



국제해운 탄소중립을 위한 한미일 녹색해운항로 구축

기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다. 리서치, 법률, 대외 협력, 커뮤니케이션 등의 폭 넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고, 근본적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.

발간월 2024년 1월

저자
염정훈 책임 (john.yum@forourclimate.org)
김근하 선임연구원 (geunha.kim@forourclimate.org)

도움 주신 분
강무홍 | 한국해양수산개발원
김민지 | 기후솔루션
노진선 | 기후솔루션
이선우 | 기후솔루션
한유민 | 기후솔루션
김건유 | 기후솔루션

디자인 Nature Rhythm

* 참고
본 보고서는 해운에서의 온실가스 감축과 에너지 전환을 위해 작성된 자료로서 정보 및 비상업적 목적으로만 활용될 수 있습니다. 기후솔루션은 독립적이고, 중립적인 비영리법인으로서 특정 기업체, 국가, 공공기관, 정당 및 이익단체, 개인 등을 대변하지 않으며, 투자 자문 또는 법률 자문 서비스를 제공하는 기관이 아닙니다. 따라서 본 보고서는 특정 기업체나 산업 분야를 홍보하거나, 이에 투자를 유도하는 것이 아님을 밝히며, 본 보고서의 그 어떠한 내용도 투자 유도, 기업 홍보, 경제적 활동 등 사적 이익 추구에 활용될 수 없습니다. 본 보고서의 모든 내용은 발간 시점 기준으로 작성되었고, 신뢰할만한 정보를 바탕으로 하여 검증 과정을 거쳤으나 정보의 정확성, 완결성, 적시성에 대해 보장하지 않습니다. 또, 지도에서의 항만 및 항로는 임의로 표기되어 실제와 상이할 수 있습니다. 기후솔루션은 이 보고서를 사용함으로써 발생하는 직·간접적 피해에 대한 법적 책임을 지지 않습니다.

**국제해운 탄소중립을 위한
한미일 녹색해운항로 구축**

요약

기후위기 시대가 도래함에 따라 국제해사기구(IMO) 및 선진국들은 해운 부문에서의 온실가스 감축을 위해 통상 정책, 규제, 실행계획 등을 본격 시행할 예정이다. 수출입 의존도가 높은 대한민국 역시 다가오는 선박 온실가스 규제에 대처하기 위한 일환으로서, 항만 및 해운연료의 전환을 촉진하는 녹색해운항로의 구축과 운영이 중요해졌다. 특히 상호 해상 물동량이 많은 한미일 3국 사이의 녹색해운항로의 구축은 대한민국이 국제해운의 온실가스 감축과 동시에 미래 해운산업에서 우리나라의 경쟁력을 공고히 할 수 있는 기회일 것이다.

현재 녹색해운항로가 항만 탈탄소, 저·무탄소 연료로의 전환과 같은 내용을 골자로 한다는 데는 국제적 이견은 없으나, 감축 접근법과 수단에 대해서는 여러가지 의견이 존재한다. 본 보고서는 기존 화석연료 기반 구조에서의 탈피, 배출 상쇄가 아닌 근본적인 감축(무배출) 관점에서 녹색 해운항로를 정의하고 이에 근거하여 항로 구축에 따른 효과를 분석하였다.

이번 연구에서는 부산항, 인천항, 광양항 등 국내 3개 주요 컨테이너 항만을 대상으로 한미일 3국의 항로별 연료 소모 및 이산화탄소 배출 현황을 분석하여, 녹색해운항로를 구축했을 때의 탄소배출 저감 기대효과를 예측하였다. 그 결과, 국내 세 항만 모두 일본의 도쿄/요코하마항, 그리고 미국의 LA/롱비치항과 녹색해운항로를 구축할 때 가장 그 효과가 가장 클 것으로 도출되었다. 특히 부산—도쿄/요코하마 항로와 부산—LA/롱비치항 항로를 운항하는 컨테이너선들이 무탄소 연료로 전환한다면 각각 전 세계 기준 2,062만 tCO₂, 2,059만 tCO₂ 로 총 약 4,121만 tCO₂의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 이처럼, 앞으로 국제 해운에서의 온실가스 감축을 위해서는 개별 국가 단위에서의 대응보다는 다국가 간 공동의 노력과 대응이 전제되어야 할 것이다.





목차

요약	2
----	---

1. 서론	6
1.1 녹색해운항로 정의 및 현황	7
1.2 대한민국 녹색해운항로 현황	8
1.3 한미일 녹색해운항로 구축 필요성	9

2. 연구 방법론	10
2.1 AIS 데이터 분석 방법	10
2.2 한미일 녹색해운항로의 선정	10

3. 이산화탄소 배출에 따른 한미일 녹색해운항로 분석	13
3.1 부산항	14
3.1.1 부산항 항계 내 이산화탄소 배출 현황	14
3.1.2 부산항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황	14
3.1.3 부산항 기준 추천 녹색해운항로	14
3.2 인천항	17
3.2.1 인천항 항계 내 이산화탄소 배출 현황	17
3.2.2 인천항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황	17
3.2.3 인천항 기준 추천 녹색해운항로	17
3.3 광양항	20
3.3.1 광양항 항계 내 이산화탄소 배출 현황	20
3.3.2 광양항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황	20
3.3.3 광양항 기준 추천 녹색해운항로	20
3.4 종합	23

4. 결론	26
-------	----

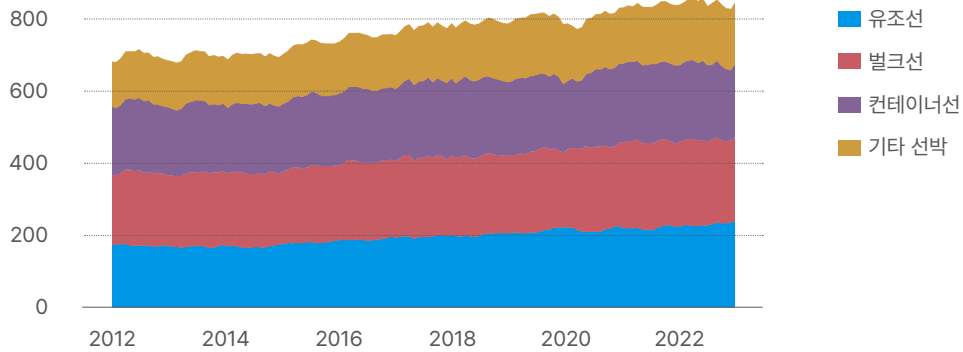
부록	28
참조	32



1. 서론

전세계 온실가스 배출량 가운데 해운은 약 3%이며, 최근 10년간 배출량이 20% 증가하였다. 추가적인 온실가스 감축 노력이 없다면 2008년 대비 2050년에 130% 증가할 것으로 전망된다. 선박 보유 기준 세계 온실가스 배출 8위인 대한민국에서는 2012년 대비 2022년 배출량이 약 15% 증가하였다(UNCTAD, 2023).

[그림 1] 주요 선종별 이산화탄소 배출량(백만 톤), 2012-2023



참고: 기타 선박은 자동차 운반선, 여객선, 각종 다른 선박들을 포함한다.
출처: UNCTAD(2023), Review of Maritime Transport(2023)

[그림2] 선박 보유 주요 10개국 선박 이산화탄소 배출량(톤), 2012-2022

Country	2012	2022
1 중국	43,493,613	102,317,721
2 일본	99,628,524	101,254,900
3 그리스	69,330,862	95,968,419
4 미국	43,859,245	45,656,717
5 중국과 홍콩	18,822,466	39,060,933
6 독일	86,588,074	37,040,384
7 싱가포르	19,806,355	32,522,147
8 대한민국	24,324,282	28,736,060
9 덴마크	23,473,417	28,007,662
10 노르웨이	25,748,700	26,496,768

참고: 선박의 엔진인 주기관과 보조기관에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 선박자동식별시스템(AIS)에 기반하여 사용연료별 배출량을 계산했다.
출처: UNCTAD(2023), Review of Maritime Transport(2023)

이에 따라, 해운 부문에서 배출되는 온실가스를 줄이기 위한 국제 사회의 노력도 본격화되고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 'IMO')는 2023년 7월 7일 제80차 해양환경보호위원회(MEPC 80)에서 '2023 온실가스 감축전략'을 통한 국제해운 2050 넷제로를 선언했다. 아울러, 온실가스 감축 중간 점검 지표(indicative checkpoints)로 2030년까지 20~30%, 2040년까지 70~80% 감축하는 계획을 발표했다(IMO, 2023).

유럽과 미국도 해운 온실가스 규제를 강화하고 있다. 유럽연합 집행위원회(European Commission)는 EU FuelEU Maritime를 발의하였다. 이는 해상운송 부문에서 발생하는 온실가스 감축에 관한 규정으로, EU 항만에 기항하는 선박의 온실가스 집약도 제한을 점진적으로 강화하여 친환경 연료의 도입 촉진을 목적으로 한다. 2020년 대비 2025년 2%로 시작하여 2050년까지 80% 감축하는 것을 목표로 하며 컨테이너선과 여객선의 경우, 2030년부터 육상전원공급장치 사용 의무화도 함께 발표하였다.

미국은 2023년 5월에 청정해운법(Clean Shipping Act)과 국제해양오염방지법(International Maritime Pollution Accountability Act)을 발의했다. 청정해운법은 미국 환경보호국(EPA)에 의한 선박 연료 규제를 통해 2024년 대비 2027년 20% 감축, 2030년 45% 감축, 2035년 80% 감축을 통해 2040년 넷제로 달성을 목표로 한다. 국제해양오염방지법은 1만 톤 이상의 외국 선박에 이산화탄소 1톤당 150 USD의 오염 부담금이 부과하는 내용을 담고 있다.

대한민국은 IMO와 그 외 지역의 온실가스 규제를 준수하는 한편, 해운 경쟁력 제고를 위해 2023년 2월에 글로벌 탄소중립 이행을 위한 「국제해운 탈탄소화 추진 전략」을 공표한 바 있다(김세준, 2023). 해양수산부(이하 '해수부')는 국적선사 보유선박을 친환경 연료선박으로 전환하여 국제규제에 대응하고, 나아가 해운산업의 미래 경쟁력을 확보하고자 하였다.¹ 해수부는 IMO 등 국제규제의 대상인 5천톤 이상의 노후 외항선 867척을 대상으로 향후 대체 건조 시 친환경연료 선박으로의 전환 계획을 발표하였다. 또한, 유럽연합이 배출거래제(EU Emission Trading System)를 EU MRV(Regulation(EU) 2015/757) 대상 선박에 적용하는 것에 대응하기 위해, 2030년까지 유럽-미주 정기선대 60%를 우선적으로 전환하는 등 총 118척의 친환경 전환 계획도 발표했다.

무역의 99.5%를 해운에 의존하는 대한민국에서 녹색해운항로(green shipping corridor)는 IMO 등 국제 사회의 압력에 적극적으로 대처해야 하기 위한 효과적인 방법이 될 수 있다. 2023년 2월에 해수부는 녹색해운항로 구축을 위한 추진 의사를 발표하며, 2025년 한미 항로에의 친환경 국적선 투입을 시작으로 2030년 이후부터는 유럽, 아시아, 호주로 녹색해운항로를 확대하기로 밝힌 바 있다. 작년 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(UNFCCC COP28)에서 대한민국도 2028년경 녹색해운항로 시범 시작에 대한 계획을 발표했다(임병준, 2023).

