

융합

Weekly TIP

Technology · Industry · Policy

기후변화대응을 위한 탄소자원화 기술

김보림 | 융합연구정책센터



Industry

Technology

Policy

기후변화대응을 위한 탄소자원화 기술

김보림 | 융합연구정책센터

01

선정배경

- 작년 11월 4일 파리 기후협정*이 국제적으로 발효되면서 新기후체제가 출범하였고 온실가스 감축 의무가 현실화 됨

* 2100년까지 대기온도 상승폭을 2°C 이하, 최대한 1.5°C 아래로 유지하는 것을 목표로, 2020년 만료 예정인 교토의정서 대체

- 우리나라는 2030년까지 온실가스배출전망치(BAU) 대비 37%(3억 1,500만톤) 감축을 목표로 함

- 우리나라 정부는 기후변화 대응을 위해 온실가스 감축과 동시에 고부가가치 화학제품을 생산하는 탄소 자원화 기술의 조기확산을 위해 정책을 수립

- 미래창조과학부·산업통상자원부·환경부 등 관계부처 합동으로 「탄소자원화 국가전략프로젝트 실증 로드맵」 수립·발표('16.12.12)

※ 2020년까지 6년간 총 475억원 투자, 2030년까지 연간 2,500만톤의 온실가스 감축은 물론, 16조 3천억원의 경제적 가치 창출 기대

- 탄소자원화 기술은 작년 8월 10일 「9대 국가전략프로젝트」 중 하나로 선정된 기술로, 그동안 단순히 감축의 대상으로만 인식돼 오던 탄소를 연료나 원료 등과 같은 자원으로 재활용하는 기술

- 전세계적으로 탄소자원화 기술은 아직 상용화 진입 단계에 불과하지만, 최근 강화된 온실가스 감축 의무로 인해 탄소자원화 시장은 더욱 확대될 것으로 예상

- 이에, 탄소자원화를 위해 현재 연구개발 또는 활용되고 있는 기술들에 대해 알아보고자 함

02

개요

탄소자원화 기술은 산업단지나 발전소 등에서 발생하는 부생·온실가스로부터 탄소원*(CO, CH₄, CO₂ 등)을 자원화하여 메탄올, 경유 등 화학제품을 생산하는 기술

* CO : 일산화탄소, CH₄ : 메탄, CO₂ : 이산화탄소

- 탄소자원화 기술은 부생가스의 탄소원인 일산화탄소와 메탄을 분리, 정제해 화학제품을 생산하는 탄소 전환 기술과 발전소에서 배출된 저농도 이산화탄소를 직접 활용해 폐광산 채움재를 생산하는 탄소광물 기술로 구분

그림1. 탄소자원화 기술



※ 출처 미래부

탄소자원화를 위한 대표적인 기술로는 C1 가스* 리파이너리, 인공광합성, 바이오리파이너리, CCU(carbon capture & utilization) 기술이 있음

* 넓은 의미에서 세일가스를 비롯한 탄소수가 1개인 가스

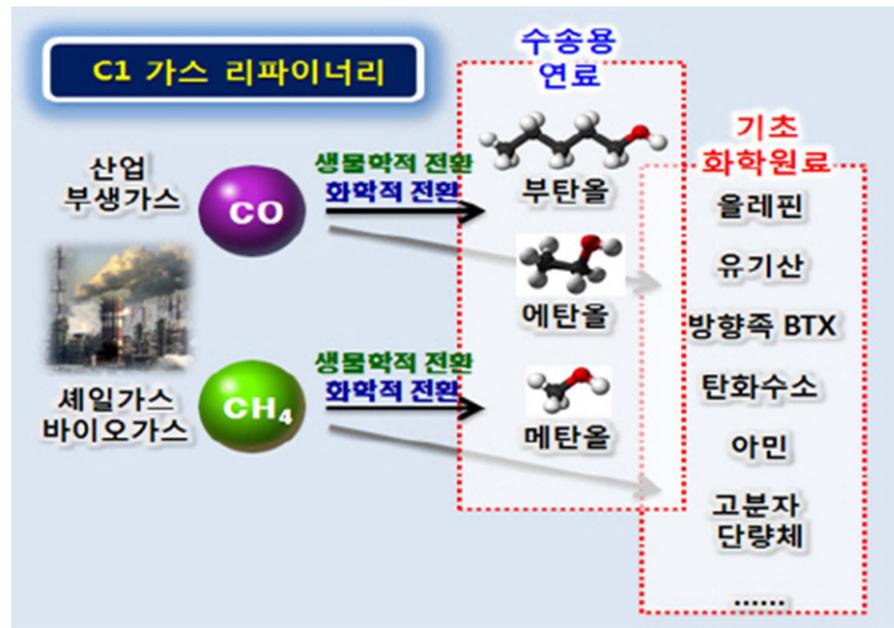
- 이 기술들은 생물학적 전환 및 화학적 전환을 통해 다양한 방법으로 탄소를 고부가가치 화학원료나 수송용 연료 등을 제조

