

청정기술의 동향

박 원 훈

한국과학기술연구원

1. 서 언

한국은 지난 수 10년 동안 급격한 경제성장을 이루어 1인당 국민소득 1만 불을 달성하였고, OECD가입을 눈앞에 두게 되었다. 그러나 국민소득이 증가한 만큼 생활의 질이 개선되지 않았다. 산업화, 도시화, 화학물질 사용 증가로 공기, 물, 토양이 오염되고 있어, 지난여름의 서울, 인천지역의 잇따른 오존주의보, 임진강 상류오염, 시화호 오염, 토양 중금속 오염 등 전국 곳곳에서 환경오염문제가 발생하고 있다. 그리고 1980년대에 들어 기후변화협약, 몬트리올 의정서, 바젤협약 등 각종 국제환경규제가 체결되면서, 국내 산업에 미치는 영향도 점차 가시화 되면서 새로운 환경대응개념의 도입이 불가피하게 되었다. 국민의식도 오직 경제성장 일변의 추구보다 생활의 질을 요구하기 시작하였고, 정부도 금년 환경의 날에 앞으로 정부가 모든 정책을 결정함에 있어 그 정책이 환경면에서 건전하고 지속 가능한 발전을 보장하는지의 여부를 가장 중요한 잣대로 삼기로 하는 등 녹색환경의 나라 건설을 선언하였다.

환경보전을 위한 수단과 방법은 오염의 크기 및 특성에 따라 다르지만, 지역적인 물론 지구적인 환경오염의 악화에 따라 이에 대응하는 인류의 자세와 기술도 진화, 발전하게 되었다. 환경오염문제를 해결하기 위한 지금까지의 방법은 오염물질이 발생된 다음에 이를 처리하는 사후처리기술(end-of-pipe technology : EOP)에 의존하여 왔다. 이러한 사후처리기술은 투자비와 운영비가 높아, 날로 강화되고 있는 환경규제를 만족시키기 어렵고, 날로 고갈되고 있는 자원과 에너지의 효율적 이용측면에서도 부적합한 문제점이 있다. 따라서 오염물질을 단순히 처리하는 방식에서 오염물질의 발생을 극소화 시키는 방식으로 바뀌어 가고 있는 것이 세계적인 추세이다. 미국의 경우 오염방지(pollution prevention), 폐기물의 최

소화(waste minimization)의 개념이, 유럽의 경우 청정생산(cleaner production) 또는 청정기술(clean technology)의 개념이 도입되었다. 이와 같은 개념의 총칭은 일반적으로 사후처리기술(end-of-pipe technology)에 대응하여 청정기술(clean technology)이라고 일컬어지고 있다.

청정기술은 모든 국제환경운동의 주제인 ESSD(Environmentally Sound and Sustainable Development)를 뒷받침하는 기술이면서 공정자체에 폐기물 발생을 줄임으로서 환경오염을 방지하는 안전기술로서의 장점을 갖는다. 청정기술은 기업의 측면에서 새로운 투자로 인식될 수 있으나, 자원, 에너지 및 물의 소비가 절감되어 생산비 절감과 오염물질 제거비용이 감소되어 투자한 비용에 대한 단기적인 보상이 가능하다. 한가지 예로서 Dow Chemical의 WRAP(Wastes Reduction Always Pays)운동으로 폐기물 저감에 의한 운전경비의 대폭적인 절감 사례는 잘 알려져 있다.

한국에서도 1980년대 말에 청정기술의 개념이 도입되기 시작하여, 환경청이 환경처가 되고, 다시 환경부로 승격되는 추세처럼 환경 행정 및 관리, 환경과학기술 연구개발의 고도 성장기를 맞고 있다. 학계에서도 클린텍연구회/환경오염사전예방연구회를 거쳐 1995년 한국청정기술학회의 탄생을 보게 되었고, 이들 연구회 및 학회를 중심으로 청정기술 사례집, Clean Technology 등의 학회지가 간행되고 있다. 이제 청정기술의 국제동향과 국내동향을 살펴보면서 우리의 금후과제가 무엇인지를 다짐하는 것은 큰 의미가 있다고 생각한다.

2. 청정기술관련 국제동향

2-1. UN등 국제기구

청정기술의 보급 및 확산 노력은 UN을 중심으로

전개되고 있다. UNEP 는 산하기구인 산업 및 환경 사무국 (IEO : Industry and Environment Office) 을 통하여 1977년부터 ECE (Economic Commission for Europe)와 공동으로 LNWT(Low and Non-Waste Technology) 관련 자료를 수집하여 보급하고 있다. LNWT 성공사례들은 제품의 생산공정을 개선하여 환경오염물질의 배출을 원천적으로 저감시키며 동시에 경제적 이익을 이룬 것들이다. 1989년 5월에는 프랑스 파리에 본부를 둔 IEO를 청정생산계획 (Cleaner Production Programme)의 주관기관 (Programme Activity Center) 으로 선정하였다. UNEP IE/PAC 의 청정생산 프로그램은 다음 4대 기본사업으로 구성되어 추진되고 있다.

(1) 발간사업

- 뉴스레터의 발간
- 청정기술 보급을 위한 사례집 출간, 배포

(2) 훈련 및 기술지원사업

- Workshop 및 세미나 개최
- UNIDO 와 공동으로 20개국의 NCPC (National Cleaner Production Centers) 지원 (현재는 브라질, 중국, 체코, 인도, 멕시코, 슬로바키아, 탄자니아, 짐바브 웨의 8개국)

(3) ICPIC (International Cleaner Production Information Cleaninghouse)

- 1994년 이후 on-line 서비스는 중지하였으나 Internet (ICPIC@unep.fr)로 접속 가능
- ICPIC 의 내용으로는, message centers, bulletins, calendar of events, case study data base, bibliographic data base, contacts data base등이 수록되어 있음.

