

국토이슈리포트

제 45호

2021년 10월 22일

| 발행처 | 국토연구원 www.krihs.re.kr | 발행인 | 강현수 | 주 소 | 세종특별자치시 대책연구원로 5

국내·외 수소도시 정책 동향과 시사점

요약

■ 수소경제는 수소가 경제성장과 에너지의 원천이 되는 경제로서, 수소를 이용하여 경제·사회·생활 전반에 근본적 변화를 초래하는 것을 의미

- 수소는 어디에나 있는 보편적 에너지원인 동시에 재생에너지 저장에 가능하고, 열·전기 생산 시 온실가스 배출이 없어 잠재력이 높음

■ 세계 각국은 수소 관련 로드맵 및 국가전략을 발표하고 탄소중립을 주요 정책 기조로 채택하면서 수소경제 전환을 가속화

- 우리 정부는 2019년 '수소경제 활성화 로드맵'을 발표하고, 2020년 세계 최초 수소 관련 단독법인 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」을 제정

■ 수소도시는 공간단위에서 수소경제의 밸류체인인 수소생태계를 구현한 것으로서, 수소기술 실증과 확산에 효과적인 수단

- 우리 정부는 2019년 안산, 울산, 전주·완주에 수소시범도시 3개소를 선정하고, 2021년 마스터플랜을 수립하여 일부 착공
- 또한 수소도시의 체계적 지원 및 확산을 위하여 2020년 「수소도시 조성 및 운영에 관한 법률」을 입법 예고
- 독일·일본 등에서는 분야 간 융·복합(Sector-coupling), 관련 기술의 실증 및 확산을 위해 수소타운, 수소 네트워크 또는 클러스터 등 다양한 형태로 추진

■ 우리나라는 수소 관련 정책에서 수소전기차 비중이 상대적으로 높고 일본·독일 등에 비해 그린수소 기술개발과 실증에 대한 투자규모가 적은 편

■ 탄소중립시대에 온실가스 배출의 70%를 차지하는 도시의 에너지 전환을 위해 수소도시 가능성과 한계를 검토하고, 체계적 확산전략을 구성할 필요

- '수소 도입'이라는 단기적 성과에 집중하기보다는, '탄소배출 넷 제로'(net zero)라는 장기적 비전을 실현하기 위한 기술투자 및 인프라 구축에 중점을 둘 필요
- 수소도시의 환경적·경제적·사회적 한계점 및 우려사항을 구체화하고 이를 단계적으로 해결해나가는 데에 필요한 주체와 핵심 전략을 구성할 필요

