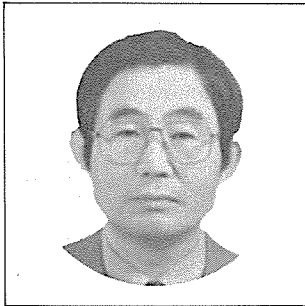


클린텍(Clean Technology)의 국내외 동향

# “새 物質文明 평가·대응에 世界各國 정보교환 긴밀”



李 華 榮

〈서울대 工大교수·化工學〉

오염이란 말은 너무나 자주 신문지상에 등장하는 반갑지 않은 단어이다. 소음공해, 악취, 상수원 오염, 공기오염, 해양오염 등은 지구의 환경보전을 통한 인간의 생존을 위해서 이를 방제(방지하고 제거함)해야 한다는 데에 누구나 인식을 같이하고 있다. 지구상에 인류가 적었던 원시사회에서는 자연환경과 자연자원만으로도 인간의 생존에 지장을 주지 않았으나 인구의 증가와 인간문명의 발전에 따른 산업의 고도화 및 다양화로 인하여 자원의 물리, 화학 및 생물학적 가공이 불가피하게 되었고 이는 곧바로 환경변화와 오염원을 유발시키는 결과를 가져오고 있다.

현대 생활에서 필요한 인공적 제품의 순환과정은 ① 자연자원으로 부터 제품생산에 필요한 원료의 추출과정 ② 이물질로부터 인간에게 유용한 제품의 생산과정 ③ 제품의 저장 및 수송과정 ④ 제품의 이용과정 및 ⑤ 폐기물의 방출 등의 과정을 통해 공기 물 및 토양의 오염을 유발하고 환경의 변화를 가져와 “하나뿐인 지구”를 우리 후세들에게 안락한 생존의 터전으로 넘겨줄 수 없는 위험에 처해 있다.

인공적인 물질중에서도 특히 화학물질은 지구

환경에 가장 심한 영향을 미친다. 과도한 화석에너지의 이용은 산성비를 만들고 이는 인간생존에 필요한 식물성장에 많은 악영향을 주며 위험한 액체 및 고체형태의 화학폐기물은 강 및 바다의 오염은 물론 지하수마저 오염시켜 동식물의 생태계에 변화를 주고 있다. 이미 잘 알려져 있는 인공제품에 의한 환경문제를 몇가지 요약하면 <표-1>과 같다.

지구 전체의 문제를 볼 때 1986년도에 체결된 몬트리올 의정서에서 규제하기로 한 CFC(Chlorofluorocarbon)의 경우 대기 상층권에서 오존층을 파괴함으로써 지구 생태계에 심각한 영향을 주게 되었으며 CO<sub>2</sub>나 CH<sub>4</sub>에 의한 “온실효과” 역시 지구상의 온도상승 효과를 가져와 생태계에 큰 부작용을 유발하고 있다.

지역적으로는 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>에 의한 산성비로 인해 농업용수는 물론 금속의 부속문제가 제기되고 자동차 배기가스로 부터의 납이나 CO에 의한 문제 및 인도 Bhopal에서 발생한 Methyl isocyanate와 같은 유독물질의 누출, Cd에 의한 Itai-Itai병 등 화학물질에 의한 환경오염은 화학기술자들이 해결해야하는 가장 중요한 과제라 할 수 있다.

화공기술자는 화학물질의 제조 및 처리과정에서 전적으로 관련되어 있기 때문에 환경측면에서 이것들을 안전하게 관리할 책임이 있으며 환경보존이야말로 화공기술자들이 미래에 당면할 가장 중대한 도전분야이다. 화공기술자들이야말로 “화학물질의 요람으로부터 무덤”에 이르기까지 이들을 관리할 수 있는 가장 잘 훈련되어 있는 책임 있는 위치에 있기 때문에 이들로부터 야기될 수 있는 문제들을 미리 예견하고 방지해야 한다.

