

# 기업의 지속가능성 평가 대응을 위한 전자제품의 환경성 간이 평가 기법 개발

고광훈<sup>1</sup> · 안상혁<sup>1</sup> · 이상용<sup>1</sup> · 김병주<sup>2</sup> · 황용우<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>LG전자(주)

<sup>2</sup>에코에이블컨설팅(주)

<sup>3</sup>인하대학교 환경공학과

## Development of Simplified environmental assessment methodology for electronic products in corporate sustainability assessment

Kwanghoon Ko<sup>1</sup> · Sanghyuk Ahn<sup>1</sup> · Sangyong Lee<sup>1</sup> · Byungju Kim<sup>2</sup> · Yongwoo Hwang<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>LG Electronics

<sup>2</sup>ECOABLE consulting

<sup>3</sup>Dep. of Environmental Engineering, Inha University

### 요 약

**ABSTRACT:** Recently, the Sustainability Index such as DJSI(Dow Jones Sustainability Index) become more global trend for many electronic companies. In this study, we developed simplified environment assessment tool called by simplified LCA (SLCA) on electronic products and LCI Database in life cycle. Firstly, the environmental assessment categories were found for DJSI requirements such as global warming, mineral depletion, eco toxic, human toxic etc. Also, material database and parts database of life cycle inventory were developed for life cycle assessment. The stage of manufacturing, transportation, usage and disposal were developed for life cycle database. Finally, the SLCA tool was developed logically for environmental assessment based on excel program, in which the informations input on material selection, part weight and usage scenario, etc. The result of environmental assessment at the life cycle could be founded in using this tool. The meaning of this study have better effects of reducing load of evaluation and working time.

**Key words:** LCA, LCI DB, Dow Jones Sustainability Index,

### 1. 서 론

전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)란 제품 및 서비스를 위해 소모되는 원료물질의 채취 및 가공, 제품 생산, 수송, 사용, 폐기의 전과정(Life cycle)에 걸친 모든 투입물과 배출물을 정량화하여 잠재적으로 환경에 미치는 영향을 산정하는 방법론을 지칭한다. LCA 는 ISO 14040:2006, ISO 14044:2006를 통해 국제 표준을 수립하고 있으며, 수행의 목적, 평가 대상이 되는 제품 및 서비스의 종류, 시스템 경계 등에 따라 요구되는 데이터의 품질 및 수준 등이 결정된다.<sup>1)</sup>

최근 DJSI\*(Dow Jones Sustainability Index, 다우존스 지속가능성 지수)에서는 기업에 대한 지속가능성을 평가하는 지수를 도입하여 평가하고 있고, 그 결과를 이해관계자들에게 제공하고 있다.<sup>2)</sup> 또한, 기업의 지속가능성 평

가 중 환경 측면에 있어서는 전과정평가 개념의 도입을 요구하고 있으며 글로벌 주요 기업들은 제품에 대한 환경성 평가 시스템을 도입하고 있는 상황이다.

이처럼 기업들이 환경성 평가 시스템을 도입하는데 있어 제품 환경성 평가 방법론인 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)가 대표적으로 활용되고 있다. 그러나 TV, 냉장고, 세탁기, 휴대폰 등을 제조하는 전자제품의 경우 제조업의 산업적 특성 상 복잡한 Supply Chain을 가지고 있어 환경성 평가 수행에 있어 많은 양의 데이터를 수집하고 처리하는 일련의 과정들이 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 기업이 지속가능성 평가 요구에 신속하게 대응하는데 있어 어려움이 있을 것으로 예상되며 이에 본 연구에서는 기업이 환경성 평가 체계를 구축하여 제품에 대한 환경성을 측정할 수 있는 평가 Tool을 업무 효율성 측면에서 개발하고자 하였다.

\* DJSI(Dow Jones Sustainability Indexes)는 글로벌 금융정보사인 미국 S&P Dow Jones Indices와 지속가능경영평가 선도기업인 RobecoSAM사가 개발하여 지난 1999년부터 전세계 2,500개 기업(시가총액 상위 기업)을 대상으로 기업의 지속가능성을 평가하는 평가기법으로 기업의 가치를 재무적 정보뿐만 아니라 사회적, 환경적 성과와 가치를 종합적으로 평가하는 글로벌 평가 모형

\* Corresponding author: 황용우, Tel: 032-860-7501, Fax: 032-872-8756, Email: hwangyw@inha.ac.kr

## 2. 연구 범위

본 연구에서는 지속가능성 평가에서 요구하는 제품의 환경성 평가를 위하여 평가법과 원료 채취, 생산, 수송, 사용, 폐기의 전과정 단계 별 투입 및 산출물에 대한 LCI 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 특히 평가 방법론은 기업의 활용성 향상 측면을 고려한 SLCA(Simplified Life Cycle Assessment) Tool을 개발하고자 하였다.

