

# MA10

## 서울지역에서 봄철 에어러솔 집중 관측 및 분석 Intensive observation and analysis of aerosol in spring in Seoul

최재천 · 조하만 · 전영신 · 김지영 · 박기준  
기상연구소 응용기상연구실

### 1. 서론

대기 중에 부유하는 에어러솔은 식물의 기공을 막아 광합성 작용을 억제시켜 식물을 고사시키거나 대기질을 악화시켜 스모그 현상을 유발시키는 물론 가시 거리 감소를 통한 시정 감소 및 인간의 호흡기를 통해 체내에 축적됨으로써 호흡기 질환을 유발시키는 등 인간 및 생태계에 직·간접적으로 많은 피해를 주고 있다(이민희 등, 1988 ; 임영옥과 정용, 1989 ; Robert et. al., 1994 ; Liu C. and M. H. Smith, 1995). 특히 도시의 각종 산업 시설 및 자동차의 급격한 증가는 대기 중의 에어러솔 농도를 증가시키는 중요한 요인으로 작용하며, 시정 장애 현상은 대기 중의 부유 분진의 입경 분포와 조성에 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다. 서영화와 구자공(1992)에 의하면 서울을 포함한 수도권 지역에는 입자의 크기, 화학적 조성 등 물리, 화학적으로 다양한 분진을 배출하는 수많은 오염원이 산재하고 있으며, 이로부터 배출된 각종 대기 오염 물질의 주 오염원은 자동차, 산업장 및 난방 시설의 연소 등에 의한 것으로 추정하였다. 특히, 서울은 세계적인 규모의 대도시로서 자체 오염원도 많을 뿐만 아니라 오염원에서 배출되는 오염 물질도 매우 다양하므로 대기 중에 부유하는 에어러솔에 함유되어 있는 화학 성분도 매우 다양하리라 생각된다. 또한, 세계 최대의 오염 배출국인 중국이 풍상측에 위치하므로 년중 대기 오염 물질이 유입될 가능성이 매우 크다. 우리 나라에서 관측되는 봄철의 황사는 자연 발생적인 현상으로서 중국으로부터 먼지가 수송된다는 것을 시각적으로 잘 알 수 있는 현상이다.

본 연구에서는 인구와 산업 밀집 지역인 서울에서 1998년 봄철(3, 4, 5월)에 집중 관측한 에어러솔의 수농도 및 질량 농도와 수용성 이온 성분과 금속 원소의 농도를 고찰함으로써 에어러솔에 대한 전반적인 특성과 황사와 비황사로 자료를 구분하여 각각을 비교·분석하였다.

### 2. 연구방법

본 연구는 서울시 종로구에 위치한 국립서울과학관 옥상(지면으로부터 약 20m)에서 1998년 3월부터 5월까지이며 관측 항목은 총 부유분진 (TSP : Total Suspended Particle),  $10\mu\text{m}$ 이하의 분진( $\text{PM}_{10}$ ), 에어러솔 수농도이며, TSP와  $\text{PM}_{10}$ 은 바람이 없는 맑은 날을 대상으로 매주 월, 수, 금요일에 관측 당일 10시부터 다음날 10시까지 24시간 연속 관측을 실시하였으며, 관측 전일 또는 해당 요일에 비가 내릴 경우에는 대표값을 생산할 수 없으므로(WMO, 1978) 관측을 하지 않거나 다음날에 관측을 실시하였다. 그리고 기상청의 매일 매일의 현업 예보를 근거로 황사 발생 예보일에는 요일에 관계없이 연속적으로 관측을 실시하였다. 또한 에어러솔 수농도는 광학 입자 계수기(OPC: Optical Particle Counter)로 먼지 입자의 크기별로 8 구간으로 나누어 24시간 시간별 연속 관측을 실시하였다. 분석 항목은 분진의 이온과 금속 성분으로서 TSP와  $\text{PM}_{10}$  중에 용해되어 있는 이온 성분은 이온 크로마토그래피(DX500)로, 금속 성분은 유도 결합 플라즈마 스펙트로메타(ICP-MS, ICP-AES)로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

