

전과정을 고려한 CCS의 안전관리 방안 연구

황윤빈, 강헌, *박기학
수원대학교 환경에너지공학과, *(주)에코피엔지

Research on the Life Cycle safety management of CCS

Yun-Bin Hwang, Hun Kang, *Ki-Hak Park
Dept. of Environmental energy Engineering, Suwon University, *Eco P&G
hyb2220@naver.com, hkang@suwon.ac.kr, *parkihak@naver.com

Abstract

Carbon dioxide capture and storage (CCS) is a technique for trapping CO₂ as it is emitted from large point sources, compressing it, and transporting it to a suitable storage site where it is injected into the ground. CCS is composed of three steps of capture, transport and storage. Currently, in Korea, a number of studies have been conducted in each ministry for the demonstration of 2020. In this study based on the research that is used to prepare the legal system and guidelines for the development and commercialization of CCS technology in developed countries, especially performed with reference to the CCS regulatory framework presented from IEA. The capture phase was proposed for the basis of the carbon dioxide stream, the transport phase was presented for monitoring of high-pressure gas transport and storage step was proposed criteria of from site injections to closure. Also, the basic issues that were proposed in this study, it will conduct that safety management spanning the entire process of the capture, transport and storage of CCS through the studies of the various legal systems as well as the revision of environmental laws of Korea and other laws.

keywords : Carbon dioxide Capture and Storage, LCM(Life Cycle Management), Safety management, Environmental policies, regulation of CCS

요약문

본 연구에서는 이산화탄소를 직접 감축할 수 있는 이산화탄소 포집 및 저장(CCS: Carbon dioxide Capture and Storage) 기술의 국내 도입에 앞서 법·제도 측면에서의 쟁점사항을 선정하고 분석하였다. CCS는 크게 포집, 수송, 저장 분야의 단계로 구분되며 각각의 단계별로 다양한 쟁점사항이 존재한다. 포집분야에서는 이산화탄소 스트림의 농도가 가장 중요할 것으로 판단되며, 해외에서는 국가별로 차이는 있지만 환경적인 측면을 고려하여 95~98% 이상의 이산화탄소를 포함한 스트림을 이산화탄소 스트림으로 규정하고 있다. 수송 분야에서는 고압가스 운송에 대한 모니터링, 저장단계에서는 저장부지 주입에서 폐쇄까지 기준이 중요한 사항으로 나타났다. 본 연구에서 제시한 쟁점사항을 기본으로 성공적인 CCS 기술 도입을 위해서는 우리나라의 환경법과 기타 법령의 개정 또는 새로운 CCS만의 특별법이 제정되어야 한다. 또한 CCS의 포집, 수송, 저장에 이르는 전 과정 측면에서의 안전관리도 필요할 것으로 사료된다.

주제어 : 이산화탄소 포집 및 저장, 전과정관리, 안전관리, 환경정책, CCS 규제

1. 서론

오늘날 기후변화로 인해 극심한 태풍, 가뭄, 홍수의 피해가 빈번하게 나타나고 있으며, 해수면 상승은 국가 경제와 사회뿐만 아니라 지구를 위협하고 환경에 미치는 영향도 날로 커지고 있다. 이에 따라 세계 각국은 기후변화의 주원인인 온실가스 감축을 위해 적극적으로 나서고 있는 실정이다.

국제에너지기구(IEA)에 따르면, CCS 기술은 2050년까지 전세계 온실가스 감축량의 19%를 담당할 것으로 전망하고 있다. 또한 CCS는 온실가스를 직접적으로 감축할 수 있는 유일한 기술로서 주목을 받고 있다.

이러한 CCS의 중요성을 인식하여 선진국들을 중심으로 발 빠르게 CCS 기술개발 및 상용화를 위한 중장기 마스터플랜이 수립되고 있으며, 국내에서도 2010년 7월 「CCS 국가 종합계획」을 수립·발표하였고, 이에 대비하여 2020년까지 CCS 실증 완료 및 종합적인 법령·제도정비를 권고하고 있다.

본 연구에서는 향후 CCS 실증 사업의 추진에 앞서 근간이 되는 환경관련 법·제도를 보완하여 안전하고 지속가능한 운영과 관리 방안을 살펴보고자 한다. 또한 CCS와 관련한 선진 해외 법·제도 사례 및 가이드라인들을 조사·분석하여, 국내 여건에 맞는 환경분야의 CCS의 주요 쟁점들을 선정하고, 전 과정을 고려한 CCS의 안전 관리 방안들을 제시하고자 한다.

