

# 국내산업별 청정생산기술현황 분석 및 개선방안

한 명근

생산기술연구원 청정생산기술개발사업단

## I. 서론

● 생산기술연구원은 95년 7월 부터 96년 2월까지 8개월간 통상산업부의 위탁사업(계약번호 95-E-1-0006)의 일환으로 아래 열거한 분야들의 현황과악, 심층분석, 대응방안 등을 수립하였음.

- 주요 업종별 국내산업의 환경관련 문제점 분석
- 국내외 청정생산기술현황 분석
- 국제 환경규제의 국내산업에의 영향 분석
- 국내 청정생산기술 추진 전략 수립

● 이 위탁사업을 위해 생산기술연구원은 원 소속 총 20명의 업종별 간사(총괄 ; 유제인, 실무간사 ; 이영철, 조계민, 김상용)와 총 24명의 외부 전문가(신동식 통상산업부 산업환경과장 외 23명)를 활용하였고, 100여개 업체의 현장조사 및 1000여개 업체의 설문조사 등을 통해 국내산업의 환경관련 문제점을 분석하였고 이에 대한 대응방안을 수립하였음.

● 본 논문은 이 위탁사업의 보고서 ("청정생산기술개발 전략을 위한 연구기획", 생산기술연구원, 1996. 2)의 내용중 주요 업종별 국내산업의 환경관련 문제점과 대응방안 부문을 중심으로 기술한 것임.

## II. 국내산업의 환경관련 현황 개요

### 1. 환경관련기술 현황 개관

● 국내환경관련 기술개발 총투자액은 '92년 GNP 대비 0.005%로 '89년 OECD의 0.02%의 1/4수준에 불과함

● 국내기업내에서의 청정생산 기술개발도 매우 초기단계에 있음

- 국내환경관련 기술의 동향 및 정부지원
  - 국내 환경기술은 오염물질 사후처리 위주

의 기술이 대부분이며 기술수준은 선진국과 비교하여 낙후되어 있음(선진국대비 청정기술은 10%, 설비기술은 50%)

- 사후처리 중심의 환경기술은 통산부의 공업기반기술개발사업과 과기처의 특정연구사업으로 시작됨

- '87년부터 통산부주관하 환경설비/청정관련기술개발이 공업기반기술개발과 공업발전기금을 통해 독립과제별로 지원되어 왔으며 '92년에는 환경부가 주관하고 과기처, 통산부가 참여하는 G7사업에서 일부 환경설비 기술이 개발되기 시작하였음

- 청정생산기술개발은 통산부가 주관하고 과기처에서 일부 참여하고 있으며 '94년까지 통산부에서는 공기반(G7지원포함), 공발기금, 에너지자원특별회계, 특정물질사용합리화기금의 항목으로 청정생산 및 환경설비 R&D에 총 1014개 과제에 1014억원을 지원하였음. (참고 : 환경부 148억원(환경설비), 과기처 29억원(청정생산))

- 연구개발 총투자액은 '92년 GNP 대비 0.005%로 '89년 OECD 국가의 0.02%와 비교하면 1/4 수준('92정부지원 : 한국 0.3억 \$, 독일 5.3억\$, 일본 7억\$, 미국 17.7억\$)

- 오염물질의 원천적인 발생저감, 저공해 공정, 무공해 제품생산 등을 중심으로 한 청정생산기술개발은 착수단계에 불과함.

● '95년 12월 「환경친화적 산업구조로의 전환 촉진에 관한 법률」이 제정되었고 이 법에 근거하여 통상산업부는 「청정생산기술개발사업」을 생산기술연구원의 총괄주관하에 추진중임.

- '95년 : 14개과제 23억 정부지원
- '96년 : 신규과제 약 20개 추가예정, 정부 지원 40-50억 예정

- '97년 : 120억 예산 재경원 승인 득
- 날로 강화되어 가고 있는 환경규제에 효율적으로 대처하고 국내산업의 지속적인 발전을 도모하기 위해서는 이제까지의 환경문제에 대한 수동적인 입장에서 탈피하여 자발적인 환경오염예방활동을 적극 추진해 나가야 함

제조업 평균원단위 0.244 ('91기준, 단위 : TOE/백만원)

- 생산공정개선 및 청정생산기술개발이 부진
  - 환경문제를 극복하기 위해서는 생산공정

표 1. 국내관련 기술개발 현황

분 야	사업명 / 사업내용 / 정부지원금	추진기관	비 고
환경 설비 및 청정 (생산) 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공업기반기술개발사업</li> <li>- 환경설비 : 46건, 82억원</li> <li>- 청정생산 : 64건, 344억원</li> <li>○ 공업발전기금지원사업</li> <li>- 환경설비 : 11건, 23억원</li> <li>- 청정생산 : 9건, 84억원</li> <li>○ 에너지자원특별회계</li> <li>- 청정생산 : 442건, 558억원</li> <li>○ 특정물질사용합리화기금</li> <li>- 청정생산 : 1건, 57억원</li> </ul>	<p>통산부</p> <p>통산부</p> <p>통산부</p> <p>통산부, 과기처 공동사업</p>	'87-'94기준 (계속사업)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경공학기술개발사업(G7)</li> <li>- 환경설비 : 148억원</li> <li>- 청정생산 : 28억원</li> </ul>	환경부 주관 과기처, 통산부 참여	'92-94기준(2002년 까지 한정사업)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 청정생산기술개발사업</li> <li>- '95. 14건, 23억</li> <li>- '96. 35건, 40억 계약예정</li> <li>- '97. 120억 (재경원 승인득)</li> </ul>	통산부	'95 이후 (계속사업)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 민간추진</li> <li>- 지금까지 14건 사례</li> </ul>		

2. 업종별 현황 및 문제점 개관

- 국내산업은 에너지 다소비, 환경오염유발적인 산업구조로서 환경오염유발적인 업종(철강, 비철금속, 화학, 제지 등)이 차지하는 비중이 증가하였음.
  - '90 : 33.1% → '93 : 36.9%(부가가치액기준)
  - 산업별 에너지소비구조도 낭비적이고 청정생산기술개발 등을 통한 공정개선이 부진한 상태임
  - 한국 제조업 평균원단위 0.827 ↔ 일본

개선 및 청정생산기술개발 문제가 해결되어야 가능

- 청정생산기술의 경우 UN에서 개발도상국에 자금과 기술을 지원하고 있으나 우리나라는 지원대상에서 제외되어 자체노력으로 개선해 나가야 함
- 앞으로 생산공정에 대한 규제가 본격화 되면 영세한 중소기업은 지원이 없으면 급속한 경쟁력 상실이 예상됨
- 염색, 도금, 열처리, 도장 등의 경우 3D업

중으로 생산공동화, 인력부족에 직면하고 있어 생산공정개선에 의한 극복 가능

- 자금, 기술, 투자유혹 등 모든면에서 취약한 중소기업에 대하여 정부의 적극적인 관심과 지원이 없이는 청정생산기술개발이 불가능하므로 효율적인 지원체제 구축이 필요

● 환경경영인증 실시를 위한 국내 제도적장치 미비

- 환경경영규격은 기업의 경영활동 뿐만 아니라 제품의 생산에서부터 소비에까지 전과정을 대상으로 하고 있기 때문에 체계적 대응이 필요
- 국내기업이 국내에서도 인증취득이 가능케 하여 기업의 무역 환경을 개선

● 환경설비 및 청정공정장치산업의 경쟁력 취약

- 국내외 환경규제강화에 따라 환경설비 및 청정공정장치산업 시장의 규모는 급증하고 있으나 국내환경설비산업은 기술수준 낙후로 수입유발적인 구조를 띠고 있음

● 산업계의 환경경영주의 채택과 확산·유도 미흡

- 전문기술인력의 부족
- 정부지원 미흡

III. 주요업종별 국내산업의 환경관련 문제점 분석

1. 주물산업

1) 개요

- 국내 주물산업의 규모는(1993년 기준) 기업체수 471, 공장수 838, 종업원수 약 30,000인으로서 생산량은 1,475,000톤에 달하고 있으며, 한국의 주물공업의 규모는 전세계에서 러시아, 중국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 이탈리아에 이어 제8위에 올라있음.

- 주물의 무역을 보면, 철강주물의 경우, 수출 평균 톤당 단가는 약 1,700불이고, 수입 평균 톤당 단가는 약 700불로서, 저가품의 수입과 중고가품의 수출이라는, 선진국형의 무역구조는 대체로 1991년경부터 시작되고 있음.

- 노동생산성은 한국이 약 50톤/人·年으로서 서독(1991)의 46톤/人·年, 프랑스(1991)의 39톤/人·年,

이탈리아(1991, 철계주물)의 61톤/人·年 등과 대등한 수준이나 다만 주물공업 특등국이라 불릴만한 일본의 약 100톤/人·年에 비하면 1/2의 수준임.

2) 환경관련 문제점

- 주물산업은 다량의 원료와 에너지를 사용하여 제품을 생산하기 때문에 다량의 폐기물과 오염물질이 발생하며 주요 폐기물로는 폐주물사, 분진, 슬래그 등이며 소음, 악취 등의 공해 문제가 부수되고 특히 폐주물사의 발생량은 연간 50만톤에 이르고 있으므로, 이의 재활용등을 위하여 많은 노력을 경주하고 있음.

- 구조분야 전문의 공해방지 설비업체의 영세성이 국내 주물산업의 청정생산기술발전 저해의 큰 원인 중의 하나라고 분석됨.

