

군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안



軍浦市議會
GUNPO CITY COUNCIL

최종보고서



軍浦市議會
GUNPO CITY COUNCIL

군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안

2023. 08.



한세대학교
HANSEI UNIVERSITY

산학협력단

군포시의회 수소산업 활성화 연구모임 귀하

대표위원 박 상 현

연구위원 이 길 호

연구위원 신 경 원

연구위원 이 훈 미

본 보고서를 「군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안」에 관한
최종보고서로 제출합니다.

2023. 08.

주관기관	김 정 곤	한세대학교 산학협력단장
과제책임	최 광 돈	한세대학교 교수
공동 과제책임	강 상 규	서울대학교 교수
공동 연구	김 용 우	(주)뉴수소에너지 대표이사
	이 왕 헌	한세대학교 교수
	안 중 현	(주)과천아이텍 대표이사

목 차

1. 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2
2. 수소경제의 현황	3
2.1 수소경제의 정의	3
2.2 수소경제의 전망	6
2.3 수소 에너지 특성	12
2.4 수소 생산공정에 따른 분류	13
2.5 수소 생산·저장·운송 기술	14
2.6 수소 연료전지 기술	20
2.7 수소 에너지 기술 혁신 동향	24
2.8 국내 수소 에너지 정책 및 산업 동향	27
2.9 해외 수소 에너지 정책 및 산업 동향	37
3. 여건 분석	43
3.1 정부의 수소정책 현황	43
3.2 상위계획	47
3.3 수소경제 등 관련계획	51
3.4 수도권 수소산업 관련 인프라 현황	53
3.5 수소경제(산업) 전문인력 양성 추진현황	55
3.6 군포시 수소산업 여건	61
3.7 군포시의 수소산업 위상	65
4. 국내·외 수소도시 사례 분석	66
4.1 국내 수소도시 주요사례	66
4.2 해외 수소도시 주요사례	79
4.3 해외 수소(기후변화) 인재육성 사례	82
4.4 시사점	87

5. 군포시 수소산업 R&D 특화도시 구현방안 및 로드맵	89
5.1 군포시 수소산업 R&D 특화도시 구현을 위한 거버넌스 구축	89
5.2 군포시 수소산업 R&D 인재육성 특화도시 구축	92
5.3 통합이행 계획(로드맵)	93
5.4 군포시 수소산업 R&D 특화도시 당위성	95
5.5 군포시 수소산업 R&D 사업화 추진전략 및 사업모델(안)	99
5.5.1 수소산업 R&D 사업화 추진전략	99
5.5.2 군포시 수소산업 R&D 사업모델(안)	100
6. 맺음말	103
6.1 결 론	103
6.2 연구의 한계 및 향후 추진방향	105
 부 록 군포시 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례	 106
참고문헌	107

01 서론

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

□ 연구의 배경

- 세계 온실가스 배출량의 지속적 증가와 지구 온난화에 따른 이상기후 피해 확산
 - 최근 “기후연구단체 세계기상원인분석(WWA)¹⁾ 과학자들은 석탄화력발전, 내연기관차 등 화석연료 퇴출을 서두르지 않는 한 세계는 뜨겁고 오래 지속되는 폭염을 겪게 될 것이라고 경고했다. 다만 그러면서도 ‘아직 안전하고 건강한 미래를 확보할 시간은 있다.’ 화석연료 사용을 중단해야 한다” 고 강조(이투데이, 2022. 7.25.)
- 교토의정서(1997년) 채택과 파리기후협약(2016년)등 “신기후체제” 선포
- 온실가스 감축에 대한 NDC(Nationally Determined Contribution)제출 의무화
- 청정에너지로서 수소 에너지의 적극적 활용 필요
- 대한민국 정부 탄소중립 선언(2020. 9.)
- 군포시는 경기도에서 신재생에너지 사용 비중이 하위권임
- 군포시의 지역특성에 맞는 수소산업 활성화 필요
- 군포시의 수소산업 발전을 위한 관련 조례 입법 및 거버넌스 확립방안 필요
- “2019 군포시 산업발전 전략연구용역” 결과, 군포시의 미래성장동력산업으로써 ‘에너지신산업’ 을 제시함
- “2021 군포시 에너지신산업분야 기업유치방안연구용역” 결과, 군포시의 에너지 신산업 발전전략 비전으로써 ‘에너지신산업 지식정보허브’ 를 제시함
- 본 연구에서는 군포시의 수소산업 활성화를 위한 대내외적 여건 변화와 정부의 정책방향 등을 종합적으로 고려해 군포시 지역특성에 맞는 수소산업의 중장기적 발전을 이끌어갈 군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안을 수립하고자 함
- 군포시 수소산업 활성화를 위한 사업모델 탐색 및 도출

1) World Weather Attribution

1.2 연구의 범위 및 방법

□ 연구의 범위

- 시간적 범위는 2023년도 기준 향후 2030년까지로 한정하였으며, 공간적 범위는 군포시 중심의 수도권 및 국내·외 수소산업
- 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립의 논거 개발
- 국내·외 수소산업 현황 및 군포시 수소산업 여건 및 위상
- 군포시의 수소 R&D 특화도시 구현방안 탐색 및 로드맵
- 군포시 수소산업 사업모델 탐색 및 정책과제 제시

□ 연구의 방법

- 군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안을 규명하고 사례에서 작동가능한 거버넌스 매커니즘을 확인하기 위하여 질적 연구 방법을 사용
- 수소산업에 대한 정의와 수소에너지 특징, 국내외 수소에너지 산업동향 등을 기술
- 사례연구를 통해 경쟁보다는 상호보완적 관점에서 산학연 협력에 대한 유형 정리
- 다른 지자체 규약과 관리규정 등의 사례 분석
- 연구결과 분석 후 이를 기반으로 R&D 연구과제 도출
- 사례별 비교 분석결과를 근간으로 명제 도출 및 정책 제언과 한계점을 제시

02 수소경제의 현황

2. 수소경제의 현황

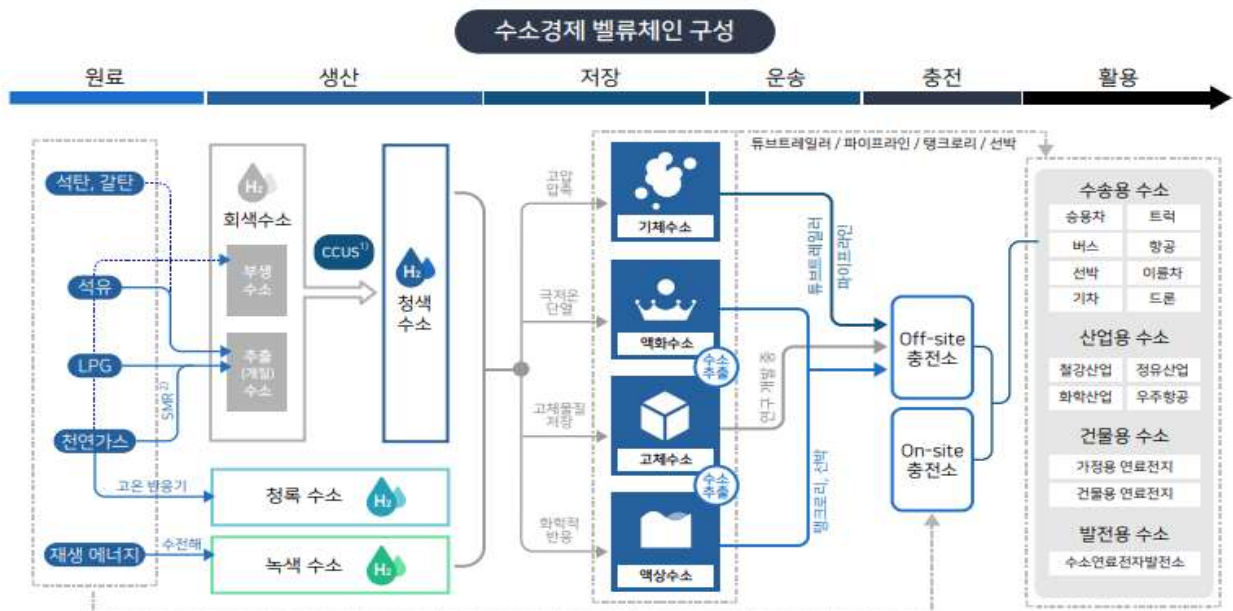
2.1 수소경제의 정의

□ 수소경제(Hydrogen Economy)²⁾란

- 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제(수소경제 활성화 로드맵, 2019. 1.)

구 분	탄소경제	수소경제
에너지 패러다임	탄소중심, 수입의존 (99%)	수소중심, 에너지자립도 향상
에너지 공급	대규모 투자가 필요한 중앙집중형 수급 입지제약이 크고 주민 수용성이 낮음	소규모 투자가 가능한 분산형 수급 입지제약 적고 주민수용성 높음
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보	기술경쟁력 및 규모의 경제
환경성	온실가스 배출	온실가스 감축

- 기후변화에 대한 위기감 고조, 코로나19 팬데믹 이후 국가별 경기회복 정책과 맞물려 수소경제 재조명
- 재생에너지는 근본적인 한계(간헐성, 경직성, 지역 간 편차)로 인해 생산량을 조절할 수 없고, 저장과 수송이 용이하지 않아 수소 생산 에너지원으로 활용



<자료: 삼정KPMG경제연구원, 수소시대의 도래, 기업의 13가지 기회, 2023>

2) 1970년 John Bockris에 의해 용어가 제시되었으나, 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)의 2002년 저서 “The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth” (수소경제)에서 전세계로 확산된 개념

□ 수소도시(Hydrogen City)란

- 최초 덴마크의 “H2PIA” 개념으로 시민 스스로 필요한 에너지를 수소의 형태로 생산하고, 저장 및 이송하여 활용하는 클린 도시(한국경제, 2008. 8.23.)
- 도시에 사용되는 수소에너지가 20% 이상을 담당하는 ICT 연계 스마트 수소 에너지 융합도시
- (국내) 수소 에너지를 공동주택, 건축물, 교통시설 등에 활용할 수 있도록 수소생산시설, 이송시설(파이프라인, 튜브 트레일러 등) 활용시설(연료전지 등) 등 도시 기반시설을 구축하는 사업

□ 덴마크, 일본, 네덜란드, 호주, 미국 등은 “수소교통” 을 중심으로 구성된 비전 제시

구 분	국가별 수소 도시 비전
덴마크	• 풍력 중심의 수소 생산 및 파이프 라인을 통한 공급과 연료전지 중심 - 각 가정별 연료전지모듈인 마이크로 수소연료 열병합발전소를 통한 수소공급 - 수소 공급 방식은 천연 가스 공급방식임
영 국	• 천연가스 내 수소를 추출 후 배관을 이용 도시 전체에 공급을 목표로 함 - 기존 천연가스를 100% 수소로 전환하기 위한 기술적, 경제적 타당성 검토 중 - 수소가스 상용화를 위한 관련 프로젝트 착수(2016년 7월)
네덜란드	• 태양광을 활용한 수전해 수소 생산 및 소금 동굴 내 저장 - 유럽 내 수소생산 2위국, 북부지역중심의 친환경 수소 경제도시 목표 - 풍력, 천연가스 등 2050년까지 수소대량 생산과 Kg당 2~3유로의 가격을 목표
호 주	• 풍력을 활용한 수전해 기반의 수소 생산과 수출 모델의 개발 • 린데사를 통한 수소 도시 개념 도입과 수소 교통 중심
일 본	• 부생수소를 파이프 라인으로 공급하는 기타큐슈 프로젝트 • 일반적으로 수소 타운의 소규모 커뮤니티내 수소를 공급 - 기타큐슈시를 통과하는 파이프라인으로 일반가정, 상업시설, 공공시설에 수소 공급 - 고베, “수소 CGS(Co-Generation Sys’) 활용 스마트 커뮤니티 기술개발 사업” 추진 * 수소와 천연가스를 연료로 하는 1MW급 가스터빈 개발 및 수소 CGS 실증으로 구성
미 국	• 캘리포니아 주 중심의 수소 교통을 핵심으로 계획 • 주거 보다는 수소 충전소 중심의 사업모델이 주를 이룸

□ 국내 수소도시 특징(국토교통부, 2019)

○ 수소 시범도시 모델



○ 수소 시범도시 특징(수소 수급 여건에 따라 도시 내 3~10km² 범위)

도 시	수소도시 특징
평택	- 블루수소 생산 등을 위한 수소특화단지(통합안전운영센터 구축) - 경제자유구역 공동주택 연료전지 수소모빌리티 특구 연계 수소배관 15km 구축 - 수소도시 기술지원센터 스마트팜 테마파크
남양주	3기 신도시 내 수소도시 모델 구축(통합안전운영센터 구축) - 공공주택, 공공청사 연료전지 수소충전소 구축(수소청소차 도입) - 도심형 바이오메스 기반 그린수소 생산기지 건설(수소배관 5km 구축)
당진	- 국내 최대 석탄화력발전단지 등을 통한 수소생산(통합안전운영센터 구축) - 공공주택, 기숙사 연료전지 수소청소차, 수소트럭 도입(수소배관 7.5km 구축) - 유기성 폐자원 그린수소 생산 실증, 수소에너지 홍보관
보령	- 세계 최대 그린&블루수소 생산기지 연계(통합안전운영센터 구축 / 수소배관 8km 구축) - 실버타운, 기숙사 연료전지 버스차고지, 수소충전소, 수소버스, 수소트레일러 도입 - 냉열 특화산업단지 내 수소연료 설치, 유기성 폐자원 활용 그린수소 생산 실증
광양	- 광양, 여수 수소항만 구축사업 추진(통합안전운영센터 구축) - 공공주택, 수영장 연료전지 수소충전소, 수소청소차 도입(수소배관 19km 구축) - 광양항 내 수소모빌리티 실증사업
포항	- 제철소 부생수소 공급여건 연계(통합안전운영센터 구축 / 수소배관 15.4km 구축) - 공공주택, 공공건물 연료전지 수소충전소, 수소버스 도입 - 수소연료전지 개발 및 수전해 수소 생산 실증
울산	- 경제 산업 기반의 깨끗하고 행복한 H2appy 수소도시 조성 - 수소지게차, 수소연료전지 선박, 수소유람선 운영 등 지역특화사업 연계
완주 전주시	- 지역맞춤형 수소기반 도시 생태계 구축 및 확산 - 수소운송용 고압용기, 수소저장용기, 수소홍보관 등
삼척	- 동해안 에너지·관광벨트의 거점 도시 관광 복합형 수소도시 조성 - 에너지 자립형 수소주택단지, 액화수소 생산실증, 수소드론 체험관 등
안산	- 글로벌 수소도시, ECO 안산 - 조력발전과 연계한 그린수소 생산, 수소선박 등(수소배관 8km 구축)

2.2 수소경제 전망

□ 글로벌 수소경제 산업 전망

○ 수소 생산 산업

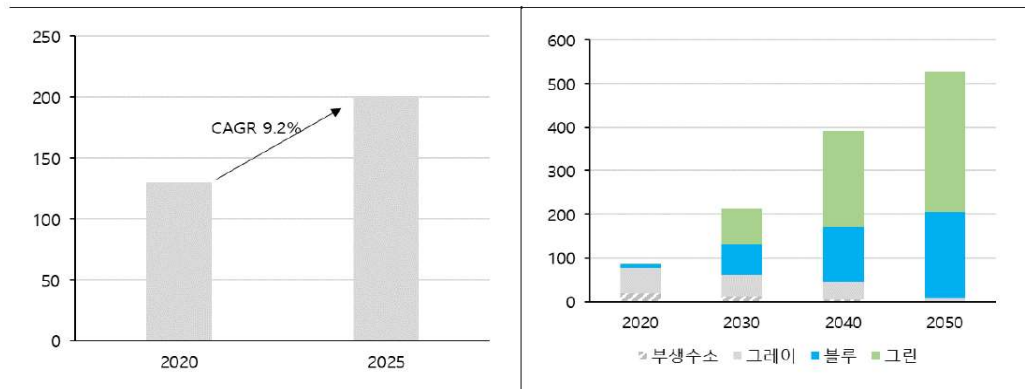
- 생산공정 중 CO₂ 배출량에 따른 수소 분류
 - 그레이수소 : 생산과정에서 CO₂ 배출
 - 블루수소 : 발생하는 CO₂를 포집하여 재사용 및 저장
 - CCUS : Carbon Capture Utilization and Storage
 - 그린수소 : 수소 생산과정에서 배출되는 CO₂ Zero
- 수소생산 공정별 분석
 - 높은 생산비용과 부족한 인프라 및 기술개발 수준에 의해 수소 생산량 중 블루·그린 수소 생산 비중은 미미함
 - 온실가스 배출 저감을 위해서는 이산화탄소 배출이 없는 그린수소 생산이 필수적임
 - 장기적으로는 블루·그린수소가 수소 생산 방식의 주류가 될 것으로 보임

글로벌 생산시장 규모

(단위: 십억\$)

글로벌 생산 방식별 수요

(단위: Mt)



<자료: 한국신용평가, 수소경제 주요그룹사별 추진현황 및 Credit 관점 합의, 2021>

○ 수소 저장 및 운송 산업

- 근거리 석유화학단지의 경우 파이프라인을 통해 수소를 공급받음
- 중장거리의 경우 고압의 기체를 튜브 트레일러에 압축 후 기체 상태로 저장 후 운송 방식 사용
- 극저온(영하 253도 이하)에서 수소가 액화될 경우 부피가 기체수소 대비 1/800 수준으로 감소하여 대량 저장·공급에 용이
- 기체수소를 액상수소운반체(톨루엔 등)와 결합하거나 암모니아(NH₃)로 합성하여 운송하는 방식의 기술 개발 진행 중

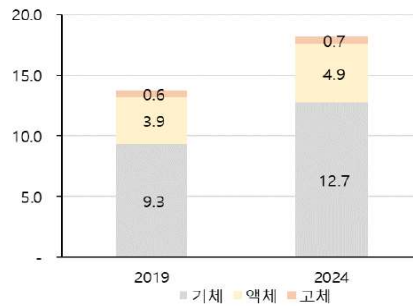
- 향후 액체·액상 방식으로 수소를 저장하고, 탱크로리 및 선박을 통한 대량 운송 방식으로 확대될 전망

저장상태별 운송방식

운송 상태	운송방식	적합한 운송조건
기체 운송	배관	소규모, 단거리수요처, 연속공급 대규모, 장거리수요처, 연속공급
	튜브 트레일러	중소규모, 중장거리수요처, 간헐적공급
액화	탱크로리	액화제조 및 저장시설과 연계된 경우 중대규모, 중장거리수요처공급
액상	탱크로리	액상물질(암모니아 등) 제조시설과 연계 중대규모, 중장거리수요처공급

저장상태별 글로벌 시장규모

(단위: 십억\$)



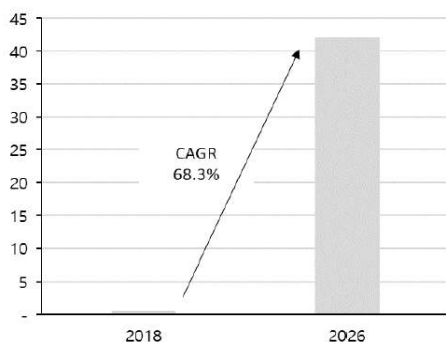
<자료: 한국신용평가, 수소경제 주요그룹사별 추진현황 및 Credit 관점 합의, 2021>

○ 수소 활용 산업

- 중단기적으로 수소차와 연료전지를 중심으로 성장할 것으로 전망함
- 수소차와 연료전지 기술은 이미 상용화 이후 기술 고도화 단계임
- 정부의 정책적 지원 등을 기반으로 시장 규모가 빠르게 성장 중임
- 중장기적으로는 선박, 드론 등 모빌리티 시장이 다양한 분야로 확대
- 수소 생산의 부산물인 암모니아, 합성 등유를 연료로 하는 선박·항공 시장이 성장할 것으로 예상함
- 철강 산업 중 코크스를 대체하는 환원제와 석유화학 산업에서 나프타의 원료 등 주변 산업의 수소 활용도가 점차 높아짐
- 탄소배출 감소 효과 증가할 것으로 예상함

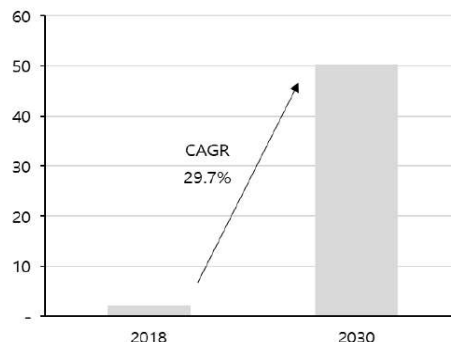
글로벌 수소차 시장규모

(단위: 십억\$)



글로벌 연료전지 시장규모

(단위: 십억\$)



<자료: 한국신용평가, 수소경제 주요그룹사별 추진현황 및 Credit 관점 합의, 2021>

□ 국내 수소경제 산업 대응 동향³⁾

○ 청정수소 생산기술 국산화

- 주요 수전해 생산기술 국산화
- 차세대 수전해 생산기술 확보
- 미래 수소생산기술 원천 연구

○ 수소 저장 및 운송 기술 고도화

- 해상 운송·저장 기술 고도화
- 전국 수소 보급기술 국산화
- 국제 표준 및 인증체계 확보

○ 수소 활용기술 1위 공고화

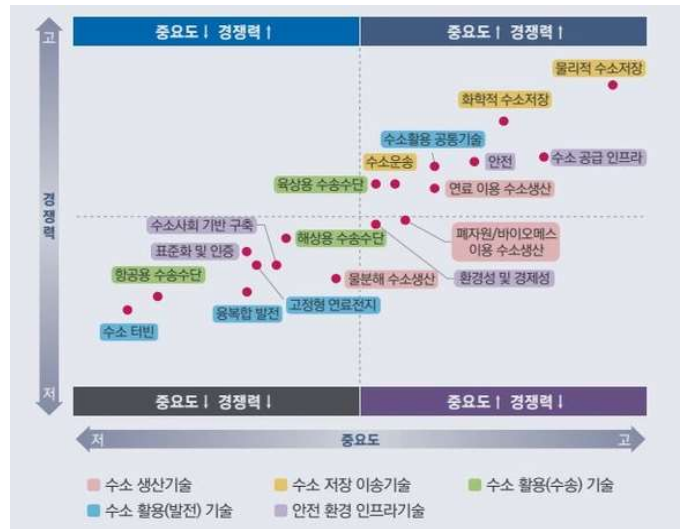
- 수소전기차 기술 초격차 확보
- 차세대 모빌리티 기술 선점 및 청정수소 발전 핵심 기술 개발

○ 인프라 확충

- 수소경제 컨트롤 타워 수소경제위원회(Hydrogen Council) 2기 출범('22.11.9)
 - * 산업계 민간위원 확대(3→5명)로 민간 주도의 수소산업 육성에 대한 의지 표명
- 수소산업 진흥 전담기관 H₂Korea 설치

○ 정부의 에너지(전력) 정책 동향

항 목	2022년 이전	2022년 이후(현 정부)
온실가스 감축목표(NDC)	· 2030년 배출량, '18년대비 40% 감축 (26.3%에서 '21년말 상향함)	좌동
원자력발전	· 단계적 탈원전 - 노후 원전 수명연장 중단 - 월성 1호기 폐쇄 - 신규 건설중단	· 원전 비중 확대(30%유지) - 신규원전 공사 재개 - 설계수명 확대 - 수출 적극 지원(2030년까지 10기 수출)
신재생에너지	· 태양광/풍력/수소 적극 확대	· 현실적으로 목표치 하향 조정 - 태양광과 풍력 목표 현실적으로 조정 - 수소는 확대 기조 유지
화력발전	· 화력발전 적극 감축 - 탈석탄 조기 달성 - 중간 역할로 LNG 확대	· 화력발전 합리적 감축 유도 - 화력발전비중 2-27년까지 40%대로 축소 - 석탄/LNG 비율 합리적 조정 - 수소 암모니아 혼소 활용

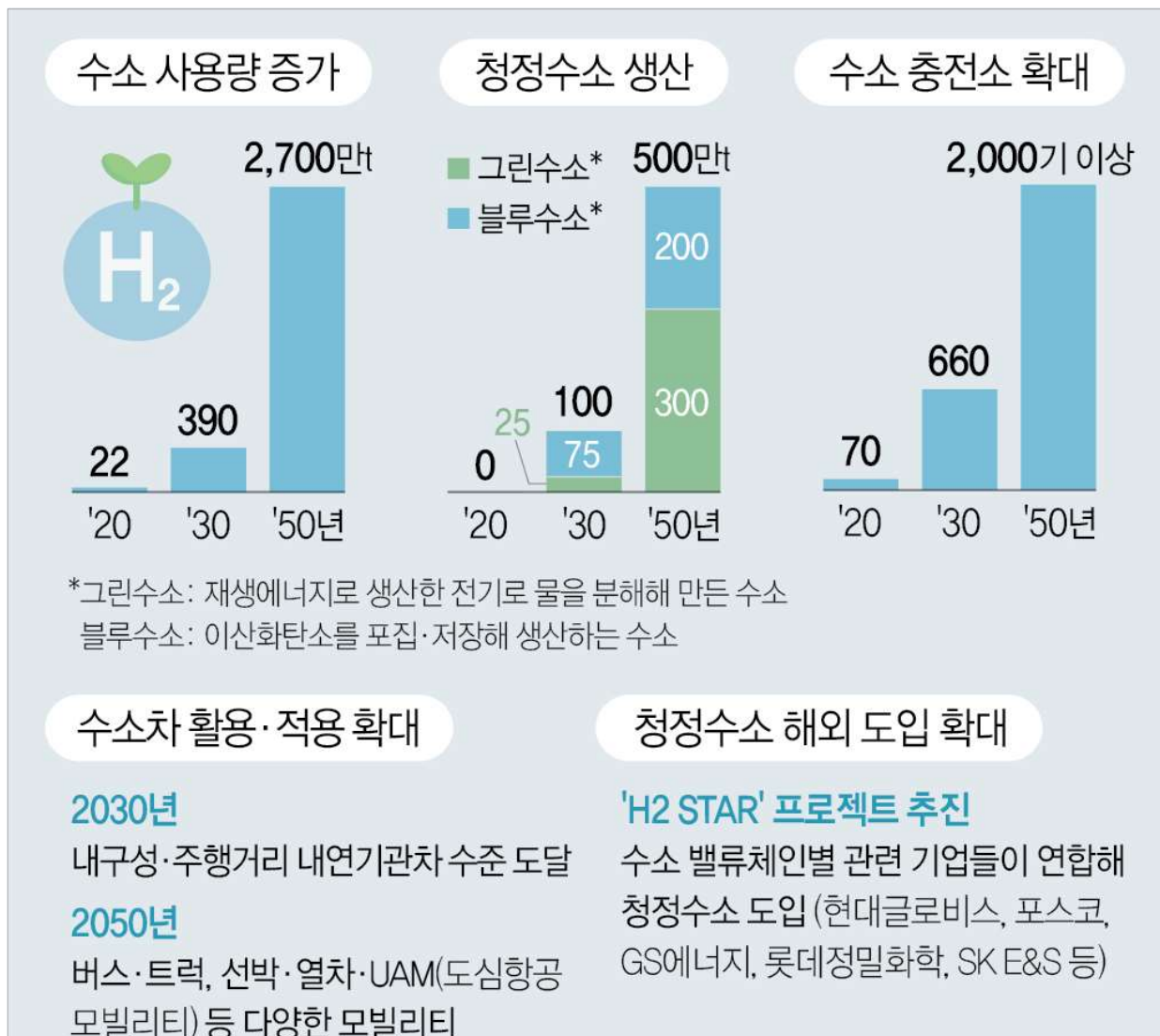


〈자료: 부산산업과학혁신원, 동남권 수소기술 중요도 및 경쟁력, 2022〉

3) 새 정부 첫 수소경제위원회 개최, 수소산업 새 성장전략 제시 보도자료(국무조정실, 2022.11.8.)

□ 국내 수소경제 전망

- 수소경제를 주도하는 선진국도 수소경제의 시작 단계임
- 수소 활용 측면에서 우리나라의 경우 수소 산업 및 시장 선도 가능성이 높음
 - * 수소연료전지차, 수소연료전지발전 등의 기술을 보유하여 전세계 수소경제 견인
- 수소경제 수요기반 확충을 위한 안전성 확보는 수소산업의 성공적인 결정 요인임
 - * 수소인프라 확산 및 지속적 수소경제 발전을 위한 수소의 안전성 확보에 주력
- 수소경제의 수소생태계 조성을 견인할 수 있는 정책 및 기술개발 추진
 - * 신시장 진출 기업의 기술적 진입장벽 극복을 지원하기 위한 기술참여 등 정책적 전략 필요
- 수소경제 로드맵에 따라 민간 영역에서의 투자 활성화 및 정부 정책지원 강화
 - * 수소경제의 선도적 지위 확보를 위한 정부의 정책적 일관성을 가지고 R&D 지원 필요



<자료: 산업통상자원부, 수소선도국가비전, 2021>

□ 주요 선진국 수소도시 구축 동향

구 분	미 국	유 럽	일 본
대 표 정 책	- Hydrogen Posture Plan - Department of Energy(DOE) - CaFCP(California Fuel Cell Partnership)	- 유럽 : FCH JU - 독일 : NIP - 영국 : UK H2 Mobility - 프랑스 : H2 Mobility France	4차/5차 에너지 기본계획 2020년(도쿄올림픽) 기준 수소사회 진입
배 경	- 천연가스 가격하락 - 천연가스 활용방안 모색 - 석유화학 산업 부활	- 신재생에너지산업 성숙단계 진입 - 신재생에너지 잉여전력 활용 모색	- 수소, 연료전지 기술선도 - 수소전기차 상용화, 보급 중 → 수소 수요확대에 대응
생 산	- 천연가스 개질 방식 확산 - 대규모 풍력단지 중심 생산 - 부생 수소 활용	신재생에너지의 잉여전력을 활용한 수소 집중형 대량생산 (Power to GAS)	- 부생수소 활용(단가) - 해외생산 수소 대량 수입 (중장기)
운 송	- 천연가스 배관 활용 - 튜브 트레일러 활용	- 천연가스 그리드 활용 - 수소 파이프라인 활용 (북유럽 일부지역)	- 튜브트레일러 및 수소파이프 라인 활용 - 액화수소, 액상수소 기반 운송
저 장	- CNG 충전소 활용(HCNG) - 주유소 연계방식(수소탱크 활용)	- 열병합 발전소와 연계 - 복합형 클러스터 구축 (수소/CNG/전기/열)	- 대용량 저장소 구축 - 수소 탱크 활용(고압방식, 액화수소, 톨루엔 전환방식)
정 책 특 징	- 캘리포니아 주에서 미국전역 확산 - 수소전기차용 수소충전소 확충	- 신재생에너지 활용 - 가스 그리드 활용 - 대용량 수소 저장소 구축 - 수소전기차용 수소충전소 활용	- 수소전기차 수소충전소 확충 - 가정용/발전용 등 포괄적인 수소 산업시장 창출 추진

□ 주요 국가별 수소생산을 위한 정책 비교

구 분	전 략	예 산	확보방안
한국	그린수소 자급률 확보 그린수소 확보를 위한 기술개발 및 공급망 확충 (국내외 대규모 청정수소 생산기지 구축)	2.6조원/'20년	생산+수입
미국	자국중심 수소시장 활성화 대규모 보조금 정책을 활용한 시장 활성화 및 생산단가 절감	인프라법(95억불) IRA(225억불)/'32년	생산
독일	그린수소 집중생산 그린 수소 자국 생산 및 해외공급망 확보	213억 유로/'30년	생산+수입
일본	수소 사회 실현 생산단가 절감 및 해외공급망 확충	6,996억엔 (약65억불)/'30년	생산+수입
호주	수소수출 1위국 재생에너지 기반 그린수소 생산 집중 투자	13억불	생산+수입
중국	수소생산 1위국 재생에너지 활용 그린수소 공급확대	-	생산

〈자료: 한국무역협회, 친환경 수소생산을 위한 주요국 정책 비교자료, 2023〉

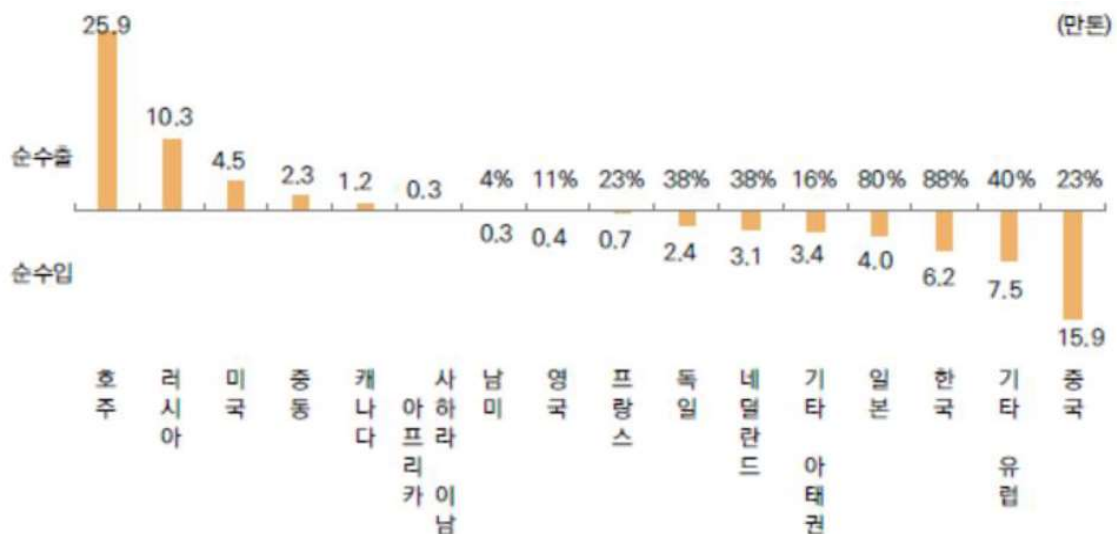
□ 국내 2019년 수소경제 활성화 로드맵 내 수소공급 및 가격

구 분		2018년	2022년	2030년		2040년	
공급 가격	공급량	13만톤/년	47만톤/년	194만톤/년		526만톤/년	
	공급방식	① 부생수소(01%) ② 추출수소(99%)	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소	50%	① 부생수소	70%
				③ 수전해		③ 수전해	
				④ 해외생산		④ 해외생산	
				② 추출수소	50%	② 추출수소	30%
	수소가격	(정책 가격)	6,000원/kg (시장화 초기가격)	4,000원/kg		3,000원/kg	

□ 수소에너지의 전주기 기술

원 천	생산	저장	운송 및 공급	활용
- 태양광 - 풍력 - 수력 - 원자력 - 천연가스 - 석탄 - 바이오가스	- 알카라인 수전해 - AEM - PEM 수전해 - SOEC - 수증기 개질 + CSS - ATR + CCS - 메탄 열분해 - 열화학 수소	- 액화수소 - 압축수소 - 암모니아 - LOHC	- 파이프라인 - 트레일러 - 선박 - 기체 충전소 - 액화 충전소	- 차량 - 승용차 - 버스 - 트럭 - 선박 - 발전기 - 연료전지 - 가스터빈 - 보일러 - 제철 - 비료

□ 2050년 국가별 수소 수출입 전망(미래에셋, 글로벌 수소경제, 2021)



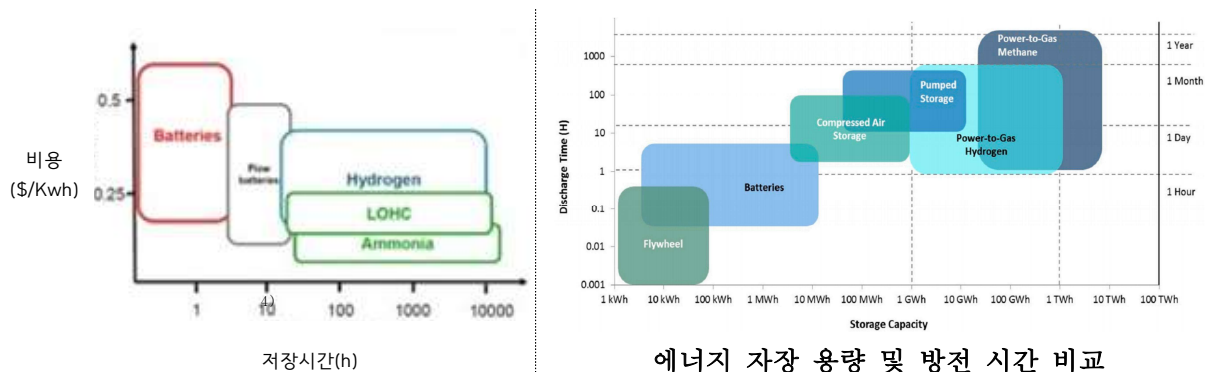
2.3 수소 에너지 특성

□ 수소 특성

- 가장 가벼운 물질이며 무색, 무미, 무취의 기체
- 고온에서 강재나 금속재료를 투과하며, 확산속도가 빠름
- 열전도율이 높고, 열에 안정적

□ 수소 에너지 특성

- 화석에너지와 달리 이산화탄소 배출이 없는 친환경 에너지원
- 태양·풍력과 같은 다른 대체 에너지보다 사용범위가 넓어 차세대 청정에너지로 기대
- 재생에너지와 수소기반의 전력 저장을 결합하여 에너지 손실을 줄일 수 있음
- 전력 수요에 대응할 수 있는 최적화 Power to Gas (P2G) 시스템으로 구성
- 수소 저장 시스템은 설비용량 및 저장 용량 측면에서 기존의 2차 전지 전력 저장 방법보다 유리

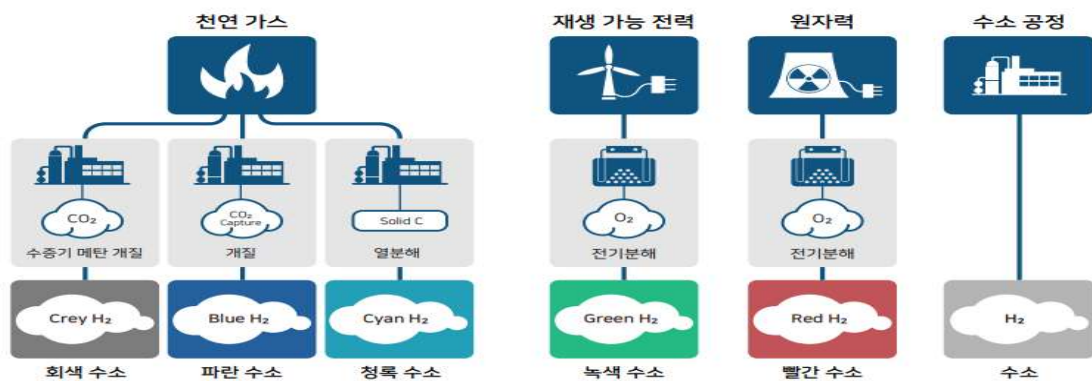


<자료: SK증권, 2022 Green Solution Part1 2022년 수소를 주목해야하는 이유, 2022>

- 4) Flow battery : 바나듐 산화환원 흐름 축전지, 전해질 용액 안 이온들의 산화 환원 전위차를 이용해 전기를 만들. 안전성이 높은 데다 용량을 늘리기가 쉬워 차세대 이차전지로 쓰일 전망이다.

