

# 국제 환경협약과 환경교육에의 시사점

김 선 희(국토개발연구원 책임 연구원)

김 동 민(서울시립대 환경공학과 교수)

## I. 서론

### 1. 연구의 배경

지난 1992년 리우데자네이로에서 개최된 「환경과 개발에 관한 유엔회의」에서는 「리우선언」과 「Agenda 21」등을 통해 환경과 조화된 지속가능한 개발(ESSD)과 지구에 알맞는 소비생활, 생활양식의 전환등을 천명한 바 있고, 지구온난화, 산성비, 오존층 파괴, 오염물질의 국가간 이동, 생물종의 감소등에 관한 각종 국제환경협약이 체결되면서 최근 지구환경문제가 커다란 사회적 이슈로 등장하고 있다. 또한 이미 「성장의 한계」와 「2000년의 지구」등 각종 충격적인 지구위기 보고서등이 소개된 바 있고, 과거 20~30년동안 급속하게 진행되었던 개발과 경제성장 결과로 실제 주변생활현장에서 나타나고 있는 각종 환경오염문제등으로 인해 일반국민들의 자연차원의 고갈과 환경의 오염에 대한 염려와 인식이 무척 높아지고 있다.

이러한 일련의 시대상황을 배경으로 소비자들은 상품을 구입하는데 있어서도 구입하고자 하는 상품의 에너지·자원소비량 및 환경오염발생량, 환경 및 생태계에 미치는 영향등을 고려하기에 이르렀고, 이런 환경소비자들을 의식하여 세계 대기업들은 환경보전을 기업경영으로까지 내걸고 있다. 유럽 및 미국, 일본을 중

심으로 환경마크제등이 활발히 추진되어 현재 전 세계적으로 수천종에 이르는 환경마크 부착상품이 시장에 나와 있고, 환경마크를 획득하지 못한 제품이더라도 기업자체 판매전략으로 환경친화적인 상품임을 강조하는 '그린제품'을 속속 선전하고 있다.

그러나 이들 상품들은 국가적으로 제품별로 그 기준이 상이할 뿐만 아니라 판단기준이 극히 애매모호하고 부분적인 환경적합성을 과대 선전하여 전체적으로 환경적합한 것인양 오해되고 있어 자원·에너지·환경부하측면에서 총체적·객관적으로 환경적으로 적합하다고 입증하고 감시·평가할 수 있는 방법에 대해 관심을 갖게 되었다. 특히 WTO(World Trade Organization)의 출범과 국제표준화(ISO 14,000)작업의 진행으로 이들을 중심으로 상품의 자원소비 및 환경부하를 평가할 수 있는 LCA(Life Cycle Assessment)가 새로운 환경관리장치로 대두되면서 세계적으로 급속하게 부각되고 있다.

### 2. 연구의 목적

LCA(Life-Cycle Assessment)는 상품에 대한 환경영향평가라고 말할 수 있는데 한 상품의 원료채취, 제조공정, 유통, 사용, 폐기단계에서의 환경부하와 에너지소비, 이로 인한 환경영향을 평가하고 규정하는 기술적 장치라고 할

수 있다. 이 장치는 지속가능한 시스템을 구축하기 위한 자원관리방안을 평가하는데 효과적으로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 기업체에서 환경부하를 최소화하거나 에너지 소비를 줄이기 위한 생산공정 및 공정단위를 결정하는데 사용될 수 있고, 정책적으로 소비자나 정책결정자에게 정보를 제공해 줄 수 있다.

LCA는 현재 방법론적인 측면에서 본질적으로 극복해야 할 문제점과 비판이 많지만 어느 특정 상품에 대해 환경문제나 클레임이 발생했을 때 이를 해결할수 대안이 아직 LCA밖에 없기 때문에 앞으로도 학문적인 연구의 과제로서 중요할 것으로 판단된다. 또한 LCA는 사전적인 환경관리를 위한 기술적인 방법으로 경제·사회·교육적인 측면에서도 환경부하에 대한 객관적인 정보를 제공함으로써 지구환경보전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

이미 유럽등지에서는 환경마크제의 도입과 더불어 상당한 연구와 사례를 축적하고 있고, 미국 환경청에서는 LCA 조사에 대한 지침서 등을 배포하고 있는 상황이다. 일본은 1993년부터 국가과제로 통산성과 환경청을 중심으로 LCA에 대한 현황과 과제에 대해 연구하고 있다. 특히 이들 선진국들은 1993년부터 ISO(International Standard Organization)를 구성하여 자국의 LCA기준을 국제표준화하여 제품의 교역과 생산을 규제하고자하는 환경라운드의 움직임이 강하게 진행되고 있다.

이같은 시점에서 본 연구에서는 국내의 LCA연구를 종합적으로 정리해 보고 이들이 환경교육에 주는 시사점을 찾아 향후 연구과제, 연구개발 추진방향에 대해 제안하는 것을 목적으로 한다. 환경보전은 궁극적으로 '지구적으로 생각하고 지역적으로 실천해야 하는' 환경교육의 기본규범과 행동전략, 생활양식의 변화를 통해 달성되는 것이기 때문에 환경적합성의 판단자로 활용될 LCA에 대한 연구와 보급은 환경교육에 있어서도 시급한 과제라고 판단된다.

### 3. 연구의 내용 및 추진방법

연구의 내용은 크게 네부분을 구성된다. LCA에 대한 이론적 개요, LCA동향 및 사례를 정리하여 LCA의 환경교육의 적용가능성과 환경교육에 주는 시사점을 찾는 것으로 이루어졌다.

추진방법은 자료수집을 통해 LCA에 대한 총설을 정리하는 State of Arts 형식을 택했다.

## II. LCA의 개요

### 1. LCA의 정의

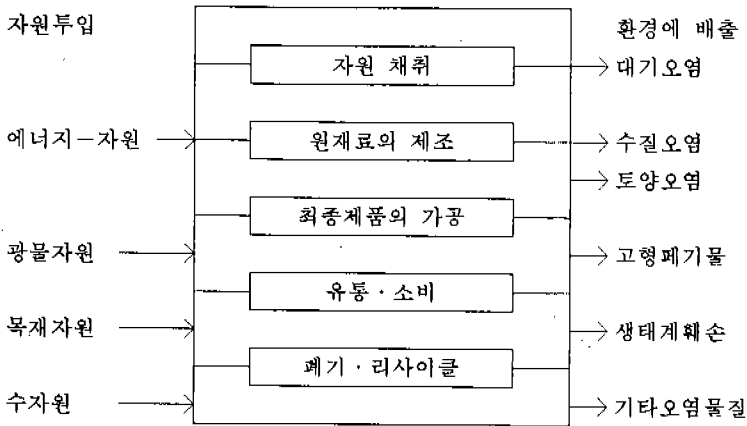
LCA(Life Cycle Assessment)는 요람에서 무덤까지의 분석(Cradle-to-Grave), PLCA(Product Life Cycle Assessment), Ecobalance, REPA(Resource & Environmental Profile Analysis)등으로 불리우고 있는데 그 정의는 목적에 따라 약간의 차이가 있다.

