자원 · 환경경제연구 제 33 권 제 1 호
Environmental and Resource Economics Review
Volume 33, Number 1, March 2024 : pp. 33~57
DOI: https://doi.org/10.15266/KEREA.2024.33.1.33

전기 소형화물차 구매보조금의 적정 수준에 대한 연구: 환경편익과 TCO-parity를 중심으로†

이동규* · 전호철**

요 약 : 본 연구는 전기 소형화물차에 대한 구매보조금이 환경편익의 측면과 총보유비용 동등성 측면에서 볼 때 적정한 수준인지에 대하여 분석하였다. 환경편익에 대해서는 발전믹스에 따라 발생하는 환경오염물질 배출량을 고려하였으며, 기온분포에 따른 전기차의 효율변화도 반영하였다. 소형화물차의 경우, 경유차 대신 전기차를 운행함에 따른 환경편익은 차량의 총운행기간에 걸쳐 217~530만 원 수준으로 추정되었다. 또한, 현행 구매보조금 제도하에서 경유차 대비 전기차의 총보유비용은 사업용은 약 360만 원, 비사업용은 약 660만 원 낮은 것으로 추산되었다. 즉, 환경편익의 관점에서든 총보유비용의 관점에서든 보다 효율적으로 재정을 활용하고자 한다면 같은 예산이라도 전기 소형화물차에 대한 구매보조금 단가를 낮추는 것이 합리적이다. 그 대신 남은 예산은 화물차 전용 충전기의 확보와 같이 충전인프라를 고도화하는 데에 좀 더 집중한다면 잠재적인 구매자들의 금전적인 부담뿐만 아니라 충전 관련 불편함까지 줄여 전기 소형화물차 보급에 더 비용효과적일 것으로 판단된다.

주제어 : 전기 소형화물차, 구매보조금, 환경편익, 총보유비용 동등성

JEL 분류 : H23, Q53, Q48

접수일(2024년 3월 11일), 수정일(2024년 3월 17일), 게재확정일(2024년 3월 17일)

† 이 논문은 2022년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

* 서울시립대학교 경제학부 부교수, 제1저자(e-mail: dgyi77@uos.ac.kr)

** 충남대학교 경제학부 조교수, 교신저자(e-mail: hcjeon@cnu.ac.kr)

A Study on the Appropriate Level of Electric Light Duty Vehicle Purchase Subsidies†

Donggyu Yi* and Hocheol Jeon**

ABSTRACT : This study analyzes the purchase subsidy for electric light-duty vehicles in terms of environmental benefits and total cost of ownership(TCO). For the environmental benefits, we considered the emissions from the power generation mix and reflected the change in efficiency of electric vehicles according to the temperature distribution. The environmental benefits of driving electric vehicles were estimated to be between KRW 2.2 million and KRW 5.3 million. Also, the TCO of electric vehicles compared to diesel vehicles under the current purchase subsidy was estimated to be about KRW 3.6 million lower for business use and about KRW 6.6 million lower for non-business use. These results imply that it is reasonable to lower the unit price of the purchase subsidy even within the same budget. Moreover, the remaining budget could be better spent on upgrading the charging infrastructure, which would reduce the inconvenience of charging for potential buyers.

Keywords : Electric light-duty vehicle, Purchase subsidy, Environmental benefit, TCO-parity

---

Received: March 11, 2024. Revised: March 17, 2024. Accepted: March 17, 2024.

† This work was supported by the 2022 Research Fund of the University of Seoul.

* Associate Professor, School of Economics, University of Seoul, First author (e-mail: dgyi77@uos.ac.kr)

** Assistant Professor, Department of Economics, Chungnam National University, Corresponding author (e-mail: hcjeon@cnu.ac.kr)

Ⅰ. 서 론

국내는 물론 전 세계는 매년 폭염과 산불, 홍수와 태풍 등의 기상이변으로 소중한 생명과 재산의 피해가 발생하고 있다. 기상이변의 원인은 다양하지만, 많은 연구에 따르면 기후변화가 그 현상을 더욱 심화시킬 것으로 전망되고 있다(WMO, 2021). 전 세계는 기후변화의 원인이 되는 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출을 줄이고자 다양한 노력을 기울이고 있으며 130개국 이상에서 온실가스 순배출을 0으로 하는 탄소중립(Net-Zero) 목표를 선언하였다. 각국 정부나 국제 연구기관들이 내놓은 탄소중립 달성을 위한 수단은 크게 에너지 사용기기의 효율향상(energy efficiency), 에너지 소비행동의 변화(behavioral change)와 최종에너지의 전기화(electrification)로 요약될 수 있다(IEA, 2021).

특히 수송부문은 전기차로의 전환이 핵심적인 온실가스 감축 수단으로 평가받고 있다. 우리나라 역시 탄소중립 및 국가 온실가스 감축 등의 목표를 달성하기 위해서는 전기차 비중이 80% 이상 필요한 것으로 전제되고 있다.[1] 정부와 지방자치단체는 전기차의 빠른 보급을 위해 구매보조금 지원, 세제 감면은 물론 공영주차장 주차요금 및 고속도로 통행료 할인 등의 혜택을 주고 있다. 전기차에 주어지는 혜택의 근거는 환경적인 측면, 총소유비용에서의 측면, 산업적인 측면 등이 고려될 수 있다. 환경적인 측면에서는 환경오염피해를 감소시켜 얻는 편익을 말하며, 이러한 환경편익은 전기차가 주행 중 온실가스 및 대기오염물질의 배출이 없다는 점에서 발생한다.[2] 총보유비용의 측면은 잠재적인 구매자로 하여금 전기차를 구매하는 것이 금전적인 측면에서 크게 손해가 되지 않도록 비용을 보조해 주는 것이다. 산업적인 측면에서는 초기 산업에 대한 지원의 측면, 석유 수입 의존도에 대한 해소 등이 전기차 보급 활성화를 통해 얻을 수 있는 편익이라 할 수 있다.

하지만 전기차의 에너지원인 전기는 생산하는 과정에서 화석연료를 사용하게 된다는 점에서 간접배출이 발생하게 된다. 예를 들어 2021년도 국내 총발전량 중 석탄화력발전이 약 35.4%를, LNG 발전이 21.8%를 담당하였다.[3]

---

1) 『2050 탄소중립 시나리오안』(2021.10.18.)의 A안에서는 전기차 80% 이상 및 수소차 등 대안 17% 이상, B안에서는 전기·수소차 85% 이상 보급을 전제하고 있다.

2) 주행 중 타이어 및 브레이크 패드 마모에 따른 비산먼지의 배출은 전기차와 내연차에서 공통으로 발생한다는 점에서 본 연구의 대상에서 제외하였다.

다시 말해 총발전량의 절반 이상이 화석연료에 의존하고 있다는 점이다. 따라서 전기차의 실질적인 환경편익은 국내의 발전원 구성을 반영하여 산정하여야 한다는 것을 의미한다. 전기차가 내연차에 비해 가지는 환경편익을 산정할 때 고려해야 할 다른 특징 중의 하나는 내연차와 전기차는 배출이 발생하는 위치가 달라 동일한 양의 대기오염물질을 배출하게 된다고 하더라도 수용체, 즉 인간에게 미치는 피해의 크기가 달라 배출량 비교만으로 전기차의 편익을 산정할 수 없다. 다시 말해 내연차는 차량이 운행되는 곳, 인구밀도가 높으며 근접한 거리에서 배출이 발생하여 동일한 양이 배출되더라도 피해가 큰 반면 전기차는 전력이 생산되는 곳에서 배출되어 상대적으로 거주 공간과의 거리와 인구 밀도 등에서 피해가 적게 발생하는 장점이 있어 전기차의 순편익이 산정이 고려되어야 한다. Holland et al.(2016)에서 이론적으로 제시한 바와 같이 전기차량이 내연차량에 비해 발생시키는 피해의 차이만큼 보조금 지원하는 것이 환경적인 측면에서 후생을 극대화한다. 따라서 적정 수준의 보조금을 크기를 산정할 때 전기차량의 간접적인 배출까지 포함한 순편익 수준에 대한 분석이 필요하다.

