

전기자동차의 환경영향 분석을 위한 발전원별 LCA 방법론 연구

이소라·김영희*
한국환경연구원 자원순환연구실

A Study on the LCA Methodology by Energy Source for Environmental Impact Analysis of Electric Vehicle

Sora Yi·Younghee Kim*
Korea Environment Institute

ABSTRACT: The purpose of this study is to prepare a life cycle assessment (LCA) methodology for analyzing the environmental impact of electric vehicles in relation to changes in the power generation mix. After reviewing existing domestic and overseas LCA studies on electric vehicles, we compiled a life cycle inventory of air pollution emissions by vehicle type and power generation by source. Then, based on the life cycle inventory, we determined the coefficients for different pollutants emitted from vehicles by vehicle type and the source of power generation for electric vehicles. This study provides helpful information for conducting an LCA of electric vehicles for different power generation mixes, which will contribute to establishing a carbon-zero society.

Key words: Electric vehicle, Energy mix, Environmental impact, Life cycle inventory

요약문: 본 연구에서는 전력믹스 변화에 따른 전기자동차의 환경영향 분석을 위한 전과정평가 방법론을 구축하였다. 이를 위해 국내외 전기자동차의 LCA 선행연구를 분석하고, 발전원별 전력생산 및 차종별 대기오염 배출물질의 전과정 인벤토리 목록화하였다. 이를 통해 자동차에서 배출되는 오염물질의 배출계수를 차종별, 그리고 전기차에 사용된 전력의 발전원별로 산정하였다. 본 연구 결과는 탄소중립의 기반 마련을 위해 전력믹스 변화를 고려한 전기차의 전주기 환경성 평가에 활용될 수 있을 것이다.

주제어: 전기차, 전력믹스, 환경영향, 전과정 인벤토리

1. 서론

온실가스 배출에 따른 기후변화의 심각성이 대두됨에 따라 수송 분야의 온실가스 감축을 위해 글로벌 차원에서 친환경 모빌리티 정책을 시행하고 있다¹⁾. 국내에서도 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」을 근거로, 친환경 자동차(이하 친환경차) 보급 확대를 위한 정책을 추진하고 있으며²⁾, 현재 등록된 친환경차는 전기 자동차(이하 전기차) 31만 3,801대, 하이브리드 자동차 106만 5,841대, 수소 자동차 2만 4,687대이다(2022년 7월 기준)³⁾. 「제4차 친환경자동차 기본계획」에 따르면, 2025년까지 283 만대, 2030년까지 785 만대 누적 보급 목표를 설정하였다⁴⁾. 또한 친환경차의 확산을 위해 보조금 지급, 세제 혜택, 충전 인프라 구축 등의 유인책을 제공하고 있다.

2050 넷제로(Net zero by 2050) 시나리오의 글로벌 에너지 부문 로드맵에서는 친환경 전력믹스로의 전환 목표를 설정하였다. 석탄화력의 의존도를 40%(2010년)에서 0%(2040년)로 줄이고, 풍력 및 태양광 등 신재생에너지의 비율을 높여, 기존 전력믹스의 CO₂ 배출강도 523 gCO₂-eq/kWh(2010년)를 138 gCO₂-eq/kWh (2030년), -5 gCO₂-

eq/kWh(2050년)로 감축할 예정이다⁵⁾. 국내 전력믹스(2021년, 정격용량 기준)는 석탄 28%, 원자력 17%, 천연가스 31%, 신재생에너지 19%로 구성⁶⁾되어있으나 2034년까지 석탄 15.0%, 원자력 10.1%, 천연가스 30.6%, 신재생에너지(태양광, 풍력, 수력 등) 40.3%로 전환 계획을 수립하였다⁷⁾. 신재생에너지 중심의 전력믹스로 개편되면서 2030년에는 온실가스 23.6% 감축('17년 대비), 미세먼지 57% 감축('19년 대비)할 것으로 전망된다(산업통상자원부, 2020).

