ISSN 2733-9696(온라인)
ISSN 2733-9572(인쇄본)

2022
Vol.3 No.14

GTC BRIEF

국내·외 재생에너지 활용 P2G 그린수소 생산 기술 동향 분석

박상현 / 전은진 / 오지현 / 조경주 / 신현우

GTC 녹색기술센터
GREEN TECHNOLOGY CENTER

ISSUE
14

국내·외 재생에너지 활용 P2G 그린수소 생산 기술 동향 분석

박상현 / 기술총괄부 sanghyun0385@gtck.re.kr
전은진 / 기술총괄부 honeysuckle@gtck.re.kr
오지현 / 기술총괄부 jhoh@gtck.re.kr
조경주 / 기술총괄부 rudwn@gtck.re.kr
신현우 / 기술총괄부 hwshin@gtck.re.kr

하이라이트

- 최근 악화하고 있는 전 지구적인 기후변화 문제들로 인하여 극심한 이상기후 현상들이 빈번하게 발생하고 있으며, 이에 따라 2050 탄소중립 실현을 위한 구체적이고 현실적인 대책 수립 필요
- 특히 신재생에너지의 보급·확산에 따라 신재생에너지 간헐성, 에너지 저장장치 안전성, 전력계통 한계 및 출력제한(출력제어) 등의 문제들이 발생하고 있으며 효과적인 신재생에너지 전환 전략 수립을 위한 방안 마련이 시급
- 이에 본 발간물에서는 에너지 분야의 주요 이슈들에 대한 문제 해결 방안으로써 P2G (Power to Gas) 기술을 제시하고 연구현장(상명풍력단지, 한국수력원자력 그린수소 실증연구센터) 방문 및 국내·외 기술동향 조사·분석을 통하여 향후 전망 및 시사점 등을 도출함
- P2G란 전력을 기체 형태로 전환·저장하는 기술로 특히 전력 시스템에서 수용하기 어려운 신재생에너지의 잉여출력을 통하여 가스 연료를 생산 및 저장하므로 청정에너지로 주목받고 있는 그린수소 생산에 적합
- 정부는「제1차 수소경제 이행 기본계획[1)]」을 통해 수전해 설비 설치 투자 확대를 위한 수전해 수소공급 인프라 설치 추진안을 발표했으며, 최근 P2G 기술의 적용 및 확산의 필요성을 인지하였으나 아직 구체적인 방향성 및 실증 경험은 미흡한 실정
- 해외의 경우 P2G 기술 관련 R&D 및 실증사업은 영국, 독일, 프랑스를 포함한 유럽 국가와 일본 등을 중심으로 활발하게 추진되고 있는 상황
  - 영국은 수소전략(Hydrogen Strategy)을 통하여 대규모 수소 생산 설비 및 수소 공급망을 구축하는 것을 목표로 하며 고효율 수소 제조설비 개발 중임
  - 독일의 경우 P2G 장기로드맵 수립과 예산 확대를 통하여 P2G 관련 기술개발의 가속화를 추진 중임
  - 프랑스의 경우 재생에너지 간헐성 및 수요-공급 불일치 등의 문제에 대한 기술적 해결방안으로 P2G에 주목하고 있으며, 이를 구현하기 위하여 산업용 P2G 기술 실증 프로젝트인「Jupiter1000」을 추진

1) 산업통상자원부, 2021

– 일본의 경우 단순히 재생에너지를 활용한 P2G 그린수소 생산을 목표로 하는 것에서 한발 나아가 열시스템과의 연계를 통한 고부가가치 기술 모델을 개발 중

- 국외의 경우 주요국들은 청정에너지 전환에 앞장서기 위해 그린수소 생산 기술 개발 및 실증 관련하여 다양한 P2G 프로젝트가 추진되고 있음
- 국내의 경우 수전해 장치 및 메탄화반응기 등의 비용절감에 따른 그린수소 생산 방식의 경제성 확보가 필요하며, 다양한 해외 P2G 프로젝트의 벤치마킹과 더불어 국내 전력 계통상황에 맞는 현실적인 수소경제 대응 방안 수립이 필요

키워드

- 재생에너지(Renewable Energy), P2G(Power to Gas), 탄소중립(Carbon Neutral), 그린수소(Green Hydrogen)

분석 개요

분석 배경

- 2050 탄소중립 달성을 위하여 에너지 부문에서 나아가야 할 구체적인 전략 방향성 수립 필요
- 화석에너지원을 발전원으로 한 기존의 발전방식으로부터 신재생에너지원 기반의 발전 비중을 높여나가는 에너지 전환이 요구됨
- 이에 효과적인 에너지 전환을 위하여 에너지 산업 내에서 발생하고 있는 주요 이슈 발굴
  – 신재생에너지 간헐성 문제
  – 전력계통 한계 및 출력제한 문제
  – 에너지 저장 장치(ESS)의 한계 및 안전성 문제
- 앞서 언급된 에너지 분야의 주요 이슈들은 단일기술로는 해결하기에는 어려움이 있으며, 선진국들은 이미 P2G 및 다양한 기후기술이 연계된 융·복합 R&D 개발 및 적용을 추진하고 있음
- 또한 향후 수전해 기술의 발전과 재생에너지 발전단가 하락에 따라 그린 수소의 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상되는 만큼[2], P2G 시장의 대폭 성장에 대응하기 위하여 국내 상황에 맞는 신속한 준비가 필요

