

해운 탈탄소, 멈춘 게 아니다:

규제 유예 속 한국 해운의 선택



해운 탈탄소, 멈춘 게 아니다:

규제 유예 속 한국 해운의 선택

발간월

2026년 2월

저자

한유민 | 기후솔루션 해운팀 | yumin.han@fourclimate.org

모델링

지혜련 | 플랜잇

홍상현 | 플랜잇

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.

요약

국제해사기구(IMO)는 2025년 10월 개최된 해양환경보호위원회(MEPC) 특별회기에서 2050년 국제해운 온실가스 넷제로 달성을 위한 중기조치 채택에 이르지 못했다. 회원국 간 이견으로 인해 중기조치의 최종 채택은 1년 유예되었으며, 이에 따라 제도의 구체적 설계와 시행 일정에 불확실성이 확대되었다. 다만 이러한 유예 결정은 국제해운의 2050년 넷제로 목표라는 정책 방향 자체를 철회하는 것을 의미하지는 않는다. 이미 국제해운의 탄소 전환은 구조적 흐름에 진입하였으며, 정책·시장·산업 전반에서 전환의 징후가 분명히 나타나고 있다.

실제로 2023년을 기점으로 전 세계 친환경 선박 발주는 전년 대비 약 3배 수준으로 확대되며 구조적 전환 국면에 진입했으며, 이러한 발주 흐름은 현재까지 유지되고 있다. 동시에 IMO 단기조치와 EU 배출권거래제(EU ETS), FuelEU Maritime 등 지역 규제가 이미 시행되면서 국제해운 전반에 지속적인 온실가스 감축 부담이 부과되고 있다. 특히 유럽은 한국 해운사들의 핵심 항로로, 국내 선사들은 이러한 규제의 영향을 직접적으로 받는 구조에 놓여 있으며, 선령이 높은 벌크선과 탱커선을 중심으로 일부 선종에서는 CII D·E 등급 위험도 확대되고 있다. 이러한 환경 속에서 IMO 중기조치 유예에도 불구하고 한국 해운산업은 선대 교체와 신규 선박 발주라는 전환 국면에 직면해 있으며, 중장기적인 탄소 감축 경로를 고려한 전략적 의사결정의 더욱 중요하다.

본 연구는 IMO 중기조치 시행을 가정하고 한국 해운산업이 직면하게 될 연료 전환 경로와 이에 따른 비용 구조를 시나리오 분석을 통해 살펴본다. 우선 중기조치에 대한 규제 이행 수준에 따라 해운사의 대응 전략을 무대응, 기본목표, 강화목표 대응의 세 가지 시나리오로 구분하였다. 여기에 더해, 각 대응 시나리오에 정부의 정책 개입이 결합되는 경우를 추가로 설정하였다. 구체적으로는 정부의 친환경 정책을 통해 ZNZ 연료¹, 즉 e-fuel의 가격이 하락하는 상황을 가정하고, 이러한 정책 개입이 해운사의 연료 전환 경로와 전체 비용 부담에 어떠한 변화를 가져오는지를 분석하고자 한다.

분석 결과, e-fuel의 실질적인 도입과 활용 여부는 규제와 정책 지원이 결합될 때 본격화될 수 있음을 확인했다. 정책에 의해 ZNZ 연료 가격이 2035년까지 2028년 대비 30% 인하되는 정책개입 시나리오에서는, e-fuel의 도입 시점이 앞당겨질 뿐만 아니라 사용 비중 또한 최대 두 배 이상 확대됐다. 예를 들어 2035년 기준, 정책개입 기본목표 시나리오에서는 ZNZ 연료가 전체 연료 소비의 32%를 차지하는 반면, 정부의 정책 지원 없이 중기조치에 가장 적극적으로 대응하는 강화목표 시나리오에서는 그 비중이 28%에 그친다. 이는 해운사가 온실가스 감축만을 최우선 목표로 삼지 않고 시장 여건을 고려해 전략을 수립하더라도, 정부의 비용 지원 정책을 통해 연료 가격 부담이 완화될 경우 연료 전환의 방향성과 속도가 오히려 더 크게 강화될 수 있음을 시사한다.

¹ Zero or Near-Zero Emission Fuel; 온실가스 배출이 제로 또는 제로에 가까운 연료를 의미한다.

정부의 비용 정책을 통해 e-fuel의 가격이 인하될 경우, 해운사의 총비용 부담은 크게 완화되는 것으로 나타났다. 시장 여건을 고려해 대응 전략을 수립하는 기본목표 시나리오를 기준으로 보면, 정책 개입이 없는 경우 2035년 ZNZ 연료 비중은 11%에 그친다. 반면 정책 개입이 적용될 경우 해당 비중은 32%까지 확대된다. 그럼에도 불구하고 총비용은 ZNZ 연료 비중이 크게 확대된 정책개입 시나리오가 약 2조 1,627억 원 낮은 것으로 분석되었다. 이는 탈탄소 전환 과정에서 e-fuel의 높은 가격이 가장 큰 제약 요인으로 작용하고 있으며, 정부의 연료 비용 지원이 전환을 촉진하는 핵심 수단이 될 수 있음을 보여준다.

이러한 분석 결과는 국제해운 탈탄소 전환에서 정부의 핵심적인 역할을 시사한다. 국제해운의 ZNZ 연료 전환은 개별 해운사의 노력만으로 달성하기 어려운 구조적 과제이며, 초기 단계에서는 높은 비용과 수급 불확실성이 전환을 제약한다. 따라서 정부는 ZNZ 연료 생산과 공급망 구축, 항만 인프라 조성, 친환경 선박 투자에 대한 금융·세제 지원 등을 통해 전환의 조건을 마련해야 한다.

결론적으로 중기조치 유예는 탈탄소 전환을 늦추라는 신호가 아니라, 불가피한 산업 전환과 향후 더욱 강화될 수 있는 감축 요구에 대비할 수 있는 전략적 준비 기간으로 인식되어야 한다. ZNZ 연료로의 전환을 지연시키는 정책적 공백은 장기적으로 해운산업의 비용 부담을 확대하고 경쟁력 약화를 초래할 가능성이 크다. 한국 해운산업이 국제해운 탈탄소 전환의 흐름 속에서 지속 가능한 경쟁력을 확보하기 위해서는, 국제 규제의 명확한 신호를 수동적으로 기다리기보다 정부와 산업이 함께 전환의 방향과 속도를 선제적으로 설정할 필요가 있다.

목차

I. 서론	6
1. 한국 국제해운 탈탄소화의 현주소	6
2. IMO 단기조치와 중기조치의 연계성	7

II. 방법론 및 시나리오	10
1. 데이터	10
2. 방법론	10
3. 가정	11
4. 시나리오 정의 및 구성	13

III. 결과	15
1. 시나리오별 연료구성	15
2. 시나리오별 연료비용 및 탄소비용	18

IV. 해석 및 시사점	20
1. 한국 해운산업의 구조적 과제	20
2. 해운선사 및 정부의 전략적 대응 방향	21

V. 결론	23
--------------	-----------

참고	24
부록: 시나리오별 연간 선박연료 소비 비중의 변화 도표	25

I. 서론

2025년 4월에 개최된 국제해사기구(IMO)의 제83차 해양환경보호위원회(MEPC 83)에서는 MARPOL 부속서 VI 개정안, IMO 넷제로 프레임워크가 승인되었다. 이는 국제해운의 온실가스 감축을 위한 중기조치로서, 국제 항해에 투입되는 총톤수 5,000톤 이상 선박을 대상으로 연료의 온실가스 집약도(Greenhouse gas Fuel Intensity, GFI)를 단계적으로 감축하도록 의무화하는 제도이다. 목표를 달성하지 못한 경우에는 RU(Remedial Unit)를 구매하고, 목표를 초과 달성한 경우에는 SU(Surplus Unit)를 확보할 수 있도록 하는 시장 기반 거래 메커니즘을 도입함으로써, 국제해운 부문의 연료 전환을 촉진하는 것을 목적으로 한다. 중기조치는 2028년 시행을 목표로 2025년 10월 특별회기에서 채택될 예정이었으나, 채택에 관한 회원국들의 견해 차이로 인해 합의에 이르지 못하고 결국 1년간 결정이 유예되는 “휴회(adjournment)”가 결정되었다. 중기조치의 관련 세부 지침 등 논의는 2026년 MEPC 84에서 이어질 예정이다.

1. 한국 국제해운 탈탄소화의 현주소

중기조치 채택의 유예 결정은 단순한 일정 조정이 아니라, 정치적·제도적·기술적·경제적 이해관계가 복합적으로 작용한 결과였다. 개도국과 중소 해운선사들의 준비 기간 부족 우려, 대체연료 공급 인프라 미비 및 기술 성숙도 한계, RU/SU 거래 메커니즘의 세부 이행 규칙 마련에 대한 필요성, 그리고 기후 책임 분담을 둘러싼 국가 간 갈등 등이 주요 논점으로 제기되었다. 동시에, 2025년부터 유럽연합 배출권거래제(EU ETS)와 FuelEU Maritime이 본격 시행되면서 IMO 중기조치와 지역별 규제가 동시에 적용될 경우, 선사들의 비용 부담과 행정적 이중규제에 대한 논의의 필요성도 함께 제기되었다.

