

# KIER CT Brief

Climate Technology Brief No.42

## 탄소중립 연료: 암모니아 정책 및 산업 동향 2021.07

한국에너지기술연구원  
기후기술전략실



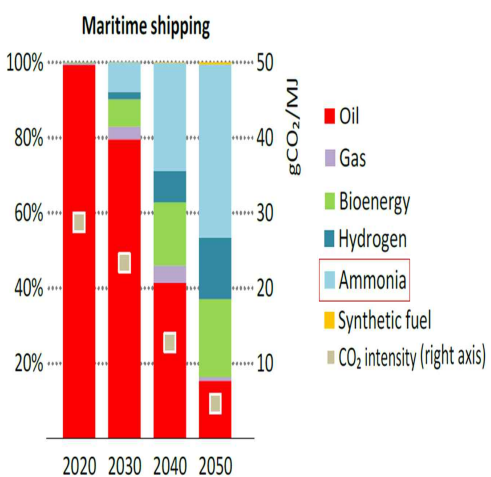
# 1. 그린 암모니아의 필요성

- 글로벌 경제구조가 수소경제, 탄소중립으로 전환하는 과정에서 **암모니아**는 재생에너지의 지역적 편재성과 시간적 가변성을 해결할 수 있는 **에너지 캐리어**이자, 발전, 수송 등의 부문에서 활용될 수 있는 **탄소중립 연료**로 각광받기 시작
- 세계에서 암모니아는 '18년 기준 수소 생산량의 40% 이상을 활용하여 약 175백만톤 생산되었으며, 이 중 약 81% 이상이 비료 제조로 활용 (*BloombergNEF, 2019*)
- (수소 캐리어) 액상 암모니아는 액화 수소보다 동일 부피에서 1.7배 수소저장 밀도가 높고 이미 확립되어 있는 국제 공급망 활용이 가능하여 **대규모 장거리 수소 저장·운송에 적합한 저장체**로 주목받고 있는 추세

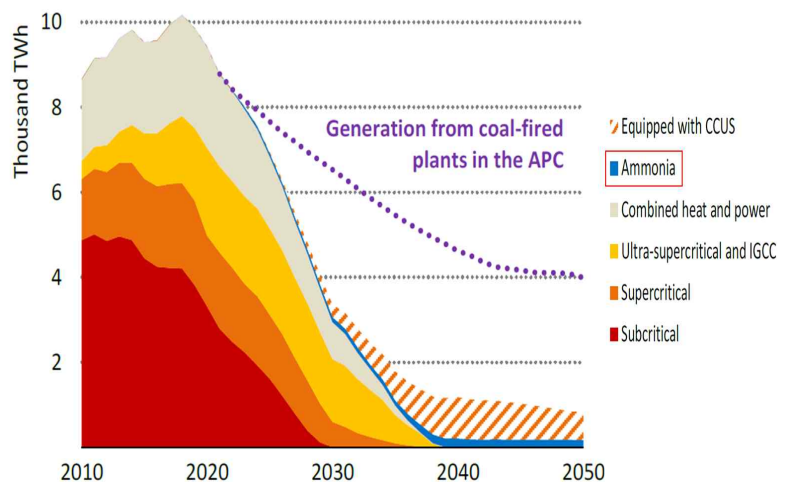
**< '수소 캐리어' 암모니아 (DOE('21)) >**

- ① 암모니아(액상)의 높은 수소 저장 밀도(17.75 wt%, 121 kg H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) 및 에너지 밀도(4.3 kWh/L, 5.25 kWh/kg)
- ② 수소 대비 상온 조건(상온, 8.5 bar) 또는 마일드한 조건(-33°C, 1 atm)에서 쉽게 액화 가능
- ③ 기존에 상용화된 암모니아 저장·운송 인프라의 활용이 가능하여 경제적인 수소 저장·운송 구현 가능
- ④ 분해 또는 연소 시 이산화탄소를 배출하지 않는 진정한 무탄소 연료

- (선박 연료) 선박 및 해운산업은 세계 CO<sub>2</sub> 배출량의 약 2.5%를 차지하며 탈탄소화가 매우 어려운 부문이나, 국제 해사기구(IMO)의 배출 규제가 엄격해지고 있어 바이오연료, 수소, 암모니아와 같은 저탄소 연료가 감축수단으로 부상
  - ▶ IEA 넷제로 2050 시나리오에서는 선박 연료에서 암모니아가 차지하는 비중이 '30년 8%', '50년 46%'로 확대될 것으로 예측 (*IEA, 2021*)
- (발전 연료) IEA 넷제로 2050 시나리오에서는 **석탄화력 발전소의 탈탄소화 수단**으로 CCUS 설비 도입 외에 **암모니아를 무탄소 연료**로 혼소(co-firing) 또는 연료 전환하는 방안을 고려하고 있으며, LNG 복합발전에도 적용 가능
  - ▶ 일본은 화력발전소의 **좌초자산화로 인한 경제적 손실, 일자리 감소 등의 위험을 최소화**하기 위해 기존 화력발전소를 활용 또는 개조하여 암모니아 혼소 및 전소 시도