한편, 전기차 보급에 있어 구매보조금의 실효성은 구매자가 내연기관차 대신 전기차를 구입하는 데에 얼마나 금전적인 추가부담을 감당할 수 있느냐와 연결된다. 전기차가 내연기관차에 비해 환경개선효과가 있더라도 그것을 위해 구매자가 얼마만큼의 비용을 추가로 지불할 의사가 있느냐는 별개의 문제이다. 특히, 우리나라는 「친환경자동차 기본계획」을 통해 2030년까지 친환경차 누적보급대수 785만 대를 목표로 하고 있다(관계부처 합동, 2021). 이렇게 급격한 차종 전환이 이루어지기 위해서는 환경개선효과에 대한 인식 제고 못지않게 차량 구매자가 전기차를 구매할 때 금전적인 추가부담을 최소로 지불하게 하는 것이 중요할 것이다. 이러한 관점에서 차주가 차량을 구매하여 보유하는 동안 지불하게 되는 총보유비용(Total Cost of Ownership)을 비교하는 것도 구매보조금의 적정성을 판단하는 주요 요소가 될 수 있다.

그간 국외는 물론 국내에서도 보급률이 높은 전기 승용차에 대한 분석은 다양하게 진행된 반면 화물차 부문에서의 연구는 매우 제한적이었다. 하지만 2020년 기준 차종별 총주행거리에서 화물차가 차지하는 비중은 16.4%에 이르고 화물차의 94.4%가 경유차임

3) 한국전력통계(2022)

을 고려한다면 전기 화물차로의 전환은 큰 의미가 있다는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구는 현재 초기 보급 단계에 있는 국내의 전기 소형화물차의 환경적 영향을 피해비용접근(Damage Cost Approach)을 통해 분석하였다. 이와 함께 전기 소형화물차와 경유 소형화물차 간의 총보유비용을 추산하고 이를 동등하게 만드는 구매보조금 수준에 대하여 살펴보았다. 이를 통해 중앙정부와 지자체에서 제공하는 구매보조금 수준의 적절성을 평가하였다. 본고의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 관련된 선행연구를 소개하고, 제Ⅲ장과 제Ⅳ장에서는 각각 전기 소형화물차의 경유 소형화물차 대비 환경편익과 총보유비용을 비교한다. 마지막으로 제Ⅴ장에서는 분석 결과를 요약하고 구매보조금 관련 정책에 대한 시사점을 제시한다.

II. 선행연구

상술한 바와 같이 전기차에 대한 구매보조금의 목적은 다양하게 생각해볼 수 있겠지만 많은 선행연구에서 보조금 단가를 고려할 때는 환경편익이나 운전자의 총보유비용의 측면을 주로 살펴보고 있다. 특히, 일반적으로 산업 및 기술에 대한 지원효과는 많이 언급됨에도 불구하고 막상 구매보조금 연구에서 그에 대한 분석은 찾기 어렵다. 이는 단순히 측정의 어려움뿐만 아니라 지원수단이 차량 구매자에 대한 금전보조의 형태라는 점에도 주목할 필요가 있다. 즉, 산업 및 기술에 대한 지원은 기업의 비용을 보전하는 방식으로 지원할 수 있는 다양한 수단이 있기 때문에 차량 구매자에 대한 보조형태의 지원은 산업이나 기술개발에 대한 지원을 넘어 차량 구매자의 행태를 통해야 비로소 얻을 수 있는 것이 있어야 할 것이다. 그러한 점에서 차량 운행과정에서 발생하는 오염물질의 배출저감이 정책의 직접적인 대상이 될 수 있을 것이다. 마찬가지로 차량 구매자가 실질적으로 행태를 바꿀 동기를 찾는 측면에서 볼 때 운전자의 총보유비용을 고려하는 것이 자연스러운 접근으로 이해된다.

전기를 동력으로 하는 차량의 환경적인 특성에 관한 연구는 보급[4])이 상당한 수준으로 진행된 전기 승용차를 중심으로 진행되었으며 최근 들어 일부 연구에서 전기 버스나

4) 국제에너지기구(IEA)의 『Global EV Outlook 2022』에 따르면 2021년 판매 차량 중 전기차의 비중이 약 10%에 이르는 것으로 나타나고 있다.

화물차를 분석하고 있다. Holland et al.(2016)은 미국에서 전기차의 환경 피해비용을 통합평가모형(Integrated Assessment Model, IAM)으로 추정한 결과 휘발유 차량과 큰 차이가 없음을 보였다. 특히 지역별 발전원의 구성 및 인구의 분포에 따라 전기차가 가지는 편익에 큰 차이가 있음을 보였다. Holland et al.(2021)은 전기버스에 대해서도 유사한 분석을 통해 경유 버스의 경우 평균적으로 적은 피해가 발생하지만 CNG 버스에 비해서는 전기버스가 모든 지역에서 더 높은 피해가 발생한다는 것으로 보였다. 더불어 Holland et al.(2019)는 전기차의 간접배출, 즉 주행되는 공간이 아닌 발전소에서 배출이 일어나는 특성으로 인해 소득 및 인종에 따른 형평성(distributional effects)의 문제가 발생하는 것으로 보였다. 2021년 기준 전 세계 전기차 판매량의 약 51.7%를 차지하는 중국은 다른 한편 2020년 기준 전력생산량 중 석탄발전이 차지하는 비중이 63.5%에 이른다. 따라서 전기차가 가지는 환경편익이 발전 부문을 고려한다면 상당히 낮은 수준이거나 오히려 내연차량과 비교하여 음의 편익을 가질 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 측면과 함께 Holland et al.(2019)이 미국에서 발생하는 전기차의 형평성 문제를 분석한 것과 같이 Ji et al.(2015)와 Bai et al.(2021)은 중국에서 전기차가 보급됨에 따라 발전소가 위치한 도시외곽 지역, 즉 소득이 낮은 지역에서 배출량이 증가한다는 점에서 환경정의 측면에서 고려될 필요가 있음을 보였다.

국내에서는 전호철(2017, 2020)이 전기 승용차는 경유차에 비해 8.58~10.83원/km의 편익이, 휘발유 차량에 비해서는 −0.41~1.83원/km의 편익이 발생하는 것으로 추정하였다. 더불어 전원의 구성 시나리오에 따라 전기차의 편익이 크게 차이가 남을 보였다. 국내에서 전기 화물차를 다룬 연구로는 신승진 외(2021)가 전기 화물차를 무공해자동차(zero-emission vehicle)로 가정하여 분석한 결과 화물차 1대당 환경피해비용이 평균 1.3~20.3백만 원이 되는 것으로 분석되었다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 전기를 동력으로 사용하는 차량의 경우 주행 중 발생하는 직접적인 환경오염물질 배출이 없을 뿐 발전 과정에서 간접적으로 배출하게 된다. 더불어 내연차량의 경우 이동오염원(mobile source)으로 인구가 밀집된 지역에서 주로 발생하는 반면 발전은 상대적으로 인구 밀집도가 낮은 지역에 발생한다는 주요한 차이가 발생되는 특징이 있는데 전기 소형화물차를 무공해자동차로 분류한다면 이러한 특성이 반영되지 못하여 엄밀한 환경편익을 산정하기 어렵다.

