

탄소 공동저장 동향 및 국제협약에서의 시사점¹⁾

추 다 해
에너지경제연구원 부연구위원



1) 본고는 추다해, 김수인, 「탄소중립 이행을 위한 국외 탄소저장소 확보 전략 연구」, 에너지경제연구원(2024)의 주요 내용을 요약 및 추가한 것임.

01 탄소중립 이행과 탄소포집·저장

→ TRENDS AND ANALYSIS

2024년 1월 9월 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률안(이하, CCUS법)」이 국회를 통과하며, 우리나라의 이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용(Carbon Capture, Utilization, and Storage, CCUS)²⁾ 사업 현실화를 위한 기반 요건이 마련되었다. CCUS 사업 진행을 위해 기존 40여 개 개별법에 대한 검토가 필요했지만, CCUS 관련한 단일 통합법이 마련되면서 본격적인 국내 CCUS 사업 진행을 위한 제반 여건이 마련된 것이다.

CCUS는 비단 우리나라뿐만 아니라 전세계적으로 인지되는 탄소중립을 위한 이행수단이자 감축기술이다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)가 2021년 발간한 「2050 넷제로 보고서(Net Zero by 2050)」³⁾는 2050년까지 전세계적으로 넷제로(Net Zero)³⁾를 달성하기 위한 경로를 제시한다. 해당 보고서에서 제시된 넷제로 경로에 따르면, 2030년 이전 단기적인 배출 저감을 위해서는 기존의 태양광, 풍력과 같은 재생에너지나 에너지 효율 등의 수단이 활용되어야 한다. 그러나, 2030년 이후에는 CCUS나 수소와 같은 새로운 탄소 저감기술이 주요 감축수단으로 부상한다. 이 배경에는 전기화, 연료 대체나 공정 전환 등을 통해 추가적인 배출 감축이 불가능하여 최후까지 잔존하는 온실가스 배출량의 존재로 인해, CCUS를 통한 대기 중의 탄소 격리가 필수적이기 때

문이다.

대표적으로 철강, 석유화학, 시멘트 산업 등은 산업공정의 전환을 통한 온실가스 무배출이 사실상 어려운 난감축 산업으로 분류된다(IEA, 2020). 예를 들어 시멘트 산업은 석회를 가열하여 산화칼슘과 탄소로 분해하는 시멘트 생산 핵심 공정에서 상당한 양의 탄소배출이 발생한다. 이 때, 공정의 전환을 통한 추가적인 배출 저감은 사실상 불가능에 가까우며 CCUS를 통한 배출 감축이 유일한 선택지로 고려되고 있다. CCUS가 화석연료 사용을 지속시키기 위한 단기적인 배출 회피 수단이라는 비판적인 시각 역시 존재하지만, 이러한 난감축 산업의 온실가스 배출 감축을 위해서는 신규 청정기술이 개발되기 전까지 CCUS의 가용성에 의존할 수 밖에 없는 실정이다.

이 같은 사실은 국제적인 기후변화 관련 협의 및 연구에서도 지속적으로 조명되고 있다. 최근 동향을 보면, 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 「제6차 평가보고서 종합보고서(Synthesis report of the IPCC sixth assessment report)」와 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(The 28th meeting of the Conference of the Parties, COP28)의 결과물인 UAE 컨센서스에서도 넷제로 이행에서의 CCS 역할이 다시금 강조되었다. IPCC 제6차 종합보고서는 글로벌 넷제로 달성을 위

2) CCUS는 이산화탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Storage, CCS)와 이산화탄소 포집 및 활용(Carbon Capture and Utilization, CCU)을 아우르는 개념으로, 대기 중의 이산화탄소를 포집 및 분리하여 대역수송과 연안 등과 같은 심부지층에 저장(CCS)하거나 포집된 이산화탄소를 공급 원료로 활용하여 시장가치가 있는 제품으로 활용(CCU)하는 기술을 통칭함. 본고는 맥락에 따라 CCUS와 CCS로 구분하여 명기함.

3) 넷제로(Net Zero)는 대기에 대한 온실가스의 인위적인 배출이 일정기간동안 인위적 흡수(removal) 등의 상쇄를 통해 영(0)의 균형을 이루는 것을 의미함.

한 모델링 경로에서 재생에너지 확대와 더불어 ‘CCS를 활용한 화석연료(Fossil fuel with CCS)’를 주요 감축 수단⁴⁾으로 고려한다. 또한, 파리협정 장기온도 목표와 관련하여 전지구적인 이행을 처음으로 점검한 제1차 전지구적이행점검(Global Stocktake, GST) 결정문에서 2030년까지 추가적인 온실가스 배출 감축을 위한 수단으로 CCUS를 명시⁵⁾한 것 역시 주목할 만한 대목이다.

본고는 이같이 국내외 안팎에서 조명되고 있는 주요

감축기술인 CCUS를 탄소 공동저장을 위한 국제협약 하의 쟁점 측면에서 살펴본다. 2절에서는 우리나라의 탄소중립 이행에서의 CCS와 탄소 공동저장의 필요성과 국제적 현황을, 3절에서는 탄소 공동저장을 위한 국제협약 내의 쟁점에 대해 살펴본다. 이를 기반으로 4절은 탄소 공동저장을 지원하기 위한 정책적 시사점을 제시하며 마무리 짓는다.



4) IPCC(2023), p.23.

5) Decision-/CMA.5, p.5.

02 탄소 공동저장의 필요성과 글로벌 현황

TRENDS AND ANALYSIS

가. 우리나라의 탄소중립과 해외 탄소저장소 활용

우리나라는 2050 탄소중립을 선언하며, 「2030 국가 NDC 상향안」, 「2050 탄소중립 시나리오」, 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가기본계획(이하, 「제1차 국가기본계획」)」 등을 통해 2050년까지의 국가적 이행 경로에 대해 청사진을 제시하였다. 국내 CCS 관련 정책 목표를 살펴보면, 2030년까지 2018년 기준연도 대비 온실가스 배출 40% 감축을 위해 1,120만 톤의 온실가스를 포집하여 저장하거나 활용이 계획되어 있다. 그리고 2050년에 이르러서는 여러 감축 수단을 활용하는 것과 더불어, 5,510~8,460만 톤의 온실가스를 포집해 저장 및 활용해 탄소중립을 달성하는 것을 계획하였다.

2023년 발표된 제1차 국가기본계획은 기존 NDC 상향안에서 제시하는 국내 탄소중립 이행 계획을 국내외 여건을 반영하여 재정비하였는데, CCUS의 중요도가 확대된 것이 주목할 만하다. 기존 NDC 상향안에서는 CCUS를 통해 총 1,030만 톤의 온실가스 감축을 계획했던 것에 반해, 제1차 국가기본계획에서는 총 1,120만 톤의 배출을 감축하는 것으로 CCUS 역할이 확대되었다. 더불어, 구체적인 연도별 CCUS 감축 경로를 제시하였다. 2026년 동해가스전에 탄소저장을 개시하여 국내적 저장 환경을 구축하고, CCUS 개발 가속화를 통해 블루수소 생산을 보조하는 등 탄소중립 이행에서의 CCUS 역할이 확대된 것이 특징적이다.

