

2022년 2월호

글로벌 에너지 동향 이슈 보고서

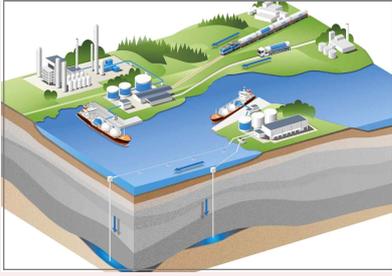
글로벌 에너지 산업 및 정책의 주요 화두로 떠오르는 주제를 선정하여
매월 동향 이슈 보고서를 제공합니다

CCUS 기술 및 시장동향

< 목 차 >

| | |
|------------------------------|----|
| I. CCUS의 이해 | 1 |
| II. CCUS 시장 전망 | 4 |
| III. CCS 분야 프로젝트 추진 동향 | 8 |
| IV. CCU 분야 프로젝트 추진 동향 | 11 |
| IV. 국내 CCUS 동향 | 15 |
| IV. CCUS 관련 주요뉴스 | 17 |

Highlight

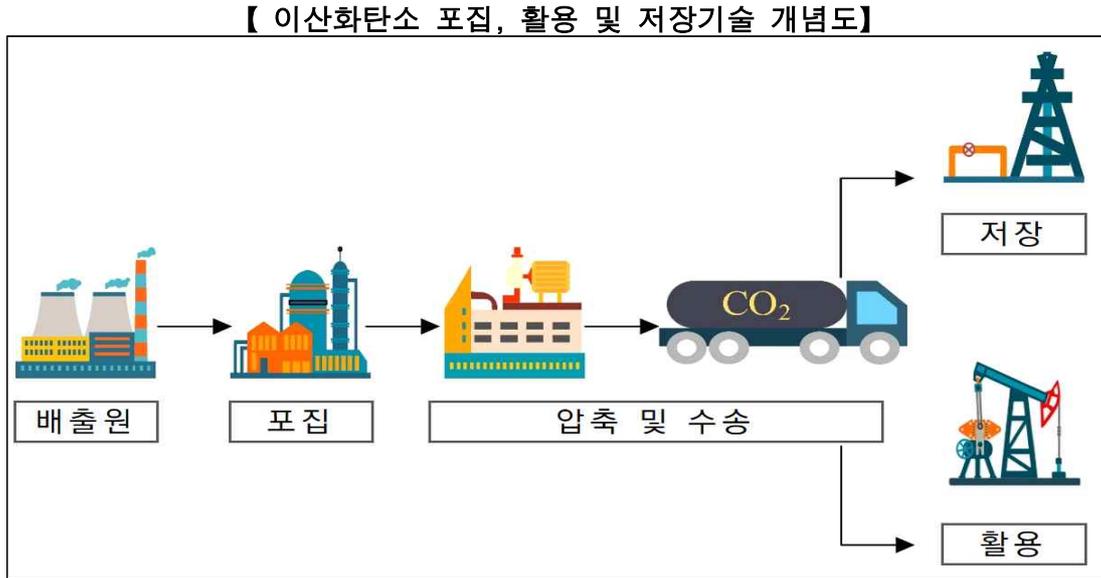


선진국을 중심으로 전 세계는 2050 탄소중립 실현을 위해 온실가스 감축 목표를 상향하고, 에너지와 산업 구조를 획기적으로 개편하는 등 힘든 노력을 지속하고 있습니다. 그러나 첨단기술 발전으로 에너지 사용 증가가 가속화되고 있는 현대사회에서 산업과 경제 붕괴를 최소화하면서 기후위기를 극복하기 위한 기술로서 이산화탄소 포집·활용 및 저장(CCUS) 기술은 좋은 대안이 될 수 있습니다. IEA가 발간한 2050 탄소중립 보고서(Net Zero by 2050, 2021)에 의하면 2030년까지 온실가스 감축량 중 약 7%, 2050년까지 약 18%를 CCUS가 담당하는 것이 가장 경제적이라고 예측하였습니다. 전 세계 다수의 CCUS 관련 기업들과 연구소들은 보다 경제적이고 온실가스 감축 효과가 큰 기술 개발을 위해 끊임없이 경쟁적으로 연구하고 있습니다. 우리나라도 화력발전을 비롯하여 다양한 산업군의 CO₂ 포집, 보다 유용한 화합물로 전환하는 기술 및 국내 대규모 CO₂ 저장 실증 등의 연구를 꾸준히 지속하여 글로벌 CCUS 산업 경쟁력을 확보하고 세계 시장으로 나아가야 할 것입니다.

I. 이산화탄소 포집, 활용 및 저장(CCUS)¹⁾의 이해

1. CCUS 기술의 정의

- CCUS 기술은 석탄, 석유, 가스(LNG)와 같은 기존 화석연료 기반의 이산화탄소(CO₂) 발생원에서 배출하는 CO₂를 포집하여 대기에 방출시키지 않고, 부가가치가 있는 물질로 전환하거나 육상 또는 해양지중에 안전하게 영구 저장하는 기술임



※ 출처: Zang et al. 2018

- CCUS는 신재생에너지로 대표되는 국가 친환경 에너지 공급시스템의 도입과 더불어, 온실가스 배출산업 붕괴를 최소화하도록 가고 역할을 하는 유일한 온실가스 감축기술로 탄소중립 달성에 필수적임
- 2021년 국제에너지기구(IEA)에서 발간한 ‘2050 탄소중립²⁾’ 보고서에 의하면, 2050 탄소중립을 위해서 2030년 온실가스 총 감축량 중 약 7%, 2050년에는 약 18% 이상을 CCUS 기술이 담당하는 것이 가장 경제적이라고 예측
- 우리나라는 2021년 12월, 2030년까지 2018년 배출량(727.6백만톤) 대비 40% (291백만톤)를 감축하겠다는 국가 온실가스감축목표(NDC) 상향안을 UN에 제출하였으며, 세부 이행계획으로 2030년 CCS를 통해 400만톤, CCU를 통해 630만톤을 감축할 계획
- 2050 탄소중립 시나리오안(관계부처 합동, 2021.10)에 따르면 2050년까지 CCUS를 통해 최소 55.1백만톤에서 최대 84.6백만톤의 CO₂를 감축해야한다고 명시

1) Carbon Capture, Utilization & Storage: CCUS

2) Net Zero by 2050(A Roadmap for the Global Energy Sector)

2. CCUS 기술의 분류

- (포집기술) 발전, 제철, 석유화학, 시멘트 등 산업공정에서 발생하는 CO₂를 포집원 특성에 따라 최적의 기술을 적용하여 경제적으로 포집하여 처리하는 기술

【 CO₂ 포집기술의 분류】



※ 출처: 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵, 2021

| 포집기술 | 세부설명 |
|--------|--|
| 연소전 포집 | 연료의 개질반응을 통해 합성가스를 제조하는 공정에서 발생하는 고농도의 CO ₂ 를 고압에서 포집하고 저압에서 회수하는 기술 |
| 연소중 포집 | 연소 과정에서 공기 대신 순산소 주입, 배기가스 순환, 산소공여 물질 등을 통해 연소중 CO ₂ 원천 분리가 가능한 기술 |
| 연소후 포집 | 압력스윙흡착(Pressure Swing Adsorption, PSA) 기술도 활용될 수 있으나, 화석연료 연소 후 배기가스에 포함된 CO ₂ 를 흡수탑에서 흡수제(액상암모니아, 고체입자 등)를 이용하여 선택적으로 포집하고 재생탑에서 스팀으로 가열하여 고순도의 CO ₂ 를 회수하는 기술이 대표적 |
| 기타 | 직접공기포집(Direct Air Capture, DAC) 기술은 공기 중에 포함된 CO ₂ 를 직접 포집하는 기술 |