1.1 녹색해운항로 정의 및 현황

국제적으로 합의된 정의는 없지만, 녹색해운항로는 통상적으로 2개 이상의 항만을 연결하는 무탄소 선박을 통한 해상수송 항로를 의미한다. 2021년 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 22개국은 클라이드뱅크 선언(Clydebank Declaration)에 서명하여 2025년까지 전 세계 두 개 이상의 항만 사이에 온실가스를 배출하지 않는 최소 6개의 무탄소 항로를 구축하는 데 합의하였다(정재호, 2022, p.2).²

1 친환경선박법 내 환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙에 따라 친환경연료는 수소, 암모니아, 메탄올 그리고 화석연료인 액화/압축천연가스(LNG/CNG), 등을 포함한다. 다만, IMO는 2023년 발표한 온실가스감축 전략에서 궁극적으로 화석연료로는 탄소 중립을 이루기 어렵다고 밝힌 바 있다. (원문) "Research and development will be crucial, as the targets agreed in the 2023 IMO GHG Strategy will not be met using fossil fuels." (IMO, 2023)

2 2023년 12월 7일 기준 총 24개국은 호주, 벨기에, 캐나다, 칠레, 코스타리카, 덴마크, 피지, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 마셜 군도, 모로코, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 팔라우, 싱가포르, 스페인, 스웨덴, 영국, 미국을 포함한다.

미국은 2022년 2월 녹색해운항로 프레임워크(Green Shipping Corridor Framework)를 발표하였고, 미국 정부는 녹색해운항로에 대하여 “해운산업의 2050 혹은 더 이른 탈탄소를 위해 전주기(well-to-wake)적 관점에서 저탄소 및 무탄소 연료와 기술이 활용되고, 전과정 온실가스 배출 0를 실현하는 항로”로 정의하고 있다.³

이러한 주요 국가 및 국제 사회에서의 녹색해운항로 정의와 파리협정 1.5도 준수를 위해, 본 보고서에서는 녹색해운항로를 다음과 같이 정의하고자 한다.

2050년 이내 해운 산업의 파리협정 목표 달성을 위해 최소 두 개 이상의 항만 간 아래의 내용이 실현되는 항로
(기후솔루션, 2023)

- 무탄소 연료 선박의 사용
- 설비 및 운송 등 항만 운영의 전기화
- 재생에너지를 통한 항만의 전체 전력 조달
- 육상전원공급장치(AMP) 사용 의무화

클라이드뱅크 선언 이후 현재 약 20여개의 국제 녹색해운항로가 발표되었다. 현재까지 발표된 대부분 녹색 해운항로는 항만 대 항만 또는 국가 대 국가 간 녹색해운항로이다(부록 표1 참고).

1.2 대한민국 녹색해운항로 현황

이러한 흐름에 비추어, 한국도 녹색해운항로 계획을 발표했다. 윤석열 대통령은 2023년 9월 G20 정상회의에서 글로벌 녹색해운항로 구축 노력 계획을 공표하였다(선경철, 2023). 현재 대한민국은 4개의 녹색해운항로 검토 계획을 발표하였다.

[그림 3] 대한민국 녹색해운항로 현황

	대한민국-미국 녹색해운항로 예비타당성 검토 및 발표(22년 11월) 부산항과 타코마 이외에도 울산항, 마산항, 시애틀항과 에베렛항 포함
	대한민국-호주 녹색해운항로 구축 제안(23년 9월)
	대한민국-싱가포르 녹색해운항로 구축 논의(23년 11월초)
	대한민국-영국 녹색해운항로 구축 논의(23년 11월말)

3 (원문) The United States envisions green shipping corridors as maritime routes that showcase low- and zero-emission lifecycle fuels and technologies with the ambition to achieve zero greenhouse gas emissions across all aspects of the corridor in support of sector-wide decarbonization no later than 2050.” (U.S. DOE, 2023)

1.3 한미일 녹색해운항로 구축 필요성

우리나라는 수출입 의존도가 높은 국가이며 해운 산업은 이러한 수출입 경제를 가능하게 하는 필수 산업이다. 우리나라는 중국에 가장 많은 수출을 하고 있고, 미국이 두번째, 일본은 네번째이다. 국내 수입을 기준으로 했을 때, 중국에 이어 미국이 2위, 일본이 3위를 차지하고 있다(KOTRA, 2023). 이처럼 수출입 비중이 높은 주요국과의 운항로에서 발생하는 온실가스를 감축한다면, 환경 기후적 파급효과가 상당할 것이다.

그러나 급변하는 세계 정세에서, 항로의 경제성만을 고려한다면 녹색해운항로 이행은 불투명해질 수 있다. 경제성에 더해 국가 간 정치적 이행 의지와 외교적 협력이 함께 전제되어야 녹색해운항로의 유지 및 확대 실현 가능성을 높일 수 있다. 코로나 이후 대한민국, 미국 그리고 일본 세 국가의 협력 관계가 이전보다 가까워지고 있는 상황을 활용하여 한미일 녹색해운항로를 구축한다면, 한미일의 더 긴밀한 협력을 기대해 볼 수 있다. 대한민국과 미국, 미국과 일본 간 이미 녹색해운항로 구축 논의가 진행되고 있기 때문에 이러한 협력 방안을 양자 간에서 다자 간으로 확대한다면 한미일 녹색해운항로 구축 논의와 기간을 단축할 수 있을 것이다.⁴

다만, 녹색해운항로 구축에 따라 국내항만들이 대체연료 공급이 증가할 경우, 선박 운임료 상승에 따른 부담으로 인접 국가의 항만으로 선주들이 옮겨갈 수 있다는 우려도 일각에서 나오고 있다. 하지만 IMO는 목표 달성을 위해 각 국가에 연료별 온실가스 집약도를 단계적으로 제한하는 '목표 기반 연료유 표준제(Goal based Fuel Standard)'와 배출되는 온실가스에 가격을 부과하는 제도를 결합하여 도입하기로 했다.⁵ 또한 영국 해양건설링社 UMAS에서는 2050년까지 파리협정의 1.5도 목표달성을 위해서는 2030년까지 국제 선박 연료 믹스의 최소 5%는 무탄소 연료를 사용해야 가능하다고 전망했다(UMAS, 2021). 이에 따라, 한국은 향후 대체연료로 기향하는 선박에 대체연료를 안정적으로 공급할 수 있어야 하는데, 한국은 수전해 생산설비 및 재생에너지 부족 등 무탄소 대체연료의 직접 생산에 제약이 있다. 그러므로, 상대적으로 해당 자원과 기술이 풍부한 국가들과 협력 관계를 구축하게 되면 관련 연료를 안정적으로 확보함으로써, 일각의 우려를 일정 부분 해소할 수 있을 것으로 예상된다.

본 보고서에서는 대한민국의 환적항만으로서의 특성을 반영하여, 한미일 다자 간 녹색해운항로 구축 시 상대적으로 감축 효과가 큰 항로들을 제시하고자 한다.

4 해수부와 미국 해사청은 2014년부터 해운 관련 현안 논의를 진행하고 있으며, 2023년 8월 제7차 한미해운 협력회의에서 녹색해운항로에 대한 논의도 진행하였다. 미국과 일본의 경우 녹색해운항로에 대한 논의를 진행하고 2023년 3월 미국 캘리포니아 주정부와 일본 국토교통성 간 녹색해운항로 구축을 위한 의향서를 체결하였다. 한일의 경우 공식 논의는 아직 진행된 바 없으나, 2023년 4월 일본선주협회와 해운산업의 발전과 협회 간 협력 강화를 위한 MOU를 체결한 바 있다.

5 이는 배출되는 온실가스에 가격을 부과하는 제도로서 탄소부담금, 비용적 혜택 부여 등 온실가스 배출을 비용으로 인식하도록 하여 감축을 유도하는 제도이다. 논의되는 결합조치란 기술적요소(Technical elements)와 경제적요소(Economic elements)가 결합된 조치이다.

2. 연구 방법론

녹색해운항로 구축이 가장 용이한 곳은 정기선들이 반복적으로 다니는 항로이다. 정기선 해운은 특정항로를 주기적으로 운항하는 항로로, 컨테이너선에 의한 운송이 대표적이다. 반복적으로 다니는 항로의 경우 기타 선박들 대비 운항 및 정박 시간, 연료 주입 시점 등에 대한 예측이 상대적으로 용이하므로, 녹색해운항로 구축 시, 대상 항만에서 무탄소 연료 병커링 구축 등을 함께 고려할 수 있을 것이다(Smith et al., 2021). 그러므로, 본 보고서에서는 한미일의 정기선 항로 내 컨테이너선으로 그 범위를 설정하여 살펴보았다.

2.1 AIS 데이터 분석 방법

선박자동식별시스템(Automated Identification System, 이하 AIS)은 1998년 IMO 해사안전위원회에서 관련 표준이 채택됨으로써 총톤수 300톤 이상의 신규 조선의 AIS 장착이 2002년 7월부터 의무화되었다(김병욱 외, 2016, p.3). 이렇게 수집되는 AIS 데이터를 기반으로 선박 이동 상태를 분석함으로써 항만관제 업무 및 충돌과 같은 사고를 방지하는 데 활용된다(강무홍 외, 2023).

이러한 AIS는 정적정보, 항해정보, 동적정보 3가지로 구분될 수 있다. 정적정보는 선박의 제원과 같이 변경이 거의 없는 정보들을 포함하고 있고, 항해정보는 목적지, 도착예정시간과 같이 특정 시점에 전송되는 운항 관련 정보를 포함하고 있다. 마지막으로 AIS에서 가장 핵심인 현재 위도, 경도, 전송시간, 운항상태 등 선박의 실시간 위치정보는 동적정보에 해당한다.

본 연구에서는 한국해양수산개발원(Korea Maritime Institute, 이하 KMI)의 협조 하에 AIS 데이터를 분석하였으며, 강무홍 외(2023)의 연구에서 개발한 K-SEEA(Korea Ship Emission Estimation Approach)라는 선박배기가스배출 추정모형을 기반으로 항로별 연료사용량을 추정하였다.

