, 벌크 부문의 경우 소수의 거대 화주가 물동량의 상당 부분을 차지하는 특성상 주요 광업 기업 및 해당기업의 고객사들이 벌크 부문의 녹색해운항로 구축에 주도적으로 참여하고 있다. RoRo(Roll-on/Roll-off) 부문도 벌크 부문과 유사하게 집중된 화주 구조를 가지고 있으며, 아직 공식적인 참여는 없지만 화주들과의 대화가 진행 중이다. 반면, 컨테이너 부문은 다수의 중소 화주가 참여하는 분산된 구조로 인해 간접적이고 유연한 참여 방안이 모색되고 있다. 수요 통합 플랫폼이나 새로운 예약 및 클레임 솔루션 등을 통한 고객수요 동원 방안이 그 예다.

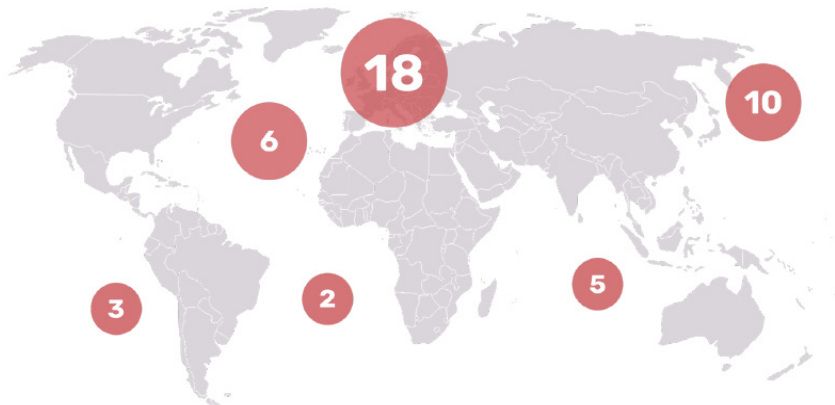
종합하면, 녹색해운항로 이니셔티브의 급격한 증가와 다양한 산업 주체들의 참여 확대는 해운산업의 탈탄소화에 대한 전 세계적인 관심과 의지를 잘 보여준다. 그러나 화주, 연료 생산자, 금융기관 등 핵심 이해관계자들의 참여는 여전히 제한적인 상황으로, 이들의 참여를 확대하기 위한 전략적 접근이 필요하다. 특히 화주의 참여는 녹색해운 서비스에 대한 시장수요 촉진 및 관련 투자의 경제성 확보에 필수적이므로, 이들의 참여를 유도하기 위한 정책적, 제도적 지원이 필요하다. 이에 더해 녹색해운항로의 실질적인 구현과 지속가능한 해운산업으로의 전환 가속화를 위해 해운 부문별 특성을 고려한 맞춤형 참여 방안 마련 또한 필요하다.

3) 유럽, 북미 중심에서 글로벌로 확산

녹색해운항로 이니셔티브의 지리적 범위는 꾸준히 확장되고 있다. 초기에 주로 유럽과 북미를 중심으로 활발히 논의되던 이 개념이 이제는 아시아, 남미, 아프리카 등으로 확대되면서 진정한 글로벌 차원의 움직임으로 발전하고 있다.

특히 아시아 지역에서의 약진이 두드러지는데, 2023년 다수의 환태평양 노선을 중심으로 녹색해운항로 이니셔티브가 발표되었다. 이는 아시아 지역에서 해운산업의 환경 영향에 대한 인식이 높아지고 있음을 보여준다. 또한 남미와 아프리카에서도 비록 그 수는 아직 제한적이지만, 새로운 이니셔티브들이 등장하고 있다. 이에 따라 남태평양과 남대서양 지역에서 녹색해운항로 활동도 점차 증가하는 추세다. 한편 유럽에서는 근해 녹색해운항로 프로젝트 수가 두 배로 증가하는 등 주목할 만한 변화가 있었다. 이는 기존의 원양노선 중심에서 연안해운으로 녹색해운항로 이니셔티브의 범위가 확대되고 있음을 보여준다.

〈그림 2-6〉 글로벌 녹색해운항로 지역별 분포 현황(2023년)



자료: Getting to Zero Coalition(2023b), p.12

이러한 녹색해운항로의 지리적 확산은 해운산업의 탈탄소화가 특정 지역의 문제가 아닌 전 세계적인 과제임을 보여주는 동시에, 국제사회의 협력과 연대를 통해 관련 문제를 해결해 나갈 수 있음을 시사한다. 다만, 각 지역별로 해운산업의 특성과 여건이 다르다는 점을 고려하여 지역 특성을 고려한 맞춤형 접근이 필요하다. 더불어 글로벌 차원에서의 협력과 정보 공유, 모범 사례 전파 등도 중요한 역할을 할 것으로 보인다.

4) 녹색해운항로 이니셔티브 성숙도 증가

2023년은 녹색해운항로 이니셔티브의 성숙도가 크게 높아진 한 해였다. 많은 이니셔티브들이 새로운 발전 단계로 진입하고, 구체적인 운영 목표와 이행 계획을 수립하는 등 실질적인 진전을 이루었다.

2023년 말 기준 총 44개의 녹색해운항로 이니셔티브 중 실행 또는 운영 단계에 있는 이니셔티브는 아직 없지만, 상당수가 착수 단계와 계획 단계

에 있으며, 일부는 다음 단계로의 진입을 준비 중이다. 특히 2022년에 발표된 22개의 녹색해운항로 이니셔티브 중 절반 이상인 12개가 새로운 단계로 진입하면서 전반적인 성숙도가 높아졌다. 이는 녹색해운항로 이니셔티브가 단순한 선언에 그치는 것이 아니라 실질적인 이행을 위한 준비가 진행되고 있음을 보여준다.

〈그림 2-7〉 글로벌 녹색해운항로 이니셔티브 단계별 진척 상황(2023년)



자료: Getting to Zero Coalition(2023b), p.14

2023년의 또 다른 중요한 진전은 15개의 녹색해운항로가 2024년에서 2030년 사이의 초기 운영을 목표로 하는 구체적인 일정을 제시했다는 점이다. 이들 이니셔티브는 각각의 기술적 준비 수준을 고려하여 메탄올, 수소, 전기 추진 선박(2024~2030년)과 암모니아 추진 선박(2027~2030년)의 도입 시기를 차별화하고 있다. 더 나아가 일부 이니셔티브는 초기 운영뿐만 아니라 녹색해운항로 확장과 본격적인 선대 전환 계획까지 발표하며 장기적인 비전을 제시하고 있다.

특히 2023년의 가장 중요한 발전 중 하나는 처음으로 이행 계획이 발표되기 시작했다는 점이다. 3개의 이니셔티브가 이미 계획을 완료했고, 최소 3개 이상이 고도화 단계에 있다. 이는 녹색해운항로 이니셔티브가 단순한 목표 설정 단계를 넘어 실질적인 이행 단계로 나아가고 있음을 의미한다.

비록 녹색해운항로 이니셔티브의 성숙도 증가는 해운산업의 탈탄소화를 향한 중요한 진전이지만, 이를 가시적인 성과로 이어가기 위한 노력은 앞으로도 계속되어야 할 것이다. 이를 위해서는 기술개발, 인프라 구축, 정책 지원, 이해관계자 간 협력 등 다양한 측면에서 지속적인 노력이 필요하다.

5) 특정 연료 지정 이니셔티브 증가

녹색해운항로 이니셔티브의 발전에 있어 중요한 동향 중 하나는 특정 연료를 지정하는 이니셔티브의 급격한 증가다. 2022년에는 단 6개에 불과했던 특정 연료 지정 이니셔티브가 2023년에는 22개로 크게 늘어났다. 이는 녹색해운항로의 성공적 구축을 위한 핵심 요소인 친환경 연료로의 전환이 구체화되고 있음을 보여준다. 이 과정에서 메탄올과 암모니아가 가장 유력한 대안으로 부상했다. 이들 연료는 기술적 완성도, 경제성, 인프라 적합성 등에서 높은 평가를 받고 있으며, 특히 중대형 선박에 적용할 수 있다는 점이 큰 장점으로 꼽힌다.

〈그림 2-8〉 글로벌 녹색해운항로 연료 선택 및 해운 부문별 참여 현황(2023년)



자료: Getting to Zero Coalition(2023b), p.11

선박 유형별로 살펴보면, 컨테이너선 부문이 가장 활발히 녹색해운항로에 참여하고 있다. 벌크선 부문은 최근 관심과 참여가 증가하는 추세이지만 아직 제한적인 수준이며, 크루즈선과 탱커선 부문의 참여는 매우 저조한 상황이다.

3한편 항만의 역할도 중요하다. 항만은 단순히 선박의 입출항을 위한 시설이 아니라, 다양한 연료를 공급하고 저장할 수 있는 에너지 허브로 기능해야 한다. 항만이 복합연료 공급체계를 갖출 때 선사들은 보다 유연하고 최적화된 연료 옵션을 선택할 수 있게 된다. 또한 친환경 연료로의 완전한 전환에 시간이 걸릴 것으로 예상되는 만큼, 전환기에 바이오 연료나 블루 연료 등 과도기적 솔루션을 활용하는 것도 현실적 방안이 될 수 있다.

결론적으로, 녹색해운항로의 성공적 구축을 위해서는 친환경 연료로의 전환이 핵심이며, 이는 단순히 기술적 과제를 넘어 정책, 인프라, 금융 등 다양한 분야의 협력과 혁신을 필요로 하는 복합적인 도전이다. 연료 선택의 유연성 확보, 항만 인프라 구축, 녹색해운항로 차원의 수요 통합과 공급망 관리, 정부와 국제기구의 지원 등이 종합적으로 이루어져야 한다. 특히 연료 생산기반 구축과 장기 조달계약 체결 등에 대한 금융 및 정책 지원이 뒷받침되어야 한다.

6) 다양한 거버넌스 모델 공존

녹색해운항로 이니셔티브의 발전과 함께 다양한 거버넌스 모델이 공존하는 양상이 두드러지고 있다. 이는 녹색해운항로가 단순히 해운산업만의 문제가 아니라 글로벌 탄소중립과 직결되는 사안임을 반영하는 것으로, 정부의 적극적인 역할이 그 어느 때보다 중요해지고 있음을 보여준다.

2023년에는 공공 주도, 민간 주도 등 다양한 거버넌스 모델이 공존하는 가운데 특히 민관 협력 이니셔티브가 자금 조달과 일정 관리 면에서 가장 두드러진 성과를 보였다. 이는 민간의 자발적인 참여와 정부의 지원이 선순환을 이루어 녹색해운항로 구축을 효과적으로 촉진할 수 있음을 시사한다. 또한 국제적인 협력도 강화되고 있다. 녹색해운항로 구축을 위한 국가 간 양자 협정이 2022년 대비 9개 증가했다는 사실은 정부 간 공조가 활발

해지고 있음을 보여준다.

〈그림 2-9〉 참여 주체별 글로벌 녹색해운항로 주도 현황(2023년)



자료: Getting to Zero Coalition(2023b), p.11

그러나 녹색해운항로 이니셔티브가 성숙 단계로 접어들면서 새로운 도전에 직면하고 있다. 특히 친환경 연료와 화석연료 간 가격 격차가 주요 걸림돌로 부상하고 있어 정부 차원의 보다 실효성 있는 개입과 지원이 필요한 상황이다. 이는 현재 진행 중인 5개 민간 주도 이니셔티브가 운영비용 지원 방안을 주요 의제로 논의하고 있다는 점에서도 확인할 수 있다.

이러한 상황을 타개하기 위해서는 보다 높은 수준의 정책적 노력이 요구된다. 우선, 친환경 연료 전환에 따른 선사들의 추가 비용 부담을 완화할 수 있는 금융지원 및 세제혜택 등 실질적인 유인책 마련이 시급하다. 또한 연구개발과 상용화 지원을 통해 친환경 연료와 기술의 경쟁력을 제고하는 노력도 병행되어야 한다. 더 나아가, 개별 국가 차원을 넘어 IMO 등 국제기구와의 공조를 강화하고, 주요국 간 연대를 통해 글로벌 차원의 규범 정립에도 적극 나서야 한다. 관련 법규를 정비하고, 민관 협력을 뒷받침할 수 있는 거버넌스 체계를 구축하는 등 제도적 인프라 확충도 필요하다. 이와 더불어, 다양한 이해관계자들의 요구를 조화롭게 반영하고 협력을 이끌어내는 것이 녹색해운항로의 성공적인 구축을 위해 필수적이기 때문에 이해관계자 간 소통과 합의 도출을 촉진하는 것도 정부의 중요한 역할이다.

3. 단계별 녹색해운항로 프로젝트 추진 사례[21)]

글로벌 해운산업의 탈탄소화를 위한 녹색해운항로 프로젝트들은 현재 다양한 단계에서 진행되고 있다.

1) 초기 단계

초기 단계에서는 19개의 프로젝트가 북미, 유럽, 아시아를 중심으로 이니셔티브를 발표하거나 초기 파트너십을 구축했다. 이 프로젝트들은 정부 주도, 항만 주도, 산업계 주도, 그리고 민관 협력 등 다양한 방식으로 시도되고 있으며, 이는 다양한 이해관계자들이 협력하여 솔루션을 모색하고 있음을 보여준다.

이 단계의 특징은 다양성과 불확실성으로, 선박 유형과 연료 측면에서 다양한 옵션이 고려되고 있다. 컨테이너선, 벌크선, 연료운반선, 페리, 차량운반선 등 다양한 선박 유형이 프로젝트에 포함되어 있으며, 연료 측면에서는 메탄올, 수소, 암모니아, 전기, 고급 바이오 연료 등이 검토되고 있다. 목표 일정 측면에서도 대부분의 프로젝트가 아직 구체적인 일정을 설정하지 않고 있다.

2) 사전타당성 평가 진행 단계

사전타당성 평가 단계에서는 3개의 프로젝트가 진행 중이다.

호주-뉴질랜드 녹색해운항로(Australia-New Zealand Corridor)는 양국 간의 긴밀한 경제 관계를 바탕으로 하며, 산업계 주도로 진행되고 있다. 호주의 여러 주정부(퀸즐랜드, 빅토리아, 뉴사우스웨일스)와 뉴질랜드 정부, 그리고 '스미토모', '우드사이드', 'Svitzer', 'John Swire & Sons', '미쓰

21) Mission Innovation(검색일: 2024.9.10.)를 바탕으로 저자 분석

비시 중공업' 등 다양한 기업들이 참여하고 있다. 하지만 아직 구체적인 발표 시기, 선박 종류, 사용할 연료, 목표 일정 등은 정해지지 않았다.

2023년 3월에 발표된 남아프리카-유럽 철광석 녹색해운항로(South Africa-Europe Iron Ore Corridor)는 철광석이라는 특정 화물에 초점을 맞추고 있으며, 벌크선에 암모니아 연료를 사용할 계획이다. 'Anglo American', 'Tata Steel', 'CMB', 'VUKA Marine', 'Freeport Saldanha', 'ENGIE', 'GMF' 등 다양한 기업들이 참여하고 있으며, 마찬가지로 산업계 주도로 진행되고 있다. 이 프로젝트 역시 구체적인 목표 일정은 아직 정해지지 않았다.

싱가포르-호주 녹색해운항로(Singapore-Australia Corridor)는 2023년 6월에 발표되었으며, 정부 주도로 진행되고 있다. 호주 정부, 싱가포르 정부, 싱가포르 해운항만청이 주요 참여자이다. 마찬가지로 아직 구체적인 선박 유형이나 사용할 연료에 대한 결정이 이루어지지 않았으며, 목표 일정 또한 미정이다.

3) 사전타당성 평가 완료 단계

현재 사전타당성 평가가 완료된 녹색해운항로 프로젝트는 총 3개로, 모두 사전타당성 평가를 완료했다는 점에서 다른 프로젝트들보다 한 단계 더 진전된 상태이다.

유럽 녹색해운항로 네트워크(European Green Corridors Network)는 2022년 3월에 발표되었으며, 네덜란드, 독일, 덴마크, 에스토니아, 폴란드 등 여러 유럽 국가들이 참여하고 있다. 이 프로젝트는 산업계 주도로 진행되고 있으며, 주요 유럽 항만들이 참여하고 있다. 아직 구체적인 선박 유형이나 사용할 연료, 그리고 목표 일정은 결정되지 않았다.

스페인 녹색 녹색해운항로(Green Corridors Spain Corridor)는 2022년 4월에 발표되었으며, 스페인과 영국 간의 협력을 바탕으로 하고 있다. 이 프로젝트는 정부가 주도하고 있으며, 'GMF', 'ETC', 마드리드 주재 영국 대사관이 참여하고 있다. 이 프로젝트 역시 구체적인 선박 유형, 연료, 목표 일정은 아직 결정되지 않았다.

2022년 11월에 발표된 한국-미국 녹색해운항로(Republic of Korea-United States Corridor)는 정부와 민간이 협력하여 진행하고 있으며, 양국의 주요 항만과 연구기관들이 참여하고 있다. 특히 이 프로젝트는 메탄올을 연료로 사용할 계획이며, 2023년 말 타당성 조사를 완료한 이후 2050년까지 탈탄소화를 목표로 하고 있다.

4) 타당성 평가 수행 단계

현재 타당성 평가를 진행 중인 8개의 녹색해운항로 프로젝트는 각각의 지리적, 경제적, 환경적 특성을 반영하면서 해운업의 탈탄소화라는 공통된 목표를 향해 나아가고 있다.

태평양 북서부-알래스카 항로(Pacific Northwest to Alaska Corridor)는 크루즈선에, Åland RoPAX 항로와 Decatrip 항로는 페리 운송에 초점을 맞추고 있는 점과 칠레 구리 정광 항로(Chile Copper-Concentrate Corridor)가 특정 화물에 특화된 점 등은 각 지역의 특성과 주요 산업을 반영한 접근으로 볼 수 있다. 크루즈 산업에 초점을 맞춘 태평양 북서부-알래스카 항로는 알래스카의 자연환경 보호와 크루즈 산업의 지속가능성을 동시에 추구하는 프로젝트로, 환경 보호와 경제 발전의 균형을 모색하고 있다. Åland RoPAX 항로와 Decatrip 항로는 모두 발트해 지역의 페리 운송에 초점을 맞추고 있다. 이 두 프로젝트는 메탄올을 연료로 선택했으며, 특히 Decatrip 항로는 2027년까지 완전 탄소중립 실현이라는 구체적인 목표를 설정하고

있다. 칠레 구리 정광 항로는 특정 화물에 특화된 프로젝트로, 남미의 주요 광물 수출국인 칠레와 아시아의 주요 산업국인 일본, 한국을 연결한다. 이 프로젝트는 구리 정광 운송에 초점을 맞추고 있으며, 암모니아를 연료로 사용할 계획이다.

로테르담-싱가포르 항로(Rotterdam-Singapore Corridor)와 LA/LB-싱가포르 항로(LA/LB-Singapore Corridor)는 세계 주요 항만을 연결하는 장거리 해운 루트를 다루고 있어 전략적 중요성이 매우 크다. 로테르담-싱가포르 항로는 컨테이너선에 초점을 맞추고 있으며, 메탄올, 수소, 암모니아 등 다양한 연료 옵션을 고려하고 있다. 참여 기관의 다양성과 규모가 가장 크며, 2027년까지 첫 지속가능 선박 운항이라는 구체적인 목표를 가지고 있다. LA/LB-싱가포르 항로는 태평양을 횡단하는 주요 컨테이너 운송 루트를 다루고 있다. 아직 구체적인 연료나 기술이 결정되지 않았지만, 미국 서부 최대 항만들과 아시아 주요 환적항을 연결하는 이 루트의 녹색화(무탄소화)는 글로벌 해운산업에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

미국 녹색 벌크 항로(US Green Bulk Corridor)는 구체적으로 항로가 정해지지 않았지만, 미국 내 벌크 화물 운송의 녹색화를 목표로 하고 있다. 이 프로젝트가 메탄올을 연료로 선택한 것은 미국의 풍부한 천연가스 자원과 연관 있을 것으로 추정된다. 한편 북유럽 로드맵 항로 네트워크(Nordic Roadmap Corridor Network)는 북유럽 국가들 간의 해운을 포괄적으로 다루고 있다. 메탄올, 수소, 암모니아 등 다양한 연료 옵션을 고려하고 있어, 다양한 해운 조건에 맞는 최적의 솔루션을 찾으려는 노력으로 보인다.

5) 타당성 평가 완료 단계

현재 타당성 평가가 완료된 녹색해운항로 프로젝트는 2개로 모두 유럽 지역에 집중되어 있으며, 구체적인 목표 일정을 제시하고 있다.

도버-칼레/던커크 페리 항로(Dover-Calais/Dunkirk Ferry Corridor)는 영국과 프랑스를 잇는 주요 해상운송 경로의 녹색화를 목표로 한다. 이 프로젝트는 페리를 전기 추진 방식으로 전환하는 것을 주요 전략으로 삼고 있으며, 2020년대 중반까지 완전 전기화 달성을 목표로 설정했다. 이는 단거리 해상운송에서 전기 추진 기술의 실용화 가능성을 테스트하는 중요한 사례가 될 것으로 보인다. 특히 이 프로젝트에는 항만당국, 선사, 에너지 기업, 대학 등 다양한 이해관계자들이 참여하고 있어, 종합적이고 다각적인 접근을 통해 문제를 해결하려는 노력이 돋보인다.

이 항로는 세계 최초의 수소 동력 북해 횡단 회랑(North Sea crossing Corridor)으로, 노르웨이와 영국을 연결하는 프로젝트이다. 아직 구체적인 선박 유형은 결정되지 않았지만 2024년 시연을 목표로 하고 있다.

6) 이행계획 수립 단계

글로벌 해운산업의 탈탄소화를 위한 노력이 본격화되면서, 이행계획 개발 단계에 있는 두 개의 주요 녹색해운항로 프로젝트가 주목받고 있다. LA/LB-상하이 항로(LA-Long Beach-Shanghai Corridor)와 서호주-동아시아 철광석 항로(Western Australia-North Asia Iron Ore Corridor)가 바로 그것이다. 이 두 프로젝트는 각각 세계에서 가장 분주한 컨테이너 운송 루트와 최대 규모의 철광석 운송 루트를 다루고 있어, 그 전략적 중요성이 매우 크다.

태평양 횡단 녹색해운항로인 LA/LB-상하이 항로는 2022년 1월 상하이시와 LA시 양 도시의 항만당국, 그리고 도시 기후 리더십 연합(C40)이 공동으로 제안했으며, 같은 해 6월 LB항이 합류하면서 그 규모가 더욱 확대되었다. 이 프로젝트는 항만당국 주도로 진행되고 있으며, ‘Maersk’, ‘CMA-CGM’, ‘COSCO’ 등 글로벌 선사와 ‘이케아’, ‘아마존’ 등 대형 화주들도 참여하고 있다. 또한 중국선급협회, 아시아해양기술협력센터 등 기술

지원기관들도 참여하여 프로젝트의 실현 가능성을 높이고 있다. 구체적인 실행계획에는 녹색 메탄올 등 선박용 신재생 연료의 시범 적용, 선박 육상 전력 사용, 스마트 터미널 구축 등이 포함되어 있다. 특히 2030년까지 첫 번째 무탄소 컨테이너선을 도입한다는 구체적인 목표를 설정하고 있어, 컨테이너 해운 분야의 녹색 전환을 위한 중요한 이정표가 될 것으로 예상된다.

서호주-동아시아 철광석 항로는 2022년 4월 주요 광물 화주기업인 'BHP'와 '리오틴토그룹', 그리고 호주 선사인 'Oldendorff' 및 'Star Bulk Carriers'의 협력으로 시작되었다. 이 프로젝트의 핵심은 녹색 암모니아를 연료로 사용하는 선박을 도입하여 서호주와 동아시아 간 철광석 운송 과정에서 발생하는 탄소 배출을 대폭 감축하는 것이다. 2028년까지 녹색 암모니아 연료 선박을 해당 항로에 첫 배치하는 것을 시작으로, 2030년까지는 이러한 선박의 사용률을 약 5%로 늘리고 약 20척의 암모니아 연료 동력 선박을 운항하는 것을 목표로 하고 있다. 더 나아가 2050년까지는 암모니아 연료 동력 선박의 수를 364척으로 대폭 확대할 계획이다.

7) 이행계획 개발 완료 단계

해운산업의 탈탄소화를 위한 노력이 구체화되면서, 3개의 녹색해운항로 프로젝트가 이행계획 개발을 완료하는 단계에 이르렀다. 이는 해운업계가 환경 문제에 대한 인식을 넘어 실질적인 변화를 위한 준비를 마쳤다는 점에서 매우 의미 있는 진전이라고 할 수 있다.

실크 얼라이언스 항로 네트워크(SILK Alliance Corridor Network)는 아시아 지역의 광범위한 해운 네트워크를 다루는 프로젝트로, 2022년 5월 발표 이후 빠른 진전을 보이고 있다. 이 프로젝트의 가장 큰 특징은 다양한 이해관계자들의 참여다. 주요 선사들뿐만 아니라 조선소, 엔지니어링 회사, 금융기관 등이 함께 참여하고 있어, 해운산업의 전 가치사슬을 아우르는

종합적인 접근이 가능할 것으로 보인다. 특히 컨테이너 선박에 초점을 맞추고 있어, 글로벌 무역의 핵심인 컨테이너 운송의 친환경화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

클린 타인 항로(Clean Tyne Corridor)는 영국과 네덜란드를 연결하는 해운 루트의 친환경화를 목표로 하는 프로젝트다. 2022년 9월에 발표된 이 프로젝트는 메탄올을 주 연료로 선택하여 컨테이너선의 탈탄소화를 추진하고 있다. 이 프로젝트의 특징은 지역 기관들의 적극적인 참여다. 타인 항만청, 뉴캐슬 대학교, 타인 북부연합 당국 등 다양한 지역 기관들이 참여하고 있어, 지역 특성을 고려한 맞춤형 솔루션 개발이 가능할 것으로 보인다. 또한 전문 연구기관과 국제 인증기관의 참여로 기술적 실현 가능성과 국제적 표준화를 동시에 추구하고 있다.

예테보리-북해 항로(Gothenburg – North Sea Port Corridor)은 스웨덴과 벨기에를 연결하는 항로를 다루는 프로젝트로, 2022년 10월에 발표되었다. 이 프로젝트는 차량 운반선과 RoRo 선박에 초점을 맞추고 있어, 자동차 산업과 관련된 해운 부문의 친환경화를 선도할 것으로 기대된다. 특히 다양한 친환경 연료 옵션을 고려하고 있어, 미래 해운 연료에 대한 포괄적인 접근을 시도하고 있다. 2027년까지 완전한 녹색화와 무배출 달성이라는 구체적인 목표를 설정하고 있어, 해운산업의 빠른 탈탄소화를 위한 모범 사례가 될 수 있을 것으로 보인다.

종합하면, 이러한 녹색해운항로 프로젝트들은 해운업의 탈탄소화가 복잡하고 다면적인 과제이며, 전 세계적인 협력과 장기적인 노력이 필요함을 보여준다. 동시에 이러한 노력이 점차 구체화되고 실현 가능한 형태로 발전하고 있음을 시사한다.

먼저, 이 프로젝트들은 전 세계적인 협력의 중요성을 잘 보여주고 있다. 북미, 유럽, 아시아를 중심으로 다양한 국가와 지역이 참여하고 있으며, 특히

주요 글로벌 무역 루트를 중심으로 프로젝트들이 집중되어 있다.

둘째, 이 프로젝트들에는 다양한 이해관계자가 참여하고 있다. 정부와 항만당국뿐만 아니라 선사, 화주, 에너지 기업, 연구기관, 금융기관 등이 함께 참여하고 있어, 해운업의 탈탄소화가 단순히 기술적인 문제가 아니라 정책, 금융, 인프라 등 다양한 측면에서의 변화가 필요한 복합적인 과제임을 보여준다.

셋째, 이 프로젝트들은 단계적이고 체계적인 접근을 취하고 있다. 초기 단계부터 이행계획 개발 완료 단계까지 다양한 단계에 걸쳐 프로젝트들이 진행되고 있으며, 각 단계마다 구체적인 목표와 평가 기준을 설정하고 있다. 이는 녹색해운항로 구축이 장기적인 과제이며, 점진적이고 체계적인 접근이 필요함을 보여준다.

넷째, 기술의 다양성과 유연성이 돋보인다. 메탄올, 수소, 암모니아, 전기 등 다양한 대체 연료와 기술이 고려되고 있으며, 각 항로와 선박 유형에 가장 적합한 솔루션을 찾으려는 노력이 이루어지고 있다. 이는 해운업의 탈탄소화에 있어 '일괄적인 해결책'이 아닌, 상황에 맞는 유연한 접근이 필요함을 시사한다.

다섯째, 지역 특성을 반영한 맞춤형 접근이 이루어지고 있다. 각 프로젝트가 해당 지역의 특성과 주요 산업을 고려하여 설계되고 있어, 지역별로 다양한 해운환경에 적합한 탈탄소화 방안을 모색하고 있다. 이는 글로벌 차원의 협력과 지역 차원의 특수성이 동시에 고려되고 있음을 보여준다.

여섯째, 구체적인 목표 설정과 장기적 비전이 공존하고 있다. 다수 프로젝트들이 2030년, 2050년 등 장기적인 목표를 설정하면서도, 동시에 구체적인 중간 목표와 달성 지표를 제시하고 있다.

마지막으로, 실행 가능성에 대한 중요성이 강조되고 있다. 대부분의 프로젝트들이 타당성 평가나 사전타당성 평가 단계를 거치고 있으며, 이를 통해 실제 구현 가능성을 중요하게 고려하고 있다.

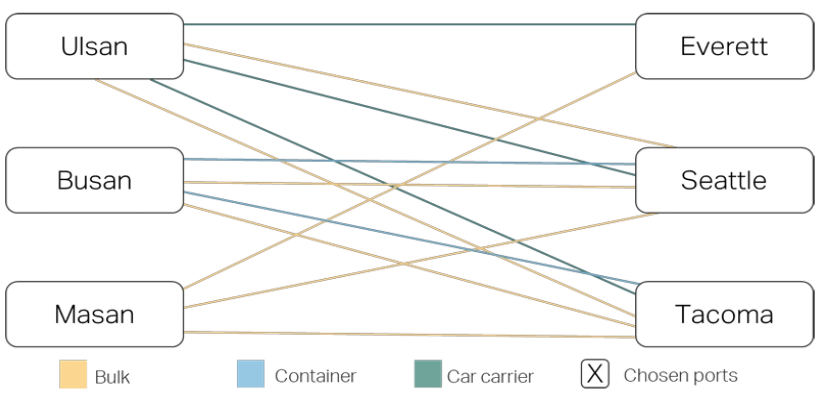
제3절 우리나라 녹색해운항로 추진 현황

1. 한-미 서부 항만

1) 개요

앞서 언급한 바와 같이 2022년 11월, COP27에서 부산(한국)과 타코마(미국) 간 컨테이너 항로의 녹색해운항로 가능성을 탐색하기 위한 사전타당성 조사 프로젝트가 거론되었다. 프로젝트 범위 설정 단계에서는 한국의 부산, 울산, 마산 등 3개 항만과 미 서안의 타코마, 시애틀, 에버렛 등 3개 항만 간 컨테이너선, 자동차 운반선, 벌크선 등 세 가지 운송 유형을 설정하였다.

〈그림 2-10〉 사전타당성 조사 선박 유형별 운송 경로 범위



자료: BPA,MMMCZCS, The Northwest seaport alliance(2023), p.5

한국과 미 서안 항만 간 녹색해운항로 가능성에 대한 사전타당성 조사를 시작으로 한국과 미국은 2025년부터 경제 및 규제적 타당성 조사를 실시하고, 2028년 전후로 녹색해운항로를 시범 운항할 계획을 발표했다.

2022년 12월부터 목표 설정 및 합의 등을 거쳐 2023년 4월부터 2023년 9월까지 사전타당성 평가, 2023년 10월부터 12월까지 컨소시엄 인큐베이션 워크숍 및 항로 선택을 수행함으로써 사전타당성 조사를 완료했다. 그리고 2023년 COP28에서 우리나라는 해당 항로의 사전타당성 연구 결과와 향후 이행방안을 공식적으로 발표하였다.

특히 컨소시엄 인큐베이션 워크숍 이후, Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping(이하 MMMCZCS)은 다음의 세 가지 녹색해운항로에 대해서 향후 타당성 조사 단계로 발전시킬 것을 제안했다.

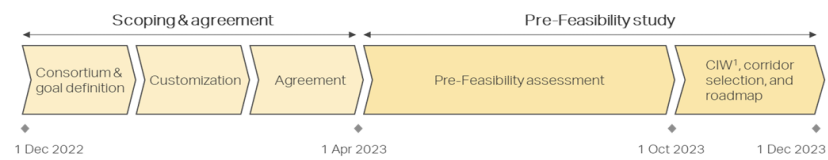
① 2028년부터 친환경 메탄올을 연료로 사용하는 컨테이너 녹색해운항로

② 2028년부터 친환경 메탄올을 연료로 사용하는 자동차 운반선 녹색해운항로(2033년부터 친환경 암모니아 연료 사용으로 전환)

③ 2028년부터 국내항만에서 그린 메탄올을 연료로 사용하는 예인선에 대한 녹색해운항로 구축

타당성 조사 결과에 따라 세 가지 종류의 녹색해운항로 운항은 2028년부터 시작될 것으로 보인다.

〈그림 2-11〉 한-미서부 녹색해운항로 사전타당성 조사 일정



자료: BPA,MMMCZCS, The Northwest seaport alliance(2023), p.6

2) 참여자

당초 프로젝트는 대한민국 해양수산부(MOF), 미국 에너지부(DOE), MMMCZCS가 공동으로 수행하기로 합의했으나 2023년 1/4분기 사업 범위 설정 단계에서 연구 수행을 위해 추가적인 컨소시엄 파트너(당사자 및 기관 등)가 필요하다는 판단하에 최종적으로 12개 당사자가 참여하게 되었다.

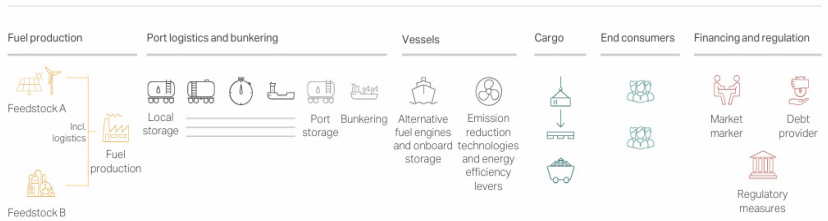
〈그림 2-12〉 한-미 서부 녹색해운항로 구축을 위한 컨소시엄 파트너(부문별)



자료: BPA,MMMCZCS, The Northwest seaport alliance(2023), p.6

〈그림 2-14〉의 녹색해운항로 참여자는 MMMCZCS 등이 정의하고 있는 부문별 녹색해운참여자 구성 프레임워크를 준용하여 선정되었다(〈그림 2-13〉 참조).

〈그림 2-13〉 녹색해운항로 공급사슬의 부문별 참여자 정의



자료: Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping, RMI, & Green Hydrogen Catapult(2023), p.5

3) 항만 인프라 준비상태

울산항의 경우 현재 메탄올 공급이 가능한 상태로 나타났다. 하지만 조사 대상 6개 항만(부산, 울산, 마산, 타코마, 시애틀, 에버렛) 중 울산을 제외한 나머지 5개 항만은 메탄올 벙커링 시설이 부재하다. 사전타당성 조사 결과에 따르면 부산과 마산은 2025년에서 2030년 사이, 타코마와 시애틀은 2030년에서 2035년 사이에 메탄올 벙커링이 가능해질 것으로 전망된다.

암모니아 벙커링 준비상황 또한 메탄올과 비슷한 것으로 나타났다. 한국 측 3개 항만은 2025년에서 2030년 사이, 미국 측 3개 항만은 2030년에서 2035년 사이에 암모니아 벙커링 시설을 갖출 것으로 예상되고 있다.

〈그림 2-14〉 한국항만의 대체연료 벙커링 준비 상태

Country	Port	Alternative Fuel (Current)									
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Biodiesel	
		Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling
ROK	Ulsan	6	9	7	9	3	9	2	4	9	9
	Busan	4	4	3	3	2	2	2	2	9	9
	Masan	4	-	3	-	2	-	2	-	9	9

Country	Port	Alternative Fuel (In 2025)									
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Biodiesel	
		Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling
ROK	Ulsan	8	9	9	9	5	9	3	6	9	9
	Busan	7	6	6	6	4	4	4	5	9	9
	Masan	7	-	6	-	4	-	4	-	9	9

Country	Port	Alternative Fuel (In 2030)									
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Biodiesel	
		Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling	Bunker	Calling
ROK	Ulsan	9	9	9	9	9	9	5	7	9	9
	Busan	9	7	9	9	9	9	5	6	9	9
	Masan	9	-	9	-	9	-	5	-	9	9

자료: BPA,MMMCZCS, & The Northwest seaport alliance(2023), p.60

〈그림 2-15〉 미국항만의 대체연료 벙커링 준비 상태

Country	Port	Alternative Fuel (Current)											
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Renewable FO		Bio Oil	
		Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo
USA	Tacoma	8	9	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3
	Seattle	2	9	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3

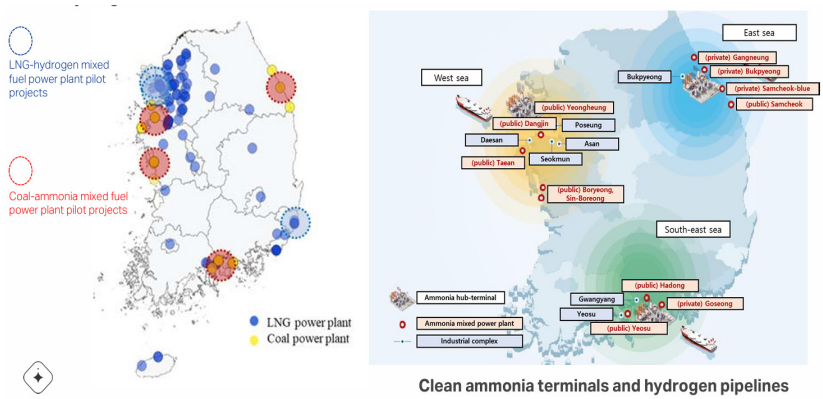
Country	Port	Alternative Fuel (in 2025)											
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Renewable FO		Bio Oil	
		Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo
USA	Tacoma	8	9	3	3	3	3	3	3	9	9	5	9
	Seattle	3	9	3	3	3	3	3	3	9	9	5	9

Country	Port	Alternative Fuel (in 2030)											
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Renewable FO		Bio Oil	
		Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo
USA	Tacoma	9	9	6	7	6	7	6	7	9	9	9	9
	Seattle	6	9	6	7	6	7	6	7	9	9	9	9

Country	Port	Alternative Fuel (in 2035)											
		LNG		Methanol		Ammonia		Hydrgen		Renewable FO		Bio Oil	
		Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo	Bunker	Cargo
USA	Tacoma	9	9	7	9	7	9	7	9	9	9	9	9
	Seattle	7	9	7	9	7	9	7	9	9	9	9	9

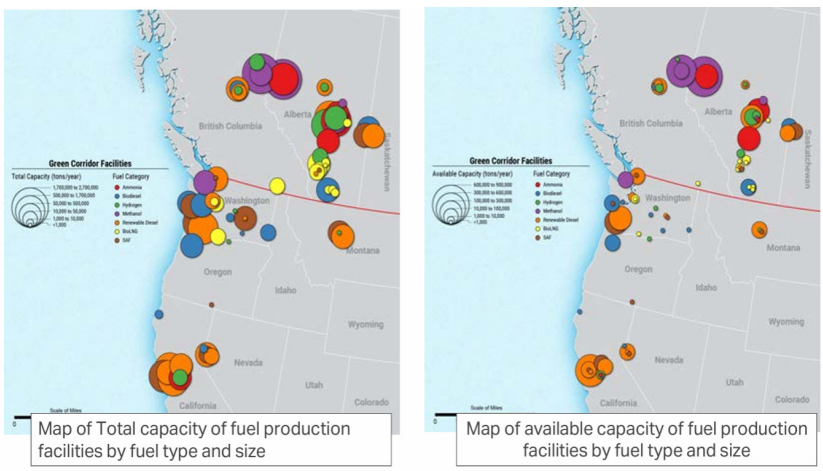
자료: BPA,MMMCZCS, & The Northwest seaport alliance(2023), p.62

〈그림 2-16〉 한국의 청정연료(메탄올 및 암모니아) 산업 형성 지도



자료: BPA,MMMCZCS, & The Northwest seaport alliance(2023), pp.27-28

〈그림 2-17〉 미국의 청정연료 유형별 생산용량 및 생산시설 지도



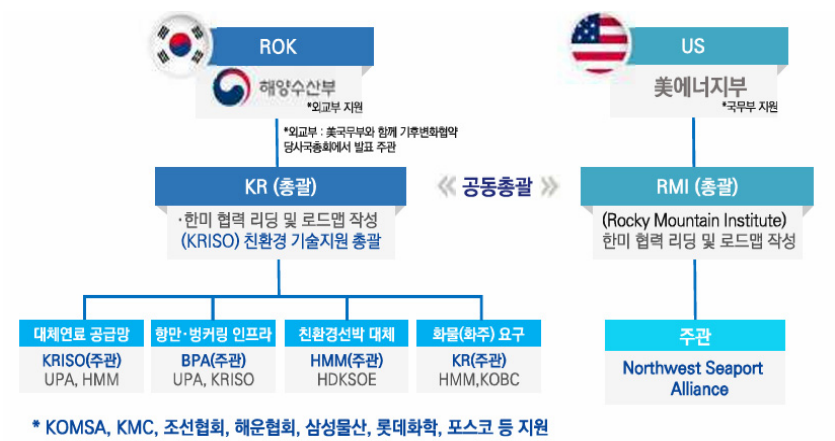
자료: BPA,MMMCZCS, & The Northwest seaport alliance(2023), pp.45-46

4) 최종 항로 선정

사전타당성 연구, 양국 간 물동량 및 인프라 준비상태 조사, 항만 및 선사 등 이해관계자 의견 수렴을 통해 2023년 11월, 최종적으로 2개 항로(① 부산항-시애틀·타코마항 메탄올연료 컨테이너선 녹색해운항로, ② 울산·마산항-시애틀·타코마항 메탄올연료 '자동차 운반선' 녹색해운항로)가 선정되었다.

