



대한민국 해운의 탈탄소 경쟁력을 위한 녹색선박연료 보조금 정책 제언



대한민국 해운의 탈탄소 경쟁력을 위한 녹색선박연료 보조금 정책 제언

발간월	2026년 10월
저자	원해민 기후솔루션 염정훈 기후솔루션
도움주신 분	이주석 한국해양대학교
디자인	sometype

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

목차

1. 연구 배경	5
국제해운 온실가스 감축 정책	5
전세계 대체연료 추진 선박 현황	6
국내 지원정책의 현황과 한계	7
대한민국 대체연료 선박 현황	8
정부의 비화석연료 지원이 필요한 이유	9
본 연구의 목적	9
2. 연구방법	11
선박 및 연료비용 산정 기준	11
연료비 시나리오	12
환경규제비용	13
3. 화석연료와 비화석연료 선박 비용 비교	15
총비용 중 연료비 비중	15
비연료 항목 비용 비교	16
연료비 비교	17
환경규제비용	18
규제반영 비용격차	19
4. 녹색연료 보조금 정책 제언	22
연료 보조금 설계안	22
5. 비용 격차를 줄이기 위한 또 다른 제도 도입 필요성	27
6. 정책적 시사점과 결론	29
정책적 시사점	29
결론	30
부록	31

요약

국제해운 탈탄소 규제가 강화되면서 선박연료 선택은 단순한 연료비 문제가 아니라 환경규제비용을 포함한 총비용 문제로 전환되고 있다. EU의 Fuel Maritime과 IMO Net-Zero Framework는 선박연료의 전주기 온실가스 배출강도를 기준으로 화석연료 사용 비용을 점진적으로 높이는 방향으로 작동한다. 이에 따라 선사들은 향후 기존 화석연료의 연료비뿐만 아니라 규제비용까지 함께 고려해야 한다.

본 연구는 8,000TEU급 컨테이너선을 기준 선박으로 설정하고 중유, 저유황유, LNG, 바이오디젤, 블루암모니아, 바이오메탄올, e-암모니아, e-메탄올의 연료비용과 환경규제비용을 비교하였다. 분석 결과, 선박 총비용에서 연료비가 차지하는 비중은 평균 약 49%로 나타났으며, 화석연료는 평균 39%, 녹색 및 과도기 연료는 평균 55%로 전반적으로 녹색 및 과도기 연료 추진선의 연료비의 비중이 높았다. 이는 녹색연료 전환의 비용 장벽이 선박 건조비보다 실제 운항 단계에서 반복적으로 발생하는 연료비에 있음을 보여준다.

환경규제비용을 반영하더라도 초기 전환기에는 녹색연료와 화석연료 간 비용 격차가 상당하다. 2030년 기준, e-암모니아와 e-메탄올은 중유 대비 여전히 높은 연료비 부담을 보이며, 항차당 수십만 달러의 추가 비용이 발생할 수 있다. 따라서 규제 강화만으로는 선사의 자발적인 녹색연료 전환을 단기적으로 충분히 유도하기 어렵다.

이에 한국 항만에서 녹색연료를 벙커링하고 실제 운항에 사용한 선사를 대상으로 화석연료 대비 녹색연료의 비용격차의 일부를 보전하는 녹색 해운연료 보조금 제도를 제안하고자 한다. 보조금은 단순한 비용 지원이 아니라, 초기 녹색연료 사용 기반을 조성하고, 한국 항만의 벙커링 트랙 레코드를 축적하며, 연료 공급자와 항만사업자의 인프라 투자를 유도하는 정책적 마중물로 기능할 수 있다. 보조금 제도를 통해 한국 선사의 국제규제 대응을 지원하고, 연안해운의 온실가스 감축과 국가 NDC 이행에 기여하며, 한국 항만이 녹색연료 벙커링 거점으로 성장하기 위한 초기 정책 수단이 될 것으로 기대된다.

1. 연구 배경

국제해운 온실가스 감축 정책

해운은 전 세계 교역을 떠받치는 핵심 산업으로 특히 우리나라와 같이 수출입 의존도가 높은 국가의 경제활동을 유지하는 데 필수적인 산업 중 하나이다. 그만큼 대규모 에너지를 필요로 하며, 이러한 에너지 수요는 대부분 중유, 저유, 황유, LNG 등 화석연료에 의존하고 있다. 기후변화로 인한 부정적 외부효과를 줄이는 것이 전 세계적 과제가 되면서, 해운 부문 역시 화석연료 의존을 줄이고 온실가스 배출을 줄여야 하는 주요 산업으로서 주목받고 있다.

국제해사기구(IMO)는 2023 IMO 선박 온실가스 감축 전략을 채택하면서 2050년경 국제해운의 온실가스를 넷제로에 도달하겠다는 목표를 제시하였다. 단기적으로는 2030년까지 국제해운에서 사용되는 에너지 중 온실가스 배출량이 0 또는 0에 가까운 ZNZ(zero and near-zero) 연료 비율을 최소 5%, 가능하면 10%까지 확대한다는 목표를 포함하였다. 이는 국제해운의 탈탄소화가 더 이상 장기적 선언에 머무는 것이 아니라, 해상에서 화물을 옮기며 항해하고 있는 선박의 기존연료를 ZNZ 연료로 전환하기를 요구하는 단계로 나아가고 있음을 보여준다. 이러한 목표를 달성하기 위해 IMO는 연료의 온실가스 배출집약도 기준과 가격부과 메커니즘을 포함한 중기조치로서 Net-Zero Framework(NZF)를 논의하고 있으며, 해당 제도의 최종 채택 여부와 세부 이행 방식은 2026년 12월 재개될 MEPC 특별회의에서 논의될 예정이다.

IMO가 전세계 선박을 대상으로 탈탄소화 방향을 제시했다면, 유럽연합은 이미 역내 규제를 통해 해운 부문 탈탄소화를 제도화하였다. 유럽연합은 2024년부터 해운 부문을 EU ETS에 포함해 EU/EEA 항만에 기항하는 선박의 온실가스 배출에 비용을 부과하기 시작했으며, 2025년부터는 FuelEU Maritime을 시행해 선박 사용 에너지의 연간 평균 온실가스 집약도 기준을 적용하여 페널티를 부과하고 있다. FuelEU Maritime은 2020년 기준 대비 선박 연료의 온실가스 집약도를 2025년 2% 감축하는 것에서 시작해, 2050년에는 80%까지 감축하는 것을 목표로 한다.

이러한 국제규제는 선사가 선박을 발주할 때 고려해야 하는 기준을 바꾸고 있다. 과거에는 선박 발주와 연료 선택 과정에서 연료가격, 공급 안정성, 엔진 호환성, 운항 효율 등이 주된 판단 기준이었다. 그러나 앞으로는 온실가스 배출로 인한 환경규제 비용이 추가된다. 온실가스 배출강도가 높은 화석연료 추진 선박을 발주할 경우, 선사는 향후 연료비 뿐만 아니라 배출량에 따른 추가 규제 비용까지 부담해야 한다. 반대로 ZNZ 연료 추진 선박 발주 시 장기적으로 규제 비용을 줄일 수 있다. 즉, 국제해운 규제 강화는 선박 발주 단계에서부터 어떤 연료를 사용해야 하는지, 장기적으로 규제비용 발생 여부를 함께 고려하게 한다.

대한민국 선사에게도 규제로 인한 실질적인 비용 부담이 발생하기 시작했다. 이미 시행중인 EU ETS만 고려해도 국내 선사별로 연간 수백억 원의 배출권 비용이 발생할 것으로 추정되며¹, FuelEU Maritime으로 부과되는 벌금을 함께 추산하면 유럽 기항 대한민국 국적 선박이 부담해야 하는 탄소 비용은 연간 수천억 원으로 추산되었다.² 총톤수

¹ Yang Beom-soo, 'Shipping costs soar as EU emissions trading system pressures South Korean companies', 『ChosunBiz』

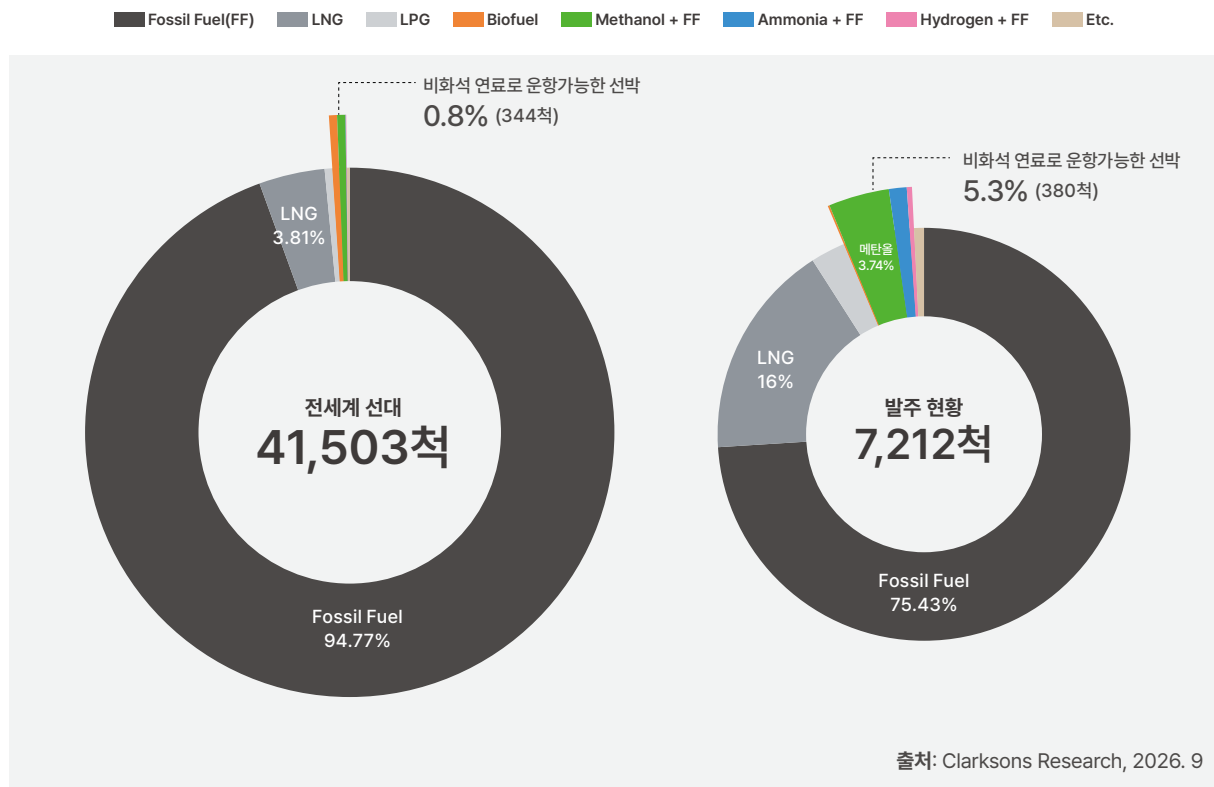
² 강인선, '[단독] HMM 2100억·팬오션 1750억...탄소세 폭탄에 해운업계 날벼락', 『매일경제』

5,000톤 이상의 국제항해 선박을 대상으로 하는 IMO NZF가 도입될 경우에도 마찬가지로, 한국 선사에게 연간 수 천억 원의 벌금이 부과되기 시작하며 해가 지날수록 가파르게 상승해, 국내선사가 규제에 따로 대응하지 않는다면 2035년 페널티 비용이 약 10조원에 이를 것으로 추정된다.³ 따라서 선사 입장에서는 앞으로 단순히 “어떤 연료가 가장 저렴한가”가 아니라, “연료가격과 환경규제 비용을 합쳤을 때 어떤 연료가 가장 합리적인가”를 판단하게 된다.

전세계 대체연료 추진 선박 현황

이러한 규제에 대응하기 위해 일부 글로벌 선사들은 메탄올, 암모니아 등 대체 연료를 사용할 수 있는 선박을 발주하거나 운항하기 시작했다. 그러나 선대 전환은 아직 초기 단계에 머물러 있다. 2026년 9월 Clarksons Research 자료에 따르면, 전세계 5,000GT이상 선박 41,503척 중 실제로 운항 시 메탄올, 암모니아, 수소, 바이오연료를 활용하여 운항이 가능한 선박은 344척으로 0.8%에 불과하다. 또한 이러한 비화석연료 추진 가능 선박은 실제로 운항할 때 필요한 연료를 100% 비화석연료로 사용하지 않는다. 오더북의 발주 선박 중 비화석연료를 함께 추진하는 선박 비율은 5.3%를 차지한다. 이는 국제 해운에서 연료 전환의 필요성에 대한 공감대가 형성되고 있음에도, 실제 선박 전환 속도는 여전히 더디다는 점을 보여준다.

