

Vol. **103**

2023년 6월
해양환경

IMO 국제해사 정책동향

IMO 국제해사 정책동향은 해양환경, 해사법률, 해사정책, 해사안전, 전략계획 등의 콘텐츠를 기반으로 최신 동향을 소개하는 발간물로, 한국해양수산개발원 홈페이지(www.kmi.re.kr)에서도 확인하실 수 있습니다.

- 총 괄 박한선 실장
- 감 수 이연경 연구위원
- 발행인 김중덕 원장
- 발행처 물류·해사산업연구본부
해사산업연구실
- 주 소 49111 부산광역시 영도구 해양로
301번길 26(동삼동)
- TEL . 051-797-4800
- FAX . 051-797-4810



e-fuel, 기술경제-정책적 한계 극복해야 보급 확대 가능해

OECD, 무탄소 기반 e-fuel의 잠재력을 고려해 기술경제적 장벽 해소 강조 a),b)

- ▶ 경제협력개발기구(OECD: Organization for Economic Cooperation and Development)는 해사부문의 e-fuel로서 수소, 암모니아 및 e-메탄올에 주목함
 - 해상운송에서 수소 사용에 대한 관심이 증가하고 있으며 이것은 재생가능한/원자력 전기에 의해 생산되는 경우 전주기 넷제로 배출을 달성할 수 있지만, 밀도 상상을 위해 액화 및 저온 저장 과정에서 약 30%의 에너지 손실과 시스템 비용 증가, 액체연료탱크로 열전달에 따른 기화손실로 인한 시스템 비용 증가, 폭발성, 약한 내구성으로 인해 취급이 예민하다는 단점이 있음
 - 암모니아 역시 연소 시 직접적인 CO₂를 배출하지 않으며 주변 압력에서 -33°C로 냉각하거나 10bar에서 냉각하지 않고 액체로 저장할 수 있으며 액체 수소보다 부피 에너지 밀도가 높고 폭발성이 없어 현재 LPG에 사용되는 저장탱크와 유사한 것을 사용할 수 있지만, 인체 및 동식물 독성이 강함
 - e-메탄올은 가장 단순한 알코올(CH₃OH)로 화학산업에서 자주 사용되는 공급 원료이며 기존 선박 주기 관 및 병커링 인프라와 호환되지만, 내연기관에 비해 상대적으로 높은 비용과 낮은 출력 밀도가 단점임

〈그림 1〉 가장 보편적으로 사용되고 있는 화석연료 대비 e-fuel의 타당성

Table 1. Feasibility of e-fuels compared to the most commonly used fossil fuels

E-fuel	Gravimetric energy density (LHV) [MJ/kg]	Density at atm and 20°C [kg/m ³]	Volumetric energy density [MJ/l]	Boiling point [°C]	Technical feasibility in shipping	Technical feasibility in aviation
Hydrogen (H ₂)	120	0.08	0.0108 (at atm) 3.12 (at 350 bar) 8.5 (liquid)	-252	Potentially feasible	Potentially feasible
(E-)Ammonia (NH ₃)	18.8	0.73	12.8 (liquid)	-33	Potentially feasible	Not considered feasible
(E-)Methanol (CH ₃ OH)	19.9	0.79	15.6	65	Feasible	Not considered feasible
(E-)Methane (CH ₄)	50	0.67	0.0378 (at atm) 20.8 (liquid)	-163	Feasible	Not considered feasible
E-kerosene (Jet A)	45.7	0.8	~40	>150	Not considered feasible	Feasible
Diesel fuels (MGO, MFO, VLSFO, HFO)	~43	0.82	~41	>250	Feasible	Not considered feasible

Note: LHV = lower heating value; MGO = marine gasoil; MFO = marine fuel oil; VLSFO = very low sulphur fuel oil; HFO = heavy fuel oil; atm = atmospheric pressure. Natural gas is mainly composed of methane.

