

2026년판

KERC SUPPORTERS

유럽 주요 분야별 연구 및 정책 동향



[2025 하반기] 유럽 수소 연구 · 정책 동향

<작성자: 박준범>

<요약>

유럽연합은 청정 수소 파트너십을 통해 2030년까지 그린수소 생산 단가 절감과 안정적인 저장 및 운송 인프라 구축을 목표로 하는 연구 혁신 아젠다(SRIA)를 추진하고 있다. 이는 유럽 그린딜 및 REPowerEU 계획을 뒷받침하며, a) 수전해 기술 고도화, b) 인프라 혁신, c) 최종 사용자 적용의 세 가지 축으로 전개된다.

유럽 전역에서는 MW급 이상의 대규모 수소 생산 및 실증 프로젝트가 활발히 진행 중이다. 대표적으로 독일 라인란트의 100MW급 PEM 기반 수전해(REFHYNE2)와 네덜란드의 20MW급 알칼리 기반 수전해(DJEWELS) 및 2.5MW급 고체산화물 기반 수전해(MultiPLHY) 프로젝트 등이 있으며, 이를 통해 기술 성숙도를 높이고 산업화를 가속하고 있다.

인프라 측면에서는 2040년까지 유럽 28개국을 잇는 53,000km 규모의 유럽 수소 백본(EHB) 구축이 추진 중이며, 특히 기존 천연가스 배관을 수소용으로 개조하여 구축 비용을 최대 90%까지 절감하는 전략을 취하고 있다.

독일 NRW 주의 헬름홀츠 수소 클러스터(HC H2)는 탄광 폐쇄 지역을 그린수소 거점으로 전환하는 대표적인 구조 개혁 사례이다. 새로 설립한 지속 가능한 수소 경제 연구소(IHE)를 중심으로 2038년까지 약 10억 유로를 투입하며, 특히 액상유기수소운반체(LOHC) 기술 등 인프라 호환형 실증을 통해 지역 경제 체질 개선과 일자리 창출을 동시에 도모하고 있다.

이러한 유럽의 사례들은 기술 개발을 넘어 규모의 경제 확보를 위한 대형화 전략과 기존 인프라 활용을 통한 경제성 극복이 핵심임을 보여준다. 이로써 대한민국도 지역 특화 수소 클러스터 구성과 더불어, 암모니아와 LOHC 등 차세대 수소 운반체 기술의 표준화 및 상용화 속도를 높이는 전략이 필수적임을 시사한다.

