

총소유비용 비교를 통한 내연기관 대비 전기차 경쟁력 분석¹⁾

김도원 에너지경제연구원 부연구위원(dwkim@keei.re.kr)



1. 서론

정부는 전기차 보급을 위한 정책 마련에 힘썼으며 최근 국내 전기차 등록 대수가 이전보다 빠른 속도로 늘고 있다. 국내외 전기차 시장의 경쟁이 치열해지면서 전기차 관련 기술도 발전하고 있지만, 전기차 보급 확대를 위해 넘어야 할 벽은 여전히 높다. 이는 현존하는 전기차들의 주행가능거리가 기존 내연기관차 대비 충분히 길지 않고, 충전기 설치 속도가 전기차의 보급 속도를 따라가지 못하고 있기 때문이다. 이러한 이유로 전기차 운전자들은 주행가능거리 불안(range anxiety)을 겪게 된다는 점이 전기차를 선택하기 어렵게 만드는 주 요인이다. 주행가능거리 불안을 해소하기 위해서는 전기차의 주행가능거리가 비약적으로 늘어나거나 어디서든 충전 편의를 누릴 수 있는 충분한 충전 인프라가 갖춰져야 한다.

현시점에서 전기차 보급 확산을 위해서는 배터리 기술의 혁신을 통한 주행가능거리 확대 가능성에 기대

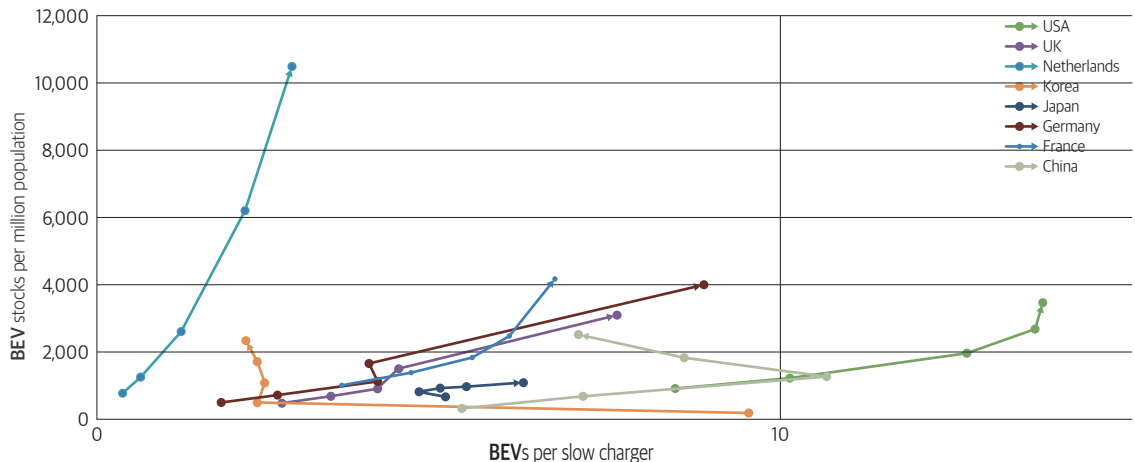
1) 본고는 김도원·정연제(2021) 중 제2장의 주요 내용을 발췌·요약한 것임.

는 것보다 충전 인프라 확충이 더 현실적인 방안이 될 것이다. 실제로 2019년 전국의 성인남녀 1,000명을 대상으로 한국교통연구원이 수행한 “2019 일반소비자 전기차 구매 의향 조사”에 따르면 전기차 비구매의 주요 원인은 충전 문제(33%)와 높은 차량 가격(22%)으로 나타났다. 반면 전기차 구매 동기는 연료비 절감(41%)과 친환경성(26%)이 주요 원인으로 조사되었다.²⁾ 따라서 전기차의 보급을 확대하기 위한 정책 마련을 위해서는 이러한 보급 장애 요인들이 전기차 경쟁력에 얼마나 영향을 미치는지에 대해 평가해보아야 한다. 이에 본고는 총소유비용 (total cost of ownership, TCO) 방법을 활용하여 전기차의 경쟁력을 분석하고자 한다. 구체적으로는 충전소의 가용성(availability) 및 연료 주입 시간(refueling time)이 전기차 사용에 미치는 영향을 반영하여 전기차와 내연기관차의 총소유비용을 산출한다. 또한 총소유비용을 활용한 비용일치선 분석을 통해서 연료비 수준의 변화에 따라 전기차의 경쟁력이 어떻게 변하는지 살펴본다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 국내외 현황 및 문제점을 살펴보고, 3절에서는 분석방법론에 대해 소개한다. 4절에서 연구결과를 설명하고 5절에서는 본 연구를 통한 전기차 보급 및 정착에 대한 정책적 대응 방안을 제시하고자 한다.

2. 국내외 현황 및 문제점

앞서 설명한 바와 같이 전기차 구매를 꺼리게 되는 주요 원인은 충전 문제인 것으로 조사된 바 있다. 이에 본 절에서는 본격적인 연구를 진행하기에 앞서 국내외 전기차 충전 인프라 현황을 간략히 살펴봄으로써 전기차 보급 활성화를 위한 정책 마련의 단초를 파악하고자 한다.

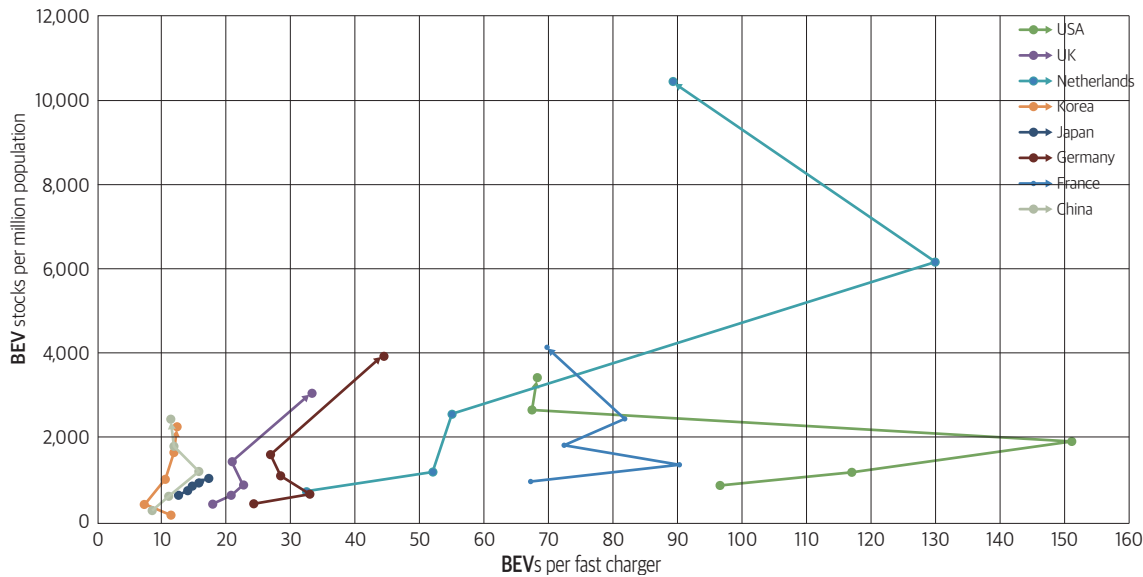
그림 1 2016-2020년 전기차 보급 및 완속충전기 변화



주: 가로축은 완속충전기 한 기당 전기차 대수를 의미하며, 세로축은 인구 100만명 당 전기차 보급대수를 뜻함.
 자료: 김도원·정연제(2021), p. 15.

2) 박지영 외(2019), pp. 104-115 참조.

그림 2 2016-2020년 전기차 보급 및 급속충전기 변화



주: 가로축은 급속충전기 한 기당 전기차 대수를 의미하며, 세로축은 인구 100만 명당 전기차 보급대수를 뜻함.

자료: 김도원·정연제(2021), p. 17.

[그림 1]과 [그림 2]는 2016년부터 2020년까지 세계 주요국의 전기차 및 충전기의 보급 현황을 나타낸 것으로 [그림 1]은 완속충전기, [그림 2]는 급속충전기 보급 현황을 보여주고 있다. 각 그림에서 가로축은 충전기 한 기당 전기차 대수를 의미하고, 세로축은 인구 100만 명 당 전기차 보급 대수를 뜻한다. 두 그림의 비교를 통해 우리나라는 급속충전기보다 완속충전기가 상대적으로 많이 늘어났다는 사실을 파악할 수 있다. 또한 우리나라의 충전기 보급 현황을 다른 나라의 상황과 비교해보면, 충전기 1기당 전기차 보급 대수가 적어 충전 인프라가 충분히 구축된 것처럼 보인다. 하지만 이는 전기차 보급 속도 자체가 다른 나라에 비해 느린 편이어서 나타난 결과로 해석하는 것이 합리적이며, 전기차 충전기의 실제 위치들을 살펴보면 도시 외곽에 주로 분포해 있어 충전인프라가 잘 갖춰졌다고 보기에는 무리가 따른다.

또한 우리나라에서 충전기 1기당 전기차 보급 대수가 낮게 나타나는 이유로, 공용 충전기에 대한 기준이 모호하다는 문제점도 지적할 수 있을 것이다. 국내 공용 충전기는 정보가 공개된 충전기와 그렇지 않은 비공개 충전기로 구분할 수 있는데, 비공개 충전기는 해당 충전기의 이용에 제한사항이 있다. 국내 공용 충전기에 대한 정보를 제공하고 있는 <표 1>을 살펴보면, 특히 완속 충전기의 절반 정도가 비공개 충전기임을 알 수 있다. 실제로 비공용 충전기의 많은 부분은 공동주택 내에 설치된 충전기가 차지하고 있다. 공동주택을 비롯한 사유시설에 설치된 비공개 충전기가 소수의 인원을 제외한 나머지 사람들에게는 접근성이 떨어진다는 사실을 반영한다면, 실제 충전기 1기당 전기차 대수는 더 높아질 것이며 이 경우 [그림 1]이나 [그림 2]를 통해 파악할 수 있는 정보와는 달리, 우리나라의 충전기 1기당 전기차 보급대수는 다른 나라와 비슷한 수준으로 나타난다.

