

2D4) 경유후처리장치의 극미세입자 저감특성

Reduction Characteristics of Diesel Ultra Fine Particle by Diesel After-treatment Device

임철수 · 권상일 · 김종춘 · 류정호 · 박용희

국립환경과학원 교통환경연구소

1. 서론

경유자동차는 연료 특성상 매연을 포함한 입자상물질을 다량 배출하고 있으며, 이러한 디젤입자상물질은 인체에 유해한 발암성 및 돌연변이원성 물질들을 함유하고 있기 때문에 호흡 등을 통한 인체 유입 시 건강에 매우 유해하다. 그러므로 디젤입자상물질을 저감시키기 위한 여러 가지 기술들 중 발생된 배출가스가 배기관을 통해 대기중으로 배출되기 전에 엔진 연소실과 배기관 사이에 후처리장치와 같은 기술들을 이용하여 이를 저감시키고 있다. 이처럼 경유차 PM 배출규제기준 강화에 따라 향후 2~3년 내에는 배출되는 PM량이 매우 적어 현재의 여지 전·후 무게차를 이용한 중량측정방법으로는 정확한 PM 양을 측정하는데 어려움이 있다. 그러므로 경유차 기술이 앞선 유럽을 중심으로 하여 UN-ECE-GRPE에서는 '01년부터 정부기관, 자동차 제작사, 입자측정기기회사 등이 참여한 미세입자 측정 프로그램(PMP : Particulate Measurement Program)을 운용하여 많은 실험을 통해 향후 디젤자동차의 미세입자를 개수로 규제하기 위한 방안을 마련중에 있다. 본 연구에서는 PMP에서 제시한 경유입자개수 측정방법에 따라 대표적인 후처리장치인 DPF(Diesel Particulate Filter)와 DOC(Diesel Oxidation Catalyst) 장착에 따른 경유 극미세입자의 저감특성을 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법

경유 극미세입자 측정장치 구성도는 그림 1에 나타내었고, 주요 장치는 기본적으로 사이클론, 1, 2차 회석터널, 증발튜브 및 CPC(Condensation Particle Counter, TSI 3010D)로 구성되어 있다. 시료는 회석터널내의 총입자상물질 측정관 근처에서 채취하였고, 2.5 μm 이상 크기의 입자를 제거하기 위해 사이클론이 사용되었다. 1차 회석터널은 입자의 응축을 피하기 위하여 채취된 시료를 150 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시키면서 회석하였으며, 휘발성입자의 경우 회석온도에 따라 측정되는 농도 변화가 커서 규제대상에 적합하지 않다는 판단하에 PMP 규제 시험방법에서는 휘발성 입자를 제거하기 위하여 300 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열하는 증발튜브를 사용하였다.

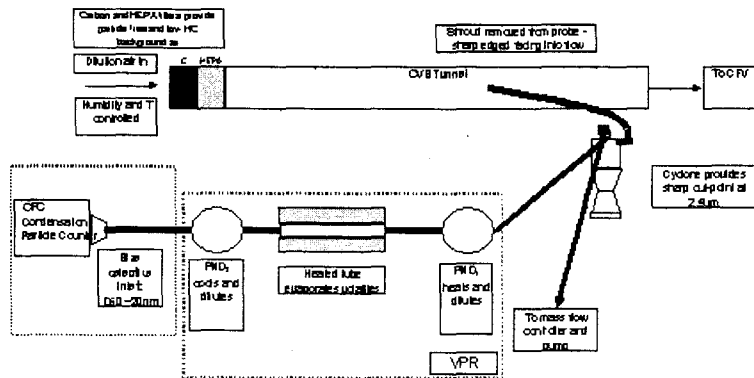


Fig. 1. Schematic diagram of diesel ultra fine particle measurement system.

