

KMI 동향분석

VOL.209
2025 JULY

발간년월 2025년 7월(통권 제209호) 주 소 49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동) 발행인 조정희
감 수 이언경 발행처 한국해양수산개발원 자료문의 기획조정본부 성과홍보실 홈페이지 www.kmi.re.kr
※ 이 보고서의 내용은 우리원의 공식적인 견해가 아닌 집필진의 견해입니다.

중장기적 에너지 전환을 위한 한국형 암모니아 연료 공급망 전략 수립해야

조지성 국제공급망연구실 실장
(jisungjo@kmi.re.kr/051-797-4916)
소애림 국제공급망연구실 전문연구원
(soar@kmi.re.kr/051-797-4619)
배정준 국제공급망연구실 연구원
(jjbae@kmi.re.kr/051-797-4647)
이언경 해운물류·해사연구본부 본부장
(eklee@kmi.re.kr/051-797-4682)

국제해사기구(IMO)와 유럽연합(EU)은 선박 온실가스 감축을 위해 탄소배출 규제 범위를 기존의 연료 사용 단계(Tank-to-Wake)에서 연료의 생산부터 소비까지를 포함하는 전 주기(Well-to-Wake)로 확대하고 있다. 이에 따라 연료 선택 시, 기술적 특성뿐만 아니라 생산·운송·저장·병커링 등 공급망 전반의 전환이 요구되며, 전 주기 탄소배출량과 규제 대응 비용은 선박 운영비용에 중대한 영향을 미치고 있다. IMO와 EU의 환경 규제를 반영한 ClassNK 시뮬레이션에 따르면, 2035년경 기존 연료를 사용하는 선박의 규제 대응 비용은 연료비를 초과할 것으로 전망되며, 2050년 기준 톤당 총비용은 암모니아 대비 119%, LNG 대비 94%, 메탄올 대비 83% 더 높게 추정되어 연료 전환의 경제성이 부각되고 있다. 이러한 비용 구조 변화는 실제 선박 발주에도 반영되어, 전체 발주 선박 중 대체연료 추진선박의 비중은 2014년 약 8%에서 2025년에는 50% 이상으로 증가하였다.

이와 같은 변화 속에서 무탄소 연료 전환의 필요성이 더욱 커지고 있으며, 그 중 암모니아는 수소에 비해 저장성과 안전성 측면에서 실용성이 높고, 기존 산업 인프라와 공급망을 활용할 수 있다는 점에서 중장기적 대체연료로 주목받고 있다. 글로벌 주요국은 암모니아 전환을 선제적으로 추진하고 있다. 싱가포르는 2024년 이중연료 추진선의 병커링 시범운항을 완료하고, 2025년부터 규제 프레임워크를 도입할 예정이다. 현재는 주룽섬을 중심으로 연간 10만 톤 규모의 병커링 시설과 발전소를 포함한 공급 클러스터를 조성 중이다. 유럽에서는 OCI가 로테르담항 암모니아 터미널 수입 용량을 3배로 확장하고 2025년 선박 간(Ship to Ship) 병커링 실증을 완료했으며, 독일의 마바나프트(Mabanaft)는 함부르크항에 암모니아 수입 터미널과 북독일 공급 거점 구축을 추진하고 있다. 일본 역시 2023년 개정된 수소전략에서 암모니아를 전략적 에너지 자원으로 포함시켜 활용 가능성을 강화하고 있다.

이에 따라 한국 역시 암모니아 공급망 설계와 에너지 활용 전략을 함께 모색할 필요가 있다. 한국은 세계 주요 암모니아 수입국 중 하나로, 향후 청정 암모니아 시장에서도 동북아 수요 허브로 부상할 가능성이 높다. 그러나 높은 수입 의존도는 공급망 불안정성과 가격 변동성 측면에서 중장기 리스크로 작용할 수 있으므로, 수입처 다변화, 운송 경로 분산, 비상 대응 인프라 확보, 자체 생산 기반 마련 등 공급망 안정화 전략이 병행되어야 한다. 단기적으로는 산업용 수요처를 중심으로 멀티수요 기반을 확보하고, 중장기적으로는 선박 연료 인프라로의 단계적 확장을 통해 경제성과 안정성을 높이는 전략이 요구된다. 또한 암모니아는 에너지 밀도가 낮아 동일 항속을 유지하기 위해 기존 연료 대비 약 3배의 연료 탱크가 필요하며, 이에 따라 운항 거리 제한 및 항로 재설계가 불가피하다. 이러한 제약은 공급망 측면에서도 기항지 확보, 병커링 거점의 다변화, 운항 모델의 재구성을 요구하며, 궁극적으로는 해운물류 네트워크 전반의 구조적 재설계를 유도하는 요인으로 작용할 것이다.

