

화학산업의 환경친화적 경영에 관한 고찰:

다우케미컬사의 환경경영 사례를 중심으로

김현수 · 박영택

성균관대학교 시스템경영공학부

A Study on the Environmental Management in Chemical Industry:

With Relation to Dow Chemical's Environmental Management

Hyun-Soo Kim · Young-Taek Park

School of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract

Chemical industry has contributed significantly to the enhancement of quality of human life, but it has been regarded as a major area of environmental problem due to the potential hazards in environment and safety. This paper examines environmental management programs of chemical industry such as RC(Responsible Care) and PRTR(Pollutant Release and Transfer Register). Through the survey of Dow Chemical's environmental management system, it is examined in detail how a leading company in chemical industry has coped with environmental problem companywide.

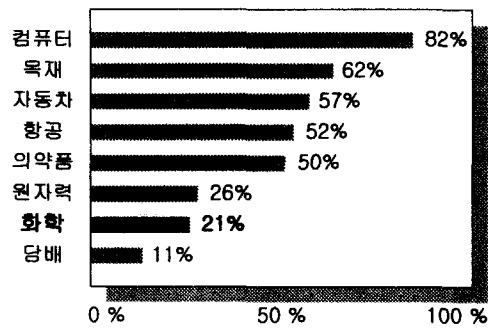
1. 서론

화학산업은 다른 산업에 비해 인간의 생활과 환경에 밀접한 관계를 맺고 있다. 의약품의 개발과 이용으로 질병의 예방과 치료는 물론 생명 연장에까지 기여하고 있으며, 화학비료와 농약을 개발함으로써 농업생산성을 획기적으로 증대시키는 등, 화학물질은 많은 분야에 걸쳐 산업의 중심에 위치하면서 인류 생활문명의 질을 향상시키는

데 크게 기여하고 있다.

산업적 측면에서 보면 화학산업은 세계 어느 나라를 막론하고 전체 제조업의 10~20%를 차지하며, 산업경제상 기간산업으로서 비중이 크고, 타산업에 원자재를 공급함과 동시에 일상 생활용품과도 직결되어 생활향상에 이바지하는 역할을 하고 있다. 기술적 측면에서는 전자정보기술과 융합하여 분자, 원자 수준의 기초학문을 응용분야인 공학과 직접적으로 연결시켜 새로운 물질 창조에 따른 근간 기술을 제공하고 있다[5].

이처럼 화학산업이 인류의 발전에 기여한 것은 부인할 수 없는 사실이지만 화학물질의 특성상 대량 생산 및 유통, 위해성(危害性)이 강한 물질의 개발 및 사용 등으로 인간과 환경에 부정적인 영향을 미친 것 또한 명백한 사실이다. 화학산업에 대한 이러한 우려 속에서 환경이나 건강에 악영향을 미치는 환경오염 사건이 세계 각지에서 발생되고 그 대부분의 원인물질이 유해 화학물질이라는 것이 알려짐에 따라 화학산업에 대한 지역사회의 불신감은 커져만 갔다. 미국 화학공업협회(CMA)에서 조사한 자료에 의하면 화학산업에 대한 일반대중의 호감도는 매우 저조한 것으로 나타났다(그림 1 참조).



< 그림 1 > 대중의 산업별 호감도[16]

기간산업으로서 인류의 문명 혜택에 크게 기여하고있는 화학산업의 호감도가

매우 부정적으로 나타난 것을 보면 환경, 보건, 안전에 대한 국민의 의식이 관련산업에 얼마나 큰 영향을 미치는가를 보여주는 단적인 예라고 할 수 있다.

앞으로도 우리 인류는 끊임없이 새로운 화학물질을 개발하여 이용할 것이다. 그러나 화학물질이 환경과 사람에게 어떤 편익과 해악을 가져올 지 예측하는 것은 쉽지 않다. 지난날의 역사 속에서 화학산업이 우리 인류에게 작용했던 긍정적·부정적 측면을 거울 삼아 인간과 환경에 미치는 부정적 영향은 최소화하고 편익은 극대화하는, 즉, 개발에서부터 사용, 폐기에 이르는 화학산업 전과정에서 환경과 보건에 대한 안전성을 확보해 나가는 것이 우리 인류가 극복해야 할 과제를 명심해야 한다[1, 6].

2. 화학산업의 국제 환경경영활동

2.1 Responsible Care(RC)

RC는 화학산업의 지속가능한 발전(Sustainable Development)을 위하여 관련기업들이 선도적으로 추진하고 있는 국제적인 운동이다. 화학제품을 개발단계에서부터 제조, 판매, 유통, 사용을 거쳐 폐기에 이르기까지 전 라이프사이클(Life cycle)에 걸쳐 환경과 인간의 건강을 보호하도록 배려하고, 경영방침으로 이를 공약하여 환경, 안전, 보

건 대책을 실행함으로써 지속적인 개선을 이룩하고자하는 것이다. 그리고 화학산업에서 사용되고 제조되는 유해, 위험물질의 완벽한 관리를 통하여 환경오염, 안전사고 등을 철저히 예방하고 지역주민과 종업원의 건강과 안전을 확보함과 동시에 주변환경을 쾌적하게 조성하는 등 기업의 사회적 책임을 완수하기 위한 자발적인 관리활동이다. 즉, RC 활동은 화학산업의 이미지 제고와 지역주민의 신뢰회복을 목적으로 환경, 보건, 안전에 대한 기업들의 자발적이며 인도적인 기업운동이며 법 규제를 초월한 대책을 수립하고 이를 업계 전체가 조직적으로 추진하는 것이다[3, 10, 16].

2.1.1 추진배경과 발전과정

다국적 화학기업인 유니온 카바이드(Union Carbide)사의 인도 보팔시 환경오염사건을 계기로 1985년 캐나다화학공업협회(CCPA)가 추진하기 시작한 RC 활동은 급속도로 확산되어, 1988년에는 미국화학공업협회(CMA)와 유럽화학산업협의회(CEPIC)가 주도하는 국제화학단체협의회(ICCA)에 의해 선진화학공업국을 중심으로 활동을 전개하기 시작하였다. ICCA는 이러한 움직임을 범세계적으로 확산시키기 위해 1990년 RCLG(Responsible Care Leadership Group)를 산하에 조직하여 현재는 전세계 45개국(세계 화학제품 생산량의 약 90%)이 ICCA/GCLG에 가입되어 있다[3].

RC 운동은 리오회담의 「의제21(Agenda21)」에서 실행계획(Action Plan)으로 지정되었고, UNEP(United Nation Environmental Program), 화학안전을 위한 정부간 포럼(International Forum on Chemical Safety) 등 국제기구가 인정하는 프로그램으로 발전하였으며 가장 효율적인 화학산업의 생존전략으로 인정받고 있다[8, 16].

2.1.2 RC의 추진

RC는 화학제품을 제조, 유통, 판매하거나 화학물질을 취급하는 모든 업체가 추진주체가 될 수 있다. RC 활동의 전세계 보급에 중추적인 역할을 하고 있는 국제화학단체협의회(ICCA)는 RC 도입 초기단계에 있는 국가나 기업, 단체의 원활한 추진활동을 돕기 위해 <표 1>과 같이 RC에서 요구하는 구성요소를 정리한 8가지의 기준(Fundamental Features)을 제정하여 배포하였다.

국가적 차원에서 RC를 추진할 경우, 기업들의 적극적이고 자발적인 참여를 유인하기 위해서는 RC 활동을 직접적으로 수행하는 기업들이 실천해야할 실행지침(Code, Guides)을 제정하는 과정에서 관련기업들의 합의를 도출하고, 실행 가능한 부분을 선별, 조정하는 것이 필요하다.

