

## AB2) 서울과 울산에서의 미세먼지 및 산성오염물질의 물리화학적 특성에 관한 연구

### A study on physiochemical Characteristics of Fine Particulate and Acidic Air Pollutants in Seoul and Ulsan

장기석 · 김윤신 · 이종태 · 조용성 · 이상복  
한양대학교 환경 및 산업의학연구소

#### 1. 서론

대기중에 존재하는 가스상·입자상 오염물질은 그 형태와 발생원, 함유물질 등이 매우 다양하며, 특히 산성가스와 에어로졸은 스모그 현상의 원인물질로서 수명단축과 가시도(Visibility) 감소의 원인으로 작용하여 건강에 직·간접적인 피해를 주고있어 대기질 관리의 주요 대상이 되고 있다.

미세입자(PM<sub>2.5</sub>)는 시정장애에 영향을 미치고(Chow et al., 1993; Conner et al., 1991), PM<sub>10</sub>보다도 호흡기 계통의 사망률에 더 큰 영향을 미친다고 보고되고 있다(Reichhardt, 1995). 또한 HNO<sub>3</sub>와 HNO<sub>2</sub>는 광화학 반응에 중요한 역할을 하며(Kitto and Harrison, 1992), HNO<sub>2</sub>는 발암성물질인 nitrosamines의 전구물질로 알려져 있다(Febo and Perrino, 1991). Spengler 등(1990)은 호흡기 계통의 질병률과 사망률은 일차오염물질인 SO<sub>2</sub> 가스보다 이차오염물질로서 대기중에서 에어로졸 상태로 존재하는 산성오염물질(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sup>+</sup>, acid mist concentration)과 밀접한 관계가 있다고 하였고, Ware 등(1986)은 만성기침, 천식 등의 빈도가 그 지역의 연평균 TSP, SO<sub>2</sub>와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도와 깊은 관련성이 있다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 서울 및 울산지역에서의 산성우, 시정장애 및 호흡기질환을 유발시키는 미세입자 농도와 산성오염물질의 물리화학적 특성을 파악하고자 하였다.

#### 2. 시료 포집 및 분석 방법

본 연구는 도심과 공단지역의 미세먼지와 산성오염물질의 특성을 조사하기 위하여 도심지역인 서울과 공단지역인 울산지역에서 2001년 5월부터 8월까지 수행되었다. 포집지점은 울산의 경우 남구 야음동의 신선산 자락에 잡고있는 야음초등학교 옥상에서 측정하였으며, 서울지역은 은평구 녹번동의 은평구 보건소 옥상에서 이루어졌다.

시료 포집 장치는 가스성분과 에어로졸 상태의 황산화물과 질소산화물인 산성오염물질을 포집하기 위하여 미국 University Research Glassware사의 Annular Denuder System을 이용하였는데, 측정지점마다 동일한 시간에 측정하기 위하여 측정시간을 오후 10시부터 익일 오후 8시까지 22시간으로 하였으며 자체에 내장된 timer로 측정시간을 확인하였다.

NaCl 용액으로 코팅된 첫 번째 디누더에서는 SO<sub>2</sub>, NHO<sub>3</sub>을 선택적으로 포집하고, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액으로 코팅된 두 번째 디누더에서는 HCl, SO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>를 선택적으로 포집하고, Citric Acid용액으로 코팅된 세 번째 디누더에서는 NH<sub>3</sub>만을 선택적으로 포집하였다. 또한 PTFE Membran Filter에서는 미세먼지를, Nylarsorb Membran Filter에서는 입자에서 휘발되는 NO<sub>3</sub>를 포집하여 측정오차를 최소화하였다.

