



골판지포장산업의 LCA 환경평가 탐구

강 원 대 학 교 제지공학과
교수 · 농학박사 원 종 명

<ol style="list-style-type: none"> 1. LCA(전과정 평가)의 의미 2. 제품의 일반적 LCA의 Process 3. LCA의 목적 4. ISO 14040 LCA 규격 5. 골판지포장산업의 LCA 환경평가

1. LCA(전과정 평가)의 의미

급속한 문명과 산업의 발전은 오염물 및 폐기물의 발생을 크게 증가시켜 줌으로써 이들이 분해·환원되어 다시 생태계로 공급되어 생물들의 생육에 필수적인 요소 또는 자원으로 제공되는 이산화탄소 사이클 및 자연 정화 시스템이 더 이상 제기능을 발휘할 수 없는 상황에 이르게 되었다. 이러한 현상은 결국 지구 환경을 급격히 악화시키게 되었고, 오존층의 파괴, 온난화, 산성비, 대기, 수질 및 토양의 오염이 심화되어 지구상의 모든 생명체의 생존을 위협하는 지경에 이르게 되었다.

따라서 이에 대한 자구책으로써 전세계적인 환경 보호운

동이 활발히 진행되고 있으며, 각종 환경 규제 및 보호를 위한 협약을 맺게 되었다. 특히 최근에는 일본 동경에서 온실 가스 배출 규제를 위한 회의도 개최된 바 있다. 이와 같은 각종 활동과 더불어 ISO에서는 환경 부하 평가를 도입하는 14000 시리즈의 제정을 추진하게 되었다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 최근 전과정 평가에 대한 연구 및 세미나가 이루어지고 있으나, 이에 대한 충분한 이해와 올바른 적용이 따르지 않는 한 왜곡된 분석 결과가 도출될 수 있다.

LCA(life cycle assessment)는 기본적으로 각종 환경 부하를 그 항목 및 물질마다 대상으로 하는 소재, 공정, 제품, 사용 등 원료 채취에서부터 최종적으로 리사이클 또는 폐기되기까지 life cycle 전체에 대하여 제품 자체 또는 제품 제조 공정에서 소모되는 자원이나 발생하는 오염물을 분석함으로써 정량적, 과학적으로 그 환경 부하량의 객관적 평가가 가능하게 하고 환경에 영향이 적은 소재와 공정, 활용 및 폐기 방안까지 결정할 수 있는 지표를 제공해줄 수 있다. 이러한 LCA의 사용을 통하여 소위 제품의 환경 친화성을 종합적으로 판단하여 환경 부하를 낮추도록 유도하는 것이 가능하다.

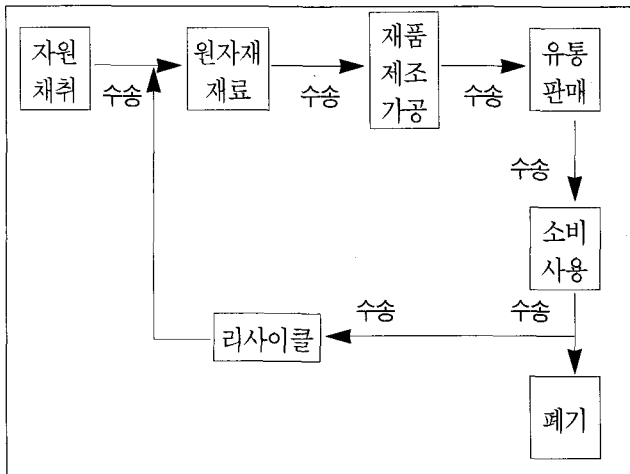
특히 최근에는 폐기가 곧 생산의 시작이라는 개념을 도입하기 시작했다. 즉 재활용을 통하여 환경 오염을 최소화하고자 하는 것이다. 물론 이 과정에서도 환경을 오염시키는 원인이 발생하나 원료를 생산하는 과정에 대한 분석 결과와 비교하면 재활용시 훨씬 적은 에너지를 소비하고, 환경 오

염도 최소화하는 것이 가능하다. 따라서 제품의 재활용 가능성 및 용이성도 환경 평가에 있어서 매우 중요한 요소로 작용된다고 할 수 있다.

