



GLOBAL
CCS
INSTITUTE

글로벌 CCS 현황

2014년 2월

요약

본 **글로벌 CCS 현황: 2014년 2월** 보고서는 전세계 대규모 탄소 포집과 저장(CCS) 프로젝트의 현황을 요약하고, 주요 국제 CCS 프로젝트를 비롯해 해당 정책과 법률 및 규제의 진척 상황을 개관합니다.

지구 온도 상승을 섭씨 2도 미만으로 유지하기 위해서는 기본적으로 CCS가 필요합니다. CCS는 기후변화에 대응하기 위해 필요한 최소 비용의 저탄소 기술 포트폴리오에서 필수적인 요소입니다. 지난 몇 개월 동안 이러한 현실을 인정하는 일련의 전문가 보고서가 계속 발표되었습니다. 여러 폭넓은 의견은 환영해야 할 일이며, 특히 의사결정권자들에게 CCS 기술 발전 조치를 촉구하는 경우에는 더욱 그러합니다. 대다수 지역에서 대규모 CCS 프로젝트가 계속 시공과 가동 단계로 나아감에도 불구하고 지금까지 전반적인 성과 속도는 전세계적으로 이상적인 수준에 못미쳤습니다.

그렇지만 의사결정권자들이 CCS 이행을 가속화하기 위한 조치를 취하려는 긍정적인 조짐이 보입니다. 2013년 11월에 열린 제5차 탄소 처리 리더십 포럼(CSLF) 장관 회의는 기후변화 대응에서 CCS가 차지하는 중요성을 강조하고, CCS 도입에 대한 범세계적인 추진력을 다시 북돋우기 위한 조치를 확인했습니다. 이러한 움직임은 기존 활동을 지원하고 새로운 프로젝트를 진전시키기 위해 필요합니다.

2014년 2월 현재 전세계에서 12개 프로젝트가 가동 중이며, 9개는 시공 중입니다. 다른 39개는 다양한 개발 계획 단계에 있으며, 그 중 6개는 2014년도에 최종 투자가 결정될 수 있습니다. 가동 또는 시공 중인 21개 프로젝트는 2011년 이후 50% 증가한 것인데 이는 CCS 기술의 대규모 적용에 있어 자신감이 높아지고 있다는 점을 나타냅니다.

북미 지역은 CCS 기술의 도입을 선도하고 있으며 중국의 중요성도 빠르게 높아가고 있습니다. 영국의 경우 유망한 여러 프로젝트가 2010년대 말 무렵에 시작하지만 추진력은 다시 얻었습니다. 반면, 유럽 대륙은 최근 수개월 동안 여러 기관에서 대규모 CCS 기술의 중요성과 지속적이고 왕성한 연구개발 노력의 필요성을 주장했지만 원했던 프로젝트 리더십 지위를 몇 년 전 상실했습니다.

북미 지역에서는 전력 분야 최초의 대규모 CCS 프로젝트인 바운더리 댐 탄소 포집 및 격리 프로젝트와 켄퍼 카운티 석탄 가스화 복합 발전(IGCC) 프로젝트가 가동 단계에 접어들고 있습니다. 두 프로젝트는 CCS의 발전에 세계적인 중요성을 지니고 있습니다. 마찬가지로 중동 지역에서는 철강 분야 세계 최초의 대규모 CCS 프로젝트가 시공 단계로 들어갔습니다.

이러한 프로젝트는 기술의 실제 적용 과정을 보여주며 포집 기술의 발전과 혁신을 결합하여 비용을 절감함으로써 이에 대한 확신을 심어줍니다.

최근 몇 년 동안 CCS 개발이 현저하게 진척되었지만 추가 발전과 광범위한 도입을 위한 동력이 더 커져야 합니다. CCS는 세계 경제에 미치는 비용 부담을 최소화하면서 기후변화에 대응하는 저탄소 기술 포트폴리오에서 매우 중요한 역할을 수행합니다.

추진 동력의 촉매제로 작용할 주요 조치

- 전세계적으로, 특히 프로젝트 개발이 지연된 유럽 대륙에서 실증 프로젝트의 실행을 위한 단기적인 지원 부양
- 기후변화 완화, 강력한 정책 조치와 시장 기반 매커니즘(다른 저탄소 기술에 비해 CCS가 불리하지 않도록 하는)에 대한 장기적인 노력 경주
- 장기적인 이행 책임과 같이 잔존하는 주요 규제의 불확실성을 해결하는 조치 강구
- CCS 연구개발 활동을 위한 지속적인 재정 지원과 더불어 지식 공유에 대한 협업 방식 고취

필수불가결한 CCS

저희 연구소는 2013년 글로벌 CCS 현황 보고서에서 해마다 늘어나는 이산화탄소(CO₂) 배출을 줄이기 위한 조치가 시급하다고 강조했습니다. 최소 비용으로 탈탄소화를 달성하는 것은 화석연료 및 바이오매스와 함께 CCS를 사용하는 방법 등 여러 가지 에너지 해법이 풀어야 할 과제입니다. 지난 몇 개월에 걸쳐 정부와 산업 단체의 상당히 많은 독립적인 연구와 보고서에서 이러한 점이 더욱 부각되었습니다.

1. 국제에너지기구(IEA)는 *World Energy Outlook 2013*에서 다음과 같이 밝혔습니다.

‘탄소 포집과 저장(CCS)은 기온 상승을 2°C 로 제한하는 전세계 합의 목표를 달성하기 위한 필수 기술로 인정받았다. CCS 기술을 도입하고 화석연료 플랜트에 CCS를 갖추면 이러한 설비를 조기에 다량 폐기하지 않아도 된다. 이는 기후변화 목표 달성의 경제적 타당성을 향상시키며.... 하지만 유감스럽게도 CCS 개발 속도가 둔화되었다.’

‘2020년을 지나 새로운 고효율 플랜트에서 CCS를 실증하여 도입하고 적합한 기존 플랜트에 이를 갖추어 개선할 때면 CCS는 석탄 기반 전력 발전과 산업에서 CO₂ 배출 억제에 핵심 역할을 할 수 있으며.... 2012년에서 2035년까지 전력 분야의 탈탄소화 총비용을 미화 1조 달러 정도 줄일 수 있다.’

2. 세계에너지협의회(WEC)는 *World Energy Insights 2013* 에서 다음과 같이 언급했습니다.

‘에너지 지속가능성과 환경 영향 완화에서 [시나리오 사이에] 명백한 차이가 있다. 재즈 시나리오에서 CO₂ 배출은 해당 기간이 끝나서야 동일한 수준으로 유지된다. 세계는 계속 화석연료에 의존하므로 기후변화 적응에 중점을 두어야 할 것이다. 심포니에서 CO₂ 배출은 2030년 이전에 감소하기 시작하여 CO₂ 량이 대기 안정화 수준인 450ppm에 가까워지며.... 심포니 시나리오에서 재생 에너지 특히 태양열이 크게 증가하고 탄소 포집과 저장을 광범위하게 채택하며 원자력의 발전을 보게 된다.’

WEC는 2050년까지 두 가지 시나리오에 대한 유지컬 테마를 채택했습니다. 에너지 시나리오로서 ‘재즈’는 개별 접근성 달성을 우선 순위로 두면서 경제 성장을 통한 에너지 비용의 적합성과 에너지 자원에 중점을 둡니다. 에너지 시나리오로서 ‘심포니’는 국제적으로 조율된 정책과 실무 협력을 통해 환경 지속가능성의 달성에 중점을 둡니다.

3. 글로벌 기술 및 기후 정책 전략에 관한 에너지 모델링 포럼(EMF) 27 연구 결과는 다음과 같이 전합니다.

‘[이 연구의] 확고한 결과에 따르면, 탄소 포집과 저장을 이용할 수 없고 바이오에너지 사용이 제한되면 대기 농도를 낮은 수준에서 안정화시킬 수 있는 타당성과 거시경제적 비용에 가장 큰 영향을 미친다.’

‘.. 상당수 모델은 CCS 없이 450 ppm을 달성할 수 없었다. 실제로 모델이 시나리오를 도출할 수 없는 대부분의 상황은 CCS를 사용할 수 없다고 추정된 경우였다.’

‘... 이 연구에서 평가한 여타 기술과 달리, 이것은 예컨대 여러 가지 공급 원료를 바탕으로 하는 합성 연료 생산과 전기 발전 같은 여러 과정을 통해 탈탄소화에 이바지하는 잠재력이 있는 아주 유용한 기술이다.’

EMF27 프로젝트는 전세계 연구기관의 컨소시엄으로 이루어지는 글로벌 모델 비교 실험으로서, 스탠포드 에너지 모델링 포럼(Stanford Energy Modeling Forum), 포츠담 기후영향연구소(Potsdam Institute for Climate Impacts Research)와 세계 응용 시스템 분석 연구소(International Institute for Applied Systems Analysis)가 주도합니다.

4. 영국의 기후변화 위원회에서는 비용 효과적 완화 가능성에 대한 최신 증거를 검토해 다음과 같이 밝혔습니다.

‘상당한 비용 감축의 여지가 있어 2020년대나 그 이후면 해상 풍력과 CCS는 탄소 가격 시세에 의거, 가스 발전에 비해 저렴해진다. 이러한 기술은 비용을 줄이기 위해 도입이 바람직하므로 장기적으로 중요하다.’

5. 유럽연합 집행위원회(EC)는 2020년에서 2030년까지 기간 동안 기후 및 에너지에 대한 정책 프레임워크에서 CCS의 중요성을 강조하면서 CCS가 장기적으로 필요한 대규모 산업 처리 과정에서 직접적인 배출량을 줄일 수 있는 유일한 방법일지 모른다고 말했습니다. 또한 이 프레임워크는 CCS 연구개발 노력과 상용 실증의 확대를 지지하면서, 이는 ‘향후 10년간 필수적이기 때문에 2030년 무렵에 도입될 수 있다’고 전합니다.

6. 미국에서는 U.S. Climate Action Report 2014에서 연구개발의 중요성이 강조되었습니다. 개선된 화석연료와 재생 에너지에서 다양한 종류의 혁신적인 저탄소 기술에 걸친 연구개발 노력을 부각하면서 보고서 저자들은 다음과 같이 밝혔습니다.

‘변형 CCS 기술이 태동할 때 그다지 높지 않은 CO₂ “가격”이면 CCS가 CO₂ 활용 없이도 비용 효과적이 되는 데 충분할 것으로 예상된다.’

