

실제로로 주행 기반 하이브리드자동차의 PN 배출 특성 분석

이 홍 진¹⁾ · 신 재 식²⁾ · 이 종 태²⁾ · 박 성 욱³⁾

한양대학교 대학원 융합기계공학과¹⁾ · 국립환경과학원 모빌리티환경연구센터²⁾ · 한양대학교 기계공학부³⁾

PN Emission Characteristics of Hybrid Electric Vehicles under Real-World Driving Conditions

Hongjin Lee¹⁾ · Jaesik Shin²⁾ · Jongtae Lee²⁾ · Sungwook Park³⁾

Department of Mechanical Convergence Engineering, Graduate School, Hanyang University¹⁾, National Institute of Environment Research²⁾, School of Mechanical Engineering Hanyang University³⁾

Key words : Hybrid electric vehicle(하이브리드자동차), Particle number(입자상 물질 개수), Controller area network(계측 제어기 통신망), On-board diagnostics(자가 진단장치), Pegasor particle sensor(Pegasor 입자 센서)

* 교신저자, E-mail: parks@hanyang.ac.kr

전 세계적으로 대기오염 및 기후변화에 대응하기 위해 온실가스 감축 목표를 강화하고 있다. 유럽 연합의 경우 2040년까지 1990년 대비 온실가스 배출량을 90% 감축 목표를 제시하였으며, 미국은 2035년까지 2005년 대비 최대 66%의 감축 목표를 발표하였다. 국내 역시 2030년까지 2018년 대비 40%의 감축 목표를 설정하였다. 이처럼 감축 목표를 달성하기 위해 전기자동차 및 하이브리드자동차의 보급 확대를 추진하고 있으며, 판매량은 매년 증가하는 추세이다. 그러나 전기자동차의 경우 충전 인프라 부족 및 초기 구매비용이 비싸다는 단점이 있어 소비자들은 하이브리드자동차에 관심이 증가하고 있다. 이와 함께, 유럽연합은 Euro7 규제를 발의하여 승용차의 오염물질 배출 허용 기준을 제시하였으며, PN(Particle Number)의 경우 입자 크기를 기존 23nm에서 10nm로 강화할 계획이다. 이는 내연기관 자동차뿐만 아니라 하이브리드자동차에도 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 하이브리드자동차는 내연기관, 전기 모터, 배터리로 구성된 복합 동력 시스템을 갖추고 있어, 주행 조건에 따라 다양한 모드로 전환된다. 저속 및 도심 주행과 같은 저부하 영역에서는 전기 모터만으로 주행이 가능하며, 고부하 영역에서는 엔진이 개입하여 모터와 함께 작동하는 하이브리드 모드로 전환된다. 이러한 모드 전환은 차량 배터리의 충전 상태나 요구 출력 등 복합적인 제어 로직에 의해 이루어지며, 이에 따라 엔진 재시동이 빈번하게 일어난다. 엔진 재시동 시 급격한 연소로 인해 연소 불안정성을 초래하고 많은 양의 PN을 배출한다는 연구 사례들이 있다. 따라서 본 연구에서는 하이브리드자동차의 작동 특성에 따른 PN 배출 특성을 분석하고자 한다.

본 연구에서는 하이브리드자동차의 PN 배출 특성을 분석하기 위해 승용 하이브리드자동차 1대를 대상으로 실제로로 주행 실험을 진행하여 데이터를 취득하였다. 주행 경로는 국립환경과학원에서 개발한 실도로 주행 경로인 NIER-02 경로를 주행하였다. 이 경로는 유럽의 RDE-LDV 규제를 충족하도록 설계되어 있으며, 도심, 교외, 고속도로로 구성되어 있다. 특히 서울 시내를 포함한 실제 교통환경을 반영함으로써 국내 차량 운행 특성과 도로 조건을 잘 재현한다는 점에서 신뢰성 있는 대표 경로로 활용되고 있다. 차량의 엔진 및 모터 등 차량의 주행 정보는 OBD(On-board diagnostics) 포트를 통한 CAN(Controller area network) 통신을 사용하여 취득하였으며, PN의 경우 Pegasor社의 PPS(Pegasor particle sensor) 장비를 차량 배기구와 연결하여 차량 주행 시 배출되는 PN 정보를 취득하였다. 실도로 주행 실험을 통해 취득한 정보를 바탕으로 도심, 교외, 고속도로와 같은 주행 조건별 엔진 및 모터의 작동과 엔진 재시동과 같은 하이브리드자동차의 작동 특성에 따른 PN 배출 특성 분석을 수행하였다.

후기

본 연구는 2025년 국립환경과학원 교통환경연구소의 연구 용역사업 (No. 202500000002041) “하이브리드 자동차 배터리의 배출영향 평가 연구(Ⅰ)”의 지원을 받아 수행되었습니다.