

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

이산화탄소 포집/저장/배출원관리

지구온난화로 인한 대재앙을 막기 위한 해결방법

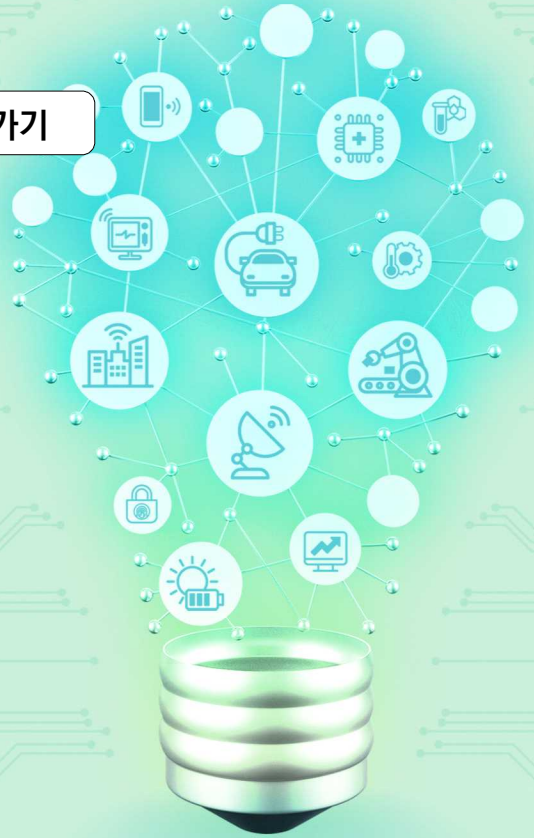
요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

한국기업데이터

작성자

정재진 전문연구원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-3215-2373)로 연락하여 주시기 바랍니다.

이산화탄소 포집/저장/배출원관리

지구온난화로 인한 대재앙을 막기 위한 해결방법

■ 뜨거워지는 지구, 사라져가는 생물

산업 활동 이전부터 인류의 활동은 지구의 온도를 1°C 상승시켰다. 전문가들은 산업혁명 이후 전세계 산업발전이 급속히 전개되는 현재의 상태가 지속된다면 2030년과 2052년 사이에 지구의 온도는 사업화 이전 수준보다 1.5°C 더 상승할 것으로 예상된다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)의 2018년 10월 Special Report “Global warming of 1.5°C” 는 지구의 온도가 1.5°C 상승하게 되면 전세계 10만5천여종의 생물 중 곤충의 6%, 식물의 8%, 척추동물의 4%가, 2°C가 상승하면 곤충의 17%, 식물의 16%, 척추동물의 8%가 그들의 서식지의 절반 이상을 잃을 것으로 전망하였다. 또한 온도가 임계값인 2°C 상승하게 되면 인간 활동을 고려하지 않아도 지구 스스로 기온을 상승시키는 양의 피드백(positive feedback)이 커져서 돌이킬 수 없는 상황에 도달하여 결국에는 지구 생명체의 대멸종을 맞이하게 될 수 있다고 예측하였다.

■ 지구 온난화의 주범을 찾다.

지구의 기후 시스템(Climat system)은 대기권(atmosphere), 해양권(hydrosphere), 육지권(geosphere), 빙권(cryosphere), 생물권(biosphere) 등 다섯 가지로 구성되며, 이 요소들이 유기적으로 상호 작용하여 지구 표면의 기후를 결정한다. 과거 산업혁명 이전에는 이 기후 시스템을 통해 기체 원소, 유기물 등의 안정적인 순환이 이루어졌으나, 산업혁명 이후 인간의 화석에너지 사용량이 폭발적으로 증가하면서 대기 중에 많은 양의 이산화탄소를 배출하였다. 지구 온난화(온실효과)를 일으키는 온실가스로는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, CFC(염화불화탄소, 프레온가스) 등이 있으며, 이 중 이산화탄소가 전체 온실가스 배출량 중 80% 이상을 차지하고 있다.

■ 범지구적인 이산화탄소 포집/저장/배출원관리 실행이 절실한 시기

상황이 심각해짐에 따라, 전 지구적으로 지구온난화를 막기 위해 파리협정(2015.12)을 채택하고, 이산화탄소 배출 감소 노력과 더불어 기술적 대안으로 이산화탄소의 포집, 활용 및 저장(Carbon Capture, Utilisation and Storage, CCUS)을 통한 직접적 감축을 추진하고 있다. 1992년 유엔의 기후변화협약을 시작으로 미국, EU 등 선진국에서는 이산화탄소 지중저장이 안전하고 효율적으로 수행될 수 있도록 법령 체계의 준비를 진행하고 있다. 현재 미국, 캐나다를 포함하는 북아메리카 대륙은 이미 14개의 대규모 CCS (Carbon Capture & Storage) 시설이 가동 중에 있고, 유럽대륙도 2개의 대규모 CCS 시설이 가동 중에 있으며 10여개의 대규모 CCS 시설이 개발 중에 있다. 우리나라도 2030년까지 온실가스를 24.4% 감축하기 위한 목표를 갖고 로드맵을 마련하였다. 이러한 범지구적인 움직임에 따라 이산화탄소 포집/저장/배출원관리에 대한 연구개발과 상용화는 더욱 촉진될 것으로 예상된다.

I. 배경기술분석

인류의 발빠른 실행이 필요한 이산화탄소 포집/저장/배출원관리 기술

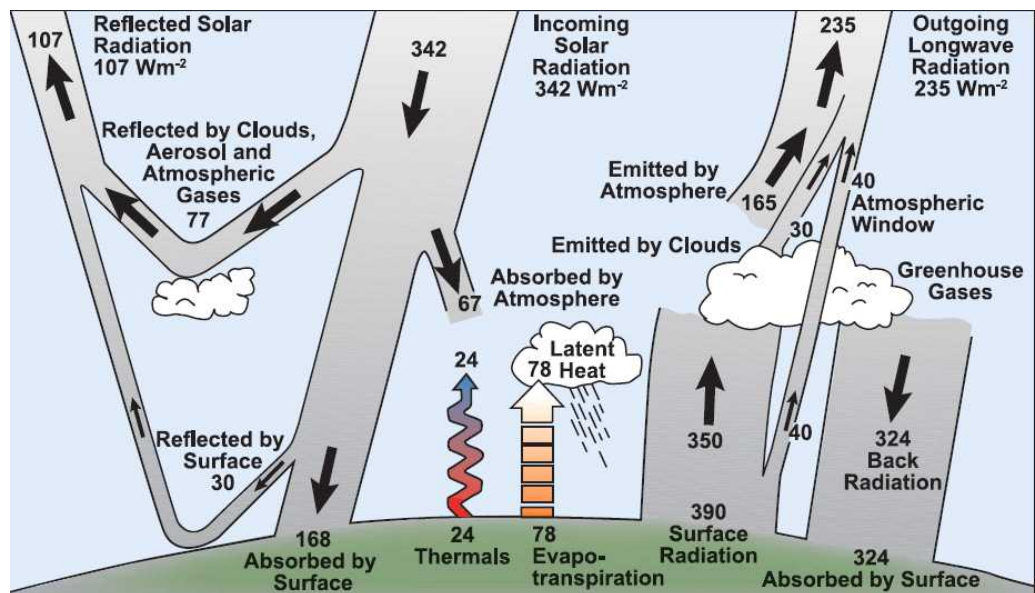
지구의 온도가 산업혁명 이후 높은 속도로 상승하고 있어 환경변화로 인해 동·식물 뿐 아니라 인간의 생존조차도 크게 위협받고 있는 상황이다. 이산화탄소 포집/저장/배출원관리는 지구의 온도를 상승시키는 온실가스를 줄이기 위한 인류의 능동적인 조치로 범지구적인 관심이 집중되고 있는 분야이다.

■ 이산화탄소와 온실효과의 상관관계

이산화탄소는 탄소(Carbon) 원자 하나와 산소(Oxygen) 원자 둘이 결합한 화합물이다. 화학식은 CO₂이며 고체 상태에서 해빙될 때 바로 기체로 승화하여 드라이아이스(dry ice)라고도 불리며, 기체 상태일 때는 무색, 무취, 무미로 지구 대기의 0.04%에 불과하지만, 오늘날 지구 온난화의 주범으로 지목받고 있다.

사실, 대기에서 일어나는 자연적 온실효과는 지구를 항상 일정한 온도로 유지시켜주는 매우 중요한 현상이다. 태양은 표면온도가 6,000℃ 정도로 대부분 에너지를 방출하는데, 온실가스가 태양 복사에너지 중 20%는 대기 흡수, 30%는 대기권 반사, 50%는 지표면 흡수를 유지하고, 지표면에 흡수된 에너지가 파장이 긴 적외선으로 변환되면 이것을 다시 바깥으로 방출시켜 지구의 온도를 일정하게 조절한다. 이러한 현상은 온실가스의 특징인 파장이 짧은 태양광선은 그대로 통과시키지만, 지표면이 방출하는 파장이 긴 적외선은 잘 흡수하는 광학적 성질이 있기 때문이다. 지구에 도달한 태양열에너지를 제어하는 매커니즘인 지구 대기의 적절한 온실효과가 없다면 지구의 평균대기온도는 -18℃ 정도가 되어 생명체가 존재할 수 없는 행성이 될 것이다.