<해상 운송 부문 연료별 소비 비중(IEA('21)) >

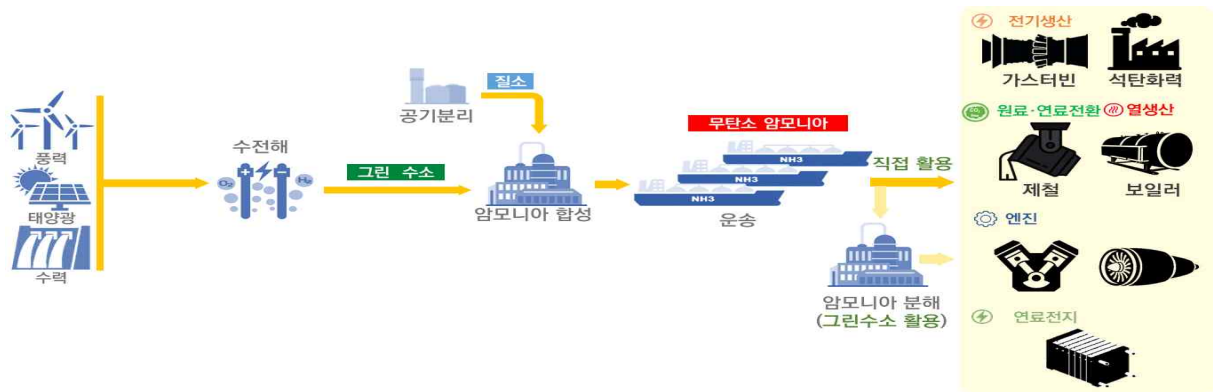


<IEA NZE 2050 시나리오의 석탄화력 발전소 단계적 폐지 경로(IEA('21)) >

● **활용처 확대**로 인해 수요가 급증할 것으로 예상되는 **암모니아**는 현재 세계 총 에너지 생산량의 1%를 소비하는 Haber-Bosch 공정을 통해 주로 생산되며, 생산과정에서 세계 CO<sub>2</sub> 배출량의 1.4%를 발생(Nat. Catal., 2019),

○ CO<sub>2</sub> 배출 없이 재생에너지로 생산된 **그린 수소를 활용하여 제조하는 그린 암모니아 생산의 필요성**이 대두

\* Haber-Bosch 공정: 고온(350~500°C), 고압(150~300 bar)의 조건에서 질소와 수소로부터 철 계열 촉매를 사용하여 암모니아를 생산하는 공정으로 평균 30 GJ/tNH<sub>3</sub> 이상의 에너지를 소비하고 평균 2.5 tCO<sub>2</sub>/tNH<sub>3</sub>를 배출. 탄소발생의 약 90%는 수소 생산단계로부터 기인(BloombergNEF, 2019, Royal Society, 2020)



< 그린 암모니아 생산 및 활용 개념도 (한국경제('21)) >

● 재생에너지 가격의 하락, 수전해 기술의 발전 및 보급 확대 등으로 그린 수소의 경제성이 확보되고 있으며, 향후 저압용 암모니아 합성 촉매 및 공정의 지속적인 기술 개발을 통해 에너지효율이 개선되고, 더불어 탄소가격제가 본격 도입된다면 화석연료 유래 암모니아 대비 그린 암모니아가 가격 경쟁력을 확보할 수 있을 전망

○ 그린 수소가 \$2.16/kg H<sub>2</sub> 이하로 공급되는 경우 그린 암모니아 가격은 \$574/tNH<sub>3</sub> 수준으로 천연가스 가격이 \$12/MMBtu 정도로 비싼 지역에서는 가격경쟁력을 확보할 수 있으나, 현재 암모니아는 공급원료(천연가스, 석탄)가 저렴한 지역에서 주로 생산되고 있는 상황\*으로 화석연료 기반 암모니아에 일정 수준\*\*의 탄소가격 부과 필요 (BloombergNEF, 2019)

\* 최근 암모니아 플랜트는 \$3/MMBtu 이하의 천연가스가 공급되는 지역에 건설되어 천연가스 유래 암모니아 가격은 \$140/tNH<sub>3</sub> 수준이며, 대형 암모니아 플랜트(3,000 TPD급)의 경우 \$100/tNH<sub>3</sub> 이하 수준 달성(Argus Media, 2020)

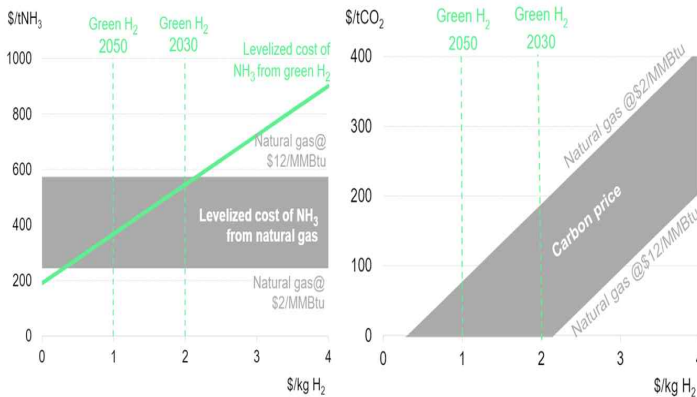
\*\* '30년 \$189/tCO<sub>2</sub>, '50년 \$78/tCO<sub>2</sub> 수준

○ (수소 캐리어) 국가별 재생에너지 자원량, 규모의 경제 등에 따라 무탄소 연료(수소, 암모니아)의 자국 생산 대비 해외 수입이 더 저렴한 경우, 대규모 장거리 운송을 통한 해외 수소 도입 과정에서 **그린 암모니아를 가장 저렴한 수소 저장 방법으로 분석**(IEA, 2019)

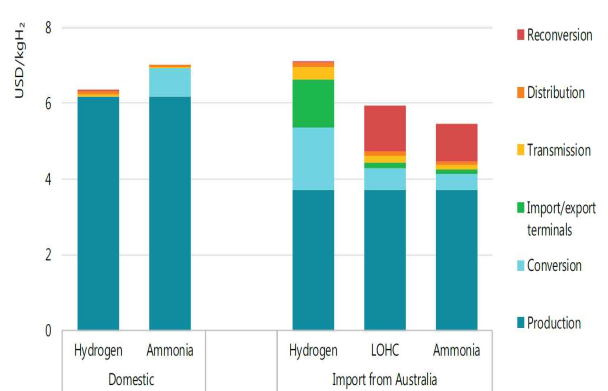
▶ 특히 가스터빈, 엔진 등에서 암모니아를 직접 활용하는 경우, 암모니아 방식이 가장 경제적

