

철도산업과 전과정평가(LCA) Railway industry and Life Cycle Assessment(LCA)

정인태* 양윤희** 이건모*** 김용기****
Jeong, In-Tae Lee, Kun-Mo Yang Yun-Hee Kim, Yong-Gi

ABSTRACT

Life cycle assessment(LCA) has been developed from the concept of life cycle thinking. Life cycle thinking implies that everyone in the whole chain of a product's life cycle, from cradle to grave, has a responsibility and a role to play, taking into account all the relevant external effects. LCA is an analytical tool for identifying environmental loads and assessing the environmental impact in the whole chain of a product's life cycle. In Europe and Japan, LCA and ecodesign study for railway industry have been actively carried out recently. However, LCA for railway industry in domestic is still infant. LCA is standardized in International Organization of Standardization(ISO), base on the ISO 14040 standards, 307 life cycle inventory(LCI) database for infrastructure and base materials have been established in total since 1999. Some of LCI database can use in performing LCA for trains and railway infrastructure, but still not enough to derive accurate LCA result. Therefore, railway oriented LCA methodology and LCI DB are needed to be developed.

1. 서론

21세기에 이르러 세계 각국의 환경보호 정책은 사후처리 개념(End of pipe)에서 벗어나 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development)을 달성하기 위한 사전오염예방원칙(precautionary principle) 및 제품중심 규제로 변화하고 있다. 철도산업에서도 예외 없이 이러한 변화가 일어나기 시작했으며, 환경성 측면을 개선하기 위한 다양한 시도가 이뤄지고 있다.

유럽의 RAVEL과 REPID 프로젝트를 통해 철도산업에서 환경성과지표(Environmental Performance Indicator; EPI) 개발과 data format의 표준화하고, 이를 위한 도구를 개발하고 있다. 그 예로는 환경성과 개선을 위한 설계 가이드라인 핸드북, 환경성평가 및 data 수집 지원을 위한 inventory software 도구, 환경성평가와 전과정비용(life cycle costs)과 접촉 평가 도구 등이 있다. 독일에서도 고속전철 시스템의 환경성 프로파일(environmental profile) 개발에 대한 연구를 수행하였다. 또한 일본에서는 신칸센 열차에 대해 타고 통수단과의 배출가스에 대한 환경성 비교 분석 및 원료물질에 대한 환경성 분석을 수행하였다.

* 아주대학교 박사과정, 학생회원
** 아주대학교 석사과정, 학생회원
*** 아주대학교 교수, 회원
**** 한국철도기술연구원 연구원, 정회원

상기 사례에서 보듯이 철도산업에서도 환경은 하나의 큰 이슈로 부각되고 있고, 철도의 환경성을 파악하기 위한 다양한 도구를 개발하고 활용하고 있다. 국내에서는 아직까지 철도의 환경성에 대한 분석 조차 이뤄지고 있지 않은 상황이다. 여기에서는 철도의 환경성 분석 도구로 활용될 수 있는 전과정평가에 대해 알아보고, 철도산업에서 활용 가능한 국가 LCIDB 구축현황을 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 전과정평가(LCA) 란?

환경보호에 대한 인식이 증가함에 따라서 제품 제조와 관련된 환경영향의 중요성이 증가하였다. 이와 같은 흐름에 따라 환경영향을 제품의 전과정(life cycle)에 걸쳐 파악하고, 이를 감소시키기 위한 기법을 개발하려는 노력이 진행되고 있다. 이들 기법중의 하나가 전과정평가(이하 LCA)다.

LCA는 전과정사고(life cycle thinking) 개념의 등장으로 정립된 기법이다. 전과정사고는 요람에서 무덤까지(cradle to grave)의 시각에서 대상 제품시스템을 고려하는 개념이다. LCA는 제품의 전 과정에 걸쳐 발생하는 환경부하를 파악하여 환경에 미치는 영향을 평가하는 체계적인 분석도구라 할 수 있다. 여기서 제품이라 함은 물질제품뿐만 아니라 서비스를 포함한다. 전과정은 원료 물질의 취득에서부터 가공, 제품 제조, 사용, 수송 및 최종 폐기물의 폐기 및 재활용 단계를 모두 포함한다. 환경부하는 수질 오염물, 대기 오염물, 폐기물뿐만 아니라 자원소모(에너지와 물질)도 고려한다. 환경영향은 일반적으로 천연자원, 인간 보건 및 생태계에 대하여 실제적으로 미치는 영향이 아닌 잠재적인 영향을 의미한다.