(4) 실무위원회 (Working Groups) 활동

- 산업별 실무위원회로는 제혁, 섬유, 도금, 펄프와 제지, 생물공학등이 가동 중.
- 교육 그리고 정책, 전략 및 수단 (Policies, Strategies and Instruments)의 2개 실무위원회도 가동 중

1990년 9월에는 영국 Canterbury 에서 "Seminar on the Promotion of Cleaner Production"이 열려 각국의 청정기술보급 활동이 소개되었고 정보 network 의 구성이 토의되었다. UNCED 의 Agenda 21 에도 포함된 청정기술의 보급 촉진을 위하여 1992년 10월 27 일에는 불란서 파리에서 각료급 회의가 개최되었으

며 연이어 28 - 29일에는 Canterbury 에 이은 제 2차 Senior Level Seminar 가 열렸다. 두 번째 세미나에서는 개발도상국에서의 청정기술 보급에 관한 문제가 크게 다루어진 것이 특징이다. 청정생산계획의 제 6 주년이 되는 1994년 10월에는 폴란드 바르샤바에서 제 3차 High Level Advisory Seminar on Cleaner Production 이 열렸다. 이 회의에서는 UNEP 의 청정생산 계획에 대해 다음 사항이 강조되었다.

- (1) LCA, Total Cost Assessment and Audits 같은 과제를 계속 추진, 완료한다.
- (2) ICPIC 개선사업으로 1995년 말까지 diskette version 을 완성하고 Internet와 연결시킨다.
- (3) 중국, 인도, 아프리카, 동구 등지의 시범 사업 (demonstration project)의 결과 및 교훈을 보급한다.
- (4) UNDOO/UNEP NCPC 의 활용을 극대화 한다.
- (5) UNEP Working Groups 을 활성화 한다.

다음은 NGOs 에 대하여 설명하면, 환경문제에 대한 비 정부기구의 가장 두드러진 활동은 녹색당 (Green Party)에서 볼 수 있으며, 청정기술 분야만을 떼어놓고 볼 때 1987년에 발족한 국제청정기술협회 (IACT : International Association of Clean Technology) 를 들 수 있다. 국제청정기술협회는 비엔나에 본부를 두고 있으며, 에너지 생산을 포함한 모든 산업공정의 저 오염 청정기술의 연구개발과 환경 및 에너지자원의 합리적 활용기술을 개발하는 것을 그 설립이념으로 하고 있다. 이 협회는 러시아, 중국, 가이아나, 체코, 포르투갈, 유고슬라비아, 헝가리, 오스트리아 등에 네트워크 센터를 두고 있으며 설립이념에 따르는 자유로운 활동을 보장받기 위하여 비영리조직 및 비정부기관으로부터의 참가만을 인정하고 있다. 네델란드의 National Environmental Center 나 스위스의 IEB(International Environmental Bureau) 등은 정부 혹은 공공기관의 재정적 보조 하에 청정기술의 국제적 보급을 위해 전문가들의 자문 및 정보교류 업무를 수행하고 있으며, 1989년에 설립된 미국의 AIPP(American Institute of Pollution Prevention)도 유사한 활동을 전개하고 있는 대표적 NGO 이다.

2-2. 선진국의 사례들

2-2-1 구주공동체 (EU)

유럽 각국은 환경문제에 지대한 관심을 가지고

EU 를 통한 공동대응을 모색해 오고 있다. 그 결과 중 하나가 ACE(Action by the Community relating to the Environment) Program 으로 1987년까지 36개의 청정기술 시범과제에 대하여 과제별 소요 연구비의 30% 범위 내에서 6백만 ECU(유럽통화단위)의 연구비를 지원하였다. 한편, US/EPA 의 PPIC (Pollution Prevention Information Clearinghouse) 와 협력하여 청정기술에 관한 미국의 자료를 포함하는 자료검색 시스템인 ICPIC (International Cleaner Production Information Clearinghouse)의 개발을 지원하였다. 이 시스템은 PC와 modem을 통해서 세계 어디에서도 접속이 가능하도록 되어있다.

또한 1989년에 결성된 NETT (Network for Environmental Technology Transfer)는 청정기술, 신 제조 공정, 재활용 기술 등에 관한 기술 정보의 교류를 목적으로 DATANETT 라는 database service 를 실시하고 있다. 19개의 유럽국가가 공동 출자한 연구개발 기금인 EUREKA project 중의 환경분야는 4개의 카테고리에 걸쳐 6억 ECU 를 투입하여 32개의 과제를 수행하였다. 그 중 한 개의 카테고리인 "Development of Clean and Purifying Technologies" 는 청정기술을 개발하기 위한 것으로서 9개의 과제에 1.5억 ECU 가 투입되었다. EUREKA project 의 일환으로 PREPARE 라는 실무위원회가 결정되어 네델란드가 1992-1994년까지를 재정 지원한 바 있다. 이는 참가국내 청정기술시범 사업을 활성화시키기 위함이 주목적이다.

또한 가전제품, 의약/정밀화학, 펄프 및 제지, 정보통신, 식품산업, 건축자재, 목재 보존, 섬유등 산업분야의 청정생산 및 청정제품에 관한 Workshop 을 개최하여 정보교환하고 있다. 그리고 European Roundtable on Cleaner Production Programmes (ERCPP)를 운영하고 있다.

2-2-2 미 국

미국 환경청도 1980년대 중반부터 오염물질의 원천적 감량 (Source Reduction) 및 회수 재사용을 최상위 개념으로 하여 가능한 한 오염물의 유출을 우선적으로 억제한 후에도 불가피하게 배출되는 오염물만 적절한 처리 및 폐기를 주개념으로 하는 오염예방 우선 순위(Pollution Prevention Hierarchy)를 도입하였다. (표 1참조) 여기서 환경오염 사전예방의 최우선 순위인 오염의 원천적 감량을 수행하는 방법을 좀 더 자세히 설명하면 표 2와 같다.

US EPA 는 오염예방국 (Pollution Prevention Office)을 설치하여 청정기술 관련 전반의 업무를 취급토록 하였으며, EPA 의 주요간부들로 구성된 오염예방자문위원회 (PPAC : Pollution Prevention Advisory Committee)를 설립하여 EPA 전 부서간의 업무를 조정하도록 하고 있다. 이에 따라 EPA 산하의 ORD (Office of Research and Development), OCEM(Office of Cooperative Environmental Management), OSW(Office of Solid Waste), PPIC(Pollution Prevention Information Clearinghouse), WRISE(Waste Reduction Institute for Scientists and Engineers) 등의 기관과 협력하여 청정기술의 개발과 보급에 주력하고 있으며, 그 동안 Pollution Prevention News, Waste Minimization Opportunity Assessment Manual, Pollution Prevention Case Studies Compendium, Waste Minimization for Hazardous Materials Inspectors 등을 발간하였다.