디누더와 필터에서 추출된 용액은 분석시까지 4℃로 유지된 냉장고에서 보관하였고, 수용성 음이온 성분(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)과 수용성 양이온 성분(K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)은 Auto Sampler가 부착된 IC(Model :DX-120, Dionex co.)로 분석하였으며, 수용성 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 이온 성분은 인도페놀법으로 발색시킨 후 UV/Visible spectrophotometry(Perkin-Elmer사, Model:Rambda 20)로 흡광도를 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

측정기간 동안의 서울 및 울산지역의 PM<sub>2.5</sub>의 주요성분의 농도분포를 Table 1에 나타내었다. 서울지

역의 PM<sub>2.5</sub>의 농도분포는 12.72~67.34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, 전체 평균농도는 29.40 $\pm$ 16.48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 울산지역의 PM<sub>2.5</sub>의 농도분포는 33.27~85.72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, 전체 평균농도는 50.93 $\pm$ 15.23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

가스상 성분인 HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>와 NH<sub>3</sub>의 평균농도는 각각 0.40, 2.63, 11.36와 8.37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 수용성 이온성분인 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 평균농도는 각각 4.84, 0.86와 1.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 울산지역의 가스상 성분인 HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>와 NH<sub>3</sub>의 평균농도는 각각 0.42, 3.02, 30.57와 5.52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 평균농도는 각각 12.19, 0.99와 2.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 가스상 및 입자상 오염물질간의 상관성은 대기 중에서의 서로 반응하는 것으로 알려진 오염물질이나 배출원 등이 같은 화학성분들 사이에서 대체적으로 높은 상관관계를 나타내었다. Paired t-test에 의하여 각 성분들에 대한 지역적 농도차이는 SO<sub>2</sub>(p<0.05), NH<sub>3</sub>(p<0.05), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p<0.05), Na<sup>+</sup>(p<0.05)와 Ca<sup>2+</sup>(p<0.05)들은 서울과 울산지역의 농도의 변화를 보였다. 그러나 HNO<sub>3</sub>(p=0.78), HNO<sub>2</sub>(p=0.70), NO<sub>3</sub><sup>-</sup>(p=0.78)와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(p=0.07), K<sup>+</sup>(p=0.25), Mg<sup>2+</sup>(p=0.17)들은 두 지역에 대하여 통계학적으로 농도차이를 보이지 않았다.

Table 1. Statistical summary of data(May. 2001. - Aug. 2001).

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Location	Species	Concentration			N
		Mean	S.D	Range	
Seoul	HNO <sub>3</sub>	0.40	0.16	0.24~0.76	9
	HNO <sub>2</sub>	2.63	1.78	1.09~5.61	9
	SO <sub>2</sub>	11.36	9.14	4.68~33.83	9
	NH <sub>3</sub>	8.37	1.73	5.85~11.27	9
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.84	2.97	1.96~11.39	9
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.65	1.32	0.43~4.55	9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.86	1.13	0.21~3.78	9
	PM <sub>2.5</sub>	29.40	16.48	12.72~67.34	9
	Tem.(°C)	27.27	1.42	25.50~30.00	9
	R.H.(%)	64.07	4.70	55.60~69.10	9
Ulsan	HNO <sub>3</sub>	0.42	0.17	0.24~0.74	9
	HNO <sub>2</sub>	3.02	2.48	0.38~7.85	9
	SO <sub>2</sub>	30.57	24.77	5.33~82.90	9
	NH <sub>3</sub>	5.52	2.69	0.93~9.06	9
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	12.19	4.89	5.72~22.16	9
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2.76	0.91	0.84~3.93	9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.99	0.64	0.28~2.39	9
	PM <sub>2.5</sub>	50.93	15.23	33.27~85.72	9
	Tem.(°C)	22.73	1.16	21.30~24.20	9
	R.H.(%)	54.24	13.22	23.40~68.90	9

### 감사의 글

본 연구는 2001년도 환경부에서 시행한 환경기술연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- 강충민, 이승일, 조기철, 안준영, 최만규, 김희강, Annular Denuder System을 이용한 수도권지역의 산성 오염물질 및 PM<sub>2.5</sub> 성분농도, 한국대기환경학회지, 15(3), 305-315, 1999.
- Cheng, L., H.S. Sandhu, R.P. Angle, K.M. McDonald, and R.H. Hyrick. Rural particulate matter in Alberta, Canada, Atoms. Environ., 34(20), 3365-3375. 2000.
- Mitsuhiro, M. and T. Okita, Long term measurements of atmospheric gaseous and aerosol species using an annular denuder system in Nara, Japan, Atmos. Environ., 32(8), 1419-1425, 1998.
- Schwartz, J., D. W. Dockery and L. M. Neas, Is daily mortality associated specifically with fine particles, JAWMA, 46, 927-939, 1996.