2. 연구개요

2.1 이산화탄소 포집 및 저장(CCS)

이산화탄소 포집 및 저장(Carbon dioxide Capture and storage, CCS)은 이산화탄소를 직접적으로 감축할 수 있는 종합적인 기술로서 기존의 고농도 이산화탄소 대량 배출원(화석연료 연소 산업, 천연가스 정제, 시멘트 제조공정, 에탄올 생산)에서 발생하는 이산화탄소를 포집하고, 포집된 이산화탄소를 압축, 수송하여 지중 및 해양 퇴적 암반층에 안전하게 저장하고 장기 모니터링하는 기술을 총칭한다. CCS는 크게 포집, 수송, 저장의 3단계로 구성되어 있고 세부적으로 포집 부분은 연소 후 기술, 연소 전 기술, 연소 중 기술이 있다. 수송은 파이프라인 수송과 선박수송으로 나뉘며, 장거리 수송에는 선박을 이용하고, 단거리 수송에는 파이프라인 방법이 사용되고 있고, 저장단계는 EOR(Enhanced Oil Recovery) 방식과 폐유전/가스전, 대염수층 저장방법이 있다. 현재 국내에서는 대규모의 해양지중저장 방식의 추진과 소규모로 육상지중저장을 고려하여 지질탐사를 진행하고 있는 상황이다. 또한 경제성을 확보하기 위해 전체 CCS 과정의 70~80% 비용을 차지하는 포집 단계에서 배출가스 중 이산화탄소를 분리하는 공정의 연구가 활발하게 진행 중이다. 수송 단계의 경우 거리에 따른 수송 방식의 경제성이 검토 중이고, 저장 단계에서는 이산화탄소 누출 및 환경오염이 없는 안전한 지형의 탐색이 이루어지고 있다. CCS는 2010년 이후 선진국을 중심으로 대규모 실증 파일럿 프로젝트를 거친 다음, 2020년부터 화력발전소에 본격적으로 운영될 것이다.

2.2 CCS 전과정평가

CCS는 온실가스 감축에 크게 기여할 수 있는 기술이며, 현재 이산화탄소(CO₂)의 포집기술에 중점을 두고 연구되고 있다. 또한 포집 비용이 CCS의 비용 중 약 80%를 차지하고 있으며 이에 따라 CCS 비용을 줄이기 위한 노력과 연구가 진행되고 있다. 효과적인 CCS가 이루어지기 위해서는 전 과정을 고려한 환경영향과 비용적인 측면, 그리고 위해성 등 다양한 측면을 고려한 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것이다. 또한 CCS는 추가적인 인프라 구축이 수반되며, 이에 따른 환경오염부하와 비용이 발생하게 된다. 따라서 CCS의 계획단계부터 전과정평가와 전과정비용평가의 선행적인 연구와 예측이 CCS의 환경·비용 효율성을 극대화 시킬 수 있을 것이다.

현재 국내에서 CO₂를 지중 및 해양에 저장하여 온실가스를 감축한 사례는 없으며 포집기술에만 실험적으로 이루어지고 있는 현실이다. 본 연구진에서는 선행연구의 검토와 문헌을 바탕으로 CCS 인프라 시설 구축의 시나리오를 가정하였고, CO₂ 1톤을 포집, 수송, 저장하는데 필요한 인프라 시설 및 소비되는 에너지 등을 고려하여 전과정평가와 전과정비용분석을 수행한 바 있다.

CCS 인프라 시설 구축으로 인해 발생하는 환경영향 중 지구온난화 범주의 결과를 보면 수송단계가 가장 높게 나타났으며, 포집, 저장 단계 순으로 결과가 나타났다. 또한 500 MW급 유연탄 화력 발전소에 약 200만 9,000 톤 CO₂-eq의 지구온난화 회피효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 전과정비용분석 결과 500 MW급 석탄발전과 CCS 도입 시 예상되는 비용은 10억 4,500만 US\$, 운영비는 연간 1억 5,400만~2억 6,700만 US\$로 추정하고 있으며, 이에 대한 LCC 분석 결과 20년간 총 비용의 현재가치는 42억 3,600만 US\$로 나타나 한국배출권거래제 비용저감 설계가 요구되고 있다.