[그림 1] 5,000GT 이상 연료별 현존선 및 발주선(Clarksons Research, 2026. 9)



3 기후솔루션, 「해운 탈탄소, 멈춘 게 아니다: 규제 유예 속 한국 해운의 선택」

현재 선대에서 화석연료 추진 선박이 압도적인 비중을 차지하는 이유는 ZNZ 연료 공급망과 벙커링 인프라가 아직 충분히 구축되지 않았기 때문이기도 하지만, 무엇보다 단기적 관점에서 ZNZ 선박의 도입과 운영이 경제적으로 불리하기 때문이다.⁴ 이러한 문제의식은 여러 국제기관과 민간 이니셔티브 분석에서도 공통적으로 확인되며 이를 지원하기 위한 정책이 필요하다고 강조한다.

따라서 해운 탈탄소 정책의 초점은 단순히 ZNZ 선박 발주를 유도하는데 그치지 않고, 실제 운항 단계에서 발생하는 연료 가격 차이를 완화하는 데까지 확장될 필요가 있다. 특히 초기 시장 형성 단계에서는 연료가격 차이의 일부를 보전하는 보조금이 선사의 비용 부담을 낮추고, 연료 공급자와 항만에 안정적인 수요 신호를 제공하는 정책수단으로 기능할 수 있다.

국내 지원정책의 현황과 한계

국내에서도 이러한 글로벌 탈탄소 규제에 대응하여 국적 선사들의 경쟁력을 확보하고 국내 선사 및 국가온실가스 감축목표(NDC) 이행을 위해 다각적 정책이 추진되고 있다. 산업통상부와 해양수산부는 2020년 12월 '2030 한국형 친환경선박(Greenship-K) 추진전략 - 제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획('21~'30)'(이하 기본계획)을 통해 2030년까지 선박 온실가스 감축의 기반을 조성하고 온실가스 저감 기술개발 및 보급 확대를 중점으로 추진하겠다는 계획을 발표하였다. 특히 수소, 암모니아 등 ZNZ 연료 공급 인프라 중장기 구축계획 수립과 2030년까지 총 528척(공공부문 보유 선박 388척, 민간 부문 선박 140척)을 친환경선박 전환을 위한 목표를 세웠다. 이러한 목표를 달성하기 위해 '내·외항선 친환경선박 건조 보조금 지원' 사업과 같이 친환경선박을 건조하는데 직접적으로 재정을 지원하고 있다.⁵ 또한 건조보조금 외에도 최근 몇 년간 대한민국에서는 화석연료 선박과 친환경선박 간 비용 격차를 줄이기 위한 다양한 지원정책이 시행되어오고 있다. 주요 정책은 친환경선박 건조비 지원, 금융지원, 세제지원, 항만 사용료 감면 등으로 구성되어 있으며, 대부분 선박 도입 단계의 자본비용 또는 항만 이용 비용을 낮추는 데 초점을 두고 있다.

하지만 현재 친환경선박 정책은 해양오염저감기술과 선박에너지효율기술을 탑재한 화석연료, 즉 중유 및 LNG 추진 선박을 포함한다.⁶ 따라서 현재 정부의 친환경선박 지원제도들은 친환경선박 도입과 해당 선박들의 항만 이용 부담을 낮추는 데 기여할 수 있으나, 온실가스 감축에 기여하는 바는 매우 한정적이다. 또한 친환경선박 전환으로 인한 자본적지출의 일부를 보전하는데 집중되어 있어, 25-30년에 달하는 선박 생애주기 동안 발생하는 운영비용에 대한 지원은 매우 제한적이다.

⁴ GCMD, BCG, 'Advancing Maritime Decarbonization: Insights from the GCMD-BCG Global Maritime Decarbonization Survey (2nd edition)',

⁵ 해양수산부, 친환경선박보급시행계획

⁶ 해양수산부, '해수부, 올해 친환경 선박 81척 보급에 2223억 원 투입'

대한민국 대체연료 선박 현황

해양수산부의 「2025년 친환경선박 보급시행계획」에 따르면, 2021년부터 2024년까지 국내 총 199척(공공선박 118척, 민간선박 81척)의 선박이 친환경선박으로 건조 또는 개조되었다. 보급시행계획 내 세부추진사업을 연료별로 분류한 결과 약 90%(중유 36.3%, LNG 및 하이브리드 52.6%)가 화석연료로 추진·병행해야 하는 선박인 것으로 확인되어 친환경선박으로 건조 또는 개조된 선박 중 메탄올·암모니아·수소로의 전환은 매우 제한적임을 확인하였다.⁷ 하지만 '내·외항선 친환경선박 건조 보조금' 사업으로 건조된 친환경 선박 중 메탄올 선박의 비율은 비교적 높은 것을 확인할 수 있다.⁸ 또한 2022~2025년 산업통상부의 「친환경선박 개발시행계획」에 따르면 수소·암모니아·전기 선박을 위한 관련 기술개발에 정부지원이 진행되어 왔으므로, 향후 해당 선박 보급이 확대될 것으로 기대된다.

[표 1] 한국 정부의 연도별 친환경선박 건조 지원 사업 실적

외항선			내항선 ⁹		
연도	총 발주 척수	연료별 내역	연도	총 발주 척수	연료별 내역
2022	21척	「친환경 고효율선박 확보 지원사업」 (‘18~’22년간 총 55척)	2021	3척	전기추진 2척 하이브리드 1척
2023	12척	메탄올 5척 LNG 7척	2022	5척	전기추진 2척 하이브리드 2척 LNG추진 1척
2024	15척	메탄올 9척 LNG 6척	2023	6척	전기추진 1척 하이브리드 5척
2025	12척 (계획)	-	2024~ 2025	8척	전기추진 2척 하이브리드 2척 LNG추진 2척 메탄올추진 2척 (내항화물운송)

Clarksons Research 자료에 따르면, 현재 운항중인 대한민국 선사 보유 선박 중 화석연료 추진을 제외한 선박은 바이오연료 추진 선박 4척과 메탄올 이중연료 추진 선박 10척으로 확인된다. 친환경선박 개발·보급 정책을 통해 수소 및 암모니아 추진 선박에 대한 기술개발과 메탄올 선박 보급이 시행되고 있으므로 향후 대한민국 선사가 보유한 비화석연료 선박은 점차 늘어날 것으로 예상된다.

7 기술표준, 한국 해운 탈탄소화, 정부는 어떻게 투자하고 있는가

8 「친환경선박 개발·보급시행계획」과 Clarkson 자료.

9 해양수산부, 한국해양교통안전공단, 2025년 친환경선박 보급지원사업 및 인증제도 설명회

정부의 비화석연료 지원이 필요한 이유

대한민국 정부는 해운 부문의 연료 전환과 탈탄소화를 촉진하기 위해 친환경선박 보급을 위한 정책을 시행 중이지만, 운항 과정에서 발생하는 선사의 부담, 즉 연료비에 대한 지원은 부재한 상태이다. 건조비 뿐만 아니라 연료비에 대한 지원이 필요한 이유는 아래와 같다.

첫째, 기후변화로 인해 온실가스 배출에 대한 책임을 비용으로 부과하는 국제규제가 논의되고 있거나 이미 시행단계에 있음에도, 전환 초기인 현재로서는 기존 화석연료와 비화석연료의 비용차이가 너무 크기 때문에 규제와 페널티만으로는 선사의 연료 전환을 충분히 유도하기 어렵다. 따라서 정부는 규제 대응 지원과 온실가스 감축을 동시에 달성하기 위해 선사가 비화석연료 사용으로 인한 비용 부담을 완화하는 정책을 마련할 필요가 있다.

둘째, 해운 부문의 탈탄소 전환은 개별 선사의 노력만으로 이루어지기 어렵기 때문이다. 연료 전환은 선박 발주, 연료 공급, 항만 벙커링 인프라 구축이 동시에 확대되어야 가능한 구조이다. 선사는 안정적인 연료 공급이 확인되지 않으면 비화석연료 추진 선박 발주를 주저하고, 연료 공급자는 충분한 수요가 확인되지 않으면 생산 및 공급 투자를 확대하기 어렵다. 항만 역시 벙커링 수요가 불확실한 상황에서는 저장탱크, 공급설비, 안전관리 체계 구축에 선제적으로 투자하기 어렵다. 이처럼 초기 시장 형성 단계에서는 다양한 이해관계자가 서로의 투자를 기다리는 구조가 발생한다. 따라서 정부는 비화석연료 사용에 대한 초기 수요를 창출하고 이를 결집함으로써, 시장 참여자들에게 명확한 정책 신호와 투자 신호를 제공할 필요가 있다.

셋째, ZNZ 연료 지원은 대한민국의 해운·항만·조선 경쟁력을 강화하는 기회가 될 수 있다. 대한민국은 조선, 해운, 항만 인프라를 함께 보유한 국가로서 'ZNZ 선박 건조 및 보급과 ZNZ 연료 벙커링 구축을 통한 보급'을 연계한 선순환 전략을 추진할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 공공부문 선박을 포함한 국내 연안선박부터 ZNZ 연료 사용을 단계적으로 유도할 경우, 국제 운항 선박 뿐만 아니라 국내 항만 내 안정적인 초기 벙커링 수요를 형성할 수 있다. 이는 국내 ZNZ 연료 벙커링 및 관련 기자재 시장을 활성화하고, 연료공급자와 항만이 관련 인프라에 투자할 수 있는 기반을 마련하는데 기여할 수 있다.

ZNZ 연료 벙커링 시장이 활성화된다면, 대한민국 선사의 국제규제 대응을 지원하는 동시에 대한민국 항만의 친환경 벙커링 경쟁력을 높일 수 있다. 나아가 강화되는 국제 환경규제를 새로운 항만 경쟁력 확보의 기회로 활용함으로써, 대한민국 항만이 ZNZ 연료 벙커링 허브로 자리 잡는 데에도 기여할 수 있다. 따라서 정부가 장기적인 관점에서 규제 대응, 기후 대응, 산업 경쟁력 강화를 함께 고려하여 ZNZ 연료에 대한 정책 신호를 제공하는 것은 해운 탈탄소 전환을 앞당기는 동시에 국가 경쟁력을 강화하는 중요한 정책 과제라고 볼 수 있다.

본 연구의 목적

본 연구는 해운 부문의 ZNZ 연료 전환 과정에서 발생하는 연료 비용 격차를 분석하고, 이를 완화하기 위한 정책 수단으로 ZNZ 연료 보조금 제도의 필요성과 설계 방향을 검토하는 데 목적이 있다. 메탄올, 암모니아 등 ZNZ 연료 추진선의 건조와 운항을 위한 기술적 기반은 마련되었지만, 실제로 운항과정에서 반복적으로 발생하는 높은 연료비 부담

이 해소되지 않으면 ZNZ 연료 사용 확대는 제한적일 수밖에 없다. 따라서 실제 연료 사용 단계에서 발생하는 비용 차이를 완화하는 정책수단이 필요하다.

이에 본 연구는 화석연료 선박의 연료 비용과 환경규제비용, 그리고 ZNZ 연료 선박의 연료비용을 비교하여 연료 전환에 따른 비용 격차를 추정한다. 또한 이 비용 격차를 줄이기 위한 정책 수단으로 보조금 산정 방식, 지원 대상, 지원 절차 등을 포함한 ZNZ 연료 보조금 제도안을 제시하고자 한다.

궁극적으로 본 연구는 ZNZ 연료 보조금이 단순한 선사 비용 지원이 아니라, 초기 ZNZ 연료를 선택한 선사를 지원하고 수요를 창출하여 연료 공급자와 항만의 인프라 투자를 유도하고자 한다. 이는 대한민국 선사의 국제규제 대응과 국내 항만의 ZNZ 연료 벙커링 경쟁력 강화를 동시에 지원하는 전환정책 수단이 될 것으로 기대한다.

