

## PA4) 도시소각로에서 배출되는 극미세입자(PM<sub>2.5</sub>) 화학적 특성 Chemical Characteristics of the Fine Particles(PM<sub>2.5</sub>) for Municipal Incinerator

강병욱 · 조민식 · 박상찬 · 연익준 · 전준민<sup>1)</sup> · 김명현<sup>2)</sup> · 이윤성<sup>2)</sup> · 이학성<sup>2)</sup>  
충주대학교 환경공학부, <sup>1)</sup>순천제일대학 그린전남환경종합센터,  
<sup>2)</sup>서원대학교 환경건설정보학과

### 1. 서 론

CMB(chemical mass balance) 수용모델은 환경대기 중 에어로졸의 배출원 기여도를 계산하는데 사용되고 있다(강병욱 등, 2000; 이학성 등, 2005). 각 배출원에서의 환경대기로의 배출량을 산정하기 위해서는 관심의 대상이 되는 각 배출원의 입자상 배출물질에 대한 화학적 구성성분 특성을 상세하게 파악되어야만 한다. 대상지역에 맞는 배출원 구성물질 성분비(source fingerprint)의 확보가 정확한 배출원 추정을 위하여 가장 중요한 과정이라 할 수 있다. 배출원 구성물질 성분비의 준비를 위해서는 모델링 대상지역내의 오염원의 특성 및 배출원 조사를 통하여 오염원군의 종류와 수를 결정하고, 선정된 오염원군의 배출물질 및 구성성분비를 실측을 통해 정확히 조사하여야 한다.

국내의 경우 도시지역에서 수용지점의 극미세입자(PM<sub>2.5</sub>)에 영향을 미치는 주요 배출원으로는 자동차(디젤 및 가솔린), 토양 및 도로먼지, 식물연소(biomass burning), 중국의 영향, 고정오염원 등 여러 가지를 들 수 있으며, 고정오염원의 종류는 지역에 따라서 매우 다양하다고 할 수 있다. 이러한 고정오염원 중 중요한 배출원 중 하나가 소각시설을 들 수 있다. 현재 폐기물처리에서 소각의 비중은 해마다 증가하고 있으며 2007년 전국적으로 생활 및 사업장폐기물 소각시설은 총 1,372개에 달하고 있으며 이로 인한 대기오염물질 배출에의 기여도가 높아지고 있음을 알 수 있다. 서울시에서 수용모델을 이용한 배출원 추정결과 도시 소각로에 의한 기여도가 0.5~3.2%로 나타나 중요한 배출원임을 알 수 있다(이학성 등, 2005).

그러나 현재 도시 소각로에 대한 배출원 구성물질 성분비 자료는 대부분 미국 EPA 자료(SPECIATE, www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate)에 의존하고 있다. 그러나, 우리나라의 생활폐기물의 성상은 미국과 다르기 때문에 미국의 배출특성과 화학적 특성이 상이하다고 판단되며 따라서 도시 소각로 배출원구성물질 성분비에 대한 특성조사가 필수적이다.

### 2. 연구 방법

#### 2.1 시료 채취

도시 소각로 시료는 대도시인 A, B, C, D지역과 소도시인 E지역에 설치되어 운영 중인 소각로의 집진장치에 포집된 비산재 일정량을 채취하였고, 채취된 시료는 실험실로 옮겨져 평평한 용기에 비산재를 얇게 펼쳐 20°C의 일정온도로 유지하면서 수일간 건조한 후, 400mesh 체(Chung Gye industrial MFG사제)로 진동시켜 얻은 먼지를 시료로 하였다. 진 처리된 시료는 실내공간에 폴리에틸렌 비닐을 이용하여 제작한 사각형 실내실험장치에서 비산시켜 실내 실험장치내에 필터 팩과 2.5µm 싸이클론으로 이루어진 시료채취장치 3개 set를 이용하여 비산된 먼지 중 입자의 크기가 2.5µm 이하인 극미세입자만 채취하였다. 시료채취장치는 그림 1과 같다.