2.4 수소 생산공정에 따른 분류

- 브라운 수소 · 그레이 수소 : 추출(개질) 수소와 부생수소
 - 생산 과정에서 이산화탄소가 가장 많이 발생하는 수소
 - 석유화학공정이나 제철공정에서 화학반응에 의해 부수적으로 생산되는 수소를 부생수소라고 함
 - 부생수소는 브라운 수소와 그레이 수소가 있음.
 - 브라운 수소 : 석탄이나 갈탄을 고온·고압에서 가스화하여 수소가 주성분인 합성 가스를 만드는 방식
 - 그레이 수소 : 천연가스를 고온·고압 수증기와 반응시켜 물에 함유된 수소를 추출하는 개질 방식, 즉 천연가스의 주요 성분인 메탄을 이용해 고온의 반응기에서 수소를 추출하는 수증기 개질법
 - 현재 수소 충전소에서 사용되는 수소는 대부분 부생 수소임
- 블루 수소
 - 그레이 수소에서 발생하는 이산화탄소를 CCS 기술을 이용해 포집
 - 포집체를 직접 활용 또는 화학적으로 변화시켜 사용하는 과정을 추가
 - 천연가스와 이산화탄소 포집설비를 이용하여 생산된 수소
 - 이산화탄소를 포집·저장하여 탄소배출을 줄인 것이 특징임
- 그린 수소
 - 태양광·풍력 등 재생에너지로 만든 전기로 물을 분해하여 생산한 수소
 - 수전해 기술을 적용하여 수소와 산소만 생산하는 기술
 - 오염물질 배출 없이 전기 에너지를 수소로 변환하여 손쉽게 저장 가능
 - 생산량 조절이 불가능한 재생에너지의 단점을 보완 가능함.



<자료: Hydrogen Colours codes, <https://www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colour-codes>>

2.5 수소 생산·저장·운송 기술

2.5.1 수전해 기술

□ 알칼라인 수전해 셀 (Alkaline Electrolysis Cell, AEC)

- 알칼리 전해액을 통해 물을 전기분해하는 기술로, 현재 가장 상용화된 기술
- 수소의 대량생산이 가능하고, 귀금속 촉매가 불필요하여 생산비용이 낮음
- 구조상 큰 저항으로 인해 운전 전류밀도 범위가 낮으며, 수소 순도가 낮음

□ 고분자전해질막 수전해 셀 (Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis Cell, PEMEC)

- 이온전도성 고분자 전해질을 통한 수전해 기술로, 막전극 접합체로 구성됨
- 저항이 낮고, 고전류밀도에서 운전하여 상대적으로 효율이 높음
- 분리막과 촉매 재료의 비용이 많으며, 소재 열화가 빠름

□ 음이온교환막 수전해 셀 (Anion Exchange Membrane Electrolysis Cell, AEMEC)

- 고분자 전해질막형으로 PEMEC와는 달리 음이온 교환막을 통해 알칼리성 환경에서 구동하는 특징이 있음
- 설비비용과 수소 생산 비용이 저렴하며, 운전 효율이 상대적으로 높음
- AEM이 기계적, 열화학적으로 안정성 문제가 있고, 기술완성도가 낮은 단점

□ 고체산화물 수전해 셀 (Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC)

- 고체산화물 전해질을 사용하는 수전해셀로 800도 이상의 고온에서 작동
- 비귀금속 촉매, 이산화탄소 등 탄화수소의 사용으로 연료 선택의 폭이 넓음
- 고온 운전으로 운전 효율이 매우 높고, SOFC 모드로 가역 운전 가능 장점
- 고온 운전으로 환경 유지가 어렵고 세라믹 및 구성 소재의 열화가 쉬운 단점

□ 프로톤 전도 세라믹 수전해 셀 (Proton Conducting Electrolysis Cell, PCEC)

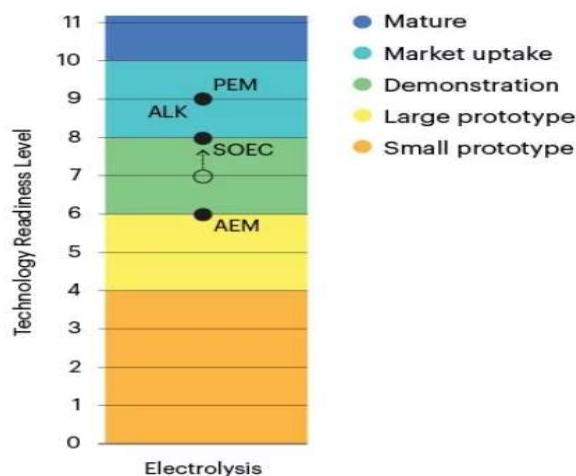
- 양성자 전도성 전해질을 사용하는 수전해 기술
- PEMEC의 양성자 전도성 물질의 사용은 같지만, 고체산화물 전해질을 사용함
- 생산된 수소와 수증기를 분리할 필요가 없어 효율성이 높음
- 상대적으로 제작 비용이 높고, 기술 수준이 낮아 큰 면적의 제작이 어려움

□ 수전해의 기술 및 기술성숙도(Technology Readiness Level, TRL)

- 수전해 기술(한국원자력연구원, 원자력정책 Brief Report 2022)

	알카라인	PEM	SOEC
가동온도	70-90℃	50-80℃	700-850℃
전해질	Potassium hydroxide(KOH) 5-7 molL ⁻¹	PFSA 막	Yttria-stabilized Zirconia (YSZ)
구조	애노드: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$ 캐소드: $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$	애노드: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 캐소드: $2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	애노드: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 캐소드: $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$

- 수전해 기술성숙도(TRL 6~9) : PEM(9), ALK(8), SOEC(7), AEM(6) 순



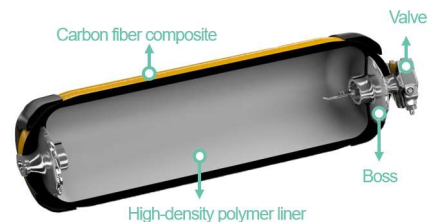
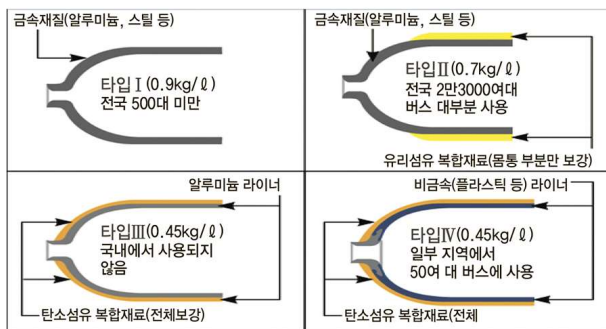
* 프로톤 전도 세라믹 수전해 셀(PCEC)은 기술 개발단계로 기술성숙도 낮음

2.5.2 수소 저장 기술

□ 고압 기체 저장 방식

- 수소를 상온에서 약 700bar로 압축하여 기체 상태로 저장
- 현재 가장 일반적인 기술로 압축 시스템이 비교적 저렴하며, 충전/공급 외에는 손실이 발생하지 않음
- 수소를 압축할 때 대량의 에너지가 필요하며 체적당 에너지 저장 밀도가 낮아 저장 효율이 낮음

■ 가스저장용기의 타입별 구조도

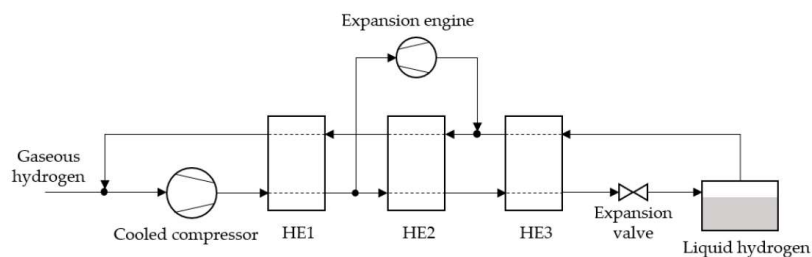


<자료: 가스안전공사, 가스신문: 이동형 수소저장용기 2016>

□ 액화 저장 방식

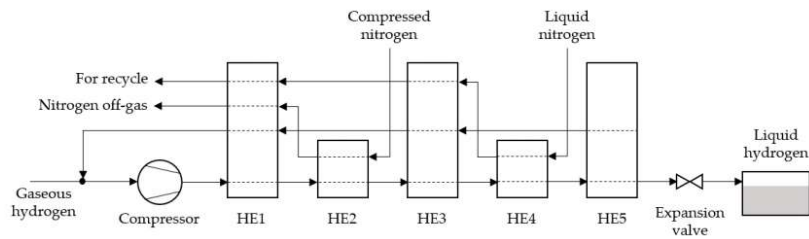
- 수소의 끓는 점인 20.3K까지 냉각시켜 수소를 액체 상태로 저장
- 상압에서 저장 가능하여 낮은 엔탈피를 가지며, 체적당 에너지 저장 밀도가 높음
- 수소를 액화시키는 시스템의 비용이 높고, 저장하는 동안 지속적으로 BOG⁵⁾가 발생하여 장기적으로 저장하기 어려움
- Linde, Claude, Brayton Cycle이 대표적인 수소 액화 공정 방법

【Linde Cycle】

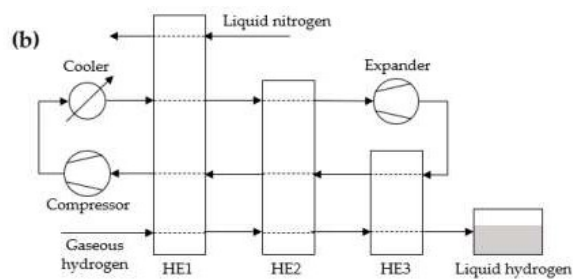


5) BOG(Boil off Gas)란 자연적으로 증발 및 기화하는 것을 말한다.

【Claude Cycle】

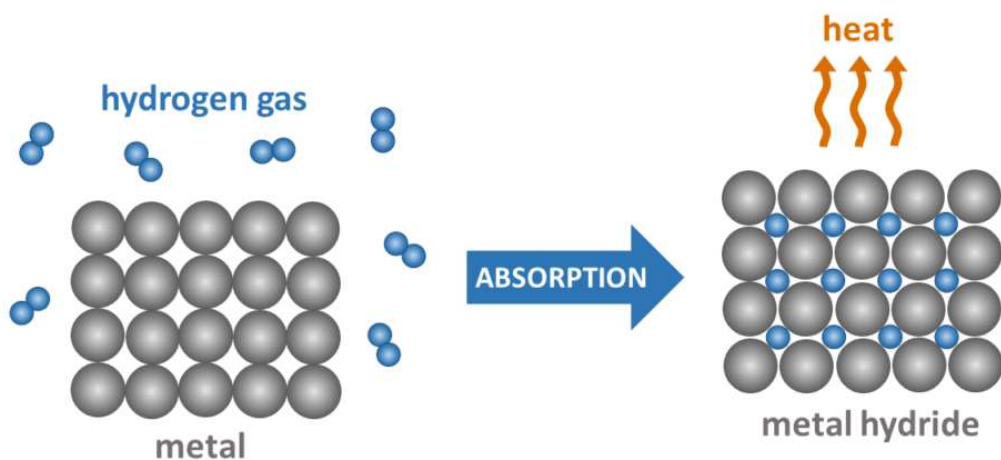


【Brayton Cycle】



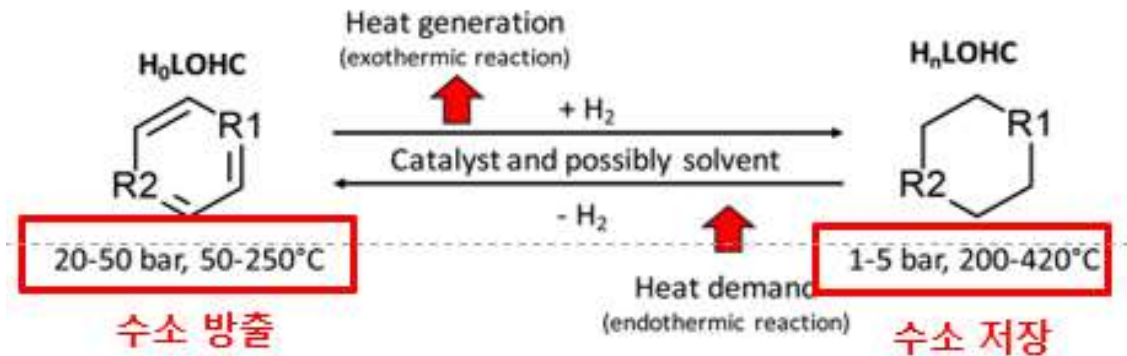
□ 고체 저장 방식

- 수소 원자가 금속의 다공성 물질 표면과 반응하여 높은 밀도로 저장하는 방식이며 저장할 때는 발열 반응, 방출할 때는 흡열 반응
- 체적당 수소 저장 밀도가 높고, 중량당 수소 저장 밀도가 낮으며 안정성이 높음
- 수소 저장 합금의 가격이 높고, 열화로 인한 저장 횟수가 제한됨



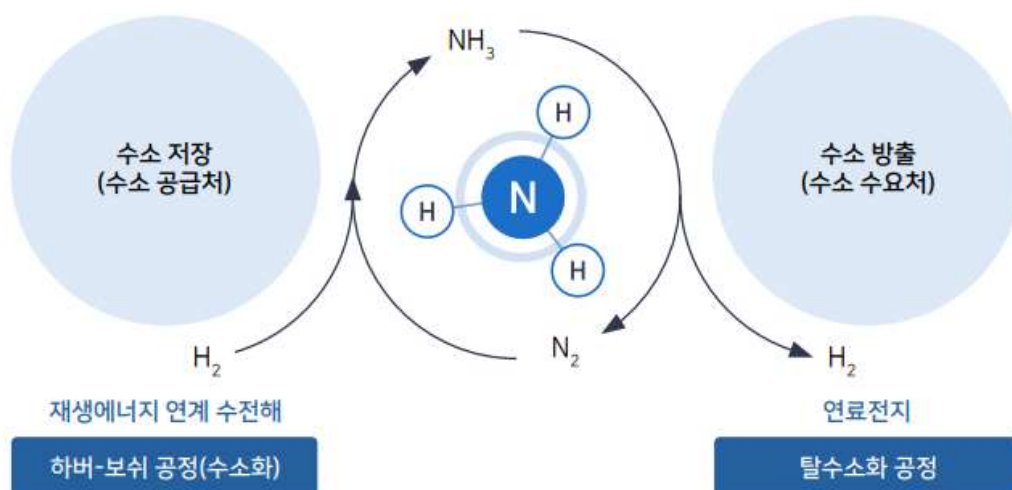
□ LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier) 방식

- 액상 유기화합물을 이용하여 수소를 저장하는 방식
- 상온에서 수소를 저장할 수 있으며, 대용량으로 수소 저장이 가능
- 유기화합물 재생 공정이 필요하고, 수소화, 탈수소화 설비가 추가로 요구됨



□ 암모니아

- 수소를 암모니아로 합성하여 저장하는 방식
- 기존 암모니아의 생산, 운송, 유통 인프라가 잘 갖춰진 상태이며, 상압, 저온 생산이 가능하고, 단위 부피당 수소 저장 밀도 높음
- 현재는 실험 수준의 개발 단계로 설비 규모가 매우 작음



<자료: 한국산업기술진흥협회, 기술과 혁신:수소경제의 미래, 2019>

2.5.3 수소 운송 기술

□ 기체 수소 파이프라인 운송

- 배관을 통해 기체 수소를 운송하는 방식으로 수요지가 생산시설과 인접하고, 배관 연결 비용이 사용량 대비 효율성이 있을 때 사용
- 소규모, 단거리 혹은 대규모, 장거리에 연속 공급할 때 적합
- 수소 원자가 금속격자의 크기보다 작아 금속 소재 속에 수소가 흡수되고, 금속의 연성 또는 인성을 떨어뜨리는 수소 취성 문제 발생

□ 기체 수소 튜브트레일러 운송

- 기체 상태의 수소를 운송하는 차량
- 주로 사용되는 트레일러는 200기압, 300kg 용량의 금속재 수소용기 장착
- 중·소규모, 중·장거리에 간헐적으로 공급할 경우 적합

□ 액체 수소 탱크로리 운송

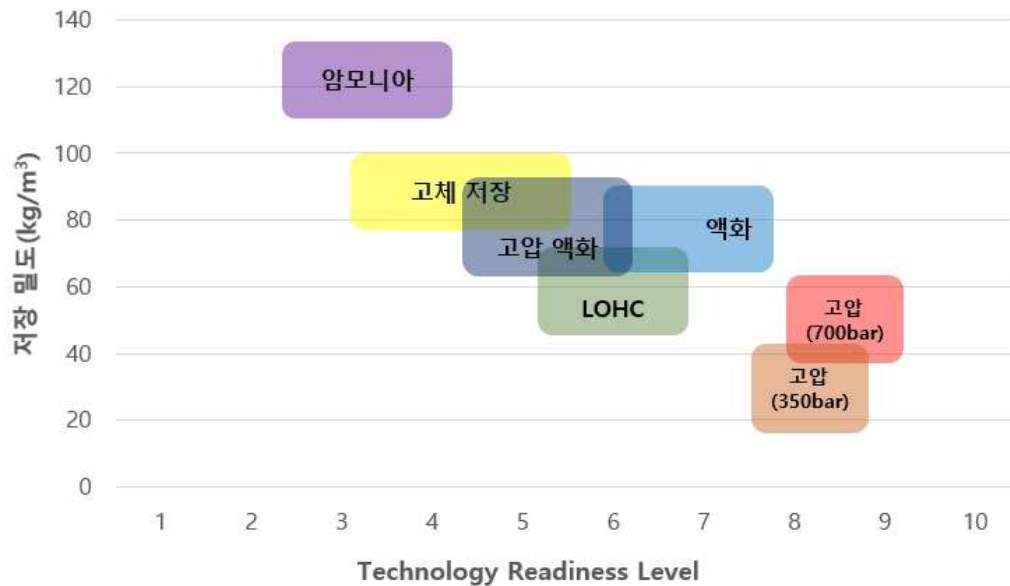
- 수소를 대기압 기준 영하 253도까지 냉각하여 액체 상태로 운송
- 25톤급의 액화수소 탱크로리는 고압가스 튜브 트레일러 대비 1회당 약 10배 이상의 운송이 가능함
- 운송비용을 절감할 수 있으며 중·대규모에 공급할 경우 적합



(자료: 화학공학소재연구정보센터(손희상), 최신 수소저장소재 기술 동향, 2017>

□ 수소 저장 기술성숙도(TRL) 및 저장 밀도

- 기술성숙도 수준(TRL 3 ~9) : 고압(9), 액화(7), LOHC(6), 고체(4), 암모니아(3)
- 저장 밀도 : 암모니아 > 고체 > 액화 > LOHC > 고압 저장 순임



2.6 수소 연료전지 기술

□ 고분자전해질막 연료전지(Polymer/Proton Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC)

- 수소 이온을 투과시키는 고분자막을 전해질로 사용하며 비교적 저온에서 작동
- 작고 가볍게 제작할 수 있으며 낮은 온도에서 작동하여 시동 시간이 짧고, 전류밀도가 커서 출력이 높음
- 백금 촉매를 사용하여 비용이 높고, 고온, 저습 조건에서 이온전도도가 감소하여 습도와 온도 조절이 필수임

□ 알카라인 연료전지 (Alkaline Fuel Cell, AFC)

- 수산화칼슘 전해질, 니켈 촉매를 사용하며 120도 이하의 저온에서 작동
- 귀금속 촉매를 사용하지 않아 비용이 낮음
- 순도 높은 수소가 요구되며, 전극이 이산화탄소에 취약

□ 인산염 연료전지 (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC)

- 인산염 전해질, 백금 촉매를 사용하며 약 200도에서 작동되는 저온형 연료전지
- 구조가 단순하고, 화학적 안정성이 높으며, 비용이 저렴
- 다른 연료전지 방식에 비해 크고 무거우며, 촉매로 백금을 사용하여 일산화탄소 노출에 취약

□ 용융탄산염 연료전지 (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)

- 탄산이온이 탄산염 전해질을 통해 이동하며, 약 650도의 고온에서 작동
- SOFC와 마찬가지로 고온에서 작동하여 열병합 발전에 유리하고, 내부 개질로 LNG, LPG 연료를 사용할 수 있음
- 고온 작동으로 액체 전해질이 증발하여 전해질을 보충하기 위해 연료전지 작동을 멈춰야 함

□ 고체산화물 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)

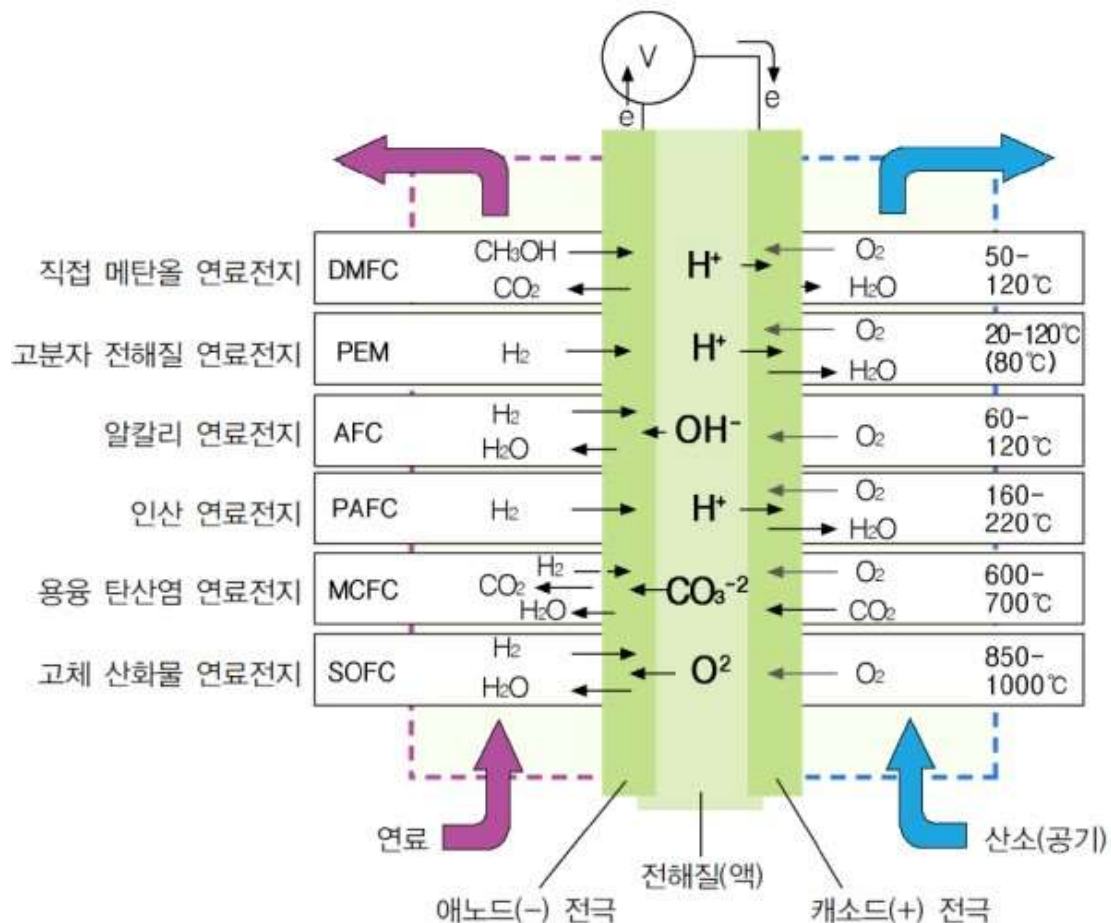
- 고체산화물 세라믹 전해질을 사용하며 500~1000도 사이의 고온에서 작동
- 고온 운전으로 발전 효율이 높고, 폐열을 활용한 복합 발전이 가능
- 고온 운전으로 인해 제조와 유지 비용이 높고, 세라믹 및 구성 소재의 열화가 쉬움

□ 연료전지의 종류

- 전해질 종류에 따라 연료전지를 구분

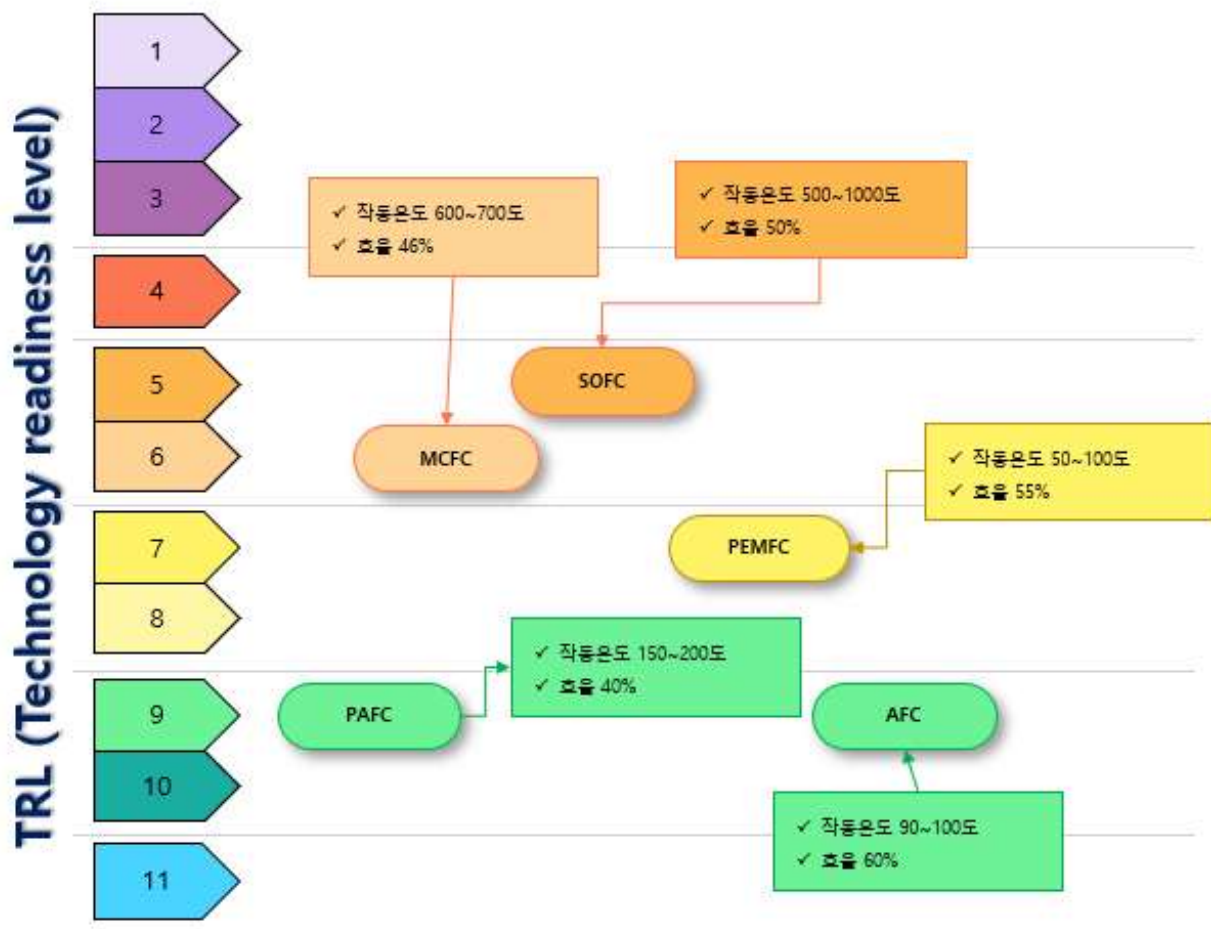
구분	알칼리 (AFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체 산화물형 (SOFC)	고분자 전해질형 (PEMFC)	직접메탄올 (DMFC)
전해질	알칼리	인산염	탄산염	세라믹	이온교환막	이온교환막
동작온도(°C)	100이하	220이하	650이하	1,200이하	80이하	80이하
효율(%)	85	70	80	85	75	40
용도	특수용	중형건물 (200kW)	중·대형건물 (100kW~MW)	소·중·대용량 발전 (1kW~MW)	가정·상업용 (1~10kW)	소형이동 (1kW이하)
선진수준	우주선	200kW	MW이상	MW이상	1~10kW보급중	500W
국내수준	-	50kW	250kW	1kW	3kW	50W

※ AFC(Alkaline Fuel Cell), PAFC(Phosphoric Acid FC), MCFC(Molten Carbonate), SOFC(Solid Oxide), PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane), DMFC(Direct Methanol)



□ 수소 활용 기술성숙도(TRL) 및 효율

- 기술성숙도(TRL3~9) : AFC(9) > PAFC(9) > PEMFC(7) > MCFC(6) > SOFC(5)
- 효율(40~60%) : AFC(60%) > PEMFC(55%) > SOFC(50%) > MCFC(46%) > PAFC(40%)