이와 같은 일련의 오염예방 계획은 아래의 6가지 기본목표 하에 운영되고 있다.

- 1) 오염을 줄일 수 있는 제품의 개발과 사용을 고취시킬 것.

우선 순위	방 법	수 단(예)
1	원천적 감량	공정개선, 제품개량, 발생원 차단, 서비스 수명연장
2	회수 재사용	재사용, 복원, 용매 회수재사용, 유용물질 회수 등
3	처리	안정화, 중화, 침전, 소각, 열분해등
4	폐가	위생매립등

Table 1. 오염예방 우선 순위

구분	대상	방법(예)
공정 개선	투입원료	고순도 원료사용, 저독성 원료로의 대체 등
	기술	공장배치 개선, 자동화, 조업조건개선, 장치개량, 신기술 적용 등
	조업, 운전	조업규정의 개선, 물류시스템 개선, 생산계획개선, 인벤토리, 폐기물의 분리관리, 교육 훈련등
제품 개량	환경제품	환경친화적 제품 설계 등
	Responsible care	제품수명주기 연장 등

Table 2. 원천적 감량방법

- 2) 오염을 줄일 수 있는 공정의 개발을 고취시킬 것.
- 3) 폐기물의 재활용 비율과 재활용 제품에 대한 수요를 향상시킬 것
- 4) 오염방지를 위해 유용한 비기술적 방법을 개발하여 보급시킬 것.
- 5) 미래의 환경문제 해결을 위한 연구과제를 발굴할 것.
- 6) 개발된 오염방지 전략이나 기술을 적극적으로 보급할 것

2-2-3 영국

영국은 1990년부터 상공부 (Department of Trade & Industry)가 주관하여 ETIS(Environment Technology Innovation Scheme), EMOS(Environment Management Options Scheme), Euroenviron 등의 프로젝트를 추진 중이며 과학기술회의 (SERC : Science and Engineering Council) 주관 하에 백만 파운드의 예산으로 청정공정 및 청정제품 개발 계획을 수행하고 있다.

2-2-4 독일

독일 연방연구 및 기술청 (German Federal Ministry for R&D-BMFT)은 청정기술과 청정생산과 관련하여 1975년부터 연구개발을 지원하고 있다. 대표적인 청

정기술 사례는 다음과 같다.

- 표면처리- 니켈과 크롬의 전기도금 세척기술, 다단계 폐수정제기술 개발로 오염물질의 발생량을 줄임
- 표면처리- 도료와 보호용 코팅제 수용성 보호 용제 개발
- CFC 대체 용매와 세척제, 플라스틱 발포제, 냉매와 에어컨 기술분야에서 CFC대체를 위한 30여건의 과제 수행
- 섬유와 가죽산업 - 섬유의 Finishing UF를 이용한 sizing agent 회수 등

2-2-5 네델란드

네델란드는 1989년에 발표한 국가환경정책계획 (NEPP : National Environmental Policy Plan)과 연계하여 화란 응용과학연구기금의 10% (1989년 기준 미화 165만불)를 환경연구에 투자하고 있다. 주 연구목표는 원료, 제조공정, 제품 및 폐기물을 사야를 화하여 자원의 전 주기 순환을 달성하며, 에너지 소비량을 절감하고 에너지효율을 극대화시키는 것이다. 1994년 현재 30%에 달하는 매립처리율을 2000년까지 10%로 낮추고 5%에 불과한 재사용 및 원천 제거율을 2000년까지 65%로 향상시킬 계획이다.

2-2-6 프랑스

프랑스는 환경대책의 방향을 청정제품 (Ecoproducts) 사용량의 증가, 회수 재활용, 경제적 보조에 의한 청정기술의 개발에 두고 있다. 대표적인 사례로 CETIM (Centre Technique des Industries Mecaniques)에서 발표한 기계산업의 표면처리 시 발생하는 폐수 저감 지침서이다. 범부처적 위원회인 Clean Technology Mission 이 1979년에 구성되었으며 이 기구가 환경부 연구국의 청정기술 관련 과제의 관리, 연구비지원, 청정기술에 관한 국제 교류의 창구역할을 하고 있다.

2-2-7 캐나다

캐나다는 1978년부터 연방정부의 주관 하에 DRECT : (Development and Demonstration of Resource and Conservation Technology) 프로그램을 수행 중에 있다. DRECT Program 은 폐기물의 감량, 재활용 및 처리와 자원의 유효 활용을 위한 것으로서 지방자치 단체, 산업계 등이 참여하고 있으며 연구비의 50% 혹은 연간 2만 불까지 지원하고 있다. 이 프로그램이 시작된 이래 1990년까지 59개 과제에 걸쳐 4,200만 불의 연구비가 투입되었으며 그 중에서 민간 부문의 투자는 만 3,400만 불에 달한다.

2-2-8 일본

청정기술 분야의 정부주도 연구개발과제로는 통산성이 주관하는 에너지절약기술개발 (일명 Moonlight project), 신에너지기술개발 (일명 Sunshine project)를 들 수 있다. 과제별로 10년 내외의 기간에 걸쳐 이루어질 이 계획은 연료전지, 고도 열펌프, 초전도전력 이용, 세라믹 터빈, 에너지절약 표준화 등을 연구목표로 하여 1991년도에는 약 120억 엔의 연구비를 투입하였다. 한편 1985년부터 1990년까지 6년에 걸쳐 수행된 물의 총합재생이용 시스템 -일명 아쿠아르네상스 '90 프로젝트- 에 의해 혐기성 바이오리액터와 분리막을 결합한 폐수처리시스템을 연구하였다. 또한 신 에너지 개발기구 (NEDO : New Energy Development Organization)를 통해 폐기물로부터 알코올을 생산하는 연구도 이루어졌다. 1993년 통산성은 기존의 Sunshine project, Moonlight project, Global Environmental Technology project를 통합하여 New Sunshine Program을 확정하여 에너지와 환경분야의 연구개발을 집약, 환경친화형 기술에 대한 새로운 개

념을 제공하고 있다.