이러한 수요 확대와 구조적 제약에 대응하기 위해서는 ‘한국형 암모니아 전주기 공급망 전략’을 선제적으로 수립할 필요가 있다. 싱가포르, 유럽, 일본 등 주요국이 정유·화학발전 부문과 병커링 인프라를 연계한 무탄소 연료의 저장·공급·유통망을 구축하며 글로벌 허브로의 전환을 추진하고 있는 만큼, 우리도 전략적 대응이 시급하다. 특히 암모니아의 고위험성과 저장 특성을 고려할 때, 설계·운영·공급 전 단계에 걸쳐 안전성과 정합성을 확보할 수 있는 국제표준 기반의 통합 프로토콜 마련이 필요하다. 안전사고를 예방하기 위해 암모니아 연료유에 적합한 면허 기준과 안전관리계획을 정립하고, 이에 기반한 교육·인증 체계 및 훈련 인프라를 구축함으로써 실효성 있는 안전관리 체계를 조기에 확보해야 할 것이다. 또한 암모니아 추진선의 상용화에 대비해 해운물류 공급망 재편, 운항 모델 다변화, 전용 선형 및 안전기술 개발, 항만 인프라 설계 기준 수립 등 산업 생태계 전반의 준비가 요구되며, 이를 뒷받침할 정부의 R&D 투자와 제도적 지원이 병행되어야 할 것이다. 나아가 암모니아 외 다양한 대체연료 기술도 병행 검토하면서, 기술 중립성에 기반한 해운·항만의 친환경 연료 전환 전략을 종합적으로 수립해 나가야 할 것이다.

전주기 탄소배출 비용 증가에 대응한 친환경 연료 전환

■ IMO 및 EU, 연료유 온실가스 저감 전략의 범위를 공급망 전주기(Well-to-Wake)로 확대

- MEPC 80(Marine Environment Protection Committee 80th session)에서 채택된 IMO 2023 온실가스 개정 전략은 기존의 연료 사용 단계 (Tank-to-Wake)에 국한되던 탄소배출 규제 범위를 연료의 생산부터 사용까지 전 주기 (Well-to-Wake)로 확대함¹⁾
- EU의 2050년 탄소중립 실현을 위한 'Fit for 55' 입법 패키지의 핵심 조치 중 하나인 FuelEU Maritime 역시 배출량 규제 범위를 연료의 전 주기(Well-to-Wake)로 규정하고 있음²⁾³⁾⁴⁾
- 국제적 규제의 이러한 흐름은 연료 추진 기술을 넘어, 연료의 생산·유통·병커링 및 항만 인프라를 포함한 해운 공급망 전반의 구조적 전환을 요구함

〈그림 1〉 연료의 전주기(Well-to-Wake) 개념도



자료: ABS, Ammonia as marine fuel(2020) p. 2.

1) IMO, <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf> (검색일: 2025.6.18.)

2) European Council, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/fit-for-55/> (검색일: 2025.6.17.)

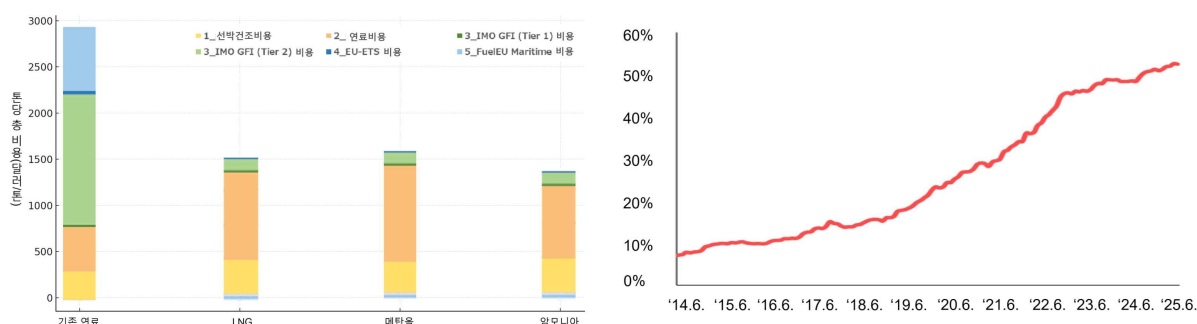
3) 국제 유럽이사회(Consilium)(2023), FuelEU maritime initiative: Council adopts new law to decarbonise the maritime sector, Press Release.