그렇게 하기 위해서는 ① 모든 공정을 보다 안전하게 그리고 오염물질이 적게 발생하도록 해야 하고, ② 위험한 폐기물들의 독성을 줄이고 관리할 수 있는 보다 좋은 방법을 개발해야 하며, ③ 환경에 미치는 화학물질의 속성을 이해하고 화학물질이 인체와 생태계에 미치는 영향을 숙지해야 한다. ④ 또한 근원적으로 환경에 영향을 미치지 않는 청정에너지 및 물질의 개발은 물론 환경오염을 최소화 하기 위한 물질 및 에너지의 효율적 이용기술의 개발이 있어야 한다.

인류의 생존을 위한 과학의 지속적인 발달과 더불어 새로운 기술, 새로운 물질등을 대상으로 한 연구가 지속되게 되며, 이때 인간이 이러한 환경에 대한 새로운 도전을 하기 위해서는 신제품, 신기술, 신원료가 생태계에 물리적 또는 생물학

적으로 어떤 영향을 줄 것인가를 조사하고, 생태계의 반응이 인류 및 동식물에 노출되었을 때 동식물의 건강에 끼치는 어떤 영향을 줄 것인가를 조사하여 그 결과를 Feedback시켜 동식물의 생태계와 지구환경에 영향을 주지 않는 방향으로 추진하는 것이 화공기술자들이 해야하는 당면과제라고 할 수 있다.

### 클린텍(Clean Technology)이란?

클린텍(Clean Technology)이란 한마디로 요약하면 보다 효율적인 생산과 보다 적은 오염물질을 배출하는 기술을 뜻한다. 다시말해서 물질 및 에너지 절약기술과 오염방제기술을 지향하는 기술이다.

최근까지의 환경정책은 오염물질이 발생한 후에 이를 처리하는 기술에 의존하여 왔고 이러한 기술의 개발에 중점을 두었다. 그러나 기존의 End of Pipe Technology는 ① 투자비와 운영비가 높다. ② 배출되는 오염물의 종류와 양은 증가하는 반면에 규제가 엄격해지고 있는 환경기준에 맞추기 어렵다. ③ 에너지 및 자원의 낭비를 감소시킬 수 없는 단점을 지니고 있다.

따라서 발생된 오염물을 단순히 처리하는 방식에서 에너지와 자원의 소비를 줄이면서 오염물의 발생을 원천적으로 없애거나 극소화시키는 방식으로의 전환이 절실히 요청되고 있다.

따라서 ① 오염물질의 발생을 원천적으로 없애거나 오염물의 양과 환경에 대한 유해성을 극소화시키고 ② 효율적인 관리를 통하여 에너지와 자원의 소모를 감소시키는 것이 클린텍의 주된 목적이다.

이러한 클린텍의 목적을 달성하기 위한 방법은 ① 새로운 생산공정을 도입하거나 기존의 공정을 수정하여 오염물의 발생 및 에너지, 원료, 물등의 소비를 극소화하는 생산공정의 최적화 연구, ② 발생된 폐기물에서 에너지, 원료, 물등을 회수하여 재이용하거나 폐기물을 가공하여 2차 생산품을 만듦으로써 경제적 및 환경보존의 효율성을 극대화하는 연구, ③ 기존의 제품과 성능은 유사

<표-1> 잘 알려져 있는 환경문제

구 분	환 경 문 제
전세계(지구)	Chlorofluorocarbon이 지구 오존층에 미치는 영향, 탄산가스 등의 “온실효과”에 의한 지구온도 상승, DDT, PCB
지 역	산성비(NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> ) 산업폐수의 농업용수에 대한 영향
도 시	자동차 배출물중 공기부유 납, 자동차 배출물 중 NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO, H.C 등 광화학적 산화물(예 : Ozone), SO <sub>x</sub> , 분진물
특 수 장 소	유기화학물질 폐해, 인도 보팔에서 methyl isocyanate 사고, Cadmium에 의한 Itai-Itai병, 실내공기(formaldehyde, asbestos, NO, CO)

하지만 환경에 대한 유해성이 보다 적은 에너지 및 신물질의 개발연구등 세가지로 분류될 수 있다.

