

| 이산화탄소저감 및 처리기술 |

“900만 탄소톤의 이산화탄소를 줄여라”

한국, 10년내 의무 대상될 듯 경제적 효과 1조5천억원 기대

글_ 장재열 한국기자협회 미디어센터장 kpb11@hanmail.net

인간의 경제활동으로 20세기 들어 엄청난 양의 이산화탄소가 대기 중에 방출되었다. 석유나 석탄 같은 화석연료를 태우면 탄소(C)와 산소(O)가 결합해 이산화탄소가 생성되기 때문이다. 지구의 기온이 인위적으로 올라가면 예기치 못한 기후 변화가 우려된다. 이에 1992년 6월 UN은 기후변화협약(UNFCCC)을 체결하고 회원국들이 힘을 합쳐 의무적으로 대표적인 온실가스인 이산화탄소의 발생을

줄이자는 결의했다. 이 협약에 우리 나라는 1993년 12월 가입했다.

이어 1997년에는 일본 교토에서 제3차 당사국 회의가 열려 1990년 기준 평균 5.2%(선진국기준)의 온실가스를 의무적으로 줄이자는 교토의정서가 채택되었다. 우리 나라는 아직 선진 38개국에는 포함되지 않아 온실가스 의무 절감 국가에는 들어 있지 않지만 곧 주요대상국으로 지정되는 것을 피할 수 없는 상황이다. 우리 나라는 이미 이산화탄소 배출량이 세계 9위에 달하고 있기 때문이다. 이제 마음 놓고 공장을 세워 경제개발에 나서던 시대는 끝난 셈이다.

21세기 프런티어 연구개발 사업 중 ‘이산화탄소저감 및 처리기술개발사업단’은 바로 이같은 배경을 두고 2002년 7월 발족됐다. 총연구비는 1천400억 원(정부 970억 원, 민간 430억 원)으로 연구기간은 2012년까지이다. 사업단의 최종목표는 2012년까지 900만 탄소톤(Ton of Carbon)의 이산화탄소 발생을 줄이는 것이다. 900만 탄소톤은 2012년 예상 배출량 1억8천만톤의 5%에 해당하는 양이다. 이에 의한 경제적 효과는 1조5천억 원으로 추정된다.

이산화탄소 저감연구는 크게 4가지로 나뉘어져 있다. ▲고온순산소 연소 ▲반응분리 동시 공정 ▲미활용 에너지 이용 ▲CO₂회수처리 기술개발이 그것이다.

석유화학제품의 기초소재인 에틸렌과 프로필렌 생산공정에서 폐가스를 회수하는 냉각 응축 복합 시스템.



고온 순산소 연소-이산화탄소 회수를 쉽게

고온 순산소 연소기술은 약 1,400℃의 고온에서 고농도의 산소를 이용해 연료를 태워 최대한 순수한 이산화탄소가 생기도록 한다. 화력발전소나 제철 공장에서 연료를 쓸 때 고온순산소 연소 기술을 적용하면 에너지 절감 효과와 함께 고농도의 이산화탄소가 배출돼 회수하기가 쉽다. 만일 일반 공기를 사용하면 다량의 질소가 산화되므로 이산화탄소와 질소산화물이 섞여 분리하기가 어렵게 된다.

연구의 핵심은 '지능형 고온 순산소 연소 시스템 기술'과 '저가 고순도 산소 제조기술'의 개발이다. 고온 순산소 연소를 하게 되면 30% 이상의 에너지 절감효과도 기대된다. 또한 연소시스템이 광(光)계측 제어에 의해 자동으로 작동하므로 최적의 조건에서 연소가 이루어지도록 한다. 시스템에는 고성능 열교환기가 부착돼 열을 얻고 이산화탄소는 분리 회수하게 된다. 고온 순산소 연소기술은 특히 이산화탄소를 대량으로 배출하고 있는 제철 공정에 주요하게 적용될 것이다.

여기에 필요한 순산소의 제조기술개발은 연세대 이창하 교수팀, (주)대생산소 등이 맡고 있다. 산소의 순도는 97% 이상이며 질소는 1% 미만(공기 중에는 80%가 질소)이다. 연구팀은 이미 고순도 산소를 제조하는 일부 공정의 개발을 끝내고 상용화 준비를 하고 있다. 이 공정은 기존의 산소 제조공법보다 30% 이상의 에너지가 절약돼 앞으로 청정기술로 각광을 받을 전망이다.