4) KR, FuelEU Maritime 지침서

■ 규제에 따른 탄소배출 비용 증가는 선박의 탈탄소화 가속화

- IMO 중기조치, EU-ETS, FuelEU Maritime 규제 적용 시, 기존 연료를 사용하는 선박은 2035년경 전체 선박비용(건조비, 연료비, 규제 대응 비용) 중 규제 대응 비용이 연료비보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측됨⁵⁾⁶⁾
- ClassNK는 규제비용 추정 시, IMO 중기조치와 LCA 가이드라인을 고려하여 연료유 의 전 주기 (Well-to-Wake)를 고려함
- 또한 ClassNK는 2050년 기준 기존 연료의 톤당 총 비용은 약 2,912달러로, LNG(1,501달러), 메탄올(1,588달러), 암모니아(1,329달러)에 비해 최대 약 2배(83~119%) 이상 높을 것으로 추정함⁷⁾
- 암모니아는 무탄소 연료로서 IMO 및 EU의 탄소 규제를 회피할 수 있기 때문에, 2050년에는 LNG나 메탄올보다도 톤당 총비용이 더 낮게 추정된 것으로 판단됨
- 실제로 선박 발주 현황을 살펴보면, 전체 발주 선박 중 대체연료 추진선박의 비중은 2014년 약 8%에 불과했으나 2025년에는 50% 이상으로 확대되었으며, 이는 불과 10여년 만에 6배 이상 증가한 것임
- 특히 2018년 이후 빠른 증가세를 보이고 있으며, 이는 같은 해 IMO가 ‘선박 온실가스 감축 초기전략’을 채택한 데 따른 영향인 것으로 해석됨

〈그림 2〉 2050년 연료별 톤당 총 비용 비교(좌) 및 전체 발주 선박 중 대체연료 추진 선박 발주 비중(우)



주 : 총 톤수 100톤 이상의 선박 통계를 집계한 결과이며, 대체연료 ready 선박을 대체연료 추진선박 통계에 포함한 값

자료 : (좌) ClassNK(2025), ClassNK Alternative Fuels Insight, pp. 75~84.기반으로 KMI 재작성, (우) Clarksons research(2025.6.), World Fleet Monitor, Vol.16.(6)), p. 1.

5) ClassNK(2025), ClassNK Alternative Fuels Insight, p. 75.

6) ClassNK는 64,000DWT 벌크선을 대상으로 시나리오 분석을 했으며, EU-ETS, FuelEU Maritime, IMO 중기조치(GFI Tier 1 및 Tier 2적용)를 규제비용에 반영함

7) ClassNK(2025), ClassNK Alternative Fuels Insight, pp. 75~84.

암모니아, 중장기적 대체연료로서의 경쟁력 부각

■ 글로벌 탈탄소 규제 흐름 속, 실용적 무탄소 연료로서 암모니아 주목

- IMO 및 EU의 탄소 규제를 회피하기 위해서는 중장기적 관점에서 무탄소 연료인 암모니아 및 수소로의 전환이 필요함
- 수소는 단위 무게당 에너지 효율이 우수하여 동일한 에너지 출력에 필요한 연료 무게는 기존 연료유의 약 34% 수준에 불과하나, 동일한 에너지를 저장하기 위해 요구되는 탱크 용적은 약 4.6배에 달해 선박의 설계 및 운항 효율성 측면에서 실질적인 제약으로 작용함
- 또한 수소는 대체연료 중 가장 낮은 인화 하한값(LEL, 4.0 vol%)을 가져 화재 위험성이 높고, 극저온(-253℃) 조건의 저장이 필수적이기 때문에 안정성 및 경제성 측면에서도 실질적인 한계를 가짐
- 반면 암모니아는 수소 대비에너지 밀도(부피 기준)가 상대적으로 높고, 액화 저장이 -33℃로 가능해 극저온 설비 부담이 적으며, 인화 하한값도 15 vol%로 화재 위험이 낮아 저장성과 안전성 측면에서 수소 대비 실용성이 높은 연료로 평가됨
- 또한 암모니아는 전 세계적으로 화학 비료 및 공업용 원료로 대규모 생산·운송되어 왔으며, 기존 탱크·배관·저장시설 등을 활용한 전환이 가능하다는 점에서 기존 인프라와 공급망을 효과적으로 활용할 수 있는 잠재력이 큼⁸⁾
- 다만 암모니아는 높은 독성을 지닌 물질로 전 주기에서의 안전 확보를 위한 엄격한 관리 기준과 규제 체계 마련이 필수적임

8) Argus, 클린 암모니아 아시아 컨퍼런스(Argus Clean Ammonia Asia Conference) 「항만 및 인프라 개발(Infrastructure and Port Development)」 세션 토의내용 (2025.6.4. 11:45~12:30)

〈표 1〉 연료별 특성 비교

기준	기준 연료	LNG	메탄올	암모니아	수소
탄소(CO ₂) 배출량 (기준 연료 =1)	1	0.73	0.9	0	0
온실가스(GHG) 배출량 (기준 연료 =1)	1	0.82	0.92	0.04	0.01
동일한 에너지를 얻기 위해 요구되는 양 (기준 연료 =1)	1	0.84	2.02	2.16	0.34
탱크 용량(액화상태) (기준 연료 =1)	1	1.89	2.47	3.07	4.63
인화성 (인화 하한값, LEL)	0.7 vol%	5.0 vol%	6.0 vol%	15.0 vol%	4.0 vol%
독성 (시간 가중평균 노출 기준치, TLV-TWA)	-	-	200 ppm	25 ppm	-
액화 조건	상온	-161℃	상온	-33℃	-253℃