앞에서 언급한 클린텍의 접근방법에서 보듯이 자연환경의 보존적 측면에서 클린텍은 기존의 “End of Pipe Technology”에 비하여 그 적용범위가 넓고 보다 근본적인 해결방법을 제시하고 있으므로 유럽, 일본, 미국 등 선진국에서는 최근 10년 사이에 클린텍을 환경정책의 기본골격으로 삼고 연구개발 및 교육홍보에 적극적인 노력을 기울이고 있다. 또한 클린텍의 적용에는 오염방지기술 뿐만이 아니라 새로운 제조공정이나 신제품의 개발등 고도의 기술을 필요로 하므로 화학, 생물, 환경공학, 화학공정 기술에 대한 전문지식을 가진 연구자들이 모여 공동으로 연구개발을 해야 그 성과를 기대할 수 있다.

## 국내외 동향

지구의 환경문제를 해결하는데는 기존의 “End of Pipe Technology”를 지양하고 새로운 클린텍으로의 전환이 불가피함을 인지하여 1970년대부터 유럽, 미국, 일본등의 선진국이나 인도, 브라질같은 개발도상국에서 클린텍의 연구개발에 관심을 갖고 상호간의 정보의 교환과 기술이전을 도모하고 있다. 이러한 공동목표가 응집되어 1987년에 국제 클린텍 협회가 발족되었으며, 현재 오스트리아의 비엔나에 본부를 두고 있다. 국내외의 클린텍의 연구개발내역과 현황은 다음과 같다.

**유엔환경 계획 :** UNEP의 IEO(Industry and Environment Office)에서는 산업발달과 자연환경 보존을 양립시키기 위해서는 전 세계저공로 무오염물 기술이나 폐기물의 회수 및 재이용(reutilization and recycling of wastes) 기술을 확대 보급해야 한다는 인식을 갖고 있다. 따라서 1977년부터 UNEP는 유럽 경제위원회와 공동으로 LNWT기술을 축적하여 1987년 1월경에는 화학, 제지산업과 같은 주요산업체에 적용시킬 수 있는 LNWT 기술을 129종 수집하였고 이것을 UNEP/IEO에서 유럽외에도 보급하고 있으며 Workshops이나 세

미나를 후원하고 있다.

또한 “CLEANER PRODUCTION”이란 제목의 “newsletter”를 1년에 4회 발간하고 있으며, 특히 도금, 섬유공업, 할로젠류의 용매 그리고 탄닌의 네가지 산업분야에서는 연구그룹을 형성하여 UNEP에 사무소를 두고 클린텍의 성공적인 적용을 위하여 국제적으로 회원을 구성하고 있다.

**유럽공동체 :** 유럽공동체는 1973년부터 시작하여 1977, 1983, 1987년 4차례에 걸쳐 발전적으로 환경문제에 대한 정책을 채택하였다. 1979년 평의회에서 클린텍에 대한 정의를 내리고 3차부터는 기존의 오염처리방식에서 탈피하여 환경오염의 예방적 방식인 클린텍의 개발에 깊은 관심을 가지고 연구개발과 기술이전을 촉진하고 있다. 주목할 사실은 ACE(Action by the Community relating to the Environment) 프로그램을 계획하여 ① 클린텍의 개발, ② 폐기물의 회수 및 재이용 기술의 개발, ③ 유해 폐기물에 의하여 오염된 지역의 정화, ④ 자연환경의 질을 측정하고 추적할 수 있는 방법의 개발등 4가지 연구과제에 의한 “Demonstration Projects”에 대하여 연구비를 지원하고 있다.

“Demonstration Projects”는 실험실이나 pilot 단계에서는 연구가 끝났지만 아직 full-scale 단계에서 충분한 자료가 축적되지 못한 새로운 기술 개발의 완성을 의미한다. 1985년에는 클린텍 개발에 관한 12종의 과제에, 그리고 1987년에는 클린텍 개발과 폐기물 재이용에 관해 모두 24종의 과제에 각각 연구비를 지급하였다.

