

2A2) 온라인 미세입자 수용성 유기탄소 성분 측정시스템 구축 및 현장적용연구

Development for On-line Measurement of Water Soluble Organic Carbon in PM_{2.5} and Its Application

박 승 식 · 고 재 민

전남대학교 환경공학과

1. 서 론

대기 에어로졸 입자의 화학적 조성은 배출 오염원 강도, 기체상 전구물질의 대기농도, 및 30분 이하의 시간규모로 변하는 기상변수들 변화에 따라 변화가 심하기 때문에 짧은 시간동안에 일어나는 현상을 파악하기 위한 화학적 조성의 측정 시스템 구축이 필요하다. 수용성 유기탄소(water soluble organic carbon, WSOC) 입자는 유기탄소처럼 1차 오염원과 휘발성 유기탄소화합물의 대기 중 산화를 통하여 2차적으로 생성된다(Saxena and Hildemann, 1996). 지난 10년 동안, 대기 에어로졸 및 구름액적에 존재하는 유기화합물 조성을 특성화하는데 상당한 연구가 수행되어왔다. 그러나 에어로졸-구름의 상호작용에 매우 중요한 성분으로 알려진 WSOC 화합물의 화학적 분석의 어려움은 구름 내 화학과정에 미치는 WSOC 화합물의 역할을 이해하는데 기술적인 한계를 드러내었다(Jacobson et al., 2000). 본 연구에서는 WSOC 입자의 시계열 거동특성, 생성과정 등에 대한 이해도를 향상시키기 위하여 실시간에 가까운 대기 중 미세입자 (PM_{2.5}) WSOC 측정시스템을 구축하여 일반적인 시스템 성능평가 및 현장적용연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

대기 중 미세입자 수용성 유기탄소 성분의 온라인 측정을 위한 시스템은 미세입자 도입부, 증기발생기, 증기/공기 혼합부, 입자 성장부, 기-액 분리기, TOC 측정기로 이루어져 있다. WSOC입자의 측정 시간 분해도는 4분이다. 온라인 WSOC 측정시스템의 개략적인 설명은 다음과 같다. 16.7 l/min으로 채취되는 PM_{2.5} 입자는 증기-공기 혼합부에서 포화증기에 의해 공기를 과포화상태로 만든다. 에어로졸 입자를 함유하는 공기의 과포화 조건 유지를 위해 사용되는 포화증기는 자체 제작한 증기발생기열기에 16채널 peristaltic 펌프로 3차 증류수를 공급하여 생성하였다. 포화된 공기는 응축기에서 재순환 chiller에 의해 약 0.5°C로 유지되어 입자의 성장이 일어나도록 하였다. 포화된 입자의 응축을 통한 성장과정을 제공하는 응축기 설계는 공기입자의 완전한 응축을 유도하기 위하여 증기의 체류시간을 충분히 제공하도록 설계하였다. 응축기에서 성장된 슬러리 액적은 기-액 분리기에 의해 공기흐름으로부터 분리되며 생성된 슬러리 시료는 기포제거 및 액체 필터에 의해 여과 된 후 온라인 TOC 분석기에 주입되어 4분 간격으로 수용성 유기탄소 입자를 정량화하도록 되어있다. 그림 1은 한 현장에서 측정 중인 온라인 수용성 유기탄소 입자 측정시스템 사진이다. 그리고 본 연구에서 설계 제작한 측정시스템의 입자성장 성능특성을 평가하기 위하여 실험실 환경에서 출입문을 열어 놓은 상태에서 실험실로 유입되는 공기를 채취하여 실험을 수행하였다. 측정시스템에서 대기 에어로졸 입자의 증기 응결에 의한 입자의 성장효율을 평가하기 위하여 적절한 시스템을 구성하여 증기 주입 전·후(응축기 출구)의 수 농도 크기분포를 측정하였다. 그림 2는 4월 15일 16:00에 측정된 증기 주입 전과 후(응축기 출구)의 실험실 내 입자들의 크기분포를 나타내며, 거의 모든 입자들이 >0.6 μ m의 크기까지 성장되었음을 보여주고 있다. 이것은 설계 및 제작한 슬러리 입자채취시스템의 성능이 우수하며 수용성 유기탄소 성분을 온라인으로 분석하는데 큰 문제는 없음을 의미한다. 그림 2에 의하면 16:00분에 5분 동안 측정된 입자의 경우 증기 주입 전 0.08~0.52 μ m사이의 입자크기 범위의 전체 수 농도는 25,192#/cm³이며 증기 주입 후 응결과정을 통해 성장한 0.54~19.8 μ m 입자의 수 농도는 30,660#/cm³이었다. 증기 주입 전·후의 입자 수 농도는 약 21% 증가한 것으로 조사되었다.

