효율적인 LCA적용을 위한 EFD 시스템 개발
Development of LCA-EFD System for Environment

김동진* · 양광모** · 전현정** · 강경식***

Abstract

As environmental damage increase by a highly developed material civilization of today, many companies take a growing immensely interest in the influence of environment for beginning a new paradigm year by year.

The previous assessments dose not run the gamut of industry but is confined within a certain facility or an area. Industrial processes and operations can not be accomplished independently but are connected with each others through suppliers and customer, and these ideas are fundamental notions of Life Cycle Assessment(LCA).

This paper will introduce Life Cycle Assessment(LCA) in environment which is rising, and would like to build environmental management system using approach of Quality Function Development(QFD) and Safety Function Development(SFD) belonging to the assessment method.

Keyword : LCA, Environment Management, Environment Function Development

1. 서 론

오늘날 발달된 물질문명으로 인한 환경적 피해가 점점 심각해짐에 따라 새로운 시대를 열어가고자 매년 많은 기업들이 환경에 미치는 영향에 대하여 지대한 관심을 가지고 있는 실정이다. 이러한 현상은 산업시스템 전반에 걸쳐 상당히 넓은 범위에서 환경오염을 조절하거나 줄이기 위해 노력하고 있고 그에 따른 국제사회의 규제(ex : ISO 14000)도 날로 엄격해지고 있다.

국내에서도 품질, 환경, 안전보건경영체제의 통합운영의 필요성을 고려한 OHSAS 18001 규격을 채택하고 있으며, 이것은 EHS(Environment, Health & Safety)시스템과 함께 경영자 검토를 통한 환경적 영향을 줄이기 위한 체계적인 방법으로 널리 적용되고 있다. 그러나 기업이 시장에서 경쟁력을 가지고 소비자의 요구를 만족시키기 위해서는 일반적으로 자리 잡고 있는 기업이 환경에 무해한 영향을 미쳐야 한다는 사고와 함께 체계적이고 정량화된 환경에 관한 전과정 평가가 선행되어 져야 한다.

* 명지대학교 산업공학과 석사과정
** 명지대학교 산업공학과 박사과정
*** 명지대학교 산업공학과 교수

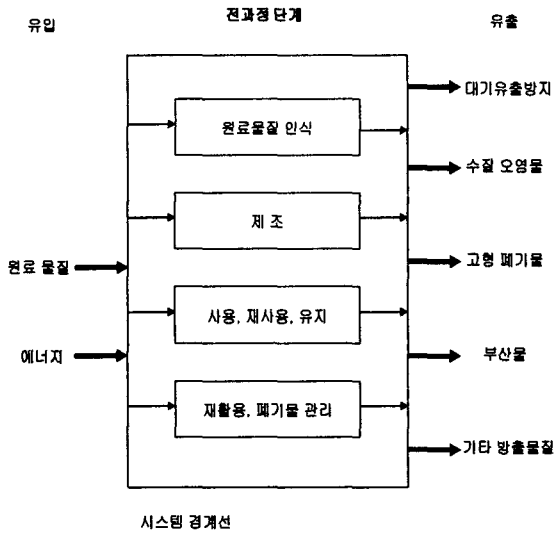
기존의 평가는 특정한 설비나 지역에 국한되어 있으며 관련된 산업체의 전 범위를 고려하고 있지 않다. 산업공정과 활동은 독자적으로 이루어지지 않고, 공급자와 수요자를 통해 다른 공정과 활동에 서로 연계되어 있다. 이러한 접근법이 전과정 평가(LCA, Life Cycle Assessment)의 기본개념이며, 본 논문에서는 요즘 대두되고 있는
환경분야에서의 전과정 평가방법을 소개하고 평가방법에 따른 QFD(Quality Function Development)와 SFD(Safety Function Development)의 접근을 시도하여 LCA-EFD 시스템 개발을 통한 환경경영체제 구축을 하고자 한다.