3) 오염물질의 배출 실태

- 주물산업에서 발생하는 폐기물을 공정별로 정리하여보면 표 2와 같음.

- 즉, 주물산업에서는 각 공정별로 아래열거한 오염물질이 배출됨:

용해공정에서 폐열, 분진, 노 수리후의 보수재(벽돌 부스러기), NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>

- 조형공정에서 진동, 소음, 악취
- 주입공정에서 폐열, 슬래그(광재)
- 사처리(砂處理)공정에서 폐주물사, 분진
- 후처리공정에서 금속 부스러기, 분진
- 각종 운송에 따른 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> 가스의 발생

- 폐주물사의 발생량이 연간 50만톤

- 각종 폐기물 발생량의 정량적인 조사는 이루어진 것이 없는 실정임.

4) 청정 관련 대응 방안 (유망수요분야)

- 주물산업은 중소기업형, 수요공급지 일치형 산업으로서 다수의 기업이 전국에 산재되어 있으므로 우선 관련기술의 현황조사가 중요함.

- 주물산업 관련 청정기술 분야는 폐기물, 대기, 작업환경의 3분야로 나누어짐.

- 폐기물 관련 유망수요분야는 폐주물사의 공장내 재활용을 위한 회수, 재생설비기술과 공장의 재활용을 위한 중간처리 기술의 양방향으로 개발이 이루어져야 할 것임.

표 2. 주물산업에서 발생하는 주요 폐기물

공정	발생 오염물질	대책	비고
용해	슬래그 매연, 분진	· 발생량의 저감, 재활용기술 개발 · 집진설비, 연소효율 향상	청정용해로의 개발 필요
조형	악취 소음	· 국소 환기 기술	저소음 조형설비의 개발 필요
사처리	폐주물사 분진	· 공장내 회수, 재생 기술 · 주물사 저소비형 공정기술 · 중간 처리 기술	폐주물사의 종류별 회수재생기술 개발 필요
후처리	금속 부스러기 분진	· 분리, 선별 재활용 · 중간처리 기술	

표 3. 주물산업에서의 청정관련 유망 수요 분야

구분	유망 분야
원료 조달 단계	- 저공해의 주물사 점결재 개발 - 저공해 피상연료(코크스)의 제조기술
제조공정 단계	- 주물사 저소비형 주형 기술 - 환경조화형 청정 주조 공정 기술 - 용해로의 공해물질 저감 기술 - 주물사의 공기수송을 통한 작업환경의 개선 - 소음, 진동이 적은 주조설비 기술 - 주물공장내의 청정공기 확보 기술 - 에너지 절약형 금형 가공 기술
폐기 및 재활용 단계	- 폐주물사의 회수, 재생 기술(공장내 재활용, 재생률 85% 이상) - 배기의 폐열을 이용한 용해 열효율의 개선기술

● 대기관련 유망수요분야는 용해설비 운전중 발생하는 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 분진 등의 대기 오염원을 감소시키기 위한 설비 및 운영 기술이 필요하며 부수되는 기술로는 배기가스의 측정 및 모니터링 기술, 전반적인 제어 시스템기술과 저공해 연소장치기술이 있음.

● 작업환경 관련 유망수요분야는 소음, 분진, 냄새,

열기(熱氣) 등으로 나누어야 함.

● 3D 산업이라는 일반 인식의 불식과 국제적인 환경 규제 강화에 부응하기 위해 청정기술에 대한 수요는 국내외적으로 크게 증가될 것으로 전망됨.

● 주물산업에서의 청정관련 유망수요 분야 (표 3)

## 2. 도금산업

### 1) 개요

- 도금산업분야는 공정특성상 많은 화학약품과 금속재를 사용할 수 밖에 없으며 이로인한 폐수, 대기, 슬러지, 문제가 자연적으로 발생하는 업종임.
- 도금자체가 최종제품이 아니라 부품 가공공정 중 하나의 공정으로서 부품사나 최종제품사로부터 수주를 받고 납품하는 전형적 하청업임.
- 자산총액, 종업원수 등의 면에서 중소기업에 속하며 특히 영세사업자가 큰 비율을 차지하고 있으며, 경인지역과 대도시에 밀집되어 있음.
- 환경면에서 엄격한 규제와 집중단속의 대상으로 무허가 공장의 난립이 심하고, 3D 업종으로 구인난이 심해 전문 기술인력의 배출이 절대적으로 부족함.
- 도금제품이 활용되는 산업은 자동차부품, 기타 일용잡화 등 거의 전 산업분야에 해당함.

### 2) 환경관련 문제점

- 도금공장에는 양적으로 다소의 차이는 있으나 공해발생의 원인이 되는 많은 독극물을 이용하고 있으며, 엄중히 배수·배출관리를 하지 않는 한 이것들의 약품류가 배수에 혼유출되는 결과를 유발시킴.
- 도금업체에 대한 각 방면에서 감시는 엄하고 특히 수질오탁방지법, 하수도법, 독물 및 극물 단속법 등의 법규제 및 총량규제의 실행에 따라 배수 및 배출기준값이 한층 엄중하게 되어, 앞으로는 처리기술을 웃도는 규제값의 출현도 경우에 따라서는 예측되는 현상으로 되었고, 손쉬운 방지대책으로는 이루어지지않게 되어 가고 있음.
- 도금배수를 대상으로 하여 주된 합유유해물질과 발생원을 열거하면 표 4와 같음.
- 각종유해 중금속 이외에 도금품질의 향상을 위해서 각 공정에 첨가되고 있는 많은 종류의 킬레이트제, 계면활성제, 유기광택제 등은 폐수처리를 곤란하게 하는 요인으로 작용하고 있음.
- 이밖에도 공장에 따라서는 불산처리, 규불화욕에서의 불소나 활성탄, 연마재, 금속분 등에서의 고형분말 기타 유해물질의 배출도 있음.
- 도금공장의 배기가스 관련공정은 전처리로서 탈지, 산세, 표면연마 등이 있고, 도금공정에서의 유독중금속 배기가스와 후처리에서의 각종화합처리제

에 의한 유독가스가 있으며 이중에서 가장 독성이 심한 질소 산화물, 염화수소 및 크롬산 미스트에 대한 처리공정은 거의 전무한 실정임.

- 환경부 및 환경관리공단 등 유사단체의 도금에 관한 폐수처리 지침서가 약품처리 공정만을 표준화했기 때문에 물리적 또는 생물학적 처리공정의 개발 및 적용 또는 새로운 처리 장치, 방법을 적용하려해도 인허가 과정에 어려움이 큼

### 3) 오염물질 배출실태

- 전국 약 1,500개 도금업체 가운데 절반가량이 폐수처리에 관한 한 무허가 범주에 속하며, 아들에 대한 환경교육과 단속이 시급한 실정임.
- 표 5에는 도금공업의 폐수배출량 실태로서 42.3%의 업체가 하루 5톤이하로, 5~10톤사이가 12.9%, 11~20톤 사이가 13.9%, 21~30톤 사이가 11.4%로서 30톤 이하가 거의 대부분을 차지함.
- 물을 많이 사용하는 도금공업이지만 외국에 비해 2배이상많으며(처리물량대비)이 문제의 해결을 위해 폐수 배출량 감소방안을 계획하고 실천해야 함.
- 표 6에서 제일 높은 비율이 폐수 운영경비 1~2천만원으로 나타났는데, 이는 인건비와 약품비 수준으로서 협동화 단지, 즉 공동 폐수처리장이 참여 응답업체에 많았으므로 생각되며 개별업체의 경우 폐수운영경비의 부담율이 높음을 알 수 있음.
- 대기 환경보전법에 의거 도금공업의 대기 환경관계는 폐수와 수질환경에 비해 그다지 심하지 않으나 설비시설, 운영, 관리차원에서 상당한 경비를 차지하고 있음.
- 일본 도금공업단지의 경우 송풍기의 마력수가 평균 25마력인데 비해 국내의 경우 40~50마력으로서 과잉설비에 효율성은 더 낮은 것으로 나타났음.

### 4) 청정생산기술개발 관련 대응방안(유망수요분야)

- 니켈, 크롬, 주석 등의 기초금속류와 특수약품, 첨가제, 도금액, 심지어 많은 도금 설비까지 해외로부터 수입되고 있으며, 이들의 수입으로 인한 가격의 불안정, 가격상승, 수입기간의 장기화 등 어려운 문제가 있기 때문에 이에대한 대응책으로 국산화개발을 장려해야 함.

표 4. 도금배수 속의 주된 유해물질과 발생원

유해물질	발생원
시안화물	시안화도금액(동, 아연, 카드뮴, 금, 은, 기타) 시안화스트라이크도금액 전해탈지액, 알칼리탈지액 배럴연마액, 방청액 도금녹리액
6가크롬	크롬도금액, 크로메이트액 에칭액, 전해연마액, 화학연마액
각종금속류 동, 아연, 철, 납, 니켈, 크롬, 카드뮴 기타	각도금액, 전후처리액, 에칭액 전해연마액, 화학연마액, 기타
산·알칼리	산·알칼리 세정액, 에칭액 전해탈지액, 기타
유지 기타의 유기물	각종탈지액 각종 도금액, 기타

표 5. 폐수 배출량 분포현황

폐수배출 (m <sup>3</sup> )	5	6~10	11~20	21~30	31~40	41~50	50 이상	위탁
업체수	85	26	28	23	6	8	14	11
%	42.3	12.9	13.9	11.4	3	4	7	5.5

\* 한국 도금공업편람(1995)

표 6. 폐수운영 경비별 분포현황(단위 : 천만원)

운영경비	천만원이하	1~2	2~3	3~4	4~5	5.1~10	1억이상
업체수	21	27	18	19	15	22	13
%	15.6	20	13.3	14.1	11.1	16.3	9.6

\*한국도금공업편람(1995)

● 따라서 원자재로서의 도금액의 국산화 기술개발이 우선적으로 이루어져야 하며, 저공해형, 유독성 물질이 거의 없는 도금액의 개발, 전처리 및 후처리 부분에서의 무공해 처리액의 개발 등이 정부의 지원하에 이루어져야 함.

