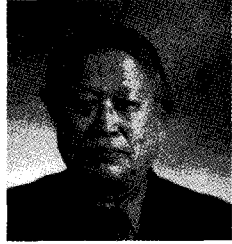




# 골판지포장산업의 LCA 환경평가 탐구



경희대학교 공과대학 화학공학과  
교수 · 이학박사 김 옹 옥

목 차
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

LCA(Life Cycle Assessment의 약어)는 기본적으로 여러가지의 환경부하를 그 사항이나 물질에있어 대상으로 하는 자료, 공정, 제품과 사회봉사에 있어, 요람에서 무덤까지(한평생)의 일생주기(즉, 원료를 채취하여 생산해서 유통시켜 사용하고, 소비 뒤 재생하거나 폐기하는) 전체에 관여하고 쌓아 올리는 것으로 정량적 또는 과학적으로 그 부하량의 객관적 평가를 하는 방법이다.

이 방법의 활용으로 제품 등이 이른바 “환경쪽으로 우아함”의 총합적인 판단으로 환경부하가 낮게 감소됨을 볼 수 있다.

제품 전과정 주기의 일반적인 과정과 그 개념을 <그림 1>과 <그림 2>에 표시 하였다.

환경부하 항목으로서 에너지원을 함유한 자원과 배출물이 있는데 자원에 있어 평가대상에서 제외하는 경우가 많다.

이는 평가 그 자체 및 비교평가(예로써 석유나 나무목재)가 곤란하기 때문에 기인하게 된다.

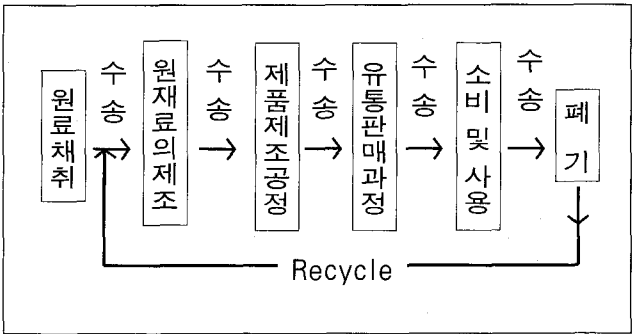
또 제품과 봉사의 효과 경제성, 디자인들을 함유한 광의의 환경특성과 인간의 활동에 대한 평가 (환경부하를 포함) 및 시간가치 등도 예상 밖이다.

그래서 제품 봉사를 사회에 송출하는 기업으로 볼 수 없고 소비자, 행정당국자에 있어서도 LCA의 효용과 한계를 충분히 이해하여 LCA의 보급과 발전을 보게 되었다.

## 2. 제품의 일반적 LCA의 Process

제품 Life cycle이 일반적인 공정흐름은 다음 <그림 1>과 같다.

<그림 1>



LCA의 순서는 이 분야에서 선행 하였던 SETAC(환경독  
블, 화학학회)등에 의한 다음의 4단계 스테프로 구성 되었  
다.

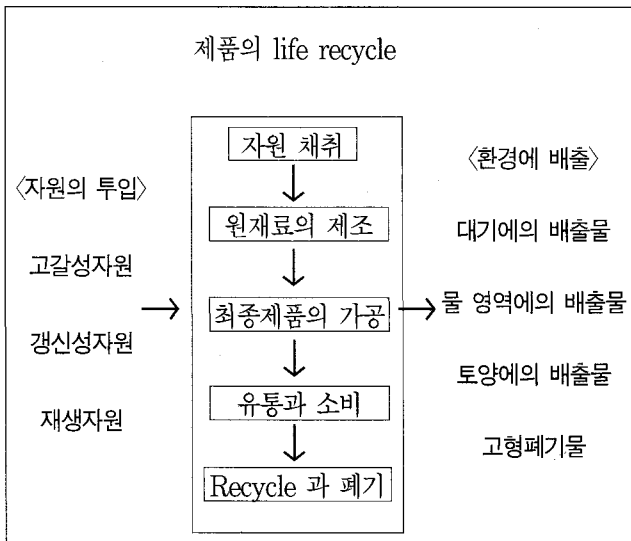
(1) 목적 및 과제설정(Goal Definition and Scoping)

(2) Data 조사(Inventory Analysis) : 대상 System에  
함유한 각 단계에 있어 광의의 Matencal flow를 만들어  
분석하는 것이다. <그림 2> “쌓아서 올리는 법”이라고 불리  
고 자료의 구비 조건으로 과학성, 정량성, 적격성, 재현성  
및 포괄성의 5항목을 들 수 있다. 수집한 자료에서 <표 1>  
과 같은 Inventory 일람표를 작성하여 가능한 범위도 될  
수 있는한 상세히 그 작성조건을 명기토록 한다. 또  
Recycle에 대하여는 <그림 3>의 EW로 분리하는 것이 적당  
하다.

