

2022년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

**탄소순환형 정유제품 생산을 위한
CCU 통합공정 기술개발**

무단 전재 및 재배포 금지

한국에너지기술평가원의 허락 없이 본 문서를 온라인 사이트 등에 무단 게재, 전재하거나 유포할 수 없습니다.

제3자의 기획보고서 및 관련자료의 재활용시 따를 수 있는 책임소재는 한국에너지기술평가원에 없음을 알려드립니다.

목 차

I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	19
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 기술개요서	

이 보고서 내용중 일부는 아래 기획보고서 내용에서 복사, 발췌, 편집하였음을
미리 밝혀 둡니다.

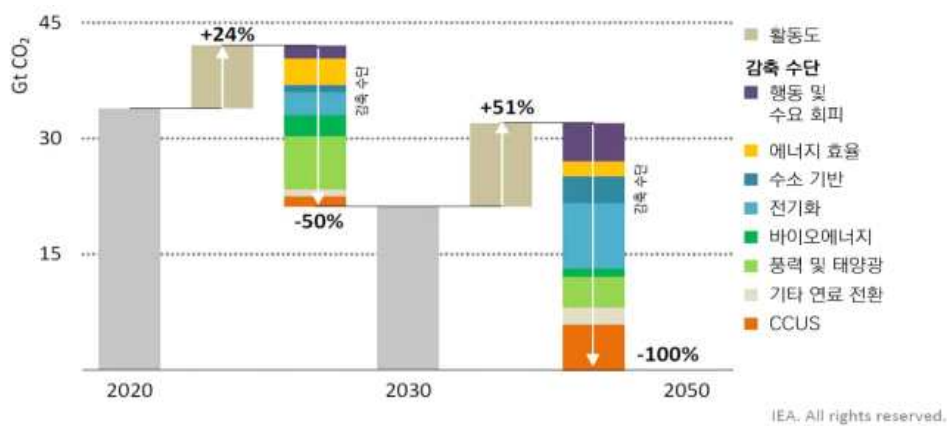
- 가스 발전/스팀생산 설비 연소중 CO₂ 포집·활용 기술개발사업(2020)
- 다부처 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화기반구축사업(2021)
- 제철공정 내 CO₂ 회수·활용 기술개발사업(2021)
- Net-Zero수요관리(에너지수요관리핵심기술개발사업 내역사업, 2021)

1. 개 요

□ 기술개념

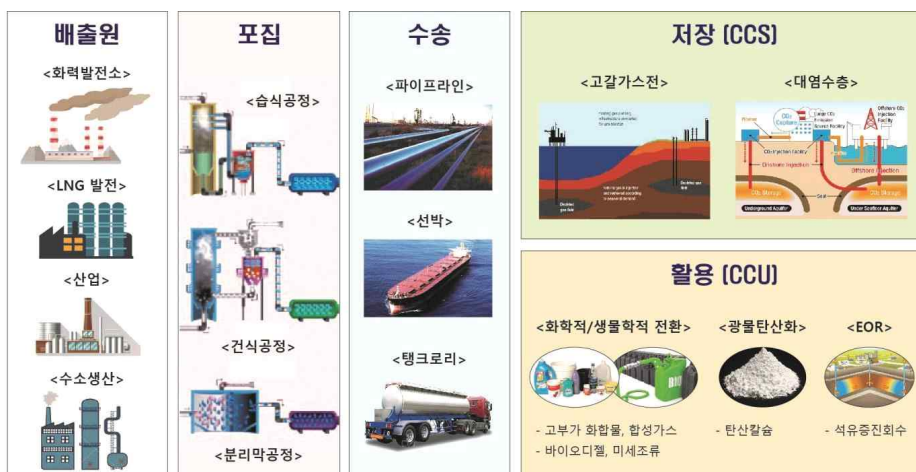
- (온실가스 감축 수단) 탄소중립을 위한 온실가스 감축 주요 수단으로 에너지 효율 향상, 전기화, 재생에너지, 바이오에너지, 수요 회피, CCUS* 등이 있으며 CCUS 기여도는 18%로 전망됨 (Net Zero by 2050, IEA, 2021)

* 이산화탄소 포집·활용·저장 (Carbon Dioxide Capture, Utilization and Storage)



[그림 1] 2050년 순 무배출 시나리오의 2020년 대비 감축수단별 전 세계 연간 CO₂ 감축량 (Net Zero by 2050, IEA, 2021)

- (CCUS) CCUS는 화석연료를 사용하면서 발생하는 CO₂를 포집한 후 안전하게 육상 또는 해양지중에 저장하거나 CO₂를 연료 및 화학제품과 같은 유용한 물질로 전환하여 활용하는 기술



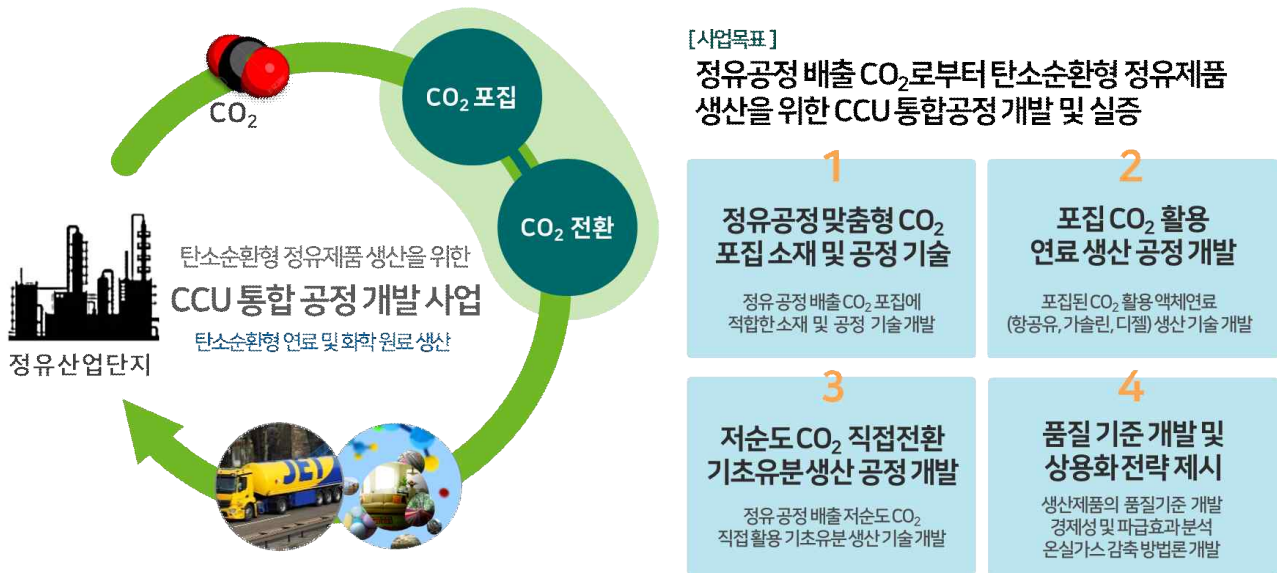
[그림 2] CCUS 전주기 개념도(산업통상자원부)

- 화석연·원료를 사용하는 철강, 시멘트, 석유화학, 정유 등 주력 제조업이 탄소 多배출업인 국내 여건상 급격한 수소사회로의 전환은 쉽지 않을 것으로 예상
- 석탄발전과 더불어 탄소 多배출 업종에서는 효율향상, 전기화, 무·저탄소 연·원료 사용 등과 더불어 불가피하게 배출되는 CO₂를 대량 저감할 수 있는 유일한 수단인 CCUS 도입 필요
- (정유산업) 정유공정은 화석원료인 원유를 증류, 열분해 공정 등을 통해 나프타(naphtha), LPG, 휘발유 등 각종 연료 및 석유화학 공정의 원료를 생산하는 에너지 안보 측면에서도 매우 중요한 산업
- '19년 기준 국가 온실가스 배출량의 약 5.4% 차지하며(32.1백만톤 배출, 산업 전체 온실가스 배출량 596.5백만톤), 전체 산업(26개) 중 5위
- 정유산업은 연간 3,000만톤 이상 CO₂를 배출하고 있는 에너지 다소비산업으로 탄소배출 저감을 위한 대책 마련이 시급

[그림 3] 정유산업의 온실가스 배출 현황
(정유산업의 탄소중립 영향과 국내 대응 동향(2019, KDB 산업은행))