2차에 걸친 연구지원에서 수행된 연구분야중 대표적인 클린텍 분야는 표면처리, 피혁산업, 섬유산업, 셀룰로오스 및 제지공업, 화학공업, 농식품 등과 같다.

또한, 폐기물의 회수 및 재이용 분야로서도 금속의 회수, 유출수의 재이용, 피혁산업, 광업, 화학, 농식품산업 등을 들 수 있다. 클린텍을 개발하는데 있어서 각나라에서 중복되는 연구를 피하기 위하여 UNEP나 OEC등과 협력하여 전세계적으로 클린텍 기술의 보급을 실시하고 있다.

미 국 : 미국의 환경정책은 환경청의 주도아래 지난 20년간 주로 환경오염의 예방보다는 오염물의 처리에 중점을 둔 end of pipe technology에 의존해 왔다. 이 기술의 개발로 인하여 대기, 수질, 고형폐기물의 관리에 어느 정도 효과를 보았다. 그러나 현재 미국에서 한도시를 제외하고는 대기중 오존의 농도가 기준치를 모두 초과하고 있다.

또한 대부분의 산업폐수에 가능한 최고의 처리 기술에 근거한 기준치를 설정하고 있으나 기준치에 못미치는 수역이 많은 실정이다. 지하수의 오염도 심각하여 음용수의 수질이 저하되고 매년 500~1000종의 새로운 화학물질이 개발되는 실정에서 기존의 end of pipe technology로는 이러한 제반환경문제를 해결할 수 없다는 결론을 내리고 있다.

이러한 인식에서 미국 환경청은 오염방지부를 설치하여 클린텍의 연구개발을 가속시키고 있으며, 미국 환경청에서는 클린텍을 적용함으로써 결국 경제적 이익을 얻을 수 있고 자원의 효율적 이용이 가능하여 오염물의 단순한 전이문제를 해결할 수 있다고 결론짓고 있다.

EPA는 PPOI외에도 산하에 ORD(Office of Research and Development), WRISE(Waste Reduction Institute for Scientists and Engineers), PPIC(Pollution Prevention Information Clearing house), OECM(Office of Cooprtative Environmental Management), OSW(Office of Solid Waste) 등의 기관을 활용하여 클린텍의 개발과 환경정책에 이를 흡수하여 반영하기 위한 정책을 펴나가고 있다.

일 본 : 1983년 일본산업공해방지협회는 일본의 통산성(MITI)의 후원으로 제4차 일본 전지역의 산업폐기물에 대한 조사를 하였다. 그 결과 약 2억2천만 톤의 산업폐기물이 발생함을 확인해냈다. 일본은 협소한 국토로 인해서 매립이나 소각장의 용량이 거의 한계에 도달하였으므로 이 방법은 더 이상의 폐기물 처리방법으로 이용될 수가 없다. 따라서 폐기물 관리의 측면에서 전환이 이루어져야 하고 폐기물의 발생량 감소, 회수 재이용을 위한 클린텍기술의 개발이 정부, 기업 그

리고 소비자의 공동노력으로 이루어지고 있다.

여기에는 기술적 문제뿐만 아니라 경제적 문제가 뒤따르므로 일본정부, 특히 상공부가 이에 대한 중요한 역할을 하고 있으며 많은 연구개발 프로젝트를 추진시키고 있다. 최근 개발중에 있는 클린텍 기술의 예를 살펴보면 다음과 같다.

신에너지 개발기구에서 1983년 이래 폐자원으로부터 알코올 생산을 위한 생물기술연구개발을 하고 있다. 농산물폐기물이나 산림폐기물로부터 알코올을 생산하기 위한 우량 박테리아의 배양, 일정한 알코올 농도를 유지하기 위한 발효공정의 개발 및 고농도의 박테리아를 유지하여 발효효율을 높일 수 있는 고정화 공정의 개발에 중점을 두고 있다.