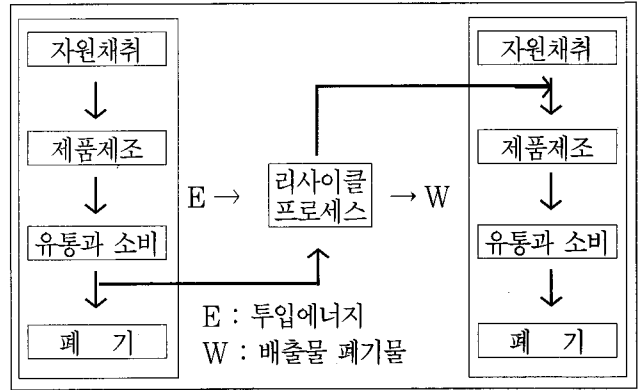
(3) 영향평가(Impact Assessment)는 자료조사에서 얻은  
환경부하량을 인간과, 생태계 및 지구 환경에의 영향을 평  
가하는 Stagy를 말한다. 분류, 특성분석(비재생자원, 지구  
온난화, 오존층 파괴 및 대기오염 등) 및 평가(Valuation)  
는 스위스방법(Eco point, Sweden 방법 ELU, (Envir-  
onmental Lord Unit)가 대표적 이다.

(4) 개선평가(Improvement Assessment)는 (1)에서  
(3)의 결과에 따라서 전반적인 환경부하 개선으로 제품과  
공정 등의 변경점을 검토하여 그 개선책에 따라 관련분야의  
전문가의 의견을 얻어서 착실한 성과를 제시한다.

<그림 2> 제품 Life cycle의 개념도



<그림 3> Recycle process의 분할



### 3. LCA의 목적

LCA는 물체의 생산 및 공급의 실시에 필연적으로 발생하  
는 환경부하를 어떤 방법으로 적게 될 수 있는지를 판단하  
는 기법을 현장의 사람들에게 제공하는데 목적이 있다.

이 방법이 지속 가능한 발전이란 목적에 맞추어 사회를  
구축하는 소비자나 환경정책 담당자에 있어서도 유효한 기  
법인 것은 말할 필요가 없는 것이다.

한국에 있어 오늘날 실시 및 보고 되고 있는 중요한 LCA  
를 목적별로 6가지를 분류하여 간단히 설명코자 한다.

(1) 제품과 제법의 개량 등에 의한 환경부하의 평가  
제품 평가로서 기업이 실시하는 예가 많다. 일본의 예로  
는 IBM(주) (Computer), 캐논(주) (도나가도리치), (주)일  
립제작소(전기세탁기), 동양제관(주) (깡통) 및 화학광학회  
(태양광발전) 등이 있다.

(2) 환경기준값 등에 대하여는 달성도 평가별로 예가 많  
지 않으나 고프신호(반도체, 난연제)가 있다.

(3) 환경부하 저감의 효과로 개선점을 추출한 것으로는,  
사회의 저변과 에너지 관계가 많다. 국립환경연구소(자동차  
용 소재), 건축업협회, 청수건설(주), 조도전대학(건축물)  
등이다.

(4) 제품간의 환경부하 비교로는, LCA가 가장 주목할 것  
을 실시함에 있어서 공평성, 투명성 등의 확보에 최대한 유  
의하면서 희망에 따른 목적과 분야를 비교하는 것으로서,  
일본의 경우 생활협동조합연합회, 플라스틱처리축진협회,  
화학경제연구소(포장용기나 자재), 산업환경관리협회(전기  
냉장고) 등이 있다.

이 가운데서 포장용기에 대하여 우리의 관심은 매우크다

(5) 유통과 처리 및 재순환등의 검토 및 평가는 사회 System의 연구를 중심으로 LCA 실시로 인하여 현재의 사회경제 System의 개선을 촉진하게 된다. 교토대학과 간사이대학(Plsatic tray), 국립공중위생원(종이 Waste) 등이 있다.

(6) Life recycle의 평가로서는, 소비재의 비교에 따라서 일상생활 자체를 생각하고 판단, 재료를 제공하는 것이다. 한 예로서 종지와 헌집의 기저귀, 팩스밀리와 우편 등이다. 경도대학, System기술연구소와 경응대학 등의 연구이다.