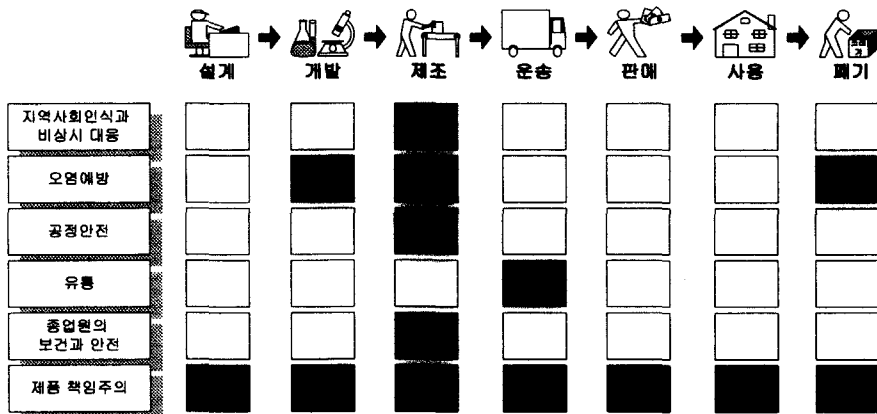
미국의 RC운동을 주관하고 있는 미국화학공업협회(CMA)는 <그림 2>와 같이 6가지의 실행지침 코드를 정하고 이를 제품 전과정에 걸쳐 적용하고 있다.

RC를 추진하는 기업들은 전과정에 걸친 적용분야에 대해 PDCA 사이클의 계획(Plan) → 실행(Do) → 검토(Check) → 조치(Act) 단계에 기초하여 RC 활동을 수행하게 된다. 계획단계에서는 최고경영자가 약속한 RC 추진사항에 대해 연구, 분석하여 추진 담당부서를 조직하고 효율적인 도입을 위한 계획을 수립한다. 실행단계는 전 단계에서 세운 계획을 이행하는 단계로서 어떠한 변화가 있었는지 문서화하고, 평가를

위해 자료를 체계적으로 수집한다. 그리고 검토는 설정된 목표와 결과가 얼마나 밀접히 부합되었나를 확인하는 단계로서, 내부감사 및 결과에 대한 평가를 수행하게 되고, 마지막인 조처단계에서는 검토결과에 따라, 성공적이었을 경우에는 이를 널리 전파시키거나 표준화할 수 있고, 결과가 성공적이지 않았다면 목표를 조정하거나 극단적인 경우 다음 계획을 중단하게 된다[4]. RC를 추진함에 있어서는 최고경영자가 이행을 약속한 사항을 반영하여 다음 활동에 대한 목표를 설정하게 된다.

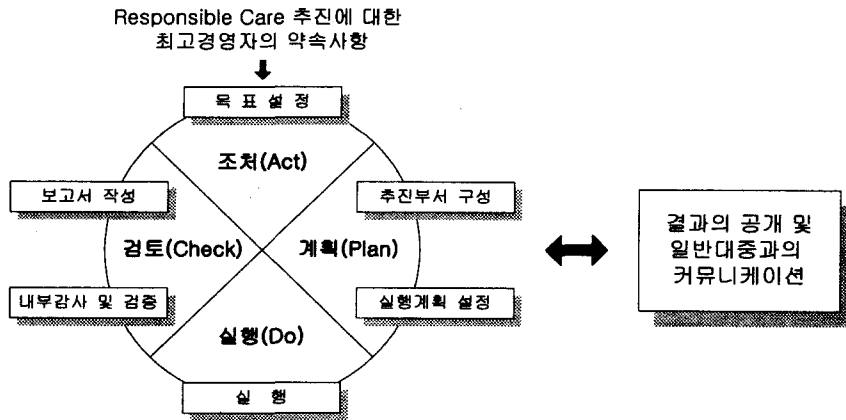
< 표 1 > 국제화학단체협의회(ICCA)에서 정한 RC의 8가지 기준[22]

기본방침 (Guiding Principle)	참여기업의 최고경영자가 RC 기본방침의 이행을 공개적으로 서명
표지와 로고 (Name, Logo)	RC의 개념을 분명하게 형상화할 수 있는 로고와 표제를 채택하고, RC 추진을 약속한 기업에게 사용권을 주어 대국민 홍보에 활용
실행지침 (Codes, Guides)	환경, 보건, 안전의 지속적 개선을 도모하기 위한 RC 추진의 약속을 실천하는 기업을 위한 실행지침 또는 체크리스트를 제정
측정지표 (Indicators)	RC 추진에 따른 개선과 성과를 측정할 수 있는 획기적인 측정지표를 개발
커뮤니케이션 (Communications)	대내·외에 걸친 이해관계자들과 환경, 보건, 안전 문제에 대한 대화절차를 마련, 유지
공유 (Sharing)	기업의 최고경영자나 RC의 협력업체들이 약속이행에 관한 경험을 교환하고 나눌 수 있는 정보공유의 장을 마련
장려 (Encouragement)	모든 기업이 RC에 참여하고 올바르게 약속을 이행할 수 있는 방법에 대해 숙고하고 이를 독려
검증 (Verification)	참여기업에 의해 수행된 측정 가능한 RC 실행요소에 대해 객관적으로 검증하기 위한 체계적인 절차를 제정



< 그림 2 > 제품 전과정에 대한 미국화학공업협회(CMA) 실행지침의 적용분야[3, 29]

일반적인 PDCA 사이클과는 달리 RC를 추진할 때 빼놓을 수 없는 것이 일반대중에 대한 실행결과의 공개이다. 기업과 지역공동체간의 정보공유는 RC가 화학산업에 대한 신뢰를 회복하기 위한 자발적인 참여운동이란 차원에서 간과해서는 안될 필수요소인 것이다. 이러한 일련의 사이클을 도식화하면 다음과 같다:



< 그림 3 > PDCA 단계별 RC 추진활동[16]

실행결과에 대한 평가는 RC의 기본적인 기준, 원칙 그리고 실행지침 등이 지속적인 개선상태로 수행되는지를 평가하는 매우 중요한 단계로 자가진단(Self-Assessment)을 통해 기업 스스로 진행하게 되고, 이보다 객관적인 판단을 요하는 검증(Verification)절차는 환경, 화학단체 그리고 국제 RC 관련단체의 자문위원이나 전문가뿐만 아니라 지역사회단체에서도 참여한 평가단에 의해 수행된다.

2.2 Pollutant Release and Transfer Register(PRTR)

2.2.1 PRTR 개요

PRTR는 '환경과 천연자원에 대한 모든 이들의 알권리'를 모토로 OECD가 주도적으로 추진하고 있다. OECD의 PRTR 지침서를 중심으로 1996년 제869차 OECD이사회에서 PRTR 도입에 대한 이사회의 권고(안)가 승인됨에 따라 OECD 회원국을 중심으로 PRTR가 도입, 추진되고 있다[11, 23, 26].

PRTR은 대기, 수질 그리고 토양으로 방출되는 잠재적인 유해물질과 폐기·처리시설로 이송되는 폐기물에 대한 내역을 나타낸 데이터베이스 또는 재고목록을 말한다. 여기서 말하는 유해물질의 데이터는 공장과 같은 점오염원(point source)에서 수집된 것뿐만 아니라 농업이나 운송활동과 같이 확산되는 비점오염원의 데이터까지 포함하고 있는 것이다[23, 31].

