

## SM4) 서울 및 청주지역 PM<sub>2.5</sub> 분진의 화학적 특성 Chemical Characteristics of PM<sub>2.5</sub> Particles in Seoul and Cheongju

박승식 · 김병진 · 김영준 · 조수현<sup>1)</sup> · 김재용<sup>1)</sup> · 김현<sup>2)</sup> · 강창희<sup>3)</sup>

광주과학기술원 환경공학과, <sup>1)</sup>서울대학교 의과대학 예방의학교실,

<sup>2)</sup>충북대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>3)</sup>제주대학교 화학과

### 1. 서론

미세입자들은 황산염, 강산, 암모늄, 질산염, 유기화합물, 중금속등의 미량원소, 원소탄소, 및 수분등의 성분으로 이루어져 있으며, 인간의 건강과 사회복지에 악영향을 미친다. 미국을 비롯한 선진국에서 대기 분진이 건강에 미치는 연구는 대기중 분진의 농도가 높으면 폐렴, 폐 기능손실, 병원 이용율, 천식, 및 다른 호흡기 문제 뿐 만 아니라 호흡기, 심장혈관, 및 암과 관련한 사망의 위험성 증가와 관련이 있음을 보고하였다(U.S. EPA, 1996a). 대부분의 도시지역에서의 사망률은 황산염 입자에 의한 영향을 고려할 때 정상보다 15%정도 높게 나타나고, 입자크기가 2.5 $\mu$ m보다 작은 PM<sub>2.5</sub> 분진이 통계적 분석에 고려될 때 정상보다 17%정도 높았다(U.S. EPA, 1996b). 외국의 많은 연구(U.S. EPA, 1996b)에서 밝혀진 바와 같이, 도시지역에서는 부유분진중 PM<sub>2.5</sub>가 가장 직접적으로 인체에 영향을 미치게 된다. 국내의 경우, 환경측정망에서 PM<sub>10</sub>을 측정하기 시작한 것도, 1995년부터이고 PM<sub>2.5</sub>에 대한 측정자료는 극히 적다. 앞으로 국내 PM<sub>2.5</sub> 환경기준설정과 미세분진의 위해성 평가를 위해서는 도시지역 PM<sub>2.5</sub>의 물리·화학적 특성에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 규모가 다른 두 도시지역, 서울과 청주에서 PM<sub>2.5</sub> 분진을 측정, 분석하여 두 지역의 PM<sub>2.5</sub> 분진의 화학적 특성을 조사하고 기존의 연구결과(강병욱 등, 1997)와 비교, 분석한다.

### 2. 연구방법

대기중 PM<sub>2.5</sub> 입자측정은 서울시 동도 중학교 5층 옥상과 청주시 중앙중학교 4층 옥상에서 수행하였다. 서울 동도 중학교에는 현재, 환경부의 대기오염 측정소가 설치되어 대기오염물질을 측정중에 있으며, 청주지역의 경우도, 측정지역으로부터 약 400 m 떨어진 지점에 환경부의 대기오염 측정소가 설치되어 있어 주변의 대기질 현황을 실시간으로 관리하고 있다. PM<sub>2.5</sub> 분진을 채취하기 위해 Dichotomous PM<sub>10</sub> 샘플러 (Graseby Andersen 모델 241)와 PM<sub>2.5</sub> 사이클론 (URG-2000-30EH) 샘플러가 사용되었으며, 채취한 시료들은 PM<sub>2.5</sub> 분진에 함유되어있는 원소성분과 이온성분들을 분석하는데 사용되었다. PM<sub>2.5</sub> 분진의 측정은 서울지역은 1998년 11월, 1999년 2월과 6월에 각각 10일씩, 청주지역은 1998년 10월, 1999년 3월과 6월에 각각 10일씩 실시하였다. 측정시간은 측정당일 오전 8시부터 다음날 8시까지 24시간 동안 채취하였다. 원소성분은 ICP-AES(Shimadzu ICPS-1000III), ICP-MS(VG Elemental PQIII STE), 및 AAS(Unicam989)에 의해 23종의(Na, Mg, Al, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Cd, Sb, Ba, Pb) 성분이 분석되었으며, 분석은 기초과학지원연구소(대전분소)에서 수행하였다. 그리고 이온성분은 IC(Dionex, DX-120)에 의해 음이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>)과 양이온(Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)등을 정량분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 1은 본 연구의 청주 및 서울지역, 기존의 청주지역 (강병욱등, 1997), 및 멕시코시 (Miranda et al., 1996)의 PM<sub>2.5</sub> 측정자료를 비교해 놓은 표이다. 청주지역과 서울지역 PM<sub>2.5</sub> 측정결과 Al 농도를 제외한 모든 원소성분에서 서울지역에서 높게 측정되어 서울지역이 청주보다는 PM<sub>2.5</sub> 물질의 오염도가 심각함을 알 수 있었고, 두 청주지역 비교결과에 의하면, Na, S, K, Ca를 제외한 모든 원소에서 기존의 청주지역 연구결과(강병욱등, 1997)가 높게 측정되었다. 또한, 대도시에 속하는 서울과 멕시코시의 PM<sub>2.5</sub> 측정결과 K, Fe, Zn 원소를 제외한 모든 성분에서 멕시코시가 높게 나타나고 있다.