컨테이너선박 녹색해운항로의 분야별 참여자의 경우, 한국은 해양수산부 주도하에 한국선급이 총괄을 맡고 있으며 대체연료 공급망 부문은 선박해양플랜트연구소(KRISO), 항만 및 벙커링 인프라는 부산항만공사(BPA), 친환경선박 부문은 국적선사인 HMM 등이 주관한다. 미국은 에너지부 주도하에 RMI(Rocky Mountain Institute)가 총괄을, 시애틀항과 타코마항의 해양 화물 운영을 통합 관리하는 항만개발기구인 Northwest Seaport Alliance가 주관한다. 이를 도식화한 그림은 다음과 같다.

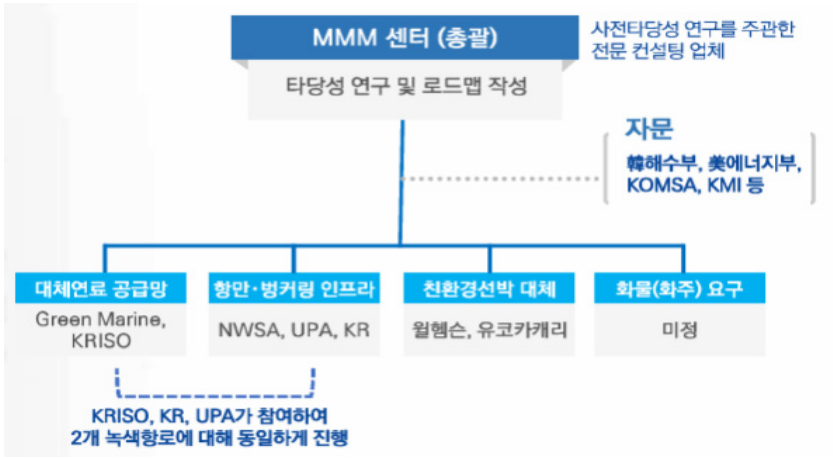
〈그림 2-18〉 컨테이너선박 녹색해운항로 로드맵 수립의 참여자



자료: (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.)

자동차 운반선에 대한 녹색해운항로 로드맵 수립의 경우 사전타당성 연구를 주관한 MMM 센터(Maersk Mc-Kinney Moller Center)가 총괄하며 각 부문별로 한국과 미국의 참여자들이 함께 추진한다. 참여기관은 다음과 같다.

〈그림 2-19〉 자동차 운반선 녹색해운항로 로드맵 수립의 참여자



자료: (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.)

5) 향후 추진 방향

2024년 내 선정된 2개 항로에 대한 경제적, 기술적, 제도적 타당성 조사를 통한 로드맵이 수립될 예정이다. 특히 제도적 타당성 조사에서는 선박연료로서 청정메탄올 선정에 따른 운임상승(연료가격의 2~3배 상승) 해결을 위해 선사-화주-정부-연료공급자 간 비용을 분담할 수 있는 방안을 마련할 계획이다.

로드맵 수립 이후에는 선사, 항만운영사, 연료공급자 등 이해관계자 컨소시엄을 구성하여 2027년 시범운항을 추진할 계획이다. 또한 매년 진행 현황에 대해서는 유엔기후변화협약 당사국총회(COP)에서 발표할 예정이다.

2. 그 외

1) 한-호주

호주는 철광석, 리튬, 니켈 등의 핵심광물 수출국이며 2023년 수소산업 선도국으로 발표된 바 있어 친환경 수소 및 암모니아 시장 공급망 구축을 활발히 추진하고 있다. 이에 따라 2023년 9월 시드니에서 개최된 한-호주 해사안전협력 회의 및 2023년 12월 두바이에서 개최된 COP28 회의에서 양국 간 녹색해운항로 구축의 공감대를 형성했다. 정부는 이를 시작으로 세부협력 및 대외발표 방안 등 협의를 거쳐 한-호주 녹색해운항로 협력 발표를 계획하고 있다.

2) 한-싱가포르

한국은 이미 다수의 녹색해운항로 협력을 발표한 바 있는 싱가포르와 부산, 울산항 등의 연계를 통해 글로벌 탈탄소 항만으로 도약을 추진 중이다. 이에 따라 정부는 2023년 11월 부산에서 개최된 한-싱 해사안전협력 회의와 COP28 회의를 통해 싱가포르와도 녹색해운항로 연계에 대한 공감대를 형성했으며 추후 부산-싱가포르-로테르담 간 녹색해운항로 연계를 통한 한-유럽 간 직접 연계협력 방안까지 검토하고 있다.

3) 한-덴마크

한국과 덴마크의 경우, 선박이 운항하고 있는 항로는 부재하나 대표적인 해양강국인 덴마크에는 무탄소 선박 실증 및 보급확산을 통해 우리나라의 주도적인 녹색해운항로 추진이 가능하다. 이에 따라 정부는 2024년 하반기, 해운분야 탈탄소화와 관련된 글로벌 이슈 주도 및 친환경 선박시장 선점을

위한 한-덴 정부 간 '녹색해운 MOU' 체결을 추진할 계획이다.

즉, 덴마크와는 직접적인 녹색해운항로 구축을 추진하기보다는 기술적 협력 파트너로서 동반성장이 가능할 것으로 보인다.

정부는 기술협력을 통해 친환경 선박 및 디지털 솔루션 개발을 위한 한-덴마크 해양산업 협력 플랫폼 구축 및 국제표준 지원 등을 구상 중이다. 협력 플랫폼의 경우 양국 연구기관이 주도하고 산업계가 참여하는 파트너십 프로그램 구성을 통한 친환경, 디지털 기술개발 협력, 국제표준 지원은 양국 공동이 참여 중인 무탄소선박 협의체[22]를 통한 국제표준 지원 등이 포함된다.

22) 무탄소선박 상용화를 목표로 선박, 연료, 인프라 기술개발 협의체로 덴마크, 노르웨이, 미국, 한국 등 10개국이 2021년 6월부터 참여 중(출처: (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.), p. 13)

제4절 소결

본 장에서는 녹색해운항로 구축 배경과 글로벌 동향에 대해 살펴보았다. 녹색해운항로 구축은 기후위기에 대응하기 위한 글로벌 해운업계의 중요한 전략으로 부상하고 있다. 이는 유엔기후변화협약(UNFCCC), 국제해사기구(IMO), 유럽연합(EU) 등 국제기구와 주요국의 정책 및 규제, 정부 간 협약 등에 의해 추진되고 있다. 특히 UNFCCC의 당사국총회(COP)에서는 클라이드뱅크 선언과 그린쉬핑 챌린지 등을 통해 녹색해운항로 구축을 위한 국제적 협력을 강화하고 있다. IMO는 2023년 온실가스 감축전략을 채택하여 2050년경 해운 부문의 온실가스 순배출량 제로 달성을 목표로 설정했다. EU는 해상연료기준(Fuel EU Maritime) 이니셔티브를 통해 선박 연료의 탄소 배출을 제약하고 있다.

이에 따라 전 세계적으로 녹색해운항로 구축을 위한 다양한 이니셔티브가 진행 중이다. 2023년 말 기준 44개의 녹색해운항로 이니셔티브가 발표되었으며, 2024년 2월에는 57개로 증가했다. 이 이니셔티브들은 초기 단계부터 이행계획 개발 완료 단계까지 다양한 진행 상황을 보이고 있다.

주요 특징으로는 ① 참여 주체의 다양화와 확대, ② 유럽, 북미 중심에서 아시아, 남미, 아프리카 등으로의 지리적 확산, ③ 이니셔티브의 성숙도 증가, ④ 특정 연료(주로 메탄올과 암모니아) 지정 이니셔티브의 증가, ⑤ 다양한 거버넌스 모델의 공존 등을 들 수 있다.

우리나라는 2024년 현재 한-미 서부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 사전타당성 조사를 완료하고, 2개 항로(부산항-시애틀·타코마항 메탄올연료 컨테이너선 녹색해운항로, 울산·마산항-시애틀·타코마항 메탄올연료 자동차 운반선 녹색해운항로)를 선정했다. 이 외에도 호주, 싱가포르, 덴마크 등과

의 협력을 통해 녹색해운항로 구축 및 관련 기술개발을 추진하고 있다.

이러한 녹색해운항로 구축 노력은 해운업의 탈탄소화라는 목표 달성을 위해 필수적이지만, 동시에 여러 도전과제도 안고 있다. 주요 과제로는 ① 친환경 연료의 경제성 확보, ② 필요 인프라 구축, ③ 기술개발 및 상용화, ④ 다양한 이해관계자 간 협력 체계 구축, ⑤ 국제 표준 및 규제의 조화 등을 들 수 있다.

향후 녹색해운항로의 성공적인 구축과 운영을 위해서는 정부 차원의 적극적인 정책 지원 및 규제 프레임워크 구축, 민간 기업의 적극적인 투자 및 기술 혁신, 국제 협력 강화 및 글로벌 표준 수립에 적극 참여, 친환경 연료 생산 및 공급 인프라 구축, 금융 지원 및 인센티브 제도 마련, 인력 양성 및 교육훈련 프로그램 개발, 지속적인 모니터링 및 평가 시스템 구축 등의 노력이 필요할 것으로 보인다.

결론적으로, 녹색해운항로 구축은 해운업의 지속가능한 발전과 기후변화 대응을 위한 핵심 전략이다. 이는 단순히 특정 항로의 탈탄소화를 넘어 해운산업 전반의 친환경 전환을 가속화하고, 관련 기술 및 산업 발전을 촉진하며, 국제 협력을 강화하는 등 다양한 긍정적 효과를 창출할 것으로 예상된다.

그러나 이를 위해서는 정부, 기업, 연구기관, 국제기구 등 다양한 이해관계자들의 적극적인 참여와 협력이 필수적이다. 특히 정부의 일관된 정책 지원과 함께, 기업들의 과감한 투자와 혁신, 그리고 국제사회와의 긴밀한 협력이 중요하다. 또한 기술개발, 인프라 구축, 인력 양성 등 다양한 측면에서 종합적인 접근이 필요하다.

03
한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 구성요인

제1절 한-미 동부 항로 물류 특성 분석

1. 미국 항만의 현황 및 특징

미국의 항만은 태평양을 접한 서부, 대서양을 접한 동부, 멕시코만을 접한 남부로 구분된다. 다만, '서부'와 '동부 및 남부' 항만 사이에는 파나마 운하가 위치하여 해운물류 특성상 파나마 운하를 통과할 필요가 없는 '서부'와 파나마 운하를 통과해야 하는 '동부 및 남부'로 구분할 수 있다.

〈그림 3-1〉에는 총 물동량 및 컨테이너 물동량 기준 미국 주요 25개 항만 위치가 표시되어 있다. 총 물동량 기준으로는 서부에 3개, 남부에 13개, 동부에 6개, 오대호에 2개, 알래스카에 1개가 위치한다. 컨테이너 물동량 기준으로는 서부에 5개, 남부에 3개, 동부에 14개, 알래스카와 하와이, 미국령인 푸에르토리코에 각각 1개가 위치한다. 컨테이너 주요 항만은 상대적으로 서부의 비중이 높으나, 전반적인 항만의 수는 남부와 동부의 비중이 높다. 일반적으로 미국의 주요 항만으로 알려진 LA항과 롱비치항 외 다

수의 항만은 파나마운하 너머의 남부와 동부에 위치한다.

〈그림 3-1〉 미국 주요 25개 항만의 위치

미국 총 물동량 기준 상위 25개 항만



미국 컨테이너 물동량(TEU) 기준 상위 25개 항만



자료: Bureau of Transportation(2024), pp. 10-12

〈표 3-1〉은 총 물동량, 벌크 물동량, 컨테이너 물동량 등 기준별로 미국 주요 25개 항만을 비교한 결과이다. 서부 주요 컨테이너 항만인 LA항의 벌크 순위는 10위, 롱비치항은 5위이며, 오클랜드항, 타코마항, 시애틀항은 25위 안에 들지 못했다. 서부 주요 항만들은 컨테이너를 주로 취급하고 있어 벌크 물동량 순위는 높지 않았다.

〈표 3-1〉 미국 주요 항만물동량 기준별 비교

항만명	Tonnage 순위		Dry Bulk 순위		TEU 순위	
Baltimore, MD	V	17	V	10	V	15
Beaumont, TX	V	7				
Boston, MA					V	25
Cleveland-Cuyahoga Port, OH			V	18		
Corpus Christi, TX	V	3	V	23		
Duluth-Superior, MN and WI	V	18	V	6		
Honolulu, O'ahu, HI					V	14
Houston Port Authority, TX	V	1	V	9	V	6
Jacksonville, FL					V	11
Lake Charles Harbor District, LA	V	13				
Mid-America Port, IA, IL and MO			V	16		
Mobile, AL	V	12	V	7	V	18
New Bourbon Port Authority, MO			V	20		
New Orleans, LA	V	6	V	2	V	20
New York, NY & NJ	V	4	V	21	V	3
Northern Indiana District, IN	V	20	V	8		
Philadelphia Regional Port Authority, PA	V	19			V	17
Pittsburgh, PA Port of			V	15		
Plaquemines Port District, LA	V	11	V	3		
Port Arthur, TX	V	16				
Port Everglades, FL					V	16
Port Freeport, TX	V	15				
Port of Alaska, AK					V	19
Port of Charleston, SC	V	22			V	7

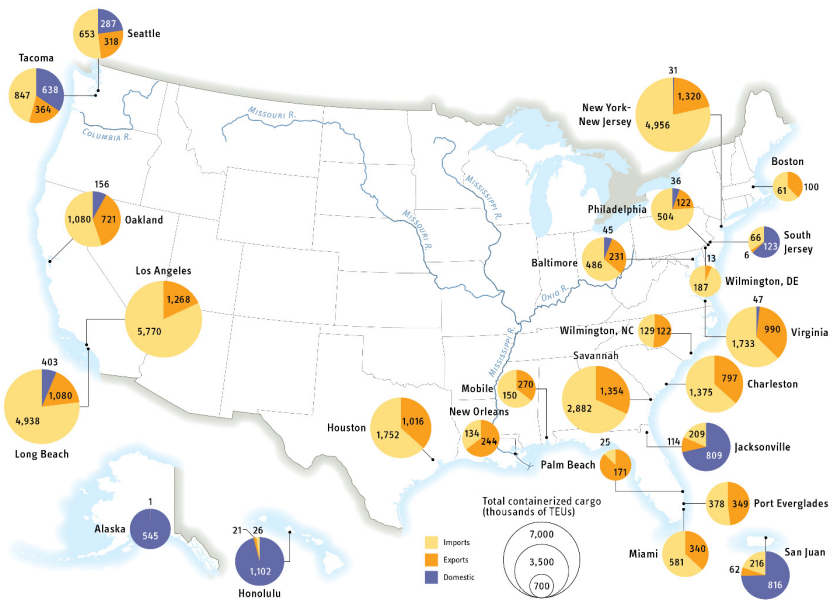
항만명	Tonnage 순위		Dry Bulk 순위		TEU 순위	
Port of Greater Baton Rouge, LA	V	8	V	5		
Port of Kalama, WA			V	12		
Port of Long Beach, CA	**V**	**5**	**V**	**25**	**V**	**2**
Port of Longview, WA			V	19		
Port of Los Angeles, CA	**V**	**10**			**V**	**1**
Port of Oakland, CA					**V**	**8**
Port of Palm Beach District, FL					V	23
Port of Portland, OR	V	25	V	13		
Port of Savannah, GA	V	14			V	4
Port of Seattle, WA			**V**	**17**	**V**	**10**
Port of Virginia, VA	V	9	V	4	V	5
Port Miami, FL					V	12
San Juan, PR					V	13
South Jersey Port Corporation, NJ					V	24
South Louisiana, LA, Port of	V	2	V	1		
Southern Indiana District, IN			V	11		
Tacoma, WA					**V**	**9**
Tampa Port Authority, FL	V	21	V	24		
Texas City, TX	V	23				
Toledo-Lucas County Port, OH			V	22		
Two Harbors, MN			V	14		
Valdez, AK	V	24				
Wilmington, DE					V	22
Wilmington, NC					V	21

자료: Bureau of Transportation(2024), p. 13

〈그림 3-2〉에는 주요 컨테이너 항만의 2021년 수출입 및 연안 수송 실적이 지도상에 파이차트로 표현되어 있다. 타코마항, 롱비치항, 시애틀항, 오클랜드항 등 서부 항만에서 알래스카항과 호놀룰루항 등을 오가는 연안화물이 처리되고, 잭슨빌항, 사우스 저지항, 버지니아항, 볼티모어항, 필라델피아항 등 동부 항만에서는 산후안 등을 오가는 연안화물이 처리되고 있다.

대부분의 항만에서는 수출입 물동량 비중이 매우 높다. 동부의 대표 항만인 뉴욕-뉴저지항, 조지아주의 서배너항, 버지니아주의 노퍽항, 사우스캐롤라이나주의 찰스턴항, 남부 텍사스주의 휴스턴항도 수출입 화물이 대부분을 차지한다.

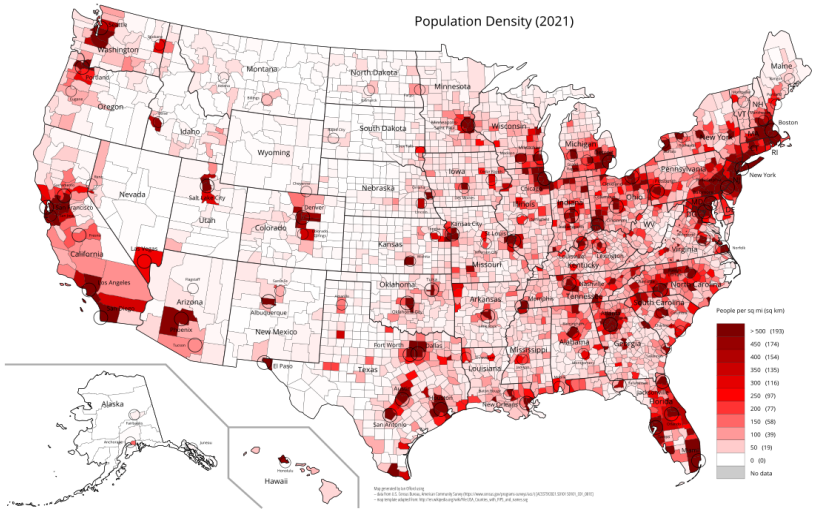
〈그림 3-2〉 미국 주요 25개 컨테이너 항만의 수출입 실적(2021년)



자료: Bureau of Transportation(2024), p. 35

항만은 미국의 지리와 자원, 인구 밀도의 영향을 받는다. 지리적으로 미국 동쪽은 고원과 평야로 이루어져 있으며, 서쪽에는 산맥과 산간분지가 위치하고 있다. 따라서 인구가 동부에 밀집되어 있으며, 서부는 비교적 해안가를 중심으로 도시가 발달하여 인구가 밀집되어 있다. 〈그림 3-3〉은 2021년 미국의 지역별 인구 밀도를 지도에 표시한 그림이다.

〈그림 3-3〉 미국의 지역별 인구 밀도



자료: ECPM(검색일: 2024.9.5.)

미국의 주요 컨테이너 항만의 간략한 시설 현황은 〈표 3-2〉에 나타나 있다. 철도가 내륙 물류의 주요 수단으로 사용되므로 대부분의 터미널에는 인입철도가 갖추어져 있다. 동부 및 남부 주요 항만인 뉴욕-뉴저지항 5개 터미널, 서배너항 2개 터미널, 버지니아항 2개 터미널, 휴스턴 2개 터미널에는 모두 인입철도가 갖추어져 있으며, 찰스턴항에는 4개 터미널 중 2곳에 갖추어져 있다. 〈그림 3-4〉에는 미국의 화물철도 네트워크가 나타나 있다. 〈그림 3-2〉의 항만 위치 및 수출입 화물 실적, 〈그림 3-3〉의 인구 밀도와 비교해 보면 미국의 항만과 수요처를 전반적인 내륙 운송 네트워크와 연계하여 살펴볼 수 있다.

한편 〈표 3-2〉 우측에는 2021년 기준 항만에서 운영 중인 컨테이너 크레인의 수가 나와 있다. 뉴욕-뉴저지항, 서배너항, 버지니아항, 찰스턴항 등에도 수퍼포스트 파나막스급 컨테이너 크레인 다수가 운용되고 있다. 수

퍼포스트 파나막스급 컨테이너 크레인은 네오파나막스급 이상 컨테이너선의 하역이 가능하다.

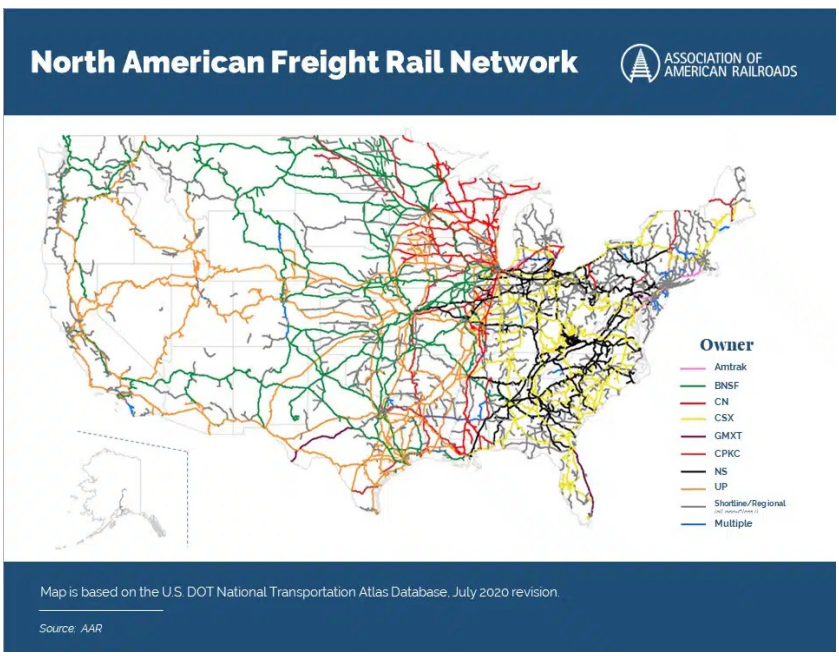
〈표 3-2〉 미국 주요 컨테이너 항만의 터미널, 인입철도, 크레인 현황(2021년)

지역(주)	항만	컨테이너 터미널 수	온도크(On-dock) 시설	컨테이너 크레인 수		
				그 외	수퍼포스트 파나막스급	합계
Alabama	Mobile	1	1	0	4	4
Alaska	Port of Alaska in Anchorage	1	0	3	0	3
California	Port of Long Beach	6	5	14	61	75
	Port of Los Angeles	8	8	33	34	67
	Port of Oakland	5	0	13	13	26
Delaware	Wilmington	1	0	2	0	2
Florida	Jacksonville	3	3	16	6	22
	Port of Palm Beach District	1	1	8	0	8
	Port Miami	1	1	7	6	13
	Port Everglades	2	0	9	6	15
Georgia	**Port of Savannah**	**2**	**2**	**4**	**30**	**34**
Hawaii	Honolulu	2	0	9	0	9
Louisiana	Port of New Orleans	1	1	5	4	9
Maryland	Baltimore	2	1	11	12	23
Massachusetts	Boston	1	0	6	6	12
New Jersey	South Jersey Port Corporation	1	1	2	0	2
New York-New Jersey	**Port of New York and New Jersey**	**5**	**5**	**21**	**40**	**61**
North Carolina	Wilmington	1	1	7	0	7
Pennsylvania	Philadelphia Regional Port	2	1	6	5	11
Puerto Rico	San Juan	2	0	11	0	11
South Carolina	**Port of Charleston**	**4**	**2**	**3**	**24**	**27**

지역(주)	항만	컨테이너 터미널 수	온도크 (On-dock) 시설	컨테이너 크레인 수		
				그 외	수퍼포스트 파나막스급	합계
Texas	**Port Houston**	**2**	**2**	**13**	**16**	**29**
Virginia	**Port of Virginia**	**2**	**2**	**0**	**28**	**28**
Washington	Port of Seattle	2	2	6	10	16
	Tacoma	4	4	8	17	25

자료: Bureau of Transportation(2024), p. 29, 31

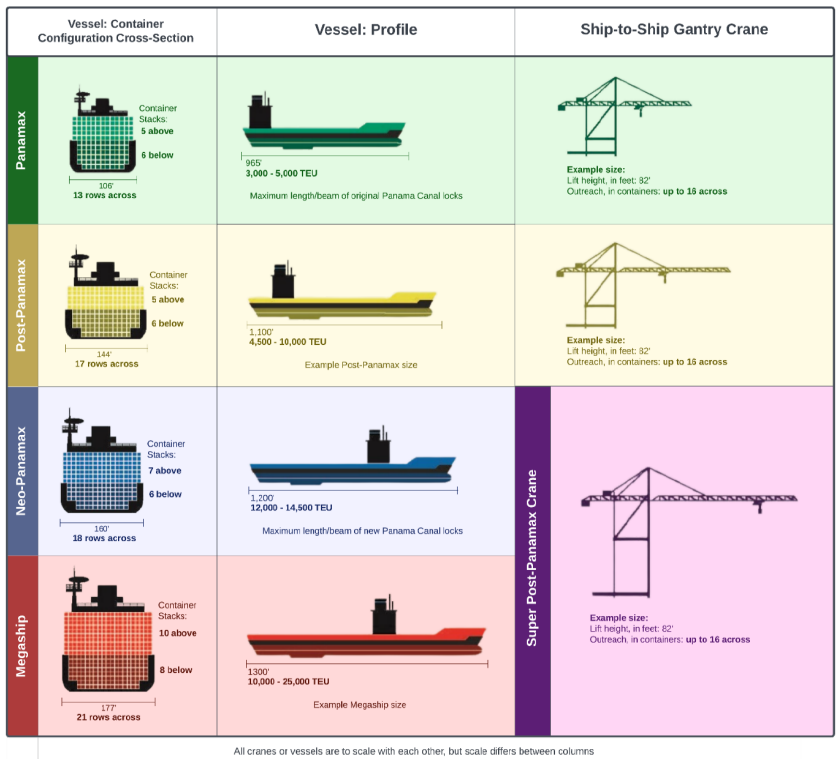
〈그림 3-4〉 미국의 화물철도 네트워크



자료: AAR, Rail Network Map(2020)(검색일: 2024.9.5.)

〈그림 3-5〉에는 파나마운하 통과 기준의 컨테이너선 규모와 크레인 크기를 비교한 그림이다. 수퍼포스트 파나막스 크레인은 일반적으로 컨테이너선에 실린 22~24열의 컨테이너 하역이 가능하다.

〈그림 3-5〉 컨테이너선 규모와 컨테이너 크레인 크기 비교



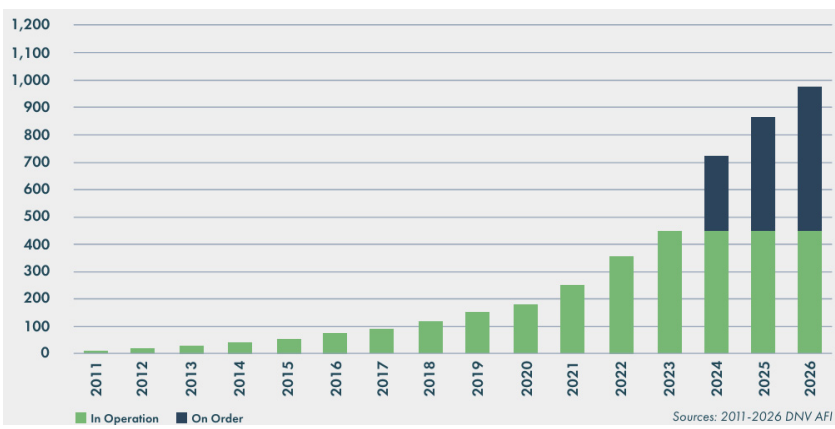
자료: Bureau of Transportation(2024), p. 8

2. 물류환경 변화

1) 친환경 선박의 증가

글로벌 해운업계는 IMO의 온실가스 감축 목표와 글로벌 탈탄소화 및 환경규제 강화에 따라 기존 선박을 대체하고 새로운 친환경 선박을 도입·발주하여 탄소 배출을 줄이기 위해 노력하고 있다. 일반적으로 선박의 수명은 25년 정도이므로 2050 탄소중립 정책 추진과 현실적인 운영 여건을 고려하여 연료원을 선택해야 한다. 다만 일부 기술적인 문제, 연료공급에 대한 공급망 불확실성 등 안정성이 문제가 되고 있다. 따라서 이미 상용화되어 있고, 암모니아·수소로 대표되는 무탄소로 가기 위한 브릿지(bridge) 연료 역할을 하게 될 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, LNG)를 연료로 하는 LNG 추진선이 주로 발주되고 있다.

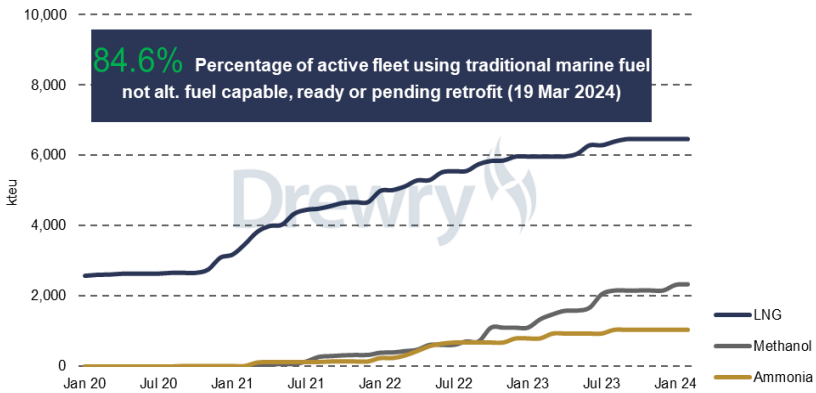
〈그림 3-6〉 LNG 추진선 선대 현황 및 전망



자료: Bunker Market(2024.1.22.)(검색일: 2024.5.18.)

LNG 추진선은 2023년 12월 기준 469척이 운항되고 있으며, 537척이 발주된 상황이다. 〈그림 3-6〉은 운영 중인 LNG 추진선 선대 현황과 건조 예정인 선대의 수를 보여준다.[23] 다만 아직도 TEU 기준 전체 컨테이너선의 15.4%만 대체 연료 사용이 가능하거나 개조가 가능한 선박(ready ship)이다.[24] 또한 〈그림 3-7〉과 〈표 3-3〉에서 볼 수 있듯이 최근 컨테이너선을 중심으로 메탄올을 연료로 사용하는 선박 발주가 크게 늘었다. 이러한 수요에 발맞춰 한·중·일 등 주요 조선 강국들은 친환경 선박 건조기술을 강화하고 있으며, 각국 정부도 다양한 인센티브를 제공하는 등 친환경 선박 발주를 촉진하고 있다.

〈그림 3-7〉 대체 연료별 컨테이너선 발주 현황



Notes: Not on scale: Hydrogen 1.4 kteu since March 2023.
Includes both capable and ready ships; some double counting as some units are ready for more than one alternative fuel type.
Data subject to change.

자료: Drewry(2024), p. 43

다만 친환경선 발주는 컨테이너선 등 정기선을 중심으로 이루어지고 있다. 〈그림 3-8〉은 벌크선, 컨테이너선, 탱커 등 주요 선종별 기대발주량 및 실

23) Bunker Market(2024.1.22.)(검색일: 2024.5.18.)
24) Drewry(2024), p. 43.

제발주량 간의 차이를 보여주고 있다. 기항지와 운항시기가 명확하지 않고 지정된 특정 항만을 주로 이용하게 되는 벌크선과 탱커 등은 친환경 연료 사용에 더 많은 제약이 따르게 된다. 무엇보다 투입 항로에 친환경 연료의 안정적인 공급이 담보되지 않기 때문이다. 또한 컨테이너선은 유럽 등 규제가 강한 지역의 운항이 필수적인 경우가 많아 벌크나 탱커 등 부정기선 대비 투자가 활발한 것으로 보인다.

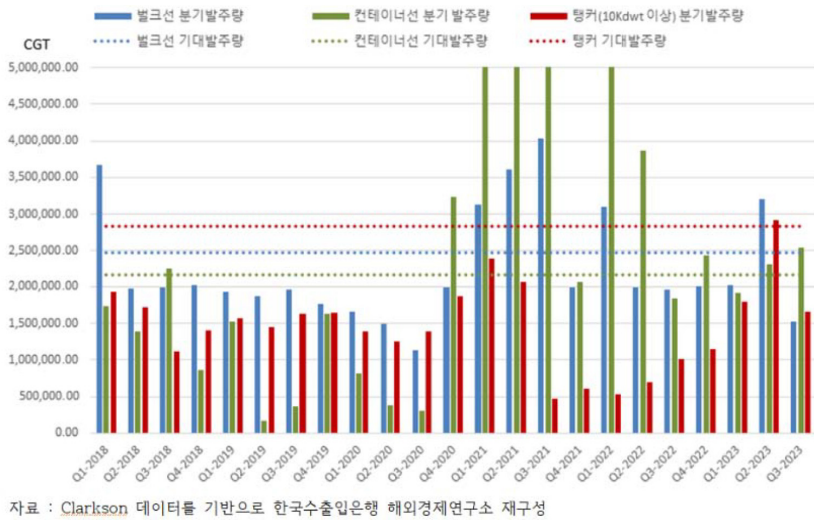
〈표 3-3〉 발주 선박별 연료 현황

단위: 천 톤, %

구분	선형(TEU)	선박 수	전체 용량 (천 TEU)	인도 연도	주 엔진 연료 종류
2024.2	1,400	1	1.4	2026	Ammonia, VLS IFO
2024.2	8,258	2	16.5	2026-27	IFO 380
2024.1	4,382	4	17.5	2027	IFO 380
2024.1	13,000	12	156.0	2027-28	Methanol, VLS IFO
2024.1	1,250	1	1.3	2026	Methanol, VLS IFO
2024.1	1,250	1	1.3	2026	Methanol, VLS IFO
2023.11	430	2	0.9	2025	IFO 380
2023.10	1,250	2	2.5	2026	Methanol, VLS IFO
2023.10	693	2	1.4	2025	Unknown
2023.9	2,700	2	5.4	2025-26	VLS IFO

자료: Drewry(2024), p. 45

〈그림 3-8〉 주요 선종별 환경규제 효과에 의한 기대발주량 및 실제발주량

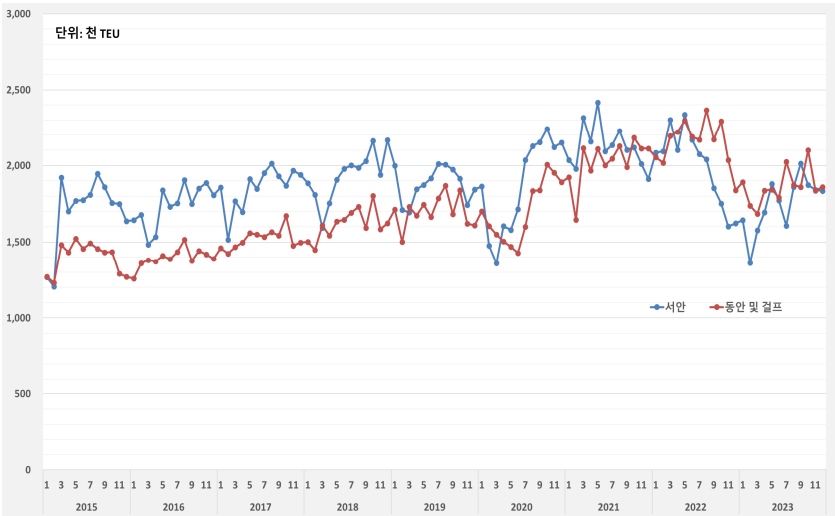


자료: 양종서(2022), p. 5

2) 미국 동부 항만의 성장

미국은 코로나19 팬데믹을 거치면서 LA항, 롱비치항이 중심이 되는 산페드로(San Pedro)만의 하역이 지연되면서 심각한 항만 적체를 경험하게 되었다. 또한 재계약 시점이 되면 발생하는 미 서부의 국제항만창고노동조합(International Longshoremen's and Warehousemen's Union, ILWU)과 태평양선주협회(Pacific Maritime Association, PMA) 간의 마찰도 항만의 불안 요소로 작용하고 있다. 2022년에는 미국 철도회사와 철도노조 간의 갈등으로 내륙 운송에 병목 현상이 발생하면서 항만의 화물처리에도 영향을 주었다. 미국의 수출입 관문 역할을 하는 서부 항만과 내수가 많은 동부 간 화물 운송이 영향을 받으면서 동부 항만의 물동량이 증가하기도 하였다. 〈그림 3-9〉는 주요 컨테이너 항만의 미국 동부와 서부 간 실적 추이를 보여주고 있다.

〈그림 3-9〉 미국 주요 9개 컨테이너 항만의 동-서 간 실적 추이



주: 서부의 LA항, 롱비치항, NWSA(시애틀, 타코마), 오클랜드항, 동부의 NY/NJ항, 조지아(서배너)항, 버지니아(노퍽)항, 휴스턴항, 사우스 캐롤라이나(찰스턴)항의 물동량을 집계하여 저자 작성
자료: The Port of Los Angeles(검색일: 2024.5.18.); Port of Long Beach(검색일: 2024.5.18.); The Port Authority of New York and New Jersey(검색일: 2024.5.18.); Georgia Ports Authority(검색일: 2024.5.18.); The Northwest Seaport Alliance(검색일: 2024.5.18.); Virginia Port Authority(검색일: 2024.5.18.); Port Houston(검색일: 2024.5.18.); Port of Oakland(검색일: 2024.5.18.); South Carolina Ports Authority(검색일: 2024.5.18.)

서부 항만의 수출입 물동량 일부는 동부와 내륙철도 운송을 거쳐야 하기 때문에 폭설 등 이상기후로 내륙 운송에 차질이 발생하기도 한다. 이처럼 다양한 이유로 서부의 관문 항만인 LA항과 롱비치항은 뉴욕-뉴저지항과 서배너항 등 미 동부 항만의 도전을 받고 있다. 그래프를 보면, 실제로도 그간 서부 항만이 앞섰던 항만물동량이 2022년에는 동부 및 남부 걸프 항만에 추월당했다. 2023년 서부 항만의 물동량이 동부 및 남부를 다시 앞지르기는 했으나 그 격차는 크지 않았다.

과거, 미 동부 항만은 아시아발 화물을 처리하기에는 제약이 있었다. 서부 항만 대비 먼 거리도 문제가 되었으나, 무엇보다 파나마운하 통과가 가능한

최대 선형인 파나막스(Panamax)급 선박(전장 210~290m, 전폭 32.3m, 흘수 12m, 5만~8만DWT)의 컨테이너 적재 용량이 3,000~5,000TEU에 불과했기 때문이다. 먼 거리 운항에도 불구하고 선박의 규모에 제약이 있어 규모의 경제를 실현하기 어려워졌다. 이에 파나마 운하청(Autoridad del Canal de Panamá, ACP)은 선박 대형화 추세에 대응하기 위해 2007년 확장공사를 시작했다. 확장공사는 2016년 5월 마무리되어 6월에 개통하면서 포스트파나막스(Post-Panamax)급 선박의 통행이 가능해졌다. 확장공사를 마친 파나마운하는 폭 49m, 길이 366m의 포스트파나막스급 선박의 이용이 가능해졌으며, 컨테이너선 기준 약 5,000TEU에 불과했던 통행 선박의 최대 규모가 12,600TEU로 대폭 상향되었다.

미 동부 항만은 파나마운하의 변화에 맞춰 대형선 기항이 가능하도록 준비하였다. 미국 동부 최대 컨테이너 항만인 뉴욕-뉴저지항을 관리·운영하는 뉴욕-뉴저지 항만청은 2013년 항만 내 일부 터미널의 대형선 접근을 방해하는 베이욘(Bayonne) 다리의 상판을 재설치하여 형하고를 높이는 증축공사를 시작하였다. 16억 달러를 투입한 베이욘 다리 증축 공사는 2017년 형하고를 65.5m까지 확보하면서 마무리되었고 최대 1만 8,000TEU급 컨테이너선의 통항이 가능해졌다.

이러한 물류환경의 변화로 인해 동북아시아와 LA항, 롱비치항 등 미 서부를 연결하는 기존 미 서부 항로에서 뉴욕-뉴저지항 등 미 동부를 연결하는 미 동부 항로에도 관심이 쏠리게 되었다. 실제로 2022년에는 LA항과 롱비치항에 밀려 매년 컨테이너 실적 3위에 머물렀던 뉴욕-뉴저지항이 롱비치항을 넘어 2위를 기록하기도 하였다.

이처럼 글로벌 탄소중립 추진과 이에 따른 해상운송의 수단이 되는 선박의 친환경화가 중장기적인 해운물류 환경에 큰 변화를 가져다줄 것으로 보이며, 컨테이너선이 그 중심이 될 것이다. 무엇보다 최근의 변화를 고려할

때, 그간 미 서부 항만 대비 상대적으로 등한시되었던 동부 항만에 대한 관심과 연구가 필요한 시점이다.

3. 아시아-미국 동부 항로 및 연결성

1) 아시아-미 동부 항로 개설 현황

중국은 흔히 '세계의 공장'이라고 불리며 생산의 중심에 있으나, 미국은 유럽과 함께 주요한 글로벌 소비처로서 많은 소비가 이루어지고 있다. 따라서 물류의 흐름은 동에서 서로 흘러가게 된다. 특히 소비재는 주로 컨테이너에 실려 수송되고 있어 적재 컨테이너가 동북아시아에서 태평양 항로를 통해 미주로 간다. 다만 태평양 항로는 중국에서 다량의 컨테이너를 적재하고 다른 지역을 경유하지 않고 미주로 바로 넘어가는 것이 일반적이기 때문에 한·중·일 외에는 기항지가 없어 초대형선이 투입되지 않는다. 동북아시아에서 출발하여 동남아시아, 중동 등을 거쳐, 지중해나 북유럽 등으로 향하는 유럽항로와는 투입 선박의 종류나 선대 운영 전략에서 차이가 난다.

〈표 3-4〉에서 볼 수 있듯이 파나마운하를 경유하여 아시아에서 북미 동부를 오가는 항로는 회당 평균 컨테이너 물동량이 약 1만TEU로 아시아와 북미 서부를 오가는 항로의 평균 컨테이너 물동량인 약 9천TEU 대비 많은 편이다. 물론 주간 서비스 횟수에서 차이는 나지만 1만TEU급 이상 선박의 투입이 지속적으로 증가하고 있다. 이는 미 동부 항만의 수요 증가와 대형선 기항 여건이 마련되면서 생겨난 변화이다. 다만 앞서 언급한 바와 같이 초대형선은 파나마운하 수용 규모가 제약조건으로 작용하며, 기항지가 적고 미주 항만에서 많은 양의 컨테이너를 양하하는 태평양 항로 특성상 투입 선박의 규모 확대는 어려울 것으로 보인다.

