

### 3A4) 차량 주행 과정에서 타이어와 도로의 마찰에 의해서 발생하는 미세입자에 관한 연구

#### Traffic-generated Emissions of Particles from the Interaction between Tire and Road Pavement

이석환 · 김홍석 · 김태완<sup>1)</sup> · 장동호<sup>1)</sup>

한국기계연구원, <sup>1)</sup>(주)금호타이어

#### 1. 서 론

전 세계적으로 환경규제가 강화되면서 자동차 운행 중에 발생하는 유해 배출가스와 배출먼지 그리고 타이어 마모에 의한 미세먼지에 대한 관심이 높아지고 있다. 차량이 많아지고 이동거리가 증가됨에 따라 타이어에서 발생하는 미세 먼지에 의한 오염은 커지고 자동차 배기가스가 지구 온난화의 주범으로 작용하므로 해외 및 국내에서도 자동차 연비에 대한 규제가 시행되고 있다. 미세먼지의 효과적인 저감 대책을 위해서는 부문별로 미세먼지 발생원을 규명하고 발생원별로 대기 중 PM<sub>10</sub> 오염도에 미치는 기여도를 산출하는 작업이 선행되어야 한다. 지금까지 난방, 차량 비산먼지, 차량 배기가스 등에 대한 저감대책을 다각적으로 마련되었으나 타이어 마모에 의한 미세먼지 저감대책을 잘 이루어지지 않았다. 하지만 자동차의 운행 중에 발생하는 타이어 마모입자는 대기 오염 및 인체건강에 영향을 미칠 수 있는 인자로 파악되고 있다. 지금까지 유럽과 미국, 그리고 일본 등에서는 타이어 주행과정 중에 발생된 미세먼지의 환경영향에 대한 연구를 계속하고 있다(Hussein et al., 2008). 도로 주변지역에서의 타이어 마모입자 분포를 확인하고 마모입자에 의한 생태계의 환경영향 평가가 진행되었다(Gustafsson et al., 2007). 그렇지만 차량이 주행 할 때 발생하는 마모입자에 대한 포집이 곤란하므로 실제 주행 조건에서 입자의 크기분포 및 발생량 측정이 어려운 실정이다. 본 연구에서는 차량의 주행 중에 발생하는 미세입자에 대해 직접적인 포집방법을 사용하여 미세먼지 발생량 및 입자의 입경분포를 측정하였다.

#### 2. 연구 방법

차량 주행 과정에서 발생하는 미세입자를 실시간으로 측정하기 위하여 밴 차량에 도로 비산먼지와 타이어 마모입자의 PM<sub>10</sub> 중량(PM<sub>10</sub> mass), 수농도(Particle number concentration), 입경분포(Particle size & mass distribution) 등을 측정할 수 있는 장비를 장착한 후 실제로 차량을 주행하면서 측정하였다. 두 개의 펌프를 이용하여 대기 중에 존재하는 미세입자(Background)와 조수석 전단 타이어 50 mm 후단에서 샘플링 되는 미세입자를 동시에 측정하여 그 차이 값을 비산먼지(Road dust) 및 타이어마모 (Tire wear particle)에 의하여 발생하는 미세입자라고 판단한다. 미세입자의 중량농도는 중량 농도 측정기(DustTrak DRX; TSI)를 이용하여 측정하였으며 입경분포는 FMPS (Fast mobility particle sizer, 3091; TSI)와 APS (Aerosol particle sizer, 3321, TSI), 수농도는 CPC(Condensation particle counter; 5404; Grimm)를 사용하여 측정하였다. 차량 주행 중에 발생하는 미세입자를 측정하기 위하여 차량 속도를 30, 50, 70, 90, 110 km/h로 변화시키면서 속도에 따른 미세입자 배출 특성을 파악하였다. 일반 도로에서는 속도를 일정하게 유지하기 어려우며 주변 차량에서 배출되는 배출가스가 큰 영향을 미치므로 측정의 신뢰성을 높이기 위하여 고속주회로에서 실험을 수행하였다. 자동차성능연구소에서 보유한 5.5 km의 고속주회로를 이용하였는데 이 도로는 아스팔트 재질로 만들어진 도로이다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1에서는 차량의 속도에 따라서 측정된 미세입자의 PM<sub>10</sub> 중량농도와 입자의 수농도 값을 나타내고 있다. 각각의 속도에서 10분간 측정된 값을 평균하여 나타내었는데 속도가 30 km/h에서 110 km/h로 증가하면 PM<sub>10</sub> 농도는 2배 이상 증가하게 된다. 현재 국내의 PM<sub>10</sub> 규제는 24시간 평균값이 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인

