



EMPLOYMENT IMPACT
ASSESSMENT

Brief

고용영향평가브리프

2022년 제5호(통권 제32호)

발행일 2022년 10월 31일 | 발행인 김승택 원장직무대행 | 편집인 이규용 | 편집교정 정철

주소 30147 세종특별자치시 시청대로 370 한국노동연구원 | 자료문의 KLI 학술출판팀 | TEL 044-287-6083

대규모 CCUS(CO₂ 포집·저장·활용) 사업의 고용영향*

신규수**

I. 서론

온실가스로 인한 기후변화는 현재 인류의 건강과 안전에 가장 심각한 위협을 초래하고 있다. 산업혁명 이후 인류는 산업의 발달로 물질적인 풍요를 누리게 된 반면, 과거 어느 때보다 심각한 환경오염에 직면하게 되었으며 이러한 환경문제 중 기후변화에 따른 재해는 최근 직접적으로 국민 건강과 안전에 우려를 끼치는 사회문제로 인식되고 있다(공주대산학협력단, 2019). 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)에서는 인간에 의한 기후변화는 이미 전 세계 모든 곳에서 폭염, 호우, 가뭄, 열대성저기압 등 많은 극한기상 및 극한기후에 영향을 미치고 있고 이러한 경향은 보다 가속화되고 있음을 확인하고 있다.

이에 따라 지구 온난화 방지를 위한 국제적 공조는 강화되고 있으며 한국은 경제와 환경의 조화로운 성장을 위한 녹색성장 정책을 추구하고자 노력해오고 있다. 즉 국제사회는 기후변화를 일으키는 온실가스 중 인위적인 배출이 가장 많이 이루

어지는 이산화탄소에 대한 배출을 규제하기 위해 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)과 이후 이행협약으로 도쿄의정서, 파리기후변화협약을 차례로 채택하였다. 화석의존도가 높고 기후변화를 경험하고 있는 한국은 환경보존과 새로운 성장동력을 얻기 위해 녹색성장을 국가기본전략으로 채택하고 저탄소녹색성장 기본법에 따라 5년마다 에너지, 기후변화대응 그리고 지속가능발전과 관련된 기본계획을 수립, 시행해 오고 있다.

그러나 저탄소 재생에너지로의 완전한 전환에는 상당 수준의 시간과 재원이 소요되는 만큼 온실가스 감축 가교 기술인 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) 기술활용이 요구되고 있으며, 이에 대한 관심이 증대되고 있다. 신재생에너지 등과 같은 친환경 에너지원 보급·확대 및 산업, 건물, 수송 부문 등에서의 에너지 효율화는 사전적인 감축 수단이나 CCUS는 이미 배출된 이산화탄소를 저장하거나 자원으로 다시 활용하는 사후 감축 수단에 해당한다. 즉 에너지, 산업 공

* 이 글은 신규수 외(2021), 『대규모 CCUS(CO₂ 포집·저장·활용) 사업의 고용영향』 일부를 요약·정리한 것이며, 보다 자세한 내용은 신규수 외(2021)을 참조하기 바람.

** 서울대학교 사회복지연구소 선임연구원.

정 등 다양한 이산화탄소(CO₂) 배출원에서 발생하는 CO₂를 포집하는 포집 기술(Carbon Capture), 포집된 CO₂를 저장하는 저장기술(Carbon Storage)과 CO₂를 전환하여 사용하는 활용기술(Carbon Utilization)을 의미한다. 탄소포집저장(CCS, Carbon Capture Storage)은 CO₂가 대기 중으로 방출되기 전에 포집하고 수송하여 지중 및 해저지층에 영구적으로 저장하는 것이며 탄소자원화(CCU, Carbon Capture Utilization)는 포집된 CO₂를 화학, 생물학적 변환 과정을 거쳐 화학/플라스틱 제품의 원료, 바이오 연료 등으로 전환하는 기술이다.

정부의 저탄소 경제, 사회의 구축 계획에서 CCUS 기술의 활용은 중요한 부분의 하나로 자리 잡고 있다. ‘온실가스감축로드맵 수정안(2018)’에서 CCUS 기술 개발 및 상용화를 지속적으로 추진하여 2030년 기준 국가 온실가스 감축에 총 1,030만 톤을 기여하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 ‘2050 탄소중립 시나리오(2021)’에서는 화력발전 전면 중단 등 배출 자체를 최대한 줄이는 안과 화력발전이 잔존하는 대신 CCUS 등 제거기술을 적극 활용하는 두 가지 안에서 각각 5,510만 톤, 8,460만 톤의 감축을 제시하고 있다. 특히 한국판 뉴딜 종합계획(2020)에서는 코로나19 사태로 인한 경기침체 극복 및 경제사회구조 전환의 이중 과제에 대응하기 위해 그린뉴딜을 통한 신산업의 창출을 제시하고 있듯이 디지털, 그린경제라는 경제·사회적 구조 전환에의 신속한 대응을 위해 CCUS 상용화 기반 구축은 중요한 의미를 가진다.

