



기획특집 1

대기오염방지기술

정부는 국내 환경공학 기술을 선진외국 수준에 까지 끌어올리기 위한 계획으로 G7 Project를 추진중에 있다.

이에

환경공학 대기오염방지기술개발사업의 1단계인

기술기반확보 추진현황을

소개한다.

박달근 / 한국과학기술연구원

대기는 우리가 숨쉬며 살아가는데 필요불가결하므로 대기오염방지는 쾌적한 환경보존에 있어서 필수적이다. 그런데 각종 산업활동에 수반하여 많은 종류의 유해물질이 대량으로 대기중으로 방출되어 스모그, 산성비에서 나타나듯이 심각한 문제를 일으키고 있다. 때마침 선진국진입에 필요한 선진기술개발의 일환으로서 환경기술개발사업이 환경처 주관으로 시행되고 있으며 그 핵심부분 중의 하나가 대기오염방지기술이므로 우리나라에서도 이제는 대기보전을 위한 기술개발이 본격적으로 이루어지고 있다. 여기에서는 이와 관련하여 국내외 기술수준, 1단계사업추진현황 등에 대해서 살펴보기로 한다.

선진국과 비교한 국내 대기오염방지기술 수준 현황

선진국들 중에서도 미국, 독일, 일본 등의 나라들이 산업기술이 앞서 있고 환경규제도 엄격하여 대기오염방지기술도 발달해있다. 이들 나라 들에서는 습식법(Wet Scrubbing)을 주로한 배연탈황공정기술이 개발되어 자국은 물론 외국에 기술을 제공하고 있는데 신뢰성 및 효율 향상을 위해서 기존 공정의 끊임 없는 개선과 새로운 공정개발을 지속적으로 추구하고 있다.

배연탈황은 일본에서 개발된 선택촉매환원법(Selective Catalytic Reduction : SCR)이 일본, 독일, 미국 등에서 주로 보급되거나 보급 중에 있으며 암모니아 대신에 다른 환원제의 사용 및 적용온도범위의 확대 등을 위한 연구가 지속적으로 활발히 진행되고 있다.

선진외국들은 습식법(Wet Scrubbing)을 주로한 배연탈황공정기술이 개발되어 자국은 물론 외국에 기술을 제공하고 있는데 신뢰성 및 효율 향상을 위해서 기존 공정의 끊임 없는 개선과 새로운 공정개발을 지속적으로 추구하고 있다.

한편 갈수록 엄격해지는 환경규제치를 만족시켜주기위해서 습식 배연탈황과 선택촉매환원반응기의 설치운용이 일반화되었지만 이들 배연탈황과 배연탈황이 원리적으로 전혀 다르고(습식흡수탈과 건식 촉매반응) 운전온도도 달라서 설치 및 운전이 적지 않은 부담이 되고 있으므로 경제성과 효율성 제고를 위해 탈황 및 탈질을 건식으로 동시에 하고자 하는 동시처리공정 개발이 선진국에서는 크게 관심을 끌고 있다.

보일러 등의 오염원에서의 방지 기술 뿐만 아니라 대로변, 터널, 지하주차장 같은 곳은 장소의 특수성으로 인하여 오염물질이 환경규제치 보다도 높을 수 있는데 이러한 곳에서의 오염물질농도는 오염원의 통제만으로는 쉽지가 않다. 따라서 이러한 곳에는 국지적으로 대기 중에 있는 ppm 이하단위의 저농도의 아황산가스, 질소산화물등을 제거하는 것이 보다 더 효과적일 수가 있어서 일본 등지에서 제거방법들이 연구되고 있다.

