

무탄소에너지(Carbon Free Energy)와 CCUS 기술, 시장 실태와 전망

I. 무탄소에너지(Carbon Free Energy) 동향과 전망

1. 탄소중립을 위한 CFE(Carbon Free Energy) 동향과 전망

1-1. 탄소중립과 CFE(Carbon Free Energy)

- 1) 탄소중립 개요
 - (1) 탄소중립 관련 용어 개념
 - (2) 주목받는 무탄소 에너지(Carbon Free Energy)
- 2) 탄소중립을 위한 에너지 믹스 의 중요성
 - (1) 탄소중립 배경
 - (2) 탄소중립을 위한 에너지 믹스(Energy Mix)

1-2. 주요국 탄소중립 목표 및 관련 정책

- 1) 미국
 - (1) 온실가스 배출현황 및 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책
- 2) 중국
 - (1) 온실가스 배출현황 및 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책
- 3) 인도
 - (1) 온실가스 배출현황 및 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책
- 4) EU
 - (1) 탄소중립 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책
- 5) 독일
 - (1) 온실가스 배출현황 및 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책
- 6) 일본
 - (1) 온실가스 배출현황 및 감축목표
 - (2) 탄소중립 관련 정책

1-3. 국내 탄소중립 목표 및 관련 정책

1) 국내 온실가스 배출현황 및 감축목표

- (1) 온실가스 배출현황
- (2) 온실가스 감축목표

2) 국가 탄소중립·녹색성장 전략(안)

- (1) 개요
- (2) 추진 배경
- (3) 비전 및 추진전략
- (4) 탄소중립·녹색성장 4 대 전략
- (5) 재정 투자 계획

2. 국내외 신재생에너지 시장 동향과 전망

2-1. 글로벌 신재생에너지 시장 동향과 전망

1) 글로벌 신재생에너지 동향과 전망

- (1) 글로벌 동향 및 전망
- (2) 주요국 동향 및 전망
- (3) 국내 동향 및 전망
- (4) 재생에너지원별 동향

2) 글로벌 신재생에너지 투자 동향

- (1) IEA, 2023 년 청정에너지 기술에 1 조 7,000 억 달러 이상 투자 예상
- (2) 중국, 글로벌 재생에너지부문 43% 투자

2-2. 주요국 신재생에너지 산업 및 정책 동향

1) 미국

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

2) 캐나다

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

3) 독일

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

4) 영국

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

5) 중국

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

6) 일본

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

7) 호주

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

8) 인도

- (1) 신재생에너지 시장 현황
- (2) 신재생에너지 정책 동향

2-3. 국내 신재생에너지 산업 현황

- 1) 국내 신재생에너지 산업현황 총괄
- 2) 국내 신재생에너지 업종별 현황
 - (1) 제조업
 - (2) 건설업
 - (3) 발전 및 열 공급업
 - (4) 서비스업
 - (5) 지역별 산업 현황

2-4. 국내 신재생에너지 보급 현황

- 1) 신재생에너지 생산량
 - (1) 총괄
 - (2) 생산실적
- 2) 신재생에너지 발전량
 - (1) 총괄
 - (2) 발전실적
- 3) 신재생에너지 설비용량
 - (1) 총괄
 - (2) 신규 설비용량(발전 부문)
 - (3) 누적 설비용량(발전 부문)

2-5. 국내 신재생에너지 관련 주요 정책과 추진전략

- 1) 제 10 차 전력수급 기본계획 주요 내용
 - (1) 개요
 - (2) 기본 방향
 - (3) 전력수요 전망
 - (4) 발전설비 계획
 - (5) 발전원별 정책방향
 - (6) 재생에너지 백업설비 구성
 - (7) 발전량 전망
 - (8) 온실가스 배출목표 달성방안
 - (9) 환경 개선효과
 - (10) 전력계통 확충
 - (11) 전력시장 개선(안)
- 2) 제 3 차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)