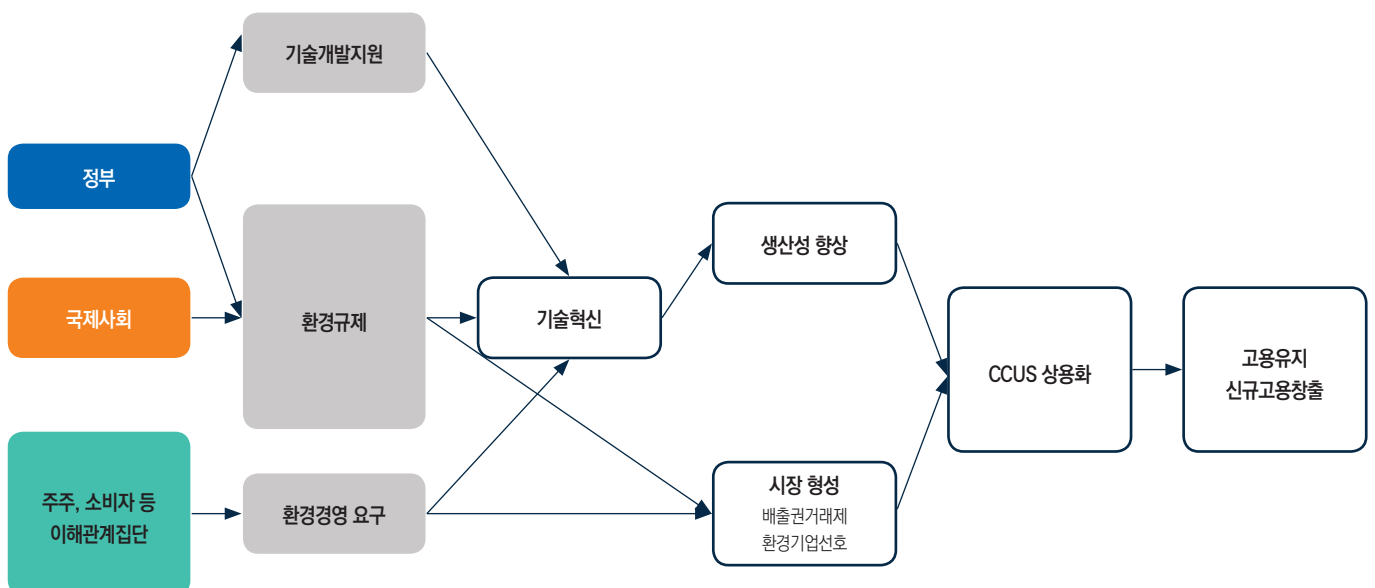
이러한 정부의 CCUS 기술개발과 실증에 대한 지원을 통해 관련 기술이 상용화될 경우 온실가스 감축을 통한 삶의 질 제고와 더불어 경제적으로는 산업 발달에 따른 고용창출효과를 기대할 수 있다. CCUS 기술 도입에 따른 경제성 분석의 연구가 있으나 이러한 기술이 가져올 다양한 경제적 과급효과에 대한 분석은 많지 않다. 이는 이러한 기술들이 아직 상업화되지 않아 예측에 어려움이 있기 때문일 것이다. 그러나 그린뉴딜의 패러다임 전환에 있어 이러한 신성장의 동력이 가져올 일자리 창출효과에 대한 분석은 매우 중요한 의미를 가진다. 이에 본 고에서는 CCUS 기술 상용화에 따른 산업 발달이 가져올 경제적 과급효과와 고용효과를 분석하고자 한다.

II. CCUS 사업의 고용연계성

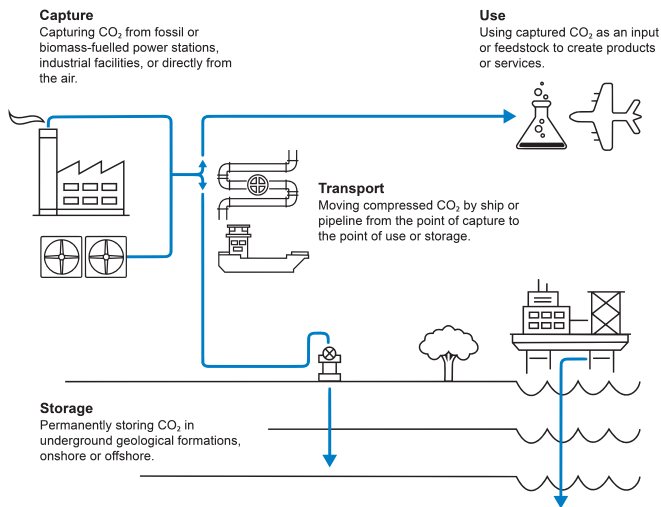
CCUS 산업은 현재 기술개발, 발전 단계로 포집과 저장부분은 실증단계이며, 활용부분의 경우 초기 기술개발 단계에 해당한다. 향후 산업화, 상용화로의 발전 동인에 따른 고용연계성을 살펴보면 [그림 1]과 같다.

먼저, 정부의 기술개발을 위한 지원과 실증사업, 그리고 국제사회를 포함한 환경규제 정책에 따라서 기업의 기술혁신과 생산성 향상이 이루어질 수 있다. 포터의 가설에 의하면 환경규제 강화는 기술혁신을 촉진하고, 기술혁신의 결과 국제경쟁

[그림 1] CCUS 산업 발달의 고용연계성



[그림 2] CCUS 사업구조도



자료 : IEA(2020).

력이 높아질 가능성이 있다(Porter, 1991; Porter and van der Linde, 1995).

