

# 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망

길형배·오승훈·김희태·김철후·이지은

- ❶ 서론
- ❷ 국가별 수소 정책 현황
- ❸ 수소밸류체인별 시장
- ❹ 수소밸류체인별 주요 기관
- ❺ 결론 및 시사점



# 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망

길형배·오승훈·김희태·김철후·이지은

- ❶ 서론 / 1
- ❷ 국가별 수소 정책 현황 / 4
- ❸ 수소밸류체인별 시장 / 9
- ❹ 수소밸류체인별 주요 기관 / 15
- ❺ 결론 및 시사점 / 22

## 기계기술정책 원문 찾아보기

- ☐ 한국기계연구원 홈페이지-새소식-기계기술정책
- ☐ 웹페이지 : [https://www.kimm.re.kr/pr\\_policy](https://www.kimm.re.kr/pr_policy)

※ 웹페이지에서 다운로드 시, 정기구독을 신청하시면 이메일로 받아보실 수 있습니다.

## Executive Summary

- 수소산업 활성화를 위해 인프라(생산, 저장) 분야 중심의 정부의 정책적 주도 및 수소 활용 분야의 민간주도의 투자가 필요하며, 성공사례 제시로 글로벌 주도권 확보 필요
  - 탄소중립·미세먼지 저감·신 사업군 형성 등의 이유로 수소 밸류체인을의 각 국가별 정책과 주요 기관들의 사업이 활발히 추진되고 있음
    - 특히 무탄소 수소생산·저장·활용의 기술에 대한 투자가 진행되고 있으며 선도적 입지를 차지하기 위한 전략이 추진되고 있음
      - 수소 밸류체인 형성을 위한 각 국가의 정책, 사업전략이 추진되고 있음<sup>1)</sup>
- (○: 낮음, ◐: 보통, ◑: 높음, ◒: 매우 높음)

<표> 각 국가별 수소 정책 추진 현황

국가	분류	생산	저장·유통	활용	주요 정책 내용
한국		◑	◑	◒	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 그린수소 R&amp;D·실증 지원</li> <li>▪ 액화수소 충전소 구축, 수소차 보급 확대(2030년)</li> </ul>
일본		◑	◒	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 액상수소 저장, 액상 변환 기술 실증</li> <li>▪ 수소차, 수소버스 대규모 보급 예정(2030년)</li> </ul>
독일		◒	◒	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수전해 기술, 그린수소 연료전지발전소 실증</li> <li>▪ 액화수소 중심의 정책 추진, 수소 보조금 확대</li> </ul>
미국		◑	◑	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2030년 자국 수소 자급률 100% 달성 계획</li> <li>▪ 수소 충전소 확대 구축 및 수소차 보급 확대</li> </ul>
중국		◐	○	◒	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 부생수소 중심의 수소 생산 정책 추진</li> <li>▪ 수소차 보조금 확대 및 수소차 육성 정책 추진</li> </ul>

<표> 각 국가별 주요 기관의 수소산업 추진 전략

국가	분류	생산	저장·유통	활용	주요 추진 전략
한국		◑	◑	◒	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 부생수소 활용 수소 생산사업 투자 확대</li> <li>▪ 액화수소, 수소차 중심의 R&amp;D·사업 진출</li> </ul>
일본		◑	◒	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현지 수소의 액상저장 및 액화에 대한 실증</li> <li>▪ 그린암모니아, 수소가스터빈 등 신기술의 사업화</li> </ul>
독일		◑	◒	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존 네트워크 활용 아시아·태평양 시장 진출</li> <li>▪ 수전해 기술의 사업 가시화, 수소공장 개념도입</li> </ul>
미국		◐	◑	◑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수소 생산의 효율화 연구 진행</li> <li>▪ 수전해, 연료전지 고효율화에 대한 R&amp;D 진행</li> </ul>

- 독일, 일본에 비해서 수소 생산·저장 관련 기술 가중치는 낮음
  - 그린수소, 그린암모니아 등의 친환경 수소생산·저장에 관한 기술의 관심도를 높일 필요가 있음

1) 각 국가별 정책보고서와 기관별 공개보고서·동향을 분석하여 기술 가중치를 자체적으로 수치화하였음



## 1. 서론

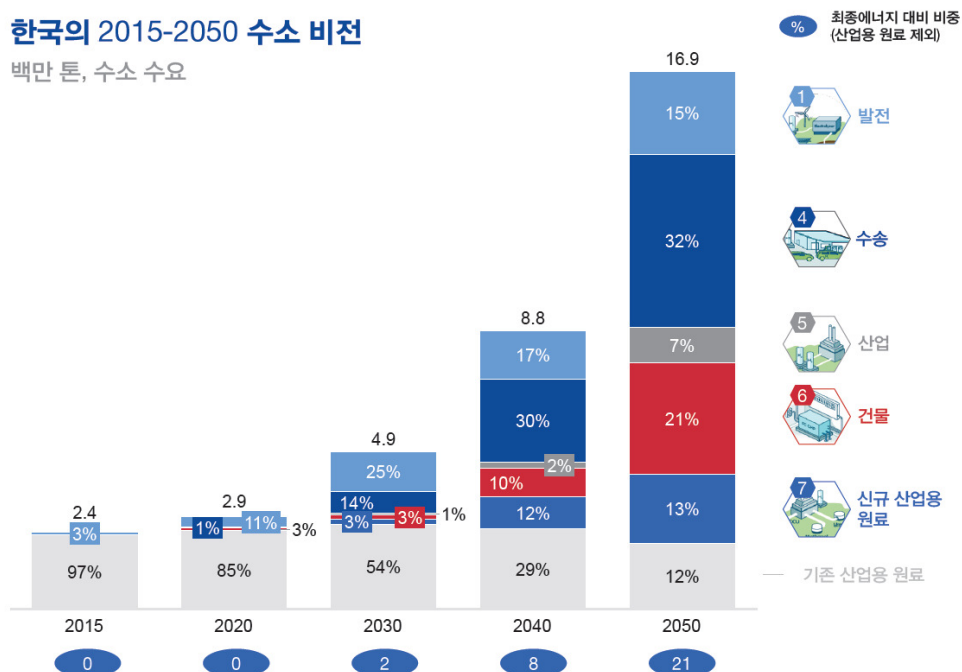
□ 교토의정서(1997) 이후 이어진 탄소 감축을 통한 기후변화 대응 방향이 2020년 전후로 주요국 탄소중립 선언으로 탄소 배출을 제로화하는 방향으로 전환

○ 탄소중립을 위한 핵심 솔루션으로 무탄소 친환경 에너지에 대한 관심이 고조

- 온실가스 감축목표 달성을 위하여 정부는 2050 탄소중립 정책을 시행2)
- \* (참고)탄소중립: 배출탄소와 흡수탄소량을 같게 하여 순배출을 0이 되게 하는 것
- \*\* (한국) 2030년까지 2017년 온실가스 배출량 대비 24.4% 감축 목표 제시
- 탄소중립 정책에 맞춰 2030년까지 국내 총발전량의 20%를 신재생에너지로 보급하고 63만 대의 수소자동차를 보급 목표
- 신재생에너지에 대한 관심도가 증가하고 있으며 무탄소 자원이면서 취득과 활용이 용이한 수소가 주목받고 있음
- 수소는 출력밀도와 에너지 저장량이 높은 자원으로 차세대 친환경 에너지 자원으로 분석되고 있음

### 한국의 2015-2050 수소 비전

백만 톤, 수소 수요



<그림 1> 한국의 2015-2050 수소비전<sup>3)</sup>

2) 대한민국 정책브리핑 중 '2050 탄소중립' 인용·재구성 (2020.12)

3) 2018 한국 수소 산업로드맵 보고서(Hydrogen Korea Study Team)를 인용

## □ 새로운 환경문제로 등장하고 있는 미세먼지 저감 중요성 부각

- 화석연료 기반의 내연기관 사용으로 발생하는 미세먼지의 보건·환경적인 문제로 인하여 미세먼지 저감 필요성이 증대
  - 질소산화물(NOx)은 디젤차 등의 수송부문에서 다량 배출되고 있고 인구밀집도가 높은 수도권<sup>4)</sup>의 경우 전체의 76% 차지<sup>4)</sup>
    - \* 질소산화물(NOx)은 연간 125만 톤(전체 42%, 2016년 기준) 발생하며, 전체 발생량 중 수송부문이 61.1% 이고 수도권의 경우 수송부문이 76%
  - 국내 경유차가 차지하는 비율은 2004년 5,385,441 대(36.1%), 2015년 8,622,179 대(41.1%), 2019년 9,957,543 대(42.1%)로 증가 추세
  - 따라서 내연기관 자동차를 전기·수소차로 전환하는 정책 추진 및 완성차 제조사의 친환경차 양산 확대에 이어짐
    - \* 자국 내 내연기관차 신차 판매 금지: (2030년) 한국, 네덜란드, 독일, 인도, (2035년) 일본, (2040년) 영국, 프랑스