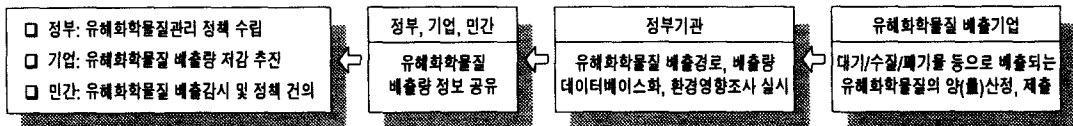
PRTR의 정의를 특징적으로 나누어보면 다음과 같다[27]:

- 환경의 질 개선과 청정생산 확산의 목적 하에

- 컴퓨터를 이용한 지속적인 데이터베이스 구축을 바탕으로
- 모든 환경매체(공기, 수질, 토양)로의
- 모든 방출과 이송 내역을
- 개별적인 산업시설에 의해
- 정기적으로
- 각개(各個)의 화학물질별로 보고하고,
- 기업의 무역상 비밀은 보장되는 수준에서
- 적극적으로 대중에게 자료를 공표

PRTR 제도의 해당 기업들은 무슨 물질을 방출했는지 그리고 얼마만큼, 어떤 경로로 배출했는지에 대해 정부에 정기적으로 보고하고, 기업의 보고자료는 다시 모든 이해관계자가 이용할 수 있도록 정리된다.

PRTR 제도의 개요를 정부와 기업 그리고 민간차원에서 요약하면 다음과 같다:



< 그림 4 > PRTR 제도의 개요도[26]

2.2.2 PRTR의 추진

PRTR 제도의 도입은 유해화학물질의 획득에서부터 환경으로의 배출, 폐기까지 전 과정을 총체적으로 추적, 파악함으로써 유해물질의 사용저감 유도 및 처리기술의 개발 등 각종 정책의 기초자료를 확보하고, 사업장별 환경배출실태를 통합관리하며 정보공개로 지역주민의 알권리 충족 및 감시기능을 강화할 수 있다. 그리고 확보된 기초자료는 대기, 수질 분야의 배출허용기준 및 관리기준 설정에 활용될 수 있다.

이 제도를 효과적으로 도입하고 추진하기 위해서는 우선 제도에 대한 충분한 사전 홍보 및 교육이 필수적이다. 보고대상업체가 배출물질의 종류 및 배출량을 투명하게 보고함으로써 정확한 기초자료를 확보할 수 있기 때문이다. TRI(Toxics Release Inventory)를 통해 PRTR을 성공적으로 도입한 미국의 경우에도 시행 초기에는 기업들의 참여가 적극적이지 않았지만 지속적인 시행에 따라 기업 스스로 공정을 파악하고 비용절감의 효과를 얻으면서 협조적인 태도로 변화한 것으로 알려져 있다[11].

PRTR 제도를 추진하기 위한 시스템을 설계하기 전에 국가의 정책방향과 목표를 확인하고 지역사회의 요구와 조화시킬 수 있는 방안을 모색하는 것이 중요하다. PRTR 시스템이 어떻게 설계되었느냐에 따라 이 제도의 도입에 따른 효과가 결정되게 된다. PRTR 시스템의 설계절차는 PRTR을 도입하려는 각 국가의 상황에 따라 달리 추진될 수 있지만, OECD에서 권고하는 일반적인 틀은 다음과 같다:

1단계	PRTR 추진의 명확한 목적과 목표를 제정	PRTR 제도와 관련된 모든 이해관계자와의 협의를 통해 PRTR 환경목표의 합의를 도출하고 확인한다.
2단계	PRTR 추진과 관련된 기존 인프라구조와 검토	PRTR 제도의 효율적 추진을 위해 기존의 법령, 규정, 제도, 행정과 기술적 기반 등에 대한 포괄적인 검토를 수행한다.
3단계	PRTR 시스템의 세부적인 주요사항을 설계	제정한 PRTR의 목표에 부합되는 PRTR 시스템 특성과 주요 요소를 결정한다.
4단계	PRTR 시범사업 수행	PRTR 운영에 관련하여 발생할 수 있는 제반문제들을 파악하기 위해 제한된 범위 내에서 PRTR 시스템을 점검한다.
5단계	PRTR 시스템 최종 승인	시범사업 결과를 바탕으로, 국가 정책 우선순위로 승인받기 위해 PRTR 시스템의 모든 사항을 완전히 갖춘다.
6단계	PRTR Workshop 조직	PRTR 제도를 국가적으로 착수하고 표준화의 방향을 제시하기 위한 워크샵을 개최한다.

< 그림 5 > 단계별 PRTR 추진단계[25]

기업측면에서 PRTR 시스템을 추진할 때 가장 초점이 맞추어지는 부분은 역시 보고대상물질에 관한 세부적인 사항들이다. 이러한 요소들은 앞에서도 언급한 것처럼 각 나라의 환경여건에 따라 결정되는데 <그림 4>에서 보면 3단계에 해당한다. 이 단계에서 이루어져야 할 핵심 세부사항들은 다음과 같다[11, 23]:

- 보고대상물질의 선정 - 잠재적으로 유해한 화학오염물질
- PRTR 시스템의 범위 정의 - 누가, 누구에게, 얼마나 자주 보고할 것인가
- 대상물질에 대한 보고항목 결정 - 유해물질 배출주체, 점오염원 또는 비점오염원의 자료, 배출시설의 지리적 정보 등
- 기밀자료에 대한 요구방법 결정
- 프로그램 검토시스템 개발 - 시설확장과 같은 보고대상업체의 변화를 반영
- 보고자료의 검증방법 개발 - 서류 및 현장 감사
- 정보공개방안 결정 - 기밀유지에 대한 보장

PRTR 제도의 이점을 현실화시키기 위해서는 위에서 살펴본 여러 가지 사항들에 대해 명확한 결정을 내려야 한다. 그리고 현장에서 사용하기 편리하도록 컴퓨터용 프로그램을 개발·보급하여 보고제도의 전과정을 전산화, 자동화시킬 필요가 있다.

3. 다우케미컬사의 환경경영시스템

1897년에 Herbert H. Dow에 의해 설립된 다우케미컬(Dow Chemical)사는 화학, 플라스틱, 농업 제품을 제조, 판매하고 관련 서비스를 제공하는 과학기술중심의 다국적 기업으로서 전세계 32개국에서 121개에 달하는 제조시설을 운영하고 있다.

3.1 환경정책과 목표

다우케미컬사는 글로벌화되어가고 있는 세계 시장에서 조화롭게 발전하고, 과학과 탁월한 창의력을 바탕으로 고객과 사회에 최상의 솔루션을 제공할 수 있는 성공적인 사업을 위한 전략으로 지구환경을 보호하고, 기업의 환경가치를 높이기 위한 환경경영을 정책적으로 추진하고 있다.

1993년에 개정되어 현재까지 내려오고 있는 다우사의 EH&S 정책은 회사 운영의 모든 의사결정에서 필연적인 고려사항으로 인정되고 있으며, 크게는 2005년을 위한 의욕적인 성과목표와 Responsible Care에 대한 전세계의 공약에도 반영하고 있다.

