

KEI/2000

2000. 12



한국환경정책·평가연구원

Korea Environment Institute

## 序 言

청정생산은 산업규모의 확대에 따른 환경오염의 악화를 예방하여 지속적 개발을 가능하게 할 뿐만 아니라 기업의 경쟁력 강화에도 큰 도움이 되는 생산방식이라고 할 수 있습니다. 청정생산은 모든 산업분야에서 요구되지만, 화학물질이 가지고 있는 환경위해성 때문에 화학산업의 경우가 특히 중요하다고 생각합니다.

정부는 정책적 지원과 연구개발을 통하여 국내 산업구조를 환경친화적으로 변환시키기 위해 노력을 경주하여 왔습니다. 그러나, 국내산업계는 일부 대기업을 중심으로 청정생산활동이 구체화되고 있을 뿐 전반적으로 활성화되고 있지 못하며, 특히 기술력이나 자금면에서 열세한 중소기업의 경우에는 더욱 그러하다고 생각합니다. 청정생산의 주체가 기업임을 인식할 때 기업의 적극적인 의지가 결여된 상태에서는 정부 및 학계중심의 노력은 효과가 제한될 수 밖에 없습니다. 따라서 이제까지 기술개발 등 하드웨어 중심의 지원이 그 효과를 나타낼 수 있도록 기업의 의욕을 부추킬 수 있는 방안이 다각도로 모색되어야 하는데, 기업이 쉽게 적용할 수 있는 청정생산 지침서의 개발과 보급도 매우 중요한 역할을 한다고 보여집니다.

이러한 취지하에서 본 보고서에서는 청정생산이 가장 절실히 요구되는 화학산업체를 대상으로, 현장의 경영자 및 엔지니어가 보다 쉽게 청정생산을 이해하고 접근할 수 있도록 청정생산 실행지침을 제공하고 아울러 청정생산 촉진을 위한 정책방안도 함께 제시하고자 노력 하였습니다. 제시된 내용이 비록 완전하다고 할 수는 없겠지만, 청정생산을 위한 정부의 정책 개발 및 기업의 경영활동에 유용한 자료로 사용될 수 있을 것으로 확신합니다.

끝으로 본 연구를 수행한 공성용 박사와 이희선 박사, 그리고 김강석 박사의 노고에 깊은 감사를 표합니다. 또한 자문을 통해 도움을 주신 본 연구원의 정희성 박사, 장기복박사, 김용건 박사와 환경부 환경기술과 이지윤 사무관, 한국생산기술연구원의 박영우 박사, 아주대학교 이건모 교수, 한양대학교 배우근 교수께도 심심한 감사를 드립니다. 아울러 본 연구의 내용은 본 연구원의 공식 견해가 아닌 연구자 개인의 견해를 밝혀드립니다.

2000년 12월

한국환경정책·평가연구원

院長 李相垠

# 목 차

<b>I. 서 론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구배경 .....	1
2. 연구내용 .....	2
<b>II. 청정생산과 화학산업</b> .....	<b>3</b>
1. 청정생산의 개념 .....	3
2. 화학산업의 특성과 국내 현황 .....	5
2.1 화학산업의 특성 .....	5
2.2 국내화학산업의 현황과 문제점 .....	8
3. 주요 관리대상 화학물질 .....	10
4. 외국 화학산업에서의 청정생산 동향 .....	12
4.1 국제 환경경영의 동향 .....	13
4.2 미국의 동향 .....	16
4.3 EU의 동향 .....	18
4.4 일본의 동향 .....	21
4.5 외국사례에서 본 시사점 .....	22
5. 국내의 청정생산 촉진제도 .....	23
5.1 청정생산관련 법률 .....	23
5.2 화학물질 배출량 조사제도 .....	25
5.3 청정생산관련 지원제도 .....	27
<b>III. 화학산업체의 청정생산 실행방법 및 절차</b> .....	<b>39</b>
1. 청정생산 프로그램의 구성 .....	39
2. 각 단계별 구성요소 및 업무 .....	41
2.1 1단계: 시작단계 .....	41
2.2 2단계: 예비평가단계 .....	43
2.3 3단계: 프로그램의 수립 .....	46
2.4 4단계: 평가단계 .....	48
2.5 5단계: 실행 .....	59
2.6 6단계: 점검 .....	59
<b>IV. 국내 적용 사례</b> .....	<b>60</b>
1. 대상공장의 개요 .....	60
2. 사례분석 .....	61

2.1 1단계: 시작단계 .....	61
2.2 2단계: 예비평가단계 .....	62
2.3 3단계: 프로그램의 수립 .....	65
2.4 4단계: 평가단계 .....	65
3. 사례연구의 결과 및 시사점 .....	78
V. 화학산업에서의 청정생산 촉진방안 .....	80
VI. 맺음말 .....	83
참고 문헌 .....	84
[부록 A] 주요관리대상 화학물질 목록 .....	87
[부록 B] 기업의 청정생산 추진사례 .....	119
[부록 C] 청정생산 실행도구 .....	134
[부록 D] VOCs 배출량 산정모형 .....	161

# 표 목 차

<표 II-1> 제조업 업종별 에너지소비 추이 및 전망 .....	5
<표 II-2> 화학물질 국내 제조현황 .....	6
<표 II-3> 화학물질 국내 수입현황 .....	6
<표 II-4> 화학물질 국내 사용현황 .....	7
<표 II-5> 화학산업체 고정시설 주요 사고다발 물질 .....	7
<표 II-6> 수송 주요 사고다발 물질 .....	8
<표 II-7> 화학산업의 시장규모 .....	8
<표 II-8> 화학산업체의 일인당 생산액 .....	9
<표 II-9> 정밀화학업체의 규모별 현황 .....	9
<표 II-10> ICCA가 정한 6개 실행분야 .....	14
<표 II-11> 세계 각 국의 RC 실행 성과의 자체평가 결과 .....	15
<표 II-12> 미국 CMA의 RC 실행을 위한 기본 단계의 주요내용 .....	17
<표 II-13> 함버거 환경연구소의 화학·제약회사 조사내용 .....	19
<표 II-14> 함버거 환경연구소의 화학·제약회사 조사결과 .....	20
<표 II-15> 청정생산 관련 관계법령 .....	25
<표 II-16> 연도별 화학물질 배출량조사 대상업체 .....	26
<표 II-17> 청정생산 관련 기술개발 현황 .....	27
<표 II-18> 환경기술 연구개발사업의 단계별 목표 .....	28
<표 II-19> 청정생산 기술사업의 구분 .....	29
<표 II-20> 청정생산 기술사업지원 현황 .....	30
<표 II-21> 업종별·기술별 지원과제 현황 .....	30
<표 II-22> 환경오염방지기자재의 관세감면 추천현황(1998년) .....	31
<표 II-23> 환경오염 방지시설 설치자금 등의 융자지원 현황 .....	31
<표 II-24> 중소기업 환경기술지원 추진실적 및 계획 .....	33
<표 II-25> 그린빌딩 인증제를 위한 평가항목 .....	37
<표 II-26> 생산자 책임재활용제도 대상품목 .....	38
<표 III-1> 평가팀 구성원의 역할 .....	56
<표 IV-1> A 공장의 공정 반응조건 .....	68
<표 IV-2> 흡수 처리법에 대한 고정투자비 .....	77
<표 IV-3> 흡착 처리법에 대한 고정투자비 .....	77

## 그림 목 차

<그림 III-1> 청정생산 실천 프로그램의 구성 .....	40
<그림 III-2> 경제성 및 기술성 평가방법 .....	57
<그림 IV-1> A 공장의 제조 공정도 .....	61
<그림 IV-2> 유기용매에 대한 물질수지 .....	69
<그림 IV-3> LCA 분석에 의한 환경영향 .....	74

# I. 서론

## 1. 연구배경

산업규모 확대에 따른 환경악화는 오염물질 배출관리 중심 환경정책의 한계를 노정하고 있어 새로운 환경관리 개념이 필요하게 되었다. 새로운 개념은 오염예방과 오염자부담 원칙을 바탕으로 하고 있으며, 인간의 경제활동과 환경보전의 조화를 기본 방향으로 하고 있다.

청정생산은 기존의 환경정책의 한계를 극복할 수 있는 새로운 대안중의 하나로 각광받고 있으며 많은 실천사례들이 보고되고 있기도 하다. 우리 나라의 경우에도 정부는 환경친화적인 산업구조를 촉진하기 위하여 관련 법률의 제정 뿐만 아니라 청정기술의 개발과 보급에 큰 힘을 쏟고 있다. 예를 들어, 산업자원부는 1998년 174억원, 1999년과 2000년에는 300억원을 청정생산기술 개발 사업비로 지원하였고, 환경부에서는 G-7 사업을 통해 청정기술의 개발과 보급에 노력하고 있다. 기술개발 뿐만 아니라, 금융 및 세제지원을 통하여 환경설비의 확충과 신기술 보급을 유도하는 제도도 다수 운영되고 있는데, 조세감면규제법에서 공해방지시설 투자에 대한 세액공제 또는 손금산입 제도와 폐기물 재활용시 부가가치세 매입세액공제 제도가 있다. 관세법에서는 수입된 환경기자재에 대한 관세감면 제도가 있고, 중소기업기본법에 의한 환경산업체의 조세특례 제도가 있다. 이러한 정부의 노력에도 불구하고 국내기업의 청정생산 구축활동은 활발하다고 볼 수 없다. 장기복<sup>1)</sup>의 연구 결과에 따르면, 청정생산 정보를 입수한 경험이 있는 기업의 비율과 청정생산을 시도한 경험이 있는 기업의 비율이 각각 33.6%와 30.6%에 불과하여 기업의 청정생산에 대한 인식이 매우 부족함을 알 수 있다. 이러한 이유는 여러 가지가 있겠지만, 청정생산에 대한 교육 프로그램의 부재와 정보 제공 방법의 다양성 부족, 그리고 청정생산의 실행 방법론의 미정립이 기업의 관심을 이끌어 내지 못한 주 원인중의 하나로 생각된다. 기업의 인식과 실천 역량이 부족한 상태에서는 아무리 국가가 막대한 자금을 투자하여 유용한 기술을 개발하여 보급한다 하더라도 그 효과에는 한계가 있기 마련일 것이다.

미국의 경우에는 청정생산<sup>2)</sup> 활동을 촉진하기 위하여 관련 제도의 수립 뿐만 아니라 청정생산에 대한 기술정보와 기술지원, 그리고 교육프로그램과 청정생산 실행방법 매뉴얼을 개발하여 산업체에 보급하고 있다. 화학산업에 적용될 수 있는 대표적인 실행 매뉴얼은 EPA의 행정부서(OECA(Office of Enforcement and Compliance Assurance), OPPT(Office of PPand Toxics))와 연구소(Risk Reduction Engineering Lab., OH), 화학산업협회(Chemical Manufactures Association), 기타 주정부 등 다양한 기관에서 개발·보급하고 있고, 다른 국가에서도 같은 추세이다.

1) 장기복 외, 『중소기업의 환경관리 유인정책 개선방향』, KEI, 1998

2) 미국은 오염예방(pollution prevention)이라고 말한다.

우리 나라의 경우에도 환경경영이나 전과정평가(LCA)등 관련 자료가 많이 발표되고 있지만, 전문가를 대상으로 발간되어 이론적이며 또 현장에 직접 적용할 수 있는 구체적인 방법론을 적시한 것은 드문 형편이다.

본 보고서는 이러한 현실, 즉 국가가 청정생산 구축에 많은 예산을 들이고 여러 가지 제도적 뒷받침을 하고 있지만, 기업의 인식이 부족하여 활성화되지 못하고 있는 주된 이유 중의 하나로서 기업의 청정생산에 대한 이해부족과 마땅한 실행 지침서가 부족하다는 사실에 주목하고 현장의 엔지니어가 쉽게 접근할 수 있는 지침서를 제시하기 위하여 수행되었다. 특히, 화학물질을 많이 사용하여 청정생산이 가장 필요한 화학산업을 중심으로 연구를 수행하였으며, 아울러 외국의 사례와 국내 여건을 비교하여 국내 화학산업에서의 청정생산 촉진방안도 함께 제시하고자 하였다.

## 2. 연구내용

II장에서는 청정생산의 개념과 화학산업의 특징을 간략히 살펴보았으며, 화학산업체에서 크게 관심을 가져야할 주요 화학물질을 요약하였다. 그리고 화학산업체의 청정생산 촉진을 위한 국내외 체도를 살펴보았는데, 이는 제도간 비교를 통해 개선방안을 모색하려는 목적과 함께 국내 기업이 현재 시행되고 있는 여러 가지 지원제도를 파악하고 이를 적극적으로 활용할 수 있도록 하기 위함이다. 이어 III장에서는 외국의 사례와 국내 여건을 감안하여 현장에서 청정생산을 실행할 수 있는 절차와 방법을 제시하고자 하였다. IV장에서는 III장의 실행방법론을 국내 중소기업에 적용하여 방법론의 유용성을 확인하고 사례연구 과정에서 얻은 경험을 논의하였다. 그리고 V장에서는 화학산업에서의 청정생산 촉진을 위한 정책방안을 제시하고, 마지막으로 VI장에서 결론을 서술하였다.

## II. 청정생산과 화학산업

### 1. 청정생산의 개념

청정생산(Cleaner Production)의 개념을 명확히 하는 것은 쉽지 않다. 단어 자체의 의미로는 현재보다는 환경영향이 적은 제품 및 서비스의 생산방식을 포괄적으로 의미하며 여기에는 경제적 요소가 고려되어 있지 않은 듯 보인다. 그러나 이제까지 주류를 이루어온 후처리 방식(end of pipe technology)의 한계(기술적 한계와 과도한 비용)를 극복하기 위한 대안으로 제시된 점을 고려하면 청정생산은 확실히 경제적 요소가 매우 강조된 개념으로 이해하는 것이 정확하다고 생각된다.

UNEP에서는 청정생산을 “인간과 환경에 대한 위험을 최소화하고 에코 효율성을 높이기 위한 서비스, 공정, 제품에 대한 종합적이고 예방적인 환경전략을 지속적으로 적용해가는 것”이며 보다 구체적으로는 “①생산공정에서 원료 및 연료의 사용을 저감하고 유독물질의 사용량을 감소시키며, 오염물질과 폐기물의 발생을 최소화하며 ②서비스부문에서는 환경친화적인 서비스의 설계와 제공 ③제품과 관련하여서는 전생애를 통하여 환경에 부정적 영향을 줄이는 것”이라고 정의하고 있다.<sup>3)</sup> 이와 같이 청정생산은 제품의 설계 및 생산단계에서 오염물질의 발생을 줄이고 연료 및 원료의 사용량을 저감하여 환경보전과 비용절감을 동시에 추구하는 생산전략이라고 할 수 있다.

이와 유사한 개념으로 미국에서 주로 사용하고 있는 오염예방(pollution prevention)이 있다. 미국의 오염예방법(pollution prevention act)에 따르면 “오염예방이란 재활용, 처리, 혹은 매립 이전에 유해물질이나 오염물질이 환경 혹은 폐기물(waste stream)로 유입되는 양을 감소시킬 수 있는 모든 방법”이라고 정의하고 있는데, UNEP의 청정생산 개념과 차이점을 구별하기가 어렵다. 이 외에도 세계은행(WBCSD)은 에코효율성(eco-efficiency)을 중시하고 있는데 이에 따르면 “에코효율성이란 최소한 지구의 자정 능력을 넘지않는 수준으로 제품이나 서비스를 가격경쟁을 통해 제공함으로써 달성할 수 있는 상태”이다.

이를 달성하기 위한 요인으로는 ①상품과 서비스의 제공에 있어서 물질과 에너지의 사용 감소 ②유해물질의 확산 감소 ③물질의 재활용 증대 ④재생가능한 자원의 계속적 사용 등을 꼽고 있다. 에코 효율성이란 개념은 경제적 효율성을 보다 강조하고 있지만, 달성 수단에서는 청정생산과 큰 차이가 없다고 여겨진다. 이 외에도 폐기물 최소화(waste minimization), 제로에미션(zero emission), 환경친화적 설계(DfE)등의 개념이 국제기구 혹은 학계에서 주창되어 사용되고 있는데, 이 역시 약간의 개념적 차이가 존재하지만 후처리보다는 오염의 사전 예방을 강조하고 있고 제품 및 서비스의 전과정에 걸쳐 환경적 영향을 최소화하는데 목적을 두고 있다는 공통점이 있다.

3) 김용건, 『청정생산 구축사례연구』, KEI, 1998

이와 같이 청정생산 혹은 관련 활동들은 환경보전과 생산활동이라는 대치된 개념을 상호 보완적인 개념으로 발전시킨 소위 윈-윈 전략으로 이해되고 있다. 하지만 총괄적인 개념에 대해서는 인식을 같이 하지만 구체적인 사항에 들어가면 종종 다음의 두가지 문제에 대해서 혼돈이 일어나곤 한다.

먼저 경제적 이익을 동반하여야만 청정생산이라고 할 수 있는지 하는 문제와 두 번째는 오염원에서의 배출저감 수단에만 한정하는지 여부이다. 먼저 첫 번째 문제에 대해서 논의하자면, 청정생산을 경제적 이익을 반드시 동반하는 생산방식이라고 단정할 수는 없다고 생각된다. 물론, 청정생산을 실천하는 과정에서 비용절감을 이루는 많은 사례가 보고되고 있고 또 이러한 요인이 기업의 청정생산구축의 촉매가 되는 것은 사실이지만, 비용절감이 청정생산을 규정하는데 충분한 것은 아니다. 보다 정확히는 ‘환경에로의 배출을 저감하되 환경영향 감소 수단을 우선적으로 배출원에서 모색하는 방식이며 결과적으로 비용절감도 동시에 이룩할 많은 기회가 있는 생산방식’으로 정의할 수 있다고 본다. 우리나라에서는 환경비용 분석 방법이 명확히 정립되어 있지 못하고, 규제수준이 낮고 환경피해에 대한 보상이 많지 않은 사회분위기를 감안할 때 환경개선으로 인한 편익은 아무래도 저평가되는 경우가 많기 때문이다.

두번째, 청정생산의 범주에 포함시킬 수 있는 수단에 대하여 살펴보자. 보통 환경오염을 저감할 수 있는 수단으로는 ①오염물질발생을 최소화(minimize generation) ②원료 및 연료 투입량 최소화(minimize introduction) ③분리 및 재사용 ④재순환(recycle) ⑤폐열 회수 ⑥배출처리로 구분되는데, 미국 EPA의 경우에는 ①과 ②만을 오염예방(P2)으로 정의하고 있지만, 유럽(EC)은 위의 6가지 모두를 청정생산의 범주에 포함하고 있다.<sup>4)</sup>

한국의 경우, 법률로 정한 청정생산의 정의는 없으며 “환경친화적산업구조로의전환촉진에관한법률“에서 청정생산기술을 ‘생산공정에서 환경오염을 제거하거나 감축하기 위한 기술 및 환경친화적인 제품을 생산하기 위한 기술’이라고 정의하고 있고, 한국의 청정생산을 주도하고 있는 한국생산기술연구원 청정기술개발센터에서는 청정생산기술을 ‘산업활동의 전과정을 통해 배출되는 오염물질과 폐기물을 생산초기부터 원천적으로 감량해나가는 차세대 기술로, 사후처리가 아니라 상품의 원료조달 단계부터 제품의 최종 출하까지 전 제조공정에서 환경오염을 미연에 방지하는 환경관련 기술’이라고 설명하고 있어 위의 6개 수단 중 ①과 ②의 범주만을 포함하고 있는 듯 하다.

그러나 청정생산 연구분야로는 제품의 환경친화적인 디자인, 청정원료 대체, 오염물질 최소화를 위한 생산공정 개선, 발생된 폐기물의 감량 및 재활용을 포함하고 있어 보다 광범위한 수단을 아우르고 있다. 그 이유는 현재 기업의 환경문제가 청정생산의 하위범주 수단, 즉 재순환, 폐열 회수, 배출물질의 처리 등에 의해서도 개선의 여지가 상당히 많은 현실을 인정했기 때문이라고 생각된다. 우리 나라는 산업환경관리 역사가 짧고 관리수단도 직접규제방식을 위주로 하여 왔기 때문에 기업의 자율적 실천의지에 의한 환경개선의 여지가 크다. 특히 중소기업의 경우에는 위에서 언급한 하위수단에 의한 개선여지가 상대적으로 클 것으로 보인다.

4) 미국 듀폰사는 미국 정부의 P2 정의에도 불구하고 청정생산의 범주에 유럽과 같은 입장을 보인다. 이는 기업의 입장에서 오염예방 수단의 범주를 확대 해석하는 것이 결과적으로 환경보전과 기업의 경쟁력 강화에 유리하다고 인식하고 있기 때문이다.

## 2. 화학산업의 특성과 국내 현황

### 2.1 화학산업의 특성

화학산업은 화학적 처리를 주요 제조공정으로 하는 사업 및 그로 인해 얻어지는 물질의 혼합 또는 최종처리를 하는 사업으로 정의할 수 있다. 그러나 화학적 처리를 주 생산기술로 사용하는 산업은 한 두 가지가 아니어서 철강, 시멘트, 식품, 주류, 제지 등 이루 말할 수 없을 만큼 많지만, 이들 산업을 모두 화학산업이라 부르지는 않는다. 통상적으로 화학산업이라 하면 표준산업 분류체계상의 화합물 및 화학제품 제조업(중분류 24)을 말하며 석유화학과 의약품, 화장품, 농약 등 정밀화학을 포함하는 협의의 정의를 따르는 것이 보편적이다.

화학산업의 중요한 특징은 석탄, 석유와 같은 화석연료 등 다양한 천연자원을 원료로 사용하여 비료, 합성수지, 무기화학 및 유기화학 제품 등의 화학제품을 생산하고, 이를 원료로 다시 의약품, 농약, 염료, 접착제, 계면활성제, 화장품, 향료 등의 정밀화학 제품을 생산하는 일관(chain) 산업이라는 것이다. 환경측면에서 본다면 화학산업은 물질의 화학적 변화 혹은 화학적 처리가 요구되기 때문에 에너지와 공업용수의 소비가 많고 화학물질 사용량이 많아 배출의 가능성도 크며, 또한 고온/고압 반응 및 부식물질 혹은 유독물질을 취급할 때 사고의 위험성이 타 산업에 비해 큰 것이 특징이다.

#### 2.1.1 에너지 다소비

에너지경제연구원의 연구결과에 따르면 석유화학업종의 에너지 사용량이 제조업 전체에서 차지하는 비율은 1990년대 이후 계속 증가하여 왔지만(1990년의 30.8%에서 1998년의 49.4%로 증가), 향후에는 성장이 둔화하여 2010년에는 그 비율이 38.1%로 감소할 것으로 예측되고 있다. 그러나 2010년 부가가치는 전체 제조업의 16.9%에 불과하여 석유화학산업이 여전히 에너지 다소비 업종임을 보여주고 있다.

<표 II-1> 제조업 업종별 에너지소비 추이 및 전망

(단위: 백만TOE)

	1990년	1995년	1998년	2010년
제조업전체	32.8	55.4	68.6	90.7
석유화학	10.1(30.8)	23.0(41.5)	33.9(49.4)	34.6(38.1)
비금속광물	4.1	6.2	5.1	7.7
제1차금속	9.8	14.2	15.0	18.5
조립금속	2.0	3.4	4.2	15.1

주) 석유화학의 ( )는 제조업 전체에서 석유화학이 차지하는 비율을 나타냄.

자료: 산업자원부, 『기후변화협약 대응실천계획 수립을 위한 연구』, 1999

### 2.1.2. 화학물질의 사용

화학물질은 제조, 판매, 유통과정에서 많은 양이 환경으로 배출된다. 우리 나라는 화학물질 배출량을 조사하기 위하여 1999년부터 “유해화학물질 환경배출량 조사” 제도를 시행하여, 석유정제업과 화학업종에 대해서는 2000년 2월부터 본격적인 조사가 시작되었다. 하지만 아직까지 그 결과가 발표되지 않고 있어 석유화학업종의 정확한 배출량을 알 수가 없는 형편이다.

1997년 환경부의 『'96 화학물질 유통실태조사』에 따르면 상위 10개 화학물질의 제조량은 에틸렌 등 약 1,561만톤에 달하고, 수입량은 나프타 300만톤을 포함한 약 802만톤이다. 또한 상위 10개 화학물질의 사용량은 나프타 590여만톤 등 약 2,163만톤에 이른다. 화학물질은 제조 및 저장, 운송과정에서 다양한 경로로 배출되기 때문에 정확한 배출량을 추산할 수는 없지만 사용현황을 고려할 때 상당한 양이 환경으로 배출되고 있을 것으로 추정되고 있다.

<표 II-2> 화학물질의 국내 제조현황

화학물질명	일반명	제조량(ton/년)	# CAS_No.
Ethene	에틸렌	2864897.82300	74-85-1
Sulfuric acid	황산	1860059.42800	7664-93-9
1-Propene	프로필렌	1825455.44200	115-07-1
Ethenyl benzene	스티렌	1681205.83850	100-42-5
1,4-Benzenedicarboxylic acid	테레프탈산	1628299.00000	100-21-0
Polyethylene		1406217.05700	9002-88-4
Benzene		1315669.13300	71-43-2
Polypropylene		1074434.42900	9003-07-0
Methyl benzene		1015019.60200	108-88-3
Sodium hydroxide	가성소다	935672.18400	1310-73-2

자료: 환경부, '96화학물질유통실태조사, 1997

<표 II-3> 화학물질 국내 수입현황

화학물질명	일반명	수입량(ton/년)	# CAS_No.
Naphtha		3004504.34100	8030-30-6
Sodium chloride	소금	1116239.79035	7647-14-5
1,4-Dimethylbenzene		650385.05000	106-42-3
Potassium chloride	염화칼슘	601375.388	7447-40-7
Ammonia	암모니아	533796.76500	7664-41-7
Vinyl chloride		505394.56500	75-0.1-4
Ethenyl benzene		420670.64000	100-42-5
Sulfur	유황	416223.90566	7704-34-9
Methanol		387816.88200	67-56-1
Ethanol		383926.73800	64-17-5

자료: 환경부, '96화학물질 유통실태조사, 1997

&lt;표 II-4&gt; 화학물질 국내 사용현황

화학물질명	일반명	사용량(ton/년)	# CAS_No.
Naphtha		5895784.03000	8030-30-6
Ethene	에틸렌	3384229.94900	74-85-1
Sulfuric acid	황산	2725987.16082	7664-93-9
1-Propene	프로필렌	1540607.33100	115-07-1
Ethenyl benzene	스티렌	1445457.51424	100-42-5
1,4-Benzenedicarboxylic acid	테레프탈산	1430472.08200	100-21-0
1,4-Dimethylbenzene		1402460.70810	106-42-3
Sodium chloride		1367961.29547	7647-14-5
		1224557.93393	CAS번호 없는 것의 합
Ammonia	암모니아	1212165.91300	7664-41-7

자료: 환경부, '96화학물질 유통실태조사, 1997

### 2.1.3 환경사고의 위험성

1999년 10월 현재 국내 화학산업체의 고정시설에서 발생한 사고사례를 살펴보면, 사고다발 물질 중 암모니아 및 염산이 총 사고건수 307개 중 23건으로 7.5%를 차지하고 있다. 수송과정에서는 전체 99건의 사고가 발생하였는데, 이 중 유류계통 물질로 인한 수송사고가 44건으로 약 44%를 차지하고 있다.

화학산업은 일반적으로 고온·고압의 조건의 화학적 처리과정을 거치게 되고, 또한 기상반응(gas-phase reaction) 혹은 화학물질이 기상으로 존재하는 경우가 많기 때문에 사고의 위험이 높다. 일단 사고가 나면, 주변 지역에 미치는 영향이 클 뿐만 아니라 독성으로 인하여 단기적 혹은 장기적으로 인체 및 생태계에 치명적인 피해를 초래할 가능성 역시 높기 때문에 예방 차원의 공정관리가 특히 요구된다고 할 수 있다.

&lt;표 II-5&gt; 화학산업체 고정시설 주요사고 다발 물질

순위	사고발생건수	사고물질명
1	13	암모니아
2	10	염산
3	9	가성소다
3	9	산소
5	5	황산
5	5	톨루엔
7	3	염소
7	3	수소
7	3	농약류
7	3	아세틸렌

주: 1) 일반유류는 제외하였음.

2) 사고발생건수 2건이하는 제외 하였음.

자료: 환경부 내부자료, 1999.10.

<표 II-6> 수송 주요사고 다발물질

순위	사고발생건수	사고물질명
1	44	유류, 경유, BC유 등
2	5	염산
2	5	황산
2	5	가성소다
6	4	메타놀
7	3	질산
8	2	산소
8	2	암모니아수
8	2	염소
8	2	부탄, LPG

자료: 환경부내부자료, 1999.10.

## 2.2 국내화학산업의 현황과 문제점

### 2.2.1 시장규모

국내 화학관련 산업의 시장규모는 1995년 563억 달러에서 2000년 755억 달러로 연평균 6.8%의 지속적인 성장을 할 것으로 전망된다. 이중 일반화학의 비중은 1995년 62.5%에서 2000년 55.0%로 다소 감소할 것으로 전망되고 있고, 정밀화학산업은 같은 기간 37.5%에서 45%로 증가할 것으로 전망되어 부가가치가 높은 정밀화학산업의 비중이 커지고 있지만, 외국에 비하면 아직도 정밀화학의 비중이 낮은 편에 속한다.

<표 II-7> 화학산업의 시장규모

(단위: 억달러)

구분	세계		국내	
	1995	2000	1995	2000(예상)
계	14,164	17,651	563	755
일반화학산업	7,464 (52.7%)	8,808 (49.9%)	352 (62.5%)	415 (55%)
정밀화학	6,700 (47.3%)	8,843 (50.1%)	211 (37.5%)	340 (45%)

자료: 내외정보센터, '99화학시장정보총람(1999.)

화학산업의 일인당 생산액은 1996년 일반화학산업이 172.7백만원, 정밀화학산업이 170.8백만원으로 일반제조업 평균인 138.7백만원보다 높다. 일인당 부가가치율도 정밀화학산업 51.2%, 일반화학산업 44.8%로써 제조업 전체의 43.3%에 비해 여전히 높은 부가가치를 창출하고 있음을 알 수 있다.

<표 II-8> 화학산업체의 일인당 생산액

(단위: 백만원, %)

구분	1985년	1990년	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	증가율	
								'95-'96	'85-'96
제조업	31.6	58.7	81.0	88.7	102.1	123.6	138.7	12.2	14.4
화학공업	36.1	62.8	109.3	116.6	133.2	161.2	172.7	7.1	15.3
정밀화학	46.7	89.8	107.4	125.5	142.0	149.8	170.8	14.0	12.5

자료: 통계청, 광공업통계조사보고서

## 2.2.2. 국내 화학산업의 기업규모별 현황

1996년 현재 정밀화학공업 생산업체 중 기업규모가 50인 미만의 소기업은 1,247개로 1995년 1,149개에 비해 8.5% 증가하였고, 300인 이상의 대기업은 1996년 37개로 전년도에 비해 8.8% 증가하였으며, 50인 이상 300인 미만의 중견기업은 1996년 345개로 1995년 350개 업체에서 1.4% 감소했다. 50인 미만의 소기업이 전체의 76.6%, 50인 이상 300인 미만의 중견기업이 21.2%를 차지하여 정밀화학 전체의 97.8%가 중·소기업으로 구성되어 있다.

<표 II-9> 정밀화학기업의 규모별 현황

(단위: 개, %)

연도 종업원수	1985년	1990년	1993년	1994년	1995년	1996년	증가율	
							'95-'96	'85-'96
50인 미만	534 (66.9)	825 (71.4)	1067 (74.3)	1113 (75.9)	1149 (75.0)	1247 (76.6)	8.5	8.0
50인 이상- 300인 미만	233 (29.2)	286 (24.7)	335 (23.3)	316 (21.6)	350 (22.8)	345 (21.2)	-1.4	3.6
300인 이상	31 (3.9)	45 (3.9)	35 (2.4)	37 (2.5)	34 (2.2)	37 (2.2)	8.8	1.6
합 계	798	1156	1437	1466	1533	1629	6.3	6.7

자료: 통계청, 광공업통계조사보고서

주: 1992년도 이후 기업규모별 현황에는 합성세제 포함

### 2.2.3. 국내 화학산업의 문제점

화학산업의 환경오염 문제에 대한 대응에 있어서, 국내 업체들은 1980년대 후반에서야 환경 문제에 대한 심각성을 인식하여 환경설비투자를 확대하고 있으나, 아직 배출허용기준을 준수하는 수준이며, 오염예방의 측면에서 청정기술 및 제품의 개발은 미흡한 수준이라고 할 수 있다. 그러나, 국제적으로 화학물질에 대한 환경규제가 엄격해지고 있는 현실과 국제유가의 인상은 화학산업체의 청정생산 구축을 요구하고 있으며 멀지 않아 환경관리가 기업의 성장에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히 국내 화학산업계는 중소기업이 대부분을 차지하고 있는 등 환경기술개발 및 환경관리 역량에 있어서도 열세에 있어 정부와 기업의 지속적인 관심과 지원이 필요하다.

## 3. 주요 관리대상 화학물질

화학산업체에서는 다양한 종류의 화학물질을 사용하기 때문에 청정 생산을 위해서는 사용되는 원료물질, 첨가물, 부산물 등에 대한 환경 위해성에 대한 분석이 우선 필요하다. 이들 물질의 환경위해성이 큰 경우 저감하거나 대체하는 것이 중요한 목적이기 때문이다. 청정생산의 우선 대상물질로는 법적 규제물질 뿐만 아니라 향후 규제 가능성이 있는 물질에도 관심을 가져야 한다. 이를 위해서는 관련법과 국제기구의 움직임 등을 파악하는 것이 필요한데, 현재까지 규제대상이거나 혹은 관심이 필요한 주요 화학물질의 자세한 목록은 부록A에 나타내었다.

국내의 유해화학물질 관리는 매체별 환경관리법에 의해 이루어지고 있다. 즉, 수질환경보전법의 폐수배출시설에서 배출되는 오염물질의 배출허용기준, 대기환경보전법에 의한 특정대기유해물질의 관리와 배출허용기준, 토양환경보전법의 토양오염물질, 폐기물관리법의 침출수 배출허용기준, 환경정책기본법의 수질(해역)기준, 그리고 지하수법에 의한 지하수의 수질기준이 있으며, 이 중에서 유해화학물질에 해당되는 항목에 대해서 우선적으로 검토하는 것이 필요하다. 이와 함께 환경부에서 2000년부터 실시하고 있는 TRI 대상 항목에 대해서도 각별히 관심을 기울여야 한다.

한편, 비록 현재 법적 규제대상 물질은 아니지만 전 세계적으로 유해성이 문제시되고 있는 화학물질에 대해서도 청정생산 계획의 수립 및 실행시 우선 검토대상으로 고려하여야 할 것이다. 현재, 청정생산에 있어서 가장 직접적으로 분석이 요구되고 대안 마련의 대상이 되고 있는 화학물질의 유해성은 발암성, 내분비계 장애, 환경 잔류성 및 생체 축적성을 들 수 있으며, 각 각의 특성은 다음과 같다.

### 발암성 물질

발암성 물질이란 새앙쥐, 흰쥐, 명주쥐(hamster)등의 실험동물이나, 사람에게 암을 발생시키는 천연 및 합성·화학물질을 말한다. 이 중에서 국립환경연구원이 IARC(국제암연구협회)나 NTP(미국국가독성프로그램), EEC(유럽경제공동체)등의 국제기관에서 규정한 발암물질을 정리해 놓고 있으며, 자세한 목록은 부록 A에 나타내었다.

### 내분비계 장애물질

농약에 쓰였던 DDT, 변압기 절연유로 사용하였던 PCB 같은 화학물질들은 생물체내에 흡수될 경우 생화학반응을 일으켜 호르몬과 유사한 구조의 물질이 되어 정상 호르몬의 작용을 방해하게 되는데, 이 과정에서 정자수 감소, 기형유발, 암수의 변화 등이 일어나게 된다. 이러한 변화를 유발하는 물질들을 내분비계 장애물질이라고 하며, 우리 나라에서는 환경부에서 공통물질이 많은 세계야생보호기금(WWF)의 추정물질 67종을 우선연구대상으로 선정하여 관련 연구를 추진하고 있다. 자세한 목록은 역시 부록 A에 나타내었다.

### 잔류성 및 생체축적성을 갖는 독성물질(PBT:Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Pollutants)

PBT 물질들은 미국과 캐나다 등에서 강한 독성을 가지면서, 환경에의 지속성이 길어 인간과 생태계에 해를 끼칠 우려가 있는 물질들을 지정한 것으로써, 이 물질들은 신경계와 생식(reproductive), 발달 장애와 암을 유발시키는 등의 영향을 미친다고 보고된 것들이다.

미국과 캐나다에서 정한 PBT 물질들의 목록을 부록 A에 나타내었다.

### 오존층 파괴 관련 물질

오존층 파괴물질은 그 자체로 인간과 생태계에 직접적인 독성을 나타내지는 않으나 오존층 파괴에 따른 간접적인 위해성을 나타내는 경우이다. 따라서, 이러한 물질의 사용은 전 세계적으로 규제되고 있으며 당위성으로 보아도 마땅히 청정생산 계획 수립과 실행에 있어서 우선 고려 대상이 되어야 한다.

### 대량생산물질(High Volume Products: HVP)

우리 나라는 1996년에 OECD에 가입을 하였는데, 이를 계기로 OECD에서 추진하고 있는 기존 화학물질에 대한 유해성 자료의 수집, 생산 및 평가를 위해 노력을 기울여야 할 의무를 가지게 되었다. OECD에서 추진하고 있는 프로그램은 대량생산화학물질의 유해성 평가사업(SIDS 프로그램)으로, 우리 나라에서도 1999년부터 OECD의 SIDS 프로그램에 참여하고 있다.

SIDS(Screening Information Data Set)사업이란 한 국가에서 연간 1천톤 이상 생산되는 대량생산 화학물질의 유해성 평가에 필요한 기초 정보를 획득하여, 그 결과 및 추가 관리방안 등을 개도국 등에 보급함으로써 화학물질로 인한 피해를 예방하고 동일 화학물질의 유해성 평가에 대한 중복 투자를 방지하기 위해 추진하는 사업이다.<sup>5)</sup> 자세한 목록은 부록 A에 나타내었다.

### 대체 물질

현재 사용하고 있는 화학물질의 유해성이 환경적으로 용인되기 어려울 정도로 클 경우 다른 물질로 대체하는 것이 바람직하다. 따라서, 청정생산의 대안 마련에 있어서 유해성이 큰 물질의 대체 가능성에 대한 정보는 매우 중요하다. 예를 들면 UNEP에서는 10종의 POPs 물

5) <http://www.nier.go.kr/>

질의 대체 물질을 제시하고 있는데(목록은 부록 A을 참조), 여기서 대체물질이란 그 자체가 안전하다는 것이 아니라 POPs에 비해서 상대적으로 위해도가 낮다는 의미이다. 그러나 10개 물질들은 대부분 농약류이며, 이미 많은 나라들에서 사용 금지가 된 것으로 현재 산업계에서 고민하고 있는 대체물질에 대한 논의에서는 약간 빗겨져 있다.

EPA의 「The Product Side of Pollution Prevention」(1995)을 보면 대체물질(substitute)의 개념은 매우 광범위하다. 아직 뚜렷하게 밝혀진 것이 별로 없으며, 대부분이 연구와 검증 단계이기 때문이다. 물질(materials) 자체를 보다 친환경적인 물질로 대체하거나, 공정을 변화시켜서 그 물질 자체를 사용하지 않도록 하거나, 아니면 product 자체를 바꾸는 경우 등에 따라 접근 방법이 달라지며, 또 산업의 특성에 따라서 같은 물질이라 할지라도 다른 방법을 모색하여야 한다. 또 하나의 대체물질에 대한 논란은 대체되는 물질의 안전성에 대한 검증이다. 현재 감소시키려고 하는 물질이 가지고 있는 위험성은 줄어들더라도, 예기치 못했던 다른 영향들이 생길 수 있는 것이다. CFCs 대체물질만 하더라도 일단은 대체물질을 개발하는데 주력하지만, 서서히 지금 대체물질로 개발되는 물질에 대한 안전성 논란이 일어나고 있다. 업체로서는 대체물질의 사용시 환경적인 측면만이 아니라 제품의 질이나 제조 비용에 미칠 영향이 중요하므로 보다 신중하게 접근하지 않을 수 없다.

부록 A의 <표 A-26>의 내용은 미국 환경보호청(EPA)이 사업장에서 우선적으로 관리되어야 하는 우선 화학물질(priority chemicals)에 대한 '33/50 프로그램'을 시행한 후, 사업장에서의 화학물질의 배출 저감 방법을 모색한 내용을 정리한 것으로 우선화학물질의 다양한 대체 방법을 제시하고 있다.

#### 4. 외국 화학산업에서의 청정생산 동향

미국과 유럽연합 등 선진국의 경우 화학물질을 주로 취급하는 화학산업체나 제약회사들에 대해서는 거의 모든 정부가 관리를 엄격히 하고 있다. 그렇지만 국가가 제정한 법과 제도내의 직접적인 규제가 아닌한 이들 선진국에서도 자발적이면서도 진일보한 환경관리는 그다지 큰 관심을 받지 못하고 저조한 상태였다.

그러나 화학물질을 취급하는 기업의 경우, 화학물질 유출사고나 화학물질 자체의 취급이 초래하는 여러 가지 특수한 위험 때문에 근래에는 좀 더 적극적인 자세로 ISO 인증제도, 환경경영(Environmental Management) 및 환경관리시스템(Environmental Management System)을 도입하고 있다. 각 화학산업체별 환경대책은 청정생산의 개념, 실천 및 목표를 일부 포함하고 있으며 좀 더 넓은 범위를 포괄하고 있다.

선진국 화학산업체의 환경경영을 이루는 주요 요소는 건강, 안전 및 환경보호 측면으로서, 구체적으로는 각 사업장에서의 오염물질 배출 및 폐기물 발생 저감 노력, 제조과정에서의 신기술 적용 노력, 유해한 화학물질 원료의 새로운 물질로의 대체 노력, 재활용을 제고 노력 등으로 나타나고 있다. 특히 미국의 TRI(Toxic Chemical Release Inventory) 제도는 기업의 각

공정에서 환경으로 배출되는 유해화학물질의 종류와 양을 파악하고 공개하여 여론의 평가를 받음으로써, 해당 기업이 이미지 개선을 위한 노력을 경주하고 유해화학물질의 환경 배출을 자발적으로 저감하도록 하는 청정생산의 대표적인 실행수단이 되고 있다.

이러한 효과는 OECD로 하여금 전 세계적 차원에서 TRI와 유사한 PRTR(Pollutants Release and Transfer Register) 이라는 제도를 탄생시켰으며, 회원국은 물론 비회원국에 대해서도 이 제도를 도입하려는 국가에는 체계 확립을 위한 도움을 주고 있다. 이 외에도 화학산업체나 제약업체는 환경 매체로의 오염물질 배출 저감, 생산품의 전과정 평가(LCA) 시행, 폐기물 재활용 및 저감, 대체물질의 사용 등에 대한 구체적인 목표를 설정하고 이를 실행하기 위한 각 업체별 지침 등을 마련하여 청정생산을 위한 노력을 하고 있다. 다음은 각 국가의 청정생산 추진 동향을 정리한 것이며, 대표적인 화학산업체의 실천사례는 <부록 B>에 수록하였다.

#### 4.1 국제 환경경영의 동향

미국과 EU 등 선진국은 1970~1980년대 환경 오염문제가 지역 내 현안으로 등장함에 따라, 이에 대한 대책의 일환으로 화학·제약 회사를 중심으로 환경대책에 착수하면서 각 업체별로 사내 환경경영시스템(EMS)<sup>6)</sup>을 도입하였으나 관심 부족 및 참여도 저조로 담보상태가 지속되었다. 그러나 1990년대에 들어와 지구규모 차원의 환경보호 논의가 활성화되면서 지역 내 환경대책의 통합화와 안전대책 수립을 통해 환경개선 노력을 강화해 오고 있는데, OECD에서는 화학물질의 배출 및 국가간 이동을 파악하고 등록하는 PRTR을 일반화하려고 노력하고 있다. PRTR 제도는 잠재적으로 위해성이 있는 오염물질을 환경으로 배출하거나 이송한 내역을 정부에 등록하는 제도를 말한다. 또한 UN 산업개발기구(UNIDO)는 각국이 PRTR 처리체계를 설립하는 것을 돕고, PRTR 자료를 수집하고 타당하게 하도록 직원을 교육하며, 세계적 차원에서 자료를 저장하고 결과를 배포하는 것을 지원하고 있다.

화학산업체의 모임인 국제화학단체협의회(ICCA)에서는 화학산업계가 자발적으로 운영하는 책임있는 배려(Responsible Care:RC) 프로그램에 비중을 두고 있다.<sup>7)</sup> 국제기구인 ISO 14000 시리즈가 환경개선을 목적으로 하는 인증제도라면, RC는 환경뿐만 아니라 안전과 산업보건 문제까지도 포함하는 보다 넓은 범위의 개선 프로그램이라고 할 수 있다. 이 프로그램은 1985년 캐나다 화학산업협회(CCPA)가 인도의 보팔 화학공장 폭발사고를 계기로 화학산업이 환경위해적인 산업이라는 인식을 개선하기 위해 화학산업에 대한 이미지 제고와 지역 주민의 신뢰성 회복을 목적으로 시작하였으며, 1988년 미국 화학산업협회(CMA)는 RC 프로그램의 실행을 회원사의 의무사항으로 채택하였다.<sup>8)</sup>

1990년에는 CMA와 유럽 화학산업협회(CEFIC)의 주도하에 국제화학단체협의회(ICCA):

6) EMS(Environment Management Systems)는 환경문제를 건강·안전·환경(HSE) 관리라는 관점에서 기업활동의 모든 업무과정에 환경대책을 도입·적용하는 제도이다.

7) <http://www.icca-chem.org/>

8) <http://www.cmahq.com/>

International Council of Chemical Associations)가 결성되었는데, ICCA는 RC의 확산을 목표로 RCLG(Responsible Care Leadership Group)를 조직하였다. 1998년 현재 세계 42개국이 ICCA/RCLG에 가입되어 있으며, 주요 화학산업체들은 RC를 핵심 경영요소로 채택하고 있다. RC 회원사들은 ICCA가 정한 6개의 실행분야(<표 II-10> 참조)를 토대로 회사의 실정에 맞는 환경, 안전, 건강에 대한 목표 수준과 실행계획을 수립해야 하며, 실행결과를 자체 평가해서 그 결과를 매년 활동보고서(Responsible Care Report)로 작성하여 보고하여야 한다.

<표 II-10> ICCA가 정한 6개 실행분야

1. 지역사회 인식과 비상대응 (Community Awareness and Emergency Response)
2. 오염 예방(Pollution Prevention)
3. 생산과정의 안전 (Process Safety)
4. 유통 (Distribution)
5. 노동자들의 건강과 안전 (Employee Health and Safety)
6. 제품전과정 책임주의 (Product Stewardship)

자료 : <http://www.icca-chem.org/>

ICCA가 1998년에 RC의 8개 기준(Fundamental Features)을 23개 항목으로 나누어 전세계 42개 회원국을 대상으로 실행 성과를 조사한 내용을 보면 <표 II-11>과 같다.

많은 기업들이 이렇게 매년마다 활동 보고서를 작성하는 등의 적극적인 모습을 보이고 있는 것은 개별기업이 처한 상황에 따라 다양하게 나타나는데, Exxon이나 Union Carbide와 같은 기업들은 주로 환경사고에 대한 책임으로서, ICI, 듀퐁과 같은 기업은 환경보호론자들의 압력 때문에 환경문제에 깊은 관심을 가지고 있다. 그러나 일반적인 이유는 환경보전의무, 미래의 법적 요구사항, 주주, 민간단체(NGOs) 및 고객의 압력, 기업홍보(PR) 및 경쟁우위 확보 등으로 볼 수 있다.

<표 II-11> 세계 각국의 Responsible Care(RC) 실행 성과의 자체평가결과  
(단위: 국가수)

ICCA의 8개 기준(Fundamental Features)별 평가항목	초기준비 단계(A)	실행계획 수립중(B)	실행계획 이행중(C)	적정하게 실행(D)
<b>1. RC 기본방침</b> - 추진단체 이사회에서 RC실행약속 - RC 기본방침에 합의하고 발간 - RC 기본방침에 회원업체의 80% 이상이 서명	4 4 7	0 0 4	0 0 9	38 38 22
<b>2. Responsible Care의 표제와 로고</b> - RC 표제와 로고 사용 등 RC 실행계획을 ICCA/ RCLG가 승인 - 국제 RC 표제와 로고를 등록하여 보호 - 협회 및 다수 회원기업이 인쇄물에 정상적으로 활용	4 12 10	2 3 3	2 2 1	34 25 28
<b>3. RC 실행지침 등</b> - 시작단계에 필요한 실행지침 등을 작성하여 발간	5	2	10	25
<b>4. 측정지수</b> - 시작단계에서 실행측정지수에 합의하고 회원기업 의 보고가 개시되었음. - 측정지수를 일반에 공개하고 이해당사자와 협의	8 12	6 7	3 2	25 21
<b>5. 관련당사자와의 대화</b> - 외부 이해당사자의 이슈와 관심사항을 입수하는 체계를 마련 - 다수 회원기업이 참여하여 국내 자문절차를 마련 - RC를 인식시키기 위한 대내외 조사를 실시하여 일반에 공 개 - 회원기업과 추진단체가 RC를 옹호·지지하도록 절차를 적정하게 마련	12 17 26 24	8 7 5 6	3 5 1 3	19 13 10 9
<b>6. 회원기업과 추진단체간 교류</b> - 상급 간부직과 담당자를 위한 정규 회의 프로그램 이 개시되었음. - 뉴스레터 또는 유사 인쇄물이 정기적으로 발간되 고 피드백 되고 있음. - 회원기업들이 2명 이상이 회동하여 상호 돕는 사 례가 빈번함. - 추진단체가 다른 산업부문과의 RC 파트너십을 위 하여 적극 추구 - 추진단체는 타국 추진단체에 대하여 적극 지원하 고 후원 제공	7 14 14 15 26	5 3 5 7 5	1 3 2 4 2	29 22 21 16 9
<b>7. 장려</b> - 인센티브와 희생에 대하여 합의 및 대화로 정책 및 절차 마련 - RC 기본방침의 이행 약속이 회원가입 조건임. - 우수한 실행자를 인정하고 타인에 조력을 제공하 는 체계가 적정하게 마련되었음.	23 26 21	3 1 3	2 3 3	14 12 15
<b>8. 검증</b> - 외부 중간검증에 대한 필요성에 대하여 절차가 마 련되어 시행되고 있음. - 준수 및 실행성과에 대한 외부 검증을 실시하고 검증결과를 일반에 공개	21 31	11 4	3 4	7 3

## 4.2. 미국의 동향

미국의 경우 청정생산을 환경관리의 중요한 수단으로 이용해야 한다는 사고의 전환은 1980년부터 1990년에 이르기까지 약 10년에 걸쳐 이루어졌다. 사후처리적 기법에서 사전예방적 접근을 시도하게 된 것은 우선 순위의 변화라는 점에서 의미하는 바가 매우 크다. 미국은 1980년대 초반부터 대학 연구소 및 주별로 청정생산 즉, 오염예방(Pollution Prevention)에 대한 연구를 진행하였으며 각종 법규의 제정을 통해 기업이 청정생산에 대한 인센티브를 가질 수 있도록 하였다. 1988년 EPA는 '오염예방국(Pollution Prevention Office)'을 만들어 오염예방을 환경정책에 반영하기 시작하면서 P2를 EPA정책의 최우선으로 두었고, 1992년에는 각 국에서 마련하고 있던 법률에서 P2를 반영할 수 있도록 요구하는 SRRP(Source Reduction Review Project)를 수행하여 정부정책을 P2 중심으로 유도하고 있다.

오염예방에 대한 기술정보의 제공과 교육기회의 확대는 EPA의 또 다른 중요한 과제로 인식하고 있다. EPA내에도 Office of P2 and Toxics(P2 Resources Exchange(P2Rx), the P2 Information ClearingHouse(PPIC)), Office of Research and Development(Small Business Innovation Program, EnviroSenSe Program), Office of Pesticides(the Pesticide Environmental Stewardship Program), Office of Air, Office of Solid Waste(the Waste Minimization Program), Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office(CEPPO), Office of Enforcement and Compliance Assistance 등 각 부서에서 청정생산에 대한 기술 및 정보를 제공하고 있으며, 미국내 주정부, Department of Energy, 화학산업협회(CheMical Manufactures Association) 등 수 많은 기관 및 기구에서도 기술지원과 관련 정보를 제공하고 있는데, 여기에는 청정생산 지침서를 포함한 다수의 교육용 보고서도 포함되어 있다. 또한 청정생산 관련 정보를 획득할 수 있는 기관과 자료목록을 정리하여 책으로 발간하기도 한다. 이러한 노력은 결국 청정생산의 성공적 확대를 위해서는 기술에 대한 정보와 기술지원, 그리고 교육프로그램의 개발이 매우 중요하다는 것을 의미하고 있기도 하다.

폐기물 문제에 있어서는 1970년대부터 유해 폐기물 문제가 표면화됨에 따라 1976년에 제조업자에게 폐기물의 발생에서부터 처리까지 책임을 지우는 '자원보전 및 회수에 관한 법률(Resource Conservation and Recovery Act: RCRA)'을 제정하고, 이를 기초로 하여 '폐기물 최소화(Waste Minimization)' 프로그램을 추진하고 있다. 주로 중·소기업을 대상으로 실시된 '폐기물 최소화' 프로그램은 일단 성공적인 결과를 보여 주었으며, 대기업에서도 이 프로그램이 성공적으로 적용될 수 있다는 가능성을 보여 주었다. 이 프로그램의 목적은 종업원 및 일반 대중의 건강과 안전 보장, 기업활동으로부터 발생할 수 있는 환경에 대한 부정적인 영향을 예방적 차원에서 제거, 원료구입비 및 폐기물이나 배출물의 제거·처리에 소요되는 비용을 감소하는데 있다.<sup>9)</sup>

또한 미국은 1986년 SARA(Superfund Amendments & Reauthorization Act)의 Title III으로 EPCRA(Emergency Planning & Community Right-to-know Act)를 제정하면서

9) <http://www.epa.gov>

TRI(Toxic Releases Inventory)를 실시하여 기업들이 369종의 유해물질에 대해 환경으로 유출되는 양을 측정하여 US EPA에 보고하고 주민들이 알 수 있도록 규정하고 있다. 적용 대상 사업장은 ①10명 이상을 고용한 회사, ②SIC Code 20~39(화학제조업종), ③유독물 배출목록(TRI) 대상화학물질을 10,000 파운드 이상 사용하거나 25,000 파운드 이상을 제조하는 경우이다.

1997년 ED(환경안전기금)는 화학산업체들에게 자사 제품에 대한 안전성 테스트 결과를 보고할 것을 요청하였는데, 이를 계기로 부통령 앨 고어와 EPA가 나서서 1998년부터 ED와 미국 화학산업협회(CMA)가 참여하는 'HPV chemical challenge program'을 시작하였다. 이 프로그램에 의하여 400여 화학업체들이 자발적으로 거의 2,800 여종에 달하는 산업용 화학물의 위해성 여부를 테스트하기로 결정하였다. 이미 기업들은 1999년까지 테스트 대상 화학물질의 목록을 제출하였으며, EPA는 이 목록을 검토하고 빠진 화학물질들을 추가한다. 제1단계 테스트는 2004년까지 완료될 예정이며, 그 결과는 인터넷을 통해 일반에 공개할 계획이다.