자료: ClassNK, ClassNK Alternative Fuels Insight(2025) p. 30. 바탕으로 KMI 재작성

■ 싱가포르, 유럽, 일본 등 주요국은 암모니아 전환을 선제적으로 추진 중

- 싱가포르는 2024년 이중연료 암모니아 벙커링 시범운항을 성공적으로 시행한 데 이어, 2025년부터 안전 기준 및 운영 지침을 포함한 규제 프레임워크를 도입할 예정이며, 주룡섬을 중심으로 글로벌 에너지 기업들과 함께 암모니아 저장·공급 인프라를 구축 중임⁹⁾¹⁰⁾
- 싱가포르는 주룡섬에 연간 10만 톤 규모의 벙커링 시설과 55~65MW급 암모니아 연료 직접 연소 발전소를 포함한 공급 클러스터를 조성 중임
- 이 사업에는 Keppel 그룹의 인프라 계열사와 LNG 인프라 운영 경험을 보유한 Sembcorp- SLNG로 구성된 컨소시엄이 참여하고 있으며, 2024년 7월부터 엔지니어링 설계, 안전성 평가, 비상 대응 체계 구축 등을 위한 세부 연구가 진행 중임¹¹⁾
- 글로벌 화학 및 청정에너지 기업 OCI는 2023년 로테르담 Maasvlakte II 암모니아 터미널의 수입 용량을 연 40만 톤에서 120만 톤으로 3배 확장했으며, 2025년 4월 액화 암모니아 선박 간(Ship to Ship) 벙커링 시범사업을 성공적으로 완료해 로테르담 항만의 벙커링 준비도(PRL)를 7단계로 상향시킴¹²⁾¹³⁾

9) MPA Singapore, <https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/world-s-first-use-of-ammonia-as-a-marine-fuel-in-a-dual-fuelled-ammonia-powered-vessel-in-the-port-of-singapore> (검색일: 2025.6.23.)

10) Ammonia Energy Association, <https://ammoniaenergy.org/articles/mpa-singapore-ammonia-bunkering-standards-by-2025/> (검색일: 2025.6.23.)

11) Energy Market Authority, <https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2024/ema-and-mpa-shortlist-two-consortia-to-further-study-viability-of-ammonia-for-power-generation-bunkering> (검색일: 2025.6.23.)

12) OCI Global, https://oci-global.com/news-stories/press-releases/oci-n-v-to-expand-port-of-rotterdam-ammonia-import-terminal-to-meet-emerging-large-scale-low-carbon-hydrogen-and-ammonia-demand-in-the-energy-transition/?utm_source=chatgpt.com(검색일: 2025.6.25.)

- 독일 에너지 기업 마바나프트(Mabanaft)는 함부르크항 블루멘산드(Blumensand) 탱크 터미널에 독일 최초의 대규모 암모니아 수입 터미널을 개발 중이며, 청정 수소 및 암모니아 공급망의 전략적 허브 역할을 수행할 것으로 기대됨¹⁴⁾
- 암모니아 수입 터미널은 2027년 가동을 목표로 하며, 마바나프트(Mabanaft)는 인근에 암모니아를 수소와 질소로 분해할 수소 생산 시설을 신설할 예정인 Air Products와 같은 고객사를 기반으로, 북독일 전역에 암모니아를 공급하는 유통 거점 구축을 추진하고 있음
- 2017년 수소 중심의 기본 수소전략(BHS, Basic Hydrogen Strategy)을 수립했던 일본 경제산업성(METI)은 2023년 개정 수소전략에서 암모니아까지 전략 범위를 확대하며 암모니아의 에너지 자원으로서의 경쟁력이 강화되고 있음을 보임¹⁵⁾

〈그림 3〉 로테르담항 선박 간 병커링 시범작업(좌) 및 함부르크항 암모니아 수입 터미널 개념도(우)



자료: (좌) Port of Rotterdam, <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-rotterdam-takes-important-step-making-shipping-more-sustainable-pilot>(검색일: 2025.6.25.), (우) Port of Hamburg, <https://www.hafen-hamburg.de/en/port-of-hamburg-magazine/future-energy/clean-ammonia-for-hamburg/>(검색일: 2024.6.25.)

13) Port of Rotterdam, <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-rotterdam-takes-important-step-making-shipping-more-sustainable-pilot> (검색일: 2025.6.25.)

