



세계 에너지시장 인사이드

제23-17호
2023.9.4.

세계 에너지시장 인사이트 홈페이지
<http://www.keei.re.kr/insight>

포커스

- 미국의 청정수소 개발 위한 3대 전략과 지원책
- 일본 도시가스부문의 탄소중립화 방법과 추진방향

주요단신

- 미 에너지부, 육상·해상·분산형 풍력시장에 대한 종합평가보고서 발표
- 미 에너지부, IRA·BIL 시행실적에 대한 경제·환경 영향분석 보고서 발행
- 미 IRA 및 반도체법 제정 이후 발표된 투자 규모가 총 2,240억 달러 초과
- EU 집행위원회, 2026년 CBAM 본격 도입 전 전환기간 동안의 이행규정 발표
- EU, 예정보다 두 달 이상 앞서 가스저장 목표치 도달
- 중국 NDRC, 풍력·태양광발전 설비 폐기물 재활용 촉진 정책 발표
- 일본 정부, 중요광물의 해외 도입물량 확보 움직임 확대



CONTENTS

제23-17호
2023.9.4.

포커스

- p. 3 미국의 청정수소 개발 위한 3대 전략과 지원책
- p. 25 일본 도시가스부문의 탄소중립화 방법과 추진방향

주요 단신

- 미주 p. 37
 - 미 에너지부, 육상·해상·분산형 풍력시장에 대한 종합평가보고서 발표
 - 미 에너지부, IRA·BIL 시행실적에 대한 경제·환경 영향분석 보고서 발행
 - 미 IRA 및 반도체법 제정 이후 발표된 투자 규모가 총 2,240억 달러 초과
 - 미, 전기자동차 보급은 급격히 증가하는 반면 충전소 구축은 부진
- 유럽 p. 44
 - EU 집행위원회, 2026년 CBAM 본격 도입 전 전환기간 동안의 이행규정 발표
 - EU, 예정보다 두 달 이상 앞서 가스저장 목표치 도달
 - 영국, 저탄소 전력 생산 및 재생에너지 투자 약속
 - 독일, 전력시스템 안정성 로드맵 발표 시점 연말까지 지연
- 중국 p. 50
 - 중국 NDRC, 풍력·태양광발전 설비 폐기물 재활용 촉진 정책 발표
 - 중국 정부, 수소에너지산업의 표준 분류체계 마련
 - 중국, 남아공과 일대일로 출범 10주년 맞아 에너지 및 녹색성장 부문에서 협력확대
 - 중국 기업, 미국의 중국 태양광 셀 동남아 우회수출 최종 판정에 따라 관련 제품 관세 납부
- 일본 p. 54
 - 일본 정부, 중요광물의 해외 도입물량 확보 움직임 확대
 - 일본, EV버스 보급 확대 위해 보조지원 강화
 - 일본 가스기업, 해외에서 합성메탄 생산·도입 사업 추진 검토



WORLD ENERGY MARKET

insight

포커스

미국의 청정수소 개발 위한 3대 전략과 지원책¹⁾

해외에너지동향분석실 정귀희 전문원(ghjung@keei.re.kr)

- ▶ 미국 정부는 수소가 자국의 넷제로 전환을 지원할 수 있는 포괄적 에너지 기술 포트폴리오의 일부분인 동시에 지역 자원 활용과 공정하고 지속가능한 성장을 가능하게 한다는 점을 인식하고, 청정수소의 생산·처리·수송·저장·이용을 가속화하기 위한 ‘국가 청정수소 전략 및 로드맵(U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’을 발표함.
- ▶ 미국에서 수소는 연간 약 1,000만 톤 생산되어 산업부문(석유정제, 암모니아, 화학 등)에서 사용되며, 석유나 비료 생산을 제외한 다른 최종 에너지 소비 부문의 수소 이용은 시작 단계에 있음. 현재 상업화 가능한 청정수소 기술은 제한적이나, 2030년대에는 여러 분야에서 청정수소를 새롭게 활용할 수 있을 것으로 보임.
- ▶ ‘국가 청정수소 전략과 로드맵’의 근간은 청정수소가 미국의 이익을 극대화하고 효과적인 탈탄소 도구로 개발·도입되도록 보장하는 3개 전략에 있으며, 해당 전략은 산업·수송·전력 등 고영향 부문에서 전략적인 청정수소 이용, 청정수소 단가 감축, 지역 네트워크에 집중 등임

1. 미국 정부의 기후목표와 수소산업 지원

- 미국 바이든 정부는 파리기후변화협정에 의거, 2030년 온실가스 배출량 20~52% 감축(2005년 대비), 2035년 발전부문 무배출 달성, 2050년 넷제로 달성 등의 도전적인 목표를 수립하였음.
 - 미 정부는 수소가 자국의 넷제로 전환을 지원할 수 있는 포괄적 에너지 기술 포트폴리오의 일부분인 동시에 지역 자원 활용과 공정하고 지속가능한 성장을 가능하게 한다는 점을 인식하고 있음.
- 2021년 6월, 미국 에너지부(Department of the Energy, DOE)는 청정수소의 시장 잠재력을 발굴하고자 향후 10년 내 청정수소 비용 80% 감축(\$1/1kg 수준)을 목표로 하는 ‘Hydrogen Energy Earthshot(Hydrogen Shot)’ 이니셔티브를 출범하였음.
 - Hydrogen Shot은 10년 안에 더욱 풍부하고 가격도 적정하며 안정적인 청정에너지 해법을 가속화하는 동시에 고임금 노조 일자리 창출과 경제성장을 목표로 하는 DOE의 Energy Earthshots Initiatives 중 첫 번째임.
- 2021년 11월 통과된 ‘초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law, BIL)’에 의거한 투자는 Hydrogen Shot 달성과 청정수소 시장 조성을 촉진할 것임.

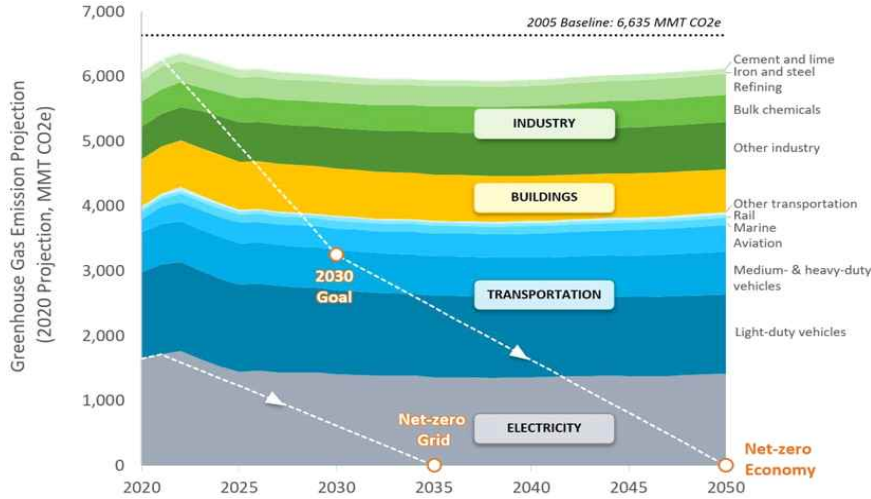
“미국은
2030년까지
청정수소 비용을
\$1/1kg로 감축하는
목표 수립”

1) 본 포커스는 미국 에너지부(Department of the Energy, DOE)가 2023년 6월 5일 발표한 ‘미국 국가 청정수소 전략과 로드맵(US National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’중 청정수소 전략을 중점적으로 소개하는 자료임.

“미 정부는 BIL과
IRA를 통해
청정수소 개발
지원”

- BIL에 포함된 사항은 ▲‘청정수소 전기분해 프로그램(Clean Hydrogen Electrolysis Program)’에 10억 달러 투입, ▲‘청정수소 제조 및 재활용 RDD&D 활동(Clean Hydrogen Manufacturing and Recycling RDD&D Activities)’에 5억 달러 할당, ▲‘지역 청정수소 허브(Regional Clean Hydrogen Hubs)’에 80억 달러 지원, ▲‘청정수소 생산기준(Clean Hydrogen Production Standard)’ 수립, ▲‘국가 청정수소 전략과 로드맵(National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’ 작성 등임.
- 2022년 8월 제정된 ‘인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)’은 미국의 청정수소 생산 촉진 유인으로 수소 생산세액공제(production tax credit, PTC)를 제공하며, 다음과 같은 추가 지원정책을 도입함.
 - 연료전지 전기자동차(fuel cell electric vehicles, FCEV) 등의 청정자동차 제조를 위한 제조 설비용 보조금과 대출
 - 산업 부문 수소 기술을 포함한 산업용 실증 프로젝트를 위한 지원금
 - 대기 오염이나 인류 발생적 온실가스 배출을 피하거나 저감, 활용, 격리하기 위해 에너지 인프라 개보수 또는 동력 재공급, 용도 변경, 대체 등에 대한 대출 제공
 - 수소 및 연료전지 제조설비에 대한 세액공제 (연료전지 자동차와 연료공급 인프라 포함, 경쟁 적용)
 - 지속가능한 항공연료 생산을 위한 세액공제 및 청정연료를 위한 기술 중립적 (technology-neutral) 세액공제(생산 과정에서 수소 공급원료(feedstock도 포함 가능)
 - 항만의 온실가스 배출 저감 위한 보조금(연료전지 보급 포함)
 - 청정대형자동차(FCEV 포함)를 위한 보조금
 - 이산화탄소 포집·활용·저장의 보급을 위한 인센티브
- DOE는 청정수소의 생산·처리·수송·저장·이용을 가속화하기 위한 ‘국가 청정수소 전략 및 로드맵(U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’을 발표함(2023.6.5.).
 - 미국 ‘국가 청정수소 전략과 로드맵’의 목표는 앞서 언급한 미국의 도전적인 기후 목표와 더불어 연방정부 기후투자 편익을 지역사회로 환원(40%, 소외층 대상)하는 Justice40 Initiative와도 일치함.

〈 미국의 순 온실가스 배출량 전망 〉



자료 : DOE(June 5, 2023), *U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap*

2. 수소 생산·이용 현황과 청정수소의 넷제로 지원 가능성

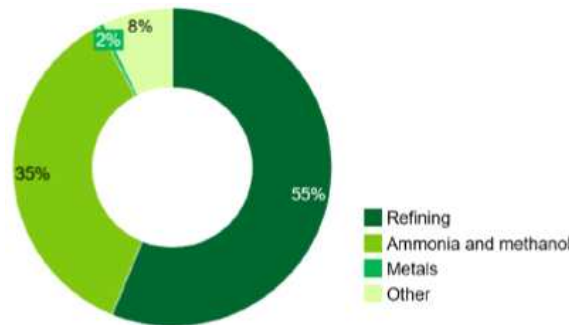
■ 수소 생산 및 이용 현황

○ 미국에서 수소는 연간 약 1,000만 톤 생산되어 산업 부문(석유정제, 암모니아, 화학 등)에서 사용됨. 세계 수소 생산량은 총 9,400만 톤에 달함.

– 수소 생산량 중 일부는 같은 설비에서 생산·이용되기 때문에 총 수소 소비가 다소 높을 수 있으며, 현재 미국에서 수소 생산 시에는 생산부터 출하까지 (well-to-gate) 연간 약 1억tCO₂e의 온실가스가 배출되고 있음.

“현재 미국에서
연간 약 1,000만
톤의 수소가
생산·소비”

〈 미국 산업부문의 용도별 수소 소비(최종) 비중 (2021년) 〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

– 이들 산업을 지원하기 위해 미국에는 현재 약 1,600마일의 수소 전용 파이프라인과 3개의 저장동굴이 있음.

· 여기에는 120만 가구에 일주일 간 충분한 전력을 공급할 수 있는 350GWh의 열에너지를 저장할 수 있는 세계 최대 동굴도 포함됨.

- 현재 석유나 비료 생산을 제외한 다른 최종 에너지 소비 부문의 수소 이용은 시작 단계에 있음.
- 그 예로는 5만 대 이상의 연료전지 지게차, 이미 영업 중인 약 50개소의 소매용 수소 충전소, 1만 5,000대 이상의 연료전지 자동차, 500MW 이상의 고정형 및 예비 전력용 연료전지 등이 있음.

○ 주요 프로젝트에 힘입어 미국이 수소보급 면에서 세계를 선도하고 있음.

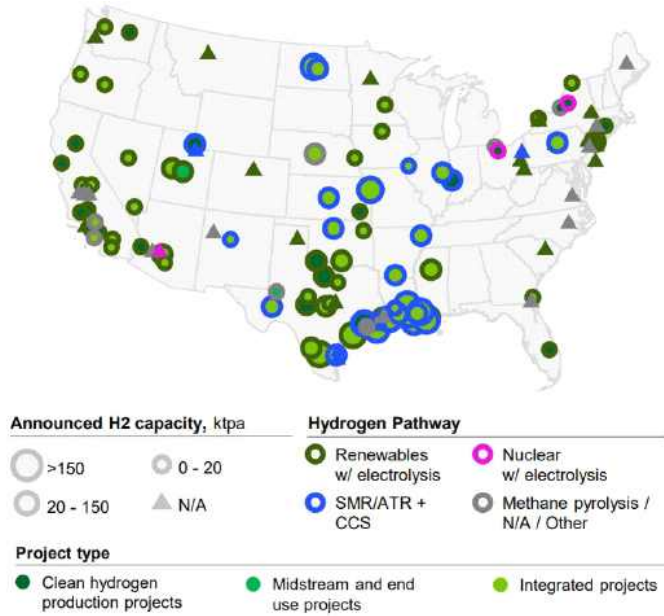
- 유타 주에 건설되고 있는 ‘산간 전력 프로젝트(Intermountain Power Project)’는 전해조를 통해 생산되는 수소와 천연가스 혼합물을 이용하게 될 840MW 규모의 발전설비를 포함할 것임.
- 루이지애나 주의 ‘청정에너지 단지(Clean Energy Complex)’는 지역 시장에 청정수소를 공급하고 해외로 수출하기 위해 포집율 95%의 CCS와 함께 메탄 개질을 이용할 것임.
- 연간 탄소 500만 톤 이상을 격리할 수 있는 해당 프로젝트는 세계 최대 탄소 포집 설비가 될 것임.
- 텍사스 주에서는 Air Products와 AES가 1.4GW의 풍력과 태양광 전력으로 가동되는 전해조를 이용해 하루 200톤 이상을 생산하는 수소 생산설비를 짓기 위해 협력하고 있음.
- 해당 프로젝트에서 생산되는 수소는 무탄소 연료에 대한 증가하는 수요를 충족할 것임.
- 뉴욕 주의 Plug Power는 수력을 이용해 하루에 수소 약 45톤을 생산하기 위해 120MW의 수전해 청정수소 생산설비를 건설하고 있으며, 해당 설비에서 생산된 수소는 대형트럭과 지게차 등에 이용되는 화석연료를 대체할 것임.

○ 미국의 여타 지역에서도 청정수소 프로젝트가 적극 추진되고, 신규 프로젝트 추진도 빠르게 증가하는 추세임.

- 발표된 모든 프로젝트가 2030년까지 운영에 들어간다면, 이들 프로젝트는 연간 1,200만 톤의 청정수소를 공급함으로써 DOE의 목표를 초과 달성할 것임.
- 그러나 이들 프로젝트 중 다수는 최종투자결정(final investment decision, FID)을 기다리고 있는 상황으로, 신뢰할 수 있는 장기 매매계약이 확보·체결되면, FID에 이르는 데 도움이 될 것임.

“미국의 여러 주에서 이미 다수의 청정수소 생산 프로젝트가 진행 중”

〈 미국의 청정수소 생산 프로젝트(2022년 말 기준)〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

■ 청정수소의 넷제로 지원 가능성

- 현재 상업화 가능한 청정수소 기술은 제한적이지만, 2030년대에 청정수소의 신규 적용은 대형 수송기기, 해양이나 항공 장치용 액체연료 생산, 제강 및 유리 제조 등 여러 분야에서 가능할 것임.
 - 전기화와 같은 고효율·저비용 선택지가 개발될 가능성이 낮은 부문에서 수소 보급을 우선시 하는 중요할 것임.
 - 에너지 기술 진보, 에너지시스템 탈탄소화 등으로 인해 새로운 수소 수요 발생이 가능하며, 무탄소 전력망이나 고정형 열·전력 생산(열병합 등)이 가능한 장주기 에너지 저장설비가 여기에 포함됨.
- 향후 청정수소 공급 증가는 저비용 공급 지역과 대규모 수요처를 연결하는 대형 유통 인프라 보급에 의해 촉진될 수 있음.
 - 지역 네트워크 형성은 전체 배출량, 탄력성, 자원, 지속가능성 등의 측면에서 수소가 가장 유익하게 이용될 수 있는 최적의 지역에 대한 합의를 바탕으로 할 것임.
 - 지역 네트워크에서 공동의 개방형 인프라 구축이 우선이 되면, 수송 및 저장 비용을 낮춤으로써 수소 공급가격의 하락을 유도할 수 있음.

“2030년대에는 다양한 분야에서 청정수소 이용이 가능할 것”

〈 현재 수소 수요와 신규 수소 수요 〉

	산업용 공급원료	수송	발전 및 에너지 저장	건물 및 수소 혼합
제한적인 현재 수요	<ul style="list-style-type: none"> 석유 정제 암모니아 메탄올 기타(식품, 화학물질 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 지게차와 기타 소개 처리 장비 버스 경량 자동차 	<ul style="list-style-type: none"> 분산형 발전: 1차 및 백업 전력 저장설비 및 다른 보조 서비스와 함께 재생에너지 전력을 전력망에 연결 	<ul style="list-style-type: none"> 제한된 지역에서 낮은 비율로 수소 혼합
잠재적인 신규 수요	<ul style="list-style-type: none"> 철강과 시멘트 제조 산업용 열 수소를 이용한 바이오/합성연료 	<ul style="list-style-type: none"> 중대형 자동차 철도 해운 항공 오프로드용 장비 (채광, 건설, 농업) 	<ul style="list-style-type: none"> 장주기 에너지 저장설비 저질소 수소 연소 직접/회수가능한 연료전지 CCS 연계 화석연료/폐기물/바이오매스 하이브리드 수소 	<ul style="list-style-type: none"> 제한적인 특정 지역에서 고·중 비율로 수소 혼합 연료전지, 열병합 등 전기화가 어렵거나 제한적인 선택지가 있는 건물이나 지역난방

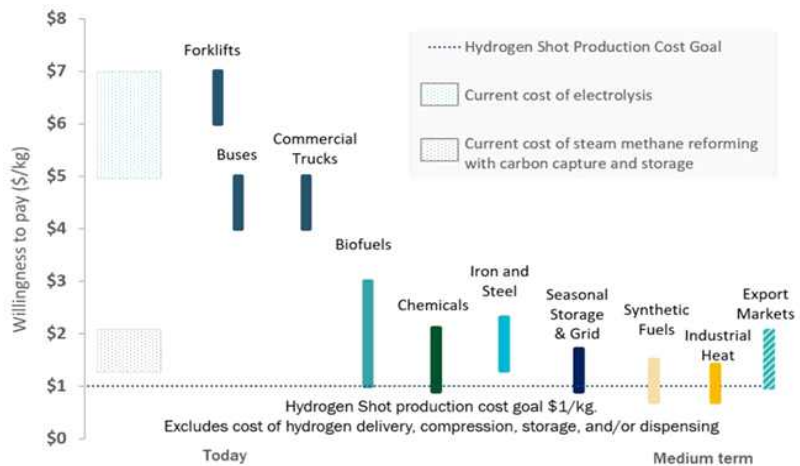
자료 : DOE(June 5, 2023)

“지속가능성을 위해서는 수소의 가격 경쟁력이 관건”

○ 지속가능한 시장 관점에서 수소는 경쟁연료 대비 가격경쟁력을 가져야 함. 수소의 가격경쟁력은 수소로 대체되는 연료와 공정의 특성에 의존함.

- 수소가 기존 연료(경유, 가스, 석탄 등)와 비교해 경쟁력을 갖게 되는 가격 범위 및 각 부문별 대규모 청정수소 보급이 이뤄질 것으로 예상되는 대략의 시기는 부문별로 다름.

〈 부분별 가격 경쟁력을 갖게 되는 범위 및 예상 대규모 보급 시기 〉

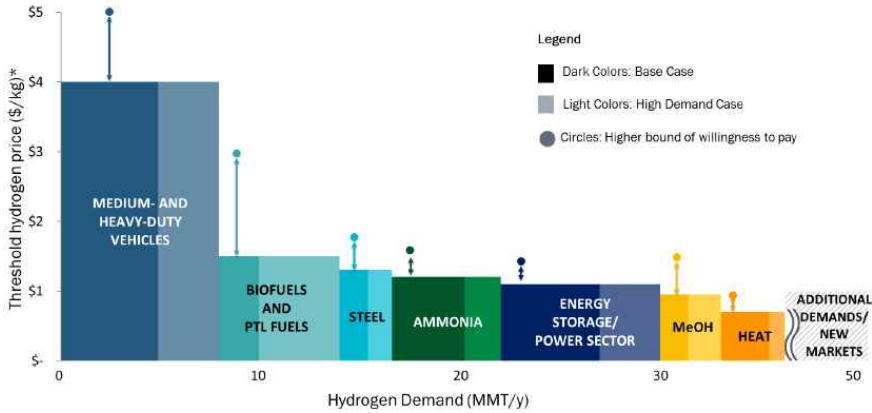


자료 : DOE(June 5, 2023)

- 청정수소가 임계비용(threshold cost)에서 이용 가능할 때에 각 부문별 예상 수요 시나리오를 보면, 생산·수송·압축·충전 수소 비용이 대략 \$5/kg일 때 연료 전지트럭 시장에서 조기 보급 가능함.

