

수송부문 전력화의 에너지수입 대체효과 추정*

김재엽** · 김비아*** · 박명덕****

요 약

우리나라는 에너지수입의존도가 매우 높은 에너지빈국이다. 최근 급격히 보급이 확산되고 있는 전기자동차는 대기환경개선효과가 주로 연구되고 있지만 내연기관차에 비해서 에너지수입의존도를 낮추는 정책적 대안이 될 수 있다. 본 연구에서는 그린뉴딜을 통해 2025년까지 보급될 것으로 계획된 전기자동차 113만대의 에너지수입 대체효과를 추정하였다. 전기자동차가 내연기관차를 대체한다고 가정하였을 경우 그린뉴딜 시행기간인 2021년부터 2025년까지 5년간 에너지수입량은 연간 약 34~40% 감소하는 것으로 추정되었으며 동일기간 누적에너지수입 감소액은 연평균 약 4,262억원에 달하는 것으로 계산되었다. 따라서 전기자동차의 보급 확대는 넓은 의미에서 에너지 안보를 개선하는 정책적 대안이 될 수 있음을 확인하였다.

주요 단어 : 전기자동차, 에너지수입 대체효과

경제학문헌목록 주제분류 : D6, Q4, R4

* 본 논문은 에너지경제연구원 2019년도 기본과제 “E-Mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(전력)(1/4)”와 2020년도 기본과제 “E-Mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(전력)(2/4)”의 일부 내용을 기반으로 논문주제를 대폭 변경하여 새롭게 분석한 논문입니다. 아울러 본 논문의 보완을 위해 아낌없는 도움을 주신 익명의 심사위원들께 감사의 말씀을 드립니다.

** 에너지경제연구원 부연구위원 (주저자) (e-mail: iamchamp@keei.re.kr)

*** 에너지경제연구원 부연구위원 (공동저자) (e-mail: bia@keei.re.kr)

**** 에너지경제연구원 선임연구위원 (교신저자) (e-mail: mdpark@keei.re.kr)

I. 서 론

과거 오랫동안 수송부문에서 사용되는 에너지는 석유를 포함한 화석에너지였다. 현재에도 해상 및 항공운송에서는 여전히 거의 모든 연료를 화석에너지로 사용하고 있으나 육상수송 부문에서는 전기자동차의 보급이 급격히 증가하면서 휘발유, 경유 등 기존에 사용되던 석유제품이 전기로 빠르게 대체되고 있다.

수송부문에서 사용되는 에너지원이 급격히 변화하면서 그로 인해 유발될 사회적, 경제적 영향에 대한 논의도 활발히 이루어지고 있다. 에너지원 소비 전환의 효과로 가장 먼저 논의되는 것이 대기환경 개선 효과다. 전기의 경우 최종에너지로 사용되는 소비지역에서는 대기환경오염을 발생시키지 않는데, 전기자동차 보급이 확대된다면 인구집중도가 높은 대도시에서 내연기관 자동차가 배출하는 대기오염물질을 감소시켜 사회적 편익의 증대를 기대할 수 있을 것이다. 다만 발전소 인근 지역에서는 석탄, LNG, 중유 등을 활용해 전력을 생산하므로 일정 수준의 환경오염이 발생할 수밖에 없으며, 이러한 측면에서 전기자동차 보급 확대가 완전히 친환경적이라 평가할 수는 없다. 이와 같은 전기의 양면성에 초점을 맞추어 에너지원별 소비에 따라 발생하는 대기오염물질에 대해 외부비용을 추정하는 한편(이동규 외, 2017, 2018; European Commission, 2005; Parry et al., 2014), 그 비용의 크기를 비교하여 전기자동차 사용이 유발하는 대기환경개선효과를 추정하는 연구가 활발히 진행되고 있다(김비아 외, 2020; 김재엽 외, 2020; 전호철, 2019; Holland et al., 2016).

전기자동차 보급 확대에 의한 파생효과와 관련된 여러 논의들 중 에너지소비 측면에서 자주 언급되는 주제는 에너지원별 사용량 변화에 따라 부과되는 제세부담금의 크기 변화다. 자동차는 구입과 보유, 운행의 3단계로 세금이 부과되는데, 특히 논의가 많이 되는 부문은 운행, 즉 사용에너지의 변화에 따라 변화하는 세수 부문이다. 석유 제품에는 교통에너지환경세(개별소비세), 교육세, 주행세, 수입부과금 등 다양한 제

세부담금이 부과되는 반면 전기는 생산원료인 석탄에 개별소비세가, LNG에는 개별 소비세와 수입부담금이 부과된다.¹⁾ 에너지별로 부과되는 제세부담금 항목과 부과율이 상이하고 연간 에너지 사용량도 연료별로 차이를 보이기 때문에 선행연구의 대부분은 석유제품 소비 감소로 세수가 급격하게 감소할 것이라 예측하고 있으며, 수송부문 에너지원 변화에 따른 조세제도 개편방향에 대해서도 논의하고 있다(김주영, 2018; 김재경, 2017; 이재현, 2019; 조임곤, 2014; 최재성, 2019; 최준욱·이동규, 2017, 2018).

본 연구에서는 전기자동차 보급에 따라 발생하는 효과 중 과거 선행연구들에서는 거의 다루어지지 않은 ‘에너지 수입 대체효과’를 살펴보고자 한다. 우리나라는 소비 에너지의 대부분을 수입에 의존하여 에너지수입의존도가 매우 높은 국가다. 전기자동차의 내연기관 자동차 대체를 에너지 수입 측면에서 최대한 단순화해보면 휘발유와 경유 수입을 우라늄, 유연탄, 그리고 천연가스의 수입으로 대체한 것으로 간주할 수 있을 것이다. 따라서 전기자동차 보급이 확대될 경우 에너지 수입량의 변화가 발생할 것이며 지불하게 되는 수입액(구입비용)도 변화하게 된다. 결국 에너지 사용연료의 전환으로 수입의존도에 변화(특히 감소)가 발생하는 것은 넓은 의미에서 볼 때 에너지 안보 개선에도 기여하는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 이어지는 제II장에서는 에너지 안보의 선행 연구를 살펴보고 에너지 안보의 구체적 정의에 따라 개선효과의 개념을 구체화한다. 제III장에서는 전기자동차 운영을 위한 충전전력 및 대체 연료량 추정하고, 제IV장에서는 전력시장 모의를 통해 충전전력 생산을 위한 발전원별 비중을 추정한다. 제V장에서는 전기자동차 보급에 따른 에너지 개선효과를 추정한 후, 마지막 제VI장에서 논의의 전체 내용을 요약하고 결론을 내린다.

1) 전기에는 최종소비자요금의 3.7%를 전력기반기금 항목으로 부과하고 있다.

II. 선행연구 분석

‘에너지 안보’는 여러 선행연구에서 개념을 도출 또는 정의하고 있는데, 대체적으로 ‘합리적인 가격으로 소비수요에 맞게 공급할 수 있는 에너지공급 안정성의 확보’로 정리된다(김남일, 2008; 김태현, 2012; 도현재, 2003, 2014; IEA, 2019²⁾). 연료의 채취 및 확보, 연료의 가공, 수송 및 운반 등 자연 상태의 에너지를 채취하는 단계에서부터 최종소비자까지 이르는 전 과정에서 확보되는 안정성을 ‘에너지공급 안전성’이라 가정하면 에너지 안보는 상당히 넓은 범위의 개념으로 정의되어야만 할 것이다.