LCA에 대한 국제표준화 위원회(ISO/TC 207/SC5)에서는 LCA는 사용한 자원 및 에너지, 환경으로 배출되는 환경오염물질(대기오염물질, 수질오염물질, 폐기물등)을 규명하고 정량화함으로써 한 제품이나 공정에 관련된 환경부담을 평가하고 그 에너지와 자원, 환경부하 영향을 평가하여, 환경을 개선시킬 수 있는 기회를 구명하는 과정으로 정의하고 있다. 또한 LCA는 제품의 전생애에 대한 영향을 전 세계적으로 평가함으로써 환경에 대한 안정성의 개념을 넘어 환경의 질을 고려하고, 환경준거치(Environmental Criteria)등 환경정책결정을 내릴때 도움을 주는 장치임을 강조하고 있는데 이 정의가 세계적으로 통용되고 있다.

한편 세계 대기업체인 P&G社(Procter & Gamble)는 LCA는 제품의 설계 처분과정에서 야기되는 환경부하에 대한 수용능력을 소비자나 제품생산자들로 하여금 인식케하는 것으로

환경개선효과를 양적으로 측정할 수 있는 장치라고 정의하고 있다. 또한 미국의 환경청(U.S EPA)은 LCA는 제품 및 서비스가 환경에 미치는 각종 부하와 자원·에너지소비를 제품 및 서비스의 라이프사이클 「원료채취-생산-유통

-사용-리사이클·폐기등」의 전과정에서 고려하고 가능한한 정량적으로 분석·평가하는 방법으로서 제품에 대한 환경영향, 환경오염배출량등을 판단할 수 있는 장치라고 정의하고 있다.



자료 : SETAC

〈그림 1〉 LCA(Life Cycle Assessment) 체계도

## 2. LCA의 구성요소

LCA는 다음과 같이 4부분-목적 및 범위의 설정(Goal Definition & Scoping), 목록분석(Inventory Analysis), 영향평가(Impact Analysis), 개선평가(Improvement Assessment) -으로 구성되어 있고, 각각의 내용은 다음과 같다.

### 1) 목적 및 범위의 설정( Scoping & Initiation)

범위설정은 LCA에서 가장 먼저 시작되는 작업이나 몇몇 실무자들은 4번째 요소로 인식하고 있기도 하다. 간혹 수집한 자료를 통해 재평가나 범위수정이 필요하기도 하기 때문이

다. 범위설정과정은 연구의 목적에 맞는 범위 및 정도를 가다듬는 작업으로서 영향분석을 위하여 조사자료를 수집하거나 목적을 조정하는 일을 한다.

LCA는 그 사용 목적에 따라 수집하는 자료, 분석방법, 결과가 다르기 때문에 우선 당해 LCA를 어떠한 목적으로 사용할 것인가를 명확히 해야 한다. 사용되는 목적으로는 복수제품의 비교선택, 제품 및 공정의 개선효과와 파악, 목표치를 달성하기 위한 제품의 점검, 개선점의 추출(및 우선순위의 결정), 제품에 관계되는 주체간의 의사전달 촉진등이 있다. 통상적으로 LCA의 범위는 제품에 직접영향을 주는 공정까지를 설정한다.

### 2) 목록분석(Inventory Analysis)

목록분석의 요소는 상품, 포장, 과정, 물질, 원료 및 활동에 의해 발생하는 에너지 및 천연 원료요구량, 대기오염물질배출, 수질오염물질, 고형폐기물과 기타에 대한 기술적, 자료구축과정이다. 질적 측면에 관련된 이슈들은 조사과정에서 발견될 수 있지만 영향분석(impact analysis)에서 가장 잘 포착된다. 광범위하게 보면 조사분석은 천연원료의 추출과정에서부터 시작하여 계속 최종상품이 소비되고 폐기되기까지를 추적하는 것이다. 몇몇 조사에서는 소기의 목적(한정된 원료하에서 내부 산업공정을 개선하는 등)을 위해 범위를 제한하는 경우가 종종 있다. 평가목적과 범위가 설정되면 필요 조사목록을 작성한다. 현실적으로 입수가 가능한 자료에 한계가 있으므로 최초에는 중요한 몇가지 항목으로 시작하여 실시하고 자료입수가 향상됨에 따라 조사항목을 점차 늘려가는 것이 현실적이다.

조사분석은 잘 개발된 라이프사이클 분석의 한 부분이다. 이 방법은 20여년동안 꾸준히 발전되어 오고 있다. 1990년 SETAC이 주관하는 세미나에서 보완작업이 이루어진 바 있다.

### 3) 영향평가(Impact Analysis, Impact Assessment)

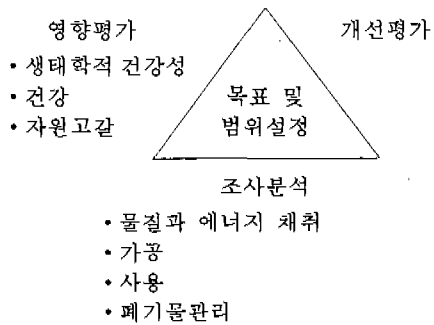
영향평가는 조사분석과정에서 확정된 자원요구 및 환경부하에 대한 영향(대기, 수질, 폐기물)을 평가하는 기술적, 정량적, 정성적 과정이다. 영향분석방법은 1992년초 SETAC workshop에서 초기단계가 개발된 바 있다. 이 분석에는 환경생태학적 영향뿐만 아니라 사람의 건강에 대한 영향, 자원고갈, 후생복지등까지도 포함된다. 거주지 변경이나 열, 소음공해등의 영향은 계량적 조사가 힘들기 때문에 영향분석에는 포함되지 않는다.

영향분석의 중심개념은 부하자(Stressor)를 찾아내는 것이다. 부하자 개념은 조사과정에서 영향가능성이 있는 자원소비와 방출과 관련된 자료, 영향분석과 연결된다.

한편 물질에 따라 배출량에 의한 영향도가 다르기 때문에 자료목록을 분석하여 환경부하의 크기를 파악할 때는 각 개별 환경부하 항목에 따라 가중치의 적용이 필요하다.