한편 석탄 및 석유의 경우에 유황분을 연소전에 미리 제거하면 굳이 배연탈황을 하지 않더라도 아황산가스의 배출을 방지할 수 있다. 석탄의 경우에는 석탄세정(coal

washing)이 회분을 낮추어 석탄품위를 높이기 위해 과거부터 널리 이용되었는데 무기성의 유황분도 제거된다. 그러나 유기성의 유황분의 제거는 용이하지 않다. 따라서 배연탈황설비가 필요 없을 정도의 석탄세정이 기술적으로 불가능 하지는 않더라도 경제성있는 공정개발은 가까운 시일안에 쉽지 않을 것으로 전망된다. 석유류의 경우는 수첨탈황을 하면 유황분을 제거할 수 있는데, 자동차의 경우 배연탈황장치를 부착하는 것은 쉽지 않으므로 연료유 중의 유황분을 없애기 위해서는 수첨탈황이 보다 실용적인 것으로 보여진다. 보일러용 연료의 경우에는 연소후 탈황인 배연탈황과 연소전 탈황인 수첨탈황 두가지 다 사용가능하다. 기술적으로는 수첨탈황은 이미 개발되어 널리 상용화되어 있으며 촉매 혹은 공정개선이 지속적으로 이루어지고 있다.

집진의 경우 전기집진기와 여과포가 널리 사용되고 있는데 전기집진기의 독일, 미국 일본 등의 경우 효율제고와 보다 높은 온도에서 사용가능케 하기위한 사용온도범위 확대등의 성능개선을 위한 연구개발이 지속되고 있다. 미국에서는 여과포에 탈질촉매를 도포하여 탈질을 병행할 수 있는 여과포에 대한

연구도 진행되고 있다.

계측기기의 발달과 더불어 분진, 아황산가스, 질소산화물 등의 측정 장비로 신뢰성이 개선되어 오염원에서의 배출상태 및 대기오염상태 측정에 널리 이용되고 있다. 한편 과거에는 측정방법이 없거나 주의를 끌지 못하여 측정되지 않았던 물질들도 측정기술이 발달되고 측정장비가 보급됨에 따라서 측정되고 있다. 예를 들면 아질산화물(NO)은 과거에 측정되지 않다가 근래에 들어서야 일부 측정되고 있는데 이 물질이 온실기체효과가 크며, 질소산화물생성을 억제하기 위해서 연소온도를 낮출 때 다량으로 발생할 수 있어서 관심을 끌고 있다. 석탄 등의 연료에는 미량이지만 각종 화합물이 포함되어 있고 이들 중의 일부는 인체에 해로운 것으로 알려져있는데 집진기 등에 의해서 상당부분 제거되기는 하지만 대기로 방출되고 있으므로 이에 대한 연구가 선진국에서는 활발하다.

어느나라이든지 대기오염방지구

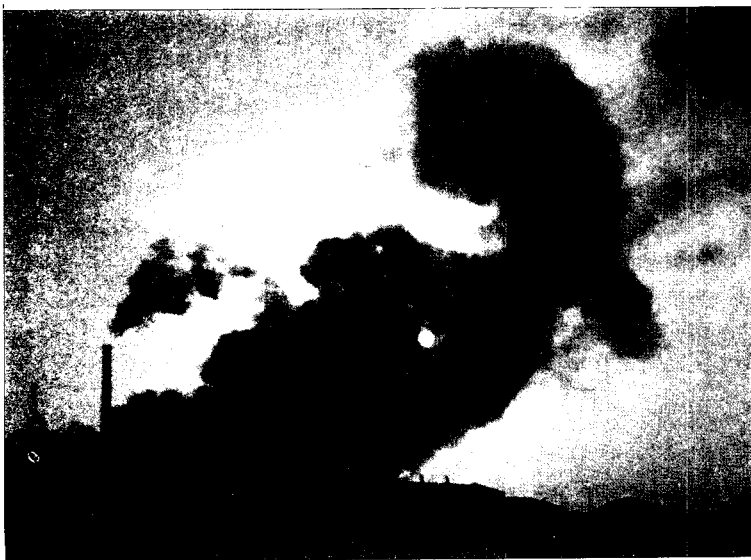
제는 우선 눈으로 보이는 시커먼 연기를 내뿜는 굴뚝을 겨냥하여 분진방출규제를 먼저 시작하고 그 다음에는 아황산가스, 그 후는 질소산화물의 배출을 규제하게 된다. 따라서 우리나라에서도 분진에 관한 규제가 먼저 시행되어 전기집진기, 여과포 등의 집진설비들이 보급되고 있는데 이들 물리적·기계적 설비이므로 장비제작업체들이 외국에서 기술도입에 의해서 설계, 시공하고 있다. 아황산가스에 관해서는 우리나라에서 그동안 배출방지기술 보다는 연료사용규제를 통한 청정연료의 전환으로 대처해왔으며 따라서 아황산가스배출저감을 위한 배연탈황설비가 필요치 않았으며 석유제품의 유황성분을 줄이기 위한 수첨탈황설비가 정유공장에 설치되고 있다. 그리고 아직은 배연탈질설비를 필요로 할 만큼 질소산화물배출기준이 엄격하지가 않아서 일부 특수 경우를 제외하고는 배연탈질설비도 설치되지 않고 있다. 이외는 대조적으로 휘발유를 사용하는 승용차에는 삼원촉매의 사