윤은주 부연구위원

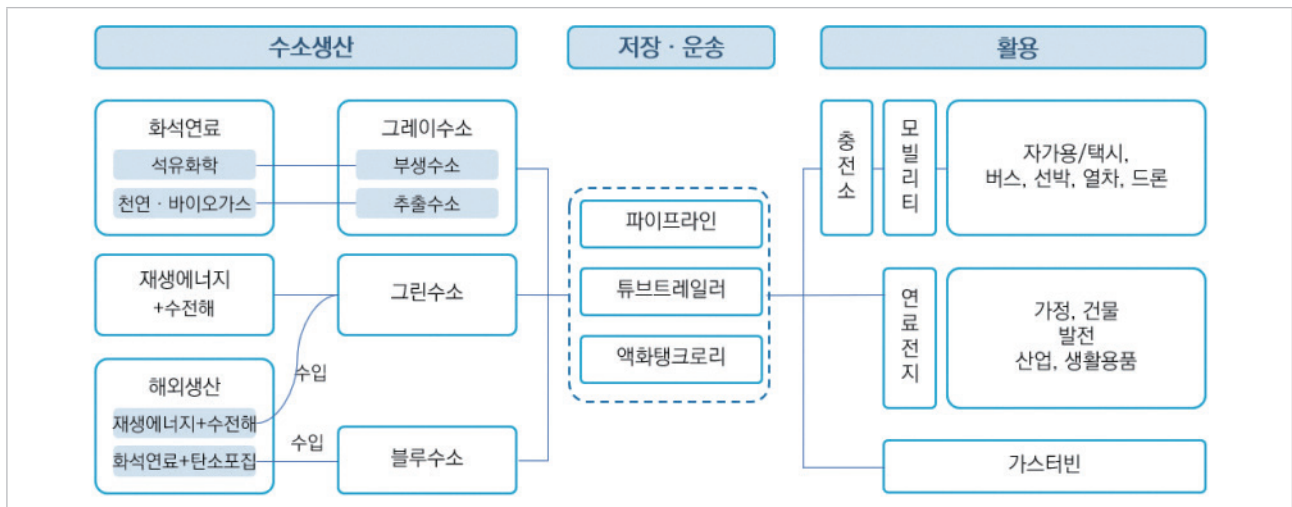


1

수소와 수소경제 개념

- 에너지원으로서의 수소(H_2)는 관련 기술의 난이도는 높지만 ① 지역적 편차가 없는 보편적 에너지원이라는 점, ② 에너지의 장기간·대용량 저장이 가능하다는 점, ③ 산소와 반응하여 열·전기를 생산할 때 순수한 물만 배출된다는 점에서 그 잠재력이 무궁무진함
- 수소경제란 ‘수소를 중요 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여 경제성장과 친환경 에너지 원천이 되는 경제’로 정의됨(관계부처 합동 2019a)
 - 2015년 파리 기후협약*과 2018년 IPCC 1.5도 특별보고서**로 온실가스 감축의 당위성이 고조, 코로나19로 인한 경제침체로 그린뉴딜 등 신재생에너지 사업 기반의 대규모 경기부양책 추진
 - * 제21차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP21) 본회의에서는 195개 당사국이 지구 평균온도가 2℃ 이상 상승하지 않도록 온실가스 배출량을 단계적으로 감축하는 것에 합의
 - ** IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 ‘1.5℃ 특별보고서’를 통해 지구 평균온도 1.5℃ 상승 시의 영향 등을 제시하면서 가급적 1.5도 이하로 유지하기 위해 노력할 것을 촉구
 - 탈탄소경제로 패러다임이 전환되면서 신재생에너지의 간헐성과 변동성을 보완하는 수소경제 부상
 - 수소경제는 ‘수소 생산 - 수소 저장·운송 - 수소 활용’으로 구성된 수소생태계로 구체화할 수 있음

〈그림 1〉 수소생태계 개념도



출처 : 김종기 외 2019에 기초하여 저자 일부 수정.

- 현재 우리나라는 울산·여수·대산 등의 대규모 석유화학단지 중심으로 연간 약 164만 톤의 부생수소가 생산 및 유통되고 있으며 일부 공정을 전환한다면 추가 확보도 가능함(관계부처 합동 2019a; 2019b)
 - 천연가스(LNG) 개질(改質, reforming)을 통한 수소생산은 LNG 정압관리소 142개소를 중심으로 확대 가능
- 우리나라의 수소전기차 및 발전용 연료전지의 기술 수준은 높으나 대규모 재생에너지 단지의 조성 및 이에 기초한 그린수소 생산기술(수전해 기술)은 아직 미흡(관계부처 합동 2019a)
 - 고압가스의 저장·운송 기술은 확보했으나 수소의 해외 생산·수입에 필수적인 액화·액상 기술은 미흡

2

국내 수소도시 개념과 추진현황

수소 관련 추진 경과

- 2005년 노무현 정부는 ‘수소 경제의 원년’을 선포하며 수소차와 연료전지 기술개발 로드맵 성격인 ‘친환경 수소경제 구현을 위한 마스터플랜’을 발표

 - 수소연료전지 사업단을 구성하여 대규모 투자, 그러나 에너지 전환보다는 신산업 육성에 중점을 두었음
- 2008년 이명박 정부는 저탄소녹색성장을 강조하며 재생에너지 사업을 추진했으나 수소 분야는 낮은 상용화 가능성 등으로 인해 투자 규모가 감소했고 수소연료전지 사업단은 해체됨
- 2018년 8월 문재인 정부는 혁신성장전략 투자방향으로서 수소경제를 선정하며 관련 로드맵 마련을 결정

 - 당해 3월 현대자동차에서는 수소전기차 넥쏘를 출시했고 12월부터 미국시장에서도 판매
 - 당해 7월에는 서울 시내에 첫 수소버스가 시범 운영
- 2019년 1월 ‘수소경제 활성화 로드맵’에서는 수소 관련 기술과 인프라에 대한 중장기 계획 제시

 - 당해 1월 상업지역 내 수소충전소 설치, 대용량 수소운반 용기 사용을 허용하는 등 규제샌드박스 도입
 - 당해 5월 강릉에서 수소탱크 폭발사고가 발생하며 수소에 대한 국민의 수용성에 부정적 영향을 미침
- 2019년 4월에는 ‘수소경제 표준화 전략 로드맵’을, 10월에는 ‘수소 기술개발 로드맵’을 연달아 발표

 - ‘수소경제 표준화 전략 로드맵’은 세계 수소시장의 국제 표준 선점을 목표로, 국제표준화 제안 시스템 구축, 수소 제품·서비스의 품질·안전 확보, 수소산업의 표준 경쟁력 강화 기반 조성 등의 전략을 제시
 - ‘수소 기술개발 로드맵’은 수소의 생산, 저장·운송, 활용(수송·발전, 산업), 안전·환경·인프라 분야에 대해 세계 최고 수준의 기술력 확보 목표와 추진전략을 제시, 분야별로 개발된 제품의 실증지로서 수소도시 언급
- 2019년 9월 국토교통부는 수소시범도시 사업을 발표하며, 도시 단위에서의 수소 생산-저장·이송-활용체계 실증 사업을 계획 및 추진

 - 당해 12월에는 울산, 안산, 완주·전주를 수소시범도시로 선정, 삼척을 수소 R&D 실증단지로 선정
- 2019년 10월에는 ‘수소인프라 및 충전소 구축방안’을, 12월에는 ‘수소안전관리 종합대책’을 발표

 - 충전소, 생산기지, 연료전지 시설을 안전하게 관리하기 위한 대책 수립
- 2020년 7월 ‘한국판 뉴딜정책’에서는 그린뉴딜 사업으로서 수소차 및 관련 인프라 구축 사업 제시

 - 2025년까지 승용·버스·화물 등 수소차 20만 대를 보급, 충전인프라 450대 설치, 수소생산기지 등의 수소 유통기반 구축 사업을 제시
- 2020년 2월 세계 최초로 수소 관련 단독 법인 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」을 제정하여 법적 근거 마련, 당해 9월 정부는 「수소도시 조성 및 운영에 관한 법률」(이하 수소도시법) 입법 예고