또한 유전자 조직이나 세포융합에 의하여 새로운 균주를 개발하고 다량의 바이오매스를 높은 온도와 고농도의 조건에서도 고효율로 분해시키는 것도 연구되고 있다. 1983년부터 통산성 주관 아래 열개의 개인회사와 공동으로 100억엔 이상을 투자하여 도시 쓰레기에서 에너지와 자원을 회수하기 위한 연구를 수행하고 있다.

또한 국립환경 및 자원연구기관에서는 도시하수나 산업폐수처리에서 발생하는 슬러지로부터 연료유를 생산하는 연구를 수행중이다. 기존의 슬러지 처리는 탈수, 건조, 연소과정에서 엄청난 에너지를 소모하며 발효공정으로 비료를 생산해도 중금속오염의 문제를 유발하지만 슬러지에 함유된 유기물을 Sodium Carbonate 촉매로 적절한 온도와 압력에서 연료오일을 생산하는 클린텍은 방커C유와 동일한 70,000~80,000kcal/kg의 열량을 지니고 있다. 이것은 통산성의 "Aqua Renaissance- 90" 프로젝트의 중요한 연구과제로 채택하고 있다.

국내동향 : 선진국은 후기 산업화단계에 들어

이 글은 지난 10월12일 서울대 환경안전연구소와 한국공업화학회가 공동주최한 「환경안전심포지움」에서 발표된 것임. …………… 〈편집자 註〉

와 있으므로 제조업분야가 차지하는 비중은 점차 낮아지고 반면에 상대적으로 오염물 배출이나 자원의 소모가 적은 정보산업이나 서비스업 분야가 증가하는 추세에 있다. 그러나 우리나라는 산업화 과정에 있으므로 제조업이 차지하는 비중이 점증하고 있어 에너지의 소비량은 물론 오염물의 배출량도 증가하여 자연환경의 수용능력을 감안할 때 환경기준을 더욱 강화할 수밖에 없다. 따라서 생산과 소비과정에서 에너지와 자원의 최대 이용을 통하여 자원의 보존과 폐기물의 배출량을 최소화시켜야 될 형편이다. 즉, 클린텍의 개발이 절대 필요하다고 볼 수 있다.

그러나 환경보존의 측면에서 우리나라보다 상대적으로 유리한 입장에 있는 개발도상국들은 10여년 전부터 클린텍의 중요성을 강조하고 환경정책에 반영하고 있는 반면에 우리나라에서는 클린텍의 용어조차 대부분 사람들에게 익숙하지 않을 정도로 클린텍의 연구개발과 보급이 극히 미미한 실정이다.

우리나라에서 1년에 발생하는 산업폐기물의 양은 1989년도에 2천2백만톤으로서 1983년도의 1천만톤에 비교할 때 약 2.3배가 증가하였으며 2000년에는 1989년보다 약 3배가 증가한 6천5백만톤이 발생될 것으로 추정된다.

환경문제와 직결되는 화석에너지 소비현황을 보면 1965년과 1985년을 대비하였을 때 무연탄 약 3배, 석유류 21배 등으로 화석에너지의 소비가 급격히 증가하고 있다. 이와같은 고체 및 액체 연료의 사용증가는 상대적으로 대기오염물질의 배출량을 가속화시키는 큰 요인이 되어 대기환경은 날로 악화되어가고 있으므로 산업체 폐가스나 자동차 배기가스 정화용 촉매의 개발등이 시급한 실정이다.

또한 생활하수, 각종 산업폐수 및 농축산 폐수에 의한 하천의 오염 특히 상수원의 수질저하는 수도물에 대한 불신과 함께 국민의 건강을 위협하고 있다. 이처럼 중진국의 단계에서 산업화, 도시화가 가속되고 협소한 국토에 자원 및 에너지의 부족상태에 있는 우리나라에서는 환경문제를 보다 근원적이고 다각적인 접근방법으로 해결하

고자 하는 클린텍의 연구개발과 기술의 보급이 무엇보다 절실히 요청되고 있는 실정이다.