용이 의무화되어 있는데 이는 유럽의 여러 선진국에 비해서도 오히려 앞서있다. 그러나 촉매변환기는 외국기술에 의존하고 있다.

이상에서 살펴보듯이 우리나라는 외국기술을 도입하여 사용하는 단계이므로 기술수준을 비교하는 것은 다소 무리를 수반한다고 할 수 있다. 예를 들어 국내항공회사에서 정보기를 수입하여 국제노선에 투입, 외국항공사들과 경쟁하면서 여객을 잘 수송할 경우에 항공기운행기술은 선진국에 못지 않다고할 수도 있겠지만 항공기 제작기술은 논의 밖의 일일 것이다. 우리나라에는 대규모 화력발전설비 및 화학공장들이 많이 있어서 산업의 원동력을 제공하고 있지만 이들의 대부분은 핵심 기술 혹은 설비들이 외국에서 도입된 것들이다. 그러나 반면에 주변장치 등을 위시하여 주공정의 일부도 점차 국산기술 혹은 장비로 점차 대체해나가는 경향도 있는데 이는 대기오염방지기술에도 적용될 수 있을 것이다. 즉 집진이나 탈황의 경우에는 특별한 사양이나 특수소재 혹은 고도의 가공기술을 필요로 하는 경우가 많지 않으므로 국내에서도 체계적인 연구개발을 지속수행하면 선진기술에 다다를 수 있을 것으로 전망되어 정부 주도하에 현재 기술개발이 추진되게 되었다.

1단계 사업추진 현황

선도기술개발사업(G-7 프로젝트)중의 환경기술개발사업은 환경처가 주관부처이며 사업시행 이전에 사업기획업무를 수행한 바 있던 국립환경연구원이 총괄연구기관으



로서 전반적인 과제관리를 수행하고 있다. 따라서 환경기술개발사업에서 대분류의 하나인 대기오염방지기술 개발사업도 국립환경연구원이 과제사업신청접수, 과제선정 및 평가에 이르기까지 사업전반을 관리하고 있다. 대기오염방지기술은 다른 선도기술개발사업과 마찬가지로 중과제 중심으로 추진하게 되어 있으며 <표1>에 나타나 있는 바와 같이 배연탈황 및 탈질기술, 고효율집진기술, 연료유탄황기술, 대기오염방지기술, 그리고 육상교통소음제어기술의 다섯개의 중과제로 구성되어 있다. 이들 중에서 배연탈황 및 탈질기술과 고효율 집진기술은 선도기술개발사업의 원년인 1992년도 부터 수행되어오고 있으며 연료유탄황기술, 대기오염 측정장비기술, 육상교통소음제어 기술은 1994년도에 착수할 예정으로 지난 7월에 과제신청을 받았다.

한편 선도기술개발사업은 기술의 실용화를 위한 것인 만큼 기업의 적극적인 참여를 전제로하고 있어서 전체 연구비 중에서 상당 부분을 기업체에서 부담하게 하고 있다. 부담율은 과제의 특성에 따라서 차등을 두고 있는 것이 특징이다 (<표1 참조>).

