

탄소중립과 넷제로 실현을 위한, CCUS(이산화탄소 포집·활용·저장) 글로벌 혁신 기술 트렌드와 시장·사업화 전망

I. 기후위기 극복을 위한 탄소중립 국내외 대응 동향

1. 국내외 기후변화·온실가스 현황과 대응 동향

1-1. 글로벌 기후변화와 향후 전망

1) 주요 현황

- (1) 지속적인 평균기온 상승
- (2) 북극 해빙면적 감소
- (3) 극심한 이상기후 현상 발생
- (4) 경제적 피해 발생 지속

2) 분야별 전망

- (1) 기온
- (2) 해수면
- (3) 강수량

1-2. 국내 기후변화와 향후 전망

1) 주요 현황

- (1) 지구 평균 대비 더 빠른 온난화 속도
- (2) 기록적인 폭우, 폭염, 겨울철 이상 고온 및 강한 한파 빈도 증가
- (3) 기후변화로 인한 피해 발생

2) 분야별 전망

- (1) 기온
- (2) 강수량
- (3) 극한 기후

1-3. 세계 온실가스 배출 현황

1) 세계 이산화탄소(CO₂) 배출 현황

- (1) 세계 에너지 기원 CO₂ 배출량
- (2) 주요국별 1인당 에너지 기원 CO₂ 배출량
- (3) 세계 에너지 기원 CO₂ 배출량(2019년) 중 G20 국가의 비중

- (4) 칸쿤 합의에 근거해 완화 목표·행동을 제출한 국가
- (5) 주요국별 에너지 기원 온실 효과 가스 배출량

2) 주요국별 온실가스 감축 목표

- (1) 중국
- (2) 미국
- (3) 캐나다
- (4) 러시아
- (5) 독일
- (6) 영국
- (7) 프랑스
- (8) 스페인
- (9) 아랍에미리트
- (10) 일본
- (11) 베트남
- (12) 싱가포르
- (13) 인도네시아
- (14) 태국

3) 세계 탈석탄화 기술 보유 기업

1-4. 국내 온실가스 배출 현황

- 1) 분야별 배출량 증감
- 2) 부문별 기준 배출량
- 3) 온실가스 종류별 배출량
- 4) 국내 총생산액(GDP) 및 인구 당 온실가스 배출량
- 5) 시도별 배출량

1-5. 세계 기후변화 대응 동향 : IPCC 1.5°C 특별보고서

- 1) 기후변화협약과 IPCC
 - (1) IPCC의 이념과 역할
 - (2) 평가 보고서와 특별 보고서
 - (3) 최신 평가 보고서
- 2) IPCC 제 6차 특별 보고서
 - (1) 1.5°C 특별 보고서
 - (2) 토지 관련 특별 보고서
 - (3) 해양·설빙권 특별 보고서

2. 탄소중립(Carbon Neutral) 실현 위한 주요국의 대응 전략

2-1. 탄소중립의 개요

- 1) 주요국별 탄소중립 형식과 시기

2) IEA의 탄소중립 로드맵

2-2. 탄소 감축 관련 주요 핵심 기술

1) 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS)

- (1) 개념과 분류
- (2) 탄소 감소 기여
- (3) 탄소배출권거래제와 탄소시장의 도입
- (4) CCUS 밸류체인

2) 신재생에너지

- (1) 개요 및 분류
- (2) 세계 공급 동향 및 전망
- (3) 국내 산업 동향
- (4) 국내 생산·발전·설비 동향

3) 수소

- (1) 기술 개요
- (2) 수소 시장규모 전망
- (3) 수소 수요 전망
- (4) 수소 대응 전략

4) P2X(P2G)

- (1) 기술 개요
- (2) 기술개발 동향과 향후 전망

2-3. 탄소가격제(Carbon Pricing, 탄소 감축 관련 주요 정책 수단)

1) 등장 배경

2) 주요 유형과 이점·과제

- (1) 탄소세
- (2) 탄소배출권거래제

3) 탄소 국경 조정 조치(국제 경쟁상의 불공평 등에 대한 대응)