- (1) 개요
 - (2) 목표 및 추진전략
 - (3) 주요 추진 과제
 - (4) 투자계획
 - (5) 추진 일정
- 3) 재생에너지 정책 개선방안
- (1) 재생에너지 정책 현황
 - (2) 재생에너지 정책 평가
 - (3) 재생에너지 정책 방향
 - (4) 재생에너지 정책 과제
 - (5) 추진일정

3. 글로벌 원자력 발전산업 동향과 전망

3-1. 원자력 발전산업 개요와 국내외 최근 동향

- 1) 원자력발전 개요와 발전 방향
 - (1) 원자력발전의 진화 방향
 - (2) 4 세대 원전에 대한 기대
 - (3) SMR(소형모듈형원전) 개발 확대
- 2) 글로벌 원자력발전 현황과 전략
 - (1) 글로벌 원자력발전 현황
 - (2) 주요국별 원자력발전 추진전략
- 3) 국내 원자력 발전 동향과 전략
 - (1) 원자력발전의 필요성
 - (2) 국내 원자력발전 현황
 - (3) 원전산업 생태계 복원과 육성
 - (4) 원자력발전 기술개발 동향
 - (5) 원전수출산업화 동향과 전망

3-2. 유망 원자력발전 관련 시장 동향과 전망

- 1) 소형모듈형 원전(SMR) 시장 동향과 전망
 - (1) 소형모듈형 원전(SMR) 개요
 - (2) 국내외 SMR 정책 및 개발 현황
 - (3) 국내외 주요 기업 SMR 기술개발 및 사업화 동향
 - (4) 국내 업체 해외 투자와 협력 현황
 - (5) 글로벌 SMR 시장 규모 전망
- 2) 글로벌 원전 해체산업 시장 동향과 전망
 - (1) 원전 해체산업 특성
 - (2) 원전 해체 절차
 - (3) 글로벌 원전 해체 시장 동향 및 전망
 - (4) 국내 원전 해체 시장 및 경쟁력 분석

3-3. 주요국 원자력 발전 산업 동향과 전망

1) 미국 원자력 산업 동향

- (1) 미국 원자력 산업 개요
- (2) 차세대 원전기술 개발 동향
- (3) 원전 수명연장 지원 강화
- (4) 향후 전망

2) 영국 원자력 산업 동향

- (1) 영국 원자력 산업 개요
- (2) 신규 원전 건설 계획
- (3) 원자력 신기술 개발 동향
- (4) 향후 전망

3) 프랑스 원자력 산업 동향

- (1) 프랑스 원자력 산업 개요
- (2) 원자력 정책과 건립현황
- (3) 미래형 원자로 EPR2 건립 계획
- (4) 향후 전망

4) 러시아 원자력 산업 동향

- (1) 러시아 원자력 산업 개요
- (2) SMR(소형 모듈 원전) 동향
- (3) 사용 후 핵연료 폐기물 처리
- (4) 원자력 발전 기술 개발 동향
- (5) 향후 전망

