

# 전과정 평가 기법과 활용

## Life Cycle Assessment and Its Application

김용기\* 이철규\*\* 이재영\*\*  
Kim, Yong-Ki Lee, Cheul-Kyu Lee, Jae-Young

---

### ABSTRACT

LCA is a tool to support for making decisions by offering information of environmental aspects of products or services. It can be used to make decisions to consumers and NGOs as well as government and enterprises. LCA evaluates the environmental aspects throughout the entire life cycle of a product. Therefore it can quantify and assess environmental impacts from raw material acquisition, manufacturing, distribution, use and disposal to end of life and recycling. The demands of the recycling rate increase and the use of suitable materials for RoHS, REACH, WEEE, ELV which are linked trade with environmental regulation have increased the worldwide. Global warming is the critical challenge of the world facing. And under post-Kyoto protocol each country has to prepare for target reduction, so it became essential to save energy and resources. In addition that, the carbon mark has been run as the way of showing example of CO<sub>2</sub> reduction in domestic and it will be extended gradually. And also through the introduction of Eco-label, environmentally-friendly product will be promoted. When those systems are operated, global warming gases (i.e. CO<sub>2</sub>) can be calculated throughout the entire life of the products by LCA. And the environmental impacts such as harmful material emission in the process of manufacturing, energy consumption, distribution and so on, can also be assessed. Therefore, The basic concepts of LCA technique and various cases and the practical application in the future will be review in this study.

---

## 1. 서 론

최근에 전세계적으로 무역과 환경규제를 연계한 RoHS, REACH, WEE, ELV등의 기준에 적합한 물질을 사용하여야 하고 재활용율도 향상시킬 것을 요구하고 있다. 또한 포스트 교토체제(2013)와 관련하여 온실가스저감은 지구가 당면한 문제로서 국가별로 저감목표 할당에 대응방안을 마련하고 있어 에너지 절감 및 자원절약은 필수조건이 되고 있다. 전세계인은 환경보호를 위한 관심이 전 지구적인 차원에서 증대하면서 환경문제는 가장 민감하고 긴급한 국제협력과제로 대두되고 있다. 우루과이 라운드('93)를 계기로 환경과 무역을 연계한 다자간 협상의 등장에 따라 미래의 환경문제는 온실가스배출 억제 등 제품뿐만 아니라 제조 공정에 대한 국가별 환경기준에 따른 상계관세부과, 기업 활동을 전반에 걸친 환경표준의 설정등으로 구체화 되고 있다. 환경오염은 단순한 하나의 환경부하는 감소되지만 다른 형태의 환경부하가 발생하는 Trade-off 효과가 존재한다 . 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 특정한 제품이나 서비스에 관련된 총체적인 환경영향, 즉, 원료채취, 제품의 생산, 유통, 사용 및 운용, 재활용, 폐기 등의 전과정에서 발생하는 환경영향과 자원 및 에너지 소비량을 정량적으로 산출하고 평가할 수 있는 도구가

---

† 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실  
E-mail : ykkim@krti.re.kr  
TEL : (031)460-5382 FAX : (031)460-5279  
\*\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실

필요하다. 이와 같은 도구로 개발된 생태균형(Eco-Balance)라고 불리는 LCA(Life Cycle Assessment) 평가이다. LCA는 특정제품이나 공정 또는 활동의 총체적인 CO2배출량 산출뿐만 아니라 환경영향을 평가함으로써 환경적 건전성 여부를 평가할 수 있는 매우 중요한 도구이며, 현재 ISO 14000series에 체계화되어 있다. 따라서 본 연구에서는 전과정평가의 개념과 응용사례를 통해 활용방안 등을 고찰하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 LCA 기본 개념

LCA는 기존의 환경성 평가기법인 환경영향 평가와는 달리 취급하는 대상 및 환경오염의 종류 공간적, 시간적 범위가 전과정을 포함한다. LCA는 주요 4단계로 구성되어 있다.

(1) 목적 및 범위설정 : 평가의 목적과 시간적, 공간적 범위를 결정하고 시스템을 설정한다.

(2) 목록분석 : 각 단계에 대한 원료, 에너지 배출, 폐기물 등의 부하를 조사하고 목록화 한다. 각 단계에 대해서는 각각의 입출력을 파악한다. 입력은 원료, 에너지 및 각종 첨가재이며, 출력은 제품, 부산물, 폐기물, 환경오염 물질 및 운송에 거리에 따른 각종 환경오염물질 배출량을 조사한다.