부존자원의 부족으로 소비되는 에너지의 대부분을 수입하는 우리나라의 상황을 고려할 때 국내 에너지수급 균형의 달성 차원에서 안정적인 에너지 수입 방안을 마련하는 것은 협의(狹義)의 에너지 안보 달성에 있어 상당히 중요할 것이다. 안정적 에너지 수입 방안을 확보함에 있어 가장 먼저 고려해야 할 요소는 ‘에너지 수입량’이다. 자국에서 생산되는 에너지로 자국에서 소비되는 에너지를 모두 충당할 수 있을 경우 상대적으로 적은 양의 에너지를 수입하게 될 것이다. 그러나 사용하는 에너지를 대부분 해외 수입에 의존해야 한다면 에너지를 수출하는 국가들의 상황과 전 세계 에너지 수급, 그리고 국가 간 외교관계 등 다양한 외부적 요인들로 인해 국가 에너지 소비에 상응하는 공급량 확보가 어려워질 수도 있다. 다시 말해 에너지 수입의존도가 높을수록 외부적 요소의 영향으로 에너지 수입의 안정성이 크게 변동될 수 있는 것이다. 이러한 경우 수입선 다변화와 장기 계약 등을 통해 물량 미확보의 위험을 낮춤으로써 에너지 수입의 안정성을 제고할 수 있을 것이다.³⁾ 또한 기존에 중점적으로 사용하던 에너지

2) IEA에서는 합리적인 가격에서 중단 없는 에너지원의 가용성(The uninterrupted availability of energy sources at an affordable price)로 에너지 안보를 정의하였다(<https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security>).

3) 유재국(2018)은 허핀달 허쉬만 지수(Herfindahl – Hirschman Index, HHI)를 활용하여 연료 수입선 다변화 정도를 평가하였다.

원을 타(他)에너지원으로 전환할 경우 에너지 수입의존도가 낮아지게 된다면 간접적으로나마 에너지 안보가 개선되었다고 해석할 수 있을 것이다.

에너지수입 의존도(또는 자급률)는 에너지 안보 수준을 측정할 때 자주 등장하는 평가척도로 많은 선행연구에서 활용되어 왔으며, 연료 수입선 다변화 또한 에너지 안보 측정에 종종 사용되기도 하였다(민윤지, 2014; 유재국, 2018). 매년 에너지경제연구원에서 발간되는 에너지통계연보에는 1차에너지 공급 중 수입에너지가 차지하는 비중으로 수입의존도를 계산, 발표하고 있다. 수입의존도는 원자력을 수입으로 보는 경우와 국내 생산으로 보는 두 가지 관점에서 도출하고 있는데, 원자력을 국내생산으로 간주하더라도 우리나라의 에너지 수입의존도는 약 83~84%로 계산된다(<표 1> 참조).

〈표 1〉 연도별 에너지 수입의존도

(단위: %)

연도	원자력 수입	원자력 국내생산
2009	96.5	83.4
2010	96.5	84.4
2011	96.5	84.5
2012	96.0	84.6
2013	95.7	85.2
2014	95.2	83.5
2015	94.8	82.7
2016	94.6	83.0
2017	94.0	83.5
2018	93.7	84.4
2019	93.5	83.2

자료: 에너지경제연구원(2020), “2020 에너지통계연보” DB

안정적 에너지 수입 방안 확보를 위해 고려되어야 할 또다른 요소는 ‘합리적 가격’ 관점의 경제적 측면이다. 즉 에너지 사용에 있어 에너지 공급 가격에 대한 합리성을 평가하는 것이다. 그러나 합리적 가격이라는 개념은 상대적인 개념일 수 있어 명확한

평가가 쉽지는 않다. 다만 동일한 편익이 발생한다는 것을 전제로 에너지를 타(他) 에너지원으로 전환하였을 경우 에너지 수입금액이 감소한다면 간접적으로나마 에너지 가격의 합리성을 확보했다고 간주할 수 있을 것이다.

이상의 논의를 종합하여 본 연구에서는 전기자동차 보급으로 인한 에너지수입 대체효과 분석을 다음과 같은 구조로 진행하려 한다. 첫째, 본 연구는 전기자동차 보급이 발생시키는 수입의존도 감소 효과를 추정해본다. 국내에서 사용되는 석유, 석탄 및 LNG가 전량 수입되는 것으로 가정하고 전기자동차 운행 시 내연기관차 운행 대비 에너지 사용량이 적다면, 전기자동차 보급은 에너지 수입의존도를 낮추는 것으로 해석할 수 있을 것이다. 즉 휘발유 및 경유를 사용하는 내연기관 자동차의 운행거리를 전력으로 연료 대체하여 운행했을 때 에너지 사용량 절감이 발생한다면 전기자동차 보급이 에너지 수입의존도를 낮추는 것으로 이해할 수 있겠다.

둘째, 석유제품과 전력사용 시 합리적인 가격으로 에너지를 소비하는지 여부를 판단하기 위해 에너지수입가격을 비교해보았다. 동일한 거리를 운행함에 있어 사용되는 에너지의 수입가격을 비교하여 상대적으로 가격이 낮은 에너지를 소비하는 것은 상품 소비 관점에서 보다 합리적인 선택으로 볼 수 있다.⁴⁾⁵⁾ 다만 에너지가격은 변동성이 크고 예측이 매우 어렵기 때문에 에너지 전망 가격을 적용하는 것은 연구결과 해석에 있어 의도치 않은 왜곡을 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 과거 실적을 바탕으로 가격변동 시나리오를 구성하여 전기자동차 사용이 합리적인 에너지소비에 해당하는지를 평가해 보았다.

4) 최종 소비자가격 관점에서의 합리적 선택은 에너지수입 대체효과와는 다소 차이가 발생할 수 있다. 일례로 전기자동차의 사용전력을 모두 태양광 발전의 전력으로 가정할 경우, 최종소비자 가격과 관계없이 에너지 수입의존도를 낮출 수 있다.

5) 에너지가공(예: 정제, 발전) 및 운송(예: 송·배전, 연료수송선, 가스 및 송유관 등) 등 공급설비 전반에 걸쳐서 국내생산과 해외수입이 존재하며 이를 통합하여 에너지 수입가격을 비교하는 것이 보다 정확한 분석일 것이다. 본 연구에서 단순하게 연료수입으로 범위를 한정한 것은 본 연구의 한계점이다.

Ⅲ. 전기자동차 운행을 위한 충전전력 및 대체 연료량 추정

1. 전기자동차 보급대수 추정

국내 전기자동차 보급 대수는 2020년 12월 기준으로 134,962대를 기록하였다. 보급된 전기자동차 중 약 87%가 승용차에 해당하며 화물차와 승합차는 각각 약 11.4%, 1.4%의 비중을 기록하고 있다. 전기자동차의 보급이 집중되어 있는 승용부문은 비사업용 승용차가 전체 승용부문 보급량의 약 84.4%를 차지하고 있으며, 사업용 승용차는 약 15.6%의 비중을 기록하였다. 승합부문은 보급된 전기자동차의 대부분이 사업용이며 화물부문은 비사업용이 약 83.4%를 차지한다(<표 2> 참조).

〈표 2〉 전기자동차 등록 현황(2020년 12월)

차종	구분	대수	비중
승용	비사업용	99,305	(84.4%)
	사업용	18,311	(15.6%)
	소계	117,616	87.1%
승합	비사업용	128	(7.0%)
	사업용	1,709	(93.0%)
	소계	1,837	1.4%
화물	비사업용	12,875	(83.4%)
	사업용	2,561	(16.6%)
	소계	15,436	11.4%
특수	비사업용	73	(100.0%)
	사업용	0	(0.0%)
	소계	73	0.1%
합계		134,962	

자료: 국토교통부 통계누리, 2020년 12월 자동차 등록자료

주: ()안의 비중은 해당 차종별 비사업용과 사업용의 비중을 의미

전기자동차 보급대수(목표)는 정부의 여러 정책을 통해 주요 연도별 보급 목표 대수가 발표되었는데 제3차 에너지기본계획(산업통상자원부, 2019)에서 제시한 2040년까지 누적기준으로 전기차(PHEV 포함) 830만대, 수소차 290만대 보급 확대가 대표적이며 제9차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2020)에서는 이를 반영하여 미래 전기자동차 보급 대수를 전망하고 전력수요에 미치는 영향을 분석하기도 하였다. 2018년 산업통상자원부(산업통상자원부, 2018)에서는 2030년 전기차 보급대수(목표)를 300만대로 발표하였으며 가장 최근에 발표된 구체적인 전기자동차 보급 대수(목표)는 ‘한국판 뉴딜 종합계획(관계부처 합동, 2020)’에서 제시한 ‘2025년까지 승용, 버스, 화물차 등의 차종을 합산하여 전기차 113만대 보급’이다.

