

친환경 선박 연료와 녹색해운항로 경쟁

2023. 12

연구위원 장경석

1. MEPC 80차 회의 결과와 의미
2. 대안으로 제시되는 친환경 선박 연료
3. 다가오는 녹색해운항로 시대
4. 향후 전망 및 금융권 대응 방안

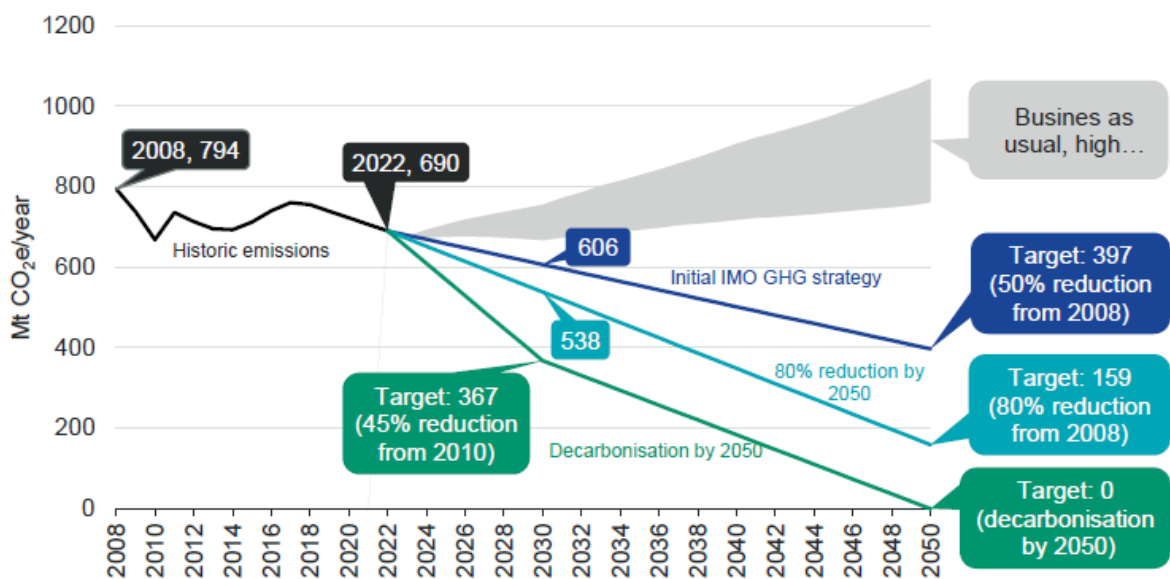
[Executive Summary]

- 국제해사기구(IMO)의 선박 탄소 배출량 감축 목표 상향으로 친환경 선박 연료 시대 본격 개막
 - 지난 7월 열린 해양환경보호위원회 제80차 회의(MEPC 80)에서 국제해사기구는 탄소 배출량 감축 목표를 기존 50%에서 100%로 상향하고 중간 점검 지표도 제시
 - 특히 국제해사기구는 이번 회의를 통해 제조부터 사용까지 선박 연료의 라이프사이클별 온실가스 배출량에 관한 가이드라인을 구체화하고 전 주기 관리도 주문
 - 이에 다양한 연료를 기반으로 한 친환경 선박 개발 경쟁이 촉발됨과 동시에 대안으로 제시되고 있는 친환경 선박 연료 개발에 대한 관심 또한 크게 증가
- 향후 대안으로 제시되고 있는 친환경 연료: 확보 용이성과 생산 비용을 놓고 저울질 중
 - [바이오 연료] 전동화가 어려운 수송 부문에서 가장 현실적인 탈탄소 대안으로 지목됨
 - [이퓨얼(e-fuel)] 수소(전기 분해)와 이산화탄소(탄소 포집)를 주원료로 하며 항공기는 혼합 의무화
 - [메탄올] 글로벌 주요 해운사 머스크가 선택. 바이오 연료와 이퓨얼 방식으로 그린메탄올 생산 가능
 - [암모니아] 이산화탄소를 배출하지 않고 운송, 저장이 단순한 반면 독성과 부작용은 극복이 필요
 - [수소] 무탄소에너지, 열에너지를 전기로 전환해 동력으로 사용. 저장과 비용 등 어려움이 존재
- 친환경 선박·연료·항구의 교집합, 녹색해운항로를 위한 기반 인프라 시설 확충이 본격화될 전망
 - 녹색해운항로는 선박뿐 아니라 항만까지 해상 운송 전 과정에서의 친환경화를 의미(사전적 의미의 '항로'만을 의미하지 않음)하며 이를 실현하기 위해 친환경 연료 공급망 구축이 필수
 - 항구에 친환경선박을 수용할 수 있는 연료 관련 인프라가 설치되지 않을 경우 친환경 선박의 입항이 어렵게 되고 인프라 부족 시에는 체선이 발생하여 출항이 연기되는 상황 발생 가능
 - 이에 글로벌 허브 항구들은 녹색해운항로 구축을 통한 관련 생태계 확장이 절실한 상황
 - 한편 주요20개국(G20) 회의에서 윤석열 대통령이 탄소중립 목표를 달성하기 위한 노력의 일환으로 녹색해운항로와 관련 인프라 구축을 언급함에 따라 정부 지원도 본격화될 전망
- 향후 녹색해운항로의 중요성이 더욱 부각될 것으로 예상됨에 따라 이와 관련된 친환경 선박, 친환경 연료 인프라 등의 수요가 크게 증가할 전망. 관련 투자에 대한 금융권의 관심이 요구됨

I. MEPC 제80차 회의 결과와 의미

- 탄소집약적 산업인 해운산업은 국제해사기구를 중심으로 온실가스 배출 규제 관련 논의를 지속. 지난 7월 열린 해양환경보호위원회 제80차 회의[MEPC(Marine Environment Protection Committee) 80]에서 2050년까지 해운산업 탄소중립을 목표로 설정
 - 해운산업은 전 세계 무역량의 90%를 전담하는 탄소집약적 산업이나 항공업계와 더불어 파리기후변화협약이 적용되지 않는 분야
 - 해운산업은 연간 약 10억 톤의 탄소를 배출하는 것으로 추정
 - 해운산업의 탄소배출권 관련 규제는 국제해사기구를 중심으로 논의되어 왔으며 2018년 열린 해양환경보호위원회 제72차 회의에서 2050년까지 수송 효율을 최소 70% 개선하고 온실가스 총배출량을 최소 50% 감축하기로 결의
 - 그러나 지난 7월 열린 해양환경보호위원회 제80차 회의에서 국제해사기구는 최근 강화되고 있는 탄소 규제 트렌드를 반영하여 2050년 무렵까지 해상 운송용 선박의 탄소 배출량 감축 목표를 기존 50%에서 100%로 상향하기로 결의
 - 2008년 선박 온실가스 총배출량 대비 2030년까지 20%(30%까지 노력), 2040년까지 70%(80%까지 노력)를 감축하는 중간 점검 지표도 제시

[그림 1] 선박 온실가스 감축 목표 변화에 따른 이산화탄소 저감량 변동 추이



자료: 노르웨이선급협회(DNV)

[표 1] 국제해사기구 온실가스 감축 전략 변화

연 도	2018년 온실가스 감축 목표	2023년 온실가스 감축 목표
2030년 (2008년 대비)	- 수송 효율 40% 개선	- 수송 효율 40% 개선 - 온실가스 총배출량 최소 20% 감축 (30% 감축 목표) - 제로이미션(Zero Emission, 배출 제로) 연료 최소 5% 보급(10% 보급 목표)
2040년 (2008년 대비)	- 목표 없음	- 온실가스 배출량 최소 70% 감축 (80% 감축 목표)
2050년 (2008년 대비)	- 수송 효율 최소 70% 개선 - 온실가스 총배출량 최소 50% 감축 (금세기 중 온실가스 배출 제로)	- 온실가스 배출 제로

