

Euro-6 대응 경유 차량의 NOx 저감율 분석 연구

강민경·권석주·서영호*

자동차부품연구원

Research on the NOx Reduction Rate of Diesel Vehicle for Euro-6

Minkyung Kang · Seokjoo Kwon · Youngho Seo*

Korea Automotive Technology Institute, 303, Pungse-ro, Pungse-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 133-791, Korea

(Received 2017.04.27 / Accepted 2017.05.18)

Abstract : As emission gas regulation of deisel vehicles is strengthened to Euro-6, It becomes difficult to deal with NOx regulated value mainly by EGR without additional after-treatment system. In addition, RDE(Real Driving Emissions) test will be introduced after september 2017. Therefore, It is essential to develop the after-treatment of diesel vehicles which reduce NOx emissions. It is possible to use DOC, DPF, LNT or DOC, DPF and SCR as a after-treatment system for reducing NOx. However, It is expected that the SCR will be applied widely because LNT alone does not have sufficient NOx purification efficiency. In this study, It tried to analyze the efficiency of reducing NOx emissions during the mode test by attaching a NOx sensor to test vehicle. As a result, It was confirmed that NOx emissions was significantly reduce through the after-treatment system from engine. And the NOx reduction efficiency of SCR was about 4.5 times better than DOC, DPF.

Key words : RDE(Real-Driving Emissions) test(실도로배출가스시험), After-treatment(후처리장치), Chassis Dynamometer(차대동력계), Exhaust Gas Recirculation(배기재순환), Lean NOx Trap(희박 질소산화물 트랩), Selective Catalytic Reduction(선택적 환원촉매)

1. 서론

경유 차량의 배출가스 물질 중 가장 심각하게 여겨졌던 입자상 물질(PM, Particle Measurement)은 Euro-5 규제에 대응하기 위하여 대부분 차에 DPF를 장착하며 PM 배출량이 획기적으로 저감되었다.

그러나 NOx 배출량은 차대동력계 상에서 배출가스 인증기준을 만족하는 것으로 나타나나 배출가스 인증모드를 제외한 저온, 고온, 에어컨 등의 조건을 포함하는 새로운 운전 모드에서는 NOx가 인증 조건보다 많이 배출되는 사례가 있는 것으로 나타난다.

별도의 후처리 장치 없이 EGR 위주로 NOx에 대응해 온 Euro-5 대응 경유 차량은 특정 운전 조건에서

EGR이 작동하지 않을 경우 NOx 배출량이 크게 증가하며, 실차 시험 결과와 실제 도로 시험 결과의 격차가 매우 크게 나타난다.¹⁾

최근까지 자동차의 배출가스는 실차 시험 결과로만 규제하였으나 실제 시험실 조건 외 영역에서 배출가스 저감 제어가 제대로 이루어지지 않는 사례들이 발견됨에 따라 이를 해결하기 위한 방안으로 실도로 배출가스 규제가 2017년 9월부터 도입되며 신규 모델의 경유 차량은 NOx 규제치 2.1배를 초과할 수 없으며, 2020년 1월부터 1.5배를 초과할 수 없다.²⁾

Euro-6 규제에 따른 NOx의 배출 허용 기준은 Euro-5 기준인 0.18g/km에서 0.08g/km로 강화되었으며, Euro-6 규제에 대응하기 위해서 경유 차량의 NOx 배출량을 저감시키는 후처리장치 촉매 기술은 필수적이다.

*Corresponding author, E-mail: yhseo@katech.re.kr

현재 연료와 환원제를 포함한 연비 최소화 및 강화된 NOx 규제 대응을 위한 Euro-6 대응 기술은 배기재순환(EGR, Exhaust Gas Recirculation) 및 희박 질소산화물 트랩(LNT, Lean NOx Trap), 선택적 환원촉매(SCR, Selective Catalytic Reduction) 기술의 적용 및 구성방법에 따라 핵심적인 대응 전략이 결정된다고 볼 수 있다. 대표적으로 디젤산화촉매(DOC), DPF, SCR 또는 DOC, DPF, LNT 등 후처리장치를 조합하여 사용이 가능하다.³⁾

LNT는 NOx storage/reduction catalyst(NSRC), NOx absorber catalyst(NAC) 등 다양한 명칭으로 NOx를 저감하는 후처리장치의 일종이다. LNT는 연료를 환원제로 공급하기 때문에 환원제 공급량을 별도로 구축할 필요가 없는 장점을 가지지만 황에 의한 피독, 잦은 NOx 재생으로 인하여 연비 효율이 감소되는 단점이 있다. 아울러 최근 촉매로 이용되는 백금 가격의 상승으로 LNT 가격 경쟁력이 약화되고 있다.

