



중형 폐기물 소각설비 개발과정의 한-독 기술협력의 경험

이춘식 / KIST유럽연구소 소장
정종수 / KIST환경공정연구부 책임연구원

1995년 3월 김영삼 대통령의 독일순방을 계기로 독일 및 한국 과학기술부는 과학기술의 글로벌화 일환으로 KIST유럽 연구소를 독일에 설립하는데 합의했다. 현지 연구를 통한 과학기술의 국제 수준화 촉진, EU, 동구와의 기술교류 및 거점확보, 한국 기업들의 중간진입 기술 개발 활동의 전진기지 설치등을 목적으로 KIST Europe연구소를 독일 자브뤼켄(saarbrucken)의 잘란트(Saarland)대학 내에 개소한 1996년을 시작으로 하여, 독일 현지 연구자의 채용, 다양한 연구 프로젝트의 수행과 더불어, 자체 연구소 건물의 건설에 착수하여 2000년 4월 준공식을 가졌다.

KIST Europe연구소와 서울의 KIST가 가장 먼저 국제공동연구로 수행한 연구 분야는 환경기술 분야로, 그 중에서도 우선 순위에 따라 '폐기물 소각로의 개발' 과제와 '병원 폐기물의 처리 기술'의 2개 과제가 우선적으로 과학기술부의 국제공동연구과제로 수행되었다.

그 중에서 본 중형 소각로 연구팀(KIST Europe연구소 : Dr.이춘식, Dr. Seier, Dr.Kautz, Mr. Jock, KIST : Dr.정종수, Dr. 이윤표, 이교우 등)에서 1996년 10월 이후 3년간에 걸쳐 수행해 온 '폐기물 소각로에 관한 연구' 과제는 환경적으로 안전한 저공해의 중형 폐기물 소각로의 개발을 최종 목표로 하여, 연소 공정을 개선하고 저비용의 대기오염 제어장치를 이용하여 환경오염 방지에 실질적으로 도움이 되는 폐기물의

소각처리가 목적이다. 이것은 설비가 간단하고 건설 및 운영 비용이 적게 드는 소각 기술 및 저공해 배출가스 후처리 기술을 개발하기 위한 연구이다.

중소 규모 도시의 폐기물 종합 처리 시설에는 일일 처리 용량 10톤 미만의 중형 소각 설비가 필수적으로 설치될 것이며, 금년 2000년에 신규 발주되는 소각 설비의 약 50%는 100톤 미만이 될 것으로 예상된다. 그런데, 외국의 업체와의 로열티 계약을 체결하여 소각 설비에 대한 적절한 외국 기술이 없다. 일반적으로 대형 소각 설비에 비해 중형 소각 설비에서 적용해 온 기술을 그대로 적용하는 것은 경제성이 없다. 특히 자치단체의 재정을 고려할 때 **초기 건설비가 늘더라도 운영비와 유지 보수비가 많이 소요되지 않도록 내구성이 우수한 제품을 설치하는 것이 매우 중요**하고 바람직하다.

본 연구에서는 중형 폐기물 소각로의 전체적인 건설 및 운영 비용을 줄이기 위하여, 연소과정 자체, 즉 화력에서의 연소상태를 크게 향상시키고 배출가스의 냉각상태를 제어하는 등 소각 공정에서부터 오염물질의 생성을 크게 줄여서 배출가스 중의 유해물질을 제거하기 위해 설치하는 후처리 설비를 최소화하여 건설비 및 유지비를 감소시키고 장치를 간단하게 하여 단위 용량당 건설비 및 운영비를 대형 소각설비 수준으로 맞추는 것을 설계목표로 세웠다. 또한 수분 함유량이 높고 발열량이 낮은 우리나라 폐기물의 소각에 적합하도록 저



발열량 폐기물을 적절하게 소각시킬 수 있는 화격자와 연소실을 개발하였다.

