Diesel, DME, Bio-diesel 연료가 실제 도로 주행 조건에서 입자상물질 배출에 미치는 영향 파악

이 석 환* · 김 홍 석 · 박 준 혁 · 조 규 백

한국기계연구원 그린동력실

On-road Investigation of PM Emissions according to Vehicle Fuels (Diesel, DME, and Bio-diesel)

Seokhwan Lee* · Hongseok Kim · Junhyuk Park · Gyubaek Cho

Engine R&D Team, KIMM, 171 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-338, Korea
(Received 13 July 2011 / Revised 2 September 2011 / Accepted 5 September 2011)

Abstract : To measure the traffic pollutants with high temporal and spatial resolution under real conditions, a mobile emission laboratory (MEL) was designed. The equipment of the mini-van provides gas phase measurements of CO, NOx, CO₂ and THC (Total hydrocarbon), and number density & size distribution measurements of fine and ultra-fine particles by a fast mobility particle sizer (FMPS) and a condensation particle counter (CPC). The inlet sampling port above the bumper enables the chasing of different type of vehicles. This paper introduces the technical details of the MEL and presents data from the experiment in which a MEL chases a city bus fuelled by diesel, DME and Bio-diesel. The dilution ratio was calculated by the ratio of ambient NOx and tail-pipe NOx. Most particles from the bus fuelled by diesel were counted under 300 nm and the peak concentration of the particles was located between 30 and 60 nm. However, most particles in the exhaust of the bus fuelled by DME were nano-particles (diameter: less than 50 nm). The bus fuelled by Bio-diesel shows less particle emissions compare to diesel bus due to the presence of the oxygen in the fuel.

Key words : Size distribution(사이즈 분포), Mobile emission laboratory(이동형 자동차 배출가스 측정시스템), Car chasing(차량추적), DME(디메틸에테르), Bio-diesel(바이오디젤)

1. 서 론

자동차 배출가스 오염에 대한 인식의 변화로 인하여 과거에는 대기질 악화에 중점을 주어서 PM, HC, NOx, CO, SO₂ 등과 같은 배출가스를 규제하였다. 하지만 근래에는 배출가스가 건강에 미치는 영향을 심각하게 고려하기 시작하였으며 이로 인하여 디젤나노입자 및 PAHs(다환방향족탄화수소)를 규제하려는 움직임이 있으며, 향후에는 배출가스가 지구온난화에 미치는 영향까지도 고려하여 CO₂ 및

Black carbon을 규제하려는 움직임도 있다.

국내에서는 배출가스에 의한 오염을 관리하기 위하여 PM, HC, CO, NOx 등의 배출가스 및 연료의 함량을 규제하고 있으며 최근에는 새로운 대기오염 물질로 부각되고 있는 극미세입자(Nano-particle)를 규제하려는 움직임도 있으며 이미 미세먼지의 경우 규제치가 설정되어 있다.

인체에 위해성을 미치는 미세먼지 관리를 위해 우리나라는 총 부유분진(TSP)과 별도로 인체에 흡입되어 폐에 침착 가능성이 큰 직경 10 µm 이하인 먼지(PM₁₀)를 환경정책기본법으로 관리하고 있다.

*Corresponding author, E-mail: shlee@kimm.re.kr

미세먼지에 대해 연간평균치 $70 \mu\text{m}/\text{m}^3$ 이하, 24시간 평균치 $150 \mu\text{m}/\text{m}^3$ 이하로 기준을 관리하고 있는데 이 기준은 미국, 일본, 홍콩, 싱가포르 등 외국과 유사한 수준이나 EC 권고기준에 비해서는 다소 완화된 수준이다.

미세먼지 및 배출가스에 의한 대기오염을 줄이기 위하여 DPF/DOC 부착, LPG 엔진개조, CNG 버스보급 등의 대기질 개선사업 정책을 정부에서 시행하고 있지만 대기질 개선사업 효과의 현장 평가도구 및 운영체계가 미흡하며 자동차 인접 대기오염 모니터링 도구 및 인체 위해성 자료가 없는 실정이다. 평균된 대기질의 변화로는 자동차 환경정책의 성과 분석이 매우 늦으므로 자동차 인접 지역의 국소 고농도 대기오염 현상(hot spot)의 평가가 필요하며 교통 혼잡 지역의 도로변/도로에서 측정하여 환경정책의 효과를 단기간에 파악하여야 한다.^{1,2)}

