

MA13) 생물학적 에어로졸 선별농축기의 도입부 설계 및 성능평가 Design and Performance of Bio-Aerosol Concentrator Inlet

김대성 · 김민철 · 이규원
광주과학기술원 환경공학과

Abstract

Bio-Aerosol Concentrator Inlets were made to collect particles of which size was $2\mu\text{m}$ as aerodynamic diameter or larger. The Concentrator Inlets were designed by using virtual impactors, because the virtual impactors are known for high efficiency. In a virtual impactor, the intake air is typically divided into two streams with the major and the minor flow.

In this work, several types of the acceleration nozzles and collection probes were designed. Subsequently, the results were evaluated experimentally. It was found that if controled properly, the velocity can improve substantially the aerosol concentration performance. The diameter of acceleration nozzle and type of collection probe were varied to obtain the optimum design. Subsequently, the different designs were compared respectively and the best design among them was identified. It is expected that this new finding can help improve design of future Aerosol Concentrator for high concentration rate.

1. 서론

대기중에 존재하는 에어로졸은 그 형태에 따라 무생물적인 에어로졸과 생물학적 에어로졸(bio-aerosol)로 구분될 수 있는데, 이러한 생물학적 에어로졸에는 화분포자(pollen), 박테리아(bacteria), 바이러스(virus), 원생동물(protozoa), 곰팡이류(fungi) 등이 있다. 이와 같은 생물학적 에어로졸의 일부는 동식물에게 가벼운 알레르기(allergy)를 나타내는 것에서부터 심한 경우에는 죽음을 유발하게 한다.

생물학적 에어로졸은 일반적으로 농도가 매우 낮아서 샘플링(sampling)하기가 어렵고 메카니즘에 대한 이해는 일반 에어로졸과 유사하지만 샘플링시에는 에어로졸 그 자체가 활성이어서 상당한 주의를 요한다. 현재 에어로졸을 분리 및 농축할 수 있는 방법은 사이클론(cyclone), 임팩터(impactor), 원심분리기(centrifuge), 전기적 이동차 분석기(DMA, differential mobility analyzer), 열적침강기(thermal precipitator) 등이 있다. 이러한 다양한 농축기중에 임팩터는 설계 및 제작이 간편하고 입자를 쉽게 분리 및 농축할 수 있어서 입자 분리기술로 May(1945)가 개념을 처음 도입한 이래로 많은 연구가 진행되었고, 현재는 관성 임팩터(inertial impactor)의 단점을 극복한 가상 임팩터(virtual impactor) 기술이 널리 적용되고 있다. 가상 임팩터 기술은 PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ 등 많은 환경 계측 장비에 사용되고 있는 기술이다. 이 방법은 입자를 분리하는 기술에서 한 단계 더 나아가 입자를 농축하는 기술로 그 연구 범위가 확대되고 있다.(Wu et al., 1989; Mayer and Lee, 1994).

본 연구에서는 Loo and Cork(1988)의 가상 임팩터를 기준으로 하여 설계 및 제작하였다. '그림 1은' 본 연구를 위해 제작된 가상 임팩터의 치수 개략도를 나타낸 것이다. 그리고 가상 임팩터의 농축율을 향상시키기 위해 가속노즐(acceleration nozzle)의 직경을 조금씩 줄여가면서 다양하게 설계하고, 수집노즐에 유입가이드(inlet guide)를 설치한 것과 하지 않은 것을 설계하여 다양한 가속·수집 노즐들을 실험하였다.

2. 연구 방법

가상 임팩터의 분리 입경의 크기(cut-size)는 Stokes number로부터 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$D_{150}^2 C_c = \frac{9\mu D_{ac} Stk_{50}}{\rho_p V_o}$$

여기서 C 는 미끄럼 보정계수, μ 는 기체 점성, D_{ac} 는 가속노즐의 직경, ρ_p 는 입자의 밀도, V_o 는 가속노즐의 유속을 각각 나타낸다. 실험에 사용된 입자는 1~5.1 μm 크기의 PSL(polystyrene latex particles, Duke Scientific Corp.) 입자로 분무기(atomizer)를 이용하여 발생시켰으며, Aerosizer(API Inc. Model Mach II and LD)를 이용하여 측정하였다. 농도측정은 발생된 입자가 안정된 후, 5분을 주기로 입자농축기의 유입유량(imput flow) 농도를 측정하고, 부 흐름(minor flow) 농도와 주 흐름(major flow) 농도를 각각 측정하여 농축율을 계산하였다.