이러한 중요 분석 및 정책 문서와 더불어 2013년 11월에 열린 제5차 CSLF 장관 회의에서 나온 선언문은 기후변화 대응에서 CCS의 중요성과 실행 추진력을 증대시킬 필요성을 명확히 강조했습니다. CSLF는 현재 22개 국가와 EC를 포함한 총 23개 회원국으로 이루어져 있습니다.

특히 선언문은 다음과 같이 전했습니다.

‘CSLF 회원국의 주무 장관과 참가단 대표들은 탄소 포집 저장(CCS) 기술의 연구개발(R&D)과 실증 및 글로벌 도입이 가속화되어야 한다고 확신하며... 우리는 개별 및 공동으로 필요한 조치를 취하여 향후 CCS의 발전과 도입을 촉진하기 위해 최선을 다한다.’

‘지난 수십년 동안 얻은 소중한 경험을 기반으로 앞으로 7년은 2010년대 말까지 CCS의 대규모 도입 준비 여건을 조성하는 데 있어 매우 중요하다. 우리의 공동 목표는 현재 시공 중이거나 계획 발전 단계에 있는 모든 CCS 프로젝트를 완성하는 데 알맞은 여건을 보장하는 것이며, 2020년대에 상용 도입을 확대하기 위해서는 2020년까지 대규모 신규 CCS 실증 수를 늘려야 한다.’

오늘날 대규모 프로젝트 활동의 대다수는 5-10년 전에 실시된 정책의 효과가 반영된 것입니다. 이는 주로 세계 금융 위기 직후에 이루어진 경기 부양 프로그램과 제철 업계의 지원을 받았습니다. CCS의 중요성을 재차 확인하고 그 실행 동력을 확대하는 것이 중요합니다. 하지만 이를 실현하려면 정부는 세계 시장에서 CCS 투자를 지원하기 위해 필요한 정책 및 규제 프레임워크에 대한 후속 조치를 취해야 합니다.

프로젝트, 정책 및 시장

전세계적으로 현재 총 21개 대규모 CCS 프로젝트(가동 또는 시공 단계)가 ‘실행’ 중이며, 전체 CO₂ 포집량은 연간 약 4,000만 톤에 이릅니다(그림 1,2,5).

현재 전세계 시장에서 12개 대규모 프로젝트가 가동 중이며, 2014년 상반기와 하반기에 각각 1개의 프로젝트가 추가될 전망입니다. 가동 단계에 임박한 이 2개 CCS 프로젝트는 북미 지역에 위치하며, 전력 분야에서 최초로 이루어지는 대규모 CCS 프로젝트이기 때문에 각별한 중요성이 있습니다.

또다른 뜻깊은 사례는 철강 분야의 대규모 CCS 프로젝트가 ‘실행’ 즉 시공 단계로 들어선 것입니다. 중동 지역에 위치한 이 프로젝트로 말미암아 실행 프로젝트 수가 총 9개(위에서 언급한 전력 분야의 2개 프로젝트 포함)로 늘었습니다.

대규모 CCS 프로젝트가 꾸준히 시공에 들어가는 추세는 앞으로도 계속될 조짐입니다. 전체 CO₂ 포집량이 연 1,000만 톤이 넘는 6개의 개발 계획 단계 프로젝트가 2014년 중 최종 투자 결정이 내려질 수 있습니다. 레이크 찰스 CCS 프로젝트, NRG 에너지 구역 CCS 프로젝트, 미국 텍사스 클린 에너지 프로젝트, 중국의 연창 탄소 포집 및 저장 실증 프로젝트, 시노펙 퀴루 석유화학 CCS 프로젝트, 네덜란드 ROAD 프로젝트가 그것입니다.

영국의 한 프로젝트는 기본설계(FEED) 단계로 발전했으며 또다른 프로젝트도 조만간 그렇게 될 것입니다. 하지만 유럽 대륙에서는 최근 몇 달 사이에 상당수의 프로젝트가 취소 또는 보류되었습니다. 2014년 2월 현재 본 연구소에서 모니터링하는 전세계 대규모 CCS 프로젝트의 수가 유럽 대륙의 프로젝트 취소로 2013년 10월 보고서 때의 65개에서 60개로 감소하였습니다(그림 1과 2).

그림 1 프로젝트 수명주기와 연도별 대규모 CCS 프로젝트

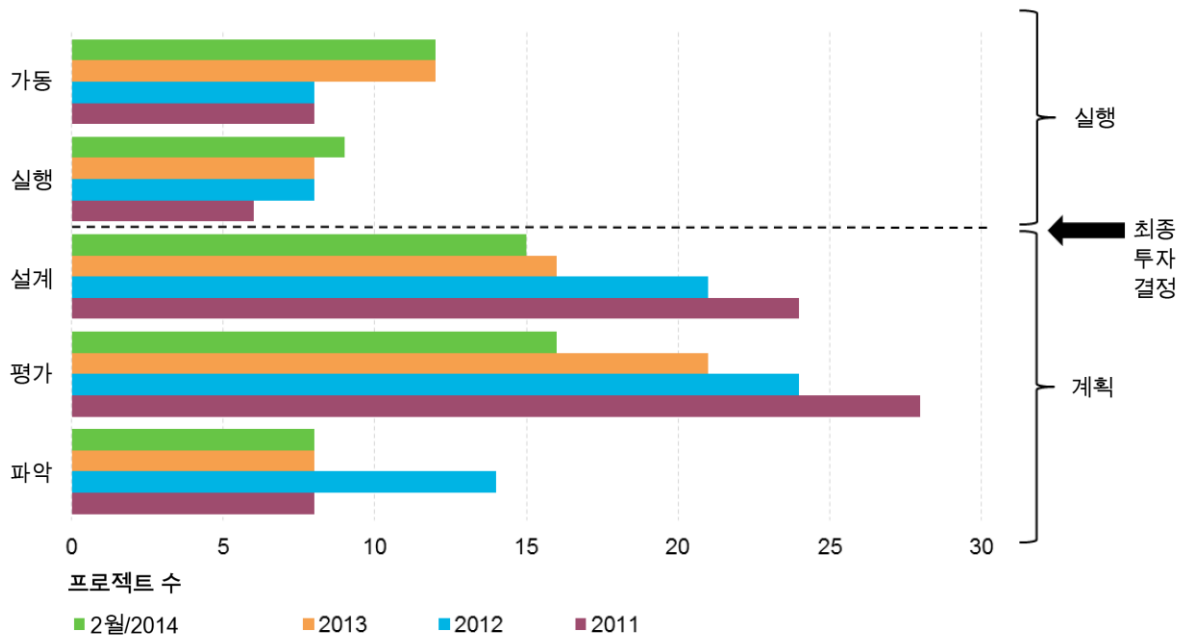
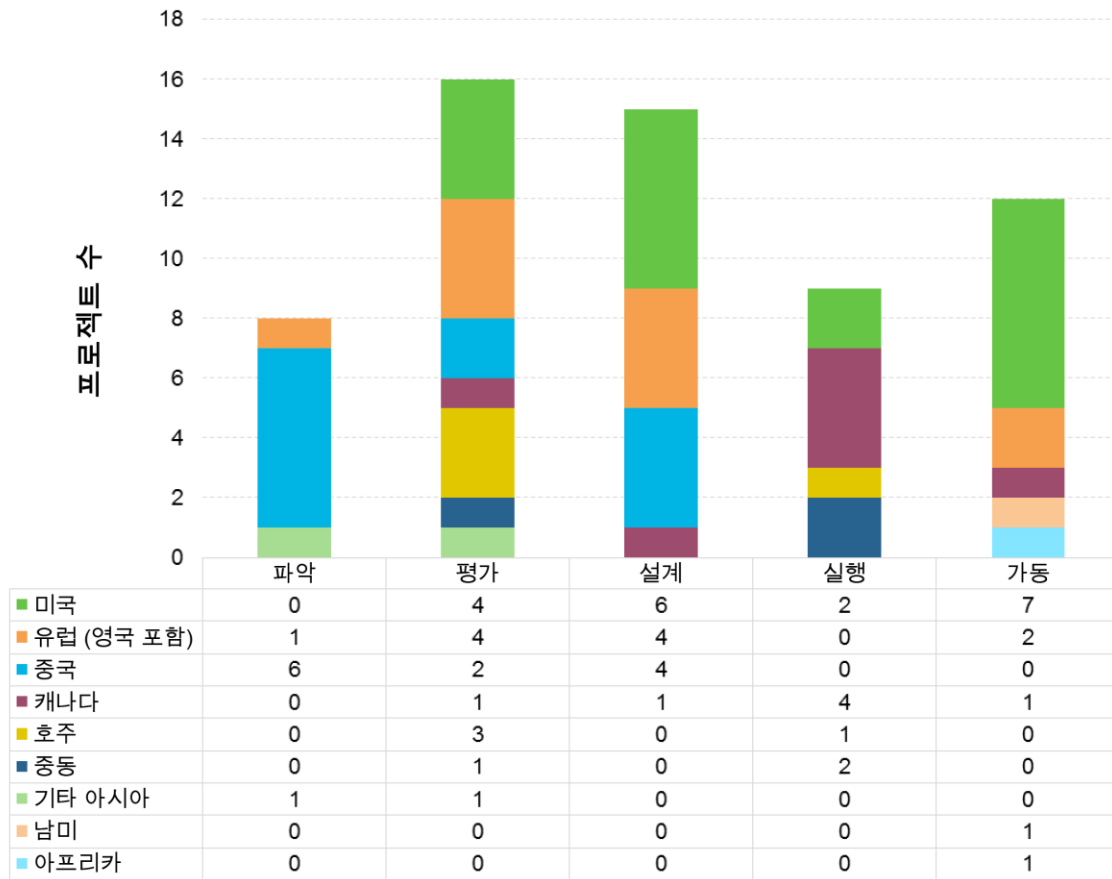


그림 2 2014년 2월 현재 프로젝트 수명주기 단계 및 지역/국가별 대규모 CCS 프로젝트



최근 몇 달 동안 여러 국가와 지역에서 CO₂ 배출 기준과 목표에 중점을 둔 중요한 정책과 법률 및 규제가 개발되었습니다.