4) 탄소가격제의 주요 현황

- (1) 탄소가격제는 세계 GHG 배출량의 약 20%를 포용
- (2) EU의 배출량 거래 가격 상승
- (3) 중국에서 ETS가 본격화
- (4) 현행 탄소 가격 수준은 기온 목표를 달성하기에 불충분

5) 탄소 크레딧 거래 제도의 주요 현황

- (1) 다양한 크레딧 거래 시장
- (2) 탄소배출권거래제와 연결된 크레딧 거래
- (3) 민간이 주도하는 자발적 크레딧, 평가 기준을 만드는 데 착수

2-4. 전 생애주기 평가

1) 개요

2) 국제 규격의 전 생애주기 평가

- (1) 체계와 구조
- (2) 목적 및 조사 범위 설정
- (3) 인벤토리 분석
- (4) 임팩트 평가(영향 평가)
- (5) 해석

3) 수치 해석 포인트

- (1) '비교 주장'을 동반하는 전 생애주기 평가
- (2) 제품 베스킷법
- (3) 배분(allocation)

4) 탈탄소와 전 생애주기 평가

5) 정리

2-5. 서플라이체인별 탄소배출 추진 동향

1) 글로벌 기업

- (1) 작은 실증 모델들을 확산
- (2) 중소기업의 공급체인의 배출 절감에 적극적으로 관여
- (3) 공급체인을 포함한 목표를 설정하는 기업은 아직 한정적
- (4) 서플라이어와의 의식 차이 및 배출량 산정이 과제
- (5) 서플라이어 기업이 기후변화에 대응하지 않으면 거래 관계에 영향이 미침

2) 중소 기업

- (1) 영국 중소기업의 배출량 산정 9%
- (2) 에너지 절약 및 재생에너지뿐만 아니라 카본 오프셋도 이용
- (3) 배출 절감 시책이 평판/브랜드/고객 만족에 도움
- (4) 경제 합리성과 전략, 목적이 중소기업의 배출 절감의 계기
- (5) 와인 제조사, 발효, 유리에서의 배출 절감
- (6) 대기업을 상대로 배출 절감 비즈니스를 실시하는 중소기업
- (7) 신흥기업, 비용 절감과 배출 절감을 동시에 실현
- (8) EU 소비자의 3분의 2는 '비싸도 친환경 상품을 사겠다'고 함

3. 탄소중립 실현 위한 주요국의 대응 전략

3-1. 유럽의 저탄소 기술의 연구개발 정책

1) 유럽 전략적 에너지 기술 계획(SET-Plan)

- (1) SET-Plan 의 위치
- (2) SET-Plan
- (3) SET-Plan 의 추진 시책

2) 프레임워크 프로그램

- (1) 프레임워크 프로그램의 개요

- (2) 프레임워크 프로그램의 에너지 연구
- (3) 프레임워크 프로그램에 따른 저탄소 기술 연구개발

3-2. 미국의 저탄소 기술의 연구개발 정책

- 1) 에너지부의 저탄소 기술 연구개발
 - (1) 에너지 연구의 개황
 - (2) 에너지부의 저탄소 기술 연구개발 관련 조직
- 2) 각 정권의 저탄소 기술 연구개발을 추진하는 최근 정책 및 프로그램
 - (1) 오바마 정권기(2009~2016년)의 시책 및 프로그램
 - (2) 트럼프 정권기(2017~20년)의 시책, 프로그램
 - (3) 바이든 정권기(2021년~)의 시책, 프로그램

3-3. 우리나라의 탄소중립 대응전략

- 1) 그간의 추진 동향
- 2) 2050 탄소중립 추진전략
 - (1) 3대 정책방향 및 10대 과제
 - (2) 탄소중립 제도적 기반 강화
- 3) 2050 탄소중립 시나리오
 - (1) 전환
 - (2) 산업
 - (3) 건물
 - (4) 수송
 - (5) 농축수산
 - (6) 폐기물
 - (7) 수소
 - (8) 탈루
 - (9) 흡수원
 - (10) 이산화탄소 포집 및 활용·저장(CCUS)

