

“제1차 KBCSD 교육 세미나”

글로벌 CCS 동향 및 시장경쟁력 확보 과제

2024. 2. 29

한채언 KBCSD 팀장



목 차

1. 탄소중립을 위한 주요 감축수단으로서의 CCS
2. 전세계 CCS 프로젝트 운영·개발 현황
3. 국가별 CCS 추진 동향
4. CCS 시장경쟁력 확보 과제



1

탄소중립을 위한 주요 감축수단으로서의 CCS

□ IPCC, IEA

Carbon capture and storage

10 billion tonnes

of CO₂ may need to be captured by negative emissions technologies annually between now and 2050 to prevent catastrophic climate change

—
Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

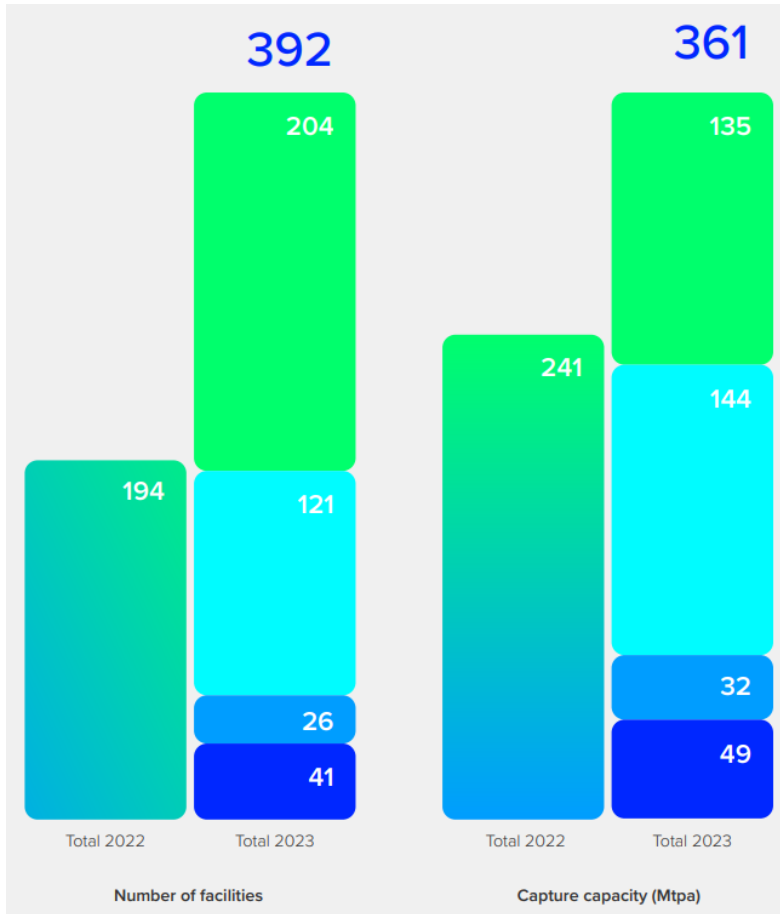
- 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해서는 현재 연간 4,000만톤의 CO₂ 포집 처리량이 2030년까지 연간 10억톤, 2050년까지 연간 100억톤 규모로 급증해야 함
- Q : 이러한 확산 수준이 달성가능한가?
- A : - 급격한 정책변화
 - 개발단계 CCS 프로젝트가 FID-시공-운영단계로 진행되기 위한 경제성 극대화
 - CO₂ 저장소 및 운송/저장 Hub 확대
 - CCS 지식기반 확대 플랫폼 등이 전제된다면 실현가능