 - 2021년 2월에는 홍기원 의원 대표로 「수소도시 건설 및 운영에 관한 법률」을 발의했으며 정부에서 제출한 「수소도시법」과 비교했을 때 수소도시건설기술 관련 특례사항과 수소도시건설산업육성지원센터 지정에 관한 사항 등이 추가

2020년 12월 10일 ‘대한민국 2050 탄소중립 비전’을 선언하고 12월 30일에는 국제사회에 온실가스 감축에 대한 국가결정기여(NDC)*와 ‘대한민국 2050 탄소중립 전략(LEDs)**’ 제출

* 국가자발기여(Nationally Determined Contribution)란 2015년 파리기후변화협약에 따라 각 국가가 온실가스 감축목표를 자발적으로 정하여 제출하는 것을 의미하는데, 우리 정부는 2030년까지 2018년 대비 35%의 온실가스 감축을 NDC 하한선으로 설정함

** 대한민국 장기 저탄소 발전전략(Long-term Low greenhouse gas emission Developments Strategies)으로서 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 장기비전과 방향, 국가전략으로 구성됨. 우리 정부의 LEDS 5대 방향 중 첫 번째로 ‘깨끗하게 생산된 전기·수소의 활용 확대’가 제시되어 있음

- 2021년 5월 발족된 대통령 직속기구 ‘2050 탄소중립위원회’는 탄소중립 정책의 컨트롤타워 역할을 하며 경제·사회 모든 영역의 탄소중립 전환에 대한 이행계획 수립과 점검을 담당

〈표 1〉 수소경제 활성화 로드맵 개요

구분		2018년	2022년	2040년
모빌리티	수소차	• 1,800대	• 8만 1천 대	• 620만 대
	수소충전소	• 14개소	• 310개소	• 1,200개소 이상
	열차·선박·드론	• R&D 실증을 통해 2030년 이전 상용화 및 수출프로젝트 추진		
에너지	연료전지	• 발전용 307.6MW • 가정·건물용 7MW	• 발전용 1.5GW • 가정·건물용 50MW	• 발전용 15GW • 가정·건물용 2.1GW 이상
	수소가스터빈	• 2030년까지 기술개발 → 2035년 상용 발전		
공급·가격	공급량	• 13만t/년	• 47만t/년	• 526만t/년 이상
	공급방식	• 추출수소 위주 공급	• 부생, 추출, 수전해 혼용	• 추출수소 30% • 부생, 수전해, 해외생산 70%
	수소가격	• 정책가격	• 6천 원/kg	• 3천 원/kg

출처: 관계부처 합동 2019a에 기초하여 저자 작성.

〈그림 2〉 추진경과 요약

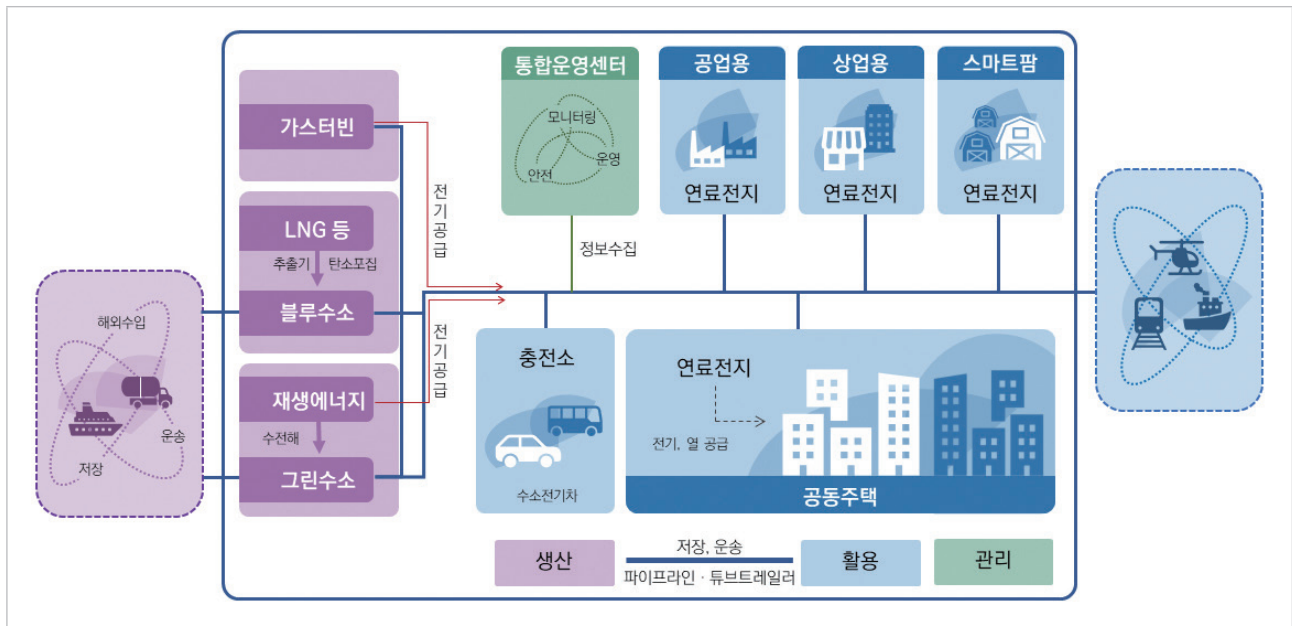


출처: 저자 작성.