SLCA Tool 은 환경성 평가 수행의 심도 보다는 ISO 14040's 의 범위를 벗어나지 않는 선에서 최대한 단순하게 평가가 이루어지도록 하고, 기업의 주요 사용자가 최대한 단순한 데이터 활용을 통하여 제품의 환경영향을 도출하고자 하였다.

우선 평가 시 고려하는 환경영향범주는 2017년부터 제품 환경영향평가에서 기존에 기후변화 측면의 탄소배출만 고려하였으나 요구하는 환경영향 범주가 확대되어 자원고갈, 물사용, 오존층 파괴, 인체 독성, 생태독성 등 다양한 환경영향 범주에 대해서 LCI 데이터베이스를 개발하였다. 또한, 전자제품을 구성하고 있는 부품의 주요 구성 재질 별 평가계수 데이터베이스를 산자부/환경부/해외 유료 LCI 데이터베이스를 이용하여 계수화하였고 최종적으로 부품에 대한 LCI 데이터베이스는 재질 별 평가계수를 적용하여 환경영향평가용 부품 DB를 구축하였다. 또한 부품 DB를 연동, 입력, 결과도출에 대해 로직화 하여 SLCA Tool 을 개발하였다.

## 3. 연구 내용 및 결과

### 3.1 환경영향범주 분석 및 선정

본 연구에서는 기업의 지속가능성 평가 지수 중 대표적

인 DJSI의 요구사항 및 평가 기준을 분석하여 환경영향범주를 선정하였다. 일반적으로 DJSI는 기업에 대한 평가 지수 산정을 위하여 기업이 시장에 출시하고 있는 전체 판매 제품 중 환경성 평가를 수행하고 있는 제품의 비율을 제시하도록 요구하고 있으며 특히, 범지구적 환경영향, 생태계 다양성, 수질, 토양, 미세먼지 뿐 아니라 인간독성, 생태 독성에 이르는 다양한 환경영향범주를 고려하도록 강조하고 있다.

Table 1에 DJSI에서 요구하는 전과정 환경영향범주를 분석하여 나타내었고, 총 17개의 환경영향범주에 대하여 전자제품의 전과정 환경성 평가 시 해당 환경범주를 고려하도록 요구하고 있다.

### 3.2 LCI (Life Cycle Inventory) 데이터베이스 수집 및 개발

본 연구에서 LCI 데이터베이스 개발을 위한 자료 수집은 Simplified LCA가 가능하도록 데이터를 수집하고 개발하였다.

LCI 데이터베이스는 전과정평가 수행의 국제 표준인 ISO14040's 을 벗어나지 않도록 물질, 에너지, 부품 등의 생산에 필요한 원자재의 채취 및 가공, 수송, 폐기 등을 고려하여 투입물 및 배출물을 조사하였고, 국내외 국가 및 상용 LCI 데이터베이스를 적용하였다.

#### 3.2.1 부품 별 LCI 데이터베이스 도출 및 DB개발

전자제품을 구성하는 부품의 재질 별 데이터베이스 개발은 원료 취득 및 제조 전 단계에서의 구성 부품의 재질을 고려하여 category 분류하고 각각에 대하여 LCI 데이터베이스를 적용하였다.

Table 2는 전자제품을 주로 구성하고 있는 대표 부품에 대한 재질정보로 사내 자료를 분석하여 나타내었다.