[그림 1] 지구의 온실효과

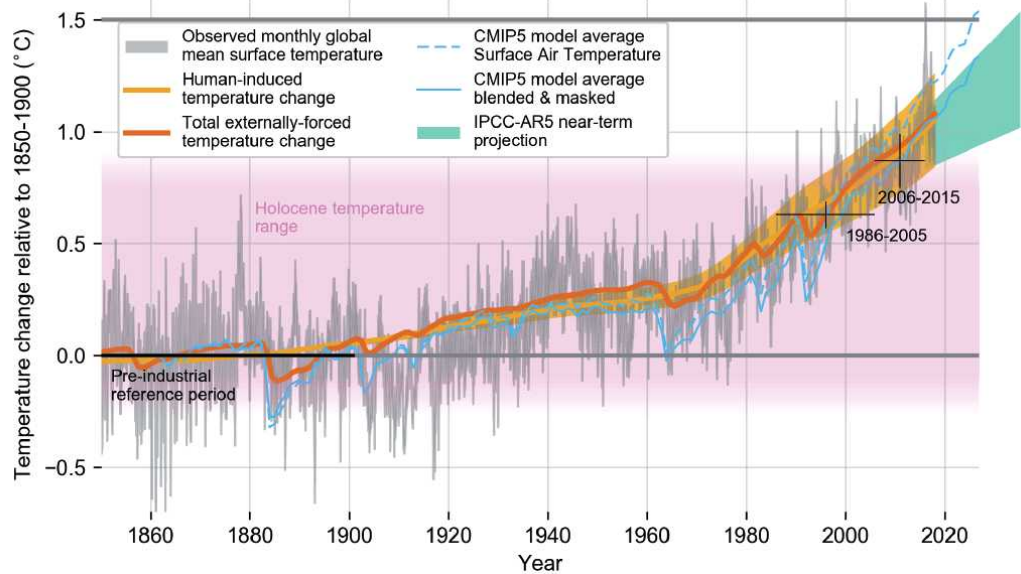


*출처: IPCC AR4 WGI Report "The Physical Science Basis"

지구의 평균 기온은 12~16°C 범위에서 자연적으로 변화하여 온 것으로 알려져 있다. 하지만, 최근의 기온 변화는 이전의 기온 상승 속도보다 빠르며 1970대 이후 지속적인 상승추세를 보이고 있다. 지구 표면의 온도는 20세기 동안 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 상승하였는데, 우리나라가 속해 있는 북반구에서 온도 상승이 더욱 크며 해양보다는 육지에서 온도 상승이 큰 것으로 관측되었다.

공기의 약 99%를 차지하는 질소(N_2)와 산소(O_2)같은 원자로 구성된 이원자 분자는 적외선을 흡수하지 않지만, 공기에 섞여있는 소량의 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 프레온(CFC)처럼 서로 다른 원자들이 결합한 분자는 적외선 복사의 진동수에서 에너지를 흡수한다. 태양복사에너지는 투과시키지만 지구에서 우주로 방출하는 적외선은 자연적 온실효과보다 더 많이 흡수하여 대기의 온도를 상승시키고 있는 것이다.

[그림 2] 기기 관측 기간 동안 지구 평균 표면 온도(GMST)의 변화



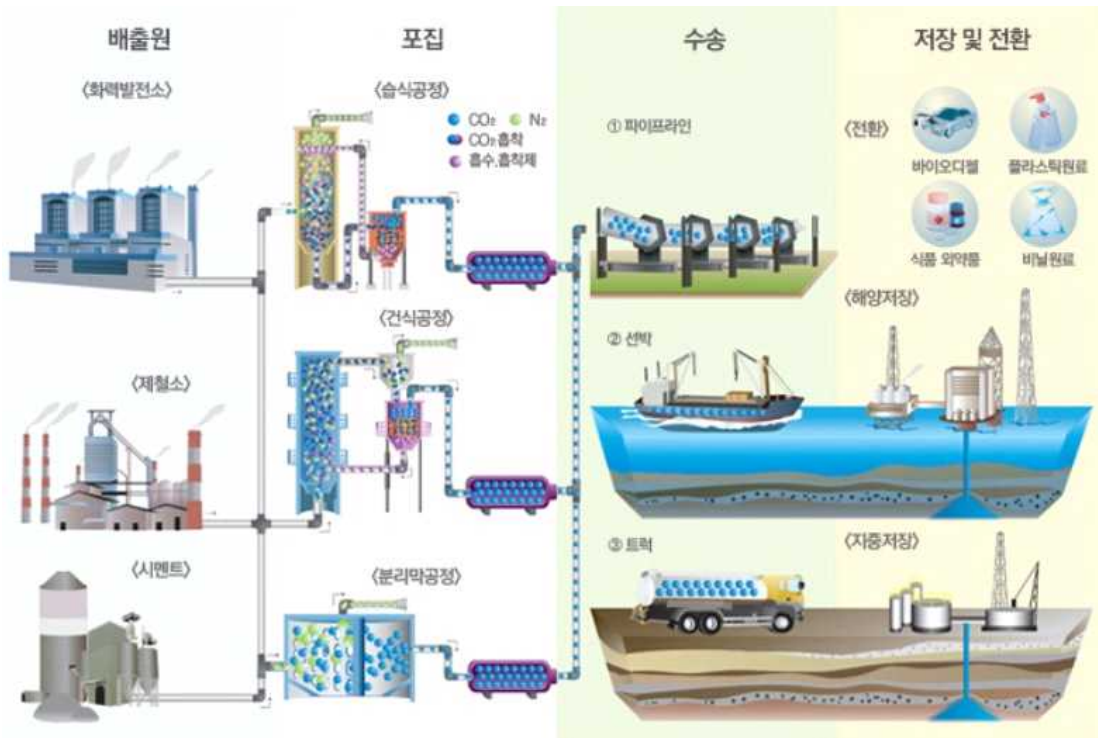
*출처: IPCC, SR15, " Global Warming of 1.5"

■ 이산화탄소의 포집/저장/활용배출원관리(CCS) 정의

이산화탄소의 포집 및 저장(Carbon Capture & Storage, CCS)기술은 화석연료를 사용하는 발전, 철강, 시멘트공장 등과 같이 대량으로 CO_2 를 배출하는 배출원으로부터 CO_2 가 대기중으로 배출되기 전에 포집(Capture)하여, 이를 대기로 방출시키지 않도록 회수하고 수송한 후 지하의 안전한 지층에 저장(Storage)하여 대기로부터 격리(Sequestration)시키는 기술을 총칭하는 것으로, 일반적으로 CCS로 명명하고 있다.

CCS기술의 핵심은 CO_2 가 대기로 배출되기 전에 비용 효율적으로 포집한 후 영구히 저장하여 경제 성장을 저해하지 않는 동시에 여전히 탄소의 대기 배출을 제어하면서 화석연료가 지속적으로 사용되도록 하는 것이다. 최근에는 포집, 수송, 저장 외 배출된 CO_2 를 석유나 천연가스의 회수증진활용(Enhanced Oil/Gas Recovery, EOR/EGR) 및 화학적 또는 생물학적인 방법을 통해서 CO_2 를 고분자나 바이오디젤, 아스티잔틴 등과 같은 유용한 물질로 전환하는 처리기술(Utilisation)까지도 포함한다.

[그림 3] CCS 기술 정의 개념도



*출처: (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터

CCS기술의 단계는 크게 ① 배출원으로부터 이산화탄소가 배출되는 단계, ② 배출된 이산화탄소를 다양한 공정으로 포집하는 포집단계, ③ 포집된 이산화탄소를 수송하는 단계, ④ 수송된 이산화탄소를 안전한 지하 지층에 저장하는 단계 또는 유용한 물질로 전환하는 단계로 구분된다.

■ 이산화탄소 감축을 위한 국제적인 움직임

인류의 화석연료 사용으로 인해 지구 온실효과의 선순환구조가 균형이 깨지면서 심각한 지구 온난화문제가 발생하게 되었다. 이를 방지하기 위해 유엔의 IPCC(International Panel on climate Change)는 지구평균기온을 산업시대 이전에 비해 2℃ 이내로 억제하고 대기 중 CO₂ 농도를 450ppm 이하로 유지할 것을 목표로 설정하였다. 또한, 유엔의 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에서는 450ppm 조건을 충족하기 위해 2050년까지 세계의 연간 온실가스 배출량을 50~80% 감축할 것을 제시하였다. 이에 따라 세계 각 국들은 온실가스의 감축을 위하여 대량으로 CO₂를 배출하는 배출원에서 CO₂를 포집하여 지하에 영구적으로 저장하는 기술인 CCS기술을 도입하게 되었고 이 기술은 현재 사용되는 에너지를 줄이지 않으면서 온실가스를 감축할 수 있는 가장 현실적인 방안으로 2050년까지 CCS기술을 통해 CO₂ 배출을 19% 감축할 것으로 예측된다.