14) Port of Hamburg, <https://www.hafen-hamburg.de/en/port-of-hamburg-magazine/future-energy/clean-ammonia-for-hamburg/>(검색일: 2024. 6. 25.)

15) GR Japan(2024), Hydrogen and ammonia policies.

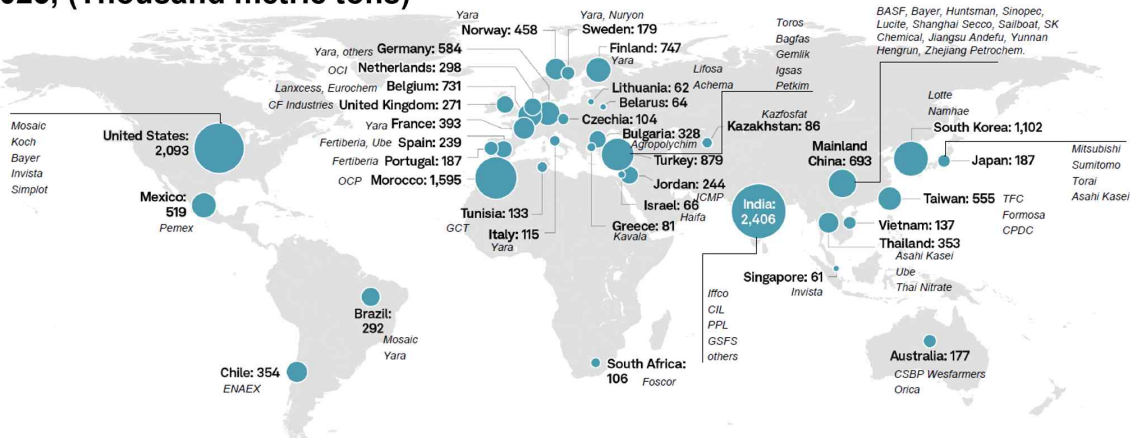
암모니아 연료 도입을 위한 공급망 기반 전략 필요

■ 수입처 다변화, 운송경로 분산, 생산 인프라 마련 등 암모니아 공급망 안정성 제고를 위한 전략 수립 필요

- 우리나라는 2023년 기준, 인도, 미국, 모로코 등과 함께 암모니아 주요 수입국 중 하나이며, 2040년 청정(Clean) 암모니아 시장에서도 주요 수입국 지위를 유지할 것으로 전망됨¹⁶⁾
- Argus media group도 한국과 일본을 중심으로 한 동아시아 지역과 유럽을 향후 주요 청정 암모니아 수요 허브(Demand Hub)로 예측하고 있음¹⁷⁾

〈그림 4〉 우리나라 암모니아 수입규모 전망

2023, (Thousand metric tons)

