

2024 상반기 유럽 수소 저장 운송 연구 및 정책 동향

작성자: 양한나(수소 분야 KERC 서포터즈)

2024년 유럽에서는 잉여 전기를 수소로 저장하는 연구와 프로젝트가 활발히 진행 중이다. 재생가능한 에너지로 전기를 분해하여 수소를 생산하고 메탄으로 변환하여 저장하는 기술을 개발하고 지역 내에서 재생가능한 수소를 생산하고 소비하는 클러스터를 구축하고 있다.

유망한 수소 저장 방법에는 고체 기압 저장, 액화수소 저장, 금속 수소화물 저장, 화학적 수소 저장, 유기 화합물 저장이 있고 각각의 장단점이 명확하여 하나의 방법이 채택되기보단 특정 용도와 조건에 따라 사용될 것으로 예상된다.

수소 운송은 기존 천연가스 파이프라인을 활용하는 것으로 다양한 연구와 개발이 진행되고 있지만 수소취성 및 누출방지에 관한 기술적 도전과 해결책 마련이 남아있다.

유럽은 2030년까지 재생가능한 수소 10백만 톤을 생산 및 수입하는 목표를 가지고 있으며 관련 법 제정과 투자가 활발하게 진행 중이다. 결론적으로 유럽의 수소 연구와 정책은 탄소 중립과 지속 가능한 에너지 전환을 목표로 하고 있으며, 재생가능한 에너지와 수소 저장 기술의 혁신을 통해 이를 실현하고 있다. 주요 프로젝트와 정책은 수소 경제의 성장을 촉진하며, 에너지 안보와 경제적 기회를 제공할 것으로 기대된다.