수소도시 개념과 역할

- ② 수소都市는 일반화되지 않은 개념으로서 국가별·연구별로 다소 차이가 있으나 공통적으로는 입지 중심의 수소 활용 분야 간 또는 기술 간 융·복합을 강조한다는 특징이 있음
- ② 최근 기후변화 이슈로 인해 ‘탄소중립’이 주요 국가들의 정책기조가 되면서 수소도시 개념에 에너지 전환, 탄소배출 감축을 포함함
- ② 미션 이노베이션*(Mission Innovation 2019)은 수소밸리(Hydrogen valley)를 “도시·지역·섬 또는 산업단지 등의 공간을 중심으로 다수의 수소 관련 기술이 하나의 수소경제로서 결합된 곳”으로 정의하며 대규모의 수소를 소비하고 경제를 활성화하며 이상적으로는 전 수소생태계를 포함해야 함을 명시
 - * Mission Innovation은 2015년 파리협정과 함께 출범한 글로벌 이니셔티브로서 청정에너지 연구·개발·실증 관련 행동과 투자를 촉구하는 활동을 하는 단체
- ② 포브스(Forbes 2021)에서는 수소도시(Hydrogen city)를 “탄소 배출의 감축을 위해 도시 경제 및 기반시설에 수소를 결합한 모든 도시”로 정의
- ② 국내에서는 도시공간 중심의 수소생태계 구현, 도시 주요 에너지원의 전환, 도시 시설 또는 요소에 수소를 접목하는 형태로 수소도시 개념 정의
 - 국토교통부(2019; 2020)는 도시의 3요소인 ‘시민’, ‘활동’, ‘도시기반시설’에 수소를 접목하여 수소도시를 정의하거나, 수소경제를 구현한 물리적 공간이라는 점에서 수소경제와의 차별성 강조
 - 정부에서 입법 발의한 「수소도시법」에서는 수소도시를 ‘주거·교통 등 다양한 시민 생활 분야와 산업 분야에 수소를 주요 에너지원으로 활용하는 도시’로 정의
 - 관계부처 합동(2019b)의 ‘수소시범도시 확산전략’에서는 수소도시를 ‘도시 내 수소생태계가 구축되어 수소를 주된 에너지원으로 활용하면서 도시혁신을 시민이 체감하는 건강하고 깨끗한 도시’로 정의
- ② 기존에 수소都市는 다양한 수소 관련 기술을 종합적으로 실증하는 테스트 베드(test-bed) 역할이 부각됐으나, 최근 ‘2050 탄소중립 국가 시나리오’에서는 탄소중립을 위한 면적(面的) 수단으로서 강조
 - 2020년 기준 발전 총량에서 신재생에너지는 5.6%에 불과하나, 2050 탄소중립 시나리오(안)에 따라 최소 70.6% 이상으로 확대되어야 함
 - 신재생에너지는 햇빛·물·지역·강수·생물유기체 등 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지와 기존의 화석 연료를 변화시키거나 수소·산소 등의 화학반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 에너지를 포함하는 것으로서, 2050 탄소중립 시나리오에서 신재생에너지의 발전량은 시나리오 1안에서 70.7%, 2안에서 72.0%, 3안에서 92.4%를 차지(2050 탄소중립위원회 2021)
 - 태양광 등 관련 재생에너지 시설의 설치 공간을 확보하고, 에너지저장장치(ESS) 또는 수소에너지와 결합하여 재생에너지의 간헐성과 변동성을 보완함으로써 공간 단위 에너지 자립을 실현할 필요(국토연구원 2021)
 - 수소都市는 특정 공간 단위에서 도시의 각 분야에 다양한 수소기술(생산, 저장·운송, 주거·상업·공업 부문 활용)을 결합하는 종합 수단으로서, 궁극적으로는 도시의 에너지 전환과 온실가스의 감축을 지향
 - 국토교통부의 ‘국토교통 2050 탄소중립 추진전략(안)’에 따르면 국토·도시 공간 중심으로 다양한 온실가스 감축수단이 종합되어야 하며, ‘수소도시조성 및 확산’은 이를 위한 주요 실천수단임*
 - * 국토교통 2050 탄소중립 추진전략(안)은 현재(2021년 9월 기준) 작성 중에 있는 내용으로서 수정 및 보완될 수 있음

〈그림 3〉 수소도시의 구성



출처: 저자 작성.

수소도시 추진동향

2019년 10월 발표한 ‘수소 시범도시 추진전략’에서는 수소도시 세계시장 선점을 비전으로 단계별 목표 설정 (관계부처 합동 2019b)

- 2022년 시범도시 건설을 시작으로 확산기(2030년)에는 전국 시·군·구의 10%, 고도화기(2040년)에는 전국 시·군·구의 30%에 수소도시를 조성하는 것을 목표로 설정
- 2040년까지 그린수소 비중을 20%까지 확대하는 것을 목표로 함

그러나 수소도시의 실현까지는 ① 수소생태계 각 단계의 핵심기술 상용화 미비, ② 규모의 경제가 구축되기 이전 단계에서의 낮은 경제성, ③ 시민의 낮은 수용성 등의 문제가 남아 있음(관계부처 합동 2019b)