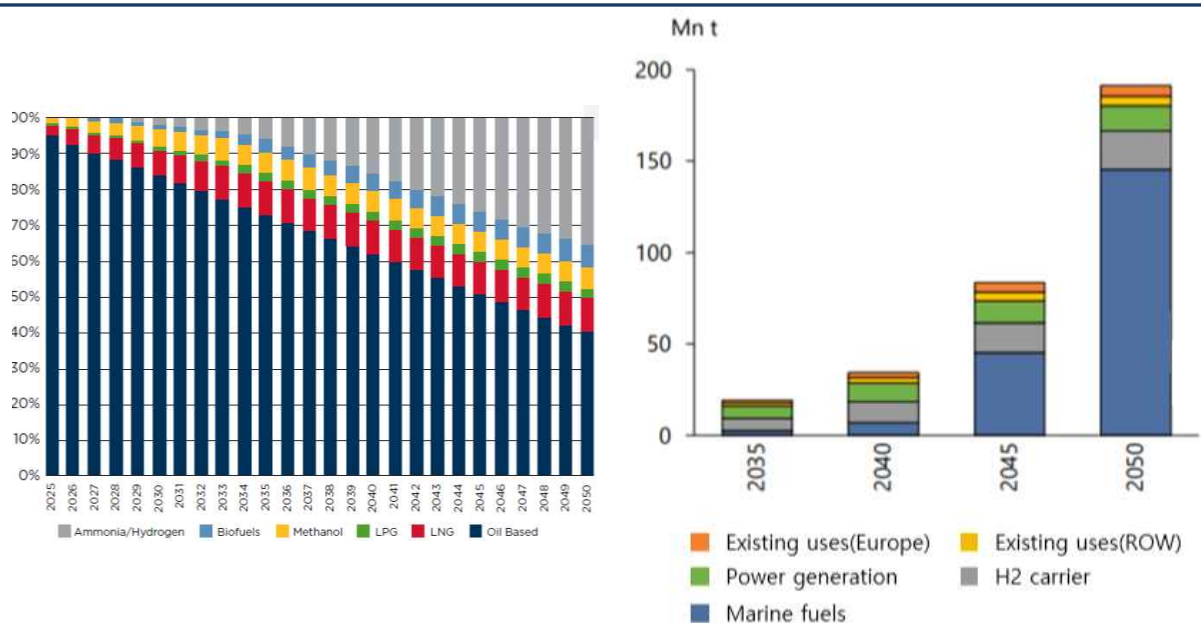


- 이는 기존 암모니아 수입 인프라를 기반으로, 향후 연료유 수요 확대에 따른 안정적인 수요처 확보와 에너지 트레이딩 허브로의 발전 가능성을 시사함
- 반면, 높은 수입 의존도는 글로벌 공급망 위기에 대한 취약성을 내포하고 있으므로, 수입처 다변화, 운송 경로 분산, 비상 대응 인프라 확보, 자체 연료 생산·저장·유통 기반 마련 등 공급망 안정화 전략의 병행 수립이 필수적임
- 이는 중장기적 관점에서 관련 기술과 산업 생태계를 육성함으로써, 우리나라의 에너지 안보 및 산업 경쟁력 확보의 기반이 될 수 있음

■ 암모니아 멀티수요 기반 산업 연계형 공급망 허브 전략

- 중장기적 관점에서는 암모니아의 연료유 수요 확대가 유의미할 것으로 전망됨¹⁸⁾¹⁹⁾
- 그러나 암모니아 추진선이 아직 상용화 초기 단계인 점을 고려 시, 단기적으로 선박 연료유 수요만으로는 항만-배후물류 연계 인프라 구축 및 관련 사업의 경제성 확보에 한계가 있음

〈그림 5〉 2050년 연료별 사용량 추정(좌) 및 중장기 그린 암모니아 수요 예측(우)



자료: (좌) ABS, Ammonia as marine fuel(2020), p. 19., (우) Argus media group, Country traded ammonia logistics and storage(2021), present and future, p. 12.

18) ABS, Ammonia as marine fuel(2020), p.19.

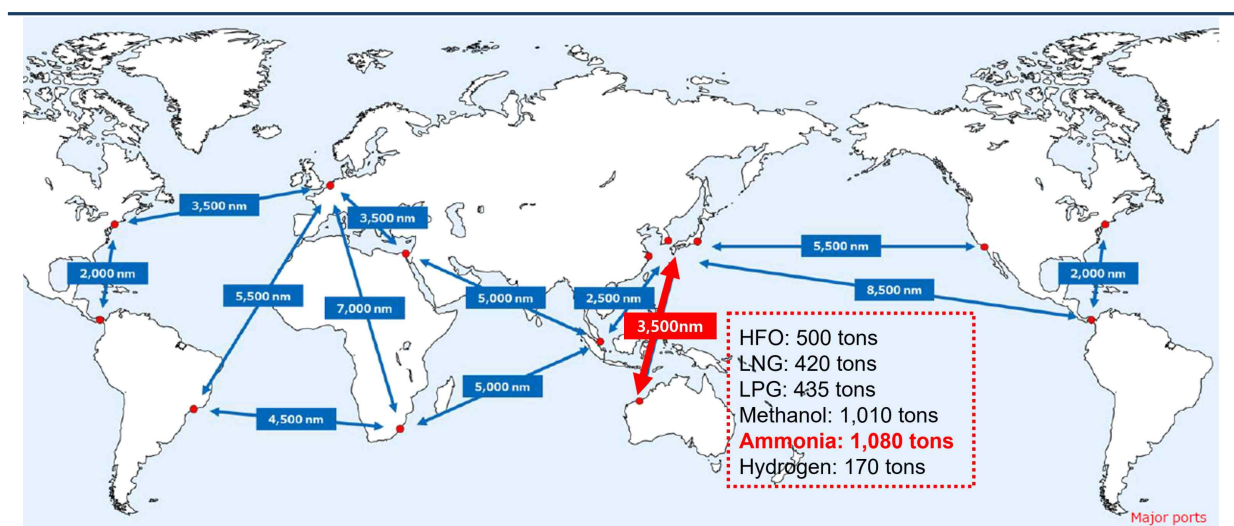
19) Argus media group(2021), Country traded ammonia logistics and storage, present and future, p. 12.

