

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

2022  
Vol.3 No.15



# GTC BRIEF

국내 CCU 최신 기술개발 동향과 미래 전망

오상진 / 이종석 / 임윤진

## 국내 CCU 최신 기술개발 동향과 미래 전망

오상진 / 기술총괄부 rurouni628@gtck.re.kr

이중석 / 기술총괄부 jslee@gtck.re.kr

임윤진 / 기술총괄부 yoonjinim@gtck.re.kr

### 하이라이트

- 온실가스 감축을 위한 다양한 기술 분야 중에서도 탄소 포집 활용(Carbon Capture & Utilization, CCU)는 탄소배출원에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 포집하고 이를 고부가가치 산업 재료로 전환할 수 있다는 측면에서 향후 탄소중립 사회 실현을 위한 핵심기술로 주목받고 있음
- 탄소 포집 기술은 습식, 건식, 분리막 3가지 유형으로 구분할 수 있으며, 습식 포집의 경우 상용화 수준에 근접하여 있으나 건식 및 분리막 포집의 경우 성능 검증 및 Scale-up 실증이 필요한 상황임
  - 건식 포집과 분리막 포집 방식 기술의 경우 국산화 및 실증 스케일의 신뢰도 확보를 위한 R&D 투자가 필요하며, 수요 기업(발전소 등)과의 효과적인 공조체제 구축 필요
- 탄소 활용 기술은 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 광물탄산화 3가지 유형으로 구분할 수 있으며, 고부가 산업 소재로 활용하기 위한 다양한 메커니즘의 CO<sub>2</sub> 전환 기술개발이 필요
  - 학계·연구계 중심의 기초·원천연구에서 산·학·연 R&D로 전환하여 조기 상용화를 위한 목표물질(Target compound) 발굴 필요

### 키워드

- 탄소중립(Carbon Neutral), 탄소 포집(Carbon Capture), 탄소 활용(Carbon Utilization)

### 개요

- 우리나라 2030 국가 온실가스 감축목표(National Determined Contributions, NDC) 제시 및 2050 탄소중립 선언에 따라 탄소 포집·활용·저장(Carbon Capture, Utilization & Storage, CCUS) 분야의 중요성이 대두되고 있음
  - 2030 NDC 상황<sup>1)</sup>에 따르면 CCUS를 활용하여 약 1000만 톤의 온실가스를 감축하고자 함
  - 2050 탄소중립 시나리오<sup>2)</sup>에 따르면 CCUS를 활용하여 약 5500만 톤(A안), 8500만 톤(B안)을 감축해야만 국내 순배출량을 “0”으로 만들 수 있음
- CCUS는 화력발전, 철강산업, 시멘트산업, 석유화학산업과 같이 화석연료의 연소 및 특정 공정 중에 발생하는 CO<sub>2</sub>를 포집하여 저장 및 활용하는 기술임

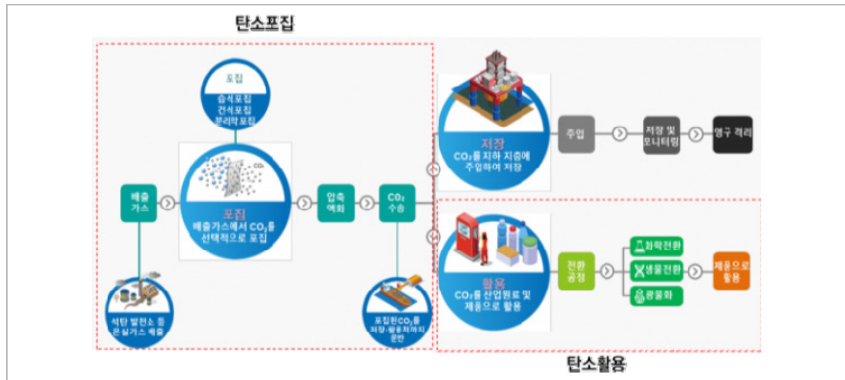
1) 관계부처 합동, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상황안, 2021.

