

글로벌 CCS 트렌드와 주요 국가 동향 및 시사점

강수연 책임연구원, 친환경미래소재연구실 (suyoungkang@posri.re.kr)

목차

1. 글로벌 CCS 트렌드: 대용량화와 저장소 다원화
2. 주요 국가 동향
3. 시사점

Executive Summary

- **글로벌 CCS 프로젝트의 양적·질적 성장으로 총 저장용량이 빠르게 증가**
 - 현재 가장 큰 저장용량을 보유한 미국이 신규 프로젝트 또한 활발히 추진하고 있으며, 북해 및 아태지역에서도 저장소가 신설될 계획
 - 연간 1,000만 톤 이상의 CO₂를 주입하는 대용량 저장소 개발 프로젝트가 발표되고, 프로젝트의 개수뿐만 아니라 평균 주입량도 증가하는 추세
- **미국과 영국이 자금지원을 앞세워 글로벌 CCS 시장을 활성화**
 - (미국) Infrastructure Investment and Jobs Act(IIJA) 및 IRA(Inflation Reduction Act)를 통해 CCS 사업에 대한 직접자금 및 세액공제를 지원
 - (영국) CCUS Infrastructure Fund(CIF)의 지원으로 CCUS 클러스터 4개소를 조성하여, '30년까지 연간 3,700만 톤 규모의 저장소를 구축할 예정
- **화석연료 산업 의존도가 높은 동남아시아 국가들도 CCS 사업 의지 확고**
 - CO₂ 배출집약적 산업인 LNG, Oil의 비중이 높은 상황에서 성장과 탈탄소 2가지 목표를 달성하기 위한 방안으로 CCS를 중요 사업으로 인식
 - 인도네시아와 말레이시아 국영기업은 국외 Oil & Gas社와 CCUS 프로젝트를 수행
- **유럽은 다양한 기업 및 국가가 참여하는 형태로 CCS 프로젝트를 진행**
 - BASF와 Air Liquide에서 주도하는 Kairos@C 프로젝트는 CO₂ 포집-액화 및 수출-운송-저장 등 CCS 사업의 전 밸류체인을 포함
 - EU는 Innovation Fund를 통해 이와 같은 프로젝트를 지원하고 있으며, 북해 유역의 심부염수층을 활용하여 범국제적 저장소를 구축할 계획
- **국내 배출 CO₂의 저장 대상국으로 인도네시아와 말레이시아를 주목해야 하는 이유**
 - 비교적 근거리인 동남아시아에 포집 CO₂의 저장소가 구축되면, 해상운송 거리가 감소하여 해외 CCS 사업의 경제성 개선에 대한 기대가 가능
 - 말레이시아 국영 석유/가스 사업자 Petronas가 자국의 저장소 일부 용량을 타국가에 배분할 계획임을 발표함에 따라 해당국과의 cross-border CCS를 검토할 필요가 있음
- **정부차원의 cross-border CCS 협약 체결과 자금지원책 마련이 필요**
 - '22.9월, 덴마크와 벨기에를 국경을 통과하는 CO₂의 운송 및 영구저장을 위한 cross-border CCS 협약을 세계 최초로 체결
 - 이에, 런던의정서 개정조약에 대한 기탁, 배출권거래제 상호인정, 해상운송 기술 및 규제, 탄소배출권 분배에 관한 검토 등이 필요
 - 협약 체결을 위한 G2G 협상 및 국내 저장소만으로는 탄소중립 달성이 어려운 한국의 상황을 고려한 해외 CCS 사업의 자금지원 방안 마련이 필요