2

전세계 CCS 프로젝트 운영·개발 현황

□ 2023년도 전세계 상업용 CCS 설비 수 및 CO₂ 포집용량



■ CCS 설비 수

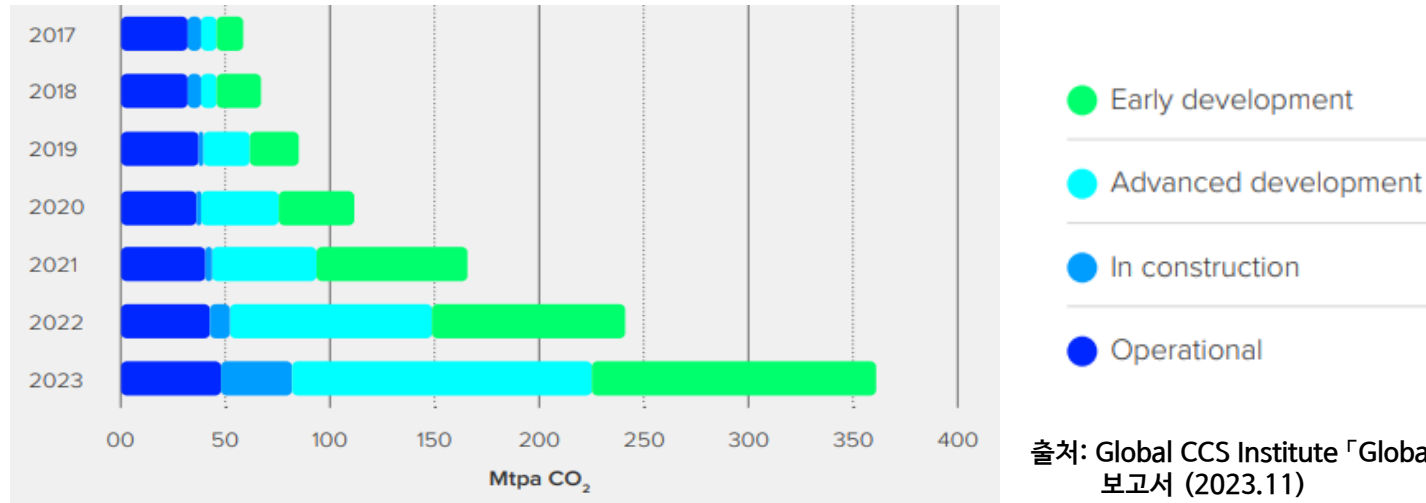
- 2023년 전세계적으로 상업 운영중이거나 추진중인 CCS 프로젝트는 총 392개
(운영중) 41 (시공중) 26 (개발단계) 325
- 2022년 194개 대비 102% 증가

■ CCS 설비의 CO₂ 포집용량

- 2023년 392개 프로젝트가 포집할 수 있는 CO₂ 용량은 연간 3억 6100만톤
- 2022년 2억 4390만톤 대비 50% 증가

● Early development ● Advanced development
● In construction ● Operational

□ 2007년~2023년 상업용 CCS 설비의 CO₂ 포집용량 (단위: MTPA)

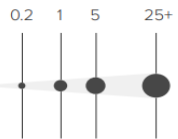


- 2023년 ‘Advanced Development’와 ‘Early Development’ 단계에 있는 CCS 프로젝트의 포집용량이 2022년 대비 47% 증가
- ‘Advanced Development’ 포집용량이 증가한 현상은 CCS 프로젝트에 대한 향후 성장률 전망이 매우 높다는 것을 시사

□ 2023년도 산업별 CCS 설비

Figure 3.1-3:
CCS project pipeline
by industry and year
of operational
commencement.

Capture, transport
and/or storage
capacity (Mtpa CO₂)