5) 불가리아 원자력 산업 동향

- (1) 불가리아 원자력 산업 개요
- (2) 신규 원전 건설 계획
- (3) 향후 전망

6) 헝가리 원자력 산업 동향

- (1) 헝가리 원자력 산업 개요
- (2) 신규 원전(PaksII) 건설 계획
- (3) 향후 전망

7) 튀르키예 원자력 산업 동향

- (1) 튀르키예 원자력 산업 개요
- (2) 원자력 발전 기술 개발 동향
- (3) 핵폐기물 처리
- (4) 향후 전망

8) 일본 원자력 산업 동향

- (1) 일본 원자력 산업 개요
- (2) 일본, 원자력발전소의 재가동 요구
- (3) 향후 전망

9) 중국 원자력 산업 동향

- (1) 중국 원자력 산업 개요
- (2) 신규 원전 건설 계획
- (3) 향후 전망

10) 인도 원자력 산업 동향

- (1) 인도 원자력 산업 개요
- (2) 신규 원전 건설과 기술개발 동향
- (3) 향후 전망

II. CFE(Carbon Free Energy) 대응 유망 기술, 시장 동향과 전망

1. 수소사회를 위한 수소에너지 관련 기술, 시장 동향과 전망

1-1. 수소에너지 생산, 저장, 운송 분야 기술, 시장 동향과 전망

- 1) 수소 생산 기술, 시장 동향과 전망
 - (1) 수소생산 기술 개요
 - (2) 글로벌 수소생산 시장 동향
 - (3) 국내 수소생산 시장 동향
- 2) 수소 저장·운송 기술, 시장 동향과 전망
 - (1) 수소저장·운송 기술 개요
 - (2) 글로벌 수소저장·운송 시장 동향
 - (3) 국내 수소저장·운송 시장 동향
 - (4) 액화수소 활용 수소운송 전망

1-2. 수소 연료전지 기술, 시장 동향과 전망

- 1) 연료전지의 정의 및 시스템 구성
 - (1) 정의
 - (2) 시스템 구성
- 2) 전해질 종류에 따른 연료전지 분류
 - (1) 알칼리 연료전지(AFC)
 - (2) 인산형 연료전지(PAFC)
 - (3) 용융탄산염 연료전지(MCFC)
 - (4) 고체 산화물 연료전지(SOFC)
 - (5) 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)
 - (6) 직접 메탄올 연료전지(DMFC)
- 3) 연료전지 활용분야와 시장 전망
 - (1) 연료전지 응용분야와 기술별 장단점
 - (2) 글로벌 연료전지 시장 동향과 전망
 - (3) 국내 연료전지 시장 동향

1-3. 수소연료전지차 기술, 시장 동향과 전망

- 1) 수소연료전지자동차 정의 및 특징

- (1) 정의
- (2) 특징
- 2) 수송부문 탈탄소와 수소자동차 역할과 가치사슬
 - (1) 수송부문 수소자동차 역할
 - (2) 수소자동차 가치사슬
- 3) 글로벌 수소차 시장 규모 현황 및 전망
- 4) 글로벌 수소충전소 개요와 시장 동향
 - (1) 수소 충전소 개요
 - (2) 국내외 수소충전소 시장 현황
- 1-4. 수소연료전지 발전 기술, 시장 동향과 전망
 - 1) 수소연료전지 발전 개요
 - 2) 글로벌 수소연료전지 발전 시장 동향
 - (1) 발전용 연료전지 시장 전망
 - (2) 수소 연료전지 발전소 도입과 국가별 사례
 - (3) 수소 연료전지 발전 동향과 국가별 전략
 - 3) 국내 수소연료전지 발전 시장 동향
 - (1) 국내 발전용 연료전지 설비 구축 현황 및 목표
 - (2) 국내 연료전지 전력거래량 추이 및 발전단가
 - (3) 국내 지자체별 수소연료전지 발전소 추진 현황
- 1-5. 국내 수소경제 대응 정책 동향과 전략
 - 1) 제 1 차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획('23~'42)
 - (1) 수송부문
 - (2) 수소부문
 - 2) 수소경제 성장을 위한 3UP 전략
 - 3) 제 1 차 수소경제 이행 기본계획
 - (1) 비전 및 전략
 - (2) 주요 추진과제

2. CFE 대응 국내외 CCUS 기술, 시장 동향과 전망

- 2-1. CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) 기술 개요
 - 1) CCUS 개요
 - (1) CCUS 정의 및 개념
 - (2) CCUS 효용과 중요성
 - (3) CCUS 의 CO2 감축 기여도
 - 2) CCUS 기술의 분류
 - (1) 포집(Capture)
 - (2) 저장(Storage)
 - (3) 활용(Utilization)
 - 3) CCUS 기술 수준과 투자 동향

