

## 귀금속 함량에 따른 디젤산화촉매의 이산화질소 배출 특성

김훈명\* · 박용성\*\* · 이광구†

### Emission Characteristics of NO<sub>2</sub> in Diesel Oxidation Catalyst according to the Content of Precious Metal

Hoonmyung Kim\*, Yongsung Park\*\*, Gwang G. Lee†

#### ABSTRACT

Two catalyst systems with different content of precious metal coated on DOC are carefully tested in a diesel engine to investigate the emission characteristics of NO<sub>2</sub>. Three types of experiment methods (NO<sub>2</sub> conversion test, ETC mode test, and BPT test) are applied to compare the performance of the two catalyst systems. All the experimental results consistently indicate that it is possible to satisfy NO<sub>x</sub> regulation by properly lowering the content of precious metal without the loss of PM removal performance.

**Key Words** : NO<sub>2</sub> conversion test, ETC mode test, BPT(Balance Point Temperature) test, DOC(Diesel Oxidation Catalyst), DPF(Diesel Particulate Filter)

디젤엔진은 가솔린엔진에 비해 입자상 물질(PM)과 질소산화물(NO<sub>x</sub>)과 같은 유해 배기가스를 많이 배출한다. 현재 수도권 및 광역시에서는 이러한 유해 배기가스를 저감하여 대기 질을 개선하기 위해 노후 경유 차량 관리 강화정책을 시행하고 있다[1]. 이에 따라 친환경 엔진 개조, 매연저감장치(DPF) 부착 및 조기 폐차 등의 방법이 적용되고 있다. DPF를 부착하면 PM은 약 90% 이상 저감되지만 질소산화물은 거의 저감되지 않는다. DPF 시스템의 경우 디젤산화촉매(DOC)에서 변환된 NO<sub>2</sub>를 이용하여 재생하는 경우가 많다. 하지만 미국과 유럽의 경우 NO<sub>2</sub> 배출량도 규제하고 있으므로 PM과 함께 NO<sub>2</sub> 배출을 동시에 저감할 수 있는 방법이 필요하다. 한편 DOC 내부에 코팅되는 귀금속은 고가이기 때문에 함량 감소를 위한 시도가 꾸준히 연구되고 있다. 본 연구에서는 DPF 전단에 장착되는 DOC의 귀금속 코팅 함량의 변화에 따른 NO<sub>2</sub> 배출 특성을 실험적으로 조사하였다.

실험에 사용된 엔진 제원은 Table 1과 같다. 배기량은 11.149ℓ로 Euro-II급 배기규제를 만족한다. 가스 분석기는 AVL I-60과 HORIBA MEXA-7000을 이용하였고, PM 측정 장비로는 MDT(AVL474)를 사용하였다.

Table 1 Engine specifications

Engine code	D6AB
Year	2004
Emission level	EURO-II
Type	4 strokes / 6 cylinders
Displacement	11.149 ℓ
Max torque	110 kgf·m @1,100rpm
Max power	280 PS @2,000rpm
Injection type	Direct injection
Type of intake	Turbo-charged intercooler
Compression ratio	17.2 : 1

엔진 각 부분의 온도를 확인하기 위하여 냉각수, 오일, 연료, 흡입공기온도, 대기온도, 배기온도 등을 측정하였다. 엔진의 상태를 항상 일정하게 유지시키기 위해 실험 중에는 엔진의 냉각수, 오일, 연료의 온도를 각각 80°C, 90°C, 40°C로 설정하여 제어하였다.

Fig. 1은 배기가스의 온도 변화에 따른 NO<sub>2</sub> 배출 농도 변화를 나타낸다. Without(DPF+DOC)는 촉매 시스템 전단, DPF+DOC(Base Content)(귀금속의 함량이 종래의 기준 값인 경우) 및 DPF+DOC(Lower Content)(NO<sub>x</sub> 배출을 저감하기 위해 귀금속 함량을 감소시킨 경우)는 DOC 후단에서 측정된 NO<sub>2</sub> 농도를 의미한다. 촉매 전단의 경우 배기 온도가 증가하여도 약 50 ppm 이하의 낮은 NO<sub>2</sub> 배출 농도를 유지한다. 반면 배기 온도가 증가하면서 DPF 후단의 NO<sub>2</sub> 농도는 급격히 증가한 후 일정온도 영역에서 감소하는

\* 자동차부품연구원 배기연비성능연구센터

\*\* 교통안전공단 자동차안전연구원 신교통연구실

† 연락처, 경일대학교 기계자동차학부

[combggy@kiu.ac.kr](mailto:combggy@kiu.ac.kr)

TEL : (053)850-7125 FAX : (053)850-7601

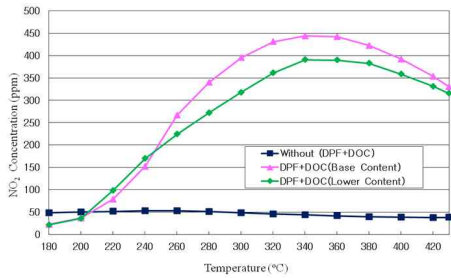
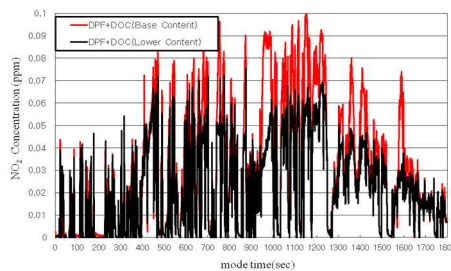