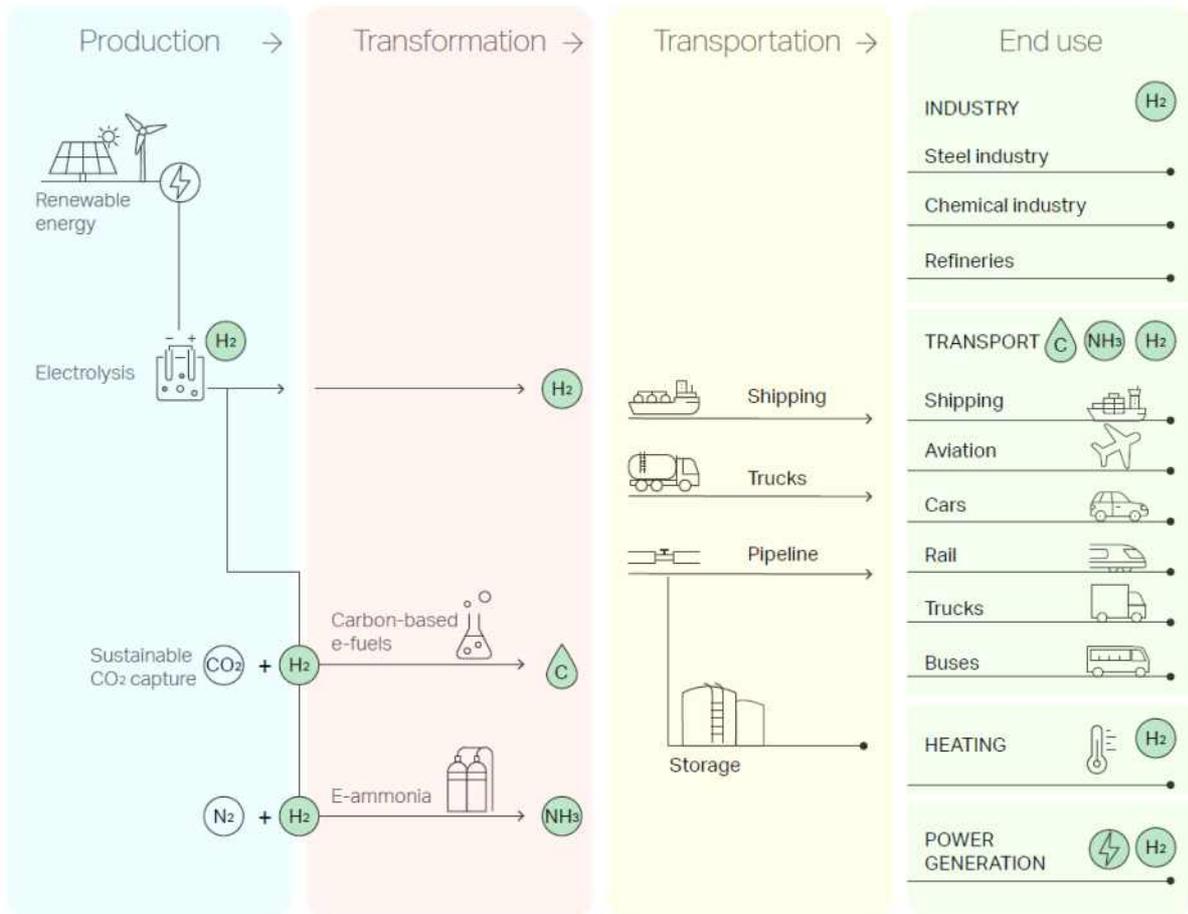
자료 : IMO, ITF

- e-메탄올은 화학적으로는 메탄올과 동일하지만 재생가능한 공급원료로부터 생산되고 이미 전 세계 100개 이상 항만의 기존 인프라를 사용할 수 있기에 메탄올 시장은 강력하게 성장하고 있음
- 현재 0.2 Mt 미만의 재생가능하게 생산되고 있지만 원칙적으로 e-메탄올 생산은 저탄소 연료를 생산하기 위해 CO₂ 공급 원료로 바이오매스, 직접대기포집(DAC) 또는 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술을 사용하여 해상운송의 탈탄소를 도울 수 있는 잠재적인 후보가 될 수 있음
- ▶ e-fuel 생산을 위한 연료들의 연구가 초기단계에 머물러 있으며, 기술이 선박에 즉시 제공될 수 있더라도 연료 인프라 도입, 잠재적으로 환경, 인체, 해양 동식물에 미칠 수 있는 영향과 비용 문제가 남아있음
- 암모니아 생산을 위한 전기화학적 반응은 하버-보슈 공정의 대안이지만 초기 연구단계에 머물러 있으며 기술이 선박에 즉시 제공되더라도 연료 인프라 도입은 여전히 해결해야 할 숙제임
- 선박용 2행정 엔진의 선도적인 제조업체 중 하나인 MAN 에너지솔루션(MAN ES)의 2024년까지 해상용 암모니아 연소엔진 상용화와 MAN ES 및 Wärtsila의 2025년 기존 화석 연료 2행정 엔진에 대한 개조 패키지가 발표됨
- 그럼에도 불구하고 누출 시 잠재적인 환경 영향과 인체 및 수생생물에 대한 독성 정보는 부족한 상황으로 선박 엔진의 불완전한 암모니아 연소의 배출량 정량화, 실제 조건에서 촉매변환기의 수명 동안 촉매 NO_x 감소의 변환율 연구, 전체 연료가치 사슬에서 암모니아의 누출률 정량화와 연구적 우선순위가 요구됨
- 해상 운송에서 수소 또는 암모니아의 사용은 여전히 기술 준비 상태가 낮은 단계일 뿐만 아니라 현재 e-fuel은 기존 화석 연료보다 더 많은 비용이 소요되고 있어 연료 확산을 위한 상당한 정책 지원 필요
- 현재 해상운송을 위한 IFO 및 HFO는 톤당 USD 450임을 고려할 때 재생 암모니아 비용은 톤당 USD 720~1400(비용의 약 90%는 수소 비용 관련)으로 더 많은 비용이 소요되고 있어 연료 확산을 위한 상당한 정책 지원 필요

