Copyright ⓒ 2021 KSAE
21SKSAE_A005

군용 차량 PM-NOx 동시 저감 장치의 배기가스 열유동 특성 해석

이 준 용[1] · 허 형 석[*1] · 오 광 철[1] · 박 현 대[2]

한국자동차연구원[*1] · 크린어스[2]

A Study about Exhaust Gas Thermal flow Characteristics for a Military vehicle PM-Nox Simultaneous Reduction Device

Junyong Lee[1] · Hyungseok Heo[*1] · Kwang Chul Oh[2] · Hyeondae Park[2]

Korea Automotive Technology Institute, 303 Pungse-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam 330-912, Korea[1]
CleanEarth, 120, Heungdeokjungang-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea[2]

Key words : 군용차량(Military Vehicle), 배기 시스템(Exhaust System), PM-Nox 저감 장치(PM-Nox Reduction Device), 미세먼지 저감(Fine-dust Reduction), CFD 열유동해석(CFD Thermal Flow Analysis)

* 허형석, E-mail: hsheo@katech.re.kr

현재 국방부에서 사용중인 군용 표준전술차량은 6~70년대의 설계를 바탕으로 생산, 운영함에 따라 과다한 배기가스의 발생으로 인해 대기 환경오염의 우려가 있으며, 국군 장병들의 폐기능에 심각한 영향을 줄 뿐만 아니라 부대 인근 민가까지 직접적인 피해를 끼치고 있는 상황이다. 이러한 군용 차량에 적용 가능한 PM-NOx 저감 기술을 개발하여 국가적 차원의 대기환경 개선 및 미세먼지 저감에 효과적으로 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 기존 군용차량 배기시스템에 부재한 배기가스 저감 장치를 장착하여 차량 출력에 영향을 줄 수 있는 배기가스 유동 저항(압력 손실)과 같은 배압 특성과 저감 장치 성능에 영향을 주는 유동 균일도에 대해서 고찰하였다.

대상 차량은 K711 차량으로 배기 시스템은 Fig. 1과 같이 배기가스 상류 측부터 버너, DOC, DPF, SCR 순으로 구성되어 있으며, 버너 전단에 배기가스 바이패스 밸브가 장착되어 있다. 장착 공간상 배기 시스템을 컴팩트화 하기 위하여 DOC, DPF 모듈과 SCR을 나란히 배치하고 DPF 후단과 SCR 전단을 배기 파이프로 연결하였으며, 연결 배기 파이프 내부에는 배기가스 유동 균일도 향상을 위한 믹서(Mixer)를 장착하였다.

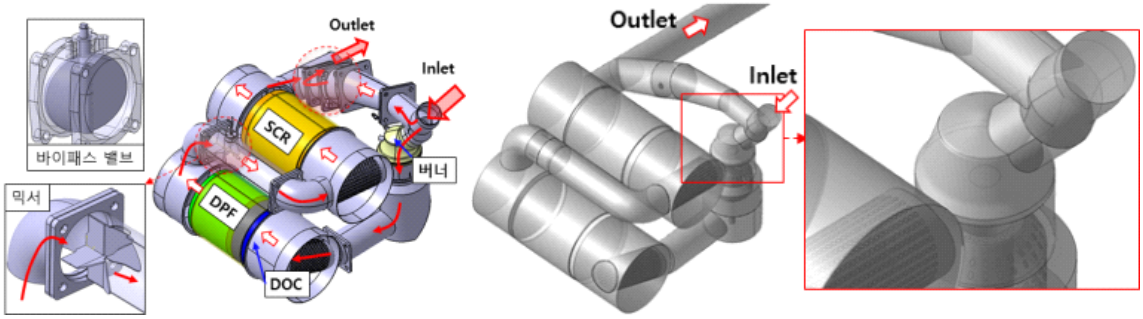

Fig. 1 배기시스템 레이아웃 및 3D 해석 모델

촉매 내부의 수많은 채널(channel)의 유동을 고려하여 계산하는 것은 하드웨어의 제한으로 쉽지 않기 때문에 필터를 압력 손실이 큰 다공성 물질로 가정하여 해석하는 것이 일반적이므로 CFD의 Porous Media 해석 기법을 이용하였다. 전체 시스템에서의 배기가스 배압 특성을 고찰하기 위하여 각 촉매의 배기 유량에 따른 유동 저항 실험 데이터와 이를 반영한 CFD 해석 결과를 비교하였다.