- 미국 환경보호청(EPA)은 최근에 발전소의 CO₂ 배출과 지중 탄소 저장을 다루는 제안을 발표했습니다.
- 2013년 12월, 영국 에너지법이 제정되었습니다. CCS에 영향을 미치는 주요 사항으로는 배출 성과와 기준 수립 및 차액계약(CfD) 결제를 위한 CCS 프로젝트의 요건입니다.
- EU는 2014년 1월에 EU 전체 온실가스 배출을 40% 감소하는 목표(1990년 수준 미만)를 비롯해 2030년까지 기후와 에너지 목표 달성을 겨냥한 새로운 종합 대책을 제안했습니다. 아울러 2014년 1월, 유럽연합 의회는 *유럽에서 탄소 포집과 저장 기술의 개발과 적용에 관해* 유럽의회 의원(MEP)인 크리스 데이비스가 발표한 보고서를 투표로 채택했습니다.
- 지방 정부 차원에서는 앨버타 주정부가 2013년 8월에 *앨버타 규제 프레임워크 평가(RFA)* 보고서의 최종안을 작성해 앨버타의 CCS 규제 제도와 전세계 모범 사례를 평가했습니다.

국제 무대에서는 2013년 11월, 폴란드 바르샤바에서 유엔 기후변화 협약(UNFCCC)의 제19차 당사국 총회(COP 19)가 개최되었습니다. COP 19에서 기후기술센터 및 네트워크(CTCN) 자문위원회의 형식과 절차를 공식적으로 채택하여 CTCN의 전체 운영화와 더불어 기술 메카니즘까지 밝혔습니다. 기술 메카니즘은 지원되는 관련 정책과 실행 계획에 대한 플랫폼을 제시합니다.

이는 기술 메카니즘이 불과 2010년 말에 수립되었다는 것을 고려하면 UNFCCC의 ‘획기적’인 성과로서, 기본적으로 CTCN이 CCS 활동을 포함해 개발도상국의 관선기관으로부터 국가 주도의 기술 지원 요청을 받게끔 개방되어 있다는 것을 의미합니다.

이러한 기후 회의에서 CCS 관련 문제는 명시적으로 고려하지 않았습니다. 하지만 2016년에 CO₂의 국가간 이동과 전세계 CDM 감축분 준비금 제도에 의거 향후 CCS 프로젝트에 ‘과세’ 여부 등을 비롯해 두 가지 CCS 청정개발체제(CDM) 현안을 관리하는 절차의 채택에 관해 공식적으로 다시 검토할 것입니다. 그밖에 바르샤바에서 논의한 많은 문제는 기후변화 완화 노력, 심부 탈탄소 이동 경로, 자원 확보, 기존 및 신규 시장 기구와 프레임워크, 국가적으로 적합한 완화 조치 등을 비롯해 CCS 발전과 깊은 관련이 있습니다.

이러한 문제에 대한 추후 결정은 국가 정책 수립에 영향을 줄 수 있으며, 이는 다시 CCS 발전에 영향을 끼칠 수 있습니다.

확인된 주요 프로젝트 사항:

- 북미 지역에서 긍정적인 프로젝트 동향이 많이 있었습니다.
 - 바운더리 댐 탄소 포집 및 격리 실증 프로젝트가 2014년 상반기에 가동될 계획이고, 캠퍼 카운티 IGCC 프로젝트가 연말 전에 가동될 예정입니다.
 - 미국 에너지부(DOE)가 각 프로젝트 제안업체와 협업 계약에 의거, 레이크 찰스 CCS 프로젝트(미화 2억 6,410만 달러)와 퓨처젠 2.0 순산소연소 프로젝트(미화 약 10억 달러)에 대한 재정 지원을 공식 승인했습니다.
- 마스다와 아부다비 국영석유공사(ADNOC)의 합작투자자 로얄 댕크에 설계와 구매 및 시공(EPC) 계약을 맡긴 에미레이트 철강산업(ESI) CCS 프로젝트가 ‘실행’ 단계로 발전했습니다.
- 중국의 엔창 탄소 포집과 저장 실증 프로젝트가 제안업체들이 연간 CO₂ 36만 톤 압축 및 탈수 시설의 시공을 승인한 후 ‘설계’ 단계로 진행되었습니다.
- 가동 또는 시공 중이거나 2014년에 최종 투자 결정이 내려질 것 같은 27개 프로젝트 가운데 20개(74%)가 석유회수증진(CO₂-EOR) 목적으로 포집 CO₂를 사용 중이거나 사용할 예정입니다(그림 3).
- CO₂-EOR은 시장 선도적인 여러 프로젝트에 대해 추가 동력을 부여할 수 있습니다. 이 방식은 북미와 중동 및 중국과 같은 한계 유전 지역에서 가장 두드러지는데, CO₂를 가치 있는 원자재로 활용하는 시장 기회가 가장 탄탄한 지역입니다(그림 3 및 6).
- 영국 에너지기후변화부(DECC)가 FEED 연구를 지원하기 위해 화이트 로즈 CCS 프로젝트에 CCS 상용화 프로그램의 재원을 지원했으며, 이로써 프로젝트가 계획 단계에서 ‘설계’ 단계로 발전했습니다. FEED 연구를 지원하기 위해 프로그램의 다른 ‘우선협상 대상’인 피터헤드 가스 CCS 프로젝트와 영국 정부 사이에 논의가 상당히 진행 중입니다.
- 2013년 글로벌 CCS 현황 보고서 이후 유럽 대륙에서 4개 프로젝트가 취소되거나 보류되었습니다.
 - 스페인의 OXYCFB 콤포스틸라 프로젝트와 이탈리아의 포르토 툴레 프로젝트는 모두 ‘설계’ 단계였습니다.
 - 루마니아의 게티카 CCS 실증 프로젝트와 노르웨이의 대규모 CO₂ 포집 몽스타드(CCM) 프로젝트는 ‘평가’ 단계였습니다.
- 유럽 대륙의 대규모 CCS 프로젝트 수가 2011년 14개에서 2014년 2월에는 불과 5개 수준으로 급격하게 줄었습니다. 이 가운데 2개 프로젝트는 가스 처리 산업 분야에서 가동 중인 CCS 프로젝트(노르웨이의 스노흐비트와 슬레이프너 CO₂ 주입 프로젝트)입니다. 계획수립 단계에 있는 프로젝트는 3개에 불과하며, 그 중 진행이 가장 앞선 것은 네덜란드의 ROAD 프로젝트입니다(그림 4).

- 유럽 전체(영국 포함)에서 계획된 프로젝트는 대부분 전력 분야로 2018-20년까지는 가동되지 않을 것으로 예상됩니다(그림 6).
- 유럽 프로젝트를 가동 단계로 지원하는 것은 지중/비 EOR 저장 방법과 함께 전력과 산업 분야에서 대규모 탄소 포집의 성공적인 실증을 확대하는 데 특히 중요합니다(그림 6).

심부 염대수층에 대규모 CO₂ 를 주입하고 지중에 저장하는 일은 지난 15년 동안(폐유정 및 폐가스전은 수십 년간) 안전하게 이루어졌지만, CCS 프로젝트에서 인지된 대다수 위험은 주로 저장과 관련이 있습니다. 다양한 지질학적 저장 방법을 실증하는 광범위한 프로그램을 실행하는 것이 아주 중요합니다. 친환경 기술로서 CCS에 대한 지역사회의 이해도를 향상시키고 전세계 CO₂ 배출량의 감소에서 CCS의 중요한 역할을 강화하기 위해서도 성공적인 대규모 프로젝트가 필수입니다.

