



삼일회계법인

지속 가능한 해운의 경제성 분석 및 규제 대응 전략

글로벌 환경 규제 대응을 위한 해운 생태계 및 해운사 전략을 중심으로

Industry Focus | August 2026



Contents

1. 지속가능한 해운 연료 사용이 소비자 가격에 미치는 영향	02
2. 해상운송에서의 Net-Zero 달성 방안	05
2.1 해운 부문의 넷제로(Net Zero) 달성을 위한 3가지 경로	06
2.2 연료 효율성 개선: 해운 탈탄소화의 첫 단계	08
2.3 대체 연료 활용: 완전한 해운 탈탄소화의 핵심	10
3. 지속가능 해운 생태계 구축을 위한 방안	14
3.1 지속가능한 해운 생태계 조성을 위한 구성 요소	15
3.2 규제 대응을 위한 해운사의 투자 방향	22
3.3 해운 생태계 참여자의 역할	23
4. 시사점 및 전략적 제언	24
4.1 시사점	25
4.2 전략적 제언: 친환경 해운 전환을 위한 전략	26
[Appendix 1] 글로벌 주요 선사들의 친환경 해운 전략 및 환경 규제 대응 방안	28
[Appendix 2] 국내 주요 선사들의 친환경 해운 전략 및 환경 규제 대응 방안	29
[Appendix 3] 글로벌, 지역 및 국가별 탈탄소 규제 비교	30
[Appendix 4] 주요 선박 연료 비교	31

본 보고서는 삼일PwC경영연구원이 PwC Trend “Costs, savings and consumer impact: the economics of sustainable shipping”을 번역 재구성하여 경영연구원의 분석 및 인사이트를 담아 재작성하였습니다.

1

지속가능한 해운 연료 사용이 소비자 가격에 미치는 영향

해상운송은 물동량 기준 세계 무역의 80~90%를 담당하는 글로벌 물류의 중추적 역할을 담당한다. 상품에 따라 운송 비용은 소비자의 상품 선택에 영향을 미치며 이에 따라서 해상 운송 비용의 핵심인 연료비 상승은 소비자 가격에 영향을 미칠 수 밖에 없다. 본 장에서는 해운분야의 탄소 배출 규제 강화에 따라 전반적인 운송비 상승이 상품 가격에 미치는 영향에 대해 점검한다.



지속가능 연료 전환으로 인한 상품 비용 구조의 변화

지속가능 연료 전환은 상품 비용 구조 변화를 야기

글로벌 교역에서 해상운송 비중은 물동량 기준 약 88~90%를 차지하는 핵심 수단이다. 해운업에서 지속 가능한 연료의 전환은 선박 및 인프라 투자, 연료비 상승 등 상당량의 비용이 소요되며 이에 따라 상품의 비용구조를 변화시킨다.

친환경 연료로의 전환은 CAPEX, OPEX 측면 모두 비용 부담이 크다. 바이오 메탄올이나 e-메탄올과 같은 친환경 연료는 기존 HFO(Heavy Fuel Oil: 중유, 선박연료로 통상 벙커C유로 불림)에 탄소 배출 부담금을 고려한 연료비와 비교해 2~3배 높으며, HFO/메탄올 이중 연료(Dual Fuel; DF) 엔진을 장착한 선박은 기존 선박 대비 15~20% 더 비싸다.

친환경 연료 전환에 따른 최종 소비자 가격 상승은 제한적이며 관리 가능한 수준

그러나 2030년 추정 연료비와 IMO의 CO₂ 배출 부담금을 감안하여 연료비가 상품가격에 미치는 영향을 분석한 결과, 예상과 달리 **친환경 연료 사용으로 인한 연료비 상승이 소비자에게 미치는 영향은 기업의 우려보다 낮을 것으로 보인다**(100% HFO와 100% 친환경 연료 비교, 친환경 연료가격은 바이오 메탄올과 e-메탄올 평균가격을 기준으로 함).

우선 **고가 소비재 가격의 영향은 미미하다**. 예를 들어 TV 가격은 1.4%, 운동화는 0.3%, 태양광 패널 가격은 4.6% 상승할 것으로 추정된다. 또한 **100% 친환경 연료 사용하여 운송한 차량의 소비자가 상승도 미미하여** 중가 차량은 0.8%, 고가 차량은 약 0.1% 상승할 것으로 추정된다.

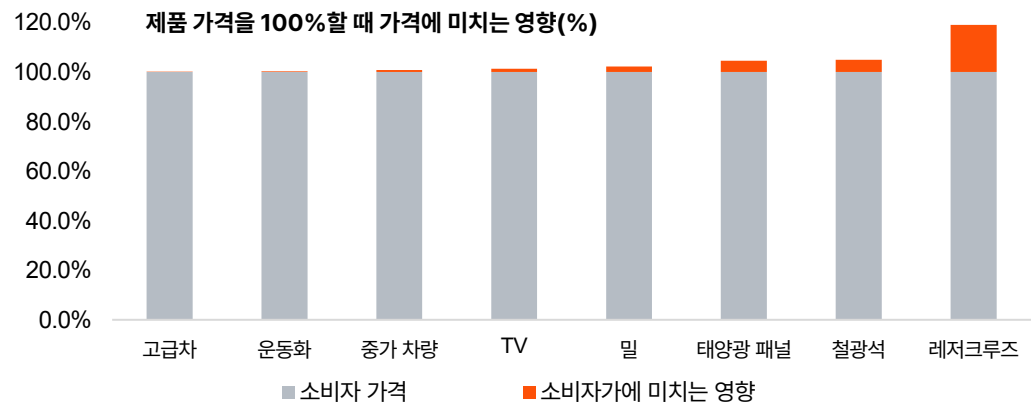
원자재 가격에 미치는 영향도 크지 않아 밀은 2.3%, 철광석은 4.9% 상승할 것으로 추정된다.

반면, 크루즈 산업은 소비자 가격 상승 폭이 19%로 높게 나타나는데, 이는 화물운송과 달리 비용 분산 구조가 제한적이기 때문이다. 다만 이 경우에도 객실 등급별 가격 차등화와 고객군별 지불의사를 반영한 가격정책을 통해 분산시킬 수 있다.

상품별 차이가 존재하나 중저가 대량의 화물은 전체 비용에서 운송비가 차지하는 비중이 높지 않아 친환경 연료 선택에 따른 소비자 부담이 미미하다. 고가의 제품이나 서비스의 경우는 이 보다는 다소 높으나 화주 및 소비자에 일부 전가가 가능하며 고가의 제품가격 대비 상대적 운송비 비중이 낮아 소비자 가격에 미치는 영향은 제한적이다. 더불어 친환경 운송에 대한 소비자나 화주의 선호가 높아지고 있다는 점에서 수요를 충분히 이끌어낼 수 있다면 친환경 해상운송 자체가 최종소비자 가격에 미치는 영향은 제한적일 것으로 판단된다.

[도표1]
운송 상품에 미치는
비용 영향 계산

자료: PwC, 시드니 공과대학교
지속가능미래연구소(UTS-ISF)와
공동으로 수행한 분석(2024)



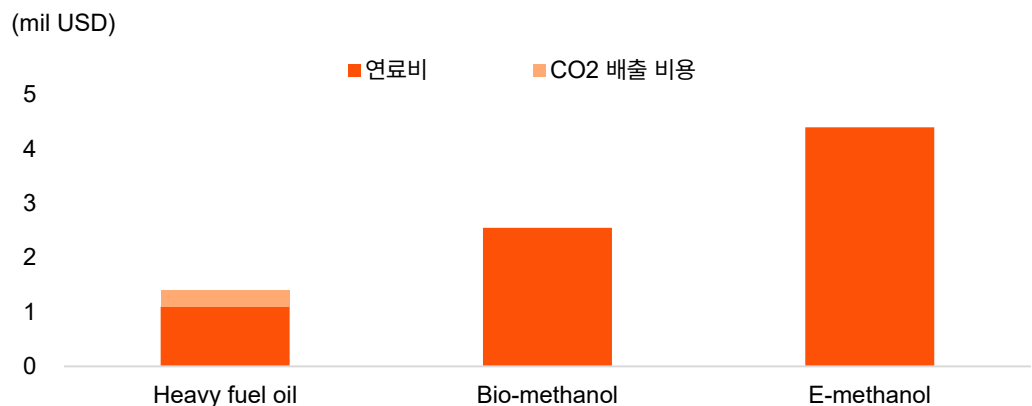
주: 모든 품목의 가격 인상은 2030년 100% 친환경 연료 사용 선박 운송시 예상되는 비용을 반영

즉 친환경 연료 사용에 따른 소비자 가격 상승 영향은 제한적이며 일부 있더라도 제품 및 서비스별 가격 정책 변화에 따라 최종 부담은 크지 않을 수 있다. 나아가 IMO가 제시한 탄소 배출 요금을 배제하더라도, 친환경 해운에 대한 화주의 수요가 증가한다면 친환경 해운 전환에 따른 가격 상승 폭은 상당 부분 관리 가능한 범위에 있다고 할 수 있다.

그러나 전통 해운 연료를 탈피하는 전환은 여전히 해결해야 할 과제가 존재한다.

[도표2]
연료타입별 차량 운반선
항로의 연료비 비교

자료: PwC가 시드니 공과대학교
지속가능미래연구소(UTS-ISF)와
공동으로 수행한 분석(2024)



주: 자동차 및 트럭 운반선(PCTC)인 회그 타겟(Hoegh Target)호가 브레머하펜-두바이-브레머하펜 항로(편도 약 6,430해리, 총 12,860해리) 운항을 기준으로 계산된 연료타입별 비용

2

해상운송에서의 Net-Zero 달성 방안

해운 분야의 넷제로 요구가 강화되며 IMO와 EU를 중심으로 규제가 본격화되었다.
본 장에서는 해운분야의 넷제로 달성을 위한 글로벌 규제 및 온실가스 감축모델을 점검하고 이를
달성하기 위한 해운 참여자들의 실행방안을 제시한다.



2.1 해운 부문의 넷제로(Net Zero) 달성을 위한 3가지 경로

해운 부문의 넷제로 달성을 위한 방안은 대표적으로 3가지가 있는데, 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 넷제로 프레임워크(NZF: Net Zero Framework), 국제에너지기구(IEA)의 넷제로 배출 시나리오(NZE: Net Zero Emissions by 2050), 시드니 공과대학교(UTS)의 원 어스 기후 모델(OECM; One Earth Climate Model)¹⁾이다.

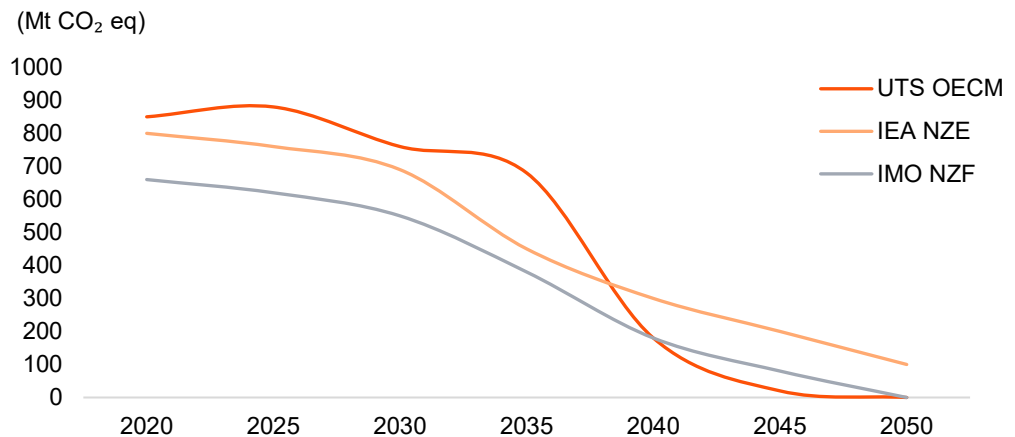
우선 IMO의 NZF는 점진적인 개선과 규제 준수에 중점이 맞춰져 있으며, IEA의 NZE는 IMO보다 상당한 감축을 요구한다. 그러나 두 시나리오 모두 완전한 탈탄소에 도달하기 어렵다.