<Key words> 청정 수소 파트너십, 유럽 수소 백본, 수소 플래그십 프로젝트, 수소 수송 및 저장 기술, 수전해 기술 고도화

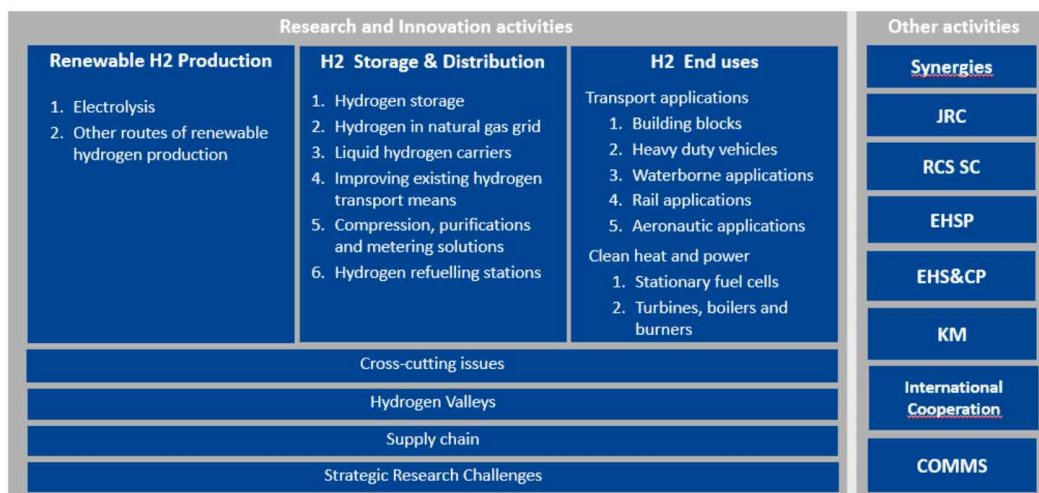
I. 유럽의 수소 연구 동향

□ 청정 수소 파트너십(Clean Hydrogen Partnership)-연구 혁신 전략 아젠다¹⁾

○ 호라이즌 유럽 프로그램 하에 설립된 공공-민간 파트너십

- 유럽 수소 기술의 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 최상위 연구 실증 로드맵을 수립하여 2030년까지 그린수소의 생산 단가 절감, 안정적인 수소 저장 및 운송 인프라를 구축함으로써 유럽 그린딜 및 REPowerEU 목표 달성을 지원
- (필라 1) 수전해 기술 고도화를 통한 청정 수소 생산: 저온(양이온 교환막(PEM), 알카라인수전해(AEL), 음이온교환막(AEM)) 또는 고온(고체전해질수전해(SOEC) 수전해 기술의 효율 향상, 귀금속 촉매 사용량 축소, 스택의 대형화(GW급 이상) 및 내구성 확보에 집중
- (필라 2) 인프라 혁신을 통한 수소 저장 및 운송: 기존 천연가스 배관의 개조, 액화 수소기술, 암모니아(NH₃) 및 액상유기수소 운반체(LOHC)와 같은 차세대 운반체 실증을 병행
- (필라 3) 산업 및 모빌리티 등 최종 사용자 적용: 철강이나 화학 분야 등 탄소 배출이 많은 산업 공정의 청정수소 도입과 대형 트럭, 선박, 항공기 등 장거리 수송 수단의 수소 연료전지적용기술을 개발

<그림 1: 청정 수소 파트너십의 주요 활동 프로그램 안내도>



1) https://www.clean-hydrogen.europa.eu/about-us/key-documents/strategic-research-and-innovation-agenda_en

○ 유럽 수소 연구 주도 핵심 기관 및 네트워크

- 유럽 내 수소 연구는 Hydrogen Europe Research(HER)²⁾ 단체 회원사를 중심으로 산학연 협력이 긴밀하게 이루어지고 있으며, 특히 아래의 국책 연구소들이 각 기술 분야의 프로젝트 설계를 주도
- 독일 헬름홀츠 협회: 울리히연구소(FZJ)가 LOHC 및 전해조 시스템 분석을 주도하며 독일 항공우주센터(DLR)는 고체산화물수전해(SOEC) 및 태양광 수소 생산 연구의 핵심
- 프랑스 원자력 및 대체에너지 위원회(CEA): 고체산화물수전해(SOEC) 및 수소 모빌리티 분야에서 유럽 최고 수준의 기술력을 보유
- 네덜란드 응용과학연구기구(TNO): 수전해 장치의 계통 연계 및 시스템 통합 연구를 담당하며 북해 수소 허브 구축의 기술적 중추 역할을 수행
- 노르웨이 SINTEF: 북유럽 최대 독립 연구소로 양이온교환막(PEM) 수전해 및 탄소 포집 저장(CCS) 연계 수소 생산 연구에 강점