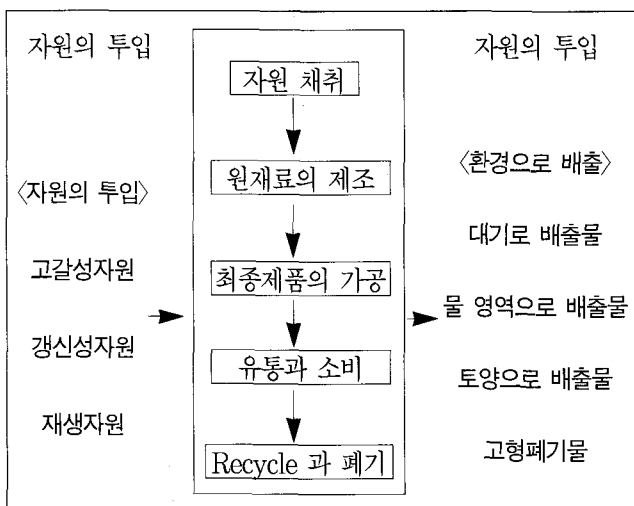
제품의 life cycle의 일반적인 흐름과 개념은 그림 1 및 2와 같다. 환경 부하 항목으로는 에너지원을 포함하는 자원과 배출물이지만 자원에 대하여는 평가 대상에서 제외되는 경우도 많다. 이것은 평가 그 자체 및 비교 평가(예를 들면 석유와 목재)가 곤란하기 때문이다.

또한 제품 및 이용의 효용, 경제성, 디자인 등을 포함한 넓은 의미의 환경 특성, 환경 부하를 포함한 인간의 활동에 대한 평가, 시간 평가 등도 제외된다.

〈그림 1〉 제품 Life cycle의 일반적인 process flow



〈그림 2〉 제품 Life cycle의 개념도



2. 제품의 일반적 LCA의 Process

LCA는 다음의 4개의 단계로 구성된다.

- (1) 목적, 과제의 설정 (Goal definition and scoping)
- (2) 자료 조사 (Inventory analysis)
- (3) 영향 평가 (Impact assessment)
- (4) 개선 평가 (Improvement assessment)

아직 ISO에서는 개선 평가를 규격으로 규정하지는 않았지만, Interpretation이라고 하는 개념의 도입을 검토하고 있다. 현재까지 일본에서의 LCA 적용례는 아직 자료 조사 (LCI(A))의 단계에 머무르고 있다.

(1) 목적, 과제의 설정

목적, 용도, 대상 범위, 자료의 조건, 분석 범위 등을 설정한다. 목적에 따라 life cycle 단계의 어느 지점을 대상으로 하지만, 프로세스의 범위는 어디까지, 대상 환경 부하 항목은 무엇을 할 것인지 등이 크게 다르다. 또한 상세한 LCA를 실시할 경우에는 비용, 인력 등 큰 부담이 예상되므로 경우에 따라서 간략형 LCA를 검토하는 것이 필요하다.

(2) 자료 조사

대상 시스템에 포함된 각 단계에 대하여 넓은 의미의 material flow를 작성하여 분석 하는 방법으로(그림 2) 누적법이라고도 한다. SETAC에서는 자료의 구비조건으로 과학성, 정량성, 적격성, 재현성, 포괄성의 5가지를 모두 포함시키고 있으므로, 이점에 유의하여 널리 알려져 있는 문헌, 自社 및 업계 자료의 입수, 혹은 전문가로부터 의견을 청취하는 것이 필요하다.

수집한 자료는 표 1과 같이 Inventory를 작성하지만, 가능한 범위에서 할 수 있는 한 자세하게 그 작성 조건을 기록하며, 특히 原資料의 가공, 지수화 등을 행할 경우는 그 방법을 밝혀주어야 한다.

자료 조사를 실시할 때는 대상 시스템의 범위, 부산물의 취급, 리사이클의 취급, 폐기물 등으로부터의 회수 에너지 등에 유의하여 분석 결과에 의문을 품어 자의적으로 다루는 것을 엄격히 금하도록 해야한다.