또한 미국 화학산업협회(CMA: Chemical Manufacturers Association)에서는 1988년부터 회원의 의무사항으로서 각 회원사들이 책임있는 배려(RC: Responsible Care) 프로그램을 실행하도록 하고 있는데, CMA 조사결과 RC 프로그램의 실행으로 회원의 60% 이상이 생산성이 향상되었으며, 회원의 80% 이상은 고객과의 관계가 개선되었고, 회원의 50% 이상은 파손 및 상해 비용이 절감되었다고 답하였다.<sup>10)</sup>

#### <표 II-12> 미국 CMA의 RC 실행을 위한 기본 단계의 주요 내용

1. 기업과 Responsible Care 에 적용할 모든 법규사항 파악
2. 법규사항을 적용하기 위한 기업의 전 공정(운전)을 검토
3. 현 법규 준수, Responsible Care의 위험성 감소 또는 산출
4. 예측 가능한 조건하의 책임운전을 위한 적절한 인적자원의 확보 및 유지를 위한 시스템 수립
5. 모든 예측가능한 조건하에 허용치내의 잔존 위험과 기존 운전 및 변경시 위험 관리를 위한 적절한 시스템 수립
6. 노동자 및 기타 관련기관과의 적절한 정보교류 및 피드백을 위한 적절한 시스템 수립
7. 상기의 사항을 위한 적절한 감시시스템 수립

자료 : <http://www.cmahq.com/>

11) <http://www.cmahq.com/>

### 4.3 EU의 동향

2000년 2월 EU 집행위원회는 ‘환경책임제도에 관한 백서(White Paper on Environmental Liability)’를 발표했는데, 이 백서에는 ‘오염자배상원칙’에 입각한 EU 환경책임제도의 목적, 적용대상 및 범위, 책임의 한계, 손해평가, 입증 책임 등 제도의 운영 방안에 관한 집행위원회의 입장을 밝히고, 환경책임제도의 확립을 위해 EU 차원에서 기본지침을 제정할 것을 제안하였다. 이 지침의 확정에는 EU 회원국들과 이해 당사자들의 의견을 수렴하고, 이를 바탕으로 EU 이사회의 협의 절차를 거쳐야하므로 앞으로도 수년이 소요될 것으로 보인다.<sup>11)</sup>

오염의 원인을 제공한 자가 책임을 져야한다는 이러한 인식의 변화에 대응하기 위해 유럽 국가들은 ‘EUREKA/EUROENVIRON’ 프로젝트하에 네덜란드 정부 주관으로 1991년부터 ‘PREPARE (Preventative Environmental Protection Approaches in Europe)’ 프로그램<sup>12)</sup>을 운영하고 있는데, 여기서는 각 사업장에서 오염물질 및 폐기물의 발생을 근본적으로 예방할 수 있는 조직 및 기술적 대책을 수립하도록 하고 있다. 이 프로그램에는 유럽 18개국의 기업, 학계, 연구소의 청정생산 전문가가 참여하고 있다.

최근 EU 화학업계의 환경정책은 각 기업의 환경문제 발생에 따른 시민·환경단체의 비판 및 소송을 사전에 방지하는 데 주력하면서, 국내 법규보다 엄격한 사내 환경기준을 도입·운영하여 기업의 대외 이미지 제고를 모색하고 업계의 자발적인 환경대책의 통합화를 통해 환경보호 효과를 극대화하려 하고 있는 점이 특징이다.

EU 화학산업계는 환경대책의 일환으로 화학물질을 취급하는 각 기업에 대해 동 물질의 개발에서부터 제조·유통·사용·최종 소비 및 폐기에 이르기까지 라이프사이클(제품 주기)에 걸쳐 자발적으로 환경·안전·건강 면에서의 대책을 수립·이행하고 있다. 또한 각 업체는 사회 전체에 대한 책임을 지고 환경보호를 이행함으로써 지속적인 환경 개선을 도모하고, 자사 제품에 대한 환경·안전문제에 책임을 지고 대응하는 제품책임관리(PS) 제도를 도입·운영하고 있다. 특히 1999년부터 화학업체 대부분이 환경관리시스템(EMS)을 도입·운영함으로써 환경대책의 통합화와 책임대응 제도를 활성화하고 있으며, 제조과정에서의 신기술 적용으로 부산물 배출과 폐기량을 저감하는 외에 제품의 리사이클을 통한 재활용을 제고에 주력하고 있다.

한편 EU 화학산업계는 RC 프로그램을 추진하고 있으며, 각 기업체가 매년 「건강·안전 및 환경에 관한 보고서」를 발행하여 자발적으로 환경대책과 실적평가를 하도록 유도하고 있다.

1990년대 후반부터 환경문제 해결에 신뢰성을 제고하기 위해 각 화학회사의 기업활동 정보

11) <http://europa.eu.int/index-en.htm>

12) <http://www.minvrom.nl/minvrom/pagina.html?id=1308>

를 일반에 공개하면서, EU 회원국 회사들을 비롯한 역내 위탁제조업자 및 주요 공급자 등을 대상으로 환경감사를 실시하는 한편 각 회사로 하여금 자발적으로 상세한 환경대책의 달성 목표를 설정케 하고 이와 관련한 진척상황 내용을 공개하도록 유도하고 있다. 유럽연합 기업들이 주로 채택하는 환경경영 감사규격인 EMAR(Eco- Management & Audit Regulation)은 1993년 9월에 공표되었는데, 가입자체는 의무사항이 아니나 가입한 기업은 기업활동에 따른 모든 환경관련 정보를 일정한 형식과 지침에 의거하여 공개하도록 의무화하고 있다. 이러한 EMAR 규정에 의해 1,000여개 이상의 기업이 환경정보를 공개하고 있다.<sup>13)</sup>

이와 같은 EU 화학산업체의 환경정책 강화는 EU 뿐만 아니라 국제 화학산업계의 환경대응책을 강화해 나가는 계기가 되고, 로쉬(ROCHE), 바이엘(BAYER), 바스프(BASF) 등 세계 굴지의 다국적 화학업체의 환경부문 투자를 확대시키는 요인으로 작용할 것으로 전망된다.

독일의 함버거 환경연구소(HUI: Hamburger Umwelt Institute)는 EU 및 전세계의 대형 화학·제약사(약 50개사)를 대상으로 3년마다 각 기업의 환경대책에 대한 설문조사를 실시하고 있는데, 사내 관리체제 및 제품의 지속 가능성·환경관련 사고의 방지책 등 10개 항목에 대한 조사결과<sup>14)</sup>를 토대로 각 기업의 환경대응 실적을 순위별로 선정 발표하고 있다.

<표 II-13> 함버거 환경연구소의 화학·제약회사 조사내용

번호	조 사 항 목	반영 비율(%)
1	장기적인 환경정책 수립과 실행	10
2	세계적인 기준에의 대응	10
3	내부 관리 체계	15
4	지속가능한 제품의 생산	15
5	지속가능한 공정의 사용	15
6	정책의 홍보	10
7	폐기물과 노후된(old) 생산품의 관리	10
8	환경사고 예방	5
9	오염지역의 복구	5
10	대외적인 환경 활동	5

자료 : <http://www.hamburger-umweltinst.org>

13) <http://www.cefic.be/>

14) <http://www.hamburger-umweltinst.org> 참조

&lt;표 II-14&gt; 햄버거 환경연구소의 화학·제약회사 조사결과

순위	회 사 명	총 점수(Points)
아주 적극적인 그룹		
1	Johnson & Johnson	296
2	Henkel KGaA	288
3	3M	284
4	Procter & Gamble Company	267
5	Dow Chemical Company	243
6	Baxter International Inc.	231
7	Ciba-Geigy	228
8	Unilever N.V.	226
9	Bristol-Myers Squibb Company	216
10	DuPont Inc.	211
능동적인 그룹		
11	Eli Lilly	199
12	Elf Atochem	192
13	Degussa	190
14	Norsk Hydro	182
15	Huls	181
16	Glaxo Wellcome plc	181
17	Schering	179
18	Union Carbide Corp.	177
19	Monsanto Company	174
20	W. R. Grace&Co.	173
21	Toray Industries, Inc.	171
21	Quantum Chemical Company	171
23	Bayer	168
24	Showa Denko K.K.	167
25	BASF	165
25	DSM N.V.	165
27	Shell Chemical Company	164
28	Rohm and Haas Company	163
29	Hoechst	161
29	SmithKline Beecham plc	161
31	ICI plc	160
31	Chevron Corp.	160

(계속)

다소 수동적인 그룹		
33	Eastman Chemical Company	150
34	Solvay S.A.	149
35	Montecatini	148
36	Akzo Nobel N.V.	146
37	PPG Industries, Inc.	145
38	Hoffmann-LaRoche	144
39	Mobil Chemical Co., Inc.	143
40	Sandoz	143
41	Takeda Chemical Industries Ltd.	142
수동적인 그룹		
42	BP Chemicals Ltd.	135
42	Merck&Co., Inc.	135
44	Amoco Corp.	134
45	The BOC Group	133
46	Sekisui Chemical Co., Ltd.	131
47	Colgate-Palmolive Company	130
48	Occidental Chemical	128
49	GE Plastics B.V.	123
50	Tosoh Corp.	118

주 : 위의 조사는 1996년에서 1999년 사이에 이루어졌으며, 조사결과는 1999년 9월에 발표됨

자료 : <http://www.hamburger-umweltinst.org>

#### 4.4 일본의 동향

일본 환경청 장관은 2000년 2월 중앙환경심의회의 권고에 따라 자동차공업협회 및 석유협회에 대해 정부의 대기오염물질 배출감축 정책에 협조해 줄 것을 요청하였다. 또한 정부산하 조세위원회는 지구온난화를 유발하는 이산화탄소를 배출하는 기업에 세금을 부과하려 하고 있다. 2002년부터는 유독성 화학물질 사용을 엄격히 제한하는 「특정화학물질 관리촉진법」(PRTR법: Pollutant Release and Transfer Register)이 시행될 예정인데, 1999년 7월에 통과된 PRTR법은 사업장마다 대상 화학물질의 환경 배출·이동량을 요구하고, 지방 자치체를 통하여 중앙정부에 보고하는 제도로서, 중앙정부는 최종 데이터를 집계해서 대중에게 공포하게 된다.<sup>15)</sup>

미쓰비시 및 다케다 등의 큰 화학회사에서는 이미 이 법의 시행에 대비하여, 동 법에 규정된 화학물질을 사용한 부품을 구매 대상에서 제외하는 등의 정책을 실시하고 있다. 또한 정부에서는 폐기물 제로를 추구하는 'Zero Emission' 구상을 실체화 시키기 위하여 문부성과 상공부가 나서서 이와 관련한 정책을 시행하고 있는데, 문부성과 상공부는 대학과 연구소 등을 통한 기술과 새로운 생산시스템의 개발을 주도하고 있다. 환경청에서는 1997년부터 「Zero·

15) <http://www.eic.or.jp/eanet/en/index.html>

Emission 공업단지」의 건설에 착수하였는데, 이것은 한 공장에서 발생하는 폐기물을 다른 기업의 공장의 원료로 재 이용하는 것을 목적으로 한다. 그리고 상공부의 '뉴 팩토리(New Factory) 가이드 라인'(1992)을 보면, 공장 내부의 작업 환경을 개선하고, 주변 환경을 정비하기 위한 항목들이 열거되어 있는데, 단계별로 뉴 팩토리의 기반적 요건과 바람직한 요건을 자세하게 규정하여 놓았다.<sup>16)</sup>

국제표준화기구(ISO)의 환경관리 기준인 ISO 14001 인증 취득 요구도 과거 정부·지자체 중심에서 최근에는 민간기업으로 확산되는 등 지속 확산될 전망이다. 최근 일부 은행들이 대출 심사시 ISO 14001 인증을 요구하고 있고 대기업체들도 부품납부 자격으로 동 인증 취득을 요구하는 사례가 있는데, 소니·NTT 등은 사업장별로 산업폐기물 재활용 시스템을 구축, 장차 일체의 폐기물을 배출하지 않는 「폐기물 Zero」 운동을 전개하고 있다.

1995년 4월에는 일본화학산업협회(JCIA) 산하에 RC협회가 설립되었는데, 이 협회의 회원수는 1998년 말 현재 106개 회사에 달하고 있다. RC 프로그램의 일환으로 정부와 기업간의 정보 공유를 추진하며, 화학제품 운송시 비상대응을 위한 「Yellow card」 제도를 운영하고 있으며, 1997년 4월 개정된 「대기오염물질억제법」에 따른 12개 유해화학물질의 자발적 감축을 추진하여 일부 물질 항목들의 목표 년도를 단축하는 성과를 거두었다.<sup>17)</sup>

최근 일본 기업들은 이와 같이 규제 회피라는 소극적 태도에서 탈피, 기술제휴, 환경보고서 발표 등 기업 차별화와 이미지 제고를 위한 다각적인 환경경영을 전개하고 있다.

#### 4.5 외국사례에서 본 시사점

화학물질의 관리는 단순한 환경보전 차원에서 나아가 안전과 보건, 혹은 지구 생태계의 유지 등 보다 광범위하게 논의되고 있다. 화학물질의 관리란 궁극적으로 사용량(배출량)의 감축과 보다 덜 유해한 물질로의 대체를 의미하는데, 이는 바로 청정생산의 핵심이 된다. 문제는 기업이 청정생산 도입에 적극적일 수 있는 동인이 무엇이며, 이 과정에서의 정부와 기업의 역할에 관한 것이다. 외국의 사례에서 살펴본 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 청정생산의 가장 중요한 동인은 정부의 적절한 규제와 정보의 공개라고 생각된다. 국제기구나 각 국 정부에서 공통적으로 도입하고 있는 TRI제도나 사업자 단체의 RC 프로그램, 그리고 기타 프로그램 등은 모두 화학물질을 배출하는 사업자에게 적절한 감축의무를 부여하고, 화학물질 사용에 대한 기업정보를 일반인에게 공개하도록 하고 있다. 이러한 수단들은 기업주의 결심을 유도하는데 핵심적 역할을 하며, 청정생산 결과 발생하는 편익에 있어서도 큰 부분을 차지한다. 결국 정보의 공개는 정부에 의한 법적규제 이상의 효과를 가져오므로 이 제도의 핵심이라고 할 수 있다.

둘째, 화학물질관리를 매우 엄격하게 하고 있다. 유해화학물질(HAPs)의 수를 확대 지정하여 특별 관리할 뿐만 아니라, 화학물질의 건강 위해성에 관한 연구를 계속함으로써 향후에도 화학물질관리를 계속 강화할 것을 예고하고 있다. 정부의 엄격한 규제는 기업 스스로 화학물

16) <http://www.ari.co.jp/factory/index.html>

17) <http://www.nikkakyo.org/english/index.html>

질의 배출량 혹은 사용량을 저감할 수 있는 방안을 모색하도록 직접적인 압력으로 작용하게 되는데, 외국 기업의 사례를 보더라도 정부의 법적규제가 청정생산에서 매우 중요한 고려 요소가 됨을 알 수 있다. 그러나 청정생산을 촉진하기 위하여 규제 강화가 필요하다는 의미는 아니지만 엄격한 규제가 청정생산의 중요한 동인이 되고 있음은 사실이다.

셋째, 청정생산을 유도하기 위한 정부의 노력이 매우 다양하고 진지하게 진행되고 있다는 사실이다. 법적 규제대상 유해물질의 종류를 확대하거나 혹은 배출기준을 강화하는 등 직접적인 규제를 포함하여 화학물질 배출량의 보고 의무화와 정보의 공개 등 다양한 프로그램을 개발하여 시행하고 있는데, 특히 정부 부처간의 협력과 법률적 합리성을 추진하는 점이 특징이라고 볼 수 있다. 미국 EPA의 경우, 오염예방을 모든 환경정책의 우선 순위에 두고 각 매체별 법률이 오염예방에 부합되는지를 검토하는 등 합리적 규제가 이루어지도록 꾸준히 노력하고 있다.

넷째, 청정생산의 성공적 확산을 위해서는 청정기술의 지원과 교육이 매우 중요함을 인식하고 인터넷, 출판물 간행 등을 통해 관련 정보를 제공하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력은 정부(중앙정부 및 지방정부)와 사업자 단체 중심으로 이루어지고 있으며, 누구나 쉽게 접근할 수가 있고 또한 기술자문도 가능한 것이 특징이다.

다섯째, 기업의 성공사례는 경영진의 관심과 지원이 매우 중요함을 보여주고 있다. 부록 B에 소개된 대부분의 기업은 그룹 혹은 기업 차원의 환경 프로그램을 갖고 있으며 경우에 따라서는 전담부서를 두고 있는데, 이는 고위 경영진의 결심과 지원이 있어야만 가능하기 때문이다.

## 5. 국내의 청정생산 촉진제도

우리 나라는 1980년대 말부터 청정생산에 관심을 갖기 시작하여, 1990년에 서울대 환경안전연구소의 국제심포지움을 계기로 '클린텍 연구회'가 결성되었고, 1993년에는 과기처에 '환경오염 사전예방연구회'가 결성되어 해외의 정보수집 및 세미나 개최 등 청정생산에 대한 인식을 확산시키기 위한 활동을 벌여 왔다.

정부 차원에서의 청정생산 관련 움직임은 1992년부터 시작한 G-7 Project(국가적 선도기술 개발사업) 환경기술연구개발사업에 청정기술이 포함된 것이 시초이며, 1995년 12월 통상산업부가 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」을 제정하여 청정생산기술의 개발과 보급을 위해 노력하고 있다.

### 5.1. 청정생산관련 법률

청정생산과 관련이 있는 법률에는 환경부 소관인 「환경기술개발및지원에관한법」, 「자원의절약과재활용촉진에관한법」 과 산업자원부 소관인 「환경친화적산업구조로의전환촉진에관한법」 등이 있다.

먼저 「자원의절약과재활용촉진에관한법」은 1992년 12월에 제정되었는데, 자원의 재활용을

위하여 제품들을 제1종 지정제품과 제2종 지정제품으로 구분하고, 이에 따라 제품의 설계시부터 재활용을 용이하게 하기 위한 조치들을 구분하고 있다.

제1종 지정제품은 제조자가 제품의 재활용을 용이하게 하기 위한 구조·재질과 재활용 촉진에 관한 정보제공 및 기술향상, 그리고 제품 설계시 분리수거 및 감량화를 용이하게 하기 위하여 고려해야 하는 사항을 담은 지침을 준수하여야 한다. 제1종에 해당되는 제품은 사용되었거나, 사용되지 아니하고 버려진 후 수거되어 그 전부 또는 일부를 재활용하는 것이 자원의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하고 재활용이 쉽도록 제품의 구조나 재질의 개선 등이 필요한 제품으로써 동 시행령 제3조에 보면 자동차와 가전제품이 해당된다. 제2종 지정제품은 제조자가 제품의 종류별 재질·성분 또는 분리수거에 관하여 표시하여야 할 사항이나 표시방법이 포함된 지침을 준수하여야 하는데, 여기에 속하는 제품은 사용되었거나 사용되지 아니하고 버려진 후 수거되어 그 전부 또는 일부를 재활용하기 위하여 분리수거를 위한 표시를 하는 것이 필요한 제품을 말하며, 동 시행령 제4조에서는 금속 캔과 플라스틱 용기가 해당된다.

1994년 12월에 제정된 「환경기술개발및지원에관한법」은 환경기술의 개발·지원 및 보급을 촉진하고 환경산업을 육성하기 위한 목적으로 만들어졌다.

환경기술지원과 관련된 주요내용으로는 첫째, 환경기술의 범주에 사전오염예방기술을 명문화하여 환경기술개발관련 연구과제 선정시 사전오염예방기술의 개발과 관련된 과제를 우선적으로 선정, 범정부적으로 자금지원을 확대토록 하였다. 둘째, 환경기술을 개발하거나 응용하여 사업화하는 자 또는 환경산업체에 대하여 범정부적으로 자금을 지원토록 하였고 셋째, 환경산업의 진흥촉진을 위해 환경산업체의 애로기술과 관련된 연구과제는 우선 선정하여 자금 등을 지원토록 하였다.

이 법률에 의거해서 지원되는 자금의 출처는 「환경개선특별회계법」에 의한 환경개선특별회계, 「산업발전법」에 의한 산업기반자금, 「중소기업진흥및제품구매촉진에관한법」에 의한 중소기업창업 및 진흥기금, 그리고 「과학기술진흥법」에 의한 과학기술진흥기금과 「한국과학재단법」 제11조의 규정에 의하여 설치된 기금 등이다.

산업자원부 소관 법률인 「환경친화적산업구조로의전환촉진에관한법률」은 환경친화적인 산업구조의 구축을 촉진하여 에너지 및 자원을 절약하고 환경오염을 줄이는 산업활동을 적극 추진함으로써 국민경제의 균형있는 발전에 기여함을 목적으로 하고 있으며, 1999년 2월 8일에 법률 제5825호로 개정되었다. 주요 내용은 법 제2조 1항에서 "청정생산기술이라 함은 생산공정에서 환경오염을 제거하거나 감축하기 위한 기술 및 환경친화적인 제품을 생산하기 위한 기술을 말한다"라고 정의하고 있고, 2항에서 "청정생산기술"이라 함은 생산공정에서 환경오염을 제거하거나 감축하기 위한 기술 및 환경친화적인 제품을 생산하기 위한 기술을 말한다"라고 정의하고 있다. 법 제5조는 설비자금등 지원에 대한 사항으로 "정부는 종합시책 또는 산업환경 실천과제의 추진을 위하여 사업자가 실시하는 생산공정의 개선, 설비의 개체 및 신·증설투자사업에 대하여 기금·회계 또는 자금에서 필요한 지원을 할 수 있다"라고 정하고 있다. 법 제6조에서 정부는 환경친화적인 산업구조로의 전환을 촉진하기 위하여 청정생산기술을 개발하기 위한 사업을 추진하여야 하는 것으로 정하고 있다. 법 제7조에서는 청정생산기술개발지원센터 지정으로 "산업자원부장관은 청정생산기술의 개발을 촉진하고 중소기업의 애로를

해소하기 위한 기술지원을 하기 위하여 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 연구기관을 청정생산기술개발지원센터로 지정할 수 있다”라고 정하고 있으며, 법 제3장 환경경영체제의 인증으로, 법 15조에 환경경영의 촉진을 위하여 “정부는 기업의 환경경영을 촉진하고 이의 확산을 유도하기 위한 시책을 강구하여야 한다”라고 정하고 있다. 즉, 제16조 환경경영체제의 인증을 원하는 기업에 대하여 인증을 해주는 인증기관을 두도록 하고 있으며, 제18조에서 “환경경영체제인증을 받고자하는 자는 인증기관에 대하여 환경경영체제에 관한 인증신청을 하여야 한다”라고 정하고 있다.

<표 II-15> 청정생산 관련 관계법령

법 령	소관부서	관련조항	내역
환경기술개발 및 지원에 관한법률	환경부	법 제3조 법 제6조 법 제6조의2 법 제7조의3 법 제8조 법 제9조 법 제11조 법 제12조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 환경기술개발계획의 수립</li> <li>◦ 환경기술투자에 대한 시책강구</li> <li>◦ 자금의 지원</li> <li>◦ 환경산업관련협회의 육성</li> <li>◦ 기술사용권고</li> <li>◦ 환경기술지원</li> <li>◦ 환경표지사용의 인증</li> <li>◦ 환경표지사용</li> </ul>
자원의절약과 재활용 촉진에 관한법률	환경부	법 제10조 법 제11조 법 제13조 법 제15조 법 제19조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 제1종지정사업자의 준수사항</li> <li>◦ 제2종지정사업자의 준수사항</li> <li>◦ 자원재활용 권고 및 조치명령</li> <li>◦ 포장폐기물 등의 발생억제를 위한 조치명령 등</li> <li>◦ 폐기물의 발생억제 등을 위한 비용의 부담</li> </ul>
환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한법률	산업자원부	법 제3조 법 제4조 법 제5조 법 제6조 법 제8조 법 제10조 법 제18조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 종합시책</li> <li>◦ 산업환경실천과제</li> <li>◦ 설비자금 등 지원</li> <li>◦ 기술개발사업지원</li> <li>◦ 청정생산기술정보의 유통촉진 등</li> <li>◦ 환경설비품질인증</li> <li>◦ 환경경영체제인증</li> </ul>

## 5.2 화학물질 배출량 조사제도

우리 나라는 1996년 OECD 가입시 PRTR 제도 도입을 약속하였는데, 같은 해 12월에 「유해화학물질관리법」을 개정하여 화학물질의 배출량 보고, 기업의 영업비밀 보호 등 제도의 시행에 필요한 법적 근거를 마련하였다<sup>18)</sup>.

1996년 7월에서 1997년 2월까지의 본격적인 제도 시행시 나타날 수 있는 문제점을 사전에 파악하고 이를 보완하기 위하여 국내 22개 업체를 대상으로 시범사업을 실시한 결과, 국내 업체는 환경배출량과 이동량을 산정하는데 필요한 기술과 경험이 부족하여 만족스러운 결과를 얻지 못하였으며, 따라서 PRTR 제도를 원활하게 시행하기 위해서는 정부에서 배출량 산정지침을 개발하여 업체에 지원해 주는 것이 필요하게 되었다. 이에 환경부는 지난 1997년 8월부터 1998년 6월까지 1단계 연구용역사업으로 화학물질을 가장 많이 취급하는 석유정제업과 화학업종에 적용할 수 있는 배출량산정지침을 개발하였고 업체, 학계, 민간 전문가, 미국·일본의 전문가들과 공동 워크숍 등을 통해 각계의 의견을 수렴하여 대상업체, 대상물질, 보고내용 등 유해화학물질 배출량보고제도 시행방안을 마련하였으며, 1998년 8월부터는 석유정제, 화학업종 이 외에 자동차, 조선 등 타 업종에도 적용할 수 있는 배출량산정지침 개발을 2단계 연구용역사업으로 추진하였다. 특히 조사용 PC소프트웨어를 개발하여 업체에서 전산자료 형태로 배출량·이동량을 보고하도록 함으로써 조사 자료의 정확도와 신뢰도를 높이고, DB를 쉽게 구축할 수 있도록 하였다. 또한, 배출량산정 자동화 프로그램을 개발하여 업소에서 주요 단위공정 또는 배출원별로 시설정보, 물질정보 등 필요한 자료를 입력하면 배출량을 자동으로 산정할 수 있도록 함으로써 업소에서 배출량 보고에 소요되는 시간과 인력을 최소화하고 보고 자료의 정확도를 높일 수 있도록 하였다.

환경부는 연구용역사업으로 배출량 산정지침이 개발됨에 따라 1999년 1월 「화학물질배출량조사및산정계수에관한규정」(환경부 고시 1998-155호)을 고시하였고 2월에는 조사대상 업체인 석유정제·화학업체 270여 개 업소에 대하여 배출량산정지침, 조사표 작성방법 등에 대한 교육을 실시하는 한편 조사표를 배포하여 현재 조사가 진행 중에 있다.

조사대상 물질은 1996년의 화학물질 유통량 조사 자료를 근거로 국내에서 사용량이 많은 유해화학물질 80종을 선정하였고 연간 제조·사용량이 50톤 이상인 물질로 한정하였으며, 보고대상 업체는 유해화학물질의 환경배출량과 폐수 및 폐기물 처리업체로 이동된 양을 차기년도 2월말까지 매년 관할 기관에 의무적으로 보고토록 하고 있다. 연도별 대상업체는 아래와 같다.

<표 II-16> 연도별 화학물질 배출량조사 대상업체

년 도	조사 대상 업체
1999년	석유정제, 화학업종의 100인 이상 사업장
2000년	섬유, 자동차, 조선 등 23개 조사대상 전업종의 100인 이상 사업장
2000년 이후	섬유, 자동차 등 23개 업종의 50인 이상 사업장

자료: <http://www.me.go.kr/>

조사대상에 해당하는 업체는 80가지 조사대상 화학물질에 대하여 2000년 1월 1일부터 12월 31일까지의 배출량 및 이동량을 화학물질별로 산정하여 각 지방환경청에 보고하여야 한다.

18) 자료: <http://www.to21.co.kr/tri/domtrend.asp>

유해화학물질의 배출원은 크게 일정규모이상이 기업(점오염원)과 비점오염원으로 나눌 수 있다. 일본의 1998년도 PRTR시범사업의 결과를 보면 점오염원에서 배출되는 양이 전체 배출량의 77%를 차지하고 비점오염원에서의 배출량이 23%를 차지하는 것으로 나타났다. 따라서 이 데이터를 기준으로 우리 나라에서는 기업에 대하여는 기존 추진계획을 보완하여 지속적으로 추진하고 비점오염원에 대하여는 향후 시행방안을 연구하고 기반기술을 갖추어 2003년부터 본격 시행할 계획으로 있다.

현재 「유해화학물질관리법시행령」 제11조의 2에 의한 배출량 조사대상물질은 유독물, 관찰물질, 대기·수질오염물질로 지정된 화학물질로 총 640여종이나 이 중에서 국내에서 유통되고 있는 물질은 320여종이다. 1999년 5월부터 1999년 10월까지 환경부에서 실시하고 있는 화학물질 유통량 조사결과를 근거로 하여 보고대상 화학물질을 2001년 이후부터는 매년 100여종 정도 확대하고, 보고 기준도 50톤에서 점진적으로 강화하여 2003년에는 국내에서 사용되고 있는 조사대상 물질에 대하여 OECD 수준으로 배출량이 파악되도록 할 계획이다.

대상업소는 현재 50인 이상의 업소에서 2003년부터는 업소의 배출량 보고능력을 고려하여 보고대상 업소의 기준(예: 20인 이상)을 확대 시행할 계획이며, 화학제품 유통업종 등 일부 업종을 추가할 계획이다.

### 5.3 청정생산관련 지원제도

#### 5.3.1 연구활동 지원제도

청정생산과 관련한 환경기술개발 및 지원은 1992년 환경부가 과기부와 공동으로 G7사업 안의 “환경기술연구개발사업”을 추진하면서 본격적으로 시작되었으며, 1995년에 제정된 「환경친화적산업구조로의 전환촉진에 관한법」을 근거로 산업자원부에서도 생산기술연구원을 총괄 주관기관으로 하여 “청정생산 기술사업”이 추진되고 있다.

<표 II-17> 청정생산 관련 기술 개발 현황

분 야	사업명/사업내용	추진기관
청정생산기술	· 청정생산 기술사업	산자부
청정에너지	· 청정에너지 기술개발 사업 · 신에너지 기술개발 사업(G7)중 일부 사업에 청정에너지 개발사업이 포함되어 있음.	산자부
청정물질	· 신의약/신농약 사업(G7)무공해 농약개발 사업	과기부
	· 신기능 생물소재사업(G7)중 분해성 고분자 및 계면활성제 연구사업	과기부
	· CFC대체물질 개발사업	과기부 (KIST CFC 대체기술센터, (주)한국인화)
에너지절약	· 에너지 절약 기술개발	산자부

자료: <http://clean.kitech.re.kr/>

먼저 환경부와 과기부가 추진하고 있는 “환경기술연구개발사업”은 환경부가 주관 부서가 되어 국립환경연구원에서 총괄 관리를 하고 있다. 2001년까지 총 4,315억원(국고 2,495억원)을 투자하여 배연탈황, 탈진기술 등 핵심기술 과제에 대해 지원하고 있으며, 소요비용 중 국고부문 2,495억원은 관계 부처별로 확보하고, 민간부문(1,820억원)은 참여 업체에서 부담하는 방식으로 추진되고 있다.

<표 II-18> 환경기술연구개발사업의 단계별 목표

	1단계			2단계			3단계			
	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
기본목표	기반기술확보			핵심기술개발 및 실용화 기반 구축			실용화 및 상품화 종합환경관리체계구축			
기술개발 측면	오염방지기술(오염의 사후처리)						청정기술개발 (오염의 사전예방)			
산업측면	환경기술의 자립						환경기술의 수출산업화			

자료: <http://www.nier.go.kr/>

이 사업은 1992년부터 2001년까지 10년간 3단계로 나뉘어 추진되고 있으며, 특히 3단계 1차년도인 1998년 사업부터는 연구개발사업의 효율적 추진과 개발된 기술의 실용화 및 상용화를 보다 적극적으로 유도하기 위하여 연구개발사업을 관리하는 사업의 명칭을 “총괄운영관리사업”에서 “연구관리평가사업”으로 변경하였으며, 관리부서도 국립환경연구원 기획과로부터 국립환경연구원 환경기술개발관리센터로 변경하여 환경기술개발 사업만을 전담 관리하도록 하였다.

“연구관리평가사업”은 환경기술연구개발사업의 기획·평가·기술수요조사·사후관리 등과 환경부장관이 실시하는 환경기술평가 및 우수 환경기술에 대한 포상 등을 지원하며, “환경기술연구개발사업”의 목표를 효율적으로 달성하기 위한 사업으로서 “과제기획·관리·평가사업”과 “연구기반 구축 및 연구성과 확산사업”의 2개 사업으로 나누어지며, 3단계부터는 상시 기획 및 상시 과제신청 프로그램 운영, 환경기술인력 교류사업, 실시기업 기술지원사업, 국제특허비 지원, 전문인력 Pool 운영 등 1, 2단계에는 없던 새로운 제도들을 도입하여 “환경기술연구개발사업”을 효율적으로 지원하기 위하여 노력하고 있다.

“민간개발 및 산업화자금”의 지원은 정부가 일정 부분 관여하여 과제를 발굴하는 G-7사업과 기초·기반기술 개발사업과는 달리, 재정형편이 열악한 중소기업 등에서 보유하고 있는 우수 환경기술의 사업화 촉진을 위하여 장기저리로 자금을 융자해 주는 것이다. 이 자금의 지원대상은 특허 및 실용신안 등의 환경기술을 최초로 산업화하고자 하는 중소기업자 또는 기술개발자로, 환경관리공단이 위탁받아 수행하고 있다. 1997년까지 75개 업체에 270억원을 지원하였다.

산업자원부에서 추진하고 있는 “청정생산 기술사업”은 1995년 「환경친화적산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」이 제정되면서 추진되었는데, 산업환경 실천과제 및 수요조사 등의 방법을 통해 발굴된 과제를 대상으로 분야별 운영위원회 및 총괄 운영위원회의 심의·조정 후 청정생산기술 개발협의회의 자문을 거쳐 산업자원부장관이 당해연도 청정생산기술사업 지원대상분야로 확정·공고하고, 이 사업에 응모하여 선정된 기업을 지원하는 제도이다. 1999년 1월에는 “청정생산 기술사업”의 총괄기관으로서 생산기술연구원 산하에 ‘국가청정생산지원센터’를 설립하였는데, ‘국가청정생산지원센터’는 청정사업 수행 및 평가관리 전담팀을 구성하고, 청정생산기술 분야별 외부 전문연구팀 발굴, 지원 및 협력체계 구축, 생산현장(주로 중소기업)의 청정생산 평가, 청정도 향상을 위한 기술지원과 함께 청정생산정보 Infra의 구축, 그리고 관련 업종간 공통기술 위주의 기반 구축과 기반설비를 이용한 시범사업 등을 수행하는 기관이다. “청정생산 기술사업”의 목적은 생산공정에서 환경오염발생을 줄이는 등 산업 환경문제를 근원적으로 해결함으로써 환경규제에 원천적으로 대응하고 환경비용을 최소화하는 것이다. 지원범위는 오염물질의 발생을 줄이는 공정의 개선 또는 신공정 기술 및 설비의 개발·보급 및 기반조성과 관련된 부문과 공장내부에서 오염물질을 제거하거나 오염물질로부터 유효자원을 회수, 재이용하는 기술 및 설비의 개발·보급 및 기반조성, 유통, 사용 및 폐기단계에서 오염물질의 발생을 줄이는 환경친화적 원료 또는 제품의 개발, 보급 및 기반조성, 그리고 기타 산업자원부 장관이 필요하다고 인정하는 분야에 한한다.

사업은 크게 4가지로 구분되는데, 업종별 사업은 철강, 비철금속, 도금, 주물, 염색, 피혁, 제지, 석유화학, 전자, 시멘트, 자동차, 강관, 정밀화학 등 각 업종에서 필요로 하는 사업이며, 업종간 공통사업은 업종 상호간에 공통으로 적용되는 사업, 기반 조성사업은 기술인력, 기술정보, 연구시설 등의 기반을 조성하여 기술 개발과 개발된 기술의 보급, 확산을 촉진하기 위한 사업, 그리고 청정생산기술개발지원센터 사업은 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」에 의해 지정된 사업을 말한다.

지원과제는 사업의 성격에 따라서 일반과제와 공유과제로 구분되는데, 일반과제는 개별기업의 기술력 향상 및 경쟁력 확보를 위하여 기업의 참여를 전제로 지원되며 정부 지원의 범위는 50%~75%까지이다. 공유과제는 공공재적 성격이 강하여 정부가 적극적으로 지원하여야 할 성격의 과제로 최고 100%까지 정부의 지원이 가능하다.

<표 II-19> 청정생산 기술사업의 구분

구분	일반과제	공유과제
과제성격	개별기업의 기술력 향상 및 경쟁력 확보를 위하여 기업의 참여를 전제로 지원하는 사업	공공재적 성격이 강하여 정부가 적극적으로 지원하는 사업
정부지원 범위	참여기업의 유형에 따라 50~70%까지 지원	최고 100%까지 지원
기술료	정부출연금의 40%를 5년 동안 분할 상환	기술료 면제
사업내용	기술개발 및 사용화, 실용화	기술개발 후 보급을 의무화

자료: <http://clean.kitech.re.kr/>

<표 II-20> 청정생산 기술사업 지원 현황

연도	지원과제수			사업비현황(억원)		
	신규	계속	계	정부출연금	민간부담액	계
1995	15	-	15	21.9	16.2	38.1
1996	19	14	33	40.6	34.6	75.2
1997	77	20	97	120.0	65.1	185.1
1998	76	76	152	174.0	99.8	273.8
1999	145	92	237	300.0	143.1	443.1
합계	332	202	534	656.5	358.8	1,015.3

자료: <http://clean.kitech.re.kr/>

1999년도에는 145개의 신규과제를 포함하여 총 237개의 과제에 정부지원금 300억원이 지원되었는데, 2000년 청정생산기술개발사업을 통한 정부의 기술개발자금 지원규모는 300억원으로 확정되었다. 이는 1998년 152개 과제에 174억원의 정부지원금이 지원된 것에 비해 126억원이 증액된 것으로 청정생산기술개발을 통한 환경친화적인 산업육성에 대한 정부의 강력한 의지를 반영하고 있음을 나타낸다.

<표 II-21> 업종별·기술별 지원과제 현황

번호	분야	생산공정 기술	재자원화 기술	원료·제품 기술	산업오염 처리기술	합계
1	철강	2	3	1	1	7
2	비철금속	2	12	0	0	14
3	도금	7	2	0	2	11
4	주물	5	4	1	0	10
5	금속가공	10	4	0	9	23
6	염색	7	5	0	3	15
7	피혁	4	4	1	4	13
8	제지	5	3	1	1	10
9	전자	5	2	1	8	16
10	반도체	2	3	1	1	6
11	자동차	1	0	1	4	6
12	시멘트	1	3	0	1	5
13	정밀화학	8	6	13	6	33
14	석유화학	7	2	0	13	22
15	환경친화제품	1	7	1	0	9
16	생물	3	12	0	5	20
합계		70	72	20	58	220
비율(%)		32	33	9	26	100

주: 기반구축, 기반조성, 연구기획, 시범사업 및 평가관리 등으로 분류된 과제는 제외

자료: <http://clean.kitech.re.kr/>

## 5.3.2 세제 및 금융 지원제도

정부에서는 연구활동에의 지원만이 아니라 금융 및 세제지원을 통하여 환경설비의 확충과 신기술 보급에 노력하고 있다. 「조세감면규제법」에서 공해방지시설투자에 대한 세액공제 또는 손금산입제도와 폐기물 재활용시 부가가치세 매입세액공제제도가 있으며, 「관세법」에서는 수입환경기자재에 대한 관세감면제도가 있고, 「중소기업기본법」에 의한 환경산업체의 조세특례제도가 있다.

1997년에 실시한 환경오염방지 기자재의 관세감면 추천 현황을 보면 총 166건에 74,091백만 원을 추천하였다.

&lt;표 II-22&gt; 환경오염방지기자재의 관세감면 추천현황(1998년)

구분	계	대기	수질	폐기물	기타 (소음·진동)
추천금액 (백만원)	273,012	133,560	77,436	61,899	117
추천수 (건수)	93	39	34	19	1

자료: <http://www.me.go.kr>

또한 정부에서는 환경산업체 육성을 위해 재정투·융자특별회계 및 금융자금의 재원을 확보하여 환경오염 방지시설 및 재활용시설의 설치 또는 기술개발 소요자금을 장기 저리로 융자·지원해주고 있다.

&lt;표 II-23&gt; 환경오염 방지시설 설치자금 등의 융자지원 현황(환경부 관할)

지 원 분 야	지 원 규 모(억 원)				지 원 기 관
	1994	1996	1998	2000	
환경오염 방지시설 설치자금	319	586	500	500	환경 관리공단 융자부
환경기술개발 및 산업화자금	50	60	40	40	
재활용 산업 육성 자금	100	300	500	500	한국자원 재생공사 융자관리부
합 계	489	946	1,040	1,040	-

자료: <http://www.me.go.kr>

위의 지원자금 중 “환경오염 방지시설 설치자금”은 중소기업자로서 대기 및 수질, 수음·진동 방지시설을 설치하고자 하는 자가 용자지원 대상이 되며, 적용 금리는 변동금리로서 년 8.0%(변동가능)로서 3년거치 7년상환을 조건으로 한다. 개별방지시설은 20억원, 공동방지시설은 30억원까지 지원받을 수 있다. “환경기술개발 및 산업화 자금”은 환경기술을 개발하고자 하는 개인 또는 중소기업자, 특히 등 개발된 환경기술을 산업화하고자 하는 중소기업자를 용자 대상으로 하며, 금리는 년 8.0%(변동금리)로서 3년거치 5년상환을 조건으로 하고 있다. 기술개발자금으로는 3억원, 산업화 자금으로는 10억원까지 용자받을 수 있다. 이 자금은 매년 용자지원 신청액이 예산액을 초과하여 우수한 환경기술을 개발하거나 산업화하는데 필요한 자금이 충분히 지원되지 못하고 있어 환경부에서는 향후 점진적으로 지원규모를 확대할 계획이다. “재활용산업 육성자금”은 재활용기술을 개발하고자 하는 자 또는 폐기물을 재활용하기 위하여 재생처리신고를 한 자 또는 시설을 설치코자 하는 자가 지원대상이 되며, 금리는 년 7.25%(변동금리)이며, 3년거치 7년상환을 조건으로 한다. 기술개발지원은 2억원, 제조시설은 15억원, 수집 운반은 1억원의 한도내에서 지원된다. 또한 산업기반기금에 의한 “환경친화적 산업기반조성 사업자금”은 국내 기업의 청정생산설비 및 환경설비투자를 촉진하고 환경설비산업을 육성하기 위하여 지원하고 있는데, 사업자금의 규모는 1999년 현재 460억원이며, 대출 금리는 년 7.5%, 대출 기간은 8년 이내(3년거치 5년분할상환)로서 염색공단폐수처리시설은 10년(3년거치 7년분할상환)이다. 대출 한도액은 30억원 이내이지만, 염색공단 폐수처리시설은 제한이 없다. 지원 범위는 시설 및 기자재 구입비, 공정설치비, 염색공단폐수처리 시설확충비, 운전자금(지원액의 40%이내), 기타 산업자원부 장관이 인정하는 사업자금이며, 지원 대상은 청정생산 설비 및 환경설비에 투자하려는 기업, 조합, 공업단지, 대구지역 염색공단과 환경설비를 생산하는 기업이다.

금융권<sup>19)</sup>에서는 조흥은행과 기업은행에서 자금지원이 이루어지고 있는데 먼저 조흥은행의 환경친화업체선정 및 자금지원은 지원 대상이 중소기업으로서 환경부장관이 지정한 환경친화기업, 환경부장관이 고시한 환경마크사용 인증상품 생산업체, 환경관리공단의 환경개선지원자금 대출대상자, 한국자원재생공사의 재활용산업육성자금 대출대상자, 1사 1산 가꾸기 참여업체 및 기타 환경산업 영위업체 등이 해당된다. 기업은행의 환경친화중소기업 자금대출에서는 환경친화적 중소기업에 대하여 환경오염방지자금, 환경제품생산 자금 및 환경산업육성자금을 지원한다. 시설 자금은 환경오염방지 및 처리시설의 구입·설치에 소요되는 자금정화시설의 구입·설치에 소요되는 자금으로 10억원 이내이며, 운전 자금은 환경마크상품의 생산·판매 등에 소요되는 자금으로 5억원 이내이다. 지원 대상에는 환경부장관이 지정한 환경친화기업, 중소기업청장이 인정한 환경경영체제(ISO 14000시리즈) 인증기업, 중소기업청장이 선정한 환경경영 시범기업, 환경부장관이 고시한 환경마크 사용인증 상품 생산업체, 중소기업청장이 인정한 우수 재활용제품 품질인증(GR마크)대상품목 생산기업, 환경부장관이 인정한 방지시설업 등록 업체, 산업자원부 장관이 선정한 청정생산 기술개발사업 참여기업이 해당된다.

19) 자료: <http://www.koami.or.kr/env/environ/koami.htm>

### 5.3.3 중소기업 기술 지원제도

환경부에서는 「환경기술개발및지원에관한 법률」 제9조 ‘환경기술지원’의 규정에 의거해서 환경기술 능력이 부족한 중소기업에 대한 기술을 지원하고 있다. 이 제도의 목적은 환경시설의 관리운영상 문제점 및 기술적 애로사항을 해결함으로써 환경오염을 사전예방·저감하고 기업이 생산활동에 전념할 수 있도록 하기 위한 것이다.

기술지원 대상시설은 기업이 생산활동과정에서 환경오염을 사전에 예방·저감하고자 하거나 환경시설에 대한 운영·관리 기술능력이 부족하여 기술지원을 신청한 시설이나, 대기환경보전법 제8조, 수질환경보전법 제8조 및 소음·진동규제법 제8조의 규정에 의한 배출허용기준을 2년 이내에 3회 이상 초과한 시설로서 특별시장·광역시장·도지사·시장·군수·구청장·환경관리청장 또는 지방환경관리청장이 지정한 시설이다. 지원되는 주요 내용은 환경오염을 사전에 예방하기 위한 배출시설(생산공정)의 적정관리방안 제시와 오염물질처리시설의 설계조건과 실제 조건의 비교, 단위공정별 시설용량 및 기능조사, 시설물 유지관리 상태조사 등이다.

<표 II-24> 중소기업 환경기술지원 추진실적 및 계획

(단위 : 개소)

구 분	계	중부권	호남권	영남권	비고
1999년까지 실적	2,219	1,137	603	479	
2000년 계획	300	120	90	90	

자료: <http://www.me.go.kr>

### 5.3.4 환경친화기업제도

“환경친화기업” 제도는 배출되는 환경오염물질을 사후에 처리하는 것보다 기업 스스로 생산공정개선 등을 통하여 사전에 오염물질의 발생 자체를 근원적으로 줄이는 것이 중요하다는 취지에서 1995년 4월부터 시행되고 있는 제도이다. 환경부에서는 기업들이 마지못해 법이 정한 규제기준을 지키는 것보다 기업이 자율적으로 오염물질을 줄이게 될 경우, 우수한 방지기술의 개발 등 환경질 개선에 긍정적인 효과가 있다고 판단하여 이 제도를 시행하고 있다.

“환경친화기업”으로 지정되기 위해서는 먼저 「환경친화기업지정제도운영규정」(환경부 고시 제99-195호)에 따른 ‘환경친화기업지정신청서’와 생산공정별로 오염물질 배출을 저감시키기 위한 ‘환경성 평가 및 개선계획서’를 첨부하여 제출하고, 이를 해당분야의 전문가 등으로 구성된 심사단이 평가를 하여 지정하게 된다.

기업이 “환경친화기업”으로 지정을 받으면 여러 가지 혜택이 있는데, 우선 대기·수질환경보전법의 규정에 의한 지도·점검이 면제되며, 설치허가대상 배출시설일 경우는 이를 신고로 대체할 수 있다. 또한 “환경친화기업”으로 지정된 중소기업의 경우에는 환경오염방지시설 설치자금융자 등 정부의 재정지원을 타 업소보다 우선적으로 지원받으며, 우수한 친화기업은 각종 정부표창이 수여된다. “환경친화기업” 지정기간은 지정일로부터 3년간이며, 신청은 지방환경관리청 지도과에서 받고 있다. 2000년 6월 현재 105개 기업이 “환경친화기업”으로 지정되어 있다.<sup>20)</sup>

### 5.3.5 ISO 14001 인증제도

ISO 14001 환경경영체제인증제도는 국제표준화기구인 ISO의 환경경영위원회(TC 207)에서 1992년에 개발한 ISO 14000시리즈 규격 중의 하나로서 조직의 환경경영시스템을 실행, 유지, 개선, 보증하고자 할 때 적용가능한 규격이다. 이 제도는 인증기관 지정기준, 심사원의 자격요건, 인증심사일수 등 각 국가에서 정한 기준에 따라 실시되고 있다.

환경부에서는 기업들이 “ISO 14001 인증제도”와 “환경친화기업”을 지정받는 과정에서의 불편함을 줄여주기 위하여 ISO 14001 인증을 받은 기업들은 환경친화기업 선정시 가산점을 주어 가능한한 선정될 수 있게 할 계획이다. 2000년 6월 현재 우리 나라의 인증 획득 기업체는 총 334개소이다.

### 5.3.6 재활용 목표율 설정제도<sup>21)</sup>

재활용목표율 설정제도는 종이, 고철 등 재활용 가능자원의 재이용률을 높이기 위해 정부와 사업자 단체가 협의하여 재활용목표율을 설정하고 개별기업은 배분된 목표율 자율적으로 달성토록 하는 제도이다. 동 제도는 「자원의절약과재활용촉진에관한법률」에 근거하여 재활용 가능자원의 효율적 이용과 재활용을 촉진하기 위해 1993년에 「재활용지정사업자의 재활용지침」으로 고시되었다. 이 제도에 따르면 종이·유리용기제조업, 제철 및 제강업, 플라스틱제품제조업 등 재활용지정사업자는 폐지, 폐유리, 고철, 폐플라스틱 등의 재활용 계획 및 실적을 사업자 단체에 제출 및 매 5년마다 재활용가능 자원의 이용목표율 설정 및 재활용 기술개발 계획 등을 수립토록 하고 있다. 사업자단체는 재활용지정사업자가 제출하는 실적을 총괄하고 연도별 시행계획에 대한 총괄계획을 당해 연도개시 1월 전까지 환경부와 산업자원부에 매년 제출토록 하고 있다.

20) <http://www.me.go.kr>

21) 환경부, 「자율환경관리지침서」, 1999. 12

### 5.3.7 사업장폐기물 감량화제도

1995년 「폐기물관리법」을 개정, 일정규모 이상의 사업장폐기물 배출자로 하여금 폐기물의 발생억제를 위한 조치를 취하도록 법제화하고, 1996년 12월 동 법률에 근거하여 환경부와 산업자원부가 공동으로 「사업장 폐기물 감량화 지침」을 고시하였다. 이 제도는 공정개선, 재활용 등의 방법으로 발생하는 폐기물을 감량화하도록 하고 있다. 대상사업장은 연간 200톤 이상 지정폐기물을 발생시키는 14개 업종의 사업장(1995년 말 기준 : 556개 사업장)이 해당된다. 대상사업장의 수는 전체 지정폐기물 배출사업장의 1%에 불과하지만 이들 업체가 배출하는 지정폐기물은 우리 나라 전체 지정폐기물 배출량의 86%를 차지한다. 대상사업장은 공정, 감량요인, 재활용가능성 등을 분석하고 목표율, 이행수단 등의 내용을 담은 사업장 폐기물 감량화 계획을 수립하고 실적을 관리하여야 한다.

사업장폐기물 감량대상사업은 사업장별로 그 특성에 따라 감량계획을 수립하여 추진하고, 사업자 단체는 그 성과를 분석·평가하여 다음해 3월까지 우수사업장 지정을 지방환경관서의 장에게 요청할 수 있다. 그리고 우수사업장으로 지정되었을 경우에는 폐기물관리법에 의한 지도·점검면제, 환경친화기업 지정시 가점부여 및 시설개선자금의 지원 등 각종 인센티브가 주어진다.

### 5.3.8 자율적 환경관리협약(Voluntary Agreement)<sup>22)</sup>

자율적 환경관리협약을 맺기 위해서는 먼저 자율환경관리 추진과 관련된 업계, 관할행정기관간의 운영방향, 환경개선목표, 이행의 평가방법 등을 협의·조정하는 등 제도의 원활한 추진을 위하여 “자율환경관리협의회”를 구성한다.

협약의 체결은 “자율환경관리협의회”에서 협의·확정한 관리대상 오염물질의 배출량 저감을 위하여 기업체 대표와 관할기관의 장이 ‘자율환경관리 협약서’에 서명함으로써 기업체 스스로 기업의 환경개선을 추진하겠다는 의지를 표시하는 것이다. 협약기간은 3년을 기본기간으로 하되 신기술 도입, 기술개발 등 여건에 따라 조정가능(가능한 한 5년 이내로)하다. 환경개선 목표는 년차별로 설정하여야 하며 매년 목표이행을 평가할 수 있도록 하였다.

협약서에 포함되는 주요내용은 협약기간, 관리대상 오염물질의 종류, 개선목표, 정기적 이행보고, 모니터링, 평가 등에 관한 사항 등이며, 참여기업체는 체결한 협약서 상의 중점관리대상 오염물질 배출저감을 위한 세부실천계획을 수립하여 협약체결시 또는 협약체결 후 3개월 이내에 협약체결 한 행정기관에 제출하여야 한다.

“자율환경관리협의회”에서는 기업체가 제출한 세부실천계획서의 연도별 추진계획의 적정성, 실현 가능성, 투자계획의 타당성 등 목표 달성을 위한 계획을 검토, 평가하며, 미흡한 사항에 대하여는 추가자료 요구할 수 있다. 그리고 참여기업체에서는 관할행정기관에, 관할행정

22) 환경부, 「자율환경관리지침서」, 1999. 12

기관은 환경부에 자율환경관리 이행상황에 대한 결과를 보고(연차보고, 최종보고)하여야 한다.

“자율환경관리협의회”는 참여기업체가 보고한 내용을 분석하여, 평가결과 실적이 저조한 기업에 대하여는 환경개선목표 달성을 위해 수립한 세부실천계획의 이행을 권고하며, 환경개선목표 이행이 극히 미흡하다고 판단되는 기업, 허위보고, 민원 또는 오염사고를 야기하여 자율환경관리제도의 취지를 훼손한 기업 등에 대하여는 협약을 파기하거나 일정기간을 정하여 참여 기업에 부여한 지원정책을 철회할 수 있다. 2000년 8월 현재 170개 기업체가 ‘자율적 환경관리협약’에 참여하고 있다.

### 5.3.9. 향후 도입 예정인 청정생산 관련제도

#### 홈 닥터(Home Doctor) 제도<sup>23)</sup>

환경부에서 내년부터 실시 예정인 이 제도는 환경 의식과 기술 수준이 낮은 기업들에 의한 오염을 사전에 예방하기 위하여 정부가 기술을 지원하는 제도로써, 정부에서 해당 기업에 맞는 전문가(홈 닥터)를 선정하여, 이들이 기업의 문제점을 진단하고, 진단 후 공정 개선 및 시설 확충에 요구되는 비용을 융자해주는 제도이다.

업체는 우선적으로 공정개선이 용이한 업종에 속하는 규모가 작고, 지도·단속에 위반 건수가 많은 업소들을 대상으로 선정하며, 전문가의 기술 지원을 제공해줄 예정이다.

이 프로그램은 환경부의 총괄 하에 지방 환경청, 시·도, 지역환경기술개발센터, 환경관리공단, 환경기술개발관리센터(ETC) 및 에너지관리공단 등이 함께 참여할 예정이다. 기술진단 및 지원은 환경관리공단의 총괄 하에 10개 업종, 500명의 전문가들이 업종 및 공정특성에 따라 3명이 1개팀을 구성하여 홈닥터로서의 임무를 수행하게 된다. 여기에 참여할 전문가들은 학계 전문가, 연구소, 지역환경기술센터 등의 인력으로 구성될 예정이며, 민간 전문기관을 진단·개선사업에 동참시켜서 환경산업의 육성에도 기여할 계획이다.

기술진단·지원 내용 중 시료분석비 등 소모성 경비는 업체 부담을 원칙으로 하지만, 중소기업에 대해서는 인건비·진단비 등을 면제해줄 예정이다. 시행 첫해인 2001년에는 우선 전체 배출업소 중 1,000개소를 대상으로 추진하고, 앞으로 단계적으로 업종과 업체 수를 확대시킬 계획으로 있다.

#### 그린빌딩 인증제도<sup>24)</sup>

그린빌딩 인증제도는 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증하는 제도이다.

건축물의 경우 철강 등 기초소재, 수도, 단열재 등 건축기자재, 전지 및 기계설비, 조경 등 연관산업에 대한 파급효과가 큰 분야로 건축물의 건설, 사용 및 폐기과정에서 에너지와 자원

23) 환경부 환경정책국, 「환경홈닥터제 현황 및 향후계획」, 2000. 6

24) <http://www.me.go.kr>

의 소비, 오염물질과 폐기물의 발생 등 환경부하 및 오염요인이 크다. 따라서 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 전과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변환경과의 조화 등의 종합적인 평가가 필요하다.

이를 위하여 현재 캐나다, 홍콩, 미국 등 선진 19개 국가를 중심으로 건축물 환경부하의 근원적 저감 및 최소화를 위한 친환경건축물 인증제도가 시행 또는 준비중에 있다. 그린빌딩 인증시 평가의 기준은 국제기구인 GBC(Green Building Challenge) GB Tool의 6개 분야 111개 평가항목 중 공동주택에의 적용가능성, 설계단계에서의 평가가능성 등을 고려하여 46개 평가항목을 선정하여 시행한다.

