

## 4A1) 도시주변지역의 먼지입경분포에 관한 연구

### Characterization of Ultrafine Particles at Rural Site

김진호 · 김신도 · 윤중섭<sup>1)</sup> · 이정주<sup>2)</sup>

서울시립대학교 환경공학부, <sup>1)</sup>서울시 보건환경연구원 대기부, <sup>2)</sup>용인대학교  
환경생명학부

#### 1. 서 론

지속적인 대기질 개선의 노력으로 인해 1차 오염물질은 크게 개선되어 장단기 환경 기준의 초과 회수는 대폭 감소되었다. 하지만 미세먼지는 오히려 증가하고 있는 추세로 장기기준을 초과할 뿐만 아니라 단기 기준을 초과하는 사례도 점차 증가하고 있다. 특히 2차 오염물질들은 PM2.5의 미세먼지 농도와 밀접한 관계가 있으며 인체 유해도 및 시정에 직접적인 영향을 미치는 것으로 연구 및 보고되고 있다.

입자의 크기에 따라서 대기 확산 및 이동 특성, 침강 속도, 기상과 물질 전달 속도, 방지시설 효율 등이 결정된다는 점에서 먼지 입경분포에 관한 특성을 파악하는 것은 대기분야 연구의 중요한 부분중의 하나이다.

대기중에서 입자는 핵모드(nuclei mode), 집적모드(accumulation mode), 조대입자모드(coarse mode)와 같이 3개의 극값을 나타낸다. 핵모드는 입경범위가 0.005~0.1 $\mu\text{m}$ 로 주로 연소과정에서 발생한 증기가 응축되거나 대기성분이 핵을 형성하여 생기는 것이다. 집적모드는 입경범위 0.1~1.0 $\mu\text{m}$ 이고, 핵모드의 초미세입자들이 서로 응집하거나 여기에 증기가 응축하여 형성되는 것이다. 조대입자모드는 입경범위 1.0~100 $\mu\text{m}$ 로 기계적인 과정을 통해 생성되는데 주로 자연적으로 발생된 입자들이 대부분이다.

핵모드에 속하는 입자들은 개수농도로는 전체의 대부분을 차지하나 입경이 매우 작기 때문에 그 질량은 무시 가능할 정도이다. 따라서 일반적인 대기중의 입자를 중량분포나 부피분포로 나타내면 집적입자모드와 조대입자모드만으로 된 이산형 분포가 된다. 하지만 핵모드에 속하는 입자들은 인체유해성면에서 직접적인 영향을 줄 수 있고 집적모드로의 진행에서 핵심적인 역할을 하기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 SMPS를 이용하여 시간에 따른 초미세입자의 거동특성을 살펴보고자 한다.

#### 2. 연구 방법

미세먼지(10 $\mu\text{m}$ 이하)의 입경분포를 실시간으로 측정하기 위해서 0.005~0.5  $\mu\text{m}$ 에 해당하는 입자의 입경에 따른 개수를 측정할 수 있는 SMPS(Scanning Mobility Size Analyzer)를 이용하여 입경에 따른 개수를 측정하였다.

측정 주기는 3시간이고 측정 방법은 3분간 공기를 채취하여 입경분포를 측정하였고 매 측정마다 10회 샘플링하여 중간 3회의 평균값을 취하였다.

사용된 기기는 SMPS(Model 3081A DMA, Model 3010 CPC)이다. 본 연구의 측정 장소는 서산의 외곽지역에 위치한 한서대학교이고, 9월 24일부터 9월 26일까지 측정하였다.

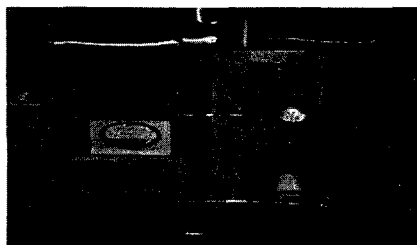


Fig. 1. SMPS(Scanning Mobility Size Analyzer, TSI, LTD.)