표 1 연도별 온실가스 배출과 CCUS 감축 목표

부문	2018	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
합계	686.3	633.9	625.1	617.6	602.9	585.0	560.6	529.5	436.6
CCUS	-	-	-	-	-0.4	-0.7	-1.3	-3.2	-11.2

자료: 관계부처합동(2023), 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」

CCS와 관련한 국내 탄소중립 이행 정책에는 우리나라 인근 부지를 활용한 자체적인 탄소를 저장과 동시에 해외의 고갈 유·가스전이나 저장 유망구조를 활용한 탄소 저장 활용이 기저에 존재한다. 우리나라를 둘러싼 지형적 여건을 고려하면 이산화탄소를 저장할 수 있는 잠재적인 국내 저장용량은 약 7.3억 톤 규모로 추산⁶⁾된다. 그러나, 이 잠재 용량이 실제 활용될 수 있을지, 나아가 탄소 저장이 가능하다면 실제 주입이 가능한 시점이 언제일지에 대한 불확실성은 여전히 상존한다. 현시점에서 단기적으로 활용이 가능한 저장용량은 약 1,400만 톤⁷⁾에 불과하며, 추가적으로 잠재 저장 유망구조를 활용하기 위해서는 실제 사업화를 위한 추가적인 탐색과 개발이 선결되어야 하는 상황이다. 다만, 2023년 7월 군산 분지 해저 시추 중지 사례⁸⁾를 반추하면 새로운 분지 탐색과 이를 기반으로 한 국내 탄소저장 사업 추진에 상당한 어려움과 지연이 발생할 가능성 역시 배제하기 어렵다.

6) 산업통상자원부·해양수산부 합동보도자료(2021).

7) 산업통상자원부·해양수산부 합동보도자료(2021)에서 4단계 유망구조를 의미함.

8) 한국일보(2023). 단독 탄소저장소 확보 위한 서해 시추 중단… 탄소중립 계획 차질 빚을라(2023.07.06.). <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2023070513560002178?did=NA> (최종접속일: 2024.3.16.)

더욱이 여전한 선도국과 CCS 기술격차는 탄소중립 이행을 보조하기 위한 적기 국내 저장소 활용이나 추가적인 저장부지 개발에 대한 우려를 낳는다. 2010년 발표된 「CCS 종합 추진계획」을 기반으로 진행되었던 CCS 생태계 개발이, 2018년 발생한 포항 지진의 여파로 대폭 축소되면서 관련 기술 개발에 지연이 발생하였기 때문이다. 현재까지 우리나라의 CCS 실증 경험은 포항 분지에서 이루어진 100톤 규모의 주입이 유일한데, 이마저도 포항 지진으로 인한 탄소 저장 관련 주민 수용성 문제로 프로젝트 목표인 5,000톤 주입을 완료하지 못한 상태로 최종 철거 결정이 내려지며 종료되었다. 이러한 포항지진 여파는 CCS 생태계 전반에 걸친 기술 개발을 둔화시켜, 한국에너지기술연구원(2021)에 따르면 우리나라의 CCUS 기술은 선도국 대비 약 80% 수준에 불과⁹⁾한 것으로 평가된다.

종합하면, 우리나라 탄소중립 이행을 위해서 국내 탄소저장소 개발과 탄소 활용기술 개발 외에도 해외 저장소 확보를 기반으로 한 탄소 공동저장을 위한 국제협력이 필수적으로 판단된다. 그리고 탄소 공동저장을 현실화하기 위해 요구되는 국제협약 하에서의 쟁점 식별과 국내 대응 방안 마련 및 지원 체계 구축이 필요한 상황으로 진단된다.

나. 탄소 공동저장 현황과 쟁점

전세계적으로 탄소를 저장할 수 있는 장소는 한정적으로 분포되어 있으며, 저장소 개발 수준 역시 지역별로 큰 격차를 보인다. 문헌에 따라 수치에는 차이가 있지만, 현재까지 평가된 기술적 지질 저장용량은 공통적으로 지구 온난화를 1.5℃ 이하로 제한하기 위해 필요한 탄소저장 요구량을 초과하는 것으로 알려져 있다.

그림 1 주요 유가스전의 잠재적 탄소저장 자원 (단위: MtCO₂)

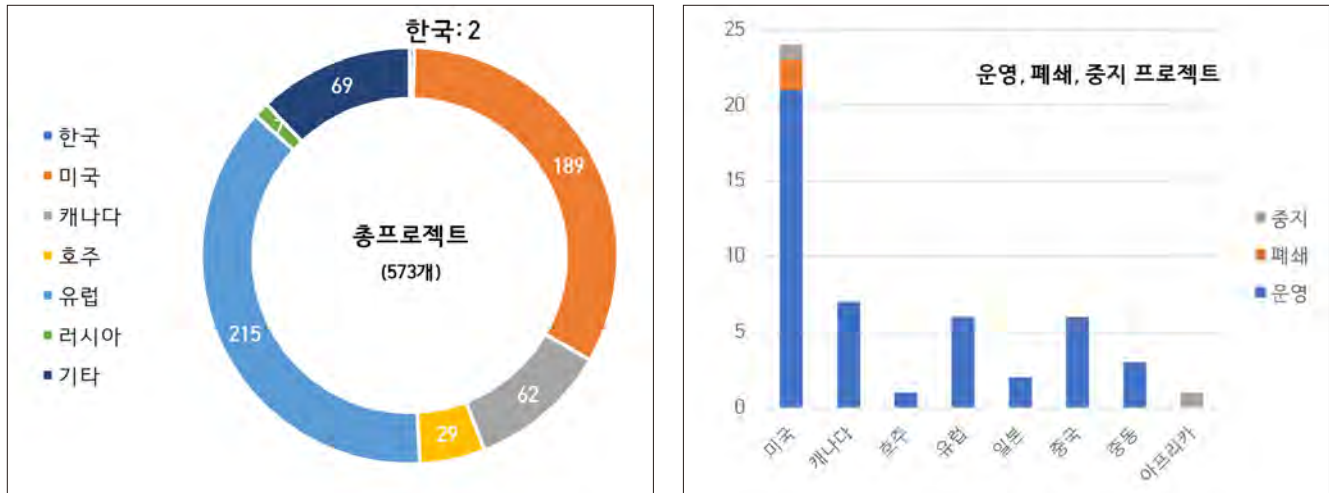


자료: GCCSI(2020), p.28. Figure 10.

9) 한국에너지기술연구원(2021).