자료: 국제해사기구 자료 재정리

■ 선박 연료 라이프사이클별 온실가스 배출량에 관한 가이드라인도 구체화

- 국제해사기구는 연료가 제조되는 순간부터 선박에 사용되기까지 라이프사이클 전 과정에서 온실가스 배출량을 종합 평가하기 위한 가이드라인을 마련하는 작업도 진행
- 이는 선박 탈탄소화를 위해 사용될 수소, 암모니아, 바이오매스 등의 연료 제조 및 유통 과정에서 배출되는 온실가스도 무시할 수 없기 때문
- 더불어 메탄가스(CH_4)이나 아산화질소(N_2O) 등 이산화탄소 이외의 온실가스도 지구 온난화에 미치는 영향을 간과할 수 없으므로 이를 모두 반영한 가이드라인(이산화탄소 이외의 여러 온실가스를 포함한 배출 강도 계산법 등)을 채택
- 뿐만 아니라 바이오매스 연료 제조에 따른 산림 훼손 등의 토지 이용 변화와 관련해서도 향후 전문가 워크숍을 통해 계산 및 인증 방법과 같은 규정을 보완하기로 합의

■ 온실가스 배출 감축을 위한 중기대책과 연료소비 실적 보고제도 개정안 또한 논의

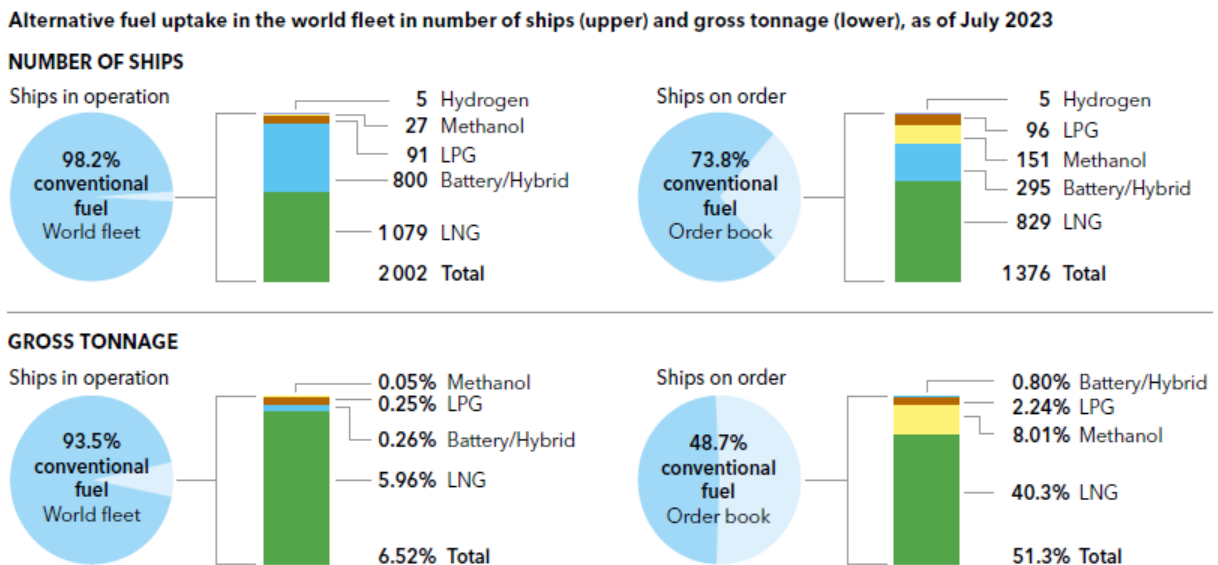
- 이번 해양환경보호위원회 제80차 회의에서는 향후 온실가스 배출량 감축을 위한 중기 대책을 어떻게 검토해 나갈 것인지에 대한 논의도 활발히 이루어짐
- 그 결과 중기 대책으로 기술적·경제적 요소가 모두 반영된 대책을 지속적으로 검토해 2025년까지 구체적인 제도를 마련하여 채택하고 2027년 발표하기로 합의

- △선박 연간 온실가스 배출 규제 강도를 단계적으로 강화해 나가는 제도 △배출량에 따른 과금 제도 △화석연료선에 대한 과금 제도 △친환경 연료 선박 환급을 조정한 제도 등을 모두 반영하여 평가한 후 그 결과를 종합하여 중기 대책을 구체화해 나갈 예정
- 가이드라인 제시를 위해 이번 회의에서는 온실가스 배출량 감축을 위한 다양한 기술, 연료 및 운용 개선 방안을 검토하고 채택하는 논의도 이루어짐
- 또한 2019년부터 의무화된 선박 연료유 사용량 보고제도(DCS, Data Collection System)를 더욱 강화하기 위해 보고 항목을 추가하고 재검토하는 작업을 대부분 완료했으며 다음 회의(제81차)에서 개정안을 채택하기로 합의

■ 해양환경보호위원회를 중심으로 국제해사기구의 해운 탄소중립 논의가 활발히 진행되면서 향후 다양한 친환경 선박 연료 개발 및 확보 경쟁이 본격화될 전망

- 현재 운행되고 있는 친환경선박은 척수 기준 1.8%, 톤수 기준 6.5% 수준. 현 수주잔량으로는 척수 26.2%, 톤수 51.3%를 차지. 특히 최근 들어 대형선박을 중심으로 전환이 활발히 이루어지고 있으며, 이 같은 변화는 더욱 빠르게 진행될 것으로 예상
- 이에 친환경 선박 연료 개발과 이를 확보하기 위한 공급망 개척 경쟁이 본격화될 전망

[그림 2] 운항 중인 선대 및 선박 주문서(오더북) 기준 친환경 선박 구성



Sources: IHSMarkit (ihsmarkit.com) and DNV's Alternative Fuels Insights for the shipping industry - AFI platform (afi.dnv.com)

자료: DNV

II. 대안으로 제시되는 친환경 선박 연료

■ [바이오 연료] 당장 활용 가능한 선박 연료로 2025년 상용화를 목표로 정부 주도 개발

- 바이오 연료는 바이오매스¹로부터 얻는 고체, 액체, 기체 형태의 연료로 살아 있는 유기체뿐 아니라 동물 배설물 등 대사 활동에서 나오는 부산물도 포함됨
 - 경우에 따라 바이오 에탄올, 바이오 디젤을 지칭하는 말로 혼용되기도 함
- 바이오 연료는 대형 트럭, 선박, 항공기와 같이 고밀도 에너지가 필요하고 전동화가 어려운 수송 부문에서 가장 현실적인 탈탄소 대안으로 주목되며 최근 부상 중
 - 가솔린, 디젤 등유로 작동하는 모든 유형의 내연기관에서 대체 연료로 사용 가능
 - 다만, 원료, 생산 과정, 보관 시간 등의 요인에 따라 사용 가능 여부가 달라질 수 있음
- 현재 바이오 연료는 다양한 형태로 사용되고 있는데 그 중에서도 바이오 디젤², 바이오 중유³, 바이오 가스⁴는 선박 연료로 바로 사용 가능
- 그러나 이들을 선박 연료로 사용하면 엔진 수명 단축 등의 기술적인 문제가 발생할 수 있어 정부 주도로 선박에 최적화된 바이오 연료 개발이 진행 중

[표 2] 정부 바이오 연료 로드맵

구 분	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2030년
바이오 디젤	차세대 바이오 디젤 테스트포스팀 가동				차세대 바이오 디젤 상용화	
바이오 선박유	연료 가동 시스템 구축		세부 문제 반영	바이오 선박유 상용화		
바이오 항공유	워킹그룹				바이오 항공유 상용화	

자료: 한국석유관리원(Kpetro)

¹ 바이오매스(biomass): 식물, 동물, 미생물 등 태양 에너지를 받아 유기물을 합성하는 생물 유기체로 땃나무, 숲, 생물의 기체 등을 포함하며 업계에서는 유기계 폐기물도 바이오매스로 분류