세번째 OECM은 대체 연료, 기술 업그레이드, 운영 효율화가 결합된 포괄적 접근방식으로 가장 도전적인 시나리오를 제시한다. OECM 하에서는 바이오 메탄올, e-메탄올, e-암모니아와 같은 지속가능 연료의 대규모 도입으로 2035년부터 배출량이 급격히 감소한다. 이 경로는 IEA 모델의 목표를 초과하며 1.5°C 기후 목표²⁾와 일치하지만, 상당한 투자와 새로운 인프라 및 글로벌 협력을 요구한다. 이러한 기후 목표를 달성하기 위해 해운업계는 기존 연료에서 벗어나 친환경 연료로의 전환 가속화, 친환경 항로 확대, 국제 정책과 조화를 이뤄야 한다.

[도표3]

해운 부문의 온실가스 배출량 감축을 위한 경로

자료: UTS 2024; IEA 2023; IMO 2020



주: Mt CO₂ eq은 온실가스 배출량을 탄소배출량으로 환산해 비교·보고할 때 쓰는 단위로, 여러 온실가스를 각 가스의 지구온난화 잠재력(GWP)으로 환산해 '탄소배출량'으로 합산한 값. 메가톤 탄소배출량(1,000,000톤)을 뜻함

- 1) OECM(One Earth Climate Model): 호주 시드니공과대학교(UTS) 지속미래연구소(ISF), 독일항공우주센터(DLR), 멜버른대가 공동 개발한 과학 기반 학술-금융 모델. OECM은 '1.5°C 목표를 달성하려면 금융과 산업계가 구체적으로 어떻게 움직여야 하는지' 실천적 액션 플랜을 제시함. 아직 검증되지 않은 기술(예: 대규모 탄소 포집 및 저장 기술(CCS)에 의존하지 않는 것을 원칙으로 하며 오직 현재 존재하는 고효율 저탄소 기술과 태양광-풍력 등 100% 재생에너지 전환, 그리고 강력한 에너지 효율 개선을 통해 2055년까지 전 세계적인 완벽한 탄소중립이 달성 가능하다고 제시. OECM 가이드라인에 따르면 선진국의 경우 2030년까지 석탄 발전과 내연기관차를 완전히 퇴출해야 함. UN-convened Net Zero Asset Owner Alliance(운용자산 9.3조 달러)가 포트폴리오 탈탄소 목표 설정에 활용되며, EU 분류체계(EU Taxonomy) 정합성 검토에도 사용됨.
- 2) 1.5°C 기후 목표: 파리협정에서 합의된 '산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2°C 이하로 제한하되, 1.5°C로 제한하기 위해 노력하자'는 국제적 목표

참고 1 해운 온실가스 배출량 감축을 위한 3가지 방안 비교

[도표4] IMO NZF, IEA NZE, OECM 비교

구분	IMO Net-Zero FrameWork	IEA NZE (Net Zero Emission by2050)	OECM (One Earth Climate Model)
주관기관	IMO (국제해사기구)	IEA (국제에너지기구)	시드니공과대학(UTS의 지속미래연구소(ISF), 독일항공우주센터(DLR), 멜버른대
목적	전 세계 국제 해운 산업의 온실가스 배출을 2050년경까지 넷제로(Net-Zero)로 만드는 것	전 세계 에너지 시스템이 2050년까지 어떻게 탄소 중립을 달성할 수 있는지 구체적인 로드맵 제시	- 지구 평균 기온 상승 1.5°C 이내 제한을 위해, 전 세계 정부·산업·금융계가 즉각 실행할 수 있는 가장 현실적이고 구체적인 '탈탄소 로드맵' 제공이 목적 - 실현 가능한 재생에너지 기반의 기술 경로 제시, 금융기관의 투자 벤치마크 제공
성격/ 특징	- UN 산하 IMO 주관의 협의 결과물 193개 회원국이 투표로 채택하는 국제 조약(MARPOL 개정) 형태로, 선박에 직접 적용되는 강제 규제 - 선박용 친환경 연료 사용 강제 및 배출권 거래제 같은 경제적 조치 포함	- 국제에너지기구(OECD 산하)가 발표하는 에너지 시스템 모델링 시나리오 - 법적 구속력 없는 정책 가이드선으로, 각국 정부·에너지 기업의 투자 및 정책 의사결정을 지원하기 위한 참고 경로 - 에너지 공급 및 소비에 초점을 맞춤 - 재생에너지 확대, 에너지 효율 향상, 전기차 보급 등의 데이터를 제공	- 호주 시드니공과대학(UTS) 지속미래연구소(ISF), 독일항공우주센터(DLR), 멜버른대가 공동 개발한 과학 기반 학술·금융 모델 - 유엔 주도 Net-Zero Asset Owner Alliance(NZAOA) 및 유럽기후재단(European Climate Foundation)이 연구 지원. 전 세계 온실가스 포괄, 12개 핵심 산업(철강, 시멘트, 해운, 항공 등)에 대한 세밀한 부문별 목표 제공
차별점	해운업계에 직접 적용되는 강제적인 규칙과 글로벌 탄소 가격 부과에 집중	기술 낙관론적 성향 존재, 탄소 포집 및 저장(CCS)과 같은 기술에 의존	- 탄소 배출 허용치인 '탄소 예산'을 초과하지 않는 것을 최우선시함. - 특히 화석연료 CCS 같은 미검증 기술을 배제하고, 자연적 탄소 흡수원을 확대하는 데 중점 둠 - UN-convened Net Zero Asset Owner Alliance (운용자산 9.3조 달러)가 포트폴리오 탈탄소 목표 설정에 활용하며, EU 분류체계(EU Taxonomy) 정합성 검토에도 사용
적용 범위	전 세계 국제 운항 선박 (항만 간 국제 이동)	에너지 공급 및 소비 전반(발전, 교통, 산업 등)	금융 자산 포트폴리오 및 12개 주요 산업군(철강, 시멘트, 해운 등)

2.2. 연료 효율성 개선: 해운 탈탄소화의 첫 단계

연료 효율성 개선을 통한 탄소 배출 저감

해운 탄소감축을 위해서는 일단 선박 운영 방식의 개선만으로도 상당한 비용 절감 및 배출량 감축을 달성할 수 있으며 실제로 많은 효율화 조치가 이미 도입되어 있다.

대표적인 방법은 첫째 **저속 운항**, 슬로우 스티밍(Slow Steaming)이다. 이는 연료 소비를 줄이기 위해 의도적으로 선박 속도를 낮추는 운항 방식으로, 높은 연료가격과 선박 공급 과잉 대응 과정에서 2008년 이후 확산됐다. Slow Steaming을 통해 2008년부터 2022년 사이 에너지 효율이 약 15~20% 개선되었으며, 최근에는 AI를 활용해 그 효과가 강화되고 있다. 접안 최적화, 엔진·선체 성능 저하 감지 및 선제적 정비 수행 등이 대표적 활용 분야다. 이는 단순 운항 효율 개선을 넘어 예지보전과 운영 최적화를 결합한 전략으로 볼 수 있다.

둘째, 선사들은 **장비 및 기술 개선을 통한 선박 업그레이드** 실시하고 있다. 이미 톤수 기준으로 전 세계 선대의 약 1/3에 해당하는 8,700척 이상의 선박이 이미 연료 절감 기능을 탑재하고 있다. 이러한 기술 업그레이드에는 저마찰 선체 코팅, 선수 형상 개조, 물의 흐름을 최적화하는 특수 프로펠러 핀 및 덕트(Propeller fins and ducts)³⁾ 등이 포함된다. 이는 선박의 정기 유지 보수 기간 중에 할 수 있다. IEA 추정에 따르면, 장비 개선 및 선박 업그레이드 조치로 최대 15%의 에너지 절감이 가능하다. 이는 일반적인 컨테이너선 기준 연간 200만~500만 달러의 운영비 절감과 총소유비용(TCO; Total Cost Of Ownership)⁴⁾이 최대 10% 절감 가능하다.

3) 프로펠러 핀 및 덕트: 선박 추진 효율을 높이기 위해 프로펠러 앞 또는 주변에 설치하는 에너지 절감 장치로, 전류고정날개(스테터) 형태의 핀과 유도(노즐) 형태의 덕트가 대표적임.

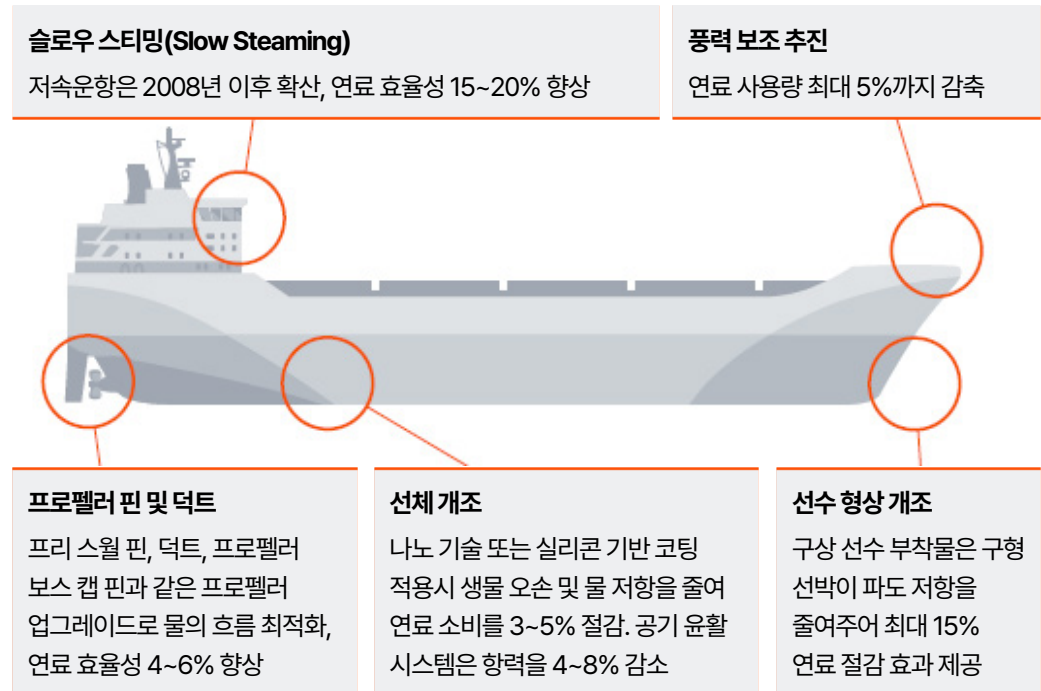
4) 총 소유 비용(TCO, Total Cost of Ownership): 제품 또는 서비스의 전체 수명 주기에 걸친 총비용. 이는 직접 비용(예: 초기 구매 비용)과 간접 비용(예: 새로운 시스템에 적응하는 데 소요되는 시간, 단기 및 장기 비용과 비용 절감까지 모두 포함함)

그 밖에 **공기 유향 시스템**은 선체 아래 기포를 형성해 항력을 줄임으로써 연료 소비를 4~8% 절감할 수 있으며, **풍력 보조 추진 시스템**은 연료 사용량을 최대 5%까지 낮출 수 있다.

연료 효율화는 대체 연료 전환 이전에 즉시 추진 가능한 현실적 감축 수단이다. 따라서 해운사는 단기 효율 개선 투자, 중장기적으로는 연료 전환 투자를 병행하는 접근이 필요하다.