그림 2 글로벌 CCUS 프로젝트 현황

(기준일: 2023년 3월)



자료: IEA(2023)—CCUS Projects Database를 기반으로 저자 작성

또한, 근시일 내 탄소저장소로 전환 및 활용될 가능성이 높은 고갈 유·가스전¹⁰⁾의 분포는 지역적으로 큰 격차를 보인다. GCCSI(2020)에 따르면, 가장 많은 유·가스전을 보유한 국가는 미국이며, 호주, 노르웨이, 말레이시아, 인도네시아, 러시아 등이 유·가스전에 기반한 높은 탄소저장 잠재용량을 가진 것으로 파악된다.

현재 계획된 CCUS 프로젝트 수 측면에서도 지역적 격차는 뚜렷하다. 전세계적으로 발표된 CCUS 프로젝트는 573개¹¹⁾에 이르지만, 이 중 215개가 유럽, 189개가 미국, 62개가 캐나다를 기반으로 하여 전체 약 81.3%에 이르는 프로젝트가 북미와 유럽에 집중(IEA, 2023)되어 있다. CCS 산업의 상대적 성숙도를 살펴보기 위해 현재 운영 중이거나 중지 및 폐쇄된 프로젝트로 한정지어 보면, 지역적 집중도와 격차는 더욱 심화된다.

현재 운영, 중지, 폐쇄된 프로젝트는 총 51개¹²⁾이지만, 이 중 60%가 넘는 CCUS 프로젝트가 미국과 캐나다를 중심으로 소수의 선진국에서 진행되고 있음을 알 수 있다. 탄소를 저장할 수 있는 지형적 제약 외에, 대규모 비용과 새로운 기술 개발이 필요한 CCUS 산업 특성상 선진국을 중심으로 탄소저장 산업이 진행되었기 때문이다.

탄소 포집·저장의 중요성에도 불구하고, 최근까지 탄소저장과 관련된 산업은 기대에 미치지 못한 성장세를 보였다. 2010년 이후 10년간 CCUS 도입은 IEA의 목표치인 3억 톤에 크게 미치지 못한 4,000만 톤에 불과(IEA, 2020)하였으며, 여타 청정에너지 기술에 비해 현저히 낮은 투자 규모를 보였다. 이 같은 현상에는 CCUS에 대한 대중의 안정성 및 환경적 영향에 대한

10) 이산화탄소의 지질학적 저장은 석유나 가스 추출의 가역 과정과 유사하기 때문에 사업종료가 임박한 유·가스전은 가장 가능성이 높은 탄소저장소로 고려됨.

11) 운영, 중단, 폐기, 계획, 건설 중 등을 포함.

12) 폐쇄된 프로젝트는 미국과 알제리아에서 각각 2개, 1개, 운영이 중지된 프로젝트는 미국에서 1개로 집계되며, 나머지 프로젝트는 모두 계획이나 건설 중(IEA, 2023).

우려 외에도, 이산화탄소의 상품성 부재가 CCS 산업 성장의 가장 큰 걸림돌로 작용한 것으로 보인다.

구체적으로, 대규모 투자가 소요되는 저장소 개발 실패에서 오는 투자 좌초 위험과 이산화탄소 상품의 경제성 부재 문제는 탄소저장 사업 성장을 지연시키는 주된 원인으로 작용하였다. 탄소저장 사업에는 탄소 포집 기술 개발 및 시설 구축, 수송망 형성, 저장소 개발 전체를 아우르는 대규모 투자가 요구된다. 그러나, 석유나 천연가스전 개발 사업과 마찬가지로, CCS 사업에서 영구적인 탄소격리가 가능한 대염수층이나 유가스전 탐색 좌초에서 오는 투자 실패 위험으로 인해 대규모 투자 결정에 어려움이 따랐기 때문이다.

나아가 탄소저장소 개발이 성공하더라도, 탄소 저장을 통한 수익모델이 부재하다는 사실은 CCS 생태계 성장을 지연시키는 추가적인 요인으로 작용하였다. 포집된 이산화탄소는 사실상 재화가 아닌 폐기물이므로, 이산화탄소 거래에서 발생할 수 있는 수익은 처리비용

을 부과하는 것이 거의 유일한 수익모델에 해당한다. 다시 말해 1톤의 이산화탄소를 처리하기 위해서 CCS를 활용하는 것보다 배출권을 구매하거나 탄소세를 지불하는 것이 경제적이기 때문에, 이산화탄소 처리를 위한 CCS 산업 성장 동인은 사실상 전무한 상태였다고 볼 수 있다.

이와 관련하여 ERCST(2021)는 교토의정서 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM)에서 CCS가 감축수단으로 인정되어 투자 요인이 존재하였음에도 불구하고, CCS 산업이 괄목할만한 성장을 보이지 못한 데에는 CCS 프로젝트의 낮은 상업성이 배경으로 작용한 것으로 분석한다. CCS 기술개발에 소요되는 막대한 비용을 보전할 수 있는 경제적 메커니즘은 사실상 탄소가격체계가 유일하지만, 청정개발체제가 운영되는 동안 전세계적으로 탄소가격체제는 전무하거나 그 가격이 매우 낮은 수준에 머물러 CCS 생태계 산업에 경제적 동인을 제공하지 못하였다는 것이다.

