

중국환경산업 INSIGHT

- 중국 CCUS 기술발전 현황 -

2023년 10월호



CONTENTS

I. CCUS 기본개념

- ① CCUS 정의 1
- ② 탄소중립 목표실현의 핵심기술 5
- ③ 탄소배출 감축을 위한 주요역할 5

II. 중국 CCUS 산업발전 현황

- ① 중국 CCUS 정책동향 7
- ② 중국 CCUS를 활용한 탄소감축 목표제시 9
- ③ 중국 CCUS 프로젝트 추진현황 11
- ④ 중국 탄소저장 능력 16

III. 중국 CCUS 기술발전 현황

- ① 중국 CCUS 기술발전 현황 17
- ② 중국-선진국간 CCUS 기술비교 20
- ③ 중국 CCUS 원가분석 23

IV. 시사점 및 결론

- ① 중국 CCUS 발전제한 요소 25
 - ② 향후전망 26
-

발행일 : 2023.11.2

발행처 : KEITI 중국사무소

발행인 : 기획 및 책임총괄 / 박재현

주저자 / 차목승

공동저자 / 윤영근, 임승택, 성소묘, 김예일

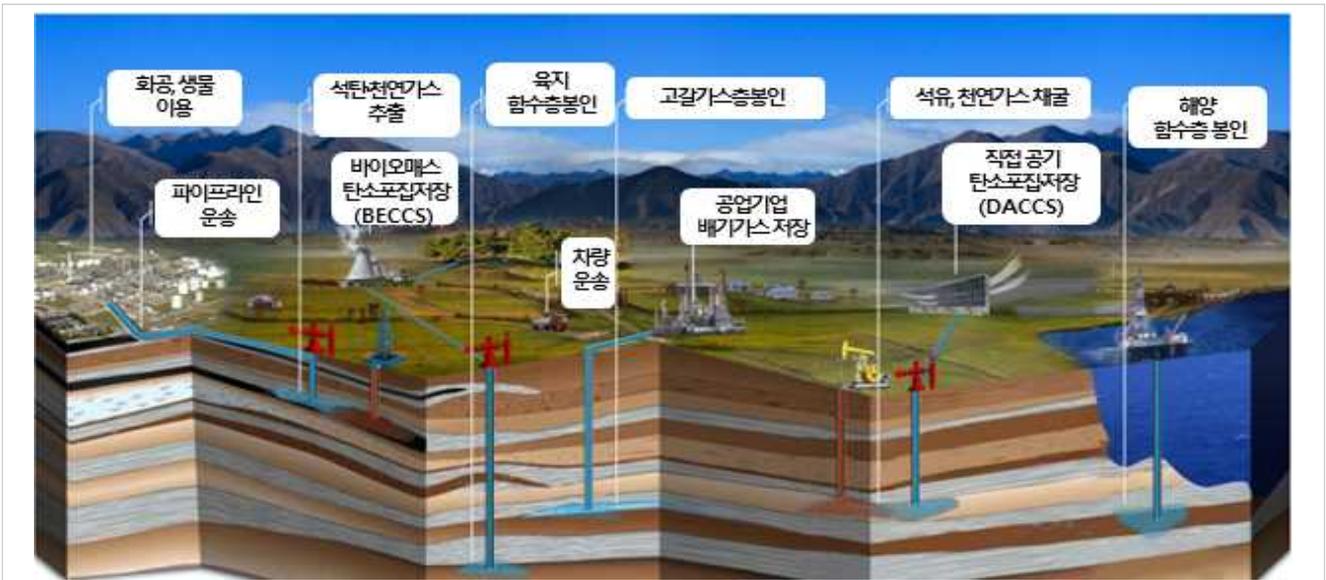
1 CCUS 기본개념

1 CCUS 정의¹⁾

○ CCUS 기본개념

- (기본개념) CCUS(Carbon Capture Utilization and Storage)는 연료연소 및 산업공정에서 배출된 산화탄소(CO₂)를 포집하여 활용 또는 저장하는 기술로, CO₂ 처리방식에 따라 CCS와 CCU로 구분됨
- (공정방식) 포집한 CO₂를 산업과정에서 에너지로 활용하거나 대기 중에서 직접 탄소를 분리 해 지질층으로 주입하여 영구적으로 봉인된 상태로 저장시켜 CO₂를 감축시킴

< CCUS를 활용한 탄소 운송·저장·활용방식 >



자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서'를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (주요기술) CCUS는 화석연료를 사용할 때 발생하는 CO₂를 포집하여 압축·수송과정을 거쳐 지하에 저장하는 기술(CCS)과 포집한 탄소를 필요한 곳에 이용하는 기술(CCU)를 모두 포함하고 있음

1) 중국21세기인재관리센터(中国21世纪议程管理中心, 2023.7.10.), <https://www.acca21.org.cn/trs/000100170002/16690.html>, (검색일 : 2023.10.12.)

< CCS 및 CCU 분류 >

구분	주요내용
CCS (Carbon Capture and Storage)	· (기본설명) 포집한 CO2를 지하 깊은 곳에 저장하는 기술임. 파이프라인 또는 선박을 이용해 운반한 CO2를 고갈된 유전, 가스전 등 지하나 바다의 깊은 땅속에 주입·저장하며, 주입된 CO2는 시간이 지나면서 용해되거나 광물화로 이용됨
CCU (Carbon Capture and Utilization)	· (기본설명) 포집한 CO2를 활용해 새로운 가치를 만드는 기술임. 일반적으로 포집된 CO2를 활용하여 연료, 화학물질, 건축자재 등 새로운 제품을 만드는데 활용됨

자료 : SK E&S, 두산백과 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ CCUS 단계별 분류

- (탄소포집) CCUS의 주요공정 중 하나이며, 탄소포집은 주로 산업 폐기 가스나 대기에서 포집되며, CO2 농도가 높을수록 포집 비용은 낮아짐
- (분류방식) 일반적으로 탄소포집은 연소의 순서에 따라, 연소전 포집(燃烧前捕集), 연소후 포집(燃烧后捕集), 순산소 연소(富氧燃烧)으로 분류됨

< 탄소포집 분류방식 >

구분	주요내용
연소前 포집	· (기술정의) 화석연료를 합성가스로 기체화하고, 변환반응을 통해 CO를 CO2로 전환함. 이때 용매흡수 등 방식을 이용하여 H2 및 CO2를 분리하여 포집함 · (기술장점) 기술수준 성숙단계, 낮은 원가 및 효율이 높음 · (기술단점) 가스화 기반 공동처리 설비에 적용되며 응용범위가 제한적임
연소後 포집	· (기술정의) 연소하여 배출된 연기에서 분리설비를 통해 순수 CO2를 포집함. 연소 후 포집은 CO2 농도와 압력이 높아 분리하기 쉬운 특징이 있음 · (기술장점) 기존 연소시스템 후 CO2 포집설비만 증설하면 됨 · (기술단점) 에너지소비 및 원가가 상대적으로 높음
순산소 연소포집	· (기술정의) 산소(O2)와 탄소(C)가 CO2를 생성하는 원리를 이용한 탄소포집 방식임. 배기가스 중의 CO2 농도가 높을 경우, 분리가 용이하고 질소화합물(NOx)이 저감되는 특징이 있음 · (기술장점) 에너지절약 및 친환경적임 · (기술단점) 기술조작에 대한 요구가 높음

자료 : 네이버 지식백과 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (분리공정에 따른 분류) 또한, 탄소포집은 분리공정에 따라 크게 물리적 흡수기술(物理吸收技術), 화학적 흡수기술(化學吸收技術), 막분리 기술(膜分離技術), 저온분리기술(低溫分離技術) 등으로 구분됨