II. CCUS의 혁신 기술·시장 트렌드 및 사업화 전망

1. CCUS(이산화탄소 포집·활용·저장) 기술 개발 동향

1-1. CCUS(이산화탄소 포집·활용·저장) 개요

- 1) 개요
- 2) 온난화 대책에서 CCUS의 위치
- 3) CCS(이산화탄소 포집·저장)
 - (1) 기술 개요
 - (2) 세계 상용 프로젝트
 - (3) 상용 프로젝트 사례

(4) 보급 문제

4) CCU(이산화탄소 포집·활용)

(1) 기술 개요

(2) 보급 현황과 전망

(3) 상용 프로젝트 사례

(4) 보급 문제

1-2. CCUS(탄소포집활용저장) 세부 분야별 기술 개발 동향

1) 이산화탄소(CO₂) 포집 기술 개발 동향

(1) 기술 개요

(2) 주요 기술 이슈

(3) 해외 지역별 기술, 시장 동향

(4) CCS 허브와 클러스터(Hubs and Clusters)

2) CO₂ 수송 및 저장기술

(1) 기술 개요

(2) 주요 기술 이슈

(3) 국내 기술 및 시장 동향

(4) 해외 기술 및 시장 동향

3) CO₂ 전환 기술 동향

(1) CO₂ 화학전환

(2) CO₂ 생물전환

(3) CO₂ 광물탄산화

(4) 기타탄소 활용

1-3. 해외 프로젝트 추진 동향과 보급 장벽

1) 해외 CCS 프로젝트의 동향

2) 해외 CCS 프로젝트 중지 사례를 통해 보는 보급 장벽

(1) Kemper County IGCC 프로젝트

(2) Pernis Refinery 프로젝트

(3) ZeroGen IGCC 프로젝트

(4) Petra Nova CCUS 프로젝트

3) CCS 프로젝트 보급 장벽 고찰

(1) 정책의 불투명성

(2) 법규제

(3) 사업 수익(사업 전망)

(4) 자금 조달

(5) 사회 수용성

(6) 저장 성능

4) 주요국의 CCS 법규제 동향

2. 주요국별 CCUS 관련 시장 동향과 전망

2-1. 국내외 CCUS 시장 동향과 전망

- 1) 글로벌 시장 동향과 전망
 - (1) 연도별 시장 전망
 - (2) 분야별 시장 전망
 - (3) 지역별 시장 전망
 - (4) 최종 사용자 산업별 시장 전망
 - (5) 세계 탄소배출권 거래 현황
- 2) 국내 시장 동향과 전망
 - (1) 시장 규모 전망
 - (2) 탄소배출권 시장
 - (3) 국내 산업계 현황
 - (4) 기술 수준 평가
 - (5) CCUS 기술혁신 · 상용화 제도적 지원
- 3) 국내 CCUS 분야별 기술개발 성과 및 향후활용 계획
 - (1) 포집 분야
 - (2) 활용 분야
 - (3) 저장 분야

2-2. 주요국별 CCUS 시장 동향 및 이슈

- 1) 미국 시장 및 주요 이슈
 - (1) 시장 규모 전망
 - (2) 시장 동향과 주요 이슈
 - (3) 주요 기업 동향
- 2) 영국 시장 및 주요 이슈
 - (1) 시장 규모 전망
 - (2) 비즈니스 모델
- 3) 중국 시장 및 주요 이슈
 - (1) 시장 동향
 - (2) 주요 이슈
- 4) 호주 시장 및 주요 이슈
 - (1) 시장 동향
 - (2) 주요 실증 프로젝트
 - (3) 주요 이슈
- 5) 노르웨이 시장 및 주요 이슈

2-3. 주요 사례 분석 : 노르웨이 Longship 프로젝트

- 1) 포집 사업 체제

- (1) NORCEM(시멘트 공장)
- (2) Fortum Oslo Varme(폐기물 소각)
- 2) 운송 · 저장 사업의 체제
 - (1) Northern Lights(운송 · 저장)
- 3) Longship Project 의 사업 전망
- 4) 자금 지원책
- 5) Longship 프로젝트 체제