2) 관계부처 합동, 2050 탄소중립 시나리오(세부 산출근거), 2021.

- 국내 탄소포집 기술은 한국에너지기술연구원, 활용기술은 한국화학연구원에서 주도적으로 기술개발을 진행 중에 있음

- 따라서 본 BRIEF에서는 CCUS 기술 중 탄소 포집 기술과, 활용기술에 초점을 두고 국내 기술개발 동향에 대하여 조사 분석하고 미래를 전망하고자 함

그림 1 본 Brief에서 다루고 있는 CCUS 기술범위



탄소 포집  
기술개발 동향

탄소 포집기술의 정의

- 탄소 포집기술은 여러 물질이 혼합된 배가스에서 CO<sub>2</sub>를 포집 및 분리하는 기술이며, CO<sub>2</sub> 포집 및 분리 공정의 위치에 따라 연소 후(Post-combustion), 연소 전(Pre-combustion) 포집 및 순산소연소(Oxyfuel combustion)로 구분가능하나, 일반적으로 흡수제 형태에 따라 습식, 건식 및 분리막 방식으로 구분함
  - (습식) 액상흡수제(아민계, 암모니아, 탄산칼륨 등)을 이용하여 CO<sub>2</sub>를 분리 하는 기술
  - (건식) 고체흡수제(알칼리 금속류, 고체 아민 흡수제 등)의 유동을 통한 CO<sub>2</sub>를 분리 하는 기술
  - (분리막) CO<sub>2</sub>를 선택적으로 투과하는 분리막(고분자 분리막, 무기 분리막 등)을 활용
  - (기타) 매체순환, 직접공기포집 및 BECCS 등이 있음
- 탄소포집 기술이 적용 가능한 에너지전환 및 산업 배출원을 선정하여 분야별 최적화된 CO<sub>2</sub> 포집 기술 확보 필요

표 1 온실가스 고정배출원별 CO<sub>2</sub> 배출량 및 조성

배출원	조성	CO <sub>2</sub> 배출량(백만 톤/년)
석탄화력발전	14% CO <sub>2</sub> , 5% O <sub>2</sub> , 81% N <sub>2</sub>	203
LNG 화력발전	4% CO <sub>2</sub> , 15% O <sub>2</sub> , 81% N <sub>2</sub>	61
철강산업	20~23% CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	118
시멘트산업	18~20% CO <sub>2</sub> , 10% O <sub>2</sub> , 70% N <sub>2</sub>	36
정유/석유화학산업	5~50% CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	71
블루수소 생산	23% CO <sub>2</sub> , 3% O <sub>2</sub> , 74% N <sub>2</sub>	

출처: CCUS 심층 투자분석 보고서(2021)<sup>3)</sup>

### 습식 포집기술

- 습식 포집 기술은 CO<sub>2</sub>가 액체 외 접촉했을 때 기체 용해도의 차이 또는 액상 흡수제와 CO<sub>2</sub> 사이의 산-염기중화 반응을 활용하여 기체 내 포함되어 있는 CO<sub>2</sub>를 액체 쪽으로 분리하는 기술
  - 습식 포집기술의 적용처는 화력발전, 제철소, 시멘트사업장, 석유화학산업 등 CO<sub>2</sub>가 대량 발생하는 시설
  - 습식 포집기술은 물리 흡수법 또는 화학 흡수법을 활용하며, 적합한 포집기술 선정을 위해 CO<sub>2</sub>가 포함된 기체의 온도, 압력, CO<sub>2</sub> 농도 등을 고려함
- 물리 흡수법은 분압차로 CO<sub>2</sub>를 분리하는 흡수공정으로, 흡착제를 활용해 작동하는 압력순환식 흡착 공정과 유사한 공정을 통해 연속운전이 가능하며, 현재 상용급으로 가동되고 있는 곳은 대부분 석유화학시설임
- 화학 흡수법은 기체의 압력보다는 액상 흡수제와 CO<sub>2</sub> 사이의 화학반응으로 분리하는 공정으로 연소 후 포집기술 중 가장 상용화에 근접하고 있음
- 국내에서는 습식 포집기술을 활용하여 연소배가스를 대상으로 보령화력에서 10MW급 실증을 수행하였으며 그 외에도 시멘트, 제철, 석유화학 분야에서 벤치급 실증 추진 중
- 습식 포집기술은 이미 상용화된 기술이 많으므로 신뢰도가 높고, 낮은 투자비와 대용량화가 가능하나, 흡수제 재생을 위한 에너지 소모가 상대적으로 많은 단점이 있음

