

PB5) 광주지역 대기 에어로졸 입자의 유기탄소 특성조사 Characteristics of Organic Carbon Species in Atmospheric Aerosol Particles at a Gwangju Area

박 승 식 · 김 영 준¹⁾

전남대학교 환경공학과, ¹⁾광주과학기술원 환경공학과

1. 서 론

유기탄소 에어로졸 입자의 흥미로운 다른 형태인 수용성 유기탄소(water soluble organic carbon, WSOC) 입자는 COOH, COH, C=O, COC, CONO₂, CNO₂ 및 CNH₂와 같은 산소함유 기능성 그룹 화합물 (Saxena and Hildemann, 1996)로 전체 유기탄소(OC)의 상당한 부분을 차지하고 있는 것으로 알려져 있다. WSOC는 유기탄소처럼 대기 중에 오염원을 통하여 직접 배출(1차 오염원)되기도 하지만 VOC의 산화를 통하여 생성된 반응성 유기물의 입자상 응결 또는 응축 과정을 통하여 2차적으로 생성되기도 한다. 대기 중 탄화수소 화합물의 화학반응을 통한 2차 유기탄소 에어로졸의 생성은 WSOC 화합물의 주요 오염원으로 알려져 있다(Saxena and Hildemann, 1996). 그러나 현재까지 완전하게 규명되지 않은 2차 유기탄소 에어로졸의 생성과정을 연구하기 위한 하나의 방법으로 WSOC의 화학적 특성 및 발생 오염원 규명에 대한 연구가 최근 관심을 받기 시작하였다. 대기 에어로졸에 함유되어 있는 WSOC에 대한 상대적인 양 및 발생 오염원에 대한 정보는 구름 응결핵 뿐 만 아니라 2차 유기에어로졸의 생성을 야기시키는 과정들에 대한 통찰력을 얻는데 매우 중요한 자료가 된다. 국내 도시지역에서 PM_{2.5} 탄소성분(유기 및 원소)의 화학적 특성에 대한 연구는 여러 번 수행된 사례(박진수와 김신도, 2005; Park et al., 2005)가 있었다. 그러나 아직 수용성 유기탄소 에어로졸의 특성에 대한 조사는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 여름 및 겨울철에 광주광역시와 한 도심지역에서 PM_{2.5} 입자 및 대기 에어로졸 입자의 크기분포를 측정하여 PM_{2.5} 입자의 OC 및 WSOC 농도의 여름 및 겨울철 변동특성을 조사하고 측정된 WSOC 물질이 대표적인 1차 오염물질인 원소탄소와 2차 오염물질인 오존과 어떤 상관성을 갖는지 조사하고자 한다. 또한 전체 대기 에어로졸 입자와 수용성 유기탄소 에어로졸 입자의 크기분포특성을 평가하고자 한다.

2. 연구 방법

유기탄소(OC) 및 수용성 유기탄소(WSOC)의 정량적인 분석을 위한 에어로졸 입자의 측정은 광주지역의 한 환경부 대기질 측정소에서 2006년 8월 및 2007년 1월-2월에 수행하였다. 대기 에어로졸 입자의 측정 장소는 자동차 운행에 의한 영향을 많이 받을 것으로 판단되는 위치를 선정하였으며, 시료채취는 24시간 동안 수행하였다. 에어로졸 입자는 두 세트의 미세입자(PM_{2.5}) 사이클론 샘플러와 10-stage MOUDI(Micro-Orifice Uniform Deposition Impactor)를 이용하여 채취 하였다. 미세입자 사이클론 샘플러는 16.7l/min의 유량으로 에어로졸을 채취하도록 설계되어 있으며, MOUDI는 30l/min의 샘플링 유속으로 입자를 크기별로 채취하도록 되어있다. PM_{2.5} 샘플러에 의해 채취한 분진은 PM_{2.5} 질량농도, OC, EC, 및 WSOC 농도를 정량화하는데 사용되었다. MOUDI에 의해 채취한 샘플은 대기 에어로졸 입자 및 WSOC 입자의 크기분포를 조사하는데 사용하였다. 미세입자에 함유되어 있는 OC 및 EC 성분은 thermal-optical transmittance(TOT) 방법에 의하여 미국의 Sunset Laboratory Inc.에서 분석하였다. 그리고 채취한 PM_{2.5} 및 MOUDI 샘플들의 WSOC의 분석은 3차 증류수에 의해 초음파로 추출한 후 TOC(total organic carbon, Shimadzu TOC-V) 분석기에 의해 이루어졌다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 여름 및 겨울 집중측정기간에 얻은 PM_{2.5}, OC, EC, OC/EC 비, WSOC, WSOC/OC 및 PM_{2.5} 내