□ **(저장기술)** 포집된 CO₂의 운송 및 저장 과정을 거쳐 육상 및 해저층에 안전하게 주입, 저장하고 관리하는 기술

| 포집기술 | 세부설명 |
|-----------------------|---|
| 지중저장 | 육상 또는 해저에서 750~1,000m 심도에 존재하는 적합한 지층(geological formation)에 CO ₂ 를 주입/저장하는 기술로서, 심도에 주입된 CO ₂ 는 초임계 유체(supercritical fluid) 상태로 존재하며 주변 지층이나 지중 유체와 반응하여 고착 또는 용해되며, 지중저장 실증이 이루어지고 있는 지층으로는 대염수층, 고갈 석유가스층, 석탄층 등이 있음 |
| 해양저장 | CO ₂ 를 기체, 액체, 고체 또는 수화물(hydrate)의 상태로 해양이나 해저 바닥에 저장하는 기술로서, CO ₂ 의 장기적 격리에 대한 신뢰성과 해양 생태계의 파괴 가능성 등에 대한 이유로 현재로서는 실현이 어려울 것으로 여겨짐 |
| CO ₂ -EOR* | 고갈유전에 CO ₂ 를 주입하여 원유생산을 증진함과 동시에 CO ₂ 를 저장할 수 있는 기술로, 이미 50여 년간의 상업운전을 통해 기술신뢰성과 경제성이 확보됨(CO ₂ 활용기술로 분류될 경우도 있음) |

* CO₂-EOR : 원유생산(추출)증진기술(CO₂-Enhanced Oil Recovery)

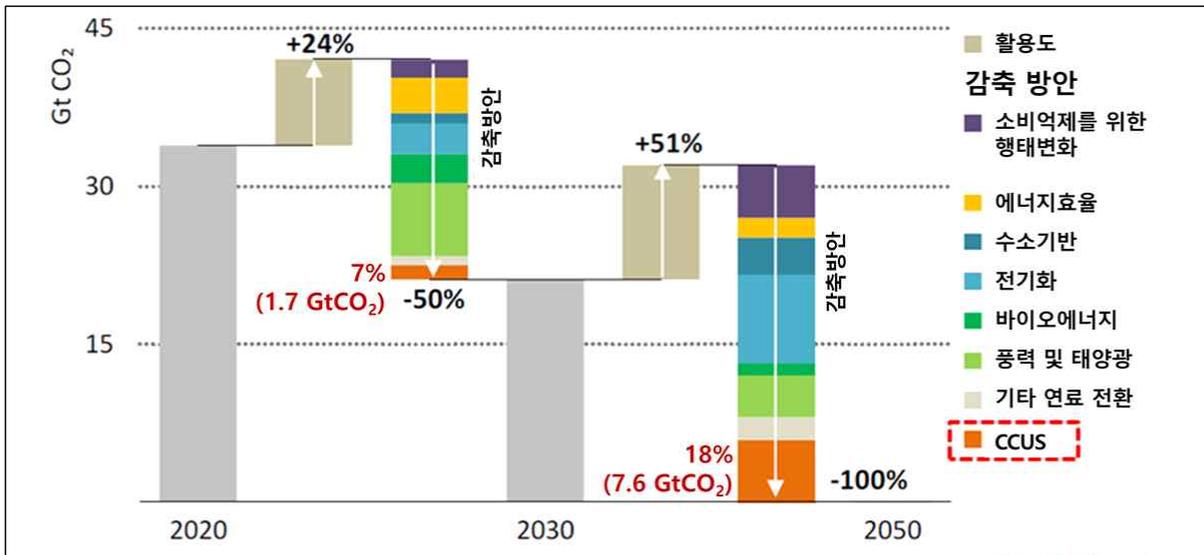
□ **(활용기술)** CO₂를 전환하여 경제적 가치를 지닌 제품을 생산하는 기술로서, 전환 방식에 따라 화학적 전환, 전기화학적 전환, 생물학적 전환 그리고 광물탄산화 기술로 분류

| 포집기술 | 세부설명 |
|------------|--|
| 화학적전환 기술 | CO ₂ 를 반응원료로 활용하여 화학적 촉매반응을 통해 연료(메탄, 합성연료) 및 기초화학제품(메탄올, 합성가스, 카보네이트, 고분자, 나프타, 올레핀) 등의 탄소화합물로 전환하는 기술 |
| 전기화학적전환 기술 | 전기분해 또는 광촉매를 이용하여 CO ₂ 를 CO, 개미산 등으로 전환하거나 기타 합성연료를 생산하는 기술 |
| 생물학적전환 기술 | 미세조류 배양을 통하여 CO ₂ 의 전환 산물인 바이오매스를 생산하고 이를 식품, 사료, 바이오플라스틱, 바이오연료 등 제품으로 생산하는 기술과 메탄화 미생물을 이용하여 CO ₂ 를 연료화하는 기술 |
| 광물탄산화 기술 | CO ₂ 를 알칼리토금속(Ca, Mg 등)을 포함하는 산업부산물이나 천연광물과 반응시켜 탄산칼슘(CaCO ₃) 등의 탄산염 형태로 전환하여 광물화하는 기술 |

II. CCUS 시장 전망

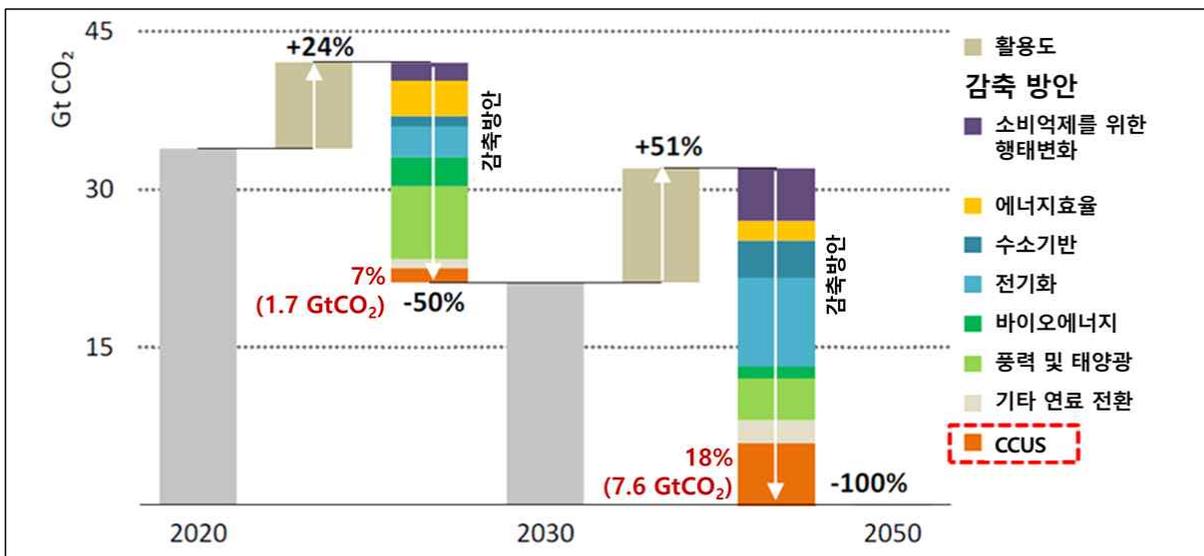
- IEA ‘Net Zero by 2050’ 보고서에서는 2050년까지 이산화탄소 순배출 “0” 을 달성하기 위한 CCUS의 역할 및 부문별 포집량을 전망함
- 총 포집량은 2030년에는 글로벌 감축 필요량의 7%인 1.7 GtCO₂, 2050년에는 18%인 7.6 GtCO₂로 증가
- 2050년 총 7.6 GtCO₂ 포집량 중 전력부문에서 20%, 산업부문에서 40%, 연료공급 분야에서 27%, 직접공기포집에서 13%의 포집이 필요할 것으로 예측

