

2D2) 대형자동차의 극미세입자 배출특성에 관한 연구

A Study on the Emission Characteristics of Nano-particles in a Heavy-duty Vehicle

김예은 · 류정호 · 권상일 · 전상우 · 이동민 · 김현근
 국립환경과학원 교통환경연구소

1. 서 론

자동차에서 배출되는 입자상물질은 유해한 유기성분을 흡착한 검댕의 고체입자로 수많은 발암물질이 흡착되어 있는 물질로 알려져 있다. 특히 나노미터 단위의 극초미세입자는 대기 중으로 확산·이동하여 물리·화학적 반응을 통하여 대기환경을 오염시키고 인체에 악영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 자동차에서 배출되는 극미세입자의 인체유해성이 사회적 논란으로 대두되면서 국제기구인 UN ECE GRPE/PMP(극미세입자 전문가 그룹)에서는 미세먼지에 대한 질량농도 규제방식을 대체할 수 있도록 개수농도를 규제하는 방안을 준비 중에 있다. 이러한 동향은 미국, 영국, EU 등이 제안하여 설립된 국제연합성격의 GRPE(Group de Rapporteurs sur la Pollution)내에서 향후 소형 및 대형경유자동차에서 배출되는 극미세입자를 평가·계측하고자 PMP(Particle Measurement Program)라는 실무그룹을 결성하면서 배출규제방안이 적극적으로 논의되기 시작하였으며 최근 유럽의 소형차의 극미세입자 배출규제(안)이 제시되었다. 국내에서도 이러한 세계적인 배출규제활동에 적극적으로 대응하고자 환경부를 중심으로 한국과학기술원 등 몇몇 산학연이 참여하는 KPMP 포럼을 결성하였으며 이를 통해 유럽, 일본, 미국 등과 공동연구에 참여함으로써 향후 설정될 극미세입자의 국제표준기준에 대응하고 국내 실정에 적합한 극미세입자의 규제방법(안) 마련에 기여하고자 하였다. 본 연구에서는 EU에서 검토하고 있는 대형차의 극미세입자 배출규제(안) 및 측정방법 제정과 관련하여 극미세입자 배출규제가 국내 자동차 산업 및 환경 산업에 미치는 영향을 분석하는 사전단계로서 국내 운행중인 대형차의 극미세입자 배출특성을 대형차대 동력계상에서 운전조건별로 측정, 분석하고 청정연료 및 배연후처리장치 사용에 따른 극미세입자의 배출저감특성도 함께 분석, 평가하였다.

2. 연구 및 방법

시험은 실제도로 주행조건을 실험실에서 모사하여 재현할 수 있는 대형차대동력계와 입자상물질의 입경별 개수농도를 실시간으로 측정할 수 있는 극미세입자 측정장치 그리고 배출가스 분석장치등을 이용하여 국내 실도로주행패턴을 실측, 차대동력계에서 재현할 수 있도록 개발된 차속별 주행시험모드인 차속별 NIER모드와 대형차 배출규제시험모드를 차대동력계에서 재현할 수 있도록 개발한 ETC(European Transient Cycle), ESC(European Steady-state Cycle)모드 등에서 측정, 평가하여 측정조건별 극미세입자를 실시간으로 측정, 분석하였다. 시험차량의 주요제원은 표 1에, 차속별 NIER모드의 주요특성은 표 2에서 각각 보여주고 있으며 그림 1은 대형차대동력계를 이용한 배출가스 측정모습을 나타낸 것이다.

Table 1. 시험차량의 주요제원.

제작사	Engine model	Model Year	Displacement	Max Power(kW/rpm)
대우	DV11	2005	10,964cc	309/1,800
대우	DE08Tis	2004	8,071cc	176/2,300
현대	D6AB	2003	11,149cc	228/2,200

Table 2. NIER모드의 주요운전특성.

시험모드	주요 특성			
	주행시간(s)	주행거리(km)	평균속도(km/h)	최고속도(km/h)
NIER 1	891	1.13	4.56	32.4
NIER 3	900	2.64	10.56	46.9
NIER 6	919	5.08	19.88	68.1
NIER 9	925	8.31	32.33	78.1
NIER 12	898	11.80	47.30	85.4

3. 결과 및 고찰

정속 주행패턴을 가지는 ESC 모드와 과도운전구간이 포함된 ETC모드에서의 극미세입자 및 규제물질 을 실시간으로 측정하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보여주듯이 규제대상물질인 CO, NOx 등은 모드가 전환되는 급가속구간에서 배출농도가 급격히 증가하는 경향을 보이고 있는 반면 HC는 비교적 차속 변화에 큰 영향을 받지 않고 일정한 배출형태를 보여주고 있다. 한편 극미세입자의 개수농도는 차속 변화에 따라 민감하게 변화하고 있으나 상대적으로 운전조건이 급격히 변하는 가감속운전조건에 따라 급격한 극미세입자 배출경향은 나타나지 않았으며 전체 구간에서 일정한 배출형태를 보이고 있다.

