



CCR (Carbon Capture and Reuse) 기술개발 현황



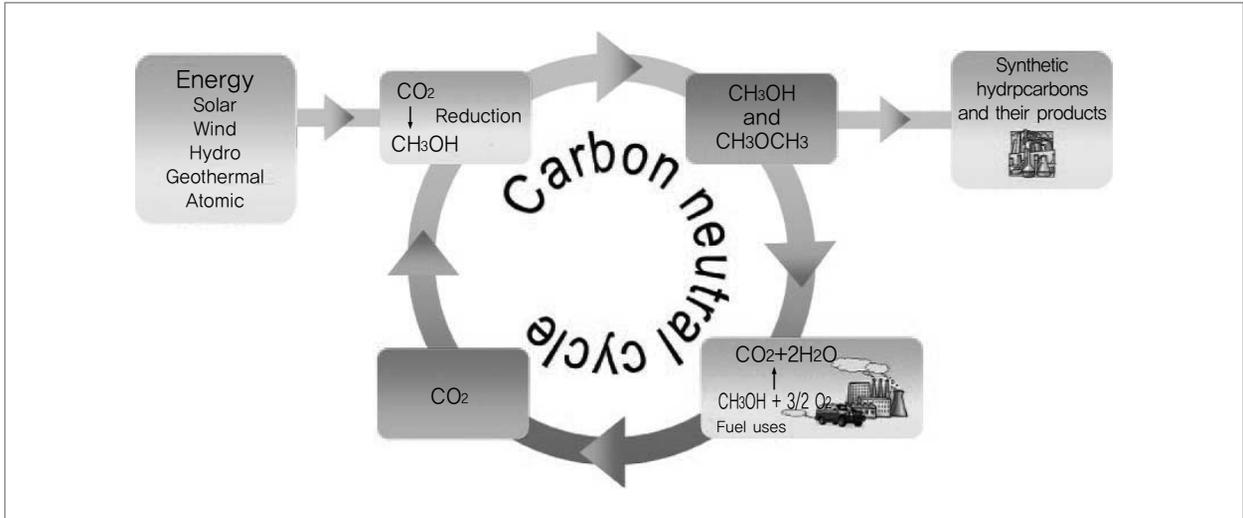
안 희 수
한국전력공사 기술기획처 기술기획팀 차장

1. 개요

최근 들어 전 세계적으로 녹색기술산업에 대한 관심이 고조되고, 이를 실현하기 노력이 증가하고 있다. 국내에서도 정부 차원에서 녹색기술산업을 국가 산업발전의

신성장동력으로 삼고, 관련 산업 기술 개발 투자 규모를 대폭적으로 늘리고 있다.

특히 국제적인 기후변화협약에 대응하고자 온실가스 배출저감을 위한 정부 및 산업계의 자세가 적극적으로 바뀌고 있는 추세이다.



[그림 1] 탄소중립을 위한 순환 과정

지구온난화의 주범으로 알려진 이산화탄소의 대기중 배출 저감은 당면한 가장 시급한 환경 현안으로, 이를 해결하기 위해 이산화탄소의 포집, 저장, 전환기술이 제시되고 있으며, 지난 10여 년간 이에 관한 다양한 기술 개발 노력이 이어지고 있다. 우리나라도 이산화탄소 포집 및 처리에 대해 경제성 있는 기술을 확보하기 위해 선진국들과 경쟁을 해야 할 상황이다. 그림 1과 같이 포집된 이산화탄소를 화학적 전환 방법 등 각종 전환기술을 이용하여 다시 활용할 수 있다면 이산화탄소 배출 저감 문제를 해결할 수 있는 근본적인 방법이 될 것이다.

이산화탄소의 활용에 있어서 가장 큰 걸림돌은 실질적인 저감효과에 대한 의문과 경제성이다. 이산화탄소는 화석연료가 가지고 있는 에너지를 모두 방출하고 난 안정된 화합물이다. 이를 합성연료나 화학제품과 같은 유용한 물질로 전환시키기 위해서는 에너지가 필요하다. 그러나 이 에너지를 얻는데 이산화탄소를 재배출시킬 수 있다는 문제점을 안고 있다.

