

# KBCSD CEO 지속가능경영전략 보고서 :

## 수소 및 암모니아 동향과 기업 시사점

2024. 7. 18

수소에너지는 질량 당 열량이 높은 고효율의 청정에너지로서, 전세계적으로 탄소중립 시대 미래 핵심 에너지로 주목받고 있습니다.

일본 정부는 2030년까지 수소, 암모니아로 전원 구성의 약 1% 증당하는 목표로 제시하였습니다. 또한 일본은 수소 수입이 불가피할 전망이다 가운데, 수소 기술 수출극을 목표로 호주, 중동 등 주요 글로벌 공급망을 구축하여 2030년까지 연간 300만톤의 수소를 조달한다는 계획입니다.

호주는 주정부들이 개별적으로 수소 생산 확대를 위한 정책을 추진 중에 있으며, 2028~2034년 그린수소 생산 비용이 그레이수소와 grid parity에 도달할 전망입니다. 또한 호주는 우리나라와 지리적으로 가까워 수송비용이 적게 들고 그린수소 생산단가도 낮아 향후 주요 수송 공급망으로 부상할 것으로 전망되고 있습니다.

한편, 중동 지역에서는 ①사우디의 NEOM Green Ammonia, ②오만의 Hyport Duqm 그린수소 프로젝트, ③UAE의 Abu Dhabi Hydrogen Alliance를 중심으로 청정수소 산업 육성을 위한 대규모 투자가 이루어지고 있습니다.

우리 기업들이 수소에너지 분야에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 생산비용 저감과 효과적 이용 방안 마련이 가장 큰 과제입니다.

하지만 현재 우리나라는 신재생에너지 발전단가가 다른 국가들에 비해 상대적으로 높아서 그린수소 생산 측면에서 불리한 상황입니다.

RENA(International Renewable Energy Agency) 보고서에 따르면 중국이나 호주, 미국, 유럽, 캐나다 등은 2050년 기준 Kg당 수소 생산 단가가 1달러 미만으로 예상되는 반면, 우리나라는 약 3~4달러로 예상된다고 합니다.

이에 우리 정부는 한국이 다른 국가들보다 비교우위에 있는 원자력을 통해 그린수소를 생산하여 가격경쟁력을 확보할 계획입니다.

한편, 수소는 생산 문제 외에도 수송 및 저장에 많은 비용이 소요된다는 한계가 있습니다. 이에 현실적인 대안으로 암모니아가 주목받고 있으며, 이를 효과적으로 활용하는 방안이 활발하게 연구되고 있습니다.

특히 암모니아는 선박 원료, 발전 등 대규모 수요가 있는 분야에서 활용 가능성이 높으며, 향후 관련 시장이 크게 확대될 것으로 전망됩니다.

한편, 암모니아는 대규모의 에너지를 중장기적으로 저장하는 효과적인 ESS로도 주목을 받고 있으며, 활발하게 관련 기술들이 개발되고 있습니다.

이처럼 세계적으로 수소·암모니아 수요가 확대되고, 정부도 탄소중립을 위해 중장기 에너지믹스에 수소에너지의 비율을 높여나갈 계획인 만큼, 수소의 생산 및 활용에 대한 기술 개발이 필요한 시점입니다.

향후 저렴하고 안정적인 수소·암모니아 공급망을 확보하고, 효과적으로 이를 활용하는 기술을 확보하기 위해 기업은 정부의 기술 개발 및 상용화 지원 프로그램을 이용하고, 공급망 기업들과의 협력네트워크를 구축해야 합니다.

KBCSD는 향후 이러한 이해관계자 간 정보교류 및 협력 네트워크를 확대하고, 주요국들의 규제 동향, 글로벌 기업들의 대응 동향, 관련 기술 동향 등 유용한 정보를 제공해 나갈 계획입니다.

이에 관련 내용 등을 담아 「KBCSD CEO 업무 보고서」를 송부 드리오니 지속가능경영에 참고하시기 바랍니다.

## <목 차>

1. 청정 수소에너지 현황과 과제
2. 발전·수송분야 수소 및 암모니아 활용 전망
3. 시사점 및 대응전략

사무총장 홍 현 중

# 1. 청정 수소에너지 현황과 과제

## [일본의 청정 수소에너지 확대를 위한 정책동향]

- 일본 정부는 지난 2017년 발표한 수소기본전략을 지난 2023년에 다시 개정하고, 2030년까지 수소·암모니아로 전원 구성의 약 1% 충당을 목표로 제시함<sup>1)</sup>

### 〈일본 수소기본전략 개정안 주요 내용〉<sup>2)</sup>

구분	주요 내용
저비용의 안정적 수소 공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '40년 수소 목표를 새롭게 설정해 수소사회 실현을 가속화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '30년 최대 300만 톤, '50년 2,000만 톤인 현재의 수소 도입 목표에 '40년 1,200만 톤을 추가</li> </ul> </li> <li>• 수소 공급비용 목표액을 '30년 30엔/Nm<sup>3</sup>, '50년 20엔/Nm<sup>3</sup>으로 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표 가격 달성을 위한 정부의 공급망 구축, 수요 창출 지원을 통해 수소 수요를 환기하고 민간 투자를 확대</li> </ul> </li> </ul>
저탄소 수소로의 이행	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정수소로의 이행을 명확히 하고 글로벌 기준을 선도               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제 평가 기준을 참고하여 수명주기평가(LCA) 배출량을 최대한 감축함으로써 글로벌 환경 과제 해결에 공헌</li> <li>- 규제·지원 일체형으로 저탄소 수소 이행을 촉진</li> </ul> </li> </ul>
자국 내 수소제조 생산기반 및 공급망 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '30년 일본 기업의 수전해 장치 도입 목표를 설정하고 수소 생산 기반을 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '30년 글로벌 수전해 장치 도입 전망치의 약 10%에 해당하는 15GW 설치 추진</li> </ul> </li> <li>• 대규모 공급망 및 거점 구축을 위한 지원제도 정비               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '30년경 상용화를 목표로 15년간 15조 엔의 공급망 투자 계획 검토</li> </ul> </li> </ul>
국제 수소 공급망 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수소·암모니아 자원국과의 관계를 강화하고, 호주·중동·북미·아시아를 연계하는 국제 공급망 구축 및 거점 정비를 가속화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 안전 보장과 산업 정책을 양립함으로써 수소 공급국과 수요국의 원-원 관계를 구축해 수소 사회의 선순환을 창출</li> </ul> </li> </ul>

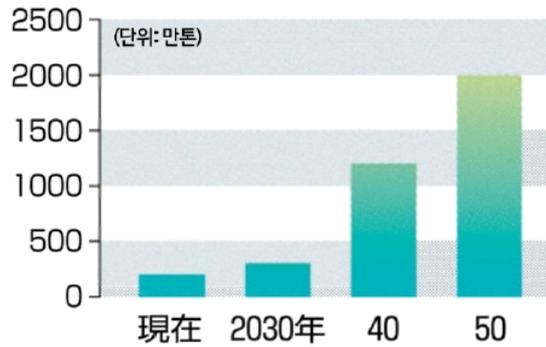
(참고 : 經濟産業省, 水素基本戦略 骨子案, 2023.04.05.)