II. 심층기술분석

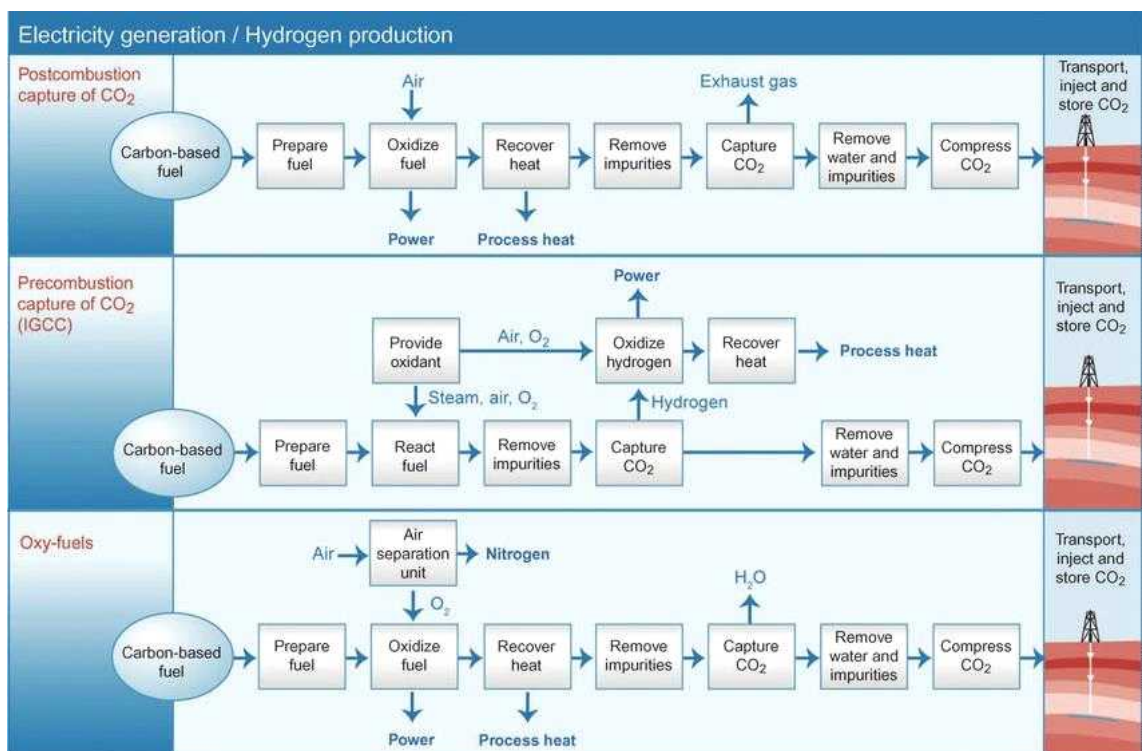
이산화탄소 포집/저장/배출원관리 기술의 도입과 확대 전망

우리나라는 파리협정 체결 후 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU) 37%를 감축하는 국가 온실가스 감축목표를 수립(2015년)하고 UN에 제출하여, CCS기술의 도입과 확대는 필수불가결이 되었다.

■ CO₂ 포집기술

CO₂ 포집은 화석연료 연소시 발생하는 혼합가스에서 이산화탄소(CO₂)를 분리하여 일정한 용기나 시설에 모으는 기술이다. CCS기술 전체 처리비용의 약 70~80%를 차지하는 기술로 포집비용을 낮추는 것이 CCS기술의 보급 및 활용을 위한 핵심사항이다. [그림 4]에 도시된 것과 같이, 이산화탄소 포집공정 적용위치 또는 분리 대상 가스 혼합물의 종류에 따라 ① 연소 후 포집기술(Post-combustion technology) ② 연소 전 포집기술(Pre-combustion technology) ③ 순 산소연소기술(Oxy-fuel combustion technology)로 구분된다. 그리고, 포집 방법에 따라 ① 아민계열 혹은 암모니아 계열 흡수제를 활용한 습식흡수법 ② 기존의 흡수용액 대신 고체 흡수제를 활용한 건식흡수법 ③ 분리막을 활용한 막분리법 등으로 구분된다.

[그림 4] 이산화탄소 포집 프로세서 개요도



*출처: Geological Input to Selection and Evaluation of CO₂ Geosequestration Sites, 2009

▶▶ 연소 후 포집기술(Post-combustion technology)

연소 후 포집기술은 화석연료 연소공정을 거친 후 발생하는 배가스 내에 포함되어 있는 이산화탄소(CO₂)와 질소(N₂)를 분리하는 기술이다. 주로 기존의 석탄, 석유, 가스 화력발전소에 적용 가능하지만, 석탄가스화 복합발전 및 천연가스 복합발전 연소 가스 포집에도 적용이 가능하다.

흡수분리, 흡착분리, 막분리, 증류분리(심냉법), 혼합분리 등 연소 후 포집기술로 적용 가능한 모든 기술은 모두 장·단점을 갖고 있으나, 일반적으로 알려진 바에 의하면 공정의 신뢰도나 처리용량 및 경제성을 고려하였을 때, 정성적으로 흡수분리 기술이 다른 기술에 비교하여 우위에 있는 것으로 알려져 있다.

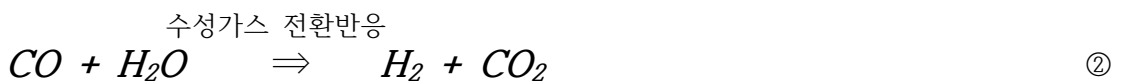
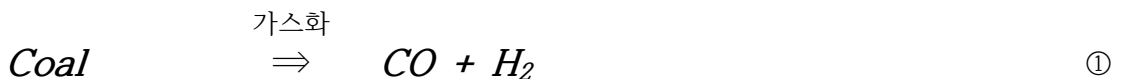
[표 1] 각 분리기술별 연소 후 포집기술의 장·단점

| 구분 | 종류 | 장점 | 단점 |
|-----------|----|---|--|
| 흡수분리 | 습식 | · 대용량 가스 처리에 용이 · 이산화탄소 농도변화에 적용성이 큼 | · 흡수제 재생에 다량의 에너지 소비 · 흡수제 열화 및 재료부식 |
| | 건식 | · 저농도 대용량 가스분리 가능 · 고온·고압의 가스시스템에 적용가능 | · 장치 및 운전이 복잡 · 기-고 반응으로 반응속도가 느림 |
| 흡착분리 | | · 장치와 운전이 비교적 간단 · 환경영향 및 에너지 효율 우수 | · 비정상상태에서의 운전(분리효율 낮음) · 대용량 처리 곤란 및 흡착제 비활성화 |
| 막분리 | | · 장치와 운전이 비교적 간단 · 에너지 소비가 적음 | · 대용량화 곤란(모듈 복합체 고가 시설비) · 분리막의 열화로 내구성 취약 |
| 증류분리(심냉법) | | · 투자비가 저렴 · 오랜 경험으로 공정의신뢰도가 높음 | · 에너지 소비가 많음 · 대용량 가스처리에 곤란 |

*출처: 연소 후 이산화탄소 포집기술 현황, 2009

▶▶ 연소 전 포집기술(Pre-combustion technology)

연소 전 포집기술은 화석연료(석탄 등)로부터 저산소 레벨의 기화장치에서 수소(H₂)와 일산화탄소(CO) 등의 합성가스를 제조한 후, 수소의 수율을 높이고자 일산화탄소와 수증기를 이용한 수성가스 전환반응(Water gas shift reaction)을 거치는 과정에서 발생하는 이산화탄소를 분리하는 기술이다.



또한, 연소 전 CO₂ 포집기술은 이산화탄소를 포집할 뿐만 아니라 수소를 생산할 수 있는 기술로서 미래 수소경제사회로 가기 위한 핵심기술로 평가되며, 석유가 아닌 석탄, 바이오매스(biomass) 및 유기 폐기물 등을 원료로 이용할 수 있기 때문에 고유가를 대비한 미래 발전 기술이다.

포집반응 조건이 고온/고압으로 전환율이 높고 CO₂ 단위당 제거비용이 가장 저렴하다. 기술의 상용화는 3가지 기술 중 가장 나중에 될 것으로 예상되나 파급력은 가장 클 것으로 평가된다.

▶▶ 순 산소연소기술(Oxy-fuel combustion technology)

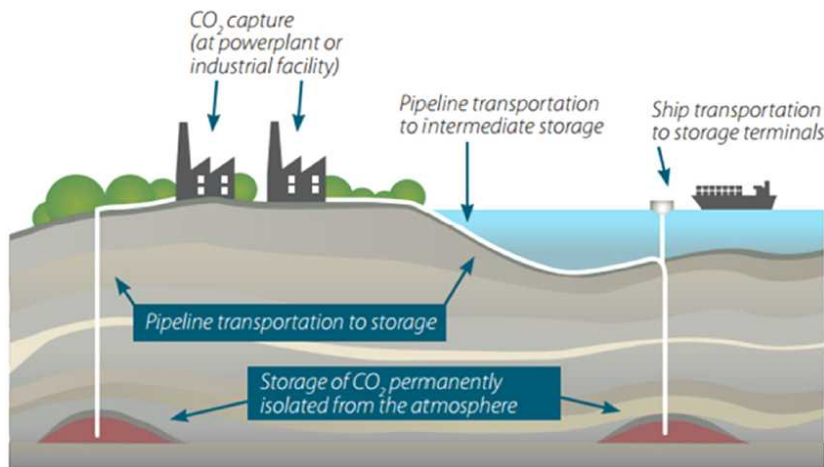
공기 중의 질소 및 다른 성분을 제거하지 않고 연소실에 주입하는 기존의 공기연소 방식에서 공기 중에 약 79%를 점하는 질소분을 제거한 순산소를 기존의 연소용 공기 대신 주입하여 연소시킨 후 CO₂의 포집을 쉽게 하는 기술이다.