온실가스 배출량의 수송부문 감축을 위해 현재 친환경차 보급, 자동차 에너지소비효율 표시를 통한 연비 향상 등 다양한 노력을 기울이고 있으나 여전히 운행 단계 위주로 정책이 마련되고 있다. EU와 중국 등 해외 주요국에서 자동차 산업의 전과정 온실가스 배출 규제를 위한 전과정평가(Life cycle assessment, LCA) 도입을 검토 중이므로, 이에 대한 대비책이 필요한 상황이다⁸⁾. 따라서, 전기차의 LCA는 전기 생산단계까지 고려한 온실가스 배출량, 대기오염 배출물 등 환경영향에 대한 LCA가 요구된다.

본 연구에서는 국내외 전기차의 전과정평가 선행연구 사례 및 전과정 인벤토리(Life Cycle Inventory, LCI)를 분석하여 환경효과 분석을 위한 발전원별 전과정평가 방법

론 구축하였다.

2. 연구방법

2.1 연구의 체계

본 연구의 체계는 Fig. 1과 같이 기초자료 분석, 국내외 전기차 등 LCA 사례 분석, 전과정평가를 위한 DB 조사 등의 순서로 진행하였다. 사례 분석을 통해 도출된 시사점, LCI 목록, 자동차 총 오염물질 배출량을 바탕으로 배출계수를 산정하고 전과정평가 방법론을 구축하였다.

2.2 국내외 전과정평가에 따른 온실가스 배출량 사례 분석

국내 전과정평가 사례는 전기차의 Fuel cycle과 Vehicle cycle을 모두 고려한 전과정 환경성평가 결과를 조사하였으며, 유럽의 사례는 Fuel cycle과 Vehicle cycle을 고려한 온실가스 배출량에 관한 연구를 조사하였다. 또한 글로벌과 미국의 사례는 Fuel cycle 관점에서 온실가스 배출량에 관한 연구를 분석하였다.

국내의 전력믹스에 따른 전과정평가 사례 분석을 통해 시사점을 도출하였으며, 이를 통해 국내 전력믹스 변화에 따른 전과정평가에 활용가능한 방법론을 제시하였다.

2.3 범주 설정

2.3.1 연구 대상

본 연구의 대상은 순수 전기차(All-electric vehicle)이며, 비교 대상으로 선정한 내연기관차는 가솔린 엔진 차량(이하 가솔린차)이다.

2.3.2 전과정 인벤토리 목록화

전기차와 가솔린차의 비교를 위해 발전원별, 차종별 인벤토리와 CO₂ 배출량, 대기오염 배출물에 대한 전과정 인벤토리를 구축하였다. 본 연구에서는 전과정평가의 환경영향 범주 중에서 지구온난화와 산성화에 관련된 인벤토리를 중심으로 목록화하였다. 미세먼지(PM)에 대한 배출계수를 산정하기 위해서, PM의 전구물질 대기오염 배출물인 SO_x, NO_x와 차량의 운행과정에서 타이어 마모로 발

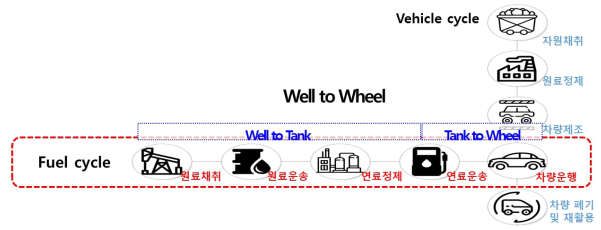


Fig. 2. 연구의 범위

Table 1. WTW 관점에서 선정한 데이터 인벤토리

WTT	발전원별 인벤토리(국가 LCI DB)
TTW	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 배출량(환경성적표지) CO, HC, NO_x, SO₂ 배출계수(자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정) PM 배출(GREET: Greenhouse gas Emissions, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies)

생하는 PM에 대한 배출계수를 조사하였다.

전기차의 인벤토리는 Fig. 2와 같이 Vehicle cycle 관점과 Fuel cycle 관점으로 나누어 목록화할 수 있다. Vehicle cycle 관점에서 환경영향은 차종, 모델에 따라 큰 차이를 보인다. 따라서, 본 연구에서는 전력믹스 변화에 따른 발전원별 환경영향을 분석하기 위한 배출계수를 제공하기 위해 Fuel cycle 관점에서 전과정평가를 분석하였다. Fuel cycle은 에너지 채굴(Well), 운반, 정유, 수송, 발전, 충전, 충전, 전동기, 운행(Wheel)의 9단계로 정의할 수 있으며, Well to Wheel(WTW)로도 표현된다⁹⁾. WTW은 Well to Tank(WTT) 단계와 Tank to Wheel(TTW) 단계로 구분할 수 있다.