< 탄소포집 분리방식에 따른 분류 >

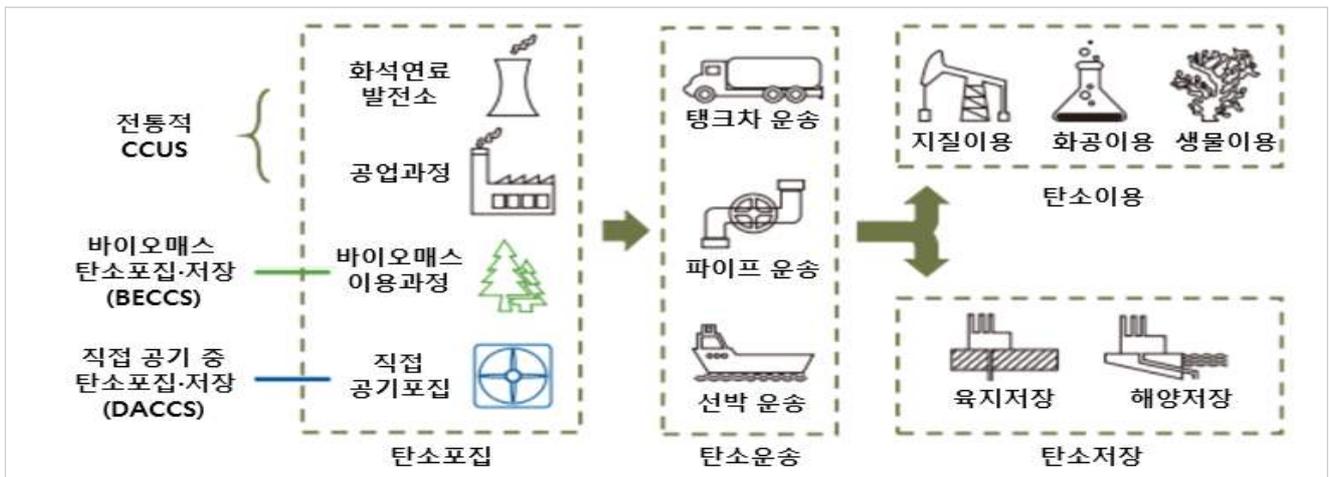
구분	주요내용
물리적 흡수기술	<ul style="list-style-type: none"> · (주요특징) CO2 배출량이 높은 업종에 적합함 · (기술장점) 흡수량이 많고, 에너지 소모 및 부식성이 적음 · (기술단점) CO2 회수율이 낮음
화학적 흡수기술	<ul style="list-style-type: none"> · (주요특징) CO2 분압(分壓, partial pressure)과 총압의 영향을 적게 받음 · (기술장점) 흡수속도가 빠르고, 정화도 및 CO2 흡수율이 높음 · (기술단점) 용매(溶劑, Solvent, 용질을 녹여 용액을 만드는 물질) 재생에 대한 에너지소모가 높고 부식성이 강함
분리막 기술	<ul style="list-style-type: none"> · (주요특징) 비교적 높은 CO2 분압 필요, 주로 수소생산, 천연가스 처리 등에 사용됨 · (기술장점) 에너지 소모가 적고 조작이 간편함 · (기술단점) 투자비용이 높아 산업화는 아직 미성숙 단계임
저온분리 기술	<ul style="list-style-type: none"> · (주요특징) CO2 배출량이 높은 업종에 적합함 · (기술장점) CO2 농도가 90% 이상이면 분기기술이 경제적임 · (기술단점) CO2 농도가 낮을 경우, 에너지소모가 높음

자료 : 중상산업연구원 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (탄소운송) 포집한 CO2를 활용하거나 저장할 수 있는 장소로 운송하는 과정을 의미함. 운송방식에 따라, 차량(철도운송 포함)·선박·파이프라인 운송으로 분류됨
- (탄소활용) CO2를 자원화하여 활용하는 과정으로, 공정에 따라 지질·화학·생물활용으로 분류됨. 그중 탄소 지질활용은 CO2를 지하의 지질층에 주입하여 석유나 천연가스 등 지하자원을 추출할 수 있음

- (탄소저장) 포집한 CO2를 심해에 있는 지질층이나 지하 깊숙이 주입해 CO2를 대기과 장기간 단절시킴. 저장위치에 따라, 육지저장, 해양저장으로 분류되며, 지질 속에 있는 물체에 따라 함수층저장(咸水层封存), 고갈가스층 저장(枯竭油气层藏封存)으로 구분됨
- (응용기술) 최근 바이오매스 열, 전기 또는 액체로 전환하는 과정에서 발생한 CO2를 포집·저장하는 BECCS(Bioenergy Carbon Capture and Storage) 및 대기 중의 CO2를 직접 포집·저장하는 DACCS(Direct Air Carbon Capture and Storage)에 대한 관심이 증가하는 추세임
- * BECCS·DACCS는 향후 탄소 네거티브 기술로 평가되고 있으며, 현재 개발 초기단계임. 또한, CCUS 기술 대비 탄소 순수농도가 높아 포집비용을 절감할 수 있는 유망기술임

< CCUS 기술분류 >



자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서'를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ 국내외 CCUS 기술발전 수준

- (탄소포집) 현재 대부분의 국가에서 연소전 물리적 흡수 방법으로 탄소를 포집하고 있으며, 동 기술은 이미 상용화 단계에 진입함. 또한 기타 대부분의 포집기술 역시 실증단계인 것으로 보임
- (탄소운송) 주로 탱크차 및 선박으로 운송하며, 해당 기술 역시 이미 상용화 단계에 도달함. 중국은 연간 약 10만t의 탄소를 운송 가능한 것으로 파악됨

② 탄소중립 목표실현의 핵심기술²⁾

○ 전세계 CCUS 산업 전반적으로 지속적인 성장추세

- (발전촉진) Global CCS Institute에 따르면, 2010년부터 2020년까지 전 세계 CCUS 프로젝트는 60개를 돌파함. 이는 1990~2000년 대비 약 1.7배가 증가한 수치임. 특히 미국, 캐나다, 호주, 일본 등 국가에서 CCUS 산업발전을 가속화하고 있는 추세임
- (장기적인 발전 잠재력) 「중국 이산화탄소 포집·이용·저장(CCSU) 연간 보고서 2021」에 따르면, 전 세계 탄소 육상저장 용량 약 42조t, 해저저장 용량 약 13조t으로, CCUS로 포집된 탄소를 저장할 수 있는 공간이 충분하기 때문에 향후 장기적인 발전 잠재력이 큰 산업임
- (CCUS 탄소감축 기여) 국제에너지기구(IEA) 자료에 따르면, CCUS를 활용하여 포집된 전 세계 CO₂는 2020년 4,000만t에서 2050년 76억t으로 100배 이상 증가할 것이라 평가함
- (탄소중립 실현기대) 이러한 지속 가능한 개발체계로 2070년 탄소중립을 달성할 것으로 평가되고 있음. 탄소중립 이후, 전체 탄소감축량 대비 CCUS는 15% 이상 기여할 것으로 전망됨

③ 탄소배출 감축을 위한 주요역할³⁾

○ 화석에너지 저탄소화 실현

- (에너지구조 전환촉진) 중국은 화석에너지 비중이 높은 국가 중 하나로, 이로 인해 탄소배출량 역시 비교적 많음. 이로 인해 중국은 에너지구조를 점차 재생에너지 위주로 전환을 촉진하고 있음

2) 해통증권(海通証券, 2022.6.30.), <https://new.qq.com/rain/a/20220613A057OC00.html>, (검색일 : 2023.10.20.)

3) 중경양복환보(重慶陽復環保, 2023.5.12.), <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1765678777912172244&wfr=spider&for=pc>, (검색일 : 2023.10.13.)

- (화석에너지 비중감축 추진) 중국정부는 2050년까지 화석에너지 비중을 10~15% 수준까지 감축하도록 요구함. 이로 인해 현재 CCUS를 활용하여 화석에너지 저탄소화 추진이 유일한 기술로 평가되고 있으며, 사용범위 역시 더욱 확대될 것으로 전망됨

○ 전력산업의 탄소중립 촉진

- (중점산업) 2022년 중국에서 탄소배출이 가장 많은 산업은 약 46.4%를 차지하고 있는 전력산업(51억t)임. 다음으로 공업(42억t, 약 38.2%)분야가 나타남. 이로 인해 전력산업의 탄소감축이 가장 시급함
- (시스템개조) 전력시스템에서 공급과 수요의 불균형 문제가 발생하면, 전체 시스템의 안정적 운영에 직접적인 영향을 미치기 때문에 기술 호환성 등을 충분히 고려하여, CCUS를 설치해야 함
- (중추역할) CCUS는 화력발전소의 탄소중립, 저탄소 전력시스템 구축, 재생에너지 발전 등의 중추역할을 할 것으로 전망됨

○ 다양한 산업에서 저탄소화 추진 가능

- (탄소배출 감축이 어려운 산업적용) 국제에너지기구(IEA) 자료에 따르면, 중국 철강 산업은 공정개조, 시스템 효율향상, 원료대체 등 방안을 적용하여도 약 34%로 여전히 높은 탄소배출 비중을 차지하고 있음

* 시멘트 산업 역시 탄소배출이 높은 산업 중 하나임

- (대체원료 사용확대) 모든 철강 산업의 주요 에너지 원료를 수소(블루·그린수소)를 사용할 경우, 2050년까지 약 8%까지 감축 가능한 것으로 추정됨. 따라서 CCUS를 활용해 생산되는 블루수소 사용 확대가 필요함

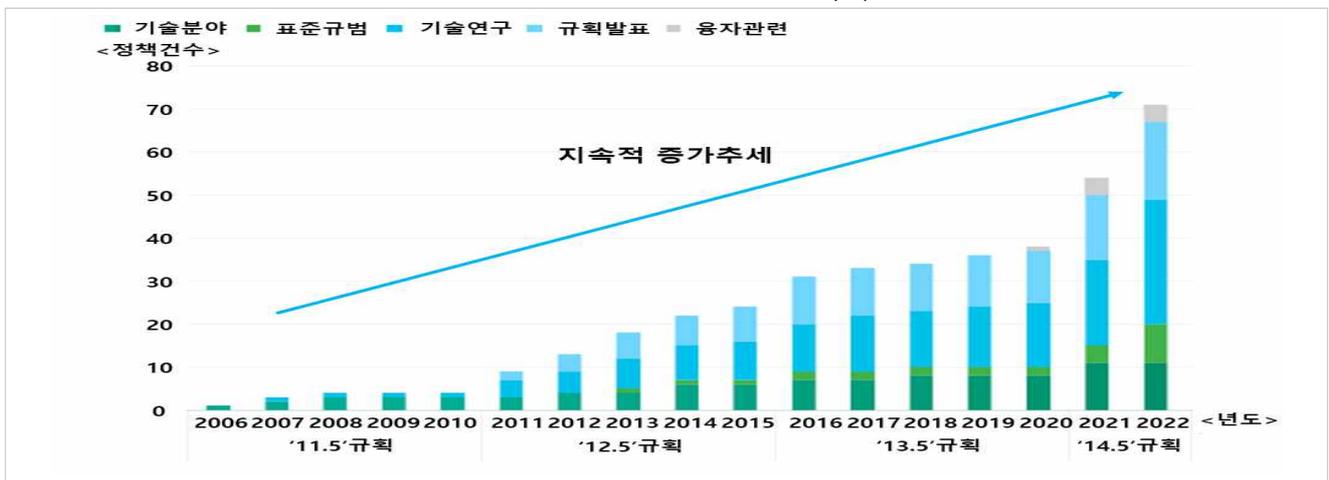
* 블루수소는 CCUS를 활용한 수소 생산방식으로 생산과정에서 탄소감축을 실현함