- 시나리오 분석에 따르면, 약 \$4/kg일 경우에 모든 중형 및 대형 연료전지 트럭의 10~14%로부터 연간 500만~800만 톤의 수요가 발생함.

〈 주요 부문의 잠재적 청정수소 수요 추정치 〉

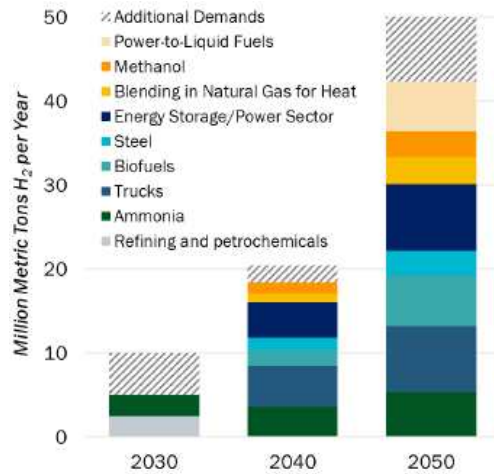


자료 : DOE(June 5, 2023)

- 수소의 해외 수출, 특수 화학물질, 석유정제 등 현재 수소 불확실성이 높은 시장과 미래 시장에서 추가적인 수소 수요가 발생할 수 있음. IRA의 일환으로 통과된 청정수소 PTC가 생산비용을 낮춰주고, 규모의 경제를 가속화시킬 것이며, 이는 더 많은 적용이 가능하도록 수소의 임계비용을 낮춰줄 것임.

“현재 불확실성이 높은 시장에서도 추가 수소 수요가 발생 가능”

〈 산업·수송·전력 부문 탈탄소화를 위한 청정수소 보급에 따른 수요 시나리오 〉



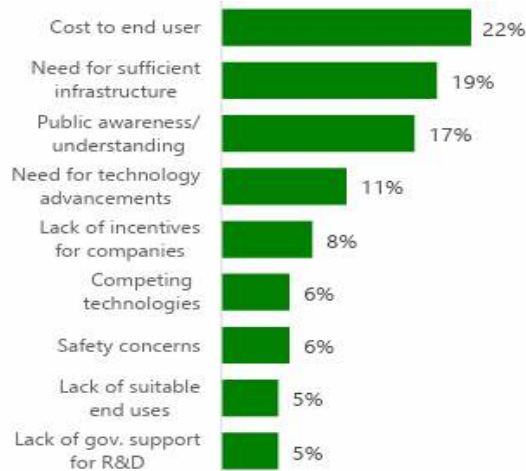
자료 : DOE(2023.6.5.), U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap

▣ 청정수소 활용을 위한 도전과제

- 이미 청정수소 기술 비용이 상당히 낮아지고, 여러 생산방식이 상업화되었으나, 부품과 통합 시스템(PEM 전해조 ~100MW 등)은 여전히 규모 확대와 상업적 보급의 초기 단계에 있으며, 청정수소 경제를 가속화하려면 몇몇 중요한 문제가 해소되어야 함.
- 수소 유통 인프라의 부족과 지역적 편재성, 대량제조능력 부족, 그리고 비용, 내구성, 안정성, 전체 밸류체인 전반의 공급기반에서 가용성 문제 등이 포함됨.

- Hydrogen Shot 목표 달성과 가격경쟁력 확보를 위해서는 저용량 PEM 전기분해를 이용한 수소생산 비용을 80% 감축해야 함.
- 수소 생산비용뿐만 아니라, 수소 수송(파이프라인, 튜브 트레일러, 액화, 부지, 허가, 소재 양립성 등)과 관련된 문제도 해소되어야 함.
- 수소의 효율적이고 안전한 저장과 수소를 가장 적합하게 이용할 수 있는 부분의 결정 역시 어려운 문제임.

〈 수소의 폭넓은 대중 수용과 시장 도입을 어렵게 하는 요소 〉



“수소 보급 확대
위해 비용, 인프라,
대중인식 제고 등
여러 문제 해소
필요”

* 2021년 9월 개최된 DOE의 Hydrogen Shot Summit에 참여한 이해관계자들의 응답을 바탕으로 작성.
자료 : DOE(June 5, 2023)

3. 청정수소 개발 위한 3대 전략

- ‘국가 청정수소 전략과 로드맵’의 근간은 청정수소가 미국의 이익을 극대화하고 효과적인 탈탄소 도구로 개발·도입되도록 보장하는 3개 전략에 있음.
 - 첫째, 탈탄소화가 특히 어려운 부문에서 정부의 혜택을 최대로 제공하기 위해서 청정수소 이용은 전략적으로 집중될 것임.
 - 청정수소 도입은 전기화 등의 대안적인 저비용 고효율 탈탄소 기술과 경쟁하기보다 대안이 부족한 동시에 규모 실현, 혜택 증대, 비용 저감 등을 위한 추진력을 높일 수 있는 산업부문에서의 최종 사용에 집중할 것임.
 - 둘째, 전기분해, CCS 연계 열 변환, 차세대 또는 하이브리드 생산 경로를 포함한 지속가능하고 공급 탄력적인 경로를 개발함으로써 미국은 청정수소 공급가격을 급격히 낮출 수 있음.
 - 보급 증대에 더해 미국의 혁신과 기업가 정신, 세계 수준의 국립연구소, 산업, 학계 설비 등의 활용은 10년 내에 비용의 급격한 감축과 규모 실현에 기여할 수 있음.

- 폐기물, 수자원, 기타 등 자원의 지역적 요인과 가용성 역시 청정수소 생산 확대 시 전략적으로 고려될 것임.
 - 셋째, 수송과 인프라 비용 감축 및 지역에 혜택을 제공하는 통합적인 생태계 조성을 위해 지역 네트워크, 인접 지역에서 수소생산과 최종사용 확대에 집중함으로써 전략적으로 규모가 달성될 수 있음.
- 이들 전략을 보완하기 위해 연방정부는 탄력적이고 지속가능하고 공정한 수소 경제를 향한 전진을 가속화하는 효율적인 “범정부(whole of government)” 접근법을 수립할 것임.

① [전략 1] 고영향 부문에서 전략적인 청정수소 이용

■ 산업부문

- 산업은 최대의 최종 에너지소비 부문으로, 전체 에너지 수요의 38%를 차지하며, 오늘날 산업부문에서 탄소 배출량의 50% 이상은 산업 공정용 열과 동력 생산을 위한 화석연료의 직접 연소로부터 발생함.
- 보통 저온 열 생산은 전기화가 가능하나, 산업에서 이용되는 열의 약 30%는 300°C 이상의 고온 열로서 화석연료를 사용하게 됨. 따라서 수소와 같은 청정연료 사용을 통한 탈탄소 노력이 필요할 가능성이 높음.
- (화학원료) 수소는 암모니아와 메탄을 생산에서 필수 공급원료로 이용되고 있음.
- 미국의 전통적인 암모니아와 메탄을 공장에서는 합성가스 생산을 위해 천연가스 개질을 이용함.
 - 청정수소(메탄 탈루배출의 저감과 함께 CCS 이용이나 전기분해 이용 등)로 가스 개질을 대체하면 두 화학물질의 생산 경로가 탈탄소화 될 수 있음.
 - 단기적으로 이들이 청정수소로 전환하는 첫 번째 부문이 될 수 있으며, 이를 통해 탄소 집약도가 높은 수소 생산 경로가 탄소 집약도가 낮은 경로로 전환될 수 있음.
 - 이 같은 전환의 일부는 기존 산업단지에서 공동 생산/매매를 통해 발생할 것이며, 규모가 확대되면서 중류부문 인프라에 대한 의존도가 감소될 수 있음.
 - 향후 이들 화학물질에서 청정수소 이용은 각 시장과 탈탄소 동인에 의해 대체로 좌우될 것임.
 - 현재 미국 내 암모니아 소비의 88%는 비료 생산에서 발생되며, 나머지 12%는 플라스틱, 폭발물, 합성섬유, 합성수지, 기타 화학물 생산에 이용되며, 향후에는 암모니아가 오프로드 차량용이나 발전용 연료로 이용될 수 있으나, 이들 개념은 아직 개발 초기 단계에 있음.

“산업 부문은 전체 에너지 수요의 38%를 차지”

- 현재 메탄올의 주 사용처는 포름알데히드, 아세트산, 플라스틱 등의 다른 화학물의 구성 요소로, 메탄올 시장 성장은 전체 화학물질 생산의 성장, 플라스틱 재활용률, 메탄올의 새로운 최종사용처 개발(연료나 수소 운반체로서 이용 등) 등에 달려 있음.

○ **(제강)** 철강은 가장 중요한 공학 및 건축 자재 중 하나이며, 현재 철강은 일반적으로 1차(철광석으로부터)인지 2차(재활용 조각으로부터)인지 여부에 따라 순산소 전로법(basic oxygen furnaces, BOF)이나 전기로(electric arc furnaces, EAF)를 이용해 생산됨.

- BOF에서는 용광로에서 코크스로 철광석을 환원하고 산소로 정련하며, EAF 경로에서는 재활용 철강 혼합물을 정련하기 위해 전력이 이용되는데, 철광석을 이용하는 BOF가 전 세계적으로 더욱 일반적이나, 미국 내 제련의 70%는 철강을 재활용하는 EAF를 이용함.
- 철광석 정련에서 환원제로서 코크스나 천연가스 대신 청정수소를 이용하면 1차 철강 생산 시 생애주기 배출량을 40~70% 저감할 수 있음.
- 해당부문의 탈탄소화를 위한 다른 접근법에는 직접전해법과 같은 장기적인 기술 혁신과 용광로 효율 개선 등의 단기 해법이 있음.
- 향후 청정 철광석으로 철강을 생산하는 시장은 탈탄소를 위한 인센티브, 수입산 대체를 위한 미국 내 생산과 더불어 새로운 철강 소비 수요를 창출하는 경제 성장에 의해 좌우될 것임.

“철광석 정련 시 청정수소를 활용하면 1차 철강 생산의 생애주기 배출량을 크게 감축 가능”

○ **(공정열)** 공정열(process heating)은 미국 제조 부문의 최대 에너지 소비원이며 화석연료 연소에 주로 의존함.

- 이 부문의 탈탄소 옵션으로는 전기화(특히 300℃ 이하의 저온 열), 저탄소 열원 이용(태양열이나 원자력 등), 가스와 수소 혼합물이나 순수 수소 이용(특히 고온을 요하는 경우에 적용) 등이 포함됨.
- 현재 300℃ 이하의 열을 소비하는 부문은 정제, 화학, 시멘트 제강, 유리 제조가 있음.
- 화석연료 연소의 낮은 비용 때문에 열과 전력 부문은 화학공정 대비 수소 비용을 지불할 의사가 낮고, 저비용으로 수소를 널리 이용 가능하거나 강력한 탈탄소 정책이 수립될 때나 청정수소를 대규모 적용할 것으로 예상됨.
- 해당 부문에서 수소 이용을 위해서는 수소가 인프라와 터빈 소재에 미치는 영향에 대한 이해 향상과 더불어 저질소 수소 연소 기술의 개발이 필요할 것임.

▣ 수송부문

- 수송부문은 2019년 미국 전체 온실가스 배출의 33%를 차지했으며, 수송부문 온실가스 배출의 51%는 경량 차량에서 발생함.
 - 산업부문은 주로 경량 차량의 배터리 전기화에 집중해왔으나, 수소와 연료전지는 긴 운행거리, 빠른 충전, 대규모 적재량을 요하는 부분에서 이용될 수 있음.
 - 수송부문에서 수소는 특히 빠른 연료 재공급을 요하는 대형 차량이나 장거리 수송 경로(500마일 이상), 다중 교대근무가 필요한 차량 등에서 고가치를 창출할 수 있음.
- **(중·대형 트럭과 버스)** 중·대형 차량은 미국 전역에서 제품 배송에서 차량 견인, 폐기물 수집 등에 이르는 다양한 용도로 이용되고 있으며, 수송부문에서의 온실가스 배출량의 약 20%를 차지함.
 - DOE와 다른 연방 기관은 안전하고 비용 효율적인 방법으로 트럭과 버스의 온실가스 배출량을 저감하기 위해 ‘21세기 트럭 파트너십(21st Century Truck Partnership, 21CTP)’을 통해 산업체와 국립연구원들과 노력하고 있음.
 - 배터리와 연료전지는 둘 다 21CTP의 중점 분야이며, 트럭부문의 탈탄소화에서 상호 보완적인 역할을 할 수 있음.
 - 특히 연료전지는 경유와 견줄 수 있는 고속충전과 500마일 이상의 긴 주행거리를 필요로 하는 대형 트럭과 같은 부문에서 도입 가능함.
 - 현재 최대 수소 소비처는 정제 산업으로, 수소는 원유를 정제할 때뿐만 아니라 유탄분을 제거할 때에도 이용됨.
 - 정제용 수소 공급의 탈탄소화는 단기 청정수소 수요를 제공하며, 이는 내연기관 자동차에서 소비되는 석유기반 연료 생산 시 배출되는 수송 부문 온실가스를 감축시킬 수 있음.
 - 장기적으로는 바이오디젤, 메탄올, 에탄올 등의 바이오기반 연료 생산을 위해 정제기술, 전문인력, 설비 등이 수소 수요를 창출할 수 있으며, 이들 연료는 전통적인 연료 자동차의 탈탄소화와 좌초자산 감축 등에 기여할 것임.
- **(해운과 항만)** 수소와 수소 운반체에 대한 새로운 사용기회가 해양산업에서 등장하고 있으며, 부두에서 적용, 내륙과 항만 선박, 여가용 선박 등이 이에 속함.
 - 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)의 신규 배출량 기준에 따라, 2020년부터 병커유의 황 함유량이 기존의 3.5%에서 0.5%로 제한되기 시작하였음.
 - 미국 및 EU의 특정 해안 지역을 포함하는 배출량제한지역(Emissions Control Areas)에서 운행되는 선박의 배출량 기준은 0.1%로 더욱 낮은 수준임.

“수송부문은
2019년 미국
온실가스 배출량의
33%를 차지”

“수소와 수소
운반체는 벙커유의
매력적인 대안이
될 수 있음”

- 더욱 강력해지는 규제 요건을 고려할 때, 수소와 수소 운반체(암모니아와 메탄올 등)가 벙커유의 매력적인 대안이 될 수 있음.

- 추가적으로 다양한 선박, 항만에서 운반트럭, 정박 시에 이용되는 전력과 카고 장비 등에 수소 이용은 탄소 및 다른 배출량을 감축할 수 있는 잠재력과 더불어 수소이용 확대를 위해 특정 지역에서 인프라를 개발할 수 있는 가능성을 제공한다.

○ **(항공)** 코로나19 대유행 이전에는 항공이 미국 수송부문 온실가스 배출량의 약 11%를 차지한 바 있음. 앞으로 항공 이용이 확대될 것을 감안해 관련 조치가 강화되어야 함.

- 전통적인 항공연료 대신 이용될 수 있는 바이오연료와 PTL연료 등의 SAF 보급은 항공 부문 탈탄소화에 필수적임.

○ **(철도)** 미국의 철도 시스템은 14만 노선 마일에 걸쳐 있으며, 주요 상품을 배송하고, 미국 전역으로 승객을 수송하며, 일자리 16만 7,000개 이상을 지원함.

- 철도는 수송 부문 배출량의 약 2%를 구성하는 데 그치지만, 전통적인 저비용 시스템과 낮은 경유 비용 때문에 탈탄소화가 어려움.

- 그러나 배터리나 수소뿐만 아니라 액체 연료(바이오연료 등)가 철도 부문의 완전한 탈탄소화에서 보완 역할을 할 수 있음.

■ 전력부문

○ 수소는 장주기 에너지 저장설비, 발전, 전력망 서비스 등을 위한 방법으로서 다양성을 충족시키며, 다른 부문에서도 공급원료로서 사용될 수 있음.

- 전력망이 탈탄소화 되면, 모든 부문에서 청정전력 이용이 확대될 수 있도록 장주기 에너지 저장설비 기술이 필요할 것이며, 연료전지나 저질소 터빈에서 수소 이용은 수일간 저장 및 전력망에서 급전 가능한 발전을 가능하게 하는 주요 옵션임.

- 고 전기화 비율 시나리오에서는 전력망에 변동적 재생에너지 통합 시에 안정적이고 급전 가능한 발전을 제공하기 위해 더 많은 청정수소와 다른 청정연료가 필요할 수 있음.

- 기존 및 신규 발전소에서 수소 혼소는 전력부문 배출량 감축에 기여할 것임.

○ **(예비전력과 정지형 발전)** 연료전지를 이용한 예비전력과 정지형(stationary) 발전은 기존에 경유 발전기를 대체해서 병원과 데이터 센터 등 상시 전력을 필요로 하는 주요 설비에 탄력성을 제공할 수 있음.

- 마이크로그리드와 통신타워와 같은 원격지에서 고정적이고 안정적인 전력이 필요한 시스템 역시 유망한 수소 수요처임.

- 예비전력 이용은 낮지만, 경유에서 청정수소로의 발전연료의 전환은 여전히 넷제로 경로에서 도움이 될 수 있음.

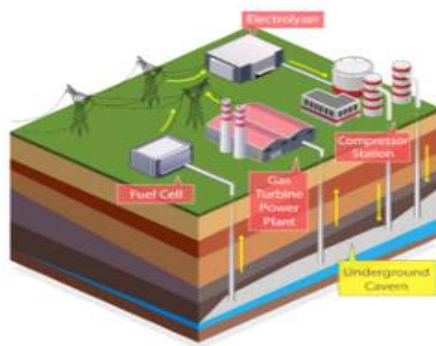
- 수소로 운영되는 연료전지는 배출량이 없고 소음은 낮지만, 경유 발전기보다 더욱 안정적이며, 특히 거주지역 지역에 위치하는 소외 지역사회에 보건 및 대기질 혜택을 제공함.

○ **(에너지 저장과 발전)** 전력망의 에너지 저장설비는 여러 다른 역할을 할 수 있으며, 전력사용시간 이동, 피크용량 발전, 송전선 증축수요 해소, 보조서비스 등이 여기에 포함됨.

- 현재 전력망의 에너지 저장설비는 12시간 이하로 전력을 방출할 수 있는 양수 발전이 장악하고 있으며, 리튬이온 배터리는 4시간 이하의 단기간 저장용으로 가장 빠르게 성장하는 에너지 저장방법임.
- 100% 청정 전력망으로 전환되면, 한 번에 수일 간 전력을 방출할 수 있는 장주기 에너지 저장 기술이 필요할 것임.

“전력부문에서 수소 활용이 유망한 부분으로 예비전력, 에너지 저장 등이 있음”

〈 수소 에너지 저장 시스템 〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

- 중·단기적으로 발전용 가스 터빈에 수소 혼소는 100% 수소 터빈으로의 전환을 촉진할 수 있으며, 이는 전력 시스템의 완전한 탈탄소화를 위해 필요할 것임.
- 최근 NextEra, Florida Power & Light, Intermountain Power 등 여러 산업 이해관계자가 수백만 MW의 터빈에 천연가스와 수소를 혼소하는 계획(급전 가능한 혼소를 포함)을 발표한 바 있음.
- 재생에너지, 원전, 고온 열원, 수소와 탄소 저장 인프라의 공동 위치 최적화는 각 시스템의 완전한 독립적 구축보다 환경, 경제, 지역사회에 미치는 영향을 줄이는 데 도움이 될 수 있음.

○ **(공공기관)** 공공기관은 초기 실증과 이후의 매대 수요 창출을 통해 민간부문 활용을 촉진할 수 있음.

- 예를 들어, 수소는 비상 시 연방 설비에 에너지와 물 탄력성 필요를 모두 제공할 수 있는 독특한 장점이 있음.
- 예비전력과 그리드용 주요 부하나 군사기지에서 실증은 kW급부터 MW급까지 다양한 수소연료전지를 이용할 수 있고, 신규 수소 수요도 창출할 수 있음.

“공공기관은 초기 실증과 매대 수요 창출을 통해 민간 부문에서 수소 활용 촉진 가능”

- 미국 정부의 구매력을 활용함으로써, 미국은 중대형 자동차 15만 대 이상과 건물 8,600개를 활용해 시장 수익이록을 촉진할 수 있음.

② [전략 2] 청정수소 생산단가 감축

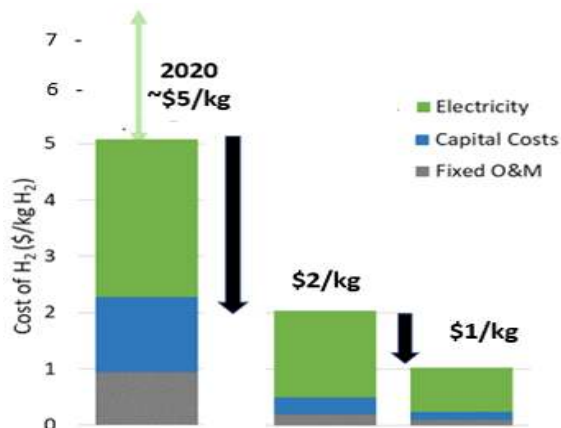
- 청정수소 단가 절감을 어렵게 하는 가장 큰 장애요인을 제거하기 위해 각 기관이 조치의 우선순위를 정하고, 산업·학계·국립연구소 간 파트너십을 구축하고, 성과를 바탕으로 포트폴리오를 추적·조절하고, 대규모 기술혁신과 보급을 촉진함.