① “CO₂ 운송 및 저장” 설비 : 101개

② “에탄올 산업” 설비 : 70개

③ “발전” 설비 : 53개

④ “수소·암모니아·비료” 설비 : 50개

⑤ “천연가스 처리공정” 설비 : 45개

※ “시멘트 업종” 설비 : 22개

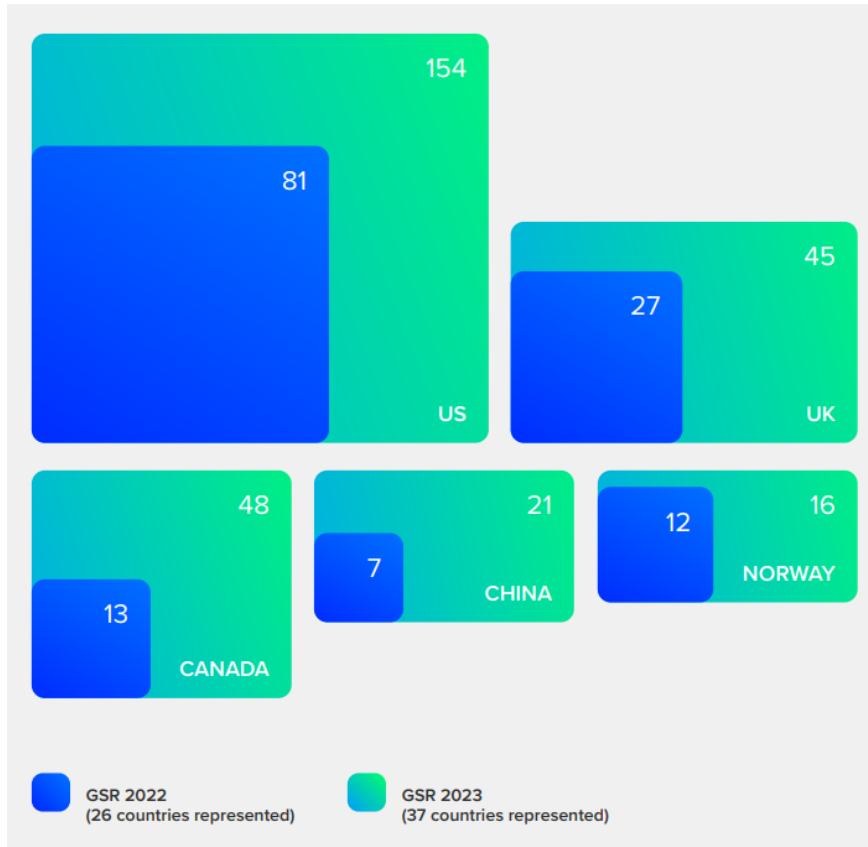
※ “상업용 DAC” 설비 : 6개



3

국가별 CCS 추진 동향

□ 2022년, 2023년 CCS 프로젝트 Top-5 국가



① 미국 ('22) 81개 → ('23) 154개

② 캐나다 ('22) 13개 → ('23) 48개

③ 영국 ('22) 27개 → ('23) 45개

④ 중국 ('22) 7개 → ('23) 21개

⑤ 노르웨이 ('22) 12개 → ('23) 16개

※ 일본, 그리스는 2022년 상업용 설비가 없었으나 2023년 각각 7개, 5개 보유

□ 미국



CCS 정책

□ 초당적인프라법 (Bipartisan Infrastructure Law)

- FY2022~2026 간 CCS 프로젝트에 85억 달러 지원 (탄소포집 설비 신설 및 상업용 저장시설 건립)
- 같은 기간 DAC 프로젝트에 36억 달러 지원 (미국내 DAC 허브 구축)

□ 인플레이션감축법 (Inflation Reduction Act)

- CCS/DAC 프로젝트 세액공제(45Q) 대폭 강화
 - CO₂ 저장에 대한 발전/산업부문 CCS 설비 세제 혜택을 CO₂ 톤당 85달러로 상향
 - DAC는 CO₂ 1톤 저장시 180달러 공제
- IRA법안이 미국 탄소포집 역량을 2030년까지 13배 증가시킬 것으로 분석

2023년 주요 프로젝트

□ 청정수소/암모니아 생산 및 CCS에 대한 'Hydrogen Shot' 계획에 80억 달러의 연방정부 예산 투입 예정

- (2023.10) 7개 '수소허브' 프로젝트 선정
- 수소허브에서 300만t의 청정수소 생산 목표
- 미국 '청정수소/암모니아' CCS 설비 25개 등록

□ 미 에너지부, Texas, Louisiana州 상업용 DAC 설비 구축에 12억 달러 지원 계획

- 탄소제거 비용을 net 톤당 \$100로 낮추는 것이 목표

□ Occidental, Carbon Engineering

- 2035년까지 70~135개 CO₂ 포집시설 구축하여 각 시설 당 대기중 CO₂를 연간 100만톤 격리 계획

□ 캐나다



19 hubs

Canada's Alberta awards 19 hubs through provincial TIER system – in addition to 6 sequestration hub agreements announced in spring 2022.

CCS 정책

□ 2022년~2030년

- 대기중 직접 탄소포집 기술인 DAC 투자비용의 60%, CCS 투자비용의 50%, 운송/저장/사용 투자비용의 37.5%에 대해 세액 공제

□ 2031년~2040년

- DAC 투자비용의 30%, CCS 투자비용의 25%, 운송/저장/사용 투자비용의 18.75%에 대해 세액 공제

□ 탄소차액계약제도(CCfDs) 도입안 검토중

2023년 주요 프로젝트

□ 앨버타주 (캐나다 천연가스의 절반 생산)

- CO₂를 영구격리하는 첫 번째 탄소저장 Hub를 에드먼턴 인근 산업지역에 구축 예정
 - 참여기업: Enbridge Inc, Shell Canada, ATCO Energy Solutions, Suncor Energy Wolf Carbons Solutions, Bison Low Carbon Ventures 등
 - 캐나다 최초 탄소저장 Hub 개발을 위해 2022년 6개, 2023년 19개 프로젝트를 추가 선정
 - 첫 6개 프로젝트가 최대 용량으로 운영될 경우, 연간 CO₂ 저장용량이 5천만톤 초과 예정
- Entropy는 앨버타주 Glacier Gas Plant CCS 프로젝트를 수주, 이는 천연가스 연소로부터 CO₂를 포집/저장한 세계 최초 상업용 프로젝트로 기록됨

119

projects across Europe



63%

63% rise in projects in various stages of development and operation since 2012



North Sea

North Sea sites continue to dominate as preferred locations for CO₂ storage, but other opportunities emerging

