

CT16) 경유 후처리장치에 의한 입자상물질 저감효과
- 입경분포를 중심으로 -
Diesel Particulate Reduction Efficiency by Diesel
Aftertreatment equipments
- Concentrate on the Particle Size Distribution -

*정일록, 엄명도, 류정호, **이규원

국립환경연구원 *폐기물연구부, 자동차공해연구소, **광주과학기술원

1. 서론

지구온난화의 주요 주범인 CO₂의 감축을 위해 자동차 연비 및 배출허용기준등을 전 세계적으로 강화하고 있으며 이에따라 선진국에서는 Super Car 및 3L Car Project등을 통해 초저연비자동차 개발을 추진하고 있다. 이런 추세에 따라 압축비가 높아 연소효율이 좋고 연료경제성이 가솔린엔진보다 우수한 경유엔진은 CO₂ 배출이 적어 향후 그 보급이 더욱 확대될 것으로 기대되고 있다. 그러나 경유엔진에서 주로 배출되는 NO_x와 입자상물질(PM)은 대기 및 인체에 미치는 위해성이 상당히 높고 특히 PM의 경우 기관지등에 침투하여 폐암의 원인이 될 수 있다는 최근 연구발표가 있으면서 인체위해성에 대한 논란이 가중되고 있으며 질소산화물 역시 지구온난화에 영향을 주는 물질로 알려져 PM 및 NO_x의 획기적인 저감대책 없이는 경유엔진 사용에 한계가 있다는 예상이 나오고 있는 실정이다.

특히 우리나라의 경우에는 연료비 절감등의 이유로 선진국에 비해 경유차량의 보유비율이 높고 경유엔진에서 배출되는 오염물질이 대기오염에 미치는 영향은 점차 증가하고 있으며, 1997년도에는 경유자동차에서 배출되는 오염물질 총량이 연간 약 1,145천톤으로서 자동차 전체 오염물질 배출량의 63.8%를 차지하고 있으며, 그 중에서도 대형경유엔진에서 배출되는 NO_x 및 PM은 전체 자동차에서 배출되는 양의 65.9%, 63.9%를 각각 차지하고 있어, 대기오염의 주범이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내·외 주요 후처리장치에 대한 배출가스 저감특성을 실험실적으로 실측, 매연 및 입자상물질과 미량유해물질의 저감성능을 평가하였으며, 국내에서는 처음으로 경유엔진에서 배출되는 미세먼지의 입경별 배출특성을 측정, 분석하였다.

2. 연구방법

1) 시험엔진

시험엔진은 국내에서 생산, 제작되어 시내버스 및 소형트럭등에 가장 많이 탑재되는 소형, 대형엔진등을 대상으로 하였으며 매연후처리 장치별 적용엔진의 주요제원은 표 1과 같다.

Table 1. Specifications of test engine.

구 분	매연여과장치					플라즈마장치 SD사	산화촉매장치		4원촉매장치		
	SK사	DW사	MD사	KH사			EH사	OD사	AT사 1	AT사 2	
				대형	소형						
엔진	제작사	대우중공업	←	←	기아	현대	대우중공업	←	←	←	
	모델	D2366	DE12T	←	←	SH	D6AU	DE12T	←	DE12	DE12T
	최고출력 (ps/rpm)	230/ 2200	300/ 2200	←	←	96/ 3200	225/ 2200	300/ 2200	←	225/ 2200	300/ 2200
	배기량(cc)	11,051	←	←	←	3,581	11,149	11,051	←	←	←
	흡기방식	NA	TC	←	←	NA	←	TC	←	NA	TC
적용차종	시내버스	11톤트럭	←	←	2.5톤트럭	시내버스	11톤트럭	←	시내버스	11톤 트럭	

