

AC8) 입자상물질(PM) 실시간 모니터링을 위한 상압 다단임팩터 개발 Development of Atmospheric Cascade Impactor for Real-time Monitoring of Particulate Matter (PM)

권순박 · 임경수 · 배귀남¹⁾ · 이규원

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서 론

다단임팩터(cascade impactor)는 대기환경 연구에 있어 입자상물질의 물리·화학적 분석에 유용하게 사용되고 있는 입자상물질 포집장치이다. 다단임팩터의 각 단은 외벽(stage wall), 가속노즐판(acceleration nozzle plate)과 충돌판(impaction plate)으로 구성되며 충돌판에는 입자상물질의 포집을 위하여 테플론 필터, 알루미늄 필터 등을 장착하게 되어 있다. 입자상물질의 크기분포는 임팩터 각 단 필터에 포집된 입자의 무게를 측정함으로써 획득되어 질 수 있으나, 입자의 포집에 많은 시간이 소모되며 필터의 전처리 및 무게측정과정은 번거롭고, 시간에 따른 농도분포의 추이를 파악할 수 없는 단점이 있다. 이에 권순박 등(2001)은 다단임팩터와 입자대전기, 전류측정기를 결합하여 입자상물질의 크기분포를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 기술에 대하여 기초적인 연구를 수행한 바 있다. 실시간 모니터링 방법은 임팩터 각 단의 충돌판(impaction plate)에 포집된 입자의 전류량을 측정하여 이를 개수농도로 환산함으로써 이루어 지는데, 입자상물질을 크기에 따라 일정한 하전량을 공급할 수 있는 입자대전기의 개발과 정확한 분리입경을 가지는 다단임팩터의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 본 연구의 목적은 상압 조건에서 작동되는 5단 다단임팩터(ATL Impactor)를 개발하여 입자상물질을 목표 분리입경(10, 5, 2.5, 1, 0.7 μ m)에 따라 단계적으로 분리하는데 있다. 분리입경이 각각 10, 5, 2.5, 1 μ m인 임팩터의 설계 및 평가는 권순박 등(2000)에 의하여 연구가 수행된 바 있으며, 본 연구에서는 기존의 성능평가 결과를 보완하고, 목표 분리입경이 0.7 μ m인 5단을 추가하여 성능평가를 수행하였다. 단분산 입자를 사용하여 임팩터 각 단의 포집효율을 측정하였으며, stage response function(or kernel function)을 계산하였다.

2. 연구 내용 및 방법

목표 분리입경이 각각 10, 5, 2.5 μ m 인 1~3단 임팩터의 경우 VOAG(vibrating orifice aerosol generator, VOAG, model 3450, TSI Inc.)에서 액체 입자인 올레인산(oleic acid, 밀도=0.895g/cm³)을 발생시켜 중량법으로 평가하였으며, 목표 분리입경이 각각 1, 0.7 μ m인 4단과 5단의 평가에는 Polystyrene latex particle(밀도=1.05g/cm³, Duke Scientific)을 atomizer에서 발생시킨 뒤, 입구와 출구의 입자개수농도를 Aerosizer LD(API Inc.)로 측정하는 입자계수법으로 평가하였다. 각 단의 포집효율(E_i) 곡선은 실험데이터를 회귀법으로 하여 결정하였으며, stage response function(K_i)은 입자의 포집효율로부터 식(1)과 같이 결정되었다(Rader et al., 1991).

$$K_1(d_p) = E_1(d_p), K_i(d_p) = E_i(d_p)[1 - E_{i-1}(d_p)] \cdot \dots \cdot [1 - E_1(d_p)] \quad i = 2, \dots, n \quad (1)$$

각 단의 stage response function은 입경에 따라 0~1 사이의 값을 가지며 임팩터의 운전조건과 입자의 직경, 밀도, 모양에 따라 변하게 된다.

3. 연구결과

그림 1은 임팩터 각 단의 포집효율 실험데이터와 회귀법으로 구한 포집효율 곡선을 나타내고 있다. PSL입자가 사용된 임팩터 4, 5단의 평가에는 입자의 되튀김현상을 최소화하기 위해 충돌판을 코팅하였

다. 임팩터 1~4단의 경우 목표 분리입경인 10, 5, 2.5, 1 μ m을 모두 잘 만족하고 있으나, 5단의 경우 큰 입자에서 포집효율이 낮아지는 것을 알 수 있다. 그림 2에 나타난 stage response function에서도 볼 수 있듯이 5단의 경우 0.6이하의 값을 나타내고 있으며 입자의 직경이 커질수록 값이 작아지는 것을 알 수 있다.

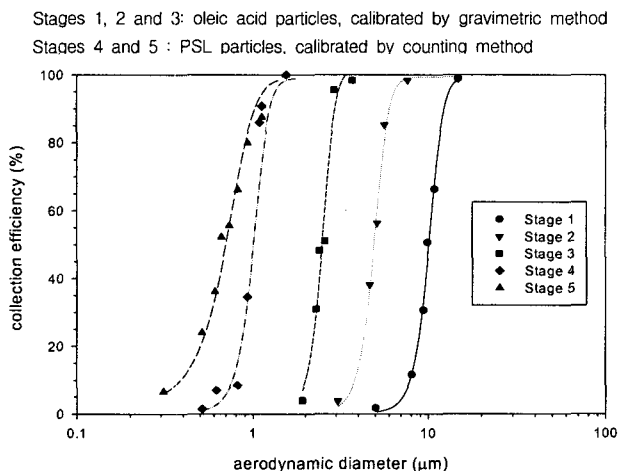


Fig. 1. Collection efficiency curves of ATL impactor.

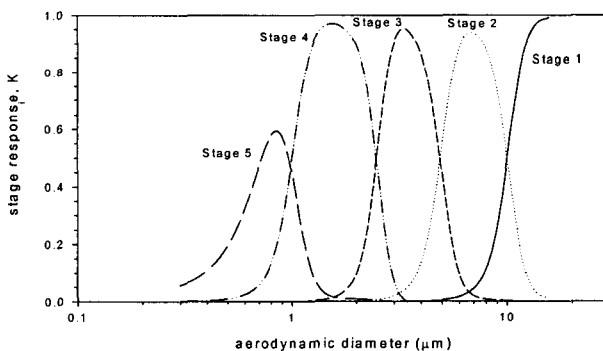


Fig. 2. Stage response functions of ATL impactor.

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.
- 권순박, 임경수, 이규원, 지준호, 배귀남 (2000) 상압 다단임팩터의 설계 및 성능평가, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 219-220.
- Rader D. J., Mondy L. A., Brockmann J. E., Lucero D. A., and Rubow K. L. (1991) Stage response calibration of the Mark III and Marple personal cascade impactors. *Aerosol Sci. and Technol.* 14:365-379.