

차대동력계와 실도로에서의 차량시험을 통한 배기가스 입구온도에 따른 후처리 장치(LNT, SCR)의 NO_x 저감 효율 분석에 관한 연구

이 시 원¹⁾ · 정 재 우^{*1)} · 이 범 호¹⁾ · 최 승 현¹⁾ · 김 덕 진¹⁾

자동차부품연구원 그린카파워시스템 연구본부¹⁾

A Study on NO_x Reduction Characteristics of Aftertreatment System according to Exhaust Gas Temperature by Vehicle Test on the Chassis Dynamometer and the Real Road

Siwon Lee¹⁾ · Jaewoo Chung^{*1)} · Beumho Lee¹⁾ · Seunghyun Choi¹⁾ · Deokjin Kim¹⁾

Korea Automotive Technology Institute Green Car Power System R&D Division¹⁾

Key words : 질소산화물(NO_x), 배기가스 후처리 장치 저감 효율 (Exhaust aftertreatment system reduction efficiency), LNT(Lean NO_x trap), SCR(Selective catalytic reduction), 차대동력계(Chassis dynamometer), RDE(Real driving emission)

* Corresponding Author, E-mail: jwchung@katech.re.kr

최근 소형 경유 차량의 배출가스 인증규제 강화와 실도로 규제(RDE)가 도입됨에 따라, 실제 도로 상태에서의 NO_x 배출 성능이 중시되고 있으며, NO_x 배출 저감을 위해 배출가스 후처리 장치의 적용이 필수적인 상황이다. 이에 따라, 후처리 장치인 LNT(Lean NO_x Trap)와 SCR(Selective Catalytic Reduction) 등에 대한 연구개발이 이루어지고 있으며, 최근에는 LNT+SCR 복합시스템의 적용이 확대되고 있다.

차량에 장착된 LNT 및 SCR의 저감 특성 분석은 저감 장치의 개발 및 평가와 관리를 위해 필요하나, 각 부품의 성능 분석은 시험을 위한 리그 장치의 개발 및 평가 비용 등의 제반적인 어려움으로 인해 제한적인 상황이다.

본 연구는 실도로 주행 데이터 분석을 통해 배출가스 저감 장치의 성능 분석을 목적으로 수행되었으며, 이를 위해 LNT+SCR 복합 시스템이 적용된 차량 A와 LNT 단독 적용 차량 B, C를 시험 대상으로 선정하여 각 저감 장치의 전/후단에 자가진단용으로 개발된 NO_x 센서와 온도센서를 장착하였고, 차량의 OBD에서 주행정보(차속, 엔진회전수, 연료유량 및 흡입공기유량 등)와 통합하여 취득 가능한 모니터링 시스템을 개발하고 장착하여 연구를 수행하였다.

후처리 장치의 단품 성능 평가의 제반적 어려움으로 인해 차대동력계를 간이 벤치로 활용하여 차속 20~120km/h에 대해 20km/h 간격으로 정속 주행을 하면서 각 저감 장치의 전/후단 NO_x 농도 및 온도를 동시에 측정하여 저감 효율 특성을 분석하였다. 실도로에서의 NO_x 배출 특성 분석은 다양한 조건의 임의의 주행 경로에 대해 시험을 수행하고, 주행 데이터에 대해 최소 주행 단위 구간으로 분류하여 각 주행 단위별 배출가스 온도에 대한 NO_x 저감 효율을 분석하여 도출하였다.

차대동력계의 정상상태 시험을 통해 도출된 후처리 장치의 입구온도에 따른 NO_x 저감 효율은 실도로 주행 시험을 통해 도출된 NO_x 저감 효율 특성과 유사함을 확인할 수 있으며, Fig. 1과 2에 LNT+SCR 복합시스템이 장착된 시험 차량 A의 LNT와 SCR 각각의 NO_x 저감 효율 특성 결과를 차대동력계 정속시험과 실도로