표 1 국내 공용 충전기(공개·비공개) 현황

구 분	~2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	계
전 기	2,014	11,662	13,676	17,440	19,396	64,188
급 속	919	2,424	1,870	2,183	2,409	9,805
공 개	881	1,264	1,760	2,031	2,065	8,001
비 공 개	38	1,160	110	152	344	1,804
완 속	1,095	9,238	11,806	15,257	16,987	54,383
공 개	471	2,639	3,236	5,715	14,577	26,638
비 공 개	624	6,599	8,570	9,542	2,410	27,745

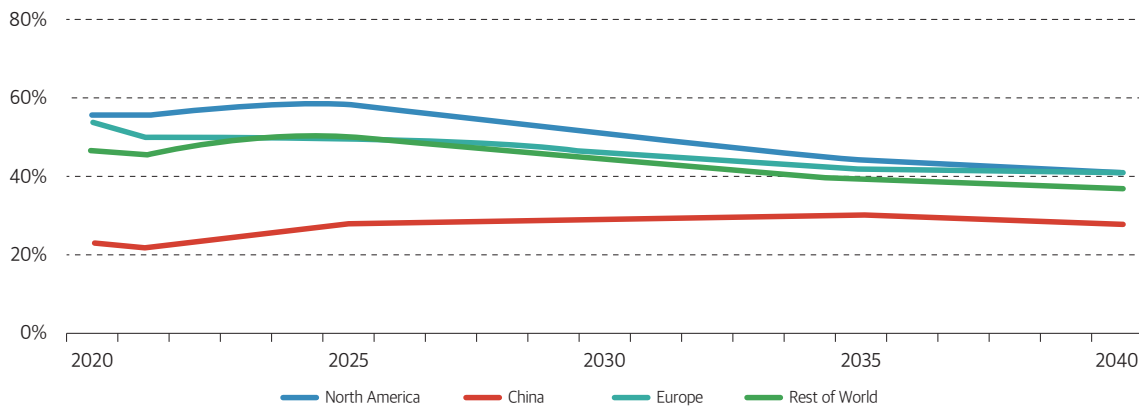
주: 환경부에 문의하여 일부 수치 오류를 수정한 자료임

자료: 환경부, “전기·수소차 보급 및 충전인프라 구축 현황(2021.1분기 기준)”(검색일: 2021. 4. 23).

또 다른 이유는 우리나라 주거 특성상 개인용 충전기의 보급이 어렵다는 점을 들 수 있다. 전기차 충전이 필요한 시점에 언제든지 사용할 수 있는 충전기가 없다는 사실은 전기차 구매를 주저하게 만드는 요인으로 작용할 수 있다. 해외와는 달리 우리나라는 가정에서 전기차를 쉽게 충전할 수 있는 인프라를 갖추는 것이 구조적으로 어렵다. 실제로 전기차(BEV, PHEV) 한 대당 가정용 충전기 소유 비중을 나타낸 [그림 3]을 살펴보면, 해외 주요국에서는 가정용 충전기 보유 비중이 상당히 높은 편이라는 것을 알 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 전 세계적으로 순수배터리 전기차 소유자 중 대략 80%가 가정용 충전기를 소유하고 있는데,³⁾ 이는 미국이나 유럽 등의 국가에서는 개인 주택 주거 비중이 높아 개인용 충전기 보급이 원활하기 때문이다. 반면 우리나라는 공동주택의 비중이 매우 높아 개인용 충전기를 각 가정에 설치하는 것이 어려운 실정이며, 결국 짧은 시간 내에 고정형 개인 충전기를 충분히 보급하는 것이 어려운 상황임을 알 수 있다. 특히 수도권에서는 심각한 주차난을 겪고 있는 세대가 많아 전기차 전용 주차구역 지정은 더더욱 어려운 실정이다. 현재 국내 개인용 충전기 보급 현황과 관련하여 공식자료는 없는 상황이다. 비공용 완속충전기를 모두 개인용 충전기로 가정하고 전기차 보급대수를 대략 20만대라고 했을 때 국내의 전기차 한 대당 개인용 충전기 비중은 약 13.5%로 해외보다 훨씬 적은 비중이라고 할 수 있다.

3) 본고는 이미 확정된 제9차 전력수급기본계획의 내용과 상향된 NDC 목표에 근거하여 분석을 진행하였다. 새정부가 온실가스 감축 목표 및 이행계획을 새롭게 정한다면 그에 맞는 시나리오 분석이 필요함을 밝힌다.

그림 3 전기차 한 대당 가정용 충전기 소유 비중



자료: BNEF(2021), p. 176.

다음 절에서부터 이러한 충전인프라의 가용성이 전기차 보급에 어떻게 영향을 미치는지 분석해보도록 한다.

3. 분석방법론

가. 개요

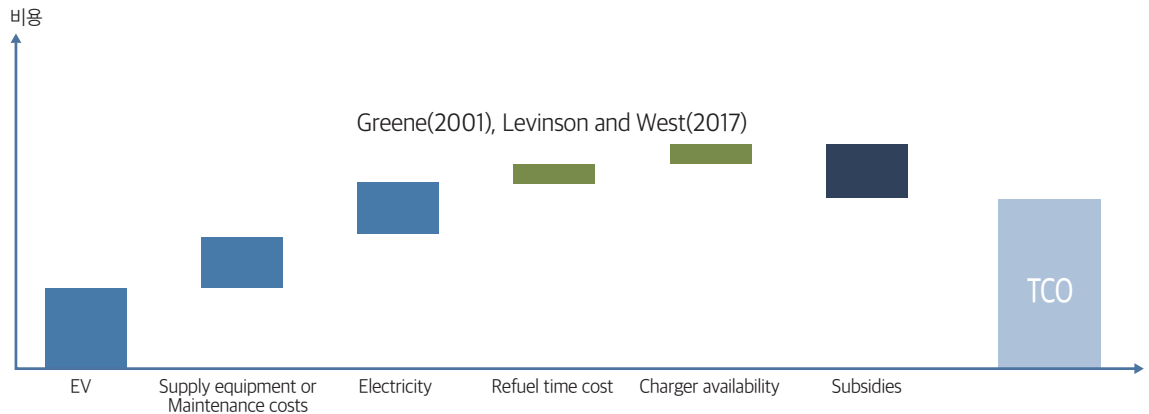
총소유비용 방법론은 소비자, 공급자 및 정책 입안자의 합리적인 의사결정을 가능하게 하는 차량의 경제성을 포괄적이고 투명하게 비교하기 위해 널리 사용되는 방법론이다. 특히 지난 10년간 재생에너지 보급 활성화 정책과 함께 전력기반 수송수단 시장이 극적으로 성장함에 따라, 내연기관차가 아닌 다른 구동계(powertrain) 유형의 차량에 대한 경제성을 분석하고자 하는 수요가 늘었으며, 총소유비용을 계산하는 접근법도 많은 발전이 있었다. 총소유비용이라는 용어는 Ellram(1993)이 처음 정의하였으며 전기차의 경제성 분석을 위해 사용되기 시작한 것은 전기 자동차의 생애주기비용(life cycle cost)을 추정한 Delucchi and Lipman(2001)의 연구부터이다.

이후 총소유비용 관점에서 전기차의 경제성을 살펴본 연구가 많이 진행되었는데, Roosen et al.(2015)은 관련 연구들의 소개와 함께 각 연구가 갖고 있는 특징을 잘 설명하고 있다. 특히 대부분의 선행연구는 상대적으로 비싼 전기차 구매비용을 상쇄할 수 있는 요소로서 에너지 효율, 낮은 운영·유지비, 정부 보조금 그리고 인센티브 등을 지목한 것이 특징이다.⁴⁾ 본 연구는 기존 연구에서 고려되지 않은 충전 인프라와 충전 시간을 총소유비용의 요소로 포함하여, 이들 변수가 우리나라에서 전기차의 경쟁력에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 본 연구에서 사용한 총소유비용 분석의 개념은 아래 [그림 4]로 간단히 표현할 수

4) Roosen et al.(2015).

있다. 여기서 EV는 전기차 구매비용을 뜻하며 순서대로 부품 및 유지비용, 충전비용을 나타낸다. 이러한 항목은 전기차를 구매하고 유지하는 과정에서 소비자가 명시적으로 부담해야 하는 비용을 나타낸다. 한편 연료 주입 시간이 짧은 내연기관차와 달리 전기차는 한 번 충전을 위해 적게는 15분에서 길게는 9시간이 소요되기도 한다.⁵⁾ 이렇게 전기차의 연료 충전 시간이 길다는 특징은 분명히 전기차를 구매하는 입장에서 비용 요소로 작용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 전기차 충전 시간에 대한 비용을 추정 후 이를 총소유비용의 구성요소로 포함하였다. 앞서 설명한 요소들이 전기차를 구매 후 유지하는 과정에서 소비자가 부담하는 직간접적인 비용을 나타낸 것이라면 전기차 구매보조금은 일종의 편익으로 작용하는 요인이다. 따라서 총소유비용의 크기는 구매보조금의 규모만큼 낮아지는 것으로 생각해 볼 수 있다. 이상의 내용을 종합해 계산한 것이 [그림 4]의 TCO로 표시된 총소유비용이다.

그림 4 총소유비용 개념도



자료: 김도원·정연제(2021), p. 26.