이러한 정부 및 국제사회의 규제뿐만 아니라 기업을 둘러싼 이해관계자 집단에 의해 점차 환경경영을 추구해야 하는 동인 또한 점차 강화되고 있다. 환경경영이란 기업이 환경문제에 적절히 대응하여 환경성과와 경제적 성과를 균형 있게 달성하는 전략적 경영 패러다임이다. 이는 기업이 장기적인 관점에서 비재무적 요소인 환경(Environment), 사회(Social), 지배구조(Governance)와 같은 요인을 고려하여 친환경 및 사회적 책임 경영과 투명경영을 통해 지속가능한 발전을 추구하는 'ESG 경영' 개념으로 발전되어 왔다.

결국 이러한 기술개발과 생산성 증가, 시장의 확보는 CCUS 기술의 상용화와 신규 사업화를 촉진하게 될 것이며 이는 기존 대량의 이산화탄소 배출 기업의 고용유지 및 신규 사업에서 고용을 창출할 것으로 예측된다. 정부의 직접적이고 적극적인 기술개발 지원과 함께 기후 위기에 대한 공동의 대응조치를 취하고자 하는 국제사회의 합의에 기반한 국내외적 규제강화는 기업들의 기술개발과 생산성 향상에 양의 영향을 미칠 것이다. 다른 한편으로 주주 및 기타 이해관계자 집단의 지속 가능한 경영환경 요구에 적극적으로 대응하면서 기업의 경쟁력 강화 및 시장의 확보를 가져올 것이다.

기본적으로 CCUS 사업화는 현재 이산화탄소 다배출 기업의 고용유지 효과와 향후 새로운 기술의 사업화에 따른 신규

고용 창출효과를 가질 수 있다. 먼저, CCS 기술의 적용으로 이산화탄소를 수집, 저장함으로써 화석연료 산업을 지속함과 동시에 기후 목표 달성에 기여해 경제와 고용에 미치는 부정적 영향을 완화하고, 고용을 유지하는 데 의의가 있다. 다음으로 CCU 기술은 상업화 기술로 화학제품 및 바이오 연료 생산, 광물 탄산화 등의 전환기술을 통해 기존 제품을 대체할 수 있을 것으로 예상된다. CO₂ 전환에 따른 기술적 경로 및 제품군이 매우 다양할 뿐 아니라 투입에너지, 부가원료, 인프라 등에 따라 사업화 가능성이 가변적이다. 그러나 CCU 기술은 CCS에 비해 새로운 기술로 국제적으로도 연구개발단계에 있으며 향후 상용화되기 위해서는 대규모 실증연구가 요구된다.

III. 대규모 CCUS 사업의 경제적 파급효과

본 연구에서는 산업연관분석을 통해 CCUS 산업의 경제적 파급효과를 분석하였다. 이를 위해 국내외 문헌을 참고하여 CCUS 기술을 분류, 정의하고 CCUS 기술과 연계된 상품 및 서비스를 추출한 후, 이와 연관된 한국표준산업분류상의 산업과 투입-산출표의 상품으로 연결하였는데 절차는 다음과 같다. 먼저, 국가과학기술지식정보서비스(NTiS, National Science & Technology Information Service)¹⁾ 및 국내외 문헌을 참고하

[그림 3] CCUS 기술의 산업 분류 절차

순서	주요 내용
① R&D 과제 현황 조사	NTIS의 정부 R&D 투자현황 자료를 활용하여 CCUS 과제조사 (2012-2020년)
② 전문가 검토	CCUS 기술을 (정부 과제 기반) 통해 생산될 수 있는 상품 및 서비스 제품의 분류체계 마련
③ K SIC 도출	CCUS 상품 및 서비스 분류체계를 바탕으로 한국표준산업분류(KSIC)의 세세부문 분류를 연계
④ 산업연관표 상품 연계	산업연관분석을 위하여 한국표준산업분류 세세부문(KSIC)과 한국은행 투입 - 산출표 상품기분부문과 연계
⑤ 산업연관분석	STATA를 활용하여 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업고용유발효과 분석 실시

1) 국가연구개발 사업에 대한 사업, 과제, 연구자, 성과 등 정보를 제공하는 국가R&D 지식정보 포털(www.ntis.go.kr).