<Key words> 수소저장, 그린수소, 친환경에너지, 탄소중립, 수소 운송

1. 유럽의 수소 연구 동향

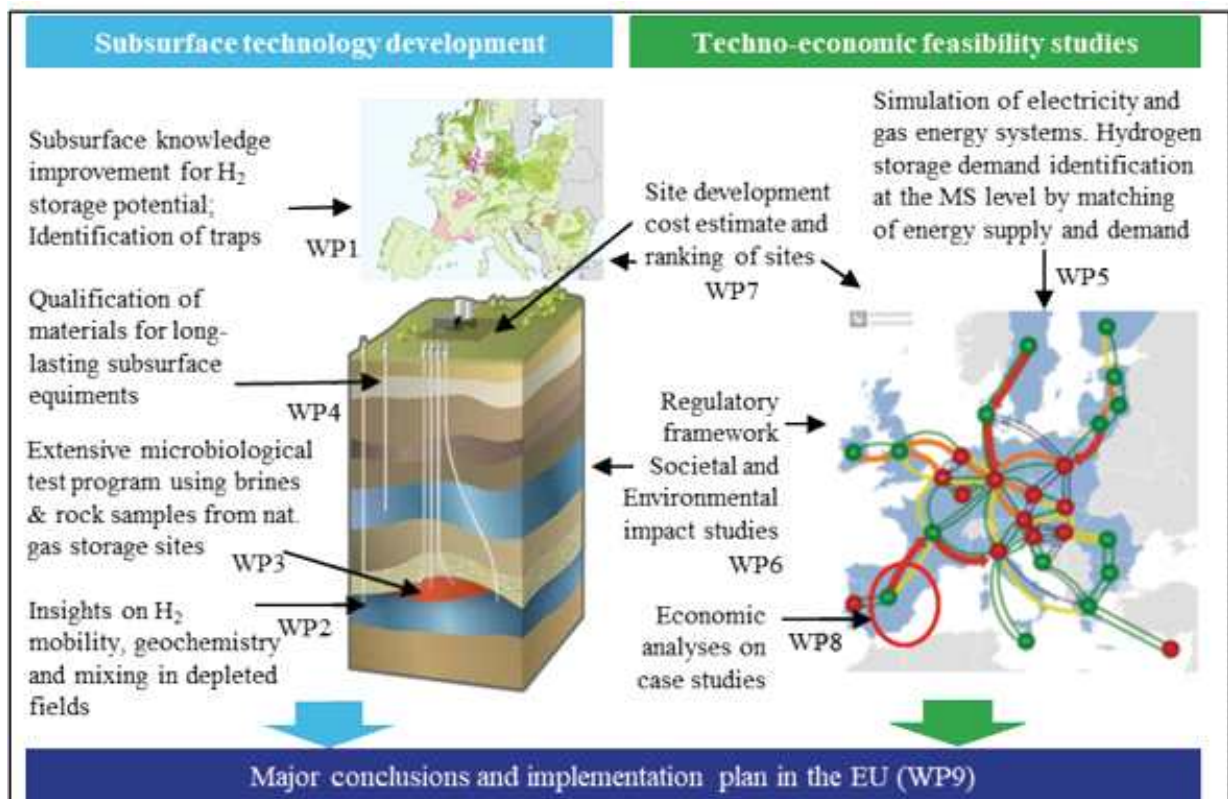
□ 수소 저장

- 유럽에서는 잉여 전기를 수소로 저장하는 연구와 프로젝트를 진행하고 있으며 야간 등 전력 수요가 낮은 시간대에 생산된 잉여 전기를 효율적으로 저장하는 것을 목표로 함
- Eco 프로젝트
 - 재생 가능한 에너지를 활용해 전기 분해를 통해 물에서 수소를 생산하고, 이를 메탄으로 변환하여 저장하는 기술을 개발함
 - 고체 산화물 전기 분해 셀(SOEC)을 사용하여 전기에서 수소와 일산화탄소를 생산하고, 이를 촉매 과정을 통해 합성 메탄으로 변환하여 효율성을 높이고 CO2 배출을

줄임

- 이 기술은 기존의 천연가스 인프라를 활용하여 대규모 저장 및 분배가 가능하게 함
- Hydrogen Valleys 프로젝트
 - 수소 밸리 프로젝트를 통해 지역 내에서 재생 가능한 수소를 생산하고 이를 현지에서 소비하는 클러스터를 구축
 - 현재 유럽 전역에 걸쳐 50개 이상의 수소 밸리가 건설 중이거나 운영 중임

<EU의 수소 생산, 저장 및 활용 계획>



출처: Hystories 공식 사이트

- Hystories(Hydrogen Storage in European Subsurface) 프로젝트,
 - 이 프로젝트를 통해 고갈된 가스 또는 유전 및 대수층과 같은 다공성 저장소에 수소를 저장할 수 있는 가능성을 분석
 - 수소 저장을 위한 지하 기술을 개발하는 데 중점을 두었고 여기에는 다양한 지질 형성물에 수소를 저장할 때의 생물학적 및 지구화학적 영향을 평가하고 유럽 전역에서 이러한 저장에 적합한 부지를 식별하는 작업이 포함됨

- 수소 저장 시설에 사용되는 재료에 대한 수소의 영향을 평가하는 것이 주요 기술적 과제 중 하나였고 여러 강종에 대한 수소취성 및 부식 영향을 조사하고, 안전하고 내구성 있는 수소 저장 인프라를 구축하기 위한 적절한 재료를 결정하기 위한 테스트를 수행
- 미래의 지하 수소 저장 및 운송 네트워크는 일반적으로 개발하는 데 10년이 걸리는 인프라 자산이므로 계획, 사회적 수용성 및 재정적 안정성이 필요한데, Hystories는 이러한 배포 결정에 직면하게 될 정부 및 업계의 의사 결정권자에게 정보를 제공하기 위한 통찰력을 개발
- 독일 Etzel 수소 저장 동굴 개발
 - Gasunie와 Stora는 에너지 컨퍼런스 E-World 수소저장동굴 개발계획 발표
 - 최대 1 TWh의 수소 총 용량을 가진 다중 공동 저장시설을 개발하고 운영하는 것을 목표로 작년 1월부터 파일럿 프로젝트 H2CAST에서 테스트 진행



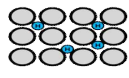
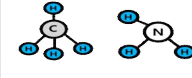
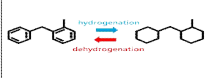
<수소 저장 동굴 시뮬레이션>



□ 수소저장방법

- 현재 유망한 수소 저장 방법에는 고체 기압저장, 액화수소저장, 금속 수소화물 저장, 화학적 수소저장, 유기화합물 저장이 있고 특정 용도와 조건에 따라 장단점이 있으므로 하나의 방법이 채택되기보단 수소 경제의 성장과 함께 지속적으로 발전될 것으로 예상
- 운송과 같은 이동성이 중요한 분야에서는 고압 기체 저장과 액화 수소 저장이, 장기간 저장과 안정성이 중요한 분야에서는 금속 수소화물과 화학적 수소 저장이 주로 사용될 수 있으며, 유기 화합물 저장 기술은 기존 인프라를 활용할 수 있다는 장점이 있어 점점 주목받고 있음