이러한 규제적 불확실성이 큰 상황에서 한국은 보다 정책·시장·기술 측면에서 도전적인 위치에 자리하게 된다. 한국은 대외무역 의존도가 높아 전체 수출입 화물의 98% 이상을 국제해운에 의존하고 있으며, 세계 6위 해운 강국이다. 그만큼 해운 탈탄소화와 친환경 선박 전환의 흐름에 발 맞추는 것 뿐만 아니라 선도적으로 나아가야 하는데, 현재 아래와 같은 구조적 어려움이 있다.

첫째, 한국의 대형 외항선사들의 운항 노선이 상당수 유럽을 기항하기에 EU ETS 및 FuelEU Maritime의 영향을 직접적으로 받는다. EU ETS는 2025년 40%, 2026년 70%, 2027년 100%로 배출권 제출 의무를 확대하며, FuelEU Maritime은 연료 온실가스 집약도 기준을 초과할 경우 벌금을 부과한다. 이러한 지역 규제는 IMO 규제들과 중첩되며 추가적인 비용 부담을 야기한다.

둘째, 정부와 업계가 설정한 과도기적 연료 전략은 LNG를 중심으로 구성되어 있다. 그러나 LNG의 전 주기(Well-to-Wake) 온실가스 배출 집약도는 기존 석유계 연료와 비교해 큰 폭의 차이를 보이지 않으며, 특히 메탄 슬립²까지 고려할 경우 실질적인 온실가스 저감 효과는 더욱 제한적이다. 이러한 점은 LNG가 IMO가 궁극적으로 2050년 국제해운 탄소중립을 달성하기 위한 감축 이행 경로에서, 지속 가능한 감축 수단으로 활용되기 어렵다는 점을 시사한다.

셋째, 국내 정책 환경을 고려할 때 ZNZ 연료(zero or near-zero emission)의 경제성·공급 안정성·인프라 구축은 여전히 초기 단계에 머물고 있어 단기간 내 현실적 대안으로 전환하기 어렵다. 이로 인해 중기조치 시행 시기와 기술 성숙도 간의 간극이 국제해운 업계에 구조적 부담으로 작용할 가능성이 크다.

결과적으로, 중기조치 채택의 1년 유예는 국제해운 업계에 준비 기간을 제공하기도 한다는 의견도 있지만, 이미 시행 중인 단기조치의 부담은 누적되고 있으며 EU 지역 규제와의 중첩으로 인한 비용 압력도 지속되고 있다. 중기조치는 단순한 운항 효율 개선을 넘어 온실가스 감축을 위한 연료 전환을 요구하는 규제이기 때문에, 유예가 주어졌다고 하더라도 대응의 난이도는 여전히 높다. 더불어 IMO의 2050년 국제해운 부문의 넷제로 목표는 여전히 유지되고 있어, 중기조치에 대한 체계적이고 선제적인 준비는 필수적이다.

2. IMO 단기조치와 중기조치의 연계성

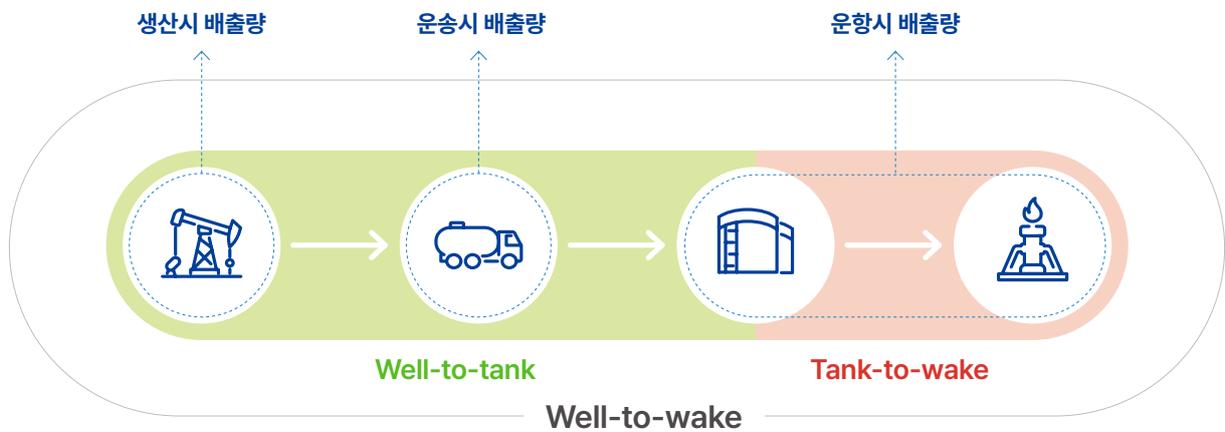
탄소집약도지수(Carbon Intensity Indicator, CII) 규제는 IMO의 국제해운 온실가스 감축을 위한 단기조치 중 하나로서 2023년 1월 1일부터 전 세계적으로 적용되어, 넷제로 프레임워크와 동일하게 5,000 총 톤수(Gross Tonnage, GT) 이상 국제항해 선박을 대상으로 한다. CII는 선박별 연료 소모량, 운항 거리, 재화중량톤수 등 실제 운항 정보를 활용하여 이산화탄소(CO₂) 배출량을 정량적으로 평가하여 등급을 부여한다. 매년 등급 기준이 강화됨에 따라 기준을 충족하지 못하는 선박들은 관리·검증의 대상이되거나 운항제한 조치를 당할 수 있다.

CII 규제의 감축계수(Z-factor)는 선박이 매년 달성해야 하는 탄소집약도 개선 수준을 규정한다. 2025년에 개최된 MEPC 83 회의에서는 2030년까지 2019년 대비 21.5%의 탄소집약도 감축을 달성하는 것을 목표로 감축계수가 설정되었고, 이에 따라 연도별 감축계수가 수립되었다. 즉, CII 규제는 탄소배출량을 기반으로 선박 운항의 효율성을 증가시켜 국제해운 온실가스 감축을 목표로 한다.

2025년 10월 채택 예정이었던 중기조치와 기존에 시행되고 있던 CII 규제의 제도적 중복과 이중 규제에 대한 우려는 지속적으로 제기되었다. 이는 중기조치에서 연료의 배출 집약도를 결정하는 기준인 GFI가 전 생애주기 평가(Life Cycle Assessment, LCA)를 기반으로 온실가스 배출량을 산정하는 반면, CII 제도는 운항 중 발생하는 CO₂ 배출량만을 규제 대상으로 삼고 있기 때문이다.

² 메탄 슬립(methane slip)이란 LNG 등 메탄 기반 연료를 사용하는 선박의 연소 과정에서 메탄이 완전 연소되지 않고 배기 시스템을 통해 대기 중으로 방출되는 현상을 의미하며, 메탄의 높은 온난화지수(GWP)로 인해 온실가스 감축 측면에서 중요한 환경적 고려 요인이다.

[그림 1] IMO 규제별 선박의 연료 온실가스 배출 경로 구분



하지만 중요한 점은, 중기조치의 유예가 결정되었음에도, CII 규제를 비롯한 IMO 단기조치는 이미 본격 시행 중이며 규제 강도 역시 지속적으로 강화되고 있다는 사실이다. 2023년부터 시행된 에너지효율지수(Energy Efficiency Existing Ship Index, EEXI)는 기존 선박의 설계 효율 개선을 강제하고 있으며, 엔진 출력 제한(Engine Power Limitation, EPL)이나 에너지 절감 장치(Energy Saving Device, ESD) 설치 등 기술적 조치를 필요로 한다.

최근 한국 해운선사들의 CII 대응 현황을 살펴보면, 선령이 높은 벌크선·탱커선 등 일부 선종에서는 D·E 등급을 받을 위험이 커지고 있다는 점이 업계 전반에서 공통적으로 지적되고 있다. 한국선급의 2024년 기준 한국 해운선사들의 CII 검증 결과를 살펴보면, 벌크선, 탱커선, LNG 운반선, 그리고 자동차 운반선의 경우에는 절반 이상이 C이하의 등급을 받았다.³ 기후솔루션의 최근 연구에 따르면 이 중 탱커선과 자동차운반선의 D등급 이하 선박 비율은 글로벌 평균 대비 높은 것으로 유추된다.⁴ 노후화된 선박의 경우 D 또는 E 등급을 받아 개선계획 제출 및 시정조치가 요구될 확률이 크다.

CII 등급 하락은 단순한 행정적 부담에 그치지 않고, 용선 시장에서의 경쟁력 약화로 직결될 수 있다. CII 등급이 낮은 선박은 용선료 인하 요구를 받거나, 용선 계약 체결 과정에서 불리한 조건을 적용받을 가능성이 크다. 이에 일부 해운선사들은 감속 운항 등 운항 조정을 통해 등급 유지를 시도하고 있으나, 이러한 대응은 운송 효율 저하 및 추가 선박 투입으로 이어져 장기적으로는 운항비용 증가라는 구조적 부담으로 이어질 우려가 있다.

³ 김진희, 「2024 IMO DCS/CII 검증 결과 및 등급 현황」, KR Decarbonization Magazine, Vol. 08, 2024.

⁴ 한주은, 「탄소중립시대, 국내 해운사는 준비되었는가」, 기후솔루션, p.22, 24, 2025.

