

일본의 LCA (Life Cycle Approaches) 연구 현황

강 헌

수원대학교 환경공학과

Current Status of LCA(Life Cycle Approaches) in Japan

Hun Kang

Dept. of Environ. Eng., The Univ. of Suwon

1. LCA 연구 역사

일본은 유럽, 미국과 마찬가지로 제품과 환경의 관계를 먼저 쓰레기 문제를 중심으로 생각했다. LCA적인 방법이 의식적으로 사용되어 왔다고는 할 수 없으나 제품의 적정 처리 곤란성에 관한 어세스먼트(평가), 리사이클의 효과분석등이 70년대 후반부터 1980년대에 걸쳐 많이 실시되었다.

이러한 과정 속에서 LCA적인 사고방식을 기반으로 하여 처음 실시된 것이 1981년 화학경제 연구소의 「신소재 도입에 따른 에너지 절약효과의 분석에 대하여」라는 조사 보고서였다. 이것은 일본의 소재 산업의 적정한 발전을 검토하기 위해 신소재인 플라스틱 및 화인세라믹과 종래의 산업소재를 life cycle로 비교하여 신소재가 가지는 에너지 절약효과의 정량적 분석을 비교한 것이다. 평가항목은 에너지 소비뿐이며 해외에서 수입된 원재료의 채취 및 수송을 대상에 넣지 않은 점등 충분치 않은 부분이 많으나 일본 LCA 연구의 선두주자로 볼 수 있다. 그러나 이 연구 이후 LCA적인 생각을 기반으로 둔 제품과 환경부하의 관계에 주목한 연구는 거의 실시되지 않고 1990년대에 접어들었다.

한편 전력 중앙연구소등을 중심으로 발전플랜트의 라이프 사이클 전체를 대상으로 한 연구가 1980년대 후반부터 실시되었다. 이것은 원자력 발전이 발전소

건설부터 방사성 폐기물 처리까지 생각할 경우 반드시 석유화력발전과 석탄화력발전에 비교하여 비용으로도 환경면에서도 유리하지 않다는 비판 속에서 시작되었다.

동시에 지구온난화가 문제가 되기도 시작할 시기였으므로 CO₂의 최대 배출원인 발전소의 존재를 검토하는 목적도 있었다.

또한 1980년대에는 산업연관표를 사용하여 산업별 또는 산업출하액에 따른 파급효과를 포함한 CO₂ 배출량을 계산하는 방법을 연구, 활용하게 됐다. 산업연관표를 사용한 연구는 일본 독자적인 것으로 개념적으로 LCA와 공통되는 부분이 있으며 현재에도 자동차생산, 운행과 CO₂배출의 관계분석등 다양한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

1991년에 들어와서 유럽, 미국의 영향을 많이 받은 본격적인 LCA연구가 동시에 3개의 단체에서 시작되었다. 그중 하나는 앞에서 나온 화학경제 연구소에 의한 것으로 1981년 연구를 전면적으로 다시 고쳐 에너지 소비 이외에 폐기물 배출량, 대기오염물질 배출량 등이 항목으로 첨가되어 1992년 결과가 발표되었다. 두 번째는 플라스틱처리촉진협회로서 유럽, 미국의 플라스틱 업계 연구를 본받아 시작되어 현재까지 연구가 계속되고 있다. 특히 플라스틱 용기 포장재의 연구가 활발하여 1994년부터는 이 부분의 데

이더베이스 구축에 착수했다. 마지막으로 일본 생활협동조합(생활)연합이 스위스의 생활 미그로스의 움직임에 자극받은 것으로 21세기를 향한 생활의 종합적 환경대책 「환경21 계획」의 일환으로 실시되고 있다. 대상은 음료 용기를 중심으로 하는 용기포장재로 1993년 중간보고를 하였다.

1992년에는 환경청이 「환경에 미치는 부하평가에 관한 예비적 검토」를 실시하여 다음해 1993년 6월에 보고서를 발표했다. 이 연구는 일본에서 실시한 LCA중 총괄적인 연구로서도 처음이며 유일한 연구이다. 내용은 LCA 현상에 대해 간결, 명확하게 정리함과 동시에 환경부하 항목의 종합화에 관한 방법을 주장하고 있다. 환경청은 LCA 보급을 위해 국가의 지원 아래 이 연구를 계속하고 있다. 같은 해 음료 용기 사용 기업이 모여 「일본 LCA연구회」가 조직되어 국제 심포지움의 개최, LCA 실무 매뉴얼의 작성 등의 활동을 하고 있다. 이 연구회는 민간기업을 중심으로한 자주적인 연구회이며 forum의 장이 되고 있다.

1993년에 들어 LCA연구 및 환경문제에 관한 관심이 높아지고 ISO의 국제 규격검토가 시작됨에 따라 일본 LCA연구는 넓게 확산하였다.

먼저 과학 기술청의 지원으로 Ecomaterial 연구회가 조직되고 이 연구회의 Ecobalance 본파회가 중심이 되어 워크숍 개최, 보고서 「일본의 LCA의 현상과 장래의 과제」를 발간하였으며 국제 심포지움 개최(Ecobalance 국제회의, 쓰쓰바 과학단지, 1994년 10월) 등 활발한 활동을 하고 있다.

한편 문부성의 과학 연구비 중점영역 연구로서 「인간 지구계 연구-인간생존을 위한 지구 본위형 사회의 실현방법」이 일본 국립대학동 다수가 참가하여 시작되었다. 이 중에서도 LCA가 주요한 과제의 하나로 지정되어 연구가 진행되고 있다.

또 통산성에서도 ISO의 국제 규격 검토에 대응키 위해 환경관리, 환경감사, 에코라벨링등 규격을 검토하는 위원회를 1993년에 설치했다. 이중에서 LCA는 제 5 working group (WG)으로 life cycle assessment 소위원회가 설치되었다. 사무국을 담당하는 산업환경관리 이사회에서는 공업기술원의 연구소등과 협력하여 LCA연구를 시작했다.

1994년에는 고분자 학회, 토목 학회, 폐기물 학회 등에서 LCA연구를 시작하여 앞으로 성과가 기대된다. 또한 제1회 Ecobalance 국제 회의가 쓰쓰바 연구

단지에서 개최되었다. 또한 1995년 10월 25일에 일본 국내 산업계 모두가 입회, 가입하는 「LCA·일본 forum」 연구회가 설립되었으며 1996년 11월중에 쓰쓰바 연구단지에서 제 2회 Ecobalance 국제회의가 개최될 예정이다.

2. 일본 LCA 연구와 단계

2.1 서론

LCA에는 PLCA로 불리는 제품 라이프 사이클의 환경부담을 평가하는 것이 있다. PLCA는 제품(여기서는 건축물도 포함하는 넓은 의미로 한다)의 라이프 사이클 전체를 고려하여 될 수 있는 한 정량적으로 분석·평가하는 방법이다. PLCA는 (1)제조 사업자에 의한 프로세스와 제품 설계의 개선 (2)유통 사업자의 제품종류의 변경 (3)소비자의 상품 선택의 변경 등을 다루기 위해

- ① 제품·제법등의 변경·개량에 따른 환경 부하의 평가
- ② 환경 목표치, 기준치에 대한 달성도의 평가
- ③ 환경부담 저감면에서 제품·제법등의 개선점 도출
- ④ 제품간의 환경부담 비교 등을 실시한다.

또한, 여기에 덧붙여 제품 사용 후 리사이클 시스템과 폐기후의 처리·처분 시스템등 사회 시스템 전부를 평가범위로 하는 넓은 의미의 LCA가 있으며 사회 시스템에서 본 제품의 평가 또는 사회 시스템 자체 평가까지 하는 것도 있다.

어느 LCA도 원료채취에서 최종적인 지구환경에의 폐기까지 라이프 사이클 전반에 있어서 환경부담 전체가 평가된다. LCA는 기본적으로 목표설정, 인벤토리, 임팩트 분석, 개선의 4가지 단계로 구성된다.

2.2 일본의 LCA 연구 현황

이제까지 제품의 환경에의 연구에 관한 많은 평가가 있었다. 그러나 이제까지 환경부하 평가는 제품의 사용과 폐기에 따른 특정물질(프레온 가스)의 배출유무와 제품 폐기에 따른 유해물질 배출유무와 처리·처분의 용이성, 사용 후의 리사이클 가능 여부의 재료와 제품 분해성의 용이성,再生资源 등 환경에의 부담 저감에 기여하는 원재료 사용 유무 등 라이프

사이클의 몇가지 프로세스만을 평가 범위로 한 것이다.