<수소 저장 방법>

구분	고압 기체 저장 (Compressed Hydrogen Gas Storage)	액체 수소 저장 (Liquefied Hydrogen Storage)	금속 수소 화물 저장 (Metal Hydride Storage)	화학적 수소 저장 (Chemical Hydrogen Storage)	유기 화합물 저장 (Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHC)
원리	 수소를 고압 상태(350 또는 700 bar)로 저장하는 방식	 수소를 극저온 상태(-253 °C)로 냉각하여 액체로 저장	 금속 합금이 수소를 받아들여 수소화물을 형성하고 필요시 수소 방출	 화학 물질과 결합하여 수소를 저장	 액체 유기 화합물이 수소와 결합하여 수소를 저장, 필요시 화학변형을 통해 수소 분리
특징	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 빠른 충전 및 방출 가능 ✓ 높은 밀도로 인한 두꺼운 저장 탱크 필요, 탱크 비용 ↑ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 기체 상태보다 더 높은 에너지밀도를 가지므로 운송 및 저장 효율성 ↑ ✓ 비용 ↑ ✓ 복잡한 냉각 시스템 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 낮은 밀도에서 수소를 저장할 수 있어 안전함 ✓ 수소의 충전 및 방출이 비교적 쉬움 ✓ 반응 속도 ↓ ✓ 가격 ↑ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 에너지 밀도 ↑ ✓ 운송 및 저장에 쉬움 ✓ 수소를 추출하는 과정에서 독성 물질 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 에너지 밀도 ↑ ✓ 안전함 ✓ 반응 속도 ↓ ✓ 유기 화합물의 재원용 필요

□ 수소 운송

- 유럽 수소 백본(European Hydrogen Backbone, EHB)
 - 기존 천연가스 파이프라인을 수소 운송용으로 전환하는 것이 신설 파이프라인보다 경제적이거나 대부분의 파이프가 수소취성에 취약한 마르텐사이트상을 가지고 있기 때문에 코팅, 슬리브 및 케이싱 등의 해결책이 연구되고 있음
 - ※ 수소취성이란 수소가 금속 표면에 흡수되어 금속의 기계적 특성을 저하시키는 현상을 말함
 - 수소의 작은 분자가 파이프라인 재질을 통해 누출되는 것을 방지하기 위한 연구도 진행 중임
 - 2030년까지 약 28,000 km, 2040년까지 53,000 km의 수소 파이프 라인을 구축을 목표로 함
- AquaDuctus
 - 북해의 해상 풍력 발전소에서 독일로 그린 수소를 운송하는 400km 길이의 파이프라인으로 고압직류송전(HVDC) 시스템보다 비용 효율적인 운송 방법으로 평가됨
- West Macedonia 파이프라인
 - 그리스에 있는 파이프라인으로 초기에는 천연가스를 운송하지만, 향후 100% 수소를 운송할 수 있도록 설계되었으며, 고압에서 수소를 안전하게 운송할 수 있는 고강도 강철 파이프라인으로 구축

□ 수소 관련 학회

- E-World Energy & Water
 - 유럽에서 가장 큰 에너지 산업 관련 무역 박람회 및 학회 중 하나로 에너지 및 물관리 분야에서 혁신적인 기술과 서비스를 보이는 플랫폼임
- European Hydrogen Energy Conference(EHEC)
 - 유럽에서 가장 큰 수소 에너지 학회 중 하나로 수소 분야의 전문가, 연구자, 업계 리더를 한자리에 모아 수소 기반 기술의 최신 진전, 혁신, 개발 사항을 공유할 수 있는 플랫폼 제공

- International Conference on Metals and Hydrogen
 - 금속과 수소의 다양한 측면(수소-미세 구조 상호작용, 수소감지 등) 간의 연관성에 대한 경험을 공유하고 교환할 수 있는 환경 제공
- European PhD Hydrogen Conference(EPHyC)
 - 수소 관련 연구 주제를 연구하는 EU 기반 박사 연구자를 위한 컨퍼런스로 네트워킹을 통한 피드백, 협업 옵션, 잠재적인 학제 간 연결 및 연구 동기를 발견할 수 있는 기회를 제공
 - ※ 박사과정 학생들만 참여할 수 있으며 무료로 진행됨