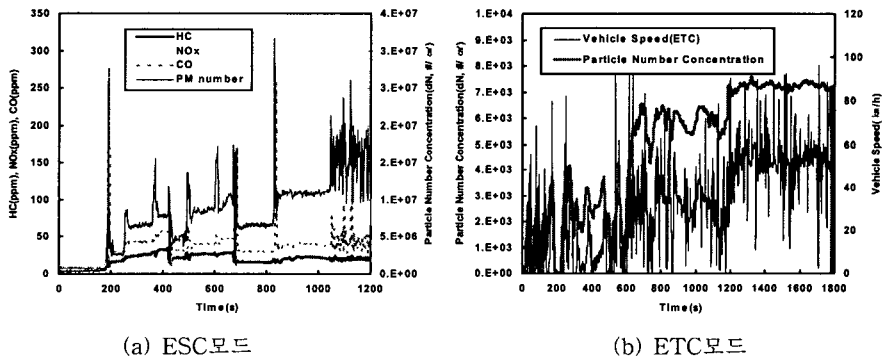


Fig. 1. 유럽시험모드별 극미세입자 및 오염물질 배출특성(a, b).

그림 3은 차속에 따른 극미세입자의 배출특성을 살펴보기위해서 유럽의 시내, 국도 및 고속도로상의 실제 주행패턴을 모사하여 개발된 ETC 모드, 정속주행 조건인 ESC 모드와 국내 주행패턴을 모사하여 개발한 NIER모드상에서 극미세입자의 총 개수농도를 측정하여 그 결과를 나타낸 것이다.

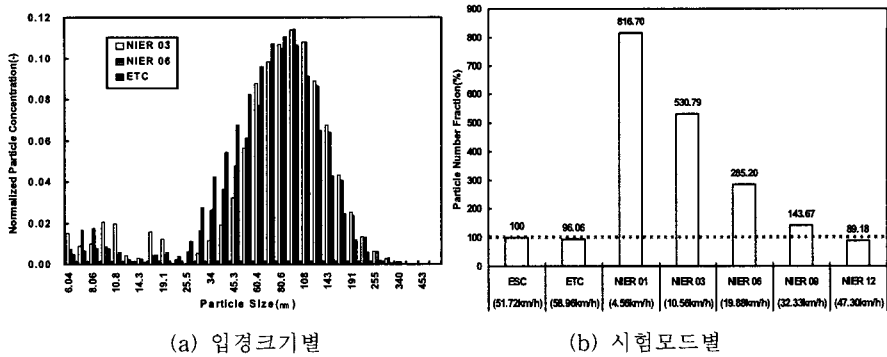


Fig. 2. 시험모드별 극미세입자의 배출특성(a, b).

국내 보급된 매연여과장치(Diesel Particulate Filter)와 천연가스를 사용할 경우 극미세입자의 저감특성을 측정하여 그림 4에 나타내었다. 그림에서 보여주듯이 매연여과장치 장착에 따라 극미세입자는 약 95% 이상, 천연가스 사용에 의해서는 90% 이상 저감되었다.

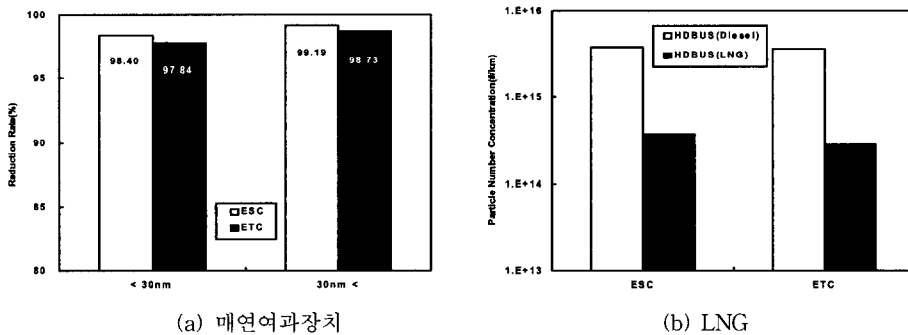


Fig. 3. 매연여과장치 및 천연가스 사용에 따른 극미세입자 저감성능.

참고 문헌

Air & Waste Management Association (2002) Factors affecting heavy-duty diesel vehicle emissions, Journal of Air & Waste Management Association 52, 84-94.

David, B. Kittelson (2000) Measurement of engine exhaust particle size, Presentation review.

David, B. Kittelson (2000) Nanoparticle emissions from internal combustion engines, The royal society discussion meeting, Presentation review.

ELSEVIER (1998) Engines and Nanoparticles a Review, Journal of Aerosol Science, 29(5-6), 575-588.

Kirby, J. Baumgard and John H. Johnson, The effect of fuel and engine design on diesel exhaust particle size distributions, SAE 960131.

The royal society discussion meeting (2000) Nanoparticle emissions from internal combustion engines, Presentation review.