[그림 2] 대한민국 선종별 CII 등급 분포도

YEAR	2023		2024	
	A~B	C~E	A~B	C~E
Container Ship	44%	56%	61%	39%
Bulk Carrier	26%	74%	25%	75%
Tanker	39%	61%	41%	59%
LNG Carrier	41%	59%	40%	60%
GAS Carrier	53%	47%	60%	40%
General Cargo Ship	57%	43%	66%	34%
RO-RO Ship	9%	91%	11%	89%
그 외	80%	20%	70%	30%

출처: 한국선급

이러한 IMO의 단기조치와 중기조치는 서로 분리된 규제가 아니라 단계적으로 연계된 전환 체계로 이해할 필요가 있다. CII 규제가 운항 단계의 탄소집약도를 관리하는 데 중점을 둔다면, 중기조치의 GFI는 연료 단계의 온실가스 집약도를 직접 규제한다. 마찬가지로 EEXI가 선박 설계 효율 향상을 요구하는 규제라면, GFI는 저탄소 연료로의 근본적인 전환을 유도하는 규제다. 즉, 단기조치를 충족하지 못한 선박은 중기조치 시행 시 규제 부담이 중첩될 가능성이 크다. CII 규제도 중기조치와의 정합성을 높이기 위해, 배출량을 전주기 기준으로 평가하는 등 전면 개편이 논의되고 있다.

이러한 규제 환경을 고려하여 본 연구는 IMO 중기조치인 넷제로 프레임워크가 한국 해운업에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고, 기존 2028년 시행 일정에 기반해 수행된 정량 분석을 통해 한국 해운업의 정책 대응 역량을 점검하고자 한다. 본 보고서는 이 기준선 분석을 바탕으로 이후 MEPC 특별회기에서 제시된 1년 유예가 의미하는 정책·전략적 영향을 해석하고 복합적인 탈탄소 규제에 필요한 대응체계와 정책적 시사점을 제시하는 것을 목표로 한다.

II. 방법론 및 시나리오

1. 데이터

본 연구는 IMO 단기조치 및 중기조치 시행에 따른 한국 해운업의 대응 부담을 정량적으로 평가하기 위해, Clarksons Research의 상업용 운항 데이터를 기반으로 분석 모델을 구축하였다. 분석 대상은 2024년 기준 국제항해에 투입된 총톤수(GT) 5,000톤 이상 한국 국적 외항선 약 870척⁵으로, 연간 연료 소비량과 운항 거리 등 주요 운항 자료를 포함한다. 또한 데이터의 신뢰성 확보를 위해, 확보 시점 기준 2024년 탄소 배출 검증이 완료되지 않은 선박은 분석 대상에서 제외되었으며 발주 단계에 있는 선박은 인도 연도에 따라 선대 구조에 반영하였다.

화석연료와 대체연료 비용에 대한 전망은 최근(2025.06) 거래된 시장 가격 및 연구기관(2024)의 연구 시나리오를 기반으로 하였다.⁶ 각 연료의 온실가스 배출 집약도는 전 생애주기 평가(Life Cycle Assessment, LCA) 방법론을 적용하여 산정하였다. 연료 생산 단계(Well-to-Tank) 배출계수는 FuelEU Maritime(2023) 기준을 사용하되, 연료 생산지역과 엔진 효율성에 따른 편차를 고려하여 국제적으로 통용되는 수치 또는 FuelEU Maritime 평균 수치를 종합 검토하여 기준값을 선정하였으며, 연소 단계(Tank-to-Wake) 배출계수는 IMO 수치를 각각 적용하였다.⁷ 분석 대상이 되는 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)이며, 각각의 배출량은 지구온난화지수(Global Warming Potential) GWP100을 적용하여 연료별 배출 특성을 비교할 수 있도록 하였다.

2. 방법론

본 연구는 한국 해운업이 국제 온실가스 규제에 대응하는 과정에서 직면하게 될 재정적 부담을 정량적으로 산출하기 위해, 혼합정수선형계획법(Mixed-Integer Linear Programming, MILP) 기반의 최적화 모형을 구축하였다. 이 모형은 다년간의 계획기간을 설정하고, 선박별로 연료 선택과 엔진 전환 여부를 동시에 결정하여 총비용을 최소화하는 것을 목표로 한다.

최적화 모형의 목적함수는 전체 비용을 가능한 한 최소화하는 데 초점을 두었다. 여기서 전체 비용은 여러 항목으로 나누어 합산된다. 첫째, 선박이 운항에 필요한 연료를 구매하는 데 들어가는 연료비가 포함된다. 둘째, 선대의 실제 온실가스 집약도가 IMO의 연도별 배출 기준을 초과할 경우, 그 초과분에 대해 부과되는 RU 비용이 추가된다. 셋째, 반대로 규제 기준보다 더 낮은 배출 집약도를 달성한 경우에는 SU 크레딧을 확보하게 되며, 이는 총비용에서 차감되는 항목으로 작용한다.

⁵ 해양수산부는 2023년 「국제해운 탄소소화 추진전략」에서 국제항해에 종사하는 5,000톤 이상 선박 867척을 친환경 선대 전환 대상으로 제시하였다. 본 연구에서 활용한 수치는 해당 자료와 동일한 데이터는 아니나, 유사한 규모와 범주를 반영하기 위해 비교 가능한 자료를 수집·활용하였다.

⁶ Methanol Institute, *Economic Value of Methanol for Shipping under FuelEU Maritime and EU ETS*, 2024.

⁷ European Commission, *FuelEU Maritime Initiative*, 2023.

즉, 이 목적함수는 단순히 연료비만 계산하는 것이 아니라, IMO 규제 준수 여부에 따라 발생하는 부과금과 보상, 그리고 기술 전환 과정에서 수반되는 투자비용까지 동시에 고려한다. 따라서 이 모형은 선박 운영자가 장기적으로 어떤 연료를 선택하고 언제 엔진을 교체해야 총비용을 가장 낮게 유지할 수 있는지를 수리적으로 도출할 수 있게 한다.

모형에는 다음과 같은 제약 조건이 포함되었다. 첫째, 선박은 매년 반드시 하나의 엔진만을 선택하여 운용하며, 선택된 엔진과 호환 가능한 연료만 사용할 수 있다. 둘째, 연료 사용 비중은 100%를 충족해야 하며, 각 연료별 최소·최대 사용 비율도 반영하였다. 셋째, 엔진 전환은 일정 기간 운항 이후에만 가능하며, 연간 최대 한 차례로 제한하였다. 넷째, 선대 전체의 온실가스 배출 집약도는 IMO가 정한 연도별 배출 기준을 충족해야 하며, 이를 초과할 경우 RU 비용이 부과되고, 초과 감축 시에는 SU 크레딧이 반영된다. 다섯째, 선박은 건조 연도 이후부터만 분석에 포함되도록 하였다.

이와 같은 구조적 제약과 비용 요소를 종합적으로 고려함으로써, 본 연구의 모형은 현실적인 운영 조건 속에서 한국 해운업의 최적 연료 믹스, 엔진 전환 경로, 그리고 규제 대응 비용을 동시에 도출할 수 있도록 설계되었다.

3. 가정

연구 결과의 일관성과 정합성을 유지하기 위해 다음과 같은 주요 가정을 설정하였다.

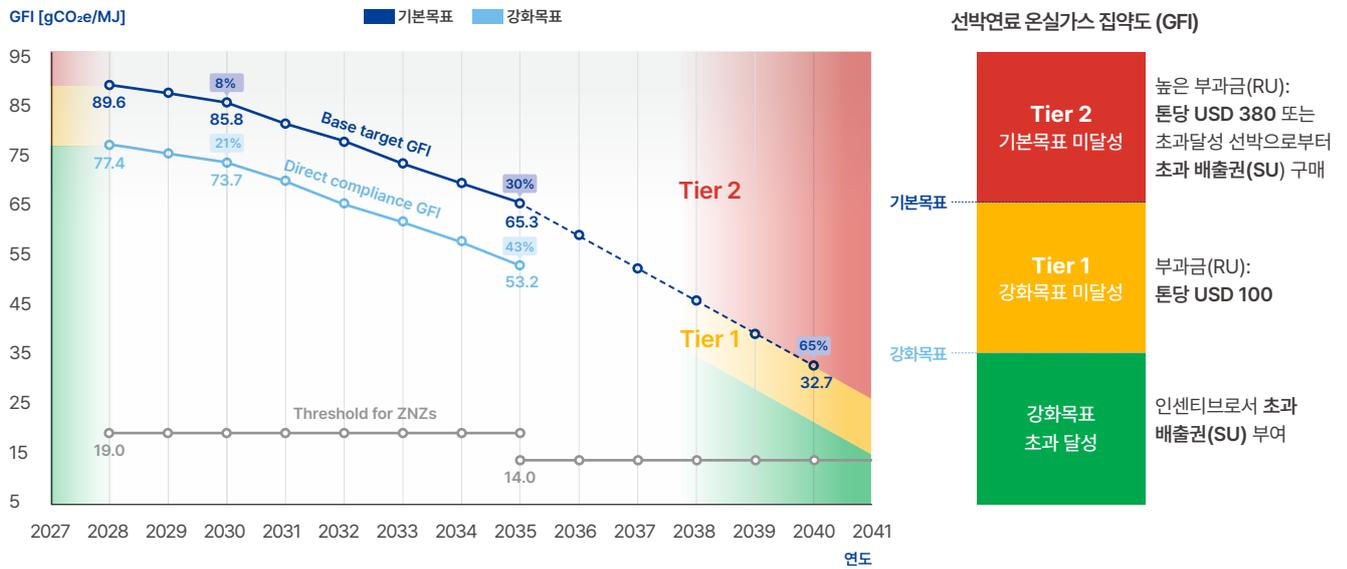
첫째, IMO 중기조치의 채택 시점이 2025년 10월에서 1년 유예되었음에도 불구하고, 본 연구는 유예 이전에 합의된 제도 설계와 가격 수준이 변동 없이 유지된다는 전제하에 분석을 수행하였다. 이는 유예가 제도의 내용적 변경이 아니라 시행 절차의 조정해당한다는 점을 고려한 것으로, 배출권 가격은 강화목표(Tier 1) 기준 USD 100/tCO₂eq, 기본목표(Tier 2) 기준 USD 380/tCO₂eq를 적용하였다. SU 크레딧의 가격 역시 아직 불확실하기에 Tier 2의 RU 값과 동일하게 USD 380/tCO₂eq로 산정하였다.