- 일본은 수소 수입이 불가피할 전망이다 가운데, 수소 기술 수출국을 목표로 하며, 특히 호주, 중동 등 주요 글로벌 공급망을 구축하여 2030년까지 연간 300만톤의 수소를 조달한다는 계획임
- 또한 수소 수송 분야에서 일본은 액화수소 및 메틸사이클로hex산 (MCH)에 주목하고, 2030년까지 액화수소 및 MCH의 대규모 공급망을 구축하기 위한 기술개발을 추진 중임

1) 한국의 2030년 수소·암모니아 전원 구성비율 목표는 2.4%

2) 한국산업기술진흥원, 일본 수소기본전략 개정안 요점 분석 [2023년 08호]

### 〈일본 수소기본전략에 따른 수소 도입 목표〉<sup>3)</sup>



- 일본은 수소 공급비용(CIF 비용)을 2030년 기준 334엔/kg(3천원/kg), 2050년 기준 222엔/kg(2천원/kg)으로 낮춰, 수소 발전비용을 가스화력발전 단가 이하로 낮추는 것을 목표로 하고 있음
  - 발전분야에서는 2020년 후반까지 100만 kW급 암모니아 발전터빈의 20% 혼소시험 상업운전, 2030년까지 30% 혼소 실증을 목표로 함
  - 연료전지분야에서는 상용차 분야의 FCV(fuel cell vehicle)화에 집중하고, 가정용 연료전지 도입·보급 지원 확대 및 관련 기술개발, 산업용 연료전지 발전효율 향상 기술개발 지원 등 추진 예정
  - 열·원료이용 분야에서는 산업 내 열 이용을 수소·암모니아 연료로 대체하기 위해 수소가스터빈, 수전해시스템 도입을 추진할 계획임
  - 일본 정부는 2050 탄소제로 달성을 위한 규제 및 지원 정책을 담은 GX(Green Transformation) 실현을 위해 향후 10년간 150조 엔의 예산을 투입하고, 녹색혁신기금(Green Innovation, GI)의 2조엔 중 약 8,000억 엔을 수소 관련 R&D에 투자할 계획임<sup>4)</sup>
- 한편, 지난 4월 12일, 일본 참의원 본회의에서는 ‘탈탄소 성장형 경제구조로의 원활한 이행을 위한 저탄소수소 공급 및 이용 촉진에 관한 법률(이하 ‘수소사회추진법’ )’ 이 통과됨<sup>5)</sup>
  - 이 법은 철강, 화학 등에서 GX 대응과 청정수소의 공급·이용을 지원하기 위해 ①기본 방침 수립, ②계획 인가제도 마련, ③사업자 지원 특례 마련, ④수소 공급사업자 판단 기준 등을 규정하고 있음

3) 한국기계연구원, 일본의 최신 수소경제 정책과 시사점(2023) - 길형배, 김철후, 오승훈, 이용규

4) 대규모 수소 공급망 구축(3,000억 엔), 수전해 수소 제조(700억 엔), 수소환원제철기술(1,935억 엔), 연료용 암모니아 공급망 구축(598억 엔), 차세대 항공기 개발(211억 엔), 차세대 선박 개발(350억 엔), CO2 이용 플라스틱 원료 제조기술 개발(335억 엔), CO2 이용 연료 제조기술 개발(1,153억 엔)

5) 출처 : [에너지경제연구원](#)

## [호주의 청정 수소에너지 확대를 위한 정책동향]

- 호주 정부는 지난 2018년 국가 수소 로드맵(National Hydrogen Roadmap) 발표 이후, 2021년 4월까지 약 15억A\$(한화 1조2,790억원)를 수소 프로젝트에 지원함<sup>6)</sup>
- 최근 호주의 주정부들은 연방정부의 ‘국가수소전략’을 기반으로 하여 개별적으로 수소 분야 비전, 목표, 실행계획 등을 포함한 개별 수소 정책을 추진 중임

### 〈호주 주정부별 수소 산업 육성계획〉<sup>7)</sup>

주	계획명	발표일	비전
뉴사우스웨일스	뉴사우스웨일스주 수소전략 (NSW Hydrogen Strategy)	2021년 10월	- 전 세계 수소의 리더(superpower)로서의 뉴사우스웨일스주
빅토리아	빅토리아주 그린수소 산업개발계획(Victorian Renewable Hydrogen Industry Development Plan)	2021년 2월	- 번영하는 그린수소경제로 발전하는 빅토리아주
노던준주	노던준주 그린수소전략 (Northern Territory Renewable Hydrogen Strategy)	2020년 7월	- 그린수소 생산 리더로 성장
태즈메이니아	태즈메이니아주 그린수소 실행계획(Tasmanian Renewable Hydrogen Action Plan)	2020년 3월	- 2030년까지 글로벌 그린수소 주요 공급자
남호주	남호주주 수소 실행계획 (South Australia's Hydrogen Action Plan)	2019년 9월	- 남호주주의 바람, 태양, 토지, 인프라와 기술을 활용한 세계 최고 수준의 그린수소 공급자
서호주	서호주주 그린수소전략 (Western Australian Renewable Hydrogen Strategy)	2019년 7월	- 그린수소 주요 생산자·수출국·사용자
퀸즐랜드	퀸즐랜드주 수소산업전략 2019-2024(Queensland Hydrogen Industry Strategy 2019-2024)	2019년 5월	- 2030년까지 안전하고 지속 가능한 수소를 국내 시장과 수출 상대에게 공급하는 호주 그린수소 생산 선두주자

자료: NSW Government(2021); Victoria State Government(2021); Northern Territory Government(2020); Tasmanian Government(2020); Government of Western Australia(2019); Queensland Government(2019)를 토대로 저자 정리.

6) 출처 : 가스신문(<http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=103753>)

7) 대외경제정책연구원, 한-호주 공급망 협력 방향: 핵심광물과 수소를 중심으로(2022) - 조승진, 신민이

- 호주 수소협회(Hydrogen Council)에 따르면 2028~2034년 그린수소 생산 비용이 그레이수소와 같아지는 분기점에 도달할 예정임
- 현재 호주에서는 천연가스와 CCS를 이용해 만든 수소를 가장 저렴하고 깨끗한 수소로 보고 있으며 2030년에는 생산단가를 A\$5.00/kg까지 낮추고, 1일 500톤의 수소 생산을 기대하고 있음
- 호주 정부는 특히, 일본 및 한국과 정부(G2G)간 협력 체계를 구축하고 국제 수소 인증 수립 계획을 세우고 있으며, 이를 통해 2050년에는 호주 전체 수소 생산량의 75%를 수출할 계획임
- 호주는 천연가스를 공급하는 광범위한 네트워크를 활용해 저렴하게 수소를 운송하고 공급할 수 있을 것으로 전망하고, 기존 천연가스 망 내에 10% 미만의 수소를 혼합해 사용할 계획임
- 또한, 호주는 수소의 해외 수출을 위한 운송 기술 확보를 위해 일본과 협력해 상용 운반선 개발을 진행중이며, 암모니아에서 에너지 손실을 최소화하면서 수소를 추출하는 기술개발을 추진중임
- 이밖에 호주 정부는 총 16억A\$(한화 약 1조 5천억)를 재생수소 허브, CCUS 허브, 국제 기술 파트너십에 투자하고, 수소 생산의 투명성 보장을 위한 인증제도<sup>8)</sup>의 개발을 추진 중임

---

8) Guarantee of Origin, GO Certification Scheme

- 중동 지역의 주요 수소 프로젝트는 ①사우디의 NEOM Green Ammonia, ②오만의 Hyport Duqm 그린수소 프로젝트, ③UAE의 Abu Dhabi Hydrogen Alliance가 대표적임

