

PA1) 경유자동차 입자상 오염물질 측정을 위한 희석장치 개발 Development of Dilution System for Measuring the Diesel Exhaust Particles

정정선, 권순박, 이규원, 류정호¹⁾, 엄명도¹⁾

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾국립환경연구원 자동차공해연구소

1. 서론

디젤엔진을 이용한 자동차는 연료의 효율성 및 경제성 등에서 많은 장점을 가지고 있기 때문에 버스, 트럭 등의 대형 경유자동차에서 널리 사용되고 있다. 하지만 디젤 입자상 물질(DPM; Diesel Particulate Matter), NOx 등이 대기 환경을 크게 악화시키고 있다. 경유자동차에서 배출되는 입자상 물질과 NOx 등의 오염물질 배출을 최소화하기 위해서는 엔진의 성능을 향상시켜 근본적으로 오염물질을 줄이는 방법과 후처리 장치를 개발하는 방법이 있다. 그러나 디젤엔진의 초고압 연료분사기술 등이 연료를 더욱 효율적으로 연소시켜 심미적인 영향과 시정악화를 유발하는 매연 등 큰 입자의 제거에는 용이하지만 0.1 μ m 이하의 미세 입자의 발생량을 크게 증가시킨다는 연구결과가 보고되고 있다(Huner et al., 1997; Bagley et al., 1996). 결국 엔진의 성능이 향상된 디젤엔진에서 더 많은 미세 입자가 발생되고 있다고 할 수 있다. 후처리 장치의 경우 DPF(Diesel Particulate Filter) 및 산화촉매 방식 등이 연구되고 있으나 경제성 및 제거효율 등에 대한 논의가 진행중인 상태이다. 또한 1970대 이후부터 경유자동차 입자상 오염물질의 인체 유해도에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에는 디젤엔진에서 배출되는 입자상 오염물질의 총 질량보다는 질량이 적은 미세 입자들이 인체에 더욱 유해하다는 연구결과가 보고되었다(Dürnholz and Lüders, 1997; Krüger et al., 1997). 또한 미국의 HEI(Health Effect Institute) 조사 결과에서 폐포에 도달하는 유효성이 높은 입자의 크기가 0.1 μ m 이하의 미세입자로 보고되고 있다. 디젤엔진에서 배출되는 입자상 오염물질의 크기는 대부분 1 μ m 이하이고, 이러한 입자들은 큰 입자에 비해 넓은 비표면적을 가지고 있어 발암성 및 인체에 유해한 오염물질과 쉽게 흡착되어 체내에 흡입될 경우 치명적인 피해를 일으키게 된다. 인체에 대한 유해도는 입자 크기에 크게 의존하기 때문에 현재 질량기준의 대기환경규제가 미세입자의 크기분포와 더불어 물리적·화학적 특성을 고려한 방식으로 변경되어야 할 것이다. 따라서 경유자동차에서 배출되는 미세입자의 크기분포 측정을 위한 희석장치의 개발과 희석조건에 따른 입경분포 변화에 대한 연구가 매우 중요한 연구과제로 대두되고 있다.

2. 연구 내용 및 방법

경유자동차에서 배출되는 미세입자의 크기분포는 입자의 크기에 의존하는 세가지 기작, 즉, 확산(diffusion), 열영동(thermophoretic)과 전기적영동(electrophoretic)에 의한 손실과 응집(coagulation), 불균일 응축(heterogeneous condensation) 및 균일 핵생성(homogeneous nucleation)에 따라 영향을 받게 된다. 결국, 실험실에서 측정되는 경유자동차 입자상 오염물질의 크기분포는 희석장치에 따라 매우 큰 영향을 받게 된다(Khalek et al., 2000; Morawska et al., 1998). 그러나 희석장치에 대한 연구가 부족하고, 아직 그 규격화가 논의 중인 상태이다. 따라서 측정결과의 신뢰성을 보장받고, 기존 연구결과와의 상호비교를 가능케 하려면, 배출가스의 희석과정에 대한 정확한 정보가 필수적이다. 그러므로 희석조건을 측정하는 동시에 제거가 가능한 희석장치의 개발이 절실하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 대형 경유자동차에서 배출되는 입자상 오염물질을 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer; TSI Inc., Model 3936) 장치를 사용하여 측정할 수 있고, 고온상태의 가스를 적정온도로 냉각시키며 고농도의 입자상물질을 SMPS의 측정범위 이내로 희석시킬 수 있는 희석장치를 개발하는 것을 목표로 하였다. 개발된 장치는 국립환경연구원 자동차공해연구소의 대형경유자동차 동력계에 설치되어 성능평가를 수행하였다.