보조금의 정책적 필요성

시장경제에서 가격은 일반적으로 상품이나 서비스의 생산비용과 소비자가 얻는 편익을 반영한다. 그러나 모든 비용이 시장가격에 반영되는 것은 아니다. 어떤 경제활동이 제3자나 사회 전체에 피해를 주지만 그 피해 비용이 가격에 반영되지 않는 경우, 사회적으로는 과도한 소비와 생산이 발생할 수 있다. 이를 경제학에서는 부정적 외부효과라고 한다.

기후변화는 대표적인 부정적 외부효과이다. 화석연료를 사용하는 기업이나 소비자는 연료 구매비용을 지불하지만, 그 연료 사용으로 발생하는 온실가스가 기후변화를 악화시키고 사회 전체에 초래하는 비용을 충분히 부담하지 않는다. 그 결과 화석연료는 기후변화로 인해 발생한 사회적 비용이 반영되지 않은 낮은 가격으로 사용되고, 온실가스 배출이 많은 경제활동이 시장에서 과도하게 유지되는 문제가 발생한다.

이러한 부정적 외부효과에 대응하는 대표적인 정책수단이 규제와 페널티이다. 온실가스 배출에 비용을 부과하면 기업은 배출을 줄이거나, 저탄소 기술과 연료를 도입할 유인을 갖게 된다. 그러나 규제와 페널티만으로는 초기 전환이 어렵기 때문에 부정적 외부효과를 보다 빠르게 줄이기 위해서는 보조금이 보완적 정책 수단이 될 수 있다.

수송 분야 관련 보조금

다른 수송 분야에는 탄소배출을 줄이는 연료로 인해 운항에 필요한 추가적인 비용을 보조하는 정책을 이미 운영해 오고 있다.

1. 항공 분야

- 「항공사업법」 제65조(항공사업자 재정 지원)를 근거로 항공사업자의 소요 자금 일부 보조 및 융자 가능
- SAF 추가비용에 따른 항공업계 경영부담 완화를 위해 국내에서 출발하는 모든 국제선 항공편에 2027년부터 항공사에 직접 보조금 형태로 지원하는 방안 검토 예정¹⁰

2. 도로 분야

- 수소전기버스 대상 수소 충전금액 일부 보조를 위한 연료보조금 지급

¹⁰ 산업통상부 “국내 출발 항공편, 2027년부터 지속가능항공유(SAF)로 날아오른다” (2025.09.19.)

2. 연구방법

본 연구는 해운 부문의 ZNZ 연료 전환에 따른 비용 격차를 분석하고, 이를 완화하기 위한 정책 수단으로 연료보조금 제도의 설계 방향을 제시하기 위해 문헌검토, 정책분석, 비용 시나리오 분석을 병행하였다. 비용 분석은 머스크 맥키니 뮐러 탄소제로 해운센터(Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping(이하 MMMCZCS))의 총 소유 비용(Total Cost of Ownership(이하 TCO)) 모델을 기본 틀로 활용하였다. MMMCZCS는 해운산업의 넷제로 전환을 촉진하기 위해 설립된 독립 비영리 연구개발기관으로, 협력 연구와 기술·정책·비즈니스 모델 개발을 통해 해운 탈탄소화를 지원하고 있다. 해당 TCO 모델은 선박 유형, 엔진 구성, 연료 종류, 에너지효율 등 주요 변수를 조정하여 2050년까지 선박의 연료비용, 자본비용 및 운영비용을 비교할 수 있도록 개발된 기술경제성 분석 도구이다. 본 연구에서는 이 모델의 선박 운항 가정과 연료비 산정 구조를 참고하되, 연구 목적에 맞게 화석연료 선박의 연료비용과 비화석연료 선박의 연료비용을 비교하는 방식으로 비용 격차를 확인하였다.

선박 및 연료비용 산정 기준

선박의 비용 분석을 위한 기준 선박은 MMMCZCS TCO 모델의 8,000TEU 급 컨테이너선으로 설정하였다. 컨테이너선은 빠른 속도로 운항되어 연료 소비가 큰 선종이라는 점에서 다른 선종에 비해 연료비가 선박 운영비에서 중요한 비중을 차지한다. 무엇보다도 현재 운항하는 비화석연료 추진 선박 중 가장 큰 비중을 차지하는 선종이므로 연료 보조금 정책이 시행될 경우 정책의 수혜 대상이 될 가능성이 가장 높다. 또한 부산항은 전세계 7위의 컨테이너 허브항이므로 국제 컨테이너 항로와 연계된 비화석연료 벙커링 시장을 형성하고 보조금 정책 효과를 검토하는데 적절하다고 판단하였다.

기준 선박 조건

- **선박 유형 및 규모:** 8,000 TEU급 컨테이너선박
- **선령:** 25년
- **평균 속도:** 18노트
- **메인엔진 효율:** 51%
- **연간 항해 일수:** 연 240일
- **연간 항해 거리:** 103,680NM 항해
- **메인엔진 연료 소비량:** 791,830.6 GJ/year

MMMCZCS TCO 모델은 선박의 총비용을 크게 자본비용, 선박 및 설비 비용, 운영비용, 연료비용으로 구분한다. 연료비는 메인엔진 연료비, 파일럿 연료비, 보조엔진 연료비, 보일러 연료비로 구성된다. 메인엔진 연료는 장거리 운항 선박의 연료 소비에서 가장 큰 비중을 차지하며, 연료 전환에 따른 비용 격차를 보여주는 항목이다. 반면 파일럿 연료, 보조엔진, 보일러 연료비는 선박별 설비 구성, 운항 패턴, 항만 체류시간 등에 따라 달라질 수 있으므로, 본 연구에서는 TCO 모델의 전체 비용 항목 중 연료 전환의 핵심 비용 효과를 단순하고 일관되게 비교하기 위해 분석 범위를 메인엔진 연료비로 한정하였다.

총 선박비용 구분		내용
기존	자본적지출 (CAPEX)	• Cost of Capital: Cost of debt, cost of equity • Base vessel cost: 선체, 일반설비, 기본 가격 • Maie engine: 메인엔진 시스템 비용 • Auxiliary Systems/Engine: 보조기관 및 관련 연료 공급 시스템 비용 • Tank • Fuel supply system • Yard installation
	운영비용 (OPEX)	• Voyage cost (Port charges) • Ancillary opex • Maintenance • Fuel: Fuel Main Engine, Fuel Auxiliary Unit, Fuel boiler

연료비 시나리오

선박연료는 톤당 가격, 발열량, 에너지밀도가 다르기 때문에 톤당 가격만으로는 연료 간 비용 차이를 정확히 비교하기 어렵다. 따라서 위 기존 선박의 연간 에너지 투입량을 기준으로 각 연료의 단위 에너지당 가격, 즉 USD/GJ을 적용하여 연간 연료비용을 산정하였다. 단위 에너지당 연료 가격 또한 모델에 적용된 수치를 그대로 적용하였으며, 해당 수치는 부록에서 확인이 가능하다. 비교 대상 연료는 중유, 저유황유, LNG, 바이오디젤, 블루암모니아, 바이오메탄올, e-암모니아, e-메탄올을 선정하여 비교하였으며 다음과 같이 구분하였다.

화석연료	과도기연료 (비화석연료)	녹색연료 (비화석연료)
중유(HFO), 저유황유(LSFO), LNG	바이오디젤, 블루암모니아, 바이오메탄올	e-암모니아, e-메탄올

다만 이 구분은 본 연구의 분석상 편의를 위한 것이다. 바이오디젤과 바이오메탄올은 원료와 생산방식, 지속가능성 인증 여부에 따라 전주기 온실가스 감축 효과가 달라질 수 있으며, 블루 암모니아 역시 탄소포집률과 Upstream 배출량에 따라 저탄소 효과가 달라질 수 있다.

MMMCZCS TCO 모델에서는 중유 연료비가 별도로 산정되지 않아, 본 연구에서는 2025년 3월 기준 싱가포르, 로테르담, 휴스턴 항만에서의 저유황유 대비 중유 평균 가격 비율(0.88)을 적용하여 추정하였다.¹¹⁾

¹¹⁾ OPIS, Global Marine Fuels Report (March 27 2025)

환경규제비용

화석연료 선박이 향후 부담할 수 있는 환경규제비용을 산정하기 위해 현재까지 논의된 IMO NZF와 이미 시행중인 FuelEU Maritime을 분석 대상으로 설정하였다. EU ETS의 경우 선박의 배출량에 배출권 시장가격을 적용하는 제도이므로 배출권 가격 변동에 따라 비용이 달라진다. 본 연구에서는 연료의 WtW(Well to Wake) 온실가스 집약도를 기준으로 페널티를 산정해보고자 하였으므로 IMO NZF와 FuelEU Maritime만을 고려하였다. IMO NZF는 향후 협상 과정에서 변경될 가능성이 있지만, 본 연구에서는 MEPC 83에서 승인된 IMO NZF 초안을 기준으로 분석하였다. 온실가스 연료집약도(GHG Fuel Intensity, GFI(gCO₂eq/MJ)) 기준 미달에 따른 부과금 체계를 기준으로 비용을 산정하였고, NZF에 포함된 IMO Fund를 통한 ZNZ 연료에 대한 재정적 인센티브는 산정에서 제외하였다.

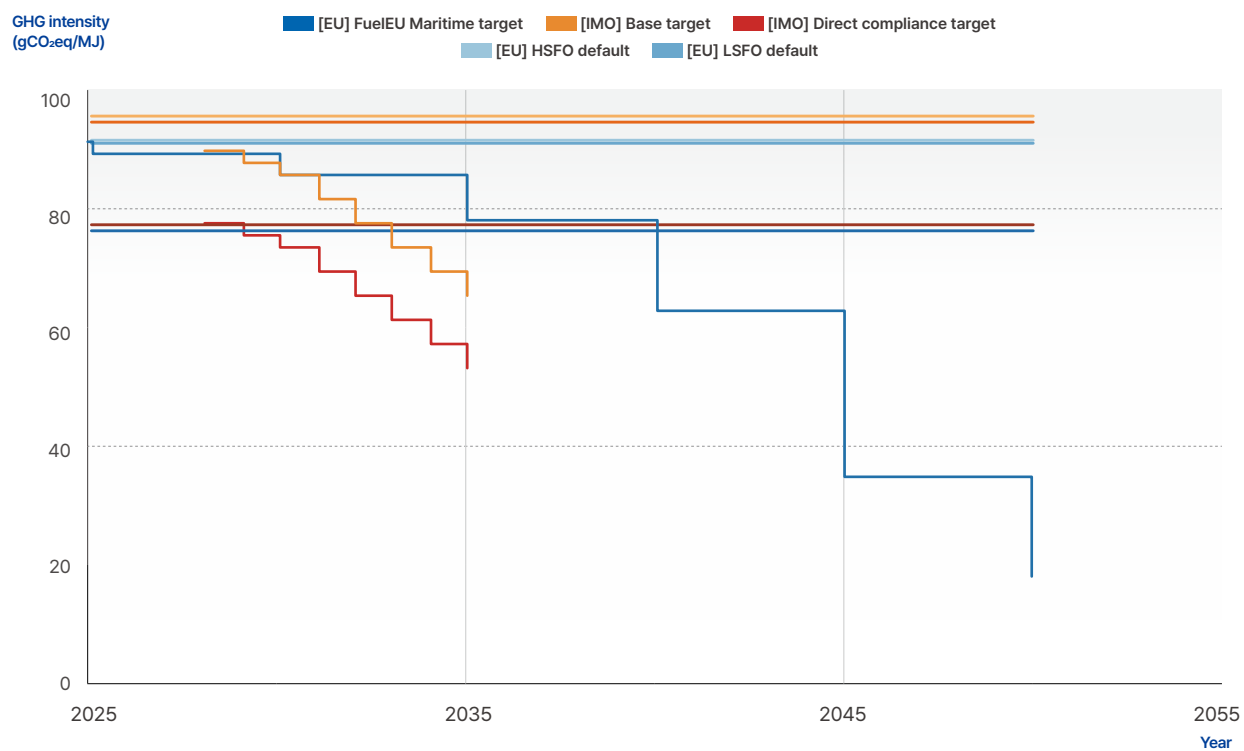
다만 본 분석 결과를 해석할 때에는 두 제도의 적용 범위 차이를 고려해야 한다. FuelEU Maritime은 EU 항만에 기항하는 선박에 적용되는 지역 규제인 반면, IMO NZF는 국제항해 선박 전반에 적용되는 글로벌 규제이다. 따라서 두 제도의 비용을 단순히 합산하기보다는, EU 기항 여부 및 제도 적용 범위에 따라 비용 부담이 달라질 수 있음을 전제로 해석해야 한다.