### 4) 개선평가(Improvement Analysis)

개선평가는 생산과 공정, 유통, 소비등의 라이프사이클 과정에서 이루어지는 에너지와 원료사용 및 폐기물배출과 관련된 환경부하를 줄이기 위한 대안과 대책등을 체계적으로 평가하는 것이다. 이 분석은 개선에 대한 정량적, 정성적 크기를 분석하는 것으로서 아직 방법론적으로 확립되어 있지 않다.



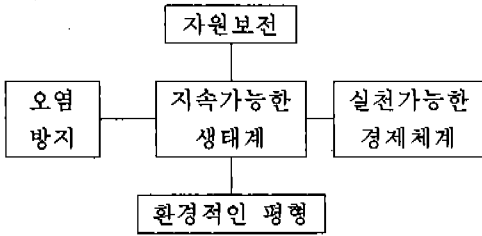
자료 : SETAC, 1991, 1992, & 1993, Modified LCA.

(그림 2) Life-Cycle Assessment의 기술구조 모식도

### 3. LCA의 목적과 실시주체

LCA의 궁극적인 목적은 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 위하여 제품등의 원료·자원채취/제조공정/유통, 소비활동/폐기로 인한 환경영향의 저감과 자원 및 에너지 소비를 극소화하는데 있다. 개념적으로는 설계와 개선방법의 선택을 가르쳐 주는 사고과정이며, 방법론적으로는 환경부하, 혹은 방출에 관한 질적·양적 자료 목록을 작성하고, 이를 부하 또는 방출의 영향을 평가하여 환경성능을 개선하기

위한 대안을 검토하는데 이용될 수 있다.



〈그림 3〉 LCA의 궁극적 목표의 상호작용

현재 LCA를 활용할 수 있는 실시주체는 제조업자, 소비자, 및 행정기관등을 들 수 있는데, LCA의 목적은 이들 실시주체에 따라 약간씩 차이가 있다. 행정기관의 경우는 환경부하저감에 관한 장기정책 개발지원, 기술개발평가, 재료·제품용도법 규제, 환경마크에 의한 제품

〈표 1〉 LCA의 실시주체와 목적

실시주체	LCA의 목적
제조업자	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보다 유리한 제품의 디자인 및 제조과정 선택</li> <li>— 여러개의 제품중 가장 영향이 적은 것을 선택</li> <li>— 최대영향이 생기는 공정을 파악</li> <li>— 다양한 전략에 따른 영향 감소효과를 비교</li> <li>○ 소비자에 대한 판매전략</li> <li>— 기업간에 경쟁력 확보</li> <li>— 자사제품의 환경경영 홍보</li> </ul>
소비자	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경을 고려한 제품선택 판단자료</li> <li>○ 생활양식의 개혁</li> <li>○ 캠페인</li> </ul>
행정기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경정책의 결정을 위한 참고자료</li> <li>— 제품의 대한 다양한 정책을 행하는 경우, 체계적인 효과를 평가</li> <li>— 공평한 입장에서 평가</li> <li>○ 제도화</li> <li>○ 환경교육프로그램 설계</li> </ul>

평가지원, 사업자의 환경주장등을 평가, 환경교육지침 및 홍보등에 활용하고, 소비자의 경우는 상품선택, 제품사용선택에 관한 정보취득에 활용할 수 있다. 제조업자의 경우는 보다 유리한 제품의 디자인 및 제조과정 선택 및 소비자에 대한 판매전략으로 활용될 수 있다.

### Ⅲ. LCA에 관한 각국의 동향 및 사례

#### 1. LCA의 역사와 배경

LCA는 1960년대에 시작되었다. 원료 및 에너지 자원의 한계에 대한 관심이 고조되면서 에너지의 효율적인 이용 및 미래의 자원공급 및 사용을 위한 프로젝트등이 수행되었다. 이러한 유형의 최초의 보고서는 Harold Smith에 의해 발표되었는데, 그는 1963년 World Energy Conference에서 화학중간물질 및 생산품의 생산에 필요한 총에너지 요구량을 계산한 바 있다.

1960년대말 「성장의 한계(The Limits to Growth)」(Meadows et al., 1972)에서 「global modeling」 연구가 발표되었고, 「A Blueprint for Survival」(Club of Rome)에서는 인구변화가 최종 원료물질과 에너지 자원요구에 어떠한 영향을 미치는 가를 예측하였다. 이 기간동안 대체에너지에 대한 환경과 비용산정에 대한 12개의 연구가 수행되었다.

1969년 미국의 Coca-cola사가 최근에 거론되고 있는 방법과 같은 「Life Cycle Inventory」를 수행하였다. 음료용기에 대한 비교연구를 통해 어떠한 용기가 환경오염을 극소화하면서 자연자원공급에 최소한 영향을 미칠 것인가를 분석한 바 있다. 각 용기별로 각 제조과정의 환경부하 및 연료사용, 원료물질등을 계량화하였다. 1970년대 초에 이러한 유사한 연구가 미국과 유럽에서 수행되었다. 이 시기에 많은 자

료들이 축적된 바 있다.

자원의 이용과 환경부하를 계량화하는 과정은 「자원 및 환경단면분석(REPA: Resource & Environmental Profile Analysis)」 혹은 「Eco-balance」로도 부르고 있는데 석유위기에 직면했던 1970년대 초(1970 ~ 1975)에 15개의 REPAs가 수행된 바 있다. 이 기간동안에 방법론이나 기준등이 개발되었다. 이러한 단계 방법론은 많은 가정을 포함한다. 이 기간동안 가정과 기술들이 EPA에 의해 상당한 검토가 이루어졌다.

1975년부터 1980년대 초에는 에너지위기에 대한 영향이 퇴색되면서 이러한 종합적인 연구가 거의 없어졌다. 이때의 환경적 관심사는 유독성폐기물의 관리에 있었다. 이 시기의 「Life Cycle Inventory」분석은 연간 2건정도의 연구가 지속적으로 수행되면서 방법론들이 서서히 개선되었고, 이때의 주 관심사는 에너지요구량이었다. 이 기간동안 유럽인들은 European Commission에 의해 수립된 「Environment Directorate(DG X1)」에 관심이 고조되고 있었다. 유럽의 LCA 수행자들은 미국에서 사용하는 방법론과 거의 유사한 방법론을 개발하였다. 유럽에서는 환경규제기준을 마련하는 것과 함께 1985년 「Liquid Food Container Directive」가 잇슈가 되었다. 음료용기의 에너지와 천연연료, 고형폐기물발생에 관계되는 회사들로 하여금 모니터링을 받도록 지시한 바 있다.