○ MW급 수소 생산 관련 주요 프로젝트

- REFHYNE³⁾ (2021-2029): 약 1.5억 유로(약 2,400억 원), 독일 라인란트(Rhineland) 정유소 내 100MW급 양이온교환막(PEM) 수전해 시설 구축, 주요 참가 기관으로 SINTEF, Shell, ITM Power, Linde 등이 있음
- DJEWELS⁴⁾ (2020-2026): 약 4,200만 유로(약 670억 원), 네덜란드 Delfzijl 내 20MW급 알카라인 수전해(AEL) 시설 구축, 주요 참가 기관으로 HyCC, McPhy, De Nora 등이 있음
- MULTIPLHY⁵⁾ (2020-2025): 약 980만 유로(약 160억 원), 네덜란드 로테르담 정유소 내 2.5MW급 고체산화물 수전해(SOEC) 시설 실증, 주요 참가 기관으로 CEA, Sunfire, Neste 등이 있음
- H2FUTURE⁶⁾ (2017-2021): 약 1,785만 유로(약 290억 원), 오스트리아 린츠(Linz) 제철소 내 6MW급 양이온교환막(PEM) 수전해 시설 구축, 주요 참가 기관으로는 Voestalpine, SIEMENS Energy, ECN/TNO 등이 있음

2) <https://hydrogeneurope.research.eu/>

3) <https://2.refhyne.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/101036970>

4) <https://djewels.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/826089>

5) <https://cordis.europa.eu/project/id/875123>

6) <https://www.h2future-project.eu/en>, <https://cordis.europa.eu/project/id/735503>

○ 차세대 수소 운반체 관련 주요 프로젝트

- HySTOC⁷⁾ (2018-2022): 약 250만 유로(약 40억 원), 액상유기수소운반체 (LOHC) 실증연구, 수소 충전소 연계 및 기존 액체 연료 인프라 활용 가능성 검증, 주요 참가 기관으로는 Hydrogenious LOHC, VTT 등
- ARENHA⁸⁾ (2020-2025): 약 568만 유로(약 91억 원), 그린 암모니아 기반의 전주기 가치사슬 실증연구 및 암모니아 분해를 통한 고순도 수소 공급 기술 연구, 주요 참가 기관으로는 Tecnalia, Proton Ventures, Elcogen 등

II. 유럽의 수소 정책 동향

□ 유럽 수소 백본(European Hydrogen Backbone, EHB) 이니셔티브⁹⁾

- 유럽 전역의 수소 전용 배관망 인프라 구축을 통한 수소 생산 지역-주요 산업 수요처의 효율적 연결 및 유럽 에너지 안보 강화
 - 2040년까지 약 53,000km 규모의 유럽 전역을 연결하는 수소 배관망 완성을 목표로 함
 - 전체 배관망의 약 60% 이상을 차지하는 기존 천연가스 배관을 수소 전용으로 개조함으로써 신규 건설 대비 70-90%의 비용을 절감하고 구축 기간을 대폭 단축하고자 함
 - 남유럽 및 북아프리카의 태양광과 북해의 해상 풍력을 활용해 생산한 저렴한 그린수소를 중유럽의 산업 단지로 운송하는 최적의 경로를 설계하면서, 수소 1kg당 운송 비용을 1,000km당 약 0.11-0.21 유로로 대폭 낮추어 그린수소의 가격 경쟁력을 확보
 - 2030년까지 주요 산업 클러스터를 연결하는 초기 거점을 마련하고 2035년 이후 국가 간 국경을 넘는 범유럽 네트워크로의 확장을 목표로 하며, 국가별로 상이한 수소 운송 규정 및 기술 표준을 통합하여 유럽 내 단일 수소 시장 형성을 촉진

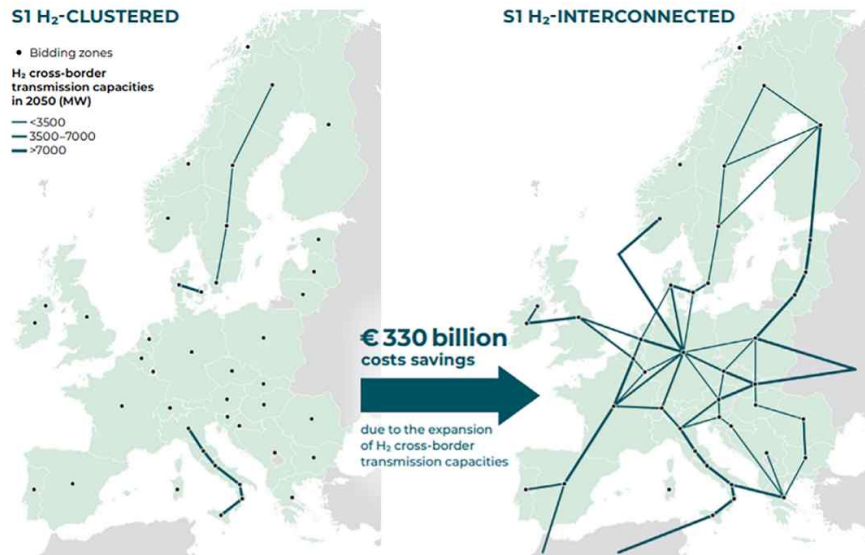
7) <https://cordis.europa.eu/project/id/779694>

