

## PA8) 입자상물질(PM) 실시간 모니터링을 위한 코로나 입자하전기의 실험적 연구

### Experimental Study on a Corona Charger for Real-time Monitoring of Particulate Matter (PM)

권순박 · 정정선 · 이규원  
 광주과학기술원 환경공학과

#### 1. 서론

대기오염물질 중 입자상물질(particulate matter, PM)의 크기분포 측정은 주로 다단임팩터(cascade impactor)에 의해 이루어지고 있다. 임팩터 각 단계에 포집된 입자의 무게를 측정하여 입자상물질의 크기분포로 환산하는 다단임팩터는 입자의 샘플링에 많은 시간이 소모되며 필터의 전처리 및 무게측정과정 이 번거롭고, 시간에 따른 농도분포의 추이를 파악할 수 없는 단점이 있다. 권순박 등(2001)은 다단임팩터와 입자하전기, 전류측정기를 결합하여 입자상물질 실시간 모니터링 기술에 대한 기초적인 연구를 수행한 바 있다. 임팩터 각 단계의 충돌판(impaction plate)에 포집된 입자의 전류량을 측정하여 이를 개수농도로 환산함으로써 크기분포를 획득하는 방법을 사용하며, 입자상물질을 크기에 따라 일정한 하전량을 공급할 수 있는 입자하전기의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 본 연구의 목적은 입자상물질을 크기에 따라 일정하게 하전시킬 수 있는 코로나 입자하전기를 개발하여 그 성능을 평가하는 데 있다.

#### 2. 설계 및 평가 방법

입자상물질을 하전시키는 방법은 크게 전계하전(field charging)과 확산하전(diffusion charging)으로 나뉜다. 전계하전은 강한 전장에 의해 단극 이온(unipolar ion)의 이동에 의하여 입자가 하전되는 것이고, 확산 하전은 외부 전장이 없는 상태에서 이온이 불규칙적으로 운동하면서 입자와 충돌하여 입자가 하전되는 것이다. 전계하전을 이용한 입자하전기는 확산하전에 비하여 장치의 구성이 용이하며, 입자와 충돌하는 이온의 수는 입자 직경의 제곱에 비례하기 때문에 입자의 크기가 커질수록 하전효율이 높아지게 된다. 그러나, 강한 전기장에 의한 입자손실이 단점이라 할 수 있다. 본 연구에서는 직경 0.18mm, 길이 5mm의 텅스텐 와이어를 직경 60mm의 실린더 중앙에 위치시키고, BNC 1 케이블을 이용하여 5~7kV의 고전압을 공급하게 되며, BNC 2 케이블에서는 과다 발생된 이온의 포집을 위한 300~500V의 전압을 공급하게 된다. 이러한 코로나 하전기의 구조는 Marjamäki et al.(2000)의 연구에서도 사용된 바가 있다. 코로나 입자하전기 입구에서의 입자농도( $C_{in}$ )와 출구에서의 농도( $C_{out}$ )로 계산되는 입자의 통과율( $P=C_{out}/C_{in}$ )과 단위입자당 하전되는 하전량( $n$ )의 곱은 다음과 같이 표현될 수 있다.

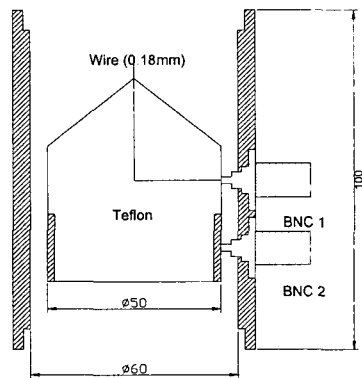


Fig. 213. Design of corona charger.

$$Pn = \frac{I}{C_{in} eQ} \quad (1)$$

식 (1)에서 I는 입자하전기를 통과한 입자에 의해 발생하는 전류(A), e는 전자의 전하량( $=1.6 \times 10^{-19}C$ ), Q

는 흡입유량( $500\text{cm}^3/\text{sec}$ )이다. 단분산 입자의 발생은 올레인산(oleic acid, 밀도= $0.895\text{g}/\text{cm}^3$ )을 사용하여 VOAG(vibrating orifice aerosol generator, model 3450, TSI Inc.)에서 발생시켰으며, 입구에서의 입자농도( $C_{in}$ )는 VOAG에서 발생하는 입자를 필터로 포집한 뒤, 무게를 측정하여 계산하였다. I는 자체 제작된 Faraday cup을 사용하여 측정하였으며, Aerosol Electrometer(model 3068A, TSI Inc.)를 사용하여 Faraday cup을 검증 하였다.