표 2 국내 습식 포집 파일럿 및 상용플랜트

분리소재	공정특징	적용분야	규모	성능		수행기관
				지표	수치	
아민계	KOSOL	석탄화력	10MW (180t-CO <sub>2</sub> /d)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99	전력연(특허) DL E&C(실시)
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	2.5~2.6	
	MAB	석탄화력	0.5MW (10t-CO <sub>2</sub> /d)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99	에너지연(운전) 서강대(공정) 경희대(소재) KCRC(특허)
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	2.2~2.4	
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 아민계	KIERSOL	석탄화력, 시멘트	0.5MW (10t-CO <sub>2</sub> /d)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99	에너지연(특허) SCT Eng.(실시) SK MR(실시)
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	2.2~2.4	
암모니아수	가압 재생	석탄발전 배가스	0.03MW (100Nm <sup>3</sup> /h)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99.9	에너지연
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	2.7	
	상압 재생	제철소	0.5MW (10t-CO <sub>2</sub> /d)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99	포항산업과학원
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	2.2~2.4	

출처: CCUS 심층 투자분석 보고서(2021)의 p.37 표를 저자가 재구성

3) 한국에너지기술연구원, CCUS 심층 투자 분석 보고서, 2021.

### 건식 포집기술

- 건식 포집기술은 연소배가스에 포함된 CO<sub>2</sub>를 고체 입자를 이용하여 선택적으로 포집하는 기술로 화학 흡수법 및 물리 흡착법으로 구분할 수 있음
  - 화학 흡수법은 고체 입자를 연속적으로 사용하여, 연소 배가스로부터 CO<sub>2</sub>를 흡수 반은기에서 선택적으로 반응시켜 포집하고 고체 입자를 재생 반응기로 보내 CO<sub>2</sub>를 고농도로 회수하는 기술로 일반적으로 알카리 금속을 주재료로 활용
  - 물리 흡착법은 연소 배가스 중에서 CO<sub>2</sub>를 선택적으로 흡착하는 고체 입자(제올라이트, 활성탄, MOF 등)를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 분리하는 방법으로 압력순환식 흡착\*과 온도순환식 흡착\*\*으로 구분
    - \* 흡착된 성분의 분압 차이로 인한 흡착량의 차이를 이용하는 기술
    - \*\* 압력을 일정하게 유지한 상태에서 온도 변화로 인한 흡착량의 차이를 이용하는 기술
- 국내에서는 대표적으로 한국에너지연구원과 전력연구원이 협업하여 하동화력을 대상으로 세계 최대 규모의 10MW급 건식 포집 공정을 실증함
- 건식포집 기술은 습식 포집기술 대비 폐수 발생에 대한 문제가 없으나, 재생에 필요한 에너지가 다소 높으며, 고체 흡수제의 마모, 포집한 CO<sub>2</sub>의 고순도화 등 공정 운영에 해결해야 할 부분 이 존재함

표 3 국내 건식 포집 파일럿 및 상용플랜트

분리소재	공정특징	적용분야	규모	성능		수행기관
				지표	수치	
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 기반	유동층 공정	석탄화력	10MW (150t-CO <sub>2</sub> /d)	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99.9	에너지연(공정) 전력연(소재)
				CO <sub>2</sub> 제거율(%)	80	
				재생열(GJ/t-CO <sub>2</sub> )	4.4	
제올라이트 기반	VSA 공정	석탄발전 배가스	110Nm <sup>3</sup> /h	생산 CO <sub>2</sub> 순도(%)	99	에너지연
				CO <sub>2</sub> 제거율(%)	90	
				전력소비량(kWh/Nm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> )	0.6	