순 산소연소기술에서는 먼저 석탄화력 발전설비에서 산화제를 공기 대신, 공기분리장치(Air Separation Unit, ASU)를 이용하여 공기 중의 산소를 분리하고 순도 95% 이상의 고농도 산소를 이용하여 미분탄을 연소시켜 열을 발생시킨다. 순 산소연소를 통해서 발생하는 배가스의 대부분은 CO₂와 수증기로 구성되어 있으며, 발생된 배가스의 약 70~80%를 다시 연소실로 재순환시켜 발전설비의 열적 특성에 적절한 연소가 가능하도록 통합시킴과 동시에 배가스의 CO₂ 농도를 80% 이상으로 농축시킬 수 있다. 배출되는 배사의 주성분 가운데 수증기를 응축시킬 경우, 거의 전량의 CO₂를 회수할 수 있으며, 회수된 CO₂를 저장시켜서 CO₂와 대기오염 물질의 무 배출을 구현한다.

■ CO₂ 수송기술

CO₂를 배출시설에서 포집하여 대규모 저장소로 이송하기 위한 기술로는 파이프라인 수송, 지중 탱크로리 및 철도 수송, 해양 수송선에 의한 수송 등으로 나누어 볼 수 있다. 철도, 선박 또는 탱크로리 수송 방법은 저장소 위치에 따라 경제적 문제를 야기한다. 또, 선박 이송은 수송선에 요구되는 핵심 기술인 지중에서 발생한 CO₂를 분리 후 회수하여 액화시킨 뒤 해양격리 대상 해역으로 수송하는 선박과 하역상 안전 기술이 필요하고, 선박수송과 파이프라인 수송의 연계가 필요하다.

[그림 5] 이산화탄소 수송 및 저장 과정



*출처: CCSP Carbon Capture and Storage Program, 2016

CO₂ 저장 격리 지역이 내륙으로부터 1,000km 이내일 경우 내륙 및 해양 파이프라인을 이용하는 것이 유리하며, 1,000~1,800km 이상인 경우 선박을 이용하는 것이 유리하나 CCS기술 특성상 대량의 CO₂를 처리하기 위해서는 가장 적합한 것은 파이프라인을 이용한 수송이다.

CCS기술의 총 비용에서 수송이 차지하는 비중은 2~5%정도로 상대적으로 가장 작으나, 200km 이하의 수송거리에서는 CO₂ 톤당 2~7달러 정도의 비용이 들 것으로 연구보고 되어 비용면에서 무시할 수 없는 수준이다.

▶▶ 파이프라인 수송기술

CO₂를 포집하여 파이프라인으로 수송하는 것은 새로운 기술이 아니다. 이미 송유관(Oil Pipeline)이나 천연가스 파이프라인을 이용하여 원유나 천연가스를 생산지에서 목적지로 안전하게 수송하는 유사한 기술이 오래전부터 사용되어 왔다. 파이프라인 엔지니어링 기술 분야는 성숙한 단계이며, CO₂ 수송 파이프라인은 이와 비슷한 방식으로 건설될 수 있다.

파이프라인 수송기술의 경우, 가스상태가 항상 고압상태에서 파이프라인에서 수송되게 한다. 내륙 파이프라인(onshore pipeline)의 경우 100 barg(게이지압력)를 견디게 설계되고, 해양 파이프라인(offshore pipeline)의 경우 200 barg나 그 이상 견디게 설계된다. 반면에, CO₂가 수송될 때는 가동압력에 따라 가스나 액체 또는 밀집상태일 수 있으므로, 수송하기 위한 압력과 온도는 파이프라인의 유입구에서 유출구까지의 CO₂상태를 단일상태(액체, 밀집상태)를 유지하도록 설정되어야 한다.

▶▶ 선박 수송기술

액화되거나 가압된 가스를 선박으로 수송하는 기술은 산유지(産油地)에서 석유와 천연가스를 선박으로 수송한 이래 오래된 기술이다. 그 중 CO₂를 선박 수송하는 기술은 20년 가까이 되었다.

CO₂는 드라이아이스로 응고되지 않도록 5.2 bara(절대압력)이상에서 수송되어야 한다. CCS 목적에 부합하는 대용량 수송하기 위해서는 포집된 CO₂는 7~9 bara와 약 -55℃에서 수송되어야 한다. 이것은 사실상 현재 사용 중인 Semi-Ref(반-냉각식) LPG의 수송 조건과 같다.

선박 수송 중에 탱크로의 열누출이 화물의 온도를 상승시키는 원인이 될 수 있기 때문에, CO₂가 선적될 수 있도록 수송 거리에 따라 화물 탱크 압력은 7 bara 이상으로 상승시켜 수송시 압력은 8~9 bara를 유지시킨다.

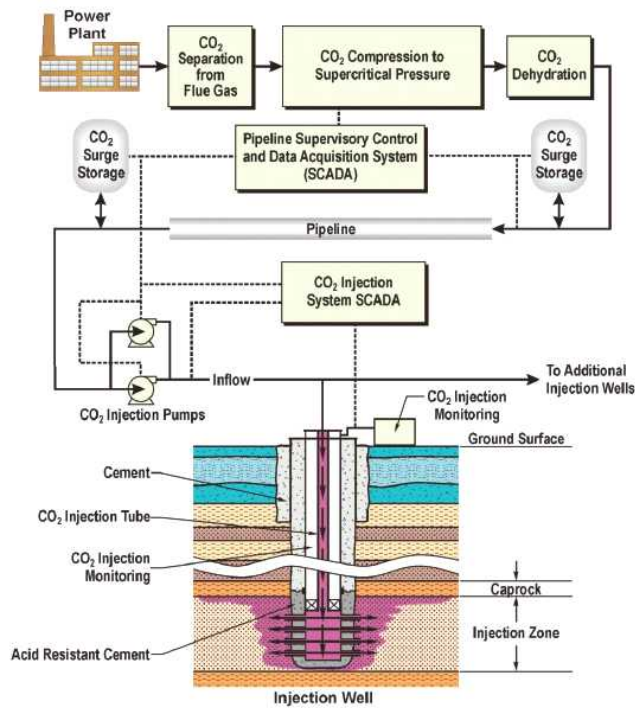
■ CO₂ 저장기술

CO₂ 저장기술은 배출원에서 포집된 CO₂를 저장소의 위치에 맞는 수송방법을 이용하여 수송된 CO₂를 영구적 또는 반영구적으로 격리하는 기술이다. 주요 요소기술로는 ① 지층 특성화 및 평가기술, ② 시추 및 주입기술, ③ 거동 예측 또는 수치 모델링 기술, ④ 움직임 관측 기술, ⑤ 환경 영향 평가 기술, ⑥ 사후 또는 폐쇄 후 관리기술 등이 있다.

저장기술로 퇴적층 내 석유·가스전, 대염수층, 석탄층 등을 활용한 지중저장(Geological sequestration) 기술, 수심 2,500m 이하의 심해 수층 또는 해저에 저장시키는 해양 분사·저류법의 해양저장(Ocean sequestration) 기술, 탄산염 광물화(Mineral carbonation) 기술 등이 있다.

그 중 지중저장 기술이 앞서 있으며 지중저장은 장기간 CO₂를 안전하게 수용할 능력이 있는 지하구조로 CO₂를 주입하는 것과 육상이나 해저에 750~1,000m의 심도에 존재하는 적합한 지층에 CO₂를 저장하는 기술이다. 이러한 심도에 주입된 CO₂는 초임계유체 상태로 존재하기 때문에 거동이 느리고 주변 지층이나 지중유체와 반응하여 고착 또는 용해된다. 따라서, 지하 800m 이상에 CO₂를 저장하여 장기간 누출을 방지하기 위해서는 물리적/지구화학적 측면의 누출방지체계가 구축될 수 있어야 하며 상부에 불투수층인 덮개암이 존재하여야 한다. CO₂ 지중저장은 지층이장기간 안정적이고 주입과 저장 및 밀봉이 가능하여야 한다.

[그림 6] 이산화탄소 저장시스템 개요도



*출처: Carbon Dioxide Capture and Geologic Storage, 2006

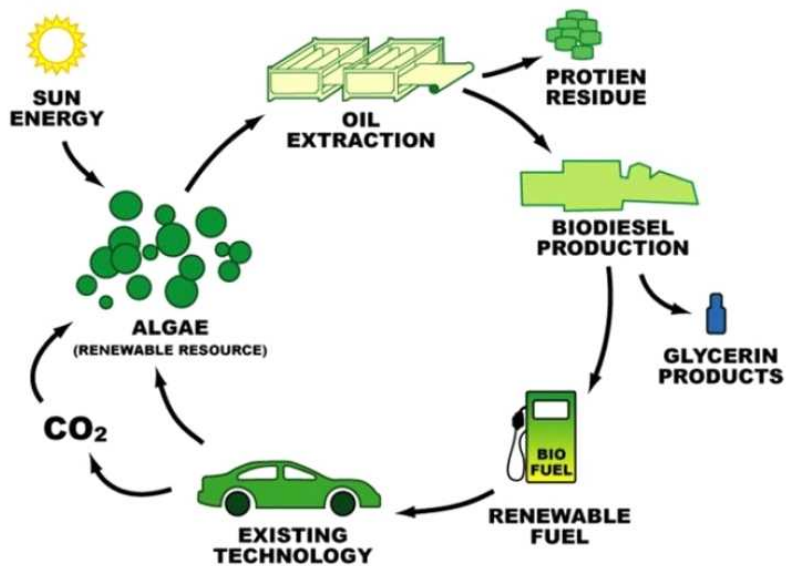
이러한 지질·환경·사회적 조건을 갖춘 이상적인 지질구조는 지질시대에 걸쳐 안정적으로 석유나 천연가스를 저장하여 온 석유 또는 천연가스 저류층이다. 지중저장에 관한 연구는 초기부터 채굴이 끝난 유전/가스전(Depleted oil/Gas reservoirs)이 일차적으로 저장 대상 지층으로 고려되었으며, 생산중인 유전/가스전에 이산화탄소를 주입하여 생산을 증진하고 이산화탄소 지중저장으로부터의 부수적 효과를 기대하는 회수증진활용(EOR) 또한 많은 현장에서 적용되어 왔다.