### [사우디아라비아]

- 사우디 정부는 2021년 10월 중동 그린 이니셔티브(Middle East Green Initiative)를 출범시키고, 그린수소와 블루수소 프로젝트를 추진함
  - 사우디의 수소 프로젝트는 무함마드 빈 살만 왕세자의 주도로 이뤄지고 있으며 현재 수소의 대규모 생산 및 수출 경쟁에서 가장 앞서나가고 있는 것으로 평가됨
  - Neom시티에 RE100 실현을 목표로 설계된 2.2GW 규모의 녹색 수소 및 암모니아 단지는 자금 조달이 완료된 세계 최초의 프로젝트임
  - 사우디의 ACWA Power와 Neom 신도시, 미국의 Air Products는 세계 최초 그린수소 및 그린암모니아 수출 프로젝트인 Neom그린 헬리오스 연료 프로젝트를 추진 중이며, 일일 최대 650톤의 그린 수소와 연간 120만톤의 그린 암모니아를 생산할 계획임
  - Neom Green Hydrogen Company(NGHC)는 이미 2026년에 120만 톤의 NH3 생산 용량을 가동할 수 있을 것으로 전망하고 있고, Thyssenkrupp Nucera의 20MW 전해조(electrolyser)가 올해 시범 설치될 예정이며, 이를 통해 생산된 약 8톤의 청정수소는 아람코의 pilot e-fuels project에 사용될 예정임<sup>9)</sup>
  - 한편 사우디 국부펀드 PIF가 50% 지분을 소유하고 있는 ACWA Power는 우즈베키스탄, 태국, 인도네시아, 이집트 등에서 녹색 수소 및 암모니아 프로젝트를 진행 중임

### [오만]

- 오만은 2030년까지 연간 최소 100만 톤의 수소를 생산하고, 2040년까지 375만 톤, 2050년까지 최대 850만 톤을 생산할 계획임
  - IEA에 따르면, 오만은 고품질의 재생 에너지 자원과 광대한 토지를 보유하고 있어 청정수소를 경쟁력 있는 가격으로 대량 생산할 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있음

9) 출처 : [hydrogeninsight](https://hydrogeninsight.com)

- IEA는 오만의 청정수소 생산 잠재력이 현재 유럽의 총 수소 수요보다 더 많을 것이라고 예상하고, 2040년 수소생산 목표치는 오만의 현재 LNG 수출량의 80%를 차지하고, 2050년 목표치는 거의 두 배 규모로 증가할 것으로 전망함<sup>10)</sup>
- IEA 분석에 따르면, 오만은 2030년까지 전 세계에서 6번째로 큰 수소 수출국이 되고, 중동에서 가장 큰 수출국이 될 것으로 예상됨
- 오만의 수소 프로젝트는 고품질 태양광, 육상 풍력 자원과 대규모 프로젝트를 위한 방대한 토지의 이점이 있으며, 지정학적 위치에 따라 유럽과 아시아 시장에 대한 접근도 용이하다는 장점이 있음
- IEA는 오만은 재생에너지 비율을 2030년까지 20%, 2040년까지 39%까지 확대할 계획이며, 이를 비용 효율적으로 달성할 수 있을 것으로 전망하고, 2030년 목표 달성을 위해 40억달러의 추가 투자가, 2040년 목표 달성을 위해 330억 달러의 투자가 필요할 것으로 전망함

### [아랍에미리트(UAE)]

- UAE는 국가 수소 전략을 통해 2050년까지 1,500만 톤의 청정수소를 생산한다는 목표를 설정하고, 2031년까지 연간 100만 톤의 녹색수소 생산을 통해 글로벌시장 점유율을 25%까지 올린다는 계획임
- 아부다비 국부펀드 무바달라(Mubadala), 국영 석유회사 ADNOC, 국영 지주사 ADQ 3사는 UAE의 그린수소 및 블루수소의 생산을 위해 수소 동맹을 체결하고, 수소경제에 대한 투자를 확대하기로 함
- 하지만 UAE의 이러한 야심찬 청정수소 생산 계획은 실질적인 투자가 연기되고 있는 가운데, 아직 가시적 성과는 없는 상황임<sup>11)</sup>
- 한편 한국과 UAE는 '포괄적 경제동반자 협정'을 맺고 산업, 통상, 에너지 분야에서 협력을 강화하기로 함<sup>12)</sup>

10) 출처 : IEA

11) UAE의 Petrolyn Chemie의 특수 목적 회사인 Helios Industry가 아부다비의 Khalifa 산업 지구에서 진행하는 10억 달러 규모의 녹색 수소 프로젝트도 중단된 것으로 보이며, 한국기업들이 참여하는 프로젝트도 2022년 6월 이후 개발에 대한 진전 소식이 없는 상황임([hydrogeninsight](#))

12) 한국석유공사, 삼성E&A, GS에너지 컨소시엄은 ADNOC와 청정수소 생산 및 도입 공동개발 전략적 합의를 체결하고, UAE 현지 블루암모니아 생산·도입, 국내 유통 인프라 투자, CCS 운송을 포괄하는 수소 밸류체인에 대한 공동 투자를 진행하기로 함

## [미국의 청정 수소에너지 확대를 위한 정책동향]

- 미국 에너지부(DOE)는 지난 2023년, 7개의 수소허브<sup>13)</sup>를 선정하고, 70억 달러(한화 약 10조원) 규모의 투자를 추진하겠다고 발표함
- DOE는 7개의 수소허브를 통해 2030년 미국 수소생산 목표의 3분의 1에 해당하는 연간 총 300만 톤의 수소를 생산하고, 연간 2,500만 톤의 이산화탄소 배출량을 감축할 것으로 예상하고 있음
- 이번 미 수소허브 프로젝트는 DOE 산하 OCED(Office of Clean Energy Demonstrations)가 관리·감독할 계획임<sup>14)</sup>

### <미국의 7대 수소허브>



그림출처 : 월간수소경제

- 미국의 수소지원법률인 BIL(Bipartisan Infrastructure Law)은 미국내 수소프로젝트에 총 95억달러(한화 약 13조원)를 투자하고, 2026년까지 수전해 수소 비용을 1kg당 2달러 미만으로 낮출 계획임
- 또한 BIL에 근거하여 DOE는 ‘국가 청정수소 전략·로드맵’을 발표하였으며, 이를 통해 2030년까지 연간 1,000만 톤, 2040년까지 2,000만 톤, 2050년까지 5,000만 톤의 청정수소를 생산할 계획임
- 한편, 바이든 대통령이 2022년 서명한 인플레이션감축법(IRA)도 청정수소 1kg당 최대 3달러의 세액공제를 제공한다는 내용을 포함함

13) Appalachian, California, Gulf Coast, Heartland, Mid-Atlantic, Midwest, Pacific Northwest

14) 출처 : 월간수소경제([www.h2news.kr/news/articleView.html?idxno=11558](http://www.h2news.kr/news/articleView.html?idxno=11558))

## [한국의 청정 수소에너지 확대를 위한 정책동향]

- 산업부는 지난 5월, 청정수소 인증 기준을 충족한 발전을 통해 생산된 전기를 구매·공급하는 청정수소발전 입찰시장을 개설하고, 이를 통해 발전 부문 발전단가 보전을 추진할 예정이라고 밝힘
  - 정부는 Well-to-Gate(원료채굴에서 수소생산까지) 기준으로 99% 순도 수소 1kg당 발생하는 온실가스 배출량이 4kgCO<sub>2</sub> 이하인 수소를 청정수소로 인증해 준다는 방침임<sup>15)</sup>
  - 이밖에 수소 10대 분야<sup>16)</sup> 40대 품목을 소 부장 핵심 전략기술로 지정하고, 제도적 지원을 확대할 계획임
  - 특히 수소 R&D 혁신을 위해 수소·연료전지 분야 R&D 신규사업 예산을 기존 28.2억원에서 향후 477.8억원으로 증가시키고, 6대 핵심기술<sup>17)</sup>에 대하여 대기업·중견기업은 R&D 비용의 40%, 중소기업은 최대 50%를 세액공제해줄 예정임
  