IMO NZF와 FuelEU Maritime의 온실가스 감축 정책

2025년부터 시행되고 있는 FuelEU Maritime과 도입을 앞둔 IMO NZF에서 온실가스 비용은 연료의 온실가스 배출집약도를 기준으로 부과된다. 이 기준은 점차 강화되기 때문에 온실가스 배출집약도가 높은 연료, 즉 화석연료를 사용하는 선박은 점차 더 높은 환경규제비용을 지불해야 한다. 이는 화석연료 추진 선박의 운항 비용을 높이는 효과를 갖는다.

구분	IMO NZF	FuelEU Maritime
시행일	2025년 4월 MEPC 83 승인, 2026년 12월 MEPC 특별회기에서 채택 논의 재개	2025년 1월 1일부터 시행
대상	5,000톤 초과 국제 항해 선박	EU 항만 기항 5,000톤 초과 선박
적용범위	글로벌 국제항해 적용	EU 역내 항해 100%, EU-비EU 국제항해 50% 적용
감축 목표	GFI의 기본 · 강화 목표 단계적으로 강화 (2030년 2008년 배출량 대비 최소 -40%, 2050년 순배출량 0)	2020년 평균 대비 연도별 감축 목표 수립 (2050년 80% 감축)
평가 기준	선박 사용 에너지 연간 평균 온실가스 배출강도(Well to Wake 기준, CO ₂ /CH ₄ /N ₂ O)	
경제적 조치	- 강화목표 미달성 시 \$100/tCO₂eq - 기본목표 미달성 시 \$380/tCO₂eq 추가 - ZNZ 달성 시 인센티브	연간 평균 GHG intensity 목표값 초과분 만큼 페널티 부과 초저유황유 환산 톤당 2,400 유로

[그림 2] IMO, FuelEU Maritime GHG 감축 목표



3. 화석연료와 비화석연료 선박 비용 비교

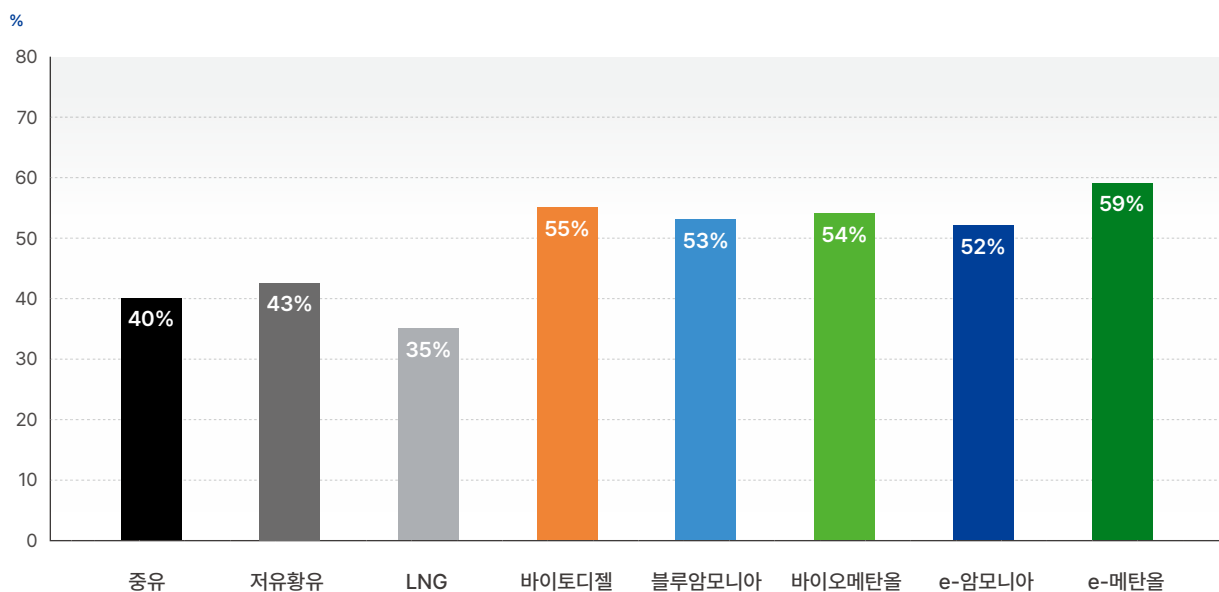
총비용 중 연료비 비중

기준 선박의 연료별 총비용을 비용 항목별로 구분하여 확인한 결과, 연간 총비용 중 연료비가 차지하는 비율은 연료별로 상이하았으나 평균 약 49%로 나타났다. 총비용의 약 절반을 연료비가 차지하므로, 선박 간 총비용 격차를 결정하는 핵심 요인은 연료비인 것을 확인할 수 있다.

전반적으로 화석연료 추진선의 연료비 비중은 비화석연료 추진선보다 낮게 나타났다. 연료비 비중이 가장 작은 선박은 LNG추진선으로, 연료비가 연간 총비용의 약 34%를 차지하였다. 반면 연료비 비중이 가장 높은 선박은 e-메탄올 추진선박으로 연료비가 총비용의 약 59%를 차지하였다.

이러한 연료비 비중의 차이는 연료별 단위 에너지당 가격 차이뿐 아니라, 비연료비 항목(CAPEX와 cost of capital)의 산정값에도 영향을 받는다. 따라서 총비용에서 연료비가 차지하는 비중은 단순히 연료 단가만으로 결정되는 것이 아니라, 각 연료추진선의 초기 투자비와 자본비용 구조를 함께 반영한 결과이다. 따라서 비연료비 항목과 연료비 항목을 구분하여 비교해보아야 한다.

[그림 3] 연료별 선박의 총비용 중 연료비 비율

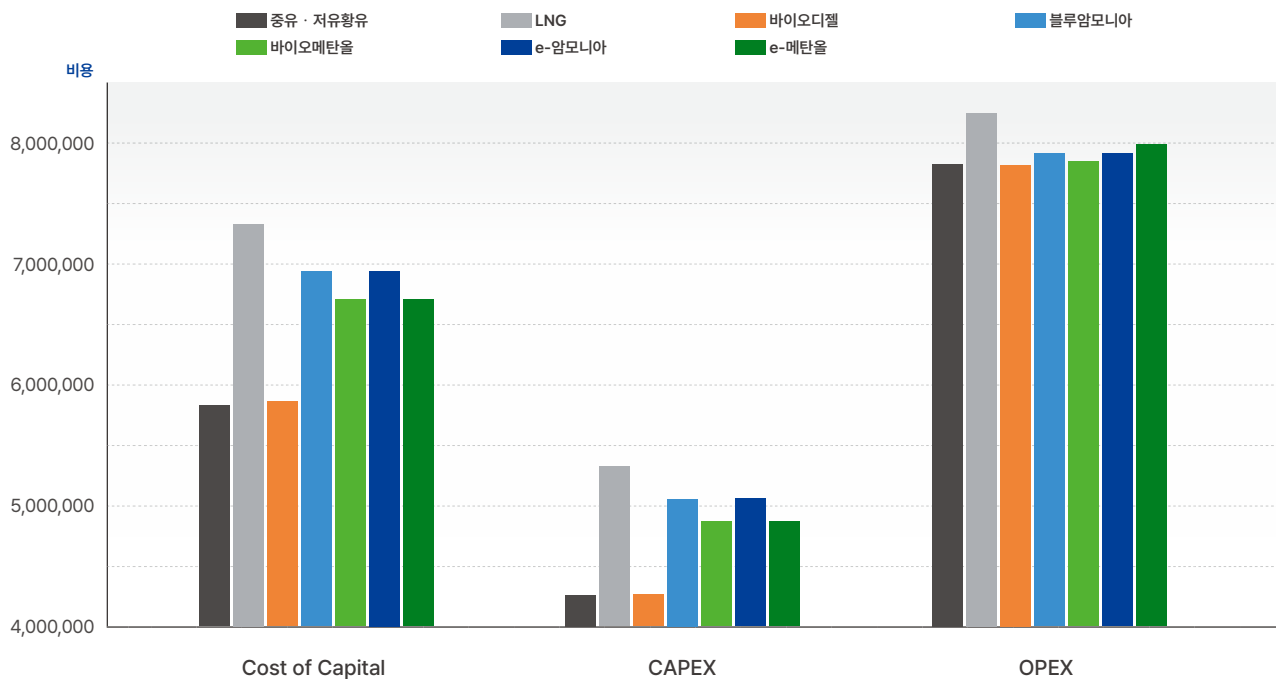


비연료 항목 비용 비교

연료 종류별 선박 간 총비용 차이에 가장 큰 영향을 미치는 핵심 요인은 연료비이지만 비연료 비용에서도 연료에 따른 차이는 확인된다. LNG 추진선은 비연료 항목인 Cost of capital, CAPEX, 유지 관리비 항목에서 모두 다른 연료 추진선보다 높게 산정되었다. 이는 LNG가 약 -163°C 의 극저온 상태로 저장되어야 하므로 단열 저장탱크, 압력·온도 제어장치 등 추가 설비가 필요하기 때문이다. 반면 다른 연료는 상대적으로 저장 및 공급 시스템이 단순하기 때문에 LNG 추진 선박 대비 낮게 산정된 것으로 해석된다.

반면 중유·저유황유와 바이오연료 추진선은 기존 선박연료 시스템을 활용할 수 있기 때문에 추가적인 저장·공급 설비 비용이 작다. 메탄올은 기존 연료 추진 선박 대비 추가적인 설비가 필요하지만, 상온에서 저장할 수 있기 때문에 LNG 추진 선박보다 비용이 적다. 암모니아의 경우 독성문제로 인해 추가 설비 및 안전비용이 크게 발생할 수 있다.

[그림 4] 연료별 선박의 연료비를 제외한 Cost of Capital, CAPEX, OPEX



연료비 비교

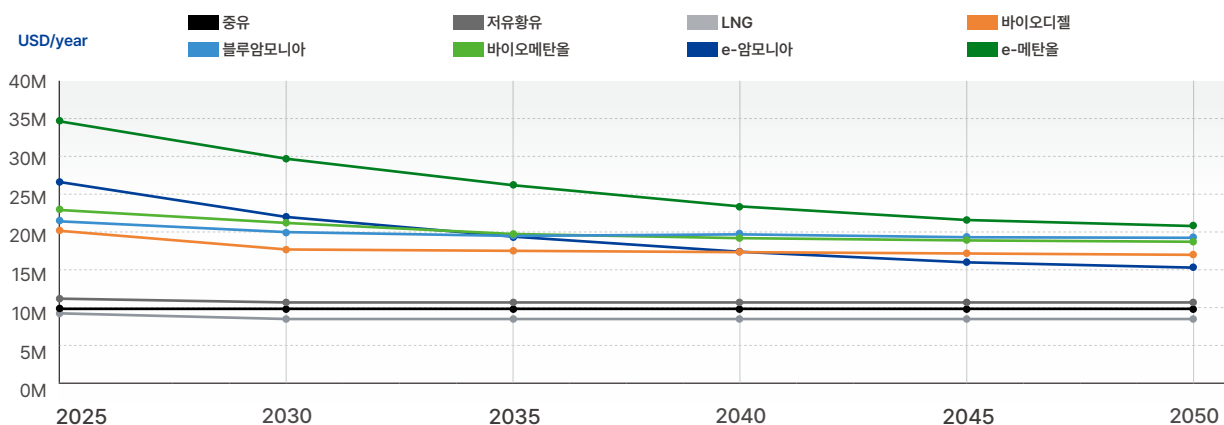
선박 운항의 가장 핵심 요인인 연료비가 연료 종류별로 연도에 따라 연료비를 비교하였다. 기존 화석연료인 HFO, LSFO, LNG 연료비는 전 기간에 걸쳐 상대적으로 낮은 수준을 유지하는 반면, 과도기연료와 녹색연료는 시간이 지남에 따라 비용이 저렴해지지만 화석연료 대비 약 1.5에서 3.5배까지도 비쌀 수 있음 보여준다.

