

## PA23) 서울에서 2005년 여름에 관측한 미세먼지 고농도 사례 High Concentration Event of PM<sub>2.5</sub> Observed in Seoul during Summer, 2005

이지원 · 김정연 · 김용표  
이화여자대학교 환경학과

### 1. 서 론

미세입자(PM<sub>2.5</sub>)는 조대입자보다 대기 중에 장기간 체류하며 넓은 지역에 걸쳐 사람의 호흡기에 영향을 미치고 빛을 산란시켜 가시도 감소에 영향을 준다. 기존의 연구에 따르면, 화석연료 사용량이 적어 배출량이 낮고, 강수에 의한 입자제거가 중요한 여름에는 먼지농도가 낮다고 알려져 있다. 그러나 2004년 동절기부터 2005년 하절기 서울 지역 미세먼지를 분석해 본 바, 여름철 미세먼지의 농도가 다른 계절의 농도보다 높게 나왔다.

이러한 이례적인 미세먼지 고농도 현상은 특히 기상현상과 밀접한 연관을 보이고 있다. 2002년에도 서울에 정체성 고기압이 형성될 때와 평균 풍속이 낮을 때 PM<sub>10</sub>의 농도가 높아졌고, 그 현상은 며칠 동안 지속되었다. 특히 주목할 만한 점은 여름의 오존 주의보가 내려진 날에 미세먼지의 농도가 높았다는 점이다(김철희 등, 2004). 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)가 고농도로 발현할 때 서울에서는 특히 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 농도가 높은 현상을 보였다. 기상 현상 외에도 2001년 가을에는 산불에 의해 미세먼지 농도가 높아지는 현상이 있었는데, 이 때에는 유기탄소, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>의 농도가 높았다(Kang et al., 2004).

이 연구에서는 여름에서 일어날 수 있는 고농도 미세먼지가 형성되는 요인을 알아보고자 한다.

### 2. 연구 방법

실험 기간은 2005년 7월 22 - 31일(10일간)이었다. 실험 장소는 한국과학기술원 L3동 3층 옥상으로 정하였다. 실험도구로는 2.5 μm의 분리입경을 가진 싸이클론(cyclone)을 장착한 디누더(annular denuder)와 필터팩(filterpack)을 사용하여, 대기 중 미세먼지와 가스농도를 채취하였다.

실험 방법은 다음과 같다. 주간 시료는 아침 9시부터 밤 9시까지, 야간 시료는 밤 9시부터 다음날 아침 9시까지 각각 12시간 동안 10 L/min의 유량으로 채취하였다. 1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액으로 코팅한 두 단의 디누더와 2% citric acid 용액으로 코팅한 한단의 디누더로 가스성분(SO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>)을 제거한 미세먼지를 테플론 필터(Celman Zefluor, 2.0μm)로 포집하였는데, 테플론 필터 후단에는 나일론 필터(Gelman Nylasorb, 1μm)와 1% citric acid 용액으로 함침한 퀴즈 필터(Whatman QMA)를 장착하여 테플론 필터로부터 휘발되는 질산과 염산, 암모니아를 포집하였다.

측정기간 동안 비가 왔던 날들을 제외하고 16개의 시료를 채취하였다. 가스상과 입자상의 시료는 증류수로 추출하여 음이온(Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 IC(Dionex 2000i/sp)로 분석하였고, 양이온(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)은 원자흡광광도계(Hitachi ZR8200)로 분석하였다. 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)은 인도페놀법으로 발색시킨 후 흡광광도계(Spectronic Genesys2)로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

여름에 했던 실험과 같은 방법으로 가을, 겨울, 봄의 미세먼지를 측정하여 얻은 결과를 표 1에 보였다. 가을 실험은 2004년 11월 3 - 12일(10일간), 겨울 실험은 2005년 1월 25일 - 2월 3일(9일간), 봄 실험은 2005년 3월 18-28일(11일간)에 진행하였다.

2005년 여름에는 미세먼지의 Cl<sup>-</sup>와 K<sup>+</sup>의 농도가 크게 높지 않고, 큰 산불이 일어나지 않은 점을 미루어 보아 산불에 의한 고농도 현상이라 보기 어렵다. 하지만 이 실험에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>가 높았다는 점은 기존 연구와 비슷한 결과를 나타낸다.

Table 1. PM2.5 ion composition and mass concentration( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Temp (K)	RH (%)	Wind speed (m/s)	<sup>a</sup> T-Cl <sup>-</sup>	<sup>a</sup> T-NO <sub>3</sub> <sup>-a</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	<sup>a</sup> T-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<sup>b</sup> PM2.5 mass
Fall	285	67.8	2.10	0.65	5.37	6.64	0.09	0.03	0.25	0.16	4.35	41.8
Winter	270	49.7	2.67	1.32	6.57	7.21	0.37	0.08	0.38	0.28	5.53	51.1
Spring	279	54.8	3.09	1.73	11.51	9.38	0.21	0.06	0.43	0.27	7.71	47.9
Summer	300	73.3	2.23	1.53	19.42	46.26	0.13	0.04	0.46	0.26	23.1	120

<sup>a</sup>total sum of gaseous phase and particle phase mass concentration <sup>b</sup>total particle mass of PM2.5

대기 중 미세입자는 화석연료의 연소, 자동차의 배출가스 및 화학물질의 제조과정 등과 같은 인위적 발생원에 의한 1차 입자와 아황산가스나 휘발성 유기화합물 등이 응축과정을 거쳐 가스상에서 입자상으로 변환된 2차 입자로 구성되어있다. 2005년 여름의 미세입자가 이례적으로 고농도를 나타내는 이로는 가스상에서 입자상으로 변화할 때 기상에 의한 반응이 다른 때에 비해 활발했기 때문이라고 볼 수 있다. 여름에 나타는 현상인 높은 습도는 미세입자의 부피와 질량을 증가시켰다고 할 수 있다. 또한 여름에 미세입자의 농도가 높았던 사례에 오존 농도도 높았다 것은 강한 일사량, 높은 온도로 인한 광화학 반응이 미세입자와 오존 생성 반응을 모두 활성화 시켰다고 볼 수 있다. 그리하여 본 연구는 기상인자가 미세입자가 고농도가 되는 현상에 끼치는 영향을 알아보고자 한다.

#### 참 고 문 헌

- 김철희, 박일수, 이석조, 김정수, 진형아, 성한규 (2004) 지역 대기질 측정망에 나타난 국내 대기오염도의 최근 동향: 2002년 고농도 사례 및 그 기상 특징, 한국대기환경학회지, 20, 215-224.
- Kang, C. M., Lee, H. S., Kang, B. W., Lee, S. K., Sunwoo, Y. (2004) Chemical characteristics of acidic gas pollutants and PM2.5 species during hazy episodes in Seoul, South Korea. Atmospheric Environment, 38, 4749-4760.