

## PA26) 저압 가상입팩터의 성능평가 Performance Evaluation of a Low Pressure Virtual Impactor

임 경 수 · 김 현 수 · 이 규 원  
 광주과학기술원 환경공학과

### 1. 서 론

가상입팩터(virtual impactor)는 충돌판을 가지고 있는 관성입팩터(inertial impactor)와는 다르게 분리입경보다 큰 입자를 분리할 수 있는 부 유동과 분리입경보다 작은 입자를 분리할 수 있는 주 유동으로 나누어져서 입자의 튀김(bouncing)이나 재비산(reentrainment) 없이 입자를 분리 또는 농축할 수 있다. 하지만 관성입팩터처럼 여러 단을 연결하여 작은 입자를 분리할 수 없기 때문에 주로 큰 입자의 분리 및 농축에 쓰여왔다. 비록 Sioutas(1994) 등에 의해서  $0.2\mu\text{m}$  정도의 분리입경을 갖는 가상입팩터가 성능 평가 되었으나, 총유량이  $0.7\text{L}/\text{min}$ 으로 상당히 작기 때문에 유량 제어 및 입자의 채취에 어려움이 있다.

본 연구에서는 저압조건에서 총유량이  $10\text{L}/\text{min}$ 인 가상입팩터의 성능을 평가하여 가상입팩터의 분리효율을 향상시키고자 한다.

### 2. 연구 내용

입팩터의 분리입경은 입자의 미끄럼 보정계수(Cunningham slip correction factor)의 함수로써 미끄럼 보정계수가 커질수록 분리입경은 작아진다. 또한 미끄럼 보정계수는 압력이 작아지면 커지기 때문에 입팩터의 분리입경을 작게하기 위해서는 압력을 낮추어야 한다. 본 연구에서는 그림 1처럼 가상입팩터의 노즐에 입자가 유입되기 전에 오리피스를 사용하여 압력을 낮추어서 저압을 유지하도록 하였다. 저압상태로 유지된 입자를 포함한 기체는 노즐을 통과하게 되며 큰 입자를 포함한  $1\text{L}/\text{min}$ 의 기체는 부 흐름으로 흐르게 되고, 작은 입자를 포함한  $9\text{L}/\text{min}$ 은 주 흐름으로 흐르게 된다.

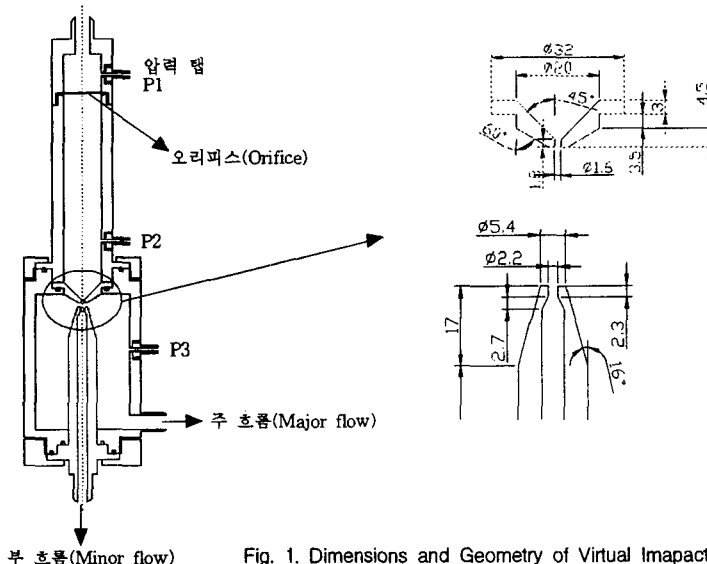


Fig. 1. Dimensions and Geometry of Virtual Impactor

가상입팩터의 성능을 평가하기 위해서 fluorescent PSL(Polystyrene Latex) 입자를 Atomizer(Model 9302, TSI Inc.)로 발생시켰다. 주 흐름과 부 흐름에서의 입자의 포집은 유리섬유 필터(GFC, Whatman)를 이용하였으며, 필터는 30ml의 에틸 아세테이트(ethyl acetate) 용액에 담가 PSL 입자를 용출시켰다. 노즐(nozzle), 프로브(probe), 벽(wall), 오리피스(orifice) 등에 붙은 입자는 에틸 아세테이트 용액을 문헌