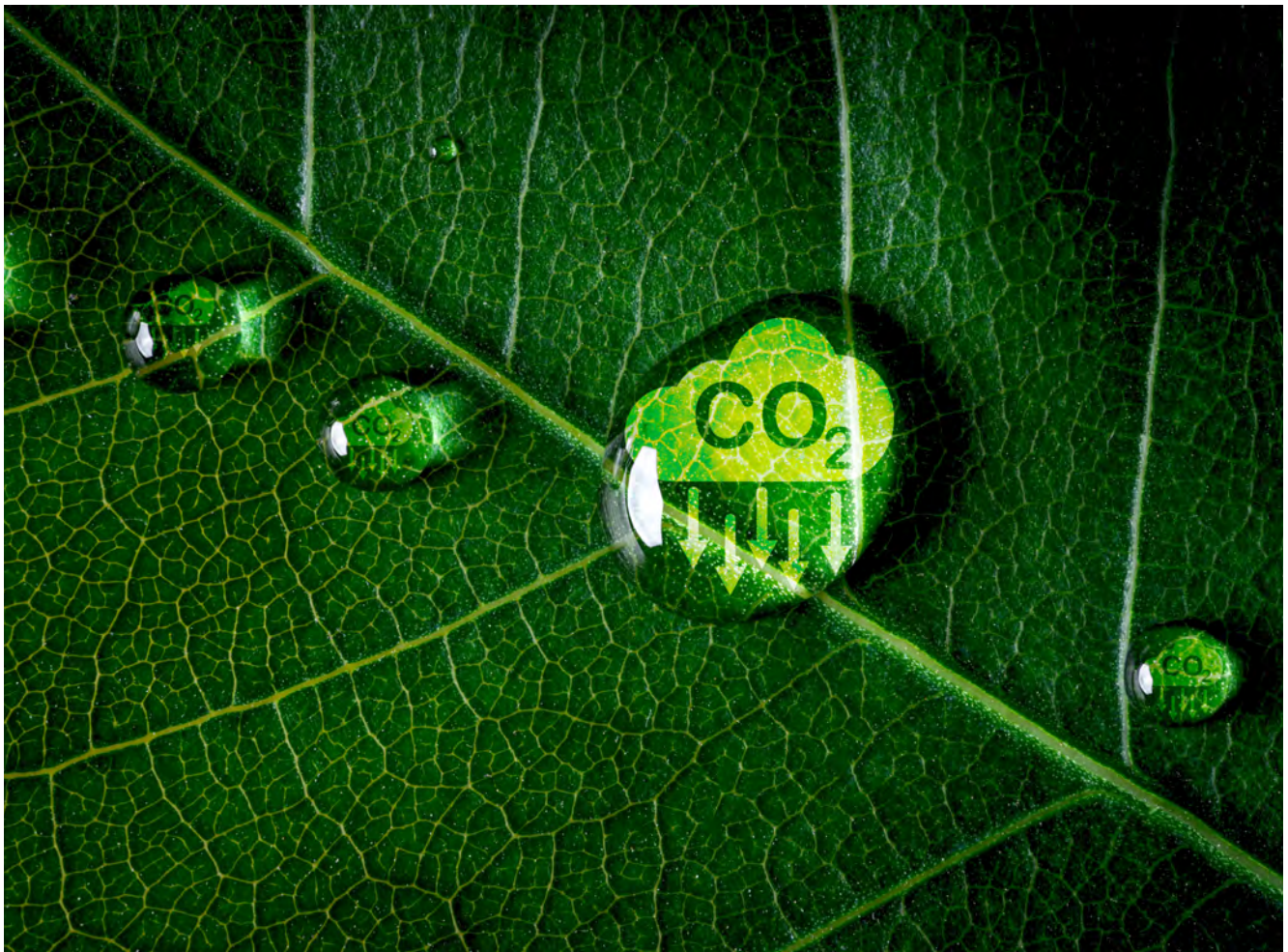
그림 3 이산화탄소 포집 허브와 저장 허브 형태



자료: GCCSI(2016), p.6. Figure 2.

다만 최근에 이르러 글로벌 넷제로 달성을 위한 이행 요구가 강화되고 이에 따라 탄소 저장이 필요하다는 국제적 공감대 형성되면서, CCUS 사업의 경제성 문제를 탄소저장 사업의 위험을 공유하여 개별 리스크를 최소화하는 방식을 통해 풀어가고 있다. ‘허브-클러스터(Hubs and Clusters)’는 이러한 리스크 공유의 가장 핵심이 되는 개념으로, 여러 산업 및 국가가 CCS 기반 시설과 기술을 공유하여 CCS 개발 및 운영에 소요되는 개별 분담 비용을 최소화하게 된다. 산업 단지의 포집 클러스터나 여러 탄소저장소를 포함하는 저장 클러스터를 형성하고, 포집된 이산화탄

소를 한 곳에 모아 저장소에 연결하기 위한 수송 허브를 운영하는 방식을 취하게 된다. 이와 같은 허브-클러스터를 통해 공유 인프라를 활용한 비용 절감 외에도 소규모 산업시설에서의 포집 현실화, 저장 사업 개발에 대한 상업적 위험이 감소한다는 이점이 발생(GCCSI, 2016)하여, CCS 산업의 새로운 동력으로 작용하고 있다.



03 국제협약 하에서의 탄소 공동저장

→ TRENDS AND ANALYSIS

가. 탄소의 국경이동과 런던의정서

CCUS 허브-클러스터 추세에 따라 다국적 탄소저장 프로젝트가 개시되면서, 탄소 공동저장을 현실화하기 위한 국제 규범 하에서의 검토 필요성 역시 대두된다. 특히, 유럽은 EU 공동체 간 기존 에너지 협력 추진의 경험을 기반으로 탄소저장에 대한 공동 협력을 빠르게 추진하며, 이 과정에서 유럽을 중심으로 런던의정서 제6조에 따른 이산화탄소의 국경이동과 저장에 대한 논의가 빠르게 확대되었다.

런던의정서의 제6조는 해양환경에 투기를 목적으로 폐기물이나 기타 폐기성 물질 수출을 금지¹³⁾하여 런던의정서 당사국이 비당사국에게 부당한 경로로 폐기물을 수출하는 것을 방지하고자 한다. 다만, 런던의정서에서 규정된 이산화탄소의 폐기성관련 내용이 이산화탄소의 해상운송과 격리를 사실상 금지하는 근거가 되어, 런던의정서 제6조는 국경이동을 수반하는 CCS 프로젝트 진행에서의 가장 큰 장애요인으로 작용하였다.

그러나, 난감축 부문의 배출 저감을 위한 다국적 CCS 협력이 가속화되며 런던의정서 개정 필요성이 대두되면서, 2009년 노르웨이를 중심으로 2009년 해저 지질구조의 저장을 목적으로 하는 이산화탄소의 국경간 이동을 다루는 개정안이 발의 및 채택되었다. 다만

2009년 개정안은 당사국 간의 이견으로 정족수가 미달되어 발효되지는 못하였으며, 2019년 해저 지중저장을 위한 이산화탄소 수출을 허용하는 제6조 임시이행 결의안이 채택되며 사실상 이산화탄소의 국경이동이 허용된 상황이다.¹⁴⁾

구체적으로 런던의정서 2019년 임시이행 결의안은 당사국이 임시이행 결의안에 대한 수락서를 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에 기탁한 후 이산화탄소의 수출입 국가 간 약정(arrangement) 혹은 협정(agreement)¹⁵⁾을 체결한 후 IMO에 통보하도록 요구한다. 약정이나 협정에 참여한 국가는 지질층, 저장무결성, 잠재적인 이동 및 누출 경로 특성 조사를 비롯한 종합적인 정보가 공유되도록 협력하도록 요구한다. 비당사국과의 수출입 약정의 경우 「해양법에 관한 국제협약(UNCLOS)」을 준수하며, 해양환경 보호나 지속 가능한 이용을 위한 국제 표준을 따르도록 요구한다.

우리나라는 2022년 4월 IMO에 개정안을 수락하는 절차를 완료하여 잠재적용선언국이 되었으며, 이에 따라 상대국의 개정안 수락이 완료되면 잠재적용선언국 간의 탄소수출입이 가능해진 상황¹⁶⁾이다. 따라서, 우리나라와 탄소 공동저장을 추진하는 국가에서 개정안 수

13) 런던의정서 제6조 내 원문은 다음과 같음: Contracting Parties shall not allow the export of wastes or other matter or other countries for dumping or incineration at sea.