본 연구는 단순히 전기차의 총소유비용을 계산하는 데서 그치는 것이 아니라 충전요금과 휘발유 가격 변화에 따라 전기차의 경쟁력이 어떻게 달라지는지를 비용일치선 분석을 통해 살펴보고자 한다. 전기차 충전요금과 휘발유 가격을 중요한 변수로 포함한 이유에 대해서는 크게 두 가지로 설명할 수 있다. 첫째, 가까운 시일 내에 전기차 충전요금이 올라갈 것이라는 사실을 알 수 있다는 점이다. 전기차 보급 초기에 전기차 구매 활성화를 유도할 목적으로 전기차 충전요금의 특례할인 제도가 도입된 바 있으나, 동 특례할인은 2022년 6월 말에 폐지될 예정이다.⁶⁾ 전기차 소유자 혹은 잠재적으로 전기차를 구매할 계획을 세운 소비자 입장에서 가까운 시일 내에 연료비(즉, 전기차 충전비용)가 올라갈 것이라는 사실은 전기차 구매 의사결정을 내릴 때 중요한 변수로 작용할 수 있다. 따라서 내연기관차와 비교해 전기차의 경쟁력을 갖기 위해서는 전기차 충전요금이 어느 정도 수준에서 정해져야 하는지를 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 이를 통해

5) 배터리 용량 65kWh 기준, 250kW 초급속충전기와 7kW 완속충전기를 사용했을 때의 충전시간을 기준으로 산정하였다.

6) 2016년 전기차 충전요금 할인 특례 도입 당시에는 2019년까지만 제도를 운영 후 폐지할 예정이었으나, 소비자 부담과 전기차 시장충격 완화를 위해 2022년 6월까지 특례할인을 연장하여 운영하기로 하였다. 다만 2020년 하반기부터는 할인폭을 단계적으로 축소하여 충전요금 할인특례 폐지에 따른 소비자 충격을 점진적으로 완화하는 방식을 취하기로 하였다. 참고로 2021년 7월부터 2022년 6월까지 적용되는 할인율은 기본요금 25%, 전력량요금 10%이다(산업통상자원부 보도자료, 2019. 12. 30).

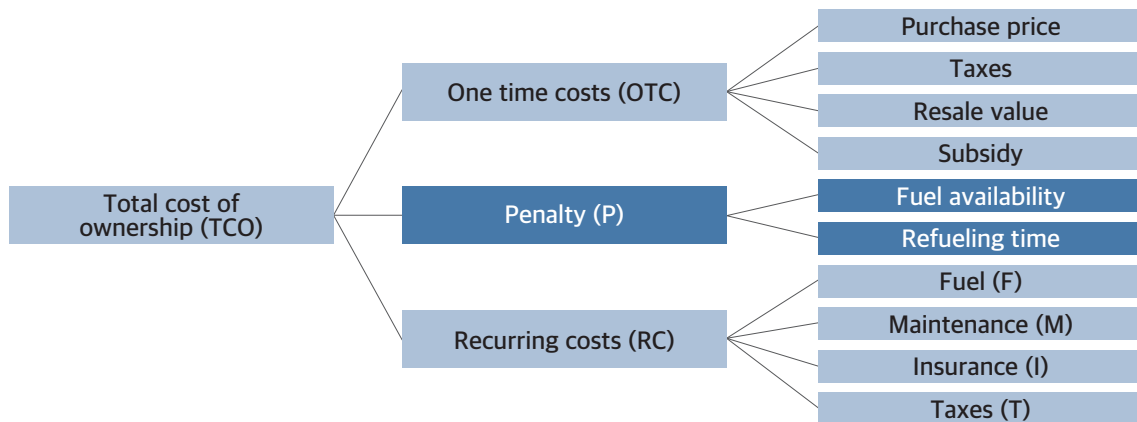
도출된 분석결과는 추후 상용화될 신기술인 슈퍼차저(super charger)나 슈퍼스테이션(super station)의 요금제를 설계하는 과정에서도 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 둘째, 내연기관 차량의 연료비 변화에 따라라도 전기차의 경쟁력이 달라지기 때문이다. 우리나라는 일본과 함께 에너지 대부분을 수입에 의존하는 대표적인 국가 중 하나이다. 그러므로 내연기관차의 주요 연료원인 휘발유나 경유의 가격이 매우 비싼 편이며 가격 변동성도 큰 편이다. 이처럼 우리나라는 전기차 충전요금과 내연기관차 주유비용이 자동차 구매 의사결정에 큰 영향을 미칠 수밖에 없는 상황임을 고려한다면 충전요금과 휘발유 가격 변화에 따른 전기차의 경쟁력을 검토하는 것이 반드시 필요하다고 할 수 있다.

[그림 5]는 본 연구에서 사용한 총소유비용 분석 틀을 도식화한 것으로서, 이 중 음영으로 표시된 부분은 기존 문헌들에서 다루지 않아, 본 연구진이 새로 추가한 요소를 뜻한다. 이러한 개념을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$TCO = OTC + P + RC \times PVF$$

여기서 *OTC*(one time costs)란 일회성 비용을 뜻하며 차량 가격, 충전기 설치비용, 세금, 잔존가, 보조금 등을 포함한다. *P*는 페널티를 뜻하는 것으로서 전술했던 연료가용성 페널티와 충전시간 페널티를 포괄한다. *RC*(recurring costs)는 매년 발생하는 연간운영비용을 뜻하며 연료비(*F*), 유지비(*M*), 보험료(*I*), 세금(*T*)으로 구성된다. 여기서 *PVF*(present value factor)는 현가환산 계수이다.

그림 5 총소유비용 연구 프레임워크



자료: 김도원·정연제(2021), p. 29.

이러한 총소유비용 요인들을 모두 고려하여 휘발유와 충전요금의 변동에 따른 구동계 간의 경쟁력 분석을 해보아야 한다. 연평균 주행거리를 m , 연비를 L , 연료 가격을 P 라고 한다면 연료비는 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$F = \frac{m}{\mu} x \quad (1)$$

수식(1)을 활용하여 전기차와 내연기관차의 총소유비용 함수를 구성하고, 각각의 총소유비용 함수가 일치하는 조건으로부터 충전요금과 휘발유 가격에 따른 비용일치 함수를 도출한다. 참고로 차량의 생애주기 동안은 휘발유 가격과 충전요금이 고정된다고 가정한다. 먼저 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 같다는 조건과 $m^{ICEV} = m^{EV}$, 즉 전기차와 내연기관차의 연평균 주행거리가 같다는 조건 하에서 휘발유 가격을 x , 충전요금을 y 라고 하고 Δ 는 내연기관차 비용과 전기차 비용의 차이를 뜻한다고 했을 때, 위의 수식은 아래와 같이 다시 정리할 수 있다.

$$y = \frac{\mu^{EV}}{\mu^{ICEV}} x + \frac{\mu^{EV} \Delta OTC}{m^{EV} PVF} + \frac{\mu^{EV} \Delta P}{m^{EV} PVF} + \frac{\mu^{EV}}{m^{EV}} (\Delta M + \Delta I + \Delta T)$$

이러한 함수를 비용일치선이라 하며, 비용일치선은 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 같아지도록 하는 전기차 충전요금과 휘발유 가격 사이의 일차함수를 뜻한다.

나. 총소유비용요인

1) 참조모델 (Reference Model)

일반적으로 총소유비용 연구에서는 자동차 구매에 큰 영향을 주는 차량의 성능과 같은 비화폐적 속성을 고려하지 못한다는 단점이 있다. 특히 내연기관 차량과 전기차의 비교와 같이 서로 다른 구동계끼리의 비교 시에는 이러한 속성들의 비교가 더욱 어렵다. 전기차는 기존 내연기관에서 평가하는 성능지표인 배기량의 개념이 없기 때문이다. 예를 들어 전기차 중에서는 닛산 리프, 기아 소울, 폭스바겐 골프 등 기존 내연기관 차량의 외관을 그대로 차용하되 구동계만 바꾼 모델들이 있다. 이 경우 차량의 스타일 선호의 차이는 통제할 수 있지만, 가속, 주행가능 거리 등 다른 성능 면에서 큰 차이를 보이는 것이 사실이다. 예를 들어 <표 2>를 보면 폭스바겐 골프와 e골프는 성능 측면에서 크게 차이가 나기 때문에 경쟁 모델이라고 볼 수 없다. 본 연구에서는 자동차의 스타일과 크기에 따른 선호를 최소화하기 위해서 내연기관차와 전기차의 참조모델을 고를 때 중형 해치백(hatchback) 스타일의 차종으로 한정했다. 이는 차량 구매 선택 시 매우 중요한 성능 요소인 주행가능거리 측면에서의 선호를 고려하여 전기차 중 주행가능거리가 긴 모델을 선정했다. 또한 부품 가격이나 전망치와 관련하여 충분한 정보가 있는 모델을 선정하고자 했다. 이러한 조건들을 고려하여 내연기관 차량 중에서는 중형 해치백 중 고성능 모델인 폭스바겐 골프 GTI, 전기차는 쉐보레 볼트를 선정했다.⁷⁾ 주행가능거리 측면에서 크게 차이 난다고 볼 수도 있으나 볼트는 해치백 스타일의 전기차 중에서 주행가능거리가 가장 긴 모델이다.⁸⁾

7) 폭스바겐과 볼트는 해치백으로 간주되며 자동차관리법 시행규칙 [별표 1]에 따라 두 차량 모두 전폭이 1.7m를 넘어 중형으로 분류된다.

8) 특히 2021년 구매가능하고 40,000 달러 이하인 전기차로 한정하면 모든 스타일 통틀어 쉐보레 볼트가 주행가능거리가 가장 길다.

표 2 참조 모델 제원 비교

모델명	폭스바겐 골프 GTI (7세대, 가솔린 터보)	폭스바겐 e골프 (2017)	쉐보레 볼트 EV
종류	해치백	해치백	해치백
크기	중형 (전장 4,255mm)	중형 (전장 4,270mm)	중형 (전장 4,165mm)
주행가능거리	575 km ⁹⁾	200 km	383 km
마력	230	136	204
제로백	6.8 초	9.6 초	7 초
연비	11.5 km/L	5.68 km/kWh	5.5 km/kWh
최대 토크	35.7 kg·m	29.6 kg·m	36.7 kg·m

자료: 김도원·정연제(2021), p. 25.