대상 시스템에서는 원료 채취와 리사이클을 포함한 처분

표 1. LCA 분석 자료의 목록

		A원료채취	B소재제조	C소재가공	D수송	E소비	F처분	합계
에너지 소비	전력(kWh)							
	중유(t)							
	경유(t)							
	증기(t)							
대기 영향	CO2(kg)							
	NOx(kg)							
	SOx(kg)							
수질 영향	COD(kg)							
	BOD(kg)							
자원 소비	원유(t)							
	원목(t)							
고형 폐기물 발생량(t)								

과정을 다루는 것이 중요하며, 부산물에 대해서는 할당 방법을 중량 베이스로 경제적 가치 비율을 배분하는 것이 문제이다. 리사이클에 대해서는 그림 3에서 보는 바와 같이 E와 W를 같게 할당한다.

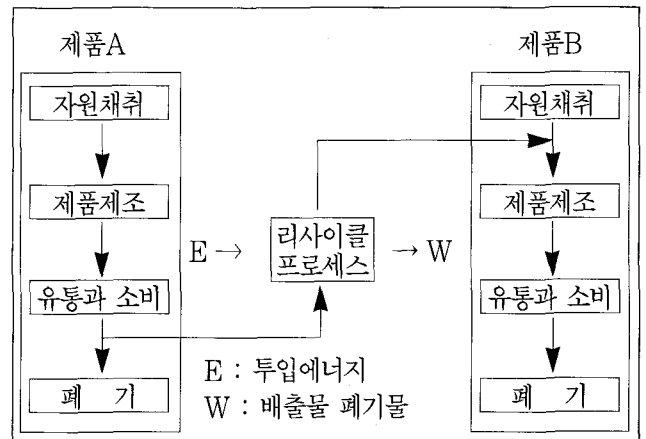
(3) 영향 평가

자료 조사에서 얻은 환경 부하량을 인간 혹은 생태계 및 지구 환경에 대한 영향으로 평가하는 단계는 다음의 3가지 요소로 이루어진다.

① 분류(classification)

각 부하 자료를 환경 영향의 범주(산성비, 오존층 파괴, 수질 오염도 등)로 분류한다. 분류를 실시할 때 몇 가지 범주에서 중복되는 자료 항목(예를 들면 SOx, NOx는 산성비, 대기 오염, 부영양화에 관계된다)을 동일하게 평가하던가 상호 관계가 있는 항목(삼림 벌채와 자원 소비, 지구 온난화 등)의 평가 방법 등의 명확화가 중요하다.

그림 3. 리사이클 프로세스의 할당



② 특성 분석(characterization)

각 범주마다 분류한 부하에 의한 영향을 분석하는 단계이다. 같은 항목에 속하는 환경 부하량에서도 각각 상대적인 영향도가 다르기 때문에 어떤 가중치를 적용하여 집계하는 방법이 필요하다. 가중계수로서는 다음과 같은 것이 고려될 수 있다.

- 비재생자원 : 현재의 기술로 채취 가능한 것으로 생각되는 매장량의 역수
- 지구 온난화 : Global warming potential 수치
- 오존층 파괴 : Ozone depleting potential 수치
- 대기 오염 등 : 환경 기준치의 역수

많은 연구자들에 의하여 다양한 계수 산출 방식이 제안되었지만 절대적인 것이 없다.

③ 평가(Valuation)

특성 분석 결과 얻은 각 범주마다 영향도의 합계를 구한다. 이것은 복수의 대체 제품 등을 비교할 때 필요하다. 에코지수(허용 배출량과 실제 배출량의 비) 및 환경지수(여러 항목에서의 환경 영향의 합계)를 산출하여 합계를 구하는 방법, 정책 목적 및 전문가에 판정을 의뢰하는 방법이 고려될 수 있다. 전자의 경우에는 스위스 방식(ECO 포인트), 스웨덴 방식(ELU : environmental load unit)이

대표적인 예이다.

어쨌든 다른 환경 영향을 상호 비교하기 위한 첫 번째 지표를 만드는 것은 과학을 벗어난 사회적 가치관 혹은 민족성, 지역성 등의 차이 때문에 어려운 것으로 생각되며, 어떠한 평가가 이루어지는 경우에도 그 점을 잘 인식할 필요가 있다.

(4) 개선 평가

(1)에서 (3)의 결과를 근거로 하여 전반적인 환경 부하 개선을 위하여 제품 및 프로세스 등의 변경점을 검토하고, 그 개선책에 대하여 폭넓게 관련된 분야의 전문가들에게 자문을 구하여 착실한 성과를 지향한다.