14) 구체적인 런던의정서 개정 경과를 살펴보면, 먼저 2006년 런던의정서 개정안은 탄소스트림의 투기성 폐기물 또는 기타물질에 포함하여 탄소스트림에 대한 규제안을 마련하였으며, 2007년 발효된 CCS 개정안을 통해 포집된 이산화탄소의 영구적 격리를 위한 주입에 대한 국제 환경법적 근거가 마련됨. 이후, 2009년 노르웨이가 탄소스트림의 수출을 금지하는 런던의정서 제6조 개정을 제안하고 채택되었으나 정족수 미달로 발효되지 못하여, 탄소스트림 수출입을 위해서는 2019년 임시이행 결의안을 따르는 것이 필요(IEAGHG, 2021).

15) 협정(agreement)은 주로 정부 간 체결을 통해 전문적이거나 기술적인 주제를 다루어 조정이 어렵지 아니한 사안에 대해 합의를 의미하며, 약정(agreement)은 정부기관 간 체결되는 약정으로 모조약의 근거없이 소관업무에 관한 기술적 협력사항을 규정하는 경우 등을 의미함(외교부 홈페이지).

16) 2023년 기준 기탁 국가는 노르웨이, 영국, 네덜란드, 이란, 핀란드, 에스토니아, 스웨덴, 덴마크, 한국, 벨기에이며, 스위스와 호주가 자국내 법안 기준을 통해 런던의정서 개정을 추진 중.

표 2 런던의정서 개정안 및 결의안에 따른 탄소스트림 운송 규정

		탄소스트림 수입국 지위	
		당사국(CP)	비당사국(Non-CP)
수출국 지위	당사국	· CP는 2009년 개정안의 임시적용 선언서를 IMO에 기탁 · CP는 반드시 의정서 및 기타 적용가능한 국제법 조항 관련한 허가 책임의 확인과 할당을 포함하는 약정(arrangement)이나 협정(agreement)을 체결 후 IMO 통보	· 수출 CP는 의정서 조항 준수 책임 · CP는 Non-CP가 최소한 CP가 직접 이산화탄소를 저장할 때와 같은 수준의 환경보호를 제공하겠다는 약정이나 협정을 수립 · 약정 및 협정에는 허가증 발급 및 허가 조건이 포함
	비당사국	· Non-CP가 약정이나 협정을 위반한 경우, CP는 시정을 위한 협의에 참여 · 중대한 위반이 지속되는 경우 CP는 수출을 종료	· 의정서 적용에서 제외

자료: IEA(2022), p.75. 내용을 인용한 추다해-김수인(2023), p.22. <표 2-5>를 요약 정리

락을 IMO에 기탁한 후, 양국 간 약정이나 협정 체결을 통해 탄소스트림¹⁷⁾의 국경이동이 가능하다. 대표적으로, SK E&S와 바유-운단 CCS 프로젝트를 진행 중인 호주에서는 2023년 11월 런던의정서 개정안이 비준되어 이산화탄소 수출입을 위한 기초적 제반 여건이 조성되었다. 이외 국내 기업과 CCS 프로젝트를 추진 중인 말레이시아나 인도네시아는, 런던의정서 비당사국으로 IMO 개정안 수락서 기탁 절차가 요구되지는 않는다.¹⁸⁾ 따라서, 국경이동 CCS 프로젝트 현실화를 위해 이산화탄소 수출과 탄소저장에 관한 약정이나 협정 체결과 관련한 절차만이 남아있는 상태이다.

런던의정서와 관련하여 덴마크-벨기에 간 세계 최초 국경이동 이산화탄소 주입은 이산화탄소 수출에 관한 주요 참고 사례이다. 2022년 9월 13일 덴마크와 벨기에

는 국경이동을 수반하는 이산화탄소 수송 관련 양해각서(Memorandum of Understanding, MoU)를 체결¹⁹⁾하고, 2023년 3월 8일 벨기에 Antwerp 지역에서 포집된 이산화탄소를 선박으로 수송하여 덴마크에 위치한 Nini West 고갈유전에 저장, 세계 최초의 국경이동을 수반한 이산화탄소를 주입한 사례로 기록되었다.

이와 같이 세계 최초 국경이동 이산화탄소 주입을 가능하게 한 양국의 양해각서는 양해각서의 범위, 크레딧 할당, 참여국 간 약정, 개정절차 및 상호 이해, 최종 조항의 총 5가지 항목으로 구성되어 있다. 먼저 제1항은 양해각서가 유럽연합법을 준수하며 동시에 런던의정서에 관한 약정(arrangement)임을 명시한다. 제2항은 크레딧 할당에 관한 것으로, 덴마크 에너지청이 이산화탄소 저장 허가서와 ETS 허가서 발급 책임을 가지며, 벨기에

17) 탄소스트림은 기체상태의 이산화탄소를 인공적으로 고압 압축된 기체와 액체의 혼합물로, 이산화탄소의 수송을 위해서 통상 탄소스트림화 시키게 됨

18) 말레이시아나 인도네시아는 런던의정서 비당사국인 이산화탄소 수입국이므로, <표 2>에 따라 우리나라가 런던의정서 조항의 준수 책임과 최소 당사국이 직접 이산화탄소를 저장할 때와 같은 수준의 환경 보호를 제공하겠다는 약정 또는 협정이 요구됨.

19) 양해각서 체결 주체는 벨기에, 덴마크, 벨기에 플랑드르 지방정부로 구성되어 있으나, 편이상 벨기에-덴마크로 약칭함.

는 ETS 허가서 발급과 이산화탄소 저장허가서, 탄소스트림 선박 수송에 대한 기술적 규칙을 규정²⁰⁾하도록 한다. 제3항은 양국 간 양해각서가 추가적인 법적 책임을 부여하지 않도록 규정하며, 제4항은 양국 간 양해각서가 당사자 간 약정 하에 언제든지 개정될 수 있는 유연성을 부여한다.

덴마크-벨기에 간 양해각서는 런던의정서 개정안에 적시된 두 가지 요건-런던의정서에 의한 약정, 크레딧 할당의 책임 소재-를 포함하며, 비교적 강한 구속력을 부과하지 않은 상태에서 국가 간 협력을 약속한다. 다시 말해, 런던의정서 개정안을 충족하는 최소한의 요건만을 포함한 상태에서 양국의 국경이동 CCS 프로젝트가 개시된 것이다. 이같이 양국의 양해각서가 다루고 있는

법적 책임이나 규제 범위가 매우 제한적이라는 사실은, 높은 CCUS 프로젝트 리스크를 고려하여 양국이 사업을 진행하는 데 있어 사전적 제약을 크게 부과하지 않으려 한 것으로 판단된다. 다시 말해, 프로젝트에 참여하는 모든 국가가 탄소 공동저장을 위한 국가 간 협력에서 전체 가치사슬의 쟁점에 대한 충분한 경험을 축적하지 못하였고, 이에 따라 강한 구속력이 있는 양해각서로 인한 불필요한 법적 혹은 행정적 지연을 최소화한 것으로 분석된다. 나아가 CCUS 프로젝트 경험 축적에 기반하여, 약정에 명시된 연례회의를 통해 추가적인 세부 규칙 조율이나 논의를 완성해 나갈 것으로 보인다.

