PACIFIC ENVIRONMENT

국립한국해양대학교 NATIONAL KOREA MARITIME & OCEAN UNIVERSITY

GSTL Green Ship Technology Laboratory



대한민국 조선해운 탈탄소 전환 정책 분석 보고서 및 정책 제언 요약 (Executive Summary & Policy Recommendation)

Policy Analysis Report on Decarbonization Transition in Republic of Korea's Shipbuilding and Shipping Industries



목차

CHAPTER Ⅰ 서론

CHAPTER Ⅱ 친환경 선박 연료 전환 정책

CHAPTER Ⅲ 친환경 연료 전환 금융정책

CHAPTER Ⅳ 분석 대상 항로 특성 및 선사 ESG 경영 현황

CHAPTER Ⅴ 친환경 연료 전환 TCO 모델링 연구

CHAPTER Ⅵ 연구 결과 분석 및 정책 제언

Q&A

연구 배경 및 방법론

IMO 온실가스 전략 및 중기조치

- **2050 넷제로 목표:** 연료 온실가스 집약도(GFI)의 감축과 ZNZ 연료 도입 요구
- **기술·경제적 조치(NZF):** GFI 2 Tier base 감축과 2단계 시정단위(RU1·RU2) 비용과 초과단위(SU) 거래, ZNZ 보상을 결합
- **NZF 채택 교착상태:** 일부 국가의 반대 등 정치적 불확실성으로 NZF 채택이 지연되며 선사의 전략적 위험 가중

지역 규제(EU-ETS 및 FuelEU Maritime)

- **EU 배출권거래제(EU-ETS, 2024년~):** EU 기항 항해에 대한 배출권 구매 의무를 단계적으로 적용(2026년 100% 노출)
- **FuelEU Maritime(2025년~):** 연료 전주기(WtW) 온실가스 집약도를 엄격히 제한하고 높은 벌금(€2,400/t VLSFOeq)을 부과

2.89%

전 세계 CO_2 배출 중 해운 비중(10.6억 톤)

규제 지연을 고려한 TCO 모델링

- 정부와 해운사를 위해 현재 실현 가능성이 높은 여러 이행 시나리오를 설정 및 비교
- 대한민국의 주요 교역 및 원자재 공급망과 연결된 대표 항로를 선정
- 항로별 거리, 항해일수, 화물, 기항지, 선박 규모 및 온실가스 배출량을 반영 TCO 산정

핵심 결과: 규제 지연과 비용

- 선대 교체 연기(2029년~ 2032년 인도 선박 기준): 생애 TCO 33~97% 증가
- TCO 모델 해석:
  - 33~97% 증가는 투자 결정을 2029년에서 2032년으로 미룰 때 발생하는 비용 증가를 의미. 자본비용 상승, 예상 연료가격 인상, 인도 시점의 더 엄격한 GFI 감축기준이 원인이 됨.

NATIONAL KOREA MARITIME & OCEAN UNIVERSITY

UCL

RMI ENERGY. TRANSFORMED.

연구 수행 기관 ; KMOU GSTL / UCL / RMI

연구 배경 및 방법론

TCO(Total Cost of Ownership) 분석

- **선박 수명기간 동안 발생하는 총비용을 현재가격으로 환산한 금액**
- NPV(Net Present Value, 순현재가치)는 선박의 수명기간 동안 발생하는 초기 투자비 + 연료비 + 유지보수비 + 규제비용 등 미래의 모든 현금흐름을 기준 시점의 가치로 환산하여 비교하기 위한 개념

NPV(Net Present Value) 의미

- **화폐의 시간가치 반영:** 현재의 100만 원은 미래의 100만 원보다 가치가 높음 NPV는 할인율(자본비용)을 적용해 미래 현금흐름을 현재 시점으로 끌어와 정확히 비교
- **절대적인 가치의 증감:** NPV > 0 이면 투자 후 가치가 상승함을 뜻하며, NPV < 0 이면 손실을 의미
- **투자의사결정 기준:** 복수의 프로젝트 중 NPV > 0 이면서 수치가 가장 높은 안을 선택하는 것이 합리적인 투자 의사결정

WACC(Weighted Average Cost of Capital) 의미

- **가중평균자본 비용:** 자기 자본 비용과 타인 자본 비용을 자본구성 비율에 따라 가중 평균한 자본의 평균 요구 수익률
- **기업이 자본을 조달하여 투자 시 주주와 채권자가 평균적으로 요구하는 최소 수익률을 의미**
- **투자의 자본 기회비용을 반영하는 할인율로 활용**

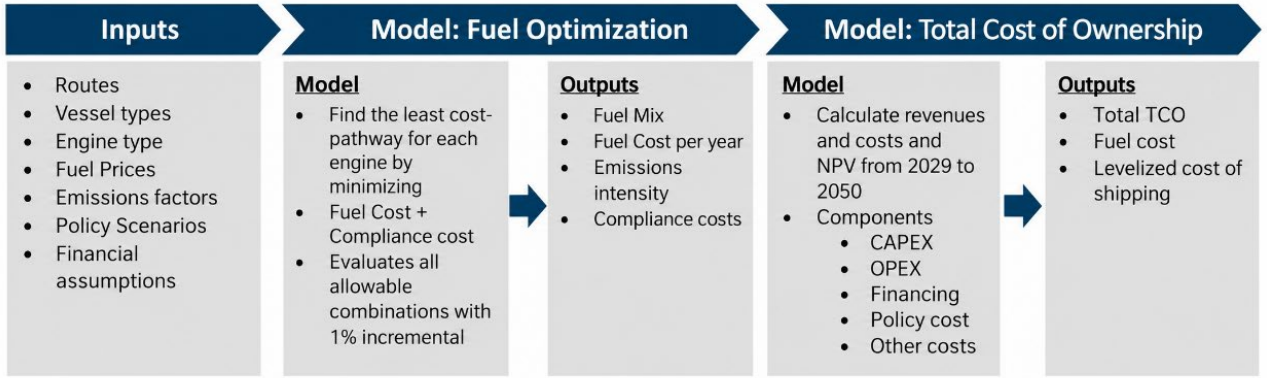
$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_{Ft}}{(1+WACC)^t} - C_0$$

- C_{Ft} ; t 시점의 미래 현금 흐름 (유입 –유출)
- $WACC$; 가중 평균 자본 비용(%)
- C_0 ; 초기 투자 비용

$$WACC = (E/V) * K_e + (D/V) * K_d * (1 - T_c)$$

- E (Equity): 자기자본의 시장 가치
- D (Debt): 부채(타인자본)의 시장 가치
- V : 총자본 가치 $(V = E + D)$
- Ke : 자기자본비용 (주주들이 요구하는 기대수익률)
- Kd : 부채비용 (차입금 이자율)
- Tc : 법인세율

TCO 모델링 개요



대한민국 정책체계: Greenship-K(2021~2030)

2030 Greenship-K 기본계획

- **온실가스 감축기술 목표:** 2030년까지 70% 감축기술 확보(2025년 40%)
- **선대 전환 목표:** 2030년까지 대상 선박 3,542척의 15%인 528척(388+140척) 전환
- **공공부문 선도:** 공공선박 467척 중 388척에 LNG·하이브리드·완전전기 추진을 조기 도입
- **민간부문 확산:** 외항·내항 상선 3,075척 중 140척에 보조금 및 신용보증 지원
- **친환경 기자재:** 2030년까지 친환경선박 기자재 국산화율 90% 달성

연료 공급 및 항만 인프라

- **LNG 벙커링:** 공급 규모를 35만 톤(2020년)에서 70만 톤(2025년), 140만 톤(2030년)으로 확대.
- **육상전원공급설비(AMP):** 공급 선석을 21개(2020년)에서 174개(2025년), 248개(2030년)로 확대.
- **친환경 연료 거점:** 울산항을 그린메탄올 및 LNG 벙커링의 지역 거점으로 지정.

지원 규모

- 연간 예산(2025년 81척에 약 2,223억 원) 및 직접 지원 규모(5.5조 원)
  (국내 선대 전환 소요액 (49~55조 원)의 11% 미만 수준)



대한민국 정책체계: 제 2차 Greenship-K(2026~2035)

제 2차 친환경 선박 개발 보급 기본 계획(2026~2035), 2026년 8월 발표

- 「제2차 친환경선박 개발·보급 기본계획(2026~2035)」은 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」에 따라 산업통상부와 해양수산부가 공동 수립한 중장기 계획으로, 제1차 기본계획에서 마련한 친환경선박 개발·보급 기반을 바탕으로 친환경선박의 상용화·보급 확대와 조선·해운산업의 동반 성장을 추진하는 데 목적
- 비전은 「**Greenship-K 2035, 초격차 첨단조선 도약, 기후친화 녹색해운**」으로 설정하고, 조선과 해운을 양대 정책축으로 친환경선박 산업 경쟁력 강화와 해운부문의 탄소중립 전환을 동시에 추진

정책 목표

- **조선분야:** 초격차 기술 확보를 통한 친환경 첨단선박 건조 강국 도약을 목표로 하며, **2035년 글로벌 조선시장 점유율 25%, 무탄소 선박시장 점유율 50% 달성**을 정량목표로 설정
  이를 통해 LNG 중심의 기존 경쟁력을 수소·암모니아 등 무탄소 연료와 전기·하이브리드 추진기술 등 차세대 친환경선박 분야로 확대
- **해운분야:** 탄소중립 선대 전환을 통해 녹색해운 선도국가로 도약하는 것을 목표로 하며, **2008년 대비 2035년 국적선사 외항선대 온실가스 배출량 61% 감축**과 **2018년 대비 2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 해운분야 20.2% 감축**을 핵심 목표로 제시
- **친환경선박 기술개발과 상용화, 친환경 연료공급 기반 및 선대 전환을 연계하여 조선산업의 미래시장 경쟁력 확보와 해운산업의 실질적인 온실가스 감축을 동시에 달성**

비전	Greenship-K 2035, 초격차 첨단조선 도약, 기후친화 녹색해운
정책 목표	(조선) 초격차 기술 확보, 친환경 첨단선박 건조 강국 (글로벌 조선 시장 점유율 25% / 무탄소 선박 시장 점유율 50% 달성) (해운) 탄소중립 선대 전환, 녹색해운 선도 기후모범 국가 (2008 년 比 2035 년 국적선사 외항선대 온실가스 배출량 61% 감축) (2018 년 比 2035 년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 해운분야 감축률 20.2% 달성)

5 대 추진전략	13 개 세부추진과제
1. 탄소저감 미래 첨단선박 연구개발	무탄소 연료 추진선박 초격차 기술 확보 혼합연료 기자재 국산화를 통한 선박 기술 고도화 탄소중립화 및 친환경에너지 운송선박 핵심 기술 확보
2. 시장 선점을 위한 新기술 상용화 지원	핵심기술 성능검증을 위한 육·해상 시험 인프라 확보 국내개발 新기술 상용화 지원체계 고도화
3. 친환경 연료공급 인프라 확충	저탄소 연료 공급 인프라 확대 무탄소 연료 공급 인프라 구축
4. 친환경선박 ↓ 보급 촉진	내항선박 친환경선박 보급 확산 외항선박 친환경선박 보급 확산 공공부문 친환경선박 전환 고도화
5. 녹색 해운·조선 생태계 조성	친환경 해운산업 투자여건 마련 안전 운항 및 운용 전문인력 양성체계 구축 전주기 탄소배출량 관리체계 구축