<표 II-25> 그린빌딩 인증제를 위한 평가항목

평가 부문	평가 항목
자원소비(20%)	운영에너지, 최대전기수요, 최대열수요, 부지생태계, 상수도 저감대책, 폐자재 최소화 대책, 환경친화제품 사용 등
환경부하(20%)	대기(CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , 입자상 물질)오염물질, 고형폐기물, 생활하수, 기타부하 등
실내환경(20%)	공기환경, 온도환경, 시각환경, 음환경
장기내구성(5%)	변경적응성
공정관리(15%)	시공시 폐기물처리, 비산먼지 저감, 소음진동 저감, 운영관리 문서/지침 제공 등
근린환경요소(20%)	대중교통에의 접근성, 서비스시설에의 접근성, 청소년유해시설과의 거리유지, 생물다양성 유지보전 대책 등

자료 : <http://www.me.go.kr>

그린빌딩 평가기준은 평가항목별로 법적 기준을 준수하는 일반건물을 0점으로, 이상적인 환경친화적인 건물수준을 5점으로 하는 평가 결과가 3.0점(이상적인 환경친화적 공동주택 수준의 60%)이상인 공동주택을 그린빌딩으로 인증한다.

현재 환경부에서는 그린빌딩 인증제도의 본격적인 시행에 앞서 공동주택을 대상으로 그린빌딩 시범인증사업을 실시(1999.12~2000.11)하고 있으며, 이 결과를 토대로 그린빌딩 인증제도의 시행을 추진할 계획이다.

#### 생산자책임재활용제도<sup>25)</sup>

생산자책임재활용제도는 폐기물 발생을 줄이고 재활용을 촉진하기 위해 폐기물 발생량이 많은 제품·포장재 생산자에게 폐기물 재활용 의무를 부과하여, 자발적으로 단체를 구성하여 회수·재활용하도록 하는 제도이다.

정부는 지자체의 분리수거량·재활용 여건 등을 감안하여, 생산자에게 재활용 의무량을 설

25) <http://www.me.go.kr>

정·고시하고 의무이행 여부를 감독하며, 의무 미이행자에게는 재활용 부과금을 징수하게되며, 이 제도가 시행될 경우 현행 예치금제도는 폐지된다. 대상품목은 현행 예치금 부과대상 품목과 포장재이며, 포장재의 경우는 일정규모 이상의 사업장부터 단계적으로 실시한다.

<표 II-26> 생산자책임재활용제도 대상품목

가전제품	TV, 냉장고, 세탁기, 에어컨, 컴퓨터, 오디오
기타 예치금 품목	타이어, 윤활유, 전지류, 형광등 등
포장재	플라스틱, 종이, 유리, 금속 재질의 용기류 포장재와 기타 제품 포장재 등

자료 : <http://www.me.go.kr>

생산자는 「재활용사업공제조합」에 가입하여 분담금을 납부하거나, 이행계획서를 제출하고 독자적으로 재활용할 수 있으며, 이때 생산자들이 공동으로 단체를 구성함으로써 스스로 통제권을 가지고 가장 경제적이고 효율적인 방법으로 재활용 의무를 이행할 수 있다. 조합에 가입하지 않고 자체 이행계획도 제출하지 않은 사업자나, 자체 이행계획을 제출하였으나 의무량을 달성하지 못한 사업자와 조합이 해산 등의 사유로 의무량을 달성하지 못한 경우는 「재활용부과금」을 징수하게 된다. 또한 업계가 정부와 자발적 협약을 체결하고 폐기물 회수·재활용체계를 구축하는 경우에는 예치금 부과가 면제된다.

이에 따라 가전제품은 우선 2001년부터 냉장고, 세탁기, TV, 에어컨에 대해 실시하며, PC는 2002년, 오디오 등의 대형가전제품은 2002년 이후로 확대 시행할 예정이며, 형광등에 대해서는 서울시는 2001년, 수도권 지역은 2002년, 전국적으로는 2003년부터 확대 시행할 계획으로 있다.

기업의 환경신뢰성 평가제도<sup>26)</sup>

이 제도는 기업경영에 있어서 환경과 관련된 정보를 공개, 검증, 평가하는 체계를 개발·적용함으로써 기업의 환경성이 투자자나 금융기관, 정부, 소비자 등 이해관계자의 의사결정시 고려대상이 되도록 하여 기업경영의 전반적인 친환경성 제고를 유도하기 위한 목적을 가지고 있다. 평가항목은 기업의 경영방침, 환경투입과 산출물 데이터, 이해관계자와의 관계, 환경지출, 법규준수기록 등이며, 평가방법은 기업의 환경성 정보 공개지침에 따라 기업이 공개한 정보를 검증기관이 검증한 후 평가기관이 평가목적에 따라 다양한 평가방법을 활용하여 평가를 할 예정이다.

현재는 ‘기업의 환경신뢰성 평가방법 개발’에 대한 연구용역을 수행중이며(1999. 12~2000. 12), 앞으로 이 용역의 결과물을 바탕으로 하여 기업의 환경신뢰성 평가체계를 마련하고, 희망 기업을 대상으로 시범사업을 수행한 후에 많은 기업에 다양하게 적용될 수 있도록 보완하여 환경신뢰성 평가체계를 보급·확산시킬 계획으로 있다.

26) <http://www.me.go.kr>

### III. 화학산업체의 청정생산 실행방법 및 절차

이 장에서는 사업장에서 오염예방 프로그램을 효과적으로 이행하기 위한 방법 및 절차를 제시하였다. 이 방법론은 미국 환경보호청(EPA)에서 제시하고 있는 청정생산 방법론과<sup>27)</sup> 미국의 대표적 화학산업체인 듀퐁(DuPont)사의<sup>28)</sup> 경험을 중심으로 한 방법론을 국내 여건에 맞게 일부 수정 보완한 것이다. 비록 완전하다고는 할 수 없으나 청정생산의 경험이 적은 국내 산업체 특히 중소기업들은 여기서 제시한 방법론이 그들의 청정생산 활동에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 현장의 엔지니어와 관리자는 이 방법론을 근간으로 하되 보다 구체적이고 자사의 현실에 맞는 실천적 내용을 보완하거나 새로운 방법을 고안하여 사용할 수도 있을 것이다.

청정생산 프로그램을 입안하고 추진하는데 있어서 가장 중요한 출발점은 경영진의 확고한 의식과 지원이라고 생각된다. 처음에는 다소 어렵겠지만, 청정생산구축과 관련된 외국의 사례와 국내 움직임(예: TRI의 의미, 자금지원 등)에 대한 정보를 수집하고 이를 체계적으로 정리하여 경영진을 설득하는 작업이 매우 중요하다. 이 후에는 청정생산 추진팀 뿐만 아니라 현장 근로자를 포함한 사업장의 모든 구성원의 적극적인 참여가 요구되며 활발한 토론이 필요하다. 개개의 프로젝트는 일정기간 안에 완료되는 것이지만 청정생산은 항상 연구하고 추진되어야 하는(on-going) 생산방식임을 인식할 필요가 있다.

#### 1. 청정생산 프로그램의 구성

청정생산 프로그램은 <그림 III-1>에서 보는 바와 같이 6 단계로 구성하였다.

먼저, 1단계인 시작단계에서는 청정생산의 필요성을 강조하고 이를 회사의 환경·생산관리 정책으로 채택하며 이의 추진을 전담할 팀(task force team)을 구성하는 등 회사의 청정생산 방침을 확립하고 이를 공식화한다. 따라서 이 단계의 가장 중요한 요소는 청정생산에 대한 경영진의 의지 확보와 회사 구성원 각자의 적극적인 참여의사를 유도하는 것이다.

2단계인 예비평가단계에서는 회사 내에서 우선적으로 자본과 인력을 투입하여 청정생산을 추진할 필요가 있는 분야를 선정한다. 평상시에 현장 근로자나 경영진에서 문제점으로 인식해 오던 사항들을 목록화하고 이를 종합적으로 판단하여 문제의 심각성이나 실천의 용이성 등 판단기준에 의하여 향후 회사(혹은 부서)의 역량을 결집하여 해결할 필요가 있는 분야를 선정하게 되는데, 이를 위해서는 현장방문 조사와 자료의 수집, 문제점의 분석 등이 필요해진다.

3단계는 청정생산 프로그램을 수립하는 단계이다. 예비평가단계의 결과를 이용하여 프로젝트의 구체적 목표를 설정하고 추진 일정을 수립하며 예상되는 장애요소를 분석하여 대책을 만드는 것이 중요하다. 이 단계에서 확립된 프로그램은 청정생산추진을 위한 종합적 계획서이자 지침서의 역할을 하게 된다.

4단계는 수립된 프로그램에 근거하여 대상 공정에 대한 본격적인 평가와 대안을 작성하는

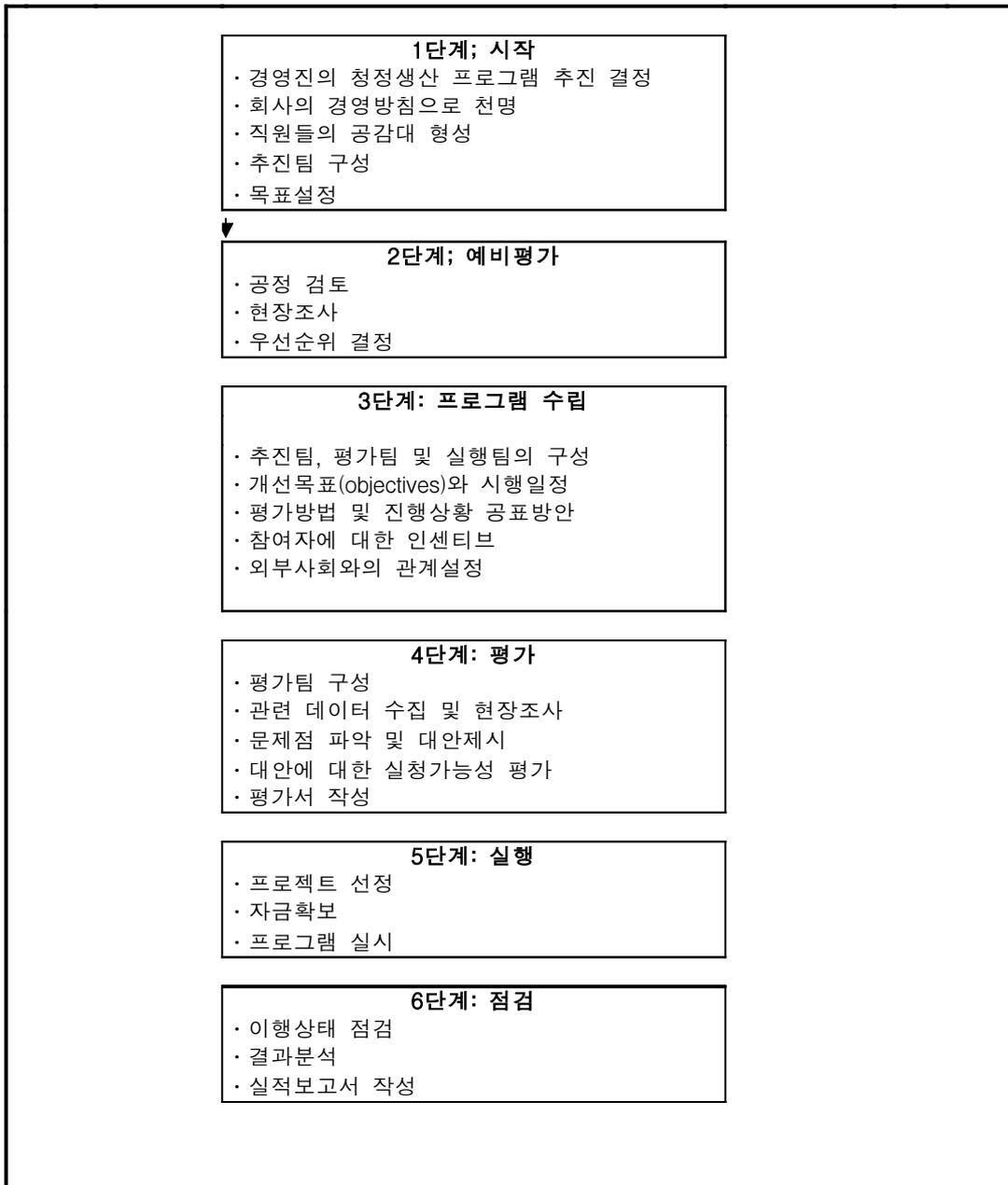
27) 자료: 『Facility Pollution Prevention Guide』, USEPA, 1992

28) K. L. Mulholland and J. A. Dyer, 『Pollution Prevention: Methodology, Technologies, and Practices』, AiChE, 1999

평가단계이다. 여기서는 평가단의 구성과 대상공정에 대한 깊이있는 평가, 그리고 대안마련이 이루어지므로 핵심단계라고 볼 수 있다.

그리고 5단계에서는 수립된 대안을 실행하는 실행단계이며, 마지막으로 6단계에서는 프로젝트의 실행과정을 점검하고 그 결과를 분석·평가하게 된다.

여기서 제시한 프로그램은 기업이 청정생산을 실천하는데 필요한 중요 요소들을 단계별로 구분하여 제시한 보편적인 방법이라고 할 수 있지만, 반드시 이러한 단계를 모두 거쳐야한다는 뜻은 아니다. 예를 들어, 현장 근로자가 오랜 경험에 의해 공정 개선방법을 알고 있다면 부서의 책임자와 상의하여 바로 실행할 수도 있을 것이다. 또한 기업의 규모나 문제의 성격 등 여건에 따라서 가장 편리한 절차를 따르는 것이 효율적이라고 본다. 그러나 어떤 경우에도 경영진의 의지와 지원하에 회사의 공식적인 프로그램으로 추진될 때 그 효과가 배가된다는 사실을 외국의 많은 사례들은 보여주고 있다.



<그림 III-1> 청정생산 실천 프로그램의 구성

## 2. 각 단계별 구성요소 및 업무

### 2.1 1단계: 시작단계

1단계; 시작
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경영진의 청정생산 프로그램 추진 결정</li> <li>· 회사의 경영방침으로 선언</li> <li>· 직원들의 공감대 형성</li> <li>· 추진팀 구성</li> <li>· 목표설정</li> </ul>

#### ■ 경영진에 의한 추진 결정

청정생산을 실천하기 위해서는 경영진의 의지와 지원이 매우 중요하다. 그 이유는 프로그램의 실천시에 요구되는 인적, 물적 지원이 용이하며, 또한 근로자의 참여의식을 고취할 수 있기 때문이다. 경영진이 스스로 청정생산의 중요성을 인식하고 자사의 청정생산 구축에 주도적으로 나서는 회사도 있겠지만, 그렇지 못한 경우에는 실무자들이 경영진을 설득하는 것이 요구된다. 그러나 이러한 일은 매우 어려운 작업이 될 것이므로 인내가 요구될 수도 있다. 가능하다면 정부 및 외국의 규제 움직임과 유사업종의 성공사례, 정부의 지원제도 등을 조사하여 자료로 활용하면 도움이 될 것이다. 반대로 경영진이 근로자의 적극적인 참여를 유도하기 위해서도 자사의 청정생산 가능성과 이로 인한 이익을 뒷받침해 줄 수 있는 자료의 수집은 중요하다. 필요하다면, 기업 내 1-2개 공정을 대상으로 미리 예비분석을 하고 그 가능성과 기대이익을 경영진에게 제시할 수 있다면 도움이 될 것이다.

#### ■ 회사의 경영방침으로 선언

일단 경영진에 의해 청정생산 프로그램 수립이 결정되면 이를 회사의 경영방침으로 공식 선언한다. 여기에는 ①청정생산의 필요성 ②달성하여야할 목표 ③프로그램의 실천 주체가 명시되어야 하며 문서화하는 것이 필요하다. 이는 프로그램의 추진을 위해 회사가 인적·물적 지원을 지원하겠다는 공식적인 의사표현이기 때문에, 내부적으로는 근로자들의 참여 의식을 고취시킬 수 있고 대외적으로는 기업의 대국민 이미지를 개선할 수 있기 때문에 중요하다. 물론 대외적인 공표가 부담스러운 경우에는 내부용으로만 선언하여도 무방하며, 기업규모가 작아 경영진과 근로자 사이에 의사소통 라인이 짧고 문서화하는 것이 불편하다면 생략하여도 된다. 그러나 경영진의 의지가 근로자들에게 확실히 전달되어야 하는 일은 매우 중요하다.

예 1) 우리회사는 환경보호에 선도적 역할을 수행한다. 배출원에서의 오염물질 발생 저감을 통해, 우리는 비용절감과 작업효율증대, 제품의 품질향상, 쾌적한 작업환경 확보, 그리고 환경개선을 달성할 수 있다.

- 환경보호는 우리 모두의 책임이다.
- 신제품의 개발시에 오염예방과 에너지절약 방안을 우선적으로 고려한다.
- 청정생산은 제품의 연구, 설계, 공장의 운전시 최우선적으로 반영한다.
- 모든 직원들은 청정생산활동에 적극적으로 참여한다
- 무해한 물질로의 대체와 배출원에서의 저감을 최우선적으로 실천한다.

예 2) 우리 회사는 환경보호를 우선시한다. 가능한한 에너지를 절약하고 독성물질의 사용을 감소시킬 것을 서약한다. 배출원에서의 오염물질 배출저감을 우선적으로 지향하고, 이것이 불가능할 경우 환경에의 악영향을 최소화할 수 있는 방법으로 리사이클링, 처리, 혹은 매립한다.

### ■ 직원들의 공감대 형성

회사의 경영방침으로 공식화하고 나면, 이를 전직원들에게 설명하고 그들의 협조와 관심을 유도하는 일이 필요하다. 만약에 경영진에서 청정생산의 중요성을 강조하고 경영의 우선순위에 둔다면, 현장 근로자들의 관심과 참여가 늘어날 것이다. 회사의 사정에 맞게 여러 모임이나 선언대회 등을 통해 회사의 환경방침을 설명하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다. 현장에서 생산활동에 직접 참여하고 있는 근로자는 오염물질을 배출하는 당사자이기도 하지만 청정생산의 대안을 효과적으로 제시할 수 있기 때문에 이들의 참여와 관심유발은 중요하다. 필요하다면 표창이나 근무평정시 가산점을 부여하는 방안 혹은 회사사보에 발표하여 홍보하는 방안도 검토하여야 한다.

### ■ 추진팀의 구성

청정생산 프로그램을 주도할 추진팀은 우선 팀원의 구성이 중요하다. 추진팀은 프로그램을 계획하고 추진방향을 결정하기 때문에 구성원 개개인의 능력과 일에 대한 열정이 프로그램의 성패에 큰 영향을 미친다. 따라서 추진팀의 구성원은 회사 전반에 대한 해박한 지식뿐만 아니라 과학기술이나 경영, 의사소통(communication)에서 뛰어난 재능이 있는 사람이 좋다. 한 사람이 위의 모든 재능을 갖추기는 어려우므로 각 분야의 전문가로 구성하되 각 구성원의 역할과 책임을 명확히 구분하여 팀을 구성하는 것이 필요하다.

추진팀의 팀장은 실무진에서는 가장 고위직의 사람이 맡는 것이 좋은데, 그것은 각기 다른 조직(부 혹은 과)간의 정보교환과 협조를 이끌어내기 위해서는 실무능력과 영향력을 행사할 수 있어야 하기 때문이다. 또한 팀장은 생산공정에 대한 해박한 지식과 경험을 갖고 있어야 한다. 회사규모에 따라서는 팀장 밑에 여러명의 부팀장을 두어 팀장의 역할을 대행하는 것도 효율적이다. 팀원은 가능한 한 특정기술이나 경영분야의 전문가로 구성한다. 예를 들어, 환경전문가, 공정 엔지니어, 연구원, 반응공학 및 분리공학 전문가, 생산관리자, 장치의 운전과 보수를 담당하고 있는 현장 기술자(line-worker) 등이 팀원으로 적합하다. 구매 및 품질관리 기

술자 또는 외부 전문가도 필요에 따라 포함한다. 팀의 규모는 가변적이지만 보통 4-6인이 적합하다고 한다.<sup>29)</sup> 물론 소규모 회사의 경우에는 부팀장이 필요없으며, 이후에 소개될 평가팀의 역할을 함께 할 수 있도록 구성하는 것도 가능하다.

■ 목표(Goals)의 설정

이 단계에서의 목표는 회사의 경영방침에 나와있는 목표보다는 구체적이어야 한다. 목표는 “독성물질 배출량을 현저히 저감한다”와 같이 정성적일 수도 있고 어렵긴 하지만 “단위생산량 당 독성물질 사용량을 10% 저감한다”와 같이 정량적으로 표현할 수도 있다. 또는 “무결점 생산”과 유사하게 “오염물질의 무방류 실현”과 같이 다소 상징적인 목표도 가능하다. 그러나 가능하면 보다 구체적인 목표를 설정하는 것이 프로그램의 진행상황을 점검하거나 결과를 분석할 때 도움이 되며, 프로그램 참여자들의 동기유발에 유리하다고 생각된다.

그리고 목표는 프로그램의 진행상황에 따라 현실적 여건을 반영할 수 있도록 수정이 가능하여야 참여자들의 긴장감을 유지할 수 있으며, 수정된 목표는 프로그램에 다시 반영되는 체계를 갖는 것이 효과적이다.

2.2 2단계: 예비평가단계

**2단계; 예비평가**

- 공정 검토
- 현장조사
- 우선순위 결정

이 단계의 목적은 청정생산을 실행할 공정의 우선순위를 결정하는데 있다. 1단계의 경영진 설득과정에서 이미 몇 개의 공정에 대한 예비평가가 이루어졌을 수도 있지만, 여기서는 보다 자세한 검토가 이루어져야 한다. 공장내의 여러 가지 공정을 대상으로 기존 자료의 수집과 문제점 파악을 통해 청정생산 대상의 우선 순위를 설정하게 된다.

■ 공정 검토

공장 내에는 다양한 공정이 존재할 수 있다. 하나의 단위공정에서도 기상(gas phase), 액상(liquid phase), 그리고 고상(solid phase)등의 형태로 물질 및 에너지가 버려지므로 여러 개의 waste stream이 존재한다. 단위공정이나 혹은 waste stream이 검토 대상이 될 수 있는데, 모

29) 미국의 다국적 화학산업체인 듀폰의 경험에 의하면 팀회의 개최의 용이성과 의사결정의 신속성을 감안할 때 4-6인 규모의 팀구성이 적합하다고 한다.

든 공정(혹은 waste stream)을 대상으로 자료를 수집하고 공정을 검토하는 일은 사실 매우 방대한 작업이 될 수 있다. 추진팀에 의해 새로운 문제점이 발견될 수도 있겠지만, 보통 현장 근무자들이 자신이 속한 공장의 문제점을 잘 인식하고 있는 경우가 많으므로 이들의 협조를 받는 것이 효과적일 것이다. 이때 추진팀은 그들이 원하는 정보를 얻을 수 있도록 양식을 작성하여 현장부서에 제공하되 공정간의 비교가 가능하도록 하여야 한다. 필요한 정보는 대개 다음과 같은데, 만약 원하는 정보가 없을 경우에는 그대로 두어도 무방하다.

① 규제관련사항

대기환경보전법, 수질환경보전법, 폐기물관리법 등에 의해 관리되고 있는 규제대상물질 여부와 법규위반 여부

② 공정에 대한 정보

waste stream의 발생원과 현재의 처리방법, 오염물질의 발생량과 농도 등에 대한 정보

③ 비용에 관한 정보

운전비용 및 폐기물 처리비용에 관한 정보

④ 기타정보

약취 등 기타 환경문제에 대한 정보, 잠재적 규제대상 여부 등 공정개선이 필요한 이유 등

청정생산 대상 공정을 선택할 때는 문제의 심각성에 의해 선정하는 경우와 전략적으로 조기에 가시적인 성과를 얻기 위한 경우가 있는데, 이러한 경우도 구분할 수 있도록 서식에 포함하도록 한다. 위의 정보를 얻을 수 있는 양식을 <서식 1>에 나타내었는데, 기업은 각자의 목적에 따라 새로운 양식을 작성하여 사용할 수가 있다. 이 양식을 작성할 때, 부록A의 규제대상물질 목록과 부록C의 물질수지식을 참고하면 도움이 된다.

이 단계에서는 너무 많은 시간과 노력을 투입할 필요가 없다. 평상시 현장 근무자가 느끼고 있었던 문제점을 중심으로 획득 가능한 자료만 수집하여도 예비평가에 충분히 이용할 수가 있으며, 평가결과 우선 대상공정으로 선정되었을 경우에 보다 자세한 자료를 작성하도록 하여 시간과 비용을 절감하도록 한다.



과 의견을 청취하는 일은 중요하다. 현장방문은 본격적인 평가단계에서 참여하게 될 평가팀 구성원의 자격을 결정하는데도 도움을 준다.

■ 우선순위 결정

수집된 자료와 현장방문 결과를 가지고 추진팀은 최종적으로 청정생산 대상공정의 우선순위를 결정한다. 우선순위를 결정할 때 고려할 사항은 다음과 같다.

- ①대상 waste stream이 현재 혹은 미래에 법적 규제대상인가?
- ②공정의 개선으로 인한 어떤 형태의 이익이 예상되는가?(생산수율의 증가 혹은 제품의 품질향상 등, 부산물의 회수, 에너지비용 절감 등)
- ③경제적 이득은 어느 정도인가?
- ④발생량이 큰가?
- ⑤독성물질, 발암성물질이 포함되어 있는가?
- ⑥가연성, 반응성, 휘발성이 있어서 안전에 문제가 있는가?
- ⑦회사의 이미지 등 폐기물 배출로 인한 기타비용(soft-costs)이 어느 정도인가?
- ⑧기업의 예산규모로 부담이 가능한가?
- ⑨가시적 성과가 조기에 요구되는가?

위의 평가기준은 회사의 여건과 필요성에 따라 가중치를 둘 수 있다. 예를 들어 현재 법규제를 위반하고 있는 공정이 있고 기업이 이를 최우선적으로 해결해야할 필요성을 느끼고 있다면, 이에 해당되는 공정을 우선 순위에 둘 수 있을 것이다. 혹은 여러 가지 이유로 가시적 성과가 조기에 요구되는 상황이라면 ⑨항의 가중치를 크게 줄 수 있다. 따라서 위의 평가항목은 기업의 여건에 따라 정책적으로 결정할 사항이며, 가중치 역시 정성적으로 해석하여도 무방하다. 그리고 우선순위를 정하는데 있어서 한꺼번에 너무 많은 대상을 선정할 필요는 없다. 보통 3-5개 정도의 waste stream을 우선대상으로 선정하는 것이 프로젝트를 분산시키지 않아 효율적이다. 여기서 선정된 대상공정은 본격적인 평가결과에 따라 우선순위가 바뀔 수도 있으며 경우에 따라서는 1개 공정에 대해서도 추진할 수도 있다.

예비평가의 결과는 1단계의 시작단계로 feedback되어 시작단계의 내용을 수정하는데 사용하기도 한다. 보통의 경우, 과학적 근거나 자료를 바탕으로 작성된 자료가 제시될 때 경영진이나 직원들의 공감을 얻기가 쉬우며 실천적인 프로그램의 수립이 가능하기 때문이다. 또한 청정생산의 목표를 보다 구체적으로 설정하는데 도움이 된다.

2.3 3단계: 프로그램의 수립

**3단계: 프로그램 수립**

- 추진팀, 평가팀 및 실행팀의 구성과 권한, 책임의 부여
- 대상공정에 대한 정보와 개선목표(objectives), 시행일정의 명시
- 평가방법 및 진행상황 공표방안 수립
- 참여자에 대한 인센티브 확립
- 외부사회와의 관계 설정

3단계에서는 2단계의 결과를 가지고 구체적인 청정생산 프로그램을 작성한다. 프로그램에 포함될 내용은 ①추진팀, 평가팀(assessment team), 실행팀의 구성과 권한, 책임 등 조직에 대한 내용 ②청정생산 대상공정에 대한 정보와 개선목표(objectives), 시행일정 ③진척정도의 평가방법 및 진행상황 공표 ④참여자에 대한 인센티브 ⑤외부사회와의 관계설정 등이다.

#### ■ 추진팀 및 평가팀, 실행팀의 구성

청정생산 프로그램을 주도할 추진팀과 추진팀에 소속되어 예비평가결과 선정된 대상공정을 본격적으로 평가할 평가팀의 구성과 권한, 책임에 대하여 명시하도록 한다. 추진팀은 팀장을 포함하여 4-6인, 평가팀은 10-20인 정도의 규모가 적당하지만 회사의 사정에 따라 혹은 프로젝트의 규모에 따라 가변적이다.

추진팀은 청정생산 프로그램을 총괄하게 되는데, 예를 들어 대상공정의 선정과 인센티브개발, 프로젝트의 실행과 평가 등의 업무가 핵심이다. 평가팀은 개개의 프로젝트에 참여하여 공정을 분석하고 평가하며 대안을 모색하게 되는 역할을 하게 된다. 추진팀의 구성은 이 단계에서 확정되어야 효율적이라고 생각되며 평가팀은 구성원의 자질과 규모, 역할과 책임에 대한 규정이 포함되도록 하고 구체적인 구성원은 4단계인 평가단계에서 확정하도록 한다.<sup>30)</sup> 또한 최종 평가결과 선정된 공정의 개선작업을 실행할 실행팀의 구성과 역할에 대해서도 이 단계에서 규정하는 것이 요구된다. 실행팀은 제안된 대안의 실행이 주업무이므로 팀장은 현장설비 책임자(공장장 혹은 과장 등)가 맡는 것이 효율적이라고 생각된다.

한편, 중소기업과 같이 가용인력이 한정되어 있을 경우에는 추진팀과 평가팀, 실행팀이 따로 구성될 필요 없이 각 팀의 역할수행에 적합한 인원으로 단일팀을 구성할 수도 있을 것이다.

#### ■ 청정생산 대상공정에 대한 정보와 개선목표(objectives), 시행일정의 제시

청정생산 프로그램의 핵심부분이라고 할 수 있다. 예비평가결과 선정된 주요 대상공정을 명시하고 공정의 개요, 문제점, 개선목표 등을 제시하며 본격평가와 대안의 실행등 개선목표를 달성하기까지의 일정을 제시한다.

개선목표는 두 가지 접근법이 있을 수 있다. 첫 번째는 기업내의 단일 목표(예를 들어 공장내의 용매배출량 저감 등)를 설정하고 이를 개개의 시설에서 달성하여야할 목표를 다시 설정하는 방법이고, 두 번째는 개개의 시설에서 각기 다른 저감대상목표를 설정할 수도 있다(예를 들어 A 시설에서는 용매 배출량 저감을 목표로 하고 B 시설에서는 용수 사용량의 저감을 목표로 할 수 있다). 두 가지 다 기업의 상황에 따라 선택하여 추진할 수 있으며, 중소기업의 경우에는 가용인력과 비용의 한계 등을 고려할 때 전자가 유리할 것으로 생각된다. 개선 목표는 가능한한 정량적으로 표시되어야 한다. 그리고 가능하면 목표를 달성함으로써 예상되는 경제적 이익을 제시하여 경영진과 참여자들의 성취의욕을 고취하도록 한다. 경제적 이익은 최종처

30) 물론 이 단계에서 평가팀이 구성되어도 무방하지만 평가단계에서 필요한 인력이 수정되거나 추가될 수도 있으므로, 중소기업이 아니라면 평가팀의 구성을 여기에서 확정할 필요는 없다고 생각된다.

리 설비를 대체하는데 따른 투자비용의 절감, 원료손실 저감에 의한 이익, 생산비용의 저감에 의한 이익 등이다.

시행일정은 프로젝트의 규모와 특성에 따라 유동적이므로 여기서의 일정은 개략적인 일정, 예를 들어 평가단의 구성과 현장방문 일정, 대안마련을 위한 일정, 예산확보 계획, 목표 달성 기간 등 프로젝트의 목표 일정이라고 할 수 있다.

■ 진척정도의 평가방법 설정 및 진행상황 공표

프로젝트의 진척상황 혹은 목표달성 정도를 평가할 수 있는 방법을 마련한다. 평가기준은 개선목표와 관련하여 설정하는 것이 유리한데, 예를 들면, 단위제품당 폐기물 발생량, 혹은 단위 제품당 폐기물 발생비용 등이 평가기준이 될 수 있다. 다양한 평가방법을 만들 수도 있지만, 너무 많은 평가기준의 적용은 개선목표를 희석시킬 수 있으므로 1-2개의 기준을 적용하는 것이 편리하다.

또한, 회사내 각 구성원들의 청정생산에 대한 관심과 협력을 꾸준히 유도하기 위해서는 프로젝트의 진행상황에 대한 정보를 정기적으로 제공하는 것이 도움이 된다. 따라서 정보제공방안을 다각적으로 모색하고 결정하여 프로그램에 제시하여야 한다.

■ 참여자에 대한 인센티브 마련

청정생산은 참여자들의 적극적인 자세가 필수적이다. 따라서 청정생산 프로그램을 시행하기에 앞서 참여자들에 대한 인센티브를 결정하여 공표하는 것이 요구된다. 프로젝트가 성공적으로 끝났을 경우, 참여자들에게는 회사의 표창이나 포상금 제공, 근무평정에의 가산점 부여, 혹은 사내회보를 통한 선전 등 인센티브 제공을 고려하도록 한다.

■ 외부 사회와의 관계설정.

청정생산 프로그램의 시행은 지역사회에 대한 기업의 이미지를 제고할 수 있는 좋은 기회이다. 그리고 평가단계에서 외부전문가의 도움이 필요한 경우가 많기 때문에 회사 밖 커뮤니티와의 관계를 우호적으로 설정할 필요가 있다. 어쨌든, 동종 업계의 정보와 협력이 필요할 수도 있다. 하지만 전문적인 정보교환을 위한 경우가 아니라면, 청정생산프로그램이 충분히 확립되고 가시적인 효과가 예상되는 단계에서 대외적으로 공표하는 문제를 고려해보는 것이 바람직할 수도 있다.

2.4 4단계: 평가단계

<p><b>4단계: 평가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 관련 데이터 수집</li> <li>· 문제점 파악</li> <li>· 평가팀 구성</li> <li>· 대안작성</li> <li>· 평가서 작성</li> </ul>
---

4단계인 평가단계에서는 예비평가를 통해 선정된 공정에 대해서 본격적인 평가를 시행하여 대안을 모색하고 실행계획서를 작성한다. 실행계획서에 따라 기업의 투자비와 투입인력 등이 결정되고 실행에 들어가므로 이 단계의 중요성은 매우 크다. 가능한 한 많은 전문가가 참여하여야 하고 평가를 위한 자료도 많이 요구된다. 또한 비용분석도 철저히 이루어질 필요가 있다.

#### ■ 관련데이터의 수집

선정된 공정에 대한 구체적인 자료를 수집하여 평가팀에게 제공하여야 한다. 자료는 추진팀에서 미리 수집하여 정리하는 것이 프로젝트의 진행을 신속히 할 수 있다. 필요한 자료는 공정마다 다르겠지만, 최소한 공정도와 물질수지가 필요하며 보다 구체적인 자료는 다음과 같다.

- ① 물질 및 에너지수지를 포함한 공정도
  - 공정도(반드시 필요)
  - 공정에 대한 물질수지(반드시 필요)
  - 화학공정 모사 프로그램의 수행결과(예를 들어 ASPEN PLUS 등의 모사결과)
  - 공정의 운전 매뉴얼
  - 각 장치의 사양 및 장치공급자가 제공한 자료
  - 배관도 및 기기 배치도
  - 장치의 위치 등
- ② 화학적 특성자료
  - 원료, 촉매, 부산물, 제품의 물리적/화학적 성질
  - 화학반응 메커니즘
  - 반응기의 운전가능한 범위
  - 반응물과 제품이 반응기에 투입 혹은 배출되는 방법
  - 불순물에 대한 정보
  - 평형데이터
- ③ 규제에 관한 자료
  - 현재 및 미래에 예상되는 규제의 적용여부와 내용
  - 허가신청서류, 유해폐기물 처리현황 보고서, 배출량, 배출부과금 등
- ④ 원료 및 생산에 관한 정보
  - 제품의 조성, 물질의 안전성에 관한 자료, 공정의 운전자료, 생산계획
- ⑤ 회계자료
  - 제품생산을 위한 고정비용 및 가변비용에 관한 정보(원료 및 에너지비용, 오염물질 처리비용, 용수비용, 운전비 및 보수비용 등이 반드시 포함되어야 함)
  - 제품의 판매가격
- ⑥ 기타자료
  - 기업의 장래비전(매출액 등), 경쟁사의 기술 등

이러한 자료를 수집하기 위한 일부 worksheet를 <서식 2>~<서식 5>에 제시하였다. 기업은 이와 유사한 서식을 각자의 필요성에 따라 변형하거나 보완하여 사용한다. <서식 5>의 우선대상 waste stream 분석에서 우선대상 선정방법은 기업의 경영목표와 필요성에 따라 평가기준을 작성하고 각 기준에 가중치를 부여하여 계산된 종합점수로 산출하는 것이다. 이 방법

은 분석 대상공정이 많을 때 평가를 객관화할 수 있는 장점이 있지만 반드시 이러한 방법을 따를 필요는 없다. 즉, 우선적으로 해결해야할 공정이 뚜렷한 경우 토론을 거쳐 대상공정을 선정할 수도 있을 것이다.

<서식 2> 공정에 대한 정보 목록

회사명:	청정생산 프로그램 평가표				작성자:
부서명:					확인자:
날짜 :	프로젝트 # :				
단위공정명:					
운전유형:      ( )연속식      ( )간헐식      ( )batch      ( )semi-batch      ( )기타					
	상 태				
	완성유무? (Y/N)	작성중? (Y/N)	이 보고서에 사용되었는가? (Y/N)	서류 번호	소장장소
공정 개략도					
물질/에너지 수지					
-설계값					
-운전값					
유량					
-stream #1:					
분석 및 평가					
-stream #1:					
공정 설명서					
운전매뉴얼					
장비 목록					
장비 특성					
배관도와 기기목록					
작업 흐름도					
독성 폐기물 목록					
배출량 조사결과					
환경 감사 보고서					
배출시설허가 및 신고서류					
원료투입 개략도					
제품조성에 관한 자료					
제품 안전성 관련 자료					
재고품 목록					
생산일정					

<서식 3> 투입원료에 대한 정보 목록

회사명: 부서명: 날짜 :	청정생산 프로그램 평가표 프로젝트 # :	작성자: 확인자:	
특성(attribute)	내용		
	stream # ( )	stream # ( )	stream # ( )
이름/ID			
공급원			
관심있는 성분			
(1) ----			
년간 소비량			
-총소비량			
-관심있는 성분의 소비량			
(1) ---			
-구입 가격, 원( )			
-년간총비용			
독성유무와 종류			
대체원료(있다면)			
저장수단 <sup>1</sup>			
주의: 1. 예를 들어, 실외(outdoor), 창고, 지하, 지상 등			

<서식 4> 생산품에 대한 정보

회사명 : 부서명 : 날짜 :	청정생산 프로그램 평가표 프로젝트 # :	작성자: 확인자:	
특징	기술		
	stream # ( )	stream # ( )	stream # ( )
이름/ID			
관심있는 성분			
(1) ---			
연간 생산량			
-총생산량			
-관심있는 성분의 생산량			
(1) ---			
연간 매출액, 원( )			

<서식 5> Waste stream 분석양식

회사명:	청정생산 프로그램 평가표				작성자:			
부서명:					확인자:			
날짜 :	프로젝트 # :							
특징	기술							
	stream # ( )		stream # ( )		stream # ( )			
폐기물 ID/이름:								
배출원								
관심있는 성분 혹은 물성								
연간 발생량(단위: )								
-총발생량								
-관심있는 성분의 발생량								
(1) ---								
처리 비용								
-처리단가 ( 원/단위처리량)								
-연간총처리비용								
(1) ---								
처리 방법 <sup>1</sup>								
(1) ---								
우선 평가 기준	가중치 (W)	등급(R)	R × W	등급(R)	R×W	등급(R)	R×W	
규제만족								
처리비용								
잠재적 책임비용								
폐기물 발생량								
폐기물의 유해성								
안전성								
잠재성 최소화								
평가점수		∑(R×W)		∑(R×W)		∑(R×W)		
우선 순위								
주의: 1. 예를 들어, 매립, 현장에서의 재이용, 소각, 열회수를 동반한 연소, 증류, 탈수 등. 2. 0(최저)에서 10(최고)까지의 규모로 각각의 카테고리에서 waste stream을 평가								

■ 문제점 분석

추진팀은 수집된 자료를 가지고 선정된 공정 혹은 waste stream을 분석하고 문제점을 도출한다. 이러한 자료는 평가팀에게 제공되어 합리적 대안을 모색하는데 직접적인 영향을 미치므로 정확하고도 자세하게 분석되어야 할 것이다. 이를 위해서는 현장방문을 통해 수집된 자료를 검증하고 추가적인 정보를 확보하여야 하며, 최종적으로 공정분석을 수행하도록 한다.

①현장방문: 현장방문을 통해서 수집된 자료를 검증하고 추가로 요구할 자료를 확인한다.

공장이 가동중일 때 방문하여야 하며, 폐기물 발생량이 많은 작업시간 혹은 운전조건이 있을 때는 이때에도 다시 방문하여야 한다. 외부 전문가가 추진팀에 포함되어 있으면 현장방문은 특히 유용하다. 현장방문시 확인하여야 할 정보는 다음과 같다.

- waste stream의 성분과 발생량
- waste stream이 발생하는 공정
- 법적 규제대상 waste stream
- waste stream을 발생시키는 원료와 투입 물질의 종류
- waste stream에 포함되어 있는 원료와 투입 물질의 양
- 휘발로 인해 손실되는 물질의 양
- 생산공정의 각 단계별 효율
- 혼합(mixing) 때문에 폐기처리되는 물질의 존재
- 장비의 유지보수 상태
- 공정효율 개선을 위해 현재 추진중인 업무

현장방문시에는 공정의 순서(원료 및 연료의 투입에서 제품, 폐기물의 발생까지)대로 점검하면서 공정을 이해하고 필요한 자료를 얻는 것이 효율적이다. 궁금한 사항은 현장 책임자나 근로자에게 질문하여야 한다.

## ②시스템 분석

수집된 자료를 가지고 waste stream과 공정을 분석한다. 이 작업의 목적은 공정의 문제점을 정확히 분석하는데 있다. 공정의 문제점을 정확하고 구체적으로 파악할 수록, 효과적이고 경제적인 대안을 찾는 데 도움이 된다. 이 단계 분석의 핵심은 물질수지(mass balance)이다.<sup>31)</sup>

- 먼저 공정의 개략도(process diagram)를 작성한다. 이 도면에는 시스템경계(system boundary)가 결정되고 시스템에 대한 물질과 에너지의 투입/산출 흐름이 표시된다. 이때 시스템 경계의 설정은 매우 중요하다. 물질 및 에너지수지는 시스템 경계를 중심으로 투입되거나 배출되는 양의 발란스이기 때문에 시스템경계를 정확히 설정하지 않으면 원하는 결과를 얻기가 어렵기 때문이다.
- 각 물질(조성)별로 투입량과 산출량, 반응에 의한 생성량과 소멸량 등을 분석하여 수치식을 산출한다.

물질 및 에너지 수지는 시스템 분석의 기본이므로 가능한 정확히 계산하여야 하지만, 반응이나 상(phase)의 변화 등에 의해 필요한 데이터를 모두 구하기는 사실상 힘들다. 이럴 경우에는 이용 가능한 열역학적 자료를 사용하거나 합리적인 근거를 사용하여 추정하도록 한다. 또한, 투입량과 산출량사이에 많은 차이가 날 경우, 이는 공정 중에서 누출되거나 휘발되어(fugitive emission) 손실된다고 추정할 수도 있어 유용한 정보를 제공받게 된다.

<서식 6>은 시스템 분석을 위한 서식을 간략히 제시한 것으로 기업은 필요성에 따라 보완하여 사용하도록 한다.

31) 물질수지의 개념은 부록을 참조바람.

<서식 6> 공정 및 폐기물 흐름 분석양식

공정 : _____	날짜 : _____
<b>&lt;목록1&gt;</b>	
조성 물질  판매가능한 상품 _____ _____ _____	발생원(원료, 반응기, 단위 조작)  _____ _____ _____
중간체(결과적으로 판매되는 상품으로 전환됨) _____ _____ _____	
필수 원료(판매 상품 및 중간체를 생산하는데 사용되는 조성물질만 해당) _____ _____ _____	
<b>&lt;목록 2&gt;</b>	
조성 물질  그 외 물질들(판매할 수 없는 부산물이나 솔벤트, 물, 공기, 질소, 산 등) _____ _____ _____ _____	발생원(원료, 반응기, 단위 작동)  _____ _____ _____ _____

■ 평가팀의 구성

선정된 공정의 수에 맞게 평가팀을 구성한다. 중소기업의 경우에는 평가팀과 추진팀이 동일할 수도 있겠지만, 가장 효과적인 대안을 마련하기 위해서는 보다 많은 전문가의 참여가 효과적이다. 평가팀에는 가능한 추진팀 중 1명이 참여하는 것이 프로젝트의 원만한 진행에 도움이 되고, 규모는 10-20인 정도가 적당하다. 너무 많은 전문가의 참여는 초점을 분산시키고 결론을 도출하는데 오히려 역기능을 초래한다. 평가팀의 구성원은 다음의 분야에서 전문성을 갖고 있어야 한다.

- ① 회사 경영진
- ② 공정엔지니어(process engineer) : 최소한 한명이 필요하며 대안을 제시하기보다는 참여자들에게 공정을 이해시키는 역할이 중요
- ③ 화학자전문가: 가능하면 연구소의 전문가가 참여하는 것이 이상적임. 폐기물의 주 발생 원인은 화학반응에 있으므로 부산물의 생성기구와 촉매 및 용제 등의 역할을 이해하고 설명할 수 있는 전문가가 요구됨.
- ④ 환경공학 전문가: 정부의 법적규제 내용과 오염물질의 환경 영향에 대한 지식을 갖추고 있는 전문가.
- ⑤ 분리공학: 대부분의 waste stream은 일부 오염물질과 대부분의 담체로 구성되어 있어 분리기술이 필요함.
- ⑥ 에너지 절약분야: 선택된 공정이 에너지 다소비 공정이라면 에너지의 효율적 이용방법을 제안할 수 있는 에너지 전문가가 필요
- ⑦ 설계전문가(engineering evaluations): 잘된 대안을 기술차원에서 검증하고 구체화하는 역할을 함. 추진팀의 구성원이 참여하면 효율적임
- ⑧ 운전 및 유지보수분야: 현장의 근로자는 시간별 폐기물 발생추이와 운전조건의 영향 등에 대하여 경험이 많기 때문에 대안을 만들 때 많은 도움을 줌
- ⑨ 외부전문가: 필요시 외부 전문가를 참여시킴. 전공은 화학자나 화학공학이 적합함.

#### ■ 대안 작성

추진팀이 작성한 평가결과는 모두 평가팀에게 제공되어야 하며, 평가팀은 이 자료를 바탕으로 대안을 작성한다. 효율적으로 대안을 모색하기 위해서는 평가팀 구성원 모두가 공정에 대한 충분한 지식과 정보를 보유하여야 한다. 평가팀은 제공된 자료를 충분히 숙지하고 현장방문을 통해 이를 확인하며 필요한 자료를 추가 요청할 수도 있다. 그리고 문제를 해결하기 위한 최선의 대안을 각자 준비하여 평가팀 전원이 참석하는 토론회에서 발표하고 의견을 종합하여 대안을 결정한다. 한다. 따라서 토론회가 개최되기 2-3 주전에 자료를 배포하여 참가자들이 생각할 수 있는 충분한 시간을 제공하여야 한다.

##### ① 자료의 제공과 아이디어 도출

평가팀의 모든 참여자는 제공된 자료를 충분히 이해하고 자신의 분야에서 바라본 문제점을 위주로 정리하여 토론에 참석한다.

##### ② 대안의 제시

공정개선과 폐기물 저감을 위한 모든 가능한 아이디어를 도출하기 위해서는 참여자들의 적극적인 자세가 필요하다. 토론은 매우 자유로운 분위기에서 진행되어야 하며 어떤 아이디어도 배척되어서도 안된다. 새로운 아이디어뿐만 아니라 실천되지 못하였던 과거의 아이디어까지 포함하여 토의할 필요가 있다. 참여자들의 자유로운 발표를 유도하기 위해서는 다음과 같은 토론의 원칙이 필요하다.

- 토의 과정에서는 제안된 대안들의 수용 여부를 결정하지 않음. 이는 자유로운 아이디어의 도출을 유도하기 위함
- 모든 참여자는 적극적으로 토론에 참여하여야 함. 참석자는 자신의 아이디어가 어떠한

- 토론과정에서 평가받지 않는다는 사실을 이해하고 자유롭게 의견을 개진해야 함
- 참석자들은 자신의 의견을 명확하고 완전하게 전달하여야 함. 그러나 이는 공학적으로 수용가능해야 한다는 의미는 아님.
- 다른 사람의 의견을 비판해서는 안됨.
- 모든 아이디어는 향후 검증과정을 거치게 됨

토론은 먼저 아이디어를 제시한 뒤 이를 모두 취합한 후 우선순위를 정하는 방식으로 진행하며, 제시되는 아이디어는 모두 기록하여 대안의 우선순위를 도출할 때 이용한다(<서식 7> 참조).

<표 III-1> 평가팀 구성원의 역할

<p><b>공정 엔지니어</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현재 공정의 내구연수와 생산품의 특성은?</li> <li>· 경쟁회사에서 하고 있는 일은 무엇인가?</li> </ul>
<p><b>화학자</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수율과 전환율, 선택도에 영향을 주는 중요한 인자는 무엇인가?</li> <li>· 가역반응이라면, 부산물이 반응하여 원료로 바뀌거나 다른 판매가능한 제품으로 전환될 수 있는가?</li> <li>· 사용 가능한 다른 촉매들은 무엇인가?</li> <li>· 공기, 물, 용제가 과량으로 사용된다면 원인은 무엇인가?</li> <li>· 과량의 반응물과 불활성 물질이 사용된다면 이유는 무엇인가?</li> </ul>
<p><b>분리 전문가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 폐가스나 폐수가 발생된다면 이를 제거할 수 있는 다른 분리방법은 없는가?</li> <li>· 미량오염물질 분리의 경우, 단위공정을 개선할 수 있는 방법은 없는가?</li> <li>· 많은 양의 에너지가 필요할 때 다른 분리 기술을 적용할 수는 없는가?</li> <li>· 가열, 냉각, 가열이 순차적으로 구성된 공정일 경우, 에너지 사용을 감소시킬 수 있는 공정의 다른 조합은 없는가?</li> </ul>
<p><b>환경 전문가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· waste stream 중에 2차 처리가 필요하거나 처리가 가능한 유해물질, 발암성 물질등은 무엇인가?</li> <li>· waste stream에 영향을 미칠 수 있는 현재 또는 미래의 환경규제는 무엇인가?</li> <li>· 적절한 최종처리기술은 무엇인가?</li> </ul>
<p><b>공정설계 전문가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 현재의 waste stream을 최종처리하기 위한 비용은 얼마인가?</li> <li>· 현 공정에서 폐기물 발생 비용은 얼마인가?</li> </ul>
<p><b>에너지 전문가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공정에서 에너지를 절약할 수 있는 기회는 무엇인가?</li> <li>· 공정들 간에 에너지를 교환할 수 있는 부분은 어디인가?</li> </ul>
<p><b>공정 운전자 및 유지보수자</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공정 작동방법은 무엇인가?</li> <li>· 오작동(misoperation)이 어떻게 폐기물 발생에 영향을 주는가?</li> <li>· 가동시작, 가동중지, 유지·보수 기간에 발생하는 폐기물을 어떻게 감소시킬 수 있는가?</li> </ul>

<서식 7> 대안평가 양식

회사명 : 부서명 : 날짜 :	청정생산 프로그램 평가표 프로젝트 # :	작성자: 확인자:
진행자 :		
참석자 :		
제안자:		
제안된 대안 # ( )		
내용 :		
대안의 성격: ( ) 신기술 ( ) 운전방법 ( ) 원료의 대체 ( ) 기타		
배출저감의 범주: ( ) 배출원 저감 ( ) 회수율 증대 ( ) 재사용 ( ) 기타		
waste stream에 미치는 영향:		
투입원료에 미치는 영향:		
제품에 미치는 영향:		
기술분석과 경제성 분석이 완료되었는가? ( )예 ( )아니오		
대안의 채택여부: ( )예 ( )아니오		
채택 혹은 거절 사유:		

③ 대안의 검증(option screening)

1차 제안된 모든 대안에 대하여 실천가능성에 대한 검증을 실시하여, 비슷한 제안끼리의 통합, 실행불가능한 제안의 폐기 등을 결정한다. 제시된 모든 대안은 평가팀 구성원의 투표나 <그림 III-2>와 같은 경제성 및 기술성 평가방법을 통해 결정하는 것이 일반적이다. 제안된 대안의 수가 많을 경우에는 상위 10% 대안에 대하여 상세 분석을 실시한다. 1차 검증을 통해 걸러진 대안의 수가 여전히 많을 때는 추진팀이 우선순위를 결정하도록 한다.

기술적 가능성

경제적 가능성	등급	상	중	하
	상			
	중			
	하			

<그림 III-2> 경제성 및 기술성 평가방법

## ④ 대안의 실천가능성 평가

1차 검증결과 채택된 대안에 대해서 보다 깊이있는 분석을 수행한다. 주로 기술분석과 비용 분석을 통해 실행가능성을 판단하고 우선순위를 결정한다. 즉, 대안이 기술적으로 가능하며 예상된 저감효과를 달성할 수 있는지 여부와 비용절감 여부를 판단하게 된다. 경제성 분석은 부록에서 설명한 총비용분석(TCA)을 이용하고 기술적 측면은 다음의 기준으로 판단한다.

- 예상된 오염저감 효과를 달성할 수 있는가?
- 운전이 안전한가?
- 제품의 품질에 영향이 없는가? 생산성에 영향을 미치는가?
- 장치 설치공간이 있는가?
- 추가적인 인력과 교육이 필요한가?
- 필요한 유틸리티를 제공하기 위해서 새로운 투자가 필요한가?
- 새로운 시설 설치에 필요한 공장 가동중지 기간은?
- 새로운 환경문제의 유발 가능성은?
- 비슷한 시설을 운전해 본 경험이 있는가?
- 보다 자세한 연구가 필요한가?

기술검토와 경제성 분석을 통해 실천가능한 대안들이 도출되어도 경우에 따라서는 하나의 대안을 선택하는 일이 어려운 경우도 있다. 이때에는 앞서와 같이 weighted-sum rating and ranking technique를 이용하여 최종 대안을 선정한다. 그러나 정확한 경제성분석은 매우 어렵고 시간이 많이 소요된다. 그리고 그 결과도 완전하지는 않을 것이다. 따라서 기업은 일반적인 설비투자분석 방법을 적용하여 평가하는 것도 가능하리라 생각된다.

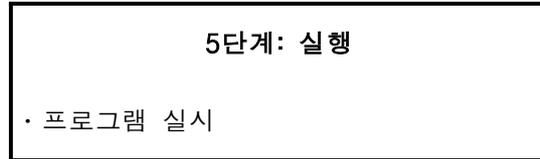
## ⑤ 평가서 작성

추진팀은 제시된 대안과 1차 검증, 그리고 기술 및 경제성 분석을 통한 최종 대안의 선택 등을 정리하고, 선택된 대안의 실행계획을 포함하여 평가서를 작성한다. 따라서 평가서는 그 동안의 노력을 보여주는 결과물이자 청정생산 실행을 위한 계획서가 된다. 평가서에 포함되어야 할 내용은 다음과 같다.

- waste stream 선정 서식
- 평가팀에게 제공된 일련의 정보
- 평가팀에 의해 제안된 대안과 순위
- 선택된 대안에 대한 기술/경제성 분석결과
- 프로젝트 수행에 필요한 비용
- 예상되는 프로젝트 수행기간 및 일정
- 필요한 정보를 얻을 수 있는 정보원 목록
- 자금확보방안
- 요약서

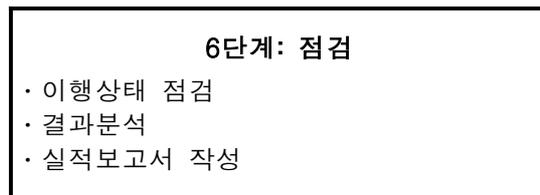
작성된 평가서는 추진팀(필요시에는 평가팀도 포함)에 의해 검토되어 최종 확정된다. 확정된 보고서는 경영진뿐만 아니라 모든 근로자에게 공표하여 청정생산에 대한 관심을 유지하고 필요시 충분한 협조를 얻도록 한다.