향후 경쟁력 있는 CCS 발전을 위해 전 과정 측면을 고려한 환경평가와 비용평가에 대한 추가적인 연구가 CCS 실증화와 동시에 필요하다. 또한 지구온난화 부분뿐만 아니라 CO₂ 누출과 같은 위해요소 저감을 위하여 CCS의 기술·정책적 안전관리가 중요할 것이다.

2.3 연구 목적

본 연구는 CCS에 대한 환경 분야의 CCS 안전관리 주요쟁점 도출과 법적 근거 마련을 위한 연구이다. 최근 발전소 등 대규모 배출원에서의 CO₂ 포집, 수송, 저장을 통해 대기 중의 CO₂ 농도를 감축시킬 수 있는 기술 중 하나인 CCS의 실증화를 위해서는 반드시 관련 법률의 제·개정이 필요하다. 따라서 CCS 사업의 환경관리 제도화 방안 마련을 위하여 CO₂ 포집·저장 등 단계별 환경법들의 주요 쟁점을 살펴보고자 한다.

2.4 연구 방법

선진국에서는 이미 대기 중의 CO₂ 농도를 획기적으로 저감할 수 있는 CCS에 대한 기술 개발 및 투자와 함께 이를 위한 법·제도를 제·개정하고 있다. 호주 정부 등은 이를 통해 의미 있는 성과를 올리고 있으며, 계속해서 관련 사항을 재정비하고 있다. 우리나라 정부 역시 통합적인 국가 차원의 CCS 실행 계획을 세우고 CCS 실증화를 위한 기술 개발에 나서고 있지만, 누출을 비롯하여 환경적인 위해요소를 과학적으로 규명하지 못하고 있으며 이를 뒷받침할 법·제도의 준비가 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국외 법·제도·기술 동향 조사와 함께 국내 법 개정을 위한 근거조사, 타 부처 동향 조사 등을 통하여, 국내 실정에 맞는 CCS 법·제도의 주요쟁점들을 제시하고자 한다.

3. 국내.외 CCS 정책동향

3.1 CCS 국내 정책동향

우리나라는 ‘녹색기술 연구개발 종합대책(2009년 1월, 국가과학기술위원회)’ 및 ‘녹색성장 국가전략(2009년 7월, 녹색성장위원회)’에서 CCS 기술을 중점 육성기술로 선정하였다. 그리고 2020년 온실가스 감축 목표를 2020년 예상 배출량(8억 1,300만 CO₂ 톤)의 30%인 244백만 CO₂ 톤으로 설정(2009년 11월, 국무회의)하고, 감축목표 달성을 위한 수단 중 하나로 CCS 기술 도입을 제시하였다. 2010년 7월에는 ‘국가 CCS 종합 추진계획(녹색성장위원회)’을 수립해 부처 간 CCS 기술 개발을 체계적으로 추진할 수 있는 기반을 마련하였다. 2011년 7월에는 ‘국가 CCS 종합 추진계획(녹색성장위원회)’을 수립 및 발표하였다. 본 계획은 국가 차원의 CCS 분야 최상위계획으로 CCS 기술개발 및 상용화 촉진을 위한 실행계획의 성격을 가지며 ‘세계 CCS 기술 강국 도약’을 비전으로 “2020년까지 플랜트 상용화 및 국제 기술 경쟁력 확보”를 목표로 하고 있다. 하지만 아직 국내에서는 CCS 도입을 위한 구체적인 법적·제도적 방향과 계획이 미비한 상황으로, 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 CCS 관련 법·제도 마련이 필요한 실정이다.

3.2 CCS 국외 정책동향

미국과 EU에서는 CO₂ 지중저장 시 안전성과 효율성을 평가하기 위하여, 이미 완료되었거나 진행 중인 실증 시험과 대규모 상업저장의 결과를 바탕으로 부지선정부터 주입 이후에 이르는 전 과정에 관련된 허가와 운영에 관한 법률을 제안하고 있다. 특히 미국에서의 CCS 사업은 매우 활발하게 진행되고 있는데, 주로 퇴적분지에서의 지중저장이 많이 이루어지고 있다. 따라서 가장 중요한 음용수 공급원인 지하수의 환경관리를 최우선적으로 취급하고 있다.