1995년 다우케미컬사는 환경성과를 획기적으로 개선하기 위한 진보적이고, 자발적인 글로벌 환경, 보건, 안전 목표를 공개적으로 발표했다. Responsible Care를 바탕으로 조직측면에서의 환경성과를 규정하고 있는 '책임과 임무,' 종업원과 지역사회 안전을 다루고 있는 '환경, 보건, 안전사고 예방,' 그리고 공정에서의 환경영향을 최소화하기 위한 '자원생산성 향상'의 세 범주로 구성된 이 혁신적인 환경목표의 구체적인 사항은 다음과 같다:

Dow Chemical EH&S 정책

다우사에선 환경과 종업원을 보호하는 것이 우리가 열하고 판단하는 모든 일의 중요부분을 차지하게 될 것이다. 종업원 개개인도 우리의 제품과 운영방식이 정부의 기준이나, 항상 이보다 더 엄격한 다우의 기준에 부합한다는 것을 확인시켜야 할 책임을 가지고 있다.

우리의 목표는 제품수명주기의 전과정에서 발생할 수 있는 모든 해(害)를 제거하고, 환경과 건강상의 악영향을 예방하며, 폐기물과 오염물질의 방출을 절감하고, 자원보존을 증진하는 것이다. 그리고 이러한 우리의 진행사항을 대중에게 공표한다.

< 그림 6 > 다우사의 EH&S 정책[30]

책임과 임무	환경, 보건, 안전사고 예방	자원생산성 향상
Responsible Care 윤리를 의욕적으로 증진한다. <input type="checkbox"/> 1997년까지 경영실행지침을 전세계적으로 완전하게 수행 <input type="checkbox"/> 국제규정과 조화를 위해 주요 소비자, 협력업체, 공급업체 그리고 경쟁기업자 사이에 RC 윤리를 증진 <input type="checkbox"/> 지속가능한 개발과 생태-효율성(eco-efficiency) 원칙을 사업전략으로 통합	사고 절감을 통해 EH&S 성과를 한차원 높인다. <input type="checkbox"/> 작업 200,000시간당 상해와 질병 발생을 90% 절감 <input type="checkbox"/> 유출, 파손, 알지름 등과 같은 기본적인 오염사고를 90% 절감 <input type="checkbox"/> 10,000회의 선적당 운송사고 발생을 90% 절감 <input type="checkbox"/> 화재, 폭발, 특정 유해 화학물질 방출 등과 같은 프로세스 안전사고를 90% 절감 <input type="checkbox"/> 백만마일당 차량사고의 발생을 50% 절감 <input type="checkbox"/> 다우 제품에 관련된 소비자의 사고를 절감	전세계 다우시설에 대해 오염물질의 대기 및 수질 방출을 획기적으로 줄인다. <input type="checkbox"/> 주요 유해 화학물질(Priority compounds)의 방출을 75% 절감 <input type="checkbox"/> 화학물질의 방출을 50% 절감; 2005년까지 디아옥신의 방출을 90% 줄인다. <input type="checkbox"/> 제품생산 파운드당 발생하는 폐기물과 물수의 양을 50% 절감 <input type="checkbox"/> 제품생산 파운드당 소비하는 에너지를 20% 절감

< 그림 7 > 다우케미컬사의 EH&S 2005 목표[20]

1995년 다우케미컬에서 EH&S 2005 목표를 발표했을 때 내부, 외부의 여러 이해관계자들은 너무 모험적이라고 생각했다. 특히 이러한 목표를 전세계적인 규모에서 그리고 10년도 안되는 기간에 달성할 수 있을지에 대해 회의적인 시각이 적지 않았다. 현재, 몇몇 분야에서 2005년 목표를 달성하기 위한 정상제도보다 다소 성과가 떨어지거나, 안전사고에 대한 발생률이 1997년 급격히 상승한 것과 같이 목표달성의 장애물이 나타나고는 있지만 전체적으로 이러한 도전적인 목표를 목표로 꾸준한 개선이 이루어지고 있다.

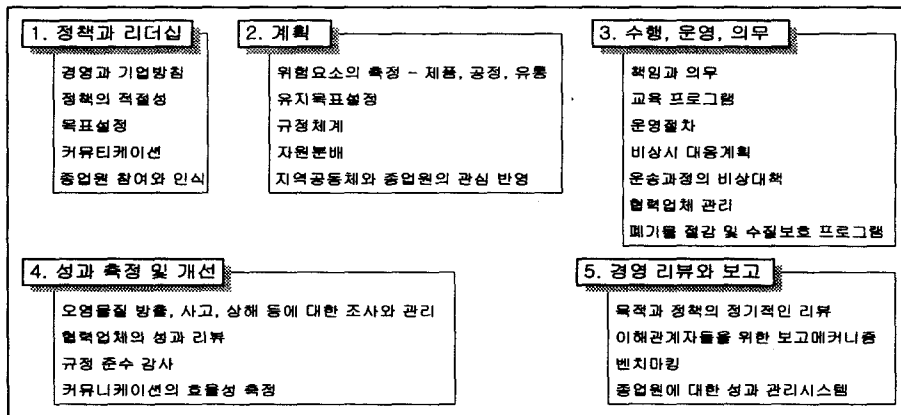
3.2 환경경영의 실천

3.2.1 다우케미컬사의 Responsible Care 활동 - RC 시스템의 검증

1987년 캐나다에서 화학업계의 자발적인 환경운동으로 탄생한 RC는 곧 미국을 비롯한 여러 나라로 퍼지게 되었고, 다우사도 미국 내의 RC 활동을 주관하고 있는 미국 화학공업협회(CMA)의 6가지 실행지침 - 지역사회인식과 비상시 대응, 오염예방, 공정안전, 유통/배급, 종업원의 보건과 안전, 제품책임주의 - 을 모든 사업장에 적용하여 RC를 추진하게 되었다.

성과에 대한 지속적인 개선을 위해 꼭 필요한 과정 중 하나가 바로 객관적인 평가 단계이다. 이를 통해 기업의 환경방침과 국제표준에 대한 객관성 및 신뢰성을 확보하고, SWOT(강점, 약점, 기회, 위협)를 파악하여 경영전략에 반영할 수 있는 것이다.

다우케미컬사는 1999년 3월에 산업대표, 외부 환경전문가 그리고 일반대중 참여자 등으로 구성된 평가팀으로부터 Responsible Care 추진 프로세스와 환경, 보건, 안전성 등의 개선과 지속가능성을 위한 경영시스템에 대한 집중적인 검증을 받았다. RC 코드에 모두 적용될 수 있는 5가지의 경영시스템 항목으로 세분화되어 실시된 검증의 세부요소는 다음과 같다:



< 그림 8 > 다우케미컬사의 Responsible Care 검증 항목[19]

RC 평가팀은 위 항목들에 대한 검증결과보고서에서 다우사가 추진하고 있는 RC 활동의 우수성과 개선의 여지가 있는 사항들에 대해 다음과 같이 밝히고 있다:

3.2.2 생산과 환경의 혼합시스템 - 폐기물의 가치 재창조

다 쓰고 난 물질을 폐기하거나 방치하는 것은 자원절약 차원에서도, 환경보호 차원에서도 바람직하지 않기 때문에 폐기물에 새로운 사용가치를 불어넣어 다른 제품 또는 공정에 쓰일 수 있도록 하자는 것이 다우사의 환경전략 요소 중 하나이다[12]. 이런 의미에서 독일 Stade 사업장은 가장 성공한 사례로 꼽히고 있다.