연구팀은 2010년까지 지능형 가열시스템을 개발해 제철공장의 강제 연속주조공정에 적용기로 했다. 고온 순산소 연소 기술의 개발로 제철·시멘트·발전 등 분야에서 배출량의 5.5%에 해당하는 300만 탄소톤의 이산화탄소를 줄일 수 있게 된다.

반응분리 동시공정-석유화학분야의 공정혁신

석유화학산업은 대표적 에너지 다소비형이다. 국내의 주력산업인 석유화학은 지난 30년간 외국의 기술을 그대로 도입해 공장을 설립, 이산화탄소 배출



폐수 중에 포함된 저농도의 아세트산을 분리회수하는 실험 시설

저감은 생각지도 못했다. 사업단은 이 석유화학공장에 우리 기술로 개발된 공정을 도입하여 이산화탄소의 배출을 줄이는 구상을 세웠다.

이산화탄소의 배출을 줄이는 것은 결국 원료의 사용을 효율적으로해 30% 이상의 에너지 절감이 기대된다. 이 연구에는 국내 대부분의 대기업이 참여해 개발된 기술이 바로 실제 적용토록 했다.

대표적인 것이 에너지연구원이 주관하는 석유화학의 기본원료를 생산하는 나프타 분해기술이다. 수입한 나프타를 분해해 석유화학 제품의 기초소재인 에틸렌과 프로필렌을 제조하는데 그 동안 품질이 나쁜 중질나프타는 사용하지 못하고 연료유로 소비했었다. 연구팀은 촉매를 개발해 중질나프타를 분해하고



- ① 에너지기술연구원의 이영수 박사가 불의 순환 및 제어 장치를 설명하고 있다.
- ② 물이 들어있는 열교환기 안에서 이 물질의 침전을 억제하는 와류 발생기에 대해 설명하는 과학기술연구원의 이윤표 박사

연료소비도 15% 이상 줄이는 공정을 개발하고 있다. 원료의 고부가가치화를 달성해 결과적으로 이산화탄소의 발생량을 줄이는 셈이다. 사업단은 이 공정이 세계적인 엔지니어링 기술로 유망 수출 기술이 될 것으로 기대하고 있다.

현재 성공적으로 연구개발이 진행되고 있는 ‘폐수 중 저농도 아세트산회수기술’은 실험공장(파일롯 플랜트)단계에 들어가 2005년까지 상용화를 마칠 계

획이다. 저농도 초산회수기술은 회수에 필요한 에너지를 80% 이상 절감한 것으로 세계에서 가장 앞선 기술로 평가받고 있다.

이 기술은 한국생산기술연구원과 아신기술(주)이 참여했다. 이처럼 반응분리 동시공정 기술개발은 각 공정의 단계를 줄이거나 촉매 등으로 에너지 효율을 높여 200만 탄소톤의 이산화탄소 배출을 줄일 것으로 보인다.

〈2012년 부문별 이산화탄소 저감 추정량〉

(CO₂ 배출 · 저감량 : 백만 TC)

기술분야	적용부문		적용분야		기술별 저감량	저감 목표달성
	부문	CO ₂ 배출량	분야	CO ₂ 배출량		
고온 순산소연소	산업	55	제조업 (철강 석유화학 등)	48.1 (87.5%)	3.0 (5.5%)	9 TC 저감
					2.0 (3.6%)	
반응분리 동시공정	산업	55	제조업	48.1 (87.5%)	1.5 (2.7%)	
	가정	18	난방	13.8 (76.7%)	1.5 (8.3%)	
	상업	11	난방 / 냉방	6.5 (59.1%)	1.0 (9.1%)	
미활용 에너지이용	전환	61	발전	61.0 (100%)	3.0 (4.9%)	



미활용 에너지 이용기술-하천수로 냉·난방을

발전소·공장·소각장 등에서는 이미 고열의 에너지가 발생되고 있으며, 하천수는 상당한 열에너지를 품고 있다. 문제는 '어떻게 에너지를 뽑아내 사용하는가' 하는 점이다.

고온순산소 연소는 1,400℃에서 이루어지며 반응 분리 동시공정은 400~700℃에서 반응이 일어나며 미활용 에너지 이용은 100℃(냉난방용)만 되어도 충

분하다. 따라서 한번 사용해 온도가 떨어져 버려지는 열에너지를 효과적으로 저장하고 수송하는 기술은 산업은 물론 가정에까지 파급효과가 크다.

