

AB3) 단일 노즐 및 멀티-노즐 가상 임팩터의 성능평가 Performance Evaluation on Single Nozzle and Multi-Nozzle Virtual Impactors

김대성 · 김민철 · 이규원*

광주과학기술원 환경공학과 분진공학연구소

1. 서론

에어로졸을 분리할 수 있는 장비로는 전기적 이동차 분석기(differential mobility analyzer), 싸이클론(cyclone), 습식 충돌기(impinger), 습식 싸이클론(wet cyclone), 확산 배터리(diffusion battery), 관성 임팩터(inertial impactor), 그리고 가상 임팩터(virtual impactor) 등이 있다. 이중 가상 임팩터는 설계 및 제작이 비교적 간편하고, 입자를 분리 및 농축하는데도 좋은 성능을 나타냄으로 널리 사용되어져 왔다. 가상 임팩터는 가속노즐(acceleration nozzle)아래에 수집노즐(receiving nozzle)이 설치되어 유선의 방향이 바뀔 때, 큰 입자는 큰 관성력으로 인해 유선에서 벗어나 수집노즐에 포집되는 원리를 이용하여 입자를 분리 및 농축한다. 가상 임팩터에서는 유선의 흐름이 두 개로 나누어지는데, 하나는 분리입경(cutoff diameter)보다 큰 입자를 분리할 수 있는 부 유동(minor flow)이고, 다른 하나는 분리입경보다 작은 입자를 분리할 수 있는 주 유동(major flow)이다.

본 연구에서는 하나의 단일 가상 임팩터와 2개의 멀티-노즐 가상 임팩터(Kim et. al.,2000)의 부 유동비(총 유량에 대한 부 유동량의 비, Q_m/Q_T)를 다르게 하여 그 성능을 각각 평가해보았다. 제작된 가상 임팩터들의 총 유량을 일정하게 유지하고 부 유동량을 변화시키면서, 그리고 부 유동량을 일정하게 유지하고 총 유량을 변화시키면서 성능을 평가한 뒤 각각의 결과를 비교하였다.

2. 연구 방법

부 유동비 변화에 따른 성능평가는 직경이 3.2 mm인 가속노즐을 가상 임팩터에 고정된 뒤, Q_m/Q_T 를 6.6%, 10% 그리고 20%로 조절하면서 이루어졌다. 즉, 총 유량을 30 l/min으로 일정하게 유지하고 부 유동량을 2, 3, 6 l/min으로 변화시키면서 농축율을 측정하였고, 또한 부 유동량을 3 l/min으로 일정하게 유지하고 총 유량을 15, 30 그리고 45 l/min으로 변화시키면서 농축율(concentration ratio)을 측정된 뒤 결과를 비교하였다.

멀티-노즐 가상 임팩터로써 4 노즐과 18 노즐 가상 임팩터가 제작되었는데, 멀티-노즐 임팩터의 가속노즐의 직경은 단일 노즐 임팩터와 같고 노즐 수는 각각 4개와 18개로 되어있다. 그래서 총 유량은 각각 120 l/min (30 l/min × 4)과 540 l/min (30 l/min × 18)이었다. 부 유동비의 변화에 대한 실험은 단일 노즐 가상 임팩터와 마찬가지로 Q_m/Q_T 를 6.6%, 10% 그리고 20%로 조절하면서 이루어졌다.

실험에 사용된 입자는 0.5~8.0 μm 크기의 PSL(polystyrene latex particles) 입자로 분무기를 이용하여 발생시켰으며, Aerosizer (API Inc.)를 이용하여 측정하였다. 입자 측정은 유입 유량, 주 유동 그리고 부 유동에서 5분을 주기로 이루어 졌으며, 수회 반복한 뒤 그 평균값을 이용하였다. 본 실험의 결과는 입자 농축비로 나타내었는데, 이것은 부 유동의 입자 농도를 유입 유량의 입자 농도로 나누어 나타낸 것이다.

