

## 2C4) 환경 나노입자 측정용 저압 임팩터의 성능평가

### Performance Evaluation of a Low Pressure Impactor for Nano Environmental Aerosols

조명훈 · 지준호<sup>1)</sup> · 배귀남<sup>2)</sup> · 박동호 · 황정호

연세대학교 기계공학과 <sup>1)</sup>연세나노과학기술연구원 <sup>2)</sup>한국과학기술연구원

#### 1. 서 론

1  $\mu\text{m}$  이하의 환경 나노입자는 대표적인 대기오염물질로 알려져 있고, 대기환경뿐만 아니라 호흡기 장애나 암을 유발시키는 등 인체에도 나쁜 영향을 미친다. 그러므로, 공기 중에 부유하는 환경 나노입자의 측정 및 평가는 매우 중요하다. 최근에는 대기 에어로졸의 입경별 질량농도분포 측정에 다단 임팩터가 널리 사용되고 있으며, 신뢰할 수 있는 데이터를 얻기 위해서는 임팩터의 입자채취 특성을 정확히 파악해야 한다.(지준호 등, 2001) 이러한 임팩터는 입자의 관성을 이용하여 입자크기를 분류하므로 주로 크기가 1  $\mu\text{m}$  이상인 조대입자의 분류에 사용되었으나, 최근 1  $\mu\text{m}$  이하의 나노입자에 대한 관심이 높아짐에 따라 저압이나 미세 오리피스를 사용하여 미세입자를 분류할 수 있는 임팩터가 개발되어 널리 사용되고 있다. 이러한 저압 임팩터를 사용할 경우 수십 나노미터에서 수십 마이크로미터 영역의 입자상 물질들의 크기분포 및 농도를 추정할 수 있지만,(Hillamo, R.E. and E.I. Kauppinen, 1991) 긴 샘플링 시간과 질량을 측정해서 결과를 얻어야 하므로 실제로 시간이 많이 걸린다. 최근 개발된 전기적 저압 임팩터는 이러한 단점들을 해결할 수 있으며, 공장, 발전소 등의 배출 에어로졸의 측정, 디젤 자동차로부터 배출되는 PM의 측정 등 응용범위가 매우 넓다.(Marjamaki et al., 1999) 본 연구에서는 분리입경이 0.5, 0.16  $\mu\text{m}$ 인 저압 임팩터를 설계, 제작하여 각 단의 입자채취효율 특성을 전기적인 방법으로 평가하였다. 각 단마다 압력을 변화시켜 운전압력이 임팩터의 성능에 미치는 영향을 파악하였다.

#### 2. 전기적 저압 임팩터의 성능평가

전기적으로 임팩터 각 단의 입자채취효율을 평가하기 위해서 그림 1과 같은 실험장치를 구성하였다. 단분산 시험 입자를 만들기 위하여 기화-응축 방법으로 액체인 DOS (dioctyl sebacate)를 이소프로필 알코올에 녹여 분무형 입자 발생기(atomizer)로 발생시켰다. 분무형 입자 발생기는 압축공기와 함께 DOS 용액이 노즐을 통과할 때 미세한 액적으로 분사시키는 장비이며, 발생된 액적이 기화-응축기를 통과할 경우 액적이 가열되면서 기화되었다가 다시 온도가 급격하게 낮아지면서 핵화에 의해 입자가 생성되고 응축과정을 통해 크기가 매우 좁은 단분산으로 발생된다. 기화-응축기를 통과한 입자는 중화기( $^{210}\text{Po}$ )를 통과하여 불뜨만 하전 분포를 이루고, DMA를 거쳐 단분산 입자들을 얻게 된다. 이때 생성되는 단분산 입자는 모두 (+1)가의 단위 하전량을 갖게 되므로, 전류계로 임팩터 기관과 패러데이 케이지의 전류를 측정하여 임팩터 각 단의 채취효율을 계산하였다. 압력조절 밸브와 진공 게이지를 사용하여 시험 임팩터 상류의 압력을 6가지로 변화시켰다. 임팩터로 흡인되는 유

