

## 2A2) ABC-EAREX 2005 기간동안 제주도 고산지역 대기 중 가스상 및 입자상 물질의 분포특성

### Characteristics of Chemical Species in Gaseous and Aerosol Phase Measured at Gosan, Korea during ABC-EAREX 2005

문광주 · 공부주 · 홍유덕 · 한진석 · 이석조 · 이상욱  
국립환경과학원 환경진단부 대기환경과

#### 1. 서 론

동북아시아지역은 황사뿐만 아니라 높은 인구밀도와 빠르게 증가하는 에너지 소비의 영향으로 많은 양의 인위적 입자상 오염물질을 배출하는 것으로 알려져 있다. 이때 SO<sub>2</sub>나 입자상 물질은 최근들어 다양한 배출억제 정책에 의해 그 발생량이 감소하고 있는데 반해, 상대적으로 질소산화물의 경우 오염물질로서의 중요성이 증대되고 있다. 그 중에서도 가스상 HNO<sub>3</sub>와 입자상 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 대기 중 질소산화물의 주요 화학종으로, HNO<sub>3</sub>는 NO<sub>x</sub> (NO와 NO<sub>2</sub>) 광화학 반응의 최종 산물이고, 입자상 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 광산란을 유발하는 주요 성분으로 알려져 있다. 따라서 아시아 지역 내 대기오염물질들이 기후 및 환경에 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 하는 ABC(Asian Brown Cloud) project를 수행하는데 있어 이러한 가스상 및 입자상 화학종의 농도현황을 정확히 파악하는 것이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 동아시아 지역의 대표적인 배경농도지역인 제주도 고산지역에서 2005년 3월 ABC Campaign기간동안 집중측정을 수행하였고, 대기 중 가스상 산성가스성분들과 PM<sub>2.5</sub> 및 PM<sub>10</sub> 내 수용성 이온성분의 농도 조성을 분석하였다. 이를 통해 이 지역 내 입자상 및 가스상 성분들의 농도수준과 이들 간의 상호관계를 파악하여 대기 중 가스상-입자상 전환과정을 이해하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 ABC-EAREX 2005 기간동안 제주도 고산에서 사이클론/디누더/필터팩 샘플링 시스템을 사용하여 미세입자(D<sub>p</sub><2.5um) 및 조대입자(D<sub>p</sub><10um) 내 무기이온성분의 농도와 관련 가스성분의 농도를 측정하였다. 채취된 필터시료의 이온성분 분석은 20ml의 초순수에 120분동안 셰이크하여 추출하고 1um 셀룰로오스 필터로 필터링한 뒤, 음이온은 ASRS-4mm 컬럼이 있는 IC (Dionex, ICS-2000)를 사용하고, 양이온은 CSRS-4mm 컬럼이 있는 IC (Dionex, ICS-1000)로 분석하였다. 가스성분의 경우 3채널 디누더를 사용하여 10L/min의 유량으로 포집하였다. 이때 조대입자가 알칼리성분을 포함하고 있기 때문에 2.5um 절단입경을 가진 사이클론을 통하여 이들 성분을 제거할 수 있도록 하였다. 디누더로 채취된 가스성분은 10ml의 초순수를 사용하여 추출한 뒤 필터시료와 같은 방식으로 이온성분을 분석하였다.

#### 3. 결 과

표 1과 같이 산성가스성분인 HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, HCl의 농도는 각각 0.39, 0.08, 1.07ug/m<sup>3</sup>이고, PM<sub>2.5</sub> 내의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 평균 농도는 3.39, 1.06, 1.04 ug/m<sup>3</sup>으로 전체 PM<sub>2.5</sub> 질량농도의 약 26%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히 이들 세가지 입자상 이온성분들은 55% 이상이 미세입자 영역(D<sub>p</sub><2.5um)에 분포하였다. 이 중 가스상 HNO<sub>3</sub>는 대기 중 NO<sub>2</sub>(R=0.80) 및 O<sub>3</sub>(R=0.78)의 농도와 높은 상관계수를 나타내어 대기 중 광화학 반응의 발생 가능성을 보여주었다. 그림 1은 이러한 가스성분들간의 상관성을 보여주고 있다. 입자상 이온성분들의 경우, 성분들간 당량비인 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/nss SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>가 PM<sub>2.5</sub>에서는 0.83, PM<sub>10</sub>에서는 0.86으로 이차 에어로솔의 존재형태가 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 또는 (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>H(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>일 가능성을 보여준다. 특히 당량비 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+K<sup>+</sup>+Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)/(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+nss SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)의 경우, PM<sub>2.5</sub>에서 0.99, PM<sub>10</sub>에서 1.05로 이차에어로솔 일부가 황사기간동안의 풍부한 토양성분들과 결합하여 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>나 CaSO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>의 형태로도 존재할 수 있음을 보여준다. 이와 같이 충분히 중화된 이차 에어로솔의 형태는 고산지역이 산업배출원이 거의 없는 청정지역임을 감안할 때 외부 배출원으로부터 오염물질이 장거리 이동되었을 가능성을 보여준다.

