

PG2) 2005년 항공관측 기간 중 지상 측정된 입자상물질의 거동

Behavior of Ground-Sampled Particles during Aerial Measurement Period in 2005

차준석 · 최철우 · 이동원 · 오성남 · 김상균 · 이재범 · 최진수 · 김수연 · 한진석¹⁾
공부주¹⁾

국립환경과학원 지구환경연구소, ¹⁾국립환경과학원 대기환경과

1. 서 론

동북아시아 지역은 급격한 산업화로 인해 대기오염물질의 배출량이 증가하고 있으며, 이 중에서도 중국은 이산화황 등의 대기오염물질을 많은 양 배출하고 있다. 특히 이 지역은 주풍향이 서풍이고 중국의 풍하지역에 위치하고 있는 우리나라는 중국에서 배출되는 대기오염물질의 이동 및 강하에 의해 영향을 받을 우려가 매우 크다.

본 연구에서는 2005년 항공관측 기간 중 지상 4곳에서 채취한 입자상물질 시료의 이온분석을 통하여, $\text{NH}_4^+/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 의 당량비(equivalent ratio)를 이용하여 각각의 측정지점에서 측정된 입자들의 장거리 이동유무를 추정하고 $\text{PM}_{2.5}$ 질량농도와 각각의 이온 성분들간의 상관관계(correlation coefficient)를 조사하여 이온성분들의 거동과 기원(origin)을 조사하였다.

2. 연구 방법

본 연구를 위해 서울 구의동, 제주 어승생 수원지, 경남 함안 정수장 및 강원도 화천읍 동촌리 등 4개 지점에서 항공관측기간(2005년 4월 15일~25일, 10월 15일~25일) 동안 총 20일에 걸쳐 지상에서 샘플링을 수행하였다. 시료채취는 매일 10시를 기준으로 24시간 시료를 채취하는 것을 원칙으로 하였다.

시료채취는 3단 필터팩 장치를 사용하였으며 첫째단에는 멤브레인 필터(Zefluor, ϕ 47mm, pore 2.0 μm , Gelman Science)를 설치하여 $\text{PM}_{2.5}$ 의 질량농도와 이온성분(nss-SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})을 측정하였고, 둘째단에는 나일론 필터(Nylasorb, ϕ 47mm, pore 1.0 μm , Gelman Science)를 사용하여 가스성분중 HCl과 HNO_3 를 포집하였으며, 셋째단에는 석영섬유필터(QA-A, ϕ 47mm, Whatman)를 이용하여 NH_3 를 포집하였다. 포집된 시료는 $\text{PM}_{2.5}$ 또는 멤브레인 필터의 시료채취 전·후 무게차와 포집시간에 따른 유량으로 질량 농도를 계산하였으며 입자상 및 가스상 성분의 분석은 포집된 시료를 용출 후 IC, AA, UV/VIS 기기를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

SO_4^{2-} 이온은 대기중으로 배출된 아황산가스가 산화하여 생성되거나 자연적으로 해양입자로부터 생성된다. 해양입자로부터 기인한 SO_4^{2-} 이온은 주로 조대입자 영역에 존재하므로 측정기간 동안 측정된 $\text{PM}_{2.5}$ 내의 SO_4^{2-} 이온은 주로 인위적인 배출원에 기인한 것으로 추정할 수 있다. SO_2 의 자연발생원은 화산으로부터의 배출과 해양으로부터 배출되는 DMS (Dimethyl sulfide)의 산화 등이 있다(Andreae and Crutzen, 1997). 대륙으로부터 배출된 SO_2 가 수송되는 경로인 서해상에는 NH_3 의 배출원이 없고 따라서 장거리 이동하는 SO_2 가 양이 많다면 NH_3 가 충분히 SO_4^{2-} 를 중화시키지 못한다. 결과적으로 제주지점에서 $\text{NH}_4^+/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 의 당량비(equivalent ratio)는 0.92~1.14이며, 이는 Kim 등(2000)이 제주에서 측정된 DMS의 농도와 비해양황산염의 농도와는 음의 상관(negative correlation)이 나타났음을 보고하였고 Hu 등(2002)이 Qingdao의 미세입자 중 SO_4^{2-} 의 대부분이 지역배출원에 의한 영향이라고 보고하여, 본 측정기간 동안 제주에서 측정된 비해양황산염은 장거리 이동한 것으로 판단할 수 있다.

환경과학원에서 1997년부터 2003년까지 측정된 태안, 고산 및 중국 청도의 자료를 비교하면 청도의 평균값은 1.04~1.58, 고산의 경우 0.83~0.97, 태안의 경우 0.66~1.15로써 이들 값과 비교하여 볼 때 제

주의 SO_4^{2-} 는 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 의 형태로 존재할 것으로 추정되며 이는 Hu 등(2002)이 발표한 중국 정도의 SO_4^{2-} 의 주된 존재형태와 같은 형태로 장거리 이동의 가능성을 보여준다.

