

**PB19)**

**산업단지 인근 도시대기 중 EC/OC 농도 특성**

**A Characteristics of Elemental and Organic Carbon  
Near the Industrial Complex**

강병욱·전준민<sup>1)</sup>·이학성<sup>2)</sup>·나광삼<sup>3)</sup>·정만호<sup>1)</sup>·조민식·박진희·손대웅<sup>1)</sup>  
이상화<sup>2)</sup>·김명헌<sup>2)</sup>

충주대학교 환경공학부, <sup>1)</sup>순천제일대학 그린전남환경종합센터,

<sup>2)</sup>서원대학교 환경건설정보학과, <sup>3)</sup>University of California, Riverside

**1. 서 론**

미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 주요 성분으로 알려진 탄소성분을 원소탄소(elemental carbon, EC)와 유기탄소(organic carbon, OC)로 구분될 수 있다. EC는 주로 연소에 의하여 생성되는 1차 오염물질이고, OC는 1차 오염물질로서 연소에 의하여 입자상태로 직접 배출되거나, 광화학 반응에 의하여 2차 오염물질로서도 생성될 수 있다(Turpin et al., 1991). 탄소는 도시지역에서 미세입자에서 황산염, 질산염 등과 같은 수용성이온성분 다음으로 높은 비율을 차지하는 것으로 알려져 있으며, 대기 중에서 시정장애에 영향을 미치며 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 이차오염물질로서 대기 중에서 생성되는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있기 때문에 대기 중 거동특성에 관한 연구가 매우 중요하다.

국내 도시지역에서 PM<sub>2.5</sub> 탄소성분(원소 및 유기)의 화학적 특성에 관한 연구는 일부 도시지역에서 수행된 사례(박진수와 김진도, 2005; Park et al., 2005; 이학성과 강병욱, 2000; Kim et al., 1999)가 있으나, 1차 오염물질의 기여가 높을 것으로 보여지는 산업단지 인근지역에서 측정된 사례는 거의 없다. 또한 본 연구에서는 탄소성분의 시료채취 시 석영여과지에서 발생하는 오차(positive artifact)로 인하여 과대계산되는 OC의 농도를 보정하기 위한 방법으로 후단필터(backup filter)를 사용하여 오차를 보정하였다.

**2. 연구 방법**

시료의 채취는 겨울철과 봄철에 걸쳐서 이루어졌으며, 겨울철 측정은 2008년 1월부터 2008년 2월까지 겨울철 대표적인 기간으로 선택하여 측정하였으며, 봄철은 2008년 4월부터 5월 사이에 이루어졌으며 측정은 각 계절별로 15회씩 측정하였다. 시료채취지점은 광양국가산단과 여수국가산단 인근에 위치한 도시로 풍향을 고려하여 영향을 많이 받을 것으로 예상되는 광양시를 선택하였으며, 광양시 중마동에 위치한 광양시청 인근 건물 옥상(지상에서 12m)에서 시료를 채취하였다.

대기 중 PM<sub>2.5</sub>의 탄소분석을 위한 시료의 채취에 사용할 석영여과지는 650°C에서 3시간 동안 미리 가열한 여과지를 이용하였으며, 환경대기 중 시료의 채취는 싸이클론(URG, 16.7lpm)과 테프론 필터팩으로 구성된 시료채취 라인으로 구성하였으며, 필터팩에는 전단에 석영여과지(front filter)를 장착하고 후단에 다른 석영여과지(backup filter)를 장착하였다. 시료채취유량은 16.7lpm으로 24hr 동안 시료를 채취하였다. 시료채취 시 발생하는 유량 오차를 최소화하기 위하여 건식 누적 유량계를 이용하여 유량을 측정하였다.