2) 측정장치 및 시험방법

대형엔진동력계는 630kW의 AC동력계(오스트리아 AVL사, APA DYNO)이며, 대형경유엔진의 입자상물질을 측정하기 위한 시료채취장치는 미니회석터널(AVL 474)을 사용하였다. 이 장치는 엔진 배기가스의 일부를 채취하여 외부공기로 희석시킨후, 입자상물질을 테프론이 코팅된 유리섬유 여지(ϕ 70mm)에 포집하는 장치이다. 또한 입경측정은 전기적 이동차 입자 측정기(SMPS, scanning mobility particle sizer)를 이용하여 측정하였다. 본 시험에 사용된 시험운전모드는 엔진회전수와 부하율을 달리한 steady-state mode를 사용하였으며, 시험 후처리장치는 매연여과장치 5종, 플라즈마장치 1종, 산화촉매장치 2종, 4원촉매장치 2종을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 경유차 저공해기술중 주요 후처리장치에 대한 입자상물질의 성능시험 결과, 매연여과장치의 경우 매연을 80% 이상, 입자상물질을 70% 이상 제거하는 것으로 나타났으며, 플라즈마장치의 경우 매연을 61%, 입자상물질을 36% 제거하였다.

2) 후처리기술중 산화촉매장치의 경우 입자상물질의 제거효율은 10% 내외로 저조하였고, 일부 제품에서는 황산염이 27% 증가하였다. 4원촉매장치의 경우, 입자상물질의 제거효율은 나타나지 않았고, 황산염이 170% 이상 증가하였다.

3) 경유엔진에서 배출되는 매연을 포함한 미세먼지의 입경배출특성(개수 및 질량농도)과 매연여과장치를 포함한 후처리장치에 의한 장치별 입경저감특성을 조사한 결과, 대형엔진의 경우 입자개수는 $10^7 \sim 10^8$ 개/cm³로서 운전조건과 엔진의 종류에 다소 차이는 있지만 입자의 개수농도는 대략 100~200nm 범위였으며, 또한 소형엔진은 입자개수가 10^6 /cm³내외이며 입자크기는 대략 70~200nm였다. 후처리 장치에 대한 미세입자의 제거효율은 장치의 방법에 따라 제거 효율이 크게 달랐다. DPF방식의 경우 미세입자 제거효율이 대부분 80%이상을 보였으나, DPF이외의 방식을 사용하는 경우에는 40%이하의 제거효율을 보였으며 경우에 따라서는 전혀 제거하지 못한 경우도 있었다.

참 고 문 헌

- 자동차공해연구소(1998) 「매연 후처리장치 성능실험 결과 발표집」, 국립환경연구원, pp 5-25
- D. B. Kittelson and J. H. Johnson(1991) 「Variability in Particle Emission Measurements in the Heavy Duty Transient Test」, SAE paper 910738
- D. B. Kittelson(1998) 「Engines and Nanoparticles」, J. Aerosol Sci. Review Vol. 29. pp. 575-588
- D. J. Rieckard, J. R. Bateman, Y. K. Kwon, J. J. McAughey and C. J. Dickens(1996) 「Exhaust Particulate Size Distribution : Vehicle and Fuel Influences in Light Duty Vehicles」, SAE paper 961980
- G. Hunter(1997) 「Formation and Characterization of Particles」, Report of the 1996 HEI Workshop, Particle Formation in Combustion, HEI Commun, 5, pp. 6-7
- J. Patschull and P. Roth(1994) 「Measurement and Reduction of Particles Emitted from a Two-Stroke Engine」, SAE paper 941683
- J. Suzuki, H. Yamazaki, Y. Yoshida and M. Hori(1985) 「Development of Dilution Mini-Tunnel and Its Availability for Measuring Diesel Exhaust Particulate Matter」, SAE paper 851547
- L. Dürnholtz and H. Lüders(1997) 「Effects of a Diesel Particulate Filter on Particle Size Distribution of a Heavy Duty Diesel Engine」, Corning Particle Sizing Program - Final Report