■ 수전해

- 전해조는 물을 수소와 산소로 분해하기 위해 전력과 전해질이나 전력과 멤브레인(membrane)을 이용함. 대부분 전해조는 알카라인, PEM, 고체산화물 수전해기(solid oxide electrolyzer cells) 중 하나의 기술을 이용함.
 - 청정전력의 단가는 전기분해를 통한 수소 생산 단가에서 50% 이상을 차지하는데, RDD&D를 통한 청정전력(재생에너지와 원자력) 단가 감축, 전기분해 효율 강화, 전해조 및 원자료를 제외한 주변기기(balance-of-plant, BOP)의 자본 비용 감축, 저비용 변동적 전력 이용을 위해 전해조와 전력망, 재생에너지, 원전의 적극적 통합 등을 통해 수소 단가를 Hydrogen Shot의 목표인 \$1/kg까지 낮출 수 있을 것임.
 - IRA에 포함된 청정수소 기술용 PTC와 투자세액공제(investment tax credit, ITC) 역시 청정수소 단가 절감에 도움이 될 수 있음.
- 전기분해로부터 청정수소 생산단가 감축 시나리오에 따르면, 자본비용 급감, 에너지비용 감축, 효율 향상, 유지비용 감축을 위한 내구성과 안정성 개선 등이 필요함.

“청정수소 생산 단가 감축을 위해서는 자본비용 급감, 에너지 비용 감축, 효율 향상 등이 필요”

〈 전기분해로부터 청정수소 생산단가를 감축하기 위한 시나리오 〉

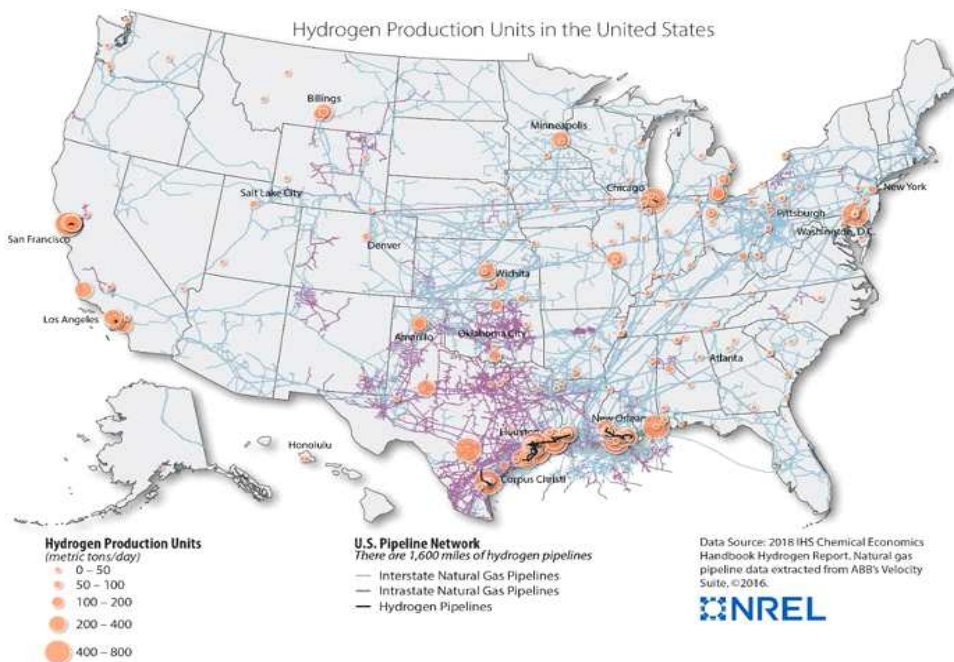


*IRA의 세액공제의 영향은 포함되지 않음.
 자료 : DOE(June 5, 2023)

▣ CCS 연계 블루수소

- BIL에 의거해서 DOE는 CCS 연계 화석연료를 비롯한 다양한 에너지로부터 수소 생산을 지원함.
 - 풍부한 천연가스를 보유한 지역, 탄소용 저장소, 기존 가스공급 인프라 등을 활용할 수 있음.
 - 현재 가스 인프라 네트워크와 SMR 발전소는 가스 가용성과 석유화학부문에 수소 수요를 고려해서 주로 미국 멕시코만 지역에 집중되어 있음.
 - 수소는 현재 정제부문의 핵심 공급원료이며, 주로 중질원유를 분해하고 석유제품에서 유황을 제거하기 위해 이용되는데, 현재 정제설비에서 이용되는 수소를 청정수소로 대체하면, 수소 공급원별로 정제 과정의 생애주기 배출량을 12%까지 감축시킬 수 있음.

〈 미국의 수소 생산 현황 〉



“천연가스 매장지, 탄소 저장소, 기존 가스 인프라 등을 CCS 연계 블루수소 생산에 활용 가능”

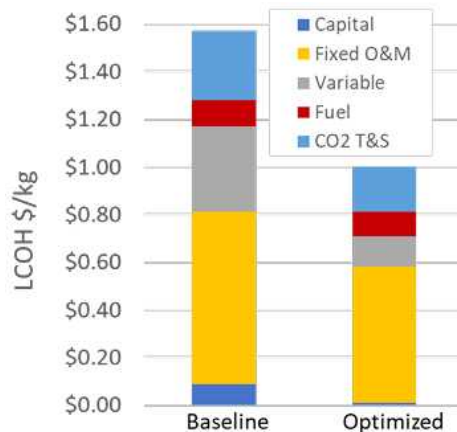
자료 : DOE(June 5, 2023)

- SMR의 탄소를 대기 중에 배출되기 전에 포집 및 저장하면 CCS 비율과 상류부분 배출량(가스 채굴, 수송, 이용 과정에서 탈루배출 포함)에 따라 수소 생산의 생애주기 배출량을 50% 이상 감축할 수 있음.
 - 탄소포집율(95% 이상)을 높이고 하류부문 메탄 배출량을 낮추는 게 중요할 것임.
 - SMR을 보유한 기존 설비에 CCS 추가는 화학물질과 정제 부문의 대규모 수소 이용을 빠르게 탈탄소화 시키는 한 가지 경로를 제공함.

- 다수의 SMR이 현재 정제설비 인근에 위치하거나 정제설비에 통합되어 있으며, 지역의 풍부한 저비용 가스를 활용하고 있으며, 다수의 기존 SMR이 위치하는 미국 멕시코 만 역시 일부 기존 이산화탄소 파이프라인 인프라를 보유함.
- 탄소 포집 연계 자동 열 개질(autothermal reforming, ATR)은 가스로 수소를 생산하는 또 다른 방법이며, 특히 상업 규모와 저비용 전력을 이용할 수 있는 지역에서는 전통적인 CCS 연계 SMR 대비 비용이 낮을 것으로 예상됨.
 - 해당 방법은 열효율 향상, 더 높은 포집율 달성, CCS 비용 감축을 위해 공기 분리 장치와 개질 과정의 통합을 수반함.
 - 3번째 가스 기반 수소 생산 방법인 메탄 열분해는 메탄을 수소와 고체 탄소로 분리하기 위해 고열을 이용하며, 고체 탄소가 산업용 고무와 타이어 제조 등에서 적용이나 잉크, 촉매, 플라스틱, 칠 등의 특수 상품에 이용될 수 있는 부가가치 부산물(co-product)을 제공할 수 있기 때문에 매력적일 수 있음.
- 현재 CCS 연계 SMR 시스템을 이용한 수소 생산 비용은 SMR만으로 생산하는 것보다 약 55% 더 높음.
 - 이산화탄소 수송과 저장 비용, 변동적인 비용, 자본 비용 등의 감축이 Hydrogen Shot 목표 달성을 도울 수 있음.

“SMR의 탄소를 포집하면 수소 생산의 생애주기 배출량을 50% 이상 감축 가능”

〈 CCS 연계 블루수소로 생산 단가를 \$1/kg로 낮추는 방법 〉



* Baseline은 CCS 연계 자연 개질(autothermal reforming)을 추정함.
 자료 : DOE(June 5, 2023)

- DOE는 비용 절감 및 SMR과 CCS 연계 ATR 시스템의 성능 향상을 위해 RDD&D에 자금을 지원하며, 향후 비용 절감 방법에는 이산화탄소/수소 분리 과정 통합 개선, 멤브레인을 통한 고압 또는 고열 분리 이용, 고체 이산화탄소 흡수제, 첨단 촉매제, 새로운 산소 분리 방법 등이 있음.
- 그러나 저비용 가스 이용이 여전히 CCS 연계 개질을 통해 수소 단가를 낮추는 가장 중요한 방법임.

③ [전략 3] 지역 네트워크에 집중

- 마지막 전략은 증가하는 지역 수요와 청정수소 공급 규모에 맞춤으로써 상업적으로 실행 가능한 대규모 청정수소 보급 달성에 중점을 둘 것임.
 - 대규모 청정수소 생산과 다수의 최종에너지 소비 부문이 같은 지역에 위치하면 저비용 수소 및 지원 인프라를 개발할 수 있는데, 주요 시장에서 수소 경제를 활성화하기 위해서는 지원 인프라가 필요함.
 - 추가적으로 수소 개발을 위한 지역 전략을 추구하면 공급망 전반의 기업들이 유사 기업이 산업단지 내에서 서로 인접할 때 발생하는 혜택을 누릴 수 있음.
 - 여기에는 원자재, 다른 하류부문 공급망, 수송과 운송 시스템, 강력하고 잘 훈련된 노동력 이용을 비롯한 공동 인프라에서 발생하는 혜택 등이 포함됨.

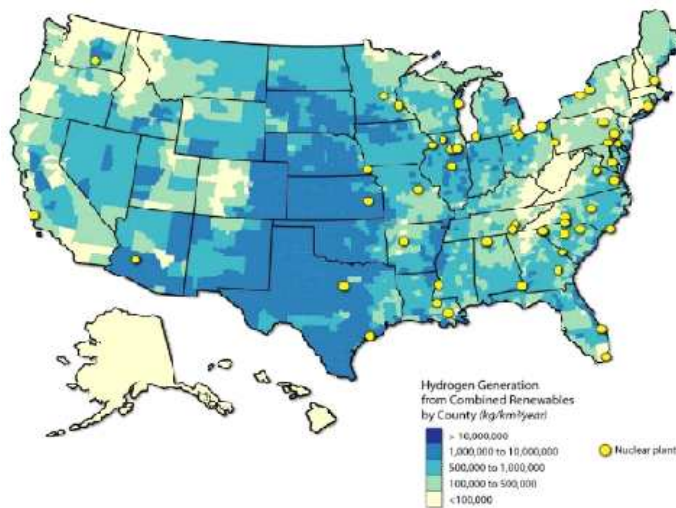
“CCS 연계 SMR 시스템은 일반 SMR 대비 수소 생산 비용이 55% 높음”

■ 지역에서의 수소생산 잠재력

- DOE는 수소 전략의 일환으로 수소 밸류체인 전반에서 지역 분석을 지속적으로 정제·업데이트 할 것이며, 여기에는 물과 다른 자원의 가용성도 포함됨.
 - 국립연구소의 데이터와 산업의 분석을 이용해 DOE는 다양한 미국 내 자원을 이용한 수소 생산 잠재력을 추정함.

“DOE는 다양한 미국 내 자원을 이용한 수소 생산 잠재력을 추정”

〈 미국 지역별 수소 생산 잠재력 〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

- 최저 비용으로 청정수소를 생산하는 방법은 지역별 자원 가용성에 의해 결정될 것이며, 초기 시장 개발은 수소 인도 비용을 낮추기 위해 최종에너지 소비 부문에 인접하게 위치할 필요가 있음.
 - 지역별로 다른 천연자원, 인프라 자산, 수소 수요 기회의 조합을 통해 최적의 지역 특수 접근법을 결정할 것임.

“전해조는
재생에너지
잠재력이 높거나
가동률이 높은
청정전력을 보유한
지역에 위치 필요”

- 태양광과 풍력 자원 잠재력은 평원, 남서부, 산악지대에 집중되며, 바이오매스 자원은 중서부, 북동부, 남동부에 풍부하고, 주요 셰일가스 생산 지역으로는 Marcellus, Permian, Haynesville이 있음.
- 지질을 이용한 이산화탄소 저장 잠재력은 산업 중심지와 멕시코만에서 두드러지며, 이들 지역에는 가스자원도 풍부함.
- 현재 원자력 발전설비와 차세대 첨단 원자력 접근법(소형모듈 원자로 포함)을 감안할 때, 청정한 원자력 전력을 상시 이용할 수 있는 여러 지역이 있음.

○ 전해조는 풍력과 태양광 잠재력이 높거나 가동률이 높은 청정전력(수력과 원자력 등)을 보유한 지역에 위치할 필요가 있을 것임.

- 재생에너지 비중이 높은 지역에서는 피크 시간 동안 출력을 제한하기보다 잉여 용량을 수소 생산에 이용함으로써 전기분해가 전력망의 변동적 부하 관리를 도울 수 있음.
- 예를 들어, 송전 제약이 있는 지역에서는 해상풍력과 통합된 전해조가 재생에너지 발전을 위한 또 다른 수익원이 될 수 있음.
- 지역별 수자원 가용성 역시 수소 생산 설비의 부지 선정과 지속가능성에 중요한 요소이며, 수소 생산을 위해 필요한 물 공급이 미국 전체 연간 담수 소비에서는 아주 작은 부분을 차지할 가능성이 높지만, 지역별 물 가용성은 상당한 차이를 보일 수 있음.
 - 향후 분석을 통해 풍부한 물 공급이 가능한 지역을 바탕으로 수소 생산설비 보급에 유리한 위치를 식별하고, 더불어 물 부족 지역에서 지원 인프라(물 분배 파이프라인, 매립 정수 시스템, 담수화 설비 등) 보급을 위한 전략을 확인할 것임.

■ 지역별 저장 잠재력

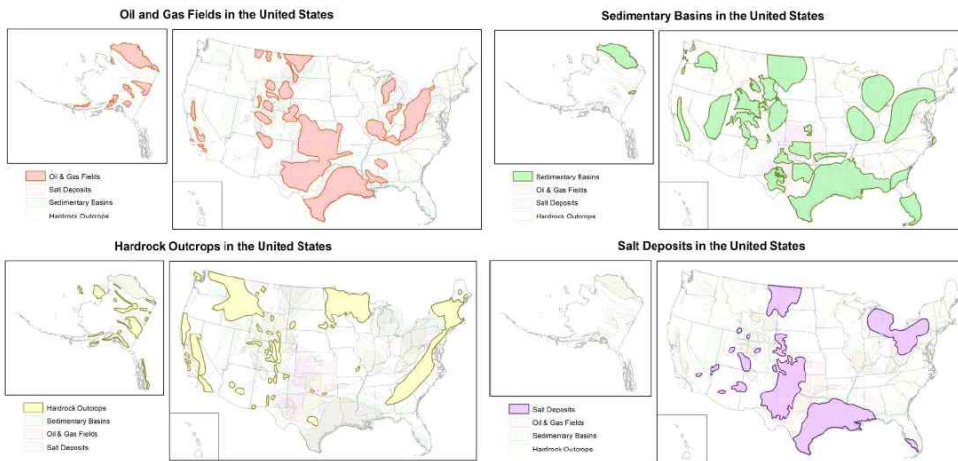
○ 실제로 수소 프로젝트가 확대됨에 따라 연방기관은 대규모 수소 저장을 위한 최적의 접근법과 부지선정 기회를 계속해서 평가할 것임.

- 수소 저장은 에너지 이용으로부터 전력 발전을 탈동조화시키고 다른 기술보다 낮은 비용에 수일이나 수주 단위의 저장을 가능하게 만들 수 있음.
- 수소는 그 이용도에 따라 가스나 액체용 선박, 지하 형성물, 수소 운반체 등의 물질에 저장될 수 있으며, 각 접근법은 장·단점이 있음.
- DOE와 산업의 프로젝트와 분석이 비용과 잠재적 배출량을 감축하고 효율성과 저장 용량을 개선하기 위해 진행 중임.

○ 지하 수소 저장 동굴은 주로 수소 이용 지점 인근의 소금 매장지에 구축되었으며, 경암(hard rock)에서 실증은 많지 않았음.

- 현재 가스 저장에 이용되고 있으며 향후 수소용으로 이용될 수 있는 잠재력이 있는 추가 지질로는 고갈된 석유·가스 매장지와 대수층이 있음.

〈 미국의 수소 지하 저장 기회 〉

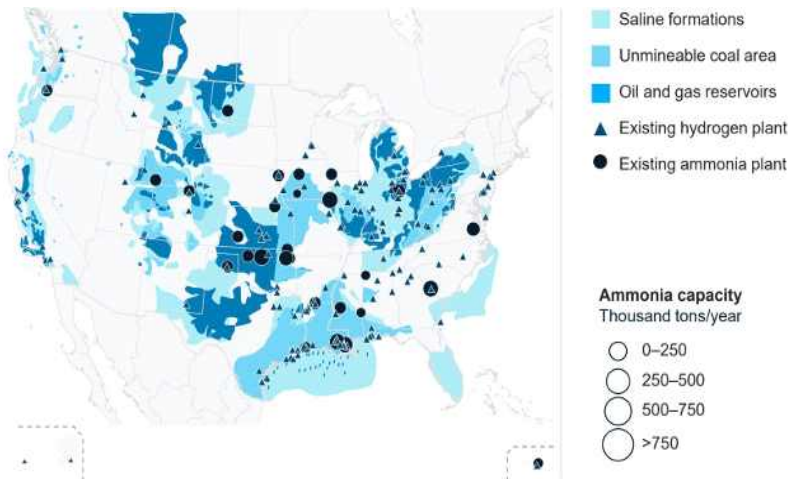


자료 : DOE(June 5, 2023)

- 이들 지질대의 대략적인 가용성을 보면, 대개 수소 생산 잠재력을 지닌 지역과 겹치는 것으로 나타났으며, 또한 이들 중 다수는 청정수소를 지원하는 영구 이산화탄소 저장설비로도 이용될 수 있음.

“수소 생산 잠재력을 지닌 지역은 수소 저장 잠재력이 있는 지질대와 중첩”

〈 지질 형성대와 기존 수소 및 암모니아 설비를 바탕으로 한 잠재적 CCS 위치 〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

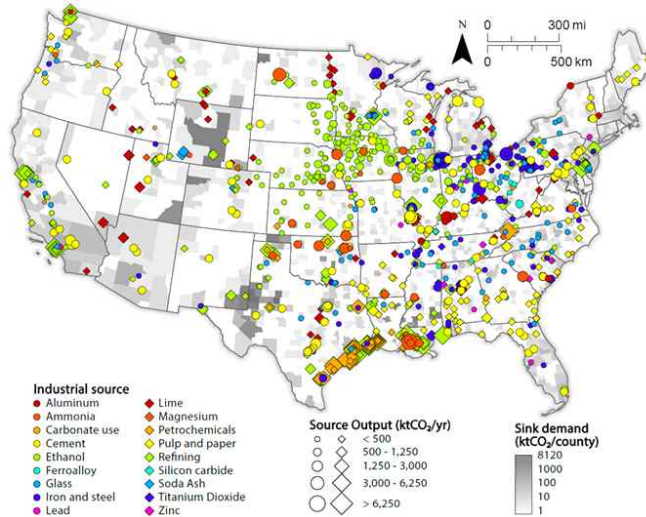
▣ 지역별 최종에너지 활용 잠재력

- 미국 일부 지역에 산업단지가 형성되어 있으며, 산업단지 내 여러 산업은 공급원료나 에너지원으로 수소를 활용할 수 있는 잠재적인 후보임.
- 이들 산업부문의 탈탄소화는 부문별 및 지역별로 청정수소를 통합할 수 있는 가능성에 의해 좌우될 것이지만, 이들은 수소 인프라나 대규모 CCS를 가능하게 할 수 있는 네트워크를 활용하고, 다른 부문에서 이용될 수 있는 모범관행을 개발할 수 있는 가능성이 있음.

- 공조 프로젝트는 막대한 구매자를 제공하고, CCS와 다른 인프라를 활용하고, 미국의 넷제로 목표 달성에 공공 투자가 기여할 수 있도록 보장함으로써 좌초자산 발생 방지에 도움이 될 것임.