WTW 관점에서 인벤토리 및 데이터 출처는 Table 1과 같다. 전기차는 운행 중 대기오염물을 배출하지 않으므로 TTW 단계에서 CO₂ 배출량, PM 배출 데이터를 수집하여 인벤토리 목록화를 하였으며, 가솔린차는 TTW 단계에서 CO, HC, NO_x, SO₂ 배출계수를 목록화하였다. 본 연구는 차량 1km 주행 기준으로 인벤토리 분석하였다.

3. 전기차의 연구사례 분석

3.1 국내 연구사례

국내 자동차회사인 A사는 「2022년 지속가능성 보고서」에서 환경성적표지 지침에 따라 CML (Centrum voor Milieukunde Leiden) 방법론을 적용하여 전기차에 대해 전과정 환경성 평가를 수행하였다¹⁰⁾. 자동차회사 A사의 준중형 SUV에 대한 차종별 전과정 환경성 평가 결과를 Table 2에 표기하였다. 제조 전 단계, 제조 단계, 운행 단계, 기타 단계로 구분하여 온실가스 배출량을 계산하였으며, 전기차는 169.6 gCO₂-eq/km, 하이브리드차는 241.6 gCO₂-eq/km, 가솔린차는 311.1 gCO₂-eq/km의 결과 값을

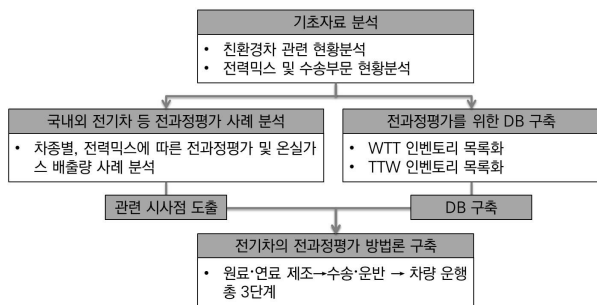


Fig. 1. 연구의 체계

Table 2. 국내 자동차회사의 차종별 전과정 환경성평가

(단위: gCO₂-eq/km)

구분	전기차(A)	하이브리드차	가솔린차(B)	증감(B-A)	비율(A/B)
제조 전 단계	47.11 (27.78%)	27.35 (11.32%)	23.89 (7.68%)	-23.22	197.20%
제조 단계	2.63 (1.55%)	4.57 (1.89%)	4.57 (1.47%)	1.94	57.48%
운행 단계	119.47 (70.44%)	208.38 (86.25%)	281.27 (90.41%)	161.80	42.47%
기타 단계	0.39 (0.23%)	1.30 (0.54%)	1.37 (0.44%)	0.98	28.50%
전과정 온실가스 배출량	169.6	241.6	311.1	141.5	54.52%

Table 3. WTW 관점에서의 차종별·대륙별 온실가스 배출량

(단위: gCO₂-eq/kWh)

구분	전기차								가솔린차	디젤차
	글로벌	아시아&태평양	북미	유럽	유라시아	중동	중남미	아프리카		
소형	78.1	98.7	70.6	51.0	63.2	83.9	39.1	102.4	101.4	89.8
중형	67.6	85.4	61.1	44.1	54.7	72.6	33.9	88.6	119.7	96.1
대형	99.3	125.5	89.8	64.8	80.4	106.7	49.8	130.2	187.5	143.1
SUV	113.6	143.6	102.7	74.2	91.9	122.1	56.9	149.0	210.1	164.6

나타냈다.