이를 위하여 미국 환경청(US EPA)은 CO₂ 지중저장에 관련하여 두 가지 Federal Rules를 확정하였다. 이들은 모두 ‘안전음용수법(Safe Drinking Water Act, SDWA)’과 ‘청정대기법(Clean Air Act)’의 하위 규정으로 제정된 것이며, 무엇보다 이들 법안의 중요한 원칙은 음용가능한 지하수의 수질 보호에 있다. 특히 미국 환경청의 ‘안전 음용수법’의 부속 규정인 ‘지하 주입 규제 프로그램(UIC Program)’은 유해하거나 2차적으로 유해성이 나타날 수 있는 물질을 지하에 주입 처리할 경우에 발생하는 문제를 환경적으로 관리하기 위해서 마련되었다. 이는 음용 가능한 지하수(USDW)가 오염되지 않도록 하기 위함인데, 지하수의 수질악화나 오염물질의 유입을 규제하는 것이 아니라, 오염물질이 지하수에 도달하지 못하도록 원천적으로 막기 위한 것이다. 따라서 모든 지하 주입 관정은 음용 가능한 지하수로 주입 물질의 유출이 일어나지 않도록 고안되어야 하며, 주입이 시작되면 주입 물질이 주입 지역에서 지하수로 이동되지 않도록 적정 기준을 설정하여 이행해야 한다. UIC 프로그램에 새롭게 추가된 Class VI 규정은 ‘CO₂ 지중저장을 위한 관정이 음용 가능한 지하수를 확실하게 보호할 수 있는 방법으로 적절하게 배치, 건설, 시험, 감시 및 폐쇄될 수 있도록 설계하는 것’을 목표로 하고 있다. 이 규정은 CO₂ 지중저장에 의한 지하수의 오염 관리를 제어함과 동시에 CO₂ 지중저장의 효율을 극대화함으로써 CO₂ 감축을 통한 경제성을 확보를 목표로 하고 있다. 또한 청정대기법에서는 CO₂ 주입, 누출, 장기적 법적 책임을 다루고 있다.

유럽연합(EU)에서는 유럽 연합위원회(EU Commission, EC)에서 제정된 CCS 지침(Directive 2009/31/EC)을 발표함으로써 EU 회원국 내 안전한 CO₂ 저장을 위한 법적 프레임워크를 제공하고 있다. EU CCS 지침에서는 CO₂ 저장 부지 선정, 탐사, 개발, 모니터링 및 저장허가, CO₂ 스트림의 순도, 운영 및 폐쇄 절차 등의 사항을 다루는 등 CO₂ 지중저장에 관한 법적 기반을 비교적 명확하게 마련함으로써, 리스크(Risk) 관리, 책임 및 장기 관리 계획 등에 대하여 국제적인 모델을 제시한 것으로 사료된다. EU CCS 지침의 주요 내용으로는 CO₂ 스트림의 농도, 리스크 발생 시 대책, 모니터링 방법, 폐쇄 후 관리 대책, 기술·재정적 적정성 등의 검토가 있다. CO₂의 주입·폐쇄 완료 후 20년경과 시 정부가 관리를 맡게 되며, 이 경우 사업자가 30년 간 소요 비용을 정부에 납부해야 한다. 또한 CO₂ 포집시설(150만 톤 이상), 파이프라인(40 km 이상), 처분장(150만 톤 이상)을 환경영향평가 대상에 추가하였으며, 2020년까지 CCS 실행가능성을 입증할 'European initiative on CCS' 설립을 제안하고 있다.

그러나 지침의 특성상 구체적인 실행 방법과 규제 사항보다는 일반적인 규제 항목만을 나열하고 있으며, 지중저장의 주요 논란이 될 수 있는 규제 및 관리 항목에 대한 기준은 다소 모호하다. 이러한 세부 항목은 국가별로 마련하여 시행하도록 하고 있다.