3. 결과 및 고찰

입자 농축곡선, $\sqrt{Stk_{50}}$, 그리고 절단입경은 부 유동비 변화에 따라 크게 변화였다. $\sqrt{Stk_{50}}$ 는 부 유동비가 작을수록, 그리고 노즐수가 많을수록 큰 것으로 나타났다. 단일 노즐 및 멀티-노즐 임팩터에서 부 유동비가 6.6%일 때는 큰 입자들에서 농축율이 거의 15까지 나타났고, 10%일 때는 농축율이 거의 10까지, 그리고 20%일 때는 농축율이 5까지 나타났다(그림 1-3). '그림 4'는 부 유동비가 작아질수록 그리고 노즐 수가 증가할수록 분리입경이 커지는 것을 보여준다. 분리입경이 커지는 것은 입자의 포집효율 감소를 의미한다. 그러나 부 유동비를 작게 함으로써 농축비를 향상시키고, 노즐 수를 증가시킴으로써 입

자의 포집량을 줄이는 방법은 저 농도지역에서 고용량 스프레이를 할 때 매우 유리할 것이라고 생각한다.

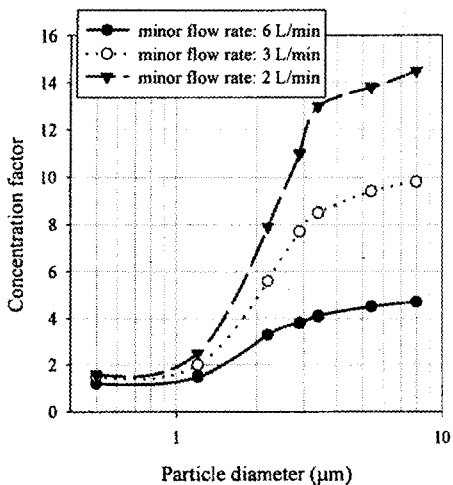


Fig. 1. Particle concentration factor for different minor flow rate. (Total flow rate : 30 l/min.)

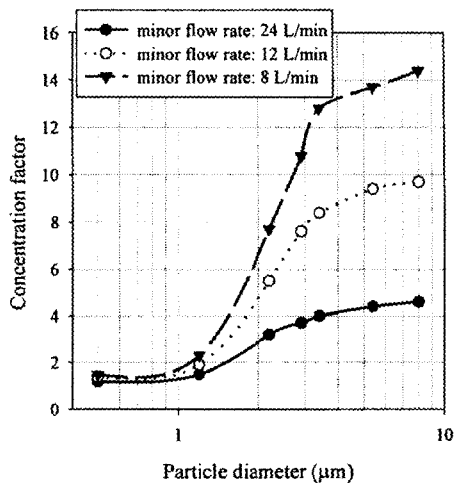


Fig. 2. Particle concentration factor for different minor flow rate. (Total flow rate : 120 l/min.)

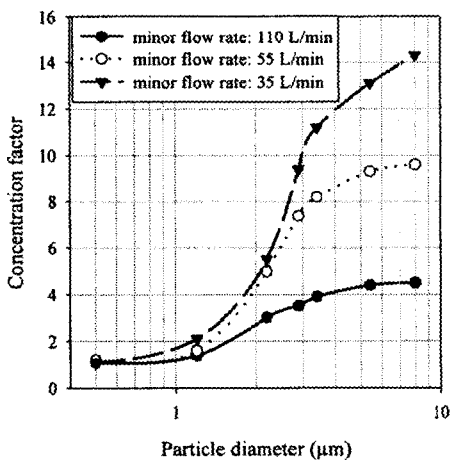


Fig. 3. Particle concentration factor for different minor flow rate. (Total flow rate : 540 l/min.)

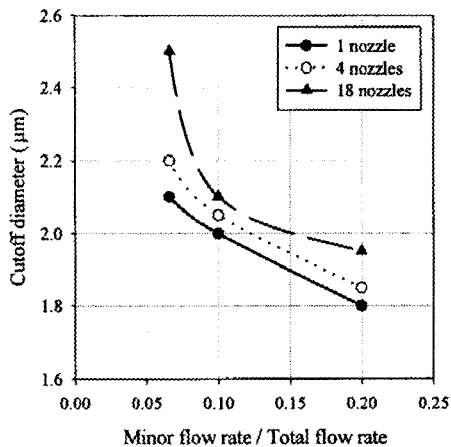


Fig. 4. Cutoff diameters for the different ratio of minor flow rate to total flow rate.

참고문헌

Kim, D.S., Kim, M.C., and Lee, K.W. (2000). Proceedings of 30th Meeting of KOSAE, pp. 227-228.