2.7 수소 에너지 기술 혁신 동향

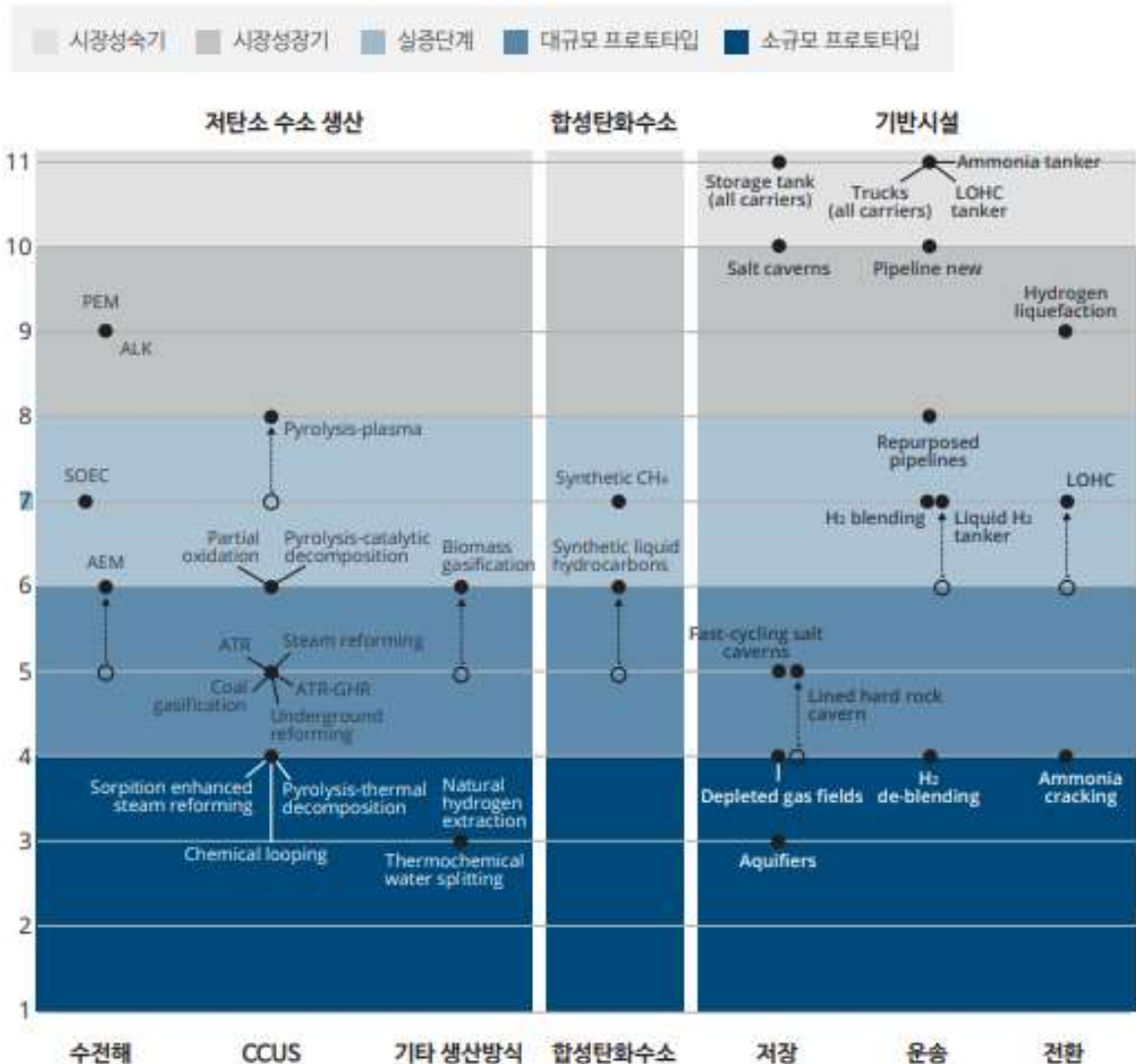
□ 수소에너지 기술 혁신 현황

○ 생산

- 알칼라인(Alkaline, ALK)과 고분자 전해질막(Polymer Electrolyte Membrane, PEM)생산이 시장성장기 (market uptake)에 들어선 것으로 평가
- 고체산화물(Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC) 수전해 방식은 시연 단계
- 음이온 교환막(AEM) 수전해기술은 초기 단계지만 빠르게 발전하고 있는 것으로 평가
- 수소를 생산하기 위한 개별 구성요소 측면에서, 예를 들어 메탄 개질(SMR), 자열 개질(ATR), 부분 산화반응(partial oxidation reactors) 및 보다 높은 수준의 CO₂ 포획기술도 개별적으로는 기술적 성숙기에 접어들었으나, 아직은 이러한 기술들을 포괄하여 대규모로 실증하는 사업은 진행된 바 없음

○ 운송 및 저장

- 수소의 해상운송에 관해서는 최근 기술적 진보가 눈에 띄는데, 2022년 2월 가와사키 중공업(Kawasaki Heavy Industries)에서 개발한 액화수소탱커인 Suiso Frontier호는 호주로부터 일본까지의 첫 수소 운송 성공
- 유럽국가들이 러시아로부터의 화석연료를 줄이고, 에너지 안보를 달성하기 위해 박차를 가하면서 국제 수소운송을 향한 관심이 더욱 높아짐
- 액화수소 및 액상 유기 수소 저장체 (LOHC, Liquid organic Hydrogen Carrier)의 전환기술의 기술적 성숙도가 낮아, 해상 수소운송은 초기에는 암모니아를 활용해서 이뤄질 것으로 예상
- 암모니아를 다시 수소로 변환하는 과정에서 소요되는 에너지(에너지 패널티)가 30%를 넘는 것은 향후 개선이 요구되는 사항임



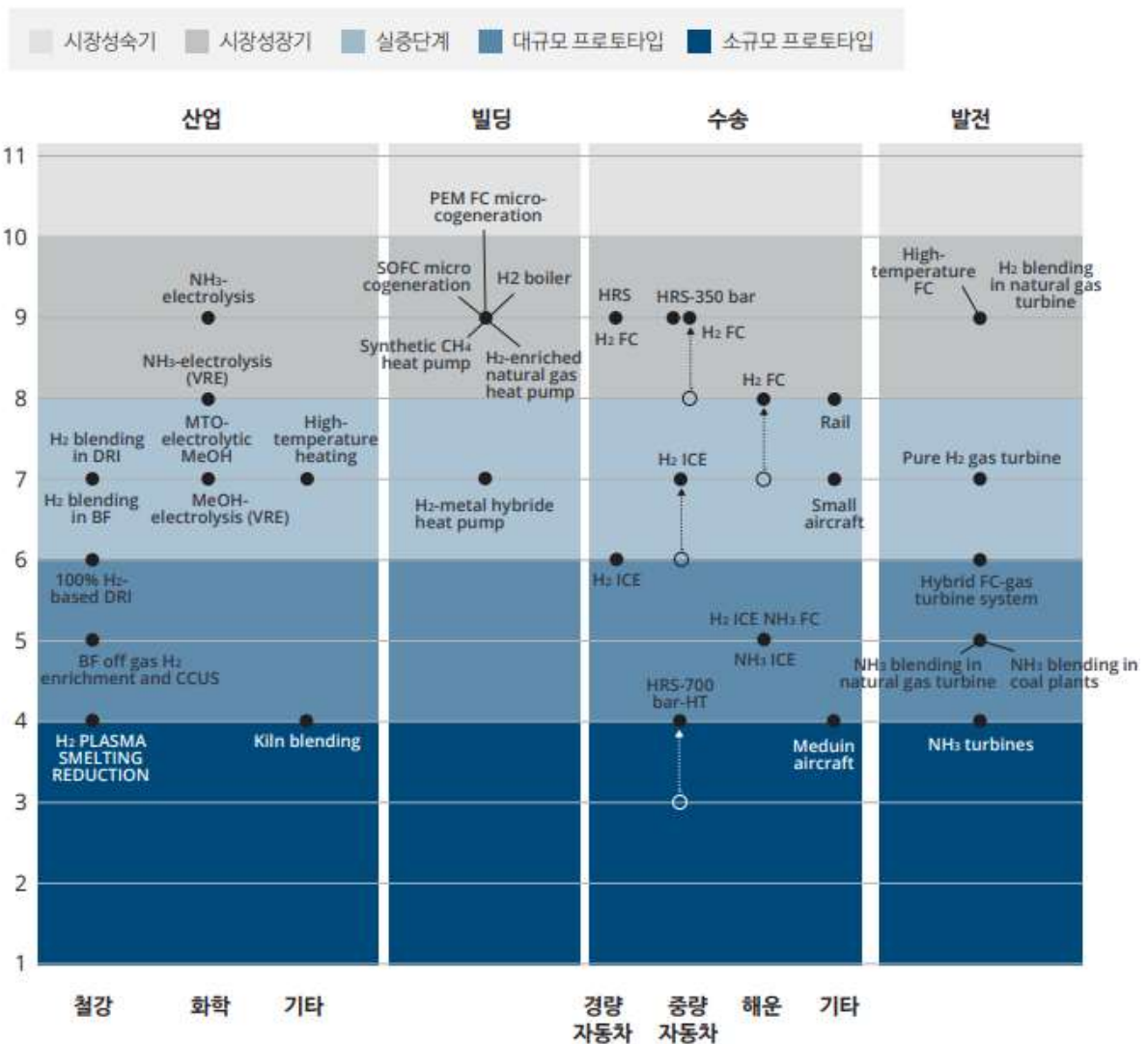
〈자료: Deloitte, 주요국 수소 기술 혁신 및 개발 현황, 2022〉

○ 활용

- 연료전지가 육상수송에서 주요한 기술이지만 내연기관(ICE)에서의 수소 활용도 주목
- 2022년 제로아비아(ZeroAvia)사가 600kW 규모의 수소연료전기 항공기 엔진을 성공적으로 지상에서 시험
- 환원철(Direct Reduced Iron, DRI)에서의 수소사용이 2021년에 상당한 수준의 기술적 진보를 이룸

○ 충전

- 수소연료전지 상용트럭을 충전시키는 인프라의 개발도 빠르게 진행 중이며, 특히 고압 (700bar) 및 고속(high-throughput) 충전소 발전이 눈에 띈다
- 미국 에너지부(U.S. DOE)로부터 자금을 지원받고, 미국 국립재생에너지 연구소(NREL), 에어 리퀴드(Air Liquide), 혼다(Honda), 셸(Shell) 그리고 Toyota에 의해 개발된 수소트럭을 충전시키는 고압고속의 충전소는 미국 에너지부가 세운 기준 유량(flow rate)을 넘어 평균 유량이 분당 14kg에 도달
- 프랑스에서는 H2Haul 프로젝트의 일환으로, Air Liquide사가 첫 수소트럭 전용 고압수소충전소의 운영을 2022년 9월부터 시작



<자료: Deloitte, 주요국 수소 기술 혁신 및 개발 현황, 2022>

2.8 국내 수소 에너지 정책 및 산업 동향

□ 국내 수소 에너지 주요정책

- 수소법 개정안 '22년 5월 국회 통과, 6월 정부 의결·공포되어 12월부터 시행
- 청정수소 경제를 중장기적으로 탄소중립, 에너지원 다양화, 리딩 산업 육성 관점에서 중요한 수단으로 강조
- 첫 수소 경제 정책방향 발표 내용 : ①청정수소 생태계 조성방안 ②세계 1등 수소 산업 육성 ③수소 기술 미래 전략
 - 청정수소 생태계 조성방안 : 2030년 수소상용차 3만대, 액화수소충전소 70개소
 - 세계 1등 수소 산업 육성 : 2030년 선진국 수준 기술 확보, 글로벌 1위 품목 10개, 수소전문기업 600개 육성
 - 수소기술 미래 전략 : 주요 수전해 기술 국산화율 100%, 액화암모니아 기술 확보, 수소 모빌리티 시장 1위 공고화

□ 국내 수소산업 분야별 주요정책(산업통상자원부, 2022)

분야	이전 로드맵 대비 주요 신규 발표 내용	이전 로드맵과 다른 내용
생산	· 민·관 공동 해외 청정수소(그린, 블루) 생산시설 구축 · 시범 사업 추진, 금융 등 지원체계 구축	해외개발과 지원 신규 언급 청정수소 강조
	· 액화수소충전소 구축 : 2022년 0개소 → 2025년 40개소 → 2030년 70개소	액화충전소 별도 목표 신규 발표
저장 운송	· 2030년까지 석탄발전소 밀집지역에 연 400만톤급 암모니아 인수기지 구축	암모니아 플랜트 신규 언급
	· 2026년까지 친환경 암모니아 추진-운반선, 2029년까지 액화수소 운반선 건조	선박 관련 도입 시기 최초 언급
활용 (발전)	· 2023년까지 청정수소 기준과 인증제 운영방안 마련, 국제 통용 가능한 한국형 인증제 '24년까지 도입	인증제 시기 구체적 언급
	· 청정수소 발전 비중: 2030년(2.1%) → 2036년(7.1%)	이전대비 목표 상향됨
활용 (자동차)	· 수소혼소발전: 2027년까지 기술 완료 2028년부터 단계적으로 적용 확대	구체적인 시기 목표 언급
	· 수소상용차 보급: 2022년(211대) → 2025년(5천대) → 2030년(3만대)	2030년 중기 목표 신규 언급, 승용차보다 상용차 강조
기업 육성	· 수소 버스·트럭 구매보조금 상향, 공공기관 수소차 전환, 세제 감면 연장	구매지원강화
	· 수소전문기업 개수: (현재) 52개사 → (2030) 600개사	이전대비 목표 상향

□ 국내 수소전문기업 선정 현황(수소융합얼라이언스, 2022. 10월 기준)

지정	기업명	관련 분야	구분
21.6월 (11개)	두산퓨얼셀(주)	연료전지 (연료전지 제조)	대기업
	(주)원일티엔아이	수소생산저장 (수소 개질기, 수소저장합금 제조)	중소
	에스퓨얼셀(주)	연료전지 (건물용·발전용 연료전지)	중소
	범한퓨얼셀(주)	연료전지 (건물용 연료전지)	중소
	(주)이엠솔루션	수소 충전소 (수소충전소 설치)	중소
	(주)대하	수소 생산 장비 (수소압축기 및 충전 장비)	중소
	(주)제이앤티지	수소 소재부품 (기체확산층)	중소
	가드넥(주)	수소 소재부품 (전해질막 고정용필름 제조)	중소
	하이에어코리아(주)	수소 생산 장비 (수소 개질기 제조)	중견
	(주)유한정밀	수소 소재부품 (수소연료전지 분리판 제조)	중소
	(주)지필로스	수소 생산·연료전지 (수전해 시스템 및 파워팩)	중소
21.9월 (8개)	(주)엠앤에스코리아	모빌리티 (연료전지 금속분리판 코팅장비 제조)	중소
	에스디지(주)	수소 생산·운송 (수소 원료가스 고순도화 및 유통)	중소
	(주)케이테크	수소 생산시설 (개질시스템 제작 및 설치 등)	중소
	(주)삼정이엔씨	수소 충전기 부품 (수소 충전용 냉각장치 생산)	중소
	(주)발맥스기술	수소 충전소 (수소충전소 설계 및 구축)	중소
	(주)에스지티	수소 충전소 (수소충전소 설치)	중소
	(주)넥스플러스	모빌리티 (수소차 연료전지 공체·분리판 제조)	중소
	(주)안파트너스	연료전지 (연료전지 설치)	중소

21.10월 (7개)	샘찬에너지(주)	충전 (수소 충전소용 압축기 제조)	중소
	(주) 엘케이에너지	연료전지 (건물용 연료전지 시공)	중소
	주식회사 씨엔엘에너지	연료전지 (연료전지 스택, 성능평가장치)	중소
	영도산업 (주)	모빌리티 (밸브 등 수소차 부품 제조)	중소
	주식회사 이스퀘어이앤씨	연료전지 (가정·건물용 연료전지 시공)	중소
	주식회사 에스피지산업	생산·유통 (고순도 수소 생산 및 유통)	중소
	주식회사 에스피지수소	생산·유통 (고순도 수소 생산 및 유통)	중견
21.11월 (3개)	창신화학 (주)	유통 (고순도 수소가스 유통)	중소
	(주) 세양이엔지	연료전지 (건물용 연료전지 납품·시공)	중소
	주식회사 케이애플코퍼레이션	연료전지 (건물용 연료전지 분리판 납품)	중소
21.12월 (1개)	주식회사 지스	연료전지 (연료전지 개질기 제조)	중소
22.2월 (2개)	데스틴파워(주)	연료전지 (발전용 및 건물용 연료전지 부품 제조)	중견
	일진하이솔루스 주식회사	수소 저장·활용 (수소 모빌리티용 저장용기)	중소
22.5월 (12개)	광신기계공업 (주)	수소 충전소 (수소압축기 개발 및 충전소 구축)	중소
	주식회사 디엠	수소 충전 장비 (수소충전소용 디스펜서, 안전밸브 생산)	중소
	주식회사 제아이엔지	수소 충전소 (충전소 구축 및 설계)	중소
	(주)바이오프랜즈	수소생산 및 충전소 (수소추출, 생산기지 구축, 탄소포집)	중소
	한국유수압	수소충전소, 장비생산 (수소충전소용 압축패키 제작)	중소
	주식회사 에테르씨티	수소 장비 제작 (고압 압력용기 제작, 튜브 트레일러 제작)	중소
	(주)코멤텍	연료전지 (전해질막, MEA, 연료전지시스템 제조)	중소
	주식회사 미코파워	연료전지 (건물용 SOFC 시스템 생산)	중소

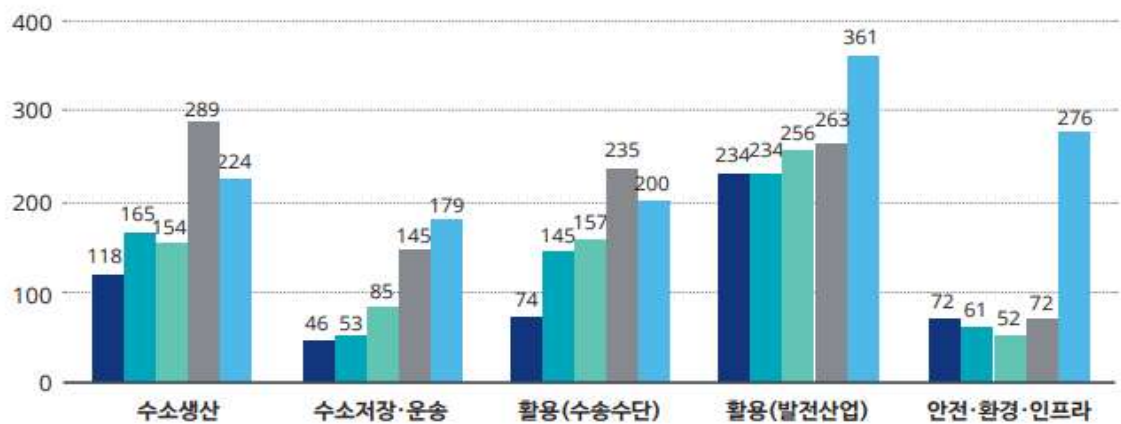
	제이엔케이히터 (주)	수소생산·수소충전소 (수소추출기 생산, 수소충전설비 구축)	중견
	주식회사 테크니컬코리아	수소 생산 장비 (수소 압축기 생산)	중소
	수소에너지네트워크 주식회사	수소 충전소 (충전소 구축 및 운영)	중소
22.8월 (3개)	(주) MS이엔지	수소 충전소 (수소충전기, 안전밸브)	중소
	(주) 싸이텍코리아	연료전지 (연료전지 평가장비)	중소
	주식회사 코렌스알티엑스	연료전지 (촉매 개발·제작)	중소
22.8월 (2개)	주식회사 가스로드	수소 안전 장비 (시험기, 평가장비)	중소
	주식회사 케이퓨엘셀	연료전지 (모빌리티용 연료전지)	중소
22.10월 (3개)	주식회사 세종이브이	모빌리티 (수소차 연료전지 금속분리판)	중견
	에이치앤파워(주)	연료전지 (수소개질기 및 건물용 SOFC 연료전지)	중소
	(주)두산모빌리티 이노베이션	모빌리티 (모바일 어플리케이션 연료전지 제작)	대기업
22.12월 (4개)	어프로티움 주식회사 (APPROTIUM)	수소 생산 (고순도 수소 생산)	중견
	일도에프엔씨 (주)	연료전지 (연료전지 분리판 및 평가장비)	중소
	주식회사 노바	연료전지 (수소연료전지 검사장비)	중소
	(주)덕양에너지젠	수소 생산 (고순도 수소 생산)	중소
23.2월 (4개)	(주)하이젠테크솔루션	수소 생산 (수전해 설비 생산)	중소
	주식회사 진원	수소충전소 (수소충전소 배관 및 패널)	중소
	주식회사지티씨	수소충전소 (수소압축기 생산 및 충전시스템 개발)	중소
	피엔피에너지텍 주식회사	연료전지 (연료전지 평가 및 시험장비)	중소

□ 국내 수소에너지 R&D 투자동향

- 2016~2020년 기간 수소에너지 기술에 대한 정부의 R&D 투자 현황을 살펴보면, 수소 R&D투자는 꾸준한 증가 추세를 보이고, 해당 기간 누적 투자액은 4,150억 원임
- 그러나 앞서 언급한 것처럼 활용 등 일부 분야에 투자가 집중되어 있으며 투자된 누적 금액 비율이 전체 투자금액의 52%를 차지

2016~2020년 기간 수소 기술분야별 정부R&D투자 추이

단위: 억 원



<자료: Deloitte, 주요국 수소 기술 혁신 및 개발 현황, 2022>

□ 국내 수소분야 신규 기술개발 지원규모(산업통상자원부, 2022년도)

구분	사업명	주요내용	수행기관	지원기간 (년)	예산 (억원)	
					총 사업비	2022년
수소생산 (수전해 등)	신재생 에너지 핵심 기술 개발	10 MW 재생에너지 연계 대규모 그린수소 실증 기술 개발	한국남부 발전(주)	4	300	60
		PEM 수전해 효율 향상을 위한 고분자 전해질막 개발	코오롱인더 스트리(주)	5	65	10
		650°C이하 중저온 작동용 고체산화물 수전해 원천기술 개발	한국에너지 기술연구원	4	60	10
		고수율 초고순도 (99% 이상) 수소생산용 중저온 (500°C 이하) 작동형 프로톤 세라믹 수전해(PCEC) 핵심 기술개발	한국과학 기술연구원	4	40	10
	소계				465	90

구분	사업명	주요내용	수행기관	지원기간 (년)	예산 (억원)	
					총 사업비	2022년
수소활용 (연료전지, 모빌리티 등)	신재생 에너지 핵심 기술 개발	수소지게차 상용화를 위한 실증 기반 신뢰성 검증 기술 개발	건설기계 부품연구원	4	140	18
		수소버스 연료전지 하이브리드 최적화 기술개발 및 실증	삼보 모터스(주)	3	160	26
		분산형 연료전지 시스템 신뢰성 평가 기술 개발	한국에너지 기술연구원	4	150	18
		직접 암모니아 연료용 고체산화물 연료전지 개발	한국에너지 기술연구원	3	45	10
		건설 농기계용 스킵드 로더급 50 kW급 수소 다중 동력 시스템 개발 및 실증	(주)두산 퓨얼셀파워	4	130	18
		항공용 수소모빌리티 안정 운용을 위한 핵심기술 개발	지원예정	4	90	10
		연료전지 선박의 평가, 분류 및 설계 가이드스 개발	한국선급	3	50	10
		물 흐름 제어를 통한 PEMFC 성능 및 내구성 2배 이상 향상을 위한 혁신 기술 개발	한국자동차 연구원	5	80	10
		(자유공모) 발전용 연료전지 고도화를 위한 핵심부품 개발	지원예정	3	12	4
	소계				857	124
수소저장 (충전소, 수송 등)	신재생 에너지 핵심 기술 개발	(통합형) 수소상용차용 수소저장용기 및 저장량 조절 제어기 개발	일진하이 솔루스 컨소시엄	3	230	45
		액체수소 운송을 위한 용량 3,000kg 액체수소 탱크트레일러 개발 및 실증	(주)크리 오스	3	90	24
		70MPa(700기압)급 수소 충전소용 고성능 고무소재 및 인증기준 개발	한국표준 과학연구원	3	32	10
		수전해 기반 35MPa(350기압)급 S-HRS 시스템 개발 및 실증	(주)지티씨	4	94	20
		차세대 고압(1,000기압) 수소 압축기 개발	에너지진(주)	3	60	20

		고압수소이송을 위한 100기압급 배관용 소재/강관 제조기술 개발 및 실증	(주)포스코	4	60	15	
		(자유공모) 수소충전소 및 액화 수소 관련 부품·장비·소재 개발	(주)프로 세이브	3	6	2	
			지원예정	3	6	2	
			지원예정	3	6	2	
	액체수소 충전소용 저장용기 및 수소공급 시스템 기술개발 및 운영실증	(통합형) 액화수소 충전소용 저장탱크 및 수소공급시스템 기술개발	지원예정	3	230	43	
	소계				814	183	
	수소안전	액화수소 충전 핵심부품 및 시설 안전기술 개발	액화수소 저장탱크/압력용기류의 진공·단열 성능평가 기술/안전기준 개발	한국가스 안전공사 (가스안전 연구원)	4	70	10
			액화수소 핵심부품 성능검사 기술/안전기준 개발	한국가스 안전공사 (에너지안전 실증연구센 터)	4	90	10
			수소충전소 설계 및 운전 안전성 검증 사전 진단프로그램 개발	한국가스 기술공사	4	40	8
			액화수소 충전소 구축 연계 안전성 평가/실증 및 안전기준 개발	3	한국가스 기술공사	60	17
소계				260	45		
					2,396	442	

□ 국내 주요기업 기술개발 동향

- 21년 9월 민간 부문에서는 수소기업 협의체 출범 및 수소 생태계 구축
- SK, 현대차, POSCO를 중심으로 주요 그룹이 수소 밸류체인을 형성할 것으로 기대

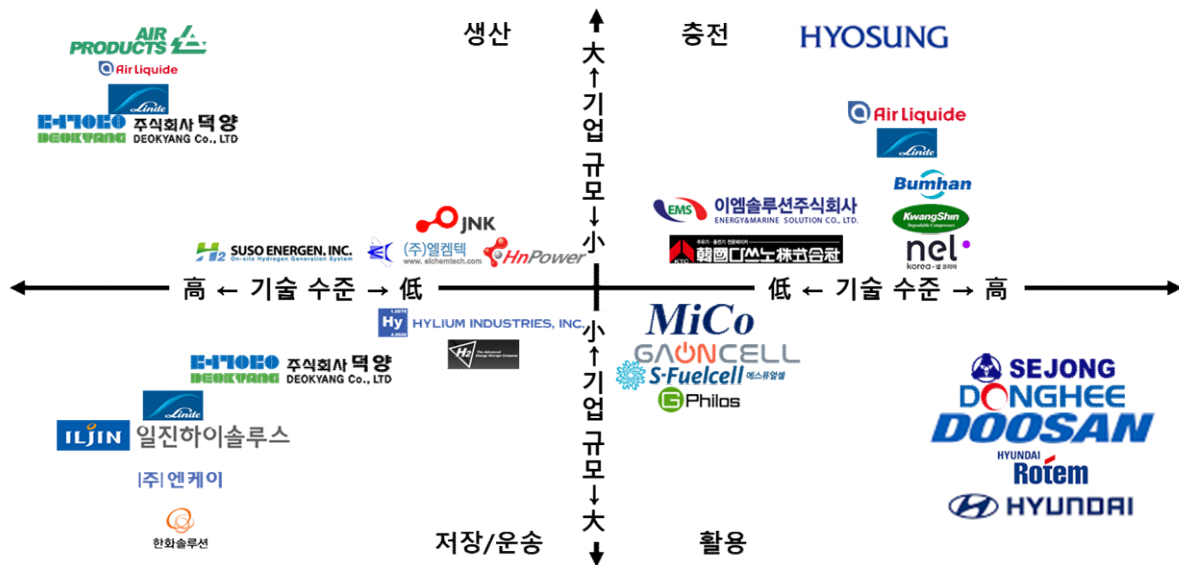
- (두산퓨얼셀) 2014년 두산이 미국의 클리어엣지파워(CEP)를 인수하며 시장에 진출하였으며, PAFC기술을 중심으로 발전용 연료전지 사업 영위
- (SK건설) 미국 Bloom Energy와 협력으로 국내 SOFC 시장에 진출하여 국내 생산 본격화
- (에스퓨얼셀) 2014년 에스에너지가 GS칼텍스 수소연료전지 연구개발팀을 중심으로 설립한 연료전지 전문기업
- (Fuel Cell Innovations) 2018년 한국-사우디 합작투자로 설립한 SOFC 대형 발전용 연료전지 전문기업
- 수전해 장비 생산 업체는 아직 대기업보다는 중소기업 위주

□ 국내 주요기업 수소산업 추진 및 발표현황

	생산			저장/운송	활용				
	그레이	블루	그린	저장/운송	FCEV	충전소	기타 운송	발전	산업용
현대자동차	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후
SK	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이후
효성	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역
롯데	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이후
한화	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이전	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역
두산	미수행 영역	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전
GS	사업화 이후	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역
현대중공업	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이전	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이전	미수행 영역
코오롱	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이후	사업화 이후	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역
삼성물산	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역
DL이앤씨	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이전	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역
이수화학	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후
일진하이솔루스	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역	미수행 영역
E1	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역
S-Oil	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역
S-fuelcell	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	사업화 이후	미수행 영역
삼천리	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역
경동도시기스	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역	사업화 이후	미수행 영역
고려이연	미수행 영역	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역	사업화 이전	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역	미수행 영역

<자료: 미래에셋 “글로벌 수소 경제. 2021>

□ 국내 수소산업 기술개발 수준



2.8.1 국내 수소 관련 프로젝트

□ 당진/태안 프로젝트

구 분	참여기업	추진계획
생산	한국가스공사 현대글로벌비스	· 호주 블루·그린 암모니아 300만톤 도입 · 수소생산 설비 및 암모니아 합성플랜트 착공 (~'23)
운송 및 저장	현대글로벌비스 한국조선해양 등	· 암모니아·액화수소 추진·운반선 개발(~'25) · 암모니아 터미널 및 크래킹 설비 구축(~'24)
활용	중부,동서,서부발전	· 암모니아 200만톤 혼소발전 · 발전용 연료전지 20MW('25~), 수소 5만톤 공급
	현대자동차	· 승용차 18만 5천대, 상용차 2천8백대 수소 5만톤 공급(~'30)
	현대제철	· 현대제철 가열로 열원대체 실증(~'27)

□ 삼척 프로젝트

구 분	참여기업	추진계획
생산	롯데정밀화학 롯데케미칼 포스코 등	· 오만, 호주, 말레이시아 등 블루·그린 암모니아 440만톤 도입
운송 및 저장	한국조선해양 포스코 인터내셔널 등	· 암모니아 추진 운송선 개발 및 실증 · 발전소 내 암모니아 인수기지 구축(~'25)
활용	남부발전 삼천리 등	· 암모니아-석탄 혼소기술개발 및 파일럿 실증(~'26) · 암모니아 발전 상용운전(~'27)

□ 보령 프로젝트

구 분	참여기업	추진계획
생산	SK E&S 중부발전	· 블루수소 생산 플랜트 건설 ('22.9 ~ '25.7) · 이산화탄소 해외저장
활용	중부발전	· 보령 발전소내 수소혼소 추진 · SK E&S 연료전지 발전 및 모빌리티용 수소 활용

□ 영흥/인천 프로젝트

구 분	참여기업	추진계획
생산	롯데정밀화학 두산중공업 등	· 칠레, 사우디, 호주 블루·그린 암모니아, 블루수소 도입
운송 및 저장	롯데글로벌로지스	· 암모니아·수소 운송선 개발 및 실증
활용	남동, 서부발전	· 수소혼소 기술개발 및 서인천복합·영흥화력 혼소 실증 (1.1만톤, ~'26) → 수소 혼소(~'30)

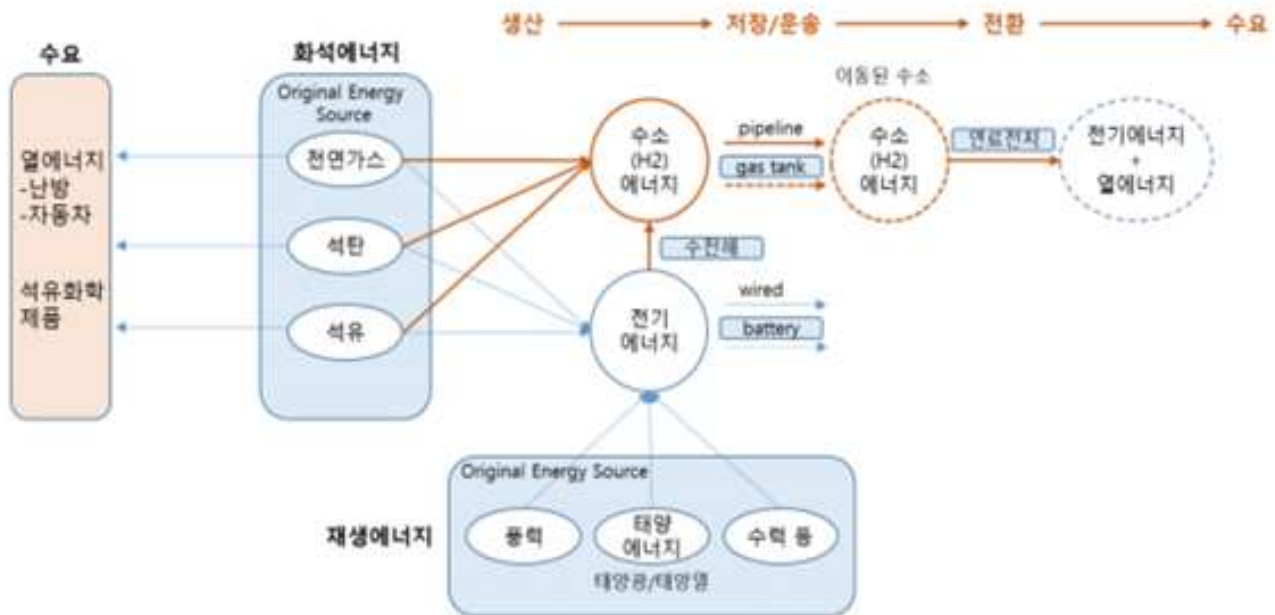
□ 동해 프로젝트

구 분	참여기업	추진계획
생산	GS에너지 포스코	· UAE, 블루암모니아 114만톤 도입
운송 및 저장	현대글로벌비스 삼성엔지니어링	· 암모니아 추진 운송선 개발 및 실증
활용	GS에너지 GS칼텍스 효성	· 암모니아 연 65만톤 혼소 및 수소 3.3만톤 혼소 · 수소차 공급용 수소 3.3만톤 공급 · 연료전지발전용 수소 4.2만톤 공급

2.9 해외 수소 에너지 정책 및 산업 동향

2.9.1 해외 수소 에너지 정책 현황

□ 수소에너지의 현주소



<자료, POSRI 이슈리포트, 수소경제의 경제적 · 기술적 이슈, 2019>

□ 해외 주요국 추진정책 및 로드맵

○ 독 일 : 그린수소 중심 자국 생산 및 해외공급망 확보 추진

- 국가 수소전략 수립(2020년), 에너지 전환을 선도하고 수소를 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위한 정책을 추진
- 2030년 수소 수요량(90~110TWh 전망)의 13~16%를 자체 충당하는 목표 수립
- 2030년까지 해상 · 육상 풍력발전을 포함 5GW 규모, '40년까지 10GW 규모의 수전해 설비 건설 계획
- 광범위한 천연가스 네트워크, 저장 설비 등 기존 인프라를 활용한 효율적 에너지 전환을 위해 자금 지원책 검토
- 액체 수소, 액상유기수소운반체 등 액화 기반의 수소 저장 기술 개발 실증연구 추진
- 2030년까지 수소전기차 180만대 보급 및 수소충전소 1,000개 건설 목표 수립