Table 1. DJSI에서 요구하는 전과정 환경영향범주 및 출처

구분	DJSI요구 환경영향범주	단위	Database 출처
1	지구온난화(Global warming)	kg CO <sub>2</sub> eq.	환경부
2	자원고갈_화석연료(Fossil depletion)	kg oil eq.	Recipe midpoint(H)
3	자원고갈_광물(Abiotic resource depletion)	kg Sb eq.	환경부
4	산성화(Acidification)	kg SO <sub>2</sub> eq.	환경부
5	부영양화(Eutrophication)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	환경부
6	오존층고갈(Ozone depletion)	kg CFC <sub>11</sub> eq.	환경부
7	광화학산화물생성(Photochemical oxidation formation)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	환경부
8	인간독성(Human toxicity)	kg 1,4-DB eq.	Recipe midpoint(H)
9	해수생태독성(Marine ecotoxicity)	kg 1,4-DB eq.	Recipe midpoint(H)
10	담수생태독성(Freshwater ecotoxicity)	kg 1,4-DB eq.	Recipe midpoint(H)
11	토양생태독성(Terrestrial ecotoxicity)	kg 1,4-DB eq.	Recipe midpoint(H)
12	수자원고갈(Water depletion)	m <sup>3</sup>	Recipe midpoint(H)
13	자연토지이용(Natural land transformation)	m <sup>2</sup>	Recipe midpoint(H)
14	미세먼지생성(Particulate matter formation)	kg PM <sub>10</sub> eq.	Recipe midpoint(H)
15	이온화방사선(Ionizing radiation)	kg U <sub>235</sub> eq.	Recipe midpoint(H)
16	누적에너지사용(Cumulative energy consumption)	MJ	Single issue
17	종다양성(Biodiversity)	species.yr	Recipe midpoint(H)

**Table 2.** 전자제품 구성 부품에 대한 재질 정보 category 분류

구분	부품 구성 재질 정보 category
Metal 류	Steel & It's alloy, Al & It's alloy, Cu & It's alloy, Solder, Other
기구 부품류	Plastic, Rubber, Glass, Paper and Wood(Board),
회로 부품류	Homogeneous electronic components, PCB components
화학물질류	Chemical, Coating and Plating,
포장재	Packing Materials
Others	Battery(Cell), Accessary

**Table 3.** Life cycle 단계 별 LCI 데이터베이스 개발 범위 및 방법

구분	LCI 데이터베이스 구축 범위 및 방법	제품 단위	DB 출처
제조단계	에너지 (전기; kW) 및 유틸리티 (공업용수; L)		
유통단계	항공수송, 해상수송, 육로수송 (단위: km)		
사용단계	- 소비전력: 시간당 소비전력 - 대기전력: 시간당 대기전력을 입력한다. * 제품의 1 일 사용 시간, 연간 사용일수, 수명 고려 (환경성적표지의 제품별 작성지침을 기준으로 함.)	1대	Ecoinvent 환경부 산자부
폐기단계	- 투입 재질 종류: Metal, Plastic, 종이류, 포장재 - 시나리오: 재활용, 소각, 매립		

재질 별 각각에 대한 '기초 데이터베이스(Basic database)'는 국제적으로 널리 통용되는 Ecoinvent<sup>3)</sup> LCI 데이터베이스와 환경부<sup>4)</sup>, 산업통상자원부<sup>5)</sup>에서 개발한 국가 LCI 데이터베이스를 적용하였고, 부품 별 환경영향평가를 수행하여 부품 DB를 구축하였다.

### 3.2.2 Life cycle 단계 별 LCI 데이터베이스 개발

제조 단계에서는 제품 1대 제조 시 사용되는 전기, 용수 등의 에너지와 유틸리티에 대한 자료를 수집하여 데이터베이스를 개발하였다. 또한, 각각의 수집한 자료의 기초 데이터베이스(Basic database)는 국제적으로 널리 통용되는 Ecoinvent LCI 데이터베이스와 환경부, 산업통상자원부에서 개발한 국가 LCI 데이터베이스를 적용하였다.

유통 단계에서는 제품의 유통시나리오별로 항공수송, 해상수송, 육로수송을 선정하였고 각각의 시나리오의 제품 운송 거리(km)에 따른 데이터베이스를 개발하고 단순화 하였다.

사용 단계에서는 제품 1대 사용에 따른 소비전력, 대기 전력량을 "환경성적표지 작성 지침"<sup>6)</sup>을 기준으로 하여 1 일 사용시간, 연간 사용일수, 수명 기준을 제품 별로 도출하였다.

폐기 단계에서는 제조 시 사용된 재질 종류(Metal, Plastic, 종이 등) 및 수량을 고려하여 재활용, 소각, 매립의 각각의 폐기 구분에 대해서 데이터베이스를 개발하였다. 여기서 각 폐기 단계 시나리오는 환경부에서 공표하는 제품, 포장재별 회수 의무율을 적용하였다.

Table 3은 제조단계, 유통단계, 제품사용단계 및 폐기단계에서의 LCI 데이터베이스를 도출방법하는 방법을 정리하여 나타내었다.

### 3.3 SLCA (Simplified LCA) 평가 Tool 개발

제품의 전과정에서의 환경성을 간편하게 평가하기 위하여 SLCA Tool을 개발하였다. 각각의 입력 정보만으로 평가 결과가 도출될 수 있도록 전적으로 사용자 측면에서 활용성을 고려하였다.

