

1A2)

Pt촉매반응에 의한 바이오연료(Ethanol-85, BD100)별 엔진 나노PM 저감 특성

Reduction Characteristics of Nano-sized Particles Emitted by Bio-fuel Engine with Pt-based Catalyst

이진욱 · Nicos Ladommatos¹⁾

한국기계연구원 환경기계연구본부, ¹⁾University College London (UCL)

1. 서론

지구 온난화 규제가 본격화되면서, 21세기 대표산업인 자동차 산업은 자동차 기술과 정책(대기환경개선 측면)에 대한 새로운 각도에서의 재평가 필요성이 제기되고 있는 실정이다. 특히 자동차 환경, 안전, 연비 등의 규제강화 중에서, 현재 선진국을 중심으로 한 대기 환경문제의 대두는 자동차 기술의 패러다임을 변화시키고 있다. 최근 자동차 연비 및 CO₂ 저감 측면에서 가장 유리한 직접분사식 디젤승용차는 엔진 연소 개선을 통한 원천적인 배출가스 저감과 함께, 배출되는 유해가스를 제거하는 후처리 기술 개발로 인해, 현재 유럽에서 적용중인 배출가스 규제(EURO 4)를 만족할 만큼 크게 발전하였다. 이러한 상황에서, 유럽연합(EU) 환경위원회는 디젤 입자상물질 뿐만 아니라 자동차에서 배출되는 나노크기(10억분의 1미터) 수준의 극미세입자(nano particles)로 인한 대기오염 및 인체 유해 영향 연구를 진행하면서 현재의 PM질량 측정방법을 대체할 새로운 측정법 및 기준을 마련하고 있는 중이다(UN/ECE GRPE, 1994). 이를 통해 차기 EURO6(2010년이후)기준에서는 현재 질량농도와 동시에 극미세입자 크기 및 개수농도를 본격적으로 규제할 예정이다(Kasper, 2004).

2. 연구 방법

따라서 본 연구에서는 대표적 자동차용 내연기관인 동일 배기량의 점화플러그방식 엔진과 압축착화방식 엔진을 대상으로 해서, 산화적 화학반응을 가지는 촉매에 의해 저감되는 미세입자(약 200nm이하)의 배출 저감특성을 분석하였다. 먼저, 점화플러그방식 엔진에 적용한 연료는 기존 가솔린 연료(unleaded 95RON)와 함께 지구온난화 억제를 위해 시급한 CO₂배출량 규제뿐만 아니라 탈 석유에너지정책의 일환으로 사용중인 85% 바이오 에탄올이 가솔린에 혼합된 연료(이하 E85)를 사용하였다. 반면에, 압축착화방식 엔진에서는 황함유량이 10ppm이하인 초저유황 디젤 연료(ultra-low sulfur diesel, 이하 ULSD)와 연소효율 측면에서 상대적으로 유리한 압축 자기착화 엔진에 적용할 수 있는 연료인 100% 순수 바이오 디젤(이하 BD100)를 적용하였다. 그리고 배출되는 극미세입자의 측정을 위해서, DMS (Differential Mobility Spectrometer) 500시스템을 본 연구에서 사용하였다. 이 시스템은 Fast Particulate Spectrometer의 일종으로, 입자 직경 5nm에서 1,000nm까지의 극미세입자를 실시간으로 분석할 수 있는 특징이 있다. 표 1은 본 연구에 사용한 연료의 물성치를 비교해서 나타낸 것이다.

Table 1. Physical and chemical properties of Gasoline, E85, ULSD and BD100 fuels.

Properties	Chemical formula	Carbon (%wt)	Hydrogen (%wt)	Oxygen (%wt)	Density (kg/L at 20°C)	A/F ratio	LHV (NJ/kg)
Gasoline	C _n H _{1.87n}	85	15	0	0.732	14.7	43.8
E85	-	57	13.5	30	0.783	9.86	29.2
ULSD	C _n H _{1.8n}	86	14	0	0.84	14.6	42.5
BD100	Methyl Ester	77	12	11	0.88	12.3	37.3

3. 결과 및 고찰

그림 1은 DMS상에서 실시간으로 측정된 극미세입자의 개수분포 스펙트럼(예)을 나타낸 것이다. 극미

세입자 분포 패턴은 매우 일정하며, 이를 바탕으로 다양한 엔진운전조건별로 취득한 입자데이터의 해석 시, 각 운전조건별로 정상상태 200초 동안 측정 데이터를 앙상블 평균(ensemble average)하였다.