극미세입자의 배출특성은 엔진기술과 샘플링 기술, 특히 희석비 및 잔류시간에 따라 달라지므로 엔진에서 배출되는 미세입자와 실제 대기 중에서 측정되는 미세입자의 특성은 다를 수 있다.³⁾ 따라서 Laboratory 실험과 On road test(추적계측) 결과를 상호 비교하여 실제 주행조건에서 극미세입자의 배출 특성을 파악하는 연구들이 진행되었다.^{4,5)}

또한 후처리장치 등의 저공해기술 적용 및 대체연료 사용에 의한 대기질 개선 효과를 실 주행 조건에서 평가하는 것이 필요하며 실제 도로 주행 시 개별 자동차의 배출특성을 평가하여 엔진동력계 또는 차대동력계 시험결과의 검증 및 보완하며 실주행시 문제점을 사전에 파악하여 대응하여야 한다. 운행 중인 차량에서 배출되는 배출가스 및 미세입자의 배출 특성을 평가하기 위해서는 MEL을 이용하는 것이 효과적인 방법이며 많은 연구들이 수행 중이다.⁶⁻⁹⁾

본 논문에서는 다양한 차종을 추적 계측하기 위한 MEL 차량을 소개하며 실제 MEL 차량을 이용한 추적실험을 통하여 디젤, DME 및 바이오디젤(BD50)을 연료로 사용하는 버스의 도로상 미세입자 배출 특성 결과를 제시하고 있다. DME와 Bio-diesel 연료를 사용하는 압축착화 엔진에서는 디젤을 사용하는 경우에 비해서 함산소 효과로 인하여 입자상

물질 저감효과가 있다고 실험적으로 알려져 있다.^{10,11)} 엔진에서 배출되는 입자상물질을 측정하는 경우에는 보통 250°C 정도로 가열된 희석장치를 거치면서 휘발성 입자(volatile particle)들이 제거된 고체입자(solid particle)들만 측정한다. 하지만 실제 차량 주행 중에 배출되는 입자상물질들의 경우 고체입자 뿐만 아니라 대기 중으로 희석되면서 휘발성(volatile), 반휘발성(semi-volatile) 성분에 의해서 발생하는 미세입자들이 포함되며 엔진에서 측정한 결과와 다른 경향을 나타낼 수 있다. 대기에 희석되는 조건에서 입자상물질을 측정한 연구들은 미비하므로 본 연구를 토대로 실제 도로변 미세입자의 입경 분포에 함산소 연료가 미치는 영향을 파악하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 MEL 차량 설계

도시대기 측정망이나 도로변 대기 측정망 같은 정지상 측정 장비와 달리 MEL(Mobile Emission Laboratory)은 이동형 장비로서 장소에 제약받지 않고 대기오염을 측정할 수 있으며 다양한 종류의 차량을 추적 계측할 수 있다. 측정 장비를 탑재할 수 있는 공간 활용성 및 운전성을 고려하여 밴 차량을 MEL의 기본 차량으로 선정하였다. 차량 추적 실험을 하기 위하여 우선 배출가스에 포함된 미세입자를 샘플링 할 수 있는 라인을 설계하여야 한다. 배출가스 뿐만 아니라 극미세입자까지 포집해서 측정하여야 하므로 입자손실(particle loss)이 생기지 않게 층류유동(laminar flow), 등속성 샘플링(isokinetic sampling), 입자 흡착(particle deposition)을 고려하여 샘플링 라인을 설계하였다.¹²⁾ Fig. 1은 차량 설계 및 샘플링 라인 설계를 거쳐서 제작된 MEL 차량을 나타내고 있다.