또한 제품의 라이프 사이클에서 될 수 있는 한 많은 프로세스를 평가 범위로 하는 환경부담 평가도 있으나 대부분의 평가가 에너지 소비량과 CO₂ 배출량에 평가항목이 한정되어 있다.

최근 LCA개념이 널리 알려짐에 따라 원래의 LCA 실시가 이루어지고 있으나 정확한 데이터베이스가 공적기관에 정비되어 있지 않으므로 실시 주체에 따른 평가의 공정성 여부가 문제시 되고 있다. 또한 4가지 단계 중 인벤토리까지는 실시 범위로 하는 경우가 많고 임팩트 분석까지 들어가는 경우는 적다. 이와 같은 의미로 일본의 LCA 연구의 많은 것은 오히려 「LCA적 연구」라고 할 수 있다. 이와 같은 상황 속에서 환경청은 일본 에코라이프 센터에 위탁하여 「환경예의 부하평가에 관한 예비적 검토」를 1992년에 실시하여 LCA에 관한 국내의 상황을 리뷰함과 동시에 그 수법 및 과제 검토를 실시하였다. 이것이 일본에서의 LCA 종합적 검토로서 최초이다.

2.3 일본의 LCA 연구 사례

일본의 LCA 연구는 평가범위와 평가항목이 한정되어 있는 것도 포함하여 다음과 같이 6개로 분류하여 연구 동향을 살펴본다. 본 개요는 간사이(關西)대학 공학부 토목공학과 환경공학 교실에서 작성된 것이다.

- ①제품·제법등의 변경·개량에 따른 환경부하의 평가
- ②환경 목표치, 기준치에 대한 달성도 평가
- ③환경 부하 저감면에서의 제품·제법등의 개선점 도출
- ④제품간의 환경부하 비교
- ⑤유통·처리·리사이클 등 사회 시스템 검토 평가
- ⑥라이프 스타일 평가와 개선 목표 도출

그 외에도

- 평가대상에 따른 분류(제품, 사회적 인프라, 건축물 등)
- 평가항목에 따른 분류(에너지 소비, CO₂ 배출량, 환경 비용, 복수의 환경부하 평가 항목 및 이들의 조합)

등이 있으나 여기에서는 평가목적에 따른 분류를 했다.

또 LCA 분석의 단계가 인벤토리 단계인가, 임팩트 분석까지 실시되어 있는가에 대하여 고려했다.

(1) 제품·제법등의 변경·개량에 따른 환경부하의 평가

제품평가로서 기업내에 실시되는 많은 것이 이 분야의 연구다. 연구사례에는 「제품의 영향평가(EIA)프로그램」(일본 IBM(주), 坂本茂實 외)[1] 「상품개발과 환경영향평가」(武田약품공업(주), 中井嘉一)[2], 「트너-케트리지의 CO₂ 배출량 life cycle 분석」(캐논(주) 佐藤泰文) [3]등 많은 연구사례가 있다. 평가항목은 CO₂가 중심이며 제품 라이프 사이클에서의 LCA가 이루어지고 있다. 또한 사내의 제조환경까지 겸한 평가를 한 연구사례도 있다.

자사 제품의 제품평가로서 LCA가 실시될 경우는 자사가 설정한 기준에 대한 평점법등의 방법으로 실시되는 적이 많으나 이는 LCA를 자사의 목적과 기준에 맞추어 실용적으로 사용하기 쉬운 방법이라 할 수 있다. 이 방법으로는 LCA와 비교하여 단시간에 실질적인 효과를 올리기 쉽고 평가 결과를 기초로 제품개량을 실시하거나 새로운 리사이클 시스템을 구축할 수 있다.

(2) 환경 목표치, 기준치에 대한 달성도 평가

이 분야 연구는 그다지 많지 않다. 제품 중에 함유된 미량 유해 화학물질의 리스크를 지표로 한 제품의 LCA를 실시한 「미량 유해물질의 리스크를 지표로 한 제품의 라이프 사이클 평가에 관한 연구」(생활 협동조합 神戸, 寺下 晃 외)[4]등이 있다.

(3) 환경부하저감면에서의 제품·제법등의 개선점 도출

이 목적으로 실시된 LCA는 에너지 다소비형 제품과 사회 인프라에 대해 많이 실시됐다. 때문에 평가항목은 CO₂ 배출량에 주로 한정되어 있다. 연구 사례로서는 「미량 유해 물질의 리스크를 지표로 한 제품의 라이프 사이클 평가에 관한 연구」(국립 환경 연구소, 森口祐一외)[5] 「태양광 발전 시스템의 에너지 평가」(화학 공학회 CO₂ 연구회) [6] 「자원절약, 에너지 절약, 폐기물 발당에 관한 조사」(清水建設(주), 山口 一외)[7] 「라이프 사이클 CO₂에 의한 건

물 평가」(와세다대학, 石福 昭 외)[8] 등 연구사례는 많다.

(4) 제품간의 환경부하 비교

이 평가는 서로 다른 재료와 제품에 대한 비교가 곤란하므로 제품과 서비스에 따라 제공되는 기능에 초점을 맞추어 같은 기능을 기초로 한 비교를 한다. 이 연구에는 「페플라스틱의 처리·재 자원화에 관한 환경영향평가」((사)플라스틱처리 촉진 협회)[9], 「용기 포장재의 환경영향평가에 관한 중간 보고」(일본 생산 협동조합 연합회)[10]등이 있다. 인벤토리 분석 결과의 직접적 비교와 쓰레기 처리의 용이성 등 정성적인 평가도 겸하여 각 환경부하 항목마다 환경부하를 상대 비교하여 제품간의 환경부하 비교를 한다. 사회 인프라에 대한 비교 평가도 하며 화력·원자력·자연 에너지등의 각종 발전 플랜트 비교를 한 「발전 플랜트의 온난화 영향평가」(전력 중앙 연구소, 内山洋司)[11] 연구 사례가 있다.

(5) 유통·처리·리사이클등 사회 시스템 검토 평가

사회 시스템을 포함한 LCA연구에서는 현재 폐기물로서 처리와 리사이클에서 문제 발생하는 제품을 평가 대상으로 하는 연구사례는 많다. 「플라스틱 트레이의 라이프 사이클 어세스먼트」(경도대학, 寺島 泰외)[12], 리사이클 시스템과 처리·처분 시스템의 서로 다름에 따른 환경부하 차이를 평가한 「인간 활동의 지구 임팩트 정량화와 처리 사업 평가」(관서대학, 和田安彦외)[13]등의 연구가 있다.

또한 「라이프사이클 분석에 따른 폐기물 처리 사업 평가」(국립 공중 위생원, 田中 勝)[14]은 폐기물 처리 사업을 평가하여 리사이클 활성화를 목적으로 하는 연구이다. 이러한 연구는 LCA를 실시함으로써 현재 사회 경제시스템의 미비점을 지적하고 개선하려는 것이다.

(6) 라이프 스타일 평가와 개선목표 도출

이 연구 사례에는 「환경에 좋은 삶」(경도대학, 高月 紘)[15], 「일상 생활의 자원·에너지분석」(주)시스템 기술 연구소)[16]등이 있다. 특징은 환경영향의 정량화는 이루어지고 있으나 평가대상이 많으므로 각각의 평가대상에 따라 평가범위와 평가항목이 각각이다. 평가는 각각의 대상마다 환경에의 영향이 명

백히 다르다고 생각되는 항목에 중점을 둔다.

또한 일상생활에서 소비하는 여러 물건을 평가대상으로 하여 life style평가를 시도한 연구도 있으며 그 한 예로 「환경 가계부 작성을 위한 CO₂ 배출 점수표」(게이오 대학, 吉岡完治외)[17]의 연구가 있다. 이러한 연구는 일상 생활의 활동에 쓰이는 소비재마다 「어느 것이 환경에 좋은가」「무엇이 환경에 부담을 주는가」의 객관적 판단 재료를 제공함으로써 라이프 스타일 전체를 환경부담이 적은 쪽으로 하려는 목적이다.