특히 e-메탄올은 모든 연도에서 가장 높은 연료비를 보였다. 시간이 지남에 따라 비용이 하락하더라도 2050년에도 연간 약 2,000만 달러 수준의 연료비가 발생될 것으로 추정된다. e-암모니아 역시 시간이 지날수록 비용이 하락하는 모습을 보였으나, e-메탄올과는 달리 2040년 부터는 다른 과도기연료와 비교해도 경제성이 있을 것으로 추정된다. 초기에는 경제성이 낮지만, 장기적으로 비용 경쟁력이 확보될 가능성이 있음을 보여준다.

과도기연료는 녹색연료보다 낮은 비용을 보이지만, 화석연료보다는 여전히 높은 연료비를 보인다. 해당 연료들은 초기 규제 대응 수단으로서 활용될 수 있으나, 화석연료와의 비용격차가 크게 줄지 않기 때문에 장기적인 수단으로서는 제한적일 것으로 보인다.

반면 LNG는 전 기간에 걸쳐 VLSFO보다 비용이 낮게 나타나는데, 본 모델에서 가정한 LNG 비용이 9.7 USD/GJ로 저렴하게 설정되어있기 때문이다. 이러한 가정은 2030년 이후 지속적인 LNG 공급 확대와 가격 안정화를 전제로 한 시나리오이며, 실제로는 전쟁과 같은 지정학적 리스크와 국제 가스시장 변동성에 따라 가격이 매우 달라질 수 있음을 유념해야 한다. 실제로 지난 10년간 아시아의 LNG 가격은 큰 변동성을 보였다. FRED/IMF의 Global price of LNG, Asia 자료에 따르면 LNG 가격은 2020년 연평균 약 4.61 USD/GJ까지 하락했으나, 2021년부터 급등하여 2022년에는 연평균 35.13 USD/GJ를 기록하였다. 이후 2023년부터 2025년까지는 평균 13.10 USD/GJ 수준으로 하락했으나, 2026년 1월부터 7월까지의 평균 17.09 USD/GJ로 다시 상승하였다.(부록 참고) 2026년 8월 기준, 지역에 따른 LNG 가격 또한 13.72~48.69 USD/GJ¹² 인 것을 감안하면, 본 모델의 9.7 USD/GJ의 LNG 연료가격을 현실에서 기대하기 어려운 점을 염두해야 한다.

[그림 5] 연료별 연간 추정 연료비



¹² S&P Global INTERACTIVE: Platts global bunker fuel cost calculator (2026년 7월 기준 LNG Bunker US SE Coast (13.72 USD/GJ), LNG Bunker Singapore (48.69 USD/GJ))

HFO 대비 녹색·과도기연료 비용 차이를 보다 직관적으로 확인하기 위해, 연료별 거리당비용 격차를 대표적인 장거리 원양 항로이자 우리나라의 주요 대미 컨테이너 수출항로인 부산항-미국 LA항 항로에 적용해보았다. 부산항과 LA항 간 편도 항해거리는 5,229해리로 가정하고¹³, 동일한 운항 조건에서 HFO 대신 녹색·과도기연료를 사용할 경우 추가로 발생하는 연료비용을 산정하였다.

녹색·과도기연료 사용으로 인해 중유 대비 추가적으로 발생하는 연료비용은 연료와 연도에 따라 편도항차 당 약 30만 달러에서 최대 126만 달러 수준으로 나타났다. 해당 금액은 원달러 환율 1400원 적용 시 4.1억원에서 17.7억원에 달하는 금액이다. 부산-LA와 같은 장거리 국제항로에서는 편도 항차에서도 연료비만으로도 중유 대비 10억원 단위의 추가비용이 발생할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

[표 2] HFO 대비연료별 부산-LA 편도 비용 격차

단위: USD

구분	2025	2030	2035	2040	2045	2050
바이오디젤	659,746	429,796	412,387	397,741	386,308	378,966
블루암모니아	588,723	522,432	511,299	501,240	494,568	491,272
바이오메탄올	670,997	584,436	528,350	490,397	470,169	460,206
e-암모니아	856,938	626,034	499,795	399,060	328,835	295,520
e-메탄올	1,264,288	1,020,385	842,105	705,238	611,322	567,263

환경규제비용

운항에 필요한 연료 비용만 고려한다면 시간이 지나더라도 화석연료가 경제적으로 매우 유리하다. 하지만 탈탄소 전환을 위한 여러 규제들로 인해 페널티 비용이 발생한다. 화석연료 선박이 부담할 수 있는 환경규제비용을 FuelEU Maritime과 IMO NZF를 기준으로 산정한 결과, 두 제도 모두 선박 연료의 온실가스 집약도 기준을 단계적으로 강화하는 구조가 반영되어 시간이 지날수록 페널티 부담이 매우 크게 증가하는 것으로 나타났다.

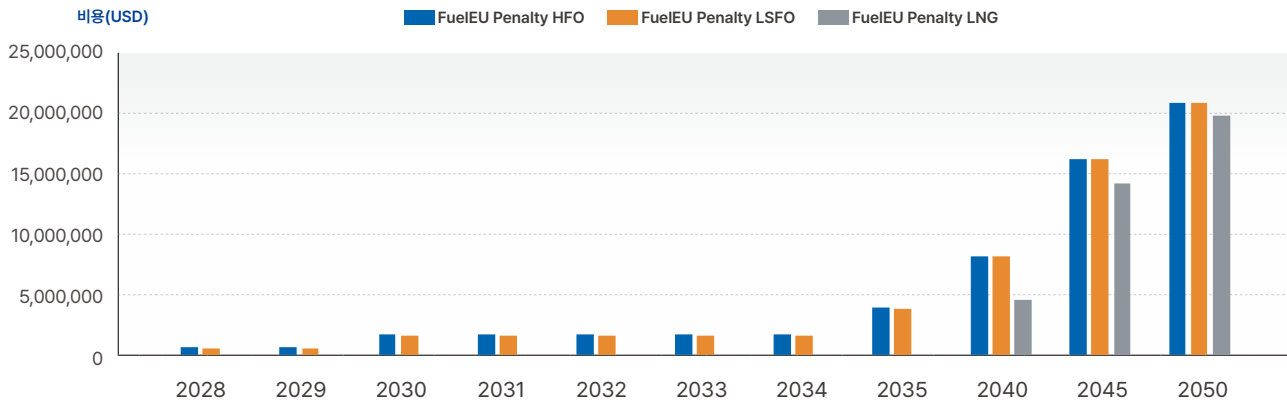
HFO와 LSFO는 규제가 시행되는 해부터 즉각 비용이 발생한다. 2029년 기준 IMO NZF는 연간 약 300~330만 달러(41~46억원), FuelEU Maritime은 약 56~65만 달러(약 7.8~9.1억원)의 페널티가 부과된다. HFO의 페널티는 LSFO보다 다소 높게 나타나지만, 두 연료 간 차이는 크지 않다. 두 연료 모두 화석연료 기반 선박연료로서 WtW 기준 온실가스 집약도 차이가 제한적이기 때문이다. 따라서 LSFO는 황산화물 등 대기오염물질 저감 측면에서는 HFO보다 유리하나, 온실가스 감축 규제 대응 측면에서는 해결책이 되기 어렵다.

LNG의 경우 HFO와 LSFO에 비해 규제비용이 낮게 나타난다. 그러나 LNG 역시 장기적으로는 규제비용에서 자유롭지 않다. IMO NZF의 경우 LNG 추진 선박은 2032년부터 페널티가 발생하기 시작한다. 이는 LNG가 기존 중유

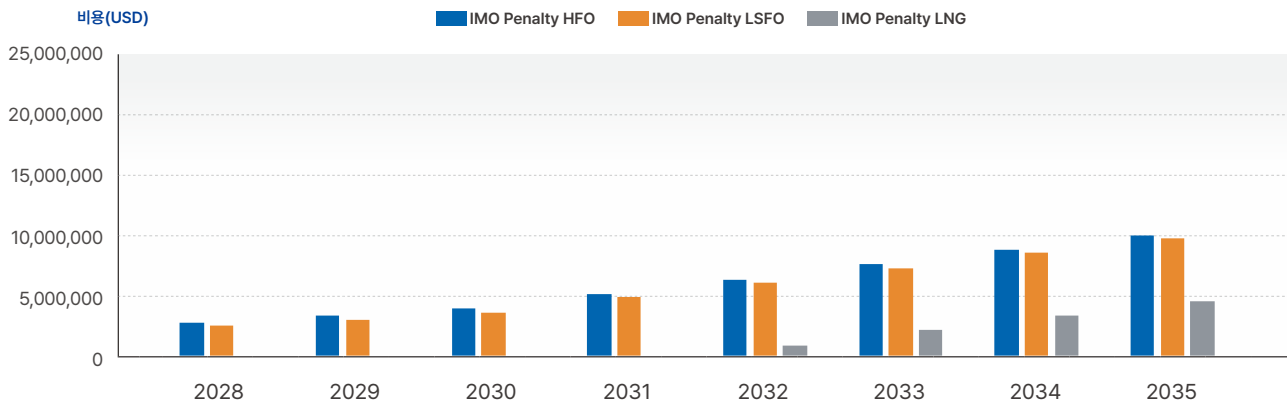
¹³ 국립해양조사원, 해상거리 <https://www.khoa.go.kr/kcom/cnt/selectContentsPage.do?cntId=31307000#tabs3>

대비 온실가스 배출은 낮지만, 강화되는 규제에 대응하기에는 온실가스 감축 효과가 충분하지 않다는 것을 보여준다. FuelEU Maritime의 경우 LNG의 장기적인 비용 증가가 더욱 뚜렷하게 나타난다. 단기적으로는 전환연료로서 비용상 이점을 가질 수 있지만 2050년경에는 HFO와 LSFO에 근접한 수준까지 비용이 증가한다.

[그림 6] FuelEU Maritime 규제 비용



[그림 7] IMO NZF 도입 시 규제 비용



규제반영 비용격차

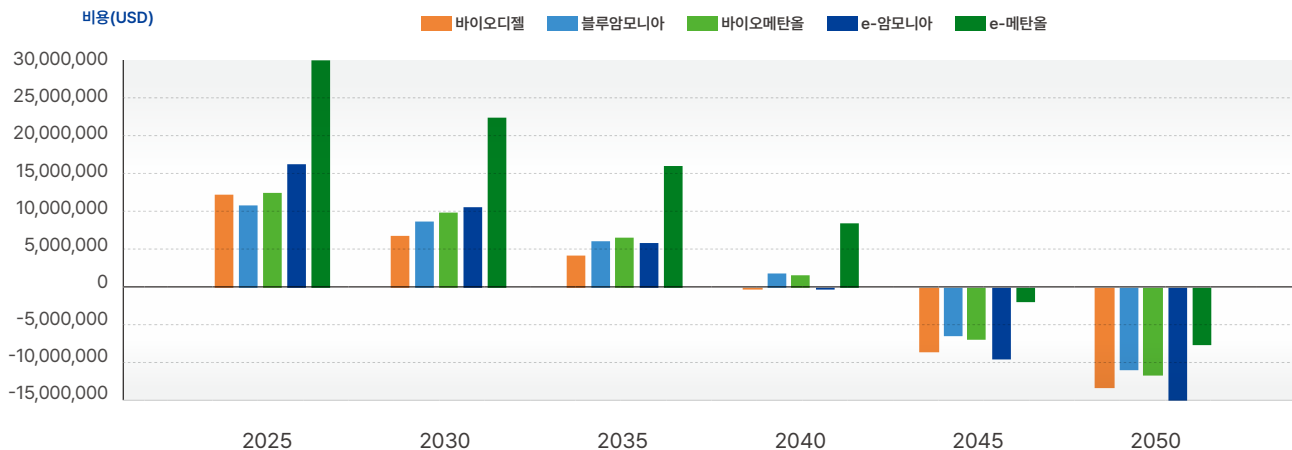
선사는 선박 운항 시 연료비 뿐만 아니라 환경규제로 인해 발생하는 페널티 비용을 함께 고려해야 하므로 기존 화석 연료 추진 선박과 과도기·녹색연료 추진 선박의 비용 차이를 확인하기 위해서 환경규제비용을 함께 반영하였다. 이에 과도기·녹색연료 추진선박의 연간 연료비용에서 HFO 추진 선박의 연료비용과 환경규제비용을 합산한 값을 차감하였다. 이 값을 규제반영 비용격차로 정의하였다. 규제반영 비용격차 값이 양수면, 환경규제비용을 반영하더라도 과도기·녹색연료가 HFO보다 여전히 비싸다는 의미이며, 반대로 음수라면 과도기·녹색연료 추진 선박이 경제적인 선택이 될 수 있다는 의미로 해석할 수 있다.

$$\text{규제반영 비용격차} = \text{과도기·녹색연료 연간 연료비용} - \text{HFO 연간 연료비용 및 환경규제비용}$$

FuelEU Maritime 적용 시 과도기·녹색 연료비용과 HFO 총비용 차이를 보면, 규제 시행 직후에는 모든 과도기·녹색 연료가 HFO 총비용보다 높은 비용을 보인다. 특히 단가가 비싼 e-메탄올(직접공기포집(DAC))의 비용 격차가 가장 크게 나타나며, e-암모니아, 블루암모니아, 바이오메탄올, 바이오디젤 모두 HFO 대비 추가 비용이 발생한다. 이는 FuelEU Maritime으로 인해 페널티가 부과되어도 초기 감축 목표가 낮기 때문에 규제비용을 지불하고 화석연료 추진 선박을 운영하는 것이 경제적이라는 것을 보여준다.

