

## PE3) 2001년 서울지역 에어러솔의 물리학적 특성 연구 A Study on Physical Characteristics in Aerosol at Seoul in 2001

박기준, 최병철

기상청 기상연구소 응용기상연구소

### 1. 서론

대기 중의 에어러솔 입자들은 직접적으로는 빛의 산란, 흡수 등 복사 평형에 영향을 미치며, 간접적으로는 구름 응결핵(CCN)으로 작용함으로써 알베도와 구름의 수명에 영향을 미치게 된다. 자연적인 에어러솔은 인위적 활동에 따른 황 화합물, 질소 화합물, 유기물, 매연 그리고 토양 먼지의 증가에 의해 사실상 교란되어 왔다. 인위적인 에어러솔에 의한 복사 강제력(radiative forcing)은 현재 전 지구적 평균이  $-0.3 \sim -3.5 \text{ Wm}^{-2}$  정도로 추정되며, 이것은 온실 기체에 의한 강제력인  $+2.0 \sim +2.8 \text{ Wm}^{-2}$ 와 비교될 만하다(IPCC, 1995). 이러한 잠재적인 기후적 중요성에도 불구하고 에어러솔에 대한 물리, 화학적 특성이 명확히 규명되어 있지 않다. 따라서 대류권 에어러솔은 기후 예측 모델을 이용하여 미래를 예측하는데 있어서 큰 불확실성 요인으로 작용하므로 에어러솔에 대한 심도 있는 연구는 필수적이다.

에어러솔은 광합성 작용의 억제로 인한 식물의 고사, 가시 거리 저해로 인한 시정 악화, 일사량 감소로 인한 기후 변화 및 인간의 호흡기를 통해 체내에 축적됨으로써 호흡기 질환을 유발시키는 등 인간 및 생태계에 직·간접적으로 많은 피해를 주고 있다. 특히, 도시의 각종 산업 시설 및 자동차의 급격한 증가는 대기 중의 분진 농도를 증가시키는 중요한 요인으로 작용하며, 시정 장애 현상은 부유 분진의 입경 분포와 조성에 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다.

대기 중의 입자상 물질은 입자의 크기, 화학적 성분, 액적과의 친화력, 빛의 산란 및 흡수 등의 다양한 특성이 있으며, 일반적으로  $2.5 \mu\text{m}$  이상인 입자를 조대 입자라 하고, 이보다 작은 입자를 미세 입자라 한다. 미세 입자는 장거리 이동 중 물리, 화학적 반응에 참여하고 광역적 시정 감소, 산성비와 같은 대기 오염 현상을 일으킨다.

우리나라에서 관측되는 봄철의 황사는 자연 발생적인 현상으로서 중국으로부터 먼지가 수송된다는 것을 시각적으로 잘 알 수 있는 현상이다. 이러한 황사의 장거리 이동에 관한 연구는 여러 학자들에 의하여 수행되었으며, 이민희 등(1986)은 황사 현상이 우리나라에 미치는 영향을 보고하였다.

인구, 산업 및 자동차의 규모가 세계적인 도시인 서울은 세계에서 세 번째로 대기 오염이 심각한 도시로 지적된 바 있으며, 이 중 아황산 가스( $\text{SO}_2$ )와 부유 분진(TSP)은 매우 심각하다고 보고하였다(UNEP, 1992). 특히, 우리 나라는 봄철에 황사 현상이 발생 빈도수의 차이는 있으나 지역적 또는 전국적으로 해마다 발생하며, 이러한 자연 현상은 세계 최대의 대기오염 배출국인 중국이 풍상측에 위치하므로 년중 대기오염물질이 유입될 가능성이 매우 크므로 더욱 문제시된다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 2001년 전반기(1월 - 5월) 서울에서 광학 입자 계수기(Optical Particle Counter)를 이용하여 관측을 실시하였으며 기상인자에 따른 에어러솔의 물리적 수농도 특성을 알아보았다.

### 2. 자료 및 관측기기

본 연구의 분석에 이용된 자료는 기상청의 기상자료와 광학입자계수기로 측정된 에어러솔 수농도이다.

에어러솔 입경별 수농도 자료는 2001년 전반기(1월 - 5월) 서울시 신대방동 기상청 기상연구소에서 대기 중 에어러솔 수농도를 시간별로 연속 측정하였다.

대기 중 에어러솔의 수농도 관측에 이용된 기기는 미국 Micro Air社의 광산란식 입자계수기(Optical Particle Counter; Model HIAC/ROYCO 5230)이다. 이 기기는 개개의 입자에 대한 산란광의 강도를 측정하여 그 강도와 미리 정해진 강도와 관계에 의해 입자의 크기를 추정한다. 즉 내장된 펄스에 의해 흡인된 시료 공기가 광원의 조사 영역을 통과할 때 개개의 입자에 의해 산란된 산란광의 강도를 측정하는 것이다. 산란광은 광전자 증배관에 의해 산란광량에 대응하는 펄스상의 전기 신호로 변환되는데 이 펄스의 크기는 입자의 크기와 일정한 관계가 있다. 이 관계에 따라 입경이 판별되며 대응하는 입경 영역 범위에서 측정된다. 이때 광원으로는 Laser Diode, He-Ne tube를 사용하였다. 즉 시료 공기에 Laser beam을 쏘아 산란된 빛을 광전자 증배관에 집광시키는 방식이다.