- (1) 글로벌 CCU 기술 수준
- (2) 포집 비용 및 자금 조달 현황
- (3) 글로벌 CCUS 투자 동향

2-2. CCUS 최근 이슈와 국내 CCUS 개발 현황

- 1) 직접공기포집(DAC) 기술
 - (1) 직접공기포집(DAC) 기술 개요
 - (2) 미국 에너지부의 DAC 투자 동향
 - (3) 미국 주요 기업 DAC 투자 동향
- 2) CCUS 활용 블루수소 생산 기술개발 동향
 - (1) CCUS 활용 블루수소 생산 동향
 - (2) 글로벌 CCS 시설, 설비 현황
- 3) 국내 CCUS 개발 현황

2-3. 글로벌 CCUS 시장 전망과 주요국, 기업 동향

- 1) 글로벌 CCUS 관련 시장 전망
 - (1) 글로벌 CCUS 시장 전망
 - (2) 글로벌 CCU 시장 전망
- 2) 국내외 CCUS 관련 주요 기업 동향
 - (1) 국내외 주요 기업 CCU 사업 동향
 - (2) 국내외 CCUS 기술 분야별 주요 키플레이어
 - (3) 오일 메이저 및 순수 CCUS 기술 기업
 - (4) CCUS 기술 스타트업

2-4. 주요국 CCUS 정책 동향과 국내 R&D 투자 동향

- 1) 주요국 CCUS 정책 동향
 - (1) 미국
 - (2) EU
 - (3) 일본
 - (4) 중국
- 2) 국내 CCUS 정책과 R&D 동향
 - (1) 국내 CCUS 정책
 - (2) CCUS 분야 정부 R&D 투자 동향
 - (3) CCU(활용) 분야 정부 R&D 투자동향

2-5. 국내 CCUS 관련 전략기술 개발 전략

- 1) 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안)
 - (1) 추진 개요
 - (2) CCU 기술개발 동향
 - (3) 세부 추진전략
 - (4) 핵심 분야별 기술혁신 전략
- 2) 탄소중립 기술혁신 추진전략 10 대 핵심기술(CCUS 중분류별) 추진전략
 - (1) 추진 개요

- (2) 저비용 CO2 포집 기술 개발 전략
- (3) 안전하고 효율적인 CO2 저장기술 개발 전략
- (4) 신산업 창출 CO2 활용기술 개발 전략

III. CFE(Carbon Free Energy) 대응기술 연구개발 테마

1. 신재생에너지, 원전 분야 기술개발 연구과제

1-1. 신재생에너지 기술 분야

- 1) 탠덤 태양전지용 건식기반 페로브스카이트 30MW 급 파일럿 양산 핵심 장비 개발
- 2) M10 이상 대면적, 150 μ m 이하의 박형 결정질/박막 실리콘 이중접합(HJT) 태양전지 및 모듈 양산기술 고도화(플래그쉽)
- 3) 결정질 실리콘 기반 탠덤 태양전지 적용을 위한 전층 무기 페로브스카이트 상부셀 및 핵심소재 개발
- 4) 전력피크 분산과 이용률 제고를 위한 동서형 건물 지붕(옥상) 태양광 기술개발 및 실증
- 5) 경제성이 향상된 부유식풍력 하부구조물 설계 기술 개발
- 6) 4 MW+급 풍력발전기용 메인 베어링 개발
- 7) 해상풍력단지용 고정식 해상변전소(OSS) 기본설계(FEED) 및 상세설계 기술개발
- 8) 신소재 기반 부유식 구조체 기술개발

1-2. 혁신형 SMR 기술

- 1) 중대사고 완화 및 방사성물질 저감 설비 개발
- 2) 혁신형 SMR 열수력검증 기술개발
- 3) 다물리통합 혁신형 SMR 3 차원 노심검증 및 안전/성능해석 플랫폼 개발
- 4) 혁신형 SMR 고유 중대사고 종합해석 평가기술 개발 및 완화 능력 평가
- 5) 혁신형 SMR 비상노심냉각계통 밸브 및 격납용기장착형 격리밸브 개발
- 6) 내장형 원자로냉각재펌프 개발 및 성능검증
- 7) 즉발형 노내계측기 및 3 차원 노심출력분포 합성법 개발
- 8) 자율 운전 성능과 안전성 향상을 위한 다목적 고정밀 계측시스템 개발
- 9) 혁신제조: 혁신형 SMR 핵연료집합체, 제어봉집합체 개발 및 시작품 제작
- 10) 무봉산운전 최적 일체형 가연성중성자흡수봉 개발 및 시작품 제작