II 중국 CCUS 산업발전 현황

1 중국 CCUS 정책동향4)

- 탄소중립 목표실현을 위한 ‘1+N’ 정책체계 구축으로 CCUS 초기 정책제정
 - (정책발표) 2022년 기준, 중국 국무원은 CCUS 관련 계획, 표준, 로드맵, 기술리스트 등 약 70건 이상을 발표함

< CCUS 관련 정책발표 현황(건) >



자료 : ‘2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서’ 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (기술관련) CCUS 기술관련 정책은 「중화인민공화국 국민경제·사회발전 ‘14.5’규획 및 2035년 장기목표 개요(中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要)」에서 처음으로 발표됨
- (유형확대) 기존에 발표된 대부분 정책은 CCUS 기술 연구개발 및 실증지원에 초점이 맞춰져 있었지만, 현재 기술표준, 투자·자금조달 관련 정책 등 다양한 분야까지 확대되고 있는 추세임
- (자금조달) 「기후 투자·융자조달 시범계획(气候投融资试点方案)」(2023년, 생태환경부·발개위·공업정보화부 등), 「2021 버전 녹색채권 지원 프로젝트 목록(绿色债券支持项目目录(2021年版))」(2021년, 인민은행·발개위) 등에 따르면, CCUS 자금조달 관련 정책이 수록되어 있음

4) 36극연구(36氟研究, 2022.6.30.), <https://m.163.com/dy/article/HB3HRL6505118DFD.html>, (검색일 : 2023.10.20.)

○ 대규모 온실가스 감축을 위한 중요한 기술적 수단

- (중장기적 전략) 단기적으로 중국은 석유, 석탄 및 기타 화석에너지 기반의 에너지 구조를 변경하는 것은 쉽지 않음. 따라서, CCUS를 활용하여 전통적인 탄소 高배출 업종에 대한 산업전환 및 발전 가속화를 추진함

< 중국 CCUS 관련 정책동향 >

발표시기	발표기관	정책명칭	주요내용
2019.08	발개위	「산업구조조정 지도목록(2019)」 (产业结构调整指导目录(2019年版))	· CCUS 산업발전 장려 등
2020.10	생태환경부 발개위 등	「기후변화 대응 투·융자 촉진 관련 지도의견」 (关于促进应对气候变化投融资的指导意见)	· CCUS 시범프로젝트 추진으로 기후 변화 투·융자 장려 등
2021.01	생태환경부	「기후변화 대응 및 생태환경보호 관련 사업 총괄·강화 관련 지도의견」 (关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见)	· CCUS 녹색채권 목록 삽입 등
2021.02	국무원	「녹색 저탄소 순환발전 경제체계 건설 촉진 관련 지도의견」 (关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见)	· CCUS 시범공정 개시 등
2021.05	생태환경부	「자유무역시범구 생태환경보호 고품질발전 관련 지도의견」 (加强自由贸易试验区生态环境保护推动高质量发展的指导意见)	· CCUS 시범공정 건설 및 규모화 추진 등

자료 : 36극연구원 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ 지방정부의 CCUS 기술개발 지원 강화

- (적용확대) 「高에너지소비 중점산업의 에너지절약 및 탄소감축 촉진 개조실시 지침서(高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南(2022年版))」(2022년, 발개위) 등에서 탄소감축이 어려운 산업(시멘트·철강 등)에 대한 CCUS 기술적용 목표를 제시함
- (발전지원) 2022년까지 10개 이상의 지역(성·시·자치구)에서 탄소피크 관련 정책을 발표함. 또한, 다양한 전문가 의견을 조합하여 지역별 특성에 맞춰 다양한 CCUS 기술 연구개발을 촉진함

2 중국 CCUS를 활용한 탄소감축 목표제시⁵⁾

○ 2060년까지 약 25억t 감축요구 전망

- (감축목표) 중국은 탄소피크 이후, CCUS를 활용한 탄소감축 목표량을 2025년까지 0.24억t에서 2060년 약 23억t으로 대폭 증가를 요구한 것으로 보임. 이로 인해 향후 CCUS의 역할은 더욱 커질 것으로 전망됨
- (탄소중립) 중국의 탄소감축 목표치 전망을 살펴보면, 탄소중립 목표 연도(2050년)까지 탄소감축량 요구가 급격한 증가추세를 보이지만, 2050~2060년간 증가폭은 크지 않음

< 중국 CCUS를 활용한 탄소감축 목표치 전망(억t) >



자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (화력발전) 현재 중국에서 탄소배출이 가장 많은 분야인 화력발전은 CCUS를 통해 2060년까지 약 10억t의 탄소 감축량을 달성할 수 있을 것으로 추정됨
- * 탄소배출량이 높은 철강·시멘트 등 산업 역시 CCUS로 탄소감축 추진 가속화 전망
- (응용기술) 2060년까지 탄소감축량 요구에는 각 산업별 대부분 CCUS를 활용하여 탄소감축을 추진하지만, 응용기술인 BECCS 및 DACCS 역시 연간 약 5~8억t의 탄소감축에 기여할 것으로 예상됨

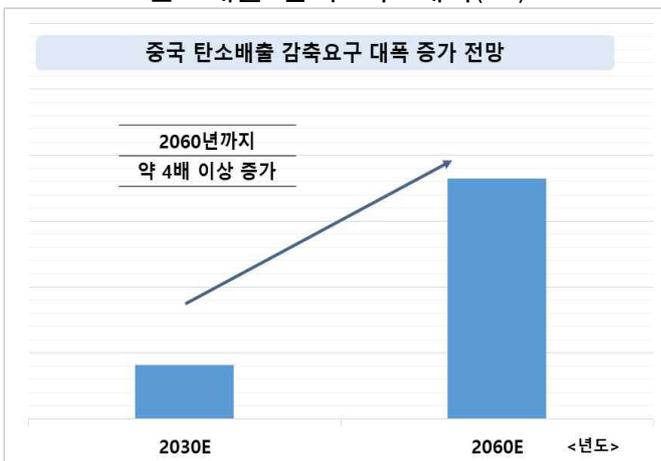
5) 36극연구(36氟研究, 2022.6.30.), <https://m.163.com/dy/article/HB3HRL6505118DFD.html>, (검색일 : 2023.10.20.)

○ 2050년 중국 CCUS 산업가치 3,300억 위안(약 61.2조 원) 돌파 전망

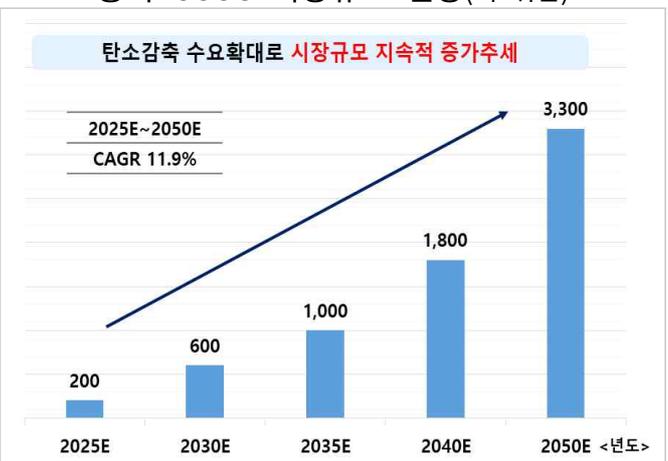
- (발전촉진) 중국의 CCUS는 아직 개발 초기단계로 불리며, 일부 기술은 아직 연구단계에 있음. 향후 정책지원으로 시범 프로젝트 건설이 가속화 되면 CCUS 기술발전으로 비용절감 및 대규모로 산업에 적용할 수 있을 것으로 기대함
- (시장확대) 중국의 탄소중립으로 석탄, 전력, 철강, 시멘트 및 기타 산업에서 탄소배출 감축에 대한 수요가 증가하고 있는 추세임. 이로 인해 CCUS 산업 역시 성장기에 진입함
- (수요예측) 「2023 중국 이산화탄소 포집·이용·저장(CCUS) 연간보고서」에 따르면, 중국의 탄소배출 감축요구는 2030년 4.1억t에서 2060년 18.2억t 까지 대폭 증가될 것으로 전망됨
- (시장규모) 탄소감축의 수요가 지속적으로 증가하면서 시장규모 역시 2025년 200억 위안(약 3.7조 원)에서 2050년 3,300억 위안까지 대폭 확대될 것으로 전망됨