일정량의 공기량에 대해 일정한 시간 동안 계측한 입자수를 특정한 입정보다 큰 입자의 개수로서 그 크기가 0.3~25 $\mu\text{m}$ 인 에어러솔을 지수 척도로 동일한 8개구간으로 나누어, 단위 부피당 개수로 정의되는 수농도(Number concentration)를 관측하였다. 이 연구에서는 8개의 범위별 구간으로 매시간 진공펌프에 의해 1분당 1ft<sup>3</sup>의 공기를 자동 흡입하여 측정하였다.

에어러솔 수농도의 구간별 범위는 0.30~0.50 $\mu\text{m}$ , 0.50~0.82 $\mu\text{m}$ , 0.82~1.35 $\mu\text{m}$ , 1.35~2.23 $\mu\text{m}$ , 2.23~3.67 $\mu\text{m}$ , 3.67~6.06 $\mu\text{m}$ , 6.06~10.0 $\mu\text{m}$ , 10.0~25.0 $\mu\text{m}$ 로서 등간격으로 8채널을 설정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

서울에서 3월부터 5월까지 봄철 동안에 8채널의 구간별 연속 매시간 먼지 개수를 측정된 결과를 황사와 비황사시로 자료를 구분하여 Table 1에 제시하였다.

Table 1. The number and ratio of aerosol particle of yellow sand and non-yellow sand.

	Range( $\mu\text{m}$ )								Total
	0.30~0.50	0.50~0.82	0.82~1.35	1.35~2.23	2.23~3.67	3.67~6.06	6.06~10	10~	
yellow	842,627	321,764	60,269	37,370	12,578	1,572	157	189	1,276,525
non-yellow	947,206	297,217	31,715	13,505	3,462	409	47	50	1,293,611
Y/N.Y	0.89	1.08	1.90	2.77	3.63	3.84	3.31	3.78	0.99

Table 1에서 나타난바와 같이 0.30~0.50 $\mu\text{m}$ 사이의 먼지 개수는 비황사시에는 947,206개/ft<sup>3</sup>이며, 황사시에는 842,627개/ft<sup>3</sup>로서 황사시보다 비황사시에 약 10만개이상 많은 개수로 나타났다. 이는, 수증기 또는 황산염, 질산염 등의 미세 입자가 더 많이 존재하기 때문으로 사료된다. 그러나 이 외의 범위별 먼지 개수는 황사시에 더 많은 개수를 보였다. 특히, 황사 입자의 크기로 널리 알려진 2~6 $\mu\text{m}$ 사이의 먼지 개수는 본 연구에서도 마찬가지로 황사시에 매우 높게 나타났다. 세부적으로 보면, 2.23~3.67 $\mu\text{m}$ 사이의 개수는 3.63배, 3.67~6.06 $\mu\text{m}$ 사이의 개수는 3.84배가 황사시에 크게 증가한 것으로 보아 기존의 연구 결과와 매우 유사한 패턴임을 알 수 있었다. 그리고 전체적인 먼지 개수는 비황사시와 황사시에 거의 차이가 없었다.

### 4. 결론

서울은 인구, 산업, 자동차 등이 밀집되어 있는 세계적인 규모의 도시로서 자체에서 발생하는 오염물질도 많고 배출원도 매우 다양하다. 따라서 본 절에서는 입자상 오염물질중 먼지 입자의 크기별 개수농도를 시간별로 연속 관측 및 분석한 결과 다음과 같은 사실을 규명할 수 있었다.

황사 입자의 크기로 널리 알려진 2~6 $\mu\text{m}$ 사이의 먼지 개수는 본 연구에서도 마찬가지로 황사시에 매우 높게 나타났다. 즉, 2.23~3.67 $\mu\text{m}$ 사이의 개수는 3.63배, 3.67~6.06 $\mu\text{m}$ 사이의 개수는 3.84배가 비황사시에 비하여 증가한 점으로 보아 기존의 연구 결과와 매우 동일한 경향을 보였다.

### 감사의 글

본 연구는 기상청 기상연구소 기상기술개발사업 "지역대기환경예측기술개발"에서 수행된 내용이다.

### 참고 문헌

- 이민희, 한의정, 원양수, 1986 : 황사 현상이 우리 나라에 미치는 영향, 한국대기보전학회지, 2(3), 34~44.
- IPCC, 1995 : Climate Change 1995: The Science of Climate Change, J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell.(eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572.
- WHO/UNEP, 1992 : Urban air pollution in Megacities of the world, World Health Organization, United Nations Environment Programme, Blackwell, Oxford.