전기차와 동급 가솔린차를 비교한 결과, 전과정에서 전기차는 가솔린차 대비 54.52%의 온실가스를 배출하는 것으로 분석되었다. 온실가스 배출 측면에서 모든 차종이 운행 중 가장 큰 환경부하를 가지며, 운행 단계에서 전기차는 가솔린차 대비 42.47%의 온실가스를 배출한다. 제조 전 단계에서는 전기차가 가솔린차보다 높은 환경부하를 보이는데, 전기 생산, LIPB(리튬폴리머전지), Cu 함량 등으로 인한 환경부하로 분석할 수 있다.

3.2 해외연구 사례

3.2.1 EU 전력믹스와 CO₂ 배출량

유럽운송환경연합(EU Transport and Environment)에서는 EU 탄소 집약도, 점유율 등의 데이터를 활용하여 전기차에 대한 전과정평가(배터리 제조-차량 제조-운행-배터리 재활용)를 실시하고 내연기관차와 이산화탄소 배출량을 비교하였다¹¹⁾¹²⁾.

2022년 EU 전력믹스를 고려하였을 때, 중형 전기차는 평균적으로 75 gCO₂-eq/km, 동급 가솔린차는 241 gCO₂-eq/km을 배출한다. EU 전력믹스 변화, 배출계수 업데이트, 재활용 모델 추가 등의 요인으로 인해 2020년 전기차 LCA 결과치(90 gCO₂-eq/km)보다 개선되었다.

가장 친환경적인 시나리오는 스웨덴의 수력발전, 친환경 배터리를 적용하였을 때, LCA 결과는 41 gCO₂-eq/km이었으며, 최악의 시나리오는 폴란드 전력믹스, 중국 생산 배터리를 가정하였을 때, 151 gCO₂-eq/km이다. 또한, 2030년에는 탈탄소화를 통해 46 gCO₂-eq/km으로 감소하여, 가솔린차 대비 4.6배 친환경적일 것이라고 예상하였다.

3.2.2 글로벌 전력믹스와 CO₂ 배출량

글로벌 전력믹스 관점에서 전기차의 CO₂ 배출량에 대한 WTW 분석 연구에 따르면, 국가별 전력믹스, 자동차 종류에 따라 온실가스 배출량이 결정된다¹³⁾.

Table 3은 WTW 관점에서의 차종별·대륙별 온실가스 배출량이다. 가솔린차와 디젤차는 각각 소형 기준, 101.4 gCO₂-eq/kWh, 89.8 gCO₂-eq/kWh, 중형 기준, 119.7 gCO₂-eq/kWh, 96.1 gCO₂-eq/kWh를 배출한다. 유럽 전력믹스로 운행하는 중형 전기차가 44.1 gCO₂-eq/kWh로 가장 낮은 값을 보였으며, 아프리카 전력믹스로 SUV 전기차 운행시 149 gCO₂-eq/kWh로 가장 높은 수치를 보였다. 아프리카, 아시아와 태평양, 중동 지역에서 높은 탄소 집약도를 보이고 있으며, 온실가스 배출량도 글로벌 평균을 상회한다.

3.2.3 미국 전력믹스와 CO₂ 배출량

미국 에너지부(US Department of Energy)에서는 미국 내 주별 전력믹스에 따른 자동차 온실가스 배출량에 대한 온라인 자료를 제공한다¹⁴⁾.

자동차 직접 배출과 WTW 배출 관점에서 온실가스 배출량을 산정한 전력별, 차종별 연간 배출량은 Table 4와 같다. 워싱턴 주의 전력믹스 구성은 수력 64.7%, 천연가스 14.4%, 풍력 8.73%로 신재생에너지 비율이 높으며, 텍사스 주의 전력믹스 구성은 천연가스 48.8%, 풍력 20.79%, 석탄 18.45%이므로 높은 탄소집약도를 가지고 있다. 전기차는 가솔린차와는 다르게 한 국가 내에서도 개별 주의 전력믹스 구성에 따라 연간 온실가스 배출량에 큰 차이를 보인다.