2.2 측정장비

MEL은 미세입자, 배출가스, 날씨, 위치 등에 관한 정보를 제공하며 이는 내부의 데이터 저장 장치를 통하여 실시간으로 저장되어진다. 입자의 입경 분포는 Fast Mobility Particle Sizer Model 3091(FMPS, TSI, Inc.)을 장착하여 5.6~560 nm 사이즈를

Fig. 1 Mobile emission laboratory (MEL)

가지는 입자의 입경분포를 측정하였다. FMPS의 최소 Scanning time은 1s이며, 1s 단위로 측정된 데이터들을 30s 평균하여 결과에 사용하였다. 입자의 수농도는 Condensation particle counter 5404(CPC, Grimm, Inc.)를 사용하며 4.5 nm 이상의 크기를 가지는 입자의 측정이 가능하다. 차량에서 배출되어 대기 중으로 희석된 배출가스 중 CO, CO₂는 일산화탄소 측정기(CO12M, Environnement S.A.), NO/NO₂/NO_x는 질소산화물 측정기(AC32M, Environnement S.A.), THC/CH₄/nMHC는 유기탄소물 측정기(HC51M, Environnement S.A.)를 사용하여 측정하였다.

2.3 차량 추적 실험 방법

Fig. 2에서는 차량 추적 시험의 개략도를 나타내고 있다. 추적차량과 MEL 차량의 거리에 따라서 배출가스의 희석비가 크게 변화하므로 거리를 일정하게 유지하기 위해서는 두 차량의 속도를 동일하게 유지하여야 한다. 이를 위하여 동일한 사양의 네비게이션을 장착하여 속도를 동일하게 유지함으로써

두 차량의 거리를 일정하게 유지할 수 있다. 또한 속도오차가 0.5 m/s인 GPS(GPS-741, Ascen)를 MEL 차량에 장착하여 실제 MEL 차량의 속도 및 위치 정보를 저장하며 두 차량 사이의 거리를 정확하게 측정하기 위해서는 MEL 차량의 전면부에 Laser 거리계(LDM41, Jenoptik Co.)를 장착하여 거리에 대한 정보를 기록한다. 레이저 거리계는 정확도가 ± 3 mm이고 해상도가 0.1 mm로 거리에 대한 정보를 정확하게 제공한다.

차량 추적 시험을 하는 경우 추적차량에서 배출되는 배출가스만 샘플링 하는 것이 최선이지만 대기오염에 의한 영향을 받게 된다. 특히 국소적으로 오염이 심한 지역이나 주변에 주행차량이 많은 경우에는 추적차량에 의한 효과와 다른 외부요인에 의한 효과를 구분하기가 어렵다. 또한 교통량이 많은 시내에서 차량 추적 실험을 하는 경우 추적차량과 MEL 차량의 거리를 일정하게 유지하기도 어렵고 타 차량에 의해 사고유발의 위험까지 있을 수 있다. 따라서 주행조건 및 차량안전을 고려하여 시험 주행로에서 초기 시험을 수행하였다. 국내에서 사용이 가능한 시험주행로로 자동차상능연구소(KATRI)의 5.5 km 선회로를 사용하였으며 여러 운전 조건에 따른 차량 추적 실험을 수행하였다.

추적실험을 위한 대상 차량으로는 디젤 및 Bio-diesel(BD50) 사용이 가능한 디젤버스와 DME 연료 공급장치가 별도로 장착된 디젤버스를 각각 선정하였다. 각각의 대상 버스에 매연저감장치(DPF)가 장착되어 있지 않다.

본 연구에서는 추적거리 10, 25, 50 m 조건에서 차량속도를 20, 50, 80 km/h로 변화시키면서 입자상물질 배출특성을 중점적으로 측정하였다.

Fig. 2 Schematic diagram of car chasing experiment

Fig. 3 Car chasing experiment of city bus

Fig. 3에서는 추적대상 차량으로 선정된 디젤 미니버스를 고속주행로에서 MEL 차량으로 추적 실험하고 있는 모습을 나타내었다.

3. 실험 결과

3.1 차량 추적 실험 결과

추적차량에서 생성되는 배출가스는 대기 중으로 배출되면서 대기 중의 공기와 희석된다. 대기와 희석되는 희석비(Dilution ratio)를 측정하는 방법으로는 추적차량의 배출구(tail-pipe) 및 MEL 차량에서 측정되는 배출가스 중 NO_x의 농도와 주변 대기 성분 중 NO_x의 농도를 이용하여 아래의 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{Dilution ratio} = \frac{(NOx_{\text{tailpipe}} - NOx_{\text{background}})}{(NOx_{\text{sampling}} - NOx_{\text{background}})}$$

NO_x의 농도를 이용하여 구한 희석비가 입자 농도의 희석비로 사용하는 것이 타당한지를 살펴보기 위하여 DME 버스를 운행하는 경우 추적실험에서 측정된 NO_x의 농도와 입자의 수농도를 비교하였다. Fig. 4의 결과를 살펴보면 MEL 차량에서 측정된 NO_x 농도와 입자의 수농도는 절대값은 서로 다르지만 밀접한 연관성이 있음을 알 수 있다. 이를 통하여 NO_x 농도를 이용하여 구한 희석비를 입자의 농도값에 적용하는 것이 타당함을 알 수 있다.