본 연구에서는 2018년 발표된 ‘2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2018~2020년 배출권 할당 계획 확정(환경부, 2018)’에서 제시된 2022년 보급목표 43만대와 2020년 12월 기준 보급실적, 그리고 가장 최근에 발표된 그린뉴딜의 보급목표를 기준으로 2025년까지의 전기자동차 보급대수가 단순 선형으로 증가한다는 가정을 적용하였다. 또한 그린뉴딜에서는 과거 정책과 달리 구체적인 전기자동차 보급 차종에 대해서도 언급한 만큼, 전기자동차 보급목표대수를 차종별로 분할하고 보급된 전기자동차가 대체하는 내연기관 자동차의 연료도 세분화하여 연구결과의 정확성과 구체성을 제고하였다. 차종별 전기자동차 보급 대수는 2021년 환경부 예산안에⁶⁾ 반영된 전기차 보급계획을 기초로 2025년까지 매년 화물차 2.5만대, 버스 0.1만대가 신규 보급 되는 것으로 가정하였으며, 승용차는 전체 보급목표대수에서 화물차와 버스(승합차)가 제외하고 남은 대수가 승용차로 보급된다고 가정하였다(<표 3> 참조). 따라서 본 연구의 연구결과는 그린뉴딜의 전기자동차 보급목표 달성 시 획득하게 되는 에너지수입 대체효과를 추정하는 것으로 구체화 된다.

6) “2021년 환경부 예산 그린뉴딜 선도하며 환경안정망 강화” (환경부 보도자료, 2020.09)

〈표 3〉 차종별 전기자동차 보급 대수 추정

구분	2021	2022	2023	2024	2025
승용	192,616	360,727	568,060	775,394	982,727
승합	2,837	3,837	4,837	5,837	6,837
화물	40,436	65,436	90,436	115,436	140,436
합계	235,889	430,000	663,333	896,667	1,130,000

주: 특수용 전기자동차 보급량 및 비중은 매우 낮은 관계로 고려하지 않음

자료: 환경부(2018, 2020); 관계부처합동(2020)의 내용을 바탕으로 저자가 재구성

2. 전기자동차 보급으로 대체되는 내연기관차의 구분

본 연구는 정부의 전기자동차 보급 정책으로 내연기관차와 전기차 중 구매선택을 고민하고 있던 소비자가 전기차를 최종 선택하는 경우를 가정하였다. 달리 표현하면 2025년까지 누적으로 보급되는 전기자동차 113만대는 정부의 보급정책(그린뉴딜)이 없었다면 내연기관차로 판매되었을 것이라 가정하는 셈이다. 따라서 그린뉴딜로 인한 전기자동차 보급의 에너지수입 대체효과 추정을 위해서는 그린뉴딜로 대체되는 내연기관차의 특성을 분석하고 이를 기반으로 석유제품 사용량을 추정해야 한다. 먼저 2025년까지 보급된 전기자동차(누적)로 인해 대체되는 내연기관차의 석유제품 사용량을 추정하기 위해 내연기관차를 용도별 연료별로 구분해보았다. 내연기관차는 비사업용과 사업용의 연간 운행거리가 차이를 보이고 있고 유종별로도 운행거리의 차이가 발생하기 때문이다.

<표 2>를 기준으로 보면 2025년까지 전기자동차는 승용, 승합, 그리고 화물부문에서 내연기관차를 대체한다고 보는 것이 타당할 것이다. 본 연구의 분석에서는 향후 보급되는 전기자동차의 각 차종별 용도별 비중도 2020년 실적이 2025년까지 그대로 유지된다고 가정하였다. 다만 승합차는 대부분 사업용으로 보급되기 때문에 본 연구에서 보급되는 전기승합차는 모두 사업용 내연기관차를 대체하는 것으로 가정하였다. 차종별 용도별로 구분된 내연기관차가 사용하는 석유제품의 유종은 2020년 12월 기준 실적이 2025년까지 유지되는 것으로 가정하였다(<표 4> 참조)⁷).

〈표 4〉 내연기관차 차종별 용도별 연료별 등록 현황(2020년 12월)

차종(용도)		유종	대수	비중
승용	비 사업용	휘발유	10,982,274	66.3%
		경유	5,594,558	33.7%
		합계	16,576,832	-
	사업용	휘발유	404,842	59.0%
		경유	281,363	41.0%
		합계	686,205	-
승합	사업용	휘발유	88	0.1%
		경유	87,210	99.9%
		합계	87,298	-
화물	비 사업용	휘발유	18,380	0.6%
		경유	2,999,129	99.4%
		합계	3,017,509	-
	사업용	휘발유	19	0.0%
		경유	352,501	100.0%
		합계	352,520	-

자료: 국토교통부 통계누리, 2020년 12월 자동차 등록자료

<표 3>의 전기자동차 보급전망 대수에 <표 2>의 용도별 비중과 <표 4>의 유종별 비중을 적용하면 2025년까지 전기자동차 보급으로 대체되는 내연기관 자동차의 차종별, 용도별, 유종별 구분은 <표 5>와 같이 정리된다.

- 7) 내연기관차 중 LPG를 연료로 사용하는 차량도 일부 있으나 그 비중이 낮아 본 연구는 분석의 단순화를 위해 휘발유와 경유차량만 고려하였다. 따라서 <표 4>의 연료별 비중은 휘발유와 경유차량의 상대비중을 의미한다.

〈표 5〉 전기자동차 대체 내연기관차의 구분

(단위: 대)

구분			2021	2022	2023	2024	2025
승용	비사업용	휘발유	107,743	201,778	317,753	433,728	549,703
		경유	54,886	102,789	161,869	220,949	280,028
	사업용	휘발유	17,692	33,133	52,176	71,220	90,263
		경유	12,296	23,027	36,262	49,497	62,732
승합	사업용	경유	2,837	3,837	4,837	5,837	6,837
화물	비사업용	경유	33,727	54,579	75,432	96,284	117,136
	사업용	경유	6,709	10,857	15,004	19,152	23,300
합계			235,889	430,000	663,333	896,667	1,130,000

3. 전기자동차 운행을 위한 전력 및 대체 연료 사용량 추정

전기자동차 보급으로 인한 연료 전환량을 추정하기 위해서 본 연구는 다음과 같은 방법으로 분석을 진행하였다. 먼저 내연기관차의 차종별 1일 평균 주행거리를 이용하여 연간 주행거리를 구하고 해당 차종별 연비를 적용하여 연간 연료사용량을 추정하였다. 그 다음 내연기관차가 운행하는 동일거리를 해당 전기자동차의 전비(電費)를 적용하여 전력사용량을 추정하였다.

<표 6>은 한국교통안전공단(2020)에서 발표한 2019년 자동차 주행거리를 차종별, 용도별, 유종별 구분에 맞게 정리한 것이다. 화물과 승합부문의 사업용 승용차가 타 차종에 비해 높은 연간 주행거리를 보이는 것이 특징이다.

<표 7>은 <표 6>과 <표 5>를 기반으로 전기자동차가 대체한 전체 내연기관차가 주행하는 연간 주행거리를 추산한 것이다. 따라서 차종별 연비 및 전비가 주어지면 해당 운행거리를 운행하는데 필요한 연료 및 전력량을 추정할 수 있게 된다.