그림 3 2011년 이후 ‘가동’과 ‘실행’ 단계로 진행된 저장 유형별 대규모 CCS 프로젝트

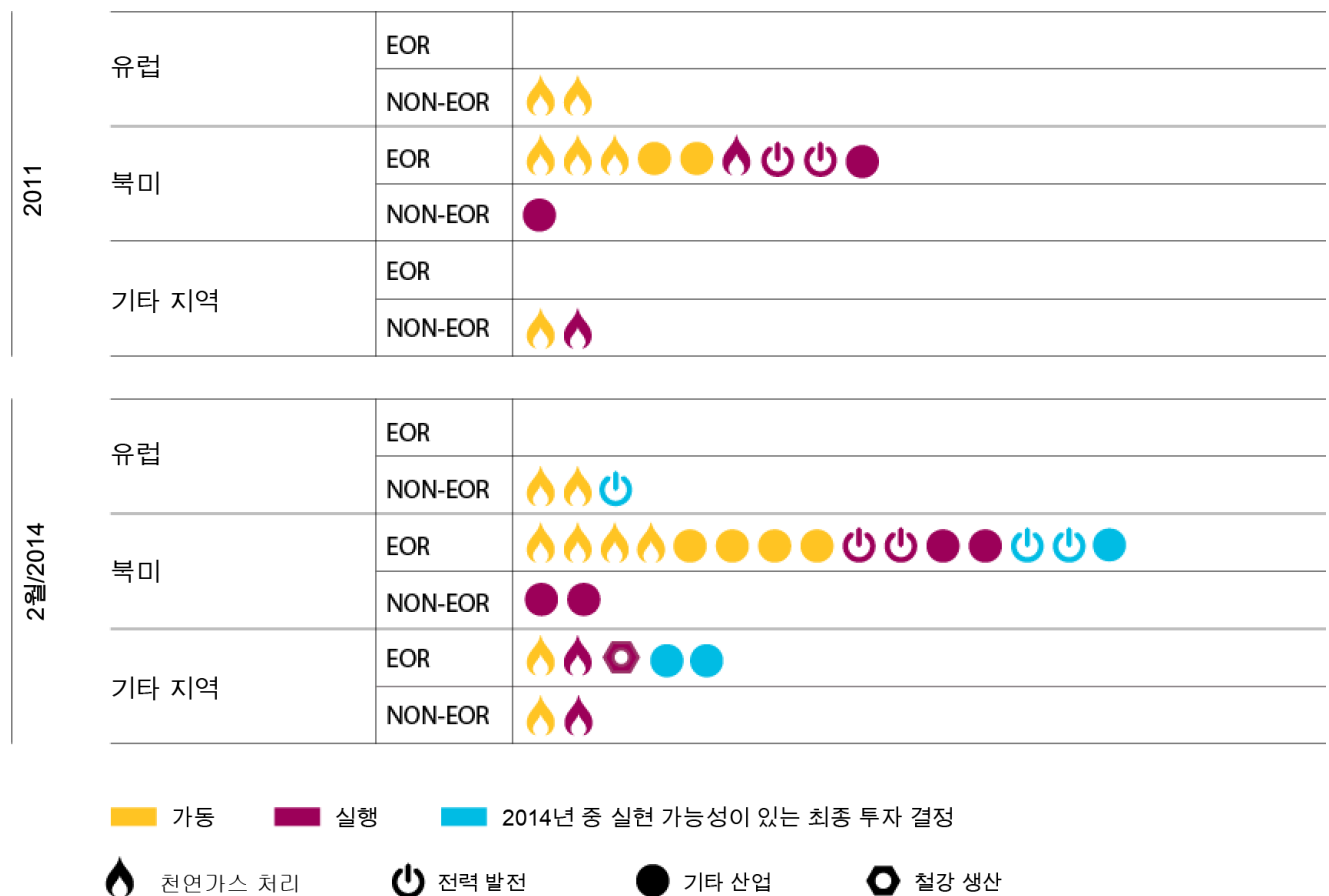


그림 4 프로젝트 수명 주기별 주요 시장의 대규모 CCS 프로젝트

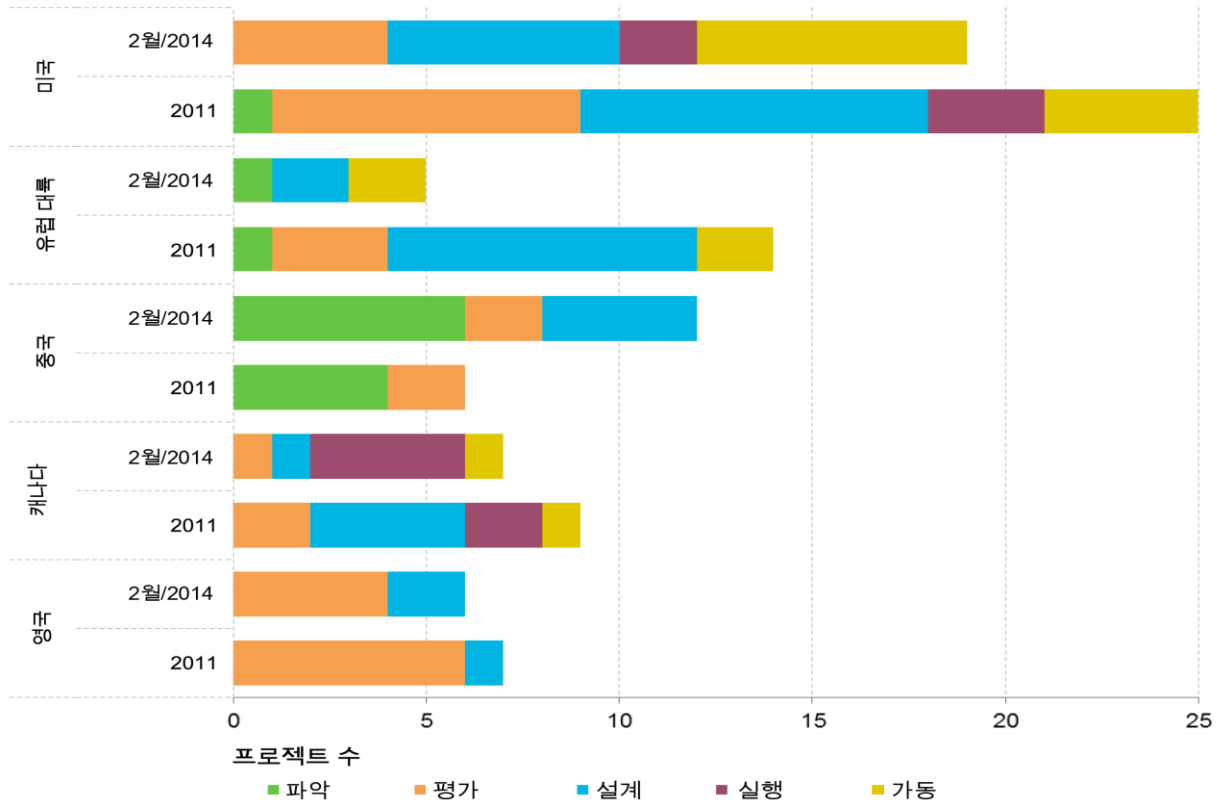


그림 5 2014년 현재 실제 및 예상 가동 연도별 대규모 CCS 프로젝트 수와 포집 CO₂량

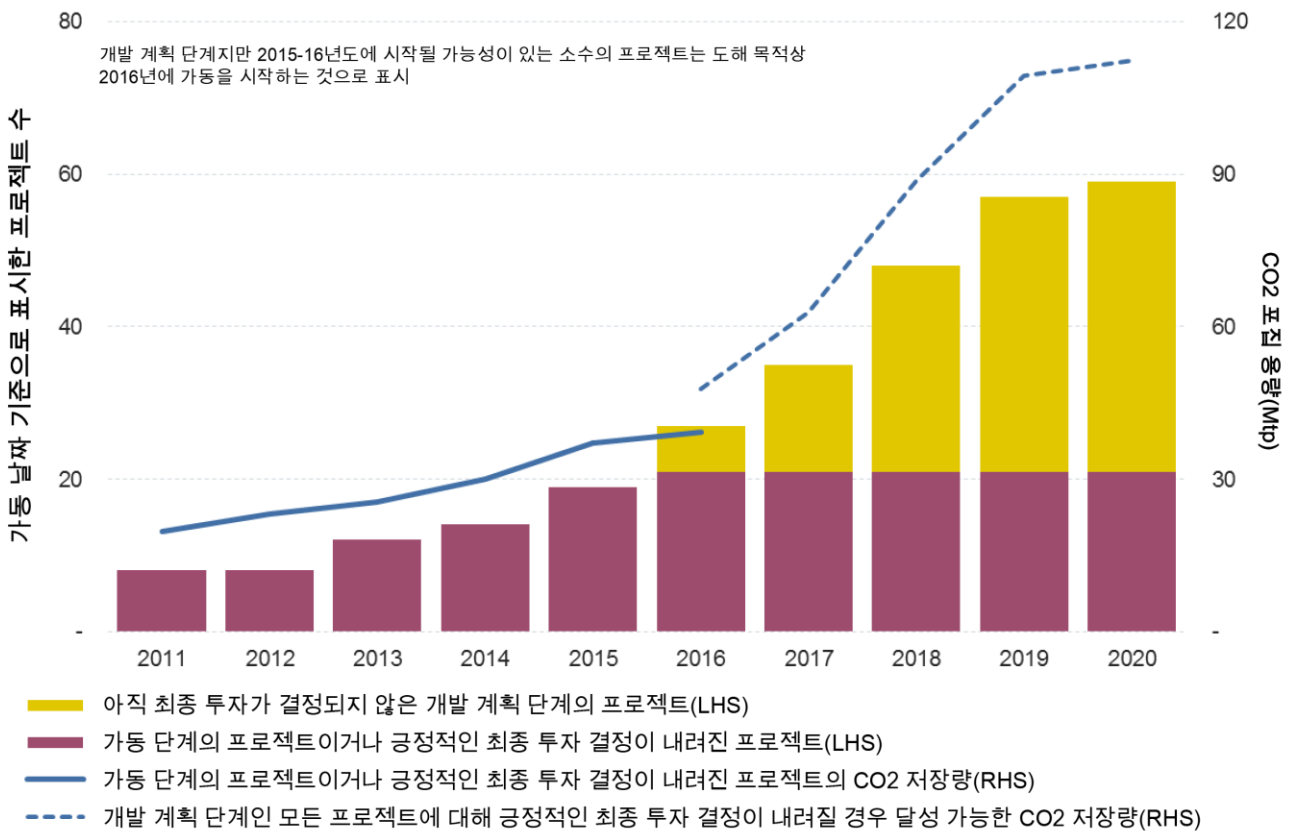
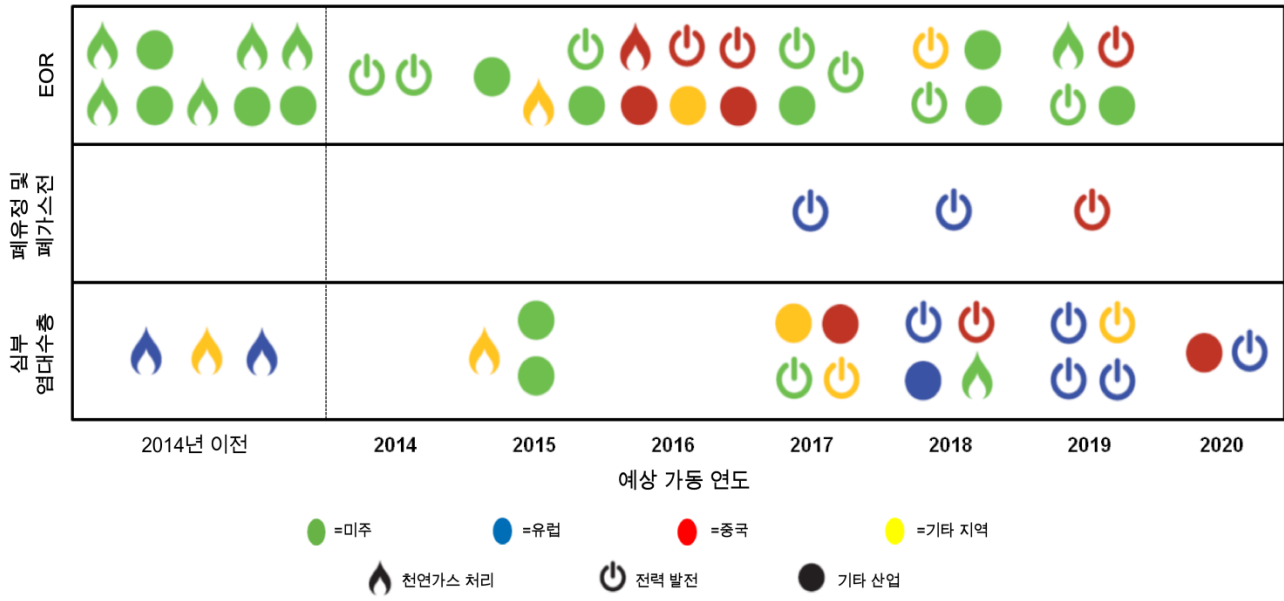


그림 6 2014년 2월 현재 산업 분야와 저장 형태 및 지역별 대규모 CCS 프로젝트의 예상 시작일



지역별 주요 프로젝트

미주 지역

2개 전력 프로젝트가 가동 단계로 발전 중

전력 분야에서 세계 최초의 대규모 CCS 프로젝트가 2014년 상반기에 가동될 것으로 예상됩니다. 현재 바운더리 댐 탄소 포집 및 격리 실증 프로젝트에서 신설 포집 플랜트에 대한 테스트와 검증 활동이 진행 중입니다. 포집 시설을 사용하면 바운더리 댐 발전소의 개축 (석탄 연소) 발전장치 3의 CO₂ 배출량이 최고 90%까지 줄어들며, 완전 가동시 연간 CO₂ 100만 톤을 포집할 수 있습니다. 발전장치 3에서 포집한 CO₂는 주로 웨이번 오일장치에서 EOR용으로 사용하며, 노스 다코타 주의 석탄 가스화 설비인 그레이트 플레인 합성연료 플랜트에서 포집하여 웨이번-미데일 유전지대까지 운송하는 기존 CO₂ 공급을 보완하게 됩니다. 이 프로젝트에서 EOR에 사용되지 않는 모든 CO₂는 가까운 심부 영대수층에 주입됩니다. 주입은 연간 CO₂ 저장에 대한 중요한 연구 프로젝트인 아퀴스토어 프로젝트를 통해 이루어집니다.