[도표5]
선박의 연료 효율성 향상

자료: Center for Strategic and international Studies



2.3. 대체 연료 활용: 완전한 해운 탈탄소화의 핵심

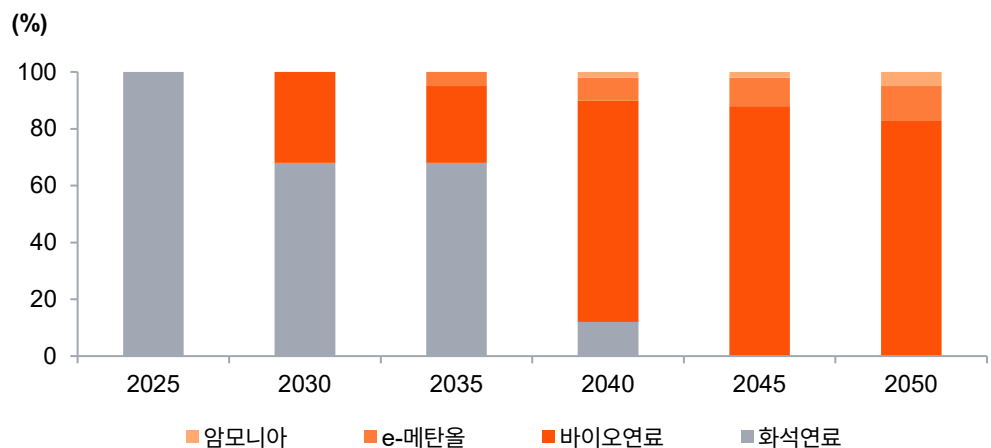
세가지 유형의 대체 연료: 전환연료, 바이오 연료, 합성연료

완전한 해운의 탈탄소화로 가기 위해서는 대체연료 활용이 필수적이다. 대체 연료에는 세 가지 주요 유형이 있다. 단기적으로 CO₂ 배출량을 감소시키는 전환 연료, 유기 원료로 만든 바이오 연료, 재생 에너지 기반 화합물에서 파생된 합성 연료이다. 이 중에서 선택하는 기준은 관련 기술의 발전 속도, 주요 항만의 벙커링 인프라 구축 속도에 달려있다. 연료 전환은 기술·인프라·공급망이 함께 움직여야 하는 시스템 전환에 가깝기 때문이다.

OECD의 2024년 시나리오에 따르면, 2050년까지 해운업이 넷제로에 도달하려면 바이오 연료가 전체 연료 믹스의 상당 부분을 차지해야 하며, 그 중에서도 e-메탄올의 비중이 중요하게 제시된다. 다만 연료별 상대적 중요성은 시나리오마다 상당한 차이를 보이며 따라서 조직의 목표와 기준에 따라 달리 적용되게 된다. 앞서 언급한 연료 효율성 개선과 대체 연료 종류 및 믹스의 선택은 포트폴리오적 관점에서 접근하는 것이 바람직하다.

[도표6]
탄소중립 해운 연료:
바이오 연료 주도 시나리오

자료: 시드니 공과대학교 지속가능한
미래 연구소(UTS-ISF) (2024)



주: 2050년까지 탄소중립에 도달케 하는 연료 믹스 표시. 이는 중간 수준의 가용 재생 탄소를 가정함

㉠ **전환 연료**는 다른 대체 연료 인프라와 기술이 개발되는 동안 단기적으로 해운 탄소 배출량을 줄이는 데 기여한다. 이중 상업화 측면에서 가장 앞선 것은 LNG(액화천연가스)이다. LNG는 기존 연료보다 웰투웨이크(Well-to-wake, 이하 WtW)⁵⁾ 기준 CO₂를 20~23% 적게 배출한다. 그러나 LNG의 주성분인 메탄은 그 자체로 강력한 온실가스이다. 따라서 LNG가 실제 배출량 감축에 역할을 하려면 메탄의 대기 유출을 방지하는 것이 필수적이다.

㉡ **바이오 연료**는 식물 바이오매스 및 도시 고형 폐기물과 같은 유기 물질에서 생산되는 연료로 WtW 기준 기존 선박 연료 대비 60%~90% CO₂를 적게 배출한다. 바이오 연료의 최대 장점은 기존 선박 엔진에서 최소 개조만으로 활용이 가능하다는 점으로 현재도 다양한 바이오 연료가 시범 프로젝트나 단거리 운송에서 사용되고 있다. 대표적으로 지방산 메틸 에스테르(FAME)와 수소처리 식물성오일(HVO)이다.

엔진개조 최소화라는 장점에도 불구하고 바이오연료의 가장 큰 문제점은 공급량 확보가 용이하지 않다는 점이다. DNV(Det Norske Veritas, 노르웨이선급협회)의 분석에 따르면 넷제로 달성을 위해서는 선박용 바이오 연료의 양이 2050년까지 10배 증가해야 한다. 이는 전체 바이오 연료 생산시설의 대규모 증가를 요구하는데, 이를 충족하기 위해서는 2050년 전 세계 공급량(석유환산톤(Mtoe) 5억~13억 톤 추정)의 20%~50%가 해운 부문에 할당되어야 한다.

㉢ **합성 연료(e-Fuel)**는 재생 가능한 화합물로 만들어지기 때문에 순탄소 배출량이 거의 없다. 대표적으로 e-메탄올, e-암모니아가 있다. 합성 메탄올은 선박 연료로서 뚜렷한 장점이 있다. 기존의 엔진과 메탄올-병커링 인프라를 활용할 수 있다는 점 그리고 바이오매스(바이오 메탄올 생성) 또는 그린 수소와 CO₂(e-메탄올 생성)로 생산할 수 있다는 점이다.

합성 암모니아도 있는데 합성 암모니아는 그린 수소와 대기 중 질소로 만들어지며 탄소를 포함하지 않는다. 그러나 암모니아는 부식성과 독성이 있으며 연소시 대기 오염 물질인 질소산화물(NOx)을 생성할 수 있다. 이러한 이유로 위에 표시된 OECM 시나리오는 합성 암모니아를 해운 부문의 2050년 연료 믹스의 3%로 제한하고 있다.

[도표기] 대체 연료 특징

자료: 삼일PwC경영연구원

전환 연료(단기)	바이오 연료	합성 연료
- 대체 연료 인프라 및 기술 개발 단계의 과도기적 연료 - 대표적 연료로 LNG 상업화에서 가장 앞섬 - CO₂ 배출량 20~23% 감소(WtW기준)	- 식물 바이오 매스 및 도시 고형 폐기물과 같은 유기 물질 생산된 연료 - 대표연료: FAME, HVO - 기존 선박 연료대비 60%~90% CO₂를 적게 배출 (WtW기준)	- 재생 가능한 화합물로 순탄소 배출량 거의 없음 - 대표 연료: e-메탄올, e-암모니아 - 기존 인프라 활용 가능

5) 웰투웨이크(WtW; well-to-wake): 연료-시스템의 생산부터 운송, 저장, 연소까지 전 과정의 온실가스 배출을 합산해 평가하는 생애주기 관점의 지표. WtW (Well-to-Wake): WtT와 TtW를 모두 합친 전체 주기(Life-cycle) 배출량. 참고로 웰투탱크(WtT: Well-to-Tank):는 연료의 채굴, 생산, 수송, 저장까지의 배출량(과거 과정)을 일컫음. 탱크투웨이크(TtW: Tank to Wake)는 : 연료의 저장 시점부터 연소되는 단계를 기준으로 온실가스 배출을 산정하는 방식



친환경 연료 동향

LNG가 지배적 연료, 메탄올의 견조한 성장세

LNG는 선박연료로서 온전히 환경친화적이라고 볼 수 없으나 과도기적 연료로서 인식되고 있다. LNG는 인프라가 갖추어져 있으며 단기적으로 탄소부담에 대한 비용 등을 고려하면 LNG 추진선 혹은 LNG 이중연료가 현재로서는 주류가 되고 있다.

그러나 **메탄올**도 친환경 연료로서 활용도가 높아졌다. 선박 건조비 Capex 측면과 보관 유지비 등이 비교적 낮고 화물 적재공간에 대한 손실도 적어, IMO 및 EU의 규제 비용을 감안했을 때 중기적 관점에서 메탄올 이중연료 혹은 메탄올 연료 선박으로 개조가능한 메탄올 Ready 선박이 글로벌 선사들에 의해 채택되었다. 머스크는 그린 메탄올 선박의 선두 주자로 자리매김하며 대규모 발주를 하고 있으며, 국내 HMM은 메탄올 발주와 LNG 추진선 발주 등 투트랙 전략으로 친환경 선박 투자를 진행하고 있다(Appendix 1, 2의 글로벌/ 국내 주요 선사들의 친환경 해운 전환 및 환경 규제 대응 방안 참조).

중장기적으로 볼 때 암모니아와 수소도 친환경 연료로서 부각이 될 수 있다. **암모니아**의 경우 탄소를 포함하지 않는 연료이다. 그러나 앞서 언급되었던 연소과정에서 질소산화물 등 강력한 온실가스 발생, 보관 및 부식성 문제가 상업화와 활용 확대를 저해하는 요소이다. 이와 관련한 기술 개발 즉 독성 및 부식성 누출 차단시스템 개발과 질소 산화물 분해 기술 개발 등은 이루어졌고 대량 운항을 통한 현장검증 단계에 있다. 이 부분에서 실증이 완료된다면 친환경 연료로서 메탄올이나 LNG를 대체하는 연료로 부각될 수 있다.

수소는 완전한 친환경 연료이나 극저온(-253°C) 액화저장이 필요하여 보관의 어려움과 폭발성 위험이 높은 고압 저장의 안전 문제, 그리고 저장 장치의 부피 문제로 대형 상선에 적용시 저장 공간 손실이 크다. 또한 현재 생산되는 수소의 대부분이 화석연료 기반의 그레이 수소이며, 그린수소 생산비용이 여전히 높아 경제성 확보까지는 상당한 시간이 필요할 것으로 평가된다.

친환경 연료 전환은 해운 생태계의 다양한 요소에서의 협력이 요구

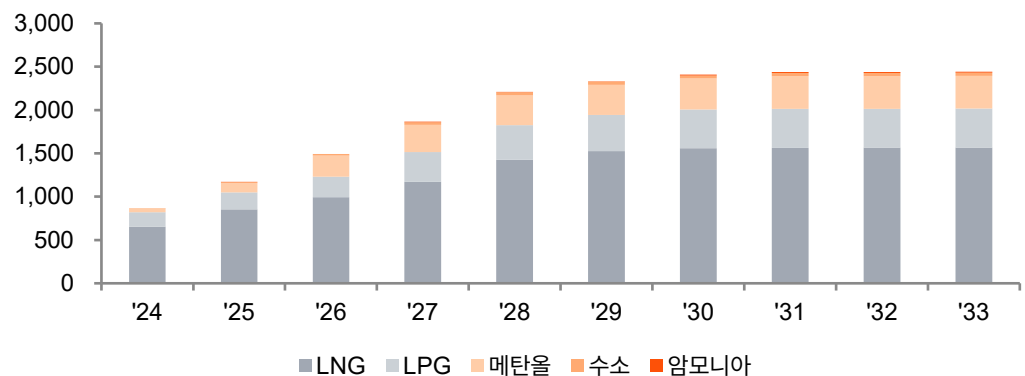
메탄올이 친환경 연료로서 부각이 되었음에도 아직까지 LNG 선박 발주가 대세를 이루고 있다. 2024과 2025년에 이어 2026년 상반기에도 LNG 추진선이 메탄올 추진선 발주를 앞질렀다. 2026년 상반기 기준 LNG 이중연료 추진선은 73척, 메탄올은 2척의 발주가 나왔다. 또한 운항척수 기준 LNG 점유율은 25년 이후 70%를 상회하고 있다. 그 이유는 친환경적 요소 뿐만 아니라 비용과 연료 공급의 용이성 등 편의성 측면에서 LNG가 아직까지 우세하기 때문이다.

차세대 연료로 인식되는 메탄올이나 암모니아의 공급 부족과 가격 불확실성, 벙커링 인프라 미비 등에 대한 우려로 LNG를 장기적 관점에서 활용가능한 연료로 보고 있다고도 해석될 수 있다.

이는 친환경 해운연료 전환에서 연료 자체의 우수성 뿐만 아니라 경제성, 인프라 등이 갖추어져야 하며, 이를 위해 해운 생태계 참여자 전반의 협력과 조화가 요구됨을 시사한다고 할 수 있다.