이번 유예가 감축 의무 자체를 완화하는 것이 아니고 「2023 IMO 국제해운 온실가스 감축 전략」⁸도 건재하기 때문에, 동일한 감축 목표를 더 짧은 기간 안에 달성해야 한다는 점에서 장기적으로는 RU 비용 등 규제 부과금의 가격 상승 압력이 커질 가능성이 있다. 이에 따라 본 연구는 합의된 가격 경로를 그대로 적용하되, 유예로 인해 발생할 수 있는 가격 경로의 상향 리스크를 구조적으로 고려하고, 결과 해석 과정에서 그 영향을 함께 검토하였다.

둘째, 화석연료와 대체연료 비용은 모델 전 기간에 걸쳐 고정하였다. 연간 물가상승률이나 국제 유가 변동성은 분석에서 제외하였다. 다만 정부의 친환경 정책 지원이 인프라 구축, 연구개발 지원, 제도적 기반 마련 등 간접적인 형태로 이루어지더라도, 그 최종 효과가 연료 비용의 인하로 귀결될 수 있다는 점을 고려하였다. 이에 따라 본 연구는 2028년부터 2035년까지 e-fuel 비용이 선형적으로 감소하여, 최종적으로 30% 수준까지 하락하는 정책 시나리오를 가정하였다.

⁸ 2023 IMO 개정 전략은 2050년경 넷제로 달성을 명확히 제시하고 있으며, 2008년 대비 온실가스 배출량을 2030년까지 최소 20%, 최대 30%까지, 2040년까지는 최소 70%, 최대 80%까지 감축하는 중간목표를 포함하고 있다. 또한 2030년까지 국제해운 부문에서 사용되는 에너지의 최소 5%, 최대 10%를 무탄소에 준하는 기술 연료-에너지원으로 전환한다는 목표도 제시하고 있다.

[그림 3] IMO 넷제로 프레임워크 주요 내용



셋째, 에너지효율지수(EEXI)와 탄소집약도지수(CII) 대응으로 인한 연료 절감 효과는 최대 10%로 제한하였다. 이는 IMO 단기조치 시행 이후 한국 해운사가 감속 운항, 엔진 출력 제한(EPL), 에너지 절감 장치(ESD) 설치 등을 이미 수행하고 있다는 점을 반영한 수치로, 2024년 기준 총 연료 사용량 대비 현실적으로 달성 가능한 효율 개선의 상한치로 설정하였다. 기술적·경제적·운항적 제약을 고려할 때 급격한 효율 개선은 현실성이 낮으므로, 본 연구는 산업계에서 기대 가능한 수준의 개선 효과를 반영하였다.

넷째, 운송 수요는 모든 시나리오에서 동일 수준으로 유지하였다.

이러한 가정들은 본 연구 결과가 현실적이고 일관된 기준 속에서 도출되도록 분석의 틀을 제공한다. 그러나 실제 시장 여건은 본 연구의 가정과 다르게 전개될 가능성이 있으므로, 연구 결과는 규제의 강도와 지원 정책의 방향성에 따른 전략적 시사점을 도출하는 것에 중점을 두어 해석할 필요가 있다.

4. 시나리오 정의 및 구성

본 연구는 IMO 단기조치(EEXI-CII)와 중기조치(GFI) 간 단계적 연계성을 고려하여, 한국 해운산업이 직면하게 될 비용 부담과 연료 전환 경로를 평가하고자 한다. 이를 위해 IMO 규제 준수 목표 기준(Base Target, Direct Compliance Target)과 정부 정책 개입 정도를 조합하여 총 6개의 시뮬레이션 모델을 구축하였으며, 이 중 대표적이고 해석적 의미가 뚜렷한 네 가지 시나리오를 선정하였다.

[그림 4] 6가지 시뮬레이션 모델과 4가지 시나리오 선정

정책개입	중기조치 대응 정도		
	BAU 유지	강화목표 달성	기본목표 달성
X	1 무대응 시나리오 Tier 1 & 2 대응	2 강화목표 시나리오 SU 크레딧 부여	3 기본목표 시나리오 Tier 1 대응
O	4 정책개입 시나리오		
	e-fuel 연료가격 30% 감소 (D30) 후 무대응 시나리오	e-fuel 연료가격 30% 감소 (D30) 후 강화목표 시나리오	e-fuel 연료가격 30% 감소 (D30) 후 기본목표 시나리오

1 무대응 시나리오 (BAU 유지)

현재의 연료 구조를 그대로 유지하는 기준선 시나리오로, IMO 단기조치를 준수하되 기술 전환 지연이나 해운사의 소극적 대응을 가정한다. 이 경우 선사들은 중기조치 Tier 2에 대응하여 GFI 규제 미달분을 충당하기 위해 지속적으로 비싼 RU를 구매해야 하며, 그 부담은 시간이 지날수록 가중된다. 정부의 정책적 개입이 없는 상황에서 규제 대응의 책임이 전적으로 해운사에 전가되어, 시장 내 경제적 부담을 감수해야 한다. 본 시나리오는 해운사가 탈탄소 전환에 소극적으로 접근할 때 나타나는 구조적 한계를 보여주는 동시에, 다른 시나리오와 비교하기 위한 기준 시나리오로 기능한다.

2 강화목표 시나리오 (강화목표 달성)

연료 전환을 강하게 요구하는 규제와 해운사의 본격적인 기술 전환이 결합된 시나리오로, 본 시나리오에서는 IMO의 강화목표를 달성할 정도로 적극적인 연료 전환이 이루어진다. 이 시나리오는 연료 믹스의 최적화를 통해 화석연료 사용을 대체 가능한 수준까지 낮추는 것을 목표로 하며, 그 결과 RU 부과금 부담은 사라지고 할당된 SU 크레딧의 영향 또한 제한적으로 나타날 것으로 예상된다. 다만 이러한 성과는 정부의 정책적 지원이 없는 상황에서 해운사가 연료 전환에 따른 높은 운영비용을 자체적으로 부담해야 하는 조건을 전제로 한다.

3 기본목표 시나리오 (기본목표 달성)

본 시나리오는 정부의 직접적인 지원이 없는 상황에서 해운사가 연료 비용을 전적으로 부담하는 구조가 아니라, 시장 여건을 고려해 최적의 대응 전략을 스스로 모색하는 시나리오다. 강화목표 시나리오에서는 연료 비용이 무대응 시나리오의 RU 비용을 상회하게 되므로, 본 시나리오에서는 연료 전환 속도를 다소 완만하게 가져가되, 중기조치의 기본목표를 충족하는 수준에서 비용·규제 간 균형을 찾는 전략적 접근을 가정한다. 이에 따라 해운사는 대체연료 비용과 RU·SU 거래를 종합적으로 고려해 최적의 연료 믹스를 구성하며, 일정 규모의 RU 구매를 병행함으로써 총비용 부담을 최소화한다. 본 시나리오는 규제 준수와 비용 효율성을 동시에 달성하려는 전략적 대응 경로로 설정된다.

4 정책개입 시나리오(D30)

마지막으로, 본 시나리오는 정부 차원의 포괄적 친환경 정책을 통해 ZNZ 연료 즉, e-fuel 가격 하락을 유도하는 경우를 가정한다. 이는 현재 IMO 중기조치 체계에서 RU 가격이 대체연료의 높은 비용을 상쇄할 만큼 충분히 높지 않아, 감축 의무를 성실히 이행할수록 오히려 더 큰 비용 부담이 발생하는 역전 현상이 나타나기 때문이다. 본 시나리오는 운영비용의 가장 큰 비중을 차지하는 대체연료 가격을 정부의 정책 개입을 통해 조정할 경우, 해운업의 비용 구조에 어떠한 변화가 나타나는지를 검토하고자 한다. 정책 개입의 효과가 e-fuel 가격 인하로 구현된다고 가정하여, 2035년 기준으로 2028년 대비 30% 수준까지 선형적으로 가격이 하락하는 시나리오를 구성하였다. 이를 통해 정책 지원 강도에 따른 비용 절감 효과와 그 파급효과를 분석하고자 한다.

이후 분석에서는 6개 모델의 결과를 제시하되, 그 중 대표성을 갖는 위 네 가지 시나리오를 중심으로 해운 산업의 비용 구조와 정책 효과를 심층적으로 살펴본다.