2. LCA의 개념 및 적용

1990년 이후로 환경분야에서 본격적으로 전과정 평가에 대한 고찰이 이루어졌지만, 지금까지는 분석의 복잡성 때문에 주로 전문가들에 의해 사용되었다. 그러나 점차적으로 전과정 평가에 대한 인식이 넓어지고 데이터가 충분해 짐에 따라 일반적인 적용이 가능해지고 있는 실정이다.

환경영향 평가를 체계적으로 운용하는 기업은 비용절감, 향상된 이미지, 효율적인 경영방식 등으로 경쟁에서 이득을 얻을 수 있으며, 그러기 위해서는 양질의 데이터를 갖추고 환경경영을 통한 가치의 극대화라는 목표를 지향하며, 지속적 개선을 통한 경영활동의 효율성을 높일 필요가 있다.

환경의 전과정 평가는 지구에서 원료물질의 수집(석유,곡식,광물 등등)에서부터 지구로 모든 물질을 되돌리는 모든 활동들이 환경에 미치는 영향을 다루는 것(그림 2.1)이며, 전 지구적인 지속가능한 개발의 필요성 때문에 전 세계에 있는 산업체에서 성능 및 자원의 효율을 높이기 위한 많은 노력들이 행해지고 있다.

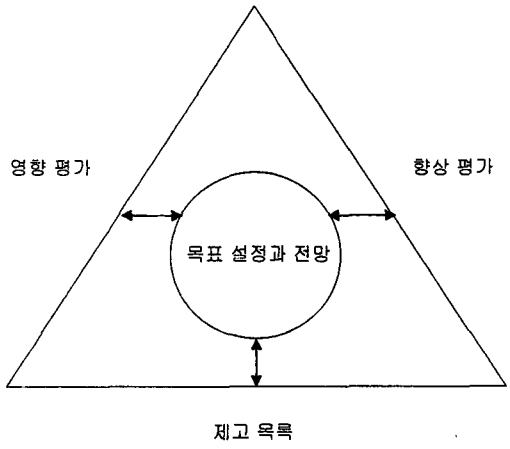


(그림 2.1) 전과정 평가의 단계와 경계선

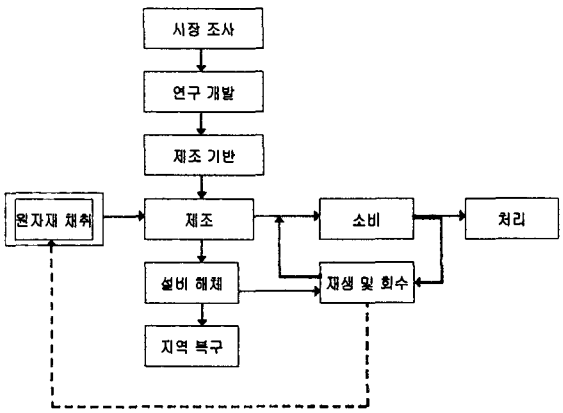
전과정 평가(LCA)는 생산품, 공정 및 활동 등이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위한 도구로 사용되어

질 수 있는 중요한 도구로서 일반적으로 다음의 네 가지 요소로 구성되어 있다.

- 목적 정의 및 범위 설정
- 전과정 목록(LCI, life-cycle inventory)
- 영향 평가
- 개선 평가



(그림 2.2) 전과정 평가의 개념 모델



(그림 2.3) 전과정의 개념

위의 (그림 2.2)와 (그림 2.3)에서 알 수 있듯이 LCA는 제품과 서비스 시스템의 환경적 영향을 관리하기 위해 사용된 하나의 체계적인 접근 방법이며, 개념적 사고 과정으로 설계와 개선을 위한 선택사양의 선택을 유도하고, 방법론적으로 환경 문제나 배출의 정량적/정성적 목록을 세우고, 그러한 문제나 배출의 영향을 평가하고 환경성능을 개선하기 위해 대안을 고려하는데 적용되어진다.

