

에너지원별 업스트림 배출 개선 효과와 차종별 분포 시나리오에 따른 차량 전체 WtW 온실가스 배출량 특성에 대한 연구

조 성 인¹⁾ · 정 환 수²⁾ · 임 윤 성²⁾ · 박 수 한^{*1)}

건국대학교 기계로봇자동차공학부¹⁾ · 국립환경과학원 모빌리티환경연구센터¹⁾

Study on Fleet-Level WtW GHG Emissions according to Upstream Emission Improvements of Energy Source and Vehicle Mix Scenarios

Seongin Jo¹⁾ · Hwan Soo Chong²⁾ · Yunsung Lim²⁾ · Suhan Park^{*1)}

*School of Mechanical, Robotics, and Automotive Engineering, Konkuk University¹⁾
Mobility Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research²⁾*

Key words : Fleet-level GHG emissions(차량 전체 온실가스 배출량), Well-to-Tank(WtT), Well-to-Wheel(WtW), ICEV(내연기관차), HEV(하이브리드차), BEV(배터리 전기차)

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

전 세계 약 196개 국가는 기후위기에 대응하기 위해 ‘2050 탄소중립 목표 기후 동맹’을 결성하고, 지구 평균기온 상승을 1.5℃ 이하로 억제하기 위해 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다고 선언했다. 탄소중립이란 인간의 활동으로 인해 발생하는 온실가스 배출을 최소화하고, 배출된 온실가스를 포집·저장 등의 기술을 통해 제거함으로써 실질적인 순배출량을 ‘0’으로 만드는 것을 의미한다. 이러한 목표 달성을 위해 도로 부문에서는 내연기관차를 무공해차로 대체하려는 정책 및 기술 개발이 활발히 이뤄지고 있다. 하지만 무공해차로의 전환은 단순한 차량의 변화에 그치지 않고, 연료의 종류 및 생산방식 등 에너지 공급 체계 전반의 변화로 이어지기 때문에 다른 부문에서의 온실가스 배출 증가, 즉 ‘풍선효과’를 유발할 수 있다. 따라서 에너지의 채굴부터 차량 운행에 이르기까지 전 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 비교·분석할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 각 차종의 등록대수 분포를 반영한 전체 차량의 Well-to-Wheel(WtW) 배출량을 분석함으로써 무공해차 보급이 가져오는 환경적 효과를 보다 정량적으로 평가할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 WtW 온실가스 배출량을 차량의 에너지 소비 효율(km/L), 유종별 발열량(GJ/L), 그리고 에너지원의 생산 및 사용 단계별 배출계수(g-CO₂eq/GJ)를 기반으로 산정하였다. 특히 전기차의 경우, 발전믹스와 발전 효율에 따라 전력의 배출계수가 달라지기 때문에, 본 연구에서는 ‘제10차 전력수급기본계획’에 따른 발전믹스 변화 시나리오를 반영하여 전력 배출계수를 적용하였다. 또한, 차량 등록대수 예측을 위해 연간 신차 판매대수를 약 155만 대로 가정하였으며, 차종별 점유율은 HEV 및 BEV의 보급률에 따라 4가지 시나리오로 구성하였다. 시나리오 1은 HEV 및 BEV 신차판매 비중이 현재 수준을 유지, 시나리오 2는 HEV만 2030년 보급목표 400만 대 달성, 시나리오 3은 BEV가 달성하지 못한 보급목표를 HEV가 600만 대 달성으로 보완, 시나리오 4는 HEV와 BEV 모두 2030년 보급목표를 달성한 경우이다. 결과적으로 시나리오 1에서 시나리오 4로 갈수록 BEV의 점유율이 증가한다. 또한 차량의 수명과 연도별 잔존율은 국토교통부의 ‘자동차 등록현황 보고’ 데이터를 활용하여 연도별·차종별 등록대수를 전망하는 데 반영하였다.

Fig. 1은 차종별 점유율 시나리오에 따라 발전믹스가 변화하지 않는 경우(점선)와 개선되는 경우(실선)의 차량 전체 배출량을 비교한 것이다. 2030년 전력 생산 탄소집약도 유지되는 것 대비 개선됨에 따른 온실가스 감축 효과는 시나리오 1에 비해 시나리오 4에서 약 2.6배 증가하였다. 이는 전력 생산 탄소집약도 개선에 의한 온실가스 감축 효과는 BEV의 점유율이 높을수록 크다는 것을 의미한다.

본 연구 결과는 BEV의 낮은 보급률로 인해 Well-to-Tank(WtT) 배출량 개선의 단기적인 온실가스 저감 효과는 제한적일 수 있으나, 에너지 공급망의 탈탄소화가 장기적으로 도로부문 전체 배출량 저

감의 핵심 기반이 될 수 있음을 시사한다. BEV는 전력믹스 개선 등으로 WtT 배출량 개선 잠재력이 크므로 온실가스 감축 효과를 선제적으로 극대화할 수 있는 전략적 수단이다. 따라서, 향후 차량 전동화 확대에 따른 온실가스 저감의 실효성을 확보하는 위해 전력 생산 경로의 구조적 개선은 필수적인 인프라 투자라 할 수 있다.

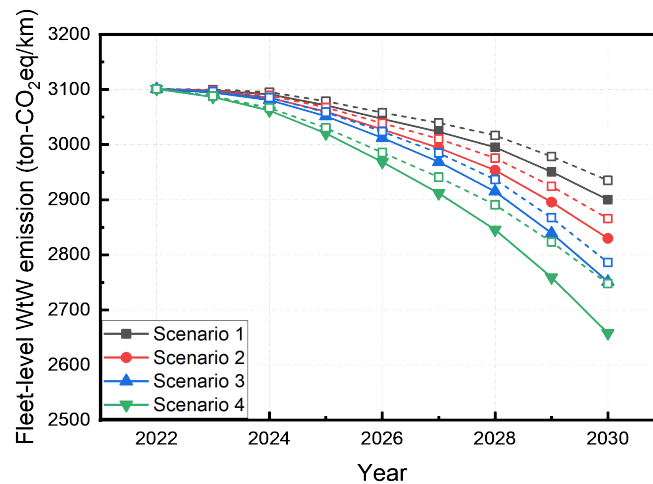


Fig. 1 WtW Emission Characteristics according to Vehicle Type Distribution Scenarios and Power Generation Mix Improvements

Acknowledgement

이 논문은 한국연구재단 중견연구후속지원사업(RS-2023-00208502)과 국립환경과학원 연구용역사업(LCA 기반 자동차 온실가스 배출량 평가 방법 연구(II))의 지원으로 수행되었습니다. 지원기관에 감사드립니다.