(3) 영향 평가 : 목록의 환경적 영향을 평가한다. 이는 각 부하를 유사한 영향의 범주들로 정리하는 분류이며, 분류된 각 영향을 정량화 하는 특성분석 그리고 정량화된 영향들을 하나의 평가단위로 종합하는 평가로 수행한다

(4) 개선평가 : 영향을 감소시킬 수 있는 기회를 파악하고 분석한다. 이들은 순서적으로 수행하는 것이 아니라 상호보완적인 유기적 관계를 가지고 각 단계간에 Feed-back을 형성하면서 연구의 범위, 목적등을 상황에 맞게 수정 보완하면서 수행된다.

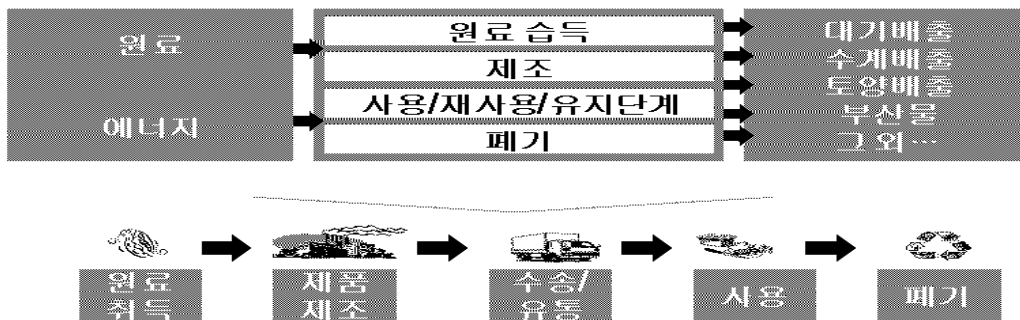


그림 1. LCA 수행단계

### 2.2 국내외 LCA 연구동향

국내의 연구동향은 표 1과 같다.

### 2.3 LCA 응용사례

LCA는 제품 자체뿐만 아니라 제조기술, 원자재의 환경친화성까지 평가대상으로 하기 때문에 설계의 중요성이 매우 크다. LCA적 관점에서 설계란 제품 자체의 설계뿐만 아니라 생산방법, 제품의 이용패턴, 폐기물관리까지를 포함하는 전과정 설계(Life Cycle Design)를 의미한다. 기계장치 등은 한 번 생산되면 해당 제품의 수명동안 계속해서 연료 및 에너지를 소비하게 되고 이에 따라 각종 환경오염물질을 배출하게 되므로 운영, 즉 사용단계에 대해서 LCA를 통한 합당한 분석을 거쳐야 한다. LCA 연구의 이용 및 활용분야는 표 2에 나타내었다.

국 외	내 용	국 내	내 용
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>철도차량의 전과정에 걸친 비용분석을 위한 접근 기반 시스템을 구축</li> <li>RAVEL (Rail Vehicle eco-efficient design)</li> <li>Nordic Environmental Manual</li> </ul>	중소기업청	<ul style="list-style-type: none"> <li>포장재에 대한 전과정평가 연구와 각 산업계의 전과정평가 적용에 관한 연구</li> </ul>
네덜란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>펄립스, 북보 등 기업과 전문가의 참여한 Eco-indicator 95 수행</li> </ul>	에너지 관리공단	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지관련분야의 LCI 데이터베이스 개발</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>신칸센 열차의 소음과 진동에 관한 문제와 에너지 소비 및 CO2 배출 등의 환경 문제들에 관한 수행</li> </ul>	산자부	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업분야별 LCI 데이터베이스 구축 (전기, 석유화학, 광물자원 등)</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC를 이용해 여행이나 등근을 하는 경우 소비되는 자원의 필요량 등의 환경영향을 정량적으로 분석</li> </ul>	환경부	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품의 환경성적표시제도 DB 구축</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경보호청(EPA)과 환경독성학회 (SETAC)에서 환경영양추산 및 비용절감을 위해 전과정 평가 수행</li> <li>미국방성에서는 EPA와 함께 오염방지 프로그램과 폐기물최소화 정책에 관하여 연구</li> </ul>	포스코	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계철강협회(ISI)와 함께 자사의 탄소강 제품에 대한 전과정 목적 분석</li> </ul>
		삼성, LG, 유인켄켄리	<ul style="list-style-type: none"> <li>자사제품에 대한 전과정평가를 활발하게 수행</li> </ul>