(정유산업의 탄소중립 영향과 국내 대응 동향(2019, KDB 산업은행))

- (정유산업의 CCUS) 정유공정에서 발생하는 CO₂를 정유공정의 생산품 원료로 활용하는 탄소순환형 CCU 기술 개발 추진으로 저탄소 정유산업 지향
 - 배출된 CO₂를 연료 및 기초유분과 같은 정유제품으로 재합성하는 CCU 기술의 상용화 추진을 통하여 탄소순환형 정유산업 육성 추진



[그림 4] 탄소순환형 정유제품 생산을 위한 CCU 통합공정 기술개발 사업 개요

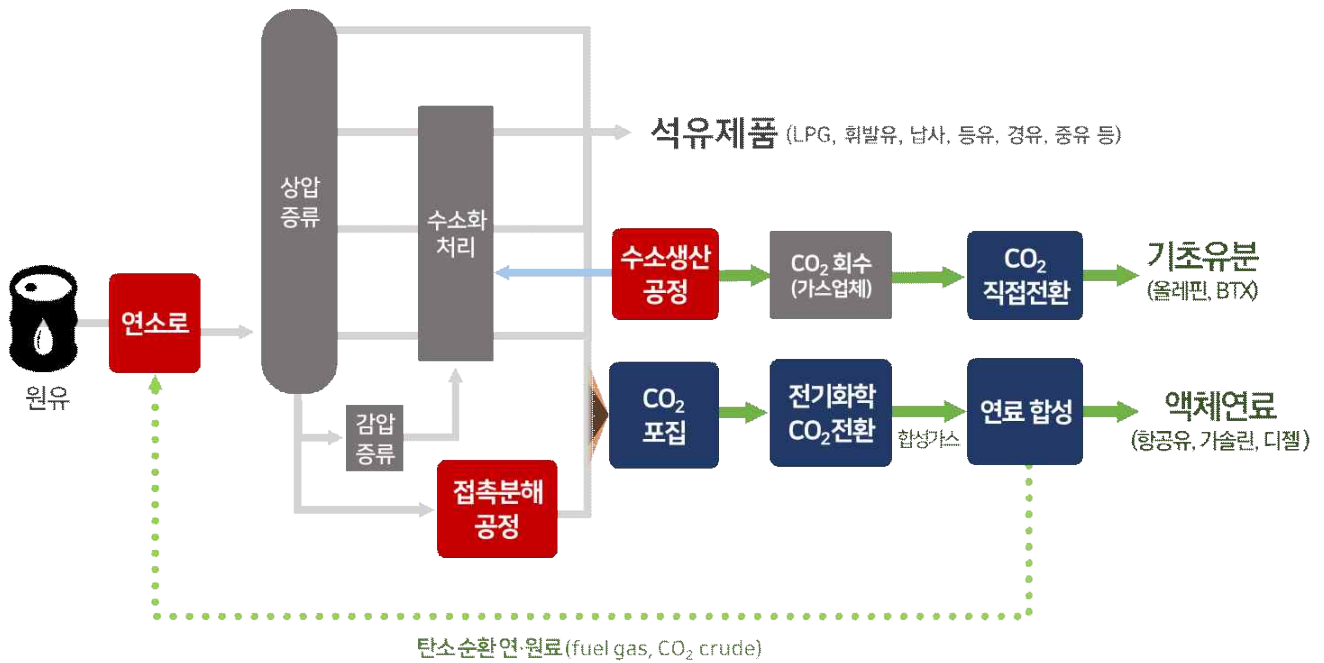
- (정유공정 CO₂ 포집) 정유산업 주요공정 배출가스 대상 CO₂를 포집공정 개발
 - 주요 온실가스 발생원은 ① 고정연소, ② 유동층 촉매 분해공정(접촉분해 공정), ③ 수소생산 공정이 있으며, 다양한 CO₂ 조성과 온도 분포 및 압력을 나타냄

<표 1> 정유공정의 주요 CO₂ 배출원

정유산업 내 주요 단위 공정	조업온도(°C)	배가스 중 CO ₂ 농도 (vol%)
상압 및 감압 증류	200 ~ 220	11.3
개질(Reforming)	180 ~ 190	8.1
유동층 촉매 분해 (FCC*)	300 ~ 320	16.6
수소생산	135 ~ 160	24.2

* FCC: Fluid Catalytic Cracking, 활성이 저하된 촉매를 산소/공기 등을 투입, 연소

- 주요 단위 공정에서의 배가스 별 특성에 적합한 포집 기술개발 뿐 아니라 대상 공정과의 열통합 등 다양한 공정 개선을 통한 저에너지 요구형 공정 개발
- 정유공정 내 단위 공정 맞춤형 CO₂ 포집 공정 개발을 통하여 대규모 포집 공정 개발의 기반 도출



[그림 5] 정유공정 배출 CO₂ 활용 탄소순환형 연료 및 기초유분 생산을 위한 CCU 통합공정

- **(CO₂ 활용 연료 생산)** 포집된 CO₂ 활용 탄소순환형 연료 생산을 위한 핵심기술 개발
 - 탄소중립 추진을 통하여 대부분의 수송용 에너지원은 전기 및 수소로 전환될 것으로 예상되나 항공기의 경우 탄소중립적인 합성연료 도입이 필요
 - 정유공정에서 포집된 CO₂를 활용하여 탄소순환형 항공연료를 생산하기 위한 합성가스 생산-항공유 생산 핵심기술 개발 추진
 - 화석 연·원료를 사용하지 않고 포집된 CO₂로부터 효율적으로 합성가스를 생산하기 위한 전기화학 촉매 및 공전해 반응 핵심기술 개발
 - 생산된 합성가스로부터 선택적으로 항공유를 생산하기 위한 촉매 및 공정기술 개발
- **(CO₂ 활용 기초유분 생산)** 정유 공정 배출 저농도 CO₂를 직접 활용하여 기초유분(올레핀, BTX 등) 생산 핵심기술 개발
 - 수소 생산 공정에서 배출되는 off-gas에는 약 50%의 CO₂와, 20~30%의 H₂ 및 10~20%의 CO, CH₄이 포함
 - 추가 수소 공급 없이 수소 생산 공정 배출가스에 포함된 CO₂와 H₂ 및 CO 활용 기초유분(올레핀, BTX) 생산을 위한 촉매 및 반응 공정 핵심기술 개발
 - 수소 생산 공정 배출가스 정제를 통한 합성가스 분율 제어 및 복합가스로부터 기초유분 생산을 위한 촉매 및 공정 기술 개발

- (품질기준 개발 및 상용화 전략 제시) CCU 기반 합성연료의 품질 기준 개발 및 상용화 전략 수립
 - 정유공정 배출 CO₂로부터 생산된 연료 및 기초유분의 품질기준(안) 제시
 - 온실가스 감축 방법론 개발 및 활용방안 제시
 - 개발된 CCU 기술의 경제성 및 파급효과 분석
 - CCU 기반 제품의 상용화를 위한 법령 제·개정(안) 제시

□ 주요이슈

- (CCUS) 에너지 다소비 업종 중심의 국내 제조업 여건을 고려할 때 탄소중립 사회로 나아가기 위해 수소 및 CCUS 등 미래 기술의 개발과 상용화가 반드시 필요
 - 탄소 다배출 업종은 그린수소, 무탄소 연료 도입 등을 추진하고 있으나 수소 사회로의 급선회는 어려우며 탄소중립 가교 수단으로서 CCUS 도입 필요
 - CCU 기술은 낮은 기술개발 수준 및 경제성, CCU 제품 시장의 불확실성으로 인해 민간 투자가 거의 이루어지지 않은 분야로서, 정부가 실증연계 R&D에 투자하여 기술 보급 필요
 - 기술 개발과 더불어 CCU 기술의 온실가스 감축 방법론 인증 및 제품 표준화 등 CCU 제품이 시장에 진입하기 위한 제도적 기반 마련 필요
- (정유산업의 CCU) 정유업계는 열통합을 통한 공정효율 향상, 저탄소 연료대체 (중유→LNG), 폐플라스틱 열분해유 원료대체 등 탄소배출 저감에 노력 중이나 저감량이 제한적이므로 탄소중립을 위해서는 CCU 기술 도입이 필요
 - 국내 정유사들은 CCU 기술 도입 및 적용을 적극적으로 검토하고 있으나, 정유 공정에 적용 가능한 CCU 기술이 없는 실정임
 - 기존 CO₂ 포집 기술은 발전소 대상으로 개발되어 정유 공정에서 배출되는 다양한 농도의 CO₂를 포집하는 기술이 없으며, CO₂ 활용 기술은 연구개발 단계로 정유 산업에 적용하기 위한 CCU 기술 확보가 필요함
 - 정유산업의 에너지 공급기능을 유지하고 기존 인프라를 활용하면서 탄소배출을 줄일 수 있는 CCU 기술개발 및 상용화가 산업 경쟁력 유지에 필수적임
- (정유공정 CO₂ 포집) 정유공정 맞춤형 대규모 CCU 실증 및 상용화를 위해서는 정유공정 내 주요 CO₂ 배출원별 맞춤형 포집 공정 개발, 기술성 및 경제성 제고 방안과 포집 플랜트 설계방안 도출이 필요

