

# IA5

## 대기중 중금속 입자의 입경분포 및 건식침적량 측정을 통한 건식침적량 추정 모델 평가에 관한 연구

### Evaluation of A Dry Deposition Velocity Model by Measuring Elemental Size Distributions and Dry Deposition Fluxes of Heavy Metals

이 승 록 · 이 은 영 · 정 장 표<sup>1)</sup>

이화여자대학교 환경공학과 · <sup>1)</sup>경성대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

대기중 입자상 물질은 보통 1~3 μm를 기준으로 미세입자와 거대입자로 나뉜다. 10 μm 이하의 입자들에 대해서는 주로 인위적인 발생원에 의해 생성되는 미세입자들로서 인간의 호흡기에 영향을 미치기 때문에 지금까지 활발한 연구가 진행되어왔으나, 10 μm 이상의 거대입자들에 대해서는 자연적 발생원에 의한 것으로서 연구분야에서 제외되어왔다. 그러나, 최근에 개발된 Noll Rotary Impactor(NRI)는 기존의 포집기에서 측정하지 못한 거대입자를 포집하는데 적합한 기기로서, NRI를 이용한 농도분포 측정을 통하여 거대입자의 시·공간적 분포특성을 파악할 수 있게 되었다. 또한 기존의 미세입자 측정기와 더불어 완전한 입자상 오염물질의 입경분포 특성을 나타내는 것을 가능하게 하였다. 더 나아가 건식침적속도 추정모델을 이용하여 건식침적량의 정확한 추정을 가능하게 함으로써 대기중 입자상 오염물질의 이동현상 및 생태계에 미치는 영향을 더욱 자세히 볼 수 있게 되었다.

본 연구는 지난 98년 7월부터 11월까지 포집한 시료에 대하여 질량 및 중금속 분석을 실시하였으며, Sehmel model을 사용하여 건식침적속도를 추정하였고, multistep model을 이용하여 건식침적량을 계산하여 실측된 각 중금속 원소별 건식침적량과 비교하였다.

#### 2. 연구 내용 및 방법

##### 2.1 시료채취장소 및 채취기간

시료채취는 서울시 서대문구 아현동에 위치한 이화여대 아산공학관 옥상에서 이루어졌으며, 98년 7월부터 11월까지 맑은날 밤과 낮을 구분하여 시료를 채취하였다. 시료채취장소는 주거지역 및 상업지역으로 이루어졌으며, 북쪽으로 안산울, 남쪽으로는 마포구를 바라보고 있다.

##### 2.2 시료채취기구 및 분석

시료는 입자의 재비산을 막기 위해 그리스를 얇게 입힌 마일라 세편을 판의 상부에 설치하여 포집표면으로 사용하였다. 부드러운 칼날 모서리를 지닌 건식침적판을 사용하여 건식침적량을 측정하였다. 또한 cascade impactor(Anderson 1 ACFM Nonviable Ambient Particle Sizing Sampler)로는 10 μm이하 미세 입자들의 입경분포를, Noll Rotary Impactor를 사용하여 거대 입자의 입경분포를 각각 측정하였다. 각 시료들은 시료포집 전과 후에 AND사의 HM-202(측정한계 0.01 mg)를 이용하여 무게를 측정한 후, CEM-2000 microwave를 사용한 acid digestion을 한 거쳐 ICP-MS(Varian Ultramass 700)로 8가지 중금속(Al, Ca, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn)에 대하여 정량분석하였다. 기상탑의 기상자료와 Sehmel의 건식침적속도 추정 모델을 사용하여 multistep model로 예측된 건식침적량과 실측한 건식침적량을 비교분석하였다.