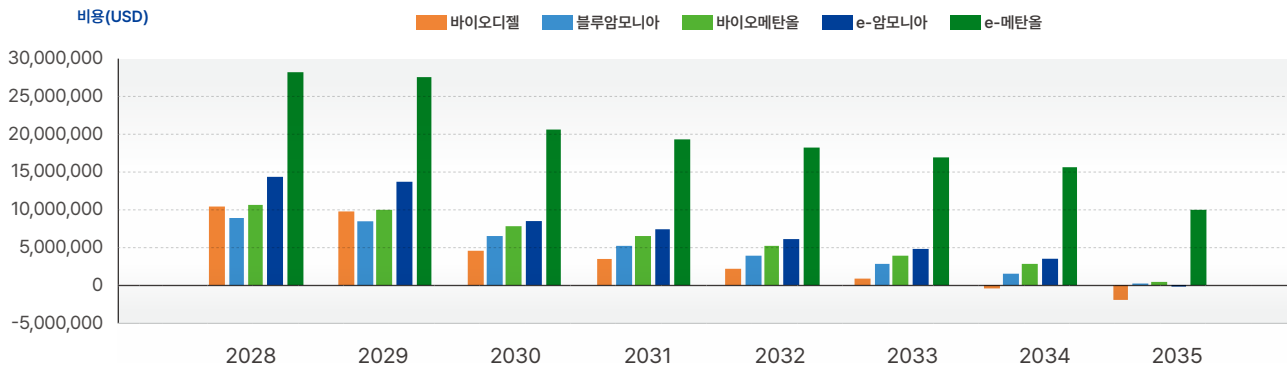
그러나 시간이 지날수록 FuelEU Maritime의 규제 강도가 크게 강화되면서 비용 격차는 점차 축소된다. 2040년 이후에는 FuelEU Maritime의 온실가스 집약도 기준이 강화되면서 HFO 총비용과 과도기·ZNZ 연료 비용의 차이가 매우 작아진다. 2040년이 지나면 과도기·녹색연료 추진 선박의 연간 비용이 HFO 추진선 연간 비용보다 낮아지는 것으로 나타난다. 이는 제도가 장기적으로 화석연료 선박의 경제성을 약화시키고 과도기·ZNZ 연료의 상대적 경쟁력을 높이는 방향으로 작동함을 의미한다.

[그림 8] FuelEU Maritime 규제반영 비용격차



IMO NZF 또한 시행 직후에는 모든 과도기·ZNZ 연료가 HFO 총비용보다 비싸게 나타나지만 시간이 지날수록 비용 격차가 점차 축소되는 경향이 FuelEU Maritime과 유사하게 나타난다. 다만 MEPC 83에서 승인된 IMO NZF 초안이 그대로 통과된다고 가정한다면, IMO NZF는 FuelEU Maritime보다 더 낮은 GFI를 요구하므로 연료 단가가 비싼 메탄올을 제외한 연료들의 규제반영 비용격차가 음수가 되는 시점이 2035년 경으로 FuelEU Maritime 보다 빠르게 나타난다. 2035년 이후 요구되는 GFI는 더욱 강화될 것이므로, 규제반영 비용격차는 더욱 급격하게 큰 음수값을 나타내며 과도기·녹색연료비용이 경제적인 선택지임을 보여줄 될 확률이 높다.

[그림 9] IMO NZF 도입 시 규제반영 비용격차



환경규제비용은 화석연료 선박의 운항비용을 높이고 장기적으로 비화석연료의 경제성을 상대적으로 개선하는 효과를 갖는다. 그러나 초기 전환기에는 규제비용을 반영하더라도 비화석연료의 연료단가가 매우 높으므로 화석연료 추진 선박보다 훨씬 비싸게 운항할 수밖에 없다. 특히 2035년까지는 녹색연료 비용이 상당히 높음과 동시에 환경규제비용은 크지 않아, 선사들의 자발적인 연료 전환을 충분히 유도하기 어렵다. 선박의 평균 선령이 25년임을 감안하면 장기적인 관점에서 규제비용을 발생시키며, 규제의 목적인 온실가스 감축을 위한 연료전환 촉진 효과도 얻기 어렵다. 따라서 초기 시장 형성 단계에서는 과도기·녹색 연료와 화석연료 간 비용 격차의 일부를 보전하는 정책적 지원이 필요하다.

4. 녹색연료 보조금 정책 제언

녹색연료 시장은 아직 초기 단계이므로 선사, 연료 공급자, 항만, 화주가 서로의 투자를 기다리는 구조에서는 시장 형성이 지연될 가능성이 높다. 초기 시장 형성 단계에서는 정부 주도의 녹색연료 보조금이 중요한 정책 신호로 기능할 수 있다. 연료가격 차이의 일부를 보전하는 제도는 선사의 실제 녹색연료 사용 부담을 낮추고, bunker링 수요를 창출할 수 있다. 이는 연료 공급자와 항만 인프라 투자자에게 안정적인 수요 신호를 제공함으로써, 녹색연료 공급망과 bunker링 시장 형성을 촉진하는 기반이 될 수 있다.

제도별 규제반영 비용격차를 확인한 결과, 연료별 단가에 따라 비용격차가 상이하게 나타났다. 연료 단가가 가장 비싼 e-메탄올의 경우 중유 추진 선박 대비 연간 최대 3,000만달러, 약 420억원의 비용격차가 확인되었다. 실제 과도기·녹색 연료를 사용하는 선박은 화석연료와 동시에 사용하고 있기 때문에 본 연구에서 설정한 바와 같이 약 95%의 연료를 과도기·녹색 연료로 사용하지 않는다. 울산항 또는 부산항에서 실증한 bunker링은 메탄올 1,000톤, 암모니아 600톤으로 실제 필요한 연료량 중 일부만 bunker링한 바와 같이 현실적으로 연료전환으로 인한 비용격차는 위 산정된 값보다 매우 작을 것으로 예상된다.



연료 보조금 설계안

정부가 연료 비용 차이를 줄이고 초기 전환을 가속화하기 위한 보조금 지급 산정 기준을 아래와 같이 제안하고자 한다. 아래 제안한 정책안이 실제로 도입될 경우 총 예산과 실적 등을 고려하여 탄력적으로 조정할 필요가 있다. 이때 참고가 가능한 제도는 전기차 보조금 지원 제도가 될 수 있다. 또한 환경 규제 강화에 맞추어 연료 분류 기준에 따른 보조금 지급 격차를 벌어지게 함으로서 과도기연료보다 녹색 연료 지원을 강화할 수 있도록 할 수 있다.

국내 항만 녹색 연료 벙커링 지원안

-  **지원 대상** 대한민국 항만에서 녹색 연료 벙커링을 사용한 국적 선사
-  **지원 내용**
 - 녹색·과도기 연료 구입비 일부 지원
 - 녹색연료: e-메탄올, e-암모니아, 수소, 전기
 - 과도기연료: 지속가능한 바이오 메탄올, 지속가능한 B100
-  **지원 규모** 벙커링을 위한 녹색 연료 구매 비용에 대해 1회당 최대 30% 지원
 - 회당 최대 3억 원
 - 선박 당 연 최대 10억 원
 - 선사 당 연 보조금 예산의 최대 10% 초과 금지
 - 연간 벙커링 횟수와 녹색해운항로 여부에 따라 차등 지급

연료별 지원 조건

연료 분류	연료 종류	보조율 (연료가격차의 %)	추가 보조율	척당 최대 지원 금액(1회)	선사당 최대 지원 금액(연)
녹색연료	e-메탄올, e-암모니아, 수소, 전기	20%	연간 벙커링 횟수에 따라 • 2회: +3% • 3회: +5% • 4회 이상: +7%	3억 원	10억 원
과도기연료	지속가능한 바이오 메탄올	15%		2.5억 원	8억 원
	지속가능한 B100	10%		2억 원	6억 원

* 연료가격차 =

[녹색·과도기 연료 가격(원/GJ) - HFO 가격(원/GJ)] × 녹색·과도기 연료 발열량(GJ/ton) × 녹색·과도기 연료 벙커링량(ton)

지원 절차

- 1  보조금 신청계획 제출 (선사)
- 2  연료 벙커링 실적 제출 (선사)
- 3  사용량 검증 (지정 기관)
- 4  지급 기준 충족 확인 및 보조율 산정 (지정 기관)
- 5  승인 및 보조금 지급 (해양수산부 및 지정 기관)

지원 대상

본 제도의 목적이 대한민국 항만에서 과도기·녹색연료 벙커링 및 사용을 유도하는 데 있으므로, 대한민국 항만에서 연료를 구매 및 벙커링 한 대한민국 선사의 선박(국적취득조건부 나용선(BBHCP) 포함)으로 한정한다. 특정 선종 제한 없이 녹색·과도기 연료를 벙커링하는 선사가 대상이므로, 연료 일부를 녹색·과도기 연료로 사용하는 이중연료선박 또한 지원 대상에 포함된다.

보조금을 지원받는 연료는 녹색·과도기연료를 모두 포함하되, 연료별 온실가스 감축 효과에 따라 차등하여 보조금을 지급한다. 특히 녹색연료의 e-메탄올과 e-암모니아는 재생에너지 기반 수소를 활용해 생산된 연료로, 과도기연료의 바이오연료는 생산방식이 지속가능한 바이오연료로 제한한다.

단, 집행 초기에는 제도의 효과 등을 고려하여 연안 선박에 한정하여 우선적으로 지급을 고려하고 점진적으로 외항선 사까지 확대할 수 있다.

보조금 산정 방식 및 지원 규모(안)

본 보고서에서 제안하는 연료보조금은 기존 화석연료와 녹색연료 간 가격차이의 일부를 보전하는 방식으로 설계하고자 한다. 가격차이는 실제 벙커링한 녹색·과도기연료와 동일한 에너지량을 기준연료(중유 또는 저유황유)로 사용했을 경우의 비용을 산정한 뒤, 녹색·과도기연료 사용으로 인해 추가로 발생하는 비용의 일정 비율을 보조금으로 지급하는 방식이다. 이 때 녹색·과도기연료 가격과 HFO 가격은 벙커링 한 날짜의 가격을 기준으로 계산한다. 이 방식은 연료를 단순히 톤 단위로 비교하는 것이 아니라 동일한 에너지량을 기준으로 비교하기 때문에 연료별 에너지밀도 차이를 반영할 수 있다.

