

기술-제품-산업 연관도를 통한 기술개발경로 사례조사  
-CDRS 이산화탄소 회수·처리를 중심으로\*-  
박정규\*\*, 허은녕\*\*\*

Case study of technology development path from  
technology-product-industry relation diagram  
-The focus on CDRS carbon-dioxide  
withdraw and sequestration\*-  
Jeong Kyu Park\*, Eunnyeong Heo\*\*

1. 서론

기후변화협약 제3차 당사국총회(1997. 11)에서 채택된 교토의정서의 핵심은 온실가스(주로 이산화탄소)를 상품으로 거래할 수 있는 유연성 체계의 도입으로, 현재 기후변화협약에서는 지구환경 보호 그 자체에서 벗어나 자국의 경쟁력과 경제활동 보호를 위한 경제협약으로 발전되고 있으며, 선진기술 확보여부에 따라 협상의 우위가 좌우된다. 이산화탄소 저감 첨단기술(BAT, Best Available Technology)을 많이 보유하고 있는 국가가 세계 경제 우위를 차지할 수 있으므로, 선진국에서는 이산화탄소 저감을 위한 혁신적인 기술개발 계획을 수립·추진 중이다. 이러한 시점과 측면에서 우리나라의 온실가스저감기술 개발의 시급함은 물론이며 한 편의 시각으로는 당위적이라고 할 수 있다. 우리는 선진 에너지기술 개발을 위한 장기 기술개발 프로그램을 운용하여 에너지, 경제 그리고 환경의 조화를 통한 지속 가능한 개발을 추구함과 동시에 국제사회의 온실가스 저감노력에 적극 동참함으로써 지구환경 개선에 기여할 수 있을 것이다. 이러한 국내외 상황을 인식, 현재 과학기술부에서는 21c 프론티어 사업의 일환으로 “핵심원천기술 개발을 통하여 기후변화협약에 적극 대처하고 대외적 경쟁력을 향상시키기 위해” 이산화탄소 저감처리 기술개발(CDRS) 관련 연구를 수행 중이다. 이산화탄소 발생을 억제하는 기술과 발생된 이산화탄소를 저비용으로 처리하는 혁신 기술개발을 통한 기후변화협약 대응기술을 확보하고, 철강, 석유화학, 시멘트, 발전 등 관련 CDRS기술을 개발하여 의무감축시 경제적 부담을 최소화하기 위함이다.(2003년 CDRS 사업단 사업목표)<sup>1)</sup>

본 연구에서는 이산화탄소 저감 선진기술 확보의 중요성을 인지하고 기술을 개발하는 과정에서 CDRS기술 중 이산화탄소 회수·처리 분야에서 개발되는 기술개발의 경로를 파악하고 그 개발경로 가운데 적절한 정책적 시사점을 도출하고 또한 그 기술로 인하여 부가가치를 창출할 수 있는 산업은 무엇인지 파악한다. 또한 기술-제품-산업 연관도를 통한 R&D 생산성 정량화에 대해 논하기로 한다.

\* 본 연구는 과학기술부 지원 21C 프론티어 연구 개발 사업 이산화탄소 저감 및 처리기술 개발 사업(CDRS)의 연구 일환으로 진행되었습니다.

\*\* 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정

\*\*\*서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 조교수

1) www.cdrs.go.kr

## 2. CDRS 기술분류 및 이산화탄소 회수·처리 기술 특성

### 2.1 CDRS 기술 분류

CDRS 관련기술은 크게 4가지 부문으로 나눈다. 고온순산소연소기술, 반응분리동시공정 기술, 이산화탄소 회수처리기술, 및 미활용에너지 이용기술이 그것이며 아래 [표1]과 같다.

[표1] CDRS 기술분류

기술분류	세부기술분류	주된 연구목표
고온순산소 연소기술	저가산소제조기술, 연소기설계 지능형가열시스템기술 저가산소제조, 고온재료기술	지능형 연소 시스템 개발
반응분리 동시공정 기술	부분산화, 탈수소화, 탈수 NCC, 신반응/신분리기술	에너지 절약 단위기술개발, 반응조건 개선
미활용 에너지 이용기술	열원대응고성능 열교환기 열저장 및 고밀도 열수송	미활용에너지 이용, 열회수용 열펌프 개발
이산화탄소 회수·처리 기술	고부가제품화, 고순도정제기술 심해수 및 폐기폐적층 저장 분리용 막소재개발	물리화학적 분리, 대규모 저장, 생물학적처리, 화학적처리