* 2025~2050년, CAGR은 약 11.9%로 지속적 증가추세를 보임

< 탄소배출 감축요구 예측(억t) >



< 중국 CCUS 시장규모 전망(억 위안) >



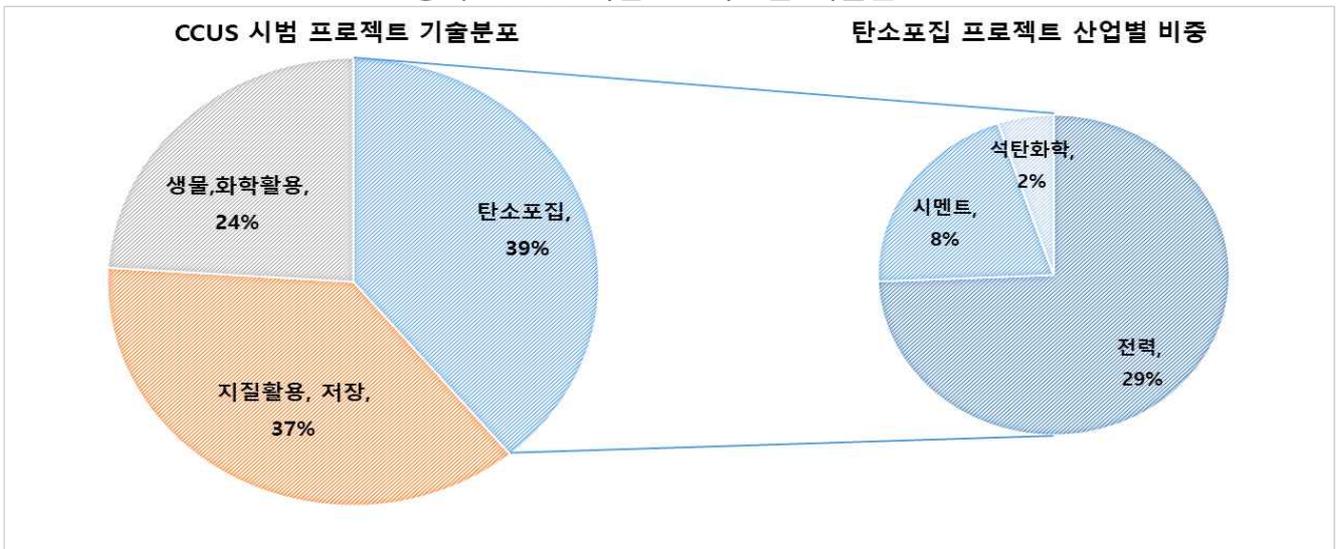
자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

③ 중국 CCUS 프로젝트 추진현황⁶⁾

○ 2004년 중국 최초 CCUS 시범 프로젝트 추진

- (공정현황) 과학기술부(科学技术部) 자료에 따르면, 중국 최초 CCUS 시범 프로젝트는 산서성에서 가동되었으며, 지금까지 화동·화북지역에 총 49개의 CCUS 시범프로젝트가 가동 및 건설되고 있음
- (누적현황) 이미 가동 중인 38개 CCUS 시범 프로젝트의 누적현황은 탄소포집 296만t, 주입능력 121만t이며, 탄소저장은 이미 200만t을 초과한 것으로 집계됨
- (기술분포) 동 38개 시범 프로젝트를 기술 분포로 살펴보면, 포집 15개(약 39%), 지질활용 14개(약 38%), 화학·생물활용 9개(약 23%)로 나타남
- (산업별 포집현황) 주로 전력, 석탄·석유화학, 시멘트, 철강 등 분야에 적용함. 탄소포집 39% 중 전력 24%, 시멘트 8%, 석탄화학공업 2%로 나타남. 지질활용의 경우, 대부분 화학공업과 밀접한 연관이 있음

< 중국 CCUS 시범프로젝트별 기술분포 >



자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

6) 길수과기(桔数科技, 2023.4.5.), <http://blog.jushukj.com/archives/4946.html>, (검색일 : 2023.10.18.)

○ 다양한 산업으로 CCUS 시범 프로젝트 추진확대

- (범위확대) 중국 CCUS 시범 프로젝트의 CO2 포집원은 주로 전력, 석유, 화학공업이며, 여전히 전력산업에 대부분 집중되어 있음. 하지만 2022년 이후, 탄소감축에 어려움이 있는 시멘트, 철강 등 산업 역시 CCUS 시범 프로젝트를 적극 추진하고 있음
- (전력산업) 국가에너지그룹 태주발전소(国家能源集团泰州电厂)는 연간 50만t의 CO2를 포집할 수 있는 CCUS 프로젝트를 완성함. 이는 아시아 최대의 석탄발전소 CCUS 프로젝트임. 또한 금계발전소(锦界电厂)는 연소 후 포집 방식을 적용하여, 연간 15만t의 탄소포집이 가능함
- (철강산업) 2022년 포강그룹(包钢集团)은 현재 200만t 규모의 CCUS 시범 프로젝트를 건설 중에 있음. 동 프로젝트가 완성될 경우, 중국 철강 산업에서 적용한 최대의 CCUS 시범 프로젝트가 될 것으로 전망됨
- (유리산업) 2022.10월 중건재(합비)신에너지(中建材(合肥)新能源)는 태양광전지 포장재 관련 CO2 포집 프로젝트를 완성함. 동 프로젝트는 연간 5만t의 액화 CO2를 생산할 수 있으며, 이는 세계 최초로 유리 용융(熔窑) 가마에 적용된 탄소포집 시범 프로젝트임
- (인쇄산업) 2022.12월 불산가리달(佛山佳利达)은 중국광업대학(中国矿业大学)의 기술지원으로 인쇄·염색 업계 최초로 CCUS 프로젝트를 적용하였으며, 연간 1만t의 탄소포집이 가능함
- (프로젝트 운영현황) 2023년 기준, 총 74개의 CCUS 프로젝트가 운영 중이며, 전력 26개, 화학공업 23개, 석유·가스 9개, 시멘트 8개, 철강 7개, 수소제조 1개로 분포함
- (중점분야) 현재 운영 중인 프로젝트 중 40개 이상이 전력, 화학공업으로 나타남. 해당 프로젝트는 대부분 원유회수증진(Enhanced Oil Recovery, CO2-EOR) 방식으로 진행되고 있음

○ 다양한 기관·기업간 탄소활용 방식 협력확대

- (협력확대) 중국 CCUS 시범 프로젝트의 CO₂ 활용방식은 대부분 지질 활용이지만, 화학·생물활용 프로젝트 역시 매년 증가하고 있음. 다양한 기관과 기업이 협력하여 탄소활용 방식이 확대되고 있음
- (화학활용) 대부분 CO₂를 광물화에 사용하여 콘크리트 블록과 같은 건축 자재를 생산하며, 일부는 高부가가치의 화학물질 제조에 활용됨
 - (중국최초) 2022년 말, 국가에너지그룹 국전대동발전소(国家能源集团国电大同电厂)가 주도한 중국 최초 CO₂ 화학적 광물화 포집·활용 시범 프로젝트가 안정적으로 168시간 연속 운영에 성공했으며, CO₂를 활용한 탄산칼슘 슬러리를 지속적으로 생산함
 - (협력사례) 텐센트 그룹은 2030년까지 탄소중립 달성을 발표했으며, 현재 아이슬란드 Carbfix와 협력하여 CO₂를 지하 현무암 급속 광물화 및 저장 시범 프로젝트를 공동으로 추진 중에 있음
- (바이오활용) 주로 CO₂를 미세조류 배양에 사용하여 高부가가치 제품을 제조하고 있음
 - (중국최초) 2022년 절강대학교는 광둥에너지그룹(广东能源集团)과 협력하여, 중국 최초로 바이오매스 발전에 CCUS를 적용한 시범 프로젝트를 공동 추진하고 있음. 동 프로젝트는 광둥위전잔강바이오매스발전소(广东粤电湛江生物质发电)에서 배출된 연기의 CO₂를 포집하여 미세조류 탄소 프로젝트를 건설 중임
 - (협력사례) 2022년 절강대학교-화운전력(해풍)유한공사(华润电力(海丰)有限公司)가 협력하여, 중국 최초 ‘기둥형 미세조류 광합성 반응기(立柱式微藻光合反应器)’를 개발하여, 석탄화력발전소 배기가스 탄소저감에 활용함

○ 중국 CCUS 시범 프로젝트 추진 규모 점차 증가추세

- (시범공정) 전력, 석유화학 등 분야에서 다양한 CCUS 시범 프로젝트가 운영 또는 건설 중임. 그중 절반 이상이 이미 생산단계에 돌입했으며, CO2 포집능력 연간 400만t/년, 주입능력 200만t/년으로 전년 대비 각각 약 33%, 65% 증가함
- (기존규모) 이미 가동되고 있는 CCUS 시범 프로젝트는 대부분 10만t 이하이며, 일부 기업(중국석유화학그룹·중국석유천연가스유한공사 등)이 운영하는 프로젝트가 50만t 이상으로 나타남
- (중국최초) 2021년 중국석유화학공업(sinopec, 시노펙)이 중국 최초로 100만t 이상의 CCUS 시범 프로젝트 추진 이후, 대규모 CCUS 프로젝트가 지속적으로 추진됨