Table 4. 미국 내 차종별 온실가스 배출량
(단위: kgCO₂-eq/yr)

구분	전기차	하이브리드차	가솔린차
미국 평균	1783.5		
워싱턴 주	426.4		
뉴저지 주	1062.8	2838.6	5186.8
텍사스 주	1830.2		

4. WTW 배출계수를 활용한 전과정평가 방법론 제시

4.1 인벤토리 목록화

WTT 관점의 전과정평가에 사용된 LCI 항목과 세부 내용 및 출처는 Table 5와 같다. 전기 생산 단계의 평가를 위해 국내 전력믹스를 구성하는 발전원별 인벤토리를 사용하였으며, 전기차와 가솔린차의 비교를 위해 휘발유 생산 인벤토리를 함께 고려하였다. 각 인벤토리는 산업통상자원부와 환경부에서 개발한 국가 LCI BD를 목록화하였다.

4.2 배출계수 산정결과

Table 6은 지구온난화 범주에 대한 TOTAL 분석 결과로, 발전원별 자동차의 온실가스 배출계수이다. 전기차 평균 전비(연비) 5.57 km/kWh, 가솔린차 평균 연비 14.825 km/L를 기준으로 하였으며, 2017년 전력믹스는 발전량 비중 기준으로 석탄(45.3%), 천연가스(16.9%), 원자력(30.3%), 신재생(6.2%), 기타(1.3%)이다.

Table 7은 산성화 범주에 대한 TOTAL 분석결과로, 발전원별 자동차의 SO₂ 배출계수이다.

차량 운행(TTW) 단계에서 배출하는 오염물질 배출계

Table 5. 휘발유 및 발전원별 LCI

구분	출처
휘발유 생산	산업통상자원부(2001)
LNG복합화력발전	
수력발전	
원자력발전	환경부(2011)
유연탄화력발전	
태양광발전	환경부(2012)

Table 6. 발전원별 자동차 CO₂ 배출계수
(단위: gCO₂-eq/km)

구분	WTT	TTW	WTW
가솔린차	3.92	154	158
LNG복합	82.5	0	82.5
수력	0.649	0	0.649
원자력	1.13	0	1.13
유연탄화력	209	0	209
태양광	13.9	0	13.9
2017 전력믹스	112	0	112

Table 7. 발전원별 자동차 SO₂ 배출계수
(단위: gSO₂-eq/km)

구분	WTT	TTW	WTW
가솔린차	0.00879	0.113	0.122
LNG복합	0.103	0	0.103
수력	0.000926	0	0.000926
원자력	0.00324	0	0.00324
유연탄화력	0.288	0	0.288
태양광	0.0962	0	0.0962
2017 전력믹스	0.159	0	0.159

Table 8. 자동차 대기오염물질 배출계수
(단위: g/km)

	경형	소형	중형	평균	
CO ₂	128.5	152.4	183.5	154.81	
CO	기준2	2.258	0.178	0.052	0.829
	기준3	1.077	0.085	0.025	0.396
HC	기준2	0.005	0.005	0.001	0.004
	기준3	0.001	0.001	0.000	0.001
NO _x	기준2	0.002	0.015	0.001	0.006
	기준3	0.001	0.004	0.000	0.002
SO ₂	0.000214				

수는 Table 8과 같다.

전기차는 차량 운행 단계에서 대기오염물질을 배출하지 않으므로 가솔린차에 대한 대기오염물 배출계수를 산정하였다.

가솔린차의 온실가스 배출량 산정을 위해서 환경성적표지 인증제품(2018년 기준) 11개 차종에 대해 차급별 이산화탄소 배출계수의 평균값을 계산하였다. 또한 가솔린차의 CO, HC, NO_x는 「자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정」의 ‘2012년 7월 1일 이후 적용 자동차 배출계수’에서 기준2(Ultra Low Emission Vehicle)와 기준3(Super Ultra Low Emission Vehicle)의 배출허용기준을 표기하였으며, 2017년 개정된 SO₂ 배출량 식(식 2와 식 3)을 이용하여 배출계수를 산출하였다. 공인연비는 한국에너지공단의 1-5등급 휘발유 차량의 연비신고 값의 평균인 10.2km/L¹⁵⁾, 차량 대수는 국토교통부의 ‘자동차 등록현황보고’의 휘발유 차량 합계인 11,958,644대(2022년 7월 기준)³⁾를 사용하였다.