## □ 수소 산업이라는 새로운 산업군 형성

- 수소 산업이라는 새로운 밸류체인 구축으로 신성장 미래동력 산업으로 전망되고 있음
  - \* 수소의 생산·저장·운송·충전·판매·활용에 관한 산업을 수소 산업으로 정의<sup>5)</sup>
  - (국내) 2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고 수소경제 국가로 도약하기 위한 목표 제시
  - (국외) 주요 선진국을 중심으로 수소 밸류체인을 구축하기 위해 정부 주도형 R&D 및 실증 프로젝트를 진행<sup>6)</sup>
    - \* 독일-2030년까지 수소차 180만 대 보급, 수소충전소 1,000 개소 설치 목표
    - \*\* 일본-2030년까지 수소충전소 900 개, 연료전지차 80만 대, 연료전지 버스 1,200 대 등을 공급할 계획
  - 수소는 수송 분야 외에 열·전기 등의 에너지 산업에도 활용이 가능한 자원으로 발전가능성이 매우 큰 신재생에너지임

4) 미세먼지 관리 종합계획(2020-2024), 관계부처 합동(2019) 자료 재구성

5) 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(수소법) 제 2조(정의)를 한국기계연구원이 인용 및 재구성

6) 수소 생산기술 동향 및 시장 선점을 위한 기술개발 전략, KDB산업은행 자료 재구성



- 수소 활용 분야에서 세계적인 기술을 확보하고 있고 자동차·조선·석유화학 산업과 연계하면 수소 경제 선도 가능
  - 수소 경제의 효과는 누적 1조 원 수준으로 2022년 16조 원, 2030년 25조 원 규모로 성장할 것으로 전망<sup>7)</sup>
  - 수소 생산부터 활용까지 밸류체인별 다양한 산업이 존재하며 기존 산업 인프라를 활용한 수소산업군 형성 가능
    - \* 석유화학, 철강, 자동차 중심의 중화학공업의 인프라를 활용한 수소생산·저장·운송·활용의 밸류체인 구축이 가능함
  - 특히 수소 생산, 운송·저장, 충전 등의 인프라 구축은 화학·기계·설비 등의 관련 산업의 새로운 부흥과 시장 및 고용확대가 전망됨



<그림 2> 한국의 수소 경제 개념도<sup>8)</sup>

7) 대한민국 정책브리핑 중 수소 경제 부분을 활용하여 한국기계연구원이 재구성

8) 대한민국 정책브리핑 중 수소 경제 개념도를 인용

## 2. 국가별 수소 정책 현황

### □ 한국(수소 경제 활성화 로드맵)

- 수소 경제 활성화 로드맵(2019.1.)를 필두로 다양한 수소산업 활성화 정책이 추진되었음
- 수소 활용 산업에서의 가시적 성과를 기반으로 수소 밸류체인의 활성화를 위한 정책적 지원이 진행되었음

〈표 1〉 수소산업 활성화를 위한 한국의 수소관련 주요 정책 내용<sup>9)</sup>

정책명	주요 내용
수소 경제 활성화 로드맵(2019.1.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (생산) 2040년까지 공급량 526만 톤/년, 가격 3,000 원/kg 달성</li> <li>▪ (저장·유통) 수소액화·액상 저장기술 개발, 고압기체수소 튜브트레일러 경량화, 수소 주배관 건설</li> <li>▪ (활용) 2040년까지 수소차 620만 대 생산, 연료전지 발전용 15 GW, 가정 및 건물용 2.1 GW 보급</li> </ul>
수소 인프라 및 충전소 구축방안 (2019.10.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (생산) 생산방식의 다양화, 수소 수요 적절 대응, 수소 가격지속 안정화</li> <li>▪ (저장·유통) ‘수소유통센터’ 설치 추진, 대용량 튜브트레일러 제작, 파이프라인 건설, 액화 운송 확대 등으로 수소가격 체계 구축</li> <li>▪ (충전) 2022년 주요도시 250 기, 교통거점 60 기에 총 310 기 충전소 구축</li> </ul>
수소 기술개발 로드맵 (2019.10.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (생산) 2030년까지 고효율·대용량 수전해 시스템(50 kWh/kgH<sub>2</sub>, 100 MW) 기술 개발, 신재생에너지 연계 수소 생산 실증 추진</li> <li>▪ (저장·운송) 기체저장·운송 기술 고도화(고압·대용량), 액상유기수소화물 원천기술 확보 및 액체수소는 상용화 추진</li> <li>▪ (활용) 연료전지 플랫폼 활용 다양한 운송수단에 적용, 각 제품별 운영환경에 따른 기술개발 추진</li> <li>▪ (인프라) 안전성확보를 위한 실증 데이터베이스 구축, 평가시스템 도입</li> </ul>
수소법 제정 (2020.1.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저압 수소용품과 수소연료 사용시설 안전확보를 위한 법적 근거 마련</li> <li>▪ ‘수소경제위원회’ 구성 및 운영</li> <li>▪ 수소산업진흥, 수소유통과 안전 등의 수소경제 이행 추진체계 마련</li> </ul>
수소 경제 민간투자 계획 및 정부 지원방안 (2021.3.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (생산) 청정수소 인증제, 그린수소 R&amp;D, 청정수소 도입 인프라 구축 지원</li> <li>▪ (저장·유통) 대규모 액화플랜트 투자 및 액화수소충전소 구축</li> <li>▪ (활용) 다양한 수소 모빌리티 출시 및 청정수소 연료전지 보급</li> <li>▪ (인프라) 수소 전문기원 지원, 혁신조달, 세제혜택 등을 통해 지원</li> </ul>

9) 대한민국 정부 정책브리핑 자료를 한국기계연구원이 재구성

- 그린뉴딜정책을 기반으로 차세대 에너지로 수소를 선정하고 집중 육성
  - 그린뉴딜은 경제기반의 친환경·저탄소 전환의 가속화를 목표로 에너지 절약·신재생에너지 사용 확대를 추진 전략으로 함
  - 자연환경의 영향을 크게 받지 않는 수소가 미래 에너지원으로 주목받고 있으며 수소경제를 구축을 필요로 함
    - \* 2020년부터 수소경제위원회가 발족, 2021년 현재 3차 수소경제위원회 활동 중
- 수소의 생산부터 운송·저장·충전·활용에 이르는 밸류체인을 원천기술을 확보 및 조기 상용화를 목표로 함

〈표 2〉 한국의 최근 수소 정책 현황<sup>10)</sup>

분야	내용
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 청정수소 인증제 도입, 그린수소 R&amp;D·실증 지원</li> <li>▪ 청정수소 도입 인프라를 선제적으로 구축, 청정수소 조기 상용화 지원</li> </ul>
저장·유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 액화수소 관련 안전규정 2021년 내 마련</li> <li>▪ 대규모 부생수소 출하 시점에 맞추어 액화수소 밸류체인 전반을 일괄 지원</li> <li>▪ 대용량 수송이 가능한 액체수소 생산 실증사업 추진, 액체 충전소 구축</li> <li>▪ 충전소-2020년 100 기→2022년 310 기→2030년 660 기로 확대 설치</li> <li>▪ 부생수소를 수송용으로 전환 시 탄소배출권 등의 인센티브 부여</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수소발전 의무화제도 입법</li> <li>▪ 2040년, 연료전지 보급량 8 GW 달성</li> <li>▪ 승용차-2020년 1.6 만대, 2030년 81 만대까지 보급, 버스- 2022년 수소버스 도입, 2030년 2 만대 보급 확대</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국판 'Hydrogen Council<sup>11)</sup>'인 수소위원회 결성 지원</li> <li>▪ 수소 산업진흥 전담기관(H2Korea) 설치 및 수소 산업 특성화 대학원 신설(수소산업 인재 공급)</li> </ul>