우선 앞 절에서 서술한 바와 같이 각각의 Life cycle 별로 개발된 LCI 데이터베이스를 엑셀에 기반하여 Tool에 반영하고 제품 및 부품 중량, 운송거리, 유틸리티 사용량 등 간단한 제품의 제조, 사용 정보 입력만으로 환경성 평가 결과가 도출될 수 있도록 개발하였다.

SLCA Tool에 입력되는 정보는 제조전단계에서는 구성 재질에 대한 기본 정보 category를 선택하여 제품, 각 부품과 포장재의 무게 정보를 입력하고, 제조단계에서는 사용되는 에너지와 유틸리티량, 유통단계에서는 제품의 출발, 도착지 정보에 따른 거리를 입력한다. 또한, 사용단계에서는 전자제품의 특성 상 소비전력 및 대기전력량 등 제품 전체 수명을 고려하여 입력한다. 여기서 폐기단계는 제품 재질 구성에 따른 회수율에 따라 자동으로 결과가 도출되게 된다. Fig. 1에 SLCA Tool에 따른 전과정 환경성 평가 결과를 도출하는 절차의 모식도를 나타내었다.

### 3.4 환경성 평가 Tool에 대한 검증

본 연구에서 제시된 환경성 평가 Tool은 제품의 전과정 평가 결과만을 도출하기 위하여 개발되었기 때문에 결과에 대한 정확성을 추가적으로 연구할 필요성이 있다. 이에 따라 SLCA Tool과 국외 상용 평가 프로그램(SimaPro)의 평가 결과를 비교하는 과정을 수행하였고, 검증 평가 대상은 대표적인 전자제품인 LED TV에 대하여 부품 별 배출계수를 비교하였다.

구성 부품 별로 환경성 평가를 실시하여 SLCA tool 과 SimaPro 평가 결과를 비교 검증하였고 Table 4에 나타내었다. 여기서 환경성 평가는 DJSI 평가 시 중요하게 고려되고 있는 지구온난화와 자원고갈에 대해서 실시하였다.

TV의 구성 부품 중 질량 기준으로 주요 구성품은 LED module과 Back cover로 구분할 수 있고 해당 부품에 대해서 평가를 실시하였다. 평가 결과, LED module의 경우는 SLCA와 SimaPro의 평가결과가 오차율이 지구온난화가 0.08%, 자원고갈(광물)은 0.05%로 나타나 결과가 유사한 것으로 나타났다. 또한, Back cover 의 경우도 구성 재질 별로 평가를 실시하였으나 SLCA와 SimaPro 결과에 차이가 없는 것으로 나타나 SLCA를 통한 간이 환경성 평가 결과도 제품 또는 재질에 대해서 환경성 평가로 활용하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

### 4. 결론

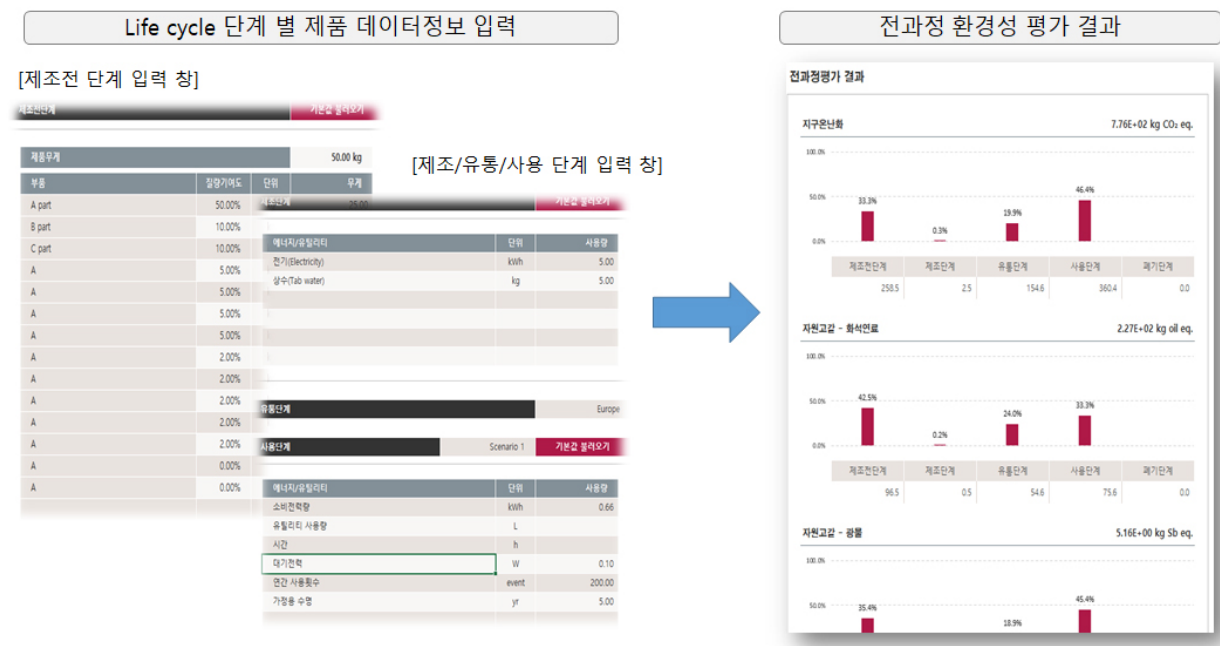
본 연구는 전자제품을 제조하는 기업이 대외 지속가능성 평가에 대응하기 위하여 제품의 환경성 평가를 효율적으로 수행하기 위한 Simplified LCA 평가 Tool 과 데이터베이스를 개발하였다.

평가 수행을 위하여 전자제품의 부품의 구성 재질을 분석하고 다양한 환경영향범주에 대한 배출계수를 산정하였다. 또한 전자제품을 구성하는 주요 부품에 재질 별 배출계수를 적용하여 부품 LCI DB를 개발하였다. 또한, 각각의 life cycle 단계별 제조, 유통, 사용, 폐기단계에 이르는 LCI 데이터베이스 개발하였다.

제품의 환경성 평가는 각각의 LCI DB를 활용하여 SLCA Tool을 개발하였고, life cycle 단계 별 제품 및 부품 중량,

**Table 4.** 환경영향평가 Tool 과 국제 통용 프로그램(Sima Pro)의 평가 결과 비교 검증

구성 부품	질량 기여도	지구온난화 (Unit : kg CO <sub>2</sub> eq.)			자원 고갈 -광물 (Unit : kg Sb eq.)		
		SLCA	Sima Pro	오차율	SLCA	Sima Pro	오차율
LED Module	25.8%	2.57E+00	2.57E+00	0.08%	1.54E-02	1.54E-02	0.05%
Back cover (steel)	4.1%	4.72E+00	4.72E+00	0%	2.71E-02	2.71E-02	0%
Back cover (Aluminum)	4.1%	1.12E+01	1.12E+01	0%	5.72E-02	5.72E-02	0%
Back cover (ABS)	4.1%	3.11E+00	3.11E+00	0%	2.31E-02	2.31E-02	0%
Back cover (PC)	4.1%	6.04E+00	6.04E+00	0%	1.76E-02	1.76E-02	0%



**Fig. 1.** SLCA 데이터 입력 및 평가 결과 산출 Tool

소비 전력량, 제품 운송 거리 등의 제조 및 사용 정보만으로 환경성 평가를 수행할 수 있도록 하였다. 이를 통해 제품 환경성 평가를 수행하는데 소요되는 시간이 단축되고 신속한 대외 평가 대응이 가능하며 제품의 환경성 비교 평가를 통한 간단한 설계 개선 인자 도출시 활용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 본 평가 tool을 활용한 평가 결과는 국가 및 기관의 친환경 인증과 같이 ISO 14040 등의 국제 표준의 절차에 따른 환경성 평가에서는 활용에 있어 한계가 있을 것으로 예상되며, 학계 및 국가 차원의 환경성 평가 결과로 통용되기 위해서는 시스템 범위, 영향평가 방법론, 기능단위, 데이터 수집 품질 등에 대한 보완이 추가적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- 1) International Organization for Standardization, “ISO 14040: 2006, Environmental management Life cycle assessment - Principles and framework” (2016).
- 2) RobecoSAM, RobecoSAM’s Corporate Sustainability Assessment Companion, Switzerland, pp.54 ~ 82 (2017).
- 3) 스위스, Ecoinvent version 3.0.
- 4) 한국 환경산업기술원, <http://www.epd.or.kr/lci/lciDb.do>.
- 5) 한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터, [https://www.kncpc.or.kr/resource/lci\\_pass\\_db.asp](https://www.kncpc.or.kr/resource/lci_pass_db.asp).
- 6) 환경부, “환경부고시 제2017-75호, 환경성적표지 작성지침환경성적표지 작성지침” (2017).