제도적으로 Euro-6 규제치에 대응하기에 LNT만으로는 NOx 정화 효율이 역부족하여 향후 강화되는 NOx 배출 규제를 만족하기 위하여 경유 차량은 SCR 방식이 폭 넓게 적용될 것으로 보인다.

SCR 후처리장치는 크게 HC-SCR과 Urea-SCR으로 구분되며, Urea-SCR이 상대적으로 높은 정화효율을 가지며 실용화 개발에 앞장서고 있다.

SCR 장치는 높은 정화효율을 가지지만 높은 가격과 장착위치 확보의 어려움 등을 극복해야 하는 기술적 과제를 가지고 있다.

본 연구에서는 DOC, DPF, SCR의 후처리장치를 장착한 Euro-6 대응 경유 차량에 후처리장치 사이와 전단 후단에 NOx 센서를 장착하여 배출가스 인증시험 모드와 실제 도로를 주행하는 동안 NOx 배출량을 측정하여 저감율을 분석하고 Euro-6 규제치에 대응하기 위한 후처리장치의 특성 및 향후 규제에 따른 후처리장치 개발 동향을 분석하고자 한다.

2. 시험 및 해석 방법

2.1 시험 장치

본 연구의 실차 시험은 실내에서 실외와 같은 도로 조건을 모사하여 차량의 배출가스 측정을 실시하기 위하여 자동차부품연구원의 차대동력계(AVL 社, 48inch Single roll 4WD)와 Uni NOx 센서를 사용하였다.

NOx 배출량을 측정하기 위하여 Fig. 1과 같이 1,2,3번 위치에 배기관을 뚫어 센서를 삽입하여 주행모드를 수행하는 동안 NOx 배출량을 측정하였다.

실차 시험을 위한 장비는 Fig. 2와 같이 구성되며, 차대동력계의 제원은 Table 1과 같다.

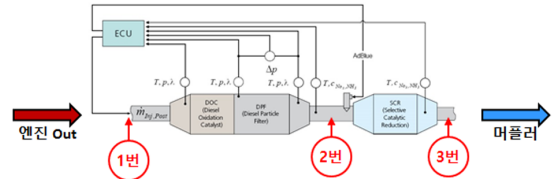


Fig. 1 Position of Uni-NOx sensor

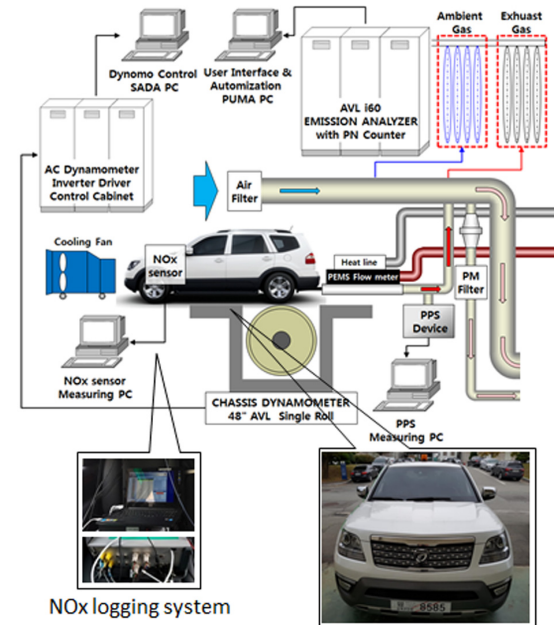


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 Specifications of Chassis Dynamometer

Max. Generation power	Permanent : 150kW from 92km/h to 189km/h × 2SET
Inertia Range	454~5,448kg
Max. Speed	200km/h Max.
Accuracy	Speed : ±0.02km/h
	Torque : ±0.05% @ FS (typically ±0.03% @ FS)
	Repeatability : ±1% @ FS
Cooling Fan	Variable Speed

2.2 시험 차량 제원 및 특성

Euro-6 대응 경유 차량의 NOx 저감율을 분석하기 위하여 시험 차량은 국내에서 판매되고 있는 SCR 후처리장치를 장착하여 Euro-6 배출가스 기준을 만족하는 3L급 경유 차량으로 선정하였다.