ISO 14040¹⁾에 의하면, LCA는 목표 및 범위 정의(goal and scope definition), 전과정 목록분석(life cycle inventory analysis), 전과정 영향평가(life cycle impact assessment), 전과정 결과해석(life cycle interpretation)의 4단계로 구성된다고 정의하고 있다. LCA의 구성요소를 그림 1에 나타내었다.

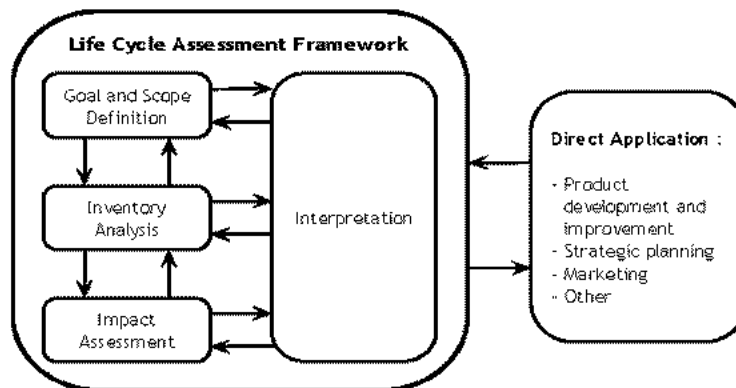


그림 1. LCA의 구성 체계(ISO 14040)

LCA 연구의 전체적인 골격은 목표 및 범위 정의 단계에서 이루어지며, 각 단계별 수행 내용을 아

¹⁾ ISO 14040, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, 1997

래에 요약하였다.

- 1) '목표 및 범위 정의' 단계: LCA를 수행하는 목적을 명확히 규명하고, 그 목적을 충족시키기 위해 앞으로 수행될 목록분석, 영향평가 결과해석 등을 기획
- 2) '전과정 목록분석' 단계: 대상 시스템을 들어오고 나가는 모든 입/출력 자료(input/output data)를 수집하고 계산
- 3) '전과정 영향평가' 단계: 목록분석 단계에서 수집한 투입물과 산출물이 환경에 얼마만큼 영향을 미치는지를 과학적인 인자를 사용하여 평가
- 4) '전과정 결과해석' 단계: 마지막 과정으로서 목록분석 결과와 영향평가 결과를 연구의 목적에 적합하게 해석하고 보고

LCA는

- 1) 제품 전과정의 여러 단계에서 제품의 환경측면을 개선시키기 위한 기획 파악,
- 2) 산업계, 정부 또는 비정부 기구의 의사결정(예: 전략기획, 우선순위 설정, 제품이나 정의 설계 또는 개 설계),
- 3) 측정 기법을 포함한 관련 환경성과지표의 선정,
- 4) 마케팅(예: 환경성 주장, 환경라벨링 또는 환경친화적 제품 선언)을 수행하는데

도움이 될 수 있다.

2.2 전과정목록(LCI) DB 구축 현황

LCA를 수행하기 위해서는 제품시스템을 구성하는 각 단위공정들의 전과정에 걸친 투입물 및 산출물 정보를 정량화한 LCI DB를 필요로 한다. LCA 수행시 대부분의 시간 및 비용을 데이터 수집에 할애하게 되고, 이러한 데이터의 품질은 LCA 결과에 영향을 미치게 된다. 따라서 신뢰성 있는 데이터 수집 및 LCI DB가 요구된다. 이를 위해 국내에서는 신뢰성 있는 국가 LCI DB를 구축하였다.

국내에서는 지난 1999년부터 산업자원부와 환경부에 의해 국가 기간산업 및 주요 원자재에 대한 307종의 LCI DB를 구축하였으며, 이를 국가기반산업 및 기초소재로 구분하여 DB 구축 현황을 도표 12)에 나타내었다.