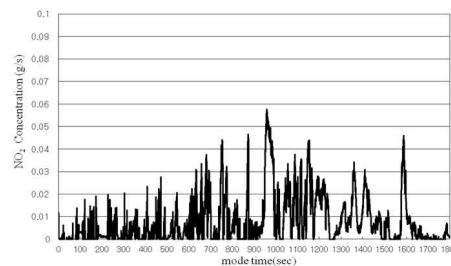
Fig. 1 Comparison of NO<sub>2</sub> conversion according to contents of precious metal in DOC from 180°C to 430°C.

경향을 보이고 있다. 두 경우 모두 220°C부터 농도가 증가하기 시작하여 250°C 이후에는 급격히 증가함을 알 수 있다. 이는 DPF 진단에 위치하는 산화촉매가 활성화되어 대량으로 NO를 NO<sub>2</sub>로 변환시킨 결과이다. 전반적으로 귀금속의 함량이 적은 DPF+DOC(Lower Content)의 경우가 NO<sub>2</sub>를 적게 배출함을 알 수 있다.

Fig. 2는 ETC 모드에서 DPF 후단의 NO<sub>x</sub> 배출량을 보여주고 있다. 모드초기에는 촉매가 활성화되지 않기 때문에 귀금속 함량에 따른 NO<sub>2</sub> 배출량의 차이가 크게 나타나지 않는다. 하지만 500 sec 이후부터는 귀금속 함량에 따라 NO<sub>2</sub> 발생량 차이가 크게 나타난다. DOC 내부의 귀금속 함량이 감소함에 따라 NO<sub>2</sub> 변환이 감소하여 DPF+DOC(Lower Content) 조건에서 NO<sub>2</sub>의 배출량이 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 2 (b)는 두 조건에서 NO<sub>2</sub> 배출량의 차이((Base Content 조건)-(Lower Content 조건))를 보여주고 있다.



(a) Comparison of NO<sub>2</sub> concentrations



(b) Difference of NO<sub>2</sub> concentrations

Fig. 2 Comparison of NO<sub>2</sub> concentrations in ETC mode.

미국 CARB(California Air Resources Board)는 NO<sub>2</sub> 증가율을 다음과 같이 정의하고 있다.

$$NO_2 \text{ 증가율} = \frac{(\text{장치 후단 } NO_2 \text{ 량} - \text{장치 전단 } NO_2 \text{ 량})}{\text{장치 전단 } NO_x \text{ 량}} \quad (1)$$

ETC 시험에서 취득된 NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub> 농도를 이용하여 계산된 NO<sub>2</sub> 증가율은 Table 2와 같다. 귀금속 함량이 적은 조건에서 NO<sub>2</sub> 배출량이 약 6% 정도 감소하였다.

Table 2 NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, and the increase rate of NO<sub>2</sub> in ETC mode

Condition	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	NO (g/kWh)	NO <sub>2</sub> (g/kWh)	NO <sub>2</sub> Increase
Before DOC	6.53	5.96	0.57	-
Base Content	6.32	4.06	2.26	25.9 %
Lower Content	6.37	4.50	1.87	20.0 %

Fig. 3은 DPF+DOC(Lower Content) 조건의 BPT 결과로 배기온도 310°C까지는 배압이 증가하는 경향을 보이지만 320°C에 도달하면 배압이 감소하기 시작한다. 따라서 재생평형온도는 310°C로 추정할 수 있다. 반면 귀금속의 함량이 종래의 기준 값인 조건에서는 재생평형온도가 290~300°C로 측정되었다. 이는 DOC 내부의 귀금속 함량이 감소하면 BPT가 증가하는 일반적인 경향을 따르고 있다. 따라서 적절하게 귀금속 함량을 낮춰 제작된 DPF+DOC 시스템은 PM 제거 능력의 큰 손실 없이 NO<sub>2</sub> 배출량을 감소시킬 수 있다.

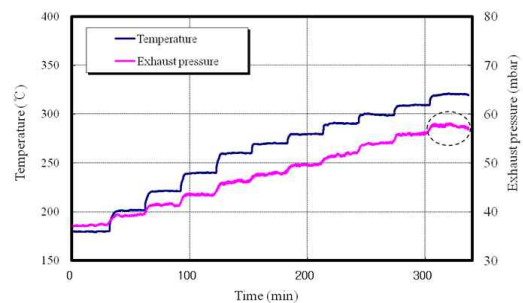


Fig. 3 BPT test of DPF+DOC(Lower Content).

### 참고 문헌

[1] M. Kwak et. al., "A Study on the Characteristics of Plasma-Burner/Catalyst DPF", KSAE09-B0051, 2009, pp. 321-326.