2024

Northern Lights, the world's first open-source CO₂ transport and storage infrastructure, expected to be online in 2024 – and built ready for expansion

KBCSD



CCS 정책

□ EU Innovation Fund (2020)

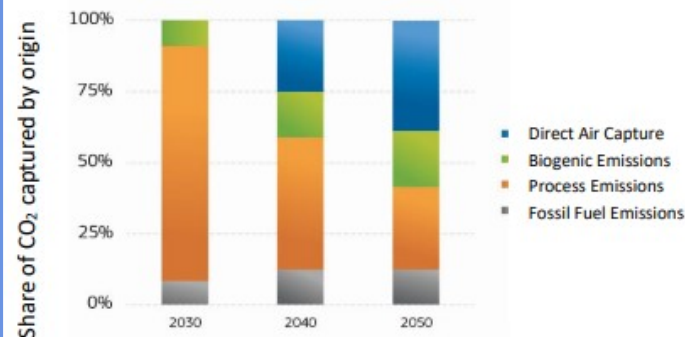
- CCS 기술 포함한 혁신 청정기술에 '30년까지 380억 유로 투자
- (1차 보조금 수령 프로젝트, '21) 7개 중 4개가 CCS 관련
- (2차 보조금 수령 프로젝트, '22) 17개 중 7개가 CCS, CCU
- (3차 보조금 수령 프로젝트, '23) 41개 중 10개가 CCS, CCU
 - CCUS는 “General Decarbonization”의 10억 유로 보조금에 포함

□ 탄소중립산업법(Net-Zero Industry Act, 2023)

- CCS를 ‘전략적 Net-Zero 기술’로 지정, 관련 기술/제품의 연간 수요 40%를 EU 역내에서 생산한다는 목표 통해 시장창출 기대
- CCS 프로젝트로 2030년까지 연간 5천만톤의 CO₂ 저장 공간을 EU 역내 확보 계획
 - 오일/가스 생산업체가 초기 저장시설에 투자할 것을 의무화
 - 탄소저장 설비 투자에 약 30억 유로 필요

□ 산업 탄소관리 전략 (2024.2) (Industrial Carbon Management Strategy)

- Net-Zero 달성 위한 EU 산업계 탄소 관리 목표와 계획 제시 (CCUS, CDR 중요성)
- 2040년까지 EU에서 연간 2억 8000만톤, 2050년까지 연간 4억 5000만톤의 CO₂ 포집 목표
- 2040년까지, DAC 직접포집 및 Biogenic 배출로부터의 연간 CO₂ 포집량이 전체 포집량의 절반에 근접해야 하며, 2050년까지 그 비중이 화석연료 및 산업 공정으로부터의 포집량을 초과해야 함



□ 호주

CCS 정책

□ CCS 통한 감축량을 탄소배출권으로 인정

- 호주 연방정부가 운영하는 온실가스 배출량 저감 펀드(Emissions Reduction Fund)에 CCS 산정 방법론 포함
- CCS 프로젝트로 인한 배출량 저감이 인정될 경우 호주 탄소배출권 단위인 ACCU(Australian Carbon Credit Unit)를 발급받아 수익 창출 가능
 - 탄소포집 저장시설에 주입되는 CO₂ 1톤당 배출권 (ACCU) 1주 배당
 - ACCU는 호주 연방정부가 매입하거나 민간 금융시장에서 거래 가능

2023년 주요 프로젝트

□ Middle Arm Hub 프로젝트

- 호주 최북단 Northern Territory에 위치한 천연가스 정제 및 저탄소 제조업 허브 단지로, 연방정부, 천연가스 메이저 운영사 INPEX 및 Santos가 참여 예정

□ Moomba, Bayu-Undan CCS 프로젝트

- Santos가 최종 투자결정을 발표, 2024년부터 운영에 착수하여 연간 170만톤의 CO₂ 주입 예정
- Santos는 또한 동티모르 해역에 위치한 Bayu-Undan CCS 프로젝트 기본설계(FEED) 단계에 진입하여 연간 1000만톤의 CO₂ 저장 계획

□ 일본

CCS 정책

□ CCS 장기 로드맵 (2023.1)

- 2030년까지 일본 최초의 상업용 CCS 프로젝트에 착수, 2050년까지 일본 해역에서 연간 1.2억~2.4억 톤의 CO₂ 저장 계획 발표
- 7개 프로젝트가 타당성 조사 후보 사업으로 선정
(발전, 정유, 철강, 화학, 제지, 시멘트 등)
- 이들 프로젝트를 통해 연간 1300만톤의 CO₂ 저장
(이 중 5개 프로젝트는 일본, 나머지 2개 프로젝트는 말레이시아 및 오세아니아에 각각 CO₂ 저장할 계획)
- CCS 비용을 향후 40% 저감하는 목표 설정