분석 목적 및 범위

- (분석 목적) 2050 탄소중립 실현과 신재생에너지 보급·확산에 따른 에너지 분야의 다양한 이슈들을 해결하기 위한 문제 해결 방안 모색
- (분석 방법) 국내의 경우 P2G 기술에 관한 연구 및 실증 경험이 부족한 실정으로 해외의 P2G 기술 동향 및 실증 사례 분석을 통하여 국내 P2G 기술의 적용 및 확산에 대한 구체적인 방향성 제고

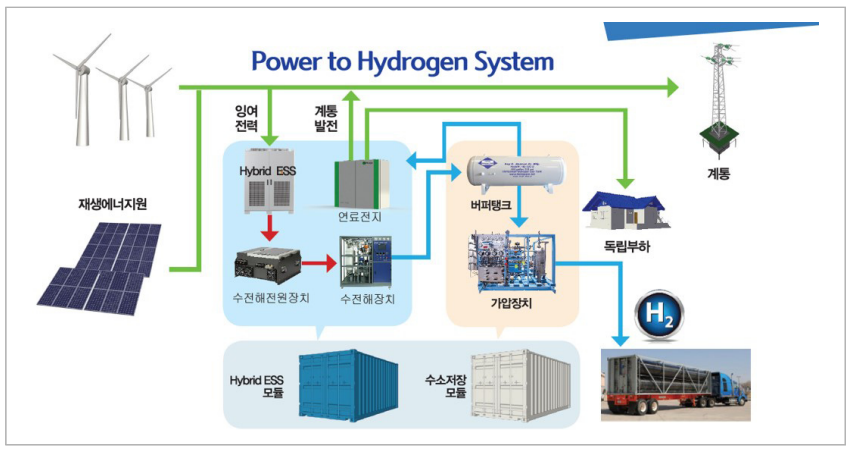
2) 에너지경제연구원, 세계 수소 수급 현황 및 미래 수소공급 잠재력 변화·대응, 2021

기술 정의

P2G 기술 정의 및 개념

- 잉여 재생에너지를 다른 형태의 연료 및 에너지로 저장하는 P2X(Power to X) 방식 중, 에너지가 전환 및 저장되는 형태가 가스(주로 수소 및 메탄가스)인 경우를 P2G라 통칭함
- P2G는 전력계통에서 수용하기 어려운 태양광 발전 및 풍력 발전 등의 출력을 활용하여 물을 전기분해하는 과정을 통해 수소를 생산하거나 활용하는 것을 의미

그림 1 재생에너지 발전 전력의 수소화 과정 및 P2G 시스템 도식화



출처: 한국중부발전(주), 2022

- 전력계통이 포화상태가 아닌 경우에는 태양광 및 풍력 발전으로 인한 전력을 계통으로 송전하지만, 전력계통 포화상태의 경우에는 P2G 기술을 활용하여 수소 또는 메탄을 생산하여 연료전지·가스터빈·수송연료 등으로 사용함

표 1 P2G와 ESS의 비교 및 특징

구분	P2G	ESS	비고
저장형태	전력→연료	전력↔전력	P2G는 CO_2 재사용 가능
기능 및 역할	신재생 출력 안정화 (송전제약 해소)	신재생 출력 안정화 (주파수, 예비력)	P2G : 단방향 ESS : 양방향(충·방전)
설비용량(MW)	0.01 ~ 1,000	0.1 ~ 20	P2G : 대용량 가능 ESS: 소용량으로 한정
효율	60 ~ 70%	85 ~ 95%	P2G 효율은 CH_4 생산 기준

출처: 한국에너지공단(2017)

- ESS는 전력 형태를 그대로 저장하는 반면, P2G는 전력을 고밀도 기체의 형태로 저장할 수 있으므로 설비용량 측면에서 유리하지만, 현재 국내 기술 수준을 기준으로 비교하면 에너지 효율적인 측면에서는 ESS 대비 불리한 실정
- 태양광 및 풍력 발전 등의 신재생에너지 보급의 확대에 따라 발생하는 출력 변동성/간헐성, 수요-공급간 불일치, 송배전의 제약 등의 문제 해결과 열·수송 등에 활용이 가능하다는 유연성이 장점

- 경제성 측면에서 보면 CCS를 결합한 천연가스 기반의 개질수소* 생산 방식, CCS를 결합한 석탄 가스화 공정 수소 생산 방식, 태양광·풍력 등 재생에너지를 통한 그린수소 생산 방식 순으로 생산 비용이 높으므로[3] 그린수소 생산의 경제성 확보 필요

