

### 3A4) 서울시 초등학교 실내외 대기 중 미세먼지 화학적 구성 및 분포특성파악

## Characterization of the Chemical Compositions in PM<sub>2.5</sub> in Seoul Metropolitan Elementary School - Relationship between Indoor and Outdoor

최보라 · 허종배 · 김현선 · 김계선 · 손덕주 · 이승묵  
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

#### 1. 서 론

경제적 수준의 향상과 더불어 생활양식에서도 변화가 초래되어 1일 실내생활 활동 시간이 늘어나고 있다. 미국의 EPA의 연구에 따르면 도시인들의 하루의 70%를 실내공간에서 생활하고 있는 것으로 조사되었다. 실내 공간 중 특히 하루 실내생활의 절반이상을 교실내에서 보내고 있는 어린학생들에게는 무엇보다 학교내의 환경이 중요하다. 실내 공기오염에 노출된 사람들은 급성적 또는 만성적 증상을 호소하는 사례가 증가하고 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라의 실내환경 특히 초등학교 내 미세먼지의 화학적 조성성분에 관한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 동일한 샘플 지점에서 실외(서울대 보건대학원 옥상)와 실내(서울대부속초등학교)를 구분하여 채집한 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 정성/정량적 분석 결과를 토대로 실내외의 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 농도 및 물리·화학적 특성을 파악하고 수용모델을 사용하여 대상지역에 미치는 주 오염원의 종류 및 기여도를 파악하여 지하공간의 실내공기 질 개선을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구를 위한 시료의 채취는 2007년 4월부터 2007년 11월까지 서울시 종로구 연건동에 소재하고 있는 서울대학교 보건대학원 옥상(지상 17m)과 서울시 종로구 동승동에 위치한 서울대부속초등학교에서 계절별로 24시간 동안 1회/3일의 간격으로 총 65회 이루어졌다.

측정된 시료의 분석항목은 미세먼지의 중량농도와 탄소성분, 이온성분, 미량원소이며 시료채취는 미국 URG(Universal Research Glassware)사의 3-Channel ADS(Annular Denuder System)을 사용하였다.

ADS는 cyclone에서 먼저 조대입자가 제거되고 denuder관을 통하여 가스상 이온성분들이 선택적으로 채취된 후 PM<sub>2.5</sub> 이하의 입자상 이온성분만이 여지에 모이게 되는 기기로서 입자상과 가스상 성분을 정확하게 분석할 수 있다.

시료분석방법은 먼저 이온성분의 경우는 미국 EPA의 method를 이용하였으며, 이온크로마토 그래피(Dionex DX-120)를 사용하였고, 중량농도 및 미량원소 분석은 25mm, 47mm Teflon filter(3.0µm pore size, Pall Life Sciences사)를 사용하여 시료의 채취 후 filter를 24시간 항량 건조 시킨 다음 벨런스(Satorius 사, 검출한계 0.01mg)를 이용하여 무게차를 측정하였으며, 미량원소는 ED-X-ray 형광기(Energy Dispersive X-ray Fluorescence)를 사용하여 분석을 하였다(Clarkson University, 미국). PM<sub>2.5</sub>의 원소탄소(elemental carbon)와 유기탄소(organic carbon)는 450°C에서 구워진 47mm Quartz microfibre filter를 이용하여 채취된 시료를 TOT(thermal/optical transmittance, Sunset Lab.사)방법으로 분석을 실시하였다(Clarkson University).

그리고 최종적으로 오염원의 종류를 파악하고, 그들의 기여도를 파악하기 위하여 배출원 목록 부재시에 적합한 수용모델인 PMF(Positive Matrix factorization)을 이용할 것이다.

#### 3. 결과 및 고찰

2007년 4월부터 2007년 11월까지 각 계절의 대표적인 기간을 선택하여 서울대학교 보건대학원 옥상과 서울대부속초등학교에서 ADS(Annular Denuder System)을 이용하여 총 65회 시료를 채취하였다.

