

# AS1) 황사현상에 의한 광주시 도시지역 시정감쇄의 광학적 특성 Optical Extinction Characteristics of Visibility Impairment by Yellow Sand Storm Particles in the Urban Atmosphere of Kwangju

김영준 · 김경원 · 오승진

광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링신기술연구센터

## 1. 서론

황사에 대한 연구는 발원지, 이동경로, 기상조건, 에어로졸의 특성 등 다각적인 면에서 조사되어 왔다. 우리나라에 영향을 미치는 황사현상은 중국 및 몽고 사막 등에서 봄철 기온 상승으로 한랭전선을 동반한 저기압이 발달되어 전선 후면의 강풍과 함께 황토 먼지가 매년 3~5월경에 편서풍을 타고 3,000 km 이상의 거리를 이동하여 한반도에 유입되는 현상이다. 황사발생일수는 일년에 3~6일로 주로 4월에 관측되며, 중국의 자료에서도 연중 25 %가 4월에 발생한다고 보고하고 있다(Parungo et al., 1994). 황사입자의 입경분포는 발생원과 이동경로에 따라 변화가 있으나, 일반적인 도시지역의 에어로졸 구성과는 달리 거대입자( $2.5 < D_p < 10 \mu\text{m}$ )가 현저하게 증가하는 것으로 보고되고 있다. 뿐만 아니라, 황사현상은 짧게는 수시간에서 길게는 수일에 걸쳐 급격한 시정의 저하를 유발하며 에어로졸의 화학적 구성을 변화시킨다.

본 연구는 황사 기간동안의 에어로졸의 화학적 구성 및 광학적 특성을 분석하여 비정규적인 시정감쇄 현상에 대한 에어로졸의 빛 소멸관계식(light extinction coefficient)을 정량하는 데에 있으며, 정규적인 계절변화에 따른 시정감쇄 현상과의 비교를 통하여 에어로졸의 광·화학적 특성을 규명하였다.

## 2. 연구방법

광주시 도시지역의 시정감쇄 현상에 연구는 1999년 5월 23일부터 지속적으로 시행되고 있다. Transmissometer, nephelometer, aethalometer의 세 광학계를 이용하여 에어로졸의 빛에 대한 산란(scattering), 흡수(absorption), 소멸계수(extinction coefficient)를 지속적으로 관측하며, 각 계절별로 집중관측을 통하여 에어로졸의 화학적 성분을 분석하였다. 광주시 시정집중관측을 위해 사용한 샘플러와 분석법을 표 1에 요약하였다.

Table 1. Aerosol sampling methods and analytical methods.

Sampler	Particle Size	Filter Type	Analytical Method
URG VAPS	right arm	Quartz (Whatman, 47mm)	Thermal Manganese dioxide Oxidation Analysis (EC & OC)
	center arm	Polycarbonate(Nuclepore) (Costa, 0.4 $\mu\text{m}$ , 47mm)	Gravimetric Analysis (mass)
	left arm	Teflon(Zeflour) (Gelman, 2 $\mu\text{m}$ , 47mm)	Gravimetric Analysis (mass) Ion Chromatography Analysis ( $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$ )
		Nylon(Nylasorb) (Gelman, 1 $\mu\text{m}$ , 47mm)	
Denuder (URG, 150 & 242mm)	Ion Chromatography Analysis ( $\text{SO}_2$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{NH}_3$ )		
URG PM2.5 Cyclone	< 2.5 $\mu\text{m}$	Teflon(Teflo) (Gelman, 2 $\mu\text{m}$ , 47mm)	Gravimetric Analysis (mass) Induced Couple Plasma Analysis (Na - Pb, 20 elements)
WINS sampler			
MOUDI sampler		Teflon (Sartorius, 0.4 $\mu\text{m}$ , 47mm)	Gravimetric Analysis (mass) Ion Chromatography Analysis
		Teflon(Zeflour) (Gelman, 2 $\mu\text{m}$ , 47mm)	

광주지방기상청에서 관측된 황사기간 중 2000년 3월 23 ~ 24일, 27 ~ 30일, 4월 7 ~ 9일 모두 3차례에 걸쳐 황사기간 시정집중관측이 시행되었으며, 분석된 에어로졸의 화학적 구성은 IMPROVE program 과 본 연구에서 제시된 modified program으로 재구성되었다.