표 3 런던의정서 당사국 현황

지역	국가	국가 수
북미	캐나다	1
유럽	네덜란드, 노르웨이, 덴마크, 독일, 룩셈부르크, 벨기에, 불가리아, 스웨덴, 스위스, 스페인, 아이슬란드, 아일랜드, 에스토니아, 영국, 이탈리아, 조지아, 프랑스, 핀란드, 슬로베니아	19
중동	사우디아라비아, 예멘, 이란, 이라크	4
동남아	필리핀	1
오세아니아	뉴질랜드, 마셜제도, 바누아투, 통가, 호주	5
중남미	가이아나, 과테말라, 멕시코, 바베이도스, 세인트키츠네비스, 수리남, 앤티가 바부다, 우루과이, 칠레, 트리니다드토바고, 페루	11
아프리카	가나, 나이지리아, 남아프리카공화국, 마다가스카르, 모로코, 시에라리온, 앙골라, 이집트, 케냐, 콩고	10
동아시아	대한민국, 중국, 일본, 홍콩(Associate member)	4

자료: 추다해(2022), p.72. <표 3-10>

20) 덴마크 에너지청과 벨기에 북부에 위치한 플랑드르 지방정부가 각국의 이산화탄소 저장 및 ETS 허가서 발행을 관리하며, 벨기에 연방 해양당국이 이산화탄소 선박 수송 기술 규칙과 규제를 담당.

나. 국제적 감축 협력활동과 파리협정 제6조

CCS의 주된 목적이 전지구적인 온실가스 배출 감축과 넷제로를 달성하는 데 있는 만큼, 우리나라 역시 CCS를 통해 얻어진 감축결과를 NDC 목표나 2050 탄소중립에 활용하고 이를 국제적으로 인증받는 것이 중요하다. 이와 관련하여, 여러 국가가 하나의 CCS 프로젝트에 참여하고 이를 통해 발생한 탄소배출 감축 실적 분배 방법론과 감축 결과 인증에 대한 국제적 표준을 살펴볼 필요가 있다.

파리협정 이후 출범한 新기후체제에서 이 방법론을 제공하는 것은 통상 시장조향으로 불리는 제6조²¹⁾에 해당한다. 파리협정에서 시장조향에 대한 세부이행규칙 협상이 완료되지 않은 상태이기 때문에 구체적 감축 수단의 방법론 논의는 개시되지 않았다. 다만, 교토의정서 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM)²²⁾의 방법론을 수용 및 이관할 계획이므로 CDM 내에서의 CCS를 간략하게 살펴보도록 한다.

CCS 기술은 2011년 12월 남아프리카공화국 더반에서 열린 유엔기후변화협약에서 CDM에서 인정되는 감축기술의 한 종류로 포함²³⁾되었으며 CCS 프로젝트를 통한 탄소배출감축실적(Certified Emission Reductions, CER)을 생성²⁴⁾할 수 있게 되었다. CDM의 방식 및 절차(modalities and procedure)는 CCS 프로젝트의 감축 인정을 위한 활동 경계 설정, 누출 처리, 모니터링 수행, 탄소스트림의 영구 저장에 대한 국제적으로 합의된 표준을 제공한다. 구체적으로, CDM에서 CCS를 통한 감축활동이 인정받기 위해서, CCS 프

젝트를 통제하고 허가할 수 있는 법률이 제정된 경우에 한하여 사업유치국이 CCS를 유치하도록 한다. 그리고 프로젝트 타당성 검증과 등록을 위해서 지정된 운영 기구에 의해 모니터링이 수행되어야 한다. 최종적으로 CDM 이사회에서 CER이 발급하여 CCS를 통한 감축 결과를 인정받게 된다.

CDM 내의 CCS 규정 중에 가장 특징적인 것은 법에 의해 보장되는 CCS 운영 규칙 마련과 지속적 모니터링을 통한 CCS 활동의 안정성 담보이다. 특히, 프로젝트의 지속적인 보장과 법에 의한 CCS 프로젝트 진행은 탄소를 저장하는 국가의 환경적 안정성을 보장하기 위한 장치임과 동시에, 국가 간 장기적인 감축 활동 협력을 가능하게 하는 일종의 안전장치로 볼 수 있다. 또한, 주입 및 저장지에서의 이산화탄소 누출은 각국의 감축 활동 과대 계상에 대한 위험 소지가 존재한다. CDM의 방법론은 이를 대비하기 위해, 탄소의 누출이 발생할 경우 CCS를 통해 발급된 기존 CER를 공제하거나 이를 초과할 경우를 대비해 예비 계정을 운용해 CER를 취소하도록 한다.

파리협정은 CDM 이후 지속가능발전체제(Sustainable Development Mechanism, SDM) 후속체제로의 전환을 통해, 국가 간 협력을 통한 온실가스 감축활동을 장려하도록 한다. 파리협정 제6조는 당사국들이 NDC 목표 달성을 위해 자발적인 협력을 추진토록 하는 메커니즘으로, 시장기반 접근법인 제6.2조 및 제6.4조와 비시장 접근법인 제6.8조로 구성되어 있다.

이 중, CCS 활동과 더 밀접한 관련을 갖는 시장접근

21) 파리협정 원문: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

22) 청정개발체제는 선진국이 개발도상국의 감축 사업에 투자하고, 이를 통해 감축 실적을 발생시켜 자국 감축 목표 달성에 활용하도록 함.

23) Decision 10/CMP.7

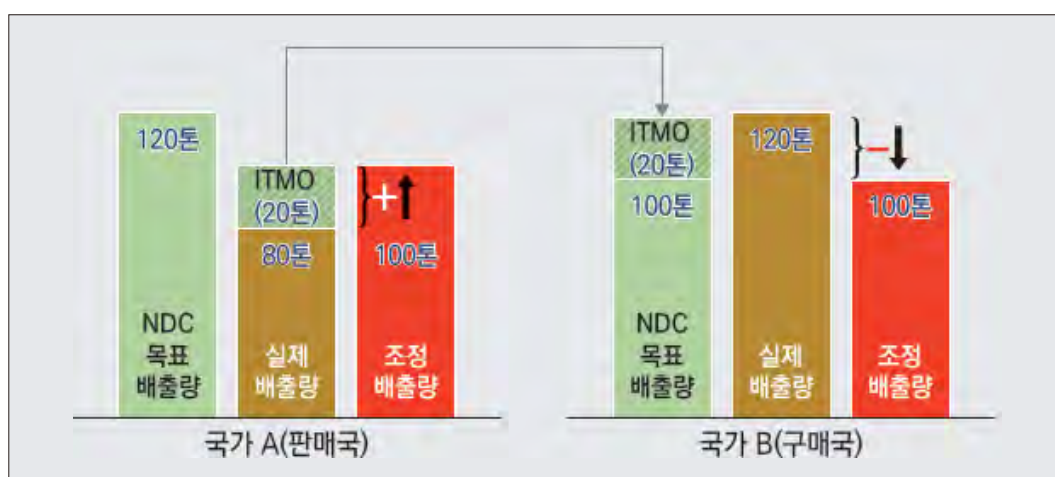
24) CCS는 기타 감축 기술에 비해 높은 비용이 소요되며 기술 개발 결과가 더디게 진행되어, 실제 CDM에서 CCS를 통한 CER 발급 사례는 존재하지 않음.