【 2050 넷제로 달성을 위한 감축수단별 감축필요량 】



※ 출처: IEA(2021) Net Zero by 2050

【 2050 넷제로 달성을 위한 감축수단별 감축필요량 】



※ 출처: IEA(2021) Net Zero by 2050

- 글로벌 탄소중립 조기달성을 위해 각국이 파리협약에 따라 제출한 장기저탄소 발전전략³⁾에 많은 국가가 CCUS를 주요 온실가스 감축수단으로 선택하고 있어 CCUS 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨
- 2020년 마켓앤마켓츠(MarketsandMarkets)에서 발간한 ‘CCUS Global market Size (2021-2026)’에 따르면 CCUS 시장규모는 2020년 16.2억 달러에서 '26년 35.4억 달러로 증가할 것이며, 이중 포집 분야가 가장 큰 시장을 형성할 것으로 예측
 - CO₂를 유전에 주입하여 원유를 추가 생산하는 CO₂-EOR(CO₂-Enhanced Oil Recovery) 기술에 대한 수요증가가 시장성장을 촉진하고 있으나 여전히 CCUS 기술의 고비용 문제가 시장성장을 억제
 - CCUS 서비스별(포집, 수송, 활용, 저장) 시장분석에서는 포집분야가, 기술별(연소전, 연소중, 연소후, 기타) 시장분석에서는 연소전 기술이, 산업분야별(Oil & Gas, 발전, 철강, 석유화학/정유, 시멘트, 기타) 시장분석에서는 발전산업이 시장 점유비율이 높은 것으로 분석
 - 지역적으로 북미지역의 가장 빠른 시장성장이 예상됨

【 CCUS 글로벌 시장 규모 】

| 서비스별 시장규모 | | | | |
|------------|---------|-------|-------|-------|
| (단위: 백만달러) | | | | |
| 년도 | 포집 | 수송 | 활용 | 저장 |
| 2020 | 1,193.9 | 245.4 | 131.7 | 44.7 |
| 2025 | 2,764.7 | 413.5 | 198.1 | 166.1 |

| 포집기술별 시장규모 | | | | |
|------------|---------|------|-------|-------|
| (단위: 백만달러) | | | | |
| 년도 | 연소전 | 연소중 | 연소후 | 기타 |
| 2020 | 492.6 | 47.5 | 570.7 | 83.1 |
| 2025 | 1,785.2 | 73.1 | 800.4 | 106.0 |

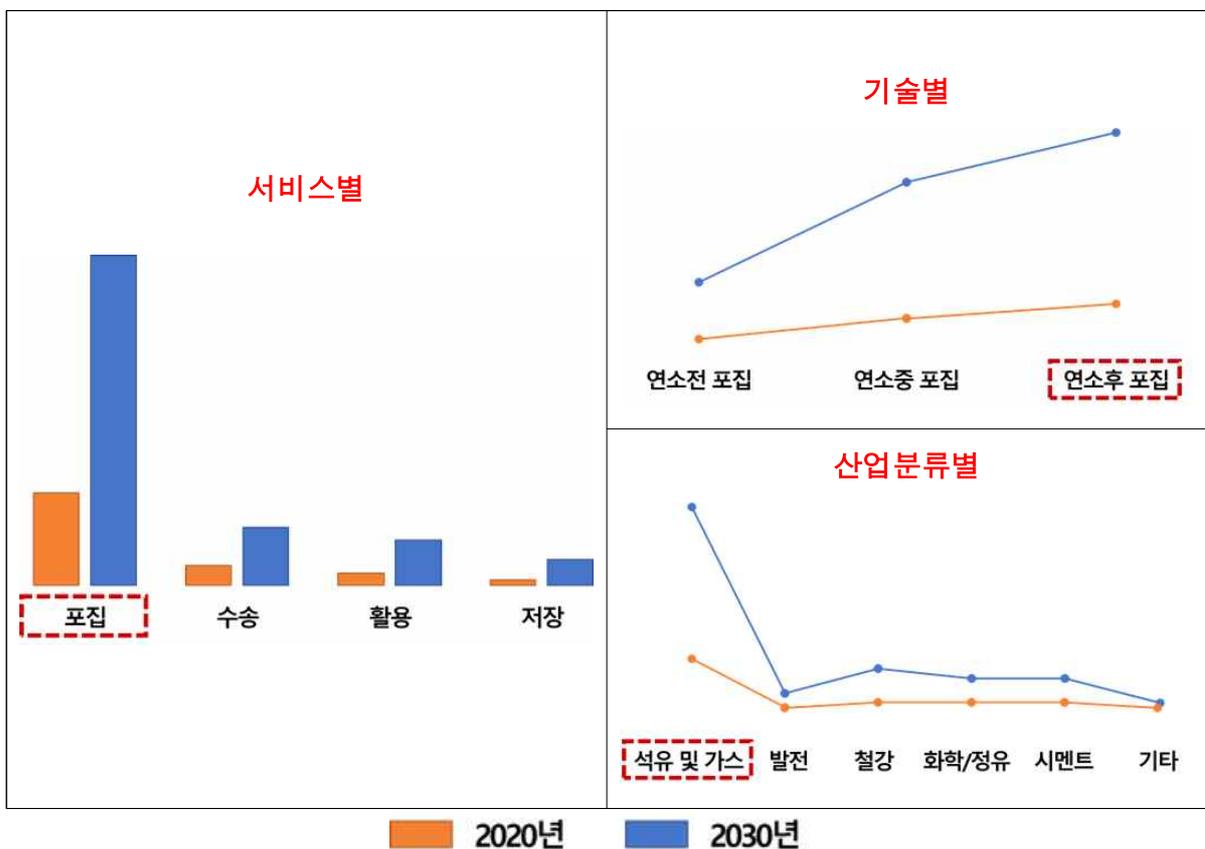
| 산업분야별 시장규모 | | | | | | |
|------------|-----------|---------|------|-------|------|-------|
| (단위: 백만달러) | | | | | | |
| 년도 | Oil & Gas | 발전 | 철강 | 화학/정유 | 시멘트 | 기타 |
| 2020 | 832.3 | 282.6 | 70.3 | 335.4 | 18.5 | 76.6 |
| 2025 | 1,037.2 | 1,477.1 | 75.3 | 656.6 | 82.2 | 214.0 |

| 대륙별 시장규모 | | | | | |
|------------|----------|-------|---------|---------|--------|
| (단위: 백만달러) | | | | | |
| 년도 | 아시아/ 태평양 | 유럽 | 북아메리카 | 중동/아프리카 | 라틴아메리카 |
| 2020 | 188.9 | 68.9 | 1,211.0 | 125.9 | 21.0 |
| 2025 | 404.9 | 941.8 | 1,982.2 | 190.2 | 23.1 |