## 2.5 5단계: 실행



5단계는 4단계에서 작성된 평가결과를 기초로 실제 현장에서 대안을 실행하는 단계이다. 특정 공정(혹은 waste stream)에 대해 선택되어진 대안을 현장에 적용하며, 주체는 추진팀이나 공정의 담당부서(이 경우에는 추진팀의 핵심팀원이 공동참여가 바람직)가 적합하다. waste stream이 단일 부서에 제한되어 있으면 담당부서가 시행의 주체가 되는 것이 바람직하고 그렇지 않을 경우에는 부서간의 협조와 책임소재 등을 고려하여 추진팀이 주체가 되는 것도 방법이 될 수 있다. 그러나, 현장의 도움이 없이는 성과를 기대하기가 힘들므로 어떤 경우에도 현장부서가 참여하는 형태가 바람직하며, 장치의 설계와 구매, 설치과정을 꼼꼼히 점검하여야 한다.

## 2.6 6단계: 점검



청정생산 프로젝트의 진행상황이나 결과를 추적하여 목표 달성여부를 판단하는 단계이다. 이행 상태를 점검하기 위해서는 주된 측정항목(예를 들면, 단위 생산량당 폐기물 발생량이나 독성)을 미리 결정하고 주기적인 점검을 통해 데이터를 확보하도록 한다. 경우에 따라서는 청정생산의 영향만을 따로 분석하기는 어렵겠지만, 가능한 다른 요소의 영향을 배제하도록 노력하여야 한다. 물질 및 에너지 수지를 점검하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다. 결과는 정기적으로 보고서로 작성하여 경영진과 근로자에게 공표하도록 하며, 추진 실적이 미흡한 경우에는 그 원인을 분석하여 제시한다.

새로운 문제점이 발생되거나 목표달성이 불가능할 경우에는 실적보고서를 바탕으로 다시 4단계의 평가절차를 시작하여 개선점을 찾도록 한다. 즉, 추가적인 자료의 수집과 문제점분석, 대안을 모색하며 이를 다시 실행에 옮기는 절차를 반복하도록 한다.

## IV. 국내 적용 사례

이 장에서는 앞에서 논의한 청정생산의 이론과 방법론을 실제 국내 중소기업에 적용한 결과를 나타내었다. III장에서 제시된 청정생산의 방법론의 유용성을 확인하는데 주목적이 있었지만, 그 과정에서 국내 중소기업의 현실을 파악하고 아울러 청정생산의 구축이 절실히 필요하다는 사실을 인식하게 되었다. 대상기업에서도 환경문제에 상당히 관심을 두고 있었지만 기술적 노하우와 정보의 부족, 투자여력의 부족, 그리고 새로운 설비의 설치공간 부족 등으로 분석결과의 대안을 시행하는 데는 어려움이 많았기 때문에 결국 대안을 모색하고 평가하는 것으로 연구범위를 제한할 수 밖에 없었다. 이런 제약 조건들은 국내 중소기업이 일반적으로 가지고 있는 문제점으로 이해할 수 있으므로 정부의 지원과 역할이 매우 중요하다고 생각된다.

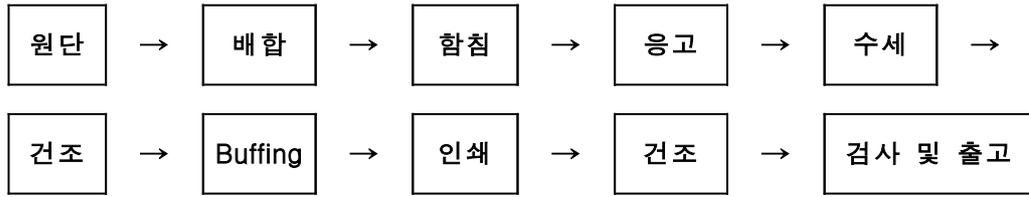
- 투입인력: 박사급 및 석사급 인력 각 1인(공학전공)
- 기 간: 3개월(2000.9 - 2000.11)
- 대상공장: 종업원 40명 규모의 합성피혁제조공장

### 1. 대상공장의 개요<sup>32)</sup>

본 연구에서 사례연구 대상으로 정한 공장은 중소규모의 합성피혁 제조공장이다. 합성피혁 제조업은 업종 분류상 화학산업이라고는 할 수 없지만, 주된 환경문제가 용매의 사용에 기인하고 있고 또 사례연구에 협조해줄 수 있는 기업을 구하기가 힘든 실정에서 대상기업이 적극적인 의사를 나타냄으로써 선정하게 되었다(이후 A 공장이라 칭함). A 공장의 2000년 매출액은 100억원 정도로 예상되고 종업원 수는 약 40명 정도인 중소기업이다. 주 생산품은 인조합성피혁으로서 신발의 재료로 사용되고 있으며 주로 수출에 의존하고 있으나, 현재 제조과정상 작업환경이 열악하여 인건비가 상승하고 있어 중국 등 후진국과의 가격경쟁이 점차 치열해지고 있는 형편이다.

A 공장은 습식으로 합성피혁을 제조하고 있다. 합성피혁 제조 공정은 크게 직포 및 직포로 이루어진 원단이 들어와서, 배합, 함침 및 응고, 수세 및 건조, buffing 및 print, 건조 및 검사, 출고로 이루어져 있다. 구체적으로, 원단 및 배합공정은 섬유 계통의 원단(부직포원단 또는 P.E. TRICOT 직물)을 입고시키고 우레탄 수지, DMF(N, N-디메틸포름아마이드) 및 계면활성제를 일정량 배합하는 공정이다. 함침 및 응고 공정은 섬유를 배합한 곳에 넣어 통과시킨 후 물 속에 섬유를 담그면 DMF가 빠져나면서 응고되는 공정이다. 수세 및 건조공정에서는 응고된 섬유를 다시 물로 수세한 후 건조기에서 수분을 건조시킨다. buffing 및 print공정에서는 건조된 섬유를 sand paper로 표면처리하고, 처리제와 MEK(메틸에틸케톤)으로 배합된 원료로 print한다. 건조 및 검사공정에서는 printing된 섬유를 건조 후 검사를 마쳐 검사가 완료된 제품을 출고하는 것이다. <그림 IV-1>에 합성피혁 제조공정을 간략히 도식화한 것이다.

32) 기업의 요청에 의하여 여기에서 제시되는 수치는 개략적인 값만 나타내었다.



<그림 IV-1> A 공장의 공정도

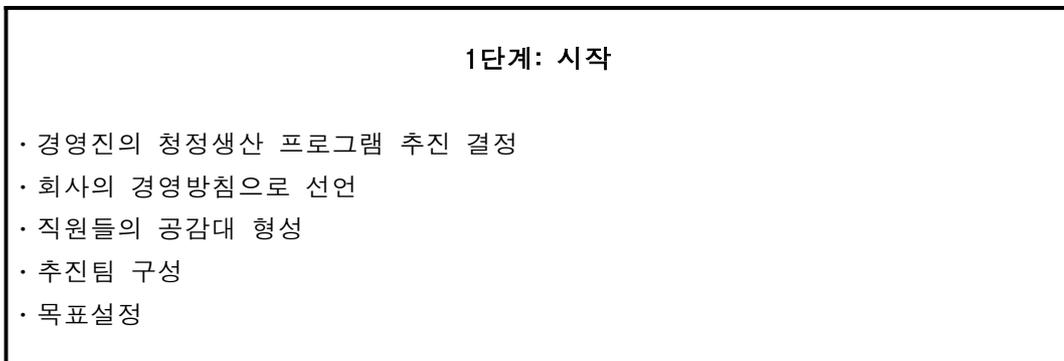
합성피혁을 제조하기 위해서는 폴리우레탄수지, 수지를 희석하기 위한 용도로 DMF(Dimethyl Formamide)를 사용하고 있고, 색을 발현하기 위하여 안료 및 첨가제를 사용하고 있다.

DMF는 물리적 및 화학적 특성에 의해 휘발 및 인체에 미치는 영향이 심각한 것으로 알려져 있다. 즉, DMF에 의한 인체에 미치는 영향은 1950년 이후부터 동물 실험을 통해 간독성 물질로 밝혀져 독성 기전에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이 물질에 폭로된 근로자들에서 소화기 증상과 알콜 불내성 등을 보고되어 왔다. 1970년대에 들어 폴리우레탄 코팅 공장 등에서 DMF 급성 독성 간염과 함께 다수의 근로자에서 간기능 장애가 보고되었고, 이후 다수의 역학조사들에서 DMF의 폭로형태와 폭로농도에 따른 간기증의 관련성을 연구하고 있다. 우리 나라에서도 합성피혁 제조공장 근로자들에서 DMF 폭로에 의한 독성간염이 발생되어 DMF에 의한 독성간염 발생 위험이 알려짐<sup>33)</sup>에 따라 합성피혁공장에서의 DMF를 제어하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

A 공장에서도 작업환경의 개선을 위해서는 DMF의 배출을 억제가 필요하다는 사실을 인식하고 있었고, DMF의 대기 중 배출억제를 위해 방지시설(활성탄 흡착탑)을 설치하여 가동하고 있었다.

## 2. 사례분석

### 2.1 1단계: 시작단계



33) 한국산업안전공단, 산업안전보건연구원, 『'99 유해부서 근로자 역학조사, 우리나라 Dimethylformamid e』, 1999

■ 경영진에 의한 추진 의사 결정

본 대상 업체는 경영자가 환경에 대한 마인드를 가지고 있고, 또한, 회사의 모든 기획업무를 맡고 있는 기획실장, 실무를 담당하고 있는 공무 담당자 등이 환경오염 저감 및 공정개선에 상당한 관심을 갖고 있다. 실질적으로 환경오염 배출 및 작업환경을 개선하기 위하여 DMF를 보관하는 드럼통에 밀봉을 철저히 하고, 또한 DMF 휘발에 의한 악취가 느껴지지만 Hood 및 duct의 설치가 곤란한 경우에는 비닐 필름으로 밀봉을 해보는 등의 노력을 하고 있다. DMF 문제는 이미 공장의 경영진과 공무담당자가 최우선적으로 해결해야할 문제점으로 인식하고 있었고 또 적극적인 개선의지를 보였기 때문에 회사의 경영자, 기획업무담당자, 공무업무 담당자와 함께 개선 방안을 찾아보기로 결정하게 되었다.

■ 회사의 경영방침으로 선언

경영방침으로 공식선언하는 것은 청정생산 활동이 회사의 공식적이며 중요한 업무라는 사실을 알려, 근로자의 참여를 유도하고 필요한 자원을 지원받기 위함이다. 그러나 A 공장은 경영자 및 기획실장이 환경 보호와 작업환경 개선에 상당한 노력을 하고 있고, 기업규모도 영세하여 경영진 및 핵심간부의 의사가 전달되는데 어려움이 없었기 때문에 별도의 경영선언을 채택하지는 않았다. 하지만 공정관리 및 개선의 필요성을 주간회의 및 현장 근무자에게 구두상으로 계속 교육을 실시하였으며, 그 결과 근로자의 관심과 자료 협조를 구할 수 있었다.

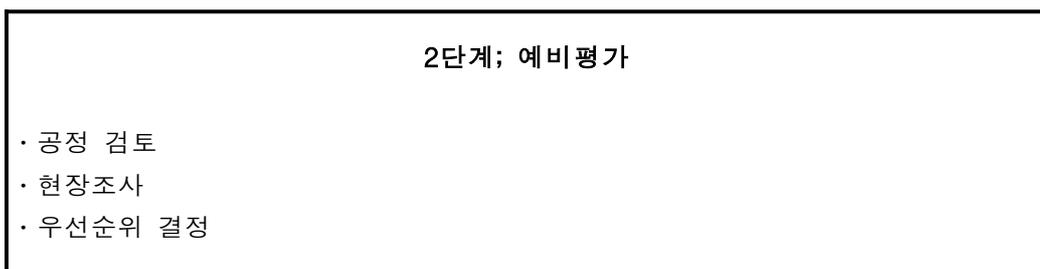
■ 추진팀의 구성

추진팀이 공식적으로 발족된 것은 아니지만, 기획실장 및 공무관리자, 그리고 본 연구팀이 주축이 되어 일을 진행하였는데, 본 연구팀이 공정의 분석 및 대안을 모색하는 업무를 맡고 회사측은 필요 자료의 제공과 대안의 평가업무를 맡는 것으로 업무를 분장하였다. 그리고 일의 진척시마다 회의를 개최하여 아이디어를 확보하였다.

■ 목표의 설정

대상업체 회사의 방침이 환경오염을 저감하고 운영비의 절감을 원하고 있었지만, 먼저 공정의 분석을 통해 기업이 처한 환경관리의 문제점을 파악하고 대안을 모색하는 것으로 1차 목표를 설정하였다.

2.2 2단계: 예비평가단계



### ■ 공정의 검토

대상업체의 공정은 원단이 입고되어, 배합, 함침 및 응고공정을 거쳐 수세, 건조 및 버핑공정을 거친다. 그리고 원단에 무늬를 넣기 위하여 프린터 과정을 거치게되고 검사하여 최종 생산품이 된다. 여기에서 수세공정에서 DMF가 함유된 폐수가 응고공정으로 피드백되기 때문에 응고조에서 폐수가 발생하게 된다. 이 폐수는 다량의 DMF를 함유하고 있어 위탁처리 하며, 위탁업체가 폐수로부터 회수한 DMF를 다시 구매하여 사용한다. 또 검사과정에서 제품의 불량으로 판단되는 제품은 폐기를 하기 때문에 폐기물이 발생하고 이것을 처리하기 위하여 소규모 간이 소각로가 설치되어 있다. 특히, DMF는 휘발성이 있기 때문에 모든 공정에서 발생되는 것으로 추정된다. 따라서 오염물의 흐름은 크게 폐수, 폐기물, 가스 오염물질로 구성되어 있다. 그 중에서도 특히 DMF의 증발에 의한 작업환경의 오염이 가장 중요한 요소로 지적되었다.

법적인 측면에서 볼 때 DMF는 「대기환경보전법」상에서는 규제 대상이 아니고, 노동부에서 고시한 작업환경기준인 노출허용한계치로서 8시간 가중 노출기준이 10ppm(30mg/m<sup>3</sup>)으로 권장되고 있다. 국외의 경우 미국에서는 DMF의 노출 한계를 전국 직업관련 안전/건강 협회(NIOSH : National Institute of Occupational Health and Safety)의 권장노출한계치(REL : Recommended Exposure Limit), 직업안전/건강국(OSHA : Occupational Safety and Health Administration)의 허용노출한계치(PEL : Permissible Exposure Limit), ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)의 TLV(Threshold Limit Value) 모두에서 8시간 피부접촉 평균량 10ppm으로 정하고 있다.

DMF는 공기 중에 퍼져있는 DMF를 들이마시거나, DMF가 피부에 접촉되었을 때, 또는 직접 용액을 마셨을 때 인체에 흡수된다. 현재 NOISH에서는 DMF를 근로자들의 건강에 해를 끼칠 수 있는 물질로 분류하고 있으며, 미 환경청(EPA : Environmental Protection Agency)에서는 다이옥신, 페놀, 납, 석면 등과 함께 DMF를 유독성 물질로 정의하고 있다. 또한, 청정생산이 요구되는 대상 물질 중 유해성 물질(발암성 물질)로 분류되어 있기도 하다(부록 A 참조).

다음으로 합성피혁제품에 무늬를 넣기 위하여 사용되는 MEK(Methyl Ethyl Ketone)은 환경법상 휘발성 유기화합물질의 규제 제품 및 물질로 규정되어 있으며, 또한 노동부 고시에 의한 허용노출한계치가 노출기준으로 8시간 가중 노출기준이 200ppm(590mg/m<sup>3</sup>)으로 권장하고 있다. 국외의 경우 미국은 MEK의 노출 한계를 OSHA의 허용노출한계치(PEL : Permissible Exposure Limit), ACGIH의 TLV 모두에서 8시간 피부접촉 평균량을 885mg/m<sup>3</sup>으로 정하고 있다. 이러한 정보를 양식을 이용하여 정리해보면 다음과 같다.



### 2.3 3단계: 프로그램의 수립<sup>35)</sup>

#### 3단계: 프로그램 수립

- 추진팀, 평가팀 및 실행팀의 구성과 권한, 책임
- 대상공정에 대한 정보와 개선목표(objectives), 시행일정

#### ■ 추진팀 및 평가팀, 실행팀의 구성

대상 공정이 단순하고 기업의 규모도 작아 특별히 추진팀과 평가팀, 실행팀을 따로 구성할 필요는 없었다. 앞에서 말한 추진팀이 본 프로그램을 총괄하였으며 각각의 역할은 1단계에서 정한 바 대로이다.

#### ■ 대상공정에 대한 정보와 개선목표(objectives), 시행일정

먼저 DMF의 발생 저감을 목표로 하여 공정의 분석시 요구되는 자료(DMF의 구매량, 재처리량, 공정도, 운전 매뉴얼 등) 목록을 작성하였다. 본 연구기간이 한정되어 있는 관계로 2000년 11월까지 공정의 분석 및 문제점 도출, 그리고 대안의 모색을 사례연구의 최종 목표로 설정하였다.

### 2.4 4단계: 평가단계

합성피혁공장은 DMF가 대부분 사용된다는 것을 감안하여 청정생산을 보다 구체적으로 제시하기 위하여 대상공장의 간략한 회사소개, 합성피혁공정의 제조공정상 특징, DMF의 물성 및 DMF가 인체에 미치는 영향 및 피해사례를 파악하였다. 또한 대상공장의 공정도 및 반응 조건 뿐만 아니라 휘발량을 산정한 후 방지설비가 적절하게 설치되어 있는가를 판단하기 위하여 유량 및 농도를 산정하였다. 제조공정상의 환경성 평가를 위해 LCA(Life Cycle Assessment)에 의한 환경성 분석을 하여 환경에 미치는 영향이 가장 큰 공정을 파악하고, 이러한 결과를 종합 평가하여 기술적 대안을 제시하였다.

34) 이론적으로는 회수가 가능하지만 경제성이 없다.

35) 여기서는 이 단계의 나머지 절차인 평가방법 및 진행상황 공표방안, 참여자에 대한 인센티브, 외부사회와의 관계설정 등은 그 필요성이 적어 생략하였다.

## 4단계: 평가

- 관련 데이터 수집
- 문제점 파악
- 평가팀 구성
- 대안작성
- 평가서 작성

## ■ 관련 데이터의 수집

청정생산을 위한 가장 기초적인 작업으로서 대상 공장에 대한 개요, 합성피혁 제조공정상의 특성, DMF의 물성 및 DMF가 인체에 미치는 영향 및 피해사례를 파악하였다. 대상 공장의 공정도 및 운전조건, 생산 원단위 작성, 물질수지를 작성하기 위한 DMF 휘발량을 산정하였고 유량 및 농도를 계산하였다.

물질수지를 이용하면 공정의 문제점을 파악할 수도 있고, 기존시설의 이용 측면에서의 단기적인 대안 및 장기적인 대안을 모색하는데 도움이 된다.

## (1) 대상공장의 개요

이 공장은 제조공정 중에서 폴리우레탄을 회석하기 위하여 DMF를 사용하고 인조합성피혁에 인쇄를 하기 위하여 회석제로 MEK을 사용하고 있다. 이를 방지하기 위해 배합 및 함침공정에 100m<sup>3</sup>/min, 건조로(열 건조기)에 60m<sup>3</sup>/min 및 덴타기에 350m<sup>3</sup>/min, print기에 100m<sup>3</sup>/min의 방지시설이 설치되어 있다. 배합, 함침 공정, 건조공정, print공정에는 방지시설이 설치되어 있으나 응고 및 수세공정에서 방지시설이 설치되어 있지 않아 DMF 노출의 문제점을 안고 있다.

## (2) DMF 및 MEK의 물성

1) DMF(DiMethylFormamide)<sup>36)</sup>

DMF는 약한 암모니아 향을 가진 무색의 수용성 액체이며, 아크릴 제조, 화학물질 제조, 및 의약품 제조 과정에 사용된다. 또한 식물 염색, 염료, 페인트 제거 용액, 코팅, 인쇄, 접착 용액 등에서도 사용되고 있다. DMF의 물리·화학적 특성 및 유해·위험성 및 대처 방법을 아래에 나타내었다.

- 분자식: HCON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- 분자량: 73.10
- 건강위험도: 매우 유해함

36) <http://www.kordic.re.kr/cgi-bin/main.cgi>

- 화재위험도: 유해함
- 반응위험도: 약간 유해함
- 접촉위험도: 매우 유해함
- 증기압: 2.5
- 증기밀도: 2.5
- 비중: 0.95
- 용해도: 완전히 녹음(모든 비율에서)
- 외양, 냄새: 약간의 암모니아 냄새가 나는 물색·흰색 액체
- 화재시 유독가스: 암모니아, 일산화탄소, 이산화탄소
- 노출시 영향: 증기의 흡입은 두통, 구역질, 구토, 현기증, 나른함, 호흡 관의 염증, 의식 불명을 유발할 수 있다. 접촉은 피부나 눈, 점액막을 자극할 수 있다. 피부를 통한 흡수는 해롭거나 치명적일 수 있다. 섭취는 구역질, 구토, 두통, 현기증, 염증을 유발하고 치명적일 수도 있다. 노출시 사망할 수도 있다. 상습적인 과다노출은 신장이나 간에 손상을 입힐 수 있다.
- 영향받는 신체기관: 간, 신장, 심장 혈관계, 피부
- 노출에 의해 악화되는 임상상태: 간질환
- 안정도: 안정

## 2) MEK(Methyl Ethyl Ketone<sup>37)</sup>

MEK는 무색의 액체 가연성으로 물에 녹을 수 있으며 초산, 셀룰로스 또는 각종 합성수지의 용제로 사용하고 있고, 부틸렌, 부탄 및 황산의 원료로 사용하고 있다. MEK의 물리·화학적 특성 및 유해·위험성 및 대처 방법을 아래에 나타내었다.

- 분자식: CH<sub>3</sub>COCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- 분자량: 72.11
- 건강위험도: 유해함
- 화재위험도: 매우 유해함
- 반응위험도: 유해함
- 접촉위험도: 약간 유해함
- 증기압: 78
- 증기밀도: 2.5
- 비중: 0.81
- 용해도: 상당히 녹음 (10% 이상)
- 화재시 유독가스: 일산화탄소, 이산화탄소
- 노출시 영향: 증기를 흡입하는 것은 메스꺼움, 구토, 현기증, 두통, 졸음, 호흡기 자극 혹은 의식불명을 유발할 수 있음. 지속적인 노출은 피부염을 유발할 수 있다. 액체는 영구적인 눈 손상을 유발할 수 있다. 섭취는 메스꺼움, 구토, 두통, 현기증, 소화기 자극을 유

37) <http://www.kordic.re.kr/cgi-bin/main.cgi>

발할 수 있음.

- 영향받는 신체기관: 코격막, 폐
- 노출에 의해 악화되는 임상상태: 확인된 바 없음
- 안정도: 안정함

(3) 공정의 반응조건

현재 A공장의 반응조건을 살펴보면 함침조에서 점도 1000cps으로 2.40 mm정도로 도포하여 함침속도 8m/min으로 함침을 한 후 응고조에서는 20-25%정도의 농도로, 온도 30℃로 유지하면서 응고시킨다. 그 후 건조로를 통하여 100℃정도로 건조를 시킨다. 마지막으로 프린트 과정에서는 도포량 40g 정도로 도포를 하고 있다. 운전 매뉴얼상의 조건과 비교할 때 공장의 운전조건은 적절한 것으로 판단되었다. <표 IV-1>에 A공장 공정의 반응 조건을 나타내었다.

<표 IV-1> A공장 공정 반응조건

조건	농도(%)	온도(℃)	GAP	점도	도포량	속도(m/min)
함침조			2.4mm	1000cps	1,500g	8
응고조	20-25%	30℃				
건조(heating drum)		95-110℃				
건조(텐더기)		95-110℃				
도장(코팅)					40g	

(4) 생산원가

각 공정별 사용된 원료량 및 에너지량을 계산하여 공정별 생산 단가를 계산한 결과 배합공정에서는 3천원대/m, 수세공정에서는 5백원대/m, 건조공정에서는 십원대/m, Buffing공정에서는 10원대/m, Print공정에서는 500원대/m, Print 건조공정에서는 수십원대/m로 분석되어 단위당 생산단가 측면에서 볼 때 배합공정에서 가장 높은 것으로 나타났고, 건조공정이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

(5) 물질수지

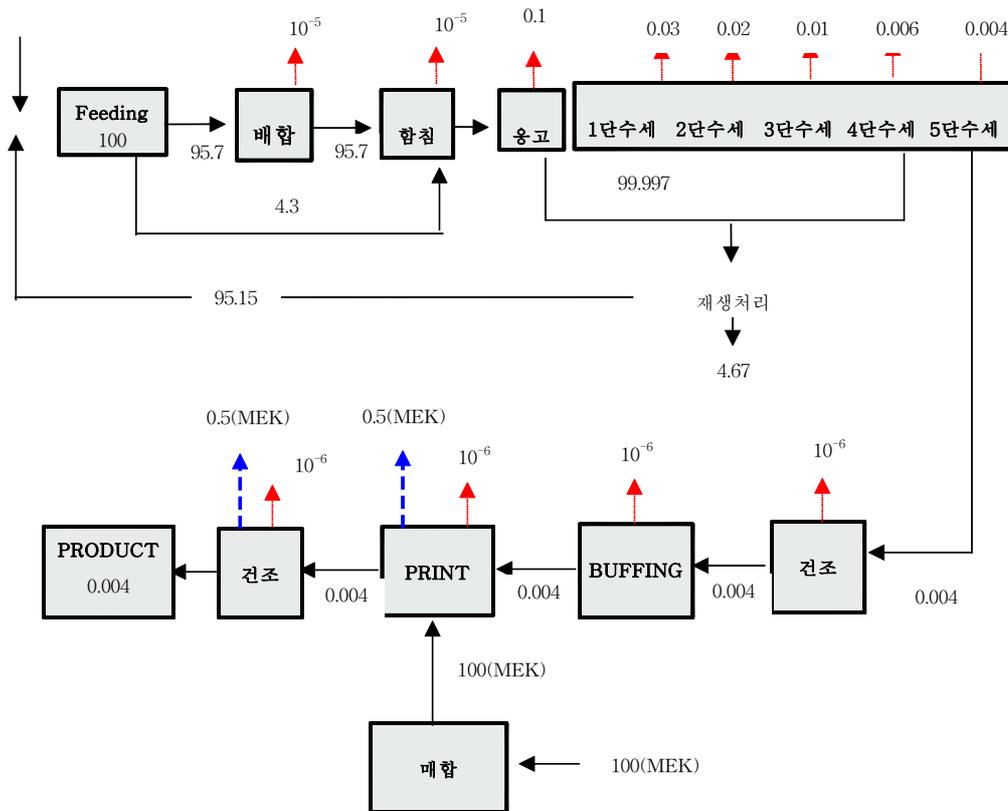
A공장의 DMF와 MEK의 물질수지를 작성하기 위해 환경부에서 제시하고 있는 VOC 배출량 산정기준을 사용하였다. VOC 배출량은 회분공정(batch process)과 연속공정(continuous process)으로 구분되어 달리 계산되는데, 회분공정에서는 화학물질의 분자량과 기상 물질전달 계수, 부분압(partial pressure), 반응기의 대기 접촉면적, 공정 1회분의 시간, 액체의 온도 및 연간 혼합횟수 등의 자료가 필요하다. 연속공정에서는 화학물질의 분자량과 기상 물질전달 계수, 반응기의 대기 접촉면적, 부분압, 공정 1회분의 시간, 액체의 온도 자료가 요구된다(부록 D참조).

회분 및 연속공정모형을 적용하여 대기로의 배출량을 산정한 결과 DMF는 연간 약 1,500톤이 투입되어 배합조에서 0.001%, 함침조에서 0.002%, 응고조에서 0.103%, 수세조에서

4.24%, 건조과정과 buffing 공정, 최종 건조공정에서는 무시할수 있을 정도의 양이 대기 중으로 배출되었다. 나머지 대부분의 DMF는 응고 및 수세공정에서 발생하는 폐수에 녹아 배출되는데, 발생한 폐수는 외부에서 위탁처리하여 약 95.1%는 재구매하여 사용되고 약 4.67%는 폐기처리된다. 대기로 배출되는 DMF에 한정하면 수세조에서 약 80%, 응고조에서 약 19%를 차지하여 이 두 공정에서 대부분 배출되고 있음을 알 수 있다.

MEK의 경우에는 연간 약 4톤이 사용되어 프린트공정과 최종건조 공정에서 균등하게 배출되고 있다.

<그림 IV-2> 유기 용매에 대한 물질수지(단위: kg/Yr)



(6) 배출기체의 유량 및 농도

합침조 및 수세조에서 배출되는 DMF를 기존의 흡착탑 시설로 처리할 수 있는 지 여부를 판단하기 위해 공정별로 배출기체의 유량 및 농도를 산정하였다.

현재 A 공장에서는 DMF의 대기중 배출을 방지하기 위해 활성탄 흡착탑을 가동하고 있는데, 설계유량은 배합 및 합침조 100m<sup>3</sup>/min, 열건조공정 60m<sup>3</sup>/min, 덴타기에 350m<sup>3</sup>/min, 프린트 공정 100m<sup>3</sup>/min 이고, 응고조 및 수세조는 방지시설이 설치되어 있지 않은 상태이다.

다음의 방법을 이용하여 산정한 결과, 합침조에서 105.84m<sup>3</sup>/min, 응고조에서 786.24m<sup>3</sup>/min, 수세조에서 1,189.44m<sup>3</sup>/min(1단계 수세: 302.40m<sup>3</sup>/min, 2단계 수세: 302.40m<sup>3</sup>/min, 3단 수세: 302.40m<sup>3</sup>/min, 4단 수세: 302.40m<sup>3</sup>/min, 5단 수세 302.40m<sup>3</sup>/min), 건조공정에서 491.40m<sup>3</sup>/min로

산정되었고, 농도는 함침조에서 0.54ppm, 응고조에서 3.85ppm, 수세조에서 0.33ppm(1단계 수세: 2.32ppm, 2단계 수세: 1.84ppm, 3단 수세: 1.18ppm, 4단 수세: 0.63ppm, 5단 수세 0.36ppm), 건조공정에서 0.002ppm으로 분석되었다.

배출기체의 유량과 농도산정 모델 및 설치된 후드의 모양은 아래와 같다.

① 유량(Canopy 유량공식 적용<sup>38)</sup>) 및 농도 산정식

$$Q=1.4 \cdot P \cdot V \cdot d$$

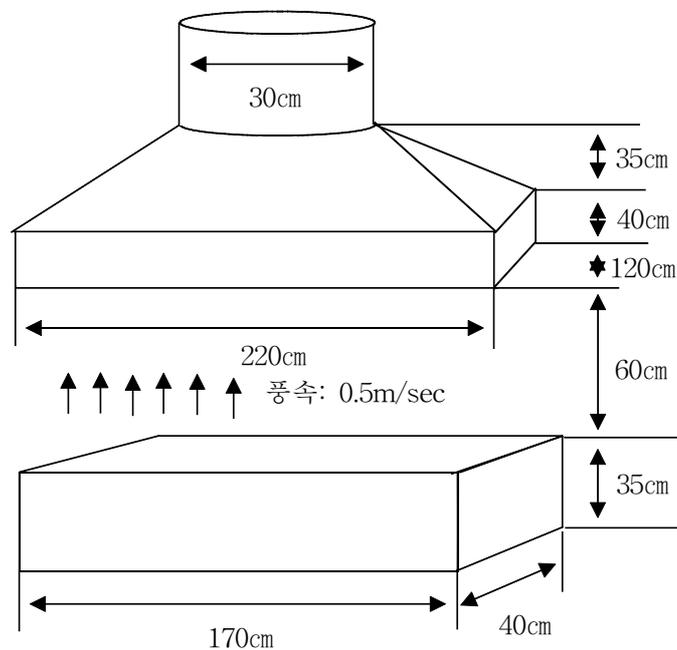
여기서,

- Q: 유량(m<sup>3</sup>/sec)
- P: 탱크개구면의 둘레(m)
- V: 제어속도(m/sec)
- d: 탱크개구면과 후드사이의 거리(m)

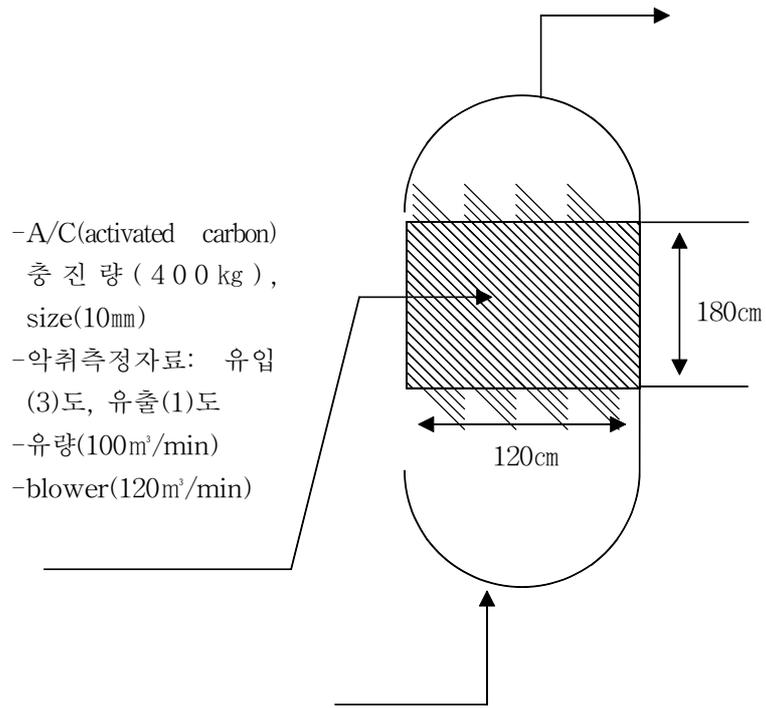
$$C(\text{ppm}) = \text{배출농도}(\text{kg}/\text{yr}) \cdot (\text{유량}(\text{yr}/\text{m}^3) \cdot 106) \cdot \text{표준상태밀도}(\text{m}^3/\text{kg}) \cdot \text{압력보정}$$

② 후드의 모양

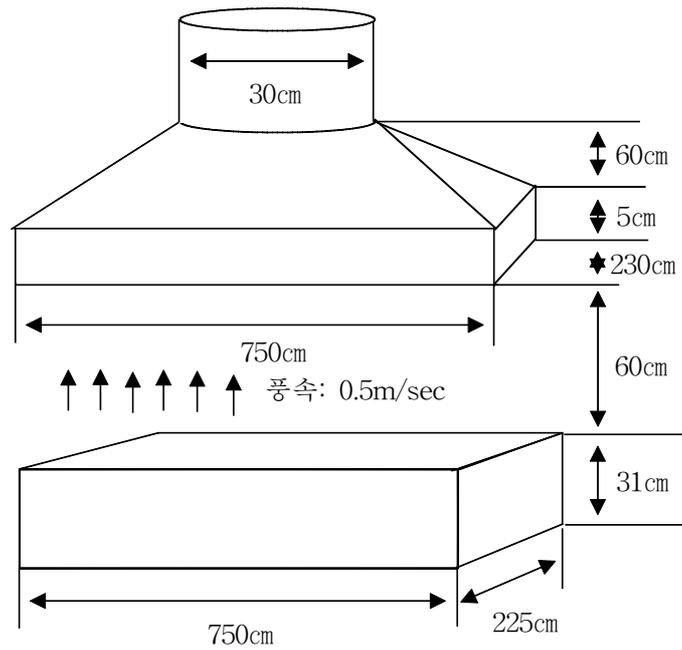
-함침공정에 연결된 후드의 모양

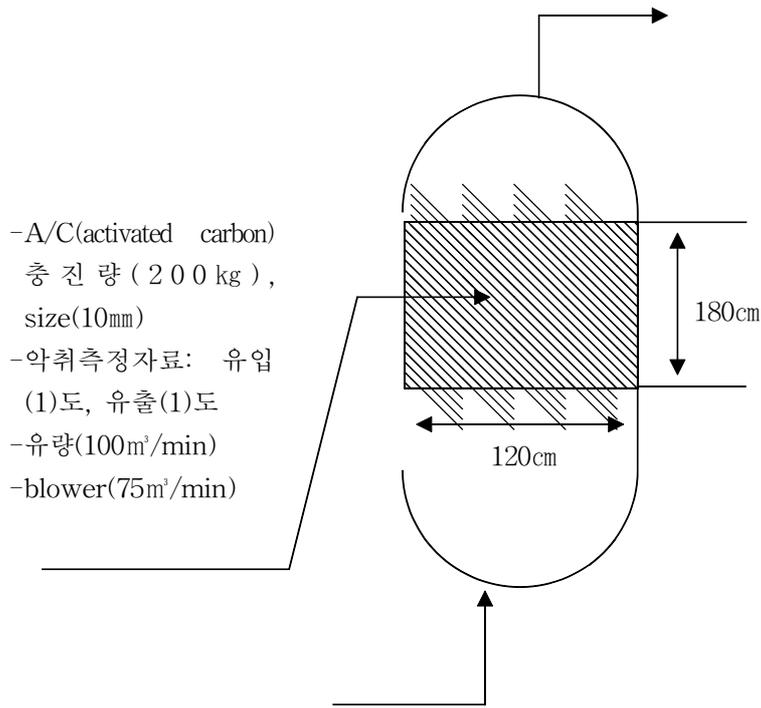


38) 한돈희, 산업환기공학, 신평출판사(ACGIH자료).



- 건조공정에 연결된 후드의 모양





■ 문제점의 파악

본 사례연구의 대상물질인 DMF는 수세조에서 80%, 응고조에서 19%가 대기중으로 배출되어 대부분을 차지하고 있다. 그런데 배출억제를 위한 방지시설은 배합 및 함침조, 열건조공정, 덴타기, 프린트공정에만 설치되어 있고 실제 방지시설이 필요한 응고 및 수세공정에는 설치되어 있지 않아 대기중으로 배출되고 있다. 이로 인해 작업환경이 최적 상태로 유지되지 못하는 문제점을 안고 있는 실정이며, 환경개선을 위해서는 이들 시설에서의 배출 억제가 필요한 것으로 분석되었다.

한편, A 기업 내부의 문제점 해결(작업환경 개선)의 관점에서 나아가 보다 넓은 의미에서 대기환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 각 공정의 기여정도를 LCA(Life Cycle Assessment)를 통해 분석하였다. 다음은 LCA 프로그램을 사용하여 A 기업의 각 공정이 대기 환경에 미치는 영향을 분석한 결과를 간략히 나타낸 것이다.<sup>39)</sup>

(1) 환경성 평가

LCA는 원료 및 제품 등이 환경에 미치는 영향을 계량, 분석 및 평가하는 도구 사용되고 있다. LCA는 원료의 획득, 가공, 제품의 생산, 운반, 유통, 사용, 재사용, 보수 및 폐기물의 재활용과 최종처분까지의 모든 활동들이 환경에 미치는 영향을 다루고 있으며, LCA에 의한 평가는 대기 수계 및 토양계로 방출되는 모든 과정을 포함하고 있다. LCA에서는 제품자체나 제품제조과정 자체가 소모하는 자원이나 오염이 환경에 미치는 영향을 평가하여 전과정에서 환경

39) 본 사례연구에서는 물질수지 분석만으로 공장의 문제점을 정확하게 파악할 수 있었다. 그런데 LCA 분석을 한 이유는 기업 내 환경문제에 국한하지 않고 지역 혹은 국가차원의 대기오염 개선을 목적으로 한 경우 개선 대상 공정을 파악하는데 LCA가 유용한 수단이 될 수 있음을 보이기 위함이다. LCA의 자세한 내용은 부록//를 참조한다. 그러나 기업의 환경문제에 국한할 때는 물질 및 에너지 수지 분석만으로 문제점을 파악하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

에 영향을 가장 크게 미치는 것이 무엇인지를 파악하고 개선할 부분을 선택하고 목표를 수립하게 된다. 이를 통해 제품 및 공정에 투입하고 배출되는 모든 에너지와 물질의 양을 정량적으로 분석할 수 있기 때문에 전과정평가를 시스템 분석도구라고 할 수 있다.

일반적으로 전과정 평가는 에너지 및 원료의 사용과 환경오염물 배출로 야기되는 환경부하를 계량하고, 환경 부하량이 환경에 미치는 영향을 평가하여, 환경상의 개선가능성을 평가하는 것을 포함하고 있다. 따라서 여기에서는 LCA를 통하여 VOC 제조공정에서의 전과정에 걸친 환경영향평가를 함으로서 제품의 환경친화적인 공정의 설계 및 변경을 통해 환경 측면에서의 원가 절감의 기회를 규명하고자 한다.

### 1) 목적

제조공정에서의 전과정에 걸친 환경영향을 파악하여 제품의 환경친화적 설계를 위한 기초 자료의 제공뿐만 아니라 제조 공정상의 환경에 영향을 가장 많이 미치는 공정을 파악하여 개선함으로써 환경측면에서의 원가 절감의 기회를 반영하고자 하는 것이다.

### 2) 시스템 경계

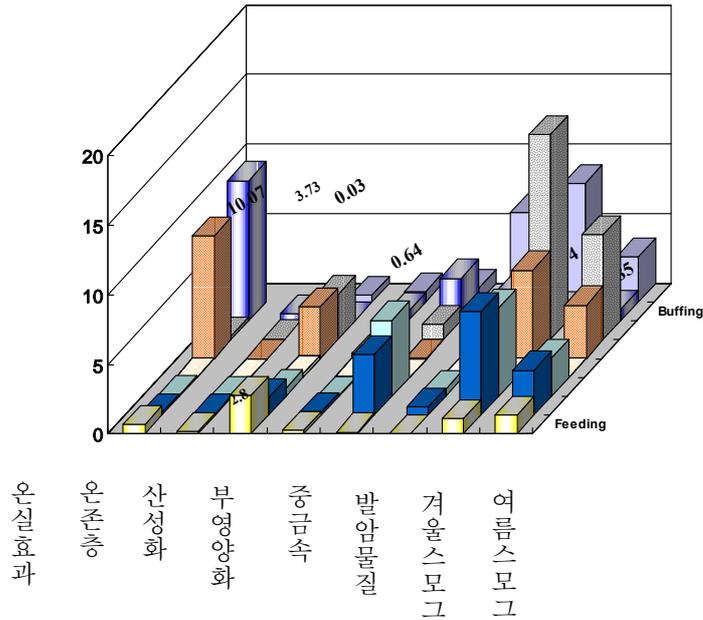
시스템 경계는 원료 및 연료의 채취, 수송 및 생산, 소비, 그리고 최종폐기 단계까지 포함할 수 있다. 그러나 여기에서는 제조공정상의 생산과정만을 경계로 하였다.

### 3) 수행방법

수행방법은 simapro 4.0의 소프트웨어를 사용하였고, 환경영향을 평가하기 위해 사용한 데이터는 대상 공장에서의 물질수지, IDEMAT 96, PRE, GaBi 2.0, BUWAL를 사용하였고, Eco-indicator '95 method의 영향평가를 사용하였다.

### (2) 분석결과

A 공장에 의한 환경영향은 스모그 생성과 온실효과에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 공정별로 보면 배합공정은 겨울스모그에 대한 영향이 가장 큰 것으로 분석되었고, 합침공정은 중금속 및 겨울스모그, 수세공정에서는 온실효과 및 겨울스모그, 건조공정에서는 겨울스모그, 인쇄 및 건조공정에서도 역시 겨울 스모그에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 겨울 스모그를 기준으로 건조, 배합, 수세공정순으로 높은 것으로 분석되었는데, A 공장에서는 건조, 배합공정은 활성탄에 의한 방법으로 방지시설이 설치되어 있기 때문에 수세공정에 방지시설을 설치함으로써 환경에 미치는 영향을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 이것에 대한 분석 결과를 <그림 IV-2>에 나타내었다.



<그림 IV-3> LCA분석에 의한 환경영향

■ 대안작성

A 공장에서 제조과정상 DMF 배출이 가장 많은 공정은 응고공정 및 수세공정이었지만 대기오염배출시설이 설치되어 있지 않아 작업환경에 가장 큰 영향을 주기 때문에 이 들 공정에 대한 대안의 마련이 요구되었다. LCA에 의한 환경성 평가에서는 수세공정이 스모그 및 온실효과에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 따라서 우선적으로 개선되어야 할 공정은 수세공정이라고 판단된다.

DMF 배출을 방지하기 위한 대안은 배출원 자체에서의 배출량을 저감하는 방법과 배출되는 DMF를 경제적으로 처리하는 방법으로 나눌 수 있다. 배출원에서의 저감방안으로는 폴리우레탄의 용제로 DMF를 사용하지 않는 수용성 용제를 사용하는 방법과 공정의 운전조건을 개선함으로써 휘발되는 DMF의 양을 감소시키는 방법이 있다. 배출되는 DMF를 경제적으로 처리하기 위한 방법은 기존의 활성탄 흡착탑을 이용하는 방법과 다른 기술적 대안을 모색하는 방법이 있다. 이러한 대안을 가지고 개개의 방법을 검토하였다. 이것에 대한 세부적인 내용은 아래와 같다.

(1) 배출원에서의 저감

1) 수용성 폴리우레탄의 사용

가장 바람직한 대안으로 평가되지만 현재 수용성 폴리우레탄이 상품화되어 있지 못하기 때문에 대안이 될 수가 없었다. 그러나, 수용성 폴리우레탄은 현재 상용화를 위한 많은 연구가 진행 중에 있으므로 이를 간단히 소개하도록 한다.

먼저 수분산 폴리우레탄의 제조와 표면 개질에 관한 연구<sup>40)</sup>를 들 수 있다. 이는 수분산 폴리우레탄 제조시 상이한 폴리올 혼합 효과에 관한 연구와 일반적인 잠재적 이온기로 사용되는 DMPA(dimethylol propionic acid) 대체 이온성 디올을 이용하여 수분산 폴리우레탄을 제조하는 방법인데, 유기용제 타입의 폴리우레탄에 비하여 인조피혁으로의 적용에 상당한 어려움이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 기존의 인조 피혁용 폴리우레탄에 적용되는 많은 시험 항목에 대하여 만족할 만한 결과를 얻기가 매우 힘들다. 이는 근본적으로 인조 피혁에 사용되는 폴리우레탄과 동일한 분자로 설계하는 것이 불가능하기 때문이다. 특히 필름의 발수-발유성 및 내 가수분해성의 개선이 필요한 것으로 보고된다. 최근에는 불소계 첨가제를 이용하여 필름의 표면물성 개선을 위한 연구가 시도되고 있는데, 불화 알코올을 수용성 폴리우레탄에 도입하여 수분산 폴리우레탄 필름의 표면에너지가 매우 저하시킬 수 있다고 보고하고 있다.

다음으로 수용성 폴리우레탄 분산기술<sup>41)</sup>이다. 즉, 수성 폴리우레탄을 제조하는 방법은 크게 두 가지로 구분되어 질 수 있다. 첫째는 폴리우레탄 프리폴리머의 합성, 둘째는 합성된 프리폴리머를 물에 분산하는 공정이다. 이 중 분산 공정은 폴리우레탄 입자의 크기 및 크기 분포, 저장 안정성, 사슬 연장 정도 등을 좌우하는 중요한 공정이다. 수분산 폴리우레탄을 제조하기 위해서 현재 범용적으로 가장 많이 사용되고 있는 -COOH 그룹을 가진 DMPA를 도입하여 분산 입자를 제조하고자 하였다. 여기에서는 분산입자 제조시 안정성을 줄 수 있는 최적인 DMPA 함량을 결정하고 사슬 연장 공정시 입자의 표면과 내부에 미반응된 NCO 그룹이 존재하게 되므로 사슬연장제와 NCO 그룹의 반응성을 높여서 최종 제품에서 고분자량의 폴리우레탄 분산 입자와 좋은 유성학적, 기계적 물성을 얻을 수 있도록 설계하는 기술이 중심이 되고 있다.

마지막으로 유기용제를 사용하지 않는 인공 합성피혁 제조기술<sup>42)</sup>이다. 일본기업인 고압 크로스社는 유기용제를 사용하지 않고 인공피혁과 합성피혁을 제조하는 방법을 확립했다고 보고한 바 있다. 이는 환경개선에 커다란 효과가 있을 것으로 기대됨과 함께, 제조시간과 필요한 에너지도 종래의 제품제조법에 의한 것보다 반 이하가 됨으로써 제조시에 발생하는 이산화탄소 배출도 획기적으로 삭감된다고 한다. 순차적으로 생산체제를 갖추어 '아리타스'라는 브랜드로 시장을 개척할 예정이다.

## 2) 운전조건의 변경에 의한 발생저감 방법

응고조 및 수세조에서 DMF의 휘발량에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 온도이다. 그런데, 응고조 및 수세조의 운전조건을 점검한 결과 매뉴얼에 주어진 운전조건에 유사하였으므로 뚜렷한 개선 방안을 찾기가 어려웠다. 또한 온도의 변화는 제품의 품질에 직접적인 영향을 미치지 때문에 확실한 근거자료 없이 운전조건을 변경하는 것도 불가능하였다. 따라서 이 방법도 대안이 될 수가 없었다.

40) 노시대, 한양대학교, 청정고분자합성공정 연구회, 『수용성 폴리우레탄을 이용한 환경친화성 인조피혁제조기술개발』

41) 김중현, 연세대학교, 청정고분자합성공정 연구회, 『수용성 폴리우레탄을 이용한 환경친화성 인조피혁제조기술개발』

42) 일본 日刊工業新聞, 1998년 1월 12일

## (2) 배가스의 처리 방법

## 1) 기존 활성탄 흡착탑의 이용방법

DMF를 처리하기 위하여 이미 활성탄 흡착탑이 설치되어 있으므로 이를 응고조 및 수세조에서 발생하는 배가스 처리에 이용할 수 있는지를 판단하였다. 이를 위해서는 해당 공정에 후드의 설치가 가능해야하고 다음으로는 흡착탑의 설계용량이 이를 수용할 수 있어야 한다. 먼저 후드 설치 가능성을 판단해 보면, 응고조의 크기는  $1.6\text{m} \times 14\text{m} \times 1.1\text{m}$ 이고 바로 위에 함침조가 설치되어 있다. 응고조와 함침조와의 이격거리는 약 50cm 정도이기 때문에 후드의 설치가 어렵지만 밀폐형으로 하면 가능하리라 판단된다. 그리고 수세조는 크기가  $1.6\text{m} \times 22\text{m} \times 0.7\text{m}$ 이며 수세공정 위에는 open되어 있기 때문에 밀폐형 및 천개형으로도 설치가 가능하다.

다음으로 기존의 활성탄 흡착탑의 처리 용량을 비교하여 보았다. 현재 흡착탑의 용량은 배합 및 함침공정이  $100\text{m}^3/\text{min}$ , 건조로(열건조기)가  $60\text{m}^3/\text{min}$ , 덴타기에  $350\text{m}^3/\text{min}$ , print기에  $100\text{m}^3/\text{min}$ 이다. 그런데 응고조의 배가스를 처리하기 위해서는 기체 용량이  $786.24\text{m}^3/\text{min}$ 로 계산되었고 수세조에서는  $1,189.44\text{m}^3/\text{min}$ , 함침공정은  $105.84\text{m}^3/\text{min}$ , 건조공정은  $491.40\text{m}^3/\text{min}$ 로 분석되었다. 설계치와 비교하여 볼 때 기존 흡착탑을 DMF의 휘발량이 가장 많은 응고조 및 수세조로 변경하여 사용하기에는 용량이 매우 부족하여 다른 대안이 요구되었다.

## 2) 다른 기술적 대안의 검토

우선적으로 기존의 활성탄을 회분식에서 연속식으로 변경한 흡·탈착공정의 적용가능성을 살펴보았다. 이 방법은 활성탄의 교체비용을 현저히 저감할 수 있고 흡착된 DMF를 회수하여 재사용할 수 있는 장점이 있지만, 이를 위해서는 한 개의 흡착탑 신설이 불가피하고 탈착을 위한 에너지와 탈착시 회수할 수 냉각시설이 요구되어 초기 투자비가 어느 정도 필요하다. 바람직한 대안이라고 생각되지만, 기업이 감당하기에는 부담스러운 투자규모이고 또 현재의 규제하에서는 투자에 의한 가시적인 편익도 기대하기 어렵기 때문에 장기적인 대안으로 가능하다고 판단되었다.

다른 방법으로 후드를 설치하고 저농도의 공정에 적용할 수 있는 흡수탑을 고려하였다. DMF는 물에 대한 용해도( $5\text{mg}/\text{ml}$ )가 크기 때문에 기·액 접촉식 흡수탑을 설치하여 배가스를 처리하고 흡수액의 농도가 일정 이상이 되면 폐수를 응고조로 이송하여 처리한다면, 폐수처리와 아울러 DMF의 회수에도 기여할 것으로 보인다.

현재 상용화되어 있는 흡착처리 공정과 흡수처리 공정을 경제적인 측면에서 분석한 결과 흡수탑의 설치가 고정 투자비뿐만 아니라 운영비 측면에서도 낮은 것으로 분석되어 흡수탑의 설치를 고려할만한 것으로 판단된다. 그러나 대용량 처리에 따른 후드의 설치비용이 과다하다는 문제점과 제조 공정상 작업중에 불량이 발생하였을 경우 작업자가 들어가서 수작업으로 불량 부분을 고쳐야 하는 문제점이 있다. 비닐로 설치하는 방법이 있기는 하지만 비닐에 물방울이 맺혀 제품에 떨어질 경우 제품 불량을 초래할 수 있는 점이 문제점으로 지적되었다.

(3) 경제성 평가

위에서 기술적으로 가능한 대안인 흡착처리 방법과 흡수처리 방법의 초기 투자비용과 운전 비용을 분석하였다. 경제성 분석을 위해서는 가능한 모든 편익과 비용을 고려하여야 하지만 관련 자료가 부족하므로 여기서는 투자비 및 운전비만 고려하였다.

각 시설에 대한 유량을 1,000m<sup>3</sup>/min로, 그리고 농도를 2ppm으로 산정한 결과 고정비 측면에서 세정에 의한 방법이 62,684천원이고, 활성탄에 의한 처리 방법이 66,350천원으로 세정에 의한 방법이 활성탄법에 의한 방법보다 4백만원 정도 낮게 분석되었다. 그리고 운영비 측면에서 본다면 수세에 의한 방법은 유지비가 거의 들지 않는데 비하여 활성탄에 의한 방법은 활성탄 교체 비용이 6개월에 한번씩 9백만원이 필요하므로 수세세정에 의한 방법이 효율적인 방법으로 판단되었다. 흡수처리법에 대한 고정 투자비를 <표 IV-2>에 나타내었고, 흡착방법에 대한 고정투자비를 <표 IV-3>에 나타내었다.

<표 IV-2> 수세에 의한 방법의 고정투자비

No.	명칭	규격	수량	단위	금액	비고
1	기계공사		1	L/S	16,544,000	
2	Packed Tower1000CMM	(Φ4200*5500 H)	1	L/S	25,978,800	
3	WALK&HAND RAIL		1	L/S	2,482,800	
4	배관공사		1	L/S	1,800,000	
5	전기공사		1	L/S	5,000,000	
6	일반관리비 및 공과잡비		10	%	5,180,560	
7	기업이윤		10	%	5,697,840	
Total					62,684,000	

<표 IV-3> 흡착에 의한 방법의 고정투자비

No.	명칭	수량	단위	금액	비고
1	기계공사	1	L/S	15,029,000	
2	A/C Tower 1000CMM	1	L/S	33,806,100	
3	전기공사	1	L/S	6,00,000	
4	일반관리비 및 공과잡비	1	L/S	5,483,510	
5	기업이윤	1	L/S	6,031,390	
Total				66,350,000	

### 3. 사례연구의 결과 및 시사점

A 공장의 경우, 경영진의 적극적인 협조와 공정개선에 대한 강한 의지로 인해 본 사례연구가 무난히 수행될 수 있었다. 경영진과 현장 실무자의 협조로 당면한 환경문제를 비교적 쉽게 도출할 수가 있었고, 본 연구에서 제시된 청정생산 방법론을 적용할 수가 있었다. 방법론을 통하여 공정을 분석하고 문제점을 도출하였으며, 대안도 모색하여 제시하였다. 그러나 추가적인 투자가 요구되었기 때문에 대안의 실행에는 다소 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

한편, 사례연구 과정에서 제기된 몇 가지 사항은 국내 중소기업의 청정생산 추진에 시사하는 바가 많은 것으로 생각되어 여기에 정리하였다.

