

## PA1) 계절별 미세분진(PM<sub>2.5</sub>)속의 탄소성분 특성

### Seasonal Characteristics of Carbon Composition within PM<sub>2.5</sub>

김신도 · 이민주 · 김창환 · 김종호<sup>1)</sup> · 황의현<sup>2)</sup>

서울시립대학교 환경공학부, <sup>1)</sup>한서대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>경도대학 건설환경공학부

#### 1. 서 론

최근에는 1차 오염물질 이외에 2차 오염물질이 대기질을 악화시키는 주요 인자로 주목받고 있다. 특히 2차 오염물질들은 PM<sub>2.5</sub>의 농도와 밀접한 관련이 있으며, 인체 및 시정에 직접적인 영향을 미치는 것으로 연구 및 보고되고 있다. 이러한 PM<sub>2.5</sub>의 효율적인 저감을 위해서는 미세먼지의 구성성분에 대한 발생원과 생성과정에 대한 정확한 자료가 제공되어야한다. 미세먼지는 화학적으로 크게 금속성분, 이온성분, 탄소성분으로 이루어져 있다. 국내에서의 연구는 분석기술상의 제한으로 인하여 이온성분과 금속성분에 대해서만 집중되어왔다. 그러나 이온성분과 금속성분은 PM<sub>2.5</sub>의 성분에서 50% 미만을 차지하고 있어 PM<sub>2.5</sub>에 대한 자료로 충분하지 못하였다. PM<sub>2.5</sub>에 대한 정확한 성분의 구성과 효율적인 저감대책의 수립을 위해서는 PM<sub>2.5</sub>에서 많은 비율을 차지하는 탄소성분에 대한 연구가 필요한 현실이다.

탄소성분은 원소탄소(Elemental Carbon, EC)와 유기탄소(Organic Carbon, OC), 탄산염(Carbonates)으로 구성되어 있는데, EC는 대부분 화석연료의 연소에 의해 대기 중으로 직접 배출되는 일차오염물질이며 OC는 인위적, 자연적 발생원에서 직접 배출되거나 대기 중에서 기체상 유기화합물이 광화학 반응 등에 의해 입자로 변환되어 생성되며, 탄산염은 토양 등 지각성분에서 발생하고 대부분이 2 $\mu$ m 이상 거대 입자에 포함되어 있으며, 전체 입자 무게 농도의 1% 이하로 존재하기 때문에 일반적으로 입자상 탄소성분으로 고려하지 않는다.

본 연구에서는 미세먼지 중 구성 비율이 높은 탄소성분에 대한 정확한 성분분석을 통해 국내의 미세먼지 중 탄소성분의 특성을 파악하고, 정확한 OC/EC 분석을 통해 탄소성분의 계절적 특성에 대해 연구하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 국내 PM<sub>2.5</sub>의 탄소성분을 분석하기 위해서 측정은 청정지역으로 분류된 A, B, C지역과 대도시지역 D지역, 철강산업단지가 위치한 지역 E, F와 화학공단이 위치한 지역 G, H에서 4계절동안 3~10일 동안 이루어졌다.

PM<sub>2.5</sub>의 채취 장치는 표면이 테프론으로 코팅된 PM<sub>2.5</sub> 사이클론과 필터팩(URG, USA)을 사용하였으며, 흡입유량 16.7lpm으로 하였다. 필터는 직경이 47mm인 석영(Quartz, Whatman)필터를 사용하여 포집을 실시하였다.

탄소성분의 분석을 위하여 NIOSH 5040의 열광학적 분석방법(TOT Thermal/Optical Transmittance)에 의하여 제작된 Sunset Laboratory Inc.의 Thermal/Optical Carbon Analyser를 이용하였다. 분석장치의 원리로는 He-Ne 레이저 광선이 조사되어 투과되는 정도를 이용하여 NIOSH protocol에 따라 OC-EC Split Time을 통해 유기성탄소와 원소탄소로 나뉜다. 이 때 단계적으로 온도를 승온 및 강하시켜 발생하는 탄소를 메탄으로 전환시켜서 불꽃이온화검출기로 검출하는 방식이다.

#### 3. 결과 및 고찰

A를 제외한 나머지 2개의 청정지역(B, C)에서는 다른 지역에 비하여 낮은 수준의 OC, EC가 검출되었다. A의 겨울철 농도가 높은 이유는 북서계절풍에 의해 중국 공단지역에서의 영향을 많이 받고, 봄의 경우 황사의 영향으로 다른 청정지역에 비해 높은 농도를 나타낸 것이라고 생각된다.

봄의 경우 철강산업단지인 E에서 OC, EC가 가장 높게 조사되었고, 청정지역인 B의 OC, EC가 가장

낮게 조사되었으며, 여름도 E에서 OC, EC가 가장 높게 조사되었고, A에서 가장 낮게 조사되었다.

가을의 경우 OC는 E지역에서 가장 높게 나타났으나, EC는 화학산업단지인 G에서 가장 높게 나왔으며, F에서 OC, EC가 가장 낮게 조사되었다. 겨울도 봄과 마찬가지로 E에서 OC, EC가 가장 높게 조사되었으며 B에서 가장 낮은 OC, EC가 조사되었다.