<표 1> CCUS 기술 분류

기술 코드	CCU 기술 상품 및 서비스
TG01	오일 회수 증진 (Enhanced oil recovery, EOR)
TG02	요소비료 향상 (Urea yield boosting)
TG03	기타정유 및 가스산업 (Other oil and gas industry applications) ※ 포함: CO ₂ 로부터 재생연료 생산을 위한 광촉매, 인공광합성 기술
TG04	탄산 음료 (Beverage carbonation)
TG05	와인 제조 (Wine making)
TG06	식품가공, 방부 및 저장 (Food processing, preservation and packaging)
TG07	커피의 카페인 제거 (Coffee decaffeination)
TG08	의약품 제조 (Pharmaceutical processes)
TG09	원예·작물 (Horticulture)
TG10	펄프·제지공정 (Pulp and paper processing)
TG11	수처리 (Water treatment)
TG12	불활성 가스 (Inerting) ※ 포함: 고GWP 물질 분해기술
TG13	제철산업 (Steel manufacture)
TG14	금속산업 (Metal working)
TG15	초임계 CO ₂ 용매 (Supercritical CO ₂ as a solvent)
TG16	전자산업 (Electronics)
TG17	작동유체 (Pneumatics) ※ 포함: 초임계 유체 (Supercritical CO ₂ as a fluid)
TG18	용접 (Welding)
TG19	냉매 (Refrigerant gas)
TG20	소화기 및 소방용 가스 (Fire suppression technology)
TG21	석탄층메탄가스 생산회수 (Enhanced coal bed methane recovery, ECBM)
TG22	지열시스템(EGS)에서의 열교환 유체 (Enhanced geothermal systems - CO ₂ as a heat exchange)
TG23	발전에서의 작동유체 (Power generation - CO ₂ as a power cycle working fluid)
TG24	플리머 제조 (Polymer processing)
TG25	화학합성 - 폴리머, 액체·탄화수소연료 생산 제외 (Chemical synthesis - excludes polymers and liquid fuels/hydrocarbons)
TG26	미세조류 배양 (Algae cultivation)
TG27	광물화 - 칼슘/마그네슘 탄산염 (Mineralisation - Calcium carbonate and magnesium carbonate)
TG28	광물화 - 베이킹소다(탄산나트륨) (Baking soda: Sodium bicarbonate)
TG29	광물화 - CO ₂ 콘크리트 양생 (Mineralisation - CO ₂ concrete curing)
TG30	광물화 - 보크사이트 잔유물 처리 (Mineralisation - Bauxite residue treatment: 'red mud')
TG31	기초화학물질 - 재생 메탄올 (Liquid fuels - Renewable methanol) ※ 포함: 고순도 일산화탄소(High purity CO), 고순도 수소, 알코올
TG32	기초화학물질 - 폼산(포름산, 개미산) (Liquid fuels - Formic acid)
TG33	액체연료 - 연료를 직접 분비하는 미생물의 유전공학적 배양 (Liquid fuels - Genetically engineered micro-organisms for direct fuel secretion)
TG34	액체연료 - 기존 메탄올 생산공정에 CO ₂ 주입 (Liquid fuels - CO ₂ injection to conventional methanol synthesis)
TG01	Capture by biological separation (생물학적 포집)
TG02	Capture by chemical separation (화학적 포집)
TG03	Capture by absorption (흡수)
TG04	Capture by adsorption
TG05	Capture by membranes or diffusion (분리막)
TG06	Capture by rectification and condensation (응축)
TG07	Subterranean or submarine CO ₂ storage (지하, 해저저장)
TG08	Capture of nitrous oxide (N ₂ O) (아산화질소 포집)
TG09	Capture of methane (메탄 포집)
TG10	Capture of perfluorocarbons [PFC], hydrofluorocarbons [HFC] or sulfur hexafluoride [SF ₆] (과불화탄소, 수소불화탄소, 육불화황 포집)

여 CCUS 기술과 연계된 상품 및 서비스를 추출한다. CCUS 기술과 연관된 상품 및 서비스는 관련 전문가들의 검토를 거쳐 <표 1>과 같이 CCU 34개, CCS 10개 부문으로 유형화되었다. 다음으로 분류된 상품 및 서비스는 한국표준산업분류(KSIC, 10차) 세세분류와 연계시켰으며, 다시 KSIC 세세분류와 연계된 CCUS 연계 상품 및 서비스 부문은 한국은행 투입-산출표(IO)의 상품 기본부문과 연계하여 이를 바탕으로 산업연관분석을 진행하였다.

CCUS 산업은 기후변화 관련 산업으로 환경적, 사회적 측면에서 정부가 전략적으로 추진해야 하는 사업이므로 정부의 R&D 투자를 기반으로 한 관련 기술의 상업화에 따른 상품 및 서비스를 분리해서 살펴볼 필요가 있다. 산업연관분석을 통해 CCUS 산업이 타 산업들과 비교할 때 가져올 수 있는 생산, 부가가치, 취업 및 고용 유발효과를 분석한 결과는 <표 2>와 같다. 2021년 기준으로 CCS 산업만을 대상으로 도출된 취업유발계수와 고용유발계수는 CCUS 관련 산업 부문을 대상으로 수행한 것에 비해 큰 것으로 분석되었다. 이는 CCU 관련 산업이 CCS 관련 산업과 함께 통합적으로 발전할 경우 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과, 고용유발효과 등이 증가함을 의미한다.

한편 <표 3>의 전후방연관효과 분석 결과, CCUS 산업은 다른 산업들과의 연관관계가 긴밀한 산업으로서 전방연관효과가 매우 큰데, 이는 CCUS 산업에 대한 연구개발 및 상업화 투자와 더불어 관련 정책을 적극적으로 추진할 경우 향후 국가경제에 기여할 가능성이 큼을 시사한다.

<표 2> CCUS 산업 구분별 생산, 부가가치, 취업, 고용의 유발효과

	산업명	생산 유발 효과	순위	부가가치 유발효과	순위	취업유발 효과 (명/10억 원)	순위	고용유발 효과 (명/10억 원)	순위
1	CCU R&D 산업	1.782	28	0.472	30	5.209	29	3.314	33
2	CCU 전체 산업	1.857	23	0.484	32	4.994	31	3.282	33
3	CCS 전체 산업	1.957	19	0.667	19	8.631	23	6.894	21
4	CCUS 통합 산업	1.922	22	0.614	22	7.701	26	5.791	25

<표 3> CCUS 산업 구분별 전후방효과

	산업명	전방효과	후방효과		
1	CCU R&D 산업	3.709	1	0.899	28
2	CCU 전체 산업	4.803	1	0.934	23
3	CCS 전체 산업	3.170	1	0.986	19
4	CCUS 통합 산업	6.527	1	0.954	22