- 미 국 : 대규모 보조금 정책을 활용한 시장 활성화 및 생산단가 절감 추진
 - 2021년 8월 민주·공화 양당 합의안(5,500억\$)에는 수소경제 관련 95억\$(’26년 까지)의 투자 내역 포함
 - 2030년까지 자국 수소 수요를 1,700만 톤으로 확대하고, 자급률 100%를 달성하기 위해 수전해설비 등 수소 생산기술 혁신에 투자
 - 2021년 미국 에너지부 수소연료전지 기술국(HFTO)은 천연가스 배관망을 통해 수소를 운송하는 HyBlend 계획을 발표
 - 2030년까지 수소충전소 5,800개소 구축 및 수소전기차 120만대 보급을 추진
- 일 본 : ‘수소사회 실현’을 위한 생산단가 절감 및 지원 정책 추진
 - ‘신에너지기본계획(2014년)’, ‘수소기본전략(2017년)’, ‘수소연료전지로드맵(2020년)’을 기반으로 수소산업 육성 정책 추진
 - 저비용 수소 조달·공급을 위해 해외 자원 활용과 자국 내 그린수소 생산역량 강화 병행
 - 해외 未이용에너지(호주 갈탄)와 재생에너지(사우디아라비아 태양광)를 활용해 수소를 생산해 조달하는 실증 프로젝트 진행
 - 수소에너지공급망 기술연구협회(HySTRA)는 호주 빅토리아주에서 추출·액화된 수소를 일본 고베市로 운송·저장할 수 있는 액체 수소 공급망 구축
 - 2030년까지 80만대의 수소전기차 보급, 충전소 900개소 및 가정용 연료전지 530만대 보급 목표
- 호 주 : 풍부한 신재생에너지 기반 생산 및 수출 부문 선도국가 추진
 - 2003년 호주 산업관광부에서 국가수소연구를 통해 수소 기술·생산 분야에 세계 선두에 위치할 것을 비전으로 설정
 - 2018년 ‘국가수소로드맵’과 2019년 ‘국가수소전략’을 수립하고, 풍부한 자원을 활용해 세계 최대의 수소생산과 수출전략을 추진
 - 탄소포집기술을 활용한 친환경 수소 대량 생산으로 2030년까지 수소생산비용을 1kg 당 1.39 달러 초반으로 낮추는 목표 설정
 - 액상 암모니아를 활용해 수송하는 기술개발 추진
 - 지역정부를 중심으로 수소 모빌리티 이용 확산

- 중 국 : 최대 수소생산국가 위치 유지 및 재생에너지 활용 그린수소 공급 확대 추진
 - ‘제조 2025’를 통해 연료전지 기술 개발, 수소전기차 산업 육성, 수소에너지 기술 개발 등과 관련된 정책과 목표 제시
 - 2018년 기준 연간 1,900만 톤 수준인 수요량을 '50년 5천만 톤까지 증가시킬 계획
 - 2021년 기준 중국 내 수소파이프라인은 400km로 석유·파이프라인공정유한 공사(CPPE)는 수소 장거리 파이프라인 건설을 위한 타당성 연구사업 추진
 - 2030년까지 수소차 100만대 보급과 수소충전소 1,000개소 설립 추진
 - 2035년까지 그린수소 생산 시스템을 조성하고, 그린수소 소비 비중을 확대해 그린 전환 추진

□ 해외 주요국의 수소 주요정책

국 가	주요 전략
미 국	· 대부분의 수소생산에 천연가스 사용 중 · 캘리포니아주를 중심으로 수소 모빌리티 산업 주력 · 2030년까지 수소차 120만대와 수소 충전소 580개 확보 목표
일 본	· 종합적인 수소전략을 채택한 첫 번째 국가 · 2021년부터 대규모 수소 공급망 구축을 위한 실증 시험 실시 중
중 국	· 세계 최대 수소 생산국, 대부분 석탄을 통해 생산 · 구체적 수소 전략은 없지만, 수소차 보급 목표 상향 중
독 일	· 2020년 6월 수소경제 전략 발표, 전 세계 최고금액 투자(100억달러) · 2030년까지 수소생산능력 10GW, 규모로 확대 계획
네덜란드	· 2025년 그린수소 전해도 500MW 용량 설치 · 2030년까지 그린수소 전해조 3~4GW 용량 확보
노르웨이	· 2020년 6월 ‘수소전략’ 공개 · MO산단 내 그린수소 개발(하루 2~4만톤) 목표
뉴질랜드	· 2019년 수소 비전 공표
러시아	· 노르트스트림 2 가스 수송관으로 수소를 유럽으로 이송계획 추진
영 국	· 범국가적 수소 전략은 발표하지 않았지만, 탈탄소 정책의 일환으로 수소산업 지원 · 가정용 수소 기기 상용화 및 수소 모빌리티 전환(버스, 기차) 가속화 목표
호 주	· 2030년 아시아 시장에서 TOP 3 수소 수출국 목표
프랑스	· 2030년 수전해 통해 6.5GW 수소생산 능력 확보 목표
캐나다	· 2050년까지 에너지 기본 수요의 27%를 수소로 활용할 방침
스페인	· 2020년 10월 청정수소산업 육성 로드맵 발표
브루나이	· 천연가스 추출 수소생산 공장을 건설해 일본에 수출 중
칠 레	· 2030년 세계에서 가장 저렴한 수소 생산 목표

2.9.2 해외 주요국 수소 산업 현황

□ 프랑스 OYSTER 프로젝트

○ 요약

- ITM Power, Ørsted, Siemens Gamesa Renewable Energy 및 Element Energy의 컨소시엄이 수행하는 OYSTER 프로젝트는 Grimsby에 위치할 해안가 파일럿 시험에서 메가와트 규모의 완전 해양 전해조를 개발하고 테스트할 예정
- 해상 풍력 터빈을 전해조와 직접 결합하고 재생 가능한 수소를 해안으로 수송하는 것에 대한 가능성 검토
- 수소를 해안으로 수송하기 위해 파이프라인을 사용할 가능성을 조사할 예정
- 2030년까지 40GW의 전해조라는 EU 수소 전략 목표를 달성하기 위한 해상 전해조 연구 포함

○ 참여기관 및 역할

- ITM Power : 전해조 시스템 및 전해조 시험 개발
- Ørsted(오스테드) : 해상 배치 분석, 미래의 물리적 해상 전해조 배치에 대한 타당성 연구, 전해조 시스템 설계 지원
- Siemens Gamesa Renewable Energy : 프로젝트 관리 전문 지식을 제공
- Element Energy : 프로젝트 관리 전문 지식을 제공

○ 프로젝트 기간 및 예산

- 프로젝트 기간 : 2021년 ~ 2024년
- 프로젝트 예산 : 500만 유로 by FCH JU(2021.01)



□ 호주 Yuri Renewable Hydrogen to Ammonia 프로젝트

○ 요약

- 수전해 설비와 오프 그리드(off-grid) 재생에너지를 이용하여 그린 수소 및 그린 암모니아를 생산하는 호주(호주의 Karratha 지방) 최초의 프로젝트
- 그린 수소에 대한 경제적 타당성을 입증하고 호주의 그린 암모니아 산업 성장을 목표
- 2024년, 세계 최대 규모의 재생에너지원 연계 수전해 설비가 될 것
- Karratha 지방에 있는 Yara Pilbara Fertilisers의 SMR 기반 암모니아 생산 설비를 활용하여 그린 암모니아 생산 연구
- 태양광 발전원(18MW), 배터리 저장시스템(8MW)과 연계된 수전해설비(10MW)를 배치

○ 참여기관 및 역할

- Yara Pilbara Fertilisers : 재생에너지 관련 수소 프로젝트의 시설 개발, 그린수소로 대체하는 것에 대한 타당성 조사
- ENGIE : 액체 암모니아 시설에 재생 가능한 수소와 전기를 공급하기 위한 시설 개발

○ 프로젝트 기간 및 예산

- 프로젝트 기간 : 2022년 09월 ~ 2027년 12월
- 프로젝트 예산 : 약 8,700만 호주 달러로 예상 (정부기관 ARENA [Australian Renewable Energy Agency]에서 약 4,750만 호주 달러의 지원)



□ 네덜란드 HEAVENN⁶⁾ 프로젝트

○ 요약

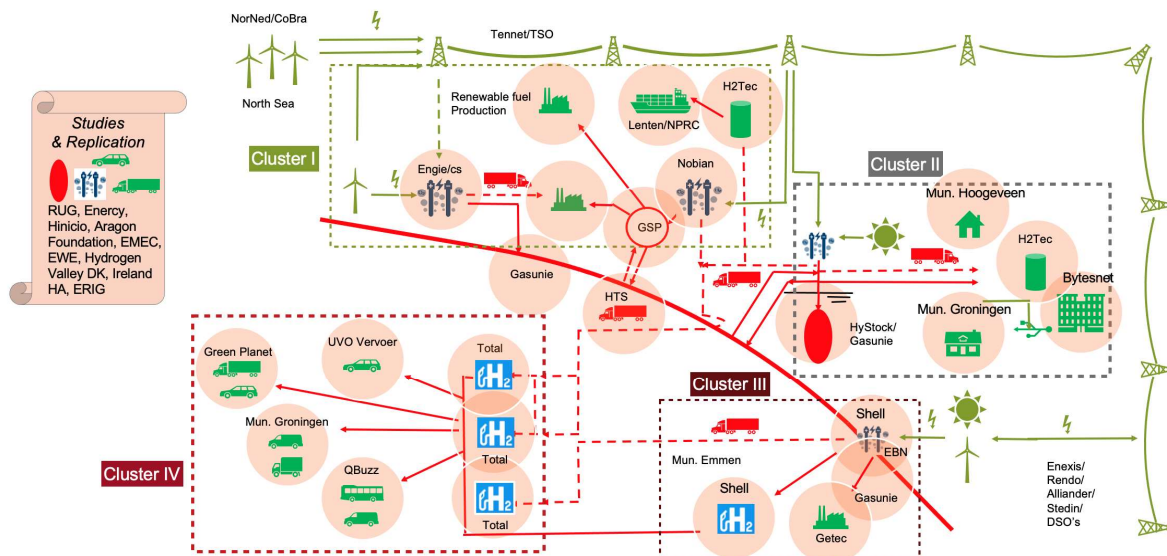
- 수소의 생산, 유통, 저장 및 사용과 같은 기능을 수소 밸리로 통합하는 대규모 데모 프로젝트
- 수소를 이용해 풍력, 태양열 및 해상 풍력 등, 이 지역에서 사용할 수 있는 풍부한 재생에너지원의 통합을 극대화하는 것을 목표
- 주요 목표는 전체 밸류 체인에서 녹색 H2를 사용하는 동시에 전체 지역 에너지 시스템에서 수소의 상업적 활용하기 위한 비즈니스 모델을 개발

○ 참여기관 및 역할

- New Energy Coalition : 전체 참여기관의 주관을 담당하고 6개국 31개 공공 및 민간정당으로 구성
- NOBIAN : 염소-알칼리, 클로로메탄 및 수소를 공급
- ENGIE : 지속가능 에너지 및 안정적인 에너지원 공급

○ 프로젝트 기간 및 예산

- 프로젝트 기간 : 2020년 01월 ~ 2025년 12월
- 프로젝트 예산 : 약 9,620만 유로



6) HEAVENN : H2 Energy Applications in Valley Environments for Northern Netherlands

03 여건 분석

3 여건 분석

3.1 정부의 수소 정책 현황

□ 지금까지의 수소 정책

- 그간 수소 정책은 수소승용차, 발전용 연료전지 등 일부 활용 분야로 국한되어 생산, 저장, 운송 분야 등의 산업경쟁력이 선진국과 격차 발생
- 화석연료 기반의 그레이수소⁷⁾ 생태계 중심으로 이루어져 온실가스 감축 효과가 미흡하다는 한계
- 이에 새 정부는 “청정수소 공급망 구축 및 세계 1등 수소산업 육성”이라는 국정 과제를 제시하고, 이를 달성하기 위한 수소경제 정책방향 발표

□ 수소 정책 추진방향(산업통상자원부, 제5차 수소경제위원회, 2022.)

- 3대 성장(3UP) 전략으로 ①규모·범위의 성장(Scale-Up), ②인프라·제도의 성장(Build-Up), ③산업·기술의 성장(Level Up) 제시
- ①규모·범위의 성장(Scale-Up)
 - 발전·수송 분야에서 대규모 수소 수요를 창출하고, 글로벌 수소 공급망을 구축하여 청정 수소 생태계로 확장
 - 수소, 암모니아 혼소 발전을 실현하고, 수소버스·트럭 등 대형 모빌리티 보급을 확산시켜 국내뿐만 아니라, 해외에 대규모 생산기지를 구축
- ②인프라·제도의 성장(Build-Up)
 - 청정수소 활용 촉진을 위한 유통 인프라와 제도적 기반 마련
 - 세계 최대 수준의 액화수소 플랜트를 구축하고, 액화충전소도 확대
 - 암모니아, 액화수소 인수기지를 건설하고, 수소 전용 배관망을 구축
 - 수소발전 입찰시장 개설, 수소 사업법 제정, 청정수소 인증제 도입 등 제도적 기반 마련
- ③산업·기술의 성장(Level Up)
 - 세계 1등 수소산업을 육성하고, 이를 뒷받침하기 위한 기술 혁신
 - 수소 활용 분야뿐만 아니라, 생산, 유통 전주기의 핵심기술을 확보

7) ①LNG를 개질한 추출수소, ②석유화학·철강 공정에서 발생한 부생수소

- 7대 전략분야⁸⁾를 육성하고, 기술력 있는 수소기업을 발굴하여 지원 강화
- 사업에 걸림돌이 되는 규제는 과감하게 개혁하고, 우리 제품의 수출상품화를 통해 해외시장을 선점

수소경제 성장을 위한 3UP 전략					
현재 (As-is)			향후 (To-be)		
1 Scale UP! (규모·범위) ▶ 발전·수송 생태계 성장을 위한 대규모 수요 창출					
수송	수소승용차 중심 보급	 2021년 19,270대	▶	수소버스·트럭 등 상용차 확산	 2030년 30,000대
발전	소규모 연료전지	 2021년 767.1MW	▶	대규모 집중형 발전 (수소터빈, 암모니아 혼소 등)	 2036년 청정발전 7.1%
생산	국내 그레이 수소 생산	 	▶	국내외 대규모 청정수소 생산기지 구축	 그린  블루
2 Build UP! (인프라·제도) ▶ 청정수소 기반 생태계 전환을 위한 인프라·제도 구축					
유통	기체방식으로 운송·충전	 2021년 기체충전소141기	▶	액체 방식으로 대량 저장·운송 (액화플랜트·액화충전소 구축)	 2030년 액화충전소 70개소
공급	LNG 공급망 활용	  	▶	암모니아·액화수소 인수기지, 수소전용 배관망 구축	
제도	수소법 제정	 2020년 2월	▶	2023년 수소발전 입찰시장 개설, 수소사업법 제정 추진 2024년 청정수소 인증제 시행	
3 Level UP! (산업·기술) ▶ 수소산업의 선도국가 도약을 위한 신성장동력 육성					
기술	수소차·연료전지 위주 기술개발	 2021년 75%(선진국 대비)	▶	수소 전주기 핵심기술 확보 (7대 전략분야 육성)	 2030년 100%(선진국 대비)
생태계	수소전문기업 도입	 2021년 30개	▶	수소 전문기업 집중 육성	 X 20 2030년 600개
수출	국내 트랙레코드 확보	 2021년 2개 (글로벌 시장 1위 품목)	▶	해외 수출 본격화	 2030년 10개 (글로벌 시장 1위 품목)

□ 부처별 세부 실행방안(산업통상자원부, 제5차 수소경제위원회, 2022.)

① 산업부 「청정수소 생태계 조성방안」

- 대규모의 수소 수요 창출과, 그에 맞는 인프라·제도를 구축하여 수소 생태계 확장
 - ⇒ 2030년 수소상용차 3만대, 액화수소충전소 70개소, 2036년 청정수소 발전 비중 7.1% 달성

② 산업부 「세계 1등 수소산업 육성 전략」

- 7대 전략분야 육성, 규제완화를 통해 핵심기술확보·수출산업화 추진
 - ⇒ 2030년 선진국 수준 기술 확보, 글로벌 1위 품목 10개, 수소전문기업 600개 육성

③ 과기정통부 「수소기술 미래전략」

- 청정수소 생산기술 국산화 등 수소분야 초격차 기술 확보 추진
 - ⇒ 수전해 기술 국산화율 100%, 액화·암모니아 기술 확보, 수소 모빌리티 시장 1위 달성

8) ①수전해, ②액화수소운송선, ③트레일러, ④충전소, 연료전지(⑤모빌리티/⑥발전), ⑦수소터빈

□ 국내 수소산업 기술의 현주소(산업통상자원부, 2022)

분 야	현재 기술	향후 기술(~ '30년)
생산기술	수소 생산 주력 기술 확보	수소 생산 주력 기술 향상
	- 소용량 기술확보 - 부품공정 국산화 100% 추진 - 충전소 용으로 개발 중 - 대용량 국산화 기술개발 (1,000Nm³/hr)	- 탄소 포집 및 저장(CCS; Carbon Capture and Storage) 기술 - 포집된 탄소의 활용 기술 - 연계 기술
	실험실 수준	수소 생산 주력 기술 확보
	- 실험실 수준을 파일럿 규모로 확대 - 효율화 및 대형화 핵심기술 개발 - 스택, 전극, PEM 등의 핵심기술 개발 - 신재생에너지와의 시스템화	- 42.5kWh/kg H₂, 1.5ton/d - 해외 적용성 실증 및 해외생산
저장기술	수소 저장 주력 기술 확보	수소 저장 주력 기술 향상
	- 450 bar 압축기술 확보 - 부품공장 국산화 100% 추진 - 충전소 용으로 개발 중 - 튜브트레이일러를 통한 이송	- 700 bar 압축기술 확보 - 700 bar 전용 가스용기 개발
	실험실 수준	수소 저장 주력 기술 확보
	- 액화용 극저온 바랭 핵심기술 개발 - 극저온 유지기술 개발	- 현 에너지 손실율을 40%에서 30%까지 낮추는 저감기술 개발 - 해외 적용성 실증 및 해외생산 주력 기술
이송기술	수소 이송 주력 기술	수소 이송 주력 기술 향상
	- 200 bar 이송 - 350(450 bar) 기술이 개발되면 이송 수단으로 활용	- 고압 용기가 중요 - 일반 충전소 대상 이송(700 bar)
	기술확보 단계	수소 이송 주력 기술 확보
	- 초저온 유지장치가 중요 - 전 세계적으로 기술확보 단계 - 용기개발은 국토부 주관으로 시행 - 장기적인 기술개발이 필요	- 이송 시 손실율 저감 목표 2% 이하 - 액화수소 충전소와 대형 발전사업용으로 이송
	수소 이송 주력 기술	수소 이송 주력 기술 향상
	- 울산 수소타운에서 1차 경험축적 - 5년간 사업중 무사고 진행 - 산업단지내 파이프라인 이송 경험 - 20 bar 이내의 저압기술 소유로 단거리 이송에 적합	- 100 bar 이내의 장거리 이송용 파이프라인 재질 개발 - 천연가스 혼합 이송 기술 개발 - 천연가스와 수소가스 분리기술 개발 - IGCC 발전과 가정용 연료전지 공급
활용기술	대형 발전용 기술	가정용 보급 기술
	- 세계 최고의 시장(세계 최대 용량의 연료전지 발전소 건립) - 상용화 성공 - 효율성 개선을 위한 연료전지 개발	- 소형 열병합용 연료전지 SOFC 개발 및 시스템화 추진 - 수소커뮤니티 단위에서 수소 타운으로 확장 - 주민 수용성 확보
	고압 가스 수소 충전소	액화 수소 충전소
	- 350 bar 국산화 완료 - 700 bar 국산화 진행 중	- 대용량 차량용 충전소로 개발 - 버스, 특수차량 등의 공급용 - 급속충전 2분 이내로 단축 필요
	지게차 등의 차량	해외 시장 확대
	- 공급차량위주(버스, 택시) - 상용화된 기술로 시장확대 정책 시급 - 일반 특수차량 시범사업 - 인프라(충전소) 보급 추진	- 버스 & 승용차 위주의 해외시장 진출 - 국내 충전기술 해외시장 공약

□ 주요국 수소기술 수준 비교



<자료, 주요국 수소기술 수준비교. 그래픽=김경진 기자, 중앙일보, 2021. 5.19.>

○ 국내 수소산업 위기와 기회 요인

강 점	약 점
· 수소융복합충전소 활용, 인프라 확장 · 정부의 탈탄소정책 강화 · 국내 발전용 연료전지 시장 형성 · 수소전기차 기술 세계 선도	· 수소충전소 핵심설비 해외 기술의존 · 연료전지 핵심기술 부족(소재 등 수입의존) · 전기 구동시스템 기술미흡 (모터 등 수입 의존)
기 회	위 험
· 글로벌 수소 에너지 수요 확대로 비약적인 시장 성장 가능성 · 초기 시장형성 단계로 신규 시장 창출 · 초기시장 창출을 통한 시장진출 기회	· 해외 선진국가의 수소생산기술선점 · 중국의 그린수소 저가 공세 · 선진국가의 연료전지 개발지원 확대 · 차세대 연료전지 기술 해외 의존도 심화

3.2 상위 계획

□ 중소벤처기업부, 「첨단 미래산업창업기업(스타트업) 육성전략」 발표(2022.11. 3.)

- ① 시스템반도체, ② 바이오·헬스, ③ 미래 모빌리티, ④ **친환경·에너지**, ⑤ 로봇
⑥ 빅데이터·AI, ⑦ 사이버보안·네트워크, ⑧ 우주항공해양, ⑨ 차세대원전, ⑩ 양자기술

□ 「초격자 스타트업 1000+ 프로젝트」 새 정부 국정과제 채택(중소벤처기업부, 2022)

○ 초격차 스타트업 1,000+ 프로젝트의 주요내용

- 2023년부터 5년간 민간과 정부가 공동으로 약 2조원의 자금을 투입, 초격차 달성의 핵심수단인 사업화 및 기술개발, 후속 스케일업을 집중 지원
- (사업화) 민간투자 포함 총 9,000억원 규모의 기술사업화 지원
- (R&D) 총 5,000억원 이상의 R&D 자금 집중 투입

○ 초격차 창업기업(스타트업) 1,000+ 프로젝트 개요

참고 : 기술력 확보 및 성장을 위한 핵심 지원수단 개요					
	독보적 기술력 확보			글로벌 스케일업	
지원단계	사업화	R&D		후속지원	
지원물량	1,000+개사	850개사 내외	>	상위 100개사	
지원내용	최대 3년 2~6억원	최대 3년 3~15억원		최대 2년 10억원	
5년간 민간투입	·공모·추천형 : 성장·기술력 확보를 위한 투자유치 등 ·민간투자형 : 1,800억원(기업 평균 3억원 이상)			시리즈 B 이상 투자유치 : 5,000억원 이상	
5년간 정부예산	7,200억원	5,000억원		1,000억원	
직접지원	▶ (총규모) 2조원 = 민간(투자 6,800억원 + 성장·기술력 확보를 위한 투자유치 등) 정부(사업화 7,200억원 + R&D 5천억원 + 스케일업 1,000억원) ▶ (기업당) 약 8억원(사업화·R&D) ~ 최대 31억원(사업화·R&D·스케일업)				
연계지원	▶ (펀드) 1,100억원 규모의 초격차 펀드 조성 및 글로벌 펀드 확대 ▶ (정책자금) 기업당 최대 100억원까지 자금지원 및 심사 간소화 ▶ (기술보증) 기업당 최대 30억원까지 보증 및 조건 우대 ▶ (수출지원) 기업당 최대 3천만원의 수출바우처 지원				

□ 경기도 탄소중립 비전 및 전략추진 사항(경기도의회 도시환경연구회, 2023)

○ 2050년 탄소중립의 비전

비전	“적응적(Asaptive) 감축”에서 “능동적(Proactive) 대응”으로 : 탄중립 · 경제성장 · 삶의 질 향상 동시 달성
----	--

○ 2050 탄소중립 3+1 전략 추진 사항



□ 2030 군포도시 기본계획(2019. 6.)

○ 도시 미래상 : 가족이 안전하고 쾌적한 문화도시 ‘군포’

○ 계획 목표

- 상생발전하는 균형도시
- 살기좋은 재생도시
- 삶의 질이 높은 안전도시
- 다양한 테마가 넘치는 문화도시

○ 계획 목표별 추진 전략

- 상생발전하는 균형도시
 - 균형발전을 위한 공간구조(중심지체계) 개편
 - 대야미 지역 활성화 및 중심성 강화
 - 개발제한구역 해제 가능 물량을 활용한 기성 시가지와 균형발전 도모
 - 뉴타운 해제 지역의 활성화를 위한 역세권 개발사업 등 유도
 - IT기술 및 인프라와 연계한 미래형 물류시설 구축
- 살기좋은 “재생도시”
 - 노후화된 공업지역 재생을 통한 산업기능 회복 및 상권 활성화
 - 도시환경개선을 위한 산본천 복원 등 저탄소 녹색도시 조성

※ 이하 추진전략 생략

○ 발전축

- 신 성장축 : 대야미 지역의 개발사업 추진 등 향후 군포시 공간구조 변화에 대응하기 위한 성장축으로 부곡·대야미지역 중심과 당동지역 중심의 연계 성장을 통한 지역 활성화 도모
- 원도심 재생축 : 1995년 준공된 산본신도시 및 금정역 주변 기성 시가지의 노후화 개선 등 도시재생을 통한 원도심 재생축 설정
- 개발제한구역 활용축(기 개발지역) : 개발제한구역 개발에 따른 생활권의 중심성 강화를 위한 연계성 강화



○ 공업지역 기본방향

- 기존 공업지역의 정비를 통해 토지이용 효율 극대화 및 사업구조 고도화
- 공업지역 및 산업공간구조 재정비를 통한 소상공인 지원, 일자리 창출
- 신규 산업단지와 기존 공업지역의 연계성 강화
- 취약계층의 고용 확대, 일자리 보급 확대, 기업창업 지원 등 산업 활성화 지원
- 신성장동력 확보를 위한 첨단 미래산업 육성전략 및 경기도 미래 유망산업 분야선별
- 군포시의 전략업종 선정 및 육성방안 마련
 - 당동공업지역, 부곡첨단산업단지 등을 중심으로 R&D 혁신클러스터로 조성
- 군포복합물류터미널을 중심으로 스마트 운수 체계 구축
- 문화 관련 시책사업과 연계한 교육서비스 산업 강화

□ 군포시 에너지신산업 발전전략(군포산업진흥원, 2021.)

○ 비전 : 에너지신산업 지식정보허브

- 재생에너지 중심도시 지향보다는 ‘에너지혁신’ 또는 ‘에너지자치’ 실현을 위한 에너지신산업 지식정보 허브로 설정
- 국가 에너지 전환과정에서 창출되는 新시장부분의 선점을 위한 전략추진에 중점 : ‘에너지생산’보다는 ‘에너지거래 및 효율화’(소규모전력거래, EMS, VPP 등 ICT융합) + 공급사슬(제조업)에 역점 → 지역산업정책으로서 미래상징동력 확보

○ 비전 실현을 위한 4대 전략과제 추진(안)

- 에너지혁신클러스터 조성
- 에너지혁신 선도기업 유치 육성
- 수요기반 에너지 혁신생태계 구축(군포에너지밸리)
- 탄소중립 도시기반 구축

○ 정책제언(실행과제)

- 군포시의 에너지신산업 육성을 통해 지역산업 구조의 고도화 실현 도모
- 에너지신산업 혁신클러스터 조성(입지정책)
- 차세대 에너지혁신 선도기업 유치 육성(先 지원프로그램 및 임대공간 마련)
- 수요기반 에너지 혁신생태계 구축(군포에너지밸리)
- 탄소중립 실현을 위한 도시기반 구축

3.3 수소 경제 등 관련계획

□ 제1차 수소경제 이행 기본계획(산업통상자원부, 2021.)

○ 기술개발·인력양성·표준화

- R&D : 기존 각 부처별 개발한 생산, 저장운송 기술의 규모를 상향하여 활용단계까지 공급하는 체계(공급망) 실증 추진

부처별 수소 R&D 영역

구분	생산			저장·운송			활용		
통합실증	범부처 공동 사업								
상용화 기술개발 · 실증	산업부	해수부	환경부	산업부	국토부	해수부	산업부	국토부	해수부
	(추출· 블루수소, 수전해, P2X)	(해양 바이오매스 기반)	(폐자원 기반)	(대용량 수소 저장, 액화수소 운송)	(액체수소 플랜트, 해상운송 인수기지)	(해상충전)	(수송·건물 ·발전용 연료전지 시스템)	(수소철도, 수소드론/ 무인항공기, 수소도시)	(수소선박)
기초·원천 기술개발	과기정통부 (수전해 등 그린수소 생산)			과기정통부 (LOHC, 암모니아, 고체 흡착 저장)			과기정통부 (차세대 연료전지)		

- 인력양성 : 수소융합대학원 및 수소혁신연구센터 신설로 최정상급 인재 육성, 지역대학 중심의 수소 실무인력양성 거점 마련
- 표준화 : 정부 R&D 최종 목표에 표준화 연계를 포함하여 국제표준을 선점 추진, 수소 충전소 안전 설비 KS인증 도입 추진

○ 수소 전문기업 육성 및 금융 활성화

- 수소전문기업 : 2040년까지 수소전문기업 1,000개 지정 및 지원사업 신설을 통해 R&D·인력·구매 등 집중 지원
- 수소금융 : 정부 주도로 수소 초기시장을 형성하는 동시에, 민간 주도로 생산·유통 인프라 구축, 수소 유망기업 육성 추진
- 세제지원 : 수소경제 R&D·시설투자 세제 인센티브 지속 제공

수소 분야 기금 및 펀드 구조

구분	기후대응기금	수소인프라 펀드	수소산업 펀드
투자 대상	수소 초기시장 조성	수소 생산·유통 인프라 구축	수소 유망기업 육성
	기술개발, 인력양성 수소기술 보급 지원	국내·외 수소생산·도입 민자사업 수소 유통망·충전소 구축사업	수소전문기업 및 수소분야 창업·벤처기업 수소분야 중대기업
유인 체계	제도개선 (기업 참여시 부담 완화)	뉴딜 인프라 펀드 통한 지원 공공주도 수소 프로젝트 발굴	규제·인센티브 조화로 시장 활성화 여건 조성

□ 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획(산업통상자원부, 2023.)