SMPS에서 측정되는 먼지크기는 electro-mobility diameter인데, 이와 일반적으로 사용되는 공기역학적 직경(aerodynamic particle diameter)과의 관계는 다음과 같다.

$$d_a = d_m \left( \frac{\rho_e C_c(d_m)}{\rho_o C_c(d_a)} \right)^{0.5}$$

( $C_c(d)$ 는 Cunningham slip correction,  $\rho_e$ 는 먼지의 밀도,  $\rho_o$ 는 물의 밀도,  $d_m$ 는 electro-mobility 입경,  $d_a$ 는 공기역학적 직경)

먼지의 공기역학적 직경은 먼지의 밀도의 제곱근에 비례한다. 그러나 본 연구에서는 먼지 밀도를 측정하지 않았기 때문에, 도시지역 먼지밀도의 일반적인 값인 1.6 g/cm<sup>3</sup>을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

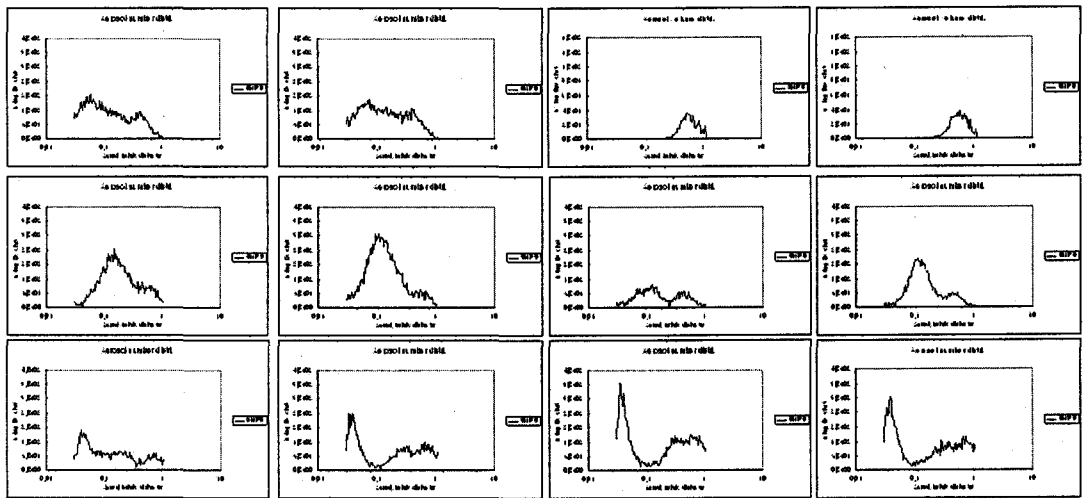


Fig. 2.

측정 기간 동안에는 강우가 없었고 운량은 전체를 10으로 가정하고 맑음을 0, 흐림을 8이상으로 보았을 때 6정도로 나타났다. 온도는 최고 26.9℃, 최저 17.2℃, 평균 20.9℃를 나타내었다.

위 그래프는 정오부터 6시간 간격으로 측정된 데이터를 나타낸 것이다.

데이터에서는 초기 이틀간은 중심입경이 약 0.1 $\mu$ m 근처에 있는 반면 마지막 날은 중심입경이 더 작은 곳에 있음을 알 수가 있다. 이는 평일과 주말과의 차이에 있는 것으로 보여진다. 마지막 날은 측정이 월요일에 이루어졌기 때문에 전의 상황과는 달리 차량의 접근이 상대적으로 많은 편이었다. 지역적으로 도시지역과 거리를 두고있고 주변에는 공단등 특이한 시설이 없기 때문에 주말에는 이동하는 차량이 적고, 평일에는 늘어나는 특성을 가지고 있다. 마지막 날은 밤시간이 낮시간에 비해 더 큰 피크치를 보여준다. 일반적으로 여름철에는 활발한 광화학 반응의 영향으로 2~4시경에 피크치를 나타내고 자동차의 배출량이 많은지역에서는 출근시간인 아침 9시와 저녁 7시경에 피크치를 나타낸다고 알려져 있다. 기상 상황에 따라서는 밤에 피크치를 나타내는 경우도 있지만 측정일시근처의 기상상황은 거의 변동이 없었다. 이에 대한 추가적인 측정과 집적모드구간의 측정이 진행중이기 때문에 이번결과를 참조하여 추가적으로 분석되면 보다 정확한 자료를 얻을수 있을것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- Si Shen, Peter A. Jaques, Yifang Zhu, Michael D. Geller, Constantinos Sioutas, Evaluation of the SMPS-APS system as a continuous monitor for measuring PM2.5, PM10 and coarse(PM2.5-10) concentrations, Atmos. Environ., 36, 3939-3950, 2002
- Congrong He, Lidia Morawska, Dale Gilbert, Particle deposition rate in residential house, Atmos. Environ., 39, 3891-3899, 2005