## □ 일본(수소·연료전지 전략로드맵)<sup>12)</sup>

- 후쿠시마 원전사고 후 자립형 에너지 공급을 위한 수소경제 집중 육성 정책 강화
  - 2020년, 수소 밸류체인의 지원 정책인 수소연료전지 전략로드맵 발표
    - \* 2014년 “신에너지 기본계획”, 2017년 “수소 기본 전략”, 2020년 “수소연료전지 로드맵” 발표

10) 제3차 수소경제위원회 보도자료를 한국기계연구원이 재구성

11) 현재 Hydrogen Council에는 BP, Air Product 등 총 109개 기업 참여, 한국-현대자동차, 가스공사 참여

12) 일본 수소연료전지 전략로드맵 자료를 한국기계연구원이 재구성

- 중동(원유)·호주(갈탄) 지역 현지 부생수소 생산 후 일본으로 수입하는 액상/액화수소 공급망 구축 프로젝트 진행 중
- \* Chiyoda: MCH(Methylcyclohexane) 저장 후 수소 전환(현재 실증연구)
- \*\* Kawasaki 중공업: 액화수소 저장 후 일본 운송(2030년 상용화 예정)

<표 3> 일본의 주요 수소 정책 현황

분야	내용
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 부생 수소, 원유 수반가스, 갈탄 등 저렴하고 안정적인 형태 활용</li> <li>▪ 2040년, 친환경 수소 제조(CO<sub>2</sub> free 수소 공급)</li> </ul>
저장·유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수소충전소: 2025년 320 개 → 2030년 900 개 설치</li> <li>▪ 액상 수소 저장, 액상 MCH(Methylcyclohexane) 변환 저장 기술 실증</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 가정용 연료전지 시장 조기 자립화(2020년 140만 대 → 2030년 530만 대)</li> <li>▪ 수소차-2020년 4만 대 → 2030년 80만 대 보급, 수소버스-2030년 1,200 대 보급</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 미사용 에너지를 이용한 생산·운송·저장을 포함한 수소 공급망 도입</li> </ul>

#### □ 독일(국가수소전략, Nationale Wasserstoffstrategie)<sup>13)</sup>

- 독일 정부는 수소의 경제적이고 지속가능한 생산, 운송 및 사용을 위한 민간투자 확대 촉진 정책 추진
  - 코로나19 사태에 따른 독일의 경제적 위기 극복 기여, 정부 차원의 일관적이며 체계적인 조치를 시행
  - 독일 수소시장 확대를 위해 70억 유로, 향후 수소 수입 경로 확보를 위한 국제 파트너십 구축에 20억 유로 투자 계획
  - 수소 밸류체인별 추진 전략을 확립하고 수소 산업의 활성화를 위한 정책을 추진
- 수소가 탈탄소화 정책의 중심으로 판단하고 수소관련 예산에 총 213억 유로 책정
  - 2050년 탄소중립 실현을 위한 회색수소에서 그린수소로의 전환을 가속화할 예정
  - 그린수소 생산의 촉진을 위해 재생에너지 부과금 면제 등의 지원 정책을 추진할 예정
  - 회색수소의 파이프라인 구축을 위한 러시아/우크라이나와의 협력 진행 중

13) 독일 '국가수소전략(Nationale Wasserstoffstrategie, 2020.6.)'을 한국기계연구원이 재구성

〈표 4〉 독일의 주요 수소 정책 현황

분야	내용
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>수전해설비를 지원하여 그린수소로의 전환을 촉진 (2030년 5 GW 규모, 2040년 10 GW 규모)</li> <li>그린수소 생산 입찰 공고 고려 및 국가 탈탄소화 재정지원금 확대</li> <li>해상풍력 기반 수소 생산 제고를 위한 투자 확대 기반 마련</li> </ul>
저장·유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>이 구축된 광범위한 천연가스 네트워크, 저장 시설의 연결성을 기반으로 인접 EU국가와의 수소 유통 네트워크 구축</li> <li>액체수소, 액상유기수소운반체 등의 액화기반의 수소 저장 기술 개발 실증</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>EKF(Energy and Climate Fund) 활용 수소 모빌리티 보조금 확대</li> <li>민간 주도형 수소 연료전지 시스템 공급을 위한 개발 지원</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율적인 수소에너지 전환을 위해 규제, 자금지원, 계획 수립 등의 방향 수립</li> </ul>

## □ 미국(수소경제로의 전환, H2@Scale)

## ○ 바이든 정부 출범으로 탄소저감 신재생에너지 정책 활성화

- 2050 탄소 중립 선언 등 국가 환경목표 이행 및 경제 활성화 전략으로 수소 산업을 집중적으로 육성
- 탄소중립 달성을 위해 2035년까지 2,000조 원 이상의 예산 투입 예정

〈표 5〉 미국의 주요 수소 정책 현황<sup>14)</sup>

분야	내용
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>2030년 자국 수소 수요 1,700만 t으로 확대 및 자급률 100% 달성 (2019년 기준 미국 내 수소 수요 1,100만 t)</li> <li>수소 생산가격 1.28~2.16 달러/kg 달성</li> </ul>
저장·유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,600 마일 이상의 수소 파이프라인 구축완료로 자국 내 수소 유통 증가</li> <li>수소충전소 5,800 개소 구축(2019년 기준 수소충전소 183 개소)</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 전기차 120만 대 보급(2019년 기준 수소차 2,500 대)</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 연관 산업 연간 투자액 80억 달러 달성 전망</li> </ul>

## □ 중국(수소차 중심의 '수소굴기')

- 화석연료의 고갈, 미세먼지 등의 환경문제를 해결할 수 있는 청정에너지로 수소가 부상
- 2050년 중국 최종소비 에너지 수요의 12%를 수소에너지가 차지하며 수소 생산량은 연평균 8,100만 톤 규모로 예상

14) 미국 수소경제로드맵(미국 연료전지수소에너지협회)을 한국기계연구원이 재구성

- 수소연료 자동차, 연료전지, 수소저장 인프라 등 다양한 분야에서 수요가 확대될 것으로 전망됨

〈표 6〉 중국의 주요 수소 정책 현황<sup>15)</sup>

분야	내용
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>정유·화학·철강 등의 부생수소 활용 정책 추진</li> <li>2050년까지 재생에너지원 기반 수전해 생산비율 70%까지 확대, 바이오가스 기반 생산은 10%까지 확대</li> </ul>
저장·유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>(광저우) 2030년, 수소충전소 100 개까지 확대</li> <li>(베이징) 2025년, 글로벌 수소기업 육성, 수소충전소 74 개 건설</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소차 보조금 지급 정책 추진</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>지방정부 중심으로 수소산업 인프라 구축 정책 추진 준비 중</li> </ul>

#### □ 주요국 수소자동차 정책 로드맵<sup>16)</sup>

##### ○ 각 국가별 수소차 시장을 확대하는 청사진을 구상

- 차세대 친환경 모빌리티로 수소전기차를 선정하고 인프라 확대 및 보조금 지원 정책을 추진할 계획
- 수소차의 보급이 급격하게 증가될 것으로 주요국이 예상하고 있음

〈표 7〉 주요국 수소자동차 정책 로드맵 정리

구분 \ 국가	미국	중국	한국	일본	독일
수소차 보급대수(단위: 대) (2018)	3,700	1,200	800	2,300	900
수소차 보급계획(단위: 대) (2030)	1,000,000	1,000,000	630,000	800,000	1,800,000
수소충전소(단위: 기) (2030)	5,800	1,000	520	900	1,000
수소차 구매 보조금	\$8,000(기본) +州별 보조금	최대 20만 위안 (2020)	2,250 만원 (2018)	최대 208만 엔	대당 최고 1.1만 유로
신차시장규모 (만 대)	1,782	2,808	181	526	376
요구 판매 점유율	0.9%	1.3%	8.8%	3.2%	7.9%

15) 중국산업경제브리프(21.01, 산업연구원)를 한국기계연구원이 재구성

16) 2020 뉴딜산업 분석보고서(한국수출입은행) 자료를 한국기계연구원이 재구성

### 3. 수소밸류체인별 시장

#### □ 수소 생산시장 현황

##### ○ 세계 수소 생산 현황<sup>17)</sup>

- 아시아-태평양 지역의 수소 생산량이 전 세계 50% 수준이며 성장률이 가장 높음
- 석유화학, 정유, 철강 등의 중화학공업 인프라가 아시아-태평양 시장에 집중되어 있고 이에 따른 부생수소 시장의 성장이 예상됨

<표 8> 세계 수소 생산 현황(단위: million \$)