■ CO₂ 전환기술

CO₂ 전환기술은 CCS 기술의 단점인 저장여건, 막대한 비용, 누출가능성 등의 문제점을 보완하기 위한 것으로, 대량의 처리를 목적으로 하는 포집 및 저장기술과 달리 장기적으로 안전한 자원순환형 환경기술로 CO₂를 자원으로 여겨 재활용함으로써 고부가가치의 물질이나 친환경적 연료로 전환하는 기술이다.

이산화탄소의 전환기술은 크게 화학적 전환과 생물학적 전환으로 분류될 수 있다. 화학적 전환은 포괄적으로 화학반응공정기술로 CO₂를 원료로 사용하여 고분자, 포름산, 탄산칼슘과 같은 유기 및 무기 화합물을 생산하는 것이며, 기술적 특성에 따라 다시 열적 촉매화학적 전환, 광화학적 전환, 전기화학적 전환 등으로 나뉜다. 생물학적 전환은 미세조류와 같은 광합성 미생물을 활용하여 바이오디젤, 사료, 의약품, 아스티잔틴과 같은 유용한 물질을 생산하는 기술로 미세조류 광배양 공정은 태양광을 이용하기에 추가적인 에너지가 필요없고 설치 및 운영의 간편하고 비용이 적다는 것이 장점이다.

[그림 7] 미세조류를 이용한 바이오연료 생산 및 탄소 순환 예시



*출처: 생물학적 CO₂ 전환기술(II)

Ⅲ. 산업동향분석

허브 및 클러스터 네트워크로 CCS 인프라 공유

전세계적으로 이산화탄소 감축을 위한 정책과 프로젝트가 운영/계획되고 있는 가운데, 배출량이 크지 않은 여러 개의 CO₂ 배출원과 저장소를 네트워크로 묶어 상호간에 경제적 효율을 높일 수 있도록 CCS 인프라는 공유하는 방법이 진행 중에 있다.

■ CCS 산업의 특징

CCS 산업은 민간기업에 의해 시작된 것이 아니라, 국제기관과 정부에 주도로 시작된 사업이다. CCS 산업시장은 민간기업이 양(+)의 이윤을 얻을 수 있는 시장구조가 아니기 때문에, 사회간접자본의 성격이 강하여 공공부문의 투자 비중이 높다.

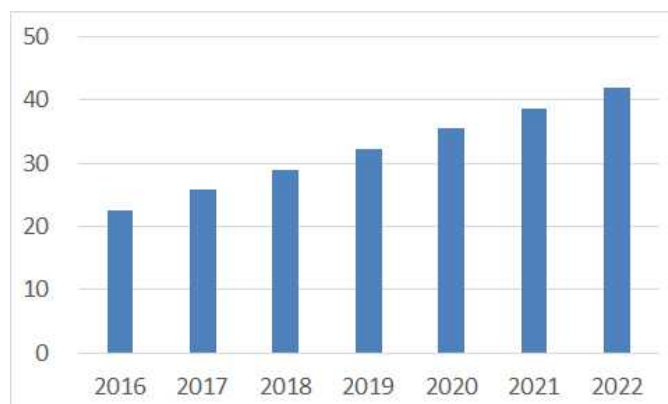
각 국가들은 국가주도와 대기업 위주의 CCS 산업에 인위적으로 민간시장을 활성화하기 위해 환경정책 등의 지원, 지원금 보조 및 규제 외에 탄소배출권과 탄소시장을 도입하였다. 민간기업이 CCS 산업의 지원과 규제를 받더라도 이산화탄소의 포집과 저장 등은 그 규모가 크기 때문에, 장비설치 및 플랜트 사업 위주인 대기업에 치우쳐져 있고, 중소기업체는 소재/부품의 설계, 생산으로 제한되어 있다.

탄소배출권거래제는 1997년 교토의정서 채택을 통하여 선진국들의 온실가스 감축목표를 설정하고, 이 목표를 달성하기 위해 도입된 시장원리 기반의 거래제도이다. 배출권거래(Emission Trading)는 국가 별로 할당된 감축량의 의무달성을 위해 자국의 기업별, 부문별로 배출량을 할당하고 할당된 감축의무를 이행하지 못할 경우 다른 나라 기업으로부터 할당량을 매입할 수 있도록 한다.

이러한 여러 정책과 제도로 공공사업 측면이 강한 CCS 기술을 민간사업으로 확장시키고, 탄소거래 시장을 도입하여 민간기업이 자발적으로 이산화탄소를 감축하도록 유도하고 있으며, 민간기업의 CCS 기술 도입은 점차 증가할 것으로 기대된다.

[그림 8] 전세계 CCS시장 규모 전망

단위: 억 달러



*출처: Statistics, 2017

Statistics에 따르면, 전세계 CCS 시장은 2016년 22.5억 달러 규모이며, 연평균 성장률 10.9%로 2022년에는 42억 달러에 이를 것으로 전망된다. 세부 기술별로는 포집기술이 71%, 수송·저장기술이 29%의 시장을 형성하고, 지역별로는 북미 및 유럽에서 전체 시장의 50% 이상을 차지할 것으로 전망된다.

■ CCS 기술개발 동향

2019년 기준으로 전 세계적으로 19개의 대규모 CCS 프로젝트가 운전 단계에 있으며 연간 CO₂ 포집량은 4천만톤 정도이다. 이외에 4개의 프로젝트가 건설 중에 있으며, 전문화된 프론트 엔드 엔지니어링 디자인 (FEED) 접근법을 활용한 10개의 선행개발 프로젝트와 18개의 조기개발 프로젝트가 계획 중이고 북미에 국한되어 주로 진행되었던 대규모 CCS 프로젝트가 유럽과 중국으로 확산되고 발전소 대상 프로젝트가 증가하는 의미있는 진전을 보이고 있다. 2020년까지 발전부문에 10개의 대규모 CCS 프로젝트가 진행될 예정이고, 10개의 대규모 CCS 프로젝트는 지중저장을 수행할 것이다. 석탄, 천연가스, 바이오매스 전 분야에 걸쳐 CCS 통합 실증이 이루어질 전망이고, 2015년 이전에는 천연가스 정제 부문에서 대규모 CCS 프로젝트가 주를 이루었으나 2016년 이후에는 발전부문에서의 프로젝트가 주를 이루고 있다.

[표 2] CO₂ 포집기술 R&D 목표기간

| 구분 | 2세대 기술 | 3세대 기술 |
|------------------------------|-----------|-----------|
| R&D 완료 (10~25 MW 파일럿) | 2020 | 2025 |
| 최초 실증 프로젝트 인가 및 건설 (>100 MW) | 2020~2025 | 2025~2030 |
| 상용급 최초 실증 프로젝트 운전 착수 | 2025 | 2030 |
| 사용보급 시작 | 2030 | 2035 |

*출처: 이산화탄소 포집 국외 기술개발 동향

현재 운전 또는 개발 진행 중인 CO₂ 포집 기술은 기술의 개발 수준에 따라 1세대, 2세대, 3세대(또는 transformational)기술로 분류되고 있다. 1세대 기술은 현재 대규모 CCS 프로젝트에 적용하여 운전 중인 기술이다. 1세대 기술은 가격이 높아 정책적인 뒷받침 없이는 대규모 보급이 어려운 기술로 대표적인 예로 연소 후 포집에서는 습식아민수용액 기술이, 연소 전 포집에서는 Selexol™, Rectisol® 공정이 있다.

2세대 기술은 실험실 규모나 벤치 규모 테스트를 마치고 파일럿 규모(50 MW 이하) 테스트 중이거나 테스트 예정인 기술로 성능이 향상된 소재, 공정, 설비로 포집 비용을 낮추는 것을 목표로 하고 있다. Petranova 프로젝트에서와 같이 개선된 2세대 아민 수용액 기술의 경우 수십 MW 및 대규모 실증단계까지도 진행되고 있다.

3세대 기술은 2세대 기술 대비포집비용을 훨씬 낮출 수 있을 것으로 기대되는 기술로 현재 실험실 규모나 벤치 규모 테스트 단계에 있다. 2세대 및 3세대 기술들은 포집에 따른 Energy Penalty와 Cost Penalty(설비 비용, 운전 및 유지보수 비용)를 낮추어 발전원가 절감 목표를 달성하려하고 있다.

2세대 기술의 대부분은 2020년 초반까지 소규모 파일럿 설비(0.5~1.0 MW) 시험이 진행될 예정이며 보다 큰 규모의 파일럿(10~25 MW) 시험도 착수되고 있는 상황이다. 3세대 기술은 2020년대 초반까지도 실험실 또는 벤치 규모의 테스트가 진행될 것이며 소규모 파일럿 시험은 2020년대 중반까지, 보다 큰 규모의 파일럿 시험은 2020년대와 2030년대에 걸쳐 진행될 전망이다. 소규모 파일럿은 주로 0.5 MW 규모 정도인데 큰 규모의 파일럿으로 규모격상하기에 적합한 크기이기 때문이다. 3세대 기술의 경우 2035년 시장 보급을 위해서는 지금부터 약 10년 이내에 10~25 MW 파일럿 기술개발을 완료할 필요가 있다.