한편, 친환경차의 구매보조금을 총보유비용이나 그와 유사한 개념을 적용하여 분석한 사례들도 살펴보면 다음과 같다. 유종훈 · 김후곤(2011)은 전기차의 보조금 정책 도입의 타당성을 손익분기점 분석을 통해 평가하였다. 차량 구입비용과 연료비용, 감가상각, 보험료, 자동차세, 환경비용에 대하여 비용과 편익을 추산하였다. 이후 연료비(유류비와 충전비) 단가에 대하여 세 가지 시나리오를 설정하고 시나리오별로 손익분기점이 되는 보유기간을 보조금을 지원받을 때와 그렇지 않을 때로 구분하여 계산하였다. 시나리오 분석을 바탕으로 보조금을 차종 간 차량가격 차액의 50% 수준으로 지원할 때 배터리 교환주기보다 손익분기점이 빨리 도래하여 보조금이 유인책으로서의 역할을 할 수 있을 것으로 결론을 내렸다. 이동규 · 최준욱(2018)은 하이브리드 차량에 대한 세제지원과 보조금 정책시나리오에 따라 차량전환을 할 유인이 손익분기점 개념으로 할 때 얼마나 있을지 분석하였다. 평균적인 교체 주기 내에 금전적인 손익분기가 발생하면 차량전환의 유인이 있는 것으로 해석하였다. 자동차주행거리 미시자료를 활용하여 다양한 세제지원과 보조금 조합별로 차량 전환 유인이 있는 차량 대수를 분석하였다. 분석결과, 일반 휘발유 차량에서 하이브리드 차량으로의 전환에 세제지원이나 보조금은 필수적인 것으로 나타났으며, 자동차 관련 과세방식을 운행단계 중심으로 개편하는 것이 차량전환에 더 효과적인 것으로 추산되었다. 김용기 · 정장훈(2021)은 수소연료전기차와 내연기관차 간 초기 구매비용 차이를 회수하는 보조금의 크기를 계산하였다. 현행 제도인 2,250만 원의 보조금으로는 구매 후 7년이면 추가 구매비용을 모두 만회하는 것으로 나타났다. 또한, 지금보다 약 380만 원 보조금을 낮추어도 보유기간 동안 초기 구매비용의 차이를 모두 회수할 수 있는 것으로 추산되어 구매보조금을 보다 낮추고 이로 인해 확보되는 예산은 인프라 투자에 활용할 수 있음을 제시하였다.

선행연구들에서 보듯 저자들이 아는 범위에서는 여러 친환경차 가운데 전기 소형화물차의 구매보조금은 국내에서 아직까지 분석의 대상이 된 바가 없다. 전기 소형화물차는 2019년에야 시장에서 판매가 시작되어 여전히 보급 초기단계에 있다고 할 수 있다. 하지만 2019년 기준 도로이동오염원의 $PM_{2.5}$ 배출량의 75%가 화물차에서 배출되었다. 또한 화물차 중 소형이 $PM_{2.5}$ 배출량에서 차지하는 비중이 24.5%에 이른다는 점에서 전기 소형화물차가 가지는 환경적인 특성을 정확히 분석하여 이를 보급정책에 반영할 필요가 있다. 본 연구는 보급 초기단계에 있긴 하나 최근 들어 급격히 보급이 확대되고 환

경적인 영향도 큰 전기 소형화물차의 환경적인 편익을 분석한다. 더불어 구매자 입장에서 비용상의 불이익이 발생하지 않는 수준이 얼마인지 추산함으로써 현재 중앙정부 및 지자체에서 지급하고 있는 구매보조금의 적정성에 대해서 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 전기 소형화물차의 환경편익분석

전기 소형화물차가 경유 소형화물차와 비교하여 가지는 환경적 편익을 산정하기 위해 본 장에서는 피해비용접근법에 근거하여 분석하였다. 피해비용접근법은 오염원(source)에서 배출되는 배출량을 산정하고 배출된 오염물질이 이동 및 화학반응 통해 변화된 대기 중 오염물질 농도에 노출된 수용체(source)에 미치는 영향을 화폐가치화하는 영향경로 분석을 통해 도출된 피해비용을 활용하는 방법이다.[5)] 이러한 피해비용접근방법을 소형화물차 1대가 수명 동안 운행을 통해 발생시키는 피해비용을 추정하여 분석하였다. 내연차량의 환경피해비용 산정방법은 다음과 같이 요약할 수 있다.

$$(1\text{일주행거리} \times 365\text{일} \times \text{차량평균수명}) \times \text{연비} \times \sum_{i=1}^{N}(EF_i \times DC_i)$$

EF_i : 오염물질 i의 배출계수, DC_i: 오염물질 i의 (배출) 톤당 피해비용

내연차량의 환경피해비용에 비해 전기차량의 환경피해비용 산정은 다양한 요인을 고려하여 반영하여야 한다. 특히 전기차의 성능, 즉 주행가능거리는 기온에 따라 달라진다는 점과 전력 구성에 따라 달라져 동일한 양의 전기를 충전하더라도 환경피해비용이 달라진다. 이는 내연차량의 환경피해비용 산정에서 하나의 값으로 고정된 연비에 해당하는 전비가 기온의 함수[6)]가 되며 오염물질별 배출계수 역시 시간에 따라 달라지는 함수의 형태를 가지게 된다. 다음 절에서 전기차량의 환경피해에 대한 자세한 내용과 사용한 자료에 대해서 설명하고 있다.

5) 영향경로분석은 개별 분석과제에 대해 엄밀한 대기질 모형을 이용하는 방법으로 분석에 많은 시간 및 고도의 전문성을 요한다. 따라서 대규모의 정책 사업 등에 활용된다. 영국 정부의 경우 약 5천만 파운드 이상의 사회경제적 영향이 있는 사업에 대해서만 영향경로분석을 통한 분석을 권고하고 있다(UK Defra).

6) 본 논문에서는 지역별 및 월별 평균기온을 이용하여 기온의 변동을 설명하였다.

1. 분석방법론

1) 온실가스 및 대기오염물질 배출량 추정

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 연료별 소형화물차의 수명 동안의 총운행에 따른 피해비용을 추정하여 비교하는 것을 목적으로 하기 때문에 수명 동안의 총주행거리에 대한 가정이 필요하다.[7] 먼저 소형화물차가 평균적으로 몇 년동안 운행된 후 폐차가 되는지에 대한 기간이 필요하다. 본 연구에서는 한국자동차해체재활용협회(2021)[8]의 차량별 폐차주기 통계 중 2020년 화물차의 평균 폐차주기인 16.8년을 가정하였다. 폐차주기는 차종뿐만 아니라 연료별로 차이가 있을 것으로 판단된다. 특히 배터리를 이용하는 전기 소형화물차의 경우 배터리의 수명에 크게 좌우될 것으로 판단되나, 2019년 도입된 전기 소형화물차의 폐차주기에 대한 통계가 없어 본 연구에서는 전기와 경유 소형화물차의 폐차주기를 동일하게 가정하였다. 수명 동안의 총주행거리는 한국교통안전공단(2021)의 1일 평균주행거리(km/대)를 이용하여 산정하였다. 1톤 이하 소형 화물차는 사업용과 비사업용으로 구분되며 주행거리에 큰 차이가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 사업용과 비사업용의 총연간주행거리를 가중치로 하여 1일 주행거리를 41.10km/대로 도출하고 이를 토대로 연간 총주행거리를 15,001km/대,년으로 가정하였다.

경유 소형화물차의 온실가스 및 대기오염물질 배출량에 영향을 미치는 중요한 변수는 연비이다.[9] 다만 대기오염 배출량은 연비와 함께 오염물질 방지 장치 등에 의해 영향을 받는다. 따라서 연비와 함께 기타 요인을 반영하여 부문별 대기오염물질배출량을 산정하는 환경부 국가미세먼지정보센터의 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS) 배출량 정보를 통해 경유 소형화물차의 대기오염물질 배출계수를 활용하였다.[10] 온실가스 배출계수는 자동차의 CO_2 배출계수 자료를 활용하였다.[11] 다음

7) 본 논문에서 정의하고 있는 생애주기는 소비자가 소형화물차를 구매하여 최종적으로 폐차까지의 기간을 의미한다.

8) 한국자동차해체재활용협회에서는 공식적인 통계보고서로 발간하지 않아 신문기사를 참조하였다(https://www.hani.co.kr/arti/economy/car/1006128.html).

9) 국내에 출시되고 있는 대표적인 경유 소형화물차의 공인연비는 도심 9.2km/L, 고속도로 10.0km/L, 복합연비는 9.5km/L

10) 대기정책지원시스템(CAPSS)에 자료를 통해 도출된 2019년형 기준 경유 소형화물차의 대기오염물질 계수를 적용하였다.

11) 자동차 에너지소비효율 및 등급 홈페이지(https://bpms.kemco.or.kr:444/transport_2012/main/index.aspx)

<표 1>은 경유 소형화물차의 배출계수를 정리한 것이다.