IV. 대규모 CCUS 산업 성장 시나리오에 따른 고용효과

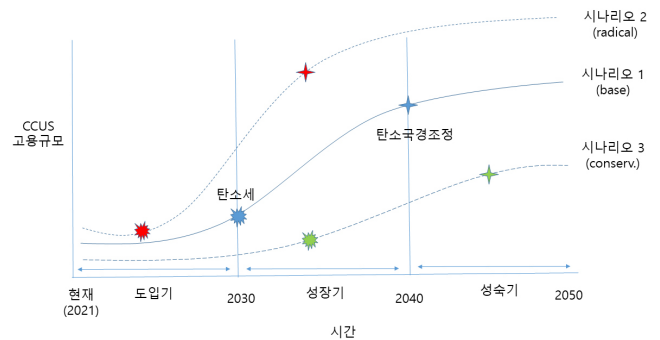
CCUS 산업 성장의 고용효과 분석을 위해 2021년을 기준으로 이후 CCUS 산업에 영향을 미치는 중요한 환경변화가 일어나는 시점을 마일스톤(milestone)으로 설정하여 산업발달 시나리오를 구축하였다. 분석 기간은 현재부터 2050년까지 약 30년간이다. 세계 각국과 더불어 한국은 2020년 10월에 '2050탄소중립'을 선언하였는데 2050년은 EU에서 탄소중립(carbon neutral) 완료 목표 시점으로 인류가 발생시키는 CO₂ 양이 처리·전환되는 양과 같아져서 지구상에서 더 이상 인위적인 CO₂ 증가가 없어지는 시점이다. CCUS 산업에 직접적 영향을 미치는 요인으로 탄소 관련 국내의 규제가 본격적으로 적용될 것으로 예상되는 시점을 구분함에 있어 분석 편의상 10년 단위로 설정하였다.

설정된 가정은 다음과 같다. 2021년 현재 시점 이후, 정부는 기후환경 변화에 대응하기 위해 관련 기술개발 및 실증사업을 적극적으로 추진하여 2030년 탄소세가 도입된다. 현재 EU 일부 국가에서 낮은 세율을 부과하고 있는 탄소세가 국내에 본격적으로 도입될 것임을 가정한다. 2040년경 탄소국경조정제도도 도입된다. 현재 EU를 중심으로 논의가 시작된 탄소국경조정제가 글로벌 규범으로 확정되어 본격적으로 시행된다. 마지막으로 2050년경 탄소중립이 실현된다. 한국을 비롯한 세계 주요국에서 탄소중립을 실현한다.

산업 발달 단계별 정부의 투자를 예측하기 위해 CCUS 기술·산업 전문가를 선정, 전문가 조사를 실시하였으며 2050년까지 CCUS 기술 분야에 대한 정부 연구개발투자 전망은 세 가지 시나리오(base, radical, conservative)에 따라 추정하는데 이는 다음과 같다. 첫째, 기본(base) 시나리오는 향후 10년간 집중투자 기간 중에 위의 설문조사 결과의 가중평균치인 연간 11.4%의 증가율로 CCUS 분야에 대한 정부 연구개발투자를 증가시키고, 10년간의 집중투자 기간 이후 2050년까지는 과거 10년간 환경분야에 대한 정부 연구개발투자 평균 증가율인 5.4%로 CCUS 분야에 대한 정부 연구개발투자를 증가시킨다. 둘째, 적극적(radical) 시나리오로 향후 10년간의 집중투자 기간 중에 위의 설문조사 결과의 가장 큰 증가 수치이며, 과거 이명박 정부 녹색성장 계획에 근거한 녹색기술 분야 증가 수준인 연평균 18.9%의 증가율로 CCUS 분야에 대한 정부 연구개발투자를 증가시키고, 10년간의 집중투자 기간 이후 2050년까지는 과

거 10년간 환경분야에 대한 정부 연구개발투자 평균 증가율인 5.45%로 CCUS 분야에 대한 정부 연구개발투자를 증가시킨다. 셋째, 소극적(conservative) 시나리오로 향후 10년간의 집중투자 기간 및 이후에도 환경 분야에 대한 정부 연구개발투자 평균 증가율인 5.4%로 CCUS 분야에 대한 정부 연구개발투자를 증가시킨다.

[그림 4] CCUS 산업 발달 시나리오(안)



앞의 세 가지 시나리오에 따른 2050년까지 CCUS 기술 분야에 대한 정부 연구개발투자 전망은 <표 4>와 같다. 이러한 정부 연구개발투자 시나리오에 따른 CCUS 실용화 시 설비투자액은 전기 환경분야 정부 연구개발(R&D) 사업에 따른 당해 기간 실용화 성공률과 해당 기업의 설비(유형자산) 투자액 평균('R&D 투자액'의 약 15.1배) 통계 자료를 활용하였다. <표 5>는 시나리오별 기업의 설비투자 규모를 보여주고 있다. 여기서 2021년부터 2030년까지는 전기 투자 규모에 따른 것으로 시나리오에 따른 차이가 발생하지 않는다.