Fig. 4에서는 디젤, 바이오디젤(BD50), DME 연료를 사용하는 버스가 정지한 상태에서 엔진 아이들

Fig. 4 Comparison of ambient NO_x and particle number of DME bus sampled by MEL

Fig. 5 Averaged particle size distribution at idel state

링 조건일 때 추적차량 2 m 후방에서 측정된 입자들의 입경분포를 대기에서 입경분포와 결과와 비교한 결과를 나타내었다. 디젤 및 BD50을 연료로 사용하는 버스의 경우 아이들링 조건에서 추적 실험하니 대기 중에 포함된 입자보다 최대 70배 이상의 많은 입자들이 검출되었으며 대부분 50 nm 이하의 극미세입자로 측정되었다. 바이오디젤을 사용하는 경우 아이들링 조건에서는 디젤연료에 비해서 농도값이 약간 낮았는데 이는 바이오디젤 연료의 함산소 효과에 의한 것이다. DME를 연료로 사용하는 버스의 경우 아이들링 조건에서 추적 실험하니 대기 중에 포함된 입자보다 최대 100배 이상의 많은 입자들이 검출되었으며 대부분 50 nm 이하의 극미세입자로 측정되었다. DME를 연료로 하는 경우 디젤 및 바이오디젤을 연료로 하는 경우에 비해서 많은 입자가 검출되는데 이는 DME가 가스상 연료이므로

아이들링 조건 때 배출되는 미연탄화수소 계열의 가스상 연료가 입자로 변환되는 과정에 의한 것으로 판단된다.

Fig. 6에서는 20, 50, 80 km/h의 차량 속도 조건에서 추적거리를 10, 25, 50 m로 변화시키는 경우 디젤, 바이오디젤(BD50), DME 연료를 사용하는 차량에서 배출되는 입자의 수농도 값을 CPC와 FMPS로 측정된 결과를 비교하였다. CPC는 4.5 nm 이상의 입경을 가지는 입자들의 수농도를 측정할 수 있

며 FMPS는 5.6 nm 이상의 입경을 가지는 입자들의 수농도를 측정할 수 있는데 각각의 측정원리는 다르다. FMPS는 코로나 방전기에서 하전된 입자를 전위계에서 전류값을 측정하여 입자의 수농도를 측정하며 CPC는 부탄올 증기를 통과하면서 성장된 입자를 레이저 광산란 방식으로 농도값을 정한다. CPC와 FMPS로 각각 측정된 입자의 수농도를 비교해보면 디젤, 바이오디젤 및 DME 연료를 사용하는 경우 전체 차량 속도 조건에서 FMPS로 측정된 입자

Fig. 6 Comparison of particle number sampled by CPC and FMPS according to various running fules

의 수농도 값과 CPC로 측정된 수농도 값이 거의 동일한 경향을 지니고 있다. 절대값을 비교해보면 디젤연료를 사용하는 경우에 비해 바이오디젤 연료를 사용하면 미세입자의 배출량은 약간 감소하는 경향을 나타내고 있다. DME 버스의 경우는 디젤과 바이오디젤을 사용하는 버스에 비해서 입자의 수농도가 높으며 특히 가속 구간에서 입자들의 배출량이 최대 6배 정도 높았다. 추적실험 과정에서 배출가스가

대기 중으로 배출되면 엔진 연소과정에서 생성되는 극미세입자 외에 반휘발성 물질(Semi-Volatile Compound), 가스상 물질에 의하여 생성되는 이차 유기입자물질(Secondary Organic Particles), 질소산화물에 의해서 생길 수 있는 무기질산염(Inorganic Nitrate) 등에 의해서 핵생성 모드 영역의 미세입자들이 새롭게 생성될 가능성이 있다. DME 버스의 경우 다른 연료를 사용하는 버스들에 비해서 질소산

Fig. 7 Comparison of particle number sampled by CPC and FMPS according to various running fuels

화물이 많이 배출되는 경향이 있으며, 기상의 연료가 미연탄화수소로 많이 배출되므로 입자의 수농도가 높은 것이다.