① 청정생산의 개념을 보다 정확히 정의하고 이를 기업에 홍보할 필요가 있는 것으로 생각된다. 기업에서는 청정생산을 하면 무조건 기업에 경제적 이익을 주는 것으로 생각하고 있으며 이익이 발생되지 않는 방법은 청정생산이 아니라고 인식하는 경우가 많다. 비록 많은 경우 청정생산이 경제적 편익을 동반하는 사례가 있지만, 외국의 경우 편익의 주요 항목중의 하나가 규제위반시 치루어야할 비용과 피해보상비용이고 소비자 혹은 지역 주민의 관계개선 등 계량화하기 힘든 항목도 중요하게 고려되고 있으므로, 외국과는 규제수준 및 사회문화가 다른 우리나라에서는 외국의 개념만을 무조건적으로 적용하였을때 청정생산의 국내 여지는 매우 좁아지게 될 것이 분명하다. 본 사례 연구에 있어서도 작업환경문제는 가까운 미래에 기업의 경영에 직접적 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 현재상태에서 편익이 발생되지 않음으로써 도출된 대안을 채택하는데 무리가 있었다. 청정생산에 대한 교육의 확대가 필요하며 정부의 역할이 강조된다고 하겠다.

② 청정생산 혹은 환경기술 개발을 지원하기 위한 정부의 각종 지원제도를 기업이 쉽게 이용할 수 있도록 홍보를 강화할 필요가 있다. 현재 우리나라는 정부 각 부처에서 기술개발 자금 및 시설비 용자 등 많은 지원제도를 실시하고 있지만 기업의 인식이 부족하여 이러한 제도를 적극 활용하고 있지 못하고 있다. 사례연구에서 보았지만, A 기업의 경우 가장 바람직한 대안은 DMF를 사용하지 않는 수용성 폴리우레탄의 개발이라고 생각된다. 만약 이것이 개발되어 상용화된다면 환경개선 뿐만 아니라 관련기업의 국제경쟁력도 크게 강화될 수가 있다. 문제는 수용성 폴리우레탄을 절실히 필요로 하는 A 기업에서는 관련기술개발에 참여하고 있지 않다는 점이다. 그 이유는 이 기술의 개발비용을 기업 혼자 부담할 능력이 없고 기술력 또한 모자라기 때문인데, 국내 우수 연구기관과 공동으로 참여하되 기업은 경비의 일부분만 부담하도록 되어있는 정부의 기술개발사업에 대한 이해와 정보가 충분하다면 해결될 수 있는 문제라고 보여진다. 아울러 기업의 애로사항을 함께 연구할 수 있는 그 분야의 전문가를 소개하고 중재하는 등의 적극적인 역할도 중요하다.

③ 규제의 유연한 적용방법이 모색되어야 한다. 본 사례연구에서도 보았듯이 DMF의 주배출원이 응고조와 세수조임에도 불구하고 방지시설은 배출량 비중이 낮은 다른 공정에 설치되어 운전되고 있었다. 이는 법으로 정한 배출시설이 배합 및 함침공정 등이기 때문인데, 이로 인하여 기업은 투자를 하고서도 작업환경개선이라는 문제는 여전히 안고 있는 실정이다. 이러

한 문제점은 용매나 휘발성화학물질을 사용하는 많은 화학산업체에서도 유사하리라고 생각된다. 해결 방법은 자율환경관리제도를 적극적으로 활용하는 것이라 보여진다. 예를 들어 DMF 주 배출원인 세수조와 응고조에서의 배출량을 배출시설로 지정된 공정에서보다 더 많이 감축할 수 있을 경우에는 국가와 협약을 맺어서 세수조와 응고조에 방지시설을 설치하는 대신 현재 배출시설로 지정된 공정에 대해서는 방지시설의 설치를 면제할 수 있도록 하는 등 제도의 유연한 운영이 요구된다.

④ 중소기업에 대한 기술지원이 강화되어야 한다. 기업자체가 환경기술력이 부족하고 환경산업체 역시 기술력이 부족한 상태에서 제대로 된 방지시설이나 관리수단이 공급되지 못하여, 공장의 설립시부터 불필요한 환경문제를 내포하고 있었다. 만약 정부나 혹은 민간 환경조직(대학이나 환경 컨설팅업체)으로부터 기술지원을 받을 수 있었다면 이러한 문제는 발생되지 않았을 것이다.

④ 기업정보의 보호와 관련된 지침의 마련이 요구된다. 청정생산과 관련하여 기업이 외부의 전문가 혹은 정부의 도움을 요청할 때 우려하는 문제는 기업정보의 노출이다. 정보노출에 대한 우려를 불식시키지 않는다면 외부 지원의 효과는 제한될 수밖에 없다. 특히, 공정분석결과가 규제강화로 이어질 수 있다는 의구심은 외부전문가 특히 정부 지원제도의 활용을 주저하게 하는 요인이 되고 있다.

## V. 화학산업에서의 청정생산 촉진방안

본 연구 수행결과를 바탕으로 국내 화학산업체에서의 청정생산을 활성화하기 위한 방안을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기업에 대한 기술지원과 정보접근 기회의 확대, 그리고 교육프로그램의 개발이 필요하다. 미국의 예만 보더라도 EPA내에도 여러부서에서 청정생산에 대한 기술 및 정보를 제공하고 있으며, 미국내 주정부, Department of Energy, 화학산업협회(Chemical Manufacturers Association) 등 수 많은 기관 및 기구에서도 기술지원과 관련 정보를 제공하고 있다. 또한 청정생산 관련 정보를 획득할 수 있는 기관과 자료목록을 정리하여 책으로 발간하기도 한다. 이러한 노력은 결국 청정생산의 성공적 확대를 위해 기술에 대한 정보와 지원이 중요하다는 것을 의미하고 있기도 하다. 그러나 한국의 경우, 생산기술연구원내의 청정기술개발 센터가 대표적인 정보원이라고 할 수 있을 뿐 다른 부처나 기관의 역할은 미미한 형편이다. 따라서 국내 및 외국의 기술개발 사례를 소개하고 실제 기술지원을 제공할 수 있는 시스템의 구축이 절실히 요구된다. 환경부의 지원으로 전국에 설립하고 있는 지역환경기술개발센터의 역할 중 기술지원에 대한 예산비중을 높이는 등의 방법으로 지역의 전문가들을 적극 활용하는 방안도 검토하여야 한다.

이와 함께 본 보고서와 같은 종류의 지침서를 산업특성별로 작성하여 기술력이 부족한 기업들에게 제공하여야 한다. 반복하지만, 기업의 적극적인 참여가 청정생산의 요체임을 인식하고 실행에 필요한 실행방법, 실행수단, 필요한 기술등을 지침서로 작성하여 보급하면 많은 효과가 있을 것으로 기대된다.

둘째, TRI 제도의 조속한 정착이 요구된다. 이미 환경부에서는 일부 산업체를 대상으로 화학물질 배출량 조사제도를 도입하여 시행하고 있지만 아직 그 결과가 공표되지 않고 있다. 수집된 자료의 신뢰성 검증을 위해 신중한 접근이 필요하다는 사실은 인정되지만, 그 결과가 빨리 제시되어 정책에 반영될 수 있어야 한다. 그리고 TRI 제도는 결과가 일반 국민에게 공표됨으로써 실효성이 배가된다는 점을 감안하여 자료의 공개를 진지하게 검토하여야 할 것으로 생각된다.

셋째, 화학산업체의 RC 이행을 적극 유도하여야 한다. 우리나라는 1999년 RC 협의회를 발족시켜 준비하고 있는 바, 이는 화학산업체의 청정생산을 촉진하기 위한 큰 여건이 마련되어 있다고 생각된다. 그러나 화학물질은 국민의 건강과 환경에 지대한 영향을 미치고 잠재적인 위해성을 항상 내포하고 있기 때문에 개별 사업장이 전적인 책임을 지고 관리하는 것은 기술이나 재정 측면에서 어려움이 많다. 따라서 정부가 위해성 평가방법이나 사고시 대응체계를 마련하는 등 기업과 공동의 책임의식을 가지고 접근할 필요가 있다.

넷째, 적정수준의 환경규제가 필요하다. 청정생산이 기업의 자발적 참여에 의한 생산활동이라고 하더라도, 외국의 예에서도 보듯이 청정생산 활동의 주요 동인중의 하나는 정부의 규제에 대응하고 피해배상의 회피에 있는 것이 분명하다. 이는 청정생산으로 인한 편익은 특별한

경우를 제외하고는 계량화하는 것이 어려운 일이기 때문에, 법적규제만족으로 인한 비용의 절감과 피해보상의 회피 등이 기업이 가장 쉽게 느낄 수 있는 비용효과이기 때문이다. 우리나라의 경우, 전반적으로 유해물질로 지정관리하는 항목수가 작고 그 기준도 외국에 비해 낮은 편이기 때문에 기업의 청정생산 동인이 약하다는 사실을 부인할 수 없다. 이는 청정생산을 위해 환경규제를 강화해야 한다는 뜻이 아니라 외국에 비해 완화되어 있는 화학물질의 관리 기준을 합리적인 수준으로 강화하자는 것이다.

다섯째, 청정생산이 각 매체별 규제법률에 우선적으로 반영되고 나아가서는 통합오염관리가 가능하도록 제도 개선이 이루어져야 할 것이다. 1980년대말부터 미국 EPA는 P2를 EPA정책의 최우선으로 두었고, 1992년에는 각 국에서 마련하고 있던 법률에서 P2를 반영할 수 있도록 요구하는 SRRP(Source Reduction Review Project)를 수행하여 정부정책을 P2 중심으로 유도하고 있다. SRRP의 중요한 결과중 하나는 펄프 및 제지산업에서 대기오염 및 수질오염을 통합 관리할 수 있는 방안을 모색할 수 있었다는 것인데, 이러한 노력은 기업의 선택권을 확대하는 것으로 청정생산의 전기를 이루었다고 평가되고 있다. 우리나라의 경우에도, 각종 환경법에 청정생산이 반영될 수 있도록 노력해야 하며 단일매체의 오염이 또다른 매체로의 전이에 그치지 않도록 통합관리의 방법과 기준에 대한 연구를 시작하여야 한다고 생각한다.

여섯째, 규제의 합리화가 요구된다. 기업에 대한 환경규제가 배출시설 위주로 운영되고 있기 때문에, III장의 사례연구에서 보았듯이 기업은 투자비용에 비해 환경개선의 효과를 얻고 있지 못하고 있다. 물론 모든 시설을 배출시설로 지정할 수도 없고, 공정 특성별로 배출시설을 지정하는 것도 현재로서는 어렵기 때문에 규제의 유연한 적용이 필요하다고 생각된다. 예를 들어, 과학적 조사를 통해 비지정 배출시설에서의 배출 저감량이 배출시설에서의 배출 저감량보다 클 경우 배출시설에서의 저감 대신 비지정 배출시설에서의 저감을 법적으로 인정해 준다면 환경개선과 기업의 부담경감을 동시에 달성할 수 있다. 궁극적으로는 배출시설의 세분화를 통한 합리적인 규제가 이루어져야 하겠지만, 현재로는 자율환경관리협약의 유연한 적용을 통해서도 가능하리라고 보여진다.

마지막으로, 환경부에서 추진하고 있는 홈닥터제도가 중소기업에는 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각되며 예산확보와 함께 구체적인 시행방안을 조속히 마련해야 한다. 홈닥터제도는 환경관리여건이 열악한 기업을 대상으로 정부의 지원으로 환경문제를 해결하려는 제도이다. 그런데, 기업의 입장에서보면 홈닥터시행과정에서 기업비밀(운전 노하우, 경영여건 등)의 노출과 숨겨진 환경문제의 노출이 염려될 수도 있다. 즉, 기업의 경쟁력과 직결된 운전 및 공정 노하우가 공개될 수도 있다는 의구심과, 비록 법률적 규제대상은 아니지만(혹은 피치못하여 규제를 준수할 수 없을 경우) 기업이 갖고 있는 환경문제가 노출되고 이것이 새로운 환경규제로 이어질까봐 염려하게 될 것으로 예상되며, 이러한 점이 홈닥터제도의 적극적인 참여를 주저하게 될 것으로 보인다. 청정생산은 기업의 자발적 참여의지가 성패에 큰 영향을 미친다. 따라서 기업이 우려하는 문제에 대해서는 적극적으로 수용할 필요가 있다고 본다. 예를 들면, 기업의 경쟁력과 직결된 기술사항은 기업이 원할 경우 보호해 주어야 한다고 생각된다. 다만, 소요경비가 정부지원에 크게 의존하게 될 경우, 성공적인 기술적 경험은 유사업종에도 적용할 수 있어야 한다고 본다. 즉, 프로그램 실시 이전의 기업기술, 운전 노하우등과 프로그램 실시 과정

에서 획득한 기업자료는 보호하여야 하지만, 프로그램 실시 결과 도출된 개선된 기술은 원칙적으로 타기업에게도 적용할수 있어야 한다고 생각된다. 그리고 흠닥터 제도에 참여하는 기업에 대해서는 프로그램의 실시기간동안 특정문제의 환경규제를 면제해 주거나 혹은 유예해 주는 방안도 고려해야 한다. 다만, 그 기업은 자신의 환경문제를 정직하게 보고하고 개선의 의지를 명확히 밝혀야할 것이다. 비용문제 역시 매우 중요하다. 환경관리공단의 분석에 의하면<sup>43)</sup>, 중소기업에 대한 기술지원에 있어서 기업의 비용부담이 실질적인 지원효과를 반감시키는 요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다. 흠닥터제도의 경우에도 상황은 이와 유사할 것으로 보인다. 따라서 기업의 문제점 분석과 대안을 모색하기까지에 소요되는 경비는 정부가 지원하고, 도출된 대안의 실시에 필요한 경비는 기업의 부담을 원칙으로 하는 것이 합리적으로 생각된다.<sup>44)</sup>

---

43)자료: 환경관리공단 내부자료, 2000.

44)이때 정부는 각종 기술지원기금을 앞선하여 우선적으로 지원될수 있도록 하여야할 것이다.

## VI. 맺음말

청정생산은 모든 산업분야에서 요구되지만, 화학물질이 가지고 있는 환경위해성 때문에 화학산업의 경우가 특히 중요하다. 더구나, 우리나라는 종업원수가 50인 미만인 소기업이 전체 화학산업체의 약 77%를 차지하고 있어 기술과 인력, 자금면에서 열악한 상태에 있기 때문에 오히려 청정생산의 여지는 크리라고 생각된다.

화학산업에 국한된 것은 아니지만, 정부는 정책적 지원과 연구개발을 통하여 국내 산업구조를 환경친화적으로 변환시키기 위해 노력을 경주하고 있다. 그러나, 국내산업계는 일부 대기업을 중심으로 청정생산활동이 구체화되고 있을 뿐 전반적으로 활성화되고 있지 못하며, 특히 기술력이나 자금면에서 열세한 중소기업의 경우에는 더욱 그러하다. 청정생산의 주체가 기업임을 인식할 때 기업의 적극적인 의지가 결여된 상태에서는 정부 및 학계중심의 노력은 효과가 제한될 수 밖에 없다. 따라서 이제까지 기술개발 등 하드웨어 중심의 지원이 그 효과를 나타낼 수 있도록 기업의 의욕을 부추킬 수 있는 방안을 다각도로 모색하여야 한다. 이러한 방안에는 적정수준의 규제과 규제의 유연한 적용이 요구되며, 청정생산의 이론과 실천방법등에 대한 교육도 매우 중요하다.

본 보고서에서는 이러한 취지하에서 현장의 경영자 및 엔지니어가 보다 쉽게 청정생산을 이해하고 접근할 수 있는 청정생산 실행지침을 제공하였고, 아울러 청정생산 촉진을 위한 정책방안도 함께 제시하였다. 제시된 실행지침은 비록 완전하다고는 할 수 없지만 기업에서는 이를 기반으로 기업의 특성과 여건에 맞게 수정·보완하면 유용하게 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 본 보고서는 화학산업이라는 업종을 대상으로 하였기 때문에, 업종별 특성을 다루지 못한 아쉬움이 있다. 이는 향후의 중요한 연구과제로써 특히 기술정보가 상세히 다루어져야 할 것으로 생각되며, 정부의 적극적인 역할이 요구된다.

## 참고 문헌

### <국 내>

- 김상용 외, 『환경전과정 평가』, 시그마프레스, 1998
- 김용건, 『청정생산구축사례연구』, KEI, 1998
- 김중현, 『수용성 폴리우레탄을 이용한 환경친화성 인조피혁제조기술개발』, 연세대학교, 청정 고분자합성공정 연구회, 1995
- 내외정보센타, 『'99화학시장정보총람』, 1999
- 산업안전보건연구원, 『'99 유해부서 근로자 역학조사』, 한국산업안전공단, 1999
- 산업자원부, 『기후변화협약 대응실천계획 수립을 위한 연구』, 1999
- 에너지경제연구원, 『기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구』, 1994,
- 이건모 외, 『경제성을 고려한 청정생산 평가기법에 관한 연구』, 산업자원부, 2000
- 장기복 외, 『중소기업의 환경관리 유인정책 개선방향』, KEI, 1998
- 정해진 외, 『환경친화적 산업기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업』, 1차년도 중간 보고서, 산업자원부, 1999
- 통계청, 『광공업통계조사보고서』, 1985~1996
- 한국생산기술연구원, 『청정생산기술개발사업 초록집』, 2000
- 환경부, 『'96 화학물질유통실태조사』, 1997
- 환경부, 『자율환경관리지침서』, 1999. 12
- 환경부, 『환경흡타터제 현황 및 향후계획』, 2000
- 한돈회, 『산업환기공학』, 신광출판사, 1990
- 허탁 외, 『전과정평가의 기본원리』, 한국경영자총협회, 1995
- <http://www.nier.go.kr/>
- <http://www.me.go.kr/>
- <http://clean.kitech.re.kr/>
- <http://www.koami.or.kr/env/environ/koami.htm>
- <http://www.kordic.re.kr/cgi-bin/main.cgi>

## &lt;국 외&gt;

Doerr, W. W., "Use Guidewords to Identify Pollution Prevention Opportunities", Chemical Engineering Progress, 92(8), pp 74-80(1996)

Gouchoe, S. et al., "Integrate Your Plant's Pollution Prevention Plans", Chemical Engineering Progress, 92(11), pp 30-43(1996)

Mulhoiland, K. L. and J. D. Dyer, 「Pollution Prevention: Methodology, Technologies and Practices」, AIChE, 1999

Little, A.D., 「Total Cost Assessment Methodology」, AIChE, 1999

The Northeast Waste Management Officials Association(US), 「Pollution Prevention Progress in the Northeast」, 1998

Roche Holding Ltd, 「Policy on safety and environmental protection in the Roche Group」, 1996

Roche Holding Ltd, 「Safety and Environmental Protection at Roche Group : Group Report 1998」, 1999

UNEP, 「Proceedings of UNEP Expert Semnar:LCA and it's Application」, Amsterdam, June 9-10, 1993

UNEP, 「Cleaner Production: A guide to Sources of Information」, 2000

USEPA, 「Facility Pollution Prevention Guide」, EPA600-R-92-088, 1992

USEPA, 「Workshop on Green Syntheses and Processing in Chemical Manufacturing」, EPA600-R-94-125, 1994

USEPA, 「The product Side of Pollution Prevention」, EPA600-R-94-178, 1994

USEPA, 「Federal Facility Pollution Prevention Project Analysis: A Primer for Applying Life Cycle and Total Cost Assessment Concepts」, 1995

USEPA, 「Industrial Pollution Prevention Projects: Summary Report」, EPA820-R-95-007, 1995

USEPA, 「Prototype Study of Industrial Motivation for Pollution Prevention」,

EPA100-R-96-001, 1996

USEPA, 「Pollution Prevention Incentives for States」, EPA742-R-96-006, 1996

USEPA, 「Pollution Prevention 1997: A National Progress Report」, EPA742-R-97-00, 1997

USEPA, 「A catalogue of the Agency's Partnership Programs」, EPA100-R-97-003, 1997

USEPA, 「State Experience Integrating Pollution Prevention into Permits」, EPA456-R-98-003, 1998

USEPA, 「Chemical Industry Compliance Improvement Tool」, EPA305-B-98-010, 1998

Stapleton, P. J., et al., 「Environmental Management Systems: An Implementation Guide for Small and Medium-Sized Organizations」, NSF International, 1996

<http://www.epa.gov/>

<http://www.unep.org/>

<http://www.hamburger-umweltinst.org>

<http://www.dupont.com>

<http://www.exxon.mobil.com>

<http://www.johnsonandjohnson.com>

<http://www.cefic.be>

<http://www.roche.com>

<http://www.m-kagaku.co.jp>

<http://www.takeda.co.jp>

## [부록 A] 주요 관리대상 화학물질 목록

### 【법규상의 규제 대상물질】

<표 A-1> 환경정책기본법상 규제물질

하천 규제물질 및 기준	지하수 규제물질 및 기준	해역 규제물질 및 기준
카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, 납, 6가 크롬, PCB, 음이온계면활성제	납, 불소, 비소, 세레늄, 수은, 시안, 6가 크롬, 카드뮴, 페놀, 총 트리할로메탄, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온, 카바릴, 1.1.1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1.1-디클로로에틸렌, 사염화탄소, 과망간산칼륨소비량, 구리, 음이온계면활성제, 아연, 염소이온, 철 및 망간, 황산이온, 알루미늄	6가 크롬, 비소, 카드뮴, 납, 아연, 구리, 시안, 유기인, 수은, PCB

자료 : 환경보전기본법 시행령 [별표 1]

<표 A-2> 수질환경보전법상의 규제물질

수질오염물질 항목 (29개 항목)
구리(동) 및 그 화합물, 납(연) 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 망간 및 그 화합물, 바륨화합물, 부유물질, 브롬화합물, 비소 및 그 화합물, 산 및 알칼리류, 색소, 세제류, 셀레늄 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 시안화물, 아연 및 그 화합물, 염소화합물, 유기물질, 유기용제류, 유류(동·식물성 포함), 인화합물, 주석 및 그 화합물, 질소화합물, 철 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 크롬 및 그 화합물, 플루오르(불소)화합물, 페놀류, 황 및 그 화합물

자료 : 수질환경보전법 시행규칙 [별표 1]

<표 A-3> 수질환경보전법상의 특정수질유해물질

특정수질유해물질 항목 (17개 항목)
구리(동) 및 그 화합물, 납(연) 및 그 화합물, 비소 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 시안화물, 유기인화합물, 6가 크롬 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀류, 폴리크로리네이티드비페닐, 셀레늄 및 그 화합물, 벤젠, 사염화탄소, 디클로로메탄, 1,1-디클로로에틸렌

자료 : 수질환경보전법 시행규칙 [별표 2]

<표 A-4> 대기환경보전법상의 특정대기유해물질

특정대기유해물질 (25개 항목)
카드뮴 및 그 화합물, 시안화수소, 납 및 그 화합물, PCB, 크롬 화합물, 비소 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 프로필렌 옥사이드, 염소 및 염화수소, 불소화물, 석면, 니켈 및 그 화합물, 염화비닐, 디옥신, 페놀 및 그 화합물, 베릴륨 및 그 화합물, 벤젠, 사염화탄소, 이황화메틸, 아닐린, 클로로포름, 포름알데히드, 아세트알데히드, 벤지딘, 1-3 부타디엔

자료 : 대기환경보전법 시행규칙 [별표 2]

<표 A-5> 대기환경보전법상의 대기배출허용기준 항목

대기 배출허용기준 항목	
가스상 물질	암모니아, 염화수소, 염소, 일산화탄소, 황산화물, 질소산화물, 이황화탄소, 포름알데히드, 황화수소, 불소화물, 시안화수소, 브롬화합물, 벤젠화합물, 페놀화합물, 수은화합물, 비소화합물
입자상 물질	카드뮴 화합물, 납 화합물, 크롬 화합물, 구리 화합물, 니켈 화합물, 아연 화합물
약취(기기분석법)	암모니아, 메틸메르캅산, 황화수소, 황화메틸, 이황화메틸, 트리메틸아민, 아세트알데히드, 스티렌

자료 : 대기환경보전법 시행규칙 [별표 8]

<표 A-6> 토양환경보전법상의 토양오염물질 항목

토양오염물질
카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가 크롬, 유기인, PCB, 시안, 페놀류, 유류(동·식물성 제외), 기타 위 물질과 유사한 토양오염물질로서 토양오염의 방지를 위하여 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되어 환경부장관이 정하는 물질

자료 : 토양환경보전법 시행령 [별표 1]

<표 A-7> 토양환경보전법상의 토양오염검사항목

토양오염유발시설	검 사 항 목
1. 석유류의 제조 및 저장시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유류(동·식물성 제외)</li> <li>- 벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌(BTEX)</li> <li>- 석유계총탄화수소(TPH, 법 제12조의 규정에 의하여 조치명령을 받은 경우 또는 영 제8 조제3항제4호에 해당하는 경우에 한한다)</li> </ul>
2. 유독물의 제조 및 저장시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 카드뮴·구리·비소·수은·납·6가크롬·유기인화합물·폴리클로리네이티드비페닐·시안 및 페놀 등 해당항목</li> </ul>
3. 기타 위 유발시설과 유사한 시설로서 특별히 관리할 필요가 있다고 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상시설별로 관계중앙행정기관과 협의하여 고시한 검사항목</li> </ul>

자료 : 토양환경보전법 시행규칙 [별표 1]

<표 A-8> 토양환경보전법상의 토양오염우려기준 항목

토양오염우려기준 항목
카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가 크롬, 유기인, PCB, 시안, 페놀, 유류(벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌(BTEX), 석유계총탄화수소(TPH), 단 동·식물성 제외)

자료 : 토양환경보전법 시행규칙 [별표 2]

<표 A-9> 토양환경보전법상의 토양오염대책기준 항목

토양오염우려기준 항목
카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가 크롬, PCB, 시안, 페놀, 유류(벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌(BTEX), 석유계총탄화수소(TPH, 단 동·식물성 제외)

자료 : 토양환경보전법시행규칙 [별표 3]

<표 A-10> 폐기물관리법상 규제물질

<b>침출수의 배출허용기준</b>
페놀류, 시안, 크롬, 용해성 철, 아연, 구리, 카드뮴, 수은, 유기인, 비소, 납, 6가 크롬, 용해성망간, 플루오르(불소), PCB, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 음이온계면활성제
<b>매립시설주변의 지하수 수질 검사 기준항목</b>
카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, 페놀, 납, 6가크롬, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌
<b>매립시설주변의 해역 수질 검사 기준 항목</b>
6가 크롬, 비소, 카드뮴, 납, 아연, 구리, 시안, 유기인, 수은, PCB

자료 : 폐기물관리법 시행규칙 [별표 8]

지하수의수질보전등에관한규칙 [별표 3]

환경보전기본법 시행령 [별표 1]

<표 A-11> 지하수관리법상 규제물질

<b>음용수로 사용되는 지하수 규제물질</b>
납, , 불소, , 비소, 세레늄, 수은, 시안, 6가 크롬, 카드뮴, 페놀, 총 트리할로메탄, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온, 카바릴, 1.1.1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1.1-디클로로에틸렌, 사업화탄소, 과망간산칼륨소비량, 구리, 음이온계면활성제, 아연, 염소이온, 철 및 망간, 황산이온, 알루미늄
<b>생활용수 · 농업용수 · 공업용수로 사용하는 지하수 수질기준 항목</b>
카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, 페놀, 납, 6가크롬, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌

자료 : 지하수의수질보전등에관한규칙 [별표 3]

먹는물수질기준및검사등에관한규칙 [별표 1]

**【화학물질 자체의 유해성으로 인한 관리대상 물질】**

<표 A-12> 발암성물질

CAS No	발암물질목록	
	화학물질명	발암성 분류
NA	Arsenic acid and its salt	EEC-1
NA	Beryllium compounds with exceptions	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
NA	Chlorophenols	IARC-2B
NA	Chlorophenoxy herbicides	IARC-2B
NA	Ciclosporin	IARC-1
NA	Conjugated estrogens	IARC-1
NA	Dinitrotoluene(mix)	EPA-B2
NA	Glass wool	IARC-2B
NA	PBBs(59536-65-1)	NTP-b,IARC-2B
NA	Salt of benzidine(531-85-1,HCl)	EEC-1
NA	Salts of 2-naphthylamine	EEC-1
NA	Salts of 3,3'-dichlorobenzidine	NTP-b(-HCl),EEC-2
NA	Salts of 3,3'-dimethylbenzidine	EEC-2
NA	Salts of 4-aminobiphenyl	EEC-1
NA	Salts of aniline	EEC-3
NA	Salts of hydrazine	EEC-2
NA	salts of 4,4'-methylenebis(2-chloroaniline)	EEC-2
NA	Trichloromethine	IARC-2B
NA	Zinc chromate including zinc potassium	EEC-1
000050-00-0	Formaldehyde	EPA-B1,IARC-2A,EEC-3
000050-06-6	Phenobarbital	IARC-2B
000050-07-7	Mitomycin C	IARC-2B
000050-18-0	Cyclophosphamide	NTP-a,IARC-1
000050-29-3	DDT	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000050-32-8	Benzo[a]pyrene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000051-52-5	Propylthiouracil	NTP-b,IARC-2B
000051-79-6	Urethane	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000052-24-4	Thiotepa	IARC-1,NTP-b,
000053-16-7	Estrone	NTP-b,IARC-1
000053-70-3	Dibenzo(a,h)anthracene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000053-96-3	2-Acetylaminofluorene	NTP-b
000055-98-1	1,4-Butandiol dimethylsulfate	NTP-a,IARC-!
000056-04-2	Thiouracil	IARC-2B
000056-23-5	Carbon tetrachloride	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000056-38-2	Parathion	EPA-C,IARC-C
000056-53-1	Diethylstilbesterol	NTP-a,IARC-1
000056-55-3	Benzo[a]anthracene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000056-75-7	Chloramphenicol	IARC-2A
000057-14-7	N,N-Dimethylhydrazine	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000057-57-8	3-Propanolide	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000057-74-9	Chlordane	EPA-B2,IARC-2B,EEC-3
000057-83-0	Progesterone	NTP-b,IARC-2B
000060-09-3	4-Aminoazobenzene	IARC-2B,EEC-2
000060-11-7	4-Dimethylaminoazobenzene	IARC-2B
000060-35-5	Acetamide	IARC-2B,EEC-3
000060-57-1	Dieldrin	EPA-B2,EEC-3

(계속)

000061-82-5	Amitrole	NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000062-44-2	Phenacetin	NTP-b,IARC-2A
000062-50-0	Ethyl methanesulfonate	NTP-b,IARC-2B
000062-53-3	Aniline	EPA-B2,EEC-3
000062-55-5	Thioacetamide	NTP-b,IARC-2B
000062-56-6	Thiourea	NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000062-73-7	Dichlorvos	EPA-B2,IARC-2B
000062-75-9	N-Nitrosodimethylamine	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000063-92-3	Phenoxybenzeneamine hydrochloride	NTP-b,IARC-2B
000064-67-5	Diethylsulfate	NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000066-27-3	Methyl methanesulphonate	NTP-b,IARC-2B
000067-66-3	Chloroform	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000067-72-1	Hexachloroethane	EPA-C,IARC-C
000068-12-2	DMF	IARC-2B
000070-25-7	1-Methyl-3-nitro-1-nitroguanidine	NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000071-01-4	Vinyl chloride	NTP-a, IARC-1
000071-43-2	Benzene	EPA-A,NTP-a, IARC-1,EEC-1
000072-33-3	Mestranol	NTP-b,IARC-1
000072-54-8	p,p'-Dichlorodiphenyldichloroethane	IARC-2B
000072-55-9	p,p'-Dichlorodiphenyldichloroethylene	EPA-B2
000072-57-1	Tryphan blue	IARC-2B
000074-87-3	Methylchloride	EEC-3
000074-88-4	Methyliodide	EEC-3
000075-07-0	Acetaldehyde	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000075-09-2	Dichloromethane	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000075-21-8	Ethylene oxide(Oxirane)	NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000075-25-2	Bromoform	EPA-B2
000075-27-4	Bromodichloromethane	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B
000075-34-3	1,1-Dichloroethane	EPA-C
000075-35-4	1,1-Dichloroethylene	EPA-C
000075-55-8	2-Methylaziridine	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000075-56-9	Propylene oxide	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000076-01-7	Pentachloroethane	EEC-3
000076-44-8	Heptachlor	EPA-B2,IARC-2B,EEC-3
000077-78-1	Dimethylsulfate	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000078-46-9	2-Nitropropane	NTP-b,IARC-2B
000078-59-1	Isophrone	EPA-C
000079-00-5	1,1,2-Trichloroethane	EPA-C,IARC-C
000079-01-6	Trichloroethylene	EEC-3
000079-06-1	Acrylamide	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000079-34-5	1,1,2,2-Tetrachloroethane	EPA-C,IARC-C
000079-46-9	2-Nitropropane	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000081-07-2	Saccharin	NTP-b,IARC-2B

(계속)

000082-28-0	1-Amino-2-methyl anthraquinone	NTP-b
000085-68-7	Butylbenzyl phthalate	EPA-C,IARC-C
000086-88-4	Antu	EEC-3
000087-68-3	Hexachlorobutadiene	EPA-C,IARC-C
000088-06-2	2,4,6-Trichlorophenol	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000090-04-0	o-Anisidine	IARC-2B
000091-59-8	2-Naphthylamine	NTP-a,IARC-1,EEC-1
000091-94-1	3,3'-Dichlorobenzidine	EPA-B2,IARC-2B,EEC-2
000092-67-1	4-Aminobiphenyl	NTP-a,IARC-1,EEC-1
000092-87-5	Benzidine	EPA-A,NTP-a,IARC-1,EEC-1
000092-93-3	4-Nitrobiphenyl	EEC-2
000094-58-6	Dihydroxy safrol	IARC-2B
000094-59-7	Safrol	NTP-b,IARC-2B
000094-75-7	Daminozide	EEC-3
000094-75-7	Butylated hydroxy toluene(BHT)	IARC-2B
000095-06-7	Sulfallate	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000095-48-7	2-Methylphenol	EPA-C
000095-53-4	o-Toluidine	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000095-69-2	p-Chloro-o-toluidine	IARC-2A
000095-80-7	2,4-Diaminotoluene	NTP-b,IARC-2B
000095-83-0	4-Chloro-o-phenylenediamine	NTP-b,IARC-2B
000095-95-4	2,4,5-TCP	IARC-2B
000096-09-3	Styrene oxide	IARC-2A,EEC-2
000096-12-8	1,2-Dibromo-3-chloropropane	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000096-23-1	1,3-Dichloro-2-propanol	EEC-2
000096-45-7	Ethylenethiourea	NTP-b,IARC-2B
000097-56-3	o-Aminoazotoluene	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000098-07-7	Benzotrichloride	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B
000098-87-3	1,1-Dichlorotoluene	EEC-3
000099-44-7	Dimethylcarbamoylchloride	NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000100-42-5	Styrene	IARC-2B
000101-14-4	4,4'-Methylenebis(2-chloroaniline)	NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000101-61-1	4,4'-Methylenebis(N,N-dimethyl)aniline	EPA-B2,NTP-B
000101-77-9	4,4'-Methylenedianiline	IARC-2B,NTP-b
000101-80-4	4,4'-Oxydianiline	IARC-2B
000101-90-6	Diglycidyl resorcinol ether	NTP-b,IARC-2B
000103-23-1	Di(2-ethylhexyl)adipate	EPA-C,IARC-C
000103-33-3	Azobenzene	EPA-B2
000106-44-5	4-Methylphenol	EPA-C
000106-46-7	1,4-Dichlorobenzene	NTP-b,IARC-2B

(계속)

000106-49-0	p-Toluidine	EEC-2
000106-89-8	Epichlorohydrin	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000106-93-4	Ethylenedibromide	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000106-99-0	1,3-Butadiene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000107-02-8	Acrolein	EPA-C,IARC-C
000107-05-1	Allyl chloride	EPA-C,IARC-C
000107-06-2	Ethylenedichloride	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000107-13-1	Acrylonitrile	EPA-B1,NTP-b,IARC-2A,EEC-2
000107-30-2	Chloromethyl methyl ether	EPA-A,NTP-a,IARC-1,EEC-1
000108-39-4	3-Methylphenol	EPA-C
000111-44-4	Bis(chloroethyl) ether	EPA-B2
000115-02-6	Azaserine	IARC-2B
000115-28-6	Chlorendic acid	NTP-b,IARC-2B
000115-32-2	Dicofol	EPA-C,IARC-C
000116-16-5	Hexachlorobenzene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000117-10-2	1,8-Dihydroxyanthraquinone	IARC-2B
000117-79-3	2-aminoanthraquinone	NTP-b
000117-81-7	Di(2-ethylhexyl)phthalate	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B
000118-96-7	2,4,6-Trinitrotoluene	EPA-C
000119-90-4	3,3'-Dimethoxybenzidine	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000119-93-7	3,3'-Dimethylbenzidine	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000120-71-8	p-Cresidine	NTP-b,IARC-2B
e 000121-82-4	Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine	EPA-C
000122-34-9	Simazine	EEC-3
000122-60-1	Phenylglycidyl ether	IARC-2B
000122-66-7	1,2-Diphenylhydrazine	EPA-B2
000122-66-7	Hydrazobenzene	EPA-b,NTP-b
000123-91-1	1,4-Dioxane	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000124-36-4	Cadmiun sulfate	EEC-2
000124-48-1	Dibromochloromethane	EPA-C
000126-07-8	Griseofulvin	IARC-2B
000126-72-7	Tris(2,3-dibromopropyl)phosphate	NTP-b,IARC-2A
000127-18-4	Tetrachlorethylene	NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000132-27-4	Sodium o-phenyl phenate	IARC-2B
000133-06-2	Captan	EEC-3
000133-07-3	Folfet	EPA-B2,EEC-3

(계속)

000134-29-2	o-Anisidine hydrochloride	NTP-b
000135-20-6	Cupferron	NTP-b
000139-13-9	Nitrilotriacetic acid	NTP-b,IARC-2B
000139-40-9	Propazine	EEC-3
000139-65-1	4,4'-Thiodianiline	IARC-2B
000140-45-0	Monuron-TCA	EEC-3
000140-88-5	Ethylacrylate	NTP-b,IARC-2B
000143-50-0	Chlordecone	NTP-b,IARC-2B,EEC-3
000148-82-3	Melphalan	NTP-a,IARC-1
000150-68-5	Monuron	EEC-3
000151-56-4	Ethyleneimine	EEC-2
000205-99-2	Benzo[b]fluoranthene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000218-01-9	Chrysene	EPA-B2
000302-01-2	Hydrazine	IARC-2B,EEC-2
000305-03-3	Chlorambusil	NTP-a,IARC-1
000309-00-2	Aldrin	EPA-B2,EEC-3
000315-22-0	Monocrotaline	IARC-2B
000319-84-6	Alpha-BHC	IARC-2B
000319-85-7	Beta-BHC	EPA-C
000320-67-2	Azacitidine	IARC-2A
000334-88-3	Diazomethane	EEC-2
000434-07-1	Oxymetholone	NTP-b
000446-86-6	Azathioprin	NTP-a,IARC-1
000446-86-6	Azathioparine	NTP-a,IARC-2A
000492-80-8	Auramine	IARC-2B
000494-03-1	Chlornaphazine	IARC-1
000505-60-2	Mustard gas	NTP-a,IARC-1
000513-37-1	Dimethylvinylchloride	NTP-b
000540-73-8	1,2-Dimethylhydrazine	IARC-2B,EEC-2
000542-75-6	1,3-Dichloroprepene	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B
000542-88-1	Bis(chloromethyl) ether	EPA-A,NTP-a,IARC-1,EEC-1
000563-47-3	2-Chloro-2-methyl propene	NTP-b
000569-61-9	C.I. Basic red hydrochloride	NTP-b
000581-89-5	2-Nitronaphthalene	EEC-2
000584-84-9	Toluene-2,4-diisocyanate	NTP-b,IARC-2B
000592-62-1	Methylazoxy methanol acetate	EEC-2
000593-60-2	Vinyl bromide	IARC-2A
000602-87-9	5-Nitroacenaphthalene	IARC-2B,EEC-2

(계속)

000608-73-1	HCH	EEC-3
000613-35-4	N,N'-Diacetylbenzidine	IARC-2B
000615-05-4	2,4-Diaminoanisole	IARC-2B
000630-20-6	1,1,1,2-Tetrachloroethane	EPA-C,IARC-C
000680-31-9	Hexamethyl phosphoroamide	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
000765-34-4	Glycidaldehyde	EPA-B2,IARC-2B
000838-88-0	4,4'-Methylenebis(2-methylaniline)	IARC-2B,EEC-2
000950-37-8	Methidathion	EPA-C
001024-57-3	Hep. epoxide	EPA-B2,EEC-3
001116-54-7	N-Nitrosodiethanolamine	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-2
001120-71-4	1,3-Propanesultone	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
001163-19-5	Decabromodiphenyl ether	EPA-C,IARC-C
001213-73-9	Crotonaldehyde	EPA-C
001303-28-2	Arsenic pentoxide; arsenic oxide	EEC-1
001306-19-0	Cadmium oxide	EEC-2
001306-23-6	Cadmium sulphide	EEC-3
001309-64-4	Antimony trioxide	IARC-2B,EEC-3
001313-99-1	Nickel monoxide	EEC-1
001314-06-3	Dinickel trioxide	EEC-1
001327-53-3	Arsenic trioxide	EEC-1
001332-21-4	Asbestos	EPA-A, NTP-a, IARC-1,EEC-1
001335-32-6	Lead acetate	EEC-3
001336-36-3	PCBs	EPA-B2,NTP-b,IARC-2A
001402-68-2	Aflatoxin	NTP-a, IARC-1
001464-53-5	Diepoxybutane	NTP-b,IARC-2B
001582-09-8	Trifluralin	EPA-C
001615-80-1	1,2-Diethylhydrazine	IARC-2B
001694-09-3	Benzyl violet 4B	IARC-2B,EEC-3
001746-01-6	2,3,7,8-TCDD	NTP-b,IARC-2B
001836-75-5	Nitrofen	NTP-b,IARC-2B,EEC-2
001897-45-6	Chlorothalonil	EEC-3
001910-42-5	Paraquat	EPA-C
001912-24-9	Atrazine	IARC-2B,EEC-3
001937-37-7	Direct black 38	NTP-b,IARC-2A
002122-19-2	Propylenethiourea	EEC-3
002243-62-1	1,5-Naphthalenediamine	EEC-3
002303-16-4	Di-allate	EEC-3
002385-85-5	Mirex	NTP-b,IARC-2B
002425-06-1	Captafol	IARC-2A,EEC-2
002475-45-8	Disperse blue 1	IARC-2B

(계속)

002604-46-2	Direct Blue 6	NTP-b,IARC-2A
003068-88-0	Beta-butyrolactone	IARC-2B
003333-67-3	Nickel carbonate	EEC-3
003697-24-3	5-Methyl chrysene	NTP-b,IARC-2B
004342-03-4	Decarbazine	NTP-b,IARC-2B
006164-98-3	Chlordimeform	EEC-3
006358-53-8	Citrus red No 2	IARC-2B
006804-07-5	Carbadox	EEC-2
007440-02-0	Nickel	IARC-2B,EEC-3
007446-34-6	Selenium sulfide	EPA-B2,NTP-b
007572-29-4	Dichloroacetylene	EEC-3
007758-01-2	Potassium bromate	IARC-2B,EEC-2
007758-97-6	Lead chromate	EEC-3
007786-81-4	Nickel sulphate	EEC-3
007789-06-2	Strontium chromate	EEC-2
008001-35-2	Camphechlor	EPA-B2,NTP-b,IARC-2B,EEC-3
008001-58-9	Cresote	EPA-B1,IARC-2A
008006-61-9	Gasoline	IARC-2B
008007-45-3	Coal tars	IARC-1
010108-64-2	Cadmiun chloride	EEC-2
012035-36-8	Nickel dioxide	EEC-1
012035-72-2	Nickel subsulphide	EPA-A,EEC-1
012054-48-7	Nickel dihydroxide	EEC-3
013360-57-1	Dimethylsulfamoylchloride	EEC-2
013463-39-3	Nickel tetracarbonyl	EPA-B2,EEC-3
013463-39-3	Nickel carbonyl	EPA-B2
013552-44-8	4,4'-Methylenedianiline hydrochloride	IARC-2B,NTP-b
013765-19-0	Calcium chromate	EEC-2
013909-09-6	Methyl-CCNU	NTP-a,IARC-1
015159-40-7	Morpholine-4-carbonyl chloride	EEC-3
015663-27-1	Cisplatin	NTP-b,IARC-2A
016071-86-6	C.I. Direct brown 95	EEC-2
016071-86-6	Direct brown 95	IARC-2A
016812-54-7	Nickel sulphide	EEC-1
019044-88-3	Oryzalin	EPA-C
019408-74-3	HDD	EPA-B2
019750-95-9	Chlordimeform hydrochloride	EEC-3
020830-81-3	Daunomycin	IARC-2B
024613-89-6	Chromium chromate	EEC-2
025013-16-5	Butylated hydroxyanisole(BHA)	NTP-b,IARC-2B
er 028434-86-8	3,3'-Dichloro-4,4'-diaminodiphenyl ether	IARC-2B

(계속)

030560-19-1	Acephate	EPA-C
034123-59-6	Isoproturon	EEC-3
039148-24-8	Fosetyl-Al	EPA-C
039156-41-7	2,4-Diaminoanisoole sulfate	NTP-b
051218-45-2	Metolachlor	EPA-C
054749-90-5	Chlorozotocin	IARC-2A
055290-64-7	Dimethipin	EPA-C
060568-05-0	Furmecycloz	EPA-B2,EEC-3
063449-39-8	Chlorinated paraffins	NTP-b,IARC-2B
066733-21-9	Erionite	NTP-a,IARC-1,EEC-1
067747-09-5	Prochloraz	EPA-C
072178-02-0	Fomesafen	EPA-C

주) 1. EPA : Environmental Protection Agency(USA)

- " - A: 인체에 대해 발암성이 있는 물질
- " - B1: 인체에 대해 제한된 발암영향을 나타내는 물질
- " - B2: 동물에서의 충분한 증거와 인간에의 부적절한 증거 또는 증거가 없음을 나타내는 물질
- " - C: 인체발암성물질인지 여부가 알려지지 않은 물질

2. NTP : National Toxicology Program(USA)

- " - a: 발암성으로 알려진 물질(Known to be carcinogen)
- " - b: 합리적으로 발암성이 기대되는 물질(Reasonably anticipated to be carcinogens)

3. IARC : International Agency for Research on Cancer(WHO)

- " - 1: 인체에 대해 발암성이 있는 물질
- " - 2A: 인체에 대해 발암가능성이 있는 물질
- " - 2B: 인체에 대해 발암성이 있을 수도 있는 물질
- " - C: 인체에 대한 발암성으로 분류가 안되는 경우로 기타 어느 그룹에도 해당되지 않는 물질

4. EEC : European Economy Community(EU)

- " - 1(제1범주): 인간에게 발암성으로 알려진 물질
- " - 2(제2범주): 인간에게 발암성이 있는 것으로 간주되는 물질
- " - 3(제3범주): 증거가 불충분하나, 발암 가능한 영향으로 인해 인간에게 우려를 일으킬 수 있는 물질

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

&lt;표 A-13&gt; 내분비계 장애물질목록

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
1,2-dibromo-3-chloropropane (살선충제)	○			
2,4,5-T (제초제)	○	○		○
2,4-D (제초제)	○	○	○	○
2,4-dichlorophenol	○	○		○
2-hydroxyestradiol	○			
2-octylphenol	○			
2- <i>t</i> -butylphenol	○			
3- <i>t</i> -butylphenol	○			
4,4'-dihydroxybiphenyl	○			
4-dodecylphenol	○			
4- <i>n</i> -butylphenol	○			
4-nitrotoluene		○		○
4-nonylphenol	○			
4-propylphenol	○			
4- <i>sec</i> -butylphenol	○			
4- <i>t</i> -octylphenol	○			
4- <i>t</i> -pentylphenol	○			
6-bromonaphthol-2	○			
acenaphthene			○	
alachlor(Lasso) (제초제)	○	○	○	○
aldicarb (살선충제)	○	○		○
aldrin (살충제)	○		○	
alkylphenol	○	○		
alkylphenol ethoxylates	○			
alkylphenol ethoxylates	○			
allethrin			○	
alpha-BHC			○	
amitrole (제초제)	○	○		○
anthracene			○	
arsenic			○	
atrazine (제초제)	○	○	○	○
azadirachtin (살충제)	○			

(계속)

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
benomyl (살균제)	○	○		○
benzo(a)anthracene			○	
benzo(a)pyrene	○	○	○	○
benzo(b)fluoranthene			○	
benzo(k)fluoranthene			○	
benzophenone	○	○		○
beta-BHC			○	
beta-HCH		○		
beta-hexachlorocyclohexane (살충제)	○			○
BHA (butylated hydroxyanisole) enterolactone, equol	○		○	
biochanin A	○			
bisphenol A	○	○	○	○
buthylated hydroxytoluene			○	
butylbenzyl phthalate(BBP)	○	○	○	○
cadmium,	○		○	○
camphechlor (살충제)	○			
carbaryl (살충제)	○	○		○
carbendazim (살균제)	○			
centchroman	○			
chlordanes (살충제)	○	○	○	○
chlordecon (살충제)	○			
chlorobenzenes	○			
chlorophenate	○			
chlorothalonil			○	
chlorpropham (제초제)	○			
chlorpyrifos			○	
chrysene			○	
clofentezine (제초제)	○			
copper			○	
coumestrol	○			
cyanazine (제초제)	○			
cyhexantin			○	
cypermethrin (살충제)	○	○		○

(계속)

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
daidzein	○			
DBCP		○		○
DDD (살충제)	○	○	○	
DDE (살충제)	○	○	○	
DDT (살충제)	○	○	○	○
DEHP		○		○
DES(diethylstilbestrol)	○			
di(2-ethylhexyl) phthalate	○			
di-n-butyl phthalate(DBP)	○	○		○
di-n-hexyl phthalate(DHP)	○	○		○
di-n-pentyl phthalate(DPP)	○	○		○
di-n-propyl phthalate(DprP)	○	○		○
dibromoacetic acid	○			
dibutyl phthalate			○	
dichlorovos (살충제)	○			
dicofol(kelthane) (살충제)	○	○		○
dicyclohexylphthalate(DCHP)	○	○		○
dieldrin (살충제)	○	○	○	○
diethyl phthalate(DEP)	○	○		○
diethylhexyl adipate(DEHA)	○	○		○
diflubenzuron (살충제)	○			
dimethyl mercury			○	
dinoseb (제초제)	○			
dioxin	○	○		○
endosulfan (살충제)	○	○	○	○
endrin (살충제)	○		○	○
esfenvalerate (살충제)	○	○		○
estradiol	○			
ethiozin (제초제)	○			
ethylene dibromide (살균제)	○			
ethylene thiourea(ETU) (살균제)	○			
ethylenebisdithiocarbamate (살균제) (mancozeb, maneb, metiram, zineb)	○			
ethylparathion		○		○
ethynylestradiol	○			

(계속)

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
fenoxycarb (살충제)	○			
fenvalerate (살충제)	○	○		○
fluazifop-butyl (제초제)	○			
formononetin	○			
furan	○	○		○
genistein	○			
h-epoxide				○
HCB		○		
heavy metal				○
heptachlor (살충제)	○	○	○	○
heptachlor epoxide (살충제)	○	○		
hexachlorobenzene	○	○		○
hexaconazole (살균제)	○			
hexestrol	○			
indeno(1,2,3-cd)pyrene			○	
ioxynil (제초제)	○			
iprodione (살균제)	○			
kelthane				○
kepone	○	○		○
lead	○		○	○
lindane (살충제)	○	○	○	○
linuron (제초제)	○			
malathion (살충제)	○	○		○
mancozeb		○		○
maneb		○		
manganese)			○	
mercury,	○		○	○
methomyl (살충제)	○	○		○
methoxychlor (살충제)	○	○		○
methyl parathion (살충제)	○			
metiram		○		○
metolachlor			○	
metribuzin (제초제)	○	○		○
mirex (살충제)	○	○		○
molinate (제초제)	○			

(계속)

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
n-butylbenzene		○		○
nitrofen (제초제)	○	○		○
nonylphenol	○			
nonylphenol ethoxylates	○			
octachlorostyrene	○	○		○
octylphenol	○			
octylphenol ethoxylates	○			
oryzalin (제초제)	○			
oxychlorane (살충제)	○	○	○	○
oxydemeton-methyl (살충제)	○			
p-nonylphenol			○	
p-octylphenol	○			
para-nitrotoluene	○			
parathion(ethyl phrathion) (살충제)	○			
PBB	○	○		○
PCBs			○	
PCBs	○	○	○	○
PCDD	○			
PCDF	○			
PCP		○		
pendimethalin (제초제)	○			
pentachloronitrobenzene(PCNB) (살균제)	○		○	
Pentachloronitrobenzene			○	
pentachlorophenol	○	○	○	○
pentachlorophenol			○	
permethrin (살충제)	○	○	○	○
phenanthrene			○	
phenylphenol (살균제)	○			
phthalates				○
phytoestrogens	○			
procymidone (살균제)	○			
pronamide (제초제)	○			
pyrene			○	
pyrimidine carbionol family (살충제)	○			
raloxifene	○			

(계속)

물 질	일 본	한 국	미 국	WWF
simazine (제초제)	○		○	
styrene dimers and trimers	○	○		○
synthetic pyrethroids (살충제)	○			○
tamoxifen	○			
TBTO		○		
TCDD	○			
TCDF	○			
tin			○	
toxaphene	○	○		○
trans-nonachlor (살충제)	○	○	○	○
tributyltin compound	○	○	○	
tributyltin oxide	○			○
trifluralin (제초제)	○	○	○	○
triforine (살균제)	○			
triphenyltin acetate			○	
triphenyltin hydroxide			○	
vinclozoline(dicarboximides) (살균제)	○	○	○	○
zineb		○		○
ziram (살균제)	○	○		○

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

<표 A-14> 미국과 캐나다의 우선(priority) PBT 물질

우선 PBT 물질 (level 1)
1. 수은, 2. PCDD(Dioxins) & PCDF(Furans), 3. PCBs, 4. Chlordane, 5. DDT, DDP, DDE, 6. Aldrin/Dieldrin, 7. Mirex, 8. Toxaphene, 9. Alkyl-Lead, 10. Haxachlorobenzene, 11. Benzo(a)pyrene, 12. Octochlorostyrene(OCS)

자료 : <http://www.epa.gov/>

<표 A-15> UNEP의 POPs 물질

POPs 물질
1. DDT, 2. Aldrin, 3. Dieldrin, 4. Endrin, 5. Chlordane, 6. Heptachlor, 7. Hexachlorobenzene, 8. Mirex, 9. Toxaphene, 10. PCBs, 11. Dioxins, 12. Furans

자료 : <http://www.unep.org/>

<표 A-16> 오존층 파괴 물질

오존층 파괴 물질
일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO <sub>2</sub> ), 할론계 화합물(3종), 일산화질소(NO) 사염화탄소(CCl <sub>4</sub> ), CFCs(CFC-11(CFCl <sub>3</sub> ), CFC-12(CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ), CFC-113(C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> ), CFC-114(C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> ), CH <sub>3</sub> Cl, CFC-22(CHF <sub>2</sub> Cl), CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> , CFC-21(CHFCl) 포함 10 종), HCFC(HCFC-22 포함 34종), HBFC 34종, 메틸클로로포름, 메틸브로마이드, BCM(브로모클로로메탄) 등 총 96종

- 자료 : 1. 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, 1994, 에너지경제연구원  
 2. <http://www.me.go.kr/>

<표 A-17> 지구온난화 유발 물질

지구온난화 유발물질
이산화탄소(CO <sub>2</sub> ), 메탄(CH <sub>4</sub> ), 아산화질소(N <sub>2</sub> O), CFC 대체물질(HFC, PFC, SF <sub>6</sub> )

- 자료 : 1. 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, 1994, 에너지경제연구원  
 2. <http://www.me.go.kr/>

<표 A-18> 우리 나라가 수행할 OECD SIDS사업 대상물질

CAS No	물 질 명	주 용 도	국내생산량 (톤/년)
7758-94-3	Iron(II)chloride	응집제	67,871
10101-41-4	Calcium sulfate, dihydrate	부형제 (석고, 타일)	31,062
98-59-9	p-Toluenesulfonyl chloride	염료중간체	8,333
89-04-3	Triooctyl-1,2,4-benzenetricarboxylate	가소제, 도료용	6,269
7681-57-4	Sodium metabisulfite	환원제	4,115
103-84-4	N-acetyl aniline	벤젠류	2,061
94-36-0	Benzoyl peroxide	중합촉매	1,804