표 2. LCA 활용

분야	LCA 내용
일반적 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 전체의 자원이용, 에너지소비, 환경부하등에 대한 정보기준 설정</li> <li>제품이나 전과정 내에서 자원이용이나 배출물을 감소시킬 수 있는 단계(원료획득, 가공, 수송, 사용/재사용/재활용/폐기)구명</li> <li>대체공정/제품/활동과 관련된 시스템의 투입물 및 산출물 비교</li> <li>지원요구량과 배출물의 전체적 감소를 위한 신제품/신공정/신규활동 개발 유도</li> <li>전략적 계획</li> </ul>
민간분야 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>조직내에서의 대체물질, 제품, 공정이나 활동등의 상호 비교하여 제품의 향상기대</li> <li>자원의 사용 및 배출물 정보를 다른 제조업자의 제품과의 환경성 비교</li> <li>제품/공정/활동과 관련된 환경부담 감소</li> <li>정책입안자 및 전문가와 일반대중에게 자원이용/배출물에 대한 정보 제공</li> <li>에너지/원료물질/환경배출물들의 감소에 대한 제품품관련 주장 증명</li> </ul>
공공분야 이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>자원의 사용과 배출물의 감소에 영향을 미치는 현 정책 및 미래정책들을 평가하는데 정보 제공</li> <li>물질과 자원의 사용 및 환경배출물들에 관한 정책과 법규를 개발</li> <li>정보와 인식차이의 격차 확인하고 정부차원의 다양한 수준 요건 수립</li> <li>에너지/원료물질/환경배출물 등의 감소를 주장하는 제품의 평가</li> </ul>
공공교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>자원의 사용과 배출물들의 특성에 관한 일반 대중의 이해</li> <li>제품/공정/활동 등의 설계 종사자들을 훈련시키는 과정</li> </ul>

### 1) 철도분야

일본 RTRI(철도총합기술연구소)에는 1990년대 부터 지금까지 철도산업에 전반에 대한 LCA방법론 개발 및 환경부하에 대한 기반 연구를 수행하여 오고 있다. 초기에는 기본개념 정립부터 출발하여 철도산업의 기본 현황에 파악을 위한 분석적 연구를 수행하였다. 2000년대 부터는 철도차량에 LCA평가 및 인프라부분까지 LCA연구의 영역을 확대하고 있다. 또한 LCA기법을 오염지역 정화, 소음 및 생태환경 등 산업의 전분야 까지 확대하여 다양한 연구를 수행하고 있다. 기존 노선의 신칸센 차량에 LCA연구를 통해 온실가스발생량, 재료사용량, 에너지 사용량, 차량의 경량화 연구를 통해 신규노선 설계 제작시 LCA연구를 반영하고 있다. 향후에는 LCA응용연구는 LCC기법과 통합된 기법으로 비용적인 측면을 고려한 환경 친화적인 철도건설에 적용될 전망이다.

유럽 철도차량 제작업체인 Siemens는 Metro Oslo에 대하여 전과정 환경성 분석을 통해 주요 환경성능지표를 도출 하여 철도차량의 환경성능인증 (Environmental Performance Declaration, EPD) 및 에코디자인(Eco-design) 방안을 수립하고 있다. Bombardier는 Stockholm Metro Car 프로젝트(1999)부터 차량의 전과정평가를 수행하여 친환경제품선언을 통해 경쟁력 강화에 적용하고 있다.

## 2) 자동차 분야

자동차분야에 대한 LCA 응용은 비교적 활발한 편이다. EU의 폐기 자동차 처리규정에 대응방안으로 친환경적 자동차 설계 반영을 위해 LCA연구를 기반으로 평가하여 반영하고 있다. 각국의 환경규제에 대한 자동차 산업계의 해당 국가의 산업구조와 그 특성에 따라 차이는 있으나 환경규제 대상의 사업장 전체로부터 제품 및 부품중심으로의 전환, 유사 Sub-part 들을 하나의 카테고리로 분류하여 시행하는 포괄적 통합평가등에 적용하고 있다, 특히 자동차 폐기 후 Recycling 효율의 획기적 개선이 요망되는 현 시점에서 제품 및 이를 구성하는 요소부품 중심으로의 LCA 기법을 활용하고 있다. 최근 Eco-design이라 불리는 환경친화적 설계기법 적용과 차량부품 Modulation에 의한 LCA 수행이 주목받고 있다.