8) <https://arenha.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/862482>

9) <https://ehb.eu/>

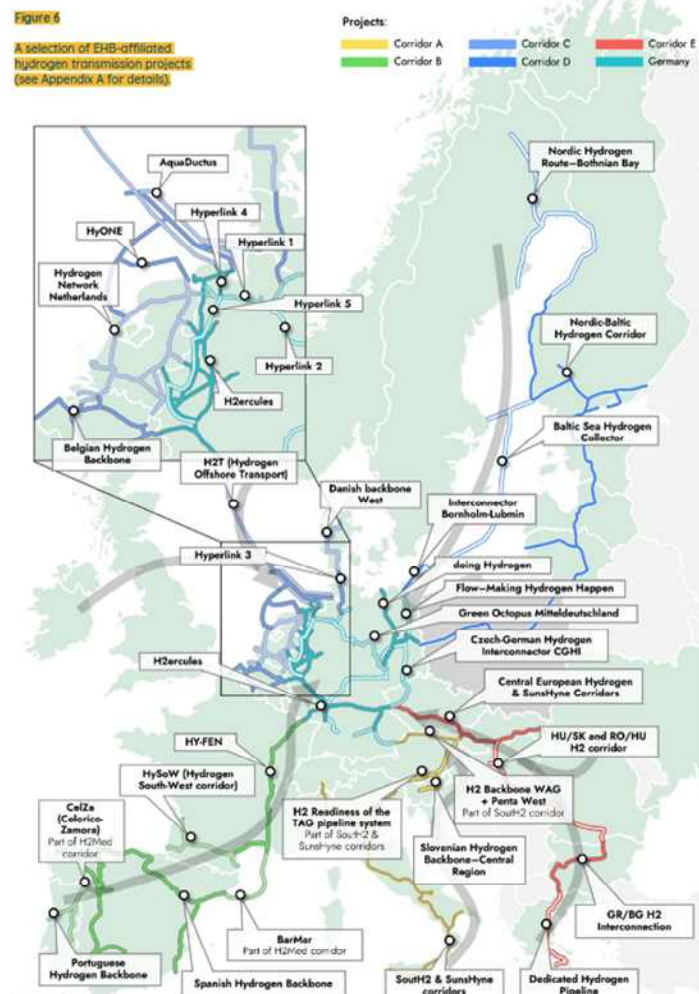
<그림 2: 권역별 수소 클러스터(좌)와 상호 연결된 수소 공급 네트워크(우) 비교>

(출처: EHB 2023 Implementation Roadmap Part 1. p.10)



<그림 3: EHB 이니셔티브 관련 주요 수소 운송 프로젝트 현황>

(출처: EHB 2023 Implementation Roadmap Part 1. p.13)