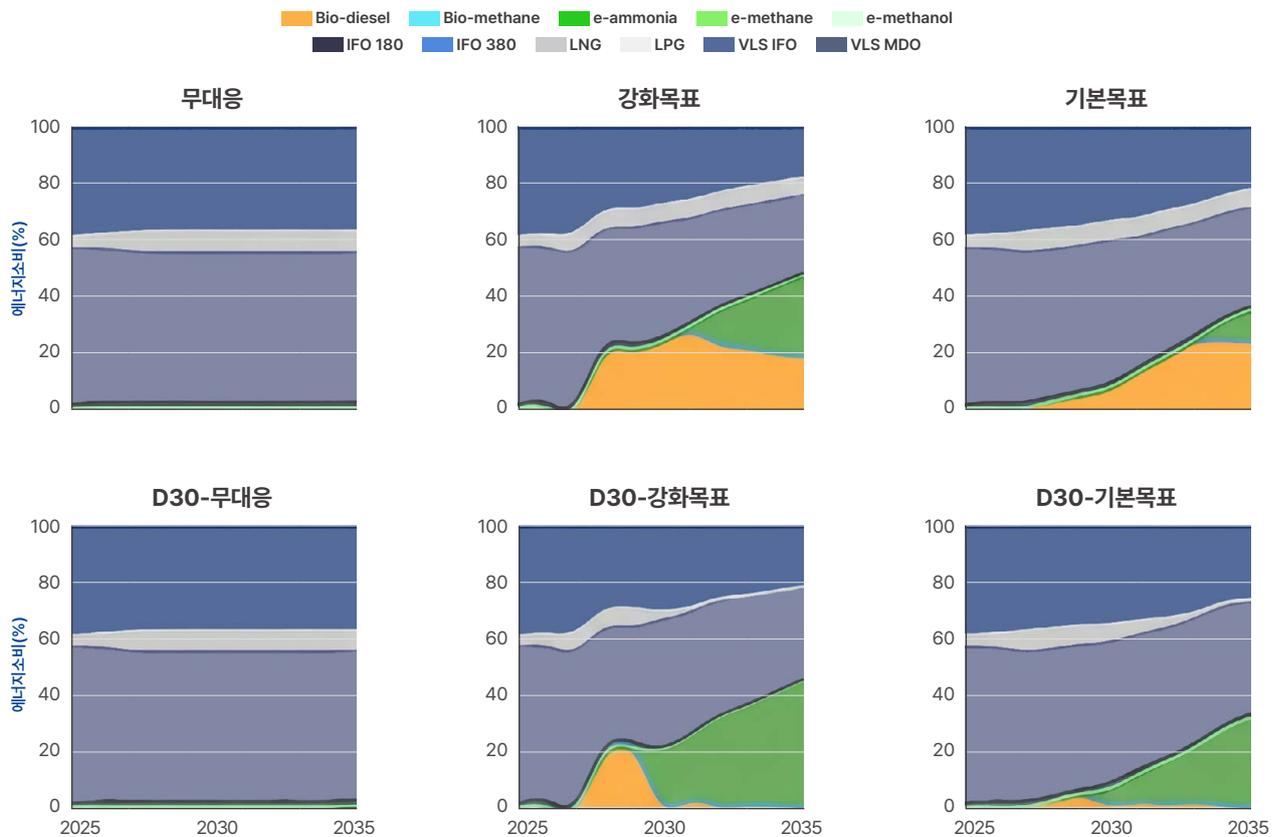
III. 결과

본 연구는 앞서 정의한 시나리오에 따라 국내 해운산업의 연료 전환경로, 총 연료비 및 탄소 비용 변화를 비교·분석하였다.

1. 시나리오별 연료구성

이번 분석에서는 2035년까지 선박의 연료 소비 비중 변화를 네 가지 시나리오별로 비교하였다. [그림 5]는 IMO 단기조치에 기반한 초기 효율 개선 이후, 중기조치 대응 과정에서 대체연료가 언제, 어떤 속도로, 어떤 규모로 확산되는지를 보여주며, 규제 강도와 정부 정책의 개입 여부가 연료 전환 경로를 결정하는 핵심 변수임을 확인하게 한다.

[그림 5] 시나리오별 연간 선박연료 소비 비중의 변화



무대응 시나리오에서는 2035년까지 연료 구성에 사실상 변화가 없다. 주요 에너지원은 여전히 전통적 화석연료가 중심을 이루며, 대체연료 도입 역시 기존에 발주된 선박 수준에 머물러 추가 확대가 거의 이루어지지 않는다. 특히 정부의 친환경 정책으로 e-fuel 가격이 하락하도록 설정한 **D30-무대응 시나리오**에서도 연료 구성의 구조적 변화는 거의 관찰되지 않는다. 이는 e-fuel 가격이 인하되더라도 해운사가 적극적인 전환 전략을 채택하지 않는 한 대체연료 도입은 제한적일 수밖에 없음을 보여준다.

결국 친환경 정책만으로는 비개입 상태의 기존 화석연료 구조를 근본적으로 변화시키기 어렵고, 규제 강도와 기업의 전략적 대응이 결합되어야만 실질적인 연료 전환이 가능하다는 점을 시사한다. 즉, 전환의 출발점은 규제 강도에 의해 규정되는 기업의 행동 변화에서 비롯된다.

강화목표 시나리오는 가장 엄격하게 중기조치 기준을 충족하기 위해 해운사가 선제적으로 연료 전환을 추진한다. 본 시나리오에서는 규제 강도가 충분히 높게 작용하므로, 선사들은 비용 부담이 크더라도 직접 감축을 선택하며 빠른 속도로 연료 구조의 전환을 단행한다.

우선 2028년을 기점으로 바이오연료가 초기 전환의 브릿지 역할을 하며, 이후 e-fuel이 주력 연료로 자리 잡는 흐름이 나타난다. 이러한 변화는 화석연료 비중의 급격한 축소로 이어지며, 중기조치에서 요구하는 강화목표 달성을 가능하게 한다.

정부의 정책 지원이 결합된 **D30-강화목표 시나리오**에서는 동일한 전환 경로가 더 빠른 속도로 전개된다. 이 경우에는 바이오연료가 브릿지 역할을 수행하기보다, e-fuel의 비중이 조기에 크게 확대된다. 이는 정부의 지원 정책이 단순한 비용 부담 완화를 넘어, ZNZ 연료로의 전환 속도를 가속하는 촉매제 역할을 한다는 점을 시사한다.

기본목표 시나리오는 해운사가 규제 준수에 필요한 최소한의 수준에서만 연료 전환을 수행하는 구조를 가정한다. 해당 시나리오의 결과 또한 **강화목표 시나리오**와 유사하게 2028년 이후 대체연료 사용이 증가하지만 그 속도와 규모는 상대적으로 제한적이다. 즉, 전환은 발생하지만 확산 규모는 작으며 화석연료 중심 구조는 상당기간 유지된다.

그러나 정부의 친환경 정책이 결합될 경우 전환 양상은 달라진다. **D30-기본목표 시나리오**에서 확인되듯, e-fuel 가격을 일정 비율로 낮추는 정책적 지원이 제공될 경우 대체연료의 확산 속도는 추가적으로 가속된다. 본 시나리오에서는 가격 인하 효과가 크게 작용해, 2035년 이후에는 연료 믹스 구조가 **강화목표 시나리오**와 부분적으로 유사한 수준에까지 접근하는 경향을 보인다. 예를 들어, 2035년 기준 암모니아 비중은 **강화목표 시나리오**에서 약 28%, **D30-기본목표 시나리오**에서 약 32%를 차지하는 것으로 나타난다. 이와 같은 결과는 **기본목표 시나리오**가 시장 여건을 고려한 최적의 대응 전략에서 출발하더라도, 정부의 비용 지원 정책이 결합될 경우 전환의 방향성과 속도가 크게 강화될 수 있음을 시사한다.

정책개입 시나리오(D30)는 위 경로들에서 정부의 정책적 개입이 연료 전환에 어떤 영향을 미치는지 종합적으로 분석하기 위한 구성이다. 분석 결과, 정부의 가격 개입은 단순히 연료 비용을 낮추는 보조 수단을 넘어, 연료 전환의 시점과 규모를 근본적으로 변화시키는 촉매제 역할을 수행하는 것으로 나타났다. 우선, e-fuel 가격 인하는 대체연료 도입 시점을 분명하게 앞당기는 결정적 요인으로 작용한다. **D30 시나리오**를 보면, 2030년 기준 **기본목표 시나리오**에서는 e-ammonia 비중이 전체 연료의 약 4%에 그치며 제한적으로 도입되는 반면, **강화목표 시나리오**에서는 규제 도입 초기부터 대체연료로의 전환이 이루어져 같은 시점에 e-ammonia 사용 비중이 약 18%에 이른다. 이러한 차이는 단순한 비용 변화가 아니라, 전환 속도를 좌우하는 분기점을 보여준다. 즉, 해운사의 ZNZ 연료 전환 의지가 존재하고 정부의 정책 지원을 통해 ZNZ 연료 비용이 낮아질 경우, 연료 전환은 점진적 변화가 아니라 가속 국면으로 전환될 수 있음을 명확히 시사한다.