4. CCS의 주요 쟁점

4.1 IEA의 법·규제 쟁점

Table 1에 나타난 CCS 법규제 프레임워크는 각국 정부의 국내 규제 프레임워크 제정을 위한 실질적 도구를 제공함으로써, IEA에서 제시한 CCS 로드맵의 내용에도 포함되어 있다. 실제로, 유럽, 호주, 미국 등에서 IEA의 CCS 규제 프레임워크를 참고하여, CCS 관련 법·규제에 대한 제·개정이 필요한 국가들에게 도움을 주고 있다. 또한 기존 프레임워크를 종합하여 폭 넓은 CCS 관련 규제 사안들을 해결하기 위해 주요 원칙을 제시하고 있으며, 다양한 법 및 규제 환경에 있는 전 세계 각국에 기존의 자원 추출 또는 환경 영향 프레임워크에 부합하는 지침을 제공하는 형태로 구성되어 있다. 환경관리를 주관하는 기관에서는 저장행위 이전에 부지선정을 위한 조사, 인허가 및 폐쇄, 주입 중 및 사후의 모니터링과 정화 등과 같이 전 과정에 관한 환경관리 법규를 마련하고 적용하고 있다. 우리나라는 구체적 쟁점에 대해 국내 법 체계에 어떻게 반영할지에 대해서는 아직 규정하지 않고 있다. 국내에서 선진사례와 마찬가지로 아래와 같이 CCS 활동의 규제에 있어 필수적이라고 판단되는 쟁점들을 선정하고 파악하여 CCS 전 과정에 대한 안전관리 대책이 필요한 실정이다.

Table 1. CCS Regulatory Framework from IEA

번호	CCS 법규제 프레임워크	번호	CCS 법규제 프레임워크
1.	CO ₂ 분류	16.	저장 부지 탐사 활동 인허가
2.	지적재산권	17.	선정 및 특성화 활동 규제
3.	타 사용자와의 경쟁 및 우선권 문제	18.	저장 활동 인허가
4.	CO ₂ 의 초국경 이동	19.	사업 점검
5.	해양 환경 보호를 위한 국제법	20.	모니터링, 보고, 확인 요건
6.	기후변화 저감 전략 일부로 CCS에 대한 인센티브 제공	21.	시정 조치 및 복구 조치
7.	인체 보호	22.	사업 기간 중 배상 책임
8.	CO ₂ 스트림 구성	23.	저장 부지 폐쇄 인허가
9.	환경영향평가의 역할	24.	폐쇄 후 기간 중 배상책임
10.	저장 부지 및 수송 인프라에 대한 제3자의 접근	25.	폐쇄 후 관리를 위한 재정 분담
11.	의사결정과정의 대중 참여	26.	시범 단계 중 지식 및 경험 공유
12.	CO ₂ 포집	27.	CO ₂ 포집 용이성
13.	CO ₂ 수송	28.	바이오매스 기반 에너지원에 대한 CCS 활용
14.	프레임워크의 범위 및 금지사항	29.	CCS를 활용한 탄화수소 회수 증진법의 이해
15.	CO ₂ 저장 규제 관련 용어 및 정의		

4.2 CCS 안전관리를 위한 주요 쟁점

CCS를 안전관리하기 위해서는 포집부터 압축, 수송 저장 단계의 전 과정을 고려하여 환경법들을 제·개정해야 한다. 포집단계에서는 CO₂ 스트림과 전환탄산화물의 명확한 정의 및 분류, 그리고 CO₂ 스트림 안의 구성 물질과 순도, 보관에 대한 기준이 필요하다. 보관의 경우 국내 CCS는 한 곳의 저장소에 여러 개의 배출시설로부터 CO₂ 스트림을 저장할 수가 있기 때문에 임시저장시설과 같은 보관에 대한 기준도 마련되어야 한다. 또한 포집시설 설계에 대한 규제 여부를 정해야 하며, 공동포집 시설의 운영/허용 여부 등 고압가스 누출 사고가 발생할 수 있는 사항들의 면밀한 검토가 이루어져야 한다. 포집을 위해 사용되어지는 폐흡수제의 관리/처분의 기준과 함께 시설허용 기준에 맞게 CO₂ 스트림의 발생량을 모니터링 할 수 있도록 해야 한다.

수송 단계에서는 이송시설 공사의 안전성 통제를 위한 안전관리자의 배치기준과 안전관리 규정 절차가 검토되어야 한다. 또한 CO₂ 스트림 이송 중간 지점의 모니터링 방법 및 기준이 마련되어 누출사고를 대비한 안전관리 규정이 만들어져야 한다.

CCS 전 과정의 핵심은 ‘불확실성과 지역성 특성이 큰’ 저장단계에 달려 있다, 따라서 저장 과정의 환경관리가 가장 중심이 된다. 이에 따라, 선진사례 CCS의 경우 환경관리의 법과 제도는 대부분 저장에 관한 사항들이다. 포집과 운송의 환경관리를 위한 법과 제도는 별도로 마련하지 않은 나라가 많으며, 준비된 제도에서는 포집물의 성분 규정(저장 시의 환경문제를 고려), 운송 관련 파이프라인 규정 등을 중심으로 다루고 있다.