#### 2.2 분석방법

도시소각로에서 배출되는 극미세입자의 화학성분을 정확히 측정하기 위하여 극미세입자가 채집되기 전의 Teflon 여과지와 채집된 후의 여과지를 향온, 항습장치(Nikko auto dry dessicator)에 12시간 이상 보관하여 습기를 제거한 다음, 화학저울(Cahn, C-35)을 이용하여 포집된 먼지의 중량을 측정하였다.

극미세입자 중 수용성 성분들(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> 등)의 농도를 측정하기 위하

여 중량분석이 끝난 여과지를 10ml의 초순수를 이용하여 초음파 세척기(ultrasonic bath; Branson 8210)로 추출한 후 이온크로마토그래피(Dionex DX-1000)를 이용하여 각 성분을 분석하였다.

극미세입자의 원소를 분석하기 위해서 XRF 분석방법을 이용하였다. XRF 분석을 위한 시료는 Teflon 여과지에 의하여 포집하고, 동일한 여과지 3장을 공시료로 이용하여 시료와 동시에 분석하여 실시료 값에 대하여 보정하였다. XRF 분석은 대기시료를 전문적으로 취급하는 것으로 세계적으로 유명한 미국 DRI (Desert Research Institute)에 분석을 의뢰하였으며, XRF 분석에 의한 농도( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )는 공시료 분석에 의하여 검출된 원소의 농도를 보정한 후, 필터 채집 면적을 곱하고 여과지를 통과한 공기량으로 나누어 원소농도를 구하였다.

극미세입자의 주요 성분으로 알려진 탄소성분을 원소탄소(Elemental carbon, EC)와 유기탄소(Organic carbon, OC)로 분리, 정량하는 분석방법으로는 TOT(Thermal optical transmittance)방법을 이용하였다. 탄소분석을 위한 석영여과지(Quartz fiber filter)를 650°C에서 3시간 동안 미리 가열하여 이용하였으며, 탄소의 분석은 미국(University of California, Riverside)에 의뢰하여 분석하였다.

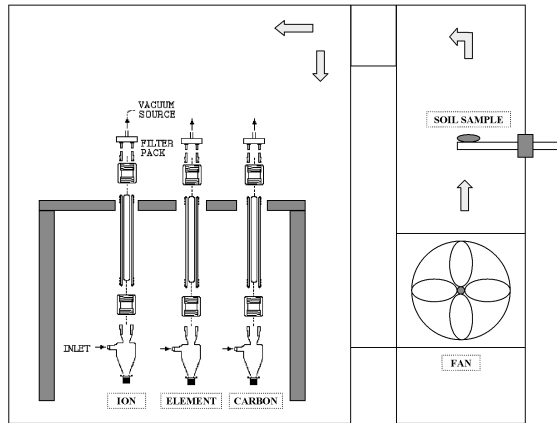


Fig. 1. Schematic diagram of resuspension chamber.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구의 결과는 4개의 대도시 지역과 1개의 소도시 지역의 도시 생활폐기물 소각로에서 집진장치에 집진된 비산재 중 극미세입자( $\text{PM}_{2.5}$ )를 측정하여 분석된 결과이다. 도시 생활폐기물 소각로에서 배출되는 소각재에 대한 화학적 특성분석결과 Cl 또는 Cl이 가장 높은 농도를 보였으며, 그 다음으로  $\text{Na}^+ > \text{K} > \text{Ca} > \text{SO}_4^{2-} > \text{S}$  등의 순으로 나타나 전형적인 소각시설에서의 배출물질 구성 특성을 나타내었다.

### 사 사

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2007-000-20313-0).

### 참 고 문 헌

- 강병욱, 이학성, 김희강 (2000) 수용모델을 이용한 청주시 미세입자( $\text{PM}_{2.5}$ )의 기여도 추정, 한국대기환경학회지, 16(5), 477-485.
- 이학성, 강충민, 강병욱, 이상권 (2005) 수용모델을 이용한 서울지역 미세입자( $\text{PM}_{2.5}$ )에 영향을 미치는 배출원 특성에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 21(3), 329-341.