- 정유공정 내 주요 CO₂ 배출원별 상이한 CO₂ 함량, 배가스 온도 등을 고려한 맞춤형 포집소재 및 포집공정 개발을 통한 기술성 및 경제성 제고 필요
- 정유공정 내 CO₂ 배출원별 배가스(조성, 압력, 온도 등)에 맞는 포집 기술 선정, 적용 공정과의 열 통합, 포집공정의 환경 영향, 향후 격상을 위한 투자비 및 운영비 절감 방안 도출 필요
- **(CO₂ 활용 연료 생산)** 정유공정 배출 CO₂를 활용 수소·전기 전환이 어려운 수송용 연료 또는 정제공정에 필요한 연료 재합성 등 탄소순환형 연료 생산 필요
 - 탄소중립 목표 달성을 위한 수송용 에너지의 수소화 및 전기화는 항공기 부문에서는 아직 상용화가 어려운 상황
 - CO₂와 재생전력을 활용하는 Power-to-liquid 기술로 생산된 지속가능한 항공연료 (sustainable aviation fuel)는 기존 등유에 비해 CO₂ 배출량이 99% 감소 예상 (Clean Skies for Tomorrow, 2020, McKinsey & Company)
 - Power-to-liquid 기술로 지속가능한 항공연료를 생산하기 위해 화석 연·원료를 사용하지 않고 CO₂로부터 합성가스를 생산하는 전기화학 반응 기술 및 합성가스로부터 항공유 생산을 위한 피셔-트롭쉬 합성 기술 필요
- **(CO₂ 활용 기초유분 생산)** CO₂ 수소화를 통한 올레핀 생산은 합성가스를 올레핀으로 전환하는 피셔-트롭쉬 반응과 유사하나 화학흡착이 약한 CO₂를 효율적으로 전환시키기 위한 촉매 개발이 추가적으로 필요
 - CO₂로부터 올레핀, 나프타, 방향족 화합물 등의 석유화학 기초유분을 생산하는 기술은 탄소중립 흐름에 따라 세계적으로 활발한 연구가 진행중
 - CO₂ 수소화를 통한 올레핀 생산 시 반응 생성물의 탄소 분포가 다양하기 때문에 분리공정의 부담을 줄이는 선택도가 높은 촉매 개발 이슈 부상
 - 수소, CO₂, CO 등이 섞여 있는 수소생산 공정 배출가스와 같은 정유 부생가스를 활용하면 경제성 제고 가능
- **(품질기준 개발 및 상용화 전략 제시)**
 - CCU관련 온실가스 감축 방법론 인증 및 제품 표준화 등 CCU 제품이 시장에 진입하기 위한 법·제도적 기반의 부재로 민간기업의 투자 제약 요인으로 작용
 - CCU 연료 및 기초유분의 경제성 비교와 파급효과 분석을 통한 경제성 확보방안이 제시되어야 하며 CCU 연료 및 기초유분의 사용을 위해서는 에너지 정의 등 법령 제·개정 필요

2. 산업기술 동향

□ 해외 동향

- (CCUS) 전 세계 선진국들은 국가 주도로 온실가스 감축기술 개발을 추진하고 있으며, 주요 기술로는 태양광, 바이오 등 신재생에너지와 CCUS 등임
- CCUS 기술은 미국, 유럽, 중국, 호주 및 일본 등 전 세계 공통 R&D 분야로 유럽을 중심으로 CCU를 이용한 연료 및 기초유분 생산 실증공정들이 가동 중
- 국제에너지기구(IEA) 에너지기술전망(ETP 2020) 보고서에 따르면 '70년 1기가톤의 CO₂가 연료 및 화학원료의 생산에 활용될 것으로 전망

<표 2> 유럽의 CCU 프로젝트 요약

	화학원료	연료	광물화	기타	합계
R&D	9	8	2	1	20
상업화	2	2	1		5
데모	3	5			8
파일럿	4	6	4		14
시도			1		1
합계	18	21	8	1	48

* 출처 가스 발전/스팀생산 설비 연소중 CO₂ 포집활용 기술개발사업 기획보고서, 2020, IEAGHG (2018))

- (정유산업의 CCUS) 전 세계적으로 정유업계 탄소 배출을 최소화하고 친환경 사업으로 전환하기 위한 기술 개발 경쟁이 치열하며, CO₂를 이용하여 연료나 화학원료를 생산하는 CCUS 기술이 크게 주목받고 있음
- '20.12 글로벌 정유업체 8개사는(BP, Shell, Total, Repsol, Equinor, Eni, Galp, Occidental) 파리기후협약 목표에 기여하기 위한 6대 원칙(기후협약 지원, 탈탄소화, 에너지 시스템, 탄소 흡수원 개발, 투명성, 산업·무역협회)에 합의
- BP, TOTAL, Shell, equinor, Chevron 등 글로벌 정유사들은 CCUS 실증 프로젝트에 적극 참여하여 조기 상용화를 추진 중임
- (BP) 산림조성과 CCS 기술 적용 '50년 운영 및 생산 전반에 걸쳐 Net-zero를 달성하고 모든 판매제품의 탄소집약도를 50%까지 감축하겠다는 목표 제시

- (Shell) 자회사인 Shell Cansolv가 보유하고 있는 CCS 기술을 캐나다 Sask Power 석탄 화력발전소에서 운영, 캐나다 정부 및 합작투자 파트너와 함께 Quest CCS 프로젝트 진행
- (Total) R&D 예산의 10%를 CCS 기술개발에 투자하고 있으며 '19년 온실가스 흡수원 관련 투자를 위한 독립부서 신설, '20년부터 연간 1억 달러 지원
- (Equinor) 유럽의 CCUS 가치사슬 형성을 목표로, Shell 및 Total과 함께 노르웨이 full-scale CCS 실증사업인 북해 Northern Lights Project에 참여할 예정
- (정유공정 CO₂ 포집) 정유공정에서의 CO₂ 포집은 에너지 분야에서의 연소 후 포집 공정을 정유공정 내 단위 공정으로 적용할 수 있는지에 대한 제한적인 기술 경제성 분석 단계에 있음
 - 프랑스 IFP Energies Nouvelles와 PROSERNAT는 기 개발된 연소 후 CO₂ 포집 기술인 HiCapt+를 FCC에 적용시킨 경우에 대한 기술경제성 평가 실시
 - Shell은 Polaris CCS 프로젝트를 통해 Scotford Upgrader에 있는 수소제조 공장에 기 개발한 습식 포집 공정 ADIP-X를 적용, CO₂ 회수율 80% 달성
 - * '23년 투자 결정을 통해 1단계로 Shell의 인프라에서 연간 약 75만톤 CO₂를 포집, 2단계로 CO₂저장 허브를 만들어서 연간 1천만톤 이상을 포집·저장할 계획
- (CO₂ 활용 연료 생산)
 - Shell은 재생전력과 CO₂를 이용하여 저탄소 합성연료 생산 기술개발에 주력하고 있으며, 최근 지속가능한 항공연료(SAF)를 생산하여 네덜란드 항공사 KLM에 공급하여 첫 상업 비행에 성공함
 - BP는 독일의 전력회사인 Uniper, Fraunhofer 연구소 Power-to-X 프로젝트를 통하여 그린수소와 CO₂를 활용하여 합성가스를 만들고 피셔-트롭쉬 공정과 연계하여 합성연료 생산을 추진 중임
 - Heide GmbH에서는 독일 항공사인 Lufthansa AG와 지속가능한 항공연료 (SAF) 개발 실증과제를 수행하고 있으며, Lufthansa 그룹은 Power-to-Liquid 등유를 생산하기 위해 호주로부터 그린수소 공급망을 구축을 추진 중임
 - 노르웨이에서는 Sunfire GmbH, Climeworks AG, Paul Wurth SA, Valinor 등이 컨소시엄을 구성, Norsk e-fuel project를 통해 재생에너지를 이용해 생산한 수소로 유럽 최초의 상업용 항공유 생산 플랜트 건설을 계획하고 있음