○ 수소 산업생태계 기반 강화

- 범부처 합동 R&D 추진으로 수소분야 기술개발·표준화
- 안전기준 마련, 법령정비, 인력양성 등 수소분야 기반 구축
- 수소 클러스터 구축, 수소도시 등 지역별 수소 생태계 적용범위 확대

○ 대학 지원을 통한 탄소중립·녹색성장 인력양성 추진

- 탄소중립·녹색성장 관련 대학 정원 제도개선 (교육부)
- 폴리텍대학 內 저탄소분야 학과 신설·개편
- 기후변화, 탄소중립·녹색성장 및 순환경제 등을 선도할 특성화 대학원 육성

○ 협력모델을 활용한 인력양성 연계 강화

- 탄소중립·녹색성장 분야 협업형 혁신인재 양성
- 탄소중립·녹색성장을 위한 지역과 대학의 협력 강화
- 미래산업분야 선도를 위한 산학연협력 활성화
- 협력적 자원활용 및 교육과정 개발

○ 저탄소·미래인력 양성을 위한 훈련과정 운영

- 탄소중립·녹색성장 분야 훈련시스템 확충
- 환경산업 전문인력 육성 기반 마련
- 쇠퇴하는 직업군의 녹색직업으로의 전환 지원

3.4 수도권 수소산업 관련 인프라 현황

□ 국내 수소 관련 통계

○ 국내 수소 생산량(권역별)

(단위 : 톤)

연도	강원권	수도권	중부권	경상권	전라권	합계
2021	8,221	229,405	309,378	826,524	658,171	2,031,699

○ 국내 수소연료전지 보급 현황

(단위 : MW)

구분	서울시	부산시	대구시	인천시	광주시	대전시	울산시	세종시	경기도
발전용	67.8	47.28	1.407	213.72	0.315	7.165	30.678	5.28	229.61
건물 가정용	1.201	0.506	0.498	0.613	0.715	3.907	0.218	0.011	1.77

구분	충청북도	충청남도	전라북도	전라남도	경상북도	경상남도	제주도	합계
발전용	19.8	63.92	6.06	50.08	5.878	2.715	-	781.804
건물 가정용	0.147	0.324	0.193	0.36	0.78	0.472	0.06	11.905

○ 수소 에너지 응용

- 수소 에너지는 기존에 사용되던 화석연료 및 원자력 에너지를 대체할 수 있는 에너지원으로 우리 생활의 전반에 활용될 수 있음
- 지금까지 수소 에너지는 석유정제, 우주 산업의 로켓 연료로 사용되었으며, 지속적인 연구개발을 통해 현재는 연료전지 자동차와 가정용 연료전지로 실용화되고 있음
- 이러한 결과들이 축적됨에 따라 앞으로 다가오는 미래에는 수소 에너지의 활용 분야가 발전, 민생, 수송 등 다방면에 걸쳐 응용될 수 있을 것으로 예상됨

□ 수도권 내 수소관련 대학 및 학과 현황

○ 수도권 내 대학 등은 수소산업 인재육성을 위한 관련학과 전환 추진

수도권 대학교	관 련 학 과
서울대	에너지자원공학과
연세대	친환경에너지 공학
서울과학기술대 학교	미래에너지융합학과
세종대	지구자원시스템공학과, 환경에너지공간융합학과
한양대	에너지공학과
단국대	에너지공학과
성신여대	청정융합에너지공학과
중앙대	에너지시스템공학부

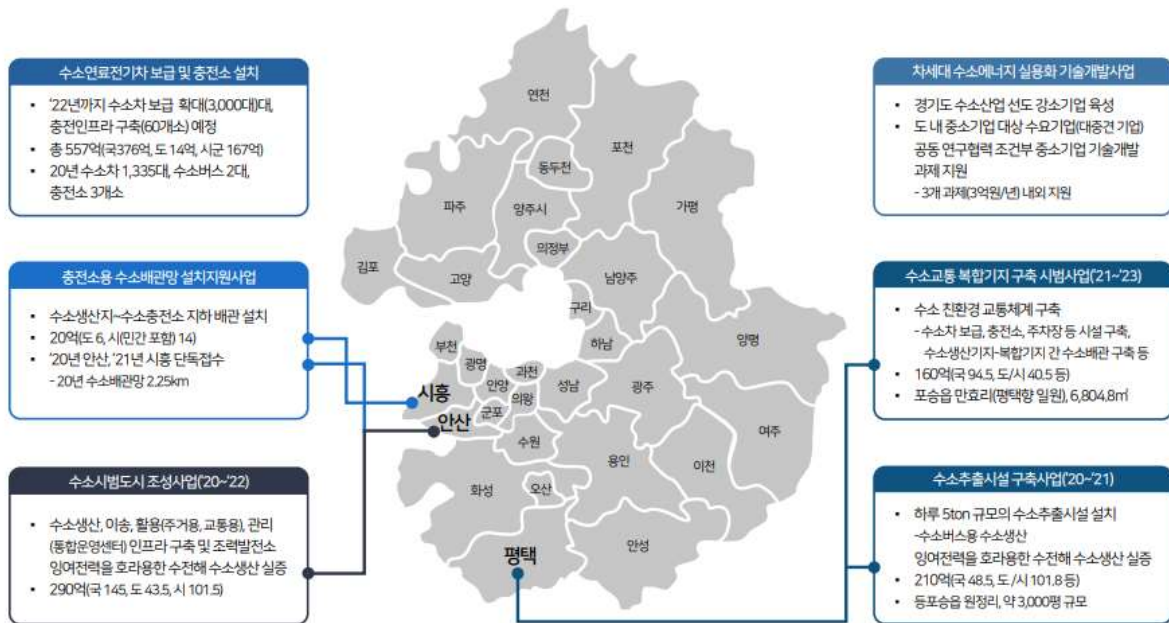
□ 수소 관련 기업

○ 수도권 내에 수소 생산·공급 기업부터 수소 모빌리티를 선도하는 기업, 수소 활용장치를 개발하는 기업과 연구소 등 다수 존치

분 야	전문기업	핵심분야	지역
모빌리티	제이앤티지	연료전지 기체 확산층	경기 화성
	가드넥	전해질막 고정용 필름	경기 용인
	현대로템	수소모빌리티 연구개발	경기 군포
	현대자동차	수소 모빌리티	서울 서초
생산공급	SK E&S	수소에너지 생산 공급	인천
연료전지	두산퓨얼셀 파워	발전용연료전지	경기 화성
	에스퓨얼셀	가정건물용 연료전지	경기 수원
	지필로스	연료전지 인버터	경기 용인/기흥
생산기지	원일티앤아이	수소개질기, 수소저장합금	경기 김포
계획연구	뉴수소에너지	수소에너지 기술개발	경기 군포

<자료: 경기도형 수소융합클러스터 조성계획 수립 연구에서 재구성, 2019>

□ 경기도 수소산업 분야 사업추진 현황



3.5 수소 경제(산업) 전문인력 양성 추진현황

□ 수소 전문인력 양성계획(정부사업)

○ 소관부처 : 산업통산자원부

구 분	에너지 인력양성(R&D)
사업명	재생에너지 연계 수소제조 저장 및 통합시스템 엔지니어링 기술 고급트랙
주관기관	가천대학교 산학협력단
사업기간	2017-04-01 ~ 2021-12-31
사업비	560억원
세부 사항	• 수소제조 저장 및 통합시스템 엔지니어링 기술 고급 트랙평가 및 보완, 개선 • 수소 제조 저장 및 통합시스템 엔지니어링 기술 고급 트랙 교재 • 수소제조 저장 및 통합시스템 엔지니어링 기술 고급 인재 트랙 인증 개선 • 성과확산을 위한 지식나눔 활동 • 기업맞춤형 교육 프로그램 보완 및 개발 및 컨설팅 • 기업 애로 R&D 프로그램 운영 평가 및 보완 및 신규 개설

구 분	에너지 인력양성(R&D)
사업명	신재생에너지 미래산업 글로벌 혁신인재 양성
주관기관	서울대학교 산학협력단
사업기간	2019-06-01 ~ 2021-06-30
사업비	556억천이백만원
세부 사항	- 주관기관 및 파견 연구자, 해외 연구기관의 글로벌 협력 네트워크 체제 구축 및 연구자들의 연구역량 강화, 신재생에너지 분야의 우수한 전문인력 양성 - 차세대 페로브스카이트 태양전지 연구 진행, 향상된 전기적 특성과 광흡수층의 밴드갭 조절 기술을 개발하여 고효율페로브스카이트 태양전지 구현·페로브스카이트 발광다이오드의 degradation 매커니즘에 대한 전기화학적 분석, 금속 도핑 및 구조적 조절을 통한 고효율, 고안정성의 페로브스카이트 발광다이오드 개발 및 청색 발광 페로브스카이트 구현 - 물 분해 수소에너지를 위한 단위자 촉매 도입 및 반응 메커니즘 이해, MOF 결합을 통한 다기능성 고효율 촉매 개발

○ 소관부처 : 과학기술정보통신부

구 분	인재활용 확산지원(R&D)
사업명	수소기반 차세대 기계시스템 71921(KIURI) 인재양성 사업단
주관기관	인하대학교
사업기간	2021-05-01 ~ 2024-10-31
사업비	1,296,10백만원
양성인력	박사 후 연구원 12명
세부 사항	- 인하대학교는 수소기술분야 핵심역량을 보유한 4개 학과 (기계, 화공, 신소재, 환경) 간의 융합연구 및 관련 산업체와의 연계성을 강화하는 키우리 사업단을 선제적으로 발족, 기존 교수 대학원생 중심의 연구 체계에서 신진연구인력중심의 신연구체제로의 전환을 위해 제도적, 선제적 지원체제를 형성하였음. - 이에 본 사업단은 수소기반 산업생태계를 전 주기적으로 리드할 수 있는 융합능력을 가진 신진연구인력을 양성하는 것을 사업단의 목표로 설정하였음.

구 분	인재활용 확산지원(R&D)
사업명	장선도 고급연구인재 성장지원(KIURI)(R&D)
주관기관	성균관대학교
사업기간	2020-05-01 ~ 2023-10-31
사업비	1,650.87백만원
양성인력	박사급 신진 연구인력 17명
세부 사항	• 본 연구단은 신재생에너지 산업과 환경/헬스케어 산업분야의 혁신성장 선도 고급 인재 양성을 목적으로, 다음과 같은 핵심가치를 추진하고자 함 • 창의적 연구능력을 갖춘 신진연구인재 확보를 통해 First Mover로서 창조적 연구수행 • 대학의 연구수준을 중장기적으로 견인할 개척자형 학문후속세대를 양성 • 탁월한 연구교육 역량으로 국내 · 외 사회문제를 해결하고 사회에 공헌하는 전문연구인재를 양성 • 공동연구 플랫폼을 구축하여 교내외 연구소와 폭넓게 교류하고 융합 연구를 활성화함으로써 연구범위 확대를 통한 참여연구원의 경력경로 다변화 지원 • 독립 연구자로서의 교육연구역량을 강화하기 위해 최적의 학문분야, 최고의 연구역량을 갖춘 협력교수진 구성
구 분	이공계 전문기술 인력양성 (R&D)
사업명	첨단 에너지 소재 및 융합 기술 차세대 공학 연구자 육성사업단
주관기관	한양대학교
사업기간	2017-05-01 ~ 2022-02-28
사업비	900백만원
세부 사항	• 신개념 산학협력 모델 개발, 대학 기업 네트워크 구축 - 신산업이 요구하는 미래 기술들을 연구하고, 그 기술들이 사업화될 수 있도록 인적 물적 자원 및 실무 산업 경험을 공유하여 진정한 의미의 연구과제 공동수행 • 신재생에너지 특화분야 인재양성 계획 ① 한양대 에너지 하베스팅, 센터 설립 (2015년 7월 설립) ② 건국대 에너지 융복합 기술센터 설립 예정 ③ 한양대 건국대 서울 동부지역 에너지 벨트 구축 ④ 첨단 에너지 소재 및 융합 기술 전문인력양성 트랙 도입 ⑤ 신 재생에너지 산업의 패러다임 변화 융복합 인력 양성

구 분	이공계 전문기술 인력양성 (R&D)
사업명	Powerto gas 융합에너지 기술분야 차세대 공학연구자 육성사업단
주관기관	세종대학교
사업기간	2019-11-01 ~ 2022-02-28
사업비	1억원
세부 사항	• 'Powerto gas(P2G) 융합에너지 기술 분야 차세대 공학연구자 육성사업단'은 화석연료 중심의 현재 에너지시스템에서 수소를 주요 에너지원으로 활용하는 경제·산업 구조로 변화하는 과정에서 수소를 안정적으로 생산저장 운송 응용하는 모든 분야의 산업과 시장에 필요한 핵심 인재를 양성하는 사업단임. • 'Power to gas 융합에너지 기술 분야 차세대 공학연구자 육성사업단'은 산학연 연구체계를 활용하여 나노기술을 기반으로 하는 수소생산 및 에너지변환저장 융복합소재 관련 원천기술을 개발함과 동시에 수소경제시대를 리드할 석·박사급 (박사후연구원 포함) 우수인재 양성을 목표로 함. [사업단 세부 목표] • 나노기술을 기반으로 하는 수소생산 및 에너지변환저장 융복합소재 관련 원천기술개발 • 산업체의 애로기술 및 니즈를 반영하여 상업화에 밀접한 연구주제를 도출하고, 연구결과 기술이전 및 상용화. • 혁신적인 교육방법을 강화하며 연구논문의 질적 향상과 국제화를 통한 글로벌 인재 양성. • 실험연구, 이론적 계산과학 연구, 산학협력연구 등에 필요한 대학원 교육 과정을 혁신하고, 학계나 산업체에 필요한 우수 인재 양성. • 학·연·산 협력 체계에서 양성된 차세대 인재들을 취·창업으로 연계될 수 있도록 적극적으로 지원.

□ H2KOREA 인력양성사업단

사업명	수소에너지산업 고도화 인력양성
총 사업기간	2021-04 ~ 2025-12(2+3단계)
추진체계	주관기관 - 수소에너지산업 고도화 인력양성 사업 운영 총괄 : 수소융합얼라이언스 참여대학 - 교과과정 개발 및 인력양성 : 연세대, 창원대, 충남대, 한국산업기술대 참여기업 - 전문가 Pool 제공 및 산학공동연구 수행 제이앤케히터(주), (주)우주엔비텍, (주)엔플라스텍, 주식회사 에코크린, 범한퓨얼셀(주), (주)지시티, 하이창원(주), (주)현진이엔피, (재)창원산업진흥원, (주)코아비스, 주식회사 더카본스튜디오, (주)피디케이, (주)케이엠티엘, 주식회사 가스로드, (주)다알퓨얼셀, 동아퓨얼셀 주식회사
사업목표 및 추진전략	Vision 에너지전환 및 산업고도화를 위한 수소산업전문인력양성 사업목표 및 추진전략 • 특성화 대학원 연계 인력양성 시스템 구축 • 산학연 협력 인력양성 거버넌스 체계 구축 • 공기업-민간기업 연계, 결과활용 시스템 도입 • ISO, KS 인증 교육 등 현장맞춤형 교육설계 • 글로벌 기업 연계, 선진기술 벤치마킹 지역별(서울, 수도권, 중부권, 남부권) 4개 대학 교육과정 운영 수소에너지산업 고도화 인력양성 추진단 설립 및 운영 수소분야 전문인력 80명 이상, 수혜인원 170명 이상 배출 최종취업률 75% 이상, 수소기업 100개 참여 추진분야 All in one H2 - 수소생산 (연세대) (참여기업 3곳) - 수소생산 및 저장·이송 (창원대학교) (참여기업 6곳) - 수소활용 (도빌리티) (충남대학교) (참여기업 6곳) - 수소활용 (연료전지) (한국산업기술대학교) (참여기업 2곳) 추진내용 - 산학공동연구 (실무 맞춤형 인재) - 수소인력 설문조사 (수소산업 교과편성) - 글로벌 인재양성 (해외 네트워크) - 전문교육기관 연계교육 (교육과정 개발) - 교차교육 프로그램 (비교과중심)

<자료, 수소에너지산업 고도화 인력양성 사업추진단>

□ 경상북도 수소산업 융복합 인력양성 지원사업(2022.)

- 정부의 수소경제 활성화 로드맵의 체계적 이행을 위한 수소생산·저장, 연료전지 기술 등과 관련한 석·박사급 고급인력 양성을 목표로 공모사업 추진
- 경북도, 영남대학교, 포스텍, 포항테크노파크, (주)대양으로 구성된 컨소시엄의 ‘경북 수소산업 융복합 인력양성 지원사업’이 산업통상자원부(한국에너지기술평가원)가 주관한 공모사업에 최종 선정
- 경북도는 지역 내 수소연료전지 협력 부품업체가 많이 포진해 있고, 산·학·연이 체계적으로 구축되어 있어 수소경제 관련 전후방 산업에 고급인력을 공급할 수 있는 최적의 산업생태계 여건을 갖추었다는 점에서 높이 평가됨
- 주관기관인 영남대는 수소 생산·운송·저장, 활용기술 등 수소전반의 인재를 양성하고, 포스텍은 수소연료전지 검·인증 분야의 인재양성 담당하며, 수소연료전지 인증센터를 보유한 포항테크노파크는 우수 인프라를 활용한 산학 연계강좌 및 실무중심 교육실시 계획
- 또한, 이번 사업 추진과정에서 업무협약을 체결한 두산퓨얼셀, 에스퓨얼셀, 포항테크노파크, DGIST 등 31개 관련 기업에서는 취업연계 현장실습 및 인턴십 기회를 학생들에게 제공 계획
- 또한, 산·학·연 협력체계 구축으로 수소관련 기업의 전문성 강화와 연계취업 활성화를 통해 학생들의 취업 선택의 폭을 넓혀주고, 정부 수소경제 구현을 위한 정책목표 달성에 기여



<자료: 경상북도, 수소산업 인력양성, 2022>

3.6 군포시 수소산업 여건

□ 군포첨단산업단지

- 사업명 : 군포첨단사업단지 조성사업
- 위치 : 경기도 군포시 부곡동 1246번지 일원
- 면적 : 287,615.5㎡
- 사업방식 : 공영개발방식
- 유치업종 : 컴퓨터, 의료, 정밀, 전기장비, 전자부품, 지식기반서비스업, 영상, 음향 및 통신장비 광학기기 및 시계, 기타기계 및 장비 등



○ 토지이용현황

- [산업시설용지] 대상지 동서축으로 장방향 배치
- [단독주택용지] 지역 거주민 수용을 위해 부곡지구 인접 배치
- [지원시설용지] 접근성 제고를 위해 주 진입 도로변에 배치
- [공공시설용지] 효율성을 고려하여 타 시설용지 연계 배치



○ 업종배치현황

- [전자 및 의료정밀기기 업종] 유사성 고려 동측 배치
- [전기장비 업종] 부곡택지 근린공원 북측에 배치
- [지식기반서비스업종] 부곡택지와 인접 배치하여 쾌적한 환경제공
- [기타기계 및 장비 업종] 북측 영동고속도로변 및 서측 배치



- 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 & 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 (C2, C27)
- 고무제품 및 플라스틱제품 & 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 & 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 (C22, C26, C27)
- 전기장비 (C28)
- 지식기반 서비스업 (J58, J62, J63, M70, M72)
- 기타기계 및 장비 (C29)

□ 복합물류센터

○ 현황

- 위치 : 경기도 군포시 부곡동 일원
- 부지면적 : 381,736㎡
- 사업기간 : 1994 ~ 1998
- 사업비 : 2,457억원
(민간 1,993억원, 정부 464억원)
- 추진방식 : BOT(Build-Own-Transfer)
- 주요시설 : 화물취급장 9동, 배송센터 8동
- 처리능력 : 581만톤/년



○ 추진경위

- IBRD에서 복합물류터미널 건립 필요성 정부에 건의 : 1985
- SOC 내륙물류기지 조성계획 확정 : 1991. 6
- 복합물류터미널 사업시행자 모집 : 1991. 10
- 법인설립(공영복합화물터미널주식회사) : 1992. 4
- 군포복합물류터미널 착공 : 1994. 12
- 민자유치법에 따라 경과조치 대상 사업으로 변경 : 1995. 10
- 군포복합물류터미널 부분 운영개시 : 1997. 3
- 군포복합물류터미널 준공 : 1998. 12

□ 군포시 당정동 첨단 R&D 클러스터 조성 계획(안)

사업명	유한양행 바이오연구소 및 부설 CMC센터 건립사업
위치	군포시 당정동 일원
개발계획	착공예정 : 2023년 2분기 / 가동예정 : 2025년 2분기
목표	• 바이오연구소 및 부설 CMC센터 건립을 통해 세포주 개발과 바이오 공정 개발 등 연구 활성화와 함께 클린 단백질 및 항체의약품 개발 역량 강화 • 관계사 연구시설 유치도 추진, 향후 유한양행을 중심으로 한 바이오 신약 연구개발의 허브로 발전

□ (주) 뉴수소에너지(신생 기업)

- 기존 기반을 활용할 수 있는 수소산업 분야 발굴 및 혁신기술 연구개발
 - 기존 내연기관을 이용한 수소연료 엔진 기술 개발 및 실증 연구
- 군포시 수소산업활성화를 위한 조례입법 및 거버넌스 확립방안 등 연구 수행

□ 현대로템(레일솔루션, 에코플랜트)

○ 수소 모빌리티(수소전기트램)

- 수소전기트램 : 복잡한 도심 내 원활한 이동을 책임질 친환경 대중교통수단
- 수소전기트램은 수소연료전지 동작 과정에서 전기 에너지를 만들기 위해 미세먼지 등 불순물을 제거한 산소를 사용하기 때문에 도심 청정공기 생산 효과가 있음

○ 수소인프라 솔루션(수소전기트램)

- 소형 수소추출기

- SMR(Steam Methane Reforming) 공정을 통하여 천연가스 또는 바이오가스로 부터 99.995% 이상 고순도의 수소를 하루 640kg까지 생산가능하며, 압축 → 개질 → 정제 시스템을 하나의 패키지로 구성하여 설비 크기 최소화 및 운반/포장/설치 용이성을 고려한 스킵트 구조로 제공하는 고품질 최적화 수소 생산설비
- SPEC

H2 생산량	H2 순도	원료
640kg/day, 116 cars(Hyundai Nexo)	99.995% 이상	NG/바이오가스



수소추출기
(HY-Green 300)



수소추출기
(HY-Green 300)



수소추출기 공장



수소추출기 공장

- 수소 충전소

- 수소 승압 및 냉각 과정을 통하여 수소전기차에서 요구되는 공급 사양을 충족시키며, 요구되는 수소량에 맞추어 충전하는 시스템
- 시스템 구조 기준으로는 제조식과 저장식, 충전소 운영 기준으로는 고정식과 이동식으로 구분
- SPEC

차량 SOC 충전율(시간)	95% 이상(승용차 기준 3분, 버스 기준 20분)
충전 속도 / 방식	최대 60g/s / SAE J2601 H70-T40에 따름



창원 복합모빌리티
수소충전소



삼척 제조식
수소충전소



이동식 수소충전소



디스펜서

- 수소출하센터

- 수소 공급과 유통 과정의 필수 시설로 수소 생산 설비로부터 공급된 수소를 전용 특수차량인 수소 튜브 트레일러에 적재하여 저장식 수소 충전소로 공급하는 시설로 수소유통의 허브라 불리며, 대규모 수소 생산 설비 및 공급 설비를 갖춘 시설



이동식 수소충전소



디스펜서

□ 코하이젠(수소전기차 충전소 구축사업)

- 위치 : 경기도 군포시 부곡동 산64-10번지 일원
- 부지면적 : 약 3,000㎡
- 사업목적 : 수소전기차 보급 확대와 시민들의 충전 편의성 제고
- 협약에 따라 군포시는 수소전기차 충전소 구축에 필요한 부지 제공 및 행정업무 지원을, 코하이젠은 충전소 구축과 안정적 운영, 충전소 이용자들의 충전 편의성 향상을 위해 노력
- 군포시는 수소전기차 충전소 구축을 위한 환경부 공모에 참여해 국비 지원대상으로 선정되면 본격적인 구축공사에 들어갈 예정



□ 군포시 수소산업 여건

- 현재의 산업구조로는 수소산업 실현은 요원하므로 이를 위해 현재의 산업과 기술을 뛰어넘는 획기적인 수소산업 활성화 전략 필요
 - 에너지관리시스템, 에너지저장시스템 관련 강소기업 보유
- 지역 내 기업 간 교류를 통한 지식 및 혁신의 전파가 원활하지 않으며, 지역에 대한 인지도 및 선호도가 낮아 성장 잠재력이 있는 스타트업, 창의적인 인력 등의 유입에 제약이 있음
- 에너지 사용량이 많은 제조업 업종 구조로 공장 에너지관리시스템(FEMS)의 테스트베드 구축 용이
- 인류가 당면하고 있는 에너지와 환경문제를 동시에 해결할 수 있는 청정 에너지원으로서 군포시에 맞는 수소산업에 대한 활성화 전략 필요
 - 수소경제의 조기 구현을 위한 미래 수소도시 적용 신기술 및 수소도시의 총수명 주기 체계관리에 필요한 연구분야 발굴 등 수소 인프라 역량 강화 추진 전략 수립

3.7 군포시의 수소산업 위상

□ 군포시의 수소산업 위상

- 군포시의 적극적인 산업혁신 의지 보유
- 군포산업진흥원, 소공인특화센터 등 산업 특화지원 센터를 다수 운영하면서 군포시 관내 기업에 맞춤형 지원을 제공하기 위해 노력하고 있음
- 수도권 내 수소산업 관련 학교 및 기업의 중심위치에 입지하여 인재육성 특화 도시로 조성하기 위한 접근성 양호
- 수도권 내 수소 관련 대학 및 군포시 내 수소 모빌리티 전문업체를 연계하는 산학 교육 프로그램 운영 최적지
- 수소산업 R&D 기술개발을 통하여 인근 수소도시에 관련 기술을 확산할 수 있는 수소산업 R&D 인재육성 거점으로 최적지
- 군포시는 지리적으로 서울과 수원 간의 중간에 위치하고 있으며, 시흥, 안양, 화성 등 다수의 지자체와 인접해있어 교통의 중심지로서의 입지를 확보하고 있음
- 또한 영동고속도로, 평택/파주 고속도로, 서울외곽순환고속도로 등 다수의 고속도로가 지나고 있어 수도권과의 연결성이 높음



04 국내 · 외 수소도시 사례분석

4. 국내·외 수소도시 사례분석

4.1 국내 수소도시 주요 사례분석

4.1.1 국내 수소경제 활성화 정책

□ 밸류체인별 수소경제 정책

구 분	주요 정책내용
생 산	· 녹색 수소 경제성 확보를 위해 대규모 수전해 R&D 및 실증 프로젝트 지원 · 청색 수소 생산을 위한 CCUS(Carbon Capture Utilization & Storage) 설비투자 · 호주, UAE 등 잠재적 수소 생산국과 해외도입 협력 추진 · 청정 수소 인증제 및 조기 상용화 지원
저장·운송	· 고압기체 외에 저압·고효율 액화·액상 등으로 저장방식 다양화 · 액화수소 관련 안전규정 제정 · 대규모 부생수소 출하 시점에 액화수소 밸류체인 전반을 일괄 지원 · 액화·액상수소 기술개발을 통해 저장효율 제고 · 부생수소를 수송용으로 전환 시 탄소배출권 등 인센티브 부여 · 수소 파이프라인 전국망 구축으로 운송비 절감 · 수소 운반선 등 대규모 운송 추진
활 용	· 청정 수소발전 의무화제도 입법 추진 · 수소차 가격경쟁력 확보 및 핵심부품 100% 국산화 달성 · 수소택시, 수소버스, 수소선박, 수소드론 등 대형 모빌리티 확대를 위한 보조금 지급 · 수소충전소 규제 완화와 운영 보조금으로 전국 충전소 구축 확대 · 발전용 연료전지 보급 확대 및 수출산업화 · 수소 혼소 발전 확대
인프라	· 한국판 수소경제위원회(Hydrogen Council) 결성 지원 · 수소산업 진흥 전담기관 H2Korea 설치 · 수소산업 특성화 대학원 신설 등으로 수소산업 인재 양성 · 수소경제 신기술 세제혜택 확대 · 수소 수급관리 및 거래시스템 구축을 시장가격 안정화

□ 수소 인력 인프라 역량 강화의 필요성

- 수소산업 발전에 따른 수소시설의 정비유지 및 안전관리 등 수소경제 가속화를 향한 수용성 확보를 위해서는 수소 사고에 대한 안전/대응 기술 확보 및 신뢰성을 높이기 위한 기준 및 정비유지 운영관리 시스템이 요구됨
- 실질적인 활용이 연료전지를 활용한 수소자동차 특히 자가용에 집중되고 있어 다양한 분야로의 확대를 위한 기술의 완성도에 대한 의문이 있음

- 수소는 새로운 친환경에너지의 시대를 여는 신에너지원으로 탄소연료보다 아직은 활용도가 낮고, 수소가 가지는 기본적인 위험성이 내재되어 있어 수소에 대한 안전성 확보가 시급한 실정임
- 수소 생태계 구축 및 안전하고 원활한 생산-저장-이송-활용을 위해 수소도시 내 수소 인프라 구축 관련 연구개발 강화
 - 수소도시 내 수소 인프라 시설의 안전과 관련한 위험성 검증
 - 수소도시의 안전성 확보를 위한 미래형 연구개발 및 중장기 로드맵 수립
- 수소경제 활성화 정책에 따라 비약적으로 확대될 수소 인프라 역량 강화 중장기 전략 확충

□ 국내 수소관련 안전사고 현황(최근 10년간)

일 자	사용처	사고형태	사고명
2022.01.28	수소충전소	화재	· 수소충전소에서 저장설비에 이송작업 중 튜브트레일러에 체결되어 있던 고압호스 체결 너트가 파손되어 가스분출, 화재발생
2022.06.28	수소충전소	화재	· 수소충전소에서 튜브트레일러의 고압가스를 번들용기에 충전 하던 중 번들용기 매니폴더의 파열판에서 가스분출, 화재발생
2022.01.29	특정제조	폭발	· 유리제조공정 설비의 정전테스트 과정에서 설비 내부에 체류된 수소에 전기불꽃 추정 폭발
2019.09.23	특정제조	폭발	· 수조제조 공정 재가동 중 배관을 맹판으로 폐쇄하는 작업 중에 수소가 다량 함유된 공정가스가 누출되어 폭발
2019.05.23	특정제조	폭발	· 강릉 수소 생산플랜트 폭발사고
2018.10.24	특정제도	화재	· 한화케미칼(주) 폴리실리콘 공장 Plant
2018.07.17	학교	폭발	· 공주대학 천안캠퍼스 실험실
2018.05.21	특정제조	화재	· S-OIL 수소압축기 누출 화재
2018.04.05	특정제조	화재	· 롯데케미칼(주) 대산공장
2018.04.02	일반공장	화재	· 화성시 수소누출 화재사고
2017.08.10	특정제조	화재	· GS칼텍스(주) 여수공장 공기냉각기 부근 화재사고
2017.06.28	특정제조	폭발	· 수소압축기 폭발사고
2015.10.08	매물배관	누출	· 울산 선암동 사업소 외 매설배관 가스누출사고
2014.10.27	매물배관	누출	· 삼성비피화학(주) 사업소 외 수소배관 가스누출

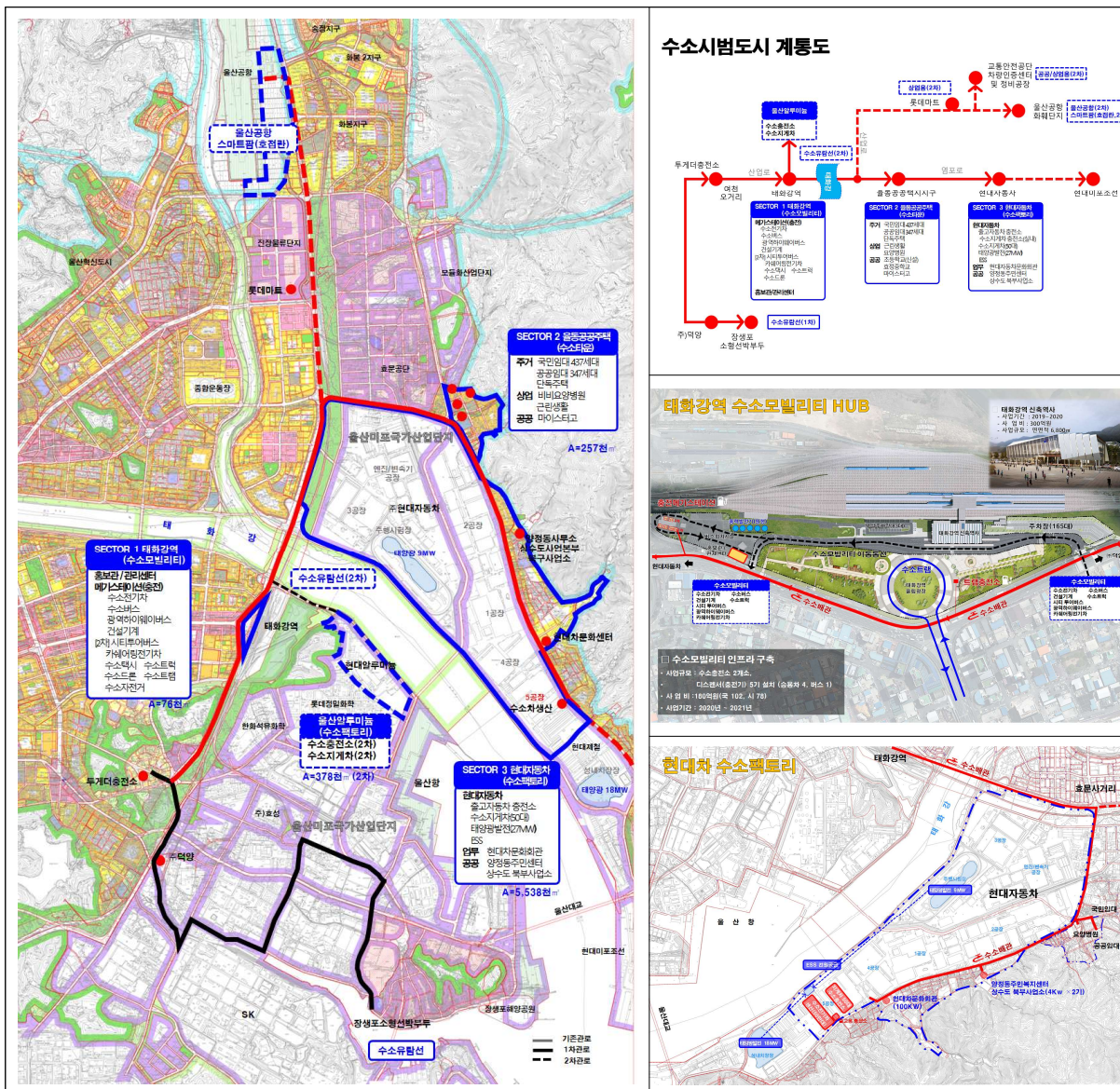
4.1.2 울산시 수소시범도시 사례

□ 사업목적

종합적이고 체계적인 수소 도시 마스터플랜 수립을 통해 공간계획과 기존·신 수소사업을 융·복합하여 세계를 대표하는 한국형 수소도시 조성

□ 사업개요

울산 수소 시범도시 대상지역(총 면적 : 5.87km²)은 울산광역시 북구 양정동 일원에 부생수소 배관 연결지점(여천오거리)에서 종료지점(현대자동차 출고용 차량 수소충전소)을 포함하여 추진



<자료: 울산 수소시범도시 마스터 플랜, 2019>

□ 사업제안 요약

- 울산 수소시범도시는 수소배관을 통한 부생수소를 건물과 충전소에 공급하여 안전하며 경제성 있는 친환경 글로벌 선도형 수소 시범도시를 조성
- 공급되는 수소는 석유화학단지에서 생산되고, (주)덕양에서 정제된 99.999% 순도의 고품질 청정 부생수소를 수소전용 배관을 통하여 공급
- 수소 시범도시의 안전성 확보를 위하여 실시간 안전 모니터링이 가능하도록 수소시범도시 통합운영센터 구축 및 운영

□ 참여기관 및 예산배분

- 울산광역시 · 울산도시공사 · 울산테크노파크와 현대자동차(주), (주)덕양 등과 함께 향후 민관협력 수소시범도시를 계획적으로 추진

(단위 : 억원)

구 분	정 부	지방비	민간부담금			현금합계	합계
			현금	현물	소계		
1차 연도	40	35	10	54	64	85	139
2차 연도	80	82	10	13	23	172	185
3차 연도	25	40	2	-	2	67	67
합 계	145	157	22	67	89	324	391

□ 기대효과

울산시는 도시 내 수소생태계가 구축되어 수소를 주된 에너지원으로 활용하면서 도시혁신을 시민이 체감하는 건강하고 깨끗한 도시를 구현하기 위하여 기존의 수소 인프라와 연계한 세계 최고 수소 시범도시 성공을 위한 주춧돌 역할