지역 \ 연도	2020	2022	2024	2025	CAGR(%)
아시아-태평양	58,042	68,728	83,008	93,468	10.0
유럽	27,898	33,162	39,009	43,543	9.3
북미	31,999	37,026	44,069	49,260	9.0
중동	4,648	4,709	5,806	6,246	6.1
남미	5,273	5,737	6,260	6,676	4.8
아프리카	1,758	2,013	2,061	2,191	4.5
합계	129,618	151,376	180,215	201,385	9.2

##### ○ 수소의 생산방법에 따라 그린·회색·청색수소로 구분할 수 있음

<표 9> 수소의 생산방법의 기술적 구분

구분	그린 수소 (Green Hydrogen)	그레이 수소 (Gray Hydrogen)	블루 수소 (Blue Hydrogen)
생산방법	재생에너지로 생산한 전기로 수전해 기술을 이용하여 수소 생산	① 부생수소: 석유화학, 철강공정 등에서 생성되는 수소 ② 추출수소: 천연가스를 고온·고압의 수증기로 분해하여 수소 생산	회색수소에 탄소 포집·저장(CCUS <sup>18)</sup> )기술 적용
온실가스 배출량	없음	수소 1 kg 생산 시 이산화탄소 5~10 kg 배출	소량의 이산화탄소 배출

- 우리나라는 석유화학, 철강 인프라를 기반으로 하는 부생수소에 강점을 가지고 있으며 수전해 기술은 연구개발 단계

17) Markets and Markets 시장조사자료를 한국기계연구원이 재구성

18) CCUS: Carbon Capture Utilization & Storage

<표 10> 수소의 생산방법별 생산 비용 전망(단위: 원)<sup>19)</sup>

연도		2018년	2022년	2030년	2050년
구분					
그레이	부생수소	1,750	1,750	1,750	1,750
	천연가스 추출	3,900	3,700	3,400	3,150
그린	수전해	9,500	7,500	3,000	2,000
-	수입	-	-	3,000	2,000

- 기존 석유화학, 정유 인프라를 활용하는 그레이 수소생산 단가가 낮아 경제성이 높지만 무탄소 청정 수소 생산으로 전환이 필요함
- 수소생산 이후의 수소의 저장, 운송, 활용 등의 기술도 중요함
- 대부분의 수소를 회색/청색수소로 생산하며 그린수소의 생산규모는 크지 않음<sup>20)</sup>

○ 친환경 수소 생산인 그린수소의 중요성이 증대되고 있음

- 그린수소는 탄소배출이 없는 청정에너지로 탄소중립 시대에 필요한 기술로 다양한 수전해 방식으로 연구개발 및 실증화 중임
  - \* 수전해 방식 중 알카라인, PEM(Proton Exchange Membrane)이 대표적이며 지속적인 소재 기술향상을 통하여 생산단가가 낮아지고 있음
- 대규모 수전해 실증 사업이 EU를 중심으로 진행되고 있으며 On-site형 수소 충전소 구축에 수전해 기술이 필요함
  - \* 수소생산-충전-활용이 한 곳에서 진행되는 On-site형 수소충전소
- 수전해 수소 생산에 필요한 다양한 신재생에너지의 연구가 진행되고 있으며 고효율/저비용 구현을 위한 융복합 연구가 진행 중
  - \* 태양광, 풍력 등의 신재생에너지 기반 전력 생산과의 연계

○ (국내) 대규모 석유화학단지 기반의 수소 생산 인프라가 구축되어있음

- 여수, 울산, 대산 등의 석유화학단지의 부생수소가 다량 존재하며 저장·운송·활용의 밸류체인으로 구축할 수 있음

19) 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소생산 활성화를 위한 정책연구(에너지경제연구원) 자료를 인용

20) 2020년 시장규모(million \$): 회색수소67,494, 청색수소-60,272, 그린수소-1,852

2025년 시장규모: 회색수소-96,121(42.4% ↑), 청색수소-102,706(70.4% ↑), 그린수소-2,558(38.1% ↑)



- 석유화학단지 내에 수소 파이프라인, 고순도 수소생산 기술을 기 보유하고 있으며 수소 활용 인프라 구축이 되어 있는 상황

<표 11> 국내 부생수소 생산 현황(2018년)<sup>21)</sup>

지역\수치	연간 생산량 (톤)	비율 (%)	연간 외부유통 (톤)	비율 (%)
울산	942,684	49.0	107,305	42.0
여수	661,803	34.4	108,327	42.4
대산	209,699	10.9	34,747	13.6
기타	109,660	5.7	5,109	2.0
합계	1,923,846	100	255,488	100

#### □ 수소 저장/유통 시장 현황

##### ○ 세계 수소 저장 현황

- 수소 저장은 북미 지역이 가장 높고 대륙별 시장 성장률 추이는 유사한 형태

<표 12> 세계 수소 저장시장 현황(단위: million \$)<sup>22)</sup>

지역\연도	2017	2018	2019	2024	CAGR(%)
아시아-태평양	1,969	2,046	2,131	2,733	5.1
유럽	2,472	2,567	2,675	3,552	5.8
<b>북미</b>	<b>7,124</b>	<b>7,420</b>	<b>7,761</b>	<b>10,494</b>	<b>6.2</b>
중동/아프리카	658	677	698	852	4.1
남미	469	482	497	587	3.4
총	12,692	13,192	13,762	18,218	5.8

- 북미/유럽 지역은 연료전지 응용 분야의 증가 및 탄소 배출 규제·청정연료 사용 증가로 인해 가장 큰 수소 저장 시장으로 주목
- 수소의 성장에 따라 저장/운송 방법이 다르며 우리나라는 액화수소 형태 저장에 관심이 높음
- 기체 저장 방식은 200 bar이상의 고압으로 보관하며 Tube Trailer 혹은 파이프라인을 이용하여 활용지로 운송

21) 2018년 수소시장진단, 신소재경제신문 자료를 한국기계연구원이 재구성

22) Markets and Markets 시장조사자료를 한국기계연구원이 재구성

- 액화저장은 장기간 보관, 대용량 저장이 가능하다는 장점이 있어 고효율/운송비 저감 측면에서 강점을 보유
  - \* 액화효율·액화과정 관련 소재 성능 향상, Boil-off 방지를 위한 이중단열 효율 향상 등의 연구가 진행 중
- 액체수소는 1/800 부피로 수소를 액화하고 대용량 저장탱크에 보관 후 운송<sup>23)</sup>
  - \* 상압으로 보관하며 기체 수송대비 효율을 극대화할 수 있음
  - \* (국내) KIMM 상용급 액화수소 플랜트 핵심 기술개발 연구과제 진행 중
- Metal Hydrides, CNT(Carbon NanoTube), LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier) 등은 연구개발 단계
  - \* (日) Chiyoda-LOHC기반의 수소 저장 공정 프로젝트 진행 중
- 수소와 질소를 결합하여 암모니아 합성 후 저장·운송하는 기술도 연구개발 진행 중임
  - 기존 하버-보쉬(Haber-Bosch) 공정을 통해 수소를 암모니아로 변환 저장하여 운송 후 사용지에서 수소 추출
  - 수소의 암모니아 변환저장 기술은 상온에서 대량 운반이 가능하고 기존의 암모니아 제조 인프라를 이용할 수 있는 장점이 있음
    - \* (日) 호주 생산 액상 암모니아를 LPG 선박을 활용 일본 이송 후 수소 이용
- 수소 활용을 위해서는 수소의 저장/운송/충전 기술이 필수적임<sup>24)</sup>

<표 13> 수소 저장·운송 방식별 비교<sup>25)</sup>

구분	충전소 부지	운송효율	구축비용	구축기간	저장손실	장점
압축(기체)	中	低	低	6개월	미미	근거리
액화	小	高	高	6개월	있음	도심형 대용량 장거리
On-site	大	운송 없음	中	18개월	미미	대용량 수송 없음

23) 수소사회 실현을 위한 수소액화플랜트 (한국기계연구원, 2019.4) 인용 및 재구성

24) 2019년 시장규모(million \$): 기체-9,309, 액체-3,873, 고체-580

2024년 시장규모: 기체-12,712(36.6% ↑), 액체-4,853(25.3% ↑), 고체-651(12.2% ↑)