○ (CO₂ 활용 기초유분 생산)

- CO₂가 포함된 합성가스를 수소화하여 올레핀을 생산하는 기술은 현재 상용화 단계로 진입 된 바 없음
- 반면 합성가스로부터 올레핀 합성 기술 분야 논문은 최근 10년동안 약 90건이며, 2000년대 중반 이후 본격적으로 증가하기 시작함
- 주로 철을 주성분으로 하는 촉매를 사용하며, 원하는 범위의 올레핀 생성물을 높이는 기술과 반응 중 CO₂ 생성을 억제하는 기술 등 고선택성 촉매를 개발 하는 데에 집중되어 있음

○ (품질기준 개발 및 상용화 전략 제시)

- CCU 연료 및 기초유분의 안정적 상용보급을 위해서는 최종 제품의 충분한 실증과 적정 품질기준이 필요하나, 전 세계적 사례 미미
- 미국의 기술개발 및 활용에 대한 세제혜택 및 유럽의 재활용 탄소연료로의 법적 승인 등의 사례는 있으나, 전반적인 상용화 제반 사항은 부재

□ 국내 동향

- (CCUS) 10MW급 석탄발전 배가스 대상 습식 및 건식 포집기술 개발 중이며, 활용분야는 다양한 CCU 기술 및 제품의 상용화를 위한 실증 연구 추진 중
 - (포집분야) CCS 통합실증을 목표로 실증 규모 포집기술 개발을 수행하고 있으며, 연소 후 포집기술 분야는 10MW급 습식 포집과 건식 포집 실증플랜트를 구축 하여 기술 고도화를 추진 중
 - (활용분야) 전기화학, 광물화, 고분자, 생물전환 등 과기부 추진 기초 원천연구를 중점으로 진행 중이며, 산업부 및 기업을 중심으로 화학 원료 및 연료 생산 관련 실증 연구 추진 중
- (정유산업의 CCU) CO₂ 전환 기술 개발을 위한 연구 개발 과제들이 다수 진행 되고 있으나 주로 원천기술 개발에 집중되어 있으며, 정유산업을 대상으로 정부 R&D 지원을 통해 CCU 기술개발이 수행된 사례는 없음
 - 현대오일뱅크는 태경비케이와 기술제휴를 통해 탈황 부산물을 이용, 원유정제 공정이나 수소 생산 공정에서 발생하는 CO₂를 광물화하여 탄산칼슘으로 전환 하는 기술(60만톤/년 규모)을 2021년까지 상용화하겠다고 발표

- **(정유공정 CO₂ 포집)** 지금까지 CO₂ 포집공정은 발전소 배가스를 대상으로 한 CCS 통합실증을 목표로 포집기술을 개발해 왔으며, 정유공정에 대한 포집공정은 시도된 바 없음
 - 습식 포집기술은 10MW급 이산화탄소 포집플랜트를 구축, 10,000시간의 연속운전, 90% 이상의 포집효율, 상용 흡수제 대비 35% 에너지 절감을 기록
 - 연소 후 건식 포집기술 역시 10MW급 플랜트를 구축, 2,300시간 연속운전 80% 이상의 이산화탄소 제거율, 포집 이산화탄소의 순도는 99% 이상을 기록
 - 석유화학업계중 하나인 롯데케미칼은 여수 NC공장에서 발생하는 배가스를 기체분리막을 이용하여 포집, 최대 95% 수준으로 포집 계획중
- **(CO₂ 활용 연료 생산)** 다양한 CO₂ 전환 기술 개발이 수행되었으나 아직까지 CO₂로부터 항공유와 같은 다탄소 액체연료를 생산한 사례는 부재
 - 한국에너지기술연구원에서는 전기화학적 CO₂ 전환을 통해 합성가스를 생산하고 피셔 트롭쉬 합성 반응과 연계하여 다탄소 액체연료를 생산하는 통합공정 기술개발 중
 - 한국과학기술연구원에서는 CO₂와 수소를 800℃ 이상의 고온에서 역수성가스전이 (RWGS, reverse water-gas shift) 반응을 통해 합성가스를 생산한 후 이를 이용해 메탄올을 생산하는 간접 다단 반응 기술을 개발
 - 한국화학연구원에서는 CO₂와 수증기, 천연가스를 원료로 개질 반응을 통하여 10톤/일 규모의 메탄올 합성 파일럿 공정을 개발
- **(CO₂ 활용 기초유분 생산)**
 - 과기부 차세대탄소자원화 사업단에서는 제철 부생가스인 COG를 활용하여 선형 장쇄올레핀을 생산하는 촉매 공정 연구를 수행
 - CO₂ 전환율 30%, C5-20 올레핀 수율 25% 이상의 촉매 반응 공정을 개발했으며 1kg/day 규모의 벤치 공정을 100시간 운전
- **(품질기준 개발 및 상용화 전략 제시)**
 - CCU 연료 및 기초유분의 국가 온실가스 저감 효과 인정과 경제성 확보를 위한 배출권 확보 등이 필요하나, 아직 기초 검토단계이며 정유산업 특화 배출가스 감축사업 설계 필요

3. 특허 동향

□ 분석 개요

- 검색DB 및 검색식
 - 키워트 특허 검색 DB를 활용하여 한국, 미국, 일본, 유럽, 미국, 중국 검색
 - 특허검색결과(2001년 이후 출원 특허로 한정) 전체 308건이 검색됨
 - 아래 검색식에서 정유산업에서 CO₂ 포집(① and ② and ③ and ④정유)으로 한정시 664건이 검색되었으며, 정유산업을 기초유분 등으로 한정 시 308건으로 검색됨

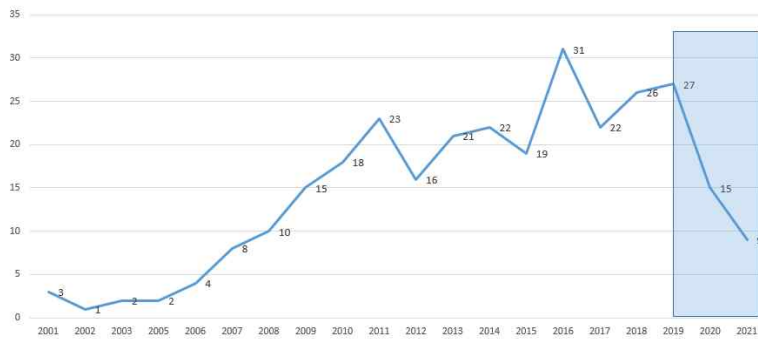
전체	전체	한국	일본	미국	유럽	중국
정유산업	664	30	26	177	57	374
정유*기초유분	302	9	13	92	36	152