2) 할인율

총소유비용을 계산하려면 차량의 생애주기(life cycle) 동안의 유지비나 연료비와 같이 여러 기간에 걸쳐 나타나는 비용을 할인하여 현재의 가치로 환산해야 한다. 이때 할인율을 사용해야 하는데, 본고에서는 사회 전체의 측면이 아닌 개별 의사결정자의 측면에서 분석하는 것이 목적이므로 기회비용 관점에서 바라본 재무적 할인율을 적용하여 분석하기로 한다. 본 연구에서는 우리나라 평균 차령(연식)을 계산하고 적당한 기간의 국고채를 선택하여 해당 국고채의 평균금리를 활용하기로 했다. 2020년 12월 기준 자가용의 모델연도를 기준으로 산출한 차령별 대수를 계산해보면 우리나라 자가용 차량의 평균 차령은 8.198년으로 나타난다.¹⁰⁾ 이와 가장 비슷한 기간인 10년 만기 국고채의 2020년 평균 금리를 할인율로 사용하기로 하였다. 2020년 10년 만기 국고채 평균금리는 1.5%¹¹⁾이므로 본 연구에서는 할인율을 1.5%로 두고 총소유비용을 계산하였다.

3) 연료 가용성 및 충전시간 비용

전기차 보급 활성화 목표를 달성하고 광범위한 충전소 네트워크가 구축되기 전까지는 연료 가용성의 부족이 전기차 보급 활성화의 가장 큰 장애물일 것이다. 이러한 가용성을 고려하기 위해서 가용성 모델을 도입하였다. Greene(2001)에서 제안한 가용성 페널티는 다음과 같다.

$$p^I = \delta \exp[-20.149\phi_j]$$

9) 연비 (11.5km/L) · 연료탱크용량 (50L).

10) 국토교통부 국토교통 통계누리, <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>(검색일: 2021. 10. 15).

11) 한국은행, “경제통계시스템”(검색일: 2021. 10. 15).

여기서 개인용 충전기가 없고, 충전소가 하나도 없을 때의 비용인 δ 를 7,500 달러로 책정했으며 개인용 충전기가 있을 때는 이 비용이 375 달러로 줄어든다고 가정했다. ϕ_j 는 주유소 개수와 전기차 충전소 개수의 비율을 의미한다. 여기서 충전기의 충전 전력($j = fast, slow$)에 따라 가용성 페널티가 결정된다. 본 모형에서는 차량 구매자가 시장이나 인프라에 대한 예측을 하지 않는다고 가정하기 때문에 구매 시점 이후에 구축된 연료공급 인프라는 구매 결정에 반영하지 않는다(Levinson and West, 2018).

전기차의 또 다른 특징 중 하나는 충전시간이 길다는 점이다. Greene(2001)은 충전시간으로 인한 페널티를 다음의 수식과 같이 단순히 단위 시간의 가치를 평균 연료 보충 시간에 곱한 값으로 표현했다. Greene(2001)의 연구는 최신의 연구가 아니지만 이후 어떠한 연구에서도 연료가용성과 연료시간에 대한 실증연구를 진행한 바 없다. 또한 이러한 연구는 최근 Levinson and West(2018)을 비롯한 연구들에서 주로 사용되고 있어 학술적으로 여전히 의미가 있는 연구라고 보았기 때문에 본 고에서 관련 수치들을 차용하였다.

$$p^{R_j} = a \times t_j \times PVF$$

여기서 a 는 시간의 가치로 시간당 25.93달러로 두었고 t_j 는 공용 충전소에서 전기차를 충전하기 위해 걸리는 시간을 뜻한다. 이러한 페널티 또한 공용 충전기의 충전 전력($j = fast, slow$)에 따라 달라진다. Greene(2001)에서는 현가환산계수를 고려하지 않았지만 본 연구에서는 해마다 발생하는 비용의 현가를 산출하기 위해 사용하였다.

4. 연구결과

가. 입력자료

1) 일회성비용

가) 부품별 전망치

BNEF(2021)에 따르면 2024년에는 배터리팩 가격이 1kWh당 92달러에서 2030년에는 1kWh당 58달러로 급격하게 떨어진다. 한편 <표 3>은 전기차 부품별 비용 전망 자료를 정리한 것이다. 배터리팩 가격은 BNEF(2021)가 제시한 전망치를 참조한 것이며, 나머지 부품 가격은 UBS(2017)에서 예측한 2025년 가격을 활용하였다. 해당 자료를 살펴보면, 배터리를 제외한 나머지 부품은 2017년 대비 2025년 가격의 하락 폭이 크지 않은 것으로 보인다. 따라서 배터리를 제외한 나머지 부품의 생산비용 절감 기술력이 어느 정도 성숙했다고 생각할 수 있으며, 이를 근거로 2025년 이후에는 해당 부품들의 비용이 비슷한 수준으로 유지될 것이라 가정하였다. 한편 전기차의 부품별 비용을 살펴보면 총비용에서 가장 큰 비중을 차지하는 부품은 배터리팩임을 알 수 있다. 하지만 배터리팩 비용이 급격하게 하락할 것으로 전망됨에 따라 그 비중은 점차 축소되는 것을 알 수 있는데, 2020년에는 총비용의 28%를 차지하다가 2035년에는 14% 정도로 그 비

중이 감소할 것으로 전망된다.

내연기관차 대표 모델의 부품별 비용은 현재 구동계 6,800달러, 조립비용 12,700달러, 간접비용 4,000달러 수준이다(UBS, 2017). 기존 내연기관 차량은 전기차와 달리 제조 기술이 이미 성숙해서 더 이상의 비용 절감은 없으며 차량구매가격 또한 시간이 지나도 지금과 비슷한 수준이거나 미미하게 증가하리라 예측했다. 이러한 전망자료를 근거로 본 연구에서는 내연기관 차량의 구매비용이 시간이 지나도 변하지 않을 것이라고 가정했다.

나) 보조금

현재 우리나라는 전기차 보급 활성화 정책의 하나로 세금 감면, 구매보조금 지원, 충전요금 할인 특례가 시행 중이다. 이 중에서도 세금과 구매 보조는 일회성 비용에 크게 영향을 미치는 요소이다. 세금 감면 정책을 살펴보면 개별소비세 면제(최대 300만 원)와 취득세 140만 원 감면을 지원하고 있다. 개별소비세와 취득세 감면은 교육세와 부가가치세도 감면해주는 효과가 있어 전기차 구매에 드는 비용을 크게 줄여준다. 하지만 2022년 말부터는 개별소비세 감면 혜택이 종료될 예정이므로 이러한 부분을 전망치에 반영하였다.¹²⁾

표 3 전기차 부품별 비용 전망치

(단위: \$)

항목/연도	2021	2022	2023	2024	2025	...	2035
배터리팩	8,244	7,399	6,669	6,059	5,544	...	2,976
온도 조절장치	238	234	231	228	225	...	225
전원분배장치	273	278	284	289	295	...	295
인버터/컨버터	610	588	567	545	523	...	523
eDM(electric Drive Module)	1,140	1,125	1,110	1,095	1,080	...	1,080
DC 컨버터	142	140	138	136	134	...	134
컨트롤러	49	48	47	47	46	...	46
컨트롤 모듈	89	87	86	85	84	...	84
고압케이블	319	314	310	306	302	...	302
온보드차저	239	231	222	214	205	...	205
차징코드	143	141	139	137	135	...	135
조립비용	12,250	12,163	12,075	11,988	11,900	...	11,900
간접비용	6,892	5,969	5,046	4,123	3,200	...	3,200
총합	30,625	28,717	26,924	25,251	23,673	...	21,105

자료: 김도원·정연제(2021), p. 32.

12) 한국자동차산업협회 보도자료(2020.12.30).

2) 페널티

우리나라 전기차 충전소 하나에 설치된 충전기 대수는 1대부터 많게는 수십 대까지 매우 다양하다. 이런 특징으로 인해 충전 인프라를 표현하기에는 충전소 숫자보다는 충전기의 대수가 더 적절한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 주유 인프라와 충전 인프라의 비율을 좀 더 잘 설명할 수 있는 주유기와 충전기의 대수의 비중으로 계산하였다. 2021년 6월 20일 기준 공용 급속충전기의 대수는 10,193대였고 완속 충전기는 28,105대였다. 또한 2021년 5월 4일 기준 전국 주유소는 11,296개소(個所)이므로,¹³⁾ 주유소당 평균 주유기 대수 14.2대를 곱하여 전국에 설치된 주유기가 총 160,403대인 것으로 가정하였다.¹⁴⁾ 이를 토대로 주유기 대비 충전기의 비율을 계산하면, ϕ_{fast} 는 0.0635, ϕ_{slow} 는 0.1752로 구해진다.

한편 공용 완속충전기와 급속충전기의 충전 전력은 각 7kW와 40kW로 가정하였는데, 이는 1시간당 각각 7kWh, 40kWh의 전력량을 충전할 수 있다는 것을 뜻한다. 이러한 가정하에서 만약 65kWh 배터리를 잔량이 0%인 상태에서 100%로 충전한다고 하면, 완속 충전기를 이용해 충전할 때는 약 9.3시간, 급속충전기를 이용할 때에는 1.6시간이 소요된다. 전기차의 연간 필요전력량은 2,244kWh로, 이는 비사업용 승용차의 1일 평균 주행거리인 33.2km¹⁵⁾에 365일을 곱하고 연비 5.4km/kWh로 나누어 계산하였다. 연간 필요전력량을 배터리 용량으로 나누면 연평균 34.5회를 충전하게 된다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 연간 충전시간을 산출하여 충전시간 페널티를 계산했다.

Levinson and West(2018)은 Greene(2001)과 Barter et al.(2015)의 결과를 활용하여 전기차 충전기의 충전 속도를 동시에 고려한 가용성 함수를 제안하였다. 이를 활용하여 전기차 구매시 소유자가 고려해야 하는 페널티(P)는 다음과 같다.

$$P = \left(\sum_j (p^L_j + p^R_j)^{-1} \right)^{-1} \quad (2)$$

각 충전기 유형별로 공용 충전소 이용에 대한 소비자의 반감을 낮추는데 미치는 영향을 반영하기 위해서 위의 모형을 활용하였다.¹⁶⁾ 이와 같은 페널티 함수를 사용했을 때 공용 충전기만을 이용하는 소비자에게는 전기차 구매 시 1,132만 원의 연료 가용성 및 충전시간 페널티가 부과된다는 결과가 나온다.