² 바이오 디젤(bio diesel): 석유 기반인 경유의 대체 연료. 식물성 기름이나 동물성 지방을 화학적으로 변화시켜 디젤 연료와 유사한 특성을 갖게 하는 연료로 순수한 형태는 물론 일반 경유와 혼합해서도 사용할 수 있음

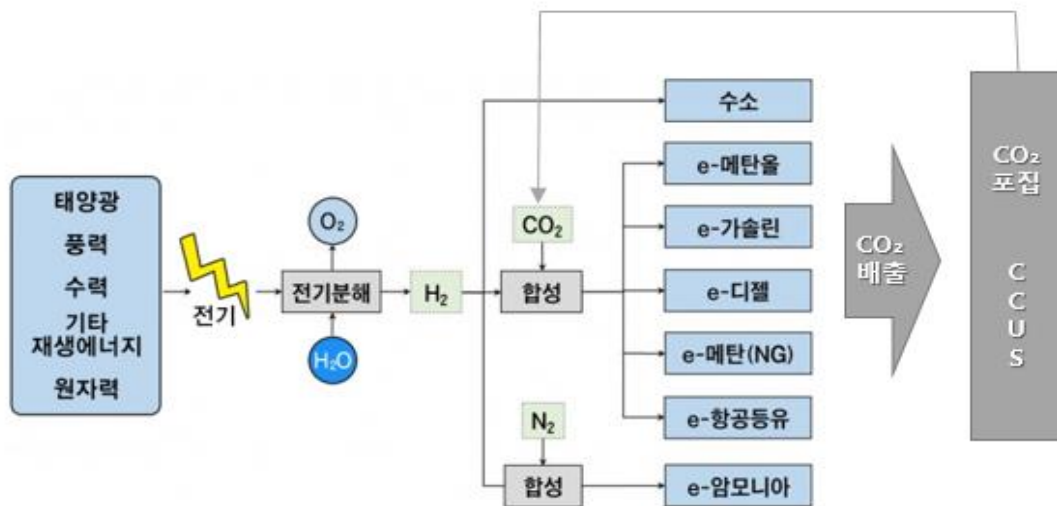
³ 바이오 중유(bio heavy oil): 바이오에너지의 하나로 동물성 또는 식물성 유지와 저가 알코올을 반응시켜 만든 지방산이나 에스터, 또는 유지와 에스터를 혼합한 물질이 원료로 사용됨

⁴ 바이오 가스(bio gas): 미생물에 의해 바이오매스에서 생성되는 가스로 메탄과 이산화탄소가 혼합한 형태의 기체

■ [이퓨얼(e-fuel)] 지난 3월 유럽연합(EU)의 이퓨얼 내연기관 차량 운행 승인으로 관심 급증

- 이퓨얼은 ‘전기 기반 연료(Electricity-based Fuel)’의 줄임말로, 물을 전기 분해해 얻은 수소를 포집 및 저장 기술로 얻은 이산화탄소, 질소 등과 결합해 만든 인공 합성 친환경 연료
- 이퓨얼은 대기 중 탄소를 포집하여 생산하는 만큼 생산량이 늘어날수록 대기 중 탄소량을 줄일 수 있고 연소 과정에서 배출되는 탄소 역시 대기 중에 있던 것이기 때문에 실질적인 탄소 배출량은 ‘제로’로 볼 수 있음
 - 그린수소를 사용할 경우 이론적으로 탄소를 배출하지 않는 에너지 사용이 가능

[그림 3] 이퓨얼 개념도



* CCUS(Carbon Capture, Utilization & Storage)

: 이산화탄소를 포집(Capture)하고, 이를 저장(Storage) 또는 활용(Utilization)하는 기술

자료: 한국자동차연구원, 작성자 재구성

- EU 집행위원회는 지난 3월 28일, 2035년부터 이산화탄소를 배출하는 신규 내연기관 차량 판매를 금지하는 개정안을 최종 승인하면서 ‘이퓨얼을 사용한 내연기관 차량은 판매 금지 대상에서 제외한다’는 예외 조항을 삽입
- 이는 이퓨얼을 연료로 사용하는 내연기관 차량은 만들 수 있다는 의미. 그 영향으로 최근 자동차업계를 중심으로 이퓨얼에 대한 관심이 크게 증가
- 이퓨얼은 자동차뿐 아니라 전동화가 어려운 기존 비행기·선박·방산 연료로도 사용할 수 있어 여러 국가가 실증 사업과 상용화 로드맵을 빠르게 마련해 나가고 있음

- 특히 EU의 경우 높은 에너지 밀도와 동력 시스템 안정성이 요구되는 항공기는 전동화가 어렵다고 판단하고, 2050년까지 항공유에 이퓨얼 혼합 비율을 높여 나가기로 함
 - EU는 2022년 7월 ‘핏 포 55(Fit for 55)’를 통해 지속 가능한 항공유 혼합 의무화 방안을 제시

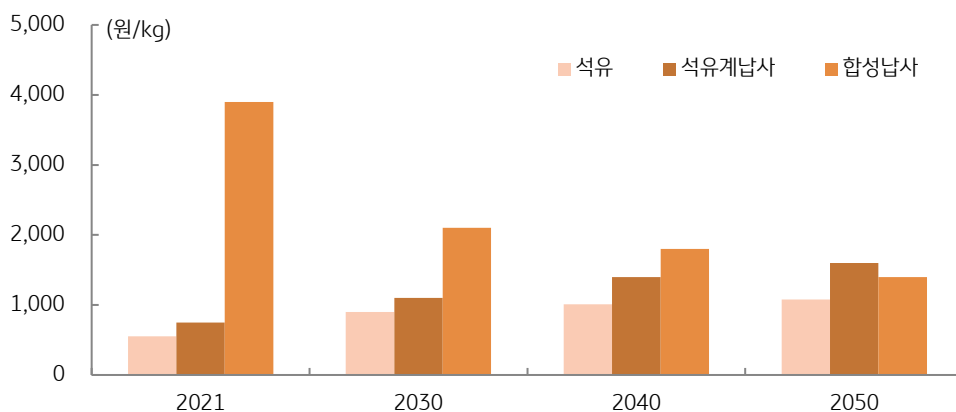
[그림 4] EU ‘핏 포 55’의 지속가능한 항공 연료 혼합 비율 목표



자료: EU, 이퓨얼연구회 재인용

- 그러나 다량의 연료가 소모되는 선박의 경우 이퓨얼의 낮은 경제성과 에너지 효율이 난제로 대두됨. 현재 합성 납사⁵(Naphtha)와 가솔린에 가까운 형태 기준 이퓨얼 가격은 일반 연료의 약 8배 수준
 - 이퓨얼연구회는 이퓨얼 가격이 2021년 기준 8,000원/kg에서 향후 2030년 4,000원/kg, 2040년 3,200원/kg, 2050년 2,400원/kg으로 점차 하락할 것으로 예상
- 이에 이퓨얼을 선박 연료로 사용하려면 기술 발전을 통한 가격 하락이 필요하며 이를 위해서는 낮은 가격의 그린수소 생산이 선행될 필요 존재