* 개질수소((改質水素, reformed hydrogen)는 천연가스의 주요성분인 CH_4를 역으로 전기분해하여 생산하는 수소를 의미

- P2G 기술의 핵심인 수전해 기술은 AEL(알카라인), PEM(고분자전해질), SOEL(고체산화물)로 구분되며 각 특징은 다음과 같음
  - (AEL) 알카리 용액을 전해질로 사용하는 수전해 기술로 현재 상용화된 대부분의 수전해 시설에 적용하고 있지만, 생산된 수소의 순도가 비교적 낮고 수전해기 가동에 긴 시간 소요
  - (PEM) 고분자 전해질막을 전해질로 하는 수전해 기술로 스택의 크기가 작아 설비의 소형화가 가능하지만 AEL 대비 높은 비용 문제 등으로 국내에서 상용화 초기 단계
  - (SOEL) 세라믹 등의 고체산화물을 전해질로 하는 수전해 기술로 전력 사용량이 적어 에너지 효율 측면에서 우수하지만 고온의 작동조건에 대한 내열성 소재 확보 필요

해외 P2G 실증 사례

영국

- (R&D) 영국 연구혁신기구[4](UKRI, UK Research and Innovation)는 영국의 7개 R&D 전담기관 중 하나인 공학·자연과학연구회(EPSRC, Engineering and Physical Sciences Research Council)를 통해 수소 기술과 대체에너지원에 대한 연구를 추진 중
  - 공학·자연과학연구회는 2004년부터 2020년 사이에 에너지 분야에 약 11억 파운드(한화 약 1조 7,321억 원)를 투자
  - 현재의 에너지 인프라에 수소생산 시스템을 통합하여 수소-재생에너지-전체 에너지시스템을 연계한 대규모 수소 생산 시스템 구축을 목표로 함
  - 영국은 강력한 가스 기반 시설을 가지고 있으며 이를 활용한 수소 에너지 분야 연구가 활발히 진행 중

- (실증) 영국 기업에너지산업전략부[5](BEIS, Department for Business, Energy & Industrial Strategy)에서 주관하는 넷제로 혁신 포트폴리오(Net Zero Innovation Portfolio)를 통하여 저탄소 기술 및 시스템 상용화를 추진하기 위해 10대 중점 영역에 「저탄소 수소」를 포함
  - 저탄소 수소 개발을 위한 수소전략(Hydrogen Strategy)을 발표하여 2030년까지 10GW급 규모의 수소 생산 설비를 확보하는 것을 목표로 함
  - BEIS가 지원하는 투자기금으로 추진되는 실증사업으로는 ODE[6]가 추진하고 있는 ERM Dolphyn[7] 프로젝트가 있으며, 해당 사업을 통해 영국 해역에 수전해 설비를 적용한 10MW급 규모의 부유식 해상풍력발전 시스템을 구축

3) 에너지경제연구원, 수전해 기술고도화를 위한 주요국 정책 현황 및 시사점, 2021
4) https://www.ukri.org/
5) https://www.gov.uk/
6) https://www.ode-ltd.co.uk/
7) https://ermdolphyn.erm.com/p/1

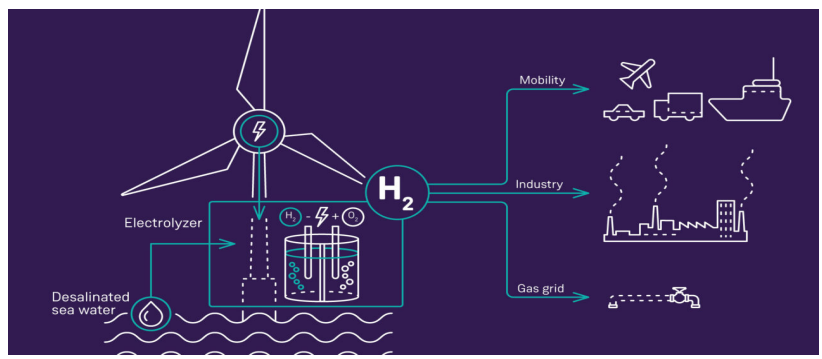
• (소결) 영국 정부는 2050 Net Zero 달성을 위한 'Net Zero Research and Innovation Framework'를 통해 ① 10MW 규모의 수전해 설비를 통한 그린수소 생산, ② 수전해 설비의 지속적 개발로 비용과 효율성을 보완한 수소 제조 방식 개발, ③ 수소 생산-수요 일치를 위한 공급망 개발과 더 넓은 에너지 시스템으로 안전한 통합을 위한 연구 등의 도전과제를 제시

독일

• (R&D) 독일 연방교육연구부[8](BMBF)의 '수소공화국 독일(Wasserstoffrepublik Deutschland)' 공모전을 통해 수소기술 혁신 3대 프로젝트가 선정되었으며, 그 중 H2MARE는 지역 전력망에 연결하지 않고 해상에서 그린수소 및 수소 제품을 생산하는 P2G 프로젝트