미시시피 주의 캠퍼 카운티 IGCC 프로젝트가 2014년 하반기에 가동될 예정입니다. 582 메가와트(MW) 프로젝트는 미국 에너지부와 공동으로 서던 컴퍼니와 KBR에서 개발한 교통통합가스화(TRIG™) 기술(저급 석탄용으로 계획된 석탄 가스화 방법)을 사용합니다. 플랜트는 전체 CO₂ 배출량의 65%, 즉 연간 약 350만 톤을 포집하게 됩니다. 2013년 10월에 96km의 CO₂ 파이프라인이 건설되었습니다. 이 파이프라인을 통해 CO₂를 수송하여 CO₂-EOR 작업에 사용합니다. CO₂를 비롯한 부산물 판매로 발생하는 매출이 연간 미화 약 5천만 달러에서 1억 달러에 이를 것으로 예상됩니다. 프로젝트 제안업체(서던 컴퍼니)는 청정 석탄전력계획(CCPI)에 의거, 미국 에너지부에서 미화 2억 7천만 달러 규모의 재정 지원을 받았습니다.

일리노이 산업 CCS 프로젝트도 시공 작업을 거쳐 상당히 진척되었습니다. 이 프로젝트는 이미 옥수수-에탄올 변환 플랜트에서 분리된 CO₂의 압축/탈수와 이를 생산 플랜트 근처 심부 영대수층에 저장하는 공정으로 이루어집니다. 일리노이 산업 CCS 프로젝트는 일일 CO₂ 주입량 3천 톤, 연간 CO₂ 주입량 1백만 톤을 달성하기 위해 일리노이 베이슨-디캐터 프로젝트(IBDP)에 따른 기존 일일 CO₂ 1천 톤 설비와 자체 설비를 통합할 것입니다. 지상 설비와 관측정 두 곳이 완공되었습니다. EPA의 클래스 VI 주입정 허가는 2014년 3분기에 받을 것으로 예상됩니다. 허가를 받은 후 주입정 천공에 5개월 정도 예상되므로 프로젝트는 2015년 1분기에 가동될 수 있을 것입니다.

대규모 2개 프로젝트가 미국 DOE의 공식 재정 지원을 확보

2013년 12월에 미국 에너지부(DOE)는 산업 탄소 포집 격리(ICCS) 프로그램에 의거, 레이크 찰스 CCS 프로젝트에 대해 루카디아 에너지 사(Leucadia Energy)에 비용 부담 재정을 지원하는 결정을 했습니다. 이 DOE 조치로 루카디아 에너지와의 협업 계약을 통해 레이크 찰스 CCS 프로젝트의 추정 총예산인 미화 약 4억 3,600만 달러 중 2억 6,140만 달러가 제공됩니다. 루이지애나 주의 레이크 찰스 CCS 프로젝트는 개발 계획이 상당히 진전된 단계이며, 2014년 상반기에 '실행' 즉 시공 단계로 진행할 수 있습니다. 제안된 레이크 찰스 가스화 설비는 석유 코크스를 합성 가스로 변환한 후 이를 추가 처리해 메탄올과 수소 가스 및 황산을 생산합니다. 레이크 찰스 CCS 프로젝트는 설비 수명기간 동안 연평균 CO₂ 460만 톤을 포집할 수 있도록 계획됩니다. 포집한 CO₂는 EOR 작업에 사용하기 위해 기존 파이프라인을 통해 텍사스 주 휴스턴 근처 웨스트 헤이스팅스 유전까지 수송됩니다.

2014년 1월 미국 DOE는 퓨처젠 산업 연합(FutureGen Industrial Alliance)에 재정을 지원하는 결정을 했습니다. 이 DOE 조치는 주로 미국 경제회복 및 재투자법(ARRA) 그리고 퓨처젠 연합과의 협업 계약에 의한 재원을 통해 퓨처젠 2.0 프로젝트의 비용 부담으로 미화 약 10억 달러를 지원합니다. 프로젝트 총비용은 미화 10억 6,800만 달러로 추정됩니다. 퓨처젠 2.0 프로젝트의

주안점은 일리노이 주의 메레도시아 에너지센터에서 재공급 발전장치(산소연소 기술 적용)의 정상 상태 가동 동안 약 110만 톤의 CO₂를 포집하는 것입니다.

포집된 CO₂는 신설 파이프라인을 통해 주입정까지 약 48km를 수송하여 마운트 사이몬 지층 속으로 지반면 아래 약 1,220m 깊이까지 CO₂를 주입합니다. 건설 단계로 진행하려면 CO₂ 저장에 대한 주정부 허가 와 퓨처젠 산업 연합의 재원 분담이 필요합니다.

1개 프로젝트가 취소

켄터키 주 물런버그 카운티의 켄터키 뉴가스 프로젝트가 취소되었습니다. 계획대로 진행되었다면 CCS 석탄 가스화 시설은 연간 약 5백만 톤 정도의 연소 전 포집 CO₂로 합성 천연가스를 생산했을 것입니다. 프로젝트 개발업체인 피바디 에너지(Peabody Energy)는 2013년 중반에 프로젝트의 후속 개발 작업을 중단한다고 켄터키 주정부에 공식 통보했습니다.

산업 CCS 프로젝트 ‘클러스터’의 중요성

미국의 여러 EOR 업체는 대규모 CCS 프로젝트의 파약을 위해 개별적으로는 CO₂ 포집량 기준에 미달하는 다양한 산업 배출원에서 포집한 CO₂를 활용합니다. 이러한 프로젝트를 통합하면 해당 배출량 기준을 충족 또는 초과하는 ‘클러스터’로 고려될 수 있습니다. 예컨대 샤파렐 에너지는 몇 가지 CO₂ 파이프라인 시스템(예: 팬핸들과 벨마)을 가동하여 다양한 배출원(비료 및 에탄올 플랜트 포함)에서 CO₂를 텍사스와 오클라호마의 EOR 유전까지 수송합니다. ‘클러스터’를 이루어 연간 주입되는 CO₂를 합치면 거의 2백만 톤에 이릅니다. 저희 연구소에서 더 자세한 사항을 파악하게 되면 이러한 ‘클러스터’ 프로젝트와 포집하여 저장한 전체 CO₂ 확보량에 대한 효과를 보고할 것입니다.

미국 EPA 신규 배출원 이행 기준(NSPS)

2014년 1월 8일, EPA는 신규 석탄 및 천연가스 발전소의 CO₂ 배출량을 제한하는 NSPS 규정을 발표했습니다. 아울러 EPA는 기존 발전소의 CO₂ 배출량을 제한하는 안도 마련 중입니다. 이 안은 2014년 6월에 제안한 후 2015년 6월에 최종 규정으로 확정할 예정입니다.

NSPS는 EPA의 최고 기술 평가를 토대로 배출량을 제한합니다. 결정 과정의 일환으로 EPA는 다음 사항을 고려했습니다.

1. CCS가 기술적으로 타당성이 있는지 여부
2. CCS 비용이 ‘합리적인’ 수준인지 여부
3. 향후 기술 개발의 가능성이 있는지 여부
4. CCS로 달성하게 될 배출 감소량

EPA는 석탄 장치의 부분적 CCS, 즉 약 40% CO₂ 포집이 기술적으로 ‘타당’하고 그럼으로써 ‘충분히 실증’되며 법규에 의거 비용도 ‘합리적’이라는 결론을 내렸습니다. 반면에 천연가스 연소 장치에 대한 CCS는 아직 충분히 실증되지 않았으며 부분적 CCS를 포함하면 천연가스 플랜트에 비용이 추가되어 ‘비합리적’이라고 판단했습니다.

제안된 기준을 준수하려면 신규 대형 천연가스 발전장치(전기출력 100 메가와트 이상)가 메가와트시(MWh)당 CO₂ 배출량이 1 천 파운드 이하가 되어야 하는데, 이는 복합 사이클 기술로 달성할 수 있습니다. 소규모 천연가스 장치는 CO₂ 배출량이 1천 파운드/MWh를 달성해야 합니다.

고효율 울트라 초임계 보일러와 IGCC 장치를 포함한 석탄 플랜트는 두 가지 선택 옵션이 있는데, 모두 CCS를 필요로 합니다. 한 가지 옵션은 석탄 플랜트의 12개월 평균 CO₂ 배출량이 1천 파운드/MWh에 도달하기 시작한 직후부터 CCS를 사용해야 합니다. 아니면 7년 평균 CO₂ 배출량이 1,000 ~ 1,050 파운드/MWh(약 40% CO₂ 포집 필요)에 도달하기 시작한지 7년 이내에 CCS를 사용할 수 있습니다. 이처럼 기간이 더 긴 준수 조건은 CCS 기술 발전을 촉진하고 시작 시간을 더 많이 허용하기 위해 계획되었습니다.

준수 기준은 포집한 CO₂ 톤 수에만 근거하며, EPA는 제안 기준에 포집 CO₂의 후속 사용자에 대한 규정은 포함하지 않았다고 강조했습니다. 하지만 포집한 CO₂는 EPA의 GHG 보고 규정 부칙 RR에 따라 보고 의무를 준수하는 저장 부지로 수송되어야 하며, 저장 부지의 소유권자나 운영업체는 모니터링과 보고 및 검증(MRV) 계획을 EPA에 제출해 승인을 받아야 합니다. EPA의 지하 주입 관리(UIC) 프로그램 클래스 VI 규정에 따라 장기간 저장이 허용된 지중 저장 부지는 부칙 RR에 따라 사전에 신고해야 합니다.

EPA의 자체 NSPS 제안 설명에 따르면, 실제로 CO₂ 주입 프로젝트의 소유권자와 운영업체는 EOR 작업을 위한 UIC 클래스 II에 따라 허가되며, 제안된 NSPS 기준을 충족하는 발전소에서 포집한 CO₂를 받습니다. 또한 부칙 RR에 따라 MRV 계획과 보고서를 EPA에 제출하여 승인을 받아야 합니다.