[표 3] 2세대 및 3세대 CO₂ 포집기술 종류

| 구분 | | 2세대 기술 | 3세대 기술 |
|--------|----------|---|---|
| 연소후 포집 | 습식 포집 기술 | · Precipitating solvents · Two phase liquid system · Ionic fluids | · Precipitating solvents · Two phase liquid system · Enzymes · Ionic fluids · Encapsulated solvents · Electrochemical solvents |
| | 건식 포집 기술 | · Calcium looping systems | · Other looping systems · Vacuum pressure swing (VPS) · Temperature Swing (TS) |
| | 분리막 기술 | · Polymeric membranes · Polymeric w/cryogenic | |
| | 기타 | · Cryogenic · CO ₂ enriched flue gas · Pressurized post-combustion | · Cryogenic · Supersonic · Hydrates · Algae · Pressurized post-combustion · MCFC |
| 연소전 포집 | 건식 포집 기술 | · Sorption Enhanced Water Gas Shift (SEWGS) · Sorption Enhanced Steam-Methane Reforming (SE-SMR) | · Sorption Enhanced Steam-Methane Reforming (SE-SMR) |
| | 분리막 기술 | · Metal and composite membranes · Ceramic membranes | · Metal and composite membranes · Ceramic membranes |
| | 기타 | · Concepts with fuel cells | · Cryogenic · Concepts with fuel cells |
| 순산소 포집 | | | · Chemical Looping Combustion · Oxygen transporting membranes(OTM) · Pressurized oxy-combustion |

*출처: 이산화탄소 포집 국외 기술개발 동향, 한국기업데이터 재가공

■ 국가별 CCS 기술 동향

2017년 IEA에 따르면, 대용량 CCS 프로젝트는 총 38개, 연간 CO₂ 7천만 톤 규모(운전, 건설, 계획/설계 포함)의 프로젝트가 진행 중이며 2050년에는 연간 52억 톤 규모로 증가할 전망이다. 대용량 CCS 프로젝트는 주로 미국, 캐나다, 노르웨이에서 진행 중이며, 파일럿 규모는 상대적으로 많은 국가에서 설치하였다. 현재 진행 중인 프로젝트 상당수(14개)는 회수증진활용(EOR)을 위해 석유·가스동공에 주입·저장하고 있다.

2060년 온실가스 감축에서 CCS가 14%를 기여할 전망이다. CCS 상용화를 위한 투자나 시장 형성은 아직 미진한 상황이다.

[표 4] 해외 주요국 CCS 개발동향

| 프로젝트명 | 국가 | 방식 | CO ₂ 포집량 | 저장형태 | 가동 연도 |
|--|--------|-------------|---------------------|---------------------|-------|
| Val Verde Gas Plants | 미국 | 연소전처리(가스공정) | 1.30 | CO ₂ EOR | 1972 |
| Enid Fertilizer CO ₂ -EOR Project | 미국 | 연소전처리(비료) | 0.68 | CO ₂ EOR | 1982 |
| Shute Creek Gas Processing Facility | 미국 | 연소전처리(가스공정) | 7.00 | CO ₂ EOR | 1986 |
| Sleipner CO ₂ Injection | 노르웨이 | 연소전처리(합성연료) | 1.20 | 심부염수대층 | 1996 |
| Great Plains Synfuel Plant | 미국/캐나다 | 연소전처리(가스공정) | 3.00 | CO ₂ EOR | 2000 |
| In Salah CO ₂ Injection | 알제리 | 연소전처리(가스공정) | 1.00 | 심부염수대층 | 2004 |
| Snohvit CO ₂ Injection | 노르웨이 | 연소전처리(가스공정) | 0.70 | 심부염수대층 | 2008 |
| Century Plant | 미국 | 연소전처리(가스공정) | 8.40 | CO ₂ EOR | 2010 |
| Air Products SMR EOR Project | 미국 | 연소후처리(수소생산) | 1.00 | CO ₂ EOR | 2012 |
| Lost Cabin Gas Plant | 미국 | 연소전처리(가스공정) | 1.00 | CO ₂ EOR | 2012 |
| ACTL with Agrium CO ₂ Stream | 캐나다 | 연소전처리(비료) | 0.59 | CO ₂ EOR | 2016 |
| Boundary Dam Integrated CCS | 캐나다 | 연소전처리(발전) | 1.00 | CO ₂ EOR | 2014 |
| Kemper County IGCC Project | 미국 | 연소전처리(발전) | 3.50 | CO ₂ EOR | 2014 |
| Gorgon Carbon Dioxide Injection | 호주 | 연소전처리(가스공정) | 3.4~4.1 | 심부염수대층 | 2015 |
| Quest | 캐나다 | 연소전처리(가스공정) | 1.08 | 심부염수대층 | 2015 |
| Illinois Industrial CCS | 미국 | 산업적분리(에탄올) | 1.00 | 심부염수대층 | 2017 |
| Petra Nova | 미국 | 연소후처리(아민) | 1.40 | CO ₂ EOR | 2017 |

*출처: 한국에너지기술 평가원 재인용, 한국기업데이터 재구성

▶▶ 미국의 CCS 기술 현황

- 2040년 포집비용 \$40/tCO₂를 목표로 기술개발 추진 중이며, 주로 EOR 방식의 CCS 프로젝트 추진 중이다.
- 2017년 1월에 가동 시작한 Petra Nova 프로젝트는 연 140만톤의 CO₂ 포집을 목적으로 별도의 가스 연소식 열 및 전력 장치를 사용하여 탄소 포집 시스템에 증기와 전기를 공급하는 개조 응용 기술을 적용하였다.

▶▶ 유럽의 CCS 기술 현황

- 노르웨이는 유전에 CO₂를 주입하여 천연가스를 생산하는 Sleipner, Snohvit 프로젝트를 통한 30년간의 운영기술을 보유하고, 동시에 모니터링 기술이 선구적으로 발달되어 있어 2천만 톤 이상의 CO₂를 포집 및 저장 실증을 수행하였다.
- 영국은 2017년 10월 Clean Growth Strategy를 통해 CCUS에 대한 새로운 접근을 발표하였고, 탄소 포집 기술을 갖춘 새로운 석탄 화력 발전소를 건설하여 연간 총 CO₂ 배출량의 90%인 380만 톤을 포집하는 Caledonia 프로젝트로 420만 파운드를 지원받았다.

○ 네덜란드는 Zuid-Holland 산업지역의 Rotterdam 항구에 새로 건설된 1,070MW급 석탄 화력 발전소에 250MW급 연소 후 포집 및 압축 장치를 개장(retrofit)하는 유럽에서 가장 발전된 Rotterdam 포집 및 저장 데모 프로젝트를 진행 중이다.

▶▶ 호주의 CCS 기술 현황

○ Otway 프로젝트의 성공 이후 연 3백만 톤 규모의 Gorgon 포집·저장 통합 프로젝트 등 대규모 실증 추진 중이다.

- Otway 프로젝트는 2005년부터 호주, 미국, 뉴질랜드, 캐나다 등이 참여하여 추진한 프로젝트로, 2008년부터 가동 중이며, 연 6만 5천톤 CO₂ 포집, 고갈가스전 및 대염수층에 저장

▶▶ 일본의 CCS 기술 현황

○ 에너지기본계획에 따라 2020년경 CCS기술의 실용화를 목표로 설정하였다.

○ CCS 기술 실용화를 위해 다자협력(CEM, CSLF, ISO/TC265)과 양자협력(미국, 사우디아라비아 등) 채널 이용 중에 있다.

○ 토마코마이 CCS 실증시험의 현황 및 과제

- 2012년~2015년 기간 동안 실증시설 건설, 2016년부터 CO₂ 주입 시작, 2018년 5월말까지 약 18만 톤의 CO₂ 주입

▶▶ 중국의 CCS 기술 현황

○ 최근 12년간 시운전 테스트를 거쳐 2018년 3단계로서의 상용 운영이 시작되어 연간 60만 톤의 CO₂ 주입

○ 중국에서 가동 중인 CCS 프로젝트 중 주요 CCS프로젝트는 [표 5]와 같으며 연소 후 포집기술의 비중이 가장 높다.