□ 독일 수소 플래그십 프로젝트(Hydrogen Flagship Projects)¹⁰⁾

- 독일 연방정부의 3대 수소 플래그십 프로젝트는 수소의 생산-운송-활용 전 주기의 기술적 장벽을 극복하고 산업화를 앞당기는 데 목적을 두고 있음
 - 독일 연방정부는 탄소중립 달성과 미래 에너지 주권 확보를 위해 국가 수소전략(NWS)을 수립하고, 이를 구체화하기 위해 연방연구기술우주부(BMFTR) 주도로 5년간 7억 유로(약 1.1조 원) 이상의 예산을 동 프로젝트에 투입
 - H2Giga(수전해 장치 양산 체계 구축): 실험실 수준의 수전해 기술을 산업적 대량 생산 단계로 끌어올리며, 기가와트(GW)급 생산을 목표로 수전해 장치의 자동화 제조 공정 및 소재 기술 최적화를 통해 생산 단가를 낮추는데 집중
 - H2Mare(해상 그린수소 생산 실증): 먼바다의 강력한 풍력 에너지를 활용해 전력망 연결 없이 현지에서 직접 수소를 생산하는 기술을 개발함. 거친 해상환경을 견디는 내구성 있는 수전해 시스템 개발과 더불어, 현장에서 바로 암모니아나 메탄올 같은 파생 연료를 생산하는 기술도 구축
 - TransHyDe(수소 운송 인프라 혁신): 생산된 그린수소를 수요처까지 효율적으로 전달하기 위한 물류의 표준 제시를 목표로 기존 천연가스 배관의 개조, 액화 수소 운송, 암모니아, 액상유기수소운반체(LOHC) 등 다양한 운송 방식의 안정성과 경제성을 평가하며 전국 단위의 수소 그리드 구축을 지원

10) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/home>

<그림 4: 독일 수소 플러그십 프로젝트(Wassertoff Leitprojekte) 개념도>



- H2Giga: 지상에서의 수전해 기술을 이용한 수소대량생산 및 산업화¹¹⁾
 - 기가와트(GW) 규모의 생산능력을 확보하기 위해 기존의 수작업 중심에서 자동화 및 연속생산 방식으로 전환하는 것을 목표로, 대량 생산으로 수전해 장치 가격 하락을 유도해 그린수소의 시장 경쟁력을 강화와 관련 분야 일자리 창출에 기여
 - 시장에 출시된 기술들(양이온교환막(PEM) 수전해, 알칼리수전해(AEL), 고온수전해(HTEL) 등)의 대량 생산을 연구함과 동시에 차세대 기술들(귀금속 촉매를 사용하지 않는 음이온교환막(AEM) 수전해 등)도 연구
 - 리사이클링을 고려한 친환경 생산공정을 개발하며, 재생에너지의 변동성에 대응하기 위해 전해조의 전력을 신속하게 켜고 끌 수 있는 가변적 운영 기술을 확보
 - 주요 참여 기업: Heraeus, Linde, Siemens Energy, Sunfire, Thyssenkrupp 등
- H2Mare: 해상에서의 친환경에너지를 활용한 수소 및 파생 연료 생산 구현¹²⁾
 - 육상 전력망 연결 없이 해상 풍력 터빈에서 수소를 직접 생산하여 에너지 손실과 비용을 최소화하는 기술을 개발하면서, 수소뿐만 아니라 메탄올, 암모니아 등 파생 연료(Power-to-X)까지 해상에서 원스톱으로 생산하는 기술을 목표로 함

11) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/h2giga>

12) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/h2mare>

- 해상의 혹독한 환경(염분, 습도, 파도)을 견딜 수 있는 작고 튼튼한 수전해 장치를 개발하여 외부 보급 없이 운영이 가능한 시스템을 개발하고, 동시에 이러한 해양 수소 생산에 특화된 풍력 터빈 및 관련 통합 플랫폼 개발
- 수소 이외에 공기나 해수로부터 질소, 이산화탄소 등을 포집하여 고부가가치인 메탄올, 암모니아 등의 연료를 해상플랫폼에서 직접 제조하는 기술을 시험하고, 특히 직접 해수 수전해 기술을 통한 혁신을 목표로 함
- 주요 참여 기업: Fumatech, Hereon, RWE, Siemens Energy, Thyssenkrupp 등