1-3. 용융염원자로(MSR) 원천기술 분야(과기부)

- 1) (노심) 해양용 MSR 노심 기술 개발
- 2) (용융염 및 재료) 용융염 연료 및 재료 기술 개발
- 3) (계통) 해양용 MSR 계통 기술 개발
- 4) (안전성) 해양용 MSR 안전성 기술 개발
- 5) (해양) MSR 해양 적용 기술 개발

2. 수소에너지, CCUS 분야 기술개발 연구 과제

2-1. 수소에너지 기술 분야

- 1) 대면적 알칼라인 수전해 시스템 개발
- 2) 전력계통 안정화를 위한 연료전지 및 수전해 계통 연계 운영기술 개발
- 3) 청정수소 활용을 통한 화학산업의 탄소중립 실현 공정 기술 개발
- 4) (총괄) 극저온 액화수소 이송 시스템용 고품위 철강 주·단조재 부품화 기술개발
- 5) (1 세부) 항복응력 **345MPa** 이상 내균열성 향상 고망간강 합금설계 및 주·단조용 소재 개발
- 6) (2 세부) 4 만㎥ 급 액화수소 이송 시스템용 고망간강 밸브, 플랜지, 피팅 부품개발
- 7) 미래 모빌리티용 고온(**200℃** 이상) 고분자막 연료전지 소재 개발
- 8) 멀티스케일 모델링 기반 자가발전형 수소생산 원천 기술 개발

2-2. 청정화력(수소/암모니아 혼소) 기술 분야

- 1) **300MW** 급 (H 급) 가스터빈 **50%** 수소혼소 변환 기술개발 및 실증
- 2) **150MW**(F 급) 가스터빈 수소혼소 리트로핏 기술개발 및 실증
- 3) 가스터빈 연소기 수소 연료전환 시험평가 기술개발
- 4) 기력발전용 보일러 암모니아 혼소 전환 실증 기반기술 개발
- 5) **USC** 급 미분탄 보일러 암모니아 **20%** 혼소 기술개발 및 실증
- 6) 발전용 순환유동층 보일러 암모니아 **20%** 혼소 기술최적화 및 실증

2-3. CCUS 기술 분야(3년 이상 중장기과제)

- 1) 직접공기포집(DAC) 원천기술 및 실증 기반기술 개발
- 2) 공기 중 이산화탄소 동시 포집·전환 기술(RCC) 원천기술개발
- 3) 선상 CO₂ 포집 및 처리 기술 개발
- 4) 액체 CO₂ 운반선 운용 시나리오에 따른 CO₂ 상변화 고려 압력 제어기술 및 PRV 개발
- 5) 네덜란드 고갈가스전 활용 해양 CCUS 최적 저장 설계 및 가스전 설비의 CCUS 설비 변환 기술

개발

- 6) EOR 기술 적용을 통한 중동지역 CCS 저장소 발굴 및 주입 기술 개발
- 7) 정유산업 접촉분해공정 배출 CO₂ 포집 파일럿(10 톤/일) 공정 개발
- 8) 정유공정 포집 CO₂ 활용 액체연료 생산 공정 핵심기술 개발
- 9) 저순도 CO₂ 직접전환 기초유분 생산공정 핵심기술 개발
- 10) 온실가스 저감형 CO₂ 활용 메탄올 생산기술 국산화
- 11) CO₂ 활용 폴리카보네이트 제조기술 개발
- 12) CO₂ 및 해양부산물활용 무기탄산염 생산기술 개발
- 13) 고성능 해양 CO₂ 저장 모니터링 기술개발
- 14) 해양 CO₂ 주입시스템 핵심기술 자립화
- 15) 생체모방 탄소 자원화(Biomimetics carbon recycling)