유리섬유 필터로 닦아 30ml의 에틸 아세테이트 용액에 담가 두었다. 유리섬유 필터가 담겨 있는 에틸 아세테이트 용액은 수 분간 초음파분해(Sonification)하여 nuclepore 필터로 걸러내어 Luminescence Spectrometer(Model LS50B, Perkin Elmer)로 fluorescent 입자의 농도를 측정하였다. 측정된 입자의 농도를 이용하여 다음과 같이 분리효율을 구하였다.

$$\text{Separation eff.} = \frac{N_{\text{minor}}}{N_{\text{major}} + N_{\text{minor}}}$$

$N_{\text{major}}$ : 주 흐름(major flow)의 입자 농도.

$N_{\text{minor}}$ : 부 흐름(minor flow)의 입자 농도.

$N_{\text{loss}}$ : 총 loss(노즐, 프로브, 벽, 오리피스스 loss) 농도.

$$\text{Collection eff.} = \frac{N_{\text{minor}}}{N_{\text{major}} + N_{\text{minor}} + N_{\text{loss}}}$$

### 3. 연구 결과

그림 2는 오리피스를 사용하지 않고 상압에서의 가상입액터의 분리효율 및 입자 손실을 나타내고 있다. 50% 분리입경은 약 1.3 $\mu\text{m}$  정도이며, 분리입경 주위에서 가장 많은 입자의 손실을 나타내고 있다. 작은 입자에서는 프로브(probe)에서의 입자손실이 가장 크고 입자가 커짐에 따라 벽에서의 입자 손실이 커진다. 그림 3은 오리피스를 사용하여 압력을 0.68atm으로 낮춘 후, 노즐 통과시켰을 때의 분리효율 및 입자의 손실을 나타내고 있다. 50% 분리입경은 약 0.9 $\mu\text{m}$ 이며, 작은 입자에서는 그림 2와 같이 프로브에서의 입자 손실이 가장 크지만 입자가 커질수록 오리피스스와 오리피스스 입구에서 손실이 점차 커짐을 알 수 있다. 그림 4는 상압일 때와 저압일 때의 분리효율을 나타낸 그래프이며, 입자크기가 1.5 $\mu\text{m}$  이하일 때, 5-15% 정도 오리피스를 사용하여 압력을 낮춘 경우가 높은 분리효율을 나타내고 있다. 반면 1.5 $\mu\text{m}$  이상의 입자크기에서는 상압일 때와 저압일 때 분리효율 차이가 거의 없다.

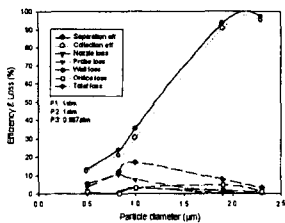


Fig. 2. Efficiency and loss of virtual impactor without orifice.

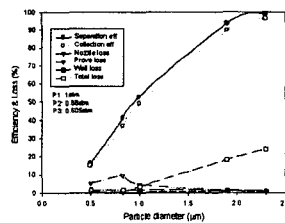


Fig. 3. Efficiency and loss of virtual impactor with orifice.

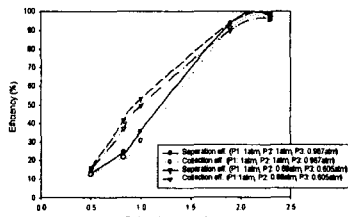


Fig. 4. Efficiency of virtual impactor in atmospheric and low pressure.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호: M10203000047-02J0000-02610)의 지원으로 수행 되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

C. Siouta, P. Koutrakis and B. A. Olson (1994), Development and Evaluation of a Low Cutpoint Virtual Impactor, *Aerosol Sci. and Technol.*, Vol. 21, 223-235.