

외기온도에 따른 전기차 에너지 소비량 및 WtW 온실가스 배출량 연구

김 지 호¹⁾ · 조 성 인²⁾ · 박 수 한^{*3)}

건국대학교 기계공학부¹⁾ · 전남대학교 대학원 기계공학과²⁾ · 건국대학교 기계항공공학부^{*3)}

Study on Electric Vehicle Energy Consumption and Well-to-Wheel Greenhouse Gas Emissions Based on Ambient Temperatures

Jiho Kim¹⁾ · Seongin Jo²⁾ · Suhan Park^{*3)}

*School of Mechanical Engineering, Konkuk University¹⁾,
Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Chonnam National University²⁾
School of Mechanical and Aerospace Engineering, Konkuk University^{*3)}*

Key words : Life Cycle Assessment(전과정평가), Well-to-Wheel(연료 전과정평가), Electric Vehicle(전기자동차), Ambient Temperature(외기온도), Energy Consumption(에너지 소비량), Greenhouse Gas(온실가스).

* 교신저자, E-mail: suhanpark@konkuk.ac.kr

산업화 이후 가파르게 상승한 지구 온도에 따라 전 세계는 극심한 기후 변화 및 기후 위기에 직면해 있다. 지구 평균 기온 상승의 주된 원인으로 온실가스가 지목되면서 파리협약, Euro-7, CBAM과 같은 세계적 온실가스 규범과 규제가 도입되고 있다. 이에 따라 국내는 2050 탄소중립을 선언하며 다양한 산업 분야에서 온실가스를 감축하기 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 수송 분야는 주행 중 발생하는 직접 온실가스 배출량이 0g 인 전동화 차량의 시장 보급을 가속화하고 있는 가운데, 현재 유럽을 중심으로 온실가스를 주행 단계뿐만 아니라 차량의 전과정에서 평가하는 차량 LCA(life cycle assessment) 방법이 확산되고 있다.¹⁾ 차량 LCA는 연료의 전과정인 Fuel Cycle(well-to-wheel, WtW)과 차량생산의 전과정인 Vehicle Cycle로 구분된다. 본 연구에서는 지역별 외기온도에 따라 국내 전동화 차량의 WtW 분석을 하고자 한다. 전동화 차량의 WtW 온실가스 배출량(g-CO₂.eq/km)은 전력 전과정 배출 계수(g-CO₂.eq/GJ)와 차량의 에너지 소비효율(kWh/km)의 곱으로 산출된다.²⁾ 이를 산출하기 위해 먼저 국내 전력 생산 전과정과 송배전 및 충전 손실을 반영한 전력 배출계수를 내륙과 제주를 개별 산출하였으며, 다음으로 국내에 판매된 103종의 전동화 차량 에너지 소비량을 외기온도에 따라 산출하였다.

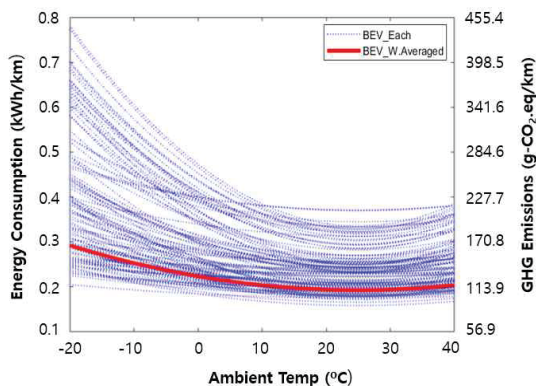


Fig 1. Energy consumption rate & GHG emissions of BEVs according to ambient temperature