- 윤석열 대통령은 지난 6월, 원전으로 청정수소를 생산하는 울진 원자력 수소 국가산단 조성방안에 대한 예비타당성 면제를 결정했으며, 포항과 울진을 잇는 약 8,000억원 규모 동해안 수소경제산업벨트를 조성할 것이라고 밝힌 바 있음
  - 이는 한국의 신재생에너지 발전단가가 다른 국가들보다 상대적으로 높다는 점을 고려할 때, 다른 국가들보다 비교우위에 있는 원자력을 통해 그린수소를 생산하여 가격경쟁력을 확보하는 전략으로 보임
  - IEA에 따르면 한국은 주요국들과 비교해 에너지균등화비용(LCOE) 측면에서 원전이 가장 비교우위에 있는 반면, 태양광, 풍력 등은 일본과 더불어 생산 단가가 가장 높은 것으로 나타남<sup>18)</sup>
  - 또한 원전은 국내 무탄소 에너지 중 원가경쟁력이 가장 뛰어난 태양광 발전의 단가와 비교해도 절반 수준에 불과함

15) 단 선박운송 과정의 배출량은 한시적으로 제외하고, 수송을 위한 가압 공정 배출량, 설비제조 관련 배출량 등 간접 활동량 등은 배출량 산정에서 제외해 줄 예정

16) [1]수전해, [2]수소 충전소, [3]수소 운반차량, [4]액체수소 운송선, [5]모빌리티용 연료전지, [6]발전용 연료전지, [7]수소터빈, [8]암모니아 합성·분해, [9]수소 저장·배관, [10]수소엔진

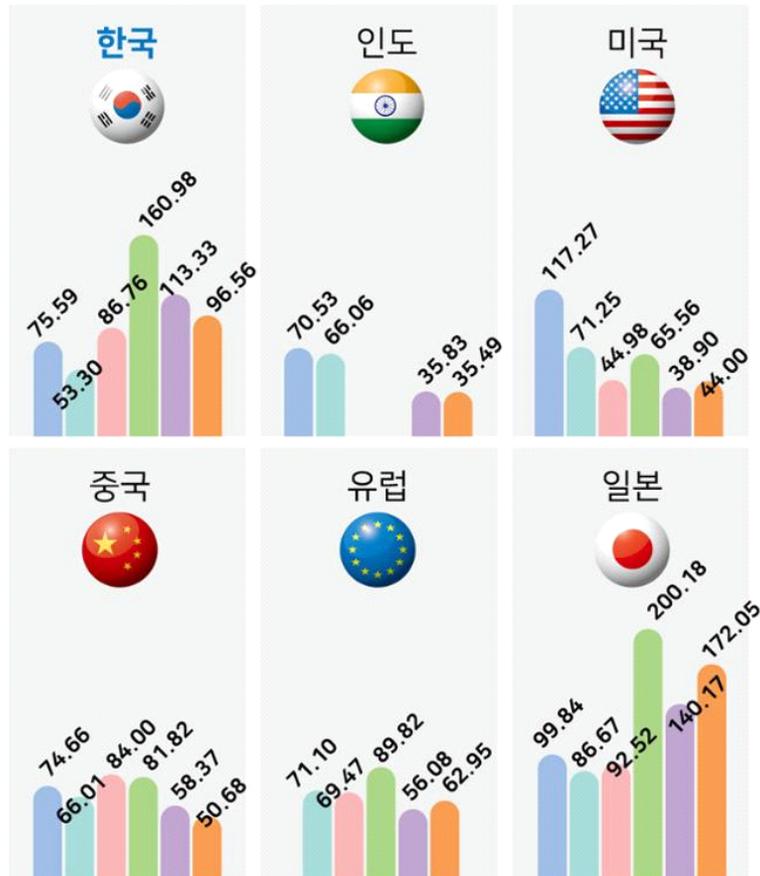
17) 수전해 기반 청정수소 생산기술, 수소연료 저장·공급 장치 제조기술, 수소충전소의 수소생산·압축·저장·충전설비 부품 제조기술, 수소차용 고밀도 고효율 연료전지시스템 기술, 연료전지 전용부품 제조기술

18) Projected Costs of Generating Electricity

## 국가별 에너지균등화비용(LCOE)

(단위 : 달러/MWh, 각 발전원에 7% 할인을 일괄 적용)

- 석탄
- 원전
- 가스복합 발전(CCGT)
- 해상풍력
- 육상풍력
- 태양광(대규모 발전단지)



자료: 국제에너지기구(IEA) '전력생산 비용전망(Projected Costs of Generating Electricity)' 최신 보고서

그림 출처 : 한국일보

### [수소에너지 활용 과제]

- 수소는 높은 에너지량을 갖고 있으며, 이를 전기와 열로 자유롭게 변환하여 사용할 수 있으므로, 질량 대비 매우 효율적인 에너지원임
  - 실제 수소의 질량당 화학에너지는 39.4kWh/kg으로 액화탄화수소, 즉 석유의 13.1kWh/kg에 비해 3배나 큰 것으로 알려져 있음
  - 하지만 수소분자는 적은 분자량과 질량을 갖고 매우 빠르게 움직이는 특성으로 인해 -253℃라는 극저온에서 겨우 액체 상태를 유지하며, 미세한 분자수준의 틈 사이로 빠져나가는 특성이 있어 증발로 인한 손실이 커서 저장 가능 기간이 짧다는 단점이 있음<sup>19)</sup>
  - 이러한 단점을 극복하기 위해 현재 암모니아에 대한 활용 연구가 활발하게 진행되고 있음

19) 액체수소 저장 용기는 특수합금과 고분자 화합물, 탄소섬유 등을 여러 겹으로 적층한 복합 구조로 제작해야 하며, 액화수소를 저장, 수송하는 과정에 매우 큰 비용이 발생하게 됨

## [암모니아 활용 전망]

- 암모니아는 질량 대비 에너지량이 수소의 1/6에 불과하나, 액체암모니아가 액체수소보다 부피당 에너지량이 70%이상 많음
  - 또한 액체암모니아는 별도의 냉각장치 및 특수한 보관용기 없이 비교적 쉽게 보관 및 운송이 가능<sup>20)</sup>하고, 대량생산이 용이함
  - 이러한 특성으로 인해 암모니아는 현재 대형 화물선 연료와 화석연료 발전을 대체하는 무탄소 연료로 주목받고 있으며, 많은 기업들이 암모니아 생산을 위한 투자를 진행하고 있음
  - [포스코]는 오는 2050년까지 수소 700만톤을 생산해 수소환원제철을 도입할 계획인 가운데, 필요한 수소를 암모니아에서 추출하기 위한 설비 기술개발을 진행중에 있음
  - [E1]은 캐나다 블루 암모니아 생산 기업과 업무협약을 맺고 CCS를 통한 블루수소를 연간 100만톤 규모로 2028년까지 도입할 계획임
  - [롯데케미칼]은 미국의 암모니아 생산 기업 CF INDUSTRIES와 청정 암모니아 MOU를 체결하고 국내에 청정 암모니아를 공급할 계획임