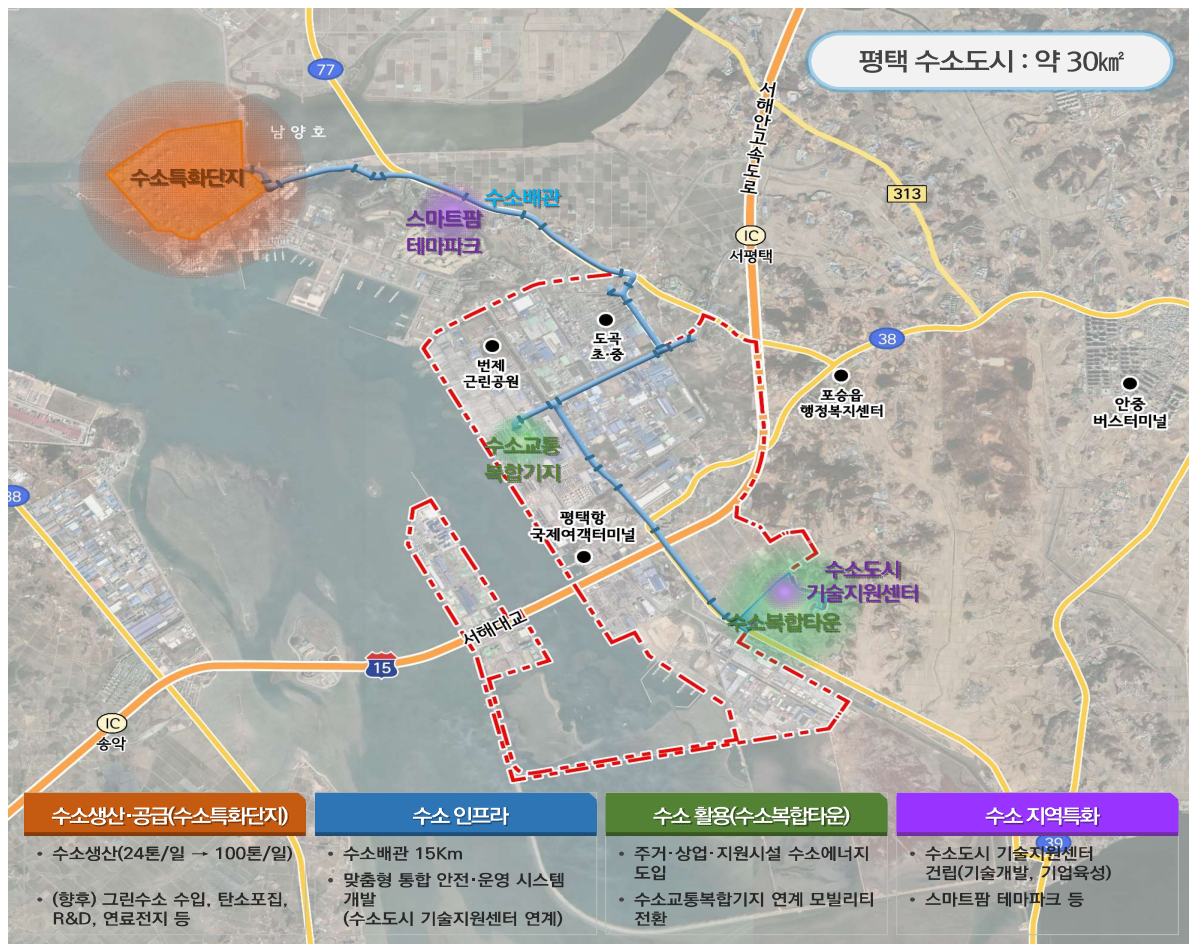
4.1.3 평택시 수소시범도시 사례

□ 사업목적

수소특화단지, 수소도시, 수소항만이 융합, 평택항(생산·활용) + 복합지구(연관사업)

□ 사업개요

- 총사업비 : 400억원(국비 200억원/지방비 200억원)
- 사업기간 : 2023년 ~ 2026년
- 사업량 : 평택시 포승읍 평택항 권역 수소도시 조성 A≒8km²



<자료: 평택시 수소복합지구 계획도, 2021>

□ 사업제안 요약

- 블루 수소 생산(LNG로부터 수소 생산·액화, 저렴한 수소 공급체계)
- 수소생산시설 구축사업, 평택항 수소교통복합기지 구축사업, 수소생산 국산화 기술개발 사업

구 분		사업구상(안)
기 본 요 소	주거	· (주택) 공동주택 335세대(경기행복주택) · (공공) 포승하수처리시설, 스마트팜테마파크, 공공체육시설
	교통	· 충전 인프라 - 수소교통복합기지 , 항만충전시설(국토부, 해수부사업 연계) · 평택항 카캐리어 100대, 항만모빌리티 50대 전환 · 수소버스 50대 전환(평택시 전역 150대 전환) · 이동식 액화수소 충전시설 · 물류트럭, 지게차, 선박 전환(환경부, 해수부 사업 연계)
	인프라	· 수소배관 15km (생산기지-교통복합기지-항만-도시 연계) · 맞춤형 통합 안전·운영 센터, 수소에너지 홍보시설 구축 · 수소도시 마스터플랜 및 실시설계, 기반시설(용수배관) 설치
확장(특화) 요소		· 도시개발 : 신규 도시개발대상지 연계(자동차클러스터, 현덕지구 등) · 전환·발전 : 서부발전(중유 → 수소 혼소·전소) 에너지 전환 · 농촌관광 : 스마트팜 테마파크 관광 연계 · 산업단지 : 아산국가산업단지(포승지구), 포승(BIX) 소·부·장 산업 육성 · 항만 : 항만 내 수소생태계(모빌리티, 하역장비 전환) 육성

□ 기대효과

평택 수소 융·복합단지, 평택항 주변 개발사업⁹⁾과 연계한 시민체감형 수소도시 조성을 통한 지속가능한 친환경 도시 구현과 국가탄소중립 실현

9) 경기경제자유구역(포승BIX, 현덕), 자동차클러스터, 만호지구 개발사업, 평택항배후단지 개발 등

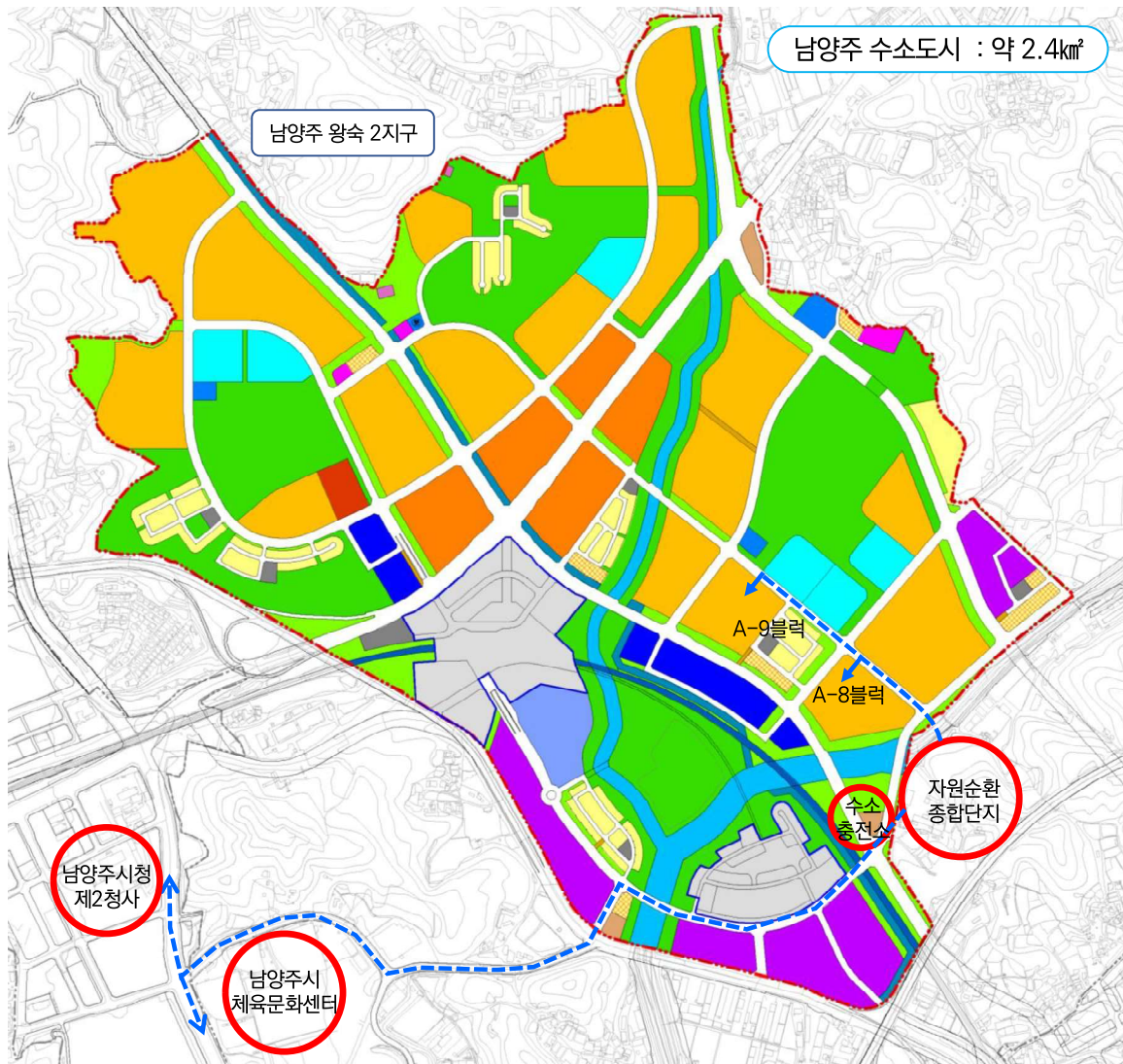
4.1.4 남양주시 수소시범도시 사례

□ 사업목적

수소 신도시 조성 : 왕숙2 지구를 대상으로 최적화된 수소 인프라를 구축함으로써 타 신도시와는 차별화되는 에너지 전환 도시 조성

□ 사업개요

수도권 동북부 거점도시인 남양주에 3기 신도시(남양주 왕숙지구)를 건설함에 따라 ①정주지 중심의 수소도시 모델 구축, ②남양주 자원순환종합단지(음식물 폐기물)를 활용한 도심 그린수소생산거점 조성, ③이를 활용한 수소산업 생태계로 수소경제 중심의 자족도시 조성



<자료: 남양주시 수소도시 조성 마스터플랜 개략도, 2022>

○ 사업제안 요약

- 수소생산 : 남양주 자원순환종합단지의 바이오가스를 활용한 수소생산(3.5톤/일) 활용
- 주거 : 3기 신도시 내 통합공공임대주택 약 1,200세대에 열, 전기 공급
- 교통 : 수소충전 인프라 및 수소 모빌리티 전환
- 인프라 : 수소배관 5km, 수소연료전지 도입
- 특화요소 : 도심형 바이오매스 기반 그린수소 생산기지 등
- 확장요소 : 왕숙지구 및 주변 도시개발사업 지구에 확장 추진

○ 참여기관 및 예산배분(안)

- 남양주시, 한국토지주택공사, 남양주도시공사, 서부발전, 나래에너지서비스, 민간 등과 함께 안전하고 실현 가능한 세계 최고의 수소도시 구축

(단위: 억원)

구 분	국비	도비	시비	합계	비고(민간현물)
1차 연도(2023)	2.5	0.75	1.75	5	
2차 연도(2024)	30	9	21	60	
3차 연도(2025)	87.5	26.25	61.25	175	
4차 연도(2026)	80	24	56	160	LH 50~100
합계	200	60	140	400	

□ 기대효과

- 수소생태계 자족모델 구축 : 신도시의 자족을 목표로 하는 개발계획에 맞추어 수소산업 생태계를 통한 관민 합동 비즈니스 모델 구축
- 시민체감 수소도시 실현 : 시민이 체감할 수 있는 맑고 깨끗한 수소에너지 전환도시 실현
- 수도권으로의 성과확산 : 남양주시는 수도권 동북부의 거점도시로서 수소를 활용한 정주 및 산업 기반에서 도출된 성과를 수도권 및 타 신도시로의 확산 가능

4.1.5 국내 수소도시 추진 방안(국토교통부)

- 국토부 공모 시범사업에서 국가균형발전특별회계(균특회계) 수소도시 사업으로 전환
 - 국토부 주관 최초 수소시범도시 사업은 공모사업으로 울산, 안산, 전주/완주 3개 도시가 선정되었고, 2020년부터 2022년 12월까지 총 3년간 추진되어 2023년 연말 준공 예정임
 - 2023년도부터 수소시범도시 사업을 종료하고 정례화된 사업으로 ‘수소도시 사업’의 균특회계로 편성되어 추진 중
 - 2023년 4월 ‘수소도시 가이드라인’ 배포(국토교통과학기술진흥원)
 - * 사업계획서(작성) → 국토교통과학기술진흥원(검토) → 국토부(협의) → 지자체 기재부(예산신청)

- ① 수소도시 전문기관에서 가이드라인에 따른 사업계획서(균특회계 신청 자료) 작성
 - ② 국토교통과학기술진흥원 플랜트실 수소시범도시 추진단으로 사업계획서 제출 - 검토 - 수정 · 보완
 - ③ 국토교통부 수소도시 도시활력지원과, 사업계획서와 관련 추진방침 등을 준비하여 협의
 - ④ 균특회계 편성 일정에 맞춰 지자체와 광역시 · 도가 협력하여 기재부와 예산편성 - 사업추진
 - ⑤ 1차 연도는 MP(마스터플랜)수립 사업을 시작으로 하여 균특회계 편성을 위한 지방 투심을 통하여 2차 연도부터 본격적인 수소도시 구축사업 추진

 - 2019년도 세계최초 수소시범도시(3개소 : 울산, 안산, 전주·완주),
2023년 신규 수소도시사업(6개소 : 평택, 남양주, 당진, 보령, 광양, 포항)
- 사업지원 대상 및 범위(국토교통부, 수소도시 조성사업, 2023. 2.15.)
 - (지원대상) 지방자치단체(특 · 광역시, 특별자치시, 시 · 군 · 구)
 - * 지방자치단체: 지방자치법 제2조 제1항 제1호에 해당하는 지방자치단체
 - (신청주체) 지자체 단위로 신청하되, 지자체 간 연계하여 신청도 가능
 - * 기 지정된 수소시범도시도 추가신청 가능
 - (지원범위) 일정구역¹⁰⁾을 대상으로 주거 · 교통 분야에 수소를 에너지원으로 활용하고 이를 실시간으로 통합 관리하는 핵심인프라 구축 · 실증 사업(기본-의무)과 함께 이와 연계한 자체 수소 특화사업 지원(특화-자유제안)
 - (기본-의무제안) 주거 및 교통 분야에 수소에너지를 활용 및 관리하기 위한 관련 수소생태계 인프라 구축 지원

10) 수소 공급 여건에 따라 도시 내 3~10 km 범위가 원칙(불가피한 경우 예외 적용 가능)

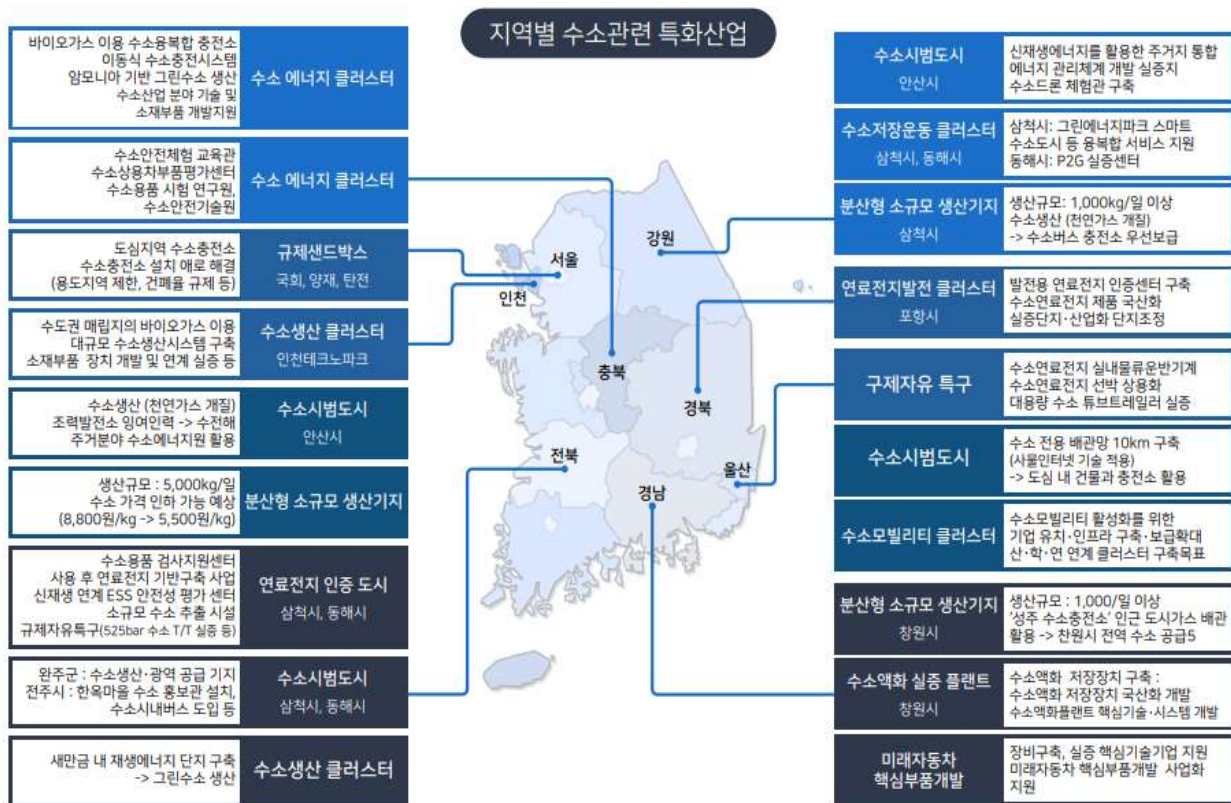
- ① (주거) 공동주택(필수) 및 기타 건축물(상업건물, 단독주택, 공공시설 등)에 에너지 (열·전기) 공급을 위한 건물·분산발전용 연료전지 및 관련 시설
- ② (교통) 수소에너지 기반의 교통체계의 토대를 마련하기 위해 수소차·수소버스 충전소 구축에 필요한 추출기 및 관련 시설
- ③ (관리운영) 각종 수소 인프라에 ICT를 접목하여 수소 공급·저장·이송 현황, 안전성 등을 실시간 관리할 수 있는 수소통합운영센터

○ (특화-자유제안) 도전적이고 혁신적인 수소 기술 실증, 지역특화산업 및 핵심 인프라 연계 시도 등 자체적 수소경제 실현 사업

- ① (지역특화-농업(예)) : 수소 스마트팜에 열·전기 공급을 위한 연료전지 등
- ② (수소 신기술-풍력수전해(예)) : 풍력 터빈에서 발생한 잉여 전기를 통해 수전해 기술로 수소를 제조하는 수전해 장치 등

○ 사업지원 범위

구 분		생산	저장·이송	활용	비고
기본요소 (의무)	주거	생산설비	파이프라인	연료전지	구축비 지원
	교통	생산설비	액체수소탱크로리 / 튜브트레일러		
	관리운영			통합운영플랫폼	
특화요소 (자유)	지역특화산업		파이프라인	연료전지	설계비 등 지원
	수소 신기술	수전해장치	파이프라인		



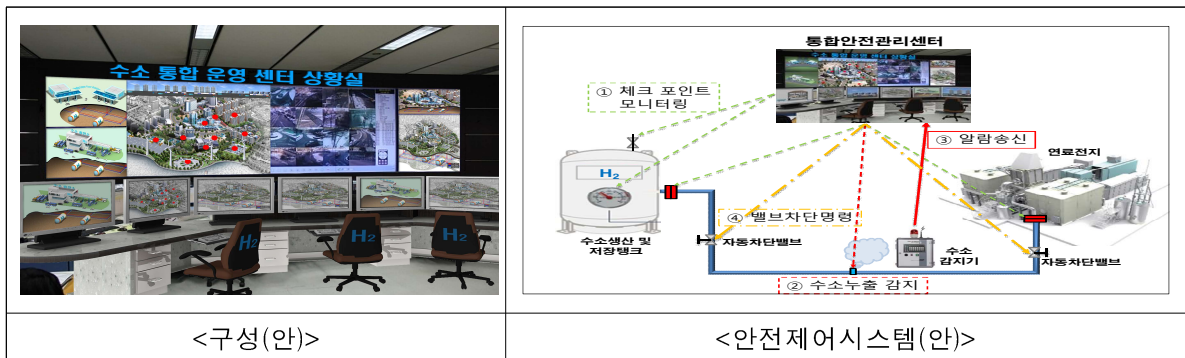
<자료: 수소융합얼라이언스, 2022>

□ 사업지원 규모

- (지원내용 및 비율) 수소 생태계별 도시계획(MP) 수립비와 연료전지·파이프라인·수소 통합운영센터 등 핵심인프라 구축비 등 최소 400억원 내외를 지자체 여건을 반영하여 자율 편성(보조율: 국비 50%, 지방비 50% 이상)
- 기본, 특화요소 구분 없이 포괄적으로 지원하되, 통합운영센터는 필수 반영

통합운영 안전관리센터

- (수소인프라 관리) 수소 공급·저장·이송 현황, 안전성 등 실시간 관리를 위해 통합운영안전관리센터 운영
 - * 도시 내 수소활용 현황과 안전성을 주민이 실시간 확인 가능
- (수소도시 안전성 강화) 수소도시 모든 설비에서 이상 징후 발생 시 자동으로 시스템이 정지되는 안전제어 시스템¹⁾ 적용 의무화



- (필수 구성사항) ①설계, ②시운전, ③안전모니터링 별 필수 구성사항 정의
 - ① (설계)
 - 운전사항을 전제로 한 충분한 센서를 설치하고, 국제표준(ISO-22734-1, 수소발생기의 산소농도 실시간 분석 및 혼입 시 긴급정지)을 준수한 생산, 충전 단계를 설계하고, 축적된 데이터를 한국가스안전공사 상황실로 연계
 - ② (시운전)
 - 운전매뉴얼 제공과 교육으로 인수인계 시, 사전통제를 시행하고, 시운전을 통한 운전상황 점검과 성분분석을 통해 수소 순도 점검 필요
 - ③ (안전모니터링)
 - 제어 및 보안시스템의 독립적 운영과 센서 기반의 이상 유무 탐지를 통한 안전적 운영 필요

구분	구현 이미지	내역 예시(총사업비 최대 300억원)
기본 요소		· 공동주택 연료전지(440kW, 3대) 50억원 · 상업용 빌딩(100kW, 4대) 40억원 · 통합운영 플랫폼 40억원 · 파이프라인(5km 기준) 50억원 · 생산설비(3기) 90억원 · 충전소 → 환경부 사업 연계 · 도시가스 비용 지원 등 20억 · MP비 2억원, 설계비 8억원
확장 요소 (농업)		※ 기본인프라 대체 가능 · 농가(가정용 연료전지 → 산업부 사업 연계) · 마을회관 등 공공시설(2동 5kW 연료전지) 2억원 · 수소 스마트팜(5개 10kW 연료전지) 10억 · 통합운영 플랫폼 40억원 · 파이프라인(3km 기준) 30억원, 설계비 등 10억원

- (사업관리 방안) 사업추진 과정에서 분기별로 국토교통부 장관이 지정하는 전문기관이 안전관리, 사업적절성 등의 검토를 수행
 - 사업추진 거버넌스에 대한 주체별 역할 및 예산 배분 명확화

(예시) 수소도시 사업 참여주체 및 역할(안)



- (사업비용) 최소 400억원(국비 200억원, 지방비 200억원)

구 분	2023년		2024년		2025년		2026년		합계	
	국비	지방	국비	지방	국비	지방	국비	지방	국비	지방비
편성예산	30억원	30억원	50억원	50억원	60억원	60억원	60억원	60억원	200억원	200억원

11) 오작동이나 장애가 발생하였을 때 시스템이 자동으로 정지하는 시스템

□ 점검기준표

분 야	항목	주요 세부 항목
입지적합성	수소수급 여건	· 필요한 수소량 예측과 공급계획의 구체성 및 실현가능성
	부지 적정성	· 부지 확보 여부, 부지 형상 및 장애물 현황 등 공법 상의 제한사항 및 공적 규제 여부, 부지의 확장 가능성
사업 수행 및 추진 체계	추진전략	· 사업에 대한 이해도, 사업추진 방향, 단계별 추진전략에 대한 구체성 및 명확성
	관리방안	· 사업 추진일정, 보고계획, 사업 관리를 위한 법과 지침의 이해도 및 구체성, 기존 인프라의 활용 및 연계, 부정수급 방지체계 등
	목표 설정 및 관리	· 정량적 성과목표 설정, 목표의 적절성 및 실현가능성, 목표측정 및 달성 검증 방안 · 목표 달성 현황에 대한 데이터화 및 외부 공개 방안, 목표달성을 위한 관리 계획 등
	추진체계	· 전담조직 구성, 전문인력 배치, 민간 전문기관과의 협업 체계 등
지속가능성	재원조달	· 사업기간 및 종료 후 지방비 조달 방안, 조례 제정 계획 등
	운영·유지관리	· 사업 기간 및 종료 후 구축된 수소도시의 설비-플랫폼의 운영-유지관리 방안 등
	확장성	· 신기술 적용 및 사업규모 확대 계획, 주변 지역(지자체)과의 협력·연계, 스마트시티 연계 등
수용성	주민수용성	· 주민설명회·공청회 개최 등 의견수렴 및 사업부지 인근 주민의 동의 확보 여부 · 지방의회 의견수렴 여부 · 향후 주민수용성 제고를 위한 계획 및 실행방안 등
안전성	안전성	· 안전관리 계획 방안 및 방침 설정 여부 · 통합안전관리센터, 사고대책본부 등 관련 조직 운영계획, 안전기준에 대한 관리, 통합적 안전망 구축에 대한 구체성 등
기타 검토사항		· 지자체 매칭비율 초과 · 타기관·기업의 투자계획 확보 · 기구축 수소인프라(충전소,파이프라인등) 활용 · 사업혜택이 사회적 약자(주거취약계층, 장애인 등)에게 제공 등

4.2 해외 수소도시 주요사례

□ 일본 수소도시

- 일본은 2011년 동일본 대지진을 계기로 에너지 안보 측면에서 수소에너지에 다시 주목, 중장기적 계획을 수립하고 지속적인 기술개발과 실증 사업에 투자 진행
- ‘제4차 에너지 기본계획’의 실증 프로젝트로서 2010~2015년 ‘기타큐슈(北九州) 수소타운’을 조성
- 일본 도쿄 218ha 부지에 수소를 활용하는 하루미(晴海)타운을 조성하여, 2050 도쿄 올림픽 대회 선수촌으로 활용
- 2021년 토요타(Toyota)는 수소도시의 새로운 프로토타입으로서 수소도시 우븐 시티(Woven city) 착공

일본 도쿄의 하루미타운



<자료: 도쿄 도시정비국 홈페이지, 2021>

□ 유럽/독일 수소도시

- 유럽연합은 코로나 팬데믹에 대응한 그린딜(Green Deal) 정책의 연장선으로 2020년 7월 ‘수소전략’을 발표하고 효율적인 에너지 순환시스템, 전력화, 재생에너지 기반의 수소·바이오에너지 사용을 강조함
- 유럽연합은 2021년 5월 유럽 공동이익을 위한 중요 프로젝트(IPCEI)에서 수소 생태계 분야별 주요 사업 62개를 선정하여 80억 유로를 지원하기로 결정
- 독일은 2011년부터 추진된 에너지 전환정책으로 재생에너지 비중을 40%까지 확대했으며, 현재 재생 에너지를 수소로 전환하는 P2G(Power to Gas)사업과 수소활용에 대한 투자에 집중하고 있음
- 독일은 2013~2015년 ‘마인츠 에너지파크’(Energiepark Mainz) 사업에서 풍력 에너지로 생산한 수소를 지역에 공급하는 사업을 추진하였고, 2016년 이후 NIP(National Hydrogen and Fuel Cell Technology)를 통해 독일 전역에 수소 융·복합 클러스터를 건설하는 ‘하이랜드(Hyland)’ 사업추진
- 유럽연합의 IPCEI 일환으로 2021년부터 독일 함부르크(Hamburg) 중심의 수소 네트워크 추진 중

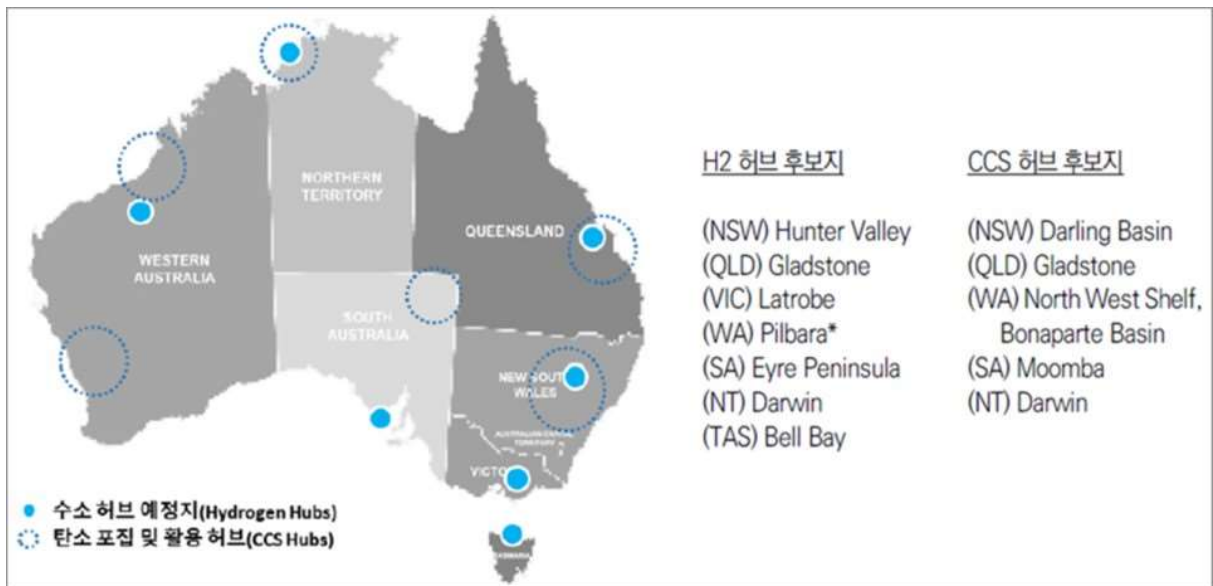
독일의 HyPerformer 프로젝트 개요

구분	HyBayern	HyWays for Future	H2Rivers
지역	란츠후트, 뮌헨, 에버스베르크 (Landshut, München, Ebersberg, 주로 농촌지역, 일부 도시지역)	독일 북서부지역(수도권)	라인-네카르 지역 (Rhein-Neckar, 대도시지역)
목표	태양광, 수력, 풍력 등의 재생에너지에 기초하여 그린수소 생산, 수소 저장·운송, 수소 활용의 (폐쇄된) 전주기 구현	발전 및 모든 수송 분야(도로·철도·선박·항공)에 그린수소 활성화, 관련 시장의 확대	모빌리티 분야의 수소전환, 수소전기 상용차와 버스, 트럭, 도로유지 차량 등을 구매하여 수요를 창출하고, 공급을 위한 인프라 구축
사업규모	4,200만 유로	6,420만 유로	5,220만 유로
기간	2020-2025년	2020-2023년	2020-2023년

<자료: Hyland 홈페이지, 2021>

□ 호주 수소도시

- 호주의 아들레이드 콘슬리 혁신지구 1,140만 호주달러 규모의 수소생산시설을 통한 시스템 실증 사업
 - 1.25MW 규모의 수전해 설비 구축 시범사업
 - 신재생에너지로 수소를 생산하는 ‘톤슬리 수고공원사업’ 진행
- 수소경제 전략



〈자료: 호주 산업관광자원부, 호주국가 수소전략, 2022〉

- NSW의 농업, 시드니 등 대도시의 주거·상업, 그 외 산업부문 에너지 수요가 높아 그린수소 전 밸류체인의 성장 가능
- 동부 해안을 따라 분포되어 있는 산업단지 및 인프라, 도시들과의 육상 연결성이 구축되어 있고 호주 내 최대 항구 보유로 미래 수출 거점지로 적합
- 헌터밸리 재생에너지 구역으로 2027년까지 재생에너지 12GW 생산목표
- 석탄, 알루미늄, 암모니아 전문의 생산, 기술, 엔지니어링 인력이 풍부하고 주요 대학들과의 기술협업 연계 활성화
- NSW 유일한 클러스터로 헌터밸리 내 수소기술 연구 및 공급체인 확충을 목적으로 뉴캐슬대학, HunterNet의 13개 기업, 기관이 참여

4.3 해외 수소(기후변화) 인재육성 사례

□ 선진국의 인력 육성 정책 현황

구분	미국	영국	유럽	일본
정책 및 계획	미국 일자리계획 (American Jobs Plan)	녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획 (Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution)	유럽 그린딜 (European Green Deal)	2050 탄소중립에 따른 녹색성장전략 (2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略)
비전	2050년까지 탄소중립을 목표로 에너지 기술 강국 자리매김	2030년까지 총 25만 명의 녹색 일자리 창출	2050년까지 넷제로 및 자원 사용과 분리된 경제성장	2050년 탄소중립과 경제성장의 동시 달성
대상 분야	일자리 창출·청정에너지	해상풍력, 수소, 원자력, 무탄소 자동차, 대중교통, 친환경 해상, 친환경 건물, 탄소포집, 자연환경 보존, 금융 및 혁신	기후, 환경 및 해양, 에너지, 운송, 농업, 금융 및 지역경제, 산업, R&D	차세대 재생에너지(해상풍력, 태양광, 지열), 수소·연료암모니아, 차세대 열에너지, 원자력 등 14대 분야 ¹⁾
주요 내용	• 교통망 현대화 • 전력망/통신망/상수도 개선 • 주택 및 상업용 빌딩 건설 및 보수 • 학교 및 보육시설 현대화 • R&D 미래기술 투자	• 녹색 일자리 창출 및 경제 회복 • 10대 목표를 통해 산업 활성화 및 일자리 창출	• 깨끗한 공기, 식수, 건강한 생태계 • 에너지 효율 빌딩 • 대중교통 확충 • 청정에너지 기술 • 재활용 제품 전환시대를 맞이한 직종 및 스킬 • 국제 경쟁력과 회복력을 지닌 산업	• 예산, 세제, 금융, 규제, 국제협력 등 범 분야 정책도구 활용 전략 • 14대 분야의 녹색성장 실행계획
관련 법령	인프라 투자 및 일자리 법 (Infrastructure Investment and Jobs Act)	기후변화법 (Climate Change Act)	유럽기후법 (European Climate Law)	-

<자료: The White House 2021, Department for Business, Energy & Industrial Strategy, Department for Education, Department for Work and Pensions, The Rt Hon Anne-Marie Trevelyan MP, Gillian Keegan MP, and Mims Davies MP 2021, European Commission, 일본 관계부처 합동 2022.>

□ 주요 선진국의 기후기술 인력양성 사업 현황

○ 주요 선진국의 기후기술 인력양성 사업의 특징

- 주요 선진국의 기후기술 인력양성 사업은 기후변화, 에너지, 문제 해결 등에 관한 융복합 프로그램과 학제 간 융합을 이룬 다학제 과정이 주를 이루고 있음
- 특히 비학위 과정 같은 경우 석·박사급 대상 사업만이 아닌 학부생과 중고등학생 대상 프로그램으로 사회적 인식을 높이는 데 활용되고 있음