● 그러나 도금업체의 영세성 및 수입도금액의 양이 업체당 수요가 적으므로 산학연 공동의 연구개발에 정부가 적극적으로 지원되는 개발체제가 이루어져야 될 부분임.

● 도금공정상에서 발생하는 공해는 유독성가스, 수세수, 노화도금액 폐수등이 있으며, 유독가스처리 기술, 수세수 절감방안, 노화도금액관리 및 저공해형 Close System의 개발, 도금액자동관리 System 등의

연구개발이 완벽히 이루어져야 됨.

● 국내에서는 최근 무방류를 위한 감압증발농축 장치, 소각에 의한 재활용등을 연구검토하고 있으나 근본적으로 혼합폐수등의 여러종류의 폐수에 대한 경제적인 회수방안이 검토되어야 할 것으로 생각됨.

● 도금공업은 20인 미만의 작업자가 종사하는 업체가 거의 80%에 달하는 전형적인 영세업종이고, 이에 대한 정보, 통신, 기술협력, 교육등의 기반구축분야가 극히 낙후되어 있는 실정이므로 이에대한 정부 차원의 기반확충사업이 시급히 이루어져야 됨.

### 3. 섬유산업

#### 1) 개요

● 국내 섬유산업은 1960년대부터 수출주도 개발 전략에 따라 한국경제의 견인차 역할을 해 왔고, 1970년대이후 상대적 중요성이 많이 감소하였으나 아직도 주요산업으로서의 위치를 지키고 있음.

(수출액 : 전체 제조업 766억중 섬유산업 157억, 1992년)

● 국내 섬유산업은 1980년대 말기이후 급격한 인건비 상승, 인력난 등으로 인해 신장세가 약화되어 다품종 소ロット 생산, 품질고급화등 선진국형의 기술 개발이 절실히 요구되는 시점임. 현재 '21세기를 대비한 첨단염색가공 기술개발'등으로 관련기술개발을 진행중임.

● 섬유산업은 크게 천연섬유, 합성섬유 및 재생섬유로 나누어지며 각 섬유소재에 따라 제조공정이 달라짐.

• 방적(천연)/방사(합섬)→Sizing→제직→염색→가공→재단→봉제

● 그 중 환경에 가장 큰 영향을 미치는 분야는 염색가공분야로서 개별 공정마다 환경 유해물질들 서로 다른 형태로 배출하고 있음.

• 전처리(정련,표백,감량등) → 염색(사염,날염) → 후가공 → Tenter

● 최근 섬유제품의 고부가가치화와 더불어 직물의 Coating가공이 많아짐에따라 수지 및 용제 등의 폐수방출량도 상당량에 이르고 있음.

#### 2) 환경관련 문제점

● 섬유산업은 타 산업보다 에너지 다소비업종이면서 폐수, 폐자원 발생을 많이 하는 대표적인 업종임.

● 따라서 유럽 및 일본 등의 선진국에서는 이미 오래전부터 폐수처리뿐만 아니라 청정기술에 대해 국가적 차원에서 많은 투자가 이루어져 왔으나 국내의 경우 1990년대 들어 환경에 대한 국제적 규제강화와 국민의식고조로 인해 기발생된 폐수처리(end of pipe)에만 급급하는 초기단계임.

● 섬유산업에 있어서 원료부터 완제품의 생산에 이르기까지 전체 제조공정에서 발생하는 환경오염물질은 다음과 같은 문제점을 가지고 있음.

• 정상적인 방법으로 처리하기 곤란한

난분해성 폐기물임(호제,염료 등)

• 방출되면서 짧은 기간에 광범위하게 확산됨.

• 대부분 인체에 유해한 폐기물임.(발암성 염료, 가공제 등)

• 폐기물의 부피가 상대적으로 큼.

• 에너지 다소비로 인한 이산화탄소와 코팅가공시 비산되는 용제에 의한 대기오염이 큼.

• 폐수처리에 대한 환경규제가 계속 강화되고 있으며, 그에 따른 처리비용이 과다함. (표 7)

예) 1996년부터 국내 폐수처리기준 강화 및 총량규제 실시로 실질적 기업부담 2배정도 증가

● 선진국들은 폐수 및 폐자원의 발생을 근본적으로 감소시킬 수 있는 섬유관련 청정생산기술을 개발하여 '환경보호'라는 기치아래 고가에 수출하고 있는 실정임.

3) 오염물질의 배출 실태(환경에 대한 투자 현황)

● 국내 섬유산업이 환경오염에 미치는 영향을 보기 위해 섬유소재별로 대표적인 섬유제조공정에 따른 오염물질의 배출형태, 에너지 소비량 및 재활용 가능성 여부 등을 알아보면 표 8, 9와 같음.

● 섬유산업중 환경오염에 미치는 영향이 가장 큰 공정은 염색가공 공정으로써 그 이유는 용수가열에 따른 설비의 에너지 사용량도 많지만 사용하는 원부재료인 염료 및 약제의 양이 많고 그 종류가 다양하여 일관적인 폐수처리로는 곤란하기 때문임.

● 염색가공용 약제의 종류에 따른 폐수처리 난이도 및 환경공해정도는 표 10과 같음.

● 최근 환경규제 강화에 대응하여 환경오염방지를 위한 청정기술에 대한 투자가 시작되고 있음.

● 그러나 주로 에너지 저감을 위한 연속식 설비 개발과 고효율성 산성염료개발등 일부에만 국한되어 있고, 보다 근본적인 청정기술에의 투자는 매우 미흡한 실정임.

#### 4) 청정관련 대응방안(유망수요분야)

● 섬유원료중 천연섬유의 경우는 자연상태로부터 원료를 얻기 때문에 국제규제에 따른 대응책은 별로 필요하지 않음. 화학섬유는 중합시 미반응 물질 및

중간생성물을 회수하는 기술을 고도화시키는 것이 필요함.

표 7. 폐수처리 배출기준

구 분	2,000톤/일 이상			2,000톤/일 미만		
	BOD	COD	SS	BOD	COD	SS
'95. 12. 31일 까지	100이하	100이하	100이하	150이하	150이하	150이하
'96. 1. 1일 부터	80이하	90이하	80이하	120이하	130이하	120이하

표 8. 섬유산업의 제조공정별 환경오염에의 영향(합성섬유)

공정	오 염 배 출 물 질	배출형태 (배출량)	에너지 소비량	특 징 (재활용)	
합성 섬유	중합	1. 미반응원료 - Polyester : TPA,EG,DMT - Nylon : Caprolactam - Acryl : Acryl monomer 2. 중간반응물 - Oligomer, 저중합물	폐수(中) " (中) " (中) " (中)	中	회수, 재사용
	방사	1. 비정상 원사 2. 유제분진	폐기물(中) " (少)	中	재활용(저급 Plastic사출용)
	제직	1. 호제가루 2. 제직용수 3. 제직후 잔사	폐기물(少) 폐수(中) 폐기물(少)	少	
	염색 가공	1. 염색폐수 - 각종 유제 및 호제 - 감량부산물 (TPA,EG,Oligomer등) - 미고착염료 - 발암성 염료 - 염색조제 - 산,알칼리 - 섬유찌꺼기(잔사,섬유가루) 2. 가공 - 가공약제 잔류분 - 건식Coating용 휘발성용제 (Benzene,Toluene,MEK 등) - 습식Coating용 용제(DMF 등) 3. 기타 - 염색불량 원단	폐수(多) " (多) " (多) " (少) " (少) " (多) " (中) " (少) 대기(中) 폐수(中) 폐기물(中)	多	PVA는 난분해성  Azo계 염료  일부 회수, 재사용 일부 회수, 재사용 재사용
봉제	1. 재단후 폐천 2. 기타(잔사등 원부자재)	폐기물(中)	中	일부 재사용(봉 제완구충진용, 저급부직포)	



표 9. 섬유산업의 제조공정별 환경오염에의 영향(천연섬유)

공정	오염 배출 물질	배출형태 (배출량)	에너지 소비량	특 징	
천 연 섬 유	방직	1. 섬유재료 분진 2. 비정상 원사	대 기(中) 폐기물(少)	中	
	제직	1. 호제가루 2. 제직용수 3. 제직후 잔사	폐기물(少) 폐수(中) 폐기물(少)	少	
	염색 가공	1. 염색폐수 - 각종 호제 - 미고착 염료  - 발암성 염료 - 염색조제 - 산,알칼리 - 후처리 약제 - 섬유찌꺼기 (잔사, 섬유가루) 2. 가공 - 가공약제 잔류분 (형태안정가공, 방염가공, 방충가공) 3. 기타 - 염색불량 원단	폐수(多) " (多)  " (少) " (少) " (多) " (中) " (中)  " (少)  폐기물(中)	多	PVA-난분해성 염료(난분해성, 중금속 함유) Azo계 염료  중금속 함유  formaldehyde등  재사용
	봉제	1. 재단후 폐천 2. 기타(잔사등 원부재료)	폐기물(中)	中	일부 재사용 (봉제완구 충진용, 저급부직포)