LCA는 어떤 적용에서도 원재료 채취에서부터, 생산, 사용 및 처분이나 회수까지 제품의 수명(즉, 요람

에서 무덤까지)의 모든 단계에서 환경 영향을 고려한다. 고려해야 할 환경 영향은 자원고갈, 인류 보건 및 생계 보건을 포함하며, 이런 LCA의 정의에서 어떤 중요한 특징은 그것이 개념적 요소와 데이터 집약적인 방법론 요소를 포함한다는 것이다. 전과정 사고의 개념은 시스템이나 전체론적인 관점에서 환경 문제를 제시하는 유일한 방법이다. 이런 식의 사고로 제품이나 서비스 시스템이 전체 전과정에 걸쳐 환경영향을 감소시킬 목적으로 가치 평가되거나 설계되어지며, 하나의 개념 및 방법론으로서 LCA는 제품, 기술, 공정에 관련된 환경 부담과 설계, 개발에서 최종 처분까지의 활동을 이해시키고 감소시키는 중요한 역할을 한다. LCA는 회사의 의사결정과정의 안목을 넓혀주어 에너지와 재료사용, 수송, postcustomer 사용, 제품 시스템과 관련된 환경배출 등에 대한 생각을 통합시켜 준다.

LCA는 한 제품, 포장 혹은 공정상의 특정 변화와 관련된 이익과 위험성을 보다 잘 이해할 수 있는 구도를 제공하며, 전과정 개념의 적용으로부터 얻어진 이익은 비용억제, 책임경영, 투자자 가치 및 경쟁력을 포함한다.(표 2.1)

비용 억제	책임 경영
- 더 낮은 운영 비용	- 법적 벌금과 패널티 감소
- 더 낮은 처리 비용	- 규제자들과의 관계 개선
- 에너지 소비 감소	- 범죄적 책임 노출 감소
- 생산성 증가	- 승인 가능성 증가
이권 단체의 가치	**경쟁력**
- 세입 증가	- 공급자와 고객의 요구 만족
- 시장 지분 증가	- 재활용을 통한 잠재 세입
- 회사 이미지 향상	- 시장 지분 증가
	- 신규 제품 기회