OC, EC에 대한 각 계절별 상관관계는 가을이 가장 높고, 여름이 가장 낮았으며 4계절 중 겨울에 OC의 발생량이  $5.67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 많았으며, EC의 경우 여름에  $1.62\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 많이 발생하는 경향을 보이고 있다.

각 지역별 OC, EC는 계절마다 다른 수준의 농도를 보이고 있으며, 사계절 평균농도는 OC의 경우 E지역이  $7.26\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았으며, 그 다음으로 G, H, D, C, A, F, B의 순이며 EC도 마찬가지로 E지역이  $2.53\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았으며, 그 다음으로는 G, H, D, C, F, A, B의 순으로 OC, EC가 비슷한 분포 경향을 이루고 있다. 박진수 등(2005)은 2004년 겨울에 측정된 PM2.5 중 OC는  $5.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ , EC는  $3.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 봄 OC는  $4.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ , EC  $3.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 여름의 OC는  $8.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ , EC  $2.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이 연구에서 측정된 도심지역인 D지역의 값과 차이가 있지만, 이는 측정장소의 지형적 특성, 배출원 특성, 기후의 변화 등 다양한 요소로 인해 발생한 차이라고 생각된다.

또한 OC/EC 비율이 2.0을 초과하면 OC를 대기 중에서 광화학 반응으로 생성된 2차 오염물질로 분류하고 있으며(Chow et al., 1996; Hildemann et al., 1991; Gray et al., 1986), Strader(1999) 등은 OC/EC 비율이 2.9를 넘으면 2차 OC 생성이 활발한 것으로 보고하고 있다. 이 연구에서 8지역 모두 봄, 여름, 가을, 겨울에 OC/EC의 비율이 2.0을 초과하고 있으며, 특히 A와 B의 경우 OC/EC 비율이 5.0을 초과하고 있어, 이는 다른 지역에 비해 EC의 영향을 덜 받고 활발한 광화학반응이 일어난 것이라고 사료된다.

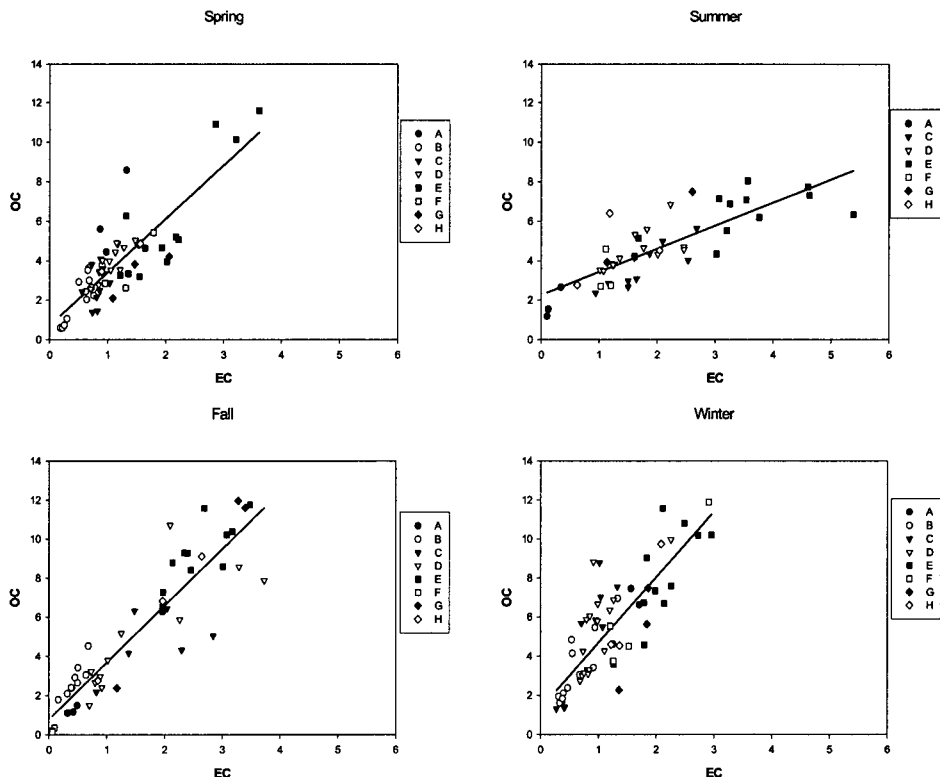


Fig. 1. OC, EC concentration of Season and Region.

### 참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2006) 대도시 대기질 관리방안 조사연구; 미세먼지 생성과정 규명과 저감대책수립.
- 박진수, 김신도 (2005) 서울과 인천지역 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 중 2차 생성 탄소성분 추정, J. KOSAE, Vol. 21.
- 이학성, 강병욱 (2000) 미세입자(PM<sub>2.5</sub>)에 포함된 탄소농도 계절 특성, J. KOSAE, Vol. 16. No. 2.