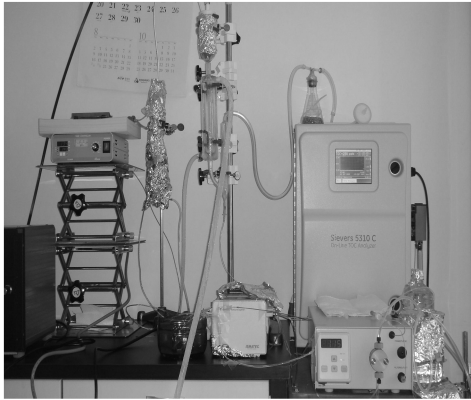


Fig. 1. 온라인 수용성 유기탄소 측정시스템 사진.

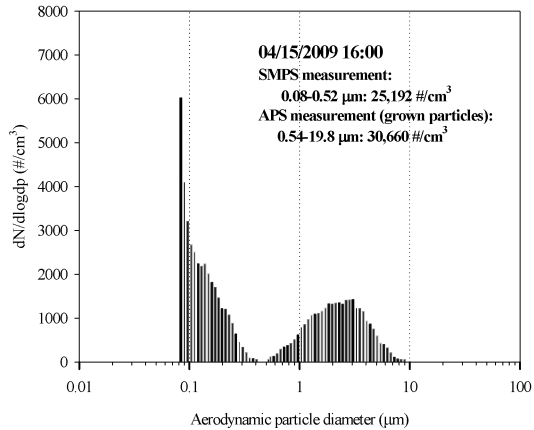


Fig. 2. 입자의 성장 전·후 수 농도분포비교.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 실내 환경에서 증기 혼합부 상류에서 필터 팩에 의하여 $PM_{2.5}$ 도입부를 통해 유입되는 입자를 제거 한 상태에서 증기발생장치에 공급되는 증류수의 수질을 변화시켰을 때 WSOC 농도의 변화를 보여준다. 그림 4는 전남 광양시 골약동 광화학 측정망에서 약 3일 동안 측정한 수용성 유기탄소 입자의 4분단위의 농도추이를 보여준다.

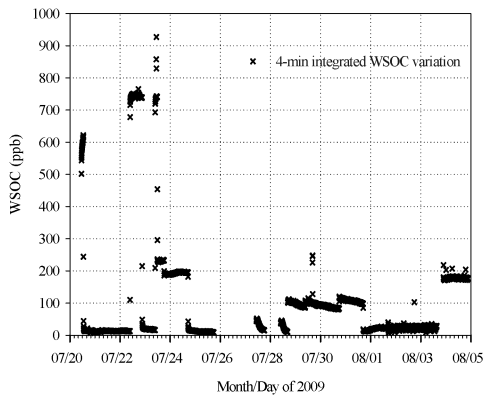


Fig. 3. 수질변화에 따른 WSOC 입자의 응답성.

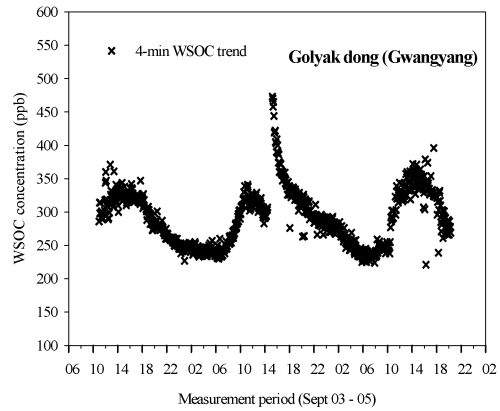


Fig. 4. WSOC 입자의 실시간 거동특성.

사 사

이 논문은 2008년 기초전력연구원 전력선행기술 사업(과제번호: R-2008-24) 및 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. R01-2008-000-20255-0).

참 고 문 헌

- Jacobson, M.C., H.-C. Hansson, K.J. Noone, and R.J. Charlson (2000) Review of Geophysics, 38, 267-294.
- Saxena, P. and L.M. Hildemann (1996) J. Atmos. Chem., 24, 57-109.