03

탄소자원화 4대 기술

1 C1 가스 리파이너리

그림2. 'C1 가스 리파이너리' 기술 개요



※ 출처 미래부

- (정의)** C1 가스 리파이너리는 탄소 1개로 이루어진 일산화탄소, 메탄 및 화력발전소와 제철소에서 발생하는 온실가스를 활용하여 다양한 생물학적·화학적 직접 전환을 통해 기초 화학소재와 수송연료를 생산하는 기술
- (배경)** 북미에서 시작된 세일가스* 혁명이 세계 에너지·화학산업에 큰 영향을 주며, C1 가스 리파이너리 원천기술 개발의 필요성이 높아짐

* 모래와 진흙 등이 단단하게 굳어진 퇴적암 지층인 셰일층에 매장되어 있는 천연가스. 메탄 70~90%, 에탄 5~10%, 프로판 및 부탄 5~25% 정도 존재
- (특징)** C1 가스 리파이너리 기술은 고온, 고압 상태에서 다양한 공정이 필요하기 때문에 석유 대비 경제성이 낮은 문제점이 있음

- 아직까지는 기초연구 단계로, C1 가스 리파이너리 기술 구현을 위해서는 한계 극복형 원천기술 개발과 다양한 학문간의 융·복합연구가 필수적

- **(동향)** 미국을 중심으로 셰일가스를 활용한 석유화학산업의 부흥이 일어났으며, 미국 정부 및 다양한 기업에서 셰일가스 중심의 기술개발에 적극 지원 중

 - 미국 에너지부 DOE의 에너지고등연구계획국(ARPA-E)에서는 C1 가스 전환 원천기술 개발을 추진 중이며 CO 전환은 일부 상업화에 성공
 - LanzaTech, INEOS Bio, Coskata 등의 회사에서 생물학적 CO 전환공정에 대한 상업화 추진 중

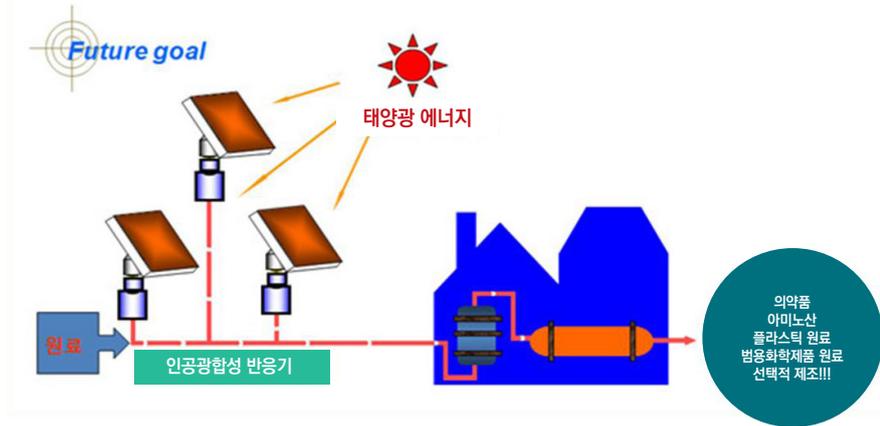
- **(전망)** 현재 C1 가스 리파이너리 원천기술의 개발은 세계적으로 초기 단계이나, 상업화 수준의 기술이 개발된다면 현재의 석유 중심 화학·에너지산업을 가스 원료 기반의 화학·에너지산업으로 전환시키는 패러다임의 전환이 예상됨

 - 업계에서는 국내 제철소와 석유화학 시설에서 나오는 연간 2,300만톤의 CO가스에 이 기술을 적용하면 가솔린의 30%를 대체 가능하며, 국내에서 발생하는 메탄 가스 200만톤은 국내 석유기반 메탄올 생산을 100% 대체 가능하다고 분석(C1가스리파이너리사업단, '15)