〈표 1〉 경유 소형화물차의 평균 대기오염물질 및 온실가스 배출계수

(단위: g/km)

오염물질	CO	NOx	SOx	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC	NH3	CO_2
배출계수	0.121	0.857	0.001	0.0003	0.0003	0.0003	0.021	0.001	204

자료: 국가미세먼지정보센터의 대기정책지원시스템(CAPSS) 및 한국에너지공단 공인연비 자료

앞서 가정한 경유 소형화물차의 연간 주행거리와 폐차주기를 활용하여 수명 동안 총 배출하는 총량을 산정한 결과 다음 <표 2>와 같다. 대기오염물질 중 NOx의 비중이 크게 높은 것을 확인할 수 있다. 향후 살펴보겠지만 전기차의 대기오염물질별 배출량, 즉 발전부문에서 배출되는 대기오염물질과 가장 큰 차이는 NOx 배출량이며 이는 이동오염원(mobile sources)과 점오염원(point source)에 사용되는 연료의 차이에 기인한다.

〈표 2〉 경유 소형화물차의 평균 대기오염물질 및 온실가스 배출량

(단위: kg/대, 수명)

오염물질	CO	NOx	SOx	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC	NH3	CO_2
배출량	30.5	216.1	0.2	0.1	0.1	0.1	5.4	0.3	51,411.6

전기 소형화물차의 대기오염물질 및 온실가스 배출량은 전비, 즉 1kWh 충전으로 가능한 주행거리, 시간별 발전원의 구성, 전기차의 충전시간대, 각 발전소별 배출계수 등이다. 첫 번째 전비는 자동차 에너지소비효율 및 등급의 공인 전비를 기준으로 분석하였다. 국내의 대표적인 전기 소형화물차의 복합전비는 3.1km/kWh이다.[12] 다만 전기차의 효율은 기온에 민감하다. 즉, 동계 및 하계의 배터리 효율에 차이가 있어 전비가 달라진다는 점이다. 기온이 일정 수준 이상이거나 이하인 구간에서 효율이 감소한다(Yuksel and Michalek, 2015). 따라서 기온에 따른 전비의 차이를 국내 기온을 고려하여야 전기

12) 자동차 에너지소비효율 및 등급 통계에 따르면 전기 소형화물트럭의 도심주행연비는 3.6km/kWh, 고속도로주행연비는 2.7km/kWh, 복합연비는 3.1km/kWh으로 내연차량과 달리 고속도로 주행전비가 도심 주행전비와 비교해 오히려 낮은 특성이 있다.

차의 환경편익을 정확히 산정할 수 있다. 기온 변화에 따른 전기차 배터리의 효율변화에 다양한 실험이 이루어지고 있으나 여전히 공인된 자료가 존재하지 않는다. 본 연구에서는 상온과 저온에서 공인된 1회 충전 시 주행가능 거리, 즉 상온에서 220km, −6.7°C에서는 172km를 활용하여 기온별 효율감소를 추정하였다.[13] 상온과 저온의 주행거리를 정규분포에 적용하여 각 기온별 주행가능 거리를 추정하였다.

$$R(T) = R_{25}e^{-\frac{(T-25)^2}{y}} \tag{1}$$

위 식 (1)에서 T는 실외 온도를 나타내고 R25는 차의 효율실험에 있어 베이스라인이 되는 25°C에서의 주행거리 즉 220km를 의미한다. y는 주행가능거리의 손실을 나타내는 모수(parameter)를 나타내며 기온에 따른 주행거리 감소에 대한 공인자료를 통해 추정하였다.[14] 특정년도의 월별 기온분포는 특이값을 가질 우려가 있어 우리나라의 평년 월별 평균기온(1991~2020)을 적용하였다.[15]

〈표 3〉 평년 월별 평균기온(1991～2010) 및 1회 충전 주행거리

월	1	2	3	4	5	6
평년기온 (°C)	-0.4	1.8	6.7	12.7	18.0	22.1
주행거리 (km)	187.9	192.9	202.6	211.9	217.4	219.6
월	7	8	9	10	11	12
평년기온 (°C)	25.3	26.0	21.5	15.3	8.4	1.7
주행거리 (km)	220.0	219.9	219.3	215.0	205.6	192.6

자료: 기상청 기상자료포털(2020), 자동차주행거리 통계를 바탕으로 저자 계산

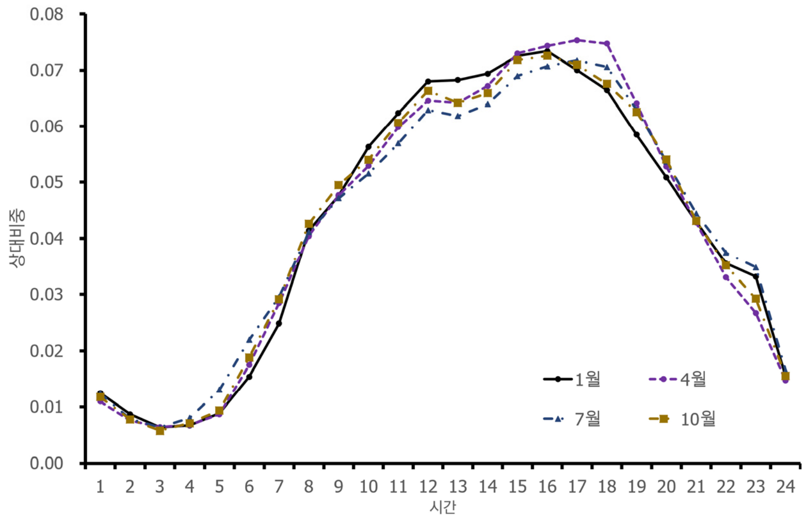
13) 상온과 저온에서의 1회 충전 시 주행거리는 제조사에서 제시하고 있다. 구매보조금이 상온과 저온에서의 차이에 따라 다르게 적용되기 때문에 이에 대해 제조사는 공인된 자료를 제공하여야 한다.

14) Holland et al.(2016)에서 정규분포를 이용하여 기온별 주행거리를 추정하는 것을 제시하였다. 다만 본 연구에서는 국내의 기준에 따라 상온의 온도를 25°C로 적용하였다. 모수 y는 $(R(-6.7) - R_{25})/R_{25} = -0.22$, 즉 $R(-6.7)/R_{25} = 0.78$을 정규분포에 적용하여 $y = -\frac{(-6.7-25)^2}{\ln(0.78)} \approx 4082.71$ 와 같이 계산할 수 있다.

15) 기상청에서 제공하는 월별 기후 평년값은 각 광역시도별로 제공하고 있어 각 광역시도별의 평균기온을 2020년 지역별 화물차 등록대수로 가중 평균하여 도출하였다.

전기 소형화물차에 충전되는 전기는 발전원의 구성에 따라 1kW당 배출량이 매시간 달라진다. 이를 엄밀하게 반영하기 위해 본 연구에서는 발전호기별 발전량과 대기오염물질 배출량을 매칭하여 월별 및 시간대별 배출계수를 추정하여 적용하였다.[16] 또한 전기차에 충전되는 충전량과 발전량 사이에는 차이가 존재하는데, 이는 발전과정에서의 소내 전력량과 송배전손실에 의한 것이다. 이를 반영하기 위해 2018년 평균 소내전력률 및 송배전손실률 3.828%, 3.539%를 적용하였다. <그림 1>은 전기차의 월별 및 시간대별 충전패턴을 나타내고 있다.[17] 월별 충전패턴은 크게 차이가 없으며 주로 오전 9시에서 오후 19시에 충전량이 많은 것을 확인할 수 있다.

〈그림 1〉 전기차의 월별 시간대별 충전부하



자료: 공공데이터 포털의 한국전력공사 자료를 토대로 저자 재구성[18]

16) 본 연구에서는 2018년 발전량과 대기오염물질 배출량 자료를 활용하였음. 기존 선행연구 중 김도원·진태영(2022)는 시간대별 배출계수를 추정하였으나 실제 배출량(굴뚝원격감시체계,TMS)이 아닌 IPCC 등 국외 배출계수 자료를 활용하여 국내 배출원의 특성이 반영되지 못한 측면이 있는 반면 본 연구에서 구한 배출계수는 국내 배출계수 및 실제 배출량에 근거한 배출계수를 도출하였다.

17) 전기차 충전소를 운영하는 기관은 환경부, 한국전력공사 등과 민간 충전업소 등이 있다. 하지만 공공데이터 포털에서는 한국전력공사에서 운영하는 전기차 충전소의 자료만을 제공하고 있어 이를 적용하였다.