<표 3> 검색 식

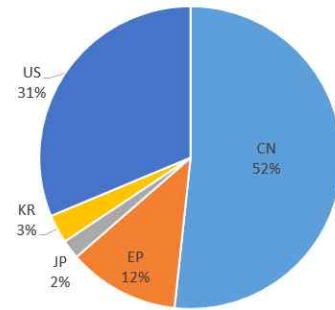
검색식 : ①CO ₂ 포집 and ②이용 and ③(화학적+생물학적+광물) and ④정유	
CO ₂ 포집	((이산화탄소 OR 탄산가스 OR carbondioxide* OR (carbon A/1 dioxide*) OR 카본디옥사이* or (카본 A/1 디옥사이*) OR CO2 OR 탄화가스 OR 온실가스 OR 산화탄소 OR 싸오투) A/5 (포집* OR 회수* OR recover* OR collect* OR 캡처* OR 캡쳐* OR captur* OR 회수* OR 흡수 OR 수집 OR 채집 OR 수거 OR 획득))
활용	AND (이용 OR use* OR using OR 활용 OR 사용 OR utili* OR consum* OR recycl* resourc* OR 리소스 OR 리사이클* OR 재활용 OR 재사용 OR 전환 OR 변경 OR 컨버* OR convert* OR 체인* OR chang*)
화학적 생물학적	AND ((화학* OR 케미스트* OR chem* OR 환원) OR (광물* OR 광석 OR mineral* OR 미네랄 OR 미네럴 or 탄산칼슘* OR 칼슘카보네* or limestone or 탄산염* OR carbonat* OR carbonatization OR 카보네이션 OR 탄산무수물 OR 카보나이트 OR 칼보네트 OR 고형화 OR 솔리드화 OR solidification) OR (생물* OR bio OR 바이오 OR organi* OR 광합성 OR photosynthesis OR photosynthe OR chlorophyl OR 포토신더* OR 엽록체 OR fixation))
정유	AND (정유 OR 원유 OR 석유 OR 기름 OR refinery OR petrole* OR (crude A/2 oil) OR purif* OR oil OR petroleum)
	AND ((유분 or 납사 or 나프타 or olefin or naphtha* or btx or benzene or toluene or xylene OR 에틸렌 or 아세틸렌 or 프로필렌 or ethylene or acetylene or propylene) or (연료 or fuel or e-fuel or (합성 A/2 (연료 or 가스))) or (synth* A/2 (fuel or e-fuel or gas)))

□ 국내외 동향

- (연도별 출원 동향) 2000년 이후부터 꾸준히 출원되고 있었으며, 2012년 이후부터는 등락은 있지만 평균 11% 이상 출원 건수 증가
- (국가별 출원 동향) 국가별 점유율을 살펴보면, 중국출원이 52%, 미국출원이 31%, 유럽 출원이 12%, 한국출원이 3%, 일본 출원이 2% 차지



전체 출원동향

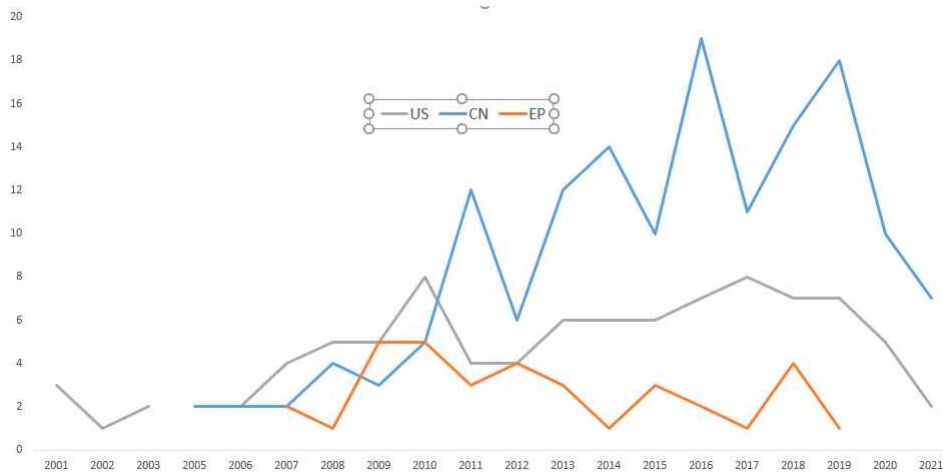


국가별 점유율

[그림 6] 연도별, 국가별 출원 동향

○ (국가별 연도별 출원 동향)

- 중국 출원은 2001년 이후 가장 많은 출원을 꾸준히 이어오고 있으며 특히 2012년 이후 급격한 증가세를 유지하고 있음
- 미국 출원은 2001년 이전부터 꾸준히 출원 중이며, 유럽은 출원 건수는 많지 않으나 지속적으로 출원하고 있으며, 한국과 일본은 출원이 미비



국가	01	02	03	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
CN				2	2	2	4	3	5	12	6	12	14	10	19	11	15	18	10	7
EP						2	1	5	5	3	4	3	1	3	2	1	4	1		
JP										2	1		1		1	1				
KR								2		2	1				2	1		1		
US	3	1	2		2	4	5	5	8	4	4	6	6	6	7	8	7	7	5	2

[그림 7] 국가별 연도별 출원동향

- (주요출원인별 출원 동향) 전체적으로 특허를 주도하는 기관은 없으나, 정유회사인 EXXON MOBIL, ARAMCO, SHELL OIL, SINOPEC가 상위 출원인으로 포진

<표 4> 주요 출원인

순위	기업명	CN	EP	JP	KR	US	총합계
1	EXXONMOBIL	3	3	1		5	12
2	FUELCELL ENERGY INC	1	1	1	1	4	8
3	ARAMCO	1		1	1	3	6
3	CHINA PETROLEUM & CHEM CORP	6					6
3	UNIV SOUTHEAST	6					6
3	University of Southern California					5	6
4	HER MAJESTY THE QUEEN IN RIGHT OF CANADA	1		1	1	2	5
4	SHELL OIL	2				3	5
4	SHIJIAZHANG XINHUA ENERGY ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY	5					5
5	Eisenberger Peter	1	2			1	4
5	SINOPEC	4					4

- 한국에서는 FUELCELL ENERGY, ARAMCO, HER MAJESTY THE QUEEN IN RIGHT OF CANADA, 대우조선해양, 한국과학기술연구원, 한국생산기술연구원, 한국화학연구원 등이 각 1건씩 출원됨
- 최대 ExxonMobil은 2009년부터 꾸준히 출원 중이며, 최근 출원 건수는 줄어들고 있으며, Aramco, CHINAPETROLEUM는 최근에도 지속 출원 중

<표 5> 국가별 주요 출원인

	CN	EP	JP	KR	US
1	CHINA PETROLEUM & CHEM CORP	EXXONMOBIL	EXXONMOBIL	FUELCELL ENERGY	EXXONMOBIL
2	UNIV SOUTHEAST	Naturally Scientific Technologies Limited	FUELCELL ENERGY	ARAMCO	University of Southern California
3	SHIJIAZHANG XINHUA ENERGY ENVIRONMENTAL TECHNOLOG	Eisenberger Peter	ARAMCO	HER MAJESTY THE QUEEN IN RIGHT OF CANADA	FUELCELL ENERGY
4	SINOPEC	Johnson Matthey PLC	HER MAJESTY THE QUEEN IN RIGHT OF CANADA	한국과학기술연구원	ARAMCO
5	EXXONMOBIL	Consejo Superior De Investigaciones Científicas		한국생산기술연구원	SHELL OIL

<표 6> 주요 출원인

행 레이블	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
EXXONMOBIL	1	2	2	3	1			2	1				
FUELCELL ENERGY INC							2	3	2			1	
ARAMCO				2	2						1	1	
CHINA PETROLEUM & CHEM CORP				1			1	1	2	1			
UNIV SOUTHEAST						2		1	1		1		1
University of Southern California		3						2			1		

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

○ 국제표준(ISO) 동향

- 파리협정 발효 이후 ISO에서는 온실가스 배출량 및 감축량 관련 표준들이 지속적으로 개발 중
 - * ISO/TC 207에서는 고정배출(고체, 액체, 기체연료)에 대한 온실가스 배출량 산정방법 표준 개발 완료 (ISO 19694-1, 2021년)
 - * ISO/TC 207에서는 온실가스 배출량 및 감축량에 대한 보고방법 표준 개정 완료 (ISO 14064-1~3)
 - * ISO/TC 146에서는 시멘트, 석회, 알루미늄, 비철, 반도체 및 디스플레이 분야의 온실가스 배출량 산정방법 표준 개발 중 (ISO 19694-3~7)
- CCU 관련 표준은 독립적인 기술위원회가 존재하지 않으나 활용되는 제품별로 추가적인 품질표준 등이 개발될 계획

○ UNFCCC의 청정개발체제 (CDM)

- CCU 기술 적용에 따른 온실가스 감축을 인정받기 위해 표준화된 방법론 필요
- 유사 방법론으로 산업시설에서 CO₂를 회수하여 CO₂ 생산에 소비되는 화석연료 사용을 대체하는 방법으로 AM0063이 존재함
 - * CDM 방법론 AM0063 : Recovery of CO₂ from tail gas in industrial facilities to substitute the use of fossil fuels for production of CO₂