### 암모니아에 빠진 대기업들

<b>삼성</b> <b>SAMSUNG</b>	<b>청정수소 공급망 구축</b> -말레이시아·사우디아라비아·UAE 청정수소· 암모니아 공급망 구축 <b>삼성중공업 암모니아 운반선, 추진선 개발</b>
<b>SK</b> 	<b>SK이노베이션, 암모니아 기반 수소연료전지기업 '아모지' 투자</b> <b>SK에코플랜트·SK E&amp;S, 청정수소·암모니아 사업 개발</b> <b>SK가스 청정암모니아 공급망 구축</b>
<b>현대차</b> <b>HYUNDAI</b>	<b>그린암모니아협의체 참여, 수소연료전지차 공급</b> <b>호주와 암모니아 분해기술 MOU</b>
<b>롯데</b> 	<b>청정수소 생산 및 인프라 개발</b> -롯데케미칼, 2030년까지 120만t 청정수소 생산 -암모니아 광분해 연구, 청정암모니아 개발 투자
<b>포스코</b> <b>POSCO</b>	<b>청정수소 혼소발전사업</b> <b>수소환원제철로 탄소발생 감축</b> <b>청정수소·암모니아 공급망 구축</b>
<b>두산</b> <b>DOOSAN</b>	<b>혼소발전 개발</b> -두산에너지빌리티, 그린암모니아 혼소발전 투자 -수소가스터빈 개발, 가스복합발전소 건설

자료: 각사

The JoongAng

그림 출처 : 중앙일보

20) 암모니아의 액화조건 : -33℃

- [SK이노베이션]은 암모니아에서 수소를 추출하여 수소연료전지로 활용하는 기술을 가진 기업 Amogy에 5,000만 달러를 투자함<sup>21)</sup>

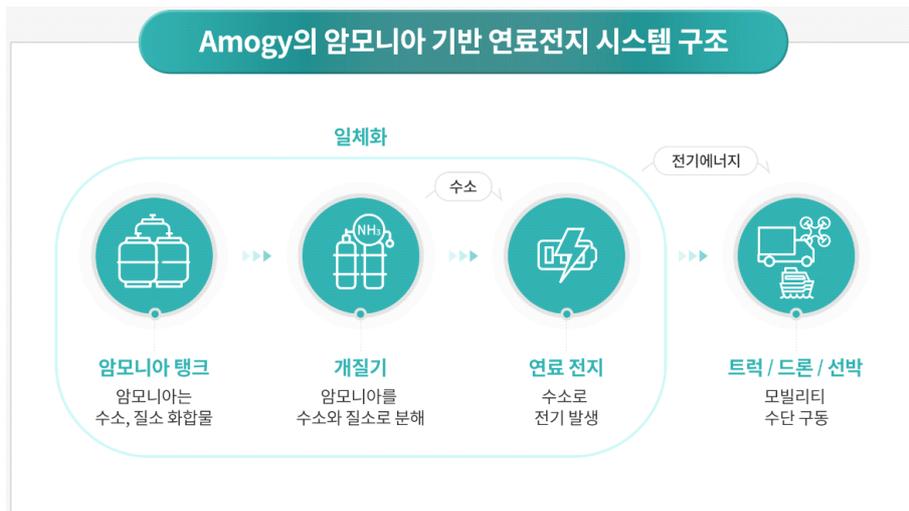


그림 출처 : SK이노베이션

- [고려아연]은 호주에서 그린수소/암모니아를 국내로 수입하기 위해 한화임팩트, SK가스과 함께 수소(한호H2)컨소시엄을 출범하고, 오는 2030년까지 연간 100만톤 이상의 그린암모니아를 수입할 계획임
- 고려아연은 이를 위해 호주 퀸즐랜드에 약 19만 헥타르 규모의 콜린스빌 그린에너지 허브를 조성중임

### <고려아연의 그린수소 밸류체인>

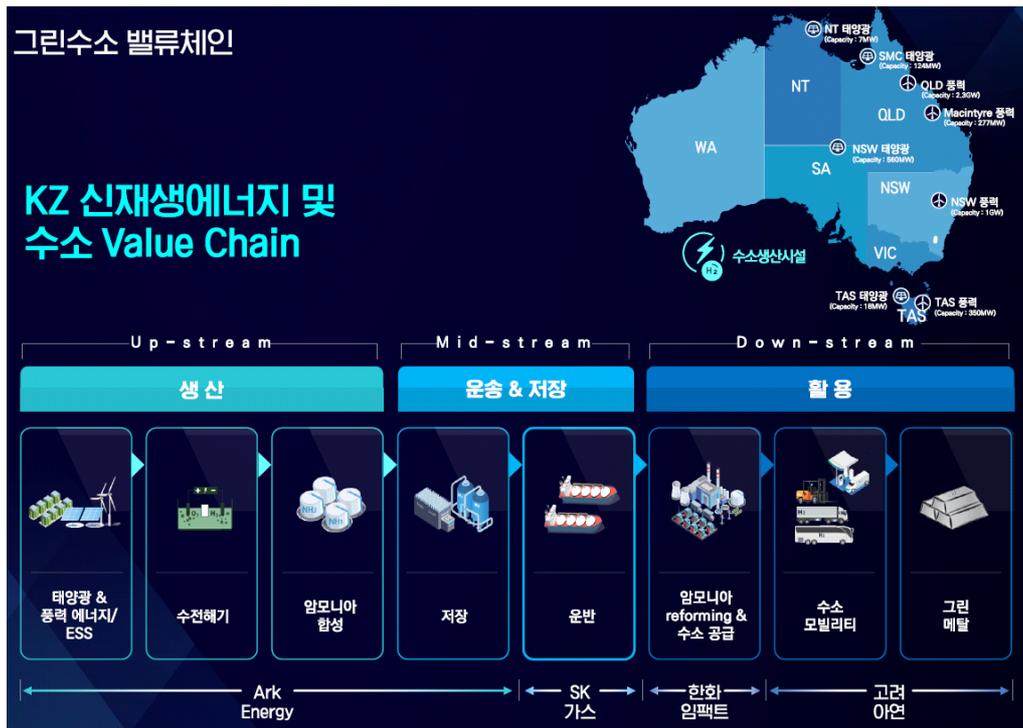


그림 출처 : 고려아연

21) SK이노베이션 외에도 싱가포르 테마섹, 고려아연, 아람코, 아마존 등이 총 2억2천만달러 규모로 투자

## 2. 발전·수송분야 수소 및 암모니아 활용 전망

- 제11차 전략수급기본계획은 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 및 2050탄소중립 이행을 위해 수소 및 암모니아 발전 비중을 2030년까지 15.5 TWh(2.4%), 2038년까지 38.5 TWh(5.5%)<sup>22)</sup>로 늘릴 계획임

〈제11차 전략수급기본계획 에너지믹스(단위 TWh)〉

구분	원전	석탄	LNG	신재생	수소 암모니아	기타	합계	탄소	
								탄소	무탄소
2030년	204.2 (31.8%)	111.9 (17.4%)	160.8 (25.1%)	138.4 (21.6%)	15.5 (2.4%)	10.6 (1.7%)	641.4 (100%)	301.9 (47.1%)	339.4 (52.9%)
2038년	249.7 (35.6%)	72.0 (10.3%)	78.1 (11.1%)	230.8 (32.9%)	38.5 (5.5%)	32.5 (4.6%)	701.7 (100%)	209.1 (29.8%)	492.6 (70.2%)

- 무탄소 전원 : 원전 + 수소·암모니아 + (신재생- 연료전지·IGCC)
- '38 무탄소 전원: 원전(35.6%)+ 수소·암모니아(5.5%)+ 재생(29.1%) = 70.2%

