

PA36) 황사입자에 의한 미세탄소 입자의 응집 및 흡착 현상 Agglomeration and Adsorption of Fine Carbonaceous Particles onto Asian Dust Particles.

김경원·김영준

광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링 신기술연구센터

1. 서론

미세탄소입자는 원소탄소(elemental carbon)와 유기탄소(organic carbon)로 분류할 수 있다. 원소탄소는 불완전연소 과정에 발생하는 검댕(black soot), 원유의 정제과정에 발생하는 흑연(graphite), 자연상태에서 만들어진 다이아몬드의 3가지 형태로 존재한다. 이들 중 대기환경에 영향을 미치는 요소는 검댕입자로서 입경은 $1\mu\text{m}$ 이하이며, 일정한 형태를 지니고 있지 않다. 유기탄소는 CO_2 , CO , CH_4 등의 온난화 물질을 포함하는 유기물질로서 생체소각, 화석연료의 연소, 생물체로부터 발생하는 1차유기탄소와, 인위적·자연적 휘발성유기탄소로부터 발생하는 2차유기탄소로 구분된다. 일반적으로 미세탄소 입자들은 $\text{PM}_{2.5}$ 중 약 10 - 70% 가량 포함되어 시정장애 및 대기복사에 영향을 미치며(Kim et al., 2001), 도시외관의 변색을 유발시킬 뿐만 아니라, 인체의 호흡기 장애를 유발하는 등 그 피해의 정도가 심각하다. 광주시를 대상으로 1999년부터 2000년까지의 도시지역의 에어로졸의 성분 분포를 분석한 결과 황사기간 동안 미세탄소입자의 질량분율이 오염이 심각한 날의 평균보다 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그 원인을 분석하기 위하여 2001년 황사기간 동안 조대입자 영역($2.5\mu\text{m} < D_p < 10\mu\text{m}$)에 대한 탄소성분 분석과 SEM/EDX (Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray analysis)을 실시한 결과 다량의 황사에어로졸에 의해 미세탄소 입자들이 응집 또는 흡착되는 현상을 확인할 수 있었다.

2. 연구 방법

광주시 시정모니터링은 1999년 5월 23일부터 시작되었다. 7월 12일부터 22일까지 99년 여름 시정집중 관측을 시작으로 2000년 11월 9일까지 모두 13회에 걸쳐 계절별 집중관측을 실시하였다. 99년에서 2000년까지 시정모니터링은 미세입자($D_p < 2.5\mu\text{m}$), 조대입자($2.5 < D_p < 10\mu\text{m}$)에 대해서 질량, 이온(SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), 원소(Na, Mg, Al, Si, P, S, Ca, K, Ti, V, As, Cu, Co, Ni, Zn, Pb)분석을 시행하였으며, transmissometer, nephelometer, aethalometer를 이용하여 빛소멸계수(light extinction coefficient), 빛산란계수(light scattering coefficient), 빛흡수계수(light absorption coefficient)를 각각 측정하였다. 특히 aethalometer는 $\text{PM}_{2.5}$ inlet을 도입부에 설치하여 $\text{PM}_{2.5}$ 중의 black carbon에 대해 지속적으로 관측해왔다. 2001년 3월 22일을 시작으로 ACE-Asia 기간 동안 황사에어로졸에 대해 보다 면밀한 분석을 위하여 황사기간을 전후로 aethalometer는 $\text{PM}_{2.5}$ 와 PM_{10} inlet를 1시간 간격으로 교체하였으며, nephelometer는 $\text{PM}_{2.5}$ inlet를 1시간 간격으로 도입부에 연결하여 관측하였다. 특히 황사에어로졸의 입자 구성 형태를 분석하기 위하여 SEM/EDX (Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray analysis)법으로 미세입자 및 조대입자에 대하여 단일 성분 분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1의 a)는 1999 - 2000년 기간동안의 호린날과 황사현상이 있었던 날의 $\text{PM}_{2.5}$ 에어로졸의 성분 분율을 나타내고 있다. 호린날의 에어로졸에 비해 황사에어로졸의 EC/OC의 성분 비율이 각각 24, 22% 가량 줄어든 것을 확인할 수 있다. 그림 1의 b)는 2001년 황사기간 동안 $\text{PM}_{2.5}$ & PM_{10} inlet을 1시간 간격으로 교체하면서 관측한 black carbon 질량 변화로서, 그림 c), d)를 토대로 다량의 황사에어로졸에 의해 black carbon이 응집하였으며, 유기탄소가 흡착하여 미네랄 입자의 표면이 흑색으로 변화되었음을 확인할 수 있다.