〈표 6〉 내연기관차 차종별 용도별 연료별 연간주행거리

(단위 : km)

차종	용도	유종	1일 평균주행거리	연간 주행거리
승용	비사업용	휘발유	29.3	10,695
		경유	38.9	14,199
	사업용	휘발유	54.4	19,856
		경유	66.9	24,419
승합	사업용	경유	159.8	58,327
화물	비사업용	경유	39.5	14,418
	사업용	경유	142	51,830

주: 연간주행거리는 1일평균주행거리×365일로 계산

자료: 한국교통안전공단(2020), “2019 자동차 주행거리 통계” 자료 정리

〈표 7〉 전기자동차 대체 내연기관차 연간 주행거리

(단위 : 천km)

차종	용도	유종	2021	2022	2023	2024	2025
승용	비사업용	휘발유	1,152,254	2,157,916	3,398,211	4,638,507	5,878,802
		경유	779,298	1,459,453	2,298,296	3,137,138	3,975,981
	사업용	휘발유	351,287	657,882	1,036,009	1,414,137	1,792,264
		경유	300,241	562,285	885,467	1,208,648	1,531,830
승합	사업용	경유	165,474	223,801	282,128	340,455	398,782
화물	비사업용	경유	486,262	786,899	1,087,536	1,388,173	1,688,810
	사업용	경유	347,716	562,695	777,674	992,653	1,207,632
합계			3,582,532	6,410,930	9,765,320	13,119,711	16,474,101

〈표 8〉은 한국에너지공단(2020)에서 발표한 2019년 기준 차종별 유종별 연비 및 전비를 정리한 것이다. 자동차 주행거리를 차종별, 용도별, 유종별 구분에 맞게 정리해보았다. 다만 승합과 화물차의 전비는 국내 자동차 회사에서 출시하고 있는 전기차(승합 및 화물) 정보를 활용하여 추정하였다.⁸⁾

8) 한국에너지공단(2020)에서는 화물차의 전비가 승용차의 전비보다 높은 것으로 조사되었으나 일반적인 승용차에 비해 화물차의 연비가 낮은 것을 고려하여 본 연구에서는 국내 생산되

〈표 8〉 차종별 연료별 연비(전비)

(단위 : km/ℓ, km/kWh)

차종	유종	연비/전비
승용	휘발유	11.77
	경유	12.64
	전력	5.47
승합	경유	9.83
	전력	1.95
화물	경유	9.26
	전력	3.1

자료: 2020 자동차 에너지소비효율 분석집(한국에너지공단 2020)

주: 전기승합과 전기화물차 연비는 국내상용차 정보를 활용해 저자 추정

<표 9> 및 <표 10>은 <표 7>에서 추정한 운행거리를 <표 8>의 연비 및 전비 기준으로 사용되는 연료 및 전력소비량을 추산한 것이다. 그러나 전력소비량과 석유제품의 고유단위로는 운행에 필요한 에너지수입량을 비교하는 것이 어렵다. 전력은 유연탄, LNG, 석유(일반적으로 중유) 이외에도 원자력과 신재생에너지로도 생산되며 전기자동차를 충전하는 시간대에 따라 전력을 생산하는 발전원별 구성도 상이하기 때문이다. 따라서 전기자동차 운행에 사용되는 충전전력의 발전원별 비중을 추정한 후 수입 연료의 소비량을 추정하는 작업이 필요하다.

는 상용차 중 ‘카운티 일렉트릭’의 1회 충전 시 주행거리와 배터리용량을 기준으로 승합차의 전비를 추산하였으며 화물차는 ‘포터2 EV’의 자료를 사용하였다.

〈표 9〉 충전전력량 추정결과

(단위 : MWh)

차종	용도	유종	2021	2022	2023	2024	2025
승용	비사업용	휘발유	210,650	394,500	621,245	847,990	1,074,735
		경유	142,468	266,810	420,164	573,517	726,870
	사업용	휘발유	64,221	120,271	189,398	258,526	327,653
		경유	54,889	102,794	161,877	220,959	280,042
승합	사업용	경유	84,723	114,586	144,449	174,313	204,176
화물	비사업용	경유	156,859	253,838	350,818	447,798	544,778
	사업용	경유	112,166	181,514	250,862	320,211	389,559
합계			825,974	1,434,315	2,138,814	2,843,314	3,547,813

〈표 10〉 석유제품 사용량 추정결과

(단위 : 천ℓ)

차종	용도	유종	2021	2022	2023	2024	2025
승용	비사업용	휘발유	97,898	183,340	288,718	394,096	499,473
		경유	61,653	115,463	181,827	248,191	314,555
	사업용	휘발유	29,846	55,895	88,021	120,148	152,274
		경유	23,753	44,485	70,053	95,621	121,189
승합	사업용	경유	16,834	22,767	28,701	34,634	40,568
화물	비사업용	경유	52,512	84,978	117,445	149,911	182,377
	사업용	경유	37,550	60,766	83,982	107,198	130,414
합계			320,046	567,694	858,746	1,149,798	1,440,850
- 휘발유			127,743	239,235	376,739	514,243	651,747
- 경유			192,303	328,459	482,007	635,555	789,103

IV. 충전전력의 발전원별 비중 및 연료소비량 추정

1. 연간 발전원별 비중 모의(Simulation) 모형과 결과

전력을 타(他)에너지원과 비교할 때 상이한 특징은 대규모 저장이 불가능하고 실시간으로 수요와 공급이 일치해야 한다는 점이다. 국가적 전력수요는 실시간으로 변화하고 이에 맞게 전력거래소에서 발전기별 급전지시를 통해 공급을 조절한다. 따라서 전력의 발전원별 비중을 미리 예측하는 것은 상당히 어려운 작업이며 정확성을 확보하기도 힘들다. 다만 우리나라는 전력의 수요와 생산에 대해 중장기 계획을 수립하기 때문에 미래 생산전력에 대한 발전원별 비중을 추정하는 작업은 정부의 계획을 기초로 하여 전력시장 모의를 시행하는 것이 가장 적절한 방법일 것이다. 최근에 발표된 제9차 전력수급기본계획(산업통상자원부 2020, 이하 제9차 전기본)에서는 연도별 발전설비의 비중은 공개하고 있으나 구체적으로 발전량 비중에 대해서 발표하고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 제9차 전기본에서 제시한 주요 정보를 바탕으로 생산전력과 발전원별 비중을 추정해보았다.

제9차 전기본에서 제시한 2034년까지의 원별 발전량과 관련된 정책방향 중 기저전원에 대한 정책은 석탄발전의 발전량제약과 원자력발전의 계약체결을 통한 운영이다. 이는 연료비단가를 기준으로 변동비반영시장(Cost Based Pool, CBP)을 운영해오던 기존 급전방식과 다소 차이가 있는 방식이다. 먼저 석탄발전은 온실가스 감축 목표 달성을 위해 발전량제약을 실시할 전망이며 2030년 기준으로 29.9%의 발전비중을 기록할 것으로 전망되었다.⁹⁾ 따라서 매년 석탄발전의 발전비중은 29.9% 수준으로 가정하였다.¹⁰⁾ 원자력발전은 2030년 기준으로 25%의 발전비중을 기록하는 것

9) 제9차 전기본에는 2030년 연도별 발전량 비중만 수록되어 있는데, 석탄발전 상한제약 조건이 없을 경우 석탄화력 발전 비중은 약 34.2%로 추정된다.