- 기술 상용화와는 별도로 규모의 경제를 이루고 시민 수용성을 높이는 데에 많은 시간과 비용 소요가 예상

2019년 12월 안산, 울산, 완주·전주가 수소시범도시로 선정, 현재 마스터플랜을 수립하고 일부 착공

- 수소시범도시는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원에서 구성한 ‘수소시범도시추진단’에서 현재 관리 중
- 수소도시 사업모델은 기존의 주거·교통·기반 시설을 연계한 기본요소와 기존에 보유한 지역산업 또는 기술 실증을 중심으로 차별화한 특화요소로 구성했음
- 예로써 울산은 수소를 이용하여 인근의 화력단지에 열과 전기를 공급하는 반면, 안산은 해안지역을 따라 입지한 재생에너지 시설을 활용한 수소생산 실증에 차별성을 두었음
- 또한 수소 관련 안전성을 높이기 위해 공통적으로 ‘통합운영센터’를 도입하여 수소의 생산, 저장·운송, 활용 전주기에 대한 정보를 모니터링하고, 유사시 신속한 대응이 가능토록 함
- 일부 수소시범도시에서는 도심 내 또는 인근에 수소의 저장·운송에 활용되는 배관과 충전소 등을 계획하는 과정에서 주민의견을 수렴하고 있으며, 방화벽 등 관련 조치 적용 중

〈표 2〉 국내 수소시범도시 계획(안)

도시	구분		내용
안산	기본요소	주거(건물)	• 임대주택 232세대 / 공공하수처리장 등에서 활용
		교통	• 수소충전소 3개소 • 수소버스 2대, 수소선박 1대
		인프라	• 파이프라인 16.3km • 통합운영센터(안산도시개발에 설치) • LNG 개질기 3개소
	특화요소		• 태양광(k-water) 기반 수전해 실증단지
울산	기본요소	주거(건물)	• 임대주택 1,800세대 • 양정동 행정복지센터, 현대자동차 문화회관
		교통	• 수소충전소 4개소 • 수소버스 10대(시내버스, 시티투어버스), 카셰어링 10대
		인프라	• 파이프라인 12.5km • 통합운영센터
	특화요소		• 화훼단지 중심 스마트 팜 구축(전기, 열 공급)
	기타		• 수소교통복합기지로 지정
전주·완주	기본요소	주거(건물)	• 공동주택 408세대 + 450세대 • 수소놀이체험관(기존의 자연생태박물관과 연계) • 완주군청, 전주 완산수영장
		교통	• 수소버스 49대
		인프라	• 파이프라인 1.0km • 통합운영안전관리센터 • 수소튜브트레일러(전주 전역에 수소 보급, CCUS(이산화탄소 포집시설))
	특화요소		• 수소드론(홍성/황방산 산불감시) • 수소놀이체험관 건설
	기타		• 생산은 완주, 활용은 전주에서 하는 구조

출처: 국토교통부 2020, 27-30에 기초하여 최근 변경사항 반영, 향후 수정·보완될 수 있음.

〈그림 4〉 안산 수소시범도시 개념도



출처: 안산시 2020.

3

수소도시 관련 해외 동향

일본 동향

📍 일본은 2011년 동일본 대지진을 계기로 에너지 안보 측면에서 수소에너지에 다시 주목, 중장기적 수소 관련 계획을 수립하고 지속적인 기술개발과 실증 사업에 투자 진행

- 2014년 '제4차 에너지기본계획'에서 '수소로드맵'을 기획하고 2016년 '수소·연료전지 전략 로드맵'을 수립, 수소전기차, 수소버스, 수소충전소, 가정용 연료전지, 수소발전단가 등에 대한 목표 수립
 - 2017년 '수소기본전략'에서는 2050년 장기비전을 수립하고, 2018년 '제5차 에너지기본계획'과 연계하여 기술협력과 표준화, 안전 및 공급망, 교육 및 홍보에 관한 '도쿄선언' 채택, 2019년 '수소·연료전지 전략 로드맵'의 3차 개정에 반영(안성배 외 2020)
 - 2017년 '규제개혁실시계획'의 일환으로서 수소 관련 37개 항목의 규제를 개선
 - 수소충전소 등은 2020년 160개소를 건설하고 2025년까지 320기를 구축할 예정인데, 이것은 '제5차 에너지 기본계획'의 목표를 25년 앞당겨 달성한 것에 해당(배용호 외 2019)
 - 2020년 6월에는 고베시(神戸市) 액화수소 수입기지를 완성하여 호주에서 수입한 수소를 전국에 공급하는 것을 추진하고 있으며*, 2022년부터는 기존 주유소에서 수소 충전서비스를 제공하는 사업 예정
- * 호주에서 수분이나 불순물이 많아 품질이 낮은 석탄인 갈탄으로 수소가 포함된 가스를 생성하고, 이를 액화 및 수송하여 항구에서 하역하는 기술을 실증하는 프로젝트로, 가와사키 중공업 및 이와타니산업이 진행(안성배 외 2020)

📍 일본은 '제4차 에너지 기본계획'의 실증 프로젝트로서 2010~2015년 '기타큐슈(北九州) 수소타운' 조성

- 부생수소를 활용하여 세계 최초의 지역 규모 연료전지를 실증한 사업으로서, 도심을 통과하는 배관을 통해 수소충전소·주택·상업시설에 수소를 직접 공급
- 수소를 활용하는 지게차·이륜자동차·자전거 등 소형 이동수단을 개발 및 실증하고 상용화를 추진함