< 중국 100만t 이상 CCUS 시범 프로젝트 현황 >

프로젝트명	소재지	탄소포집(만/년)
제로석유화학-승리유전 CCUS 프로젝트 (中石化齐鲁石化-胜利油田CCUS项目)	산둥	100
통원그룹 신장 100만t 규모 CCUS 시범 프로젝트 (通源集团新疆库车百万吨CCUS示范项目)	신장	100
화능감속 100만t 규모 석탄발전소 CCUS 기술 시범 프로젝트 (华能150万吨/年燃煤电厂CCUS技术示范项目)	감속	150
시노펙 300만t 규모 CCUS 규모화 응용 시범공정 (中国石油将组织推动300万吨CCUS规模化应用示范工程)	길림	300
광휘에너지 탄소포집·파이프라인 운송 및 석유채굴 일체화 CCUS 프로젝트 (广汇能源二氧化碳捕集、管输及驱油一体化CCUS项目)	신장	300
연장석유 500만t 규모 CCUS 시범 프로젝트 (延长石油500万吨/年CCUS工程)	섬서	500

자료 : 36극연구원 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (운영한계) 건설 완료 후에도 가동되지 않거나 중단된 일부 프로젝트도 존재함. 그 이유는 현재 CCUS 시범 프로젝트는 비용이 많이 들고 수익이 낮아 자금력을 갖추지 않거나 산업사슬을 구축하지 않은 기업은 CCUS 프로젝트를 운영하기 쉽지 않음

- (글로벌 현황) 현재 글로벌 CCUS 프로젝트는 빠르게 발전하고 있는 추세임. 2021년 글로벌 CCUS 프로젝트 수는 135개로 이는 전년 대비 약 2배 이상 증가한 것으로 보이며, 탄소포집 능력 역시 1.5억t으로 추정됨
- (격차발생) 중국 역시 대규모 프로젝트가 추진되면서 CCUS의 산업 클러스터 형성으로 분명히 프로젝트 비용절감을 촉진시켰으나, 국제 선진수준 대비 프로젝트의 전체 규모, 해상저장, 산업 응용분야에서 여전히 큰 격차가 있음

○ 중국-글로벌간 CCUS 시범 프로젝트 현황비교

- (대규모 프로젝트 부족) 전 세계적으로 건설 중 또는 운영단계에 있는 대규모 CCUS 프로젝트는 총 31개로, 미국 13개, 중국 5개, 캐나다 4개, 유럽 4개, 중동 3개 등으로 나타남 * 대규모 프로젝트는 보통 100만t 이상임
- (산업클러스터 부족) 개발 막바지 단계 또는 운영 중인 CCUS 산업 클러스터 수는 총 24개로 미국·영국 6개, 네덜란드 4개, 중국·그리스·노르웨이·덴마크·캐나다·중동·호주·브라질 각 1개씩으로 나타남

* 대규모 프로젝트는 보통 100만t 이상이며, 현재 미국에서 1,000만t 규모의 CCUS 프로젝트를 추진 중임

- (해상저장 기술차이) 중국은 현재 해저 저장 시범 프로젝트를 운영 및 건설 하지 않은 상태로 글로벌 CCUS 프로젝트와 가장 큰 격차가 나는 분야임
- (해외사례) 2021년까지 노르웨이, 미국, 브라질, 일본 등 다양한 국가에서 추진한 해저저장 시범 프로젝트의 총 누적 저장량은 2,500만t으로 추정됨. 특히 노르웨이의 경우, 폐기물 소각장과 시멘트 공장에서 포집한 CO2를 북해 근해 해저에 영구 저장할 수 있으며, 초기 주입능력은 150만t으로 나타남
- (산업불균형) 현재 중국의 CCUS 시범 프로젝트는 대부분 전력 또는 화학 공업 산업에 집중되어 있으며, 장기적으로 안정적인 운영이 필요한 시멘트, 철강 산업에 대한 대규모 프로젝트는 최근 시작되고 있음

④ 중국 탄소저장 능력

○ 풍부한 탄소저장 육상 및 해저 지질층 보유

- (지리적 이점) 중국은 동북·중부 등에 위치한 분지는 탄소저장의 최적의 장소로 뽑히고 있음. 또한 동부 연안은 바다 심해 지질을 활용할 수 있는 지리적 이점이 있어, 향후 대규모 탄소저장을 할 수 있음
- (적용기술) 현재 CO₂-EOR 및 CO₂-EWR(Enhanced Water Recovery, 이산화탄소를 활용한 물회수증진법) 기술은 대규모 프로젝트 건설이 가능하며, 중국 내 분지 역시 매우 크기 때문에 시장 잠재력은 높게 평가되고 있음
- (분지활용) CO₂-EOR 및 CO₂-EWR 모두 동북지역의 송요분지(松辽盆地), 화동지역 보해만분지(渤海湾盆地), 중부지역 악이다사분지(鄂尔多斯盆地), 서북지역 준가얼분지(准噶尔盆地) 및 탐리목분지(塔里木盆地)에서 중점적으로 사용할 수 있음

○ 중국 심해 염수층에 최대 4.13조t의 탄소를 저장 가능할 것으로 추정

- (지질저장) 중국은 이론상 CO₂ 지질 저장용량이 1.21~4.13조t까지 가능할 것으로 추정되며, 주로 염수층, 석유 및 가스전 등에 CO₂를 저장할 수 있음
- (유전저장) 중국 유전은 주로 송료분지(松辽盆地), 발해만분지(渤海湾盆地), 악이다사분지(鄂尔多斯盆地), 준갈이분지(准噶尔盆地)에 집중되어 있으며, 연간 약 200억t CO₂를 저장할 수 있는 것으로 파악됨
- (가스전저장) 가스전은 악이다사분지(鄂尔多斯盆地), 사천분지(四川盆地), 발해만분지(渤海湾盆地) 및 탐리목분지(塔里木盆地) 등이 있으며, 연간 약 150억t의 CO₂를 저장 가능할 것으로 추정됨
- (심해염수층) 가장 저장용량이 큰 지역은 심해 염수층으로 파악됨. 최대 2.4조t까지 저장할 수 있음

III 중국 CCUS 기술발전 현황

1 중국 CCUS 기술발전 현황

○ 중국 CCUS 기술발전 현황

- (개발성과) ‘11.5’ 기획 이후, 중국은 CCUS 기술 관련 연구개발을 지속적으로 지원하여 지난 10년간, 연소전 포집, 탄소운송, 화학적 활용, 심층 염수층 채굴 등 분야에서 빠르게 발전시킴
- (현재단계) 중국의 1세대 포집기술은 상당한 진전 및 대부분 시범공정 단계 및 상용화단계까지 발전한 것으로 파악됨. 하지만 대규모 시스템 최적화에 대한 시범 프로젝트가 부족한 상태임
- (발전촉진) 2세대 포집기술은 1세대 기술 대비 비용 및 에너지 소비가 현저히 낮을 것으로 예상되기 때문에, 탄소포집 비용감축을 위해 2세대 기술개발을 가속화해야 함

○ 중국 CCUS 기술발전 수준

- (포집기술) CCUS의 주요기술 중 하나인 CO₂ 포집기술은 1세대에서 2세대로 접어들었으며, 현재 3세대 기술을 개발 중임. 각 세대별 기술 현황은 다음과 같음

< 탄소포집 기술현황 >

구분	주요내용
1세대	· (기술현황) 기존의 물리적(연소前)·화학적(연소後) 흡수기술 등과 같이 현 단계에서 기술실증이 끝난 후 이미 상용화된 기술을 의미함
2세대	· (기술현황) 새로운 흡수제를 기반으로 하는 화학적 흡수·흡착기술 등을 의미하며, 2025년에 상용화 추진예정임
3세대	· (기술현황) 화학적 연소기술 등으로 신규 변형기술이라고도 불리며, 2035년 상용화 추진을 위해 현재 개발단계임

자료 : ‘2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서’ 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

7) 36극연구(36氟研究, 2022.6.30.), <https://m.163.com/dy/article/HB3HRL6505118DFD.html>, (검색일 : 2023.10.20.)

