

## AC5) 전기적 방법을 이용한 PM<sub>2.5</sub> 실시간 측정기술 Development of Electrical Method for PM<sub>2.5</sub> Measurement

이윤정 · 이규원  
 광주과학기술원 환경공학과

### 1. 서론

입자상 대기오염물질은 기후변화 및 시정감소의 원인이 될 뿐만 아니라 인체의 건강에 유해한 영향을 미친다. 특히 입자크기가 작은 미세입자는 폐의 깊은 곳에 침착되어 인체의 호흡기 건강에 매우 유해하다. 1995년 우리나라에서 PM10을 대기환경기준에 포함시킨 것도 이러한 미세입자의 인체에의 악영향을 고려한 것이라 할 수 있다. 최근에는 더 미세한 입자로서 폐에 큰 침착물을 보이고 실질적으로 호흡기 건강에 악영향을 미치는 입자인 PM2.5에 눈을 돌려 규제의 움직임을 보이고 있다.

입자상 오염물질을 측정하기 위한 방법으로는 대기오염 지역의 공기를 일정시간 동안 샘플링하여 무게를 재는 고용량공기포집법이 주로 이용된다. 이 방법은 일정 샘플링시간 동안 여과지로 입자를 포집한 후 무게를 측정하여 질량농도를 측정하는 것으로, 많은 시간과 경비가 소요되고 시간에 따른 농도변화 추이를 파악할 수 없다는 단점이 있다. 본 연구는 PM2.5의 실시간 측정을 위해서 입자를 전기적으로 대전시켜 전류를 측정함으로써 농도를 측정하는 방법을 개발하는 것을 목표로 한다. 입자를 대전시키기 위하여 하전기(charger)가 설계, 제작되었고, 입자개수농도와 전류와의 상관관계를 알아보기 위하여 입자크기별 하전량을 측정하였다.

### 2. 연구 방법

입자를 전기적으로 대전시키기 위해서 확산하전의 원리를 이용한 단극확산하전기(unipolar diffusion charger)가 설계 및 제작되었다(Liu and Pui, 1975). 그림 1은 설계된 확산하전기의 모식도이다. 이중 금속 원통내에 텅스텐 와이어가 놓여져 있고 내부원통에는 스크린이 놓여져 있다. 외부에서 와이어에 고전압을 인가하면 코로나 방전에 의해 단극이온이 발생하고 이온이 원통내외면 사이로 빠져 나오면서 입자와 충돌하여 입자가 대전된다.

확산하전기에 의해 대전된 입자의 하전량을 측정하기 위해서 입자크기별  $Pn$ (=하전기내 입자 통과율  $P \times$  입자의 평균하전수  $n$ )값을 실험적으로 구하였다. 입자의 종류 및 발생방법, 개수농도 측정방법에 따라 세가지 입자영역, 0.1-0.6 $\mu\text{m}$ , 0.7-1.6 $\mu\text{m}$ , 1.7-7.0 $\mu\text{m}$ 으로 나누어 실험을 하였다. 0.1-0.6 $\mu\text{m}$  입자영역 실험에서는 NaCl입자를 사용하여 DMA(differential mobility analyzer)로 단분산입자를 발생시켰고, 입자의 개수농도는 CPC(condensation particle counter, Model 3060A, TSI Inc.)로 측정하였다. 0.7-1.6 $\mu\text{m}$  입자영역에서는 Polystyrene latex(PSL)입자를 사용하였고, 입자의 개수농도를 측정하기 위해서 aerosizer(Model LD, API Inc.)를 사용하였다. 1.7-7.0 $\mu\text{m}$  입자영역에서는 올레인산(oleic acid)을 사용하여 VOAG(vibrating orifice aerosol generator, Model 3450, TSI Inc.)로 단분산입자를 발생시켰고 aerosizer로 입자의 개수농도를 측정하였다. 확산하전기를 통과하여 대전된 입자에 의해 유도되는 전류는 aerosol electrometer(Model 3068A, TSI Inc.)로 측정하였다.