3. LCA의 목적

LCA는 제품의 생산과 이용을 통하여 필연적으로 발생되는 환경 부하를 어떻게 감소시킬 수 있는지를 판단하는 방법을 당사자에게 제공하는 것이 첫 번째 목적이다. 그러나 이외에도 지속 가능한 발전을 목표로 하는 사회를 구축하는데 있어서 소비자 및 환경정책 담당자들에게도 유용한 수단으로 사용될 수 있다. ISO에서 환경 표준 규격인 14000 시리즈의 일부로 LCA 표준을 만들고 있으며, 우리나라에서도 비록 관심을 나타내고 있으나, 아직 이에 대한 기준이 확립되어 있지 못하고, 연구가 미흡한 실정이다. 특히 다른 제품간의 환경 부하 비교를 할 때 일부에서는 제품에 대한 충분한 이해를 하지 못한 상태에서 성급히 LCA를 적용하는 문제를 야기하기도 하였다. 일본에서 실시된 LCA를 요약하면 다음과 같이 목적별로 6가지로 분류될 수 있으며, 이에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

(1) 제품·제조법의 개량 등에 의한 환경 부하의 평가

일본에서 제품 평가를 한 회사들이 많이 있는데, 예를 들면 일본 IBM 주식회사(컴퓨터), 캐논 주식회사(토너 카드리지), 주식회사日立 제작소(전기 세척기), 동양제관 주식회사(스틸관), 화학공학회(태양광 발전) 등이 있다.

(2) 환경 기준치 등에 대한 달성도 평가

그다지 많지 않다. 고프싱고(반도체, 난연제)

(3) 환경 부하 감소를 위한 개선점 도출

사회 인프라 및 에너지에 관련된 것이 많다. 국립환경연구소(자동차용 소재), 건축업 협회, 청수건설(주), 와세다 대학(건축물) 등.

(4) 제품간의 환경 부하 비교

LCA를 실시할 때 그 공정성, 투명성 등의 확보에 최대한 주의를 필요한 것은 목적과 분야이다. 일본생활협동조합연합회, 플라스틱처리촉진협회, 화학경제연구소(포장용기·자재), 전력중앙연구소(발전플랜트), 산업환경관리협회(전기냉장차) 등이 제품간의 환경 부하를 비교하였다.

(5) 유통·처리·리사이클 등의 검토

사회 시스템의 연구를 중심으로 하여 LCA 실시에 의한 현재의 사회 경제 시스템의 개선을 촉진시키는 것이다. 경도대학, 관서대학(플라스틱 트레이), 국립공중위생원(폐지).

(6) Life style의 평가

소비재의 비교에 의하여 일상생활에서의 상태를 고려하는 판단 재료를 제공해준다.

단적인 예로는 종이와 천 기저귀, 팩시밀리와 우편 등이 있다. 경도대학, 시스템기술연구소, 경웅대학 등.

이 목적을 이용자의 관점에서 보면 다음과 같은 형태가 고려될 수 있다.

① 사업자

기존 제품에 관해서는 환경 부하가 낮은 프로세스 및 유통의 채용과 설계 변경에 의한 부하 감소 환경 친화적인 신제품의 기획, 설계, 개발 LCA 결과의 공개에 의한 판매 촉진(광고 효과)

② 소비자

상품 선택, 사용, 리사이클을 통한 환경 부하 감소 실현 선택적인 구매에 의한 환경 조화형 제품의 보급 동기 부여

③ 환경 정책 담당자

가이드 라인 작성 및 리사이클·재사용의 추진에 관한 정책 입안의 기초 자료 환경 라벨의 인정, 기준 설정의 과학적 근거

4. ISO 14040 LCA 규격

ISO LCA 규격은 그 내용에 따라 14040, 14041, 14042 및 14043으로 번호가 부여되었다.

14040의 규격 명칭은 원래 "원칙과 가이드라인"이었으나 후에 "원칙과 프레임워크"로 바뀌었다. 14041은 "Inventory 분석"을 위한 것이며, 14042는 "영향 평가", 14043은 "해석"을 위한 규격이다.

5. 골판지 포장산업의 LCA 환경 평가

1) 골판지 포장의 환경부하 항목 분석 및 전과정 영향 평가
골판지 포장의 life stage 환경 부하 항목 분석을 하기 위해서는 우선 골판지를 제조 하기 위하여 사용되는 소재와 공정 그리고 리사이클의 정도까지 모두 포함되어야 한다.