18) 공공데이터 포털(https://www.data.go.kr/data/15039553/fileData.do#tab-layer-openapi), 분석에서는 1월에서 12월까지 각 월별 다른 충전부하 패턴을 이용하였으나 각 월별 큰 차이가 나타나지 않아 가독성을 위해 계절별 1개월의 충전부하 패턴을 나타내었다.

<표 4>는 앞서 가정한 주행거리와 차량 수명을 바탕으로 전기 소형화물차의 수명 동안 총배출량을 추정한 결과이다. 경유 소형화물차와 비교해 NOx의 배출량은 상대적으로 작은 반면 $PM_{2.5}$은 큰 것으로 나타났다. 이는 석탄발전에서 $PM_{2.5}$의 배출량이 높기 때문으로 추정된다.

〈표 4〉 전기 소형화물차의 대기오염물질 및 온실가스 배출량

(단위: kg/대, 수명)

오염물질	CO	NH3	NOx	$PM_{2.5}$	SOx	VOC	CO_2
배출량	11.5	3.1	13.6	0.5	8.8	1.5	45,022.7

2) **단위피해비용의 추정**

환경오염물질 배출량 차이만으로는 전기 소형화물차의 보조금의 적정성 및 정책의 비용합리성을 평가할 수 없다. 다시 말해 비용-편익분석을 위해서는 환경오염물질 배출에 따른 피해를 화폐가치로 산정하여야 동일한 단위에서 비교가 가능하다. 더불어 동일한 배출량이라고 하더라도 배출되는 위치와 특성에 따라 피해의 크기가 달라진다는 것을 고려하면 단일 단위로 평가하는 것이 바람직하다.

배출원의 위치 및 수용체의 현황 등을 고려하여 총체적인 화폐적 수치로 분석하는 방법을 영향경로분석(Impact Pathway Analysis, IPA)이라고 한다(안소은 외, 2019). 영향경로분석은 크게 4단계로 나뉘는데, 1) 오염물질별 배출량 추정, 2) 대기 중 확산 및 화학반응 고려한 농도변화 추정, 3) 대기 중 농도변화에 따른 수용체와의 관계분석,[19] 4) 수용체에 미치는 피해의 화폐가치화로 구성된다. 다만 영향경로분석을 통한 분석 중 두 번째 단계인 대기질 모델링을 통한 농도변화의 추정은 많은 시간과 전문성을 필요로 한다. 따라서 환경영향평가에서도 일정 규모 이상의 사업에 대해서만 대기질 모델링을 직접 실시하도록 권고하고 있다. 대부분의 경우 영향경로분석을 통해 도출된 단위 피해비용을 이용한 접근방법인 피해비용접근법(Damage Cost Approach)을 이용하여 분석한다. 피해비용접근법은 적용이 간단하다는 장점이 있지만 개별 정책이나 사업, 배출원의 위치, 시기 등에 따른 대기질의 영향을 정확히 분석하는 데 있어 한계가 있으며 피해비용을

19) 농도반응함수(Concentration—Response function) 추정을 통해 분석한다.

도출한 영향경로분석이 적용된 시기 및 방법론에 따라 크게 차이가 발생한다는 단점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 피해비용접근법에 따라 분석하되 국내에서 연구된 다양한 결과를 함께 적용하여 추정결과의 강건성(robustness)을 확보하였다. 영향경로분석을 통해 피해비용을 추정한 연구결과로는 가장 대표적인 ExternE 프로젝트를 업데이트한 연구로 Ricardo-AEA(2014)와 전 세계를 대상으로 외부비용을 추정한 결과를 도출한 Parry et al.(2014)의 결과를 활용하였다.[20] 국외 연구결과와 함께 국내에서 도출된 안소은 외(2019)에서 연구한 결과를 활용하였다. 선행연구 결과는 연구 지역과 시점에 차이가 있어 이를 조정하는 과정, 즉 가치이전(value transfer)이 필요하다. 가치이전에 있어 가장 핵심적으로 고려되어야 하는 소득 및 물가수준을 반영하여 2020년 국내기준으로 환산한 결과를 적용하였다. <표 5>는 앞서 언급한 세 가지 연구를 가치이전한 결과이다. 대기질 모형, 농도-반응함수 및 가치화에 사용된 값에 따라 결과가 크게 차이가 발생한 것을 확인할 수 있다. 특히, 연구별로 대상으로 하고 있는 대기오염물질의 종류도 조금씩 차이를 보이고 있는데 이는 연구가 진행된 지역이나 목적에 따라 차이가 있기 때문이다.

〈표 5〉 선행연구별 대기오염물질의 외부비용 편익이전 결과

(단위: 2020년 기준 원/kg)

오염원	오염물질	Parry et al.(2014)	Ricardo-AEA(2014)	안소은 외(2019)
점	CO	-	-	-
	NH3	-	-	38,529
	NOx	32,842	19,852	13,307
	$PM_{2.5}$	59,247	85,745	217,452
	SOx	45,261	21,871	14,923
	VOC	-	-	1,617
선	CO	-	31,927	-
	NH3	-	-	63,849
	NOx	25,439	52,949	12,124
	$PM_{2.5}$	46,054	201,526	491,984
	SOx	35,228	43,145	-
	VOC	-	3,254	3,227

20) Ricardo-AEA(2014)와 Parry et al.(2014)는 국내 에너지세제 환경피해비용 반영을 위한 연구인 이동규 외(2017), 이동규 외(2018)에 활용되었다.

2. 분석결과

전기 및 경유 소형화물차 1대가 발생시키는 온실가스 및 대기오염물질의 총량과 각 물질별 단위 피해비용을 토대로 총피해비용을 도출하였다.[21] 앞서 도출한 세 가지의 대표적인 대기오염물질의 피해비용 추정연구 결과를 가치이전한 값을 적용하여 각각 산정하였다. Parry et al.(2014)를 기준으로 추정한 환경피해비용이 다른 연구의 결과를 적용한 것에 비해 높게 나타났다.[22] 경유 소형화물차가 발생시키는 환경피해비용은 약 450만 원에서 790만 원으로 나타난 반면 전기 소형화물차는 약 230만 원에서 260만 원으로 추정되었다. 전기 소형화물차가 경유 소형화물차에 비해 가지는 편익, 즉 상대적인 피해의 차이는 약 220만 원에서 530만 원으로 추정되었다. 앞 장에서 살펴본 바와 같이 경유 소형화물차는 전기 소형화물차에 비해 NOx의 배출량이 매우 높게 나타난 반면 SOx와 $PM_{2.5}$ 등은 전기 소형화물차가 더 많이 배출하는 것으로 나타났다. 다만 각 오염물질별 피해비용은 배출량과 완전히 비례적이지는 않다. 이는 경유 소형화물차가 대기오염물질을 배출하는 위치가 수용체, 즉 사람들이 더 많이 사는 곳이며 더 가까운 곳에서 배출하기 때문에 동일한 양의 배출량에도 피해가 더 크기 때문이다.

〈표 6〉 경유 소형화물차의 환경피해비용 추정결과

(단위: 원/대, 수명)

오염물질	Parry et al.(2014)	Ricardo-AEA(2014)	안소은 외(2019)
NH3	0	0	7,840
NOx	5,730,535	3,463,913	2,321,865
$PM_{2.5}$	3,125	4,523	11,470
SOx	6,412	3,099	2,114
VOC	0	0	6,988
CO_2	2,162,108	2,162,108	2,162,108
합계	7,902,181	5,633,642	4,512,385

21) 현재 시점에서의 총피해비용을 비교하기 위해 사회적 할인율 3%를 적용하였다. 국내에서는 예비타당성 조사에서 적용되는 4.5%의 할인율이 널리 사용되나 본 연구에서는 IWG(2021)의 탄소의 사회적 비용 산정 시 적용한 3%의 사회적 할인율과 일관성을 유지하기 위해 3% 사회적 할인율을 적용하여 산정하였다.