○ 미국의 기후기술 관련 인력양성 사업

「그랜드 챌린지 프로그램」

- 미국공학한림원 (National Academy of Engineering)에서 주관하는 그랜드 챌린지 프로그램 (Grand Challenges Program)은 14가지 다학제 분야의 엔지니어와 과학자 양성을 위한 장학금 연계 프로그램임
- 기후변화 관련 분야 외 14가지 분야의 문제를 해결하는 수업을 이수하고 연구 프로젝트에 참여 가능하며, 현재까지 120개교 이상의 미국 내 공대와 40개교 국외공대가 참여한 프로그램으로 국립 연구기관들의 주요 분야에 맞춤형 교육 프로그램을 운영함 (National Academy of Engineering 2022) (14대 분야: 차세대 재생에너지, 수소·연료암모니아, 차세대 열에너지, 원자력, 자동차·축전기, 반도체·정보통신, 선박, 물류·토목인프라, 식음료·농림수산, 항공기, 탄소재활용소재, 주택·건물·차세대 전력관리, 자원순환, 라이프스타일)

「교사와 과학자들을 위한 인력양성 사업」

- 미국 에너지부 과학실 (Office of Science)의 ‘교사와 과학자들을 위한 인력양성 사업’ (Workforce Development for Teachers and Scientists)은 과학, 엔지니어링, 기술분야의 교육을 총 250,000명의 K-12 학생, 12,000명의 K-12 교사, 3,500명의 학부생 인턴, 2,500명의 대학원생, 그리고 16,000명의 박사 후 연구자들을 지원하고 있음
- 본 사업은 STEM 분야 학부생 인턴십, 대학원생 논문 시상, K-12 교사들의 미국 연방 기관 또는 미국 의회 파견과 같은 프로그램들을 운영하며, 에너지부 소속 17개 국가 연구소는 학생들에게 실제 연구사업에 참여할 기회를 통해 경력 발전에 도움을 줌

「원자력 분야 인력양성 지원」

- 미국 에너지부 원자력실 (Office of Nuclear Energy)은 8개 원자력 기술 분야의 연구실적에 대하여 1~3년마다 상을 제공하고 있음
- 또한, 우수한 대학원생에게는 등록금, 생활비, 실습실을 제공하고, 대학생에게는 장학금과 실습실을 제공하고 있으며, 이상의 지원을 통해 더 많은 대학이 원자력 공학 학위를 수여하도록 장려하고 있음(U.S. Department of Energy 2022)

○ 영국의 기후기술 관련 인력양성 사업

「연구혁신기구 교육 전략」

- 영국의 연구혁신기구 (UK Research and Innovation)은 2,300만 파운드의 예산으로 대학, 연구기관, 산업에 1,000여 명의 대학원생들을 지원하는 기관임
- 「연구혁신기구 교육 전략」은 자연환경 분야 과학 인재를 양성하고자 하는 추진전략으로 학계, 산업, 정부 차원 간의 장기적인 연계를 도모하고자 함
- 자연환경 분야 인재양성을 위한 프로그램으로 박사급 인력에 연구혁신기구 교육 전략 프로그램을 제공하며, 해당 프로그램은 자유 주제 연구를 지원하는 ‘대응 교육’과 특정 주제에 대한 강좌 개설, 연구 및 상금을 지원하는 ‘집중 교육’의 두 가지 형태로 운영됨(UK Research and Innovation 2022)

○ 유럽연합의 기후기술 관련 인력양성 사업

「EIT Climate-KIC」

- 유럽연합 공과대학 (European Institute of Innovation & Technology, EIT)이 지원하는 EIT Climate-KIC¹²⁾는 370여 개 대학, 기업, 도시, NGO 등과 같은 이해관계자들과 함께 기후 변화완화와 기후변화 적응 사회를 만들기 위한 민관 파트너십임
- EIT Climate-KIC는 유럽연합 내 대학원에 기후혁신 관련 강좌와 세미나를 개최하고 프로젝트를 실행하여 기후혁신의 생태계를 조성하도록 지원하는 플랫폼 역할을 하며, 이외에도 중·고등학생, 학부생, 대학원생 등에게 제공하는 온라인 수업 및 전문가 코칭 프로그램을 운영하고 있음(European Institute of Innovation & Technology 2022)

12) EIT Climate-Knowledge Innovation Community

○ 일본의 기후기술 관련 인력양성 사업 : 「NEDO 특별 강좌(NEDO 프로젝트를 핵심으로 한 인재육성, 산학제휴 등의 종합적 전개)

- 일본의 신에너지·산업기술종합개발기구(National Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)에서 2006년부터 수행해 온 인재육성 사업으로, 우수한 NEDO의 연구개발 프로젝트 및 국내 최고 수준의 연구 사례를 주제로 강좌를 제공하며, 최근에는 2022년부터 2023년까지 ‘재생에너지 열 이용에 대한 비용 저감 기술개발’ 프로젝트에 대하여 홋카이도 대학과 지중열 이용촉진협회를 거점으로 하여 강좌를 개설한 바 있음 (2007년부터 2011년까지는 순환 사회 구축형 광촉매 산업 청정 프로젝트를 주제로, NEDO 친환경에너지과학창성특별강좌를 도쿄대학을 거점으로 진행한 바 있음(NEDO, 2022))

「해상풍력발전 인재육성사업」

- 일본 경제산업성이 녹색성장전략에 따라 해상풍력발전을 원활히 보급하기 위해 2022년 신규로 예산안에 포함한 사업(6.5억 엔 규모)으로, 학생 또는 재직자를 대상으로 하는 인재육성 교육 프로그램 개발과 훈련 시설의 정비를 지원하며, 금융·법무 등 단순히 기술 분야에 그치지 않고 해상풍력발전 사업을 영위하기 위한 폭넓은 분야를 포함함(경제산업성 2022a)

「저탄소 기술 수출을 위한 인재육성 지원사업」

- 일본 경제산업성이 추진하고 있는 해외인재 육성 사업(8.5억 엔 규모)으로, 일본 기업의 해외생산 거점을 대상으로 공급 체인의 에너지 절약에 기여할 수 있는 현지 인재와 탄소중립 실현을 위한 연구개발·실증을 위한 현지 인재를 육성하는 사업이며, 본 사업을 기반으로 하여 아시아 신흥국 등으로의 진출 및 일본 기술의 이전을 통해 해외 탈탄소화에 기여하는 것을 목표로 함(경제산업성 2022b)

○ 주요국가의 인재육성 사업 현황

구분	미국	영국	유럽	일본
사업명	그랜드 챌린지 프로그램	연구혁신기구 교육 전략	EIT Climate-KIC Education	NEDO 특별 강좌
목적	미래 과학기술 문제 해결형 리더 양성	과학 인재양성 및 연구개발 지원	기후변화 적응 사회를 만들기 위한 기후혁신생태계 조성	산학제휴를 통한 인재육성
분야	태양광에너지, 핵융합, 탄소격리, 질소순환 관리, 수소 등 14가지 다학제 분야	자연환경	도시, 지속가능한 생산 시스템, 기후금융, 지속 가능한 토지이용, 등	코어 프로젝트 및 첨단기술 연구개발 프로젝트
대상	중고등생, 학부생, 대학원생, 연구원	박사급	고등생, 학부생, 대학원생, 연구원	강좌 주제 유관분야 종사자 및 학생
내용	• 14가지 다학제 분야의 엔지니어와 과학자로 양성하기 위한 다학제 수업 이수, 연구 프로젝트 참여, 등을 통해 장학금과 수료증 지원	• 대응 교육: 자연환경 분야 내 자유 주제 연구 지원 • 집중 교육: 특정 주제 및 기술을 개발하기 위한 단기 강좌, 수학/물리/화학/엔지니어링 전공 대학원생 대상 자연환경 분야 연구 지원, 상금 지원 등	• 대학원 내 기후혁신 관련 강좌, 세미나 개최 및 프로젝트 실행 • 혁신적인 기후변화 적응 관련 온라인 수업 • 기후혁신, 사업, 시스템 등 교육 전문가들의 코칭을 제공하는 플랫폼	• 연구책임자 또는 기업의 전문가의 강의·세미나 개최 • 코어 프로젝트 및 첨단 기술을 중심으로 연구자, 기술자 등의 네트워크 구축 • 코어 프로젝트 및 첨단기술과 관련된 기초/파생연구 실시
전담 기관	미국공학한림원	영국 연구혁신기구	유럽연합 공과대학	신에너지·산업기술 종합개발기구

<자료: National Academy of Engineering 2022, UK Research and Innovation 2022, European Institute of Innovation & Technology 2022, NEDO 2022>

4.4 시사점

□ 국 내

- 국내는 수소전기차와 발전용 연료전지 기술, LNG 공급망(추출수소 생산 가능) 등을 보유하고 있으나, ‘탄소배출 없는 수소도시’ 건설에는 여전히 환경적·경제적·사회적 한계점 존재
 - (생산) ‘수소 도입’이라는 단기적 성과에 집중하기보다는 ‘탄소배출, 넷 제로(net zero)’라는 장기적 비전을 실현하는 데에 따른 환경적·경제적·사회적 한계점을 구체화하고 단계적으로 이를 해결해 나갈 수 있는 주체와 핵심전략을 구성해야 함
 - (환경) 초기에는 천연가스 등 화석연료 기반의 수소도시가 건설될 가능성이 높으나, 중장기적으로 탈(脫)탄소 도시 비전을 명확하게 설정하고 그린수소 생산, 저장·운송, 활용을 위한 기술과 인프라 투자를 선행해야 함
 - (경제) 경제성 확보 전까지는 수소도시 건설에 국가 지원이 필수적이며 유지관리에 상당한 비용이 소요됨. 그러나 장기적으로는 보조금 없이도 자립 가능한 수소도시 모델을 계획하고 추진해야 함
 - (사회) 수소도시는 도시민 일상생활과 밀접하게 연계되는 만큼 객관적·과학적 자료에 기초하여 사회적 합의를 선행해야 함
- 중장기적인 수소도시 확산계획을 수립하여 서로 다른 유형의 수소시범도시를 동시에 추진한다는 점, 수소도시 관련 법제화를 추진했다는 점은 고무적

□ 해 외

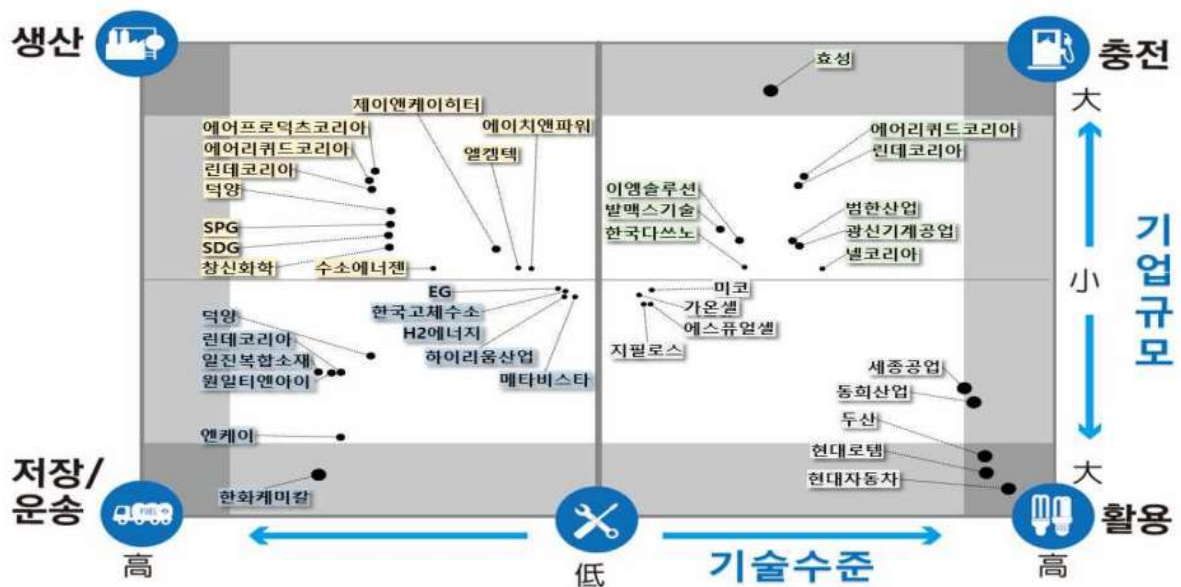
- 일본은 지난 20년간 꾸준한 투자와 연구를 통한 세계 최고 수준의 완성도에 비해 도시규모로서 수소 도시 구현에는 못미침
 - * 현재 접근 가능한 수소생산(개질 및 수전해 기반 수소충전소), 저장(고압, 액화, 암모니아), 이용(연료전지자동차, 건물용 연료전지 시스템) 기술의 조합을 보급하기 위한 단계
- 미국은 일본의 프로그램들과 달리, 수소에너지 사회를 목표로 지향하기보다는 수소 에너지 자체의 활용을 주 목표, 재생에너지 기반 사회의 구현 시 요구되는 에너지 저장 및 이송 방법으로서 수소를 활용하는 것을 고려하고 있음
- 유럽은 수소 및 연료전지의 보급 확산을 위해 30여년간 범국가적 프로젝트가 진행되어 상당 수준의 요소기술에 대한 높은 단계의 기술발전이 이루어짐

□ 수소산업 R&D 현황

- 수소산업 국내기업 활용분야와 중소기업 중심의 생태계 형성이 부족함
 - 수소산업 분야별 기업분포 결과(1,000개사)

분 야	활용	생산	충전	저장·운송
기업 분포(1,000개사)	69%	3%	6%	10%
수소산업 인력(15,006명)	85.6%	3.6%	8.1%	0.01%

- 국내 수소산업 주요기업현황



〈자료: 산업통상자원부, 수소산업 생태계 경쟁력 강화방안, 2020〉

- 생산·저장·운송·충전 분야는 중소기업 위주로 구성되어 있으며, 활용분야는 대기업 주도로 생태계 형성 중
- 기술수준 또한 대기업이 주도 중인 모빌리티 수소전기차와 발전용 연료전지 부분에서만 높은 것으로 확인
- 수소산업 인력은 15,006명으로 전체 기업의 인력 중 약 3.17%, 수소분야 R&D 인력은 44.1%(6,619명)로 비중이 높은편이나, 초기단계에 있기 때문이며 수소산업 분야에서 R&D 인력 부족률이 24.9%로 R&D인력 확충이 필요함
 - 수소산업 발전에 따라 지자체별 계획 및 추진되고 있는 수소도시 내 수소산업 전주기 관련 수소산업 인재육성 및 미래 수소산업 R&D 분야에 대한 역량강화를 위한 수소산업 인재육성을 위한 R&D 특화도시 구현방안 추진전략 필요

05 군포시 수소 R&D 특화 도시 구현방안 및 로드맵

5. 군포시 수소산업 R&D 특화도시 구현방안 및 로드맵

5.1 군포시 수소산업 R&D 특화도시 구현을 위한 거버넌스 구축

5.1.1 기본 방향

□ 목표 및 전략

- 군포시 수소산업 특화도시 구현을 위해 수소산업 분야별 인재육성 및 인재육성방향을 위한 거버넌스 구축
- 정부의 수소경제 활성화 정책에 부합하여 수소산업육성위원회 구성 및 인재결집을 위한 인재집결형 수소산업 R&D 특화센터 설립 등을 통해 미래 수소도시 기반기술 및 인프라 확보

목 표

“ 선제적 수소산업 인재 육성을 위한 수소 R&D 특화기반 마련 ”

전략 1

수소산업 R&D 인재 육성
및 집결 클러스터 조성

전략 1 추진과제

- 군포시 수소산업 활성화를 위한 조례입법 및 정책지원
- 군포시 수도권 관련대학 및 지역대학간 인재육성 협약체결
- 수소산업 관련 중장기 인력소요 및 R&D 발굴

전략 2

수소산업 수요 충족
전문인재육성 및 관리시스템 구축

전략 2 추진과제

- 군포시 수소산업 산학연 합동협의체 구성
- 군포시 수소산업육성위원회 설치
- 군포시 수소산업 인재육성 추진단 구성
- 군포시 인재집결형 수소산업 R&D 특화센터 및 미래유망산업 신기술 지원센터 설립

AS-IS

TO-BE

수소산업 인재 육성	수소산업 인재육성 미흡	수소산업 인재 확보 : 수소경제 실현을 위한 분야별 균형있는 우수인재 육성 현장실무 안전관리 인재 확보 : 기술 고도화 및 이론과 실증을 토대로 과학적인 전문안전관리 인재 육성
수소산업 R&D 인재	수소산업 및 新기술 R&D 인재 관리미흡	수소산업 R&D 및 新기술 인재육성 관리시스템 마련 : 수소산업 및 新기술 R&D에 필요한 전문인력 육성

5.1.2 수소산업 인재육성 추진 방향

□ 인재육성의 필요성

- 2020년도 분야별 투자비중 비교 시 인력양성 투자비율 4%로 최하위 수준
 - 원천연구(16,804억원) > 기초연구(15,312억원) > ICT연구개발(8,121억원) >
 R&D 기반조성(7,296억원) > R&D 사업화(2,309억원) > 인력양성(2,087억원) 순



<자료, 과학기술정보통신부 보도자료, 2020. 1. 2>

□ 인재육성 업무수행 시 필요한 핵심스킬 분야

핵심 스킬	스킬요구 비중
① 복잡한 문제의 해결(complex problem solving)	36%
② 사회적 기술(social skills)	19%
③ 프로세스 기술(process skills)	18%
④ 체계적인 기술(systemic skills)	17%
⑤ 인지적 능력(cognitive abilities)	15%
⑥ 자원 관리 기술(resource management skills)	13%
⑦ 전문적 기술(technical skills)	12%
⑧ 콘텐츠 스킬(contents skills)	10%
⑨ 육체적 능력(physical skills)	04%

<자료: WEF(2016). The Future of Jobs, p. 22 >

□ 인재육성 추진 방향

- 한국의 인재에 대한 투자 비중은 5.9%로 OECD 평균(5.2%) 이상이나, 직원들에 대한 기업의 훈련¹³⁾ 정도는 한국이 세계 38위로 중국(41위)과 유사한 수준임
- 향후 수소경제, 산업구조 변화, 기술변화, 역량변화 등과 연계한 선도적 미래 인력양성을 위한 산학협력 체계 구축 필요
- 현시점에서 2030년 이후의 미래 인재를 양성하기 위한 새로운 인재육성 방안 필요
- 미래 산업의 수요와 핵심 기술을 분석하고 이를 토대로 수요 기반의 인재육성과 초기 R&D 투자 및 정책지원 강화

13) 기업의 훈련 정도 : 일본 10위, 독일 12위, 미국 15위

5.1.3 군포시 수소산업 인재육성 거버넌스 및 업무체계

□ 수소 전주기 고도화 과정에서의 인재육성 거버넌스 및 업무체계



5.2 군포시 수소산업 R&D 인재육성 특화도시 구축



- 수소 R&D 산업을 전략적 신산업 중 하나로 설정 전방위적 계획과 지원책 마련
 - 정부의 수소경제 활성화 정책과 ‘수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률’ 제정에 맞춰 군포시 특성에 맞는 글로벌 수소산업 활성화를 위한 조례 제정
- 군포시 수소산업 육성계획을 수립/시행 추진하는 ‘수소산업육성위원회’ 설치
- 수소도시 사업을 추진하여 선제적인 수소산업 인재 육성 및 수소 R&D 특화도시 산업망 구축을 위한 ‘수소 R&D 인재육성 추진단’ 구성
- 수소에 대한 전문지식과 자격을 보유한 기술인력이 상주하여 R&D 및 신기술을 개발할 수 있는 인재집결형 ‘수소 R&D 특화센터’ 신설
- 신기술 및 수소 인프라를 안전하게 관리하고 통합·운영할 수 있는 인재육성 및 시스템을 지원하는 ‘미래 유망산업 신기술 지원센터’ 설립

5.3 통합이행 계획(로드맵)

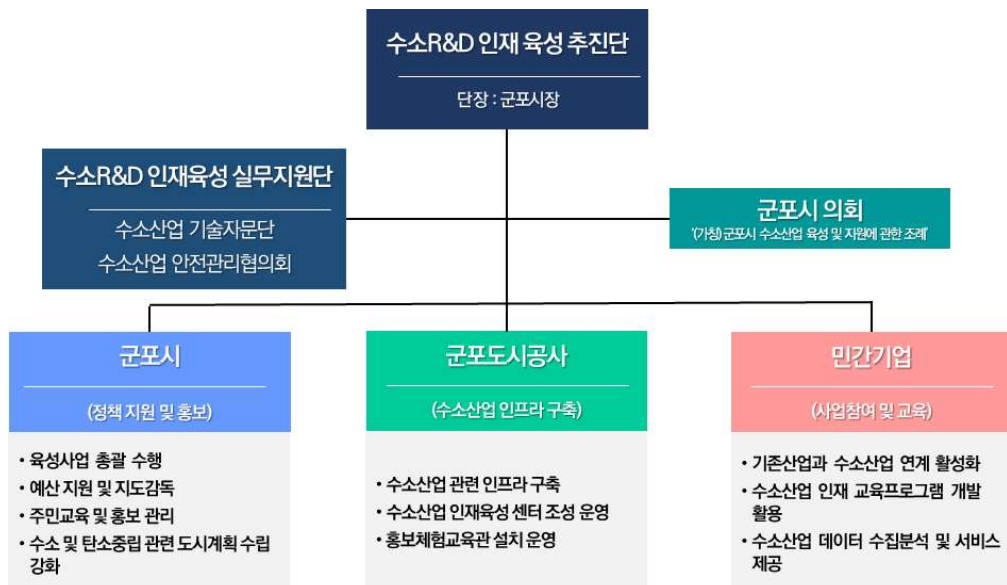
5.3.1 단기 이행계획 : 군포시 수소산업 R&D 인재 육성 거버넌스 구축

- 군포시 수소R&D 인재 육성 도시 사업의 원활한 추진을 위한 관·민·지역사회 협력 거버넌스 구축
- 지자체와 민간이 협업활성화를 위한 중간단계인 산학연 합동협의체 구축



5.3.2 중기 이행 계획 : 거버넌스 구성원 역할 분담

- 입법(군포시 의회), 행정(군포시), 시설구축(군포시도시공사), 교육운영(민간기업)이 일체화되는 인재육성 추진 거버넌스 구성



5.3.3 장기이행 계획 : 군포시 수소산업 R&D 인재육성 특화도시로의 전환

□ 지역 대학 연계 전문인력 양성

- 군포시 내 대학 학부 과정에 수소전공을 신설하고 수소산업 분야의 융합인재 양성
 - 대학교 학부 및 대학원 내 에너지시스템학과, 건설기계공학과 석·박사 과정운영, 산업대학원에 수소관련 재직자 대상 학위과정 및 재교육 과정 운영

□ 군포시 수소 R&D 인재육성 특화 도시로의 전환

- 군포를 수소(모빌리티) R&D 인재육성 및 활용 특화도시로 조성 확대
 - 군포 첨단산업단지 및 군포 복합물류터미널 등을 수소산업 특화 산업단지로 육성할 수 있도록 수소 관련 인프라를 구축하고 기존 산업과 연계를 강화하여 수소(모빌리티) R&D 인재육성 선도 도시로의 성장



- 수소도시를 위한 기존의 에너지시스템과 융합할 수 있는 개념개발 및 실증을 위한 시민 참여형 연구개발 활성화
 - 현재 국내외 수소도시의 실증연구(수소충전소, 수소모빌리티, 연료전지 등)로 진행 중인 시범형태의 기술개발과 연계성 및 차별성을 둔 다양한 연구개발 추진

5.4 군포시 수소산업 R&D 특화도시 당위성

□ 왜 수소산업 인가?

- 우리 정부는 파리협약에서 설정한 2050년까지 탄소중립 목표를 세우고 이를 달성하기 위한 청정에너지기술 개발·적용의 확장 필요성을 반영함
- 탄소중립(Net-Zero) 달성을 위해서는 에너지 공급, 에너지 전환부문 및 최종소비 단계에서 에너지시스템의 근본적인 변화가 요구되며, 이를 위해 청정에너지 솔루션을 개발·확충하고 CCUS¹⁴⁾ 관련 응용기술 개발이 필요하며, 수소의 역할이 확대되어야 함을 주문함
- 수소에너지의 특성은 청정에너지로서 매우 뛰어난 장점이 있으며, 특히 가볍고 빠른 반응성을 보유한 무독성·무탄소 에너지원임
- 수소는 현재 산업부문 원료로 사용되고 있는 한편, 수송·발전부문 연료, 가정·건물 부문 난방연료 등으로 이용범위가 확대되고 있음, 넓은 의미에서 수소는 세계 에너지시스템에서 현재 천연가스의 역할을 모두 대체할 수 있을 것으로 판단되고 있음
- 수소는 우주에서 가장 풍부한 원소로서 지구상 어디에나 존재하며 개발·이용 역량을 확충할 시, 세계 모든 국가가 활용 가능한 에너지원에 해당
 - 에너지 빈곤 국가에 에너지안보를 제고할 수 있는 순기능을 가지고 있음
 - 에너지 이동·비축이 가능하여 대량으로 저장될 경우 에너지의 전략적 비축수단으로 역할 할 수 있음
 - 화학분자 기반 에너지 매체로서 수소의 생산, 저장, 수송, 관리, 소비는 기존 석유가스 산업과 많은 유사점을 가지고 있어 기존의 화학 산업 및 기술공학 분야에서 중첩된 영역을 가짐
 - 산업기반 및 기술, 공용, 인프라, 자산 및 비즈니스 모델의 전환을 용이하게 만들 수 있는 장점 보유
- 수소는 재생에너지를 유연하게 저장할 수 있는 저장시스템으로 사용될 수 있으며, 재생에너지원 전력시스템의 간헐성 및 계절성 등 해결할 수 있음

14) CCUS(Carbon Capture Utilization & Storage), 탄소 포집·활용·저장 기술

□ 지자체별 수소도시 수소모델

수소 모델	주요 내용	지자체
주 거	- 공동주택과 단독주택을 대상으로 수소에너지로 전기와 열 공급 - 중앙집중형 연료전지 발전(전력)과 분산형 연료전지발전(열병합) - 개별 주택별 연료전지 발전	울산시 충청남도 대전시 화성시
교 통	- 수소충전소 위주의 인프라 구축 모델 - 차고지형 대형 충전소 인프라와 복합 수소충전소 인프라 - 단독 수소충전소 인프라	모든 지자체
물 류	- 해외생산 수소의 유입창구로 대용량 저장, 운송이 가능한 수소 공급의 헤드쿼터 모델 - 저장설비, 파이프라인 등 운송설비, 특수차량, 튜브트레일러 등의 복합설비들로 구축되며, 산업도시로 구분될 수 있음	-
해양도시	- 수소 선박 등의 해양 레저 도시 모델과 어촌계를 위한 모델 - 수소 선박 수소 공급 인프라 - 어류 보관 창고, 냉동창고 등의 어촌 산업 인프라	강원도
대용량 수소 생산기지	- LNG 생산기지 위주의 수소의 대량 생산과 공급이 가능한 모델 - LNG TNGH 추출 및 저장 설비 인프라 - 파이프라인, 튜브트레일러 등의 운송 인프라	강원도 통영시 평택시
수전해 수소 생산기지	- 태양광, 풍력 등의 신재생에너지 기반의 수소 생산 및 공급 인프라 - 수전해 설비 인프라 및 저장 인프라 - 파이프라인, 튜브트레일러 등의 운송 인프라	전주 완주군
관광도시	- 청정모델로서의 리조트, 해양레저, 육상레저, 아울렛 등의 수소 기반 관광단지 모델 - 청정수소 생산 인프라(LNG 추출 설비+CCS, 신재생에너지+수전해) - 파이프라인의 내부 공급 인프라, 저장 인프라	강원도 화성시

○ 개선 발전방향

- 지자체 계획 수소도시 모델은 크게 7가지 범주 이내로 보완사항으로 부품산업 단지와 연계 등 산업 발전계획 포함 필요
- 수소도시만을 목적으로 하지말고 지역산업과의 연계 등 복합·융합 산업 발전 등 군포시와 지역 주민이 함께 참여할 수 있는 획기적인 계획 모델 필요

5.4.1 군포시 수소산업 R&D 특화도시의 당위성

- 우리나라 수소도시는 2022년까지 시범도시 조성기, 2030년 확산기, 2040년 고도화기 등으로 구분하여 중장기 계획을 수립하고 추진 중이나 수소 전주기 중에서 수소 활용 분야에 집중되어 있으며, 그 중 수소연료전지에 총력을 다하고 있음
 - 정부는 「수소경제 활성화 로드맵, 2019」에서 수소산업 활성화를 위해 수소 생산·공급 방안을 다각적으로 모색하고 있으나 수소산업 생태계가 대기업 주도의 수소활용(모빌리티 수소전기차와 연료전지) 생태계 형성
- 수소경제 초기 발전단계에서는 주로 부생 수소(그레이 수소)를 활용하는 것이 우선으로 고려되고 있고 중기적으로 해외 수소 공급선 확보 및 향후 탄소중립 추진을 위한 정책방향으로 진행 중으로 대기업 위주의 산업으로 중소기업 진입이 제한적임
- 수소 활성화 로드맵 발표된 시점에서 기반기술에 대한 R&D를 시작한 상황으로 수소활용분야 기술에 치우쳐 있어 수소 로드맵내 기술 혹은 공정 실증에 대한 R&D가 미흡하여 수소산업 R&D 분야 다양화 필요
 - 수소의 생산, 공급, 활용까지의 시스템적인 실증사업은 전무하나, 발전용 연료전지, 수소충전소 사업은 적용사례 있음
 - 우리나라의 전체 수소에너지 분야 기술수준은 최고기술 보유국(미국) 대비 77.7% 수준이며 기술격차는 3.9년, 연료전지가 3.0년으로 분석(KISTEP, 2014)
- 산업부를 통해서 개별 기술에 대한 실증형 R&D 계획이 지속적으로 발표되고 있으나, 제한된 기업 인프라로 인하여 파급효과가 미흡함
- 군포시 현재의 산업구조는 수소산업 실현에 난제가 많기에 현재의 산업과 기술을 뛰어넘는 차별화된 획기적인 수소산업 활성화 전략 필요
 - 지역내 기업간 교류를 통한 지식 및 혁신의 전파가 원활하지 않고, 지역에 대한 인지도 및 선호도가 낮아 성장 잠재력이 있는 스타트업, 창의적인 인력 등의 원활한 유입을 위한 지원정책 필요
 - 수도권 내 수소산업 관련 학교 및 기업의 중심위치에 입지하여 R&D 인재육성 특화도시로 조성하기 위한 입지조건이 양호함
- 수소산업 신기술 개발을 위한 인재를 육성하고 이를 바탕으로 수소경제 전주기의 기반을 강화할 수 있는 「수소산업 R&D 특화도시」로 군포시가 최적지임

5.4.2 기대 효과

□ 기술적 기대 효과

- 수소 R&D 중심의 수소 관련 분야의 시장경쟁력 확보를 통한 기술 선도국으로서의 이미지 제고
- 신 에너지 체계로의 전환에 대한 기술적 완성도 제고와 수소 경제의 경쟁력 확보를 통한 세계 선도 기술 확보
- 국내 에너지 다변화 정책으로 활용될 수 있는 기술로 화석연료 대체 수단 기술 확보
- 신재생에너지 활용을 위한 기술적 보완 수단으로 활용함에 따라 국내 신재생 에너지 활용률 제고

□ 경제적 기대 효과

- 글로벌 수소경제 구현을 선도하고 산학연 공동연구를 확대하여 연구개발 성과의 사업화 가능성 제고
- 군포시, 산학연과 전략적 파트너십을 토대로 한국 수소도시 비즈니스 모델 창출 가능
- 새로운 비즈니스 모델 창출에 따른 고급 일자리 창출에 대한 기대감 고조
- 수소산업 인재육성을 통한 수소에너지 분야에 대한 신성장 동력으로서 선진국과의 경쟁력 확보에 있어 우위를 선점
- 수소 분야의 세계 시장 선점은 미국, 일본, 호주 등의 선진국과 경쟁하는 분야로 R&D 인재육성을 통해 시장 선점에 대한 유리한 위치를 확보
- 수소산업 R&D 인재육성 거점 확보에 따른 수소산업을 리드할 수 있는 토대를 확보

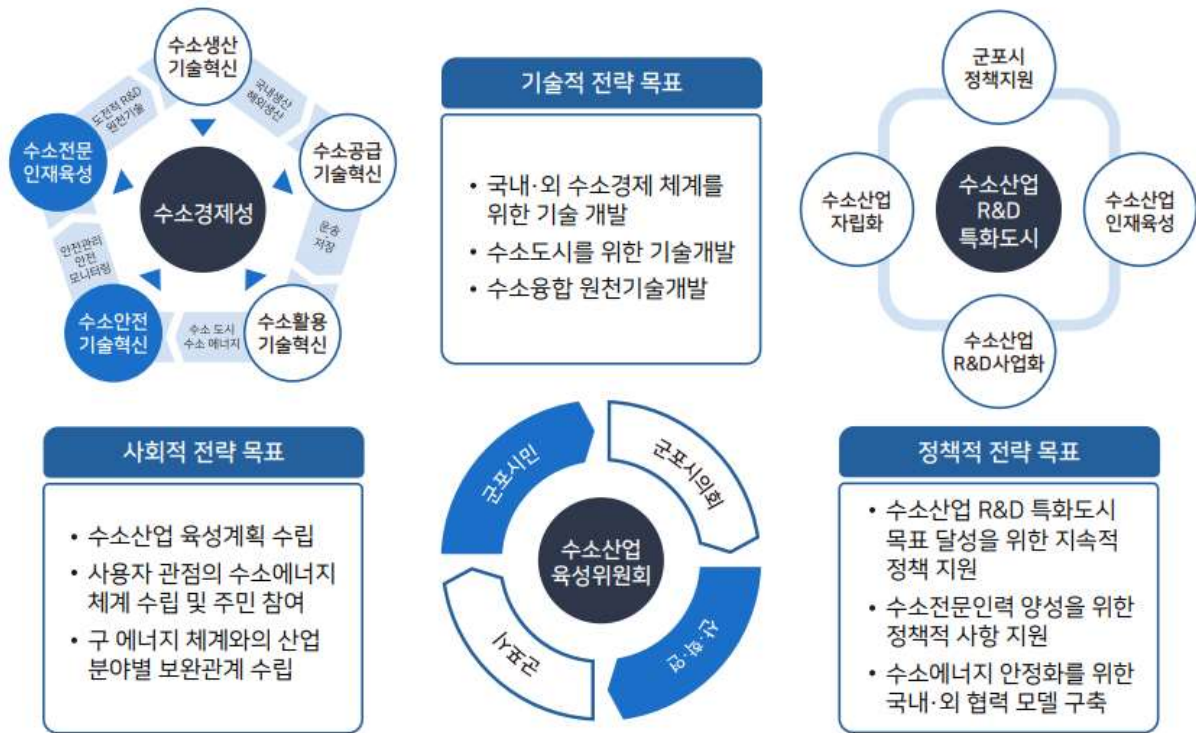
□ 환경적 기대 효과

- 기후 변화 대응 수단으로서 신에너지 패러다임 추구
- 청정환경에 대한 기대감 및 시민 복지에 대한 요구에 맞는 정책적 환경적 지원 수단으로 활용