목표를 달성하기 위하여 폐기물 소각로의 설계에 앞서 중형 소각로와 관련된 독일 등 선진국의 기술을 조사하고, 본 연구에서 대상으로 하는 도시 폐기물의 조성 및 연소 조건을 파악하기 위한 실험을 독일의 칼스루헤 연구센터에 위탁하여 연구를 수행하였다. 이러한 실험의 결과를 바탕으로 소각 설비의 방식으로 세라믹 노즐 화격자 방식을 채택하였으며, “수 분사-배출가스 냉각-공기 예열기-공기식 배출가스 냉각기-활성탄 및 소석회 혼합물 주입 건식 세정설비-백필터”의 공정 방식을 채택하였으며 이 방식으로 한국의 배출가스 규제기준에 비해 가혹한 조건인 독일 배출가스 규제 기준인 17BlmSchV의 기준치를 준수할 수 있도록 하였다. 이외에도 소각 바닥재(bottom ash)와 비산재(fly ash, 분진), 배출가스 세정설비(FGG)의 반응 생성물(product)을 분리하여 처리하고, 고형잔류물의 매립처리 또는 재활용성의 개선을 위한 후처리 방법을 적용하였으며, 향후 강화가 예상되는 중금속등 여러 가지 환경 기준치들을 고려하였다.

본 연구의 개발 결과 노즐 방식의 세라믹 표면 화격자와 이와 관련된 부대 설비를 포함하는 한국형 중형 소각로의 개발에 성공하였으며, 기술적으로 안정적인 스토카 방식의 화격자를 바탕으로 유동상 소각로의 장점인 활발한 공기 혼합 및 킬른형의 장점인 액상 폐기물의 혼합소각이 가능한 방식으로 개발되어 매우 우수한 기술이다. 본 소각 설비 기술은 현재 2건의 기술실시계약이 체결되어 국내 소각 설비 시장에 진입을 앞두고 있으며, 국내 뿐만 아니라 수출산업으로도 많은 기대가 된다. 본 소각 설비의 건설 및 시운전을 통하여 국내 생활 폐기물 뿐만 아니라 슬러지 상을 포함한 산업폐기물의 혼합 소각 처리에 적합한 운전모드의 개발과 핵심 부품의 개발이 이루어지면 국내 소각 설비 시장에서 뿐만 아니라 수출산업으로도 많은 기대가 된다.

본 연구에서 개발된 세라믹 유동 노즐 화격자를 채용한 소각로는 유동상의 장점인 활발한 혼합 및 킬른형의 액상 폐기물의 혼합소각이 가능한 방식으로 개발되어 매우 우수한 기술이다. 300℃정도의 고온 공기를 공급하여 건조 성능을 향상시켜서 국내의 고수분 폐기물의 소각에 적절하게 설계되었으며 슬러지상 폐기물과 고형 폐기물의 혼합소각이 가능하므로 다양한 폐기물에 대한 적용을 기대할 수 있다.

본 국제 공동과제의 수행 중 국내 연구자의 독일 현지 방문 연구가 2회에 걸쳐 4개월간 수행되어 많은 성과가 있었으며, 독일 연구자들의 국내 방문도 2회×2주일간 이루어지는 등 성실하게 연구를 수행하였으며 국내 기업 관계자들의 현지 방문도 기술계약과 관련하여 2회에 걸쳐 이루어진 결과 적절하게 기술계약이 체결되었다.

본 연구에서 개발된 세라믹 유동 노즐 화격자를 채용한 소각로는 유동상의 장점인 활발한 혼합 및 킬른형의 액상 폐기물의 혼합소각이 가능한 방식으로 개발되어 매우 우수한 기술이다. 300℃정도의 고온 공기를 공급하여 건조 성능을 향상시켜서 국내의 고수분 폐기물의 소각에 적절하게 설계되었으며 슬러지상 폐기물과 고형 폐기물의 혼합소각이 가능하므로 다양한 폐기물에 대한 적용을 기대할 수 있다. 독일의 칼스루헤 연구센터에 위탁하여 연구를 수행한 저발열량 도시 폐기물의 조성 및 연소조건을 파악하기 위한 실험 결과를 바탕으로 본 연구에서는 소각 설비의 방식으로 세라믹 노즐 화격자 방식을 채택하였다. 세라믹 노즐화격자 방식은 현재 독일의 DB-Bioenergie사에서 건설하여 3~4곳의 소각설비를 운영하고 있으며 다양한 폐기물을 대상으로 상당한 성과를 얻고 있다. 이 방식의 화격자는 화격자의 표면을 고온 내열성이 우수한 세라믹으로 처리



하여 화격자의 냉각을 할 필요가 없기 때문에 예열 공기 온도를 기존의 200℃정도에서 약 400℃로 상승시켜서 고수분 폐기물의 건조과정을 단축하고 소각 온도를 높이는 방식을 채택하였다.