[그림 5] 이퓨얼 생산 가격 변동 예상 추이



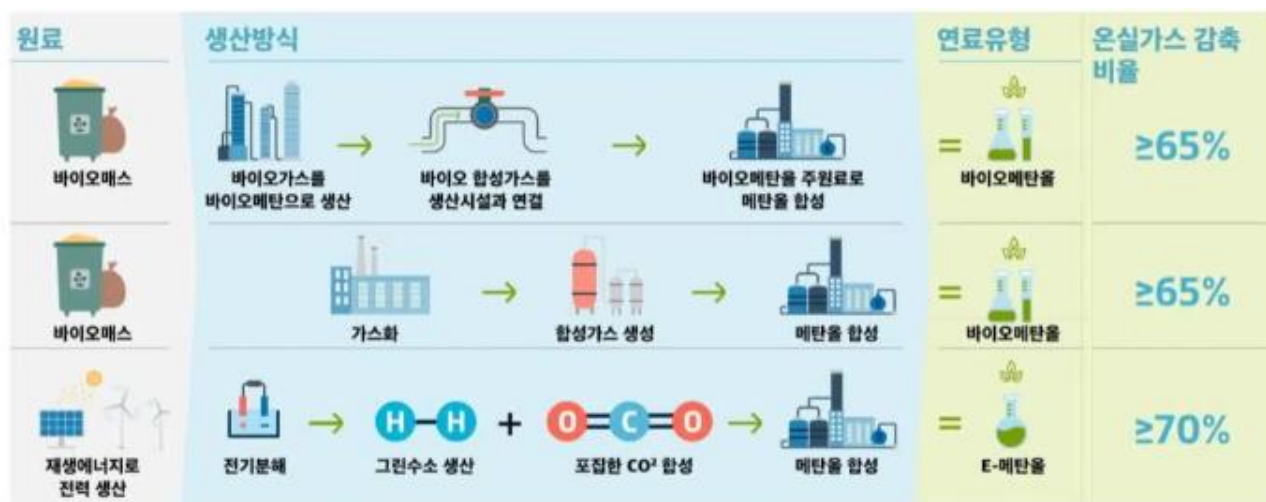
자료: 이퓨얼연구회

⁵ 납사(Naphtha): 석유 정제 시 140~180℃에서 분리되어 나오는 고분자 탄소화합물

■ [메탄올] 현시점에서 선박에 가장 적합한 친환경 연료로 컨테이너선에 사용하기 시작

- 메탄올은 천연가스, 납사, 석탄, 이산화탄소 등을 높은 온도에서 합성 가스로 전환한 다음 수소화 반응을 거쳐 생산하거나, 또는 산업 부산물로부터 얻음
- 그린메탄올의 경우 바이오매스를 통해 얻은 바이오 메탄올과 재생에너지로 만든 수소에 이산화탄소를 결합해 만든 e-메탄올을 통칭
- 그러나 높은 생산 비용 문제로 인해 현재 생산되는 그린메탄올 생산량은 메탄올 총생산량의 1%에도 못 미치는 실정

[그림 6] 세 가지 그린메탄올 생산 방법



자료: 머스크(Maersk), 그리니엄(Greenium) 재인용

- 메탄올의 경우 상온에서도 액체 상태로 자유롭게 저장과 이동을 할 수 있으며 연료 유출 시에도 그대로 바닷물에 녹아 해양 오염을 일으키지 않는 장점이 존재
- 특히 메탄올은 기존 벙커C유 대비 황산화물(SOx)은 99%, 질소산화물(NOx)의 경우 최대 80%까지 줄일 수 있으며 생산 과정에서 온실가스 배출량도 25% 저감 가능
 - 이산화탄소는 최대 95%까지 저감 가능하며 탄소 포집 기술 활용 시 저감 폭은 더 큼
- 글로벌 메이저 해운사 머스크는 컨테이너선에 가장 적합한 저탄소 연료로 메탄올을 지목하고 2040년까지 메탄올 추진선을 꾸준히 도입해 온실가스 배출 제로화를 추진 하겠다는 입장을 밝히며 최근 관련 자재 발주와 공급망 개척을 서두르는 모습

[2023년 7월 세계 최초 메탄올 추진 컨테이너선 운항 시작, 친환경 연료 사용 본격화]

- 현대미포조선이 세계 최초로 건조한 메탄올 추진 컨테이너선 로라 머스크(Laura Maersk)호가 지난 7월, 울산항에서 그린메탄올 1,000톤을 공급받고 출항에 성공하며 선박업계의 메탄올 연료 사용 시작을 알림
 - 로라 머스크호는 머스크가 현대미포조선에 발주한 2,100TEU급 컨테이너 선박으로, 국내 조선소에 건조를 의뢰한 메탄올 추진 컨테이너선 19척 중 첫 번째
- 로라 머스크호는 울산항을 출발해 수에즈운하, 네덜란드 로테르담항 등을 거쳐 덴마크 코펜하겐까지 가는 첫 항해(총 2만 1500km 운항)에서 전통 연료에 비해 80% 이상 탄소 배출량 감소 효과를 얻을 것으로 추정
- 뿐만 아니라 로라 머스크호에는 그린메탄올과 함께 국내 최초로 바이오 디젤 1,250톤도 공급. 시장에서는 한국이 선제적으로 선박 연료의 새로운 장을 연 것으로 평가
 - 공급된 바이오 디젤은 폐식용유 약 90만 개(가정용 1.8L 기준)를 활용해 생산
- 한편 메탄올 선박 건조, 그린메탄올과 바이오 디젤 벙커링(연료 공급)이 모두 세계 최초로 실시된 울산은 향후 친환경 선박 및 에너지 공급망의 중심지로 부상할 전망
 - 울산항은 연간 약 2억 톤 수준의 케미컬, 유류를 취급하는 세계 4위 액체 항만으로 세계 최대 조선사인 HD현대그룹이 위치해 관련 인프라 조성이 용이

[그림 7] 세계 최초 메탄올 추진 선박 로라 머스크호



자료: 머스크

[그림 8] 세계 최초 그린 메탄올 벙커링 모습



자료: 해양수산부



■ [암모니아] 근본적인 차세대 탈탄소 선박 연료로 평가되며 1~2년 내 상용화 예정

- 수소는 이산화탄소와 반응 시 메탄올, 질소와 반응 시 암모니아로 저장 가능해 메탄올과 함께 암모니아는 수소 저장 수단으로 활용되기도 함
 - 수소를 암모니아로 저장할 경우 수소 자체를 액화할 때보다 약 1.7배 많은 양을 저장 가능할 뿐 아니라 글로벌 암모니아 무역 인프라도 잘 갖춰져 있어 사용이 용이
- 암모니아(NH_3)는 암모니아를 구성하는 수소의 제조 방식에 따라 그레이암모니아, 블루암모니아, 그린 암모니아로 구분(세부 내용은 표3 참조)

[표 3] 암모니아 종류

구분		그레이암모니아	블루암모니아	그린암모니아
생산 방식		그레이수소 ⁶ 로 제조	블루수소 ⁷ 로 제조	그린수소 ⁸ 로 제조 (재생에너지 전력을 활용한 수전해 방식으로, 수소를 생산한 후 공기 중 질소와 합성)
		화석연료에서 수소를 생산한 후 공기 중 질소 합성		
온실가스	발생	수소 생산 시 발생		발생하지 않음
	처리	대기 중 방출	이산화탄소 포집 및 저장 기술을 활용하여 포집하므로 대기 중에 방출되지 않음	-

자료: 한국전력공사 경영연구원

- 암모니아는 수소처럼 연소 시 이산화탄소를 배출하지 않는 특성을 보유하며 수소에 비해 제조와 저장, 수송에 필요한 과정이 단순해 경제성이 뛰어남
 - 영하 33℃에서 액화가 이루어져 1년 이상 장기간 저장 가능
- 또 공기보다 가볍기 때문에 환기성이 좋고 강한 냄새가 나는 무색 기체이므로 누출 시 바로 알 수 있으며 가솔린에 비해 폭발 가능성도 낮아 상대적으로 안전한 에너지원
- 이 같은 장점으로 암모니아는 LNG, 메탄올을 이어 ‘무탄소 선박’을 실현할 차세대 선박 연료 거론되고 있으며 주요 조선사들은 관련 기업들과 협력해 상용화를 준비 중

⁶ 그레이(Gray)수소: 공장에서 나오는 부생 수소, 추출 수소(천연가스를 고온, 고압의 수증기와 화학 반응으로 추출)