〈 탈탄소 허브 구축 잠재력을 가진 미국의 산업단지 〉

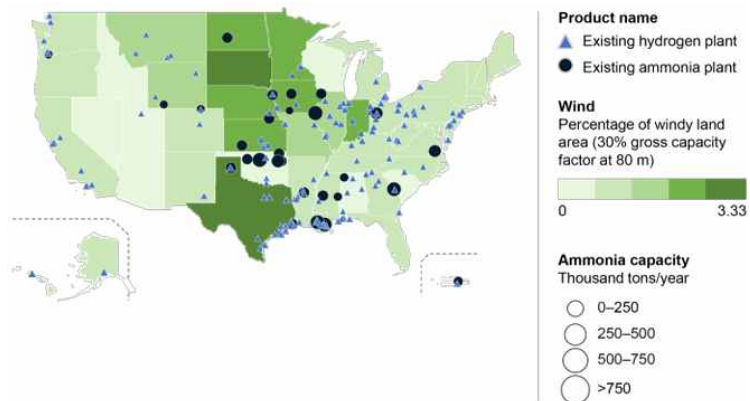
“미국의 산업단지는 탈탄소 허브가 될 수 있는 잠재력 있음”



자료 : DOE(June 5, 2023)

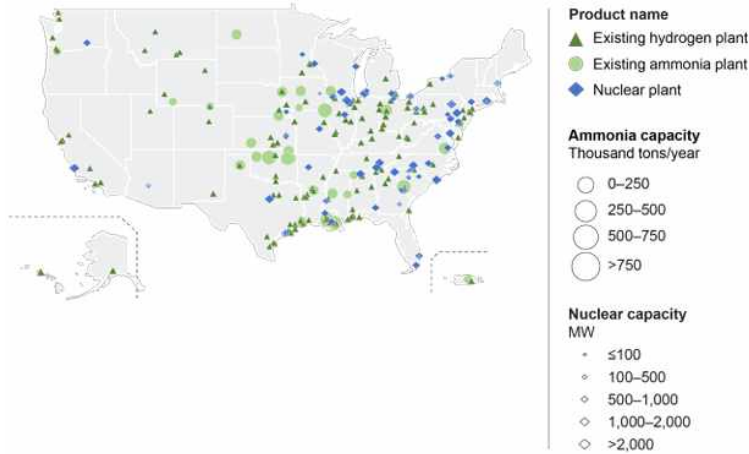
- 지역 청정수소 허브는 각 프로젝트의 비즈니스 케이스를 지원함으로써 지역 탈탄소 노력 공조의 효능을 실증하고, 민간자본 투자를 촉진할 것임.
- 이들 허브는 또한 각 과정에 이해관계자를 참여시킬 방법을 고안함으로써 공공 지원을 받고, 공동체 편익 합의(community benefit agreements)를 개발하고, 프로젝트가 환경, 보건, 평등 목표를 개선시키도록 보장할 것임.
- 기존 공급망과 규모의 경제를 고려할 때, 암모니아 생산과 같이 이미 수소를 대규모로 소비하는 산업이 청정수소를 조기 도입하는 부문이 될 가능성이 높음.

〈 미국의 기존 수소·암모니아 생산 설비 및 잠재적 풍력 에너지원 〉



자료 : DOE(June 5, 2023)

< 미국의 기존 수소·암모니아 생산 설비 및 원자력발전소 >



자료 : DOE(June 5, 2023)

4. 핵심전략에 대한 지원책

- 3개 핵심 전략을 모두 지원하기 위해 연방기관은 응용연구, 개발, 실증, 대규모 보급 등을 통해 기초과학 전반의 모든 활동을 활용할 것임.
 - 이들 활동은 ▲다양성, 평등, 포용, 접근성 촉진, ▲환경정의단체에서 원주민 부족, 부족 기관, 노조에 이르는 공동체와 교류, ▲인력 개발, ▲정책 개발, ▲기술 및 에너지 전환 지원, ▲대규모로 시장 도입 실현 등을 위한 근본적이고 교차적 노력에 의해 지원될 것임.
- 미 정부의 RDD&D 활동은 모든 부문 전반에서 기존 연료 대비 경쟁력 있는 수소 이용을 가능하게 만드는 시장기반 기술목표에 의해 결정됨.
 - BIL은 DOE로 하여금 청정수소 시스템과 기술 개발의 단기(최대 2년), 중기(최대 7년), 장기(최대 15년) 도전과제 해소 프로그램을 위한 목표를 개발하도록 의무화함.
- 정부·산업·학계 전반의 활동은 기술 발전, 시장 신호 제공, 인센티브 프로그램(45V와 45Q 등) 만료 후에도 청정수소 시장의 자급자족(시장 시세 수익 등) 보장을 등을 위해 반드시 동시에 이루어져야 함.
 - 다수의 기존 컨소시엄과 이니셔티브는 이미 국립연구소·산업·학계와 협력을 통해 해당 목표 달성을 위해 노력하고 있음.
 - 대표적으로 전해조 기술에 대한 DOE의 H2NEW 컨소시엄, 대형 트럭용 연료전지 개발을 위한 M2FCT 컨소시엄, '수소 소재 양립성 컨소시엄(Hydrogen Materials Compatibility Consortium, H-Mat) 등이 있음.

“연방 기관은 청정수소 핵심 전략 지원을 위해 노력할 것임”

< 청정수소 개발에서 단기·중기·장기 도전과제 해소 위한 주요 부문별 목표(2022~2036년) >

	2022~2023년	2024~2028년	2029~2036년
생산	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Shot 달성을 위한 잠재력을 가진 3개 또는 그 이상의 경로 확인 1만 시간 동안 고온 전해조 실험 생애주기 배출량에 대한 3개 또는 그 이상의 경로 평가 수소 생산을 위해 전해조 1.25MW를 원자력과 통합 2개 또는 그 이상의 조건부 대출 합의 	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지(해상풍력 포함), 원자력, CCS 연계 폐기물/화석연료를 10회 또는 그 이상 실증 2026년까지 \$2/kg의 대규모 전기분해 청정수소 비용 저온 전해조는 51kWh/kg의 효율, 8만 시간의 수명, \$250/kW의 비용 고온 전해조는 44kWh/kg의 효율, 6만 시간의 수명, \$300/kW의 비용 전해조는 20MW의 원자력 열 추출, 유통, 통제 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 미국에서 연간 1,000만 톤 이상의 청정수소 생산 다양한 원료를 이용해 \$1/kg의 가격으로 대규모 청정수소 생산 저온 전해조는 46kWh/kg의 효율, 8만 시간의 수명, \$100/kW의 비설치 비용 고온 전해조는 8만 시간의 수명, \$200/kW의 비용과 함께 효율을 유지 또는 향상
인프라와 공급망	<ul style="list-style-type: none"> 대형용으로 분당 평균 수소 10kg 충전율 현재(2016년) 규정 대비 액체 수소 충전소의 탄소 발자국 40% 저감 2018년 기준 대비 수소 서비스의 밀봉 및 금속 내구성 50% 향상 시간당 400kg의 고압 압축 및 크라이오 펌프 최대 분당 20kg 유량에서 수소 유량계 정확도 5% 또는 그 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 7kWh/kg의 수소 액화 효율 2020년 대비 수소 저장 용기용 탄소 섬유 비용 50% 감축 재활용과 업사이클링을 통해 확인된 연료전지 막전극접합체(membrane electrode assemblies, MEA) 경로로부터 50%의 멤브레인/이오노머 소재 회수 및 >95%의 백금족 원소 회수 미국 내에 3GW나 이상의 전해조 제조 설비 	<ul style="list-style-type: none"> \$4/kg의 대규모 수소 단가((생산, 수송, 충전소에서 충전 포함) 재활용과 업사이클링을 통해 확인된 연료전지 MEA 경로로부터 70%의 멤브레인/이오노머 소재 회수 및 90%의 백금족 원소 회수 환경 및 에너지 정의 우선순위를 충족하는 동시에 3개 또는 이상의 배출량 저감 경로 확인
최종 에너지 소비부문 및 지원 요소	<ul style="list-style-type: none"> \$200/kW의 기준선 대비 \$170/kW의 대형트럭 연료전지 비용 1만 8,000 시간의 버스용 연료전지 내구성 데이터 센터 탄력성을 위해 수소연료전지 1.5MW 이상 해상에 1MW급 전해조와 충전 적용 소외 지역사회에서 연료전지 수송 트럭 15대 운영을 통해 배출량은 저감하고 일자리는 창출하는 시장 성장 잠재력 구축 암모니아 생산 실증용 하나 이상의 통합 수소 	<ul style="list-style-type: none"> \$140/kW의 대형 트럭 연료전지 비용 2020년 기준선 대비 연료전지 백금족원소 비용 50% 감축 수소를 이용해 철을 1톤/주 감축 및 5,000톤/일 감축 경로 100% 수소 터빈은 9ppm의 산화질소 배출량, 선택적 환원촉매를 통해 2ppm 3개의 연료전지 슈퍼트럭(Super Truck) 프로젝트 완공 원주민과 2개 또는 이상의 시범 프로젝트 지역사회 혜택 합의 견본 4개 여러 전략적 최종에너지 소비 부문을 위해 다양한 자원을 이용한 4개 또는 이상 이상의 지역 청정수소 허브 	<ul style="list-style-type: none"> \$80/kW의 대형 트럭 연료전지 단가 및 내구성과 성능 충족 \$900/kW와 4만 시간의 내구성을 갖춘 연료 유연형 고정식 연료전지 4개 또는 이상의 대규모 최종에너지 소비 부문 실증(철강, 암모니아, 저장 등) ‘국가수소전략목표’와 일치하는 대규모 전략 시장에서 청정수소 1,000만 톤/연 또는 이상 이용

자료 : DOE(June 5, 2023)

참고문헌

DOE, *US National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap*, June 5, 2023.

일본 도시가스부문의 탄소중립화 방법과 추진방향

해외에너지동향분석실 임지영 전문원(jyyim@keei.re.kr)

- ▶ 일본 정부는 국제 에너지 정세 변화 속에서 세계적인 탄소중립 움직임을 고려하여 에너지 안정공급 및 2050년 탄소중립 실현을 위해 도시가스 탄소중립화를 검토 중임.
- ▶ 도시가스의 탄소중립화 방법은 공급가스 종류 변경과 기타 탄소중립화에 기여하는 수단을 활용하는 방법으로 구분할 수 있으며, 합성메탄과 바이오메탄 활용에 대한 기술 개발 및 제도 준비가 필요함.
- ▶ 향후 도시가스 탄소중립화 검토에 있어 도시가스 탄소중립화의 구체적인 청사진을 관계 사업자 및 도시가스 수용자인 국민과 공유하고 이를 실현하기 위한 도입 촉진책을 검토해 나가는 것이 중요함.

1. 도시가스부문의 탄소중립화 필요성과 방법

- 러우 전쟁 등으로 인한 국제 에너지 정세의 변화 속에서 탄소중립 움직임이 세계적으로 확산되고 있음. 이에 대응하여 일본 정부는 에너지 안정공급 및 2050년 탄소중립 실현을 위해 도시가스 탄소중립화를 검토 중임.
 - 도시가스 탄소중립화는 석탄에서 천연가스로의 연료전환(특히 산업부문)을 촉진하여, 이산화탄소 배출저감에 기여할 것으로 기대됨.
 - 일본 정부는 도시가스 탄소중립화 참여를 희망하는 제조업체들을 대상으로 도시가스 탄소중립화 방침을 제안할 계획임. 이는 일본 제조업 생산의 해외이전 방지에 기여할 것으로 예상됨.
- 도시가스의 탄소중립화 방법은 공급가스 종류 변경과 기타 탄소중립화에 기여하는 수단을 활용하는 방법으로 구분할 수 있음.
 - (공급가스 종류 변경) 현재 도시가스 원료인 LNG를 대체하는 가스는 LNG의 주성분이 메탄인 합성메탄 및 바이오메탄 등과 메탄 이외의 가스 형태의 에너지인 수소가 있음.²⁾
 - (탄소중립화 수단 활용) 도시가스의 원료로서 LNG·자국산 천연가스를 사용하면서 이산화탄소 배출을 억제·상쇄하는 것으로 CCUS·탄소재활용(carbon recycle) 및 탄소크레딧의 활용 등이 있음.

“일본 정부는 에너지 안정공급 및 2050년 탄소중립 실현을 위해 도시가스 탄소중립화 검토”

■ 합성메탄

- 메타네이션(Methanation) 기술은 화학반응과 생물반응을 이용하는 두 가지로 구분됨. 화학반응에 따른 메타네이션은 촉매를 이용한 사바티에 반응(Sabatier reaction)이 있으며, 혁신적 메타네이션 기술 개발에 나서고 있음.

※ 메타네이션 기술은 CO₂와 수소를 활용하여 메탄을 합성하는 기술임.

2) IEA는 합성메탄, 바이오메탄, 수소를 총칭하여 'Low-emission gases'로

- (사바티에 반응에 따른 메타네이션) 현재 일본 제조기업은 합성메탄 제조능력을 10m³/시에서 125m³/시(hour)로 확대하였음. 향후 일본 제조업은 2025년까지 제조규모 400~500m³/시의 플랜트를 건설·실증할 예정임. 또한, 2030년에 1만~수 만m³/시를 제조할 수 있는 기술을 확립하고 확립과 상업용 플랜트를 도입할 계획임.
- (혁신적 메타네이션) 그린이노베이션 기금(GI 기금)에 따른 지원 하에 대규모 가스사업자를 중심으로 혁신적 메타네이션 기술 개발이 추진되고 있음. 혁신적 메타네이션 기술은 물에서 수소를 제조하는 공정과 수소와 이산화탄소 등으로 합성메탄을 제조하는 공정을 일원화하여 종합적인 생산효율 향상시키는 것임.
 - 현재는 연구 단계에 있지만, 2030년까지 합성메탄 제조능력 10~수 백m³/시 수준을 목표로 하고 있으며, 목표 달성 수준을 관리할 것임.
 - 2030년 이후에는 대규모 가스사업자의 합성메탄 제조능력 대규모화 기술 개발로 2050년에 1만~수 만m³/의 제조능력을 확보할 계획임.
- 생물반응에 따른 메타네이션(바이오 메타네이션)은 촉매 대신 메탄생성균을 이용함.
 - 현재는 대규모 가스사업자들이 연구를 실시하고 있으며, 바이오가스로부터 바이오메탄을 제조한 이후에 생물반응을 이용하여 바이오가스 내 이산화탄소를 메타네이션하는 과정의 기술 개발 및 바이오가스 정제와 생물반응에 따른 메타네이션을 일원화하는 과정의 기술 개발이 추진되고 있음.

“합성메탄의 제조비용 및 공급가격은 수소제조·전력비용에 크게 의존하고 있어 저렴한 재생에너지 전력 조달 중요”

- 향후 합성메탄의 제조비용·공급가격은 수소제조·전력비용에 크게 의존하고 있어 저렴한 재생에너지 전력(수소) 조달의 실현이 합성메탄의 제조비용·공급가격 절감에 가장 중요함.
 - 합성메탄의 향후 생산비용·수입가격 목표 및 추산에 대해 일본가스협회와 일본 에너지경제연구원(IEEJ)이 각각 발표하고 있음.
- 일본기업의 일본 내 및 해외에서 대응 상황
 - 일본 내 메타네이션 검토·실증 유형은 ①가스사업자와 지역 산업의 연계로 공장에서 배출되는 이산화탄소를 회수하여 수소와 메타네이션하여 도시가스 파이프라인을 통해 합성메탄을 공급하는 모델, ②청소공장(재활용 가능한 자원의 분별·가연성 쓰레기 소각처리 등을 실시하는 시설)에서 배출되는 이산화탄소를 회수하여 수소와 메타네이션하여 지역 내 에너지로서 재이용하는 모델, ③제철소의 고로에서 탄소재활용을 실시하여 코크스를 대신하는 환원재로서 합성메탄을 이용하는 모델 등이 있음.
 - 일본 내 메타네이션 실용화는 수소 및 재생에너지 전기의 저렴한 공급 확보가 중요하며, 향후 수소 거점이 정비되어 연안지역 정부 및 민간부문의 이해 관계자들간 연계를 통한 메타네이션 추진도 기대할 수 있음.

- 재생에너지 발전비용이 합성메탄 제조비용에서 점하는 비중이 높기 때문에, 대규모 가스사업자들은 저렴한 재생에너지 전력(또는 수소)을 대량으로 확보하고자, 해외에서 합성메탄을 제조하여 일본으로 수입하는 비즈니스 모델을 선호함. 이에 현재 저렴한 재생에너지 전력, 원료(이산화탄소, 물), 천연가스 파이프라인, 천연가스 액화 및 수출기지 등의 조건을 만족하는 해외 생산에 적절한 지역을 폭넓게 조사하고 있음.
- 합성메탄의 안정공급 및 에너지 안보 확보를 위해 현재의 LNG 수입처와 마찬가지로 합성메탄 생산국·수출국의 다각화가 중요함.
- 현재 대규모 가스사업자는 2030년 일본으로 합성메탄을 수입하기 위해 북미 등에서 사업화 검토를 추진하고 있음.

“대규모
가스사업자들은
저렴한 재생에너지
전기 대량
확보위해 해외
합성메탄 제조를
위한 지역 조사
실시”

○ 합성메탄 이용에 관련된 배출되는 이산화탄소 처리

- 합성메탄은 연소 시에 이산화탄소가 배출되는데, 합성메탄 제조 과정에서 이산화탄소가 사용되고 이때 사용된 이산화탄소는 화석연료 발전소나 공장 등에서 회수된 이산화탄소임. 즉, 합성메탄이 연소될 때 배출된 이산화탄소와 회수된 이산화탄소가 상쇄되어 실질 배출량이 제로가 됨.
- 합성메탄을 포함한 탄소재활용 연료는 연소 시 배출되는 이산화탄소 처리에 대해 다양한 제도 등에 따른 명확한 규정이 없으며, 기업이 합성메탄 기술개발 및 제조·공급사업에 대한 투자 및 합성메탄 이용에 소극적임. 따라서 합성메탄 이용에 관한 이산화탄소 배출 처리에 대해 정부 및 기업 차원에서 검토하는 것이 중요함.
- (정부 차원) 각 국은 온실가스 인벤토리를 작성하고 파리협정에 의거하여 온실가스 감축 목표로서 NDC를 수립하였음. 한편, IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 가이드라인은 합성메탄을 포함한 탄소 리사이클 연료의 국가 간 제조·이용에 대해 명확한 계상방법을 제시하고 있지 않음.
 - 한 국가에서 이산화탄소를 회수하여 합성메탄을 제조하여 이를 일본이 수입하여 이용(연소)한 경우, 각 국가의 온실가스 인벤토리 및 NDC에 반영하는 방안에 대해 일반화된 규정이 없음.
 - 해외에서 이산화탄소를 회수하여 제조한 탄소재활용 연료를 일본 내에서 이용하는 것은 일본의 NDC 달성에 기여하며, 이와 관련되어 일본의 인벤토리 및 NDC 등에 정리·조정이 요구됨.
- (기업 차원) 기업 활동에 관련된 온실가스 배출량의 경우, 일본 내 제도 및 민간 국제 기준 등이 존재함.
 - ‘지구온난화대책추진법의 산정·보고·공표제도(이하 ‘온대법 SHK제도’), GX리그의 배출량거래 및 J-credit 등의 경우, 자국 내 관계 사업자들의 관심이 높고, 향후 합성메탄에 대한 조치가 마련될 것으로 보임.

- 국제적으로 사업을 실시하는 제조업 입장에서는 일본 내 제도 뿐 아니라 GHG 프로토콜 등 국제민간기준을 고려한 대응이 중요하나, 현재 GHG프로토콜에 탄소 재활용연료에 대한 명확한 규정이 없음. GHG프로토콜 등은 민간 가이드라인으로, 관련된 일본 기업 및 업계 단체는 연계하여 적극적으로 민간 가이드라인을 개정할 필요가 있음.
- 한편, 합성메탄의 원료가 되는 이산화탄소의 회수원을 화석연료 연소, 바이오가스·탄소재활용연료 연소, 바이오가스 연소, 대기중 회수(DAC) 등으로 구분하여 이에 대한 검토·정리가 조기에 실시될 경우에는 이산화탄소 배출원을 고려하여 검토할 것임.

○ 합성메탄 사업추진의 의의

- 이용에 관련된 추가적인 비용을 억제한 탄소중립 이행
 - 합성메탄의 주성분은 LNG와 같이 메탄이기 때문에 기존의 도시가스 인프라 네트워크를 활용할 수 있고 수용가측의 연료 전환이 필요하지 않기 때문에 추가적인 사회비용을 억제한 탄소중립화가 기대됨.
 - 또한, LNG와 혼합하여 공급할 수 있어 단계적으로 도시가스의 탄소집약도를 낮출 수 있음. 보안측면에서는 기존의 도시가스 규제에 대응하기 때문에 새로운 규제 정비가 필요하지 않음.
- 대량생산 실현 가능성
 - 화학반응에 따른 합성메탄 제조는 대규모 제조 기술을 확립하여 원료를 확보하여 대규모 공업생산을 실현할 가능성이 있음.
- 자급률 향상 및 안정공급 확보에 따른 에너지 안보 향상
 - 일본 내 합성메탄 제조는 에너지 자급률 향상 및 에너지 안정공급에 기여할 것임. 일본기업이 관련 사업에 참가하여 장기 안정적으로 공급량을 확보하는 것은 현재 실시하고 있는 LNG 지분 확보와 마찬가지로 에너지 안정공급 확보라는 점에서 중요함.
- GX추진·산업경쟁력 강화
 - 일본 플랜트 제조업의 합성메탄 대량 제조 기술 확립은 탄소재활용의 산업화에 기여하며, 향후 규모가 더욱 확대될 경우, 일본의 산업경쟁력이 강화되어 경제성장 및 고용, 소득 확대에 이어질 것으로 기대됨.
 - 아시아지역은 일본 정부의 ‘아시아 제로에미션 공동체(Asia Zero Emission Community, AZEC)’ 구상 하에서 대규모 가스사업자를 포함한 일본 기업이 천연가스·LNG에 대한 다양한 연료 전환 프로젝트를 실시하고 있어 향후 LNG의 수요 확대가 전망됨. 이처럼 확대된 LNG 수요를 단계적으로 합성메탄 수요로 전환해나가, 아시아지역의 단계적인 탄소중립화에 기여하면서 일본의 산업경쟁력 강화 등으로 이어나가는 것이 중요함.