The selected project proponents are:

- 1 JAPEx, Idemitsu, Hokkaido EPC
- 2 Itochu, Nippon Steel, Taiheiyō Cement, Mitsubishi Heavy Industries, INPEX, Taisei Corporation (General Constructor)
- 3 JAPEx, Tohoku EPC, Mitsubishi Gas, Hokuetsu (Paper mill), Nomura Research Institute (Consulting)
- 4 INPEX, Nippon Steel, Kanto Natural Gas
- 5 ENEOS (Refinery), JX Oil, J-Power
- 6 Mitsui & Co.
- 7 Mitsubishi Corp., Nippon Steel, Exxon Mobil Asia Pacific

2023년 주요 프로젝트

□ 일본 선적 기업들이 액화상태의 CO₂ 운반 CCS 프로젝트에 적극 참여중

- Japan CCS는 Kansai Electric Power와 교토 화력 발전소에서 포집한 CO₂를 Tomokomai CCS 설비로 운반하는 시범사업 추진중, 2024년 운영 착수 예정
- 세계 최초 액화수소 운반선 Suiso Frontier는 2022년 호주 빅토리아에서 일본으로 수소를 운송, 이는 석탄가스화 수소 시범사업인 'Hydrogen Energy Supply Chain'의 중요한 이정표

□ DAC와 바이오매스 CCS 사업

- '23년 South Pole, Mitsuishi Co. 합작 NextGen이 세계 최대 규모의 영구적 탄소제거 인증 획득
 - 미국 Midwest 바이오매스 탄소제거 프로젝트, 텍사스주 DAC 프로젝트, 핀란드 바이오차 프로젝트로부터 93,125톤의 탄소제거 인증서 선구매

□ 말레이시아

CCS 정책

- 2030년까지 해안 저장허브를 구축, 저장용량의 60%는 자국 Petronas 등에 할당하고 나머지 40%는 기타 국내외 사용기업에 할당할 계획
- 2023년 예산에 CCS 세액공제안 포함

2023년 주요 프로젝트

- Sarawak 인근 해역 Kasawary CCS 프로젝트
 - 2025년 이후 연간 450만톤의 CO₂를 포집하여 135km 파이프라인 운송을 거쳐 M1 필드의 폐유전/가스전에 저장할 계획
- Sarawak 인근 해역 Lang Lebah는 태국 국영 정유사 PTTEP가 발견한 가장 규모가 큰 저장소
- SK, 한국석유공사 등이 Sarawak와 '셰퍼드 프로젝트' MoU를 맺어 CCUS 산업 진출 계획

□ 인도네시아

CCS 정책

- 에너지자원부 Task Force 통해 CCUS 규제 수립
- 국가행동계획(NAP) 내 CCS 역할 인정

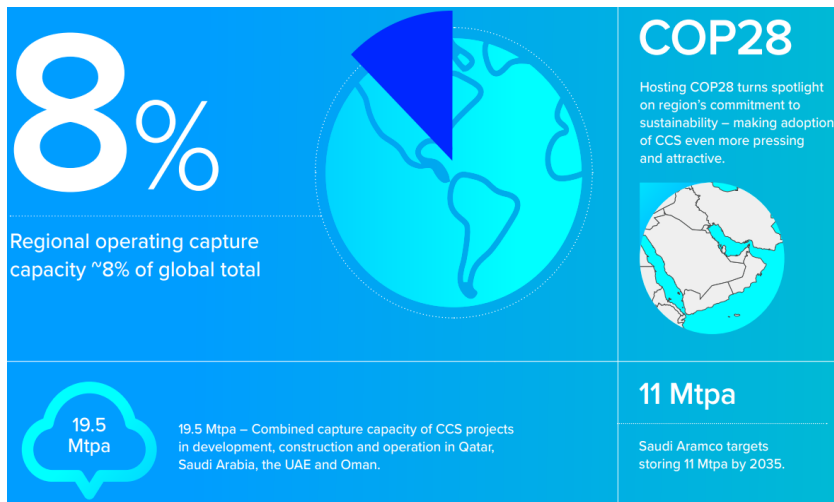
2023년 주요 프로젝트

- BP의 Tangguh LNG 프로젝트 및 Vorwata CCUS 프로젝트 확장계획 승인 (2027년 내 완공 예정)
 - 가스회수 및 영구저장 목표로 연간 400만톤 CO₂ 주입
- Repsol의 Sakekamang CCS 프로젝트
 - 2027년 첫 주입 시작으로 250만톤 CO₂ 영구 저장
- Japan Oil, Gas and Metals Nat'l Co (JOGMEC), Mitsubishi Co, Bandung Institute of Technology 등 4개 기관은 암모니아 생산 CCS 프로젝트
합작 연구 합의