25) 수소산업 생태계 경쟁력 강화 방안, 관계부처 협동(2020.7) 인용 및 재구성

- 저장형태에 따라 기체/액체수소로 구분되며 압축공정 후 보관하는 기체방식이 보편화되어 있는 상태
  - 현재 시점에서 이용 가능한 효율적인 수소저장 시스템은 액화수소 저장 방식으로 평가되고 있음
- 수소충전소는 크게 On-site, Off-site 방식으로 구분되며 Off-site 방식이 주로 사용되고 있음



<그림 3> 수소충전소 충전 방식<sup>26)</sup>

- 주로 기존 인프라 활용이 가능한 튜브 트레일러 방식의 고압 수소기체 운송방식으로 충전하여 수소연료 전지 자동차에 충전되고 있음
- 그린수소 방식인 수전해 수소충전소는 현재 연구개발 단계
  - \* KIST·KAIST, 수전해 수소생산연구 진행 중

## □ 수소활용 시장 현황

- 수소자동차의 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 세계 최초 수소자동차 상용화 등의 수소활용 기술에 강점을 보유
- (국내) 미세먼지 및 온실가스 저감 정책에 맞춰 수소차의 보급률이 증가하고 있으며 관련 산업도 성장하고 있음
- (국외) 독일, 일본 등에서 수소차 보급 확대가 예상됨
  - \* 독일-15만 대(2020년) → 180만 대(2030년), 일본-4만 대(2020년) → 80만 대(2030년)

26) 수소충전소의 종류와 보급 현황, HMG(현대자동차 그룹) Journal 자료를 인용

- 수소차 관련 산업의 발전이 예상되며 특히 액화수소, 수소 충전소 관련 기술이 유망할 것으로 전망됨

<표 14> 국내 전기차·수소차 보급 추이(단위: 대)<sup>27)</sup>

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
총 등록차		19,400,864	20,117,955	20,989,885	21,803,351	22,528,295	23,202,555	23,677,366
친환경차	전기	1,464	2,775	5,712	10,855	25,108	55,756	89,918
	수소	0	0	29	87	170	893	5,083
	총	1464	2,775	5,741	10,942	25,278	56,649	95,001

- 친환경 발전에 대한 수요 증가로 연료전지 발전소에 대한 관심도 증가되고 있음

- 부생수소 등을 활용하여 전기와 열에너지 생산
  - \* 발전효율 30~40%, 열효율 40% 수준으로 총 복합효율 70~80% 효율
- 발전용 연료전지 시장은 큰 폭으로 성장할 것으로 전망되며 그린뉴딜정책 추진으로 국내 시장 성장가능성도 높을 것으로 보임
  - \* 글로벌 발전용 연료전지 시장규모는 2030년 12.7 GW, 2050년 25.4 GW로 전망<sup>28)</sup>

<표 15> 전해질 종류에 따른 연료전지 구분<sup>29)</sup>

구분	알칼리	인산형	용융탄산염형	고체산화물형	고분자전해질형	직접메탄올
전해질	수산화칼슘	인산염	탄산염	세라믹	이온교환막	이온교환막
촉매	니켈	백금	페로브스카이트	니켈	백금	백금
동작온도(℃)	1200이하	250이하	700이하	1,200이하	100이하	100이하
효율(%)	85	70	80	85	75	40
용도	전원	중형건물 200 kW급	중·대형건물 100 kW~MW	다용도 발전 1 kW~MW	가정·상업용 1~10 kW	소형이동 1 kW 이하
특징	-	열병합 대응 가능	발전효율 높음	발전효율 높음	고출력 밀도	고출력 밀도

- 고분자전해질형(PEMFC)<sup>30)</sup>이 가장 활발하게 연구되고 있으며 가정·자동차·발전용 연료전지 상용화 단계임

27) 2019 국토교통부 통계누리 자료를 인용

28) 연료전지 관련 기술 및 시장 전망(후지경제) 자료를 한국기계연구원이 인용 및 재구성

29) 한국에너지공단의 연료전지 소개자료를 한국기계연구원이 인용 및 재구성

30) PEMFC: Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell

## 4. 수소밸류체인별 주요 기관

### □ 국내 주요 기관

- 국내 주요 기관을 정리하고 각 밸류체인별 기술 가중치를 도식화하여 표현함  
(○: 낮음, ①: 보통, ②: 높음, ③: 매우 높음)

\* 각 기관별 공개보고서와 동향을 분석하여 자체적으로 수치화하였음

<표 16> 국내 주요기관의 수소 산업전략

기관	분류	생산	저장/운송/충전	활용	주요 특징
덕양(산)		③	②	①	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 수소 생산량의 70% 차지<sup>31)</sup></li> <li>2019년 현대자동차, 한국동서발전 컨소시엄으로 수소연료전지 발전설비 구축사업 진출</li> </ul>
SK(산)		②	②	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>부생수소 기반 대량 수소 생산 투자 진행 중</li> <li>Linde와의 협업, 3만 톤 규모 액화수소 플랜트 구축</li> <li>2025년까지 수소 밸류체인 18.5조 원 투자</li> </ul>
KIST(연)		②	①	②	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 생산효율을 높일 수 있는 촉매기술과 암모니아 추출 수소 기술이 우수함</li> <li>차세대 수소연료전지 연구 진행 중</li> </ul>
KAIST(학)		③	○	①	<ul style="list-style-type: none"> <li>수전해 전기분해 장치에 사용되는 이리듐 촉매 효율 향상 기술개발</li> <li>수소생산의 고효율화에 관한 집중적 연구 수행</li> </ul>
KIMM(연)		○	③	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>극저온 냉동기술 기반 액화수소 기술력 보유</li> <li>액화수소 사업단으로 수소 저장 부문에서 우수한 기술을 보유하고 있음</li> </ul>
제이앤케이 히터(산)		②	②	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업용 가열로의 수증기 개질 가열로 기술 기반의 수소제조장치 기술력 보유</li> <li>도심 On-site 수소 충전소 사업 진출 및 다수의 수소관련 국가과제 진행 중</li> </ul>
가스공사(관)		①	②	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소유통전담기관으로 선정되어 효율적 수소 시장 유통기반을 마련<sup>32)</sup></li> <li>수소거래시장 운영, 수소튜브트레일러 지원 등의 수소인프라 사업 투자</li> </ul>
효성(산)		①	②	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>효성화학, 부생수소 생산 능력 보유</li> <li>Linde와의 JV로 2023년 연산 1만3천 톤 액화수소 플랜트 구축</li> </ul>
포스코(산)		②	①	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025년, 부생수소 7만톤 규모 생산</li> <li>신재생에너지, 수전해, 암모니아 기반의 수소 생산으로 200만 톤 규모의 수소 공급체계구축<sup>33)</sup></li> </ul>
현대차(산)		①	②	③	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계 최초 수소전기차 양산 성공</li> <li>수소전기차 세계 시장 점유율 1위(2018, NEXO 출시)</li> <li>수소차 인프라 확대를 위한 수소충전소 건설 및 관련 연구 진행 중</li> <li>선박, 기차, UAM 등의 전 수송영역에서 연료전지가 핵심이 되는 투자 예정</li> </ul>

31) 덕양 홈페이지 소개자료를 한국기계연구원이 인용 및 재구성

32) 2021년 수소경제 전담기관 사업계획 자료를 한국기계연구원이 재구성

33) 포스코 수소사업화 전략(2020.12)을 한국기계연구원이 인용 및 재구성

- 수소인프라 구축에 막대한 예산이 소요되는 만큼 대기업, 정부 중심의 설비투자, 연구개발이 진행되고 있음
  - 수소 생산분야 11조 원, 수소 저장·유통 8조 원, 수소 활용분야에 23조 원이 민간기업 투자 예정
  - 수소 활용 부문에서 시장을 선도하고 있어 수소 밸류체인을 위해서 생산/저장 부문에 있어 기술력 확보가 필요함
- 수소 밸류체인 별 각 부문에서 지속적인 사업 확장 및 투자를 진행
- 덕양은 국내 최대 규모로 수소를 생산하고 있으며 울산·여수 등의 석유화학 단지에 수소를 공급하고 있음