### 3. 연구결과

입자하전기의 유량은  $30\text{L}/\text{min}$ 으로 VOAG에서 발생하는 약  $50\text{L}/\text{min}$ 의 유량을 유량분리장치(flow divider)를 설치하여 bypass 시켰으며, 진공펌프와 질량유량계를 사용하여 입자하전기내의 유량을  $30\text{L}/\text{min}$ 으로 유지하였다. VOAG에서 발생하는 입자의 개수농도는 dilution/dispersion 공기의 유량과 진동수(vibration frequency)에 의해 결정된다. 그러나 VOAG의 증화기(Kr-85)와 이송관등을 통과하면서 중력침강, 확산침착, turbulent inertial deposition, inertial deposition in a bend, inertial deposition at flow constrictions, 정전기에 의한 침착 등에 의해 실제로 발생하는 입자의 개수농도는 감소하게 되며, 이러한 경향은 입자의 크기에 의존하게 된다. Liu et al.(1974)는 증화기를 통과한 입자의 개수농도를 실험적으로 계산하였으며, 본 연구에서 사용된 VOAG와 이송관, 그리고 유량분리장치를 통과한 입자의 개수농도와 함께 그림 2에 나타나 있다. 그림 3은 실험적으로 계산한 입자의 직경에 따른 Pn 값을 나타내고 있으며, Marjamäki et al.(2000)에 의한 연구결과도 함께 비교하였으며 Pn의 기울기는 매우 유사한 경향을 나타내고 있다.

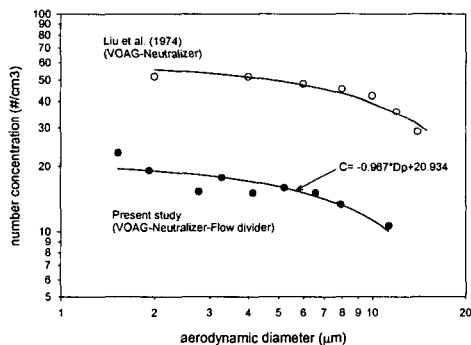


Fig. 2. Output aerosol concentration of the VOAG as a function of particle size.

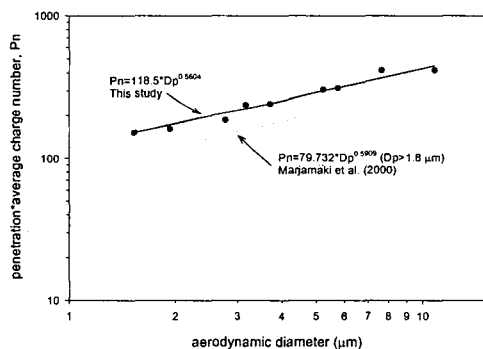


Fig. 3. Penetration times the average number of charges per particle as a function of particle size.

### 감사의 글

본 연구는 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 도움을 주신분께 감사드립니다.

### 참고 문헌

- 권순박, 임경수, 이규원 (2001) PM10, PM2.5 및 PM1 모니터링 기술 개발, 대기환경학회 추계학술대회 발표논문집, 329-330.
- Liu B.Y.H., Berglund R.N., and Agarwal J.K. (1974) Experimental studies of optical particle counters. *Atmospheric Environment* 8, 717-732
- Marjamäki M., Keskinen J., Chen D. R. and Pui D. Y. H. (2000) Performance evaluation of the electrical low-pressure impactor(ELPI). *J. Aerosol Sci.*, 31(2), 249-261.