##### 2.3 Multistep Model

건식침적량은 각 입경별 건식침적속도와 질량농도의 곱의 합으로 구할 수 있다.

$$F = \sum_{i=1}^n C_i V(d_p)$$

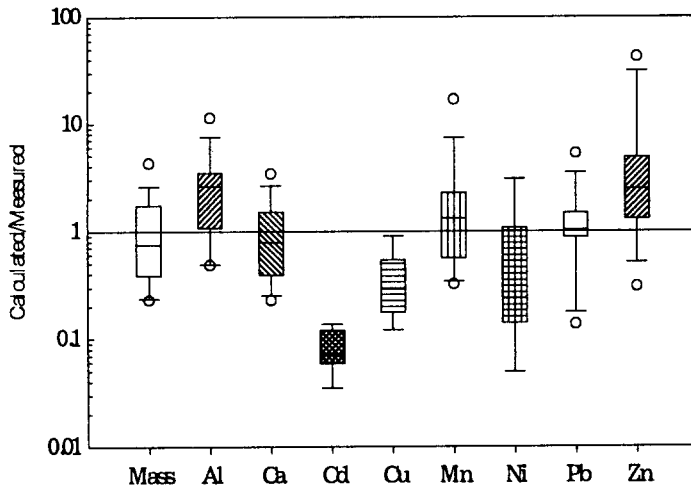
F : 건식침적량 [ M/L<sup>2</sup>/T ]

$C_i$  : 스테이지 i에서의 질량농도 [ M/L<sup>3</sup> ]  
 $V(d_p)$  : 입경별 건식침적속도 [ L/T ]

### 3. 결과 및 고찰

지난 98년 7월부터 11월까지 채취한 총 20 set의 시료들에 대한 중금속 분석결과는 다음과 같다. 각 중금속 원소들은 두 그룹으로 나눌 수 있었는데, Al, Ca는 대부분 MMD가 3 -10  $\mu\text{m}$  또는 그 이상으로서 거대입자 영역에 대부분이 분포하는 것을 알 수 있었으며, Cd, Ni, Pb, Zn은 0.1-1  $\mu\text{m}$ 사이 MMD가 분포하여, 미세입자 영역에서 높은 농도를 보였다. 건식침적량의 경우,  $\text{Ca} > \text{Al} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Cd}$  의 순으로 대기중 농도와 비슷한 경향을 나타내었다.

여름철에는 계속되는 장마로 습하고 대부분 비가 왔으며, 가을철에는 주로 서풍 또는 북동풍이 불었고 밤에는 습도가 매우 높은 날이 많았다. 0.1 - 100  $\mu\text{m}$ 의 전범위에 걸친 중금속 입경분포에 대한 모델링 결과는 다음과 같다. Total Mass의 경우 잘 일치하였으며, 중금속 중에서는 가장 많은 양을 나타냈던 Ca와 Mn, Pb 등이 잘 일치하였다. Al과 Zn의 경우는 약간 과대평가되는 경향을 보였으며, Cd와 Ni, Cu는 과소평가되는 것으로 나타났다. 따라서 Sehmel-Hodgson의 건식침적속도 추정 model은 미세입자 영역에서 소량 존재하는 Cd를 제외하면 대부분의 경우 비교적 잘 일치하는 것으로 보인다.



<Figure> Comparison between Calculated and Measured Fluxes of Total Particle Mass and Trace Metals using Sehmel-Hodgson Deposition Velocity and Multi-step Calculation Method

### 참고 문헌

- Sehmel, G.A. and Hodgson, W.H. A model for predicting dry deposition of particles and gases to environmental surfaces. DOE rept PNL-SA-6721, Pacific Northwest Lab., Richland, W.A. 1978.
- Noll, K.E., Pontius, A., Fray, R., and Gould, M. Comparison of atmospheric coarse particles at an urban and non-urban site, Atmospheric Environment 19, 1931-1943, 1985
- Lin, J.J., Noll, K.E., and Holsen, T.M. Dry deposition velocities as a function of particle size in the ambient atmosphere. ASNT 20:239-252, 1994
- Holsen, T.M. and Noll, K.E. Dry deposition of atmospheric particles : Application of current models to ambient data, ESNT, vol 26, 1807-1815, 1992