<표 17> 덕양의 수소 공급방법<sup>34)</sup>

공급방법	내용
On-site	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요 공장부지 및 인근에 가스 제조시설을 지어 사용현장에서 직접 가스 공급</li> <li>▪ 울산 3공장은 SK에너지 인근 자체부지에 공장을 세워 수소 공급</li> <li>▪ 인천 남동공단에 100 Nm<sup>3</sup>급 수소발생기 설치 수소 공급</li> </ul>
Pipe Line	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대규모 수요처가 밀집된 공업단지 등에 가스를 지상/지하 배관망으로 공급</li> <li>▪ 울산, 여수, 서산, 새만금공업단지 내 지상/지하 파이프라인으로 수소 공급</li> </ul>
Cartridge	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 파이프라인 미설치 대형 업체에 국내 최대 수준인 200여 대의 튜브트레일러 이용 수소 공급</li> </ul>
Cylinder	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소규모 업체는 실린더 용기에 수소 충전 후 공급</li> </ul>

- 시간당 19만 Nm<sup>3</sup>의 수소를 생산하며 파이프라인과 튜브트레일러(고압수소)를 통해 공급
  - \* 2021년 2월, 1.3 km 파이프라인을 통하여 On-site 수소공급
- 제이앤케이히터는 도시가스 및 LPG 개질에 의한 수소제조장치 기술력 보유하고 있음
  - \* 선박용 수소충전소 실증 과제, 대용량 수소제조장치 개발 과제 등 다수의 국책과제 수행
  - \*\* 천연가스 수증기 개질 기술 적용으로 충전소 내 수소생산 및 저장·충전이 가능하여 On-site형 수소충전소 구성 가능(저장/운송비 저감으로 수소 경제성 확보 가능)

34) 덕양 홈페이지 소개자료를 한국기계연구원이 인용 및 재구성

- 수소인프라 확대 정책에 맞춰 국내 다수의 수소 충전소 수주
    - \* 정부정책: 수소충전소 2022년까지 310 기, 2040년까지 1,200 기 구축
    - \*\* CCUS 연계 청정수소 R&D도 진행 중
  - 수소활용부문에서 현대자동차는 2013년 세계 최초 수소전기차 양산 모델 출시로 수소차 세계시장 점유율 73.8%(2020년 기준)
    - \* 2018년 신형 수소전기차 ‘넥쏘(NEXO)’ 출시
  - 상용 수소전기차 개발도 진행하여 수소전기버스, 수소전기 트럭 양산에 성공
    - \* 2025년까지 유럽 지역에 총 1,600 대 규모의 수소전기 대형 트럭 공급 예정
    - \*\* 수소전기트램(최고속도 70 km/h, 1회 충전 시 최대주행거리 200 km) 개발 중이며 수소차 전용 자체 플랫폼 구축, 연료전지 적용 부문 확대 등의 연구개발 진행 중
- 기계(연)은 장기간 보관, 고효율 수소 저장이 가능한 액화수소에 대한 상용화 프로젝트를 진행하고 있음
- 극저온 공정/플랜트 핵심 기계기술 기반으로 ‘상용급 액화수소 플랜트 연구단’ 과제 진행 중
    - \* 2021년 국내 최초 상용급 액화수소 Pilot 플랜트(0.5 톤/일) 구축 및 시운전
    - \*\* 액화수소기술은 Air Liquide, Linde, Praxair, Air Products 등의 해외 기업이 독점
  - 액화수소 기술 적용 시 고압 기체수소 대비 1/800 수준의 부피 감소로 대용량 저장/운송에 유리
    - \* 고압 기체수소 대비 저장/운송 효율이 약 10 배 정도 증가할 것으로 전망
  - 액화수소 플랜트 구성에 필요한 주요 설비와 부품을 국산화하여 기술자립도를 높이는 것을 목표로 하고 있음
    - \* 수소액화용 극저온 Turbo Expander, 극저온열교환기, 극저온밸브, Coldbox, 액체수소 저장 탱크 등 연구개발

### (참고) 액화수소 관련 기계(연) 주요사업 소개

- 기계(연)은 “상용급 액체수소 플랜트 핵심기술 개발 사업” 과제의 주관기관으로서 액체수소플랜트 핵심기술의 국산화를 통한 대용량 수소 생산·저장·운송·활용 인프라 구축을 목표로 함
  - (연구내용 1) 파일럿급(0.5 톤/일) 수소 액화플랜트 구축·운용 및 액체수소 생산기술 개발
  - (연구내용 2) 상용급(5 톤/일) 공정설계 Scale-up 기술 개발
  - (연구내용 3) 수소액화용 극저온 Turbo Expander, 극저온열교환기, 극저온밸브 등의 요소 기술 개발

#### ■ 액체수소 연구단의 구성 및 추진체계

##### - 연구단 구성체계

주관연구기관	협동연구기관1	협동연구기관2
고효율 수소액화 공정기술 개발 (한국기계연구원)	수소액화 핵심설비 개발 (대주기계, 동화엔텍, 한국기계연구원, S&S밸브)	액체수소 저장탱크 개발 (한국과학기술원)
주요연구내용		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ LNG 냉열 활용 수소액화 공정기술 개발</li> <li>■ 수소액화 플랜트 Scale-Up (5~50 톤/일)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 극저온 팽창기, 극저온 열교환기, Coldbox, 극저온 밸브 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 중소·대용량(35 m<sup>3</sup>, 350 m<sup>3</sup>) 액체수소 저장탱크 설계·제작 기술개발</li> </ul>
참여기관: 중앙대, KIST, 고등기술연구원, 대우조선해양, 가스안전공사 등 산학연 총 18개 기관		

##### - 연구단 추진체계





## □ 국외 주요 기관

- 국외 주요기관을 정리하고 각 밸류체인별 기술 가중치를 도식화하여 표현함  
(○: 낮음, ◐: 보통, ◑: 높음, ●: 매우 높음)

\* 각 기관별 공개보고서와 동향을 분석하여 자체적으로 수치화하였음

<표 18> 국외 주요기관의 수소 산업전략

기관	분류	생산	저장/운송/충전	활용	내용
Linde (獨, 산)		●	●	◐	<ul style="list-style-type: none"> <li>2028년까지 신성장 동력으로 수소 사업을 추진<sup>35)</sup></li> <li>150 곳이 넘는 수소 생산기지와의 네트워크 및 1,000 km 이상의 파이프라인 구축</li> <li>액화수소 플랜트 세계 상위권 기술 보유</li> <li>국내 업체(효성, SK 등)와의 JV로 액화수소 한국 시장 진출</li> <li>100 MW 급 수전해 그린수소 구축 예정(2028년)</li> </ul>
Thyssenkrupp (獨, 산)		◐	○	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소기반 제철공법 도입위해 100억 유로 투자 예정</li> <li>1,000 MW 급 수전해 기반 수소 생산 능력 보유</li> </ul>
Fraunhofer (獨, 연)		●	◐	◐	<ul style="list-style-type: none"> <li>신재생에너지 연계 수전해 수소 생산 연구 진행</li> <li>2040년까지 최대 10 GW 급의 수소 생산 계획</li> <li>그린수소 생산, 수소의 저장/충전, 수소모빌리티까지 한번에 연계되는 수소 공장 제안</li> </ul>
NEDO (日, 연)		◐	◐	◐	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 밸류체인의 전방위적 연구를 진행하고 있으며 IWATANI, TOYOTA 등의 기업과 협동연구 중</li> <li>MCH, LOHC, 수소저장합금에 관한 선도적 연구를 진행 중이며 액체저장은 실증화 단계</li> </ul>
ARPA (美, 연)		◐	◐	◐	<ul style="list-style-type: none"> <li>암모니아 기반 수소 생산/보관, 수전해 수소 생산 등과 같은 탄소저감 수소 기술 연구/실증화 중</li> <li>고효율/고내구성 연료전지 연구 수행 중</li> </ul>
Delaware大 (美, 학)		◐	○	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>암모니아를 활용한 음이온 교환막 연료전지 연구</li> <li>암모니아에서 수소 추출/생산 효율화 연구 진행</li> </ul>
KAWASAKI (日, 산)		◐	●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>극저온 보관 기술을 기반으로 한 세계 최초 액화수소 운반선 도입</li> <li>호주 갈탄 가스화를 통한 수소 생산 후 액화공정 도입으로 생산-저장 밸류체인 실증화 중</li> <li>100% 수소가스터빈 도입으로 새로운 수소 활용 기술 개발 진행 중</li> </ul>
Air Liquide (佛, 산)		◐	●	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>지멘스와의 협력으로 수전해 수소생산 기술 개발(그린수소) 추진</li> <li>세계 산업용 가스 시장 점유율 30%를 기반으로 액체수소 플랜트 시장의 점유율을 높여가고 있음</li> </ul>
IWATANI (日, 산)		◐	●	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>연산 1억2천만 톤 규모 액화수소 플랜트 운영 중</li> <li>도심형 수소 충전소 건설로 수소 인프라 확대에 사업역량을 집중하고 있음</li> </ul>
TOYOTA (日, 산)		◐	◐	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소연료전지 자동차 미라이 출시(시장점유율 2위)</li> <li>북미시장 타겟 수소화물차 개발 추진 중</li> </ul>