〈표 3-4〉 동-서 항로 정보

단위: TEU, 회, 척

구분		2021년		2022년				2023년			
		3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
회차당 평균 명목 TEU	아시아 -북유럽	17,169	17,315	17,196	16,795	16,559	16,348	18,180	18,609	18,782	18,839
	아시아 -지중해	14,668	14,722	14,933	13,950	13,932	13,903	14,233	13,227	13,048	13,523
	아시아 -북미 서부	**8,523**	**8,291**	**8,554**	**8,639**	**8,352**	**8,231**	**8,906**	**9,068**	**8,875**	**9,271**
	아시아/북미동부 -수에즈/희망봉*	9,986	8,766	8,417	8,109	8,567	8,519	8,249	9,619	10,062	11,227
	아시아(파나마 경유) -북미 동부	**9,729**	**9,316**	**9,427**	**8,865**	**8,352**	**8,946**	**9,531**	**10,110**	**10,195**	**10,831**
	아시아 -북미 동·서부	13,661	13,844	14,161	14,757	14,803	14,383	14,296	14,641	14,456	14,456
	북유럽 -북대서양	4,473	4,823	5,425	5,168	5,050	5,485	5,767	5,478	5,467	5,128
	북유럽 -걸프/멕시코	6,600	6,337	5,207	5,357	5,130	4,956	4,941	5,047	5,113	5,254
	북유럽 -몬트리올	3,614	3,875	3,805	3,638	3,304	3,761	3,684	4,109	4,125	4,213
	북유럽 -북미 서부	4,928	4,914	4,911	4,909	4,902	4,914	4,911	4,910	4,909	4,911
	주요 동-서 항로 합계	10,905	10,786	10,919	10,606	10,483	10,545	11,194	10,814	11,407	11,872
주간 서비스 횟수	아시아 -북유럽	18	18	19	20	20	21	19	17	18	18
	아시아 -지중해	10	10	10	11	11	12	11	14	15	14
	아시아 -북미 서부	**52**	**56**	**55**	**54**	**56**	**50**	**45**	**48**	**47**	**44**
	아시아/북미동부 -수에즈/희망봉*	4	5	6	7	6	6	6	6	6	5
	아시아(파나마 경유) -북미 동부	**15**	**16**	**16**	**19**	**22**	**21**	**19**	**17**	**17**	**17**
	아시아 -북미 동·서부	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

구분		2021년		2022년				2023년			
		3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
	북유럽 -북대서양	11	10	9	9	9	9	10	10	10	10
	북유럽 -걸프/멕시코	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5
	북유럽 -몬트리올	3	3	3	4	5	5	5	4	3	3
	북유럽 -북미 서부	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	주요 동-서 항로 합계	116	121	122	127	133	128	120	122	122	117
항로별 투입 대형선 (1만 TEU 이상)	아시아 -북유럽	196	198	200	197	192	192	185	179	196	179
	아시아 -지중해	86	90	85	84	83	84	84	94	103	98
	아시아 -북미 서부	**124**	**126**	**134**	**142**	**121**	**108**	**115**	**133**	**126**	**132**
	아시아/북미동부 -수에즈/희망봉*	13	11	13	12	11	10	8	23	29	30
	아시아(파나마경유) -북미 동부	**69**	**69**	**73**	**74**	**87**	**90**	**85**	**88**	**90**	**101**
	아시아 -북미 동·서부	19	19	18	19	15	19	19	21	21	42
	북유럽 -북대서양						3	6	6	6	4
	주요 동-서 항로 합계	490	496	506	511	509	506	502	544	571	586

자료: Drewry(2024), p. 63

〈표 3-5〉는 Drewry에서 제공하는 아시아와 미 동부(동-서) 항로의 종류와 기항지, 투입 선대 규모와 선복량 등을 정리한 자료이다. 태평양 횡단 항로 중, 아시아와 북미 서부를 연결하는 동서항로는 2M 7개, 오션얼라이언스(Ocean Alliance) 8개, 디얼라이언스(Ocean Alliance) 4개, 그 외 6개로 총 25개가 개설되어 있으며, 총 337척이 투입되었다. 그 중 부산항을 기항하는 항로는 2M 5개, 오션얼라이언스 4개, 디얼라이언스 3개, 그 외

2개로 총 14개이며, 투입된 선박은 총 168척이다. Drewry는 중간 기항 항만(wayport)에 대한 사항과 재화중량(deadweight), 하이큐브(Hight-Cube) 컨테이너 등을 반영하여 자체적으로 산정된 선복량 규모를 추정하고 있다. 전체 아시아-미 동부 항로의 선복량은 아시아행(east bound)이 844만 6,965TEU이며, 미 동부행(west bound)이 785만 9,836TEU이다. 부산항을 기항하는 항로만을 살펴보면, 아시아행이 525만 2,323TEU, 미 동부행이 453만 1,068TEU이다.

〈표 3-5〉 아시아-미 동부(동-서) 항로 정보

단위: 척, TEU

구분		2021년 기항지	선대 규모	선복량		조정 선복량 (TEU)	
				평균	연간	서→동	동→서
2M	**TP18 /Lone Star Express /ZGC**	CNSHA, CNNGB, KRPUS, USMOB, USHOU, USMSY, USMIA, BSFPO, PAROD, KRPUS, CNSHA	11	6,065	316,229	298,204	159,379
2M /Zim	**TP10 /Amberjack /ZCP**	**CNTAO, CNNGB, CNSHA, KRPUS, JMKIN, USCHS, USSAV, USORF, JMKIN, KRPUS, CNTAO**	**13**	**11,321**	**590,277**	**445,305**	**396,666**
2M	TP11 /Elephant /ZNF	THLCH, SGSIN, MYTPP, LKCMB, OMSLL, USEWR, USORF, USSAV, MYTPP, THLCH	12	6,897	359,610	203,467	302,072
2M	**TP12 /Empire /ZBA**	**CNYTN, CNXMN, CNNGB, CNSHA, KRPUS, USEWR, USORF, USBAL, LKCMB, MYTPP, CNYTN**	**13**	**7,817**	**407,578**	**384,346**	**291,010**
2M	TP17 /America /Z7S	HKHKG, CNNSA, CNYTN, VNCMT, SGSIN, USNYC, USCHS, USSAV, USMIA, BSFPO, MYTPP, HKHKG	13	5,494	286,457	270,129	192,499
2M	**TP16 /Emerald /ZSA**	**CNXMN, CNYTN, CNSHA, KRPUS, PACTB, USSAV, USJAX, USILM, USNYC, SGSIN, CNXMN**	**13**	**6,453**	**336,459**	**253,824**	**282,626**

구분		2021년 기항지	선대 규모	선복량		조정 선복량 (TEU)	
				평균	연간	서→동	동→서
2M /Zim	**TP88 /Pelican /ZGX**	CNXMN, CNYTN, KRPUS, USHOU, USMOB, USTPA, PABLB, KRPUS, CNXMN	11	7,654	399,080	376,332	268,182
2M (Maersk, MSC, Sealand, Hamburg-Sud)			86	7,386	385,099	2,231,607	1,892,434
						26.40%	24.10%
Ocean Alliance	**Manhattan Bridge /NUE2/AWE2 /CECP**	**CNTAO, CNNGB, CNSHA, KRPUS, USNYC, USORF, USSAV, CNLYG, CNTAO**	**11**	**6,615**	**344,906**	**325,246**	**289,721**
Ocean Alliance	Columbus JAX /PE1/SEAP /AWE5	CNYTN, CNSHK, CNNSA, VNCMT, SGSIN, MYPKG, LKCMB, MAPTM, CAHAL, USNYC, USORF, USSAV, USCHS, MYPKG, SGSIN, THLCH, VNCMT, CNYTN, USLAX, USOAK, CNYTN	21	14,122	736,321	486,046	618,510
Ocean Alliance	GMXP /GME	CNSHA, CNNGB, CNXMN, CNYTN, USHOU, USMOB, USTPA, CNSHA	10	7,516	391,884	369,547	329,183
Ocean Alliance	SAX/ECX1 /AWE4	VNCMT, HKHKG, CNYTN, CNXMN, CNSHA, PAONX, USNYC, USSAV, USCHS, VNCMT	11	10,163	529,899	374,771	445,115
Ocean Alliance	TWS/AUE /ECC1/AWE3	MYPKG, VNCMT, CNXMN, TWKHH, HKHKG, CNYTN, PAONX, USSAV, USNYC, USORF, USBAL, MYPKG	13	11,860	618,380	437,349	389,579
Ocean Alliance	**AW4/NUE /ECC2/AWE1**	**CNTAO, CNSHA, CNNGB, KRPUS, PAONX, USSAV, USCHS, USBOS, USNYC, PAONX, CNTAO**	**12**	**10,691**	**557,429**	**394,242**	**351,180**
Ocean Alliance	**PG6/PEX3 /GME2/GCC1**	SGSIN, VNVUT, CNSHK, CNNGB, CNSHA, KRPUS, USHOU, USMOB, USMSY, SGSIN	12	8,277	431,563	406,964	362,513
Ocean Alliance	**CBX/AWE7 /ECC3**	**SGSIN, THLCH, CNYTN, CNNGB, CNSHA, KRPUS, JPYOK, USORF, USSAV, USCHS, USMIA, SGSIN**	**12**	**5,734**	**298,971**	**281,930**	**251,136**
Ocean Alliance			91	9,766	509,207	3,076,095	3,036,937

구분		2021년 기항지	선대 규모	선복량		조정 선복량 (TEU)	
				평균	연간	서→동	동→서
(CMA CGM, COSCO, Evergreen, OOCL)						36.40%	38.60%
THE Alliance	**EC1**	**TWKHH, CNXMN, CNSHA, CNNGB, KRPUS, CNYTN, USNYC, USORF, USCHS, USSAV, SGSIN, TWKHH**	**14**	**10,511**	**548,044**	**516,805**	**460,357**
	EC2	**CNTAO, CNNGB, CNYTN, CNSHA, KRPUS, COCTG, USSAV, USCHS, USILM, USORF, COCTG, KRPUS, CNTAO**	**15**	**10,573**	**551,276**	**441,876**	**393,611**
	EC5	THLCH, VNCMT, SGSIN, LKCMB, CAHAL, USNYC, USORF, USSAV, USJAX, USCHS, USNYC, CAHAL, AEJEA, SGSIN, THLCH	14	11,020	574,583	433,465	386,119
THE Alliance /Evergreen	**EC6 /AUG**	TWKHH, HKHKG, CNYTN, CNNGB, CNSHA, KRPUS, USHOU, USMOB, TWKHH	13	6,938	361,747	341,127	303,867
THE Alliance (Hapag-Lloyd, ONE, Yang Ming, HMM)			159	9,090	473,971	1,733,273 20.50%	1,543,954 19.60%
Bahri	N America	SADMM, INENR, IDTPP, VNSGN, CNSHA, CNTAG, USPEN, USHOU, USILM, USBAL, ITGOA, EGALY, SAJED, AEAUH, AEJEA, SADMM	4	1,009	13,152	6,201	3,315
Wan Hai /Hapag-Lloyd	AA7	CNSHA, CNNGB, TWTPE, CNSHK, VNCMT, SGSIN, LKCMB, USNYC, USORF, USCHS, USSAV, PACTB, CNSHA	14	9,362	488,135	368,249	369,030
MSC	**New Santana**	**CNSHA, CNTAO, KRPUS, MXZLO, PACTB, DOCAU, USNYC, CNYTN, CNNGB, CNSHA**	**13**	**13,328**	**694,922**	**655,311**	**583,734**
Sea Lead Shipping	**AEC**	**CNNSA, CNNGB, CNSHA, CNTAO, KRPUS, MXZLO, USJAX, USCHS, USNYC, USORF, CNNSA**	**5**	**6,260**	**163,198**	**130,811**	**137,086**

구분		2021년	선대 규모	선복량		조정 선복량 (TEU)	
		기항지		평균	연간	서→동	동→서
Zim	ZXB	VNCMT, VNHPH, CNYTN, TWKHH, CNSHA, MXLZC, COCTG, USBAL, USORF, USNYC, USBOS, VNCMT	11	5,475	285,467	215,357	239,792
Transfar Shipping	AES3	THLCH, VNCMT, CNYTN, CNSHA, CNNGB, CNTAO, USLGB, MXZLO, MXLZC, USHOU, USJAX, USCHS, USORF, USNYC, THLCH	3	4,367	63,755	30,061	53,554
Others			50	6,634	284,772	1,405,990	1,386,511
						16.60%	17.60%
합계(조정 용량)			337	8,219	1,653,048	8,446,965	7,859,836

자료: Drewry(2024), 별도 제공 파일 활용

부산항(KRPUS)을 기항하면서, 미 동부 4대 컨테이너 항만인 NY/NJ항(USNYC), 조지아주의 서배너항(USSAV), 버지니아주의 노퍽항(USSORF), 사우스캐롤라이나의 찰스턴항(USCHS) 중 1개 이상의 항만을 기항하는 항로는 10개이며, 투입되는 컨테이너선은 총 121척이다. 아시아-미 동부 개설 항로 25개 중 40%가 이에 해당하며, 전체 투입 선박 규모 337척 중 35.9%가 이 항로에 투입된다. 해당 항만의 선복량을 산정하면, 아시아행이 382만 9,696TEU, 미 동부행이 343만 7,127TEU이다.

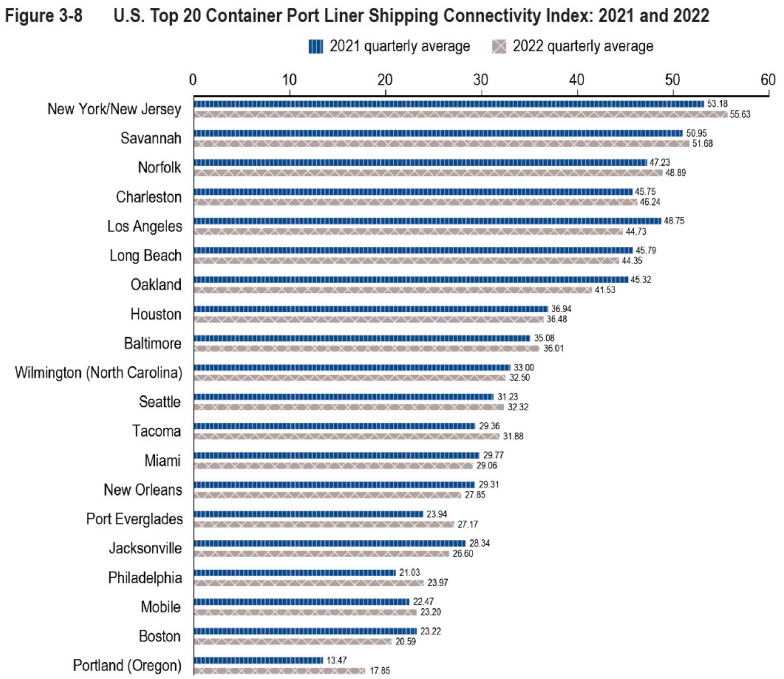
2) 항로 연결성 현황

서부 항만은 주로 한국, 중국, 일본으로 제한되는 동아시아 국가와 비교적 먼 항로로 연결되어 있으나 동부 항만은 서유럽의 많은 국가와 상대적으로 짧은 항로로 연결되어 있다. 다만 항만의 연결성은 항로 변경 및 선사 간 네트워크 변화로 일반적으로 쉽게 비교하기는 어렵다. 이에 유엔무역개발회의(UNCTAD)는 2004년에 컨테이너 선사 연결성 지수(The Liner

Shipping Connectivity Index, LSCI)를 개발했으며, LSCI는 국가와 항만, 해운 네트워크 간 연결성을 평가하는 지표로 활용되고 있다. LSCI가 높은 항만은 상대적으로 낮은 항만 대비 화주의 선택지가 넓어지기 때문에 유리한 여건을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 〈그림 3-10〉은 2021년과 2022년 미국 주요 항만의 연결성 지수 변화를 보여주고 있다.

미국 주요 동부 항만인 뉴욕-뉴저지항, 조지아주의 서배너항, 버지니아주의 노퍽항, 사우스 캐롤라이나주의 찰스턴항 등 4개 항만의 연결성 지수가 전년 대비 증가하면서 1~4위를 차지했다. 반면, 서부 주요 항만인 LA항, 롱비치항, 오클랜드항은 5~7위를 차지했으나, 연결성 지수는 감소하였다. 그 외 남부 멕시코만에 위치한 텍사스주의 휴스턴항, 동부 매릴랜드주의 볼티모어항, 노스 캐롤라이나주의 윌밍턴항이 8~10위를 기록하였다. 11~12위를 기록한 서부 워싱턴주의 시애틀항과 타코마항의 연결성도 크게 증가하였으나 10위권 안에 진입하지는 못하였다.

〈그림 3-10〉 미국 주요 20개 컨테이너 항만의 연결성 지수 변화(2021년, 2022년)



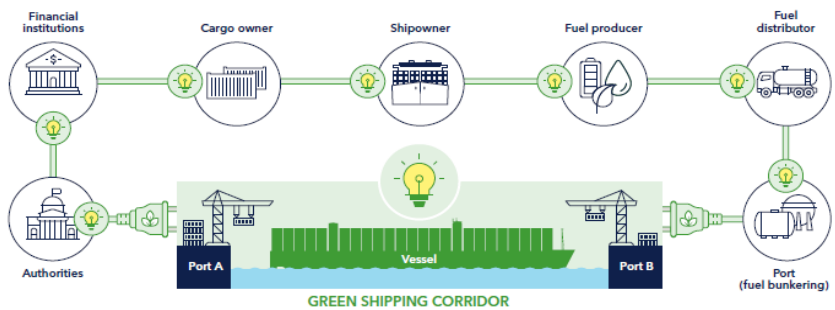
자료: Bureau of Transportation, Bureau of Transportation Statistics(검색일: 2024.9.5.)

제2절 한-미 동부 녹색해운항로 구성요인

1. 녹색해운항로의 생태계 및 주요 구성요소

녹색해운항로는 저탄소·무탄소 연료와 친환경 기술을 활용하여 항만 간 해상운송 전 과정에서 탄소배출이 제로인 항로를 의미하며, 친환경 연료의 생산·공급부터 관련 항만 인프라 구축, 정책 및 금융지원에 이르기까지 전 주기적 접근을 통해 지속가능한 해운 생태계를 구현하는 것이 핵심 개념이다.

〈그림 3-11〉 DNV가 제시한 녹색해운항로 생태계 개념도



자료: DNV(2023), p. 63

따라서 녹색해운항로를 구축하는 데 가장 중요한 요소는 친환경 선박, 항만 인프라, 친환경 연료이며[25], 관련 산업과 정부 간 협력도 필요하다. 여기에는 연료 생산자, 선사, 화주 간 협력뿐만 아니라 새로운 가치사슬 창출도 포함된다. 이 밖에 친환경 연료의 안전한 운용을 가능하게 하는 새로운 규정, 계약, 정책 및 시설 등도 필요하다.[26]

25) 장경석(2023) p. 13.
26) Admiralty Maritime Data Solutions(검색일: 2024.5.6.)

각 구성 요소별로 기능과 역할을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 친환경 선박 부문에서는 제로 배출 연료 탱크, 적절한 에너지 전환을 위한 내연기관 또는 연료 전지, 저탄소/무탄소 추진 시스템 적용, 에너지 효율 향상 기술 도입, 그리고 배출가스 저감 장치 장착 등을 추진한다.

항만 분야에서는 제로 배출 연료 저장 및 벙커링 시설 구축이 필요하며, 이는 트럭-선박, 선박-선박 등의 연료공급 방식이나 전기 충전 인프라 등이 포함될 수 있다. 또한 에너지 효율 모니터링 및 관리, 디지털 기술을 활용한 스마트 운영도 요구된다.

친환경 연료 공급 측면에서는 저탄소 또는 무탄소 연료 개발 및 생산(또는 수입), 연료 공급 인프라 구축, 그리고 연료 품질 및 안전성 보장이 중요하다.

녹색해운항로의 가장 큰 이해관계자라고 할 수 있는 선사는 친환경 선박 도입 및 운영, 최적 항로 및 운항 효율성 관리, 친환경 기술 투자 및 적용을 담당한다.

항만 당국은 친환경 항만 인프라 구축, 규제 및 정책 이행, 항만 운영의 환경 영향 관리를, 정부 및 규제기관은 녹색해운 정책 및 규제 수립, 인센티브 제도 운영, 국제 협력 및 표준화 추진을 담당한다.

그 외 기술개발 관련 기업들은 친환경 선박 기술개발, 스마트 항만 솔루션 제공, 배출가스 저감 기술 혁신을 추진하고, 마지막으로 금융기관은 녹색해운 프로젝트 금융 지원, 친환경 투자 상품 개발, 리스크 관리 및 보험 서비스 제공 역할을 수행한다.

〈표 3-6〉 녹색해운항로의 주요 구성 요소

부문	주요 내용
친환경 선박	• 제로 배출 연료 탱크 • 적절한 에너지 전환(내연기관 또는 연료 전지 등) • 저탄소/무탄소 추진 시스템 적용 • 에너지 효율 향상 기술 도입 • 배출가스 저감 장치 장착
항만	• 제로 배출 연료 저장 • 제로 배출 연료 벙커링 – 트럭 대 선박, 선박 대 선박 등 / 또는 전기 충전 인프라 • 에너지 효율 모니터링 및 관리 • 디지털 기술을 활용한 스마트 운영
친환경 연료	• 저탄소/무탄소 연료 개발 및 생산(또는 수입) • 연료 공급 인프라 구축 • 연료 품질 및 안전성 보장
해운	• 친환경 선박 도입 및 운영 • 최적 항로 및 운항 효율성 관리 • 친환경 기술 투자 및 적용
항만 당국	• 친환경 항만 인프라 구축 • 규제 및 정책 이행 • 항만 운영의 환경 영향 관리
정부정책 및 규제	• 녹색해운 정책 및 규제 수립 • 인센티브 제도 운영 • 국제 협력 및 표준화 추진
기술개발	• 친환경 선박 기술개발 • 스마트 항만 솔루션 제공 • 배출가스 저감 기술 혁신
금융	• 녹색해운 프로젝트 금융 지원 • 친환경 투자 상품 개발 • 리스크 관리 및 보험 서비스 제공
화주	• 친환경 운송 수요 창출 • 지속가능한 공급망 구축 • 탄소 발자국 감소 노력

부문	주요 내용
선박	 탄소중립 (친환경선박) 에너지전환
항만	 탄소중립 연료저장, 탄소중립 벙커링, 전기충전 인프라
연료	 공급연료 가용성 (바이오메스, 신재생에너지), 탄소중립 연료(생산·수입)

자료: Admiralty Maritime Data Solutions(검색일: 2024.5.6.); (사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.), p. 6.등을 바탕으로 저자 재작성

2. 주요 역할 및 참여자 협력의 기대 효과

1) 참여자 정의

앞서 기술한 바와 같이 녹색해운항로를 통한 해운 부문의 탈탄소화와 연료공급을 가속화하기 위해서는 선박, 해운, 항만, 연료공급을 비롯한 기타 가치사슬상의 참여자 간 파트너십 구축이 필수적이다. 협력을 통해 녹색해운항로 구축의 장애요인을 파악하고 이를 해소하기 위한 조치사항을 모색하는 것이 중요하기 때문이다. 협력 과제들은 규제 프레임워크, 인센티브, 각종 정보공유 및 인프라 구축 등이 있을 수 있다.

한편 녹색해운항로의 참여자는 항로별로 대동소이하다. 따라서 앞서 살펴본 녹색해운항로의 생태계 및 주요 구성요소를 바탕으로 한-미 동부 항만의 녹색해운항로 구축 시 구체적인 참여자와 주요 역할을 살펴보면 다음과 같다.

해운 부문에서는 해운선사와 선주협회 등이 주요 참여자로, 친환경 선박 도입 및 운영, 녹색항로 운항계획 수립 등의 역할을 담당한다.

항만 부문에서는 항만공사와 터미널 운영사가 중심이 되어 친환경 항만 인프라 구축, 선박 배출가스 저감 설비 도입 등을 주도한다.

연료공급 부문에서는 에너지 기업과 연료 공급업체 등이 친환경 연료 생산 및 공급, 벙커링 인프라 구축을 담당한다.

조선 부문에서는 조선소, 선박 설계 회사, 기자재업체, 국제표준화기구 등이 친환경 선박 설계 및 건조, 신기술개발, 친환경 선박 및 기술 인증, 국제 표준 수립 등을 맡는다.

금융 부문은 은행(한국수출입은행, 한국산업은행 등), 투자사(한국투자공사, 한국성장금융투자운용 등), 보험사(한국선주상호보험조합 등), 그리고 관련 공기업(한국해양진흥공사, 한국무역보험공사 등)이 참여하여 선박 수출 금융 지원, 해외 친환경 프로젝트 금융 지원, 해운기업 지원을 위한 금융 제공, 해운 및 조선 산업 관련 수출 보험 및 보증 제공 등의 역할을 수행한다.

정부 및 규제기관 부문에서는 해양수산부, 환경부, 국제해사기구(IMO) 등이 정책 및 규제 수립, 국제 협력 추진, 인센티브 제도 마련 등을 담당한다.

연구 및 기술개발 부문에서는 대학, 연구소, 기술개발기업 등이 친환경 기술 연구 및 개발, 실증 사업 수행 등을 맡는다.

화주 부문에서는 대형 화주와 물류 기업들이 친환경 운송 수요 창출, 녹색 물류 전략 수립 등의 역할을 한다.

마지막으로 교육 및 훈련 부문에서는 해양대학교와 기타 교육훈련기관들이 친환경 기술 인력 양성, 녹색해운 전문가 교육 등을 수행한다.

〈표 3-7〉 녹색해운항로 부문별 참여자 정의

부문	주요 참여자	주요 역할
해운	• 해운선사 • 선주협회 등	• 친환경 선박 도입 및 운영, 녹색 항로 운항 계획 수립
항만	• 항만공사 • 터미널 운영사 등	• 친환경 항만 인프라 구축, 선박 배출가스 저감 설비 도입
연료공급	• 에너지 기업 • 연료 공급업체 등	• 친환경 연료 생산 및 공급 • 벙커링 인프라 구축
조선	• (설계/건조) 조선소, 선박 설계회사 등 • (표준화) 한국선급, 국제표준화 기구 등	• 친환경 선박 설계 및 건조 • 신기술개발 • 친환경 선박 및 기술 인증, 국제 표준 수립
금융	• (은행) 수출입은행, 산업은행 등 • (투자사) 한국투자공사, 한국성장금융 등 • (보험사) 한국선주상호보험조합, 기타 민간 보험사 등 • (관련 공기업) 해양진흥공사, 무역보험공사 등	• 선박 수출 금융 지원, 해외 친환경 프로젝트 금융 지원 • 해운기업 지원을 위한 금융 제공, 선박 신조 및 매입 지원, 해운산업 경쟁력 강화를 위한 금융 지원 • 해운 및 조선 산업 관련 수출 보험 및 보증 제공
정부 및 규제기관	• (한) 해양수산부 등 • (미) 에너지부 등 • (국제기구) 국제해사기구(IMO) 등	• 정부간 녹색해운항로 추진 협약 체결, 국제협력 추진 • 정책 및 규제 수립, 인센티브 제도 마련
연구 및 기술개발	• 대학, 연구소, 기술 기업 등	• 친환경 기술 연구 및 개발, 실증 사업 수행
화주	• 대형 화주, 물류 기업 등	• 친환경 운송 수요 창출, 녹색 물류 전략 수립
교육 및 훈련	• 대학교 관련 학과, 기타 교육훈련기관 등	• 친환경 기술 인력 양성, 녹색해운 전문가 교육

자료: Maersk Mc-Kinney Moller Center, RMI(2023), p. 42를 바탕으로 저자 작성

2) 참여자 협력의 기대효과

녹색해운항로는 이해관계자 간 협력과 기술혁신을 촉진하고, 수요 창출과 투자 활성화를 이끌어냄으로써 해운 부문의 탈탄소화를 위한 전방위적인 변화를 주도할 것으로 기대된다. 녹색해운항로의 성공적인 이행은 단순히 개별 기술이나 연료의 도입에 그치는 것이 아니라, 인프라, 비즈니스 모델, 금융, 규제 등 다양한 측면에서의 변화를 수반하는 종합적인 전환을 의미한다.[27]

녹색해운항로는 집중성, 확장성, 파급력을 갖춘 탈탄소화 촉진 수단으로, 전략적으로 선택된 항로에 자원과 역량을 집중 지원함으로써 가시적인 성과를 기대할 수 있다. 이는 해운선사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관 등 다양한 참여자들의 협력을 통해 실현된다.

특히 녹색해운항로는 연료 생산자, 선주, 선사, 화주, 규제 당국 등 전체 가치사슬 차원의 협력 플랫폼 역할을 한다. 이를 통해 대체 연료, 엔진 설계, 배기가스 처리 등 분야에서 기술혁신을 가속화하고, 대규모 실증 사업을 위한 최적의 환경을 제공한다. 조선소와 기자재 업체들은 이러한 환경에서 친환경 선박 설계 및 건조, 신기술개발에 주력할 수 있다. 또한 녹색해운항로는 관련 인프라 구축과 표준 확립을 선도하고, 산업계 전반의 협력을 도출하며, 정부와 금융기관의 지원을 유도하는 데 중요한 역할을 한다. 정부 및 규제기관은 이를 바탕으로 효과적인 정책 및 규제를 수립하고, 국제 협력을 추진할 수 있다.

나아가 저탄소·무탄소 연료와 기술에 대한 안정적이고 예측 가능한 초기 수요 창출은 공급 측면의 투자를 유인하고 가격 경쟁력을 향상시키는 선순환 구조를 형성한다. 이는 에너지 기업과 연료 공급업체들이 친환경 연료 생산 및 공급, 벙커링 인프라 구축에 적극적으로 나서게 하는 동기가 된다. 또한 특정 항로에 집중된 수요에 따른 규모의 경제 효과는 신규 시장 형성을 촉진할

27) UNFCC(2022.11.17.)(검색일: 2024.5.6.)

것으로 예상된다. 이는 화주들이 친환경 운송 수요를 창출하고 녹색 물류 전략을 수립하는 데 영향을 미친다.

이에 더해 녹색해운항로에 참여하는 기업들이 공동으로 공급망 전환 비용과 리스크를 분담함으로써 개별 기업의 투자 부담을 경감시킬 수 있다. 이는 금융 기관들이 녹색해운 프로젝트에 대한 금융 지원, 친환경 투자 상품 개발, 리스크 관리 서비스 제공 등을 적극적으로 추진하게 하는 요인이 된다.

결과적으로, 녹색해운항로의 참여자 간 협력은 해운산업의 친환경 전환을 가속화하고, 관련 기술 및 산업 발전을 촉진하며, 국제 협력을 강화하는 등 다양한 긍정적 효과를 창출할 것으로 기대된다. 이를 통해 해운 부문의 지속가능한 발전과 글로벌 기후변화 대응에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제3절 소결

본 장에서는 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 구성요인 및 참여자를 정의하기에 앞서, 미국 항만의 현황과 특징, 물류환경 변화, 그리고 아시아-미국 동부 항로 및 연결성에 대한 분석이 이루어졌다.

미국의 항만은 크게 태평양을 접한 서부, 대서양을 접한 동부, 멕시코만을 접한 남부로 구분한다. 파나마 운하를 기준으로 '서부'와 '동부 및 남부' 항만으로 나눌 수 있으며, 컨테이너 주요 항만은 상대적으로 서부의 비중이 높으나, 전반적인 항만의 수는 남부와 동부의 비중이 높다.

최근 물류환경의 변화로 친환경 선박의 증가와 미국 동부 항만의 성장이 두드러진다. LNG 추진선, 메탄올 연료 사용 선박 등 친환경 선박의 발주가 증가하고 있으며, 특히 컨테이너선을 중심으로 이러한 변화가 일어나고 있다. 미국 동부 항만의 경우, 파나마운하 확장 공사 완료와 함께 대형선 기항이 가능해지면서 성장세를 보이고 있다.

아시아-미 동부 항로의 경우, 파나마운하를 경유하여 아시아에서 북미 동부를 오가는 항로의 회당 평균 컨테이너 물동량이 약 1만TEU로, 아시아와 북미 서부를 오가는 항로보다 많은 편이다. 특히 부산항을 기항하면서 미 동부 4대 컨테이너 항만(NY/NJ항, 서배너항, 노퍽항, 찰스턴항) 중 1개 이상의 항만을 기항하는 항로는 10개이며, 전체 아시아-미 동부 개설 항로의 40%를 차지한다.

항만 연결성 측면에서는 미국 주요 동부 항만의 연결성 지수가 증가하며 상위권을 차지하고 있다. 이는 동부 항만들이 글로벌 해운 네트워크에서 중요성을 더해가고 있음을 시사한다.

이러한 물류 특성을 바탕으로, 녹색해운항로는 저탄소·무탄소 연료와 친환경 기술을 활용하여 항만 간 해상운송 전 과정에서 탄소배출을 제로화하는 항로로 정의된다. 이는 친환경 연료의 생산·공급부터 관련 항만 인프라 구축, 정책 및 금융지원에 이르기까지 전 주기적 접근을 통해 지속가능한 해운 생태계를 구현하는 것을 목표로 한다.

녹색해운항로 구축의 주요 구성요소로는 친환경 선박, 친환경 연료 생산, 항만 인프라, 정책 및 규제, 금융 지원 등이 있다. 친환경 선박은 저탄소/무탄소 추진 시스템, 에너지 효율 향상 기술, 배출가스 저감 장치 등을 갖추어야 한다. 친환경 연료 생산은 저탄소/무탄소 연료 개발 및 생산, 연료 공급 인프라 구축 등이 포함된다. 항만 인프라는 제로 배출 연료 저장 및 벙커링 시설, 에너지 효율 모니터링 시스템 등이 필요하다.

녹색해운항로 구축을 위해서는 다양한 이해관계자들의 참여와 협력이 필수적이다. 주요 참여자로는 해운선사, 항만공사, 터미널 운영사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관, 정부 및 규제기관, 연구기관, 화주 등이 있다. 각 참여자들은 자신의 역할을 수행하면서 동시에 다른 참여자들과 긴밀히 협력해야 한다.

녹색해운항로 구축의 기대효과로는 해운 부문의 탈탄소화 촉진, 기술혁신 가속화, 안정적인 초기 수요 창출, 투자 활성화 등이 있다. 녹색해운항로는 집중성, 확장성, 파급력을 두루 갖춘 탈탄소화 촉진 수단으로, 전략적으로 선택된 항로에 자원과 역량을 집중함으로써 가시적인 성과를 기대할 수 있다.

결론적으로, 한-미 동부 녹색해운항로 구축은 현재의 물류 특성과 변화하는 환경을 고려하여 추진되어야 한다. 이는 단순히 특정 항로의 탈탄소화를 넘어 해운산업 전반의 친환경 전환을 가속화하고, 관련 기술 및 산업 발전을 촉진하며, 국제 협력을 강화하는 등 다양한 긍정적 효과를 창출할

것으로 예상된다. 그러나 이를 위해서는 다양한 이해관계자들의 적극적인 참여와 협력, 그리고 정부의 일관된 정책 지원이 필수적이다. 향후 구체적인 실행 계획 수립과 이행 과정에서 각 참여자의 역할과 책임을 명확히 하고, 효과적인 협력 체계를 구축하는 것이 중요할 것이다.

04
한-미 동부 녹색해운항로 구성 분야별 전문가 의견 분석

제1절 분석 개요

1. 연구방법론

본 연구에서는 한-미 동부 항만 간 녹색해운 협력방안을 도출하기 위해 Colaizzi(1978)의 현상학적 연구방법을 적용한 질적연구방법론을 채택하였다. 본 연구에서 질적연구방법론을 선택한 주된 이유는 한-미 녹색해운 구축에 관한 다양한 이해관계자들의 경험과 의견을 심층적으로 분석하고, 이를 바탕으로 실효성 있는 협력 방안을 도출하고자 함이었다. Colaizzi의 방법론은 복잡한 현상을 체계적으로 이해하고 구조화하는 데 특히 적합하여, 본 연구의 목적에 부합하는 것으로 판단되었다.

질적연구방법론은 이해관계자 설문조사 분석에 매우 유용한 도구로 활용될 수 있다. 이 방법론의 강점은 복잡한 현상에 대한 심층적 이해를 가능하게 하는 데 있다. 녹색해운항로 구축과 같은 다면적이고 복잡한 주제에 대해 이해관계자들의 경험과 인식을 깊이 있게 파악할 수 있으며, 응답자의 답변을 단순히 수치화하지 않고 그 맥락과 배경을 함께 고려한다는 점에서 중요하다.

또한 이 방법론은 개방형 질문을 주로 사용함으로써 예상치 못한 새로운 통찰을 얻을 수 있는 유연성을 제공한다. 이는 복잡한 이해관계가 얽힌 녹색해운항로 구축 과정에서 중요한 장점이 될 수 있다. 이를 통해 다양한 응답에서 반복되는 패턴과 주요 주제를 체계적으로 도출할 수 있어, 이해관계자들의 공통된 관심사와 우려사항을 효과적으로 파악할 수 있다.

질적연구방법론은 복잡한 현상을 단순화하지 않고 그 복잡성을 그대로 해석하고 이해하는 데 적합하다. 이는 다양한 이해관계자들의 상충되는 의견이나 복잡한 상호작용을 분석하는 데 유용하며, 연구 결과를 수치나 간단한 요약이 아닌 풍부한 서술로 제시할 수 있게 한다. 이를 통해 녹색해운항로 구축에 관한 복잡한 현실을 보다 생생하게 전달할 수 있다.

더불어, 이 방법론은 표면적인 응답 뒤에 숨겨진 의미나 동기를 발견하는 데 효과적이다. 이는 이해관계자들의 진정한 요구사항이나 우려사항을 파악하는 데 도움이 되며, 궁극적으로 정책 입안자들에게 실질적이고 깊이 있는 인사이트를 제공할 수 있다. 이러한 인사이트는 보다 효과적이고 현실성 있는 녹색해운항로 구축 정책을 수립하는 데 크게 기여할 수 있다.

이와 같은 다양한 특성들로 인해 질적연구방법론은 복잡한 이해관계자 설문조사 분석, 특히 본 연구의 주제인 녹색해운항로 구축과 같은 다면적이고 복잡한 주제에 대한 분석에 매우 적합하고 유용한 도구가 된다. 이 방법론을 통해 얻어진 결과는 단순한 현황 파악을 넘어, 녹색해운항로 구축에 관련된 복잡한 이해관계와 잠재적 문제점들을 심층적으로 이해하고 분석할 수 있게 하여, 향후 정책 수립 및 국제 협력 방안 도출에 보다 실효성 있는 제안을 가능하게 할 수 있다.

2. 분석방법 및 절차

본 연구에서는 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 협력방안 도출을 위해 질적연구방법론을 적용하였다. 설문지 구성과 검토 및 수정, 설문지 배포 및 회수는 2024년 7월 15일부터 9월 15일까지 약 두 달 동안 진행되었다.

설문조사는 분야별(① 정부, ② 금융, ③ 해운, ④ 조선, ⑤ 항만, ⑥ 화주, ⑦ 친환경 연료(생산), ⑧ 항만공사, ⑨ 기타(제도 및 법률 등)) 전문가를 대상으로 서면 방식으로 이루어졌다. 설문지는 연구 참여자들이 자유롭게 경험을 표현하고 다양한 주제를 깊이 있게 논의할 수 있도록 폭넓은 개방형 질문들로 구성되었다. 총 15명의 전문가가 설문에 참여했으며, 특히 실제 녹색해운항로 운항이 기업의 수익에 직접적인 영향을 주는 해운 부문 관계자의 의견을 중점적으로 수렴하였다.

〈표 4-1〉 응답 참여자 기본 정보

구분	분야
참여자1	해운
참여자2	해운
참여자3	해운
참여자4	해운
참여자5	해운
참여자6	해운
참여자7	해운
참여자8	항만
참여자9	항만
참여자10	항만
참여자11	항만
참여자12	친환경 연료
참여자13	조선
참여자14	기타
참여자15	기타

자료: 저자 작성

반구조화된 질문지는 '관리 현황'과 '제도 개선 방안'으로 나누어 개발되었다. '관리 현황'은 현재 한-미 동부 녹색해운항로 구축 환경 및 현황을 파악하기 위한 것이며, '제도 개선 방안'은 이를 바탕으로 한 협력방안을 도출하기 위한 것이다.

수집된 설문 답변은 현상학적 접근법에 따라 분석되었다. 두 명의 연구자가 독립적으로 취합본을 반복 검토한 후, ATLAS.ti 질적 연구 프로그램을 활용하여 개방 코딩을 실시하였다. 질적 데이터 분석 도구인 ATLAS.ti는 베를린 공과대학교의 토마스 무어가 1989년에 개발했으며, 정형화되지 않은 자료들을 체계적으로 분석해 이론을 개발하고 가설을 검증하는 데 사용된다.

분석 단계에서는 먼저 수집된 진술문들의 의미를 파악하고, 이들 간의 공통된 의미와 관련성, 출현 빈도를 바탕으로 주제별로 분류하여 코드북을 제작하였다. 이어서 추출한 진술문과 도출된 주제들을 상호 비교하면서 더 정확한 표현으로 다듬고, 필요한 경우 재분류 작업을 수행하였다.

〈표 4-2〉 반구조화된 질문지

[관리 현황]
• 한국-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 귀 분야의 현재 준비 상황을 어떻게 평가하십니까? • 선택하신 평가에 대해 구체적인 이유와 현재 진행 중인 주요 준비 사항은 무엇입니까? • 한국-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축 시 귀 분야에서 겪는 주요 애로사항은 무엇입니까? • 이러한 애로사항의 구체적인 원인과 영향은 무엇입니까? • 향후 녹색해운항로 구축 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점들은 무엇이라고 생각하십니까? • 각 문제점에 대해 예상되는 영향과 귀하께서 생각하시는 대응 방안은 무엇입니까?
[제도 개선 방안]
• 한국-미 동부 항만 간 녹색해운항로 협력을 위해 각 이해관계자들의 역할은 무엇이라고 생각하십니까? • 협력을 촉진하기 위한 제안사항은 무엇입니까? • 양국 간 협력을 위해 미 동부 항만에 요청하고 싶은 사항은 무엇입니까? • 녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 주요 사항은 무엇입니까? • 녹색해운항로 구축을 위한 귀 분야의 대량 생산 및 공급과 관련된 주요 도전과제는 무엇입니까? • 현재의 녹색해운 정책과 기술개발 동향에 대한 평가와 개선점은 무엇입니까?