22) Parry et al.(2014)의 연구 결과가 다른 연구 결과에 비해 높은 피해비용을 나타내는 이유 중의 하나는 연구의 범위가 한 국가나 지역이 아니라 전 세계를 대상으로 외부비용을 추정한 결과이기 때문이다. 즉, 한 국가에서 발생한 대기오염물질의 피해 범위를 다른 인접 국가에서 발생하는 피해까지 포함하고 있기 때문이다. 예를 들어 한국의 석탄발전소에서 배출된 오염물질이 기상의 영향으로 중국으로 이동하여 중국인들에게 발생하게 되는 피해까지를 포함하고 있다. 우리나라에서 배출된 대기오염물질이 상대적으로 지불의사액이 낮은 중국에게 영향을 미치는 것이지만 영향 범위 안에 있는 인구수가 매우 많기 때문이다.

〈표 7〉 전기 소형화물차의 환경피해비용 추정결과

(단위: 원/대, 수명)

오염물질	Parry et al.(2014)	Ricardo-AEA(2014)	안소은 외(2019)
NH3	0	0	95,635
NOx	360,676	218,016	146,137
$PM_{2.5}$	25,938	37,538	95,199
SOx	322,710	155,943	106,398
VOC	0	0	1,963
CO_2	1,893,423	1,893,423	1,893,423
합계	2,602,748	2,304,921	2,338,755

Holland et al.(2016)에 따르면 환경적인 측면에서 보조금의 수준은 개별 전기자동차가 수명 동안 총 발생시키는 편익의 크기, 즉 비교 대상이 되는 내연기관차에 비해 가지는 환경피해의 감소액으로 결정하는 것이 가장 바람직하다는 것을 이론적으로 도출하였다.[23)]

Holland et al.(2016)은 전기차가 각 지역의 전원 구성에 따라 차별적인 피해를 발생시키는 특징을 가지고 있어 각 지역별로 차이가 발생하는 차이를 반영한 보조금이 최적이라는 점을 보였다. 하지만 중앙정부 차원에서의 보조금을 지역별로 차별적으로 지급하는 것은 현실적인 제약이 있다. 따라서 차별적인 보조금이 불가능한 경우 중앙 정부의 보조금 수준은 내연기관차와 전기차의 총피해비용의 차이만큼 일률적으로 지급하는 것이 최적이라는 것을 도출하였다.[24)] 본 연구에서도 Holland et al.(2016)의 결과를 적용하여 전기 소형화물차와 경유 소형화물차의 피해의 차이, 즉 약 2.2백만 원에서 5.3백만 원이 환경편익을 고려한 최적 보조금 수준으로 판단할 수 있다. 2022년 기준 전기 소형화물차에 지급되는 구매보조금은 국고에서 대당 1,400만 원과 지자체에서 600~1,100만 원이 지급되고 있다. 즉, 총 2,000~2,500만 원이 지급되고 있어 최적 보조금 수준보다 약 5배에서 10배 수준으로 지급되고 있다는 것을 알 수 있다.

---

23) 차량을 구매하는 소비자의 선택을 이산선택모형으로 가정하여 정책결정자의 기준에서 사회적 후생을 극대화하는 보조금 수준의 해를 도출하였다.

24) Holland et al.(2016)에서 도출한 일률적 보조금 제도하에서의 최적 보조금 수준은 $\tilde{s}=((\sum \alpha_i \delta_{gi})g-(\sum \alpha_i \delta_{ei})e)$으로 도출되었다. i는 지역, g와 e는 각각 내연기관차와 전기차의 주행거리, δ_{gi}와 δ_{ei} 내연기관차와 전기차의 단위거리당 피해비용(원/km), α_i는 총 신차구매자 중 i 지역에 사는 수요자의 비율을 나타낸다.

Ⅳ. 전기 소형화물차의 TCO-Parity 분석

구매자들에게는 친환경차에 대한 구매의사를 결정할 때 환경성에 대한 고려 이상으로 기존 내연기관차와 친환경차 간의 금전적인 소요비용에서 큰 차이가 나느냐의 여부도 중요하게 작용할 것이다. 이러한 관점에서 대체상품과 총보유비용(Total Cost of Ownership, 이하 'TCO')에서 무차별하게 만드는 것이 구매보조금의 단가를 결정하는 데에 중요한 고려사항이 된다. 본 장에서는 전기 소형화물차와 기존 경유 소형화물차 간의 총보유비용을 동일하게 만드는 구매보조금의 단가를 추산하고 이를 바탕으로 현행 구매보조금의 적절성을 판단하고자 한다.

1. 분석방법론

우선, 총보유비용의 동등성(TCO-parity)을 도출하기 위한 대상차량을 정해야 한다. 본고에서는 전기차와 경유차를 모두 판매하는 소형화물차의 대표모델 중 하나인 기아 봉고Ⅲ 1톤 초장축 킹캡 2WD GL을 기준차량으로 정하고 해당 모델의 경유차와 전기차를 각각 소유하고 운행할 경우 발생하는 비용을 추산하였다. 통상 자동차 관련 세금제도를 구매·취득단계, 보유단계, 운행단계로 구분하여 분석하는 것을 감안하여(임병인, 2010; 김두형, 2011) 차량 소유자의 총보유비용은 이 세 단계마다 발생하는 비용의 합으로 추산하였으며, 각 단계의 비용을 합산하여 총보유비용을 도출하였다. 특히, 운행단계의 비용은 운전자 개개인의 여건에 따라 다르기 때문에 본고에서는 한국교통안전공단에서 제공하는 차종별 평균주행거리를 사용하여 일반화하였다.

구매·취득단계에서 발생하는 비용은 차량의 판매가액과 취득세가 있다. 차량가액으로는 전기차에 대한 개별소비세 감면정책이 반영한 가격을 사용하였으며, 전기 소형화물차에 대한 구매보조금도 포함하였다. 구매보조금은 국고보조금과 지자체 보조금으로 구분되는데, 지자체 보조금은 각 지자체별로 차이가 있기 때문에 본고에서는 서울을 기준으로 하여 지자체 보조금을 적용하였다. 취득세는 차량의 용도에 따라 다른 세율이 적용된다. 영업용 화물차의 경우 차량 판매가격의 4%가, 비영업용 화물차의 경우 5%가 징수된다. 전기차의 경우 보조금 적용 전의 판매가격으로 취득세가 적용되며, 140만 원 한

도로 취득세를 감면받는다. 이에 따른 전기와 경유 소형화물차의 구매·취득단계 비용은 다음 <표 8>과 같이 추산되었다.

〈표 8〉 전기 및 경유 소형화물차의 구매·취득단계 비용 추산결과

(단위: 만 원)

소형화물차	차량가액	취득세		보조금	보조금 반영 후 구매·취득비용
		영업용	비영업용		
경유	1,970	79	99	-	2,049
전기	4,185	27	69	2,000 (국고: 1,400, 지차제: 600)	2,212

자동차 보유에 따른 비용으로는 자동차세와 각종 유지·보수비 등이 있다. 다만, 각종 유지·보수비 등은 개별 차량과 차주의 운전습관마다 다양하여 일반화하기 어려워 동일한 소유자라면 경유차와 전기차 간에 평균적으로 동일한 수준의 비용이 발생한다고 가정하고 비용 추산과정에서는 제외하였다. TCO-parity는 두 연료별 차량의 상대적 차이만을 고려하므로 각종 유지·보수비를 경유차와 전기차 모두에서 제외한 것이다. 1톤 이하 소형화물차의 자동차세도 차량 용도에 따라 차등적용되는데, 영업용의 경우 정액으로 매년 6,600원이 징수되며 비영업용은 28,500원이 징수된다. 한편, 자동차세(t)는 매년 납부해야 하기 때문에 차량의 보유기간에 따라 현재가치로 환산하여 비용을 합산해야 한다. 차량의 보유기간(n)은 차주별로 다르기에 본고에서는 제Ⅲ장과 마찬가지로 한국자동차해체재활용협회(2021)에서 제공하는 화물차 폐차주기 16.8년을 보유기간으로 적용하였다. 자동차세의 합산비용은 아래의 식과 같이 현가로 환산되며, 사회적 할인율(r)은 예비타당성조사에서 통상적으로 사용하는 4.5%를 사용하였다. 보유단계 비용 산출결과, 영업용은 80,773원, 비영업용은 348,794원의 비용이 발생하는 것으로 계산되었다.