○ (선박 연료) 저유황유(\$30~100/bbl)에 '30년 \$108~227/tCO<sub>2</sub>, '50년 \$27~145/tCO<sub>2</sub> 수준의 탄소 가격이 도입될 경우 그린 암모니아는 해상 운송 연료로써 가격 경쟁력 확보 가능(BloombergNEF, 2020)

○ (발전 연료) 천연가스 복합발전 대비 그린 수소(\$1.9/kg H<sub>2</sub>) 적용 수소터빈 발전이 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 '30년 \$50~90/tCO<sub>2</sub> 정도의 탄소 가격제가 필요하며(BloombergNEF, 2021), 암모니아 형태로 수소를 수입하는 국가의 경우 발전용 연료로 그린 암모니아의 직접 활용이 수소 분해 활용보다 더 경제적일 수 있음



< 그린 암모니아의 균등화 비용(탄소비용 미포함) 및 가격경쟁력 확보를 위한 탄소 가격(BloombergNEF('19)) >



< 일본의 그린 수소 및 그린 암모니아의 공급 원가, 2030: 자국 생산 vs 호주 해상 수입 (IEA('19)) >

## 2. 암모니아 관련 주요국의 정책지원 현황

- 주요국은 탄소중립 수소 사회 실현을 목표로 그린수소 확대 및 국제적 수소 공급망 구축 분야에 투자를 강화하고 암모니아를 수소캐리어 및 무탄소 연료로서 보급 확대하기 위한 기술 확보 및 기반 마련 추진

[주요국 암모니아 관련 정책 및 R&D 전략 지원 현황]

국가	주요 내용
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암모니아 에너지 선도국으로 도약하기 위해 경제산업성(METI) 산하 '암모니아 에너지 이사회(燃料アンモニア導入官民協議会)' 설립('20) 및 '연료 암모니아 도입 민간 협의회 중간 보고서('21)' 발표</li> <li>- 자원에너지청 등 4개 공공기관, J-POWER, 그린암모니아협회, IHI, JERA, Marubeni, Mitsubishi, NYK 등 10개 민간 회원사로 구성</li> <li>- 일본의 암모니아 연간 소비를 '30년 300만 톤, '50년 3,000만 톤으로 확대하는 암모니아 보급 목표 제시</li> <li>• 「2050 탄소중립을 위한 녹색성장전략(Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050)」(METI, '20)</li> <li>- 온실가스 감축에 기여가능하고 성장이 기대되는 14개 산업 중 하나로 '암모니아 연료 산업' 선정 및 실행 계획 제시</li> <li>- (공급) '50년 탈탄소 전원 內 수소 및 암모니아 비중 10%로 확대, '30년 암모니아 공급단가 10엔 후반/Nm<sup>3</sup> 달성, '50년 1억 tNH<sub>3</sub> 규모 조달 등을 목표로 암모니아 공급망 구축</li> <li>- (활용) 석탄화력에 암모니아 20% 혼소 실증, 혼소율 확대 및 전소기술 개발, 암모니아 연료 선박 기술 개발 및 실증</li> </ul>
호주	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수소산업 선도국, 아시아 3대 수소 수출국으로 도약하기 위한 「호주 국가 수소 전략(Australia's National Hydrogen Strategy)」(COAG Energy Council, '19) 발표</li> <li>- 남호주의 재생 수소 및 그린 암모니아 공급망 실증 프로젝트(Hydrogen Utility社), 북부 준주 그린 암모니아 생산 프로젝트 추진</li> <li>※ 청정 수소 수출 허브 구축(\$275.5M AUD), 산업 탄소배출 감축(\$279.9M AUD), 수소 발전소 전환(hydrogen-ready) 지원(\$24.9M AUD) 등의 분야에 2021-2022 예산 배정</li> </ul>