35) 2019 Sustainable Development Report(Linde Group, 2020) 인용 및 재구성

- 국외 기관의 경우 기존 보유기술을 활용하여 수소 밸류체인 사업부문에 진출하고 있음
  - Linde의 경우 수소 생산·저장·운송·유통 단계에서의 모든 솔루션을 제공하는 수소 분야의 글로벌 리더
  - Linde는 세계 150 곳이 넘는 수소 생산기지와의 네트워크 보유 및 1,000 km가 넘는 수소 파이프라인 구축으로 사업역량 확보
    - \* 2021년 초, Linde-효성 합작법인 설립으로 국내 수소 밸류체인 선두권 확보
    - \*\* 세계 최대 규모(연산 1만3천 톤)의 액화수소 플랜트를 울산에 구축할 예정
  - 대부분의 수소를 석유화학공정에서 발생하는 부생수소로 생산하고 있으며 Linde는 그린수소인 수전해 기술도 연구개발 중임
    - \* 100 MW급 수전해 그린수소 생산기지를 구축할 예정(2028년 까지)
  - 클린 하이드로젠(Clean Hydrogen) 전환에서 Linde는 선두 위치에 있으며, 전 세계 200 개의 수소충전소와 80 개의 수전해 플랜트 운영
  - Kawasaki 중공업의 경우 호주 현지의 갈탄을 이용하여 수소로 생산 후 액화수소로 저장하여 일본으로 운송하는 프로젝트 진행 중
    - \* 2030년 상용화 목표로 추진하며 수소 생산 시 CCS(Carbon Dioxide Capture and Storage) 공정 도입하여 청색수소기술 적용
  - NEDO의 경우 신재생에너지 연계 대형 수소제조 시설을 완공하여 하루에 수소자동차 560 대가 충전 가능한 수소 공급
    - \* 2만 kW 태양광발전설비와 1만 kW 수소 제조장비를 구성하여 그린수소 실증화 진행 중
  - Iwatani, Kawasaki 등의 수소 관련 일본기업들 간의 공동연구, 협업이 활성화 되어 대형 프로젝트 진행 중
    - \* 현지 부생수소 액화 저장 후 운송, LOHC 저장 등의 대규모 프로젝트 진행 중
  - Toyota는 세계 시장점유율 2위(21.7%, 1위 현대자동차 75.1%) 수준이며 ‘미라이’ 2세대 출시로 점유율 확대에 나설 것으로 전망됨
    - \* 1회 충전 시 주행거리가 현대차 넥쏘(NEXO) 대비 미흡한 것으로 분석됨<sup>36)</sup>
    - \*\* 수소상용트럭, 수소버스 등의 다양한 모빌리티 사업 영역 확대

36) 현대자동차, TOYOTA, HONDA 공개 차량 성능표 자료를 한국기계연구원이 비교 분석

&lt;표 19&gt; 수소전기차 각 제조사 별 비교

구분 \ 모델	현대자동차 NEXO	TOYOTA Mirai	HONDA Clarity
길이 (mm)	4,671	4,890	4,895
휠베이스 (mm)	1,859	1,815	1,877
최고출력 (hp)	163	154	174
최대토크 (kg·m)	40.1	34.2	30.6
1회 충전 주행가능거리	595	502	589
수소탱크 크기 (kg)	6.33	5.00	5.46
시장점유율 (%, 2020년)	75.1	21.7	2.9
출시년도	2018년	2020년 (2세대)	2016년 (2세대)

- 일본 내 수소 인프라 구축이 가속화됨에 따라 일본 내수시장에서의 TOYOTA 영향력이 커질 것으로 전망
- TOYOTA 브랜드인지도 기반으로 한 중국 수소차 시장 점유율 확대에 나서고 있음

## 5. 결론 및 시사점

- 수소산업의 활성화를 위해서는 효율적인 정부정책과 민간주도의 투자가 필요하며 시범 사업 등의 성공사례 도출·확산으로 글로벌 수소산업 시장 주도권 확보 필요
  - 수소 생산·저장·유통·활용 전 밸류체인에 대한 합리적인 투자와 인프라 구축에 필요한 예산과 정책 지원 및 주력 기업들의 주도적 투자 병행이 필요
    - 산·학·연·관의 유기적인 협력으로 지속적인 성공사례를 도출하여 수소경제의 글로벌 성공 모델 제시 필요
    - 수소 생산, 저장 등 인프라 정책은 정부 주도로 수소 활용 산업은 민간 주도의 투자 병행 필요
- (수소 정책) 수소 생산, 저장 분야 인프라 기술은 주도적인 탈탄소 산업을 구축할 수 있는 핵심 동인으로 수소 밸류체인별 균형있는 정책적 지원이 필요
  - 수소 산업의 선점 및 활성화를 위해 친환경 수소 생산 및 저장·운송 관련 다양하고 지속적인 육성 정책이 중요
    - 독일은 그린수소로의 전환 정책이 구체적이며 수소 선도기업을 바탕으로 실증화·상업화 단계로 분석됨
    - 그린수소를 기반으로 한 고효율 수전해 설비, 연료전지 발전소 등의 활용 측면의 가치창출 정책이 필요함
    - 액화수소 외 액상저장, 암모니아 저장 등의 새로운 개념의 수소 저장 기술에 대한 정책적 지원도 필요함
- (수소생산) 생산규모는 지속적으로 늘어날 것으로 보이며 그린수소의 연구개발 투자 비중이 높아질 것으로 보임
  - 2020년, 전 세계 수소 생산량 중 44.8%를 아시아-태평양 지역에서 생산되며 그 중 대부분이 부생수소 기반 회색수소로 분석됨

- 회색수소의 경우 1 kg 수소 생산 시 10 kg의 CO<sub>2</sub>가 발생되어 신재생에너지 기반의 그린수소 생산이 바람직함
- 독일, 일본 등의 수소 생산정책은 그린수소에 맞춰져 있음
- 수전해 기술에 대한 연구 및 실증이 필요하며 수소생산-충전-이용이 한 곳에서 가능한 On-site형 수소공장이 주목받을 것으로 보임
  - 수소충전소 내 수전해 플랜트가 설치되어 운송/저장 비용이 발생되지 않는 도심형 수소 생산기지가 필요함
  - 신재생에너지 연계 수전해 플랜트 구축으로 무탄소 수소 생산이 필요
  - 독일 Linde, Fraunhofer는 그린수소, 수소공장 컨셉으로 실증 예정
- (수소저장/운송) 수소의 효율적인 저장/운송을 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며 그 중 액화수소 저장 기술이 주목받고 있음
  - 고압기체수소대비 1/800 수준의 부피와 대용량 저장탱크를 활용할 수 있는 장점으로 연구개발이 진행되고 있음
    - 상압으로 보관, 기체 수송대비 효율의 극대화 가능
    - 부생수소의 효율적인 보관 및 극저온 기술 활용 안전한 보관이 가능한 장점을 보유하고 있음
    - \* KIMM 상용급 액화수소 플랜트 사업단 연구과제 진행 중
  - CNT, Metal Hydrides, LOHC 등의 액상/고상 기반의 수소저장 기술도 연구개발 진행되고 있음
    - Chiyoda(日), 호주 현지 생산된 갈탄에서 채취한 수소를 LOHC로 저장하여 일본으로 운송하는 프로젝트 진행
    - 액상저장 후 이용 시 재처리 비용이 드는 단점이 있어 기술적으로 해결 해야하는 부분이 존재
    - 기존 암모니아 제조 인프라를 활용할 수 있는 암모니아 저장 기술도 각광받고 있으며 일본의 기술적 수준이 높음