$$S_{EF} = \frac{S_E}{D_D} \quad (\text{식 1})$$

$$S_E = C_{oil} \times SP \times S_C \times \frac{2}{100} \times N \quad (\text{식 2})$$

$$C_{oil} = \frac{D_D}{(FE \times 0.8)} \quad (\text{식 3})$$

Table 9. 차량별 PM 배출계수

		(단위: g/km)		
구분	WTT	TTW	합계	
가솔린차	3.167	0.014	3.181	
LNG복합	0.001	0.014	0.015	
수력	0.014	0.014	0.028	
원자력	0.010	0.014	0.025	
유연탄화력	0.115	0.014	0.130	
태양광	0.012	0.014	0.027	
2017 전력믹스	0.103	0.014	0.117	

S_{EF} : SO₂ 배출계수
 S_E : SO₂ 배출량
 D_D : 차종별 대당 연간 주행거리
 C_{oil} : 연료소비량
 SP : 휘발유 비중
 Sc : 휘발유 내 황함유량
 FE : 공인연비

4.3 PM 배출계수

PM 배출계수는 WTT(휘발유 및 전기 생산) 단계와 차량별 TTW(차량 운행) 단계를 합산하여 Table 9에 나타냈다. WTT 단계에서는 국가 LCI DB를 활용하여 TOTAL 분석을 하였으나 PM 데이터가 세분화되어 있지 않아 ‘Dust’의 항목에 대한 결과를 활용하였다¹⁶⁾. TTW 단계에서는 타이어 및 브레이크 패드 마모에 따른 PM 배출에 대한 분석을 위해 GREET 모델의 배출계수를 활용하였다¹⁷⁾. TTW 배출계수는 PM₁₀ 배출계수(0.0112 g/km)와 PM_{2.5} 배출계수(0.0031 g/km)를 합산하여 사용하였다.

EEA(European Environment Agency)의 타이어 및 브레이크 패드 마모에 의한 PM 배출에 대한 산정식을 (식 4)¹⁸⁾와 같이 제시하고 있다.

$$TE = \sum_j N_j \times M_j \times EF_{i,j} \quad (\text{식 4})$$

TE : TSP, PM₁₀ 또는 PM_{2.5}의 총배출량
 N_j : j의 차량 수
 M_j : j의 차량당 평균 주행거리

$EF_{i,j}$: 오염물질 i, 차량범주 j의 배출계수
 i : TSP, PM₁₀, PM_{2.5}
 j : 차량범주(이륜차, 승용차, 경량트럭, 중량트럭)

승용차를 기준으로 차량당 TSP (Total Suspended Particles)는 0.0229 g/km, PM₁₀은 0.0184 g/km, PM_{2.5}은 0.0093 g/km이며, 합계는 0.0506 g/km이다. 이는 브레이크 및 타이어 마모, 노면 마모를 모두 합한 값이므로 GREET 모델의 배출계수보다 높은 수치를 보이고 있다. 브레이크 및 타이어 마모에 대한 TSP 배출계수는 내연기관차 0.0229 g/km, 전기차 0.015 g/km로 GREET 모델의 배출계수와 유사하거나 다소 높은 수준이다.

4.4 WTW 배출계수를 활용한 전과정평가의 방법론 제시

WTW 관점에서 전기차와 가솔린차의 LCA 방법론 제안을 위해 단계별 배출계수를 Table 10에 정리하였다.

전기차와 가솔린차는 WTT 단계에서 Table 6의 발전원별 CO₂ 배출계수, Table 7의 SO₂ 배출계수, Table 9의 발전원별 PM 배출계수를 활용할 수 있다. TTW 단계에서 전기차는 Table 9의 발전원별 PM 배출계수, 가솔린차는 Table 6의 휘발유 생산 시 CO₂ 배출계수, Table 7의 SO₂ 배출계수, Table 8의 환경성적표지의 CO₂ 배출계수와 CO, HC, NO_x, SO₂ 배출계수, Table 9의 발전원별 PM 배출계수를 활용하여 전과정평가를 수행할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 국내의 전력믹스에 대한 차종별 전과정평가 사례 분석을 통해 인벤토리를 목록화하고, 국가 LCI BD와 GREET 모델의 자료를 토대로 배출계수를 산정하여 WTW 관점에서 전과정평가 방법론을 제안하였다.