Table 1. Summary of the results on inorganic species in gaseous and aerosol phases during ABC-EAREX 2005. (Unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Phase	Species	Average	Standard deviation	Maximum	Minimum	Number of samples
Gas	$\text{NH}_3$	0.29	0.2	0.91	0.07	21
	HCl	1.07	0.72	2.76	0.11	23
	$\text{HNO}_2$	0.08	0.05	0.22	0.01	23
	$\text{HNO}_3$	0.39	0.34	1.33	0.07	23
$\text{PM}_{2.5}$	Mass	21.3	9.07	42.1	6.40	23
	$\text{Cl}^-$	0.56	0.52	2.40	0.09	23
	$\text{SO}_4^{2-}$	3.39	1.62	7.00	1.54	23
	$\text{NO}_3^-$	1.06	0.81	3.15	0.22	23
	$\text{Na}^+$	0.46	0.29	1.46	0.16	23
	$\text{NH}_4^+$	1.04	0.61	2.33	0.32	23
	$\text{K}^+$	0.20	0.11	0.53	0.05	23
	$\text{Mg}^{2+}$	0.10	0.05	0.19	0.02	23
	$\text{Ca}^{2+}$	0.19	0.05	0.30	0.12	23
	$\text{PM}_{10}$	Mass	39.3	18.2	79.3	12.5
$\text{Cl}^-$		1.06	0.67	2.80	0.16	23
$\text{SO}_4^{2-}$		5.92	3.24	11.9	1.94	23
$\text{NO}_3^-$		1.91	1.60	6.44	0.33	23
$\text{Na}^+$		0.92	0.49	2.29	0.29	23
$\text{NH}_4^+$		1.69	0.99	4.03	0.42	23
$\text{K}^+$		0.31	0.19	0.82	0.05	23
$\text{Mg}^{2+}$		0.21	0.1	0.47	0.09	23
$\text{Ca}^{2+}$		0.38	0.31	1.17	0.06	23

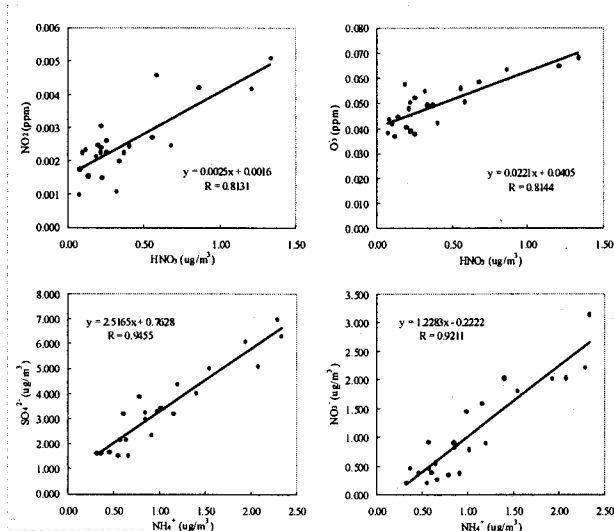


Fig. 1. Correlation between  $\text{HNO}_3$  and  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  in gas phase, and between  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  in aerosol phase during ABC-EAREX 2005.

#### 참고 문헌

Kang, C. M., Lee, H. S., Kang, B. W., Lee, S. K., Sunwoo, Y.: Chemical characteristics of acidic gas pollutants and  $\text{PM}_{2.5}$  species during hazy episodes in Seoul, South Korea. Atmospheric Environment, 38, 4749-4760, 2004.