1. 글로벌 CCS 트렌드: 대용량화와 저장소 다원화

- '22.9월을 기준으로 운영/개발 중인 글로벌 CCS 프로젝트를 통해 저장할 수 있는 CO₂ 총량은 전년대비 44% 증가한 연 2억 4,400만 톤 (Global CCS Institute)
- 미국이 다수의 CCS 프로젝트를 추진하고 있으며, 북해 및 아태지역의 프로젝트 개발도 점차 활발해질 전망
 - 미국은 '21~'22.9월까지 34개의 신규 CCS 프로젝트를 착수하였으며, 캐나다(19개), 영국(13개), 노르웨이(8개)에서도 신규 프로젝트를 착수
 - 호주, 네덜란드, 아이슬란드에서도 각각 6개의 신규 프로젝트가 추진되며, 아태지역은 초기 개발 단계의 프로젝트들이 존재
- CCS 프로젝트의 개수뿐만 아니라 프로젝트당 평균 주입량도 증가하는 추세
 - 현재 운영 중인 프로젝트의 평균 주입량은 연간 100만 톤 수준이며, 최근 2~3년 새 연 1,000만 톤 이상의 대규모 프로젝트 운영 계획도 발표
- 포집된 CO₂는 원유회수증진(EOR, Enhanced Oil Recovery)에 활용되거나 심부염수층(deep saline formation) 및 고갈 유가스전에 저장
 - 원유회수증진은 포집한 CO₂를 지층에 주입하여 그 압력으로 원유를 추출하는 방식으로, CO₂ 판매를 통한 수익은 얻을 수 있으나 잠재적인 온실가스 배출원인 화석연료의 생산에 활용된다는 점에서 근본적인 탄소중립 기술로 보기 어렵다는 부정적인 시각이 존재
 - 심부염수층은 다공질 암석에 CO₂를 저장하는 방식으로, 세계에서 가장 큰 저장용량을 가질 것으로 평가되나 저장된 CO₂의 유동/확산에 따른 모니터링 기술 및 비용 발생에 대한 부담이 존재
 - 고갈 유가스전은 유가스가 일부 남거나 비어있는 곳에 CO₂를 저장하는 방식으로, 수십 년 전부터 상용화된 기술이라 비용이 상대적으로 저렴하고 개발속도가 빠르다는 장점이 있으나 저장용량이 크지 않고 폐공을 통한 CO₂ 누출 관리가 필요
- 현재는 EOR 방식 저장소가 대부분을 차지하나(약 73%), '30년 경에는 심부염수층 및 고갈 유가스전 방식이 66%를 차지할 전망
 - '21년에 글로벌 CO₂ 저장용량 약 4,300만 톤 중 3,000만 톤이 EOR

방식으로 저장되었으며, '30년에는 약 1억 8천만 톤이 심부염수층 및 고갈 유가스전에 저장될 것으로 전망 (BloombergNEF)

2. 주요 국가 동향

□ **[미국]** 다수의 CCS 프로젝트들을 통해 세계 최대 저장용량을 보유하고 있으며, 자금지원 확대를 통해 시장 성장을 견인하는 중

- '20년 기준, 글로벌 CO₂ 저장용량의 약 47%(연 2,000만 톤)가 미국에 존재
 - 향후 진행될 신규 프로젝트 용량들을 합산 시, '30년의 총 저장용량은 연 1억 3,500만 톤으로 증가하며 이는 글로벌 총 저장용량의 약 48%에 해당
- '21년, Infrastructure Investment and Jobs Act(IIJA)를 제정하여 향후 5년 동안 CCS 분야에 U\$120억 이상 지원
 - 해당 법안은 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) R&D, 실증, CO₂ 운송 및 저장 인프라, 탄소 활용 시장 개발, DACCS(Direct Air Carbon Capture and Storage) hub 4개소, DAC 기술 경쟁에 대한 자금 지원을 포함
- '22년 8월 IRA(Inflation Reduction Act) 법안을 발표하면서 기존 Bipartisan Budget Act의 세액공제(45Q) 지원 금액을 상향하고, 지원 범위를 확대
 - 산업시설 포집에 대한 지원 확대(U\$50→85/톤), DAC 지원 추가(U\$180/톤)
 - 세액공제 대상은 미국 내 혹은 미국 소유 지역에서 포집 및 저장하는 프로젝트가 해당
- 현재는 포집 CO₂의 90% 이상을 EOR 방식으로 처리하고 있으나, 신규 프로젝트가 진행됨에 따라 '30년에는 심부염수층 및 고갈 유가스전 저장용량이 약 8,300만 톤으로 전체 저장용량의 60%를 차지할 전망
 - 미국과 북해는 지리적으로 대용량 심부염수층 저장소 구축에 유리(깊이 800m 내외의 염수층이 존재하고, CO₂ 주입부 근방의 다공성/침투성 조건이 양호)