클린텍의 개념으로 볼 때 우리나라에서도 전혀 연구가 이루어지지 않고 있는 것은 아니다. 단지 클린텍이란 용어를 사용하고 있지 않을 뿐 실제로는 폐기물의 재이용, 에너지 및 물질의 효율적 이용기술의 개발 및 청정에너지와 물질의 개발에 대한 기초연구와 실용화연구가 부분적으로 이루어지고 있다. 또한 환경청 산하의 각 기관과 화학 및 에너지 관련 국책연구소 및 산업체 연구소에서 환경보존을 위한 다각적 정책수립과 연구개발을 추진하고 있다.

각 분야별로 실용화되고 있거나 연구단계에 있는 것들을 몇가지 예시하면 다음과 같은 것들이 있다. 즉, 폐기물 재활용 분야로는 ① 폐수로부터 중수의 생산 ② 농산물 폐기물로부터 메탄가스의 제조, 물질 및 에너지의 효율적 이용분야로는 ① 열병합 발전 ② 각 산업체의 전산기를 이용한 공정최적화 연구 청정에너지 및 물질개발 연구분야로는 ① CFC의 대체품 개발연구 ② 수소에너지의 저장 및 활용연구 ③ 연료전지 개발연구 ④ 생화학적 분해성 고분자수지 개발 ⑤ 무공해 농약개발 등의 연구가 단편적으로 진행되고 있으나 이와 관련된 기관이 산재되어 있어 체계적이고 종합적인 계획이 결여되고 있으며 아직 국제 클린텍협회에도 가입되어 있지 않아 이와 관련된 기술정보의 교환과 지구환경보전을 위한 국제적 기술이전이 이루어지지 않고 있는 입장에 있다.

### 클린텍의 주요 연구분야

클린텍 연구가 지향하는 목표는 대기 및 수질 오염물의 발생을 근원적으로 없애거나 극소화하고 고형폐기물의 발생이나 환경에 대한 유해성을 감소시키며 아울러 에너지 및 자원을 절약하는데 있다. 기존의 end of pipe technology처럼 이미 발생된 폐기물(기체, 액체, 고체)을 환경기준에 맞게 처리하는 것만으로는 앞절에서 언급한 바와같이 이러한 목표를 달성하기가 불가능하다.

따라서 환경보존의 과제를 보다 근원적이고 다

각적인 방향에서 해결하기 위한 방안으로 ① 발생된 폐기물에서 에너지와 유용한 물질을 회수하여 이용할 수 있는 신기술을 개발하기 위한 폐기물(기체, 액체, 고체)의 처리 및 재이용 연구분야, ② 산업체에 공정의 최적화나 신공정을 도입하여 에너지 및 원료를 절약하고 폐기물의 발생을 극소화시키기 위한 물질 및 에너지의 효율적 이용분야, ③ 공해물질을 발생하지 않는 청정에너지 및 물질개발연구분야 등 세가지 연구분야를 생각할 수 있다.

이러한 연구들이 효율적으로 진행되고 실효를 거두기 위해서는 환경공학, 환경화학, 생물공학, 공정최적화, 촉매화학 및 공학, 공업유기합성, 표면처리, 전기화학, 반응공학 등의 다양한 전공을 지닌 전문연구원들로 구성된 학제적 연구가 필요하다.

각 분야별 연구목적과 주요 연구과제들을 개략적으로 기술하면 다음과 같다.

**폐기물처리 및 재이용기술 :** 폐기물(기체, 액체, 고체)에서 유용한 원료나 중간체 및 공업용수 등을 분리회수하여 재이용하면, 폐기물 처리에 드는 운영비나 원료의 소비가 절약되며 아울러 여분의 에너지를 얻을 수 있고 배출되는 오염물의 양을 극소화시킬 수 있다. 다시 말하면 환경오염, 에너지, 경제성에 모두 이익이 되는 1석3조의 효과를 얻을 수 있게 된다.