2.4 연구과제

일본의 LCA 연구는 현단계의 입장에서는 시행착오 상태라 할 수 있다. LCA 정의와 방법론을 명확히 하기 위해서는 주관적 방법이더라도 LCA를 시도하여 도출된 결론을 기반으로 객관적 평가와 개선을 쌓아가는 시행착오 기간이 필요하다.

LCA 연구 필요성이 인식되어 가면서도 연구 사례가 적은 요인은 데이터 베이스가 아직 정비되지 않았으므로 연구할 경우 데이터 수집을 처음부터 시작해야 하며 이 작업이 대단한 노력을 요하는 것이다.

사업자가 자사 제품의 LCA를 실시하는 경우에는 어느 정도 데이터를 모으는 일이 가능하나 대학과 연구기관등 제 3자가 객관적으로 LCA를 실시하려는 경우 정확한 데이터를 얻는 것은 대단히 힘든 일이다.

또한 LCA가 실용적 방법으로 확립되어 있지 않은 사실도 연구 사례가 적은 요인의 하나이다. 방법으로는 산업관련표를 사용하는 방법과 개별적으로 프로세스를 연구하여 쌓아가는 방법등 여러 가지 혼재되어 있고 각각 해석 레벨도 연구자에 따라 다르다.

또 평가 범위에 대해서도 제품의 프로세스에 한정시킨 것, 국내 제조만을 대상으로 한 것, 전 세계에서 material flow를 고려한 것 등 여러가지다. 또한 종래 에너지 분석과 다른 것을 인식 못하는 경우도 있다.

2.5 맺음

일본의 LCA연구는 발전도상임에도 불구하고 평가범위와 평가 항목이 한정된 것까지도 포함하면 본 보고서에 취급한 것 뿐 만이 아니고 상당한 수를 열거 할 수도 있다. 또한 자료편에서 정리해 둔 바와

같이 산, 학, 관등에서 연구가 실시되고 있다.

3. 일본 산업계의 LCA 보급상황

3.1 전력

(1) LCA를 어떻게 생각하는가

산업 부문에서 CO₂를 가장 많이 배출하며 LCA에 대한 연구 관심도 높다. 1992년 6월 전기사업연합회가 「발전 플랜트 온난화 영향평가(財) 電力中央研究所」를 정식으로 기자 발표를 했다. 온난화 영향 이외에 LCA 뿐만 아니라 경제성, 신뢰성, 입지성, 에너지 security 등도 포함하여 종합적인 전력 기술 평가가 요망된다.

(2) 연구예

전기사업에서 실시하는 LCA 연구는 CO₂를 중심으로 하는 온난화 영향분석 뿐이다. 주로 (財) 전력중앙연구소가 중심이 되어 연구를 하며 아래와 같은 보고서가 발표되었다.

- ① 内山,山本: 발전 플랜트의 에너지 수지 분석, 전력중앙연구소 연구보고 Y90015(1991)
- ② 内山,山本: 발전 플랜트의 온난화 영향분석, 전력중앙연구소 연구보고 Y91005(1991)
- ③ 内山洋司: TOTAL SYSTEM으로 본 각종 발전 플랜트의 온난화 영향, 에너지 포럼(1992년 8월호)
- ④ 内山洋司: CO₂ 절감을 위한 발전 플랜트의 기술개발, 에너지 포럼(1992년 9월호)
- ⑤ 内山洋司: 발전 플랜트의 온난화 영향평가, 전력 경제 연구 32호(1993년 6월)

전력중앙연구소의 연구성과 이외에 전력회사로서 같이 발표한 보고서는 눈에 띄지 않는다. 동경전력, 관서전력, 중국전력, 구주전력으로 부터 전력중앙연구소에 문의가 있고 개별적으로 계산하고 있는 듯하나 발표하지는 않는다. 온난화 대책 기술에 관한 LCA 연구도 중앙전력협의회나 동경전력에서 실시하고 있다. 애자와 콘크리트 전신주 등의 recycle에 관한 연구가 관서전력에서 실시되고 있다.

(3) 장래의 연구 방향

전력 부문에서 이후의 LCA연구는 전력중앙연구소를 중심으로 아래와 같이 계획하고 있다.

- ① 발전 플랜트에 송배 변전 설비를 갖추어 수요

자 까지의 전력 공급 인프라 정비에 대해 연구한다.

- ② 가스사업, 수도사업등 다른 인프라 정비의 LCA와 비교한다.

- ③ 환경부하를 저감하는 신기술에 대하여 발전 플랜트를 중심으로 그 효과를 정량적으로 확실히 밝힌다.

- ④ 전력 공급기술 뿐만 아니라 전기 이용기술에 대하여 LCA를 실시하여 종합적인 시점에서 환경부하 저감대책을 검토한다.

- ⑤ 환경뿐 아니라 경제, 입지, 신뢰성, 자원으로부터 에너지 기술을 종합적으로 평가하는 기법 개발과 데이터 베이스를 구축한다.

언어진 연구성과는 즉시 공포될 예정이며 94년 9월 전력 중앙연구소 주최로 「발전 플랜트의 온난화 영향평가」에 관한 국제 워크숍이 중국 북경에서 개최되었다.

3.2 화학

(1) LCA에의 관심

화학공업 전체가 1993년 국가가 만든 환경 기본법의 제정, 「환경, 안전에 관한 일본 화학 공업협회 기본방침」의 책정, 각 회사의 봉사플랜트의 책정 등 LCA에 관한 관심은 대단히 높으나 구체적인 검토까지 실행한 경우는 거의 없다. 그 중에서 플라스틱 산업에서는 이전 부터 이 분야의 연구에 관심이 깊었다. 연구의 발달은 유럽, 미국과 같이 폐기물 문제와 에너지 절약이며 특히 플라스틱에 대해 에너지 절약 효과, 환경에 미치는 영향 등에 대하여 기존재료와의 비교 검토가 이루어지고 있다.

(2) LCA 연구의 예

가장 오래된 연구는 플라스틱 소재 제조에 필요한 에너지와 여기에서 얻어지는 에너지 절감효과의 종합평가로서 통산성의 종합조사 연구로 이루어졌다. Life cycle의 사고가 부분적으로 도입이 되어 플라스틱 16품목에 대해 flow diagram에 기초한 공정 에너지와 수송에 필요한 에너지가 계산되었다. 그 결과는 파이프 및 단열재에 적용되어 플라스틱이 타소재와 비교하여 에너지 측면에서 지극히 우수하다고 나타났다.

그 후 폴리에틸렌 주머니, 발포 폴리스틸렌, 병,

식품용기, 자동차 부품에 대하여 환경에 미치는 영향에 대해 언급한 해설이 있었다[18].

플라스틱에 관한 본격적 연구는 (사) 플라스틱 처리 촉진협회에 의해 1991년에 시작되어 통산성으로부터 연구 보조금을 받아 계속 실시되고 있다. 플라스틱은 수많은 좋은 특성으로 공업부품, 포장재료, 일용잡화 등에 널리 사용되어 연간 1200만톤이 생산된다. 플라스틱은 그 특성보다 폐기단계에서 부정적 평가를 받아 환경에 부적합한 재료라고 불리고 있다. 따라서 업계에서는 과학적, 객관적, 대국적으로 평가하여 시민, 소비자들에게 정확한 이해를 돕고자 하는 한편 업계 내에서의 개선점을 명확히 하기 위해 LCA(적) 조사 연구에 기대가 모아지고 있다.

이 조사에서는 1991, 1992년에 트레이, 쇼퍼백, 병, 어항 등의 포장재를 대상으로 유리, 종이, 나무, 금속과 각종 플라스틱을 비교했다. 1991년에 미쓰비시 종합연구소에 위촉한 환경영향을 대기(CO₂, NO_x, SO_x)에 한정하고 원료도 일본 국내에 수입된 이후를 계산했다[19].

화학공학회에 위촉한 1992년 조사에서는 해외의 인지도 고려하여 수질 측정 항목(BOD, COD, SS)에 대해서도 검토했다[20]. 1993년에는 이제까지의 결과를 재검토하여 공정별 환경영향을 각 품목마다 그림으로 표시, 비교함과 동시에 LCA 역사와 작업수준을 기술한 해설서가 작성되었다[21]. 또한 유럽, 미국에 조사단 파견과 Eco-balance Review Conference (1993. 10)[22] 등 국제회의의 참석을 통하여 데이터 베이스 구축과 방법의 조화도 시도하고 있다.