< 표 2 > RC 활동에 있어서 다우케미컬사의 우수성과 주요 개선 기획[19]

<ul style="list-style-type: none"> · 사용자에 대한 제품책임시스템 · 판매업체와 제품 위험정보와 인센티브 공유 · 명확한 역할과 책임을 통한 글로벌 EH&S 업무 프로세스 · 제품, 공정, 수송 위험평가 시스템 · 성과개선을 위한 EH&S 2005 목표 	<ul style="list-style-type: none"> · EH&S 2005 목표에 대한 더 다양한 성과 지표의 추가 · 공급업체를 포함한 모든 협력업체에 EH&S 시스템 확장 · 종업원과 지역공동체에 Responsible Care 인식 확산
--	--

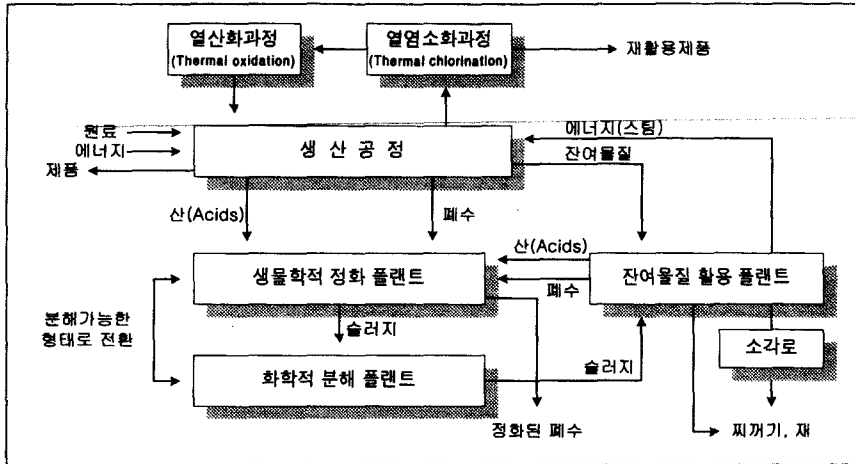
폐기물의 처분보다는 부산물 생성의 기회 제거에 중점을 두고 생산공정의 순환루프를 통해 에너지와 천연자원의 활용도를 극대화한다. 그리고 불가피하게 폐기될 제품의 경우에는 최대한 자체적으로 재사용하거나 최신 기술을 이용해 처리한다. 이러한 방법을 통해 많은 양의 에너지와 천연원료 그리고 폐기물 처리공간을 보존하고 환경에 대한 불필요한 부담이 예방되는 것이다.

이러한 개념을 통합적으로 적용하여 천연자원물질을 완벽히 활용하겠다는 아이디어는 ‘폐순환(Closed Loop) 시스템’을 통해 실현되었다. 이것은 거의 모든 공정에서 부산물과 폐기물을 배출하고 있는 화학산업에서는 적용하기 힘든 것이었다. 하지만 현재 화학산업에서 ‘폐순환 시스템’을 개발하기 위한 기술적, 경제적 타당성은 환경적 관점에서 받아들여지고 있다. 환경과 생산을 혼합한 ‘폐순환 시스템’을 도입하여 작업 중 발생하는 폐기물을 최소 상태로 유지하고, 이를 환경친화적인 방식으로 활용, 처분하고자 노력하고 있다.

환경친화적 생산을 위한 혼합시스템은 <그림 8>과 같이 화학적 분해(Chemolysis) 플랜트, 생물학적 정화 플랜트, 잔여물질 활용 플랜트의 세 가지로 이루어진다. 몇몇 생산공정에서 발생하는 사용할 수 없는 유동성 잔여물은 열염소화 과정을 통해 활용 가능한 솔벤트로 만들어진다. 나머지 물질은 열산화 플랜트로 이동되어 물과 이산화탄소 그리고 염산으로 전환된다. 이 과정에서 추출된 염산은 다시 생산공정으로 옮겨져 생산원료로서 활용된다. 이처럼 철저한 처리와 재활용 과정을 통해 액체로 이루어진 전체 제품의 90% 이상이 재활용된다. 그리고 기체물질의 경우에는 소모된 가스를 증상으로 모아 소각로 처리를 하는 혼합시스템을 통해 대기방출의 절감을 꾀하고 있다.

화학적 분해 플랜트는 모든 생물학적 정화 플랜트에서 형성되는 슬러지를 절감하기 위한 공정이다. 이러한 두 공정사이의 순환과정은 연간 발생하는 전체 슬러지의 90%에 해당하는 12,000톤을 제거할 수 있도록 개선되었다.

고형폐기물의 활용을 위한 잔여물질 활용 플랜트는 1989년에 완성되었다. 고열소각로를 통해 잔여물질은 완전한 산화를 이룰 수 있고, 연간 10만톤에 달하는 스티姆을 만들 수 있는 고열배출가스도 생성되어 생산공정으로 재투입된다. 이러한 순환식 시스템은 폐수의 정화, 에너지 활용 그리고 폐가스의 양을 줄이는데 있어서 90%가 넘는 최대의 성과를 내고 있다.



< 그림 9 > 생산과 환경보호의 혼합개념

1986년과 1990년 사이에 혼합시스템을 완비하는데 1억2천만마르크(DM)가 투자되었지만, 이를 통해 다우사는 쓰레기 매립지에 의존하지 않는 폐회로 물질순환시스템을 가동할 수 있게 되었고, 다음과 같은 재정적 이익을 얻고 있다[21]:

- 화학적 분해 플랜트를 가동함으로써 공장에서 생성된 슬러지를 톤당 174마르크의 비용으로 처리시설까지 수송해야하는 경제적 부담으로부터 벗어나 연간 210만 마르크의 비용절감 성과를 거두고 있다.
- 예전에는 폐기물 처리비로 톤당 약 600마르크를 지불해야했던 쓸모없는 잔여물질로부터 연간 염산 5천톤과 스팀 10만톤을 생산할 수 있게 되었다.

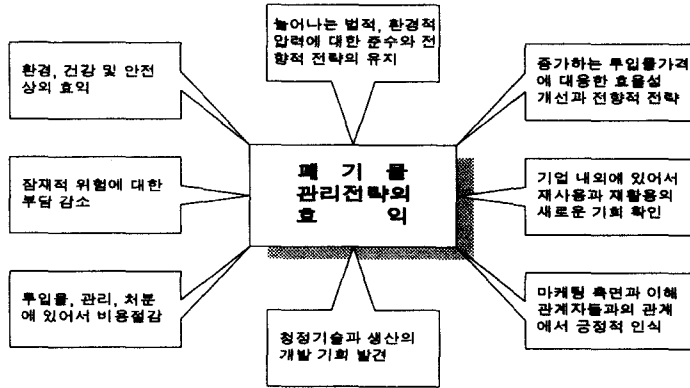
3.2.3 폐기물 절감 프로그램 - Waste Reduction Always Pays

최근에 폐기물 문제에 대한 기업행태에 명백한 변화가 나타나고 있다. 생산활동의 부산물처리 초점이 폐기물처분에서 폐기물관리와 최소화로 바뀌고 있는 것이다. 폐기물이 발생하면 처분하면 된다는 생각이 바뀌어 여러 가지 수단을 통하여 재무적 손실의 감소와 환경영향 및 환경위험의 최소화를 추구하고, 부산물의 감소, 재사용 및 재활용을 목표로 삼게 된 것이다.