<표 4> CCUS 기술 분야에 대한 정부 연구개발투자 전망

(단위: 백만 원)

시나리오 \ 기간(10년 단위)	2021~2030	2031~2040	2041~2050
시나리오 I (Base)	1,593,753	3,127,812	5,292,328
시나리오 II (Radical)	2,229,347	5,617,966	9,505,724
시나리오 III (Conservative)	1,234,628	1,900,805	3,216,986

<표 5> CCUS 기술 실용화 시 위한 설비투자액 전망

(단위: 백만 원)

시나리오 \ 기간(10년 단위)	2021~2030	2031~2040	2041~2050
시나리오 I (Base)	3,982,079	8,447,048	16,577,718
시나리오 II (Radical)	3,982,079	11,815,764	29,775,781
시나리오 III (Conservative)	3,982,079	6,543,649	10,074,455

미래 시점의 산업설비투자에 따른 고용효과를 분석하기 위해 RAS 방법론을 활용하여 산업연관표를 추정, 분석한 결과는 <표 6>과 같다. 취업유발효과는 2030년 4.923명에서 2040년 7.650명으로 높아지며, 2050년에는 다시 2.949명으로 감소하는 것으로 나타났다. 고용유발효과 역시 2030년 4.427명에서 2040년 5.004명으로 높아지지만, 2050년 다시 2.582명으로 줄어드는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 CCUS 산업은 국내산업 발전과 함께 2040년 즈음에 경제적 파급효과가 가장 높아지며, 2050년이 되면 경제적 파급효과가 다소 감소함을 의미한다.

<표 6> CCUS 산업의 향후 경제적 파급효과

구분	산업명	산업연관분석		
		2030년	2040년	2050년
1	생산유발효과	1.333	3.961	1.004
2	부가가치유발효과	0.956	2.961	0.784
3	취업유발효과(명/10억 원)	4.923	7.650	2.949
4	고용유발효과(명/10억 원)	4.427	5.004	2.582

정부부처 합동으로 마련한 ‘CCU 기술로드맵(2021.5.)’에 따르면 우리나라의 경우 CCUS 기술은 대부분 2030년까지 기술 개발을 지속적으로 추진하고 있는 상황이기 때문에 CCUS 기술 상용화를 통한 본격적인 고용창출은 2030년 이후에 이루어질 것으로 전망된다. ‘탄소 광물화기술’ 등 2021년 이후 일부 기술개발이 완료되어 2030년 이전에도 실용화되는 기술들이 나타날 것으로 예측되는데, 앞에서 분석한 산업연관분석 결과의 고용유발계수를 활용하여 2030년, 2040년, 2050년을 기준으로 설비투자를 통한 고용창출효과를 정량적으로 도출한 결과를 살펴보자.

먼저 기본(base) 시나리오에 따른 설비투자 전망을 활용한 고용창출효과는 다음과 같다. 2030년 기준으로 수행한 산업연관분석 결과는 고용유발계수가 4.427명이며, 2021~2030년까지의 누적 설비투자금액은 약 3조 9,820억 원인 것으로 추정되는바, 2030년 기준 총고용창출효과는 1만 7,628명 정도인 것으로 추정된다. 동 기간 추정치는 급진적 및 보수적 시나리오에서도 동일하다. 다음 2040년 기준으로 수행한 산업연관분석 결과는 고용유발계수가 5.004명으로 2030년 기준 고용유발계수보다 약간 큰 것으로 나타났으며, 2031~2040년까지의 누적 설비투자액은 약 8조 4,470억 원인 것으로 전망되는바, 2040

년 기준 총고용창출효과는 4만 2,384명 정도인 것으로 추정된다. 2050년도 기준으로 수행한 산업연관분석 결과는 고용유발계수가 2.582명으로 나타나 2040년에 비해 크게 하락하는 모습을 보여주고 있으며, 2041~2050년까지의 누적 설비투자액은 약 16조 5,780억 원인 것으로 추정되는바, 2050년 기준 총고용창출효과는 4만 2,804명 정도인 것으로 추정된다. 따라서 2021~2050년 사이에 CCUS 기술개발 및 실용화로 인하여 CCUS 산업 형성 및 발전이 이루어져 창출되는 고용효과는 약 10만 2,816명 정도인 것으로 추정된다.

급진적(radical) 시나리오에 따른 설비투자 전망을 활용한 고용창출효과는 다음과 같다. 상기 방법을 적용하여 2021~2050년 사이에 CCUS 기술개발에 따른 기술 실용화로 인하여 CCUS 산업 형성 및 발전이 이루어져 창출되는 고용효과는 약 15만 3,637명 정도인 것으로 추정된다.

마지막으로 보수적(conservative) 시나리오에 따른 설비투자 전망을 활용한 고용창출효과는 다음과 같다. 2021~2050년 사이에 CCUS 기술개발에 따른 기술 실용화로 인하여 CCUS 산업 형성 및 발전이 이루어져 창출되는 고용효과는 약 7만 6,385명 정도인 것으로 추정된다.