출처: CCUS 심층 투자분석 보고서(2021)의 p.37 표를 저자가 재구성

### 분리막 포집기술

- 분리막 포집기술은 연소 전·후 과정에서 CO<sub>2</sub>를 선택적으로 투과시키는 분리막을 이용하여 CO<sub>2</sub>를 포집하는 기술
  - 분리막 소재의 성능은 CO<sub>2</sub>와 타 기체 성분과의 선택도(Selectivity)와 일정 시간 동안 분리막을 지나가는 유량을 나타내는 투과도(Performance)에 의존
  - 선택도와 투과도는 상호 보완적인 관계로 투과도가 높아지면 선택도가 낮아지므로 기술적으로 동시에 향상시키는 것이 어려운 특징이 존재함
- 국내에서는 전력연구원과 아스트로마와 공동연구하여 당진화력을 대상으로 1MW급 분리막 공정을 실증하였고, 포집 성능(포집율 90%, 포집농도 95% 이상)을 확인

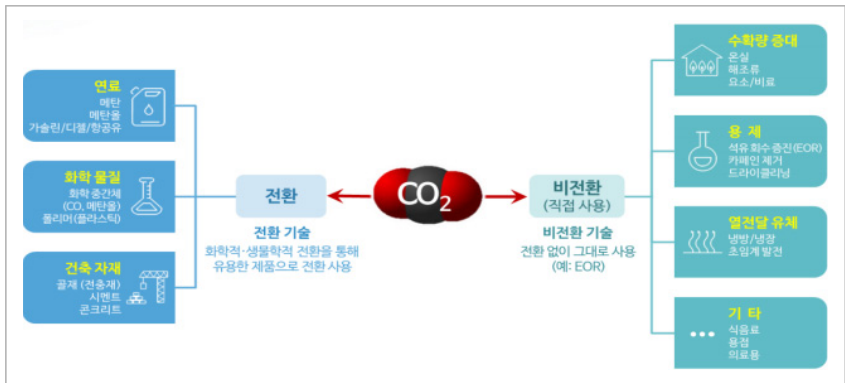
탄소 활용  
기술개발 동향

- 또한 롯데케미칼은 '21년 국내 화학사 최초 기체분리막 실증 운영을 통해 검증하였으며, 이를 바탕으로 블루수소 생산 과정에서 발생하는 연소배가스를 대상으로 기술 개발 진행 중
- 분리막 포집기술은 낮은 에너지 소모 및 운영비, 소규모 설비로 구축할 수 있는 장점이 있으나, 높은 초기 투자비 및 낮은 선택도로 인하여 CO<sub>2</sub>투과도 및 선택도를 높이기 위한 다양한 연구를 진행 중

탄소 활용기술의 정의

- 탄소 활용기술은 포집된 CO<sub>2</sub>를 화학적·생물학적 등의 변환과정을 거쳐 잠재적 시장 가치가 있는 제품 또는 원료로 전환하는 기술로 직접 활용기술과 전환기술로 구분 할 수 있으며, 전환기술의 종류에 따라 화학적, 생물학적 및 광물탄산화 기술로 구분
  - (화학적) CO<sub>2</sub>를 직접 혹은 간접 반응을 통해 촉매, 전기화학, 광화학 기술을 활용하여 유용물질로 전환
  - (생물학적) 광합성 및 전기생합성 미생물을 활용하여 CO<sub>2</sub>를 연료 및 유용한 원료물질로 전환
  - (광물탄산화) 원료와 CO<sub>2</sub>를 직접 반응시키는 직접탄산화와 원료물질 중 알칼리이온을 용출, 탄산화하는 간접탄산화로 구분

그림 2 IEA에서 정의하고 있는 탄소 활용기술



출처: IEA(2019)<sup>4)</sup>

- CO<sub>2</sub>는 매우 안정화된 물질로, 전환을 위해 에너지가 많이 소비되므로 한국화학연구원에서는 탄소 활용기술 개발 시 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)를 통해 실제 온실가스 감축효과 여부를 판단하고 있음

4) IEA, Putting CO<sub>2</sub> to use: Creating value from mission, 2019.

