

PA50) 유기성탄소성분의 분리에 관한 연구

A Study on the Separation of Organic Carbon Compound

정경식 · 김신도 · 김창환 · 이민주 · 김태식¹⁾ · 황의현²⁾

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾한림성심대학 보건환경과, ²⁾경도대학 토목과

1. 서 론

미세먼지의 중요한 구성 성분 중 하나인 탄소입자는 우리나라 도시지역의 경우 질량농도가 총 미세먼지의 20~30%로서 주된 대기오염 물질로 확인되고 있다.

미세먼지를 구성하고 있는 성분 중 탄소성분은 대부분 화석연료의 연소에 의해 대기 중으로 직접 배출되는 일차오염 물질인 원소탄소(Elemental Carbon, EC)와 인위적, 자연적 발생원에서 직접 배출되거나 대기 중에서 기체상 유기화합물이 광화학 반응 등에 의해 입자로 변환되어 생성되는 유기탄소(Organic Carbon, OC), 토양 등 지각성분에서 발생하는 탄산염(Carbonates Carbon, CC), 열광학적 분석방법에 의하여 분석되는 동안 발생하는 유기 복합물의 열분해 의해 생성되는 열분해탄소(Pyrolytic Carbon, PC)로 구성되어 있다.

이러한 탄소성분을 분석하는 방법으로는 MnO_2 를 이용한 선택성 열산화법(selective thermal oxidation method), 연소(Combustion)-GC-TCD 방법이 있다. 열산화법(selective thermal oxidation method)은 휘발성 유기물질이 유기탄소를 분석하기 전에 제거되므로 양의 오차(positive artifacts)가 발생하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 하지만 일부 유기탄소가 산화과정 중 원소성 탄소를 타르화 되어 정확한 성분 분리의 어려움을 갖고 있다. 연소(Combustion)-GC-TCD 방법은 유기탄소와 원소탄소 측정을 위하여 시료를 가스상의 안정한 화합물로 변환시켜 Chromatographic column으로 분리한 다음 TCD 혹은 IR로 검출하는 방법이다. 이 방법은 장치구성이 저렴하며 선택성이 정확하지만, 다른 검출기에 비해 감도가 낮은 단점을 가지고 있다.

최근에는 온도, 환경조건을 다양하게 변경할 수 있는 열-광학적 투과도법(thermal-optical transmittance method, TOT)이 유기탄소와 원소탄소의 분석에 널리 사용되고 있다. 이 방법을 사용할 경우, 탄소성분 분석시 EC는 정량이 되지만 OC는 CC와 PC가 합쳐진 TOC(Total Organic Carbon) 값으로 분석이 된다. 이에 본 연구에서는 TOC를 OC, CC, PC로 세분화시켜 미세먼지의 구성성분을 해석하는데 있어 기초 정보로 활용되고자 한다.

2. 실험개요 및 방법

본 연구에서 탄소성분을 분리하기 위한 시료의 채취는 서울시 동대문구 전농동에 위치한 서울시립대학교 공대실험동 옥상에서 실시하였으며, 이 장소는 지상으로부터 약 15m 높이에 위치하고 있다. 측정지점 주변은 별다른 특정 배출원이 없는 주거지역과 녹지지역으로 구성되어 있다.

시료채취 장치는 PM2.5와 PM10 싸이클론과 필터팩(URG, USA)을 사용하였으며 필터는 직경이 47mm인 석영필터이며 2007년 3월 1일부터 31일까지 한달 동안 16.7l/m의 유속으로 24시간동안 시료를 채취하였다.

탄소성분의 분석은 NIOSH 5040의 열광학적 분석방법(TOT Thermal/Optical Transmittance)에 기초한 Sunset Laboratory Inc.의 Thermal/Optical Carbon Analyser를 이용하였다. 이 분석장치는 최근 대기 중 탄소성분을 분석하는데 광범위하게 적용되고 있다.

분석장치의 원리로는 He-Ne 레이저 광선이 조사되어 투과되는 정도를 이용하여 NIOSH protocol에 따라 OC-EC Split Time을 통해 유기성탄소와 원소탄소로 나뉘인다. 이 때 단계적으로 온도를 승온 및 강하 시켜 발생하는 탄소를 메탄으로 전환시켜, 총유기성탄소와 원소탄소를 불꽃이온화검출기로 검출하

는 방식이다.