3. 국내외 산업별 CCUS 활용 및 대응 동향

3-1. 글로벌 산업별 CCUS 활용 및 대응 동향

- 1) 산업별
 - (1) 시멘트 산업
 - (2) 제철 산업
- 2) 수소
 - (1) 수소 제조와 시장
 - (2) 저배출 수소 제조
 - (3) 저배출 수소에 대한 수요 확대
 - (4) CCS 를 적용한 수소 제조
 - (5) 수소를 제조하기 위해 재생에너지를 이용하는 배출 절감 비용
- 3) 천연가스
- 4) 발전 분야의 CCS
 - (1) ALLAM-FETVEDT 사이클
- 5) 배출 흡수 기술(Negative emission technology)
 - (1) CCS 를 이용하는 바이오매스 에너지(BECCS)
 - (2) 이산화탄소 직접 공기 포집 저장(DACCS)
- 6) CCS 의 이노베이션
 - (1) 모듈러화
 - (2) 금속 유기 구조체
 - (3) 고품질의 흡수재

3-2. 국내 산업계별 CCUS 기술 대응 현황

- 1) 정유산업
- 2) 발전 · 에너지산업
- 3) 철강산업
- 4) 시멘트산업
- 5) 탄소모니터링

4. 주요국별 CCUS 관련 정책 추진 동향

4-1. 주요국별 CCUS 관련 정책 추진 동향

- 1) 미국
 - (1) 기후위기 대응
 - (2) 과학기술혁신
 - (3) 탄소포집·활용·저장(CCUS)에 1.31 억 달러 투자
 - 2) 영국
 - (1) 정책 및 클러스터 추진 동향
 - (2) CCUS 등 녹색기술 개발에 대규모 지원
 - (3) CCS 개발을 위해 폐유정 활용
 - (4) 벨기에와 CCUS 협력
 - 3) 노르웨이
 - (1) 그간의 추진 동향
 - (2) 이산화탄소 포집·저장(CCS) 기술 프로젝트
 - 4) 독일
 - (1) 지속적인 발전을 위한 연구 프레임워크 프로그램(FONA)
 - (2) 이산화탄소 저장법
 - (3) 기후 행동 프로그램(Klimaschutzprogramm 2030)
 - (4) 기후 보호법
 - (5) 기후 및 에너지 관련 최근 주요 정책
 - 5) 호주
 - (1) CCS와 수소 관련 대응
 - (2) CCS 관련 정책 및 규제
- ### 4-2. 국내 정책 대응 추진 동향
- 1) 핵심기술 확보 전략
 - (1) 중점기술 선정 및 전략수립
 - (2) 핵심 분야별 기술혁신
 - 2) R&D 투자 촉진
 - (1) 전주기 R&D 확대
 - (2) 민간 R&D 참여 유인
 - 3) 제도적 기반 마련
 - (1) CCU 감축량 산정기준 마련
 - (2) 온실가스 배출권 연계 CCU 사업
 - (3) CCU 기술(제품)에 대한 표준·인증 체계 구축
 - (4) 이산화탄소의 경제적 활용을 위한 법적 근거 마련
 - 4) 실효적인 이행체계 구축
 - (1) 민관

- (2) 정부 내
- (3) 국제
- (4) 해외시장 진출

III. CCUS 분야별 글로벌 연구개발과 특허 동향 분석

1. CCUS 세부 분야별 연구개발 동향 분석

1-1. 이산화탄소 포집(Carbon Capturer) 연구개발 동향 분석

- 1) 분석절차
- 2) 연도별 연구 동향
- 3) 인용 상위 연구
- 4) 주요 단어 및 네트워크 분석
- 5) 주제 분석
- 6) 연구 주제별 평균 인용 수
- 7) 연도별 주요 학술지
- 8) 주제별 전망
- 9) 오픈엑세스 저널 비율
- 10) 편당연구의 비율

1-2. 이산화탄소 저장(Carbon Storage) 연구개발 동향 분석

- 1) 분석절차
- 2) 연도별 연구 동향
- 3) 인용 상위 연구
- 4) 주요 단어 및 네트워크 분석
- 5) 주제 분석
- 6) 연구 주제별 평균 인용 수
- 7) 연도별 주요 학술지
- 8) 주제별 전망
- 9) 오픈엑세스 저널 비율
- 10) 편당연구의 비율