기업 측면에서 본 폐기물 관리전략의 일반적인 혜택은 다음과 같다:

미국의 다우케미컬사 경영진들은 1986년 'Waste Reduction Always Pays(WRAP)'라 불리는 프로그램을 통해 자신들의 폐기물 감소노력을 기업 내에서 체계화하고 보다 능률적으로 수행하기로 결정했다. WRAP 프로그램 하에서 총체적인 폐기물 절감 목표를 통해, 대기, 수질, 토양으로 버려지던 폐기물들을 줄일 수 있는 합리적이고 포괄적인 접근방법을 적용할 것을 제안한 것이다. 적극적으로 폐기물 절감기회를 찾음으로써 폐기물 관리비용을 줄이고 생산성을 향상시키며, 일반대중에게 환경보호에 대한 자신들의 노력을 입증할 수 있다는 믿음을 바탕으로한 다우사 폐기물 절감노력은

무엇보다도 정부의 규제 없이도 폐기물 절감에 관한 자발적인 프로그램이 수행될 수 있다는 것을 보여주었다는 점에서 큰 의미가 있다.



< 그림 10 > 폐기물 관리전략의 효익[13]

폐기물의 환경방출 절감에는 재생, 처리, 제거 그리고 안전한 쓰레기 매립의 개발 등이 포함된다. 폐기물 절감에 대한 첫 번째 노력은 최초로 폐기물 발생을 피하는 것에서 시작된다. 다우사는 가장 높은 효율을 내고 폐기물을 최소화시킬 수 있는 운영과 생산 프로세스를 개발하기 위해 연구와 개발을 경주하고 있다. 어느 정도의 폐기물 발생을 피할 수 없을 경우에는 다시 생산공정에 투입되어 우선적으로 재활용되든지 아니면 활용이 가능한 다른 공정의 원료로서 사용된다. 폐기물 재생이 불가능할 때는 폐수처리나 소각로를 이용하여 환경에 미치는 악영향을 최소화한다. 만약, 처리나 제거를 포함한 모든 과정을 적용할 수 없는 폐기물이 발생할 경우엔 안전한 쓰레기 매립장에 묻히게 되는 것이다.

인센티브의 지금은 기업 전체에 폐기물 절감 인식을 확산시키기 위한 경제적 유인책이 필요하다는 견지에서 시작된 것이다. 1988년에 시작된 WRAP 최고 프로젝트 콘테스트는 회사의 생산설비를 분산시키고자하는 다우사의 방침에 따라 각 사업장에 따라 약간씩 다른 형태를 가지고 있다. 예를 들어, 어떤 사업장에서는 특정한 분야의 투자수익률(ROI)을 통해 프로세스의 개선이나 폐기물 절감의 성과를 검토하고, 투자수익률(ROI) 상에서 확실한 개선이나 성과가 입증된 프로젝트는 금전적 지원을 받게 된다.

WRAP 프로그램의 중요한 토대 중 하나는 종업원들에게 폐기물 절감에 대한 인식을 심어주는 것이다. 프로젝트 자료의 공유나 부사장으로부터의 수상 그리고 프로젝트 성과의 발표 등의 조치는 모든 종업원들의 참여의지를 고취시키기 위한 동기유발책인 것이다.

이러한 일련의 과정들을 통해 '현재의 시스템은 항상 개선될 수 있다'는 인식을 끊임없이 심어주고, 폐기물 방출이 제로화될 때까지 꾸준한 참여동기를 유발시킬 수 있

는 '지속적인 개선 프로세스(Continuous Improvement Process: CIP)'가 수행되는 것이다.

프로그램의 수행에 있어서, 각 생산시설에서는 목표달성 확인을 위한 데이터베이스와 제안 혹은 수행된 폐기물 절감 프로젝트에 대한 개요를 제공해야한다. 이 데이터베이스를 만들기 위해서는 질과 양 그리고 오염원별 자료를 모두 포함하고 있는 각 플랜트의 대기, 수질 그리고 토양 방출목록이 필요하다. 일정한 기간에 각 사이트별로 측정되는 이 폐기물 방출목록은 생산수준의 변동에 대한 영향을 없애기 위해 생산량에 대한 비율로 표현된다. WRAP 프로젝트의 자격을 갖기 위해서는 폐기물 절감성과의 측정이 가능해야하는 것이다.

실행계획을 수립하기 위해 각 시설에서 필요한 사항들은 다음과 같다:

- 모든 공정에서 발생하는 대기, 수질, 토양으로의 방출목록
- 오염원의 확인, 우선순위 결정 그리고 생산에 대한 비율과 방출량의 정량화
- 환경영향과 위험에 대한 평가
- 실천 우선순위 결정
- 목표달성에 필요한 자원 선정
- 계획 추진, 성과의 공유 그리고 앞으로의 절감 계획

1988년과 1989년에 다우사는 42개의 WRAP 프로젝트에 거의 600억달러의 비용을 지출하였다. 그리고 이 주요 프로젝트를 통해 연간 8800억파운드에 달하는 폐기물의 방출을 절감한 것으로 측정되었다. 이러한 WRAP 프로젝트의 성과는 다우사의 폐기물 관리정책에 초석이 되었으며, 사업의 장기적인 발전과 환경보호 측면에서 중대한 역할을 담당하고 있는 것이다[2, 18].

3.2.4 환경에 대한 제품책임주의(Product Stewardship)

과거에 기업의 의미는 단지 제품을 생산하고 이를 판매하는 것에 불과했었다. 그리고 판매의 기능은 제품을 공장에서 소비자에게까지 최단시간에 전달하는 것으로 그 단순한 임무를 마치면 그만이었고 안전한 제품사용방법에 관한 지식은 주로 소비자들의 문제였다. 그러나 오늘날 다우사와 같은 기업이 시행하는 총체적인 제품책임주의(Product Stewardship)는 제품의 환경친화성과 안전성에 대하여 요람에서 무덤까지 책임진다는 것을 전제로 하는 생산과 마케팅에 있어서의 혁신적인 접근 방법이다[15].

Responsible Care의 실행지침 중 제품책임주의는 모든 화학제품의 설계, 제조로부터 마케팅, 유통 그리고 제품의 사용, 재활용, 폐기에 이르는 전과정에 대한 엄격한 관리를 요구하고 있다. 제품의 생산, 공급, 폐기의 시스템이 환경의 질을 유지할 수 있는 방향으로 설계되어야한다고 믿고, 제품과 공정에 투입되는 물질에 대해서부터 환경성을 고려한다. 사용되는 물질이 자원고갈을 초래하지는 않는지, 즉 새로 개발되거나 대체될 수 있는 자원인지, 그리고 재활용은 용이한지 등과 같은 문제를 초기단계부터 고려한다. 전과정분석은 이러한 질문에 대한 해답을 찾는 데 도움을 주고 제품과 서비스를 평가하는데 유용하게 활용된다.

각 사업장별로 제품에 대한 명시화된 전과정 책임주의 계획을 개발, 적용하고 있는

다우사는 정기적으로 신제품을 포함한 모든 제품과 사용방법에 대한 위험성 평가를 실시하고 있다. 제품과 서비스의 전과정에 대해 다루어지는 이 평가는 생태적 효율성 개선에 반하는 부정적 영향을 확인하고 최소화할 수 있는 기회를 제공해준다[20, 30].

다우사는 전체 직원들에게 제품책임에 대한 임무를 주지시키기 위해 환경관련 직원은 물론이고 R&D, 생산, 자재관리 그리고 판매에 이르기까지 모든 주요 기능에 대한 제품관리 지침을 제정, 교육하고 있을 뿐만 아니라 거래처에도 이 개념을 확산시켜 협력회사를 대상으로 RC의 도입과 실천을 계약조건에 명기토록 하고 있다[12, 15].

제조품이나 수입 화학물질에 대한 적격심사(Screening Test)와 화학테스트[20] 그리고 사용과정의 환경, 안전, 보건 문제에 대한 철저한 관리 등도 모두 화학제품에 대한 잠재적 유해요소를 최소화하기 위한 실천행동이다.