따라서 본 연구에서는 OC-EC Split Time을 이용하여 총유기성탄소에서 온도에 따라 검출되는 각각의 유기성탄소성분(OC, CC, PC)을 분리하였다.

3. 결 과

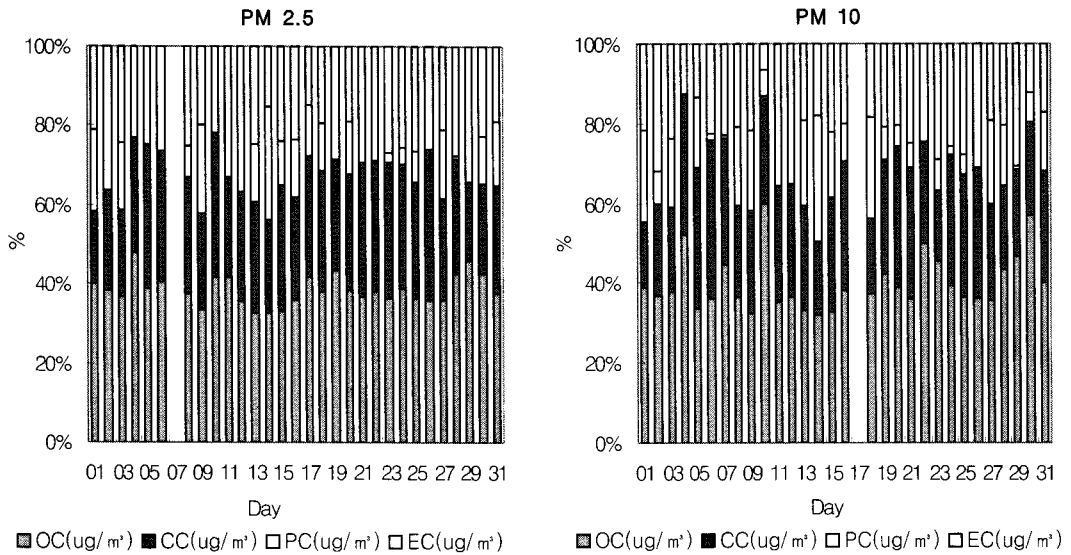


Fig. 1. The separation of OC, CC, PC, EC for PM2.5, PM10 during March.

PM2.5의 TOC(Total Organic Carbon) 평균 농도는 $7.32\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, EC 농도는 $2.32\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이 중 TOC를 OC, CC와 PC로 분리하였을 때 OC 농도는 $3.65\mu\text{g}/\text{m}^3$, CC농도는 $2.69\mu\text{g}/\text{m}^3$, PC농도는 $1.03\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다. 따라서 OC와 CC, PC의 합은 $7.37\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 분석되었다. PM2.5의 TOC 중 OC가 차지하는 비율은 50% CC는 36% PC는 14%를 차지하고 있었다.

PM10의 경우 TOC 평균 농도는 $8.73\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 EC 농도는 $2.38\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 TOC 중 OC 농도는 $4.44\mu\text{g}/\text{m}^3$, CC 농도는 $2.87\mu\text{g}/\text{m}^3$, PC 농도는 $1.45\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 OC와 CC, PC의 합은 $8.77\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 분석되었다. PM10의 TOC 중 OC가 차지하는 비율은 51% CC가 차지하는 비율은 33%, PC가 차지하는 비율은 16%로 PM2.5와 비교시 같은 경향을 가지고 있었으며 큰 차이가 나지 않았다.

참 고 문 헌

국립환경과학원 (2006) 대도시 대기질 관리방안 조사연구, 미세먼지 생성과정 규명과 저감대책수립.
Kim, Y.P., J.H. Lee, K.C., Moon, H.K., Kim, and C.B. Lee (1998) Measurement of carbonaceous species in fine particles at the background sites in Korea during 1996 and 1997, J. KAPRA, 14(6), 621-630.