EPA가 제안한 NSPS 기준이 배출량에 현저한 영향을 미치는지 여부에 대해서는 의문점이 남아 있습니다. 전기 수요 둔화, 저렴한 천연가스, 석탄 플랜트에 대한 규제 준수 요건 압력 및 비용 등과 같은 미국의 현재 여건을 고려하면 제안된 NSPS가 없더라도 향후 몇 년 동안 석탄 플랜트가 신설될 것 같지는 않습니다. 미국 에너지 정보 관리국(EIA)은 지금부터 2018년까지 천연가스 플랜트는 200개가 넘는데 반해 잠재적인 석탄 플랜트는 4개에 불과할 것으로 전망합니다. EPA의 NSPS 규제 조치만으로 적어도 석탄의 경우 CCS 도입을 이끌어내기는 부족할 수 있기 때문에 향후 기술 발전과 민간 부문 투자를 유치하기 위해 필요한 인센티브와 규제 프레임워크를 구축해야 합니다.

제안된 NSPS에 대해서는 부분적 CCS가 '충분히 실증'되었는지 여부를 EPA가 합법적으로 결정할 수 있는지, 따라서 청정대기법 제 11조에 의거 최상의 배출량 감축 시스템으로 이를 선택할 수 있는지 여부에 관한 쟁점과 함께 법률 문제가 예상됩니다. EPA는 제안된 규정안에 대한 공청회를 개최하며 의견 접수는 2014년 3월 10일 마감합니다. 늦어도 2014년 6월 1일까지는 EPA가 최종 규정을 발표할 것으로 기대됩니다.

클래스 II에서 클래스 IV 주입정으로의 전환에 대한 미국 EPA 지침

2013년 12월, EPA는 EOR을 포함해 오일과 가스 사업의 클래스 II 주입정을 지중 탄소 저장을 위한 클래스 IV로 전환하는 의견에 대해 지침안을 발표했습니다. 지침안에 따르면 장기 저장을 주 목적으로 CO₂를 주입하는 클래스 II 주입정의 소유권자나 운영업체는 UIC 프로그램 책임자가 해당 주입정이 지하 식수원에 위험을 증대시킨다고 결정하는 경우 클래스 VI 주입정 허가를 받아야 합니다. 클래스 VI 허가가 필요하다고 결정된 경우에는 다음 사항을 비롯해 재허가 당시와 향후 가동 시에 몇 가지 요건을 충족해야 합니다.

- 주입정 시공 및 가동
- 지중 저장 부지의 테스트와 모니터링
- 주입 후 부지 관리와 긴급 대응
- 개선 조치

EPA는 지침안에 대한 의견을 2014년 3월 1일까지 접수합니다.

미국 EPA가 자원 보존 및 복구법(RCRA) 유해 폐기물 규정으로부터 클래스 VI CO₂ 주입을 면제

2013년 12월 EPA는 발전소와 산업 배출원에서 포집해 UIC 클래스 VI 주입정에 주입된 CO₂를 RCRA 유해 폐기물 규정의 적용 대상에서 조건부로 제외시켰습니다. EPA는 클래스 VI 주입정에 주입된 CO₂는 인체 건강이나 환경에 실질적인 위험을 주지 않아 규정에서 제외되어야 한다고 결정했습니다.

앨버타 주정부가 규제 프레임워크 평가(RFA) 보고서를 발표

2013년 8월 앨버타 주정부는 RFA 보고서 최종안을 발표했는데, 전세계 관할권에서 채택한 모범적인 실무 방식을 참작하여 2년 과정으로 현재 앨버타 주의 CCS 규제 제도를 평가한다고 밝혔습니다. 그 과정에서 70개가 넘는 결과와 추천안이 제시되었으며, 규제 모델을 수립함에 있어 '공공의 안전을 최고 수준으로 보장'하고자 노력했습니다.

여론 수렴 과정을 거쳐 2013년 8월에 최종안 보고서가 발표되었습니다. 이 의견수렴 기간은 2013년 10월에 종료되었으며, 적절한 시기에 앨버타 에너지에 접수된 의견의 간추린 요약본이 발표될 것입니다.

유럽, 중동, 아프리카

영국

최근 영국에서 에너지 정책과 관련된 중요 수정안이 통과되고 영국 CCS 상용화 프로그램이 진척되면서 CCS를 촉진하는 여러 개발 사업이 있었습니다.

영국 에너지법(2013)

2013년 12월 8일, 영국 에너지법이 법률로 제정되었습니다. 이 법은 전반적인 전력 시장 개혁과 노화 에너지 기반시설의 교체를 위한 영국 내 투자에 대한 규제 프레임워크를 제시합니다. 에너지법에는 영국의 CCS 도입에 영향을 미치는 두 가지 중요한 부분이 있습니다.

첫 번째는 CCS 기술 설비가 없으면 석탄 발전소 신설이 승인되지 않는다는 영국의 정책을 강화하는 탄소 배출 기준(EPS)을 수립한 것입니다. 영국에서 모든 신규 화석연료 발전소의 운영업체는 연간 탄소 배출 한도 내에서 가동해야 하는데, 이는 기저 부하에서 가동하는 플랜트의 경우 킬로와트시(kWh) 당 CO₂ 450g에 해당하는 양입니다. 이 한도 기준은 신규 석탄 발전소에서 예상되는 배출량의 절반 정도 수준이지만 kWh 당 400g 미만인 현대식 복합 사이클 가스 발전소의 배출량보다는 높습니다. 아울러 *영국 에너지법*은 CCS 프로젝트를 개발 중인 운영업체에 대해 배출 제한 의무를 3년간 유예해 주는 혜택도 제공합니다. CCS 유예 혜택은 2027년 말까지 시행되며 CCS 시스템 가동 시부터 3년간 적용됩니다.

두 번째는 차액계약(CfD) 파생상품에 대한 CCS 프로젝트의 자격 요건입니다. CfD는 장기 계약으로 요건을 갖춘 저탄소 전력 발전 개발업체에 안정적인 수익원을 제공합니다. CCS를 사용하는 전력 발전은 이 에너지법에 의거 이 범주 안에 명백히 포함됩니다. 각 CfD는 '행사 가격'(발전 전력의 단위 가격)을 설정하는데, 이는 특정 기술 또는 계획에 의한 프로젝트를 지원하기 위해 필요하다고 결정된 수준에서 정해집니다. 영국 CCS의 행사 가격은 처음에는 사례별 기반으로 결정되다가 기술 개발에 따라 점차적으로 경쟁 할당 방식으로 바뀔 것입니다.

영국 CCS 상용화 프로그램 - 지속적으로 발전 중

영국 정부는 EPS와 CfD를 비롯한 장기 재정 지원과 영국 전력 시장 개혁으로 구축되는 인센티브 체제 이외에도 영국 CCS 상용화 프로그램을 수립하여 10억 파운드 기금을 조성했습니다. 이 기금은 경쟁 과정을 통해 시장 선도적인 CCS 프로젝트에 제공됩니다. 2013년 3월 스코틀랜드 애버딘셔의 피터헤드 가스 CCS 프로젝트와 영국 요크셔의 화이트 로즈 CCS 프로젝트는 경쟁에서 '우선협상 대상자'로 선정되어 프로젝트의 세부적인 FEED 연구 결과를 도출하기 위한 재정 지원을 협정할 수 있었습니다.

화이트 로즈 CCS 프로젝트는 산소연료 연소 포집 시설을 새로운 고효율 석탄 발전소에 통합하여 연간 약 2백만 톤의 CO₂를 포집합니다. 이는 계획된 CO₂ 수송과 저장 기반시설('요크셔/허버 CCS 트렁크라인') 개발과 연계함으로써 해당 지역에서 추가적인 CCS 프로젝트 역량을 갖추게 됩니다. 저장 장소는 해안에서 약 65km 떨어진 남북해 아래 심부 염대수층입니다. 화이트 로즈 CCS 프로젝트는 영국의 경쟁 방식 재정 지원과 더불어 EU의 NER300 프로그램에서 2차 요청을 통해 기금을 신청할 수 있도록 지원받은 유일한 CCS 프로젝트입니다.

피터헤드 가스 CCS 프로젝트는 기존 가스 발전소에 탄소 포집 플랜트를 개선하여 연간 약 1백만 톤의 CO₂를 포집할 계획입니다. CO₂는 연안 약 1백 km 지점의 골든아이 폐가스전에 저장됩니다.

2013년 12월 9일 영국 정부는 화이트 로즈 프로젝트와 FEED 계약을 성공적으로 체결하여 프로젝트를 '평가' 단계에서 '설계' 단계로 올렸다고 발표했습니다. 피터헤드 가스 CCS

프로젝트와의 협상은 완료 단계에 접어들어 가까운 장래에 발표될 것입니다. FEED가 완료되면 두 프로젝트 모두 추후 CfD를 통한 자본 및 가동 지원 자격을 갖출 수 있습니다.

최종 투자 결정 실행 프로그램

CCS 경쟁 방식 이외에 영국 정부는 최종 투자 결정 실행 프로그램을 통해 추가 초기 프로젝트에 대한 지원도 논의 중입니다. 이러한 지원 방식은 CfD 발행에 한정되며, 개발 또는 자본 비용을 지원하기 위해 재원을 이용할 수 없습니다.

산업 CCS 개발을 위한 추가 재정 지원

2013년 12월, 영국 수상은 티즈밸리 시티 딜(Tees Valley City Deal)에 대한 재정 지원을 발표했습니다. 이는 잉글랜드 북동부 지역의 혁신 계획으로 해당 지역에서 산업 CCS에 대한 타당성 연구에 추가 재정을 지원합니다. 지역 기업 파트너십인 티즈 밸리 언리미티드에서 주도한 계획으로 티즈 밸리 지역을 산업 CCS의 중심으로 만드는 것이 목표였습니다.

CCS에 대한 비전

2013년 12월 발표된 영국의 전력 시장 개혁 실천 계획의 최신 모델링으로 영국에서 2030년까지 최고 13 기가와트 CCS를 도입할 수 있을 것으로 기대됩니다. 영국 정부는 영국의 CCS 도입에서 세 단계 비전을 밝혔습니다. 첫 단계는 10억 파운드 규모의 상용화 프로그램이며 둘째 단계는 상용화 프로젝트와 병행하거나 후속적으로 진행되고, 그 다음이 2020년대에 가격 경쟁 프로젝트를 도입하는 셋째 단계입니다.