마지막으로 CPC로 들어가는 시료가 온도 35℃ 이하 및 개수농도가 $10^4(N/cm^3)$ 이 되도록 2차 회석터널에 회석한후 측정효율이 D10(10%효율) $16\pm 1nm$, D25(25%효율) $18\pm 2nm$, D50(50%효율) $23\pm 3nm$, D90(90%효율) $37\pm 4nm$ 가 되는 CPC(TSI 3010D)를 사용하여 입자 개수농도를 연속으로 측정하였다. 시험차량은 DOC+DPF가 장착된 2,000cc급 경유승용차이며, 운전모드는 국내 및 유럽의 경유차 규제시험 모드인 ECE15+EUDC모드를 사용하였고, 연료는 황함량 30 wt. ppm 이하인 초저황경유로 시험하였다. 또한 대형버스 및 트럭용 엔진에 DPF의 장착에 따른 극미세입자 저감특성도 평가하기 위해 PMP 측정 방법과는 달리 흡착튜브를 사용하지 않고 입경별 입자개수농도로서 측정하였다. 엔진은 배기량 11,100cc 급이며, 시험운전모드는 엔진동력계상에서 엔진회전수와 부하율에 따른 운전조건별(1200rpm/10, 25, 50, 75, 100% 부하율과 2000rpm/10, 25, 50, 75, 100%부하율)로 측정하였다. 입경측정장치는 CPC (condensation particle counter; TSI 3010)와 Long DMA가 연결된 SMPS(scanning mobility particle sizer; TSI 3936)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

ECE15+EUDC모드 주행에 따른 실시간 입자 배출농도를 그림 2에 나타내었는데, 전체 운전 구간에서 입자가 높게 배출되었고, 특히 초기 저온 시동구간과 고속 고온 주행조건을 대표하는 EUDC 구간에서 높게 배출되었는데, 이는 초기 저온구간의 경우 DOC+DPF 장치의 활성화가 되지 않아 입자저감율이 낮고 불완전연소율이 높기 때문이며, 고속고온구간의 경우 경유중 황성분의 산화로 인한 SO₂ 및 황산염으로의 전환이 잘 이뤄진 것과 부하율 증가에 따른 미연소 연료의 증가로 이들이 전체 입자개수 증가에 영향을 미친 것으로 사료된다. 대형엔진의 DPF 장착에 의한 입자개수의 제거율은 그림 2에서 알 수 있듯이 대부분의 입자크기들에서 99% 이상으로 매우 높게 나타났다.

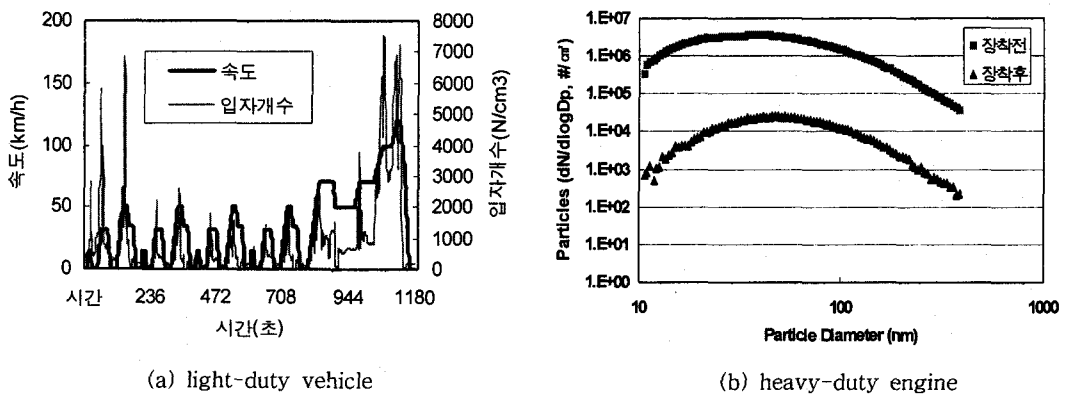


Fig. 2. Particle number of diesel vehicles with/without diesel after-treatment device.

참고 문헌

- GRPE, 2004, Conclusion on Improving Particulate Mass Measurement Procedures and New Particle Number Measurement Procedures Relative to the Requirements of The 05 Series of Amendments to Regulation No. 83, 48th GRPE agenda item 2.
- D E Hall, 2001, Measurement of the number and mass weighted distributions of exhaust particles emitted from european heavy duty engines, CONCAWE.
- Kittelson, D. B., 1998, Engines and Nanoparticles : A Review, *J. Aerosol Sci.*, 29, 575-588.