1998년 봄철에 측정된 TSP의 평균 질량 농도는  $98.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 최대값과 최소값은 각각  $264.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $23.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 비교적 변동폭이 크게 나타났다. 또 황사시와 비황사시를 비교한 결과 황사시의 질량 농도는  $128.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 비황사시에는  $85.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 황사시에 더 높게 분석되었다. TSP 중에  $\text{PM}_{10}$ 이 차지하는 평균 점유율은 69%이며, 황사시와 비황사시에는 각각 67%, 70%로 나타났다. 월별로는 3월, 4월, 5월에 각각 68%, 65%, 78%로서 5월에  $\text{PM}_{10}$ 의 점유율이 가장 높았다.

TSP 중에 측정된 이온은  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 이며, 그중 주요 이온 성분은

NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>로서, 농도값은 각각 9.7μg/m<sup>3</sup>, 8.3μg/m<sup>3</sup>, 4.2μg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 황사와 비황사시의 농도 비(황사/비황사)는 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>이 각각 2.00, 1.61, 1.43으로서 황사시에 농도가 증가하고 있음을 뚜렷이 보였으나 F, Cl, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 경우는 1.00부근으로서 황사시에 농도가 더 증가하지는 않았다.

TSP 중에 측정된 금속 성분은 Na, Mg, Al, Ca, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, Co, Cr, Ni이며, 그 중 주요 금속 성분은 Al, Ca, Fe로서, 농도값은 각각 3.2μg/m<sup>3</sup>, 2.3μg/m<sup>3</sup>, 2.1μg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 황사와 비황사시의 금속 원소의 농도비(황사/비황사)는 Al, Ca, Fe이 각각 3.30, 2.51, 2.65로서 황사시에 크게 증가하고 있음을 뚜렷이 보였다. 이에 비해 인체에 해로운 중금속인 Cu, Pb, Zn, Cd는 각각 1.01, 1.07, 0.74, 0.84로서 황사시에 더 증가하는 경향은 보이지 않았다.

대기 입자 카운터로 8 구간별 먼지 입자의 개수 농도를 분석해 본 결과, 먼지의 개수 농도는 TSP의 질량 농도와 관련성이 크게 나타났다. 선택된 8구간의 먼지 입자의 크기 분포를 분석한 결과 황사시에 큰 에어러솔 입자가 많이 관측되었으며 우리 나라의 경우 황사시 에어러솔 크기 분포는 주로 2.23μm~6.06μm 범위임을 보였다. 따라서 크기가 2.23μm 이상인 에어러솔의 수농도는 황사를 진단하는 하나의 지표가 될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 1. The ratio of mean mass concentration in TSP and PM<sub>10</sub>.

Month/Case	Sample Number	Mass Concentration(μg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>10</sub> /TSP
		PM <sub>10</sub>	TSP	
March	10	57.0	83.3	0.684
April	16	72.1	110.1	0.655
May	9	75.0	96.3	0.779
March~May	35	68.5	98.9	0.693
Yellow	11	86.9	128.4	0.677
Non-Yellow	24	60.1	85.4	0.704

#### 참 고 문 헌

- 이민희, 한의정, 신찬기, 한진석 (1988) 황사 현상시 분진의 입도 분포와 화학 조성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 4(2), 20~27.
- 임영욱, 정 용 (1989) 호흡성 분진 중의 중금속 오염도에 관한 조사 연구, 한국대기보전학회지, 5(1), 68~79.
- 서영화, 구자공 (1992) 대기 분진의 무기 화학적 조성 분석과 Chemical Mass Balance에 의한 오염원 기여도 산출, 한국대기보전학회지, 8(2), 112~120.
- Liu C. and M. H. Smith (1995) Urban and rural aerosol particle optical properties, Atmos. Environ., 29(22), 3293~3301.
- Robert J. F., P. R. Welsing and Carlo Rozzi (1994) PM<sub>10</sub> and ozone control strategy to improve visibility in the Los Angeles basin, Atmos. Environ., 28(20), 3277~3283.
- WMO (1978) International observation handbook for measurement of background atmospheric pollution, No. 491, 1~5.