배출가스 후처리 설비의 기본설계에서는 3종류의 공정방식에 대해 기술성 및 경제성을 분석하여 최종적으로 17.BlmschV의 기준치를 준수할 수 있는 공정으로 설비의 구성이 가장 간단하고 불필요한 설비를 배제한(수분사 배출가스 냉각-공기에열기-공기식 배출가스 냉각기-활성탄 및 소석회 혼합물 주입 건식 세정설비-백필터) 공정 개발한 소각 설비의 건설비용은 50톤/일 용량을 기준으로 약 54억원 정도의 규모로, 약 70~80억원 정도 소요되는 기존 방식의 소각설비의 70%수준으로 경제적이다. 또 총 40명이 소요되는 운전 인력을 약 20명으로 감축할 수 있어서 운영비용의 상당부분을 차지하는 인건비 지출을 감축할 수 있을 것이다.

이 소각 설비기술은 현재D사와 M사, 2개 소각설비 전문제작 업체와 기술실시계약(로열티 계약)을 체결하여 상용 플랜트를 건설하기 위한 적용 대상처를 결정하는 단계에 있으며 지방의 T시, S시 등과 약 54억원 정도의 건설비로 건설하기로 하고 구체적인 협의 과정에 있다. 또한 A사, D사 등과 산업 폐기물 소각설비의 건설공사에 대한 협의가 진행중이며 빠른 경우 2000년 말에는 산업 폐기물 소각설비의 상업 운전을 시작할 수 있을 것이다.

독일과의 기술협력 과정에서의 경험으로 미루어 기술 개발의 상용화에 가장 큰걸림돌이 되는 것은 실증설비 유무이다. 지방자치단체 또는 기업등 국내의 고객 대부분이 독일 또는 한국에 설치되어 있는 기술의 경우에는 관련자들의 독일로의 여행경비 부담정도로 큰 문제가 되지 않겠지만, 실증설비가 없는 기술의 경우, 실증설비에 대한 투자를 어떻게 할 것인가가 가장 어려운 문제이다. 한국의 환경문제를 해결하기 위한 것이므로 독일 기업에서는 독일내에 실증설비를 설치하려는 의지

가 적을 수밖에 없다. 한국기업의 경우 중소기업은 물론이고 대기업의 경우에도 실증설비를 국내에 설치한다는 것이 투자 비용이 지나치게 과다하기 때문에 매우 어렵다. 예를 들어 폐기물 소각 설비의 경우 1/10용량 규모의 실증설비를 한다고 해도 시간당 1톤 이상이 되므로, 20-30억원의 건설비가 소요되고 인건비 등 시험 연구에 소요되는 비용을 포함하게 되면 30-40억원의 연구개발비가 소요되는 등, 실제 상업 운전을 하지 않는 단순한 파일롯 플랜트 설비로서는 추진이 어렵다.

따라서, 이에 대해서는 여러가지 방안을 연구하고 있지만 독일과 한국정부 차원에서의 지원방안이 필요하다. 기술에 대한 신뢰성 문제를 해결하는 다른방안으로는 기업에서 선투자 건설후 시험 가동하여 성능을 확인하고 건설비를 지급하는 방식으로 일부에서 이러한 계약조건으로 건설한 예가 있다.

독일 환경 분야 기술은 안정적이고 수준이 상당히 높다. 이것은 한국 내의 환경문제 해결의 열쇠가 되는 기술, 즉 key technology를 다양하게 가지고 있다는 의미므로, 한국내에서 상업적인 성공의 잠재력이 있다고 할 수 있다. 그렇다고 해도, **독일 기술이 한국시장에서 상업적인 성공을 어렵지 않게 이룰 수 있다고 생각한다면 그것은 매우 위험한 오해가 될 것이다.** 일반적으로 제조업 분야의 기술은 한 나라에서 성공한 기술은 다른 국가에서도 큰 어려움이 없이 적용할 수 있고 상업적인 성공도 기대할 수 있다.