(3) 앞으로의 계획

플라스틱 처리 촉진 협회에서는 1993년 하반기에 PET 병과 PSP 트레이에 대한 재활용에 LCA를 적용하는 것을 검토 중에 있으며 1994년 이후 플라스틱 소재의 데이터 베이스 구축에 주력하고 있다. 이것은 1991, 1992년 포장재료에 사용한 데이터가 모두 동일 판단기준으로 선택되지 않고 데이터의 출처도 완전히 투명하다고 볼 수 없기 때문이다. 플라스틱을 시작으로 화학공업의 최대 과제는 각 업체가 합의에 기초하여 에너지 및 환경부하 데이터를 제공하여 신뢰성이 있는 데이터 베이스를 구축하는 것이다.

위와 같은 소재의 데이터 베이스에 기초하여 자동차, 가전제품 등의 부품에 적용하는 예도 유럽에서는 보고되어 있으므로 일본 플라스틱 업계의 앞으로의

과제이다.

3.3 철강

(1) LCA에 대한 사고

철강제품의 용도는 여러 가지이므로 각종 공업제품의 LCA을 위해서는 기초 데이터로서 철강제품의 각 환경부하성 또는 원단위 데이터가 필요하다. 그러나 제조자측의 활동은 현재까지는 그다지 적극적이지 못하다. 업계로서는 철강연맹·지구환경 대책위원회에서 환경문제에 대해서 각 회사가 자발적으로 참여하도록 기본생각을 나타낸 「환경에 관한 행동지침」을 정리하였고 각 회사도 이와 유사한 행동지침을 작성하였다. 여기에 의하면 철강 제조 공정내의 환경부하 저감 뿐 아니라 철강제품 공급을 통한 환경대책·에너지 절약에의 기여 및 국제기술 협력에 의한 기여에도 비중을 두고 있다.

(2) LCA 또는 LCA적 연구 사례

철강제품 자체에 관한 광범위한 환경부하를 분석, 평가한 본격적 LCA는 아직 이루어지고 있지 않다. 철강 제조업은 일본의 에너지 소비의 13~15% 정도 차지하는 에너지 집약산업으로 에너지 이용형태의 분석, 평가가 중요하다. 실제로 에너지 소비구조에서 제조비용이 차지하는 비율이 크므로 에너지 분석에 관하여 비공개적인 것을 포함하여 많이 이루어지고 있다.

최근에는 CO₂ 삭감을 위한 scrap(고철) recycle과 신기술의 평가[23,24,25]와 입지재원의 평가[26] 등의 연구가 있다. 에너지 절약 관점에서 철강연맹 내에 에너지 대책위원회가 설치되었고 에너지 절약 실적 분석과 이용되지 않는 에너지 활용, 조사 등 Working Group(WG)이 활동하고 있다. 철강협회에서는 CO₂ 삭감 프로세스를 검토하는 연구 위원회가 활동하고 있다[27]. 또한 철강제조 공정에 있어서 해석의 예[28]도 있다.

가공제품의 환경부하성 평가를 위해 재료로서 철강과 다른 소재를 비교한 것은 자동차[29]와 음료용기[30] 등이다.

(3) 상황과 과제

철강을 원료로 이용한 제품의 LCA를 위하여 앞으로 기본적인 데이터 제공이 철강업계에 요청된다. 현

재는 에너지 원단위 등은 철강연맹과 국가기관이 처리하여 발표한 데이터가 이용되는 듯하다.

그러나 철강의 LCA도 결코 방법론적으로 용이하지 않다. 철강제조에서는 공정상 발생하는 가스, 먼지, slash등 부산물이 많고 이 대부분은 공정내 또는 다른 제품 원료로서 이용된다. 더구나 동일설비로서 다종다양한 제품이 제조되어 이것에 관계하는 원료와 배출물에는 질량적으로 차이가 있음에도 불구하고 일괄처리하는 경우가 많다. 이 때문에 제품별 환경부하성 평가는 곤란하다.

그러나 일본내에서 용광로와 전기로로 나누어 보면 제조 사업소마다 기술과 원료구성의 차이는 거의 없으므로 산업 연판표를 기초로하여 이용하면 아직은 어느 정도 유효하다고 생각된다. 여러 가지 소재가 이용되는 현실을 생각하면 철강 뿐 아니라 다른 소재와도 공통기준에 맞는 데이터베이스 구축이 필요하다.

한 평가가 경제효과도 포함시켜 제품설계의 정량적(평가) 지표로 기대된다.

현재는 각 제품마다 연구를 하고 있으나 평가를 위한 검토 항목이 많고 항목마다의 가중치가 정해져 있지 않다. 이 때문에 우선 자원절약의 관점에서 재료의 recycle이 가능한, 즉 폐자재 회수에 의한 자원절약이라는 알기 쉬운 시점에서 연구가 시작되었다. 다시 말하면, 재이용이 가능한 재료사용, 재이용을 가능케하는 제품설계이다.

재이용이 가능한 재료사용에 관하여는

- ① 합성수지의 재료표시
- ② 포장재의 재료를 recycle이 용이한 재료로 전환
- ③ 발포 스티로폴재의 감소에 의한 프레온 가스의 감소

Table 1. LCA 적용시 검토 항목

목적	평가항목	평가기준의 예
1. 감량화	사용 원재료의 감량평가	사용 원재료 감량, 절약가능 여부
2. 재자원화	부품재료 변경 가능성 평가	재생재료의 사용이 가능한가
3. 파쇄감량, 처리의 용이화	폐쇄기 등에 의한 파쇄처리의 용이성 평가	파쇄기로 용이하게 파쇄되는가
4. 분해, 분리처리의 용이화	부품의 설치 변경	부품의 해체가 용이한가
5. 분별처리의 용이화	합성수지 부품의 재질명 표시 평가	재료표시는 있는가, 보기 쉬운 곳에 쓰여지는가
6. 회수와 운반의 용이화	회수, 운반 용이화 평가	대용량, 귀중품 등 손잡이 위치와 용이한 운반구조물

3.4 가전제품

가전메이커에서의 지구환경 수준의 LCA 연구는 현재는 시행착오 단계라 할 수 있다. 종래 PLCA의 생각에서 생산-사용-소비-폐기의 recycle 설계는 시장의 경제원리와 PL을 고려한 시점에서의 제품설계가 이루어져 왔다. 그러나 환경보호 관점에서의 제품설계가 중요하다는 인식이 급속히 높아지고 있다.

- (1) LCA에 대하여 어떻게 생각하는가(평가) 자원절약, 환경보호의 관점에서 제품 recycle에 관

재이용이 가능하게 하기 위해 제품설계에 관하여는

- ① 분해 가능한 제품설계, 분해시간 단축 가능한 제품설계
- ② 재이용 가능한 재료의 분별사용 등이 고려되어 각 제품마다 진행시키고 있다.

- (2) LCA 또는 LCA적 연구 사례 제품설계 지침을 알려주는 LCA에 대한 연구가 시

행되고 있다. 환경에 대한 impact로서 무엇을 선정하는가에 따라 검토항목도 다르므로 몇가지 impact에 대한 평가 항목, 평가 flow가 검토되었다. 검토항목은 Table 1 과 같다.

LCA평가의 시작단계 방법으로 환경 영향평가와 분해성 평가법이 진행되고 전자에서는 에너지, 폐기물, 대기, 수권, 토양, 소음, 진동, 악취, 온난화, 산성물질, recycle 비율이 후자에서는 분해 해체비용, 회수처리비용, 연구비용이 검토되고 있다. 현재의 연구는 이러한 평가작업을 위한 데이터 베이스 구축에 할애되고 있다.

(3) 현재와 장래의 연구(LCA를 어떻게 사용되어야 하나)

LCA는 제품설계 지침을 정량적으로 평가하는 상위개념구축의 수단으로 제품의 품질과 성격을 결정하는 수법이다. 그러므로 사회에서 제품의 가치 결정을 할 수 있게 된 것으로 생각된다. 하나의 예로서 (주) 히다치 제작소가 플라스틱 재료 조달기준으로 작성한 「Ecomaterial」은 에너지 소비, 청정도, recycle, 재료물성, 비용 등에서부터 제품 설계에 걸쳐 재료를 선택하는 경우에 이용된다. 여기에서는 플라스틱재를 A, B, C, D 4단계로 분류하였으며 환경에 미치는 영향이 크다고 평가되는 C, D 재료는 기본적으로 제품사용에서 제외되었다.