표 10. 염색가공용 약제의 처리 난이도 및 공해정도분류

약 제	처 리 난 이 도	공해 정도
알칼리, 무기산, 염류, 산화제	유해성이 적음	아주 낮음
전분호제, 유제, 유기산, 환원제	BOD가 높음 비교적 생분해가 용이	낮음
염료, 아크릴호제, 실리콘유제, 고분자 가공제	염료, 고분자 → 생분해 곤란	보통
PVA호제, 전분유도체, 팜유물, 음이온 및 비이온계 계면활성제	생분해가 어려운 중급 BOD	높음
반응성가공제, 캐리어, 양이온 활성제, 살균, 살충제, 중금속염	BOD는 낮음 기존처리에 부적합	아주 높음

표 11. 섬유산업에서의 청정관련 유망수요 분야

구분	기술 분야		기술 개발 수요 분야	중요도	
섬유 산업	원료	천연섬유		3	
		합성섬유	중간생성물 회수 및 재활용 기술	3	
		재생섬유	새로운 cellulose계 재생섬유 제조기술	1	
	공정	방적	대기오염 방지를 위한 분진제어 기술	2	
			소음억제형 spindle 개발	1	
		방사	polyester 중합시 미반응물 및 중간반응물의 회수기술 개발	3	
			nylon 중합시 미반응물 및 중간반응물의 회수기술 개발	3	
			방사시 유제 분진의 최소화 기술개발	2	
		제직	회수 및 재활용이 가능한 호제 개발	1	
		염색가공	초임계유체를 이용한 염색기술개발	2	
			vapor phase 가공기술개발	2	
			염색공정 단축화기술	2	
			고감성 연속염색기술개발	1	
			저공해 날염기술 개발	1	
			알칼리회수 및 재사용기술개발	2	
		재이용	섬유원료	비정상원사의 재활용 기술개발	2
				방적 공정중 부산물 회수 및 재활용 기술개발	2
			염색가공	염료, 조제, 용수의 재활용기술 개발	1
	막-생분해 반응조 공정기술 개발			1	
	제품	섬유제품			
	기반	정밀화학	저공해 가공제 및 계면활성제의 개발	1	
			다용도 다기능 계면활성제의 개발	1	
			저독성 염료개발	1	
			acid black, gray 1:2 합금속염료의 개발	2	
			고흡진용 염색조제의 개발	1	
			고흡진성 산성염료의 개발	1	
			고흡진성 반응염료의 개발	1	
			래피드 염색용 고흡진성 염료 및 단축 공정 개발	1	
		설비설계	폐수질감형 설비시스템 기술	2	
		부품제조	폐수질감형 설비용 부품제조 기술	2	

- 섬유공정중 염색가공공정의 경우 공정단축화 및 응용기술 등의 공정개선을 통해 폐수절감을 하는 청정기술과 최신기술로써 염색용 매체로써 용수 대신 초임계유체(CO<sub>2</sub>)를 사용한 염색기술 개발(독일에서 개발중)등이 향후 유망할 것으로 예상됨.

- 특히 염색가공 관련 기반기술로써 환경에 무해한 원부재료를 개발하는 정밀화학 기술과 그를 응용하는 공정기술 및 폐수절감형 설비를 위한 System 설계기술 등이 함께 종합적으로 개발될 때, 비로소 염색가공에 대한 청정기술이 완성될 것임.

- 섬유산업에서의 청정기술에 대해 유망한 기술 수요를 각 분야별로 조사한것을 나타내면 표 11과 같음.

#### 4. 피혁산업

##### 1) 개요 및 환경관련 문제점

- 피혁산업은 원피를 가공처리하는 산업으로서 다단계 화학처리가 수반되며, 이러한 처리과정에서 대량의 용수와 화학약품이 반입됨.

- 피혁산업은 오수, 악취, 폐유 등의 배출정도가 타업종보다 높은 공해산업인 동시에 장치집약적 산업임.

- 혁제원단을 제조하는 생산공정은 생산단계별로 크게 준비공정, 유제처리공정, 염색, 가지 및 마무리공정의 3단계로 구분됨.

- 제혁업의 공정은 준비공정에서는 1차 중간원료인 나피를 수입하여 준비공정을 생략하는 경향이 높으나 아직도 전체 생산물량의 85% 정도는 생원피인 염장피를 수입하여 준비공정을 모두 행하고 있음.

##### 2) 오염물질의 배출실태

- 제혁공정에서 사용되는 용수는 원피 1매당 0.5~1톤이 사용되며 대부분 폐수로 배출됨.

- 사용되는 약품으로서는 주로 소석회, 유화소다, 수유화소다, 크롬(3가), 염화암모늄, 황산, 계면활성제, 소금 및 염료 등을 들 수 있음.

- 우리나라 피혁산업중 공해배출업체는 1990년 현재 229개 업체(전체의 1.6%)로서 주로 제혁업임.

- 폐수배출량은 5만 2,000톤/일 규모로서 전체 728톤이 1% 수준을 점유하고 있으며, 업체당 평균 배출량은 225톤/일로서 제조업 평균 배출량 539톤/일에 비하면 42% 수준임.

- BOD부하량은 전체 2,276톤/일 중 피혁산업은 93톤/일을 차지하여 4%의 비중을 보임으로써 업체수, 배출량 등의 비중보다 훨씬 높음을 볼때 공해유발도가 큰 업종임.

- 1990년 피혁산업폐수처리비용은 1,515억원(설치비: 1,279억원, 처리비: 236 억원)으로 전년대비 2.4배나 높아졌는데 이는 정부의 환경공해업체 단속강화로 신설처비가 3배나 높아진데 기인한 것임.

- 향후에도 환경보호를 위한 정부의 규제가 강화될 것으로 보여 환경비용부담은 커질 것으로 보임.

##### 3) 청정관련 대응방안 (유망수요분야)

- 피혁산업은 환경오염 유발문제와 작업공정상 3D성격이 타산업보다 강하여 우리 나라 국민소득이 점차 높아지고 고학력 사회로 돌입하면서 노동력 확보가 시급한 현안과제가 되고있음.

- 설비자동화로 생산공정에 투입되는 노동력을 감소시키고자 하는 노력과 작업환경개선을 목적으로 한 청정관련 사업 및 기술분야가 점차 유망분야로 부상되고 있음.

- 청정개선 분야는 크게 폐수처리 기반기술 및 설비, 화학적 생물학적 처리기술 및 설비, 부산물의 활용기술 및 설비, 원료처리 및 수송분야 등 4가지로 대별됨.

- 악취 및 휘발성분을 효과적으로 제거하여 작업자의 작업환경을 개선함과 동시에 주변에 미치는 피해를 최소화하는 연구가 활발히 추진됨.

- 환경공해를 줄이고자 하는 염색공정과 동일한 방식으로 폐수의 분해 및 제거기술, 고성능 흡착제의 개발과 순산소에 의한 생물학적 처리기술이 유망분야로 부상되고 있음.

표 12. 피혁산업의 생산공정

구분	세부공정	처리물질	제품명
1 ↓	원피→수유→제육→탈모→ 석회유→분할→대빼기	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaHS, NaOH, Ca(OH) <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> S	wet blue ○ 피(belt)
2 ↓	탈탄→효해 및 침산→유성→수세	(NH <sub>4</sub> )SO <sub>4</sub> , 2NH <sub>4</sub> Cl, 소금, HCOOH, 6가크롬	leather
3 ↓	선별→세이빙→제유→중화	Ca(OH) <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOH	leather
4 ↓	염색→가지→세팅→건조	염료, 조제, 가지제(Oil) 등	완성혁
5 ↓	습도조절→스테이킹 및 밀링→토글→도장→포장 및 입고	안료(pigment), 풀	완성혁

표 13. 피혁산업의 연도별 폐수배출량

연도	폐수배출량(m <sup>3</sup> /일)		업체당폐수배출량		BOD 부하량(kg/일)			
	가죽제조업	구성비	가죽제조업	구성비	처리전		처리후	
					가죽업	구성비	가죽업	구성비
1985	25,967	1	150	37	-	-	-	-
1989	41,323	1	191	33	76,511	3.8	3,504	5.1
1990	51,172	1	225	42	93,308	4	5,287	3.2

표 14. 피혁산업의 공해종류 생산액 및 처리비 [주: ( ) 안은 실제 부담률]

	피혁산업의 공해종류 생산액			폐수처리비(B)	B/A 점유비
	피혁제조업	모피제조업	합계(A)		
1989	15,680	854	16,534	643	3.9(2.5)
1990	16,464	862	17,326	1,515	8.7(3.2)

표 15. 피혁산업에서의 청정관련 유망분야

구 분	유 망 분 야
1. 화학적 생물학적 처리기술 및 설비	① 고급산화법을 이용한 폐수처리기술 (탈생기술 포함) ② 고성능 흡착제의 개발 ③ 순산소에 의한 생물학적 처리기술 및 미생물 처리제 ④ 염료 및 탄닌처리제의 분해기술
2. 부산물의 활용기술 및 설비	① 프래싱설의 유분 분리 및 정제기술 ② 상피의 정제 및 젤라틴 추출 기술 ③ 상피설의 분쇄, 해섬, 펠트화를 통한 재활용 기술 ④ 세이빙설의 탈크롬화, 초지, 유해물 통한 재활용 기술 ⑤ 크롬학의 해섬처리와 부직포제조기술
3. 원료 처리 및 수송분야	① 냉동창고 운영 및 처리분야 ② 부산물 수집 및 처리분야 ③ 분야별 전문공정 담당 소사장제도 및 하도급운영 ④ 용집침전기술 및 시설

## 5. 석유화학산업

### 1) 개요

• 국내 석유화학산업은 1990년까지도 만성적인 공급부족 상태로 있었으나 지속적인 투자확대로 1991년에는 에틸렌의 경우 350톤/년 정도의 규모로 세계 5위의 석유화학공업국의 위치가 됨.