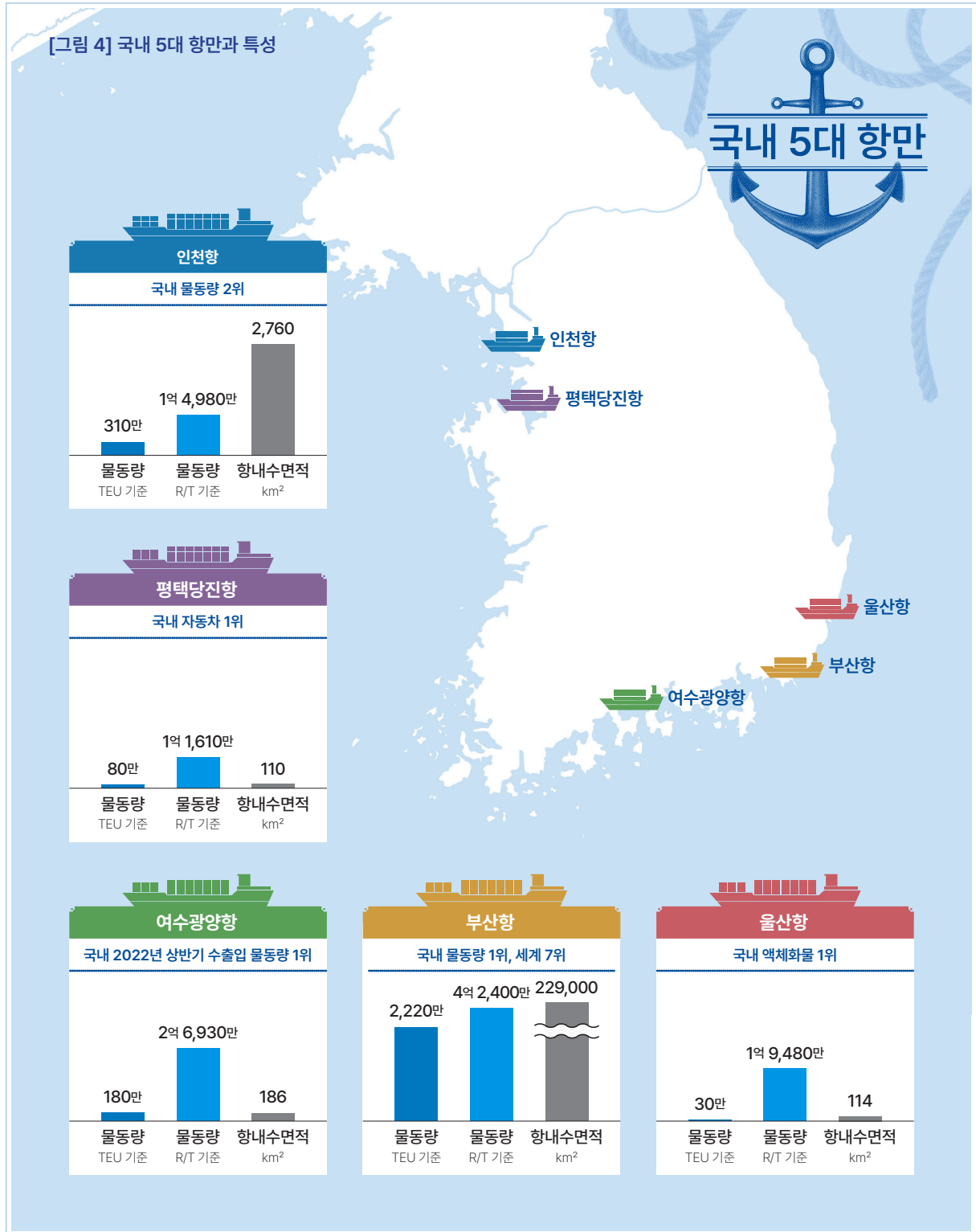
위 연구에서는 2022년 기준으로 총 4,973척의 컨테이너 전용선 AIS 데이터를 활용하였으며, 약 46백만 건의 동적정보를 분석하여 배기가스 배출량을 추정하였는데, 평균 수신주기가 약 54분인 것으로 분석되어 실제 데이터 수집을 통해 검증 및 보정 작업을 수행하였다(강무홍 외, 2023, p.47-50). 그 결과 실제 데이터와 5% 정도 차이 나는 결과를 확인, 신뢰성이 높은 모형으로 판단하여 이를 연구에 사용하였다.

또한 각 항만에 입항한 선박들을 파악하기 위해서도 AIS 데이터를 활용하였다. 김보경 외(2022)의 연구에서는 각 항만별 항계(Harbor Limit)와 묘박지(Anchorage), 정박지(Moorage)를 설정하고 각 영역을 지나간 선박들을 AIS로 파악하여 재항 시간과 정박 시간 등을 파악하였고, 이를 기준으로 항만별 서비스 수준을 파악하였다(김보경 외, 2022, p.6). 이번 연구에서도 동일한 방법으로 대한민국, 미국, 일본의 주요 항만들에 입항한 선박들을 파악하였으며, K-SEEA 모형을 통해 각 선박들이 사용한 연료사용량을 파악하여 한미일 녹색해운항로 적용 시 효과에 대해 분석하였다.

2.2 한미일 녹색해운항로의 선정

앞서 언급한 바와 같이, 이 연구에서는 한미일 녹색해운항로 대상 선종으로 컨테이너선을 선정하였다. 컨테이너선의 경우 대부분 정기선으로, 주로 정해진 항로를 운항하기 때문에 녹색해운항로 선정 시 특히 그 효과가 클 것으로 예상된다. 벌크선과 유조선의 경우는 정기선이 많지 않아 적용 효과가 상대적으로 덜할 것으로 예상되어 이번 연구에서는 배제하였다. 하지만 벌크선과 유조선 또한 대상 선박으로 포함이 되어야 녹색해운항로 실현이 진정한 의미를 지니게 될 것이다.

이번 연구 대상 항만으로 대한민국 3개, 일본 2개, 미국 2개로 설정하였으며, 이는 컨테이너 물동량 기준으로 상위에 위치하고 있는 항만들을 고려하여 선정하였다. 대한민국에서는 컨테이너 물동량이 많은 부산항, 광양항, 인천항 3곳을 선정하였다. 특히 이 항만들은 항만공사(Port Authority)가 있고 지자체에서도 항만 물동량 유치에 적극적이기 때문에 녹색해운항로 대상 항만으로 선정될 경우 협조가 용이할 것으로 예상된다.



일본의 경우 2022년 기준 컨테이너 물동량이 가장 많은 도쿄항(4.4백만 TEU), 요코하마항(2.6백만 TEU), 나고야항(2.5백만 TEU) 등 3개 항만을 선정하였다. 다만, 도쿄항과 요코하마항은 상당히 가까이 위치해 있고, 입출항 항로 또한 겹쳐 하나의 항만 권역(도쿄/요코하마항)으로 가정하였다.

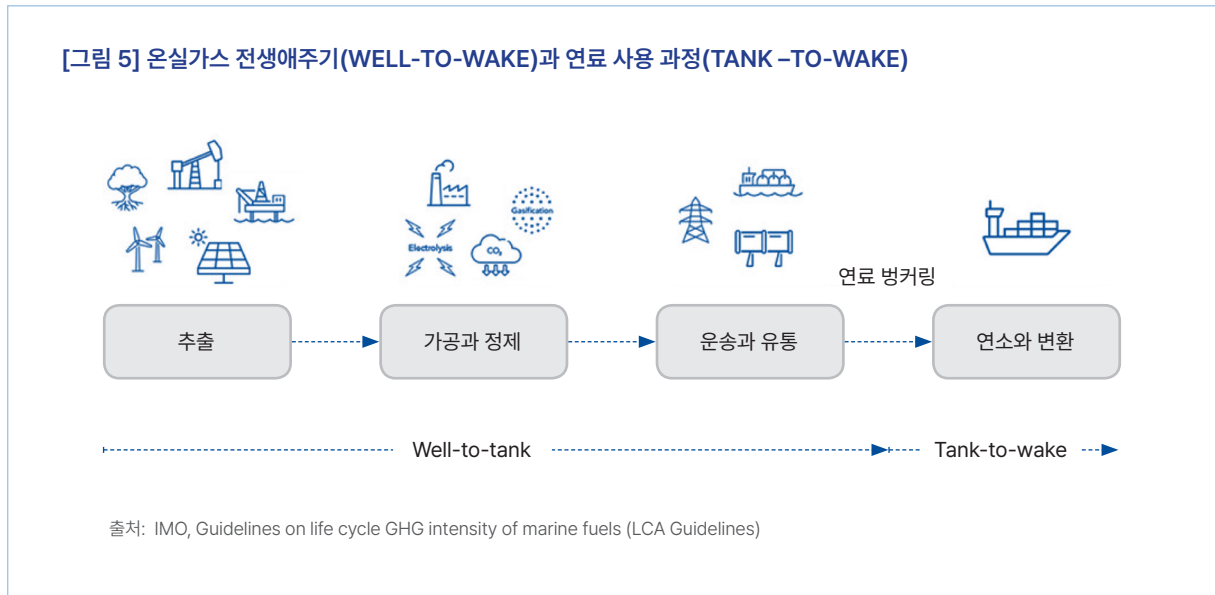
미국은 로스앤젤레스(이하 LA)/롱비치항과 뉴욕/뉴저지항을 선정하였다. 두 항만들은 2022년 기준 각각 19백만 TEU, 9.5백만 TEU으로 미국 1, 2위로서 서부와 동부를 대표하고 있다.

2022년 기준, 상기 항만들을 거쳐가는 선박 수는 3척에서 많게는 53척인 것으로 파악된다. 전 세계 컨테이너 선박 약 5,000척 중 53척이 많은 수는 아니나 이들을 한미일 녹색해운항로 구축의 시작점으로서 의의를 지닌다. 또한 한미, 한일, 미일 개별 국가 간 항로 분석으로 보면 항로 간 컨테이너선 수는 많다. 이처럼 세 국가들의 긴밀하고 활발한 물동량을 감안하면, 세 국가 간 녹색해운항로 구축에 대한 긍정적 효과가 기대된다.

3. 이산화탄소 배출에 따른 한미일 녹색해운항로 분석

이번 장에서는 앞서 설명한 강무홍 외(2023)의 연구를 기반으로 부산항, 광양항, 인천항 등 국내 항만과 이들 항만을 기점으로 하는 한미일 녹색해운항로별 이산화탄소 배출량을 산출하였다. 이 때, 경계항계⁶ 내에서 사용되고 있는 연료량 및 항만 이산화탄소 배출량 추정치를 사용하였다. 다음으로는 각 항만별로 일본의 도쿄/요코하마항, 나고야항, 미국의 LA/롱비치항, 뉴욕/뉴저지항을 취항하는 선박들을 파악하여 해당 선박들의 이산화탄소 배출량을 추정하여 해운항로 구축 시 그 감축 효과에 대해 파악하였다.

단, 일부 선박에 대한 데이터 부족으로 보정작업을 함께 추가 수행하였다. 앞서 언급한 바와 같이, AIS에는 선박위치 정보를 나타내는 동적정보, 그리고 선박 제원과 같이 거의 변동이 없는 데이터인 정적정보가 있다. 이 중 정적정보에는 특정 속도에서의 연료 사용량과 같이 연료사용량 추정을 위해 필요한 데이터가 있다. 하지만 본 연구 대상 선박들 중 동적정보는 있지만 정적정보는 없는 선박들이 있어 그 비율대로 연료사용량과 이산화탄소 배출량을 곱해 적용하였다.⁷ 이번 연구는 분석 시점에서의 가용 자료를 최대한 활용하여 연료 사용 과정에서의 배출량(Tank-to-Wake)를 기준으로 분석하였다.



6 항만에서 사용되는 연료량은 항계 내에서 선박이 사용하는 연료량과 항만 터미널 내에서 하역장비들이나 시설들이 사용하는 연료량을 모두 포함하는 개념이다.

7 동적정보에 101척, 정적정보에 99척이 해당되면, 연료사용량에 101/99를 곱하여 값 보정한다.

3.1 부산항

3.1.1 부산항 항계 내 이산화탄소 배출 현황

부산항은 가덕도를 포함하는 부산 신항부터 광안리 인근 부산 북항까지를 항계로 하고 있다. 해당 항계 내에서 컨테이너선은 2022년 기준 약 179,702톤의 연료를 사용하여 568,657 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석되었다. 마찬가지로 벌크선은 3,909톤의 연료를 사용해 12,392 tCO₂의 이산화탄소를 배출하였고, 탱커선 역시 13,766톤의 연료 사용을 통해 43,639 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다. 결과적으로 부산항은 컨테이너 화물의 비중이 압도적으로 높기 때문에 컨테이너선에서의 탄소 배출이 많은 것으로 분석됨에 따라, 이에 대한 적극적 저감 대책 마련이 필요할 것으로 보인다.

3.1.2 부산항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황

부산항을 입출항하고 있는 컨테이너 선박수는 2022년 1,649척인 것으로 분석되었으며, 이들 선박은 총 12,816회 부산항을 기항한 것으로 분석된다. 부산항 기항 선박들의 평균 크기는 3,652 TEU이었으며, 가장 많이 기항하는 선박들은 이보다 큰 8,000에서 12,000 TEU 급 선박들이었으며, 이 8,000에서 12,000 TEU 급 선박들은 전 세계를 운항하면서 약 28백만 톤의 연료를 사용한 것으로 분석되었고, 이를 통해 90백만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석되었다.