3.5 전기, 통신 정보기기

(1) LCA에 대한 평가

LCA은 제품의 환경평가를 실시하는 도구로서 아래와 같은 점으로 평가가 가능하다.

- ① 평가대상(제품, 공정)의 환경부하 항목(소비에너지, CO₂, 물 등)에 대하여 정량적인 평가결과를 얻을 수 있다.
- ② 각 영향부하 항목마다 평가대상의 구성요소 중 주요소를 분류할 수 있다.
- ③ ②의 결과에서 환경품질개선 방침이 얻어진다.
- ④ 동일기능을 가진 평가대상(제품, 공정)간에서 각 환경 부하 항목마다 상대 비교가 가능하다.

전기, 통신 정보기기는 다른 가전제품과 자동차와 마찬가지로 각 제품이 다수의 부품으로 만들어졌고

생산공정과 조립라인은 복잡한 공정을 가지므로 LCA적 평가를 하기 위해서 방대한 데이터 베이스를 운용할 시스템을 가져야만 한다. 또한 평가를 효율적으로 실행하기 위하여 해석수법 개발도 필요하다.

현재의 전기, 통신 정보기기 업계에서 LCA 문제점으로는 아래와 같은 점을 들 수 있다.

- ① 환경성평가를 하기위해 초기 데이터 베이스 정비에 대한 노력을 요구한다.
- ② 평가를 위해 방대한 데이터를 수집, 정리할 필요가 있다.
- ③ 제품평가에 있어서 제품생산의 흐름에 대응하는 실제 시간에서의 환경평가가 필요하다.

또한 이러한 문제점을 해결하고 LCA를 생산활동에 효과적인 평가기법으로 활용하기 위해서는 LCA 평가에 관한 업계 내의 공통 데이터 베이스를 구축할 필요가 있다.

(2) LCA 또는 LCA적 연구사례

전기, 통신 정보 관련기관에서는 일본 IBM의 「그린 PC」 등 환경을 고려한 제품이 계속 나오고 있다. 또한 이제까지 업계내와 각 생산업체에는 구미의 실제 환경규제, 특히 OA기기를 대상으로한 법규제에 대응하기 위해 제품자체의 에너지 절약 대책, 생산공정의 에너지 절약 및 효율화, 제품 및 제품 포장재의 폐기처리, 개선에 관한 검토 등이 적극적으로 LCA적인 방법으로 정리한 사례는 별로 발표되어지고 있지 않다.

(3) 현재와 장래의 연구방향

각 전기 기기들의 LCA를 평가하는 것은 그 자체만으로도 제품의 환경부하 정도를 정량적으로 파악하는 의미에서 중요하다. 그러나 여기에서 그치지 말고 평가결과를 설계에 feedback 시켜 제품의 환경적 품질을 높이는 도구로서 활용할 수 있는 수준까지 LCA는 개발되어야 한다.

그러기 위해서는 앞으로의 과제로서 이제까지 업계내 또는 각 기업내에서 검토되어온 생산과정과 제품에 대하여 에너지 효율화와 환경부하 평가결과를 LCA 관점에서 신속히 재검토할 필요가 있다. 동시에 검토과정에서 얻어지는 장래의 LCA 활동에 대하여 필요한 데이터 베이스와 평가기법상의 구체적인 문제점을 도출하여 여기에 관한 구체적인 해답을 제시

해야 한다.

3.6 사무기기

(1) LCA에 대한 생각, 평가

일본에서는 제품의 설계단계에서 환경대응 평가를 비교적 명확한 형태로 실시하는 체제가 정비되어 가고 있으나, 정량적이며 종합적인 평가, 판단에 기반을 둔 납득성 있는 평가를 하기 위하여 LCA가 필요하다.

블루엔젤(BLUE ANGEL)로 대표되는 에코라벨링은 실질적으로 커다란 영향을 가지나 복사기, 프린터 등의 새로운 블루엔젤의 기준을 보면 상당히 많은 문제가 생기고 있다. 무역의 장벽, 국내산업의 보호 등에 에코라벨이 사용되고 있지 않은가 라는 의문도 나오는 상황이다. 따라서 LCA에 의한 객관적이고 과학적인 평가기준이 에코라벨링에 반영되도록 검토할 필요가 있다.

환경감사가 실시되는 단계에 직면하고 있으나 경영시스템과 환경정책 등에서는 표준과 규격에 익숙치 않은 것까지도 규격화하려고 한다. 기업의 실질적인 환경부하를 측정평가하여 이것을 감사지표로 하지 않으면 환경부하의 감감을 실현할 수 없다. LCA는 기업활동에 의한 환경부하의 측정에도 과학적인 수단을 제공하는 가능성을 가지고 있다고 생각된다.

LCA는 업계가 서로 공유할 수 있는 넓은 데이터의 유통과 수법면에서의 일치가 필수적인 기술이며 이러한 면은 체제정비가 되어 있지 않다. 개념을 중심으로 하는 추상적인 논의가 많고 불완전하고 주관적으로 적용한 예들의 자의적인 이용이 눈에 띈다. 이것은 LCA에 대한 불신감을 조장하며 대단히 우려가 되는 상황이다. 산업계, 학회의 틀을 넘는 폭넓은 분야의 공동작업이 반드시 필요하다.

(2) LCA의 연구예, 적용예와 그 단계

사무기기업계의 LCA연구, 실용예는 대단히 적다. 아래의 예들은 몇 개 안되는 것을 정리한 것이다.

① (재) 일본 사무 기계 공업회에서는 환경위원회 중 환경기술의 WG로서 LCA에 관한 조사활동을 하고 있다. 현재 각종연구동향, 표준화의 움직임(ISO 등)등 정보수집과 해석이 중심이나 국제적인 표준화의 움직임 등에 맞추어 업계내에서 데이터 정비,

업계 특유의 수법 등을 만들 예정이다.

② 케논(주)에서는 개인 복사기, 프린터 등에 사용되는 캐트리지의 세계적인 규모로 회수, 리사이클 하고 있다. 이 작업은 리사이클에 의해 환경부하가 어느 정도 경감되는가를 캐트리지의 라이프사이클을 통하여 CO₂ 발생량으로 평가된다.

국내 회사에서의 생산된 캐트리지의 로스엔젤레스의 소비자에 구입되어 사용된 후 같은 회사의 회수 시스템을 통하여 중국 대면공장에 옮겨져 재생 캐트리지로 리사이클되는 경우를 채택 하여 연구하고 있다. 케논 회사 관리하에 공정(물류를 포함)에 대해서는 실 데이터를 사용하고, 구입부품, 제품에 대해서는 산업연관표의 계산치가 사용되고 있다. 회수율에 의해 결과는 다르나 현재의 회수율(10%보다 약간 많음)에서는 신제품의 재료, 부품만의 경우 약 1/3의 CO₂가 경감되는 것이 명확해졌다.

③ 후지 제록스(주)에서는 복사용지의 리사이클을 추진하는데 있어서 LCA의 방법을 도입한 평가를 하기위해 데이터, 정보수집을 실시하여 현재 케이스 스터디를 진행중이다. 데이터의 수집, 산출이 매우 힘든 것이 인식되고 공통된 데이터 베이스의 필요성이 인식되고 있다.

(3) 앞으로의 연구, 적용의 예측

사무기기업계에 있어서 LCA의 연구, 또는 적용에 있어서 아래와 같은 과제가 있다.

① 제품개발, 설계에 있어서 환경부하개선을 위한 평가로서 도입된다고 생각된다.

② 가공공정이 많은 제품이 중심이므로 라이프사이클, 특히 앞 공정의 데이터 수집에 대단히 큰 곤란이 따른다. 때문에 기술적인 문제도 있지만 관계업계와의 공동작업이 결정적인 요인이 된다. 예를 들면 소형프린터의 부품수는 약 230개에 달한다.

③ 기법의 표준화, 공통 데이터 베이스 확립 등이 업계에 LCA를 보급하는데 결정적인 역할을 한다. 이와 같은 체제가 갖추어지면 LCA를 사용하는 기업은 급속히 증가한다고 본다.

3.7 건축

(1) LCA와 건축과의 관계

건축은 수많은 재료와 제품을 모아서 건설하는 거

대한 제품이다. 또한 수명은 길고 운용시 소비하는 에너지도 대단히 크다. 그리고 해체시 발생하는 폐기물은 다수, 다종의 재료가 혼재된 리사이클하기에는 너무나 골치 아픈 것이다.

