

## 4A4) 대기 중 초미세입자의 크기별 흡습성 연구

### Studies on Size-resolved Hygroscopic Properties of Fine Aerosol Particles in the Atlanta Ambient Atmosphere

박 기 홍 · Peter H. McMurry<sup>1)</sup>

광주과학기술원 환경공학과 <sup>1)</sup>미네소타주립대학 기계공학과

#### 1. 서 론

대기 중 초미세입자 (입경 1.0  $\mu\text{m}$  이하)는 지구에 도달하는 태양 빛을 흡수 또는 산란시킴으로써 지구 에너지 균형에 중요한 역할을 하고 있으며, 대기 중 구름형성에 필요한 응축핵 (cloud condensation nuclei)으로써 지구기후변화에도 큰 영향을 주고 있고, 시정 (visibility)을 악화시키며 대기에서 일어나는 다양한 화학적 반응 (heterogeneous reaction)에 주요한 변수로 작용하고 있다. 또한 인체에 흡입되었을 경우 심혈기관과 호흡기계 질병을 유발하여 크기가 작아질 수록 비표면적 (surface area-to-volume ratio) 증가로 인해 유해성이 증가된다고 보고 된 적이 있다. 이런 입자의 생성은 직접 오염원으로부터 배출되기도 하지만 일반 대기 중에서 여러 가지 기상 물질로부터 직접 생성 (nucleation) 되기도 한다. 이렇게 생성된 초기입자는 짧은 시간 내에 여러 가지 물리적/화학적 변화 과정을 경험하고, 오염원, 형성 과정, 이동에 따라 입자의 크기특성이 달라지므로 실시간 크기별 입자특성 측정기술의 부족한 입자 생성조건이나 성장과정 등의 메커니즘 을 이해하는데 많은 어려움이 있다고 하겠다. 따라서 실시간으로 입자의 크기별 물리적/화학적 특성 측정, 입자의 입경 (particle diameter) 및 수농도 측정, 입자상대 수 증기양 (water vapor) 및 화학조성에 따른 입자의 방사특성 (광흡수 · 산란계수) 측정, 여러 다른 기체의 농도나 기상학적 변수들의 종합적인 측정과 분석은 입자의 생성조건이나 성장과정, 광학적 특성 등을 이해하고 에어로졸의 기후영향을 평가하는데 필요한 기초적인 지식이라 할 수 있겠다. 특히 입자의 크기 별 흡습성 (hygroscopicity) 측정은 입자의 응축핵으로써의 역할, 흡습성을 가진 입자의 반응성, 수명, 입자의 광학적 특성 등을 평가하는데 중요한 역할을 한다고 하겠다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 실시간 크기별 입자의 흡습성 측정기술을 개발하여 미국 애틀랜타 도시 대기 중에 존재하는 초미세 입자의 흡습성을 측정하였다. 여기서 적용할 TDMA (Tandem Differential Mobility Analyzer) 측정기법은 두개의 DMA (Differential Mobility Analyzer), 가습장치 (humidifier), CPC (Condensation Particle Counter) 등으로 구성되어 있고 첫 번째 DMA는 특정크기의 입자를 전기장내의 동력학을 이용하여 선택한 뒤 가습장치로 단일크기의 입자를 보내고 흡습성에 따른 입자크기의 변화 (즉 상대습도에 따른 입자크기의 증가)를 두 번째 DMA 와 CPC 로 측정하여 입자의 흡습성을 측정해 내는 기술이라고 하겠다. 즉 각각 다른 크기의 입자에 대해 상대습도에 따른 크기의 변화를 측정하여 입자크기별 흡습성을 규명하는 기술이라고 할 수 있다. 또한 TDMA 측정기술은 입자의 흡습성뿐만 아니라 단일크기 입자의 혼합 상태 (mixing state) 도 파악해 낼 수 있다고 하겠다. 즉, 흡습성이 뛰어난 입자군과 비흡습성을 가진 입자군을 구별해내며 상대적 크기의 변화를 실시간으로 측정할 수 있다고 하겠다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 애틀랜타 대기 중 100 nm 입자의 흡습성을 측정된 결과이다. 상대습도 14%에서는 입자의 크기가 거의 변화하지 않았으며 상대습도를 증가시킴에 따라 입자의 크기가 증가됨을 확인할 수 있다. 상대습도 81% 정도에서는 입자크기가 초기입자크기와 비교하여 약 50% 정도 증가한 입자를 발견하였고, 더불

어 입자의 크기가 거의 증가하지 않는 입자군도 확인하였다. 이는 초기 입자가 흡습성이 뛰어난 입자군과 비흡습성을 가진 입자군으로 혼합되어 있었다는 것을 제시해준다고 하겠다 (즉, more hygroscopic particles vs. less hygroscopic particles). 또한 흡습성이 뛰어난 입자군의 총 수농도 (number concentration)가 비흡습성 입자군보다 훨씬 크다는 것을 그림에서 확인할 수 있다.

다양한 초기입자 크기 (50, 100, 200, 250, 300 nm)에 대한 흡습성을 측정한 결과 초기입자의 크기가 커질수록 입자의 흡습성 또는 growth factor ( $=D_p(RH=81\%)/D_p(RH=10\%)$ )가 증가함을 발견하였고 이는 상대적으로 큰 입자들이 흡습성이 뛰어난 화학적 성분 (예,  $H_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  등)을 더 많이 포함하고 있다는 것을 제시하여 준다고 하겠다. 비흡습성 입자군은 연소에 의해 발생한 EC (Elemental Carbon) 또는 Hydrocarbon 계열이 주성분으로 예측하였고, 작은 크기의 입자군에 집중되어있음을 발견하였다.

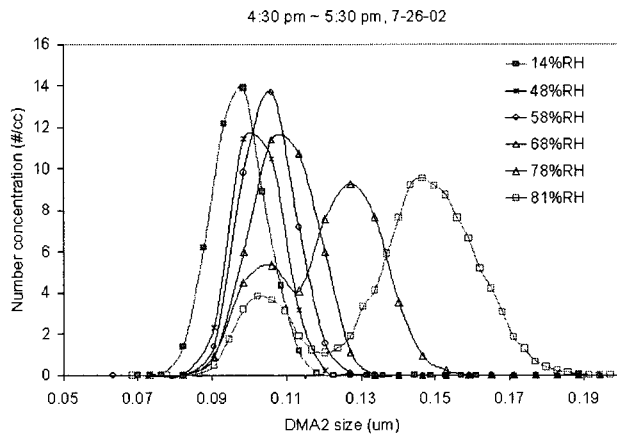


Fig. 1. Particle size distributions as a function of relative humidity for 100 nm Atlanta aerosol particles measured with the TDMA technique.

### 참 고 문 헌

- Park, K. (2003) In-situ Measurements of Physical Properties of 50-500 nm Particles: Mass-Mobility Relationship, Ph.D. thesis, University of Minnesota.
- Rader, D. J., and P.H. McMurry (1993) Application of the tandem differential mobility analyzer to studies of droplet growth or evaporation, J. Aerosol. Sci., Vol 17, 771-778.