

촉매반응장치를 이용한 LNT/DPF + SCR/DPF 하이브리드 시스템의 de-NO_x 특성

강 우 석¹⁾ · 박 수 한²⁾ · 최 병 철²⁾

전남대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 전남대학교 기계공학부²⁾

Characteristics of simultaneous removal of NO_x and PM over a hybrid system of LNT/DPF + SCR/DPF in a catalytic test rig

Wooseok Kang¹⁾ · Su Han Park²⁾ · Byungchul Choi²⁾

¹⁾Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Chonnam National University, Gwangju 61186 Korea

²⁾School of Mechanical Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186 Korea

Abstract : In future, diesel emission after-treatment will be more complex in order to satisfy stringent emissions regulation. Accordingly, the after-treatment system for diesel vehicle requires the technology of minimizing the numbers of catalysts by integrating every individual catalysts. Therefore, it is necessary to plurally apply all after-treatment technologies such as LNT, SCR and DPF, etc. The aim of this study to investigate catalytic characteristics over a hybrid system of LNT/DPF + SCR/DPF. The LNT/DPF system released NH₃ during the rich phase. At this time, SCR/DPF located to downstream of LNT/DPF is used to remove the NH₃. As a result, this study confirmed that NO_x conversion of the hybrid system of LNT/DPF + SCR/DPF is higher than the single system of LNT/DPF since the LNT/DPF placed upstream the SCR/DPF released NH₃ and then the reductant of the SCR reaction over SCR/DPF system.

Key words : Catalyst(촉매), Aftertreatment system(후처리 시스템), SCR(선택적 환원촉매), DPF(디젤입자상 물질필터), LNT(질소산화물 흡착촉매)

1. 서 론

질소산화물(NO_x)과 입자상물질(PM, particulate matter)의 배출이 많은 디젤엔진은 배출가스 규제를 만족하기 위해 반드시 de-NO_x 촉매와 PM 저감용 후처리 장치가 차량에 장착되어야 한다. 최근 강화된 배출가스 규제에 따라 이들 후처리장치의 단독 적용 보다는 두 가지 이상 조합하여 복합적으로 장착되는 추세이다. 후처리장치의 고성능화, 고효율화에 따라 사용되는 귀금속(Pt, Pd, Rh)양도 함께 증가하게 되어 장치 가격의 상승을 초래한다. 또한 후처리장치 장착에 따른 차량 무게 증가는 연비 악화

에 영향을 주기도 한다. 따라서 디젤자동차용 배기 후처리장치는 각각의 개별적 배출가스 저감용 촉매를 최소의 수로 통합해야 할 필요가 있다. 이러한 요구에 따라 현재 DPF(diesel particulate filter)와 SCR(selective catalyst reduction)을 통합한 2-way 방식의 SCR/DPF¹⁾에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 내구성 및 PM 산화력 향상 등 해결해야 할 문제점이 남아있다.²⁾ 한편, LNT와 DPF를 통합한 촉매와 LNT/DPF + SCR/DPF 복합시스템에 관한 연구는 드물게 진행되고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 SCR과 DPF의 기능을 복합한 일체형 SCR/DPF 촉매와 LNT와 DPF의 기능을 복합한 일체형 LNT/DPF 촉매를 동시에 사용하는 하이브리드 배기 후처리 장치를 개발하여 모델가스 반응장치에서 LNT/DPF + SCR/DPF 하이브리드 시스템의 배출가스 저감특성을 파악하였다.

*박수한, E-mail: suhanpark@jnu.ac.kr

*최병철, E-mail: bcchoi@chonnam.ac.kr

2. 실험장치 및 실험방법

이 연구에서는 모델가스 반응장치를 이용하여 LNT/DPF+SCR/DPF 하이브리드 시스템의 de-NOx 특성을 파악하였다. 모델가스 반응장치는 가스공급부, 수분가습장치와 촉매반응부 그리고 분석기와 제어장치들로 구성되어 있다. 모델가스 성분은 디젤엔진의 배출가스를 고려하여 Table 1과 같이 구성하였다. 모델가스의 전체 유량은 2L/min (SV 28,000 h⁻¹)으로 공급하였고, 수분가습 농도는 1.5%로 하였다. LNT/DPF와 SCR/DPF에 사용한 DPF 담체는 Dura trap AC Filter (coming Inc.)로 18mm x 18mm의 크기로 하였으며 LNT/DPF 촉매는 Ba/Al₂O₃ 지지체에 Pt (2wt%)가 담지된 촉매가 코팅되었고, SCR/DPF 촉매는 Beta zeolite 지지체에 Cu 5wt%가 담지된 촉매가 코팅되었다. 촉매반응후의 가스성분은 3m의 Path length를 가지는 가스셀이 장착된 FT-IR(Midac)을 이용하여 공존 가스성분들을 5초마다 스캔하였다.