□ **[영국]** 미국에 이어 글로벌 2위 규모의 저장소를 구축할 예정이며, 수소생산과 CCS 목표를 연계한 로드맵 및 정부의 펀딩으로 CCS 시장의 불확실성을 해소

- '22.4월에 발표한 2035 CCUS 로드맵에서 저탄소 수소생산과 연계한 CCUS 추진 전략을 제시
 - '30년, 10GW급 수소 생산능력 확보를 목표로 두고, 이 중 10% (1GW)는 CCUS를 적용한 블루수소로 생산할 계획
 - 정부의 CCUS Infrastructure Fund(CIF) 지원 하에 CCS 클러스터 4개소를 조성
 - '20년에 영국 정부는 1억 파운드 규모의 펀딩을 통한 CCUS 클러스터 개발계획을 발표하고, '21년 말에 두 개의 프로젝트(HyNet Cluster, East CO2AST)를 선정
 - HyNet 클러스터는 수소 생산 및 비료·시멘트 제조 과정 등에서 발생하는 CO₂를 연 1,000만 톤 포집한 후 리버풀만에 저장('25년 운영 예정)
 - East CO2AST 클러스터는 발전, 블루수소 생산, 연료 정제 과정 등에서 발생하는 CO₂를 최대 연 2,700만 톤 규모로 영국 북해의 Endurance Reservoir에 저장('27년 운영 예정)
 - 향후, 민관협력을 통해 두 곳의 클러스터를 추가 개발할 계획
 - CCS 클러스터 조성에 따라, '30년에는 연 3,700만 톤 규모의 CO₂를 저장하게 되며, 이는 글로벌 CO₂ 저장용량의 약 15% 수준
 - 이는, 미국에 이어 두 번째로 큰 저장용량에 해당
- [인도네시아 및 말레이시아] 기존 Oil & Gas 인프라를 활용하는 고갈 유가스전 방식을 선호하며, 국외 배출 CO₂의 자국 내 저장가능성을 제시
- 인도네시아 정부는 다양한 국외 Oil & Gas사와 CCUS 프로젝트를 진행 중
 - '21.8월, 인도네시아 석유 및 가스 규제기관인 SKK Migas는 BP사에 Tangguh LNG 프로젝트와 연계된 Vorwata CCUS 사업개발을 승인
 - 동 프로젝트는 포집한 CO₂를 가스회수증진(EGR, Enhanced Gas Recovery)에 활용하거나 영구저장을 위해 연 400만 톤의 CO₂를 주입할 예정('26년~)
 - 스페인 석유 및 가스 기업 Repsol사는 '27년, Sakakemang CCS 프로젝트에 첫 CO₂를 주입할 계획(연 250만 톤 규모)

- '22.5월, Pertamina社は Air Liquide 인도네시아와 협력하여, 포집한 CO₂를 Balikpapan 정유 공정설비에 활용하거나 Kutai 분지에 저장하는 CCUS 기술 개발을 발표
- 여러 개의 유가스전이 위치한 말레이시아 Sarawak 지역을 중심으로 CCS 프로젝트를 진행 중
 - 말레이시아 국영 석유 및 가스 사업자 Petronas는 세계 4위 LNG 생산기업으로, CCS 사업 추진 의지가 강함
 - Kasawari 프로젝트를 통해 '25년부터 연 450만 톤의 포집 CO₂를 파이프라인으로 고갈 유가스전에 저장할 예정
 - 태국의 국영 석유회사인 PTTEP(PTT Exploration and Production Public)는 Sarawak 인근에서 발견한 가스전인 Lang Lebah field의 CCS 방안을 마련 중
- Petronas社は 국외 배출 CO₂ 처리에 자국의 저장소 용량 일부를 제공할 의사가 있음을 표명
 - '22.4월, Global CCS Institute 행사에서 Petronas 대표는 총 저장용량의 60%를 자사 및 말레이시아 내 파트너社에 할당하고, 나머지 40%는 다른 사용자들에게 배분할 계획임을 발표
- **[유럽]** EU의 펀딩을 통해 유럽 내 국가들이 CCS 시장에 신규 진입하고 있으며, '22년에 세계 최초의 국경통과 CCS(cross-border CCS) 협약을 체결하는 성과를 창출
 - EU Innovation Fund를 통해 11개의 CCS 프로젝트를 지원
 - 이는 '30년까지 총 380억 유로를 지원하는 펀드로, '21년에 4개, '22년에 7개의 CCS 프로젝트를 선정
 - 수혜국은 벨기에, 독일, 프랑스, 스웨덴, 아이슬란드, 불가리아, 폴란드, 핀란드 등이 해당
 - 동 펀드의 지원을 통해 불가리아, 폴란드, 핀란드가 CCS 시장에 신규 진입
 - (불가리아 ANRAV 프로젝트) 시멘트 제조시설 배출 CO₂를 흑해 연안에 저장
 - (폴란드 GO4ECOPLANET 프로젝트) Lafarge社の 저탄소 시멘트 제품생산