<표 7> 시나리오별 CCUS 기술 발달에 따른 고용효과

(단위: 명)

시나리오	기간(10년 단위)			합계 (2021~2050)
	2021~2030	2031~2040	2041~2050	
시나리오 I (Base)	17,628	42,384	42,804	102,816
시나리오 II (Radical)	17,628	59,127	76,882	153,637
시나리오 III (Conservative)	17,628	32,746	26,011	76,385

한편 CCUS 기술스톡(Stock)의 추계를 통한 고용효과를 살펴보면, 2031년부터 2050년까지 CCUS 기술에 대한 정부의 연구개발투자(기본(base) 시나리오 기준)로 인하여 창출되는 고용자 수는 약 10만 9,345명 정도인 것으로 추정된다. ‘CCUS 기술 로드맵’ 등 CCUS 기술개발 관련 정부 계획에 따르면 대부분의 CCUS 기술들은 최소 2030년까지는 연구개발 단계에 있는 것으로 나타나 2031년부터 실질적인 고용이 창출되는 것으로 가정하고 2050년까지의 고용창출효과를 분석, 중고기출산업의 R&D 투자스톡 진부화율²⁾은 20%로 가정하고, R&D 투자의 시차는 2년으로 가정하여 연도별 R&D 투자스톡을 구하면

2) 시간이 지남에 따라 신기술의 출현 등으로 과거에 축적된 연구 개발스톡 중 더 이상 사용될 수 없게 된 부분의 비율.

〈표 8〉 연도별 R&D 투자스톡 추계

(단위: 백만 원)

	2031년	2032년	2049년	2050년
CCUS 분야 R&D 투자스톡	46,171	52,049	199,347	215,330

<표 8>과 같다.

R&D 투자의 고용창출계수(0.045)가 산업군별로 2050년까지 그대로 유지된다고 가정하고, 2031년부터 2050년까지의 고용창출효과를 연도별로 추정하면, 2031년 약 2,078명(=0.045 × 46,171(백만 원)(R&D 스톡액)), 2032년 약 2,342명(=0.045 × 52,049(백만 원)(R&D 스톡액))으로 추정된다. 같은 방식으로 연도별로 추정하면, 2049년에는 약 8,971명, 2050년에는 9,690명의 고용창출효과가 있을 것으로 추정된다. 종합하면, 2031년부터 2050년까지 CCUS 기술에 대한 정부의 연구개발 투자(기본(base) 시나리오 기준)로 인하여 창출되는 고용자 수는 약 10만 9,345명 정도인 것으로 추정된다.

앞에서 분석한 산업연관분석에 근거한 고용창출효과와 경우 CCUS 기술에 대한 정부 연구개발투자 전망에 대해 기본(base) 시나리오를 가정할 경우, 약 10만 2,816명 정도인 것으로 추정되며, CCUS 기술스톡(Stock)의 추계를 활용한 고용창출 효과 분석의 경우와 약 7,000명 정도의 차이를 보여주고 있어 상당히 유사한 결과가 도출된 것으로 해석된다.

마지막으로 CCUS 기술 상용화에 따른 CCS 기술, CCU 기술의 화학적 전환 중 재생메탄올 합성과 바이오폴리머 합성기술, 생물학적 전환 중 바이오연료 기술, 광물탄산화 기술의 상용화 시 현재 관련 산업과 비교해 고용구조와 고용환경을 중심으로 질적 측면 변화를 살펴보자. 시나리오 측정을 위한 CCUS 기술-산업 전문가와 동일한 전문가 집단의 설문조사 결과에 의한 예측 결과는 다음과 같다.

먼저, 고용구조를 보면 향후 점차 단순 기능직은 감소하고 기술직은 증가할 것이며 기술 수준에 따라 연구개발직은 다소 차이가 있을 것으로 조사되었다.

단순 기능직은 자동화 등의 이유로 비율이 감소할 것으로 예상되는데 적게는 5%에서 최대 10.5%의 감소가 있을 것으로 보인다. 가장 큰 영향을 받을 것으로 보이는 분야는 바이오폴리머(바이오플라스틱) 합성기술로 10.5%, 광물탄산화 10%로 기존 산업에 비해 기능직의 감소가 예상된다.

기술직 근로자의 비율은 증가할 것으로 예측되었다. 가장 적

은 변화를 보일 것으로 예측되는 분야는 바이오연료기술로 2% 정도의 증가를 예측하였고 광탄산화 기술의 경우 기술직의 증가가 7.5% 정도 있을 것으로 전망되어 다소 높은 편에 해당한다. CCS 기술 상용화에 따른 토목·건설, 엔지니어링 기술자의 증가가 10% 정도 있을 것으로 예상되었다.

연구개발직의 경우 기술적인 측면의 발전 필요도에 따라 주요 변화가 상이하였다. CCS의 경우 추가적 인력 증가가 없을 것으로 나타난다. CCU 기술군 중 재생메탄올 합성기술, 바이오연료 기술, 광물탄산화 기술의 연구개발직에 대한 증가는 동일하게 평균 약 2.5% 증가될 것으로 예측되었으나 바이오폴리머 합성기술의 경우 5.5% 증가할 것으로 전망되어 해당 분야 기술개발에 대한 투자가 상대적으로 높아질 것이라는 견해를 보인다.

다음으로, 고용환경의 변화는 전 분야에서 전반적으로 유사할 것으로 예상되나 CCS의 경우 토목, 건축에서 고용안정성은 감소하고 새로운 CCU 기술의 상용화의 경우 고용의 질은 다소 증가할 가능성이 있다고 보았다.

CCS에서 기존의 토목, 건축, 엔지니어링에 비해 임금수준이 높아지고 고용안정성이 더 낮아질 것이라는 응답이 상대적으로 높게 나타났다.

또한 CCU 화학적 전환의 바이오폴리머(플라스틱 합성)의 경우 기존의 폴리머 합성 산업에 비해, 바이오연료 생산의 경우 기존 정유산업에 비해, 그리고 광물탄산화의 경우 기존의 시멘트 제조, 양생산업에 비해 종합적 고용의 질과 고용안정성이 높아질 것이라는 응답이 상대적으로 높았고 특히 바이오연료와 광물탄산화의 경우 임금수준도 높아질 것이라는 응답이 상대적으로 높게 나타났다.