- 따라서 화학, 정유 등 산업용 수요와 혼소 발전 연료 등 발전용 수요를 포함한 복합 수요 기반의 인프라 설계가 필요함
- 실제로 싱가포르항, 로테르담항, 함부르크항 등 주요 항만은 암모니아 벙커링 인프라 구축을 추진하고 있으며, 선박 연료 수요뿐만 아니라 배후 산업 및 발전 부문 수요까지 통합적으로 고려한 공급망 설계를 모색하고 있음
- 이와 같이 단기적 수요의 부족을 극복하고 중장기적인 허브 경쟁력을 확보하기 위해서는, 다양한 수요처를 포괄하는 ‘멀티수요 기반’의 전략적 접근이 필수적임

■ 에너지 밀도가 낮은 암모니아 추진선은 화물의 공급망 재편을 유발할 가능성 유(有)

- 암모니아 추진선의 에너지 밀도는 기존 원료인 중유(HFO, Heavy Fuel Oil)를 기준으로 약 2.16배²⁰⁾ 낮은 수준으로, 동일한 항속을 유지하기 위해서는 기존 대비 약 3.07배의 연료탱크 용량 확대가 요구됨²¹⁾
- 이에 따라 암모니아 추진선은 더 큰 연료탱크를 갖추거나, 항속 거리를 일부 제한할 수 밖에 없는 구조적 변화가 불가피함
- 예를 들어, 206,000급 DWT 벌크선이 한국에서 호주까지 약 3,500 해리의 구간을 편도로 운항할 경우, 중유(HFO) 기준 약 500톤의 연료가 소요되지만, 암모니아 연료를 사용할 경우 약 1,080톤이 필요한 것으로 추정됨²²⁾

〈그림 6〉 주요 항로별 운항 거리 및 한국-호주 간 연료유 소요량 비교(예시)



자료: ClassNK, ClassNK Alternative Fuels Insight(2025), p. 36. 바탕으로 KMI 재가공

20) ClassNK, ClassNK Alternative Fuels Insight(2025), p. 30.

21) ClassNK, ClassNK Alternative Fuels Insight(2025), p. 30.

22) ClassNK, ClassNK Alternative Fuels Insight(2025), p. 36.

- 이는 기존 항로 및 기항지 운용 방식에 변화를 초래하고, 신규 연료 공급 거점 확보의 필요성을 시사함
- 이러한 변화는 우리 항만에 새로운 기회 요인으로 작용할 수 있으며, 선제적 대응 전략을 통해 암모니아 연료의 안정적 공급과 기항지 역할을 수행하는 에너지 허브 기능을 강화할 필요가 있음

한국형 암모니아 전주기 공급망 전략 수립 필요

■ 무탄소 연료유의 공급망 구축과 운영을 위한 전주기 관리(Well-To-Wake) 체계 필요

- EU와 IMO의 탄소세 정책 강화로 선박연료유의 톤당 운용 비용 측면에서 암모니아, 수소 등의 무탄소연료유의 필요성이 부각되고 있으나, 현재 우리나라는 암모니아의 생산, 운송, 저장, 병커링, 유통, 사용 등의 전주기 관점의 현황 파악 및 관리 체계는 초기 단계임
- 국내는 민간기업 중심의 산업용 암모니아 공급망은 구축되어 있으나, 친환경 선박의 병커링을 포함하여 암모니아 조달, 저장, 선박 병커링에 대한 공급망 구성 및 실증 경험은 부재함
- 이에 반해 일본, 싱가포르, 유럽 등은 무탄소 연료인 암모니아를 정유, 화학, 발전 부문과 병커링까지 연계하여 생산, 운송, 저장, 유통 등을 고려한 전략적 허브가 되기 위해 노력 중임
- 현재 인프라 관점에서는 부족하지만 2025년 6월초 일본에서 개최된 클린 암모니아 아시아 컨퍼런스(Argus Clean Ammonia Asia Conference)²³⁾에서 전문가들은 한국이 청정 암모니아의 전략적 수요 허브로 부상할 가능성에 주목함
- 따라서 국내 암모니아 공급망 도입은 단기적으로 화학·정유·발전 부문과 항만 배후산업의 연계를 통해 수요 기반을 확보하고, 장기적으로는 선박 연료 병커링 인프라로의 단계적 확장을 통해 친환경 연료유의 저장, 유통, 공급 거점국으로 도약할 기회를 잡는 것이 필요함
- 이를 위해서는 기존 암모니아 산업 인프라를 보유한 항만도시를 중심으로 ‘멀티수요 기반 산업 연계형 암모니아 공급망 허브 전략’을 수립하고, 선박·항만 인프라 및 배후산업단지 인프라 개발, 관련기관 협의체를 통한 운영 실증 등을 통해 단계적으로 추진할 필요가 있음
- 초기 수요는 PTS(Pipe to Ship) 방식으로 선박 병커링 기술을 검증하고, 향후에는 STS(Ship to Ship) 병커링 시범사업을 추진하는 것이 필요함
- 암모니아 공급 및 수요처, 선박 발주 및 운영 현황, 경쟁 항만(싱가포르, 일본 등)의 개발 방향 등을 고려한 적정 저장 및 공급시설 규모 추정, 최적 가격 공급망 확보 방안도 모색해야함