## 3) 건축 및 건설분야

건축물의 라이프사이클 과정에서 발생시키는 자원 및 에너지 소비량, 온실가스 배출량을 정량적으로 평가하여 친환경건축물을 권장하고 나아가 기후변화협약 등 국제적인 환경변화에 능동적인 대안을 수립함이 시급하게 요구되고 있다. 국내의 경우 건축물의 친환경화에 필요한 정량적 정보의 부족 및 국가적으로 공인된 환경부하 원단위 LCI DB 및 정량적 평가방법의 미비로 실제적인 친환경 건축물의 육성에 많은 제약이 따르고 있다, 이에 건축물의 라이프사이클 과정에서의 환경영향 평가정도를 평가·분석하여 환경친화적 건축산업으로 유도하기 위한 평가지표 및 도구의 개발과 더불어 환경영향을 최소화하고 기업의 환경비용을 절감을 도모할 수 있는 제도적 유도를 위해 건축물 부분의 자원, 에너지 소비 저감 촉진을 위한 정책적 계량지표 설정, 건축물의 라이프 사이클 과정에서 자원 소비량, 에너지소비량, 이산화탄소 등의 온실가스 배출량을 산정하는 표준방법의 설정 및 프로그램화, 국제 표준 및 현재 시행중인 친환경건축물 인증제도와 효과적으로 접목하기 위한 기술적, 행정적 방안의 제시 및 LCA기법에 근거한 건축물 용도별 친환경 평가기법을 국제사회가 요구하는 환경부하의 저감 및 친환경건축물의 육성 및 건축물 환경성능향상에 적용하고 있다.

건설공사에서도 발생할 수 있는 환경에 미치는 영향을 개개의 영향범주를 통합하고 정량화하기 위한 건설공사 각 단계별 에너지 사용량에 의한 CO2 발생량 만을 산정하여 초기설계 단계에 적용함으로써 건설공사의 전체적인 환경부하를 평가하여 의사결정기법으로서 LCA 기법을 적용하여 평가하고 있다. 현재 건설단계의 환경부하 평가는 의무사항은 아니지만 턴키 설계시 LCA기법을 활용한 평가가 확대되고 있지만 환경부하 평가부분은 미약하다. 그러나 향후 건설단계에서의 온실가스 감축에 대비한 대응방안의 수립이 시급한 실정이다.

## 4) 전기 및 전자제품 분야

최근들어 경제성장에 비례하여 수명을 다한 제품의 폐기문제가 심각하게 대두되고 국제기구를 중심으로 무역과 환경을 연계시켜 선진국을 중심으로 자국산업의 경쟁력 확보와 비교우위 수단으로 사용하는 움직임이 대두되고 있어 기업에서도 환경을 고려한 제품에 대한 관심이 집중되고 있다. 특히 몬트리올 의정서와 같이 지구환경보전을 위한 국제협약과 WTO, OECD 등의 국제기구를 통한 환경관련 무역규제, EU를 중심으로 IPP(Integrated Product Policy), WEEE(Waste Electric & Electron Equipment), RoHS(Restriction of Hazards Substances, 06. 7) 등 환경규제가 강화되었다. 국내 전자업계에서도 RoHS에서 규제하고 있는 유해물질을 사용하지 않는 제품만을 생산하고 있으며 이제는 환경친화아니면 퇴출위기에 몰리게 되는 기업의 사활문제가 달려있다. 따라서 제품의 개념설계 단계에서 환경을 고려한 조립용위성을 위한 설계(DFA), 분리용이성을 위한 설계(DFD), 전과정 평가(LCA)를 통해 환경친화형설

계(DFE)를 성취하고 있다.

5) 환경성적 표지제도 분야

환경성적표지제도(ISO 14020)는 제품이 가지는 전과정적인 환경영향을 계량화시켜 소비자에게 있는 그대로 전달함으로써 환경친화성 여부를 소비자가 비교 판단하게 한다. 즉 제품에 대한 환경성 정보의 공개 및 전달수준으로 대표적인 제품중심의 환경정책 도구이다. 기존의 환경정책이 기업내에서 폐기물, 환경오염배출물, 독성물질, 소음등의 발생에 초점을 두었다면 이 제도는 초점을 제품에 두고 있으며 구체적으로 제품시스템의 전과정 즉 원료, 채취, 부품생산, 조립 및 완제품생산, 수송, 사용, 폐기처리 및 재활용으로 확장보고하고 있다. 이 분야에서는 LCA평가등 반드시 수행하여야 한다.