본 연구의 LCA 방법론을 통해 국내 전력믹스에 따른 전기차와 가솔린차의 환경영향에 대한 비교가 가능하다. 또한 본 연구 결과는 탄소중립의 기반 마련을 위해 전력믹스 변화를 고려한 전기차의 전주기 환경성 평가에 활용될 수 있을 것이다.

Table 10. 지구온난화 및 산성화 항목 WTW 인벤토리 목록

구분	WTT 단계	TTW 단계
전기차	Table 6. 발전원별 CO ₂ 배출계수 Table 7. 발전원별 SO ₂ 배출계수 Table 9. 발전원별 PM 배출계수	Table 9. 발전원별 PM 배출계수
가솔린차	Table 6. 휘발유 생산 시 CO ₂ 배출계수 Table 7. 발전원별 SO ₂ 배출계수 Table 9. 발전원별 PM 배출계수	Table 6. 휘발유 생산 시 CO ₂ 배출계수 Table 7. 발전원별 SO ₂ 배출계수 Table 8. 환경성적표지 CO ₂ 배출계수 Table 8. CO, HC, NO _x , SO ₂ 배출계수 Table 9. PM 배출계수

그러나 본 연구에는 Vehicle-cycle 관점에서의 환경영향은 차종별 편차가 크므로 반영되지 않았으며, PM 배출계수 역시 차종별로 세분화되어 있지 않다.

추후 국가 LCI DB 개편에 따른 발전원의 배출계수의 변화, 탄소집약도 낮은 전력믹스로의 전환, 전기차 폐배터리의 재활용과 기술 발전, 전기차의 전비 향상, EU 등 타이어 라벨링 규정 강화에 따라 CO₂ 배출량이 감소할 것이다. 이로 인해 전기차의 전과정 온실가스 배출량은 점차 감소할 것으로 예상된다.

사사

본 논문은 한국환경연구원의 2018년도 수시과제(RE2018-03)로 수행한 연구결과를 발전시켜 작성하였습니다.

REFERENCES

- 1) European Council, "Fit for 55 package: Council reaches general approaches relating to emissions reductions and their social impacts", <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/29/fit-for-55-council-reaches-general-approaches-relating-to-emissions-reductions-and-removals-and-their-social-impacts/>.
- 2) 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」, 법률 제18323호 (2022).
- 3) 국토교통부, "자동차 등록현황보고", 2022.
- 4) 관계부처 합동, "제4차 친환경자동차 기본계획(2021~2025)", p. 1 (2021).
- 5) IEA, "Net zero by 2050; A roadmap for the global energy sector", p. 200 (2021).
- 6) 한국전력공사, "한국전력통계", 91, pp. 26-27 (2022).
- 7) 산업통상자원부, "제9차 전력수급기본계획", p. 39 (2020).
- 8) 국립환경과학원, "국내외 자동차 LCA 추진현황", 자동차 환경정책 및 기술 동향 자료집, 5, p. 1 (2022).
- 9) 우종률, "전력 믹스에 따른 전기자동차의 CO₂ 배출량 비교 분석", 220, 과학기술정책연구원, pp. 42-47 (2016).
- 10) 현대자동차, "2022 현대자동차 지속가능성 보고서", p. 24 (2022).
- 11) EU Transport & Environment, "T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂emissions" p. 11 (2020).
- 12) EU Transport & Environment, "Update - T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions" p. 13 (2022).
- 13) Jong Roul Woo, Hyunhong Cho, Joongha Ahn, "Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective", *Transport and Environment*, 51, 340~350 (2017).
- 14) US Department of Energy, "Emissions from Electric Vehicles", https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html#wheel.
- 15) 한국에너지공단, "자동차 에너지소비효율 및 등급 신고 현황", p. 5 (2020).
- 16) Argonne National Laboratory, "GREET Model", <https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/GREET>.
- 17) 이소라, 김익, 권문선, 이우진, 임성선, "LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석", 한국환경정책·평가연구원, pp. 62-63 (2018).
- 18) European Environment Agency, "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019", pp. 13-15 (2019).