이산화탄소를 유용한 물질로 전환시킬 주요 수단으로서 수소와 같은 환원제가 사용되는데 가격을 고려하면 경제성을 갖기가 매우 어려워진다. 청정연료나 화학기초

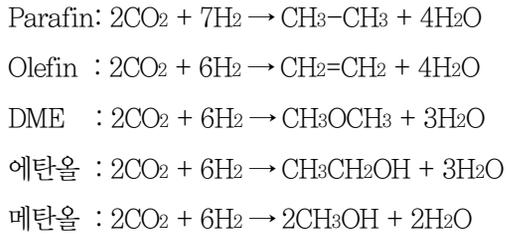
원료 외에 고부가가치의 제품으로 변환하는 경우는 경제성이 생길 수 있으나 이산화탄소의 고정량이 매우 적기 때문에 이산화탄소의 처리의 실효성에 있어서 문제가 된다. 이러한 문제점들 때문에 이산화탄소의 활용이 상대적으로 많은 관심을 끌지 못하고, 연구개발에서도 거의 지원을 받지 못해 왔다.

배출되는 이산화탄소와 같은 대체에너지 자원이 필요하게 된 이유는 기존에 사용되던 화석연료가 고갈되어 가고 있는 것도 주요 원인이다. 석탄의 경우 200여년 정도이며, 석유, 천연가스, 우리나라는 30~60년으로 대체 자원의 필요성이 증대되고 있는 현실이다.

2. 이산화탄소 자원화 기술

가. Hydrogenation of CO₂

이산화탄소를 수소화하여 파라핀, 올레핀, 탄화수소 화합물을 얻는 화학반응식은 아래와 같으며, 메탄올 합성 이외에도 대량의 전환이 가능한 것이 Fischer-Tropsch 합성을 이용한 합성연료의 제조라 할 수 있다.



수소화 기술은 이산화탄소와 반응하여 탄화수소화합물을 만드는 기술이다. 주로 전환율을 높이기 위한 촉매기술 및 반응 프로세스에 대한 기술 개발이 주를 이루고 있으며, Hydrogenation of CO₂의 주요 요소기술은 이산화탄소 저장 기술, 수소제조/공급기술, 촉매기술이라고 할 수 있다. 그림 2에 이산화탄소 수소화 공정의 하나인 KIST의 CAMER-E 공정을 나타내었다.

나. Photo(electro)catalytic conversion of CO₂

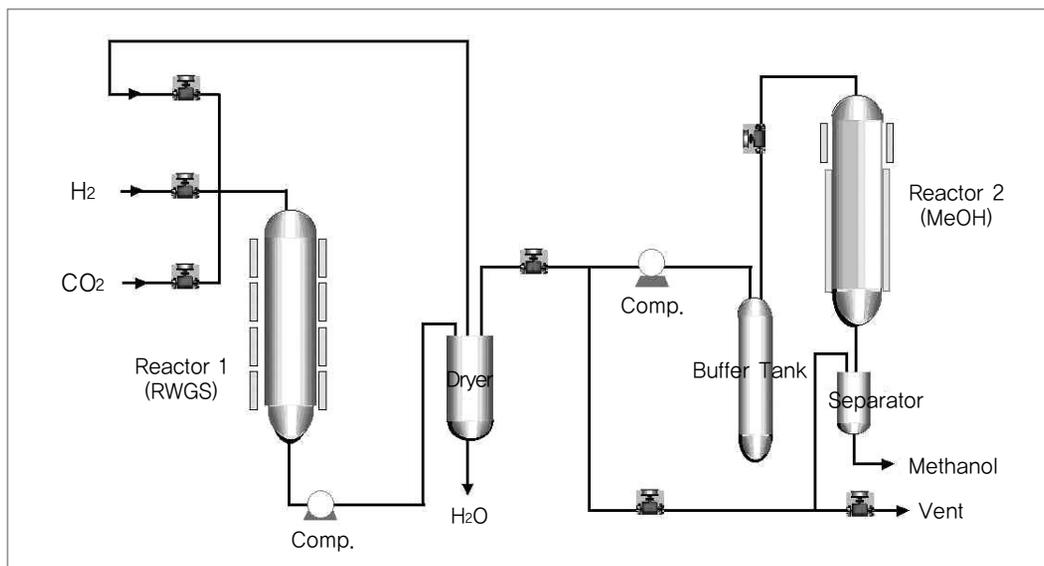
Photo(electro)catalysis는 인공적인 광합성의 연장선으로 볼 수 있는 기술로써, 다양한 촉매들을 통한 탄소 화물과 산소 등의 화학적 생산물을 도출하는 기술이다. 이는 자연적인 햇빛을 사용하여 생산되는 물질을 말하는 것으로, 광전기화학적 수소 제조 및 전기 전달 과정에서

