

## 4A6) 안면도와 서울의 에어러솔 흡습성 시험 측정

### Preliminary Aerosol Hygroscopicity Measurements at Anmyeon and Seoul

김종환 · 이승철 · 염성수 · 안강호<sup>1)</sup> · 조천호<sup>2)</sup>

연세대학교 대기과학과 구름물리 연구실,

<sup>1)</sup>한양대학교 기계공학과 나노입자제어연구실, <sup>2)</sup>기상연구소 지구대기감시관측소

#### 1. 서 론

대기 에어러솔 중 수용성이 강한 입자들은 구름응결핵(Cloud Condensation Nuclei)으로 작용하여 구름 생성과정에 결정적인 역할을 한다. 구름응결핵 분포에 따라 그로부터 생성될 구름의 복사적 성질과 지속시간이 결정되고 이는 다시 지구 복사수지에 영향을 끼치는데 이를 기후에 대한 에어러솔 간접 효과(aerosol indirect effect)라 한다(Twomey, 1977). 에어러솔에 의한 간접 효과는 잠재적으로 온실기체에 의한 복사강제력을 상쇄시킬 수 있다는 보고가 있으나 아직 신뢰할만한 정량적인 평가가 이루어지지 못한 상태이다(IPCC, 2001). 이처럼 큰 불확실성이 존재하는 이유는 구름응결핵의 종류와 분포에 대한 연구가 미흡하기 때문이다. 이러한 불확실성을 줄이기 위해 에어러솔 흡습성을 측정하여 이로부터 구름응결핵 종류와 분포를 추정하는 연구가 활발히 진행되고 있다(Brechtl and Kreidenweis, 1999; Gasparini et al., 2006). 본 연구에서는 이러한 구름응결핵 연구의 기초단계로서 에어러솔 흡습성 측정 시스템을 구성하였고 이를 바탕으로 안면도와 서울에서 에어러솔 흡습성을 측정하였다.

#### 2. 측정 요소 및 방법

에어러솔 흡습성을 나타내는 양적 지표로서 건조 에어러솔 직경( $D_{p,dry}$ )에 대한 습윤 에어러솔 직경( $D_{p,wet}$ )의 비, 즉 흡습 성장인자(Growth factor,  $D_{p,wet}/D_{p,dry}$ )를 산출하였다. 상대습도 25% 이하와 91%에서 각각 측정된 에어러솔 직경을  $D_{p,dry}$ 와  $D_{p,wet}$ 로 사용하였다.

흡습성 측정을 위한 Hygroscopicity-Tandem Differential Mobility Analyzer(H-TDMA) 시스템은 이승철 등(2006)에 자세히 설명되었다. 표본 에어러솔은 우선적으로 확산건조계(diffusion drier)를 지나면서 습도가 25% 이하로 낮아지게 되고 DMA를 지나면서 거의 일정한 직경을 갖는 단분산(monodisperse) 에어러솔 만을 추출된다. 이 때 단분산 에어러솔의 최빈직경을  $D_{p,dry}$ 로 정의한다. 본 연구에서는  $D_{p,dry}=98.2$  nm가 유지되도록 DMA에 부과되는 전압을 조절하였다. 단분산 에어러솔은 습도제어장치를 통과하면서 습도가 91%까지 상승하게 되고, 이 과정에서 에어러솔들은 개별 입자의 흡습성에 따라 직경이 성장하여 크기분포가 달라지게 된다. 달라진 에어러솔 크기분포는 두 번째 DMA에서 측정되고 이로부터  $D_{p,wet}$ 를 구한다.

본 연구에서는 2월 10일부터 14일까지 해발 45 m 안면도 지구대기감시관측소에서, 2월 17일과 18일에는 서울 연세대학교 이과대학 건물 6층에서 각각 에어러솔의 흡습성을 3분 간격으로 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 2월 11일 00시 01분(표본1)과 18시 47분(표본2)에 안면도에서 측정된 흡습 성장 후의 에어러솔의 크기분포들이다. 표본1은 성장후에도 단분산 분포를 이루었으나, 표본2는 일부가 거의 성장하지 않은 채 남아있어 이분산(bimodal) 분포를 갖는 것을 볼 수 있다. 이는 표본1이 비교적 균질적인 입자들의 혼합체이고 표본2는 흡습성이 다른 입자들이 외적으로 혼합된(externally mixed) 것이라는 추측을 가능케 한다.