2-3. 개발도상국들

UNEP 산하 IEO/PAC 가 1994년에 발간한 "Cleaner Production in APEC Region"에 실린 청정기술의 성공 사례를 참고로 몇 가지 소개한다.

- China ; Automating a bicycle wheel plating operation
- Mexico ; Recycling coolant and treating oily wastewater from machining
- The Philippines ; Turning Coconut water from a waste into a juice
- Thailand ; Recovering water and chemicals in textile dyeing
- Malaysia ; Treating Wastewater in the rubber industry

인도네시아는 "Cleaner Production in Indonesia"라는 책자를 Environmental Impact Management Agency 가 발간하였는데

- Materials recovery and recycling in paint manufacturing
- Reducing water in polyester production
- Recycling, substitution and fibre recovery in pulp and paper industry

같은 것이 수록되어 있다. 기술의 내용은 선단적이지 못하지만 청정기술의 보급 노력은 한국을 능가하고 있어 우리에게 시사하는 바가 크다.

3. 청정기술의 국내동향

3.1 청정기술 개발 현황 및 과제

국내에서 청정기술에 대해서 관심을 갖기 시작한 것은 1980년대 말이다. 이와 같은 관심은 1990년 10월 12일 서울대학교 환경안전연구소가 주최한 "클린 테크에 의한 환경관리" 주제의 국제심포지움을 계기로 확대되기 시작하였고, 이어 클린텍연구회(회장 이화영)가 결성되었다. 이어서 과학재단 우수연구센터 사업으로 청정기술 ERC 신청을 계기로 모인 20여 명의 화공 및 환경관련 연구자들은 클린텍 연구회를

결성하여 해외의 관련정보 수집 및 청정기술의 개념을 국내에 확산하기 시작하였다. 1992년에는 한국화학연구소가 청정기술연구실을 설치한바 있고, 1993년 과기처의 연구회 지원계획에 따라 클린텍연구회를 중심으로 환경오염 사전예방연구회가 결성되어 세미나 개최, 청정기술상 제정 등의 활동을 하고 있고, 1996년에는 청정기술상 응모대상을 중심으로 사례집을 발간하였다.

1992년부터 시작된 국가적 선도기술개발사업 (일명 G7 프로젝트) 중 환경공학기술개발 사업의 7대 분야의 하나로 청정기술이 포함되어 2개의 중과제가 수행되었다. 당초의 연구기획에서는 청정기술 분야로 (1) 저 오염/무공해 공정기술개발, (2) 청정물질 개발 및 생산기술, (3) 디젤자동차 배출가스 방지 장치 개발의 3개 중과제가 도출되었으나 청정물질 개발 및 생산기술 과제의 주 내용인 분해성 고분자, 계면활성제, 무공해농약 개발은 G7 프로젝트의 하나인 신 기능 생물소재와 연구영역이 중복되어 그리로 이관되었다. 그럼으로 청정물질개발연구 프로젝트는 환경 프로젝트 밖에서 별도로 진행되었다. 자동차 배출가스 저감 기술은 한국기계연구원이 주관기관이 되어 진행되었으나, 청정기술의 한 특수분야라고 할 수 있음으로 첫 번째 과제 저 오염/무공해 공정기술이 사실상 청정생산기술개발의 본류가 되었으며 서울대학교 환경안전연구소가 주관하였다. 이 중과제는,

- (1) 크리스탈 유리산업에의 무오염 시스템 개발
- (2) 도금공정으로 부터 유가금속 회수기술 개발,
- (3) 유지공업의 부산물로 부터 유가자원의 회수 및 재이용,
- (4) 금속가공 공정의 오일함유 폐액의 감량화 및 재이용 시스템 개발

의 4개 소과제로 구성되어 있어 청정기술의 극히 일부에만 국한된 연구가 1단계로 3년간 진행되었다.

이를 보완하기 위하여 제 3차년도에는 다음의 4과제가 추가되었다.

- (1) 스테인레스강의 청정산세 기술개발,
- (2) 니트로화 반응의 클린 프로세스화 연구,
- (3) 폐수저감을 위한 염료제조 산업에서의 저 오염 공정기술,
- (4) 전해법에 의한 인쇄회로기판 제조공정의 식각 폐수로부터 식각용액의 재생 및 구리의 회수 등이다.

그리고 1995년부터 시작된 G7 프로젝트 제 2단계 사업은 청정기술분야가 지금까지의 저 오염/무공해 공정 외에 청정제품개발과 청정기법 개발의 2개 중과제가 추가되어 크게 확대되었다. 현재 추진중인 청정기술분야 연구과제는 다음의 표 3.과 같다.

한편 산업계에선, G7 과제에 적극 참여하여 청정기술을 중요시하기 시작하였으며, 중소기업의 개별사업장에서 이루어지고 있는 환경개선 작업 및 처리장치의 개발에 의해 상당수의 청정기술이 개발되어 운영중이나 아직 체계적인 현황조사는 이루어지지 않은 상태이다.

청정기술은 제품의 전주기에 걸친 자원 활용성 및 환경위해성의 고려, 사후처리가 아닌 사전예방적 기술 같은 새로운 개념이나 이를 실제로 적용하는데 필요한 기술들은 그 모두가 새로이 개발되어야만 하는 것은 아니다. 기존의 알려진 단위 조작이나 처리기법을 활용하여 환경문제를 해결하되 앞서 말한 새로운 개념에 부합되도록 하면 되는 것이다. 또한 실제 청정기술 수요자는 산업제품의 생산 및 분배를 담당하는 산업계로서 산업계의 요구에 맞는 기술을 개발하여야 할 필요가 있다. 청정생산기술의 적용대상은 중소기업형 생산공정을 선정하는 것이 환경개선의 효과가 크다. 금속표면처리업, 섬유가공업, 화학물질 제조업, 제지업, 피혁가공업, 축산업등을 들 수 있다. 한편 청정생산 기술의 적용범위를 비용 기준으로 검토하면 우선 초기 투자가 적게드는 기술부터 적용하는 것이 바람직하다. 예를 들면 작업자 재교육, 표준작업지침작성, 작업순서 재배치, 원료전환, 공정 폐기물의 재활용, 장치개조, 공정 최적화, 신공정개발의 순서가 된다.