표 1. Comparison of elements in PM<sub>2.5</sub> for several areas

Element	Concentration (ng/m <sup>3</sup> )			
	Seoul	Cheongju (this study)	Cheongju (강병욱등, 1997)	Mexico city (Miranda 등, 1996)
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	38.8	34.0	44.2	50.0
Na	157.1	115.7	95.3	-
Mg	30.5	31.9	71.3	-
Al	138.1	162.8	183.1	1250
Si	-	-	360.0	1940
S	2835.5	2610.5	1135.8	3770
Cl	-	-	459.2	180
K	492.8	384.1	214.3	159
Ca	144.4	98.9	97.4	220
Ti	7.0	3.0	21.1	20
Cr	1.6	1.3	4.1	5
Mn	17.4	7.9	11.4	9
Fe	213.9	136.8	145.6	198
Ni	3.6	3.8	8.2	4
Cu	27.7	9.2	13.1	14
Zn	157.3	42.0	55.0	96
Cd	2.8	1.2	-	-
Pb	63.5	33.5	62.6	81

그림 1은 서울과 청주지역 PM<sub>2.5</sub> 분진에 함유된 S와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 시간별 농도추이를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, 서울지역의 경우, S와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도는 계절변동에 따라 큰 차이를 보이지 않는 반면에 청주지역의 경우 S와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도는 계절에 따라 많은 차이를 보여주고 있다. S와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 성분에 대한 회귀분석결과, 서울지역은 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=1.13×S+2.85 (R<sup>2</sup>=0.46), 청주지역은 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=3.11×S-0.82 (R<sup>2</sup>=0.61)이 도출되어 두 지역간 S와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 사이의 관계가 상당한 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다.

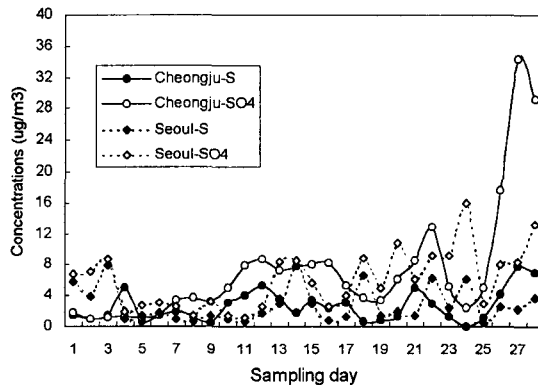


Figure 1. Concentrations of S and SO<sub>4</sub> in PM<sub>2.5</sub>

#### 참고문헌

- 강병욱, 이학성, 김희강 (1997) PIXE를 이용한 청주지역 미세입자중 원소의 계절변동특성, 대기보전학회지, 13(4), 307-317.
- U.S. EPA (1996a) National Air Quality and Emissions Trends Report, EPA-454/R-97-013, Research Triangle Park, NC 27711.

- U.S. EPA (1996b) Air Quality Criteria for Particulate Matter, EPA-600/P-95-001aF, Research Triangle Park, NC 27711.
- Miranda, J., Andrade, E., Lopez-Suarez, A., Ledesma, R., Cahill, T.A., and Wakabayashi, P.H. (1996) A Receptor Model for Atmospheric Aerosols from a Southwestern Site in Mexico City, *Atmospheric Environment*, 30(20), 3471-3479.