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

<표 A-19> OECD SIDS 수행현황: SIAR(SIDS Initial Assessment Report) 검토중인 물질목록

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	P-SIDS
67-64-1	Acetone	미국	95/08	SIAM-7	
75-54-7	Dichloromethylsilane	프랑스	90/04	SIAM-1	
75-56-9	Oxirane,methyl-	영국 EU*	95/08	SIAM-6	
75-77-4	Chlorotrimethylsilane	미국	90/04	SIAM-1	
75-78-5	Dichlorodimethylsilane	프랑스	90/04	SIAM-1	
75-79-6	Trichloronethylsilane	프랑스	90/04	SIAM-1	
77-78-1	Sulfuric acid,dimethyl ester	네덜란드 EU	94/08	SIAM-7	yes
79-00-5	Ethane,1,1,2-trichloro-	일본	93/10	SIAM-8	
79-06-1	Acrylamide	영국 EU	93/10	SIAM-5	
79-10-7	Acrylic acid	독일 EU	93/10	SIAM-7	
79-20-9	Methyl acetate	독일 EU	93/10	SIAM-8	yes
79-4-14	Methacrylic acid	독일 EU	93/10	SIAM-5	
80-62-6	Methyl methacrylate	독일 EU	93/10	SIAM-7	
84-74-2	Dibutyl phthalate	네덜란드 EU	93/10	SIAM-6	
88-12-0	N-Vinyl-pyrrolidinone	호주+영국 EU	95/08	SIAM-8	
90-04-0	Aniline,2-methoxy-	오스트리아	95/08	SIAM-7	
98-54-4	p-t-Butyl phenol	일본	93/10	SIAM-7	
100-2-1-0	Terephthalic acid	이탈리아+미국	91/09	SIAM-3	
101-72-4	1,4-Benzenediamine,N-(1-	영국	91/12	SIAM-6	
101-77-9	Aniline,4,4'-methylenebis-	독일 EU	93/10	SIAM-6	
103-23-1	Di-(2-ethylhexyl)adipate	미국	93/10	SIAM-8	
106-46-7	p-Dichlorobenzene	프랑스 EU	93/10	SIAM-6	
107-02-8	Acrolein	네덜란드 EU	93/10	SIAM-7	
108-44-1	m-Toluidine	일본	91/12	SIAM-4	
110-27-0	iso-Propylmyristate	독일	91/12	SIAM-7	
110-65-6	2-Butyne-1,4-diol	독일 EU	93/10	SIAM-5+8	yes
110-82-7	Cyclohexane	프랑스 EU+미국	93/10	SIAM-4	yes
111-66-0	1-Octene	미국	91/09	SIAM-6	
111-77-3	2-(2-methoxyethoxy)ethanol	네덜란드 EU	93/10	SIAM-4	
112-18-5	N-N Dimethyldodecylamine	독일	91/09	SIAM-8	yes
112-41-4	1-Dodecene	미국	91/09	SIAM-6	
115-11-7	iso-Butylene 2-Methylpropene	프랑스	91/12	SIAM-2	
116-15-4	1-Propene,hexafluoro	이탈리아+미국	90/04,91/12	SIAM-8	
120-61-6	Dimethyl terephthalate	이탈리아+미국	91/09	SIAM-3	
120-78-5	Benzthiazole disulfide	독일	91/12	SIAM-5	
123-91-1	1,4-Dioxane	호주+네덜란드 EU	95/08	SIAM-7	
127-19-5	Dimethylacetamide	이탈리아	91/12	SIAM-3	
141-97-9	Ethylacetoacetate	독일 EU	93/10	SIAM-6+8	
592-41-6	1-Hexene	미국	91/09	SIAM-6	

872-05-9	1-Decene	필란드+미국	90/04,91/09	SIAM-6	
1120-36-1	1-Tetradecene	미국	91/09	SIAM-6	
4259-15-8	Zn,dithio phosphate,bis(2-	미국	91/09	SIAM-6	
4979-32-2	N,N-Dicvdohexyl-2-	일본	91/12	SIAM-4	
5160-02-1	Pigment Red53,bariumsalt(2:1)	독일	91/12	SIAM-6+8	
5392-40-5	Citral	일본	91/12	SIAM-6	
6386-38-5	Metilox	스위스	90/04	SIAM-1+2	
7664-39-3	Hydrofluoric acid	네덜란드 EU	93/10	SIAM-4+5	yes
25154-52-3	Nonyl phenol	영국 EU	91/50	SIAM-6	yes
28629-66-5	Zn,dithio phosphate bis(iso-octyl)	미국	91/09	SIAM-6	
84852-15-3	phenol,4-nonyl,-branched	영국 EU	95/08	SIAM-6	yes
85-68-7	Butylbenzyl phthalate	캐나다+노르웨이 EU	96/01,97/04	SIAM-7	

<표 II-20> OECD SIDS 수행현황 : 시험이 수행중인 물질목록

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	SIAM	P-SIDS
60-00-4	EDTA	독일 EU	93/10		
64-02-8	Tetrasodium EDTA	독일 EU	93/10		
89-83-8	Thymol	일본	93/10		
90-02-8	o-Hydroxybenzaldehyde	일본	93/10		
92-70-6	2-Hydroxy-3-napthoic acid	독일	91/12		
95-76-1	Aniline,3,4-dichloro-	독일 EU	93/10		
95-80-7	2,4-Toluenediamine	독일 EU	93/10		
98-08-8	Benzene,(trifluoromethyl)-	일본	93/10		
100-41-4	Benzene,ethyl-	미국+독일 EU	93/10		
101-68-8	4,4'-M.D.I.	미국	93/10		
103-11-7	2-Ethylhexyl acrylate	독일 EU	93/10		
107-22-2	Glyoxal	프랑스	91/12		
108-05-4	Vinyl acetate	미국+독일 EU	93/10		
108-95-2	Phenol	독일 EU	93/10		
109-55-7	1-Amino-3-dimethylamino propane	독일	91/09		
110-02-1	Thiophene	일본	93/10		
111-82-0	Dodecanoic acid, methyl ester	일본	93/10		
123-77-3	Diazenedicarboxamide	독일+일본	91/12		
135-19-3	2-Napththol	독일	91/12		
149-57-5	Hexanoic acid,2-ethyl-	미국+스웨덴	91/09		
556-67-2	Cyclotetrasiloxane,octamethyl-(OMC TS)	미국	90/04		
590-86-3	Butanal,3-methyl-	독일	91/09		
760-23-6	1-Butene,3,4-dichloro	일본	93/10		
923-26-2	2-hyoxypropyl methacrylate	일본	93/10		
1120-21-4	n-Undecane	일본	93/10		
1163-19-5	D-pentabromobenzene ether	(프랑스+영국): EU	93/10		
1308-06-1	Cobalt oxide(Co3O4)	벨기에	91/12		
1338-46-1	Sorbitan,monoctadecanoate	일본	93/10		
1634-04-4	Methyl t-butyl ether	필란드+EU	97/04		
1854-26-8	2-Imidazolidinone,4,5-dihydroxy-1,3-	독일	91/12		
3039-83-6	Ethenesulfonic acid, sodium salt	벨기에	91/09		
25637-99-4	Cyclododecane,hexabromo-	스웨덴	95/08		
32534-81-9	Pentabromo biphenyl ether	영국	95/08		
32536-52-0	Octabromobenzene ether deriv.	(프랑스+영국): EU	93/10		

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

<표 A-21> OECD SIDS 수행현황 : 정보수집 및 자료검토중인 물질목록

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	P-SIDS
67-66-3	Chloroform	프랑스 EU	95/08		
71-23-8	Propyl alcohol	독일 EU	95/08		
71-36-3	n-Butanol	미국	93/10		
75-45-6	Methane, chlorodifluoro-	이탈리아 EU	95/08		
78-67-1	2,2'-Azobis (2-methylpropanenitrile)	일본	95/08		
78-83-1	iso-Butanol	미국	93/10		
80-05-7	Bisphenol	영국 EU	97/04		
95-31-8	N-tert-Butyl-2-benzothiazosulfenamide	일본	95/08		
95-33-0	N-Cyclohexyl-2-benzothiazolsulfenamide	일본+독일 EU	95/08		
98-01-1	2-Furaldehyde	네덜란드 EU	95/08		
99-96-7	4-Hydroxybenzoic acid	일본	95/08		
100-97-0	1,3..5,7-Tetraazatricyclo(3.3.1.13,7)decane	독일 EU	95/08		
106-91-2	Glycidyl methacrylate	일본+미국	95/08		
108-80-5	Isocyanuric acid	일본	95/08		
108-88-3	Toluene	독일 EU	95/08		
109-66-0	Pentane	노르웨이 EU	95/08		
109-99-9	Tetrahydrofuran	미국	95/08		
110-63-4	1,4-Butanediol	일본	95/08		
110-80-5	Ethanol,2-ethoxy-	독일 EU	95/08		
110-85-0	Piperazine	스웨덴 EU	93/10,97/04		
111-15-9	2-Ethoxyethanol acetate	독일 EU	95/08		
115-95-7	Dehydrolinalool, acetate	스위스	95/08		
115-96-8	Ethanol,2-chloro-,phosphate(3:1)	독일 EU	95/08		
120-82-1	Benzene,1,2,4,trichloro	덴마크 EU	95/08		
121-69-7	N,N-Dimethylaniline	미국	95/08		
123-30-8	4-Aminophenol	일본	95/08		
123-42-2	Diacetone alcohol	일본	95/08		
123-86-4	Butyl acetate	미국	95/08		
124-18-5	n-Decane	이탈리아	91/09		
141-78-6	Ethyl acetate	미국	95/08		
557-05-1	Stearic acid,zinc salt	네덜란드 EU	95/08		
629-59-4	Tetradecane	이탈리아	91/09		
840-65-3	D i m e t h y l 2,6-naphthalenedicarboxylate	일본	95/08		
868-77-9	2-Hydroxyethyl methacrylate	일본	95/08		

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	P-SIDS
1313-99-1	Nickel(II)oxide	캐나다	93/10		
1314-13-2	Zinc oxide	네덜란드 EU	95/08		
2439-35-2	2-(Dimethylamino)ethyl acrylate	일본	95/08		
2524-03-0	Dimethyl chlorothiophosphate	미국	91/09		
2524-04-1	Diethyl chlorothiophosphate	미국	91/09		
3048-65-5	1H-Indene ,3a,4,7,7a-tetrahydro	일본	95/08		
3452-97-9	3,5,5-Trimethylhexan-1-d	일본	95/08		
4457-71-0	3-Methyl-1,5-pentanediol	일본	95/08		
7440-66-6	Zinc	네덜란드 EU	95/08		
7646-85-7	Zinc chloride	네덜란드 EU	95/08		
7681-52-9	Sodium hypochlorite	이탈리아 EU	95/08		
7733-02-0	Zinc sulfate	네덜란드 EU	95/08		
7779-90-0	Zinc orthophosphate	네덜란드 EU	95/08		
11070-44-3	1,3-Isobenzofurandione,tetrahydromethyl	일본	95/08		
25167-70-8	Pentene,2,4,4-trimethyl	독일 EU	95/08		
26761-40-0	Phthalic acid,diisodecyl ester	프랑스 EU+미국	95/08,97/04		
28553-12-0	Phthalic acid,diisodecyl ester	프랑스 EU	95/08		
61790-33-8	Amines,tallow alkyl	독일 EU	95/08		
68515-48-0	1,2-Benzenedicarboxylic acid,di-C-10	프랑스 EU	95/08		
68515-49-1	1,2-Benzenedicarboxylic acid,di-C-11	프랑스 EU	95/08		
108-77-0	Cyanuric chloride	중국	96/02		
75-07-0	Acetaldehyde	캐나다	96/01		
75-15-0	Carbon disulfide	캐나다	96/01		
75-21-8	Ethylene oxide	캐나다	96/01		
87-68-3	Hexachlorobutadiene	캐나다	96/01		
109-86-4	2-Methoxyethanol	캐나다	96/01		
576-26-1	2,6-Dimethylphenol	미국	95/08		
77-85-0	1,1,1-Tris(hydroxymethyl)ethane	일본	97/04		
96-29-7	2-Butanone oxime	일본+미국	97/04		
102-76-1	Triacetin	일본	97/04		
105-16-8	2-(Diethylamino)ethyl methacrylate	일본	97/04		
108-65-6	1-Methoxy-2-propanol acetate	일본	97/04		
112-85-6	Docosanoic acid	일본	97/04		
119-06-2	Ditridecyl phthalate	일본	97/04		

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	SIAM	P-SIDS
121-03-9	2-Methyl-5-nitrobenzenesulfonic acid	일본	97/04		
461-58-5	Cyanoguanidine	일본	97/04		
688-84-6	2-Ethylhexyl methacrylate	일본	97/04		
1321-74-0	Divinylbenzene	일본	97/04		
2403-88-5	2,2,6,6-Tetramethyl-4-hydroxypiperidine	일본	97/04		
2867-47-2	2-(Dimethylamino)ethyl methacrylate	일본	97/04		
3319-31-1	Tris(2-ethylhexyl)-1,2,4-benzene	일본	97/04		
17095-24-8	Remazol Black B	일본	97/04		
11138-47-9	Perboric acid sodium salt	오스트리아 EU	97/04		
1306-19-0	Cadmium oxide	벨기에 EU	97/04		
7440-43-9	Cadmium	벨기에 EU	97/04		
98-95-3	Nitrobenzene	독일 EU	97/04		
122-39-4	Diphenylamine	독일EU	97/04		
5064-31-3	Trisodium nitrilotriacetate	독일EU	97/04		
10039-54-0	Bis(hydroxylammonium)sulphate	독일EU	97/04		
15096-52-3	Trisodiumhexafluoroaluminate(crystal)	독일EU	97/04		
30899-19-5	Pentanol	독일EU	97/04		
7440-02-0	Nickel	덴마크EU	97/04		
7786-81-4	Nickel sulfate	덴마크EU	97/04		
3033-77-0	2,3-Epoxypropyl trimethyl ammonium	필란드EU	97/04		
3327-22-8	3-Ci-2-hydroxypropyl trimethylammonium	필란드EU	97/04		
120-12-7	Anthracene	그리스EU	97/04		
7782-50-5	Chlorine	이탈리아EU	97/04		
81-14-1	4-t-butyl-2,6-dimethyl-3,5-	네데란드EU	97/04		
81-15-2	5-t-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene	네델란드EU	97/04		
65996-93-2	Pitch, coal tar, high-temp	네델란드EU	97/04		
1333-82-0	Chromium trioxide	영국EU	97/04		
7775-11-3	Sodium chromate	영국EU	97/04		
7778-50-9	Potassium dichromate	영국EU	97/04		
7789-09-5	Ammonium dichromate	영국EU	97/04		
10588-01-9	Sodium dichromate	영국EU	97/04		
85535-85-9	Alkanes,C14-17,chloro	영국EU	97/04		
97-88-1	Butyl methacrylate	일본	97/04		
79-50-5	2(3H)=Fuanone,dihydro-3-hydraxy-4,4-	스위스	97/04		
74-83-9	Methyl bromide	미국	97/04		

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업수행일	SIAM	P-SIDS
98-86-2	Acetophenone	미국	97/04		
106-50-3	Phenylenediamine,para-	미국	97/04		
107-98-2	1-Methoxy-2-propanol	미국	97/04		
126-73-8	Tributyl phoshate	미국	97/04		
141-43-5	Ethandamine	미국	97/04		
688-63-7	n-Amyl acetate	미국	97/04		
1675-54-3	Bisphenol A diglycidyl ether	미국	97/04		
2451-62-9	Triglycidyl isocyanurate	미국	97/04		
2807-30-9	2-Propoxyethanol	미국	97/04		
25265-71-8	Dipropylene glycol	미국	97/04		
1322-98-1	Benzenesulfonic acid, decyl-,Na salt	미국	97/04		
25155-30-0	Benzenesulfonic acid, dodecyl-,Na salt	미국	97/04		
26248-24-8	Benzenesulfonic acid, tridecyl-,Na salt	미국	97/04		
27636-75-5	Benzenesulfonic acid,undecyl-,Na salt	미국	97/04		
68081-81-2	Benzenesulfonic acid,mono-C10-16-alkyl	미국	97/04		
68411-30-3	Benzenesulfonic acidC10-13-alkyl derivs	미국	97/04		
85117-50-6	Benzenesulfonic acid,mono-C10-14-alkyl	미국	97/04		
25168-24-5	DibutyltinS,S-bis(isooctylmercaptoaoetate	미국	97/04		
25852-70-4	Monobutyltin tris(isooctylmercaptoaoetate	미국	97/04		
26636-01-1	DimethyltinS,S-bis(isooctylmercaptoaoetat e	미국	97/04		
54849-38-6	Monomethyltin tris(isooctylmercaptoaoetate	미국	97/04		
25640-78-2	Isopropylbiphenyl	미국	97/04		
57-55-6	1,2-Propylene glycol	미국	97/04		
9016-45-9	Nonylphenol ethoxylates	미국	97/04		
95-54-5	Phenylenediamine, ortho-	미국	97/04		
108-45-2	Phenylenediamine, meta-	미국	97/04		
13775-53-6	Trisodiumhexafluoroaluminate	독일EU	97/04		

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

<표 II-22> OECD SIDS 수행현황: SIAR(SIDS Initial Assessment Report) 완료물질

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	현재상태
50-81-7	L-Ascorbic acid	영국	91/12	SIAM-2	SIAR published
57-13-6	Urea	필란드	91/09	SIAM-2	SIAR published
59-67-6	Nicotinic acid	스위스	90/04	SIAM-1	SIAR published
67-63-0	2-Propanol	미국	93/10	SIAM-6	SIAR assessed
70-55-3	p-Toluenesulfonamide	일본	90/04	SIAM-1	SIAR published
74-85-1	Ethylene	노르웨이	91/09	SIAM-5	SIAR sent
75-05-8	Acetonitrile	스페인EU	93/10	SIAM-6	SIAR assessed
75-86-5	Acetone cyanhydrin	영국	91/09	SIAM-2	SIAR published
75-91-2	t-Butylhydroperoxide	네델란드EU	90/04,97/04	SIAM-1+SG95	SIAR published
76-03-9	Trichloroacetic acid	독일	91/09	SIAM-2+5(+6)	SIAR assessed
77-73-6	Dicyclopentadiene	일본	93/10	SIAM-7	SIAR assessed
77-99-6	1,1,1-tris-hydroxymethyl propane	일본	90/04	SIAM-1	SIAR published
78-40-0	Triethyl phosphate	독일	90/04	SIAM-1+3(+5)	SIAR sent
78-84-2	iso-Butanal	미국	90/04	SIAM-5	SIAR assessed
78-93-3	Methyl ethyl ketone	미국	91/09	SIAM-6	SIAR assessed
78-97-7	Propanenitrile,2-hydroxy-	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
79-01-6	Trichloroethylene	영국EU	93/10	SIAM-4	SIAR assessed
79-11-8	Chloroacetic acid	스웨덴,네델란드EU	91/09,97/04	SIAM-2+SG95	SIAR published
79-92-5	Camphene	독일	90/04	SIAM-1	SIAR published
81-11-8	Benaenesulfonic acid,2,2'-(1,2-ethenediyl) bis(5-amino-	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
82-45-1	1-Amino anthraquinone	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
88-72-2	o-Nitrotoluene	스웨덴	91/12	SIAM-2+SG95(+96)	SIAR assessed
89-61-2	Benzene,1,4-dichloro-2-nitro-	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
91-20-3	Naphthalene	영국EU	93/10	SIAM-5	SIAR assessed
95-48-7	o-Cresol	프랑스	91/09	SIAM-2+3	SIAR sent
95-73-8	2,4-Dichlorotoluene	일본	91/09	SIAM-2+3(+SG96)	SIAR assessed
97-65-4	Butanedioic acid, methylene-	프랑스	91/09	SIAM-3	SIAR published

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	현상태
98-82-8	Cumene	스페인EU+미국	93/10	SIAM-5	SIAR assessed
98-83-9	Benzene(1-methylethenyl)-	일본	93/10	SIAM-7	SIAR assessed
99-09-2	m-Nitroaniline	일본	90/04	SIAM-1(+4)	SIAR published
100-42-5	Styrene	영국EU+미국	93/10	SIAM-4	SIAR assessed
100-44-7	Benzyl chloride	일본	93/10	SIAM-8	SIAR assessed
100-52-7	Benzaldehyde	네델란드	91/12	SIAM-2	SIAR published
102-01-2	Acetoacetanilide	미국	91/12	SIAM-7	SIAR assessed
102-71-6	Triethandamine	영국	91/12	SIAM-2+3	SIAR published
104-76-7	2-Ethylhexanol	스웨덴+미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
104-90-5	2-Picoline,5-ethyl-	스위스	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
105-05-5	Benzene,1,4-diethyl-	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
105-76-0	Maleic acid,dibutyl ester	오스트리아	91/1290/04	SIAM-4	SIAR sent
105-99-7	Di-butyl adipate	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
106-99-0	1,3-Butadiene	영국EU	93/10	SIAM-4	SIAR assessed
107-01-7	2-Butene	네델란드	90/04	SIAM-1	SIAR published
107-05-1	3-Chloropropene	네델란드	91/12	SIAM-3(+4)	SIAR assessed
107-13-1	Acrylonitrile	아일랜드EU	93/10	SIAM-4+8	SIAR assessed
107-64-2	Dimethyl dioctadecyl ammonium chloride	독일EU	91/12,93/10	SIAM-2(+5)	SIAR published
107-66-4	Dibutyl phosphate	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
108-01-0	Dimethylaminoethanol	영국	91/09	SIAM-2+SG95(+4)	SIAR published
108-10-1	M.I.B.K	미국	91/09	SIAM-5	SIAR assessed
108-24-7	Acetic anhydride	캐나다	91/09	SIAM-6	SIAR assessed
108-78-1	Melamine	오스트리아	91/12	SIAM-8	SIAR assessed
108-83-8	Di-iso-Butyl ketone	프랑스	91/09	SIAM-8	SIAR assessed
108-94-1	Cydohexanone	캐나다	91/09	SIAM-2	SIAR published
109-69-3	Butane, 1-chloro-	일본	91/09	SIAM-2+6	SIAR assessed
111-30-8	Glutaraldehyde	호주	93/10	SIAM-3(+SG96)	SIAR sent
111-40-0	Diethylenetriamine	네델란드	91/09	SIAM-2	SIAR published
111-42-2	Diethandiamine	영국	91/12	SIAM_2+3	SIAR assessed
111-69-3	1,4-Dicyanobutane	프랑스	91/12	SIAM-4+5	SIAR sent
111-76-2	2-Butoxyethanol	호주	95/08	SIAM-5+6	SIAR sent
112-24-3	Triethylene tetramine	독일	91/12	SIAM-5+6+8	SIAR assessed
112-34-5	2-(2-butoxyethoxy)ethanol	네델란드EU	93/10	SIAM-5	SIAR assessed

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	현상황
112-35-6	Ethanol,2-[2-(2-methoxyethoxy)ethoxy]-	미국	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
112-50-5	Triethylene glycol,monoethyl ether	미국	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
112-53-8	1-Dodecanol (Lauryl)	덴마크	91/12	SIAM-3(+4)	SIAR sent
112-92-5	1-Octadecanol (Stearyl)	덴마크	90/04	SIAM-1+3	SIAR published
115-18-4	3-Buten-2-ol, 2-methyl-	스위스	91/09	SIAM-4	SIAR assessed
115-19-5	3-Butyn-2-ol, 2-methyl-	독일	91/09	SIAM-8	SIAR assessed
115-77-5	Pentaerythritol	일본	93/10	SIAM-8	SIAR assessed
118-69-4	2,6-Dichlorotoluene	일본	91/12	SIAM-8	SIAR assessed
121-14-2	2,4-Dinitrotoluene	독일	91/09	S8AM-3(+4)(+5)	SIAR published
121-33-5	Vanillin	노르웨이	91/09	SIAM-5	SIAR sent
123-01-3	Dodecylbenzene	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
123-31-9	Hydroquinone	미국	91/12	SIAM-3(+4)	SIAR assessed
123-38-6	Propanal	미국	90/04	SIAM-1+3(+4)	SIAR assessed
123-72-8	n-Butanal Butyraldehyde	미국	91/12	SIAM-5	SIAR assessed
124-09-4	1,6-Hexanediamine	캐나다	91/09	SIAM-2	SIAR published
126-30-7	Neopentyl glycol	일본	90/04	SIAM-1	SIAR published
126-58-9	Dipentaerythritol	스웨덴	90/04	SIAM-1	SIAR published
126-99-8	Chloroprene	독일	91/09	SIAM-3+8	SIAR assessed
127-18-4	Tetrachloroethylene	영국EU	93/10	SIAM-5	SIAR assessed
128-39-2	2,6-di-tert Butyl phenol	스위스	90/04	SIAM-1(+4)	SIAR published
140-66-9	Phenol,4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-	스위스	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
141-79-7	3-Penten-2-one,4-methyl-Mesityl oxide	미국	91/12	SIAM-6	SIAR assessed
147-14-8	Copper,29H,31H-phthalocyaninato(2-)	일본	90/04	SIAM-1	SIAR published
151-21-3	Sodium lauryl sulfate	독일	91/12	SIAM-2+4	SIAR published
156-43-4	Aniline,4-ethoxy-	일본	90/04	SIAM-1(+4)	SIAR published
482-89-3	3H-indol-3-one,2-(1,3-dihydro-3-oxo-2H-	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
504-60-9	1,3-Pentadiene	미국	90/04	SIAM-1	SIAR published

(계속)

CAS No	물질명	사업수행국	사업시작	초기평가	현상태
512-56-1	Tri-methyl phosphate	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
536-90-3	Aniline,3-methoxy-	일본	90/04	SIAM-1(+4)	SIAR published
584-03-2	1,2-Butylene glycol	일본	90/04	SIAM-1	SIAR published
611-06-3	Benzene,2,4-dichloro-1-nitro-	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
623-91-6	2-Butenedioic acid (E)-diethyl ester	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
629-11-8	Hexamethylene glycol	독일	91/12	SIAM-6	SIAR assessed
693-23-2	Dodecanedioic acid	미국	90/04	SIAM-1	SIAR published
836-30-6	Aniline,4-nitro-N-phenyl -	벨기에	91/09	SIAM-3+5+6+8	SIAR assessed
1570-64-5	Phenol 4-chloro-2-methyl-	덴마크EU	93/10	SIAM-4+7	SIAR sent
1758-73-2	Methanesulfinic acid aminoimino-	오스트리아	90/04	SIAM-4	SIAR sent
1879-09-0	6-tert-Butyl-2,4-xyleneol	일본	91/12	SIAM-4	SIAR assessed
2402-79-1	Pyridine 2,3,5,6-tetrachloro-	미국	90/04	SIAM-1	SIAR published
2431-50-7	2,3,4-Trichlorobut-1-ene	독일	90/04	SIAM-1+SG95(+96)	SIAR published
2581-34-2	Phenol 3-methyl-4-nitro-	일본	91/09	SIAM-2+SG95(+96)	SIAR assessed
3209-22-1	Benzene,1,2-dichloro-3-nitro-	일본	90/04	SIAM-1(+4)	SIAR published
3926-62-3	Chloroacetic acid, sodium salt	스웨덴	91/09	SIAM-2+SG95	SIAR published
5281-04-9	D and C Red No7	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
6419-19-8	Tris(phosphonomethyl)amine	영국	90/04	SIAM-1	SIAR published
6742-54-7	Benzene, undecyl-	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
6846-50-0	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentenediol ester diisobutylate	일본	91/09	SIAM-2+3	SIAR assessed
13674-84-5	2-Propanol,1-chloro-phosphate(3:1)	미국	91/12	SIAM-4	SIAR assessed

(계속)

24800-44-0	Tripropylene glycol	일본	91/09	SIAM-2	SIAR assessed
25265-77-4	Texanol	미국	90/4	SIAM-1	SIAR published
26444-49-5	Phosphoric acid methylphenyl diphenyl ester	일본	91/09	SIAM-2+6+7	SIAR assessed
29171-20-8	Dehydrolinalool	스위스	90/04	SIAM-1+SG95(+96)	SIAR published
29590-42-9	iso-Octyl acrylate	미국	90/04	SIAM1-1	SIAR published
37971-36-1	1,2,4-Butanetricarboxylic acid 2-phosphono-	독일	90/04	SIAM-1+2	SIAR published
67774-74-7	Benzene C10-13-alkyl-derivs	이탈리아EU	93/10	SIAM-4	SIAR assessed
68442-69-3	Benzene monoC10-14 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
68648-86-2	Benzene C4-C16 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
68648-87-3	Benzene C10-C16 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
85535-84-8	Alkanes, C10-C13 chloro	영국EU	93/10	SIAM-4	SIAR assessed
129813-58-7	Benzene mono C10-C13 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
129813-59-8	Benzene mono C12-C14 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed
129813-60-1	Benzene mono C14-C16 alkyl derivs	미국	91/12	SIAM-3	SIAR assessed

자료 : <http://www.nier.go.kr/>

## 【대체 물질】

&lt;표 A-23&gt; UNEP의 POPs Alternatives

물 질 명	대 안 물 질
Aldrin	chlorpyriphos, endosulfan, carbofuran, carbaryl, quinalphos, phosalone, phorate, isofenphos, phoxim, trichlorphon, parathion, lindane, fenvalerate, cypermethrin, deltamethrin
Chlordane	disulfoton, fonofos, phorate, chlorpyriphos, fenitrothion, diazinon, fenvalerate, permethrin, deltamethrin, carbaryl, fenthion, lindane, carbosulfan
DDT	trichlorphon, carbaryl, tetrachlovinphos, phosalone, diazinon, malathion, monocrotophos, chlorpyriphos, endosulfan, quinalphos, lindane parathion, trichlorphon
Dieldrin	malathion, carbosulfan, permethrin, endosulfan, trichlorphon, fonofos, fenthion, chlorpyriphos, methamidophos
Endrin	chlorpyriphos, endosulfan, carbaryl, malathion, lindane, nicotine, parathion, dimethoate, malathion, phosphamidon, disulfoton, diazinon, triazophos, tetrachlovinphos
Heptachlor	carbosulfan, phorate, fonofos, chlorpyriphos, fensulfothion, aldicarb, endosulfan, carbaryl, lindane, fenvalerate, permethrin, deltamethrin, fenthion
Haxachlorobenzene	carboxin, guazatine, bitertanol, fuberidazol
Mirex	diflubenzuron, carbaryl, avermectin, diazinon, resmethrin, deltamethrin, chlorpyriphos, sulfuramid
PCB	mineral oils, silicone oils, tetrachlorobenzene, mixture of methyl, chlorinated paraffins, phthalates dicotyl phytalate, biphenyl, diphenyl oxide, phenylxylethane, chlorinated diphenylethane, chloroalkylenes, chlrobiphenyl, tetrachloro-ethylene, chlorofluorocarbons
Toxaphene	tefluthrin, fonofos, trichlorphon, trifluralin, metribuzin,alachlor, dimethoate, chlorpyriphos, synthetic pyrethroids

자료 : <http://www.unep.org>

<표 A-24> EPA의 우선 화학물질 대체방안

물 질 명	적용 업종	대 체 방 안
카드뮴	도금업	zinc, tin-zinc, tin-cobalt
크롬	도금업	zinc, tin-zinc, tin-cobalt 6가(hexavalent) 크롬 → 3가(trivalent) 크롬
납	건전지 제조업	lead - acid 건전지 → nickel-zinc(NiZn), nickel- iron(NiFe), sodium-sulfur(NaS) 건전지
수은	건전지 제조업	zinc anode(carbon-zinc, alkaline MnO <sub>2</sub> 건전지에서)
니켈	건전지 제조업	NiCd 건전지 → lithium 건전지, Cobalt(Ni-metal Hydride 건전지에서)
	도금업	zinc, tin-zinc, tin-cobalt
벤젠	Plastics and resins	benzene의 발생을 줄이기 위해서 polystyrene 대신 degradable polymers(polyactic acid resins, polyactide resins, starch 등)를 사용함.
톨루엔(toluene)	Paint and coatings	toluene의 발생을 줄이기 위해서 water-borne paints 또는 powder coatings 같이 낮은 solvent formulations를 개발함.
크실렌(xylenes)	Paint and coatings	xylenes의 발생을 줄이기 위해서 water-borne paints 또는 powder coatings 같이 낮은 solvent formulations를 개발함.
methyl ethyl ketone(MEK)	Paint and coatings	methyl ethyl ketone(MEK)의 발생을 줄이기 위해서 water-borne paints 또는 powder coatings 같이 낮은 solvent formulations를 개발함.
methyl isobutyl ketone(MIBK)	Paint and coatings	methyl isobutyl ketone(MIBK)의 발생을 줄이기 위해서 water-borne paints 또는 powder coatings 같이 낮은 solvent formulations를 개발함.
carbon tetrachloride(CTC)	Fluorocarbon production	CFCs와 HCFCs 생산에 있어 중간체로 사용됨. → HFCs
chloroform(CFM)	Fluorocarbon production	CFCs와 HCFCs 생산에 있어 중간체로 사용됨. → HFCs
tetrachloroethylene (PCE)	Fluorocarbon production	CFCs와 HCFCs 생산에 있어 중간체로 사용됨. → HFCs
	Metal and parts degreasing	Aqueous and Semi-Aqueous solvent substitutes
	Dry cleaning	Petroleum blends(보다 많은 연구가 필요함)
dichloromethane (DCM)	Paint stripping	n-methyl pyrrolidone(NMP), dibasic esters(DBEs), paint thinners, other solvents(alkyl acetate, diacetone alcohol, glycol ethers)
	Metal and parts degreasing	Aqueous and Semi-Aqueous solvent substitutes
1,1,1-trichloroethane (TCA)	Metal and parts degreasing	Aqueous and Semi-Aqueous solvent substitutes
	Dry cleaning	Petroleum blends
trichloroethylene (TCE)	Metal and parts degreasing	Aqueous and Semi-Aqueous solvent substitutes
시아나화물	Plastics and resins	시아나화물의 발생을 줄이기 위해서 polystyrene 대신 degradable polymers(polyactic acid resins, polyactide resins, starch 등)를 사용함.
	도금업	zinc

참고문헌 : EPA, 「The product Side of Pollution Prevention」, 1995

## [부록 B] 기업의 청정생산 추진사례

### 1. 엑손(Exxon)<sup>45)</sup>

엑손은 100여개 나라에서 사업을 하고있으며, 종업원 수가 79,000여명이나 되는 거대한 다국적 기업이다. 미국에 본사를 두고 있으며, 1999년 현재 17개국에서 31개소의 정제공장을 가지고, Exxon, Esso, Mobil 이란 브랜드명으로 세계 각지에서 매일 기름 6,600만 갤론과 가스 63억 cubic feet를 생산·판매하고 있다.

1989년에 알래스카에서 엄청난 석유유출사고를 일으킨 바 있는 엑손사는 환경에 대한 실추된 기업 이미지를 바로 잡고자 노력을 기울이고 있다. 선진기업들이 환경에 관심을 쏟는 이유는 개별기업이 처한 상황에 따라 다양하게 나타나고 있는데, 엑손사의 경우는 환경 사고(accident)가 환경에 관심을 가지게 만든 가장 큰 원인이 되었다.

Exxon은 제품을 생산·운송·사용하는 전과정에서 발생할 수 있는 보건·안전·환경 위험을 관리하기 위하여 OIMS(Operations Integrity Management System)라 불리는 통합경영시스템을 1992년부터 전 사업장에 적용하였다. Exxon에서 개발한 OIMS는 ISO14001을 포함할 수 있도록 개발되었는데, PDCA Cycle 구조로 운영되며 11개의 요소들(<표 B-1>참조)로 구성되어 있다.

<표 B-1> 엑손사의 통합경영시스템(OIMS) 구성 요소

Element 1	: Management Leadership, Commitment, and Accountability OIMS 운영을 보장하기 위한 방침, 전 직원의 책임, Leadership 등 시스템 운영에 관련된 사항
Element 2	: Risk Assessment and Management 보건·안전·환경 위험을 식별하고 심각성을 평가하여 개선 및 관리가 필요한 업무·공정 등을 파악한다.
Element 3	: Facilities Design and Construction Facility를 설계 및 건설시 보건·안전·환경 위험을 최소화할 수 있는 절차를 수립 유지함으로써 손실을 최소화 할 수 있다.
Element 4	: Information and Documentation 보건·안전·환경과 관련된 각종 정보를 활용하기 위한 절차 및 문서화의 방법, 문서의 관리 절차에 관한 사항
Element 5	: Personnel and Training 직원의 교육 훈련에 관한 사항
Element 6	: Operations and Maintenance 위험을 통제하기 위한 최적의 운전조건 유지 및 예방점검 절차에 관한 사항
Element 7	: Management of Change 모든 설비, 공정 및 작업 방법의 변경 시 발생할 수 있는 위험을 사전에 파악하고 변경 후 적절히 관리하기 위한 절차에 관한 사항
Element 8	: Third-Party Services 회사 외부의 이해관계자의 협력에 관한 사항
Element 9	: Incident Investigation and Analysis 사고의 재발 방지를 위한 효율적인 사고조사 및 분석에 관한 사항
Element 10	: Community Awareness and Emergency Preparedness 비상사태 발생을 예방하고, 비상사태 발생시 피해를 최소화하기 위한 비상대응 계획 수립에 관한 사항
Element 11	: Operations Integrity Assessment and Improvement 시스템을 감사하고 지속적 개선하기 위한 활동에 관한 사항

자료 : <http://www.exxon.mobil.com>

45) <http://www.exxon.mobil.com>

1999년 판 환경, 보건과 안전, 진보에 대한 보고서(Environment, Health and Safety Progress Report)<sup>46)</sup>를 보면, 미국 내 해양의 유조선 및 다른 사업장에서 1992년에 비해 기름 유출량을 70% 이상 감소시켰으며, 미국밖에 있는 사업장에서도 1994년에 대비해서 기름 유출량을 70% 이상 감소시켰다고 한다.

대기오염물질의 배출에 있어서는 이미 1980년대에 이산화황의 배출량을 반으로 줄였으며, 지난 6년 동안 정제공장은 16%, 화학공장에서는 38%를 추가로 감소시켰다. 질소산화물의 배출량은 1992년부터 감소되기 시작했는데, 미국의 정제공장의 경우에는 1992년에 비하여 1998년에는 17%가 줄어들었다. VOC 물질들 역시 1992년부터 배출량이 감소되기 시작했는데 화학공장과 정제공장 모두 50% 이상이 감소되었다.

미국에서는 정제공장과 화학공장이 지정된 화학물질들의 배출과 이동을 보고하도록 법규가 만들어져 있는데 엑손사에서는 1988년부터 지정된 화학물질들의 배출과 이동을 감소시키려는 노력을 계속해 현재는 50% 이상이 줄어든 상태이다. 폐기물 처리 문제에 있어서는 화학공장의 경우, 1992년에 비해 정부에서 지정한 유해폐기물의 발생을 57% 감소시켰으며, 정제공장에서는 78%를 감소시켰다. 또한 1990년에서 1992년 사이에 정제공장의 수계 유류(oil) 배출량을 거의 40%정도 낮추었으며, 동시에 화학공장에서도 수계 환경에 영향을 주는 배출을 50%정도 저감시켰다.

엑손사는 에너지 효율성을 높여서 배출을 저감하고, 천연자원을 절약한다는 방침을 세워놓고 있는데, 이런 노력의 결과로 화학공장과 정제공장 모두 에너지 효율을 1973년에 비하여 38%를 향상시켜서 약 130억 배럴의 기름을 절약하였다.

## 2. 바이엘 미국(Bayer Corporation in the U.S)<sup>47)</sup>

바이엘 미국은 본사를 펜실베이니아주 Pittsburgh에 두고 있으며 50개가 넘는 사업장에서 약 23,000명의 노동자가 일하고 있다. 주요 생산품은 제약, 폴리우레탄, 화학섬유 및 고무제품과 플라스틱 및 코팅 착색제(Colorants) 등이며, 매출액은 1998년 현재 약 81억 달러이다.

바이엘 미국은 미국의 화학산업자협회(CMA: Chemical Manufacturers Association)의 RC, ISO 14001 프로그램에 역점을 두고 사내 환경문제에 대응하고 있다. 우선 자사에서 발생하는 폐기물 문제를 해결하기 위하여 폐기물 저감 및 관리(WRAM: Waste Reduction and Management) 프로그램을 시행하고 있는데, 이 프로그램은 생산공장뿐만 아니라 실험실과 사무실 등에도 적용된다. 이 결과 1992년에는 1,000 파운드를 생산할 때 59.2 파운드의 폐기물이 발생했지만, 1998년에는 35.7 파운드로 폐기물 발생률을 약 40%까지 낮추었으며, 앞으로 32.1 파운드까지 폐기물 발생량을 끌어내릴 계획이다.

미국 환경보호청(EPA)에서는 자발적으로 CWA(수질청정법)상의 우선오염물질(Priority pollutant)을 1995년까지 50% 저감시킬 것을 요구하였는데, 바이엘사는 이보다 높은 60%를 저

46) <http://www.exxon.mobil.com> 참조

47) <http://www.bayer.com/>

감하였다. 특히 미국에 있는 바이엘사의 가장 큰 사업장중의 하나인 텍사스주의 Baytown 공장에서는 해당 물질들의 배출량을 90% 이상 감소시켰다. 그리고 EPA와 함께 폐수 안에 들어 있는 시안화물 측정의 정확성과 신뢰도를 높이기 위한 분석방법에 대해 연구하고 있다. 또한 환경호르몬 물질에 대해서도 EPA, 화학산업협회(CMA)와 공동으로 생태계와 인체에 미치는 영향에 대하여 연구를 해오고 있다.

미국 EPA의 TRI(Toxic Release Inventory)상의 화학물질 배출량은 1988년에서 1993년 사이에 43%가 감소되었으며, 1995년에서 1996년 사이에는 생산량이 늘어났지만, 추가로 16%를 감소시켰다. 주요 대상물질들은 nitrates, TDA, methanol, toluene, xylene, chlorobenzene, cyclohexane, ammonia, dichloromethane, phenol, chloroprene 등이다.

텍사스주의 Baytown 공장의 대기오염물질 배출은 생산량의 증가에도 불구하고 1994년에서 1996년 사이에 50% 이상 감소되었으며, Kansas city 공장에서는 1990년 이래로 VOC의 배출량은 75%, 이산화황의 배출량은 80% 이상을 저감시켰다. 또한 웨스트 버지니아주의 New Martinsville 에서는 1990년 이래로 유해 대기오염물질의 배출을 약 90% 저감시켰다.

지난 6년 동안 바이엘사가 환경시설의 건설과 운영, 그리고 보수부문에 투자한 비용은 약 8억 1천만 달러인데, 1997년 한해에만 총 1억 9천3백만 달러를 지출하였다.

### 3. 듀폰 (DuPont)<sup>48)</sup>

미국 델라웨어주에 본사를 둔 듀폰사는 1802년 화약공장에서 출발하여 현재는 화학·섬유·건축 등의 분야에서 모두 1800여종에 이르는 다양한 산업용 소재를 생산하고 있으며, 1999년 현재 매출액은 약 250억 달러(30조원), 전세계적으로 10만 여명의 직원을 거느리고 있다. 또한 듀폰사는 총 공장 건설비의 25%를 안전과 환경보호에 투자하고 있다.

듀폰의 SHE(Safety, Health, Environment) 회계감사 프로그램은 그룹차원의 안전, 보건과 환경 우수(excellence) 센터의 지시 하에, 사내 전략적 사업 단위와 지사들에 의해 시행된다. 환경자원 관리회사(ERM: Environmental Resources Management, Inc.)는 사내 SHE 프로그램의 향상을 위한 노력에 대한 성과와 요소들을 평가한다. 제3자에 의한 평가(Third-Party Evaluation)는 1998년 5월과 1999년 2월 사이에서 실시되었으며, 프로그램 문서자료들에 대한 재검토와 프로그램 매니저와 직원(staff)들간의 인터뷰 등이 포함되었다.

회계감사 프로그램 체계는 미국 환경보호청(EPA)에 의해 1986년, 1995년의 환경회계감사 정책 성명(Statements)들과 1993년의 미 법무부의 환경법규 위반에 대한 판결기준 초안, 그리고 1996년의 ISO 환경 회계 감사 가이드라인(ISO 14010, 14011과 14012)에 의해서 발전되어 왔다. 듀폰의 사내 회계 감사 프로그램에서 중요하게 여겨지고 있는 기준과 정책들은 1997년 5월에 만들어졌는데, 일반적으로 인정되는 회계 감사는 경쟁회사에서 현재 하고 있는 방법으로 실행한다.

48) <http://www.dupont.com/>

듀폰사의 1999년도 지속가능한 성장을 위한 성과 보고서(Progress Report)를 보면, 1999년에는 듀폰사 사업장 중 2곳의 문제 지역에서 운송차량 사고와 작업장 환경이 원인이 된 인체 피해가 있었다고 나와있는데, 이러한 사건들은 그룹차원의 노력들을 가속화시키는 역할을 하고 있다. 사고율을 제로로 만들려는 듀폰사의 노력은 지난 10년에 걸쳐서 이루어져 왔는데, 1990년대 초반해도 연간 100건 이상의 중대한 사고가 발생했지만, 지난 2년 동안에는 한 건이 발생되었다고 한다.

듀폰사가 Toxics Release Inventory(TRI)를 위해 미국 환경 보호청(EPA)에 보고하는 수는 1991년에 비해 감소하였으며, 텍사스에서 몇 개의 큰 프로젝트들이 완료되면 앞으로 몇 해 안에 추가 감소가 나타날 것으로 기대하고 있다.

에너지 효율과 제품 생산성을 개선하는 계획들을 통하여, 생산이 28% 정도 증가했는데도 불구하고 에너지 소비는 과거 10년 동안 거의 변화를 보이지 않고 있다. 듀폰사는 2010년 내에 필요한 에너지원의 10%를 풍력이나 바이오 메스(biomass)와 같은 재생가능한 에너지로 바꾸려는 목표를 가지고 있다.

#### 4. 존슨앤존슨 (Johnson&Johnson)<sup>49)</sup>

존슨앤존슨사는 의약품 및 건강보호 제품을 주로 생산하는 기업으로 1886년에 창립되었으며, 본사는 미국 뉴저지주에 있다. 1998년 현재 188개 회사를 거느리고 있으며, 매출액은 237억 달러 정도이고, 종업원 수는 약 93,100명 정도이다.

존슨앤존슨사는 앞에서 언급한 독일의 햄버거 환경연구소(HUI: Hamburger Umwelt Institute)가 EU 및 전세계의 대형 화학·제약사(약 50개사)를 대상으로 실시한 조사<sup>50)</sup>에서 가장 높은 점수(총 296점)를 받은 회사이다. 이 회사가 좋은 평가를 받은 부문은 총 10개 부문 중 6개 부문으로 세계적인 기준에의 대응, 정책의 홍보, 폐기물과 노후된 생산품의 관리, 환경 사고 예방, 대외적인 환경 활동 항목이다.

존슨앤존슨사의 오염 예방(Pollution Prevention) 정책은 1991년에 시작되었다. 이 회사가 내세우는 환경에 대한 전략적인 비전은 Environmental excellence와 높은 환경 가치를 모든 직원들에 고취시키고, 모든 제품과 공정들에 가장 환경적인 실행방법을 사용하며, 전지구적인 지속가능한 개발의 공헌에 전념하는 것이다.

이 회사의 1998년 판 환경, 보건, 그리고 안전에 관한 보고서(Environmental, Health, and Safety Report)를 보면, 에너지 소비를 줄이기 위해 1991년에 향후 5년 동안 10%를 줄이는 계획을 세웠는데, 1995년 말에 이보다 높은 14.6%를 감소시켰고, 이런 성공을 바탕으로 1996년에는 2000까지 25%를 감축한다는 목표를 세워놓고 있다. 1998년 말 현재는 1991년에 비하여 19.9% 감소하였는데, 단지 에너지 소비만 감소한 것이 아니라 비용절약(Cost Savings) 효과도 분명하게 나타났다. 존슨앤존슨사가 이러한 결과를 얻게된 중요한 요인 중 하나는 미국 EPA(환경보호청)의 Energy Star Building Program을 자발적으로 시행한 것이다. 이 회사는 이러한 비용-편익 전략을 사무실만이 아니라, 연구시설과 제조공장, 그리고 창고시설에도 적용을 하고 있다. 그리고 EPA의 Climate Wise와 에너지부(Department of Energy)의 자동차 챌린지 프로그램(Motor Challenge Program)에서 권장하는 기술이나 전략들을 회사의 Energy Star Best Practices에 통합하였다. 존슨앤존슨사는 에너지 효율을 높이고, 가장 바람직한 프

49) <http://www.johnsonandjohnson.com> 참조

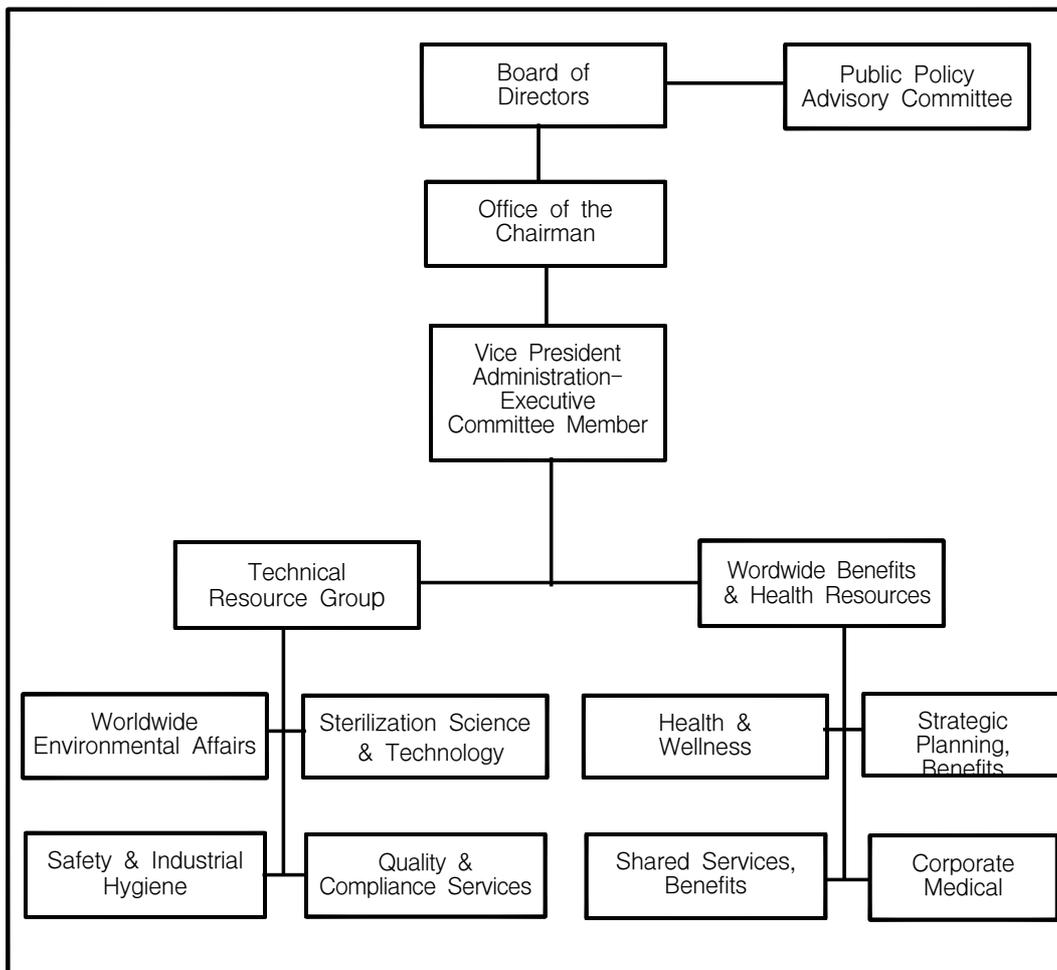
50) <http://www.hamburger-umweltinst.org> 참조

로그래를 전 사업장으로 확산시키기 위한 매우 강력한 사내 의사교환을 향상시키는데 노력하고 있다.

CO2 배출량도 1991년에 비하여 1998년 말 현재 6억 3420만 lb 감소하였는데, 이것은 화석연료 사용량을 낮추고, 화석연료로 생산된 전기를 적게 구입한 까닭이다. 유해폐기물(Hazardous waste)은 1991년에 비해 11%가 감소하였고, 고형 폐기물 발생량은 같은 시기에 68% 감소하였는데, 발생한 폐기물 중에서 44%는 재활용되었다. 독성 화학물질의 배출도 93%가 감소하였다. 포장재료의 사용량을 줄이기 위해서도 많은 노력을 기울여왔는데, 1992년부터 향후 5년 동안 발생량의 10%를 감소시키기 위한 프로그램을 시작하였다. 포장폐기물 감소와 재사용 노력을 시작한지 2년만에 목표치를 넘어 1995년 말에는 11.7%를 감소시켰는데, 이러한 결과를 바탕으로 2000년까지 25%를 줄인다는 목표를 세워놓고 있으며, 매년 포장폐기물 발생 억제 정도를 조사·측정하고 있다.

존슨앤존슨사에서 건강과 안전 위임과 책임은 가장 높은 직책인 회장이 지며, 회사의 환경 정책에 대한 책임은 부회장에게 있다. 또한 이사회 산하의 공공 정책 자문위원회가 가장 상위의 합의 기구 역할을 하고 있으며, 이 위원회에서는 회사에 중요한 환경과 보건, 그리고 안전에 관한 이슈들에 대한 권고와 조언을 하고 있다.

존슨앤존슨사에서 환경과 보건, 그리고, 안전을 담당하는 조직 구성은 <그림 B-1>과 같다.



<그림 B-1> 존슨앤존슨사의 환경·안전 관리 체계

(자료 : <http://www.johnsonandjohnson.com>)

MAARS(Management Awareness and Action Review System)는 새로운 공동 평가과정으로서, 관련 과제들의 이행을 관리하고, 업무 과약을 촉진시키는 역할을 한다. 평가의 시행은 모든 이행 이슈들을 self-identifying하고 있는 회사 각각에 의해 촉진되며, 의무와 책임을 나누고, 문제들을 해결하기 위해서 기술적 자원 그룹(technical resources group)과 공조를 하게 된다. 이 시스템의 목표는 예방 체계에 있어서의 회사의 운영과 기술적 자원 그룹 사이의 파트너십을 만들기 위한 것이다.

국제표준화기구(ISO)가 추진하는 ISO 14000에 있어서 회사는 자발적으로 가이드라인에 따르고, 여러 단계의 회계 감사들을 거친 후에 인증을 받게 된다. 존슨앤존슨사는 이러한 자발적인 프로그램의 가치를 인정하고, ISO 14001의 표준들을 전세계의 사업장에서 실행하고 있는데, 1997년에 아일랜드의 Janssen Pharmaceutica사는 존슨앤존슨사의 사업장 중에서 첫 번째로 ISO 14001의 인증을 받았다. 존슨앤존슨사의 목표는 앞으로 전세계에 퍼져있는 자사 사업장 전체가 ISO 14001의 인증을 획득하는 것이다. 이 회사가 이런 정책을 펴나가는 것은 국제 무역 장벽들을 피하고, 공공의 신뢰도를 늘리며, 경쟁에 있어서의 이점을 만들기 위해서라고 한다.

회계분야에 있어서는 1998년에 제품 및 공장가동(Operation)과 관련되는 환경과 안전 비용들을 잡아내기 위한 원가 계산 모델들이 개발되었는데, 이 모델들은 또한 회사에 환경과 안전에 관한 활동들의 투자에 있어서 비용, 가치 및 회수(return)를 알려주는 유용한 사업 통합 도구들을 제공하고 있는데, 1999년에는 전세계 사업장으로 이러한 모델들이 확대되었다.

## 5. 로쉬(ROCHE)<sup>51)</sup>

스위스의 로쉬사는 유럽 화학산업협회(CEFIC: European Council of Chemical Manufacturers' Federations)의 통계<sup>52)</sup>에 의하면, 1998년 현재 세계 8위 화학업체이다. 로쉬사에서 매년 발간하는 '안전성과 환경 보호의 보장을 위한 기준'(Guidelines for the assurance of safety and environmental protection)이라는 보고서의 1997년 판을 보면, 환경보호측면으로 썩는 대기과 수질, 토양으로의 배출, 폐기물과 재활용, 그리고 에너지, 소음을 포함하고 있다. 중점을 두고 있는 면들을 보다 자세하게 살펴보면 다음과 같다.