Fig. 7에서는 20, 50, 80 km/h의 속도조건에서 디젤, 바이오디젤 (BD50), DME 연료를 사용하는 버스가 배출하는 질소산화물을 MEL 차량을 이용하여 측정한 결과를 나타내었다. 디젤 및 바이오디젤 연료를 사용하는 버스에 비하여 DME 연료를 사용하는 버스에서 질소산화물이 더 많이 배출되고 있음을 알 수 있다. 특히 많은 입자들이 측정되는 구간에서의 DME 버스의 질소산화물의 농도가 높은 것으로 보아서 미세입자들의 생성 과정이 질소산화물의 배출과 밀접한 연관성이 있음을 유추할 수 있다. 즉, DME 연료를 사용하는 버스에서 배출되는 질소산화물에 의해서 생기는 무기질산염(Inorganic Nitrate)이 핵생성 모드 영역에 포함되는 미세입자들의 발생원이 될 가능성이 있다.

Fig. 8에서는 20 km/h의 저속 운전조건에서 추적 차량의 10 m 떨어진 거리에서 측정한 입자상 물질의 입경분포 결과를 나타내고 있다. 위쪽 그림은 MEL 차량에서 샘플링 되는 대기중에 희석된 배출가스(plume)의 입경분포 값을 나타내고 있으며 아래쪽 그림은 희석비를 고려한 추적 차량의 Tail-pipe에서 배출되고 있는 배출가스(stack)의 입경분포 값을 유추한 것을 나타내고 있다. 20 km/h의 저속 차량 속도 조건에서는 엔진이 저부하 조건이므로 디젤 및 바이오디젤을 사용하는 경우에는 50 nm 이하의 극미세입자들의 배출량이 상대적으로 많았다. 50 ~1000 nm의 입경분포를 가지는 축척모드(accumulation mode)에서는 입자상물질의 배출경향이 거의 동일하였으며 50 nm 이하의 핵생성모드(nuclei mode) 영역에서는 바이오디젤을 사용하는 경우 디젤을 사용하는 경우에 비해서 입자상물질이 약간 저감되고 있음을 알 수 있다.

DME 버스의 경우 축척모드에서는 디젤 및 바이오디젤을 사용하는 버스에 비해서 입자들의 농도값이 낮았지만 핵생성모드 영역에서는 최대 10배까지 농도값이 높았다. 압축착화 엔진을 사용하는 경우 저부하 조건에서는 엔진이 회박조건에서 운전되게 되는데 디젤 및 바이오디젤과 같이 액상 연료의 경

Fig. 8 Comparison of averaged particle size distribution at vehicle speed of 20 km/h

우 미립화된 연료가 완전 연소를 이루는 반면 기상 연료를 사용하는 DME의 경우 반휘발성 연료가 극미세입자로 변환되면서 수농도가 높을 수 있다. 압축착화 엔진에서 배출되는 검댕(soot)은 일반적으로 축척모드 영역의 입경분포를 가지는데 DME 연료를 사용하는 경우 입자의 수농도는 높지만 축척모드에 존재하는 입자들의 수농도가 낮으므로 디젤 및 바이오연료를 사용하는 경우에 비하여 검댕은 거의 배출되지 않는다.

Fig. 9에서는 80 km/h의 고속운전조건에서 추적 거리가 10 m일 때 디젤, 바이오디젤 (BD50), DME를 연료로 하는 버스에서 배출되는 입자상 물질의 입경분포 결과를 나타내고 있다. 디젤 및 바이오디젤을 사용하는 버스의 경우 80 km/h의 고속 조건에서는 20 km/h의 저속 조건에 비하여 축척모드 영역에 존재하는 미세입자들의 수농도가 증가하였으며 바

Fig. 9 Comparison of averaged particle size distribution at vehicle speed of 80 km/h

이오디젤의 경우 50 nm, 디젤의 경우 60 nm의 입경크기에서 피크값을 가지고 있다. 바이오디젤을 사용하는 경우 디젤에 비해서 핵생성모드 영역에서는 입자상물질 배출경향이 비슷하였지만 축적모드 영역에서는 입자들의 농도값이 더 낮게 측정되었다. 압축착화 엔진이 장착된 차량을 실차 조건에서 운행하는 경우 바이오디젤을 연료로 사용하게 되면 검댕의 저감에 효과가 있었다. 일반적으로 엔진 실험을 하는 경우에도 바이오디젤 혼합연료를 사용하게 되면 바이오디젤의 함산소 효과에 의해서 검댕이 저감되는 결과를 보이는데 차량 추적 실험에서도 동일한 경향의 결과를 보여주고 있다.