• 개별분야별로 규모를 보면 기초유분, 합성수지, 합성고무 등에 집중적인 투자가 이루어져 분야별로 불균형 구조를 이루어져 있음. 합성수지의 경우 국내 수요를 초과하는 공급과잉 생산설비를 보여 총생산의 40-50%를 수출하는 반면, 합성섬유 원료의 경우 현재까지도 심각한 공급부족 현상을 보이고 있음.

• 향후 전망을 볼 때 관련산업으로부터의 수요증가가 예상되므로 석유화학산업의 생산은 계속 증가할 것으로 예상됨.(3대부문 : 1995년 생산 870만톤→1997년 1,000만톤 예상)

### 2) 환경관련 문제점

• 석유화학산업은 기초제품(에틸렌, 프로필렌, 부타디엔등)과 유도제품 및 관련제품을 생산하는 과정

에서 환경을 오염시키는 가스 및 물질이 다량으로 배출되며, 소비자의 사용후 대규모의 폐플라스틱이 발생함에 따라 이의 처리문제는 주요 환경오염문제로 인식되고 있음.

• 현재 공해방지를 위해 공정개선을 통한 생산효율 증진, 폐열회수장치 개발, 폐기물의 감량화 등을 업체 개별적으로 추진하고 있으나, 산업 특성상 NOx, SOx의 발생에 의한 대기오염 및 COD, BOD에 대한 수질오염을 모두 감소시키기 위한 전반적인 대책 마련이 시급함.

• 석유화학 1개 기업당 평균 폐기물 처리상황을 보면 폐기물처리 비용이 매우 과다한 부담이 되고 있고, 향후 더욱 증가될 것으로 예상되므로 기업경영에 악영향을 미칠 것임 \* 통상산업부(1991년)

### 3) 오염물질의 배출 실태(환경에 대한 투자 현황)

• 석유화학산업은 기초제품과 유도제품 및 최종제품의 제조에 이르는 다단계 공정을 거치면서 산화, 환원 등의 단위반응-추출-분리의 단위조작을 복수로 결합하여 이루어지며, 이러한 공정에서 다량의 에너

지 소비와 많은 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>의, CO<sub>2</sub> 및 오니등이 발생함.

- 석유화학산업의 제조공정과 환경오염물질 배출 실태

가스 측정 및 monitoring 기술, 전반적인 제어 System 등의 기술과 공정개선을 통한 저공해 연소장치 개발, 저공해 연료 개발 등의 관련기술이 있음.

그림 1. 석유화학산업의 제조공정과 환경오염

공정도

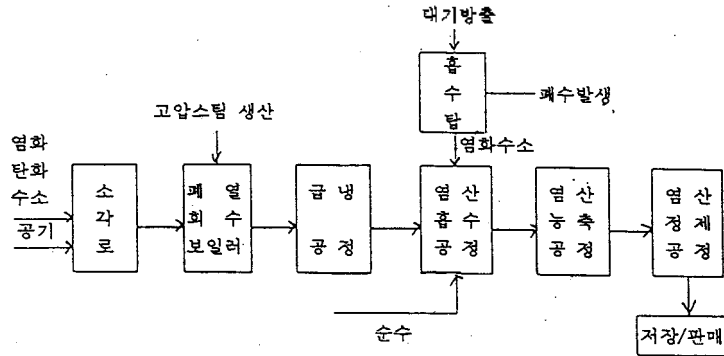


표16. 플라스틱 소비에 따른 폐플라스틱 발생량 추이 (단위 : 천톤)

년도별	합성수지 생산량	플라스틱 배출량	폐플라스틱 발생량
1990	2,722	2,779	1,045
1991	3,505	2,990	1,204
1992	4,818	3,318	1,238
1993	5,417	3,518	1,312
1994	5,900	3,840	1,420

\* 한국 플라스틱공업 협동조합

• 그러나 주로 대기오염방지 및 폐기물처리 등 기발생된 오염물질의 처리에만 집중되고 있고, 보다 근본적인 청정기술에의 투자는 매우 미흡함.

4) 청정생산기술 관련 대응방안 (유망수요분야)

• 석유화학산업은 대규모의 장치산업인 특수성으로 청정관련기술도 고난도, 고부가 가치화 되어가고 있음.

• 석유화학관련 청정생산기술 분야는 대기, 수질, 폐기물에 의한 3분야로 나누어짐.

• 대기관련 유망수요분야는 설비운전중 발생하는 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 분진 등의 대기오염원을 감소시키기 위한 설비 및 운영 system이 필요하게 됨. 관련기술로는 배기가스 저감장치, 장치에 응용되는 촉매기술, 배기

• 수질관련 유망수요분야는 공정에 적합한 규격 및 용량의 용수를 공급하는 system, 해수 이용 기술, 수질오염 방지를 위한 분석 및 monitoring system과 폐수 재활용 기술 등이 있음.

• 폐기물관련 유망수요분야는 도로포장용 아스팔트, 고형연료 사용 등의 재활용기술을 중심으로 전개되고 있음.

• 최근에는 대기분야의 촉매장치를 이용한 경유차량 매연저감장치와 미생물처리기술을 이용한 곰팡이 제거제 개발 등의 축적된 환경관련 기술을 타분야에 응용하는 고부가가치 응용상품에 대한 연구도 활발히 진행되고 있음.

• 향후 국제적인 환경규제 강화에 부응하기 위해

제조공정의 근본적인 개선에 의한 에너지 절감, 나프 및 가공공정으로 구분하며 오염물질은 주로 펄프 및 타 촉매기술 및 재활용이 가능한 플라스틱 제품 개 초지공정에서 발생. 발 등에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상됨.

표 17. 석유화학산업에서의 청정관련 유망수요 분야

구 분	유 망 분 야
원료 조달 단계	- 폐플라스틱의 재생자원 기술 - 재생플라스틱의 용도 다양화
제조공정 단계	- 에너지 절약을 위한 고효율 압축기능 설비 - 중·저온 에너지 회수기술 - 고성능 촉매 이용 공정기술 - 저온·저압 분해가능 나프타 촉매 분해기술 - 생체 반응을 이용한 저온·저압 바이오 리액터 개발
폐기 및 재활용 단계	- 생분해성 및 광분해성 플라스틱 생산기술 - 재활용이 가능한 플라스틱 개발

6. 제지산업

1) 제지산업의 개요 및 환경관련 문제점

- 우리나라 제지산업은 임산자원의 부족과 경제성 문제로 다른 산업에 비해 상대적으로 발전이 미진함.
- 원료인 화학펄프의 경우 82% 이상을 수입에 의존하고 있는 실정이어서 국내 제지산업은 국제펠프가격 상승에 대해 완충이 거의 없음.
- 특수지의 경우도 거의 수입에 의존하고 있음.
- 제지산업이 갖는 특성으로 장치산업으로서 공해방지 시설을 포함한 시설투자를 위해서는 많은 자금이 소요됨.
- 에너지 다소비업종으로 에너지비용이 원가의 약 10~15%에 이르고 있음.
- 용수 다소비업종으로 화장지의 경우 제품 1톤당 약 62m<sup>3</sup>의 공업용수가 필요함.
- 제지산업의 원료 및 제품은 부피가 커서 공장 부지의 확보 및 수송문제 등이 중요한 문제가 되고 있음.
- 소득수준에 비하여 소비량이 적은 편이어서 발전전망이 밝은 산업임.

2) 오염물질의 배출실태

- 지류의 생산공정을 크게 구분하면 펄프, 초지

- 생산공정에서 발생하는 폐수에는 유해물질이 함유되어 있지 않으나 COD, BOD 및 SS의 함유량이 높은편이나 이들은 공해방지 시설을 거쳐 최종방류 시에는 정부 규제치보다 훨씬 낮은 상태로 배출되고 있음.

- 최근에는 공해방지시설의 보강과 새로운 시설의 설치로 폐수의 재활용을 높임으로 폐수방류량이 감소하는 추세임.

- 폐지활용의 증가에 따라 슬릿지(일반폐기물)가 다량으로 발생하고 있음.

- 업체에서는 소각로를 설치하여 슬릿지를 소각시켜 발생하는 폐열을 이용하거나, 소각로를 설치하지 않은 업체에서는 주로 위탁처리에 의존하고 있어서 기업경영에 부담이 되고있음.

- 슬릿지 발생량 및 처리내용을 보면 '95년 5월 현재 하루 2,151톤(제지연합회 회원사기준)이 발생하고 있으며, 이를 자체 소각(61%), 자체매립(3.7%), 위탁처리(27.8%), 기타 재이용(7.5%) 등으로 처리하고 있음.

3) 청정관련 대응방안(유망수요 분야)

- 폐수의 총량규제에 대비하여 배출공정별 오염부하 관리지표를 설정하여 관리하는 등 폐수처리시설의 전산화함.