따라서 에너지와 공업용수 값이 상승하고 오염물 배출기준이 보다 엄격해지고 있는 현재의 추세에서 폐기물의 재이용 연구를 시급히 추진할 필요가 있는 연구개발 분야라고 사료된다. 세계적으로도 이러한 기술을 채택하는 산업체의 수가 증가하고 있으며, 선진국에서는 수출시장을 겨냥한 연구개발도 활발히 진행되고 있다.

그러나 이러한 기술개발에는 몇가지 장애요소가 존재한다. 즉 폐기물의 구성성분이 복잡 다양하여 유효성분의 선별적 분리가 쉽지 않고, 비교적 고도의 기술이 요구되므로 단기적 이윤추구를 기본목표로 하는 일반산업체에서는 연구개발에 투자를 꺼리는 경향이 있으며 또한 산업체의 관리인들에게는 기존의 처리법에 안주하려는 습성이 있기 때문이다.

이 있기 때문이다.

그러나 이러한 기술개발에는 몇가지 장애요소가 존재한다. 즉, 폐기물의 구성성분이 복잡 다양하여 유효성분의 선별적 분리가 쉽지 않고, 비교적 고도의 기술이 요구되므로 단기적 이윤추구를 기본목표로 하는 일반산업체에서는 연구개발에 투자를 꺼리는 경향이 있으며 또한 산업체의 관리인들에게는 기존의 처리법에 안주하려는 습성이 있기 때문이다.

따라서 이 연구를 원활하게 추진하기 위해서는 국내의 산업체나 기술(Advanced Technology)을 개발하여 환경보존에의 기여는 물론 연구개발된 기술의 해외수출도 목표로 해야 하리라고 본다.

여기서 추진할 주요 연구과제는 폐고분자 수지의 열분해 및 monomer 회수에 관한 연구, 폐고분자 수지의 노화현상 및 물성변화에 관한 연구, CFC 회수 및 Plasma법을 이용한 CFC 분해기술 개발, 배기가스 폐촉매로부터 귀금속 회수에 관한 연구, 자동차 배기가스정화용 귀금속 3원 촉매의 대체촉매개발연구, 배기가스정화용 촉매반응에서 금속 담체 상호작용연구, Stack gas로 부터 Nox, Sox 제거연구, 농산림 폐기물의 알코올 전환 연구, 역삼투에 의한 도금폐수처리 및 도금액과 세척수의 회, 투과증발에 의한 폐수처리 및 도금액과 세척수의 회수, 역확산에 의한 폐 cheese-whey 의 고부가 가치화, 세라믹 막에 의한 주정 폐수의 혐기성 처리 효율 증진, 섬유폐수에서 호제의 회수 및 재이용, 한외 여과기술을 도입한 빌딩하수로부터 중수의 제조, 분리막에 의한 폐유 처리 및 용해성 오일회수, 활성 슬러지 공정에서 분리막에 의한 2차 침전조의 대체등이다.

**에너지 및 물질의 효율적 이용연구 :** 화학공정은 대규모 에너지 및 물질 소모공정으로 알려져 있으며 화학공정에서의 에너지 및 물질의 효율적 이용은 경제적 생산공정 뿐아니라 공해물질의 최소화공정을 포함하는 공정최적화 기술로서 이미 오래전부터 관심의 대상이 되어 왔다. 에너지와 물질의 절약 및 이용기술의 습득은 공정의 열역학적 분석능력은 물론 설계 및 제어와 합성 등의 능력을 필요로 한다.

이러한 기술은 전반적인 공정기술과 함께 발전해 왔으며 공정기술과는 뗄수 없는 관계를 가지고 있다. 또한 최근의 중동지역에서의 분쟁으로 인한 원유의 안정적 공급이 불안정해질 때 에너지 및 물질의 효율적 이용기술은 더욱 중요하게 된다.

선진기술국의 경우 이미 축적된 공정의 설계와 제어기술을 바탕으로 에너지 절감형 공정연구가 활발히 진행되고 있다.

현재 연구는 최적 열교환망의 합성과 분리공정의 에너지 절감형 구조설계 그리고 에너지를 이용한 공정분석은 물론, 보다 진보된 제어기술을 이용한 에너지의 효율적 이용 및 오염물질 방출의 최소화에 집중되고 있다.