### 2.2 이산화탄소 회수·처리 기술의 특성

앞서 CDRS 에서 분류한 네 가지 분야의 기술에는 분야별로 대략적으로 구분되는 기술 특성을 갖고 있다. 이산화탄소 회수·처리 분야의 경우 저비용, 고효율, 혁신적 기술이며 우량균주, 의료·의약용 진단시약, DME, HC 등의 제품으로 상용화가 가능하며 여러 제품으로 해당산업의 활성화에 기여하는 것이 이산화탄소 회수·처리 분야의 기술특성이라 할 수 있다. 또한 이산화탄소의 대규모 방출산업인 시멘트, 철강, 화력발전소 등에서 방출되는 이산화탄소를 제품을 생산할 때 사용함으로써 처리한다는 기술특성이 있다. 반면에 고온순산소 연소 분야는 가열설비 고온화를 통한 연소의 효율화로 생산성 향상과 에너지소비 절감하는 기술특성이 있으며, 반응분리동시공정은 반응과 분리를 하나의 공정으로 통합하여 에너지 소비를 절감하는 특성을 갖고 있고, 미활용에너지 분야는 고효율 폐열회수 및 열수송 기술 확보, 하이브리드 열이용 시스템 개발기술과 광역 에너지 네트워크 핵심기술 확보로 인해 기존 냉·난방부하를 대체하는 기술특성을 갖고 있다. 위에서 기술한 각 분야의 기술들은 모두 기후변화협약에 대응하는 기술들이지만 각기 세부목표가 다르고 위와 같이 다양한 기술특성들을 나타내고 있으므로, 이는 기후변화협약의 대응기술 혹은 이산화탄소 저감 및 처리 기술로 통합하여 관리할 수 없음을 시사한다.

## 3. 기술-제품-산업 연관도

기술-제품-산업 연관도란 과제의 목표에 맞게 개발되어지는 기술이 그 특성에 따라 요구되어지는 여러 요소기술들을 나열하고, 기술개발로 생산되는 공정이나 시스템 혹은 제품을 파악하며 또는 기술자체로 제품이 되는지 그 연계를 일목요연하게 표시하여, 이를 통해 부가가치가 창출되는 산업의 경로를 표시한 것을 일컫는다.

이런 기술-제품-산업 연관도의 작성으로 과학기술개발사업(project)에 있어서 경제학적 파급 효과의 해석이 산업부문별로 가능해지며 또한 사업진행시에 정책적 고찰을 가능하게 하는 등 그 유용성이 크다.

아래 그림1은 이산화탄소 회수·처리 분야에는 다시 각 특색을 갖고 있는 7개의 대과제로 분류되는데 그 중 “이산화탄소로부터 카로티노이드생산기술개발” 과제에 대한 기술-제품-산업 연관도이다. 이 과제의 연관도에서는 해당 과제의 목표를 위해서 개발되어야 할 기술을 나열하고 그 기술들의 상·하위, 즉 먼저 개발되어야 할 기술과 그를 통해 개발되는 기술을 표시하였고, 기술을 통해서 개발되는 제품들을 상세히 표시하였다. 이는 기술을 바탕으로 제품이 생산되는 것이라 할 수 있으므로 해당기술과 연계시켰으며, 그리고 마지막으로 산업으로의 파급은 제품의 생산을 통한 해당 산업분야에 부가가치를 창출하는 것임으로 알맞은 산업을 학제 간 통합연구로 찾아 표하였다. 그리고 이산화탄소의 저감을 파악할 수 있는데 원료조달산업으로 표한 산업은 앞서 기술한 이산화탄소 대규모 배출산업으로, 시멘트산업, 철강산업, 화력발전산업 등으로 분류 할 수 있다. 이런 산업에서 방출되는 이산화탄소를 다른 과제에서 개발되는 회수기술을 통하여 회수하여 이산화탄소로부터 카로티노이드 생산기술 개발과제 및 또 다른 처리 과제에서 제품화시에 생물학적 고정화 방법, 혹은 화학적 처리방법으로 이산화탄소가 처리되는 것이다