녹색 해운 항로

한·미 태평양 횡단 항로

- **대상 항로:** 부산(컨테이너)·울산(자동차운반선) ↔ 미국 서안(시애틀·타코마).
- **대상 선박:** HMM 13,000 TEU 컨테이너선 및 글로비스 자동차운반선(PCTC).
- **연료 전환:** 2027년부터 그린메탄올 등 친환경 연료 사용 운항 목표

주: 2027년 4월 녹색해운항로 구축 지원 특별법 시행을 위하여 2026년 9월 시행령 및 시행 규칙 제정안 입법 예고 중

한·호주 원자재 운송 항로(MOU)

- **대상 항로:** 호주 ↔ 한국.
- **한·호주 협력:** 무배출 녹색해운항로 구축을 위한 공동 사전타당성조사 착수(2025년 2월).
- **추진 일정:** 2029년까지 운항 개시 목표

항로의 장점: 장기운송계약(COA) 기반 고정 왕복항로는 출발/도착 항만에만 벙커링 인프라를 구축할 수 있어 인프라 위험을 크게 줄일 수 있다

< '27년 운항목표, 태평양 횡단 韓·美 녹색해운항로 구축 협력 >

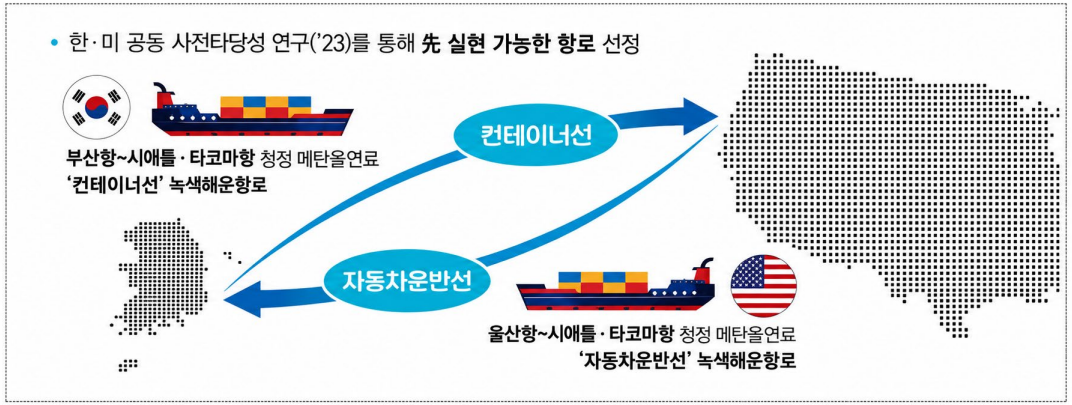




사진: Greenship-K 사업의 18만 DWT LNG 이중연료 벌크선(한·호주 항로), 포스코 용선

대한민국 금융지원 정책

정책 지원 프로그램	규모(원)	주요 수단 및 목적	지원 대상
해운 경영안전판	약 3.0조 원	위기 대응 펀드 및 중소선사 특별지원	중소선사
경영 안정 및 활력 제고	약 3.5조 원	친환경 신조선, 공공선주사업, 벙커링 인프라 펀드 등 지원	복합 대상
친환경선박 신조 지원 패키지	약 5.5조 원	친환경 신조선 지원 중심	외항 신조선
누적 정책지원 규모	**약 6.5조 원**	정부 및 한국해양진흥공사(KOBC)의 금융지원 합계 (2022년 대책 + 2024년 추가 대책)	국내 전체 선대

주: 수치는 해양수산부 및 정책브리핑 공개자료의 집계 방식에 따르며, 정책 목적별 분류와 발표 시점별 분류가 혼재할 수 있음.

🏛 한국해양진흥공사 금융 프로그램

- **공동투자:** 산업은행(KDB)과 지분·회사채 공동투자(컨테이너선 제외)
- **글로벌 저탄소선박 보조금:** 한국해양교통안전공단(KOMSA)의 친환경 인증과 정부 직접 보조금 연계(신조선)
- **개조 이차보전:** 축발전기, 엔진출력제한(EPL) 등 에너지절감기술(EST)에 이자차액 지원 및 보증 제공

⚠ 자금 수요와 공급의 격차

- 2030년까지 노후선 및 CII D·E등급 선박 605척 교체에 49~55조원이 필요
- 현 정책재원은 소요액의 약 10~11%를 충당
- 정책금융을 마중물로 활용하여 민간투자와 연계하는 구조 필요

구조적 금융 격차: 한·일 가중평균자본비용 비교

재무변수 차이 분석 결과, 한국 선사는 자본조달비용이 높으며, 이러한 차이는 친환경 투자 경로에도 영향

재무변수	대한민국(ROK)	일본(JPN)	격차 및 영향
가중평균자본비용(WACC)	**9.40%**	**4.30%**	한국이 5.10%p 높음(연간 원리금 부담 증가)
타인자본비용(Kd)	5.33%	1.35%	한국의 금리 정책금융 환경 차이
자기자본비용(Ke)	11.27%	6.00%	위험 프리미엄 격차
목표 내부수익률(IRR)	13.25%	10.00%	한국의 투자문턱 높음
세무상 감가상각 방식	10년 정률법(25.9%), 잔존가 5%	15년 정액법	한국의 세제는 초기 설비투자 절세효과에 유리

WACC 격차의 전략적 영향: 높은 WACC는 초기 설비투자비(CAPEX)와 연료비(FuelEX)가 큰 암모니아·메탄올 신조 투자를 제약한다.
대한민국 선사는 화석연료 기반 LNG 이중연료(DF) 신조 또는 개조를 통해 초기 투자를 늦추는 경로를 선호한다.
반면 일본 선사(WACC 4.3%)는 암모니아·메탄올 신조에 직접 투자할 여력이 있다.

주: 금리 및 통화 차이에서 기인한 부분은 국내 금융정책만으로 개선하기 어려움

주: 중국 및 미국의 WACC 는 각각 약 5%, 7% 수준으로 국내 조달 WACC 보다 낮은 수준임

친환경선박 인증 및 보조금

인증등급별 보조율(2025년, KOBC)

선가	1등급	2등급	3등급
200억 미만	30%	29%	28%
200~300억	20%	18%	16%
300억 이상	10%	8%	6%

⚠ 대형선 지원 한계: 300억 원 초과 외항선의 보조율은 10% 이하로,
친환경 추가 투자비를 충당하기에 부족

보조금 정책 개편 방향

- **추가 고려 사항;** 온실가스 감축 효과, 연료 전환 난이도, 항로 특성, 국내 연료공급 가능성 등을 함께 반영



청화2호(LNG DF, 울산 항만청소선)



에코누리호(LNG DF, 인천 항만안내선)



13,000 TEU LNG DF 컨테이너선(HMM)



10,000 CEU LNG DF 자동차운반선
(현대글로비스)

대한민국 핵심 교역항로의 전략적 특성

미국 서안 컨테이너 항로

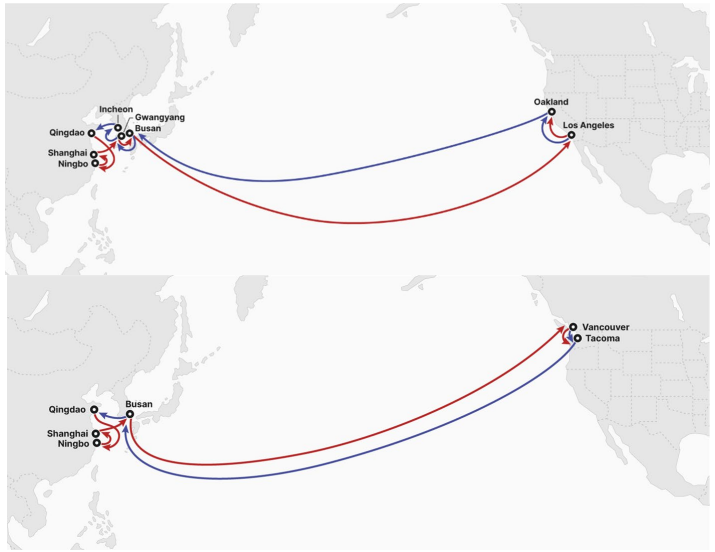
- **선대:** 13,000~15,000 TEU 네오파나막스 컨테이너 (HMM·SM상선)
- **물동량·배출량:** 국내 컨테이너 물동량의 30% 초과, 연간 2,059만 tCO_2
- **운항:** 15.2노트, 미국 서안까지 11~13일
- **e-fuel 적용:** 높음. 롱비치에서 선박 간(STS) LNG 벙커링 활발, 2027년 그린메탄올 시험 도입

미국 서안 자동차운반선 항로

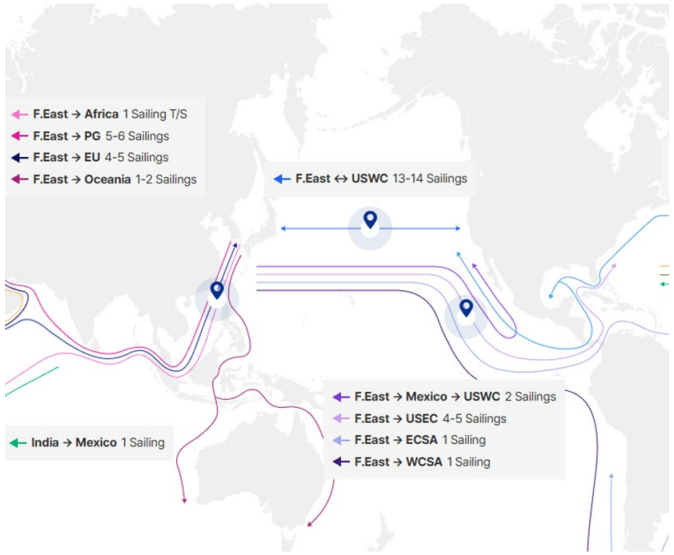
- **선대:** 7,000~10,800 CEU 자동차운반선 (글로비스·유코카·에이치라인).
- **물동량·배출량:** 연간 약 180항차, 80만 tCO_2
- **운항:** 15.4노트, 삼각항로로 공선항해 최소화.
- **e-fuel 적용 :** LNG DF 및 메탄올/암모니아 Ready형 자동차운반선 발주 증가.
  완성차 업계의 Scope 3 감축 요구 고려 필요

호주 철광석 운반선 항로

- **선대:** 18만~21만 DWT 케이프사이즈·뉴캐슬맥스벌크선(철광석 운반선)
- **물동량·배출량:** 국내 철광석 수입의 약 70%(연간 5,000만 톤 이상), 연간 120만 tCO_2
- **운항:** 전용선 28~32척, 왕복 30~35일.
- **e-Fuel 적용 :** 그린암모니아 항로에 적합 (포테스큐·포스코 협력 등 확인)