※ 출처: MarketsandMarkets(2020) CCUS Global Market Size

3) Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies: LEDS

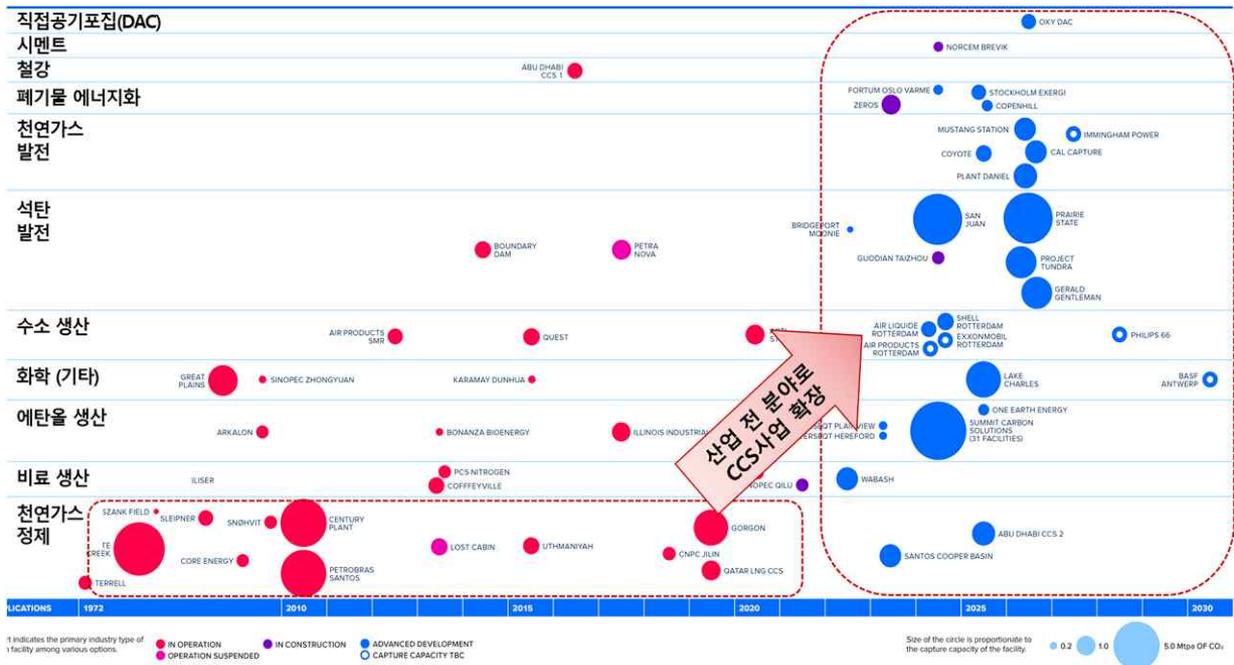
- 2021년 얼라이드 마켓 리서치(Allied Market Research)에서 발간한 ‘CCUS Market (2021-2030) 보고서’에서는 CCUS 시장규모가 2020년 19억 달러에서 2030년 70억 달러로 증가할 것으로 예측하고, 시장성장 요인으로 증대된 CO₂ 배출감축 요구, CO₂-EOR 기술수요 증가, 정부정책 지원을 제시
 - 아시아·태평양 지역과 유럽지역에서 계획중인 많은 신규사업과 경제성 있는 신규기술 개발에 대한 투자가 시장성장의 기회를 제공할 것으로 기대
 - CCUS 서비스별(포집, 수송, 활용, 저장) 시장분석에서는 포집분야가, 기술별(연소전, 연소중, 연소후) 시장분석에서는 연소후 기술이, 산업분류별(Oil & Gas, 발전, 철강, 화학/정유, 시멘트, 기타) 시장분석에서는 Oil & Gas 산업이 시장 점유비율이 높은 것으로 분석



※ 출처: Allied Market Research(2021), Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Market

- 호주 글로벌CCS연구소(Global CCS Institute)의 ‘Global Status of CCS 2021’에 따르면, 2021년 운영 중인 대규모 CCS 설비는 총 27개로 연간 36.6 MtCO₂를 감축하고 4개 설비가 건설 중이고 102개 대규모 CCS 사업이 개발 단계
 - 계획된 모든 사업이 추진될 경우 CO₂ 감축량은 연간 149.4 MtCO₂에 이를 전망으로, 천연가스 정제에 주로 치중되어 있던 CCS 사업이 발전을 비롯한 산업 전분야로 확장 중

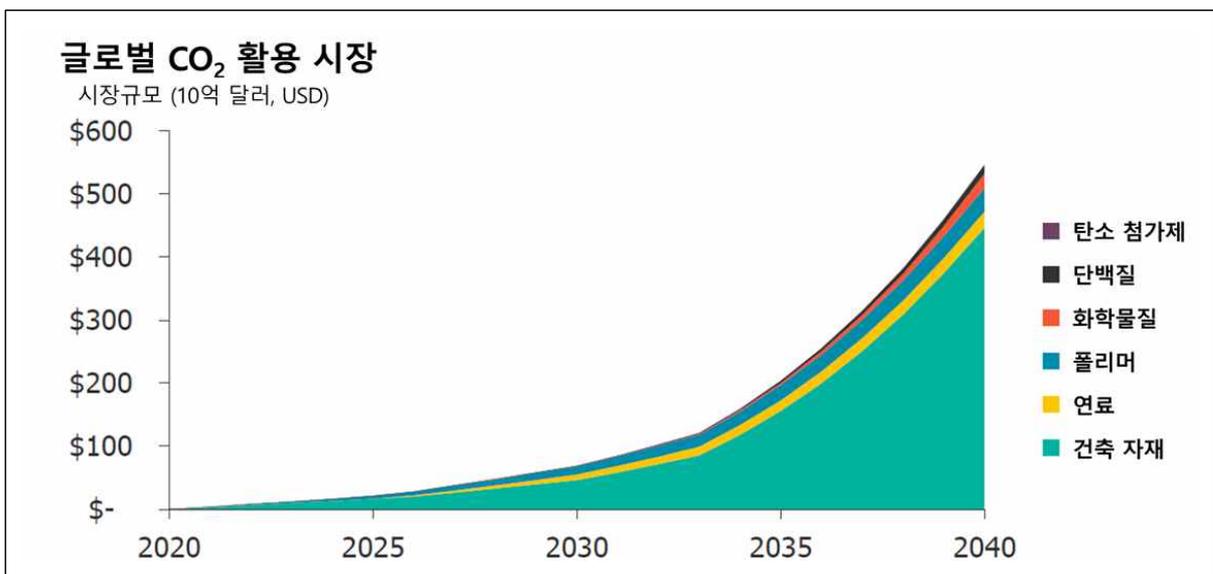
【 산업별 대규모 CCS 상용설비 현황 및 계획 】



※ 출처: GCCSI(2021) Global Status of CCS 2021

- Lux Research에서 수행한 CCU 시장 분석에서는 CCU 세계 시장이 2030년 700억 달러, 2040년 5,500억 달러로 성장할 것으로 전망
 - 건축자재 생산을 위한 CCU 시장이 2040년 총 시장규모의 86%를 차지하며 가장 큰 성장 예상
 - 시장성장에 필요한 요인으로 높은 CCU 비용을 차감할 수 있는 정부지원 정책, 값싼 재생에너지의 확보를 통한 비용경쟁력 확보 제시

【 글로벌 CCU 시장규모 예측 】



※ 출처: Lux Research(2021) The Emergency of a Carbon Economy

III. CCS 분야 프로젝트 추진 동향

- (포집분야) 고농도의 CO₂ 배출원인 산업분야에서의 포집은 저비용 구조로 상용화 단계에 접어들었으나, 저농도 CO₂ 배출원인 발전분야의 경우 대형 프로젝트 2개 (Petra Nova, Boundary Dam)만 운영 중
- 현재까지 습식 CO₂ 포집기술이 다양한 산업분야에 적용되어 사업화가 이루어지고 있으며, 건식포집과 분리막포집기술도 MW급 이상으로 실증단계 등의 검증을 통해 기술성숙도 향상을 추진 중
- 최근 직접공기포집(DAC)과 같이 수 ppm 수준의 CO₂ 농도를 처리하는 기술에 대한 관심이 매우 높아져, 이에 대한 연구개발 및 실증이 활발히 수행 중
 - MHI社는 습식 흡수제(KS-1)를 개발하여 세계최대 규모인 240 MW급 습식 CO₂ 포집 플랜트를 미국 Petra Nova 발전소에서 운영
 - Shell Cansolv社 습식 흡수제(DC-103)을 개발하여 100 MW 이상급 대규모 실증 플랜트로는 세계 최초로 캐나다 Boundary Dam 발전소에 160 MW급으로 설치하여 운영
 - 글로벌 화학회사(DOW, BASF, Fluor 등)에서 상용흡수제를 판매하고 있으며, 미국 DOE NETL를 중심으로 하는 다양한 연구기관에서 소비에너지 절감을 위한 신개념 흡수제 개발을 수행 중

【2022년도 대규모 CCS 시설 및 저장용량】

(단위: 연간 백만톤)

| 구 분 | 사업수 | 저장 용량 | 비고 |
|------|-----|-------|----------------------|
| 운영 중 | 27 | 36.6 | In operation |
| 건설 중 | 4 | 3.1 | Under construction |
| 설계 중 | 58 | 46.7 | Advanced development |
| 계획 중 | 44 | 60.9 | Early development |
| 합 계 | 133 | 147.3 | - |