2. 유럽의 수소 정책 동향

□ 전략적 프레임워크 및 정책 개발

- REPowerEU 계획
 - 러시아의 우크라이나 침공으로 인해 발생한 어려움과 세계 에너지 시장의 혼란에 대응하여 유럽 위원회는 러시아의 화석 연료 수입을 단계적으로 폐지하는 계획을 수립
 - 2030년까지 재생 가능 수소 1천만 톤 생산 및 1천만 톤 수입 목표
 - 수소 생산, 수송, 사용, 수입 관련 법적 프레임워크 강화
- 유럽 수소 은행의 파일럿 경매
 - 유럽 수소 은행은 2022년 유럽 및 글로벌 수소 생산을 위한 투자 보안 및 비즈니스 기회를 창출하기 위해 출범한 금융수단
 - 이 시설의 주요 목표는 재생에너지 공급을 EU 수요에 연결하고 초기 투자 문제를 해결함으로써 세계적으로 수소 가치 사슬에 대한 민간 투자를 촉진하는 데 있음
 - 2024년 첫 파일럿 경매에서 132개 프로젝트 입찰 유치, 7개 프로젝트 선정, 총 1.5GW 전해조 용량 커버
 - 주요 산업에서 10년간 약 158만 톤 재생 가능 수소 생산 계획

<유럽 수소 은행 개요>



Figure 1: European Commission's concept of a Hydrogen Bank. Source: Hydrogen Europe based on information so far provided at various stakeholder meetings. January 2023

- 중요 공공 유럽 프로젝트(IPCEI)
 - Hy2Tech, Hy2Use, Hy2Infra, Hy2Move 등의 프로젝트를 통해 수소 기술 가치 사슬 전반에 걸쳐 혁신적인 기술 개발 및 인프라 구축 지원
- 재생 에너지 지침(RED2 & RED3)
 - RFNBOs: 비생물학적 기원의 재생 가능 연료에 대한 조건 명확화
 - 재생 가능 전기에서 공급되도록 보장하는 규칙 제정
- Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR)
 - 2030년까지 도로 차량용 수소 충전소 구축
 - Trans-European Network - Transport(TEN-T) 경로를 따라 공공 접근 가능한 수소 충전소 배치

3. 시사점

- 대한민국 정부가 선정한 12대 국가전략기술 중 하나인 수소는 탄소배출을 획기적으로 줄일 수 있는 주요 수단으로 탄소중립 목표 달성에 매우 중요하며 이를 위해 수소 생산, 저장, 운송 및 활용 기술개발과 구축이 중요함
- 수소는 전기나 다른 형태의 에너지보다 더 오랫동안 에너지를 저장할 수 있고 대규모로 저장이 가능하여 계절적 에너지 수요변화에 쉽게 대응할 수 있어 수소 저장 기술은 생산량이 변동성이 크고 불규칙한 재생 가능 에너지원(태양광, 풍력 등)을 저장하고

관리하는 방식에 혁신을 가져옴

- 미국정부 또한 수소가 넷 제로(Net-Zero) 사회 실현을 지원하고 지역의 자원 활용과 지속가능한성장에 기여할 수 있다고 판단하여 ‘국가 청정수소 전략 및 로드맵’을 발표하고 후속 조치를 추진하고 있음
- 수소 저장기술에는 고효율 저장방법 및 비용절감이라는 해결해야 할 문제가 있고 여전히 많은 기술적 도전과 기회가 존재함
- 수소 운송에서 유럽은 기존 천연가스 파이프라인의 재활용과 새로운 파이프라인 구축을 통해 효율적이고 경제적인 수소 운송 체계를 마련하고 있음 하지만 재료에 대한 수소취성은 해결해야 할 문제임
- 수소 산업의 발전은 에너지 자립을 달성하고 에너지 안보를 강화하는 데 중요한 역할을 하지만, 전세계적으로 수소 산업이 완전히 자리매김하지 못했기 때문에 국제 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 지속적인 연구개발(R&D) 투자와 민관협력이 필요