23) 기존에는 특정 전문가들이 모여서 회의를 진행했다면 클린 암모니아 아시아 컨퍼런스는 청정 암모니아 전주기 공급망(Well-To-Wake) 관점에서 모든 이해관계자(친환경선박 및 기자재 개발, 생산 및 소비 주체, 운송 선사, 항만, 금융, 가격지수 개발 전문가 등)가 모여서 IMO 및 EU의 규제의 영향, 친환경연료유로의 암모니아의 가능성, 현재 기술적, 제도적 문제점을 파악하고 향후 해결 방안에 대해 이해와 융합 관점에서 심도있게 논의된 자리임

- 아울러 우리나라가 에너지 가격 변동에 취약한 구조에서 벗어나기 위해 호주, 북미, 중동 등 청정 암모니아 자원이 풍부한 국가와의 전략적 협력 방안도 마련해야함
- 또한 암모니아뿐 아니라 다양한 친환경 에너지 전환 정책과 산업 전략이 연계된 중장기 공급허브 구축 종합계획을 수립·검토하는 것이 필요함
- 단기적으로는 선주의 부담을 완화하기 위해, 대체연료 도입과 함께 보완적 수단으로서 친환경설비(AMP, iCER²⁴⁾ 등) 설치 방안도 함께 고려해볼 수 있음

■ 공급망 단계별 표준 프로토콜 마련을 통한 글로벌 리더십 확보

- 암모니아는 고압·저온 조건에서 저장·운송되어야 하며, 부식성과 독성이 높아 전 주기(Well-to-Wake) 단계에서 선박 설계, 생산, 저장, 공급 등 단계별로 안전성과 정합성을 고려한 통합 표준 프로토콜 구축이 필수적임
- 2025년 클린 암모니아 아시아 컨퍼런스에서 해상운송 및 항만 병커링 전문가들은 “공통 용어의 부재가 사고 대응을 어렵게 하고 안전사고를 유발할 수 있다”고 지적함
- 전문가들은 암모니아 병커링 관계자들이 작업 용어·절차시나리오를 공유할 수 있도록 국제 표준화 기반의 통합 프로토콜 마련이 시급하다고 강조했으며, 일본·싱가포르의 실제 공동 병커링 테스트를 통해 국제 표준안 도출을 추진 중임
- 이에 우리나라는 선박-항만-내륙물류-배후산업을 포괄하는 ‘전주기 암모니아 연계 표준 프로토콜’을 연구 및 실증 기반으로 선제적으로 수립하고, 이를 IMO 등 국제기구에 표준안으로 제안함으로써 글로벌 리더십을 확보해야 함

■ 안전관리 기준·계획 마련 및 인증·교육체계 선제 도입

- 암모니아는 인화성은 낮지만 독성과 부식성이 강한 고위험 연료유로, 누출 시 인명 및 환경 피해 가능성이 큼
- 무탄소 연료유를 선박에 공급하기 위해서는 선박연료유공급업 면허, 안전관리계획 등이 요구되는데, 이를 취득하기 위한 행정절차 상의 기준 마련, 신속한 행정 처리를 위한 방안 수립 등의 제도 개선안도 마련되어야 함
- 안전관리계획이 수립되었을지라도 사고예방을 위해서는 암모니아 병커링 전후 단계에서의 작업자 훈련, 비상대응 절차, 환가·감지 기준 및 안전구역 범위 설정, 안전관리 계획서에 따른 반복된 훈련 체계 마련이 필수적임

24) iCER(Intelligent Control by Exhaust Recycling)는 지능형 배기재순환장치임

- 이를 위해 우리나라도 도입 초기부터 실물 기반 훈련장 및 시뮬레이터를 설치하여 선박·항만·물류 관계자 대상의 전문 교육 및 인증체계를 구축해야 함
- 특히 소방, 보험, 관제 등 이해관계자와의 협업기반 암모니아 안전훈련센터를 설립하고, 3D 시뮬레이터 기반 교육 프로그램과 표준 작업 매뉴얼(SOP, Standard Operating Procedure)을 개발해 정례화된 비상대응 훈련 시나리오를 통한 협업 기반의 안전문화 조성이 필요함

■ 암모니아 추진선 상용화 고려한 해운물류 공급망 재편 및 대응전략 필요

- 암모니아 추진선은 기존 선박에 비해 연료탱크가 크고 저장 조건이 까다로워 적재 용량이 감소하고, 운항거리가 제한되는 구조적 제약이 있음
- 이에 따라 장거리 항로보다 단거리·복합항로·기항지 중심 항로 재편 가능성이 높으며, 기존 해운 네트워크와 물류 전략 전반에 영향을 미칠 수 있음
- 정부 및 관련 산업계는 암모니아 추진선의 상용화를 위해 선박 기술 개발과 노선 재설계, 운항모델 구축 등 선박 운용 전략의 다변화를 추진하는 한편, 한국형 암모니아 공급망 및 관련 제도 기반을 선제적으로 마련할 필요가 있음