※ 보조금 = 연료가격차 × 보조율

※ 연료가격차 = [녹색·과도기 연료 가격(원/GJ) - HFO 가격(원/GJ)] × 녹색·과도기 연료 발열량(GJ/ton)
× 녹색·과도기 연료 벙커링량 (ton)

또한 대한민국 항만의 녹색·과도기 연료 수요를 창출하기 위해 벙커링 횟수(실종 포함)와 정기적인 벙커링을 수행할 수 있는 녹색해운항로 구축 지원 특별법에 따른 녹색해운항로 참여 여부를 기반으로 보조율을 추가한다. 연간 벙커링 실적으로 차등화를 하는 것은 녹색·과도기연료의 단발적인 사용이 아닌 정기적인 수요를 만드는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

녹색·과도기연료 추진 선박을 운항할 수 있는 선사가 제한적이기 때문에, 본 제도의 수혜가 특정 선사에 집중될 수 있다. 따라서 지급 시 선박 1척 당 최대 금액을 3억 원, 선사 당 연간 한도를 최대 10억 원으로 제한한다. 또한 해당 제도를 위한 연간 예산 한도 내에서 녹색·과도기연료를 보조하는 방식을 제안한다. 이는 해양수산부가 '친환경인증선박 보급지원사업'에서 친환경인증등급을 고려하여 예산 범위 내에서 보조금을 차등지원하는 것과 동일한 방식이다.

보조금 산정 예시

본 정책이 시행된다고 가정할 때, 2023년 11월18일 울산항에서의 벙커링 실증 사례를 토대로 아래와 같이 보조금이 산정될 수 있다.

⑧ 실증 사례 16,200TEU급 메탄올 이중연료 추진 컨테이너선박 Ship to Ship방식으로 메탄올 1,000ton 벙커링¹⁴

- 메탄올 1,000톤 에너지량: 19,900 GJ (메탄올 발열량: 19.9 MJ/kg)
- e-메탄올 단가: 49.01 USD/GJ¹⁵ → e-메탄올 비용: USD 975,299
- 저유황유 단가: 17.13 USD/GJ → 19,900 GJ를 위한 저유황유 비용: USD 340,887
- 연료가격차: e-메탄올 비용(975,299) - 저유황유 비용(340,887) = USD 634,412

보조금 산정

연료가격차	보조율	추가 보조율	최종 보조율	보조금(KRW) (1400 KRW/USD)
USD 634,412 KRW 888,176,800	20% (e-메탄올)	벙커링 2회: +3%	23%	204,280,664
		벙커링 3회: +5%	25%	222,044,200
		벙커링 4회~: +7%	27%	239,807,736
		녹색해운항로: +3%	30% (벙커링 4회 이상 + 녹색해운항로)	266,453,040

지원 절차

보조금은 선사에 대해 사후 정산 방식으로 지급하는 구조로 설계할 수 있다. 이는 보조금이 녹색 연료 구매 계획 단계나 녹색 선박 보유 여부가 아니라, 실제 녹색연료 사용 실적에 기반해 지급되도록 하기 위한 것이다. 보조금 지급 다음과 같이 구성할 수 있다.

[표 3] 녹색·과도기 연료 보조금 신청 및 지급 절차

순서	주체	절차
1	선사	대한민국 항만에서 녹색·과도기 연료 구매 및 벙커링 계획 제출
2	지정 기관	연간 녹색보조금 수요 확인
3	선사	연료 구입비, 연간 벙커링 실적, 연료 사용 인증 자료 등 증빙과 함께 보조금 신청
4	지정 기관	지원 대상 여부, 녹색·과도기 연료 벙커링 및 사용량 검증, 지급 기준 충족 여부 확인
5	지정 기관	보조율 및 지원 상한 적용하여 보조금 산정
6	해양수산부	승인
7	지정 기관	선사에 보조금 지급
8	지정 기관	사후 점검을 통한 부정 수급 여부 확인 및 필요 시 환수

¹⁴ <https://www.upa.or.kr/portal/board/post/view.do?bcldx=671&mid=0501010000&idx=5914>

¹⁵ S&P Global INTERACTIVE: Platts global bunker fuel cost calculator (2026년 7월 30일 기준 100% Sustainable Methanol Bunker Singapore (USD 49.01/GJ), Marine Fuel 0.5% Bunker Dlv'd Shanghai (USD 17.13/GJ))

예산 근거 방안

1. 환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률

환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 제11조(환경친화적 선박의 연료 생산자 등에 대한 지원)에 따른 환경친화적 선박의 연료 생산자 등에 대한 지원을 통한 보조금 지원과 유사한 내용의 법률 개정을 통하여 선사에게 직접 지급

2. 녹색해운항로 구축 지원 특별법

2027년 4월 시행 예정인 녹색해운항로 구축 지원 특별법 제12조(재정·금융 등 지원)에 따라 시행령 또는 기본계획에 녹색 연료 보조금 지원을 추가하여 예산을 확보하고 정책을 구체화한다. 녹색해운항로 특별법은 선박, 항만, 연료 공급 인프라를 연계하여 해운 부문 탈탄소 전환을 촉진하기 위한 법적 근거로 활용될 수 있다. 녹색연료 보조금은 녹색해운항로에서 실제 녹색연료 운항을 가능하게 하는 전환 비용 지원 수단으로 볼 수 있으며, 이러한 제도는 녹색해운항로 구축 지원 특별법의 실효성을 높일 수 있다.

고려사항

본 정책이 본격적으로 검토될 때 배출권거래제 할당대상업체에 해당하는 연안선사가 녹색연료 보조금을 신청하는 경우, 중복보전 가능성을 별도로 검토할 필요가 있다. 연안선박이 녹색연료를 사용하여 온실가스 배출량을 줄이면, 해당 선사는 배출권거래제상 배출권 제출 의무를 줄일 수 있다. 또한 무상할당을 받은 업체의 경우 감축으로 인해 잉여배출권이 발생할 수 있으며, 이를 보유하거나 매각할 경우 추가적인 경제적 편익을 얻을 수 있다. 따라서 할당대상업체가 보조금을 신청하는 경우, 녹색연료 사용으로 인한 배출권 제출 감소, 잉여배출권 발생 가능성, 배출권 매각수입 등 관련 편익을 반영한 이후에도 남는 잔여 연료가격차에 대해서 보조금이 지급되도록 설계할 필요가 있다.

5. 비용 격차를 줄이기 위한 또 다른 제도 도입 필요성

제안하는 보조금 정책 자체로는 연료 비용 차이를 모두 보전할 수 없으므로 녹색연료 전환을 보다 가속화하기 위해서는 추가적인 정책수단의 병행이 필요하다. 해외에서는 녹색연료 가격차이를 줄이기 위해 다양한 제도가 시행 또는 논의되고 있다. 이들 제도는 모두 해운 분야에 직접 적용된 것은 아니지만, 녹색 해운연료 시장 형성을 위한 정책 설계에 참고할 수 있다.

독일 기반 국제 비영리 단체 H2Global은 공공재원을 통해 녹색연료 생산 가격과 수요자들의 지불의사가격의 차이를 줄이는 방식인 이중경매모형을 제안한다.¹⁶ 이 모델은 중개기관이 생산자와 장기 구매계약을 체결하고, 이후 수요자에게 단기 판매계약을 통해 연료를 재판매하는 구조이다. 생산자에게는 장기 수익 안정성을 제공해 투자 결정을 가능하게 하고, 수요자에게는 녹색 연료 가격에 지불의사가격을 반영할 수 있게 하며, 단기 계약을 통해 장기적인 가격 변동 위험에 대한 노출을 줄여준다. 공급가격과 수요가격 사이의 차이는 공적 재원으로 보전되며 사전에 고정되는 것이 아니라 경쟁입찰을 통해 결정된다. 이 모델은 초기 청정연료 시장에서 수요와 공급을 연결하는 시장 조성 장치로 기능한다.

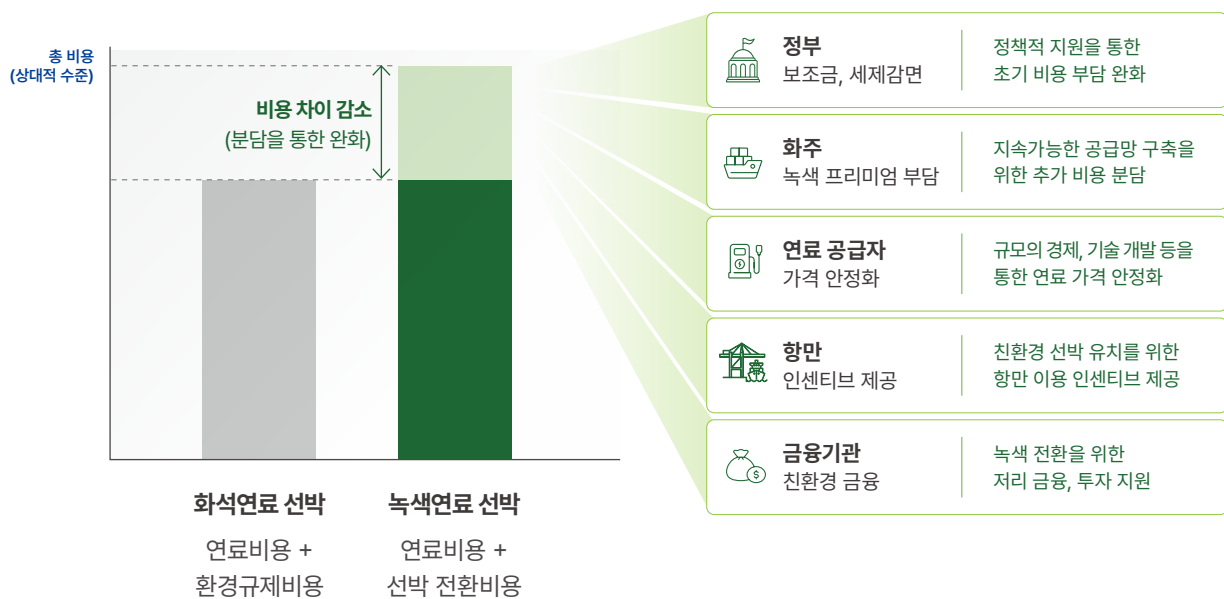
해운분야 국제 비영리 단체 Global Maritime Forum(GMF)의 가격차액계약(Contract for Difference, CfD) 또한 참고할 수 있다. CfD는 사전에 지정한 행사 가격(Strike Price)과 실제 시장 가격 간 차액을 정산하는 구조로, ZNZ 연료의 실제 가격이 행사가격 대비 비싼만큼 차액을 정부가 보전하고 반대로 행사가격보다 실제 가격이 저렴해지면 차액을 정부에 환수한다. GMF는 CfD를 통해 영국 해상풍력 발전 단가를 낮출 수 있었던 것처럼, 녹색해운연료 초기 비용과 투자 리스크를 낮추는 수단이 될 수 있다고 제안한다.¹⁷ 본 연구에서 제안하는 연료 보조금은 화석연료와 과도기연료 간 비용 격차를 보전한다는 점에서 CfD와 유사한 점이 있지만 실제 벙커링 실적을 기준으로 비용 격차의 일부를 지원하는 방식이며 차액을 환수하지 않는 점에서 CfD와 차이가 있다.

녹색연료의 비용을 선사와 화주가 함께 부담한 사례로는 해운 산업 배출량 제로를 위한 비영리 화주 연합 ZEMBA(Zero Emissions Maritime Buyers Alliance)를 들 수 있다. ZEMBA는 화주들이 공동으로 저·무탄소 해상운송 서비스를 구매하는 민간 수요 창출 모델로, 2024년 Hapag-Lloyd가 바이오메탄 기반 운송 서비스를 제공하는 사업자로 선정되었고, 2025년에는 Hapag-Lloyd와 North Sea Container Line이 수소 기반 e-fuel 운송 서비스 사업자로 선정되었다. 이는 녹색연료 사용에 따른 추가비용을 선사만 부담한 것이 아니라, 탈탄소 운송을 원하는 화주가 함께 부담하는 구조라는 점에서 의미가 있다.

¹⁶ H2Global, Turning price gaps into thriving clean shipping fuel markets – Applying the H2Global double-auction mechanism to the maritime industry (2026.4.)

¹⁷ Global Maritime Forum, How Contracts for Difference can incentivize the decarbonization of international shipping (2021.6.)