법은, 명확한 온실가스 산정을 기반으로 배출감축단위인 국제적인 감축결과이전(Internationally Transferred Mitigation Outcome, ITMO) 생성과 국제감축사업의 명확성을 구현하기 위한 상응조정(corresponding adjustment)이라는 두 가지 핵심 요소를 지닌다. ITMO는 NDC 이행 및 달성을 목적으로 국가 간에 거래할 수 있는 감축 실적으로서, 자국 내에서 이루어진 감축 결과가 NDC 목표에 미치지 못할 경우 국외에서 ITMO를 이전하여 목표를 달성하도록 허용한다. 이때, 동일한 감축 사업에서 발생한 감축 실적을 국가간 배분하는 과정에서 과대 계상되는 것을 방지하기 위해, 상응조정을 수행하도록 요구한다. 상응조정을 위해 ITMO를 판매한 국가에서는 감축실적을 차감하고 구매국에서는 감축실적을 더하여 조정을 통해, 국제감축의 명확성을 더하고 전지구적으로 감축결과가 과대 반영되지 않도록 하는 것이다.

상술한 바와 같이 파리협정에서 CCS 사업 관련 논의에 돌입하지는 않았지만, 파리협정의 제6조는 CCS 관련 국제협력에도 일정 부분 영향을 미칠 것으로 판단된다.

교토의정서 CDM의 후속 메커니즘인 시장 제6.4조에서도 CCS가 감축기술로 활용되면서, CCS를 통한 감축실적 생성을 위한 방식과 절차를 제공할 것으로 보인다. 그러나 시장조향과 마찬가지로 CCS 감축 활동 관련 세부적 이행규칙 협상을 완료하기까지 상당한 시일이 소요될 가능성이 클 것으로 보인다. 따라서, 국제감축사업 메커니즘 틀 내에서 CCS 프로젝트를 진행하는 경우, 참여 국가 간 협의를 통해 진행되는 자발적 협력 방식인 파리협정 제6.2조를 활용하게 될 가능성이 상대적으로 클 것²⁵⁾으로 판단된다.

그림 4 파리협정 제6조 상응조정의 개념



자료: 환경부(2022), p.34.

25) 국제감축사업 틀 안에서 CCS 프로젝트가 진행된다면 파리협정 제6.2조의 활용 가능성이 큰 것으로 판단되지만, 우리나라에서 이산화탄소 수출되어 국외에 저장하는 경우 파리협정 제6.2조 활용 없이 국내 배출량 감축에 반영이 가능할 것으로 판단됨.

표 4 탄소저장소에서 발생하는 배출량 산정 절차

CO ₂ 저장소에서 발생하는 배출량의 산정·검증·보고	
저장소 특성 파악	저장소의 지질이 평가되었는지 그리고 지역 및 지방의 수문지질 및 누출 경로가 파악되었는지 확인
누출 위험 평가	CO ₂ 가 시간에 경과에 따라 이동 및 배출이 일어날 수 있는 위치를 예측하는 현실적인 모형과 저장소 특징 파악의 조합을 통해 누출에 대한 잠재성이 평가되었는지 확인
모니터링	적절한 모니터링 계획이 실행 중인지 확실히 하며, 모니터링 계획은 잠재적인 누출경로를 확인하고, 누출을 측정하며 모형이 적절한지 입증 및 갱신
보고	주입된 CO ₂ 와 저장소로부터의 배출량 보고

자료: IPCC(2006), p.5.13, Figure 5.3.

다. 국가 온실가스 인벤토리 상의 감축결과 정량화

파리협정 내에서 국가의 감축목표 달성을 위해서는 CCS를 통한 온실가스 배출 감축결과를 투명하고 명확한 산정을 통해 정량화하는 것이 중요하다. 이와 관련하여 2006년 IPCC는 「국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 인벤토리 가이드라인(이하, 2006 IPCC 지침)」을 발간하여, CCS 활동과 관련한 인벤토리 산정 방법론을 제시하였다. 2006 IPCC 지침은 CCS 활동을 포집 및 압축, 저장소로의 수송, 주입, 저장의 네 가지 단계로 구분하며, 포집 및 압축을 제외한 세 가지 단계에서의 인벤토리 산정 지침을 제공한다.

특히, 다국적 CCS 프로젝트에서 온실가스 인벤토리 산정에서 중요한 사항 것은 전주기 과정에서의 인벤토리 산정의 완전성을 담보하기 위해서 각국 간 협의가 필요하다는 점이다. 다국적 CCS 프로젝트에 참여하는 국가는 모두 배출량을 보고할 의무를 갖지만, 특히 배출량 산정에서의 가장 중요한 요소 중 하나인 모니터링

및 기준 적용에 대한 처리방식을 마련하도록 한다.

이외, 저장소가 하나 이상의 국가에서 발생하는 경우에 있어서도²⁶⁾ 각국이 배출량을 나누어 보고하는 것에 대한 처리 방식을 합의하도록 요구한다(IPCC, 2006).

한편, 2006 IPCC 지침을 따르지 않는 국가²⁷⁾는 국가 온실가스 인벤토리 산정 시 관련 배출원 범주에서 포집된 이산화탄소를 공제할 수 있지만, 장기적 격리가 충분히 담보되지 않았으므로 해당량을 다시 지중저장(Geological Storage) 항목에 추가하도록 한다(ERCST, 2021).

즉, 이들 국가에서는 CCS를 통한 감축 활동이 실질적 배출 감축 활동으로 인정되지 않고 국가 온실가스 배출로 산정²⁸⁾되는 것이다. 이에 따라, 단기적으로는 탄소저장 역량에 갖춘 개발도상국이 CCS를 실질적 감축 수단을 고려하기보다 탄소저장소를 활용한 사업 활동과 투자 유치를 우선할 가능성 역시 검토가 필요할 것으로 보인다.

26) 예를 들어, 여러 국가에 걸친 저장허브가 개발된다면 상기 논의가 적용될 수 있음.