HMM PS6(태평양 남부)·PN3(태평양 북서부) 항로



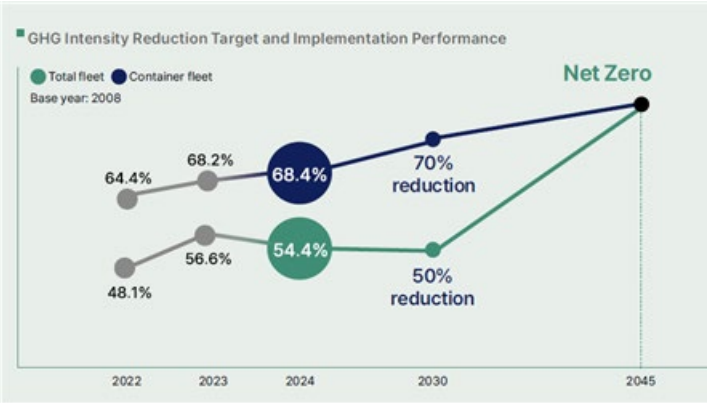
현대글로비스 극동–미국 서안 항로



한·호주 철광석 운송 항로

ESG 및 선대 탈탄소화 비교

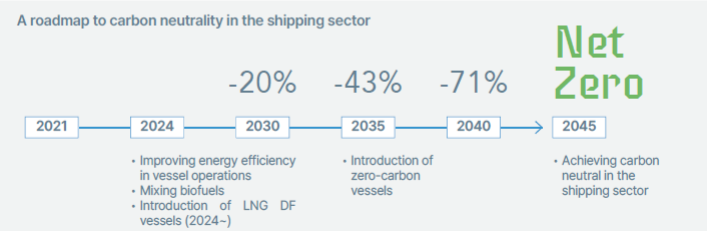
선사	목표연도	주요 연료 전략	신조 및 선대 발주 현황	디지털·ESG 혁신
HMM	2045년 넷제로	LNG DF, 메탄올 DF, 바이오연료 (매스밸런스)	9,000 TEU 메탄올 DF 9척, 13,000 TEU LNG DF 12척 (친환경 DF 총 21척) + 7,700 TEU LNG DF 용선 2척	선대 종합상황실, Scope 3 대응 그린세일링 서비스
현대글로비스	2045년 넷제로	LNG DF, B100 바이오연료, 암모니아·메탄올 전환준비형	2028년까지 LNG DF 자동차운반선 20척 (10,800 CEU 암모니아 전환준비형 6척 포함)	AI 자율운항, 환경선박지수(ESI) 항만 프로그램 참여(62척)
EUKOR/ Wallenius Wilhelmsen	2040년 넷제로	메탄올 DF, 암모니아 전환준비형, B100 바이오연료	셰이퍼급 자동차운반선 14척 (9,300~12,100 CEU, 메탄올·암모니아 전환준비형)	풍력추진(Tirranna), 디지털 배출은행, 잠재 탄소가격($70.7/t)
팬오션	2050년 넷제로	LNG 운반선, 바이오연료, 향후 암모니아·CCUS	174k LNG 운반선 및 18k LNG 벙커링선 총 12척(20.9억 달러)	선대운항 e-센터, OceanWise AI 탄소예측, 공기윤활(ALS)·프로펠러 보스캡 핀(PBCF) 개조



온실가스 감축목표, HMM 2025 ESG 보고서

Carbon neutrality implementation plan in the shipping sector

- Established a carbon neutrality target for 2045, five years ahead of the IMO's 2050 decarbonization goal for international shipping
  - Short term : Improving energy efficiency in vessel operations, Mixing biofuels, Introducing LNG DF vessels
  - Mid- to long-term : Transitioning to zero-carbon fuels such as electro-synthetic fuel, ammonia, and hydrogen



온실가스 감축목표, 현대글로비스 2025 ESG 보고서

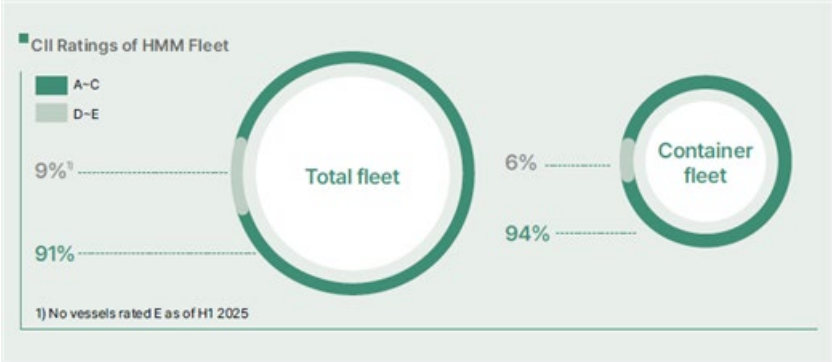
Science-based climate targets	Target scope	2022 Baseline value	2030 Target	2030 Target value	2035 Target	2035 Target value	2040 Target	2040 Target value
Reduce absolute scope 1 GHG emissions from logistics operations	Scope 1	28,299	42 %	16,143	66 %	9,621	90.0 %	2,830
Reduce intensity scope 1 and 3 (Well-to-wake) GHG emissions from shipping operations	Scope 1+3	5,264,144	40 %	3,159,975	79 %	1,082,437	96.4 %	188,545
Reduce intensity scope 1 and 3 (Well-to-wake) GHG emissions from shipping operations per tonne nautical mile	Scope 1+3	66.55	44 %	37.28	82 %	12.33	97.1 %	1.95
Increase active annual sourcing of renewable electricity	Scope 2	7 %	100 %	0	N/A	N/A	N/A	N/A
Reduce remaining absolute scope 3 GHG emissions	Scope 3	204,022	N/A	N/A	46 %	109,797	90 %	20,372

SBTi 기반 온실가스 감축목표, EUKOR/Wallenius Wilhelmsen

ESG 및 선대 탈탄소화 비교

선사	탄소배출 관리체계	화주 대상 저탄소 서비스	ESG 및 규제 대응
HMM	EEDI·EEXI·EEOI·CII 관리, 향후 WtW 온실가스 집약도 규제 준비	그린세일링 서비스 운영, 바이오연료 감축실적을 화주의 Scope 3 감축에 활용	CDP 기후변화 A-등급, ESG 공시 및 규제 준수체계 구축
현대글로비스	MRV·CII 관리 고도화 및 GFI 준수 기반 구축	공급망 탄소관리 및 고객 지원 서비스 확대	CDP 기후변화 리더십 A등급, TCFD 및 ESI 참여
EUKOR/ Wallenius Wilhelmsen	EEOI·CII·디지털 배출은행 기반 선박별 배출량 관리	탄소감축 서비스 운영, ISCC-EU 인증 바이오연료 기반 감축실적 제공	SBTi 검증 목표, 내부 탄소가격, 지속가능금융, 퍼스트무버연합 참여
팬오션	Scope 1~3 배출, IMO DCS, EU MRV 및 EEOI 관리 고도화	명시적 서비스보다는 운항 효율 및 ESG 공시에 중점	CDP 기후변화 B등급, ESG위원회 및 ESG 전담조직 운영

업계 공통 방향: ① 이중연료 신조 ② AI 기반 항로 최적화 ③ 에너지절감기술(EST) 개조 ④ 용선자에 Scope 3 탄소감축 인증서 제공.



CII 선대 관리, HMM 2025 ESG 보고서



에너지절감기술(풍력보조추진), HMM 2025



엔진 부분부하 최적화(EPLO), 글로비스·유코카, 2025

TCO 연구: 모델링 체계 및 시나리오

UCL 및 RMI와 협력하여 2029~2050년 순현재가치(NPV) 기준 생애 총소유비용(TCO)을 평가하고, 세 가지 글로벌 규제 시나리오를 모델링

시나리오 1: IMO 원안

ADOPTION 2026 / START 2029

- IMO NZF의 GFI 감축경로를 계획대로 적용
- RU1 $100/tCO$_2$eq, 2단계 RU2 $380/tCO$_2$eq
  RU2 ; 2032년 이후 바이오 선박용 경유(Bio-MGO) 비용의 1.1배 설정
- 전 세계 SU 거래 및 ZNZ 보상 시행

시나리오 2: IMO 지연

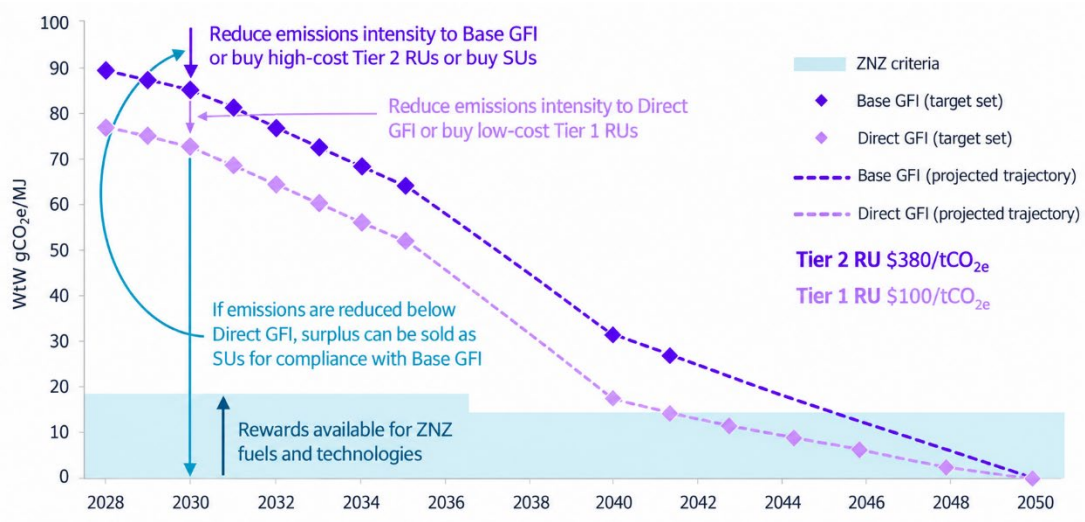
ADOPTION 2029 / START 2032

- 정치적 교착으로 NZF 시행 3년 지연.
- 2032년의 더 엄격한 GFI 감축목표를 곧바로 적용
- 화석연료 선박의 누적 규제비용 노출 증가

시나리오 3: EU-ETS / FuelEU

REGIONAL POLICY ONLY

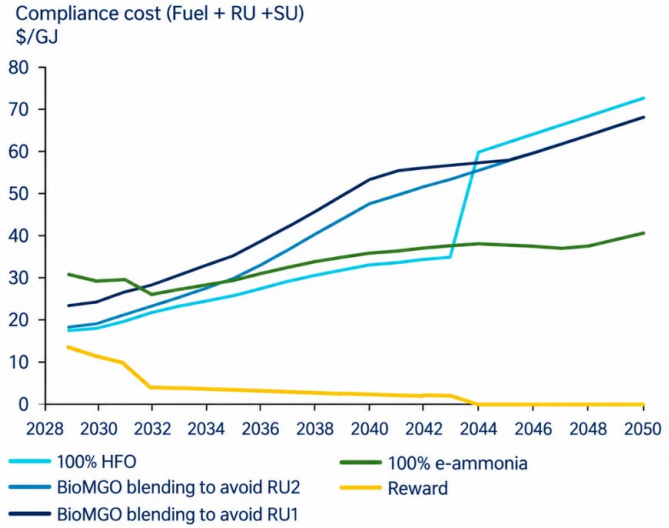
- 일본 – 유럽 항로 경우만 분석
- 글로벌 IMO NZF 도입 완전 무산
- EU 항해에 FuelEU의 WtW 기준 및 EU-ETS 탄소가격 적용(EEA 역내 100%, 역외 연결 항해 50%)
- e-fuel보다 Bio-MGO가 유리



IMO 온실가스 감축 전망



RU 비용 및 SU 가격 가정



ZNZ 보상 수준 가정

TCO 결과: 컨테이너선·자동차운반선·철광석 운반선

선종 및 항로	기존선(LSFO)	LNG 이중연료	LNG→암모니아 개조	암모니아 DF	메탄올 DF
한국–미국 서안 컨테이너선(13,000 TEU)	+38.98%	+23.29%	-3.81%	-21.01%	-28.12%
한국–미국 서안 자동차운반선(7,500 CEU)	+33.43%	+19.56%	-4.16%	-20.50%	-25.80%
한·호주 케이프급 벌크선(18만 DWT)	+36.32%	+19.47%	-3.93%	-20.84%	-26.27%

주: 비율은 시나리오 1(IMO 원안)에서 무규제 기준선 대비 TCO 증감률이다.