호주	<ul style="list-style-type: none"> <li>「기술 투자 로드맵(Technology Investment Roadmap: First Low Emissions Technology Statement 2020)」(Department of Industry, Science, Energy and Resources, '20)</li> <li>- 청정 수소를 \$2/kg H<sub>2</sub> 이하로 생산하는 것을 최우선 목표로 제시</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>DOE, 에너지시스템 전반에 수소를 보급하기 위한 H2@Scale 이니셔티브 기반 「수소 프로그램 (DOE Hydrogen Program Plan)」(DOE, '20) 및 Energy Earthshots Initiative의 첫 번째로 그린 수소 생산단가를 향후 10년 안에 \$1/kg H<sub>2</sub> 수준으로 절감하는 것을 목표로 한 「Hydrogen Shot」 발표('21)</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>유럽 그린 딜의 핵심 요소로 EU 수소생태계 완성을 위한 로드맵인 「EU 수소전략(A Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe)」(European Commission, '20) 발표</li> <li>- '30년까지 40 GW 재생수소 전해조 설치, 1,000만 톤의 재생 수소 생산, 산업(암모니아 등)부문 탄소 집약적 수소 사용 감축 및 대체, 해상 운송용 저탄소 연료(암모니아 등) 생산을 위한 재생 수소 활용 촉진 등</li> <li>- 비료생산, 기초화학제품, 선박용 수소 및 암모니아 등의 분야에 재생 수소 및 저탄소 수소의 가격 경쟁력 지원 제도* 시범 적용 검토</li> <li>* 배출권거래제(ETS) 강화, 탄소차액결제거래(Ccfd) 입찰 시스템 구축, 탄소국경조정메커니즘(CBAM) 도입 등</li> <li>※ 비료, 전력 등 5대 배출집약 부문을 1단계 적용범위로 CBAM을 '23년부터 시범 적용, '26년부터 본격 적용 추진(Fit for 55 패키지, '21)</li> <li>「Horizon Europe Work Programme 2021-2022」(European Commission, '21) 공개</li> <li>- 'Zero Emission Waterborne Transport(ZEWT)' 민·관 파트너십 출범을 통해 대용량 암모니아·수소 탑재형 저장 및 선박 연계 기술, 암모니아 해상 엔진 가능성 조사 등의 연구개발 추진</li> <li>※ Horizon 2020 프로그램으로 저온/저압 암모니아 합성, 암모니아 합성을 위한 고체 흡수제, 암모니아 분해 촉매 및 반응기 개발 등을 연구하는 ARENHA(Advanced materials and Reactors for ENergy storage tHrough Ammonia) 프로젝트('20-'24) 지원</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>「수소경제 활성화 로드맵」 및 「수소 기술개발 로드맵」(관계부처 합동, '19) 발표</li> <li>- 그린수소·해외 수소 비중 확대(부생수소 포함 '40년 526만 톤의 70% 공급), 액상 암모니아 추출 및 저장 기술 개발 추진</li> <li>「2030 한국형 친환경선박(Greenship-K) 추진전략」(관계부처 합동, '20) 발표</li> <li>- 암모니아 연료 추진선박 기자재 기술개발 및 실증(암모니아 연료전지 시스템, 대형 암모니아 엔진·공급시스템 개발)</li> <li>「수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원 방안」(관계부처 합동, '21) 의결</li> <li>- 저장·운송 부문에서 고압기체 수소에서 액화수소·충전소, 그린 암모니아 등으로 다양화 추진</li> <li>그린 암모니아 전주기 기술개발 협력 강화를 위해 '녹색(그린) 암모니아 협의체' 출범('21)</li> <li>- 에기연을 중심으로 출연연, 공공기관, 민간기업 등 18개 관련 기관 '탄소중립을 위한 그린 암모니아 협의체' 국내 최초 결성</li> </ul>

### 3. 암모니아 관련 산업 동향

- 호주, 사우디아라비아, 일본 등을 중심으로 암모니아 기반의 국제적 수소 운송 프로젝트 실증 개시 및 계획 발표 활발
- 수소 수출국으로 성장하기 위해 대규모 그린 수소 프로젝트를 추진 중인 칠레\*, 오만, 모로코 등의 국가에서도 현재 암모니아를 가장 유력한 캐리어로 고려하고 있어 **그린 암모니아와 수소 캐리어 시장은 지속 확대될 전망**
- \* 칠레 국가수소전략('20): '25년 5 GW 수전해 설비 구축, '30년 그린 수소 단가: \$1.5/kg H<sub>2</sub> 달성, \$5,000만 정부 투자

[ 암모니아 수소 캐리어 프로젝트 현황, BloombergNEF('21) 및 기업 홈페이지 ]

프로젝트	관련 기업/기관 (국가)	출발지	목적지	현황 (발표일)	세부내용
Eyre Peninsula Gateway	Hydrogen Utility(H2U, 호주), Government of South Australia(호주)	호주	미지정 (일본·북아 시아 고려)	발표 ('20.06.11)	· Eyre Peninsula 지역 · (1단계) 수전해(75 MW) 및 암모니아 생산시설(120 tNH <sub>3</sub> /d) 연계 그린 암모니아 생산(40,000 tNH <sub>3</sub> /y) · (2단계) 그린 암모니아 생산(2,400 tNH <sub>3</sub> /d)
Origin Tasmania Study	Origin Energy(호주)	호주	미지정	발표 ('20.11.17)	· Tasmania Bell Bay 지역 · 그린수소·그린 암모니아(420천 tNH <sub>3</sub> /y 이상) 플랜트 건설 타당성 조사 연구(320만 AUD) 수행 · '21년 12월 타당성 조사 완료 예정
NEDO Ammonia Study	NEDO(일본), Woodside(호주), JERA Inc(일본), Marubeni(일본), IHI(일본)	호주	일본	발표 ('20.06.04)	· 세계적 규모 암모니아 공급망 구축 및 최적화 · 암모니아는 일본 석탄화력 탈탄소 연료로 사용
Asian Renewable Energy Hub	CWP Renewables(호주), Intercontinental Energy(홍콩), Vestas(덴마크), Pathway Investments(호주)	호주	일본	발표 ('20.10.20)	· 서호주 East Pilbara 지역 · 풍력·태양광 설비용량(26 GW) · 재생전력(23 GW) 연계 그린 수소, 그린 암모니아 생산 및 2027/28 첫 수출 목표
Saudi Blue Ammonia Shipment	Saudi Aramco(사우디), IEEJ(일본), Sabic(사우디)	사우디 아라비아	일본	출항 (1차: 40t NH <sub>3</sub> ) (20.09.27)	· Jubail 지역 · 천연가스 개질+CCS 블루수소 생산 · 블루암모니아 생산 및 운송 · 암모니아 50kW 마이크로가스터빈, 2MW 가스터빈, 보일러 혼소에서 활용 · 포집된 CO <sub>2</sub> 원유회수증진 및 메탄을 전환 활용