과정에서 배출되는 CO₂를 포집·저장

- (핀란드 SHARC 프로젝트) '40년까지 제품의 탄소 배출량 50% 감축을 목표로 Neste社 디젤정유소의 CO₂ 배출량을 포집·저장

○ 북해 유역 심부염수층을 활용한 범국제적 CCS 저장소를 구축 중

- Northern Lights 프로젝트는 포집 CO₂를 액화하여, 선박을 통해 노르웨이 서부 터미널로 운송한 후 파이프라인을 통해 북해 2,600m 아래 영구저장
- Equinor, Shell, TotalEnergies 합작社의 주관으로 '24년에 1단계 사업을 완료할 예정
- 용량은 연 150만 톤에서 지속 및 확대하고, 최종적으로는 노르웨이 외 유럽 CO₂ 배출국들까지 사용할 수 있는 공유 CCS 시설로 확장할 계획

○ 덴마크와 벨기에는 Kairos@C 프로젝트를 수행을 통해 국경통과 CCS(cross-border CCS) 협약을 체결

- Kairos@C는 CO₂ 포집-액화 및 수출-운송-저장 등 CCS 사업의 전 밸류체인을 포괄하는 프로젝트로, BASF와 Air Liquide가 주도
- 벨기에 앤트워프항 인근 산업단지에서 배출하는 연 142만 톤의 CO₂를 북해에 저장
- 동 프로젝트 수행을 기반으로, '22.9월에 덴마크와 벨기에는 CO₂의 운송 및 영구저장을 목표로 하는 양해각서(MoU)를 체결
- 덴마크 에너지청과 벨기에 북부 플랑드르 지방정부가 각국의 CO₂ 저장 및 배출권거래제 허가 발행을 관리하며, 벨기에 연방 해양당국이 CO₂ 해상운송 기술선정 및 관련 규제를 담당
- 이는, 런던의정서 개정조약^{주1)} 한시적용^{주2)} 국가들이 실질적인 협약을 체결한 최초의 사례로, 국제 CCS 밸류체인 구축의 진전을 이루었다고 평가

주1) 1975년 발효된 런던의정서에 따르면, 원칙적으로는 CO₂의 해양투기를 금지하고 있으나, '09년 해양지중 저장 목적의 CO₂ 수출을 허용하는 개정조약 결의서를 채택

주2) 개정조약은 현재까지 당사국 2/3 이상의 수락을 받지 못해 미발효 상태로 남아 있으나, 결의서에 대한 선언서를 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에 기탁한 국가들은 잠정적으로 국가 간 CO₂ 수출이 가능

□ [일본] 국내 배출한 CO₂를 국외에 저장하기 위한 해상운송 기술개발 및 글로벌 네트워킹 이니셔티브를 지원

○ '23.1월, 2050 탄소중립 달성을 위한 CCS 기술활용 촉진 로드맵을 발표

- 일본 경제무역산업성(METI, Ministry of Economy, Trade and Industry)은 '50년의 탄소중립을 위해서는 최대 연 2억4,000만 톤의 CO₂ 저장이 필요할 것으로 분석
- 중간 목표로 '30년까지 연 600만 ~ 1,200만 톤의 저장량을 설정

○ 정부는 CCS 기술 관련 법안을 입안하고, 민간사업에 보조금을 지원할 예정

- 동 법안은 일본 내 CO₂ 저장에 대한 권리 및 지하 저장 시 발생할 수 있는 누출 사고의 책임을 기업에 묻지 않는다는 내용 등을 포함하며, 금년에 입안할 예정
- 민간 프로젝트를 선정하여 보조금을 지원하고, 전문위원회 산하 실무그룹을 구성함으로써 저장소의 건설/운영 비용을 지원하는 방안 마련도 검토 중