이상의 검토에서 알 수 있듯이 현재 국내의 청정기술은 도입기에 있다고 할 수 있으나 많은 청정기술의 적용사례가 발굴되고 있으며, 이를 촉진시켜 전 산업에 보급시키기 위하여 환경오염사전예방연구회는 1994년 “청정기술대상”을 제정하였다.

3.2 한국청정기술상

청정기술상의 효시는 불란서가 1980년부터 환경처 주관으로 시행되고 있는 Le Concours “Industry and Environments” 라고 볼 수 있다. 기업체를 대상으로 청정기술상, 녹색상품상, 국제협력기술상 (Technology

대(중)분류	연구과제명	연구기관	연구책임자
저오염/무 공해공정 기술	스테인레스강의 청정산세기술	산업과학기술 연구소	전희동
	니트로화 반응의 클린프로세스화 연구	인하대학교	이본수
	전해법에 의해 인쇄회로 기판 제조공정의 식각폐수로부터 터 식각용매의 재생 및 구리의 회수	서울대학교	오승모
	폐염화유기물로부터 유용자원 회수 및 재활용 기술개발	한화종합화학	조주환
	청정기술에 의한 발효 아미노산의 분리와 폐액의 활용	광주과학기술원	문승현
	재지슬러지 재활용 기술개발	한솔기술원	임하연
	김차산업에서의 염수재이용기술	서울대학교	김병기
청 정 기 술	환경친화성 계면활성제 개발	(주)엘지화학	오성근
	청정고분자 제품개발	한국과학기술원	임선기
	Halone대체 소화시스템 개발	한국기계연구원	김명배
	인산염 대체 빌더용 충상실리케이트 개발	한국화학연구소	이정민
	석유폐기물로 부터 고강도 콘크리트 제조용 유동화제 및 무기분산제 개발	국립여수수산 대학교	최상원
청정기법 개발	전과정 평가의 기법개발과 국내산업에의 적용	한국과학기술원	구자공
	저공해 염색가공 기술	한국화학연구소	오세화
	도금공정의 청정화 기법개발	한국기계연구원	노병호
	환경친화성 생분해성 고분자의 규격 및 시험방법개발	한국과학기술 연구원	신평균
	중소기업에서의 청정생산체제 구축을 위한 프로그램 개 발	한국환경기술개발 원	신명교

Table 3. 현재 추진중인 청정기술분야 연구과제

without Frontier) 으로 나누어 시상하고 있다. EU 도
불란서의 영향을 받아 1987년부터 “European Better
Environment Awards for Clean Technology” 를 시상하
고 있다.

미국은 1992년에 제 2회 청정기술상 (Awards for
Pollution Prevention) 을 시상하였는데 840 기관에서
신청하여 6개 분야에 걸쳐 17개 기관이 수상하였다.
여기서 6개 분야는 (1) 환경단체, (2) 지방정부, (3)
산업체, (4) 주정부, (5) 교육기관, (6) 중앙정부로 나

뉘어져 기술개발 프로그램만 아니라 환경오염의 사
건예방 노력에 공헌한 기관을 사회부문별로 심사하
여 시상하는 것이 특징이다.

환경오염사전예방연구회가 환경부와 삼성전자 후
원으로 1994년에 시행한 제 1회 청정기술대상 수상
기술의 내용을 끝 부분에 첨부하였다. 이는 한국의
청정기술의 실상을 반영하고 있기 때문이다. 대상
을 수상한 (주) 팔마의 고강도 콘크리트판 제조기술
은 슬식의 구공정을 건식의 신 공정으로 개선한 새

로운 clean process 로서 환경오염의 개선 효과량은 크지 않으나 중소기업의 창의적 노력임과 동시에 신공정이라는 점에서 대상으로 선정되었으며, 우수상의 저공해 오일필터는 clean products 에 해당된다.

그리고 환경부가 1994년 말 입법한 “환경기술개발 및 지원에 관한 법률”에 따라 환경기술상의 5개 부문중의 하나로 청정기술상이 제정되어 95년부터는 환경오염사전예방연구회의 청정기술 대상은 여기로 흡수되어 실시되고 있다. 다음 표 4는 1995년 환경기술상 청정기술부문 추천기술 및 개발내용이다.

3.3. 청정기술개발지원을 위한 법률개정

한국 통상산업부는 위와 같은 청정기술개발 보급을 위해 1995년 “환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률”을 제정하였다. 법률의 주요내용은 다음과 같다.

1. 환경친화적 산업구조로의 전환촉진

(1) 산업구조 전환 촉진을 위한 종합시책의 수립·추진

- 5년 단위의 종합시책을 수립, 고시
 - 산업구조의 현황과 장기발전 전망

- 산업구조전환 촉진을 위한 목표설정과 이의 달성을 위한 대책
- 업종별 공정개선, 청정생산기술개발, 에너지소비절약 방안
- 환경산업의 육성방안
- 환경경영인증제도 실시방안
- 환경친화적인 산업구조로의 전환촉진을 위한 기준을 제시
 - 환경친화도 : 오염물질 배출량을 기준으로 하여 환경부하정도 측정
 - 에너지소비수준 : 에너지원단위를 기준하여 에너지저소비형구조로 전환유도
 - 공업용수 사용수준 : 공업용수 절약공정 및 재활용증대
 - 자원재활용율 : 원료조달 및 생산공정에서의 자원절약, 후처리기술 개발에 의한 회수율 증진
 - 부가가치율 : 업종별 부가가치생산액의 변화 추이

(2) 구조전환 촉진을 위한 산업환경실천계획 수립, 추진

- 업종별, 품목별 사업자단체는 구조전환을 효율적으로 추진하고 환경친화적 산업활동을 촉진하기

분야	산업체명 (개발자명)	개발기술명	기술개발내용	경제/환경효과
인쇄	한양화학 공업(주) (김성규)	수성발포 벽지용 잉크	유성원료에서 수성 아크릴 수지와 물을 사용하는 수성 발포 벽지용 잉크 개발	- 년 24억 매출 효과 - 수성이므로 작업공정에서 화재위험성이 없고 공해 방지시설의 설치 비용절감 및 대기오염 방지
건축/토목	환경관리공단 달성사업소 (임영택)	석분을 이용한 점토벽돌 및 그 제조방법	석제가공 폐수처리 시 발생되는 슬러지를 이용하여 재활용 적벽돌 생산	- 연간 4억 5천만원 예산절감 - 매립장문제 해결 및 폐기물의 자원화
기계	한화기계(주) (박시찬)	에너지 절약형 음극선 관용 패널조립체의 열처리 기술	기존의 Neck Sealing Lehr 방식의 열처리 방식 및 구동시스템 개선	- 에너지 57%절감 - 대기환경 보전에 기여
자동차	현대자동차 (주) (김용한)	자동차 Seat foam제조공정에서의 CFC 100%삭 제	자동차 Seat foam 제작시 기존의 발포제인 CFC대체 공정개발	- 오존파괴물질인 CFC 미사용으로 대기환경보전에 기여