이 목적을 이용자의 관점에서 살펴보면 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

① 사업자

기존제품에 있어서는 환경부하의 낮은 Process나 유통의 채용은 설계변경에 의한 부하삭감 이다.

환경에 적당한 신제품의 기획, 설계 및 개발

LCA 결과의 공개에 따른 판매촉진(PR효과)

② 소비자

상품선택 사용 재순환을 하는데 있어, 환경부하 삭감의 실현 선택구매에 의한 환경 조화형 제품(ECP) 보급의 동기 알림(제시)

③ 환경정책 담당자

Guide line(지침) 작성과 재순환 이유의 추진에 관한 정책입안의 기초 자료

환경 표준의 인정과 기준설정의 과학적 근거

4. ISO 14040 LCA 규격

ISO/CD 14040 표준규격안(위원회 초안)의 내용 '전과정 평가(LCA)' 를 다루는 제5분과 위원회 (ISO/TC207/S05)에서는 5개의 실무그룹중 제1그룹인 일반원칙 및 절차(GP&P)분야가 가장 빠른 진행을 보여, 1994년 9월 프랑스 니스에서 개최된 제2차 회의에서 ISO/CD 14040 (GP & P관련) 표준안 초안이 마련되어, '95년 2월 베를린 회의에서 검토된 내용으로 향후 전과정 평가의 전체적인 표준안 구성의 윤곽이 드러났다.

다음은 ISO 14040 초안의 주요내용이다.

Life Cycle Assessment General Principles and Practices Contents

- 0. Introduction
- 1. Scope
- 2. Normative references
- 3. Definitions
- 4. Generalities
  - 4.1 Key Features of LCA
  - 4.2 Elements of the LCA Process
  - 4.3 Potential user Groups
  - 4.4 Current LCA state of the art
  - 4.5 Future Standardization of LCA
- 5. Applicationes and Limitation of LCA
- 6. Methodology
  - 6.1 Goal Clefinition and scope (목적, 과제설정)
    - 6.1.1 Goal
    - 6.1.2 Scope
    - 6.1.3 Functional unit
    - 6.1.4 Data quality assessment
    - 6.1.5 Critical review
  - 6.2 General Framewark for life cycle inventory analysis (대타조사)
    - 6.2.1 Systems and systems boundaries
    - 6.2.2 Comparisons between systems
    - 6.2.3 Data Collection and Calculation proceduures
    - 6.2.4 Interpretation and use of inventory analysis results
  - 6.3 Life cycle impact assessment (영향평가)
    - 6.3.1 Classification
    - 6.3.2 Characterization
    - 6.3.3 Valuation
    - 6.3.4 Summary of impact assessment
  - 6.4 Improvement assessment (개선평가)
    - 6.4.1 Characteristics
    - 6.4.2 Scope
    - 6.4.3 Limits
- 7. Reporting
- 8. Validation and critical review
  - 8.1 Introduction
    - 8.1.1 Requirements in ISO LCA standards

- 8.1.2 Need for Validation and Critical review
- 8.2 Validation
- 8.3 Critical review
- 8.4 Application of validation and critical review

〈 표 1.〉 상품 Life stage 환경부하 항목 선정표

환경부하 항목	상품의 life stage					
	A 자원채취	B 제조	C 유통	D 사용	E 폐기	F 재순환
1. 자원의 소비						
2. 지구온난화 영향물질의 배출						
3. 오존층파괴 물질의 배출						
4. 생태계의 파괴						
5. 대기오염 물질의 배출						
6. 수질오염 물질의 배출						
7. 폐기물 배출 및 폐기등						
8. 유해물질 등의 사용과 배출						
9. 기타의 중요한 환경부하						

5. 골판지포장산업의 LCA 환경평가

1) 골판지 포장의 Life stage

LCA의 유용성이 넓게 인식되면서 여러 방면에 활용하고자 정확하고도 투명성이 있는 Data를 기초로 해석하여, 그것을 관련하는 사람과 사람들이 잘 이해해야하며, 또 이해할 것이 필수적 조건이다.

기업안과 업계안에서 LCA를 평가함에 있어, 내부자료에 의한 작업이 가능하나, 그 경우 원료나 수송에 관련되는 자

료는 외부공개 자료에 의존하게 된다.

제품비교 또한 국가 Base의 비교를 할 때 LCA를 하기가 좋으며, 공개로 선택된 Data의 사용이 중요하다.

일본국에서는 국가 및 민간의 연구소나 여러단체가 특정의 제품과 재료에 위한 LCA Data base를 구축하는 것이 일반적인 경향이다.