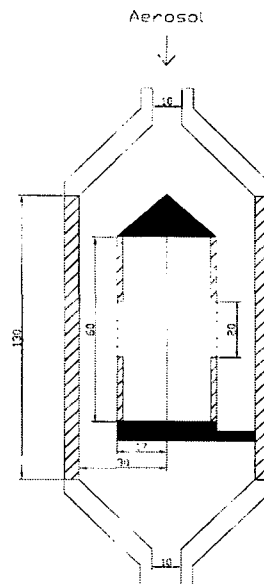


Fig. 1. Schematic diagram of a unipolar diffusion charger

### 3. 결과 및 고찰

설계된 확산하전기의 성능평가로서 입자크기별 하전기내 입자손실률을 측정하였다. 그림 2는 외부인가전압이 6kV, 7kV일 때 입자의 손실률을 나타낸다. 입자 손실률은 30%이내를 나타냈고 인가전압에 의한 손실률의 차이는 거의 없었다. 입자의 농도를 전기적인 방법으로 측정하기 위한 것으로, 입자크기별 Pn값을 구하였다.

$$Pn = \frac{I}{CeQ} \quad (\text{식 1})$$

여기서, P는 하전기의 통과율, n은 입자의 평균 하전수, C는 하전기 유입부에서의 입자의 개수농도(개/cm<sup>3</sup>), e는 전자의 하전량(=1.6×10<sup>-19</sup>C), Q는 흡인유량(cm<sup>3</sup>/sec), I는 대전된 입자에 의해 유도된 전류(A)이다. 이는 하전기내에서의 입자손실을 고려한 입자의 하전수를 나타내는 값이다. 그림 3은 흡인유량을 25L/min으로 고정하고 하전기내 와이어에 외부전압을 6kV, 7kV로 인가하였을 때, 하전기 유입부에서 입자 개수농도와 하전기 출구에서 대전된 입자에 의한 전류를 측정하여 구한 Pn값을 입자크기별로 나타낸 그래프이다. 그림 3을 보면 입자크기가 증가함에 따라 Pn값이 증가함을 알 수 있고, 인가전압에 의한 입자 하전량의 영향은 거의 나타나지 않았다. 실험적으로 구한 Pn값으로 입자크기별 하전량을 알고 PM2.5의 입경분포를 알면, PM2.5 inlet을 통과한 입자를 하전기를 통과시켜 대전시킨 후 측정되는 전류와 PM2.5 농도와의 상관관계를 도출할 수 있다. 이 상관관계를 이용하여 PM2.5입자를 대전시켜 유도되는 전류를 측정하므로써 대기중 PM2.5 농도를 실시간으로 측정할 수 있다.

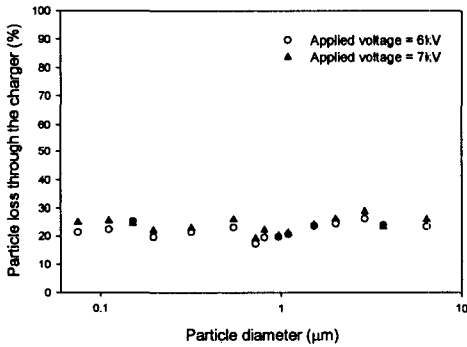


Fig. 2. Particle loss through the charger

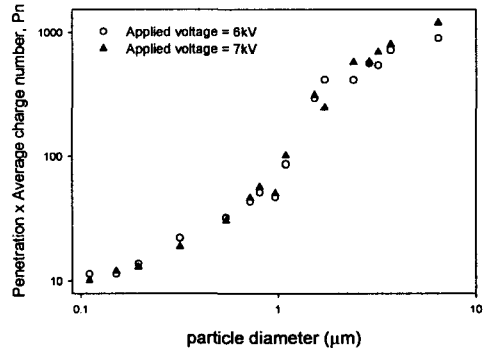


Fig. 3. Penetration through the charger  
× Average charge number, Pn

### 감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터 사업의 일환으로 수행되었으며, 도움을 주신 분께 감사드립니다.

### 참고문헌

- (1) Y. H. Liu and Y. H. Pui (1975) On the performance of the electrical aerosol analyzer, *J. Aerosol Sci.*, 6:249-264
- (2) Marjamaki, Keskinen, D-R Chen and Y. H. Pui (2000) Performance evaluation of the electrical low-pressure impactor, *J. Aerosol Sci.*, 31:249-261