

3A3) 인천 지역 미세먼지의 입경 분포 특성에 관한 연구

A Study on Characteristics of Size Distribution of Ultra-fine Particles in Incheon

유민경·조석연
 인하대학교 환경토목공학과

1. 서론

인체 유해도에 대한 관심이 높아지면서 미세 먼지 특히, $0.1\mu\text{m}$ 이하의 초미세먼지(ultra-fine particles)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 대기에서 입경에 따른 먼지의 무게농도를 측정하는 방법은 cascade impactor와 MOUDI(Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor) 등이 비교적 잘 정립되어 있는 반면, 입경에 따른 먼지 개수를 측정하는 방법에 대한 연구는 아직 미진한 상태이다(McMurry, 2000). 현재 시도되고 있는 먼지 입경별 개수 측정방법은 SMPS와 APS를 결합하여 직경 $0.005\sim 10\mu\text{m}$ 에 이르는 먼지의 입경에 따른 개수를 측정하는 방법이다. 그러나 일반대기 조건에서 SMPS와 APS의 정확성이 문제시되는데, 특히 $0.5\sim 10\mu\text{m}$ 의 먼지를 대상으로 하는 APS는 대기에서 포집 효율이 낮을 수 있으며 또한 저농도에 대한 정확성도 문제시될 수 있다(Shen et al., 2002; Kim et al., 2002).

따라서 본 연구는 SMPS-APS system을 이용하여 인천 지역의 먼지 입경 분포 특성을 파악함을 목적으로 한다.

2. 연구 방법

미세 먼지의 입경 분포를 실시간으로 측정하기 위해서 입경 범위 $0.005\sim 0.5\mu\text{m}$ 인 먼지를 측정할 수 있는 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer)와 입경 범위 $0.5\sim 10\mu\text{m}$ 인 먼지를 측정할 수 있는 APS(Aerodynamic Particle Sizer)를 결합한 SMPS-APS system을 구성하였다. 측정 기간은 2002년 8월 5일부터 8월 22일까지, 2002년 10월 21일부터 10월 27일까지, 2003년 1월 16일부터 1월 25일까지 그리고 2003년 6월 6일부터 6월 14일까지이며, 인천 용현동에 위치한 인하대학교 옥상(약 10m)에서 측정하였다. 본 시스템은 매 1~5분간 공기를 채취하여 실시간으로 입경 분포를 측정할 수 있으나, 장비의 안정성 등을 고려하여 매 3시간마다 1시간씩 측정하였고, 각 주기마다 3~5회를 연속측정하고 이의 평균치를 산출하여 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

초미세먼지는 입경이 $0.1\mu\text{m}$ 이하의 먼지를 칭하는데 인체에 유해도가 높을 뿐만 아니라 aerosol dynamics의 주 역할을 한다. 다음 그림은 본 연구기간에 측정된 초미세먼지($10\text{nm}\sim 100\text{nm}$)의 농도를 보여주는데 이러한 수치는 Helsinki의 0.2×10^{10} , Smoky Mountain, TN 2×10^{10} , El-Paso, TX 1.4×10^{10} , Downey, LA $2.3\sim 2.9\times 10^{10}$, Riverside, LA $0.9\sim 1.1\times 10^{10}$ 와 다소 유사한 수치를 보여주고 있다. 그러나 측정시 사용한 직경의 범위가 다르므로 직접 비교는 주의하여야 한다.

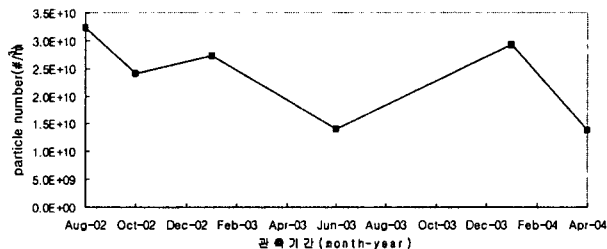


Fig. 1. Total number concentration of Ultra-fine particle($10\text{nm}\sim 100\text{nm}$) during sampling period.