실제 모드 시험을 수행하는 동안 시험실 내에 시험 차량은 Fig. 3과 같이 차대동력계 위에 설치되었고 시험 차량의 제원은 Table 2에 나타내었다.



Fig. 3 Photograph of diesel vehicle installed on chassis dynamometer

Table 2 Specifications of test vehicle

공차중량(kg)	2 125
연료	디젤
배기량(cc)	2 969
엔진형식	V6 S2
최고출력(PS)	260
최고출력 회전수(rpm)	3 800
최대토크(kg · m)	57.1
최대토크 회전수(rpm)	1 500
변속기 기어	8단 AT

2.3 시험 조건 및 방법

본 연구에서 Euro-6 경유 차량의 후처리장치에 대한 NOx 저감율을 분석하기 위하여 WLTC 모드를 주행하였다.

WLTC 모드는 경유 차량의 배출가스 규제가 강화되며 NEDC 모드보다 연비와 실제 연비의 차이를 줄이기 위하여 고부하역을 많이 사용하는 모드이며, 우리나라에서 판매되는 Euro-6 대응 경유 차량의 배출가스를 규제하는 모드이다.

WLTC 모드는 4개의 주행단계로 이루어져있으며, 전체 주행 시간은 1,800초이고 주행거리는 약 23.26km이다.

WLTC 모드는 차량을 소킹한 후 Cold test 조건으로

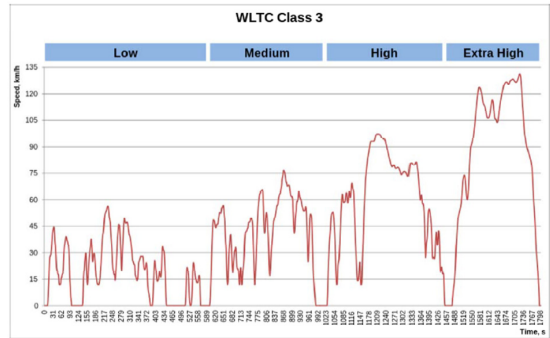


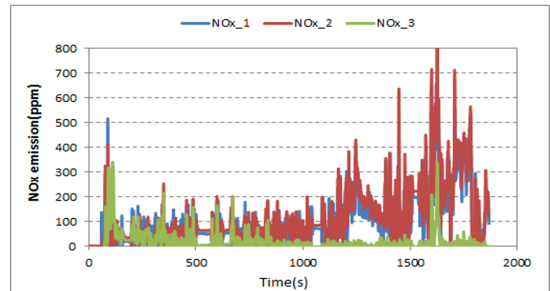
Fig. 4 Speed Profile of WLTC Cycle for Class 3

시험을 수행하는 것이 일반적이거나, 엔진을 충분히 워밍업시켜 시험모드를 주행하는 Hot test 조건을 추가하여 수행하였다.

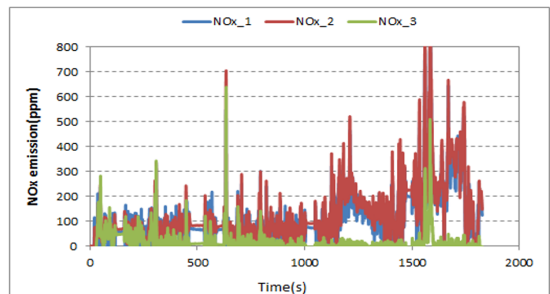
3. 시험 결과 및 고찰

3.1 실시간 NOx 배출량 누적 기록 결과

WLTC 모드 Cold 조건 및 Hot 조건을 주행하는 동안 시간에 따라 실시간 측정된 NOx 배출량을 Fig. 5에 나타내었다.