- 독일의 경우 풍력터빈 한 개가 발전할 수 있는 발전량은 육상에서 약 3.5MW, 해상에서 약 5MW인 것으로 평가
- 따라서 발전 효율성 측면에서 해상풍력에 집중하고 있으며 지역 전력망에 연결하는 대신 풍력터빈을 직접 수전해 장치에 연결함으로써 비용 절감 효과를 가질 것으로 예상됨
- H_2MARE 프로젝트는 OffgridWind, H_2Wind, PtX-Wind 및 TransferWind의 4개의 세부 프로젝트로 구성되며 각 세부 프로젝트는 수전해 장치와 터빈 통합을 위한 기술 개발, 수소 저장 및 수송, 시뮬레이션 등의 역할 등을 수행

그림 2 H_2MARE 실증사업의 개념도



출처: BMBF, 2022

• (실증) Uniper 시범 시설은 독일 에너지청(DENA)이 발급하는 바이오가스 원재료 보증서에 따라 수소를 천연가스 배관망에 직접 주입하는 실증[9], 베를린-브란덴브르그 국제공항의 수소충전소 재생에너지 활용 실증, Mainz Energie Park의 8.4MW급 규모의 풍력과 연계한 P2G 프로젝트와 12개 모듈을 연계한 6.0MW 규모의 H2Future 프로그램 등을 통한 실증[10] 등을 추진

8) https://www.bmbf.de/bmbf/en/home/home_node.html
9) https://www.certifhy.eu/
10) 한국에너지기술연구원, 그린수소 생산을 위한 수전해 기술개발 동향, 2022

• (소결) 독일은 북독일 지역 인근의 북해에 집중되어 있는 해상풍력단지를 활용하여 생산한 그린수소를 독일 서부 및 남부에 위치한 대규모 도시에 연계하여 공급하는 계획을 추진 중에 있으며[11], 수소 경제 활성화 및 그리드의 안정성 등을 고려한 P2X* 기술 활용 방안 필요

* Power to X의 약자로 전력을 다른 형태의 에너지로 변환하는 기술로 P2L(Power to Liquid), P2C(Power to Chemicals), P2H(Power to Heat) 등을 포함

프랑스

• (R&D) 생태전환청[12](Agence de la transition écologique)을 중심으로 수소 분야 요소기술개발 및 실증을 추진 중

– 새로이 출범한 '수소 기술벽돌 및 실증(Briques technologiques et démonstrateurs hydrogène)을 통해 혁신적 부품 및 시스템, 산업 실증, 새로운 차량의 디자인 및 실증, 대규모 수전해 실증 등 4개 분야에 대한 공모를 진행 중

• (실증) 프랑스 최초의 산업용 P2G 기술 실증단지인 Jupiter1000[13]

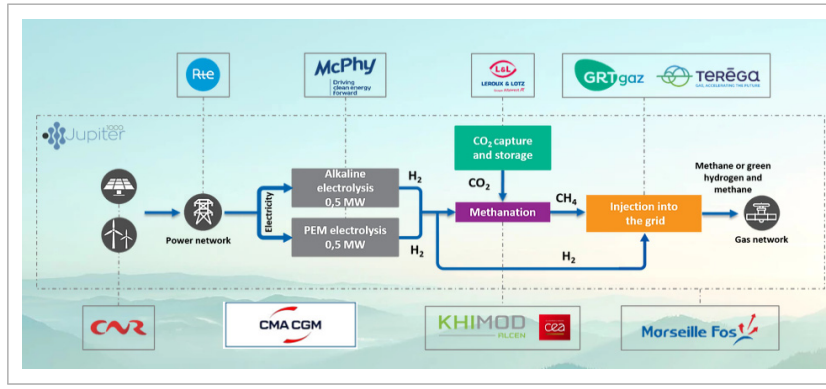
– 2014년 최초로 프로젝트 기획 후 착공 과정을 거쳐 2018년부터 공식적으로 프로젝트가 시작되었으며 2023년까지 약 3,000만 유로를 투입하여 진행될 예정

– 2050년까지 Jupiter1000의 P2G 시스템으로 인해 연간 약 12억m3(전력환산시 약 15TWh)에 해당하는 가스 생산이 가능할 것으로 예상됨

– Jupiter1000 프로젝트의 실증단지에서는 태양광 및 풍력 발전을 통해 생산된 전력을 0.5MW AEL 전해조와 0.5MW PEM 전해조로 구성된 1MW급 설비를 통해 그린수소를 생산

– Jupiter1000의 P2G 시스템으로 생산된 그린 수소는 천연가스 공급의 탈탄소화를 위해 두 가지 방식으로 사용되는데 ① 수소가 가스 기반시설로 직접 공급되어 수소와 천연가스의 혼합물을 생성하고, ② 수소를 합성 메탄으로 변환하여 포집된 CO_2와 반응함

그림 3 Jupiter1000 실증사업의 추진체계



출처: GRTgaz, 2022

11) https://www.hybridge.net/
12) https://www.ademe.fr/
13) https://www.jupiter1000.eu/