2 인공광합성

▼ 그림3. 태양광 이용 화합물 제조용 광-바이오 공장 개념도

태양광에너지 이용한 화합물의 선택적 제조용 광-바이오 인공광합성 시스템



※ 출처 KIST 블로그(KISTory)

- **(정의)** 인공광합성은 자연의 광합성과 비슷하게 햇빛을 이용해 물, 이산화탄소로부터 고부가가치 화합물을 만드는 과정

- **(배경)** 2011년 미국 오바마 대통령이 국정연설을 통해 친환경 에너지원 연구의 대표적인 사례로 인공광합성을 꼽으며 주목받기 시작
- **(특징)** 인공광합성 시스템은 크게 광촉매를 활용해 태양광에너지를 전환시켜주는 ‘광에너지 전환부’와 ‘전자전달시스템’ 그리고 산화 환원 효소의 도움을 받아 정밀화학 기초소재를 생성하는 ‘바이오촉매(효소) 반응부’가 일체형으로 구성

 - 시스템 내에 원료물질과 그에 합당한 효소만 넣어주면 태양광 이외의 아무런 추가에너지 투입 없이 고부가 정밀화학 기초소재를 선택적으로 생산할 수 있으며, 원료물질과 효소를 교체하면 촉매반응을 거쳐 다른 물질도 선택적으로 얻을 수 있음
- **(동향)** 아직은 연구개발 초기 단계이며, 국내 연구진이 선도적으로 인공광합성 연구를 진행 중

 - KIST 연구팀은 식물보다 높은 효율(5~6%)로 에너지를 생산하는 인공광합성장치를 개발
 - ※ 태양전지가 염록소 역할을 해서, 태양전지로 생성한 전기가 이산화탄소를 분해해 일산화탄소와 물을 만들
 - 한국화학연구원은 태양광 이산화탄소를 활용하여 일산화탄소를 개미산(포름산)으로 바꾸는 기술 개발
- **(전망)** 인공광합성 기술은 미래의 새로운 화학산업으로 주목 받는 신기술분야로 직접적인 시장은 없으나 나노기술 분야, 대체 에너지, 청정 화합물 생산 등에 막대한 파급효과가 있을 것으로 전망

 - 특히, 인공광합성 플랫폼은 경제적 효과를 산출하기 어려운 정도로 파급효과가 큰 원천기술로 예상

3 바이오리파이너리

- **(정의)** 바이오리파이너리는 식물, 미세조류 등 바이오매스를 원료로 화학제품과 바이오연료 등을 생산하는 기술
- **(배경)** 원유 가격의 상승, 자원고갈, 기후변화, 생태계 오염과 혼란 등의 문제가 야기되며 현재의 원유 기반 오일 리파이너리를 대체하기 위한 기술로 각광
- **(특징)** 바이오리파이너리는 식물, 미세조류 등 바이오매스를 원료로 사용하기 때문에 석유자원에 비해 단시간 내에 재생산이 가능

 - 바이오매스 전환을 통한 유용물질 전환기술은 주로 바이오-화학 융합형 기술이 사용됨으로써, 석유화학 및 기존 화학공정 기술에 비해 에너지 소비 및 이산화탄소 발생이 적어질 수 있는 효과가 있음
- **(동향)** 바이오리파이너리는 산업분류상 ‘바이오화학산업’의 주요 핵심 공정 분야로 바이오매스 처리기술, 생촉매 및 미생물 기술, 바이오매스 전환 화학기술 등이 핵심기술로 개발

- 현재 1세대 바이오매스로서 식용 작물에서 유래한 전분이나 식물 오일을 활용하는 기술은 이미 상용화 되었으나, 곡물을 사용함에 따라 식량 활용 측면과 경쟁이 불가피한 문제점이 있음
- 2세대 바이오매스인 비식용 작물에서 유래한 셀룰로오스 등을 활용하는 기술은 관련 연구 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 일부 공정은 상용화 규모로 추진 중
- 3세대 바이오매스인 해조류와 같은 조류는 산업원천 연구가 진행 중

- **(전망)** 바이오매스 산업은 타 산업 대비 장기간의 연구개발 기간과 대규모 투자를 필요로 하는 반면, 제품화 성공시 산업계에 미치는 파급효과가 커 친환경 고부가가치 창출이 가능
- 바이오매스 기반 화학제품은 2020년 세계 화학시장규모의 9%(총 2,950억 달러)를 점유할 것으로 전망(세계경제포럼, '10)