□ 중동

CCS 정책

- 사우디아라비아, UAE, 바레인, 이집트, 이라크, 이란은 UNFCCC에 제출한 2030 NDC 보고서에 CCS 정책 포함시킴
- 중동지역의 자발적 탄소시장 이니셔티브들이 CCS 프로젝트 활성화 촉진



2023년 주요 프로젝트

- 카타르, 사우디아라비아, UAE, 오만 4개국 운영/시공/개발중인 CCS 프로젝트의 연간 CO₂ 포집용량은 총 1950만톤으로, 전세계 포집량의 8% 차지
 - Qatar Gas가 Ras Laffan 가스액체화 공장에서 연간 210만톤 CO₂ 포집 (2025년까지 연간 500만톤으로 상향 계획)
 - Saudi Aramco가 Hawiyah Natural Gas Liquid 공장에서 연간 80만톤의 CO₂ 포집 (2035년까지 연간 1100만톤으로 상향 계획)
 - Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC)의 1단계 Al Reyadah 프로젝트가 아부다비 Emirates Steel 공장에서 연간 80만톤 CO₂ 포집 (2030년 이전 연간 500만톤으로 상향 계획)



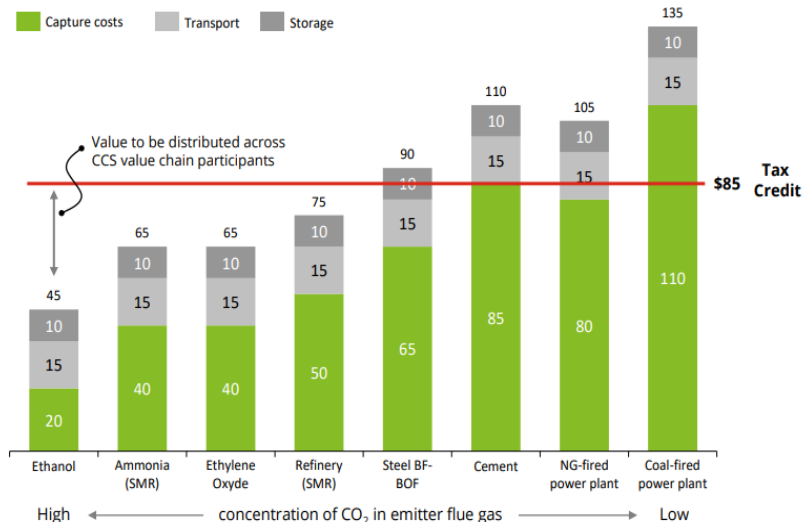
4

CCS 시장경쟁력 확보 과제

- IEA의 Sustainable Development Scenario(SDS)에 따라 전세계 배출량 감축 목표 중 15%를 CCS를 통해 달성하려면, 최소 1.5조 달러의 투자가 필요 (특히 민간투자 중요)
- CCS 사업 예상 수익에 대한 불확실성이 민간 프로젝트 파이낸싱 활성화 저해
 - ❖ CCS 투자 불안 요소 : Ex) 프로젝트 지연, 예상 사용량과 실제 사용량 차이로 인한 CO₂ 저장시설 활용 저조, 저장시설에서의 CO₂ 누출 등
 - ❖ CCS 사업 예상 내부수익률(IRR) : 한자릿수
- 민간투자 유치를 위해서는 ‘financially viable CCS business model’을 구축하는 것이 중요

① 정부 direct grants, 보조금, 세액공제만으로 Cover할 수 없는 CCS 사업비용을 탄소금융 등 추가적인 Revenue 창출 구조를 통해 프로젝트 수익성을 향상시킬 수 있음

Tax credit (45Q) mechanism in US (USD per ton of CO₂)



Sources: IIRA/IEA, expert interviews, Deloitte analysis

- ❖ 탄소포집 (Carbon Capture) 비용이 전체 사업 비용의 50%를 차지
- ❖ 철강, 시멘트, 화력발전 등 배가스 CO₂ 농도가 낮은 업종의 포집 비용은 70~110달러로 높음
- ❖ 미국 45Q Tax Credit의 세액공제가 85달러이고, CO₂ 운송 및 저장 추가 비용까지 감안할 때 CCS 사업의 리스크 부담 메커니즘이 없는 상황에서 일부 업종은 세액공제 등 정부 보조금만으로 프로젝트 수익성을 담보할 수 없음

출처: Deloitte 「Carbon Capture Usage and Storage: Seeking a bankable business model」 보고서 (2023.11)