“합성메탄 활용은 적은 추가적 비용으로 대량 생산이 가능한 탄소중립 이행 수단”

■ 바이오메탄

○ 바이오메탄의 제조·공급비용

- 바이오메탄의 원료인 바이오매스는 폐기물, 하수오물, 가축배설물, 에너지 식물 등 다양하며, 바이오메탄의 제조·공급비용은 원료가 되는 바이오매스의 종류, 지역, 가스 파이프라인까지의 거리 등에 따라서 다양함.
- 세계적인 천연가스·LNG 가격이 급등한 2022년에는 LNG 현물가격 및 유럽 천연가스 가격이 바이오메탄의 평균적인 공급비용을 상회할 것으로 전망되어 서구에서 바이오메탄의 공급이 확대되었음.
- IEA의 보고서에 따르면 2040년 기준 세계의 바이오가스 공급비용은 2018년과 비교하여 거의 하락하지 않을 것이라고 전망됨.
- 일본에서도 각종 바이오메탄 제조비용·공급가격이 향후 대폭 하락하는 것은 기대할 수 없고, 바이오메탄의 도시가스 원료에 대한 중장기적 이용·확대에 따라 도시가스 원료 비용이 증가될 것으로 전망됨.

○ 바이오메탄 추진의 의의

- 이용에 관련된 추가적인 비용을 억제한 탄소중립 이행
 - 합성메탄의 주성분은 LNG와 같이 메탄이기 때문에 기존의 도시가스 인프라 네트워크를 활용할 수 있고, 수송과정에서의 연료 전환이 필요하지 않기 때문에, 추가적인 사회비용을 억제한 탄소중립화가 기대됨.
 - 또한, LNG와 혼합하여 공급할 수 있어 단계적으로 도시가스의 탄소집약도를 낮출 수 있음. 보안면의 경우, 기존의 도시가스 규제에 대응하기 때문에 새로운 규제 정비가 필요하지 않음.
- 에너지 안보·안정공급·에너지 자급률 향상
 - 자국산 바이오메탄의 도시가스 이용은 바이오매스의 지역별 부존량 및 생산지와 파이프라인과의 근접성 등을 고려할 필요가 있으며, 지역 내 생산 및 소비가 가능한 에너지로서 에너지 자급률 향상 및 에너지 안정공급에 기여할 것임.
 - 해외로부터의 바이오메탄 수입은 지속가능성 등에 대한 검토가 필요하나, 일본기업이 해당 프로젝트에 참가하여 장기로 공급량을 확보하는 것은 안정공급 확보라는 점에서 중요함.
- 지방의 외부경제효과·메탄 배출 감축 대책
 - 바이오가스 활용은 지방의 폐기물, 하수오물, 가축배설물의 처리 및 효율적인 활용에 기여하며 지방 경제에 기여함.
 - 또한, 유기물 및 폐기물의 분해로 대기 중에 배출될 가능성이 있는 메탄을 연소 이용하는 것은 메탄 배출 감축으로 이어질 것임.

“바이오메탄
활용은 일본
에너지
안보·안정공급·에
너지 자급률
향상에 기여”

2. 도시가스 탄소중립화에 관련된 제도

○ 에너지공급구조고도화법(이하 ‘고도화법’)

- 고도화법은 대규모 가스사업자 3개사(도쿄가스, 오사카가스, 도호가스)를 대상으로 바이오가스의 80% 이상을 도시가스의 원료로 이용하는 목표를 설정하고 있음.
- 그러나 대상사업자에 따른 바이오가스 공급 절대량이 적으며 감소세를 보이고 있어, 도시가스 탄소중립화 추진에 기여하도록 비화석에너지원의 이용 목표 및 대상사업자에 대해 개정의 검토를 실시할 필요가 있음.
- 대규모 가스사업자 3개사의 조달 실적은 2016년에 약 180만m³로 최고 수준을 기록한 이후 감소세를 보여왔으며, 2021년도 조달량은 100만m³을 하회하였음.³⁾
- 조달량이 감소한 주요 이유는 바이오가스공급자의 자가사용 및 발전이용 확대에 따른 것임. 도시가스에 대한 바이오가스(바이오메탄)의 이용을 증가시키기 위해서는 발전 등의 용도와 비교하여 바이오가스 구입가격 및 구입기간 등의 조달조건 개선이 필요함.
- 또한, 고도화법의 현행 목표는 대상이 되는 비화석에너지를 바이오가스(바이오메탄)에 한정하고 있어 합성메탄을 대상으로 하지 않고 있음.
- 합성메탄은 고도화법상 비화석에너지이며 에너지기본계획에서도 기존 인프라에 대한 합성메탄 주입과 관련된 목표를 설정하고 있어, 향후 고도화법의 목표설정 및 대상 범위 등에 대한 검토가 필요함.

○ 지구온난화대책추진법(이하 ‘온대법’)의 산정·보고·공표제도(이하 ‘SHK제도’)

- 온대법 SHK제도에 의거한 도시가스 사용 시 배출계수는 성령(省令)으로 정해진 일괄적인 계수를 이용하고 있어, 가스소매사업자가 바이오가스를 도입하는 유인이 부족함.
- 이에 2022년 12월 환경성·경제산업성은 검토회를 통해 개정 방침을 제시하여 2024년도부터 바이오가스(바이오메탄)에 대해 가스소매사업자별 배출계수 및 요금제별 배출계수 설정이 가능하도록 할 예정임.
- 향후 환경성·경제산업성 검토회의에서 합성메탄에 대해 가스사업자의 가스파이프라인에 대한 주입 대응 및 수용가의 탈탄소·저탄소 가스 선택·조달이 수용가의 산정하는 배출량에 반영할 수 있도록 논의할 것임.

“도시가스
탄소중립화 관련된
제도로
에너지공급구조고
도화법 및
지구온난화대책추
진법의
산정·보고·공표제
도 등이 존재”

3) 고도화법에 의거한 의무가 없는 도시가스 사업자의 바이오가스(바이오메탄)의 도시가스 이용 실적의 경우, 지자체의 청소공장 및 하수처리시설로부터의 바이오가스의 조달 사례가 있음. 가고시마시의 청소공장의 경우, 메탄 환산으로 연간 150만m³수준의 정제 바이오가스(바이오메탄)의 도시가스 이용을 실현하고 있음.

○ 전기사업자에 대한 규제·의무화, 재생에너지전원 및 탈탄소전원에 대한 투자 촉구 시스템, 수용가가 재생에너지 전기를 선택할 수 있는 제도·시스템이라는 관점에서 정리하면 다음과 같음.⁴⁾

– 전기사업자에 대한 규제·의무화

- (고도화법) 일정 규모의 소매전기사업자를 대상으로 2030년 비화석전원 비중 44% 이상 목표 달성을 요구하고 있음.
- (FIT제도) 송배전사업자를 대상으로 재생에너지 전기의 매입 의무를 부과하고 있음.

– 재생에너지전원 및 탈탄소전원에 대한 투자 촉구 시스템

- (FIT제도) 재생에너지(태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스)로 발전하는 사업자는 발전된 재생에너지 전기 전량을 송배전사업자에게 일정가격으로 일정기간 판매하여 안정된 수익을 확보할 수 있어, 발전사업자는 발전설비의 건설비용 회수 전망 수립이 용이함.
- (FIP제도) 재생에너지(태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스)로 발전하는 사업자는 재생에너지 전기의 전력 판매 가격에 프리미엄이 가산된 가격으로 수입을 얻을 수 있음. 발전사업자는 프리미엄을 받아 재생에너지 전원에 대한 투자 인센티브를 확보함.
- (장기탈탄소전원 입찰) 2023년부터 실시 예정임. 전력광역적운영추진기관(OCCTO)이 탈탄소전원을 대상으로 입찰을 실시하고 낙찰된 탈탄소전원에 대해 고정비 수준의 용량 수입을 원칙적으로 20년간 보장하여 발전사업자가 초기 투자를 회수할 수 있도록 함.
- (수소·암모니아 공급사업의 First Mover 지원) 화력발전의 수소·암모니아 혼합연소 투자를 실시하는 사업자 대응 활용을 고려하여, 수소·암모니아 공급사업의 first mover 지원을 검토하고 있음. 가격리스크뿐 아니라 수요리스크도 있는 수소·암모니아 공급사업자에 대해 일정기간, 기준가격과 참고가격의 차액을 지원하여 수소·암모니아 공급사업에 대한 투자를 촉구하는 시스템을 검토 중임.

– 수용가가 재생에너지 전기를 선택할 수 있는 제도·시스템

“일본 전기제도는
재생에너지전원 및
탈탄소전원 투자
촉구하는
시스템으로
단계적으로 발전”

4) 일본 전기제도는 2000년대 이후 초기에는 '전기사업자의 신에너지 등 이용에 관한 특별조치법'에 의거한 RPS 제도로 전력회사를 대상으로 판매전력량에 대해 일정량의 신에너지전기 이용을 의무화하였음. 2012년부터 재생에너지 대량 도입을 촉진하는 것을 목적으로 한 '전기사업자의 재생에너지 전기의 조달에 관한 특별조치법(현재는 '재생에너지 전기 이용 촉진 관련 특별조치법')에 의거한 FIT제도로 전력회사(송배전사업자)를 대상으로 정부가 설정한 일정기간, 재생에너지를 매입하는 것을 의무화하고 있음. 전력회사 매입비용의 일부는 수용가로부터 부과금을 징수하고 있음. 또한, 향후 FIT제도에 따른 정책조치가 없어도 전력시장에서 자립적인 재생에너지전원 도입이 추진되어, 장기안정적인 사업운영 확보를 목표로, 2022년부터 전력판매 가격에 일정한 프리미엄을 가산한 FIP제도가 도입되었음. 재생에너지 전원별로 일정규모 이상의 재생에너지 전원에 대해서는 FIP제도만이 적용됨. 또한, 고도화법에 의거하여 전력회사(소매전기사업자)를 대상으로 비화석비중 목표를 설정하여 달성을 요구해왔음.

- (온대법 SHK제도) 소매전기사업자가 사업자별 배출계수 및 요금제별 배출계수 설정이 가능하며 수용가는 배출계수가 더 낮은 소매사업자 및 요금제를 선택할 수 있음. 또한, 전력소매영업지침에는 수용가에 따른 적극적인 소매전기사업자 및 전기요금제의 선택이 가능하도록 소매전기사업자를 대상으로 전원구성 및 비화석증서 사용상황 등 개시를 바람직한 행위로 규정하고 있음.
- (인증제도) 수용가는 비화석증서 및 녹색전력증서를 온대법 SHK제도에서 이용할 수 있음.

3. 향후 추진방향

“도시가스 탄소중립화 검토를 위해 구체적인 도시가스 공급 미래상을 공유하고 이를 실현하기 위한 도입 촉진책 검토 중요”

○ 향후 도시가스 탄소중립화 검토에 있어 도시가스 탄소중립화의 구체적인 청사진을 관계 사업자 및 도시가스 수용가인 국민과 공유하고 이를 실현하기 위한 도입 촉진책을 검토해 나가는 것이 중요함.

– 2050년 도시가스 공급 전체상

- 2050년 도시가스 탄소중립화를 위해 도시가스 원료인 메탄을 화석연료인 LNG에서 합성메탄 및 바이오메탄으로 단계적으로 변경하여 도시가스의 탄소집약도를 낮추고 공급인프라 및 수요측의 설비·기기 변경을 동반하지 않는 형태로 탄소중립화를 실현할 것임.

– 수소는 전용 파이프라인 및 탱크로리로 수용가에게 공급될 것임. 도시가스 파이프라인에 대한 수소 혼합은 도시가스의 탄소집약도를 일정 수준 절감할 수 있음.

– 에너지 안보, 도시가스 공급의 안정성, 탄소재활용 산업화

- 합성메탄 및 바이오메탄의 일본 내 생산은 에너지 자급률 향상 및 공급의 안정성 확보에 기여하기 때문에 일본 내 제조·공급시스템을 구축하는 것이 중요함.
- 합성메탄의 일본 내 생산은 자국 내 이산화탄소를 회수하여 효율적으로 활용하는 탄소재활용 산업화를 위해 일본 내 수소 거점 정비 및 공장 지역단위 대응으로 수소 이용의 일원화하여 추진해나가야 함. 또한, 일본 내 잉여 재생에너지 전기의 효율적인 활용을 위해 전력공급과 가스공급의 부문 간 결합을 도모해 나가는 것이 중요함.
- 도시가스 안정공급을 양적인 측면과 가격적 측면을 모두 고려하면 해외에서 제조한 합성메탄 및 바이오메탄의 장기 안정적 도입도 중요함. 따라서 국제적인 탄소재활용 산업화가 실현되어 합성메탄·바이오메탄 생산국 및 수출국이 확대되어 일본 기업의 해외 프로젝트 참여, 장기계약에 따른 장기 안정도입이 실현하는 것이 중요함.
- 한편, 2050년 이후에도 일본 및 해외 합성메탄·바이오메탄 공급이 충분하지 않을 경우를 고려하여 도시가스 공급 안정성 확보를 위해 탄소크레딧과 CCUS 및 탄소재활용 통한 LNG 이용 등을 고려할 필요가 있음.

“일본 기업의 합성메탄 대규모 제조 기술을 확립하는 것은 탄소재활용 산업화에 기여하는 것이므로 구체적인 기술 개발 지원 방법 검토 필요”

- 합성메탄 제조기술 개발 지원의 의의

- 일본기업이 합성메탄 대규모 제조 기술을 확보하는 것은 탄소재활용 산업화에 기여하는 것이며, 향후 규모가 더욱 확대될 경우에 일본 기업의 산업경쟁력이 강화되어 경제성장, 고용증가, 소득증대 등으로 이어질 것으로 기대됨.
- 따라서 일본기업의 합성메탄 대규모 생산 플랜트 기술개발·실증을 대상으로 적절한 타이밍과 규모의 지원이 중요하며 구체적인 기술개발에 대한 지원 방법을 검토하는 것이 중요함.

- 합성메탄의 제조비용·공급가격

- 전력(수소)가격의 대폭 하락 및 혁신적 메타네이션 기술 확립을 전제로 2050년에는 LNG 수입가격과 동등한 수준의 합성메탄 수입가격 실현을 목표로 하고 있음. 해당 목표가 실현되기까지 해당 기간 중에는 도시가스에 대한 합성메탄 도입 검토에 있어 제조비용 및 공급가격과 LNG 수입가격과의 가격 차이를 고려할 필요가 있음.

- 합성메탄 이용에 관련된 제도 등의 정비·조정

- 합성메탄 도입 및 확대를 위해 해외에서 생산된 합성메탄을 대상으로 연소시 이산화탄소 배출량 반영에 대한 정부 및 기업 차원의 국제적인 규정 및 민간 기준의 조정·정리가 중요함.
- 또한, 국제적인 탄소재활용 관련 규정 마련을 주도하기 위해 일본기업에 따른 해외 합성메탄 제조 프로젝트를 관계 부처 및 관계 기업이 연계하여 대응하는 것이 중요함.

- 바이오메탄의 도입 지원에 대한 의의

- 바이오가스 이용에 따른 다양한 외부경제효과 및 메탄대책으로서의 의의를 고려하여 도시가스에 대한 바이오메탄 도입 촉진 검토에 있어 지방의 인프라 정비 상황을 고려하여 관계 부처들의 정책과 적절하게 연계하는 것이 중요함.

- 바이오메탄의 제조비용·공급가격 고려

- 도시가스에 대한 바이오메탄 도입 검토에 있어 바이오메탄의 제조비용·공급가격과 LNG 수입가격과의 가격차이 및 지역의 지속가능한 바이오가스 이용 방안을 고려한 도입 촉진 방법을 검토할 필요가 있음.

- 도시가스 탄소중립화 관련 제도·시스템 검토

- 2050년 합성메탄, 바이오메탄, 수소에 따른 도시가스의 탄소중립화를 추진하기 위해 사업자간, 탄소중립 가스 간 및 탈탄소 에너지 간의 공평한 경쟁과 신규 참가에 따른 비즈니스가 창출될 수 있는 제도·시스템을 마련하고, 수용가측의 입장 및 지원을 위한 재원 부담 방식 등을 고려하여 구체적인 검토를 실시할 것임.

“바이오메탄의 제조비용·공급가격과 LNG 수입가격과의 가격차이 및 지속가능한 바이오가스 이용 방안을 고려한 도입 촉진 방법 검토 필요”

참고문헌

경제産業省, “都市ガスのカーボンニュートラル化について(中間整理)”, 2023.6.27.



WORLD ENERGY MARKET

insight

주요
단신



미주

■ 미 에너지부, 육상·해상·분산형 풍력시장에 대한 종합평가보고서 발표

- 미국 에너지부(Department of the Energy, DOE)가 3개의 연례 풍력 보고서를 발간하면서 (2023.8.24.), 현재 풍력 발전설비가 미국에서 가장 빠르게 증설되고, 풍력 발전단가도 상당히 낮기 때문에 향후에도 풍력발전의 빠른 성장세를 전망하였음.⁵⁾
 - DOE는 ‘육상풍력시장보고서(Land-Based Wind Market Report),’ ‘해상풍력시장보고서(Offshore Wind Market Report),’ ‘분산형풍력시장보고서(Distributed Wind Market Report)’ 등 3건의 보고서를 발간하였음.
 - 상기 보고서에 따르면, 풍력 발전은 2022년 미국 신규 발전설비용량의 22%를 점유해서 태양광 다음으로 큰 비중을 차지하였음.
 - 또한, 바이든 대통령의 ‘미국 내 투자 우선(Investing in America)’ 의제와 정부의 세액공제 등이 풍력발전의 단기 보급전망과 풍력발전의 가격경쟁력(가스화력 발전 등 대비)을 개선하였음.
 - ‘인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)’ 통과 이후 2026년 증설되는 육상풍력 발전설비용량이 18GW에 달할 것으로 전망되어 기존의 11.5GW에서 약 60% 확대되었으며, 이는 미국의 200만 가정에 전력을 공급하기에 충분한 수준임.
 - 또한, 육상풍력 산업을 위해 제조설비를 가동, 재가동, 또는 확대하겠다는 계획이 최소 11건 발표되었으며, IRA의 차세대 제조 생산세액공제(production tax credit)는 해상풍력 블레이드와 철탑의 비용을 각각 27%와 18% 감축할 것임.
 - Jennifer M. Granholm 에너지부 장관은 미국에서 가장 저렴한 에너지원 중 하나인 풍력으로 4,500만 이상의 가구에 전력을 공급하고 있으며, 바이든 대통령의 ‘미국에 투자’ 의제 덕분에 미국 내 공급망이 확대되고, 에너지 안보가 강화되고 있다고 발표함.
- DOE 산하 ‘로런스 버클리 국립연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)’의 육상풍력시장 보고서에 따르면, 2022년 한 해 동안 총 8,511MW의 대규모(utility-scale) 신규 육상풍력 발전설비가 증설되었으며, 이는 미국의 250만 가구에 전력을 공급할 수 있는 규모임.
 - 2022년 풍력발전 비중은 미국 전체 공급전력의 10%였으나, 아이오와 주 공급전력의 60% 이상, 사우스다코타·캔자스·오클라호마 주 공급전력의 각각 40% 이상을 점하였음.
 - 대규모 풍력 터빈을 신규 설치한 주는 14개이며, 증설 규모가 가장 큰 주는 텍사스(4,028MW), 그 다음은 오클라호마와 네브래스카(600MW) 순이었음.

5) Department of the Energy, 2023.8.24.

- 일반 기업의 풍력 전력 구매량(기업 등)이 대규모 전력회사의 풍력 구매량을 처음으로 추월했으며, 풍력전력 직접구매(소매)가 신설 풍력 발전설비용량의 44%를 상회하였음.
 - 풍력 터빈의 설비용량과 설비크기가 지속적으로 증가하는 추세이며, 2022년 신설 풍력 터빈의 설비용량은 평균 3.2MW로 전년 대비 7% 증대되었고, 허브 길이(로터 중앙에서 바닥까지 거리)는 98.1미터로 전년 대비 4% 증가함.
- DOE 산하 ‘국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory)’의 해상풍력시장 보고서에 의하면, 미국 해상풍력 프로젝트(개발 중 또는 가동 중) 규모는 5만 2,687MW로 전년 대비 15% 증가했으며, 이는 1,800만 가구의 전력수요에 상당하는 규모임.
- 여기에는 현재 가동 중인 2개 프로젝트(총 42MW), 개발 중에 있는 40개 프로젝트(총 4만 7,606MW), 아직 계획 단계에 있는 프로젝트(총 5,039MW)가 포함됨.
 - 2022년 한 해 동안 미국 해상풍력 산업은 항만, 선박, 공급망, 송전 등에 총 27억 달러를 투자했으며, 이는 미국 해상풍력 시장에 대한 투자자들의 자신감을 보여주는 것으로 해석됨.
 - 바이든 정부는 해상풍력 계획 지역을 미국 북부와 대서양 중부 이외 지역으로 확대했으며, 역대 처음으로 미국 멕시코만의 3개 신규 해상풍력 개발 지역에서도 경매를 계획하고 있음.
 - 뉴저지와 뉴욕 주는 미국 해상풍력 파이프라인의 가장 큰 부분(20,000MW)을 차지하며, 그 다음은 매사추세츠(8,189MW)와 캘리포니아 주(6,102MW)가 가장 큰 부분을 차지함.
 - 미국 13개 주정부는 자신들의 정책에 기반하여 2050년까지 11만 2,286MW의 해상풍력 발전 설비용량을 조달하는 것을 목표로 하고 있으며, 뉴욕, 뉴저지, 뉴잉글랜드, 캘리포니아 주는 해상 풍력 전력을 장기 전력망 계획에 통합하기 위해 노력하고 있음.
- 마지막으로 DOE 산하 ‘퍼시픽 노스웨스트 국립 연구소(Pacific Northwest National Laboratory)’가 발표한 분산형풍력시장보고서에 따르면, 2022년 증설된 분산형 풍력터빈은 1,755개에 이룸.
- 분산형 풍력터빈은 지역 에너지 수요를 충족하거나 지역 배전망 운영을 지원하며, 2022년 신규 증설 용량은 총 29.5MW이며, 투자효과는 총 8,400만 달러 규모임.
 - 분산형 풍력터빈이 설치된 지역은 미국 50개 주와 워싱턴 D.C., 푸에르토리코, 버진아일랜드, 괌 등이며, 이들 분산형 풍력 터빈의 수는 총 9만 개에 달하고, 누적 용량은 1,104MW에 이룸.
 - 아이오와, 캘리포니아, 네브래스카 주가 2022년 분산형 풍력 터빈 증설을 주도했으며, 아이오와 주에서는 2개의 대형(large-scale) 분산형 풍력 터빈 프로젝트를, 그리고 캘리포니아와 네브래스카 주에서는 각각 1개의 대형 분산형 풍력 터빈 프로젝트를 추진하였음.