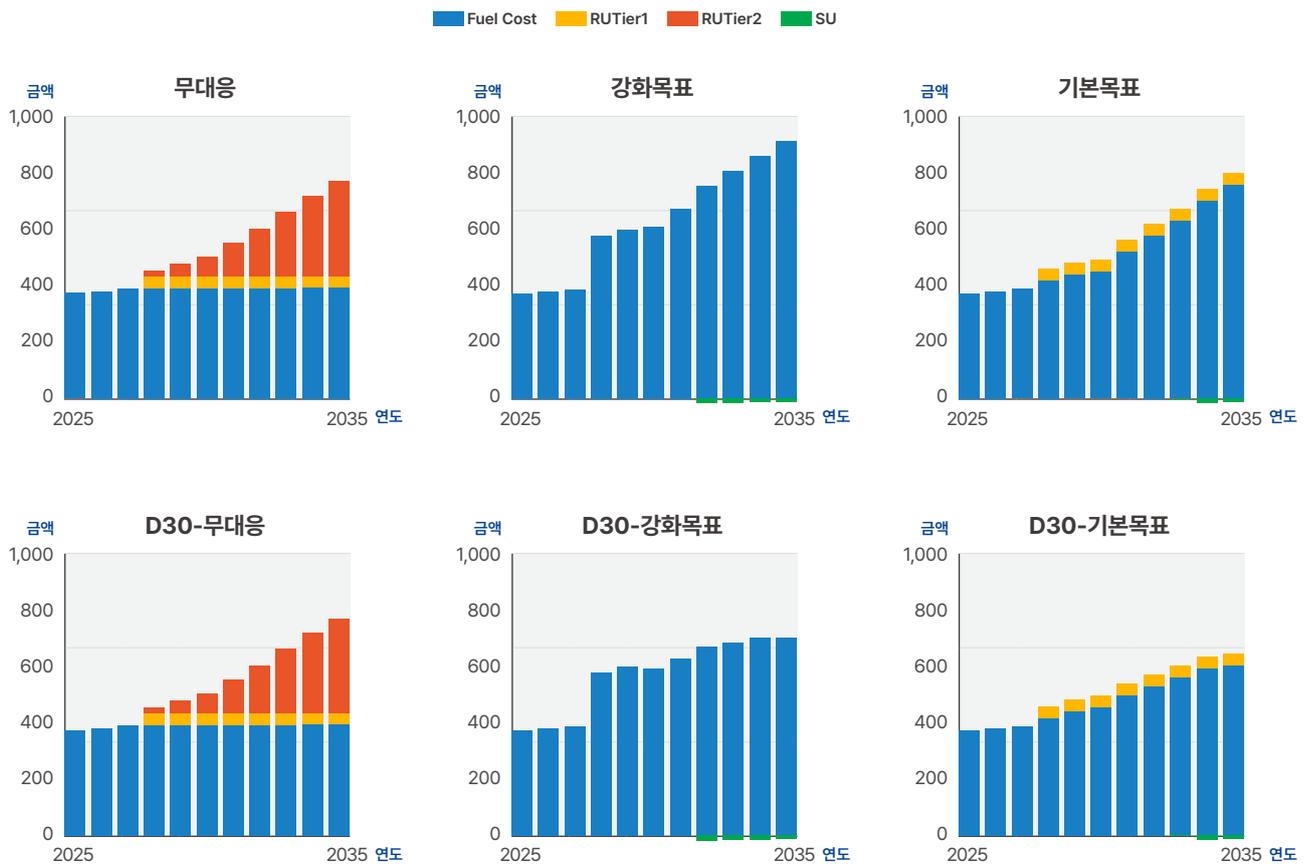
또한 동일한 규제 조건에서도 대체연료의 확산 규모가 크게 확대되는 점도 중요한 특징이다. 정부의 가격 조정 개입이 없는 경우와 비교할 때, **D30 시나리오**에서는 대체연료 비중이 최대 두 배 이상 증가하며, 연료 구조가 기존 화석연료 중심에서 대체연료 중심으로 전환이 관찰되었다. 반면, 앞서 살펴본 바와 같이 규제가 없는 상황에서는 시장에서 자발적인 전환 압력이 충분히 작동하지 않는다. 이는 가격 지원 정책은 규제 준수 노력과 기업의 기술 전환 전략이 결합할 때 단순한 보조금이 아니라, 전환을 촉발하고 가속화하는 전략적 정책 도구로 기능한다는 점을 시사한다.

2. 시나리오별 연료비용 및 탄소비용

[그림 6]은 2035년까지 각 시나리오에서 연료비, RU 비용, SU 크레딧 확보 규모를 반영하여 총비용을 제시한다. 시나리오 간 총비용 구조의 변화를 통해 단순한 연료 전환 효과뿐 아니라, IMO 중기조치 대응에 실패했을 때 발생하는 규제 비용 부담을 정량적으로 확인할 수 있다.

[그림 6] 시나리오별 연간 연료비와 탄소비용 변화 분석

단위: 천만 USD



무대응 시나리오에서는 효율 개선 외에 추가적 대응 조치가 없기 때문에 시행 첫해부터 RU 비용이 발생하며, 그 규모는 시간이 지날수록 빠르게 증가한다. 특히 RU Tier 2 비용은 가파르게 누적되어 2035년에는 연료비용과 거의 동일한 수준에 도달한다.

현재 IMO 중기조치에서 확정된 RU 가격은 2030년까지 적용되는 값이며, 기존 IMO 협상 일정에 따르면 2027년 MEPC 86에서 2031년 이후 적용될 새로운 부과금 수준이 결정될 예정이었다. 또한 2036년부터 2040년까지의 기본목표 및 강화목표에 대한 감축계수도 향후 결정되어야 한다. 중기조치는 후퇴 금지 (No-back sliding) 요건이 포함되어 있기 때문에, 더 높은 감축계수가 정해질 것이다. 즉, 본 연구 모델링에서 적용한 수준보다 실제론 해운사에게 훨씬 높은 규제 비용이 부과된다.

아직 중기조치의 장기 감축계수와 RU 가격이 확정되지 않은 현 상황에서는 **무대응 시나리오**의 총비용이 단기적으로 가장 낮아 보인다. 그러나 규제 강도가 강화되고 RU 가격이 상향됨에 따라, 이러한 누적 규제 비용은 연료 비용을 넘어서는 장기적 부담으로 확대될 위험이 크다.

강화목표 시나리오는 규제 도입 초기부터 대체연료 사용 확대에 따라 연료비용이 빠르게 증가하며, 규제의 첫 시행 연도인 2028년에 **무대응 시나리오**보다 1.4배 더 많은 연료 비용이 발생한다. 그러나 강화목표 시나리오에는 RU 비용이 앞으로도 발생하지 않고, 2032년 이후부터는 SU 크레딧 확보를 통해 총비용 완화 가능성까지 나타난다. 즉, 규제에 대한 적극적 대응은 초기 부담은 크지만, 규제 리스크를 근본적으로 제거하면서 미래 가치를 확보에 집중하는 전략이 된다.

기본목표 시나리오는 **무대응 시나리오**와 **강화목표 시나리오**의 중간적인 성격을 갖는다. 연료비는 지속적으로 증가하고 일정 수준의 RU 비용도 발생하지만, 전환 속도를 조정함으로써 비용 변동성을 완화하는 평준화 전략을 구현한다. 이 경우 RU 비용이 예측 가능한 범위에서 관리되며, 완전한 전환은 어렵지만 규제 부담을 통제 가능한 수준으로 유지하려는 현실적 절충 경로로 해석된다.

정책개입 시나리오(D30)에서는 정부의 정책 지원을 통해 e-fuel 가격이 인하되면서 연료비 증가 폭이 억제된다. 동시에 RU 부담 없이 중기조치 대응이 가능해지며, 일부 연도에는 SU 크레딧 확보를 통해 수익 창출 효과도 나타난다. 이는 친환경 정책이 단순한 재정 지원을 넘어, 해운 산업의 중장기 비용 구조를 근본적으로 재편할 수 있는 정책 수단임을 보여준다.

시나리오별 비용은 특정 연도의 총비용 규모만으로 전략적 우열을 판단하기 어렵다. **무대응 시나리오**는 단기적으로 가장 낮은 비용을 유지하는 것처럼 보이지만, 이는 특정 시점에 한정된 결과에 불과하다. **D30 시나리오** 기준으로 2035년 총비용을 비교하면, **무대응 시나리오**가 USD 7,780M로 가장 높은 비용을 기록하며, 그 다음은 **강화목표 시나리오**(USD 6,995M), **기본목표 시나리오**(USD 6,393M) 순으로 나타난다.⁹ 특히 RU 비용은 현행 규제 수준과 가격을 전제로 산정된 값으로, 중기조치 유예가 장기화되거나 규제 강도가 상향될 경우 실제 시장에서는 비선형적으로 급증할 가능성이 크다. 이에 따라 전환을 지연하는 기업일수록 이러한 비용 상승 리스크를 집중적으로 부담하게 될 것으로 전망된다.