Neom (Helios Green Fuels)	Air Products(미국), Acwa Power(사우디), Neom(사우디)	사우디 아라비아	미국	발표 (‘20.07.07)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· NEOM市 \$50억 규모 수소 프로젝트</li> <li>· 그린수소 생산 (650 tH<sub>2</sub>/d), Haldor Topsoe社 기술 기반 그린암모니아 생산(120만 tNH<sub>3</sub>/y)</li> <li>· 2025년 운영 목표</li> </ul>
HEVO Ammonia Morocco	Fusion Fuel Green (아일랜드), Consolidated Contractors Group(그리스), Vitol(스위스)	모로코	미지정 (유럽 고려)	발표 (‘21.07.13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 183천tNH<sub>3</sub>/y 그린 암모니아 생산 규모</li> <li>· ‘26년 완전 운영 목표</li> </ul>
Transhydrogen Alliance	Proton Ventures(네덜란드), Trammo DMCC(UAE), Varo Energy(네덜란드), Port of Rotterdam Authority	미지정 (칠레 모로코, 우루과이 등)	유럽 (네덜란드 Rotterdam 경유)	발표 (‘21.03.23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Rotterdam 항만에 수소 수입을 위한 그린 암모니아 수입 터미널 건설</li> <li>· 초기 프로젝트 2024년 완료 및 향후 최대 250만 tNH<sub>3</sub>/y 규모 그린 암모니아 수입 추진</li> <li>※ 칠레 에너지부-로테르담 항만청 그린수소 협력 MOU 체결(‘21.03.17)</li> </ul>
RWE & H2U (MOU 체결)	RWE Supply & Trading(독일) Hydrogen Utility(H2U, 호주)	호주	독일	발표 (‘21.04.15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 독일-호주 간 그린 수소 거래를 위한 MOU 체결</li> <li>· 독일 북해 연안 Brunsbüttel의 LNG 터미널이 그린 암모니아 수입 터미널 전초기지로 활용될 예정</li> </ul>
HYPOR Duqm Green Hydrogen Project	DEME Concessions(벨기에), OQ Alternative Energy(오만), Uniper(독일)	오만	미지정 (독일 고려)	발표 (‘20.12.17) Uniper 합류 (‘21.7.19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 1단계 250~500MW 수전해 설비 구축 및 ‘26년 운영 목표</li> <li>· 독일 Uniper社, 오만 HYPOR Duqm(DEMEs社 및 OQ社의 컨소시엄)에 합류 및 독점 판매 계약 협상 추진</li> <li>※ Uniper社, 독일 북해 연안 Wilhelmshaven에 그린 암모니아 수입 터미널 및 암모니아 크래커 구축 추진 중 (‘21.4)</li> </ul>
PAU Blue ammonia Plant	Mitsubishi Corp & JOGMEC(일본), PT Panca Amara Utama(PAU) & Bandung Institute of Technology (인도네시아)	인도 네시아	일본	발표 (‘21.3.19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· PAU 암모니아 공장(660천 tNH<sub>3</sub>/y, 천연가스 원료) CCS 연계 타당성 조사 수행</li> <li>· 생산된 블루 암모니아는 일본 석탄 화력발전소 연료로 수출 예정</li> </ul>
Blue Ammonia Value Chain	JOGMEC, ITOCHU, TOYO Engineering(일본), Irkutsk Oil Company(러시아)	동시베 리아	일본	발표 (‘20.12.28)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 동시베리아-일본 블루 암모니아 공급망 프로젝트 2단계 타당성 조사 착수(‘21.7)</li> <li>· 천연가스 기반 암모니아 생산, 제조 과정 CO<sub>2</sub> 동시베리아 유전의 원유회수증진에 활용, 블루 암모니아 일본으로 수송, 화력발전소 및 선박 연료로 활용</li> </ul>

- 온실가스 배출감축 압박에 비해 탈탄소화가 어려운 선박 및 석탄·가스 발전소에서 암모니아를 직접 활용할 수 있는 기술개발이 본격화되는 추세로 무탄소 연료로서 암모니아의 수요가 급격히 확대될 전망
- 글로벌 해운사, 조선사, 중공업 등 주도로 암모니아 추진 엔진, 암모니아 연료전지, 선박 실증 등에 대한 연구가 추진 중이며, 발전 연료의 경우 일본을 중심으로 석탄/암모니아 및 LNG/암모니아 혼소, 암모니아 연료전지 실증 연구 진행 중

[ 암모니아 연료 관련 산업 현황 ]

부문	기업/기관(국가)	주요 내용
선박 연료	NCE Maritime CleanTech (노르웨이)	· Eidesvik(노), Equinor(노), Yara(노), Wärtsilä(핀), Prototech(노), Fraunhofer IMM(독) 등과 컨소시엄을 구성하여 Viking Energy 선박에 100kW~2MW급 암모니아 사용 SOFC 연료전지를 실증하는 Horizon 2020 ShipFC 프로젝트 추진('20~'25)
	A.P. Møller - Mærsk (덴마크)	· Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping 연구소는 Alfa Laval(스웨덴), ABS(미), DTU energy(덴), Haldor Topsoe(덴) 등과 함께 암모니아 사용 SOFC 연료전지 개발 프로젝트(SOFC4 Maritime) 추진('21.1)
	MAN Energy Solutions (MAN ES, 독일)	· '24년까지 암모니아 추진 대형 엔진(two-stroke) 개발·상용화 목표('19) 및 독일 정부(BMWi) 지원의 Four-stroke 엔진 기반 암모니아 이중연료 'AmmoniaMot' 프로젝트 추진('21.4)
	Wärtsilä (핀란드)	· 선박 추진 부하에서 70% 암모니아 혼소 엔진 테스트 성공('21.7) 및 '23년까지 암모니아 전소 엔진 개발 완료 목표
	A.P. Møller - Mærsk(덴마크), Keppel Offshore & Marine (싱가포르) 등	· 글로벌 해운사 Mærsk, 조선사 Keppel 등* 싱가포르항에 그린 암모니아 벙커링 허브를 구축하기 위한 타당성 조사 추진 협력 MOU 체결('21.3) * A.P. Møller - Mærsk(덴), Fleet Management Limited(홍콩), Keppel Offshore & Marine(싱), Sumitomo Corporation(일), Yara International ASA(노), Maersk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping
	ITOCHU (일본)	· 석유 가스 기업 ITOCHU ENEX, 액체화물 유통 기업 Vopak(네덜란드)과 싱가포르 내 암모니아 해양 연료 공급망 공동개발 MOU 체결('20.6) · ITOCHU ENEX, 암모니아 생산업체 Ube Industries, 해운회사 Uyeno Transtech와 해양 암모니아 연료 공급 및 그린 암모니아 공급 허브 공동 개발 계약 체결('21.3)
	NYK Line, Japan Marine United Corp., Nippon Kaiji Kyokai(일본)	· 암모니아 추진 암모니아 운반 선박(AFAGC*) 및 암모니아 부유식 저장 및 재기화 바지선 (A-FSRB**) 공동연구개발 계약 체결('20.8) * Ammonia-fueled ammonia gas carrier ** Ammonia Floating Storage and Regasification Barge
	현대미포조선 (한국)	· 영국 로이드 선급에서 Man ES社와 공동개발 중인 암모니아 추진선에 대해 국내 최초 기본인증 (AIP) 획득('20.7) 및 '25년 상용화 목표
	삼성중공업 (한국)	· 암모니아 추진 아프리카막스(A-Max) 탱커에 대해 영국 로이드선급(LR)의 기본인증(AIP) 획득, 독자 암모니아 연료공급 시스템 개발 등 추진('20.9) 및 '24년 상용화 목표