한편, 모든 측정지점에서 nss-SO_4^{2-} 는 NH_4^+ 과 높은 상관성을 보였다. 서울 1.00, 강원과 경남 0.98 그리고 제주 0.96으로 전 지점에서 높은 상관성을 보여 nss-SO_4^{2-} 와 NH_4^+ 는 함께 거동하는 것으로 판단되었다. Akimoto 등(1996)은 아시아와 태평양 연안의 여러 측정소의 관측결과 nss-SO_4^{2-} 와 NO_3^- 는 높은 상관성을 나타내 nss-SO_4^{2-} 와 NO_3^- 는 같은 배출원으로부터 유래한다고 보고하였는데 이는 이번 측정결과 모든 지점에서 상관계수가 0.98(서울), 0.69(강원), 0.81(경남), 0.81(제주)로 높게 나타나 nss-SO_4^{2-} 와 NO_3^- 는 높은 상관성을 가지며 같은 배출원으로부터 유래한다는 보고를 뒷받침해 준다.

Table 1. Summary of nss-SO_4^{2-} concentration and equivalent ratios between major components in $\text{PM}_{2.5}$ during intensive measurement period

	nss-SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	nss-SO_4^{2-} / SO_4^{2-}	NH_4^+ / nss-SO_4^{2-}	NH_4^+ / ($\text{nss-SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$)	NH_4^+ / NO_3^-	Cl^- / Na^+
April						
Seoul	2.70	0.95	2.11	1.11	2.33	0.66
Gangwon	3.63	0.98	1.19	1.00	6.31	0.40
Gyeongnam	2.72	0.96	1.49	1.22	6.72	0.43
Jeju	2.35	0.97	0.92	0.78	5.20	0.36
October						
Seoul	3.79	0.99	2.32	1.32	3.06	1.90
Gangwon	3.43	0.98	1.26	1.07	7.42	0.59
Gyeongnam	3.70	0.97	1.71	1.26	4.77	0.80
Jeju	3.21	0.97	1.14	1.00	8.36	0.42

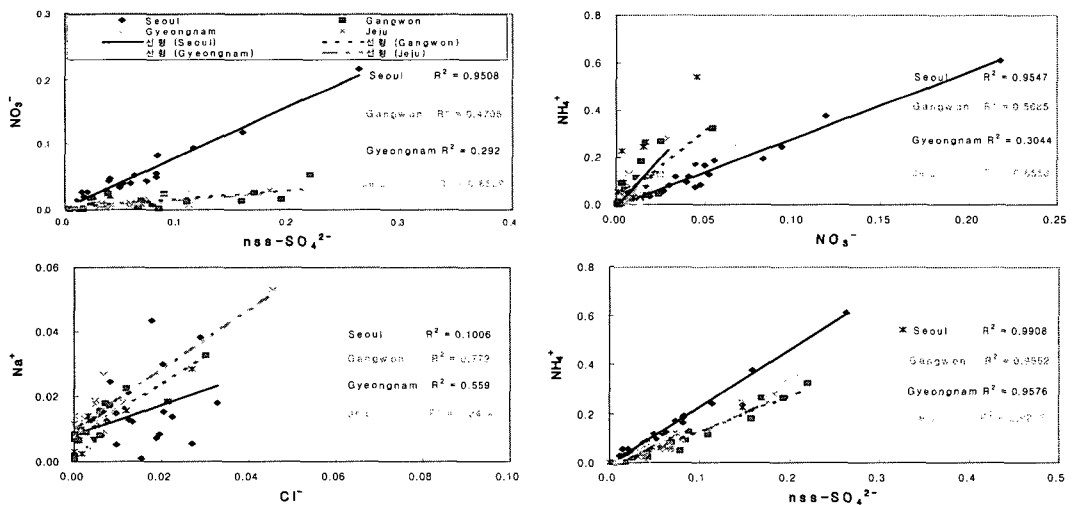


Fig. 1. Correlation of ion components in $\text{PM}_{2.5}$ during measuring period.

참고 문헌

- 국립환경과학원 (2005) 동북아 대기오염 감시체계 구축 및 환경보전협력 사업(VI).
 국립환경과학원 (2000~2004) 배경농도지역 장거리이동 오염물질 집중 조사 (I),(II),(III),(IV).
 Kim, B.G., J.S. Han and S.U. Park (2000) Transport of SO_2 and Aerosol over the Yellow Sea, Atmospheric Environment, 35, 727-737.
 Yang, K.L. and J.G. Lo (1998) Volatile Hydrocarbons Measurement at Remote Sites of Taiwan during the PEM-WEST Experiment, Chemosphere, 36, 1893-1902.