

PA35) 2차 유기탄소입자 생성과정 조사를 위한 수용성 유기탄소 측정

Measurement of Water Soluble Organic Carbon to Investigate Formation Processes of SOA in Fine Particles at a Gwangju Area

김대훈 · 조성용 · 김승재 · 박승식
전남대학교 환경공학과

1. 서 론

수용성 유기탄소(Water Soluble Organic Carbon, WSOC)는 유기탄소(Organic Carbon, OC)처럼 대기 중에 오염원을 통하여 직접 배출(1차 오염원)되기도 하지만 휘발성 유기탄소화합물의 산화를 통하여 생성된 반응성 유기물의 입자상 응결 또는 응핵 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. 보통 24시간 이상의 측정기간을 통해 얻은 결과에 의하면, 미세입자에 함유되어 있는 WSOC는 측정지역에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 밝혀졌다. 예를 들어, Zappoli et al.(1999)의 유럽의 배경 및 오염지역에서 측정한 PM₁₀ 입자 분석결과에 의하면, WSOC는 각각의 측정지역에서 유기탄소입자의 77 및 65%를 차지하고 있다. 또한 이태리의 Po Valley에서 측정한 미세입자의 계절변동자료에 의하면(Decesari et al., 2001), WSOC 입자는 유기탄소 중 겨울 38%, 가을 47%, 및 여름에 50%를 차지하는 것으로 조사되었다. 그러나 여름철 도시지역에서 낮과 밤에 거의 실시간으로 측정한 WSOC는 OC 에어로졸의 약 80 및 40%를 각각 차지하는 것으로 보고되어 계절 그리고 일별 시간변화에 따라 WSOC 함량이 상당히 변함을 알 수 있다(Sullivan et al., 2004).

결론적으로 대기 에어로졸에 함유되어 있는 WSOC에 대한 상대적인 양 및 발생 오염원에 대한 정보는 구름 응결핵뿐만 아니라 2차 유기에어로졸의 생성을 야기 시키는 과정들에 대한 통찰력을 얻는데 매우 중요한 자료가 된다. 본 연구에서는 광주광역시의 한 도심지역에서 PM_{2.5} 입자와 대기 에어로졸 입자의 크기분포를 측정하여 PM_{2.5} 입자의 OC 및 WSOC 농도의 여름과 겨울철 변동 특성을 조사한다. 그리고 측정기간 중 OC 및 WSOC 물질의 생성과정을 조사하기 위하여 대표적인 1차 오염물질인 원소탄소와 2차 오염물질인 오존과의 상관관계를 분석한다. 또한 전체 대기 에어로졸 입자와 수용성 유기탄소 에어로졸 입자의 크기분포 특성을 평가하고자 한다.

2. 연구 방법

유기탄소(OC) 및 수용성 유기탄소(WSOC)의 정량적인 분석을 위한 에어로졸 입자의 측정은 광주지역의 한 환경부 측정소 4층 옥상에서 2006년 8월 및 2007년 1-2월에 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 샘플러를 이용하여 채취하였다. 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 WSOC/TC비를 다른 지역의 측정결과와의 비교를 보여준다. 여름 및 겨울철 도시지역 WSOC/TC비는 변화가 상당히 심하여 평균 0.39 및 0.29를 나타내었다. 여름철에 높게 관측이 된 WSOC/TC비는 겨울보다는 여름에 2차 유기탄소 에어로졸 생성이 촉진될 것으로 생각된다. 또한 표 1의 타 지역과의 측정결과 비교는 광주지역 탄소성분 배출특성을 이해하는데 도움이 될 것이다. 그림 1은 여름 및 겨울철 WSOC/OC 비와 24시간 평균 오존농도사이의 상관관계를 보여준다. 그림으로부터 여름철에 관측된 큰 WSOC/OC 기울기는 2차 유기에어로졸 생성과정에 의하여 여름에 상당한 양의 WSOC 입자를 생성하였을 것으로 판단한다.

Table 1. Comparison of WSOC/TC ratios in ambient and source fine particles.

Aerosol Type	Size	Location	WSOC/TC	Reference
Urban aerosols (summer)	PM2.5	Gwangju, Korea	28 - 56(39)	This work
Urban aerosols (winter)	PM2.5	Gwangju, Korea	19 - 45(29)	This work
Urban aerosols	PM1.8	Shenzhen, China	30 - 34	Huang et al.(2006)
Urban aerosols (#1 sample)	PM1.5	N. Italy	55	Decesani et al. (2000)
Roadside	PM2.5	Paris, France	7 - 19	Ruellan & Cachier
Roadside	PM2.5	Hong Kong	5 - 11	Yu (2002)
Coastal site (summer) (#3)	PM2.1	Hong Kong	28	Yu (2001)
Coastal site (winter) (#11)	PM2.5	Hong Kong	27 - 61	Yu (2001)
Roadway tunnel	PM1.8	Guangzhou, China	8	Huang (2006)
Under influence of pasture and forest fire	PM2.5	Rondonia, Brazil	41 - 74	Mayol - Bracero et al. (2002)
Under influence of forest fire	PM2.1	Indonesia	5 - 32	Narukawa et al(1999)
Smoldering biomass combustion	-	-	>40	Novakov & Comgan

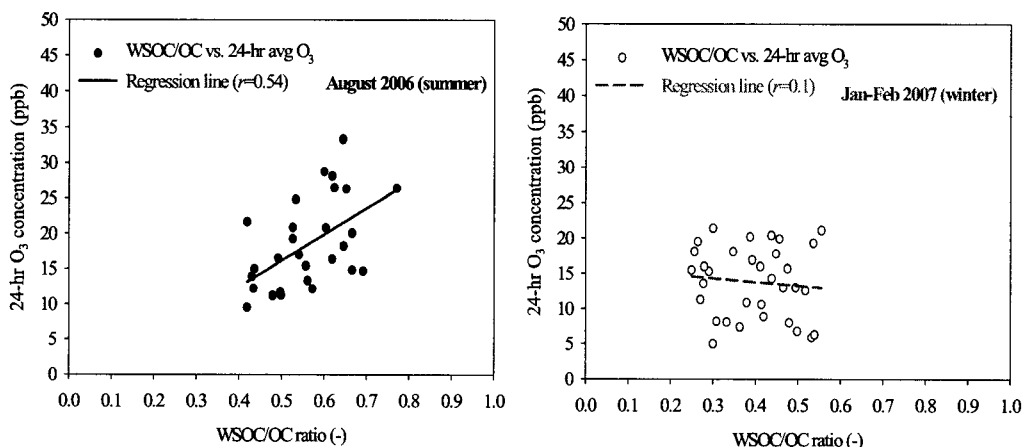


Fig. 1. Regression relationship between WSOC/OC ratio and 24-hr O₃ concentration in summer and winter.

사 사

본 연구는 2006년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단(KRF-2006-331-D00287) 지원을 받아 수행되었습니다. 또한 BK21 지원에 의해서도 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Decesari, S. et al. (2001) Chemical features and seasonal variation of fine aerosol water-soluble organic compounds in the Po Valley, Italy, *Atmospheric Environment*, 35, 3691-3699.
- 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.
- Sullivan, A.P. et al. (2004) A method for on-line measurement of water-soluble organic carbon in ambient aerosol particles: Results from an urban site, *Geophysical Research Letter*, 31, L13105.
- Zappoli, S. et al. (1999) Inorganic, organic and macromolecular components of fine aerosol in different areas of Europe in relation to their water solubility, *Atmospheric Environment*, 33, 2733-2743.