- (수소 활용) 수소자동차 시장이 지속적으로 성장할 것으로 보이며, 연료전지 기반의 발전소 이용도 증가할 것으로 보임
  - 국내외 기업의 수소활용 기술에 대한 투자, 사업진출이 활발하게 이루어지고 있음
    - (국내) 2019년 기준 수소차 보급증가율은 469.2%
      - \* 2018년 893 대, 2019년 5,083 대
    - (국내) 현대자동차의 수소차 세계시장 점유율은 73.8%(2020년 기준)
    - 수소차 전용 차체 플랫폼 구축, 연료전지 적용 부문 확대(수소기차, 수소상용차 등) 등의 활용도 증대를 위한 R&D 진행 중
    - (국외) 독일 Linde는 연료전지 발전소 사업의 확장 준비 중
- (수소 인프라) 수소 밸류체인이 역량을 발휘하기 위해서는 각 부문별 정책적 지원 및 유관기관과의 협력이 필요함
  - 민간기업 주도의 밸류체인이 구성될 수 있도록 생산·저장·운송·활용 측면에서 다양한 정책이 필요
    - (생산) 수전해, 블루수소 등의 청정수소 생산 중심의 정책 편성
      - \* R&D 지원, 청정수소 인증제 도입 등의 정책 필요
    - (저장·운송) 고압기체저장 외의 액화수소, 그린암모니아 등의 저압·고효율 시스템에 대한 지원 필요
    - (활용) 수소자동차 외 건설기계, 발전소 등의 대규모 에너지 이용집단의 수소 활용도 증가 정책이 필요함
      - \* 청정수소발전의무화제도 도입, 수소자동차 보조금 확대 등의 정책적 지원
  - 지속가능한 발전을 위한 인력양성 및 핵심기술 확보를 위한 다양한 채널의 R&D 협력이 필요
    - 수소에너지 전문가 양성을 위한 교육기관 증설 및 전공신설 등 인프라 확충 필요
      - \* (예) 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성 대학원 과제
    - 수소 기술관련 해외 우수기관과의 협업 및 공동연구 확대

## 참고문헌

- 한국기계연구원, '기계산업 2020년 성과와 2021년 전망', 「기계기술정책」, 2021.2.
- 맥킨지, 한국수소산업 로드맵, 2018.12.
- 한국에너지공단, 2020년 에너지통계 핸드북, 2020.4.
- 환경부, 미세먼지 관리 종합계획(2020-2024), 2019.11.
- 산업통상자원부, 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률, 2021.2.
- KDB산업은행, 수소 생산기술동향 및 시장 선점을 위한 기술개발 전략, 2020. 10.
- 국무조정실, 제1회 수소경제위원회 보도자료, 2020.7.
- 국무조정실, 제2회 수소경제위원회 보도자료, 2020.10.
- 산업연구원, 신재생에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, 2016. 8.
- 에너지경제연구원, 일본 수소기본전략 추진 배경과 핵심내용 분석, 2018. 12.
- 독일 연방경제에너지부, Nationale Wasserstoffstrategie(국가수소전략), 2020.6.
- 천강, 김진수, 주요국의 수소경제 지원 정책과 시사점, 한국자원공학회지, Vol. 57(6), 2020.
- 조영석, 윤창원, 액상 유·무기 화합물(LOHC, NH<sub>3</sub>) 기반 대용량 수소저장기술 연구개발 동향, Vol. 5(9), 2019.9.
- 산업연구원, 중국산업경제브리프, 2021.1.
- 한국수출입은행, 2020 뉴딜산업 보고서, 2020.12.
- 에너지경제연구원, 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소생산 활성화를 위한 정책연구, 2019.3.
- 최병일, 도규형, 인세환, 김태훈, 수소사회 실현을 위한 수소액화 플랜트, 신재생에너지와 에너지저장기술, Vol.59(4), 2019.4.
- 관계부처 합동, 수소경제 활성화를 위한 수소 인프라 및 충전소 구축 방안, 2019.10.
- 관계부처 합동, 수소산업 생태계 경쟁력 강화방안, 2020.7.
- 일본 후지경제, 연료전지 관련 기술 및 시장 전망, 2020.6.
- 산업통상자원부, 2021년 수소경제 전담기관 사업계획, 2021. 3.
- POSCO, POSCO 수소사업화 전략, 2020. 12.
- Linde Group, 2019 Sustainable Development Report, 2020.
- DB금융투자, 시스템알앤디 고성장이 예상되는 2차전지/디스플레이 장비업체, 2020.12.
- 관계부처합동, 수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원 방안, 2021.3.
- 우리금융경영연구소, 뉴딜인프라산업 밸류체인 검토- 수소경제, 2020.10.
- IBK투자증권, 연료전지 신재생에너지 시장의 다크호스를 꿈꾸다, 2019.5.
- 경기연구원, 경기도 수소경제 미래를 생각하다, 2019.3.

GIST 융합기술원, 국내 수소생산, 소비 및 유통 현황에 대한 분석 연구 최종보고서, 2017.12.  
 국토교통과학기술진흥원, 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술 개발 사업 기획 보고서, 2018.  
 IBK투자증권, 수소 밸류체인 '생산' 단계는 처음이지?, 2020.10.  
 한국은행, 포항지역 수소산업 육성방안, 2019.11.  
 KOTRA, 독일 수소경제 현황 및 우리기업 진출전략, 2020.7  
 Deloitte, 수소경제의 본격화 시점 결코 먼 미래가 아니다, 2020.10.  
 산업연구원, 일본의 수소산업 정책 및 산업동향 파악, 2019.8

[URL]

대한민국 정책브리핑 (<https://www.korea.kr/special/policyCurationList.do>)  
 한국수소산업협회 (<http://www.h2.or.kr>)  
 월간수소경제 (<http://www.h2news.kr>)  
 현대자동차 HMG Journal (<http://news.hmgjournal.com/Group-Story>)  
 한국에너지공단 신·재생에너지센터 (<http://www.knrec.or.kr>)  
 에너지정보소통센터 (<http://www.etrans.or.kr/policy/05.php>)  
 일본경제신문 (<http://www.nikkei.com/article>)  
 국토교통 통계누리 (<http://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>)  
 덕양 (<http://www.deokyang.com>)



## 기계기술정책 발간 목록

제 목	작성 연월
71. 글로벌 3D 프린터 산업, 기술 동향 분석	2013.09.
72. 독일 기계산업 경쟁력 분석과 시사점	2013.11.
73. 기계산업 2013년 성과 및 2014년 전망	2013.12.
74. 2014년 기계산업이 주목해야 할 트렌드 분석과 시사점	2014.02.
75. 우리나라 기계산업 품목별 수출 시장 점유율 분석과 시사점	2014.04.
76. 우리나라의 TPP 참여에 대비한 기계산업 품목별 관세 전략 수립	2014.09.
77. 2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점	2014.11.
78. 기계산업 2014년 성과 및 2015년 전망	2014.12.
79. 최근 기계산업 대일무역역조 개선의 원인과 시사점	2015.06.
80. 기계산업의 빅데이터 활용 동향 분석과 시사점	2015.10.
81. 우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2015.12.
82. 기계산업 2015년 성과와 2016년 전망	2016.01.
83. 건설기계산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2016.05.
84. 4차 산업혁명과 기계산업의 미래	2016.11.
85. 기계산업 2016년 성과와 2017년 전망	2017.02.
86. 신기후체제에 대응한 농촌 바이오가스플랜트 사업의 기회	2017.07.
87. 해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석	2017.11.
88. 산업용 로봇 시장 동향과 대응	2017.12.
89. 기계산업 2017년 성과와 2018년 전망	2018.01.
90. 새로운 시대 소통 역량: 4차 산업혁명 연계기술	2018.07.
91. 국방분야 생존성 향상 기술 동향	2018.08.
92. 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점	2018.09.
93. 기계산업 2018년 성과와 2019년 전망	2019.02.
94. 중국제조 2025 주요 제조장비 개발 계획과 대응 전략	2019.06.
95. 한·중·일 공작기계 및 기계요소 수출경쟁력 분석 및 제언	2019.07.
96. 미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점	2019.12.
97. 기계산업 2019년 성과와 2020년 전망	2020.01.
98. 글로벌 농기계산업 동향 분석	2020.02.
99. 포스트 코로나(Post COVID-19), 유망 기계기술 및 제언	2020.06.
100. 우리나라 제조장비기업의 성장·혁신·수익 패턴 분석과 시사점	2020.08.
100(특집호). 기계산업 데이터 활용 및 분석 방법 제언	2020.08.
101. 탄소중립 글로벌 동향과 기계기술 제언	2021.01.
102. 기계산업 2020년 성과와 2021년 전망	2021.01.
103. 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망	2021.05.

## 기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

: : No. 103 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망

| 발행인 | 박상진

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2021.5.

| 기획·편집 | 기계기술정책센터

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7539