

# 공장 굴뚝의 이산화탄소 분리기술 개발

— 한국에너지기술연구소 조순행박사팀

우리나라는 세계 12위의 이산화탄소 배출국으로 앞으로 기후변화협약에 따라 2000년까지 배출량을 5% 줄여야 한다. 그런데 최근 한국에너지기술연구소의 조순행박사팀은 공장 굴뚝에서 나오는 배기가스에서 이산화탄소를 흡착·분리하여 화수하는 새로운 기술개발에 성공하는 계기를 올렸다. 이렇게 분리된 이산화탄소는 99.9% 고순도로 공업용 화학원료로 재활용이 가능하며 일석이조의 효과를 얻게 되었다.

57년 남극 하늘에서 발견됐던 오존 구멍이 남아메리카대륙 절반 크기로 커지면서 지구촌은 법석을 떨었다. 얼마 전에는 지구 상층 대기 두께가 지난 40년동안 8km나 줄어들었다는 연구 결과가 나와 온실가스에 대한 우려를 또 한번 증폭시켰다.

이에 전 세계적으로 92년에는 리우 환경회의, 97년에는 교토환경회의가 열렸고, 지난해 부에노스아이레스에서는 2000년 이후 경제협력개발기구(OECD)와 같은 선진국에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량을 1990년 수준보다 평균 5% 정도 줄이자는 합의가 이뤄졌다. 온실가스 문제는 이제 시차를 두고 OECD 회원국이면서 세계 12위의 이산화탄소 배출국가인 우리나라의 경제에 새로운 파도로 밀어닥칠 것이 분명하다. 기후변화협약은 IMF 위기에 따른 경기침체보다 훨씬 큰 충격을 우리 경제에 줄 수 있다.

이산화탄소는 온실효과(Greenhouse Effect)를 일으키는 대표적인 가스로 분류된다. 아직 국내에서는 이



▲ 연구원들과 함께 간 MT에서. 맨 왼쪽이 조순행박사

산화탄소에 대한 경각심이 부족한 실정이지만, 미국에서는 자국내 온난화 대책으로 '기후변화행동계획(Climatic Change Action Plan)'을, 일본은 '신태양(New Sunshine) 프로그램'을, EU는 '줄-테르미(Joule-Thermie) 프로그램'과 '세이브(Save) 프로그램'을 추진 중에 있다. 우리는 92년부터 환경공학기술 연구개발사업의 시작과 함께 이산화탄소의 분리·회수·폐기·재활용에 관련한 기술을 개발하고 기후변화와 관련해서는 온실가스의 농도측정 및 감시, 예측 및 분석기술의 개발을 진행하고 있다. 최근 한국에너지기술연구소의 조순행박사팀은

공장 굴뚝에서 나오는 배기가스에서 이산화탄소를 분리하는 기술 개발에 성공했다. 이산화탄소를 분리하는 것은 일차적으로 온실가스의 배출량을 줄인다는 의미가 있다. 이산화탄소는 석유화학공장, 시멘트공장, 화력발전소, 제철소 등 석탄이나 중유와 같은 화석 연료를 사용하는 곳에서 나오며, 이들 가스에는 10~15% 정도가 포함되어 있다. 조박사는 "배출가스에는 이산화탄소 이외에 산소, 황산화물, 질소산화물 등의 불순물들이 많이 포함되어 있어 이산화탄소만을 선택적으로 뽑아내는 것이 이 기술의 핵심"이라고 설명한다.

## 분리된 이산화탄소 재활용

이산화탄소를 추출하는 데는 흡착(吸着)원리를 이용한다. 흡착제는 질소나 산소 등 기타 가스에 비해 이산화탄소와의 결합력이 월등히 좋아야 하며 한편으로 재사용을 위해 이산화탄소가 쉽게 분리되어야 한다. 여기서 분리된 이산화탄소는 99.9%의 고순도로 공업용 화학원료로 재활용이 가능하여 일석이조의 효과를 가져온다. 순도 95% 이상의 이산화탄소는 자동차공장과 중공업 분야의 자동용접가스, 브라운관의 유리 원료, 요소비료 원료, 나일론 원료, 드라이아이스 원료, 맥주나 탄산음료 등 각종 화합물의 제조에 쓰인다.

흡착제의 개발과 함께 이번 개발의 성공 요인으로 '압력차 흡착분리(Pressure Swing Adsorption : PSA)' 기술이 있다. PSA는 높은 압력에서 결합되고 낮은 압력에서 분리되는 성질을 이용하는 것이다. 종래 온도차를 이용한 분리과정보다 에너지

사용량과 시간 주기가 매우 낮아 효율적이며, 고순도 분리에도 효과적이다. 또한 에너지를 절약하기 위해 '상온에서 분리하는 것'에 관심을 가지고 개발을 진행했다고 한다. 흡착분리공정 1단계는 배기가스에 들어있는 먼지와 수분을 제거하고 화학재료(제올라이트)를 사용해 이산화탄소 농도를 30~50%로 높이는 것. 2단계는 진공 흡착기술을 이용한 농축 과정. 이 단계를 거치면 배기가스에 들어있는 이산화탄소의 90% 이상이 분리되며, 95~99%의 고순도로 정제된 이산화탄소가 남는다.