### 화학적 전환기술

- 화학적 전환 기술은 포집한 CO<sub>2</sub>를 원료로 화학적 전환을 통해 연료 및 화학물질 등의 탄소화합물로 전환하는 기술로 촉매전환, 전기화학적 전환, 광전기화학적전환, 광화학적 전환 기술로 구분
  - 촉매전환 기술을 통하여 다양한 연료(메탄, 메탄올, 액상 탄화수소 등) 및 화학제품(일산화탄소, 개미산 등)을 생산할 수 있음
  - 전기화학적 전환 기술은 전지 시스템에 전기에너지를 공급하여, 전위차를 발생시켜 열역학적으로 안정한 CO<sub>2</sub>를 환원시키는 방법
  - 광전기화학적 전환 기술은 태양에너지를 직접 활용하여 CO<sub>2</sub>를 유용한 화합물로 전환하는 기술
  - 광화학적 전환 기술은 태양광 스펙트럼 중 400~800nm에 해당하는 가시광에너지에 공명하는 반도체 소재를 활용하여 CO<sub>2</sub>를 전환하는 촉매 반응을 이용하는 기술

그림 3 CO<sub>2</sub> 화학적 전환기술 개념도



출처: 이산화탄소 포집 활용 기술혁신 로드맵(안)(2021)<sup>5)</sup>

- 한국화학연구원에서는 화학적 전환기술에 대한 기초 원천연구부터 상용화 단계까지 다양한 기술개발을 진행 중에 있음
  - 촉매전환 기술을 통해 CO<sub>2</sub>와 CH<sub>4</sub>을 원료로 메탄올 제조기술을 실증 완료하였으며, 탄소발자국 산정 결과 석유기반 메탄올 대비 약 40% 감축효과가 있음
  - 또한 세계 최고 수준의 건식 개질을 통한 일산화탄소 기반의 초산 등 유기화합물 제조를 위한 핵심 촉매와 파일럿 플랜트급 실증을 완료하고 기술이전 계약 등 기술 보급 추진 중
  - 전기화학적 전환 기술을 통해 한국남부발전 화동화력발전소의 포집된 CO<sub>2</sub>를 활용하여 개미산(500kg/d)을 제조하는 통합공정 기술을 개발하였으나 분리·정제 시 에너지를 많이 소비하므로 이를 개선하기 위하여 에너지의 효율적인 분리 기술 개발 중
  - 다만, 대부분의 기술이 학계·연구계 중심의 기초·원천연구 단계이며, 상용화 사례 미비함

5) 관계부처 합동, 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안), 2021.

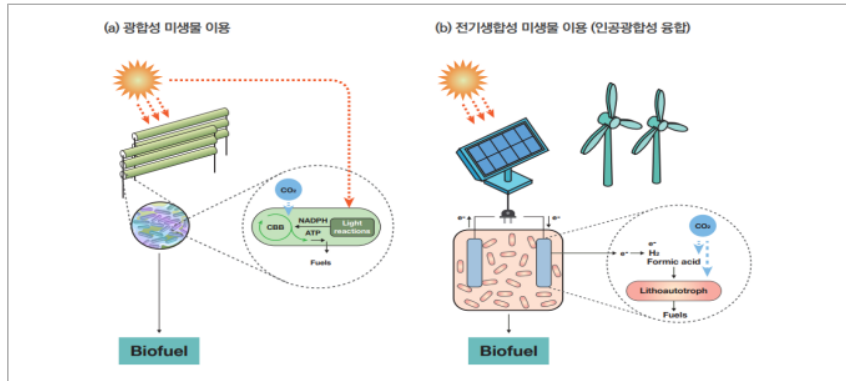
그림 4 CO<sub>2</sub> 활용 일산화탄소(CO) 생산 모식도



### 생물학적 전환기술

- 생물학적 전환 기술은 CO<sub>2</sub> 고정 미생물 등을 이용하여 CO<sub>2</sub>를 바이오연료 및 유용물질로 전환하는 기술로 크게 광합성 미생물 이용 CO<sub>2</sub> 전환 및 전기생합성 미생물 이용 CO<sub>2</sub> 전환 기술로 구분
  - 광합성 미생물 이용 기술은 미세조류를 활용하여 바이오디젤, 바이오에탄올 등 다양한 바이오 소재 등을 생산 할 수 있음
  - 전기생합성 미생물 이용 기술은 인공광합성 기반의 생물학적 전환 융합기술임