자료: 저자 작성

제2절 한-미 동부 녹색해운항로 분야별 전문가 의견분석

1. 종합

녹색해운항로 구축은 단순히 선박의 친환경 연료 전환만으로 이루어질 수 있는 것이 아니라, 연료 공급 인프라, 선박 기술, 항만 시설, 운영 시스템 등 다양한 요소들이 유기적으로 결합되어야 가능한 복합적인 과제이다. 따라서 각 분야 전문가들의 의견을 종합적으로 수렴하고 분석하는 것이 중요하다. 분야별 준비 상황을 객관적으로 평가하고, 현재의 문제점과 향후 과제를 명확히 파악함으로써, 정책 입안자들과 업계 관계자들에게 기초적이고 실질적인 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 설문 참여자들의 응답 내용 중 유의미한 부분을 단어나 문장 형태로 추출하여 검토하였다.

구성된 의미로부터 한-미 동부 녹색항로 구축의 한계점과 항로 구축 협력 방안이라는 두 가지 주제를 발견했으며, 이를 더 큰 범주로 체계화하여 9개의 주제 묶음을 도출한 결과는 다음과 같다(〈표 4-3〉 참조).

〈표 4-3〉 한-미 동부 녹색해운항로 구축방안의 주제 묶음, 주제, 의미 형성

주제 묶음	주제	의미 형성
한-미 동부 녹색 해운항로 관리방안	분야별 진행 상황 불균형	• 한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 현재 준비 상황은 분야별로 다양 (해운 및 항만 분야는 일부 우수하나 타 분야 대체로 미흡)
		• 해운 분야는 메탄올 연료 추진 컨테이너 발주가 진행 중이나 대체연료의 가용성과 주요 항구의 벙커링 인프라 부족
		• 개선점: 분야별 협력 체계 구축 및 통합적인 인프라 개발
	초기 단계의 인프라 구축	• 벙커링 인프라와 친환경 연료를 공급할 수 있는 시설 부족 → 선박 운항에 제약
		• 개선점: 벙커링 인프라 구축, 친환경 연료 공급망 확충

주제 묶음	주제	의미 형성
	친환경 연료의 낮은 경제성	• 친환경 연료의 높은 생산비용으로 경제성 확보의 어려움, 기술적 불확실성 → 선사들의 친환경 연료 사용 의지 부족
		• 정부 간 미래 연료 확산에 대한 구체적 합의 내용 부재 → 업계의 장기적 계획 수립에 어려움
		• 개선점: 암모니아 엔진 개발 등 기술의 상용화 추진, 정부간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 도모
	중소선사 경쟁력 약화	• 친환경 연료 공급을 위한 인프라 구축에 상당한 시간과 비용 소요 예상 → 녹색해운항로 구축이 강제적 이행으로 발전할 가능성 존재 → 대형 선사들은 상대적으로 빠르게 적응할 수 있는 반면, 중소 선사들은 재정적, 기술적 어려움으로 인해 경쟁력 약화 우려
		• 개선점: 친환경 대체연료 탱크 설비 및 화물 적재 공간 확보, 중소선사와 대형선사와의 차별적 전략 모색 및 계획 수립
한-미 동부 녹색 해운항로 협력방안	정부 주도의 인센티브 제도 운영	• 녹색해운항로 운항에 사용되는 연료를 단일화하여 일정 기간 사용하도록 촉구하는 방안 마련 → 초기 시장 형성과 인프라 구축에 도움
		• 해당 연료 추진선이 연 몇 회 이상 해당 항구 입항 시 각종 지원을 제공하는 방안 → 선사들의 적극적 참여 유도
		• 정부의 정책 지원 강화 → 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 등에 대한 인센티브 지원
		• 개선점: 미래 연료 사용에 대한 직간접적 금융지원, 재생에너지 생산 확대
	다자간 협력 체계 구축	• 극동 및 미 동부의 벙커링 인프라 구축 시급
		• 정부는 정책과 재정지원을 통한 인프라 구축 및 IMO 규제의 불확실성 조기 해소 필요
		• 선사는 투입 선박 및 항로 결정, 무탄소 연료 선박 운영, 선원 확보, 비즈니스 모델 구축
		• 조선소는 무탄소 연료 선박 건조에 주력
		• 항만은 무탄소 연료 공급망 구축
		• 교육기관은 친환경 선박 관리에 적합한 해기사 인력 양성 집중
		• 개선점: 정부, 선사, 항만, 연료 공급업체 등 이해관계자들의 협력 구축
	국제 협력	• 한국과 미국 항만 간 체계적인 정보 공유망 부재 • 인프라 및 기술개발 플랫폼 부재
		• IMO 환경 규제의 조속한 확정 필요
		• 개선점: 한국과 미국 항만 간 공동 이니셔티브 구축, 지식 공유와 친환경 연료 기술 및 인프라 공동 개발 필요

주제 묶음	주제	의미 형성
	통합적 녹색 해운 계획 수립 및 관련 법규 마련	• 기존 친환경선박 개발 및 보급 계획, 기본항만계획의 재정비 필요성 제기
		• 친환경 연료에 대한 안전 규정 및 법규 미흡
		• 개선점: 다양한 계획을 단일 녹색해운항로 계획으로 통합 및 관리, 친환경 연료에 대한 안전 규정 및 법규 마련
	경제성 확보를 위한 다각적 접근	• 민간 투자자의 자금 유입 필요성 제기
		• 개선점: 국내에 입항하는 국내외 선박 및 인프라 지원에 자금 지원 가능한 여건 조성, 미래연료 공급과 그에 따른 벌금 등을 종합적으로 고려한 경제성 확보 방안 등 마련

자료: 저자 작성

2. 분야별 분석 결과

1) 연료 분야

(1) 분석결과

가. 녹색해운항로 구축을 위한 연료 분야 준비 상황: 미흡한 인프라와 초기 단계의 계획

현재 한국-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 준비 상황은 전반적으로 미흡한 것으로 나타났다. 양국에서 청정 선박연료 공급을 위한 벙커링 인프라 준비가 부족한 상태이다. 그러나 국내에서는 일부 진전이 있어 암모니아-석탄 혼소 발전소의 인수 및 저장 터미널 구축 시 벙커링 기능을 동시에 갖출 수 있도록 설계 중이다. 이는 향후 녹색해운항로 구축을 위한 기초 인프라로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

나. 녹색해운항로 구축의 주요 문제점: 불확실성과 운영 세부사항 미확정

녹색해운항로 구축 시 연료 분야에서 겪는 주요 애로사항은 크게 세 가지로 나타났다. 첫째, 선박 건조 시기 및 운항 해운사의 불확실성이 존재한다. 둘째, 녹색운항로를 이용할 선종이 확정되지 않았다. 컨테이너선, 벌크선, 여객선 등 다양한 선택지가 있으나 아직 결정되지 않은 상태이다. 셋째, 한국-미 동부 항로의 암모니아 운반선 운항 횟수가 미 서부나 남부에 비해 적을 것으로 예상된다. 전문가들은 이 중에서도 암모니아 운반선이 암모니아 추진 기반으로 녹색항로를 취항하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단하고 있다.

다. 문제점의 원인과 영향: 법적 근거 부재와 경제성 문제

주요 애로사항의 구체적인 원인과 영향은 크게 두 가지로 요약되었다. 첫째, 청정암모니아 연료 친환경 선박에 대한 법적 근거가 부재한 것으로 드러났다. 이는 새로운 기술과 연료 도입에 있어 중요한 장벽으로 작용하고 있다. 둘째, 기존 선박연료 대비 청정연료의 높은 생산원가를 보상할 지원책이 부재하다. 이로 인해 경제성 확보가 어려워 민간 기업들의 적극적인 사업 기획과 참여가 부족한 실정이다. 이러한 문제들은 녹색해운항로 구축의 전반적인 진행 속도를 지연시키는 요인으로 작용하고 있다.

라. 잠재적 문제점: 인프라 부족과 상용화 시점 불일치

향후 녹색해운항로 구축 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점으로는 세 가지가 지적되었다. 첫째, 초기 공급 유통 인프라 부족으로 인한 물류 비용 상승이 예상된다. 청정연료 생산지-선박연료 공급지-선박 급유지 간의 물리적 거리로 인해 추가적인 비용이 발생할 수 있다. 둘째, 친환경 선박 도입 시점과 청정연료 벙커링 인프라 구축 시점의 괴리가 우려되며 이는 초기 운영에 있어 중요한 장애요인이 될 수 있다. 셋째, 정부 정책 목표

와 각 분야의 상용화 시점 간 불일치가 발생할 가능성이 있다. 이는 전체적인 사업 진행의 효율성을 저해할 수 있는 요소로 작용할 수 있다.

마. 대응 방안: 통합적 접근과 정책적 지원

전문가들이 제시한 대응 방안은 크게 세 가지로 요약되었다. 첫째, 녹색항로 정책 수립, 친환경 선박 건조, 벙커링 인프라 구축의 일원화된 진행 및 점검이 필요하다. 이를 통해 각 요소 간의 시간적, 기능적 불일치를 최소화할 수 있을 것이다. 둘째, 범부처 성격의 협의체 구성을 통한 이해관계자 역할 조정 및 분과별 특화 지원정책 수립이 요구된다. 이는 다양한 이해관계자들 간 효과적인 협력을 촉진할 수 있을 것이다. 셋째, 친환경 선박 건조 지원금 확대, 인프라 인허가 간소화, 청정연료 보조금 등의 유인 정책 도입이 필요하다. 이러한 정책적 지원은 민간 기업의 참여를 촉진하고 사업의 경제성을 개선하는 데 도움이 될 것이다.

바. 이해관계자의 역할: 이해와 협력, 가치사슬 구축

각 이해관계자들의 구체적인 역할에 대해 다음과 같이 제안되었다. 먼저, 정부의 정책 및 제도적 지원책에 대한 충분한 이해와 공감대 형성이 필요하다. 이는 모든 이해관계자들이 같은 방향을 향해 나아가는 데 중요한 기반이 될 것이다. 다음으로, 각 분야에서 개별적으로 진행되고 있는 활동 점검이 요구된다. 이를 통해 중복을 방지하고 효율성을 높일 수 있을 것이다. 마지막으로, 실질적인 가치사슬(value chain) 구성이 중요하다. 이는 녹색해운항로의 전체적인 생태계를 구축하는 데 핵심적인 역할을 할 것이다.

사. 미 동부 항만에 대한 요청사항: 구체적 계획 수립과 사전 협의

미 동부 항만에 대한 구체적인 요청사항은 두 가지로 제시되었다. 첫째, 한-미 동부 간 운항 대상 선박 타입, 화물 종류, 사용 연료 후보군 조기 확정을 위한 논의가 필요하다. 이는 구체적인 계획 수립과 준비에 필수적인

요소이다. 둘째, 연료 공급 솔루션에 대한 사전 협의가 요구된다. 이를 통해 양국 간의 원활한 협력과 효율적인 운영이 가능해질 것이다.

아. 정책적 개선사항: 청정연료 인프라 구축과 운영 최적화를 위한 전략적 접근

녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 주요 사항으로는 네 가지가 제시되었다. 첫째, 청정연료 공급지 선정 및 선점에 대한 논의가 필요하다. 이는 향후 산업 육성에 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소이다. 둘째, 청정연료 발전용 인수저장 인프라의 벙커링 용도 활용을 위한 정책적 지원이 요구된다. 이를 통해 불필요한 중복 투자를 방지하고 규모의 경제를 통한 가격 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다. 셋째, 운항 대상 선박 타입, 화물 종류, 사용 연료 선정 시 기술개발 수준과 연료의 범용성 등을 고려한 면밀한 준비가 필요하다. 이는 장기적인 관점에서 사업의 지속가능성을 확보하는 데 중요하다. 마지막으로, 연료 공급 솔루션에 대한 사전 협의가 중요하다. 이는 원활한 운영과 안정적인 연료 공급을 위해 필수적인 요소이다.

(2) 연료 분야 전문가 의견의 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 연료 분야의 준비 상황은 전반적으로 미흡한 것으로 평가되고 있다. 그러나 이는 동시에 발전 가능성이 크다는 것을 의미하기도 한다. 현재 직면한 주요 과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 벙커링 인프라 구축, 기술개발, 그리고 관련 규제 및 표준 마련 등이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 정부의 강력한 정책적 지원, 산업계의 적극적인 참여, 국제적 협력이 필수적이다. 특히, 친환경 연료의 생산 및 공급 비용 절감을 위한 기술개발과 인프라 구축, 경제성 확보를 위한 다양한 정책적 지원 방안 마련, 국제 협력을 통한 시장 확대 등이 중요한 과제로 대두되고 있다.

녹색해운항로의 성공적인 구축을 위해서는 청정연료 공급지 선정 및 선점에 대한 적극적인 논의 및 투자, 청정연료 발전용 인수저장 인프라의 벙커링 용도 활용을 위한 정책적 지원, 운항 대상 선박 타입, 화물 종류, 사용 연료 선정 시 기술개발 수준과 연료의 범용성 등을 고려한 면밀한 준비, 그리고 연료 공급 솔루션에 대한 사전 협의 및 장기 계약 체결 등의 전략적 접근이 필요하다. 또한 단기적으로는 LNG와 같은 전환 연료의 활용을 고려하되, 장기적으로는 무탄소 연료인 그린 수소, 그린 암모니아 등으로 전환을 위한 로드맵 수립이 필요하다.

녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않도록 실질적인 이행 계획과 단계적 접근이 필요하며, 이를 위해서는 정부, 선사, 항만, 조선소, 연료 공급업체, 연구기관 등 다양한 이해관계자들의 긴밀한 협력이 요구된다. 이러한 노력을 통해 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로가 성공적으로 구축된다면, 이는 글로벌 해운산업의 친환경 전환에 중요한 모델이 될 수 있을 것이며, 나아가 기후변화 대응과 지속가능한 발전에 기여할 수 있을 것이다.

〈표 4-4〉 연료 분야 의견 요약

구분	내용
주요 문제점	• 선박 건조 시기 및 운항 해운사의 불확실성 • 녹색운항로 이용 선박 종류 미확정 • 한국-미 동부 항로의 암모니아 운반선 운항 횟수 부족 예상
문제점의 원인과 영향	• 청정암모니아 연료 친환경 선박에 대한 법적 근거 부재 • 기존 선박연료 대비 청정연료의 높은 생산원가와 지원책 부재로 인한 경제성 확보 어려움
잠재적 문제점	• 초기 공급 유통 인프라 부족으로 인한 물류 비용 상승 • 친환경 선박 도입과 청정연료 벙커링 인프라 구축 시점의 괴리 • 정부 정책 목표와 각 분야의 상용화 시점 간 불일치
대응 방안	• 녹색항로 정책 수립, 친환경 선박 건조, 벙커링 인프라 구축의 일원화된 진행 및 점검

구분	내용
	• 범부처 협의체 구성을 통한 이해관계자의 역할 조정 • 친환경 선박 건조 지원금 확대, 인프라 인허가 간소화, 청정연료 보조금 등 유인 정책 도입
이해관계자의 역할	• 정부 정책 및 제도적 지원책에 대한 이해와 공감대 형성 • 각 분야 활동의 효율적 점검 • 실질적인 가치사슬 구성
미 동부 항만에 대한 요청사항	• 항 대상 선박 타입, 화물 종류, 사용 연료 후보군 조기 확정을 위한 논의 • 연료 공급 솔루션에 대한 사전 협의
정책적 개선사항	• 청정연료 공급지 선정 및 선점 • 청정연료 발전용 인수저장 인프라의 벙커링 용도 활용 • 운항 대상 선박, 화물, 연료 선정 시 기술개발 수준과 범용성 고려 • 연료 공급 솔루션 사전 협의

자료: 저자 작성

2) 항만 분야

(1) 분석결과

가. 녹색해운항로 구축을 위한 항만 분야 현황: 다양한 평가와 사업이 진행 중이나 미 동부와의 녹색해운항로 구축을 위한 구체적 논의 부재

항만 분야의 현재 준비 상황에 대한 평가는 전문가들 사이에서 다양하게 나타났다. 일부 전문가들은 준비 상황을 '우수'하다고 평가한 반면, 다른 전문가들은 '미흡' 또는 '매우 미흡'하다고 평가했다.

우수하다고 평가한 전문가들은 현재 한-미 녹색해운항로의 컨테이너선과 자동차 운반선 항로가 2027년 운항 개시를 목표로 추진 중이며, 울산항을 연료 거점항만으로 지정하여 운영할 계획이라고 언급했다. 또한 메탄올 벙커링 활성화를 위한 표준 작업절차 연구용역이 진행 중이며, 울산항만공사가 메탄올 저장시설 확보를 위한 노력을 하고 있다고 설명했다.

반면, 미흡하다고 평가한 전문가들은 미 동부 항만과의 녹색해운항로 구축에 대한 구체적인 논의가 아직 이루어지지 않았으며, 부산항-시애틀·타코마항 간 녹색해운항로 구축 협의도 큰 진전을 이루지 못했다고 지적했다.

나. 녹색해운항로 구축의 주요 문제점: 경제성 확보와 인프라 구축의 어려움

녹색해운항로 구축 시 항만 분야에서 겪는 주요 애로사항으로는 친환경 메탄올의 연료 수급 문제, 녹색해운항로를 이용할 화주사의 확보, 기존 연료와의 비용 차이, 친환경 선박연료 벙커링을 위한 인프라 부족, 그리고 선사의 친환경 연료 사용 의지 부족 등이 지적되었다. 특히 선사의 '선의'가 있기 전에 정부에서 먼저 녹색해운항로 구축을 발표한 점이 주요 애로사항으로 언급되었다.

다. 문제점의 원인과 영향: 높은 생산비용과 초기단계의 시장

애로사항의 구체적인 원인으로는 친환경 메탄올의 높은 생산비용(기존 연료 대비 3~5배 이상), 해상 친환경 연료시장의 부재로 인한 대량생산 불가, 시장 형성 부재로 인한 경제성 확보 어려움, 선사와 화주의 친환경 연료 선택 어려움, 그리고 정치적 구호로 인한 하향식(top-down) 접근 방식 등이 제시되었다. 이러한 문제들은 녹색해운항로 구축의 경제성을 저해하고, 실질적인 이행을 어렵게 만드는 요인으로 작용하고 있다.

라. 잠재적 문제점: 인프라 부족과 경제성 확보의 어려움

향후 녹색해운항로 구축 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점으로는 대형선박 벙커링 전용시설 부재로 인한 항만 경쟁력 저하, 항만 내 벙커링 고비용으로 인한 동북아 항만 간 경쟁우위 확보 애로, 항만 근로자 및 선원 벙커링 취급방식 교육 부재로 인한 안전사고 위험, 환경부 등 타 부처 소관 규제 및 법률 적용 시 벙커링의 제약, 경제성 미확보, 선사 참여 여부 불분명, 인센티브 제도 실효성 및 지속성 문제, 그리고 미래연료에 대한 글로벌 합의 부재로 인한 투자 결정의 어려움 등이 지적되었다.

마. 대응 방안: 정책적 지원과 협력 체계 구축

각 문제점에 대한 대응 방안으로는 장기적 과제로서 항만기본계획 등을 통한 대형선박 벙커링 전용시설 확보, 항만공사와 한국해양진흥공사 등을 활용한 벙커링 선박 도입, 항만시설 감면규정 및 인센티브 도입 검토, 글로벌 항만 간 협력 및 전문 교육 인프라 확보를 통한 교육 활성화, 타 부처 소관 규제 및 법률 검토를 위한 별도 용역 발주 등이 제안되었다. 또한 경제성 확보가 가능한 범위 내 친환경 연료 사용기준 마련, 참여선사 인센티브 제공 및 유지 또는 확대, 녹색해운항로 운항구간 적용기준 마련, 그리고 국내항만의 인프라 확보와 함께 미주항만의 인프라 확보 계획화 등도 제시되었다.

바. 이해관계자의 역할

첫째는, 정부 주도 이행을 통한 협력 관계 구축이다. 관련해서는 항만, 선사, 선급의 협력관계 구축 및 공동대응, 연구기관이나 정책기관들의 면밀한 분석을 통한 지원, 정부의 강한 주도하에 초기 이행계획 수립 및 시행, 자국 항로의 탄소중립을 위한 친환경 연료적용 의지 표명, 녹색해운항로 참여 선사, 화주, 항만 등에 대한 인센티브 강화 등이 언급되었다. 또한 정부는 정책수립과 이행 및 제도정비를, 항만은 친환경연료 벙커링 인프라 확충과 항만 안전시스템 구축을, 공급사는 친환경연료 공급을 위한 기술개발 등 벙커링 경쟁력 확보를, 그리고 선사는 친환경 연료 추진선박으로의 전환을 담당해야 한다는 의견이 제시되었다.

둘째는, 전담 조직 구성과 정책적 지원 강화이다. 구체적인 제안사항으로는 녹색해운항로 구축에만 집중할 수 있는 위원회 또는 별도 조직 신설, 친환경 정책 지원 강화와 기존 연료 사용자에 대한 페널티 강화, 정부주도의 연료가격 책정, 녹색해운항로 적용 연료의 사용기준 단계적 확대 고려, 그리고 선사 및 화주에 대한 참여 인센티브 외 공급 인프라 확충 참여 기관

및 기업에 대한 추가적 인센티브제 설계 등이 제안되었다.

사. 미 동부 항만에 대한 요청사항: 인센티브 도입

미 동부 항만에 대한 요청사항으로는 친환경 메탄올연료 도입에 따른 비용차이 해소를 위한 관련 인센티브 등의 도입 검토, 녹색해운항로 구축 논의 시작 시 미주 정부와 항만당국의 적극적 참여의사 제시, 타당성 검증 등 후속조치에 직접적 당사자로 참여, 그리고 친환경연료 생산 및 공급망 구축에 공동 대응(기술공유 등) 등이 제시되었다.

아. 정책적 고려사항: 친환경 연료 확보와 경제성 제고를 통한 지속가능한 녹색해운항로 구축

녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 주요 사항으로는 친환경 선박연료의 안정적 확보 방안 마련, 전통적 선박연료와의 비용 차이 해소를 위한 정책 지원, 녹색해운항로의 경쟁력 확보를 위한 항만 내 벙커링 비용 감축, 개도국으로의 교육 강화, 친환경 선박연료 관련 신(新)부가가치 및 녹색일자리 창출 기회 인식, 중국의 선제적인 친환경 선박연료 공급망 구축에 대응한 정부의 적극적인 정책 지원, 국적선사의 참여 검토, 울산항 중심의 통합화된 국내 친환경 선박연료 공급망 조기 구축, 친환경 선박연료 공급 인프라 확보 및 관계 기업 참여와 이를 위한 제도적 지원정책 마련, 단계적 녹색해운항로 운영 확대, 그리고 선사 및 화주의 정부정책 이행에 대한 적극적 참여 유도 등이 제시되었다.

(2) 항만 분야 전문가 의견의 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 항만 분야의 준비 상황은 전문가들 사이에서 다양하게 평가되고 있다. 일부에서는 우수한 준비 상황을 언급하고 있지만, 여전히 많은 과제와 잠재적 문제점이 존재한다.

주요 과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 인프라 구축, 선사 및 화주의 참여 유도 등이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 정부의 강력한 정책적 지원, 산업계의 적극적인 참여, 국제적 협력이 필수적이다. 특히, 친환경 연료 생산 및 공급 비용 절감을 위한 기술개발과 인프라 구축, 경제성 확보를 위한 다양한 정책적 지원 방안 마련, 국제 협력을 통한 시장 확대 등이 중요한 과제로 대두되고 있다. 또한 녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않도록 실질적인 이행 계획과 단계적 접근이 필요하다. 향후 과제로는 구체적인 녹색해운항로 시나리오 개발, 경제성 분석, 필요한 기술개발 로드맵 수립, 국제 협력 체계 구축 등이 있다.

〈표 4-5〉 항만 분야 의견 요약

구분	내용
주요 문제점	• 친환경 메탄올의 연료 수급 문제 • 녹색해운항로 이용 화주사 확보 어려움 • 기존 연료와의 비용 차이 • 친환경 선박연료 벙커링 인프라 부족 • 선사의 친환경 연료 사용 의지 부족
문제점의 원인과 영향	• 친환경 메탄올의 높은 생산비용(기존 연료 대비 3~5배) • 해상 친환경 연료시장 부재로 대량생산 불가 • 시장 형성 부재로 경제성 확보 어려움 • 선사와 화주의 친환경 연료 선택 어려움 • 하향식 접근 방식으로 인한 실행력 부족
잠재적 문제점	• 대형선박 벙커링 전용시설 부재로 항만 경쟁력 저하 • 항만 내 벙커링의 고비용으로 동북아 항만 간 경쟁우위 확보 어려움 • 항만 근로자 및 선원 벙커링 취급방식 교육 부재 • 타 부처 소관 규제 및 법률로 인한 벙커링 제약 • 선사 참여 여부 불확실성 • 인센티브 제도 실효성 및 지속성 문제 • 미래연료에 대한 글로벌 합의 부재

구분	내용
대응 방안	• 항만기본계획을 통한 대형선박 벙커링 전용시설 확보 • PA/해진공을 활용한 벙커링 선박 도입 • 항만시설 감면규정, 인센티브 도입 검토 • 글로벌 항만 간 협력 및 전문 교육 인프라 확보 • 타 부처 소관 규제 및 법률 검토 용역 발주 • 경제성 확보 가능한 친환경 연료 사용기준 마련 • 참여선사 인센티브 제공 및 확대 • 국내외 항만의 인프라 확보 계획화
이해관계자의 역할	• 정부 주도 이행을 통한 협력 관계 구축 – 항만, 선사, 선급의 협력관계 구축 – 연구기관/정책기관의 분석 지원 – 정부의 강력한 주도로 초기 이행계획 수립 • 인센티브 강화 – 전담 조직 구성과 정책적 지원 – 녹색해운항로 전담 위원회 신설 – 정부 간 협력 강화 – 친환경 정책 지원 강화 – 연료 공급망 구축을 위한 가격 책정 – 이해관계자 간 협력 강화
미 동부 항만에 대한 요청사항	• 친환경 메탄올연료 도입 비용차이 해소를 위한 인센티브 도입 • 녹색해운항로 구축 논의 시 적극적 참여 • 타당성 검증 등 후속조치 참여 • 친환경연료 생산 및 공급망 구축 공동 대응
정책적 개선사항	• 친환경 선박연료의 안정적 확보 방안 마련 • 전통적 선박연료와의 비용 차이 해소 • 항만 내 벙커링 비용 감축 • 친환경 선박연료 관련 신부가가치 창출 • 국적선사의 참여 검토 • 울산항 중심의 통합 공급망 조기 구축 • 단계적 녹색해운항로 운영 확대

자료: 저자 작성

3) 조선 분야

(1) 분석결과

가. 녹색해운항로 구축을 위한 조선 분야 현황: 정부 주도의 적극적인 준비와 분석 진행

조선 분야의 현재 준비 상황은 전반적으로 우수한 것으로 평가되고 있다. 2023년부터 한-미(서부지역) 녹색해운항로에 대한 사전타당성 및 타당성 분석이 지속적으로 수행되어 왔으며, 특히 연료분과에 대한 자세한 분석이 국내외로 진행되었다. 이는 메탄올 추진 컨테이너선의 부산-타코마 녹색해운항로 계획 수립에 기여하였고, 현재도 전문인력이 활발히 활동 중이다. 또한, 한국과 미국은 2027년 목표로 미 서북부 항만에 대해 '한-미 녹색해운항로 구축'을 추진 중이며, 대한민국 정부는 미국 정부의 'Green Shipping Challenge'에 동참하여 MOU를 체결하였다. 이는 녹색해운항로 구축을 위한 정부의 강력한 의지와 항만 친환경 연료 공급망(인프라) 구축에 대한 양국 간의 합의를 보여준다.

나. 녹색해운항로 구축의 주요 문제점: 경제성 확보와 실질적 참여 유도의 어려움

녹색해운항로 구축 시 조선 분야에서 겪는 주요 애로사항은 크게 두 가지로 나타났다. 첫째, 실제 산업계의 참여를 독려할 실질적 장치(인센티브, 규제 등)를 설계하는 데 기초 연구가 필요하며 실현으로 연결되는 데 상당한 시간이 필요하다는 점이다. 둘째, 녹색연료(바이오메탄올, e-메탄올 등)와 기존 연료 간의 큰 가격 격차를 어떻게 줄여나갈 것인가가 주요 과제로 드러났다. 또한 저렴하고 경제성 있는 친환경 연료 수급의 어려움, 고가의 연료, 연료 공급망 구축의 어려움 등이 추가적인 문제점으로 지적되었다.

다. 문제점의 원인과 영향: 높은 생산비용과 미성숙한 시장

애로사항의 구체적인 원인으로는 친환경 연료 생산 과정의 높은 비용이 지적되었다. 메탄올, 암모니아 등의 합성연료는 기존 LNG, 석유 공정을 이용해 생산되지만, 친환경성을 확보하기 위해서는 바이오매스를 이용한 공정이나 재생에너지를 이용한 수전해 기법 등이 필요하다. 이로 인해 초기 투자비용과 연료생산 단가가 크게 상승한다. 예를 들어, 그레이 메탄올은 톤당 400달러 이하 수준인 반면, 바이오 메탄올은 700~1,000달러, e-메탄올은 1,500달러 이상이다.[28] 또한 해상 친환경 연료시장의 부재로 인해 친환경 연료의 대량생산이 어렵고, 시장 형성이 되지 않아 경제성 확보가 어려운 상황이다. 이는 결과적으로 선사와 화주가 해상연료로 친환경 연료를 선택하는 데 어려움을 겪게 만든다.

라. 잠재적 문제점: 산업계 참여 유도와 정치적 불확실성

향후 녹색해운항로 구축 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점으로는 크게 세 가지가 지적되었다. 첫째, 산업계의 지속적인 참여를 어떻게 유도할 것인가이다. 단기적인 이벤트는 가능할지라도 지속적인 구축을 위해서는 민간의 역할이 필수적이다. 둘째, 국가 간 협약이기 때문에 각 국가의 정치적 입장 변화가 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 러시아-우크라이나 전쟁, 코로나 팬데믹, 미국 대선 등 예상치 못한 변수들이 잠재적 위험 요소로 작용할 수 있다. 셋째, 형성되지 않은 친환경 연료시장으로 인한 연료 공급의 어려움과 높은 연료 가격, 그리고 친환경 연료 전용 선박 확보의 어려움 등이 지적되었다.

28) Ben James 홈페이지(검색일: 2024.9.20.)

마. 대응 방안: 다각적 접근과 제도적 지원 필요

각 문제점에 대한 대응 방안으로는 다음과 같은 점이 제안되었다. 첫째, 산업계의 참여를 촉진하기 위해 다양한 재원을 확보함과 동시에 탄소세 등을 적용하여 기존 선박과의 공급단가 차이를 줄이는 방안이 제시되었다. 둘째, 예상치 못한 정치적 상황에 대비하여 지속적인 모니터링과 시나리오 준비가 필요하다. 셋째, 해상 친환경 연료시장 형성을 통한 가격 안정화, IMO 중기 조치와 EU 탄소세 등 친환경연료 사용을 촉진하는 규제 방안 마련이 요구된다. 넷째, 고가의 친환경 연료 전용 선박 건조 지원 등의 제도화와 일반연료 사용선박에 대한 페널티 강화 등이 제안되었다.

바. 미 동부 항만에 대한 요청사항: 직접적 소통과 자료 공유의 필요성

미 동부 항만에 대한 요청사항으로는 더 많은 직접적인 소통의 기회가 필요하다는 의견이 제시되었다. 지속적인 화상회의나 이메일 등의 비대면 작업도 중요하지만, 직접적인 대면 회의나 워크숍을 통해 양측이 제공 가능한 자료의 수준을 맞추고 더 심도 있는 분석을 할 수 있을 것으로 기대된다.

사. 정책적 개선사항: 강제성 있는 제도 마련과 장기적 인프라 구축을 통한 지속가능한 녹색해운항로 실현

녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 주요 사항이 다양하게 제시되었다. 우선, 녹색해운항로가 단기 이벤트성이 아닌 정기적 운항이 되기 위해서는 시행령 이상의 강제성이 수반되어야 한다는 의견이 있었다. 시장 경제의 논리만으로는 실현이 불가능하기 때문에, 프로젝트가 가시화되면 이를 지원할 수 있는 전담기관 설립과 지원 정책 수립이 필수적이라는 것이다.

중장기적 관점에서는 녹색 연료를 안정적으로 수급할 수 있는 인프라와 사회 기반을 갖추는 것이 중요하며, 이를 위한 국가 정책 수립 및 시행이

요구된다. 또한 산업체들 간의 소통을 통해 다양한 녹색해운항로 시나리오를 도출하고, 연료 수급, 벙커링, 운항에 대한 구체적인 이행계획을 수립해야 한다는 의견도 제시되었다. 이 과정에서 비용을 정확하게 추산하여 적절한 지원 방안을 마련하는 것이 중요하다고 강조되었다.

경제적 부담 분산에 대한 고려도 필요하다. 단일 기업, 특히 해운사가 모든 부담을 지기는 거의 불가능하므로, 정부의 보조와 함께 다양한 이해관계자들 간에 경제적 부담을 어떻게 분산할 수 있을지가 중요한 과제로 지적되었다.

녹색해운항로 참여 선사나 화주를 대상으로 한 지원 방안 마련도 필요하다는 의견이 있었다. 초기에는 경제성 확보가 어려울 수 있으므로, 손실을 만회할 수 있는 방안에 대한 제도화가 요구된다. 또한 'Scope3'[29]의 조기 도입을 통해 화물 운송 시 온실가스 저감 여력에 대한 기여도를 강화해야 한다는 제안도 있었다.

장기적인 관점에서는 해상 친환경 연료 공급망 구축에 대한 정책 방안 마련이 중요하다고 강조되었다. 그린수소, 그린 암모니아, 바이오 선박연료유, 소형모듈원자로(Small Modular Reactor) 등 다양한 친환경 연료 및 기술에 대한 고려가 필요하다는 것이다.

마지막으로, 친환경 연료공급망의 경제성 확보를 위해 전용선박 확보 및 투입, 경제성 있는 공급망 구축 등의 노력이 필요하다는 의견이 제시되었다. 이는 수요와 공급의 안정화를 통해 달성될 수 있을 것으로 보인다.

이러한 다양한 정책적 고려사항은 녹색해운항로의 성공적인 구축과 지속가능한 운영을 위해 종합적으로 검토되고 실행되어야 할 것이다. 각 요소

29) 조직이 제공하는 제품(또는 서비스)에 대한 Scope1 및 Scope2 영역 외에 재료 및 부품의 생산, 제품(또는 서비스)의 사용·폐기 활동과 연관된 모든 간접적인 영역(출처: 한국스코프쓰리협회)(검색일: 2024.9.21.)

가 상호 연계되어 있음을 고려할 때 통합적이고 체계적인 접근이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 조선 분야 전문가 의견의 시사점

위에서 언급한 정책적 고려사항은 녹색해운항로 구축의 성공을 위해 매우 중요하다. 특히 정부의 강력한 정책적 지원과 함께 산업계의 적극적인 참여를 유도하는 인센티브 체계 구축이 필수적이다. 또한 친환경 연료 공급망 구축을 위한 장기적인 계획과 투자가 필요하며, 이를 위해 국제적인 협력이 중요하다.

녹색해운항로 구축은 단순히 환경 문제 해결을 위한 것이 아니라, 미래 해운산업의 경쟁력 확보를 위한 중요한 과제이다. 따라서 정부와 산업계, 연구기관 등이 긴밀히 협력하여 장기적인 비전을 세우고, 구체적인 이행 계획을 수립해 나가야 할 것이다. 이러한 노력을 통해 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로가 성공적으로 구축된다면, 이는 글로벌 해운산업의 친환경 전환에 중요한 모델이 될 뿐만 아니라, 우리나라 해운산업의 새로운 성장 동력이 될 수 있을 것이다.

〈표 4-6〉 조선 분야 의견 요약

구분	내용
주요 문제점	• 실질적 산업계 참여 유도의 어려움 – 실제 산업계 참여를 위한 인센티브, 규제 등 기초 연구 필요 – 실현까지 상당한 시간 소요 • 경제성 확보의 어려움 – 녹색연료와 기존 연료 간의 큰 가격 격차 – 친환경 연료의 수급 어려움 – 연료 공급망 구축의 어려움
문제점의 원인과 영향	• 친환경 연료 생산 과정의 높은 비용 • 재생에너지 이용 수전해 기법 등 필요로 인한 비용 상승

구분	내용
	• 그레이 메탄올(500달러/톤) 대비 바이오 메탄올(1,200~1,500달러/톤), e-메탄올(1,500달러 이상/톤)의 높은 가격 • 해상 친환경 연료시장 부재로 대량생산 어려움
잠재적 문제점	• 산업계 지속적 참여 유도 문제 • 정치적 불확실성(러시아 전쟁, 코로나 팬데믹, 미국 대선 등 예상치 못한 변수) • 친환경 연료시장 미형성으로 인한 문제
대응 방안	• 다양한 재원 확보와 탄소세 적용을 통한 공급단가 차이 감소 • 정치적 상황에 대비한 지속적 모니터링과 시나리오 준비 • 해상 친환경 연료시장 형성을 통한 가격 안정화 • IMO 중기 조치와 EU 탄소세 등 규제 방안 마련 • 친환경 연료 전용 선박 건조 지원 제도화 • 일반연료 사용선에 대한 페널티 강화
미 동부 항만에 대한 요청사항	• 직접적인 대면 회의나 워크숍 확대 • 양측의 자료 수준 일치화 • 심도 있는 분석을 위한 협력 강화
정책적 개선사항	• 제도적 기반(시행령 이상의 강제성 확보, 전담기관 설립, 지원 정책 수립) • 중장기적 접근(녹색 연료의 안정적 수급 인프라 구축, 사회 기반 마련, 다양한 녹색해운항로 시나리오 도출, 구체적 이행계획 수립) • 경제적 지원(정확한 비용 추산, 경제적 부담 분산 방안 마련, 손실 만회 방안 제도화, Scope3 조기 도입)

자료: 저자 작성

4) 해운 분야

(1) 분석결과

가. 현재 녹색해운항로 구축을 위한 해운 분야 현황: 다양한 평가와 친환경 선박 및 인프라 구축 시도 중

해운 분야의 현재 준비 상황에 대한 평가는 전문가들 사이에서 다양하게 나타났다. 일부 전문가들은 준비 상황을 '미흡'하다고 평가한 반면, 다른 전문가들은 '우수' 또는 '보통'이라고 평가했다. 미흡하다고 평가한 전문가들은 북미 동안 항만의 친환경 연료 벙커링 인프라 부족과 한국-북미 동안

항로에서의 친환경 연료 사용 이점이 타 항로 대비 부족하다는 점을 지적했다. 반면, 우수하다고 평가한 전문가는 메탄올 연료 추진 컨테이너선 9척 발주와 연료 공급망 구축을 위한 전사적 노력을 언급했다. 보통이라고 평가한 전문가들은 무탄소 연료와 친환경 기술을 활용한 해상운송의 상징성 대비 현실적인 기술 미비 및 인프라 부족을 지적하면서도, 암모니아 이중연료(Duel Fuel) 선박 신조 계획 수립 등의 노력을 언급했다.

나. 녹색해운항로 구축의 주요 문제점: 경제성 확보와 기술적 도전 과제의 복합적 문제

녹색해운항로 구축 시 해운 분야에서 겪는 주요 애로사항으로는 PCTC (Pure Car & Truck Carrier) 선의 부정기선 특성으로 인한 선대 운영 비효율 발생, 대체연료 공급망 구축 및 고가의 대체연료 비용, 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 내용 부재, 암모니아 이중연료 엔진 개발 및 상용화 지연, 대체연료 설비 탑재 선박 확보의 어려움, 그리고 고가의 대체연료 사용에 따른 경제성 확보 문제 등이 지적되었다. 특히 친환경 선박 운영에 따른 추가적인 비용 발생과 이를 보전할 수 있는 정부 및 화주의 정책 부재가 주요 애로사항으로 언급되었다.

다. 문제점의 원인과 영향: 친환경 연료의 높은 비용과 인프라 부족으로 인한 경쟁력 약화

애로사항의 구체적인 원인으로는 한국-북미 동안 항차 종료 후 친환경 연료 보급이 불가능한 지역으로의 투입 가능성, 대체연료 생산 및 공급 인프라 부족, 미래연료 공급과 확보에 대한 불확실성, 암모니아 연료에 대한 엔진 개발 지연, 대체연료 벙커링 인프라 구축에 대한 불확실성 등이 제시되었다. 이러한 문제는 선사의 운송원가 상승과 그로 인한 운송경쟁력 약화로 이어질 수 있으며, 결과적으로 환경에 대한 적극적인 대응과 안전에

대한 투자를 주저하게 만드는 요인으로 작용하고 있다.

라. 잠재적 문제점: 경제성과 운영 효율성 확보의 지속적인 도전

향후 녹색해운항로 구축 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점으로는 특정 구간을 녹색해운항로로 지정함에 따른 경제적 의사결정의 제약, 고가의 연료 사용과 선원비 증가, 실사용에 있어서 경제성 확보 문제, 그린 암모니아 및 그린 메탄올의 공급 불확실성, 친환경 대체연료 탱크 설비로 인한 화물 적재 공간 감소, 벙커링 인프라 이슈 등이 지적되었다. 또한 녹색해운항로 구축이 강제적 이행으로 발전할 가능성과 이로 인한 중소선사와의 녹색경영 격차 확대 가능성에 대한 우려도 존재하는 것으로 확인되었다.

마. 대응 방안: 정부 주도의 정책 지원과 다각적 협력 체계 구축

각 문제점에 대한 대응 방안으로는 북미 동안 지역에서 경쟁력 있는 연료 단가 확보, 정부의 정책 지원 강화, 미래연료 사용에 대한 직접적 지원 또는 금융지원, 그린 암모니아 공급을 위한 재생에너지 생산 확대, 친환경 운송서비스 개발을 통한 운임 상승, 극동 및 미 동안의 벙커링 인프라 구축 등이 제안되었다. 또한 국가 차원에서의 적극적인 인프라 구축 지원과 친환경 선사에 대한 지원정책 발굴, 그리고 정부 소유 선박을 이용한 실증사업 추진 등이 필요하다는 의견이 제시되었다.

바. 이해관계자의 역할

녹색해운항로 협력을 위해 각 이해관계자들이 해야 할 구체적인 역할에 대해 다양한 의견이 제시되었다. 먼저, 정부는 정책과 재정지원을 통해 인프라를 구축하고 정부 간 협력을 통해 IMO 규제의 불확실성을 조기에 해소해야 한다는 의견이 있었다. 선사는 투입 선박 및 항로 결정, 무탄소 연료 선박 운영, 선원 확보, 비즈니스 모델 구축 등의 역할을 해야 한다고 제안되었다. 조선소는 무탄소 연료 선박 건조를, 항만은 무탄소 연료 공급망 구축을 담당

해야 한다는 의견이 있었다. 또한 선사와 교육기관은 친환경 선박을 잘 관리할 수 있는 우수한 해기사 양성에 힘써야 한다는 제안도 있었다.