고형폐기물 문제가 전세계적인 잇슈가 되었던 1988년에 LCA기법은 다시금 환경문제를 분석하는 장치로 부각되기 시작했다. 자원과 환경에 영향을 미치는 모든 분야에서 LCA를 위한 방법론이 다시 발전되게 되었다. 북아메리카와 유럽의 「Consultants & Reserch Institutes」에서는 방법론을 확정하면서 정립해 갔다. 이 시기에 폐기물분야에서 최근에 강조되고 있는 자원의 재활용 및 퇴비화에 대해 폐기물관리의 대안으로 LCA가 개발되었다. 이 때의 LCA는 환경자원요구량과 배출량에 대한 영향을 분석하는 조사차원을 넘어서 개혁차원

에서 흥미가 고조되었다.

1990년 들어 SETAC(the Society of Environmental Toxicology & Chemistry)이 LCA분야에 주도권을 가지면서 기술개발에 노력하고 있다. 전반적인 기술적 틀(framework), 영향분석(impact analysis), 자료의 질(data quality)에 대한 세미나등을 개최하여 방법론과 수용가능한 전문적인 실행방법등을 정립하여 가고 있다.

과거 20년동안 수행된 LCA는 대부분 음료용기, 식품용기, 포장재료등의 상품포장에 국한되었고, 따라서 목적도 대부분은 포장폐기물을 저감시키거나 환경오염물질 배출을 줄이려는데 있었다. 간혹 몇몇 연구들은 기저귀라든가 세계등과 같이 실제 소비상품에 대해 관심을 갖고 이들 상품을 제조하는 산업공정에 대한 대안평가에 관심을 갖기도 했다.

이처럼 LCA의 역사는 크게 두가지 흐름으로 나누어 볼수 있다. 하나는 제조공장의 공정분석에서 시작한다. 원료에 에너지를 가하여 화학적, 물리적으로 변환하여 유용한 제품을 제조하는 생산공장에서는 제품의 품질향상 못지 않게 에너지절약 및 폐기물관리가 중요한 과제로 부각되고 있으며, 기술자들은 이 문제를 해결하기 위해 오래전부터 노력해 왔다. 특히 1960년대부터 1970년대에 걸쳐 석유위기를 경험한 각 회사는 각각 공정도를 작성하고 이것을 기초로 공정개선을 실시하여 왔다.

또 다른 흐름은 포장용기의 평가에 관한 것으로 1970년 「Midwest Research Institute(MRI)」가 코카콜라의 각종 음료용기의 자원소비와 환경에의 영향을 비교 조사한 것이 있다. 그 후 1975년에 W.E. Franklin에 의해 연구가 전개되어 「REPA(Resource and Environmental Profile Analysis)」라고 칭하여졌다. 1974년 이후, 특히 에너지와 환경문제에 세련된 관심이 집중되어 방법론(methodology)에도 현저한 발전이 이루어졌다. 이 시기 유럽에서도 I. Boustead(영국)을 시작으로 주로 북구각국의 학자들로 구성되어 동일한 연구가 진전되

었다. 1980년대에 들어 지구규모의 환경문제가 커다란 관심으로 대두되기 시작했고, 1988년 미국에서는 쓰레기문제가 커다란 사회문제로 대두되면서 이의 해결수단으로 LCA가 각광을 받기에 이르렀다. 제조과정에서의 자원·에너지의 flow chart분석, 포장재의 기능해석, 그리고 이들과의 지구환경에의 부하와 연결된 형태로 조금씩 이론구축을 해 갔고, 사례적용을 통해 경험을 쌓아가고 있다. 이와 동시에 구미각국에서 LCA에 관여하는 연구자들이 늘어나면서 수준도 향상되었다.

제 1회 LCA심포지움은 1990년 미국.바몬드에서 있었다. 이 심포지움은 SETAC을 주체로 정부, 기업, 학회, 시민단체의 연구자들이 참여하였는데, 당초의 목적은 LCA에 관한 정의와 용어를 명확히 하는 것으로 하였으나 LCA방법의 개선, LCA사용전략등이 추가되었다.

한편, 유럽에서는 플라스틱에 대하여 「APME(구주 플라스틱제조사 협회)/PWMI(APME의 환경부분)」이 1990년 연구그룹을 편성하여 조사연구를 개시하여 현재도 계속중이다. 연구는 전술한 Boustead교수(오픈대학)가 주재하고 스위스, 독일, 벨기에등의 연구자가 협력하고 있다. 1991년 네덜란드, 라이덴대학, 환경과학센터가 LCA수법 매뉴얼을 작성하여 1993년에 개정판을 출판하였다.

## 2. 외국의 LCA연구현황

### 1) 미국

1969년 코카콜라사의 의뢰를 받은 「Midwest Research Institute(MRI, 현재, Franklin 연구소)」에서 음료용기에 관한 환경영향평가 연구가 실시되었다. 이 이전에도 에너지 절약 및 폐기물관리와 관련하여 제조공장에서 공정분석이 실시되었으나 MRI의 활동이 자원의 생산·소비와 환경부하에의 영향에 관한 LCA연구의 원조이다. 그 후 미국에서 에너지 절약과 관련하여 환경영향조사가 실시되어, 그 성과는 미

국 EPA에서 정리하여 REPA(Resource and Environmental Profile Analysis)라고 불리어지고 있었다. 이후 계속 방법론이 개발되고 LCA 연구자들이 모인 국제적인 네트워크인 SETAC이 1979년에 설립되었다.

미국내 LCA에 대한 조사·연구의 주체는 환경청(EPA)과 SETAC이며, 많은 기업체에서도 LCA를 계획하고 있다. 미국에서는 대개의 경우, 법률은 의원입법형태로 제출하고, 군·시, 주단위로 공청회, 주민투표등을 거쳐 제정하였다.

1987년 Sepok지역에서 쓰레기문제를 계기로 플라스틱포장재가 나쁘다는 것을 전제로 해서 폴리스틸렌, PCV등의 금지를 정한 법률의 제정이 잇따르자 플라스틱업계는 LCA에 의해 이것에 반론을 제기하였다. 예를들면 P&G를 시작으로 Kodak, Coca Cola, Shell, 3M등 대기업 및 단체들의 실시예가 있고, 최근에는 Ford 등 자동차메이커도 적극적으로 LCA작업에 착수하고 있는 것으로 밝혀지고 있다.

또한 1988년에 쓰레기가 커다란 사회적 문제로 되면서 이의 해결과제로서 REPA가 다시 인정되어 이용되게 되었다. 이러한 환경문제와 연계되어 LCA연구는 서서히 진전되어 이론구축과 사례가 축적되어 가면서 연구자의 시야도 확대되어 수준도 향상되고 있다. 이같은 상황 가운데 1990년 EPA, WWF등이 공동 주최한 미국 워싱턴에서 LCA포럼이 개최되었고, 1990년 미국 바몬드(8월) 및 벨기에(9월)에서 LCA심포지움이 SETAC과 P&G사가 공동주최로 개최되어 産·官·學·民 연구자들이 참가하여 LCA에 관한 정의·용어의 명확화, 방법론의 개선, 적용전략등이 논의되었다. 특히 LCA의 축진을 목적으로 SETAC재단이 설립되었다.