DME 버스의 경우 80 km/h의 차량 속도 조건에서는 핵생성모드 영역에 대부분의 입자들이 분포하고 있으며 10 nm의 입경크기에서 피크값을 가지고 있

다. 디젤 및 바이오디젤 연료를 사용하는 버스와 비교해 보면 50 ~ 1000 nm의 입경크기를 가지는 축적모드에서는 입자들의 농도값이 매우 낮으며 핵생성모드 영역에서 디젤버스보다 훨씬 많은 입자들이 존재하고 있다. DME 버스의 경우 디젤 및 바이오디젤을 연료로 사용하는 버스에 비하여 축적모드 영역에서 최대 1,000배의 입자 수농도의 저감이 있으므로 검댕이 거의 배출되지 않는다. 하지만 반휘발성 물질, 가스상 물질에 의하여 생성되는 이차 유기 입자물질, 질소산화물에 의해서 생길 수 있는 무기 질산염 등에 의해서 핵생성 모드 영역의 미세입자가 최대 50배 정도 많이 존재하고 있다. 가스 연료를 사용하는 엔진에서 고속, 고부하 조건일 때 디젤 엔진과 동등한 수준의 입자들이 배출된다는 연구결과도 보고되었다.¹³⁾ 50nm 이하의 입경분포를 가지는 극미세입자(Nano particle)는 인체 위해성에 악영향을 미친다고 보고되어 있으므로 향후 반드시 저감되어야 할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 다양한 차종을 추적 계측하기 위하여 MEL 차량을 구축하였으며 실제 MEL 차량으로 실도로 주행 조건에서 디젤, DME, Bio-diesel 연료를 사용하는 버스에서 배출되는 미세입자를 추적 계측하였다. 본 연구를 통하여 다음의 결론들을 얻을 수 있었다.

- 1) 추적차량의 Tail-pipe에서 측정되는 NOx값과 MEL 차량에서 샘플링되는 NOx값으로 희석비를 계산할 수 있다.
- 2) 디젤, 바이오디젤 및 DME를 연료로 사용하는 버스의 경우 아이들링 조건에서 추적 실험을 하니 대부분 50 nm 이하의 극미세입자들이 측정되었다. DME 버스의 경우 디젤 및 바이오디젤을 연료로 하는 경우에 비해서 많은 입자가 검출되는 데 이는 DME가 가스상 연료이므로 아이들링 조건 때 배출되는 미연탄화수소 계열의 가스상 연료가 입자로 변환되면서 생성되는 것으로 판단된다.
- 3) 디젤연료에 비해 바이오디젤 연료를 사용하면 미세입자의 배출량은 약간 감소하는 경향을 나

타내고 있다. DME 버스의 경우 디젤과 바이오디젤을 사용하는 버스에 비해서 입자의 수농도가 높으며 특히 가속 구간에서 입자들의 배출량이 최대 6배 정도 높았다.

- 4) 20 km/h의 저속 차량 속도 조건에서 디젤 및 바이오디젤을 사용하는 경우 축척모드에서는 입자상물질의 배출경향이 거의 동일하였으며 핵생성모드 영역에서 바이오디젤을 사용하는 경우 디젤을 사용하는 경우에 비해서 입자상물질이 약간 저감되었다. DME 버스의 경우에는 축척모드에서는 디젤 및 바이오디젤을 사용하는 버스에 비해서 입자들의 농도값이 낮았지만 핵생성모드 영역에서는 최대 10배까지 농도값이 높았다.
- 5) 80 km/h의 고속 조건에서는 바이오디젤을 사용하는 경우 디젤에 비해서 핵생성모드 영역에서는 입자상물질 배출경향이 비슷하였지만 축척모드 영역에서는 입자들의 농도값이 더 낮게 측정되었다. 바이오디젤을 연료로 사용하게 되면 연료의 함산소 효과에 의하여 검댕의 저감에 효과가 있었다. DME 버스의 경우 80 km/h의 차량 속도 조건에서는 핵생성모드 영역에 대부분의 입자들이 분포하고 있으며 10 nm의 입경크기에서 피크값을 가지고 있다.