둘째로는 재정 지원과 인센티브 제도를 통한 적극적 참여 유도이다. 협력을 촉진하기 위한 구체적인 제안사항으로는 화주사의 Scope3 배출량 감축 수요에 맞춘 녹색항만 구축 검토, 무탄소 선박 건조비 지원, 무탄소 연료 공급자에 대한 비용 지원, 녹색항로 투입 선박에 대한 항비 면제 및 인센티브 제공 등이 제안되었다. 또한 최신 친환경 기술 동향 공유와 공통의 환경 기준 및 인증 체계 개발, 정부 간 세미나 개최, 참여 이해관계자에 대한 재정적 인센티브 제공 등이 필요하다는 의견이 있었다. 특히 해기사에 대한 국가의 예우 개선과 환경 및 안전 관련 업무 담당자에 대한 사회적 인식 전환의 필요성이 강조되었다.

사. 미 동부 항만에 대한 요청사항: 인프라 구축과 운영 효율화를 위한 협력 강화

미 동부 항만에 대한 요청사항으로는 친환경 선사에 대한 우선 접안권 제공과 같은 운영적 혜택이 제시되었다. 항하역비 인센티브 등 경제적 혜택 지원을 검토하고 대체연료 공급망을 구축하는 데 협력하는 것이 필요한 것으로 드러났다. 그 외 JIT(Just in Time) 개념 도입을 위한 양국 간 디지털 인프라 구축, 양국 간 항만 관련 규정 통일, 해당 항로 대상 선박 우선 지원, 무탄소 선박연료 공급 인프라 조성, 벙커링 인프라 구축 등이 제시되었다. 또한 친환경 활동에 대한 인센티브 제도 확대와 ESI 제도 참여 및 항비 감면 제도 확대 등이 요청되었다.

아. 정책적 개선사항: 장기적 비전 수립과 경제성 확보를 위한 종합적 접근

녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 주요 사항으로는 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 등에 대한 인센티브 지원, 자발적 참여자의 경쟁력 하락에 따른 보상체계 마련, IMO 환경 규제의 조속한

확정을 통한 일관성 확보 및 예측 가능성 제고, WtW(Well-to-Wake) 관점에서의 미래연료 공급과 그에 따른 벌금 등을 종합적으로 고려한 경제성 확보 방안 마련 등이 제시되었다. 또한 무탄소 연료 정기선 선박 투입, 국내 친환경 대체연료 공급망 구축 지원, 항만의 디지털화를 통한 JIT 실현, 친환경 연료에 대한 안전규정 및 법규 마련 등이 필요하다는 의견이 제기되었다.

(2) 해운 분야 전문가 의견의 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 해운 분야의 준비 상황은 전문가들 사이에서 다양하게 평가되고 있다. 주요 과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 인프라 구축, 기술개발, 선사 및 화주의 참여 유도 등이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 정부의 강력한 정책적 지원, 산업계의 적극적인 참여, 국제적 협력이 필수적이다. 특히 친환경 연료의 생산 및 공급 비용 절감을 위한 기술개발과 인프라 구축, 경제성 확보를 위한 다양한 정책적 지원 방안 마련, 국제 협력을 통한 시장 확대 등이 중요한 과제로 대두되고 있다. 또한 녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않도록 실질적인 이행계획과 단계적 접근이 필요하며, 이를 위해서는 정부, 선사, 항만, 조선소, 교육기관 등 다양한 이해관계자들의 긴밀한 협력이 요구된다.

〈표 4-7〉 해운 분야 의견 요약

구분	내용
주요 문제점	• PCTC선의 부정기선 특성으로 인한 선대 운영 비효율 • 대체연료 공급망 구축 및 고가의 대체연료 비용 • 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 부재 • 암모니아 DF 엔진 개발 및 상용화 지연 • 대체연료 설비 탑재 선박 확보의 어려움 • 추가 비용 보전을 위한 정부 및 화주의 정책 부재

구분	내용
문제점의 원인과 영향	• 한국-북미 동안 항차 종료 후 친환경 연료 보급 불가능 지역 투입 가능성 • 대체연료 생산 및 공급 인프라 부족 • 미래연료 공급과 확보의 불확실성 • 암모니아 연료 엔진 개발 지연 • 운송원가 상승으로 인한 운송경쟁력 약화
잠재적 문제점	• 녹색해운항로 지정에 따른 경제적 의사결정 제약 • 고가의 연료 사용과 선원비 증가 • 친환경 대체연료 탱크로 인한 화물 적재 공간 감소 • 벙커링 인프라 문제 • 강제적 이행 발전 가능성 • 중소선사와의 녹색경영 격차 확대 우려
대응 방안	• 북미 동안 지역의 경쟁력 있는 연료 단가 확보 • 정부의 정책 지원 강화 • 미래연료 사용에 대한 직접적 지원 또는 금융지원 • 그린 암모니아 공급을 위한 재생에너지 생산 확대 • 친환경 운송서비스 개발을 통한 운임 상승 • 극동 및 미 동안의 벙커링 인프라 구축 • 정부 소유 선박을 이용한 실증 사업 추진
이해관계자의 역할	• 기관별 주요 역할 – 정부: 정책과 재정지원, IMO 규제 불확실성 해소 – 선사: 투입 선박/항로 결정, 무탄소 선박 운영, 선원 확보 – 조선소: 무탄소 연료 선박 건조 – 항만: 무탄소 연료 공급망 구축 – 교육기관: 우수 해기사 양성 • 재정 지원과 인센티브 – 화주사의 Scope 3 배출량 감축 수요 대응 – 무탄소 선박 건조비 지원 – 무탄소 연료 공급자 비용 지원 – 항비 면제 및 인센티브 제공 – 해기사에 대한 국가 예우 개선
미 동부 항만에 대한 요청사항	• 친환경 선사 우선 접안권 제공 • 항하역비 인센티브 지원 • JIT 개념 도입을 위한 디지털 인프라 구축 • 항만 관련 규정 통일 • 무탄소 선박연료 공급 인프라 조성

구분	내용
	• ESI 제도 참여 및 항비감면 확대
정책적 개선사항	• 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 인센티브 지원 • 자발적 참여자의 경쟁력 하락에 대한 보상체계 • IMO 환경 규제의 조속한 확정 • WtW 관점의 경제성 확보 방안 • 무탄소 연료 정기선 선박 투입 • 국내 친환경 대체연료 공급망 구축 • 항만의 디지털화를 통한 JIT 실현 • 친환경 연료 안전규정 및 법규 마련

자료: 저자 작성

5) 기타(법률 등) 전문가 의견

(1) 정책적 제안과 국제 협력 방안

주요 잠재적 문제점으로는 그린 선박 연료의 수급과 가격 문제, 친환경 선박의 저조한 운항 가능성이 지적되었다.

이러한 문제점에 대한 대응 방안으로, 녹색해운항로 운항에 사용되는 연료를 일정 기간 단일화하고, 해당 연료 추진선이 특정 횟수 이상 입항 시 각종 지원을 제공하는 방안이 제안되었다. 이는 친환경선박 운항을 촉진하고 연료 수급 문제를 완화하는 데 도움이 될 것으로 예상된다.

협력 방안으로는 정부의 역할이 강조되었다. 기존의 친환경선박 개발 및 보급 계획, 기본항만계획 등을 재정비하여 단일 녹색해운항로 계획으로 통합하고, 민간 투자자들이 국내에 입항하는 국내외 선박 및 인프라 지원에 자금을 투자할 수 있는 여건을 조성해야 한다는 의견이 제시되었다.

특히 주목할 만한 점은 미 동부 항만과의 협력을 위한 구체적인 제안사항이다. 양해각서에 포함될 수 있는 조건들로는 국제 해운의 파리협정 1.5℃ 목표 준수를 위한 협조, 2040년 이전 100% 재생에너지 사용을 통한 항만 및 운송 시설 운영, 2030년 이전 LNG 벙커링 설비 투자 철회 및 친환경연료 투자 비중 증가, 육상전력공급장치 사용 의무화, 친환경연료 사용 의무화 등이 제안되었다. 또한 무탄소 항만 및 해운항로를 위한 장기적인 로드맵 제시와 친환경연료 기술 이전 및 공급 계약 논의도 중요한 협력 사항으로 언급되었다.

민간 금융의 참여 확대를 위해서는 관련 정부 계획의 재정비 및 단일화가 필요하다는 점이 강조되었다. 또한 한국-미 북서부 녹색해운항로 조건과 유사하게 설정하되, 선사들의 참여를 유도하기 위한 항만들의 인센티브 제공이 필요하다는 의견도 제시되었다.

결론적으로, 녹색해운항로를 통해 국내 해운업의 온실가스 감축과 경쟁력 강화라는 두 가지 목표를 달성하기 위해서는 그린 선박에 대한 과감하고 담대한 정책이 필요하다는 점이 강조되고 있다. 그리고 이를 통해 국내외 투자자들이 그린 선박과 관련 인프라에 대한 투자를 늘릴 수 있는 여건을 조성하는 것 또한 시급한 과제가 될 것으로 판단된다.

(2) 기타 분야 전문가 의견의 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위해서는 한국과 미국 양국의 긴밀한 협력과 함께 다양한 이해관계자들의 적극적인 참여가 필수적이다. 전문가들의 의견을 종합해 볼 때, 주요 과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 벙커링 인프라 구축, 기술개발, 선사 및 화주의 참여 유도, 그리고 정책적 지원 강화 등이 있다.

특히 비영리법인 전문가의 의견을 고려하면, 구체적인 목표와 일정을 담은 양해각서 체결, 정부 계획의 재정비 및 단일화, 민간 투자 유도를 위한 정책적 지원 등이 중요한 것으로 나타났다. 또한 그린 선박에 대한 과감하고 담대한 정책 제공을 통해 국내 해운업의 온실가스 감축과 경쟁력 강화를 동시에 추구해야 한다는 점이 강조되었다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 정부의 강력한 정책적 지원, 산업계의 적극적인 참여, 국제적 협력이 필수적이다. 특히 친환경 연료의 생산 및 공급 비용 절감을 위한 기술개발과 인프라 구축, 경제성 확보를 위한 다양한 정책적 지원 방안 마련, 국제 협력을 통한 시장 확대 등이 중요한 과제로 대두되고 있다.

녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않고 실질적인 온실가스 감축과 해운업 경쟁력 강화로 이어지기 위해서는 구체적인 목표와 일정을 담은 로드맵 수립, 정부 계획의 재정비 및 단일화, 민간 투자 유도를 위한 과감한 정책 지원 등이 필요할 것이다. 이를 위해서는 정부, 선사, 항만, 조선소, 금융기관, 연구기관, 관련 민간 기업 등 다양한 이해관계자들의 긴밀한 협력이 요구된다.

6) 미국 측 전문가 의견: 연료 분야

(1) 인프라 개발과 정책 지원의 중요성

미국 측 의견은 한-미서부 녹색해운항로 타당성조사에 참여하였던 연료 분야 전문가의 응답을 분석하였다. 다만, 해당 전문가의 의견은 미국 측의 전반적인 의견을 대변하는 것이 아니며, 관련 분야에 종사하고 녹색해운항로 타당성 조사 연구에 참여한 경험이 있는 전문가의 의견임을 밝혀둔다.

해당 전문가는 현재 한국과 미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 준비 상태를 '미흡'하다고 평가하며, 주요 장애물로 대체 연료의 가용성과 주요 항구의 벙커링 인프라 부족을 지적하였다.

친환경 운송 경로 구축 시 우선적으로 고려해야 할 사항으로 수소나 바이오 연료 같은 친환경 연료에 대한 안정적인 접근 보장, 연료 벙커링을 위한 항만 인프라 업그레이드, 친환경 기술로의 전환을 위한 선사 인센티브 등을 언급했다. 또한 미국이 특히 중점을 두어야 할 부분으로 친환경 연료를 위한 벙커링 인프라 개발과 해상 운송에서 배출량 감축을 의무화하는 정책 시행을 강조했다.

협력 촉진을 위해 한국과 미국 항만 간 공동 이니셔티브를 구축하여 지식 공유와 친환경 연료 기술 및 인프라 공동 개발에 중점을 둘 것을 제안하였다. 또한 한국 항만에 대해서는 대체 연료를 위한 벙커링 시설 업그레이드와 에너지 효율 개선에 우선순위를 둘 것을 요청했다.

마지막으로 민간 부문, 특히 해상 무역에 대한 의존도가 높은 자동차 제조업체 같은 기업들이 녹색해운통로의 첫 번째 실행을 주도할 수 있다고 제안하였다. 예를 들어, 대규모 해운 사업을 운영하는 현대자동차가 이 이니셔티브에 참여할 수 있는 훌륭한 파트너가 될 수 있다고 언급하였다.

(2) 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위해서는 한국과 미국 양국의 긴밀한 협력이 필수적이다. 전문가의 의견을 종합해 볼 때, 주요 과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 벙커링 인프라 구축, 기술개발, 선사 및 화주의 참여 유도 등이 있다.

특히 미국 측 전문가의 의견을 고려하면, 벙커링 인프라 개발과 배출량

감축을 위한 정책 지원이 매우 중요한 것으로 나타났다. 또한 민간 기업, 특히 해상 무역에 크게 의존하는 기업들의 적극적인 참여가 녹색해운항로 구축 성공에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 보인다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 정부의 강력한 정책적 지원, 산업계의 적극적인 참여, 국제적 협력이 필수적이다. 특히 친환경 연료 생산 및 공급 비용 절감을 위한 기술개발과 인프라 구축, 경제성 확보를 위한 다양한 정책적 지원 방안 마련, 국제 협력을 통한 시장 확대 등이 중요한 과제로 대두되고 있다.

녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않도록 실질적인 이행 계획과 단계적 접근이 필요하며, 이를 위해서는 정부, 선사, 항만, 조선소, 교육기관, 관련 민간 기업 등 다양한 이해관계자들의 긴밀한 협력이 요구된다.

7) 분석결과 종합 및 시사점

(1) 녹색해운항로 관리 현황

가. 분야별 진행 상황의 불균형과 초기 단계의 인프라 구축

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 현재 준비 상황은 분야별로 다양한 평가를 받고 있다. 해운 및 항만 분야에서는 일부 '우수'하다는 평가도 있었으나, 대체로 '미흡' 또는 '보통'이라는 평가가 많았다. 해운 분야에서는 메탄올 연료 추진 컨테이너선 발주와 연료 공급망 구축을 위한 노력이 진행 중이며, 항만 분야에서는 울산항을 연료 거점항만으로 지정하여 운영할 계획이다. 또한 메탄올 벙커링 활성화를 위한 표준 작업절차 연구용역이 진행 중이다. 그러나 미국 측 전문가는 현재의 준비 상태를 '미흡'으로 평가하며, 대체 연료의 가용성과 주요 항구의 벙커링 인프라 부족

을 지적했다. 이러한 다양한 평가는 녹색해운항로 구축을 위한 준비가 아직 초기 단계에 있으며, 분야별로 진행 속도에 차이가 있음을 보여준다.

나. 친환경 연료의 경제성 및 인프라 부족으로 인한 산업계 참여 저해

녹색해운항로 구축 과정에서 여러 가지 애로사항이 지적되고 있다. 가장 큰 문제로 꼽히는 것은 친환경 연료의 높은 생산비용과 이로 인한 경제성 확보의 어려움이다. 현재 친환경 연료는 기존 연료에 비해 3~5배 이상 비싸 선사들의 부담이 크다. 또한 벙커링 인프라 부족도 심각한 문제로 지적된다. 대부분의 항만에서 친환경 연료를 공급할 수 있는 시설이 부족하여 선박 운항에 제약이 따른다. 선사들의 친환경 연료 사용 의지 부족도 문제점으로 꼽힌다. 이는 경제성 문제와 직결되는데, 추가 비용 부담으로 인해 선사들이 적극적으로 친환경 연료로의 전환을 주저하고 있다. 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 내용 부재도 애로사항 중 하나다. 이로 인해 업계는 장기적인 계획을 세우기 어려운 상황이다. 기술적 불확실성, 특히 암모니아 이중연료 엔진 개발 및 상용화 지연 등도 중요한 문제로 지적된다. 이러한 문제는 복합적으로 작용하여 선사의 운송원가 상승과 운송경쟁력 약화로 이어질 수 있으며, 결과적으로 녹색해운항로 구축을 위한 적극적인 투자와 참여를 저해하는 요인이 되고 있다.

다. 지속적인 경제성 문제와 중소선사의 경쟁력 약화 우려

녹색해운항로 구축 과정에서 앞으로 발생할 수 있는 잠재적 문제점도 다양하게 제기되고 있다. 먼저, 그린 선박 연료 수급과 가격 문제가 지속될 것으로 예상된다. 친환경 연료의 생산량이 증가하더라도 당분간은 기존 연료보다 높은 가격이 유지될 가능성이 크다. 이는 그린 선박의 저조한 운항으로 이어질 수 있다. 경제성 문제로 인해 선사들이 그린 선박 도입을 꺼리거나, 도입하더라도 적극적인 운항을 하지 않을 수 있다는 우려가 있다. 또한 친환경 대체연료 탱크 설비로 인한 화물 적재 공간 감소도 문제가 될

수 있다. 이는 선박의 경제성을 더욱 악화시키는 요인이 될 수 있다. 벙커링 인프라 이슈도 지속될 것으로 보인다. 친환경 연료 공급을 위한 인프라 구축에는 상당한 시간과 비용이 소요되므로, 단기간 내에 해결되기 어려운 문제다. 마지막으로, 녹색해운항로 구축이 강제적 이행으로 발전할 가능성과 이로 인한 중소선사와의 녹색경영 격차 확대 가능성도 우려된다. 대형 선사들은 상대적으로 빠르게 적응할 수 있지만, 중소 선사들은 재정적, 기술적 어려움으로 인해 뒤처질 수 있다는 것이다. 이러한 잠재적 문제점은 녹색해운항로의 성공적인 구축과 운영을 위해 반드시 해결되어야 할 과제들이다.

(2) 효과적인 녹색해운항로 구축 방안

가. 정부 주도의 인센티브 제도와 다자간 협력을 통한 해결책 모색

이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 대응 방안이 제시되고 있다. 첫째, 녹색해운항로 운항에 사용되는 연료의 단일화를 일정 기간 사용하도록 촉구하는 방안이 있다. 이는 초기 시장 형성과 인프라 구축에 도움이 될 수 있다. 둘째, 해당 연료 추진선이 연 몇 회 이상 해당 항구 입항 시 각종 지원을 제공하는 방안도 제안되었다. 이는 선사들의 적극적인 참여를 유도할 수 있는 방법이다. 셋째, 정부의 정책 지원 강화가 필요하다. 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 등에 대한 인센티브 지원이 여기에 포함된다. 넷째, 미래연료 사용에 대한 직접적 지원 또는 금융지원도 중요한 대응 방안이다. 다섯째, 그린 암모니아 공급을 위한 재생에너지 생산 확대가 필요하다. 이는 장기적인 관점에서 친환경 연료의 안정적 공급과 가격 경쟁력 확보에 기여할 수 있다. 여섯째, 친환경 운송서비스 개발을 통한 운임 상승 방안도 고려해 볼만하다. 마지막으로, 극동 및 미 동부의 벙커링 인프라 구축이 시급하다. 이러한 대응 방안들은 정부, 선사, 항만, 연료 공

급업체 등 다양한 이해관계자들의 협력을 통해 실현될 수 있을 것이다.

나. 이해관계자 간 역할 분담과 국제 협력

녹색해운항로의 성공적인 구축을 위해서는 다양한 이해관계자들 간의 협력이 필수적이다. 먼저 정부는 정책과 재정지원을 통해 인프라를 구축하고, IMO 규제의 불확실성을 조기에 해소하는 역할을 해야 한다. 선사는 투입 선박 및 항로 결정, 무탄소 연료 선박 운영, 선원 확보, 비즈니스 모델 구축 등을 담당해야 한다. 조선소는 무탄소 연료 선박 건조에 주력해야 하며, 항만은 무탄소 연료 공급망 구축에 힘써야 한다. 교육기관은 친환경 선박을 잘 관리할 수 있는 우수한 해기사 양성에 집중해야 한다. 국제 협력 측면에서는 한국과 미국 항만 간 공동 이니셔티브 구축, 지식 공유와 친환경 연료 기술 및 인프라 공동 개발 등이 제안되었다. 이러한 협력을 통해 각 이해관계자의 전문성과 자원을 효과적으로 활용하여 녹색해운항로 구축의 시너지 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

다. 통합적 녹색해운 계획 수립과 경제성 확보를 위한 다각적 접근

녹색해운항로 구축을 위해 정책적으로 고려해야 할 사항도 다양하게 제시되었다. 첫째, 기존 친환경선박 개발 및 보급 계획과 기본항만계획 등을 재정비하여 단일 녹색해운항로 계획으로 통합할 필요가 있다. 이를 통해 일관성 있고 효율적인 정책 추진이 가능할 것이다. 둘째, 민간 투자자들이 국내에 입항하는 국내외 선박 및 인프라 지원에 자금을 지원할 수 있는 여건을 조성해야 한다. 이는 민간 부문의 적극적인 참여를 유도하는 데 중요하다. 셋째, IMO 환경 규제의 조속한 확정을 통한 일관성 확보 및 예측 가능성 제고가 필요하다. 이는 업계의 장기적인 계획 수립에 도움이 될 것이다. 넷째, WtW 관점에서의 미래연료 공급과 그에 따른 벌금 등을 종합적으로 고려한 경제성 확보 방안을 마련해야 한다. 다섯째, 항만의 디지털화를 통한 JIT 실현이 필요하다. 마지막으로, 친환경 연료에 대한 안전규정

및 법규 마련이 시급하다. 이러한 정책적 고려사항은 녹색해운항로 구축을 위한 장기적 비전과 구체적 이행 계획 수립에 중요한 기초가 될 것이다.

(3) 결론 및 시사점

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축은 글로벌 해운산업의 친환경 전환과 기후변화 대응을 위한 중요한 시도이다. 그러나 현재 준비 상황은 아직 초기 단계에 있으며, 경제성 확보, 인프라 구축, 기술개발 등 다양한 과제가 산적해 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 한국과 미국 양국의 긴밀한 협력과 함께 정부, 선사, 항만, 조선소, 연료 공급업체, 교육기관 등 다양한 이해관계자들의 적극적인 참여가 필수적이다.

특히 정부의 강력한 정책적 지원, 민간 투자 유도를 위한 과감한 인센티브 제공, 국제 협력을 통한 기술개발 및 인프라 구축 등이 중요한 과제로 대두되고 있다. 녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않고 실질적인 온실가스 감축과 해운업 경쟁력 강화로 이어지기 위해서는 구체적인 목표와 일정을 담은 로드맵 수립이 필요하다.

또한 친환경 연료의 경제성 확보를 위한 연구 개발 지원, 벙커링 인프라 구축을 위한 국제 협력, 그리고 중소선사들의 참여를 유도할 수 있는 정책적 지원 등이 종합적으로 이루어져야 한다. 더불어 해기사 양성 및 교육 프로그램 개발, 안전 규정 마련 등 소프트웨어적인 측면에서의 준비도 병행되어야 할 것이다.

결론적으로, 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축은 단기간에 완성될 수 있는 과제가 아니며, 장기적인 비전과 지속적인 노력이 요구된다. 그러나 이는 미래 해운산업의 경쟁력 확보와 지속가능한 발전을 위한 필수적인 과정이며, 성공적으로 구축된다면 글로벌 해운산업의 친환경 전환에 중요한 모델이 될 수 있을 것이다. 따라서 모든 이해관계자들의 적극적인 참여

와 협력, 그리고 정부의 일관된 정책 지원이 뒷받침된다면, 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로는 미래 해운산업의 새로운 표준을 제시하는 선도적인 사례가 될 수 있을 것이다.

〈그림 4-1〉 한-미 녹색해운항로 관리 현황 및 협력 방안



자료: 저자 작성

제3절 소결

한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 노력이 다각도로 진행되고 있으나, 현재 상황은 여전히 초기 단계에 머물러 있는 것으로 평가된다. 분야별 전문가들의 의견을 종합해보면, 해운 및 항만 분야에서 일부 진전이 있었음에도 전반적인 준비 상황은 '미흡' 또는 '보통' 수준인 것으로 나타났다. 특히 친환경 연료의 경제성 확보, 벙커링 인프라 구축, 기술개발 등에서 여전히 많은 과제가 남아있는 상황이다.

녹색해운항로 구축 과정에서 가장 큰 장애물로 지적되는 것은 친환경 연료의 높은 생산비용과 이로 인한 경제성 확보의 어려움이다. 현재 친환경 연료는 기존 연료에 비해 3~5배 이상 비싸, 선사들의 적극적인 참여를 저해하는 주요 요인이 되고 있다. 또한 벙커링 인프라 부족, 기술적 불확실성, 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 부재 등도 중요한 문제점으로 지적되었다.

이러한 문제들은 단기간에 해결하기 어려운 구조적인 성격을 띠고 있어, 향후에도 지속적인 도전과제가 될 것으로 예상된다. 특히 녹색해운항로 구축이 강제적 이행으로 발전할 경우, 대형 선사와 중소 선사 간의 녹색경영 격차가 더욱 벌어질 수 있다는 우려도 제기되고 있다. 이는 해운산업의 균형 있는 발전을 저해할 수 있는 잠재적 위험 요소로 작용할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 대응 방안이 제시되고 있다. 먼저, 정부 주도의 인센티브제도 운영이 필요하다는 의견이 많았다. 녹색해운항로 운항에 사용되는 연료의 단일화를 일정 기간 유도하고, 친환경 선박에 대한 각종 지원을 제공하는 등의 방안이 제안되었다. 또한 친환경 선박 발주, 엔진 개조, 연료 추가 비용 등에 대한 인센티브 지원도 중요한 정책적 수단으로 언급되었다.

다자간 협력 체계 구축도 중요한 해결책으로 제시되었다. 정부, 선사, 항만, 연료 공급업체 등 다양한 이해관계자들의 역할 분담과 협력이 필요하다는 것이다. 특히 정부는 정책과 재정지원을 통한 인프라 구축 및 IMO 규제의 불확실성 해소에, 선사는 투입 선박 및 항로 결정, 무탄소 연료 선박 운영 등에, 조선소는 무탄소 연료 선박 건조에, 항만은 무탄소 연료 공급망 구축에 주력해야 한다는 의견이 제시되었다.

국제협력 측면에서는 한국과 미국 항만 간 체계적인 정보 공유망 구축, 공동 이니셔티브 형성, 친환경 연료 기술 및 인프라 공동 개발 등이 제안되었다. 특히 미국 측 전문가는 벙커링 인프라 개발과 배출량 감축을 위한 정책 지원의 중요성을 강조했다.

정책적으로는 통합적 녹색해운 계획 수립 및 관련 법규 마련이 시급한 것으로 나타났다. 기존 친환경선박 개발 및 보급 계획, 기본항만계획 등을 재정비하여 단일 녹색해운항로 계획으로 통합하고, 친환경 연료에 대한 안전 규정 및 법규를 마련해야 한다는 의견이 제시되었다. 또한 경제성 확보를 위한 다각적 접근도 필요한데, 민간 투자 유치를 위한 여건 조성, WtW 관점에서의 미래연료 공급과 그에 따른 벌금 등을 종합적으로 고려한 경제성 확보 방안 마련 등이 제안되었다.

이러한 분석 결과는 녹색해운항로 구축이 단순히 기술적인 문제가 아니라 경제적, 정책적, 국제협력적 측면이 복합적으로 얽힌 과제임을 보여준다. 따라서 향후 녹색해운항로 구축을 위해서는 다음과 같은 점을 고려해야 할 것이다.

첫째, 정부의 강력한 정책적 지원과 함께 민간 부문의 적극적인 참여를 도모할 수 있는 인센티브 체계 구축이 필요하다. 특히 중소 선사들의 참여를 독려할 수 있는 맞춤형 지원 정책이 마련되어야 한다.

둘째, 친환경 연료의 경제성 확보를 위한 연구 개발 지원과 함께, 벙커링 인프라 구축을 위한 국제 협력이 강화되어야 한다. 이를 위해 한-미 간 공동 연구 프로젝트 추진, 기술 표준화 작업 등이 필요할 것이다.

셋째, 녹색해운항로 구축을 위한 통합적인 로드맵 수립이 시급하다. 이 로드맵에는 구체적인 목표와 일정, 필요한 기술개발 계획, 인프라 구축 계획, 법규 및 제도 정비 계획 등이 포함되어야 한다.

넷째, 해기사 양성 및 교육 프로그램 개발, 안전 규정 마련 등 소프트웨어적인 측면에서의 준비도 병행되어야 한다. 이는 녹색해운항로의 안정적인 운영을 위해 필수적인 요소이다.

마지막으로, 지속적인 모니터링과 평가 체계 구축이 필요하다. 녹색해운항로 구축은 장기적인 프로젝트이므로, 진행 상황을 주기적으로 점검하고 필요한 경우 전략을 수정·보완할 수 있는 유연한 체계가 마련되어야 한다.

결론적으로, 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축은 쉽지 않은 도전이지만, 미래 해운산업의 경쟁력 확보와 지속가능한 발전을 위해 반드시 필요한 과제이다. 이를 성공적으로 추진하기 위해서는 정부, 산업계, 학계, 연구기관 등 모든 이해관계자들의 적극적인 참여와 협력이 필수적임이 다시 한번 강조되고 있다.

다음 장에서는 이를 바탕으로 협력방안을 구체적으로 제시하고자 한다.

05
한-미 동부 녹색해운항로 협력방안

제1절 주요 도전과제 및 해결방안

1. 녹색해운항로 구축의 주요 도전과제

녹색해운항로 이니셔티브는 해운산업의 탈탄소화를 가속화하기 위한 중요한 수단이다. 그리고 이를 성공적으로 구현하기 위해서는 연료 선택의 불확실성 해소, 복잡한 거버넌스 구조 개선, 적합한 비즈니스 모델 개발, 강력한 정책적 지원이 필요하다. 이러한 네 가지 주요 도전과제와 해결방안을 정리하면 다음과 같다.

첫 번째, 연료 선택의 불확실성이다. 연료 전환에 상당한 발전이 있었음에도 아직 많은 녹색해운항로 이니셔티브들은 핵심 연료에 대한 최종 결정을 내리지 못하고 있다. 이는 각 연료 옵션별 기술적, 경제적, 환경적 타당성에 대한 불확실성이 상존하기 때문이다. 따라서 보다 면밀한 검토와 이해관계자들 간의 합의가 필요하며, 각 연료 옵션에 대한 종합적인 분석과 비교를 통해 최적의 연료를 선택할 수 있도록 지원해야 한다.

두 번째, 복잡한 거버넌스 구조이다. 다양한 영역과 이해관계자를 아우르는 녹색해운항로의 복잡한 거버넌스 구조는 여러 부문에서 진전을 더디

게 만드는 걸림돌로 작용하고 있다. 따라서 거버넌스 체계를 효율화하고 의사결정 프로세스를 간소화하는 노력이 요구되며, 이를 위해 명확한 역할 분담과 신속한 의사결정 메커니즘을 마련해야 할 것이다.

세 번째는 적합한 비즈니스 모델이 부족하다는 것이다. 상업적 측면에서는 녹색해운항로의 성공적인 구축을 위해 요구되는 경제적인 수익성이 뒷받침되는 적절한 비즈니스 모델을 찾기가 어렵다. 따라서 상업적 타당성과 수익성을 담보할 수 있는 비즈니스 모델을 발굴하고 설계하는 것이 시급하며, 이를 위해 다양한 비즈니스 모델을 시험하고 성공 사례를 공유하면서 민간 부문의 자발적 참여를 이끌어내야 할 것이다.

네 번째로는 정책적 지원 강화가 필요하다. 정책적 지원 역시 녹색해운항로 이행의 성패를 좌우하는 중요한 요소라고 할 수 있다. 녹색해운항로가 단순히 이니셔티브에 그치지 않고 실제로 원활하게 기능하기 위해서는 정부 차원의 제도적, 재정적 지원이 뒷받침되어야 한다. 정부는 관련 정책 수단을 확충하고 행정 역량을 강화해야 한다. 구체적인 지원방안으로는 재정적 인센티브, 기술개발 지원, 규제 완화 등이 포함될 수 있다.

2. 주요 도전과제 해결방안

Global Maritime Forum의 「2023년 연차 보고서」에 따르면, 녹색해운항로가 본격적인 성장 궤도에 오르기 위해서는 핵심 연료 선택, 상업적 모델 혁신, 정부의 정책 지원 확대, 거버넌스 체계 정비, 공동 이익 추구 등 산적한 과제를 하나씩 해결해 나가야 한다고 언급하고 있다. 해당 보고서에서 녹색해운항로의 발전을 위해 제시하고 있는 다섯 가지 핵심 과제는 다음과 같다.

첫째, 연료 경로에 대한 결단력이 녹색해운항로의 성패를 좌우할 수 있다. 연료 경로 결정에는 상충관계(trade-offs)가 수반되기 때문에, 단일 연료를 채택할지 다중 연료를 채택할지의 선택은 신중한 고려가 필요한 사안이다.

둘째, 녹색해운항로는 용선, 선박 소유권, 연료 공급 계약 등 세 가지 도전 분야에 걸쳐 혁신적인 상업적, 사업적, 금융적 방안을 모색하고 시험하며 채택할 필요가 있다. 연구 부문에서는 잠재적 메커니즘과 고려사항 제시를 통해 녹색해운항로를 지원할 수 있다.

셋째, 정부는 녹색해운항로 이행 지원에 초점을 맞출 필요가 있으며, 정책 수단 설계에 관한 첫 대화와 결정이 이뤄져야 한다. 정부는 녹색해운항로 간 선의의 경쟁을 촉진하고 지원의 효과성과 비용 효율성을 높이는 다양한 정책 경로를 모색하는 역할을 수행할 수 있다.

넷째, 적절한 거버넌스 구조는 녹색해운항로의 발전을 촉진할 수 있다. 이해관계자 간 조정, 다층적 참여, 공동 창조와 공동 소유권 의식 함양에 초점을 맞출 필요가 있다.

다섯째, 녹색해운항로는 공평한 글로벌 체제 구축과 공동 혜택 극대화를 위해 노력해야 한다. 지식 공유가 핵심 메커니즘이며, 지역사회 내 항만 위상 활용, 미래 연료와 선박 관련 교육 프로그램 및 요건 개발 기여 등의 전략도 필요하다. 이러한 점에서 참여자 간의 협력과 지식공유 또한 매우 중요한 요인으로 작용할 수 있을 것이다.

그뿐만 아니라 화주 및 금융기관의 참여 또한 중요하다. 화주는 녹색해운항로의 내실을 다지는 핵심 주체로, 수요 기반 확보 차원에서 중요하다. 화주 참여의 대안적 방식과 제로 배출 해운 서비스에 대한 지불의사 활성화 방안을 구체화할 필요가 있다. 예를 들어 벌크 부문의 대형 화주는 시장 교섭력을 바탕으로 녹색해운항로 전환 가속화의 강력한 동인이 될 수 있다.

일부 이니셔티브에서는 컨테이너 부문의 수요 통합 플랫폼, 새로운 예약 및 클레임 솔루션 등을 통한 간접적 화주 참여 방안 논의가 이루어지고 있다. 또한 금융기관의 초기 참여는 이니셔티브의 범위와 리스크 접근법을 익히고, 금융기관의 시장 지식을 활용하는 데 도움이 되며, 제로 배출 선박의 금융 거래 가속화에 기여할 수 있다.

제2절 단계별 협력방안

본 절에서는 단, 중, 장기적 관점에서 녹색해운항로를 위한 협력방안을 단계별로 제시하고자 한다. 단, 협력방안의 첫 단계는 정부주도의 녹색해운항로 추진을 위한 MOU 체결 이후로 가정한다. 왜냐하면 초기 양자 간 구축 추진은 정부 간 협약이 아닌 산업계 주도로 추진되기에는 다양한 한계가 존재하기 때문이다.

1. 단기(1~3년)

단기 협력방안의 주요 목표는 녹색해운항로 구축을 위한 기반을 조성하고 초기 협력 체계를 확립하는 것이다. 이 단계에서는 이해관계자 식별 및 협의체 구성, 법적·제도적 프레임워크 수립, 그리고 초기 파일럿 프로젝트 실시에 중점을 둘 필요가 있다.

먼저, 이해관계자 식별 및 협의체 구성 과정에서는 다양한 이해관계자 간의 이해상충과 참여 동기 부족이라는 문제에 직면할 수 있다. 해운회사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관, 정부 기관 등 다양한 주체들의 이해관계가 서로 다르기때문에 공통의 목표를 설정하고 협력 체계를 구축하는 데 어려움이 존재한다. 따라서 이를 해소하기 위해 정부 주도의 협의체를 구성하고 운영하는 것이 효과적일 것이다. 해양수산부나 환경부 등 관련 부처가 주도하여 '녹색해운항로 추진 위원회(가칭)'와 같은 협의체를 구성하고, 정기적인 회의를 통해 각 이해관계자의 의견을 수렴하고 조율하는 역할을 수행해야 한다. 그리고 이 과정에서 각 이해관계자의 역할과 책임을 명확히 정의하고, 참여에 따른 인센티브를 제시하여 적극적인 참여를 유도해야 한다.

또한 정기적인 워크숍이나 세미나를 개최하여 녹색해운항로에 대한 이해를 높이고, 선진 사례를 공유하며, 참여자들 간의 네트워킹을 촉진할 필요가 있다. 이를 통해 이해관계자들이 녹색해운항로 구축의 필요성과 잠재적 이익을 인식하고, 자발적인 참여 의지를 높일 수 있을 것이다.

둘째, 법적·제도적 프레임워크 수립 과정에서는 기존 규제와의 충돌과 새로운 규제에 대한 저항이라는 문제에 직면할 수 있다. 예를 들어, 현행 해운 관련 법규가 친환경 선박 도입이나 대체연료의 사용을 제한할 수 있고, 새로운 환경 규제 도입이 업계의 반발을 불러일으킬 수 있다.

따라서 이러한 장애요인을 해결하기 위해서는 먼저 국내법 정비 작업이 선행되어야 한다. 「해운법」, 「항만법」, 「선박안전법」 등 관련 법률을 검토하고, 녹색해운항로 구축을 저해하는 규제를 식별하여 개정하는 작업이 필요하다. 동시에 국제해사기구(IMO)의 규제와 조화를 이루도록 하여, 국제 표준에 부합하는 제도적 기반을 마련해야 한다.

특히 새로운 규제 도입에 대한 저항을 완화하기 위해서는 규제 샌드박스 제도를 활용할 수 있다. 예를 들어, 특정 항로나 선박을 대상으로 한시적으로 규제를 완화하여 새로운 기술이나 운영 방식을 시험해볼 수 있는 기회를 제공함으로써, 업계의 부담을 줄이고 점진적인 변화를 유도할 수 있을 것이다. 또한 규제 설계 과정에서 이해관계자들의 의견을 충분히 수렴하는 것도 중요하다. 공청회, 의견 수렴 기간 등을 통해 업계의 현실적인 어려움과 우려사항을 파악하고, 이를 규제에 반영함으로써 수용성을 높일 수 있다. 동시에 규제 준수에 따른 인센티브 제도를 마련하여, 자발적인 참여를 유도하는 것도 효과적일 것이다.

마지막으로, 초기 파일럿 프로젝트 실시 과정에서는 높은 초기 비용과 기술적 불확실성이라는 문제에 직면할 수 있다. 친환경 선박 도입, 대체 연료 인프라 구축 등에 막대한 비용이 소요되며, 새로운 기술의 실효성과 안

정성에 대한 의문이 제기될 수 있다.

이러한 문제점은 정부의 적극적인 지원정책 수립을 통해 해소될 수 있다. 예를 들어, 친환경 선박 도입 시 보조금 지급, 저금리 융자 제공 등의 재정적 지원을 통해 민간 기업의 부담을 경감시킬 수 있을 것이다. 또한, 정부 주도의 R&D 사업을 통해 핵심 기술개발을 지원하고, 그 결과를 산업계와 공유함으로써 기술적 불확실성을 줄여나가야 한다.

파일럿 프로젝트는 단계적으로 접근하는 것이 효과적일 수 있다. 예를 들어, 첫 단계에서는 기존 선박의 개조를 통한 배출 저감, 두 번째 단계에서는 소규모 친환경 선박 도입, 세 번째 단계에서는 대체 연료 사용 확대 등으로 단계를 나누어 진행할 수 있다. 각 단계마다 철저한 성과 분석과 피드백 수렴을 통해 다음 단계로의 확장 여부를 결정해야 한다.

또한 파일럿 프로젝트의 성과와 학습 내용을 모든 이해관계자와 공유하는 체계를 구축해야 한다. 정기적인 보고서 발간, 성과 공유 세미나 개최 등을 통해 프로젝트의 진행 상황과 성과, 그리고 직면한 문제점과 해결 방안 등을 투명하게 공개함으로써, 전체 이해관계자의 학습과 참여를 촉진할 수 있다.

〈표 5-1〉 단기 협력방안의 도전과제와 해소방안

목표	녹색해운항로 구축을 위한 기반 조성과 초기 협력 체계 확립			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
이해관계자 식별 및 협의체 구성	• 정부부처(해수부, 산자부, 환경부 등) • 선사 • 항만공사 • 연료공급자	이해관계자 간 이해상충	• 해운회사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관, 정부 기관 등 다양한 주체들의 이해관계 차이	• 정부 주도의 '녹색해운항로 추진 위원회' 구성 및 운영 • 이해관계자의 역할과 책임 명확화, 참여 인센티브 제시 • 정기적 워크숍, 세미나 개

목표	녹색해운항로 구축을 위한 기반 조성과 초기 협력 체계 확립			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
	• 조선소 • 금융기관 • 학계 및 연구기관 등		• 공통 목표 설정과 협력 체계 구축의 어려움	최를 통한 이해 증진 및 네트워킹 촉진
법적·제도적 프레임워크 수립	• 정부부처(해수부, 환경부, 법제처 등) • 국회상임위 • 법률전문가 • 선사 의사결정권자 • 국제기구(IMO 등) 관계자	기존 규제와의 충돌, 새로운 규제에 대한 저항	• 현행 해운 관련 법규가 친환경 선박 도입이나 대체 연료 사용을 제한할 가능성 • 새로운 환경 규제 도입에 대한 업계의 반발	• 국내법 정비 작업 선행(해운법, 항만법, 선박안전법 등 검토 및 개정) • 국제해사기구(IMO) 규제와의 조화 추구 • 규제 샌드박스 제도 활용 • 이해관계자 의견 수렴 강화(공청회, 의견 수렴 기간 등) • 규제 준수에 따른 인센티브 제도 마련
초기 파일럿 프로젝트 실시	• 정부부처(해수부, 산자부 등) • 선사 • 항만공사 • 연료공급자 • 조선소 • 금융기관 • 학계 및 연구기관 등	높은 초기 비용, 기술적 불확실성	• 친환경 선박 도입, 대체 연료 인프라 구축 등에 막대한 비용 소요 • 새로운 기술의 실효성과 안정성에 대한 의문	• 정부의 적극적 지원정책 수립(보조금 지급, 저금리 융자 제공 등) • 정부 주도 R&D 사업을 통한 핵심 기술개발 지원 • 단계적 접근 방식 채택(선박 개조 → 소규모 친환경 선박 도입 → 대체 연료 사용 확대) • 성과와 학습 내용 공유 체계 구축(정기 보고서 발간, 성과 공유 세미나 등)

자료: 저자 작성

단기 협력방안의 성공적인 이행을 위해서는 다음과 같은 준비사항이 필요하다. 먼저, 파일럿 프로젝트의 결과를 철저히 분석하고 개선점을 도출해야 한다. 이를 위해 객관적인 평가 지표를 개발하고, 외부 전문가를 포함한 평가단을 구성하여 공정하고 전문적인 평가를 실시해야 한다.