미국의 특징은 법규제에 대한 대응을 위해 각종 포장재료의 비교사례가 많고, 이것이 LCA에 관한 조사회사의 활발한 활동을 유도하고 있는 것이다.

〈표 2〉 주요 LCA 동향

년 도	주요 LCA 동향
1969	-MRI(현재 Franklin 연구소)는 Coca Cola사의 의뢰로 음료용기에 관한 환경영향평가연구를 실시하고 LCA연구의 기초를 구축
1970~75	-에너지 소비를 중심으로 환경영향평가가 이루어 졌고, 미국 EPA에서 REPA로 통합
1978	-서독에서 상품의 Eco label제도 도입
1979	-SETAC 설립
1981	-(사)화학경제연구소에서 신소재 에너지분석 보고
1984	-스위스. 연방내무성환경국(BUWAL) 「포장재료의 Eco-balance」보고서 발표
1985	-EC환경위원회는 액체식품용기령(EC Directive 85/339)를 가결
1988	-미국내에서 쓰레기 문제가 커다란 사회문제화되고 REPA가 수정
1990	-EPA, WWF등이 주최하는 LCA Forum 개최 -미국 및 벨기에에서 SETAC 과 P&G가 공동주최하는 LCA심포지움 개최 -Franklin & Associates사, 「폴리에틸렌 포장재료에 관한 LCA」 발표 -스위스 미그로스에서 「Eco-base」에 관한 보고
1991	-네덜란드 라이덴대학 환경과학센터 워크샵개최, 「LCA방법 매뉴얼」 작성 -SETAC에서 「LCA 방법론」 발표 -플라스틱처리촉진협회, 「플라스틱제품의 LCA평가」 -일본생활협동조합연합회, 「용기, 포장재에 대한 연구」
1992	-일본 LCA연구회 발족 -일본 환경청, Eco Life Center 「환경부하 평가에 대한 예비검토」 -독일 포츠담에서 SETAC과 LCA유럽지부가 「LCA 세미나」 공동 주체
1993	-ISO/TC 207 회의 캐나다에서 개최 -UNEP이 주최하는 「LCA 전문가 세미나」가 네덜란드 암스텔담에서 개최 -일본 과학진흥청, 환경청이 LCA에 관한 국가의 지원책 및 사례연구시작

자료 : エコマテリアル研究會, 日本におけるLCA研究の現状と將來の課題, 1994, 재정리

2) 유럽

유럽에서도 미국과 거의 동일한 시기에 I. Boustead(영국)을 위시한 북구의 연구자들에 의해 동일한 연구가 시작되었다. 1980년대에 들어 유럽에서 환경보호문제가 제기되어 그 중에서 특히 사용후 버린 음료용기에 대한 관심이 집중되었다. 1984년에 스위스연방내무성환경국(Buwal)은 연구보고서 「포장재료의 Eco-balance」를 발표하여 그 결과는 스위스 생협미그로스에서 LCA활동으로 발표하였다. 1985년에 EC환경위원회는 「액체식품용기지령(EC Directive 85/339)를 가결하여 EC가명각국의 기업은 용기에 관한 자원에너지 이용을 감시하는

것이 의무화되어 LCA연구가 활발히 진행되고 있다. LCA의 학문적 배경은 네덜란드의 Leiden 대학, 스위스의 ETH(주립공과대학), 영국의 Open대학, 덴마크의 공과대학등이 있고, 이를 진행시킨 기관, 단체로서는 독일의 Fraunhofer Institute, Oko Institute, 프랑스의 Eco Bilan, 특히 플라스틱에 대하여는 메이커 단체로서 APME(기타 환경부문 PWMI)가 저명하다.

특히 스위스에서는 연방내무성환경국(BUWAL)이 1984년 「포장재료의 Ecobalance」를 발간, 1990년, 1991년에 방법론, 데이터베이스를 개정한 바 있다. Migros는 이들 결과를



토대로 하여 자사의 취급상품의 환경부하를 LCA에 의해 평가하여 독자적으로 채점(Eco-Point)을 매겨 포장재료 및 형태를 개선하는 사례를 발표하여 사회적으로 좋은 반응을 얻은 바 있다.

기타 Bischof는 LCA를 사용하여 포장재료에 관한 독자의 컨설턴트서비스를 하고 있고, BASF도 종이, 목재, 금속, 유리 등 타소재와의 비교에서 플라스틱이 환경에 우수한 것을 LCA를 통해 보다 넓게 시민에게 호소하고 있다.

LCA는 소위 종합평가를 도입한 것이나, 스웨덴 환경연구소(Swedish Environmental Research Institute)에서는 「환경부하 Unit」라고 하는 환경지표를 도입하고 있는데 이는 원재료의 kg당 ELU를 정한 것으로 주관적인 요소가 많고, 실험적인 단계에 있다.

그런데 Volvo 자동차사는 이것을 차의 제품설계에 응용하는 수법을 개발하여 앞으로 부분

적으로 LCA수법을 사용한 이러한 종류의 시도가 소위 환경산업으로 발전될 것으로 예상하고 있다.

1990년에 APME(구주 플라스틱제조사협회)/PWMI(APME의 환경부문)가 플라스틱에 관한 연구그룹을 조직하여 연구조사활동을 개시하였다. 이 연구활동에는 I. Boustead교수(오판대학)이 중심이 되어 스위스, 독일, 벨기에 등의 연구자가 협력하고 있다. 미그로스에서는 포장재료에 관한 에코케이스를 발표하였다. 또한 LCA방법론에 관해 SETAC에서 (1991년), 네덜란드 라이덴대학. 환경과학센터에서 LCA방법메뉴얼이 발표(1991년)되어 최근 그 개정판이 출판되었다(1993년).

유럽은 LCA에 대한 이론, 실천, 산업계의 인식등 모든 면에서 꽤 경험을 축적하고 있으며, 1993년 한해동안 130여건에 달하는 LCA 연구가 실시되었다.