Percentage change in TCO relative to no-policy baselines

Largest increase in TCO relative to baseline ← → Largest reduction in TCO relative to baseline

	기존선		LNG DF	
	IMO 원안	IMO 지연	IMO 원안	IMO 지연
컨테이너선				
한국–미국 서안	38.98%	54.16%	23.29%	33.98%
나고야–로스앤젤레스	75.89%	97.58%	50.25%	66.84%
나고야–상하이	64.76%	82.99%	39.26%	54.71%
자동차운반선				
한국–미국 서안	33.43%	46.37%	19.56%	28.53%
고베–중동	57.54%	73.60%	36.63%	51.51%
나고야–제브뤼헤	48.71%	61.09%	30.02%	42.96%
벌크선				
한국–뉴캐슬	36.32%	50.47%	19.47%	28.38%
나고야–포트월콧	57.65%	74.15%	36.32%	50.68%
나고야–셉팀	45.36%	57.92%	27.12%	39.78%

	LNG→암모니아 개조		암모니아 DF		메탄올 DF	
	IMO 원안	IMO 지연	IMO 원안	IMO 지연	IMO 원안	IMO 지연
컨테이너선						
한국–미국 서안	-3.81%	3.11%	-21.01%	-12.13%	-28.12%	-22.37%
나고야–로스앤젤레스	-3.58%	5.32%	-17.76%	-7.55%	-22.83%	-15.45%
나고야–상하이	-6.75%	4.78%	-16.19%	-6.93%	-21.14%	-14.27%
자동차운반선						
한국–미국 서안	-4.16%	1.87%	-20.50%	-11.91%	-25.80%	-20.58%
고베–중동	-4.23%	4.54%	-15.66%	-6.92%	-20.36%	-13.73%
나고야–제브뤼헤	-3.83%	1.16%	-14.39%	-9.83%	-18.80%	-13.47%
벌크선						
한국–뉴캐슬	-3.93%	2.17%	-20.84%	-12.32%	-26.27%	-20.78%
나고야–포트월콧	-3.61%	4.52%	-15.34%	-6.58%	-20.11%	-13.52%
나고야–셉팀	-3.22%	3.97%	-13.97%	-6.53%	-18.09%	-12.20%

연료별 NPV 상대 변화에 따른 TCO 비교

핵심 결과: 규제 지연과 비용

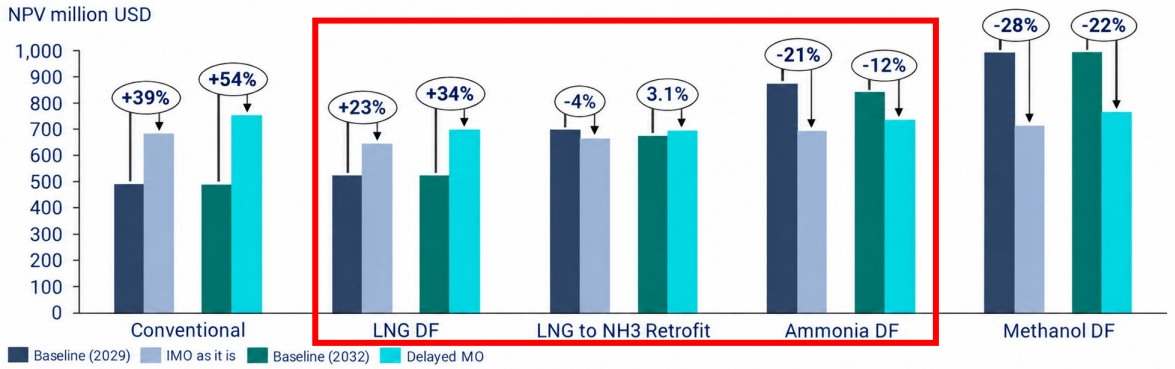
- 선대 교체 연기(2029년~2032년 인도): 생애 TCO 33~97% 증가
- 모델 해석: IMO 지연 시나리오의 2032년 건조선은 IMO 원안 시나리오의 2032년 건조선과 TCO가 사실상 같다.
  - 33~97% 증가는 투자 결정을 2029년에서 2032년으로 미룰 때의 비용 증가 의미
    자본비용 상승, 예상 연료가격 인상, 인도 시점의 더 엄격한 GFI 감축기준이 원인
  - 정책 시사점: IMO 규제 지연이 준수비용을 줄여주지는 않음
    선대 교체를 늦추면 조기 대응 보상 없이 인도 시 더 엄격한 GFI 기준에 직면하므로,
    선제적 선대계획이 필요함

IMO 정책 지연: 화석연료 선대 생애 TCO 33~97% 증가

TCO 결과: 컨테이너선·자동차운반선

한국–미국 서안 컨테이너선(13,000 TEU)

Total cost of ownership by type of engine

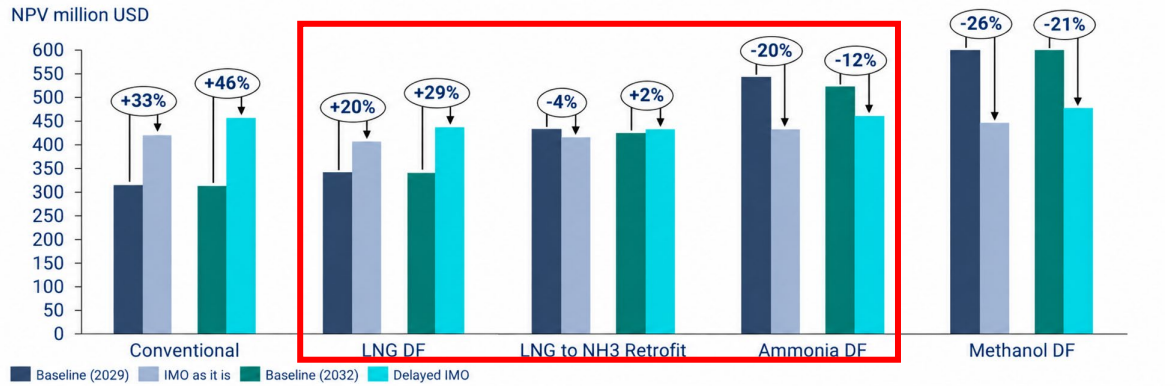


Breakdown of engine cost, NPV million USD

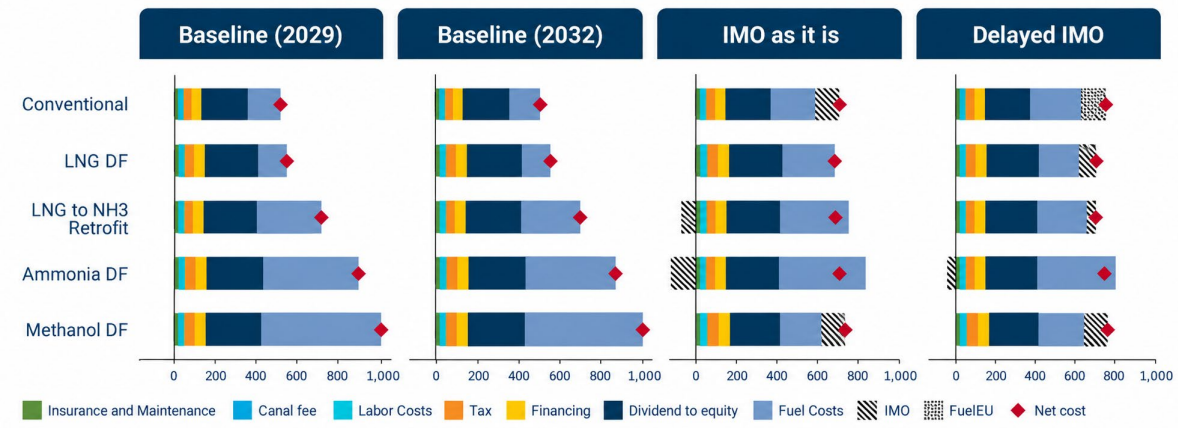


한국–미국 서안 자동차운반선(7,500 CEU)

Total cost of ownership by type of engine



Breakdown of engine cost, NPV million USD

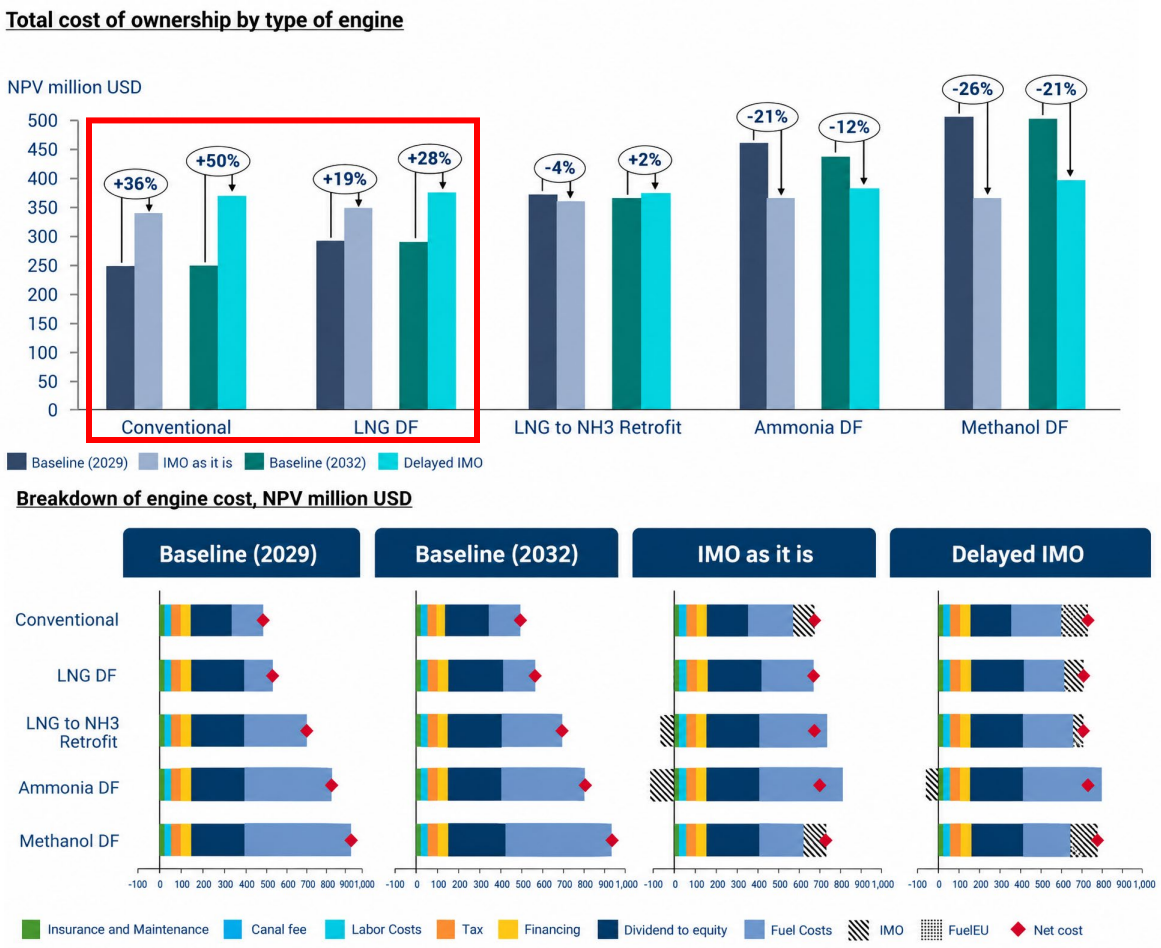


컨테이너선 및 자동차운반선의 TCO 특성

연료 소비가 많아 ZNZ 보상과 규제비용 회피가 경제성을 좌우
암모니아 DF 및 LNG→암모니아 개조는 수명주기 TCO를 크게 절감

TCO 결과: 철광석 운반선

한 – 호주 케이프급 철광석 운반선(18만 DWT)