V. 정책 시사점

본 연구는 2050년까지 탄소중립에 도달하는 것을 목표로 함에 있어 탄소중립 시나리오에서 중요한 비중을 차지하고 있는 CCUS 기술 산업화에 따른 경제 및 고용효과를 분석하였다. CCUS 산업은 전방연관효과가 큰 산업으로 CCUS 산업에 대한 연구개발 및 상업화 투자 등 관련 지원정책을 적극적으로 추진할 시 향후 국가 경제에 크게 기여하고 양질의 고용창출이 가능할 것이다. 이에 적극적 산업 활성화 및 양질의 고용 증대

를 위한 정책적 시사점을 아래와 같이 제시하고자 한다.

먼저, CCUS 기술 상용화를 위해 기업 등에 필요한 핵심기술, 구성기술별 요구되는 전문인력의 양성과 산업전환 시 감소 직군에 대한 적극적이고 실용적인 전직 훈련 제공 등의 고용정책이 필요하다. CO₂ 포집 공정 기술 및 활용 기술의 산업화를 위한 기술개발 그리고 이산화탄소를 포함한 온실가스 감축에 대한 측정과 인정 기준 설정 등에 있어 고급인력이 요구되고 있어 이들 직무에 대한 노동공급을 위한 체계적 인력 양성이 요구된다. 또한 향후 감소할 것으로 예상되는 단순 기능직 근로자의 전직을 지원하는 재직자 직무전환을 위한 고용서비스도 장기적 시각에서 보다 강화될 필요가 있다.

CCUS 기술의 상용화를 통한 고용 증대는 해당 산업에 대한 적극적 기술개발 투자 및 경제성 확보를 위한 정책적 지원이 따를 때 커질 수 있다. 현재 한국의 경우 탄소포집, 활용, 저장(CCUS) 기술은 선진국과 격차가 큰 상황이고 해당 기술이 초기 개발 단계인 경우가 많아 빠른 기간 안에 격차를 줄이기 위해서는 정부의 과감한 기술개발 지원과 투자가 필요하기 때문이다. 더구나 기후변화 대처에 필요한 자본이 너무 커서 정부의 지원만으로는 자금을 충당할 수 없으므로 GCCSI(Global CCS Institute)에서는 CCS 투자 환경을 조성하기 위한 정부의 역할이 중요하다고 강조하고 국제 에너지 기구의 지속 가능한 개발 시나리오(IEA-SDS)도 CCS에 대한 민간투자를 촉진하기 위한 인센티브가 필요하다고 제시하고 있다. 또한 향후 고용효과 추정에 있어 시나리오의 연도별 마일스톤을 탄소세와 탄소

국경조정 등의 제도적 가정에 기반하여, 기술의 개발과 함께 상업화를 위한 경제성 확보에 있어 다양한 정책적 지원 패키지를 활용할 필요가 있다.

CCUS 사업이 대규모로 성장하기 위해서는 부처 통합적 시각과 민관 협력의 강화가 절대적으로 필요하다. 체계적이고 효율적인 지원을 위해서는 통합적인 지원이 요구되는데, 다부처 통합지원이 지속적으로 이어져야 한다. 또한 정부와 산업계 간, 업계 간 정보의 교류 및 공유도 필요하다. 이러한 소통 창구로서의 역할을 2021년 발족한 K-CCUS 추진단에서 적극적으로 수행함으로써 CCUS 상용화를 위한 기술 발달과 보급 확산에 기여하기를 기대하고 있다. 무엇보다 CCS 사업에 있어서는 대규모의 저장소를 확보함에 있어 주민의 수용성 제고가 사업의 성공에 크게 좌우될 수 있어 사업자-중앙-지방정부-지역주민 간 소통이 절대적이라고 볼 수 있다. 해양환경·어업 영향 최소화 및 환경영향평가 기준과 과정을 투명하게 제공하고 주민 의견을 적극적으로 수렴하여야 할 것이다.

마지막으로 국제협력을 통한 사업 확대와 관련 고용창출을 기대할 수 있을 것이다. CCS에 있어 국제적 이동과 관련 규정을 정비하고 경제·외교적 협력을 추진, 민·관의 협력에 기반해 경제성과 실현 가능성을 고려한 국외 저장소 발굴이 필요하다. CCU 관련 기술을 확보함으로써 이를 활용한 청정 산업의 수출을 확대하고 국제사회에서 탄소중립 협력 및 다양한 협력 사업의 발굴이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 공주대산학협력단(2019), 『대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화 기반구축 공동 기획연구』.
- 관계부처 합동(2018), 「온실가스감축로드맵」 수정안.
- _____(2020), 「한국판 뉴딜」 종합계획.
- _____(2021), 「2050 탄소중립 시나리오」.
- IEA(2020), Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage, International Energy Agency.
- IPCC(2021), Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Porter, M. E.(1991), "America's Green Strategy", Scientific American.
- Porter, M. E. and C. van der Linde(1995), "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *The Journal of Economic Perspectives* 9(4).

* 본 「KLI 고용영향평가브리프」에 수록된 내용은 연구자의 의견이며, 본원의 공식 견해와 다를 수 있음을 밝힙니다.