3.1.3 부산항 기준 추천 녹색해운항로

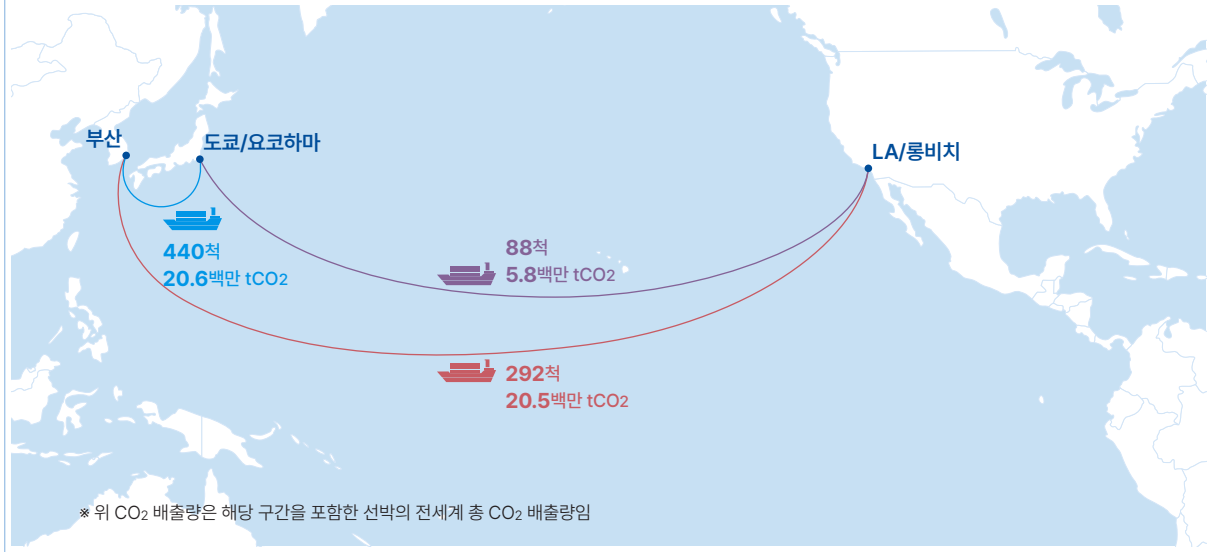
상기 자료와 내용들을 바탕으로, 부산항을 기점으로 일본, 미국에 기항하는 항로에 대하여 총 2가지 추천항로를 제시하고자 한다. 이 중 특히 도쿄/요코하마항을 거쳐 미국 LA/롱비치 항으로 기항하는 항로에 총 47척의 선박이 운항하고 있어, 가장 많은 이산화탄소가 배출되고 있는 것으로 분석되었다. 다음으로는 도쿄/요코하마항—뉴욕/뉴저지항 항로이며, 약 22척의 선박이 기항하고 있는 것으로 확인된다.

추천 항로 1. 부산—도쿄/요코하마—LA/롱비치

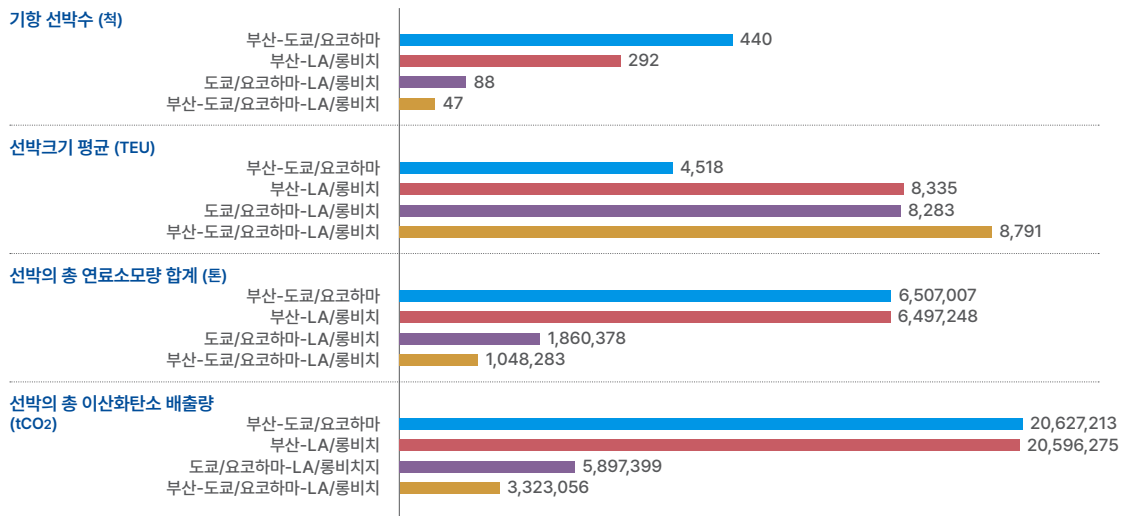
먼저 대한민국, 일본, 미국을 모두 기항하는 선박들에 대해 조사하였다. 총 47척의 선박들이 부산항, 도쿄/요코하마항, LA/롱비치항을 모두 기항하고 있었으며, 이들 선박은 다음 표와 같이 전 세계를 운항하며 2022년 기준 약 105만 톤의 연료를 사용하여 332만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

세부적으로 살펴보면, 부산항—도쿄/요코하마항을 기항하는 선박은 440척이고, 부산—LA/롱비치항 292척, 도쿄/요코하마—LA/롱비치항 88척으로 확인되었으며, 각각 전 세계 기준 2,062만, 2,060만, 590만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

[그림 6] 부산—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로



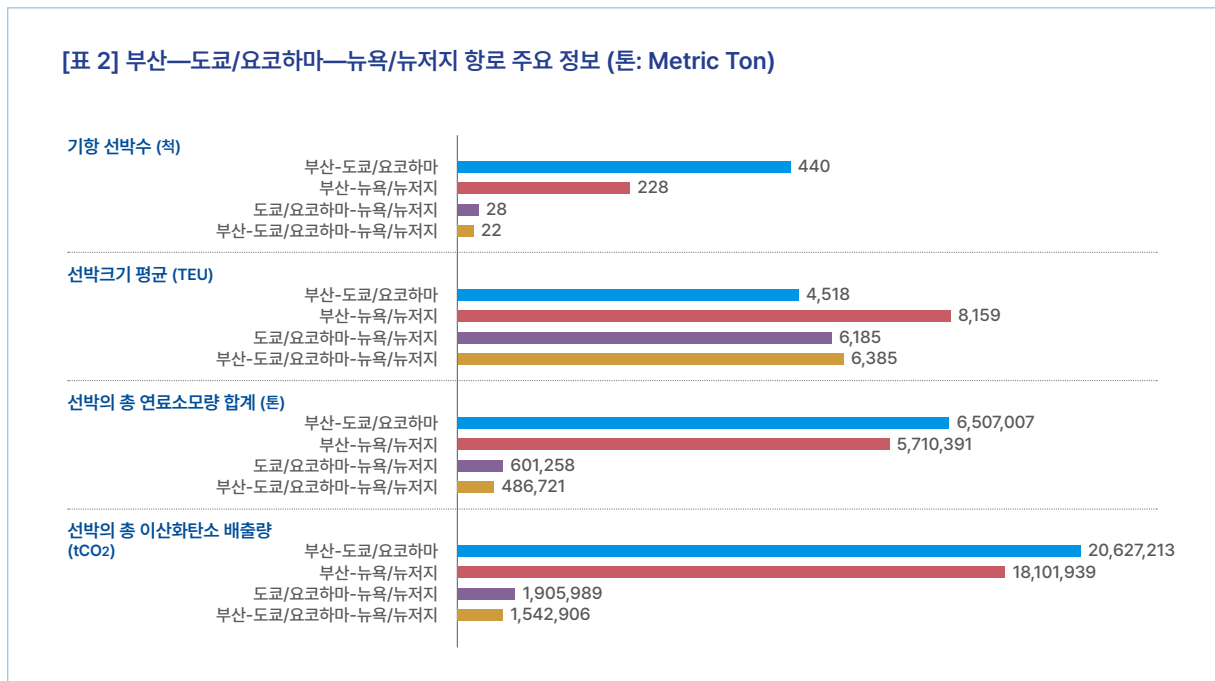
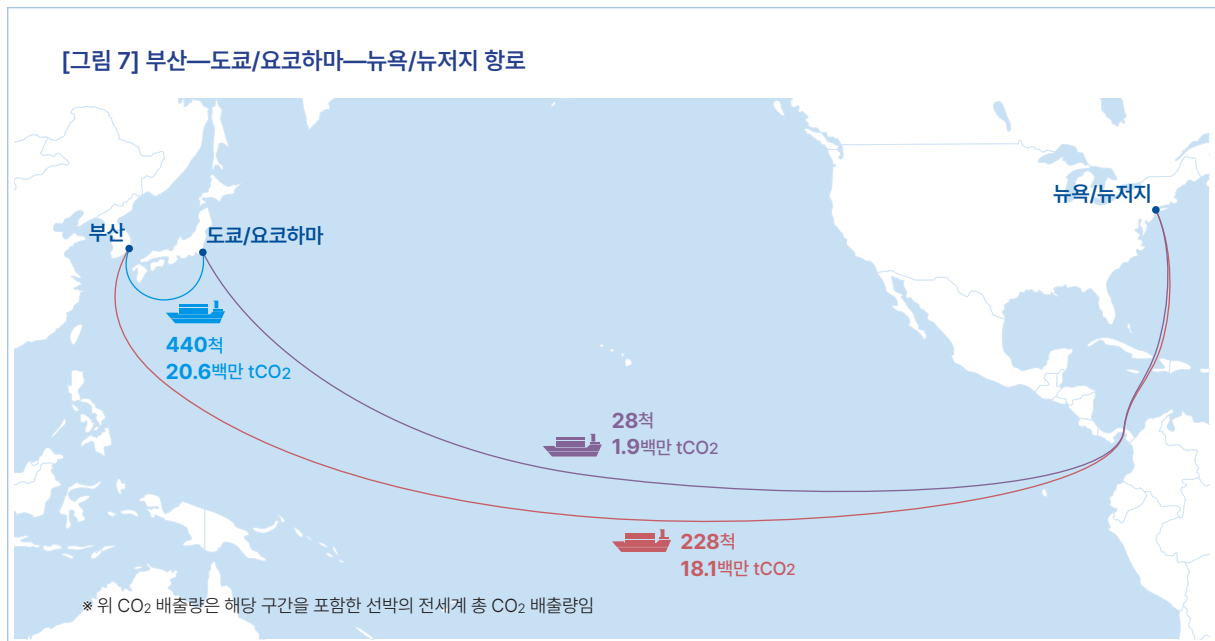
[표 1] 부산—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로 주요 정보 (톤: Metric Ton)



추천 항로 2. 부산—도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지

다음으로 22척의 선박이 동시에 기항하고 있는 부산항, 도쿄/요코하마항, 뉴욕/뉴저지항에 대해 분석하였으며, 이들 선박은 다음 표와 같이 전 세계를 운항하며 약 49만 톤의 연료를 사용, 154백만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

세부적으로 살펴보면, 부산항—도쿄/요코하마항을 기항하는 선박은 440척, 부산—뉴욕/뉴저지항 기항 228척, 도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지항 기항 28척으로 분석되었으며, 각각 전 세계 기준 2,062만, 1,810만, 191만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.



3.2 인천항

3.2.1 인천항 항계 내 이산화탄소 배출 현황

다음으로 인천항 항계 내에서 배출되고 있는 이산화탄소 배출량에 대해 추정하였다. 인천항은 영종도부터 변도, 구봉도를 잇는 구역 내부 바다를 항계로 하였다. 해당 항계 내에서 컨테이너선이 배출한 이산화탄소는 54,017 tCO₂였으며, 벌크선은 21,561 tCO₂, 탱커선은 25,967 tCO₂가 배출된 것으로 분석된다. 부산항보다는 많지는 않지만 인천항 역시 컨테이너선으로부터 배출된 이산화탄소가 가장 많은 것으로 분석되었으며, 특히 최근 개장한 인천 신항에서 가장 많은 양이 배출된 것으로 분석된다.