또, 대체연료 전환에 따른 연료비 증가는 시장 가격을 기반으로 예측 가능하며, 기술 발전과 정책 지원에 따라 중장기적으로 완화될 여지가 있다. 하지만 RU 비용은 규제 환경과 시장 여건에 따라 급격히 확대될 수 있는 불확실성이 큰 개방형 리스크에 가깝다. 따라서 전략적 관점에서 중요한 것은 특정 시점의 비용 수준을 단순 비교하는 것이 아니라, 각 시나리오가 어떠한 비용 구조를 형성하고 시간이 지남에 따라 그 구조가 어떻게 변화하는지를 파악하는 것이다. 이러한 비용 구조와 추세에 대한 이해가 뒷받침될 때에만, 각 대응 전략의 지속 가능성, 규제 리스크, 그리고 장기적 경제성을 균형 있게 평가할 수 있다.

⁹ 환율 1,400원을 적용할 경우, 상기 금액은 무대응 시나리오 약 10조 8,920억 원, 강화목표 시나리오 약 9조 7,930억 원, 기본목표 시나리오 약 8조 9,362억 원으로 산정된다.

IV. 해석 및 시사점

1. 한국 해운산업의 구조적 과제

본 절에서는 분석 결과를 통해 서론에서 제시한 한국 해운산업의 세 가지 구조적 리스크가 실제 비용·규제 구조에 어떻게 반영되는지를 확인하고자 한다.

첫째, 지역별 국제해운 온실가스 감축 규제의 중복은 해운사에 지연 비용이 다층적으로 누적되는 구조를 초래한다. EU ETS와 FuelEU Maritime이 IMO 중기조치와 병행 적용될 경우, 온실가스 관련 부담은 일회성 부과금이 아니라 상시적으로 발생하는 운영비로 축적된다. 특히 한국 국적 외항선의 한-EU 무역 비중이 약 10% 수준임을 고려하면, EU 항로에서는 EU ETS 배출권 구매, FuelEU Maritime 벌금, 그리고 중기조치 도입 이후에는 IMO 차원에서 GFI 미달에 따른 RU 구매가 매년 반복적으로 부과되는 구조가 형성된다.

본 연구의 모형은 EU ETS·FuelEU Maritime 비용을 직접 포함하지 않기 때문에, 표면적으로는 **무대응 시나리오**가 단기적으로 가장 저비용 경로처럼 보인다. 그러나 실제 환경에서는 이러한 지역 규제 비용이 RU 부담과 중첩되면서 누적 비용이 훨씬 더 빠른 속도로 증가한다. 이는 전환을 지연할수록 전환 비용보다 지연 비용이 더 가파르게 확대되는 구조적 취약성을 의미한다.

둘째, LNG 중심의 과도기 전략은 중기조치에서 요구하는 감축 기준을 충족하기 어려운 구조적 한계를 지닌다. 본 연구에서는 LNG의 WTW 배출계수[gCO₂e/MJ]가 엔진 타입, 연료의 원산지, 효율 등에 따라 범위로 제시된다는 점을 고려해 FuelEU Maritime에서 규정한 범위 값의 평균을 적용하였다. 분석 결과, 모든 시나리오에서 LNG 비중이 유의미하게 확대되는 경향은 나타나지 않았으며, 특히 **정책개입 시나리오**에서는 e-fuel 등 ZNZ 연료의 확대에 따라 LNG 비중이 오히려 감소하는 경향을 보인다. 이는 LNG가 전 주기 온실가스 배출 측면에서 감축 효과가 제한적일 뿐 아니라, 중기조치 시행 시 GFI 기준을 충족하는 데에도 구조적으로 불리한 연료임을 의미한다.

특히 메탄은 CO₂ 대비 수십 배 이상의 지구온난화 영향을 갖는 대표적인 초오염물질(super pollutant)이다. LNG 사용 전 과정에서 발생하는 메탄 탈루와 메탄 슬립을 고려할 경우, 이는 온실가스 감축 목표와 직접적으로 상충되는 결과로 이어질 수 있다. 이러한 점에서 LNG는 규제 강화 구간으로 진입할수록 실질적 기여도가 낮아지며, 감축 로드맵의 취지와도 부합하지 않는 연료로 평가된다. 따라서 LNG는 중기조치의 구조적 목표와 정합성을 갖춘 전환 전략으로 보기 어렵다는 점이 본 연구 결과에서도 재확인된다.

이러한 한계는 e-LNG의 경우에도 근본적으로 해소되기 어렵다. e-LNG는 생산 과정에서 이산화탄소 배출을 최소화할 수 있다는 점에서 이론적으로는 장점을 지니지만, 연료의 물리적 구성 자체가 메탄이라는 점에서 연소 및 운송 과정에서의 메탄 탈루와 메탄 슬립 위험을 여전히 내포한다. 이는 전 주기 온실가스 감축 측면에서 e-LNG가 다른 ZNZ 연료 대비 구조적인 우위를 확보하기 어렵다는 점을 시사한다. 더 나아가 e-LNG에 대한 투자는 기존 화석연료 기반 LNG 인프라의 확대 또는 생명 연장(lock-in)을 초래할 가능성이 높아, 중장기 탈탄소 전략과의 정합성 또한 제한적인 것으로 평가된다.

셋째, e-fuel은 규제와 친환경 정책의 개입이 결합될 때 비로소 실질적인 전환 경로로 부상한다. 중기조치의 기본목표를 충족하는 **기본목표 시나리오**에서 정책 개입을 통해 e-fuel 가격이 30% 인하될 경우, e-fuel 도입 시점은 2030년으로 획기적으로 앞당겨지며 사용 비중 또한 최대 두 배까지 확대된다. 이와 함께 2035년 기준 정부의 정책 개입 여부에 따른 기본목표 시나리오 간 총비용에는 약 USD 1,544M의 차이가 발생하며, 이는 환율 1,400원 적용 시 약 2조 1,627억 원에 해당한다. 이는 정부의 친환경 정책을 통해 ZNZ 연료 가격이 중기조치 규제가 시작되는 2028년 대비 30% 낮아질 경우, 해운사의 연료 전환 부담이 그만큼 크게 완화될 수 있음을 의미한다.

2. 해운선사 및 정부의 전략적 대응 방향

중기조치의 유예를 단순히 부담의 지연으로만 해석하는 것은 위험하다. 시행 시기가 늦춰지더라도 국제해운의 2050 넷제로 달성과 GFI 감축 목표 자체는 변하지 않으며, 대응을 지연할수록 더 짧은 기간에 더 큰 폭의 감축을 달성해야 하는 부담이 커지기 때문이다. 또한 단기조치인 CII 규제 역시 향후 IMO 회의에서 중기조치와의 정합성을 높이기 위해, 배출량을 WTW 기준으로 평가하는 방안에 대한 논의가 이루어질 전망이다.¹⁰ 이는 연료 연소 과정뿐 아니라 연료의 전 주기, 즉 생산·운송·선택·사용 단계에서 발생하는 온실가스 배출을 고려함으로써, CII와 GFI가 중복 없이 상호 보완적으로 작동할 수 있는 제도적 구조를 마련하기 위한 핵심 조정 과정이다.

이러한 점을 고려할 때, 중기조치의 도입이 유예된 현 시점에서 단기적으로 해운사에게 가장 중요한 과제는 2030년까지 감축계수가 명확히 설정된 CII 규제에 대한 대응 역량을 강화하는 것이다. 운항 효율 최적화, 에너지 절감 장치(ESD) 설치, 엔진 출력 제한 등 기술적·운항적 조치를 통해 단기조치의 부담을 최소화하는 동시에, 이러한 조치로 확보되는 효율 개선 효과가 향후 중기조치 대응의 기반으로 축적되도록 해야 한다. 아울러 현재의 유예 기간은 대체연료 공급망 구축, 친환경 선박 발주 투자 계획 수립, 항만 인프라 준비 등 본격적인 연료 전환을 위한 사전 준비 단계로 적극적으로 활용해야 한다. 즉, 유예는 대응을 늦추라는 신호가 아니라, 향후 더 엄격해질 탈탄소 규제 체계에 대비하기 위한 전략적 준비의 기회로 인식되어야 한다.

또, 본 연구를 통해 국제해운의 ZNZ 연료로의 전환은 결국 정부의 정책적 역할에 좌우된다는 것을 확인할 수 있었다. 탈탄소 전환 과정에서는 해운사들의 ZNZ 연료 활용을 위해서는 선박 엔진 전환, 항만 내 녹색연료 벙커링 인프라 구축, 안정적인 글로벌 공급망 형성 등이 동시에 추진되어야 한다. 이러한 전환 과제는 개별 해운사의 노력만으로는 달성하기 어렵고, 초기 투자비와 기술 불확실성이 큰 영역일수록 시장 자생력에만 의존하기에는 구조적 제약이 크다.

그럼에도 불구하고 한국 정부는 현재 ZNZ 연료와 관련한 구체적인 지원 정책을 마련하지 못한 상황이다. 정부 정책은 친환경 선박의 건조 및 보급 관련 인프라 구축에 주로 집중되어 있으며, ZNZ 연료 공급 계획이나 e-fuel을 포함한 ZNZ 연료의 직접적인 사용을 유도하기 위한 정책 수단은 제한적인 실정이다. 이는 해운사가 ZNZ 연료를 실질적인 운용 대안으로 인식하는 데 제약 요인으로 작용한다.

¹⁰ 한국해사협력센터, 「IMO CII 규제의 개정 현안 및 대응 방향」, (2025).