Table 1 Model gas components for evaluating the hybrid system of LNT/DPF + SCR/DPF

Gas composition	Lean	Rich
NO (ppm)	500	0
O ₂ (%)	10	0
CO ₂ (%)	5	0
CO (ppm)	500	30,000
C ₃ H ₈ (ppmC1)	450	0
H ₂ (ppm)	0	13,000
N ₂	Balance	Balance
λ	1.5	0.89
SV(1/h)	28,000	28,000
Duration (sec)	55	5

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 lean/rich주기를 55/5초로 운전하는 동안 LNT/DPF와 SCR/DPF 촉매 후단에서의 NOx 거동을 각각 나타낸 것이다. LNT/DPF+SCR/DPF 하이브리드 시스템의 NOx 정화율은 300℃ 이하 온도에서는 LNT/DPF 단독시스템과 비슷한 촉매 활성을 나타내고 있다. 그러나 LNT/DPF 촉매에서 NH₃가 생성되기 시작하는 300℃ 이상의 온도에서는 LNT/DPF 단독 시스템과 비교하여 LNT/DPF+SCR/DPF 하이브리드 시스템의 NOx 정화율은 약 15% 정도 향상되

었고 암모니아 발생량이 감소하는 450℃ 이상에서는 다시 LNT/DPF 단독 시스템과 비슷한 NOx 정화율을 나타내고 있다. 이것은 약 300℃ ~ 450℃ 사이의 온도에서는 LNT/DPF 촉매로부터 생성된 NH₃가 후단에 SCR/DPF 촉매의 환원제 역할을 담당하여 LNT/DPF+SCR/DPF 하이브리드 시스템의 NOx 정화율이 향상된 것을 의미한다. 결국 하이브리드 시스템에서는 전단의 LNT/DPF 촉매에서 부반응으로 생성된 NH₃가 후단의 SCR/DPF 촉매의 환원제로 사용되어 NOx 정화율 향상에 기여하는 것을 알 수 있다.

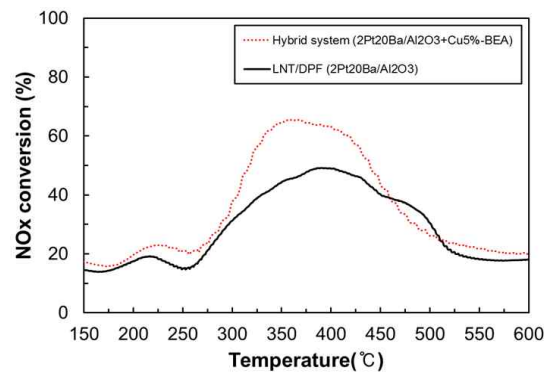


Fig. 1 The NOx conversion of the hybrid system and LNT/DPF

4. 결론

모델가스 반응장치에서 LNT/DPF+SCR/DPF 하이브리드 시스템의 성능을 평가한 결과 하이브리드 시스템의 de-NOx 특성은 LNT/DPF에서 생성된 NH₃의 생성량에 기인하여 향상되는 것을 알았다.

후기

본 연구는 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2015R1A4A1041746)입니다.

References

- 1) J. Tan, C. Solbrig, S. J. Schmieg, "The Development of Advanced 2-Way SCR/DPF Systems to Meet Future Heavy-Duty Diesel Emissions", SAE 2011-01-1140, 2011.
- 2) W.S. Kang, B.C. Choi, H.N. Kim, "Characteristics of the simultaneous removal of PM and NOx using CuNb-ZSM-5 coated on diesel particulate filter", Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 19, pp. 1406-1412, 2013