본 연구기간 동안 채취되어진 실내외의 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 중량농도를 포함한 구성성분의 측정분석 결과를 비

교하여 그림 1에 나타내었다. 초등학교에서 측정된 미세먼지의 평균농도가 동일지점의 실외 대기 농도보다는 약간 높게 나타났으나 큰 차이는 보이지 않았으며, Organic carbon과 가스상 이온성분인  $\text{NH}_3$ 와 Trace elements의 농도가 실외보다 실내가 높게 나타났다. 연구 기간 동안의 미세먼지 평균 농도분포는 미국 EPA 연평균 기준치보다 높았고, 총 샘플 중 EPA 24시간 평균치  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 날은 외기의 경우 총 65번의 측정 중 24번 정도가 있었으며 초등학교의 경우 30번을 기준을 넘었다.

$\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ 는 통계적으로 유의한 계절별 차이를 보이고 있으며,  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 여름철에 높게 나타는 2차 오염물질로 알려져 있는 것(Lee et al., 2001)과 마찬가지로 여름철에 높게 나타났으며,  $\text{NO}_3^-$ 는 겨울철에 높게 나타났는데 이는  $\text{NH}_3$ - $\text{HNO}_3$ - $\text{NH}_4\text{NO}_3$  평형관계 때문이며, 실외 대기뿐만 아니라 실내대기에서도 비슷한 경향을 볼 수 있었다.  $\text{NH}_4^+$ 는 외기의 경우 추운 날씨에 가스상의  $\text{NH}_3$ 가 입상상의  $\text{NH}_4^+$ 로 전환되어 겨울철에  $\text{NH}_4^+$  농도가 높게 관찰된다고 한다(Seinfeld, 1986). 본 연구에서도 이와 마찬가지로 겨울철이 가장 높고 여름철이 가장 낮게 나타났다.

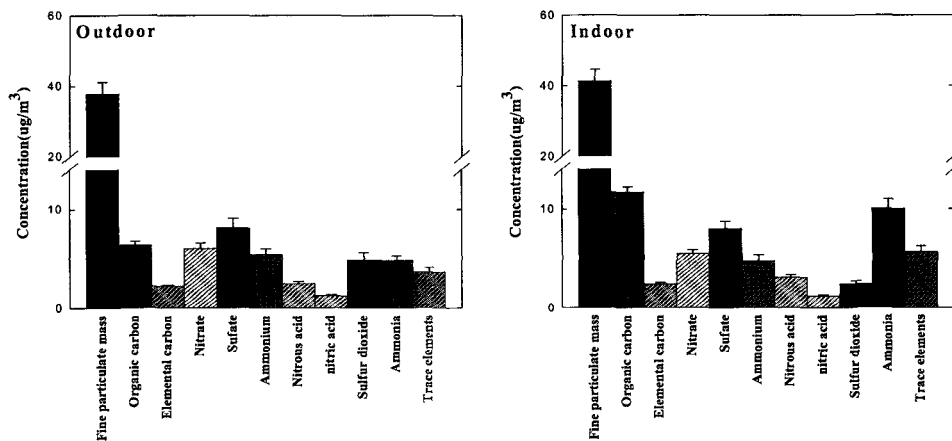


Fig. 1. 실내외  $\text{PM}_{2.5}$  중량농도 및 구성성분의 평균 농도분포.

### 참 고 문 헌

- 이병규, 김애리, Duong Thi Thien Trang, 이은진 (2005) 초등학교 교실내 미세먼지의 농도분석 및 저감연구, 대기환경학회, 150-152.
- John L. Adgate, Steven J. Mongin, Gregory C. Pratt, Jimfeng Zhang, M. Paul Field, Gurumurthy Ramachandran, and Ken Sexton (2007) Relationships between personal, indoor, and outdoor exposures to trace elements in  $\text{PM}_{2.5}$ . Science of the Total Environment, 21-32.