📍 일본 도쿄의 218ha 부지에 수소를 활용하는 하루미(晴海)타운 조성, 2050 도쿄올림픽 대회 선수촌으로 활용¹⁾

- 계통전력과 도시가스, 수소 및 폐열을 복합적으로 결합하여 에너지원으로 활용
- 수소는 배관을 통해 24동 5,650가구의 에네팜(가정용 연료전지)에 직접 공급하여 전기와 열 생산
- 올림픽대회 이후에는 학교시설 등 생활필수시설을 추가 조성하여 2025년부터 주거지역으로 활용할 예정

📍 2021년 토요타(Toyota)는 수소도시의 새로운 프로토타입으로서 수소도시 우븐시티(Woven city) 착공²⁾

- 후지산 기슭 71만㎡ 부지에 수소연료전지로 완전하게 구동되는 생태계를 구축하고 전 세계 과학자, 은퇴자, 업계 협력자 등 2천여 명이 거주하면서 신기술을 개발 및 시험하는 'Living Laboratory' 환경을 제공
- 수소기술 외에도 도로를 고속차량 전용 도로, 저속의 개인이동 및 보행자 도로, 보행자 전용 산책로 등을 구분하는 등 에너지 효율적인 교통체계를 함께 도입
- 그 외에도 AI와 로봇 등 최신 기술을 이용한 주거서비스의 제공, 중앙공원과 광장을 통한 커뮤니티 강화, 목조주택, 로봇을 활용한 생산, 자생식물과 수경재배 등을 통한 탄소발자국 저감 등을 시도할 예정

1) 도쿄 도시정비국 홈페이지(<https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/sensyumura/energy/>, 2021년 9월 28일 검색).

2) 우븐시티 홈페이지(<https://www.woven-city.global/>), 토요타 홈페이지(<https://global.toyota/en/newsroom/corporate/31171023.html>) (모두 2021년 8월 15일 검색).

〈그림 5〉 일본 도쿄의 하루미타운



출처: 도쿄 도시정비국 홈페이지. <https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/sensyumura/energy/> (2021년 9월 28일 검색).

유럽·독일 동향

-  유럽연합은 코로나 팬데믹에 대응한 그린딜(Green Deal) 연장선상에서 2020년 7월 '수소전략' 발표, 효율적인 에너지 순환시스템, 전력화, 재생에너지 기반의 수소·바이오에너지 사용 강조
-  유럽연합은 2021년 5월 '유럽 공동이익을 위한 중요 프로젝트(IPCEI)*'에서 수소생태계 분야별 주요 사업 62개를 선정하여 80억 유로를 지원할 것을 발표
 - * Important Projects of Common European Interest, 유럽의 공동이익을 위해 시장 또는 시스템 실패를 해결하기 위한 대규모 프로젝트(유럽위원회 홈페이지, 2021년 9월 30일 검색)
 - 해상풍력발전을 통한 2GW 그린수소 생산 사업, 1,700km의 수소배관 구축 사업, 화물·항공 운송을 위한 암모니아 등의 생산 사업, 독일 전역의 수소충전소 구축 사업 등을 포함
-  독일은 2011년부터 추진된 에너지 전환정책으로 이미 재생에너지 비중을 40%까지 확대했으며, 현재 재생 에너지를 수소로 전환하는 P2G(Power to Gas) 사업과 수소활용에 대한 투자에 집중하고 있음
 - 2007~2017년 1단계 '수소·연료전지 국가혁신 프로그램(National Innovation Programme for Hydrogen and Fuel Cell Technology: NIP)', 2016~2026년 2단계 NIP를 진행 중에 있으며, 국가예산에 기초하여 부처별 수소 관련 프로그램을 진행
 - 2020년 4월 '국가수소전략'을 발표하며 2035년 그린수소로 에너지를 전환하기 위해 90억 유로 투자 제시, 여기에는 수소 공급과 활용처의 다각화(철도·항공·철강), 체계적 이행을 위한 수소위원회 구성 등이 포함
-  독일은 2013~2015년 '마인츠 에너지파크'(Energiepark Mainz) 사업에서 풍력에너지로 생산한 수소를 지역에 공급하는 사업을 추진, 2016년 이후 NIP를 통해 독일 전역에 수소 융·복합 클러스터를 건설하는 '하이랜드'(Hyland) 사업 추진³⁾
 - 하이랜드 사업은 25개 지역에 수소도시 또는 수소 융·복합 클러스터를 건설하는 사업으로서 'HyStarter'(9개), 'HyExperts'(13개), 'HyPerformer'(3개) 유형으로 구분하고 차별화된 컨설팅 및 재정을 지원

3) NOW(독일 NIP 수행기관) 홈페이지. <https://www.now-gmbh.de/en/sectors-themes/sector-coupling/> (2021년 9월 17일 검색).

- 'HyStarter'는 신재생에너지 발전에 유리하거나 산업구조 변화가 필요한 지역 등 수소 도입으로 시너지가 예상되는 지역으로서, 수소에 대한 인식을 전환하기 위한 캠페인과 조직 구성을 지원
- 'HyExperts'와 'HyPerformer'는 이미 수소 관련 경험이 있는 지역으로서, 수소 도입을 위한 심층 분석을 지원하거나(HyExperts) 실제 수소 관련 프로그램을 제시 및 구현하는 것을 지원(HyPerformer)

〈표 3〉 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

출처: Hyland 홈페이지. <http://www.hy.land/> (2021년 9월 28일 검색)에 기초하여 저자 작성.