임의주행 시험을 비교하여 나타내었다. 차량 A의 정속시험 결과, NO_x 저감 효율은 150℃ 구간에서 50%, 200℃ 이후 95~100%의 결과를 나타냈으며, LNT는 반복적인 NO_x 농도 증가 및 O₂ 농도 감소 현상을 바탕으로 주기적인 NO_x 포집 및 재생 현상이 나타남을 확인하였다. NO_x 저감 효율은 약 250~300℃ 범위에서 약 80% 수준의 최대효율을 나타냈으며, 이후 온도가 증가하면 효율은 감소하였고, 400℃ 부근에서는 약 40% 정도의 효율을 보였다. 또한, LNT의 NO_x 흡장량은 약 1.5~2.2g 수준으로 나타났으며, Fig. 3에 결과를 제시하였다. LNT의 NO_x 흡장 및 재생은 Fig.4와 같이 LNT 전단 람다센서를 통해 공기과잉율이 0.9~1.0 수준으로 농후한 구간을 재생시기로 판단하였으며, 재생과 재생 사이의 흡장구간에서 LNT 전/후단에서 산출된 NO_x 질량유량의 누적량을 산출하고, 이의 차이로 NO_x 흡장량을 도출하였다. SCR의 경우, 입구온도 200℃ 이하에서는 NO_x 저감 효율이 낮은 수준을 보이며, 300℃ 이상에서 90% 이상의 높은 효율을 보였다. 이를 통해 실도로 주행 데이터를 바탕으로 차량의 배출가스 저감 장치의 성능 특성 분석 방법론을 도출하였으며, 향후 이를 활용하여 배출가스 모델 개발 및 성능 특성 분석에 활용 될 것으로 판단된다.

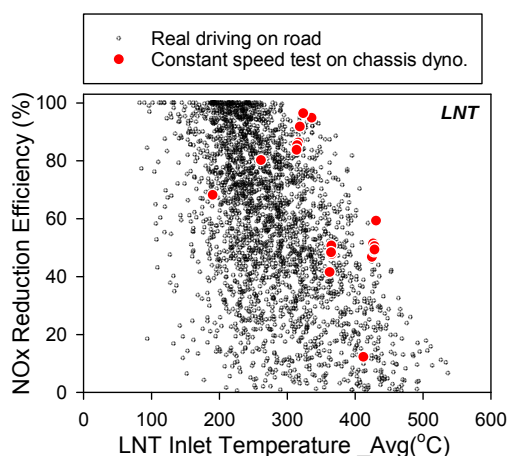


Fig. 1 LNT NO_x reduction efficiency of vehicle A according to LNT inlet temperature at real road condition and constant speed on the chassis dynamometer

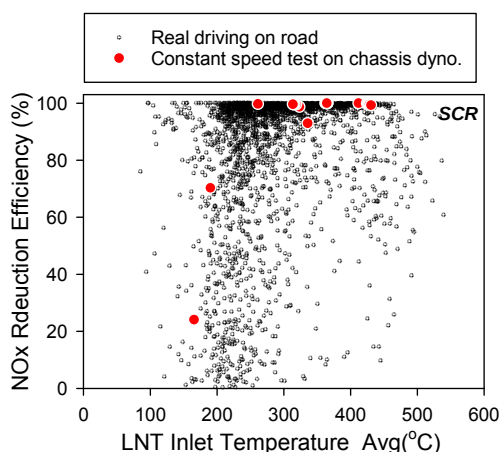


Fig. 2 SCR NO_x reduction efficiency of vehicle A according to LNT inlet temperature at real road condition and constant speed on the chassis dynamometer

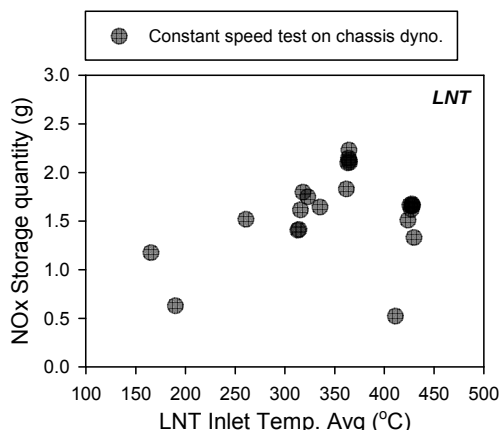


Fig. 3 LNT storage quantity of vehicle A according to LNT inlet temperature at constant speed test on the chassis dynamometer

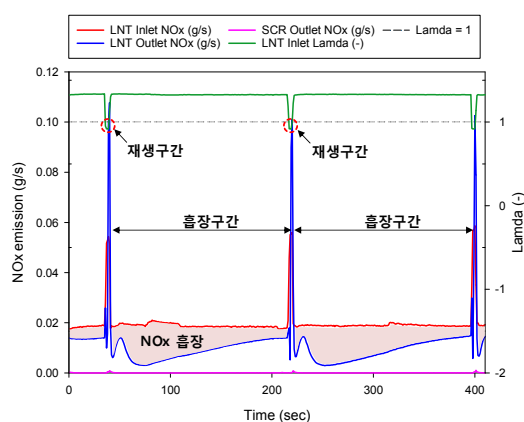


Fig. 4 NO_x emission characteristics of aftertreatment system at constant speed test on the chassis dynamometer