3.2.2 인천항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황

인천항을 입출항하고 있는 컨테이너 선박수는 339척인 것으로 분석되었으며, 이들 선박이 2,430회 인천항을 기항한 것으로 분석되었다. 기항 선박들의 평균 크기는 1,774 TEU이었으며, 12,000 TEU급 이상의 대형 선박들은 기항하지 않는 것으로 분석되었다. 해당 선박들은 전 세계를 운항하면서 약 285만 톤의 연료를 사용한 것으로 분석되었고, 이를 통해 904만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

3.2.3 인천항 기준 추천 녹색해운항로

인천항을 기점으로 일본, 미국에 기항하는 항로에 대해 2가지 추천 항로를 제시하고자 한다. 이 중 도쿄/요코하마항을 거쳐 미국 LA/롱비치항으로 기항하는 항로에 총 14척의 선박이 운항하고 있어 가장 많은 이산화탄소가 배출되고 있는 것으로 분석된다. 다음으로는 도쿄/요코하마항—뉴욕/뉴저지항, 나고야항—뉴욕/뉴저지항 항로이며, 두 항로 각각 모두 동일한 4척의 선박이 기항하고 있는 것으로 분석된다.

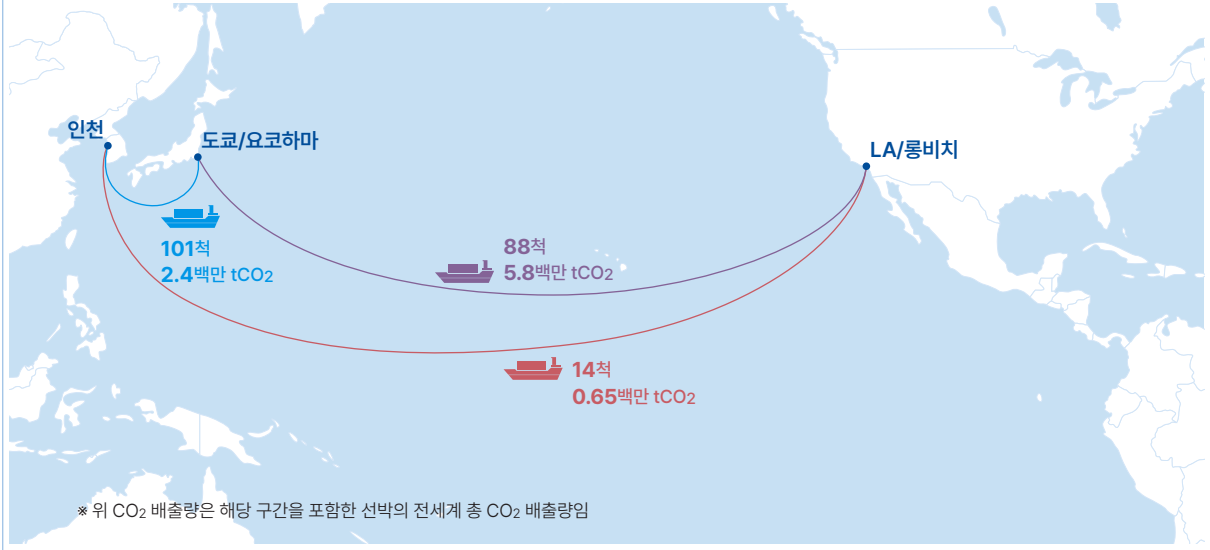
앞의 부산항과 마찬가지로 아래 추천 항로 내 한미일 3개항 취항, 한미, 한일, 미일 2개항 취항하는 경로 별로 선박수와 연료사용량, 이산화탄소 배출량을 추정하였으며, 4척의 동일한 선박이 기항하고 있는 2개의 항로는 분석의 다양성을 확보하기 위해 그 중 인천—나고야—뉴욕/뉴저지 항로를 선택하여 분석하였다.

추천 항로 1. 인천—도쿄/요코하마—LA/롱비치

먼저 세 국가를 모두 기항하는 총 14척의 선박들을 대상으로 분석하였다. 이들 선박은 다음 표와 같이 운항하며 2022년 기준 약 21만 톤의 연료를 사용, 약 66만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

세부적으로 살펴보면, 인천항—도쿄/요코하마항을 기항하는 선박은 101척, 인천—LA/롱비치항 기항 14척, 도쿄/요코하마—LA/롱비치항 기항 88척으로 분석되었으며, 각각 전 세계 기준 245만, 66만, 590만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 나타났다. 특히 인천을 출발하여 LA/롱비치로 가는 컨테이너선 14척은 모두 도쿄/요코하마항을 거쳐 가는 것으로 분석된다.

[그림 8] 인천—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로



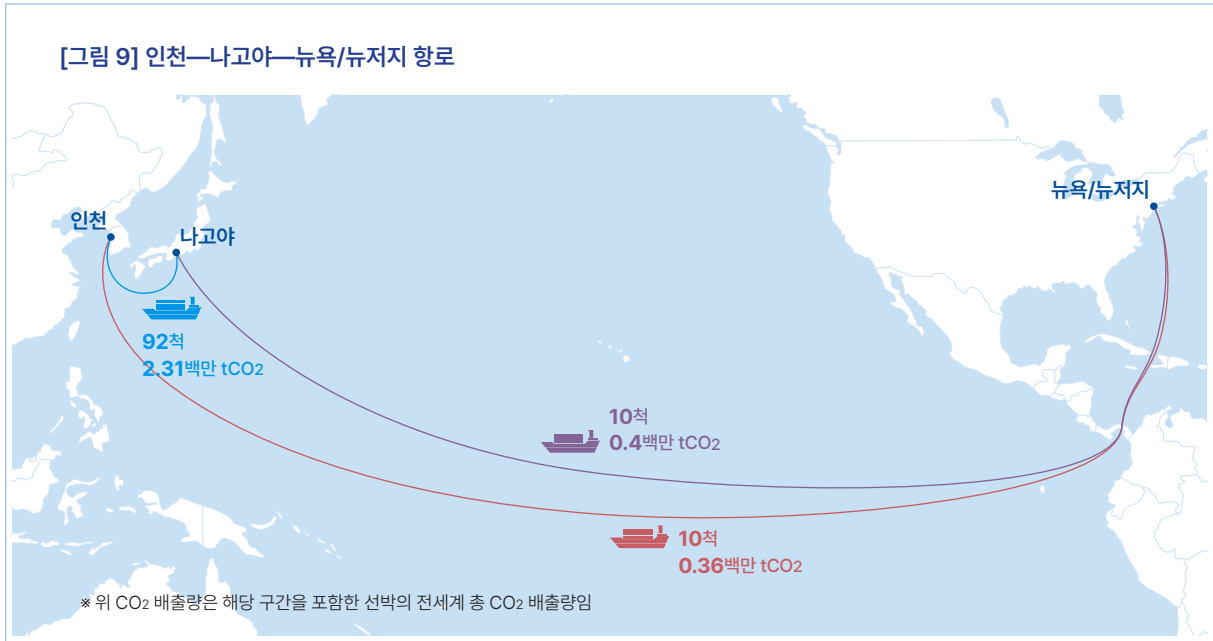
[표 3] 인천—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로 주요 정보 (톤: Metric Ton)

항로 (Route)	기항 선박수 (척) (Port Call Ship Count)	선박크기 평균 (TEU) (Average Ship Size)	선박의 총 연료소모량 합계 (톤) (Total Fuel Consumption)	선박의 총 이산화탄소 배출량 (tCO ₂) (Total CO ₂ Emissions)
인천-도쿄/요코하마 (Incheon-Tokyo/Yokohama)	101	1,757	773,621	2,452,379
인천-LA/롱비치 (Incheon-LA/Long Beach)	14	5,575	207,254	656,994
도쿄/요코하마-LA/롱비치 (Tokyo/Yokohama-LA/Long Beach)	88	8,283	1,860,378	5,897,399
인천-도쿄/요코하마-LA/롱비치 (Incheon-Tokyo/Yokohama-LA/Long Beach)	14	5,575	207,254	656,994

추천 항로 2. 인천—나고야—뉴욕/뉴저지

다음으로 4척의 선박이 동시에 기항하고 있는 인천항, 나고야항, 뉴욕/뉴저지항을 살펴보았다. 이들 선박은 다음 표와 같이 전 세계를 운항하며 약 5만 톤의 연료를 사용하여 17만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

세부적으로 인천항—나고야항을 기항하는 선박은 92척, 인천—뉴욕/뉴저지항 기항 10척, 나고야—뉴욕/뉴저지항 기항 10척으로 확인되었으며, 각각 전 세계 기준 231만, 37만, 46만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.



[표 4] 인천—나고야—뉴욕/뉴저지 항로 주요 정보 (톤: Metric Ton)

항로 구분	선박 수 (척)	선박 크기 평균 (TEU)	선박의 총 연료소모량 합계 (톤)	선박의 총 이산화탄소 배출량 (tCO ₂)
인천-나고야	92	1,788	729,996	2,314,086
인천-뉴욕/뉴저지	10	2,935	115,266	365,392
나고야-뉴욕/뉴저지	10	3,159	145,865	462,392
인천-나고야-뉴욕/뉴저지	4	2,380	53,505	169,612

3.3 광양항

3.3.1 광양항 항계 내 이산화탄소 배출 현황

마지막으로 광양항 항계 내에서 배출되고 있는 이산화탄소 배출량에 대해 추정하였다. 광양항은 여수 석유화학 단지에 위치하고 있는 부두와 광양제철소 부두를 포함하는 광양만 전체를 항계로 하였다. 해당 항계 내에서 컨테이너선이 배출한 이산화탄소는 68,899 tCO₂였으며, 벌크선은 42,410 tCO₂, 탱커선은 83,547 tCO₂가 배출된 것으로 분석된다. 광양항은 여수 석유화학 단지의 영향으로 탱커선 기항이 많아 탱커선으로부터 배출되는 이산화탄소의 비중이 가장 높은 것으로 분석된다.

3.3.2 광양항 컨테이너선 이산화탄소 배출 현황

광양항을 입출항하고 있는 컨테이너 선박수는 2022년 기준 464척인 것으로 분석되었으며, 총 3,061회 기항한 것으로 분석된다. 기항 선박들의 평균 크기는 2,452 TEU이었으며, 이보다 작은 1,000에서 2,000 TEU 급 선박들이 가장 많이 기항하고 있는 것으로 확인되었다. 광양항을 기항하는 선박들은 전 세계를 운항하면서 약 536만 톤의 연료를 사용한 것으로 분석되었고, 이를 통해 1,700만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

3.3.3 광양항 기준 추천 녹색해운항로

부산, 인천항과 마찬가지로 광양항을 기점으로 일본, 미국에 기항하는 항로 중 2가지 추천 경로 가운데 도쿄/요코하마항을 거쳐 미국 LA/롱비치항으로 기항하는 항로에 53척의 선박이 운항하고 있어 가장 많은 이산화탄소가 배출되고 있는 것으로 확인된다. 다음으로는 도쿄/요코하마항—뉴욕/뉴저지 항로이며, 5척의 선박이 기항하고 있다.