[그림1] 이산화탄소로부터 카로티노이드생산기술 개발

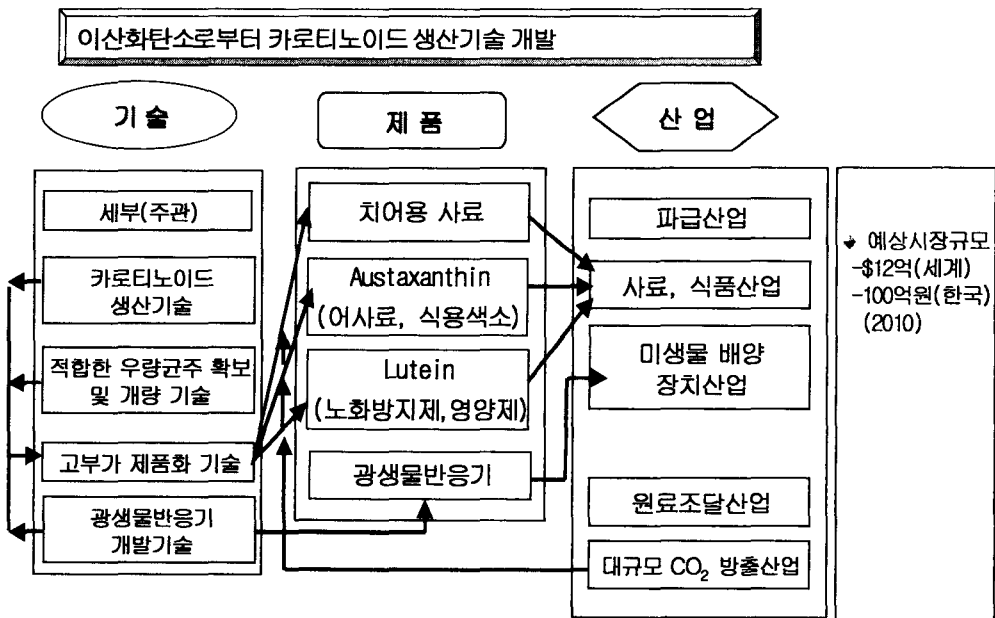
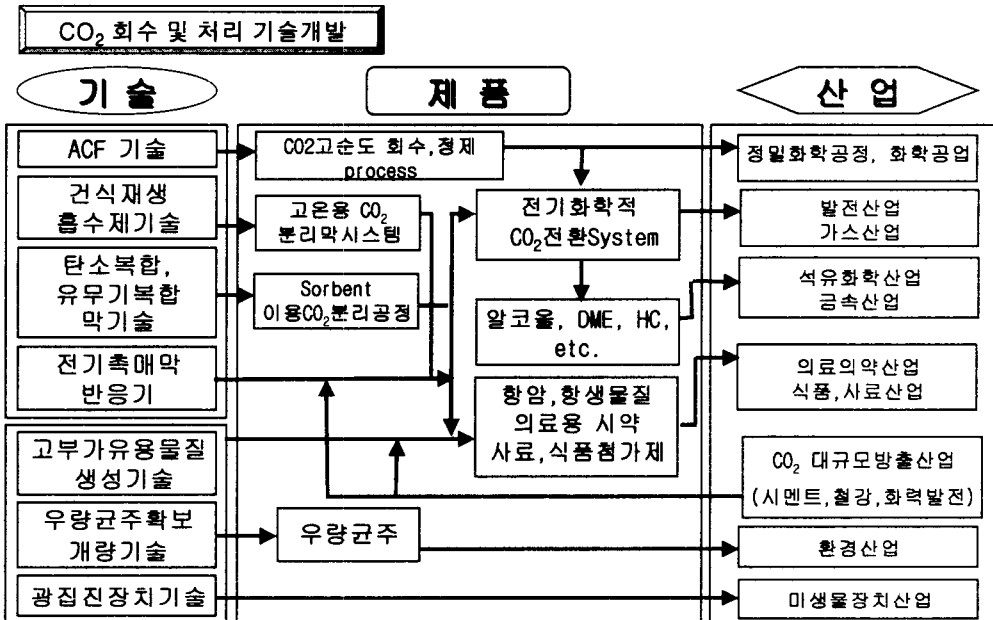


그림2에서는 이산화탄소 회수·처리분야 전체에 대한 기술-제품-산업 연관도를 나타냈다. 이산화탄소 회수·처리분야는 회수기술과 저감·처리기술로 분리 되는데 이산화탄소 분리용 건식재생 sorbent 개발, 이산화탄소분리용 막소재 개발, 이산화탄소 해양 및 지중 저장 기술개발, 고순도 이산화탄소를 이용한 화학적 전환 기술개발, 생물학적 전환에 의한 이산화탄소 고부가 생물제품화 기술로 구성되어있다. 이산화탄소 회수기술 분야에서는 ACF기술, 건식재생 흡수재 개발기술, 막 기술 등으로 막 시스템이나 회수 공정, 그리고 이산화탄소 분리공정의 제품이 생산되고, 이산화탄소 처리 기술과 연계가 되는 형태를 나타

낸다. 그리고 이산화탄소 처리기술 분야에서는 화학적 처리로 전기촉매 막 반응기 개발기술, 생물학적처리로 고부가 유용물질 생산기술이 주요기술로 알려졌고 제품으로는 전환 시스템 및 부가적인 제품이 생산됨을 아래 그림에서와 같이 알 수 있다.