[표 5] 중국내 CCS 플랜트 운영현황

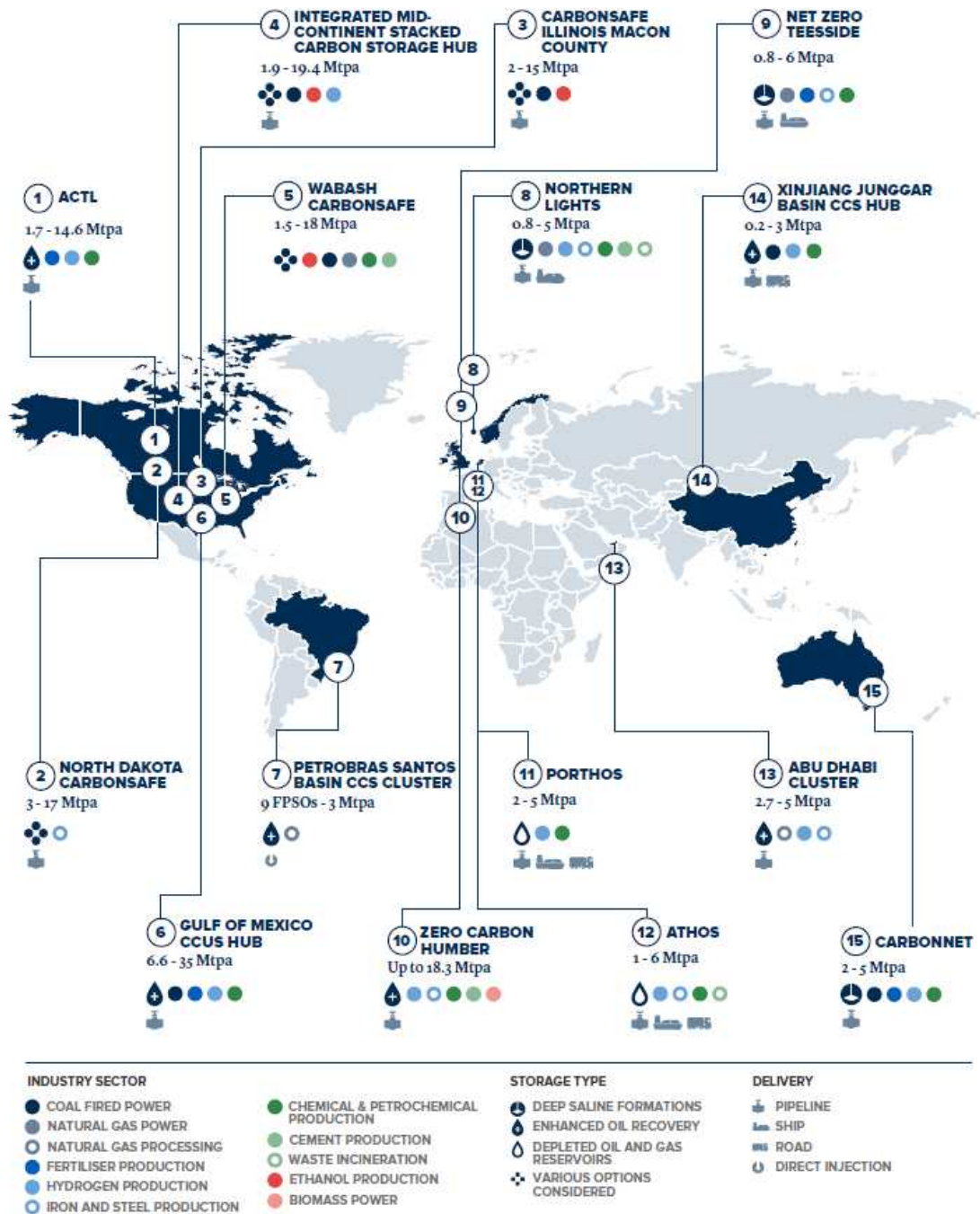
| 프로젝트명 | 시공사 | 지역 | 포집규모 (tCO ₂ /y) | 특이사항 |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|---|
| 3,000 T/A Pilot | Huaneng | - | 3,000 | · 운영년도: 2008~ |
| Hechuan Power Station | China Power Invest. | Chongqing | 10,000 | · 연소 후 포집 · CO ₂ 순도: >99.5%, CO ₂ 포집률: >95% · 운영년도: 2010~ |
| Shidongkou No.2 Power Plant | Huaneng | Shangha | 120,000 | · 연소후 포집(CO ₂ 음료산업 재사용) · CO ₂ 순도: >99.5% · 운영년도: 2010 |
| Shenhua CCS demo. plant | Shenhua | Inner Mongolia | 100,000 | · 연소후 포집 / 대염수층에 저장 · 규모: 10,000-100,000 톤/년 |
| EOR Pilot Injection | Petrochina | Jilin Oil Field | 200,000 | · 천연가스로부터 CO ₂ 분리 후 EOR |
| Shengli Power Plant | Sinopec | Shengli | 30,000 | · 연소 후 포집 / MEA / EOR · CO ₂ 순도: >99.5% |

*출처: KEPCO 연소후 CO₂ 포집기술 해외시장진출 Biz. 모델개발 및 중국내 기술사업화추진

■ CCS 허브와 클러스터 (Hubs and Clusters)

이산화탄소 포집·저장·배출원관리 기술이 대규모의 이산화탄소 배출을 감축시킬 수 있다는 것이 실증되었지만, 실제로는 많은 산업 공장에서는 소규모로 적용하고 있다. 다수의 소규모 시설의 배출량 총합은 의미있는 수치이지만, 각각의 산업 시설에서 이산화탄소 포집, 압축, 수송, 저장의 CCS 처리의 전과정(CCS Chain)을 감당하기에는 비경제적이다.

[그림 9] 2019년 국제 CCUS 허브 및 클러스터 현황

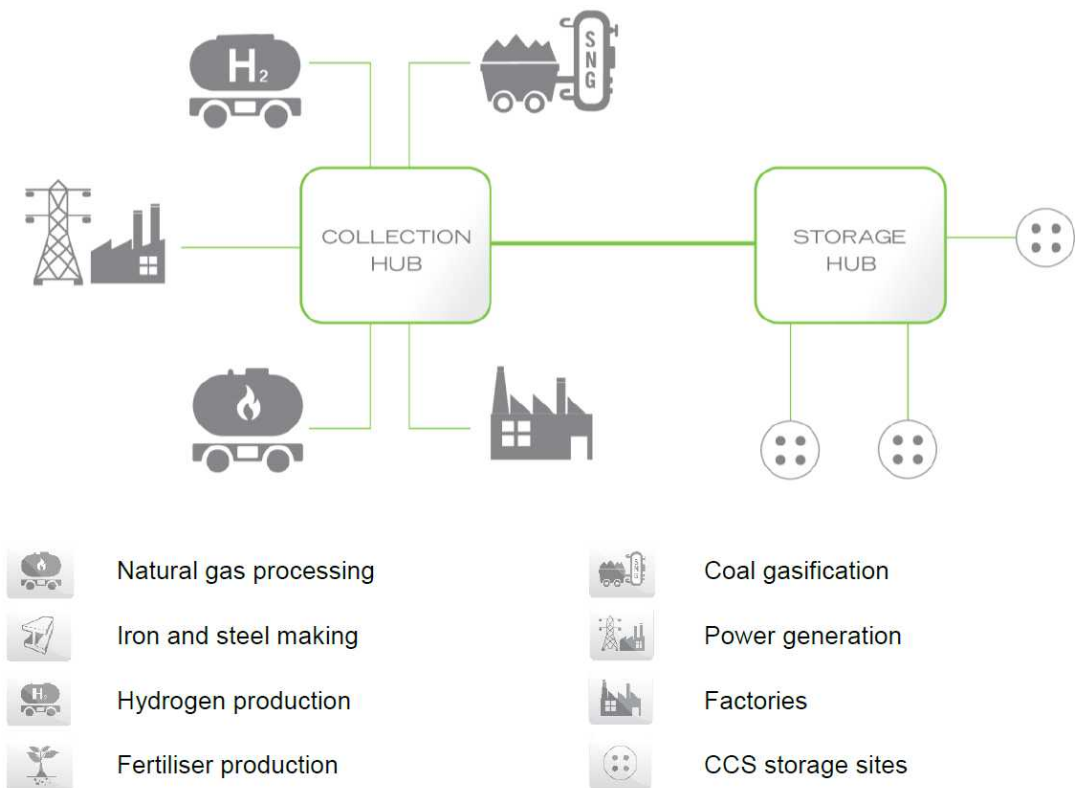


*출처: Global Status of CCS 2019

이 문제를 해결하기 위하여, 몇몇의 산업 시설이 클러스터(Cluster, 산업집적단지)를 형성하여 CCS 인프라와 지식을 공유함으로써 개별적으로 시설을 구축하여 배출량을 감소시키는 것보다 비용을 감소시키는 방법이 제시되고 있다.

산업 배출기들의 클러스터는 종종 이산화탄소를 대량 배출을 하는 전력생산 시설과 함께 배치된다. IEA 온실가스 R&D 프로그램 (IEAGHG)는 전세계에서 최소 12개의 대규모 CO₂ 클러스터가 제안되거나 진행 중이고, 연간 6천만 톤(Mta)의 CO₂를 포집한다고 하였다.

[그림 10] CO₂ 포집 클러스터, 포집/수집 허브 및 저장 허브



*출처: Understanding Industrial CCS hubs and clusters, 2016

허브는 각각의 산업시설로부터 포집된 CO₂를 모으기 위한 중앙 수집장소나 저장장소 클러스터로 수송하기 위해 배분하는 중앙 배분장소이다. 허브는 멀티유저 파이프라인의 포집 종단이나 저장 종단에 위치한다.

수집허브는 포집 시설들을 서로 연결시켜 클러스터를 형성된다. 포집된 CO₂는 클러스터 내의 각각의 배출원에 따라 그 양이 변화한다. 수집 및 저장 허브는 압축된 CO₂를 포인트-투-포인트 수송할 수 있도록 한다. 그러므로, 각각의 이산화탄소 배출원과 지질학적 저장 주입장소 간의 수송 인프라 비용을 감소시킬 수 있다.

인프라 공유, 소규모 포집, 경제적 위험 감소, 지역탈피 가능 등을 가능하게 하므로, CCS의 동기부여를 촉진하게 될 방안으로 인식되어지고 있다.

IV. 주요기업분석

대기업 위주의 CCS기술 확보, 중소기업의 약진

국내 CCS기술은 한국전력, 포스코, 현대중공업 등의 규모가 큰 기업에서 자체 이산화탄소 감축을 위해 연구개발되고 있었으며, 상대적으로 투자규모가 작을 수밖에 없는 중소기업은 협업을 통하여 경쟁력을 갖추고 있다.