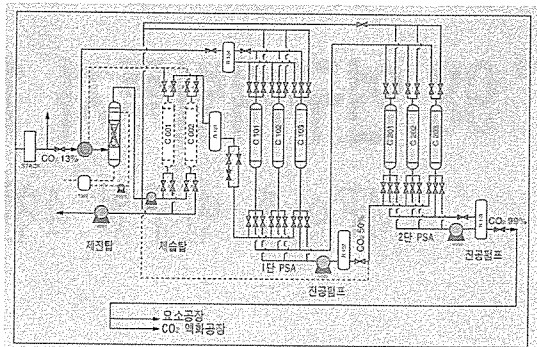
### 연간 2억달러 수출 가능

이 기술은 일본에서만 실험공정단계에서 연구가 진행 중이며 기타 선진국에서도 아직 상업화되지 않은 첨단기술이다. 이산화탄소를 분리하는 기술에 대한 기초 연구는 과기부에서 연구비를 받아 지난 91년, 92년 2년간 진행되다가 92년 기후변화협약이 생기면서 본격화되어 96년부터는 실험에 들어갔다. 회수 능력에서 일본보다 3배 이상 뛰어났으며(제올라이트 1t으로 시간당 33.7m<sup>3</sup>의 이산화탄소를 회수, 생산할 수 있는데 이는 지금까지 가장 앞선 기술 수준이다), 순도가 높은 고품질의 이산화탄소를 1kg당 20원의 비용으로 제조가 가능해 기존보다 5배나 싸다는 장점을 갖는다. 이에 약 1천억원의 국내 비용절감 효과와 연간 2억달러 정도의 수출이 가능할 것으로 전망되며, 환경오염방지 및 세계기후변화협약 등과 관련하여 국가 이미지 제고에 크게 기여할 것으로 보인다. "기술 개발은 일단락된 상태지만 효율을 좀더 높여 실용화시킬 계획입니다.

아직은 일본보다 시설 규모가 작아 이산화탄소 생산량당 전력소비가 적은 실정입니다만, 10배 정도 크게 만들어 에너지 손실을 줄이고 효율을 높여 훨씬 경제성 좋은 제품을 만들고자 합니다." 흡착 분리기술에 있어서 조순행박사팀에서는 80년대부터 관심을 가지고 연구를 진행해 왔다. 이미 80년도에는 PSA방식으로 공기중에서 산소를 분리했고, 그 외에도 질소와 수소와 이소부탄(isobutance, i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) 등의 분리기술도 개발을 완료했다. 이소부탄은 액화석유가스(LPG)에 다량 포함되어 있으며, 스프레이 에어졸, 스티로폼, 고옥탄가 휘발유, 고밀도 폴리에틸렌 중합체의 원료로 사용된다.

이소부탄을 분리하는 데에는 미세한 구멍을 지닌 제올라이트 분자체와 탄소 분자체를 사용한다. 이소부텐, 트랜스부텐 등의 불순물을 흡착시키는 탄소 분자체의 기능을 하나의 필터에 집약시킨 것으로, 흡착제는 내부적으로 가지고 있는 미세한 구멍에 크기에 따라 분자가 결합하는 '분자체'의 개념을 이용하여 개발했다. 또한 조박사팀에서 개발한 기술에 따르면 상온(常溫), 상압(常壓)에서 1단계 흡착공정만으로 고순도의 이소부탄을 얻을 수 있어, 기존에 1백단계 이상의 복잡한 공정으로 에너지 사용량이 많았던 문제가 해결된다. "이 공정이 산업화되면 연간 1백억원 이상의 수입대체 효과를 거둘 수 있을 것입니다." 고순도 이소부탄은 1t당 1천달러를 넘는 고품품으로 기존에는 전량 수입에 의존해

탄산가스(CO<sub>2</sub>) 회수시스템 공정도



왔었다. 이미 국내에서는 물론 일본이나 미국 등 선진국에 특허를 출원해 놓은 상태이다.

조박사는 앞으로도 흡착방법을 사용하여 상온에서 기초적인 화학물질을 분리해내는 일을 계속할 것이라고 밝혔다. "연구소 생활이 힘들고 어려운 것은 사실입니다. 그러나 해야 할 일, 새로운 일들이 있고 또 국제적으로 인정받는 수준의 연구를 진행하고 있기 때문에 저를 비롯해서 모두들 자부심을 가지고 만족스럽게 생각하고 있습니다." 연구하다가 문제에 부딪치면 연구원들과 이야기를 나누는 것이 그의 해결책. 68학번으로 대학에서 화학공학을 전공한 그는 과학기술원과 프랑스 로렌 이공대학에서 석·박사 학위를 받았다.

"제 스트레스 해소법은 일을 해결해내는 것입니다." 산업체와 연구소에서 하는 일에는 자신있다는 그는 평범하지만 성실하게 문제를 해결하려고 노력하며 살았다고 한다. 지성이면 감천이라는 말이 있다. 조금해하지 않기, 참을성을 가지기, 최선을 다하기. 이것이 20년 가까운 연구소 생활 동안 그가 이루어낸 성과를 쌓아온 버팀목이었으리라. ⑤7

장미라(본지 객원기자)