5.5 군포시 수소산업 R&D 사업화 추진전략 및 사업모델(안)

5.5.1 수소산업 R&D 사업화 추진전략

□ 추진전략 및 목표



□ 산학연합동협의체 구성 및 역할



5.5.2 군포시 수소산업 R&D 사업모델(안)

□ 사업명 : 수소연소기술 기반의 도시형 수소에너지 구축 실증 사업

○ 사업의 배경 및 목적

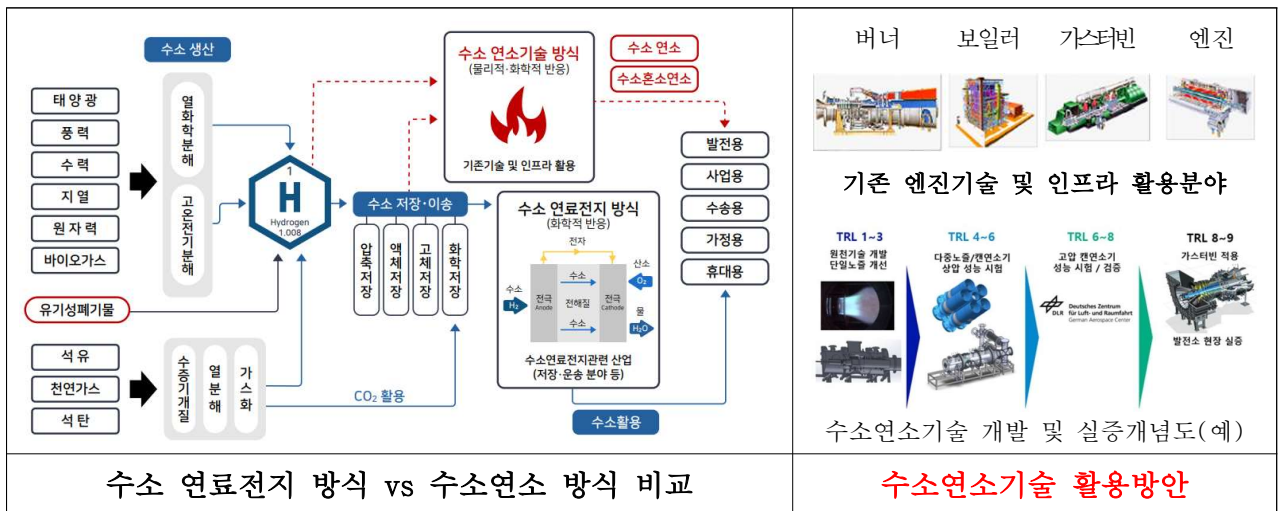
- 현재 지자체별 실증 중인 수소도시는 수소 연료전지 중심으로 기존 에너지와의 기술융합이 제한적이고 활용분야에서도 경제성 등의 한계에 직면하고 있음
- 이에 기존 에너지 기술과 융합할 수 있으면서 도시형 수소에너지로 활용가능한 수소연소 원천기술 확보를 통한 군포시 수소산업 기반 확충

○ 사업 개요

- 사업주관 : 군포시 및 산학연 협력
- 사업기간 : 2024년 ~ 2028년(5년)
- 사업내용

- 도시형 수소에너지로 사용가능한 수소연소 원천기술 확보
- 친환경 수소연소기술 기반의 소규모(100kwh급 이하) 발전시스템 실용화 및 수소연소기술을 활용한 도시단위 설계기술 개발

○ 사업 개념도



○ 기대효과

환경과 안전에 부담 없는 혁신적 수소연소기술 개발 및 이의 적용으로 수소산업의 중심지로서의 군포시 위상 제고

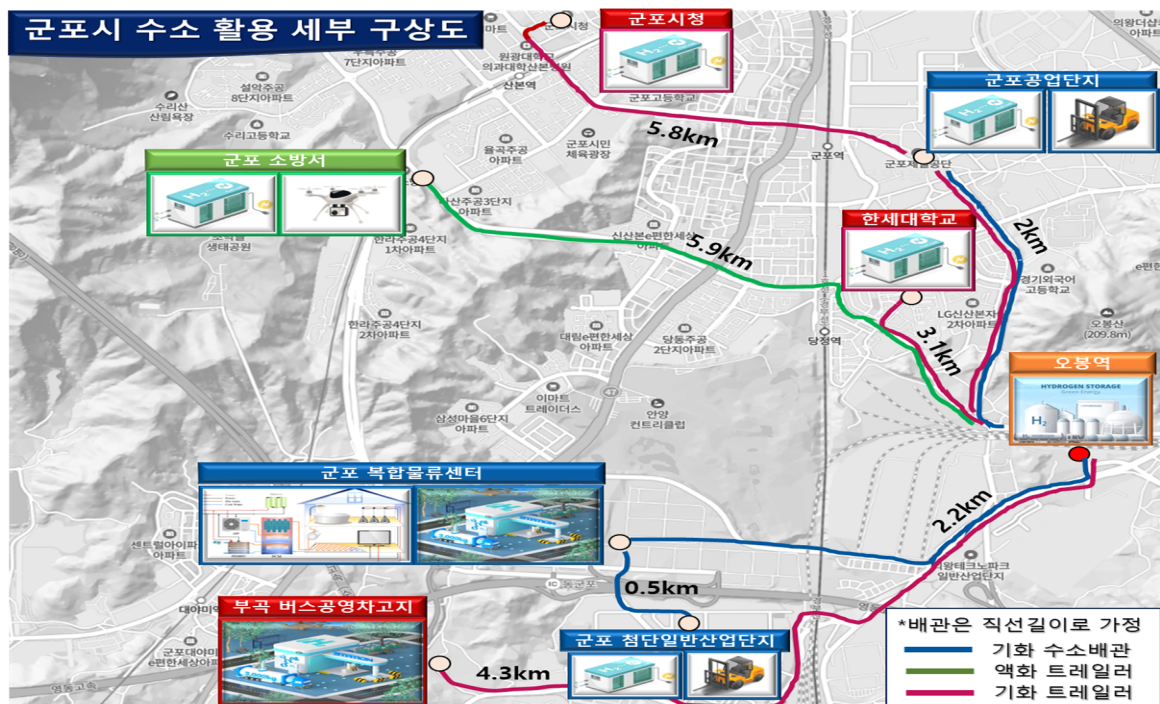
※ 용역사업을 통한 사업추진전략 및 사업화 계획 수립 등 단계별 추진 필요

□ 군포시 수소 활용 사업모델(안)

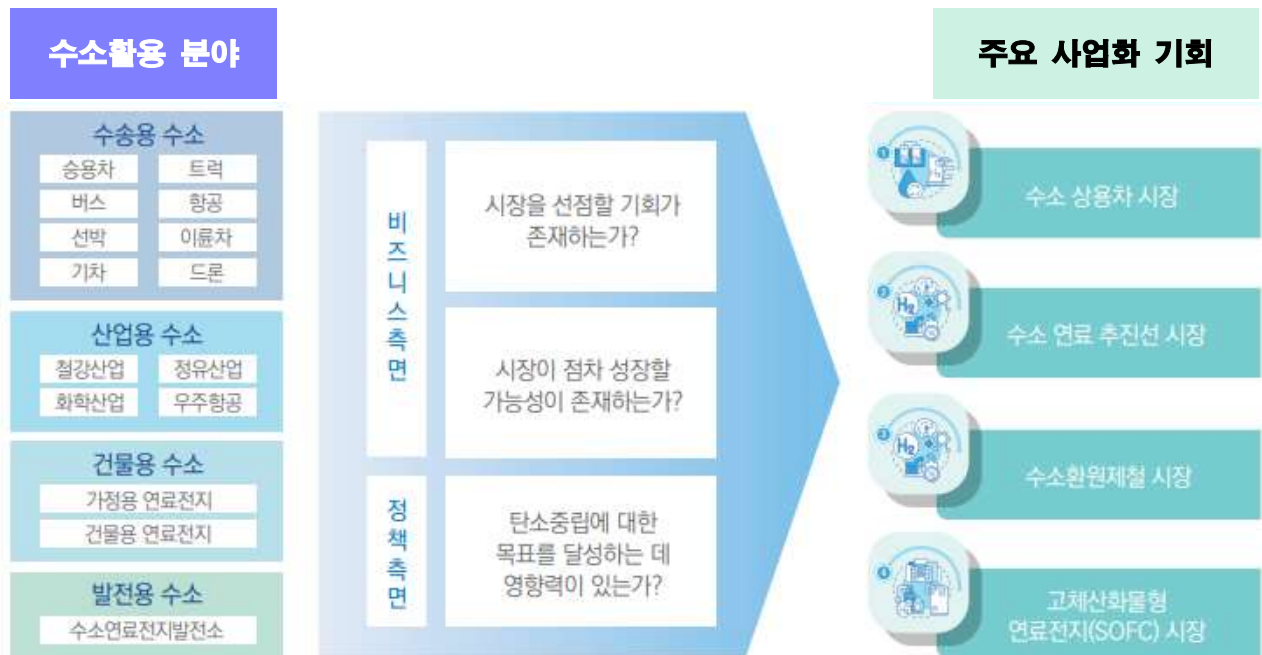
○ 사업의 배경 및 목적

- 인근지역(SK 인천 석유화학 단지)의 연간 3만톤 액화수소 생산 계획 활용
- 철도를 이용한 액화수소 수송 가능(인천 석유단지⇔오봉역)
- 복합 물류센터, 관공서, 상업 및 공업·산업단지의 수요처 수소 공급

○ 사업 개념도



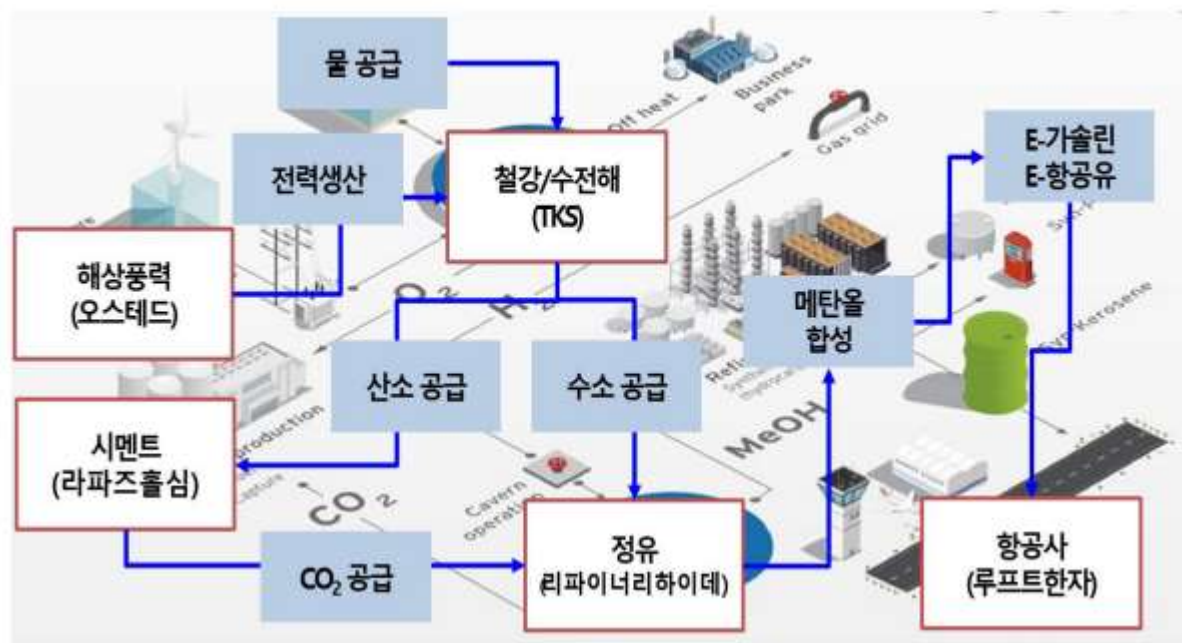
□ 수소활용 분야의 주요 사업모델(안)



<자료: 삼정KPMG경제연구원, Vol. 79 · 2021>

□ 관련 산업간 융복합 사업모델(안)

<WESTKÜSTE 100 프로젝트의 산업 간 협력 구조>



<자료: 독일, <https://www.westkueste100.de>, 2022>

06 맺음말

6 맺음말

6.1 결 론

- 세계는 산업화 이후 규모의 경제를 실현함으로써 인류에게 다양하고 풍족한 재화공급을 가능하게 하였으나, 지속적인 화석연료 확대는 부정적인 기조로 폭염, 태풍, 산불 등 지구환경의 급격한 변화 등 이상기후 현상 발생
 - 지금과 같은 화석연료 산업형태를 유지할 경우, 지구온도는 증가하고 지구 환경 훼손이 가속화되어 지구의 생태계를 위협할 것임
- 이러한 이유에서 국제사회는 지구온도 상승을 억제하기 위해 1997년 교토의정서를 채택하고 2016년 파리협정을 비준함으로써 인류에 미치는 치명적인 기후변화에 따른 문제점을 해결해야 할 과제로 모두가 인식하면서 탄소중립 목표 제시
 - 2018년 48차 기후변화에 관한 정부간협의체에서 지구온난화 정도를 1.5℃ 이내로 제한하기 위하여 2030년까지 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 45%이상 감축하고, 2050년에는 탄소중립을 달성한다는 목표를 제시
- 우리나라도 2020년 10월 2050탄소중립을 선언하고 같은 해 12월에 2050탄소중립 추진전략을 제시하면서 탄소중립 정책과 맞물려 지구 온난화 방지를 위해 화석연료 사용을 줄이는 것이 대안으로 대두
 - 화석연료의 연소반응에 의한 탄소배출 내연기관을 친환경 연료로 대체함으로써 온실가스 배출을 억제하고 궁극적으로 내연기관의 대체 및 친환경에너지로 전환
- 선진국들은 온실가스 배출을 억제하고 화석연료를 대체할 수 있는 청정에너지로 미래의 수소에너지가 탄소중립의 명제를 해결할 대안의 한 방안으로 「수소경제 활성화 로드맵」을 통해 단계적으로 수소경제를 확대하는 방안 발표
 - 일본을 포함한 유럽 등 선진국은 정부 차원의 수소경제 활성화를 위한 노력을 지속하고 있고, ‘수소경제위원회’라는 국제단체를 구성하여 수소에너지 상용화를 주도하고 있으며, 상당 부분은 수소 연료전지 기술임

* 연료전지는 1960년대 우주개발을 위해 제작되면서 어느새 우리 생활 속에 가까이 다가왔으며, 절대적인 대안이 아니더라도 현재 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것이 사실임

- 수소 도시는 수소 및 이에 기반한 전기를 주요한 에너지원으로 사용하는 사회로 수소 생산·저장·공급·활용이 가능한 수소도시 생태계 조성을 추진하고 있다. 그리고 현재 이러한 수소 생태계의 중심에 수소 충전소와 수소 전기차, 버스를 이용한 보급 실증과 가정과 건물에 수소 연료전지를 이용한 단편적인 형태가 대부분임
- 국내의 수소도시 사례도 지자체 중심의 수소도시 실증, 표준화, 사업화 구현 사업 등 도시 내 수소 생산·저장·공급·활용이 가능한 수소 생태계를 구축하여 수소경제의 선순환 체계 구현을 모색하고 있음

* 국내 수소도시를 달성하기 위해서는 국내 수소 생산량이 부족하여 이는 해외 수소 수입¹⁵⁾ 의존도 비중의 증가로 이에 대한 대응방안 마련도 시급함

□ 현재의 지자체가 추진 중인 수소도시는 국제적으로 아직은 초기 단계로 초기 인프라 구축과 기술개발 비용이 많이 소요되고 우리나라의 에너지 자립을 향상하는데 부족하다. 따라서 에너지 자립도를 향상할 수 있는 수소 생태계를 구축할 수 있는 다양한 원천기술 확보가 필수임

- 현 산업 기술과 융합할 수 있고 기존 산업공정을 뛰어넘는 획기적인 신기술 개발을 위한 장기적인 전략이 필요함
- 수소의 세계 시장 선점은 미국, 일본, 호주 등의 선진국과 경쟁하는 분야로 국제적인 경쟁력 확보를 위한 장기적이고 지속적인 정부 지원정책이 필요함

□ 군포시의 경우, 수소산업과 신재생에너지 사용 비중이 매우 적은 도시로 수소산업 및 신재생에너지 도시로서의 위상은 매우 약한 편이나, 군포는 수도권 내 수소산업 관련 학교 및 기업의 중심위치에 있어 수소산업 R&D 인재육성 특화도시로 조성하기 위한 입지조건은 매우 양호함

- 혁신적 수소 원천기술을 연구개발하고 이를 군포시에서 시범적으로 실증할 수 있는 입지로서 군포시 거점 활용

* 수소산업 인재의육성을 통한 혁신적인 수소 원천기술의 사업화 모델 실증 등 지속적인 상호 피드백 과정을 통해 군포시 수소산업 생태계가 조성

15) 수소생산기술을 2030년 기준 부생수소, 수전해수소 그리고 해외생산 수소량의 합계를 50%, 추출수소를 50% 생산으로 제안

- 다소 늦은 감은 있지만 군포시의회의 군포시 수소산업 활성화 연구모임에서 본 연구를 통해 다양한 수소산업과 국내·외 수소 시범도시의 사례를 분석으로 도출한 군포시 지역 특성에 맞는 수소산업 R&D 특화도시 구축 조기 추진
 - 수소산업 R&D 활성화를 위한 관련 기관의 거버넌스 방안 확립
 - 선제적으로 수소산업 인재를 육성할 수 있는 전략 수립
 - 혁신적인 신기술 및 수소산업 원천기술 기반 확충 및 R&D 사업화 활성화
- 타 지자체의 기존 수소도시 인프라 구성의 기술을 확보하면서 동시에 차별화한 혁신적인 신기술 및 수소 원천기술을 확충하여 이를 기반으로 내수진작 등 지역경제 발전에 이바지함은 물론 나아가 국가의 수소에너지 안보에 대한 기틀을 마련하는 데 이바지할 것임

6.2 연구의 한계 및 향후 추진방향

- 본 용역은 군포시 수소산업 활성화 조례 제정을 위한 기초연구로 수소산업에서 군포시의 입지적 성격을 기반으로 한 거버넌스를 제안하였음 그러나 연구를 수행하면서 미처 다루지 못한 한계점이 존재하며 이를 바탕으로 향후 연구 방향을 제언하고자 함
 - 첫째, 거버넌스 구축, 인재육성 프로그램, 군포시 수소산업 활성화 등의 구체적인 실행방안 등은 포함하고 있지 않아 다음 단계의 연구용역 추진이 필요함
 - 둘째, 사업화를 위해서는 연구개발 외에 인력양성, 기술이전 및 기술지원, 창업 등 다양한 지원이 존재한다. 따라서 산학연 협력의 다양한 목적을 고려한 거버넌스의 유연성이 요구됨
 - 셋째, 수소산업은 미래산업이자 대형 프로젝트 사업이며, 독자적인 사업단이 구성되면 그 성과 창출에 상당한 시간이 소요된다. 따라서 산학연과 군포시 간의 동질적 협력 추진이 필요함
 - 마지막으로 세계는 친환경·고부가가치화의 산업환경으로 급속히 변화됨에 따라 지자체별 지역 주력산업과 연계한 수소타운을 조성해 실증시범 사업을 전개하고 있으나, 군포시는 산업공간 노후화와 기반시설이 부족한 제조업 위주의 구조로 점차 신성장의 동력이 떨어지고 있어 수소산업 뿌리기술 기반확충 사업을 통한 내수 진작 등 지역경제 활성화도 기대할 수 있을 것임

부 록 : 군포시 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례안

1. 제안이유

- 가. 현재 주 에너지원인 화석연료의 단점과 한계로 수소는 대표적인 청정 에너지로 관심과 투자가 집중되는 추세임.
- 나. 이에 군포시 수소산업의 체계적인 육성과 지원을 도모하고 수소경제 이행을 촉진하여, 지역경제 발전과 시민의 삶의 질 향상에 이바지하려는 것임.

2. 주요내용

- 가. 목적, 용어의 정의, 책무를 규정함.
- 나. 수소산업 육성 기본계획을 5년마다 수립·시행하도록 함.
- 다. 기본계획의 수립·추진을 위한 실태조사를 할 수 있도록 함.
- 라. 수소산업의 육성 및 지원에 관한 사항을 규정함.
- 마. 수소산업육성위원회 설치 및 구성, 위원의 위·해촉 등 운영에 필요한 사항을 정함.
- 바. 수소산업의 기술개발, 기업의 유치, 산학연 협력체계의 구축 등에 관한 사항을 정함.
- 사. 수소경제와 수소산업 및 수소안전관리에 대한 교육 및 홍보를 추진할 수 있도록 함.
- 아. 수소산업 사무의 전부 또는 일부를 위탁할 수 있도록 함.
- 자. 수소산업 육성 및 발전을 위한 포상 사항을 정함.

3. 군포시 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례안(별도 제출)

참 고 문 헌

[보고서 · 학술지 · 잡지]

- 감사연구원, “EU 탄소중립정책 추진과 시사점(독일 오스트리아, 스위스를 중심으로), 최종보고서”, 2022. 8.29.
- 경기도의회, “2050 경기도 탄소중립 이행방안 연구”, 2023. 4.
- 과학기술정보통신부, “연구자 중심의 창의·도전적 R&D를 통해 미래 유망 핵심 원천기술 개발과 과학기술&ICT 정책·기술 동향, 스마트시티, 4차 산업혁명 기술의 집적지”, No.113, 2018. 3.
- 광운대학교 대학원 한재희, “산학연 협력 R&D 성과를 위한 거버넌스 메커니즘 분석: 사업 성과 창출 사례를 중심으로”, 2017. 6.
- 국토교통과학기술진흥원, “수소경제 조기 구현을 위한 친환경 수소 도시 정책 포럼”, 2019. 4. 4.
- 국토교통부, “글로벌 시장 선점을 위한 스마트시티 정책 발전방안”, 2017.1.
- 국토교통부, “미래 수소사회 대비 수소도시 기반 시설 및 수소 그리드 기술개발 사전 기획 최종 보고서”, 2019. 9.26.
- 국토교통부, “수소 시범도시 인프라 구축을 위한 연구개발 연구단 기획보고서”, 2019. 8.15.
- 국가나노기술정책센터, “수전해 그린수소와 나노기술”, 2022.
- 국가녹색기술연구소, “주요 선진국의 기후기술 인력양성 정책·사업 동향 및 시사점”, 2021.
- 국무조정실, “5차 수소경제위원회”, 22.11. 9.
- 국민의 삶의 질 제고, 보도자료, 2020. 1. 2.
- 국회에산정책처, “수소경제 관련 주요국 추진현황 및 정책 비교연구”, 2022.09.01.
- 군포산업진흥원, “군포시 산업발전 전략수립 연구보고서”, 2020. 5.
- 군포산업진흥원, “에너지 신산업분야 기업유치방안”, 2021. 12.
- 군포시, “2023 주요업무계획”, 2022. 9.
- 군포시의회, “2019 군포시의회연구단체, 활동결과 보고집”, 2019.12.
- 동아시아 연구원, “한국외교 2023 전망과 전략, 세계 경제 질서의 변화와 한국의 대응 전략”, 2023. 1. 12.
- 대구대학교 산학협력단, “지방자치단체 정책지원을 위한 데이터 분석 운영체계 연구”, 2015.12.
- 미래에셋, “글로벌 수소 경제”, 2021. 10. 28.
- 산업통상자원부, “일본, 제11차 과학기술예측조사를 통해 본 과학기술발전에 따른 사회의 미래상”, 2022. 3. 6.
- 산업통상자원부, “수소경제 성과 및 수소 선도국가 비전 보고”, 2021.10. 7.
- 산업통상자원부, “수소경제 표준화 전략 로드맵”, 2019. 4. 3.
- 산업통상자원부, “수소경제 활성화 로드맵”, 2019. 1.17.
- 산업통상자원부, “호주 수소경제 동향 및 우리기업 진출전략”, 2022. 7.20.
- 삼정KPMG 경제연구원, “수소시대의 도래 기업의 13가지 기회”, 2023. 6.
- 삼정KPMG 경제연구원, Vol. 79-2021

서울특별시, “서울경제 비전 2020 스마트 경제도시 서울”, 2011. 8.

수소융합얼라이언스추진단, “한국 수소산업 로드맵 : 한국의 미래 수소경제 비전과 이를 달성하기 위한 로드맵 및 제언”, 2018.12.12.

에너지경제연구원, “세계 수소 수급 현황 및 미래 수소공급 잠재력 변화·대응”, KEEI, 2021. 7.

중앙대학교 산학협력단, “100만 명 규모 도시형 복합 수소 네트워크 설계 및 안전성 평가, 관리기술 개발 최종보고서”, 2019.

충청남도, “충남형 수소시범도시 사업화 모델개발 연구용역”, 2019.10.25.

하나산업정보, “코로나19 극복 모멘텀으로 주목받고 있는 수소 산업의 현황 및 전망”, 2020.

한국건설기술연구원, “수소도시 안전 확보를 위한 연구/인프라 역량 강화 추진전략”, 2020.12.

한국원자력연구원, “원자력정책 Brief Report 2022-01호: 청정 수소생산 기술과 원자력의 활용 가능성”, 2022. 1.

한국과학기술기획평가원, “기술동향 Brief”, 2021-06호

한국과학기술기획평가원, “미래 과학기술 그리고 대한민국의 미래”, 과학과 기술, 2015. 1.

한국무역협회, “수소산업 경쟁력 강화를 위한 정책연구: 친환경 수소생산을 위한 주요국 정책 비교”, 2023. 7.23.

한국신용평가, “수소경제 주요 그룹사별 추진 현황 및 Credit 관점 함의”, 2021. 8.

한국에너지기술연구원, “수소경제, 대한민국 혁신성장에 혁신을 더하다”, 2021.11.17.

한국에너지공단, “한국 수소경제의 미래 전망 포럼”, 2022. 9.22.

화성시, “화성시 수소경제 활성화 실천계획 수립 용역”, 2020. 4.

화학공학소재연구정보센터 (손희상), “최신 수소저장소재 기술 동향”, 2017.

환경부, “탄소중립 국민 실천운동 추진계획”, 2023. 3.17.

4차산업혁명위원회, “도시혁신 및 미래성장동력 창출을 위한 스마트시티 추진전략”, 2018. 1.29.

Aziz M. Liquid Hydrogen, “A Review on Liquefaction, Storage, Transportation, and Safety. Energies”, 2021;14(18):5917.

CISCO, “Sustaining the Smart City”, 2015.

Deloitte, “주요국 수소 기술 혁신 및 개발 현황”, 2022.11.25.

IEA report, “Global Hydrogen Review”, 2022.

IEA report, “Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells”, 2015

IEA report, “World Energy Outlook 2018(Executive Summary)”, 2018

KB금융그룹, “수소경제의 최근 동향과 전망(국내외 정책 및 민간 동향 긍정적 흐름 지속)”, 2022.12.

KB금융지주 경영연구소, “미세먼지로부터 자유로운 도시, 수소도시의 미래”, 2019. 4. 10.

KOTRA report, “주요국 수소경제 동향 및 우리기업 진출전략”, 2022. 2.

Moore J, Shabani B, “A critical study of stationary energy storage policies in Australia in an international context: the role of hydrogen and battery technologies. Energies”, 2016;9:674.

O'Hayre, R. P., "Cha, S.- W., Colella, W. G. & Prinz, F. B. Fuel cell fundamentals 3rd edition", Wiley, 2016.

SK E&S 미디어룸, "에너지백과 컬러수소", 2022. 7.11.

STEPI, "수소경제의 이슈화 배경과 의미", 과학기술정책, 15권, 4호, pp.75-90, 2005.

The White House 2021, "Department for Business, Energy & Industrial Strategy, Department for Education, Department for Work and Pensions, The Rt Hon Anne-Marie Trevelyan MP, Gillian Keegan MP, and Mims Davies MP 2021, European Commission", 2022.

[보도자료]

"가스터빈 국산화 가속 붙었다...수소터빈까지 영역 확장", 전기신문(2023. 8.12.).

"가와사키모터스 등 수소엔진연구조합 설립", 가스신문(2023. 6.23.).

"거북선 지폐 내민 할아버지, 친환경 엔진 꿈꾼 손자", the bell(2023. 8.22.).

"경북 포항-독일 수소산업 발전 손 잡았다", 매일신문(2023. 8.21.).

"남양주시·평택시, 수소도시 조성 마스터플랜 수립나서", 가스신문(2023. 3. 3.).

"남양주시, 3기 신도시 왕숙 2지구 수소도시로 조성", 경기신문(2022. 9.12.).

"동서발전-HD현대, 발전용 수소엔진 국산화 추진", KBS뉴스(2023. 7.17.).

"뒤틀림치는 수소차...수소엔진이 흐름을 바꿀수 있을까?", 라이선스뉴스(2023. 8.11.).

"뛰는 韓위에 나는 세계...수소 저장·운송 특허비중 5%", 아시아경제(2023. 8.15.).

"미래 에너지시장, '수소융합' 시대 열린다", 에너지 신문(2017. 5.29.).

"부울경 수소산업, 연계·협력해야 국내 수소경제 선도 가능", cnb뉴스(2022. 8.19.).

"범현대家 수소엔진차 놓고 경쟁", 매일경제(2023. 8. 9.).

"산업부, 미래車·유망신산업 분야의 16개社 사업재편 승인", 보도자료(2021. 3. 12.).

"삼척시, 수소경제위원회 구성...수소산업육성 집중", 연합뉴스(2023. 8.17.).

"수소경제 본격화 되나.....물꼬 틀 사업 줄줄이 예약", 월간수소경제(2019. 3.).

"수소차 연료전지 백금 촉매, 1천분의 1로 싸진다", 지디넷코리아(2023. 8.22.).

"세계는 지금 '탄소제로 그린홈'에 올인", 한국경제(2008. 8. 23.).

"세계 각국, 수소전기차 및 충전소 로드맵 경쟁적 발표", 에너지신문(2017. 9.20.).

"세계 수소시장 1조 달러 전망..."산업부문 활용 늘려야", 뉴시스(2023. 8.22.).

"새정부 첫 수소경제위원회 개최, 수소산업 새 성장전략 제시", 국무조정실 보도자료(2022.11. 8.).

"아부다비 함라(Hamra), 그린암모니아 공급허브로 부상", 전자신문(2023. 8.11.)

"암모니아를 전기로, 3천억 투자받은 뉴욕의 한국인 벤처 아모지", Business Post(2023. 8.17.).

"안산, 울산, 완주·전주, 삼척 친환경 미래수소도시로 도약한다", 보도자료(2019.12.27.).

"연구자 중심의 창의·도전적 R&D를 통해 미래 유망 핵심 원천기술 개발과 국민의 삶의 질 제고", 보도자료(2020. 1. 2.).

"올여름 폭염, 기후변화 영향없인 불가능...중국 폭염 가능성 50배 증가", 이투데이(2023. 7.25.).

"우주 분자 90% '수소'...미래 연금술 잡기 경쟁", 세계일보(2017.10.27.).

“일본은 3년 전 복충충전소 지었는데...한국은 규제 푸느라 2년 허비”, 중앙일보(2021. 5.19.).

“충남도, ‘청정수소 시험평가센터’유치 협약”, KBS(2023. 8.22.).

“초음속 수소비행기, 뉴욕⇌파리 90분”, 가스신문(2023. 7. 5.).

“탄소중립, 지방정부가 앞장선다”, 환경부 보도자료(2020. 7. 7.).

“포항시, 글로벌 수소에너지 혁신도시 도약 위한 협의체 구성”, 프레시안(2023. 8.22.).

“포항시, 독일연구소와 글로벌 수소산업도시 도약 업무협약 체결”, 아시아경제(2023. 8. 2.).

“한국기계연구원, CO₂ 줄이는 친환경 연소기 개발”, BBS 뉴스(2022.10.12.).

“효성중공업, 수소엔진 발전기 개발 박차...오스트리아업체 협력”, 연합뉴스(2023. 7. 5.).

“CO₂ → 수소전기 친환경 연금술...마이넨스 탄소 세상 만들 것”, 머니투데이(2023. 8.22.).

“HD현대인프라코어, ‘수소연소엔진’ 개발 성공..2025년 양산 목표”, 글로벌뉴스(2023. 4. 6.).

“HD현대인프라코어-한국동서발전, ‘발전용 수소전소엔진’개발 협력”, 철강금속신문(2023. 7.20.)

“SK E&S-남부발전, ‘청정’ 그린수소 사업 추진 협력”, 연합뉴스(2023. 8. 17.).

“10 vs 100 인프라부터 격차 벌어지는 한-일 미래車”, 동아닷컴(2017. 8.23.).

“2030년 청정수소 100만t 국내생산...글로벌 수소기업 30개 육성”, 연합뉴스(2021.10. 7.)

“2050 탄소중립, 산업에너지 R&D로 실현해 나간다.”, 산업통상자원부 보도자료(2021. 2. 3.).

“40kg 경량화 토요타 수소 엔진차, 내구 레이스 쾌적”, 글로벌이코노믹(2023. 8. 1.).

[홈페이지]

대한석유협회(<https://www.petroleum.or.kr>).

산업통상자원부(<https://www.motie.go.kr>).

수소융합얼라이언스추진단(<https://www.h2korea.or.kr>).

수소경제종합정보포털(<https://www.corporation.h2hub.or.kr>).

월간수소경제(<https://www.h2news.kr>).

에너지경제연구원(<https://www.keei.re.kr>).

<https://www.australic.gov.au>.

<https://www.hy.land>.

<https://www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colours-codes>.

<https://www.h2-cluster.de>.

<https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp>.

<https://www.westkueste100.de>.

International Energy Agency, <http://www.iea.org>.

ISO/IEC JTC1 WG11, http://www.iec.ch/dyn/www/?p=103:14:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:12973,25

ITU-T SG20, <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/20/Pages/default.aspx>.



軍浦市議會

GUNPO CITY COUNCIL

수소산업 활성화 연구모임