도표 1. 국내 LCI DB 구축현황(2004년 10월 현재)

구분		계	환경부	산자부
국가기반산업	수송	28	21	7
	에너지	7	3	4
	수자원	11	11	-
	폐기물	15	6	9
	기타	-	-	-
소계		71	41	30
기초소재	화학	111	78	33
	고무	6	6	-
	철강	20	16	4
	펄프·제지	8	4	4
	금속	15	2	13
	공정	36	-	36
	전기·전자	21	-	21
	건축	15	2	13
	기타(유필리티)	4	-	4
	소계	236	108	128
계		307	149	158

상기 구축된 LCI DB 중에서 철도 차량 및 기반시설과 관련이 깊은 데이터베이스를 추출하여 도표 2에 나타내었다. 각 LCI DB의 세부 명칭 및 내용은 산자부³⁾ 및 환경부⁴⁾의 국가 LCI 종합정보망을 통해 확인할 수 있다.

도표 2. 철도산업에 활용 가능한 LCI DB

구분	산자부	환경부
에너지	전기, 경유, 석탄	경유, 증유
수송	기차(디젤, 전기, 통합)	
철금속	전기로 제강제품(레일)	후판, 선재, 열연코일, 냉연코일, 크롬도금강판, STS열연코일, STS냉연코일 2종
비철금속	구리로브, 알루미늄 판, 알루미늄 압출제품 등	납, 아연 ingot
공정	플라스틱 가공: injection moulding, extrusion, welding, pressing, blow moulding, vacuum forming 철가공 : 프레스 가공, 산소-아세틸렌 절단, spot 용접	-
화학	폴리에틸렌, 폴리프로필렌, ABS, 폴리스티렌 등	공정유, 윤활유, 도료 등
고무	-	EPDM, BR, SBR 등
폐기	구리 재활용, 합성수지 재활용, 합성수지 조각, 합성수지 매립	-
기타	건축자재 : 시멘트, 레미콘 전자부품: 납납, 트랜지스터, 다이오드	시멘트, 판유리

국내 철도산업에서 LCA는 아직 초기 상태고, 철도산업에 특성화된 LCI DB는 아주 빈약한 상태이

3) <http://www.kncpc.re.kr/lci/index.asp>

4) <http://www.keta.or.kr/lci/lci.asp>

다. 그 결과 LCA 수행 시 상위공정이 연결되지 않은 데이터 갭(data gap)이 발생하게 된다. 이로 인해 정확한 LCA 결과를 얻을 수 없는 상황이다. 따라서 철도산업에 특성화된 LCA 방법론 및 원자재에 관한 LCI DB 구축이 필요하다.

3. 결 론

철도산업에서 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development)을 달성하기 위한 다양한 시도들에 발맞추어, 국내 철도(전동차)차량 및 철도 인프라에서의 환경성 측면 개선을 위한 노력이 필요한 시기이다. 첫 걸음으로 철도의 환경성 평가를 위한 철도의 특성을 고려한 LCA 평가 방법의 개발 및 이를 통한 철도산업의 LCI DB 구축되어야 할 것이다. 또한 LCA로부터 규명된 철도의 환경적 이슈(취약점)를 개선하기 위한 친환경제품설계(ecodesign)의 도입이 요구된다. 또한 철도산업의 전과정적 접근(life cycle approach)을 통해 환경성 개선은 물론 타 교통수단에 비해 철도가 환경적으로 우수함을 입증하고, 이를 마케팅으로 활용할 수 있는 기회를 얻게 될 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국청정생산지원센터(2004), "국가 LCI DB 구축 방법론 및 관리·보급확산 방안", 연구보고서, 한국생산기술원
2. ISO(1997), ISO 14040, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework
3. W. Dewulf et al(2001), "Integrating Eco-efficiency in Rail Vehicle Design", Leuven Univeristy press
4. Raul Carlson et al(2004), "Standards and tools for environmental design and supply chain management in railway industry", Eco-Balance 2004 proceeding, Chalmers university of Technology
5. ICE(2003), "Ecology profile of German High-speed Rail Passenger Transport System", pp.83~91
6. Cardiff Japanese Studies Centre(2003), "The Shinkansen and the environment; friend or foe?", Cardiff University, pp.1~12