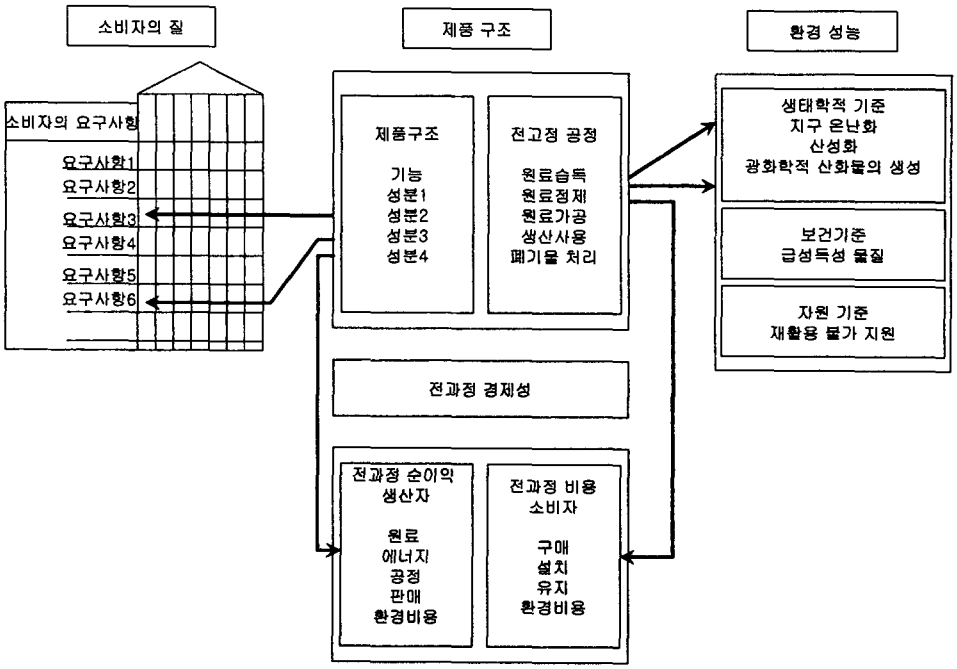
(표 2.1) 전과정 수행의 이점

그러나 LCA을 회사에서 사용하면 제품 시스템의 환경품질을 기획하고 설계를 시작하여 개선하는데 도움이 되지만, LCA를 모든 환경 문제를 해결하기 위한 유일한 도구로 간주하여서는 안 되며, 계속 발전하고 있는 LCA 방법론의 개념을 오늘날 존재하고 환경문제를 다루는 대체 방안으로서 업무와 조직에 적용함으로써 미래를 위한 공해방지와 더불어 우리의 자원을 미래에 계속 지속시키도록 하는 미래의 노력에 새로운 모델을 제공하여야 할 것이다.

3. QFD & SFD model 고찰

소비자가 제품을 구매하는 궁극적인 이유는 제품이 각 소비자들의 요구를 충족시키기 때문이다. 제품생산자가 염두에 두어야 할 일은 여러 다른 부류의 소비자들로부터 제품에 대한 주요한 요구조건들이 무엇인지를 알아차리고, 자기회사의 제품이 다른 경쟁회사의 제품보다 더 좋은 질을 가질 수 있도록 제품의 질을 변환시키도록 하는 것이다.

품질기능전개(QFD, quality function deployment)는 이러한 소비자들의 소리와 제품의 품질요구조건과 제품구조의 관계를 체계적으로 분석하는 방법이다.



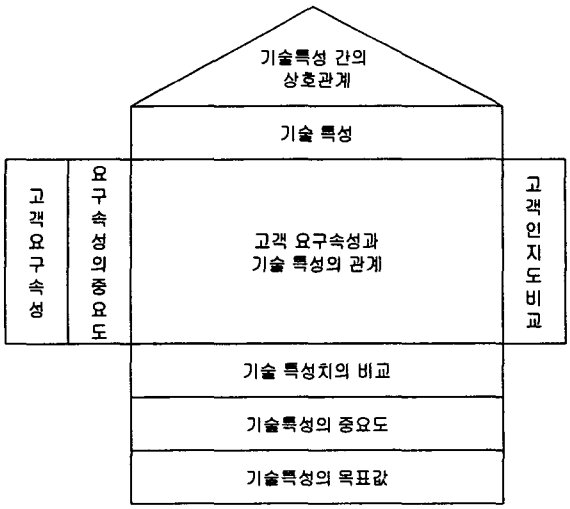
(그림 3.1) 제품시스템구조, 환경성능, 소비자의 질 및 전과정 경제성 사이의 상관관계

품질관리소(quality house)에서는(그림 3.1) 모든 소비자들의 요구조건들이 알려지고 가중치들이 정해지며, 또한 이러한 요구조건들과 전체 제품의 기술적 변수들 사이의 관계가 분석된다. 품질기능전개(QFD) 과정의 다음 단계는 중요한 기술적 변수들과 제품서비스 사이의 관계들이 기능에서 세부까지, 성분에서 공정까지 마지막으로 제조 및 조합과정에 이르기까지 단계별로 분석된다.(그림 3.2)(그림 3.3)

1980년대 후반부터는 QFD가 서비스업과 같은 비제조업 분야에서도 활발히 사용되어지고 있으며, 서비스 산업은 서비스 제조과정 자체가 최종 상품이고 특히 다양한 고객층을 포함하고 있어 고객의 요구를 최우선적으로 반영되도록 하기 때문에 비제조업 분야에서도 효과적으로 사용되어지고 있다. 현재까지 발표된 사례로는 자동차 정비관리, 고객 전화상담, 호텔경영, 교육제도, 국가보안, 환경보존 등의 영역에서 폭넓게 사용되어지고 있다.