$$\text{총자동차세 현가} = t + \left(\frac{t}{(1+r)}\right) + \left(\frac{t}{(1+r)}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{t}{(1+r)}\right)^{n-1} \quad (2)$$

운행단계에서 발생하는 비용은 연료비만을 산출대상으로 하였다. 연료비 이외에도

도로이용료 등의 비용을 생각해 볼 수 있으나 이러한 비용은 차주의 운행경로에 따라 달라 일반화하기 어려워 제외하였다. 연료비는 주행거리와 복합연비를 이용하여 아래와 같이 산출할 수 있다.

$$\text{연간 운행비용} = \frac{\text{연간 주행거리}}{\text{복합연비}} \times \text{연료비 단가} \tag{3}$$

본고에서는 평균적인 비용을 도출하기 때문에 연간 주행거리는 한국교통안전공단(2021)의 사업용 및 비사업용 일반형 1톤 화물차의 대당 1일 평균주행거리(각각 83.9km, 37.5km)를 1년으로 환산하여 사용하였다. 복합연비(혹은 전비)는 제조사에서 공개하는 제원의 수치를 사용하였다.[25] 연료비 단가는 경유차의 경우 리터당 경유 주유소 판매가격을, 전기차의 경우 kWh당 단가를 적용하였다. 또한, 자동차세처럼 차량의 보유기간 동안 운행도 동일하게 이루어진다고 가정하여 보유기간 동안의 매년도 운행비용을 현재가치로 환산하였다.

경유의 단가는 한국석유공사 오피넷(Opinet)에서 제공하는 전국 주유소의 평균판매가격에서 유가보조금 단가만큼 차감하여 산출하였다. 유가는 매일 바뀌기 때문에 특정한 시기를 정하여 적용하면 시기를 언제로 선택하느냐에 따라 변동성이 크다. 특히, 최근처럼 고유가 기조가 자주 나타나는 상황에서는 경유차의 운행비용이 더 높게 산출될 것이다. 또한, 차량의 보유기간 내내 운행에 소요되는 연료비를 고려하므로 본고에서는 특정 시기를 지정하는 대신 2012년부터 2021년까지 10년 동안의 평균판매가격(1,425.07원/L)을 적용하였다. 유가보조금은 현재 적용되는 유류세액(=교통·에너지·환경세+교육세+주행세)과 2001년 에너지 세제 개편에 따른 유류세 인상조치 이전의 유류세액 간의 차액이 단가가 된다.

전기차의 경우에도 연료비 단가를 계산할 때 몇 가지 가정을 하였다. 우선, 전기 소형화물차 차주는 개인이 설치한 충전기가 아닌 전기차 충전서비스를 제공하는 업체에서 설치한 충전소에서 충전하는 것으로 보았다. 또한, 완속충전 대신 고압 충전소에서 급속충전을 하는 것으로 가정하였다. 본 연구에서는 충전서비스 업계 1위 사업자로 알려진

25) 기아 홈페이지(https://www.kia.com/kr/vehicles/bongo3/features.html)

차지비(ChargEV)에서 2022년 9월부터 적용하는 급속충전요금 309원/kWh를 단가로 설정하였다.[26)]

2. 분석결과

제1절의 방법에 따라 경유 소형화물차와 전기 소형화물차의 총보유비용을 산출하면 다음 <표 9>와 같이 정리된다. 전기차가 경유차보다 사업용의 경우 약 360만 원, 비사업용의 경우 약 660만 원 가량 총보유비용이 낮은 것으로 계산되었다. 이는 현행의 구매보조금하에서는 소형화물차를 구매할 때 전기차를 구매하는 것이 경유차를 구매하는 것보다 보유기간 내내 운행한다면 사업용의 경우 360만 원, 비사업용의 경우 660만 원 정도 비용이 절감됨을 의미한다.

〈표 9〉 경유 및 전기 소형화물차의 총보유비용 추산결과(서울시 기준)

(단위: 만 원)

용도	연료	구매·취득단계				보유단계	운행단계	총 소요비용
		판매가격	취득세	보조금	실제비용	보유세	연료비	
사업용	경유	1,970	79	-	2,049	8	4,259	6,316
	전기	4,185	27	2,000	2,212	8	3,736	5,956
비사업용	경유	1,970	99	-	2,069	35	2,513	4,616
	전기	4,185	69	2,000	2,254	35	1,670	3,959

경유차와 전기차의 총보유비용이 동등해지기 위한 조건을 몇 가지 기준으로 구분하여 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 구매보조금(국고보조금과 지자체 보조금 합산 기준)은 현재의 2,000만 원보다 사업용은 360만 원, 비사업용은 660만 원 더 낮은 1,640만 원과 1,340만 원으로 낮아지면 동등성 조건을 만족한다. 다음으로 경유차와 전기차의 총보유비용 동등성을 만족시키는 경유가격을 추산하면 주유소 판매가격이 사업용은 약 1,334원/L, 비사업용은 약 1,052원/L까지 낮아져야 하는 것으로 나타났다. 한편, 본고에서는 지자체 보조금 단가 기준을 서울 지역으로 하였지만 서울의 지자체 보조금(600만 원)은 전체 지자체 중에서도 가장 낮은 수준이다. 가장 높은 지자체 보조금은 울릉군의 대당

26) 차지비 홈페이지(https://www.chargev.co.kr/customer-support/charging_fee)

1,100만 원으로 이와 같이 지자체 보조금이 서울보다 더 높은 지자체에서는 전기 소형화물차의 총보유비용이 더 낮아진다. 이러한 일련의 분석결과는 전기 소형화물차에 대한 현행 구매보조금이 TCO-parity의 측면에서 과도하게 설정되어 있음을 의미한다. 국가 예산을 효율적으로 사용하려 한다면 전기 소형화물차에 대한 대당 구매보조금 단가를 현재의 수준보다 더 낮추어도 될 것이다.

Ⅴ. 결론 및 시사점

수송부문의 전기화는 탄소중립을 달성하기 위한 핵심적인 수단으로 평가받고 있다. 하지만 여전히 전기 소형화물차의 사용자 편의 및 비용적인 측면에서 내연기관차의 수준이 달성되었다고 할 수 없다. 따라서 별도의 보급 정책이 없다면 전기 소형화물차의 보급 확대는 어려울 것으로 판단된다. 이를 해결하기 위해 정부 및 지자체에서는 구매보조금을 비롯한 다양한 혜택을 통해 전기 소형화물차의 보급을 촉진하고 있다.

본 논문에서는 전기 소형화물차가 가지는 환경적인 편익의 수준을 추정하였다. 전기 소형화물차는 기존 경유 소형화물차에 비해 약 220만 원에서 530만 원 수준의 환경편익을 가지는 것으로 분석되었다. 사회 후생을 극대화하는 보조금 수준이 환경편익의 크기와 일치한다는 점에서 현재의 2,000~2,500만 원의 보조금은 적정 수준보다 매우 높다는 것을 확인할 수 있었다. TCO-parity 측면에서 전기 소형화물차에 대한 구매보조금을 비교해도 현행 구매보조금 단가는 지나치게 높은 것으로 나타났다. 총보유비용을 경유차와 동일한 수준으로 만드는 데에는 사업용은 약 1,640만 원, 비사업용은 약 1,340만 원의 구매보조금으로 지원하는 것만으로도 충분한 것으로 추산되었다. 결과적으로 환경편익 측면에서든 TCO-parity 측면에서든 전기 소형화물차 구매보조금 단가는 지금보다 더 낮추는 것이 효율적인 것으로 평가된다.