<표 3> 미국내에서 수행된 LCA 목록

구 분	평가대행업체	평가대상	년 도
Coca-Cola	MRI	음료용기	1969
EPA	MRI	음료용기	1974
SPI	MRI	플라스틱	1974
Unknown	MRI	맥주 용기	1978
Goodyear	Franklin	청량음료용기	1978
Procter & Gamble	Franklin	세계 포장	1988
Procter & Gamble	Franklin	계면활성제	1989
Unknow	Franklin	청량음료 배달시스템	1989
Council for Solid Waste Solutions	Franklin	발포 폴리스틸렌, 표백포장지	1990
American Paper Institute	Franklin	종이기저귀, 천기저귀	1990
Council for Solid Waste Solutions	Franklin	쇼핑백	1990
Procter & Gamble	A.D. Litter	종이기저귀, 천기저귀	1990
Vinyl Institute	Chem Systems	비닐포장지	1991
National Association of Diaper services	Lehrberger & Jones	종이기저귀	1991
Council of State Governments	Tellus	포장재료	1991
Procter & Gamble	Franklin	세척제	1992

자료 : Mary Ann Curran, *Broad-based Environmental Life Cycle Assessment*, ES & T, Vol. 27, No. 3, pp.430~436

### 3) 일본

일본에서 LCA연구가 최초로 시작된 것은 1981년 화학경제연구소의 에너지 분석이라고 하나 엄밀한 의미에서 LCA라고 할 수 없다. 이후 이와 유사한 에너지 분석연구로 일본기계공업연합회, 고분자소재센타의 「고분자소재에 관한 보고서」, 플라스틱처리촉진협회·三菱綜合研究所의 「폐플라스틱 처리, 재자원화에 관한 보고서」가 각각 발표되었다.

기업에 있어서도 동양제철등에서 포장재료에 관한 LCA가 검토되기 시작되었다. 특히 일본 생활협동조합연합회는 최종적으로 Ecological Guideline의 작성을 목적으로 네덜란드, 스위스의 정보를 활발히 입수하여 1989년 6월 중간 보고를 발표하였다. 1993년 5월 21일 일본에서는 최초로 일본 에코라이프센타(민간단체)가 기획한 LCA심포지움이 개최되어, 미국, 일본의 LCA 사례 5건이 발표되었다.

일본정부내에서는 통상성과 과학기술청이 「Eco-material project」를 통해 재료의 LCA적용을 검토중에 있고, 환경청이 환경기본법제정과 관련하여 「LCA방법의 표준화」를 목적으로 연구작업을 진행하고 있다.

또한 국제표준화기구(ISO)와 관련하여 환경기술위원회(TC 207) 회합이 1993년 6월 캐나다에서 개최되어 일본이 LCA워킹그룹의 간사국이 된 것을 계기로 일본규격협회를 사무국으로 한 환경관리규격심의위원회와 2개의 분과회, 5개의 워킹그룹을 발족되어있다. 이에 따라 일반기업.단체에서도 LCA에 대한 관심이 높아지고 있다.

### 4) 우리나라

우리나라는 아직 공식적으로 LCA에 대한 연구가 수행된 적이 없다. 1993년 경실련 환경개발센터에서 「유리병 재활용활성화 방안에 관한 연구」를 수행하면서 미국, 네덜란드, 스웨덴, 일본의 포장용기에 대한 LCA연구결과를 소개한 것이 최초이고, 국제환경경영표준화

(ISO 18,000, 14,000)과 관련하여 공업진흥청에서 ISO 회의에 참여시 수집한 LCA관련자료를 정리한 자료집을 발간한 바 있다. 그리고 올해 들어 폐기물잡지 일부에서 LCA의 동향이 소개되고 있고, ISO관련해서 기업체를 중심으로 개최된 환경경영 세미나에서 LCA가 소개되고 있다. 환경처에서는 쓰레기관리 및 재활용정책의 일환으로 LCA에 관한 기법개발연구를 시작하고 있다.

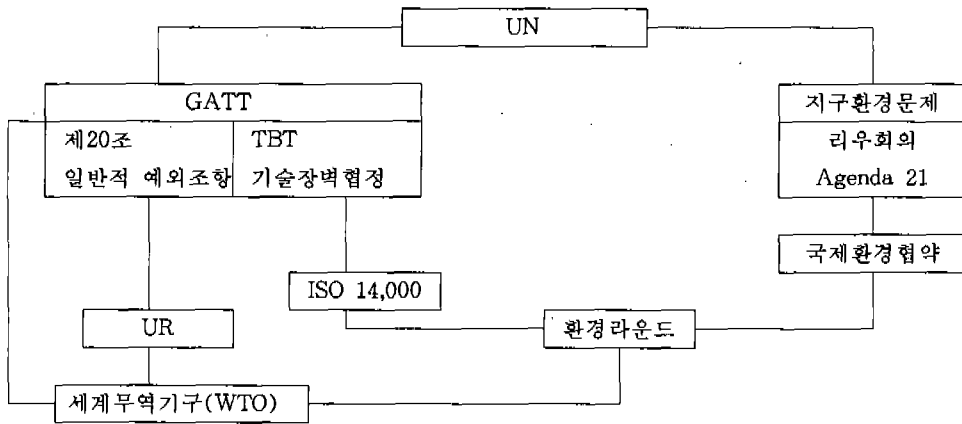
### 3. 국제표준화(ISO 14,000)동향

GATT(관세와 무역에 관한 일반협정)의 주도하에 UR이 현실화되면서 경제화, 세계화의 무한경쟁이 이루어지고 있고, UNCED(UN 환경개발회의)이후 국제환경협약과 이에 따른 각종 환경규제가 이루어지고 있다. 이러한 가운데 WTO(세계무역기구)가 GATT를 대체하여 새로운 경제질서를 이끌어 가게 되면서 환경규제는 현행의 오염물질 규제에서 원료의 획득에서 최종처분까지의 모든 공정 및 행위를 비롯 경영 및 관리까지 규제의 대상으로 되게 될 것으로 보인다. 기업활동에 환경기준을 반영시키는 국제표준을 제정하려는 움직임은 ISO가 지난 1991년 ICC(국제상공회의소)의 건의를 받아들여 SAGE(환경전략자문그룹)를 설치함으로써 시작됐다. 1991년 7월부터 환경경영에 관한 표준화작업이 국제표준화기구(ISO)의 환경관리전략자문그룹(SAGE)에서 검토되어왔다. 2년간의 검토결과 환경경영, 환경감사, LCA등 7개항목의 환경관련국제표준의 필요성이 영국, 네덜란드, 독일등이 중심되어 작성·건의되었다. 그러나 그 건의안은 SAGE의 지시인 “전략수립과 금후과제”와는 달리 구체적인 초안이 없으므로 미국과 캐나다가 반발하였고, 이에 따라 1993년 1월 SAGE는 환경기술위원회(TC207)를 설치하고 1993년 6월 캐나다 토론토에서 ISO 18,000(국제표준화제도)를 제정해 구체적인 실천방안을 모색하고 있다. 이는 1993년 10월 암스텔담에서 SC(분과위원회)1 1

차회의를 열어 ISO내 5개 소위원회 및 각 작업반을 구성하고 1994년 1월과 3월 각각 1, 2차 실무그룹(WG)회의를 개최하고 있다.