■ MMM, 충분한 재생가능한 전기 공급을 통한 e-fuel 생산에 정책과 규제 지원 필요 ◯

- ▶ 머스크 맥키니 몰러 센터(MMM: Maersk Mc-Kinney Moller Center)는 해사산업의 탈탄소화는 대체 연료에 좌우된다고 하면서, e-fuel은 상당한 배출 감소를 달성할 수 있는 가능성을 제공함을 강조함
- 해사산업 탈탄소화를 위한 저배출 e-fuel은 충분한 재생가능한 전기 공급이 요구되는데, 재생가능한 전기는 다른 부문 역시 탈탄소화를 위해 수요가 증가하고 있는 상황임
- 모든 산업의 수요 충족을 위한 재생가능한 전력이 충분하지 않다면 부문 간 경쟁과 가격이 높아지고, 해사산업은 배출 저감 비용이 가장 많이 소요되기 때문에 고가의 재생 전기를 위한 경쟁 의지 또는 능력 결여로 이어질 수 있으며 이는 e-fuel 가용성을 제한하고 탈탄소화 노력을 방해하는 결과를 초래하게 됨

〈그림 2〉 탈탄소화를 위한 산업 부문별 e-수소 또는 e-fuel 사용 예시



자료 : Maersk

- ▶ 저배출 e-fuel 연료를 통한 해사산업 탈탄소화는 재생가능한 전기의 충분한 공급이 필요하지만, 일부 재료 생산과 노동력에 대한 제약은 공급 제한과 연료 부족을 초래할 수 있음
 - 머스크는 2030년대 및 2040년대 해사산업의 재생가능한 전기 공급을 제한하고 e-fuel 부족을 초래할 수 있는 4가지 주요사항으로서 구리, 니켈, 희토류(rare earths)와 같은 재료와 노동력 부족을 꼽음
 - e-fuel 연료 생산자들은 재생가능한 전기 관련 프로젝트 착수 시 자국 내 정책과 규제를 고려하여 신중하게 분석하는 것이 필요하며, 정부는 재생가능한 전기 공급을 확장에 대한 정책적 의지와 규제 지원 필요

■ 선박용 e-fuel에 대한 시범 프로젝트 및 연구개발사업 추진과 보조금 등 검토 필요

- ▶ 선박용 재생가능한 연료의 충분한 수요·공급 안정화를 통한 탈탄소화 달성을 위해 국내외 협력이 요구되는 시기로서 기술경제적 장벽 해소와 정책적 지원에 대한 구체적인 검토와 논의가 필요함
 - IMO가 제80차 MEPC에서 채택하는 '2023 IMO GHG 전략'은 2018년의 초기전략에 비해 저·무탄소 활용에 대한 문구가 많이 반영되어 있어 e-fuel을 해사산업 탄소중립의 주요 수단으로 고려할 필요

- 국제해운의 e-fuel 적용을 위한 재생가능한 전기 생산 등 연관 기술개발과 국제적 논의를 통한 정보 교류 및 표준화 활동 등 기술적 성숙도와 안정을 갖추는데 다각적 검토가 필요함
- 2021년 발족된 e-fuel 연구회를 주축으로 공급자 및 수요자 등 이해관계자 의견을 수렴하여 보조금 또는 세제 혜택 지원 등에 대한 구체적인 논의도 지속하여 실수요가 증가되도록 노력해야 함

김보람 전문연구원

물류·해사산업연구본부 해사산업연구실
(zzz3678@kmi.re.kr / 051-797-4640)

참고 자료

- MEPC 80/INF.12, The Potential of E-fuels to Decarbonise Ships and Aircraft
- ITF (2023), "The Potential of E-fuels to Decarbonise Ships and Aircraft", *International Transport Forum Policy Papers*, No. 111, OECD Publishing, Paris.
- https://safety4sea.com/maersk-electricity-availability-limits-e-fuels-in-the-maritime-industry/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=SAFETY4SEA+--+daily+02%2F06%2F2023 (검색일: 2023.06.05.)
- e-fuel 연구회(2022), 재생합성연료(e-fuel) 연구보고서, 산업통상자원부 에너지기술과