연료별 NPV 절대 변화에 따른 TCO 비교

Percentage change in TCO relative to the lowest-TCO engine option for the respective shipping route

The highest-TCO engine option ← → The lowest-TCO engine option

IMO 원안-기준 혼합	기존선	LNG DF	LNG→NH_3	암모니아 DF	메탄올 DF
한-미국 서안 컨테이너	10.21%	3.59%	0.00%	3.42%	18.58%
한-미국 서안 PCTC	7.62%	3.85%	0.00%	3.89%	17.24%
한-뉴캐슬 벌크	2.13%	4.19%	0.42%	0.00%	12.06%
나고야-LA 컨테이너	39.06%	21.55%	0.30%	0.00%	17.91%
나고야-상하이 컨테이너	34.22%	20.66%	2.88%	0.00%	15.37%
나고야-포트월콧 벌크	33.53%	19.16%	0.96%	0.00%	15.21%
나고야-셉틸 벌크	29.44%	17.00%	1.39%	0.00%	12.79%
고베-중동 PCTC	35.41%	19.35%	1.31%	0.00%	15.67%
나고야-제브뤼헤 PCTC	31.63%	17.62%	1.47%	0.00%	13.83%

IMO 원안-최적 혼합(Bio연료)	기존선	LNG DF	LNG→NH_3	암모니아 DF	메탄올 DF
한-미국 서안 컨테이너	6.12%	0.00%	3.34%	7.21%	10.52%
한-미국 서안2 PCTC	3.11%	0.00%	2.18%	6.18%	9.42%
한-뉴캐슬 벌크	0.00%	3.02%	5.60%	4.92%	7.09%
나고야-LA 컨테이너	16.27%	0.00%	2.21%	4.40%	13.18%
나고야-상하이 컨테이너	13.23%	0.00%	3.72%	3.72%	11.86%
나고야-포트월콧 벌크	14.30%	0.00%	2.26%	4.04%	12.56%
나고야-셉틸 벌크	13.21%	0.00%	2.37%	3.41%	11.50%
고베-중동 PCTC	16.39%	0.00%	2.23%	4.27%	13.64%
나고야-제브뤼헤 PCTC	14.69%	0.00%	2.25%	3.82%	12.45%

⚠ 철광석 운반선의 특수성

케이프급 철광석 운반선은 기본 선가가 낮고 e-fuel DF 엔진의 추가 투자비가 상대적으로 커서 보조금이나 장기운송계약(COA)이 없으면 e-fuel DF 신조 유인이 약함

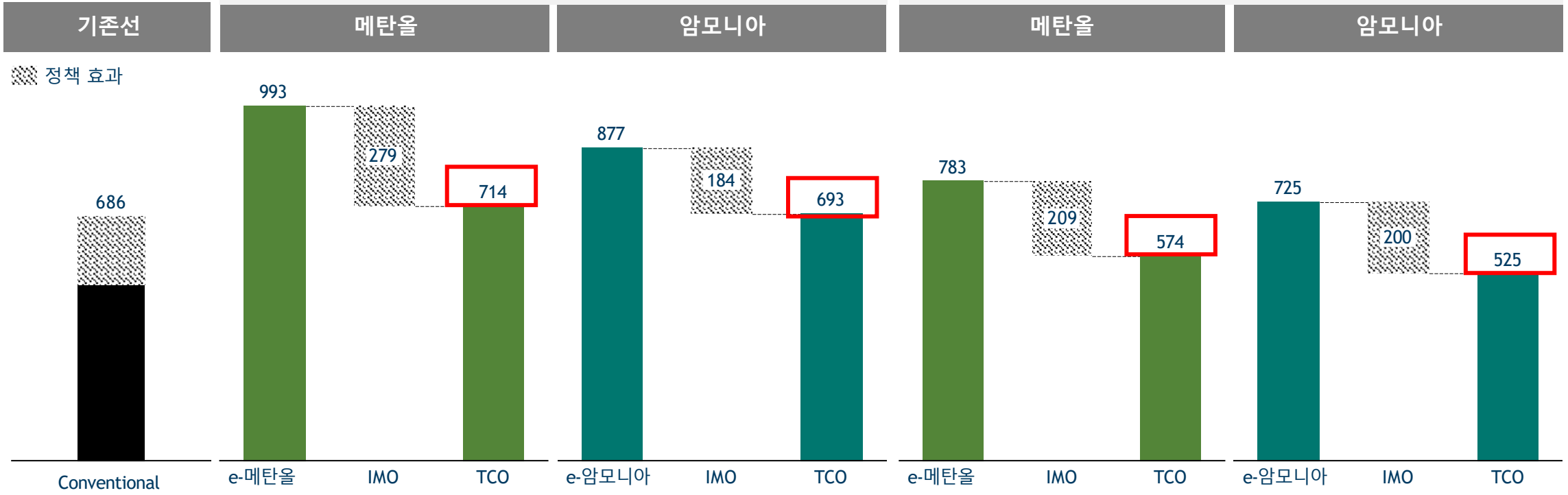
TCO 결과: 지역 저가 e-fuel(한국–미국 서안 컨테이너선) 활용

세계 평균 e-fuel 비용

세계 평균 e-fuel 가격에서는 IMO NZF가 기존선과의 TCO 격차를 줄이지만, 완전히 해소하지는 못함

지역 저가 e-fuel 비용

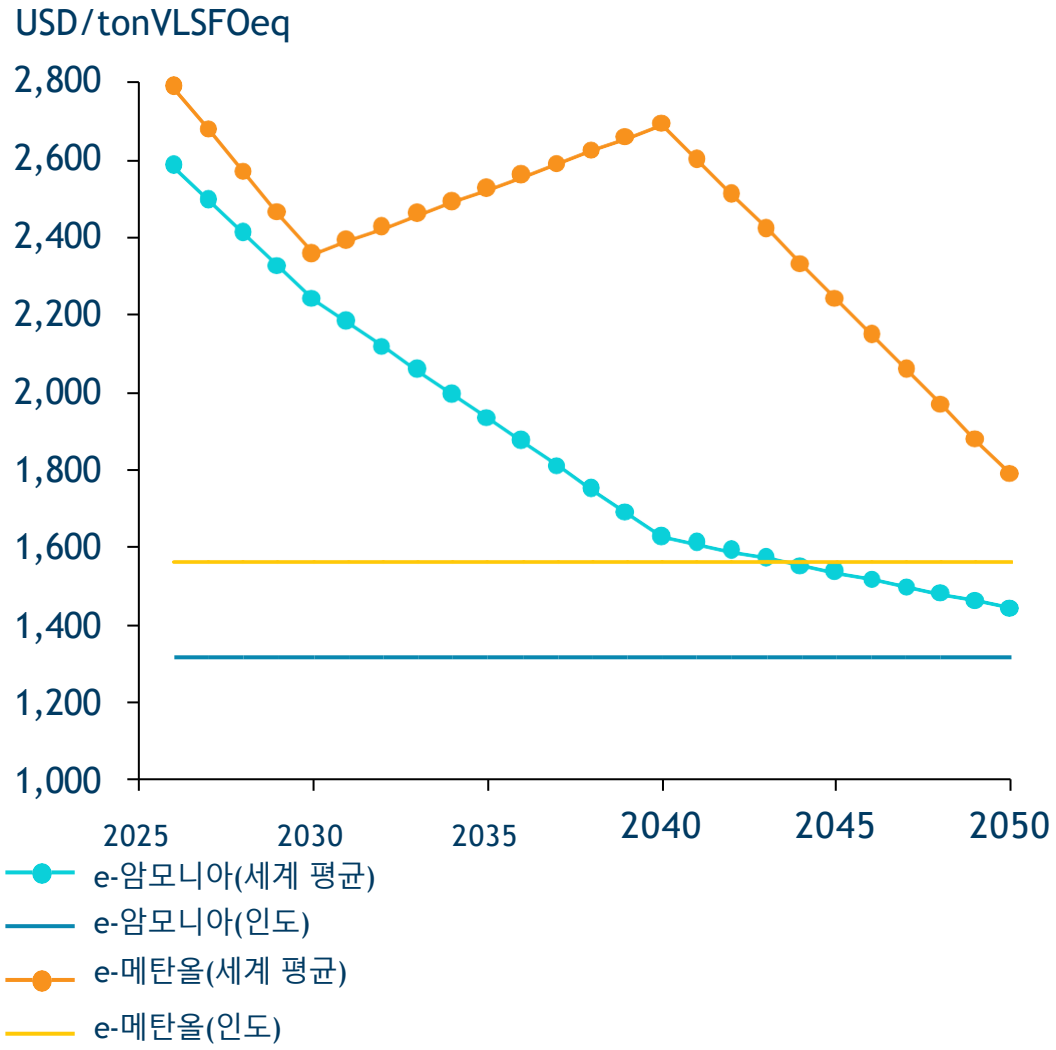
지역 저가 e-fuel을 확보하면 IMO NZF 제도하에서 ZNZ 선박이 최저비용 대안이 될 수 있음



주: 지역 사례는 세계 평균가격을 일률 할인하지 않고 연료별 생산비를 적용한다. GFI 목표와 SU·RU 보상 단가는 동일하지만, 연료가격에 따라 최적 연료구성과 단위 수량이 바뀌어 총 정책효과가 달라진다. 빗금 막대는 IMO NZF 직접지원과 연료 최적화 효과를 함께 나타낸다. 두 사례 모두 암모니아의 TCO가 더 낮으며, 지역 저가 공급은 두 ZNZ 경로의 경쟁력을 높인다. 한국–미국 서안 컨테이너 항로. 출처: RMI 분석.