충전시간 페널티는 기본적으로 공용 충전기를 사용할 때 전기차 사용자가 느끼는 불편을 비용화한 것이다. 만약 개인용 충전기를 설치한다면 가용성 페널티만을 적용받게 된다. 그 대신 차량 구매 비용에 개인용 충전기 설치비용이 추가되어야 한다. 개인용 고정형 충전기의 단말기는 통상 130만 원 정도이며 수전설비 연결에 드는 비용(한전 불입금)과 공임비 등을 합하면 대략 300만 원정도이다.¹⁷⁾ 추가적으로 자가 설비 이용

13) 한국석유공사, Opinet(검색일: 2021. 5. 4).

14) 한 대의 주유기에는 일반적으로 휘발유, 경유, 고급휘발유 세 가지 유종의 주유건이 부착되어 있다. 본 연구는 휘발유용 내연기관 차량에만 초점을 맞추므로 주유소 한 개소당 14.2 대의 주유기를 가지고 있다고 가정한다.

15) 2019 자동차 주행거리 통계.

16) 자세한 설명은 김도원-정연제(2021) 참조.

17) 『이코노미리뷰』(검색일: 2021.10. 15.), 『전자신문』(검색일: 2021. 10. 15).

시 1kW당 매월 2,390원(저압)의 기본요금을 내야 한다. 보통 완속 충전기의 경우 7kW 용량으로 설치하며 연 단위로 환산하면 200,760원이다. 이를 대략 8년 동안 지불한다고 가정했을 때, 현가는 1,525,147원이다. 개인용 고정형 충전기를 사용하면 가용성 페널티에 고정형 충전기 설치 및 유지비용인 4,525,147원을 총 소유비용에 포함시킨다. 고정형 충전기 비용은 차량 구매 시 필수 비용이 아닌 옵션의 성격을 가지므로 편의상 페널티의 항목에 포함하도록 한다. 이렇게 나온 일회성 비용들을 종합하여 나타내면 <표 4>와 같다.

표 4 전기차 일회성 비용 전망치

(단위: 만 원)

항목/연도	2021	2035	비고
차량구매비용	3,614.0	2,490.5	<표 4>
개별소비세	0	124.5	조세특례제한법 제 109조
교육세	0	37.4	개별소비세의 30%
부가가치세	361.4	265.2	(출고가 + 개별소비세+ 교육세)의 10%
통합취득세	113.0	185.7	(출고가 + 개별소비세+ 교육세)의 7%
공채 할인	23.09	15.91	지방공기업법 제19조, 도시철도법 제21조, 도시철도채권조례
잔존가	-683.8	-501.8	행안부 시가표준액 조정기준
보조금	-1,254.9	-632.3	시도별 보조금 가중평균, 배터리 가격하락분만큼 보조금 감소 가정
총합	2,172.2	1,985.1	

자료: 비교에 나와있는 출처의 자료들을 바탕으로 저자 재구성 및 직접 산출.

본 연구는 지역별 보조금 지원 금액을 지원 대수로 가중평균하여 구한 값인 1,254만 원을 전기차 구매보조금으로 사용하였다. 한편 현재까지 구매보조금 폐지에 대한 계획이 확정된 바가 없기 때문에 본 연구에서는 배터리팩 가격의 하락 속도에 맞춰 보조금 수준이 줄어드는 것을 가정하였다.

3) 연간운영비용

<표 5>는 연간운영비용 항목들을 나타낸 것이며, 이를 토대로 총소유비용을 계산한다. 우선 연료비는 연 평균 주행거리를 각 차량 모델별 연비로 나눠서 필요 연료량을 구한 다음 연료 가격을 곱하여 산출하였다. 이때 내연기관차의 연료 가격은 2020년 2분기 우리나라 휘발유 가격 평균값인 리터당 1,300원으로 계산하였다.¹⁸⁾

18) IEA(2020)에 따라 2020년 2분기 휘발유 평균가 1.065 달러와 당시 환율 평균인 1달러당 1,221원을 사용하였다. 국내 휘발유 가격 정보는 opinet에서 확인할 수 있지만 각 국의 세율을 모두 반영한 가격들과 동일한 기준에서 비교하기 위해 IEA(2020)의 자료를 활용하였다.

표 5 구동계별 연간운영비용

(단위: 만 원/년)

구분/항목	전기차	내연기관차	비고
유지보수비	30	72	UBS(2017)
보험료	74	74	금감원 보도자료 (2021.1.14 조간)
자동차세	10	20	지방세법 10장
지방교육세	3	6	지방세법 12장
연료비	70, 45, 25	112	공용 급속, 공용 완속, 비공용 완속

자료: 김도원·정연제(2021), p 37.

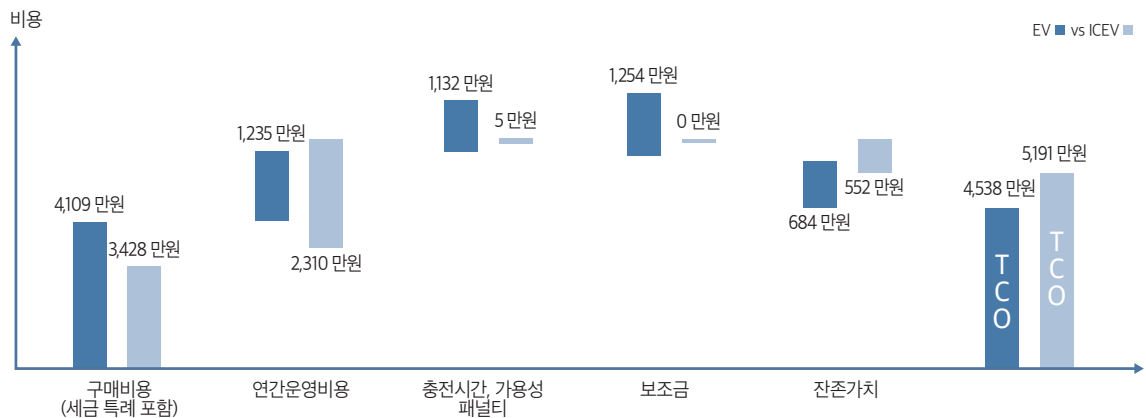
본 연구에서는 전기 충전요금 특례 전 책정된 환경부 고시 가격을 이용하여, 공용 완속은 1kWh당 200원, 공용 급속은 313원으로 충전요금을 가정하였다.¹⁹⁾ 비공용 완속충전기의 경우 한전의 저압용 자가소비형 전력량 요금의 평균인 110.5원으로 가정하였다.

나. 결과

1) 총소유비용

2021년 총소유비용을 항목별로 세분하여 나타내면 [그림 6]과 같으며, 전기차는 일회성 비용인 세금 감면 혜택(390만 원) 및 구매보조금 지원(1,254만 원)을 통해 내연기관 차량보다 경쟁력이 있다는 것을 알 수 있다. 이처럼 현재 기준으로 비교를 해보더라도 전기차는 내연기관 차량보다 충분한 경쟁력을 가진 것으로 조사되었지만, 전기차의 보급 실적이 목표에 미치지 못하는 이유가 무엇인지를 논의해 볼 필요가 있다.

그림 6 2021년 총소유비용 항목별 비교



자료: 김도원·정연제(2021), p. 39.

19) 무공해차 통합누리집, “전기차 충전요금 비교”(검색일: 2021. 10. 15).



우선 구매보조금은 지역마다 연도별 지원 가능 대수가 정해져 있는 탓에, 해당 연도의 보조금이 모두 소진된 이후 전기차를 구매하는 소비자는 구매보조금 혜택을 받을 수가 없다. 이에 따라 연도별 보조금 지원 가능 대수가 당해 연도의 보급 대수 상한선으로 작용하고 있다는 것을 알 수 있다. 추가적으로 항목별 비교를 통해 소비자의 전기차 구매 선택을 유도하기 위해서는 정부 차원에서 어떤 정책 수단을 선택해야 할지를 파악할 수 있다. 먼저 내연기관 차량의 취득세 혹은 개별소비세 등을 인상하거나 환경세 명목의 세금을 부과하여 내연기관 차량의 구매비용을 높이는 방법이 있다. 그리고 오랜 기간 이연해온 유류세를 인상하면 내연기관 차량의 연간 운영비용이 증가하는 효과가 발생하여 전기차가 더 경쟁력을 가질 수 있게 될 것이다. 그러나 이러한 방식은 과세 강화로 받아들여져 조세저항을 피하기 어려우며, 내연기관 차량뿐만 아니라 전기차 구매가격도 같이 상승시키는 효과가 발생해²⁰⁾ 시장 전체가 축소될 위험도 있으므로 신중하게 접근할 필요가 있다. 그 외 정책 수단으로는 전기차 구매보조금 규모의 확대나 전기차 관련 세금 감면 폭의 확대도 고려해 볼 수 있다. 하지만 전기차가 급증하면 상대적으로 내연기관 차량의 사용이 줄어 유류세의 세수가 줄어드는 문제가 발생할 수 있다. 여기에 전기차 세금 할인으로 인한 세수 감소와 보조금 지원으로 인한 재원 고갈을 걱정해야 하는 상황이 벌어질 수 있다. 그러므로 보조금 및 세금 특례는 보급 확대 측면에서 매우 강력하지만 지속가능한 정책은 아니다.²¹⁾