[그림2] 이산화탄소 회수·처리 분야의 기술-제품-산업 연관도



아래 표2에서는 위 연관도에서 학제 간 통합 연구로 도출된 산업들 즉, 이산화탄소 회수 및 처리 분야에 포함되는 전체 과제 기술개발로 파급이 미칠 수요산업들을 정리한 표이다.

[표2] 과제별 파급산업

과제/산업	철강	석유 화학	건설	연료 전지	식품	제약 의료품	시멘트	세라믹	계
CO <sub>2</sub> 회수 및 처리	과제 A		1				1	1	3
	과제 B		1						1
	과제 C		1	1					2
	과제 D	1	1		1		1		4
	과제 E	1	1				1		3
	과제 F	1	1			1	1		4
	과제 G	1	1			1	1		5
계	4	7	1	1	2	1	5	1	21

위 표2와 같은 분석을 통해 비중있는 파급산업을 미리 파악할 수 있다. 이를 통하여

사업을 추진할 때 사업내에서 과제 간 마찰을 최소화하고 시너지효과를 극대화할 수 있으며, 도출된 관련 산업과의 기술개발 연대를 통하여 현장적용 가능한 기술개발이 가능할 것이다. 또한 아래의 표3과 같이 통계청에서 분류하는 산업코드로 파급산업을 알맞은 산업으로 분류 한다면 산업연관분석(input-output analysis)을 통하여 국민 경제적 파급효과와의 분석이 가능하므로 사업의 전반적인 R&D생산성을 더욱 정량적으로 표현 할 수 있음은 물론이며, 기존의 국민소득분석이나 부분균형분석만으로는 설명하기 어려운 것을 부문별 산업연관을 통해서 적절한 시사점을 준다. 예를들어 어떠한 기술이 개발되면 파급되는 산업에서는 전방효과를 혹은 후방효과를 나타냄으로 전략적 기술개발이 고려될 수 있다.

[표3]파급산업의 산업분류 CODE

철강 산업	271	제 1차 철강산업
석유 화학 산업	24111	석유화학계 기초 화합물 제조업
건설 산업	451	토목 건설업
연료 전지 산업	314	축전지 및 일차전지 제조업
식품 산업	15497	건강보조용 액화식품 제조업
제약/의료품 산업	2423	의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업
시멘트 산업	26311	시멘트 제조업
세라믹 산업	2622	내화 요업제품 제조업

#### 4. 결론

위와 같이 학제 간 통합연구의 결과로 기술-제품-산업 연관도를 나타냄으로써 각 과제별 요소기술이 도출되었고 또한 그 상·하위 기술로 분류되어졌고, 관련 제품과 파급 산업까지 그 경로가 밝혀졌다. 그러므로 기술개발시에 순차적인 기술개발은 물론이며 기술개발자의 기술개발경로를 읽을 수 있으므로 정책적, 제도적 뒷받침의 논의까지 도출이 가능하여 가장 효율적인 사업의 운영을 가능하게 할 것이다. 또한 기술로부터 제품, 산업까지 그 분류를 상세히 나타냄으로 생산 제품의 시장동향 및 산업의 동향을 파악한다면 기술로부터 이산화탄소의 저감뿐만 아니라 경제적 부가가치의 창출까지 계산되어 R&D를 통한 전체적인 효과를 더욱 세부적으로 정확하게 정량적으로 계산할 수 있을 것이다.

#### 5. 참고문헌

1. 성준용 외, 2002, 기후변화협약에 대한 산업계 대응방안, 환경부
2. 임재규, 강운영, 2000, 기후변화협약의 국내 산업구조 및 국제 경쟁력 파급효과, 에너지경제연구원
3. international energy agency, 2001, Dealing with climate change
4. 과학기술정책연구원, 2001, 과학기술분류 체계에 관한 연구
5. 최미희, 안은영, 허은녕, 2003, "CDRS(이산화탄소 저감 및 처리 기술개발 사업) 기술가치평가에 있어서 학제간 통합연구의 유용성", 지구시스템공학회 제 80회 학술발표회
6. 김태은, 주혜민, 허은녕, 2003, "석유화학산업 반응분리동시공정분야의 공정효율화", 지구시스템공학회 제 80회 학술발표회