IMO NZF 제도 고려, 연료 최적화와 저비용 지역 e-fuel 확보를 통해 ZNZ 선박이 비용경쟁력을 확보가능

TCO 결과: 지역 저가 e-fuel(한국–미국 서안 컨테이너선)



민감도 분석에서는 일본과 대한민국이 세계 평균보다 크게 낮은 가격으로 e-fuel을 확보하는 상황을 가정해 인도산 저가 e-연료 공급을 추가하여 해당 조건에서 IMO 정책이 선박 TCO에 미치는 영향을 평가 함

- e-암모니아: $32/GJ, 약 $600/톤. 인도 태양에너지공사(SECI) 입찰에서 확인된 역대 최저 수준 그린암모니아 가격인 톤당 $580[1]~$641[2]를 근거
- e-메탄올: $38/GJ, 약 $750/톤. 개발사가 제시한 인도 FOB 가격 범위인 톤당 $725~$1,250[3]를 근거

1. https://fuelcellsworks.com/2025/08/15/clean-energy/jakson-green-wins-india-s-sixth-green-ammonia-tender-with-record-low-50-75-0-58-kg-bid
2. https://ammoniaenergy.org/articles/acme-641-per-ton-for-renewable-ammonia-in-india/
3. https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/energy-transition/051426-indias-emethanol-push-for-shipping-hobbled-bybio-co2-crunch-price-gap

선사의 전환경로 및 현실적 제약

선사의 예상 대응 경로

1단계: 2029~2035년

SU를 통한 초기 규제 준수

- 선사는 Bio-MGO를 소량 혼합하거나 조기 무배출 선박에서 저렴한 SU를 구매
- LNG DF 선박은 저렴한 LNG 사용을 극대화

2단계: 2035~2043년

Bio-LNG·Bio-MGO 혼합 사용

- 기존 LNG DF 선대에는 Bio-LNG Drop-in이 가장 경제적인 경로
- IMO GFI에서 WtW 탄소감축 70~100%를 인정

3단계: 2044년 이후

e-fuel 전환 불가피

- SU 공급이 중단되고 높은 RU2 비용으로 e-암모니아·e-메탄올 100% 전환이 요구

바이오-LNG의 드롭인 가치: 화석 LNG와 화학적으로 동일해 엔진 개조 없이 즉시 사용 가능하다.
국내 바이오가스 인프라와 공급망 이력관리(CoC) 인증을 활용하면 최소 설비투자로 IMO 규제비용을 회피할 수 있다.

주요 병목 및 불확실성

⚠바이오연료 공급 부족:
최근 로테르담의 선박용 바이오 연료 부족은 국가별 재생에너지 의무로 인한 심각한 공급 병목을 보여줌

타 산업과의 경쟁: 항공용 지속가능연료(**SAF**) 및 타 연료 소모 육상 사업이 동일한 지속가능 바이오매스 원료를 두고 경쟁해 향후 **Bio-MGO** 가격을 높임

SU 시장 유동성: **ZNZ** 조기 도입 선박이 적으면 **SU** 공급이 부족해 시장가격이 기준 가정보다 크게 상승할 수 있음

WACC의 영향: 한·일 투자 선택이 다른 이유

대한민국(WACC 9.4%)

- **높은 할인율:** 미래 연료비 절감액의 순현재가치를 크게 경감
- **설비투자·고가 연료 부담:** 높은 이자부담으로 암모니아·메탄올 신조 및 운항의 초기 투자비와 연료비를 보조금 없이 감당하기 어려움
- **대한민국의 최적 선택:**
  LNG DF 신조 또는 LNG→암모니아 개조(투자 지연 및 저렴한 화석 LNG 활용).

일본(WACC 4.3%)

- **낮은 할인율:** 향후 20년간 연료비 절감효과가 NPV에 충분히 반영
- **설비투자 여력:** 낮은 타인자본비용(1.35%)으로 암모니아·메탄올 DF 신조 가능
- **일본의 최적 선택:**
  암모니아·메탄올 DF 신조에 직접 투자

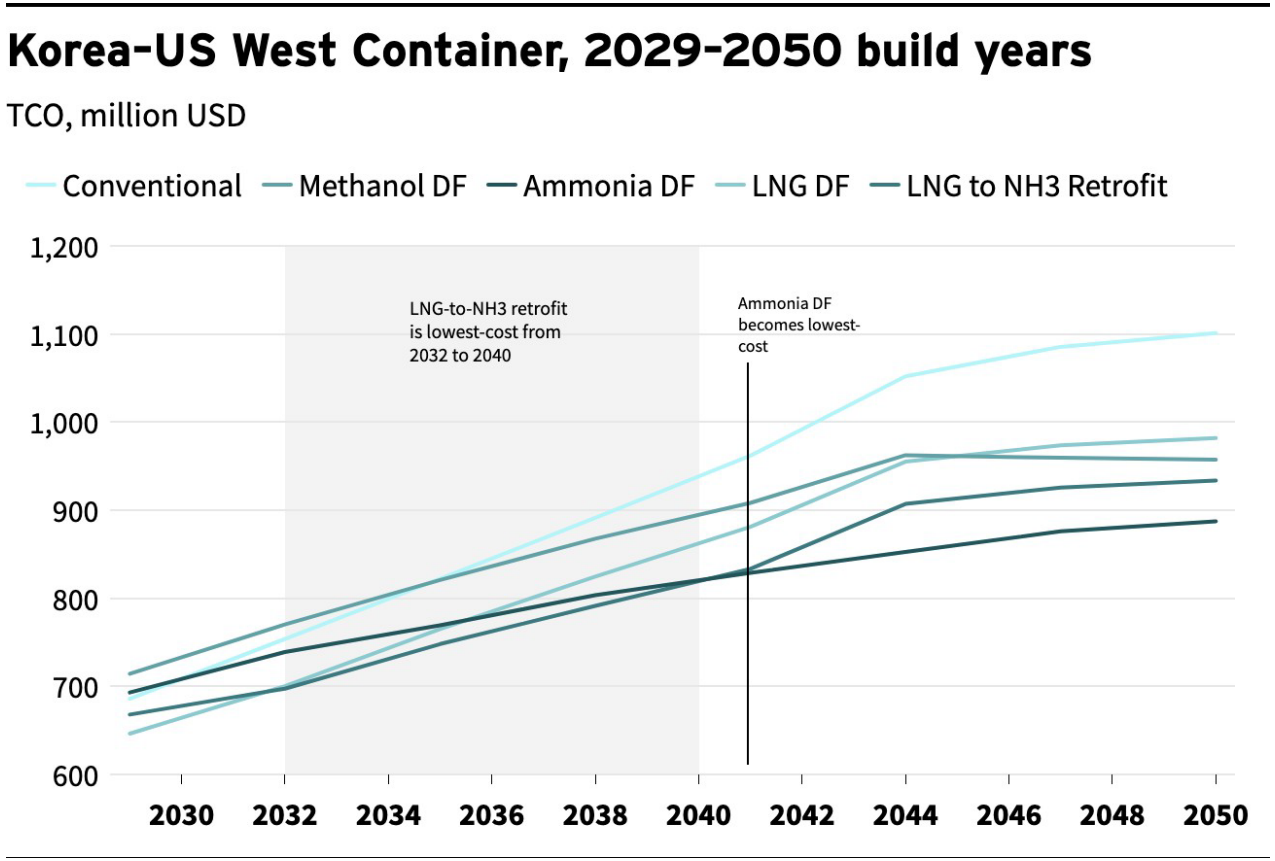
대한민국 정책의 고려 사항 : 정부정책을 통해 타인자본비용(5.33%)과 자기자본 위험 프리미엄을 낮춰 WACC 를 줄여야 친환경 연료 신조 경쟁력을 확보가능



TCO 결과: 한국–미국 서안 컨테이너선

높은 자본비용·WACC와 가속 감가상각이 결합해 무탄소 연료 비용 최적 전환 시점이 지연

한국–미국 서안 항로의 최저비용 경로(신조 기준) : 2029년 LNG DF, 2032~2038년 LNG→암모니아 개조, 2041년 이후 암모니아 DF



대한민국의 대표 금융 가정에서는 일본보다 전환이 늦어짐

2029년에는 LNG DF가 6.46억 달러로 최저비용이 됨

2032~2038년에는 LNG→암모니아 개조가 가장 낮으며, 암모니아는 2041년부터 최저비용이 됨. 개조준비형 자산의 경제적 유효기간이 길수도 있다는 의미

개조 Ready 형 투자의 유효기간 확대

한국-미국 서안 항로에서는 개조준비 전략이 2030년대 상당 기간을 연결하므로, LNG에서 즉시 전환해야 할 필요성이 상대적으로 약함

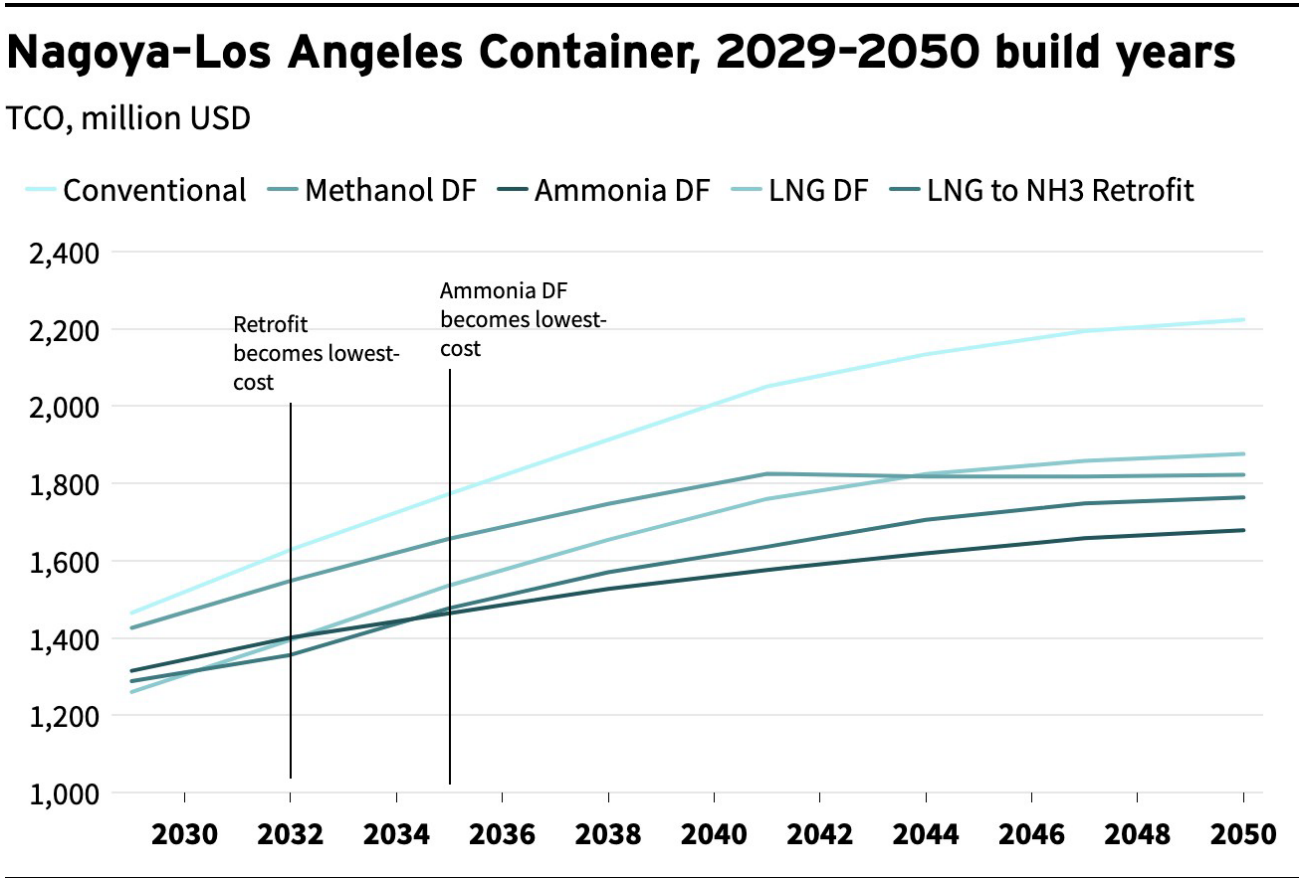
대한민국에 대한 시사점

한국 대표 컨테이너 항로는 IMO NZF하에서 단계적 투자 경로를 뒷받침한다. 단기에는 LNG의 유연성을 활용하고, 2030년대에는 개조를 준비하며, 2040년대 초부터 암모니아·메탄올 등 저배출 신조선으로 전환