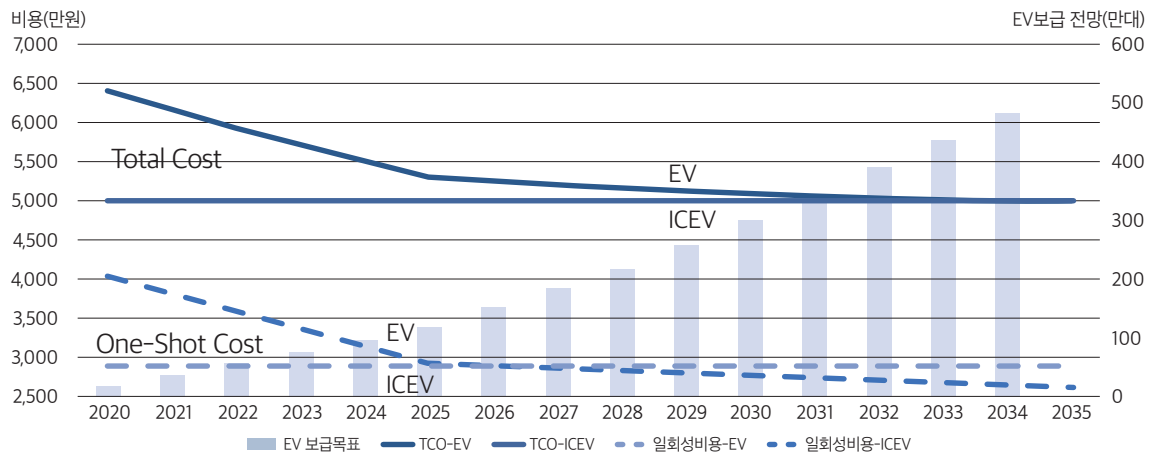
총소유비용 분석 결과, 전기차가 내연기관차에 비해 더 경제성이 있는 것으로 나타났지만 전기차에 대한

20) 가격경쟁이 일어나는 과점 시장에서 경쟁하는 두 재화는 “전략적 보완재(strategic complementary goods)” 관계에 있는 것으로 해석할 수 있다. 즉 어떤 재화의 가격을 올리면 경쟁 재화의 가격도 같이 인상하는 효과가 발생한다(Tirole, 1988).

21) 친환경차 보급 확대와 더불어 수송용 석유제품에 부과되는 유류세, 특히 교통-에너지-환경세의 개편이 필요한 시점이나 아직까지는 본격적인 논의가 이뤄지지 않고 있다. 자세한 논의는 김재경(2017)을 참고하기 바란다.

정책적 지원, 즉 세금 감면액과 구매보조금을 제외한다면 전기차의 총소유비용은 내연기관차보다 더 비싼 편이다. 이러한 정책적 지원이 없더라도 전기차가 내연기관차보다 경제성을 확보하기 위해서는 어느 정도의 시간이 필요한지를 알아보기 위해, 전기차 세금 감면액과 구매보조금을 제외한 상태에서 연도별 소유비용의 추이를 살펴봤다(그림 7 참조). 그 결과, 배터리 가격의 하락으로 인해 전기차의 일회성 비용 또한 낮아지며 2025년에는 비용 동등성을 달성할 것으로 전망된다. 이처럼 일회성 비용은 시장에서의 경쟁과 그에 따른 기술의 발전으로 자연스럽게 하락할 것으로 보인다.

그림 7 연도별 비용 추이 (보조금 및 세금특례 제외)



자료: 김도원·정연제(2021) p. 41.

그러나 가용성 페널티를 포함한 총소유비용의 추이를 보면 2033년 정도가 되어야만 전기차가 내연기관차보다 더 경쟁력을 갖추게 된다. 이는 가용성 페널티로 인해 전기차의 경쟁력 확보가 늦어질 수 있음을 의미한다. 즉, 금융 보조를 통한 일회성 비용을 낮추는 것보다 충전기 보급 정책을 통한 가용성 부족 해소가 더 시급하다는 것을 시사한다. 또한 충전 인프라 확대는 공공재원을 충전 인프라에 투자함으로써 다수의 잠재 전기차 구매자에게 편익을 제공할 수 있다는 점에서 조금 더 공익에 부합한다고 볼 수 있다. 특히 우리나라의 주거 특성상 개인용 고정형 충전기를 단기간 내에 보급하기는 어려우므로 초고속 공용 충전 네트워크를 구성하는 것이 대안이 될 것이다. 실제로 전기차 배터리 잔량이 50% 정도 남았을 때 초고속 충전기를 이용해 전기차를 충전하는 경우 10~20분 정도면 충전이 완료된다. 참고로 테슬라와 현대는 각각 수퍼차저와 e-pit이라는 초고속 충전소를 구축하는 중이며, 해당 충전소는 충전기 종류에 따라 최대 120kW에서 250kW의 충전 전력 공급이 가능하다. 수퍼차저나 e-pit은 보급률이 높지 않아 위의 페널티 계산에서 고려하지 않았다.

범용 초고속 충전기가 상용화된다면 소비자가 느끼는 전기차의 페널티는 훨씬 줄어들 것이다. 이를 계산하기 위해서 초고속 충전기가 현재 공용 급속 충전기의 10%인 1,000기가 보급되었다고 가정할 경우, <표 6>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이를 통해 앞의 페널티 식에 대입하고 개인용 충전기 비중을 고려하여 페널티를 구하면 기존 1,132만 원에서 120kW 충전기는 625만 원, 250kW 충전기는 559만 원으로 하락한다.

표 6 초고속 충전 전력별 특성 (1,000기 보급 가정)

충전 전력	120 kW	250 kW
연평균 충전횟수 (회)	34.5	34.5
회당평균충전시간 (시간)	0.54	0.26
연간충전시간 (시간)	18.7	9.0
충전시간 페널티 (원/년)	571,783.2	274,455.9
가용성 페널티 (원)	7,805,629	7,805,629
최종 페널티 ²²⁾ (원)	6,245,258	5,589,090

자료: 김도원·정연제(2021), p. 42.

2) 비용일치선

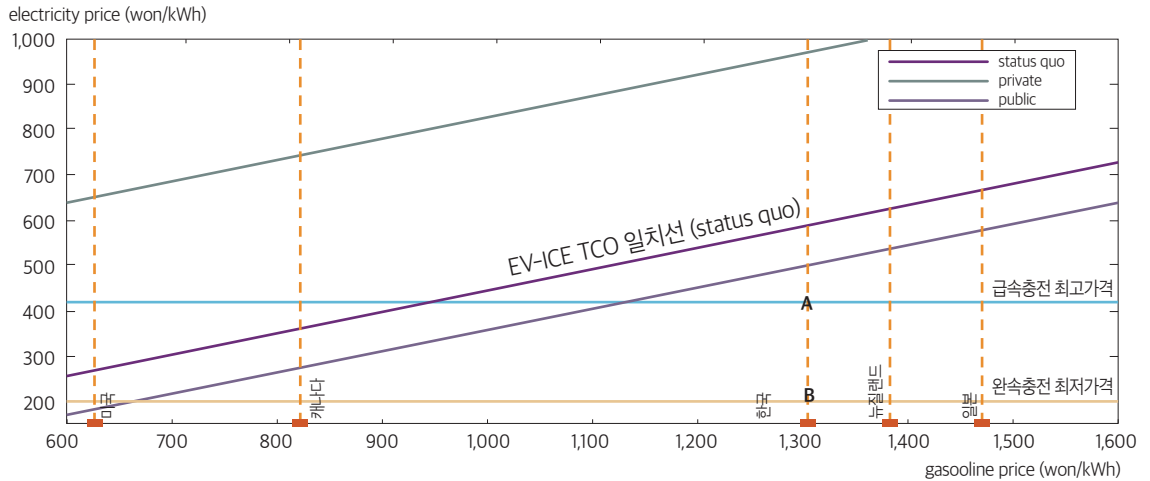
[그림 8]는 앞서 도출한 비용일치선을 그래프로 표시한 것으로서 가로축은 휘발유 가격을 나타내며 세로축은 전기차 충전요금을 뜻한다. 전술한 바와 같이 비용일치선은 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 같아 지도록 하는 전기차 충전요금과 휘발유 가격의 조합을 직선으로 표현한 것이다. 따라서 전기차 충전요금과 휘발유 가격 정보만 알고 있으면 우리는 전기차와 내연기관차 사이의 경제성을 쉽게 파악할 수 있으며, 향후 전기차 충전요금 및 휘발유 가격 변화에 따라 경제성이 어떻게 변화하는지도 쉽게 예측할 수 있다. 전기차 충전요금과 휘발유 가격의 조합이 비용일치선보다 위에 있는 경우는 내연기관차의 경제성이 전기차보다 높다는 것을 의미하며, 반대로 비용일치선의 아래 구역은 전기차의 경제성이 내연기관차보다 높다는 것을 뜻한다. 즉 전기차 충전요금이 어떤 특정 수준에 고정되어 있다고 가정한 상황에서, 휘발유 가격을 조금씩 증가시키면 비용일치선으로부터 오른쪽으로 멀어지게 되며, 이는 전기차의 총소유비용이 내연기관차의 총소유비용보다 더 낮아지는 것을 뜻한다. 이는 내연기관차의 연료비용이 증가하면 할수록 전기차의 경제성이 더 좋아진다는 것과 직관적으로 일치하는 결과이다.

한편 전기차의 총소유비용은 충전기 종류별 보급 비율에 따라 달라진다. 이러한 특성을 반영하여 우리는 유형별 전기차 충전기 보급 현황에 따라 다음과 같은 세 가지 상황을 가정하였으며, 각 경우에 대한 비용일치선을 모두 표시하였다. 모든 전기차 사용자가 공용 충전기만 사용하는 경우는 그림에서 public으로 표시하였으며, 모두가 개인용 고정형 충전기만 사용하는 경우는 private으로 표시하였다. 마지막으로 공용 충전기와 개인용 충전기의 보급 비중이 2021년 현재 시점의 비율대로 계속 유지된다고 가정한 경우는 status quo로 표시했다.²³⁾ 공용 충전기와 개인용 충전기의 보급 비율에 따라 비용일치선이 다르게 나타난다는 것은, 총소유비용을 구성하는 다른 요소들과 마찬가지로, 충전 인프라가 어떻게 구축되느냐에 따라 전기차의 경제성이 크게 영향을 받게 된다는 것을 시사한다.

22) 충전시간 페널티와 가용성 페널티를 수식(2)에 적용하여 최종 페널티를 구한다.

23) 2021 전기차 이용자 온라인 설문조사 결과에 따르면 고정형 개인용 충전기 보유 비중은 18.3%를 차지하였다.