- 다양한 분야의 기업이 참여하고 있는 점이 특색으로 프로젝트를 총괄하는 기관은 천연가스 공급 사업자인 GRTgaz이며, 각 공정단계-재생에너지 발전(CNR), 송전망(RTE), 수전해 기술(McPhy), 메탄화(L&L, KHIMOD, CEA) 및 가스공급망(GRTgaz, Terega) 등의 총 9개 기업/기관들이 참여

• (소결) 대용량 수전해 기술 확보를 위한 기술개발 및 실증을 진행함과 동시에 메타네이션을 통해 실제 가스공급망으로의 적용을 가속화하고 있는 상태

- 최근 실증 과정에서 선박 컨테이너 회사 등이 참여하고 있어, 국내 가스공급망 뿐만 아니라 생산된 수소 및 메탄가스의 수출입을 지원하기 위한 기반 형성에 대한 노력을 병행

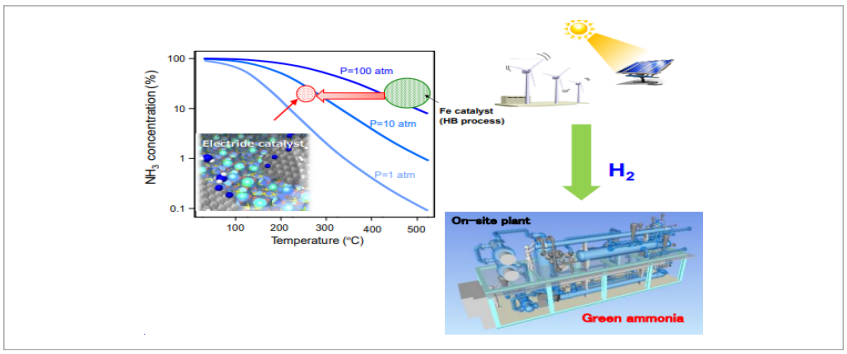
일본

• (R&D) 종래의 R&D 연장선이 아닌 혁신기술 확보를 지향하는 미래사회창조사업*을 통해 P2X 관련 핵심요소기술 개발 추진 중

* 문부과학성이 주관하는 기초-원천연구개발지원사업으로, '게임체인징 테크놀로지에 의한 저탄소사회의 실현' 영역의 일환으로 추진 중

- 특이전자계 촉매에 의한 온사이트형 그린암모니아 공정 구축 및 요소유도체 합성을 위해 보다 저온·저압상태에서 작동가능한 새로운 촉매 확보에 주력[14)]

그림 4 그린암모니아 및 요소와 그 유도체합성을 위한 특이전자계 촉매 개발 개념도



출처: JST 미래사회창조사업 홈페이지

• (실증) 야마나시현 등 신재생에너지자원이 풍부한 지자체와 기업을 연계*하여 PEM 수전해형 P2G 기술과 그린 열에너지 공급시스템을 통합한 토탈 패키지 개발 및 실증을 추진 중[15)]

* 야마나시현, 도레이, TEPCO 등의 합작으로 일본 최초 P2G 전문기업인 YHC(Yamanashi Hydrogen Company, Inc.)를 설립(자본금 2억 엔 규모)

- 시장진출 가능성이 높은 모델의 조기 구축 및 확산을 통해 시장지배력 형성을 목표로 하며, 수전해장치 대형화·모듈화 기술개발, 우수한 신규 부품소재 장치로의 실증기술개발, 열수요 및 산업 프로세스 등의 탈탄소화 실증 등 3개 연구개발 영역으로 구성

14) https://www.jst.go.jp/mirai/jp/uploads/saitaku2021/JPMJMI21E9_summary.pdf
15) 山梨県(2020). 事業戦略ビジョン METI モニタリング資料, 第9回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ(2022.6.23.) 資料7, 経済産業省.

- 압축기 운전, 신형 고압용기 규제 등 수소 수송 관련 규제 완화조치에 대한 내용을 포함

• (소결) 일찍부터 수소경제 관련 핵심기술 확보에 주력해왔던 일본은 실질적으로 해외 시장을 공략할 수 있는 유력한 융·복합 기술모델을 개발·실증하는 단계에 도달

- 단순한 재생에너지→수소 생산효율 증대에 그치지 않고 열에너지 시스템과의 연계를 통해 부가가치가 높은 기술 모델을 개발하고, 지자체와의 협력하에 실질적인 트랙 레코드 구축을 추진 중
- 아울러 고효율 촉매 등 재료 관련 핵심요소기술 확보에 대한 노력도 늦추지 않아, 수소 분야의 소·부·장 지배력을 강화·유지하고자 하는 의도로 해석됨

국내 P2G 실증 사례

국내

• 우리나라는 기후환경연구개발사업 시행계획에 따라 총 9개의 R&D 사업을 지원하며, 그 중 수소기술과 관련된 사업으로는 미래수소원천기술개발 사업과 수소에너지혁신기술개발 사업이 포함됨