- (운송기술) 전통적인 탱크방식부터 선박운송, 육상 파이프라인 및 해저 파이프라인 운송으로 발전하고 있음
 - (현재추세) 중국의 CO2 운송을 위한 파이프라인 규모는 백만t급까지 가능한 것으로 파악되며, 또한 운송압력이 초임계(超临界, super critical) 범위까지 진입한 것으로 파악됨
 - (활용기술) 일반적으로 CO2를 이용하여 지질에서 에너지 자원 추출에 이용되고 있음. 원유회수증진(CO2-EOR, Enhanced Oil Recovery), 석탄층 메탄 회수증진(CO2-ECBM, Enhanced Calbed methane) 등 기술은 CO2를 이용하여 高부가가치의 화학물질 합성 및 생물전환 등과 같이 그린탄소(绿色碳) 방식으로 이용되고 있는 추세임
 - (저장기술) 지질 봉인은 위치에 따라 육상 염수층 봉인(陆上咸水层封存), 해상 염수층 봉인(海上咸水层封存), 고갈된 석유 및 가스전 봉인(枯竭油气田封存)으로 분류됨
 - (최근추세) 중국 일부 기업은 최근 동부 연안에 대규모 CO2 저장을 위한 방법을 모색 중인 것으로 파악됨
- 전반적인 CCUS 기반 기술은 구축했지만, 아직 대규모 상용화 능력부족
- (선진수준 도달) 중국은 정부차원의 지속적인 기술개발로 탄소포집 기술 중 연소전 물리적 흡수기술은 이미 선진기술 수준까지 도달한 것으로 파악됨. 하지만 프로젝트 규모가 아직은 크지 않은 것으로 보임
 - (국제비교) 중국의 CCUS 기술은 대부분 국제 선진기술까지 도달한 것으로 파악지만, 포집, 운송, 저장 등 핵심기술 및 상용화 능력은 아직은 선진국 수준까지 미치지 못한 것으로 보임
 - (아직 대규모 상용화 능력부족) 중국은 이미 전반적인 CCUS 관련 기술 기반을 구축했으나, 아직 대규모 상용화 능력은 부족한 것으로 보임

< 중국 CCUS 기술발전 현황 >

구분		주요내용
포집 (Capture)	연소전	· (선진수준 도달) 1세대 포집 기술 중 연소전 물리적 흡수기술은 이미 상용화 단계로 진입하여 국제 선진수준에 도달한 것으로 보임
	연소후	· (아직까진 선진국과 격차를 보임) 연소후 화학적 흡수기술은 현 단계에서는 아직까지는 선진국과 격차는 있는 것으로 파악됨
	연소중	· (시범단계) 중국을 포함한 전 세계 국가가 순산소 연소와 매체 순환식 연소(CLC, Chemical Looping Combustion)*은 아직은 지속적인 개발이 필요하며, 시범단계임
활용 (Utilization)	화학전환	· (시범사업) CO2를 활용한 화학·생물전환 기술은 현 단계는 시범단계임
	생물전환	· (고부가가치 화학물질 제조 주력) 현재 중국은 CO2를 활용하여 고부가가치 화학물질 제조에 주력하고 있으며, 건식 개질 기술과 메탄올 제조 기술역량이 높은 편임
저장 (Storage)		· (상용화 수준도달) CO2-EOR, CO2 우라늄 채취 기술은 상용화 수준까지 도달한 것으로 보임 · (선진국 수준도달) 심층염수채굴 기술 분야는 이미 실험연구가 완료된 것으로 파악되며, 기술수준 역시 선진국 수준까지 도달한 것으로 보임

자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

* 매체 순환식 연소(CLC) : 연소로 자체에서 CO2가 분리되어 배출되는 새로운 형태의 연소 원리

○ 중국 CCUS 기술발전 잠재력

- (대규모 탄소저장 용이) 중국의 동북·화북·서북 등 다양한 지역에 분포된 분지로 포집된 탄소저장이 용이함. 중국은 CCUS 기술의 탄소저장에 대한 이론적 잠재력은 크지만 비용, 배출원 운송거리, 환경요인 등 외부 조건의 제약으로 현 단계에서는 완전히 처리하기 쉽지는 않음
- (탄소감축 수요확대) 중국 정부가 제시한 탄소감축 목표치가 지속적으로 증가추세를 보이고 있어, 향후 CCUS 기술의 수요가 철강, 시멘트 등 탄소배출 중점산업까지 대폭 확대될 것으로 전망됨
- (저탄소 전환촉진) 에너지 분야에서 탄소감축 기여는 중국 전력산업에서 전체적인 수요증가 및 저탄소 전환으로 발전을 가속화될 것으로 전망됨

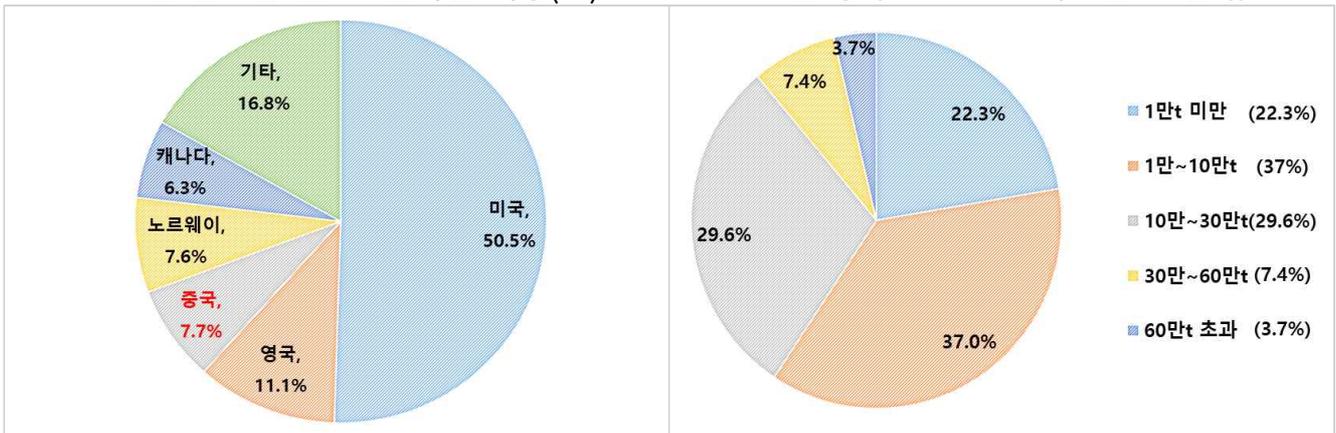
2 중국-선진국간 CCUS 기술비교⁸⁾

○ 선진국 대비 현저히 낮은 중국 탄소포집 규모

- (세계대비) 「이산화탄소 포집·이용·저장 기술응용 현황(二氧化碳捕集, 封存与利用技术应用状况)」 자료에 따르면, 2021년 중국의 건설 중 또는 건설한 탄소포집, 저장시설 수량은 세계 총량의 약 7.7%를 차지하며, 이는 미국 약 50.8% 대비 훨씬 낮은 수준임
- (프로젝트 비교) 2021년 중국 CCUS 프로젝트의 탄소포집 규모는 약 96.3%가 연간 60만t 미만으로 나타남. 이를 보면, 중국 CCUS 프로젝트의 탄소포집 능력은 크지 않은 것으로 파악됨
- * (탄소포집 비중) 1만t 미만 22.3%, 1~10만t 37%, 10~30만t 29.6%, 30~60만t 7.4%

< 2021년 글로벌 탄소포집시설 비중(%) >

< 2021년 중국 CCUS 프로젝트 탄소포집 규모 >



자료 : 중상정보망(中商情报网) 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

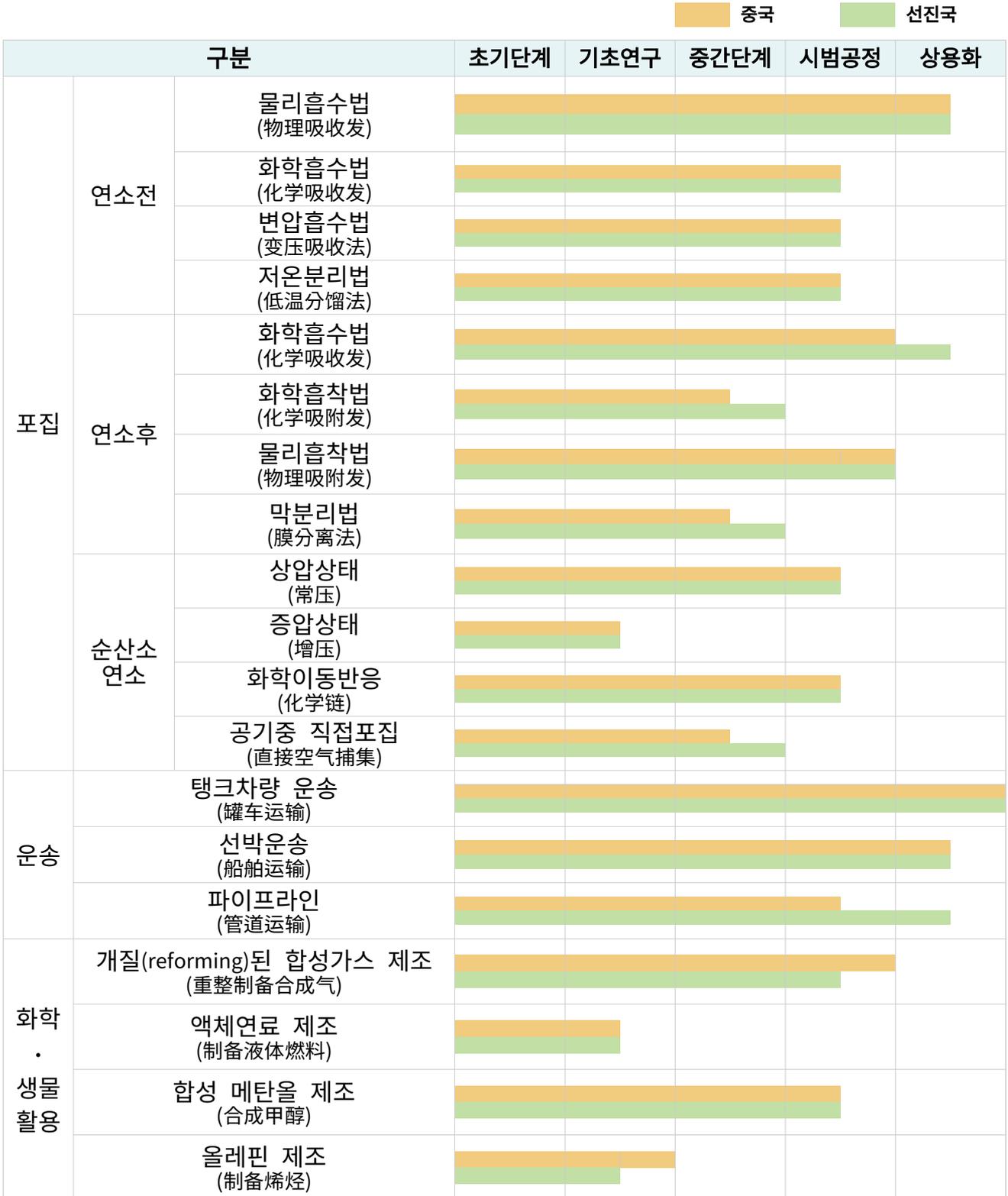
○ CCUS 기술개발 역량강화 추진

- (기술개발) 중국은 현재 BECCS 및 DACCS와 같은 탄소 네거티브 기술 개발 역량을 강화하고 있음. 특히 절강대학(浙江大学), 상해교통대학(上海交通大学)에서 DACCS 분야의 고성능 흡착제, 흡수재 등의 핵심기술에서 일정한 성과를 거둔 것으로 파악됨