TCO 결과: 일본–미국 서안 컨테이너선

IMO NZF하에서 초기에는 LNG→암모니아 개조가 최저비용 준수 경로이며, 일정 시간 경과 시 암모니아 DF 신조선으로 이동

나고야–LA항로의 최저비용 경로(신조) : 2029년 LNG DF, 2032년 LNG→암모니아 개조, 2035년 이후 암모니아 DF



일본의 대표 금융 가정에서는 2029년 이후 최저비용 경로가 빠르게 변화

2029년 이후 단기간은 LNG DF가 최저비용

2032년에는 LNG→암모니아 개조가, 2035년부터는 암모니아 DF가 최저비용 경로가 됨

개조 경로의 짧은 전환 유효기간

개조는 단기 유연성을 유지하며 규제 준수비용 일부를 늦추므로 2030년대 초에 가치가 있음

그러나 2035년에는 경제성이 암모니아 DF로 이동

일본에 대한 시사점

일본 대표 컨테이너 항로에서는 전환준비형 자산의 유효기간이 짧음

단기 유연성을 활용하는 선박 전략도 비용 경쟁력을 유지하려면 2030년대 중반까지 저배출 운항으로 전환할 실행 가능한 경로가 필요

TCO 연구: 결과 요약

IMO NZF는 항로에 관계없이 일관된 전환 신호를 제공하며, ZNZ 연료로의 전환 부담을 낮추는 동시에 기존 화석연료 경로의 비용을 증가

% change versus each route-pathway's own no-IMO baseline

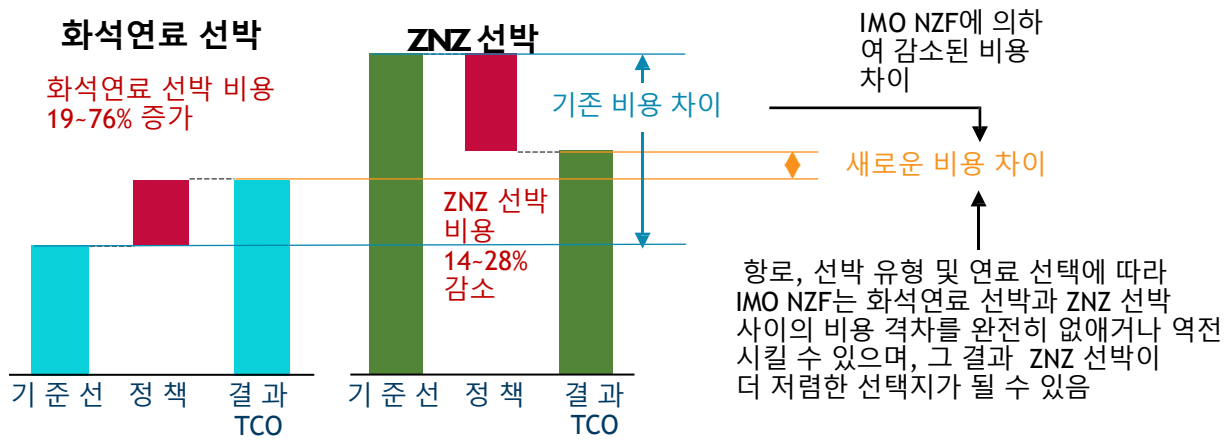
2029 newbuilds under IMO NZF adopted in 2026 with first GFI year in 2029

Country	Segment	Route	Conventional	LNG DF	LNG to NH3 Retrofit	Ammonia DF	Methanol DF
●	Container	Nagoya - Los Angeles	76	50	-4	-18	-23
●	Container	Nagoya - Shanghai	65	39	-7	-16	-21
●	PCTC	Kobe - Mid East	58	37	-4	-16	-20
●	PCTC	Nagoya - Zeebrugge	49	30	-4	-14	-19
●	Bulk Carrier	Nagoya - Port Walcott	58	36	-4	-15	-20
●	Bulk Carrier	Nagoya - Sept-Iles	45	27	-3	-14	-18
🇰🇷	Container	S. Korea - US West	39	23	-4	-21	-28
🇰🇷	PCTC	S. Korea - US West	33	20	-4	-20	-26
🇰🇷	Bulk Carrier	S. Korea - Newcastle	36	19	-4	-21	-26

-28% 76%

Note: 각 셀은 동일한 항로 및 선박 경로를 해당 경로 자체의 IMO 미적용(No-IMO) 기준 시나리오와 비교함. 음(-)의 값은 IMO 2026 적용 시 해당 경로의 비용이 감소함을 의미하며, 양(+)의 값은 비용이 증가함을 의미함. TCO는 2029년에 건조된 선박을 기준으로 하며, IMO NZF는 2026년에 채택되고 2029년을 최초의 규제준수/비용 납부 연도로 가정함. LNG-to-NH_3 Retrofit은 최초에 LNG 이중연료(dual-fuel) 선박으로 건조된 후, 5년 차 첫 번째 정기검사(Special Survey) 시 암모니아 이중연료 선박으로 개조되는 선박을 의미함.

항로 특성과 무관하게 , 모든 항로에서 유사한 영향



IMO NZF는 SU 수익 및 ZNZ Reward를 제공함으로써 저GHG 대체연료 경로의 경제성을 개선

- 암모니아/메탄올 이중연료 선박은 모든 항로에서 일관된 TCO 감소를 보이며, IMO 미적용(No-IMO) 기준 시나리오 대비 암모니아는 14~21%, 메탄올은 18~28%의 TCO 감소를 보임. 이는 NZF가 항로 자체의 기본적인 특성 보다 각 전환 경로의 경제성에 더 큰 영향을 미친다는 점을 뒷받침
- 이러한 비용 감소에는 정책지원 효과와 최적 연료운용 효과가 모두 반영되어 있음. 메탄올 DF는 가장 큰 편익을 보이며, 2044년 SU가 부족해질 때까지 상대적으로 저비용인 SU를 활용한 후 e-메탄올로 전환
  암모니아 DF는 전 기간 e-암모니아를 사용하기 때문에 연료 최적화에 따른 추가 편익은 상대적으로 낮음.
- LNG to NH_3 Retrofit은 항로별로 약 -3~-7% 수준으로 비교적 중립적인 TCO 효과를 보임.

화석연료 의존도가 높은 선박 신조시 총 비용이 증가하며, 그 증가폭은 각 분석 조건에 상이

- Conventional 선박은 +33~+76%로 가장 큰 TCO 증가를 보이며, LNG DF선은 상대적으로 낮은 배출량으로 인해 +19~+50% 증가
- 구체적인 비용 영향은 금융구조, 선종 및 항로에 따라 달라지지만, 정책이 주는 경제적 신호의 방향은 일관

TCO 연구: 결과 요약

IMO NZF의 채택; 초기 규제 준수 부담을 줄이면서 신뢰성 있는 장기 전환 경로를 확보하는 연료·선박 전략에 경제적 이점을 제공

1 IMO NZF는 해운 부문의 에너지 전환을 촉진하는 제도적 체계를 제공

- Surplus Unit(SU) 및 Reward 메커니즘은 Zero/Near-Zero(ZNZ) 연료 도입의 실질 비용을 경감함
- Remedial Unit(RU) 구조는 화석연료 기반 경로의 비용을 증가시켜 탈탄소화에 대한 경제적 유인을 강화함

2 분석된 모든 항로는 각 항로의 특성과 관계없이 IMO NZF로부터 유사한 영향 확인

- 전체 TCO를 결정하는 주요 요인은 연료 및 엔진 선택, 금융 구조, 정책 효과임
- 항해거리, 선종 및 선박 크기 등의 항로 특성은 NZF의 영향 자체를 유의미하게 변화시키지 않음

3 금융구조의 차이는 선주가 IMO NZF에 대응하는 방식과 선박 투자 의사결정에 영향

- 높은 금융비용은 단기 현금흐름의 상대적 중요성을 높여 초기 규제준수에 따른 경제적 편익의 영향력을 증가
- 가속상각은 세제혜택을 조기에 실현함으로써 높은 CAPEX를 일부 상쇄하고, 투자 초기의 현금흐름을 개선
- 낮은 금융비용은 미래 비용절감액에 적용되는 할인효과를 줄여 고CAPEX·저GHG 경로의 경제성을 개선
- 정부가 저비용 자금에 대한 접근성을 개선하면 민간 부문이 장기 투자편익을 보다 높게 평가하도록 유도 가능

4 IMO NZF하에서 암모니아, LNG 및 이들의 혼합 전환 경로가 2029년 신조선의 최소비용 대안이 될 가능성이 높으며, 시간이 경과함에 따라 최적 경로는 점차 암모니아 신조선으로 이동할 것으로 분석

- 분석 가정과 적용 시점에 따라 암모니아선, LNG→암모니아 개조선 및 LNG선이 IMO NZF하에서 가장 낮은 TCO를 보이는 대안으로 분석됨
- LNG는 주로 저비용 SU 활용을 통해 단기적으로 비용우위를 가질 수 있으나, 이러한 우위는 향후 LNG to 암모니아 Retrofit을 거쳐 궁극적으로 암모니아 신조선으로 이동할 것으로 예상
- 기술의 교차 전환(cross-over_ 시점은 금융구조에 따라 달라지는데, 이러한 금융구조의 비용은 평균적으로 어떤 국가에서는 더 높고 다른 국가에서는 더 낮을 수 있다. 더 높은 금융비용, 단기 현금흐름에 대한 더 강한 관리, 그리고 높은 자본적 지출(CAPEX)을 상쇄하기 위한 적극적인 가속상각 정책은 LNG 선박에서 암모니아 선박으로의 전환을 늦출 수 있음
- LNG to 암모니아 개조는 일부 선주와 시장에서는 유효한 경로가 될 수 있으나, 운영상 제약과 확장성(Scalability)의 한계로 인해 산업 전반의 보편적 해결책이 되기는 어려울 것으로 평가됨

5 지역 내 저비용 e-fuel 공급은 IMO NZF하에서 e-fuel 추진선의 경제성을 확보할 수 있게 한다

- 일부 국가는 이미 e-fuel을 충분히 낮은 비용으로 생산할 수 있어 IMO NZF 적용 시 e-fuel 선박이 경제성을 확보하고, 기존 연료 선박보다 낮은 생애주기 TCO를 달성할 가능성 있음
- 저비용 지역 e-fuel을 생산하거나 확보할 수 있는 국가는 IMO NZF를 활용하여 ZNZ 연료 생산 및 선박 보급을 가속하고, 규모의 경제를 확보하며, 비용경쟁력을 높여 에너지 전환 시장의 선도적 위치를 확보 가능

6 지역 규제 정책만으로는 에너지 전환을 충분히 유도하기 어렵다.