환경마크제도는 제품과 서비스의 환경측면에 대한 검증가능하고 정확한 정보에 대한 소통을 통해 환경오염 저감을 위한 제품과 서비스의 수요와 공급을 장려하여 궁극적으로 시장주도의 지속적인 환경개선을 유도하기 위함이며 향후 포스트 교토체제에서의 기후변화협약 대응에 대한 탄소성적표지 제도와 함께 제품의 CO2 배출량 표시제도는 산업전반에 확대될 것으로 전망된다.

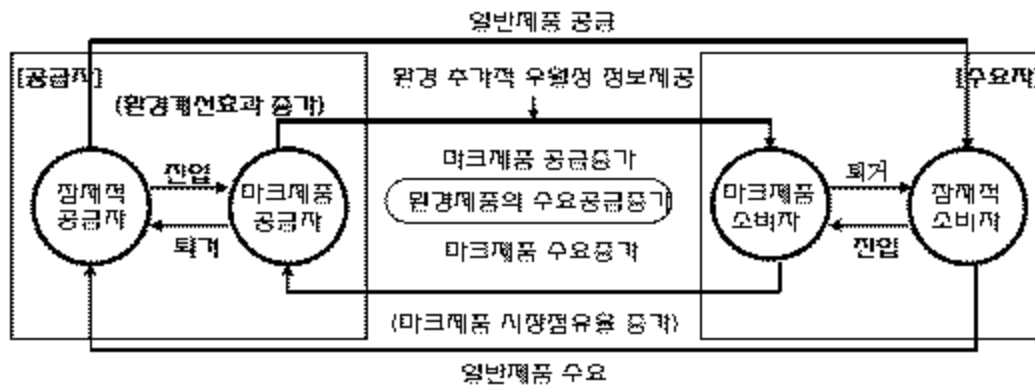





표 3. 환경성능 운용제도

	Type I	Type II	Type III	변형 Type III
제도명	환경표지		환경성적표지	탄소성적표지
ISO 표준	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025	미정 (2011.상반기 예정)
관련법	환경기술개발 및 지원에 관한 법률	표지·광고의 공정화에 관한 법률	환경기술개발 및 지원에 관한 법률	환경기술개발 및 지원에 관한 법률(예정)
환경정보 의미	상대적 환경성 우수	환경성 우수 자체 선언	정량적 환경정보정량적 제공	정량적 환경정보 & 절대적 우수성
인증 마크				

### 3. 맺음말

LCA는 모든 제품, 활동의 전과정에 대한 환경영향을 평가하고 개선하는데 그 유용성이 입증되었으며 (ISO 14000series) 향후 일상 생활과 기업활동의 모든 제품 및 전 산업에 대한 전과정 평가는 필수적인 요소가 되었으며 그 응용범위도 확대되어 가고 있다. 한편 철도차량의 경우에도 유럽에서는 구매부문에서도 LCA에 대한 평가 자료를 요구하고 있기 때문에 우리나라의 철도차량분야에서도 이에 대한 대응 방안도 필요하다. 최근에는 환경에 대한 경제성과 통합된 틀에 대한 많은 연구가 진행되고 있지만 아직은 초보적인 연구 수준이며 이에 대한 연구도 활성화 될 것으로 판단된다. 환경영향을 환산하는 연구는 아직 초기단계이기 때문에 환경영향의 화폐가치 평가 연구가 필요하다. 환경부하평가에 대한 환경비용 뿐만 아니라 사후 환경영향에 의한 대기, 수질, 토양 등에 관한 전반적인 비용평가에 대한 모델개발 등이 필요하다. 환경영향의 저감요소, 비요절감이 가능한 요소 및 사회적 편익 증대요소 등 각 부문별 대안선택 및 개선의 여지를 파악이 필요하며 앞으로 모든 산업이 국가적 수준에서 평가되고 있는 지속가능성 지수를 환경적, 경제적, 사회적 평가에 대한 통합평가 모델의 개발에 대한 연구도 선행되어야 한다.

#### 참고문헌

1. 한국철도기술연구원, 전동차 전과정평가(2006)
2. 최대, 환경친화적 자동차와 LCA 동향, 자동차 공학회지(2003)
3. 김상용 공역, 환경전과정 평가, 시그마프레스(1998)
4. 이진모 외, 환경전과정 평가의 이론과 지침, 한국환경품질인증협회(1998)
5. 허탁, 환경친화적 자동차 산업과 전과정평가, 자동차 재활용 워크숍(1997)
5. APEC, Life Cycle Assessment(ISO 14040)(2004)
6. APEC,Self-Declared Environmental Claims(ISO 14021)(2003)