3.2.5 공정 안전관리 - 화재, 폭발 위험지수(Fire & Explosion Index)

1964년도에 1판을 출간한 이후 계속 수정, 보완하여 현재 7판까지 발행된 다우케미컬사의 F&EI는 과거 사고사례의 데이터베이스를 이용하여 공정의 잠재적 화재, 폭발의 정도와 발생시 예상되는 피해정도를 쉽게 알 수 있도록 상대적 지수로 표시한 것이다. 초기에는 화학공장의 화재예방방법을 선택하는데 필요한 지침으로 사용되었으나 현재는 화학공장의 주요장치에 초점을 맞추어 각 단위공정의 상대적 위험순위를 평가하기 위한 방법으로까지 확대되었다.

따라서 F&EI는,

- 사고로 발전될 수 있거나 사고를 확대시키는 기기장치를 확인하여
- 실제로 일어날 가능성이 있는 화재, 폭발사고로 인한 예상 피해범위를 산정하고,
- 공정지역의 잠재된 위험을 관리자에게 통보함으로써,

화학공장의 사고로 인한 손실원인을 분석하여 효과적이고 효율적으로 손실범위를 감소시킬 수 있는 방법이다.

화재, 폭발 위험지수를 산정하기 위해, 우선 평가하고자하는 대상공정을 선정한 후 개별 단위공정의 위험계수(F)를 구하고, 그 공정에서 사용되는 물질에 대한 MF(Material Factor)를 선정한다. 단위공정 위험계수는 일반공정과 상대적으로 위험도가 높은 특수공정을 분류하여 각각의 위험계수를 구한 후 이들의 곱으로 산출한다. 앞에서 구한 단위공정의 위험계수(F)와 물질에 대한 MF값의 곱으로부터 F&EI를 구할 수 있다. 이 F&EI를 활용하여 대상공정에서 사고가 발생했을 경우의 예상 피해범위까지 파악할 수 있고, 공정과 물질 그리고 위험방호에 대한 손실방지 신뢰계수를 곱하면 화재폭발 위험도지수를 산출할 수 있다.

다우사의 F&EI는 실제적 사고에 기초하여 개발된 방법이기 때문에 현실성이 있을 뿐만 아니라, 피해범위를 예측하는데 효율적이고, 또한 상대적 지수를 사용함으로써 쉽게 위험도를 파악할 수 있기 때문에 공정관리의 우선순위를 부여하거나 사전 예방활동에 이용될 수 있다. 또한 예상 피해범위를 통해 사고발생시 행동요령과 대응계획을 수립하는데 유용한 자료로 사용될 수 있다[17].

4. 결론

환경에 대한 화학산업의 중요성은 OECD 전체규정 중 40%가 환경관련 규정(65개) 이고, 이중 화학물질 관련규정이 22개란 사실을 통해 잘 드러난다. 그리고 산업구조의 고도화, 화학제품의 시장주기 단축, 국제교역 규모의 증가 등으로 화학물질 유통량 및 종류가 크게 증가하여 일상생활 및 산업활동에서 유해화학물질에 노출이나 대형 환경 오염사고의 위험이 커지고 있다[1].

환경친화적 기업영업을 추진하는데 있어서, 화학산업으로서 특별히 고려해야할 환경적 위험요소와 이에 대한 대응방안을 전과정 - 투입, 제조·유통, 산출·소비, 폐기 - 에 걸쳐 분석해보면 다음과 같다:

< 표 3 > 화학산업의 환경적 위험요소와 대응방안

단계	위험요소	대응방안
투입	원료의 위해성	환경친화적 제품설계(DFE), LCA 등을 통해 개발단계부터 환경요소를 반영, 고려하여 설계함으로써 환경친화적 원료 구매선을 확보
	에너지 다소비	기후변화에 따른 CO ₂ 규제 강화에 따른 생산공정의 기술혁신을 통한 근본적인 화석연료 사용 절감과 에너지 고효율 화학제품 생산
제조	유해화학물질 취급문제	공정상의 화학물질 취급과 관리 지침 문서화 및 교육을 통한 현장 근로자들의 환경인식 강화
	안전사고와 긴급사태	환경적 관점에서 현실적인 안전사고 대응방안을 수립하고 교육훈련을 통해 긴급상황 행동요령을 숙지 및 전파시킴
산출	소비자들의 환경적 인식	일반대중이나 환경단체 등과의 적극적인 환경활동 추진과 객관적인 환경성과의 검증
	사용상 환경, 안전문제	제품 책임주의 차원에서 화학제품 관리지침을 제정, 교육하고 이를 소비자뿐만 아니라 거래처에도 확산
폐기	화학 폐기물, 부산물 처리	폐기물이나 부산물의 처분보다는 순환루프공정을 통한 투입원료 활용 극대화로 사후처리대상물질의 생성기회 제거에 중점

사례연구를 통해 살펴본 다우케미컬사의 경우에도 아직 환경적으로 개선해야할 문제점들이 남아있다. 앞으로 해결해야할 다우케미컬사의 대표적인 환경적 과제는 다음과 같다:

- 가시적인 환경성과를 위한 활동에서 '지속가능한 발전(sustainable development)' 이라는 보다 큰 명제로의 전환
- 에너지 소비과정에서 발생하는 이산화탄소(CO₂) 배출을 절감하기 위한 근본적인 대책수립
- 전세계의 많은 사업장을 효과적으로 관리하기 위한 제도와 원활한 커뮤니케이션 네트워크체제 구축

4.1 다우케미컬사 환경경영의 교훈

다우케미컬사의 환경경영활동을 통해서 우리가 배워야할 점들은 다음과 같다:

▶ 대담한 목표설정을 통한 변화와 혁신 - EH&S 2005 목표

다우케미컬사에서 환경, 보건, 안전에 관한 대담한 목표를 제정했을 당시에는 많은 사람들이 성공가능성에 대해 여러 가지 의문을 제시했다. 그러나 이러한 도전적 목표를 내세우지 않으면 기존의 운영방식에서 벗어나기 힘들기 때문에 변화와 혁신을 성취하기 힘들다고 판단한 것이다.

그리고 목표의 설정과 함께 목표달성을 위해 매년 절감해야할 환경영향 정도를 항목별로 설정하여, 환경성과를 검토하는 과정에서 항상 개선의 기회를 확인한다. 이러한 지속적인 관심을 통해 개인과 조직의 진정한 잠재력을 발휘할 기회를 마련해 주는 것이다.

▶ 국제적인 환경운동의 적극적인 참여 - Responsible Care

화학산업의 자발적인 환경보존 활동인 Responsible Care는 다우사의 모든 환경프로그램의 기준이 되는 것이다. 미국화학공업협회(CMA)에서 제정한 6가지 실행지침을 자사의 환경, 보건, 안전 프로그램에 적용하여 조화롭게 발전시켜나가고, 다른 기업들과의 활발한 연계를 통해 자발적으로 관리원칙을 강화시킴으로써 RC 운동의 확산을 유도하고, RC 추진을 통한 성과의 극대화를 꾀하고 있다.