1992년도 부터 수행되고 있는 배연탈황·탈질기술과 고효율집진기술은 <표2>에 보는 바와 같이 각각 2개 및 3개의 세부과제로 구성되어 추진되고 있다. 배연탈황탈질기술은 국내 최대의 화석연료사용자인 한국전력의 기술연구원이 중과제 연구기관으로 선정되었다. 1995년과 1999년의 두차례에 걸쳐서 아황산배출허용치가 낮추어지게 되어 있는 관계로 석탄화력발전소들에

습식탈황법이 전세계적으로 발전용 배연탈황설비에 널리 사용되어 신뢰성 및 탈황효율이 입증되어 있으므로 한국전력에서도 대규모발전소에 적용가능한 습식탈황기술을 개발하고 있다. 한편 국립환경연구원은 산업용 배연건식공정개발(세부과제)을 수행하고 있다.

배연탈황설비의 설치가 불가피한 한국전력에서 발전용배연탈황기술 개발 및 실용화(세부과제)를 수행하는 당연하다고 하겠다. 습식탈황법이 전세계적으로 발전용 배연탈황설비에 널리 사용되어 신뢰성 및 탈황효율이 입증되어 있으므로 한국전력에서도 대규모발전소에 적용가능한 습식탈황기술을 개발하고 있다. 한편 국립환경연구원은 산업용 배연건식공정개발(세부과제)을 수행하고 있다.

고효율집진기술은 집진설비제조

업체인 한국중공업이 중과제 주관 연구기관이다. 집진에는 현재 전기 집진기와 여과포가 널리 사용되고 있어서 고효율집진기술(중과제)의 세부과제로 고효율전기집진기개발을 한국중공업이, 고온여과제도개발 및 실용화에 관한 연구를 명지대가, 산업용고효율여과포집진기술개발을 한국에너지기술연구소가 각각 수행하고 있다.

환경공학기술개발사업 제안요구에 의하면 1994년도에 착수되는 중과제들 중에서 연료유탄황기술

<표1> G-7 대기오염방지기술의 중과제 목록

중분류	착수년도	민간부담율(%)	비 고
배연탈황 및 탈질기술	1992	80	
고효율 집진기술	1992	40	
연료유 탈황기술	1994	80	상공자원부
대기오염측정장비 기술	1994	30	
육상교통 소음제어기술	1994	50	

<표2> 1993~1994년도에 수행중인 단위과제 목록

중분류· 소과제	주관연구기관
○ 배연탈황 및 탈질기술	한국전력 기술연구원
- 발전용 배연탈황기술개발 및 실용화	한국전력 기술연구원
- 산업용 배연탈황 건식공정개발	환경연구원
○ 고효율 집진기술	한국중공업
- 고효율 전기집진기개발	한국중공업
- 고온여과재료 개발 및 실용화에 관한 연구	명지대
- 산업용 고효율 여과포 집진기술 개발	에너지기술연구소

은 최종목표가 증질유탄황기술의 국산화이며 주요내용은 탈황공정의 핵심인 촉매개발이다. 대기오염 측정장비기술은 대기오염계측기, 감시측정망, 모니터링 관리시스템 개발 및 실용화가 주 내용이다. 육상교통소음제어기술은 방음벽관련 기술, 차량 muffler용 능동소음제거 필터개발, 차량엔진물적용 흡음·제진 소재개발이 주 연구내용이다. 이들과제의 진척에 관한 세부사항들은 아직 입수되지 않고 있다. 다만 연료유탄황의 경우 지난 여름에 과제신청이 들어오지 않아서 추진 여부가 불투명한 것으로 알려지고 있다.