$$b_{ext} = 3f(RH)[sulfate]+3f(RH)[nitrate]+4[organic]+1[soil]+0.6[coarse\ mass]+b_{abs}+b_{Ray} \quad (IMPROVE, 1993)$$

$$b_{ext} = 3f(RH)[sulfate]+3f(RH)[nitrate]+4[organic]+10[EC]+1[soil]+0.4[sea-salt]+1.0[NH_4SO_4]+0.77[mineral\ dust]+b_{abs,NO_2}+b_{abs,dust}+b_{Ray} \quad (modified\ equation)$$

### 3. 결과 및 고찰

2000년 황사기간동안 관측된 미세입자의 질량농도는 1·2·3차 사례에 대하여 각각 40.9, 24.6, 24.4  $\mu g/m^3$ 이었으며, 거대입자의 질량농도는 각각 166.1, 177.0, 393.3  $\mu g/m^3$ 으로 관측되었다. 또한 황사기간의 상대습도는 1·2·3차 사례에 대하여 각각 37.4, 63.3, 31.8%이었으며, 시정거리는 각각 9.6, 8.9, 5.9km으로 관측되었다. 2차 황사사례의 경우 미세입자의 양이 1차 황사사례에 비하여 60%에 불과하였으나 상대습도의 증가에 의하여 총 소멸계수는 8% 상승하였다. 도시지역의 시정감쇄는 주로 미세입자에 지배적인 영향을 받는 것으로 보고되고 있다. 그러나 황사기간의 시정변화는 미세입자에 대한 에어로졸의 빛 소멸기여도만으로는 총 소멸량을 정량하는 데 많은 난점이 있다. 그림 1의 a)는 IMPROVE program에 의해 재구성된 황사 에어로졸에 의한 빛의 소멸구성 분포를 나타내고 있다. 거대입자에 대한 빛 소멸효율(light extinction efficiency)을  $0.6\ m^2/g$ 으로 계산한 결과는 38%의 상대오차((measured  $b_{ext}$ -reconstructed  $b_{ext}$ )/measured  $b_{ext}$ )를 나타내었으나, 본 연구에서 제시된 modified program에 의하여 재구성된 총 소멸계수의 상대오차는 그림 1의 b)에서 같이 26%로 감소하였다.

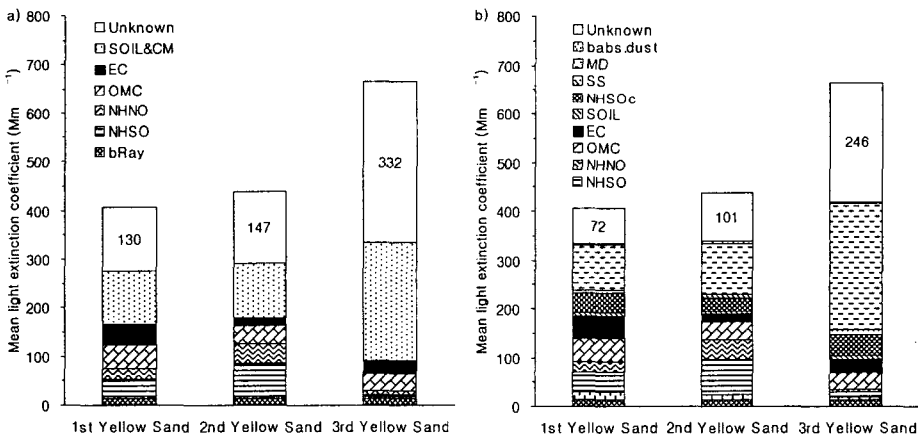


Fig. 1. Comparison of light extinction budgets reconstructed by IMPROVE program and the modified program proposed by KJIST during Yellow Sand periods.

### 4. 사사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링기술연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

### 참고 문헌

- F. Parungo, et al. (1994) Gobi dust storms and The Great Green Wall, Geophysical research letters 21, 999-1002.
- H. C. Van de Hulst (1987) *Light Scattering by Small Particles*, Dover Publication, 383-453.
- IMPROVE (1993) Spatial and Temporal Pattern and the Chemical Composition of the Haze in the United States, 4-1~4-9