또한 저장소의 위치, 즉 육상이나 해저냐에 따라 환경관리의 핵심은 다소 달라진다. 그러나 환경관리의 요체는 주입 저장된 CO₂ (혹은 CO₂ 스트림, stream)의 누출을 효과적으로 관리하는데 있다.

육상저장의 환경관리를 위한 기본 방향은 국가별 상황에 따라 약간 다르지만, 모두가 CO₂의 누출에 의한 자원 보호에 치중되어 있다. 지표 생태계(토양, 대기, 동식물, 인간)의 보호도 중요하지만, 이는 지중 누출의 감시 및 최소화를 통해 자연스럽게 달성되는 것으로 인식되어, 지중 환경 관리의 부분으로서 다루고 있는 실정이다.

따라서 저장단계에서의 쟁점은 국내에서 가장 문제를 삼고 있는 저장소의 확보와 관련된 저장소 적합공간의 기준을 마련해야한다. CO₂ 스트림을 저장하면서 발생할 수 있는 생태계의 변화를 감지하도록 모니터링에 방법과 기준이 필요하며, 원활한 시설 관리를 위해 지하수/토양 오염 시설에 대한 검토도 이루어져야 한다. CCS 사후단계인 저장소 폐쇄와 이를 관리 할 수 있는 관리 규정 또한 마련되어야 한다.

이외에 CCS는 누출과 관련된 환경문제의 저감과 안전성 제고, 동시에 저장 효율의 극대화를 통한 경제성을 확보하는데 기본 목표가 있다. 이를 위해서는 CCS 행위를 할 수 있는 인프라 여건이 만족되어야 하며, 환경법의 절차에 따라 안전관리를 할 수 있도록 마련되어야 할 것이다. 폐기물관리법, 대기환경보전법, 토양환경보전법, 지하수법 등과 같은 환경법에는 아래에 제시한 기타 쟁점들의 항목들이 포함되기에는 어려움이 많다. 그러므로 CCS만을 위한 특별법(혹은 신규 법률)에서 CCS 지중처리에 관한 기본 계획 및 실행계획, CCS 정보공유체계를 위한 환경센터의 설치, CCS와 관련된 인허가 사항, CCS 안전관리를 위한 전문인력 양성 등이 포함되도록 제정해야 한다.

Table 2. Major issues of CCS step for safety management

구분	법/규제 주요 쟁점
포집 단계	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ 스트림과 전환탄산화물 정의 및 분류, 구성, 순도 - 포집시설의 설계시공의 규제 여부 - 공동포집시설의 운영/허용 여부 - CO₂ 스트림 발생량과 시설허용 기준 준수여부 - 폐흡수제 관리/처리 기준
수송 단계	<ul style="list-style-type: none"> - 이송시설 공사의 안전성 통제 - 안전관리자의 배치기준 - 안전관리규정의 확정절차 - 중간검사의 필요성 여부 - 이송시설의 모니터링 - 안전관리 규정
저장단계	<ul style="list-style-type: none"> - 저장소의 적합공간 기준 - 지하수 오염 유발 시설 관리 - 토양 오염 유발 시설 관리 - 임시저장시설 기준/관리 - 저장소의 폐쇄허가 - 저장소의 모니터링 - 환경영향평가 항목/기준 - 안전관리 규정
기타	<ul style="list-style-type: none"> - CCS 지중처리에 관한 기본 계획 및 실행계획 - CCS 정보공유체계 및 환경센터의 설치 - CO₂ 스트림 배출자 신고/확인 - 주입시설의 허가/취소 - 저장사업자 신고/확인 - 책임소재 및 한계 - 전문인력 양성 및 기술개발