추진현황에 대한 견해

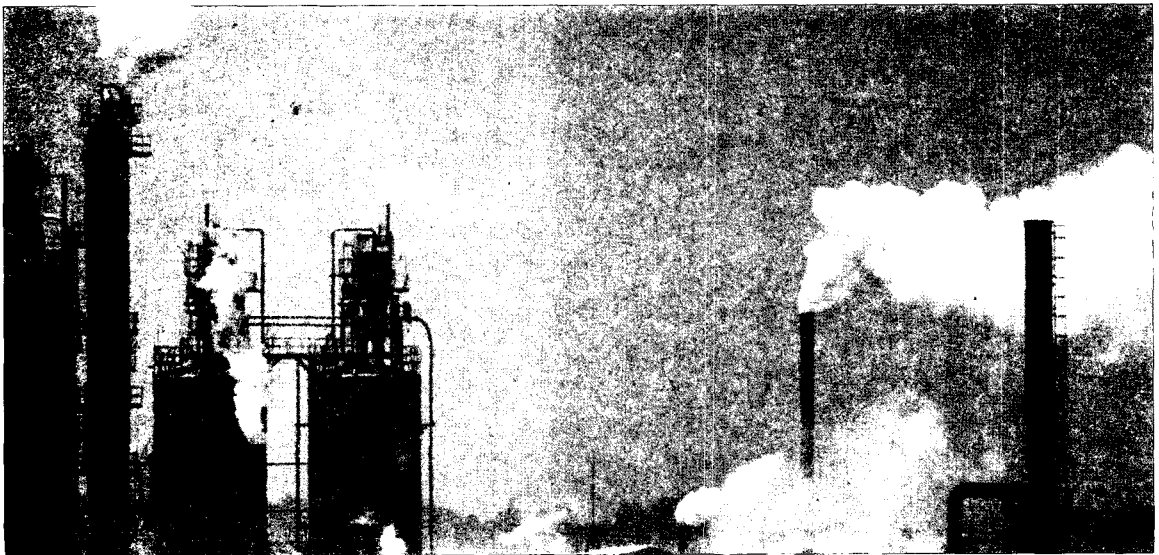
대기오염을 일으키는 먼지, 아황산가스 및 질소산화물을 제거하기 위한 배연탈황탈질 및 고효율집진 기술이 우선적으로 시행되고 있는 것은 당연한 것처럼 보이는데 육상 교통소음제어기술이 대기오염방지 기술에 포함된 것은 다소 의외라고

도 할 수도 있다. 그러나 소음이 중요한 공해의 한 형태이며 달리 다른 것에 묶기도 어려운 것이 그 이유라고 사료되는데 환경처 및 국립환경원의 조직에서 소음진동과가 대기보전국 및 대기연구부에 각각 소속되어 있고 대기오염방지기술이 이들 부서에 의해 관장되고 있는 것도 같은 맥락일 것이다. 반면에 대기오염과 직결되는 부분들 중에서도 대기오염방지기술 중과제 또는 G-7 환경과제에 포함되지 않은 것들도 있다. 대도시에서 대기오염의 주원인이 되는 자동차배연가스는 대기오염방지기술에 포함되지 않고 있고 청정기술(대분류)로 분류되어 자동차배기기술저감기술(중과제)로 수행되고 있는데 디젤자동차의 배연집진과 CNG혼소가 세 부과제들을 이루고 있다. 한편 상공부 주관의 G-7 차세대자동차개발에서는 자동차배연가스정화가 엔진개발에 부수적으로 포함되어 일부 추진되고 있다.

앞으로 우리나라에 많이 들어 설 것으로 예상되고 있는 소각로에 관

해서는 폐기물처리기술(대분류)중의 저공해소각기술(중과제)에서 취급되고 있어서 대기오염방지기술에는 포함되어 있지 않다. 소각로에서 특히 문제로서 제기되고 있지만 발전소 및 일반보일러의 배연 그리고 공장등에서 배출되는 폐가스 중에는 연료의 종류 및 연소방법에 따라 차이가 있기는 하지만 먼지, 아황산가스 질소산화물 이외에도 인체에 해로운 물질이 포함될 수 있는데 이들 또한 대기오염방지기술에서는 취급되고 있지 않다. 지구온난화문제에 따른 온실기체제어 및 이용기술(중과제)은 지구환경보전기술훈(대분류)에 속해 있는데 이러한 온실기체들이 화석연료이용에 따라 주로 발생하여 아황산가스 질소산화물들과 같이 방출되지만 역시 대기오염방지기술과는 별도로 취급되고 있다.