DPF로 유입되는 유량을 제어하기 위한 바이패스 밸브는 완전 닫힘 상태가 되더라도 배기 플랩과 배기관

사이의 간극 0.45 mm에서 누설이 발생하기 때문에 배기가스 유량에 따라 누설되는 유량을 검토하기 위한 해석을 진행하였다. 고유량으로 갈수록 누설되는 유량은 증가하나 압력 손실이 상대적으로 작은 쪽으로 흐르는 유체 특성으로 인해 배기 유량이 증가할수록 누설율은 감소하는 것으로 나타났다.

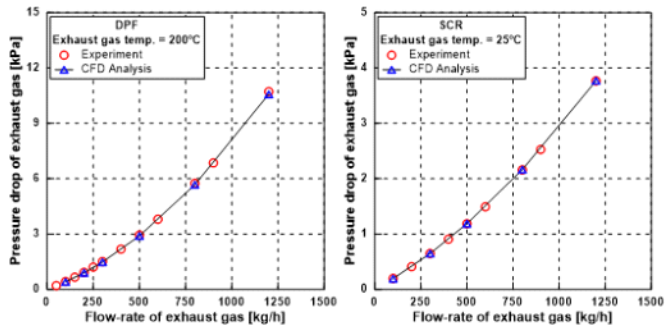

Fig. 2 DPF와 SCR의 유동저항 특성(Exp. vs CFD)

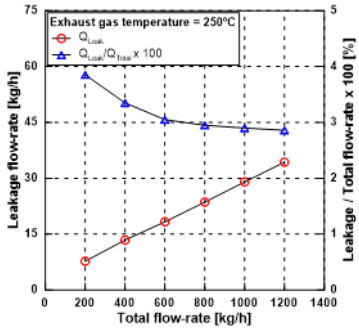

Fig. 3 바이패스 밸브 누설 유량 특성

배기 시스템에서 버너와 각 촉매로 유입되는 전단의 배기가스 온도분포와 유동 균일도는 버너 위치 선정의 적정성, 촉매의 성능 등에 미치는 영향이 크기 때문에 CFD 열유동 해석을 통해 유동 균일도를 정량화, 가시화 하여 비교 분석 하였다. 배기가스 입구 유량 1225 kg/h, 입구 온도 540℃ 조건에서 버너 전단의 배기가스 평균온도는 532℃에서 SCR 전단 491℃로 41℃ 감소하였다. 각 촉매 전단의 유동 균일도는 전부 0.97 이상으로 매우 균일하나 버너 전단에서는 배기 유로 구조상 유동이 다소 불균일하여 유동 균일도는 0.556 정도로 나타났다.

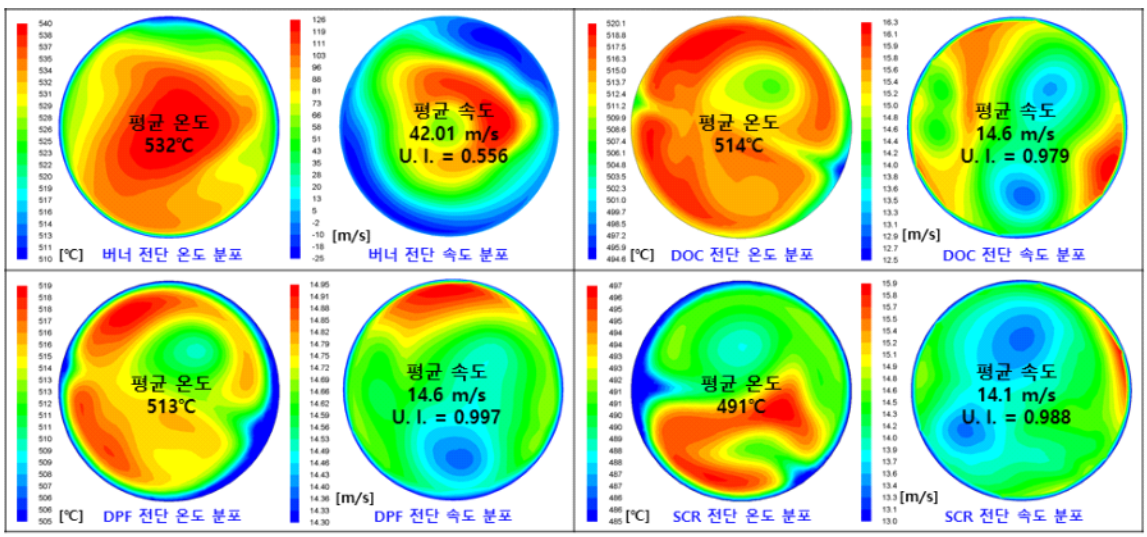

Fig. 4 버너와 각 촉매 전단에서의 온도 및 속도 분포

본 연구는 환경부의 지원으로 수행한 환경기술개발사업(과제번호 : RE202001110)의 일환으로 진행되었으며 연구를 지원하여 주신 기관에 감사드립니다.