• (R&D) ① 미래수소원천기술개발의 세부 기술 중 P2G와 관련된 분야로는 그린수소 생산을 위한 프로톤 기반 고효율 중온 수전해(PCEC) 수소 생산 기술 개발이며, 2025년까지 숏스택(3단) 효율 검증 및 2030년까지 50kWh/kg.H_2 규모의 수소생산 설비 구축을 목표로 함 ② 수소에너지혁신기술개발의 차세대 수소 혁신기술 개발의 일환으로써 알칼라인 수전해 핵심기술개발 과제 및 고분자전해질(PEM) 수전해 핵심원천기술개발 과제를 추진 중

• (실증) 산업통상자원부에 따르면 에너지기술개발사업의 일환으로 '재생에너지기반 알카라인 수전해 장치 고안전성 확보를 위한 핵심 기술 개발' 및 '고분자 전해질(PEM) 수전해 핵심원천기술 개발' 등의 P2G 기술 관련 과제 추진 중

표 2 국내 주요 P2G 기반 그린수소 생산 관련 실증사업 사례

사업장 명칭	발전규모(kW)	P2G 실증사업 주요 내용
제주 상명풍력단지 기반의 그린수소 생산	21,000	- 풍력(21MW), ESS(7.32MWh), 미활용 풍력 잉여전력을 활용한 수전해 그린수소(500kW급) 생산 P2G(Power to Gas) 사업
재생에너지기반 그린수소 생산	100,000	- 부유식 해상풍력 풍력 발전을 연계·활용하여 2025년까지 100MW급 그린수소 실증설비를 구축하는 1단계 사업 추진
동해 태양광 연계 그린수소 생산	7,400	- 2019년 시작되어 2022년 4월까지 수소생산과 저장기술 개발을 마치고 2023년까지 실증 예정 - 태양광(3.2MW)을 기반으로 한 그린수소 생산의 첫 사례
동해 해상풍력 그린수소 사업	6,000,000	- 풍력발전 기반 2MW급 그린수소 생산 실증사업을 마치고 2035년까지 6GW급 세계 최대 부유식 해상풍력단지와 연계하여 2단계로 2030년까지 1.2GW급 대규모 그린수소 생산플랜트 가동 예정
강원도 풍력발전소 기반의 그린수소 생산	그린수소 290t/year	- 연간 290톤 규모의 그린수소를 생산할 수 있는 수전해시설과 수소충전소 구축(P2G)하고 2022년 하반기부터 상업운전을 목표로 총 300억원 투자
제주 행원 재생애너지 연계 그린수소 생산	그린수소 200kg/day	- 풍력발전 기반 3MW급 수전해시스템을 구축하여 일 200kg의 그린수소를 생산하고 수소버스충전소, 20MWh ESS, 전기차충전소 설치 및 운영
제주 동북·북촌 풍력단지 연계 그린수소 실증	10,000	- 풍력발전을 기반 10MW급 수전해시스템을 구축하여 연 1,200톤 그린수소를 생산 - 연구기간은 2022.4~2026.3(48개월)이며 연구비는 총 622억 원이 소요

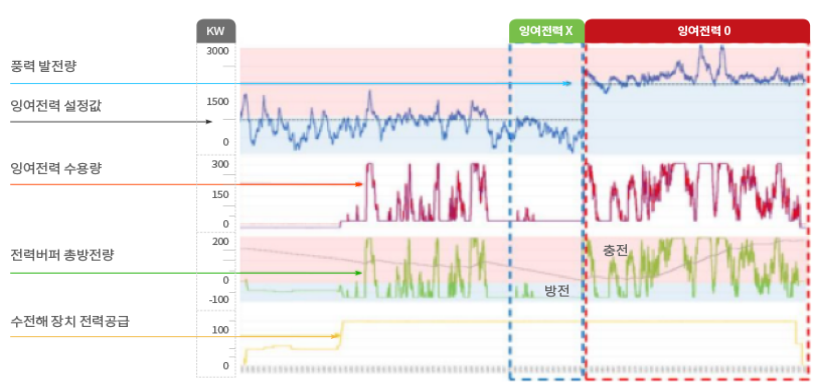
• 본 발간물에서는 국내 P2G 실증 현장(상명풍력단지 및 한국수력원자력 그린수소 실증연구센터)을 방문하여 현재 국내의 그린수소 생산 시스템 기술 수준 조사 및 실증단지 현장 운영현황 등을 파악하고자 하였음

• 제주 한림읍에 위치한 상명풍력단지는 국내 최초의 풍력 발전 시스템을 이용한 P2G 그린수소 생산 시스템

– 250kW급 알카라인 수전해 장치를 풍력 발전과 연계한 P2G 그린수소 생산 시스템으로 풍력 발전의 간헐성과 변동성 문제에 대응하기 위한 기술

그림 5 제주 상명풍력단지 발전기(좌) 및 그린수소 생산 시스템(우)