27) 교토의정서는 선진국과 개도국의 차별적인 온실가스 감축 의무를 인정하고, 국가 온실가스 인벤토리 보고 및 검토 역시 주로 선진국으로 구성된 부속서 I 국가와 이 외 비부속서 I 국가에 따라 차등 적용함. 부속서 I 국가는 2006 IPCC 지침을 따라 온실가스 인벤토리를 산정(Decision 24/CP.19)하여야 하며, 한국은 비부속서 I 국가지만 부속서 I 국가에 대한 지침을 준용하여 산정하고 있음.

28) 우리나라는 2006 IPCC 지침을 준용하여 국가 인벤토리를 작성하고 있으므로 지중저장 항목에 다시 추가할 필요가 없으므로 실질적 감축으로 인정됨. 다만, CCS 프로젝트로 발생한 감축실적을 국가 인벤토리에 반영하기 위한 통계 환경 구축은 필요한 상황임.

04 정책적 시사점

→ TRENDS AND ANALYSIS

우리나라의 지형적 여건상 이산화탄소를 국외에 저장하는 것이 필수적이며, 이에 따라 SK E&S의 바유-운단 CCS 프로젝트, 삼성 엔지니어링 주도의 셰퍼드 프로젝트, 포스코 인터네셔널 등 다양한 국내 기업을 중심으로 탄소 국제 공동저장을 위한 노력이 가속화되고 있다.

더욱이 우리나라는 선박 수송으로 이산화탄소를 수출할 수 있는 주변국이 한정적이라는 점에서 탄소저장 현실화를 위한 국제협력이 빠르게 추진될 필요가 있다. 다만, 여러 국가가 참여하는 CCS 프로젝트는 감축실적의 배분, 누출 배출량에 대한 책임 등 복잡한 기술적 사항들이 존재하므로, 이와 관련한 국제적인 논의에 대한 검토와 대응 방안 마련이 필요한 상황이다.

본고는 이러한 탄소 공동저장과 관련하여 국제협력 측면에서의 그간의 진행 경과와 관련 국제 규범을 살펴보았다. 동 논의를 통해, 가장 먼저 국경이동을 수반하는 CCS 프로젝트의 개시를 위해 런던의정서 개정안에 대한 약정 또는 협정 체결 절차가 조속히 완료될 필요가 있을 것으로 보인다. 우리나라와 국경이동 CCS 프로젝트를 추진하는 국가는 대표적으로 호주와 말레이시아로, 양국 모두 런던의정서 개정안을 수락하는 내용과 허가 책임에 관한 규명을 포함하는 양자 협약 혹은 약정 체결이 필요한 상황이다. 양자 협약 혹은 약정 체결이 선결되어야만 이산화탄소 선박 수송을 위한 실증이나 국외 탄소저장을 위한 첫 단계를 시작할 수 있기 때문이다.

다음으로, CCS를 통한 탄소 감축을 이행하고 결과를 반영하기 위한 지원 측면에서, 파리협정의 제6조를 검토할 필요가 있다. 양자 협력을 중심으로 진행되는 CCS 프로젝트의 특성상, 파리협정 시장 제6.2조가 CCS 감축 실적 확보의 핵심이 될 것으로 보인다. 우리

나라는 양자 기후변화협력협정을 통해 국제감축사업 확대를 부분적으로 지원하고 있지만, 국경이동 CCS 프로젝트를 추진하는 국가와의 양자 협력은 아직 미비한 상태인 점이 한계인 것으로 보인다.

다만, 국내 CCS 프로젝트 진행과 감축 실적 논의가 국제감축사업의 틀 안에서 이루어질 것인지, 혹은 제 6.2조 활용이 필요한지에 대해서는 복합적인 접근이 필요할 것으로 판단된다. CCS 외 여타 국제감축사업이 진행 중인 국가의 경우, 다국적 CCS 프로젝트를 기반으로 한 ITMO 생성은 추가적인 절차가 필요하지 않다. 반면, 국제감축사업이 진행 중인 국가가 아니라면, ITMO 생성과 NDC 활용을 위한 국가 간 상호 조정을 위한 행정 절차가 필요하기 때문이다. 이 경우, ITMO를 활용하기 염두에 두기보다, 프로젝트 투자 지분 등에 연계한 탄소 저장량 혹은 감축 실적을 활용할 수 있는 방안을 고려하는 등 다양한 접근법이 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로, 국제적으로는 온실가스 인벤토리에 대한 산정 능력이 낮은 개도국의 경우, CCS 사업을 통해 감축 실적 확보와 활용에 대한 어려움을 고려할 필요성이 있다. 이러한 사실은 단기적으로 개도국은 CCS를 실질적인 감축 기회로 인식하기보다 새로운 사업 기회와 신성장 동력 측면에서 접근할 가능성도 고려할 수 있다. 이 경우, CCS 프로젝트에 대한 투자 확대를 통한 추가적 감축 실적 확보 등의 접근이 가능할 것으로 보인다. 더불어, 국내적으로도 2006 IPCC 지침에 따른 온실가스 인벤토리 산정을 반영하기 위한 환경을 구축하여, CCS를 통해 발생한 감축 결과를 빠르게 반영할 수 있도록 제도를 완비하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

국내 문헌

- 관계부처합동, 「CCS 종합 추진계획」, 2010
- 관계부처합동, 「2030 국가 NDC 상향안」, 2021
- 관계부처합동, 「2050 탄소중립 시나리오」, 2021
- 관계부처합동, 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가기본계획」, 2023
- 추다해, 「CCUS 부문의 주요 국제협력 이슈 및 협력 방안 연구」, 에너지경제연구원, 2022
- 추다해·김수인, 「탄소중립 이행을 위한 국외 탄소저장소 확보 전략 연구: 탄소저장소 활용 확대 방안을 중심으로」, 에너지경제연구원, 2023
- 한국에너지기술연구원, 「CCUS 심층 투자 분석 보고서」, 2021
- 환경부, 「파리협정 함께 보기」, 2022

외국 문헌

- ERCST, “Scaling up and trading CO2 storage units (CSUs) under Article 6 of the Paris Agreement.”, 2021
- GCCSI (Global CCS Institute), “Understanding Industrial CCS hubs and clusters.”, 2016
- GCCSI, “Global Status of CCS 2020.”, 2020
- IEA (International Energy Agency), “Energy Technology Perspectives 2020.”, 2020
- IEA, “Legal and Regulatory Frameworks for CCUS.”, 2022
- IEA GHG, “Exporting CO2 for Offshore Storage- The London Protocol’s Export Amendment and Associated Guidelines and Guidance”, 2021
- IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change), “2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.”, 2006
- IPCC, “Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6)-Summary for Policymakers.”, 2023

웹사이트

- 외교부 홈페이지. https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_3830/contents.do
- GCCSI 홈페이지. <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/latest-news/denmarks-project-greensand-begins-groundbreaking-cross-border-co2-injection/>
- IEA 홈페이지. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/ccus-projects-database>
- IMO 홈페이지. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/CCS-Default.aspx>