〈그림 6〉 독일의 HyStarter 홍보책자



출처: Hyland 홈페이지. <http://www.hy.land/> (2021년 9월 28일 검색).

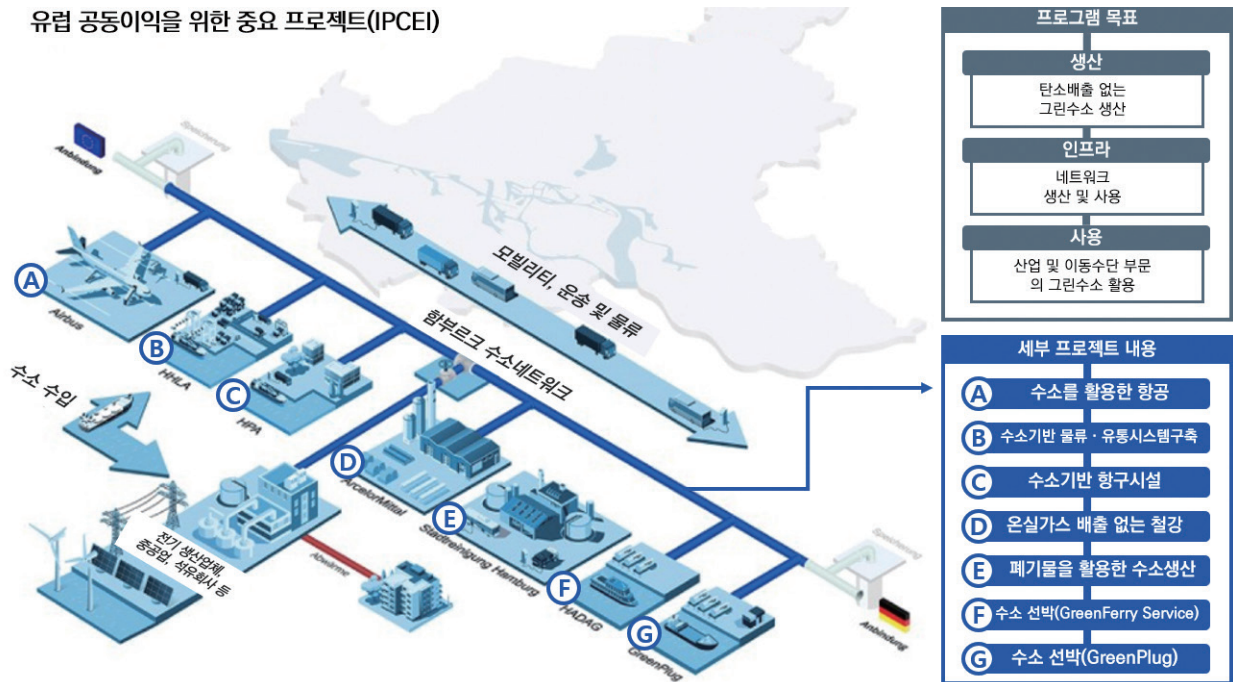
📍 유럽연합의 IPCEI 일환으로 2021년부터 독일 함부르크(Hamburg) 중심의 수소네트워크 추진 중⁴⁾

- 함부르크는 기존의 가스 화력발전소 부지를 활용한 재생에너지 생산과 선박을 통한 그린수소의 수입이 가능하고, 인근에 수소 수요처 확보가 있을 뿐만 아니라 주요 송전 네트워크와 연계되어 수소 밸류체인을 포괄하는 다양한 프로젝트를 수행하는 데 유리한 여건을 갖춘
- IPCEI 프로그램을 통해 5억 2천만 유로를 지원받아 100MW의 전해조를 건설하는 것에서부터(Hamburg Green Hydrogen Hub) 수소를 활용한 항공(Airbus), 온실가스 배출 없는 철강(ArcelorMittal), 60km 규모의 수소가스 그리드 구축(Hamburg gas grid), 수소 선박(GreenPlug, H2HADAG), 수소 기반 물류 및 유통시스템 구축(HHLA), 수소 기반 항구시설(HyPA), 폐기물을 활용한 수소생산(Stadtreinigung Hamburg) 등 다양한 프로젝트를 복합 수행

4) 독일 함부르크 뉴스 홈페이지. <https://hamburg-news.hamburg/en/innovation-science/hamburg-headed-toward-green-hydrogen-future> (2021년 9월 28일 검색).

〈그림 7〉 독일 함부르크 수소네트워크 개념도

유럽 공동이익을 위한 중요 프로젝트(IPCEI)



출처: 독일 함부르크 뉴스 홈페이지. <https://hamburg-news.hamburg/en/innovation-science/hamburg-headed-toward-green-hydrogen-future> (2021년 9월 28일 검색).

