

## 2D3) 한반도 지역 대기 중 에어로졸의 흡습 특성

### Hygroscopic Properties of Atmospheric Aerosols in Korea

김지영 · 윤순창<sup>1)</sup> · 김상우<sup>1)</sup> · Anne Jefferson<sup>2)</sup>

기상청 기상연구소, <sup>1)</sup>서울대학교 지구환경과학부, <sup>2)</sup>NOAA/ESRL

#### 1. 서 론

대기 중 에어로졸은 태양복사를 산란 또는 흡수하는 직접효과나 구름 응결핵으로서 작용하는 등의 간접효과를 통하여 지구-대기 시스템의 복사과정에 불균형을 초래함으로써 기후변화의 과정에 영향을 줄 뿐만 아니라 (Seinfeld et al., 2004) 시정을 악화 시키거나 대기의 화학적 반응과정에도 중요한 역할을 하는 등 대기환경 측면에서도 중요한 것으로 알려져 있다.

특히, 대기 중 에어로졸의 흡습 특성은 에어로졸의 종류 또는 화학 조성에 크게 의존하며, 지구적 규모로 볼 때 각 지역에 따라 매우 다른 특성을 지니고 있다(Kim et al., 2006; Yoon et al., 2006). 흡습성 에어로졸(대표적 예로,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 와 NaCl 등이 있음) 상대습도에 따라 크기가 변화하게 되면 크기분포와 굴절율이 바뀌게 되어 산란 및 흡수 효율이 달라지는 등 광학적 성질이 변화하게 되고 이는 또한 단산란 알베도, 에어로졸 광학 깊이, 후방산란 비 등에도 영향을 주어 에어로졸로 인한 기후 복사강제력 산출에도 상당한 영향을 주게 된다. 이 연구는 한반도 지역에서 관측한 에어로졸의 흡습 특성을 밝히고 흡습성의 시간적 변화를 설명할 수 있는 대기오염, 황사, 산불에 의한 스모크 에어로졸의 장거리 수송에 따른 영향에 대하여 발표할 것이다.

#### 2. 자료 및 연구 방법

본 연구는 2001년 4월부터 2002년 2월까지 ACE-Asia 기간 동안 제주도 고산 관측소에서 네펠로미터(모델명 TSI 3563)로 관측한 자료를 사용하였다. 상대습도를 40%에서 90%까지 단계적으로 증가시킴으로써 상대습도의 증가에 따른 에어로졸의 산란계수 변화를 측정할 수 있고 이를 통하여 에어로졸의 흡습성을 표현할 수 있는 변수인  $f(\text{RH})$ 를 얻을 수 있다.  $f(\text{RH})$ 는 어떤 주어진 파장에서 측정된 상대습도 40%와 85에서의 산란 계수의 비로 정의된다. 이와함께 ACE-Asia 기간 동안에 측정된 에어로졸의 화학 조성 자료와 유적선 분석을 통하여 에어로졸의 발생원과 수송 경로에 대한 분석을 병행 하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 2001년 4월에 관측한  $f(\text{RH})$ 의 시간적 변화 및 그와 연관된 에어로졸의 농도와 화학조성 변화를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 한반도 지역의 에어로졸은 봄철에 시간에 따른 흡습성 변화가 매우 심하며 또한 상당한 흡습성을 지닌 것으로 보인다. 이러한 높은 흡습성의 원인으로 황산염과 같은 인위적 오염물질에 의한 기여를 들 수 있다. 비록 해염입자 또한 높은 흡습성을 지니고 있지만 에어로졸 성분 중 해염에 의한 질량의 비율이 크지 않기 때문에 해염입자가 흡습성장에 기여한 정도는 그리 크지 않은 것으로 보인다. 그러나, 전 지구적으로 해양이 차지하는 표면적이 넓고 해염입자의 발생량도 많기 때문에 해염입자의 흡습성장에 따른 전지구적 효과는 중요하게 고려되어야 할 것이다.