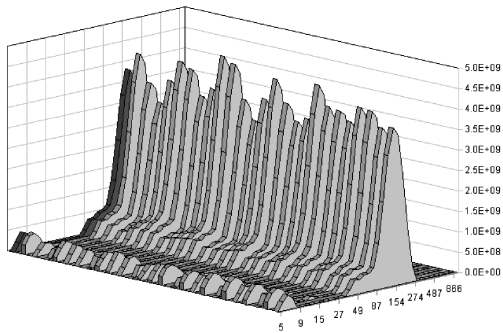


Fig. 1. Real-time dynamic particle spectrum measured by DMS system.

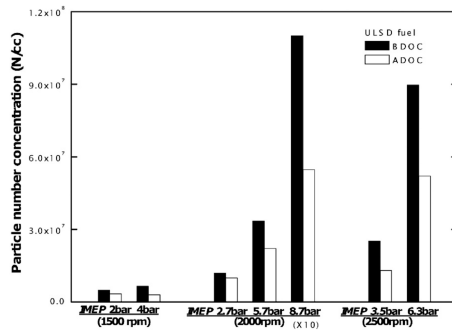
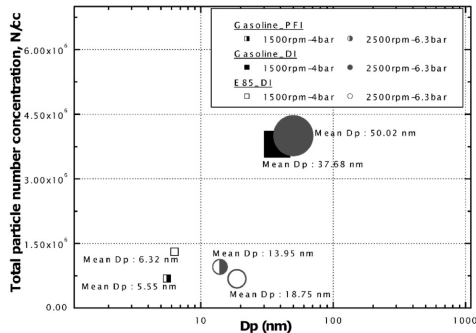
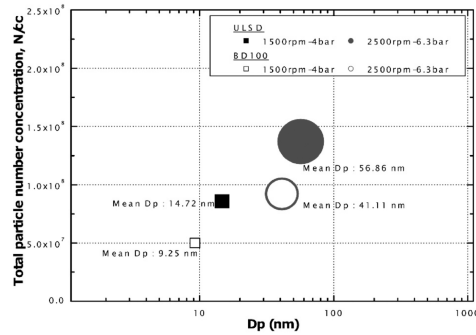


Fig. 2. Effect oxygen catalyst on particle number concentration with dilution ratio of 30:1.



(a) Gasoline and E85 fuels



(b) ULSD and BD100 fuels

Fig. 3. Comparison of mean particle diameter and total particle number concentration.

그림 2는 BD100연료에 비해 상대적으로 많은 입자를 배출하는 ULSD연료에 대하여 accumulation mode별(입경 50~200nm범위인)로 전 엔진운전조건에서, Pt촉매전후 측정된 극미세입자의 개수농도분포를 나타낸 것이다. 엔진회전수 및 부하가 증가할수록 Pt촉매에 의한 입자저감 성능은 accumulation mode내 입자의 경우, 매우 우수함을 알 수 있었다.

그림 3은 4가지 연료별로 측정된 직경 5nm~1,000nm사이의 미세입자들의 평균 입자직경 크기와 입자 개수농도분포를 비교해서 나타낸 것이다. 전기점화엔진에 사용되는 가솔린과 E85연료의 경우, 압축착화엔진에 비해 상대적으로 작은 크기의 평균 입자직경과 낮은 입자개수농도분포를 가진다. 특히 공기와 연료의 충분한 혼합기간이 주어지는 PFI연료분사 방식을 적용할 경우, 직접 연료분사방식에 비해 약 76% 그리고 압축착화 디젤엔진에 비해 약 99.3%의 입자개수농도만을 배출하는 특성을 보임을 알 수 있었다. 또한 합산소연료인 E85연료를 사용할 경우, 가솔린연료에 비해 평균 입자직경이 약 37.4% 정도인 작은 입자들의 개수농도는 약 83% 저감됨을 알 수 있었다. 결론적으로, 자동차 엔진에서 배출되는 미세 입자의 저감에 있어서, 전기점화엔진의 경우, 연료분사방식이 주된 영향 인자인 반면에, 압축착화엔진의 경우, Pt촉매와 대체연료의 사용이 주된 영향 인자가 될 수 있음을 본 연구를 통해 밝혔다.

사 사

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2007-611-D00007)로써, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Kasper, M. (2004) The Number Concentration of Non-Volatile Particles Design Study for an Instrument According to the PMP Recommendation, SAE Paper 2004-01-0960.
- UN/ECE GRPE (2004) Conclusion on Improving Particulate Mass Measurement Procedures and New Particle Number Measurement Procedures Relative to the Requirements of Amendments to Regulation No.83, 48th GRPE Agenda-Item(II).