- 무방류 시스템의 설치를 확대하여 폐수 배출량을 원천적으로 감축시킴과 동시에 탈목공정 및 표백을 약하여 섬

표 18. 에너지의 원단위 개선목표 (단위 : kwh/톤, l/톤)

연도		'95	'97	2000	증감율 (%)
구분					
신문용지	전 력	1,295	1,295	1,295	-
	B-C 유	238	229	229	△ 3.8
증 질 지	전 력	1,627	1,627	1,627	-
	B-C 유	156	245	245	△ 0.8
백 상 지	전 력	579	575	567	△ 1.9
	B-C 유	156	145	137	△ 11.7
아 트 지	전 력	687	682	673	△ 0.2
	B-C 유	162	158	154	△ 5.1
크라프트지	전 력	630	617	608	△ 3.6
	B-C 유	128	118	112	△ 12.6
백 판 지	전 력	540	525	500	△ 7.4
	B-C 유	120	115	100	△ 16.7
라이너지	전 력	940	920	893	△ 5.0
	B-C 유	93	91	88	△ 5.4
화 장 지	전 력	1,223	1,215	1,197	△ 2.1
	B-C 유	253	240	234	△ 7.5

을 향상을 위한 표백공정 등의 개선을 통하여서도 수질 오염을 감축 시킬 계획임.

- 유동 반응조 및 미생물고도처리 방법등을 도입하여 폐수의 재활용을 현재의 50%에서 90%로 제고시키는 것등을 목표로 함.

- 2000년에는 용수원단위를 최고 16.6%까지 개선할 것을 계획함.

- 원료조달단계

- 폐지이용율을 1995년의 52%에서 2000년까지 60%로 증가시키려 하고있음.

- 라이너지 등 일부 지종에서는 폐지이용률이 한계에 도달하였기 때문에 인쇄용지 등의 지종에 폐지활용을 확대시키려 하고있음.

- 재생자원을 이용하여 제품을 개발한다는 측면에서 폐지를 이용하여 육묘용 상자, 스티로폼을 대신할 수 있는 펄프몰드 등의 개발을 서두르고 있음.

- 우리나라의 경우 폐지 자체가 여러번의 재활용이 이루어진 상태이므로 섬유질이

유질의 강도 보강 및 탈목시 파손을 최소화할 수 있는 탈목제 등의 연구개발을 추진하고 있음.

- 제조단계

- 에너지절감 추진

- 신증설시 최상의 에너지절감 시설을 설치하고 에너지 저소비로의 공정개발 및 열병합발전소 설치 등을 통하여 에너지원단위를 2000년에는 최고 16.7%까지 개선할 계획으로 있음.

- 용수절감 추진

- 용수절감계획의 기본방향은 재활용수의 이용을 증대함으로써 청수의 사용을 최대한 감소시키려는 것임.

- 냉각수를 순환사용하고 여과기 기능 보완 및 공정의 안정화를 통하여 용수를 절감함.

### 7. 자동차산업

1) 개요 및 환경관련 문제점



- 최근 국내 자동차산업은 국민소득의 지속적인 증대에 힘입은 내수의 증대로 이미 자동차 보유대수가 750만대를 상회하였으며, 생산능력 및 기술력 제고에 따라 '94 년도에는 231만대를 생산, 세계 6위의 주요 자동차 생산국으로 부상하였음.

- 자동차 제조과정은 다른 산업에 비하여 에너지 사용량이 적고 주된 작업공정도 기계가공 및 조립 등으로 이루어지기 때문에 제조과정에서 발생하는 오염물질의 배출이 적어서 저공해형 산업으로 인식되고 있음.

- 자동차는 제조, 이용, 폐차처리의 각 단계에서 대기오염, 소음문제, 폐기물등의 다양한 환경문제를 야기시키고 있기 때문에 환경오염을 간과할 수 없음.

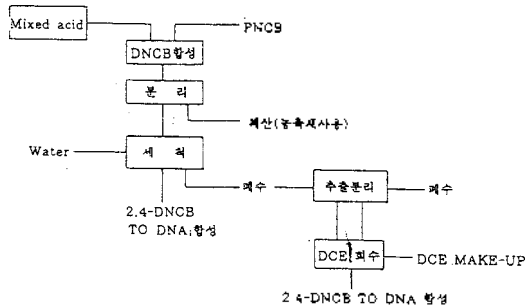
- 생산공장에서 사용되는 에너지소비에 따라 NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> 등이 배출되고 다단계의 제조과정에서는 금속 Slag, 도료가스, 주물폐사, 페플라스틱, 먼지 등의 고형폐기물이 배출되고 있음.

- 자동차 이용시에는 배출가스 및 소음등이 발생하고 폐차시 발생하는 다양한 재질의 부품 및 윤활유 등의 Oil류가 환경을 오염시키고 있음.

- 자동차의 운행시 발생하는 CO, HC, NO<sub>x</sub>, 매연 등의 일반공장의 굴뚝에서 배출되는 것과는 달리 우리 인간이 활동하고 있는 높이에서 발생되고 있기때문에 그 영향은 크다고 할 수 있으며, 고정물체가 아닌 이동하면서 배출가스를 방출하는 특성을 지니고 있음.

2) 오염배출실태

공 정 도



3) 청정관련 대응방안(유망수요분야)

● 자동차의 연비 향상

- 자동차업체는 연비향상을 위하여 희박연소, 직접분사엔진, CVT 등을 개발하여 경량화, 전자화, 고성능화 등을 추진하고 있음.

- 배출가스내 유해성분을 줄일 수 있는 차량개발을 추진하였고, 이것은 연료계통의 전자시스템 도입으로 인해 공연비를 최적 제어함으로써 어느 정도 가능해졌음.

- 선진 각국은 지구 온난화에 대한 해결책으로서 일산화탄소의 배출량을 규제하려는 움직임을 보이고있음.

● 목표설정을 통한 기술개발

- 엔진본체의 경량화

- 린번엔진의 기술개발 및 전자제어 기술의 개발

- 대체소재의 개발을 통한 바디의 경량화

- 주행저항의 감소(관성중량의 저감 및 타이어의 개발)

- 동력전달장치의 개선

● 저·무공해 자동차 개발 적극 추진

8. 시멘트산업

1) 개요 및 환경관련 문제점

- 시멘트는 주원료인 석회석과 기타 점토질 광물들을 혼합·분쇄하여 약 1,400℃ 이상의 고온에서 소성시켜 제조함.

- 석회석 등 주부원료의 대부분이 국내에 풍부하게 매장되어 있기 때문에 원료의 수급은 안정된 편이나, 석회석 등을 가열·소성하는데 필요한 유연탄은 전량 수입에 의존하고 있으므로 국제에너지 시장 동향에 따른 영향을 받고 있음.

- 세계적으로 가장 많이 보급되고 있는 시멘트 제조공정은 공업용수를 사용하지 않는 전식 NSP공정으로서 이로부터 발생하는 분진이 시멘트산업 환경문제의 핵심을 이루고 있음.

- 기후변화협약이 체결됨으로써 시멘트산업에서는 이산화탄소의 배출억제라는 새로운 환경문제가 대두되었음.

- 시멘트산업의 환경비전은 분진과 이산화탄소의 배출억제를 얼마만큼 효과적으로 추진하는가에 달려

표 19. 주요공정별 발생 폐기물저감 및 유효이용 방안

공정별	발생폐기물	저감 및 유효이용 방안
프레스, 차체	스크랩, 고철류	- 압축후 주조 공정에 투입 재활용 추진
도장	페인트 폐유기용제 페필타	- 고 도착을 도장설치 추진 - 세정 폐유기용제등의 회수라인 설치 및 정제후 재사용 - 도장 Booth type 변경을 통한 저감 (건식→습식)
주조	폐주물사	- 주물사 재생기 설치 및 재생용역을 통한 재사용 및 폐사 발생량 저감
전체	폐유	- 생산공정 설치시 폐유의 분리수거가 용이토록 공정설계 - 제조공정에서 발생하는 작동유, 유압유 등 관련 폐유 재생하여 재사용
	페플라스틱	- 분리수거후 재사용 - 열경화성수지 대신 재활용이 용이한 열가소성 수지류 부품 사용확대로 재활용도 향상
	기타	- 발생종류별 분리수거 체계 확립을 통한 재활용도 향상 추진

표 20. 이산화탄소 배출현황

		1990	1991	1992	1993	1994	년평균증가율(%)
배출량 (천TC)	연료	2,525	3,014	3,315	3,805	3,953	11.9
	원료	4,048	4,838	5,391	6,293	6,851	14.1
	계	6,573	7,852	8,706	10,098	10,804	13.2
배출원단위 (TC/천톤크링카)	연료	86.2	86.1	85.0	83.4	79.8	△ 1.91
	원료	138.3	138.2	138.2	138.0	138.2	△ 0.01
	계	224.5	224.5	223.2	221.4	218.0	△ 0.73
크링카생산량(천톤)		29,281	34,999	38,999	45,603	49,558	14.1

있다고 봄.

- 분진에 대해서는 정부의 환경정책과 더불어 배출억제 노력이 계속되고 있으므로 2000년까지는 선진국 수준에 달할것으로 전망됨.

- 지구온난화 가스로 규정된 이산화탄소는 시멘트 주원료인 석회석과 소성용 연료로 부터 다량 발생되고 있으므로 석회석의 사용감축 및 에너지 절약을 통한 감축외에는 특별한 대안이 없는 실정임.

2) 오염물질 배출현황

- 시멘트산업에서 오염물질은 분체산업의 특징으로서 분진, 그리고 에너지 다소비 산업으로서 이산화탄소를 대표적으로 꼽을 수 있고 그밖에 고열산업으로서 질소 산화물 등이 있음.