8) 길수과기(桔数科技, 2023.4.5.), <http://blog.jushukj.com/archives/4946.html>, (검색일 : 2023.10.25.)

○ 중국-선진국간, CCUS 기술발전 수준비교

< 2022년 기준 중국-선진국 CCUS 기술발전 수준비교 >



구분		초기단계	기초연구	중간단계	시범공정	상용화
화학 · 생물 활용	광전기 촉매전환 (光电催化转化)	■	■			
	합성 유기 탄산 에탄올 (合成有机碳酸酯)	■	■			
	분해 가능한 합성 폴리머 (合成可降解聚合物)	■	■			
	합성 시안산염 / 폴리우레탄 소재 (合成氰酸酯/聚氨酯)	■	■			
	폴리카보네이트 / 폴리에스테르 소재 (制备聚碳酸酯/聚酯材料)	■	■			
	슬래그 광물화 이용 (钢渣矿化利用)	■	■			
	인-석고 광물화 이용 (磷石膏矿化利用)	■	■			
	칼리장석 가공 복합 광물화 (钾长石加工联合矿化)	■	■			
	콘크리트 보수 이용 (混凝土养护利用)	■	■			
	미세조류 생물이용 (微藻生物利用)	■	■			
	미생물 고정 합성 사과산 (微生物固定合成苹果酸)	■	■			
	기체비료(gaseous fertilizer) 이용 (气肥利用)	■	■			
지질 · 저장	원유 채굴 (强化采油)	■	■			
	석탄층 가스채굴 (驱替煤层气)	■	■			
	천연가스 채굴 (强化天然气开采)	■	■			
	셰일가스 채굴 (强化页岩气开采)	■	■			
	지하 우라늄 채굴 (地浸采铀技术)	■	■			
	지열채굴 활용 (采热利用)	■	■			
	심층 염수 채굴활용 및 저장 (强化深部咸水开采与封存)	■	■			
기타	파이파라인 최적화 (管网优化)	■	■			
	클러스터 최적화 (集群枢纽)	■	■			
	안전 모니터링 (安全监测)	■	■			

자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

③ 중국 CCUS 원가분석⁹⁾

○ 중국의 탄소포집비용 전 세계적으로 중간 수준이지만 더 감축필요

- (비용수준) 현재 CCUS의 기술비용은 상대적으로 높아 전체 산업에서 모두 적용하기 쉽지 않음. 하지만 해외와 비교했을 때, 여전히 가격 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는 수준으로 나타남
- (탄소포집 高비용 산업) 중국의 탄소배출 감축비용이 비교적 높은 산업은 전력과 시멘트이며, CO₂ 톤당 평균은 각각 450위안(약 8.3만 원), 455 위안(약 8.3만 원)으로 나타남. 하지만 일반적으로 선진국 CO₂ 톤당 평균 983위안(약 18.1만 원) 대비 현저히 낮은 것으로 파악됨
- (탄소포집 低비용 산업) 중국 석탄·석유화학공업에서 추진하고 있는 ‘일체화 유전 추출 프로젝트(一体化驱油示范项目)’의 탄소포집 비용이 CO₂ 톤당 평균 177위안(약 3.3만 원)으로 비교적 저렴한 것으로 파악됨
- (발전제약) CCUS의 높은 기술원가 및 지질조건 등으로 현 단계에서 규모화 발전에 제약이 있어 경쟁 우위에서 명확하지 않음
- (재생에너지 대비) 전력·철강·시멘트·화학공업 등에서 CCUS 기술을 적용할 때 배출감축 비용은 풍력·태양광·수력 등 기타 재생에너지 활용 기술보다 여전히 높아 기술발전을 제한할 수 있음
- (확실한 비즈니스 모델구축 필요) 현재 DACCS 등과 같은 탄소 네거티브 기술은 여전히 개발단계로 비용이 매우 높아 비용감축을 촉진하기 위한 추가 연구 및 다양한 실증이 필요함. 따라서 탄소 네거티브 기술발전을 장려하여, 탄소감축 비용을 전체적으로 절감할 수 있도록 국가차원의 지원이 필요할 것으로 보임

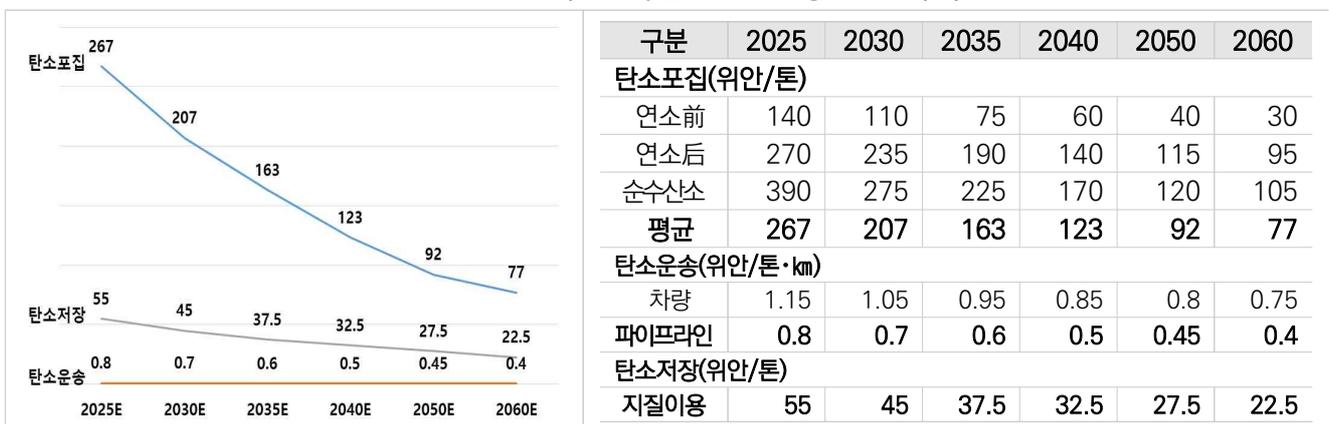
9) 해통증권(海通证券, 2022.6.30.), <https://new.qq.com/rain/a/20220613A057OC00.html>, (검색일 : 2023.10.20.)

중상정보망(中商情报网, 2022.3.11.), <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1726931793883534617&wfr=spider&for=pc>, (검색일 : 2023.10.20.)

○ CCUS 프로젝트 평균 원가분석

- (지속적 감소전망) CCUS 원가는 대부분 운영원가(포집·운송·저장·활용 등 공정과정에서 각 단계별 필요한 비용)임. 「2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서」에 따르면, CO2 톤당 CCUS 운영원가는 지속적인 감소추세를 보일 것으로 전망됨
- (탄소포집) 연소전·연소후·순수산소연소 3가지 단계의 평균으로 계산하며, 각각의 원가는 순수산소연소가 가장 높은 것으로 파악됨
- * (CO2 톤당 평균원가) 2025년 267위안(4.9만 원) → 2060년 77위안(약 1.4만 원) 약 71.2% 대폭 감소전망
- (탄소운송) 향후 대규모 CCUS 프로젝트에서 포집된 탄소를 파이프라인으로 운송할 경우를 기준으로 함
- * (CO2 1t·km당 운송원가) 2025년 0.8위안(약 147원) → 2026년 0.4위안(약 73원), 약 50% 감소전망
- (탄소저장) 화학·생물활용에 대한 프로젝트 수는 매년 증가하고 있지만, 가장 많이 활용되는 지질활용만 적용함
- * (CO2 톤당 저장원가) 2025년 55위안(약 1.1만 원) → 2060년 22.5위안(약 4,100원), 50% 이상 감소전망

< 2025~2060년 각 단계별 CCUS 평균 원가비교 >



자료 : '2023 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 연간보고서' 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