※ 출처: GCCSI(2021) Global Status Report 2021

【대규모 CCS 실증 사례】



[미국, Petra Nova(240 MW)]



[캐나다, Boundary Dam(160 MW)]

※ 출처: 미국 에너지정보국(EIA), SaskPower 홈페이지

- (저장분야) CCS는 프로젝트 수와 저장용량이 지속적으로 증가하여 2021년 기준 대규모 CCS 시설(연간 처리용량은 37백만톤) 27개 운영 중(GCCSI, 2021)
 - 북미 지역은 주로 석유생산과 연계한 CO₂-EOR(원유생산(추출)증진) 방식을 진행
 - 유럽 지역은 북해의 대규모 대염수층(Saline Aquifer)을 활용한 지중저장 방식이 선호되며, 노르웨이 Sleipner 프로젝트의 성공을 계기로 대규모 해양지중저장 방식 비중 확대
 - 현재 CO₂ 저장은 대규모 저장소를 중심으로 허브 & 클러스터를 형성하여 다양한 산업 분야에서 포집된 온실가스를 수송망 공유로 공동 저장하여 경제성을 향상하고자 하는 대규모 프로젝트들이 추진 중

【대규모 CCS 클러스터 사례】



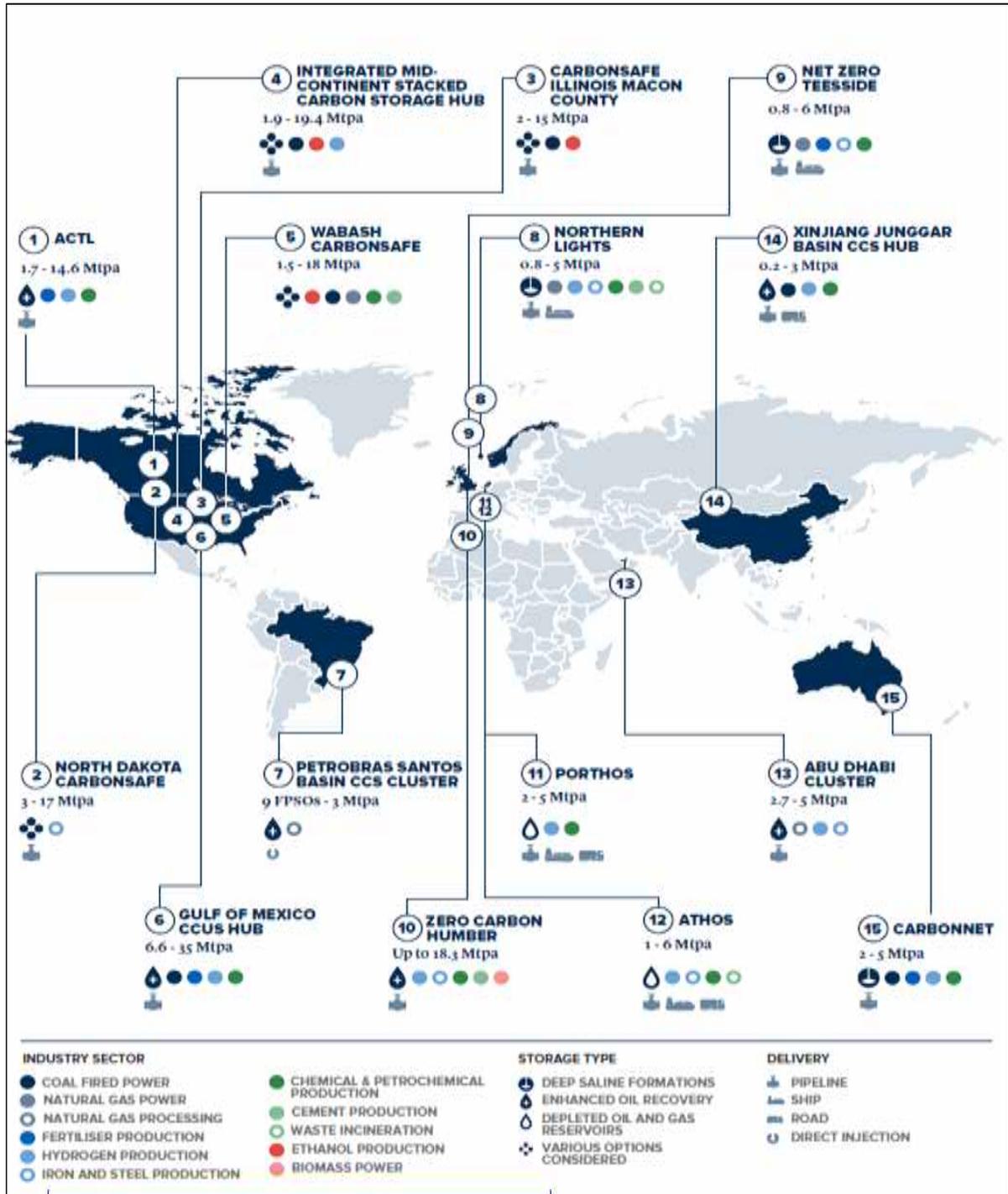
[영국, Acorn Project]



[노르웨이, Northern Lights Project]

※ 출처: Global Status of CCS 2020(GCCSI, 2020)

【대규모 CCS 클러스터 현황】



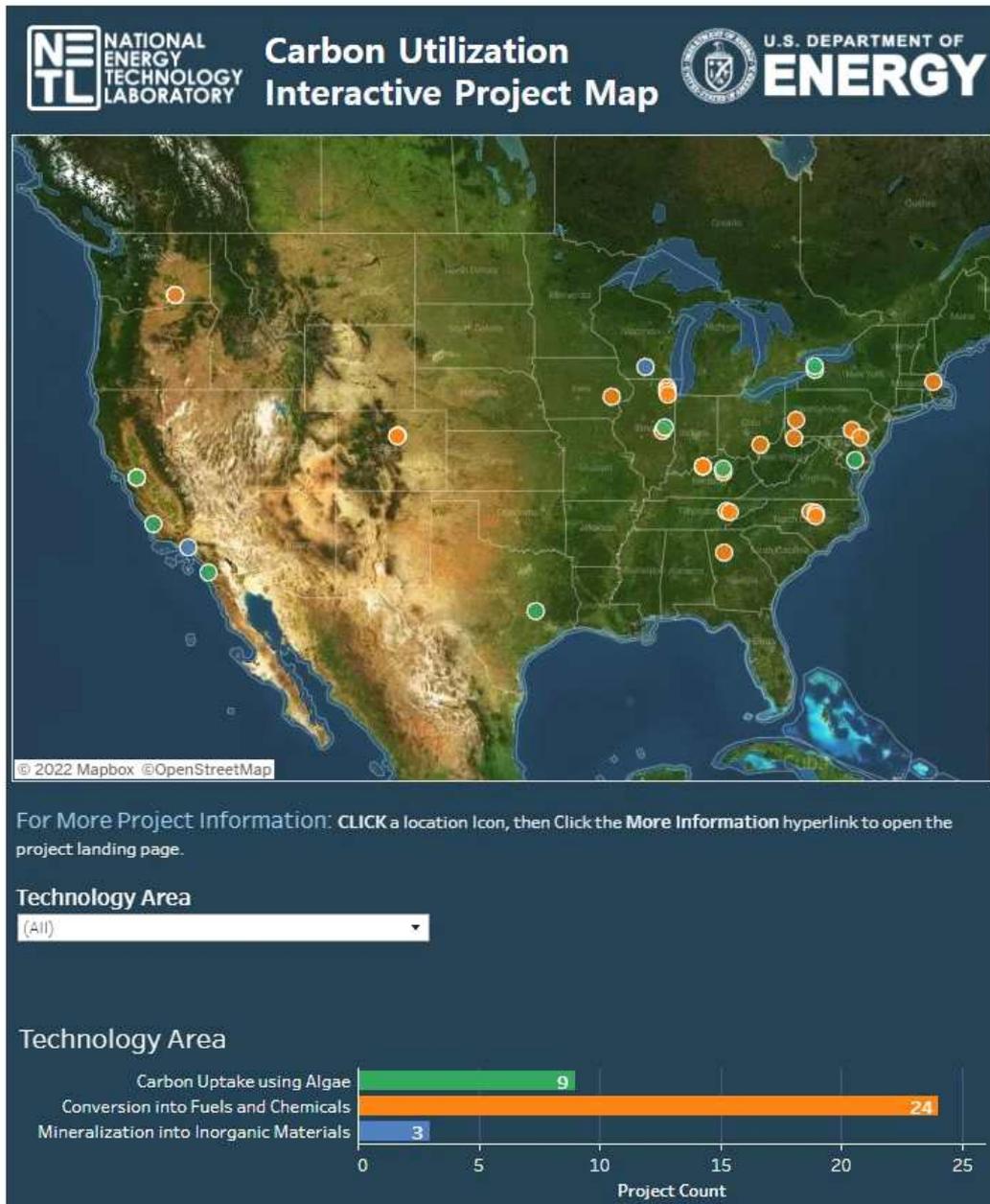
※ 출처: Global Status of CCS 2021(GCCSI, 2021)