- 수질오염과 폐기물 배출은 전혀 없음

3) 청정관련 대응방안(유망수요분야)

- 원료 및 연료의 탄력성을 갖출 수 있다는 특성을 살려 타산업에서 배출되는 폐기물이나 부산물을

더욱 폭 넓게 활용함과 동시에 고온소성기술을 활용하여 폐기물의 재자원화 등 공익적 사업으로 사회적 지위를 높혀 나가야 함.

- 종래의 Rotary Kiln이 아닌 유동상 소성로를 사용하여 화학반응을 보다 효율적으로 함으로서 제조 공정상 에너지 소비의 90%를 차지하는 소성공정을 연소방법의 효율을 극대화하여 열소비, 열손실의 감소로 에너지 절감율을 더욱 높이고 고압연소로 발생되는 NO<sub>x</sub> 를 감소함

- CO<sub>2</sub> 배출저감방법으로 가장 바람직한 것은 저온 소성과 저 석회석 조성을 갖는 신 시멘트 개발이고 잠재 수경성을 가진 산업계 부산자원(슬래그, Fly Ash 등)을 활용한 혼합 시멘트 개발.

2) 환경관련 문제점

- 전자산업의 대부분이 조립산업임을 비추어 볼 때 인력투입 비중이 큰 대신 에너지나 자원의 투입 비용은 적어서 설비투자 효율이 높은 반면에 산업공해가 비교적 작은산업임.

- 일부 제조공정상 배출되는 오염물질을 제외하고는 다른 제조업에 비해서는 저공해산업이라고 할 수 있음.

- 전자산업은 전체 독성방출목록(TRI : Toxic Release Inventory)의 16%만을 배출하고 있음.

- 전자산업의 부산물과 폐가전제품의 처리문제는 기술적, 경제적문제와 더불어 환경문제 유발시키고 있음.

표 21. 시멘트산업에서의 청정관련 유망분야

구 분	유 망 분 야
1. 화학적 생물학적 처리기술 및 설비	① Ecology 시멘트(도시쓰레기, 소각재, 하수오니 등 이용) 개발 ② 폐기물계 원료에서 염소 등 유해성분 제거기술 개발 ③ 탈수기술, 핸들링 기술 개발
2. 부산물의 활용기술 및 설비	① 고효율 제조설비 도입을 통한 에너지 절약 ② 혼합 시멘트의 이용확대를 통한 에너지 절약, CO <sub>2</sub> 저감
3. 원료처리 및 수송분야	① 석회석 골재를 사용한 리사이클링 콘크리트 개발 ② 페타이어 등 가연성 폐자원의 연료로 활용

9. 전자산업

1) 전자산업의 개요

- 전자산업이란 전자(Electronic)의 운동 특성을 응용한 기계기구나 주로 여기에 사용되는 부품 또는 재료를 제조하거나 그것을 이용하려는 산업으로 컴퓨터 및 소프트웨어 분야, 산업기기용, 가정용기기 그리고 전자부품 등으로 나뉨.

- 전자산업의 특징을 한마디로 요약하면, 두뇌, 기술, 노동이 복합적으로 집약된 산업이라 할 수 있음.

- 대기, 수질, 토양, 처리에 관한 각종 규제는 전자제품의 전단계에 영향을 미치고 있어, 제조단계 결정에 중요 요소가 되고 있음.

3) 오염물질 배출실태

- 제조공정에서의 주요 환경부하는 포장재, 인쇄 회로기판의 단재, 프린트기판, 세정 폐액 등의 폐기물이 발생하고 있음. 특히 PCB는 조립과정의 납 및 비할로젠 폐기물질 배출이 환경오염의 주를 이루고 있음.

- 반도체나 인쇄회로기판 등의 제조에는 많은 화학적 공정이 포함되어 있어 제조단계에서의 환경부하를 가중시키고 있음.

등이 적게 포함된 LNG와 같은 청정연료의 사용을 추진하고 CFC 대체기술 개발.

표 22. 전자산업의 기본공정 및 특성

공정	특징
1. 회로 및 모델설계	두뇌 및 연구집약형
2. 부품소재 가공	기술 및 기능집약형
3. 조립	노동집약형
4. 시험검사	기술집약형
5. 응용 SW개발	두뇌 및 연구집약형

표 23. 전자산업의 주요산업과의 산업공해 배출비교 (자료 : 일본전자공업연감)

구분	제조업	전자공업	화학공업	철강공업
산업공해 (제조업 : 100)	100	8	334	241

- 도장공정에서의 에너지 소비에 따른 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>의 발생, 광금처리공정에서의 오염발생.

- 제조공정에서의 환경부하 감소대책으로 프린터 실장기판의 무세정화에 의한 건조공정의 생략, 프레온을 이용한 세정작업 같은 새로운 무공해 공정의 도입을 통해 그 오염정도를 점차 저감시키고 있음.

- CFC-11, 12 등의 생산전폐에 따라 공정상 세정작업이 개선되고 대체냉매 채용제품 개발이 확대되고 있으나, 기존 제품의 폐기시 CFC 회수 및 재활용에 대한 방침은 미비한 상태임.

4) 청정공정 관련 대응방안 유망수요분야

- 오·폐수의 재활용 추진
  - 오·폐수의 무방류처리를 원칙으로 정하고, 오수 및 폐수처리장에서 발생하는 오·폐수처리수를 전량 현장용수로 재활용하여 사용할 것을 추진중에 있음.
- 대기분야
  - 연료의 질적 향상은 곧 환경부하의 저감을 의미하는 것으로 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> 및 분진

- 재생자원 이용 확대

- 전자제품의 내장 부품에 재생플라스틱과 같은 재생자원을 이용한 소재의 개발 및 사용을 확대시킬 계획임.

- 부품 SCRAP의 사용비율을 확대시키고 재생부품·소재의 사용도 확대함.

- 재생품이 원재료 사용제품보다 단가면에서 더욱 비싸며 조달도 어려운편이므로 정부차원에서의 재생업체 지원이 시급함.

- 환경부하가 적은 원료로 대체

- 주요 원재료에 재활용율이 높은 합성수지의 단일화를 추진중에 있으며, 완충포장재의 사용절감 추진의 일환으로 광분해성, 생분해성 등의 특성을 갖는 비닐을 제품 내부포장재로 사용하는 방안 추진중.

- 에너지 절약을 위한 제조공정 개선

- 반도체 등이 고집적화 되어감에 따라 제조공정과정에서의 에너지소비가 증가하는 추세에 있기 때문에 클린 룸의 효율화로 에너지 절약노력이 적극 추진되어야 함.

표 24. 전자산업으로부터의 오염의 주된 원천과 영향 (자료 : Asia Monitor Resource)

배출오염물	공정배출원	대표적인 배출 화합물	배출의 영향	적용되는 배출조정 공정
wet산화반응에서의 산성 및 부식성 기체 증기, 먼지	세척, 에칭, 광레지스 터제거	황산, 염화수소산, 인산, 질산, 염화물, 암모니아, 아세트산	물질 및 특성의 부식, 유색배출 인체에 유해	알칼리 및 산성 용액을 사용한 세척
유기기체(용제)	용제세척 및 감광물 질제거	아이소프로판올, 아세톤, N-부틸아세테이트, 트리클로로에틸렌, 자이렌, 중류석유, 할로겐화탄소	인체에 유해 광화학 스모그와 오존형성	흡착, 촉매소각, 열적소각
공정방출물에서의 유독, 반응성 및 기타 유해기체 및 입자, 실리콘 교환시의 배출된 가스	에피택시, 화학기체 증착, 확산, 이온주입, 산화, 플라즈마에 침	수소, 실란, 비소화합물, 인화합물, 보론화합물, 염산, 삼불화인, 이염화실란, 황화물, 산염화물, 보론, tribomide	인체, 시설, 장비에 유해	소각, 소각 및 여과, 소각 및 세척, 알칼리 및 산화제용액을 사용한 세척
유해기체나 증기의 사고 또는 비상배출	장비고장, 누출기체, 실린더, 파이프, 밸브	실란, 인화합물, diborance화합물, 유기금속물질, 비소화합물	인체, 시설, 장비에 유해, 근처주민에게 유해	알칼리 및 산화제용액을 사용한 닦기 및 여과

표 25. 전자산업에서의 청정관련 유망수요분야

단 계	대응방안 및 유망수요분야
원료 조달	- 환경에 유해한 물질의 사용금지 - 재이용이 용이한 부품 및 재료의 사용촉진
제 조	- 에너지/자원프로세스 절약 - 유해물질·유해폐기물 발생 최소화 - 부산물 및 폐기물의 최소화·분해용이성
유통·소비	- 안전한 운반과 보관, 수송 용이를 위한 대책 - 과잉포장, 무겁고 두꺼운 용기회피 - 포장재·용기의 리사이클링, 재자원화
폐 기	- 제품의 리사이클·재자원화 - 분해의 용이화, 부품수 감축 등 리사이클처리가 용이한 구조 채택 - 폐기물 감량화를 위한 제품의 소형화, 부품의 공용화