IV 시사점 및 결론

1 중국 CCUS 발전제한 요소¹⁰⁾

○ 기술비용, 비즈니스 모델부족, 규제 등 문제에 직면

- (높은 기술비용) 현 단계에서 CCUS 기술은 배출감축 비용이 상대적으로 높고, 다른 기술 대비 경쟁 우위가 명확하지 않은 한계가 있음
- (비용상승 예시) 전력산업을 예로 들면, CCUS 기술을 적용한 석탄화력 발전소의 발전효율은 20~30% 감소하며, 발전비용은 약 60% 증가한 것으로 나타남. 따라서 이러한 높은 기술비용은 탄소배출이 많은 기업에서의 기술도입에 영향을 미치고 있음
- (기업지원 모델부족) CCUS 기술응용 경험이 풍부한 선진국 대비 현재 정부의 정책개선 및 비즈니스 모델 개발 촉진이 필요함. 선진국 사례는 정부가 금융 보조금지원, 특별 재정, 세금, 제약사항, 탄소가격 책정체계 등으로 기업의 CCUS 기술적용 지원 및 상업화를 촉진시키고 있음
- (분명한 책임주체 설정) 중국 정부는 CCUS 프로젝트 개발과정에서 권리, 책임, 이익의 구분주체를 분명히 하여, 기업이 장기적으로 안정적인 운영을 보장하도록 해야 함
- (지역간 탄소저장 공간차이) 중국의 화석에너지 자원은 대부분 중서부에 분포하고 있어, 탄소저장에 적합한 지역은 북동부와 북서부로 나타남. 하지만 대규모 탄소배출원은 주로 동부 연안지역에 위치해 있기 때문에 탄소운송에 영향을 미침
- (탄소운송 제한) 지역 간 파이프라인을 활용한 탄소운송이 불가능할 경우, 지리적 탄소저장 공간차이로 중국의 잠재적 탄소저장 용량 활용을 크게 제한할 수 있음

10) 길수과기(桔数科技, 2023.4.5.), <http://blog.jushukj.com/archives/4946.html>, (검색일 : 2023.10.25.)

2] 향후전망11)

○ 탄소중립 목표달성을 위해 다양한 고려사항 필요

- (로드맵구축) 에너지구조 전환 촉진과 중장기적인 발전계획을 수립하여, 탄소중립 목표달성을 위한 국가 전략에 종합적으로 고려해야 함. 또한 국가 주도의 부서를 명확히 구분하여, 각 부서간 업무구성을 강화해야 함
- (기술시스템 구축) CCUS 기술 요구사항을 명확히 하고, 低비용·低에너지 소비의 핵심기술 연구개발을 가속화하여 탄소배출 감축이 어려운 산업에도 CCUS 기술 적용확대를 촉진시켜야 함
- (첨단기술 개발강화) BECCS 및 DACCS와 같은 탄소 네거티브* 기술개발 역량 강화가 필요함

※ 탄소 네거티브(carbon negative, 负排放技术)

- (개념설명) 이산화탄소를 배출량 이상으로 흡수해 실질적 배출량을 마이너스로 만드는 것을 의미함. 이산화탄소 순배출량을 0으로 만들겠다는 개념인 넷제로(net zeron)보다 한 단계 더 나아간 것으로, 지금까지 배출한 탄소제거는 물론 대기 중에 있는 탄소까지도 더 제거하겠다는 보다 적극적인 의미함
- (감축방법) 탄소 네거티브를 달성하기 위해서는 화석연료 연소 및 운송 등 인간 활동으로 인한 인위적인 온실가스 배출량을 감소시키고, 숲을 복원하거나 CCUS 기술 활용 등으로 흡수량을 증가시켜 누적된 탄소배출량을 감축시킴
- (탄소 네거티브 기업선언) 한국, 중국을 포함한 세계 각국에서는 대기 중의 이산화탄소를 감축시키기 위한 CCUS 기술을 개발중이며, 현재 탄소 네거티브를 선언한 민간기업은 네이버(한국), 마이크로소프트(미국), 드락스(영국) 등이 있음

* 출처 : 환경 경제용어사전 발췌

- (대규모 산업클러스터 구축촉진) ‘14.5’ 계획기간 동안 3~5개의 100만t 이상의 대규모 CCUS 프로젝트를 건설하여, 2030년까지 1,000만t 규모의 CCUS 산업 클러스터 형성을 추진함

11) 길수과기(桔数科技, 2023.4.5.), <http://blog.jushukj.com/archives/4946.html>, (검색일 : 2023.10.25.)

- (표준제정 촉진) CCUS 산업규범, 시스템 및 규정, 운영, 관리감독, 표준체계 등을 공식화해야 함. 현재 발전소 등 개조에 대한 기술적용 가능성 표준, 신규 발전소 탄소배출표준, 파이프라인 설계, 안전표준, 탄소활용·저장 기술표준 등을 명확히 하여 개선해야 함
- (인센티브 정책으로 기업참여 장려) CCUS의 전체 산업사슬을 위해 자발적 감축 인증 프로젝트를 통해 얻어진 상쇄배출권(CCER) 및 모니터링 방법론 개발·구축을 통해 CCUS를 탄소 거래시장에 포함시키는 방안을 모색하여, 기업의 참여를 장려해야 함
 - (정책지원 역량강화) 석유채굴 특별 수익금 감면, CCUS를 설치한 발전소에 대한 발전량 우선 배분, 녹색전력 인증 등 중국의 실정에 맞는 정책적 인센티브 방법 등의 정책지원 개선이 필요함
 - (비즈니스 모델구축) CCUS 특별기금(CCUS专项基金)을 설립하여, 산업 사슬에 저비용 투자 및 자금 조달방식의 개방화를 추진해야 함. 아울러, 다양한 전문가가 협력하여, 현지 실정에 맞는 효과적인 비즈니스 모델 형성을 촉진함
- (국제협력 강화) 미국, 유럽, 영국, 호주 등 기후변화 대응에 대한 국제적 협력을 강화하여 저탄소 기술과 산업발전을 가속화해야 함
 - (경험공유) 선진국과 다양한 포럼, 기술협력 등 플랫폼을 통해 기술이전, 경험공유 강화를 추진함. 특히 국제에너지기구(IEA) 등과 협력관계를 긴밀히 유지하여, 선진국과 기후변화 대응방안 및 경험공유를 적극 추진해야 함
- (산학연 교류강화) 국제포럼 개최 등을 통해 기후변화 분야에서 중국의 영향력을 향상시켜야 필요성이 강조됨. 따라서 해당 기술 분야의 역량 구축·강화를 위해 국내외 대학, 연구기관, 기업(산학연, 产企研)의 다양한 교류 및 협력 촉진이 강화되어야 함

※ 참고자료

- 1) 중국21세기의정관리센터(2023.7.10.), ‘2023 중국 탄소포집·활용·저장 연간보고서(中国碳捕集利用与封存年度报告(2023))’
- 2) 해통증권(2022.6.13.), ‘에너지산업 전문보고서: 탄소포집·활용·저장 기술 CCUS 탄소중립 촉진에 도움(能源行业专题报告：碳捕集利用与封存技术CCUS助力加速迈向碳中和)’
- 3) 중경양복환보(2023.5.12.), ‘전국 탄소배출량 15%, 제조업 탄소배출의 큰손, 탄소감축은 어떻게(占全国碳排放总量的15%，制造业的排碳“大户”减碳之路该怎么走)’
- 4) 36극연구원(2022.6.30.) ‘2022년 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 통찰보고서(2022年中国碳捕集、利用与封存(CCUS)洞察报告)’
- 5) 길수과기(2023.4.5.), ‘중국 CCUS 기술발전현황, 시범공정 추진현황, 원가 및 효익 등(我国 CCUS 技术的发展现状、示范工程进展、成本与效益等)’
- 6) 중상정보망(2022.3.11.), ‘CCUS 탄소중립 실현 핵심기술 및 CCUS 산업발전 전망(CCUS是实现碳中和关键核心技术 CCUS行业发展前景可期)’
- 7) 흥연연구원(2023.6.23.), ‘산업심층! 2022년 중국 탄소포집·활용·저장(CCUS) 산업발전 현황 분석 및 발전전망(行业深度！2022年中国二氧化碳捕集利用与封存行业发展现状解析及发展趋势预测)’
- 8) 탄통통(2023.3.7.), ‘국내외 CCUS 프로젝트 해석: 분포도, 응용산업 및 원가, 강력추천(国内外CCUS 项目解读：分布图、应用场景及成本，强烈推荐)’
- 9) 습득저탄채널(2021.11.29.), ‘중국 CCUS 원가평가(中国CCUS成本评估)’
- 10) 화경산업연구원(2022.8.1.), ‘글로벌 CCUS 산업 시장현황 분석 및 투자 잠재력 전망보고서(全球 CCUS行业市场现状分析及行业投资潜力预测报告)’
- 11) 중국경영보(2022.8.29.), ‘중국 최초 100만t 규모 CCUS 프로젝트 투자, 탄소포집 상용화시대 진입 기대(我国首个百万吨级CCUS项目投产碳捕捉迎来商业化运营时代)’
- 12) 전국에너지정보플랫폼(2021.12.10.), ‘탄소중립, CCUS 산업발전 현황 및 전망분석(碳中和 | CCUS 产业发展现状与前景分析)’
- 13) 해통증권(2022.6.17.) ‘2022년 CCUS 산업발전 현황 및 성장잠재력 분석, 해외 화력발전 현재 높은 환경보호 비용에 직면해(2022年CCUS行业发展现状及成长空间分析 海外火电目前面临较高的环保成本)’