

2B1) 나노/서브마이크론 에어로졸의 집진성능평가를 위한 이중모드 입자의 발생

Generation of Bi-modal Particles for Performance Evaluation of Air Cleaning Devices for Submicron Aerosols

지 준 호 · 황 정 호¹⁾

연세나노과학기술연구원, ¹⁾연세대학교 기계공학과

1. 서 론

나노/서브마이크론 크기의 입자는 최근 유해 입자상 물질 제거 및 오염 제어나 물질 제조 등의 분야에서 관심이 높아지고 있다. 보통 환경 입자상 물질로 불리는 0.1~1 μm 범위의 서브마이크론 입자는 자동차, 공장, 발전소, 소각로 등의 연소 과정에서 발생되어 상당량이 대기로 배출되는데, 인체에 유입되면 호흡기 장애나 암을 유발하는 등의 나쁜 영향을 미친다. 특히, 관성력과 확산력에 의한 영향이 적고 하전 입자의 전기적인 이동도도 낮기 때문에 집진장치나 공기청정장치에서 집진효율이 가장 낮은 크기 범위이다. 최근에는 이런 유해한 미세 입자들을 좀 더 엄격히 규제하려는 움직임들이 나타나고 있는데, 직경 10 μm 이하의 분진 총량을 규제하는 PM_{10} 이나 2.5 μm 이하를 대상으로 하는 $\text{PM}_{2.5}$ 의 대기 규제는 더 작은 입자 크기를 대상으로 이동하고 있다. 또 이런 추세는 집진장치나 공기청정 장치의 성능평가에 적용되어, 미세 입자의 정량화에 용이하도록 수농도를 측정하여 장치를 평가하는 움직임으로 나타나고 있다.

최근 많은 연구에서 나노미터나 서브마이크로미터 크기 입자의 제거 효율을 제시하지만, 발생 입자의 범위에 제한이 있다. 전체 서브마이크론 크기의 입경 영역에서 신뢰성 있는 성능평가 결과를 얻으려면, 단분산 입자를 발생시켜 성능을 평가하거나 같은 조건에서 입자 발생 조건을 바꾸어 여러 번 반복하여 실험을 수행해야한다. 본 연구에서는 분무형 입자발생기와 전기가열튜브로를 사용하여 0.01-1 μm 의 전체 영역에서 성능평가 결과를 얻을 수 있는 방법을 소개하고, 공기청정 시스템의 성능평가에 적용한 결과를 제시한다.

2. 이중 모드 입자 발생 장치

일반적으로 1 μm 이하의 에어로졸을 발생시키는 장치로 분무형 입자발생기(atomizer)가 있다. 장치가 간단하고 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있지만 기하평균 입자를 30 nm 이하로 발생시키기 힘들고, 기하평균 입경이 작을수록 농도가 낮아지기 때문에 고농도의 입자분포를 모사하기에는 한계가 있다. 발생된 입자의 기하표준편차가 1.7-2.0이므로 넓은 범위의 입자를 발생시킬 수 있지만, DMA를 이용한 정확한 단분산 입자의 발생은 불가능하다. 반면 최근 물질제조나 나노 입자의 발생에 주로 사용하는 전기가열 튜브로는 기하평균입경이 수 나노미터부터 약 0.2 μm 까지 안정적으로 고농도의 입자를 발생할 수 있고, (Scheibel and Porstendoerfer, 1983; 지 등, 2003) 기화-응축 방법을 이용하여 입자를 발생시키기 때문에 기하표준편차가 1.3-1.5인 다분산 입자를 발생시킬 수 있다.

분무형 입자 발생기와 전기가열 튜브로를 그림1과 같이 적용하면 나노 크기의 입자부터 1.0 μm 입자까지 고농도의 이중모드의 입자를 발생할 수 있고, SMPS나 전기적 저압입력(ELPI) 등의 장비를 사용하면 집진효율을 정량적으로 평가할 수 있다.

3. 요약

대기오염 후처리 설비나 공기 청정 장치 등의 서브마이크론 크기의 입자 성능이 매우 중요하다. 서브마이크로 입자의 성능평가에는 주로 분무형 입자 발생기를 사용하지만 전체 입경 범위를 모두 평가하려면 몇 번의 같은 실험을 수행하는 제한성이 있었다. 본 연구에서는 분무형 입자 발생 장치와 전기가열

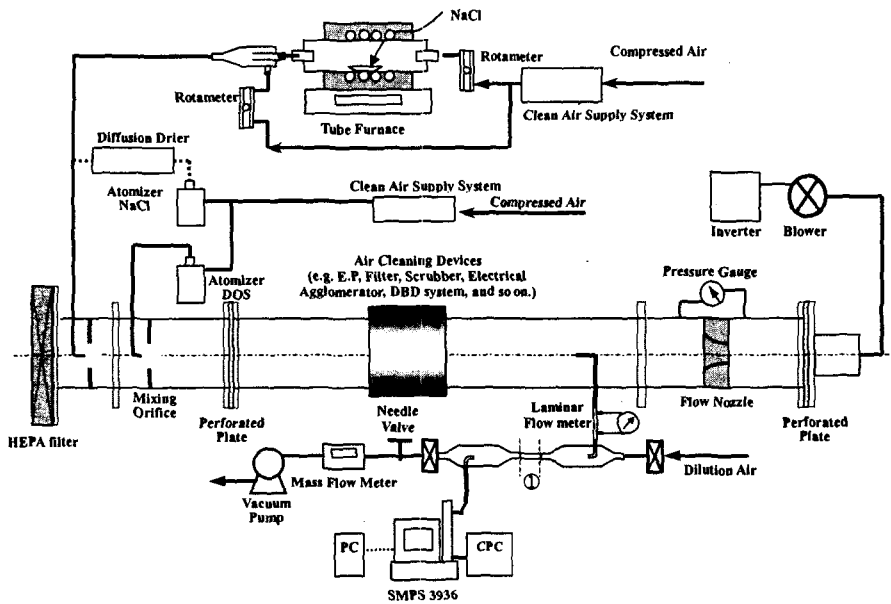


Fig. 1. Schematic diagram of bimodal test particles generation system

튜브로를 사용하여 서브마이크론 크기 범위의 입자를 안정적으로 발생시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 이와 같은 이중모드 입자의 발생은 집진장치나 공기 청정장치 등에 응용할 수 있고, 발생원이 2개인 입자상 물질 오염원의 입자 크기분포를 비슷하게 모사할 수 있다.

참고 문헌

- Scheibel, H. G. and J. Porstendoerfer (1983) Generation of Monodisperse Ag⁻ and NaCl Aerosols with Particle Diameters between 2 and 300 nm, J. Aerosol Sci., Vol. 14, pp.113-126.
- 지준호, 배양일, 황정호, 배귀남, (2003) 전기가열 튜브로를 이용한 나노 입자의 발생, 대한기계학회논문집 B권, 심사중.