- 저전력, 고효율 신형장비를 도입하여 Aging시간 등을 단축시키고 폐열회수 시스템을 도입하는 등 제조공정을 개선함.
- 공정별 에너지 원관리를 실시.
- 환경오염물질 배출 감소 및 재활용
  - 대기 및 수질오염물질, 폐기물 등의 지속적인 배출감소 추진.
  - 반도체 등의 세정작업시 화학물질의 배출을 적정 관리하며, 공정내 폐기물을 분리수거 또한 SPG, PCM강판을 채용함으로써 도장공정등의 폐지를 추진함.
  - 반도체 인쇄회로기판 등의 제조공정에서 발생하는 오염물질을 재생자원으로 확대 사용하는 방안이 추진되어야 함.
- 유해물질 사용감소
  - 세척, 에칭, 광레지스터 제거공정의 산성 또는 부식성 기체를 억제하고, 유기용제 세척과정, 에피택시, 플라즈마에칭 등 인체에 유해한 공정을 대체물질이나 공정개선.
  - 공정안전관리제도(PSM)의 실행에 대비하여 자체적인 종합안전관리 시스템 구축.
- 청정연료 사용
  - 벙커 C유 등 기존의 연료를 LNG 등의 청정연료로 대체하는 노력이 필요.
  - 선행적인 청정연료로의 교체노력은 총량 규제 등 규제강화에 대한 사전대비 차원에서 이루어져야 함.
- 리사이클 용이화, 감량화를 위한 제품설계 및 개발
  - 제품의 설계 및 개발시, 비가치적인 추가작업을 배제시킴으로써 제조, 조립, 분해, 사용, 서비스 등에서 불필요하게 사용되었던 에너지 감소.
  - 제품의 설계 및 개발부터 환경친화적 계획이 이루어져야함.
    - 제품의 소형화, 부품의 단일화, 최소화 등을 통한 폐기물 감량화를 위한 설계가 이루어져야함.
    - 모든 부품에 대하여 분해, 취급 및 세척이 용이한 설계 필요함.
    - 재활용 및 재사용 가치가 있는 부품과 유해성분 재질의 분해가 용이한 설계가 필요함.

- 일관된 정책을 수립하여 단계별로 문제를 해결해야 함.

10. 화학산업

1) 개요

● 화학산업은 매우 광범위하고 자본집약적이며 공정의 자동화 설비로 인해 노동집약도가 낮고 높은 생산성을 올릴수 있는 산업임.

● 화학산업은 산업경제상 기반 산업으로 세계 어느나라를 막론하고 전체 제조업의 10 - 25%를 차지하며, 화학기술은 전자정보 기술과 융합하여 문자, 원자 수준의 기초학문을 공학과 연결시켜 새로운 물질합성에 근간 기술을 제공하고 있음.

● 세계화학산업의 시장규모는 1980 - 90년의 11년간 년평균 3.5%의 성장률을 보이고 있으며, 정밀화학 제품의 지속적인증가로 2000년까지 4.55%의 고성장을 기록할 전망이다.

● 국내 화학산업은 전체제조업의 13.05를 차지하고 있으며 (1993), 일반화학공업과 정밀화학공업의 비율은 1980년에 80:20, 86년도에 64:35, 91년에 60:40으로 점차 선직국형인 50:50형태로 접근해가고 있음.

2) 환경관련 문제점

● 종래의 화학산업의 환경기술개발은 주로 제품을 생산하고 난후 수질, 대기오염 및 폐기물의 사후처리기술 위주로 개발되어 왔으나, 환경규제의 강화로 처리기술의 관계에 도달해 있고 처리비용도 증가일로에 있음.

● 당면 문제를 해결하고자 공정최적화, 대체물질 사용 등을 통한 오염물질 발생감소와 오염물질의 회수, 정제, 재사용을 추구하는 청정기술의 도입이 검토되고 있는 중임.

● 더구나 매립비용 증가, 폐기물 처리비용증가와 강화되는 환경규제로 인해 청정기술도입의 필요성이 날로 증가되고 있음.

3) 오염물질배출실태

● 화학산업에서 발생하는 오염물은 광범위하고 다양하나 전체공정, 연속공정, 회분식공정, 제조공정으로 나누어볼 때 다음과 같이 분류될 수 있음.

4) 청정관련 대응방안 (유망수요 분야)

- 공정개선을 통하여 물사용 감소, 폐기물 배출

감소, 폐기물 부하감소를 이룩하고 아울러 공정효율을 개선해야 하며, 장치의 변경, 부산물의 회수, 미반응물의 회수 등이 고려되어야 함.

- 가능한 청정대체물질의 발굴과 이를 위한 청정 대체물질 Database의 구축이 필요하며 가능한 청정제품의 개발 및 대체에 대한 연구가 요구됨.
- 생산공정에서 발생하는 공정수와 폐기물 (반응기, 세척수, 지표수 등)을 재처리/재이용하는 기술과 청정소각처리기술의 개발이 요구됨.

#### IV. 대응방안

##### 기본 방향

- 광범위한 청정생산기술의 기술개발 시너지효과를 극대화하고 단기간내 선진국 수준의 기술력을 확보하기 위해 체계적인 기술개발 전략 채택

표 26. 공정별 발생 오염물

공정	오염물
전체 공정	○ 혼합폐수
연속 공정	○ 염화 수소 ○ 폐촉매 ○ 폐용제
회분식 공정	○ 독성 폐촉매 ○ 폐필터 ○ 슬러지 ○ 분진 ○ 폐화학세척제
제조 공정	○ 폐용제 ○ 슬러지 ○ 크롬화합물 ○ 시아나이드 ○ 폐용제

표 27. 화학산업에서의 청정관련 유망수요분야

구분	유망분야
원료 조달 단계	자연분해성 플라스틱 개발 자원 절약형 무공해 도로 개발 무공해 농약개발 저공해 계면활성제 개발
제조 공정 단계	공정최적화기술개발 연속공정에 의한 생물합성공정개발 에너지 절약형 공정개발 환경친화적 칠강제조기술개발
폐기 및 재활용 단계	LNG보급확대 및 석탄, 중유의 공해물질 최소화 폐추진제 처리 및 자원회수 기술개발

- 청정생산기술개발사업을 기존 “공업기반기술개발사업”이 아닌 「환경친화적산업구조로의 전환촉진에관한법률」에 의한 신규사업으로 전환.
- 중소기업에 대한 기술지원을 강화하기 위해 주요업종별 전문연구소를 “청정생산기술개발지원센터”로 지정하고, 생기원 “청정생산기술개발사업단”의 기능을 강화하여 총괄주관기관 역할 수행.

1. 기술개발사업의 추진

가. 사업내용

- 기술파급 및 기술개발시너지효과를 극대화하기 위해 직접적인 R&D사업외에 기술 Infra사업 등을 종합추진
  - 청정공정 등 기술개발, 개방실험실을 통한 중소기업 기술지원, 선진국과의 국제협력, 생산인력양성, 기술정보사업 등을 상호연계 추진.
- ※ 다만, '96년에는 한정된 예산규모(약 40억원) 등을 감안하여 지원이 시급한 R&D사업에만 지원

나. 추진체계

- 「총괄주관기관」의 사업총괄(계획수립, 심의평가 등)하에 「주관기관」 형태로 참여
  - 총괄주관기관 : 생산기술연구원 (청정생산기술개발사업단)
- ※ 사업규모가 확대될 '97년부터는 청정생산기술개발지원센터간 기술연계 강화를 위해 총괄주관기관내에 센터간 “협의회”구성/운영

다. 과제선정 및 평가

- 매년도 지원과제는 수요발굴/공모 및 심의등을 거쳐 선정
  - 통상산업부와 총괄주관기관의 공동수요발굴/공모후, 산·학·연 전문가로 구성되는 「운영위원회」의 심의를 거쳐 과제선정.
- 매년도 지원과제의 평가는 산·학·연 전문가로 구성되는 「운영위원회」에서 수행
  - ※ '95.12 착수한 공기반내 청정생산기술 “중기거점사업”과 '96.9착수 예정인 공기반내 청정생산기

술 「별도사업」간의 연계를 위해 '95년 지원과제의 평가부터 적용

라. 예산확보

- '97년부터 「환경친화적산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」에 의한 예산 확보
  - 재정원에서 120억 승인 득
  - ※ '96년의 경우 공기반내 예산으로 40억원이 확보되어 있으나 원활한 사업착수를 위해서는 최소한 10억원 추가확보 필요

2. 기술개발 및 지원체제 강화

가. 기본방향

- 청정생산기술개발 역량 집결 및 중소기업기술지원 대화 등을 위해 전문연구소의 기술개발 및 지원기능을 강화
  - 관련 연구기관을 “청정생산기술개발지원센터”로 지정하여 각 센터의 기술지원기능을 특화.
  - 각 센터간 특화기술의 유기적 연계를 위해 총괄주관기관의 생산기술연구원내 “청정생산기술개발사업단”의 종합기능을 강화.

나. 「청정생산기술개발지원센터」의 지정·운영

- 청정기술의 전문성이 높고 중소기업 기술지원을 수행하고 있는 주요연구기관을 “청정생산기술개발지원센터”로 지정하고 개방실험실 운영
  - 우선 국립기술품질원, 과학기술원 등 8개 기관을 지정하고 향후 사업범위 등의 확충과 병행하여 대상연구기관 지정 확대

다. 총괄주관기관의 기능강화

- 총괄주관기관의 종합총괄기능을 강화하기 위해 현행 “청정생산기술개발사업단”을 전문연구조직으로 확대개편

3. 추진일정

- '96. 6초 : '96년 청정생산기술개발사업의 공기반내 별도사업을 위한 “사업운영요령” 제정(통상산업부)



- '96. 7중 : '96년 기술개발사업 공모 및 RFP발  
송(총괄주관기관)
- '96. 8중 : 민간으로부터 '96년 사업계획서 접수  
(총괄주관기관)
- '96. 8중 : 민간의 사업계획서 심의 및 지원과  
계 선정(운영위원회)
- '96. 9. 1 : '96년 청정생산기술개발사업 착수  
(과제별 민간 주관기관)

<기술개발 추진체계도>