▣ 미 에너지부, IRA·BIL 시행실적에 대한 경제·환경 영향분석 보고서 발행

- 미국 에너지부(Department of the Energy, DOE)는 ‘인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)’과 ‘초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)’ 제정이 미국의 배출량 저감, 에너지 안보 강화, 에너지 요금 절감 등에 미치는 영향을 분석한 보고서를 발표하였음(2023.8.16.).⁶⁾

6) Department of the Energy, 2023.8.16.

- IRA 제정 1주년을 맞아 DOE 산하 정책사무국(Office of Policy)이 발행한 이번 보고서의 제목은 ‘미국 에너지에 투자: IRA와 BIL이 미국 경제와 배출량 저감에 미치는 중대한 영향 (Investing in American Energy: Significant Impacts of the IRA and BIL on the U.S. Energy Economy and Emissions Reductions)’임.
- 상기 보고서에 따르면, 바이든 대통령의 ‘미국에 투자(Investing in America)’ 의제는 미국 가계 전기요금 절감(총 380억 달러), 청정 전원 확대(전체 발전의 최대 80% 공급), 전기차 보급 확대(미 자동차 판매량의 최대 65%) 등에 기여할 것임.
- 바이든노믹스의 핵심인 ‘미국에 투자’ 의제는 청정전력 발전 확대, 전기화, 에너지 효율 향상 등을 통한 미국 경제 전반의 온실가스 배출량 저감에 기여하고 있음.
 - 2022년부터 2030년까지 미국 가정의 에너지 요금이 270억~380억 달러 절감
 - 2022년부터 2030년까지 미국의 원유 순수입이 44~59% 절감됨으로써 미국 에너지 안보 강화 (IRA와 BIL이 제정되지 않은 경우에는 35% 절감)
 - 2030년 미국의 순 온실가스 배출량을 2005년 수준 대비 35~41% 감축함으로써 기후 목표 달성에 상당한 진전
 - 2022년 42%에 불과했던 청정에너지 발전량의 비중이 2030년에는 72~81%로 약 2배 증가
 - 2030년 무배출 경량 자동차 판매량이 전체의 49~65%에 달하는 등 미국 자동차의 전기화 가속화
- Jennifer M. Granholm 에너지부 장관은 바이든 대통령의 ‘미국에 투자’ 의제가 일자리 창출과 비용 절감 등의 가시적인 영향을 미치고 있다는 사실을 부정할 수 없으며, 이번 보고서는 이 같은 변혁적인 투자가 미국의 에너지 경제와 에너지 안보를 계속해서 강력하게 유지되도록 돕는다는 사실을 보여준다고 언급함.

■ 미 IRA 및 반도체법 제정 이후 발표된 투자 규모가 총 2,240억 달러 초과

- 미국 정부는 자국 내 청정기술과 반도체 공급망 개발을 촉진하기 위해 총 4,000억 달러를 초과하는 세액공제, 대출, 보조금을 제공하는 ‘인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)’과 ‘반도체·과학법(CHIPS and Science Act, CHIPS)’을 2022년 8월 제정하였음.⁷⁾
- Financial Times紙가 IRA와 CHIPS 제정 이후부터 금년 8월초까지 발표된 1억 달러 이상 규모의 투자를 분석한 결과, 총 2,240억 달러 이상의 청정기술과 반도체 제조 프로젝트가 발표되었음.
 - 최근 신규 프로젝트 발표 속도가 초기보다 다소 둔화되기는 했으나, 매달 새로운 프로젝트가 나왔으며, 금년 8월에는 싱가포르의 Maxeon Solar Technologies가 뉴멕시코 주 Albuquerque에 대규모 태양광 패널(10억 달러 규모)을 구축한다고 발표하였음.
 - 또한, 미국의 First Solar도 자사의 5번째 설비를 루이지애나 주의 Iberia Parish에 건설하기로 결정했는데, 해당 설비는 투자 규모가 11억 달러에 달해 해당 부문의 자본투자로는 역대 최대 규모임.

7) Financial Times, 2023.8.16.

< IRA와 CHIPS 제정 이후 매월 발표된 프로젝트의 투자 규모 >

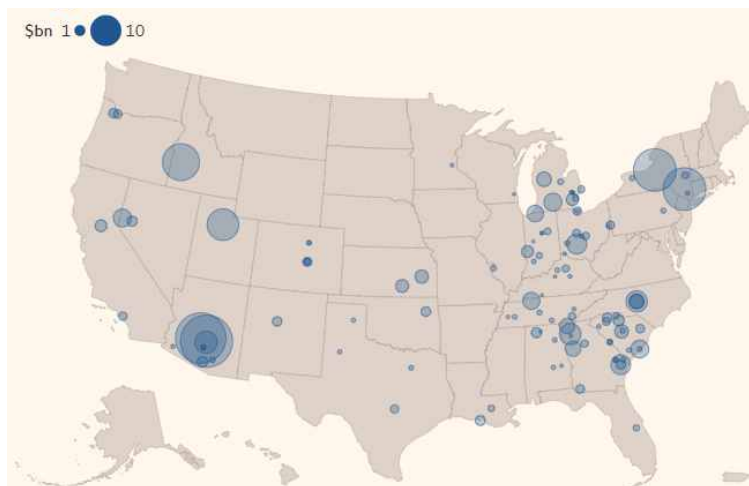
(단위 : 10억 달러)



자료 : Financial Times(2023.8.17.), “Inside the \$220bn American cleantech project boom”

- 발표된 프로젝트는 미국 전역에 흩어져 있지만, 일부 주와 지역에 집중되는 양상을 보임에 따라 새로운 제조 허브도 등장하고 있음.
- 구체적으로 조지아와 사우스캐롤라이나 주에 각각 14개와 11개 프로젝트가 위치해 가장 많은 프로젝트를 유치하였으며, 그 다음으로는 미시건과 오하이오 주에서 가장 많은 프로젝트가 발표됨.

< 미국에서 계획된 최소 1억 달러 이상의 제조 프로젝트 >

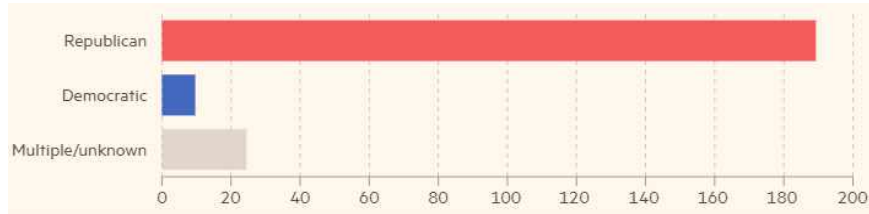


자료 : Financial Times(2023.8.17.), “Inside the \$220bn American cleantech project boom”

- Financial Times는 지난 한 해 동안 발표된 청정기술과 반도체 투자의 80%가 공화당 성향의 지역에 집중된 것으로 분석하였음.
- 그러나 IRA 제정 당시 공화당 의원들의 찬성표는 전무했으며, 반도체법에 대한 지지 역시 상당히 낮은 수준이었음.
- 이 같은 상황에서 공화당이 과반을 점하고 있는 하원에서는 최근 IRA를 약화시키는 법안을 통과시키기도 하였음.

〈 공화당과 민주당 성향 주에서 유치한 투자 규모 〉

(단위 : 10억 달러)



자료 : Financial Times(2023.8.17.), “Inside the \$220bn American cleantech project boom”

- 미국 내에 진출한 외국 기업을 보면, 한국과 유럽 기업들이 각각 20개와 19개 프로젝트를 발표해 미국 내 외국인 투자를 주도했으며, 미·중 관계가 악화되는 상황에서도 일부 중국 기업들이 투자를 발표하였음.
- 그러나 중국 기업들의 투자는 Financial Times의 분석에 포함되기에는 규모가 작은 수준이었으며, 그 중 가장 큰 규모로는 Gotion의 배터리 설비(24억 달러 규모, 미시건 주)였음.

〈 지난 1년간 발표된 프로젝트 중 규모가 가장 큰 10개 프로젝트 〉

기업	투자규모(억\$)	지역	본사
Intel	300	애리조나주 Chandler	미국
Taiwan Semiconductor Manufacturing Company	280	애리조나주 Phoenix	대만
IBM	200	뉴욕주 Hudson Valley	미국
Micron	200	뉴욕주 Clay	미국
Micron	150	아이다호주 Boise	미국
Texas Instruments	110	유타주 Lehi	미국
LG 에너지솔루션	55	애리조나주 Queen Creek	한국
Wolfspeed	55	노스캐롤라이나주 Chatham County	미국
현대 & SK On	55	조지아주 Bartow County	한국
혼다 & LG 에너지솔루션	55	오하이오주 Fayette County	일본, 한국

자료 : Financial Times(2023.8.17.), “Inside the \$220bn American cleantech project boom”

- IRA의 전기차 세액공제는 제조사들이 해외 소재 일부 사용을 허용하나, 중국산 수입품은 대상에 포함되지 않음.
- 2023년 7월, 공화당이 주도하는 ‘중국 공산당에 관한 하원 특별위원회(The House Select Committee on the Chinese Communist Party)’는 Ford와 중국 배터리 기업 CATL과의 계약을 조사하고 있다고 Ford에 서한을 통해 알리기도 함.
- ※ Ford는 미시건주에 35억 달러 규모의 배터리 제조 공장을 건설하면서 중국 CATL의 기술을 도입하겠다고 금년 2월 발표한 바 있음.

○ 한편, 미국 내 숙련노동 및 원자재 부족 여전히 과제로 남아 있으며, 오랜 건설 리드타임, 해외에서 기술진보, 타이트한 원자재 공급 등도 미국 내 공급망 구축에 걸림돌이 될 것으로 Financial Times는 분석함.

- 이로 인해 전문가들은 2030년까지 동아시아 지역이 계속해서 세계 청정기술과 반도체 공급을 주도할 가능성이 높은 것으로 전망함.
- IEA는 중국이 2030년까지 전세계 풍력, 배터리, 태양광 공급망의 60% 이상을 장악할 것으로 내다봄.
- Benchmark Mineral Intelligence는 2030년까지 중국의 배터리 제조 용량이 미국과 유럽의 누적 용량보다 2배 많을 것으로 예상함.
- 또한, Rystad Energy는 미국이 2025년까지 배터리 전지와 태양광 모듈 생산 자립을 달성하더라도, 배터리를 음극과 양극 및 태양광 모듈용 폴리실리콘을 비롯한 부품은 수입에 의존할 것으로 내다봄.

■ 미, 전기자동차 보급은 급격히 증가하는 반면 충전소 구축은 부진

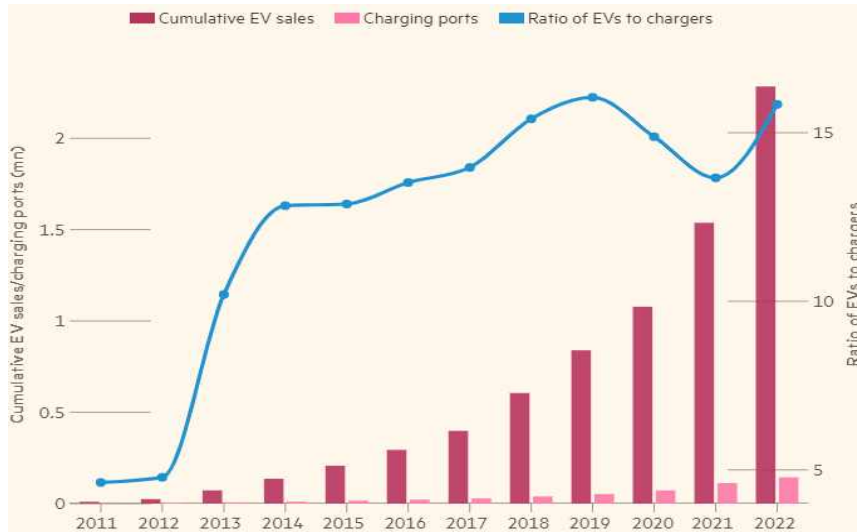
○ 지난 몇 년간 미국에서 전기자동차 보급이 급격히 증가하는 가운데, 전기자동차 충전소 구축은 느리게 진행되면서 전기차 운전자들이 충전에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타남.⁸⁾

- 미국에서 판매된 전기차 100만 대가 되기까지 약 8년이 소요되었으며, 이후 200만 대가 되는 데는 3년이 채 안 걸렸으나, 300만 대에서 400만 대(2023년 6월에)로 증가되는 데는 1년도 걸리지 않았음.
- 반면, 전기차 충전 인프라 구축은 전기차 보급만큼 빠르게 진행되지 못했는데, 2030년까지 모든 승용차 판매의 50%는 무배출 자동차가 될 것을 요구한 바이든 정부의 목표를 달성하기 위해서는 충전 인프라의 조속한 확대가 필요할 것임.
- 전기차 충전기 보급이 전기차 판매량 증가 속도를 맞추지 못하면, 그로 인한 병목현상이 향후 전기차 판매량 증가를 둔화시킬 수 있으며, 그로 인해 온실가스 배출량 저감에서 전기차의 역할도 축소될 수 있음.
- 예상되는 전기차 보급 확대를 지원하기 위해 필요한 충전기의 대수에 대한 전망은 차이를 보이지만, 백악관은 직장과 고속도로 등에 총 50만 개의 공공 충전기가 필요할 것으로 봄.
- ※ 미 에너지부(Department of the Energy, DOE) 산하 '대체연료 데이터 센터(Alternative Fuels Data Center)'에 따르면, 현재 미국에는 약 15만 개의 공공 충전기가 존재함.
- S&P Global Mobility의 Ian McClravey는 일부 주에서는 충전기 구축과 전기차 보급이 함께 이뤄지고 있으나, 전기차 보급률이 높은 지역에서는 이미 충전소 부족이 발생하고 있다며, 향후 몇 년간 충전기 부족 현상이 심화될 위험이 있다고 밝혔음.
- 그러나 전기차 산업이 이미 충전기 안정성에서 불확실한 사업모델에 이르는 문제뿐만 아니라 일부 지역에서 불충분한 전력망 문제까지 안고 있어서 이러한 충전기와 전기차 간 격차 해소는 어려울 것으로 보임.
- 충전기 부족 현상의 심화에 따라 경쟁관계에 있는 자동차 제조사들이 파트너십을 체결하여 충전인프라 구축을 모색하는 사례가 등장했으며, 테슬라의 충전 포트를 도입하겠다는 기업(Ford, GM, Volvo 등)도 늘고 있음.

8) Financial Times, 2023.8.15.

- ※ GM, 현대, 현대, 기아, BMW, 메르세데스 벤츠, Stellantis NV 등 미국 내 7개 주요 자동차 제조사는 2030년까지 3만개의 급속충전기를 보급하기 위해 합작 투자하겠다고 발표하였음(2023.7.26.).⁹⁾
- ※ 테슬라는 자사의 7,500개 충전기를 2024년 말까지 모든 전기차에 개방하겠다고 약속함.

〈 미국의 누적 전기차 판매량과 충전기 〉



자료 : Financial Times(2023.8.15.), "Great American road trip hits speed bump in shortage of EV chargers"

- 그러나 전기차 충전소 확충에서 장 큰 문제는 농촌과 전기차 도입수준이 낮은 지역 등에서의 충전소 구축인데, 이들 지역은 미국 국토의 상당 부분을 차지함.¹⁰⁾
 - 바이든 정부는 미국 서부에서 북동부를 연결하는 고속도로를 따라 매 50마일 지점에 최소 1개의 고속충전기 구축을 목표로 하는 '국가 전기차 인프라 방책 프로그램(National Electric Vehicle Infrastructure Formula Program, NEVI)'을 통해 충전기 부족 해소를 기대하고 있음.
 - 2021년, 연방정부는 '초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)'의 일환으로 각 주의 국가 전기차 인프라(NEVI) 구축·유지·운영을 돕기 위해 50억 달러를 할당하였으며, 추가로 벽지 지역에서 충전기 지원 등을 위한 25억 달러의 가용 보조금을 할당함.
 - 그러나 문제는 전기차 소유주가 많지 않은 주들도 모두 NEVI 자금을 신청했으며, 그 중 와이오밍 주는 인구가 많지 않은 지역에서 외딴 충전소의 운영 문제 등을 거론하며 50마일마다 충전기를 건설해야 한다는 NEVI 조항을 비판하기도 하였음.
 - 웨스트버지니아 주에서는 인구의 50%가 외곽 지역에서 생활하며, 이들 지역은 유틸리티 업그레이드나 휴대전화 이용 가능 지역 확대가 필요할 수 있음.
 - 캐나다와 국경을 맞대고 있는 노스다코타 주는 혹한의 동절기와 무더운 하절기 날씨가 전기차 운행 거리에 영향을 미칠 수 있는데, S&P Global Mobility에 따르면 노스다코타의 등록 차량에서 전기차가 차지하는 비중은 1%를 밑도는 수준임.

9) New York Times, 2023.7.26.

10) Financial Times, 2023.8.15.



■ EU 집행위원회, 2026년 CBAM 본격 도입 전 전환기간 동안의 이행규정 발표

○ EU 집행위원회가 2023년 10월 1일부터 시작되는 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, 이하 ‘CBAM’)의 본격 시행시점인 2026년에 앞선 전환기간(transitional phase, 2023.10.1.~2025.12.31.) 동안의 이행규정(Implementation Regulation)을 발표함(2023.8.17.).¹¹⁾

– 전환기간에는 역내 수입품의 내재 배출량(embedded emissions) 보고 의무만 있고, 본격적 시행시점인 2026년부터는 배출량 데이터에 대한 검증과 CBAM 인증서 구매 등이 실행될 예정임.¹²⁾

※ 내재 배출량은 생산 공정에서 발생하는 직접배출량과 생산 공정에 쓰이는 전력을 생산하면서 발생하는 간접배출량, 생산 공정에서 투입되는 중간재에 내재된 배출량을 모두 포괄하는 일종의 제품 탄소발자국임.

– 이번에 발표된 집행위의 이행규정은 CBAM 전환기간 중의 보고 의무와 내재 배출량 산정 방법론에 관련된 이행사항을 담은 첫 번째 시행령임.

- CBAM의 대상품목은 시멘트, 철강, 알루미늄, 비료, 전력, 수소 등 6개 제품이며, 전환기간 동안 EU 집행위는 유기화학제품과 플라스틱 등 탄소누출 위험이 높은 다른 제품으로의 확대 여부를 결정할 것임.
- 또한 EU 집행위는 2030년까지 CBAM을 EU ETS가 적용되는 모든 품목(석유화학, 합판, 해상운송, 도로운송, 건물 연료 등)으로 확대하는 것을 목표로 하고 있음.

○ 역내 수입업자는 해당 분기 종료 후 1개월 이내에 분기별 CBAM 보고서를 제출해야 하며, 첫 번째 보고서 제출 기한은 2024년 1월 31일까지임.¹³⁾

– 보고서에는 ▲수입 제품 및 원산지 정보, ▲제품 생산 시설 정보, ▲관계자(책임자, 수입자, 감독 관청) 정보, ▲탄소배출량 정보, ▲이미 지불된 탄소가격 등이 포함되어야 함.

· 수입품이 전력일 경우 MWh로 표시하고, 그 외의 제품은 톤으로 표시함.

– 집행위 이행규정은 탄소배출량을 산정하기 위한 세부적인 산정방식을 제시하고 있으며, 이에 따라 직접 및 간접 배출량, 핵심 중간재(전구물질, precursor)에 포함된 내재배출량을 산정해야 함.

· 전환기간에 해당되는 2024년 말까지는 한시적으로 ▲EU가 제공하는 산정방식, ▲역외 제3국의 시스템에 기반 한 산정방식, ▲집행위가 제공하는 기본값(reference value)에 기반 한 산정방식 등 세 가지 방법 중 하나를 선택해서 배출량을 산정할 수 있음. 2025년부터는 EU의 방식만 허용됨.

11) European Commission, 2023.8.17.

12) 세계 에너지시장 인사이트, 제23-9호, 2023.5.8.

13) European Commission, 2023.8.17.