IV. CCU 분야 프로젝트 추진 동향

1. 주요 국가의 CCU 기술개발 동향

- 미국은 미국 에너지부(DOE) 산하 국립에너지기술연구소(National Energy Technology Laboratory, NETL)를 중심으로 탄소활용프로젝트(Carbon Utilization Project)를 관리하고 있으며, 주로 미세조류 활용 생물학적 전환, 화학적 전환을 통한 연료화, 광물탄산화 등 기술에 투자하고 있으며 2022년 현재 36개 프로젝트를 진행 중임

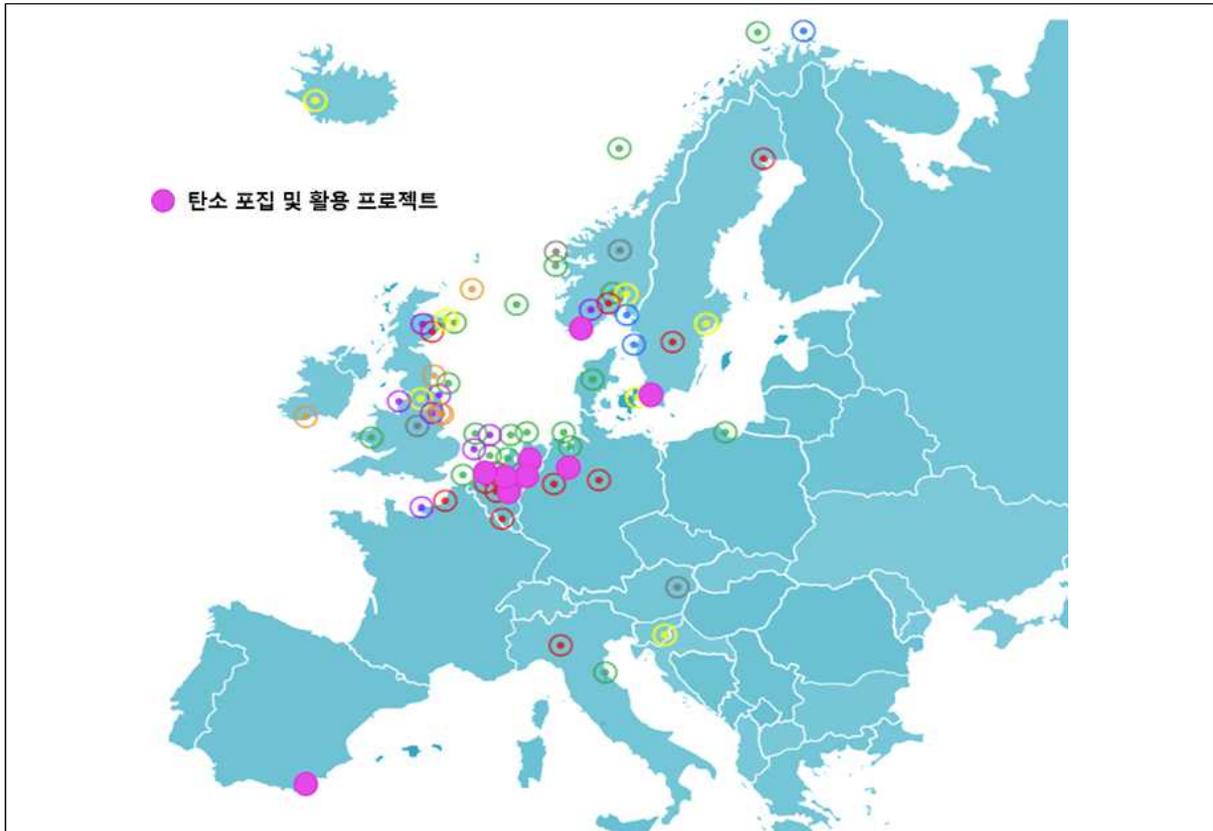
【미국의 진행 중인 CCU Project 현황】



※ 출처 : www.netl.doe.gov/coalcarbon-utilization

- EU는 무배출플랫폼(Zero Emissions Platform)을 통해서 CCUS 기술개발을 총괄하고 있으며 벨기에, 네덜란드, 독일 등에서 EU 지원으로 총 9개 CCU 프로젝트를 진행하고 있음

【유럽의 진행 중인 CCUS Project 현황】



| 표식 | 프로젝트 | 프로젝트 수 |
|-----|-------------------------|--------|
| 주황색 | 전체 체인 CCS | 4 |
| 녹색 | CO ₂ 수송 및 저장 | 19 |
| 빨간색 | 산업계 CCS | 12 |
| 노란색 | 에너지 생산 CCS | 7 |
| 보라색 | 저탄소 수소 생산 | 8 |
| 핑크 | 탄소 포집 및 활용 | 9 |
| 회색 | 테스트 센터 | 4 |
| 파란색 | 제한된 정보 제공 | 3 |

※ 출처: www.zeroemissionsplatform.eu

- 일본은 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)에서 발행한 ‘이산화탄소 활용기술 개발 로드맵’을 기반으로 2030년까지 CCU 기술 상용화를 목표로 추진 중이며 미쓰이화학 등 민간주도로 기술실증
- 중국은 2020년 탄소중립 선언 이후 CCU 기술투자를 더욱 강화하여 2021년 기준 40여개 CCUS 프로젝트 진행 중