(a) Cold test condition of WLTC mode



(b) Hot test condition of WLTC mode

Fig. 5 NOx logger results

엔진에서 배출되어 후처리장치를 거치기 전의 NOx 배출량인 NOx_1과 DOC 및 DPF를 거친 NOx_2의 누적 NOx 배출량에 비해 SCR을 거친 NOx_3은 누적 NOx 배출량이 확연히 감소하여 측정되는 것으로 나타난다.

3.2 후처리장치에 따른 NOx 저감율 분석

NOx 센서를 이용하여 측정된 NOx 배출량의 누적량을 Fig. 6에 나타내었다.

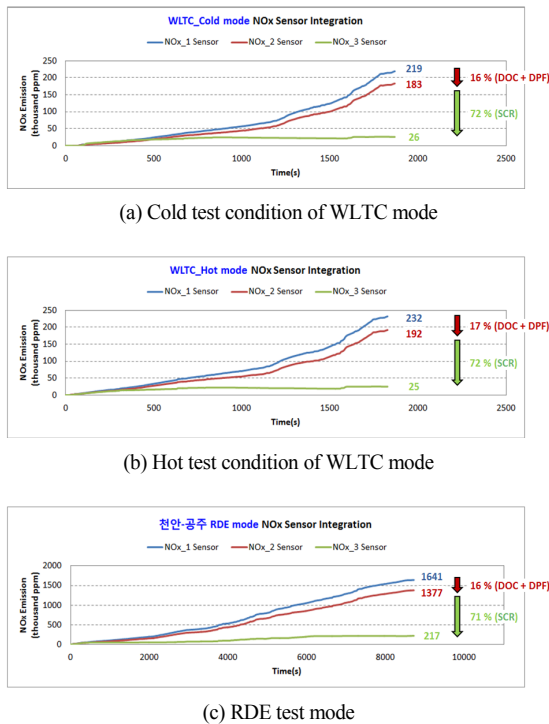


Fig. 6 NOx Sensor Intergration by test mode

모드를 주행하는동안 엔진에서 곧바로 배출된 NOx 배출량은 DOC, DPF를 거치며 약 16% 수준으로 감소되는 경향을 나타내며, SCR을 거치며 SCR 후처리장치 후단에서 측정된 NOx 배출량은 약 72% 수준 저감되는 경향을 나타냈다.

이는 모드에 관계없이 일정한 수준으로 저감되는 것을 확인하였으며, NOx 저감율은 DOC와 DPF를 거치며 감소하는 정도보다 SCR을 통하여 저감되는 수준이 약 4.5배 높은 정화 효율을 나타냈다.

4. 결론

본 연구는 WLTC 모드를 수행하는 동안 실시간으로 NOx 배출량을 측정하여 Euro-6 대응 경유차량에 장착된 후처리장치의 NOx 저감율을 분석하였고, 이를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 시험 모드를 주행하는 동안 각각의 위치에 부착된 NOx 센서에서 NOx 배출량 누적치를 확인한 결과 모드에 관계없이 비슷한 비율로 NOx 배출량이 저감되는 것을 확인하였다.
- 2) SCR을 통하여 저감되는 NOx 저감율은 DOC와 DPF를 거치며 저감되는 NOx 저감율보다 약 4.5배 수준 높은 정화 효율을 나타냈다.
- 3) 2017년 9월부터 실도로 주행 배출가스 시험이 병행되어 시작되며 실도로 NOx 배출량의 격차를 줄이고 Euro-6 규제에 대응하기 위하여 SCR 후처리장치를 폭 넓게 사용할 것으로 사료된다.

References

- 1) J. Kim, "Diesel Vehicle Emission Reduction Technology", Auto Journal of KSAE, Vol.38, No.11, pp.26-28, 2016.
- 2) "Real-Driving Emissions Test Procedure for Exhaust Gas Pollutant Emissions of Cars and Light Commercial Vehicles in Europe", ICCT Policy update, 2017
- 3) G. Yeo, "Automotive After Treatment Systems for the Future Emission Regulations", Auto Journal of KSAE, Vol.39, No.4, pp.18-26, 2017.