다음으로, 중기 계획 수립을 위한 이해관계자 간 합의 도출이 필요하다. 단기 협력 과정에서 형성된 신뢰를 바탕으로, 보다 장기적이고 포괄적인 협력 방안에 대한 논의를 시작해야 한다. 이 과정에서 각 이해관계자의 중장기 전략과 녹색해운항로 구축 목표를 조율하고, 공동의 비전을 수립하는 것이 중요하다.

마지막으로, 초기 투자 유치 및 자금 조달 방안을 마련해야 한다. 정부의 재정 지원만으로는 한계가 있으므로, 민간 투자를 적극적으로 유치할 필요가 있다. 이를 위해 녹색채권 발행, ESG 투자 연계 등 다양한 금융 수단을 활용하고, 국제 금융기관과의 협력을 통해 대규모 자금을 조달하는 방안을 모색해야 한다.

이러한 단기 협력방안의 성공적인 이행은 녹색해운항로 구축을 위한 견고한 기반을 마련할 것이다. 이해관계자 간 신뢰 구축, 제도적 기반 마련, 초기 성공 사례 창출 등을 통해 중장기적인 협력의 동력을 확보할 수 있을 것이다. 다만, 단기 성과에 지나치게 집중하여 장기적 비전을 놓치지 않도록 주의해야 하며, 지속적인 소통과 피드백을 통해 협력 방안을 유연하게 조정해 나가는 것이 중요할 것이다.

〈그림 5-1〉 단기 협력방안



자료: 저자 작성

2. 중기(4~7년)

중기 협력방안의 주요 목표는 단기에 구축된 기반을 토대로 인프라를 확충하고 기술개발을 가속화하는 것이다. 이 단계에서는 친환경 선박 및 항만 인프라 확충, 대체 연료 공급망 구축, 기술개발 및 상용화 촉진, 그리고 금융 지원 체계 고도화에 중점을 둔다.

첫째, 친환경 선박 및 항만 인프라 확충 과정에서는 대규모 투자 필요성과 기존 인프라와의 통합 어려움이라는 문제에 직면할 수 있다. 친환경 선박의 대량 도입과 항만의 녹색화에는 막대한 비용이 소요되며, 이를 기존의 해운 및 항만 시스템과 어떻게 조화롭게 통합할 것인가가 주요 과제가 될 것이다. 이러한 장애물을 해결하기 위해 공공-민간 파트너십(PPP) 모델을 적극 활용할 필요가 있다. 이는 정부와 민간 기업이 공동으로 투자하고 리스크를 분담하는 방식으로, 대규모 인프라 프로젝트를 추진할 수 있게 된다. 예를 들어, 정부가 토지와 기본 인프라를 제공하고 민간 기업이 친환경 설비를 구축하는 방식의 협력이 가능할 것이다.

또한 단계적 인프라 구축 계획을 수립하고 이행하는 것도 중요하다. 전체 항만과 선대를 한 번에 교체하는 것은 현실적으로 불가능하므로, 우선순위를 정해 점진적으로 인프라를 확충해 나가야 한다. 예를 들어, 주요 무역항을 중심으로 먼저 친환경 인프라를 구축하고, 이후 중소형 항만으로 확대해 나가는 방식을 채택할 수 있다. 더불어 기존 인프라의 친환경 개조를 지원하는 정책도 병행되어야 한다. 노후 선박의 친환경 개조 시 보조금 지급, 항만 설비의 에너지 효율화 사업 지원 등을 통해 전체적인 인프라의 녹색화를 촉진할 수 있다. 이 과정에서 기존 인프라의 수명 주기와 경제성을 고려한 최적의 개조 시점을 결정하는 것이 중요할 것이다.

둘째, 대체 연료 공급망 구축 과정에서는 연료 가격의 변동성과 안정적 공급 보장의 어려움이라는 문제에 직면할 수 있다. LNG, 수소, 암모니아 등 새로운 대체 연료의 생산 및 공급 체계가 아직 완전히 갖춰지지 않은 상황에서, 가격 변동성이 크고 안정적인 공급을 보장하기 어려울 수 있다.

이러한 문제를 해소하기 위해서는 장기 공급 계약 체결을 유도하는 것이 효과적일 수 있다. 정부가 중개자 역할을 하여 연료 공급업체와 해운회사 간의 장기 계약 체결을 지원함으로써, 가격 안정성을 확보하고 안정적인 수요를 보장할 수 있다. 이는 연료 공급업체의 대규모 투자를 유도하는 데에도 도움이 될 것이다.

연료 다변화 전략 수립도 중요하다. 단일 연료에 의존하기보다는 다양한 대체 연료를 병행하여 사용함으로써, 공급 불안정성과 가격 변동성 리스크를 분산시킬 수 있다. 이를 위해 다중 연료 사용이 가능한 선박 기술개발과 함께, 각 연료별 특성에 맞는 저장 및 공급 인프라를 구축해야 한다.

정부 차원의 비상 공급 체계 마련도 필요하다. 예기치 못한 공급 중단 상황에 대비하여 전략 비축을 실시하고, 국제 협력을 통한 비상시 상호 지원 체계를 구축해야 한다. 이는 단순히 연료의 물리적 확보뿐만 아니라, 가격 안정화를 위한 시장 개입 메커니즘도 포함해야 할 것이다.

셋째, 기술개발 및 상용화 촉진 과정에서는 높은 R&D 비용과 상용화까지의 시간 지연이라는 문제에 직면할 수 있다. 친환경 선박 기술, 대체 연료 생산 기술 등의 개발에는 막대한 비용과 시간이 소요되며, 개발된 기술의 실제 상용화까지는 또 다른 시간과 노력이 필요하다.

이러한 문제점은 산학연 협력 체계 강화를 통해 일정 부분 해소할 수 있다. 대학, 연구소, 기업이 공동으로 참여하는 대형 R&D 프로젝트를 추진하고, 각 주체의 강점을 살린 역할 분담을 통해 효율적인 기술개발을 도모

해야 한다. 이 과정에서 정부는 핵심 기술 분야에 대한 집중 투자와 함께, 산학연 협력을 위한 플랫폼 제공 역할을 수행해야 한다.

기술 로드맵 수립 및 주기적 갱신도 중요하다. 중장기적인 기술개발 목표와 단계별 추진 전략을 수립하고, 이를 정기적으로 검토하고 갱신함으로써 급변하는 기술 환경에 유연하게 대응할 수 있다. 이 과정에서 국제 동향을 면밀히 모니터링하고, 글로벌 기술 표준화 움직임에 적극 동참하여 국내 기술의 국제 경쟁력을 확보해야 한다.

실증 사업 확대를 통한 상용화 가속화도 필요하다. 개발된 기술을 실제 운영 환경에서 검증하고 개선하는 과정을 통해 기술의 완성도를 높이고 상용화 시기를 앞당길 수 있다. 이를 위해 정부는 실증 사업에 대한 재정 지원을 확대하고, 규제 샌드박스 제도를 활용하여 새로운 기술의 실험적 도입을 장려해야 한다.

넷째, 금융 지원 체계 고도화 과정에서는 투자 회수 기간 장기화와 높은 금융 리스크라는 문제에 직면할 수 있다. 녹색해운항로 프로젝트는 일반적으로 투자 규모가 크고 회수 기간이 길며, 새로운 기술과 시장 불확실성으로 인해 금융기관이 느끼는 리스크가 높을 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 '녹색채권'[30] 발행을 활성화할 필요가 있다. 정부나 공공기관이 선도적으로 녹색해운 관련 채권을 발행하고, 민간 기업의 녹색채권 발행을 지원함으로써 대규모 자금을 조달할 수 있다. 이 과정에서 녹색채권의 기준과 인증 체계를 명확히 하여 투자자들의 신뢰를 확보하는 것이 중요하다.

정부 보증 제도 확대도 효과적일 수 있다. 녹색해운 프로젝트에 대한 정부의 부분 보증을 통해 금융기관의 리스크를 경감시키고, 이를 통해 더 많

30) 기후변화 완화, 적응 및 친환경 프로젝트를 위한 자금을 조달하는 데 사용되는 유동 금융상품으로 기후변화에 대한 자금조달을 원활하게 할 뿐만 아니라, 발행 기업의 친환경 노력에 대한 평가를 개선하여 ESG 경영에도 도움이 됨(안지연 외(2022), 검색일: 2024.9.5.)

은 민간 자본이 유입될 수 있도록 해야 한다. 특히 초기 단계의 혁신적인 프로젝트나 중소기업이 주도하는 사업에 대한 보증 지원을 강화할 필요가 있다. 아울러, ESG 투자 연계 인센티브 제도 도입도 고려해 볼 만하다. 녹색해운 프로젝트에 투자하는 금융기관이나 기업에 대해 세제 혜택이나 규제 우대를 제공함으로써, ESG 투자를 활성화하고 더 많은 자금이 녹색해운 부문으로 유입되도록 유도할 수 있다.

〈표 5-2〉 중기 협력방안의 도전과제와 해소방안

목표	단기에 구축된 기반을 토대로 한 인프라 확충 및 기술개발 가속화			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
친환경 선박 및 항만 인프라 확충	• 정부부처 (해수부) • 선사 • 항만공사 • 터미널운영사 • 민간투자자	대규모 투자 필요, 기존 인프라와 통합의 어려움	• 친환경 선박의 대량 도입과 항만의 녹색화에 따른 막대한 비용 소요 • 이를 기존의 해운 및 항만 시스템과 통합하는 데 애로사항 발생	• 공공-민간 파트너십(PPP) 모델 활용 • 단계적 인프라 구축 계획 수립과 이행(주요 무역항을 중심으로 먼저 친환경 인프라를 구축하고, 이후 중소형 항만으로 확대) • 기존 인프라의 친환경 개조 지원(기존 인프라의 수명 주기와 경제성을 고려한 최적의 개조 시점 결정)
대체 연료 공급망 구축	• 정부부처 (산자부, 해수부 등) • 에너지 관련 기업 및 공공기관 • 연료공급기업 • 선사 • 항만공사	연료 가격 변동성, 안정적 공급 보장의 어려움	• LNG, 수소, 암모니아 등 새로운 대체 연료의 생산 및 공급 체계가 아직 완전히 갖춰지지 않은 상황 • 가격 변동성이 크고 안정적인 공급 보장 어려움	• 정부 중개 장기 공급 계약 체결 유도 • 연료 다변화 전략 수립 • 정부 차원의 비상 공급 체계 마련
기술개발 및 상용화 촉진	• 정부부처 (과기정통부, 산자부, 해수부 등)	높은 R&D 비용, 상용화까지 시간 지연	• 친환경 선박 기술, 대체 연료 생산 기술 등의 개발에는 막대한 비	• 산학연 협력 체계 강화(각 주체의 강점을 살린 역할 분담을 통한 기술개발) • 정부는 핵심 기술 분야에

목표	단기에 구축된 기반을 토대로 한 인프라 확충 및 기술개발 가속화			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
	• 대학 및 연구기관 • 조선소 • 선사 • 기자재 업체 • 기술 표준화 기관(KR 등)		용과 시간 소요 • 개발된 기술의 실제 상용화까지 또 다른 시간과 노력 필요	대한 집중 투자 및 산학연 협력을 위한 플랫폼 제공 • 기술 로드맵 수립 및 주기적 갱신 • 실증 사업 확대를 통한 상용화 가속화
금융 지원 체계 고도화	• 정부부처 (기재부, 해수부 등) • 금융기관 • 선사 • ESG 평가 기관	투자 회수 기간 장기화, 높은 금융 리스크	• 녹색해운항로 프로젝트는 투자 규모가 크고 회수 기간이 김 • 새로운 기술과 시장 불확실성으로 인해 금융기관이 느끼는 리스크 클 수 있음	• 정부나 공공기관이 선도적으로 '녹색채권' 발행, 활성화 도모 • 녹색채권의 기준과 인증 체계 명확화를 통한 투자자 신뢰 확보 • 정부 보증 제도 확대(금융기관의 리스크를 경감, 민간자본 유도 등), 특히 초기 단계의 혁신적인 프로젝트나 중소기업이 주도하는 사업에 대한 보증 지원 강화 • ESG 투자 연계 인센티브 제도 도입

자료: 저자 작성

한편 중기적 협력방안의 성공적인 이행을 위해서는 다음과 같은 준비사항이 필요하다.

먼저, 중기 성과에 대한 철저한 평가와 이를 바탕으로 한 장기 전략의 재조정이 필요하다. 정량적, 정성적 평가를 통해 중기 협력의 성과와 한계를 명확히 파악하고, 이를 토대로 장기 전략을 수정 보완해야 한다.

다음으로, 국제 협력 체계 강화를 위한 네트워크 확대가 필요하다. 녹색해운은 본질적으로 국제적인 협력이 필요한 분야이므로, 양자간, 다자간 협

력 채널을 확대하고 국제 포럼이나 컨퍼런스 등을 통해 글로벌 네트워크를 강화해야 한다.

마지막으로, 새로운 기술 및 시장 변화에 대한 대응 전략 수립이 필요하다. 기술 발전 속도가 빠르고 시장 환경이 급변하는 만큼, 이에 대한 지속적인 모니터링과 유연한 대응 전략 수립이 중요하다. 특히 파괴적 혁신 기술의 등장 가능성에 대비한 시나리오 플래닝이 필요할 것이다.

이러한 중기 협력방안의 성공적인 이행은 녹색해운항로 구축을 위한 실질적인 진전을 이루는 데 핵심적인 역할을 할 것이다. 인프라 확충, 기술개발, 금융 지원 체계 고도화 등을 통해 녹색해운의 실현 가능성을 높이고, 산업 생태계를 더욱 공고히 할 수 있을 것이다. 다만, 급격한 변화 과정에서 발생할 수 있는 부작용이나 이해관계자 간 갈등에 대비한 세심한 관리가 필요할 것이며, 지속적인 소통과 조정을 통해 모든 이해관계자가 함께 성장할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

〈그림 5-2〉 중기 협력방안



자료: 저자 작성

3. 장기(8~10년 이상)

장기적 협력방안의 주요 목표는 녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산이다. 이 단계에서는 전체 해운 네트워크의 녹색화, 탄소 중립 해운 생태계 조성, 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출, 지속가능한 해양 생태계 보전, 그리고 글로벌 리더십 확보 및 지식 공유에 중점을 둘 필요가 있다.

첫째, 전체 해운 네트워크의 녹색화 과정에서는 글로벌 차원의 협력 필요성과 국가 간 이해관계 상충이라는 문제에 직면할 수 있다. 녹색해운항로가 일부 구간에 국한되지 않고 전 세계적으로 확산되기 위해서는 모든 국가의 참여가 필요하지만, 각국의 경제적 이해관계와 환경 정책의 차이로 인해 갈등이 발생할 수 있기 때문이다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 국제해사기구(IMO) 중심의 글로벌 표준 수립이 선행되어야 하며, IMO를 통해 녹색해운에 대한 국제적 기준을 마련하고, 이를 모든 회원국이 준수하도록 하는 체계가 구축될 필요가 있다. 이 과정에서 우리나라는 선진국과 개발도상국 사이에서 가교 역할을 수행하며, 공정하고 실효성 있는 국제 규범 수립에 기여할 수 있을 것이다.

다자간 협력 체계 구축 및 운영도 중요하다. 이를 위해 지역별, 항로별로 다자간 협의체를 구성하여 구체적인 실행 방안을 논의하고 이행하는 체계를 구축할 필요가 있다. 예를 들어, 아시아-유럽 녹색해운협의체, 태평양 녹색항로 연합 등을 구성하여 지역 특성에 맞는 협력 모델을 개발할 수 있을 것이다.

개발도상국 지원 프로그램 마련도 필수적이다. 녹색해운 전환에 필요한 기술과 자금이 부족한 개발도상국을 지원함으로써, 전 세계적인 녹색해운 네트워크 구축을 앞당길 수 있다. 이를 위해 선진국들의 공동 출자로 '글로벌 녹색해운 기금(가칭)'을 조성하고, 이를 통해 개발도상국의 인프라 구축과 기술 이전을 지원하는 방안도 함께 고려할 수 있다.

둘째, 탄소 중립 해운 생태계 조성 과정에서는 잔여 배출량 처리와 전체 가치사슬의 탄소 중립화라는 과제에 직면하게 된다. 아무리 친환경 기술을 적용하더라도 완전한 무배출을 달성하기는 어려우며, 해운업 자체뿐만 아니라 연관 산업을 포함한 전체 가치사슬의 탄소 중립화가 필요하다.

이러한 도전적 과제를 해결하기 위해서는 다양한 접근이 필요하다. 우선, 탄소 포집 및 저장(Carbon Capture & Storage, CCS) 기술과 같은 혁신적인 기술 도입과 상용화가 필수적이다. 이를 위해서는 CCS 기술에 대한 대규모 R&D 투자가 선행되어야 하며, 동시에 포집된 탄소의 저장 및 활용을 위한 인프라 구축이 병행되어야 할 것이다.

또한 순환경제 모델의 적용 확대도 중요한 해결책이 될 수 있다. 선박의 생애주기 전반, 즉 건조부터 폐선까지 전 과정에서 자원의 재활용과 재사용을 극대화하는 순환경제 모델을 도입해야 한다. 예를 들어, 폐선 시 발생하는 자재를 새로운 선박 건조에 활용하거나, 선박 배터리의 재사용 체계를 구축하는 등의 방안을 적극적으로 고려할 수 있다.

더불어, 전 주기 탄소 배출 모니터링 시스템 구축도 필수적이다. 이는 선박의 운항뿐만 아니라 건조, 정비, 폐선 등 전 과정에서 발생하는 탄소 배출을 정확히 측정하고 관리할 수 있는 시스템을 의미한다. 이러한 시스템을 통해 정확한 탄소 배출량 산정이 가능해지고, 이를 바탕으로 더욱 효과적이고 타기팅된 감축 전략을 수립할 수 있을 것이다.

셋째, 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출 과정에서는 기존 산업 구조의 변화에 따른 저항과 신규 진입자와의 갈등이라는 문제에 직면할 수 있다. 녹색해운으로의 전환은 기존 해운산업의 구조를 크게 변화시킬 것이며, 이 과정에서 새로운 플레이어들의 진입으로 인한 경쟁 구도의 변화가 예상된다.

이러한 도전을 해결하기 위해서는 무엇보다 기존 해운 기업들이 녹색해운 체제에 원활히 적응할 수 있도록 종합적인 지원 패키지를 제공할 필요가 있다. 이는 기술 지원, 인력 재교육, 금융 지원 등을 포함하며, 이를 통해 기존 기업들의 변화 적응을 돕고 저항을 최소화할 수 있을 것이다. 더불어 새로운 비즈니스 모델로의 전환을 장려하기 위한 인센티브 제도도 병행되어야 한다.

또한 스타트업 육성 및 혁신 생태계 조성도 중요한 역할을 할 수 있다. 녹색해운 분야의 혁신적인 기술과 서비스를 개발하는 스타트업을 적극 육성하고, 이들이 기존 기업과 협력할 수 있는 플랫폼을 제공해야 한다. 예를 들어, 녹색해운 특화 엑셀러레이터 프로그램을 운영하거나, 대기업과 스타트업 간의 협력 프로젝트를 지원하는 등의 방안을 고려할 수 있다. 이를 통해 새로운 아이디어와 기술이 산업에 유입되고, 기존 기업들과 신규 진입자들 간의 상생 협력을 도모할 수 있을 것이다.

더불어, 재교육 및 인력 재배치 프로그램 운영도 필수적이다. 기존 해운 산업 종사자들이 새로운 기술과 비즈니스 모델에 적응할 수 있도록 체계적인 재교육 프로그램을 제공해야 한다. 이는 산업 전환 과정에서 발생할 수 있는 인력 공백을 최소화하고, 기존 인력의 전문성을 새로운 환경에 맞게 업그레이드하는 데 도움이 될 것이다. 또한 산업 구조 변화로 인해 불가피하게 발생하는 인력 이동을 지원하기 위한 재배치 프로그램도 마련해야 할 것이다. 이를 통해 산업 전환 과정에서 사회적 비용을 최소화하고, 원활한 인력 이동을 도모할 수 있다.

이러한 종합적인 접근을 통해 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출 과정에서 발생할 수 있는 갈등과 저항을 최소화하고, 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출을 촉진할 수 있을 것이다. 이는 궁극적으로 해운산업의 지속가능한 성장과 경쟁력 강화로 이어질 수 있을 것이다.

넷째, 지속가능한 해양 생태계 보전 과정에서는 경제적 이익과 환경 보호의 균형, 그리고 장기적 영향 평가의 어려움이라는 문제에 직면하게 된다. 해운산업의 성장과 해양 환경 보호라는 두 가지 목표 사이에서 균형을 잡는 것이 쉽지 않으며, 현재의 정책이 장기적으로 해양 생태계에 미칠 영향을 정확히 예측하기 어렵다.

이러한 복잡한 문제를 해결하기 위해 무엇보다도 해양 생태계 모니터링 체계를 고도화해야 한다. 첨단 센서 기술, 인공위성, 빅데이터 분석 등을 활용하여 해양 환경의 변화를 실시간으로 모니터링하고 분석하는 시스템을 구축해야 한다. 이를 통해 녹색해운 정책의 효과를 즉각적으로 확인하고, 필요한 경우 신속하게 대응할 수 있을 것이다. 이는 정책 결정자들에게 더 나은 의사결정 도구를 제공하고, 환경 변화에 대한 선제적 대응을 가능하게 할 것이다.

이와 함께, 환경영향평가 기준 강화 및 정기적 검토도 필수적이다. 녹색해운 관련 모든 프로젝트에 대해 엄격한 환경영향평가를 실시하고, 이를 정기적으로 검토하여 장기적인 영향을 지속적으로 모니터링해야 한다. 특히 주목할 점은, 신기술 도입 시 예상치 못한 환경 영향이 발생할 수 있으므로, 사전예방 원칙에 입각한 평가 체계를 구축해야 한다는 것이다. 이를 바탕으로 잠재적인 환경 리스크를 사전에 식별하고 관리할 수 있을 것이다.

나아가, 해양 생태계 복원 사업 추진도 중요한 역할을 할 수 있다. 기존 해운 활동으로 인해 훼손된 해양 생태계를 복원하는 대규모 프로젝트를 추진해야 한다. 이를 통해 해양 생물다양성을 회복하고, 탄소 흡수원으로서 해양의 기능을 강화할 수 있을 것이다. 이와 관련하여, 해운 기업들의 참여를 유도하여 사회적 책임을 다하도록 하는 것도 고려할 만하다. 이는 기업의 환경 의식을 높이고, 산업계와 환경 보호 간의 상생 관계를 구축하는 데 도움이 될 것이다.

결과적으로, 이러한 다면적 접근을 통해 경제적 이익과 환경 보호 사이의 균형을 찾아갈 수 있을 것이다. 그럼에도 이는 단기간에 해결될 수 있는 과제가 아니며, 지속적인 모니터링, 평가, 그리고 필요에 따른 정책 조정이 요구되는 장기적인 프로세스임을 인식해야 한다. 아울러, 이 과정에서 정부, 산업계, 학계, 시민사회 등 다양한 이해관계자들의 협력과 소통이 필수적일 것이다.

마지막으로, 글로벌 리더십 확보 및 지식 공유 과정에서는 기술 및 노하우 독점, 국가 간 경쟁 심화라는 문제에 직면할 수 있다. 녹색해운 분야에서 선도적 위치를 차지하기 위한 국가 간, 기업 간 경쟁이 치열해질 수 있으며, 이는 기술과 지식의 공유를 저해할 수 있다.

이러한 도전을 극복하기 위해 첫째로, 국제 컨퍼런스 및 포럼을 정례화해야 한다. 녹색해운에 관한 글로벌 지식 공유 플랫폼을 구축하고, 정기적인 국제 행사를 통해 최신 기술과 정책 동향을 공유하는 장을 마련해야 한다. 이를 통해 국제 사회의 공동 발전을 도모하고, 동시에 우리나라의 녹색해운 기술과 정책을 세계에 알릴 수 있는 기회를 만들 수 있다.

이와 더불어, 글로벌 인재 교류 프로그램 운영도 필수적이다. 국가 간, 기업 간 인재 교류를 활성화하여 지식과 경험의 국제적 공유를 촉진해야 한다. 특히 주목할 만한 점은, 국제 인턴십 프로그램, 글로벌 녹색해운 펠로우십 등을 운영하여 다양한 배경의 전문가들이 협력할 수 있는 기회를 제공할 수 있다는 것이다.

한편 개방형 혁신 플랫폼 구축 및 운영도 중요한 역할을 할 수 있다. 녹색해운 관련 기술개발에 있어 개방형 혁신 모델을 적극 도입하여, 전 세계의 아이디어와 기술이 자유롭게 교류되고 발전할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 이를 바탕으로 기술 발전 속도를 높이고, 동시에 기술의 글로벌 표준화를 촉진할 수 있을 것이다.

이러한 다각적 접근을 통해 국가 간, 기업 간 경쟁을 건설적인 협력으로 전환할 수 있을 것이다. 그럼에도 이는 단기간에 이루어질 수 있는 과제가 아니며 지속적인 노력과 인내가 요구된다. 궁극적으로, 이러한 노력은 녹색해운 분야에서의 글로벌 리더십 확보와 지속가능한 발전에 기여할 것으로 기대된다.

〈표 5-3〉 장기 협력방안의 도전과제와 해소방안

목표	녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
전체 해운 네트워크의 녹색화	• 국제해사기구(IMO) • 각국 정부(해수부, 외교부 등) • 국제 해운협회 • 글로벌 해운기업 • 환경 관련 국제기구	국제적 합의 도출 어려움	• 각국의 경제적 이해관계와 환경 정책의 차이로 인한 갈등 발생 • 글로벌 표준 수립, 다자간 협력 체계 구축 어려움	• 국제해사기구(IMO) 중심의 글로벌 표준 수립 • 실효성 있는 이행을 위한 다자간 협력 체계 구축 및 운영(지역별, 항로별 등) • 개발도상국 지원 프로그램 마련
탄소 중립 해운 생태계 조성	• 정부부처(환경부, 산자부, 해수부 등) • 선사 • 조선소 • 에너지 기업 • 연구기관(환경, 기술, 정책 등) • 국제인증기관	잔여 배출량 처리와 전체 가치사슬의 탄소 중립화	• 무배출 달성의 어려움 • 해운업 자체뿐만 아니라 연관 산업을 포함한 전체 가치사슬의 탄소 중립화가 요구됨	• 탄소 포집 및 저장(CCS) 기술 도입 및 인프라 구축 • 순환경제 모델 적용 확대 • 전 주기 탄소 배출 모니터링 시스템 구축(건조~운항~정비~폐선)
새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출	• 정부부처(중기부, 해수부 등) • 선사	기존 산업 구조의 변화에 따른 저항과 신규 진입자와의 갈등	• 녹색해운으로의 전환은 기존 해운산업의 구조를 크게 변화시킴	• 산업 전환 지원 정책 마련(기술 지원, 인력 재교육, 금융 지원 등) • 스타트업 육성 및 혁신 생

목표	녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산			
중점 실행방안	주요 참여자	예상 문제점	주요 내용	해소방안
	• 스타트업 • 대학 및 연구기관 • 혁신센터 및 액셀러레이터	이라는 문제	• 이 과정에서 새로운 플레이어들의 진입으로 인한 경쟁 구도의 변화 불가피	태계 조성 • 재교육 및 인력 재배치 프로그램 운영
지속가능한 해양 생태계 보전	• 정부부처 (환경부, 해수부 등) • 연구기관 • 환경 NGO • 해운선사 • 국제기구	경제적 이익과 환경 보호의 균형, 그리고 장기적 영향 평가의 어려움	• 현재의 정책이 장기적으로 해양 생태계에 미칠 영향을 정확히 예측하기 어려움	• 해양 생태계 모니터링 체계를 고도화 • 환경영향평가 기준 강화 및 정기적 검토 • 해양 생태계 복원 사업 추진
글로벌 리더십 확보 및 지식 공유	• 정부부처 (외교부, 해수부 등) • 국제 해사 관련 기구 • 대학 및 연구기관 • 글로벌 선사 • 해운 및 항만 관련 국제 협회	기술 및 노하우의 독점, 국가 간 경쟁 심화	• 녹색해운 분야에서 선도적 위치를 차지하기 위한 국가 간, 기업 간 경쟁 치열 • 그에 따른 기술과 지식 공유 저해	• 국제 컨퍼런스 및 포럼을 정례화(글로벌 지식 공유 플랫폼 구축, 최신 기술 및 정책 동향 공유 등) • 글로벌 인재 교류 프로그램 운영 • 개방형 혁신 플랫폼 구축 및 운영

자료: 저자 작성

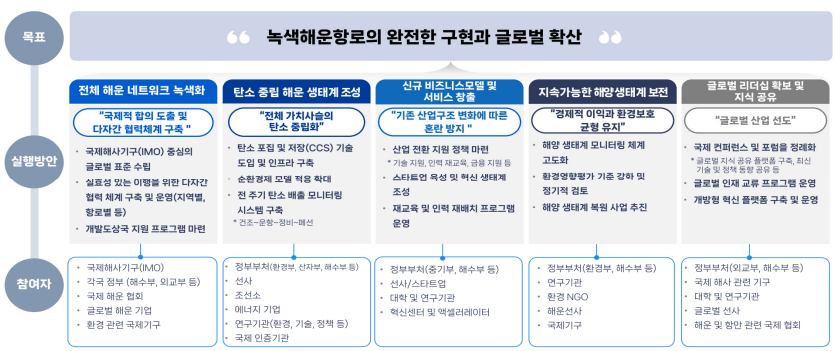
결론적으로, 장기적 관점의 협력방안의 성공적인 이행은 녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산을 통해 해운산업의 지속가능한 발전을 가능하게 할 것이다. 이는 단순히 환경 문제 해결을 넘어서는 의미를 지닌다. 전체 해운 네트워크의 녹색화, 탄소 중립 해운 생태계 조성, 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출, 지속가능한 해양 생태계 보전, 그리고 글로벌 리더십 확보 및 지식 공유 등 다양한 측면에서 새로운 경제적 기회를 창출하고 글로벌 경쟁력을 강화할 수 있는 기반이 될 것이다.

이러한 목표 달성을 위해서는 국제적 협력과 국내 산업의 혁신이 동시에 필요하다. 국제해사기구(IMO) 중심의 글로벌 표준 수립, 다자간 협력 체계 구축, 개발도상국 지원 프로그램 등을 통해 국제적 협력을 강화해야 한다. 동시에 관련 신기술개발, 순환경제 모델 도입, 전 주기 탄소 배출 모니터링 시스템 구축 등을 통해 국내 해운산업의 혁신을 추진해야 한다.

그러나 이러한 변화와 혁신은 다양한 도전과제를 수반한다. 기존 산업 구조의 변화에 따른 저항, 신규 진입자와의 갈등, 경제적 이익과 환경 보호의 균형 문제, 그리고 국가 간 경쟁 심화 등의 문제에 직면할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 정부, 산업계, 학계, 시민사회 등 모든 이해관계자의 지속적인 협력과 노력이 필요하다.

특히, 기존 기업에 대한 지원과 함께 스타트업 육성, 인력 재교육 프로그램 등을 병행하여 산업 전환 과정에서의 갈등을 최소화해야 한다. 또한, 해양 생태계 보전을 위한 고도화된 모니터링 체계 구축, 엄격한 환경영향평가, 해양 생태계 복원 사업 등을 추진해야 한다. 글로벌 리더십 확보를 위해서는 국제 컨퍼런스 정례화, 글로벌 인재 교류 프로그램 운영, 개방형 혁신 플랫폼 구축 등이 필요하다.

〈그림 5-3〉 장기 협력방안



자료: 저자 작성

제3절 소결

녹색해운항로 구축은 해운산업의 탈탄소화를 가속화하기 위한 중요한 수단으로 부상하고 있다. 하지만 이를 성공적으로 실현하기 위해서는 여러 가지 도전과제를 해결해야 한다. 본 장에서는 이러한 도전과제들을 분석하고, 이에 대한 해결방안을 단기, 중기, 장기적 관점에서 제시하였다.

먼저, 녹색해운항로 구축의 주요 도전과제로는 연료 선택의 불확실성, 복잡한 거버넌스 구조, 적합한 비즈니스 모델 부족, 그리고 정책적 지원 강화의 필요성 등이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 핵심 연료 선택에 대한 결단, 혁신적인 상업적 모델 개발, 정부의 정책 지원 확대, 거버넌스 체계 정비, 그리고 공동 이익 추구 등이 필요하다.

이러한 배경하에, 본 장에서는 단계별 협력방안을 제시하였다. 우선 단기적으로(1~3년), 양국은 먼저 이해관계자 식별 및 협의체 구성에 집중해야 한다. 한-미 정부 간 협의체를 구성하고, 여기에 양국의 주요 해운회사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관 등을 포함시켜야 한다. 이를 통해 녹색해운항로에 대한 공동의 비전과 목표를 수립할 수 있다. 또한, 법적·제도적 프레임워크 수립을 위해 양국의 관련 법규를 검토하고, 필요한 경우 개정하는 작업을 공동으로 진행해야 한다. 초기 파일럿 프로젝트 실시도 중요한데, 이를 위해 양국 정부의 재정적 지원과 기술 협력이 필요하다.

중기적(4~7년) 관점에서는 무엇보다 인프라 확충과 기술개발 가속화에 초점을 맞추어야 한다. 친환경 선박 및 항만 인프라 확충을 위해 한-미 간 공동 투자 프로그램을 마련하고, 양국의 기술력을 결합한 연구개발 프로젝트를 추진해야 한다. 대체 연료 공급망 구축을 위해서는 양국 간 장기 공급계약 체결을 지원하고, 연료 다변화 전략을 공동으로 수립할 필요가 있다.

기술개발 및 상용화 촉진을 위해 한-미 간 공동 R&D 센터를 설립하고, 양국의 산학연 협력을 강화해야 한다.

장기적으로(8~10년 이상)는 녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산을 목표로 해야 한다. 이를 위해 한-미 양국은 국제해사기구(IMO)에서의 공동 입장 개발 및 제안을 통해 글로벌 표준 수립을 주도해야 한다. 또한 탄소 중립 해운 생태계 조성을 위해 양국의 기술력을 결합한 다양한 기술 개발과 순환경제 모델 적용을 확대해야 한다. 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출을 위해 양국의 스타트업 간 협력을 촉진하고, 공동 액셀러레이터 프로그램을 운영할 수 있다.

이러한 협력을 성공적으로 이행하기 위해서는 몇 가지 중요한 고려사항이 있다. 첫째, 양국 간 정기적인 고위급 회의를 통해 협력의 진행 상황을 점검하고 필요한 조치를 신속히 취해야 한다. 둘째, 양국의 학계, 연구기관, 기업 간 인적 교류를 활성화하여 지식과 경험의 공유를 촉진해야 한다. 셋째, 공동 펀드를 조성하여 녹색해운 프로젝트에 대한 재정적 지원을 확대해야 한다.

결론적으로, 한-미 동부 녹색해운항로 구축은 양국의 해운산업 발전과 기후변화 대응에 크게 기여할 수 있는 중요한 협력 과제이다. 이를 통해 양국은 글로벌 해운 시장에서의 경쟁력을 강화하고, 국제사회에서 환경 리더십을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 양국 정부와 관련 이해관계자들의 지속적인 관심과 협력이 필요하며, 장기적이고 전략적인 접근이 요구된다.

06
결론 및 정책제언

제1절 연구내용 요약

녹색해운항로는 양적, 질적 성장을 함께 이루어내고 있다. 2022년 말 기준 발표된 22개의 이니셔티브 중 절반 이상이 지난 1년 동안 새로운 발전 단계로 진입하면서 녹색해운항로 모델의 진화와 고도화를 보여주었다. 한편 2023년 23개 신규 이니셔티브의 등장은 녹색해운항로에 대한 글로벌 관심과 참여가 확대일로에 있음을 방증(傍證)한다.

하지만 녹색해운항로의 특성상 다양한 이해관계자들의 복잡한 이해관계가 얽혀 있기 때문에 진전 속도가 더딜 수밖에 없는 측면이 있다. 따라서 신규 이니셔티브가 내실 있는 성과로 이어질 수 있도록 기존 이니셔티브와의 경험 공유, 우수 사례 전파, 역량 강화 지원 등이 뒷받침될 필요가 있다. 동시에 신규 이니셔티브들이 맹목적인 경쟁보다는 협력과 조정을 통해 시너지를 창출할 수 있는 선순환 구도를 만들어 나가는 것도 중요하다.

녹색해운항로의 장기적 비전을 실현하기 위해서는 초기 운영 단계를 넘어 지속적인 확대와 고도화가 이루어져야 한다. 이를 위해 녹색해운항로 간 벤치마킹과 협력, 모범 사례의 학습과 전파 등이 활발히 이루어질 필요가 있다.

2023년 실행 계획의 등장은 녹색해운항로가 한 단계 더 성숙해졌음을 보여준다. 그동안 많은 이니셔티브들이 비전과 목표를 선언하는 데 주력해 왔다면, 이제는 그것을 현실화하기 위한 실질적인 행동 지침을 마련하기 시작한 것이다. 특히 가치사슬 전반을 아우르는 통합적 접근은 주목할 만하다. 녹색해운항로의 성공을 위해서는 선사, 화주, 조선소, 연료 공급사, 금융기관 등 다양한 이해관계자들의 유기적인 협업이 필수불가결하다. 실행 계획은 이들 간의 역할과 책임을 명확히 하고, 상호 조율된 행동을 이끌어내는 데 기여할 수 있다. 나아가 실행계획은 녹색해운항로의 추진 동력을 한층 강화하는 촉매제가 될 것으로 기대된다,

현재의 모멘텀을 유지하고 더욱 확산시켜 나가기 위해서는 정부, 산업계, 시민사회 등 다양한 이해관계자들의 지속적인 협력과 실천이 필수적이다. 특히 기술개발, 인프라 구축, 정책 지원 등에 있어 보다 체계적이고 장기적인 비전을 가지고 접근할 필요가 있다.

녹색해운항로가 해운산업 전반의 지속가능성 제고에 기여하기 위해서는 다양한 선박 유형을 아우르는 균형 잡힌 접근이 필요해 보인다. 아울러 유망 연료에 대한 집중 투자와 상용화 노력을 통해 연료 전환을 가속화하는 한편, 연료별 장단점을 고려한 최적의 연료 포트폴리오 구성도 중요할 것으로 판단된다. 특히 녹색해운항로 간 협력과 지식 공유를 강화함으로써 개별 이니셔티브의 한계를 극복하고 시너지를 창출하는 노력이 요구된다.

녹색해운항로의 글로벌 확산은 매우 긍정적인 신호일 수 있다. 지역별 특성에 맞는 모델을 발굴하고, 각 지역 간 연계와 협력을 강화해 나간다면 해운산업의 지속가능한 발전을 보다 효과적으로 견인할 수 있을 것이다.

연료 전환, 상업성 확보, 정책 지원, 이해관계자 협력 등 다방면에 걸친 난제들을 한번에 해결하기란 쉽지 않다. 특히 데이터 공유와 거버넌스 이슈는 녹색해운항로의 성패를 좌우할 수 있는 민감한 사안인 만큼, 참여자

들 간의 신뢰 구축과 조율된 행동이 무엇보다 중요하다. 각자의 이해관계를 초월하여 공동의 목표를 향해 전진할 수 있는 통합적 의사결정 체계를 마련하는 것이 시급하다.

IMO와 같은 국제기구와 EU의 정책 변화도 녹색해운항로 프로젝트에 대한 새로운 도전이자 기회 요인이 될 수 있다. 환경규제의 강화는 녹색해운항로의 당위성을 더욱 공고히 하는 한편, 새로운 규범에 걸맞은 녹색해운항로 모델의 진화를 요구할 것으로 예상된다. 녹색해운항로가 선제적으로 대응 전략을 수립하고 국제사회와의 소통을 강화해 나간다면 오히려 규제 환경 변화를 기회로 삼을 수 있을 것이다.

일부 선도적 이니셔티브들이 가시적인 성과를 내고, 후발 주자들도 그 뒤를 좇아가는 모습을 보여준다면 녹색해운항로의 동력이 더욱 강화될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 해운 생태계 전반의 역량 결집이 필수적이다. 개별 이니셔티브 차원을 넘어 산업 공동의 모범 사례와 노하우가 신속히 전파되고 공유되어야 한다. 성공 경험의 표준화와 시스템화를 통해 후발 주자들의 학습 곡선을 단축시키고, 녹색해운항로의 확산 속도를 높일 수 있기 때문이다.

정부와 국제기구의 적극적인 지원도 병행되어야 한다. 연구개발 투자, 제도적 지원, 국제협력 강화 등을 통해 녹색해운항로의 원활한 이행을 뒷받침해야 한다. 특히 녹색해운항로의 성과를 국제사회와 공유하고, 모범 사례를 전 세계적으로 확산시키는 데 있어 이들 기관의 역할이 매우 중요하다.

만약 화주들이 녹색해운항로에 동참하고 싶어도, 당장 운임 인상을 통해 부담을 소비자에게 전가하기란 쉽지 않은 상황이다. 즉 소비자의 수용성 문제도 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 아직 친환경 제품에 대한 프리미엄을 지불할 준비가 되어 있지 않은 것이 현실이다. 특히 대체재가 존재하는 경우라면 가격 경쟁력 저하로 인한 시장 점유율 하락을 감수하기도 어려울 것이다.

장기적 관점에서 보면, 제로 배출 해운의 비용은 기술 발전과 규모의 경제 달성을 통해 점진적으로 낮아질 것이다. 하지만 그 시점까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되며, 따라서 전환기에는 비용 부담을 완화하고 투자를 촉진하기 위한 정책적 지원이 필수적이다.