발생하는 에너지 손실을 최소화하기 위하여 전력을 생산하지 않고 직접적으로 물을 분해하여 수소와 산소를 생산하는 시스템이다. 광전기화학적 전지는 비단 수소 생산뿐만 아니라 궁극적으로 생태내의 광합성을 모사하여 물과 이산화탄소를 원료로 해서 알코올 등을 생산하는 시스템에 응용될 수 있으며, 상용화에 근접하기 위해서는 광-수소 전환효율이 적어도 15% 이상이 되어야 하므로 많은 연구가 필요하다.

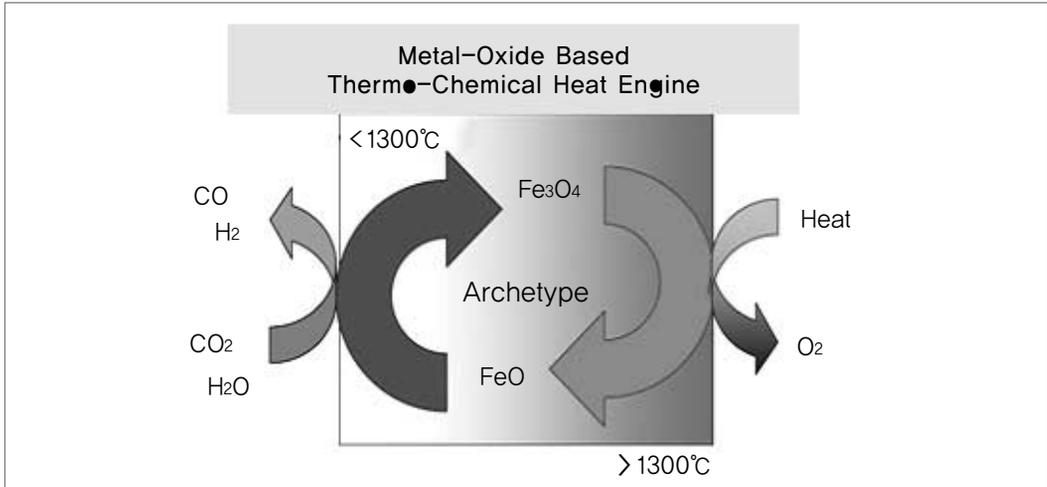
다. Thermochemical conversion of CO₂

태양에너지, 풍력, 지열, 원자력 또는 수소에너지로부터 필요한 에너지를 공급받아 이산화탄소 재사용을 가능하게 하는 기술이다.

이산화탄소의 열화학 변환에서 Sandia(미국)는 CR5 (short for counter-rotating ring receiver reactor recuperator)라는 극한의 온도를 이용한 대체시스템을 개발하고 있다. 이 시스템은 태양열에 집중되어 있으며, 코발트 페라이트 세라믹으로 만들어진 30cm 지름의 14개 링구조의 스택 한쪽 면을 고온으로 가열하여 산소를 분리시켜 에너지를 생산하는 시스템에 관한 기술이다.