그림 8 2021년 기준 비용일치선



자료: 김도원·정연제(2021), p. 43.

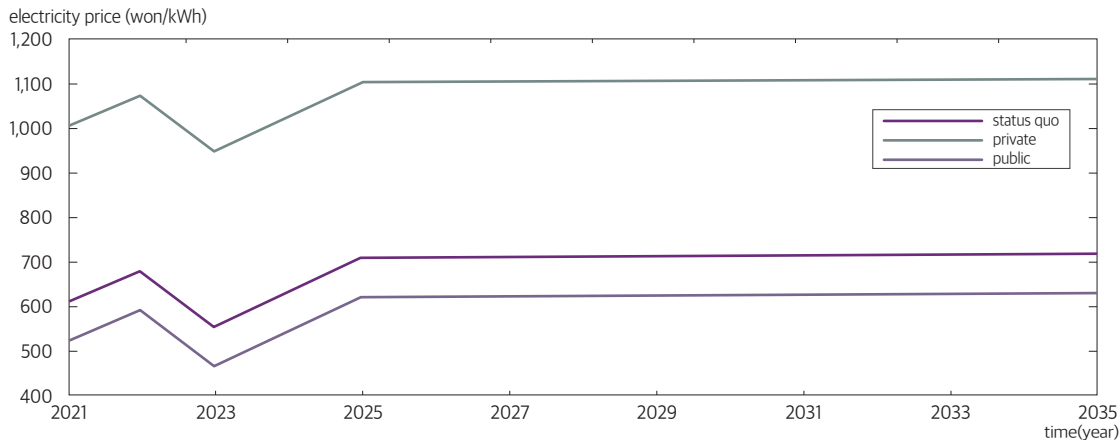
이제 비용일치선 그래프를 이용해, 현재 시점에서의 전기차와 내연기관 자동차 간의 경제성을 비교해보면 2021년 9월 기준으로 전기차 충전요금은 급속충전인 경우는 최고 420원/kWh, 완속충전인 경우는 최고 199원/kWh이다. 한편 휘발유 평균 가격은 리터당 1,300원으로 나타났다. 이는 그림의 점 A와 점 B를 나타내며, 두 점 모두 비용일치선의 아래쪽에 있으므로, 전기차의 총소유비용이 내연기관차보다 낮다는 것을 뜻한다.²⁴⁾ 현재의 휘발유 가격이 유지되는 상황에서는 전기차 충전요금이 562원 아래로만 유지된다면 전기차의 경제성이 내연기관차보다 높다는 사실을 알 수 있다. 반대로 현재의 전기차 (급속) 충전요금을 기준으로 살펴보면 충전요금이 970원보다 높은 상황에서는 전기차의 총소유비용이 내연기관차보다 높다는 사실을 확인할 수 있다.

또한 앞서 설명한 바와 같이 개인용과 공용 충전기의 보급 비율 차이에 따라 전기차의 경제성은 달라질 수 있는데 현시점에서의 휘발유 가격 1,300원을 기준으로 했을 때 전기차가 내연기관차보다 경쟁력을 가질 수 있는 전기차 충전요금의 상한선은, 대략 562원에서 970원 사이에서 형성된다는 것을 알 수 있다.

한편 전기차의 총소유비용은 시간이 지날수록 감소하는 형태를 나타내므로 비용일치선 역시 연도별로 다르게 나타날 것이다. 즉 전기차의 상대적 경쟁력을 유지할 수 있는 전기차 충전요금 수준 또한 연도별로 달라지는 것이다. 이러한 연도별 변화추이를 살펴보기 위해 우리는 휘발유 가격을 리터당 1,300원으로 고정 한 상황에서 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 같아지는 전기차 충전요금을 연도별로 구했으며, 이를 그림으로 나타낸 것이 [그림 9]이다. 그림에서 2023년에 비용일치점이 하락하는 이유는 개별소비세 감면이 일몰되어 전기차의 일회성 비용이 증가하기 때문이다. 하지만 2023년 이후에는 전기차의 일회성 비용이 점진적으로 하락하여 전기차가 경쟁력을 유지할 수 있는 전기차 충전요금이 올라가는 모습을 보인다.

24) 편의상 본 문단에서는 공용 충전기와 개인용 고정형 충전기의 보급 비중이 현재와 같은 수준으로 유지된다고 가정한 상황에서 도출한 status quo 비용일치선을 기준으로 설명한다.

그림 9 연도별 비용일치선 추이



자료: 김도원·정연제(2021), p. 46.

지금까지 우리는 휘발유 가격을 리터당 1,300원으로 고정하고 분석을 진행하였으나, 지난 5년간의 휘발유 가격 추이를 미뤄보았을 때 휘발유 가격은 현재보다 더 비싸질 가능성이 높다. 만약 휘발유 가격이 현재 수준보다 더 높아진다면 내연기관차 대비 전기차가 상대적인 경쟁력을 확보할 수 있는 전기차 충전요금 상한선이 더 올라갈 것이다.²⁵⁾ 이처럼 지금보다 전기차 충전요금을 더 올릴 수 있는 여지가 생긴다면 전기차 충전서비스와 연계된 새로운 비즈니스 모델이 출시될 수 있는 긍정적인 상황을 기대해볼 수 있다.

앞선 분석에 따르면 전기차의 경제성이 내연기관차보다는 좋은 것으로 나타났지만 현재 수준의 전기차 충전요금하에서는 전기차 초급속 충전이나 슈퍼스테이션과 같은 새로운 형태의 서비스가 성공하기는 어려운 상황이다. 하지만 전기차 충전요금을 다소 올리더라도 전기차의 구매 경쟁력이 확보될 수 있다면 새로운 형태의 전기차 충전서비스의 등장이 빨라질 것이며, 이는 전기차를 이용하는 소비자의 편익을 증대시키는 효과를 가져와 전기차가 내연기관차보다 더 매력적인 대안으로 부각될 것이다. 참고로 전기차 충전서비스를 제공하는 기업들은 충전소 개수나 충전 속도 면에서 기존보다 훨씬 더 크고 빠른 급속충전 네트워크를 구성하려 한다. 예를 들면, 2018년에 포드포인트(Pod Point)는 최초의 150kW급 충전소를 설립했으며²⁶⁾ 현재는 350kW급 이상의 충전소도 시범적으로 선보이고 있다. 현대의 e-pit이나 테슬라의 수퍼차저는 최대 250kW급 충전 서비스를 제공한다.²⁷⁾ 사업 초기 단계에는 다소 손해를 보더라도 저렴한 수준으로 충전요금을 책정해 고객에게 서비스를 제공하고 있으나,²⁸⁾ 사업의 수익성이 확보되지 않는다면 관련 산업이 계속 성장하기는 어려울 것이다. 만약 우리의 분석과 같이 향후 전기차 충전요금을 더 올릴 수 있는 여지가 생긴다면, 장기적으로는 다양한 형태의 초급속 충전 서비스 및 충전 네트워크가 구축될 수 있을 것으로 기대된

25) 비용일치선 그래프가 우상향한다는 사실로부터 쉽게 확인할 수 있는 내용이다.

26) 딜로이트 안전회계법인(2021), pp. 29 참조.

27) 수퍼차저 V3 이용시 최대 250kW이며, V2 이용시에는 120kW이다. Tesla, “Supercharger”(검색일: 2021. 10. 15).

28) 참고로 2021년 10월 기준 테슬라의 V3 수퍼차저 이용요금은 분당 327원, V2 수퍼차저는 kWh당 280원이다.

다. 낮은 수준의 요금은 결코 지속가능하지 않다. 추후 초고속 충전 서비스가 더 다양해지거나 충전 네트워크가 완성되어 적정 충전요금을 결정해야 할 때 위의 상한선을 활용할 수 있을 것이다.

5. 시사점

수송부문의 탄소중립 달성을 위해서는 수송수단의 전기화가 선행되고 추후 청정전기 보급을 해야 할 것이다. 그러나 현재 전기차 보급실적은 목표치에 한참 못 미치는 실정이다. 전기차 보급 활성화 방안을 모색하기 위해서는 자동차의 어떤 특성이 전기차 구매를 유도할 수 있는지 정책입안자가 제대로 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 차량 구매 의사결정 과정을 간단히 표현하기 위해 전기차와 내연기관차의 총소유비용을 비교하여 최소비용 차량이 경쟁 우위를 가진다고 가정하였다. 이때 국내 전기차 보급의 큰 걸림돌인 전기차 충전 인프라와 관련한 문제를 다루기 위해서 우리는 충전소의 가용성 및 전기차 충전 시간에 따른 페널티를 총소유비용의 구성요소로 포함하였다.

분석결과 2021년 기준 내연기관차의 총소유비용이 전기차의 총소유비용보다 더 비싸다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 전기차 구매 과정에 제공되는 세금 특례와 구매보조금 그리고 충전요금 특례 등의 지원 정책은 지속 가능하지 않다. 전기차에 제공되는 이러한 지원 혜택을 모두 제외하고 연도별 두 차량의 일회성 비용(구매비용)을 비교해 보면 2025년경에야 전기차와 내연기관 차량의 일회성 비용이 같아질 것으로 전망되었다. 그러나 연간 운영비용과 가용성 및 충전시간 페널티를 고려하면 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 같아지는 시점은 더 늦어져 2033년이 되어서야 두 차량 간의 비용동등성이 달성되는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 전기차가 내연기관차보다 경쟁력을 확보하기 위해서는 전기차 충전 인프라가 빠른 시일 내에 구축되어야 한다는 것을 시사한다. 즉, 금융지원을 통해 일회성 비용을 보전해주는 것보다는, 충전기 보급 정책을 통한 가용성 부족 및 충전과정에 소요되는 비용을 낮추는 것이 더 시급하다는 것을 의미한다.