Table 4. 1995년 환경기술상 청정기술부문 추천기술 및 개발내용

위하여 산업환경 실천계획(5년단위)을 수립하여 추진

- 원료조달 단계에서의 환경부하를 감소시킬 수 있는 원료 및 연료조달 방안, 재생자원 활용 제고방안
- 생산공정에서의 에너지절약 및 온실가스저감 방안, 오염물질제거 및 감축방안, 부산물유효이용방안, 용수재이용 확대방안 등 생산공정 개선에 관한 사항
- 폐기 단계에서의 폐기물감량화, 자원재활용 확대방안
- 환경친화적 제품개발등 대체상품개발 계획

2. 환경산업 및 청정생산기술 지원

(1) 환경산업육성

- 환경산업육성대책 수립 시행
 - 환경설비 산업육성을 위한 설비기술개발지원, 품질인증제실시
 - 설계, 감리 등 엔지니어링 부문에 대한 육성방안 수립
 - 공공분야의 환경설비공사에 대한 발주제도개선 (콘소시움 형태 또는 건설공사와 분리발주)
 - 환경친선행등 신규분야에 대한 지원방안
- 환경설비 공제사업 실시
 - 개발된 환경설비기술의 실용화에 따른 기업의 초기 위험부담을 줄이고 품질 및 하자보증을 위한 공제사업실시

(2) 청정생산기술지원

- 청정생산기술개발을 활성화하기 위해 공공연구기관중 청정생산기술개발센터를 지정 운영하고 기술지원을 강화
 - 생산기술연구원, 화학연구소, 기계연구원, 국립기술품질원, 한국과학기술연구원, 에너지기술연구소, 환경기술개발원, 에너지관리공단 8개 전문연구기관
- 산업 및 에너지분야의 청정생산기술개발지원
 - 산·학·연 협동개발 활성화, 청정생산기술정보 보급확산, 개발기술의 실용화 지원
- 기술인력교육 및 기업에 대한 기술지도 확대
- 선진국과의 청정기술교류 및 협력개발사업 지원

4. 맺는 말

청정기술의 보급에 있어서의 큰 문제는 청정기술이 환경기술 보다는 생산기술에 가깝다는 것이다. 청정기술은 기존 공정의 개선 또는 신 공정 대체를 주요 내용으로 하고 있기 때문에 기본적으로 생산공정 기술의 성격을 갖는다. 따라서 청정기술의 보급은, 이러한 기술 보급의 동기가 국가적인 산업정책 또는 산업구조 전환에 의한 것일 때 더욱 촉진되어질 수 있다. 더구나 현 국내 환경산업은 그 동안 EOP기술에만 치중해 왔기 때문에 자발적으로 청정기술과 청정공정 개발에 앞장서 나가기는 어려운 점이 많다. 따라서 환경기술혁신과 개념전환을 유도할 수 있는 환경기준 및 규제 강화 없이는 청정기술의 개발과 도입은 어렵다고 보아야 할 것이다. 이러한 관점에서 청정기술의 보급을 촉진시키기 위하여는 배출부담금 제도를 강화하여 배출량의 억제를 유도하고, 총배출량의 규제 이외에 배출량 저감률을 고려의 대상으로 하며, 새로운 규제 목표치의 예고제를 도입하여 기술적으로 준비할 수 있는 여유를 주고, 청정기술을 시도하는 경우는 일정기간 판정을 유예하는 등 탄력적으로 운영되도록 하는 것이 좋다.

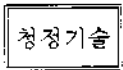
정부는 청정기술을 전담하는 부서를 설치하거나 지정하는 것이 바람직하다. 전담 부서는 최소한 환경부, 통산부 및 과기처의 입장을 대변할 수 있어야 하며 청정기술이 갖고 있는 속성인 기술개발과 산업계에의 활용이 조화될 수 있어야 한다. 청정기술 전담 부서는 연구개발, 실시기업의 인센티브, 개발기술의 보급, 성공사례의 홍보, 국제정보의 수집 보급 등을 담당하게 한다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 환경부와 통산산업부의 협조와 조율인 바, 이의 성공도에 따라 청정기술 및 환경산업의 육성이 좌우될 것으로 본다. 이를 위해서는 한국청정기술학회의 여러 전문가들의 각별한 노력이 필요하겠다.

끝으로 청정기술은 다음세대를 위한 지구적 환경보전 및 지속가능한 개발을 위한 유일한 기술적 해결방법이다. 청정기술의 개발과 보급을 위해서는 국내 관련 전문가들의 노력 뿐만 아니라, 국가간의 청정기술 관련 정보와 경험의 교환 및 기술협력이 중요한 것은 새삼 강조할 필요가 없겠다.

5. 참고 문헌

- (1) "The Promotion and Diffusion of Clean Technologies in Industry", OECD (June 1987).
- (2) 이철호, 과학기술처 "국가 환경과학기술 종합기획연구" 정책연구보고서중 청정기술분야 기초원고 (1994)
- (3) 박원훈, "청정기술의 국내외 개발 동향과 한국의 전략", 첨단환경기술, 12월(1994)
- (4) 박원훈, "환경친화적 청정 기술의 현황과 전망", 이승무 교수 정년 퇴임기념 심포지움, 연세대학교 알렌관 (1995)
- (5) 환경부, "환경백서" (1996)
- (6) 환경오염 사전예방 연구회, 한화그룹 ECO-2000 추진본부 편저, "청정기술의 도입과 사례" (1996)
- (7) 배재홍, "청정기술 개요 및 사례 연구", 한국화학공학회 생물화공부문위원회, 생물화공 (1996)
- (8) 통상산업부, "선진 청정기술의 사례분석 및 국내 적용 청정기술의 도출", 한국청정기술학회 보고서 (1966)

<참고> 국내 청정기술개발 사례



고강도 콘크리트관 제조 신 기술

기술의 배경

산업의 발달과 건축물의 고층화, 차량의 고속화 및 중량화 수송장비의 대형화로 인하여 지하나 도로에 묻히는 관은 더욱 고강도관을 요구하게 되었다.