10) 전력시장 모의 결과 발전량 상한제약이 없을 경우에는 석탄발전의 발전비중이 매년 30%를

으로 전망되었는데 2030년의 신재생에너지 발전량과 비중(121.7TWh, 20.8%), 원자력 설비용량(20,400MW)를 기초로 추산하면 원자력 발전의 연간 이용률은 81.8%로 추정된다.¹¹⁾ 원자력발전은 계약을 통해 운영하는 만큼 매년 설비용률을 81.8%로 가정하고 발전량을 추정하였다. 신재생에너지 발전량은 제9차 전기본에 연도별로 제시되어 있으며, 태양광과 풍력을 제외한 신재생에너지 발전량은 시간대별로 동일하게 발전된다고 가정하였다.

태양광과 풍력발전은 자연환경에 영향을 받기 때문에 시간대별로 발전량이 상이하다. 특히 태양광은 야간에 발전하지 않는 특성 상 주간시간대에 발전량이 집중된다. 따라서 태양광과 풍력의 발전량은 총량이 정해져 있지만 이를 시간대별로 배분하는 작업이 필요하다. 또한 제9차 전기본에서는 연도별 최대부하와 전력사용량 정보만 제공하고 있으므로 이를 연간 8,760시간으로 분할해야만 한다. 태양광과 풍력의 발전량, 연간전력수요를 시간대별로 분할하는 작업은 2017년의 시간대별 태양광 및 풍력 발전량 실적 및 시간대별 전력거래량 실적을 사용하여 수행하였다.¹²⁾ 마지막으로 원자력 및 석탄과 기타신재생 발전원, 그리고 태양광 및 풍력 발전량을 제외하고 남은 시간대별 전력 소비량은 첨두부하 전원인 LNG로 조달하게 된다.

<표 11>은 앞서 설명한 발전원별 이용률은 간략하게 정리한 것이다. 발전원별 설비와 연간 이용률을 기초로 본 연구에서 시행한 전력시장 모의 방법을 간략하게 표현해보면 아래 수식 (1)로 정리할 수 있다.¹³⁾

초과하는 것으로 나타났다.

11) 동일한 방식으로 양수발전과 기타발전을 추정하면 각각 9.0%, 16.2%의 연간 이용률을 추정할 수 있다.

12) 방법론과 기초자료는 박명덕(2019), 김비아 외(2020), 김재엽 외(2020) 참조

13) 본 연구의 전력시장모의는 송전 및 열계약 실제 운영에서 나타나는 전력시장의 특징 등을 반영하지 않았기 때문에 운영발전계획을 구현한 것은 아니며 가격결정발전계획에 가까운 전력도매시장 모의로 볼 수 있다.

〈표 11〉 연간 시간대별 발전원별 발전량 추정을 위한 가정

발전원	주요 고려 내용	비고
원자력	계약 체결	연간 이용률 81.8% 추정
석탄	발전량 제약	연간 발전량의 29.9%
신재생	태양광, 풍력	시간대별 발전량 차등 적용
	기타 신재생	모든 시간대에 동일하게 발전
LNG	첨두부하 담당	전력수요와 타 발전원 발전량 합의 차이만큼 발전
전력수요	8,760시간으로 분할	연간 최대부하, 전력소비량 활용

자료: 제 9차 전력수급 기본계획, 저자 재정리

$$G_h^t = \sum_{d=1}^{D^t} Q_{dh}^t - \left(D^t \sum_{i=1}^5 X_i^t \gamma_i^t + \sum_{j=1}^2 \sum_{d=1}^{D^t} R_j^t \delta_{jdh}^t \right), \sum_{h=1}^{24} \sum_{d=1}^{D^t} Q_{dh}^t = Q^t$$

(where $2021 \leq t \leq 2025, 1 \leq d \leq D^t, 1 \leq h \leq 24$)

(1)

- G_h^t : t 년도 시간대별 (h) 가스복합 (LNG) 발전 전력량
- Q^t = 9차수급 t 년도 목표수요
- Q_{dh}^t : t 년도 일별 (d) 시간대별 (h) 발전 전력량, D^t = t 년도 총 일수 (365 or 366)
- X_i^t : t 년도 원별 ($i = 1 \sim 5$) 설비용량 (간헐성 자원 제외)
($i = 1 \rightarrow$ 원자력, $i = 2 \rightarrow$ 석탄, $i = 3 \rightarrow$ 석유, $i = 4 \rightarrow$ 양수, $i = 5 \rightarrow$ 비간헐성 신재생)
- γ_i^t : t 년도 원별 (i) 연간 설비이용률
- R_j^t : t 년도 간헐성 자원 ($j = 1, 2$) 설비용량 ($j = 1 \rightarrow$ 태양광, $j = 2 \rightarrow$ 풍력)
- δ_{jdh}^t : t 년도 간헐성 자원 (j) 일별 (d), 시간별 (h) 설비이용률

수식 (1)과 <표 11>의 전력시장 모의 방식을 통해서 분석기간인 2021년부터 2025년까지 추정된 발전원별 비중을 <표 12>에 정리하였다. 석탄과 신재생은 각각 제9차 전기기본에서 제시된 발전량 비중과 동일하며 2030년 원자력발전, 양수 및 기타발전의 발전비중은 2030년 해당 발전원의 이용률을 연도별 설비규모에 적용하여 추정하였다.

〈표 12〉 연도별 발전원별 발전비중 추정

(단위 : %)

발전원	2021	2022	2023	2024	2025
원자력	31.5	33.1	33.7	34.1	31.6
석탄	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9
LNG	28.5	25.8	23.7	21.7	22.2
신재생	8.8	10.2	11.7	13.4	15.3
- 태양광	3.9	4.7	5.5	6.2	7.0
- 풍력	0.8	1.1	1.6	2.4	3.3
- 기타신재생	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1
양수	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
기타	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3
계	100	100	100	100	100

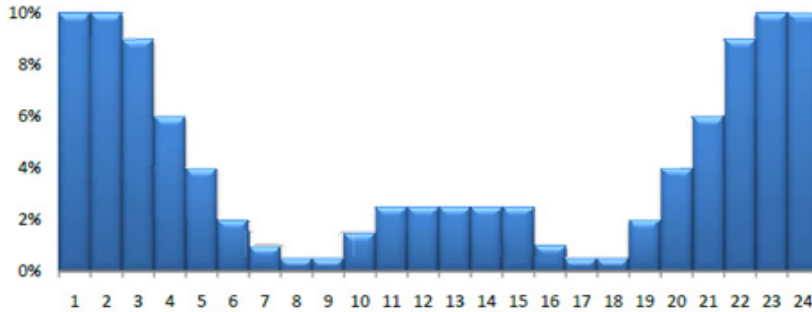
2. 전기자동차 충전전력의 발전원별 비중 추정

전기자동차는 사용자의 편의에 따라 충전하는 시간대가 상이하지만 긴 충전시간과 저렴한 요금 때문에 야간시간대에 충전하여 주간에 운행하는 것이 일반적인 전기자동차의 운행행태로 알려져 있다. 전호철(2019), Holland et al.(2016)은 EPRI(2007)에서 추정한 시간대별 전력충전비중을 사용하였으며 박명덕(2019)와 산업통상자원부(2020)에서는 EPRI(2007)의 시간대별 전력충전비중([그림 1] 참조)을 국내 실정에 맞게 급속 및 완속 충전기의 비중을 반영하여 수정한 시간대별 전력충전비중을 사용하기도 하였다. 본 연구에서는 박명덕(2019)에서 사용한 시간대별 전력충전비중 시나리오 중 2019년 8월 기준 급속과 완속충전기의 보급 비중(3:7)을 반영한 시나리오를 적용하였다.¹⁴⁾¹⁵⁾

14) 박명덕(2019), p.64 <표 4-13>의 시나리오 1 참조.

15) 산업통상자원부(2020)에서는 급속:완속 비중을 1:8로 적용하였다.

[그림 1] EPRI의 24시간 별 충전 비중



자료: EPRI(2007), 박명덕(2019), p54.