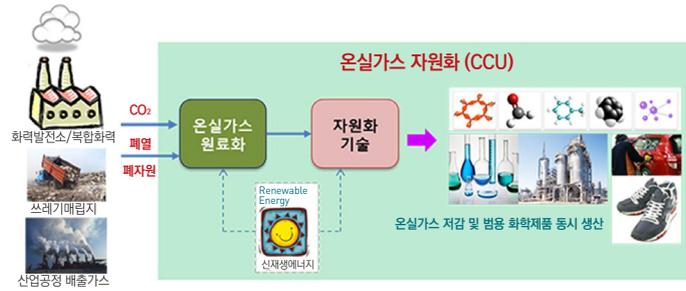
▶ 그림4. 바이오리파이너리 개념도



※ 출처 KRICT

4 CCU 이산화탄소 포집 및 전환

그림5. CCU 기술 개념도



※ 출처 KRICT

- **(정의)** CCU(carbon capture & utilization, 이산화탄소 포집 및 전환) 기술은 이산화탄소를 유용한 자원으로 활용하여 부가가치가 높은 다른 탄소화합물(Value-added Chemicals)로 전환하는 연구
- **(배경)** 기존에는 산업공정에서 대량 배출되는 이산화탄소를 모아 지하나 해저에 매립·저장하는 CCS(carbon capture & storage, 이산화탄소 포집 및 저장기술) 기술 연구가 진행되어 왔으나, 최근 들어 이산화탄소를 자원화하는 CCU 기술과 관련된 연구가 관심을 받고 있음

 - 기존 CCS 기술은 시설 설치비용이 크고, 수송 및 저장이 까다롭다는 등의 단점으로 연구 및 상용화의 한계가 있음
- **(특징)** 발전소나 지역난방 열원에서 배출되는 배기가스 내 이산화탄소를 미세조류(미생물)의 광합성작용으로 처리하고, 증식된 미생물은 건강식품, 의약품, 사료, 바이오디젤 등 고부가가치 상품으로 전환
- **(동향)** 국내 UNIST 연구팀은 이산화탄소를 직접 수소와 반응해 디젤 연료를 만드는 기술 개발을 진행하였으며, 울산시는 CCU 기술을 활용한 플랜트 건립 MOU 체결로 이산화탄소 재활용 기술 상용화를 앞두고 있음
- **(전망)** CCU 기술은 CCS에 비해 기술 발전은 느리지만, 이산화탄소를 자원으로 재활용해서 유용한 화합물로 만든다는 점에서 주목받고 있으며 저장소 확보가 어려운 우리나라에서 CCS 기술 대안으로서 역할이 가능할 것으로 기대

 - 기술이 상용화 된다면 연간 50t의 이산화탄소 저감 효과와 10t당 6억원 이상의 수익을 거둘 수 있을 것으로 예상(지역난방공사, '16)

04

시사점

- 탄소자원화 기술은 기존의 온실가스 배출 저감 노력에서 나아가, 온실가스 자체를 자원화하여 화학제품을 만드는 혁신적인 기술로 기후변화 대응과 에너지 문제를 동시에 해소 가능

 - 에너지 다소비 산업구조로 인해 에너지 절약 및 신재생 에너지 활용만으로는 한계가 있었던 온실가스 감축 문제 극복 및 석유 의존 산업소재 원료 및 연료 등의 다변화·다원화에 일조할 것으로 예상
- 탄소자원화 기술 중 현재 연구 개발 기초단계인 기술들은 향후 활용 가치를 고려하여 좀 더 적극적인 투자와 지원이 필요하며, 상용화단계에 오른 기술들에 대해서는 개발기술의 사업화 방안에 대한 검토가 필요

 - 기후변화대응의 목적 달성을 위해서는 온실가스 감축효과 산정 또한 중요하므로 이를 산정하기 위한 법적·제도적 절차 마련이 필요
- 더불어 우리나라는 탄소자원화 기술들에 있어 선도적인 연구를 수행하는 연구기관 및 성과가 많으므로, 이를 기반으로 탄소자원화 기술을 활용한 신산업분야의 시장을 선점하기 위한 전략 수립이 필요함

참고자료

1. 녹색기술센터 블로그, C1 가스 리파이너리 기술이 여는 녹색 미래, '15.07.15
2. 미래창조과학부 블로그, 9대 국가전략 프로젝트 탄소자원화, '16.08.24
3. 한국화학연구원 블로그, 탄소자원화 4대 기술, '15.10.23