- 이에 따라 정부는 2038년까지 설계수명이 도래하는 석탄화력발전 12기를 양수·수소발전으로 전환한다는 계획임
- 또한 잔존수명이 10년 이상인 석탄 발전은 수소화합물 혼소로 대체하고, 수명도달 시 수소혼소 및 전소로 대체할 계획임
- 한편 우리정부는 여건상 RE100 달성이 현실적으로 불가능하다고 인식하고, 대신 원자력을 포함한 CF100을 추진하고자 함
- 공공 발전사들은 2030년 이후 석탄 발전의 이용률이 40% 이하로 하락하고, 향후 10년 내에 석탄 발전의 수익률도 10%p 이상 하락할 것으로 전망하고, 이를 대체할 수소발전에 대규모 투자를 진행 중임

<b>남동발전</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여수 1,2호기 대상 수소화합물 혼소실증사업 추진(에기평 국책과제)</li> <li>• 영흥 청정 수소화합물 인수터미널 구축사업 추진(석유공사와 협업)</li> </ul>
<b>중부발전</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '40년까지 연료전지 설비 1GW 확보</li> <li>• 보령 청정수소연 25만톤 생산 추진(SK E&amp;S와 협업)</li> </ul>
<b>서부발전</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수소혼소 발전 실증사업 추진(한화임팩트와 협업)</li> <li>• UAE 그린수소·암모니아 공동개발 협약</li> </ul>
<b>동서발전</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,015MW 수소 연료전지 설비 확보('20년 기준 95MW)</li> <li>• 당진화력 9호기 대상 암모니아 혼소실증 국책과제 추진</li> </ul>
<b>남부발전</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수소·암모니아 혼소발전 상용화('30)</li> <li>• 부산 중심 수소·암모니아 인프라 구축</li> </ul>

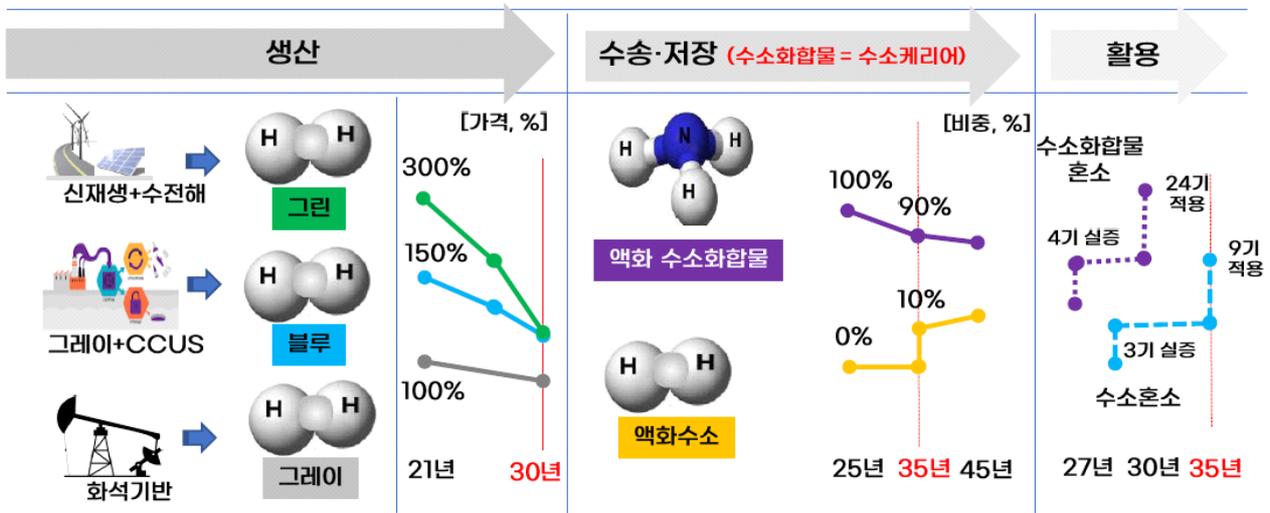
22) 38.5 TWh는 약 4.4GW발전 용량의 발전설비를 1년간 100% 가동한 전력량에 해당

- 또한 민간 발전기업들도 수소발전을 위한 다양한 투자를 진행 중임

기업	투자분야	투자금액
S K	- 대규모 액화플랜트 구축, 연료전지 확대 등	18.5조원
포스코	- 부생수소 생산 및 해외 청정수소 도입 - 수소 환원제철 개발로 탄소감축	10.0조원
한화	- 수전해 방식 그린수소 R&D 실증 및 생산 - 수소저장설비 등	1.3조원

○ 정부는 석탄 화력에 암모니아 혼소(20%)발전을 추진하여 2027년에 실증을 거쳐 2030년에 석탄발전소 24기에 적용하여 연간 약 1,100만톤을 활용한다는 계획임

- LNG복합에는 수소 혼소(30%)발전을 추진하여 2028년에 실증을 거쳐, 2035년에 LNG 발전소 9기에 적용하여 활용하고자 하며, 필요한 수소는 해외에서 암모니아로 수입할 계획임



참고자료: 에경연보고서, IEA 보고서, BNEF2021  
LNG가격이 MMbtu당 3달러 가정, 2030~2035년 신재생LCOE가 40~50달러/MWh 이하로 떨어진다는 가정하에 블루수소 수준 전망

- 한편, 현재 여러 기업들이 2027~2030년 상용화를 목표로 LNG복합 수소혼소 발전 기술 개발을 진행중에 있음

### 기술개발 로드맵



## [해양 수송 분야]

- 선박의 온실가스 배출에 대한 규제가 강화될 것으로 전망되는 가운데, 청정 암모니아 및 그린에탄올을 원료로 하는 친환경 선박에 대한 수요가 증대될 것으로 전망되고 있음
- 지난 3월 개최된 ‘제81차 해양환경보호위원회(MEPC81)’에서 국제해사기구(IMO)<sup>23)</sup>는 2027년부터 전 세계 모든 선박이 배출한 온실가스에 탄소세를 부과하기로 합의했다고 밝힘<sup>24)</sup>
- 하지만 EU를 중심으로 IMO에 2050년까지 ‘탄소 배출 제로’(0) 달성을 요청하고 있으며, 이에 따라 선박에 대한 온실가스 감축 규제는 더욱 강화될 것으로 전망되고 있음
- IEA는 또한 청정수소와 암모니아는 2050년 선박 연료의 60%를 차지하고, 특히 암모니아는 45%를 차지할 것으로 전망함