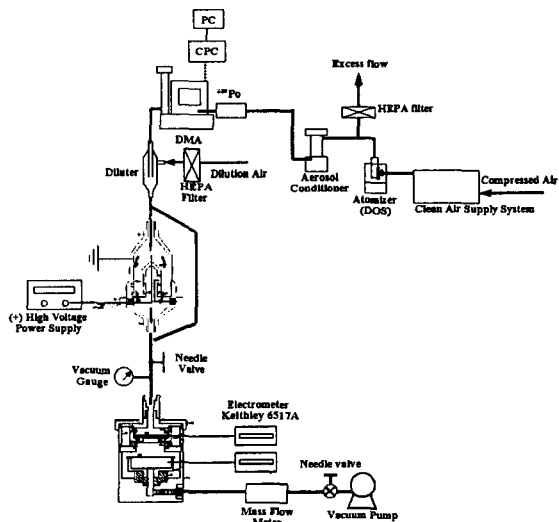


Fig. 1. Experimental setup

량은 진공펌프와 니들 밸브로 10 L/min이 되도록 조절하였다.

### 3. 결 과

1  $\mu\text{m}$  이하인 나노입자를 정확히 분류하기 위해 저압 임팩터가 쓰이는데, 각 단의 상류 압력은 중요한 운전변수이다. 그림 2, 3은 운전압력이 76.6 kPa 분리입경이 0.16  $\mu\text{m}$ 인 시험 임팩터 2단의 성능평가 결과를 나타낸 것이다. 설계, 제작하여 101.3~68 kPa 범위로 압력을 변화시켜 0.12~0.24  $\mu\text{m}$  범위의 50% 분리입경을 얻었다. 이 때  $Stk^{1/2}$ 은 그림3과 같이 압력이 101.3, 88, 76.6, 73.6 kPa 인 경우 약 0.49 정도이고 72, 68 kPa인 경우 약 0.46이었다. 시험에 사용된 임팩터 단의 노즐 직경과 노즐 수는 각각 0.3 mm, 20 이었다.

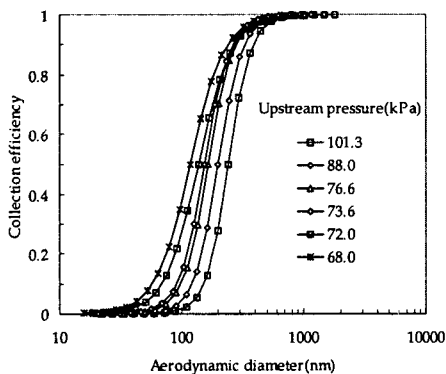


Fig. 2. Effect of upstream pressure on the particle collection efficiency

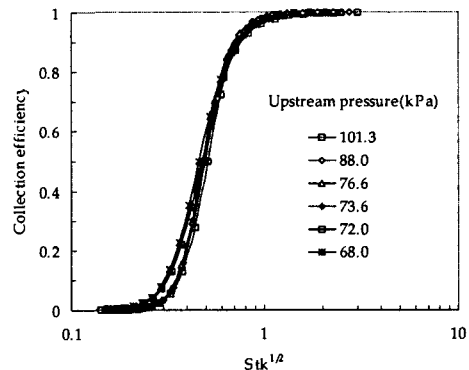


Fig. 3. Collection efficiency curves in terms of the Stokes number

### 사 사

본 연구는 산업자원부 신기술실용화기술개발사업(과제번호 : 10005549)의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드린다.

### 참 고 문 헌

- Marjamaki, M., J. Keskinen, D.R. Chen and D.Y.H. Pui (1999) Performance Evaluation of the Electrical Low-Pressure Impactor J. Aerosol Sci., 31, 249-261.
- 지준호, 배귀남, 황정호 (2001) 대기 에어로졸 측정용 3단 임팩터의 설계 및 성능평가, 한국대기환경학회지, 17(6), 441-450.
- Hillamo, R.E. and E.I. Kauppinen (1991) On the Performance of the Berner Low Pressure Impactor, Aerosol Sci. and Technol., 47, 14-33.