- 에너지 관리, 에너지 보존, 그리고 연료의 선택
- 원료의 선택과 관리, 운송, 그리고 사용
- 수환경 보호
- 수질 관리와 보존
- 폐기물의 재활용, 안정화(valorization), 재이용, 운송, 취급, 그리고 최종 처리
- 사업장 안팎의 소음 수준의 평가, 모니터링, 그리고 소음의 감소
- 현행 생산공정의 변경과 새로운 공정의 선택

51) <http://www.roche.com> 참조

52) <http://www.cefic.be> 참조

## · 제품들의 포장과 운송

로쉬사는 각 사업장마다 S&E(Safety and Environment) 담당자를 두고 있으며, 각 부서에 「Eco - delegates(대표자)」를 구성하여 이와 관련한 프로그램이나 활동들을 향상시키려고 노력하고 있다. 또한 그룹 차원으로는 S&E 문제만을 담당하는 CSE(Corporate Safety and Environmental Protection)<sup>53)</sup>가 S&E에 대한 기준 설정이나 관련 정책의 수립과 변경, 그리고 각 사업장에 대한 S&E 감사와 담당자의 교육 등의 업무를 맡고 있다. 특히, CSE에서 환경보호 업무를 맡고 있는 CSEE는 환경성 평가와 생태 적합성(Eco-compatibility), 전과정평가(LCA), 그리고 에너지 문제를 담당하고 있다. 1998년 그룹 보고서<sup>54)</sup>를 보면, 전년에 비해 화학제품과 제약제품의 생산량이 4.2% 향상되면서, 총 에너지 소비는 2.9%가 증가했지만, 에너지 효율을 높이고, 절약을 추진하여 종업원 1인당 그리고 단위제품당 비교했을 때는 4.5%가 감소된 것으로 나와있다. 특히, 비타민 부서에서의 실적이 두드러졌다. 온실가스의 배출은 1997년에 비해 1.6%가 떨어진 것으로 되어있는데, 이는 로쉬사가 지구 온난화에 기여하는 양의 22%를 감소시킨 것이다. 토양과 수질의 산성화를 유발시키는 질소산화물과 이산화황의 배출량은 각각 46.9%, 9.5% 감소되었다. 이산화황 배출량의 감소는 연료를 천연가스로 대체한 결과이다. 수질부문에 있어서는 그룹의 전체의 물 소비량이 6.3% 떨어졌는데, 특히 냉각탑에 쓰이는 물의 소비량을 6.5% 줄였다. 폐수에 있어서 중금속의 배출은 10.9% 감소하였다. 폐기물의 처리는 매립보다는 소각시설을 이용하고 있으며, 전년도에 비해 매립한 화학폐기물의 양은 11.2% 감소했다. 그러나 S&E에 대한 지출은 13.3% 감소했는데, 1997년에는 264 백만 스위스 프랑(francs)이 그리고 1998년에는 229백만 스위스 프랑이 지출되었다. 그리고 S&E를 위한 운영경비도 1997년 372 백만 스위스 프랑에서 1998에는 363 백만 스위스 프랑으로 적어졌다. 그러나 S&E를 담당하는 직원들의 수는 1997년 777명에서 1998년에는 931명으로 증가하였다.

## 6. 바이엘(BAYER AG)<sup>55)</sup>

1998년 현재 세계 1위의 화학업체로서 독일에 본사를 두고 있는 바이엘사는 생명공학을 바탕으로 제약 및 화학제품과 폴리머(Polymer), 그리고 농업관련 제품을 생산하는 다국적 기업으로써 전세계에 350개가 넘는 사업장이 있는데 유럽과 북미, 그리고 아시아에 집중되어 있다. 1998년 현재 매출액은 약 549억 마르크이며, 1999년 현재 전세계적으로 약 120,400명의 직원을 거느리고 있다.

바이엘사는 안전과 환경보호를 위한 RC 개념에 기초하여 1998년부터 그룹차원의 통합된 HSE(Health, Safety and Environment Protection) 관리시스템을 개발·운영하고 있다. 1999년 현재 4개(미국 2개, 태국 1개, 독일 1개)의 사업장에서 시범적으로 운영되고 있는데, 시스템 관리의 필수 요구사항을 담은 안내집과 자체 평가 checklist, 그리고 HSE 감사(audit) 프로그램

53) Roche Holding Ltd, 『Policy on safety and environmental protection in the Roche Group』, 1996

54) Roche Holding Ltd, 『Safety and Environmental Protection at Roche Group : Group Report 1998』, 1999

55) <http://www.bayer.com/>

램은 시스템의 중요한 구성 요소이다.

관리 시스템의 감사는 공장의 안전성, 지도력, 환경보호와 제품전과정책임주의(Product stewardship), 훈련(training), 조직 문화(Organizational culture), 행동 관리(Behavior management), 조달(procurement), 서비스, 의사교환, 응급상황에 대한 대비 등에 대하여 실시된다.

환경문제에 있어서 가장 중점을 두는 것은 발생하는 폐기물과 부산물(by-product)의 양을 최소한 감소시키면서 이들을 생태적이나 경제적으로 이롭게 재활용하는 것이다. 이를 위하여 현재의 공정을 향상시키면서 신기술을 개발하고, 촉매를 개선하며, 완전히 새로운 반응 시스템을 구축하기 위해 노력하고 있으며, 이 결과 이러한 물질들의 약 40%가 이미 재활용되거나 재사용 되고있다. 폐기물의 총량에 있어서는 1990년의 폐기물 발생량을 100으로 봤을 때 1998년에는 87 정도로 감소하였으며, 2000년에도 이러한 수준을 유지시킬 계획이다.

전세계의 RC 프로그램에 있어 중요한 실행지침 중 하나인 '전과정책임주의(Product Stewardship)'에 있어서는 제품의 생산에 있어서 플라스틱 제품의 생분해성이 증가되고, 독성에 대한 안전성이 확보되는 방향을 추구하고 있다. 신제품인 'polyaspartic acid'의 경우, 세제나 기타 세정제에서 유연제(softener)로 사용되면서 찌꺼기와 잔류물의 형성을 막는 환경에 이로운 역할과 함께 엄청난 상품 가치도 가지고 있다. 또한 이 제품은 무독성이며, 자연에서 완전히 생분해가 된다고 한다. 이산화탄소와 같은 온실가스 배출에 의한 지구온난화 방지를 위한 에너지 대책으로 바이엘사에서는 태양열 발전에 역점을 두고 있으며, 독일 정부의 지원하에 1999년 1월 현재 100,000개 지붕덮개(roof) 계획을 추진중이다. 바이엘사의 주요 에너지원은 천연가스와 외부에서 구매한 전력(electricity purchased), 그리고 폐기물 소각장에서 발생하는 에너지 등인데, 생산량의 높은 증가에도 불구하고 에너지 소비는 크게 늘지 않고 있으며, 오히려 판매량대비 에너지소비는 1990년의 100에서 1998년에는 82로 감소하였다.

대기오염의 저감에 있어서는 1990년 대비하여 2005년까지 이산화탄소와 아산화질소의 배출량을 40% 낮출 계획이다. 이산화황의 경우 1990년의 20,600톤에서 1998년에는 7,700 톤으로 배출량의 63% 정도가 감소되었는데, 가장 큰 요인은 1996년부터 사내 발전소에서 사용하는 연료를 저황유(low sulfur fuels)로 교체했기 때문이다. 대기오염 문제에 있어 바이엘사의 목표 중 하나는 솔벤트(solvent)의 배출(특히, 할로겐화된 솔벤트)을 최소화하는 것인데, 2000년까지 수성(aqueous) 시스템의 개발과 재사용(closed material circuits)을 통해 배출량을 저감시킬 계획이다.

폐수의 발생은 총량에 있어서는 일일 2백 2십만에서 2백 3십만m<sup>3</sup> 사이를 유지하고 있는데, 판매량에 대비하여 1990년의 폐수량을 100으로 봤을 때 1998년에는 74 정도로 판매량은 증가했지만 폐수의 양은 늘지 않았음을 알 수 있다. 또한 폐수의 유형에 있어서 냉각수의 비율은 줄어들고 있는 반면에 공정 폐수나 하수 등의 비중이 높아지고 있는 추세이다. 수질 항목별 발생 추세를 보면 대부분의 항목들이 감소하고 있는데 반해서 비용해성 무기염류(dissolved inorganic salts)는 점차로 증가하고 있다. 염화물과 황산염들로 대표되는 물질들의 합인 비용해성 무기염류의 증가에 추세에 대해 바이엘사에서는 그 원인으로 생산공장의 신설과 소각장에서 발생하는 염(salt)의 양이 증가하기 때문이라고 말하고 있다. 또 하나 어려움을 겪고 있

는 것은 질산염 질소(nitrate nitrogen)의 증가인데, 암모늄 질소(ammonium nitrogen)의 배출을 감소시키기 위해 1990년부터 질화(nitrification) 시설을 가동하였고 이 결과 암모늄 질소의 부하량은 1990년의 7,500톤에서 2000년에는 3,200톤으로 감소가 예상되지만, 질산염 질소의 배출량은 1990년 6,700톤에서 2000년에는 7,100톤으로 증가가 예상된다.

바이엘사가 내놓은 1999년도 'Responsible Care Report'를 보면, 환경보호에 있어서는 과거의 배출구 관리 정책에서 탈피하여 발생 자체를 억제한다든지, 재활용하는 정책을 펴으로써 환경보호를 위한 새로운 자본 투자에 대한 필요성은 많이 적어지고 있다. 환경보호를 위한 자본 지출은 1990년 6억 마르크에서 점차 감소되는 추세에 있는데, 1996년에는 3억 8천4백만 마르크에서 1998년에는 2억 5천 1백만 마르크로 낮아졌으나, 공장의 신설로 인한 환경기초시설 건설비용의 증가가 예상되는 2000년에는 4억 2천 1백만 마르크가 지출될 것으로 예상하고 있다. 환경보호시설에 대한 운영비용은 1990년부터 큰 변화를 보이지 않고 있는데, 1998년에 약 22억 마르크가 소요되었으며, 2000년에도 비슷한 수준이 될 것으로 예측하고 있다.

## 7. 바스프(BASF)<sup>56)</sup>

독일에 본사를 두고 있는 바스프사는 1998년 현재 바이엘사에 이어 세계 2위의 규모를 가진 다국적 화학산업체로서 종업원 수는 약 105,000명에 달한다.

RC 개념에 입각한 환경과 안전성, 그리고 보건에 대한 보고서(Environment, Safety and Health Report, 1998)를 보면, 바스프사는 매년 환경과 보건 및 안전(EHS)을 주제로 사내 회의를 개최하고 있다. 바스프사의 공장들은 전세계적으로 퍼져있을 뿐만 아니라 생산되는 화학제품의 종류와 그 양이 매우 다르기 때문에 공장마다 환경이나 안전문제에의 대응방법이 상이하다.

바스프사에 원료를 공급하는 인도와 같은 저개발국가에 위치한 공장들에게는 환경과 안전에 대한 평가를 하도록 하고, 이를 사내의 RC 프로그램 담당자들과 상품 구매자들이 공동으로 확인함으로써 유해 물질들에 대한 위험을 최소화시키기 위해 노력하고 있다. 또한 제품의 생산도 환경에 미치는 영향을 최소화되도록 연구하고 있는데, 한 예로 자동차 도색에 쓰이는 페인트의 생산에 있어서 수성(waterborne) 제품을 만들고 있다고 한다. 말레이시아에 있는 가죽공장에서는 무두질 공정(Tanning)에서 생겨나는 크롬 폐수를 줄이기 위해 크롬 대신에 보다 친환경적인 물질인 glutaraldehyde를 사용하고 있다.

미국, 캐나다, 멕시코 등의 나프타(NAFTA) 회원국내의 23개 바스프 공장에서는 유해화학물질을 생산하는 공장 노동자들을 위한 '산업위생 노출평가'(Industrial Hygiene Exposure Assessment)를 실시하여 위해에 대한 예측과 관리를 향상시키려고 노력하고 있다. 또한 미국의 4개 공장에서는 안전한 작업장을 만들기 위한 BBS(Behavior Based Safety) 방식에 따라 작업장에서의 안전도를 높여가고 있다.

남아메리카에서 가장 큰 바스프 공장은 브라질에 위치하고 있는데, 이 공장의 폐수처리시설

56) <http://www.basf-ag.basf.de/en/>

을 8,000톤 규모로 증설하는데 약 716,000 유로(1400만 마르크)가 소요되었다. 여기서는 직원들의 환경 인식을 높인 결과 지난 2년 동안 물 소비량과 폐수에 있어서 유기물질 수준이 30% 감소되었다. 하수 슬러지를 최종적으로 처리하기 위해서 9,000톤 규모의 매립장을 현재 건설하고 있다. 또한 지역 배려차원에서 사업장이 위치한 도시에서 발생하는 병원(hospital and medical) 폐기물을 무료로 매달 5톤씩 처리해 주고 있다.

바스프 관계자들이 오랫동안 관심을 가지고 있는 문제들 중 하나는 염화수소의 과다발생이었는데, 이 해답을 비닐클로라이드(vinyl chloride) 공장안의 오존소독(oxychlorination) 공정의 확장에서 찾았다. PVC 공장에서는 부산물로서 많은 양의 염화수소가 발생되는데, 오존 소독 공정의 확장은 1998년부터 염화수소의 발생량을 매년 30,000톤씩 감소시켰다. 여기에는 약 2,000만 마르크가 소요되었다. 그리고 발생된 염화수소는 파이프라인을 통해 hydrochloric acid(염산) 공장으로 보내져서 재활용된다.

벨기에의 안트워프(Antwerp) 공장에서는 부산물로 발생하는 메탄과 에탄 등을 에너지원으로 이용하고 있는데, 이를 위해 바스프사는 새로운 가열용 가스 네트워크를 만들었다. 여기에는 3백만 마르크가 소요되었고, 이 결과 천연가스의 사용량을 매년 6,500m<sup>3</sup> 정도 줄일 수 있게 되었는데, 약 2년 정도면 손익분기점을 넘을 것으로 추산하고 있다. 현재 바스프사의 연료원을 보면 천연가스가 49%, 폐기물 및 기타 연료가 37%, 석탄 9% 등의 순서이다.

폐기물 문제에 있어서 바스프사는 폐기물의 발생억제(avoidance), 감소(reduction)와 재활용(recycling)에 우선 순위를 두고 있다. 우선, 사업장 전체에 폐기물 감량(minimization) 평가를 실시하고 있다. 1998년 현재 바스프사에서 발생하는 폐기물의 70%는 사내의 소각장에서, 6%는 사내 매립장에서, 14%는 외부 소각장에서, 그리고 10%는 외부 매립장에서 처리되고 있다. 미국 오하이오주의 Greenville에 있는 사업장에서는 발생하는 솔벤트 폐기물의 수분 함량을 낮춰서 이를 가치 있는 상품으로 만들어 냈다. 이로 인해 Greenville 공장은 연간 10만 달러 정도의 처리비용을 절약함과 동시에 이를 재활용하여 판매함으로써 많은 수익을 올리고 있다. 벨기에의 안트워프(Antwerp) 공장에서도 폐기물 감량에 노력한 결과, 지난 4년 동안 매립되는 폐기물의 양이 반으로 줄었다.

대기오염에 있어서는 총 대기오염물질 배출량의 약 39%를 차지하는 일산화탄소와 25%를 차지하는 질소산화물, 그리고 VOC(19%)와 이산화황(13%) 등의 배출 문제를 해결하기 위한 노력을 계속하고 있으며, 그 결과 많은 저감 효과를 보고 있다.

제품의 선적(shipping) 및 운송의 안전에 있어서는 1998년에 바스프사를 포함한 18개의 석유 및 화학회사들에 의해 만들어진 새로운 유럽 선적조사 시스템(EBIS: European Inland Shipping Inspection System)의 기준을 따르고 있다.

안전성과 환경 감사(audits)에 있어서는 화학산업에 대한 RC 프로그램과 ISO14001의 세부 내용을 따르고 있으며, 각 사업장마다 향상된 내용을 실행하고 있다. 1998년 바스프사의 환경 보호를 위한 시설 운영비용은 1,514백만 마르크이며, 같은 시기에 환경보호를 위한 자본 지출(capital expenditures)은 246백만 마르크였다.

## 8. 미쓰비시 화학(Mitsubishi Chemical)<sup>57)</sup>

미쓰비시 화학은 화학물질만이 아니라 의약, 농약제품 등 많은 종류의 제품을 제조·생산하고 있는 회사이다. 미쓰비시사는 사장을 의장으로 하는 환경과 안전에 관한 최고의결기관인 「환경안전회의」에서 「환경과 안전에 관한 방침」(<표 2> 참조)을 정하고 RC 프로그램을 진행시키고 있다. 사내적으로는 조직 개편을 하여 환경·안전 본부를 설치하고, 환경·안전·위생을 종합적으로 운영하는 것과 동시에 PL(제품안전), 화학물질 안전 및 플라스틱 리사이클 등의 업무도 일원화하여 관리하고 있다.

RC 프로그램의 운영을 위해 환경안전추진회의 산하에 각 사업장, 연구소 RC 위원회를 설치하고, 이 활동을 지원하기 위해 감사팀을 만들어 내부감사를 하고 있다. 또한 RC 프로그램 실시 기준을 정하고, 이것에 기초하여 환경에의 부하가 적은 제품을 개발하려는 노력을 하고 있다. 이미 사용하고 있는 화학물질에 대해서는 「화학물질 안전성 데이터시트(MSDS)」를 만들어 물질의 사용과 취급시에 이용하고 있으며, 물류업자에게는 화학물질의 안전정보와 긴급시의 조치 등을 기재한 「Yellow card」를 제공하고 있다.

미쓰비시 화학의 RC Report 1999년도 판을 보면, 대기오염물질 배출에 있어서 질소산화물의 경우는 1995년부터 배출량이 서서히 증가하고 있으나, 황산화물과 먼지의 경우에는 큰 폭으로 감소하고 있다. 또한 이 회사에서는 위의 3가지 물질들과 함께 다음의 9가지 물질들을 중점관리하고 있는데, 이 물질들은 Acrylonitrile, Vinyl chloride, Dichloromethane, 1,2-Dichloroethane, Tetrachloroethylene, Trichloroethylene, 1,3-Butadiene, Benzene, Formaldehyde 이다. 1998년에 위 물질들의 배출량은 약 38% 감소되었으며, 앞으로 65%까지 감소시킬 목표를 세우고 있다.

지구온난화를 막기위한 노력으로 1990년부터 매년 1% 정도씩 에너지 소비가 감소되고 있으며, CO<sub>2</sub>의 경우, 배출량이 계속 증가하다가 1992년부터 감소되는 추세이다. 특히 1992년에는 Kashima 석유화학공장의 확장으로 배출이 15% 정도가 신장되었지만, 에너지 절약에 힘을 기울인 결과 CO<sub>2</sub>의 배출량이 감소되었다. 또한 미쓰비시 Kagaku Sanshi 회사에서는 일반적인 솔벤트 필름 formers 대신에 수성(water-based) 필름 formers를 개발하였는데, 이 제품은 냄새와 독성이 없으면서 제품의 품질면에서도 향상된 것이었다.

폐기물 문제의 경우는 발생량을 감소시키고, 재활용하려는 노력을 하고 있는데, 1998년에는 1990년에 비해 폐기물 발생이 약 50% 정도가 감소하였으며, 2010년까지는 폐기물 발생량을 1990년의 2/3 수준으로 감소시킬 계획이다. 그리고 사무실에서 발생하는 복사기 및 팩시밀리 등의 재활용을 위해 일본에서 가장 큰 월 150톤 규모의 재활용 공장을 만들어서 플라스틱 부품과 금속부품들을 분리하여 재사용하고 있다.

미국에 있는 미쓰비시 플라스틱회사에서는 제품의 포장을 위하여 'ECOLOJU'를 개발하였는데, 이 제품은 원료가 옥수수인 생분해성 플라스틱 제품으로서 폐기시에는 소각할 필요가 없이, 토양에서 바로 분해가 되기 때문에 환경 보호에 공헌하고 있다.

환경과 안전에 관한 비용 및 투자에 있어서 미쓰비시 화학은 1998년 현재 약 190억엔을 지

57) <http://www.m-kagaku.co.jp>

출하였는데, 시설의 운영 및 유지 비용이 62%, 환경에 대한 시설 투자가 19%, 폐기물 처리비용이 10%, 그리고 안전에 대한 시설투자가 9%를 차지하였다.

<표 B-2> 미쓰비시사의 「환경과 안전에 관한 방침」

<b>환경 · 안전에 관한 방침</b>
<p>1. 「환경 · 안전」의 확보는 사업활동의 대전제이다. 모든 사업활동에 있어서 재해의 방지와 지역 환경, 지구환경의 보호에 최대한의 노력을 하면서 인간의 안전과 건강 및 환경에 미치는 영향을 최소한으로 한다. 또한 거래처의 선정 등에 있어서는 환경과 안전을 배려하는 사업자를 가능한한 우선한다.</p> <p>2. 우리 제품의 최신 정보를 수집 · 제공한다. 화학물질의 취급시와 화학제품의 운송, 사용시, 그리고 폐기시 등에 있어서 사고와 재해를 방지하기 위해 취급하는 모든 화학물질과 화학제품에 대한 최신 안전성 정보를 수집 · 정비하며, 이에 관한 정보를 제공한다.</p> <p>3. 산업재해와 피해를 완전하게 예방한다. 사업활동에 있어서의 안전, 환경 사고와 노동 재해를 방지하기 위하여 과거의 사례를 분석하고 적절한 대책을 강구하며, 무사고 · 무피해를 목표로 한다.</p> <p>4. 폐기물, 유해화학물질 배출을 최소화한다. 사업활동에서 발생하는 폐기물을 최소화, 순환, 재활용하며, 잠재적 위험을 가지는 화학물질에 대해서는 사용과 배출을 최소화하는 것을 목표로 한다.</p> <p>5. 자원과 에너지 절약을 추진한다. 자원 보호, 지구 온난화 방지의 관점에서 자원의 절약과 에너지 절약을 추진한다.</p> <p>6. 「환경 · 안전」을 향상시키는 기술개발, 연구개발, 품질 보증을 추진한다. 기존 기술의 보완과 함께 기술개발과 연구에 의하여 보다 안전한 생산과정과 제품의 개발에 노력하고, 이와 동시에 품질을 유지 · 향상시키고 보증하는 것을 목표로 한다.</p> <p>7. 사회로부터의 신뢰를 향상한다. 국내 법규와 국제 기준을 준수하면서 환경과 안전에 관한 사회의 요구를 파악하고, 이를 사업활동에 반영시켜 환경안전보호 활동과 화학산업의 이해정도를 평가함으로써 사회로부터의 신뢰도를 높인다.</p>

자료 : <http://www.m-kagaku.co.jp>

### 9. 다케다 화학(Takeda Chemical)<sup>58)</sup>

다케다 화학은 1925년에 설립되었으며, 의약품 및 비타민 제조와 조미료 등의 식품화학, 폴리우레탄 원료 등의 화학제품, 그리고 농약 등을 주로 제조하고 있다. 종업원 수는 1999년 3월 현재 약 9,139명이며, 본사는 일본 오사카에 위치해 있다.

다케다 화학에서는 자사 환경 시책의 이념으로서, 1992년에 『환경에 관한 기본 원칙』을 발표하고, 환경에 관한 모든 시책을 이 원칙을 바탕으로 하여 제정·실시하고 있다. 또한, 이런 업무의 책임관계를 명확하게 하기 위하여 환경 담당 이사를 임명하였다.

다케다 화학의 『환경에 관한 기본 원칙』과 2000년도까지의 환경에 대한 기본 시책은 다음과 같다.

<표 B-3> 다케다 화학의 『환경에 관한 기본 원칙』

환경에 관한 기본 원칙 (1992년 4월 제정)	
1. 기본 책무	모든 기업 활동에 있어서 지구 환경에의 영향을 중시하고 환경을 적극적으로 보전하고 향상시킨다.」
2. 자원·에너지의 효율적 이용과 폐기물의 최소화	
3. 제품·생산 과정에 대한 환경영향평가의 실시	
4. 환경기술의 개발과 활용	
5. 비상시의 대응	
6. 책임의 명확화	
7. 지역 사회와의 공조	
8. 교육과 훈련	

자료 : <http://www.takeda.co.jp>

<표 B-4> 다케다 화학의 환경 기본 시책

환경 기본 시책 (2000년도까지)	
1. Responsible Care 프로그램의 달성	
2. 환경·사고 예방관리 시스템의 보급추진	
3. 제7차 에너지 절약 4개년 계획의 달성	
4. 사고 예방과 안전 의식의 고양과 교육의 충실	

자료 : <http://www.takeda.co.jp>

58) <http://www.takeda.co.jp>

위의 표에서 알 수 있듯이 구체적인 환경 시책으로 RC 프로그램을 실시하고 있다. RC 프로그램은 중간 범위(mid-range)의 환경 목표를 만족시키기 위해서 추진되는 프로그램으로서, 일본 RC 협회를 통하여 자사를 포함한 협회 회원사 전체의 활동 상황과 실적을 전세계에 발표되고 있다. 다케다 화학에서는 이 RC 프로그램에 기초하여, 매년 『환경 방침』을 책정하고, 계속해서 각 부문에 대한 구체적인 행동 계획·목표 등을 정하고 있다. 다케다 화학이 2000년도까지 목표로 하고 있는 내용은 다음과 같다.

<표 B-5> 다케다 화학 Responsible Care 프로그램의 2000년도 목표

Responsible Care 프로그램의 2000년도 목표
1. 산업 폐기물의 사외(off-site) 처리량 20% 저감 (1994년도 대비)
2. 중점 관리 화학물질의 환경에로의 배출량 30% 저감 (1994년도 대비)
3. 에너지 절약의 추진(판매량과 관련된 에너지원 단가의 10% 저감)
4. 7곳의 전체 사업장과 츠쿠바 연구소에 환경 감사 실시
5. 자원 절약·리사이클의 추진
6. 환경친화적인 제품 개발의 추진
7. 제품과 화학물질의 안전 관리와 산업보건 향상
8. 기 타

자료 : <http://www.takeda.co.jp>

다케다 화학은 1999년 리사이클추진협회로부터 리사이클의 두드러진 공로를 인정받아 협회에서 수여하는 최고의 상인 「총리상」을 수상했다. 리사이클추진 공로상은 리사이클 운동에 열심히 참여하고, 지속적인 활동을 통해 현저한 실적을 올리고 있는 개인과 그룹 및 특히 공헌이 인정되는 사업장 등을 표창하고 있다. 이 회사가 상을 받은 것은 크게 두가지 이유인데, RC 프로그램을 통해 폐기물의 사외 처리량을 대폭적으로 삭감하고 리사이클을 추진한 것과 초임계수(Supercritical Water)에 의한 유기 폐기물을 리사이클하는 새로운 수법의 기술개발을 적극적으로 추진하고, 이 기술을 적용한 세계 최초의 상업적인 공장을 가동시키고 있는 것 등이 높게 평가되었다.

다케다 화학의 환경 시책은 『환경 위원회』(Environmental Committee)를 중심으로 추진되고 있다. 위원장과 위원(22명으로 각 부서의 환경 업무 담당자), 그리고 사무국장(Secretary General)으로 구성되는 『환경 위원회』에서는 회사에 있어 중요한 환경 문제를 심의하고, 매년 환경 방침들을 결정한다. 『환경 위원회』의 하부조직으로는 환경 보전, 에너지 절약, 사고 예방의 3개 소위원회가 있어, 실무 책임자 차원에서 사내의 문제에 대응하고 있다. 또한, 공장, 연구소에도 사업장마다 환경 문제를 취급하는 위원회 조직이 설치되어 있다. 그리고 사업장의 RC 프로그램과 환경 방침에 의한 적절한 실행을 보장하기 위하여 사내의 환경과 사고 예방에 대한 감사를 실시하고 있다. 또한 해외 생산 공장에 대해서는 정기적으로 환경 보전 상황을 평가해서 적절하게 조언을 하는 체제가 확립되어 있으며, 국내 관련 회사에 대해서나 관련 회사 담당자 회의를 개최하고, 정보 교환을 통하여 그룹 전체의 환경 활동을 추진하고

있다. 주요 활동 실적을 보면, 먼저 환경 보전을 위해서 매년 사업장에 지출하는 총 경비의 2% 정도를 환경 보전을 위해 쓰고 있는데 1998년 현재 약 36억엔이 소요되었으며, 환경 보전과 관계된 자본투자는 1998년 현재 약 6억 5천만엔이었다.

지구 온난화에 대한 대책으로 다케다 화학에서는 에너지 절전계획(현재 제7차 에너지 절약 4개년 계획 실시 중임)을 시행하면서 생산량 증가에 따른 이산화탄소 배출량의 증가를 억제해 왔다.

생산품의 제조활동으로 인해 불가피하게 산업 폐기물이 발생되지만, 매립장의 부족은 이를 더욱 심각하게 만들고 있다. 다케다 화학에서는 폐기물 발생량의 저감과 재이용을 추진하고 있으며, 외부 위탁 처리량의 저감 계획을 실시하여 2000년에는 1994년도 대비 20%를 저감할 예정이다. 1998년에 폐기물과 부산물의 총 발생량은 약 21만톤으로, 이 중으로 재이용(매각 양도를 포함한다)된 것은 약 17만톤이었다. 그리고 TDI 제조 공정에서는 초임계수(Supercritical Water)를 이용한 신기술로 중간 원료인 톨루엔 디아민(TDA)을 회수하고 리사이클하고 있는데, 카시마 공장은 이 기술을 적용한 세계 최초의 공장이다.

화학물질 관리에 있어서는 RC 프로그램의 일환으로서 중점 관리 화학물질의 환경 배출량의 저감을 추진하고 있는데 2000년까지 1994년 대비하여 30% 저감시킬 계획이다. 또한 환경 보전·오염 예방과 관련된 품질 인증을 취득함과 동시에 종업원에게도 환경에 대한 이해를 깊게 해주기 위해 「다케다 에코 소책자」(Takeda Eco-booklet)나 「다케다와 환경」(Takeda and the Environment)등의 책자와 자료를 배부하고 있다.

ISO 14001에 대비하기 위해서 의약품과 비타민 벌크(bulk), 농약 등을 주로 제조하고 있는 Hikari 공장과 화학제품을 생산하고 있는 Tokuyama 공장에서는 1998년 12월에 각각 환경경영 시스템에 대한 국제 규격인 ISO 14001 인증을 취득하였다. 또한, 의약품을 생산하는 오사카 공장에서는 이 인증을 취득을 추진하고 있다.

## 10. 세키스이 화학<sup>59)</sup>

세키스이 화학회사는 2002년도까지 공장에서 발생하는 폐기물을 100% 재이용하는 시스템을 그룹 내 30개의 공장 모두에 도입할 예정인데, 재이용할 수 없는 시멘트와 목편, 수지 스크랩은 소각하고, 그 소각재는 시멘트 재료로 사용할 계획이다.

## 11. 일본고무협회<sup>60)</sup>

일본고무협회에서는 고무제품의 LCA 분석 기법을 확립하기 위하여 대표적인 고무제품인 자동차 타이어를 대상으로 1997년부터 인벤토리 분석연구를 실시하였다. 이 연구는 승용차 래디얼 타이어(PCR), 트럭·패스용 래디얼 타이어(TBR)의 두가지 타입을 대상으로 원료, 생산, 판매·사용, 폐기·리사이클, 수송의 각 단계에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하였다.

59) <http://www.eic.or.jp/eanet/>

60) <http://www.eic.or.jp/eanet/>

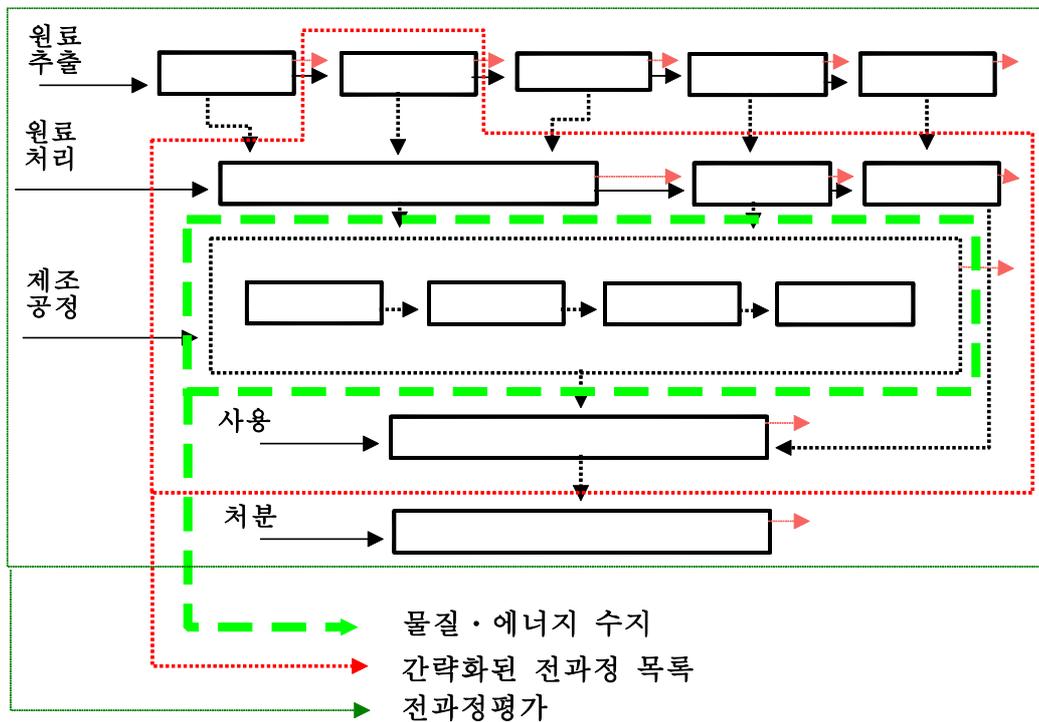
## [부록 C] 청정생산 실행도구

산업체에서 청정생산 구축을 위해서는 일정한 절차와 분석 도구가 요구된다. 즉, 무엇이 문제인지를 밝혀내고, 해결 대안을 모색하며, 대안들을 비교 평가하여, 도출되는 최적의 안을 실행하는 것이다.

김용건<sup>61)</sup>은 실행도구를 간략히 소개하고 청정생산 구축단계(①조사단계 ②대안도출단계 ③대안평가단계 ④실행단계)별로 적용가능한 도구를 분류하여 제시하고 있다. 그러나 보고서에서도 지적한 바와 같이 각 도구들간의 구분이 명확하지 않으며, 서로 상당부분 연관되어 있다. 예를 들어 실행단계에 적용되는 환경을 고려한 제품설계방법(DfE)을 위해서는 대안 제품간의 환경성분석이 요구되는데, 여기에는 다시 전과정평가(LCA)와 비용평가가 요구된다. 따라서 각 수단들은 청정생산의 단계에서 필요한 수단으로 사용되기도 하지만, 한편으로는 청정생산과 동등의 개념으로 인식되기도 한다. 따라서 청정생산의 개념을 II장에서 언급한 바와 같이 생산공정에 관련한 것으로 국한하는 것이 필요하다.<sup>62)</sup> 여기서는 청정생산의 범주를 공정에 국한하여 각 실천단계에서 요구되는 주요 도구들에 대하여 살펴보도록 한다.

### 1. 전과정평가(LCA)<sup>63)</sup>

전과정평가(LCA)는 제품의 전과정에 걸쳐서 환경적 영향을 파악하는 대표적인 분석방법이다. 이와 유사하게 제품의 환경영향 중 가장 핵심적인 부분을 간략히 분석하는 것을 단순 LCA 또는 Product Screening이라고 한다. 전과정평가가 제품중심의 환경영향평가법이기는 하지만, 공정의 분석과 대안의 설정 등에도 유용하게 적용될 수 있기 때문에 여기서는 전과정평가 전반에 대하여 살펴보도록 한다.



61) 김용건, 『청정생산구축사례연구』, KEI, 1998

62) 현장 설비나 운전방법의 개선에 주안점을 두고 추진하는 것이 가장 효과적으로 청정생산을 활성화할 수 있는 방안이라고 생각된다. 따라서 본보고서에서 청정생산은 공정중심으로 논의가 전개되고 있다.

63) 자료: <http://www.ecomgt.co.kr>에서 ISO14040-전과정평가-일반원칙, 14041-전과정평가-목적정의 및 목록 분석에서 재편집하였음.

## 1.1 일반원칙 및 기본구조

전과정평가는 ①제품 및 시스템과 관련된 투입물과 산출물의 목록화 ②투입물과 산출물에 관련된 잠재적 환경영향 평가 ③전과정평가 연구 목적과 관련된 목록분석 및 영향평가 단계에서의 결과 해석을 통하여 제품과 관련된 환경측면과 잠재적 환경영향을 평가하는 방법으로써, 그 결과는 ①제품의 전과정의 여러 단계에서 환경측면을 개선시키기 위한 공정 파악②산업계, 정부, 비정부기구의 의사결정(예: 전략계획, 우선순위 설정, 제품이나 공정의 설계 또는 재설계) ③측정기법을 포함한 관련 환경성과지표의 설정 ④마케팅(예; 환경성 주장, 환경라벨링 제도 혹은 환경친화적제품 선언)에 유용하게 이용된다.

일반적으로 전과정평가의 내용 및 범위는 적용 범위와 경계(system boundary) 및 의도한 용도에 따라 크게 달라질 수 있지만, 모든 경우에 있어서 ISO에서 규정된 원칙과 기본구조를 따라야 한다. 전과정평가는 여러 가지 환경경영기법(예; 위해성평가, 환경성과평가, 부지환경감사, 환경영향평가)중의 한 부분이며 제품의 경제적 또는 사회적 측면을 다루지는 않는다. 전과정평가의 한계는 다음과 같다.

- ①전과정평가와 관련된 선택사항과 가정(예: 시스템 경계의 설정, 데이터 출처와 영향범주의 설정)이 주관적일 수 있음.
- ②목록분석 또는 환경영향을 평가하기 위하여 사용하는 모델은 가정에 의해 제한을 받으며, 모든 잠재적 영향 또는 적용에 이용이 불가능할 수 있음.
- ③범지구적, 지역적 문제에 초점을 맞춘 전과정평가 연구 결과는 각 국소지역에 적용되기에 적합하지 않을 수 있음.
- ④전과정평가 연구의 정확성은 관련 데이터의 접근가능성이나 활용가능성 또는 데이터의 질, 데이터 형태, 합산, 평균, 현장특성 등에 따라 달라질 수 있음.
- ⑤영향평가에 사용된 목록 데이터에서 시간적, 공간적 차원의 결핍은 영향평가 결과에 대한 불확실성을 초래할 수 있음.

전과정평가기법의 몇 가지 주요 특성은 다음과 같다.

- ①원료획득으로부터 최종처리에 이르기까지 제품시스템의 환경측면을 체계적이고 적절하게 다루어야 함.
- ②상세한 정보와 소요시간은 연구목적과 범위에 따라 크게 달라질 수 있음.
- ③대상 범위, 가정, 데이터의 질에 대한 서술, 수행방법 및 연구결과는 투명해야 함. 데이터의 출처를 언급하고 문서화해야 함.
- ④기밀사항과 자산관련 사항에 대한 개별 조항을 만들어야 함.
- ⑤새로운 과학적 사실과 기술의 진보를 고려하여 평가하여야 함.
- ⑥대중에 공개적인 비교주장을 위한 전과정평가 연구에는 특정요건이 적용되어야 함.
- ⑦과학적 적용가능성과 사용자의 요구에 근거하되 국제규격을 준수하여야 함.

전과정평가는 목적과 범위의 정의, 목록분석, 영향평가 및 결과해석 단계를 포함하며, 각 단계별 구체적 내용은 다음과 같다.

## 1.2 목적 및 범위 정의 & 목록분석

전과정평가에서 목적 및 범위의 정의는 중요하다. 왜냐하면, 이것은 전과정평가가 수행되는 이유를 정하고 연구될 시스템과 데이터의 범주를 기술하기 때문이다. 연구목적과 범위, 사용 목적은 연구의 방향과 범위에 큰 영향을 주게 되며 지역적 범위, 시간적 범위, 필요로 하는 데이터의 질이 결정된다. 목록분석은 정해진 연구 목적을 달성하는데 필요한 데이터의 수집을 포함하며, 본질적으로는 시스템에 관련된 투입물·산출물 데이터 목록을 의미한다. 그러나 목록분석은 데이터와 관련된 환경영향 평가가 아니므로, 목록분석 결과만으로 상대적 환경영향에 관한 결론을 내릴 수는 없다. 이 단계의 결과는 다음과 같은 목적으로 유용하게 사용될 수 있다.

- ① 조직이 상호 연관된 제품시스템에 대한 체계적인 시야를 얻는데 도움이 됨.
- ② 전체 시스템뿐만 아니라 단위공정에서의 원료와 에너지사용, 대기와 수계, 토양으로의 오염물질 배출을 정량화함으로써 생산시스템의 환경성과 기준선을 정함.
- ③ 개선목표 설정을 위해 에너지와 원료의 사용이 가장 많은 단위공정을 규명함.
- ④ 후속 용도로 환경마크 기준을 정하는데 도움을 주는 데이터를 제공함.
- ⑤ 기타 조달업무 같은 정책대안의 설정에 도움을 줌.

### 1.2.1 기술적 개요

#### (1) 제품시스템 (product systems)

제품시스템은 하나 혹은 그 이상의 정해진 기능을 수행하는 중간제품의 흐름으로 연결된 단위공정의 집합이다. 제품시스템의 본질적인 특질은 그 기능으로 특징이 부여되는 것이며, 최종제품만으로 정의될 수 없다.

#### (2) 단위공정 (unit process)

제품시스템은 일련의 단위공정으로 나누어진다. 단위공정들은 다른 단위공정과 다른 중간제품 및 처리되는 폐기물로, 다른 제품시스템과는 제품흐름으로, 자연과는 기본흐름으로 연결되어 있다. 단위공정으로 들어가는 기본흐름은 원유와 태양열 등을 포함하고, 단위공정에서 나오는 기본흐름은 대기 배출물, 수질 배출물·방열을 포함한다. 중간제품 흐름은 기초 원료, 하위부품을 포함한다. 제품시스템을 구성하는 단위공정으로 나누는 것은 제품시스템의 투입물과 산출물의 규명을 쉽게 한다. 많은 경우에 투입물 중 어떤 것은 산출 제품의 구성성분으로 사용되는 반면에 다른 어떤 것(보조투입물)은 단위공정 내에서 사용되었으나 산출 제품의 일부가 아니다. 단위공정은 그 활동의 결과로 다른 산출물(기본흐름 및 제품)도 생기게 한다. 단위공정의 경계는 연구목적에 충족하는데 요구되는 모델링의 세부화 정도에 따라 결정된다. 시스템

은 물리적 시스템이므로 각 단위공정은 질량 및 에너지보존법칙을 따른다. 물질 및 에너지수는 단위공정기술의 타당성 점검에 유용하다.

### (3) 자료범주

수집된 데이터는 측정, 계산 혹은 추정 어느 것으로 되었든 단위공정의 투입·산출을 정량화하는데 사용된다. 주요 항목은 다음과 같다.

- ① 에너지 투입량, 원재료 투입량, 보조재 투입량, 기타 물질 투입량
- ② 제품
- ③ 대기 배출물, 수계 배출물, 토양 배출물, 기타 환경측면

이러한 항목에서 개별적인 데이터 분류는 연구목적에 충족하도록 더욱 자세하게 된다. 즉, 대기오염물질 내에 이산화탄소, 황산화물, 질소산화물 등과 같은 데이터 범주로 분리되어 식별될 수 있다. 더욱 세부적인 데이터 범주는 데이터 범주의 기술에서 논하고 있다.

### (4) 제품시스템 모형화

물리적 시스템의 핵심 요소를 설명하는 모델을 개발함으로써 전과정평가가 수행된다. 이것은 제품시스템내의 모든 단위공정간의 모든 관계 혹은 제품시스템과 시스템 외부환경간의 모든 관계를 연구하는 것이 실제적이지 않은 경우가 흔하기 때문이다. 모델화되는 실제 시스템의 요소를 선택하는 것은 연구 목적 및 범위 정의에 달려있다. 사용된 모델을 설명하고 선택의 기초가 되는 가정들이 식별되는 것이 바람직하다.

## 1.2.2 목적과 범위 정의

연구의 목적과 범위는 명백하게 정해지고 의도하는 적용과 부합되어야 한다.

### (1) 연구목적

전과정평가 연구목적은 의도하는 적용분야, 연구수행 이유, 의도하는 청중 즉, 연구결과를 전달하도록 되어있는 대상자를 명백하게 진술해야 한다.

### (2) 연구범위

연구범위는 전과정평가의 일반원칙 및 구조의 시스템경계에 부합하는 모든 관련 항목을 고려해야 한다. 전과정평가는 반복적인 기법이며, 데이터와 정보가 수집됨에 따라 연구의 원래 목적을 충족하기 위해서 범위의 여러 측면의 수정을 요구할 수도 있다는 것을 인식해야 한다. 어떤 경우에는 예측하지 못했던 한계, 제약조건 혹은 추가적인 정보의 결과로 인하여 연구목적 그 자체가 수정될 수도 있다. 그러한 수정은 수정사유와 함께 문서화하는 것이 바람직하다.

## (가) 기능, 기능단위, 준거흐름

LCA 연구범위를 정의할 때 제품기능(성과 특성)의 명세에 관한 명확한 설명을 해야 한다. 기능단위는 규정된 기능들을 정량화하는 단위이며, 연구목적과 범위와 부합되어야 한다. 기능단위의 주목적중의 하나는 투입량·산출량 데이터를 정규화(수학적 의미에 있어서)하는 기준을 제공하는 것이다. 따라서 기능단위는 명확히 정의되고 측정가능 해야 한다. 기능단위가 주어지면 그 기능을 충족하는데 필요한 제품의 양이 정량화 되어야 한다. 정량화된 결과가 준거흐름이다. 준거흐름은 시스템의 투입과 산출을 계산하는데 사용된다. 시스템간의 비교는 기준흐름의 형태로 같은 기능단위로 정량화된 동등한 기능을 근거로 비교되어야 한다. 기능단위 비교에서 고려되지 않은 부분이 있으면 이러한 내용을 문서화하여야 한다.

## (나) 초기 시스템경계

시스템 경계는 시스템모델에 포함될 단위공정을 정의한다. 시스템경계에서의 투입과 산출이 기본흐름이 되도록 시스템을 모델화하는 것이 이상적이다. 어떤 단위 공정이 대상 모델에 포함되어야 하고 어느 정도 세부적이어야 하는가에 대한 의사결정이 내려져야 한다. 연구의 전반적인 결론을 심각하게 변화시키지 않는 투입물과 산출물의 정량화에 자원을 소비할 필요가 없다. 또한 어떤 환경 배출물들이 평가될 것이며 평가의 세부적 수준에 관한 의사결정이 내려져야 한다. 많은 경우에 초기에 정해진 시스템경계는 그 후로 예비작업 결과를 기초로 수정될 것이다. 투입물과 산출물의 선택에 사용된 의사결정 규칙이 명백히 이해되고 기술되는 것이 바람직하다. 이 과정에 대한 더 이상의 지침은 투입물·산출물 초기포함기준에 있다. 전과정 단계, 공정 혹은 투입물·산출물을 생략하는 모든 의사결정은 명확히 설명되고 정당화되어야 한다. 단위공정과 흐름에 있어서 고려하는 되어야 하는 사항은 다음과 같다.

- ① 주요 제조/공정에서의 투입물과 산출물
- ② 유통 혹은 수송과정
- ③ 화석연료, 전기 및 열의 생산과 사용
- ④ 제품의 사용과 보존
- ⑤ 공정 폐기물과 제품의 처리
- ⑥ 사용한 제품의 회수(재사용, 재활용 및 에너지회수 포함)
- ⑦ 보조물질의 제조
- ⑧ 자본재의 제조와 보존
- ⑨ 조명과 난방 같은 추가적인 운영사항

단위공정과 그들간의 상호관계를 보여주는 공정 흐름도를 사용하여 시스템을 설명하는 것이 도움이 된다. 할당에 관한 의사결정을 포함하여 어떤 투입물과 산출물 데이터들이 다른 제품시스템으로 추적해야할 것인가에 대한 의사결정이 내려지는 것이 바람직하고, 다른 실무자가 목록분석을 복제할 수 있을 정도로 매우 자세하게 시스템이 설명되는 것이 바람직하다.

## (다) 데이터 범주

요구되는 데이터는 연구목적에 달려있다. 데이터는 시스템경계내의 단위공정과 관련된 생산 현장에서 수집되거나 공표된 자료를 이용하거나 계산될 수도 있다. 시스템 경계 내 개별 단위 공정별로 정량화 되어야 할 투입물과 산출물의 주요 포제가 요약되어 있다. 어떤 데이터 범주가 연구에 사용될 것인가를 결정할 때 이러한 데이터 범주들을 고려하는 것이 바람직하다. 개별 데이터 범주는 연구목적에 만족시키도록 더 자세한 것이 바람직하다. 에너지 투입물과 산출물도 다른 투입물 및 산출물과 마찬가지로 취급되어야 한다. 여러 형태의 에너지 투입물과 산출물은 시스템 모델 내에서 사용되는 화석연료, 원료에너지, 공정에너지의 생산과 전달에 관련이 있는 투입물과 산출물을 포함해야 한다. 대기, 수계 및 토양으로의 배출물은 처리장치를 통과한 후의 배출을 나타낸다.

## (라) 투입물·산출품 초기포함 기준

범위를 정의하는 동안 투입물과 산출물 초기집합이 목록으로 선택된다. 이 과정에서 모든 투입물과 산출물을 시스템의 모델에서 고려할 필요가 없다는 것을 인지하게 된다. 투입물을 생산하는 어떤 단위공정 혹은 산출물을 받아가는 어떤 단위공정이 연구중인 제품시스템에 포함되는 것이 바람직한가 하는 것을 생각해야 한다. 대체로 초기식별은 이용가능한 데이터를 이용하여야 한다. 연구진행 중에 추가적인 데이터를 수집하여 투입물 및 산출물을 보다 충분히 식별하고 민감도분석에 사용하는 것이 바람직하다. 수립된 기준과 가정은 명확하게 기술되어야 한다. 또한 연구결과에 대한 기준의 잠재적 영향이 평가되고 최종보고서에 기술되어야 한다. 물질 투입물에 대하여는 연구될 투입물의 초기선택에서 분석이 시작된다. 모델에 포함될 개별 단위공정과 관련된 투입물의 식별에 근거를 두고 선택되는 것이 바람직하다. 이러한 노력은 특정 현장 혹은 공개된 정보원에서 수집된 데이터를 가지고 착수할 수도 있다. 그 목적은 개별 단위공정과 관련된 중요한 투입물을 식별하는 것이다. 어떤 투입물이 연구될 것인가에 대한 전과정평가 실무에 사용되는 기준은 중량, 에너지, 환경관련성을 포함하여 여러 가지가 있다.

중량기여도 하나만을 기초로 한 투입물의 초기 식별은 중요한 투입물이 연구에서 빠지는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 에너지와 환경관련성도 이 과정에서 기준으로 사용되는 것이 바람직하다.

- ① 중량을 하나의 기준으로 사용할 때의 적절한 의사결정 규칙은 제품시스템 모델의 투입물 중량 대비 정해진 백분비 이상의 누계에 기여하는 모든 투입물을 연구에 포함
- ② 에너지: 마찬가지로 에너지를 하나의 기준으로 사용할 때의 적절한 의사결정 규칙은 제품시스템의 에너지 투입물의 정해진 비율 이상의 누계에 기여하는 모든 투입물을 연구에 포함
- ③ 환경관련: 환경관련 기준 의사결정 규칙은 제품시스템의 각 데이터 범주의 추정량 대비 특정 백분율 이상으로 기여하는 투입물들을 포함. 예를 들어, 황산화물이 데이터 범주에 선정되었으면 제품시스템의 총황산화물 배출물 대비 특정 백분율 이상으로 기여하는 어

떠한 투입물도 포함하도록 하는 기준이 설정될 수 있음.

이러한 기준들은 어떤 산출물이 추적되어야(최종폐기처리과정 포함) 하는가를 규명하는데 사용될 수 있다. 대중에게 공개되는 비교주장을 하는데 사용되는 전과정평가 연구에서의 투입물과 산출물 데이터의 최종 민감도분석은 질량, 에너지 및 환경관련 기준을 포함하여야 한다. 이 과정에서 식별된 모든 선택된 투입물을 기본흐름으로 모델링되는 것이 바람직하다.

#### (마) 데이터 품질 요건

연구결과의 신뢰성에 대한 이해와 연구결과의 적절한 해석에는 데이터 품질이 중요하다. 연구 목적과 범위가 충족될 수 있도록 데이터 품질요건이 정해져야 한다. 데이터의 품질은 데이터의 수집에 사용된 방법론뿐만 아니라 정량적, 정성적 모두를 기술하는 것이 바람직하다. 데이터의 품질요건은 다음의 요소를 포함하는 것이 바람직하다.

- ① 시간적 범위: 데이터의 신규성과 데이터가 수집되는 최소한의 기간
- ② 지역적 범위: 연구목적에 만족시키도록 수집되어야 하는 단위공정 데이터가 나오는 지역적 영역(예: 국지적, 지역적, 국가적, 대륙적, 범지구적)
- ③ 기술적 범위: 테크놀로지 믹스(예: 실제 공정믹스의 가중평균, 최선의 이용가능한 기술, 최악의 운영단위)

특정 현장에서 수집된 데이터인지 혹은 공개된 자료에서 나온 것인지, 데이터가 측정, 계산 혹은 추정되어야 할 것인지와 같은 데이터의 출처를 밝히는 것이 필요하다. 투입물과 산출물의 초기포함기준에 따라 수행된 민감도 분석결과 연구중인 시스템의 질량과 에너지 흐름의 대부분을 차지하는 단위공정에는 특정 현장에서 나온 데이터 혹은 대표적인 평균치가 사용되는 것이 바람직하다. 환경적으로 관련있는 배출물이 있는 것으로 여겨지는 단위공정에도 특정 현장에서 나온 데이터가 사용되는 것이 바람직하다.

모든 연구에서 목적 및 범위 정의에 따라 다음과 같은 추가적인 데이터 품질요건이 세부수준에서는 고려되어야 한다.

- ① 정밀도(예: 분산)
- ② 정확성: 한 단위공정에서 존재 가능한 개별 데이터의 범주수 대비 1차 데이터로 보고한 데이터 범주수의 백분율
- ③ 대표성: 데이터가 모집단을 잘 반영하여야 함
- ④ 일관성
- ⑤ 재현성

연구가 일반에게 공개되는 제품간 혹은 공정간의 비교주장을 위한 것일 경우 모든 데이터 품질요건이 연구에 포함되어야 한다.

### (바) 정밀검토

정밀검토 유형이 분명하게 밝혀져야 한다. 정밀검토의 유형은 정밀검토 과정에 제시되어 있다. 연구의 용도가 일반에게 공개되는 비교주장을 위한 것일 경우 이해관계자에 의한 검토가 수행되어야 한다.

## 1.2.3 목록분석

### (1) 자료수집 준비

연구의 범위는 단위공정과 관련된 초기 데이터범주를 결정한다. 데이터 수집은 여러 가지 자료원을 이용하게 되므로 일관된 결과를 얻기 위해서는 다음의 단계를 따르는 것이 도움이 된다.

- ① 모델화 될 모든 단위공정과 그들의 상호관계를 포함한 간략한 공정흐름도의 작성
- ② 각 단위공정과 관련된 데이터 범주의 리스트 작성과 각 단위공정의 세부적인 기술
- ③ 측정단위를 규정하는 용어집의 개발
- ④ 보고하는 위치에 있는 사람들이 어떤 정보가 전과정평가 연구에 필요한지를 이해하는데 도움을 주기 위한 각 데이터 수집 및 계산 기법의 기술
- ⑤ 제공되는 데이터와 관련된 모든 특별한 문제, 불규칙 사항 혹은 다른 사항을 명확하게 문서화할 수 있도록 교육기회 제공

### (2) 데이터수집

서로 다른 시스템의 각 단위공정에 따라 데이터 수집절차는 달라질 수 있다. 또한 연구 참여자의 구성과 자격, 지적소유권과 기업의 기밀요건 등에 따라서도 절차가 달라질 수 있다. 그러한 절차와 이유를 문서화하는 것이 바람직하다. 데이터수집은 단위공정에 대한 철저한 지식을 요구한다. 이중계산이나 누락을 피하기 위하여 각 단위공정에 대한 설명은 기록되어야 한다. 이것은 단위공정의 기능과 어디서 공정이 시작하고 끝나는지를 정하는데 필요한 투입물과 산출물의 정량적이고 정성적인 기술을 포함한다. 단위공정이 복수의 투입물(예: 수처리 플랜트로 들어가는 복수의 폐수) 혹은 복수의 산출물을 가진 경우에는 할당절차에 관련된 데이터가 문서화되고 보고되어야 한다. 에너지 투입물과 산출물은 에너지 단위로 정량화되어야 한다. 해당하는 곳에서는 화석연료의 무게나 부피도 기록하는 것이 바람직하다. 공표된 문헌에서 데이터가 수집될 때에는 출처가 표시되어야 한다. 만일 그러한 데이터가 초기데이터 품질요건을 충족하지 못하면 이러한 사항도 기술되어야 한다.

### (3) 계산절차

데이터 수집에 이어서 모델시스템의 정해진 기능단위와 각각의 단위공정별로 목록결과를 산출하는데 계산절차가 필요하다. 전력생산과 관련된 기본흐름을 정할 때는 발전믹스, 연료

유형별 연소효율, 발전설비의 전환효율, 송·배전 손실 등이 고려되어야 한다. 이때 사용된 가정들은 합리적이어야 하고 또 명백하게 기술되어야 한다. 기름, 가스, 석탄 같은 가연성 물질에 관련된 투입물과 산출물은 관련 연소열량을 곱하여 에너지 투입량 혹은 산출량으로 전환될 수 있다. 이 경우에 고 열량값 혹은 저 열량값 어느 것이 사용되었는지가 보고되어야 한다. 같은 계산절차가 연구의 끝까지 일관성 있게 적용되는 것이 바람직하다. 모든 계산절차는 명백하게 문서화되어야 한다.