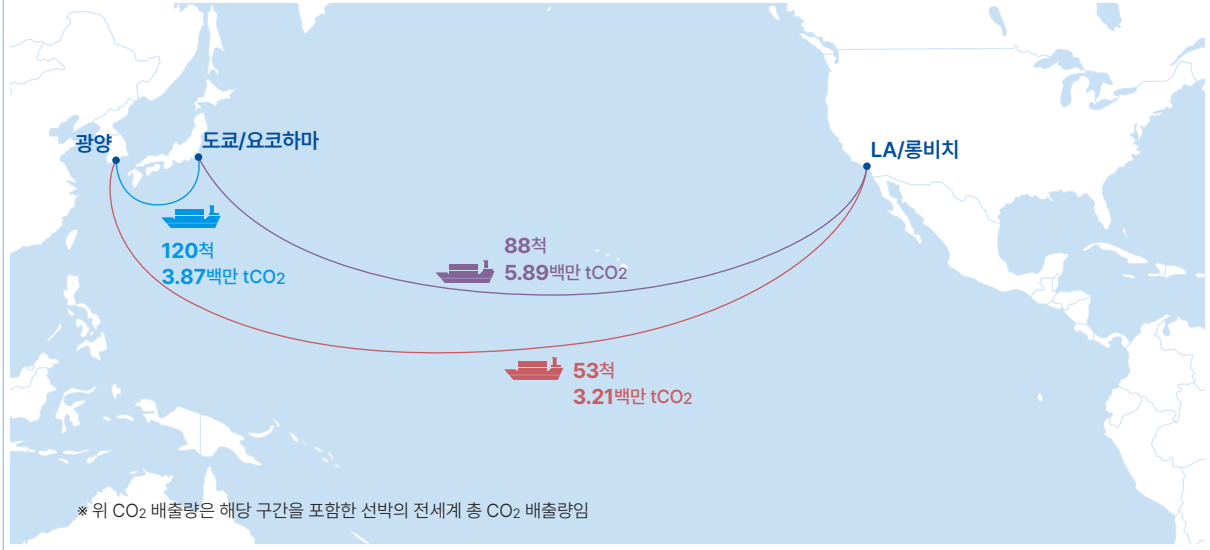
본 연구에서는 광양—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로와 광양—도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지 항로를 대상으로 한미일 3개항 취항, 한미, 한일, 미일 2개항 취항하는 경로별 선박수와 연료사용량, 이산화탄소 배출량을 추정하였다.

추천 항로 1. 광양—도쿄/요코하마—LA/롱비치

광양항, 도쿄/요코하마항, LA/롱비치항을 모두 기항하는 53척의 선박들은 있었으며, 이들 선박은 다음 그림과 같이 전 세계를 운항하며 2022년 약 101만 톤의 연료를 사용하여 322만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

세부적으로 살펴보면, 광양—도쿄/요코하마를 기항하는 선박은 120척, 광양—LA/롱비치 기항 53척, 도쿄/요코하마—LA/롱비치항 기항 88척으로 분석되었으며, 각각 전 세계 기준 387만, 322만, 590만 tCO₂에 해당하는 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다. 특히 광양—LA/롱비치를 운항하는 선박들은 모두 도쿄/요코하마를 기항하는 것으로 파악되었다.

[그림 10] 광양—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로



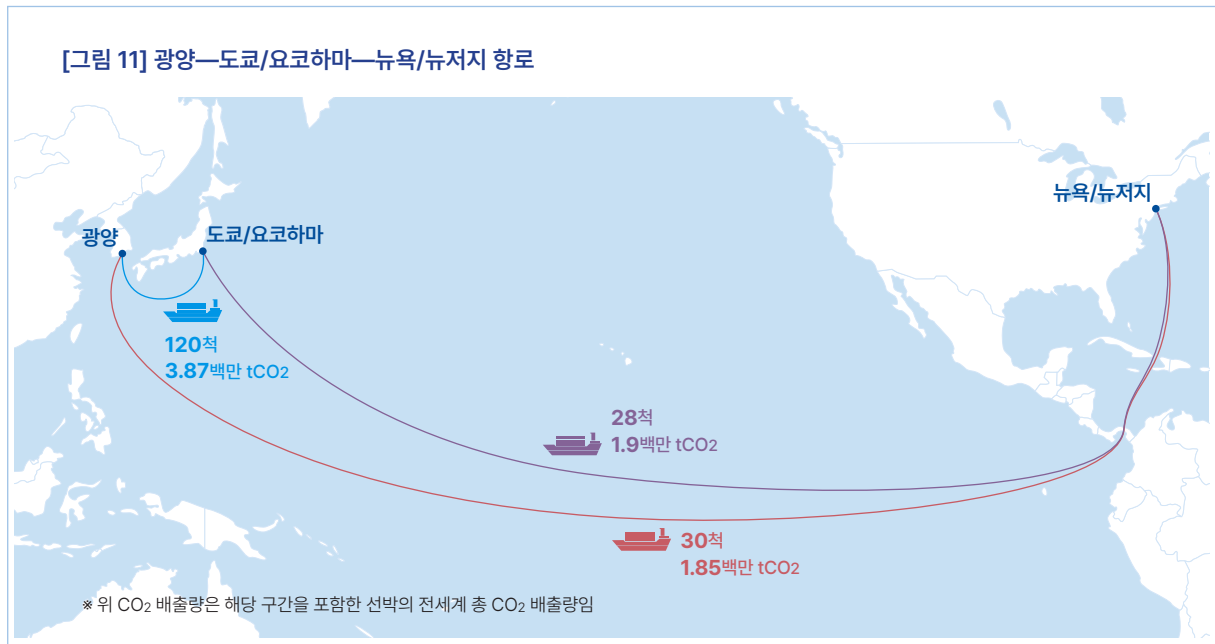
[표 5] 광양—도쿄/요코하마—LA/롱비치 항로 주요 정보 (톤: Metric Ton)

항로	기항 선박수 (척)	선박크기 평균 (TEU)	선박의 총 연료소모량 합계 (톤)	선박의 총 이산화탄소 배출량 (tCO2)
광양-도쿄/요코하마	120	2,735	1,222,073	3,873,973
광양-LA/롱비치	53	7,399	1,014,469	3,215,866
도쿄/요코하마-LA/롱비치	88	8,283	1,860,378	5,897,399
광양-도쿄/요코하마-LA/롱비치	53	7,399	1,014,469	3,215,866

추천 항로 2. 광양—도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지

다음으로 5척의 선박이 동시에 기항하고 있는 광양항, 도쿄/요코하마항, 뉴욕/뉴저지항을 살펴보았으며, 이들 선박은 다음 표와 같이 전 세계를 운항하며 약 10만 톤의 연료를 사용하여 32만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 확인된다.

세부적으로 살펴보면, 광양항—도쿄/요코하마항을 기항하는 선박은 120척, 광양—뉴욕/뉴저지항 기항 30척, 도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지항 기항 28척으로 각각 선박의 전 세계 기준 387만, 185만, 191만 tCO₂의 이산화탄소를 배출한 것으로 분석된다.

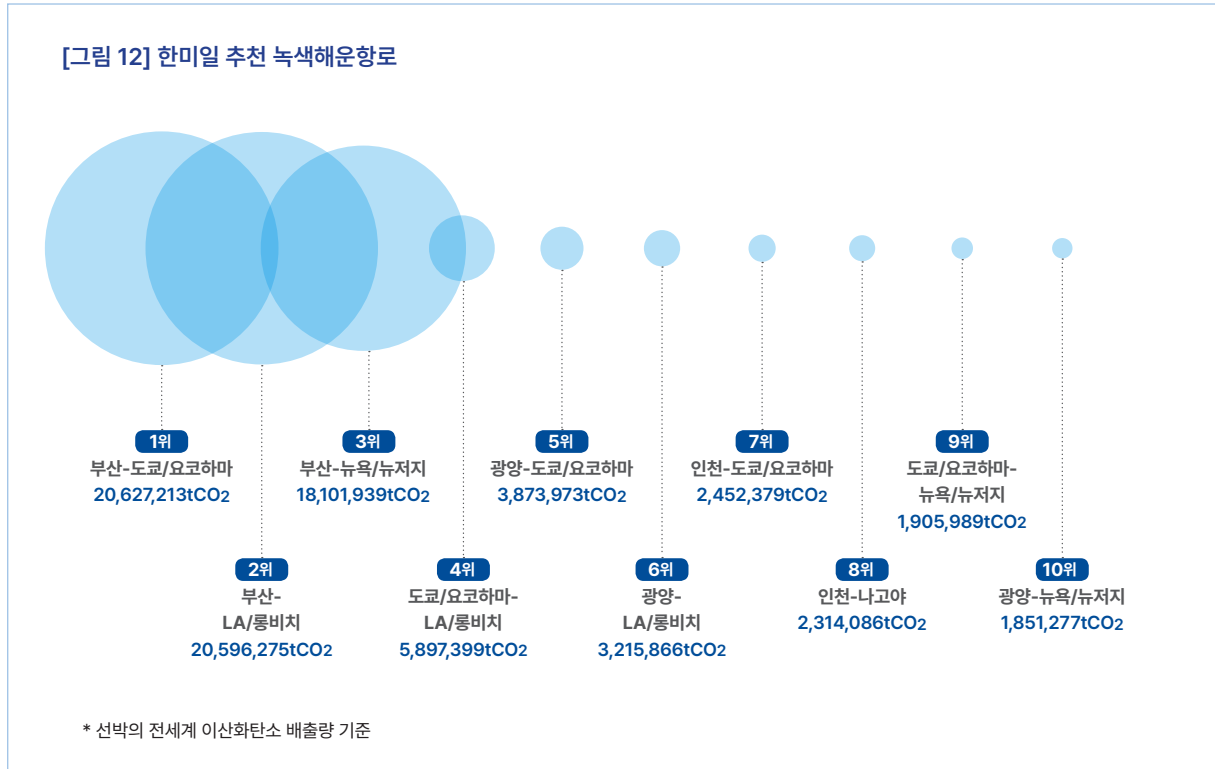


[표 6] 광양—도쿄/요코하마—뉴욕/뉴저지 항로 주요 정보 (톤: Metric Ton)