[도표8]
대체연료의 운항 척수 추이

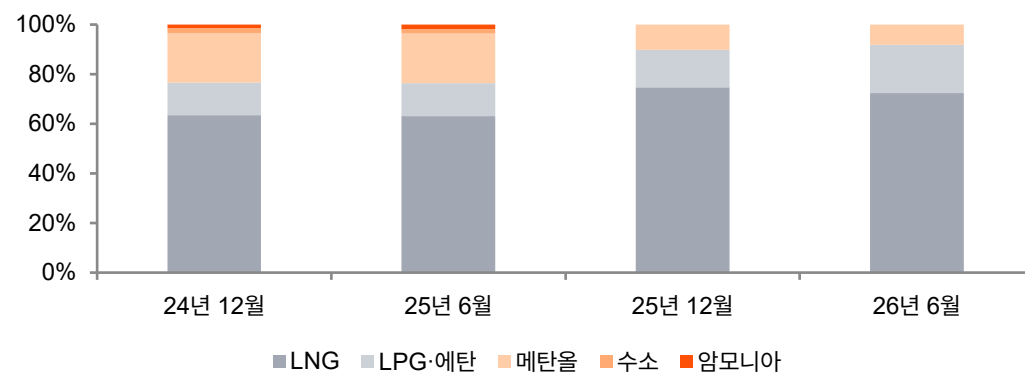
자료: DNV, 한국LNG벙커링 협회



주: 암모니아 추진선은 26년 7월 첫 상업운항 실시. 수소연료전지선박은 소형여객선, 바지선, 특수선 등을 중심으로 운항중이며, 수소엔진선박은 실증검증 단계에 있으나 상업운항 선박은 없음

[도표9]
가스류 대체연료의 운항 척수 비중

자료: DNV, 한국LNG벙커링 협회



3

지속가능 해운 생태계 구축을 위한 방안

해운업의 완전한 탈탄소화는 선사들만의 이슈가 아니다. 이를 달성하기 위해서는 해운생태계 참여자들이 공동의 목표를 위해 동일한 속도로 나아가야 한다. 탈탄소화 과정에서 기업들이 새로운 방식으로 가치를 창출할 수 있는 많은 기회를 열어준다. 본 장에서는 해운업계 생태계 내에서 넷제로 달성을 위한 각 참여자들의 현 실행안과 역할에 대해 논의한다.



3.1 지속가능한 해운 생태계의 구성 요소

해운업의 완전한 탈탄소화는 내연기관차에서 전기차로의 전환과 상당한 공통점을 가지고 있다. 이를 위해서는 **공급업체, 장비 및 인프라업체, 정책 입안자, 금융 기관, 엔지니어, 고객 등 해운 전 생태계가 동일한 목표에 동일한 속도로 나아가야** 한다. 또한 탈탄소화는 기업들이 새로운 방식으로 가치를 창출할 수 있는 많은 기회를 열어준다. 해운산업의 탈탄소로의 재편은 산업구조 전환 속에서 선점 가능한 기회 영역으로 봐야 한다.

(1) 정책: 탈탄소화 가속화

● 탈탄소화를 가속화하는 EU 정책 본격 시행

규제는 이미 해운업의 탈탄소화를 가속화하는 핵심 수단으로 작용하고 있다. EU 집행위원회가 설계한 두 가지 프레임워크인 EU ETS(EU, Emission Trading System, 유럽 탄소배출권 거래시스템)와 FuelEU Maritime이 각각 2024년 1월, 2025년 1월부터 본격 시행되었다.

첫째, **EU ETS**는 해운사들이 EU 및 유럽 경제 지역 항만 내외에서 발생하는 탱크투웨이크(TtW; Tank-to-Wake)⁶⁾ CO₂ 배출량을 충당하는 배출권을 구매하도록 요구하고 있다. 그 비용 부담으로 인해 해운사들은 탈탄소화 추진을 가속화하고 있다.

둘째, **FuelEU Maritime**은 5,000 총톤수(GT) 이상의 선박에 대해 온실가스 집약도 제한을 설정, 2050년까지 80% 감축 목표 달성을 위해 EU ETS 제도를 보완한다.

● NZF(Net Zero Framework): 온실가스 감축을 위한 본격적인 규제 및 인센티브 제도

IMO는 지난 2025년 4월 개최된 MPEC 83 회의에서 온실가스 감축 중기조치에 합의하였다. 합의된 중기조치는 **NZF(Net Zero Framework)**으로 신설되었으며 **글로벌 온실가스 부담금과 글로벌 연료 표준**을 제시하고 있다. 글로벌 온실가스 부담금을 신설하여 징수된 부과금은 업계 넷제로 전환을 위한 혁신, 연구, 인프라, 교육 및 기술 이전을 지원하고 기후 위험 취약 국가 지원에 사용될 계획이다. 이는 글로벌 연료 표준을 설정하여 온실가스 집약도의 점진적인 감축을 요구하고 탄소 무배출 연료 사용을 촉진시키기 위한 목적이다.

6) 탱크투웨이크(TtW; Tank-to-Wake): 선박의 연료 탱크(Tank)에 저장된 연료가 엔진에서 연소되기까지, 즉 선박 운항 과정에서 발생하는 온실가스 배출량만 측정하는 가치 사슬 평가 방식

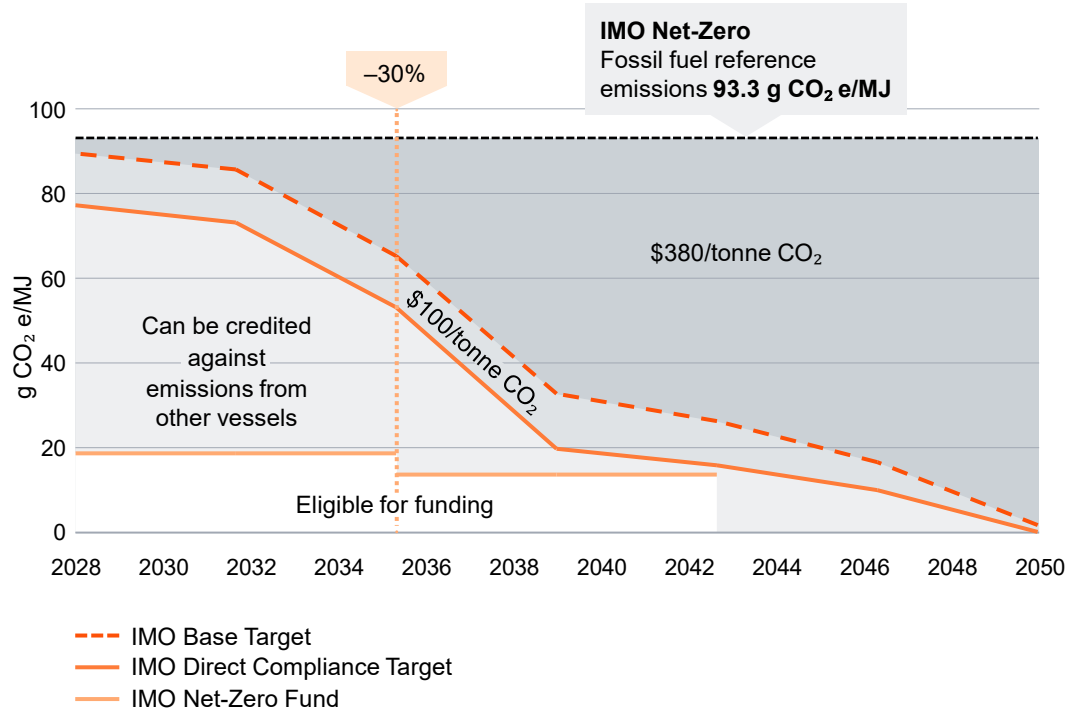
또한 NZF 하에서는 **온실가스 배출량 감축 목표 설정 및 목표에 따른 차등 부과금을 징수**한다. 현재 제안에 따르면 5,000 GT 이상의 국제 선박은 WtW 기준 2040년까지 온실가스 배출량을 65% 감축해야 한다. 이 규제안에는 **기본 목표(Base Target)**와 **강화 목표(Direct Compliance Target)**의 이중 목표를 제시하고 있다. 기본 목표 초과 배출량에 대해 CO₂ 1톤당 약 380달러의 부과금 발생한다. 강화 목표는 보다 엄격한 목표로 기본목표는 달성하였으나 강화목표 미충족분에 대해 톤당 100\$의 추가 비용을 부과한다.

또한, 이 제도 하에서는 친환경 연료로의 조기 전환시 인센티브 제도를 도입할 계획이다. 배출량 감축 목표를 저축하는 제도(Banking Scheme)를 통해 강화 목표(Direct Compliance Target)를 초과하는 배출량 감축분을 이월하거나 다른 선박에 판매할 수 있다. 또한 보상 제도를 통해 2028년부터 2034년까지 이산화탄소 배출량을 19.0g CO₂ e/MJ⁷⁾ 이하, 2035년 이후에는 14.0g CO₂ e/MJ 이하로 줄이는 선박에는 자금 지원이 예상된다.

도표 10에서처럼, IMO는 2035년까지 온실가스 배출량을 30% 감축하고, 2050년까지 거의 "0"에 수렴하는 배출량 달성을 목표로 하고 있다. 이 조치들이 시행될 경우 **전 세계 선박 설계, 운항 방식 및 연료 선택**에 영향을 준다. 나아가 해운 조선사 뿐만 아니라 **엔진 등의 부품업체, 항만 벙커링, 터미널, 에너지 생산업체 등 다양한 이해관계자들에 복합적 영향을 미치게 된다.**

[도표10]
IMO의 NZF에 따른
배출량 감축 목표

자료: PwC Analysis, IMO2025, DNV2025



7) CO₂ e/MJ는 에너지 단위 1 MJ당 발생하는 온실가스 배출량을 g CO₂e로 나타낸 지표로, 연료·연료공정·수송·전력·바이오연료 등에서 '배출 집약도'(탄소 집약도)를 비교할 때 사용됨

참고 2 NZF 목표

개요

- ✓ 2008년 국제 해운의 평균 온실가스 집약도(GFI)인 93.3 g CO₂ eq/MJ를 기준점(Baseline)으로 삼고, 연도별 감축계수를 적용해 목표치를 낮추어 감
- ✓ 기본목표(Base Target): 선박이 국제 항해를 지속하기 위한 최소한으로 준수해야 하는 마지노선
- ✓ 강화 목표(Direct Compliance Target): 선박이 시장에서 친환경 우수 선박으로 인정받고, 추가적인 혜택(크레딧 등)을 얻기 위해 달성해야 하는 높은 수준의 목표

적용방식

- ✓ **기본 목표 상회(고배출 선박)**: 가장 엄격한 패널티. Tier 1 구제금뿐만 아니라 훨씬 비싼 톤당 약 \$380 수준의 Tier 2 구제금까지 합산되어 막대한 재정적 타격 예상
 - ✓ **강화 목표 미충족 & 기본 목표 충족(중간 구간)**: 톤당 약 \$100 수준의 비교적 낮은 Tier 1 구제금(Remedial Units)을 IMO 넷제로 펀드에 납부
 - ✓ **강화 목표 이하 배출(우수 선박)**: 패널티 면제. 다른 선박에 양도·매매하거나 미래를 위해 저축(Banking)할 수 있는 잉여 유닛(Surplus Units) 획득
- Remedial Unit (RU): 개선단위 /보충배출권. 선박이 연간 온실가스 감축 목표를 달성하지 못해 배출량 부족분(Deficit)이 발생했을 때 규제 준수를 위해 구매해야 하는 유닛. 타 선박과 거래 불가하며, 반드시 IMO 넷제로 펀드(Net-Zero Fund)에 돈을 납부하고 새로 발급받아야 함
 - Surplus Unit (SU): 초과단위/ 초과배출권. 강화목표 초과 달성 시 부여되는 유닛 (양도 가능)