테 실험결과에서는 모두 이 수치를 넘어서고 있다. 각각의 속도에서 측정된 수농도 값을 살펴보면 차량 속도가 30 km/h에서 110 km/h로 증가하면 타이어에서 발생하는 입자의 수가 1,500/cm<sup>3</sup> 정도 증가하게 된다. 대기 중에 존재하고 있는 입자의 수농도는 8,500/cm<sup>3</sup>으로 측정되었는데 차량 주행 시 타이어 마모 입자 및 비산먼지에 의하여 입자가 생성되므로 대기 상에 존재하는 입자의 수농도보다 크다.

그림 2에서는 차량의 속도에 따라서 FMPS와 APS로 측정된 미세입자의 입경분포 및 중량분포를 나타낸 결과이다. 결과를 살펴보면 속도의 증가에 따라서 각 입경별 존재하는 입자의 수도 약간 증가하는 경향을 나타내고 있다. 특히 80 nm에서 미세입자가 많이 존재하고 있으며 속도의 증가에 따라서 50 nm 이하의 극미세입자(Nano-particle)들의 농도도 약간 증가하였다. 중량분포의 경우 차량속도의 증가에 따라서 각 입경별 중량농도도 증가하는 경향을 보이며 특히 PM<sub>2.5</sub> 부근에서 최대값을 보이고 있다.

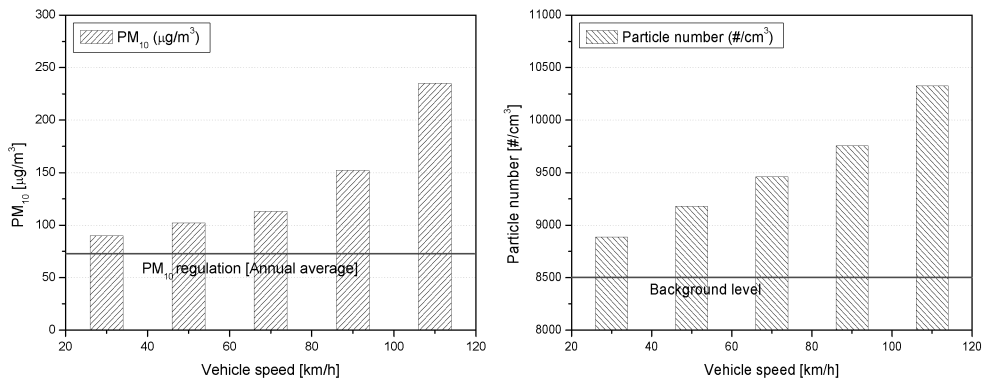


Fig. 1. Measured concentration of PM<sub>10</sub> and particle number concentration while driving on.

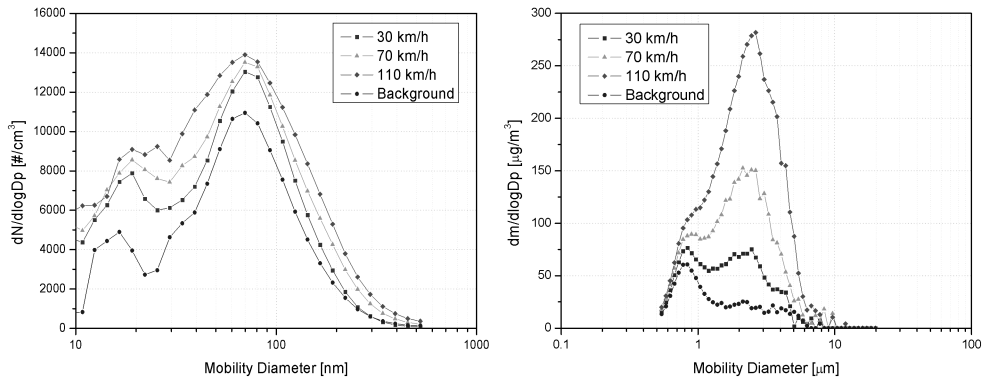


Fig. 2. Number and mass size distribution of the particles while driving on the asphalt road.

## 사 사

본 연구는 환경부 “무·저공해 자동차사업”의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Hussein et al. (2008) Factors affecting non-tailpipe aerosol particle emissions from paved roads: On-road measurements in Stockholm, Sweden, Atmospheric Environment, 42, 688-702.
- Gustafsson et al. (2007) Properties and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material, Science of the Total Environment, 393, 226-240.