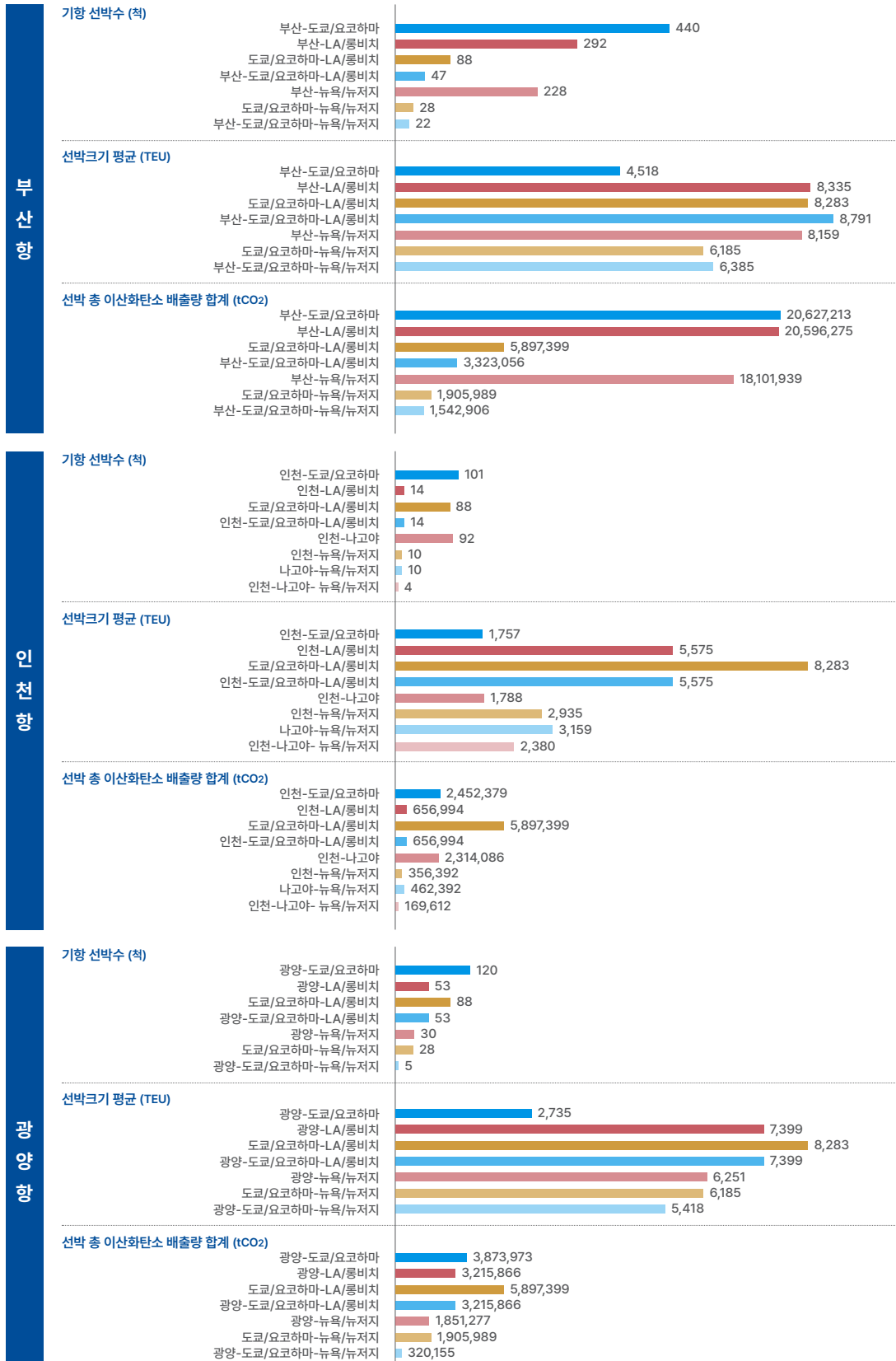
항로	기항 선박수 (척)	선박크기 평균 (TEU)	선박의 총 연료소모량 합계 (톤)	선박의 총 이산화탄소 배출량 (tCO ₂)
광양-도쿄/요코하마	120	2,735	1,222,073	3,873,973
광양-뉴욕/뉴저지	30	6,251	583,999	1,851,277
도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지	28	6,185	601,258	1,905,989
광양-도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지	5	5,418	100,995	320,155

3.4 종합

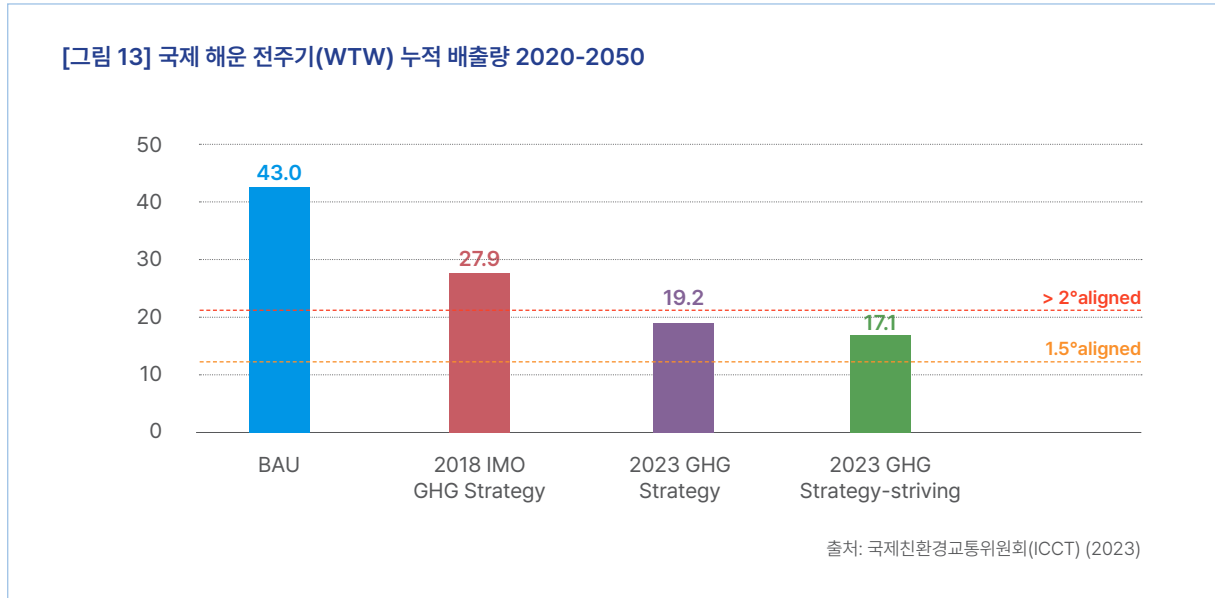
한미일 녹색해운항로를 구축하더라도, 무탄소 연료로 운항하는 컨테이너선들이 한미일 항로에만 다니는 것이 아니기 때문에 전 세계적인 항로와 항만에도 지대한 영향을 미칠 수 있다. 특히 한미, 한일, 미일 개별 항로들에 운항하는 선박들이 저탄소 또는 무탄소로 집중적으로 전환된다면 더 큰 효과를 볼 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구에서는 녹색해운항로 추진에 따른 효과가 큰 항로들을 우선순위에 따라 제안하였으며, 국내 기준항으로는 부산항과 광양항이 최우선일 것으로 보인다. 만약 시범 항로 구축을 고려한다면, 부산—요코하마/도쿄—LA/롱비치가 우선 고려대상이 될 수 있을 것이다.



[표 7] 국내항 기준 추천 녹색해운항로 데이터



또한 국가 간 녹색해운항로의 구축 체결을 맺는 것과 함께, 녹색해운항로를 어떻게 구성하고 실현할 것인가에 대한 협의도 탄소배출 감축에 결정적인 역할을 할 것이다. 실제로 국제친환경교통위원회(ICCT)연구 결과에 따르면 IMO의 2023년 온실가스 감축 전략으로는 국제 해운의 온실가스 배출이 파리협정의 1.5도 제한 목표를 달성하기 어려울 것으로 전망하고 있다.



따라서 파리협정을 충족하기 위해서는 한미일 3자 파트너십 역시 다음과 같은 조건들이 전제되어야 할 것이다.

- 국제 해운의 파리협정 1.5도 목표 준수를 위한 서명국들의 긴밀한 협조에 대한 동의
- 20[40]년 이전 100% 재생에너지 사용을 통한 항만 및 운송 시설 운영
- 20[30]년 이전 신규 LNG 벙커링 설비 투자 철회 및 녹색 연료⁸ 투자 비중 증가
- 20[30]년 이전 각국(또는 해당 항만의) 선박에 육상전력공급장치 사용 의무화
- 20[40]년 이전 각국(또는 해당 항만의) 항구 이용 시 녹색 연료 사용 의무화
- 무탄소 항만 및 해운항로를 위한 2027년, 2030년, 2040년, 2050년 로드맵 제시
- 녹색 연료 기술 이전 및/또는 녹색 연료 공급 계약 논의 및 체결

8 본 연구에서는 화석 연료 기반의 연료를 제외한 그린 수소, 그린 암모니아 등 무배출 연료를 녹색 연료로 정의한다.

4. 결론

녹색해운항로 구축을 위해 대한민국 항만, 해운사, 정부 등 여러 이해관계자들은 다양한 역할을 할 수 있다. 항만의 경우, 항만기본계획 수정을 통해 항만들의 녹색 전환을 앞당기고, 해운사들은 항로에 저탄소 또는 무탄소 선박들을 앞당겨 확대 투입할 수 있을 것이다. 나아가 녹색해운항로의 활성화를 위해 정부에서 관련 법과 계획을 정비한다면 긍정적 변화를 기대해 볼 수 있을 것이다.

그러나 녹색해운항로의 목적은 단순히 해운 산업의 온실가스 배출량 감축에만 있지 않으며, 그 본질적인 목적은 해운 산업과 여러 유관 산업의 지속가능성을 향상하는 데 있다. 현재는 해운 산업의 지속가능성 논의가 녹색해운항로 및 항만의 탈탄소화에 국한되어 있지만, 점차 해운 산업과 유관 산업의 세부 공급망의 지속가능성 향상이라는 더 넓고 높은 차원에서 논의 확대될 필요가 있다.

특히 해운산업의 탄소중립에 대체 연료와 항만 인프라 구축이 주요 수단으로 거론되지만, 이는 곧 관련 산업 종사자들의 일자리 환경의 전환과 연결된다는 점을 간과해서는 안 된다. 이러한 산업의 전환점에서, 정부, 해운사, 금융기관과 더불어 해당 산업의 구성원인 산업 종사자들과 항만 지역 사회 또한 전환의 주요 이해관계자가 된다. 그러므로 해운 산업의 지속가능성에 대한 앞으로의 논의에, 전환에 따른 사회적 비용을 최소화하고 종사자들의 노동권과 지역 사회 상생까지 고려한 보다 폭넓은 주제가 포함될 수 있기를 기대한다.

부록

[부록 | 표 1] 국제 체결 녹색해운항로 (2023년 12월 기준)

국제 녹색해운항로	발표
안트베르펜항(벨기에) - 몬트리올항(캐나다)	2021.11
상하이항(중국) - LA항(미국)	2022.2
그디니아항(폴란드) - 함부르크항(독일) - 뢰네항(덴마크) - 탈린항(에스토니아) - 로테르담항(네덜란드)	2022.3
시애틀(미국) - 밴쿠버(캐나다) - 주노알래스카(미국) - 브리티시컬럼비아(캐나다) - 워싱턴(미국)	2022.5
로테르담항(네덜란드) - 싱가포르항(싱가포르)	2022.8
헬리팩스항(캐나다) - 함부르크항(독일)	2022.9
스톡홀름항(스웨덴) - 투르쿠항(핀란드)	2022.9
에테보리항(스웨덴) - 로테르담항(네덜란드)	2022.10
도버항(영국) - 칼레/뵘케르항(프랑스)	2023.3
도쿄항(일본) - 요코하마 항(일본) - LA항(미국)	2023.3
LA/롱비치항(미국) - 싱가포르항(싱가포르)	2023.4
LA항(미국) - 나고야항(일본)	2023.6
요코하마항(일본) - 오클랜드항(미국)	2023.10
광저우항(중국) - LA항(미국)	2023.10
헬싱키항(핀란드) - 탈린항(에스토니아)	2023.10
로테르담항(네덜란드) - 오슬로항(노르웨이)	2023.10

[부록 | 표 2-1] 부산항 컨테이너선의 연료 사용 및 이산화탄소 배출 기본 정보 (톤: Metric Ton)

	0-1000 TEU	1000-2000	2000-3000	3000-5000	5000-8000	8000-12000	12000-14500	14500-20000	20000-	합계
입출항 선박수 (적, 동적 AIS 기준)	101	366	170	193	211	338	132	89	49	1,649
입출항 선박수 (적, 정적 AIS 기준)	99	365	168	192	211	337	129	89	49	1,639
입출항 항차수(회)	3,323	4,304	1,251	838	902	1,361	465	248	124	12,816
입출항 선박크기 합계(TEU)	2,504,617	5,729,897	3,218,519	3,619,207	5,547,210	13,058,849	6,213,420	4,083,578	2,834,800	46,810,097
입출항 선박크기 평균(TEU)	754	1,331	2,573	4,319	6,150	9,595	13,362	16,466	22,861	3,652
선박의 전세계 운항중 발생한 운항시 연료소모량(톤)	456,433	2,467,942	1,695,935	2,906,400	3,948,891	8,680,023	2,944,603	2,831,001	1,244,491	27,175,719
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	11,564	69,651	52,594	64,782	100,092	272,905	115,743	87,107	64,634	839,073
선박의 전세계 모박시 연료소모량(톤)	6,173	35,052	25,856	44,452	57,100	117,316	56,259	26,537	24,579	393,321
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	474,170	2,572,644	1,774,385	3,015,635	4,106,083	9,070,243	3,116,605	2,944,645	1,333,703	28,408,113
선박의 총 이산화탄소 배출량 합계(CO ₂)	1,503,118	8,155,283	5,624,799	9,559,562	13,016,283	28,752,671	9,879,637	9,334,525	4,227,840	90,053,718