지구 환경문제가 사회적으로 클로уз업 된 1990년 일본건축학회는 특별연구 <건축과 지구환경>을 발족시켜 1992년 6월에 보고서 <건축이 지구환경에 미치는 영향>을 정리했다. 그 중에는 건축이 라이프 사이클을 통하여 지구환경에 미치는 영향을 평가할 필요가 있다는 인식에서 LCGL(Life Cycle Global Load - 라이프 사이클 지구 환경부하)가 정의되었다 [31]. 또한 그 일부로서 긴급과제인 지구온난화 문제에 초점을 맞춘 $LCCO_2^*$ (라이프 사이클 CO_2 에 프레온가스 등의 지구온난화 가스 영향을 더한 것)가 채택되어 분석이 이루어졌다. 그 결과로서 일본의 탄소 배출량을 차지하는 건설분야의 비율(재료제조 → 건설 → 운용 → 해체 → 폐기를 통하여)은 전체의 34%에 달하고 그외에도 관련 파급효과가 상당히 있다고 보고되었다. 이 결과로 지구환경문제에 관한 건설업계의 책임이 막중한 것이 인식되었다.

이와 같이 LCA는 건설업계에 있어서는 지구환경 문제의 연구의 원점이라고 할 수 있으며 앞으로 LCA를 이용한 다양한 분석이 이루어 질 것이다.

(2) 건설업계에 있어서 LCA의 현황

앞에서 설명한 <건축이 지구환경에 미치는 영향>의 발표를 전후하여 많은 LCA적 연구 발표가 있었으며 활동은 점점 활발해지고 있다 일부기업에서는 독자적으로 환경영향예측 프로그램을 개발하여 자사 제품 평가를 하여 지구환경문제에 관심이 있는 소비자에 어필하고 있다. 이 중에는 이미 지구온난화 이외의 평가항목도 연구되어 있는 것도 있다. 이와 같이 건설업계에 있어서 LCA채용이 급속히 진행되는 배경에는 요사이 업계에서 왕성한 연구를 보여주는 LCC(Life Cycle Cost)평가에 영향이 있다고 볼 수 있다. <건축이 지구환경에 미치는 영향>에 있어서도 "기본적으로 LCC평가에 준한 수법으로서 정비할 수 있다"는 것이며 앞의 환경영향 예측 프로그램도 LCC평가 프로그램의 연장선상에 있다.

건축에 있어서 LCA는 건축이 실로 많은 재료, 제품으로 구성되는 이유로 이 재료 데이터는 산업연관 표에 의한 추산치에 의거 할 수 밖에 없다. 건설시에 소비되는 자재와 에너지부하는 입지조건에 크게 좌

우된다. 또한 해체, 폐기시의 부하의 데이터 정비는 건축업협회를 중심으로 착실하게 진행되고 있다. 또한 이 문제는 각 산업계의 LCA 데이터가 정비되면 이를 이용한 보다 치밀한 계산이 가능하다고 기대된다.

건축에서 LCA의 특징은 운용시 지구온난화에 관한 부하가 큰 것이다. 더구나 이 부하는 건축용도는 물론 건설시 기상과 인프라 정비 정도, 운용상황, 사회상황, 최종적 수명 등에 크게 좌우되며 유형화와 정확한 예측은 지극히 곤란하다. 따라서 이 부분에 대해서 표준적 운영상황을 설정하여 평가하게 될 것이다. 또한 앞으로 LCC와 협조하여 건축의 목표수명을 결정하는 큰 요소가 될 것이다.

(3) 건축업계의 LCA 전망과 과제

현재까지 건축재료, 부재, 공법설계에서는 고강도, 고내식성등 앞서가는 것을 지향하고 리사이클을 가미한 설계는 아직 이루어지지 않고 있다. 이와 같은 설계가 이루어지면 환경부하의 저감이 기대되고 리사이클을 가미한 LCA이 적용된다.

건축은 인간생활의 모든 면에 밀착하여 존재한다. 앞으로 인간이 지구환경문제에 대하여 라이프 스타일이 변화하면 건축도 여기에 맞추어 변화할 것이다. 또한 건축이 지구환경에 미치는 영향이 큰 만큼 건축의 LCA에 의한 분석결과는 인간의 라이프 스타일을 규정하는데 많은 영향을 미칠 수도 있다. 건설업계에 있어서 LCA는 데이터와 계산수법의 정비에 따른 정확도의 향상 뿐만 아니라 그 결과를 어떻게 인간의 라이프스타일에 맞추어 가야 하는 커다란 과제가 앞에 놓여 있다.

한편 많은 건축물의 집합체인 도시가 지구환경과 지역환경에 미치는 영향은 아마도 각각의 건축물부하의 합산으로 얻을 수는 없을 것이다. 이 분야에 관해서 건설성이 많은 시책을 내놓고있으며 성과가 기대된다. 건설성에서는 현재 <사회자본의 유지와 갱신, 기능향상 기술의 개발> 및 <자원절약, 에너지절약형 국토 건설기술의 개발>의 2가지 프로젝트가 추진되고 있으며 내용으로는 LCA 분석도 하며 LCC와 지구환경부하평가를 정리할 예정이다.

3.8 시멘트, 세라믹

시멘트 공업은 원료조성시 대량의 CO_2 가 배출되

나 한편 원연료로서 타산업의 부산물 폐기물을 대량으로 사용하는 유효활용할 수 있다는 점에서 환경에 대한 플러스인자도 관련을 가지고 있다. 화인세라믹은 구울 때 다량의 열에너지를 요하며 일부제품은 사용, 폐기단계에서 중금속 용출등 환경에 커다란 부하를 미치는 가능성이 있는 점에서 환경공학적 취급이 점점 중요하게 된다. 이와 같은 의미에서 양산업 모두 LCA적 접근이 앞으로 점점 중요하게 되나 현재 일본에서는 활발한 연구가 이루어지지 않고 있다.

시멘트 공업의 CO₂ 배출에 대해서는 업계 내부가 아니고 화학공학회 <CO₂ 문제의 대책 기술에 관한 평가수법 조사 연구회>에서 실시한 해석예[32]가 있으며 이것은 일종의 LCA적 접근이다.

국외에서는 1993년 가을 개최된 VDZ Kongress' 93(시멘트 제조 기술 국제 심포지움)에서 특별 레포트로 독일 시멘트협회 연구소 Kuhlmann박사의 시멘트, 콘크리트의 에코발란스에 대한 발표[33]가 있었다. 앞으로 이것을 계기로 LCA적 어프로치가 일본에서도 이루어 질 것이다.

양 산업에서 LCA적 어프로치를 할 경우 공통된 문제점은

(1) 사용, 폐기시 형태의 다양성과 사용연수의 길이에 기인하는 여러단계에 있어서 데이터 수집의 곤란성

(2) 원연료로서 타산업의 부산물, 폐기물을 사용하는 경우 데이터 취급방법의 불명확성을 들 수 있다. 또한 통산성 주도의 에코메터리얼 연구개발, 평가촉진조사위원회에 있어서 LCA적 접근을 중요요소로 하는 재료평가법의 연구조사가 진행중이며 여기에 시멘트, 세라믹업계 멤버가 약간씩 참여하고 있다.

3.9 유통

일본의 유통업은 LCA에 대하여 커다란 관심을 가지고 있다. 이유는 두가지이며 첫번째는 소비자 의식이 높아져 독자적인 기준으로 환경 라벨링을 한 상품과 에코마크상품 등을 환경보전형 제품으로 실제로 소비자에게 판매하고 있으나, 보다 과학적 기준, 상품의 life cycle 전체를 시야에 넣어 만든 기준에 의한 라벨링을 요구하기 때문이다. 두번째는 우유팩

등을 recycle하는 도중에 이 recycle의 가능성과 방법의 판단 그리고 용기, 포장재의 선택에 LCA를 활용하고 싶기 때문이다. 이것은 스위스의 생활 협동조합, 미그로스의 사례에서 큰 영향을 받았다.