- 실질 배출량과 관련된 정보가 준비되지 않았을 경우, 2024년 7월 31일까지는 보고서를 통해 배출 계산 방법론을 제출하면 내재 배출량 산정을 위한 대체 기준을 적용할 수 있음.¹⁴⁾
 - 복합제품(complex goods)의 경우, 총 내재 배출량의 20%까지는 생산자가 제공하는 추정치로 보고할 수 있음.¹⁵⁾
 - 간접배출의 경우, ▲제품 톤당 생산 공정에서의 전력 소비량(MWh), ▲소비된 전력에 해당하는 배출계수 등을 명시해야 하며, 실제 배출량을 보고하는지, 또는 전환기간 동안 이행규정이 제공하는 기본값을 보고하는지도 명시해야 함.
 - EU 집행위는 전환기간 이후 이행규정 및 관련 지침에 명시된 방법론에 따라 시멘트와 비료 등 일부 부문부터 간접배출량도 CBAM 인증서 구매 대상에 포함될 것으로 예고했음.
- CBAM 보고서를 제출하지 않거나 보고서가 부정확하거나 불완전한 경우, 또는 이행규정에 따라 보고서를 수정하지 않은 경우에는 보고되지 않은 배출량에 대해 톤당 10~50유로의 벌금이 부과될 수 있음.
- 벌금 수준은 유럽 소비자 물가지수에 따라 인상될 수 있으며, 구체적인 벌금액은 보고되지 않은 내역, 고의 및 과실 여부 등을 감안하여 관할 당국이 결정하게 됨.
- EU 집행위는 수입업자의 배출량 산정 및 보고서 제출 등을 지원하기 위한 전용 포털과 전환기간 동안에 지침, 교육자료 등을 개발 중임.
- 또한, 향후 CBAM 운영과 관련해 신고자가 보고서를 제출하고 관련 알림을 수신할 수 있도록 '트레이더 포털'을 개설할 예정임.
 - 집행위는 CBAM이 본격 시행되기 전까지 위임법과 이행규정을 순차적으로 추가 마련해서 관련 내용을 더욱 구체화할 계획이며, CBAM이 본격 시행되는 2026년부터 2034년까지 CBAM 적용부문의 EU-ETS 무상 할당을 단계적으로 감축하여 폐지할 것임.

■ EU, 예정보다 두 달 이상 앞서 가스저장 목표치 도달

- EU가 8월 16일 기준으로 90.1%의 가스저장 수준을 달성함. 이는 90% 달성 목표일인 11월 1일보다 두 달 이상 앞선 것이며, 가스 저장량에 대한 기록이 시작된 2016년 이후 동기 대비 가장 높은 수준임.¹⁶⁾
- EU의 최대 가스저장 용량은 1,100TWh 이상이며, 현재의 저장량은 동절기 동안 EU 내에서 소비되는 천연가스의 약 25~30%를 충당할 수 있는 수준임.¹⁷⁾
- ※ 2022년 EU의 가스 소비량은 높은 가격과 절약 조치로 인해 2021년 대비 17% 감소한 약 4,000TWh에 달했음.¹⁸⁾

14) KOTRA, 2023.8.22.

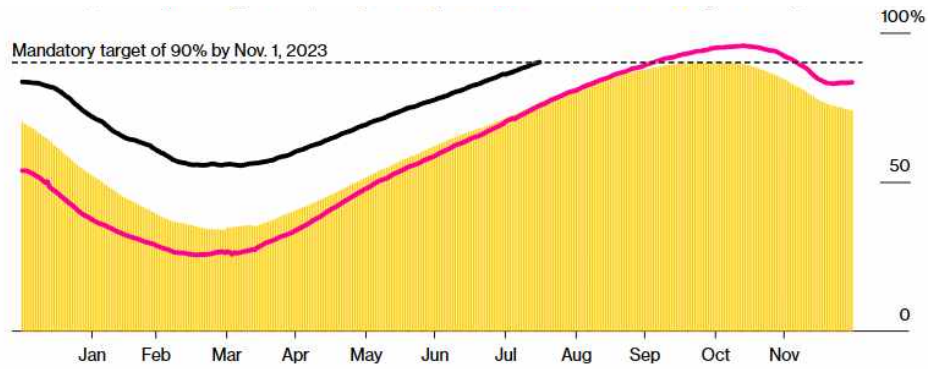
15) European Commission, 2023.8.17.

16) Financial Times, 2023.8.18.

17) WSJ, 2023.8.17.

18) EURACTIV, 2023.8.18.

〈2022~2023년 EU 가스저장 수준 및 5년 평균치〉



주 : — 2023년 EU 가스 저장 수준, — 2022년 재고, ■ 5년 평균치
 자료 : BNEF, “Europe Gas Storage Is 90% Full. It Still May Not Be Enough”

- 27개 회원국 중 11개국의 가스저장 수준이 90%를 초과했으며, 나머지 국가들도 대부분 이에 근접하였음.¹⁹⁾
 - 역내에서 가스 소비량이 가장 많은 독일은 저장수준 91.6%를 달성한 반면, 라트비아는 77%로 가장 낮은 저장 수준을 기록함. 프랑스는 올해 초 전국적인 파업으로 인한 에너지 공급 차질로 약 84%의 저장 수준을 기록함.
 - ※ 러시아-우크라이나 전쟁 발발로 러시아산 PNG 공급이 급감하고 러시아 Gazprom이 의도적으로 유럽 최대 규모인 독일 내 자사 시설 저장고를 최대한 비워두었다는 사실이 밝혀진 이후, 이와 유사한 상황을 방지하기 위해 2022년 6월 EU는 2023년부터 회원국들이 매년 11월 1일까지 가스 저장 시설의 90% 이상을 채우도록 하는 새로운 규칙을 제정하였음.²⁰⁾
 - 그동안 독일은 러시아로부터의 수입을 대체하기 위해 값비싼 LNG를 구입해 저장물량을 채웠음.
 - EU 전체 가스저장 용량의 약 10%를 차지하는 오스트리아는 러시아 Gazprom과의 기존 공급 계약을 고수하고 있음.
 - 2023년 2월 Karl Nehammer 오스트리아 총리는 러시아로부터의 공급이 지속되는 이상 자국의 석유 및 가스 기업 OMV가 러시아와의 계약 의무를 이행하는 것을 금지할 수는 없다고 언급한 바 있음.
- EU의 가스저장 목표 조기 달성의 주요 원인은 2022년 가스가격 급등으로 산업부문의 가스 소비가 감소하였고,²¹⁾ 또한 올해 들어 경제난으로 인해 중국의 가스 수요가 감소함에 따라 대유럽 공급량이 증가한데에 있음.
- 한편, 현재의 EU 가스 저장량만으로는 EU의 동절기 수요를 충족하기에는 충분하지 않은 데다, 유럽의 가스 가격이 에너지 위기 당시보다 약 90% 하락했음에도 EU의 에너지 공급이 취약해 시장의 불안정한 상황과 가스 가격 변동성이 높게 유지될 전망이다.

19) WSJ, 2023.8.17.
 20) EURACTIV, 2023.8.18.
 21) WSJ, 2023.8.17.

- 전세계 공급량의 10%를 차지하는 호주의 대규모 LNG 수출플랜트인 Woodside Energy Group과 Chevron의 파업 우려와 노르웨이 Troll 유전의 대규모 보수에 따른 가동중단 등으로 벤치마크 선물가격 상승세가 이어지며 불안정한 상황이 지속되고 있음.²²⁾
- 또한, 최근 미국 멕시코만에서 발생한 허리케인이 미국의 대유럽 LNG 수출에 지장을 줄 가능성이 있음.²³⁾
- 독일 정부는 자국 내 가스 공급 인프라를 증설하지 않는 한, 2027년 초까지 가스 부족 위험이 지속될 것이라고 언급한 바 있음.²⁴⁾

▣ 영국, 저탄소 전력 생산 및 재생에너지 투자 약세

- 최근 영국 정부의 통계에 따르면, 영국의 재생에너지 발전용량 증가율은 2020년 1.96%, 2021년 3.65%, 2022년 7.74%로 지난 3년간 평균 4.45%를 기록했음. 이는 지난 3년간 전 세계적으로 9.67% 증가율을 보인 것에 비하면 매우 낮은 수치임.²⁵⁾
 - 전 세계적으로 재생에너지 발전용량은 2020년에 전년 대비 10.3%, 2021년 9.1%, 2022년 9.6% 각각 증가하였음.
- 또한, 컨설팅 기업 Oxford Economics의 연구에 따르면, 영국의 2023년~2030년 간 저탄소 전력(재생에너지, 원자력, 바이오매스 등) 생산량은 연평균 2.9%씩 증가할 전망이며, 이는 세계 8대 경제대국 중 가장 느린 속도이며, 이러한 추세라면 영국의 저탄소 발전용량은 향후 10년 간 다른 주요 경제국에 뒤처질 것으로 예상됨.²⁶⁾
 - 동기간 인도가 10.6%로 가장 빠른 성장세를 보일 전망이며, 중국이 7.2%, 미국 6.4%, 독일 5.8%로 그 뒤를 이음.
 - 영국의 에너지협회인 Energy UK는 이러한 연구 결과와 미국과 중국 등이 투자자에 대한 인센티브를 강화하고 있는 추세를 반영해 영국에 대한 투자 전망을 “하향 전망”으로 발표하였음.
 - Oxford Economics의 수석 분석가인 Emily Gladstone은 국가 성장률 전망이 영국의 낮은 저탄소 전력 생산량 전망에 일부 영향이 있다고 언급하였는데, Oxford Economics에 따르면 2030년까지 프랑스의 성장률은 3.1%로 영국보다 약간 높으며, 일본은 3.2%, 이탈리아는 5.2%의 성장률을 보일 것으로 예상됨.
 - 영국 정부는 2050년까지 넷제로를 달성하기 위해 2035년까지 전력시스템 탈탄소화를 목표로 하고 있으며, 2022년 영국의 저탄소 전력 비중은 56.2%였음.
 - 싱가포르 국립대학교 에너지 연구소에 따르면 현재 영국의 재생에너지 전력 생산량은 50% 미만인데, 유럽 국가들의 45%는 재생에너지 전력 비중이 비재생에너지 전력 비중보다 더 높음.²⁷⁾

22) BloombergNEF, 2023.8.22.

23) WSJ, 2023.8.17.

24) BloombergNEF, 2023.8.18.

25) The Guardian, 2023.8.11.

26) Financial Times, 2023.8.16.

27) The Guardian, 2023.8.11.

- 영국 재생에너지 업계에서는 중국과 EU 등 다른 국가들이 미국과 유사한 녹색 투자 프로그램으로 대응함에 따라 영국이 뒤처질 것이라는 우려를 제기하고 있으며, 영국 정부가 재생에너지 시장에서 EU 및 미국과 경쟁할 수 있는 계획을 개발할 것을 요구하고 있음.
 - 재생에너지협회인 Renewable UK는 글로벌 투자자들에게 영국 재생에너지 시장을 홍보하기 위한 종합적 전략을 시급히 개발해서 신규 청정에너지 대규모 프로젝트를 시행하고, 블레이드, 케이블, 부유식 해상풍력 등과 같은 주요 설비·부품의 공급망 투자를 유치해야 한다고 주장함.
- 한편, 영국 정부는 성명을 통해 2010년부터 재생에너지에 약 1,200파운드의 투자를 유치했으며, 2030년까지 추가로 저탄소부문에 1,000억 파운드의 민간투자가 이루어질 것으로 예상하며, 최대 48만개의 일자리가 창출될 것으로 기대한다고 밝힘.

■ 독일, 전력시스템 안정성 로드맵 발표 시점 연말까지 지연

- 사회민주당(SPD), 녹색당, 자유민주당(FDP)로 구성된 연립정부(이하 '연정')가 2023년 중반으로 예정으로 했던 '시스템 안정성 로드맵(roadmap system stability)'의 수립 및 발표가 연말까지 지연될 것으로 보임.²⁸⁾
 - 2021년 총선 이후 연정은 2030년까지 탈석탄 및 재생에너지의 대규모 보급 확대 등을 위한 조치를 담은 연정 협약을 발표하였으며, 로드맵 수립 계획은 협약 중 '전력망 및 전력시장 설계' 부문에 포함되어 있었음.²⁹⁾
 - 전력망 및 전력시장 설계를 위해 독일 연정은 로드맵 수립뿐만 아니라 전력망 확대를 가속화하고, 공급 안정성과 재생에너지의 빠른 보급 확대를 검토하기 위한 '실제 스트레스 테스트(real stress test)'를 진행하며, 그리고 탈원전 및 탈석탄을 추진하는 동안 안정적인 공급을 보장하기 위해 용량 메커니즘과 유연성에 대한 옵션을 평가할 것이라고 발표하였음.
 - 로드맵은 재생에너지를 전력망에 연결하기 위해 필요한 투자에 대한 개략적인 설명을 포함하고 있는데, 로드맵 수립이 금년 말까지 지연됨에 따라 전력망에 대한 투자 전망 또한 불투명해짐.³⁰⁾
 - 독일은 2030년까지 전력믹스에서 재생에너지 비중 80%를 목표로 하고 있어서 전력망의 수급균형 유지와 전력부족을 방지하기 위한 백업용량이 필요함.
 - 최근 독일 정부는 추후에 수소 발전으로 전환할 예정인 15GW의 천연가스 발전소에 대한 경매를 개최할 계획이라고 발표한 바 있으나, 이에 대한 세부사항은 아직까지 제시되지 않고 있음.
 - 로드맵 수립에 참여하고 있는 전력망 운영사 Amprion GmbH는 신규 기저부하 가스화력 발전소 건설이 2024년에는 결정되어야 2030년 말까지 발전소를 가동할 수 있다고 주장하며, 백업용량 확보를 위한 정부의 계획이 불확실함을 지적함.
- 한편, 8월 22일 독일의 전력가격은 풍력 발전량이 감소함에 따라 8월 초에 비해 두 배 가량 상승하며 147유로/MWh를 기록함.

28) BloombergNEF, 2023.8.25.

29) Clean Energy Wire, 2021.11.25.

30) BloombergNEF, 2023.8.25.

- 풍력 발전량이 감소하면서 운영비가 비싼 화력발전량이 증가한 것이 전력 가격 상승의 주요 원인으로 꼽힘.
- 8월 초 독일의 풍력 발전비중은 50%였으나, 8월 22일 풍력 발전비중은 15%였으며, 같은 기간 석탄 및 가스 발전비중은 20%에서 52%로 증가하였음.
- 향후 10년 간 독일의 전력 가격 변동성은 탈석탄 정책과 맞물린 원자력 발전소 폐쇄와 풍력 발전 도입 증가로 인해 더욱 커질 것으로 보임.



▣ 중국 NDRC, 풍력·태양광발전 설비 폐기물 재활용 촉진 정책 발표

○ 중국 국가발전개혁위원회(NDRC) 등 6개 부처가 공동으로 ‘풍력·태양광발전 설비 폐기물 재활용 촉진에 관한 지침’(이하 ‘지침’)을 발표함.³¹⁾

– ‘지침’은 2025년까지 집중형 풍력발전소 및 태양광발전소 폐기물 처리 책임메커니즘을 구축하고 폐기물 재활용 관련 표준·규범을 완비하고 핵심기술을 혁신하며, 2030년까지 풍력·태양광 설비의 전체 수명 과정에서 재활용 기술 시스템을 구축하고, 자원순환 활용 모델을 완비하여 자원 재활용 수준을 크게 제고한다는 목표를 수립함.

– 목표 수립을 위한 주요 방안으로 ①녹색설계 확대, ②폐기물 처리 책임메커니즘 구축, ③폐기물 회수시스템 완비, ④자원 재활용 능력 강화, ⑤설비 재제조 추진 등의 내용이 포함됨.

- **(녹색설계 확대)** 제품의 분해·운송·회수가 용이하도록 설계·생산 단계에서 녹색설계를 적용하며, 녹색설계시범기업을 선정함.
- **(폐기물 처리 책임메커니즘 구축)** 집중형 풍력·태양광발전 기업은 설비폐기물(부품 포함) 처리 책임을 지며, 불법 매립·투기는 금지됨.
- **(폐기물 회수시스템 완비)** 풍력·태양광발전 기업이 자발적으로 회수 서비스를 제공하도록 장려하며, 제3자 회수 전문기업의 회수 서비스사업을 지원함. 제조·발전·운영·회수·재활용 기업들의 장기 협력 메커니즘을 구축함.
- **(자원 재활용능력 강화)** 재활용기업이 타워, 블레이드, 발전기, 기어박스, 모듈 프레임 등 풍력·태양광발전 설비 분해 및 재활용 수준을 제고하도록 장려함.
- **(설비 재제조 추진)** 풍력발전 발전기, 기어박스, 메인 베어링, 태양광 모듈 등 핵심 부품의 재제조(Remanufacture) 산업을 우선 육성함. 신재생에너지 운영·보수 부문에 활용할 재제조 부품을 개발함.

※ 재제조(Remanufacture)는 부품을 분해·세척하여 신제품과 동일한 성능으로 회복한 뒤 다시 사용하는 것을 의미함.

– 또한, 정부는 목표 달성을 위해 풍력·태양광발전 폐기물 재활용 관련 기술을 연구 개발할 계획이며, 예산에 폐기물 재활용 사업 지원 자금을 포함하여 정부 지원을 강화할 방침임.

○ 중국은 최근 풍력·태양광발전 설비규모 급증, 소형 용량에서 대형 용량으로의 설비 교체 지속 확대, 산업고도화 등으로 관련 폐기물이 대량 발생할 전망이다.

– 중국 물자재생협회의 풍력·태양광설비순환전문위원회가 발표한 ‘2022년 중국 풍력·태양광발전 설비 보고서’는 2040년에 풍력 폐기물은 누적 280GW, 태양광 모듈은 누적 250GW에 달해 관련 폐기물이 총 500GW를 넘어설 것으로 전망함.³²⁾

31) 能源界, 2023.8.17.

32) 인사이트, 제23-12호, 2023.6.19., pp.35~36.

- 이에 폐기물을 제대로 처리·재활용하지 못해 발생하는 토지 점용 및 환경 오염과 같은 문제점을 해결하고, 폐철강·폐비철금속·폐유리 등再生资源을 효율적으로 활용하는 것에 이목이 집중되고 있음.
- 일부 발전기업, 설비제조기업, 재활용기업 등은 폐기물 재활용을 하고 있으나, 아직 관련 사업이 초기 단계에 머물러 있고 처리책임 소재가 불명확하며, 재활용기업의 전문성이 낮아 단순히 폐기물을 소각하거나 매립하는 현상이 나타나고 있음.

○ 이러한 상황에서 이번 정부 ‘지침’ 발표로 풍력·태양광발전 폐기물 처리·재활용부문이 체계화될 것으로 보임.

- 관련 전문가는 이번 ‘지침’ 발표로 풍력·태양광발전 폐기물 재활용 산업 육성을 위한 로드맵이 수립되었으며, 향후 신재생에너지산업의 저탄소녹색 성장과 탄소피크·탄소중립이 촉진될 것이라고 밝힘.³³⁾

■ 중국 정부, 수소에너지산업의 표준 분류체계 마련

○ 중국 국가표준위원회, 국가발전개혁위원회(NDRC), 공업정보화부, 생태환경부, 국가에너지국(NEA) 등이 중국의 수소에너지산업 정책을 이행하고 관련 산업을 체계화하기 위해 ‘수소에너지산업 표준 시스템 구축 가이드(2023)’(이하 ‘가이드’)를 발표함.³⁴⁾

- ‘가이드’는 중앙정부 차원 최초의 수소에너지산업 표준이며, 생산·저장·수송·소비 등 산업 전반에 적용되는 표준 체계를 구축하였으며, 표준 분류체계는 크게 5개 대분류, 20개 중분류, 69개 소분류로 구성됨.
- 5개 대분류는 ①공통 및 안전, ②수소 생산, ③수소 저장·수송, ④수소 주입, ⑤수소 활용 등임.
 - (공통 및 안전) 전문용어, 도형부호, 수소에너지 종합평가, 수소품질, 공통부품 등과 관련한 공통 표준 및 수소안전 기본요건, 수소 밀봉, 안전위험평가, 모니터링·경보 등 수소안전 관련 일반 표준
 - (수소 생산) 수소 분리·정제, 수전해, 광촉매 물분해 등 수소 생산 관련 표준
 - (수소 저장·수송) 수소가스 압축, 액화, 천연가스와 혼합, 고체수소 저장소재 등 수소 저장·수송 기본요건, 용기, 가스 실린더, 파이프라인 등 수소 저장·수송 설비 및 시스템 등 관련 표준
 - (수소 주입) 수소충전소 설비, 시스템, 운영, 안전관리 등을 포함한 표준
 - (수소 활용) 연료전지, 수소 내연기관, 수소가스 보일러, 수소터빈 등 수소전환활용설비 및 부품 표준, 교통, 에너지저장, 발전·핵산업부문 수소에너지 활용 등 표준

○ 전문가는 중국 수소에너지 중장기 정책을 뒷받침할 이번 ‘가이드’에서 특히 중요한 점은 수소 저장·운송과 관련 표준 분류체계가 구축되었다는 것이며, ‘가이드’ 발표로 핵심 부문·제품 관련 기술 및 표준 연구·활용이 가속화되고, 수소에너지산업 경쟁력이 높아질 것이라고 밝힘.³⁵⁾

33) NDRC, 2023.8.18.

34) 質量與認證, 2023.8.9.

35) 中國財經, 2023.8.9.

- 중관촌(중국의 실리콘밸리) 수소연료전지기술혁신산업연맹은 수소에너지산업이 빠르게 성장함에 따라 기존 수소에너지산업 표준은 현재 상황과 부합하지 않거나 관련 표준이 마련되어 있지 않아 수소에너지산업 성장을 저해하는 요인 중 하나가 되고 있다고 언급함.
- 그러나 이번 '가이드' 발표로 수소산업 성장 정책의 기준이 마련되었으며, 국가·업계 표준 및 관련 법규가 완비될 것이라고 밝힘.