<표 3>의 보급 예정인 전기자동차는 차종별(승용, 승합, 화물), 용도별(사업용, 비사업용)로 시간대별 전력충전 비중이 상이할 수 있다. 다만 현재로서는 충전전력비중의 기초자료 부재로 모든 차종에 동일한 시간대별 충전전력 비중을 적용하였다. <표 13>은 연도별 시간대별 발전비중에 시간대별 충전 비중을 적용하여 충전전력의 발전원별 비중을 정리한 것이다.¹⁶⁾

〈표 13〉 연도별 충전전력의 발전원별 발전비중 추정

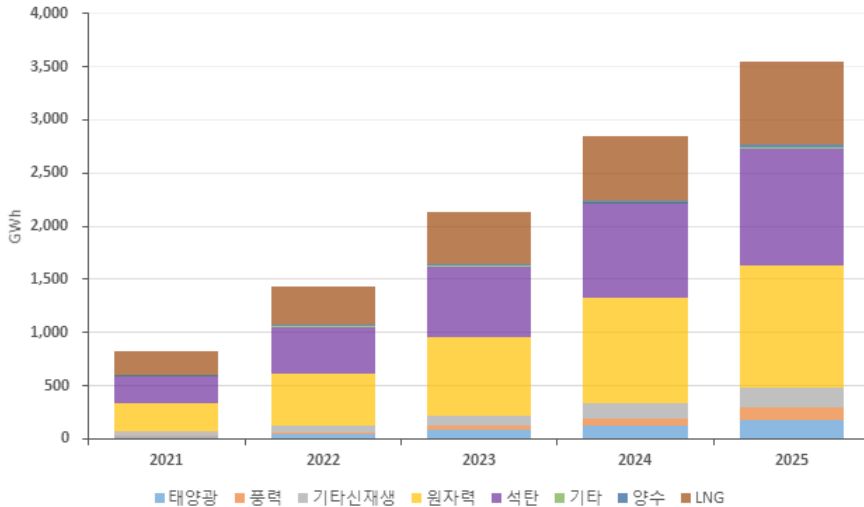
(단위: GWh, %)

발전원	2021	2022	2023	2024	2025
원자력	267 (32.3)	487 (33.9)	741 (34.7)	996 (35.0)	1,156 (32.6)
석탄	253 (30.6)	440 (30.7)	657 (30.7)	874 (30.7)	1,093 (30.8)
LNG	231 (28.0)	364 (25.4)	499 (23.4)	610 (21.4)	786 (22.1)
태양광	23 (2.8)	48 (3.3)	83 (3.9)	125 (4.4)	175 (4.9)
풍력	7 (0.8)	16 (1.1)	35 (1.6)	69 (2.4)	119 (3.4)
기타 신재생	35 (4.3)	65 (4.5)	102 (4.8)	141 (5.0)	185 (5.2)
양수	6 (0.7)	10 (0.7)	14 (0.7)	19 (0.7)	24 (0.7)
기타	5 (0.7)	5 (0.3)	7 (0.3)	9 (0.3)	11 (0.3)

주: ()수치는 발전원별 비중(%)

16) 보다 자세한 방법론 김재엽 외(2020) 참조

[그림 2] 총전전력의 발전원별 발전량



V. 수송부문 전력화의 에너지수입 대체효과 추정

1. 에너지수입 감소량 추정

전기자동차 보급으로 인해 발생하는 에너지수입 대체효과 중 첫 번째로 에너지 수입량의 감소효과를 추정하였다. 내연기관차와 전기자동차가 사용하는 에너지의 단위가 상이한 관계로 운행에 에너지원별 고유단위로는 비교하기가 어려워 각각 사용되는 에너지를 석유환산톤(TOE)으로 변환하여 비교하였다.

<표 14>는 휘발유, 경유 및 전력생산에 사용되는 원자력, 유연탄, 천연가스(LNG)를 석유환산톤으로 변환한 수치를 정리한 것이다. 유연탄과 가스복합 발전은 2019년 실적자료를 기준으로 각각 발전소에서 생산하는 전력을 석유환산톤으로 변환하였으며 원자력과 휘발유, 경유는 ‘에너지법 시행규칙 [별표]’의 순발열량을 기준으로 석유환산톤을 적용하였다.

〈표 14〉 에너지원별 열량 환산

에너지원	발전효율 (%)	발열량 (kcal/kg)	TOE/MWh ·TOE/천ℓ
유연탄	38.84	5,505	0.221
가스복합	46.94	12,967	0.183
원자력	-	-	0.213
휘발유	-	-	0.726
경유	-	-	0.841

자료: 전력통계정보시스템, 에너지법 시행규칙 [별표]

- 주: 1) 유연탄 및 가스복합의 발전효율과 발열량은 2019년 실적을 적용
 2) 원자력, 휘발유, 경유는 에너지법 시행규칙 [별표]의 순발열량 적용
 3) 1TOE = 10⁷kcal 적용

<표 15>는 내연기관차를 전기자동차로 대체하였을 경우 감소하는 에너지사용량을 정리한 것이다. 원자력에 사용되는 우라늄은 수입되는 상품이지만 수입된 상품을 국내에서 가공하여 원자력 연료로 재생산하기 때문에 고유단위로의 수입량을 계산하는 것은 어려운 일이다. 따라서 원자력에 대해서는 생산전력을 석유환산톤으로 변환한 수치를 활용하였다.

석유환산톤으로 변환된 에너지 사용량 감소율을 살펴보면 전기자동차는 내연기관차를 운행할 때 사용하는 석유제품의 약 34~40%가 감소된 에너지를 사용하는 것으로 추산되었다. 에너지사용량의 전부를 수입에 의존한다고 가정하면 전기자동차를 보급하는 것은 에너지 수입량을 높은 수준으로 감소시키며 넓은 의미에서 간접적으로나마 에너지 안보를 개선하는 효과를 발생시킨다. 원자력을 국내생산으로 간주할 경우 전기자동차의 에너지소비량은 내연기관차의 에너지소비량 기준 37~42% 수준인 것으로 계산된다.¹⁷⁾¹⁸⁾

17) 전력생산원 중 연료전지, IGCC, 중유 및 바이오 등은 해외에서 수입하는 에너지를 사용하나 그 비중이 미미하여 본 연구에서는 고려하지 않았다.

18) 원자력을 제외하고 계산한 수치는 본 원고에는 수록하지 않았다.

〈표 15〉 전기자동차 보급에 따른 에너지수입 감소량 추정

구분			2021	2022	2023	2024	2025
전력	원자력	TOE	61,457	103,659	157,867	212,245	246,231
	석탄	TOE	60,638	105,420	157,416	209,423	261,809
		톤	110,153	191,501	285,953	380,427	475,589
	LNG	TOE	45,778	72,247	99,029	120,924	155,778
		톤	35,304	55,717	76,372	93,257	120,137
	소계(A)		167,873	267,805	394,795	517,451	632,039
석유	휘발유	TOE	92,742	173,685	273,513	373,341	473,169
	경유		161,726	276,234	405,368	534,502	663,636
	소계(B)		254,468	449,919	678,881	907,842	1,136,804
감소량	TOE(C, B-A)		86,595	160,055	251,566	347,768	452,703
	비중(C/B)		34%	36%	37%	38%	40%

주: 1) 사용에너지의 전량을 수입으로 가정하고 사용량의 차이를 감소분으로 규정

2) 전력생산량은 2014~2018년 평균 송배전손실을 및 소내전력소비율을 적용하여 추산
(2015~2019년 한국전력통계, 한국전력공사)

2. 에너지수입 감소액 추정

전술하였듯이 에너지 안보의 개념 중 합리적인 가격이라는 부분은 매우 상대적인 개념으로 에너지를 소비하는 소비자마다 합리적인 가격에 대한 생각이 상이할 것이다. 다만 상대적으로 저렴한 가격을 지불하고 동일한 편익을 획득할 수 있다면 저렴한 가격을 지불하는 것은 합리적인 경제적 행동이라고 볼 수 있기에 본 연구에서는 에너지수입 관점에서 충전전력 생산을 위한 수입액과 내연기관차 운영을 위해 사용되는 석유제품의 수입액을 비교하였다. 그러나 연료비의 가격변동 예측은 정확성을 확보하기가 매우 어렵기 때문에 본 연구에서는 전망수치를 통해 에너지수입 감소액을 추정하기보다는 과거 실적에 기반하여 수입 감소액을 추정해 보았다.¹⁹⁾

19) 전기자동차의 내연기관차 대체로 인해 발생하는 수입감소액은 미래의 환경에 따라 얼마든지 변할 수 있다. 또한 과거실적도 적용연도에 따라 연구결과가 상이할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과는 과거 실적을 기반으로 한 사례분석일 뿐 절대적인 결과가 아님을 밝혀둔다.