[그림 2] CO₂의 수소화 공정



[그림 3] Thermochemical conversion of CO₂ 개념도 (출처 : Sandia Inc.)

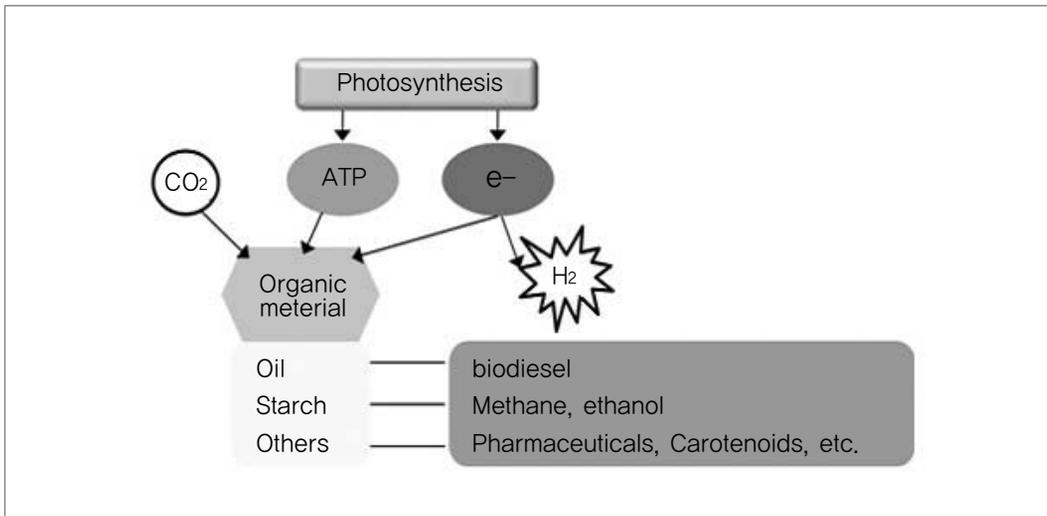
라. Biological conversion of CO₂

화석연료는 결국 고갈된다는 전망과 이에 따른 공급 불안정성 그리고 대기 중 이산화탄소 농도 증가 등의 문제에 기인하여 화석연료 기반의 산업이 위기를 맞고 있다.

그러므로 탄소 중립적(carbon neutral)이고 재생 가능한 대체에너지가 필요하며, 이는 환경적, 경제적으로 지속 가능한 대안이 수반되어야 한다.