대기오염방지기술(대분류)에 어떤 분야(사업)를 포함시키는 것이 타당한 것인가는 관련부처들의 업무분담, 개개사업성격에 대한 인식 등에 달라 질 수 있는데 어떻게 관



류, 관찰하는 것도 중요하겠지만 상호 보완적으로 수행되어 우리나라 대기오염방지에 이바지할 수 있다면 별 문제는 없을 것이다. 다만 이러한 사업들의 추진과정에 있어서 업무가 합리적으로 추진되어 실제 개개의 연구개발사업에 지장을 주지 않도록 최대한 배려되어야 할 것이다.

1994년도에 착수 예정인 과제들은 아직 연구가 시작되지 않았으므로 과제 수행에 대해 논의는 있을 수 없다. 1992년도에 착수한 과제들은 이제 2차년도 연구가 끝나고 3차년도에 진입할 시점에 이르렀지만 1차년도 연구가 거의 연말에 착수되었던 관계로 시발점부터 아직 만 2년이 되지는 않았다. 따라서 그동안의 연구성과에 대해서 논하는 것은 시기상조이며 1995년도에 있을 3년간에 걸친 1단계사업이 종료될 때, 평가를 받을 예정으로 있다.

세부과제목록에서 보듯이 배연탈황탈질 기술의 경우 현재에는 탈황만 연구되고 있고 탈질 혹은 동시처리 기술은 현재 연구되고 있지 않다. 그 원인의 하나는 앞에서 언급하였듯이 우리나라의 질소산화물배출 기준이 아직은 탈질설비를 필요로 하지 않는데 있다. 그러나 새로운 분야의 연구개발에서 실용화에는 많은 시간이 걸리는 점을 감안한다면 규제가 시행되기에 앞서서 연구개발에 착수하고 산업기술로서의 준비를 어느 정도 갖추어야 환경보전에 있어서 외국기술에의 의존도를 낮출 수 있다는 것을 생각해 볼 때 어렵다고 하겠다. 그리고 우선은 외국에서 널리 쓰이는 기술을 확보하는 것이 우선 중요하겠지만 외국에서 연구단계에 있는 기술들도 추

선진국에서는 통상적인 기술은 이미 실용화하고 기존기술의 개량은 물론이고 다기능을 가진 새로운 공정개발(위에서 예를 들었듯이 배연탈황탈질동시처리, 또는 여과포에 탈질촉매를 도포한 것과 같은 기술)에도 역점을 두고 있고 또한 터널 대기정화 등과 같은 새로운 분야를 연구하고 있다. 한정적인 인적, 물적자원을 가진 우리나라에서는 국내 연구인력들 간의 상호협조를 극대화할 수 있게끔 사업추진을 하는 노력이 필요할 것이다.



적 연구하여야만 G-7연구기간이 종료되는 시점에서 이미 구식기술이 되버린 것만 국산화하고, 선진국과의 기술격차는 여전히 줄이지 못하게 되고는 경우도 미연에 방지할 수 있을 것이다. 선진국에서는 통상적인 기술은 이미 실용화하고 기존기술의 개량은 물론이고 다기능을 가진 새로운 공정개발(위에서 예를 들었듯이 배연탈황탈질동시처리, 또는 여과포에 탈질촉매를 도포한 것과 같은 기술)에도 역점을 두고 있고 또한 터널 대기정화 등과 같은 새로운 분야를 연구하고 있다. 한정적인 인적, 물적자원을 가진 우리나라에서는 어떻게 이에 대응할 수 있는가는 물론 매우 어려운 문제인데 그럴수록 국내 연구인력들 간의 상호협조를 극대화할

수 있게끔 사업추진을 하는 노력이 필요할 것이다.

앞으로의 추진현황

1992년도에 착수한 배연탈황 및 탈질기술과 고효율집진기술은 1995년도에 1단계사업이 종료되고 평가를 거친 후에 2단계 사업에 착수될 예정으로 있다. 1994년도에 착수되는 과제들은 3년간의 1단계사업이 끝나는 1997년 경에 역시 평가를 거쳐 2단계사업으로 이어질 계획으로 있다. 1단계사업들이 기반조성에 역점을 두는데 비해 2단계사업은 3단계의 실용화에 진입하기 위한 전 단계인 만큼 1단계사업 보다는 더 실용화 쪽에 가까운 연구개발사업이 될 것이다.