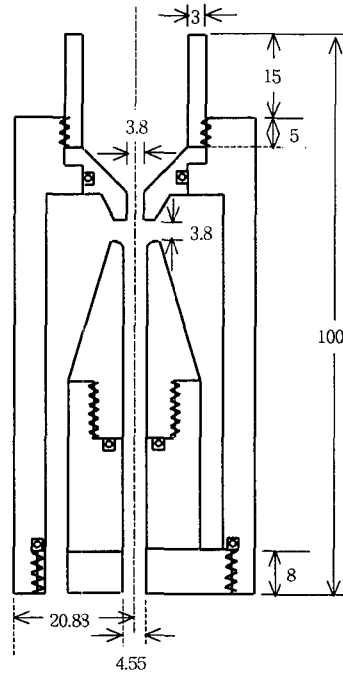
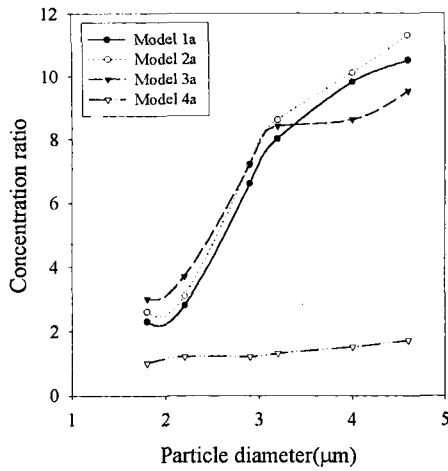


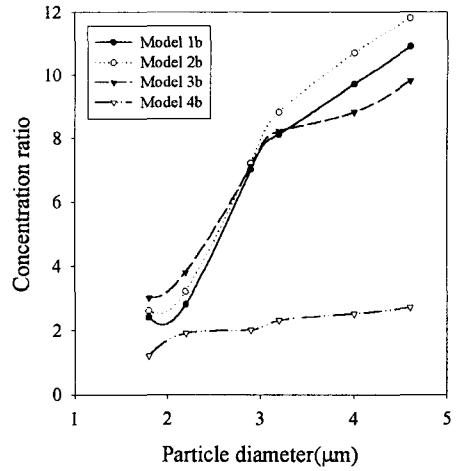
Fig. 1. Schematic diagram of the virtual impactor used.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 가속노즐과 수집노즐이 조금씩 변형된 다양한 가상 임팩터에 대한 효율 실험이 이루어졌다. 연구에 사용된 가속노즐은 그 직경이 이론상의 직경에 비해 각각 0%, 10%, 20% 그리고 30%를 줄여서 설계 및 제작된 것들이다. 그리고 수집노즐의 경우에는 유입가이드(30°)가 있는 것과 없는 것이 이렇게 두 가지로 설계 및 제작하였다. '그림 2를' 보면 알 수 있듯이 가속노즐에서는 노즐의 직경을 10% 줄였을 때 가장 좋은 농축율을 보였다(Model 2a & Model 2b). 그리고 최적의 효율을 보이는 가속노즐(노즐 직경 10% 줄임)에 대한 S 거리(가속노즐에서 수집노즐까지의 거리) 조절 실험이 이루어졌는데, S 거리의 변화는 S/D_{ac} 가 1.0, 1.4, 1.8 그리고 2.0 이렇게 4가지로 이루어졌다. 그 결과는 '그림 3을' 보면 알 수 있듯이 수집노즐의 형상에 따라 다르게 나타났다. 즉 기존의 가상 임팩터에서는 S/D_{ac} 가 1.8에서(Model 2a-3), 그리고 유입가이드를 설치한 가상 임팩터에서는 S/D_{ac} 가 2.0에서(Model 2b-4) 최상의 농축효율을 보였다.



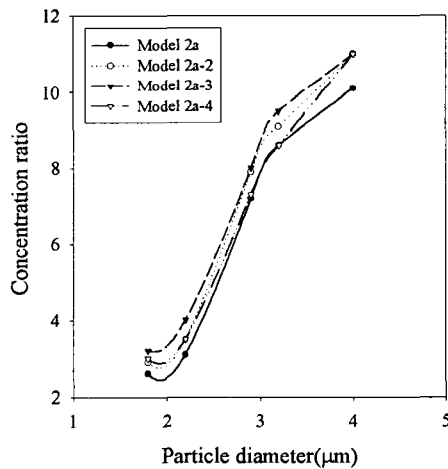
(a)



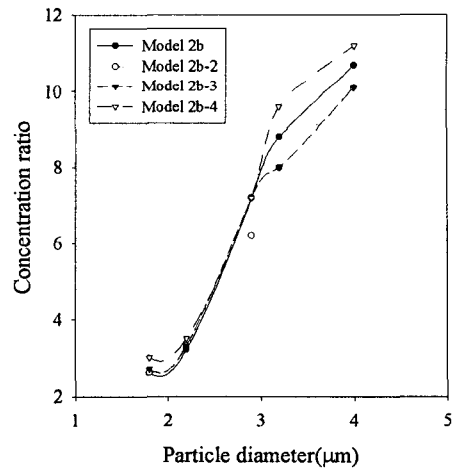
(b)

Fig. 2. Concentration ratio of virtual impactor having four different acceleration nozzle.

(a)general collection nozzle (b)collection nozzle having inlet guide



(a)



(b)

Fig. 3. Concentration ratio of virtual impactor having various S controlled.

(a)general collection nozzle (b)collection nozzle having inlet guide

참고 문헌

- 김민철, 이규원 (1999) 1st Korean Conference on Aerosol and Particle Technology 133-134
 May, K. R. (1945) Sci. Instrum. J. 22:187-195
 Loo, B. W., and Cork, C. P. (1988) Aerosol Sci. and Tech. 9:167-176
 Meyer, G. A. and Lee, K. W. (1994) Process Control and Quality 6:187-192
 Wu, J. J., Cooper, D. W., and Miller, R. J. (1989) J. of Env. Sci. 4:52-56