<표 7> 정유 관련 UNFCCC의 CDM에 등록된 온실가스 감축량 방법론

구분	원료 및 연료전환 기술
AM0027	Substitution of CO ₂ from fossil or mineral origin by CO ₂ from renewable sources in the production of inorganic compounds
AM0037	Flare (or vent) reduction and utilization of gas from oil wells as a feedstock
AM0063	Recovery of CO ₂ from tail gas in industrial facilities to substitute the use of fossil fuels for production of CO ₂
AMS-III.J.	Avoidance of fossil fuel combustion for carbon dioxide production to be used as raw material for industrial processes

- CDM에 등록된 정유 관련 온실가스 감축량 산정방법은 직접적인 온실가스 감축 방법과 대체효과에 의한 온실가스 감축방법으로 크게 2가지 방법이 존재하며, R&D를 계획 시 해당 방법을 적용하여 온실가스 감축효과 분석이 필요

□ 국내 동향

○ CCU 기술의 표준 동향

- 정부 주도하에 기술개발 과제 등이 활성화 되어 있으나 표준화 분야는 이제 시작인 시점으로 성과 및 진전 필요
- 현재 상용화 단계 미진입 및 배출되는 CO₂ 활용에 따른 폐기물 관리법의 규제 등에 의하여 상용화된 제품 생산이 없음에 따라 표준개발도 미흡
- * 현재 국내 CCU 기술 중 가장 큰 규모의 연구는 40 tCO₂/day 규모임
- * 폐기물관리법 시행규칙 제4조의2, 별표4에 의하여 제품화를 목적으로 하더라도 CO₂ 포집과 연계하여 생성된 탄산칼슘은 폐기물관리법상 폐기물로 분류되어 재활용업 허가를 받지 못한 사업장에서는 재활용 불가
- * 배가스 내 CO₂는 폐기물로 분류되지 않으나, 이를 포집한 이산화탄소전환탄산화물(탄산칼슘)은 폐기물로 분류됨에 따라 상용화 규모로 과제 진행 시 법적 규제 해소방안 수립 필요

○ CCU 생산 제품의 표준 동향

- CCU의 경우 CCU 기술을 통해 생산된 제품에 대한 품질 및 인증표준 필요
- * (정유 분야) CCU 기술을 통해 생산된 제품(올레핀, BTX, 가솔린, 디젤, 항공유 등)에 대한 판매 활성화 및 경제성 확보를 위하여 품질인증 요구가 증가하고 있으며, 정유 분야에서 CCU를 통해 생산될 제품의 경우 다양한 품질표준 및 인증표준이 존재하며, 기준 만족 여부 확인 필요

<표 8> 정유 제품에 대한 품질 및 인증 표준

구분	정유 제품에 대한 품질 및 인증 표준
KS M 2961	석유제품-자동차용 가솔린 방향족 시험방법-가스 크로마토그래피(FRD)
KS M 2964	자동차용 경유 및 바이오디젤 연료유 중의 지방산메틸에스테르 시험방법-고 성능 액체크로마토그래피(HPLC)
KS M 2407	자동차용 가솔린 방향족 시험방법(가스 크로마토그래프법)
KS M 2408	자동차용 가솔린 함산소 화합물 시험방법(가스 크로마토그래프법)
KS M 2612	자동차용 휘발유
KS M ISO 20847	석유 제품-가솔린의 산화 안정도 시험 방법(유도 기간법)
KS M 3809	석유제품 - 자동차 연료의 황분 시험 방법 - 에너지 분산 X선 형광 분광법
KS M 2910	경유
KS M ISO 5165	석유제품 - 경유의 착화성 시험방법 - 세탄 엔진 방법
KS M ISO 6250	석유제품-항공연료의 물 용해도 시험방법
KS M 2232	항공 연료유의 산화 안정도 시험방법 (잠재 잔사물법)
KS M ISO 3013	석유 제품-항공 연료의 석출점 시험 방법
KS M 1678	벤젠·톨루엔·자이렌의 시험방법
KS M 1935	산업용 벤젠 - 기준
KS M ISO 5280	산업용 자일렌-기준
KS M ISO 5272	산업용 톨루엔-기준

○ 정유 및 CCU 기술의 온실가스 감축 관련 표준 동향

- CCU 기술의 온실가스 저감량 인정을 위하여 온실가스 감축량 산정 표준이 산업부 및 환경부 등에서 다양하게 연구 중
 - * 배출권거래제 외부사업 방법론 (정부 검토 중) : 온실가스 다배출 시설에서 배출되는 배기가스의 CO₂ 포집 및 활용 사업에 대한 온실가스 감축량 방법론
- 국내에서는 온실가스 감축량을 인정하기 위하여 배출권거래제의 상쇄제도를 운영 중이며, 정유 분야의 CCU 기술에 적용 가능한 국내 등록 온실가스 감축량 산정방법은 다음과 같음

<표 9> 정유분야 CCU 기술에 적용 가능한 국내 등록 온실가스 감축량 산정방법

구분	화학공정 산업 기술
05A-001	부생수소 활용을 통한 수소제조공정 대체사업의 방법론
07A-004	전기 차량 도입에 따른 화석연료 절감 사업의 방법론

- CCU 기술의 온실가스 감축효과 산정 시 전제되어야 할 점은 포집한 CO₂는 영구히 저장되어야 한다는 점과 사업경계 밖의 원료를 활용할 경우 전과정 측면(LCA)의 고려가 필요함
- 제안된 사업의 CCU 기술의 경우 기존 제품을 생산하는 전과정 동안의 온실가스 배출량과 해당 기술 투입에 따른 온실가스 배출량을 원단위 배출계수로 환산 후 생산량에 따른 배출량 비교를 통해 감축효과를 산정하는 것이 합리적임
- 해당 온실가스 감축방법을 국내의 배출권거래제 상쇄제도 또는 UNFCCC에 등록함으로써 실제 온실가스 감축량을 인정받을 수 있는 연구가 필요

5. 정부R&D 지원현황

※ 정부 R&D 지원현황관련 내용은 '다부처 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화 기반구축사업'(산업부, '21-'23) 기획보고서'의 일부분을 발췌, 활용하였음

□ 지원 현황

- 국가 CCS 종합추진계획 등에 따라 각 부처는 '09년 이후 약 6천억원 이상을 CCUS R&D 자금으로 지원
 - * (부처별 지원 예산) 산업부 3천억원 이상, 과기부 2천억원 이상(C1 리파이너리사업 제외), 해수부 약 5백억원, 환경부 약 1백억원 등
 - 2030년 온실가스 감축로드맵 수립(2018)에 따라 CCUS 기술을 청정에너지기술 중점투자분야로 선정하고 정부 주도로 기술개발 및 실증을 추진 중
- 산업부는 포집·저장·활용 분야별 CCUS 핵심기술 개발에 '09년부터 '21년까지 3,100억 원을 지원
 - 산업부 온실가스 처리기술 사업(에너지수요관리 핵심기술개발 사업의 내역사업)으로 연간 200억원 내외 지원

<표 10> 산업부 온실가스처리기술사업 R&D지원 현황 (단위: 억원)

세부사업 / 내역사업	'09-'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	합 계
에너지수요관리핵심 기술개발 (R&D)	13,731	1,694	1,813	1,858	1,667	1,692	2,140	24,595
온실가스처리기술	1,427	179	192	198	206	128	97	2,427
넷제로수요관리	-	-	-	-	-	-	193	193

<표 11> 산업부 온실가스처리기술사업 주요 실증과제

과제명	사업기간	총출연금 (억원)	비고
10MW급 연소 후 습식 아민 CO ₂ 포집 기술 개발	2010-2014	195	포집(습식)
10MW급 연소후 습식 아민 CO ₂ 포집기술 상용패키지 개발	2014-2017	76.2	포집(습식)
10MW 연소 후 건식 CO ₂ 포집 기술 개발	2010-2014	183.5	포집(건식)
10MW급 연소후 건식 CO ₂ 포집기술 상용패키지 개발	2014-2017	76.4	포집(건식)
청정화력발전과 연계한 온실가스처리 시스템 구축	2007-2010	80.5	석탄 순산소연소
CO ₂ EOR 파일럿 테스트(1단계 1,000톤)를 통한 CO ₂ 지중저장 연계 기술개발	2012-2016	97	저장(육상)
포항분지 해상 소규모 CO ₂ 주입실증 프로젝트	2013-2016	135	저장(해상)
포항분지 중규모 해상 CO ₂ 지중저장 실증 프로젝트	2016-2019	109	저장(해상)
포항분지 중소규모 CO ₂ 저장 실증 주입정 격상 연구	2017-2020	18	저장(해상)('18년 중단)