일본의 유통업 중 가장 빨리 본격적으로 LCA에 관심을 가진 곳은 전국생활협동조합의 국립센터인 생활협동조합연합회(생협연)이다. 일본 생협연은 1991년부터 「환경 21 계획」의 명칭으로 생협이 나아가야 할 환경대책을 종합적으로 연구 기획하는 프로젝트를 시작했으나 LCA는 그 중 용기포장재의 생태학적인 지침을 책정키 위해 활용되었다. 지침은 음료용기, 플라스틱 컵, 세제, 샴푸, 과자에 대해 연구하는 내용으로 95년 중에 제1차 연구가 완성되었다. 일본 생협연의 LCA 연구는 아직 조사 중에 있으며 앞으로 조사연구는 쌓아나아가야 할 점도 많으나 유럽과 미국의 수법을 참고로 독자적인 평가방법을 검토 중에 있다.

인벤토리 대상은 에너지 사용량, NO_x, SO_x, CO₂, BOD 및 COD, 폐기물 발생량이며 life cycle 중에서는 해외부분과 판매 및 소비 이외를 대상으로 한다. 생산재 등의 생산에 관한 부분은 포함되어 있지 않다. 또한 쓰레기 처리에 관한 작성은 별도로 정성적으로 수치화하여 평가 항목에 첨가하고 있다.

일본 생협연 이외의 유통업은 아직 본격적으로 LCA에 대한 관심은 적으나 세이유(西友)는 자체 연구 기관인 상품과학연구소가 소비자 앙케이트로 조사한 결과 등에서 정한 「소비자가 원하는 환경 행동 기준」을 기초로 상품의 life cycle 전반에 가능한 범위에서 배려한 독자적인 환경라벨링 기준을 정하여 특히 재생품 등을 중심으로 상품개발과 판매를 하고 있다. 일본 생협연, 세이유 및 다이에는 1992년부터 일본 LCA 연구회에 실립멤버로서 가맹하고 있으며 적극적인 활동을 벌리며 상품개발과 용기, 포장재의 선택에 LCA를 활용하려는 노력을 하고 있다.

3.10 중공업

중공업계는 육, 해, 공에 걸친 설비와 제품을 제작하며 각각 에너지와 환경대책기술에 크게 관련되어 왔다. 에너지 고효율화와 다용화, 신에너지 이용, 폐기물 및 폐에너지의 재이용, 리사이클[34] 등이 있다. 이러한 기술에 대하여 현재 연구되고 있는 주요한 환경 관련 기술로는 아래와 같다.

기계 철구조 연관으로는 각종 강구조물의 리사이클(사이징기술, 제품별 재질의 표시 등), 재료의 장수명화, 구조물의 경량화 등이 이루어지고 있다. 산업 기계관계에서는 각종 고효율 쓰레기 소각로[35], 각종 폐기물 처리기술, 혼합 플라스틱의 분별, 리사이클 및 유화기술의 개발 등이 이루어지고 있다. 에너지 플랜트로는 화력 발전 플랜트의 발전효율 향상을 위한 초초임계압 발전보일러[36], 고효율 복합발전[37], 가압 유동층 보일러 복합발전[38], 석탄가스화 복합발전[39], 연료전지[40, 41], 석탄회의 처리 및 활용기술, 원자력발전플랜트의 각종 폐기물처분 및 처리장치[42], 선박해양 관계에서는 FRP 폐선처리, 탱커등 대형선 폐선 사이클기술, 해양생물 부착 방지기술[43], 선저도로의 개발[44]등이 이루어지고 있다. 환경문제 대응기술로는 생분해성 재료(미생물에 의한 폴리머 생산기술 등), 탄산가스의 고정화(아민 또는 제오라이트에 의한 분리기술 [45], 심해처리[46] 등), NO_x 촉매 및 SO_x 흡수제의 성능 평가기술, 미량원소의 생체 안전성 평가등이 이루어지고 있다.

중공업에서 취급되는 제품은 재료 사용량이 대량이고 부품수도 많으며 제품수명도 대단히 길며 하나만 생산하는 일이 많으므로 제품성능 또는 기능평가가 주체가 되며 환경부담성 평가로는 주로 제품의 생산공정의 범위, 또 제품의 기능성 평가로는 에너지와 물질수지를 각각 조사하는 단계이다. 전체 라이프 사이클을 생각한 LCA 평가는 아직 검토단계에 있다.

위와 같이 환경대책기술의 주체인 중공업계에서는 사회에 대한 중대한 책무를 가지므로 지구온난화와 산성비등 지구환경문제에 대한 대응도 시급히 요청된다. 이러한 사회상황에 대응키 위해 중공업계에서도 LCA를 사용한 평가기술 설계에 전념할 필요가 필요하다.

3.11 자동차

(1) LCA에 대한 생각

자동차와 환경과의 관계는 크게 3단계로 구별된다.

하나는 자동차를 생산하는 단계이고 다음으로 시장에 사용되는 단계, 마지막으로 폐기되는 단계이다. 각각의 단계를 깨끗이 하는 노력은 전부터 이루어져 왔다. 생산단계에서는 공장의 환경대책(대기, 수질, 소음, 진동, 에너지절약, 자원절약, 리사이클 등)이

진행되었고 사용단계의 환경대책으로 배기가스의 저감, 소음저감, 연비향상을 꾀하는 동시에 자동차 사용방법의 연구로서 교통시스템 연구와 내비게이션(자동항법)기술의 개발 등도 실시되었다. 또한 폐기 단계에서는 리사이클이 적극적으로 이루어져 있고 현재 차량 1대당 약 75%가 리사이클되고 있다.

폐기단계의 부품의 분해-해체가 용이하도록 차량 설계시점에서 생각하고 있다. 또한 프레온가스 사용의 전면 폐지의 추진, 장래 지구 환경문제의 하나인 화석연료 고갈에 대한 대응으로서 각종 대체연료차 개발도 이루어지고 있다.

따라서 하나의 제품에 대하여 체계적으로 라이프 사이클 어세스먼트가 이루어지고 있다고는 할 수 없으나 자동차의 일생(만들어져 폐기될 때까지)에 대하여 환경을 배려한 연구가 이루어지고 있다. 앞으로는 이제까지 대응 등을 빠짐이 없도록 체계화 시킬 필요가 있으며 현재 ISO/TC207-SC5 분과에서 검토중인 LCA 기준화 작업에 주목하고 있다.

(2) LCA적 연구의 실제 예

자동차 산업에 관한 LCA적 연구의 실제 예는 대단히 적다.

현재 있는 예로서 지구온난화 방지의 관점에서 자동차 라이프 사이클의 CO₂ 배출량의 계산결과를 들 수 있다. 이 결과는 石谷(동경대학), 森口(국립환경연구소) 등에서 발표되었으며 각 단계의 CO₂ 배출량의 기여율을 보면 사용단계가 상당히 큰 부분을 차지함을 이해할 수 있다.

다른 평가로는 VOLVO사가 한 평가결과가 있다. VOLVO사는 범퍼재료의 선택에 에너지 사용량 평가를 하여 재료선정을 하였다. 이 평가에 사용된 환경영향 지표는 스웨덴 환경연구소가 작성한 ELU(Environmental Load Unit : 1kg 당의 환경부하단위)이며 Table 2 와 같다.

이 평가에서도 사용단계의 에너지 사용량이 크기 때문에 철제범퍼보다 합성수지 범퍼사용으로 경량화하는 편이 에너지 절약이 된다고 한다. 자동차 산업의 LCA 평가에서는 일본평가와 같이 사용단계의 영향이 가장 환경에 크게 미치므로 평가내용을 대단히 세분화하는 것이 환경평가를 정확히 한다고 할 수 없음을 알려준다. 평가수법은 간단하나 포인트를 확실히 알 수 있는 LCA 평가 시스템을 확립하는 일이 대단히 중요하다고 볼 수 있다.

(3) 앞으로의 LCA 연구와 과제

LCA 방법의 연구 확립은 1993년 7월에 설립된 다음 위원회 및 분과회에 참가하여 자동차 산업의 LCA에 대하여 검토를 진행하고 있다.

또한 일본 자동차 공업회로서 1993년 10월 환경대책부 회의 밑에 LCA-WG를 설치하여 위의 위원회 및 분과회 활동에 대응하고 있다. 실제로 LCA를

비교·평가하면 좋은가? (배출가스량은 자동차 1대가 전 생애에 걸쳐 배출하는 양을 계산으로 구할 수 있는가, 소음에 대하여 전 생애의 소음을 어떻게 평가하면 좋은가 등)

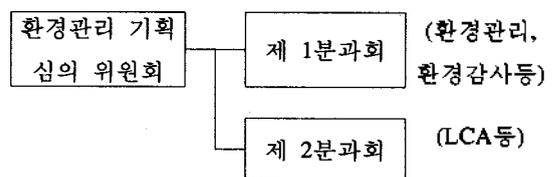
따라서 LCA를 구체적으로 적용키 위해서는 각 업계, 또는 국제적인 평가 기준의 컨센서스가 대단히 중요하다.