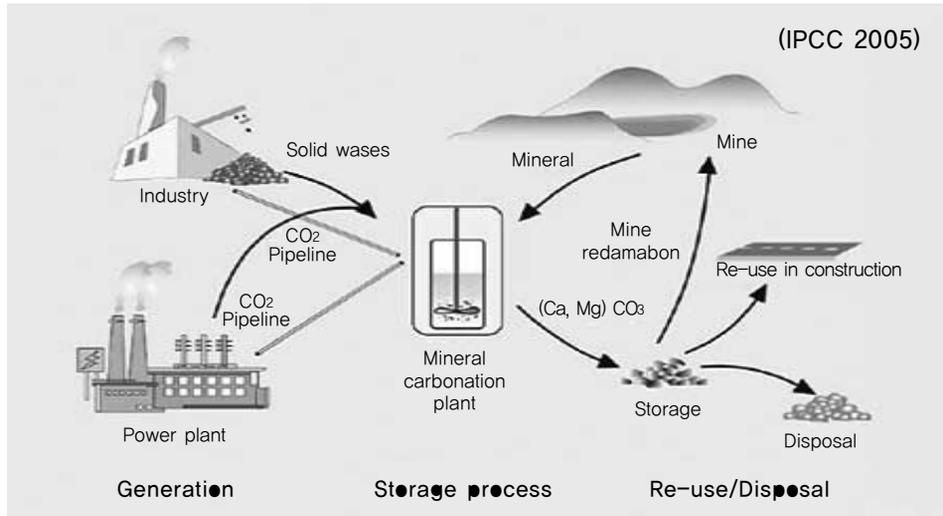
재생에너지 중 해양바이오매스 (marine biomass)인

미세조류 (microalgae)를 바이오디젤의 원료로 사용하는 것이 주목을 받고 있다. 미세조류는 태양 에너지로부터 광합성을 하여 이산화탄소를 고정하는 해양 생명체로서, 고정된 이산화탄소로부터 바이오 연료, 음식물 등의 다양한 유용 물질을 만들어낼 수 있다. 미세조류의 지질로부터 바이오디젤을 만드는 것은 새로운 아이디어는 아니지만 최근 들어 석유가격의 상승과 지구 온난화 등의 문제 때문에 많은 연구들이 추진되고 있다.



[그림 4] 광합성에 의한 미세조류로부터의 유용물질 합성

(출처 : Center for Low Carbon Futures Carbon Capture and Utilisation in the green economy)



[그림 5] Summary of mineral carbonation options

(출처 : 토양내 CO₂ 저장기술 개발사업 타당성 연구, RIST)

현재 바이오디젤은 대부분 식물성 유지 또는 동물성 지방으로부터 생산되고 있으며, 미세조류를 이용한 생산은 아직 실험실 수준으로만 이루어지고 있다.

마. Mineral Carbonation

칼슘이나 마그네슘 실리케이트와 같은 미네랄을 이용하여 칼슘카보네이트나 마그네슘카보네이트를 생산함으로써 이산화탄소를 전환시키는 화학반응과 관련된 것이다. 이산화탄소의 광물탄산화 기술은 산업체에서 포집되거나 배출되는 이산화탄소를 산화물 및 수산화물 형태의 알칼리 및 알칼리 토금속 성분을 함유한 천연 광물 또는 산업체에서 배출되는 무기계 순환자원(폐콘크리트 등)과 반응시켜 탄산칼슘(CaCO₃) 및 마그네사이트(MgCO₃) 등의 탄산염 광물로 만들어 이산화탄소를 안정하게 고정화 또는 저장시키는 기술이다.

Mineral Carbonation 공정은 더욱 향상된 반응효과를 나타내기 위해 미네랄에 열, 압력, 화학공정과 기계적인 공정을 거친다. 이 과정에서 많은 에너지가 필요한 제약이 있어 이 문제에 대한 적절한 연구가 필요하다.

3. 향후 전망

Global 기후변화에 대응하기 위한 국가와 기업들의 움직임은 점점 빨라지고 있는 현실이다. 우리나라도 온실가스와 환경오염을 줄이며, 지속적으로 성장하기 위한 저탄소 녹색성장을 새로운 패러다임으로 삼고 있다.

이처럼 이산화탄소 문제의 해결은 성장과 환경 문제가 동시에 걸려있는 사안이라고 할 수 있다.

지금 전 세계적으로 이산화탄소의 포집과 저장은 비교적 활발하게 진행되고 있으나, 전환을 통한 자원화는 최근 들어 활성화되고 있다.

이러한 전환기술은 도입기에 있는 기술부터 이미 성숙기에 도달한 기술에 이르기까지 다양한 종류가 있다. 중요한 것은 이산화탄소의 실질적 저감효과, 에너지 소모 및 부산물의 재활용과 시장 전망 등 각종 장애요인과 환경여건을 종합적으로 분석해야 한다는 것이다. 이에 따라 기업별 특성에 맞는 기술을 선택하고, 적합한 기술을 확보함으로써 Global 환경문제와 신성장 동력 확보라는 두 마리 토끼를 동시에 잡을 수 있을 것이다. KEA