	대우조선해양 (한국)	· 글로벌 엔진제조사(Man ES)와 함께 초대형 암모니아 추진 컨테이너선(23,000TEU급)에 대해 영국 로이드선급의 기본인증(AIP) 획득('20.10) 및 '25년 암모니아 추진선 상용화 목표
	대한조선(한국)	· Man ES社, 한국선급, 목포해양대, 로이드 선급과 암모니아 연료 추진 선박 공동개발 MOU 체결('21.4)
	HMM, 롯데정밀화학 한국선급 등(한국)	· <b>그린 암모니아 해상운송·빙커링 컨소시엄 출범('21)</b> - HMM, 롯데정밀화학, 롯데글로벌로지스, 포스코, 한국선급, 한국조선해양은 친환경 선박 및 해운 시장 선도를 위해 그린 암모니아 해상운송 및 빙커링(연료공급) 기술 개발 및 가치사슬 구축 협력을 위한 업무협약 체결
발전 연료	Chugoku Electric Power(일본)	· 120MW급 석탄화력 발전소 1% 암모니아 혼소(총 에너지 함량 기준) 실증 성공('17)
	JERA (일본)	· 일본 최대 발전사 JERA, 암모니아 연료 자체 생산을 위해 말레이시아 PETRONAS社와 MOU 체결('21.3) · IHI社와 1GW급 석탄발전(Hekinan) 20% 혼소 실증 프로젝트(NEDO) 진행('21~'25) 및 혼소용 향상을 위한 버너 공동 개발('21.5)
	TOYO (일본)	· 러시아 Irkutsk Oil Company, JOGMEC社, Itochu 상사와 동시베리아-일본 저탄소 암모니아 공급망 구축 사업 타당성 조사 실시('20.12)
	Mitsubishi Power(일본)	· 100% 암모니아 전소 40MW 가스터빈 개발 추진 및 '25년 상용화 목표('21.3)
	IHI (일본)	· 석탄화력 10 MW <sub>th</sub> 급 테스트 로에서 20% 혼소 실증 성공('17.12)
		· 내각부 SIP 프로그램으로 1 kW급 암모니아 연료전지(SOFC) 개발 성공 및 대형화 추진('18)
		· 2 MW급 가스터빈에서 사우디로부터 수입된 블루 암모니아 연소 실증 개시('20.10)
		· 미국 GE社와 암모니아 가스터빈 비즈니스 로드맵 개발 협력 MOU 체결('21.6)
	ADNOC (아랍에미리트)	· 일본의 Inpex社, JERA社, JOGMEC社와 아부다비 Ruwais 지역에 블루 암모니아 플랜트 및 공급망 구축 타당성 조사 착수('21.7)
	한국에너지 기술연구원 (한국)	· 암모니아 가스터빈 적용을 위한 전소 기술 개발을 수행중이며, Fuel-NOx억제를 위한 연소 제어 및 화염 안정성 확보를 위한 연료 노즐 설계 기술 개발 중 ('21~)
포스코 (한국)	· 호주 철광석 공급사 FMG와 그린수소 사업 상호 협력 추진('20.12)	
	· 호주 ORIGIN ENERGY社와 '호주 그린 수소 생산사업 협력 MOU 체결('21.3)	
	· 두산중공업, RIST와 세계 최초 암모니아 분해기-가스터빈 일체형 발전기술 공동 개발 추진('21.7)	
남부발전(한국)	· 수소연료전지 발전 및 암모니아 혼소 기술 확보 추진(~'25)	
현대중공업, 현대오일뱅크	· Saudi Aramco社와 수소동맹 MOU 체결('21.3)	
	· Saudi Aramco社로부터 블루암모니아를 수입하여 현대오일뱅크의 LNG 보일러 교체사업(~'24년)에 활용할 예정 (약 20% 혼소)	

- 비료 기업, 수전해 기업, 재생에너지 개발업체 등 중심으로 기존 플랜트의 리트로핏과 신규 그린 암모니아 생산설비 구축을 적극 추진 중이며, 유럽, 미국 등 주요국은 대규모 그린 암모니아 생산 실증 프로젝트의 타당성 조사와 신규 저압 촉매 및 공정 에너지 효율 향상을 위한 차세대 그린 암모니아 기술개발 R&D 지원 추진
- 전 세계적으로 재생에너지 발전단지 및 수전해 설비 용량 증설이 빠르게 진행되고 있고 농업, 화학 산업, 해운업, 재생에너지 수입·수출국 등 그린수소·암모니아 수요기업과 국가의 협력이 뒷받침되어 그린 암모니아 산업은 급격히 성장할 전망