■ 중국, 남아공과 일대일로 출범 10주년 맞아 에너지 및 녹색성장 부문에서 협력확대

- 시진핑 중국 국가주석이 8월 21~24일간 남아공에서 개최된 BRICS 정상회의 참석 기간 중인 8월 22일에 남아공 정상과 일대일로 및 에너지·디지털 분야에서 협력하는 양국간 공동성명을 발표함.³⁶⁾
 - 공동성명에서 양국은 '일대일로(一帶一路, One belt, One road)' 이니셔티브 출범 10여 년간 상생하는 협력 플랫폼을 구축했다고 밝힘.
 - 또한, 중국의 '일대일로'와 남아공의 '경제재건 및 회복 계획'에 맞춰 인프라, 물류, 무역투자, 제조업, 농산품가공, 에너지 자원, 금융, 디지털경제, 과학경제, 녹색성장 등 주요 부문에서 협력을 지속적으로 확대·강화하겠다고 밝힘.
 - 이어서 중국은 전력생산 및 송전 인프라를 포함한 남아공의 전력 공급난 해결에 지속적으로 지원할 것이라고 발표함.
 - 중국은 최근 청정에너지부문에서 아프리카 국가들과 협력을 강화하고 있으며, 남아공의 De Aar 풍력발전소, 케냐 Garissa태양광발전소, 르완다 수력발전소 등을 포함하여 100여개의 청정에너지 발전 및 전력망 사업을 추진하였음.³⁷⁾
 - 남아공 De Aar 풍력발전소는 중국이 아프리카에서 최초로 투자 건설한 풍력발전소로 2017년에 상업가동을 개시했으며, 연간 760GWh의 청정에너지 전력을 현지에 공급할 수 있음. 총 설비 규모는 24만 4,500kW이며 상업가동 이후 남아공의 전력난을 완화함.³⁸⁾
 - 케냐 Garissa태양광발전소의 설비규모는 50MW로 2019년에 상업가동을 개시함. 동 발전소는 7만 가구(약 38만 여명)에 전력을 공급할 수 있으며 현지 전력난 해소에 기여함.
 - 르완다 수력발전소는 2023년 7월 말에 착공하였으며, 완공 후에는 르완다의 전력난을 크게 감소시키고, 르완다의 재생에너지 공급원을 늘릴 수 있을 것으로 예상됨.
 - 또한, 중국 에너지 기업과 GEIDCO(Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization)은 아프리카 정부와 기업에게 경험·기술 이전, 자문서비스 제공 등을 통해 아프리카 국가의 청정에너지 기반 조성·확대에 기여하고 있음.
- ※ 중국은 GEI(Global Energy Interconnctcion)사업을 추진하기 위해 전담조직으로 비정부·비영리 국제기구인 GEIDCO를 설립하였음. GEIDCO의 주요 역할은 GEI 사업개발 전략 및 추진계획 수립, 기술표준 정립 및 국제교류 플랫폼 구축 등임. GEI는 UHV+스마트그리드+청정에너지를 기반으로 국제적으로 연결되는 전력네트워크를 의미함.³⁹⁾

36) 能源界, 2023.8.23.

37) 新華網, 2023.8.23.

38) 新華社, 2020.8.13.

39) 인사이트, 제17-16호, 2017.5.15., pp.3~16.

- 2021년 케냐의 105MW급 지열발전 프로젝트에서 중국저장카이산그룹은 이중 35MW 지열발전소의 도급계약을 체결해 2021년 1월에 착공했으며, 2023년 6월에 상업가동을 개시함.
- 케냐 국제관계전문가는 중국이 아프리카 각국과 협력을 지속 추진하면서 태양에너지 및 풍력에너지 개발의 주요 파트너가 되었으며, 중국의 자본·기술 노하우로 아프리카 탄소중립에 기여하고 있다고 밝힘.

■ 중국 기업, 미국의 중국 태양광 셀 동남아 우회수출 최종 판정에 따라 관련 제품 관세 납부

- 중국의 일부 기업들이 미국 관세 회피를 목적으로 중국산 태양광 모듈을 동남아시아 국가에서 최종 조립하였다는 의심을 미국 정부로부터 받아 왔는데, 이번에 미국 상무부는 지난 8월 18일 대미국 우회 수출 기업들에 대한 최종조사 결과를 발표하였음.⁴⁰⁾
 - ※ 동 조사는 2021년 캘리포니아주에 위치한 태양광제품 제조기업 Auxin solar의 청원에 따라 착수되었으며, 미국 상무부는 2022년 3월부터 8개 기업에 우회 수출 조사를 시작하여 2022년 12월 2일에 이중 4개 기업이 동남아 우회수출을 하고 있다는 예비판정 결과를 내놓음.⁴¹⁾
 - 미국 상무부는 일부 태양광제품 생산기업이 반덤핑·반보조금(AD/CVD) 관세를 회피하기 위해 동남아시아 국가를 통해 우회 수출했다고 최종 판단함.
 - 해당 중국기업들은 BYD홍콩/New East Solar(캄보디아), Canadian Solar/Trina Solar(태국), Vina Solar Technology(베트남) 등 5곳인데, 이중 New East Solar는 캄보디아 현지 조사를 거부하여 최종 조사에서 관세 부과 대상에 포함됨.
 - 해당 기업들은 동남아시아산 태양광패널 수입관세 면제 기간이 끝나는 2024년 6월부터 AD/CVD 관세를 납부해야 함.
 - ※ 바이든 대통령은 2022년 6월 동남아시아산 태양광 패널에 부과하는 수입관세를 2년간 면제함.
- Trina Solar는 자사의 태국 및 베트남 지역 내 작업은 핵심공정이 아님을 강조하였으며, 미 상무부의 우회수출 판단요건은 핵심공정이므로, 자사에 대한 미국 측의 우회수출 판정은 부당하다고 주장하며 이의제기 의사를 표명함.⁴²⁾
 - 중국 외교부는 미국에 대하여 보호무역주의 강화는 글로벌 가치사슬 및 공급망 안정을 위협하고, 기후변화대응을 저해하여 결국 자기 이익에 반하는 결과를 초래할 것이라고 주장함.
 - 또한, 미국의 중국기업에 대한 탄압을 중단한 것을 촉구하며, 향후 필요한 조치를 통해 중국기업의 권익을 보호할 것이라고 언급함.

40) 中國能源網, 2023.8.21.

41) 板上自由, 2023.8.19.

42) 中國電力網, 2023.8.22.



일본

▣ 일본 정부, 중요광물의 해외 도입물량 확보 움직임 확대

○ 니시무라 야스토시 경제산업성 장관은 아프리카 지역(나미비아, 앙골라, 콩고민주공화국, 잠비아, 마다가스카르)을 방문하여 중요광물자원의 조달 및 안정공급을 위한 자원의외교 강화를 추진하였음 (8.6.~8.13).⁴³⁾

- 일본은 중요광물의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 희토류의 경우에 중국에 크게 의존하고 있음. 일본 정부는 이러한 자원이 풍부한 아프리카 국가들과의 외교를 통해 수입선을 다각화하여 중요광물에 대한 중국의 의존도를 낮추고 일본기업의 아프리카 진출을 지원하고자 함.
- (나미비아) 일본 경제산업성 장관은 나미비아 대통령부 장관과 회담을 갖고 희토류산업 설립을 위한 ‘나미비아 희토류산업 마스터플랜’을 제안·설명하였음. 또한, 광산·에너지 장관과의 회담을 통해 광업분야, 수소·암모니아분야, 무역투자관계 강화 등의 협력을 논의하고 공동성명을 채택하였음.
 - 양국은 그린수소 분야의 협력 가능성을 논의하였음. 풍황 및 일사량이 풍부한 나미비아는 그린수소 공급에 유리함. 일본 정부는 일본 종합상사 등의 나미비아 프로젝트 참여를 지원하면서 수소조달원 다각화를 도모할 것임.
 - 동 회담을 통해 이토추상사와 수소기업 Hyphen Hydrogen Energy가 MOU를 체결하였음. Hyphen Hydrogen Energy는 나미비아 남서부에서 2026년 말에 가동예정인 그린수소프로젝트를 추진하고 있음.
- (앙골라) 일본 경제산업성 장관으로서 첫 방문으로 앙골라 경제기획장관과 투자환경정비 및 경제관계 강화 관련 협력 공동성명에 서명하였음.
- (콩고민주공화국) 콩고민주공화국 총리와 코발트 등 중요광물자원 확보를 포함한 ODA 제공, 인재육성 등 포괄적인 관계를 구축하고, 향후 일본 기업의 참가 및 중요광물의 안정공급에 대한 의견을 교환하였음.
 - 또한, 광산부 차관과 2022년 12월 서명한 ‘광업분야의 협력 관련 공동성명’에 의거한 논의를 실시하고, 양국간 협력 강화에 합의하였음.
 - JOGEMC와 콩고민주공화국 광산성과 탐사 협력에 관한 작업 계획을 체결하였음.
- (잠비아) 잠비아 대통령과 광물자원의 안정적 확보를 포함한 양국간 경제 및 에너지부문의 연대 강화를 확인하고, 일본 기업의 잠비아 자원개발 프로젝트 참여에 대한 의견 교환을 실시하였음.

43) 経済産業省, “西村経済産業大臣がアフリカ5か国に出張しました”, 2023.8.12.

- 또한, 일본기업 11개사의 고위직원들이 참가하는 일본-잠비아 광업투자 회의를 개최하여 잠비아에 대한 투자를 위한 의견교환을 실시하였음.
 - 광산·광물개발장관과 ‘광업분야의 협력 관련 공동성명’을 채택하고, 일본 JOGMEC과 광산·광물개발성과의 탐사분야에서의 협력 강화 관련 MOU를 체결하였음.
 - (마다가스카르) 마다가스카르 총리, 외무장관, 광산·전략적자원 장관 등과 회의를 갖고 일본 기업이 참여하는 광업 투자 프로젝트 Ambatovy Project 및 Toamasina 항구 확장 사업 등의 협력 추진 방안을 논의하였음. 또한, 일본 기업이 참여하는 Ambatovy 니켈 플랜트를 시찰하였음.
- 또한, 일본 정부는 동남아시아지역에서도 자원외교를 강화하고 있는데, 일본-ASEAN 환경성 장관급 회의를 개최, 양측간 자원순환 협력 시스템 구축에 합의하였음.⁴⁴⁾
- ASEAN 지역에서 스마트폰 등으로 인한 전자폐기물이 증가가 예상되므로, 일본은 폐기물 재이용 관련 법령·시설 정비 지원을 통해 중요 광물 확보를 기대하고 있음.
 - UN에 따르면 ASEAN에서 배출되는 전자폐기물은 2019년 350만 톤이며 계속 늘어나고 있으나, 현재 법제도가 정비되지 않아 환경오염 및 건강에 대한 영향이 우려됨.
 - 일본은 전자폐기물의 회수 및 해체처리업자 등록허가제도 등 전자폐기물 처리에 관련된 규정을 수립할 것임. 환경성은 2024년도 예산안에 관련 비용을 편성하고, 현지 정부와 제도 설계를 위한 공정표를 만들 것임.
 - 또한, 탈탄소화에 중요한 역할을 하는 전기자동차 및 축전지를 보급하기 위해서는 중요광물을 확보할 필요가 있음. 이에 일본 정부는 환경을 고려하면서 금속을 재활용하여 자원의 안정공급을 도모할 것임.

■ 일본, EV버스 보급 확대 위해 보조지원 강화

- 일본 정부 및 지자체는 전기자동차(EV) 버스 도입을 위한 보조금을 제공하였으며 이에 따라 일본 내 EV 버스 도입이 확대되고 있음.⁴⁵⁾
- 국토교통성은 탈탄소화 실현을 위해 ‘지역교통 녹색화 사업’을 실시하고 있으며, 예산은 2022년 약 3.9억 엔에서 2023년 약 12억 엔으로 대폭 확대하였음. 동 사업의 일환으로서 버스·트럭 사업자 등의 차세대 자동차 도입 등을 지원하는 ‘자동차 환경 종합 개선대책 보조금’ 사업을 실시하고 있음.
 - 동 보조금 대상은 EV버스 및 사업용 EV버스 대상 충전 설비임. 보조금 비율은 EV버스 차량 가격의 1/3, 충전 설비 도입 비용의 1/2 수준임.
 - 일반 대형 디젤버스는 약 2,300만 엔 수준인 것에 비해 EV버스는 약 4,000만 엔 수준임. 보조금을 고려할 경우에 EV버스를 일반 버스보다 상대적으로 저렴하게 도입할 수 있으며 연료비 절감 효과가 있음.

44) 日本經濟新聞, 2023.8.24.

45) 日本經濟新聞, 2023.8.15.

- 히로시마현은 교통사업자를 대상으로 EV버스 도입을 위한 보조금을 마련하였으며, 이를 위해 추가경정예산안에 2억 4천 만 엔을 계상하였음. 히로시마현은 해당 보조금을 활용하여 EV버스 및 관련 충전 설비 도입 비용의 2/3을 지원할 것임.⁴⁶⁾
- 일본 자동차검사등록정보협회에 따르면 일본 내 가동되는 EV버스는 2022년 3월 말까지 약 150만 대였으나, 2023년 4월 말까지 100대 이상 증가하였음.
 - 지난 3월 니시도쿄버스(도쿄도) 및 가나가와중앙교통 등이 EV버스를 도입하는 등 약 10개사가 EV버스 운행을 개시하였음.
- 일본버스협회는 현재 일본 전체 버스에서 EV버스가 차지하는 비중은 약 5% 수준이나, 이를 2030년까지 누적 1만 대 도입하겠다는 목표를 제시하였음.⁴⁷⁾
 - 경기회복에 따라 인적·물적 수송 수요가 회복되고 있으며, 탈탄소화를 고려하여 운행거리가 짧고 대량 수송이 가능한 대형 노선버스를 중심으로 향후 EV버스에 대한 수요가 증가할 것으로 보임.
 - 이에 자동차 제조업인 EV Motors Japan은 일본 내 조립공장을 가동할 계획을 수립하였으며, Toyota 등이 수송부문의 탈탄소화 실현을 위해 설립한 'Commercial Japan Partnership Technologies(CJPT)'은 2024년에 EV버스 생산을 개시할 계획임.
 - EV버스로 교체될 경우, 연료비가 절감되어 운행비용이 일반 디젤버스의 약 2/3 수준으로 낮아지고, 주행 시 CO₂ 배출량도 절반 수준이 될 것으로 기대됨. (EV버스 충전 시 사용하는 전력 발전 포함).

▣ 일본 가스기업, 해외에서 합성메탄 생산·도입 사업 추진 검토

- 일본 오사카가스와 종합상사 마루베니, 그리고 Peru LNG S.R.L.사는 페루에서 그린수소를 원료로 한 합성메탄을 연간 6만 톤 생산하고 이를 일본으로 도입하는 사업에 대한 예비타당성 조사를 실행하기로 합의함.⁴⁸⁾
 - 오사카가스와 마루베니는 원료(이산화탄소, 그린수소) 조달 조건 및 플랜트 사양에 대해 검토를 추진하여 2025년에 최종투자결정을 하고, 2030년부터 합성메탄을 생산하여 일본으로 도입하는 것을 목표로 함.
 - 향후에 일본으로 도입되는 물량은 오사카가스가 1년간 일본 내에 공급하는 도시가스의 1% 정도임.
- 이들 3개 기업은 2022년 7월부터 합성메탄 생산 및 수출 사업의 초기 검토 작업을 실시했으며, 이를 통해 합성메탄 제조에 필요한 재생에너지 전력과 이산화탄소를 현지에서 충분히 공급할 수 있다고 판단하였음.
 - 마루베니 종합상사는 Peru LNG S.R.L.에 지분 출자를 했고, 동사가 보유한 액화설비에서 배출되는 이산화탄소를 회수하려고 함.

46) 日本經濟新聞, 2023.6.20.

47) 日本經濟新聞, 2023.1.17.

48) 日本經濟新聞, 2023.8.22.

- 또한, 페루에 풍부하게 있는 태양광, 풍력, 수력 발전 잠재력을 활용하여 그린수소 생산에 필요한 전력으로 사용함.
- 한편, 일본 정부는 2021년 10월에 발표한 제6차 에너지기본계획에서 가스의 탄소 중립화를 도모하기 위해 도시가스에 포함되는 합성메탄 비율을 2030년에 1%, 2050년에 90%로 확대하는 목표를 설정했으며, 이로 인해 향후에 합성메탄 수요가 증대될 것으로 예상됨.
- 또한, 마루베니는 2021년 3월에 기후변화 장기비전과 2022년 2월에 중기경영전략 GC2024의 녹색전략을 발표하였음.

국제 천연가스·원유 가격 동향

• 국제 천연가스 가격 추이

(단위: \$/MMBtu)

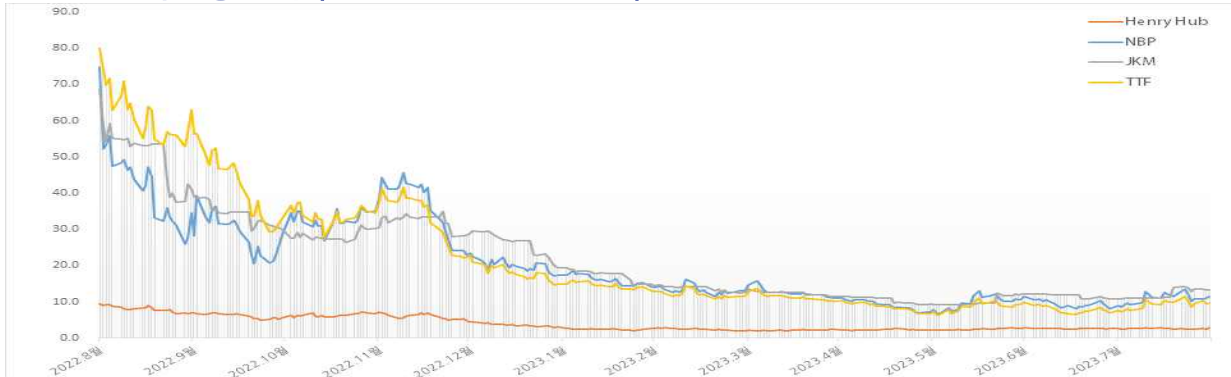
구 분	2023년									
	8/17	8/18	8/21	8/22	8/23	8/24	8/25	8/28	8/29	8/30
Henry Hub	2.62	2.55	2.63	2.56	2.50	2.52	2.54	2.58	2.56	2.80
NBP	11.86	11.57	12.99	13.51	11.71	10.16	10.87	10.90	11.12	11.43
JKM	11.21	13.95	14.30	14.30	13.74	12.92	13.46	13.46	13.40	13.41
TTF	9.91	9.81	10.98	11.59	9.94	8.64	9.47	10.42	9.53	9.65

주 : 1) 9월 선물가격, JKM은 10월 선물가격
 2) NBP, TTF 선물가격의 단위는 각각 €/MWh, Gbp/therm에서 US\$/€, US\$/£ 환율(증가)을 적용하여 산출함.
 3) 소수점 이하 셋째 자리에서 반올림하여 오차가 발생할 수 있음. 자세한 데이터는 세계 에너지시장 인사이트 홈페이지(<http://www.keei.re.kr/insight>) 참조

자료 : 1) Henry Hub Natural Gas Futures;
 2) UK NBP Natural Gas Calendar Month Futures;
 3) LNG Japan-Korea Marker Futures;
 4) Dutch TTF Natural Gas Calendar Month;
 5) CME Group 홈페이지, <https://www.cmegroup.com>

• 가스 가격 변동 추이 (2022.8.30.~2023.8.30.)

(단위: \$/MMBtu)



• 국제 원유 가격 추이

(단위: \$/bbl)

구 분	2023년									
	8/17	8/18	8/21	8/22	8/23	8/24	8/25	8/28	8/29	8/30
Brent	84.12	84.80	84.46	84.03	83.21	83.36	84.48	84.42	85.49	85.86
WTI	80.39	81.25	80.72	80.35	78.89	79.05	79.83	80.10	81.16	81.63
Dubai	84.94	85.41	86.93	85.74	85.34	85.09	86.17	86.29	86.09	86.78

주 : Brent, WTI 선물(1개월) 가격 기준, Dubai 현물 가격 기준
 자료 : KESIS

• 유가 변동 추이 (2022.8.30.~2023.8.30.)

(단위: \$/bbl)



세계 원유 수급현황과 석탄·우라늄 가격에 대한 자세한 데이터는
 세계 에너지시장 인사이트 홈페이지(<http://www.keei.re.kr/insight>) 참조

단위 표기

Mcm: 1천m³

MMcm: 1백만m³

Bcm: 10억m³

Tcm: 1조m³

Btu: British thermal units

MMBtu: 1백만Btu

b/d: barrel per day

MMb/d: 1백만b/d

toe: ton of oil equivalent

Mcf: 1천ft³

MMcf: 1백만ft³

Bcf: 10억ft³

Tcf: 1조ft³

tCO₂eq: 이산화탄소 상당톤

에너지경제연구원 에너지국제협력센터

해외에너지동향분석실

세계 에너지시장 인사이트 홈페이지

<http://www.keei.re.kr/insight>

세계 에너지시장 인사이트

World Energy Market Insight

발 행 인 김현재

편 집 인 이성규 leesk@keei.re.kr 052)714-2274

편집위원 조일현, 박정순, 김남일, 도현재, 손인성

장연재, 박용덕, 박기현, 김해지

연 구 진 정귀희(미주), 김수경(유럽), 김나연(중국),

임지영(일본)

문 의 김해지 kimhj@keei.re.kr 052)714-2090

본 「세계 에너지시장 인사이트」에서 제시하고 있는 분석결과는 연구진 또는
집필자의 개인 견해로서 에너지경제연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝혀 둡니다.



WORLD ENERGY MARKET INSIGHT

세계 에너지시장 인사이드 *biweekly*



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute