

전동차 내장판넬에 대한 전과정평가 연구

Life Cycle Assessment on the Interior Panel of Electric Motor Unit (EMU)

김용기† · 이재영* · 최요한**

Yong-Ki Kim · Jae-Young Lee · Yo-Han Choi

Abstract

The sustainable development is a key issue in the whole field of economy, culture and society, which can be accomplished by the improvement of environment. Recently, life cycle assessment(LCA) has been applied to reduce environmental impacts preliminarily by evaluating the environmental performance of a product through its life cycle. In this study, life cycle assessment was performed to analyze quantitatively the environmental impact on the interior panel of electric motor unit(EMU). As a result, the interior panel with aluminum showed the most global warming(GW), while that with phenol and plastic showed high fresh water aquatic ecotoxicity(FAET) and marine water aquatic ecotoxicity(MAET), respectively. Global warming was occurred mainly due to the emission of CO₂ by energy consumption. FAET and MAET were caused by the pollutants released from acid-washing and paints coating process. Therefore, an environmental-friendly EMU can be designed considering the environmental impacts of interior panel.

Keywords : 전동차 내장재(electric motor unit interior panel), 전과정 평가(life cycle assessment), 전과정 목록(life cycle inventory), 환경성평가(environmental assessment)

1. 서론

1992년 리우환경회의가 개최된 이후 선진국들은 에너지소비, 기후변화, 대기오염의 심각성을 인식하면서 화석연료 소비의 비중을 줄이려는 일환으로 환경적으로 지속가능한 교통(Environmentally Sustainable Transportation) 프로젝트를 진행하고 있다[1]. 또한 OECD를 중심으로 한 국제사회에서는 환경적으로 지속가능한 교통의 실현 수단으로서 도로교통 개선, 교통 수요 감소, 대체연료 사용, 화물수송 효율화 등의 환경부하 저감을 위한 노력을 기울이고 있다.

우리나라의 육상교통은 90% 이상을 도로에 의존하고 있어 환경파괴는 물론 교통의 사회적 비용이 상대적으로 높기 때문에 지금과 같은 자동차 위주의 교통체계로는 사회의 지속가능한 발전을 이루기 어렵다. 현재의 교통체계를 대중교통으로 수요를 전환하고 에너지 소비가 많은 자동차 사용을 억제하며, 교통수단간의 수송분담율을 개선하는 방향으로

교통정책의 변화가 필요하다[1]. 특히 철도는 광역·대량·고속수송, 정시성, 경제성, 에너지효율성 및 환경친화성 등에서 상대적으로 우수한 장점을 가지고 있기 때문에 철도교통을 중심으로 여객·화물수송 분담율을 개선하는 방향으로 정책 수립이 장려되고 있다[1]. 그러나 향후 지속가능 발전 미래사회의 중추적인 교통수단으로서 철도가 대중교통의 중심으로 자리매김하기 위해서는 기존의 환경친화적인 이미지를 더욱 강화하고 환경영향을 최소화 할 수 있는 데이터베이스의 구축이 필요하다[1-7].

또한 국내철도산업의 경우 국가차원의 기초물질에 대한 산업별 데이터베이스가 부족하고, 인프라가 체계적으로 구성되어 있지 않기 때문에 환경부하를 진단하기 위한 주요 수단인 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)를 철도분야에 적용하는데 어려움이 있다[1-7]. 본 연구에서는 전동차의 내장판넬에 대한 전과정평가를 수행하여 환경부하를 정량적으로 파악하였다. 그러나 전동차의 단위 부품은 수천 개로 구성되어 있으며, 국내에서는 전동차에 대한 DB의 구축이 매우 적은 실정이다. 따라서 전동차의 내장판넬을 재질별로 전과정 목록(LCI) 데이터베이스를 구축하고, 전과정평가를 각각 수행하여 주요 환경영향 특성을 살펴보았다.

† 책임저자, 정회원, 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀
E-mail : ykkim@krrri.re.kr
TEL : (031)460-5382 FAX : (031)460-5499

* 한국철도기술연구원

** 아주대학교

2. 목표 및 범위 정의

2.1 목표

본 연구에서는 전동차에 대한 전과정 평가를 수행하여 환경성을 정량적으로 분석함으로써 환경개선 방향을 파악하고자 하였다. 따라서 전동차 내장판넬의 재질에 따라 전과정 목록작성 및 DB를 구축하고 전과정 평가를 수행하였다. 여기서 도출된 전과정 목록분석 데이터는 국내생산 현황이 반영된 국가평균 LCI 데이터베이스가 되며 제품의 전과정에 대한 환경성을 평가하려는 정부기관, 기업 및 소비자 등에 의해 사용이 가능하다.

2.2 범위정의

2.2.1 기능, 기능단위

전동차 내장판넬의 기능, 기능단위 및 참고흐름을 Table 1에 나타내었다. 내장판넬의 참고흐름(reference flow)은 계산의 편의성 및 도출된 전과정 목록분석 결과 이용을 쉽게 하기 위하여 기능단위와 동일하게 각 내장판넬 제품별 1kg으로 선정하였다.

2.2.2 시스템 경계

시스템 경계는 대상제품의 전과정 중 원료의 취득부터 대상제품 제조공정까지(Cradle to Gate; CtG)로 정의하였다. 정의된 시스템 경계를 통과하는 투입물 및 배출물을 자연계 흐름(elementary flow)으로 간주하였다. 전동차 내장판넬 1kg을 생산하기 위한 원료 취득부터 제품 생산까지 대표적이고 일반적인 공정 및 투입물/배출물을 시스템 경계 내에 포함시켰다. 관계자 및 산업계 전문가의 조언을 통해 전동차 내장판넬의 재질별 제작공정에 따라 시스템 경계를 설정하고, Fig. 1~Fig. 3에 간략하게 도식화하여 나타내었다.

2.3 데이터의 범주

데이터의 범주는 크게 에너지, 천연자원, 대기배출, 수계 배출물, 폐기물로 분류하였다. 출처를 추적하는 것이 불가능한 데이터는 데이터 갭으로 분류하였다. 대상공정 데이터는

Table 1. Function and functional unit of interior panel

기능	전동차 구체(car-body) 내부에 미관, 각종 내장재 조립을 위해 설치하는 판넬
기능단위	전동차 1량에 투입되는 알루미늄, 페놀, FRP 재질의 내장판넬(interior panel) 1kg
기준흐름	전동차 1량에 투입되는 알루미늄, 페놀, FRP 재질의 내장판넬(interior panel) 1kg

2004년부터 2005년까지 1년간 현장 데이터이며 상위공정은 문헌데이터이고, 유사 공정의 자료 등을 차선으로 하는 것을 데이터 질의 초기 목표로 하였다.

2.2.4 초기투입물/산출물의 포함기준

ISO 14041에 제시된 누적 무게, 누적 에너지 및 환경관련성 등의 기준을 적용하였다[10]. 즉 누적무게 98%, 누적에너

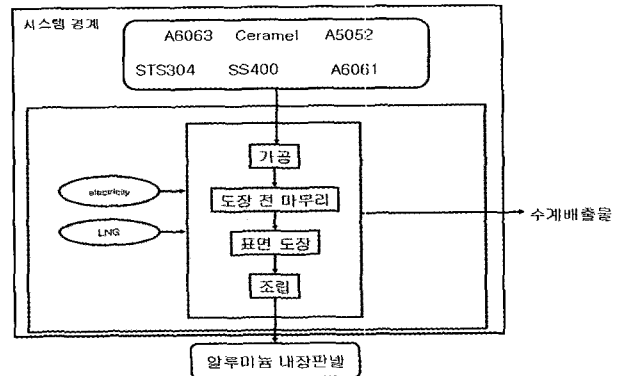


Fig. 1. System boundary of aluminum interior panel

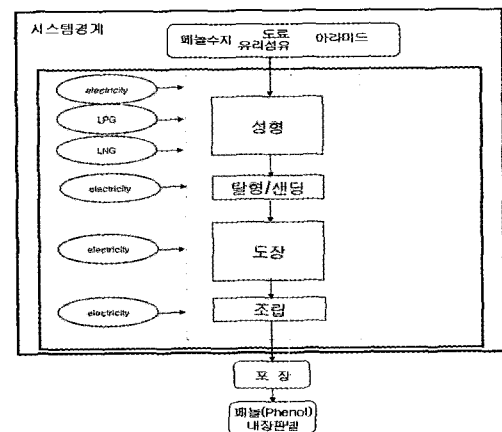


Fig. 2. System boundary of phenol interior panel

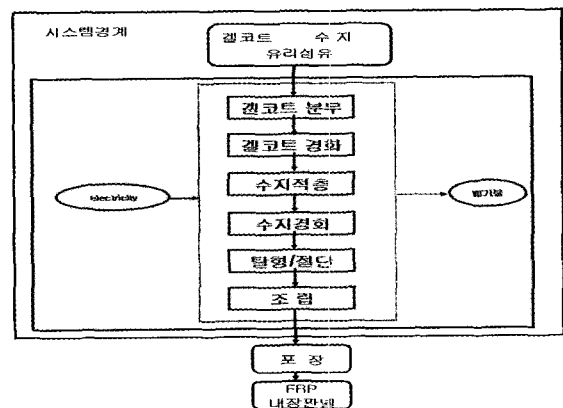


Fig. 3. System boundary of FRP interior panel

지 100%까지의 투입물을 연구범위에 포함시켰으며, 유해화학물질로 규정된 투입물은 투입량에 관계없이 제품시스템에 포함시켰다.

3. 전과정 목록분석

전과정 목록분석은 ISO 14040과 14041 문서에 규정된 방법에 따라 수행하였다[9,10]. 데이터의 수집단계에서는 시장 조사를 통해 대상제품을 생산하는 주요 업체를 선정하였다. 설문서 조사 등 해당 단위공정의 특성을 고려하여 데이터를 작성하였다. 대상제품 생산과 관련하여 정량화된 투입물 및 배출물 자료와 투입물에 대한 환경부하를 나타내는 데이터베이스를 입력하고, PASS(Korea)를 이용하여 목록분석 결과를 도출하였다[2-5]. Table 2~Table 4에 전동차 내장판넬의 재질에 따른 전과정목록(Life Cycle Inventory, LCI) 데이터베이스 중 주요구성 물질만을 선정하여 요약하였다.

4. 전과정 영향평가 및 해석

전과정 영향평가는 ISO 14040과 ISO 14042에서 제시한 바와 같이 분류화, 특성화, 정규화 및 가중치 부여를 통해 무

차원 단일지수로 무차원 환경영향값을 산출하였다[9,11]. Fig. 4와 Table 5에 알루미늄 내장판넬의 영향범주별 환경영향 기여도 및 주요 영향인자를 나타내었다. 알루미늄 내장판넬은 지구온난화(Global Warming, GW)가 53.76%로 가장 높은 기여도를 보였으며, 무생물 자원고갈(Abiotic Resource Depletion, ARD)이 28.71%, 해양생태독성(Marine Aquatic Eco-Toxicity, MAET)이 6.33%, 수계생태독성(Freshwater Aquatic Eco-Toxicity, FAET)이 4.32%, 산성화(Acidification, AD)가 3.45%의 순위로 나타났다. 또한 영향범주별 주요 영향인자를 살펴보면, 지구온난화에 가장 영향을 많이 미치는 인자는 CO₂이였으며,

Table 3. Life cycle inventory of phenol interior panel

주요 투입물(자원) 및 배출물(환경배출물)					
물질명	무게	단위	투입	자원	media
Tin ore	7.08E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Crude oil	3.88E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Natural gas	3.02E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Limestone	1.44E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Sodium chloride(NaCl)	1.07E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Soft coal	7.63E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Hard coal	4.64E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Coal	3.28E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Iron ore	1.58E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Nitrogen(N ₂)	2.16E-02	kg	INPUT	Resource	Air
Exhaust	4.21E+02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Carbon dioxide(CO ₂)	1.26E+02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Vapor	9.64E+01	kg	OUTPUT	Emission	Air
Waste water	1.12E+03	kg	OUTPUT	Emission	Water
Chloride(Cl)	1.26E+00	kg	OUTPUT	Emission	Water

Table 2. Life cycle inventory of aluminum interior panel

주요 투입물(자원) 및 배출물(환경배출물)					
물질명	무게	단위	투입	자원	media
Natural gas	1.13E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Coal	1.02E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Crude oil	2.00E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Bauxite(Al ₂ O ₃)	1.72E+00	kg	INPUT	Resource	Soil
Hard coal	5.30E-01	kg	INPUT	Resource	Soil
Aluminium scrap	4.03E-01	kg	INPUT	Resource	Soil
Limestone	8.12E-02	kg	INPUT	Resource	Soil
Iron ore	7.52E-02	kg	INPUT	Resource	Soil
Soft coal	6.23E-02	kg	INPUT	Resource	Soil
Carbon dioxide(CO ₂)	3.47E+01	kg	OUTPUT	Emission	Air
NM VOC	1.71E-01	kg	OUTPUT	Emission	Air
Sulfur oxides(SO _x)	1.01E-01	kg	OUTPUT	Emission	Air
Nitrogen oxides(NO _x)	8.81E-02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Hydrocarbons	5.99E-02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Vapor	4.05E-02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Exhaust	3.67E-02	kg	OUTPUT	Emission	Air
Dissolved solids	1.89E-01	kg	OUTPUT	Emission	Water
Chloride(Cl)	8.21E-02	kg	OUTPUT	Emission	Water
Hydrogen chloride(HCl)	4.54E-02	kg	OUTPUT	Emission	Water
Sulfate(SO ₄ ²⁻)	1.77E-02	kg	OUTPUT	Emission	Water
Waste water	1.35E-02	kg	OUTPUT	Emission	Water

Table 4. Life cycle inventory of FRP interior panel

주요 투입물(자원) 및 배출물(환경배출물)					
물질명	무게	단위	투입	자원	media
Tin ore	1.14E+03	kg	INPUT	Resource	Soil
Sodium chloride(NaCl)	7.25E+02	kg	INPUT	Resource	Soil
Crude oil	5.69E+02	kg	INPUT	Resource	Soil
Soft coal	5.42E+02	kg	INPUT	Resource	Soil
Hard coal	5.33E+02	kg	INPUT	Resource	Soil
Natural gas	4.53E+02	kg	INPUT	Resource	Soil
Coal	3.31E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Iron ore	2.49E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Limestone	2.41E+01	kg	INPUT	Resource	Soil
Exhaust	8.73E+03	kg	OUTPUT	Emission	Air
Vapor	4.07E+03	kg	OUTPUT	Emission	Air
Carbon dioxide(CO ₂)	2.42E+03	kg	OUTPUT	Emission	Air
Waste water	7.24E+04	kg	OUTPUT	Emission	Water
Chloride(Cl)	2.19E+01	kg	OUTPUT	Emission	Water

이것은 알루미늄 압출재 제조공정에서 사용되는 전력소비의 영향에 의한 것으로 확인되었다(data not shown). 무생물 자원고갈, 해양생태독성 및 수계생태독성의 주요 영향인자는

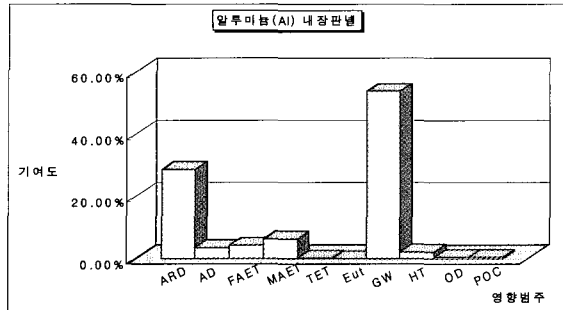


Fig. 4. Contribution of environmental impacts with impact category in aluminum panel

원유(crude oil), HF(hydrogen fluoride), PAH (polyaromatic hydrocarbon)로 각각 나타났다.

Fig. 5와 Table 6은 페놀계 내장판넬의 영향범주별 환경영향 기여도 및 주요 영향인자를 나타내었다. 페놀계 내장판넬은 주로 수계생태독성이 42.58%로 가장 높았으며, 무생물 자원고갈이 17.38%, 해양생태독성이 16.68%, 지구온난화가 12.95%, 인간 독성(HT)이 7.64% 등의 순서로 나타났다. 영향범주별 주요 영향인자를 살펴보면, 수계생태독성에 가장 영향을 많이 미치는 인자는 PAH이였으며, 이는 내장재 제작 최종 단계에서의 도장 공정에서 사용되는 도료가 주로 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 무생물 자원고갈, 해양 생태독성 및 지구 온난화의 주요 환경인자는 각각 원유(Crude oil), HF, CO₂인 것으로 나타났으며, 이것은 또한 도장공정에 기인한 것으로 확인되었다.

Table 5. Key inventory parameter with impact category in aluminum panel

영향 범주	물질	CI	NI	WI	기여도
무생물자원 고갈 (ARD)	Crude oil	4.96E-02	1.994E-06	4.605E-07	46.57%
	Coal	4.70E-02	1.889E-06	4.363E-07	44.12%
	Bauxite(Al ₂ O ₃)	9.30E-03	3.733E-07	8.623E-08	8.72%
산성화 (AD) ((AD)	Nitrogen oxides(NO _x)	6.17E-02	1.550E-06	5.578E-08	46.88%
	Hydrogen chloride(HCl)	3.99E-02	1.003E-06	3.610E-08	30.34%
	Sulfur dioxide(SO ₂)	2.98E-02	7.482E-07	2.694E-08	22.63%
수계독성 (FAET)	PAH	3.11E-02	8.597E-07	1.238E-07	83.19%
	Nickel(Ni)	2.70E-03	7.468E-08	1.075E-08	7.23%
	Vanadium(V)	1.04E-03	2.875E-08	4.140E-09	2.78%
해양독성 (MAET)	Hydrogen fluoride(HF)	9.22E+01	1.190E-06	1.833E-07	84.07%
	Vanadium(V)	7.33E+00	9.454E-08	1.456E-08	6.68%
	Nickel(Ni)	2.97E+00	3.837E-08	5.908E-09	2.71%
토양독성 (TET)	Vanadium(V)	3.99E-04	3.355E-08	7.248E-09	76.74%
	Nickel(Ni)	9.18E-05	7.716E-09	1.667E-09	17.65%
	Arsenic(As)	2.28E-05	1.912E-09	4.129E-10	4.37%
부영양화 (Eut)	Nitrogenous matter	1.05E-04	7.991E-09	3.037E-10	48.90%
	COD	8.77E-05	6.696E-09	2.544E-10	40.97%
	Phosphrous matter	1.26E-05	9.583E-10	3.642E-11	5.86%
지구온난화 (GW)	Carbon dioxide(CO ₂)	3.47E+01	6.266E-06	1.805E-06	97.45%
	Methane(CH ₄)	7.22E-01	1.305E-07	3.759E-08	2.03%
	Nitrous oxide(N ₂ O)	1.87E-01	3.382E-08	9.740E-09	0.53%
인간독성 (HT)	PAH	9.87E-01	6.63E-07	6.957E-08	94.43%
	Nickel(Ni)	2.77E-02	1.860E-08	1.953E-09	2.65%
	Hydrogen fluoride(HF)	6.45E-03	4.330E-09	4.547E-10	0.62%
오존층 파괴 (OD)	Chlorine(Cl ₂)	2.11E-06	5.200E-08	1.518E-08	92.76%
	Halon-1301	1.62E-07	3.990E-09	1.165E-09	7.12%
	CFC-114	2.83E-09	6.973E-11	2.036E-11	0.12%
광화학산화물 (POC)	Sulfur dioxide(SO ₂)	1.43E-03	1.201E-07	7.808E-09	42.95%
	Carbon monoxide(CO)	4.12E-04	3.460E-08	2.249E-09	12.37%
	Methane(CH ₄)	2.06E-04	1.733E-08	1.126E-09	6.20%

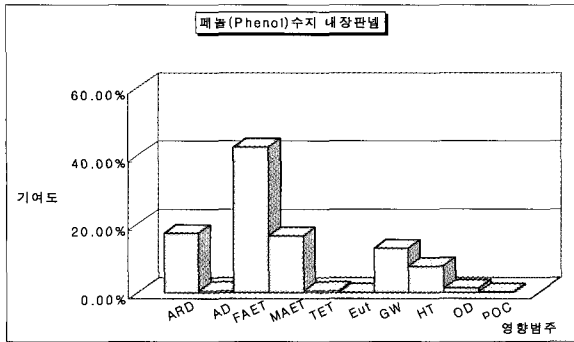


Fig. 5. Contribution of environmental impacts with impact category in phenol panel

Fig. 6과 Table 7은 FRP 내장판넬의 환경영향 범주별 특성 및 주요 영향인자를 나타내었다. FRP 내장판넬은 수계생태독성이 30.39%로 가장 높았으며, 해양생태독성이 24.20%, 오존층 파괴가 13.41%, 지구온난화가 12.42%의 순서로 나타났다. 또한 영향범주별 주요 영향인자를 살펴보면, 수계생태독성에 가장 영향을 많이 미친 인자는 PAH이었으며, 이는 FRP 내장재 제작단계의 수지적층 공정과 최종단계에서 사용하는 도료의 사용에 의한 영향으로 확인되었다. 무생물 자원고갈, 해양생태독성 및 오존층 파괴의 주요 영향인자는 각각 원유(Crude oil), HF, Cl₂인 것으로 나타났으며, 이는 또한 적층 공정에서 사용하는 도료와 유리섬유의 소모에 따른 영향임을 알 수 있었다.

Table 6. Key inventory parameter with impact category in phenol panel

Impact category	Materials	CI	NI	WI	Contribution
무생물자원 고갈 (ARD)	Crude oil	9.62E-01	3.865E-05	8.928E-06	95.90%
	Coal	1.51E-02	6.065E-07	1.401E-07	1.50%
	Baryte(BaSO ₄)	1.41E-02	5.668E-07	1.309E-07	1.41%
산성화 (AD)	Sulfur dioxide(SO ₂)	1.69E-01	4.258E-06	1.533E-07	47.56%
	Nitrogen oxides(NO _x)	1.67E-01	4.200E-06	1.512E-07	46.91%
	Hydrogen sulfide(H ₂ S)	1.82E-02	4.583E-07	1.650E-08	5.12%
수계독성 (FAET)	PAH	5.44E+00	1.504E-04	2.166E-05	94.94%
	Nickel(Ni)	1.26E-01	3.487E-06	5.021E-07	2.20%
	Phenol	5.52E-02	1.525E-06	2.196E-07	0.96%
해양독성 (MAET)	Hydrogen fluoride(HF)	3.69E+03	4.758E-05	7.327E-06	81.98%
	Vanadium(V)	2.64E+02	3.403E-06	5.240E-07	5.86%
	Barium(Ba)	1.61E+02	2.080E-06	3.203E-07	3.58%
토양독성 (TET)	Vanadium(V)	1.44E-02	1.208E-06	2.609E-07	74.51%
	Cobalt(Co)	1.28E-03	1.075E-07	2.321E-08	6.63%
	Arsenic(As)	1.18E-03	9.906E-08	2.140E-08	6.11%
부영양화 (Eut)	Nitrate(NO ₃ ⁻)	3.28E-03	2.501E-07	9.504E-09	54.28%
	COD	1.64E-03	1.250E-07	4.751E-09	27.13%
	Ammonium(NH ₄ ⁺)	4.64E-04	3.539E-08	1.345E-09	7.68%
지구온난화 (GW)	Carbon dioxide(CO ₂)	1.26E+02	2.274E-05	6.550E-06	94.44%
	Methane(CH ₄)	6.55E+00	1.185E-06	3.412E-07	4.92%
	Nitrous oxide(N ₂ O)	8.43E-01	1.525E-07	4.392E-08	0.63%
인간독성 (HT)	PAH	5.59E+01	3.754E-05	3.941E-06	96.25%
	Benzene	4.26E-01	2.861E-07	3.004E-08	0.73%
	Nickel(Ni)	2.63E-01	1.767E-07	1.856E-08	0.45%
오존층 파괴 (OD)	Chlorine(Cl ₂)	5.55E-05	1.366E-06	3.989E-07	61.13%
	Halon-1301	3.47E-05	8.539E-07	2.493E-07	38.21%
	HCFC-22	6.01E-07	1.481E-08	4.325E-09	0.66%
광화학산화물 (POC)	Sulfur dioxide(SO ₂)	8.13E-03	6.836E-07	4.443E-08	31.63%
	Ethane	2.35E-03	1.975E-07	1.284E-08	9.14%
	Methane(CH ₄)	1.87E-03	1.573E-07	1.023E-08	7.28%

Table 7. Key inventory parameter with impact category in FRP panel

Impact category	Materials	CI	NI	WI	Contribution
ARD	Crude oil	1.59E-02	6.378E-07	1.473E-07	96.48%
	Iron ore	2.12E-04	8.521E-09	1.968E-09	1.29%
	Baryte(BaSO ₄)	1.93E-04	7.748E-09	1.790E-09	1.17%
AD	Sulfur dioxide(SO ₂)	3.97E-03	9.963E-08	3.587E-09	54.20%
	Nitrogen oxides(NO _x)	3.13E-03	7.857E-08	2.828E-09	42.74%
	Hydrogen sulfide(H ₂ S)	1.86E-04	4.673E-09	1.682E-10	2.54%
FAET	PAH	8.54E-02	2.360E-06	3.398E-07	92.92%
	Nickel(Ni)	2.22E-03	6.138E-08	8.839E-09	2.42%
	Vanadium(V)	1.26E-03	3.476E-08	5.006E-09	1.37%
MAET	Hydrogen fluoride(HF)	1.27E+02	1.643E-06	2.530E-07	86.87%
	Vanadium(V)	4.46E+00	5.761E-08	8.872E-09	3.05%
	Selenium(Se)	3.07E+00	3.961E-08	6.099E-09	2.09%
TET	Vanadium(V)	2.43E-04	2.045E-08	4.417E-09	69.25%
	Arsenic(As)	5.12E-05	4.300E-09	9.289E-10	14.56%
	Nickel(Ni)	1.65E-05	1.384E-09	2.990E-10	4.69%
Eut	COD	1.03E-04	7.894E-09	3.000E-10	4.70%
	Ammonium(NH ₄ ⁺)	1.21E-05	9.226E-10	3.506E-11	9.81%
	Phosphate(PO ₄ ³⁻)	4.81E-06	3.675E-10	1.397E-11	3.91%
GW	Carbon dioxide(CO ₂)	2.72E+00	4.918E-07	1.416E-07	94.80%
	Methane(CH ₄)	1.25E-01	2.265E-08	6.523E-09	4.37%
	Nitrous oxide(N ₂ O)	2.27E-02	4.111E-09	1.184E-09	0.79%
HT	PAH	8.83E-01	5.929E-07	6.225E-08	93.27%
	Arsenic(As)	1.11E-02	7.422E-09	7.793E-10	1.17%
	Hydrogen fluoride(HF)	8.91E-03	5.979E-09	6.278E-10	0.94%
OD	Chlorine(Cl ₂)	2.16E-05	5.322E-07	1.554E-07	96.29%
	Halon-1301	5.47E-07	1.346E-08	3.931E-09	2.44%
	HCFC-22	1.69E-09	4.151E-11	1.212E-11	0.01%
POC	Sulfur dioxide(SO ₂)	1.90E-04	1.599E-08	1.040E-09	36.91%
	Ethane	3.60E-05	3.023E-09	1.965E-10	6.97%
	Methane(CH ₄)	3.58E-05	3.007E-09	1.955E-10	6.94%

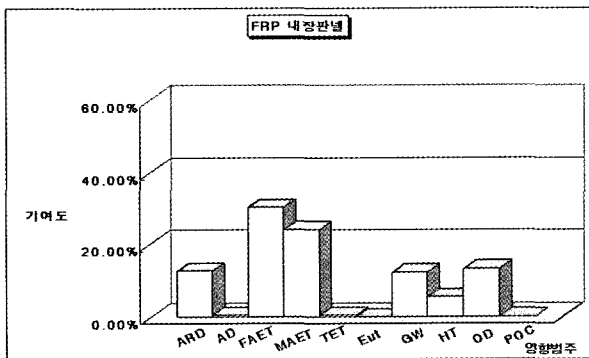


Fig. 6. Contribution of environmental impacts with impact category in FRP panel

5. 결론

전동차의 내장판넬에 대한 전과정 환경영향을 알아보기 위해 목록 분석을 토대로 영향범주별 환경영향을 정량적으로 평가하였다. 목표 및 범위정의에서 각 대상제품별 제품 시스템, 기능단위, 시스템 경계, 데이터 범주 및 데이터 질을 정의하였다. 이를 토대로 대상기업의 1년간 데이터를 현장방문 및 설문서 작성 등의 방법으로 수집하였다. 수집된 데이터는 ISO 14040시리즈 요건에 맞게 LCA를 수행하고 이를 토대로 환경영향평가를 비교하였다.

1. 알루미늄 내장판넬의 주요 환경 영향범주는 지구온난화, 무생물 자원고갈, 수계생태독성으로써 알루미늄 판넬의 압출재 제조공정에서 사용되는 전력과 원유에 의한 영향

으로 나타났다.

2. 페놀계 내장재의 주요 환경 영향범주는 수계생태독성, 무생물 자원고갈, 해양생태독성으로서 페놀 내장재의 제작 시 수지적층 및 도장 공정에서 기인하는 것으로 확인되었으며, 지구온난화는 원유 사용에 의한 것으로 확인되었다.
3. FRP 내장재는 수계생태독성, 해양생태독성 및 오존층 파괴로 FRP 제작 단계의 최종공정에서의 도료와 유리섬유 사용에 의한 영향으로 확인되었다.

전동차 내장판넬의 환경부하 특성은 재질에 따라 다양하게 나타났으며, 이는 친환경 전동차 디자인을 위해서 설계단계에서부터 개선방향을 반영하여야 환경개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 건설교통부에서 주관하는 국가교통핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 이영준, 이형우 외 4인 (2004), “철도건설사업의 주요환경 영향에 관한 연구”, 한국환경정책·평가연구원.
2. 김용기, 이재영, 목재균, 정인태 (2005), “간략화 전과정 평가(S-LCA) 기법을 이용한 전동차 구체의 환경성 평가”, 한국철도학회논문집 제8권 제6호.
3. 이재영, 김용기, 윤희택, 양윤희 (2005), “간략화된 전과정 평가를 이용한 전동차 대차의 환경영향 진단”, 한국철도학회논문집 제8권 제6호.
4. 김용기, 이재영, 정인태 (2006), “전동차 환경성 진단을 위한 DB 구축방향”, 2006한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
5. 김용기, 이재영, 문경호, 목재균, 은종환 (2005), “전동차 환경 전과정 평가(LCA)를 위한 소프트웨어 기본설계”, 2005한국철도학회 추계학술대회 논문집.
6. Jun TAKATA, Naoki AIHARA, Taro Tsujimura (2002), “Analysis of Environmental Loads by Railways and Other Traffic Systems”, RTRI Report, Vol.16. No.10.
7. Mirjan E. Bouwan, Henric C. Moll (2002), “Environmental analysis of land transportation systems in the Netherlands”, Transportation research Part D7(2002) 331-345.
8. 이건모, 허탁, 김승도, 환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침, 한국인정원(KAB), 1998.
9. Kun-Mo Lee, Atsushi Inaba (2004), “Life Cycle Assessment Best Practices of ISO 14040 Series”, Asia Pacific Economic Cooperation, Ajou University, Korea.
10. (1997), “ISO 14040, Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and frame work”, ISO.
11. (1998), “ISO 14041, Environmental management-Life Cycle Assessment-Goal and scope definition and inventory analysis”, ISO.
12. (2000), “ISO 14042, Environmental Management-Life Cycle Assessment-Impact Assessment”, ISO.