아울러 본 고에서는 전기차와 내연기관차의 총소유비용이 일치하는 연료비의 범위를 구했다. 이러한 분석은 내연기관차보다 전기차가 경쟁력을 가지기 위해서는 전기차 충전요금이 어느 정도 수준에서 설정되어야 할지에 대한 가이드라인을 제공해 준다. 더 나아가 향후 초고속 충전 서비스나 슈퍼스테이션과 같은 새로운 충전 서비스의 이용 요금을 결정하는 과정에도 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

전기차 구매 유도를 위한 정책 수단으로는 다음의 몇 가지를 생각해볼 수 있다. 우선 내연기관 차량의 총소유비용을 높이는 방법이다. 구체적으로는 취득세나 개별소비세 등을 인상하거나 환경세 명목의 세금을 부과하여 일회성 비용을 높이는 방안과 유류세 인상을 통해 연간 운영비용을 높이는 방안이 있을 것이다. 그러나 이러한 과세 강화 방식은 조세저항을 피하기 어려울 것이며 내연기관차의 전략적 보완재인 전기차의 가격까지 오르는 상황을 초래하여 시장 전체가 축소될 수도 있으므로 신중히 접근해야 한다. 두 번째로는 전기차 구매보조금의 확대나 관련 세금 감면 폭을 확대하는 방법이 있다. 그러나 이러한 정책 수단은 전기차 구매보조금으로 지원할 수 있는 보조금의 재원이 한정적이며, 관련 세수 규모가 줄어드는 문제가 있으므로 지속가능한 정책으로 보기는 어렵다.

앞으로 배터리 가격의 급격한 하락으로 인해 전기차 구매비용은 시장 경쟁과 그에 따른 기술의 발전으로 자연스레 하락할 것으로 보인다. 따라서 일회성 비용을 보전하는 정책보다는 전기차의 가용성과 충전시간 문제를 해소하는 것이 더욱 시급하다. 충전 인프라에 대한 투자를 확대하여 다수의 잠재적 전기차 구매자에게 편의를 제공하는 것이 바람직한 정책 수단일 것이다. 특히, 우리나라의 주거 특성상 개인용 고정형 충전기를 단기간 내에 보급하기는 어려울 것으로 보이므로, 단기적으로는 초고속 공용 충전 네트워크 구성에 중점을 두는 것이 필요하다. 예를 들어, 전국 주요 지역에 현대차의 e-pit이나 테슬라의 수퍼차저와 같은 120kW 또는 250kW급 충전기를 보급한다면 가용성 및 충전시간으로 인한 소비자 불편은 획기적으로 낮아질 것이다. 이후 중장기에는 개인용 충전기가 많이 확산되도록 노력해야 한다. 이동형 고속 충전기의 개발과 보급을 비롯하여 공동주택 주차장에 고압 콘센트의 설치를 지원하는 방안을 정책 수단으로 검토해볼 수 있을 것이다.

참고문헌

국내 문헌

- 금융감독원 보도자료, 2021.11.14일부터 본인의 자동차 보험료 할인할증 원인을 손쉽게 확인할 수 있게 됩니다, 2021.11.13.
- 김도원·정연제, E-mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(전력) (3/4), 기본연구보고서 2021-25-2, 2021
- 김재경, 자동차의 전력화 확산에 대비한 수송용 에너지 가격 및 세제 개편 방향 연구, 기본연구보고서 2017-2019, 에너지경제연구원, 2017
- 딜로이트 안진회계법인, Deloitte Insights(2021 No.18), 2021
- 박지영 외, 2019 미래차 기반 교통체제 지원사업, 일반 AR-19-06, 한국교통연구원, 2019
- 박태준, 내집에 전기차 충전기 설치하면 돈 얼마나 들까?, 전자신문, 2019.3.17.
- 산업통상자원부 보도자료, 2019년 일몰예정 전기요금 할인제도에 대한 합리적 개선안 발표, 2019.12.30
- 전력연구원, 스마트 충전 서비스 실증을 위한 전기차 이용자 온라인 설문조사 결과 (요약), 2021
- 최동훈, [기자수첩] 집밥 대신 '눈치밥' 먹는 전기차, 이코노미리뷰, 2021.4.18
- 통계청 보도자료, 2020년 인구주택총조사 결과, 2021.7.29
- 한국교통안전공단, 2019년 자동차주행거리통계, 2020
- 한국자동차산업협회, 2021년 달라지는 자동차관련 제도, 2020.12.30
- 행정안전부, 2021년도 기타물건 시가표준액 조정기준(I-1)[차량], 2020

외국 문헌

- Barter, G.E., M.A., Tamor, D.K., Manley, and T.H., West, "Implications of Modeling Range and Infrastructure Barriers to Adoption of Battery Electric Vehicles," Transportation Research Record, 2502(1), 2015, 80-88
- BNEF, Electric vehicle outlook 2021, 2021
- Ellram, L.M., "A framework for total cost of ownership," The International Journal of Logistic Management, 4(2), 1993, 49-60
- Delucchi, M.A., and T.E., Lipman, "An analysis of the retail and lifecycle cost of battery-powered electric vehicles," Transportation Research Part D: Transport and Environment, 6(6), 2001, 371-404

외국 문헌

- Roosen, J., W., Marneffe, and L., Vereeck, "A review of comparative vehicle cost analysis," Transport Reviews, 35(6), 2015, 720-748
- Greene, D.L. "TAFV Alternative Fuels and Vehicles Choice Model Documentation," 2001, <https://doi.org/10.2172/814556>
- Levinson, R.S., and T.H., West, "Impact of Public Electric Vehicle Charging Infrastructure," Transportation Research Part D: Transport and Environment, 64(October), 2018, 158-177
- UBS, "UBS evidence lab electric car teardown - Disruption ahead?" Global Research, 2017
- IEA, Energy Prices and Taxes for OECD Countries, 2020
- Tirole, J., "The Theory of Industrial Organization," MIT Press, 1988

법령

- 「조세특례제한법」(시행 2021. 10. 21. 법률 제18075호, 2021. 4. 20, 타법개정), 제109조, <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A1%B0%EC%84%B8%ED%8A%B9%EB%A1%80%EC%A0%9C%ED%95%9C%EB%B2%95/%EC%A0%9C109%EC%A1%B0> (검색일: 2021. 10. 15)
- 「도시철도법」(시행 2021. 7. 13. 법률 제17899호, 2021. 1. 12, 일부개정), 제21조, <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EB%8F%84%EC%8B%9C%EC%B2%A0%EB%8F%84%EB%B2%95> (검색일: 2021. 10. 15)
- 「자동차관리법 시행규칙」(시행 2021. 10. 14. 국토교통부령 제900호, 2021. 10. 14, 일부개정). [별표 1] 자동차의 종류(제2조관련). <https://www.law.go.kr/법령/자동차관리법시행규칙> (검색일: 2021. 10. 15).
- 「지방공기업법」(시행 2021. 10. 19. 법률 제18496호, 2021. 10. 19, 일부개정), 제19조, <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A7%80%EB%B0%A9%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%97%85%EB%B2%95> (검색일: 2021. 10. 15)
- 「지방세법」(시행 2021. 7. 8. 법률 제18294호, 2021. 7. 8, 일부개정), 제10장-제12장, <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A7%80%EB%B0%A9%EC%84%B8%EB%B2%95> (검색일: 2021. 10. 15)

자치법규

- 「광주광역시 도시철도공채 조례」(시행 2020. 8. 3. 광주광역시조례 제5514호, 2020. 8. 3, 일부개정), [https://www.law.go.kr/자치법규/광주광역시도시철도공채조례/\(5514,20200803\)](https://www.law.go.kr/자치법규/광주광역시도시철도공채조례/(5514,20200803)) (검색일: 2021. 10. 15)
- 「대구광역시 도시철도채권 조례」(시행 2021. 2. 22. 대구광역시조례 제5550호, 2021. 2. 22, 일부개정), [https://www.law.go.kr/자치법규/대구광역시도시철도채권조례/\(5550,20210222\)](https://www.law.go.kr/자치법규/대구광역시도시철도채권조례/(5550,20210222)) (검색일: 2021. 10. 15)
- 「대전광역시 도시철도채권 조례」(시행 2020. 2. 7. 대전광역시조례 제5413호, 2020. 2. 7, 일부개정), [https://www.law.go.kr/자치법규/대전광역시도시철도채권조례/\(5413,20200207\)](https://www.law.go.kr/자치법규/대전광역시도시철도채권조례/(5413,20200207)) (검색일: 2021. 10. 15)
- 「부산광역시 도시철도채권 조례」(시행 2016. 12. 28. 부산광역시조례 제5488호, 2016. 12. 28, 일부개정), <https://www.law.go.kr/ordinInfoP.do?ordinSeq=1270596> (검색일: 2021. 10. 15)
- 「서울특별시 도시철도공채 조례」(시행 2020. 7. 16. 서울특별시조례 제7608호, 2020. 7. 16, 일부개정), <https://www.law.go.kr/%EC%9E%90%EC%B9%98%EB%B2%95%EA%B7%9C/%EC%84%9C%EC%9A%B8%ED%8A%B9%EB%B3%84%EC%8B%9C%EB%8F%84%EC%8B%9C%EC%B2%A0%EB%8F%84%EA%B3%B5%EC%B1%84%EC%A1%B0%EB%A1%80> (검색일: 2021. 10. 15)
- 「인천광역시 도시철도채권 조례」(시행 2018. 11. 5. 인천광역시조례 제6016호, 2018. 11. 5, 일부개정), [https://www.law.go.kr/자치법규/인천광역시도시철도채권조례/\(6016,20181105\)](https://www.law.go.kr/자치법규/인천광역시도시철도채권조례/(6016,20181105)) (검색일: 2021. 10. 15)

웹사이트

- 한국은행 경제통계시스템, <https://ecos.bok.or.kr/> (검색일: 2021. 10. 15)
- 한국석유공사 Opinet, <https://www.opinet.co.kr/> (검색일: 2021. 6. 22)
- 무공해차 통합누리집, <https://www.ev.or.kr/portal/> (검색일: 2021. 10. 15)
- 국토교통부 국토교통 통계누리, <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do> (검색일: 2021. 10. 15)
- Tesla, "Supercharger," <https://www.tesla.com/supercharger> (검색일: 2021. 10. 15)