○ TransHyDe: 효율적인 수소의 운송 및 저장을 위한 기술 개발 및 성능시험¹³⁾

- 수소 경제의 핵심인 운송 문제 해결을 위해 다양한 저장 및 운송 기술을 실증하고, 전국적인 수소 그리드 구축을 위한 청사진을 제시
- 4대 중점 운송 방식:
 - 기체 수소(gas H₂): 기존 천연가스 배관망을 활용하거나 신규 배관 구축
 - 액화 수소(LH₂): 극저온(-253°C) 상태로 부피를 줄여 대량 운송
 - 암모니아(NH₃): 운반이 쉬운 NH₃ 형태로 변환한 뒤 운반 후 다시 추출
 - 액상유기수소운반체(LOHC): 유기 화합물에 결합시켜 상온에서 운송
- 기존 천연가스 배관망을 수소 배관으로 전환할 때의 재료 안정성 및 센서 기술을 시험하고, 암모니아를 선박에서 연료로 활용하거나 및 수소 추출을 위한 촉매를 개발하고, 액화 수소를 에너지 효율적으로 운송 및 저장하는 시스템을 구축
- 주요 참여 기업: Bayernwerk, DVGW, OGE, Sunfire, Vaillant 등

□ 독일 헬름홀츠 수소 클러스터(Helmholtz Hydrogen Cluster, HC · H₂)¹⁴⁾

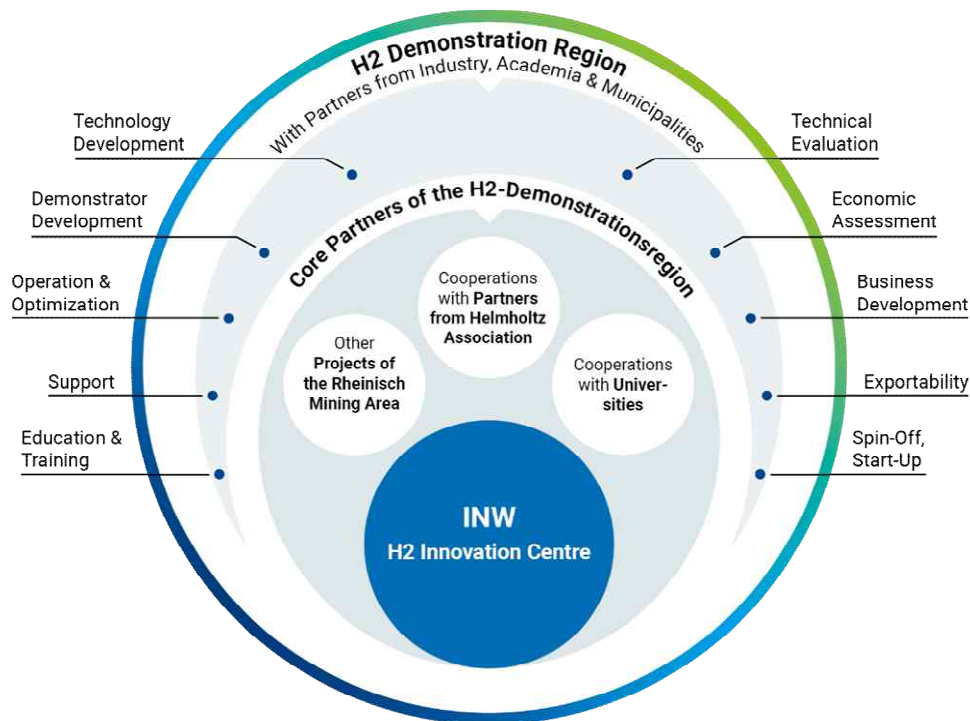
- 독일 연방연구기술우주부(BMFTR)와 독일 NRW 지방정부가 협력하여 2038년까지 약 10억 유로(약 1.6조 원)를 투자
- 화석연료 중심에서 친환경에너지 시대로의 전환을 위해 독일 서부 라인(Rheinish) 지역의 탄광 폐쇄에 따른 경제적 공백을 그린수소 거점 구축으로 극복하고자 하는 광산 폐쇄 지역의 구조 개혁을 통해 원천 기술의 상용화와 고부가가치 일자리 창출을 동시에 꾀함

13) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projects/transhyde>

14) <https://hch2.de/en/>

- (산학연 협력의 중심) 헬름홀츠 협회 소속 울리히연구소(FZJ) 내에 지속 가능한 수소 경제 연구소(IHE, 구 INW)를 설립하고, 이를 중심으로 수소 생산부터 소비(산업, 교통 등)까지의 전주기 가치사슬을 한 지역 내에서 구현
- (인프라 호환형 기술 실증) 액상유기수소운반체(LOHC) 기술을 핵심으로 기존 액체 연료 인프라(탱크로리, 주유소 등)를 활용한 수소 보급망을 구축함. 연구소의 기초연구 성과를 실제 현장에 즉각 적용할 수 있도록 대규모 실증 단지를 조성하여 기업의 시장 진입장벽을 낮춤
- (지역 경제 체질 개선 및 확산) NRW 주의 강력한 에너지 정책 지원 하에 지역 중소기업 대상 기술 자문 프로그램을 운영함. 이곳에서 검증된 수소 인프라 모델을 독일 및 유럽 전역으로 확산시키기 위한 표준화 및 비즈니스 모델 구축을 병행

<그림 5: 독일 헬름홀츠 수소 클러스터(Helmholtz Hydrogen Cluster, HC·H2) 구성도>



III. 시사점

○ 기술 실증을 넘어선 산업 생태계의 조기 선점

- 유럽은 단순히 연구실 수준의 성과에 머물지 않고 MW급 및 GW급 대규모 실증 프로젝트들(REFHYNE2, H2Giga 등)을 통해 기술의 상용화 단계를 대폭 앞당기고 있음. 특히 독일은 수전해 장치의 자동화 연속 생산 체계를 구축하여 제조 원가를 절감하고 글로벌 시장에서의 표준을 선점하려는 전략이 명확함

○ 기존 인프라의 재활용을 통한 경제성 확보

- 유럽 수소 백본(EHB) 계획에서 나타나듯, 신규 건설 대신 기존 천연 가스 배관망의 60% 이상을 수소용으로 전환하여 비용을 70-90% 절감하는 전략은 한국에 큰 시사점을 줌. 이는 초기 인프라 구축 비용 부담을 줄이고, 수소 경제로의 전환 속도를 높이는 핵심 동력으로 작용

○ 지역 재생에너지 특성을 반영한 생산 모델의 다각화

- 광산 폐쇄 지역을 수소 클러스터로 전환하는 HC H2 사례와 해상 풍력을 직접 활용하는 H2Mare와 같이 지역의 지리적·산업적 특성에 최적화된 생산 모델을 구축하고 있음. 한국 역시 해상 풍력이나 원자력 발전 거점을 활용한 지역 맞춤형 수소 생산 및 클러스터 조성 전략이 필요

○ 차세대 수소 운반체(LOHC, 암모니아 등) 기술의 상용화 경쟁

- 기체 배관망 연결이 어려운 지역이나 장거리 운송을 위해 LOHC 및 암모니아 등의 차세대 운반체 기반 기술을 병행 실증하며 물류의 유연성을 확보하고 있음. 특히 암모니아 분해를 통한 고순도 수소 공급 (ARENHA) 및 LOHC 안정성 검증(HYSTOC)은 향후 글로벌 수소 교역량 증대에 대비한 필수 기술로, 해당 분야의 독자적인 기술력 확보가 시급

○ 민관 협력 모델의 고도화

- 청정 수소 파트너십과 같은 거버넌스를 통해 정부의 정책 목표와 산업계의 기술 개발 수요를 일치시키고 있음. 이러한 체계적인 로드맵은 기업들이 장기적으로 투자 계획을 세울 수 있는 예측 가능성을 제공하며, 연구기관이 원천 기술을 개발하고 기업이 이를 즉각 상용화하는 선순환 구조를 형성