그러나, 어떤 제품의 LCA 평가에 있어, 각 요소에 대한 신뢰가 깊은 자료집을 얻기가 쉬운것은 아니다.

한편 유럽지역은 이미 여러 가지 많은 Data base가 존재하고 한편, 그것을 이용하여 LCA를 진행할 Programing 하여 조립한 Soft를 시판하고 있다. 그리고 자체회사가 개발한 Soft를 사용하여 LCA실시의 Consultant를 집행하는 기업이 나타나고 있다. HSI는 유럽의 한 Consultant를 이용하여서 Inventory 조사에 편리함을 기술한 바도 있다.

Life Cycle flow 작상을 위한 원료등의 취급할 항목은 다음과 같다.

- 소재 : 철, 알루미늄 및 폴리에틸렌 등의 Plastic류, NaOH, 종이류, 연료 : 석유, 석탄 등

- 전력

- 수송 : 자가용차, 철도, 비행기 등에 의한

- 폐기물처리 : Recycle, 소각, 매립 등 종이는 25, 펄프는 17, 판지는 23의 Data Base에서 인용하므로 어떤 기본원천이 있음은 분명하므로 종이에 대하여 상당하는 여러 종류의 환경부하값이 출회가 필요하게 된다.

〈표2〉 LCA 3 방법에 의한 환경부하값의 차

환경부하물질	나라 Eco (Swiss)	ET (Holland)	EPS (Sweden)
CO2	1	1	1
SO2	197	218	151
NOX	254	348	0, 130
VOC	393	286	258
Hg(g)	68, 600, 000	4, 250, 000	250
Hg(aq)	68, 600, 000	28, 000, 000	250
Pb(g)	345, 500	5, 138	0, 25
Pb(aq)	349, 500	33, 660	0, 25
EN(aq)	56, 000	86, 850	0. 00025

환경부하물질	나라 ECO (Swiss)	FI (Holland)	EPS (Sweden)
COD	154	36	0.00025
CO	1	30	1
Tatter	2,133	650	250
Waste	6.7	3.2	0.0025
Hazardous waste	1,350	180	—
Electricity	40	250	—
Oil(as resource)	40	121	4.2

2) 골판지포장 전과정 영향평가

종이 관계의 LCA연구는 1980년대 후반에 구라파와 미국에 있어 사용한 뒤의 포장용기를 어떤 방법으로 할 것인지에 대한 기법으로 취급하기 시작되었다.

그후에 이 분야의 종이, 알루미늄, 유리 등이 결합되는 Plastic업계가 원료, 폐기할 때 환경비 조화성의 지적을 Cover하고자 경량화, 잠재에너지의 점에서 우위성을 찾으려 열심히 취급에 관한 연구가 되면서, 나라의 안과밖에서 대 화제로 폐기물 재순환과 상품비교의 LCA가 일반적으로 주목을 받게 되었다.

다음 내용에 위의 관계의 정보를 고려하면서 해외의 종이 펄프 산업의 LCA에 대한 취급 상황을 살펴보고자 한다.

(1) 종이 제품을 대상으로 한 LCA

외국의 예로서 Arther D Little이 LCA의 Case Study로 발표한 헝겊기저귀와 종이 기저귀의 비교를 <표3>에 나타내었다.

< 표3 기저귀 사용에 의한 자원소비와 환경영향 >

(이주간 사용 매당)

LCA 부문	헝겊기저귀	종이기저귀
① 원재료소비량		
○ 재생가능자원	181 g	9,780 g
○ 재생불가능자원	1,450 g	1,180 g
② 물의 소비량	520 l	85.3 l
③ 에너지		
○ 재생가능자원	50,600 KJ	12,600 KJ
○ 재생불가능자원	21,7600 KJ	66,500 KJ
합 계	278,200 KJ	79,100 KJ

LCA 부문	헝겊기저귀	종이기저귀
④ 대기오염물질		
○ 입자상물질	118 g	1.36 g
○ 질소산화물	68.0 g	2.72 g
○ 황산화물	145 g	3.17 g
○ 일산화탄소	13.6 g	3.62 g
○ 염소	—	0.544 g
○ 염화물	—	Tr
○ 탄화수소	45.3 g	30.8 g
합 계	390 g	42.1 g
⑤ 수질 오염물질		
○ SS	5.89 g	3.17 g
○ COD	14.0 g	2.72 g
○ BOD	5.44 g	1.36 g
○ 탄화수소	—	0.906 g
○ T - P	22.7 g	—
○ T - N	37.6 g	—
합 계	65.2 g	8.16 g
⑥ 제조중의 폐기물	1,420 g	915 g
⑦ 소비후의 폐기물	109 g	10,000 g

<표4>는 Plastic 처리 촉진협회가 발표한 포장재료의 LCA이다. 검토범위는 원료단계에서 가공처리 까지며 폐기, Recycle stage는 넣지 아니했다. 원료는 휴지용 판지는 원목이 1104 kg, 폐지가 17.7 kg, 크라프트지는 원목 43.4 kg을 전제한 것이다.