[ 그린 암모니아 생산 관련 산업 현황 ]

기업/기관(국가)	주요 내용
Yara Pilbara (호주) & ENGIE(프랑스)	· 서호주 Pilbara 비료공장에 최대 500 MW 재생에너지 연계 그린 암모니아 생산 YURI 프로젝트 추진 - 최종적으로 기존 NH <sub>3</sub> 플랜트(85만 tNH <sub>3</sub> /y) 및 신규 NH <sub>3</sub> 플랜트(80만 tNH <sub>3</sub> /y)에 80~100% 그린수소 공급 및 '30년 운영 목표 - (Phase 0) 태양광+BESS 연계 10 MW 수전해, 3,500 tNH <sub>3</sub> /y 규모 그린 암모니아 생산 설비 구축 중(~'22)
Yara(노르웨이) & Ørsted(덴마크)	· Ørsted社의 해상 풍력 단지와 연계된 100 MW급 수전해 설비 구축하여 네덜란드 Sluiskil 공장에서 75,000 tNH <sub>3</sub> /y 규모 그린 암모니아를 생산하는 프로젝트 추진 및 '24~'25년 운영 시작 목표('20.10)
Yara(노), Statkraft(노), Aker Horizons(노)	· 노르웨이 국영 전력회사 Statkraft 및 투자회사 Aker Horizons와 노르웨이 Porsgrunn 지역 그린 암모니아 프로젝트(50만 tNH <sub>3</sub> /y) 협력 의향서(Letter of Intent) 체결('21.2) · 노르웨이 Porsgrunn HErøya지역에 그린 암모니아 생산 인프라 구축을 위해 HEGRA社 설립('21.8)
Haldor Topsoe (덴마크)	· all-electric SOEC 기반 그린 암모니아 파일럿 플랜트(1~2 tNH <sub>3</sub> /d) 구축 SOC4NH3 프로젝트 추진 중('19~'22) · 대규모 고효율 SOEC 전해조 제조 시설 구축 추진 및 '23년 운영 목표('21.3)
Skovgaard Invest (덴마크)	· Vestas 및 Haldor Topsoe의 지원으로 덴마크 서부 Jutland 지역에 풍력·태양광 연계 그린 암모니아 생산(5천 tNH <sub>3</sub> /y) 공장 건설 추진 및 '23년 운영 목표
Fertiberia(스페인) & Iberdrola(스페인)	· 1.5억 유로 투자를 통해 100 MW 태양광, 20 MWh ESS, 20 MW 수전해 연계 그린 암모니아 생산 계획 발표 및 '21년 운영 목표('20.7) · 생산된 그린 수소는 비료 제조 기업 Fertiberia社 암모니아 생산 공장(20만 tNH <sub>3</sub> /y 규모)에서 사용될 예정이며, '27년까지 18억 유로를 투자하여 수전해 설비용량 800MW까지 확대할 계획
CIP(덴마크)	· 농식품업(Arla, Danish Crown, DLG) 및 해운업(Maersk, DFDS)의 지원으로 덴마크 Esbjerg 지역에 유럽 최대(1 GW 수전해)의 해상 풍력 연계 CO <sub>2</sub> -free 암모니아 생산공장 설립 추진('21.2)
Siemens(독일)	· 영국 대학들과 협업하여 30 kgNH <sub>3</sub> /d 암모니아 생산 실증 수행('18) · 영국 정부(BEIS)의 지원으로 Ecuity(영), Engie(프), STFC(영)와 함께 해외 수소 도입을 위한 그린 암모니아에 대한 기술 경제성 타당성 연구(Ammonia to green hydrogen project) 수행('20)
KBR(미국)	· 그린 암모니아 공정(K-Green™) 설계 기술 개발 보유
CF Industries (미국)	· 미국 Louisiana州 Donaldsonville에서 그린 암모니아(2만 tNH <sub>3</sub> /y) 프로젝트 추진 및 '23년 완공 예정 - Thyssenkrupp社와 20 MW 알칼라인 수전해 플랜트 공급을 위한 EPC 계약 체결('21.4)
Monolith Materials (미국)	· 미국 Nebraska 지역에 재생 전력과 Monolith社의 메탄 열분해 공정 적용 무탄소 무수 암모니아 생산 플랜트(275,000 t/y 규모) 추진 계획 발표 ('20.10) ※ 한화솔루션 Monolith社 투자계획 철회('21.5) 및 SK(주) Monolith社 수소 프로젝트에 전략적 투자('21.6)
Bettergy (미국) 등 REFUEL 컨소시엄	· ARPA-E 'REFUEL' 프로그램 지원으로 저온 암모니아 분해 및 수소 추출 시스템, 전기화학적 암모니아 합성 기술 등 차세대 그린 암모니아 합성 및 분해 기술 개발 추진('17~)
JGC(일본)	· Fukushima Renewable Energy Institute, AIST(FREA) 와 SIP Energy Carriers 프로그램으로 20 kg/d 급 그린 암모니아 합성 실증 성공('18) 및 재생에너지 변동성 테스트, 스케일업 추진 중