○ 일본 해운사들은 CCS용 액화 CO₂ 수송 기술개발 및 실증사업을 추진

- Japan CCS社は 교토 Maizuru 지역에 위치한 간사이전력 석탄화력 발전단지에서 Tomakomai CCS site로 CO₂를 수송하는 실증사업을 진행 중('24년 상업운전 예정)
- 동 실증을 통해 연 1만 톤의 CO₂ 선박 운송을 시연할 예정(1,000톤 x 10회)
- Mitsubishi 조선은 CO₂ 실증선을 건조 중이며, Mitsui O.S.K. Lines과 Petronas社は '22.2월에 CCUS를 위한 액화 CO₂ 운송에 관한 MOU를 체결

○ 아태지역의 CO₂ 저장 기반마련을 위해 양자 및 다자간 CCUS 협력을 추진

- '22.6월, METI는 아시아 권역의 CCUS 산업 활성화를 위한 Asia CCUS Network를 설립
- Asia CCUS Network는 미국, 호주, 일본 등을 포함한 아시아권 국가 13개국의 산업계, 학계, 정부기관 등으로 구성
- 동 네트워크는 정기 포럼 개최 등을 통해 지식을 공유하고, ASEAN(Association of Southeast Asian Nations) 및 EAS(East Asia Summit) 지역의 CCUS 사업개발에 협력

3. 시사점

- 신규 CCS 프로젝트들을 통해, CO₂ 저장용량이 증가하고 저장소 유형이 EOR 중심에서 심부염수층 및 고갈 유가스전 등으로 다양화
 - 미국, 영국 및 유럽은 대규모 심부염수층 저장소, 동남아시아는 기존 인프라를 활용한 고갈 유가스전 방식의 저장소를 개발
- 세계 각지에서 CCS 저장소의 개발이 최적 옵션 선택의 기회로 작용
 - 해외 저장소 탐색이 필수적인 한국은 북미 대비 근거리인 아태지역에 저장소가 구축되면, CO₂ 해상운송 거리 감소로 CCS 사업의 경제성 개선에 대한 기대가 가능
- 저장소 보유국들과의 cross-border CCS를 위한 정부간 협상이 중요
 - 저장소 보유국가의 협약의사 확인 및 탄소배출권 분배 등의 조건에 대한 검토가 필요
- 국외 CCS 사업의 필요성을 감안한 자금지원책의 마련 필요
 - 미국, 영국, 유럽 등 선도국들은 펀딩 및 세제지원을 통해, CCS 산업의 자금안정성을 강화하는 중
 - 국가/지역 내의 CO₂ 포집 및 저장이 가능한 국가에 반해 한국, 일본은 해외 사업이 필수적이므로 이를 고려한 자금지원이 필요
 - 일례로, 포집기술 비용 지원으로 국내외 CCS 사업의 경제성을 향상시키는 한편, 국외 수송을 위한 액화설비/터미널 및 운반선에 대한 지원을 추가

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고문헌]

Global CCS Institute, Global Status of CCS 2022

BloombergNEF, 2022 CCUS Market Outlook, 2022.10.18.

한국에너지기술연구원, CCUS 심층 투자 분석 보고서, 2021

한국전력공사, CO₂ 저장기술 개요

Ammonia energy association, New CCS partnerships in the USA, 2022.10.

UK, CCUS Investor Roadmap: Capturing Carbon and a Global Opportunity, 2022.4.

The republic of Indonesia, Progress of CCS/CCUS implementation in Indonesia, 2022.9.30.

Offshore Technology, Malaysia's Petronas to proceed with Kasawari CCS project development, 2022.11.30.

ENERGY industry review, Kairos@C, World's Largest Cross-border CCS Value Chain, 2021.11.23.

Maritime professionals, World's first agreement to ship CO₂, 2022.10.5.

해양수산부, 해외 해양저장소를 활용한 이산화탄소 감축 관련 제도 정비, 2022.3.29.

Argus media, Japan drives co-operation on carbon capture, 2022.6.22.