<표 16>은 2019년 기준으로 국내에서 사용된 화석에너지의 세전가격을 정리한 것이다. 석유제품의 세전가는 정유사의 정제마진을 포함하고 있는 가격이지만 정확한 정제마진을 파악하기 어려운 관계로 오피넷(Opinet)에서²⁰⁾ 제공하는 세전가를 활용하였다.²¹⁾ 전력생산에 사용되는 유연탄과 LNG의 연료단가는 전력거래소의 비용평가위원회에서 심의·의결한 ‘발전비용 평가자료’로²²⁾ 유연탄과 발전용 LNG에 적용되고 있는 제세부담금을²³⁾ 제외하여 세전가를 추산하였다. 우리나라는 정확하게 원자력 발전량으로 환산되지 않기 때문에 정확한 수입가를 알기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 2019년 우리나라 수입액과 발전실적으로 kWh 당 우리나라 가격을 산정하였다.²⁴⁾

〈표 16〉 2019년 연료비 가격

연료명	세후가(석유)/연료단가(전력)	세전가
보통휘발유(리터)	1,391.5	574.6
자동차용 경유(리터)	1,244.8	642.0
유연탄(kg)	142.7	96.7
LNG(kg)	790.4	767.4
우리나라(kWh)	-	5.964

자료: 오피넷, 전력통계정보시스템, 2020에너지통계연보, 우리은행 환율조회, 한수원 홈페이지 연도별 발전량

주: 1) 유연탄, LNG는 각각 제세부담금 46원/kg, 23원/kg 제외

2) 세전가는 정유사 정제마진이 포함된 금액임

3) 2019년 우리나라 수입액 × (2019년 평균환율/2019년 원전발전량)으로 추산

4) 우리나라에는 현재 과세규정이 없음.

20) <https://www.opinet.co.kr>

21) 석유제품은 수입 후 정제된 상품가격을 적용한 반면 전력생산 원료는 수입가격을 사용하였기 때문에 동일조건의 가격이 적용되지 못한 점은 본 연구의 한계점이다.

22) <http://epsis.kpx.or.kr>

23) 유연탄 및 LNG의 제세부담금은 각각 46원/kg, 23원/kg 으로 적용하였다(2018년 세법개정안, 기획재정부).

24) 수입액은 736백만\$, 환율은 2019년 매매기준율(1,166.51 원), 원자력발전량은 143.95GWh를 적용하였다.

<표 17>은 그린뉴딜로 인해 보급되는 전기자동차가 내연기관차를 대체하였을 경우 발생하는 에너지수입액 감소분을 2019년 에너지가격에 기반하여 추정한 것이다. 2021년부터 2025년까지 전기자동차 보급으로 인해 발생할 수 있는 에너지 수입액의 감소분은 총 2조 1,309억원 수준으로 추산되었다.

2021년부터 2025년까지 에너지원별 가격은 지속적으로 변동할 것이다. 그러나 만약 에너지 상대가격이 2019년과 큰 변동 없이 유지될 경우 <표 17>에서 제시한 에너지 수입액 감소분의 절대적 수치에는 다소 변동이 있을 수 있겠으나 큰 틀에서 에너지 수입액을 감소시킨다는 결론은 유지될 것으로 예상된다.

〈표 17〉 전기자동차 보급에 따른 에너지 수입액 감소분 추정

(단위: 억원)

구분		2021	2022	2023	2024	2025
석유	휘발유	714	1,336	2,105	2,873	3,641
	경유	1,204	2,056	3,017	3,978	4,939
	소계(A)	1,917	3,392	5,122	6,851	8,580
전력	유연탄	106	185	276	368	460
	LNG	271	428	586	716	922
	우라늄	17	31	48	64	75
	소계(B)	395	644	910	1,148	1,456
수입 감소액(A-B)		1,523	2,748	4,211	5,703	7,124

Ⅵ. 결론 및 토의

전세계적으로 에너지부문의 탈탄소화가 급격히 진행되고 있다. 해외주요국과 우리나라는 2050년까지 탄소중립을 선언하였고 유럽과 국내에서는 그린뉴딜을 통해 친환경성 확보와 경기회복이라는 두 가지 목표를 동시에 달성하고자 한다. 그 중 최근 들어 가장 급격한 에너지전환이 발생하고 있는 부문은 수송부문이다. 전기자동차의

급격한 보급은 수송부문에서 사용하는 에너지원의 전환 뿐 아니라 제세부담금 수입 변화, 더 크게는 자동차 산업의 근간까지도 변화하게 만들고 있다.

본 연구에서는 전기자동차 보급에 따라 발생하는 다양한 영향 중에서 에너지수입 대체효과를 살펴보았다. 우리나라는 에너지 수입의존도가 약 93%를 상회하는 에너지빈국이다. 따라서 전기자동차 보급정책이 에너지 수입량과 에너지수입액을 감소시킨다면 이는 에너지 안보를 개선하는 정책이라고 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 그린뉴딜로 인해 2021년부터 2025년까지 보급될 것으로 계획되어 있는 113만대의 전기자동차가 내연기관차를 대체할 경우 발생하는 에너지 수입량과 수입액의 변화를 추정하였다. 전기자동차 보급으로 인해 2021년부터 2025년까지 감소되는 에너지수입량은 누적으로 약 1,299천TOE이며, 2019년 에너지 가격 기준으로 볼 때 2조 1,309억원의 수입액이 그린뉴딜이 시행되는 5년 동안 감소할 것으로 추정되었다. 따라서 전기자동차 보급 정책은 일반적으로 언급되는 대기환경개선 효과 뿐 아니라 에너지 사용량의 대부분을 수입하는 우리나라에서 에너지수입 대체효과도 기대할 수 있는 정책임을 확인할 수 있었다.

본 연구는 그린뉴딜, 재생에너지 보급 확대 등 정부의 에너지 관련 정책을 기반으로 다양하게 발생하는 정책의 효과 중 거의 언급되지 않았던 ‘에너지수입 대체 및 개선효과’를 추정했다는 점에서 의의가 있으나, 여전히 연구의 한계를 지니고 있다. 본 연구의 몇 가지 한계점을 정리해보면 첫째, 에너지 수입액 감소 추정에 있어 최근 1개 년도의 실적만을 적용하고 미래 전망수치를 적용하지 않았기 때문에 향후 COVID-19 등으로 대표되는 전 세계적 변수에 따라 에너지원별 가격이 크게 변동할 경우 결과가 다르게 도출될 수 있다. 다만 에너지 가격의 전망 자체가 불확실성이 높은 만큼 에너지 가격 변동에 따라 지속적으로 에너지수입 대체효과를 추정하는 작업이 필요할 것이다. 둘째, 분석을 위해 적용한 여러 가정들이 현실과는 다소 거리가 있다는 점이다. 전기자동차의 향후 보급추세를 단순 선형으로 가정한 부분이나 차종별 시간대별 충전전력 비중을 현실에 맞게 반영하지 못했다는 점 등이 본 연구의 대표적 한계점이다. 승용, 화물, 승합 등 차종별로도 충전시간대가 상이할 것이며 사업용, 비사업용 등 용도에 따라라도 사용자의 편리한 충전시간대에 차이가 발생할 것이기 때문이다.