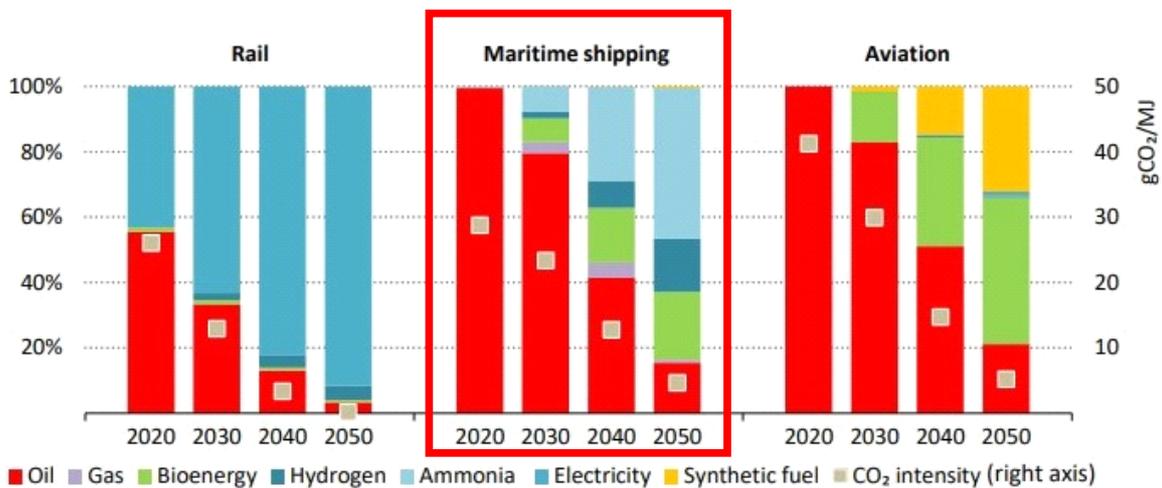


그림 출처 : IEA

- 이러한 가운데 정부는 탄소중립 선박을 위한 기술 개발 로드맵을 발표하며, 암모니아·수소를 사용하는 선박과 CCS를 통해 무탄소 운행을 할 수 있는 선박의 기술 개발을 지원할 방침임
- 특히 정부는 우리 조선업이 전체적인 경쟁력은 높지만 핵심기술을 해외에 상당 부분 의존하고 있다고 지적하며, 탄소중립 선박의 핵심기술 개발을 통해 국산화율 90% 이상을 달성할 계획임

23) IMO는 선박의 국제적 운영에 관한 규제와 국제법 등을 관장

24) IMO에 따르면 현재 해상운송은 지구전체 온실가스 배출량의 약 3%를 차지하며, 2050년까지 2008년 대비 온실가스 50% 감축이라는 목표 달성을 위하여 톤당 탄소세를 최소 20달러에서 최대 250달러까지 부과할 예정

탄소중립 선박 분야 기술 혁신 로드맵(안) 주요 내용

탄소중립 내연기관	연료전지 배터리	전기추진 시스템	연료후처리·효율향상
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수MW급 LNG-암모니아 혼소엔진 실증</li> <li>- 20MW급 암모니아엔진, MW급 수소엔진 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MWh급 대용량 연료전지 시스템 개발 및 실증</li> <li>- 액체수소 저장탱크 및 연료공급 시스템 개발</li> <li>- MWh급 고출력 배터리 및 제어시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기 추진 시스템 국산화율 95% 이상</li> <li>- 에너지 통합제어 효율 5% 이상 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 후처리 요소기술 개발 및 고도화</li> <li>- BOG 처리기술</li> <li>- 연료슬립 처리기술</li> <li>- 배기가스 후처리 기술</li> <li>- 에너지 효율 30% 이상 향상</li> <li>- 최적 선형 구축</li> <li>- 효율향상 장치</li> <li>- 소재 경량화</li> <li>- 풍력 보조 추진 등</li> </ul>

그림 출처 : 가스신문

- 한편, 글로벌 조선시장에서 중국 조선사들이 메탄올 선박 수주를 독점하고 있는 반면 우리나라는 암모니아와 수소에 집중하고 있음
  - 영국의 조선·해운분석기관인 Clarksons<sup>25)</sup>에 따르면 2024년 상반기 전체 신규선박 수주의 3분의 1, 톤수 기준으로는 41%가 친환경 선박으로 발주된 것으로 나타남<sup>26)</sup>
  - 지난 5월 말 기준 전세계 발주된 메탄올 추진 선박 38척 중 중국 조선소에서 총 36척(95%)의 수주를 따냈으며, 중국 정부의 막대한 지원아래 관련 기술 개발도 빠르게 진행중에 있음<sup>27)</sup>
  - 국내 조선소들은 메탄올 대신 고도의 기술력이 필요한 암모니아와 수소에 집중하고, 수소연료 추진선을 목표로 기술 개발을 진행중
- 글로벌 물류기업인 [Maersk]는 2040 탄소중립 목표를 설정하고, 2030년까지 온실가스 직접배출 35%를 감축하기 위해 친환경 선박 건조에 막대한 투자를 진행하고 있음.
  - Maersk 자회사인 Maersk Tankers는 국내 조선소에 초대형 암모니아 운반선(VLAC)을 최대 10척 발주하였으며, 암모니아 연료로 항행하는 선박 개발을 진행중에 있음<sup>28)</sup>

25) [Clarksons](#) : Maritime & Shipping Research Services

26) 전체 발주량 310척 중 LNG 109척, 메탄올 49척, 암모니아 15척, LPG 42척, 수소 4척 등

27) 지난해 CSSC그룹에의 연구개발(R&D) 투자 정보 보조금은 1,284억원이었으며 중국 최대 민영조선사인 양자강선업(YZJ)의 R&D 투자액도 전년 대비 40.5% 증가

28) Maersk Tankers가 발주한 VLAC은 현재 운항 중인 암모니아 운반선 중 가장 큰 규모

### 3. 시사점 및 대응전략

#### [수소·암모니아 활용 전망]

- 현재 kg당 2.38~12달러 수준인 청정수소는, 2050년까지 0.5~1.5달러 수준까지 낮아질 것으로 예상되며, 탄소중립 이슈와 맞물려 청정수소 시장은 향후 크게 확대될 것으로 전망되고 있음
  - [발전 분야]의 경우, 암모니아 혼소발전은 2030년부터, 수소 혼소발전은 2035년부터 본격화될 것으로 전망됨
  - [수송 분야]의 경우, 암모니아를 연료로 활용하는 무탄소 선박이 확대되고, 장기적으로 수소를 직접 연료로 활용하는 기술도 개발되어 활용이 확대될 것으로 전망됨
  - [철강 분야]의 경우, 2050탄소중립 달성을 위해 수소환원제철 기술의 도입이 필수적이기 때문에 중장기적으로 대량의 청정수소 수요가 발생하고, 이에 대한 안정적 공급망 구축이 필요할 것으로 전망됨
- 정부는 청정수소의 생산과 관련하여 점차 자급률을 높여 2050년에는 60%까지 국내 생산한다는 계획이며, 이를 위해 에너지균등화비용 측면에서 비교우위에 있는 원전을 적극 활용할 것으로 전망됨