유럽 대륙

여러 프로젝트가 취소되거나 보류된 유럽 대륙의 개발 현황은 대체로 부정적이었습니다. 처음 유럽 에너지 복구 프로그램(EEPR)의 지원을 받은 6개 CCS 프로젝트(독일, 영국, 이탈리아, 네덜란드, 폴란드, 스페인) 가운데 아직 2개가 계속 대규모 CCS 프로젝트로 진행 중입니다. 영국의 돈밸리 전력 프로젝트와 네덜란드의 ROAD 프로젝트가 바로 그것입니다. ROAD 프로젝트는 유럽에서 가장 앞선 프로젝트로서 추가 재원만 확보된다면 최종 투자 결정이 내려질 준비가 되어 있습니다.

전체적으로 지금 유럽 대륙에는 2011년의 14개에 비해 대규모 CCS 프로젝트가 5개밖에 없습니다. 가동 중인 노르웨이의 가스 처리 프로젝트 2개를 제외하면 개발 계획 중인 대규모 CCS 프로젝트 3개만 남아 있습니다. 일찍이 높은 기대에도 불구하고 유럽 대륙에서 지난 10여 년간 시공 단계로 들어간 대규모 신규 CCS 프로젝트는 하나도 없습니다.

4개 프로젝트가 취소 또는 보류

2개의 EEPR 지원 프로젝트가 취소되었습니다.

- 2013년 8월, 기존 발전소에서 연간 CO₂ 1백만 톤 포집을 목표로 한 포르토 톨레 CCS 프로젝트는 이탈리아 주의회가 포르토 톨레 발전소에 대한 환경 허가를 결정한 후 프로젝트 실행이 지연되고 프로젝트 재무구조에 대한 합의가 이루어지지 못해 취소되었습니다.
- 신설 발전소에서 연간 약 1백만 톤의 CO₂를 포집하려는 OXYCFB 300 콤포스틸라 프로젝트는 EEPR 지원금 조건에 따라 2013년 10월까지 실행하기로 약속한 작업을 완료했지만, 그 후 대규모 실증을 진행하지 않기로 결정했습니다.

포르토 톨레(에넬 S.p.A)와 콤포스틸라(엔데사 제네라시온 SA와 CIUDEN) 프로젝트의 제안업체는 파일럿 추진책을 계속해 나갈 것입니다. 포르토 톨레의 경우 브린디시의 포집 설비, 콤포스틸라의 경우 포집 및 저장(혼토민) 장치를 지원하기 위해 수립한 사전 시험 계획으로 프로젝트를 진행할 것입니다. 이러한 파일럿 계획을 통해 유럽에서 CCS의 폭넓은 개발 지원에 도움이 되는 유용한 데이터가 나올 것입니다.

2개의 비 EEPR 지원 프로젝트가 취소 또는 보류되었습니다.

- 2013년 9월 노르웨이 정부는 기존 발전소에서 연간 약 1백만 톤의 CO₂를 포집할 계획이던 몽스타드의 대규모 탄소 포집 프로젝트(CCM)를 취소한다고 발표했습니다. 그 후 정부는 산업과 전력 발전에서 배출되는 탄소를 줄이려는 노력을 함에 있어 중요한 기술로서의 CCS에 대한 지지 입장을 되풀이했습니다.
- 루마니아의 게티카 CCS 실증 프로젝트는 기존 발전소에서 연간 1백만 톤 이상의 CO₂를 포집할 계획이었는데, 프로젝트 후원기관이 포집 FEED와 저장 평가 단계로 나아가기 위한 재원을 마련하느라 보류되었습니다.

EC가 2030년까지 기후변화 목표를 제안

2014년 1월 EC는 2030년까지 기후 및 에너지 목표 달성을 목적으로 한 새로운 종합 대책을 제안했습니다. 더욱 엄격한 온실가스 감소 목표를 수립했지만 재생 에너지 생산의 국가적 목표를 세우는 것은 제외되었습니다. 기존 2020년 종합 대책을 토대로 한 새로운 이 프레임워크는 EU가 2050년 온실가스 배출 감축 목표를 달성함과 아울러 저탄소 경제 발전 노력을 계속할 수 있게 합니다. 유럽 전역에 걸쳐 온실가스 배출량을 40%(1990년 수준 미만) 감축하는 목표를 비롯해 2020년부터 2030년까지 적용할 여러 구상과 유럽 차원에서 재생 에너지 비율을 에너지 총 소비량의 최소 27%까지 높이겠다는 목표가 제시되었습니다.

또한 발표문에서 탄소 포집과 저장을 포함한 여러 가지 ‘핵심 보완 정책’을 밝혔습니다. 유럽에서 CCS 기술의 지속적인 중요성을 재차 언급하면서 이 문서는 이것이 ‘산업 과정의 직접적인 탄소 배출을 장기적으로 필요한 큰 규모만큼 줄일 수 있는 유일한 방법’이 될 수 있다고 강조합니다. 2030년 프레임워크의 핵심은 CCS 기술을 도입하는 것이기 때문에 EC에서는 연구개발과 상용화 실증이 증가할 것으로 예상합니다.

유럽의회 의원 크리스 데이비스가 유럽의 CCS 보고서를 발표

2014년 1월, 유럽연합 의회는 유럽에서 탄소 포집과 저장 기술의 개발 및 적용이라는 CCS 기술의 미래를 주장하는 보고서를 승인했습니다. 이 보고서는 찬성 524표, 반대 141표, 기권 25표로 통과되었습니다. 크리스 데이비스 의원은 이 보고서에서 CCS 기술에 대한 의회의 긴급 지원을 요청했습니다.

아울러 그는 광범위한 기술 도입을 촉진함에 꼭 필요한 여러 가지 요소를 강조하고 여러 핵심 영역에서 EC의 활동을 촉구합니다. EC와 회원국에 대해 기술과 규정 및 재정 지원을 강화하려는 ‘의욕을 고취’할 필요성을 비롯해 몇 가지 쟁점이 보고서에서 특별히 강조되었습니다.

CCS 지침의 수용

2013년 11월 EC는 월간 침해행위 종합 대책의 일환으로 유럽연합 회원국이 CCS 지침을 법률로 채택하기 위한 후속 세부사항을 제시했습니다. 공식 침해행위 대책 과정의 두 번째에 해당하는 ‘합리적인 의견’ 단계에서 EC는 6개 회원국(오스트리아, 키프로스, 헝가리, 아일랜드, 스웨덴, 슬로베니아)에 지침 요건을 완전히 받아들이고 EU 법률을 공식적으로 준수하는 데 필요한 조치를 취하도록 요청했습니다. 필요한 조항을 채택하지 않고 요건을 충족시키지 못하는 경우 EC는 해당 회원국을 유럽사법재판소에 회부할 수도 있습니다.

이러한 의견 제시와 더불어 EC는 다른 여러 회원국들의 수용 조치를 확인한 후 이들 회원국에 대한 침해행위 소송 절차를 공식적으로 종료했습니다. 벨기에, 불가리아, 체코공화국, 독일, 에스토니아, 그리스, 핀란드, 룩셈부르크, 라트비아, 영국에 대한 수용 케이스가 이제 종료되었습니다. 이제 EC는 폴란드 법률로 옮긴 지침의 수용 평가를 수행하고 있습니다. 폴란드 법률 전환은 9월에 채택된 지질학 및 광업법 수정을 통해 이루어졌습니다.

2013년 3월 EC는 유럽의 CCS 미래에 대한 의견 수렴 협의체를 출범하고 지금까지 CCS의 도입에 영향을 미친 장벽과 EU의 CCS 현황을 검토했습니다. 이러한 분석과 더불어 협의체는 CCS 실증과 광범위한 도입을 촉진하기 위한 다양한 기회에 관해 이해관계자의 견해를 기꺼이 수용합니다.

EC는 협의체에 접수된 이해관계자의 반응을 요약하고 분석한 결과를 발표했습니다. 이해관계자의 반응에서는 기존 EU CCS 실증 프로그램에 대한 광범위하고 지속적인 지원과 EU의 2030년 에너지 및 기후 정책 프레임워크에서 CCS가 확실히 포함되어야 한다는 요구를 비롯해 몇가지 결정 사항을 강조합니다.

중동과 아프리카 - 세계 최초의 대규모 CCS 철강 프로젝트

대규모로 CCS를 적용하는 세계 최초의 철강 프로젝트가 아랍에미리트연합(UAE)에서 '실행' 단계로 발전했습니다. ESI CCS 프로젝트는 아부다비의 에미리트 스틸 플랜트에서 사용되는 직접환원철(DRI) 프로세스에서 연간 약 80만 톤의 CO₂를 포집해 ADNOC의 루마이타 유전까지 수송함으로써 EOR에 사용하는 과정으로 이루어집니다. 이 프로젝트는 UAE 국영 석유회사인 ADNOC와 아부다비 정부 소유 무바달라 개발회사의 전액 출자 자회사인 마스다르의 조인트 벤처에서 관리합니다.

2013년 11월, ADNOC와 마스다르는 합작투자 계약을 공식화했으며, 에미리트 스틸 공장에 CO₂ 탈수 및 압축 설비를 구축하고 루마이타 유전까지 45km 길이의 파이프라인을 건설하고자 도살 그룹에 4억 5천만 디르함(미화 1억 2,250만 달러) 규모의 EPC 계약을 발주했습니다. 2016년에 CO₂ 주입 계획이 세워져 있습니다.

아시아 태평양

중국

중국은 프로젝트 라이프사이클을 꾸준히 상위 단계로 끌어올리면서 아시아 태평양 지역을 계속 선도하고 있습니다.

옌창 탄소 포집 및 저장 실증 프로젝트의 핵심 포집 요소에 대한 승인이 이루어져, 산시성 위린시에 위치한 석탄-화학품 설비에서 연간 총 40만 톤 이상 CO₂를 포집할 계획입니다. 기타 다른 포집 요소와 파이프라인 기반시설 또한 개발 계획 중이어서 전체적인 프로젝트 상태가 '평가'에서 '설계' 단계로 올라섰습니다.

산동성 쑤보시의 석탄 가스화 설비에서 연간 약 50만 톤의 CO₂를 포집할 계획인 시노펙 쉘루 석유화학품 CCS 프로젝트는 FEED 연구를 완료했으며, 시노펙으로부터 실행 단계로 진행하기 위한 승인을 기다리고 있습니다.

이 두 CCS 프로젝트는 CO₂를 포집해 EOR에 활용하게 됩니다. 옌창 석탄-화학품 프로젝트의 주요 저장 부지는 징벤과 우치 그리고 위린시 남서쪽의 덩벤 유전 지대에 있습니다. 시노펙 석유화학품 프로젝트에서 포집한 이산화탄소는 산동성 동잉의 쉹리 유전에 주입됩니다.