LCA규격은 제5분과위(간사국은 프랑스)가 맡게 되었으며 1993년 11월 4~5일 프랑스 파리에서 제 1차 회의를 개최하였다. 제 5분과위는 "Life Cycle Assessment"라는 명칭을 채택하고 작업범위는 제품과 서비스체계의 환경관리 수단으로서 라이프사이클평가 분야의 표준화로 하고 그것은 원료물질의 추출로부터 폐기물의 최종처분까지의 환경에 미치는 영향의 평가를 포함하는 것으로 결정하였다. 제 5분과위원회

는 작업항목을 구분하고 이를 위해 5개의 작업반(WG)을 구성하여 추진토록 하고 있다. 각 작업반은 1993년 11월 5일 프랑스 파리에서 개최된 제 1차회의를 시작으로 1994년 5월 호주에서 제 2차 TC회의에서 ISO 14,000으로 확정하여 표준화 작업을 시작하고 있고, 이를 효율적으로 추진하기 위한 준비작업으로 LCA의 문서화 작업이 이루어지고 있다. 이에 의하면 LCA의 여러가지 잠재적인 용도가 있고, 표준화개발에는 여러 구성요소들이 필요한 것으로 알려지고 있다.



(그림 4) ISO 14,000과 환경라운드와의 관계

(표 4) ISO/TC207 SC 5(LCA분과위원회)의 추진일정 및 내용

구 분	작업내용 및 간사국	회의 개최일시	개최 장소
제 5분과위원회(LCA) 총회 (ISO/TC207/SC 5)	LCA총괄(프랑스)	1994. 5. 9~10 1994. 9. 5~ 7	호주 프랑스
제 1작업반(SC 5/WG 1)	LCA 일반원칙과 절차 (미국)	1994. 3. 9~10 1994. 5. 9~11 1994. 9. 5~ 7	미국 필라델피아 호주 프랑스
제 2작업반(SC 5/WG 2)	목록 일반사항(독일)	1994. 6	미국 필라델피아
제 3작업반(SC 5/WG 3)	목록 특별사항(일본)	1994. 6	미국 필라델피아
제 4작업반(SC 5/WG 4)	영향평가(스웨덴)	1994. 5	호주
제 5작업반(SC 5/WG 5)	개선평가(프랑스)	1994. 3. 11 1994. 9	미국 필라델피아 프랑스 니스

자료 : SAGE LCA Subgroup, LCA Subgroup Recommendation to Strategic Advisory Group on Environment, 1992. 10.

### IV. LCA의 환경교육 적용가능성

사회, 경제 전 분야에서 ESSD(Environmentally Sound & Sustainable Development)가 요구되는 가운데 에너지·자원이용의 최소화 및 환경오염부하와 환경영향을 극소화하는 개선평가를 목적으로 하고 있는 LCA는 최근 들어 그 적용가능성이 광범위하게 확대되면서 이

에 대한 연구와 검토가 활발히 이루어 지고 있다. 또한 국제표준화기구에서도 다양한 용도로 LCA에 대한 문서화작업을 시작하고 있다. 현재 교육목적의 LCA문서화 현황은 개념, 목표와 범위, 자료목록, 분류부분에서 부분적으로 이루어져 있고, 가치판단이나 개선평가부분은 아직 문서화되지 않은 상태이다.

〈표 5〉 용도별 LCA 요소의 문서화 상황

용도	LCA개념	목표·범위	자료목록	분류화	평가	가치판단	개선평가
성과평가	**	*	*	*	-	-	*
환경라벨	***	**	**	**	-	-	*
제품정보	***	**	**	**	-	-	*
제품설계	****	***	***	**	-	-	*
제품최적화	***	***	***	**	-	-	*
교육목적	**	**	**	**	-	*	*
구입결정	**	*	*	*	-	-	*
규칙	**	*	*	*	-	-	*
공공정책	**	*	*	*	-	*	

주: \*\*\* : 문서화 절차가 여러 형식으로 여러 곳에서 존재함

\*\* : 제한된 문서화 절차가 존재함

\* : 문서화되지 않음

- : 개념적으로는 정의되었으나 기술적으로 정의되지 못함

자료: SAGE LCA Subgroup, LCA Subgroup Recommendations to Strategic Advisory Group on Environment, 1992. Oct. 15.

LCA는 생산과 소비활동에 관련된 직·간접적인 에너지·자원·환경의 영향을 조사하고 측정하는 장치이기 때문에 이를 효과적으로 조사하고 측정되는 방법이 세계적으로 확립되어 실행되게 된다면 그 활용범위는 무궁무진하고 이에 적용하지 못하는 국가와 사회, 기업, 국민은 자연스럽게 도태될 수 밖에 없게 될 것이다. 이러한 인식은 지난해 11월 미국 보스턴에서 개최된 세미나 “LCA: From Inventory to Action”에서도 다시 확인되었고, 지구내에서 LCA와 함께 살아가는 방법 배우기에 대한 슬로우전들이 등장하고 있다. 자원·에너지의 절

약과 쓰레기 감량 및 재활용 선택, 기업체의 공정개선, 각종 환경오염부하를 줄이기 위한 산업, 에너지, 교통, 주택정책의 선택에서뿐만 아니라 제품의 선택과 소비패턴의 조정등 생활양식을 변화시킬수 있는 잠재적인 힘은 결국 교육과 계몽을 통한 실천력 강화에서 찾을 수 있기 때문이다. 과거 소비중심의 사회구조에서 우선시하던 효율성과 품질우선 가치관을 지구환경시대에 맞는 친환경적 가치관으로 변화시킬수 있는 방법중의 하나가 LCA를 통해 정확한 환경정보와 판단기준을 제공해 줌으로써 환경교육의 구체적인 행동지침을 마련해 줄 수

있을 것이다.

그러나 LCA는 아직 이론부분이나 실용화에 많은 문제점과 약점을 갖고 있어 극복해야 할 과제가 많다. 현재 LCA 활용에 있어 보편적으로 제기되고 있는 문제에 대한 원인은 다음과 같다.

첫째, 아직까지의 LCA결과가 지나치게 단순한 경향이 있다. 환경적으로 안전한가의 여부, 또는 한두가지 환경영향이나 문제점이 단순비교되고 있다.

둘째, 이슈가 되는 현안 환경문제가 발생했을 때 판단이 아직 어렵다. 환경부하인자간의 영향성을 평가하기에 명쾌한 판단기준이 마련되어 있지 못하고 시대적인 상황에 따라 우선순위가 결정될 소지가 크다. 일례로 낙동강 식수오염사건이 발생했을 때 여러 환경오염문제 중 쓰레기나 대기오염보다는 수질오염에 대한 심각성이 부각됨으로써 LCA판단에 영향을 줄 수 있다.