2. CCU 기술별 추진 동향

- 유럽, 미국 등에서 CO₂ 화학적 전환에 대한 연구가 활발히 추진 중으로 일부 기술은 상용화에 진입했고, CO₂ 수소화를 통한 메탄생산, 메탄올생산 기술은 Power-to-X⁴⁾ 기술의 일환으로 독일, 아이슬란드 등에서 실증연구를 추진 중임
- (메탄올) 아이슬란드 CRI(Carbon Recycling International)社は 지열을 이용하여 CO₂를 합성가스로 전환하고, 이를 다시 메탄올로 합성하는 연구를 수행하여 CO₂ 기준 15톤/일, 메탄올 기준 12톤/일 규모 상용 플랜트 운영 중
- (메탄) 독일 AudiETOGAS社は 6MW 풍력발전으로 생산된 그린수소를 바이오가스 처리 과정에서 발생하는 16톤/일 CO₂와의 열화학적 반응을 통해 5.5톤/일 규모 메탄을 생산하는 실증 수행
- (고분자) 독일 Covestro社は CO₂가 포함된 폴리올을 폴리우레탄 제조용 원료로 공급하기 위한 실증플랜트를 가동하여, 「Cardyon™」 이라는 상품명으로 제품을 생산 중으로 기존 상용 폴리올 대비 약 20%의 CO₂ 감축효과를 보고
- (고분자) 미국 Novomer社は CO₂를 이용하여 폴리프로필렌카보네이트(제품명: converge®)를 제조하는 기술을 개발하였고, 2016년 Saudi Aramco社에 인수됨
- (합성가스) 독일 Linde社は CO₂와 메탄을 촉매반응을 통해 합성가스(CO와 H₂)를 생산하는 파일럿규모 건식개질 설비 구축 (일 13.5톤의 CO₂ 처리 가능)
- 전기화학적 CO₂ 전환은 주로 CO, 합성가스, 개미산 생산 등에 기술개발이 집중되고 있음
- (CO, 합성가스) 미국 OPUS12社は CO₂를 전기화학적으로 전환 가능한 1MW급 설비를 개발 중이며, 1차 목표로 CO 생산용 전해설비 격상을 진행중
- (CO) 미국 Dioxide Materials社は 3 kWh의 전력으로 1 kg의 CO 가스를 생산할 수 있는 전기화학 전환 시스템을 개발함
- (합성연료) 독일 Sunfire社は 고온수전해(SOEC) 기술을 이용하여 생산된 수소와 CO₂를 800℃ 이상으로 분해하여 합성가스를 거친 후 디젤을 생산하는 프로젝트를 수행하고 있으며, 2021년 노르웨이에서 연간 8,000톤의 합성디젤을 생산공정 상용화 추진 (연간 21,000톤 CO₂ 저감 예상)
- (개미산)⁵⁾ 캐나다 Mantra社は CO₂를 개미산으로 전환 가능한 전기화학 전환 시스템을 최초로 개발하여, 100kg/일 규모 실증연구 수행

4) 잉여 에너지(Power)를 다른 에너지(X)로 변환하여 저장하는 기술

5) 식품, 가축처리, 제약 산업에 쓰이는 공업연료 중 하나로 최근 연료전지 연료와 수소저장체로 주목받고 있음

- 미세조류를 활용하여 바이오디젤을 생산하는 생물학적 전환이 활발히 연구되는 것에 비해 대규모 배양장 확보 문제로 상용화 사례는 많지 않으나, 미생물을 이용한 메탄 생산기술 등이 미국, 유럽 등에서 실증되고 있음
 - (바이오디젤) 미국 ExxonMobil은 미세조류 기반 바이오디젤 생산공정을 실증
 - (메탄) 미국 SoCalGas社は Electrochaea사, NREL과 공동으로 250kW급 재생에너지와 연계하여 생산된 수소와 CO₂를 생물학적으로 전환하여 메탄을 생산하는 시스템 실증 연구를 수행 중
 - (메탄) 독일 Electrochaea社は 실제 가스 배관망에 유의미하게 연결할 수 있는 생물학적 메탄전환 공정을 덴마크 Foulum(250 kW)과 Avedore(1 MW)의 실증을 완료하여 사업화 추진 중
- 광물이나 산업폐기물 등에서 추출한 무기 알칼리 성분을 배기가스의 CO₂와 반응시켜서 탄산칼슘 등의 유용 물질을 생산하는 기술인 광물탄산화는 가장 상용화에 가까운 기술로 평가됨
 - (중탄산나트륨) 미국 Skyonic社は CO₂, 물, 소금(NaCl)을 공급하여 중탄산나트륨(NaHCO₃), 차아염소산나트륨(NaOCl) 등을 제조하는 Skyminc 공정을 개발하여 연간 75,000 tCO₂를 이용 가능
 - (중탄산나트륨) 호주 Alcoa社は 보오크사이트⁶⁾(Bauxite, Al₂O₃ · 2H₂O) 잔류물을 활용하여 중탄산나트륨을 생산하고 있으며, 연간 7만톤 이상 CO₂ 처리 가능한 플랜트 운영 중
 - (시멘트) 미국 CarbonCure社は 콘크리트 제조공정에 CO₂를 주입하여 기존 시멘트에 비해 강도가 20% 향상된 저탄소 시멘트 기술을 개발 중
 - (건축자재) 영국 Carbon8社は 산업폐기물을 CO₂와 혼합하여 골재, 건축자재 등을 생산하는 기술을 개발 중

6) 알루미늄의 수화물의 하나 혹은 이들의 혼합물을 주성분으로 한 수성함 점토광물이나 철수산화물도 함유하고 있음

V. 국내 CCUS 동향

- 국내 CCUS 시장은 2030년 10.3 MtCO₂, 2050년 92.4 MtCO₂의 CCUS 감축목표량을 설정하고, 본격적인 상용화를 위해 학계·연구계를 중심으로 연구 및 실증을 추진하고 있음
- **(포집분야)** CCS 통합실증을 목표로 포집기술의 파일럿 고도화 및 소규모실증 수행
 - 한국전력공사는 고효율 습식흡수제(KoSol) 및 건식흡수제 원천기술을 개발하고 10 MW급 (200톤/일) 습식포집(보령화력)과 건식포집(하동화력) 실증플랜트를 구축하여 2014년부터 기술고도화와 상업운전을 병행 추진 중
 - 습식포집의 경우, 1만 시간 무정지 연속운전(누적 3만 시간 이상)을 달성하였고(2020년) 최근 민간석탄발전, 바이오매스발전, SMR 공정의 블루수소 생산용 CO₂ 포집 등 다양한 분야에 기술이전/사업화하여 활용처를 확대 중
 - 한국에너지기술연구원은 탄산칼륨계 흡수제와 저수계 아민흡수제를 적용하여 시멘트 및 발전산업에서 소규모급(1~10톤/일) 기술검증 수행
 - 포항산업과학연구원(RIST)은 2011년 암모니아수를 이용한 포집 공정을 POSCO에 설치하여 관련연구를 수행한 경험 보유

【국내 CCS 실증 사례】



[10MW급 습식 CO₂ 포집플랜트]



[10MW급 건식 CO₂ 포집플랜트]

※ 출처: 한전 전력연구원 내부자료

- **(저장분야)** 중소규모 저장 실증사업을 통해 대규모 CCS 통합실증과 상용화를 위한 기술개발과 핵심기술 자립화를 추진 중
 - 공주대 등은 산업부 지원 프로젝트를 통하여 포항 영일만 해저 지층에 CO₂ 100 톤을 주입하여 저장하였으나 포항지진으로 진행 중단한 바 있으며, 대규모 통합실증 및 상용화급 저장소 확보를 목표로 정밀 시추탐사 계획중
 - 정부는 다부처 공동사업을 통하여 2023년까지 약 1억톤(연 400만톤) 규모, 2030년까지 최대 5억톤 규모 CO₂ 저장소 확보를 추진 중이며, 현재 동해가스전에 연간 40만톤씩 30년간 저장을 목표로 총 1,200만톤의 CO₂를 저장하는 중규모 통합실증사업을 기획 중

- (활용분야) 탄소중립 실현을 위해 2030년 상용화 가능성이 높은 CCU 중점기술을 선별하고, 성공사례로 연결될 수 있도록 시장 수요를 기반으로 민관 공동개발 노력 중
- 한국화학연구원은 한국전력공사와 공동으로 CO₂를 이용하여 폴리우레탄을 생산하는 공정을 개발하고, 한국전력공사는 최근 CO₂ 복합개질을 통한 합성가스 생산기술 개발에 착수
 - 2009년부터 한국인공광합성센터를 중심으로 태양광을 이용한 CO₂ 전환기술을 개발하고 있고, 전기분해를 통한 합성가스 생산(한국과학기술원), 개미산 생산(한국남부발전, 테크윈) 등의 기술개발이 진행됨
 - 한국남부발전은 바이오디젤 생산을 위한 미세조류 배양기술을 개발 경험 보유
 - 한전은 배기가스를 이용한 중탄산나트륨 생산공정을 개발하여 롯데케미칼에 기술이전을 했으며, 한국지질자원연구원, 포항산업과학연구원, 고등기술연구원 등은 폐시멘트, 제철 슬래그 등의 산업부산물을 활용한 광물탄산화 기술개발 경험을 보유