- ① 정부 direct grants, 보조금, 세액공제만으로 Cover할 수 없는 CCS 사업비용을 탄소금융 등 추가적인 Revenue 창출 구조를 통해 프로젝트 수익성을 향상시킬 수 있음

※ [탄소금융 활용 사례]

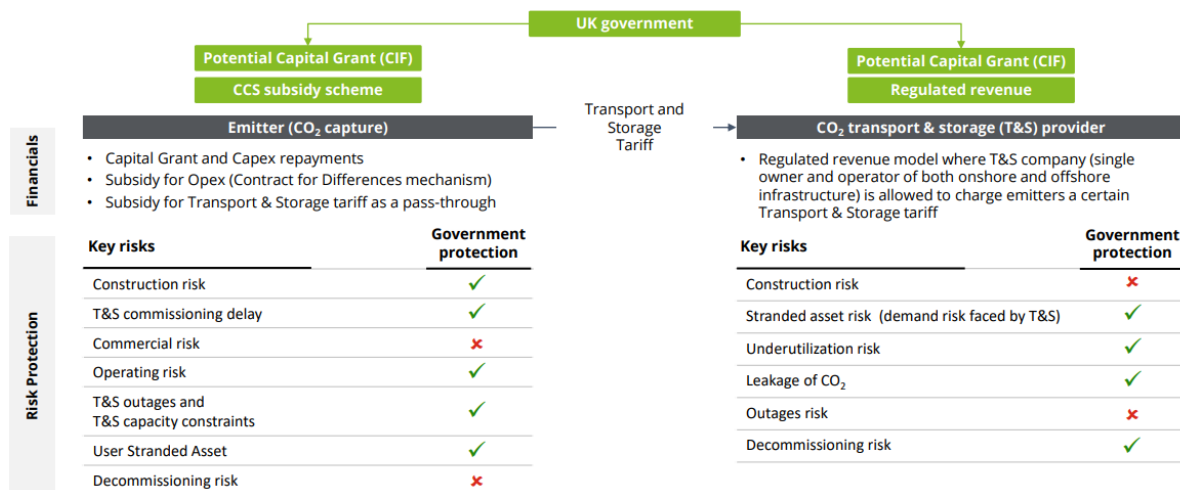
미국 캘리포니아주 ‘저탄소 연료표준(Low Carbon Fuel Standards, LCFS)’ :

- 2019년 개정을 통해 캘리포니아에서 판매되는 저탄소 수소연료에 기여하는 전세계 CCS/DAC 프로젝트 운영자가 크레딧을 받아 의무 탄소시장에서 거래 가능
 - LCFS 런칭 후 1년 간 크레딧 거래가격: \$122/tCO₂ ~ \$190/tCO₂
- Carbon Engineering은 180달러 세액공제로 부족한 DAC 포집 비용(톤당 300달러)을 LCFS 탄소금융 제도로 보상받고, 수익 창출 예정
- 오리건주, 워싱턴주, 브리티시 컬럼비아주에서 유사한 법안 시행중이며 다른 주정부들도 주 특성에 맞는 LCFS 프로그램 런칭을 검토중

✓ 탄소시장과 연계된 CCS 정책을 통해 사업 경제성 향상 및 기술 Scale-up 촉진 가능

② 정부의 사업 리스크 보증(guarantee-type of risk protection)을 통해 CCS 시장경쟁력을 제고할 수 있음

- ❖ CCS 사업의 주요 Risks : Ex) 포집된 CO₂ 누출, 저장시설 활용도 저하, 저장시설 사용중단, 시설해체 리스크 등
- ❖ 영국 정부는 CCS 프로젝트의 배출업체(Emitters)와 운송/저장업체(T&S Providers)의 사업 리스크를 공공 부문에서 나누어 부담하는 Risk Protection 제도를 운영중



Sources: UK government ICC and T&S business models, Deloitte analysis

② 정부의 사업 리스크 보증(guarantee-type of risk protection)을 통해 CCS 시장경쟁력을 제고할 수 있음

※ 영국 에너지안보탄소중립부(DESNZ)의 CCS 사업 Risk Protection 제도

- SCA(Supplementary Compensation Agreement) : CO₂ 누출 시나리오 등 확률은 낮으나 발생 시 대형사고가 예견되는 Risk에 대해 상업용 보험이 충분한 역할을 할 수 없는 경우, 정부가 운송/저장업체의 손실 일부를 지불하는 보증 계약
- RSA(Revenue Support Agreement) : 정부가 세금 혹은 에너지소비세 등을 활용하여 운송/저장업체의 수익성 부족분 일부를 보장하는 약정
- Decommissioning funds : CO₂ 저장시설 해체 혹은 시설 용도 변경 단계에서의 배출업체 혹은 운송/저장업체 사업 리스크를 정부가 분담하는 기금