■ 세계 주요 업체 현황

세계 각 국가들이 대기중의 이산화탄소량을 줄이기 위해 여러 가지 정책과 지원을 수립하고 있지만, CCS는 저장 장소 확보가 어렵고 단기적으로 얻을 수 있는 경제적 이득이 없어 기업들이 적극적으로 나서지 않는다. 실제로, CCS기술은 국가 정부기관과 연구기관 위주로 실증실험을 하고 있으며, 민간기업에는 규제와 지원정책으로 CCS기술 상용화를 유도하고 있다.

[표 6] CCS 주요 업체 동향

| 기업명 | 국가 | 개발/사업화 현황 |
|-----------------------------|------|--|
| GE | 미국 | - 재생 칼슘 사이클 (RCC) 및 화학 반복 연소(CLC) 기술 개발 중 - 발전시설 또는 대기중의 이산화탄소를 수집해 고온고압으로 만든 후 터빈을 돌리는 폐쇄순환형 엑스트라 파워시스템 개발 |
| B&W | 미국 | - 오하이오 주립대와 가압 석탄합성가스를 이용한 케미컬루핑 수소생산 기술 개발 중 |
| Mitsubishi Heavy Industrial | 일본 | - 칸사이 전력회사와 공동 개발한 고성능 흡수액을 사용하여 연소후 포집기술을 개발하고 상용화 |
| Dresser-Rand | 독일 | - 석탄 기반 발전소에 적용가능한 초음속 CO ₂ 압축기를 설계 및 구축 |
| NRG Energy | 미국 | - JX Nippon과 파트너십을 통해 석탄 기반 Petra Nova 이산화탄소 포집시설 구축하고 미쯔비시와 칸사이 전력회사가 공동 개발한 고성능 흡수액 사용 |
| Exxon Mobil | 미국 | - FuelCell Energy, Inc와 협력하여 탄산염 연료전지를 사용하여 CO ₂ 를 포집하는 기술 개발 - 농장 및 목재 공장에서 나오는 폐수에서 셀룰로오스당을 발효시켜 이산화탄소 저배출 연료인 바이오디젤 생산 연구 중 |
| Linde Plc | 아일랜드 | - 고압상태에서 분자 특성 및 흡착제 물질에 대한 친화도에 따라 흡착되는 자체 PSA(Pressure Swing Adsorption)기술 개발 |
| Lafarge | 프랑스 | - 스코틀랜드 전력회사와 협업하여 이산화탄소를 활용하 소각재(ash) 기술 개발 |
| Air Liquide | 프랑스 | - 분리막과 심냉법을 조합한 하이브리드 시스템을 NCCC에서 0.3MW 규모로 시험중 |

*출처: 각 사 홈페이지, 한국기업데이터

■ 국내 주요 업체 현황

국내 대용량 CCS 기술은 한국전력, 포스코, 현대중공업 등 주로 대기업 위주로 연구개발과 프로젝트가 진행이 되고 있다. 중소기업에서는 이산화탄소 저감 기술이 연구개발 되고 있으며, 대기업으로는 KC코트렐, 자연과환경, 에스코넥, 하츠, 미코, 3S 등이 시장에 참여하고 있다.

▶▶ 대기업 현황

[한국전력]

한국전력은 중부발전, POSCO 등과 공동으로 지난 2013년 보령화력발전소에 10MW급 CO₂ 포집 실증플랜트를 설치하고 성능 및 신뢰성 시험을 마치고 2016년 4월부터 연속운전을 개시했다. 2016년 한국전력연구원에서는 국내 최대규모인 10MW급(연간 7만 톤 CO₂ 포집규모, 500MW급 석탄화력 발전소 기준 1/50 CO₂ 처리규모) 연소 후 CO₂ 포집 파일럿 플랜트를 활용한 장기 연속운전(3,000시간)을 성공하여 글로벌 수준의 감축기술을 확보하였다.

또한, 아스트로마사와 ‘차세대 분리막 상용화 개발’ 협약을 체결하고 총 180억원의 예산을 투입하여 공동으로 개발하였다.

[포스코]

포스코는 국내 최대의 철강회사로 화석연료인 석탄 사용량 저감, 주요 공정에서의 에너지 효율 제고 등을 통해 환경 부하를 최소화하는 데 온실가스 배출관리의 초점을 맞추고 있다. 제철소 전체 공정을 하나의 완결된 에너지 시스템으로 구축하여 아래 그림처럼 각 공정에서 배출되는 gas와 열이 회수되게끔 설계하고 내부 에너지를 재활용함으로써 온실가스 발생을 최소화하고 있다.

포스코는 2022년까지 대기 오염물질 배출량 35% 저감을 목표로 2021년까지 1조 700억원을 투자할 계획이다. 약 3,300억원을 투자하여 15기 부생가스 발전설비와 소결로 3기에 탈질설비(SCR)를 설치하고, 900억원을 투자하여 슬래그 냉각장 신설 및 집진기 증설을 계획하고 있다.

[그림 11] 포스코 제철소에서의 에너지 흐름



*출처: POSCO Newsroom

[현대중공업]

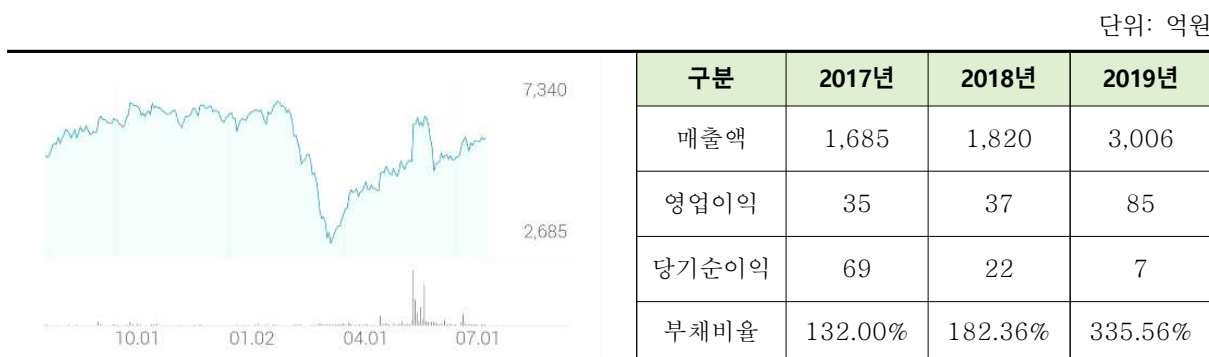
현대중공업은 세계 최대의 조선회사로 1983년부터 글로벌 조선 시장 점유율 1위를 놓치지 않는 중공업 회사이다. 현대중공업은 2016년 한국전력과 함께 폐열을 재활용하여 증기보다 낮은 온도로도 가장 높은 발전효율을 내는 초임계 상태에 도달하는 이산화탄소를 가열해 터빈을 구동하는 방식의 초임계 이산화탄소 발전설비의 원천기술을 개발했다.

▶▶ 코스닥 기업 현황

[KC코트렐]

KC코트렐은 1973년에 설립되어, 공장에서 발생하는 미세먼지를 포집해 제거하는 집진설비를 최초 국산화에 성공하였다. 매출비중은 분진처리설비 27%, 가스처리설비 35%, 기타 38%로 구성되어 있다. 현재 국내 기업 중 화동화력 8호기에 10MW급 연소 후 건식 CO₂ 포집설비를 설치하여 실증사업을 수행 중에 있으며, 포집설비 고도화 및 50톤/일 압축·액화 기술 연구개발 중에 있다.

[그림 12] KC코트렐 주가추이 및 재무현황



*출처: 다음(Daum) 금융, 한국기업데이터 재구성

[에스코넥]

2000년에 설립되어 전자제품을 생산하던 에스코넥은 2017년부터 이산화탄소 재활용사업에 박차를 가하였다. 환경부 주관 바이오Site에서 발생하는 바이오메탄을 원료로 하고 태양열 에너지를 활용하여 H₂ 및 카본을 생산하는 연구개발을 수행 중이며, 과학기술정보통신부 주관 화력발전소에서 배출되는 CO₂를 포집, 전환, 분리하는 탄소자원화 기술고도화 실증 사업을 추진 중에 있다.

[그림 13] 에스코넥 주가추이 및 재무현황



*출처: 다음(Daum) 금융, 한국기업데이터 재구성

[에코프로]

에코프로는 1998년 설립되어 대기오염 제어 관련 친환경 핵심 소재 및 부품 개발에 주력해 왔으며, 반도체·디스플레이공장 등에서 발생하는 유해가스를 제거하는 케미컬 필터, 공장에서 발생하는 과불화화합물(PFC)과 아산화질소(N₂O)등을 제어하는 온실가스 저감설비, 휘발성유기화합물(VOC)을 마이크로웨이브를 이용해 저감하는 장치 등을 공급하는 B2B 전문기업이다.

[그림 14] 에코프로 추가추이 및 재무현황



*출처: 다음(Daum) 금융, 한국기업데이터 재구성

[자연과환경]

환경생태계복원, 환경플랜트, 토양-수질정화 등의 녹색환경사업을 선도하는 자연과환경은 에너지기술개발사업 전문업체인 (주)노빌과 MOU를 통해 배출가스 직접반응을 통한 이산화탄소 포집 및 대량 활용 저장기술을 이용해 공장·발전소 배출가스 속 이산화탄소로부터 생성된 포집물을 자연과환경 블록제품의 재료로 활용하는 기술을 연구 중에 있다.

[그림 15] 자연과환경 추가추이 및 재무현황



*출처: 다음(Daum) 금융, 한국기업데이터 재구성