그림 6 그린수소 생산 및 풍력 미활용 전력 연계 운전 예시



출처: GPhilos, 2022

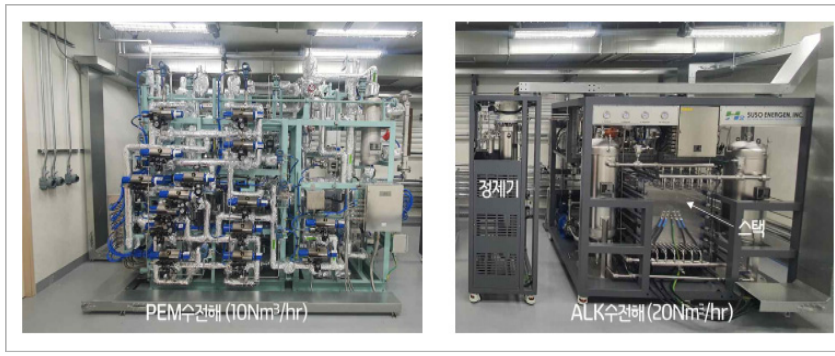
– 한국중부발전을 주축으로 지필로스, 수소에너젠 등 9개 기관이 참여하여 P2G 그린수소 기술 개발을 완료하였으며, 2020년 12월을 기준으로 설비 시운전 개시

• 한국수력원자력(주)의 수소융복합처는 2020년 그린수소 실증연구센터를 구축하여 수소생산-저장-활용 기술 및 전주기 연구시스템 운영을 통한 MW급 실증설비 개발을 추진

– (전력설비) 200kW 전력모사설비 및 ESS를 구성하여 태양광, 풍력 등 다양한 재생에너지원에 대한 수소 생산 시험 가능

- (수소생산) PEM/ALK 수전해 시스템을 구축하여 전력모사설비 또는 그리드 전력으로 수소를 생산

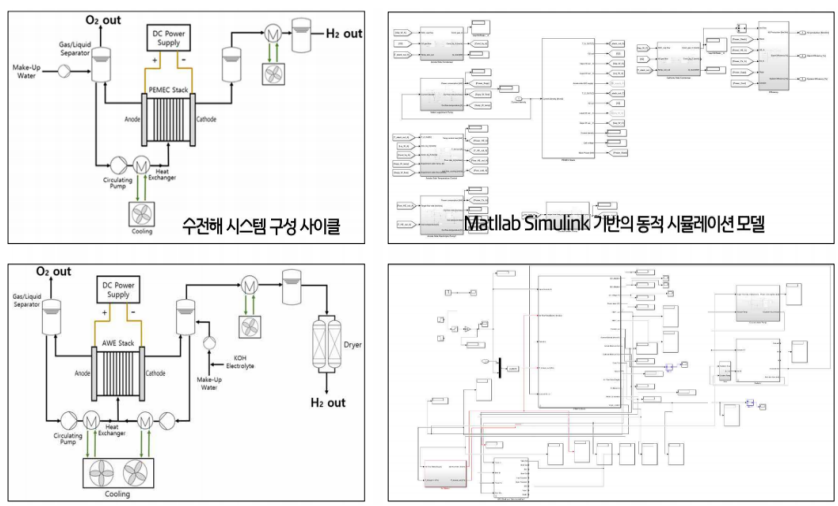
그림 7 그린수소 실증 단지 PEM(좌) 및 ALK(우) 수전해 설비



출처: 한국수력원자력(주), 2022

- (수소활용설비) 수전해 장치를 통해 생산된 그린수소를 버퍼 탱크(6m^3)에 저장 및 공급 → PEM 연료전지(50kW) 발전 → 로드뱅크(50kW)에서 전력 소산
- 통합제어장치를 통하여 그린수소 생산 및 연료전지 발전 현황 실시간 제어
- 동적 시뮬레이션 모델을 개발하여 실험 데이터를 활용한 모델 검증

그림 8 Matlab Simulink 기반의 동적 시뮬레이션 모델 개발



출처: 한국수력원자력(주), 2022

• 재생에너지 보급·확대에 따라 에너지 분야의 다양한 이슈가 발생하고 있으며, P2G 기술의 활용을 통해 신재생에너지 간헐성, 전력계통 한계 및 출력제한 문제, ESS의 안전성 문제 등 주요 에너지 분야 문제점 해소 가능

표 3 P2G 기술 활용을 통한 재생에너지 분야의 문제 해결

에너지 분야의 주요 이슈	P2G 기술을 활용한 주요 이슈 해결
신재생에너지 간헐성	– 신재생에너지의 간헐성에 따른 전력수급 불안정성을 해소하기 위하여 P2G 기반의 그린수소 생산저장 시스템이 적합 – 수요,공급의 차이에 따라 잉여전력을 활용한 P2G시스템 적용 및 저장된 수소를 활용한 연료전지 발전
전력계통 한계 및 출력제한	– P2G에서 생산된 그린수소는 에너지변동성 수용이 제한적인 중앙집중형 전력망을 대신하여 분산형 주요 에너지원으로 활용 – 수소의 장기저장 및 이송이 용이하여 기존의 화석연료 저장·운송 인프라 활용 가능 – 재생에너지 출력제한 및 제어문제 해결
ESS 한계 및 안전성	– 기존 ESS 저장장치의 배터리를 그린수소 및 수소연료전지로 대체함으로써 화재문제 및 에너지 손실 문제 해결 – 신재생에너지 발전용량이 증가함에 따라 에너지 저장용량 확대가 필요 – 배터리시스템과 비교하여 P2G 저장이 장기저장과 대용량 저장에 이점