5. 한계 및 고찰

전 세계적으로 CCS는 화석에너지 기반의 산업 구조를 유지하면서도 범지구적 기후 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 혁신 기술로 주목받고 있다. 기술적 측면에서는 크게 포집(및 압축), 운송과 저장의 3단계로 구성되지만, 모든 단계는 반드시 상호 연계되어 운영되어야 한다. 특히, 지중저장은 저장 공간이 풍부하고, 매우 긴 시간 동안 안정적으로 CO₂를 저장할 수 있으며, 비용 효율도 높은 것으로 평가되고 있어 여러 국가에서 대대적으로 추진되고 있다. 그럼에도 불구하고, 지중저장의 가장 큰 위험성은 주입된 CO₂의 누출로 인식되고 있다. CO₂가 누출되면 저장 효율을 낮출 뿐 아니라 지역 주민들의 건강과 주변 생태계에 악영향을 줄 수 있기 때문이다. 따라서 주입된 CO₂의 거동(특히 CO₂ 포획 기작)을 파악하고 누출을 예방하는 것이 필수적으로 요구된다. 특히, 육상 저장의 경우에는 음용 가능한 지하수 자원의 보호가 가장 중요하다. 지하 지층 내에서의 이산화탄소의 거동 파악 및 누출 예방을 위해서는 부지 선정에서부터 주입 중 및 주입 후 폐쇄에 이르는 전 과정에 걸쳐 모니터링 및 평가를 체계적으로 수행해야 한다. 따라서 지중저장이 안전하고 친환경적으로 이루어질 수 있도록 국가적 차원의 인·허가 및 환경 관리 규정이 마련되어 적용되어야 한다.

CCS 기술은 새로운 기술로 인식되고 있기 때문에, 이를 시행하기 위해 법적 근거 및 책임 등에 대한 법과 제도의 확립이 필요하다. 이에 따라 미국 환경청, 유럽 연합, 호주 등에서는 CCS 사업의 안정성과 효율성을 평가하고 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 CCS 전 과정을 다루는 환경관리제도 및 법률을 제안하고 있다.

본 연구에서는 선진사례를 바탕으로 CO₂의 누출로 인하여 주변 환경과 공공위생, 그리고 사회경제적으로 우려될 수 있는 기본 사항들을 제시하였다. 하지만 앞에서 제시한 안전관리를 위한 CCS 단계별 주요 쟁점은 이미 만들어져 있는 우리나라의 환경법에 정확하고 구체적으로 담기가 어려운 실정이다. 또한 CCS 실증화가 되어 있지 않기 때문에 실제로 사용될 수 있는 데이터 근거와 이를 바탕으로 만들어지는 가이드라인 구축에 한계가 있다.

2011년에는 환경법 중 폐기물관리법 시행규칙에 사업장폐기물 코드로 'CO₂ 스트림'과 'CO₂ 전환 탄산화물'을 추가하였다. 하지만 CO₂ 스트림을 사업장폐기물로서, 처리·운반·보관에 걸쳐 모든 법률 조항에 이에 대한 기준과 인허가 사항들이 아직 개정되지 않고 있다. 그래서 현재 국내 CCS 연구단 및 관계 부처 전문가들이 제·개정을 위하여 많은 노력을 하고 있다. 앞으로 본 연구에서 제시한 쟁점을 기본 사항으로 하여 우리나라의 환경법과 기타 법령의 개정뿐만 아니라 새로운 CCS만의 특별법(신규법)이 제정이 이루어져 CCS의 포집, 운송, 저장까지 전 과정에 이르는 안전관리가 이루어져야 할 것이다.

6. 사사

본 연구는 2014년 환경부의 “이산화탄소 저장 환경관리기술개발사업(RE201402033)”의 지원으로 수행되었으며 연구에 힘써주신 관계자분들에게 감사드립니다.

7. 참고문헌

- 1) 강 헌, 박기학, 황윤빈, 김준범, “이산화탄소 포집, 수송 및 저장의 전과정평가 및 전과정비용평가에 대한 연구”(2011).
- 2) 국립환경과학원, “환경분야 CCS(이산화탄소 포집 및 저장)에 대한 법적 근거 마련 연구 (I)”,(2012).
- 3) 녹색성장위원회, “국가 CCS 종합 추진계획”,(2010).
- 4) 한국환경정책평가연구원, “CCS 관련 해외 환경관리 제도 및 연구 동향 분석”,(2010).
- 5) 환경부, “이산화탄소 저장 환경관리기술 개발사업 추진계획”,(2013).
- 6) DOE/NETL, “Risk Analysis and Simulation for Geologic Storage of CO₂”,(2011).
- 7) IEA, “Carbon capture and storage: meeting the challenge of climate change. 45”,(2008).
- 8) IEA, “Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios and Strategies to 2050. Paris”, (2010).