- FuelEU와 EU-ETS는 EU 규제에 노출되는 항로에서 초기 바이오연료 수요를 창출할 수 있으나, 그 효과는 해당 항로에서 규제 적용을 받는 에너지 사용분으로 제한
- 상대적으로 완화된 GFI 목표와 제한된 규제범위로 인해 FuelEU가 유발하는 ZNZ 연료 수요는 제한적 따라서 Bio-MGO 및 Bio-LNG가 우선적인 규제준수 수단으로 선택되며, e-fuel은 감축비용이 상당 수준 하락한 이후에야 경쟁력을 확보

TCO 연구: 결과 요약

금융구조는 IMO NZF하에서 선박 투자 의사결정을 결정하는 핵심 요인

동일한 IMO NZF하에서도 금융 조건에 따라 서로 다른 투자 유인이 발생한다.

- 자본비용, 부채구조, 세제 및 감가상각 방식 등의 금융조건이 선박 투자 의사결정을 좌우
- 높은 금융비용은 단기 현금흐름의 가치를 높이므로, 초기 규제준수 수익(SU 및 ZNZ Reward)과 회피 가능한 화석연료 규제비용(RU)의 현재가치가 상대적으로 커짐
- 낮은 금융비용은 미래 현금흐름에 대한 할인효과를 줄여 고CAPEX·저배출 선박에 대한 조기 투자를 지원함
- 가속상각은 세제혜택을 앞당겨 높은 초기 CAPEX를 부분적으로 상쇄할 수 있음

대한민국 모델: 초기 현금흐름에 상대적으로 높은 가중치

- **Parameters**: WACC 9.4%, Cost of debt 5.33%, Cost of equity 11.27%, Tax rate 26.4%, Tax depreciation 10-yr DB @ 25.9%/yr
- 높은 금융비용으로 인해 단기 수익의 가치가 높아지고 초기 현금흐름 편익을 창출하는 전략이 유리
- 가속상각에 따른 세제혜택은 고CAPEX 대안의 초기 투자 부담을 부분적으로 상쇄함
- 그 결과 저GHG 배출 신조선이 경제성을 확보하기 전까지 Retrofit 전략의 경쟁력이 보다 장기간 유지됨

일본 모델: 낮은 자본비용으로 보다 빠른 전환 가능

- **Parameters :** WACC 4.3%, Cost of debt 1.35%, Cost of equity 6%, Tax rate 29.74%, Tax depreciation 15-yr straight line
- 낮은 WACC는 미래 연료비 절감액에 적용되는 할인효과를 감소시키므로, 투자기간 전체를 기준으로 고 CAPEX ZNZ 선박의 경제성이 상대적으로 개선됨
- 따라서 금융비용이 높은 구조에 비해 저GHG 신조선의 경제성 확보 시점이 빨라짐

정책적 시사점

- **동일한 IMO 정책 신호도 시장별 금융조건에 따라 서로 다른 투자 경로를 유발할 수 있음**

  자본비용, 세제 적용(tax treatment), 금융 접근성(access to financing)과 같은 금융 조건은 기술 도입에 관한 의사결정에 상당한 영향을 미칠 수 있음
- **보완적 금융지원 정책은 Zero/Near-Zero 배출 선박 투자를 촉진할 수 있음**

  금융지원, 위험분담, 우호적 세제 및 표적형 인센티브를 통해 고CAPEX ZNZ 선박의 사업성을 개선할 수 있음
- **정부는 금융조건을 개선함으로써 IMO 정책의 실질적 효과를 강화할 수 있음**

  정책 입안자와 금융기관 간의 협력은 금융조달 장벽을 낮추고, 투자 의사결정이 해운 탈탄소화 목표에 보다 잘 부합하도록 할 수 있다.

대한민국 정부에 대한 제언

친환경선박 우선접안 제도

- **무대기 입항:** 친환경 연료 사용선 및 탄소감축 검증 선박에 대기 없는 즉시 접안을 보장
- **그린패스 발급:** IMO 기준을 초과 달성한 선박에 그린패스를 발급해 항만 대기열을 우회하도록 유도
- **경제적 가치:** 항만 체류시간 단축으로 선대 활용도와 연간 항차를 늘리고 용선자의 체선료 부담을 경감
- **CARB 벤치마킹:** 캘리포니아 대기자원위원회 규정을 참조 하여 대체연료 선박에 육상전원(AMP) 사용 면제 등 고려 가능

항만 인센티브 패키지

- 친환경 1·2등급 선박의 입출항료·접안료 등 항만시설 사용료 감면 확대
- 육상전원(AMP)에 경쟁력 있는 보조 전력요금을 적용

바이오-LNG 공급망 및 CoC 제도 준비

- 지역 바이오가스 생산을 육성하고 바이오-LNG 벙커링의 공급망 이력관리(CoC) 인증체계를 구축한다(Book & Claim 검토 가능)



금융기관에 대한 제언

절감액 기반 상환(Pay As You Save) 리스 금융

- **컨소시엄:** 정책금융기관(KOBC·KDB)과 에너지절약전문기업(ESCO)이 풍력보조추진·공기윤활·축발전 등 에너지 효율 개선 장비 초기 투자비 100%를 조달
- **절감액으로 상환:** 검증된 연료비 절감액과 EU-ETS·IMO NZF 규제비용 회피액만으로 선사가 부채를 상환 설계
- **미절감 시 미상환 보호:** 성능보증보험을 의무화하여 장비 성능 미달 위험에서 선사를 보호

WACC 경감 방안 적용 및 미래연료 금융 지원

- **WACC 경감:** 미래연료 전환준비를 위하여 선대의 타인자본비용(5.33%)과 보증료를 낮춰 WACC 를 경감 고려
- **포세이돈 원칙 연계:** 전환 유연성이 검증된 선박에 더 높은 담보인정비율(LTV)을 적용해 좌초자산 위험 경감
- **공동구매 플랫폼:** 친환경 기자재 공동조달로 중견선사의 구매단가를 10~20% 절감 지원

	대한민국	일본
금융 구조	가중평균자본비용(WACC) 9.4%, 타인자본비용 5.33%, 자기자본비용 11.27%, 세무상 감가상각은 10년 정률법(연 25.9%) 적용	가중평균자본비용(WACC) 4.3%, 타인자본비용 1.35%, 자기자본비용 6.0%, 세무상 감가상각은 15년 정액법 적용
추가 CAPEX 부담 영향	↑ 영향이 큼 - 초기 CAPEX의 이연이 유리하므로 개조 기반 전환경로가 선호됨	↓ 영향이 작음 - 대체연료 추진 신조선을 직접 발주하는 경로의 금융부담이 상대적으로 낮음
ZNZ 보상 및 SU 수익 가치	↑ 가치가 상대적으로 높음 – 단기적으로 발생하는 편익에 더 큰 비중이 부여됨	↓ 가치가 상대적으로 낮음 – 초기 편익이 순현재가치(NPV)를 결정하는 영향은 비교적 작음
장기 연료비 절감효과 가치	↓ 가치가 상대적으로 낮음 - 미래 연료비가 더 높은 할인율로 현재 가치화됨	↑ 가치가 높음 - 20년간의 연료비 부담이 현재가치 평가에 충분히 반영됨
결 론	높은 자본비용은 선박 투자에 필요한 금융비용을 증가시키는 한편, 미래 연료비 지출의 현재가치를 크게 할인한다. 이에 따라 단기적으로 발생하는 IMO 인센티브의 상대적 중요성이 높아지며, 가속상각 구조를 통한 초기 세제혜택도 주요 투자요인으로 작용한다.	낮은 자본비용은 선박 투자에 필요한 금융비용을 줄이는 동시에, 선박 생애주기 전체의 연료비 지출을 투자의사결정에서 더욱 중요하게 평가하도록 한다.

법·제도 개선

- 선박금융시장 고도화, 보증제도 강화, 세액공제 확대 등 선진 금융기법을 도입

화주 및 용선자에 대한 제언

친환경 용선계약 및 탄소편익 공유

- **계약 기반 가치 공유:** BIMCO 친환경 조항을 표준화하여 친환경 투자의 금융편익을 계약으로 배분
- **이익 공유:** EU-ETS 비용 절감, FuelEU 준수잉여 및 IMO NZF 잉여단위(SU) 거래수익을 선주와 용선자가 일부공유
- **RightShip 등 외부 친환경 평가 참조:** BHP·리오틴토 등 글로벌 용선자처럼 온실가스 등급(A~G)을 적용해 비효율 선박을 입찰에서 Penalty 검토

물류데이터 및 공동적재 정책

- **화주 협력:** 발전사(한전 자회사)와 철강사(포스코·현대)가 석탄·철광석 수입 운항일정을 통합
- **공동적재 플랫폼:** 정부 지원 물류 플랫폼에서 화물 배분을 통합해 공선항해 감소
- **경쟁법 보호장치:** 중립 수탁기관(KOBC)의 익명화를 의무화하고 공유정보를 과거 물동량으로 제한해 공정거래 규정을 준수한다.



선사에 대한 제언

e-fuel 신조선 도입

장기 준수비용 및 Penalty 방어: 높은 IMO NZF 2단계 비용($380/tCO₂eq)과 FuelEU penalty 노출을 최소화하고, 조기 ZNZ 보상으로 생애주기 동안 초기 투자비를 상쇄

생애 TCO 및 미래 대응: 시계열 모델에서 e-암모니아·e-메탄올 선박은 2035년 이후 탄소세 상승과 바이오매스 부족에 직면한 화석·바이오 혼합 선대보다 예측 가능하고 낮은 생애 운항비 예상

녹색항로·장기구매 연계: 한·미 서안 메탄올 컨테이너·자동차운반선, 한·호주 e-암모니아 벌크선 등 고정 왕복항로에서 장기 연료구매계약으로 가격 경쟁력을 확보하고 글로벌 벙커링 인프라 위험을 제거

Scope 3 및 용선 프리미엄: 무배출 신조선은 글로벌 제조사의 엄격한 ESG·Scope 3 요구를 충족해 장기 용선 프리미엄을 확보하고 선가 하락 및 조기 좌초자산화를 방지





실질적 DF 전환준비 및 기관 표준화

- **실질적 준비설계:** 표준 선대설계에 구조 기초, 배관 트렁크, 위험구역을 미리 반영. 철광석 운반선의 경우 슬림 거주구와 선미 평행부 형상등으로 화물용량 감소 없이 대형 대체연료 탱크 공간을 확보
- **기관·전력 준비:** DF 사양으로 엔진을 신조시 발주하고 공장시험 후 가스 부품을 육상 보관. 축발전기(PTO)를 조기 통합해 향후 e-연료·선상 탄소포집저장(OCCS) 전환 시 전력 부족을 방지
- **생애주기·개조 최적화:** Ready 설계 의장품을 사전 설계해 공급체계를 단순화하고, 수리조선소 off-hire기간과 개조 소요기간을 줄이며 좌초자산 위험을 완화

EST 설치 기반·공간·유틸리티 사전 확보

- **풍력보조추진 기초 설계 등 고려 :** 신조 시 풍력 추진 장비 등 설치를 위한 갑판 보강재와 기초를 미리 준비, 향후 신속하고 가격 경쟁력 있는 설치 가능
- **배터리·연료전지 유틸리티:** 냉각 시스템, 배관 및 고압 케이블 경로를 확보하고 배전반 차단기 여유 슬롯 확보
- **안전 준비:** 중앙냉각계통 격리용 블라인드 플랜지, 가스 배출덕트 및 A-60 방화격벽 사전 설치

Thanks for joining us!

Questions?

PACIFIC ENVIRONMENT

국립 한국해양대학교 NATIONAL KOREA MARITIME & OCEAN UNIVERSITY

GSTL Green Ship Technology Laboratory