▶ 폐기물의 가치 재창조 - 생산과 환경의 통합

화학공정에서 발생하는 폐기물의 경우, 다른 산업에 비해 상대적으로 높은 환경 유해성이 잠재되어 있다. 오늘날에는 이러한 유해폐기물을 철저히 관리하는 선을 넘어서 최초 설계에서부터 폐기물이나 부산물의 발생을 원천적으로 예방하거나 최소화하기 위한 환경적 고려가 중요한 비중을 차지하고 있다. 다우사에서는 이미 1970년대부터 환경문제를 바라보는 기본적 시각을 바꾸어, 장기적인 투자를 위해 환경과 생산을 통합한 '폐순환 시스템'을 계획하고 도입하기 시작하였다. 이러한 투자에 대한 결과는 유해폐기물의 절감이나 안전한 처리를 통한 환경보전측면의 성과뿐만 아니라 기존 폐기물 처리비용의 감소나 원료/에너지로의 가치 재창조를 통한 경제적 혜택으로도 나타나고 있다.

▶ 전과정에 걸친 제품책임주의

제품의 환경친화성과 안전성에 대해 요람에서부터 무덤까지 책임진다는 것을 전제로 하는 제품책임주의는 다우케미컬사의 핵심적 주제이며 업무능력 평가의 중요한 척도로 자리잡았다. 전과정분석을 통한 제품책임주의는 제품의 안전한 사용법을 소비자들에게 자세히 가르쳐 주어야한다는 책임까지 확대되었다. 이러한 책임의식은 다우사 제품의 사용자가 일반대중에만 국한되는 것이 아니라 화학물질을 원료로 하는 많은 산업체에도 해당되기 때문이라고 볼 수 있다.

▶ 동기유발 프로그램을 통한 적극적인 참여 유도 - WRAP 프로그램

기업에서 환경경영활동을 추진하는데 가장 큰 어려움은 바로 환경에 대한 인식부족이라고 할 수 있다. 기업의 모든 활동이 그렇듯이 환경경영 활동도 모든 종업원들이 전사적으로 활동을 추진할 때 성과를 극대화할 수 있는 것이지 경영진이나 환경관련 부서의 노력만으로는 기대한 만큼의 성과를 얻기 어렵다. 경영진의 정책적 지원과 함께 현장에서 공정을 직업 운영하고 관리하는 종업원들의 적극적인 참여가 조화롭게 이루어질 때 비로소 환경이 기업의 경쟁력 강화수단으로 발전할 수 있는 것이다.

▶ 환경, 보건, 안전관련 자료의 체계적 관리

화학산업에서 화학물질에 대한 자료를 데이터베이스화하여 관리하는 것은 기업의 환경관리 차원에서 많은 도움을 줄뿐만 아니라 정부나 일반대중에게도 매우 가치있는 구체적 자료를 제공해 준다. 앞서 설명한 PRTR과 같은 제도도 이러한 취지에서 시행되는 것이라고 볼 수 있다. 다우케미컬사에서는 오염물질에 대한 목록관리를 WRAP 프로그램과 조화시켜 사업장별로 데이터베이스화한 자료를 통해 개선의 기회를 자발적으로 찾도록 유도하고 있다. 그리고 화재나 폭발과 같은 안전사고에 대한 지수를 개발하고, 피해를 예측하는데 있어서도 체계화된 과거 데이터를 활용함으로써 가장 현실적이고 실제적인 관리를 실현하고 있다.

▶ 제3자에 의한 객관적인 환경성과 평가/자문 - RC 검증, 자문위원회 운영

기업의 환경성과를 평가하는 과정의 객관성을 높이기 위해서는 일반대중을 포함한 제3자의 참여가 필수적인 요소이다. 하지만 대부분의 기업들이 아직까지는 기밀보호 차원에서 폭넓은 활동을 하지 못하고 있는 것이 현실이다. 이러한 문제는 대중에 대한 호감도가 상대적으로 낮은 화학산업의 입장에서 매우 중요한 것이다. 현재 다우사에서 운영되고 있는 지역사회협의회(Community Advisory Panels)나 환경자문위원회(Corporate Environmental Advisory Council)[30] 그리고 제3자를 통해 객관성을 높인 Responsible Care 검증 등은 모두 대중과의 동반자관계 구축을 통해 화학산업에 대한 신뢰성과 믿음을 회복하려는 노력인 것이다.

참고문헌

- [1] 김명자(1999. 11. 11), "화학산업과 환경정책 방향," 학국화학관련학회 연합회 특강자료.
- [2] 김상용 외 공역(1997), 「청정생산기술」, 시그마프레스.
- [3] 문정의(1999. 12. 6), "Responsible Care란 무엇인가?," 한국 RC 협의회 창립총회 발표자료, RC 실무검토위원회.
- [4] 김연성 외 공저(1999), 「품질경영」, 박영사.

- [5] 박영환(1996), “섬유산업 및 화학산업의 청정생산기술,” 「화학세계」, 36권 11호, pp. 17-27.
- [6] 석금수(1999), “유해화학물질 관리정책,” 현대환경연구원.
- [7] 이병욱(1997), 「환경경영론」, 비봉출판사.
- [8] 이순실(1996), “화학산업과 Responsible Care,” 「주간경제」, 357호, LG경제연구원.
- [9] 정영태(1995), “환경경영(ISO14000)과 화학기업의 대응방안,” 「플라스틱 실용화 기술 포럼」, 2권, pp. 23.
- [10] 정헌배(1995), 「환경경영전략」, 규장각.
- [11] 차순우, 최경희, 이화영(1999), “PRTR의 국제적 동향 및 도입방안,” 「화학공업과 기술」, 17권 1호.
- [12] 최인수, 왕창근, 임치환(1997), 「환경품질기술 전문가 과정」, 성균관대학교 품질 혁신센터.
- [13] 최종서, 김종대 공역(1995), 「환경경영과 기업의 전략」, 미래경영연구소.
- [14] 포스코경영연구소(1998), 「지식경영」, 더난출판사.
- [15] 한국무역협회 편집부(1997), 「일류기업의 살아있는 환경경영이야기」, 한국무역 협회.
- [16] 한국석유화학공업협회(1999. 6), “Responsible Care 추진절차와 국내외 추진동향.”
- [17] 한국화재보험협회(1999), “Dow F&EI(Fire and Explosion Index) 개요,” 「위험관리정보」, 101호.
- [18] Buchholz, R. A.(1993), *Principles of Environmental Management*, Prentice Hall.
- [19] Dow Chemical Company(1999), “The Dow Chemical Company Responsible Care Management Systems Verification.”
- [20] Dow Chemical Company(1999), “1999 Dow Public Report.”
- [21] Hopfenbeck, W.(1992), *The Green Management Revolution*, Prentice Hall.
- [22] *ICCA Responsible Care Status Report 1998*, International Council of Chemical Associations.
- [23] OECD(1997. 7), “Pollutant Release and Transfer Registers(PRTRs): A Tool for Environmental Management and Sustainable Development,” PRTR Workshop.
- [24] OECD(1996), “Pollutant Release and Transfer Registers (PRTRs): A Tool for Environmental Policy and Sustainable Development - Guidance Manual for Governments,” OECD/GD(96)32.
- [25] UNITAR(United Nation Institute for Training and Research)(1997), “Implementing a National PRTR Design Project: A Guidance Document.”
- [26] <http://www.to21.co.kr>, TRI 개요, 그린컨설팅(주)to21.
- [27] <http://irptc.unep.ch/prtr>, International Register of Potentially Toxic Chemicals of the United Nations Environment Programme, UNEP.

- [28] <http://www.cefic.org>, European Chemical Industry Council.
- [29] <http://www.cmahq.com>, Chemical Manufacturers Association.
- [30] <http://www.dow.com/environment/ehs.html>, Environment, Health & Safety, Dow Chemical Company.
- [31] <http://www.oecd.org/ehs/prtr>, OECD's Work on Pollutant Release and Transfer Registers(PRTRs), OECD.