최근에 상당한 속도로 발달한 컴퓨터 이용기술은 위에 상술한 연구내용을 전산화 시키기에 이르렀으며 설계는 물론 제어와 조업차원에 있어 컴퓨터의 역할이 상당히 강조되고 있다. 특히 인공지능을 이용한 에너지 절감형 공정의 설계 및 조업지원 기술은 클린텍의 새로운 응용분야로 관심을 모으고 있다.

이 분야에서 추진해야 하는 주요 연구과제는 엑서지 해석을 통한 에너지 및 물질의 효율적 이용에 관한 연구, 공정설계, 제어 및 조업지원 시스템 연구, 초임계 유체 추출공정의 최적화 연구, 안전조업을 위한 공정진단에 관한 연구, 화학공정 동적모사기 개발, 실시간대 최적화에 관한 연구, 열교환망 합성에 의한 에너지의 효율적 이용에 관한 연구, 열펌프 및 연료전지에 관한 연구등이다.

청정에너지 및 물질개발 연구: 오염물질을 유발하지 않는 에너지 및 물질의 개발연구는 지구환경보존과 생물체의 건강을 위해 더 바랄 수 없는 이상적인 연구과제이다.

청정에너지로서는 태양에너지, 수력, 조력, 지열등 부산물들을 발생시키지 않는 에너지원이 포함되며 청정물질이란 화학적, 생물학적 반응에 의해자연 생태계에 변화를 주지 않는 인공제조물질을 뜻한다.

그러나 여기에서 목표로 하는 청정에너지 및

물질의 정의와 연구범주는 화학및 생물학적 반응에 의해서 제조되거나 처리되는 에너지 및 물질로서 오염물질을 방출하지 않거나 감소시키는 처리공정 연구를 포함한다.

소프트 에너지는 환경보호와 에너지 절약 및 에너지 공급원의 다양화란 측면에서 그 필요성이 크게 대두되고 있다. 즉 전세계적으로 경제규모의 확대와 인류생활수준의 향상에 따라 에너지 수요량은 날로 증가하는 반면 부존하는 에너지자원은 한계가 있으며 특히 한국과 같이 에너지 공급상의 불안요인을 항상 지니고 있는 나라에서는 보다 안정적이고 경제적이며 자주적인 에너지 공급책 마련이 시급하다는 사실 또한 에너지 수량에 비례하여 환경에는 비가역적인 악영향을 미치므로 이를 최소화할 수 있는 이상이고 청정한 에너지의 개발이 요구된다는 사실등이 소프트 에너지의 필요성을 설명해 준다.

전세계적으로 소프트 에너지 개발에 대한 필요성은 시급한 과제도 인식되어 이에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이에 막대한 자금과 인력, 장시간의 Lead Time이 필요하며 국제 에너지 상황에 따라 타 에너지와의 가격경쟁이 유동적이고 기술개발의 필요성 및 경제성이 수시로 변동되기 때문에 대부분의 연구가 단편적이고 일시적인 경우가 허다하였다.

국내의 경우도 적지만 1978년부터 대체에너지 개발을 위한 투자가 시작되어 한국동력자원 연구소 등을 중심으로 개발연구를 수행해 왔다.

그러나 이에 투자한 지원액은 극히 적었다. 이는 근래에 계속된 유가인하에 따라 상대적으로 경쟁력이 약해졌기 때문으로 풀이될 수 있는데 위에 언급한 바와 같이 에너지 공급상의 불안요인을 해소하기 위해서는 보다 효율적인 에너지 이용과 에너지원의 다변화가 요구되며 환경문제가 날로 심각해지므로 이를 최소화할 수 있는 청정에너지의 개발이 시급히 요구된다. 청정에너지는 미래에너지의 핵심이며 차세대 산업의 원동력은 부인할 수 없으며, 또한 덜 오염된 생활환경을 물려 주어야 한다는 사실은 현세대에게 주어 진 기본적인 의무이기도 하다.