- 최근 CCUS관련 산업부 지원 R&D사업으로는 '가스 발전/스팀생산 설비 연소 중 CO₂ 포집·활용 기술개발사업(2020~,5년)', '다부처 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화기반구축사업(2021~,3년)', '제철공정 내 CO₂ 회수·활용 기술개발 사업(2021~,3년)' 등이 있으며, 국가 목표인 '50년 탄소중립과 '30년 NDC 달성을 위해서는 CCUS 관련 R&D 추가 지원 예상
- 정부의 탄소중립 발표에 따른, 탄소 多배출 업종의 이산화탄소 직접처리기술개발 지원을 위해, 넷제로수요관리(내역사업) 신설(2021-2025)
- 과기부에서는 기초 연구 지원을 통한 CCUS 원천 기술을 개발하고자 Korea CCS 2020사업, 차세대 탄소자원화 사업단을 운영함과 동시에 신진 연구자 지원을 통한 연구를 지속적으로 지원
- 과기정통부는 '11년 이후 여러 사업을 통해 주로 CCU 분야에 3천억원 정도 지원하였으며, 최근에는 'Carbon to X 사업'에 착수

<표 12> 최근 10년간 과기정통부의 CCUS관련 사업 현황

과제명	사업기간	총출연금 (억원)	비고
탄소자원화범부처프로젝트 (탄소광물화플래그십: 과기부, 산업부, 환경부)	2017-2022 (2+2+2)	232	당초 340억원 (일부사업 종료)
플라즈마활용탄소자원화	2019-2021 (2+1)	108	
차세대탄소자원화 (사업단)	2017-2021 (3+2)	352	
Korea CCS 2020사업(사업단)	2011-2020 (3+3+4)	1,721	
유용물질 생산 Carbon to X 기술개발사업	2020-2024 (3+2)	450	

- 정부의 한국판 그린뉴딜 정책에 따라 CCUS 실증·상용화 기반 구축과 CO₂ 활용 유용물질 생산 기술 개발을 위한 정부 R&D사업 투입 예정

□ 투자 동향

- CO₂ 활용 분야 R&D 투자 규모는 지난 10년간 기술수요증가와 함께 2배 이상 확대 추세('11년, 104억원 → '20년, 267억원)

<표 13> CCUS R&D 투자 현황 (단위 : 백만원)

연도/구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
포집	18,829	26,346	21,629	15,696	18,413	15,791	18,293	15,384	13,601	10,932
활 용	화학전환	7,510	5,720	7,189	4,429	3,457	4,247	9,982	11,164	13,405
	생물전환	320	2,207	1,980	2,870	3,380	3,499	1,411	1,935	4,801
	광물탄산화	2,603	2,860	2,873	2,620	2,650	2,463	6,531	9,399	5,250
	소계	10,433	10,787	12,042	9,919	9,487	10,210	17,925	22,498	23,456
수송·저장	5,019	21,154	27,940	21,725	21,942	8,271	17,699	9,930	5,892	1,223
합계	34,282	58,286	61,611	47,340	49,842	34,272	53,916	47,812	42,949	38,933

- 산업부는 에너지수요관리핵심기술개발사업 내 “온실가스처리” 내역사업 및 “가스 발전/스팀생산 설비 연소 중 CO₂ 포집 활용 기술개발”사업으로 최근 3년간 CO₂ 포집, 활용, 저장 기술개발에 506억원 지원

<표 14> 2018~2020년(3년)간 산업부 CCUS R&D 투자현황 (단위: 억원)

구분	2018년	2019년	2020년	합계
포집	68	83	57	208
저장	28	28	0	56
활용	68	76	94	238
제도/기타	3	-	-	3
합계	167	188	151	506

□ 기술개발 현황

- (정유산업의 CCU) 정유산업을 대상으로 정부 R&D 지원을 통해 CCU 기술 개발이 수행된 사례는 부재
 - (CO₂ 포집) 주로 발전소 배가스를 대상으로 한 CCS 통합실증을 목표로 기술을 개발해 왔으며, 최근 LNG발전 배가스, 철강, 시멘트, 석유화학 등 온실가스 多 배출 산업별 배출가스 특성에 적합한 포집 기술개발이 추진 중
 - (CO₂ 활용) CO₂ 전환 기술 개발을 위한 연구 개발 과제들이 다수 진행되고 있으나 주로 원천기술 개발에 집중되어 있으며, 정유산업을 대상으로 정부 R&D 지원을 통해 CCU 기술개발이 수행된 사례는 없음
 - * 한국에너지기술연구원에서는 전기화학적 CO₂ 전환 합성가스 생산, 피셔-트롭쉬 합성 반응과 연계 하여 다탄소 액체연료를 생산하는 통합 공정 기술 개발 중
 - * 한국과학기술연구원에서는 CO₂와 수소를 800℃ 이상의 고온에서 역수성가스전이 반응을 통해 합성가스 생산, 이를 이용 메탄올 생산 간접 다단 반응 기술 개발
 - * 한국화학연구원에서는 CO₂와 수증기, 천연가스를 원료로 개질 반응을 통해 10톤/일 규모 메탄올 합성 파일럿 공정 개발
 - (품질기준 개발 및 상용화 전략 제시) CCU 연료 및 기초유분의 국가 온실가스 저감 효과 인정과 경제성 확보를 위한 배출권 확보 등이 필요하나, 아직 기초 검토 단계

6. 시사점

□ 정유산업 탄소중립을 위해 CCU 기술 도입 필요

- 국내 정유산업은 연간 3,000만톤 이상 CO₂를 배출하고 있는 에너지 다소비산업으로 탄소배출 저감을 위한 대책 마련이 시급
- 효율향상, 전기화, 무탄소/저탄소 연·원료 도입 등과 더불어 불가피하게 배출되는 CO₂를 대량 저감할 수 있는 유일한 수단인 CCUS 도입 필요
 - * 저장 관련 내용은 국가 차원의 기술개발 지원 추진
- 포집 CO₂를 활용 정유제품(연료, 기초유분)으로 재합성하는 CCU 기술 개발 및 상용화 추진으로 정유산업의 저탄소화 추진 필요
 - * 전 세계적으로 정유업계 탄소 배출을 최소화하고 친환경 사업으로 전환하기 위한 기술 개발 경쟁이 치열하며, CO₂를 이용하여 연료나 화학원료를 생산하는 CCU 기술이 크게 주목받음

□ 정유산업의 특성을 반영한 CCU 기술 개발 추진 필요

- 기존 발전소 대상으로 개발된 CO₂ 포집 기술 등을 바탕으로 정유산업 내 다양한 CO₂ 배출원에 적합한 포집소재 및 공정 기술 확보 필요
- 포집 CO₂를 활용하여 수소화 및 전기화가 어려운 수송용 연료(항공유 등)를 합성하는 액체연료 생산 기술 개발 필요
- 추가 수소 공급 없이 정유공정 부생가스 활용 CO₂ 수소화를 통한 고부가 기초유분(올레핀, BTX 등)을 생산 기술 개발
- 정유산업 대상 CO₂ 포집-활용-제품화를 통해 온실가스 감축효과 및 CCU 제품의 경제성 제고

□ CCU 제품의 품질기준 개발 및 상용화 전략 제시 필요

- 연료 및 기초유분의 상용보급을 위해서는 제품의 충분한 실증과 품질기준 개발
- 연료 및 기초유분의 경제성 비교와 과급효과 분석을 통한 상용화 확보방안 제시
- CCU 연료 및 기초유분의 사용을 위해서는 에너지 정의 등 법령 제·개정 필요

II.