기존의 원심력 제조기로는 강도문제, 폐수슬러지의 다량 발생, 자동화의 어려움 등으로, 콘크리트관 제조가 3D 산업으로 전락하였다. 기존의 방법으로 제조한 제품은 KS 규격의 90%수준을 상회하기 어려웠으며, 제품중량의 약 40% 정도가 폐수로 발생하고, 약 5-8%가 슬러지로 발생하고 있다.

콘크리트관의 강도를 높이고, 생산원가를 낮추며, 환경문제를 해결하기 위하여 본 기술을 순수 국내 독자 연구로 개발하게 되었다

기술의 설명

본 기술은 건식성형법으로 원심력과 진동을 이용하여 관을 형성한 후 전압공정에 의해서 관의 내부를 다져줌으로써 고강도 콘크리트관을 제조하는 기술이다. 물과 시멘트의 비가 낮고, 진동, 원심, 전압 등 3가지 성형방법을 조합하여 고강도 콘크리트관을 제조하며, 폐수 및 슬러지 발생량을 크게 감소시켰다.

물의 사용을 최소화하여 콘크리트관 제조시 필수적으로 발생하는 폐수문제의 해결과 아울러 건조양생 시간을 단축하여 동력비를 절감하였다. 또한 KS 규격보다 높은 강도를 갖는 콘크리트관을 제조할 수 있게 되었다.

경제적효과

- 생산성 : 28% 증대
- 양생비용 : 42 % 절감
- 인력절감 : 4명에서 3명으로 감소
- 산업폐기물 처리비용 : 연간 52,650,000원 절감

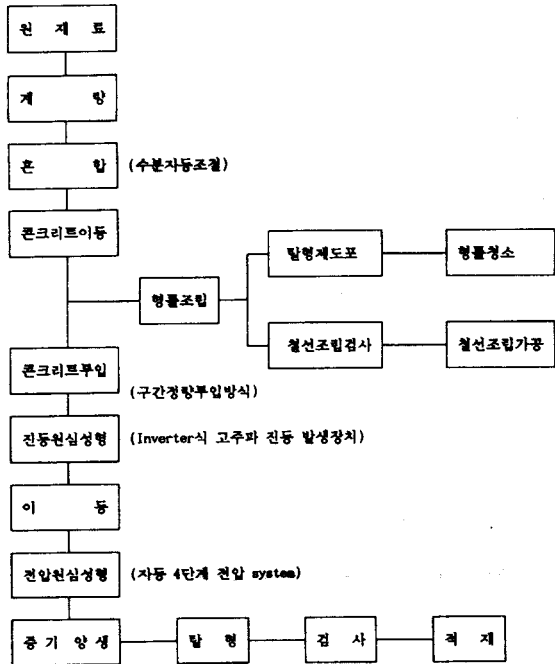
환경적효과

- 제품중량당 슬러지 발생량
 - 기존제조공법 : 5.9%
 - 신 공법 : 0%
- 제품중량당 폐수 발생량
 - 기존제조공법 : 37.1%
 - 신공법 : 0%

연락처

(주)팔마
전북 완주군 봉동읍 장구리 43-1
전화 : 0652-251-6801

공정도 - Cevicon pipe 제조공정 (개발후)



청정기술

저공해 오일 필터

기술의 배경

내연기관이 발달함에 따라서 엔진의 성능이 향상되고, 엔진오일이 개량되었다. 그러나 엔진오일 필터는 과거 70-80년 전부터 개선됨이 별로 없이 1회용으로 생산되고 있다. 기존의 오일필터는 엔진의 회전에 의해서 순간 상승압이 발생하며, 여과 표면적이 적으므로 수명이 짧아 폐필터와 폐유를 많이 발생하는 문제가 있다.

이러한 단점을 해소하기 위하여 기능이 우수하며, 장기간 사용할 수 있는 고성능의 오일필터의 개발이

필요하게 되었다.

기술의 설명

오일필터는 여과 표면적이 커야 하므로 본 트라스코 필터는 재래식 필터에 비해서 500-1000배 정도로 표면적을 크게 하여 필터의 수명을 연장하였다. 기존의 오일필터는 10-40마이크론 크기의 고체 불순물만을 여과하므로 순환유의 오염이 빨리 진행되며, 여과지 1매만을 통과하는 수평여과방식이므로 여과능력이 적고 필터가 쉽게 막히는 단점이 있다. 본 필터는 0.01-1마이크론의 고체 및 액체 불순물을 여과하므로 오일의 수명이 길어지며, 수직관통 심층여과방식을 사용하여 여과 통과층이 종래의 258배로 증가하였다.

경제적효과

- 기존의 필터
 - 3,000 ~ 5,000km 주행시 오일 및 필터를 교환해야함.
 - 10~40마이크론의 불순물을 통과하므로 엔진의 수명이 짧아짐
- 트라스코 오일 필터
 - 10,000 ~ 15,000 km 주행시 엘리먼트만 교환하고 오일과 필터는 교환하지 않음
 - 0.01 ~ 1마이크론의 고체 및 액체 불순물을 여과하므로 엔진수명이 길어짐

환경적효과

- 폐오일 월간 약 16,000,000리터 미수거 방지
- 폐필터 월간 약 3,300,000개
- 트라스코 필터 사용시
 - 오일교환이 필요 없으므로 폐오일의 발생이 거의 없음
 - 필터 엘리먼트만 교환하고 교환주기도 3배 길어지므로 폐기물 발생량이 매우 적음

연락처

트라스코코리아
 경기도 부천시 오정구 삼정동 19-27
 전화 : 032-682-5711

청정기술

폐용매의 회수 및 재활용 기술

기술의 배경

대부분의 공장에서는 용매회수방법을 통하여 배출되는 폐수량 및 그 성분을 최소화함으로써 경제적인 이익을 얻는 동시에 폐수처리의 부하를 낮추려고 하고 있으나 용매회수를 위한 기술은 일정한 법칙하에 운용되는 것이 아니고 대상물질의 성분 및 양에 따라 집중적이고 체계적인 연구가 필요하다.