결론 및 시사점

- 세계 주요국은 각 국가 차원에서의 수소 관련 로드맵과 수소 관련 정책·전략을 수립하여 수소경제로의 전환을 가속화 중임
- 각국의 기후위기 대응과 탄소중립 실현을 위한 목표를 살펴보면 수소경제로 가기 위한 중·장기 대응 전략을 수립하여 발 빠르게 추진 중이며, 특히 신재생에너지를 활용한 그린수소 생산 방식인 P2G 기술의 개발과 상용화를 에너지 전환의 핵심 과제로 인식하고 있음
- 우리나라는 그린수소 원천기술 개발과 실증에 대한 투자 규모가 독일·일본 등 주요국들 대비 적었으나, 정부는 2021년「제1차 수소경제 이행 기본계획」수립을 통하여 효과적인 수소경제 이행을 위한 수전해 설비 투자 확대를 추진하겠다고 밝힘
- P2G 기술의 활성화 및 그린수소 생산비용의 하락을 통하여 수전해 기술을 활용한 수소 생산이 보급·확대될 수 있는 선순환 구조가 만들어져야 함
- 국내의 경우 현재 P2G 기술 수준을 고려했을 때 P2G 설비를 통한 그린수소 생산 방식은 기존의 그레이수소(개질수소)에 비해 경제성이 낮으며, 수전해 장치 및 메탄화반응기 비용과 발전단가의 절감 등을 통한 경제성 보완이 필요함
- 주요국들의 P2G 실증사업 및 기술 동향 분석을 통한 벤치마킹과 더불어 국내 전력 계통의 현 상황을 충분히 고려한 재생에너지 확대·보급, 그린수소 생산 기술 개발을 통한 수소경제 대응 방안 수립이 필요
- 재생에너지의 잉여전력과 수전해 설비를 활용하여 탄소를 배출하지 않는 수소 생산 방식이 이상적인 그린수소 생산 방식이지만, 국내 실증단계에 있는 P2G 시스템을 기준으로 수전해 설비의 즉각적인 on/off 가동에 어려움이 있으므로 재생에너지 잉여전력에 대한 탄력적인 대응이 어려운 실정
  - PEM 방식은 알카라인 수전해 방식에 비해 가동에 소요되는 시간이 짧아 부하 대응능력이 비교적 높고 안정적이지만, 재생에너지 간헐성을 더 효과적으로 보완하기 위해서는 당분간 P2G-ESS 연계를 활용한 잉여전력 활용 방안을 모색할 필요

Reference

1) 산업통상자원부, 제1차 수소경제 이행 기본계획, 2021
2) 에너지경제연구원, 세계 수소 수급 현황 및 미래 수소공급 잠재력 변화·대응, 2021
3) 에너지경제연구원, 수전해 기술고도화를 위한 주요국 정책 현황 및 시사점, 2021
4) UK Research and Innovation(UKRI), https://www.ukri.org/
5) Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), https://www.gov.uk/
6) ODE, https://www.ode-ltd.co.uk/
7) ERM Dolphyn, https://ermdolphyn.erm.com/p/1
8) Federal Ministry of Education and Research, Germany (BMBF), https://www.bmbf.de/bmbf/en/home/home_node.html
9) CertifHy, https://www.certifhy.eu/
10) 한국에너지기술연구원, 그린수소 생산을 위한 수전해 기술개발 동향, 2022
11) Hybridge, https://www.hybridge.net/
12) Agence de la transition écologique, https://www.ademe.fr/
13) JUPITER 1000, https://www.jupiter1000.eu/
14) https://www.jst.go.jp/mirai/jp/uploads/saitaku2021/JPMJMI21E9_summary.pdf
15) 山梨県(2020). 事業戦略ビジョン METI モニタリング資料, 第9回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ(2022.6.23.) 資料7, 経済産業省.

본 내용은 녹색기술센터(GTC) 기술총괄부의 "부서원의 기술전문성 강화를 위한 연구현장 방문"의 일환으로 주요사업(F2230101) 참여원구원(신현우, 전은진, 오지현, 정현덕, 박상현, 조경주)이 한국중부발전, 한국수력원자력을 방문하여 정리한 것입니다.

GTC 녹색기술센터
GREEN TECHNOLOGY CENTER

04554 서울특별시 중구 퇴계로173
남산스퀘어 빌딩 17층
Tel. 02.3393.3900
Fax. 02.3393.3919~20
www.gtck.re.kr

* 본 GTC BRIEF의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 센터의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.