후 기

본 연구는 환경부에서 지원되는 “친환경 자동차 개발사업”의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

References

- 1) G. Bae and S. Lee, “Contamination Level of Vehicle-related Air Pollutants at a Roadside in the Downtown Area of Seoul,” Annual Conference Proceedings, KSAE, pp.340-345, 2009.
- 2) G. Bae, S. Lee, H. Jin, S. Lee, S. Woo, S. Lee, J. Kim and D. Shin, “Development and Test Operation of a Mobile Emission Laboratory for Vehicle-related Air Pollution Assessment,” Fall Conference Proceedings, KOSAE, pp.231-232, 2009.
- 3) D. Kittelson, “Engine and Nanoparticles : A Review,” J. Aerosol Sci., Vol.29, pp.575-588, 1998.
- 4) S. Sasaki and T. Nakajima, “Study on the Measuring Method of Vehicular PM Size Distribution to Simulate the Atmospheric Dilution Process,” SAE 2002-01-2716, 2002.
- 5) L. Pirjola, H. Parviainen, T. Hussein, A. Valli, K. Hameri, P. Aalto, A. Virtanen, J. Keskinen, T. Pakkanen, T. Makela and R. Hillamo, “Sniffer-a Novel Tool for Chasing Vehicles and Measuring Traffic Pollutants,” Atmospheric Environment, Vol.38, pp.3625-3635, 2004.
- 6) D. Kittelson, J. Johnson, W. Watts, Q. Wei, M. Drayton, D. Paulson and N. Bukowiecki, “Diesel Aeroson Sampling in the Atmosphere,” SAE 2000-01-2212, 2000.
- 7) M. Maricq, R. Chase, N. Xu and P. Laing, “Effects of the Catalytic Converter and Fuel Sulfur Level on Motor Vehicle Particulate Matter Emissions: Light Duty Diesel Vehicles,” Environ. Sci. Technol., Vol.36, pp.276-282, 2002.
- 8) M. Bergmann, U. Kirchner, R. Vogt and T. Benter, “On-road and Laboratory Investigation of Low-level PM Emissions of a Modern Diesel Particulate Filter Equipped Diesel Passenger Car,” Atmospheric Environment, Vol.43, pp.1908-1916, 2009.
- 9) Y. Sogawa, H. Hattori, N. Yanagisawa, M. Hosoya, T. Shoji, Y. Iwakiri, T. Yamashita, T. Ikeda, S. Tanaka, K. Takahashi, T. Suzuki, T. Nakajima and Y. Tonegawaet, “Nano Particle Emission Evaluation of State of the Art Diesel Aftertreatment Technologies (DPF, Urea-SCR and DOC), Gasoline Combustion Systems (Lean Burn/Stoichiometric DISI and MPI) and Fuel Qualities Effects (EtOH, ETBE, FAME, Aromatics and Distillation),” SAE 2007-01-4083, 2007.
- 10) S. Yoon, S. Lee and S. Chung, “PAH and Soot Formation Characteristics of DME/Ethylene Fuel,” Transactions of KSAE, Vol.13, No.3, pp.171-177, 2005.
- 11) S. Kim, M. Jung, J. Lee, K. Kang, Y. Kim, K.

- Cha and Y. Jeong, "A Study on the Nano-PM Characterises Emitted from Light Duty Diesel Vehicle with Bio Diesel Fuel," Fall Conference Proceedings, KSAE, KSAE06-S0084, pp.526-530, 2006.
- 12) S. Lee, H. Kim, S. Lee and G. Bae, "A Mobile Emission Laboratory for Car Chasing Experiment," Transactions of KSAE, Vol.19, No.1, pp.109-116, 2011.
- 13) D. Schreiber, A. Forss, M. Mohr and P. Dimopoulos, "Particle Characterisation of Modern CNG, Gasoline and Diesel Passenger Cars," SAE 2007-24-0123, 2007.