시료가 포집된 석영여과지는 TOT 분석방법(Sunset Laboratory, USA)을 이용하여 분석하였다. 분석법은 시료를 분석하기 전에 먼저, OC/EC 분석기 내부를 500°C 이상에서 헬륨을 흘려서 시료가 분석되는 석영관 내부를 청소하였다. 다음으로 sucrose를 10µl, 20µl, 30µl로 각각 주입한 깨끗한 석영여과지를 각각 분석하여, OC/EC 분석기의 성능과 검량선을 점검하였다. 분석에 사용된 quartz filter의 크기는 1.5cm<sup>2</sup>이며, 이 면적에서 분석된 양을 실제 석영여과지에 채취된 면적으로 환산하여 최종 OC/EC 농도 값을 계산하였다. TOT에 의한 분석진행은 OC 분석이 먼저 진행되며, 산소가 없는 헬륨 분위기에서 분석을 시작하고 마친다. 이 때 증발된 OC는 망간산화촉매에 의해 CO<sub>2</sub>로 산화되며, 다시 니켈촉매로 CO<sub>2</sub>를 CH<sub>4</sub>로 환원시켜 검출기인 FID로 최종 OC의 값을 구한다. OC 분석이 끝나면 바로 2% O<sub>2</sub> + 98% He 분위기에서 EC 분석이 시작된다. 여기서 주입된 산소는 EC를 연소시켜 연소 시 발생된 유기가

스를 OC와 동일한 방법으로 분석한다.

### 3. 결과 및 고찰

산업단지의 영향을 받는 도시지역 미세먼지 중 탄소농도의 특성을 파악하고자 겨울철과 봄철 각 계절 별로 15회에 걸쳐서 측정이 이루어졌다. 겨울철과 봄철 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)중 원소 및 유기탄소의 농도는 표 1에 요약하여 나타내었다. 표 1에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 농도는 겨울철에 35.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 봄철에 36.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 거의 같은 농도 수준을 나타내었다. 미세먼지 중 원소 및 유기탄소의 농도는 겨울철이 봄철보다 높은 농도를 나타내었다. 원소탄소의 농도 수준은 이전에 연구한 국내의 타 도시지역의 농도와 비교하면 매우 낮은 수준이며, 광주지역에서 측정된 농도 수준과 유사하였다(박승식 등, 2007). 유기탄소의 농도는 반대로 국내의 타 도시지역의 농도에 비하여 높은 수준을 나타내었다. 이와 같이 원소탄소와 유기탄소의 농도패턴이 다른 것은 연구대상지역의 배출원에서 직접 배출된 탄소성분과 더불어 유기탄소의 경우에는 인근의 여수국가산단 지역에서 이송된 유기탄소의 기여로 높게 나타난 것으로 보여진다.

Table 1. Carbon concentrations for winter and spring.

Season	Species	Concentration( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		Mean	Range	N
Winter	EC	1.38	0.25~3.32	15
	OC	5.86	1.11~13.3	15
	OC/EC	4.6	3.1~7.8	15
	PM <sub>2.5</sub>	35.94	7.8~100.7	15
Spring	EC	1.03	0.75~1.77	15
	OC	4.98	2.03~9.00	15
	OC/EC	4.8	2.7~8.6	15
	PM <sub>2.5</sub>	36.20	11.6~58.3	15

### 사 사

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2007-000-20313-0).

### 참 고 문 헌

- 박진수, 김신도 (2005) 서울과 인천지역 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 중 2차생성 탄소성분 추정, 한국대기환경학회지, 21(1), 131-140.
- 박승식, 허재영, 조성용, 김승재, 김영준 (2007) 여름 및 겨울철 광주지역 대기 에어로졸 입자의 유기탄소 특성, 한국대기환경학회지, 23(6), 675-688.
- 이학성, 강병욱 (2000) 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)에 포함된 탄소농도 계절 특성, 한국대기환경학회지, 16(2), 103-111.
- Kim, Y.P., J.H. Lee, and N.J. Baik (1999) Concentrations of carbonaceous species in particles at Seoul and Cheju in Korea, Atmos. Environ., 33, 2751-2578.
- Park, S.S., M.S. Bae, J.J. Schauer, S.Y. Ryu, Y.J. Kim, S.Y. Cho, and S.J. Kim (2005) Evaluation of TMO and TOT methods for OC and EC measurements, and their characteristics in PM<sub>2.5</sub> at an urban site of Korea during ACE-Asia, Atmos. Environ., 39, 5101-5112.
- Turpin, B.J., J.J. Huntzicker, S.M. Larson, and G.R. Cass (1991) Los Angeles summer midday particulate carbon: primary and secondary aerosol, Environ. Sci. Technol., 25(10), 1788-1793.