< 표 4 > 포장재료의 LCA(제품 1,000매)

<Recycle Stage 제외>

제품명	원재료	중량 kg	에너지 10 <sup>3</sup> kcal	CO <sub>2</sub> kg	Hox kg	SOX kg
휴지 1,000매	PSP 판지	4.4 21.9	44.5 142	13.0 41.8	0.008 0.04	0.12 0.30
파는부대 1,000매	HDPE 크라프트지	6.9 148	33.3 148	9.4 49.9	0.005 0.10	0.03 0.23

(주)노무라종합연구소에 의한 포장폐기의 재순환에 관한 LCA를 <표5>에 나타내었다.

3) 골판지 포장과 경합포장재료의 LCA비교상 문제점과

〈표5. 포장 폐기물의 Recycle에 관한 LCA (재생원료 1t상당)〉

Recycle법	재품명	에너지(kcal)	CO2(kg/c)	NOX(kg)	SOX(kg)
Material recycle	유리병	1,655	119.6	0.34	1.09
	알루미늄캔	1,677	120.0	0.59	0.93
	음료용종이용기	1,055	129.0	0.23	0.32
Sample Recycle	PET병	742	41.9	0.28	0.14
	음료용종이용기	192	721.8	0.21	0.06
	PET병	650	509.0	0.63	0.22

Check Point


골판지 포장의 생산은 본래의 원료가 펄프 취득에 임업의 삼림보호와 식림에서 펄프제조공정과 외국자원국에서 한국까지 수입 전과정(벌목, 운반과 항로이동) 그리고 한국에서 골판지 공장에 라이너와 시트 생산으로 접착가공 공법과 증해기, 비타 및 초지의 공정을 관찰하고 포장상자로서 구조 형성과 표면 도안과 인쇄 및 하중에 충격을 견디는 중량 조절 및 흡습과 공기유통등의 필요 기술개발과 KS품질의 향상지도 그리고 전쟁에서 레이손 Box에 밀납으로 코팅사 용하면 확실히 안전된 포장으로 사용되는 골판지의 포장화의 전 과정을 고찰할 때, 재생회수가 85% 가능하여 Recycle에 큰 효과가 큰점, 포장재로서 사용되는 골판지가 1990년 전후에는 24.5%, 폴리스틸렌은 24.0%로 비슷하였으나, 골판지포장을 포함한 종이 및 판지류가 전체 포장재의 44%를 차지하고 있는점, 그리고 1991년에 구라과지역

은 종이와 판지가 43%, 플라스틱이 31% 현황으로 볼 때 최근에는 거의 배가 증가되는 등 골판지포장의 환경 친화성이 크게 어필하는 추세다. 반면, 경합포장재는 회수하여도 재순환 원료로 사용이 불가하며 연소폐기때는 대기과 수질 오염이 극심하고 매립할 때는 분해장기화, 불변상태로 토양의 오염이 크다.

골판지 포장은 공급자나 사용자가 회수의 교육을 지속하면 환경오염은 안전 하고 흡습에 미회수품도 비료역할로 변화하므로 오염은 없다고 본다(절대 안전성). 농산물의 채소나 과일 그리고 생선과 냉동원양 저장관리에도 적합하게 냉동건조포장재로서 우수한 것이 장점이다. 경합 포장재는 현 시점에서 가벼우나 토양과 거기에 오염 처리할 기법이 적당치 않아 환경친화성 재순환 평가는 현재로는 부적당 하다고 본다. 앞으로 새 기법의 연구가 필요하다고 생각된다.

**本誌自願 記者 (Volunteer Report) 歡迎**

본 『골판지포장·물류』지 애독자 여러분께서는 모두  
본지 자원기자가 되시어 다음내용을 취재 송고하여 주시기 바랍니다.



〈문의안내〉 『골板紙包裝·物流』지 편집실 귀중  
T: (02) 594-0381-4 F: (02) 594-1310

〔 취재내용 〕

- 신제품 개발
- 투자(신·증설) 확대
- 제품전시 및 발표회
- 신기술 개발
- 기업현장 르본
- 기업경영이념 발표
- 세미나 및 학술회의
- 각종회사내외 행사