1-3. 이산화탄소 활용(Carbon Utilization) 연구개발 동향 분석

- 1) 분석절차
- 2) 연도별 연구 동향
- 3) 인용 상위 연구
- 4) 주요 단어 및 네트워크 분석
- 5) 주제 분석
- 6) 연구 주제별 평균 인용 수
- 7) 연도별 주요 학술지

- 8) 주제별 전망
- 9) 오픈액세스 저널 비율
- 10) 편당연구의 비율

2. 국내 CCUS 관련 세부 분야별 기술로드맵

2-1. CO2 증소형 포집/전환 공정

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-2. CO2 포집제

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-3. CO2 화학적 전환 기반 고분자

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-4. CO2 광물화 소재

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-5. CO2 전환 바이오매스 생산

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-6. 고효율 CO2 전환 알코올 및 알데히드류

- 1) 핵심 기술

- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-7. 탄소 모니터링 플랫폼

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

2-8. 탄소상쇄/탄소배출권 거래 서비스

- 1) 핵심 기술
- 2) 중소기업 기술개발 전략
- 3) 기술개발 로드맵
 - (1) 중기 기술개발 로드맵
 - (2) 기술개발 목표

3. CCUS 특허 동향 분석

3-1. 분석절차

3-2. 연도별 특허 동향

3-3. 국가별 출원 동향

3-4. 기업별 출원 동향

3-5. 인용 상위 특허

- 1) Systems and methods for carbon dioxide capture in low emission combined turbine systems
- 2) Integrated carbon dioxide capture

3-6. 주요 단어 및 네트워크 분석

3-7. 주제 분석

3-8. 평균 인용 수

3-9. 주제별 전망

IV. 국내외 주요업체별 CCUS 개발동향 및 대응전략

1. 해외 주요 업체

1-1. 미국

- 1) Carbon America
- 2) CO2Concrete
- 3) Global Thermostat

- 4) LanzaTech
- 5) Newlight Technologies
- 6) Oakbio
- 7) OPUS12
- 8) Skyonic
- 9) Summit Power Group

1-2. 캐나다

- 1) C2CNT
- 2) Calera
- 3) Carbon Engineering
- 4) CO2 Solutions
- 5) CleanO2
- 6) Pond Technologies

1-3. 유럽

- 1) CarbonOrO
- 2) Climeworks
- 3) Baker Hughes / Compact Carbon Capture
- 4) Ecoera
- 5) Cambridge Carbon Capture
- 6) Novacem Limited
- 7) Carbon Clean Solutions

1-4. 기타 지역

- 1) Saudi Aramco
- 2) Airovation
- 3) Carbominer
- 4) UNO Technology
- 5) 미쓰비시 중공업

2. 국내 주요 업체

2-1. 시멘트

- 1) 쌍용 C&E
 - (1) 탄소중립과 탈석탄 경영
 - (2) 친환경 시멘트 개발
 - (3) 탄소중립 연구 강화
- 2) 삼표시멘트
 - (1) 2050 탄소제로 로드맵
- 3) 한일시멘트
 - (1) ESG 경영 · 2050 탄소중립

(2) 드라이 모르타르

4) 아세아시멘트 · 한라시멘트

5) 성신양회

2-2. 제철

1) 포스코(POSCO)

(1) CCU 기술 실증 사업 착수

(2) 美 탈탄소업체 '리카본'에 투자

2-3. 화학

1) 한국석유공사

(1) 동해가스전을 이산화탄소 저장 공간으로 변환

(2) 글로벌 기업들과 파트너십 강화

2) 롯데케미칼

(1) 여수공장 CO2 포집 설비 설치

(2) 기체분리막 탄소포집 기술로 블루수소 생산

3) 유니드

2-4. 발전 · 전력

1) 한국전력

2) SK E&S

2-5. 설비 및 기타

1) 삼성엔지니어링

(1) 탄소중립 · 수소 사업에 집중

(2) 베이커휴즈와 CCUS · 수소 사업 협력을 위한 업무협약

2) 현대중공업

3) KC 코트렐

4) 에스코넥

5) 에코프로

6) 에코하이테크

7) 자연과환경