그림 5 CO<sub>2</sub> 생물학적 전환기술 개념도



출처: 이산화탄소 전환(CCU) 기술 백서(2020)<sup>6)</sup>

- 국내의 경우 미세조류를 활용한 바이오디젤 및 항공유 생산, 고부가 소재 생산 관련 연구 진행 중
  - 미세조류 생산기술은 고려대학교, 지역난방공사에서 고농도 광배양, 바이오반응기 모듈화 핵심 기술개발을 통하여 고부가 소재 시제품 생산 기술 실증
  - KAIST에서는 '차세대바이오매스연구단'을 중심으로 2010년부터 10년 동안 미세조류 연속 대량생산 시스템 구축을 구축하고, 바이오 항공유와 고부가가치 소재를 동시 생산하는 통합 바이오리파이너리 공정을 실증하는 연구를 수행

6) 한국화학연구원, 이산화탄소 전환(CCU) 기술백서, 2020.

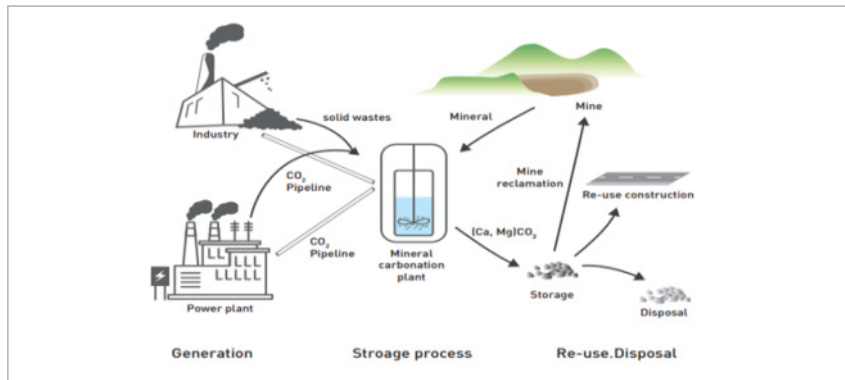


- 또한, 인하대 등을 중심으로 해양수산부 '해양수산생명공학기술개발사업'을 통해 해양 미세조류 실증 배양장을 운영하고 바이오디젤을 생산하는 연구를 수행
- 그러나 중기적인 R&D 투자에도 불구하고, 국내 미세조류 기반 바이오디젤 및 항공유 생산 등 제품화는 가능성 검증 단계에 위치

### 광물탄산화 기술

- 광물탄산화 기술은 발전소/산업체에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 알카리토금속(Ca, Mg 등)을 포함하는 액체 및 고체와 반응시켜 탄산칼슘 및 탄산마그네슘 등의 탄산염 광물로 전환하여 CO<sub>2</sub>를 고정 및 저장시키는 기술
  - 직접탄산화 기술은 대상원료와 CO<sub>2</sub>를 직접 반응시키는 기술이며, 간접탄산화 기술은 원료물질 중 알칼리이온을 용출, 탄산화하는 기술