국제해운 탄소중립을 위한 한미일 녹색해운항로 구축

[부록 | 표2-2] 인천항 컨테이너선의 연료 사용 및 이산화탄소 배출 기본 정보 (톤: Metric Ton)

	0-1000 TEU	1000- 2000	2000- 3000	3000- 5000	5000- 8000	8000- 12000	합계
입출항 선박수 (적, 동적 AIS 기준)	26	178	87	27	15	6	339
입출항 선박수 (적, 정적 AIS 기준)	26	177	85	27	15	6	336
입출항 항차수(회)	594	1,308	345	73	75	35	2,430
입출항 선박크기 합계(TEU)	467,440	1,843,827	894,313	314,428	433,309	357,655	4,310,972
입출항 선박크기 평균(TEU)	787	1,410	2,592	4,307	5,777	10,219	1,774
선박의 전세계 운항중 발생한 운항시 연료소모량(톤)	118,492	1,223,827	796,230	332,111	162,513	91,643	2,724,816
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	2,548	33,949	28,389	9,381	5,512	5,251	85,031
선박의 전세계 모박시 연료소모량(톤)	1,446	17,708	13,912	5,646	2,234	412	41,358
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	122,486	1,275,485	838,530	347,139	170,260	97,305	2,851,205
선박의 총 이산화탄소 배출량 합계(tCO ₂)	388,280	4,043,287	2,658,141	1,100,429	539,724	308,458	9,038,320

[부록 | 표 2-3] 광양항 컨테이너선의 연료 사용 및 이산화탄소 배출 기본 정보 (톤: Metric Ton)

	0-1000 TEU	1000- 2000	2000- 3000	3000- 5000	5000- 8000	8000- 12000	12000- 14500	14500- 20000	20000-	합
입출항 선박수 (적, 동적 AIS 기준)	39	193	56	64	41	47	9	12	3	464
입출항 선박수 (적, 정적 AIS 기준)	39	193	56	64	41	47	9	12	3	464
입출항 항차수(회)	544	1,759	256	183	135	129	8	39	8	3,061
입출항 선박크기 합계(TEU)	463,533	2,481,148	664,311	783,737	841,844	1,273,469	121,428	711,732	164,544	7,505,746
입출항 선박크기 평균(TEU)	852	1,411	2,595	4,283	6,236	9,872	13,492	18,250	20,568	2,452
선박의 전세계 운항중 발생한 운항시 연료소모량(톤)	189,808	1,249,639	532,107	813,798	650,831	1,052,316	216,108	377,271	38,622	5,120,500
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	4,792	36,012	18,403	24,024	20,038	41,022	7,553	8,645	986	161,476
선박의 전세계 모박시 연료소모량(톤)	2,176	18,263	8,962	15,132	10,252	19,600	2,433	4,052	310	81,181
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	196,776	1,303,914	559,473	852,955	681,121	1,112,938	226,094	389,967	39,918	5,363,156
선박의 총 이산화탄소 배출량 합계(tCO ₂)	623,780	4,133,407	1,773,529	2,703,867	2,159,153	3,528,014	716,719	1,236,197	126,539	17,001,206

국제해운 탄소중립을 위한 한미일 녹색해운항로 구축

[부록 | 표 3-1] 부산항 추천 항로 1 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	부산-도쿄/요코하마	부산-LA/롱비치	도쿄/요코하마-LA/롱비치	부산-도쿄/요코하마-LA/롱비치
기항 선박수(척)	440	292	88	47
선박크기 평균(TEU)	4,518	8,335	8,283	8,791
선박의 전세계 운항시 연료소모량(톤)	6,250,125	6,241,084	1,796,221	1,009,259
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	182,061	180,365	47,674	29,085
선박의 전세계 묘박시 연료소모량(톤)	74,821	75,799	16,483	9,938
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	6,507,007	6,497,248	1,860,378	1,048,283
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	20,627,213	20,596,275	5,897,399	3,323,056

[부록 | 표 3-2] 부산항 추천 항로 2 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	부산-도쿄/요코하마	부산-뉴욕/뉴저지	도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지	부산-도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지
기항 선박수(척)	440	228	28	22
선박크기 평균(TEU)	4,518	8,159	6,185	6,385
선박의 전세계 운항시 연료소모량(톤)	6,250,125	5,487,499	577,841	466,452
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	182,061	128,085	13,783	12,006
선박의 전세계 묘박시 연료소모량(톤)	74,821	94,807	9,635	8,263
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	6,507,007	5,710,391	601,258	486,721
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	20,627,213	18,101,939	1,905,989	1,542,906

[부록 | 표 3-3] 인천항 추천 항로 1 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	인천-도쿄/요코하마	인천-LA/롱비치	도쿄/요코하마-LA/롱비치	인천-도쿄/요코하마-LA/롱비치
기항 선박수(척)	101	14	88	14
선박크기 평균(TEU)	1,757	5,575	8,283	5,575
선박의 전세계 운항시 연료소모량(톤)	742,221	200,449	1,796,221	200,449
선박의 전세계 정박시 연료소모량(톤)	21,339	5,914	47,674	5,914
선박의 전세계 묘박시 연료소모량(톤)	10,061	891	16,483	891
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	773,621	207,254	1,860,378	207,254
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	2,452,379	656,994	5,897,399	656,994

[부록 | 표 3-4] 인천항 추천 항로 2 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	인천-나고야	인천-뉴욕/뉴저지	나고야-뉴욕/뉴저지	인천-도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지
기항 선박수(척)	92	10	10	4
선박크기 평균(TEU)	1,788	2,935	3,159	2,380
선박의 전세기 운영시 연료소모량(톤)	700,988	111,846	140,057	52,107
선박의 전세기 정박시 연료소모량(톤)	19,749	2,300	3,704	1,037
선박의 전세기 묘박시 연료소모량(톤)	9,258	1,120	2,104	361
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	729,996	115,266	145,865	53,505
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	2,314,086	365,392	462,392	169,612

[부록 | 표 3-5] 광양항 추천 항로 1 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	광양-도쿄/요코하마	광양-LA/롱비치	도쿄/요코하마-LA/롱비치	광양-도쿄/요코하마-LA/롱비치
기항 선박수(척)	120	53	88	53
선박크기 평균(TEU)	2,735	7,399	8,283	7,399
선박의 전세기 운영시 연료소모량(톤)	1,166,794	972,164	1,796,221	972,164
선박의 전세기 정박시 연료소모량(톤)	36,545	29,093	47,674	29,093
선박의 전세기 묘박시 연료소모량(톤)	18,734	13,212	16,483	13,212
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	1,222,073	1,014,469	1,860,378	1,014,469
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	3,873,973	3,215,866	5,897,399	3,215,866

[부록 | 표 3-6] 광양항 추천 항로 2 세부 정보 (톤: Metric Ton)

	광양-도쿄/요코하마	광양-뉴욕/뉴저지	도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지	광양-도쿄/요코하마-뉴욕/뉴저지
기항 선박수(척)	120	30	28	5
선박크기 평균(TEU)	2,735	6,251	6,185	5,418
선박의 전세기 운영시 연료소모량(톤)	1,166,794	559,051	577,841	96,207
선박의 전세기 정박시 연료소모량(톤)	36,545	14,910	13,783	2,491
선박의 전세기 묘박시 연료소모량(톤)	18,734	10,038	9,635	2,297
선박의 총 연료소모량 합계(톤)	1,222,073	583,999	601,258	100,995
선박의 총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	3,873,973	1,851,277	1,905,989	320,155

참조

- 강무홍 외. (2023). AIS 기반 글로벌 선박 배기가스배출량 분석 연구(II) - 우리나라 주요 항만을 중심으로. 한국해양수산개발원.
- 기후솔루션. (2023년 9월). 산업 동향 브리프 No.3 – 국내 항만 탈탄소화 제언: 5대 항만을 중심으로.
- 김병욱 외. (2016년 9월). 선박자동식별시스템 수신율 향상을 위한 개선방안 마련 연구. 해양수산부.
- 김세준. (2023년 2월 14일). 대한민국 해운산업, 바다위 무탄소 운송 이끈다. 해양수산부.
<https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=49155&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=2023-02-14&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=¤tPageNo=1&searchSelect=title&searchStartDate=2023-02-14&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValue=>
- 선경철. (2023년 9월 11일). 아세안·G20 순방 '경제 외교' 집중...신시장 확충, 교역·공급망 확대 등 노력. 대한민국 정책브리핑.
<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148920002&pWise=sub&pWiseSub=J1>
- 임병준. (2023년 12월 1일). 조흥식 기후환경대사, 제 28차 유엔기후변화협약 당사국총회 녹색해운항로 구축계획 발표. 해양수산부.
<https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=54171&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=2023-12-31&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=¤tPageNo=1&searchSelect=title&searchStartDate=2023-12-01&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValue=>
- 정재호. (2022년 8월). IMO 국제해사 정책동향 (Vol. 61). 한국해양수산개발원.
- Comer, Bryan & Carvalho, Francielle. (2023, July 7). IMO's newly revised GHG Strategy: What it means for Shipping and the Paris Agreement. ICCT.
<https://theicct.org/marine-imo-updated-ghgstrategy-jul23/>
- IMO. (2023). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships.
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHGEmissions-from-Ships.aspx>
- Kim et al. (2022). Study on Comparing the Performance of Fully Automated Container Terminals during the COVID-19 Pandemic. Sustainability . 14(9415). pp. 1-13.
- KOTRA. (2023 9월). 한국 무역현황.
<https://www.kotra.or.kr/bigdata/visualization/korea#search/ALL/ALL/2023/9/imp>
- SK E&S. (2023년 5월). 수소경제 밸류체인의 핵심! 수소의 생산·저장·유통에 대해 알아봅시다.
<https://media.skens.com/4921>
- Smith, T., et al. (2021). A Strategy for the Transition to Zero-Emission Shipping. – An analysis of transition pathways, scenarios, and levers for change . Getting to Zero Coalition.
- UMAS. (2021). Five Percent Zero Emission Fuels by 2030 Needed for Paris Aligned Shipping Decarbonization.
<https://www.u-mas.co.uk/five-percent-zero-emission-fuels-by-2030-needed-forparis-aligned-shipping-decarbonization/>
- UNCTAD. (2023, September 27). Review of Maritime Transport 2023: Towards a green and just transition.
<https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>
- U.S. Department of Energy. (2023, August 7). Interagency Collaboration Releases Request for Information on the Establishment of Green Shipping Corridors between the U.S. and the UK.
<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/interagency-collaboration-releases-requestinformation-establishment-green>

- U.S. Department of State. (2022, April 12). *Green Shipping Corridors Framework*.
<https://www.state.gov/green-shipping-corridors-framework/>
- U.S. Senator for California, Alex Padilla. (2023, June 8). *Padilla, Whitehouse Introduce Bills to Reduce Ocean Shipping Emissions*.
<https://www.padilla.senate.gov/newsroom/pressreleases/padilla-whitehouse-introduce-bills-to-reduce-ocean-shipping-emissions/>

SFO°C

Solutions for Our Climate

**국제해운 탄소중립을 위한
한미일 녹색해운항로 구축**