탄소성분 화합물의 함량에 대한 평균치와 범위를 보여준다. 표 1에서 보여 주듯이, PM_{2.5} 평균 질량농도는 겨울(22.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 여름(16.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 확실히 높게 관측이 되었지만 EC 및 WSOC 농도는 계절특성이 나타나지 않았다($p>0.05$). 반면에 OC 농도 및 OC/EC 비는 여름 및 겨울에 확실한 차이를 보여주고 있으나, 예상과 달리 겨울에 여름보다 더 높은 OC/EC 비가 측정되었다. 본 연구의 결과는 여러 도시 지역에서 여름 및 겨울철에 관측한 기존의 연구결과보다 낮게 관측되었다. 2004년 겨울 (1월)에 서울 및 인천에서 측정된 24시간 기준 PM_{2.5} OC 및 EC농도는 각각 5.4와 3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 9.4와 8.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, 여름(8월)의 경우에는 8.7와 2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 5.7와 1.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 관측이 되었다(박진수와 김신도, 2005). 또한 중국 Guangzhou 도심지역에서 2004년 여름 및 2005년 겨울 (2월-3월)에 측정된 PM_{2.5} OC 및 EC 농도는 17.5와 5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (여름) 및 23.8와 4.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (겨울)로 조사되었다(Duan et al., 2007). 측정 위치 및 시기는 다르지만 동일한 광주지역에서 Park et al.(2002)에 의해 얻은 결과와 비교했을 때 본 연구에서 측정된 OC 및 EC 농도의 감소는 광주시의 대기질 개선대책의 일환으로 시행하고 있는 천연가스 버스 도입으로 인하여 과거 디젤버스로부터 배출되는 탄소성분 농도의 상당한 감소 때문으로 생각된다.

Table 1. Statistical summary of PM_{2.5}, EC, OC and WSOC concentrations in summer and winter.

Parameter	August 2006(summer)		Jan. 11~Feb. 12 2007(winter)	
	Average	Range	Average	Range
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.9	3.6~47.5	22.1	6.3~45.1
OC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.04	1.00~6.60	3.62	1.05~7.98
EC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.27	0.57~2.11	1.20	0.39~2.93
OC/EC(-)	2.35	1.45~4.18	3.16	1.73~6.04
WSOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.73	0.57~4.25	1.44	0.28~3.72
WSOC/OC(-)	0.56	0.42~0.77	0.40	0.25~0.55
(1.4OC+EC)/PM _{2.5}	0.35	0.15~0.52	0.29	0.17~0.51

그림 1은 겨울철 (2007년 1월-2월)에 대기오염 에피소드가 관측된 두 측정일(1월 17일 및 2월 5일)의 대기 에어로졸 및 WSOC 입자의 질량크기분포를 보여준다. 그림에서 보듯이, 대기 에어로졸 입자는 bimodal 크기분포를, WSOC 입자는 단일모드 크기분포를 나타내고 있지만, 피크모드가 나타나는 입자의 크기가 두 측정 일에 다른 것으로 조사되었다. 그림에 의하면, 1월 17일에 측정된 대기 에어로졸 및 WSOC 입자의 경우는 첫 번째 peak 모드가 응집 및 응축모드($\sim 0.3\mu\text{m}$)에서 관측이 되지 않고 입자직경이 훨씬 큰 1.0-1.8 μm 사이의 축적모드(accumulation mode)에서 나타났다.

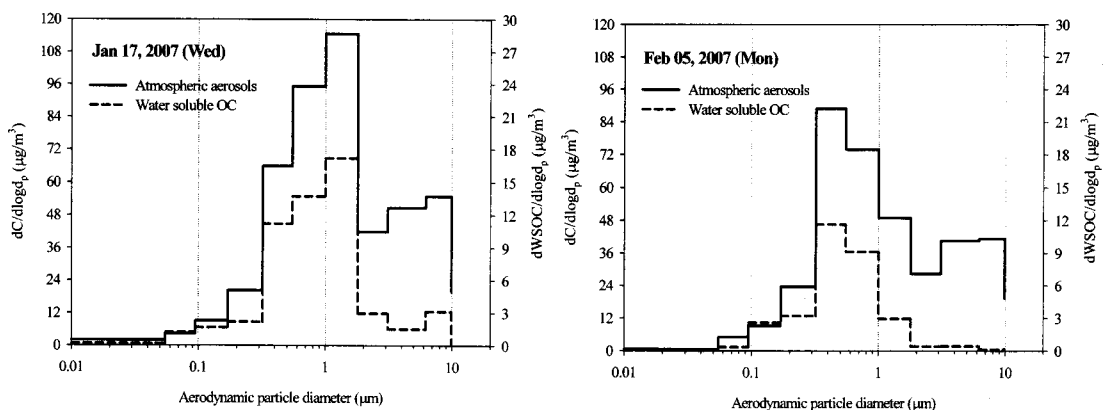


Fig. 1. Size distributions of atmospheric aerosol and WSOC particles measured during two different periods.

사 사

본 연구는 2006년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단 (KRF-2006-331-D00287) 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 박진수, 김신도 (2005) 서울과 인천지역 PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 중 2차 생성 탄소성분 추정, 한국대기환경학회지, 21(1), 131-140.
- Duan, J., J. Tan, D. Cheng, X. Bi, W. Deng, G. Sheng, J. Fu, and M.H. Wong (2007) Sources and characteristics of carbonaceous aerosol in two largest cities in Pearl River Delta Region, China, *Atmos. Environ.*, 41, 2895-2903.
- Park, S.S., Y.J. Kim, and K. Fung (2002) $PM_{2.5}$ carbon measurements in two urban areas: Seoul and Kwangju, Korea, *Atmos. Environ.*, 36, 1287-1292.
- Park, S.S., et al. (2005) Evaluation of TMO and TOT methods for OC and EC measurements, and their characteristics in $PM_{2.5}$ at an urban site of Korea during ACE-Asia, *Atmos. Environ.*, 39, 5101-5112.
- Saxena, P. and L.M. Hildemann (1996) Water-soluble organics in atmospheric particles: A critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidate compounds, *J. Atmos. Chem.*, 24, 57-109.