또한 전기차로 대체되는 내연기관차도 신규자동차보다는 연비가 떨어지는 노후차량이 될 가능성이 높다. 전기자동차의 보급으로 인해 발생하는 에너지수입 대체효과도 단순히 연료의 수입량과 금액으로만 단정짓기는 어렵다. 전력은 수입된 원료를 사용하여 생산하는 2차에너지이며, 생산설비 투자 및 에너지 운송을 위한 송·배전망 설비 투자 등과 관련된 비용이 발생한다. 그러나 전기자동차 보급 때문에 발생하는 전력생산 및 수송설비 투자비용을 따로 추산하는 작업이 본 연구에 포함되지 못한 것은 본 연구의 한계다.

에너지수입에 있어 자원 수출국의 안정성(또는 지정학적 불안정성)은 에너지수입 대체효과를 분석할 때 매우 중요한 요소들 중 하나다. 석유자원과 우라늄, 석탄, LNG 수출국의 지정학적 안정성 등에 차이가 있을 것이기 때문에 공급 불안정성에 노출된 정도는 수입 연료의 종류에 따라 상이할 수밖에 없다. 그러나 이 역시도 본 연구에서는 심도있게 다루지 못하였다. 이와 같이 일부 지나치게 단순화하거나 깊이 있게 반영하지 못한 현실상황에 대해서는 향후 연구의 개선사항이 되어야 할 것이다.

접수일(2021년 2월 1일), 수정일(2021년 9월 23일), 게재확정일(2021년 9월 23일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김남일(2008). 세계 에너지 환경변화와 한국의 에너지안보 전략. 세종 : 지식경제부.
- 김비아·김재엽·박명덕(2020). “수송부문 전력화 현상이 전력산업에 미치는 영향 분석.” 한국자원공학회지 57(4) : 362-371.
- 김주영(2018). 교통부문 세수와 재원의 균형성 확보방안, 세종 : 한국교통연구원.
- 김재경(2017). 자동차의 전력화 확산에 대비한 수송용 에너지가격 및 세제 개편 방향 연구. 울산 : 에너지경제연구원.
- 김재엽·김비아·박명덕(2020). “수송부문 연료전환 효과 분석: 사업용 승용차 부문을 중심으로.” 자원·환경경제연구 29(4) : 443-468.
- 김태현(2012). “에너지안보의 국제정치학.” 국제·지역연구 21(3) : 27-62.
- 관계부처합동(2020). 한국판 뉴딜 종합계획.
- 도현재(2003). 21세기 에너지안보의 재조명 및 강화 방안. 울산 : 에너지경제연구원.
- 도현재(2014). 세계 에너지시장 여건변화에 따른 에너지안보 리스크 평가와 대책. 울산 : 에너지경제연구원.
- 민윤지(2014). “에너지순수입의존도 및 에너지자립도 지표를 통한 우리나라 에너지경제 효율분석.” 통상정보연구 16(2) : 199-218.
- 박명덕(2019). E-Mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응전략 연구(전력)(1/4). 울산 : 에너지경제연구원.
- 이재현(2019). 친환경차시대를 대비한 교통세제 개편 사례 연구. 세종 : 국토연구원.
- 이동규·정준환·조철근·임재규·김주영·한진석·이창훈(2017). 수송용 에너지 상대가격 합리적 조정방안 연구. 세종 : 한국조세재정연구원.
- 이동규·박명덕·조성진·정연제·전호철·이창훈(2018). 발전용 에너지 제세부담금 체계 합리적 조정방안 연구. 세종 : 한국조세재정연구원.
- 유재국(2018). 에너지 안보 관련 지표 현황과 개선과제. 서울 : 국회입법조사처.
- 산업통상자원부(2018). 자동차 부품산업 활력제고 방안. 보도자료.

- 산업통상자원부(2019). 제3차 에너지기본계획.
- 산업통상자원부(2020). 제9차 전력수급기본계획.
- 전호철(2019). “에너지전환정책에 따른 전기자동차의 환경편익 추정연구.” 자원·환경경제연구 28(2) : 307-326.
- 조임근(2014). 전기자동차에 대한 합리적 과세방안 연구. 서울 : 한국지방세연구원.
- 최재성(2019). 친환경차 확산 관련 조세제도의 정책방향. 세종 : 국토연구원.
- 최준욱·이동규(2017). 친환경차 보급 확대에 따른 교통 투자자원 파급영향 및 대응방안 연구. 세종 : 한국조세재정연구원.
- 최준욱·이동규(2018). “고효율 차량 구입을 유도하기 위한 세제개편 방안 연구: 하이브리드 차량을 중심으로.” 에너지경제연구 17(2) : 115-146.
- 한국교통안전공단(2020). 2019 자동차 주행거리 통계.
- 한국에너지공단(2020). 2020자동차 에너지소비효율 분석집.
- 한국전력공사(2015~2019). 한국전력통계.
- 환경부(2018). 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2018~2020년 배출권 할당계획 확정. 보도자료.
- 환경부(2020). 2021년 환경부 예산 그린뉴딜 선도하며 환경안정망 강화. 보도자료.
- EPRI (2007). EPRI Executive Summary: Environmental Assessment of Plug-in Hybrid Electric Vehicles, Volume 2: United States air quality analysis based on AEO-2006 assumptions for 2030.
- European Commission (ExternE Project) (2005). *Externalities of Energy: Methodology 2005 Update*. Edited by P. Bickel and R. Friedrich. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., and Yates, A. J. (2016). “Are there environmental benefits from driving electric vehicles? The Importance of Local Factors.” *American Economic Review* 106: 3700-3729.
- Parry, I., Heine, D., Lis, E., and Li, S. (2014). *Getting energy prices right: From Principles to Practice*. Washington, D.C. : International Monetary Fund.

ABSTRACT

Estimating Effects of Electrification in Transportation
Sector on Energy Imports^{*}

Jae Yeob Kim^{**}, Bia Kim^{***} and Myung D. Park^{****}

Korea is an energy poor country with a high dependence on energy import. The electric vehicles(EVs), which are rapidly spreading, can be a policy alternative to lower the dependence on energy imports compared to internal combustion engines while most studies on EVs focus on the effects on air quality . This study estimates the effects of 1.13million EVs, a deployment target by 2025 in Green New Deal, on energy import costs. Under the assumption that EVs replace internal combustion engines, it is estimated that energy imports will be reduced by 34~40% from 2021 to 2025 and average annual amount of reduction in energy import costs will amount to approximately 426.2billion for the same period. From the estimation results, it is confirmed that facilitating EV distribution can be a policy alternative in terms of energy security in a broader sense.

Key Words : electric vehicle, import substitution effect

* This work used some results of the following two research reports of Korean Energy Economics Institute: “A Study on the Response Strategy of the Oil-Power-Renewable Industry to the E-Mobility Growth(Electricity)(1/4)” and “A Study on the Response Strategy of the Oil-Power-Renewable Industry to the E-Mobility Growth(Electricity)(2/4).” with a significant change in subject and content. We would like to thank anonymous referees for their sincerely helpful comments on this work.

** Associate Research Fellow, Electricity Policy Research Team, KEEI (first author), iamchamp@keei.re.kr

*** Associate Research Fellow, Gas Policy Research Team, KEEI (co-author), bia@keei.re.kr

**** Senior Research Fellow, District Heating and Power Research Team (corresponding author), mdpark@keei.re.kr