대용화학주식회사는 의약품을 합성하는 회사로서 폐수의 농도가 기준치를 초과하므로 공동폐수처리장에서 처리할 수가 없으므로, 폐기물 업자에게 높은 처리 비용을 지불하면서 폐수처리를 하였다. 이를 해결하기 위하여 폐수중의 용매를 회수하는 공정을 개발하게 되었다.

기술의 설명

폐기물 처리의 기본개념은 감량화, 무해화 및 재활용이며 산업폐기물 처리의 경우 기업의 경제적 운영을 감안하여 폐기물의 재활용에 주력하고 있다. 본 용매 기술은 특수 증류방식을 채택하여 설계하였으며, 훗날 다른 종류의 용매에도 적용할 수 있도록 고안하였다.

본 기술을 공비증류 방식을 이용하여 용매를 분리 회수하는 기술이며, 이를 위하여 최적공비제를 선정하였고, 기-액, 액-액 평형 데이터를 구하였으며, Packed tower를 설계하였다. 본 기술을 개발하는 과정에서 축적된 공비증류시스템의 Know-how는 유사 용매 회수공정에 응용될 수 있다.

경제적효과

- 수입대체 : 2-부탄올 (400톤/년, 5억원/년)
- 원가절감 : 기존대비 18% 감소
- 폐수처리 : 부하감소
- 추가시설 불필요

환경개선의 효과

환경적효과

- 고순도 용매로 회수 (99.9%)
- 유기물 완전 제거후 배출
- 환경오염 해결

연락처

대용화학(주)

경기도 화성군 향남면 상신리 906-5

전화 : 0339-353-5271

청정기술

스테인레스 공장 분진 재활용 기술

기술의 배경

스테인레스 스틸의 제조공정에서 연간 13,900톤의 dust가 발생하고 있으며, 공정의 특성에 의해서 재활용이 불가능하여 환경관리공단 온산사업소에 전량 위탁처리하고 있는 실정이다. 이 dust는 환경공해에 심각한 문제점을 내포하고 있는 특정 산업폐기물로서, 폐기절차가 복잡하여 톤당 350,000원을 지불하며 위탁처리를 하여 왔다.

이 dust를 활용하며 환경오염을 방지하기 위하여, 부산물의 효과적인 처리를 통하여 고가의 유가금속을 회수할 수 있는 환경청정기술인 단광 (Briquette) 을 제조하는 기술을 개발하게 되었다.

기술의 설명

스테인레스스틸 제강공장에서 집진된 dust는 conveyor belt에 의해 혼합기로 이송된 후, binder와 물을 투입하여 혼합한다. Briquetting machine에서 건조하여 성형된 단광은 bag에 포장되어 저장된다.

이를 전기로에서 용해하여 스테인레스스틸 원료로 재활용하게 된다.

경제적효과

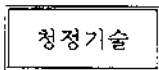
- 장치의 운전비 (A) : 2,936,828천원
- 회수비 (B) :
 - 유가금속회수비 : 3,850,000천원
 - 폐기물처리비 절감 : 4,865,000천원
 - 소계 : 8,715,000,000원
- 원가절감 (B-A) : 5,778,172,000원
- 투자비 회수기간 : 20억(설비투자비) ÷ 57.7억 (년간원가절감비) = 0.34년
- 약 4 개월만에 투자비를 회수함

환경적효과

- 인체에 극히 유해한 중금속 분진의 공장내 및 인근에로의 확산을 원천봉쇄하여 환경오염의 소지를 제거하였다.
- 중금속 분진중 값비싼 중금속을 회수 재활용함으로써 제품의 원가절감에 기여하였다.
- 개발된 기술은 동종산업체에 이전되어 환경오염을 방지하기 위해 응용될 수 있다.

연락처

포항종합제철(주)
 경북 포항시 괴동동 1번지
 전화 : 0562-220-0232



합침공정 무방류 시스템

기술의 배경

한화자동차부품(주)에서는 자동차 부품중 water pump와 oil pump를 생산하는 회사이다. 이 회사가 생산하는 제품중에서 oil pump는 Al diecasting으로 생산하는 데 공정후 가공 완료된 제품의 내부에 미세한 기공이 존재할 수 있으므로 누출의 원인이 된다. 이 미세한 기공에 합침액을 침투시킴으로써 누출을 방지한다. 이러한 공정을 합침공정이라 하는 데 이 과정에서 사용되는 합침액이 필요한 양보다 과다하

게 사용됨으로써 비용 증가의 원인이 되고, 또한 세척 과정 중에 발생하는 폐수는 그 농도가 높고 난분해성이어서 폐수 처리의 어려움이 많았다.

기술의 설명

1차적으로 합침액을 최대한 회수하기 위하여 세척조 전 공정에 원심분리기를 설치하여 제품 표면에 묻은 합침액의 회수율을 높였다. 2차적으로 세척조에 함유된 합침액의 비중을 물보다 낮게 하기 위하여 합침액의 종류를 변경한 후 합침액 회수장치(SRS)를 설치하여 세척수 상부에 부유한 합침액을 합침조에 배수되도록 하였다. 또한 경화조에도 백필터를 설치하여 함유된 이물질들을 제거함으로써 세척조와 경화조의 물을 반영구적으로 계속 사용할 수 있도록 개선하였다.

경제적효과

- 개선에 따르는 투자금액
 - 원심분리기 : 14,000천원
 - SRS설치 : 50,000천원
 - 계 ; 64,000천원
- 개선에 의한 연간 비용절감
 - 합침액 절감 : 27,000천원/년
 - 폐수처리절감 : 11,500천원/년
 - 계 : 38,500천원
- 투자회수기간 : 1.6년

환경적효과

- 폐수 무방류
- 용수 사용량 절감 : 230 Ton/년
- 폐수처리장의 부하감소로 처리 효율 향상
- 국내 합침설비중 최초 설치로 동종업계의 파급효과가 클 것으로 예상됨

연락처

한화자동차부품(주)
 충청남도 천안시 두정동 43
 전화 : 0417-61-5890

구공정과 신공정의 비교