정부는 과거 정부주도의 확장재정 기조에서 벗어나 민간 및 시장이 주도하는 건전재정의 기조로 정책방향을 가져가고 있다. 그러한 가운데 환경부 개별사업 단위 세출예산 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 사업이 바로 ‘전기자동차 보급 및 충전인프라 구축사업’이다. 전기차 보급을 위해 주어진 예산을 효율적으로 사용하는 것이 환경 측면에서나 정부의 재정 측면 모두에서 중요하다. 특히, 전기자동차 구매보조금은 2022년 기준으로

1조 7,190억 원에 이르고 있다. 반면, 충전인프라 설치·지원금은 2,005억 원에 불과하다. 지금까지 정부는 매년 1조원이 넘는 막대한 규모의 예산을 구매보조금에 투입해 왔지만 상대적으로 충전인프라를 갖추는 데에는 비중을 낮게 가져갔다. 전기차의 경우, 금전적인 고려 외에도 충전에 대한 불편함이 구매를 망설이게 만드는 주요한 요소로 작용하고 있다.[27] 최근에는 전기차 간에도 소형화물차와 승용차 사이에 충전기 사용상의 경쟁으로 갈등이 나타나는 등 충전인프라의 보편화와 편의성이 갈수록 중요해지고 있다. 이러한 점들을 감안한다면 구매보조금 단가를 과도하게 책정하는 대신 적정한 수준으로 배정하면 동일한 예산으로도 구매보조 대상차량 수를 줄이지 않으면서 더 많은 예산을 화물차 전용 공공충전소 등과 같은 충전인프라를 고도화하는 데에 배분할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로, 본고의 연구에 있어 한계점을 함께 남긴다. 본고의 정량분석은 기본적으로 평균에 기반하여 몇 가지 가정과 함께 이루어졌다. 따라서 개별 차주의 주행거리 등에 따른 차이는 반영되어 있지 않다. 또한 운행단계에서 경유 및 충전 요금의 변동에 따라 총보유비용이 크게 달라질 수 있는데, 이에 대한 고려가 제한적이다. 더불어, 전기 소형화물차의 연료비 단가가 경유차보다 낮은 데에 따라 운전자가 운행거리를 늘리는 행태가 나타날 수 있지만 본고에서는 연료비 가격변화에 따른 주행거리의 탄력성을 환경피해비용 및 총보유비용 산정에 반영하지 않았다. 또한 차량의 생산부터 폐차까지의 전과정평가(Life-Cycle Assessment)는 아니며, 차주가 보유하는 동안에 발생하는 환경편익과 소요비용에 초점을 두었다.

또한, 비록 구매보조금을 적용한 원리에 환경편익이나 총보유비용이 중요하게 작용하지만, 이것만으로 보조금의 적정성을 평가하는 데에는 한계가 있다. 예를 들어, 전기소형화물차가 2019년에야 시장에 보급되기 시작하였다는 점에서 시장이 충분히 성숙되지 못하였다는 산업적인 측면이 보조금 책정에 영향을 미쳤을 수 있다.

---

27) 국민권익위원회의 분석에 따르면 최근 5년간 전기·수소차 관련 불편사항 민원 34,904건 중 '충전시설'에 대한 내용이 가장 많았다(국민권익위원회, 2021). 이 외에 선행연구에서도 전기차 구매수요에 충전소의 접근성이 상당한 역할을 하고 있음을 보였다(곽재진·김성수, 2020; 신진수, 2018).

[References]

공공데이터 포털, https://www.data.go.kr/data/15039553/fileData.do#tab-layer-openapi (접속일: 2022.6.1.)

곽재진 · 김성수, “국내 전기차 수요 분석 및 예측”, 「한국SCM학회지」, 제20권 제1호, 2020, pp. 24~35.

관계부처 합동, “제4차 친환경자동차 기본계획(2021~2025)”, 2021.

국민권익위원회, “국민권익위, 전기 · 수소차 관련 불편사항 민원 빅데이터를 통해 관계기관과 함께 개선한다!”, 보도자료, 2021.6.15.

기상청 기상자료포털, https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do (접속일: 2022.6.1.)

기아 홈페이지, https://www.kia.com/kr/vehicles/bongo3/features.html (접속일: 2022.6.1.)

김도원 · 진태영, “전기차 온실가스 감축잠재량 계산을 위한 시간대별 배출계수 추정”, 「환경정책」, 제30권 제1호, 2022, pp. 201~229.

김두형, “환경친화적인 자동차세제 도입방안”, 「조세법연구」, 제17권 제2호, 2011, pp. 207~249.

김용기 · 정장훈, “친환경차 구매 보조금을 고려한 수소연료전기차와 내연기관차 구매 비용의 경제성 분석: 서울시를 중심으로”, 「환경정책」, 제29권 제4호, 2021, pp. 221~242.

신승진 · 허성호 · 박지영, “화물자동차 개별 특성을 고려한 무공해 차량 전환의 환경성 분석”, 「교통연구」, 제28권 제2호, 2021, pp. 1~17.

신진수, “소비자 선호도를 이용한 전기자동차 확산 예측”, 서울대학교 공학석사학위논문, 2018.

안소은 외, “$PM_{2.5}$ 조기사망의 대기오염물질 · 오염원별 피해비용 산정”, KEI 포커스, 제7권 제6호, 2019.

유종훈 · 김후곤, “손익분기점 분석을 이용한 전기차의 보조금 정책 연구”, 「에너지공학」, 제20권 제1호, 2011, pp. 54~62.

이동규 외, “수송용 에너지 상대가격 합리적 조정방안 연구”, 기획재정부 · 국토교통부 · 산업통상자원부 · 환경부 · 한국조세재정연구원, 2017.

이동규 외, “발전용 에너지 제세부담금 체계 합리적 조정방안 연구”, 기획재정부 · 산업통상자원부 · 환경부 · 한국조세재정연구원, 2018.

이동규 · 최준욱, “고효율 차량 구입을 유도하기 위한 세제개편 방안 연구: 하이브리드 차량을

중심으로”, 「에너지경제연구」, 제17권 제2호, 2018, pp. 115~146.
임병인, “자동차 관련세제 개편방안 연구”, 「경제연구」, 제28권 제2호, 2010, pp. 29~55.
전호철, “전기자동차 보급에 따른 지역간 오염물질 및 온실가스 배출 영향 분석”, 한국환경정책 · 평가연구원, 2017.
전호철, “에너지 전환정책에 따른 전기자동차의 환경편익 추정연구”, 「자원 · 환경경제연구」, 제28권 제2호, 2020, pp. 307~326.
차지비, https://www.chargev.co.kr/customer-support/charging_fee (접속일: 2022.6.1.)
한국교통안전공단, “2020 자동차주행거리통계”, 2021.
한국석유공사 오피넷, https://www.opinet.co.kr/ (접속일: 2022.6.1.)
한국에너지공단 자동차 에너지소비효율 및 등급 홈페이지, https://bpms.kemco.or.kr:444/transport_2012/main/index.aspx (접속일: 2022.6.1.)
한국전력공사, “한국전력통계 제91호”, 2022.
Bai, B., Y. Wang, S. Xiong, and X. Ma, “Electric vehicle-attributed environmental injustice: Pollutant transfer into regions with poor traffic accessibility,” *Science of The Total Environment*, Vol. 756, 2021, p. 143853.
Holland, S. P., E. T. Mansur, and A. J. Yates, “Are There Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? The Importance of Local Factors,” *American Economic Review*, Vol. 106, 2016, pp. 3700~3729.
Holland, S. P., E. T. Mansur, N. Z. Muller, and A. J. Yates, “Distributional effects of air pollution from electric vehicle adoption,” *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Vol. 6(S1), 2019, pp. S65~S94.
Holland, S. P., E. T. Mansur, N. Z. Muller, and A. J. Yates, “The environmental benefits of transportation electrification: Urban buses,” *Energy Policy*, Vol. 148(PA), 2021.
Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases (IWG), “Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane, and Nitrous Oxide; Interim Estimates under Executive Order 13990, ” February, 48, 2021.
International Energy Agency (IEA), “Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector,” 2021.
Ji, S., C. R. Cherry, W. Zhou, R. Sawhney, Y. Wu, S. Cai, S. Wang, and J. D. Marshall, “Environmental Justice Aspects of Exposure to $PM_{2.5}$ Emissions from Electric Vehice Use in

China," *Environmental Science and Technology*, Vol. 49, 2015, pp. 13912~13920.
Parry, I., D. Heine, E. Lis, and S. Li, "Getting Energy Prices Right: From Principles to Practice," IMF, 2014.
Ricardo-AEA, "Update of the Handbook on External Costs of Transport," 2014.
World Meteorological Organization (WMO), "The state of the global climate 2021," 2021.
Yuksel, T., and J. J. Michalek, "Effects of Regional Temperature on Electric Vehicle Efficiency, Range, and Emissions in the United States," *Environmental Science & Technology*, Vol. 49, 2015, pp. 3974~3980.