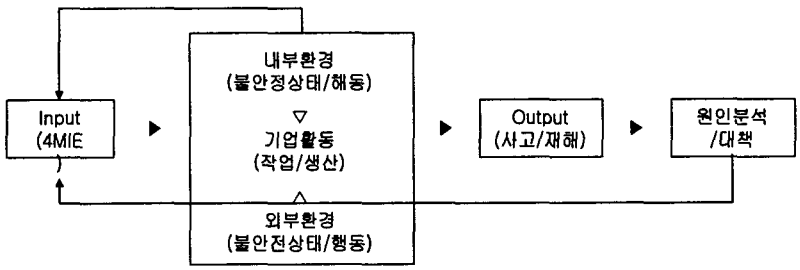
환경경영에 대한 인식이 새롭게 대두됨에 따라 기업 활동에 의해 발생하는 사고유형도 작업/생산 활동이 일어나는 제한된 범위뿐만 아니라 자연환경에 까지 영향

을 미칠 정도로 다양하게 발생되고(그림 3.4), 안전/보건/환경에 대한 관심과 국제적 환경관세 등의 국제규제도 등장하게 되었다.



(그림 3.2) HOQ(house of quality)의 구성

(그림 3.3) 고객의 요구를 제조과정으로
전달하기 위한 일련의 HOQ



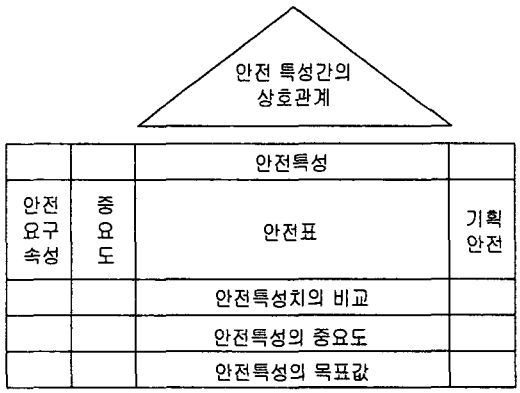
(그림 3.4) 4M1E를 통한 사고발생원인

사고에 대한 미연방지 활동을 함으로써 재해 및 환경오염을 줄이고자 안전기능 전개(SFD, safety

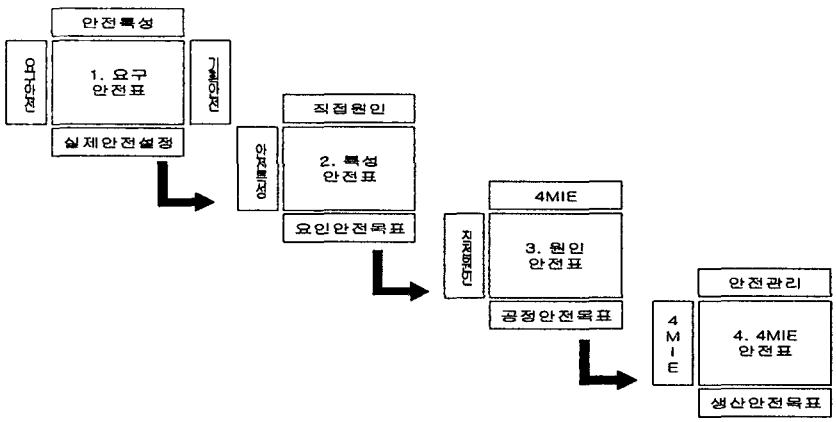
function deployment)를 통한 정량적인 안전관리 시스템을 구축하고(그림 3.5), 단계별 안전관리 전개를 도입하여 재해로 인해 발생되는 환경 영향을 파악하여, 현행 안전관리의 미숙한 점과 관리상의 문제점을 도출하고 안전 관리점을 설계하는데 유용하게 활용하도록 나타낸다.(그림 3.6)