현재 국내에서 골판지 제조용 원료로 사용되고 있는 것은 KOCC(korean old corrugated containers)와 AOCC(american old corrugated containers)이다. 따라서 이들을 원료로 하여 골판지가 제조되는 과정, 포장과정, 유통, 소비 및 리사이클에 관련된 에너지 소비 및 공해 유발 물질의 발생에 대한 항목 분석이 이루어져야 한다. 특히 골판지가 사용된후 어떻게 처리되는 가에 따라 환경 부하가 크게 달라질 수 있다. 즉 사용후 매립되어 분해과정에서 발생하는 환경 부하와 리사이클되는 과정에서 야기되는 환경 부하 사이에는 그 항목 및 오염물 발생에 있어서 현저한 차이를 나타낸다.

따라서 환경 부하 항목 분석 및 전과정 영향 평가시 특주의를 기울여야 할 부분은 생산된 골판지 포장이 소비된 후 얼마나 회수되어 재사용 되는지에 대한 정확한 정량화가 필요하다. 결국 LCA 평가에 있어서 첫 번째 단계인 동시에 매우 중요한 과정인 목적 및 과제의 설정을 신중하게 하여야 한다. 또한 환경 부하 항목 분석시 피상적인 수치의 적용보다는 실제 생산 공정, 유통 및 소비, 그리고 리사이클 전과정을 정확히 추적 하여 보다 과학적인 평가를 하여야 한다.

이러한 LCA 프로세스를 합리적으로 적용함으로써 포장재간의 환경 부하에 대한 비교 평가를 할 수 있을 뿐만 아니라 환경 부하를 최소화할 수 있는 공정의 개발 및 제품의

생산이 가능한 방안을 강구하는데 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 골판지 포장과 경합 포장재와의

LCA 비교상 문제점과 Check point

최근 전세계적으로 LCA에 의한 환경 영향 평가가 활발히 이루어지고 있고, ISO 14000 시리즈의 LCA 규격도 제정되고 있음에도 불구하고, 우리나라에서는 아직 이부분에 대한 연구 및 대책이 매우 미흡한 실정이다. 다행히도 1996년 포장재의 특성 및 환경 친화성에 대한 세미나가 이루어졌으며, 특히 골판지를 포함한 포장재료에 대한 평가를 시도한 점은 높이 평가된다. 최근 국제적인 환경 영향평가에 대한 움직임과 더불어 국내에서는 환경 보존에 대한 국가적인 관심이 고조되면서 재활용성 및 환경 영향 측면에서 포장재로 사용되고 있는 플라스틱 제품과 골판지가 주종을 이루는 지체품에 대한 논란이 계속되고 있다.

그러나 상기 세미나에서 다루어진 내용을 검토하여 보면 전과정 항목 분석에서 우리 나라의 현실이 전혀 반영되지 않은 상태에서 EPS와 비교되었다는 사실에서 문제가 제기되고 있다. 즉 국내에서 제지회사에서 골판지를 생산하기 위하여 사용하고 있는 원료는 100% 수입 OCC(old corrugated containers) 또는 국내 OCC이다. 그럼에도 불구하고 목재로부터 골판지 제조용 펄프가 제조되기까지 수반되는 모든 환경영향 목록을 포함시킴으로써 실제와 전혀 다른 결과를 도출함으로써 환경 부하에 대한 왜곡을 초래하였고, 리사이클에 대한 항목 분석이 전혀 반영되지 않았다.

이미 "일반적인 전과정 평가 프로세스"에서 전술한 바와 같이 특정 제품간의 비교를 하고자 할 경우에는 평가하고자 하는 제품과 소재 및 프로세스에 대한 충분한 이해가 있어야 하며, 재활용의 가능성 및 용이성에 대한 검토가 따르지 않으면 진정한 의미의 환경 부하에 대한 전과정 평가라고 할 수 없다. 따라서 골판지포장과 경합포장재와의 LCA 비교시 정확한 평가를 위해서는 원료로 OCC를 사용하는 점이 반영되어야 하며, 리사이클 과정도 필연적으로 포함시켜 진정한 의미의 life cycle에 대한 평가가 이루어지도록 하여야 한다.