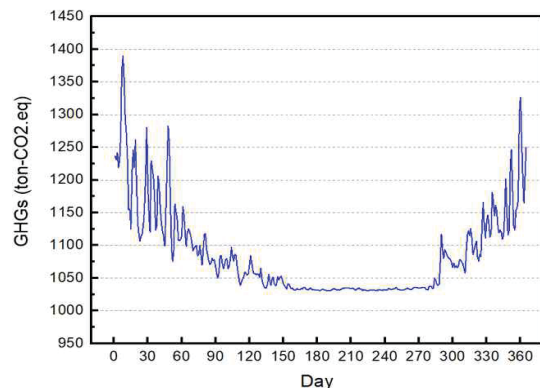


Fig 2. South Korea total GHG Emissions for a year

내륙의 전력 배출계수는 158,587(g-CO₂.eq/GJ), 제주는 110,263(g-CO₂.eq/GJ)로 산출되었다. 외기온도에 따른 전기차 에너지 소비효율은 103종의 전기차에 대해 25°C에서 최소값을 갖는 이차식으로 가정하였고, 이를 상온(25°C) 및 저온(-7°C)의 전비 데이터를 이용하여 103종의 기온-에너지 소비효율 이차 곡선을 도출하였다.³⁾ 이를 국내 판매 비중으로 가중평균하여 국내 평균 전기차 기온-에너지 소비효율 곡선을 산출하였고 이와 전력 배출계수를 곱하여 외기온도에 따른 WtW 온실가스 배출량(g-CO₂.eq/km)을 산정할 수 있다. 이와 함께 국내 지역별 365일 기온 데이터와 지역별 전기차 등록 대수 및 주행거리 정보에 따라 대한민국의 지역별 연간 총 WtW 온실가스 배출량(ton-CO₂.eq)을 산정하였다. 대한민국의 연간 일별 총 WtW 배출량(ton-CO₂.eq)을 Fig 2와 같이 산출하였으며 대한민국의 연간 총 배출량은 396,835 ton, 지역별로 연간 가장 많은 총 배출량을 보이는 지역은 경기도(71,700 ton), 가장 적은 지역은 세종시(3,427 ton)였다. 계절별로 전기차 한 대당 WtW 배출량(g-CO₂.eq/km)이 가장 높은 지역은 본토의 경우 봄과 여름에 인천이 115.8 g/km와 110.5 g/km, 가을과 겨울에 강원도 115.1 g/km, 130.0 g/km로 각각 산출되었다. 계절별로 내륙에서 전기차 WtW 배출량(g-CO₂.eq/km)이 가장 낮은 지역은 모두 부산으로 봄, 여름, 가을, 겨울 각각 113.6, 110.4, 112.4, 121.7 g/km로 산출되었다. 제주의 경우 본토와 달리 낮은 전력 배출 계수와 최적의 기온 조건에 의해 가장 낮은 WtW 배출량을 보이며 봄, 여름, 가을, 겨울에 각각 78.6, 76.7, 77.8, 82.4 g/km로 산출되었다. WtW 배출량은 전반적으로 여름에는 배출량 및 지역 편차가 낮았으며 반대로 겨울에는 배출량 및 지역 편차가 높았다. 여름 대비 겨울의 WtW 배출량은 본토의 경우 14%, 제주의 경우 7%가 더 높은 것으로 나타났다. 지역 편차는 여름에 국토 전반적으로 매우 낮았고 겨울에 높게 나타났으며, 특징적으로 남해안과 동해안 해안선에서 내륙에 비해 온실가스 배출량이 낮음을 확인하였다.

References

- 1) I. Dolganova, A.Rodl, V. Bach, M. Kaltschmitt, M. Finkbeiner, "A review of life cycle assessment studies of electric vehicles with a focus on resource use", Resources, Vol.9, Issue 3, 2020
- 2) W. J. Chou, E. J. Yoo, E. S. Seol, M. S. Kim and H, H, Song, "Green house gas emissions of conventional and alternative vehicles: Predictions based on energy policy analysis in South Korea", Applied Energy, Vol.265, 114754, 2020
- 3) I. Koncar, I. S. Bayram, "A probabilistic methodology to quantify the impacts of cold weather on electric vehicle demand: a case study in the U.K.", IEEE Access, Vol. 9, 88205, 2021

Acknowledgement

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 『대학혁신지원사업』, 한국연구재단 중견후속연구지원사업(RS-2023-00208502) 및 환경부 지식기반 환경서비스 특성화대학원 지원사업(지속가능제품 설계분야)의 지원을 받아 수행되었습니다.