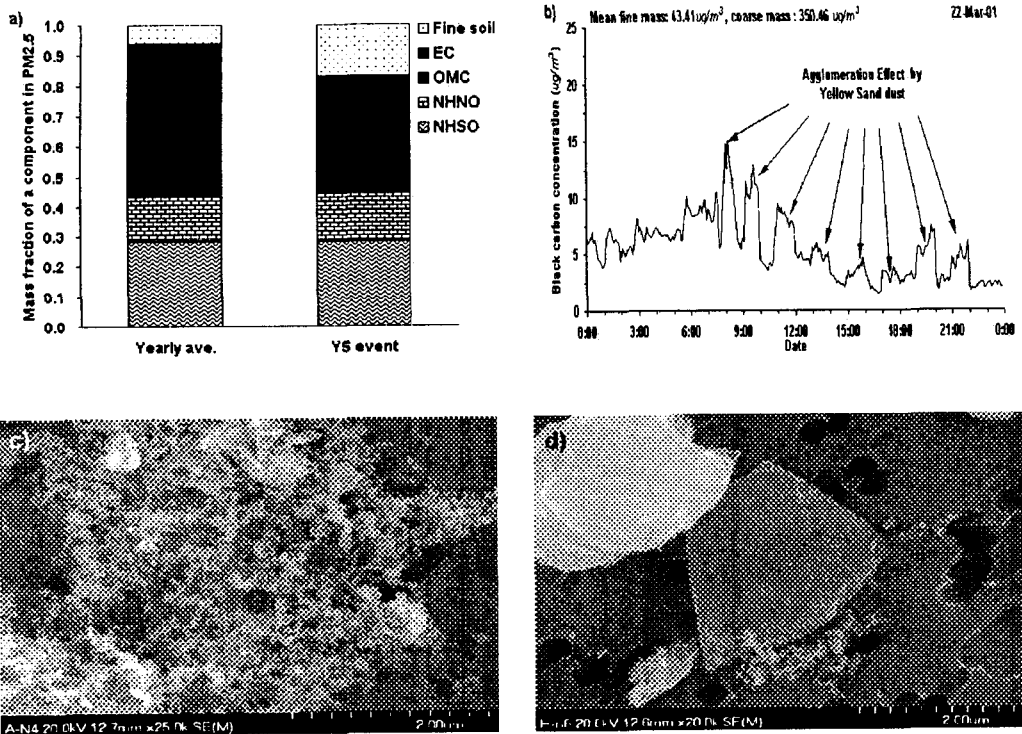


Fig. 1. Chemical components of urban hazy aerosol & Asian Dust particle and SEM images of elemental carbon for the coarse regime.

황사에어로졸 중에 포함된 black carbon에 대한 질량과 응집률(agglomeration rate; BC_{coarse}/BC_{PM10})을 표 1에 나타내었다. 응집률은 2차 황사에어로졸이 0.50으로 가장 높았으며, $PM10$ 중에 포함된 black carbon의 질량은 3차 황사에어로졸의 경우가 $8.35 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 으로 가장 높게 관측되었다.

Table 1. Black carbon concentration of Asian Dust particle measured by aethalometer.

Event	BC_{fine}	BC_{coarse}	BC_{PM10}	Agglomeration rate (BC_{coarse}/BC_{PM10})
	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)$			
1st Asian Dust	3.84	2.63	6.47	0.41
2nd Asian Dust	4.03	3.96	7.99	0.50
3rd Asian Dust	6.34	2.01	8.35	0.24

사 사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링기술연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금 및 두뇌한국 BK21사업 지원금에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

Kim Y.J., Kim K.W., and Oh S. J. (2001) Seasonal Characteristics of Haze Observed by Continuous Visibility Monitoring in the Urban Atmosphere of Kwangju, Korea, *EMAS* 70, 35-46