따라서 정부는 구체적으로는 e-fuel 생산시설 확충 지원, 재생에너지 발전단가 인하 정책, 항만 인프라 현대화, 친환경선박 조세 특례를 포함한 녹색금융 및 세제 인센티브 확대 등 가격·공급·인프라 전반을 아우르는 종합적 정책 패키지가 요구된다. e-fuel을 포함한 ZNZ 연료 시장의 구축은 정책적 개입이 출발점이 되며, 이는 국제해운 탈탄소화를 중장기 전환 궤도에 안착시키기 위한 필수 조건이다.

V. 결론

본 연구는 IMO 중기조치 도입 유예라는 불확실한 제도 환경 속에서 한국 해운산업이 직면한 구조적 리스크와 향후 국제해운 탈탄소 전환 경로를 종합적으로 분석하였다. 분석 결과, 중기조치가 유예되었다고 해도, 해운사는 이미 시행중인 IMO의 단기조치와 지역별 국제해운 배출 규제로 인해 온실가스 감축 부담은 여전히 존재한다. 오히려 유예에 안심하여 연료 전환을 지연할수록 해운사에게 비용과 리스크가 구조적으로 누적된다.

시나리오 분석을 통해 확인된 핵심 결과는 다음과 같다. 첫째, 전환을 지연하는 **무대응 시나리오**는 단기적으로 총비용이 낮아 보이더라도 장기적으로는 RU 비용이 비선형적으로 증가하여 운영비용을 초과하는 수준까지 확대될 위험이 있다. 이는 지연 비용의 누적 구조가 전환 비용보다 훨씬 빠르게 증가한다는 점에서 전략적 취약성을 내포한다. 둘째, LNG 중심의 과도기 전략은 GFI 기준을 충족하기 어려운 구조적 한계를 보이며, 메탄 슬립 등으로 인해 감축 목표와 상충되는 특성까지 나타난다. 따라서 LNG는 탄소중립 목표하는 국제해운에서 주요 대체연료로 기능하기에는 구조적으로 한계가 뚜렷하며, 지속가능한 전환 연료로 보기 어렵다. 셋째, e-fuel 등 ZNZ 연료는 규제와 정책 지원이 결합될 경우 실질적 전환 경로로 부상하며, 특히 e-fuel 가격 인하 정책은 도입 시점과 확산 규모를 근본적으로 변화시킨다. 이는 대체연료 시장 형성이 전환의 핵심 변수이며, 그 출발점은 정부 정책에서 비롯됨을 보여준다.

이와 같은 분석 결과는 한국 해운산업의 탈탄소 대응이 개별 기업의 노력만으로는 충분하지 않으며, 정부의 역할이 전환의 속도와 지속 가능성을 결정하는 핵심 요인임을 명확히 시사한다. 중기적으로는 연료 전환을 위한 공급망 구축, 항만 인프라 준비, 무탄소 선박 전환 전략 마련 등 구조적 기반을 조성해야 하며, 장기적으로는 ZNZ 연료 전환이 산업 전반에 뿌리내릴 수 있도록 일관된 정책적 신호와 금융·규제·기술 지원이 필요하다. 무엇보다도 대체연료 가격 경쟁력 확보와 시장 형성은 정부 주도의 정책 개입이 없이는 현실적으로 실현되기 어렵다.

결국 한국 해운산업이 2050년 국제해운 탄소중립 목표에 부합하는 전환 경로를 구축하기 위해서는 지금의 유예 기간을 단순한 시간 확보가 아닌 전략적 준비의 창구로 활용해야 한다. 규제 강화에 선제적으로 대응하고, ZNZ 연료 시대를 준비하는 산업전환 전략과 이를 뒷받침할 국가적 지원체계를 동시에 마련할 때, 한국 해운산업은 미래 경쟁력을 확보하며 글로벌 전환 흐름을 선도할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- European Parliament & Council of the European Union. (2023). *Regulation (EU) 2023/1805 of the European Parliament and of the Council*. Official Journal of the European Union.
- Methanol Institute. (2024). *Economic value of methanol for shipping under FuelEU Maritime and EU ETS*. Methanol Institute.
- Smith, T., Frosch, A., Fricaudet, M., Langer, P., Cooper, T., Rehmatulla, N., & Oluteye, D. (2025). *An overview of the discussions from IMO's Marine Environment Protection Committee Extraordinary Session and Intersessional Working Group on GHGs 20th session, London, UK*.
- 김진희. (2024). 2024 IMO DCS/CII 검증 결과 및 등급 현황. KR Decarbonization Magazine, Vol 8.
- 한국해사협력센터. (2023). CII 등급 개선을 위한 가이드북.
- 한국해사협력센터. (2025). IMO CII 규제의 개정 현안 및 대응 방향.
- 한국해사협력센터. (2025). IMO 온실가스 중기조치 'Net-Zero Framework', MARPOL 협약 신설 규칙 해설서.
- 한주은. (2025). 탄소중립시대, 국내 해운사는 준비되었는가. 기후솔루션.

부록: 시나리오별 연간 선박연료 소비 비중의 변화 도표

무대응

단위: %

Fuel	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
IFO 180	1.32	2.12	2.08	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
IFO 380	55.64	54.73	53.78	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36
LNG	4.04	4.77	6.53	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25
LPG	0.42	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
VLS IFO	38.47	37.86	37.09	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82
VLS MDO	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

강화목표

단위: %

Fuel	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Bio-diesel	0.00	0.00	0.00	18.01	20.55	23.04	26.70	22.85	21.24	19.27	18.52
Bio-methane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01
e-ammonia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.68	11.36	17.29	23.54	28.75
e-methane	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.69	0.70	0.70	0.69
e-methanol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.01
IFO 180	1.32	2.13	2.08	2.03	2.03	1.53	1.46	1.23	1.05	0.88	0.65
IFO 380	55.87	54.96	54.01	42.36	41.02	40.65	36.95	34.07	31.90	29.63	27.32
LNG	3.63	4.37	6.15	6.32	6.32	6.32	6.32	6.29	6.29	6.29	6.25
LPG	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42	0.42	0.39	0.41	0.41	0.42	0.41
VLS IFO	38.63	38.01	37.24	30.08	28.88	27.24	25.72	23.03	21.08	19.26	17.40
VLS MDO	0.12	0.11	0.11	0.08	0.08	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

기본목표

단위: %

항목	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Bio-diesel	0.00	0.00	0.00	2.00	4.05	6.48	12.05	17.62	23.15	24.10	23.41
Bio-methane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01
e-ammonia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.43	6.11	11.32
e-methane	0.00	0.00	0.00	0.07	0.67	0.70	0.72	0.70	0.70	0.69	0.69
e-methanol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
IFO 180	1.32	2.12	2.08	1.90	1.50	1.65	1.54	1.94	1.92	1.39	1.22
IFO 380	55.64	54.73	53.78	52.45	51.59	50.63	46.42	43.06	39.65	36.88	34.92
LNG	4.04	4.77	6.53	7.18	6.69	6.69	6.68	6.66	6.36	6.36	6.32
LPG	0.42	0.41	0.40	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.38	0.42
VLS IFO	38.47	37.86	37.09	35.89	35.00	33.34	32.08	29.45	27.32	23.95	21.70
VLS MDO	0.12	0.11	0.11	0.09	0.09	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.00
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

D30 무대응

단위: %

Fuel	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
e-methane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
IFO 180	1.32	2.12	2.08	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
IFO 380	55.64	54.73	53.78	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36	53.36
LNG	4.04	4.77	6.53	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	6.66
LPG	0.42	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
VLS IFO	38.47	37.86	37.09	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82	36.82
VLS MDO	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

D30 강화목표

단위: %

Fuel	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Bio-diesel	0.00	0.00	0.00	18.01	20.55	2.23	2.15	0.67	0.65	0.59	0.22
e-ammonia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.25	23.26	31.24	35.83	40.52	45.31
e-methane	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70	0.34	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00
e-methanol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00
IFO 180	1.32	2.13	2.08	2.03	2.03	0.73	0.68	0.73	0.40	0.46	0.46
IFO 380	55.87	54.96	54.01	42.36	41.02	45.19	43.13	40.72	38.34	35.40	32.64
LNG	3.63	4.37	6.15	6.32	6.32	3.08	1.67	0.69	0.08	0.00	0.00
LPG	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.42
VLS IFO	38.63	38.01	37.24	30.08	28.88	29.68	28.42	25.46	24.24	22.62	20.94
VLS MDO	0.12	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

D30 기본목표

단위: %

항목	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Bio-diesel	0.00	0.00	0.00	2.30	4.65	1.64	2.02	1.64	1.89	0.75	0.22
Bio-methane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
e-ammonia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.73	9.24	14.53	19.56	27.31	32.24
e-methane	0.00	0.00	0.00	0.09	0.32	0.29	0.22	0.12	0.05	0.04	0.05
e-methanol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01
IFO 180	1.46	2.37	2.36	2.00	1.72	2.36	2.31	1.73	1.73	1.74	1.68
IFO 380	55.68	55.16	55.28	54.34	53.24	51.65	49.24	47.01	44.95	42.40	39.49
LNG	3.69	3.65	3.64	3.56	3.38	3.09	2.19	1.46	0.50	0.47	0.46
LPG	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.47	0.49	0.49
VLS IFO	38.58	38.22	38.12	37.14	36.10	35.71	34.20	32.93	30.78	26.75	25.36
VLS MDO	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.00
Grand Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



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.