4 종합 및 시사점

📍 일본과 유럽은 2010년대 초반부터 수소경제 전환을 시도하며 관련 기술과 기반시설에 지속적으로 투자

- 일본과 독일은 2010년대 초반부터 재생에너지 전환 정책을 추진했으며, 수소 관련 로드맵과 기본전략 등에서는 2040~2050년 탄소배출 없는 수소에너지 전환을 비전으로 설정
- 자국 내 그린수소 생산만으로는 목표 달성이 어려운 경우 블루수소 생산, 그린수소의 해외 수입전략 등으로 다각화 하였으며, 대규모 수소 공급 파이프라인 체계와 저장시설 구축에 투자를 진행하였고 일부는 이미 실증

📍 일본과 유럽은 다양한 유형의 수소도시를 건설하거나 수소도시 건설을 위한 기반 마련에 집중

- 실제 구현되는 수소都市는 환경적 여건 또는 기존 인프라 현황, 수소 활용 경험 등에 따라 차별화된 컨설팅과 사업, 재정이 지원되고 있음
- 하나의 공간을 중심으로 다양한 수소 프로젝트가 집중 구현되거나(독일 함부르크), 수소 외에 최첨단 주거서비스 및 교통 체계, 탄소흡수원 및 커뮤니티 강화 전략 등이 복합 구현되는 형태(일본 우분시티)

📍 국내는 수소전기차와 발전용 연료전지 기술, LNG 공급망(추출수소 생산 가능) 등을 보유하고 있으나, ‘탄소배출 없는 수소도시’ 건설에는 여전히 환경적·경제적·사회적 한계점 존재

- ‘수소도입’이라는 단기적 성과에 집중하기보다는 ‘탄소배출 넷 제로’(net zero)라는 장기적 비전을 실현하는 데에 따른 환경적·경제적·사회적 한계점을 구체화하고, 단계적으로 이를 해결해나갈 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 선행할 필요
- (경제) 경제성 확보 전까지는 수소도시 건설에 국가 지원이 필수적이며 유지관리에도 상당한 비용이 소요됨. 그러나 장기적으로는 보조금 없이도 자립 가능한 수소도시 모델을 계획하고 추진할 필요
- (사회) 안전기준·매뉴얼, 통합안전관리센터 마련에도 사회적 수용성은 여전히 낮음. 수소도시의 도시민 일상생활과 밀접하게 연계되는 만큼 객관적·과학적 자료에 기초하여 사회적 합의가 선행될 필요

🔗 **중장기적인 수소도시 확산계획을 수립하여 서로 다른 유형의 수소시범도시를 동시에 추진한다는 점, 수소도시 관련 법제화를 추진했다는 점은 고무적**

- 「수소도시법」이 제정된다면, 수소도시에 대한 국가종합계획과 재정적 지원, 연구·개발 및 국제협력 지원 등에 관한 법적 근거가 마련되어 수소도시건설 관련 산업에 긍정적 영향이 있을 것으로 예상
- 현재 수소시범도시 3개소는 부생 또는 추출수소에 기초하나, 그린수소 생산 및 액화기술의 실증, 공동주택과 스마트팜, 수영장, 선박 등 활용처의 다각화 등을 포함하여 다양한 경험과 노하우를 축적 중
- 기존 규제와의 상충성, 건설 후 유지관리, 그린수소 생산 관련 문제가 여전히 남아 있으나, 단계적으로 해결해 나감으로써 국내·외에서 표준이 되는 모델을 구축하는 것이 중요

📌 참고문헌

김종기·허선경·이슬기·김민지·김경유·이자연·서동혁, 2019. 한국 수소산업 생태계 분석과 발전과제. 세종: 산업연구원.
관계부처 합동. 2019a. 수소경제 활성화 로드맵.
_____. 2019b. 수소시범도시 추진전략.
국토교통부. 2019. 수소도시 조성을 위한 법제 개선방안 연구. 세종: 국토교통부.
_____. 2020. 수소도시 조성 모델 및 홍보 방안 연구. 세종: 국토교통부.
국토연구원. 2021. [특집] 탄소중립도시 조성 정책방향. 국토 제479호. 세종: 국토연구원.
배용호·이예원·김다은. 2019. 과학기술 기반 미래연구사업 XI_제4권 과학기술의 미래전망 수소경제. 세종: 과학기술정책연구원.
안성배·김종혁·오태현·이보람·이현진. 2020. 주요국 수소전략의 추진 방향과 시사점. 세종: 대외경제정책연구원.
울산광역시. 2021. 울산광역시 수소 시범도시 사업 계획. 울산: 울산시.
2050 탄소중립위원회. 2021. 탄소중립 세 가지 종류의 탄소중립 시나리오 초안 공개. 8월 5일, 보도자료.

〈외국자료〉

도요타 홈페이지. <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/31171023.html> (2021년 8월 15일 검색).
도쿄 도시정비국 홈페이지. <https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/sensyumura/energy/> (2021년 9월 28일 검색).
독일 함부르크 뉴스 홈페이지. <https://hamburg-news.hamburg/en/innovation-science/hamburg-headed-toward-green-hydrogen-future> (2021년 9월 28일 검색).
우븐시티 홈페이지. <https://www.woven-city.global/> (2021년 8월 15일 검색).
유럽위원회 홈페이지. https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/supporting-clean-hydrogen/ipceis-hydrogen_en (2021년 9월 30일 검색).
Forbes. 2021. What does a hydrogen city look like?. <https://www.forbes.com/sites/pikeresearch/2020/05/21/what-does-a-hydrogen-city-look-like/> (2021년 8월 9일 검색).
Hyland 홈페이지. <http://www.hy.land/> (2021년 9월 28일 검색).
Mission Innovation. 2019. "Hydrogen Valleys": demonstrating the power of hydrogen. <http://mission-innovation.net/2019/05/13/hydrogen-valleys-demonstrating-the-power-of-hydrogen/> (2021년 8월 12일 검색).
NOW(독일 NIP 수행기관) 홈페이지. <https://www.now-gmbh.de/en/sectors-themes/sector-coupling/> (2021년 9월 17일 검색).