현재 본 연구소에서 파악하고 있는 대규모 중국 CCS 프로젝트는 12개인데 이는 2011년 프로젝트 수(6개)의 두 배에 해당합니다. 앞으로 대규모 프로젝트가 추가 확정될 예정이기 때문에 가까운 장래에 프로젝트 수는 더 늘어날 것입니다.

호주

호주에서는 고곤 이산화탄소 주입 프로젝트가 시작되어 앞으로 몇 년간에 걸쳐 주입정 천공 작업이 진행될 계획입니다. 특수 드릴링 리그로 2013년 9월에 배로우 섬에서 첫 CO₂ 주입정을 뚫기 시작했습니다. 두푸이 지층 속으로 CO₂를 주입 저장하기 위해 3개 드릴 센터에서 바로 9개 주입정이 천공될 것입니다.

국제 협력

전력 분야와 기타 산업 분야에서 성공적인 대규모 CCS 프로젝트는 설계와 시공 및 가동의 소중한 경험을 얻는 데 필수적입니다. 다양한 현장과 환경에서 새롭게 적용하여 CCS 기술을 실증함으로써 얻는 지식과 ‘학습’ 경험은 비용 감축과 투자자 및 이해관계자의 자신감 강화에 중요합니다.

조율된 국제 협력과 지식 공유 플랫폼은 프로젝트 경험 및 연구개발에서 도출되는 학습을 활용해 CCS 기술 도입을 가속화하는 효과적인 메카니즘이 될 수 있습니다.

CCS 기술, 특히 포집 기술 전반에 걸친 활발한 연구개발 노력은 현 프로젝트 채널을 보완하고, 장기적으로 CCS 기술 도입에 중요한 역할을 할 것입니다. 최근 추진되는 CCS 연구개발 사례로는 미국 DOE에서 미화 8,400만 달러를 지원한 혁신적인 차세대 탄소 포집 연구 프로젝트 18개와 연구 및 혁신 호라이즌 2020의 프레임워크 프로그램에 의한 EC의 첫 제안 등이 있습니다. 이런 사례 이외에도 전세계 다른 지역에서 기타 중요한 연구개발 활동이 전개되고 있습니다.

이러한 연구 노력을 국제 CCS 테스트 센터 네트워크의 프로그램과 연계하면 범세계적인 CCS 연구 노력을 가속화하는 데 도움이 될 수 있습니다. 국제 CCS 테스트 센터 네트워크는 2013년 하반기에 출범했으며, 현재 미국 탄소포집센터(앨라배마 주 월슨빌의 서던 컴퍼니가 운영)와 몽스타드 기술센터(TCM) CCS 테스트 시설(노르웨이 몽스타드)를 포함해 테스트 시설을 갖춘 8개 회원 기관으로 구성되어 있습니다.

네트워크 참여 기관들은 실행 결과를 제공하여 기술 정보를 공유한다는 목표를 가지고 석탄 발전소나 가스 발전소, 산업 플랜트에 연결된 포집 설비를 가동하고 있습니다. 기밀이 아닌 일반 지식을 공유하고 함께 협력해 공동의 문제를 해결하고자 노력합니다. 이 네트워크의 임무는 세계 유수의 테스트 센터 간에 습득한 교훈을 공유함으로써 탄소 포집 기술 개발을 가속화하는 것입니다. 이러한 임무는 주로 전문가 네트워크에 의한 내부 지식 공유를 통해 달성될 것입니다.

네트워크에서 중점을 두는 문제:

- 보건과 안전, 환경의 좋은 실무 사례
- 샘플링과 분석을 위한 공인된 실험 방법 수립
- 측정과 모니터링 및 기기 작동에서 습득한 교훈
- 필요한 표준 방법과 합당한 핵심 성과 지표(예: 포집 CO₂의 톤당 에너지 소비량) 정의

효과적인 지식 공유는 조직화된 회의와 이벤트, 정보의 선별 유포와 디지털 기능 활용 등을 통해 이루어질 수 있습니다.

Global CCS Institute는 이 네트워크의 사무 서비스를 제공합니다. 회의 주관을 비롯해 정보 공유를 위한 디지털 인프라와 주요 회의에서 기본 분석 제공 등이 이에 해당합니다. 2015년도까지 네트워크의 의장 직은 TCM에서 맡습니다.

참고문헌

필수불가결한 CCS

Carbon Sequestration Leadership Forum 2013, *Re-energizing Global Momentum for CCS and Identifying Key Actions Needed for CCS Deployment*, CSLF, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인:

<http://www.cslforum.org/publications/documents/Washington2013/2013%20CSLF%20Communique.pdf>

Committee on Climate Change 2013, *Fourth carbon budget review – part 2*, CCC, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.theccc.org.uk/publication/fourth-carbon-budget-review/>

European Commission 2014, *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/docs/com_2014_15_en.pdf

International Energy Agency 2013, *World Energy Outlook 2013*, IEA, France, viewed 5 February 2014, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>

International Institute for Applied Systems Analysis 2013, *Carbon capture technology could be vital for climate targets*, IIASA, Austria, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/about/news/20131211-EMFCarbon.en.html>

US Department of State 2014, *U.S. Climate Action Report 2014*, US DOS, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.state.gov/documents/organization/219038.pdf>

Krey, V, Luderer, G, Clarke & L, Kriegler, E 2013, ‘Getting from here to there – energy technology transformation pathways in the EMF27 scenarios’, *Climatic Change*, Dec. 2013, Springer, New York, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-013-0947-5>

World Energy Council 2013, ‘The future is looking musical: WEC Scenarios to 2050’, *World Energy Insight 2013*, pp. 16–17, WEC, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/11/WEI2013.pdf>

프로젝트, 정책 및 시장

Alberta Government 2013, *Carbon capture & storage: Summary Report of the Regulatory Framework Assessment*, Alberta Government, Canada, viewed 5 February 2014, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.energy.alberta.ca/CCS/pdfs/CCSrfaNoAppD.pdf>

European Commission 2014, *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/docs/com_2014_15_en.pdf

European Parliament 2013, *Report on implementation report 2013: developing and applying carbon capture and storage technology in Europe (2013/2079(INI))*, European Parliament, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2013-0430+0+DOC+PDF+V0//EN>

UK Government 2013, *UK carbon capture and storage: government funding and support*, UK Government United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.gov.uk/uk-carbon-capture-and-storage-government-funding-and-support#ccs-commercialisation-competition>

UK Parliament 2013, *Energy Act 2013 (c. 32)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://services.parliament.uk/bills/2012-13/energy.html>

—2013, *Energy Act 2013 (c. 32) Explanatory Notes (Part 2 Chapter 8)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/32/notes/division/5/2/8>

—2013, *Energy Act 2013 (c. 32) Explanatory Notes (Part 2 Chapter 2)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/32/notes/division/2/2/2>

US Environmental Protection Agency 2013, *2013 Proposed Carbon Pollution Standard for New Power Plants*, USEPA, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www2.epa.gov/carbon-pollution-standards/2013-proposed-carbon-pollution-standard-new-power-plants>

지역별 주요 프로젝트

Alberta Government 2013, *Carbon capture & storage: Summary Report of the Regulatory Framework Assessment*, Alberta Government, Alberta, Canada, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.energy.alberta.ca/CCS/pdfs/CCSrfNoAppD.pdf>

Committee on Climate Change 2013, *Fourth carbon budget review – part 1*, CCC, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.theccc.org.uk/publication/fourth-carbon-budget-review-part-1/>

—2013, *Fourth carbon budget review – part 2*, CCC, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.theccc.org.uk/publication/fourth-carbon-budget-review/>

European CCS Demonstration Project Network 2009, *CCS demonstration projects to receive EEPF funding*, European CCS Demonstration Project Network, France, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.ccsnetwork.eu/index.php?p=newsDetail&newsId=6&id=16>

European Commission 2014, *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/docs/com_2014_15_en.pdf

—2014, *Implementation of the CCS Directive*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ccs/implementation/index_en.htm

—2013, *European energy programme for recovery, November 2013*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/energy/eepr/index_en.htm

—2013, *NER 300 second call for proposals*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: http://ec.europa.eu/clima/funding/ner300/index_en.htm

European Parliament 2013, *Report on implementation report 2013: developing and applying carbon capture and storage technology in Europe (2013/2079(INI))*, European Parliament, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2013-0430+0+DOC+PDF+V0//EN>

UK Government 2013, *Maintaining UK energy security*, UK Government, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.gov.uk/government/policies/maintaining-uk-energy-security--2/supporting-pages/electricity-market-reform>

—2013, *Tees Valley City Deal to boost local growth*, UK Government, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.gov.uk/government/news/tees-valley-city-deal-to-boost-local-growth>

UK Parliament 2013, *Energy Act 2013 (c. 32)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://services.parliament.uk/bills/2012-13/energy.html>

—2013, *Energy Act 2013 (c. 32) Explanatory Notes (Part 2 Chapter 8)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/32/notes/division/5/2/8>

—2013, *Energy Act 2013 (c. 32) Explanatory Notes (Part 2 Chapter 2)*, UK Parliament, United Kingdom, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/32/notes/division/2/2/2>

US Environmental Protection Agency 2013, *Frequent questions: hazardous waste management system: conditional exclusion for carbon dioxide (CO₂) streams in geologic sequestration activities*, US EPA, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.epa.gov/waste/nonhaz/industrial/geo-sequester/faqs.htm>

—2013, *Geologic sequestration of carbon dioxide: draft underground injection control (uic) program guidance on transitioning class II wells to class VI wells*, US EPA, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://water.epa.gov/type/groundwater/uic/class6/upload/epa816p13004.pdf>

—2013, *Hazardous waste management system: conditional exclusion for carbon dioxide (CO₂) streams in geologic sequestration activities*, US EPA, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/industrial/geo-sequester/prepub-co2-sequestration.pdf>

—2013, *2013 Proposed carbon pollution standard for new power plants*, US EPA, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://www2.epa.gov/carbon-pollution-standards/2013-proposed-carbon-pollution-standard-new-power-plants>

국제 협력

European Commission 2013, *Horizon 2020: the EU framework programme for research and innovation*, EC, Brussels, Belgium, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>

National Energy Technology Laboratory 2013, *Energy Department invests to drive down costs of carbon capture, support reductions in greenhouse gas pollution*, NETL, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://netl.doe.gov/newsroom/news-releases/news-details?id=b91e731e-7630-4928-8583-1170c826c20d>

US Department of Energy 2014, *Energy Department investments in innovative carbon capture projects*, US DOE, Washington DC, United States, 2014년 2월 5일 열람

온라인: <http://energy.gov/energy-department-investments-innovative-carbon-capture-projects>