Table 2. Environmental Index

ENVIROMENTAL INDEX					
Raw materials	(ELU/kg)	Emissions - air (ELU/Kg)		Emission -water (ELU/Kg)	
Co	2300	CO ₂	0.04	Suspended matter	1E-07
Cr	22.1	CO	0.04	BOD	0.0001
Fe	0.38	NO _x	245	COD	0.00001
Mn	21	N ₂ O	0.6	TOC	0.00001
Mo	4200	SO _x	6.03	Oil	0.00001
Ni	700	CH	10.2	Phenol	1
Pb	262	PAC	600	Phosphorus	2
Pt	42000000	Aldehyde	20	Nitrogen	10
Rh	42000000	HCl		DDT	10000
Sn	4200	F	1E-07	PCB	10000
V	42	Hg	10	Dioxin	100
Oil	0.168	Cd		Al	1
Coal	0.1	Emission - land (ELU/Kg)		As	0.01
Land	(ELU/m ²)			Cd	10
		As		Cr	0.5
Areable land	2.93	Cd		Cu	0.005
Forested land	1.05	Cr		Fe	1E-07
Residual land	0.98	Cu		Hg	10
Energy	(ELU/Kg)	Hg		Mn	1E-07
		Ni		Ni	0.001
Oil	0.33	Pb		Pb	0.01
Coal	0.28	Sn		Zn	0.00001
Electricity(MJ)	0.014	Ti			

계화하기 위해 다음과 같은 과제가 있다.

- ① 하나의 제품을 평가하는 경우 사람에 미치는 독성영향 데이터와 지구온난화에 대한 기여도를 어떻게 비교, 평가하면 좋은가?
- ② 자동차에서 배출된 물질과 소음레벨을 어떻게



참고문헌

- 1) 板本茂實・内藤博, 製品の影響評価(EIA)プログラム, 第1回廃棄物學會研究発表會, 116~119
- 2) 中井嘉一, 商品開發と環境影響評價, 品質管理, 1477~1481
- 3) 佐藤泰文, トナカ-トリッジの CO₂ 排出量ライフサイクル分析, 第1回リサイクル技術研究発表會 講演論文集, (財) クリーン・ジャパン・センター, B-7~10
- 4) 寺下晃・盛岡通, 微量有害物質のリスクを指標とした製品のライフサイクルアセスメントに関する研究, 環境システム研究, 20, 339~342
- 5) 森口祐一・近藤美則等, 素材生産に伴う二酸化炭素の排出原単位と自動車生産過程への適用, 第8回 エネルギー-システム・経済コンファレンス論文集, エネルギー・資源學會, 309~314.
- 6) 稲葉敦・小宮山浩等, 太陽光発電システムのエネルギー-評価, 化学工学論文集
- 7) 山口一・小笠原均郎等, 省資源・省エネ・省廃棄物ビルに関する調査, 第4回廃棄物學會研究発表會 講演論文集, 61~64
- 8) 石福昭・伊香賀俊治, ライフサイクルCO₂による建物の評価, 建築設備士, 14~23
- 9) (社) プラスチック処理促進協會, 廃プラスチックの処理・再資源化に関する環境影響評価
- 10) 日本生活協同組合連合會, 容器包材の環境評価に関する中間報告
- 11) 内山洋司, 発電プラントの温暖化影響評価, 電力経済研究, No.32, 3~16
- 12) 寺島泰・倉石一郎, プラスチックトレイのライフサイクルアセスメント, 第3回廃棄物學會研究発表會講演論文集
- 13) 和田安彦・三浦浩之等, 人間活動の地球インパクトの定量化とその低減のための環境負荷性評価--食品トレ-を例として, 環境科學會
- 14) 田中勝・大迫政浩等, ライフサイクル分析による廃棄物處理事業の評価, 第14回全國都市清掃研究発表會講演論文集, 4~6
- 15) 高月絃, 環境にやさしい暮らし, 廃棄物學會誌, 2(2) 49~53
- 16) 槌屋治紀, 日常生活の資源・エネルギー-分析, エネルギー・資源投稿中
- 17) 吉岡完治等, 環境分析用産業連關表の應用--環境家計簿作成のためのCO₂排出点数表--, イノベーション & I-Oテクニク, 4(1)
- 18) 地球環境問題への高分子系新素材の對應の可能性に関する調査研究, 日本機械工業連合會/高分子素材 センタ
- 19) 廃プラスチックの処理・再資源化に関する環境影響評價(1992), プラスチック處理促進協會
- 20) プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価(1993), 同上.
- 21) プラスチックなど包装材料の環境影響評價(1993), 同上
- 22) Proceedings, Eco-Balance Review Conference, Oct. 20-21(1993) (Brussels).
- 23) 松崎等, 第9回エネルギーシステム・経済コンファレンス, 69(1993)
- 24) 石谷等, エネルギー資源學會第11—研究発表會講演論文集, 319
- 25) 石川等, 第8回 エネルギーシステム 経済コンファレンス 297(1992)
- 26) 鈴木・迫田, RITE—地球環境生産技術のシーズ發掘のなめに—資料集, 23(1993)
- 27) 日本鐵鋼協會, 「炭酸ガス抑制と製鐵プロセスの未來」(1993)
- 28) 예를 들면, 八木等, 金屬, #6, 23(1993)
- 29) 예를 들면, 近藤等, 第8回エネルギーシステム・經濟 콘ファレン스, 309(1992)
Ohuchi, Proc. of '93IU-MRS(1993)
- 30) 예를 들면, 沖慶雄, 日經, マテリアル, 63(1993-7)
- 31) (社) 日本建築學會, 「建築が地球環境のあたえる影響」 30(1992.6)
- 32) NEDO/RITE : CO₂ 問題の對策技術に関する評價手法の調査 (NEDO-ITE 9002-2) (1991)
- 33) K. kuhlmann: Ecobalance for building materials using the example of cement and concrete, VDZ Kongress '93 (Dusseldorf)
- 34) 瀧川徹 (三菱重工), 地球環境と調和したエネルギー利用技術と當社の取組み, 三菱重工技報, 29(3), 179(199 2)
- 35) 淺井捻斗(石川島播磨重工), ダイオキシン對應流動床式都市ごみ焼却爐の開發 33(5) 287(1993)
- 36) 瀧上亨一・伊阪弘 (電源開發), 超高溫高壓火力發電プラント(USC)の開發, 鐵と鋼, 第76年 第7號,

3~12(1990)

- 37) 武田泰司氏(日立製作所), 高效率コンバインド発電プラント—熱効率50%を目指して—, 日立論評, 74(11) 9~14(1992)
- 38) 安藤英 (石川島播磨重工), 加圧流動層複合発電プラントの動向, ターボ機械, 20(1), .51~56(1992)
- 39) 石川浩氏 (電力中央研), 石炭ガス化複合発電の關する研究の現状と今後の課題, 火力原子力発電, 41(403), 18~27 (1990)
- 40) 中澤建三 (石川島播磨重工), 熔融炭酸鹽型燃料電池プラントの商用化への展望と課題, 石川島播磨技報, 31(6) 391~398(1991)
- 41) 皆川勝司氏 (三菱重工), 固體電解質型燃料電池の開発, 三菱重工技報, 28(1), 41~48(1991)
- 42) 若松久夫氏(石川島播磨重工), 高レベル放射性廢棄物の處分技術の開発, 石川島播磨技報, 29(5), 326~331 (1989)
- 43) 宇佐見正博氏 (三菱重工), 導電塗膜による無公害海洋生物付着防止システム, 日本造船學會誌, 767, 22~25 (1993)
- 44) 翁長一彦 (日本造船研究協會), 船底防塗科, 日本造船學會誌, 763 9~13(1993)
- 45) 繩田秀夫氏, 火力發電所廢ガスからのCO₂分離回收技術, 三菱重工技報, 29(4) 296~303(1992)
- 46) 木室晴祝 (石川島播磨重工), CO₂の海洋處理に關する研究, 石川島播磨技報, 33(5), 312~315(1993)