[그림 10] 비용격차 감소에 기여할 수 있는 이해관계자



다만 이와 같은 비용 격차를 보전하는 제도는 초기 시장 형성과 수요 기반 조성을 위한 수단으로 기능할 수 있으나, 장기적으로 선사가 자발적으로 전환할 수 있으려면, 근본적으로 녹색연료 생산가격 자체를 낮추는 정책과 병행되어야 한다. 따라서 녹색연료 생산비를 낮출 수 있는 재생에너지 확대, 그린수소 생산 기반 구축, 규모의 경제 형성 등이 함께 추진되어야 한다. 즉, 비용 격차 해소 정책을 통해 단기적으로 선사의 추가 연료비를 완화하고 중장기적으로는 녹색연료 공급망 확대와 생산비 하락을 유도할 필요가 있다.

6. 정책적 시사점과 결론

정책적 시사점

1. 녹색 해운연료 보조금은 초기 시장 형성을 위한 전략적 정책수단

녹색 해운연료 보조금은 단순히 선사의 비용 부담을 줄여주는 정책이 아니다. 이는 국제해운 탈탄소 규제에 대응하는 동시에 국내 녹색연료 시장을 형성하고, 대한민국 항만의 미래 경쟁력을 확보하기 위한 전략적 정책수단이다. 향후 해운부문의 녹색연료 사용이 확대될수록 글로벌 선사들은 녹색연료를 안정적으로 공급받을 수 있는 항만을 중심으로 기항지와 연료조달 전략을 결정하게 될 가능성이 크다. 따라서 녹색연료 보조금은 선사의 연료비 부담 완화에 그치지 않고, 대한민국 항만이 녹색연료 벙커링 시장을 선점하기 위한 초기 수요 창출 정책으로 시행될 수 있다.

대한민국 정부도 2023년 11월 「친환경 선박연료 공급망 구축방안」을 발표하며 친환경 선박연료 공급 역량을 확대하여 향후 항만 경쟁력을 키우고 대한민국이 동북아 친환경 선박연료 공급 거점이 될 수 있도록 정책을 추진하고 있다. 이러한 정책 방향을 고려할 때, 녹색연료 보조금은 친환경 선박연료 공급망 구축과 항만 경쟁력 강화 전략을 실제 수요와 연결하는 정책수단이 될 수 있다.

2. 국내 선사 지원은 반복 수요를 만드는 현실적 출발점

보조금 대상을 국내 선사로 설정하는 것은 녹색연료 시장을 형성하는 현실적인 출발점이 될 수 있다. 녹색연료 시장이 아직 충분히 형성되지 않은 상황에서 선제적으로 녹색연료 선박을 운용하는 국내 선사의 녹색연료 사용을 지원하면, 대한민국 항만에서 일정 규모의 반복적인 벙커링 수요를 확보할 수 있다. 이는 연료공급자와 항만사업자가 관련 인프라에 투자할 수 있도록 하는 수요 신호로 작용할 수 있다.

3. 국내 연안선박은 벙커링 트랙레코드 구축의 마중물

연안선박은 국내 항만을 반복적으로 기항하고 운항 범위가 상대적으로 명확하다. 따라서 국내 연안선사에 대한 녹색연료 보조금 지원은 단순히 개별 선사의 연료비 부담을 낮추는 데 그치지 않고 대한민국 항만이 녹색연료 벙커링 실적을 축적할 수 있는 마중물 역할을 할 수 있다. 이를 통해 대한민국 항만은 연료 공급 절차, 안전관리, 항만 운영 경험 등 향후 국제운항 선박을 대상으로 한 녹색연료 공급에 필요한 운영 기반을 보다 효율적으로 마련할 수 있다.

4. 국제규제 대응과 국가 NDC 이행

국제항로를 운항하는 국내 선사에 대한 지원은 국내 선사의 IMO, EU 규제 대응 비용을 줄이고, 국제해운 감축 목표 이행을 촉진하는 효과를 낼 수 있다. 본 연구의 비용 분석에서도 확인되었듯이, 환경규제비용이 강화되더라도 초기 단계에서는 비용 격차가 상당 부분 남아 있다. 따라서 국내 선사가 규제에 적절히 대응할 수 있도록 규제 도입 초기에는 연료비 격차를 완화하는 정책적 지원이 필요하다.

또한 국내 운항 연안 선박에 연료보조금을 지원하는 것은 연안선박의 배출량을 줄이는데 기여한다. 연안선박의 온실가스 배출량은 국가 온실가스 인벤토리에 포함되므로, 연안선박이 녹색연료로 전환할 경우 국가 NDC 수송부문 감축에 직접 기여할 수 있다. 따라서 보조금 정책은 국내 선사의 국제 규제 대응 지원과 국가 NDC 기여를 동시에 달성할 수 있는 정책이 될 수 있다.

결론

국제해운은 현재 연료 전환의 초기 단계에 있다. IMO와 EU의 규제는 선박 연료의 온실가스 배출강도에 따라 페널티를 부과하는 방향으로 나아가고 있으며, 이는 기존 화석연료 선박의 운항비용을 점차 증가시킬 것이다. 반면 녹색 연료는 현재 가격이 높지만 온실가스 규제비용 부과를 피할 수 있다는 점에서 선사의 중요한 장기 선택지가 될 수 있다.

그러나 본 연구의 비용 분석 결과, 초기 전환기에는 환경규제비용을 반영하더라도 녹색연료와 화석연료 간 비용 격차는 존재하며, 2035년까지는 녹색연료의 추가 연료비 부담이 상당한 수준으로 유지된다. 이는 미래에 막대한 규제비용이 발생하더라도 초기에는 선사의 자발적인 연료 전환을 충분히 유도하기 어렵다는 것을 보여준다.

녹색 연료 시장은 아직 충분히 성숙하지 않았고, 선사와 항만 모두 초기 전환 비용과 수요 불확실성에 직면해 있다. 선사는 높은 연료비 때문에 장기구매를 주저하고, 공급자는 안정적인 수요가 없어 투자를 미루는 상황이다. 이러한 상호대기 문제를 해소하기 위해 정부가 초기 수요 형성에 개입하여 연료보조금을 통해 녹색 연료의 가격격차를 완화하고, 대한민국 항만에서 실제 벙커링 수요를 창출하며, 관련 인프라 투자를 촉진하는 역할을 할 수 있다.

이러한 관점에서 녹색해운연료 보조금은 단순한 선사 비용지원이 아니라, 다음 정책 목표를 함께 달성하는 수단으로 검토될 수 있다.

1. 연안해운의 녹색연료전환을 통한 국가 NDC 이행
2. 국내 선사의 국제해운 탈탄소 규제 대응 지원
3. 국내 항만 녹색연료 수요와 공급망 형성을 통한 동북아 벙커링 허브 구축
4. 국내 항만 녹색연료 벙커링 트랙레코드 구축
5. 연료공급자 및 항만사업자의 인프라 투자 유도

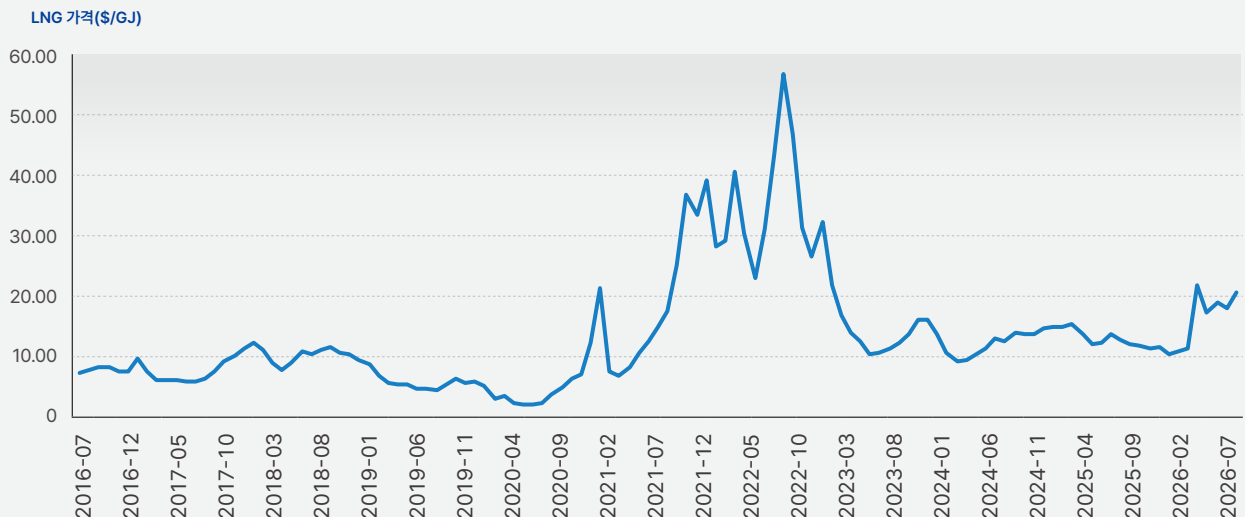
기후위기 대응은 해운산업에 새로운 비용만을 부과하는 변화가 아니다. 적절한 정책 설계를 통해 대한민국은 녹색연료 초기 수요를 만들고, 연료 생산·수입·저장·공급 인프라에 대한 투자를 촉진하며, 글로벌 선사가 찾는 녹색 벙커링 거점으로 발전할 수 있다. 녹색 해운연료 보조금은 대한민국이 글로벌 해운 탈탄소 전환을 뒤따르는 국가가 아니라, 녹색연료 시장과 벙커링 인프라의 형성을 앞당기는 국가로서 적극적인 정책이 될 수 있다.

부록

[부록 표 1] 친환경선박 지원 정책

자본적지출 (CAPEX)	해양진흥공사 친환경 전환 One-stop 지원(외·내항화물운송사업자의 친환경선박인증등급 3등급 이상 선박, 친환경연료유 추진선 건조 금융지원)¹⁸ 해양수산부 친환경인증선박 보급지원사업 (3등급 이상, 건조비용 최대 30% 지원, 적당 최대 35억 원) 해양수산부 2026년 글로벌 저탄소선박 정책 대응 지원사업(3등급 이상 친환경 인증 획득 외항화물운송사업자, 연간 예산 280억 원 내)¹⁹ 세제지원-지방세특례제한법 친환경 인증등급 3등급 이상 시 취득세 경감²⁰
운영비용 (OPEX)	울산항 친환경 선박연료공급 실증 선박 사용료(선박입출항료, 정박료, 항만시설전용사용료, 항로표지사용료) 감면 (최대 1억 원)²¹ 울산항 친환경 선박연료 수요 유치 인센티브 제도(적당 최대 1,000만 원)²² 해양진흥공사 환경규제 대응지원 바우처 (중소선사 규제 솔루션 서비스 비용 일부 지원, 적당 최대 1,000만 원)²³

[부록 그림 1] 2016~2026년 동안 아시아에서의 LNG 가격(\$/GJ)



¹⁸ <https://www.kobc.or.kr/ebz/kor/contents.do?mld=0420010000>

¹⁹ <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?bbsSeq=9&docSeq=65304&menuSeq=375>

²⁰ <https://law.go.kr/lslawLinkInfo.do?lsJoLnkSeq=1000741022&chrClsCd=010202>

²¹ <https://www.upa.or.kr/portal/contents.do?mid=0707010000>

²² <https://www.upa.or.kr/portal/board/post/view.do?bcldx=671&mid=0501010000&idx=16224>

²³ https://www.kobc.or.kr/ebz/kor/contents.do?mld=1001040000&utm_source=chatgpt.com

[부록 그림 2] 연료별 총비용



[부록 표 2] 연도별 연료 가격(MMM CZCS TCO 모델)

Region	Fuel	MJ/kg	Unit	2025	2030	2035	2045	2050
Global	e-Ammonia	18.8	USD/GJ	48.7	33.9	30.7	22.3	18.1
	e-Methanol (DAC)	19.9	USD/GJ	70.2	55.9	49.2	34.8	27.9
	e-Methanol (PS)	19.9	USD/GJ	64.8	51.6	46.2	33.1	26.5
	Blue ammonia	18.8	USD/GJ	33.0	24.4	24.3	23.4	23.0
	LSFO	41.2	USD/GJ	15.4	13.4	13.4	13.4	13.4
	LNG	48.0	USD/GJ	14.2	9.7	9.8	9.5	9.4
	Biodiesel (Pyr)	42.7	USD/GJ	37.6	22.0	22.5	22.3	21.2
	Biodiesel (HtL)	42.7	USD/GJ	51.5	23.1	22.8	21.9	20.9
	Biomethanol	19.9	USD/GJ	35.0	29.5	27.2	23.7	22.4



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