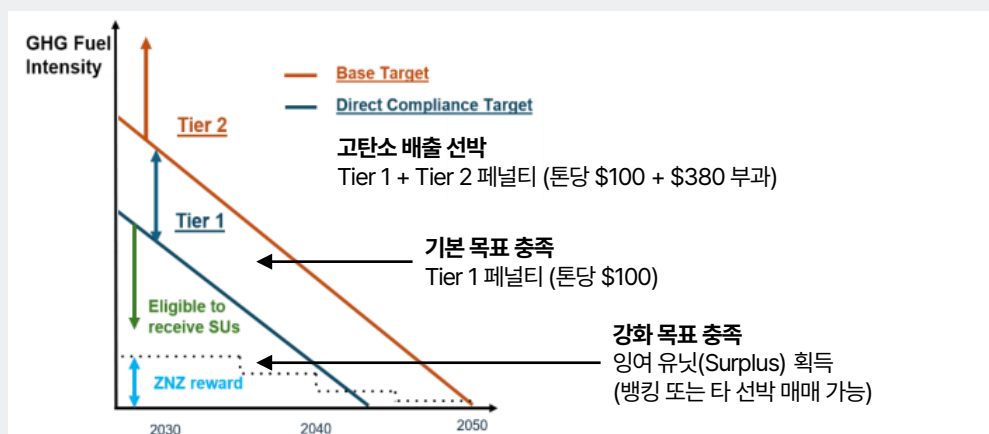
[도표11] IMO의 NZF에 따른 연도별 목표 감축률

자료: IMO, 한국선급,
삼일PwC경영연구원

적용 연도	기본 목표 감축률	강화목표 감축률
2028년(시행)	4% 감축	17% 감축
2030년	8% 감축	21% 감축
2035년	30% 감축	43% 감축
2040년	65% 감축	2036년~추후 결정

[도표12] IMO의 NZF 적용 방식 도식화

자료: IMO, 한국선급,
삼일PwC경영연구원

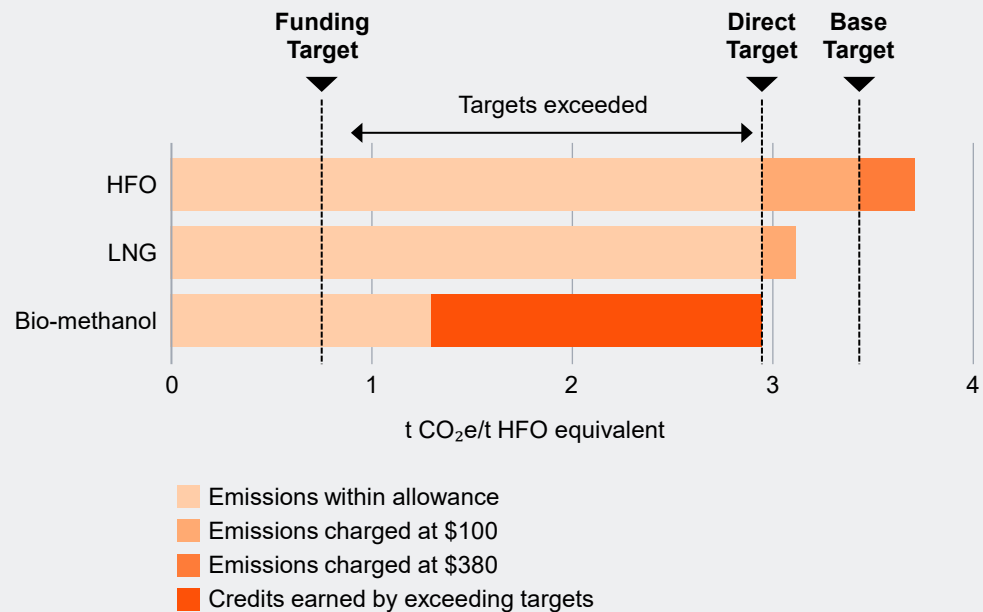


참고 3 IMO 글로벌 연료 표준에 따른 연료별 경제성 비교

- IMO의 글로벌 연료 표준 시행시 **해운 회사의 연료 경제성과 규정 준수 전략에 상당한 영향**을 미침
- HFO, LNG, 바이오 메탄올의 세 가지 연료 옵션 비교시 **메탄올, 높은 경제성 보유**(2030년 온실가스 배출 강도에 따른 비용 비교)
 - **HFO**: 기본 목표와 직접 준수 목표 모두 초과, 연료 톤당 약 154달러의 벌금 부과
 - **LNG**: 기본 목표 충족, 직접 준수 목표 미충족, 톤당 약 12.80달러 벌금 부과
 - **바이오 메탄올**: 두 목표를 모두 충족하여 **NZF 하에 최선의 옵션**. 또한 잉여 감축분에 대한 크레딧 (대체된 중유 톤당 최대 1.6톤의 CO₂e) 생성 가능, 해운사는 이를 저축, 다른 선박으로 이전하여 초저배출 달성에 대한 보상 가능

[도표13]
IMO의 NZF 하에서
연료 표준 준수시
연료별 비용

자료: PwC Analysis,
IMO2025, DNV2025



(2) 인프라: 지속가능한 해운을 위한 항만의 준비

대체 해운 연료로의 전환을 위해서는 적절한 저장 및 벙커링 시스템 등과 같은 항만인프라 구축이 요구된다. 대체연료로 글로벌 선사들의 많은 선택을 받았던 메탄올은 상온 저장이 가능하지만 엄격한 안전 프로토콜이 필요하며, 암모니아는 초저온·부식 방지 장비와 보다 정교한 암모니아 취급 체계를 필요로 한다.

그럼에도 불구하고 적절한 벙커링 인프라 구축 가능성은 높다. 로테르담과 예테보리 등 대형 항만을 포함한 약 120개 항만이 이미 메탄올 벙커링을 제공하고 있으며, 암모니아 벙커링 역시 파일럿 프로젝트를 중심으로 기술개발이 진행되고 있다. 또한 녹색해운항로를 구축하기 위한 50개 이상의 이니셔티브가 추진되고 있어 향후 주요 항로를 중심으로 연료 유형과 항만 인프라, 선박 기술, 항로 전략이 점차 친환경 연료 친화적으로 표준화될 수 있다.

결국 해운사와 항만 운영자가 미래 운영환경에 대해 더 높은 확신을 가질수록, 새로운 기술과 인프라에 대한 투자도 보다 적극적으로 이뤄질 가능성이 높다. 항만 인프라는 연료 전환의 성패를 좌우하는 핵심 기반으로 이해할 필요가 있다.

(3) 금융: 친환경 연료 전환을 위한 자금 조달

선박 및 항만 인프라의 대체연료 전환은 대규모 자본 투입이 요구된다. 이에 따라 금융기관의 역할은 단순 자금 제공을 넘어, 전환 리스크와 감축 신뢰성을 평가하는 핵심 게이트키퍼로 확대되고 있다.

현재 운항되는 상선의 95%는 개조 혹은 교체발주가 요구되며 금융기관은 이부분에서 기회를 찾을 수 있다. DNV에 따르면 대형 컨테이너선을 LNG추진선으로 개조하는 비용이 약 3,500만 달러 수준이며, 메탄올 추진선 전환 비용은 LNG 추진선 개조 비용의 약 1/3 수준이다. 또한 친환경 시설 투자에 대규모자본이 소요되는 만큼, 해운선사와 선주 및 항만운영자들은 우호적인 자금조달 환경을 조성하기 위해 실질적인 배출량 감축 조치, 투명한 보고 및 요구 사항에 부합하는 전환 계획 제공 등을 실시해야 한다. 그 이유는 금융기관이 신뢰할 수 있는 탄소 감축 경로와 투명한 공시 체계 등을 갖춘 선주·운항사를 선호할 가능성이 높기 때문이다.

(4) 기술: 지속가능한 해운 연료 생산 지원

친환경 연료 전환에서의 중요한 한 축으로 선박용 합성 연료 생산 확대를 위해서 에너지 기업은 대기나 바이오가스 플랜트에서 포집된 대규모 '친환경' CO₂ 공급원을 안정적으로 확보해야 한다. 대기 중 CO₂를 합성 연료로 순환시키는 것은 연료가 연소될 때 순 탄소 배출량이 없음을 의미한다.

1.5°C 온난화 경로에 맞춰 개발된 OECM의 2024년 결과에 기반한 시나리오에서 해운 부문에서만 합성 연료를 만드는 데 2050년 기준 연간 평균 1억 3,600만 톤의 CO₂가 필요한 것으로 나타났다. 이는 현재 탄소-포집 시스템에서 생산가능량을 훨씬 초과한다. IEA는 탄소 포집 및 저장(BECCS)⁸⁾을 포함한 바이오 에너지가 연간 약 200만 톤의 CO₂를 수집하는 반면, 직접 공기 포집(DAC)⁹⁾ 시스템은 연간 1만 톤만 수집하는 것으로 추정된다. 따라서 탄소 포집 기술의 상용화 확대는 해운 부문 탈탄소화를 가속화하는 핵심 전제조건이다.

해운업에서의 재생 연료 확장은 상업적, 기술적, 규제 측면의 제약 조건을 극복하는데 달려 있다.

첫째, 상업적 측면에서는 바이오매스의 가용성이 중요하다. 2050년까지 해운 부문은 100 EJ(exajoules; 10¹⁸Joules. 에너지 통계에서 큰 규모의 소비 및 생산량을 비교할 때 단위로 자주 사용됨)의 글로벌 바이오매스 할당량 중 최대 12 EJ 필요하다. 이를 위해서 무엇보다도 화학, 항공, 해운과 같은 경쟁 산업간 바이오매스 자원의 효과적 할당이 바이오 연료 공급에 필수적이다.

둘째, 기술적 측면에서는 재생 가능한 탄소의 가용성은 가장 중요한 과제이다. e-메탄올 및 e-암모니아와 같은 합성 연료를 생산하기 위해 DAC 및 BECCS와 같은 기술을 통해 요구되는 연간 CO₂는 약 1억 3,600만 톤이다. 이러한 기술은 현재 초기 단계로 이 수준의 수요를 충족하기 위해서는 상당한 투자가 필요하다. 도표14는 해운 부문에서 사용할 수 있는 두 가지 재생 연료 경로인 e-연료와 바이오 연료를 각각의 원료 및 중유(중유) 대비 온실가스 감축 효과와 함께 개략적으로 보여준다.

셋째, 규제측면에서는 선박 연료로서의 암모니아 채택에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 암모니아는 탄소 배출이 없는 연소 프로필을 제공하지만, 연소 과정에서 CO₂ 보다 거의 300배 더 강력한 온실가스인 아산화질소(N₂O) 생성하기 때문이다. 암모니아를 연소하면 산성비와 스모그의 원인이 되는 질소산화물(NOx)도 생성되며, 미연소된 고독성 암모니아가 대기로 방출 현상인 암모니아 슬립은 대기 중 황산염·질산염과 반응해 황산암모늄·질산암모늄 형태의 미세먼지를 형성할 수 있다. 또한 암모니아의 부식성 및 독성은 무인 급유 시스템 및 특수 선박 설계와 같은 엄격한 예방 조치를 필요로 할 수 있다.

8) BECCS(Bioenergy with Carbon Capture and Storage, 바이오에너지 탄소 포집 및 저장): 바이오에너지를 생산하는 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 지하에 영구 격리하는 기술. 단순 탄소 배출 감축을 넘어, 대기 중의 탄소를 실질적으로 제거하는 대표적인 부(-)의 배출(Negative Emission) 기술임.

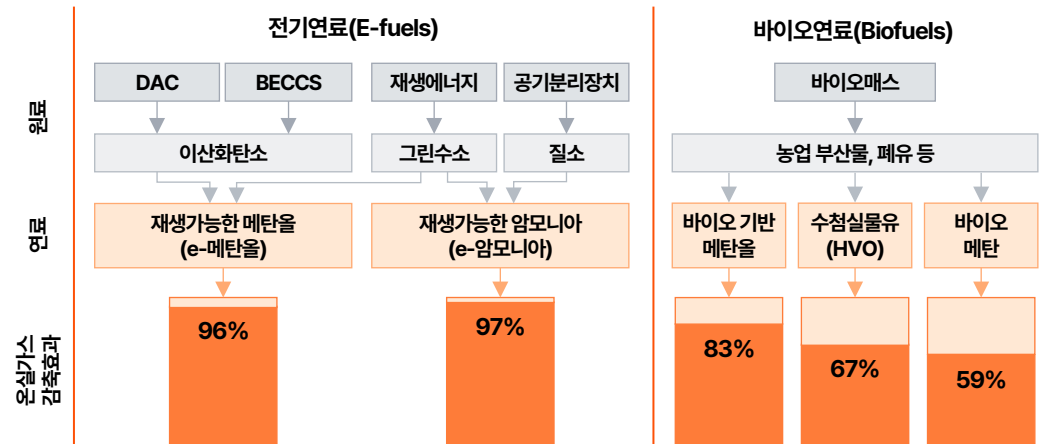
9) 직접 공기 포집(DAC)은 대기 중 희박한 CO₂를 화학적·물리적 매체로 포집한 뒤, 농축·저장 또는 활용하는 탄소 제거 기술

10) EJ: exajoules의 약자로 10¹⁸Joules임. 에너지 통계에서 큰 규모의 소비 및 생산량을 비교할 때 단위로 자주 사용됨

즉, 상업성·기술성·규제 수용성을 모두 충족할 때에만 재생 연료가 완전한 탈탄소화의 핵심 축으로 작동할 수 있다. 현재 시점에서는 단순한 연료 선택보다 **공급망과 생산 기반 구축이 더 중요한 과제로** 볼 수 있다.

[도표14]
해운 부문 재생 연료 경로

자료: UTS 및 PwC 분석, EU 2018, Lloyd Register 2026



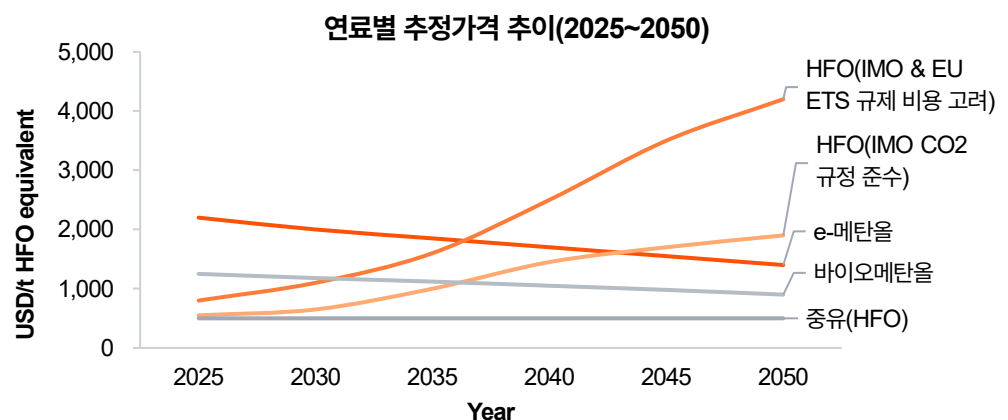
● 재생에너지 가격 하락 및 기술 발전시 2035년 이후 대체연료의 경제성 급격히 개선

재생 에너지가 더 저렴해지고 탄소 포집 및 전기 분해 기술이 예상대로 발전한다면 2050년까지 연료 가격 궤적은 크게 변할 수 있다. 도표 15는 2025년에서 2050년까지 기존 연료, 기존 연료에 탄소배출 규제 비용, 그리고 대체 연료 가격의 예상 추이를 나타낸다. HFO는 IMO 및 EU 규정에 따른 탄소배출 규제 비용 적용시 2035년 이후 기존 연료의 단위당 비용이 급상승하여 경제성이 급격히 저하된다. 반면 바이오 메탄올과 같은 친환경 연료의 가격이 하락하며 경제성이 상대적으로 좋아진다.

FuelEU Maritime 및 IMO의 온실가스 부담금 규제는 기존 연료의 실질 비용을 더욱 높여 대안연료의 경쟁력을 높일 수 있다. 이러한 추정이 현실화된다면 친환경 연료 인프라와 이중연료(Dual-fuel) 선박에 조기에 투자, 운항하는 것이 기존 연료를 지속 사용하는 것보다 유리하다.

[도표16]
기존 연료 선박과 이중 연료 선박의 총비용 차이

자료: ShipUniverse 2025, DNV 2025, Maritime LNG Report 2025, Lloyd's Register



주: CO₂ 가격은 IMO의 넷제로 프레임워크 목표에 기반한 온실가스 집약도로 계산됨

3.2 규제 대응을 위한 해운사의 투자 방향

규제 대응 및 탈탄소 측면에서 이중 연료 선박 투자가 중장기적으로 유리

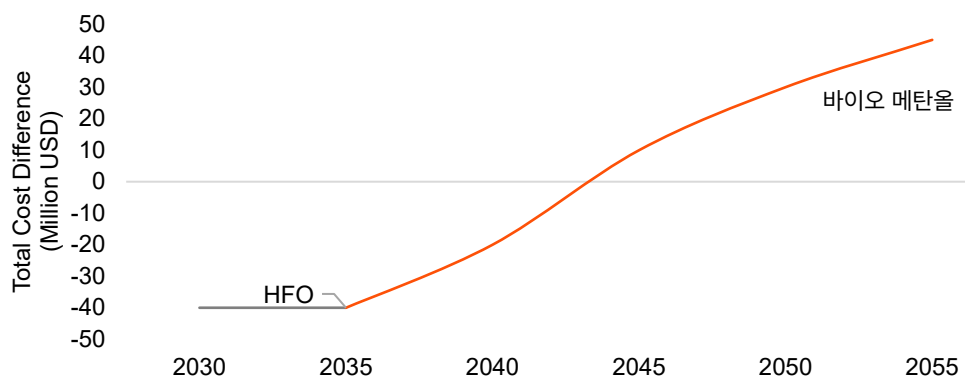
IMO 및 EU의 탄소배출 규제 대응에서 선사들은 이중 연료 선박 투자가 중장기적으로 유리한 것으로 나타난다. 선박 투자의 경제성 평가 보면, 2028년 IMO 규제 본격 시행을 가정할 경우(HFO 사용시 CO₂ 할증료 적용), 중장기적으로 이중연료 선박이 더 경제적이며, 환경 친화적이다. 도표16을 보면, 2044년까지 기존 연료 전용 선박의 총비용이 이중 연료 선박 대비 총비용이 낮아 초기 투자 비용 관점에서 이중연료 선박이 불리하다. 그러나 그 이후로는 이중연료 선박의 경제성이 급격히 개선되는 점을 볼 수 있다.

해당 분석은 우선 선사들은 기존연료 사용에 따른 비용이 더 낮을 경우 기존 연료 사용하며 IMO 규제가 계획대로 시행된다는 가정하에서 실시되었다. 분석 결과 IMO 규정 시행 후 HFO에 할증료가 적용되게 되면 2035년부터는 HFO와 바이오 메탄올의 가격이 같아지게 될 것이다. 그러나 선박의 라이프사이클 기간에 발생하는 총비용(TCO)측면에서는 여전히 HFO가 바이오 메탄올보다 낮으며, 할증료 도입 14년 후인 2044년 이후부터 HFO 사용시 총비용이 바이오 메탄올 연료 사용 대비 높아지게 되는 것으로 추정된다.

이는 지금의 투자 결정은 향후 발생할 잠재적 변화를 고려하여 이루어져야 한다는 것을 시사한다. 글로벌 조선소 수주 잔량은 수주 CAPA에 거의 가득 찼으며, 발주에서 인도까지 리드 타임은 최대 5년이 걸릴 수 있어 연료 유연성을 보유하는 것 자체가 경쟁 우위가 될 수 있다. 이중연료 선박 발주가 증가하는 현상은 단순한 명분보다는 실질적 경제적 인센티브에 의해 주도되며 저탄소 전환은 점차 경제적 합리성 문제로 이동하고 있다.

[도표16]
기존 연료 선박과 이중 연료
선박의 총비용 차이

자료: Lloyd's Register Group
Limited 2026, PwC 분석

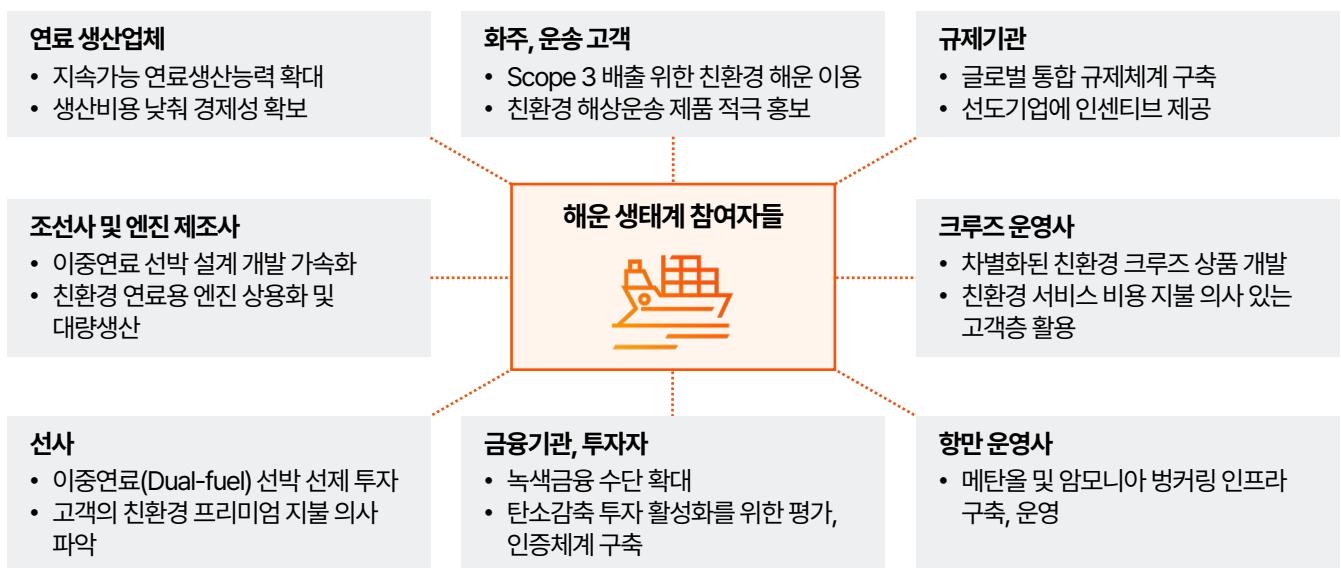


주: 상기 분석의 가정은 가동률 75%, 가중평균자본비용(WACC) 9%, 선박 수명 25년, 자본 지출 \$22,600만(일반 연료)/\$26,000만(이중 연료)로 이중 연료 선박에 대해 15% 프리미엄 적용

3.3 해운 생태계 참여자의 역할

규제 강화와 기술 발전으로 인해 해상 운송 생태계 전반에서 탈탄소화를 비즈니스 기회로 연결시켜 실질적 가치 창출이 발생하고 있다. 업계의 넷제로(Net-Zero) 목표를 달성하기 위해서 생태계 참여자 모두의 협력이 필요하다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이, 넷제로 달성을 위해 각 주체는 고유의 중요한 역할과 구체적 조치들이 있다.

[도표17] 해상운송 생태계내 참여자들의 역할



● 해운 생태계 참여자들이 취해야 할 행동

지속가능한 해운으로의 전환을 위해서는 생태계 모든 주체가 각자의 역량을 발휘해야 한다.

- ① **해운사**: 상선 운항 수명 고려한 중장기적 관점에서 대체 연료 선박 교체 투자 필요
 - 연료 가용성, 기술적 성숙도, 벙커링 인프라를 고려하여 대체 연료 선택
 - 금융 인센티브를 활용하여 투자 격차 해소
 - 제품 가격 책정과 투명한 비용 소통을 통해 지속가능한 해운을 수요 견인차 역할로 전환
- ② **연료 생산자**: 안정적이고 비용 경쟁력 고려한 지속가능한 연료 생산 능력 대규모 구축
- ③ **조선사와 엔진 OEM**: 이중연료 선박 설계 가속화 및 대체 연료용 엔진 솔루션 확장
- ④ **항만 운영사**: 메탄올과 암모니아의 안전한 벙커링 인프라 구축, 재생 연료 저장 용량 확대
- ⑤ **자본 제공자**: 신뢰할 수 있는 배출량 감축 전략과 연계된 친환경 금융 상품 확대
- ⑥ **규제 당국**: 선도 기업을 위한 의미 있는 인센티브와 함께 예측 가능한 규제 제시
- ⑦ **수요자/사용자**: 소매업체와 소비자 브랜드 등 해운 운송 고객이 지속가능한 해운을 사용하여 Scope 3 감축 가속화
- ⑧ **여객선 운영사**: 지속가능 연료 사용 '친환경 크루즈' 상품을 통해 차별화 실시

4

시사점 및 전략적 제언



4.1 시사점

친환경 선박 연료 투자는 경제적 측면에서도 합리적 선택

지속가능한 해운을 위한 친환경 연료 전환은 친환경이라는 당위성 뿐만 아니라 경제성 측면에서도 점차 유리한 선택으로 여겨질 것으로 예상된다. 소비자에게 전가되는 비용적 부담은 미미하며 기존연료에 부과되는 패널티를 고려하면 친환경 연료 사용한 해상운송이 유리한 것으로 나타났기 때문이다. **규제 강화 및 저탄소 기술 발전과 성숙도가 강화됨에 따라, 친환경 해운은 환경적 필요성 뿐만 아니라 경제적으로도 합리적 선택이 될 수 있다.**

친환경 해운은 운항의 효율화에서 시작하여 대체연료로의 전환으로 완성할 수 있으며 현실적인 제약조건 등을 감안할 때 **단일 방법이 아닌 다양한 방법을 합리적으로 활용**해야 한다. 특히 궁극적으로는 무탄소 배출 연료로의 전환이 이상적인 방안이지만 수익-비용 측면, 기술적 문제, 인프라 측면에서는 해결해야 할 과제가 존재한다.

해운생태계 참여자의 협력 체계 필요

탄소 배출 저감 및 친환경 운항을 위해 친환경 연료 선박 발주에서 그치는 것이 아닌 **해운 생태계 전반의 협력이 필요하다.** 이를 달성하기 위해서는 연료별 단점을 보완하기 위한 기술적 발전, 벙커링의 용이성 확대, 에너지 기업의 친환경 연료 공급 확대를 통한 연료비의 경제성 확보, 선박투자를 위한 금융적 인센티브, 이를 뒷받침할 정부의 지원 등이 맞물려 돌아가야 한다.

덧붙이면, 물류에서 친환경적 요소가 결국 최종 소비자의 수요를 견인할 수 있는 역할을 하도록 비용, 제품 등을 구조적, 체계적으로 변화시켜 친환경 운송을 가능케 하는 업계전반의 시스템을 구축하는 것이 중요한 요소가 될 것으로 판단된다.

해운 산업의 경쟁력 이동

향후 해운산업의 경쟁 우위는 단순히 친환경 선박을 얼마나 많이 확보하느냐 보다 어떤 연료를 선택하고, 이를 얼마나 안정적으로 조달할 수 있느냐에 의해 좌우될 가능성이 높다. 규제 대응을 위한 LNG 기반 전환과 메탄올·암모니아 등 차세대 연료 투자를 병행하는 한편, 연료 생산·조달·벙커링을 포함한 공급망 경쟁력을 확보하는 기업이 향후 시장을 선도할 것으로 예상된다.

4.2 전략적 제언: 친환경 해운 전환을 위한 전략

지속가능한 해상운송을 위한 국내 해운선사들 대응 방안을 다음과 같이 제시한다

① 규제 대응을 위해 연료 수급, 경제성을 고려한 친환경 선박 및 기술 투자 확대:

규제대응과 넷제로 달성을 위해서는 친환경 선박 신조 발주가 근본적인 대안이다. 다만 경제성과 연료 수급, bunker 등을 고려한 연료 선택 및 신조 발주가 이루어져야 한다.

② bunker 인프라 투자 확대: 메탄올, 암모니아 등은 높은 연료단가와 상대적인 연료 공급 부족에 앞서 bunker 인프라 또한 기존연료 및 LNG 대비 부족하다. 친환경 연료의 bunker 인프라 확대를 위한 투자 확대도 연료 수급을 위한 방법 중 하나이다. 머스크 선사는 메탄올 선박 발주와 함께 bunker 용이성을 위해 항만 인프라에 직접 투자 해오고 있다.

③ 친환경 연료 기술 확보를 위한 기술 개발 및 투자: 탄소 포집 기술 개발, 친환경 연료의 문제점을 보완하는 기술 개발 및 관련 기술 보유 회사의 투자 등도 고려할 수 있다.

④ 연료 공급망 선점 및 원활한 에너지 수급을 위한 전략적 제휴 확대: 바이오 연료, 메탄올, 암모니아는 유기성 폐기물, 그린 수소 및 재생가능한 이산화탄소 등을 이용한 연료 생산이 필요하나 수요에 비해 공급이 제한적이다. 더욱이 지속가능연료 사용 의무 확대 차원에서 항공업계 등 타 산업과 경쟁을 해야 하는 상황임을 고려하면 공급망 확보는 연료 확보에서 유리한 위치를 차지할 수 있다. 따라서 에너지 회사와의 협력 및 투자 등을 통해 원료 수급에 선제적으로 나서야 할 것이다.

⑤ 포트폴리오적 관점에서 탈탄소 및 탄소 배출 규제 대응: 친환경 선박 발주 확대가 중장기적 추구해야 하는 방향이다. 그러나 단기적 규제 대응과 노선/선종별 수익성을 감안하면 연료효율화와 선박 투자 등을 병행하는 복수의 전략을 구사해야 한다. 즉 저속 운항 및 운항 최적화를 통해 대응하고, 연료효율성을 제고하여 연료 사용량 감축하며, 중장기적으로는 저탄소 및 무탄소 연료 선박 도입에 복합적으로 투자하는 전략이 그것이다. 또한 LNG, 메탄올 혹은 암모니아 중에서 특정 연료 집중보다는 복수의 연료를 유연하게 적용시킬 수 있도록 포트폴리오 관점에서 접근해야 할 것이다. (Appendix1, 2의 글로벌/ 국내 주요 선사들의 친환경 해운 전환 및 환경 규제 대응 방안 참조)

[도표18]
지속가능한해운을 위한
전략적 제언

자료: 삼일PwC경영연구원



연료 수급, 항로 및 경제성을 고려한 친환경 선박 및 기술 투자 확대



병커링 인프라 투자 확대

- 연료의 원활한 공급을 위해 인프라 직접 투자



친환경 연료 기술 투자

- 연료 생산을 위한 원료 조달 및 타 산업과의 연료 경쟁에 대비한 선제적 투자



원활한 에너지 및 연료 원료 수급을 위한 공급망 확보

- 에너지 기업과의 협업



포트폴리오적 관점에서 탈탄소 및 규제 대응으로 접근

- 운항 효율화, 연료 절감, 친환경 선박 발주, 연료 선택 측면에서 복합적인 접근 필요

[Appendix 1] 글로벌 선사들의 친환경 해운 전환 및 환경 규제 대응 방안

IMO Net-Zero Framework, EU ETS, FuelEU Maritime 대응 과정에서 글로벌 선사들은 단순히 친환경 선박을 발주하는 수준을 넘어 ① 연료 확보 → ② 선박 확보 → ③ 벙커링 인프라 → ④ 에너지 기업 투자 → ⑤ 녹색해운 항로 확보 → ⑥ 탄소시장 대응까지 밸류체인 전반에 걸쳐 투자하고 있음. 특히 향후 경쟁의 핵심은 선박 공급능력 못지 않은 친환경 연료 공급망 확보가 중요하다는 점에서 이 분야에도 힘쓰고 있음

[도표19] 글로벌 상위 선사들의 친환경해운 전환을 위한 대응

국가	MSC	A.P. Moller - Maersk	CMA CGM	Hapag-Lloyd	COSCO Shipping
주요 대응 연료	LNG, 바이오 연료, 메탄올 가능성	- 메탄올 시장 선도 - 그린 메탄올, 바이오 메탄올, e-메탄올	LNG, 바이오메탄, e-메탄, 메탄올	LNG, 바이오 연료, 그린 메탄올	메탄올, LNG, 바이오 연료
선박 투자	- 대형 LNG 이중연료 컨테이너선 확보 'Ammonia-Ready' 및 'Methanol-Ready' 옵션 계약으로 향후 개조	메탄올 이중연료 컨테이너선 대규모 발주. 2,000TEU급 피더선부터 16,000 ~ 17,000TEU급 대형선까지 확대	- LNG 이중연료 컨테이너선 대규모 운항. 메탄올 이중연료선도 발주 확대 - LNG/메탄올 다변화	23,500TEU급 LNG 이중연료선 발주. - 기존선 LNG 개조	24,000TEU급 메탄올 - 이중연료선 등 - 초대형선 발주
연료 조달·장기계약	Shell, Total Energies 등 글로벌 에너지기업과 LNG-바이오 연료 공급 협력	European Energy, Ørsted, CIMC ENRIC, Goldwind, WasteFuel 등과 그린메탄올 공급 협력	TotalEnergies, Engie 등과 LNG-바이오메탄 ·e-메탄 공급 협력	- Goldwind와 그린메탄올 장기 공급계약 체결 - 바이오연료 공급망 확대	중국 내 그린메탄올 생산·공급망과 연계 추진
벙커링·인프라 투자	주요 허브항에서 LNG 벙커링 활용	싱가포르, 로테르담, 중국 등 주요 항만에서 메탄올 벙커링 체계 구축 추진	- LNG 벙커링 네트워크 활용 - 프랑스 정부 및 에너지 기업(TotalEnergies, Engie)과 함께 프랑스 주요 항만의 친환경 벙커링 인프라 구축	유럽·아시아 주요 항만에서 LNG-메탄올 벙커링 접근성 확보 추진	중국 국영 에너지 기업(Sinopec, PetroChina)과 협력하여 중국 주요 항만(상하이, 닝보-저우산) 내 그린 메탄올 생산 및 벙커링 망 구축
기타 기술·운항 투자	에너지기업과 장기 파트너십 중심. 직접 지분투자보다는 대규모 조달력 활용	A.P. Moller 그룹 차원의 C2X(메탄올 생산 자회사) 등 그린메탄올-그린수소 기반 연료사업 참여	약 15억 달러 규모 에너지 전환 펀드 조성. Engie와 합성메탄 프로젝트 협력	- 연료 생산기업과 장기 오프테이크 계약 중심 - IoT 스마트 컨테이너 기술 도입, AI 기반 최적 항로 운항 시스템 구축하여 연료 소비 절감(12~15%)에 집중 투자	- 중국 에너지기업, 항만기업, 조선소와 - 국가 주도형 협력
전략적 의미	바이오 연료 블렌딩 운항, 선대 효율화, 대형선 중심 연료효율 개선	- ECO Delivery 상품, 고객과 저탄소 운송 프리미엄 계약 - 육상-해상-항공을 잇는 '종합 물류 기업 전환, 화주들에게 Scope 3 탄소 감축 리포팅 서비스 제공	저탄소 운송상품, 항만-터미널 에너지 효율 개선	Ship Green 상품 출시, 바이오 연료 기반 저탄소 운송 제공	스마트선박, 항만 전기화, 육상전원 활용

자료: 언론 종합, 각사, 삼일PwC경영연구원

[Appendix 2] 국내 선사들의 친환경 해운 전환 및 환경 규제 대응 방안

국내 선사들은 LNG와 메탄올을 중심으로 이중연료 선박 발주 및 메탄올, LNG Ready 선박 등 LNG 메탄올 중심으로 친환경 연료를 선택하고 있으며 운항 효율화를 위한 투자도 병행하여 실시하고 있음.

또한 친환경 연료의 원활한 번거링을 위한 투자는 주로 번거링 파트너십, 에너지 기업과의 장기구매 계약 등을 통해서 연료를 확보하고 있으며, 해외 메이저 선사들처럼 자회사를 통한 에너지 기업의 지분 투자나 자회사 운영, 기후 펀드를 활용한 투자와 같이 적극적이고 직접적인 방안을 취하지는 않고 있음.

[도표20] 국내 주요 선사들의 친환경해운 전환을 위한 대응

국가	HMM	팬오션	현대글로벌비스
주요 대응 전략	2045년 넷제로(Net-Zero) 조기 달성 선언	- 친환경 선박 발주 확대 - 친환경 연료 수송 선사로 영역 확대(벌크선사 → 벌크+LNG 선사)	친환경 연료 다양성 확대: LNG 추진선 및 메탄올/암모니아 Ready 선박 발주
친환경 선박 및 연료 투자	LNG와 메탄올 투트랙 전략. LNG 및 메탄올 이중연료 추진 컨테이너선 대거 발주(13000TEU 급 LNG이중연료 추진선 12척, 3.5조 원 규모로 발주), '23년 메탄올 추진 컨테이너선 9척 발주	LNG 및 바이오 연료 중심의 단계적 탈탄소 전략 암모니아 Ready 선대 확충: 암모니아 추진 시스템 전환 가능한 VLCC 발주, 2030년까지 VLCC 총 19척으로 확대 계획	대형 LNG 이중연료(Dual-Fuel) PCTC 발주: 10,800CEU(자동차적재 단위)급 세계 최대 규모 LNG 이중연료 추진 PCTC를 포함 다수의 친환경 PCTC 대거 신조 발주 대체 연료 확장성 확보: 향후 암모니아나 메탄올로 개조(Retrofit) 가능한 암모니아 Ready / 메탄올 Ready 선박 발주
인프라 투자	- 국내 번거링 생태계 협력: 울산항만공사, 부산항만공사, GS칼텍스 등과 메탄올 및 바이오선박유 번거링 활성화를 위한 MOU 체결 및 실증 운항 - 글로벌 5대 거점 항만 파트너십 구축: 싱가포르, 상하이, 로테르담, 앤티워프, 사바나 등 아시아-유럽-미주 핵심 항만 당국 및 현지 에너지 기업들과 메탄올 공급망 구축 MOU	한국가스공사 및 해외 에너지 기업의 LNG/LPG 장기 수송 계약으로 번거링 서비스 확대	암모니아/수소 운반 사업 진출: 청정 암모니아/수소 해상 운송 공급망 생태계 구축을 위해 대형 암모니아 운반선(VLAC)을 확보하는 등 사업 다각화 추진 국내 동남권 LNG 공급망 구축: 국내 외 에너지 기업과 번거링 인프라 구축 및 네트워크 선점 - Shell 파트너십을 통해 글로벌 번거링 네트워크 확보
기타 기술 운항 투자	- 기존 선박 운항 효율 극대화: 풍력 보조 추진 장치(WAPS / 로터 세일) 도입 AI 기반 자율운항 솔루션(40척 적용) 계약 등을 통해 연료 소모량 감축에 병행 투자	연료 효율 개선: 선체 마찰을 줄이는 특수 도료 적용, AI 기반 최적 항로 운항 시스템을 적극 도입하여 기존 선대의 CII(선박탄소배출효율지수) 등급 관리에 집중 대체연료 전방위 공동 연구: 포스코, HD한국조선해양 등과 상생 협약을 맺고 LNG, 암모니아, 수소, 메탄올 등 차세대 대체연료를 통한 선박 온실가스 70% 감축 실증 연구를 수행 중	- 항만 체류 최소화 STS(ship To Ship) 기술 확보: 선박 간(STS, Ship-to-Ship) LNG 번거링과 자동차 하역 작업 동시 수행으로 항만 운영 효율성 입증 - 선체 저항 저감 및 고효율 엔진 설비 투자: 공기 윤활 시스템(ALS, Air Lubrication System). High Pressure SCR(선택적 촉매 환원 장치): 질소산화물(NOx) 획기적 감축

자료: 언론 종합, 각사, 삼일PwC경영연구원

[Appendix 3] 글로벌, 지역 및 국가별 탈탄소 규제 비교

글로벌하게 지역/국가별 환경규제가 강화됨에 따라 점차 2개 이상 복수의 규제 적용을 받을 수 있어, 환경 규제 강화에 맞춘 친환경 운항 필요. 일관된 규제 대응을 위한 녹색 해운 항로 편입으로 공동 대응도 방안이 될 수 있을 것임. 향후 선사들의 경쟁력은 선복량 및 화물 운송량, 재무 지표 뿐만 아니라 친환경 연료 확보 및 안정적 화물 운송도 중요한 잣대가 될 것으로 예상됨.

[도표21] 글로벌, 지역 및 국가별 환경 규제의 주요 내용 및 특징 비교

구분	규제명	적용 대상	주요 내용	주요 특징	해운업계 대응
IMO	Net-Zero Framework	총톤수 5,000GT 이상 국제항해 선박	- 연도별 GFI(GHG Fuel Intensity) 목표 설정, 미달 시 RU(Remediation Unit) 구매, 초과 달성 시 SU(Surplus Unit) 거래 가능 - CO₂뿐 아니라 CH₄, N₂O 포함 Well-to-Wake 방식 적용. 2050 Net-Zero 목표 2027년 발효 예정, 2028년 데이터 수집 시작(본격 시행시기는 26년도에 재 논의)	- 배출량 모니터링·보고 중심. 향후 ETS 확대 가능 - EU와 유사한 방향이나 독자 제도 운영. 향후 EU ETS와 병행 부담 가능성	연료전환, 에너지절감장치, 운항최적화, CII 등급관리, 대체연료 선박 투자 필요
	EEXI / CII	기존선 및 국제항해 선박	- EEXI는 설계효율 규제, CII는 운항효율 규제(A~E 등급). 에너지 효율 중심 규제 2023년 시행		
EU	FuelEU Maritime	EU 항만 기항 선박	- 선박 연료의 GHG Intensity 감축 의무. 목표 초과 배출 시 톤당 2,400유로 벌금 부과. LNG-저탄소연료 사용 유도 2025년 본격 적용	- 배출권거래제 + 연료 온실가스 집약도 규제 + 배출량 보고 - IMO보다 지역 적용 범위는 좁지만 비용부담은 더 직접적이고 큼 - 실제 비용 영향은 IMO보다 강할 수 있음	- EU 기항 선박의 탄소비용 예산화 - 용선계약 내 비용전가 조항 - 저탄소연료 사용
	EU ETS (배출권거래제)	EU 항만 입출항 선박	- 배출량에 대해 ETS 구매 의무. EU-EU 항차 100%, EU-비EU 항차 50% 적용 2024년 단계적 & 2026년 100% 적용		
	Fit for 55	해운·항공·산업 전반	2050 탄소중립 달성을 위한 패키지 - 탄소국경조정제도(CBAM). EU ETS, FuelEU Maritime 포함 2050년까지 선박 온실가스 80% 감축 목표를 실현하기 위한 입법 패키지 - 단계적 시행 중		
미국	캘리포니아·뉴저지 규제	주내 항만 및 선박	항만 배출규제, 저배출 선박 요구, 독자적 환경규제 추진. 연방보다 강한 기조. 시행 중	- 현재 연방 단일 해운 탄소규제는 제한적 - 주정부·항만 단위로 규제 - 정치 상황에 따라 규제 강도 변동성 큼	- 미국 기항 노선은 주별 항만 규정 모니터링 - 캘리포니아 항만 환경규제 대응 필요
영국	UK MRV	영국 기항 선박	브렉시트 이후 EU MRV와 분리 운영. 독자 배출 모니터링 체계. 시행 중	- 배출량 모니터링·보고 중심. 향후 ETS 확대 가능 - EU와 유사한 방향이나 독자 제도 운영. 향후 EU ETS와 병행 부담 가능성	- 영국 기항 선박은 UK MRV 별도 보고체계 준비, - 향후 UK ETS 비용 반영
	UK ETS (검토 중)	해운부문	해운부문 ETS 편입 검토. 정부 컨설팅 진행 중. 2026년 이후 논의 본격화		
중국	중국 ETS	발전부문 중심	현재 해운은 미포함. 장기적으로 ETS 대상 확대 검토. 일부 항만 단위 온실가스 감축 프로그램 운영. 단계적 확대 예정	- 탄소 배출 총량 및 강도 이중 통제, 탄소 집약도 감축 목표 구체화 - 탄소 배출권 거래시장 전면 개편규제 대상 확대 - 해운 탄소 감축 의무화 및중국형 MRV 시스템 구축	중국 항만 친환경 정책, 육상전력, 항만 배출관리 대비

자료: 언론 종합, EU, IMO

[Appendix 4] 주요 선박 연료 비교

선박 연료로 사용되는 전통적 연료는 중유(HFO; Heavy Fuel Oil)로, 주로 선박 내연기관·보일러·발전용으로 쓰이며 점도에 따라 A중유, B중유, C중유로 구분되며, 보통 선박용으로 쓰이는 C중유를 벙커 C유로 불림. 선박용 보조 발전기에는 경유가 함께 사용됨. 선박 대체 연료로는 LNG, 메탄올, 암모니아, 수소 등이 부각되고 있음.

[도표22] 주요 선박 연료 특징

구분		연료	내용
기존 연료	중유	HSFO (High Sulphur Fuel Oil)	- 간단히 HFO라고도 하며, 고유황유로 벙커C유를 통칭 - 발열량이 높고 가격이 저렴해 대형 상업 선박의 주 연료로 사용 - 가장 많이 사용되는 유종으로 공해상을 항해 시 사용 - 황산화물(SOx)의 주범으로 황함유량 3.5%
		LSFO (Low Sulphur Fuel Oil)	- LFO라고도 하며, HSFO 대비 황함유량 낮음 - 입항 국가의 해양 대기오염 방지 등을 위해 근해에서 사용 - HSFO 성능에 황함유량은 0.5% 수준
	경유	MGO (Marine Gas Oil)	경유를 선박 엔진용으로 개질한 것으로 엔진의 초기 가동 시 또는 입항국의 영해 또는 정박 중에 사용. 황함유량은 0.5%
		LSMGO (Low Sulphur Marine Gas Oil)	- MGO보다 황 함유량이 낮은 연료로 황 함유량 0.1% - 특정 국가 항구에서 정박 중 사용
대체 연료		LPG (Liquefied Petroleum Gas)	- 주성분은 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10}) - 자동차 연료, 소형 가스버너 연료 등으로 사용
		LNG (Liquefied Natural Gas)	- 주성분은 메탄(CH_4) - 가정용 도시가스, 시내버스(압축천연가스, CNG) 등에 사용
		메탄올	- 상온에서 액상으로 존재하여 엔진 내 연료 공급이 쉬움 - 핵심원료, 생산 공정에 따라 일반 메탄올, 바이오 메탄올, e-메탄올 등으로 나뉨 - 바이오 메탄올의 경우, 교토의정서에서 채택된 이산화탄소 흡수원 상계 제도에 따라 무탄소 연료로 분류
		암모니아	- 보관이 쉽고, 기존 인프라가 풍부하여 조기 실용화 기대 - 부식성, 독성, 강한 냄새를 가짐
		수소	- 탄소 발생이 없고 연료전지 내연기관 등 다양한 추진방식으로 활용 가능 - 저장 및 운송조건이 까다로움: 고압 또는 극저온(영하 $253^{\circ}C$)으로 저장 - 안전 및 경제성 측면에서의 상용화 과제 존재

자료: 언론자료, 한국 선급, 산업은행

Business Contacts

Assurance

이 승 훈 파트너

sung-hun.lee@pwc.com

원 치 형 파트너

chihyung.won@pwc.com

허 재 진 파트너

jae-jin.hur@pwc.com

최 기 혁 파트너

gi-hyuk.choi@pwc.com

유 상 훈 파트너

sang-hoon_1.you@pwc.com

Deals

최 창 대 파트너

chang-dae.choi@pwc.com

박 치 홍 파트너

chihong.park@pwc.com

Tax

허 윤 제 파트너

yun-je.heo@pwc.com

Public

유 옥 동 파트너

ok-dong.yu@pwc.com

Consulting

최 재 열 파트너

jaeyoul.choi@pwc.com

신 호 승 파트너

ho-seung.shin@pwc.com

Author Contacts

삼일PwC 경영연구원

이 희 정 수석연구위원

heuijung.lee@pwc.com

삼일PwC 경영연구원

최 재 영 경영연구원장

jaeyoung.j.choi@pwc.com



삼일회계법인

삼일회계법인의 간행물은 일반적인 정보제공 및 지식전달을 위하여 제작된 것으로, 구체적인 회계이슈나 세무이슈 등에 대한 삼일회계법인의 의견이 아님을 유념하여 주시기 바랍니다. 본 간행물의 정보를 이용하여 문제가 발생하는 경우 삼일회계법인은 어떠한 법적 책임도 지지 아니하며, 본 간행물의 정보와 관련하여 의사결정이 필요한 경우에는, 반드시 삼일회계법인 전문가의 자문 또는 조언을 받으시기 바랍니다.

S/N: 2608W-RP-106

© 2026 Samil PwC. All rights reserved. PwC refers to the Korea group of member firms and may sometimes refer to the PwC network. Each member firm is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.