연구팀은 에너지 활용을 위해 고성능의 열교환기와 고밀도의 열수송 기술을 개발해 이를 대단위 주거단지에서 활용하는 열공급 네트워크를 구축할 방침이다. 특히 하천수나 하수로부터 열에너지를 뽑아내 냉난방에 이용하는 것은 일본 등에서 이미 실증되었

③ 이산화탄소를 먹는 사이아노박테리아를 배양하는 광생물 반응기

④ 97% 이상의 고순도 산소를 분리해내는 산소 제조장치를 개발한 연세대 이창하 교수

지구평균기온 2℃만 상승해도 큰 재앙

지구의 온도가 일정하게 유지되는 것은 지구에 도달하는 태양에너지와 지구에서 방출되는 복사열이 균형을 이루고 있기 때문이다. 그러나 대기중에 일부 오염물질이 늘어나면 지상에서 반사된 적외선이 지구 밖으로 나가지 못하게 된다. 이 때문에 지표면과 대기는 더워지는데, 이는 온실의 내부가 바깥보다 따뜻해지는 온실효과와 같다. 온실효과를 가져오는 오염가스를 온실가스라고 한다.

인간의 경제활동에 의해 생성되는 주요 온실가스는 황산화물(SO_x), 질산화물(NO_x), 프레온가스(CFC), 메탄(CH₄) 등이 있다. 이 중 이산화탄소의 영향이 가장 크기 때문에 이산화탄소의 감축노력이 국제문제로 대두된 것이다. 지구전체의 평균기온이 1~2℃만 상승해도 지역별로 큰 편차가 있기 때문에 일부 지역은 바닷물에 잠기는 등 심각한 이변을 겪게 된다. 그래서 UN이 나선 것이다. 세계 이산화탄소 배출의 36%를 차지하고 있는 미국은 교토의정서에 따라 2012년까지 1990년 기준 대비 7%를 감축해야 하며 일본은 6%, 유럽연합은 8%를 줄여야 한다.

미국의 경우 현상태로 간다면 2012년에는 그 동안 배출량이 늘어나기 때문에 1990년 대비 30%를 줄여야 할 것으로 예상된다. 이로 인한 자국 산업의 침체를 우려해 미국은 교토의정서의 비준을 거부하고 있는 것이다. 이에 유럽연합과 일본은 미국을 제외하고 교토의정서를 발효시키자는 주장을 펴고 있다. 우리 나라는 2002년 10월 교토의정서를 국회 비준하였으며 3차 감축기간인 2019년부터 의무감축을 받아들일 것이라는 입장을 표명했다. 그러나 이산화탄소 배출증가를 세계 1위인 한국에 대해 각국이 이 제안을 순수히 받아들일지는 의문이다.



<연구체계도>

다. 하천수는 여름에는 상온보다 시원하고 겨울에는 따뜻하다. 이런 온도차를 이용해 열펌프(Heat Pump: 열매체를 통해 온도차가 있는 열원을 이용하는 기계)를 돌려 열을 뽑아내 온수나 냉수를 공급하는 것이다.

에너지기술연구원의 이영수 박사팀이 맡고 있는 ‘하천수 열원 이용 고효율 열펌프 시스템 개발’은 주거지역 에너지 공급시스템으로 주목받고 있다. 이 박사는 “겨울철 5℃ 하천수에서 에너지를 뽑아내면 43℃정도 데워진 온수를 50℃로 올릴 수 있고 여름철 25℃의 하천수를 이용하면 12℃냉수를 5℃로 떨어뜨릴 수 있다”고 말한다. 따라서 에너지 소비를 그만큼 줄일 수 있는 것이다.

연구팀은 3천가구의 냉·난방 에너지를 공급하는 ‘하천수 및 하수이용 지역열 공급시스템’을 2011년 까지 개발할 예정이다.

또한 물을 이용한 열 수송보다 2배 효율을 증대시키는 열 수송 입자를 개발해 산업 폐열 등의 이용을 극대화할 예정이다. 이같은 기술을 통합하여 ‘미활용 에너지 종합 네트워크’가 이루어지면 공업단지·주



| 인터뷰 | 박상도 사업단장

▲이산화탄소 배출 저감기술개발의 의미는 무엇인가
지구온난화를 유발하는 가스가 여러 종류 있지만 대표적인 것이 이산화탄소다.

세계 각국에서 경제성장에 의한 화석원료의 엄청난 소비로 지구환경에 영향을 줄만큼 이산화탄소가 배출되고 있다.
지속적인 경제성장을 위해 이산

화탄소의 배출을 줄이는 기술개발이 국가적 차원에서 추진되어야 한다.