VI. CCUS 관련 주요뉴스

- “2030년까지 산업 상용급 CO₂ 포집 기술 개발된다” , 에너지데일리, 2022.2.7.
 - 산업통상자원부는 CO₂ 포집,활용,저장 분야별 기술개발 성과 및 활용계획을 발표함
 - 포집기술의 경우 한국전력공사 주관으로 LNG발전과 산업계 포집 실증에 단계별로 격상하여 2030년 이전까지 상용 포집기술의 개발 보급을 완료할 계획임
 - 활용기술의 경우 한국지역난방공사 주관으로 분리막 기술을 통해 CO₂를 포집하여 미세조류를 활용한 고부가물질(아스타잔틴 원료) 및 광물 탄산화 생산기술 개발을 통해 경제성 확보 가능성을 확인하였음
 - 저장기술의 경우 올해부터 CO₂ 저장안전, 효율향상 등을 주요 내용으로 CO₂ 지중저장 상용화 핵심기술을 개발할 계획임

- “배출된 이산화탄소도 잡는다, CCUS 기술 상용화 박차” , 아시아투데이, 2021.12.1.
 - 한전은 2013년부터 한국중부발전과 함께 국내최대규모(10MW) 습식 CO₂ 포집 실증 플랜트를 설치해 공동 운영 중으로, 해당 설비는 연간 7만톤 이상의 CO₂ 포집이 가능함. 이를 기반으로 포집용량을 확대하기 위해 100MW 이상의 대규모 CO₂ 포집 플랜트를 목표하고 있음
 - 한전은 이산화탄소를 메탄과 중탄산소다로 생산·활용하는 기술을 개발하고 있으며 5kW급 메탄화 테스트베드 테스트를 마치고 하루 1.5톤의 이산화탄소를 메탄으로 전환할 수 있는 그린메탄 생산시스템 1기를 내년 중 구축·운영 예정임. 또한, 별도의 정제공정이 없는 중탄산소다 생산 기술을 개발해 민간기업에 이전하였으며 사업화를 앞두고 있음

- “SK이노베이션, 美하니웰 맞손, CCS 사업협력” THE GURU, 2021.11.18.
 - SK이노베이션이 미국 하니웰 UOP를 CCS 사업 타당성조사 협력업체로 선정하여 울산 Complex 공장의 수소제조 공정에 하니웰 UOP의 탄소포집기술을 적용하기로 함
 - 하니웰 UOP는 석유정제와 가스처리, 석유화학제품 생산공정 관련기술을 제공하는 회사이며 솔벤트, 멤브레인, 극저온·PSA 시스템 기반의 탄소포집을 위한 기술제품을 보유하고 있음
 - SK이노베이션은 한국석유공사와 정부과제 CCS 사업을 공동수행하기 위한 MOU를 체결하고 2025년부터 연간 40만톤의 CO₂를 포집하여 가스생산 후 비어있는 동해가스전 지하공간에 30년간 총 1200만톤의 CO₂를 주입할 계획임

- “EC, 혁신적인 청정기술 프로젝트에 15억 유로 투자” European Commission, 2021.10.26.
 - 유럽 집행위원회(EC, European Commision)은 저탄소기술 개발을 위해 15억유로 (약 2.3조원)를 혁신적 청정기술프로젝트에 투자하기로 결정함. 저탄소기술은 재생에너지, 에너지저장, 탄소포집, 활용 및 저장(CCUS) 분야를 대상으로 함
 - 프로젝트 선정은 2022년 3월까지 온실가스 배출저감 잠재력, 기여도, 기술성숙도, 확장성 및 비용 효율성을 기준으로 평가됨

- “한국-호주, 탄소중립 기술 파트너십 체결“ 파이낸셜뉴스, 2021.10.31.
 - 한-호주 탄소중립 기술 파트너십은 파리협정의 목표달성을 위해 양국 정부가 향후 10년이상 탄소중립 기술 상용화 및 비용절감 노력의 공동플랫폼이 될 예정임
 - 파트너십을 통한 협력은 CCUS, 에너지저장, 수소, 철강 등 탄소중립 기술 전 분야를 대상으로 함. 특히 재생에너지원이 풍부한 호주 CCUS 역량을 적극 활용할 경우, 국내 탄소배출량 저감에 기여할 것으로 기대됨

- “이산화탄소 포집 파고는 한전, 기술 상용화 주도한다” , 파이낸셜뉴스, 2021.10.12.
 - 한전은 발전소 온실가스 배출을 줄이기 위해 2000년 초반부터 화력발전소, 제철소, 시멘트산업 등 대규모 설비에 적용 가능한 이산화탄소 포집기술을 개발하였음
 - 전력연구원에서 독자 개발한 이산화탄소 습식흡수제와 에너지 저소비형 공정을 적용해 이산화탄소 90% 이상을 제거하면서 에너지 소비량은 40% 이상 감소시켰음
 - 2019년 9월부터 2020년 11월까지 1만 시간 장기연속운전을 달성해 장기운전 신뢰성을 입증한바 있으며, 향후 150MW급 대규모 이산화탄소 포집플랜트 기본설계를 완료하였으며 이는, 국가 대규모 CCS 통합실증 사업으로 연간 100만~300만톤의 CO₂ 감축이 가능할 것으로 예상됨

- “호주 CCUS 기술 ‘터보차지(turbocharge)’” , Gasworld, 2021.9.30.
 - 호주정부는 상업적인 규모의 CCUS 프로젝트와 호주전역의 허브개발을 가속화하는 프로그램으로서, CCUS 허브 및 기술 프로그램에 2억 5천만달러(약 2,180억원)를 지원하기로 결정하였음. 이 프로그램에는 탄소포집 허브 및 공유인프라 건설, 탄소포집기술 연구 및 상용화 지원 및 실행가능 저장소 탐색을 포함하고 있음

- 호주는 2020년에 발표된 호주정부 기술투자로드맵에서 CCS를 저배출 우선기술로 지정하였으며 톤당 20달러(17,470원) 미만의 CO₂ 압축, 운송 및 저장 로드맵의 확장된 목표 실현을 위해 글로벌 파트너와 주 정부의 공동투자를 적극 권장할 계획임

<참고자료>

Shuai Zhang, et al., Applied Energy, Volume 231, 2018, Pages 194-206
이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(관계부처합동, 2021)
탄소중립실현을 위한 중국의 CCUS 산업정책 동향(대외경제정책연구원, 2022)
국내외 환경변화에 따른 CCS 정책추진 계획수립 연구(에너지경제연구원, 2018)
CCUS Global Market Size (MarketsandMarkets, 2020)
Net Zero by 2050 (IEA, 2021)
Global Status of CCS 2021 (GCCSI, 2021)
Global Status of CCS 2020 (GCCSI, 2020)
The Emergency of a Carbon Economy (Lux Research, 2021)

<참고사이트>

Allied Market Research <https://www.alliedmarketresearch.com/>
미국 NETL <https://www.netl.doe.gov/vcoalscarbon-utilization>
EU Zero Emission Platform <https://www.zeroemissionsplatform.eu>
U.S Energy Information Administration <https://www.eia.gov/todayinenergy/>
Saskpower <https://www.saskpower.com/>

글로벌 에너지 동향 이슈 보고서

- 발행처** | 한국에너지기술평가원 글로벌협력실
서울특별시 강남구 테헤란로 114길 14
Tel. 02-3469-8400 Fax. 02-555-2430
www.ketep.re.kr
- 발행일** | 2022년 2월
- 집필자** | 한전전력연구원 심재구
한국능률협회컨설팅 이한나



한국에너지기술평가원
Korea Institute of Energy Technology
Evaluation and Planning

*"본 글로벌 에너지 동향 이슈 보고서의 분석 결과는 연구진 또는 집필자의 개인 견해로,
한국에너지기술평가원의 공식적인 의견이 아님을 밝혀 둡니다."*