⁷ 블루(Blue)수소: 그레이수소에 탄소 포집·저장(CCS) 기술을 적용하여 추출

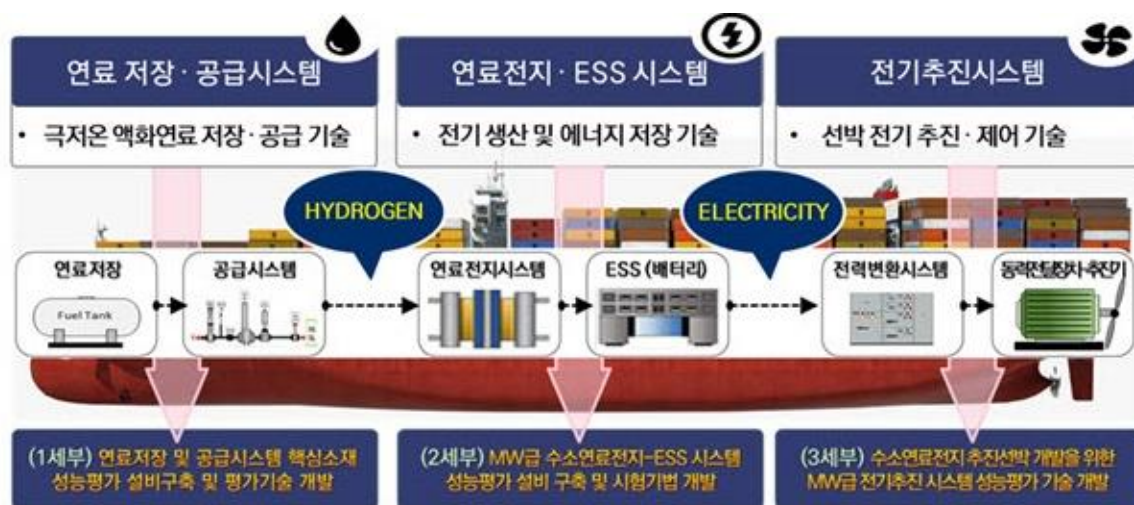
⁸ 그린(Green)수소: 태양광, 풍력 등 재생에너지로 생산한 전기로 물을 분해해 수소를 추출

- 다만, 강한 독성과 부식성을 지닌 암모니아를 선박 연료로 사용하기 위해서는 그 특성을 고려한 안전성 확보와 엄격한 기준 마련 및 관리가 필요
- 또한 자연 발화 온도가 높고 연소 속도가 느려 점화를 위해서는 ‘파일럿 오일’이 필요하며 선박 연료로 사용되는 액화 암모니아는 디젤보다 무겁고 부피도 2.74배 커서 기존 화석 연료 대비 4.1배 큰 탱크가 필요한 단점은 극복해야 할 과제

■ [수소] 차세대 무탄소 연료로 선박에 사용 가능하나 여러 기술적 보완이 필요

- 수소 연료 선박은 연료전지를 이용해 움직이며, 일반 수소 전기차와 동일하게 연료전지의 화학 반응(수소와 산소의 결합을 통한 화학반응으로 물과 열이 발생)으로 발생한 열에너지를 전기에너지로 전환해 선박 동력으로 사용
- 연료전지 선박은 그린수소 사용 시 이산화탄소 배출 이슈로부터 자유롭고, 전기를 통해 운항하기 때문에 진동이 적어 선박 내구성 향상이 가능. 특히 대형 선박의 경우 보조 발전(전기 생산)을 위한 디젤엔진 발전기가 필요하지 않음
- 이 같은 장점으로 수소는 암모니아와 함께 근본적인 무탄소 선박 연료로 구분. 그러나 영하 235℃ 액화 장치가 필요해 저장 탱크가 기존 연료 탱크 대비 7배 이상 커서 화물 공간이 상대적으로 줄어들고 운송 및 저장에 큰 비용이 발생하는 단점이 존재
 - 연료 저장 공급 시스템, 연료전지, 선박 전기 추진·제어 등의 기술적 보완이 필요

[그림 9] 친환경 수소선박 연구개발(R&D) 플랫폼 구축 개요



자료: 부산대 수소선박기술센터

III. 다가오는 녹색해운항로 시대

■ 해상운송의 전과정에서의 탄소중립을 실현하기 위한 녹색해운항로 시대 개막

- 미국·영국 등 22개국은 2021년 11월 열린 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 녹색해운항로(Green Shipping Corridors) 구축을 위해 클라이드뱅크 선언(Clydebank Declaration)을 하고 2026년까지 최소 6개의 녹색해운항로를 구축하고 2030년까지 확충하기로 합의
- 녹색해운항로란 해상 운송의 모든 부분에서 온실가스 배출량을 줄이기 위해 선박의 탈탄소뿐 아니라 항만의 친환경 선박 연료 bunker 시설, 전기화와 같은 다양한 친환경 기술이 적용되는 인프라 구축을 총칭
 - 사전적 의미의 친환경선박이 운항되는 단순한 ‘항로’ 개설의 의미가 아님에 유의
- 혹은 일정 항로(노선)을 오가는 친환경 선박을 위한 각 항구의 관련 인프라 구성(친환경 연료 bunker 시설, 전기 인프라 등)을 완료해 해당 항로의 선박들이 항구를 드나드는 데 있어서 모든 과정의 친환경화를 추구할 수 있게 하는 일종의 솔루션
 - 친환경 선박만으로는 해상 운송의 모든 과정에서 탈탄소화를 실현할 수 없음에 따라 항구와 관련 연료 인프라까지 범위가 확장된 개념이라 볼 수 있음

■ 자국의 허브항만 지위를 유지하기 위한 주요 국가들의 녹색해운항로 경쟁 본격화

- 일정 항로를 운항하는 친환경 선박을 위한 친환경 시설을 항구에 부분적으로 구축하고 단계적으로 녹색해운항로 노선을 확대해 나갈 경우 관련 시설도 늘어나 해당 항구는 결국 탈탄소 항구, 친환경 선박이 운항되는 주요 기점으로 거듭날 수 있음
- 이에 글로벌 주요 허브항만의 탈탄소화 관련 인프라 구축 유무에 따라 친환경 선박이 기항하는 노선은 자연스럽게 재편될 수 밖에 없을 것으로 예상
 - 머스크, MSC, CMA-CGM 등의 글로벌 주요 컨테이너선사들의 경우 향후 공격적으로 친환경 연료를 기반으로 한 선대를 확보할 예정으로 항구에 친환경 연료 관련 인프라가 없을 경우 입항이 어려워질 수 있으며 관련 시설이 미흡할 경우 체선이 발생해 출항 시간이 길어지고 이 같은 항구는 운항을 기피하게 되는 등 문제 발생 가능
- 이로 인해 주요 선진국을 중심으로 자국의 허브항만 지위를 상실하지 않기 위해 녹색해운항로 구축의 노력이 본격화 되고 있음

- 한국도 녹색해운항로를 위한 노력을 지속하여 향후 10년 이내 △무탄소 연료 생산 및 병커링 시설 등 인프라 구축 △저탄소·무탄소 선박 실증 및 도입 △녹색해운항로 개발(한국-미국, 한국-호주 등)과 무탄소 선박 투입을 목표로 친환경 정책을 진행 중
 - 한국과 미국 정부 주도하에 추진되고 있는 ‘한·미 녹색해운항로 구축 협력’은 부산항에서 출발하여 미국 시애틀 타코마항까지 약 1만 2,000km 거리를 잇는 항로로 2027년부터 본격적으로 운항이 시작될 예정

[그림 10] 본격화되는 녹색해운항로 연결

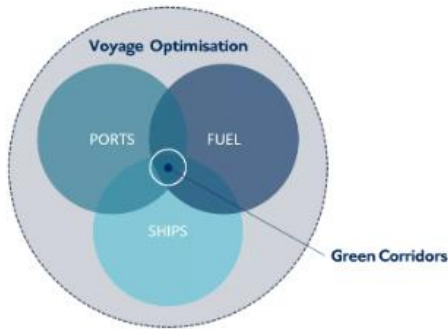


자료: 해양수산부

■ 친환경 연료·항구 등 관련 인프라 구축은 친환경 선박과 함께 녹색해운항로의 핵심

- 녹색해운항로를 위해서는 친환경 선박뿐 아니라 항구·연료 등 관련 인프라가 갖춰져야 하며 글로벌 주요 항만들은 이를 구축하기 위한 노력을 본격화하고 있음
 - 녹색해운항로는 친환경 선박·항만·(친환경)연료의 교집합으로 형성(그림11 참조)
- 이에 항만을 중심으로 한 저탄소 연료 공급 시설, 선박 연료전지 충전 시설 등의 친환경 에너지 관련 시설 구축 노력이 전 세계적으로 활발히 전개될 것으로 예상
 - LNG, 메탄올, 수소, 암모니아 등 친환경 연료의 원활한 수급을 위한 밸류체인 형성은 필수
- 국내의 경우 ‘친환경 선박연료 항만 내 공급 실증 사업’을 추진중으로 선박연료 공급 기업과 수급 선사에게는 선박 입출항료와 접안료, 정박료를 50%(항차 당 최대 5,000만원) 혜택을, 항만시설 운영자에게는 항만시설 전용사용료의 20%를 감면(실증 1회 당 최대 1억원)하는 혜택을 부여할 예정

[그림 11] 녹색해운항로는 항만·연료·선박의 교집합



자료: Admiralty Maritime Data Solutions

[표 4] 녹색해운항로 구성 요소

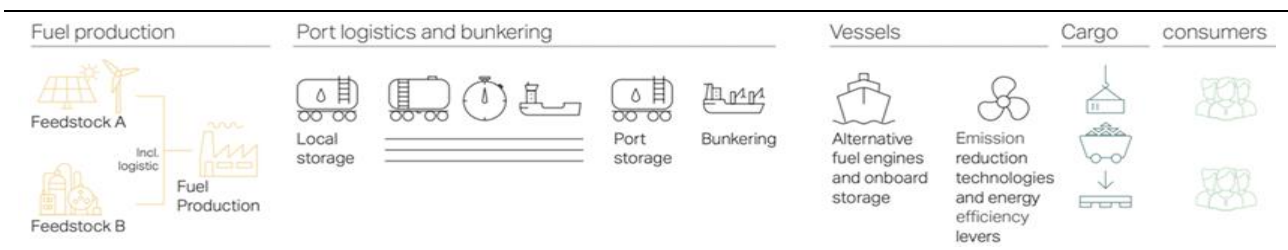
구 분	내 용
선박	- 탄소중립(친환경 선박) - 적절한 에너지 전환
항구	- 탄소중립 연료 저장 - 탄소중립 벙커링 (선박-선박, 자동차-선박) - 전기 충전 인프라
연료	- 공급 연료의 가용성 (바이오매스, 신재생에너지 등) - 탄소중립으로 만들어진 연료 (현지 생산 또는 수입도 가능)

자료: Admiralty Maritime Data Solutions

■ 녹색해운항로 구축은 관련 기업들에게 다양한 부가가치 창출 기회 제공 가능

- 국내에는 현재 다양한 기업들이 녹색해운항로 밸류체인 생태계에 포진 중
 - [선박] 현대중공업(친환경 선박 건조 및 수소 밸류체인 구축), 한화오션(친환경 선박 건조 및 암모니아 밸류체인 구축), 삼성중공업(친환경 선박 건조), HMM(메탄올 추진선 운영 예정), 롯데글로벌로지스(암모니아 추진선 운영 예정) 등
 - [항구] 삼성물산(수소항만구축, 태양광), 현대건설·GS건설·포스코건설(항만건설), 현대일렉트릭(항만-육상 전원공급장치), 두산에너빌리티(항만 크레인, 해상풍력), 두산퓨얼셀(연료전지), 한화건설(풍력, 연료전지) 등
 - [연료] GS칼텍스(바이오연료유), 롯데정밀화학(암모니아), SK에너지(저유황연료유), OCI 글로벌(메탄올, 수소), 포스코(LNG, 메탄올, 암모니아), SK가스(LNG), 현대오일뱅크(수소), 에스오일(수소, 바이오연료유) 등
- 넓은 범위의 녹색해운항로는 선박에 사용되는 연료 생산의 방법부터 최종적으로 소비자에게 물건을 인도하는 육상 수송에 이르기까지 운송과 관련된 모든 부분을 아우르는 탄소중립을 지향하고 있어 관련 밸류체인 생태계는 향후 더욱 확장될 전망

[그림 13] 연료 생산부터 육지 배송까지 모두 포함하는 넓은 범위의 녹색해운항로

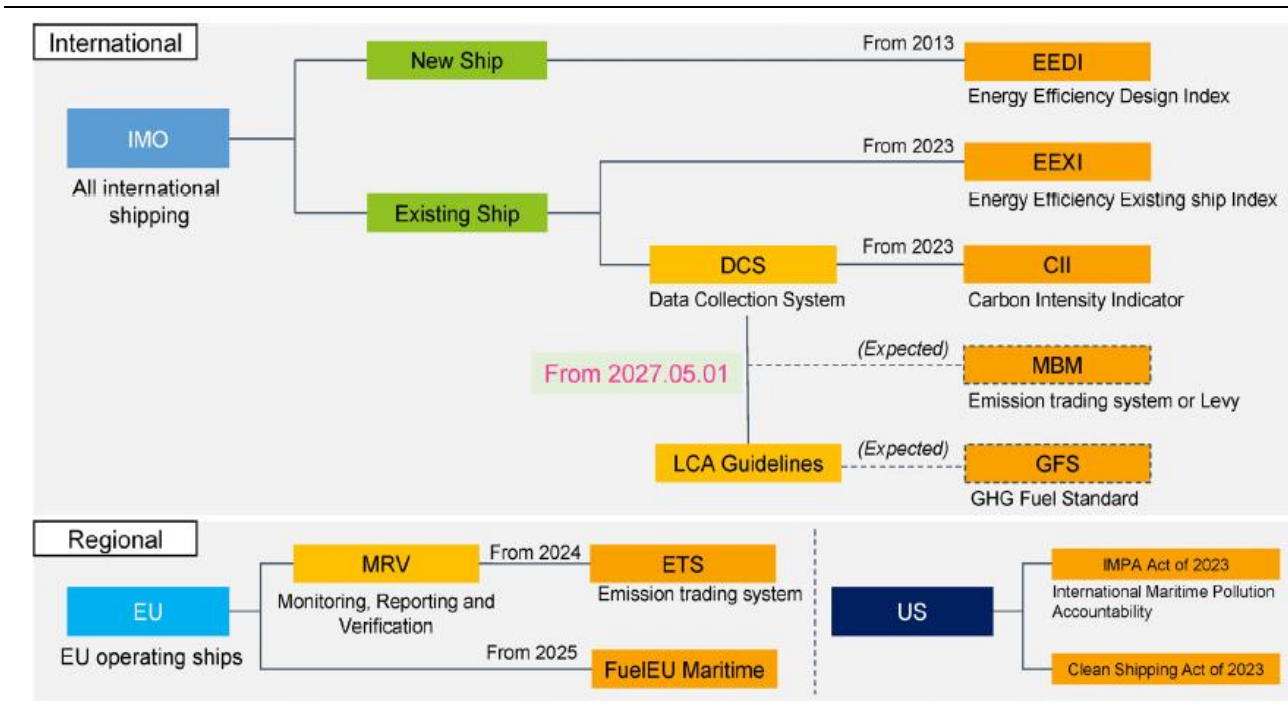


자료: Washington Maritime Blue

■ 유럽은 지난 3월, 2024년부터 단계적으로 선박에 탄소세를 부과하기로 합의하고 미국도 관련 법안 발의에 나서는 등 최근 들어 녹색해운항로의 중요성이 더욱 부각

- 국제해사기구에서 ‘2050년 해운 탄소중립’을 목표로 제시했으나 국제해사기구는 UN 산하기구로 실질적 제재 수단이 없다는 한계가 존재
- 그러나 2024년부터 이를 준수하기 위한 규제가 EU에서 시행될 예정이며, 미국 또한 온실가스 배출량에 가격을 부과하는 조치를 도입하는 법안을 발의하면서 향후 글로벌 해상 교역의 주축인 유럽과 미국을 중심으로 본격적인 제재가 이루어질 전망
 - 유럽 의회는 지난 3월, 선박 연료 자체에 탄소 배출을 제약하는 해상 연료 기준(Fuel EU Maritime) 이니셔티브에 최종 합의했는데, 이 기준은 이산화탄소뿐 아니라 메탄, 이산화질소 등 모든 온실가스 감축을 목표로 함
 - 유럽의 선박 온실가스(이산화탄소 뿐 아니라 메탄, 이산화질소 등 포함) 감축량 목표는 2025년 2%, 2030년 6%, 2035년 14.5%, 2040년 31%, 2050년 80%
 - 미국은 탄소 1톤당 150달러를 부과하는 국제해양오염책임법(International Maritime Pollution Accountability Act)를 발의 중

[그림 12] 온실가스 저감을 위한 다양한 규제(국제해사기구, EU, 미국)

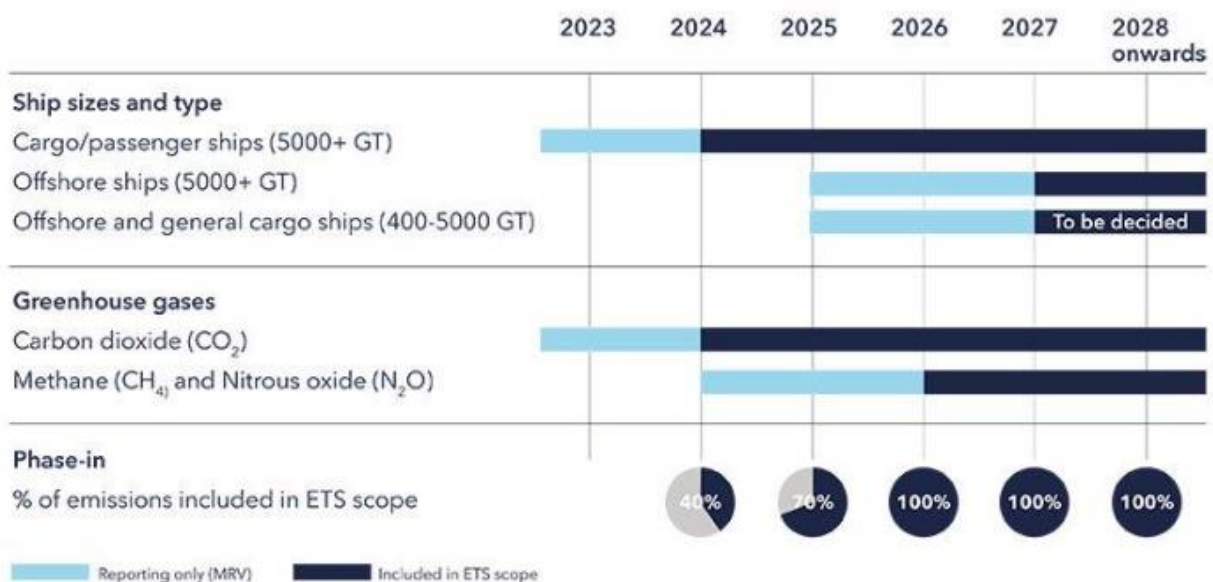


자료: 한국선급(KR)

■ 단계적으로 강화될 온실가스 규제들은 녹색해운항로 시대를 더욱 앞당길 전망

- 글로벌 교역에서 가장 큰 비중을 차지하는 유럽과 미국 노선에 온실가스 관련 직접적인 규제가 적용될 경우 대부분의 선사들이 영향을 받을 것으로 예상
- 그러나 현재 친환경 선박 도입 초기 단계인 글로벌 해운사들은 탄소 배출 규제에 노출될 수밖에 없는 상황. 이에 일정 기간 동안 탄소배출권 구매로 관련 제재에 대응할 전망
- 예컨대 내년부터 본격적으로 탄소배출권거래제도[ETS(Emissions Trading System)]를 시행하는 EU의 경우 항만을 드나드는 선박은 2024년 기준 배출량의 40%에 해당하는 배출권을 구매해야 함
- 반면 2025년에는 배출량의 70%, 2026년 100%로 탄소배출권 구매 비율을 대폭 확대해 2026년 이후 해운사 부담이 급증할 전망
- 이와 같이 향후 탄소배출권 구매 비율이 지속적으로 증가함에 따라 세계 각국의 녹색해운항로를 위한 인프라 구축 니즈가 늘어날 수밖에 없을 것으로 예상
 - 세계은행(World Bank)에 따르면 기존 선박을 기준으로 해운업에 탄소세가 100% 부과된다면 연간 약 500~600억 달러의 세금이 청구될 것으로 추정

[그림 13] EU 선박 탄소배출권거래제(ETS) 타임라인



자료: 노르웨이선급협회

■ 한국은 녹색해운항로를 위한 첫걸음으로 ‘국적 선박의 친환경 선박 전환’을 본격화

- 2050년 해운산업 탄소중립을 위해 녹색해운항로 확산은 필수적이며 친환경 선대 보유는 가장 먼저 실행되어야 할 과제
- 한국은 국적 선사들의 보유 선박을 저탄소·무탄소 연료 선박으로 전환해 국제 규제에 대응하고 해운산업의 미래 경쟁력을 확보해 나갈 예정
- 그 일환으로 정부는 국제 규제 대상인 5천 톤 이상 외항선 867척을 대상으로 노후선 대체 건조 시 지원을 강화해 친환경 연료 선박 전환을 유도
- 특히 내년 상반기 중 독자적인 탄소부담금제도를 도입하는 EU 규제에 대응하기 위해 2030년까지 유럽·미주 정기 선대 60%(118척)를 우선적으로 친환경 선박으로 전환할 예정
 - 선박 에너지 효율 개선과 친환경 연료(메탄올, 바이오) 사용을 병행할 전망
- 또한 2050년까지 노후한 외항 선박을 100% 친환경 선박으로 대체하는 방안을 목표로 중장기적인 외항 선대의 친환경 전환 로드맵도 설정하여 추진할 계획
- 신조선의 경우 2030년까지는 메탄올, LNG 등 친환경 연료를 활용할 수 있는 이중연료선박으로 전환하고, 이후 암모니아·수소 선박을 순차적으로 도입할 예정. 이는 자연스럽게 국내 항만의 녹색해운항로 관련 친환경 인프라 구축을 유도할 것으로 예상

[그림 14] 외항 선대 친환경 전환 로드맵



자료: 해양수산부

IV.향후 전망 및 금융권 대응 방안

■ 친환경 선박 발주를 고민하는 글로벌 해운사들이 직면한 문제, ‘연료 확보’

: 차세대 연료 확보 경쟁 발생 불가피, 그 가운데 바이오 연료 중요성 증가 예상

- 글로벌 1위 해운사 MSC는 LNG·메탄올·연료전지, 2위 머스크는 바이오 디젤·메탄올·암모니아 기반의 친환경 선박 운항 전략을 수립하고 관련 선대 구성을 시작
- 그러나 차세대 선박 연료로 거론되고 있는 대부분의 연료가 다량으로 사용될 경우 공급 어려움이 발생할 가능성이 높음
- 특히 수소를 비롯해 이퓨얼(e메탄올, e암모니아, e디젤 등)과 같은 수소 파생물이 일정한 수준의 경쟁력을 확보하고 다량으로 공급되는 데는 장기간이 소요될 전망
- 이에 글로벌 주요 해운사들을 중심으로 차세대 선박 연료 확보를 위한 경쟁이 일정 기간 동안 지속될 수밖에 없을 것으로 예상
- 결국 현실적인 대안은 석유보다 친환경적이고 지속적인 생산이 가능한 바이오연료(바이오종유)로 향후 관련 수요가 증가하며 중요 자원으로 자리매김할 전망
 - 브라질, 캐나다, 미국은 이미 바이오 연료 공급량이 원자력과 비슷한 수준
- 한편 국내의 경우 지난 9월 바이오 선박유를 연료로 사용하는 컨테이너선을 국제 노선에 투입해 시험 운항에 성공. 정부 차원에서도 다양한 정책적 지원 방안을 마련할 예정

[표 5] 바이오 선박유 시험 운항 개요

구 분	내 용
목 적	바이오 선박유의 품질·성능·안전성 검증 및 급유를 위한 제반 인프라 점검
참여 기관	산업통상자원부, 해양수산부, 한국석유관리원, 한국바이오에너지협회, 케이지이티에스, GS칼텍스, 장금상선, HMM, HD현대글로벌 서비스 등
항로 및 일정	HMM 현대타코마호, 부산(출발)-브라질(도착), 2023년 9월 15일 부산신항 출발
연 료	일반 선박유(70%)와 선박용 바이오 디젤(30%) 혼합유

자료: 산업통상자원부



■ 친환경 선박 연료를 기반으로 녹색해운항로 중요성도 더욱 부각될 전망: 대통령이 G20에서 녹색해운항로 중요성을 역설하는 등 정부 투자 지원이 본격화될 것으로 기대

- 지난 11월 9일, 인도 뉴델리에서 열린 주요20개국(G20) 정상회의에서 윤석열 대통령은 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해 국제 해운의 탈탄소 노력에 적극 동참하겠다는 의지를 밝힘
 - 윤 대통령은 “대한민국은 저탄소·무탄소 선박 개발은 물론 친환경 항만 인프라 구축까지 아우르는 친환경 해운 솔루션을 마련해 나갈 것”이며, “대한민국이 주도할 친환경 해운 솔루션은 지구촌 각지의 항구를 녹색 항로로 연결하는 데 기여할 것”이라고 언급
- 이에 향후 정부 지원을 등에 업고 녹색해운항로 관련 투자가 본격화될 전망
- 녹색해운항로 관련 정부의 투자 지원은 ‘탈탄소 선박 연료’ 도입과 ‘항만 운영의 탈탄소화’를 촉진하고 이를 통해 해운 물류 분야의 모든 밸류체인 참여 기업들은 새로운 비즈니스 모델을 창출해 나갈 전망

■ 녹색해운항로 관련 투자 수요가 급증할 것으로 기대됨에 따라 금융권의 관심이 요구됨

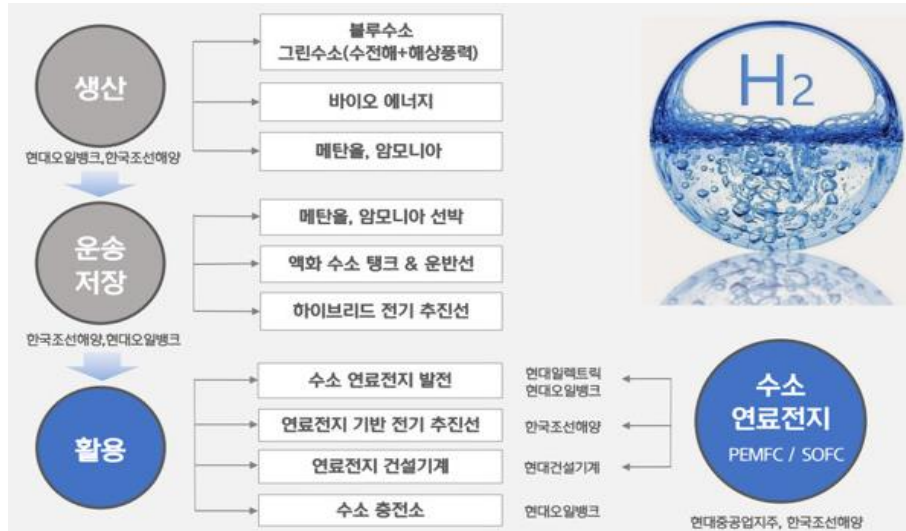
- 녹색해운항로 개발 투자는 조선 기자재뿐 아니라 관련 전후방 산업의 생산 유발 효과로 2030년까지 17조 원, 2050년까지 최대 158조 원의 경제적 가치를 창출해 탄소중립 시대의 새로운 국가 성장 동력으로 부상할 것으로 기대
- 이 과정에서 연료 공급사, 해운사, 물류사, 조선사, 항만 등을 비롯한 밸류체인을 잇는 대부분의 기업에서 투자 수요가 크게 늘어날 전망
 - 예상 투자 수요로는 연료 공급사(바이오 연료, 메탄올 등), 조선·해운사(친환경 선박), 조선 기자재(엔진, 연료 탱크 등), 항만(친환경 연료 벙커링 인프라 설치) 등이 있음
- 따라서 금융권에서는 관련 기업들에 대한 투자 기회가 크게 증가할 것으로 예상

■ 실질적 무탄소 선박 연료인 수소, 암모니아 관련 투자 또한 장기적 관점에서 필요

- 장기적 관점에서 실질적 무탄소 에너지인 수소와 암모니아 연료 사용도 점증할 수밖에 없을 것으로 예상됨에 따라 관련 기술 개발 기업에 대한 선제적 투자가 요구됨
- 국내 주요 조선사들은 수소, 암모니아 관련 투자와 기술 개발에 나서며 수직 계열화를 시도 중

- 현대그룹 지주사인 HD현대는 수소 관련 생산(오일뱅크, 한국조선해양), 운송(한국조선해양) 및 저장(오일뱅크), 수소연료전기(현대일렉트릭, 현대건설기계, 오일뱅크) 등 밸류체인상의 전 과정을 수직 계열화한 ‘수소드림 2030’ 로드맵을 목표로 설정
- 현대글로벌 서비스의 경우 선박용 수소연료전지시스템 패키지도 개발 중

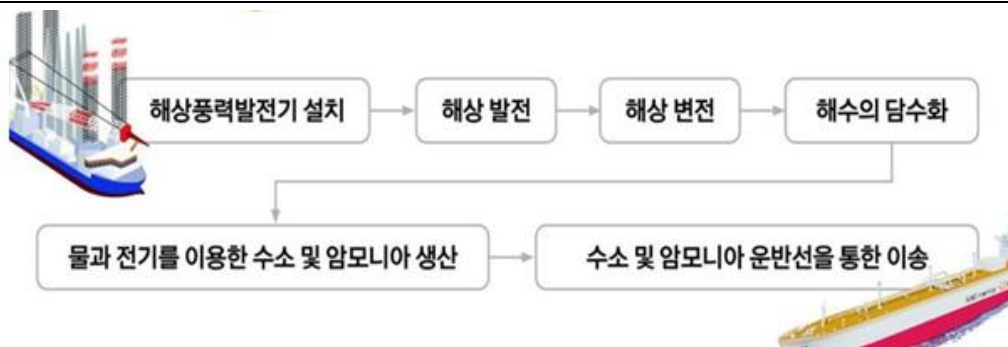
[그림 15] 현대중공업그룹의 수소경제 수직 계열화 계획



자료: HD현대, <더벨> 재인용

- 한화오션의 경우 해상 풍력과 해양 플랜트 설계·생산 기술과 계열사에서 개발하고 있는 수전해 기술, 수소 저장 기술 등을 접목해 수소, 암모니아 생산·저장·이송 관련 해양 제품을 개발함으로써 해양 신기술 밸류체인을 구축해 나갈 예정

[그림 16] 한화오션의 수소 암모니아 밸류체인 구축 계획



자료: 한화오션

연구위원 장경석 (kyungsuk.jang@kbf.com)