그러나 환경기술의 경우에는 처리하여야 할 대상에 관련된 설계 조건이 국가간에 근본적으로 다를 수 있다. 예를 들면 폐기물의 경우 한국내에서 일반적으로 소각하여야 하는 일반 폐기물은 발열량 1,500kcal/kg, 수분 60%정도로 독일 엔지니어로서는 다루어 본 경험이 전혀 없는 대상이다. 또한 환경규제나 사회적인 용인의 정도, 관행, 처리비용부담의 주체, 법률, 경제성 등 설계의 기준이 되는 조건(design constraint)들이 서로 매우 다르기 때문에 이러한 점이 종합적으로 고려된 설



계를 하여야 시장에서의 실패를 피할 수 있다. 따라서 실제 시스템을 설계하기 이전에, 해결하여야 할 문제점에 대한 과학적, 기술적 분석과 적용기술에 대한 기술적, 경제성 평가 등이 절대적으로 중요하며, 이 부분이 전문연구기관으로서 연구개발의 경험이 풍부한 KIST와 KIST Europe연구소가 크게 기여할 수 있는 영역이다. 특히 한국에서의 환경 문제, 예를 들어 폐기물의 소각처리 등에서는 단순한 기술 도입, 설계 도면에 의한 제작으로는 법규, 규제 등에 따른 다양한 요구사항의 해결을 기대하기 어렵다. 단순한 기술 도입을 통한 적용 사례중에 이제까지 실패한 경우가 있다면 이러한 점이 가장 큰 원인이라고 생각한다. 이러한 시장에서의 외국 기술의 실패 예로부터, 많은 지방자치단체와 기업들이 새로운 기술에 대한 검증이 꼭 필요하다는 인식을 가지는 원인이 되었다. 따라서 독일의 기술을 한국내에서 상업화하기 위해서는 원천기술을 이용한 설비 시스템의 상용화를 위한 연구의 과정이 절대적으로 필요한 점을 유념하여야 할 것이다.

한편 연구 추진 착수 당시 문제점이라고 파악되었던 내용들이 기술개발 진행의 정도에 따라 또 시장상황에 따라 변경될수 있는 점에 대한 이해가 필요하다. 즉 어떤 기술이 필요할 것이라고 판단되었다가도 상황의 변화에 따라서는 가능성이 상대적으로 적은 것이라고 판명이 날 수 있다. 즉 "시장은 움직이는 것"이라는 점을 이해하고 전체를 볼 수 있어야 할 것이다.

독일 기업에 대한 경험으로는 보유 기술에 대한 서비스정신이 더 필요하다는 점이다. 즉, 일반적으로 보유하고 있는 기술의 장점에 대한 홍보의 필요성에 대한 인식이 미국, 혹은 일본의 기업들에 비해 낮다는 점, 기술의 적용시 수요자의 입장에서 기술의 적용을 위한 노력이 충분하지 않다는 점, 한국에서의 성공여부가 불확실하므로 공동 투자의 개념이 부족한점 등이 가장 아쉽다. 또한 시장 진입에는 시기가 매우 중요하며, 한국의 경우 업무 추진이 빠르게 진행되는데 독일 기업에서

■ 환경기술 분야의 문제를 해결하기 위한 독일의 원천기술을 적절히 선정하고 추가 실증 연구를 통하여 한국의 설계조건에 적합한 개발이 이루어진다면 국제적인 기술 협력이 성공할 가능성이 매우 높고 단시간내에 가시적인 성과를 기대할 수 있으며 설계조건이 비교적 유사한 아시아 국가들, 특히 중국 시장에서의 성공에 대해서도 밝은 전망이 있으므로 한국과 독일간의 기술 협력이 KIST와 KIST Europe연구소를 매개체로 더욱 활성화될 것을 기대한다.

이러한 한국측의 페이스에 맞추는 노력이 필요하다.

마지막으로 독일 연구자들과의 일하는 방식과 이해의 차이, 언어 소통의 문제 등이 공동연구에서 어려움을 겪고 있는 문제이다. 독일 연구자의 대부분이 영어를 잘하므로 의사소통에는 큰 문제가 없으나 보고서등 문서 작성을 영어로 하기 위해서는 한국측이나 독일측 공동의 훈련이 필요하며, 한국 내에서도 영어 또는 독일어로 작성된 문서를 번역하여야 하므로 시간이 추가적으로 소요되는 문제가 있다.

이러한 문제점에도 불구하고 환경기술 분야의 문제를 해결하기 위한 독일의 원천기술을 적절히 선정하고 추가 실증 연구를 통하여 한국의 설계조건에 적합한 개발이 이루어진다면 국제적인 기술 협력이 성공할 가능성이 매우 높고 단시간내에 가시적인 성과를 기대할 수 있으며 설계조건이 비교적 유사한 아시아 국가들, 특히 중국 시장에서의 성공에 대해서도 밝은 전망이 있으므로 한국과 독일간의 기술 협력이 KIST와 KIST Europe연구소를 매개체로 더욱 활성화될 것을 기대한다. ◀