그림 6 CO<sub>2</sub> 광물탄산화 기술 개념도



출처: IPCC(2005)<sup>7)</sup>

- 국내에서는 한국지질자원연구원을 주도로 직접탄산화 기반 소재 및 건설자재 생산 파일럿 규모 실증 중에 있으나 시멘트 대체재로 생산 기술개발 이력은 부재함
  - RIST와 KIST에서는 간접탄산화 기술을 적용하여 전기분해 기반 중탄산나트륨 생산 실증
- 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오 달성을 위한 온실가스 감축 분야 핵심 기술 분야로서 CCU 기술개발의 중요성은 증대될 것으로 예측
  - 탄소포집 기술 분야는 에너지, 산업, 건물, 교통 등의 전 산업 분야에서 공통으로 적용할 수 있는 '온실가스 고정' 기술로서 향후 산업계에서 탄소중립 실현을 위한 핵심 기술수단으로 활용될 가능성이 높음
  - 특히 2050 탄소중립 시나리오에 의하면 전환 부문에서 탄소중립을 달성하지 못했을 경우 CCU와 같은 흡수 및 제거 기술에 대한 의존도가 높아질 것으로 예상

### 결론

7) IPCC, IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, 2005.

- 탄소 포집 기술은 습식, 건식, 분리막 3가지 유형으로 구분할 수 있으며, 습식 포집의 경우 상용화 수준에 근접하여 있으나 건식 및 분리막 포집의 경우 성능 검증 및 Scale-up 실증이 필요한 상황임
  - 석탄화력발전 연계 습식 포집이 상용화에 가장 근접하고 있으며, 활용처에 따라 실증 규모 확대 필요
  - 건식 포집의 경우 한국에너지기술연구원 온실가스 연구단에서 아민기반, 알칼리 금속 등 흡수제 및 공정에 대한 원천기술을 확보한 이력이 있으며, 공정 성능 확보를 위한 추가 연구가 필요한 상황
  - 분리막 포집 방식은 낮은 에너지 소모 및 운영비, 소규모 설비로 구축할 수 있는 장점이 있으나, CO<sub>2</sub> 투과도 및 선택도의 상충 문제를 기술적으로 해결해야 하는 과제를 안고 있음
- 탄소 활용 기술은 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 광물탄산화 3가지 유형으로 구분할 수 있으며, 고부가 산업 소재로 활용하기 위한 다양한 메커니즘의 CO<sub>2</sub> 전환 기술개발이 필요
  - 국내 과학기술 출연(연) 중 한국화학연구원 및 한국지질자원연구원을 중심으로 화학적 전환 또는 광물탄산화 방식의 CO<sub>2</sub> 전환 기술개발을 활발하게 수행
  - 기존 석유화학제품과 가격 경쟁력 확보를 위한 저에너지·고효율·저비용 촉매·공정의 중장기적 개발 필요
- CCU 기술의 산업화 및 실증을 위한 R&D 투자 전략 및 협력 체계 구축이 필요한 시점
  - 건식 포집과 분리막 포집 방식 기술의 경우 국산화 및 실증 스케일의 신뢰도 확보를 위한 R&D 투자가 필요하며, 수요 기업(발전소 등)과의 효과적인 공조체제 구축 필요
  - CO<sub>2</sub> 활용 분야의 경우 학계·연구계 중심의 기초·원천연구에서 산·학·연 R&D로 전환하여 조기 상용화를 위한 목표물질(Target compound) 발굴 필요

## Reference

- 1) 관계부처 합동, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안, 2021.
- 2) 관계부처 합동, 2050 탄소중립 시나리오(세부 산출근거), 2021.
- 3) 한국에너지기술연구원, CCUS 심층 투자 분석 보고서, 2021.
- 4) IEA, Putting CO<sub>2</sub> to use: Creating value from mission, 2019.
- 5) 관계부처 합동, 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안), 2021.
- 6) 한국화학연구원, 이산화탄소 전환(CCU) 기술백서, 2020.
- 7) IPCC, IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, 2005.

본 내용은 녹색기술센터(GTC) 기술총괄부의 "부서원의 기술전문성 강화를 위한 연구현장 방문"의 일환으로 주요사업(F2230102) 참여연구원(오상진, 이종석, 임윤진)이 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원을 방문하여 정리한 것입니다.



04554 서울특별시 중구 퇴계로173  
남산스퀘어 빌딩 17층  
Tel. 02.3393.3900  
Fax. 02.3393.3919~20  
[www.gtck.re.kr](http://www.gtck.re.kr)

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