#### (가) 데이터 확인(Validation)

데이터수집 과정 중에 데이터 타당성 점검이 수행되어야 한다. 즉, 물질 및 에너지수지의 확인과 배출요인의 비교분석 등이 포함될 수 있다. 누락 데이터가 나타난 곳에서는 다음과 같이 처리하는 것이 바람직하고, 누락데이터의 처리는 문서화되어야 한다.

- ① '0'이 아닌 것이 확실할 경우 실제 데이터 값
- ② '0'이 확실하면 '0'으로 처리
- ③ 유사한 기술을 사용하는 단위공정에서 보고된 값을 토대로 계산된 값

#### (나) 단위공정과 데이터의 관계설정

각각의 단위공정별로 적절한 기준흐름이 정해져야 한다(예: 물질 1kg 혹은 에너지 1 MJ). 단위공정의 정량적 투입물과 산출물 데이터는 이 기준흐름에 대한 관계에서 계산되어야 한다.

#### (다) 기능단위와 데이터의 관계설정 및 데이터 취합

흐름도와 시스템 경계를 기초로 전체시스템의 계산이 가능하도록 단위공정들이 서로 연결된다. 이것은 시스템 내에 있는 모든 단위공정을 기능단위에 대하여 정규화함으로써 이루어진다. 데이터 취합은 연구목적에 만족시킬 수 있어야 하고, 동등한 물질이나 유사한 환경영향에 한해서만 데이터가 취합되는 것이 바람직하다.

#### (라) 시스템경계의 수정

LCA의 반복적 성질을 반영하여 포함되어야 할 데이터에 관한 의사결정은 그들의 중요성을 결정하는 민감도분석을 기초로 해야 한다. 이것에 의하여 투입물·산출물 초기 포함기준항에 약속된 초기분석을 검증한다. 초기 제품시스템 경계는 범위정의에서 규정된 기준에 따라 적합하게 수정되어야 한다. 시스템경계의 개량과정과 민감도 분석의 결과는 문서화되어야 한다. 민감도분석은 다음과 같은 결과를 가져올 수 있다.

- ① 민감도분석에서 중요성이 없는 것으로 나타날 때 단위공정의 배제
- ② 연구결과에 대한 중요성이 없는 투입물과 산출물의 배제
- ③ 민감도분석에서 중요한 것으로 나타난 새로운 단위공정, 투입물 및 산출물의 포함

## (4) 할당

전과정목록분석은 제품시스템내의 단위공정을 간단한 물질과 에너지 흐름으로 연결할 수 있다. 실제로 한가지 산출물을 내거나 원재료 투입물과 산출물이 선형관계에 있는 산업공정은 거의 없다. 사실 대부분의 산업공정은 한가지 이상의 제품을 생산하며, 중간재 혹은 폐기된 제품을 원재료로 재활용한다. 따라서, 관련된 환경배출과 마찬가지로 물질 및 에너지 흐름도 명백하게 기술된 절차에 따라 다른 제품들간에 할당되어야 한다.

## (가) 할당원칙

목록은 투입물과 산출물간의 물질수지에 기초하고 있으므로 가능한 한 중요한 투입·산출 관계와 특성들을 추정하는 것이 바람직하다. 개별 단위공정에 사용된 할당절차는 문서화되고 정당화되어야 한다.

## 나) 할당절차

a) 가능하면 다음과 같이 하여 할당을 피하는 것이 바람직함.

- 할당이 필요한 단위공정을 둘 혹은 그 이상의 하위공정으로 나누고 하위공정과 관련된 투입물과 산출물 데이터를 수집함.
- 기능, 기능단위, 준거흐름 요건을 고려한 부산물과 관련된 부가적인 기능을 포함하도록 제품시스템을 확장함.

b) 할당을 피할 수 없는 곳에서는 시스템 투입물과 산출물이 다른 제품 혹은 기능간에 그들간의 근원적인 물리적 관계를 반영하는 방법으로 분배되는 것이 바람직함. 즉, 제품 혹은 시스템 기능상의 정량적인 변화에 따라 투입물과 산출물이 변하는 방식을 반영하는 것이 바람직함.

c) 물리적 관계만이 할당기준으로 사용되거나 정해질 수 없는 곳에서는 제품 및 기능간의 다른 관계들을 반영하는 방법으로 그들 사이에 할당되는 것이 바람직함. 예를 들어, 제품의 경제적 가치에 비례하여 부산물간에 투입물 및 산출물이 할당될 수 있음.

어떤 산출물은 일부는 부산물이고, 일부는 폐기물이다. 이러한 경우에 부산물 부분에만 투입물과 산출물이 할당되어야 하므로 부산물과 폐기물간의 비율이 규명될 필요가 있다. 고려중인 시스템의 유사한 투입물과 산출물에는 같은 할당절차가 적용되어야 하다. 시스템에서 분리되는 유용한 제품들(예: 중간재 혹은 버린 제품)에 할당을 하면, 할당절차는 시스템으로 들어오는 그러한 제품들에 사용된 할당방법과 동일해야 한다.

## (다) 재사용과 리사이클링의 할당절차

할당원칙 및 할당절차는 재사용과 재활용 상황에도 적용되지만 주의가 요구된다.

## (5) 목록분석의 한계

결과는 연구의 목적과 범위에 따라서 해석되어야 한다. 해석은 결과의 불확실성을 이해할

수 있도록 중요한 투입물과 산출물, 방법론의 선택에 대한 데이터의 품질평가와 민감도분석을 포함해야 한다. 목록분석의 해석은 연구목적과 관련해서 다음을 고려해야 한다.

- ① 시스템 기능과 기능단위의 정의가 적절한지 여부
- ② 시스템경계의 정의가 적절한지 여부
- ③ 데이터 품질평가와 민감도분석에서 규명된 한계

결과는 투입물과 산출물 데이터를 언급하는 것이지 환경영향을 언급하는 것이 아니므로 주의하여 해석하는 것이 바람직하다. 특히 목록분석 결과만으로 비교해서는 안된다. 게다가 각각의 데이터의 불확실성은 누적되어 목록분석 결과도 불확실성이 필연적이다. 불확실성 분석을 통해 목록분석 결과와 결론의 불확실성을 제시할 수도 있다. 데이터의 품질평가, 민감도분석, 전과정평가 결과에서 나오는 결론과 모든 권고 사항은 문서화되어야 한다.

#### (6) 보고

보고는 시스템 기능과 기능단위의 정의가 적절한지 여부, 시스템경계의 정의가 적절한지 여부, 데이터 품질평가와 민감도분석에서 규명된 한계를 제시하여야 한다. 목록분석 결과는 공정하고 정확하게 보고되어야 한다. 객관적인 보고를 위해서는 다음의 사항이 포함되어야 한다.

##### (가) 연구목적

- ① 연구를 수행하는 이유
- ② 적용대상
- ③ 이해당사자

##### (나) 연구범위

- ① 연구범위 선정이유
- ② 기능
  - 성과의 설명
- ③ 기능단위
  - 목적과 범위와의 일관성
  - 정의
  - 성과측정 결과
- ④ 시스템경계
  - elementary flow로서의 시스템의 투입물과 산출물
  - 의사결정 규칙
  - 전과정 단계, 공정 혹은 필요한 데이터의 생략
  - 단위공정의 초기 기술
  - 할당에 관한 의사결정

- ⑤ 데이터 범주
  - 데이터 범주에 관한 의사결정
  - 개별 데이터 범주에 대한 세부내역
  - 에너지 투입물과 산출물의 정량화
  - 전기생산에 관한 가정
  - 연소열
  - 배출물의 포함
- ⑥ 투입물과 산출물의 초기 포함기준
  - 기준과 가정의 기술
  - 결과에 대한 선택의 영향
  - 중량, 에너지 및 환경기준의 포함(비교주장용)
- ⑦ 데이터 품질요건

(다) 목록분석

- ① 데이터수집 절차
- ② 단위공정의 정량적 정성적 기술
- ③ 인용자료의 출처
- ④ 계산절차
- ⑤ 데이터 검증
  - 데이터 품질평가
  - 결손 데이터의 처리
- ⑥ 시스템 개선을 위한 민감도분석
- ⑦ 할당 원칙과 절차
  - 할당 절차의 문서화와 정당화
  - 할당 절차의 일관된 적용

(라) 한계

- ① 데이터 품질평가와 민감도분석 결과
- ② 시스템 기능과 기능단위
- ③ 시스템경계
- ④ 불확실성 분석결과
- ⑤ 데이터 품질평가와 민감도분석에서 규명된 한계
- ⑥ 결론과 권고

### 1.3 영향평가

영향평가단계에서는 있을 수 있는 환경적 당면문제와의 관련성과 중요도를 보다 충분하게 이해하도록 제품시스템의 전과정 목록 결과를 평가하는 것이다. 이 단계는 영향범주로 불리는 선택된 환경이슈와 지표를 사용하여 목록 결과를 단순화하고 설명에 도움을 준다. 지표는 각 범주의 자원사용 혹은 총 배출량을 반영하고자 하는 것이며, 잠재적 환경영향을 나타낸다. 영향평가의 목적은 다음과 같다.

- ① 시스템 개선 기회의 규명과 우선순위 결정
- ② 제품시스템과 그 단위공정의 시간에 따른 특성부여와 벤치마크
- ③ 선택된 지표를 기초로 제품시스템 상호간의 비교

영향평가절차는 크게 분류, 특성화, 가중치부여단계로 나뉘어 진다.

- 분류: 목록데이터를 영향범주에 배정하는 단계
- 특성화: 영향범주 내에서 목록데이터를 기준이 되는 물질에 대한 상대수치로 나타냄으로서 특징짓는 단계
- 가중치부여: 각각의 영향범주에 대해 주용도를 부여함으로써 영향평가결과를 집성하는 단계

영향평가는 전과정평가의 목록분석에서 규명된 환경부담들의 영향을 분류하고, 특성을 분석하여 그 가치를 평가하는 기술적인 과정이다. 이 평가는 명확히 설명될 수 있는 과학적인 방법론의 틀에서 이루어진다. 그러나, 영향평가를 위한 방법들은 아직 개발되고 있는 단계이며, 그 중의 몇은 전과정 평가의 일부분으로서 조심스럽게 사용되고 있다. 경계를 통해 시스템에 도입된 에너지와 환경 부하의 데이터에 관한 상세한 기술을 환경문제로서 식별할 수 있는 형태로 해석하고, 각각의 수치가 갖는 의미나 상호관련성을 명확히 할 필요가 있다.

그러나 데이터의 측정 또는 산정은 가능하여도 환경영향과의 인과관계를 명확하게 하는 것은 쉽지 않다. CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등의 수치를 안다 하더라도 그것들이 얼마만큼 사람의 건강이나 생태계에 영향을 주는가를 연관짓는 것은 매우 어렵다. 더욱이 배출된 물질은 단독이 아니라 복합적으로 작용하여 환경에 대해 복잡한 영향을 준다.

예를 들어 SO<sub>x</sub>는 지구환경의 산성화나 독성과 관련되어 있는데, SO<sub>x</sub> 그 자체보다는 물과 반응한 수소이온(H<sup>+</sup>)의 형태로 작용하기 때문에 영향의 정도는 SO<sub>x</sub>의 상태에 따라 현저히 좌우된다. NO<sub>x</sub>도 산성화와 부영양화의 쌍방에 기여하고 있다. 목록분석을 위하여 수집한 측정물질은 거의 대부분이 1:1의 대응이 아니라 직·간접적 또는 상호작용으로 또는 시간적인 차를 가지면서 환경에 영향을 주고 있다. 현재까지도 그 연관을 명확히 파악하는 것은 어렵고, 그 자체로서도 인과관계를 설명하는 데는 매우 불충분할 것이다. 그럼에도 불구하고 데이터해석을 통해 이들 배출물이 환경에 주는 영향을 연관지으려는 시도가 있다.

### 1.3.1 영향평가의 주요 요소

영향평가 과정은 목록결과를 지표 결과로 변환하는 여러 가지 필수적인 요소로 이루어져 있다. 덧붙여 지표 결과의 변환을 위한 선택적인 요소 및 질의 평가방법도 있다. 각 요소내에서 영향평가 방법 및 가정, 가치와 주관(이하 가치선택 이라 한다), 기타 운영에 대한 검토와 보고가 투명하게 이루어 질 수 있다.

- ① 영향범주의 선택과 정의: LCA 연구에서 다루게 될 영향범주, 관련 범주지표, 범주 종료점 및 상응하는 목록분석 결과의 식별. 즉, 지구온난화 영향범주는 적외선복사 억제력을 범주지표로 사용하여 온실가스의 배출을 나타냄.
- ② 목록분석 결과의 배정(분류): 목록분석 결과를 범주 지표에 배정.
- ③ 범주지표로 범주 모델링(특성화)
  - 배정된 목록분석 결과를 공통단위로 변환하는 특성화 계수를 선택하고 사용함. 즉, 지구온난화 잠재력 계수를 사용하여 메탄을 이산화탄소 등가로 변환 함.
  - 변환된 결과를 모아서 지표결과로 함. 즉, 모든 이산화탄소 등가들을 더하여 적외선 복사 억제 범주지표로 함.
- ④ 기준값(reference value)에 대한 범주지표의 상대적 기여도(정규화): 각각의 지표 결과에 대한 제품시스템의 상대적 기여도를 규명함.
- ⑤ 영향범주간의 가중치: 순위를 부여할 목적으로 전 영향범주에 걸쳐 지표결과를 변환하고 집계할 수 있게 함

### 1.3.2 범주지표

#### (1) 영향범주의 선택과 정의

여기에서는 영향범주 선택과 정의의 지침과 요건을 제공한다. 대부분 LCA 연구들의 영향범주는 과거의 연구들에서 선택된다. 그러나 기존의 영향범주들이 LCA 연구의 목적과 범위를 충족할 수 없는 경우에 새로운 영향범주의 선택이 요구된다. 영향범주의 선택과 정의는 포괄적인 것이 바람직하며 LCA 연구의 목적과 범위에 부합되어야 한다. 환경이슈나 관심사항을 회피하거나 숨기도록 범주가 선택되지 않아야 한다. 영향범주의 선택과 정의의 기준은 다음과 같다.

- ① 영향범주는 투명성이 보장하도록 참조문헌을 인용하는 등 합리적이어야 함.
- ② 영향범주의 선택과 정의 동안에 이루어지는 가치선택과 가정은 최소화되는 것이 바람직하며 각각은 합리적이어야 함.
- ③ 영향범주는 제품시스템의 종합적인 배출물과 자원 사용을 그 범주지표를 통하여 범주의 종료점을 나타내는 것이 바람직함.

- ④ 영향범주는 자연과학을 기초로 하는 것이 바람직함. 즉 알려진 부가적인 환경메커니즘 및 실증적 관찰을 기초로 모델링되어야 함. 참고적으로 자연과학의 예는 생물학, 화학 및 물리학 등임.
- ⑤ 영향범주는 환경적으로 관련된 것이 바람직함. 즉 여기에 국한되는 것은 아니지만 공간적, 시간적 특성을 포함하는 범주의 종료점에 대하여 충분히 명확한 연계를 가져야 함.
- ⑥ 영향범주는 국제적으로 용인된 것이 바람직함. 즉 국제협약을 기초로 하거나 국제기구의 승인을 받은 것이 좋음.
- ⑦ 영향범주는 목적과 범위 정의에서 요구되는 것이 아니면 이중 계산을 피하도록 하는 것이 바람직함.
- ⑧ 영향범주는 후속단계에서 다른 기법의 적용에 적합해야 함.

(2) 결과의 배정(분류)

이 요소(흔히 분류로 언급됨)의 목적은 목록분석 결과를 범주 지표에 배정하는 것이다. 가장 기본적인 형태로 목록결과가 영향범주에 배정된다. 이것은 목록분석 결과와 관계있는 이슈를 식별하는데 사용될 수 있다. 범주지표에 배정하는 옵션들은 다음과 같다.

- ① 한 개의 범주지표에 독점적인 목록분석 결과들의 직접 배정. 예를 들면 인은 오직 부영양화에만 배정됨.
- ② 여러 범주지표에 관련 있는 목록분석 결과의 식별
- ③ 이중 계산을 피하기 위하여 병렬영향(예; NHx 배출물을 질화 및 비질화 부문으로 배정), 연속영향(예; CFC를 지구온난화와 배정, 뒤이어서 오존층파괴에 배정), 간접영향(예; 산성화물질을 산성화에 배정, AI-유동으로 인한 생태계 독성에 배정 않음)간의 차이 식별.

만일 목록분석 결과가 이용 불가능하거나 LCA 연구목적에 달성하기에는 불충분하면, 그 때에는 반복적인 목록분석 작업이 필요할 수도 있다. 또는 LCA 연구 범위와 목적의 변경을 요구할 수도 있다. LCA 연구의 목적과 범위를 충족하지 못하는 이유는 문서화되어야 한다.

(3) 범주 모델링(특성화)

범주 모델링(흔히 특성화로 불린다)의 목적은 한 범주지표 내에서 LCI 결과의 변환과 취합을 위한 기초를 제공하는 것이다. 이것은 그 범주지표에 대한 전반적인 변화 혹은 부하를 나타내는 지표결과이다. 대부분의 LCA 연구는 기존의 모델링을 선택하지만 어떤 경우에는 기존 모델이 LCA 연구의 정해진 목적과 범위를 충족시키기에 충분하지 않아서 새로운 모델이 정의되어야 하는 경우도 있다. 각각의 영향범주는 목록분석결과와 범주지표간의 관계에 대한 구체적인 모델을 가지는 것이 바람직하다. 범주지표는 원인-영향 네트워크의 어느 곳에서나 선택될 수 있으며, 자연과학을 기초로 하는 방법으로 정해지는 것이 바람직하다. 즉, 알려진 기

법의 환경메커니즘 및 실증적인 관찰을 기초로 모델링 되어야하나 가정과 가치선택을 포함할 수도 있다. 각 모델의 대표성과 정확성은 범주지표와 목록분석 결과의 공간적, 시간적 일치성 같은 여러 요인에 달려있으며, 목록분석 결과와 범주지표의 관계는 통상적으로 강하고, 동시에 범주지표는 환경적 연관성이 있어야 한다.

부가적으로 환경 연관성 분석은 기능의 척도 결정과 관련된 단위운명을 포함한다. 환경 연관성의 기술적 분석은 환경 연관 프로파일을 만들 목적으로 범주지표간의 상대적 척도를 위한 사전 기반을 제공한다. 범주지표간의 상대적 지표는 메커니즘 및 범주 종료점이 관련이 있는 범주지표들간으로 한정되어야 한다. 예를 들면, 자원사용에 대한 범주지표들은 배출물에 대한 범주지표들과 별도로 척도화되어야 할 것이다.

또한 환경 연관성의 기술적 분석은 정규화와 가중치부여 및 해석을 위한 중요한 정보를 제공할 수 있다. 특정의 사례에는 특성화 계수를 세밀히 구분하는데 산성화에 대한 민감도 같은 사업장의존 환경정보가 사용될 수 있다. 이것은 목록분석 결과의 공간적, 시간적 차별화를 요구하고, 범주지표의 모델링에 사용된 자연과학 기초, 단순화 가정의 수와 종류 및 가치선택은 영향범주에 따라 달라진다. 가치선택과 가정은 구분되고 합리적이며 문서화되어야 한다. 범주지표의 한 예가 적외선 복사 억제력이다. 각각의 지구온난화 가스에 대한 특성화계수, 지구온난화 잠재력 계수가 이산화탄소 등가 단위로 개별 가스의 적외선 복사 억제력을 계산하는데 사용된다. 범주지표의 모델링에는 여러 가지 요건을 고려해야 한다.

- ① 모델의 출처를 확인하거나 참고문헌을 명시.
- ② 각각의 출처와 관련하여 모델이 환경 메커니즘이나 실증적 관찰의 뒷받침을 받는 것인지를 확인함.
- ③ 그 범주지표에 대하여 목록분석 결과를 더하는데 사용된 특성화 계수를 확인함.
- ④ 모델과 특성화 계수가 국제적으로 용인된 것인가를 확인함.
- ⑤ 모델에 있는 불확실성의 가능한 출처와 정도를 확인함.
- ⑥ 모델과 특성화 계수가 어느 정도로 자연과학에 기초하고 있는가를 확인함.

### (3) 범주지표의 변환

#### 가) 기준값에 대한 범주지표의 상대적 기여(정규화)

선택된 기준에 대비하여 지표결과의 상대적 기여도를 분석하는 것(흔히 정규화로 불린다)은 다음과 같다.

- ① 기준 기간동안 정해진 지역의 영향범주와 관련 있는 총 배출 혹은 자원사용의 확인과 수집.
- ② 동일한 특성화 계수를 사용하여 이들을 변환.
- ③ 변환된 값을 취합하여 그 지역의 기준값(Rarea)으로 하고
- ④ 지표결과(CIR)를 기준값으로 나누어 정규화된 결과를 얻음
- ⑤ 정해진 지역의 일인당 총 배출 혹은 자원사용 기준은 다음과 같이 계산함

- 지역의 변환된 값을 총인구로 나눈다. 즉  $R_{area} / \text{인구} = R_{per\ capita}$
- 지표결과를 준거값으로 나눈다. 즉  $CIR / R_{per\ capita} = \text{정규화된 결과}$

기준체계의 선택은 환경메커니즘의 공간적, 시간적 규모와 기준값의 일관성을 고려하는 것이 바람직하다. 이 절차는 의사 결정자에게 제품시스템의 상대적 공헌도를 알려준다.

나) 영향범주간의 가중치부여

가중치 부여는 다음과 같은 다양한 목적을 가진 선택적 요소이다.

- ① 범주지표를 정규화된 척도로 분류함.
- ② 지표결과 혹은 정규화된 결과에 대해 순위를 부여함.
- ③ 지표결과 혹은 정규화된 결과를 선택된 가중치 인자로 변환함.
- ④ 이러한 변환된 지표결과 혹은 정규화된 결과들을 영향범주간에 걸쳐 합산 함.

가중치부여는 가치선택을 기초로 하고 있으며 일반적으로 자연과학을 근거로 하지 않는다. 가중치부여 방법의 사용과 적용은 LCA 연구의 목적 및 범위와 부합되어야 하고 전적으로 투명해야 한다. 사람, 조직 및 사회가 다르면 가치관도 다르다. 그러므로 다른 당사자가 같은 지표 결과에 기초하여 다른 가중평가 결과에 이르게 될 가능성도 있다. 한 연구에서 여러 가지 가중치부여 방법을 사용하여 그들이 가중평가 결과에 중대한 영향을 끼치거나 변화시키는지 를 평가하는 것이 바람직할 수도 있다.

모든 가중치부여 방법과 사용된 운영은 투명성을 제공하기 위하여 문서화되어야 하고, 가중 평가 결과와 함께 가중치부여전의 데이터와 결과도 보고되어야 한다.

(4) 질의 평가

영향평가 결과의 타당성과 불확실성, 민감도를 보다 잘 이해하기 위하여 추가적인 기법들이나 정보가 필요할 수도 있다. 그 기법의 필요성과 선택은 LCA 연구의 목적과 범위 충족에 필요한 정확성과 세부정도에 달려있다. 구체적인 기법과 목적은 다음과 같다.

- ① 중대성 분석은 영향평가 결과에 가장 큰 영향을 가진 항목을 규명. 이것은 올바른 의사 결정이 내려질 수 있도록 우선적으로 조사되는 것이 바람직함.
- ② 불확실성분석은 결과의 통계적 가변성을 기술하는 것이며, 한 결과가 영(zero)과 유의하게 다른가, 혹은 두 개의 결과들이 서로 유의하게 다른가를 결정하는데 사용될 수 있음. 불확실성 분석은 데이터와 평가결과의 가변성의 한 척도임. 예를 들어, 측정된 대기배출 물은 샘플링 기법과 정도에 따라  $\pm 50\%$ 의 가변성이 있을 수 있음.
- ③ 민감도분석은 변수와 투입 데이터 값의 변동이 수학적 혹은 개념적 모델에서 도출한 결

론에 미치는 영향을 체계적으로 평가하는 절차임. 즉, 변수들(즉 목록결과, 할당절차, 특성화 방법, 정규화 절차, 등)이 지표결과를 변화시키는 정도를 측정함.

#### (5) 영향평가의 한계

영향평가는 가능한한 정량적이고 정규적인 접근을 취하려고 한다. 그러나 어떤 경우에는 영향범주의 정의와 범주의 모델개발에 가치선택이 사용되는 수가 있어 한계를 가진다.

#### (6) 보고 및 정밀검토

##### 가) 영향평가의 결과 보고

객관적인 보고가 되기 위해서는 다음의 항목을 포함하여야 한다.

- ① 영향평가결과
- ② 목적 및 범위, 결과의 한계
- ③ 목적 및 범위와 결과와의 관계
- ④ 목록분석 결과와 영향평가와의 관계
- ⑤ 선택한 이론의 근거와 출처를 포함하여 고려된 영향범주들
- ⑥ 영향평가를 위해 도입한 새로운 영향범주의 정의와 합리적 근거
- ⑦ 사용된 모든 범주 모델과 방법(모든 가정과 한계를 포함)
- ⑧ 영향범주, 범주 모델, 특성화 계수 및 사용된 모든 옵션과 그들이 결과에 미친 영향
- ⑨ 정규화 및 가중치부여에 대한 합리적 근거
- ⑩ 민감도분석 및 불확실성분석 같은 수행된 모든 결과에 대한 기술적 분석
- ⑪ 변환하기전의 데이터와 지표결과가 변환된 결과와 함께 이용할 수 있도록 하여야 함
- ⑫ 결과는 상대적이며 환경에 대한 실제 영향을 다루지 않는다는 진술

일반 대중에게 공개를 목적으로 하는 비교분석의 경우에는 다음의 사항을 추가로 포함하여야 한다.

- ① 선택된 범주지표에 대한 국제 협정의 존재여부와 합리성
- ② 선택된 범주지표가 자연과학에 기초하며, 환경적으로 연관이 있고 그들의 사용이 정당한지에 대한 설명
- ③ 범주지표의 선정에 관한 완벽한 세부사항과 과학적 근거
- ④ 불확실성분석 및 민감도분석 결과
- ⑤ 발견된 차이의 중요성 평가.

##### 나) 정밀검토

LCA 연구가 대중에게 공개되는 비교주장을 하는데 사용되도록 의도된 때에는 이해관계자에 의한 검토가 수행되어야 한다. 그리고 중요한 연구 범주에 관련있는 과학분야에 있어서 검토자의 전문성이 고려되어야 하며, 검토는 LCA 연구의 해석을 지원하도록 분류, 특성화 및 가중치부여 요소를 포함하는 것이 바람직하다.

## 1.4 해석

해석은 목록분석 혹은 영향평가 또는 양쪽 모두의 결과가 연구의 목적과 범위에 부합하는 의사결정의 기초로서 요약되고 논의되는 전과정평가의 마지막 단계이다. 목적과 범위의 정의가 LCA 연구의 시작 단계라고 할 수 있는 반면에 해석은 LCA 연구의 마무리 단계라고 할 수 있다. 시스템의 목록분석 및 영향평가의 결론으로부터의 정보를 점검하고 평가하며, 연구의 목적과 범위에 기술된 적용 요건을 충족시키도록 표현하는 체계적인 절차이다.

### 1.4.1 해석의 목적

해석의 목적은 목록분석 또는 LCA 연구에 대하여 분석하여 결과를 보고하며, 결론과 한계, 그리고 권고안을 작성하는데 있다. 이것은 연구의 목적과 범위가 일치하는 선에서 목록분석과 영향평가의 결론을 좀더 쉽게 이해할 수 있도록 하는 것이라고 할 수 있다.

- ① LCA 각 단계(목록분석, 전과정영향평가)의 결과를 기초로 중요한 환경이슈의 식별
- ② 민감도 및 일관성 점검 같은 요소를 포함해야 하는 가치평가(evaluation)
- ③ 중요한 환경이슈에 대한 결론과 건의, 보고

### 1.4.2 중요한 환경이슈의 식별

#### (1) 목적

이 단계의 목적은 목적과 범위정의에 부합되며 중요한 환경이슈를 결정하기 위하여 목록분석 및 (만일 추가적으로 수행되었으면) 영향평가로부터 나온 정보를 조직화하는 것이다. 환경이슈는 목록단계의 결과인 투입물 및 산출물과 만일 전과정 영향평가가 수행된 경우에는 전과정 영향평가의 결과인 환경지표이다.

#### (2) 정보의 식별과 조직화

LCA의 앞의 요소로부터 정보가 필요하다. 4가지 유형의 정보가 있다. 다른 단계(목록분석, 전과정영향평가)의 결과는 유용한 형태로 정리되어야 하며 품질에 대한 정보도 포함해야 한다. 결과는 적절한 형식으로 예를 들면, 전과정의 각 단계를 따라, 제품시스템 내에 포함하고 있는 다른 공정 혹은 단위운전(예, 운송, 에너지생산 및 폐기물관리)에 따라 조직화되는 것이 바람직하다. 이것은 투입물 및 산출물 혹은 환경지표의 데이터 리스트, 표, 막대그림, 혹은 유사한 것의 형태가 될 수가 있다. 이러한 결과로 이 시점에 이용가능한 모든 정보는 장래의 분석을 위하여 수집되고 정리된다.

#### (3) 중요한 환경이슈의 결정

목록분석으로 인한 투입물 및 산출물 또는 영향평가로부터 도출된 잠재적 영향에 대한 지식이 LCA 연구의 목적과 범위 요건을 만족하기에 충분한 것으로 결정되면, 이 투입물과 배출물의 상대적인 중요성이 결정되어야 한다. 목록분석과 영향평가로부터 나온 결과들은 이러한 목적으로 사용되어진다. 제품시스템의 중요한 환경이슈를 결정하는 것은 단순할 수도 혹은 복잡한 수도 있는 활동이다. 환경이슈를 식별하고 그들의 중요성을 결정하는 데는 다양한 수단들이 이용가능하다. 이러한 방법들은 계속하여 발전할 것이고 LCA 방법론을 지원할 수 있을 것이나 정상적으로는 LCA 연구의 한 부분으로 통합되지는 않을 것이다.

### 1.4.3 가치평가(Evaluation)

#### (1) 목적

가치평가 단계의 목적은 앞의 LCA 단계에 기초한 연구결과와 해석의 첫번째 단계에서 식별된 중요한 환경이슈에 신뢰성을 확립하는 것이다. 결과는 연구책임자 혹은 모든 이해관계자에게 연구의 결과에 대한 명확하고 이해하기 쉬운 형태로 제출되는 것이 바람직하다. 가치평가는 목적과 범위에 부합되게 수행되어야 하며 연구의 최종용도도 고려되는 것이 바람직하다. 여기에는 완전성점검, 민감도점검, 그리고 일관성점검이 필요하다.

#### (2) 완전성점검

가치평가단계의 완전성점검 요소의 목적은 목록분석과 영향평가단계에서 도출된 정보가 정해진 목적과 범위에 부합되어 환경이슈가 도출되었는가를 점검하는 것이다. 만약 어떤 정보가 이용할 수 없거나 불완전한 것으로 발견되면, 그러한 정보가 연구의 목적과 범위를 충족시키는데 필요한 것인지 아닌지가 판단되어야 하며, 불필요할 경우 이유를 기록하여야 한다. 반대로 분실데이터가 가장 중요한 환경이슈를 결정하는데에 필요하다고 판단된다면, 목록분석과 영향평가단계를 수정하거나 혹은 목적과 범위를 조정하는 것이 바람직하다.

#### (3) 민감도점검

민감도 점검에서는 다른 단계(목록분석, 영향평가)에서 수행되었던 민감도분석과 불확실성 분석의 결과를 검토하고, 분석결과 가장 중요한 것으로 식별되었던 환경이슈가 연구목적과 범위에 기술된 용인가능한 편차를 초과하는지 여부를 심사한다.

#### (4) 일관성 점검

일관성 점검은 연구 전반에 걸쳐 사용된 방법, 절차 및 데이터 처리의 일관성에 관한 철저한 점검을 수행하는 것을 말한다. 점검항목은 다음과 같다.

- ① 지역적 또는 시간적 구분이 일관성 있게 적용되었는가?
- ② 연구중인 모든 제품시스템에 할당원칙과 시스템경계가 일관성 있게 적용되었는가?
- ③ 전방 공정과 후방 공정사이에 동일한 구분방법이 채택되었는가?
- ④ 가중치부여가 일관성 있고 기술된 가치 혹은 판단체계에 부합 되게 수행되었는가?

## 1.5. LCA관련 프로그램

현재 LCA관련 프로그램은 Simapro 4.0을 비롯하여 CaBi 3.0, TEAM 3.0, LCAiT 4.0, KCL-ECO 3.0, PEMS 4.0, Boustead 등이 있다. 이것들의 각각의 특징을 살펴보면, 먼저 Simapro 4.0은 다른 소프트웨어보다는 가격이 저렴한 편이며, 주로 교육용이나 간단한 LCA연구 범위를 가질 때 활용될 수 있다. Simapro에 내장된 데이터베이스는 실제 LCA 수행경험으로부터 축적된 것보다는 유럽이나 네덜란드 출처를 가지고 있는 문헌 연구를 통해 추정된 것이 상당부분 차지한다. 다양한 영향평가 방법론을 적용할 수 있으며, LCA 결과를 프리젠테이션하는 기능이 좋은 편이다.

CaBi 3.0은 환경데이터와 비용데이터를 동시에 고려할 수 있도록 제작되었으며, Life Cycle Balance를 개발하는 목적을 갖는다. 소프트웨어 구조는 10개의 객체(Object)로 구분되어 있어, 각각의 객체마다 다른 D/B가 구축되고, 이것들이 조합되어 Life Cycle Balance를 개발할 수 있도록 한다. User, Project, Plans, Quantities, Flow, Unit, Process, Balance, Weighting, Data Quality Indicator 등이 GaBi 3.0을 구성하는 10개의 객체이다. 이 구조는 ISO14040규격에 입각하여 개발되었다. GaBi 3.0의 내장 데이터베이스는 에너지, 수송, 화학제품, 석유화학, 폐기물, 펄프 및 제지, 철강제품 등으로 기반산업 뿐만 아니라 기초소재분야의 데이터베이스도 상당부분 포함되어 있다. 또한, 구조가 명확하여 사용자가 사용하기 쉽고, 경제성분석을 지원한다는 점이 강점이라고 할 수 있다.

TEAM 3.0은 방대한 데이터베이스와 유연한 소프트웨어 구조를 장점으로 한다. 이때 TEAM소프트웨어에 내장되어 있거나, 별도로 판매하는 데이터베이스를 DEAM이라고 부른다. 초기 TEAM 소프트웨어에 내장되어 있는 D/B는 한정되어 있으며(200+), 추가로 7000여개의 세분화된 D/B를 패키지로 구성하여 구입할 수 있다. D/B의 성격에 따라 판매가격은 다르게 적용될 수 있다. 따라서 LCA 소프트웨어로서 유연하면서도 각종 분석기능이 지원되고는 있지만, 별도의 D/B를 지속적으로 구입해야 하기 때문에 Lock-In 될 수 있다. 만일 추가적으로 D/B를 많이 구입할 경우에는 가격이 상당히 비싼 편이며, 하드웨어 요구조건이 다른 소프트웨어보다 좀 까다로운 단점이 있다.

LCAiT 4.0은 이전 버전까지는 목록분석까지만 지원했던 것에서 LCAiT 4.0버전에서는 영향평가 기능까지 제공할 수 있도록 기능적인 면에서 강화되었다. 데이터베이스는 주로 스웨덴의 지역적 범위를 갖고 있으며, 펄프 및 제지, 스틸, 알루미늄, 플라스틱 등이 내장되어 있다. 현재 ISO/TC207/WG2에서 표준화 작업중인 LCI문서화 표준화작업에 막강한 영향력을 갖는 스웨덴의 Spine문서화 양식을 기반으로 한 것이 강점이라고 할 수 있다. 그러나 데이터 Coading이나 프로세스흐름도 등을 구성할 때 사용하기 다소 불편한 점이 있다.

KCL-ECO 3.0은 복잡한 시스템 모델링을 커버할 수 있을 정도로 기술적인 측면에서 강화되었으며, Open-Loop 할당이 가능하며, 핀란드 영향평가방법론, Eco-Indicator의 두가지 영향평가 방법론이 내장되어 있다. 다양한 LCI, LCIA결과를 표현할 수 있는 기능도 제공하고 있다. 단 데이터베이스의 지역적 범위가 대부분 핀란드이기 때문에 국제적으로 활용되는데 한계를 갖는다. PEMS 4.0은 일차적으로는 포장재산업에 활용하기 위해서 개발되었으나, 점차적으로 일반 LCA기법에서도 활용할 수 있도록 기능을 강화해 나갔다. 제조, 수송, 에너지, 폐기물 처리 등 4가지 유형의 단위공정으로 제품의 전과정을 표현하고 있으며, 데이터베이스는 포장

재질로서 펄프 및 제지, 철금속, 비철금속 등의 대부분을 차지한다.

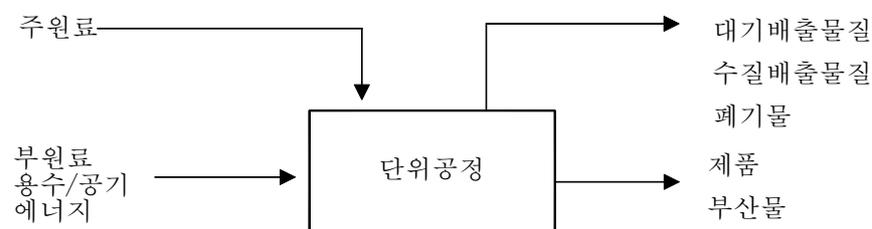
Boustead은 6000여개가 넘는 방대한 데이터베이스를 자랑하고 있지만, MS DOS를 기초로 하고, 전과정목록분석까지만 지원한다. 따라서 다른 소프트웨어와의 호환성이 부족하며 사용 방법이 어려운 편이다. 또한 연간 사용료를 별도로 지불해야 하기 때문에 가격이 상당히 비싼 편이다. 전세계적으로 23개국에 대한 데이터베이스를 구축한 것을 제외하고는 다른 소프트웨어와 비교했을 때 기술적인 측면에서 상당히 뒤쳐지는 경향을 보인다.

## 2. 물질 및 에너지 수지(Mass & Energy Balance)

앞에서 설명한 LCA는 제품 중심의 분석도구인 반면 물질 및 에너지수지는 공정중심의 분석도구이다. 또한 LCA가 오염물질의 발생으로 인한 환경영향을 분석하고 제품간의 상대비교를 가능하게 하지만, 물질 및 에너지수지는 공정에 사용된 에너지와 물질의 흐름만을 분석하며 제품간의 상대비교를 위해서는 사용되지 않는다. 그러나 LCA 분석을 위해서도 물질 및 에너지수지가 필요하다.

물질 및 에너지수지의 개념은 매우 단순하다. 이것은 열역학 제1법칙에 따른 것으로 시스템 경계(혹은 control volume)로 들어오는 물질 및 에너지는 시스템경계 외부로 나가거나 혹은 시스템 경계 내에 축적되는 것인데, 보통 정상상태에서 운전되고 있으므로 투입량과 배출량의 합은 0이 된다. 시스템경계는 공장전체일수도 있고 단위공정일수도 있다. 또한 분석대상도 전체 물질 및 에너지일수도 있으며 단일 물질일수도 있다. 그러나 어떤 경우에도 투입량과 배출량은 같다. <그림 C-1>를 중심으로 설명하면 단위공정으로 투입되는 주원료, 부원료, 용수/공기 사용량의 합은 단위공정에서 배출되는 제품, 부산물, 대기배출물질, 수질배출물질 및 폐기물의 합과 같다.

물질수지를 작성하기 위해서 필요한 원료 및 최종생산물의 자료가 있는 경우에는 쉽게 작성할 수가 있지만, 그렇지 않을 경우에는 실제 측정을 한다든지, 아니면, 구입체의 자료에 의하여 정량화를 하여야 되기 때문에 쉬운 작업은 아니다. 물질수지를 좀더 간편하게 하기 위한 구체적인 항목에 대한 접근 방법을 제시한다.



<그림 C-1> 전형적인 물질수지의 구성요소

## 2.1 투입물질의 조사

### 2.1.1 원료와 부원료

원료는 제조 공정에서 사용되는 원재료를 의미하고, 부원료는 주원료에 첨가되는 부원료 내지는 품질을 향상시키기 위한 첨가제를 말한다. 부원료의 종류가 많을 때는 부자재, 촉매, 연료, 약품 소모품 등의 소분류로 세분화하여 투입물질을 분류, 정리하여 목록을 작성하는 것이 편하다. 자료는 운전기록을 이용하면 쉽게 구할 수 있다. 만약 자료가 없을 시에는 실측할 필요가 있다. 투입량이 작업조건에 따라 많은 차이가 있을 시에는 분석목적에 맞는 값을 사용하여야 한다.

### 2.1.2 용수, 연료 및 에너지

사업장에 사용하는 용수는 공업용수, 순수, 초순수 등 용도나 등급에 따라 구분하여야 한다. 또한 공정별로 계량기가 설치되어 있을 시에는 많은 자료가 축적되어 있어 용수량을 파악하기가 쉬우나 계량기가 설치되어 있지 않을 경우에는 배관에 계량기를 설치하는 방법 또는 실측으로 유량계에 의하여 실측해야 한다.

연료의 사용은 건조로, 보일러 등에서 직접 사용되며 연료의 종류, 황함량 및 사용량을 정확히 조사하여야 한다. 보일러를 난방 연료로 사용할 경우에는 계절에 따라 차이가 있을 수 있으므로 주의하여야 한다. 또한 전기의 경우 전기를 수전받는 지점에서부터 각 공정별, 시설별 사용량을 정리하여 흐름도를 작성한다. 보통, 중소 기업의 경우 이에 대한 사항을 공무에서 많이 관리하고 있기 때문에 경험자에 의하여 시설별 및 공정별로 상황에 맞게 계량을 해야 한다.

### 2.1.3 전체 투입량 정리 및 투입물질 원단위 분석

투입물질은 원료, 부원료, 첨가제 등으로 세분류하는 것이 바람직하며, 단위 공정을 많이 가지고 있는 공장의 경우에는 전체 투입량을 단위 공정별로 작성하는 것이 필요하다. 에너지 사용량을 포함하여 모든 투입량은 원단위(예를 들어 단위제품 생산량당 에너지사용량)로 표현하는 것이 편리하다.

## 2.2. 제품 및 부산물

제조과정에서 생산되는 최종생산물인 제품은 주로 생산부에서 많이 관리를 하고 있으며 생산부의 담당자로 하여금 자료를 이용하여 계량화하는 것이 좋다. 그러나 자료가 없을 경우에는 실제 계량화하는 방법을 취한다. 부산물의 경우에는 보통 재활용하는 경우가 많으므로 발생량 및 재활용량을 정확하게 파악하는 것이 바람직하다.

## 2.3. 배출물질의 조사

### 2.3.1 대기오염물질

대기오염물질은 입자상 물질, 가스상 물질, 휘발성 물질을 의미한다. 단위 공정에서의 각 공정의 배출량, 가스온도, 유속 및 농도를 실측하거나 예측하는 방법으로 한다.

대기오염물질의 배출량은 방지시설을 통과하기 전의 배출량을 의미한다. 따라서 배출시설 방지시설이 설치되어 있는 곳에서 실측하거나, 불가능 할 경우에는 인허가 서류를 이용하는 방법이 있고, 공학적으로는 배출계수를 이용한 배출량 산출법 이든지 휘발물질의 발생모형에 의하여 산정할 수도 있다. 대기 분야에서는 발생모형에 의한 배출량을 산출하기 위해서 기본적인 온도, 농도 등의 각 물질의 물리·화학적 특성을 기재하는 것이 바람직하다.

### 2.3.2 수질오염 물질

사업장에서 배출되는 수질오염 배출물질은 폐수, 오수 등으로 나눌 수 있으며 이것에 대한 배출량 및 농도를 파악하여야 한다. 각 공정의 차집관로별 폐수량과 오염물질으로 조사한다. 보통, COD, SS, Ph를 기본으로 하며 각 공정의 특성을 고려하여 중금속 및 유해물질을 분석한다. 사용된 용수량은 사용후의 폐수와 동일 할 수 없다. 왜냐하면, 증발, 소방용수, 조경용수가 있기 때문에 공정 특성에 맞게 증발량을 고려한 정확한 폐수발생량을 산출하여야 한다.

### 2.3.3 폐기물

우선적으로 폐기물이 일반폐기물인지, 지정폐기물인지를 파악하는 것이 바람직하다. 이것은 폐기물 관리법에서 관리되고 있다. 법적인 부분의 확인은 관계법 내지는 환경백서를 통해 전제적인 기준을 알 수 있다. 폐기물의 발생은 제품의 수율과 직접 관련되기 때문에 폐기물 관리를 통해 원가 절감을 가져올 수도 있다. 정확한 폐기물을 발생량을 얻기 위해서는 배출기록에 의한 자료가 있으면 바람직하나, 없을 경우에는 일 및 월을 기준으로 고상일 경우에는 무게로 측정을 하고, 액상일 경우에는 일 및 월을 기준으로 측정하되 보관용기에 의한 단위무게로 확인을 할 수 있다.

## 2.4 분석

시스템 경계 내로 들어오는 투입량과 배출되는 양은 같아야 한다. 이때 중요한 것은 보통 물질의 경우 단위공정 내에서 반응을 거치는 수가 많기 때문에 물질의 경우 원자에 대한 분석이 요구되며, 이를 뒷받침할 수 있는 자료가 부족한 경우가 많다는 사실이다. 보통 운전매뉴얼과 제품의 성분 데이터가 요구된다. 만약 투입량과 배출량이 일치하지 않으면 이것은 공정상에서 누출된 것으로 간주할 필요가 있다. 에너지의 경우도 마찬가지이다.

### 3. 총비용분석(TCA: Total Cost Analysis)

청정생산을 성공적으로 실행하기 위해서는 생산공정을 변화시킴으로써 발생하는 경제적 이득에 대하여 기업 책임자가 확신은 갖도록 유도해야 한다. 청정생산을 위한 변화를 기업책임자가 과감하게 수용하지 못하는 것은 청정생산 기술의 타당성이 부족해서라기보다는 경제적 이득 측면에 대한 망설임 때문인 경우가 많다. 따라서 기업이 청정생산을 수용하는데 있어서 경제적 측면은 생산공정 개선에 못지 않게 중요한 요소로 볼 수 있다. 실제로 기업이 청정생산을 수용한 경우 시행과정을 평가하는데 있어서 가장 결정적인 부분은 경제적 측면의 평가와 기술 평가 부분으로 볼 수 있다. 특히 기술자들이 청정생산 기술의 도입을 유도할 때 경제적 이득 측면을 소홀히 하면 성공 확률이 떨어지게 된다. 이러한 이유로 기업의 청정생산 도입 필요성을 역설할 때에는 경제적 이득 측면을 잘 설명할 수 있는 팀원이 필요하다.

청정생산 실행기법상 경제적 측면을 고려해야 하는 결정적 분야는 두가지 경우로 볼 수 있다. 첫째는 청정생산 계획 수립단계이며, 둘째는 수립된 계획의 평가단계이다.

첫째의 경우, 청정생산 도입으로 인한 이득을 신속하게 부각시키는 경우인데 배출구 처리에 필요한 새로운 투자의 불필요성, 생산단가의 저하, 환경규제에 따른 벌금의 회피, 생산 수율 증대 등에 대하여 간략하고 명확하게 평가해야 하며, 부수적으로 비정량적 이득인 기업의 대중적 이미지, 환경친화적 생산품의 제조, 사업 성장에 있어서의 장벽 제거 등에 대한 평가가 이에 해당한다. 이를 좀 더 구체적으로 설명하면 하나는 생산 과정에서 발생하는 대상 오염물질의 처리비용이며, 다른 하나는 원료 물질의 절약이 된다.

둘째의 경우, 수립된 계획에 대한 경제성 평가인데, 계획이 실행될 경우, 발생하는 금전적 이익에 대하여 평가하는 것이다.

이제까지의 전통적인 비용 분석방법은 비용항목이 한정되고 너무 단기간의 비용측면만 고려하였기 때문에 청정생산의 경제적 이점을 정확히 분석해낼 수가 없었다. 따라서 청정생산으로 인한 경제적 이익을 분석하는 방법은 이러한 단점을 개선하는데 주안점을 두고 많은 방법론이 개발되어 왔다.

청정생산의 구체적 대상과 목적에 따라 고려해야할 비용항목은 변화가 있겠지만, 미국 EPA<sup>64)</sup>에서 제시한 고정비용과 운전비용 항목은 다음과 같다.

#### ■ 고정비용

- 장치구입비: 장치비, 장치배달비용, 세금, 보험료, 초기 spare 부품비용
- 재료비: 파이프비용, 전기재료비, 공구비, 단열재료비, 페인트비용 등
- 유틸리티 비용: 배관공사비용, 전기, 스팀, 용수, 연료, 공기, 냉동 등 유틸리티 시스템을 구축하는데 필요한 비용
- 부지정지비용(인건비, 감독비, 재료비): 조사비, 청소비용, 구시설의 철거 및 폐기비용, 조경비용, 정지작업에 필요한 설비임대 비용 등

64) 자료: 『Federal Facility Pollution Prevention Project Analysis』, US EPA, 1995

- 건설비(인건비, 감독비, 재료비): 건설비, 장비 임대비, 컨설팅비용 등
- 교육비 및 시운전비(인건비, 감독비, 재료비): 컨설팅비, 교육비, 원료등 재료비, 제품검사비 등
- 시설허가비용: 허가를 획득하는데 소요되는 비용, 관련 컨설팅비용 등
- 예비비

#### ■ 운전비용

- 재료비: 원료, 용매, 촉매 등 원료비용과 원료의 저장과 수송비용을 포함
- 인건비: 운전, 감독, 품질검사비용, 사무비용 등
- 유틸리티비용: 전기, 용수, 연료, 공기 등 유틸리티 비용
- 폐기물 관리비용(인건비, 감독비, 재료비 등): 전처리 및 처리비용, 저장 및 수송, 폐기비용, 보험비용 등
- 규제비용(인건비, 감독비, 재료비 등): 법규제를 만족시키기 위한 제반 비용. 즉, 모니터링 비용, 검사비용, 배출부과금 등 제반 세금, 관련 교육비용 등
- 보험료
- 벌금
- 안전비용(사고로 인한 개인 및 자산의 손실)
- 수익: 제품판매량, 부산물의 판매 등

위의 항목들을 살펴보면 직접비용과 보험료 등 간접비용이 포함되어 있고 또한 계량화가 어려운 수익항목(예를 들어, 기업이미지제고로 인한 판매효과 등)도 포함되어 있다. 사실 환경 개선의 효과로 인한 편익을 추정하는 것은 매우 어려운 일에 속하기 때문에, 많은 경우 계량화가 가능한 직접적인 효과분석이 가능하다(예를 들면, 재료비의 절감 등).

경제적 이득을 평가하는 여러 수단 중에서 순현재가치(NPV: Net Present Value)와 투자비용 측정은 기업 최고경영자가 의사결정을 하는데 필요한 정보를 제공한다. 투자비용은 청정생산 설비를 계획하고 설치하는데 있어서 초기에 소요되는 금액을 나타내고 순현재가치(NPV)는 투자 대안에 대한 투자금액, 운영자금, 현금운영비용, 소득세 등 총 수입과 총 비용을 고려한 투자 대안의 현재 가치를 나타낸다. 순현재가치법은 투자 대안이 발생시키는 모든 미래 수익 및 비용을 현재 금액으로 환산한 세후가치를 추정하는 방법이다. 순현재가치는 사업 결정에 있어서 투자 대안에 대한 의사 결정을 위한 기초적 평가 방법으로 널리 이용되고 있다. 기업의 청정생산 도입에 있어서도 순현재가치법은 널리 사용된다.

순현재가치의 개념은 같은 금액의 현금이라도 현재 가치와 미래가치가 서로 다르다는데서 출발한다. 현재의 현금은 투자를 통하여 미래에 이익을 창출할 수 있다(현재의 100원은 미래에는 미래의 100원보다 가치가 크다).

현금의 미래가치는 현재가치에 투자 수익률을 고려하여 아래 식과 같이 계산된다.

$$F = P(1+i)^n$$

\* F=미래 가치, P=현재 가치, i=연이율, n=기간

위 식을 통하여, 이자율과 기간이 주어지면 현재시점에서 투자된 금액의 미래가치를 추정할 수 있다. 같은 방법으로 할인율(일반적으로 이자율)과 이익이 발생한 미래 시점이 주어지면 미래에 발생하는 이익의 현재가치를 추정할 수 있게 된다.

완벽한 투자효과 분석을 위해서는 매년 발생하는 비용과 수익의 현금흐름을 현재가치로 추정해야 한다.

첫째, 현금 비용 측면을 보면 원료물질(화학물질, 촉매 등)과 전기·전력(수증기, 전기, 천연가스 등)에 대한 비용, 유지비와 인건비, 기술적 보조에 관련된 비용, 초기비용, 세금과 보험 및 행정비용이 포함된다.

둘째, 총 비용(total cost)은 위에 언급된 비용에 감가상각비를 포함한다. 감가상각비는 실제 소요되는 비용이 아니라 소득세를 계산하기 위하여 사용될 뿐이다.

셋째, 투자는 수익을 창출하게 되고 발생한 수익에서 총비용을 제한 것이 세전수익(pretax earnings)이 된다. 이 세전 수익에서 소득세를 감한 소득이 세후수익(after-tax earnings)이 된다.

따라서, 연도별로 발생하는 현금흐름은 위와 같은 투자, 현금 비용, 수익, 소득세의 네 요인에 의해 발생하는 비용과 수익에 의해 결정된다.

순현재가치(NPV)는 이러한 현금흐름에 대한 현재가치를 총합한 가치로 다음과 같이 나타낸다.

$$NPV=CF_0+CF_1 \cdot D_1+CF_2 \cdot D_2+CF_3 \cdot D_3+\dots$$

\* CF<sub>0</sub>: 당해연도 현금흐름(cash flow)    D<sub>1</sub>: 1차년도 할인율

CF<sub>1</sub>: 1차년도 현금흐름(cash flow)    D<sub>2</sub>: 2차년도 할인율

CF<sub>2</sub>: 2차년도 현금흐름(cash flow)

오염 저감을 위한 투자는 일반적으로 순현재가치가 음(negative)으로 나타난다. 이는 오염 저감에 따른 편익을 분석에 포함시키지 않고 주어진 오염 저감목표를 성취하는데 소요되는 비용에 대해 현재가치화하기 때문이다. 음의 순현재가치는 양(positive)의 순현재비용(net present cost)과 동일한 개념으로 주어진 오염 저감을 위한 대안 중에서 순현재비용이 최저인 대안이 최상의 대안이 되는 것이다.

최고경영자는 오염저감 목표를 성취하는 동시에 현재투자비용을 최소화하는 대안을 선택할 것이다. 이 때에, 순현재비용은 투자비용뿐만이 아니라 운영비용 및 사업에 미치는 파급효과를 포함함으로써 최고경영자의 의사결정에 중요한 역할을 한다.

## [부록 D] VOCs 배출량 산정 모형

### ㉠ 회분공정

$$E_x = [(M_x * K_x * A * P_x * 3600 * H) / (R * T)] * B$$

### ㉡ 연속공정

$$E_x = [(M_x * K_x * A * P_x * 3600 * \text{연간운전시간}) / (R * T)]$$

여기서,  $E_x$ : 조사화학물질 x의 대기오염물질로의 배출량, kg/year

$M_x$ : 조사화학물질 x의 분자량, kg/kg-mole

$K_s$ : 조사화학물질 x의 기상 물질 전달 계수, m/sec

$A$ : 탱크의 표면적,  $m^2$

$P_x$ : 온도 T에서 순물질인 경우 x의 증기압, 혼합물질인 경우 x의 분압, kPa

$H$ : 공정 1회분(batch)의 시간, hr/batch

$R$ : 기체상수,  $8.314(kPa)(m^3)/(kg \text{ mol})(K)$

$T$ : 액체의 온도, K

$B$ : 연간 혼합 횟수, batches/year

$$K_s = 0.00211U^{0.78}D^{2/3}$$

여기서,  $D$ : 대기중의 화학물질에 대한 확산 계수,  $cm^2/sec$

$U$ : 풍속, km/hr

$$D(cm^2/sec) = 0.288 * \sqrt{18/M}$$

$$P_x = m_x * V_{P_x}$$

여기서,  $m_x$ : 휘발성 물질 x의 액체 몰분율, 몰/몰

$V_{P_x}$ : 휘발성 물질 x의 실제 증기압, mmHg