세째, 대기업체가 LCA를 매수하여 악용할 소지가 높고 전혀 다른 결론이 내려질 수 있다. 환경영향평가가 사업과 개발을 위한 면죄부역할을 해왔듯이 LCA도 상품에 대한 잘못된 판단을 줄 수 있다.

네째, 자료 부실이나 신뢰성이 떨어지는 자료사용시 문제점이 다수 내포되어 있고, 환경영향에 대한 숫자적인 결론이 불확실하다.

다섯째, 방대한 자료수집이 필요하고 분석에 많은 비용이 소요된다.

이러한 LCA에 대한 이유로 인해 신뢰성이 떨어지고 있다. 그러나 아직 이러한 모든 약점은 효과적으로 극복될 수 있고 극복되어야 한다. 지구상에서 생산되어 소비되고 있는 수백만종의 상품과 환경보전을 위해 제안되고 있는 각종 정책과 규제등을 지구환경보호 관점에서 종합적으로 환경적합성을 평가할 수 있는 유일한 대안(장치)이 아직 LCA밖에 없기 때문이다.

따라서 LCA의 실질적인 사용을 위해서는 앞에서 제시한 약점을 극복하는 LCA방법론

개선작업과 연구들이 다각적으로 이루어져야 할 것이다.

## V. LCA가 환경교육에 주는 시사점

LCA는 현재 그 방법론이 완전히 정립된 것은 아니지만 자원과 환경의 유한성을 인식해야 하는 작금의 모든 분야에서 매력적인 수단으로 높은 관심을 보이고 있다. 특히 국제적인 LCA 규격(ISO 14,000 관련)이 결정되어 본격적인 환경라운드가 발효될 1998년 이후를 대비한 기업내의 움직임이 빠르게 진행되고 있다.

앞에서 언급한바 있듯이 최근에 대두되고 있는 지구환경문제를 비롯한 다양한 지역적인 환경오염문제를 근원적으로 해결하기 위해선 환경에 대한 종합적이고 정확한 정보의 습득과 환경친화적 실천이 절실하다. 환경보전에 대한 필요성 인식은 높으나 환경실천방법이나 정보가 의외로 뒤쳐져 있어 바로 환경실천과 연계되지 못하는 사례가 두드러 지고 있다.

이러한 상황에서 LCA는 환경에 대한 바른 정보와 실천방법을 객관적으로 전달해줄 수 있는 환경교육의 수단으로 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 환경친화적 생활양식으로의 변화는 결국 교육의 힘을 빌을 수밖에 없고, 생활속에서 습관화함으로써 서서히 이룩될 수 있는 것이기 때문이다. 그러나 아직 환경교육분야에서 LCA에 대한 인식은 전무하다. 이러한 상황에 LCA의 개념과 방법론은 환경교육에 다음과 같은 시사점을 주고 있다.

첫째, LCA는 미래세대의 수요를 충족시키는 데 필요한 자원과 환경의 유한성을 인식시키는 바탕을 마련하고 있다.

둘째, 단편적으로 정서적으로 인식되고 있는 「환경에 적합한」 각종 행위, 각종 정보를 종합적이고 과학적으로 알려줌으로써 체계적인 환경보전 실천을 유도할 수 있는 계기를 제공하

고 있다.

세계, 환경소비자(Green Consumer) 육성이  
용이하다.

〈참고 문헌〉

공업진흥청, 1993, 11 국제환경경영표준화,  
ISO/TC 207/SC5; LCA.  
신현국, 1991, 7. 26, “환경마크제도의 도입 및  
추진방향”, 환경마크제도 도입을 위한  
공청회.  
한국환경과학연구협의회, 1991. 7. 26, 폐기물  
발생모델: 적정예치금 산정을 위한재활  
용 물질의 순환빈도 모델 개발, 전북대  
토목공학과.  
한국유리공업협동조합, 1993. 9, “유리병 재활  
용 활성화 방안에 관한 연구”.  
최주섭, 1994. 4, “전생애평가(LCA)의 국제동  
향과 기업의 대응”, 「월간폐기물」.  
안중우, 1994. 6, “그린라운드와 전생애평가  
(LCA)”, 「경영계」.  
한국경영자총협회, 1994. 6. 10, 환경경영을 위  
한 세미나-“ISO 14000를 중심으로”.  
삼성지구환경연구소, 1994. 6. 3, 「21세기를 대  
비한 기업의 환경경영전략」.  
環境廳, 平成 4年版, 環境白書.  
エコマテリアル研究会, 1994, 日本における  
LCA研究の現状と將來の課題.  
社団法人 プラスチック處理促進協會, 1994, 包  
裝材料の環境影響評價(LCA)(中間報告).  
Eco-Life Center, 1992, 環境負荷評價に關する  
豫備的 檢討.  
サイエンスフォーラム, 1994, 製品のライフサ  
イクルアセスメント.  
EPA, 1992, Life-cycle Assessment: Invento-  
ry Guidelines & Principles.  
Mary Ann Curran, 1993, *Broad-based Envi-*

*ronmental Life Cycle Assessment*, ES &  
T, Vol.27, No. 3, p. 430~436.

Allen L. White Karen Shapiro, 1993, *Life  
cycle Assessment*, ES & T views, Vol.  
27, No. 6.  
John Baker, 1992, *Bringing stricter standards  
to LCA*, ECN Environment Review,  
July.  
Amy Lynn Salzhauer, 1992, *Obstacles & Op-  
portunities for a Consumer Ecolabel*,  
*ECN Chemscope*, Environmen, Vol 33,  
No. 9, p. 25.  
Kaldjian Paul, 1992, *Ecological Design: Souce  
Reduction, Recycling and the LCA*, Inno-  
vation, Vol. 11, No. 3, p.11.  
Joyce Jakubiak, Disposable: Cloth Diapers: An  
Environmental Choice, *Recycling  
Soucebook*, Gale Reserch Inc, pp. 121~  
123.  
UNEP Expert Seminar, 1993, *Life Cycle As-  
sessment & its Applications*,  
Amsterdam, pp. 9~10.  
Paul Kaldjian, 1992, *Ecological Design: Souce  
Reduction, Recycling & the LCA*, Inno-  
vation Special.  
SETAC, 1993. 3. 31~4. 3, *Guidelines for  
Life-Cycle Assessment; A 'Code of  
Practice'*.  
Canadian Standardsa Association, 1993. 7,  
LCA, Z 760-2-93.  
Jannifer Nash, Mark D. Stoughton, 1994,  
*Learning To with Life Cycle Assessment*,  
ES & T, Vol.28, No. 5.  
Center for Technology, 1993, *Policy, and In-  
dustrial Development Massachusetts In-  
stitute of Technology, Life Cycle As-  
sessment: From Inventory to Action.*