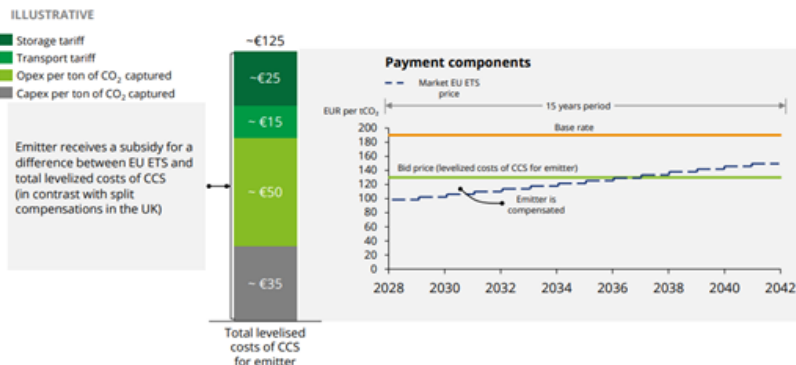
✓ CCS 사업 리스크를 정부에서 분담하는 안전 장치 제공이 사업자의 CCS 프로젝트 수익성과 더불어 민간투자자의 투자 유인을 증가시킬 수 있음 22

③ 탄소차액계약제도(CCfD) 도입이 배출권 가격이나 세액공제와 배출업체의 높은 CCS 사업 비용 간 gap을 좁힘으로써 프로젝트 경제성을 높일 수 있음

- ❖ 네덜란드, 독일, 영국, 프랑스가 탄소차액계약제도를 既도입 혹은 도입 예정
- ❖ 탄소차액계약의 정의와 재원 등을 포함한 EU ETS 개정법안이 2023년 최종 승인되어 개별 국가뿐만 아니라 EU 회원국 전반의 제도 운영 가능성 有

〈네덜란드 탄소차액계약제도〉

Overview of financial support for an industrial emitter



✓ 국내의 경우 제조업의 저탄소 전환 지원을 통한 무역 리스크 저감 및 수출경쟁력 강화 정책 목표에 맞는 탄소차액계약제도 설계 필요

- CCS, CDR 활동에 대한 정량화, 평가기준, 인증제 등
국가 차원에서의 표준화 선점 전략으로 향후 탄소배출산업에
새로운 자금조달 촉진 및 탄소중립 산업의 국제적 리더십을
강화할 수 있음
- EU의 탄소제거인증제, 미국 캘리포니아주 저탄소 연료표준, 호주 CCS
산정방법론 등은 탄소저감 활동을 증빙할 수 있는 제도적 장치를 갖춘
해당 지역/국가 기업들이 무역이나 입찰경쟁에서 우위를 차지할 가능성을
높일 수 있음
- ✓ 국내에서도 CCS를 통한 온실가스 감축량 산정방식과 배출권거래제
연계방안, 저장소 보유국들과의 탄소배출권 분배방식 등의 구체적 방법론
정비를 통해 국내 기업의 CCS 시장경쟁력 강화 필요

- 각국의 CO₂ 저장소 확보 모멘텀이 가속화되는 가운데, 한국도 지중 저장 노하우를 갖춘 국가들과의 기술 협력과 CO₂ 국가 간 거래 사업을 강화하고, 그 과정에서 차세대 성장산업으로 부상한 CO₂ 운반선 기술 발전을 통해 CCS 첨단산업 핵심 플레이어 역할을 주도해야 함
- 지리적으로 가깝고 고갈 유·가스전, 대염수층 등 풍부한 CO₂ 저장소를 보유한 호주, 동남아 등 아시아태평양 지역과의 **CO₂ 국가 간 거래 프로젝트를 강화함으로써 운송거리 단축 및 이를 통한 사업 경제성 향상**
- **CO₂ 국외 수송을 위한 액화설비, 터미널 및 운반선에 대한 정부의 pinpoint 자금지원을 통해 저장소가 풍부한 국가 대비 기술 적용 단가가 높은 국내 CCS 사업 여건 획기적 개선**
 - 노르웨이 정부는 Northern Lights Project 하에서 7500m³ 규모의 CO₂ 운반선 2대 제작중
 - HD한국조선해양은 2023.6월 그리스 Capital Maritime Group으로부터 LCO₂ 운반선 2척을 수주(1척 당 2만 2000m³의 LCO₂ 운반 가능), 2025년부터 인도 예정
 - Mitsubishi Shipbuilding Company 등 일본 선적 기업들도 미래성장동력 일환으로 액화 CO₂ 운송 CCS 프로젝트에 적극 참여중



감사합니다.



KBCSD