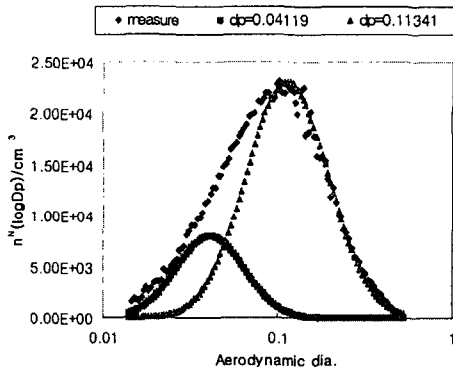
배출원의 먼지는 단일 통계 함수로 입경 분포를 나타낼 수 있지만, 대기 중의 먼지는 아래와 같이 3~5개의 로그 정규 분포의 합으로 입경 분포를 나타낸다.

$$n_M^o(\log D_p) = \sum_{i=1}^N \frac{N_i}{(2\pi)^{1/2} \log \sigma_i} \exp\left(-\frac{(\log D_p - \log \overline{D_{pi}})^2}{2 \log^2 \sigma_i}\right)$$

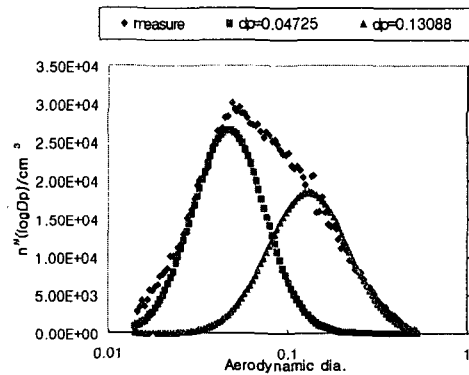
APS는 공기 역학 직경(Aerodynamic diameter)을 기준으로 사용하지만 SMPS는 electro-mobility 직경을 사용한다. 따라서 위 식을 적용하기 위해서 본 연구에서는 SMPS의 electro-mobility 직경을 공기 역학 직경으로 변환하여 새로운 입경 분포를 산출하였다.

다음 그림은 6월 7일 0시부터 6월 7일 21시까지 미세먼지의 입경분포를 보여주고 있는데 밤에는 nucleation mode가 미약하게 나타나지만, 새벽 6시와 아침 9시를 거치면서 크게 증가하다가 낮 12시가 되면 최고치에 이르게 된다. 다시 시간이 지나면서 광화학반응이 느려지고 차량에 의한 생성이 적어지면서 다시 작아지는 일변화를 갖게 된다.

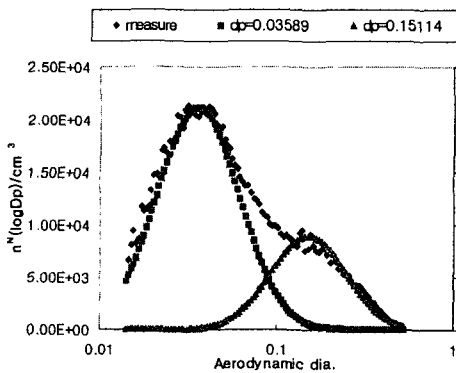
6월 7일 03시



6월 7일 09시



6월 7일 12시



6월 7일 18시

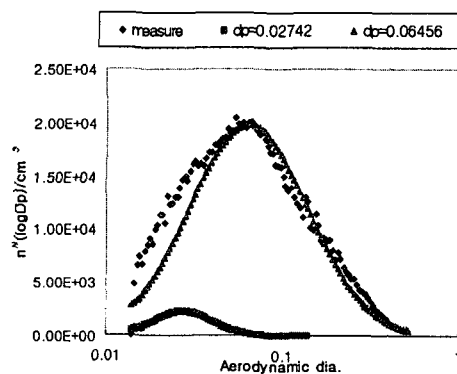


Fig. 2. Size distribution of ultra-fine particle in June 7(Incheon).

참 고 문 헌

- Kim, S.H, Shen, S., Sioutas, C., Zhu, Y., Hinds, W.C. (2002) J. of Air and Waste Management Association, Vol. 52, 297-307.
- Shen, S., Jaques, P.A., Zhu, Y., Geller, M.D., Sioutas, C. (2002) Atmospheric Environment, 3939-3950.