

4A4) 실시간 흡습성과 휘발성 측정을 통한 대기 중 나노입자의 생성 및 성장 연구

A Study on Nanoparticle Formation and Growth in the Ambient Atmosphere by Measuring Hygroscopicity and Volatility in Real Time

박기홍 · 김재석 · 박승호

광주과학기술원 환경공학과 에어로졸나노입자공학 연구실

1. 서 론

대기 중의 초미세입자와 극초미세입자 또는 나노입자 등은 지구에 도달하는 태양빛을 흡수/산란시킴으로써 태양빛 복사평형에 중요한 역할을 하고 있으며, 구름형성에 중요한 응축핵으로써 작용함으로써 지구기후변화에 간접적 영향을 주고 있으며, 시정을 악화시키며 대기에서 일어나는 여러 가지 화학적 반응에 주요한 변수로 작용하고 있다. 또한 이러한 입자가 인체에 흡입되었을 때 건강에 유해하다는 여러 가지 증거가 제시되어지고 있으며, 입자의 크기가 작고 수농도가 많을수록 비표면적 증가로 인해 유해성이 훨씬 더 크다는 결과가 여러 차례 보고되었다. 이런 입자의 생성은 직접 오염원으로부터 배출되기도 하지만 일반 대기 중에서 여러 가지 기상 물질로부터 직접 생성되기도 한다. 이렇게 생성된 초기나노입자의 크기는 매우 작고(즉, 수 나노미터) 짧은 시간 내에 여러 가지 물리적/화학적 변화 과정을 경험하기 때문에 실시간 나노입자 측정기술의 부족은 나노입자 생성조건이나 성장과정 등의 메커니즘을 이해하는데 많은 어려움이 있다고 하겠다. 본 연구에서는 실시간으로 나노입자의 흡습성 및 휘발성을 실시간으로 측정하는 기술을 개발하여 대기 중 나노입자 생성조건이나 성장과정을 이해하는데 가장 기초적인 자료를 제공해 주었다.

2. 연구 방법

본 연구에서 적용한 nano-TDMA(Tandem Differential Mobility Analyzer)는 실시간으로 나노입자의 흡습성과 휘발성을 측정할 수 있는 기술이다. NanoTDMA 측정시스템은 그림 1과 같이 두 개의 nanoDMA(TSI 3085)와 상대습도조절기, heated tube, 온도조절기, 입자계수기(UCPC, TSI 3776) 등으로 구성되어 있다. 먼저 측정시스템의 평가를 위하여 다양한 나노입자를 제조하여 시스템을 평가하였다. 또한 대기 중 나노입자의 발생, 흡습성, 휘발성 측정은 광주지역과 여수지역에서 측정을 수행하였다. 나노입자의 크기와 수농도를 연속적으로 모니터링 하면서 나노입자가 생성 및 성장을 관찰하였을 때 나노입자의 흡습성과 휘발성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 실시간 나노입자 흡습성과 휘발성 측정을 이용하여 대기 중 나노입자의 급격한 수농도 증가 시 나노입자의 흡습성과 휘발성을 측정하였다. 나노입자 생성되고 성장과정동안의 흡습성과 휘발성을 측정하여 나노입자에 공헌하는 물질의 화학적 성분을 예측하였다. 나노입자의 흡습성은 입자의 growth factor(GF)로 정량화 하였고 휘발성은 shrinkage factor(SF)로 정량화 하였다. 즉 GF가 클수록 흡습성이 강한물질을 포함하고 있다는 것을 보여주며 SF값이 작을수록 휘발성이 많은 성분을 포함하고 있다는 것을 암시해준다고 할 수 있겠다. 다음 그림 2(a)는 2007년 10월 16일 오후에 나노입자의 생성 후 입자가 성장하고 있는 것을 보여주고 있으며 그림 2(b) 이때 본 측정시스템을 이용하여 GF를 측정된 결과를 보여주고 있다. 나노입자가 4.9nm/hour 성장하고 있을 때 GF는 1.08로 일정하게 유지되고 있음을 보여주고 있다. 일반적인 sulfate 겨우 GF는 이보다 훨씬 큰을 실험실 제조입자를 통해 확인하였고 본 결과는 GF가 낮은 유기물질이 입자의 성장에 기인한 것으로 생각된다. 또한 나노입자의 성장

중 일정한 GF를 유지한 것을 보여주며 이는 비슷한 흡습성 물질이 일정하게 연속적으로 입자의 성장에 기인한 것을 보여준다고 하겠다.

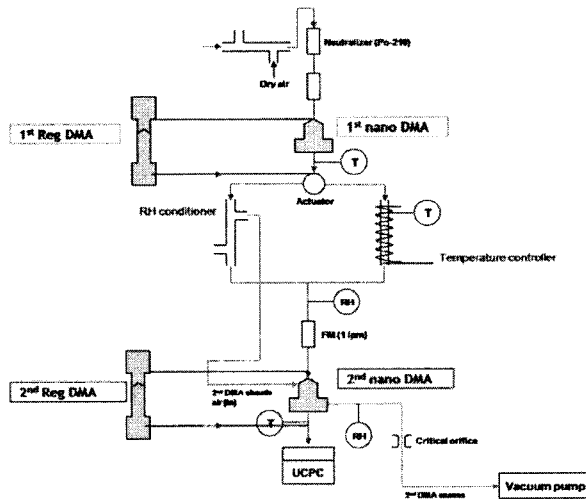


Fig. 1. A schematic of nano-TDMA system.

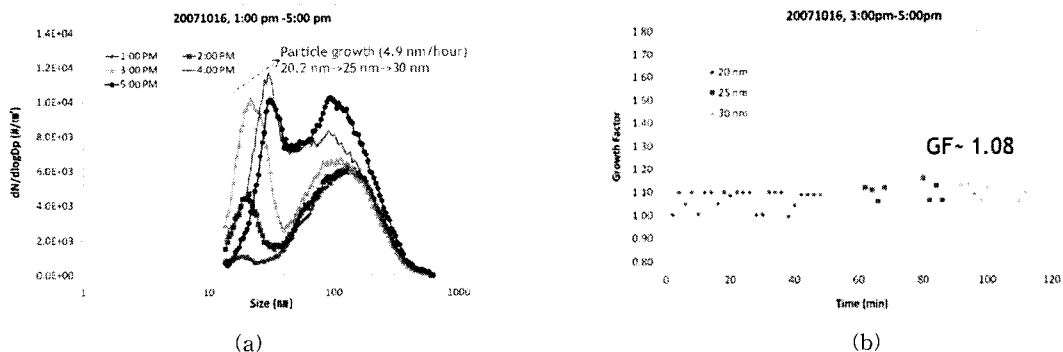


Fig. 2. (a) Temporal variation of particle size distribution(10-16-2007) (b) growth factor of 20, 25, and 30nm particles.

사 사

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업(2006년-2008년)”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Park, K.h., J.Y. Park, J.-H. Kwak, G.N. Cho, and J.-S. Kim (2008) Seasonal and diurnal variations of ultrafine particle concentration in urban Gwangju, Korea: Observation of ultrafine particle events, Atmospheric Environment, 42(4), 788-799.
- Radar, D.J. and P.H. McMurry (1986) Application of the tandem differential mobility analyzer to studies of droplet growth or evaporation, Journal of Aerosol Science, 17, 771-787.