안전 기능전개는 팀별 또는 공정별 요구안전, 재해 분류에 의한 안전특성, 사고의 직접원인에 따른 불안전한 상태와 불안전한 행동, 재해의 대상이자 사고의 기본원인인 4M1E, 안전관리 활동에 이르기까지 단계별 순차적인 연계를 통하여 안전사고 예방을 위한 안전관리시스템 설계의 기본이 되며, 요구 안전표·안전 특성표·원인 안전표·4M1E 안전표 등으로 분류할 수 있다. 요구 안전표는 부서, 공정에서의 안전상태 유지를 요구하며, 안전특성은 재해 형태 분류를 근거로 하고 있어 요구안전과 안전특성간의 연관성을 제시하는 표이며, 안전 특성표는 안전특성과 직접원인과의 연관성을 나타내고 직접원인은 불안전한 상태와 불안전한 행동으로 구분하고, 불안전한 상태는 설비, 재료, 환경 등
주로 물적 원인이며, 불안전한 행동은 정신적, 육체적, 기술적 결함 등의 인적원인을 말한다.

원인 안전표에서는 기본원인은 공정에서의 투입물(Input)인 4M1E로 설명하여, 직접원인과 간접원인과의 연관성을 나타내고, 마지막으로 4M1E 안전표는 재해원인 분류 중 간접원인에 해당하는 기술적, 관리적, 교육적 원인을 나타내어 이를 근거로 안전관리와 기본원인의 연관성을 제시한다.



(그림 3.5) 안전표(HOS)



(그림 3.6) 안전기능전개도

4. 결론

본 연구에서는 근래 대두되고 있는 환경경영의 중요성을 인식하고, LCA를 통해 기업 활동의 흐름에서 발생하는 시스템 전반적인 환경 영향에 대한 평가를 수행하고자 하였다. 또한 LCA 수행 시 발생하는 문제점과 개선점이 보안된 발전된 모델로서 EFD를 제시하고자 현재 많은 기업에서 추진하고 있는 산업시스템에 대한 QFD와 SFD의 의미를 알아보고, QFD와 SFD 수행 방법 및 그 결과에 따른 효과를 살펴보았다.

향후 기업 전반의 정량적인 환경 경영 시스템의 구축 및 단계별 기능전개를 도입할 경우에는 LCA-EFD 모델의 기본 틀을 활용하여 기업 전반적인 시스템의 설계시간을 단축할 수 있으며, 각 종 업종별·공정별 보다 세부적인 분류 항목에 있어서도 적용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 효율적인 환경경영을 위한 LCA-EFD 모델을 개발하고 이 모델이 효과적으로 적용되는지에 대한 검증이 되어있지 않으므로, 차후 실질적인 효과분석을 위해서는 LCC나 AHP와 같은 분석방법으로 접근해 볼 필요성이 있다.

5. 참고문헌

[1] 김상용 외 8인 공저, 환경전과정평가, 시그마프레스, pp. 1-5, 1998.

[2] 김건호; "SFD를 이용한 완전관리에 대한 연구", 대한산업경영학회지, 2(1) : 91-101, 2004.

[3] Environment Protection Agency, Facility Pollution Prevention Guide (EPA/6--/R-92/088), Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Reserch and Development, Cincinnati, OH, 1992.

[4] Consoli, F., D. Allen, I. Boustead, J. Fava, W. Franklin, A. Jensen, N. de Oude, R. Parrish, R. Perriman, D. Postlethwaite, B. Quay, J. Seguin, and B. Vigon (eds.). 1993. Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice."SETAC, Pendacola, FL.

[5] Brinkley et al., "Life Cycle Inventory of PVC: Disposal Option for a PVC Monitor Housing", Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, Orlando, Florida, May 1-3, 1995, p.145

[6] Andersson, R. 1991. QFD. A System for More Effective Product Development. Studentlitteratur, Lund(in Swedish).