또한 지식 격차의 존재를 직시하는 것도 중요하다. 특히 상용화 단계에서의 상업적 협약은 녹색해운항로의 장기적 지속가능성을 좌우할 핵심 요소임에도 아직 충분한 논의가 이뤄지지 않고 있다.

녹색해운항로가 구호에 그치지 않고 실질적인 변화를 이끌어내기 위해서는 보다 정교하고 체계적인 접근이 필요하다. 기술, 상업성, 거버넌스, 정책 등 다양한 측면에서 산적한 장애물을 하나씩 해결해 나가야 한다. 특히 이해관계자들 간의 원활한 소통과 합의 도출, 상업적 타당성 확보, 정부의 전폭적인 정책 지원 등이 녹색해운항로의 성공적 이행을 좌우하는 핵심 요소가 될 것으로 보인다.

이러한 관점에서 본 연구는 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 협력방안을 모색하고 시사점을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다. 연구의 배경에는 미 동부 물류의 성장과 투자 증가 추세, 그리고 아시아 화물의 미 동부항 직송 비율 증가 등 물류 환경의 변화가 있다. 특히 컨테이너 선박의 초대형화와 고속화에 힘입어 아시아 화물의 동부항 직송비율이 과거 8%에서 35%로 증가한 점은 주목할 만하다. 이에 따라 미 동부 항만과의 녹색해운항로 구축 수요가 증대될 것으로 예상되어, 이에 대한 선제적인 검토와 노력이 필요하다고 판단되었다.

녹색해운항로 구축의 글로벌 동향을 살펴보면, 이는 기후위기 대응을 위한 중요한 전략으로 부상하고 있으며, 국제기구와 주요국의 정책 및 규제에 의해 추진되고 있다. 유엔기후변화협약(UNFCCC), 국제해사기구(IMO), 유럽연합(EU) 등이 주도적인 역할을 하고 있으며, 특히 IMO는

2023년 온실가스 감축전략을 채택하여 2050년경 해운 부문의 온실가스 순배출량 제로 달성을 목표로 설정했다. 2024년 2월 기준 전 세계적으로 57개의 녹색해운항로 이니셔티브가 진행 중이며, 참여 주체의 다양화, 지리적 확산, 이니셔티브의 성숙도 증가 등의 특징을 보이고 있다.

한-미 동부 녹색해운항로 구축을 위한 주요 구성요소로는 친환경 선박, 친환경 연료 생산, 항만 인프라, 정책 및 규제, 금융 지원 등이 있다. 친환경 선박은 저탄소/무탄소 추진 시스템, 에너지 효율 향상 기술, 배출가스 저감 장치 등을 갖추어야 한다. 친환경 연료 생산은 저탄소/무탄소 연료 개발 및 생산, 연료 공급 인프라 구축 등이 포함된다. 항만 인프라는 제로 배출 연료 저장 및 벙커링 시설, 에너지 효율 모니터링 시스템 등이 필요하다. 이를 위해서는 해운선사, 항만공사, 터미널 운영사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관, 정부 및 규제기관, 연구기관, 화주 등 다양한 이해관계자들의 참여와 협력이 필수적이다.

전문가 의견 분석 결과, 현재 녹색해운항로 구축을 위한 준비 상황은 여전히 초기 단계에 머물러 있는 것으로 평가되었다. 해운 및 항만 분야에서 일부 진전이 있었음에도 전반적인 준비 상황은 '미흡' 또는 '보통' 수준인 것으로 나타났다. 주요 도전과제로는 친환경 연료의 경제성 확보, 벙커링 인프라 구축, 기술개발, 복잡한 거버넌스 구조 등이 지적되었다.

특히 친환경 연료의 높은 생산비용과 이로 인한 경제성 확보의 어려움이 가장 큰 장애물로 꼽혔다. 현재 친환경 연료는 기존 연료에 비해 3~5배 이상 비싸, 선사들의 적극적인 참여를 저해하는 주요 요인이 되고 있다. 또한 벙커링 인프라 부족, 기술적 불확실성, 정부 간 미래연료 확산에 대한 구체적 합의 부재 등도 중요한 문제점으로 지적되었다.

이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 대응 방안이 제시되었다. 먼저, 정부 주도의 인센티브 제도 운영이 필요하다는 의견이 많았다. 녹색해운항로

운항에 사용되는 연료의 단일화를 일정 기간 유도하고, 친환경 선박에 대한 각종 지원을 제공하는 등의 방안이 제안되었다. 다자간 협력 체계 구축도 중요한 해결책으로 제시되었다. 정부, 선사, 항만, 연료 공급업체 등 다양한 이해관계자들의 역할 분담과 협력이 필요하다는 것이다.

국제 협력 측면에서는 한국과 미국 항만 간 체계적인 정보 공유망 구축, 공동 이니셔티브 형성, 친환경 연료 기술 및 인프라 공동 개발 등이 제안되었다. 특히 미국 측 전문가는 벙커링 인프라 개발과 배출량 감축을 위한 정책 지원의 중요성을 강조했다.

이러한 분석을 바탕으로, 본 연구는 단기, 중기, 장기적 관점에서의 협력 방안을 제시하였다. 단기적으로(1~3년) 양국은 먼저 이해관계자 식별 및 협의체 구성에 집중해야 한다. 한-미 정부 간 협의체를 구성하고, 여기에 양국의 주요 해운회사, 항만공사, 연료 공급업체, 조선소, 금융기관 등을 포함시켜야 한다. 이를 통해 녹색해운항로에 대한 공동의 비전과 목표를 수립할 수 있다. 또한 법적·제도적 프레임워크 수립을 위해 양국의 관련 법규를 검토하고, 필요한 경우 개정하는 작업을 공동으로 진행해야 한다. 초기 파일럿 프로젝트 실시도 중요한데, 이를 위해 양국 정부의 재정적 지원과 기술 협력이 필요하다.

중기적으로(4~7년) 인프라 확충과 기술개발 가속화에 초점을 맞추어야 한다. 친환경 선박 및 항만 인프라 확충을 위해 한-미 간 공동 투자 프로그램을 마련하고, 양국의 기술력을 결합한 연구개발 프로젝트를 추진해야 한다. 대체 연료 공급망 구축을 위해서는 양국 간 장기 공급 계약 체결을 지원하고, 연료 다변화 전략을 공동으로 수립할 필요가 있다. 기술개발 및 상용화 촉진을 위해 한-미 간 공동 R&D 센터를 설립하고, 양국의 산학연 협력을 강화해야 한다.

장기적으로(8~10년 이상) 녹색해운항로의 완전한 구현과 글로벌 확산을 목표로 해야 한다. 이를 위해 한-미 양국은 국제해사기구(IMO)에서 공동 입장 개발 및 제안을 통해 글로벌 표준 수립을 주도해야 한다. 또한, 탄소 중립 해운 생태계 조성을 위해 양국의 기술력을 결합한 다양한 기술개발과 순환경제 모델 적용을 확대해야 한다. 새로운 비즈니스 모델 및 서비스 창출을 위해 양국의 스타트업 간 협력을 촉진하고, 공동 액셀러레이터 프로그램을 운영할 수 있다.

이러한 협력을 성공적으로 이행하기 위해서는 몇 가지 중요한 고려사항이 있다. 첫째, 양국 간 정기적인 고위급 회의를 통해 협력 진행 상황을 점검하고 필요한 조치를 신속히 취해야 한다. 둘째, 양국의 학계, 연구기관, 기업 간 인적 교류를 활성화하여 지식과 경험 공유를 촉진해야 한다. 셋째, 공동 펀드를 조성하여 녹색해운 프로젝트에 대한 재정적 지원을 확대해야 한다.

결론적으로, 한-미 동부 녹색해운항로 구축은 양국의 해운산업 발전과 기후변화 대응에 크게 기여할 수 있는 중요한 협력 과제이다. 이를 통해 양국은 글로벌 해운 시장에서 경쟁력을 강화하고, 국제사회에서 환경 리더십을 확보할 수 있을 것이다. 또한 이는 단순히 해운업에 국한되지 않고, 조선, 항만, 물류 등 연관 산업의 발전에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

그러나 이러한 목표 달성을 위해서는 정부, 산업계, 학계, 연구기관 등 모든 이해관계자들의 적극적인 참여와 협력이 필수적이다. 특히 정부의 일관된 정책 지원과 함께, 기업들의 과감한 투자와 혁신, 그리고 국제사회와의 긴밀한 협력이 중요하다. 또한 기술개발, 인프라 구축, 인력 양성 등 다양한 측면에서의 종합적인 접근이 필요하다.

마지막으로, 녹색해운항로 구축이 단순한 정치적 구호에 그치지 않도록 실질적인 이행 계획과 단계적 접근이 필요하며, 지속적인 모니터링과 평가 체계 구축이 요구된다. 녹색해운항로 구축은 장기적인 프로젝트이므로, 진행 상황을 주기적으로 점검하고 필요한 경우 전략을 수정·보완할 수 있는 유연한 체계가 마련되어야 한다.

제2절 협력 강화를 위한 정책대안

1. 「녹색해운 전환 종합 지원 법안」(가칭) 제정

1) 목적 및 배경

「녹색해운 전환 종합 지원 법안」(가칭)은 해운산업의 친환경적 전환을 위한 종합적이고 체계적인 법적 기반을 마련하는 것을 주요 목적으로 한다. 법안 제정을 통해 정부, 기업, 연구기관 등 다양한 이해관계자들의 역할과 책임을 명확히 하고, 녹색해운으로의 전환을 위한 제도적, 재정적 지원 체계를 구축하고자 한다.

법안 제정의 배경에는 국제해사기구(IMO)의 온실가스 감축 전략과 파리협정에 따른 국가별 온실가스 감축 의무가 있다. 특히 IMO가 제시한, 2050년까지 선박 온실가스 배출량을 2008년 대비 50% 감축해야 한다는 목표에 대응하기 위해, 국가 차원의 종합적인 전략 및 지원 체계가 필요한 상황이다. 또한 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 해운 부문의 적극적인 참여가 요구되고 있다.

2) 주요 내용

(1) 정부의 책무 명시

정부는 국가 녹색해운 전략을 수립하고 이행할 의무를 지며, 녹색해운 관련 기술개발 및 보급을 촉진해야 함을 명시한다. 또한 국제 협력 및 글로벌 녹색해운 표준 수립에 적극 참여할 것 또한 포함할 필요가 있다. 이는 국제해사기구(IMO)의 온실가스 감축 전략과 파리협정에 따른 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 필수적인 조치이다.

(2) 재정적 지원 체계 구축

친환경 선박 도입 및 운영에 대한 재정적 지원 근거를 마련한다. 친환경 선박 건조 및 구매 시 보조금 지급, 친환경 선박 운영 시 세제 혜택 제공, 녹색해운 전환을 위한 해운기업 대상 저리 융자 제도 등을 포함한다. 이는 노후 선박의 비중이 높은 국내 해운산업의 현황을 고려한 것으로, 글로벌 경쟁력 강화를 위해 필요한 조치가 될 수 있다.

(3) 기술개발 및 상용화 지원

녹색해운 기술개발 및 상용화 지원 제도를 수립한다. 녹색해운 R&D 투자 확대 및 중점 기술 분야 선정, 산학연 협력 연구 지원 및 실증 사업 추진, 녹색해운 기술의 상용화 및 사업화 지원 방안 등이 포함된다. 이는 주요 선진국의 친환경 선박 및 대체 연료 개발 지원 정책에 대응하고, 국내 해운산업의 기술 혁신을 촉진하기 위한 것이다.

(4) 인력 양성 및 교육 프로그램

녹색해운 인력 양성 및 교육 프로그램 운영 근거를 제시한다. 녹색해운 특성화 대학 및 학과 설립 지원, 현직자 대상 재교육 프로그램 개발 및 운영 지원, 국제 인력 교류 및 글로벌 인재 유치 프로그램 운영 등이 포함된다. 이는 녹색해운 전환에 필요한 전문 인력을 확보하고, 국제 경쟁력을 갖춘 인재를 양성하기 위한 조치이다.

(5) 녹색해운 인프라 구축

녹색해운 인프라 구축을 지원한다. 친환경 항만 인프라 구축을 위한 재정 지원, 대체 연료 공급 인프라 확충을 위한 민관 협력 체계 구축, 선박

배출가스 모니터링 및 관리 시스템 구축 의무화 등이 포함된다. 이는 EU의 Green Deal 및 'Fit for 55 패키지'에 따른 해운 부문 규제 강화에 대응하고, 국내 항만의 경쟁력을 강화하기 위한 것이다.

(6) 규제 및 인센티브 체계 마련

녹색해운 전환을 위한 규제 및 인센티브 체계를 마련한다. 단계적 선박 배출 규제 강화 로드맵 수립, 녹색해운 성과에 따른 인센티브 제도 도입, 녹색해운 관련 새로운 기술 및 서비스에 대한 규제 샌드박스 도입 등이 포함된다. 이는 국제적 규제 강화 추세에 대응하면서도 산업의 연착륙을 지원하기 위한 균형 잡힌 접근이다.

(7) 국제 협력 및 글로벌 리더십 확보를 위한 정부의 역할 규정

국제 협력 및 글로벌 리더십 확보를 위한 정부의 역할을 규정한다. 국제해사기구(IMO) 등 국제기구와의 협력 강화 의무, 개발도상국 대상 녹색해운 기술 및 노하우 공유 프로그램 운영, 글로벌 녹색해운 얼라이언스 구축 및 운영 근거 등이 포함된다. 이는 해운산업의 국제적 특성을 고려한 것으로, 글로벌 표준 수립에 우리나라의 영향력을 확대하기 위한 법적 방안이다.

(8) 전담 기구 설립

녹색해운 전환 지원을 위한 전담 기구 설립을 명시한다. 녹색해운진흥원(가칭) 설립 및 운영에 관한 사항, 녹색해운 관련 정책 수립, 이행, 평가를 위한 전문가위원회 구성 등이 포함된다. 이는 녹색해운 전환이라는 복잡하고 장기적인 과제를 체계적으로 추진하기 위한 것으로, 기존 관련 법률의 한계를 극복하기 위한 조치이다.

(9) 모니터링 및 평가 체계 구축

녹색해운 전환 모니터링 및 평가 체계를 구축한다. 녹색해운 전환 성과 지표 개발 및 정기적 평가 실시, 평가 결과에 따른 정책 및 지원 제도 개선 체계 마련 등이 포함된다. 이를 통해 정책의 실효성을 지속적으로 검증하고 개선하며, 빠르게 변화하는 기술 및 시장 환경에 유연하게 대응할 수 있다.

본 연구에서 제안된 법안의 내용은 EU의 'Green Deal' 및 'Fit for 55 패키지', 미국과 일본 등 주요국의 친환경 선박 및 대체 연료 개발 지원 정책 등 국제적인 동향을 반영하고 있다. 그리고 이를 통해 글로벌 해운 시장에서의 경쟁력을 확보하고, 친환경 해운으로의 전환을 통한 새로운 비즈니스 기회를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 기존의 「해운법」, 「선박안전법」, 「항만법」 등으로는 녹색해운 전환을 위한 종합적 지원에 한계가 있었던 점을 고려할 때, 이 법안은 친환경 선박 도입, 대체 연료 사용, 새로운 비즈니스 모델 등을 포괄하는 통합적 법체계를 제공한다는 점에서 의의가 크다.

해운산업의 국제적 성격을 고려할 때, 이 법안은 글로벌 표준과 정합성을 유지하면서도 국내 산업의 특성을 반영한 지원 체계를 제공한다. 또한 대규모 투자가 필요한 산업 특성상 정부의 체계적인 지원이 필수적이며, 이를 위한 법적 근거를 마련한다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

결론적으로, 녹색해운 전환 종합 지원 법안은 해운산업의 친환경적 전환을 위한 체계적이고 실효성 있는 지원 체계를 구축하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 국내 해운산업의 지속가능한 발전과 국제 경쟁력 강화, 그리고 글로벌 기후변화 대응에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어 이 법안은 해운산업의 친환경 전환을 통해 새로운 성장 동력을 확보하고, 국제 사회에서 우리나라의 위상을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

〈표 6-1〉 정책대안 1: 「녹색해운 전환 종합 지원 법안」 (가칭) 제정

「녹색해운 전환 종합 지원 법안」 (가칭) 제정	
목적	• 법적 기반 마련을 통한 체계적인 녹색해운 전환 지원
주요 내용	① 정부의 책무 명시: 국가 녹색해운 전략 수립 및 이행, 기술개발 및 보급 촉진 ② 재정적 지원 체계 구축: 친환경 선박 도입 및 운영에 대한 지원 ③ 기술개발 및 상용화 지원: R&D 투자 확대, 산학연 협력 연구 지원 ④ 인력 양성 및 교육 프로그램: 녹색해운 특성화 대학 설립, 재교육 프로그램 운영 ⑤ 녹색해운 인프라 구축: 친환경 항만 인프라 및 대체 연료 공급 인프라 확충 ⑥ 규제 및 인센티브 체계 마련: 단계적 선박 배출 규제 강화, 성과에 따른 인센티브 제도 ⑦ 국제 협력 및 글로벌 리더십 확보를 위한 정부의 역할 규정 ⑧ 전담 기구 설립: 녹색해운진흥원(가칭) 설립 및 운영 ⑨ 모니터링 및 평가 체계 구축: 성과 지표 개발 및 정기적 평가 실시
추진체계	• 녹색해운 전환 지원을 위한 전담 기구 설립 • 녹색해운 관련 정책 수립, 이행, 평가를 위한 전문가 위원회 구성 • 녹색해운 전환 모니터링 및 평가 체계 구축
고려사항	• 국제적 동향 반영(EU의 Green Deal, Fit for 55 패키지 등) • 글로벌 표준과의 정합성 유지 • 국내 해운산업의 특성 반영 • 기존 관련 법률의 한계 극복
기대효과	• 글로벌 표준과의 정합성을 유지하면서도 국내 산업의 특성을 반영한 지원 체계 구축 • 국내 해운산업의 지속가능한 발전과 국제 경쟁력 강화, 그리고 글로벌 기후변화 대응에 기여

자료: 저자 작성

2. 녹색해운항로 기금 조성 및 운영

1) 목적 및 배경

녹색해운항로 기금 조성 및 운영의 주요 목적은 안정적인 재원 확보를 통한 지속적인 녹색해운 지원이다. 이는 해운산업의 친환경적 전환이 장기적이고 대규모 투자를 필요로 하는 과제임을 인식하고, 이에 대응하기 위

한 체계적인 재정 지원 시스템을 구축하는 것이다. 이러한 기금의 안정적 운영을 통해 녹색해운 정책의 일관성을 유지하고, 산업계의 예측 가능성을 높여 적극적인 참여를 유도하는 것이 궁극적인 목표라고 할 수 있다.

2) 주요 내용

(1) 기금 조성 방안

녹색해운항로 기금은 다양한 재원을 통해 조성할 수 있다. 주요 재원으로는 정부 출연금, 민간 기부금, 탄소세, 녹책채권 등을 고려할 수 있다.

가. 정부 출연금

정부 출연금은 기금의 핵심적인 재원이 될 것이다. 정부는 매년 일정 금액을 기금에 출연하여 안정적인 재원을 확보함으로써 녹색해운에 대한 국가적 의지를 보여주는 동시에 기금의 기본적인 토대를 마련할 수 있다. 정부 출연금의 규모는 해운산업의 규모와 녹색전환에 필요한 예상 비용을 고려하여 결정되며, 매년 재검토를 통해 적정 수준을 유지해야 한다.

나. 민간 기부금

민간 기부금은 기업의 사회적 책임(CSR) 활동과 연계하여 조성할 수 있다. 해운 관련 기업뿐만 아니라 환경에 관심이 있는 모든 기업들의 참여를 유도하고 기부 기업에 대해서는 세제 혜택을 제공, 기금 운영에 대한 의견 개진 기회를 부여하는 등의 인센티브를 마련한다. 또한 기부 기업의 명단을 공개하고 우수 기부 기업에 대한 포상 제도를 도입함으로써 참여를 독려할 수 있을 것이다.

다. 탄소세

탄소세를 통한 재원 마련은 '오염자 부담 원칙'을 적용할 수 있다. 즉 선박에서 배출되는 온실가스 양에 비례하여 세금을 부과하고, 이를 기금의 재원으로 활용하는 것을 검토해 볼 수 있다. 탄소세율은 국제 동향과 국내 산업에 미치는 영향을 고려하여 단계적으로 조정한다.

라. 녹색채권

그 밖에 기금의 추가적인 재원 확보를 위해 녹색채권을 발행할 수 있다. 녹색채권은 환경 개선 프로젝트에 특화된 채권으로, ESG 투자에 관심이 높아지는 글로벌 금융시장의 트렌드를 활용할 수 있다. 녹색채권 발행은 정부 주도로 하며, 발행 규모는 연간 기금 운용 계획과 시장 상황을 고려하여 결정할 수 있다. 채권의 만기는 5년, 10년 등 다양하게 설계하여 투자자들의 선택의 폭을 넓히고 채권 발행을 통해 조성된 자금은 앞서 언급한 친환경 선박 도입, 항만 인프라 구축, R&D 투자 등에 사용되도록 해야 할 것이다.

또한 녹색채권의 신뢰성 확보를 위해 국제 표준에 부합하는 관리 체계를 구축함으로써 자금의 사용 내역, 프로젝트의 환경적 영향 등을 정기적으로 공시하고, 제3자 검증을 통해 투명성을 확보할 필요도 있다. 또한 녹색채권 투자자에게는 세제 혜택을 제공하여 투자 유인을 높이는 것도 고려해 볼 수 있는 사항이 될 것이다.

(2) 기금 활용 방안

조성된 기금은 크게 세 가지 분야, 친환경 선박 도입, 항만 인프라 구축, R&D 투자, 국제협력 사업 등에 활용 가능할 것으로 보인다.

가. 친환경 선박 도입

먼저 친환경 선박 도입 지원은 해운 기업들의 초기 투자 부담을 경감시키고, 친환경 선대 확충을 촉진하기 위한 것이다. 구체적 내용으로는 친환경 선박 건조 시 보조금 지급, 친환경 선박 구매 시 저리 융자 제공, 노후 선박의 친환경 개조 지원 등의 프로그램 운영이 있을 수 있다. 그리고 지원 대상 선박의 범위, 지원 금액, 상환 조건 등은 기술 발전 수준과 시장 상황을 고려한 탄력적 운영이 필요하다.

나. 항만 인프라 구축 지원

항만 인프라 구축 지원은 녹색해운을 위한 기반을 조성하는 데 중점을 둔다. 주요 지원 대상은 육상 전원 공급 시설, 친환경 연료 공급 시설, 선박 배출가스 처리 시설 등이 있을 수 있으며 이러한 시설 구축에 필요한 비용을 기금에서 일부 지원하고, 민간 투자를 유치하여 공동으로 추진할 수 있다. 또한 스마트 항만 기술 도입을 통해 항만 운영의 효율성을 높이고 환경 영향을 최소화하는 프로젝트도 지원 대상에 포함할 필요가 있다.

다. R&D 투자

R&D 투자는 친환경 해운 기술의 발전을 지원하여 장기적인 경쟁력 확보에 기여하기 위해 필요하다. 주요 연구 분야로는 차세대 친환경 선박 기술, 대체 연료 개발, 선박 에너지 효율화 기술, 해양 환경 모니터링 기술 등이 있을 수 있다. 조성된 기금을 활용하여 정부 출연 연구소, 대학, 민간 기업 등이 참여하는 대형 국책 과제를 추진하고, 중소기업의 녹색해운 기술개발을 위한 지원 프로그램도 운영할 수 있을 것이다. 또한 R&D 성과의 상용화를 촉진하기 위해 실증 사업에 대한 지원도 병행되어야 한다.

라. 국제 협력 및 개발도상국 지원

조성된 기금의 일부는 국제 협력 프로젝트 및 개발도상국 지원에 사용될 수 있을 것이다. 이는 녹색해운이 전 지구적 과제임을 인식하고, 국제 사회에서 리더십을 확보하기 위한 전략적 접근이다.

국제 협력 프로젝트 참여를 통해 글로벌 녹색해운 네트워크 구축에 기여할 수 있다. 예를 들어, 국제해사기구(IMO)의 온실가스 감축 프로젝트에 재정적 지원을 제공하거나, 다국적 기업들과 협력하여 친환경 해운 기술개발 프로젝트를 추진할 수 있다. 이를 통해 국제 사회에서 우리나라의 위상을 높이고, 글로벌 녹색해운 정책 수립에 영향력을 행사할 수 있다.

개발도상국 지원은 녹색해운 기술과 노하우를 전파하고 새로운 시장을 개척하는 기회가 될 것이다. 구체적으로는 개발도상국의 항만 현대화 사업 지원, 친환경 선박 도입을 위한 금융 지원, 녹색해운 관련 교육 훈련 프로그램 제공 등을 추진할 수 있다. 이러한 지원은 장기적으로 우리 기업의 해외 진출을 위한 교두보 역할을 할 것이다.

(3) 기금 운영 방안

기금의 운영과 관련해서는 투명성과 효율성을 확보하기 위한 거버넌스 체계를 구축하는 것이 중요할 것이다. 정부, 업계, 학계, 시민단체 대표들로 구성된 '녹색해운기금운영위원회'(가칭)를 설치하여 주요 의사결정을 담당하게 하고, 기금 운용의 전문성을 높이기 위해 금융 전문가들로 구성된 자산운용팀을 별도로 운영할 필요도 있다.

기금의 성과는 정기적으로 평가하고 그 결과를 공개한다. 평가 지표로는 친환경 선박 도입 비율, 항만의 온실가스 감축량, R&D 투자의 기술 이전 실적, 국제 협력 프로젝트의 성과 등을 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 평가 결과를 바탕으로 기금 운용 전략을 지속적으로 개선해 나감으로써 기금 운용의 효율화를 도모해야 한다.

결론적으로, 녹색해운 기금의 조성 및 운영은 지속가능한 해운산업 발전을 위한 핵심적인 정책 수단이 될 것이다. 안정적인 재원 확보를 통해 장기적이고 일관된 녹색해운 정책을 추진할 수 있으며, 이는 궁극적으로 우리나라 해운산업의 글로벌 경쟁력 강화와 환경 보호에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한 국제 사회에서 협력과 리더십 발휘를 통해 글로벌 녹색해운항로 체제 구축에 주도적인 역할을 할 수 있을 것이다.

〈표 6-2〉 정책대안 2: 녹색해운항로 기금 조성 및 운영

<table>
<tr><th colspan="4">녹색해운 기금 조성 및 운영</th></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 안정적인 재원 확보를 통한 지속적인 녹색해운 지원
• 해운산업의 친환경적 전환을 위한 체계적인 재정 지원 시스템 구축
• 녹색해운 정책의 일관성 유지 및 산업계의 예측 가능성 제고</td></tr>
<tr><td rowspan="13">주요 내용</td><td>구분</td><td>내용</td><td>비고</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기금 조성</td><td>정부 출연금</td><td>• 매년 일정 금액 출연, 규모는 산업 규모와 필요 비용 고려</td></tr>
<tr><td>민간 기부금</td><td>• CSR 활동과 연계, 세제 혜택 및 인센티브 제공</td></tr>
<tr><td>탄소세</td><td>• ‘오염자 부담 원칙’ 적용, 온실가스 배출량에 비례한 과세</td></tr>
<tr><td>녹색채권 발행</td><td>• ESG 투자 트렌드 활용, 다양한 만기 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기금 활용</td><td>친환경 선박 도입 지원</td><td>• 보조금 지급, 저리 융자 제공, 노후 선박 개조 지원</td></tr>
<tr><td>항만 인프라 구축 지원</td><td>• 육상 전원 공급 시설, 친환경 연료 공급 시설 등</td></tr>
<tr><td>R&D 투자</td><td>• 차세대 친환경 선박 기술, 대체 연료 개발 등</td></tr>
<tr><td>국제 협력 및 개발도상국 지원</td><td>• IMO 프로젝트 참여
• 기술 노하우 공유사업 추진 등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기금 운영</td><td>‘녹색해운기금운영위원회’(가칭) 설치</td><td>• 정부, 업계, 학계, 시민단체 대표 구성</td></tr>
<tr><td>자산운용팀 별도 운영</td><td>• 금융 전문가로 구성</td></tr>
<tr><td>정기적 성과 평가 및 결과 공개</td><td>• 친환경 선박 도입 비율, 온실가스 감축량 등 지표 활용</td></tr>
</table>

녹색해운 기금 조성 및 운영	
고려사항	• 기금 규모의 적정성 및 지속가능성 확보 • 민간 부문의 적극적 참여 유도 방안 • 국제 협력 강화를 위한 구체적 전략 수립 • 기금 운용의 투명성 및 효율성 제고 방안 강구 필요
기대효과	• 장기적이고 일관된 녹색해운 정책 추진 가능 • 대규모 프로젝트에 대한 지속적인 투자 실현 • 국제 프로젝트 참여 및 개발도상국 지원을 통한 글로벌 네트워크 확대

자료: 저자 작성

3. 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입

녹색해운항로 규제 샌드박스는 혁신적인 녹색해운 기술 및 비즈니스 모델의 실증과 상용화를 촉진하기 위한 전략적 접근법이 될 수 있다. 이는 급변하는 기술 환경과 글로벌 환경 규제에 유연하게 대응하면서, 동시에 국내 해운산업의 혁신을 가속화하는 것을 목적으로 한다. 규제의 유예 또는 완화를 통해 새로운 아이디어와 기술을 실험할 수 있는 환경을 조성함으로써, 녹색해운 분야의 기술 발전과 산업 경쟁력 강화를 도모할 수 있다.

규제 샌드박스의 주요 내용은 크게 세 가지 영역으로 나눌 수 있다. 첫째, 새로운 친환경 기술 적용 선박의 시험 운항 허용이다. 이는 수소 연료전지 추진 선박, AI 기반 자율운항 시스템, 혁신적 선체 설계 등 기존 규제의 틀에서는 허용되지 않았던 기술의 실제 해상 환경에서의 성능과 안전성을 검증할 수 있는 기회를 제공한다. 이를 위해 엄격한 안전 기준과 모니터링 체계를 마련하고, 시험 운항 구간과 기간을 제한하며, 실시간 데이터 수집 및 분석 시스템을 구축한다.

둘째, 대체 연료 사용 및 새로운 벙커링 방식에 대한 한시적 규제 완화이다. 암모니아, 메탄올 등 신규 대체 연료의 선박 내 저장 및 사용, 선박 대

선박 LNG 벙커링, 육상 전원 공급 시스템 등 다양한 친환경 연료와 공급 방식의 실제 적용 가능성을 검증한다. 이를 위해 관련 부처 및 기관과의 협력 체계를 구축하여 신속한 승인 절차를 마련하고, 안전성 확보를 위한 엄격한 모니터링 시스템을 구축한다.

셋째, 혁신적인 녹색해운 서비스 모델에 대한 실증 사업 지원이다. 화물 공유 플랫폼, 친환경 선박 공유 서비스, 블록체인 기반의 탄소 배출권 거래 시스템 등 기존의 규제 체계에서는 시도하기 어려웠던 혁신적인 비즈니스 모델의 실증을 지원한다. 이를 위해 관련 규제의 일부 조항을 한시적으로 유예하거나 완화하되, 소비자 보호와 공정 경쟁 등 기본적인 원칙은 준수하도록 한다.

규제 샌드박스의 효과적인 운영을 위해서는 체계적인 운영 시스템이 필요하다. 이를 위해 정부, 업계, 학계, 연구기관, 시민단체 대표 등으로 구성된 '녹색해운 규제 샌드박스 심의위원회'를 설립하여 샌드박스 적용 대상 선정, 안전성 평가, 실증 결과 분석 등을 담당하도록 한다. 또한 신청부터 승인, 실증, 사후 관리까지 전 과정을 지원하는 원스톱 지원 센터를 운영하여 관련 부처 및 기관과의 협력을 통한 신속한 의사결정을 지원한다. 정기적인 성과 평가 및 피드백 시스템을 구축하여 반기별 실증 사업 성과 평가를 실시하고, 평가 결과를 바탕으로 실증 조건을 조정하고 제도 개선 사항을 도출한다.

규제 샌드박스를 통해 검증된 기술과 서비스 모델에 대해서는 관련 제도와 규제를 신속하게 개선하여 본격적인 상용화를 지원한다. 이를 위해 실증 결과에 대한 다각도의 평가와 이해관계자들의 의견 수렴을 거쳐 규제 개선 방안을 수립한다. 또한 「규제 샌드박스 지원 특별법」(가칭) 제정을 통해 관련 법령의 신속한 개정 근거를 마련하고, 시행령 및 시행규칙 수준의 규제는 최대 6개월 이내 개정 완료를 목표로 한다. 제도 개선 후에도 시장

반응 및 영향을 지속적으로 모니터링하여 필요 시 추가적인 개선 사항을 도출하고 반영한다.

녹색해운 규제 샌드박스의 도입은 우리나라 해운산업의 혁신을 가속화하고 글로벌 경쟁력을 강화하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 이를 통해 친환경 기술의 빠른 상용화, 새로운 비즈니스 모델 창출, 규제 체계의 선진화 등 다양한 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 규제 샌드박스를 통해 검증된 기술과 서비스는 국제 표준화의 기반이 될 수 있으며, 이는 글로벌 녹색해운 정책 수립에 우리나라의 영향력을 높이는 계기가 될 것이다.

다만, 규제 샌드박스 운영 과정에서 안전과 환경 보호에 대한 균형 잡힌 접근이 필요하다. 혁신을 추구하되 기본적인 안전 기준과 환경 기준은 반드시 준수하도록 하여, 지속가능한 녹색해운의 발전을 도모해야 한다. 또한 규제 샌드박스의 혜택이 특정 기업에 편중되지 않도록 공정한 기회 제공과 투명한 운영이 필요할 것이다.

결론적으로, 녹색해운항로 규제 샌드박스는 해운산업의 친환경 전환과 혁신을 위한 중요한 정책 수단이 될 것이다. 이를 통해 우리나라가 글로벌 녹색해운 시장에서 선도적 위치를 확보하고, 환경 보호와 경제 발전을 동시에 달성할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 6-3〉 정책대안 3: 녹색해운항로 규제 샌드박스 도입

녹색해운 규제 샌드박스 도입	
목적	• 혁신적인 녹색해운 기술 및 비즈니스 모델의 실증 및 상용화 촉진 • 급변하는 기술 환경과 글로벌 환경 규제에 유연하게 대응 • 국내 해운산업의 혁신 가속화 및 글로벌 경쟁력 강화
주요 내용	❶ 새로운 친환경 기술 적용 선박의 시험 운항 허용 • 수소 연료전지 추진 선박, AI 기반 자율운항 시스템, 혁신적 선체 설계 등 실증 • 엄격한 안전 기준과 모니터링 체계 마련 • 시험 운항 구간과 기간 제한, 실시간 데이터 수집 및 분석 시스템 구축

녹색해운 규제 샌드박스 도입	
	❷ 대체 연료 사용 및 새로운 벙커링 방식에 대한 한시적 규제 완화 • 암모니아, 메탄올 등 신규 대체 연료의 선박 내 저장 및 사용 허용 • Ship to Ship LNG 벙커링, 육상 전원 공급 시스템 등 실증 • 관련 부처 및 기관과의 협력 체계 구축, 신속한 승인 절차 마련 ❸ 혁신적인 녹색해운 서비스 모델 실증 사업 지원 • 화물 공유 플랫폼, 친환경 선박 공유 서비스, 블록체인 기반 탄소 배출권 거래 시스템 등 실증 • 관련 규제의 일부 조항 한시적 유예 또는 완화
추진체계	• 녹색해운 규제 샌드박스 심의위원회' 설립 • 원스톱 지원 센터 운영 • 정기적인 성과 평가 및 피드백 시스템 구축
고려사항	• 검증된 기술과 서비스 모델에 대한 신속한 제도 및 규제 개선 • 실증 결과에 대한 다각도 평가 및 이해관계자 의견 수렴 • 안전과 환경 보호에 대한 균형 잡힌 접근 필요 • 규제 샌드박스 혜택의 공정한 분배 및 투명한 운영 • 지속적인 모니터링 및 제도 개선
기대효과	• 친환경 기술의 빠른 상용화 • 새로운 비즈니스 모델 창출 • 규제 체계의 선진화 • 글로벌 녹색해운 정책 수립에 우리나라의 영향력 증대

자료: 저자 작성

4. 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영

글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영은 국제 협력 강화와 글로벌 리더십 확보를 주요 목적으로 하는 전략적 접근 중 하나가 될 수 있다. 이는 녹색해운항로 구축이 본질적으로 국제적 협력이 필요한 과제임을 인식하고, 세계 각국과의 협력을 통해 더 효과적이고 신속한 녹색해운 전환을 이루고자 하는 데 의의를 가진다. 또한 우리나라가 글로벌 녹색해운 정책 수립과 기술 표준화 과정에서 주도적인 역할을 수행하고, 국내 해운산

업의 국제 경쟁력을 강화하는 것을 목표로 한다.

얼라이언스의 핵심은 주요 해운국가들과의 긴밀한 협력 관계 구축이다. 이를 위해 해운 강국, 주요 무역 상대국, 녹색기술 선진국 등을 고려하여 핵심 파트너 국가를 선정하고, 각 국가와 녹색해운 협력을 위한 MOU를 체결할 필요가 있다. 더 나아가 'Global Green Shipping Partnership (GGSP)(가칭)'을 설립하여 다자간 협력 체계를 확대한다. 이를 통해 각국의 녹색해운 정책, 기술개발 현황, 규제 동향 등에 대한 정보를 공유하고, 공동의 과제에 대해 협력하여 대응할 수 있는 기반을 마련한다.

얼라이언스의 활동을 가시화하고 국제 사회의 관심을 집중시키기 위해 정기적인 국제 행사를 개최한다. 'Global Green Shipping Summit(가칭)', 'Green Shipping Technology Forum(가칭)', 'Green Shipping Policy Dialogue(가칭)' 등의 행사를 통해 글로벌 녹색해운 커뮤니티를 형성하고, 지속적인 협력의 모멘텀을 유지한다.

녹색해운 기술의 글로벌 표준을 수립하는 과정에서 주도적인 역할을 수행하기 위해 'International Green Shipping Standards Committee (IGSSC)(가칭)'의 설립을 제안한다. 이 위원회에서는 대체연료, 선박 설계, 운항 기술 등 주요 분야별 실무 그룹을 구성하여 표준화 작업을 진행하고, 국제해사기구(IMO)와 긴밀히 협력하여 개발된 표준이 IMO의 공식 지침 또는 규정으로 채택되도록 추진한다.

글로벌 녹색해운의 실현을 위해 개발도상국을 대상으로 한 지원 프로그램도 운영한다. 'Green Shipping Knowledge Sharing Program(가칭)'을 통해 녹색해운 정책 수립 지원, 기술 이전, 인력 양성 등을 제공하고, 'Green Shipping Tech Transfer Center(가칭)'를 설립하여 개발도상국에 녹색해운 기술 이전을 위한 전담 센터를 운영한다.

얼라이언스의 효과적인 운영을 위해 정부 차원의 전담 조직으로 해양수산부 내 '글로벌 녹색해운 협력국'을 신설하고, 민관 합동 'Global Green Shipping Alliance 추진 위원회(가칭)'를 구성한다. 성과 평가 및 피드백 시스템을 구축하여 연간 성과 보고서를 발간하고, 2년 주기로 얼라이언스 운영 전략을 검토하고 보완한다.

이러한 글로벌 녹색해운 얼라이언스의 구축 및 운영을 통해 우리나라는 녹색해운 분야의 글로벌 리더로 자리매김할 수 있을 것이다. 국제 사회에서 영향력을 확대하고, 국내 해운산업의 지속가능한 발전과 국제 경쟁력 강화를 도모할 수 있다. 또한 글로벌 차원의 협력을 통해 기후변화 대응이라는 인류 공동의 과제 해결에 기여할 수 있을 것이다.

이는 단순히 해운산업의 발전을 넘어, 지속가능한 글로벌 경제 발전과 환경 보호에 우리나라가 중추적인 역할을 할 수 있는 기회가 될 것이다. 그러나 이러한 글로벌 협력 체계의 구축과 운영에는 여러 도전 과제가 존재한다. 국가 간 이해관계의 차이, 기술 격차, 재정적 부담 등의 문제를 해결하기 위해서는 지속적인 대화와 조정, 그리고 유연한 접근이 필요할 것이다.

또한 얼라이언스의 성공적인 운영을 위해서는 국내 해운산업의 적극적인 참여와 지원이 필수적이다. 정부는 산업계의 의견을 지속적으로 수렴하고, 글로벌 협력에 따른 부담을 경감시키기 위한 지원 정책을 마련해야 할 것이다. 동시에 산업계는 글로벌 협력의 장기적 이점을 인식하고, 적극적으로 국제 표준화 과정에 참여하며 기술 혁신을 추진해야 할 것이다.

결론적으로, 글로벌 녹색해운 얼라이언스의 구축 및 운영은 우리나라가 녹색해운 시대를 선도하고, 글로벌 해운산업의 지속가능한 발전에 기여할 수 있는 중요한 전략이 될 것이다. 이를 통해 우리는 환경 보호와 경제 발전이라는 두 가지 목표를 동시에 달성하면서, 국제 사회에서 우리나라의 위상을 높이고 새로운 성장 동력을 확보할 수 있을 것이다.