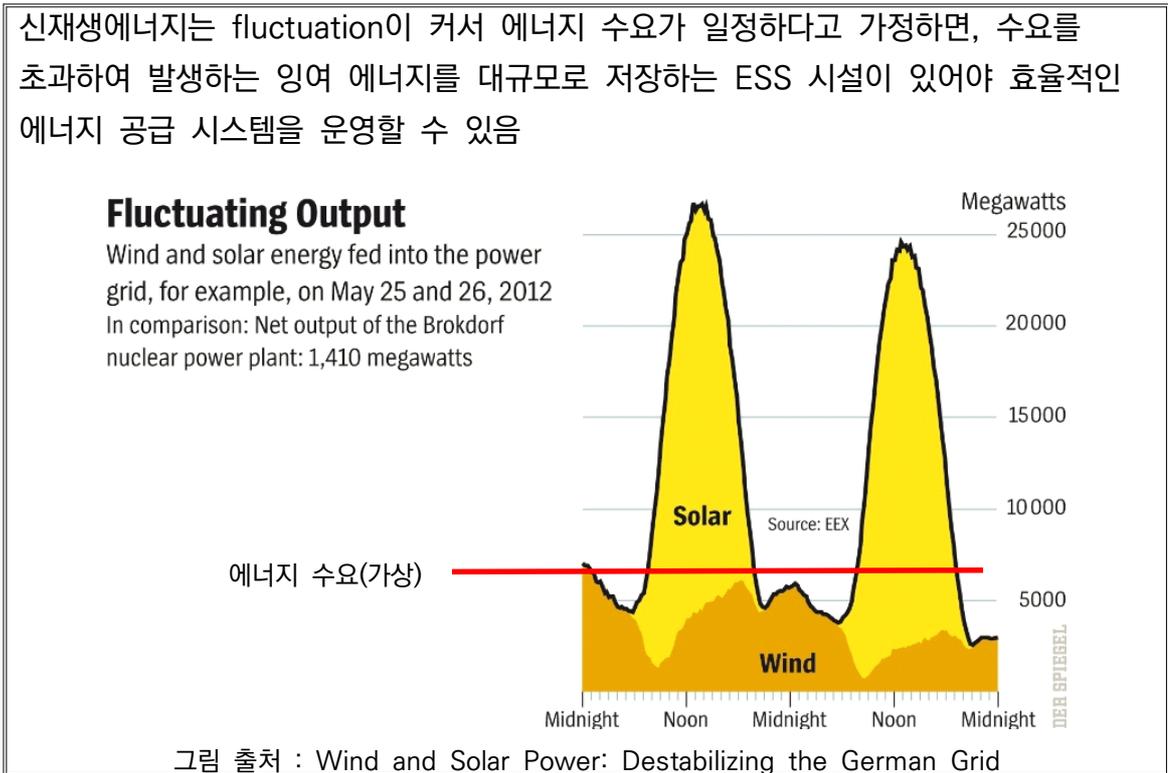


그림 출처 : 한국에너지기술연구원 수소에너지연구소

- 수소보다 상대적으로 보관 및 수송이 용이한 암모니아는, 수소보다 먼저 활용이 확대될 것으로 전망되므로, 이를 안정적이고 저렴하게 공급할 수 있는 공급망을 구축이 필요함

## [수소·암모니아 활용시스템의 효율성]

- 청정수소·암모니아는 신재생에너지 등으로 생산된 전기로 물을 수전해 하여 생산하는데, 이 과정에서 에너지손실이 발생하므로 일부 사람들은 수소를 매우 비효율적인 에너지로 인식하고 있음
- 하지만 신재생에너지의 발전량은 환경에 따라 변동성(fluctuation)이 매우 크기 때문에 에너지 공급이 수요를 초과할 경우 손실되는 에너지를 저장하는 점을 고려하면, 수소의 활용 가치는 크게 증대됨



- 대용량 에너지의 중장기 저장 측면에서 수소·암모니아는 효율적인 저장수단으로 많은 기업들이 관련 시스템 개발에 나서고 있음
- 미국 유타주에서는 Mitsubishi Power와 Chevron의 합작 투자인 ACES가 재생 에너지를 사용하여 매년 150,000톤의 녹색 수소를 생산하고 이를 지하 동굴에 저장하는 Advanced Clean Energy Storage(ACES) 프로젝트<sup>29)</sup>를 진행중에 있음
- Battolyser Systems는 완전히 충전되면 전해조로 전환되는 배터리라는 혁신적인 기술을 개발중이며, 에너지 저장과 청정수소 생산을 동시에 수행할 수 있는 솔루션을 제공할 수 있음

29) 이 수소는 델타에서 건설 중인 840MW 혼합 가스 발전소인 Intermountain Power Project에 연료를 공급하는 데 사용될 예정이며, 2025년부터 30%의 수소를 혼합하여 2045년까지 100% 수소 발전을 달성할 계획

- IEEE Transactions on Engineering Management에 따르면 이러한 시스템은 현재의 에너지 시스템보다 약 60% 효율적일 것으로 추정함

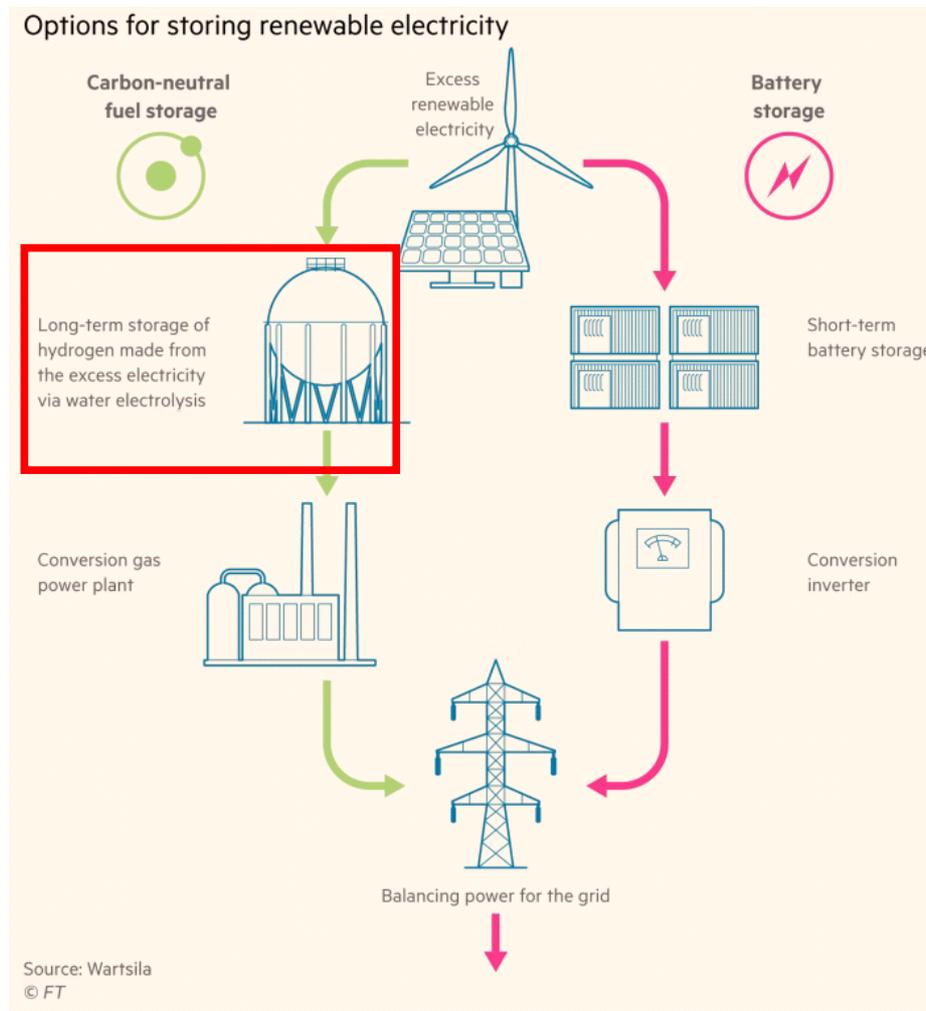


그림 출처 : 파이낸셜 타임즈

- 향후 세계 수전해장비 시장은 2030년까지 100억달러 규모로 크게 성장할 것으로 예상되며, 주요 글로벌 기업들은 수소와 ESS의 하이브리드 에너지저장 시스템 기술 개발을 추진중임
- 이러한 가운데, 우리 기업들도 경쟁력을 확보하기 위해서는 서둘러 관련 기술 개발 및 특허 획득에 나서야할 것으로 보임

### [이해관계자 협력 확대 필요성 및 대응전략]

- 기업은 청정수소·암모니아는 저렴하고 안정적인 공급망을 확보하고기 위한 협력 네트워크를 구축하고, 관련 기술 확보를 위해 정부의 기술개발 및 상용화 지원 프로그램을 활용할 필요가 있음
- KBCSD는 정부, 공공기관, 회원사 간 관련 정보교류 및 협력 네트워크를 확대하고, 주요국들의 규제 동향, 글로벌 기업들의 대응 동향, 관련 기술 동향 등 유용한 정보를 제공해 나가고자 함