3. 희석장치 설계 및 제작

경유자동차 입자상 오염물질의 측정을 위하여 그림 1과 같은 희석장치를 구성하였다. 이 장치는 배기관(exhaust tunnel)내의 배출가스를 등속흡입하여 희석관(dilution tunnel)에 공급할 수 있는 이송관(transfer tube)과 희석공기(dilution air) 공급장치, 혼합노즐(mixing nozzle), 그리고 SMPS와 연결된 샘플링관(sampling tube)으로 구성되어 있다. 이송관에는 차압계와 임계오리피스를 설치하여 유량을 제어하고, 배기관과 희석관에 각각 압력 및 온도 측정기를 설치하였다. 희석공기의 유량을 제어하고, 핵화 및 응축현상을 최소화하기 위하여 건조공기를 공급하였으며 HEPA필터를 사용하여 입자상물질을 제거하였다. 대형엔진에서 배출되는 배출가스는 운전조건에 따라 80~700℃사이를 유지하게 되며, 이 배출가스의 일부는 이송관을 통하여 희석공기와 약 1m의 희석관에서 희석된다. 경유자동차 입자상 오염물질의 크기분포에 큰 영향을 주는 희석비는 배기관과 희석관에서 각각 측정된 NOx(또는 CO)의 농도를 이용하여 결정하였으며, 등속흡입량과 희석공기량을 이용한 계산 결과와 비교하였다.

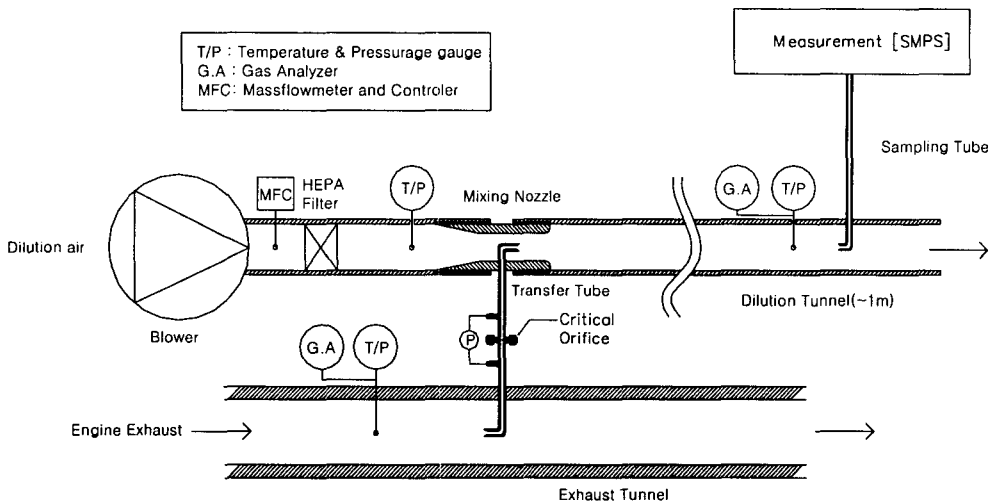


그림 1. 희석 장치 개요도

감사의 글

본 연구의 수행에 도움을 주신 (주)동양전기화학과 (주)ABC무역 에 감사드립니다.

참고문헌

- Khalek, I. A., D. B. Kittelson, and F. Brear (2000) SAE 2000-01-0515.
- Morawska, L., N. D. Bofinger, L. Kocis, and A. Nwankwoala (1998) Environ. Sci. & Technol., 32; 2033-2042.
- MacDonald, J. S., S. L. Plee, J. B. D'Arcy and R. M. Schreck (1981) SAE800185
- Suzuki, J., H. Yamazaki, Y. Yoshida, and M. Hori (1985) SAE851547