그림 1에 나타난 에어로졸의 시간적 변화 원인을 파악하기 위하여 유적선 분석과 아울러 에어로졸 화학조성의 시간적 변화를 분석하였다. 그 결과 에어로졸이 중국의 동부해안 지역을 경유해 올 때는 미세입자 중 황산염의 비율이 높게 나타났고 흡습성이 가장 큰 분포( $D_p < 10\mu\text{m}$  @ 550nm, 기간 평균  $f(\text{RH})$  값: 2.7)를 보였다. 또한 황사 시에도 황사와 함께 동반된 오염물질의 영향으로  $f(\text{RH})$ 의 황사기간 평균 값이 2.0 정도로 관측되었다(Yoon et al., 2006). 또한, 에어로졸이 한반도를 포함한 북부 지역으로부터 유입되었을 때는 단계적으로  $f(\text{RH})$  값이 작아지는 경향을 보였다. 이때 OC (organic carbon)의 질량 농

도가 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이와같은 북풍기류의 유입에 따른 OC 농도의 증가는 위성 관측 자료를 이용하여 분석한 결과 바이칼호 동쪽의 러시아-중국 국경지대와 북한 등에서 발생한 대규모 산불(biomass burning)에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

따라서, 한반도 지역의 봄철 에어로졸의 흡습성은 주로 인위적 오염물질, 황사, 산불에 의한 스모크 에어로졸 영향을 크게 받는 것으로 나타났으며, 향후 에어로졸의 흡습성장에 대한 이해의 증진을 위해 HTDMA 등을 이용한 흡습성장의 직접적 측정 및 단일입자의 화학조성과 흡습성에 대한 연구가 병행될 필요가 있다.

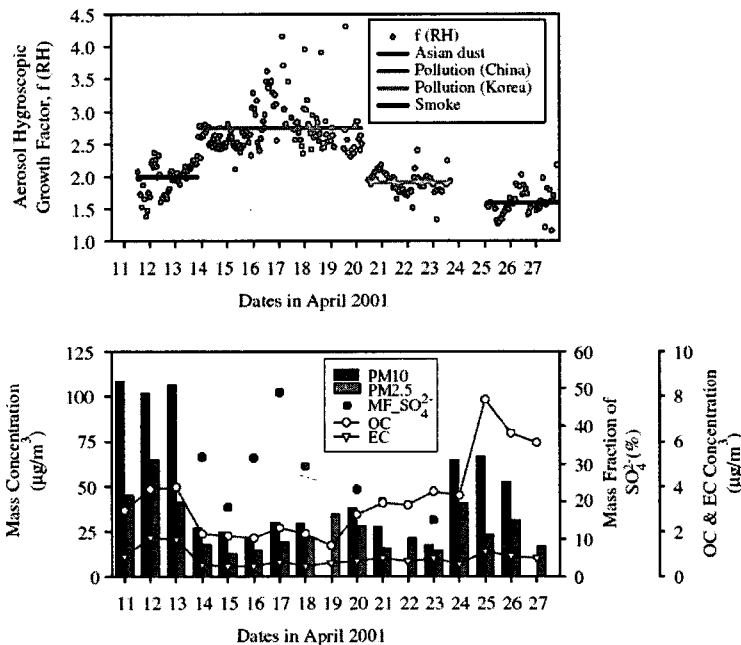


Fig. 1. Temporal variation of the aerosol hygroscopic growth factor,  $f(RH)$  at 550 nm. The blue, red, green, and black lines indicate the mean values during the designated dust, pollution, and smoke periods, respectively (upper panel). Day-to-day variation of the mass concentrations of PM10, PM2.5, and OC and EC contained in PM2.5 at Gosan, Korea during 11–27 April 2001 (lower panel). Mass fraction of sulfate ions in PM2.5 is also shown as a blue circle.

### 참 고 문 헌

- Kim, J., S. C. Yoon, A. Jefferson, and S.W. Kim (2006) Aerosol hygroscopic properties during Asian dust, pollution, and biomass burning episodes at Gosan, Korea in April 2001, *Atmospheric Environment*, 40(8), 1550–1560.
- Seinfeld et al. (2004) ACE-ASIA: Regional Climatic and Atmospheric Chemical Effects of Asian Dust and Pollution, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(3), 367–380.
- Yoon, S. C., S.-W. Kim, J. Kim, B.-J. Sohn, A. Jefferson, S.-J. Choi, D.-H. Cha, D.-K. Lee, T.L. Anderson, S.J. Doherty, and R.J. Weber (2006) Enhanced water vapor in Asian dust layer: Entrainment processes and implication for aerosol optical properties, *Atmospheric Environment*, 40(13), 2409–2421.