Tsubame BHB (일본)	· 도쿄 공과대학에서 개발된 저온 저압 암모니아 합성 촉매 적용 재생에너지 연계 그린암모니아 생산 계획 추진(라오스-수력, '20~)
한국에너지기술연구원(한국)	· 그린 수소를 값 싸고 높은 에너지 효율로 그린암모니아로 전환 저장할 수 있도록 저압·저온 조건에서 암모니아를 생산할 수 있는 전기화학 및 촉매화학 기술(소재 원천 및 공정 기술) 개발 중('12~) 및 '26년 시작품 제작 완료, 사업화 전초 작업 완료 목표
에기연, 롯데정밀화학, 포스코 등 (한국)	· 에기연을 중심으로 18개*의 연구기관 및 기업 '탄소중립을 위한 그린 암모니아 협의체' 업무 협약 체결('21.7) * 에기연, 화학연, 한국가스안전공사, 수소융합얼라이언스, 탄소중립연구조합, 두산중공업, 두산퓨얼셀, 롯데케미칼, 롯데정밀화학, 삼성엔지니어링, 포스코, 한국조선해양, 한화솔루션, 현대오일뱅크, 현대자동차, 현대제철, 현대중공업, 현대글로벌비스
CES(한국)	· 에기연(KIER), KIST, 현대차, 젠스엔지니어링과 함께 암모니아 분해 수소 생산·정제 시스템 개발 추진('18~'21)

## 4. 시사점

- 탄소중립 사회 실현을 위해 세계가 재생에너지·수소경제로 전환하는 과정에서 암모니아는 수소캐리어이자 발전, 수송 등 탈탄소화가 어려운 부문의 무탄소 연료로서 주목받고 있는 상황이며 그린 암모니아 시장은 급격히 확대될 것으로 전망
  - 탄소 통상 시대가 본격화되는 시점에서 기존의 에너지집약적인 암모니아 제조공정 탈탄소화 전환 불가피
  - 수송, 발전, 비료 등 광범위한 산업 분야의 연·원료 대체 및 가변적인 재생에너지 저장·운송의 목적으로 암모니아 수요가 확대될 전망으로, 세계 각국에서는 그린 암모니아 생산, 암모니아 수소 추출 및 무탄소 연료 활용 기술의 연구개발 및 사업화 추진 활발
  - 저가 그린 암모니아 생산을 위해 출연연, 재생에너지 개발자, 수전해 기업, 그린수소·암모니아 수요기업간의 상호 협력체계 구축이 적극적으로 필요
  - 그린 암모니아가 경제성을 확보하기 위해서는 수전해 효율 향상과 저에너지·저비용 암모니아 생산 기술 개발이 반드시 필요하며, 향후 대규모 재생에너지·그린 수소 보급이 생산 단가 절감으로 이어지는 선순환 성장이 실현되고 탄소가격제가 활성화되면 그린 암모니아 시장은 더욱 탄력을 받을 전망
- 국제적으로 수소 거래 시장이 활발해지고 탈탄소화 기술 개발 및 보급 경쟁이 가속화되는 상황에서 미래 신시장 선점을 위해 그린 암모니아 기술경쟁력 확보 및 산업생태계 구축을 위한 투자 확대 및 제도적 기반 마련 필요
  - 주요국은 탄소중립 달성 및 에너지 안보 강화의 핵심 수단이자 수소를 새로운 수출산업으로 부흥시키기 위해 저가 그린 수소·암모니아 생산 기술개발 및 공급망 구축에 투자를 확대하고 정책적 지원 강화
  - 탄소중립 및 국가 수소공급 목표 달성을 위해 수소 수입을 적극적으로 고려해야 하는 우리나라는 최적의 수소 저장·운송 매체 중 하나이자, 탈탄소화가 어려운 분야의 화석연료를 적기에 대체할 수 있을 것으로 기대되는 암모니아 연구개발 및 산업 육성을 시급히 추진할 필요
  - 특히 온실가스를 전혀 배출하지 않고, 에너지 소비를 절감할 수 있는 차세대 그린 암모니아 합성 및 분해 기술 개발에 대한 적극적인 지원 필요

## [참고문헌]

1. Hydrogen: Making Green Ammonia and Fertilizers, BloombergNEF, 2019
2. Ammonia: From Fertilizer to Energy Carrier, DOE Webinar H2IQ Hour, 2021
3. Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA, 2021
4. Electrifying the Haber-Bosch, Nat. Catal., 2019
5. Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store, Royal Society, 2020
6. 탄소중립 핵심 수단 '그린 암모니아' 기술개발 본격화, 한국경제, 2021.07.15.
7. 탄소중립을 위한 '녹색(그린) 암모니아 협의회' 출범, 산업부, 2021.07.15.
8. Green shift to create 1 billion tonne 'green ammonia' market?, Argus Media, 2020.06
8. The Future of Hydrogen, IEA, 2019
9. Hydrogen: The Economics of Powering Ships, BloombergNEF, 2020
10. Hydrogen: The Economics of Power Generation, BloombergNEF, 2020
11. 1H 2021 Hydrogen Market Outlook: A Defining Year Ahead, BloombergNEF, 2021
12. 액상 유·무기 화합물(LOHC, NH<sub>3</sub>) 기반 대용량 수소저장기술 연구 개발 동향, 융합연구정책센터, 2019
13. 2030 한국형 친환경선박(Greenship-K) 추진전략, 관계부처 합동, 2020
14. 탄소중립을 위한 암모니아 연소기술의 연구개발 필요성, J. Korean Soc. Combust., 2021
15. 관련기업 홈페이지 및 보도자료

### [저자]

한국에너지기술연구원 기후기술전략실 / Tel. 042-860-3464 / E-mail. jyseo@kier.re.kr  
 한국에너지기술연구원 청정연료연구실 / Tel. 042-860-3509 / E-mail. hyoon@kier.re.kr

※ 본 "CT Brief"에 게재된 내용은 필자 개인(연구진)의 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.  
 또한 본지의 내용을 인용할 때는 출처를 밝혀야 합니다.