▲사업단의 연구 활동을 요약한다면

이산화탄소의 배출을 저감시키려면 연료의 사용량을 줄이거나 에너지 효율을 높이는 방법밖에 없다. 또 배출된 이산화탄소를 회수해 안정한 장소에 보관하여 대기 중에 퍼지지 않도록 하는 것이다.

사업단은 우선 국내 대규모 이산화탄소 배출 산업을 대상으로 이산

거당지에 본격적인 에너지 공급이 이루어질 것으로 보인다.

이산화탄소 회수 처리기술-심해저에 저장한다

하나의 단위공장에서 이산화탄소를 엄청나게 방출하는 곳이 발전소이다. 국내 화력발전소에서 나오는 이산화탄소는 전체의 25.7%에 달한다. 이 이산화탄소를 대기 중에 내보내지 않고 회수해 처리하는 것은 온실가스의 발생을 줄이는 한 방법이다.

사업단은 이산화탄소를 포집하여 해저나 지하에 매설하거나 생물 산업에서 활용하는 방안을 연구중이다.

현재는 산업체에서 나오는 이산화탄소를 분리·수집하는데 오히려 에너지가 더 들어간다. 이산화탄소의 처리에는 분리 회수하는데 80%, 안전하게 버리는데 20%의 비용이 든다.

사업단은 이산화탄소 회수비용을 현재의 톤당 250달러에서 60달러로 낮추는 회수기술을 개발하고 있다. 발전소의 굴뚝에서 나오는 이산화탄소의 농도는 9~12%이다. 이를 90% 이상 높여야 효율적 회수가

가능하다. 회수에는 고강도의 건식 흡수제가 활용된다. 이 흡수제는 재활용이 가능해 경제적이다.

단 분리용 막소재를 활용해 이산화탄소를 회수하기도 한다. 분리막을 사용하면 99% 농도의 이산화탄소를 만들 수 있으며 이 중 90%를 회수할 수 있다. 분리막을 이용한 이산화탄소 회수는 소형 이산화탄소 배출원에 적합하다.

이렇게 회수된 이산화탄소는 대기 중으로 확산되지 않도록 심해수나 해저퇴적층에 저장을 한다. 고농축된 이산화탄소는 1천~2천m의 심해수에서는 고압으로 인해 돌덩이처럼 굳어져 버린다.

이산화탄소 저장기술개발은 2013년 이후 우리나라가 이산화탄소 감축국가로 지정될 경우에 대비하는 의미가 있다.

연구팀은 현재 이산화탄소를 저장할 수 있는 지하구조의 탐사, 시추, 액체 이산화탄소 주입기술 등을 연구중이다. 사업단은 2012년 발전소에서 배출되는 이산화탄소 6천100만 톤소톤의 4.9%에 해당하는 300만 톤소톤을 회수처리한다는 목표를 갖고 있다. ④

화탄소 발생 저감기술을 적용하려고 한다.

▲UN기후변화협약과 관련해 우리 나라의 사정은 어떠한가

이 협약은 미국·호주가 기준을 하지 않아 정식 발효가 안 되고 있다. 그러나 유럽·일본이 강경한 입장을 보이고 또한 188개국이 비준한 상황이어서 우리가 국제 압력을 계속 피하기는 어려운 입장이다.

만일 의무감축이 부과됐을 때 독자적 기술이 없으면 신기술을 도입하거나 연료사용을 억제할 수밖에

없다. 이런 상황에 미리미리 대비하는 것이 중요하다.

▲기술개발능력이 떨어지는데 10년간 장기개발계획이 타당성 있는가

이산화탄소 저감 기술은 각국의 독특한 사정에 맞춰져야 한다. 한 예로 하천수를 이용한 에너지 이용도 일본은 난방보다는 냉방이 주요 목적이고 우리는 난방의 비중이 크다. 따라서 전체 시스템이 크게 달라지게 된다. 석유화학 분야도 일부 공정

을 자체 능력으로 개선할 만큼 노력을 쌓았기 때문에 경쟁력이 있다.

▲자동차 등 이산화탄소의 배출이 많은 수송부문은 왜 대상에서 빠졌나

수송부문의 배기가스에 대해서는 이미 각국이 환경보호 차원에서 강력히 규제하고 있다. 국내 자동차 업계가 미국이나 유럽에 수출하려면 그 규제 기준에 맞추어야 하기 때문에 연구가 활발한 것으로 알고 있다. 따라서 보다 시급한 부문의 기술개발을 우선한 것이다.