안면도와 서울에서 각각 총 1543개와 630개의 흡습성 측정 표본을 얻을 수 있었으며, 그림 2는 안면도에서 측정된 흡습 성장인자를 나타낸 것이다. 평균 성장인자는 안면도와 서울에서 각각  $1.95 \pm 0.51$ 와

1.92±0.41로서 거의 같았다. 이는 성장인자의 값 자체와 해양과 도시의 차이라는 측면에서 Cocker et al. (2001)이 관측한 해양과 도시 에어러솔의 성장인자 1.63~1.78과 1.3~1.8와 큰 대조를 이룬다. 그러나 성장인자가 1.30 이하인 표본의 비율이 안면도에서는 1.0% 미만(1/1543)이었던 것에 반해, 서울에서는 10.0%(63/630)로 나타나 낮은 흡습성 에어러솔의 비율이 서울에서 더 높았다.

안면도와 서울에서 성장인자가 2.50 이상인 경우가 각각 7.0%(109/1543)와 2.5%(16/630) 나타났는데, 흡습성이 매우 큰 염화나트륨의 성장인자가 상대습도 91% 하에서 2.5 정도인 것을 감안하면 이는 신뢰하기 어려운 결과이다(Wex et al., 2005). 향후 안정적인 흡습성 측정을 위해서는 이 점을 반드시 해명해야 할 필요가 있다.

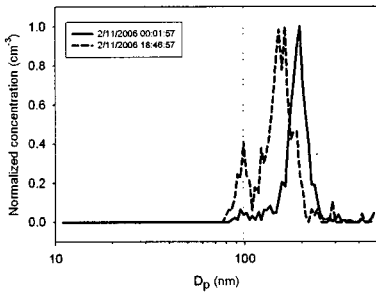


Fig. 1. 흡습성장한 에어러솔 크기분포.

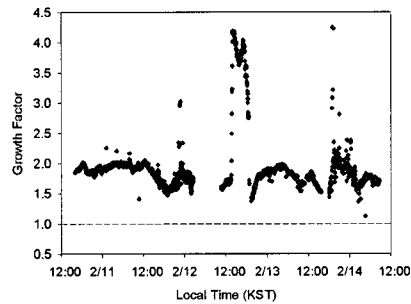


Fig. 2. 안면도 성장인자 측정 결과.

## 사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)”으로 지원받은 과제입니다.

## 참 고 문 헌

- 이승철, 김종환, 염성수, 안강호 (2001) 대기 에어러솔 흡습성 관측을 위한 H-TDMA 장비 구성과 시험 측정. 한국대기환경학회 2006년 춘계학술대회, 이번 호.
- Brechel, F. J. and S. M. Kreidenweis (1999) Predicting Particle Critical Supersaturation from Hygroscopic Growth Measurements in the Humidified TDMA. Part I: Theory and Sensitivity Studies. *J. Atmos. Sci.*, 57, 1854-1871.
- Cocker, III, D. R., N. E. Whitlock, R. C. Flagan, and J. H. Seinfeld (2001) Hygroscopic Properties of Pasadena, California Aerosol. *Aerosol Sci. Technol.*, 35, 637-647.
- Gasparini, R., D. R. Collins, E. Andrews, P. J. Sheridan, J. A. Ogren, and J. G. Hudson (2006) Coupling aerosol size distributions and size-resolved hygroscopicity to predict humidity-dependent optical properties and cloud condensation nuclei spectra, *J. Geophys. Res.*, 111, D05S13.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) Climate Change 2001: The scientific Basis. *Cambridge University Press*, 786 pp.
- Twomey, S. (1977) The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds. *J. Atmos. Sci.*, 34, 1149-1152.
- Wex, H., A. Kiselev, F. Stratmann, and J. Zoboki (2005) Measured and modeled equilibrium sizes of NaCl and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> particles at relative humidities up to 99.1%. *J. Geophys. Res.*, 110, D21212.