기획대상연구개발과제 도출

1. 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 정유산업 CCUS 기술개발 동향을 파악하고, 시사점을 검토하여 정유공정 CO₂ 포집 기술개발을 과제기획 기본방향으로 설정

□ 신규 예산 지원 계획안('22년, 1차년도)

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
지정공모	-	-	-
품목지정	-	14	14
자유공모	-	-	-
계	-	14	

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
탄소순환형 정유제품 생산을 위한 CCU 통합공정 기술개발	정유산업 배출원을 고려한 CO ₂ 포집 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - 그린뉴딜 정책(한국형 뉴딜 종합계획(7.14), 산업·에너지 한국판 뉴딜 정책방향(7.16) 등)의 핵심 과제인 녹색기술(온실가스 감축) 개발에 부합 - 탄소중립 정책('2050 탄소중립 추진전략'(20.12, 부처합동), '탄소중립 기술혁신 추진전략'(20.3, 과기부) 등)에 탄소 다배출 업종의 저탄소 전환 촉진을 위한 CCUS 기술의 상용화 추진 필요성 강조 - 제4차 에너지 에너지기술개발계획 이노베이션 로드맵(2020)에 이산화탄소 포집 저장 활용 실증 포함 ○ '2021년 산업기술 R&D 투자전략'에 온실가스 다배출 공정의 온실가스 처리 기술 투자 확대 명시 ○ 2022년 CCUS 신규과제 기획을 위한 기술수요조사(반영) ○ 정유업계 탄소중립협의회 R&D 분과위원회 기술수요조사서(반영) ○ 기타(로드맵 등) <ul style="list-style-type: none"> - (2030 온실가스 감축 로드맵 수정안) 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술개발 및 상용화로 CO₂ 10.3백만톤 감축 - (CCU 기술혁신 로드맵(21.6.15)) 중점 기술로 산업공정 CO₂ 포집-전환 연계 실증 기술 포함

2. 개발위험 관리방안

☐ 기술개발 위험요인

- CO₂ 포집 기술 개발을 위한 실증 사이트 확보가 곤란하므로 이를 모사하는 시스템을 최대한 활용하는 연구개발이 필요
- 연구개발을 위한 부지 선정, 관련 인프라 및 운전 기간 모사 배가스 및 유틸리티 공급 등을 사업계획에 반영 필요
- 실험 설비의 건설 및 운영에 있어 관련 법규 및 인허가 대책 방안 마련
- 실험 설비 운전 시, 안전사고 방지를 위한 위험성 평가시행

☐ 사업화 애로사항

- CO₂ 포집 기술 개발에 있어 경제성을 제고 필요

☐ 사회환경 위험요인

- CO₂ 포집 공정에 사용되는 소재의 경우 2차 환경오염 유발에 대한 우려가 있을 수 있기 때문에, 이를 해소하기 위해 파일럿 설비 운전 시 환경성 평가가 함께 필요

☐ 기술영향 검토

- 정유산업에 특화된 CCU 기술 확보를 통하여 탄소 다배출 업종인 정유업계의 탄소중립 대응기술 확보 및 저탄소 산업으로의 전환을 촉진할 것으로 기대

3. 기획연구개발과제 기술개요서

[품목지정공모 (기술개요서)] 재공고

품목명 : 정유산업 배출원을 고려한 CO₂ 포집 핵심기술 개발 22

'22년도 3차 공고 에너지기술개발사업 신규연구개발고제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2022-정유제품 CCU-품목1		
연구개발과제유형	원천기술형(),	혁신제품형(○)	
		실증형()	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제(○)		
품목명	정유산업 배출원을 고려한 CO ₂ 포집 핵심기술 개발 (TRL: [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)		
1. 지원필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 정유업계는 탄소중립 수단으로 CCU 기술개발 및 상용화 의지가 매우 높으나, 정유공정에 적용 가능한 CCU 기술이 없는 실정인바 정부지원을 통해 정유업계 공통으로 활용 가능한 기술개발 필요성이 높음 ○ 탄소중립 추진에 따른 석유수요 감소에 대응하고 정유산업의 수출 경쟁력 유지를 위해 정유공정에 특화된 CCU 기술개발 및 상용화가 필요하며, 기술개발 비용의 정부지원을 통해 기술실증 및 상용화 비용을 경감하여 산업계 부담 완화 필요 ○ 기술개발, 설비교체 등을 위한 막대한 탄소중립 전환비용이 기업 및 산업의 경쟁력을 약화시키지 않도록 정부의 적극적인 지원 필요 ○ 정유산업의 다양한 배출원을 대상으로 한 CO₂ 포집 기술은 업종의 CCUS 개발에 반드시 필요한 기술이나, 그간의 기술개발 이력 부재로 기술개발 실패 위험을 최소화하고 정유산업 경쟁력을 유지하기 위해 정부의 우선적 지원 필요 		
2. 품목정의	<ul style="list-style-type: none"> ○ (최종목표) 정유산업의 다양한 CO₂ 배출원에 적용 가능한 CO₂ 포집공정 핵심기술 개발 및 상용규모 모델링 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 포집 장치 개발(배출농도 3종 이상, 배가스 처리량 150 Nm³/hr), 공정별 포집 후단 CO₂ 순도 목표 제시, CO₂ 회수율 90% 이상, 상용공정 포집에너지 대비 10% 저감 ※ 포집에너지: 개발기술분야(흡수, 흡착, 분리막 등)에서 실증 혹은 상용공정에서의 CO₂ 포집에너지 (문헌, 실험 등, GJ/t-CO₂ or kWh/t-CO₂ 등)로 시뮬레이션 혹은 운전 결과 등과 비교 ○ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 정유산업 CO₂ 배출원 3종 이상을 고려한 고성능 CO₂ 포집기술 및 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 연구대상 CO₂ 배출원은 기존 포집공정이 부재한 정유공정내 접촉분해공정 포함 3종 이상(수소 생산공정, 연소배가스 등) * 배가스 분석, 문헌, 시뮬레이션, Lab 및 Bench-scale 실험 등을 통한 배출원별 포집소재 및 공정 구성안 개발 - CO₂ 포집 장치(150 Nm³/hr) 설계, 제작 및 설치 <ul style="list-style-type: none"> * 정유산업 CO₂ 배출원 모사가스 대상(성분(CO₂, 불순물 등), 온도, 압력 모사) * CO₂ 배출원에 포함된 불순물(SO_x, O₂, 수분 등)의 영향 및 포집소재 안정성 평가 * CO₂ 농도에 따라 포집 공정 변경이 용이하도록 장치 및 공정 구성 - CO₂ 포집 장치를 활용한 공정 운전, 공정 최적화 및 동적 제어기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 누적 운전 시간 1,000시간 이상 - 정유산업 CO₂ 배출원 3종 이상 대상 상용규모 CO₂ 포집 공정 모델(Process Simulator) 개발 및 경제성 평가 		

○ 개발위험 극복방안

- 정유산업 CO₂ 배출원 3종 이상을 고려한 포집 장치 구축 사이트 확보
 - * 인허가, 부지확보, 모사가스 확보, 유틸리티 공급 방안 등을 사업계획에 반영
- CO₂ 포집 장치의 건설 및 운영(매뉴얼 작성)에 있어 관련 법규 및 인허가 대책 방안 마련
- CO₂ 포집 장치 운전 시, 안전사고 방지를 위한 위험성 평가시행
- CO₂ 활용 공정과 연계를 위한 포집 CO₂의 공급 조건 마련
 - * 타연구개발과제 활용량 규모: 정상 운전시 약 100kg-CO₂/d
- 향후 CO₂ 포집 시장진입을 위해 CO₂ 포집 기술개발 결과(경제성 평가 포함)를 활용

○ 안전관리 사항

- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 ‘연구개발 과제별 안전관리계획’을 제출해야 함(적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 본 연구개발과제는 해당 안전관리 전문기관으로부터 정기적인 점검 또는 검사(연 1회 원칙)를 받아야 함(단, 연구개발과제 평가단에서 변경 가능)
- 안전관리계획에 필수 포함사항
 - 안전보건표지 부착 계획
 - 안전보건 교육 계획 (정기교육, 채용시교육, 작업내용변경시교육, 특별교육)
 - 위험성 평가계획(유해요인, 위험요인) : PDCA(Plan(계획)-Do(실행)-Check(확인)- Action(조치))
 - 유해·위험 방지계획

3. 지원기간/추진체계

○ 기간 : 41개월 이내

(1차년도 정부지원연구개발비: 14억원 이내,
총 정부지원연구개발비 : 63억원 이내)

○ 기술료 : 징수

○ 주관연구개발기관 : 제한없음

○ 기타사항 : 정유사 연구개발과제 참여 필수

사업 내 타연구개발과제에서 활용연구를 위한 포집 CO₂ 제공
사업 내 타연구개발과제와의 유기적/적극적 협력 방안 제시 및 수행