〈표 6-4〉 정책대안 4: 글로벌 녹색해운항로 얼라이언스 구축 및 운영

글로벌 녹색해운 얼라이언스 구축 및 운영	
목적	• 국제 협력 강화를 통한 효과적인 녹색해운 전환 추진 • 글로벌 녹색해운 정책 및 기술 표준화 과정에서 우리나라의 주도권 확보 • 국내 해운산업의 국제 경쟁력 강화
주요 내용	❶ 핵심 파트너 국가 선정 및 양자 협력 체계 구축 • 해운 강국, 주요 무역 상대국, 녹색기술 선진국 등을 고려하여 선정 • 국가별 맞춤형 MOU 체결 및 정기 양자 회의 개최 ❷ 다자간 협력 체계 'Global Green Shipping Partnership(GGSP)'(가칭) 설립 • 정기 총회 및 분과별 실무 회의 운영 • 공동 로드맵 수립 및 이행 상황 점검 ❸ 정기 국제 행사 개최 • 연간 'Global Green Shipping Summit(가칭)' 개최 • 반기별 'Green Shipping Technology Forum(가칭)' 운영 • 분기별 'Green Shipping Policy Dialogue(가칭)' 온라인 진행 ❹ 'International Green Shipping Standards Committee(IGSSC)'(가칭) 설립 • 주요 분야별 실무 그룹 구성 및 표준화 작업 추진 • IMO와의 협력을 통한 국제 표준 채택 추진 ❺ 개발도상국 지원 프로그램 운영 • 'Green Shipping Knowledge Sharing Program(가칭)' 실시 • 'Green Shipping Tech Transfer Center(가칭)' 설립 및 운영
추진체계	• 해양수산부 내 '글로벌 녹색해운 협력국(가칭)' 신설 • 민관 합동 'Global Green Shipping Alliance 추진 위원회(가칭)' 구성 • 연간 성과 평가 및 2년 주기 전략 검토 실시
고려사항	• 국가 간 이해관계 조정을 위한 유연한 접근 필요 • 국내 해운산업계의 적극적 참여 유도 방안 마련 • 장기적 관점에서의 지속적인 재원 확보 방안 수립
기대효과	• 녹색해운 분야에서의 국제적 리더십 확보 • 국내 해운산업의 글로벌 경쟁력 강화 • 기후변화 대응에 대한 국제사회 기여도 제고

자료: 저자 작성

5. 녹색해운항로 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행

녹색해운 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행은 녹색해운 시대에 필요한 전문인력을 체계적으로 양성하기 위한 종합적인 계획이다. 이는 급변하는 해운산업의 환경에 대응하고, 녹색해운 분야에서 우리나라의 경쟁력을 확보하기 위한 핵심적인 전략이다. 따라서 본 마스터플랜은 교육 체계의 혁신, 산학협력 강화, 국제 협력 확대 등을 통해 미래 녹색해운산업을 이끌어갈 인재를 육성하는 것을 목표로 한다.

마스터플랜의 첫 번째 주요 내용은 대학 및 전문교육기관과 연계한 녹색해운 특성화 과정 개설이다. 이를 위해 주요 해양대학을 중심으로 '녹색해운학과(가칭)' 또는 '지속가능해운학과(가칭)'를 신설하는 것을 고려해볼 수 있다. 이 과정에서는 친환경 선박 기술, 대체 연료 시스템, 해양 환경 정책, 녹색 물류 등 녹색해운과 관련된 종합적인 커리큘럼을 제공할 수 있을 것이다. 또한 기존의 해운 관련 학과에도 녹색해운 관련 과목을 필수 과목으로 지정하여, 모든 해운 전공 학생들이 녹색해운에 대한 기본적인 이해를 갖출 수 있도록 하는 것이 중요하다.

전문대학원 수준에서는 '녹색해운 융합대학원(가칭)'을 설립하여 보다 심도 있는 연구와 교육을 진행하는 것이 효과적일 것이다. 이 대학원에서는 공학, 환경과학, 경영학, 법학 등 다양한 분야의 전문가들이 협력하여 녹색해운의 복합적인 과제들을 해결할 수 있는 융합형 인재를 양성해야 한다. 특히 산업계와 연계한 프로젝트 기반 학습(PBL)을 적극 도입하여 실무 능력을 갖춘 인재를 배출하는 것이 중요하다.

두 번째 주요 내용은 현직자 대상 재교육 프로그램 운영 및 지원이다. 녹색해운으로의 전환은 현재 해운업에 종사하고 있는 인력의 역량 강화가 필수적이기 때문이다. 이를 위해 '녹색해운 전환 아카데미'를 설립하여 단

기 집중 교육 과정을 제공하는 것이 시급하다. 이 아카데미에서는 친환경 선박 운영, 탄소 배출 관리, 녹색 금융, 국제 환경 규제 대응 등 실무에 즉시 적용 가능한 내용을 중심으로 교육해야 한다.

더불어, 온라인 교육 플랫폼인 'Green Shipping E-learning Center (가칭)'를 구축하여 시간과 장소에 구애받지 않고 학습할 수 있는 환경을 제공하는 것이 효과적일 것이다. 이 플랫폼에서는 녹색해운 관련 최신 기술과 정책 동향, 사례 연구 등을 제공하며, 개인의 학습 진도와 성취도를 체계적으로 관리해야 한다. 또한 기업들이 임직원들의 녹색해운 역량 강화를 위해 이러한 재교육 프로그램을 활용할 경우, 정부 차원의 재정지원을 제공하여 참여를 독려할 필요가 있다.

세 번째 주요 내용은 산학협력 강화를 통한 실무중심 교육 확대이다. 녹색해운 분야의 특성상 실제 산업 현장의 요구사항을 반영한 교육이 필수적이기 때문이다. 이를 위해 '녹색해운 산학협력 컨소시엄(가칭)'을 구성하여 기업과 교육기관 간의 긴밀한 협력 체계를 구축하는 것이 핵심이다. 이 컨소시엄을 통해 기업은 현장의 수요를 교육과정 개발에 반영하고, 교육기관은 최신 산업 동향을 교육 내용에 신속하게 반영할 수 있을 것이다.

또한 '녹색해운 인턴십 프로그램(가칭)'을 도입하여 학생들이 재학 중에 실제 업무 경험을 쌓을 수 있는 기회를 제공하는 것이 바람직할 것이다. 이 프로그램은 단순한 업무 보조가 아닌, 실제 녹색해운 프로젝트에 참여하여 문제 해결 능력을 기를 수 있도록 구성되어야 한다. 그리고 참여 기업에는 세제 혜택 등의 인센티브를 제공하여 적극적인 참여를 유도할 필요가 있다.

더불어 '녹색해운 캡스톤 디자인 프로젝트(가칭)'를 정규 교과과정에 포함시켜, 학생들이 팀을 이루어 실제 산업 현장의 문제를 해결하는 프로젝트를 수행하도록 해야 한다. 이 과정에서 기업의 멘토링을 받아 실무적인 해결 방안을 도출하고, 우수 프로젝트에 대해서는 사업화 지원을 제공하는

것이 효과적일 것이다.

네 번째 주요 내용은 국제 인재 교류 프로그램 운영 및 글로벌 인재 유치 전략 수립이다. 녹색해운은 본질적으로 국제적인 성격을 가지고 있으므로, 글로벌 시각을 가진 인재 양성이 필수적이기 때문이다. 이를 위해 '글로벌 녹색해운 인재 교류 네트워크'를 구축하여 해외 유수의 해운 관련 교육기관과의 학생 및 교수 교류를 활성화하는 것이 중요하다. 이를 통해 국제적인 시각과 네트워크를 갖춘 인재를 양성해야 한다.

또한 'Green Shipping Global Scholarship(가칭)'을 신설하여 우수한 외국인 학생을 유치하는 방안을 고려해야 한다. 이 장학 프로그램은 개발도상국 학생들에게도 기회를 제공하여, 향후 이들이 자국의 녹색해운 발전에 기여할 수 있도록 해야 한다. 더불어 해외 유수의 녹색해운 전문가들을 초빙하여 단기 집중 강좌를 제공하는 'Green Shipping Global Lecture Series(가칭)'를 운영할 필요가 있다.

국내 인재의 글로벌 역량 강화를 위해 '녹색해운 글로벌 인턴십 프로그램(가칭)'을 운영하는 것 또한 고려해 볼 수 있다. 이 프로그램을 통해 학생들은 해외 선진 해운기업, 국제기구, 연구소 등에서 인턴으로 근무하며 국제적 감각과 실무 경험을 쌓을 수 있을 것이다. 또한 정부는 이에 대한 재정 지원을 제공하여 학생들의 경제적 부담을 경감시킬 필요가 있다.

이러한 마스터플랜의 효과적인 이행을 위해 '녹색해운 인재양성 추진위원회(가칭)'를 설립하여 전체적인 계획의 수립, 조정, 평가를 담당하게 하는 것이 핵심이다. 이 위원회는 정부, 업계, 학계 대표로 구성되며, 연 2회 정기 회의를 통해 마스터플랜의 이행 상황을 점검하고 필요한 조정을 실시해야 한다.

또한 '녹색해운 인재 수요 예측 시스템(가칭)'을 구축하여 중장기적인 인

력 수요를 예측하고, 이에 따른 인재 양성 계획을 수립하는 것이 중요하다. 이 시스템은 해운업계의 전망, 기술 발전 속도, 국제 규제 동향 등을 종합적으로 고려하여 필요한 인재의 유형과 규모를 예측해야 한다.

마스터플랜의 성과를 지속적으로 모니터링하고 개선하기 위해 '녹색해운 인재양성 성과평가 체계(가칭)' 구축 또한 고려해 볼 수 있다. 이 체계를 통해 교육의 질, 취업률, 산업 기여도 등을 종합적으로 평가하고, 그 결과를 바탕으로 마스터플랜을 지속적으로 보완해야 한다.

결론적으로, 녹색해운 전문인력 양성 마스터플랜의 성공적인 이행을 위해서는 정부, 교육기관, 산업계의 긴밀한 협력이 필요하다. 이를 통해 녹색해운 시대에 필요한 전문 인력을 선제적으로 확보하고, 글로벌 해운 시장에서 우리나라의 리더십을 강화할 수 있을 것이다. 또한, 이는 단순히 해운업에 국한되지 않고, 조선, 항만, 물류 등 연관 산업의 발전에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 본 마스터플랜의 체계적인 이행을 통해 지속가능한 해운업 발전과 기후변화 대응이라는 글로벌 과제 해결에 우리나라가 주도적으로 기여할 수 있는 기반을 마련해나가야 할 것이다.

〈표 6-5〉 정책대안 5: 녹색해운항로 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행

녹색해운 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행	
목적	• 녹색해운 시대에 필요한 전문인력을 체계적으로 양성 • 급변하는 해운산업 환경에 대응하고 녹색해운 분야에서 국가 경쟁력 확보 • 교육 체계 혁신, 산학협력 강화, 국제 협력 확대를 통해 미래 녹색해운산업 인재 육성
주요 내용	❶ 대학 및 전문교육기관과 연계한 녹색해운 특성화 과정 개설 • 녹색해운학과 또는 지속가능해운학과 신설 • 녹색해운 융합대학원 설립 ❷ 현직자 대상 재교육 프로그램 운영 및 지원 • 녹색해운 전환 아카데미(가칭) 설립 • Green Shipping E-learning Center(가칭) 구축

녹색해운 전문인력 양성 마스터플랜 수립 및 이행	
	❸ 산학협력 강화를 통한 실무중심 교육 확대 • 녹색해운 산학협력 컨소시엄 구성 • 녹색해운 인턴십 프로그램 도입 • 녹색해운 캡스톤 디자인 프로젝트 실시 ❹ 국제 인재 교류 프로그램 운영 및 글로벌 인재 유치 전략 수립 • 글로벌 녹색해운 인재 교류 네트워크 구축 • Green Shipping Global Scholarship(가칭) 신설 • 녹색해운 글로벌 인턴십 프로그램 운영
추진체계	• 녹색해운 인재양성 추진위원회(가칭) 설립 • 녹색해운 인재 수요 예측 시스템 구축 • 녹색해운 인재양성 성과평가 체계 구축
고려사항	• 산업계의 실제 수요를 반영한 교육과정 개발 • 국제적 시각과 네트워크를 갖춘 인재 양성 • 지속적인 모니터링과 개선을 통한 마스터플랜의 효과성 제고
기대효과	• 녹색해운 시대에 필요한 전문 인력의 선제적 확보 • 글로벌 해운 시장에서 국가 리더십 강화 • 조선, 항만, 물류 등 연관 산업의 발전에 긍정적 영향 • 지속가능한 해운업 발전과 기후변화 대응에 기여

자료: 저자 작성

제3절 연구의 한계 및 향후 연구 제안

본 연구는 한-미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축을 위한 협력방안을 모색하는 데 있어 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 가장 주목할 만한 한계점은 미 동부 항만 분야의 의견이 충분히 반영되지 못했다는 점이다. 현재 미국 동부 지역은 녹색해운항로 구축에 대한 필요성이나 열의가 상대적으로 낮은 상황이며, 이로 인해 양측의 균형 잡힌 시각을 반영하는 데 어려움이 있었다.

그럼에도 본 연구가 우리나라 주요 이해관계자들의 의견에 집중하여 협력방안을 모색한 것은 의미 있는 접근이라고 볼 수 있다. 녹색해운항로 이니셔티브는 국가 간 협약을 통해 예기치 못한 시점에 급속도로 진전될 가능성이 있기 때문에, 우리나라의 입장에서 선제적으로 준비하고 대응 방안을 마련하는 것은 중요하다.

향후 연구에서는 이러한 한계점을 보완하고 더욱 실질적인 협력방안을 도출하기 위해 분야별로 구체적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

첫째, 친환경 연료 분야에서는 각 연료별(수소, 암모니아, 메탄올 등) 생산, 운송, 저장, 공급에 대한 세부적인 기술적, 경제적 타당성 연구가 필요하다. 특히 한-미 동부 항만 간 항로에 가장 적합한 연료 옵션을 선정하기 위한 종합적인 분석이 요구된다.

둘째, 선박 기술 분야에서는 친환경 연료를 사용하는 선박의 설계, 건조, 운영에 대한 구체적인 연구가 필요하다. 특히 장거리 운항에 적합한 선박 기술개발과 관련된 한-미 간 기술 협력 방안에 대한 연구가 중요할 것으로 판단된다.

셋째, 항만 인프라 분야에서는 친환경 연료 벙커링 시설, 육상전력공급장치(AMP) 등 녹색해운항로 운영에 필요한 항만 시설의 구체적인 설계와 운영 방안에 대한 연구가 필요하다. 이 과정에서 한국과 미국 동부 항만의 현재 인프라 상황을 비교 분석하고, 단계적 개선 방안을 제시할 수 있을 것이다.

넷째, 정책 및 규제 분야에서는 녹색해운항로 운영을 위한 구체적인 법규와 제도 마련에 대한 연구가 필요하다. 특히 한국과 미국의 관련 법규를 비교 분석하고, 양국 간 규제의 조화를 이루기 위한 방안을 모색해야 한다.

다섯째, 경제성 분석 분야에서는 녹색해운항로 운영에 따른 비용 증가와 환경적 편익을 정량적으로 분석하는 연구가 필요하다. 이를 통해 정부 지원의 적정 수준과 민간 부문의 참여를 유도할 수 있는 구체적인 인센티브 방안을 도출할 수 있을 것이다.

마지막으로, 인력 양성 분야에서는 녹색해운항로 운영에 필요한 전문 인력의 수요를 예측하고, 이에 맞는 교육 훈련 프로그램을 개발하는 연구가 필요하다. 한-미 간 인적 교류 활성화 방안도 함께 모색되어야 할 것이다.

이러한 분야별 구체적인 연구를 통해 녹색해운항로 구축에 대한 더욱 실행 가능한 로드맵을 수립할 수 있을 것이다. 또한 이러한 세부적인 연구 결과들은 향후 미국 동부 항만 관계자들과의 협의 과정에서 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

국내 문헌

강석환(2018), 녹색해운 인프라구축 우선순위 선정에 관한 연구 -LNG추진선을 중심으로-, 한국해양대학교 석사학위논문.

기후솔루션(2024), 국제해운 탄소중립을 위한 한미일 녹색해운항로 구축.

김상현(2022), LNG 벙커링 공급사업의 효율적 운영방안 우선순위 선정에 관한 연구, 한국해양대학교 석사학위논문.

배성봉(2021), 미국 수소경제 및 한국의 진출방안, KOTRA.

(사)해양산업통합클러스터(MacNet)(2024.5.9.), 2050년 Net-Zero 달성을 위한 녹색해운항로 구축 전략, 2024 MacNet 전략세미나Ⅰ 발표자료집.

안순구, 윤희성(2023), 해양산업의 디지털-탈탄소 전환에 따른 비즈니스모델 변화에 대한 인지적 관점의 탐색적 연구, 한국항만경제학회지.

안영균, 이민규(2022), 글로벌선사의 Green Shipping 경영전략 동향조사 및 정책제언 연구, 무역학회지.

안준건(2023), 친환경선박 인증을 통한 해운금융 조달에 관한 고찰, 해운물류연구.

안지연 외(2022), 글로벌 기후금융의 현황과 발전방향: 녹색채권을 중심으로, 대외경제정책연구원.

양종서(2022), 해상탄소중립과 해사산업 경쟁력 강화를 위한 글로벌 협력 방안, 한국수출입은행.

임종관 외(2011), 미래형 선박을 활용한 신해양비즈니스 모델 구축 연구, 한국해양수

산개발원.

임종섭(2010), 항만환경 규제에 따른 Green Port 구축방안, 한국항만경제학회지.

장경석(2023), 친환경 선박 연료와 녹색해운항로 경쟁, KB금융지주 경영연구소.

최병열(2021), 친환경선박법의 체계 및 조선소의 대응을 고려한 발전방향에 대한 고찰, 한국해사법학회.

한국해양수산개발원(2024.3.15.), 미국 해운정책의 현재와 미래 : 시장보호와 기후변화 대응, KMI 동향분석 196호.

황진회 외(2022), 선박 대체연료 기술개발 동향 조사, 한국해양수산개발원.

국외 문헌

ABS(American Bureau of Shipping)(2022), Green Shipping Corridors: Leveraging Synergies.

BPA, Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping, & The Northwest seaport alliance(2023), Green Corridors between The Republic of Korea and the United States of America Pre-Feasibility Study.

Bureau of Transportation(2023), Port Performance Freight Statistics Annual Report 2023.

_____(2024), Transportation Statistics Annual Report 2024.

Colaizzi, P. F. (1978). Psychological research as the phenomenologist views it. Existential phenomenological alternatives for psychology/Oxford University Press Inc.

Drewry(2024), Container Forecast Quarter 1 March 2024.

ESCAP(2023), A Study on the Implementation Strategy of the Green Shipping Corridor in Asia and the Pacific.

Foretich, A., Zaimes, G. G., Hawkins, T. R., & Newes, E. (2021), Challenges and opportunities for alternative fuels in the maritime sector, Maritime Transport Research.

Getting to Zero Coalition(2021), The Next Wave Green Corridors.

_____(2023a), National and regional policy for green shipping corridors.

_____(2023b), Annual Progress Report on Green Shipping Corridors 2023.

Global Maritime Forum(2023), Fuelling the decarbonisation of iron ore shipping between Western Australia and East Asia with clean ammonia - Green shipping corridor feasibility assessment.

Hessevik, A. (2022), Green shipping networks as drivers of decarbonization in offshore shipping companies, Maritime Transport Research.

Larkin, A., Smith, T., & Wrobel, P. (2017), Shipping in changing climates, Marine Policy.

Lin, D. Y., Juan, C. J., & Ng, M. (2021), Evaluation of green strategies in maritime liner shipping using evolutionary game theory, Journal of Cleaner Production.

Liu, J., Xu, H., & Lyu, Y. (2023), Emission reduction technologies for shipping supply chains under carbon tax with knowledge sharing, Ocean&Coastal Management.

Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping(2022), European Green Corridor Network Project.

_____(2023), The Chilean Green Corridors Network Pre-Feasibility Study.

Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping, RMI, & Green Hydrogen Catapult(2023), Green Corridors Pre-Feasibility Phase Blueprint.

Pettit, S., Wells, P., Haider, J., & Abouarghoub, W. (2018), Revisiting history: Can shipping achieve a second socio-technical transition for carbon, emissions reduction?, Transportation Research Part D: Transport and Environment.

Ren, J., & Lützen, M. (2015), Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under uncertainties, Transportation Research Part D: Transport and Environment.

Schinas, O., & Sonechko, D. (2022), A pay-as-you-use business model for the greening of shipping Cleaner, Logistics and Supply Chain.

Tadros, M., Ventura, M., & Guedes Soares, C. (2023), Review of current regulations, available technologies, and future trends in the green shipping industry, Ocean Engineering.

Talalasova, E., Fahnestock, J., Musau, J., & Garvin, B. (2023), Green shipping corridors in and out of Spain: Assessing route-based opportunities, Global Maritime Forum, British Embassy in Madrid.

Wang, Z., Dong, B., Yin, J., Li, M., Ji, Y., & Han, F. (2024), Towards a marine green power system architecture: Integrating hydrogen and ammonia as zero-carbon fuels for sustainable shipping, International Journal of Hydrogen Energy.

World Economic Forum(2023), Fuelling the Future of Shipping: Key Barriers to Scaling Zero-Emission Fuel Supply.

Wuisan, L., van Leeuwen, J., & van Koppen, C. S. A. (2012), Greening international shipping through private governance: A case study of the Clean Shipping Project, Marine Policy.

인터넷 자료

AAR(The Association of American Railroads), Rail Network Map(2020), https://www.google.co.kr/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.aar.org%2Fdata-center%2F&psig=AOvVaw3_XAiOjAMlqqcI-8H0pVXT&ust=1726585933932000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCLDKwf_fx4gDFQAAAAAdAAAAABAE(검색일: 2024.9.5.).

Admiralty Maritime Data Solutions, What is a green shipping corridor?, https://www.admiralty.co.uk/decarbonisation/green-shipping-corridor(검색일: 2024.5.6.).

Ben James 홈페이지, Wtf are Ethanol and Methanol anyway?(검색일: 2024.9.20.)

Bunker Market(2024.1.22.), SEA-LNG Unveils the LNG Edge: Leading Maritime Decarbonization(검색일: 2024.5.18.).

Bureau of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, https://www.bts.gov/browse-statistical-products-and-data/info-gallery/us-container-port-liner-shipping-connectivity(검색일: 2024.9.5.).

Cello Square(2023.2.3.), 국제해사기구의 환경규제와 물류업계의 대응방안, https://www.cello-square.com/kr/blog/view-382.do(검색일: 2024.5.8.).

DNV(2023), Maritime forecast To 2050, https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast-2023/(검색일: 2024.4.19.).

DNV(2024.3.25.), Key considerations for establishing a green shipping corridor, https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/key-considerations-for-establishing-a-green-shipping-corridor/(검색일: 2024.4.19.).

ECPM, US Population Density(2021), https://ecpmlangues.unistra.fr/civilization/geography/map-us-population-density-2021(검색일: 2024.9.5.).

Georgia Ports Authority, By the Numbers, https://gaports.com/sales/by-the-numbers/(검색일: 2024.5.18.).

Green Shipping Challenge(2022.11.7.), Announcements COP27, https://greenshippingchallenge.org/commitments/(검색일: 2024.3.20.).

Green Shipping Challenge(2023.12.1.), Announcements COP28, https://greenshippingchallenge.org/announcements/(검색일: 2024.3.20.).

IMO 홈페이지, IMO's work to cut GHG emissions from ships, https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx(검색일: 2024.4.1.).

Kotra 무역투자 24, 미국, https://kotra.or.kr/subList/20000006788?tabid=12560(검색일: 2024.4.24.).

Mission Innovation(검색일: 2024.09.10.), 'Green Shipping Corridor Route Tracker' The Northwest Seaport Alliance, Cargo Statistics, https://www.nwseaportalliance.com/about-us/cargo-statistics(검색일: 2024.5.18.).

Port Houston, Port Statistics, https://porthouston.com/about/our-port/statistics/(검색일: 2024.5.18.).

Port of Long Beach, Port Statistics, https://polb.com/business/port-statistics/#latest-statistics(검색일: 2024.5.18.).

Port of Oakland, Facts & Figures, https://www.oaklandseaport.com/facts-figures/(검색일: 2024.5.18.).

Port of Virginia, Port Stats, https://operations.portofvirginia.com/port-statistics(검색일: 2024.5.18.).

South Carolina Ports Authority, Statistics, https://scspa.com/about-the-port/statistics/(검색일: 2024.5.18.).

The Korea Times(2022.11.22.), Korea, US to create Busan-Tacoma green cargo shipping route, https://www.koreatimes.co.kr/www2/common/search.asp?kwd=green%20shipping%20corridor(검색일: 2024.2.18.).

The National Archives(2021.10.11.), Clydebank Declaration for green shipping corridors, https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230313124737/https://ukcop26.org/cop-26-clydebank-declaration-for-green-shipping-corridors/(검색일: 2024.5.10.).

The Port Authority of New York and New Jersey, Facts and Figures, https://www.panynj.gov/port/en/our-port/facts-and-figures.html(검색일: 2024.5.18.).

The Port of Los Angeles, Container Statistics, https://www.portoflosangeles.org/business/statistics/container-statistics(검색일: 2024.5.18.).

TRADLINX(2022.12.18.), 글로벌 공급망 혼란 때문에… 미국 물류 중심 서부에서 동부로, https://www.tradlinx.com/blog/guide/%EF%BB%BF%EA%B8%80%EB%A1%9C%EB%B2%8C-%EA%B3%B5%EA%B8%89%EB%A7%9D-%ED%98%BC%EB%9E%80-%EB%95%8C%EB%AC%B8%EC%97%90-%EB%AF%B8%EA%B5%AD-%EB%AC%BC%EB%A5%98-%EC%A4%91%EC%8B%AC-%EC%84%9C%EB%B6%80/(검색일: 2024.4.24.).

UNFCC(2022.11.17.), If Green Corridors succeed, in 2030 zero-emission shipping will be a commercially viable option anywhere, https://climatechampions.unfccc.int/green-corridors-cop27/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI873wptyHhgMVeDN7Bx38ZQvYEAAYASAAEgLMrvD_BwE(검색일: 2024.5.6.).

한국경제(2022.11.16.), 글로벌 녹색해운항로 전쟁 치열…한국도 뛰어든다,https://www.hankyung.com/article/2022111512451(검색일: 2024.2.22.).

해양수산부 보도자료(2024.01.30.), 2024년 한국형 친환경선박(Greenship-K) 보급 시행계획(검색일: 2024.5.18.).

船电技术网(2024.5.10.), 全球绿色航运走廊的发展之路, https://mp.weixin.qq.com/s/YIYqlbbRZ0JlB4IWkxvCNw(검색일: 2024.5.13.).

부록

〈표 부록-1〉 단계별 녹색해운항로 프로젝트 추진 현황(전세계)

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
1	앤트워프-몬트리올 회랑	2022년 4월	벨기에, 캐나다	컨테이너, 벌크선, 미정	미정	항만	앤트워프 항만, 몬트리올 항만	미정
1	캐나다-미국 그레이트 레이크 회랑	2022년 4월	캐나다, 미국	미정	메탄올, 고급 바이오연료, 전기	정부	캐나다 해양 상업회의소, 세인트 로렌스 해로 개발 공사, 미국 정부	미정
1	핼리팩스-함부르크 회랑	2022년 9월	독일, 캐나다	미정	메탄올, 수소, 암모니아	항만	함부르크 항만, 핼리팩스 항만	미정
1	예테보리-로테르담 회랑	2022년 10월	스웨덴, 네덜란드	컨테이너, 탱커	메탄올, 전기, 기타	항만	예테보리 항만, 로테르담 항만	미정

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
1	영국-네덜란드 회랑	2022년 11월	영국, 네덜란드	미정	미정	정부	영국 정부, 네덜란드 정부	미정
1	영국-노르웨이 회랑	2022년 11월	영국, 노르웨이	미정	미정	정부	영국 정부, 노르웨이 정부	미정
1	미국-영국 회랑	2022년 11월	미국, 영국	미정	미정	정부	미국 정부, 영국 정부	미정
1	멕시코만 녹색 해운 회랑	2022년 11월	미국	벌크선, 탱커	미정	산업	블루 스카이 마리타임, ABS, 휴스턴 항만, 뉴올리언스 항만, 휴스턴 미래 센터, 그레이터 뉴올리언스	미정
1	미국-피지-태평양 파트너십 회랑	2023년 3월	미국, 피지, 마셜 제도, 솔로몬 제도 등	미정	미정	정부	피지 공화국, 태평양 블루 해운 파트너십, MMMCZCS, 미국 정부	미정
1	미국-파나마 회랑	2023년 3월	미국, 파나마	미정	미정	정부	미국 정부, 파나마 정부	미정
1	지중해 회랑	2023년 5월	프랑스	페리	메탄올, 기타	산업	CMA CGM	미정
1	LA-나고야 회랑	2023년 6월	미국, 일본	컨테이너	미정	항만	나고야 항만, LA 항만	미정
1	영국-덴마크 회랑	2023년 9월	영국, 덴마크	미정	미정	정부	영국 정부, 덴마크 정부	미정
1	영국-벨기에 회랑	2023년 10월	벨기에, 영국	페리	미정	정부	벨기에 정부, 영국 정부	미정
1	오클랜드-요코하마 회랑	2023년 10월	미국, 일본	컨테이너	미정	항만	오클랜드 항만, 요코하마 항만	미정

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
1	LA-광저우 회랑	2023년 10월	미국, 중국	컨테이너	미정	항만	LA 항만, 광저우 항만	미정
1	오슬로-로테르담 회랑	2023년 10월	노르웨이, 네덜란드	컨테이너	수소	산업	오슬로시, 로테르담시, Samskip	2030년
1	FIN-EST 회랑	2023년 10월	핀란드, 에스토니아	차량 운반선 /RoRo, 페리	미정	항만	헬싱키 항만, 탈린 항만, Rederi AB Eckerö, Tallink Grupp, Viking Line, 에스토니아 정부, 핀란드 정부	미정
1	나미비아-EU 회랑	2023년 10월	나미비아	미정	미정	산업	H2 나미비아, 나미비아 정부, Namport, Rystad Energy, Sea Live, MMMCZCS	미정
2	호주-뉴질랜드 회랑	없음	호주, 뉴질랜드	미정	미정	산업	퀸즐랜드 주, 빅토리아 주, 뉴사우스웨일스 주, 뉴질랜드 정부, 스미토모, 우드사이드, 스비처, 존 스와이어 & 선즈, 미쓰비시 중공업	미정
2	남아프리카-유럽 철광석 회랑	2023년 3월	남아프리카	벌크선	암모니아	산업	앵글로 아메리칸, 타타 스틸, CMB, VUKA Marine, 프리포트 살단하, ENGIE, GMF	미정
2	싱가포르-호주 회랑	2023년 6월	싱가포르, 호주	미정	미정	정부	호주 정부, 싱가포르 정부, 싱가포르 해운항만청	미정
3	유럽 녹색 회랑 네트워크	2022년 3월	네덜란드, 독일, 덴마크, 에스토니아, 폴란드	미정	미정	산업	CZCS, 로테르담 항만, 함부르크 항만, 로엔 항만, 탈린 항만, 그디니아 항만	미정

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
3	스페인 녹색 회랑	2022년 4월	스페인, 영국	미정	미정	정부	GMF, ETC, 영국 마드리드 대사관	미정
3	대한민국-미국 회랑	2022년 11월	미국, 대한민국	미정	메탄올	공공-민간 협력	노스웨스트 항만 연합, 부산항만공사, 울산항, 마산항, 오크리지 국립 연구소, 국립 재생에너지 연구소, 태평양 북서부 국립 연구소, Maersk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping	2050년까지 탈탄소화 목표
4	칠레 구리 정광 회랑	없음	칠레, 일본, 대한민국	벌크선	암모니아	산업	스미토모, Interacid Trading, NYK Line, MAN Energy Solutions, 오시마 조선소, Codelco	미정
4	미국 녹색 벌크 회랑	없음	미국	벌크선	메탄올	산업	카길, HyStor Energy, Rocky Mountain Institute, Maersk Mc-Kinney Møller Center	미정
4	Åland RoPAX 회랑	없음	핀란드	페리	메탄올	산업	OX2, Ålandsbanken, Viking Line, Euromekanik	미정
4	태평양 북서부-알래스카 회랑	2022년 5월	미국, 캐나다	크루즈선	미정	공공-민간 협력	시애틀 항만, 밴쿠버 항만, 주노 시 정부, Carnival Corporation, Norwegian Cruise Line Holdings, Royal Caribbean Group, Blue Sky Maritime, Washington Maritime Blue 등	미정

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
4	북유럽 로드맵 회랑 네트워크	2022년 5월	노르웨이, 덴마크, 핀란드, 아이슬란드, 스웨덴	페리, 미정	메탄올, 수소, 암모니아	공공-민간 협력	북유럽 장관회의, DNV	미정
4	로테르담-싱가포르 회랑	2022년 8월	네덜란드, 싱가포르	컨테이너선	메탄올, 수소, 암모니아	공공-민간 협력	싱가포르 항만청, 로테르담 항만, Maersk, bp, 싱가포르 국립대학 해양 연구 센터 등	2027년
4	Decatrip 회랑	2022년 9월	핀란드, 스웨덴	페리	메탄올	공공-민간 협력	라우마 조선소, Viking Line, Åbo Akademi University, Kempower	2027년까지 탄소중립 목표
4	LA-LB-싱가포르 회랑	2022년 11월	미국, 싱가포르	미정	미정	항만	LA 항만, 싱가포르 항만청, 롱비치 항만, C40	미정
5	도버-칼레/던케르크 페리 회랑	2022년 5월	영국, 프랑스	페리	전기	공공-민간 협력	도버 항만청, JG Maritime Solutions, SSE Utilities Solutions, 워릭 대학교, 아이리시 페리, 슈나이더 일렉트릭, DFDS, ABB Limited, 켄트 대학교	2020년대 중반까지 완전 전기화
5	북해 수소 동력 회랑	2022년 9월	노르웨이, 영국	미정	수소	공공-민간 협력	ACUA Ocean, 애버딘 항만청	2024년 시연 목표
6	LA-LB-상하이 회랑	2022년 1월	중국, 미국	컨테이너	미정	항만	LA 시정부, Maersk, CMA CGM, COSCO, Ocean Network Express, Evergreen, 상하이 항만, MTCC Asia, C40, LA 항만, 롱비치 항만	2030년까지 첫 제로 탄소 컨테이너선 도입

단계	회랑	발표일	참여국가	선박 유형	연료	주도 주체	참여자	목표 일정
6	서호주-동아시아 철광석 회랑	2022년 4월	호주, 중국, 일본, 한국, 대만	벌크선	암모니아	산업	Rio Tinto, BHP, Star Bulk, Oldendorff, Yara, Intercontinental, FMG/FFI, Class NK, NYK, K Line, Woodside, Bureau Veritas, Lloyds Register, 필바라 항만청, 카길	미정
7	실크 얼라이언스 회랑 네트워크	2022년 5월	싱가포르, 중국, 인도, 아라비아	컨테이너	미정	공공-민간 협력	Lloyds Register, MSC Shipmanagement, Pacific International Lines, Wan Hai Lines, X-Press Feeders, Yang Ming Marine Transport Corp., Keppel Offshore & Marine, Wärtsilä, Wilhelmsen Ship Management	미정
7	클린 타인 회랑	2022년 9월	영국, 네덜란드	컨테이너	메탄올	공공-민간 협력	Tyne 항만청, 뉴캐슬 대학교, North of Tyne 연합 기관, EDF Energy R&D UK Centre, Ove Arup & Partners, Connected Places Catapult, Lloyd's Register EMEA	미정
7	예테보리 - 북해 항만 회랑	2022년 10월	스웨덴, 벨기에	차량 운반선 /RoRo	메탄올, 고급 바이오연료, 전기, 암모니아	항만	예테보리 항만, 노스 씨 포트, DFDS	2027년까지 완전 무배출 목표

기본연구보고서 발간목록

2024년

01	섬·바다·강 연계 관광 네트워크 구축방안 연구	최일선
02	해양 스타트업 실패 자산화 방안 연구	좌미라
03	시민친화적 바닷가 공간 조성에 관한 연구	정지호
04	연안이용 관리 법제 정비방안 연구	최석문
05	특별관리해역 관리제도 재편 방안 연구	최수빈
06	해양관할구역 과세권한의 체계적 배분방안 연구	이혜영
07	어업인의 디지털 전환 수용성 제고방안 연구	오서연
08	수산물 무역(수출입) 단기 전망모형 구축 연구	한기욱
09	어촌소멸에 따른 사회경제적 영향분석과 대응전략 연구	이상규
10	어촌다움에 기반한 어촌공간관리 방안 연구	이승혜
11	파생상품을 이용한 해운선사의 위험관리에 관한 연구 - 운임선도거래(FFA)를 중심으로 -	김한나
12	내항상선 해양사고 경감방안 연구	허성례
13	항만재개발사업 공공성 강화 방안 연구	김세원
14	해외 항만터미널 확보 전략 연구	김근섭
15	항만 하역능력의 서비스 수준 개선 연구	이화섭
16	국내 무역항 거버넌스 체계 개편방안 연구	김근섭
17	선박의 원격운항을 위한 제도 개선방안 연구	박혜리
18	국제물류기업 육성을 위한 법제 개선방안 연구	최나영환
19	글로벌 공급망 리스크 대응 정책효과 분석 모형 개발 연구	강무홍
20	한-북미 무역구조 분석 및 물류공급망 변화 대응방안 연구	이성우

2023년

01	자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구	박상원
02	인공지능(AI)을 활용한 무역규범의 해양수산분야 영향 분석 연구	임병호
03	공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구	이나영
04	연안재해 정보 활용 개선 방안 연구	김찬웅
05	항만의 생활물류 기능 활성화 방안 연구	최석우
06	마을어장 이용·관리 개선방안 연구	마창모
07	해양생태계 복원정책 개선방안 연구 - 사회·생태복원 중심으로 -	최석문
08	주민행태기반 해양정책 수용성 제고 설계 방안 연구	이슬기
09	항만연관산업 고도화 방안 연구	김세원
10	탄소배출권 거래제가 해운선사에 미치는 영향 분석 연구	조아현
11	물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -	서정용
12	어업분야 중대재해처벌법 대응방안 연구	고동훈
13	수산물의 디지털 수출 활성화 방안 연구	이상건
14	항만개발사업의 정책영향평가 연구	이수영
15	해운산업의 미래 변화 예측과 국내 대응 전략 연구	이호춘
16	어선현대화 촉진을 위한 금융제도 개선방안 연구	엄선희
17	연안도시의 쇠퇴와 대응방안 연구	강창우
18	해양범죄 실태 진단을 통한 대응체계 개선방안 연구	민영훈
19	민간기업의 해양환경분야 ESG 활성화 방안 연구	김지윤
20	식량안보를 고려한 수산물 수급관리 방안 연구	허수진
21	지방분권시대의 수산업·어촌분야 대응전략 연구	이호림
22	해운산업 고도화를 위한 선박투자 활성화 방안 연구	김한나
23	글로벌 공급망 리스크 대응 물류망 최적화 방안 연구 : 한국-북미 물류공급망 중심	이성우

수시연구보고서 발간목록

2024년

01	해양정보산업 진흥을 위한 제도 개선 방안 연구	김찬웅
02	한-아프리카 국제수산협력 체계 개선 연구	이채령
03	해양안보 MDA 체계 협력적 운용 방안 연구	민영훈
04	인천항 자유무역지역의 효과적 운영을 위한 전략 방안	한장협
05	해양문화자원을 활용한 연안도시활력 증진 방안 연구	이슬기
06	부산항 물동량 유치방안 연구	김은우
07	국제사회의 대북제재 동향과 우리의 대응:해양수산분야를 중심으로	채수란
08	국내 연안여객선 관광·이용 활성화 방안 연구	이정아
09	내수면어업 허가·신고 제도 개선방안 연구	최순
10	어업 선진화를 위한 어업관리체계 개편 방안 연구	심성현
11	글로벌 공급망 변동에 따른 해운물류 지원방안	황수진
12	연안 중소선사의 탄소중립 달성을 위한 친환경정책 지원방안	류희영
13	항만기술산업 활성화를 위한 법제도 정비 방안 연구	김보경
14	해양모태펀드 투자활성화 방안 연구	한기원
15	특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안	장원근
16	중대재해처벌법 대응 양식장 안전성 개선 방안 연구	윤미경
17	국가관리연안항 발전전략 수립체계 연구	신정훈
18	글로벌 공급망 대응 해운항만물류 전문인력 양성 발전방안 연구	권보배
19	해양수산 국제개발협력 중장기 전략 연구	전혜은

2023년

01	양식어업 비과세 합리화 방안 연구	이정필
02	복합해양레저관광도시 개념정립 및 추진방안에 관한 연구	최일선
03	항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구	안승현
04	블루푸드테크 전문기관의 도입 필요성에 대한 연구	이동림
05	지방자치단체의 해양관할구역 설정 요인 연구	이혜영
06	양식장 내 어류 복지 기준 마련을 위한 연구	오서연
07	해양플라스틱 재활용산업 공급사슬 기반 조성 연구	이윤정
08	중소·중견 물류기업의 ESG경영 가이드라인 구축 연구	이재호
09	신항만건설사업의 민간투자 확대를 위한 제도개선 연구	김보경
10	해수욕장 이용객 집계·관리체계 개선방안 연구	이정아
11	유엔 플라스틱 협약의 주요쟁점 분석 및 대응방향 연구	박수진
12	어촌 활력 제고를 위한 제도 개선방안 연구	문지원
13	어선의 친환경에너지 전환방안 연구	고동훈

일반연구보고서 발간목록

2024년

01	한-북극권 청색경제 협력사업 추진 방안	김엄지
02	전환기 글로벌 해양환경규범의 대응력 강화 연구	박수진
03	해양 지속가능성 시범 평가 연구	최희정
04	Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구 - 원양저연승어업을 중심으로	조헌주
05	수산물 공급망 관리 개선 방안 연구(한·태 무역을 중심으로)	한기욱
06	신통상규범 확대에 따른 수산분야 영향 및 대응방안	박혜진
07	탄소배출규제 대응을 위한 컨테이너 선대 교체 수요 추정연구	최건우
08	연안항개발사업의 경제적 편익에 관한 연구	김성아
09	한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구	김가현
10	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅲ) - 철광석, 화학공업생산품, 기타광석, 잡화를 중심으로	이나영
11	접안 대기시간 감소에 따른 탄소집약도지수(CII) 변화 분석	김보람

2023년

01	해양수산업 조기경보지수 개발 - 컨테이너 해운시장을 중심으로	권장한
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(II) - 우리나라 주요 항만을 중심으로	강무홍
03	우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구	한기욱
04	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅱ) - 유류, 철재, 모래, 목재, 양곡을 중심으로	이화섭
05	대기행렬모형을 활용한 선박대기비용 절감 편익 산정 연구	조아현
06	항만개발사업 정책효과 세부항목별 효과산정 방법 연구	이종필
07	해양 지속가능성 평가체계 구축 연구	최희정
08	국내 해운기업의 ESG 경영 확산 방안 연구	황진회
09	해운 경기순환 분석 및 예측 연구	황수진
10	수산물 공급 안정을 위한 수입수산물 전략품목 관리 방안 연구	박혜진
11	항만산업 여성인력 확대방안 연구	이지원
12	선사공동행위의 규제 및 행동 변화에 따른 영향 분석과 정책방안 연구	류희영

일반연구 2024-09

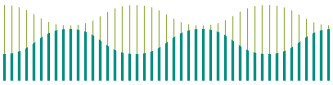
한국과 미 동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구

인 쇄 2024년 12월 29일
발 행 2024년 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 경성문화사 (02-786-2999)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337
정가 6,000원



한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구

Establishing Green Shipping Corridors
between Ports of South Korea and the U.S. East Coast

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

부산광역시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
TEL. 051-797-4800 FAX. 051-797-4810

93300
9 791168 662292
ISBN 979-11-6866-229-2 값 6,000원