

## 2A2) 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 중 EC/OC 정량 시 발생하는 sampling artifacts 추정

### Estimation of Sampling Artifacts in Measurement of Elemental and Organic Carbon

강병욱<sup>1</sup> · 나광삼<sup>1</sup> · 배귀남<sup>2</sup> · 임철수<sup>3</sup> · 이학성<sup>4</sup>

충주대학교 환경공학부, <sup>1</sup>University of California, Riverside,

<sup>2</sup>한국과학기술연구원 환경기술연구단, <sup>3</sup>국립환경과학원 교통환경연구소,

<sup>4</sup>서원대학교 환경건설정보학과

#### 1. 서 론

미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 주요 성분으로 알려진 탄소성분을 원소탄소(Elemental carbon, EC)와 유기탄소(Organic carbon, OC)로 분리, 정량하는 분석방법으로는 TOR(Thermal optical reflectance)방법과 TOT(Thermal optical transmittance)방법이 가장 정확한 분석방법으로 알려져 있으며(Chow et al., 2001), 이와 같은 분석법을 이용할 경우 시료가 채취된 여과지를 1,000℃까지 가열하는 열광학적 방법을 사용하기 때문에 석영여과지(Quartz filter)를 사용한다. 그러나 석영여과지를 이용하여 환경대기 입자상물질을 채취할 경우 여과지상에서 정의 오차(positive artifact)와 부의 오차(negative artifact)가 발생한다(Subramanian et al., 2004). 정의 오차는 여과지상에 가스상 유기탄소가 흡착(adsorption)함으로써 입자상 유기탄소가 과대평가되는 것이고, 부의 오차는 여과지에 포집된 입자상 유기탄소가 시료 채취동안 휘발(volatilization)됨으로써 과소 평가된다. 대기 중 유기가스의 흡착으로 인한 정의 오차는 여러 가지 방법을 이용하여 정량화 할 수 있으며, 일반적으로 사용하는 방법으로는 후단필터(backup filter)를 사용하여 오차를 보정하는 방법을 이용하고 있다.

#### 2. 연구 방법

대기 중 PM<sub>2.5</sub>의 탄소포집은 650℃에서 3시간 동안 미리 가열한 석영여과지(Quartz fiber filter)를 이용하였으며, 샘플러는 싸이클론(URG, 10lpm)과 테프론 필터팩으로 구성된 3개의 시료채취 라인으로 구성하였으며, 각 샘플러의 필터팩에는 각기 다른 필터조합으로 필터를 장착하였다. 첫 번째 필터팩에는 하나의 석영여과지만 장착하였고, 두 번째 필터팩에는 전단에 석영여과지를 장착하고 후단에 다른 석영여과지를 장착하였고, 세 번째 필터팩에는 전단에 테프론여과지를 장착하고 후단에 석영여과지를 장착하였다. 시료채취는 측정자료의 비교평가를 위하여 3개의 시스템을 동시에 가동하였으며, 시료채취유량은 10lpm으로 24hr 동안 시료를 채취하였다. 시료채취 시 발생하는 유량 오차를 최소화하기 위하여 건식 누적 유량계를 이용하여 유량을 측정하였다. 전체적인 시료채취시스템은 그림 1과 같다.

시료가 포집된 석영여과지는 TOT와 TOR 분석방법(Sunset Laboratory, USA)을 이용하여 분석하였다. 분석법은 시료를 분석하기 전에 먼저, OC/EC 분석기 내부를 500℃ 이상에서 헬륨을 흘려서 시료가 분석되는 석영판 내부를 청소하였다. 다음으로 sucrose를 10μl, 20μl, 30μl로 각각 주입한 Blank quartz filter를 각각 분석하여, OC/EC 분석기의 성능과 감광선을 점검하였다. 분석에 사용된 quartz filter의 크기는 1.5cm<sup>2</sup>이며 이 면적에서 분석된 양을 실제 quartz filter에 채취된 면적으로 환산하여 최종 OC/EC값을 계산하였다. TOT와 TOR에 의한 분석진행은 모두 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 유기가스를 OC와 동일한 방법으로 분석한다.

### 3. 결과 및 고찰

시료채취 시 발생하는 유기탄소 오차를 정량화하기 위하여 싸이클론과 필터팩으로 구성된 3개의 시스템을 이용하여 총 6회에 걸쳐서 시료를 채취하였다. 분석된 시료채취 라인별 EC와 OC의 농도는 표 1과 같다.

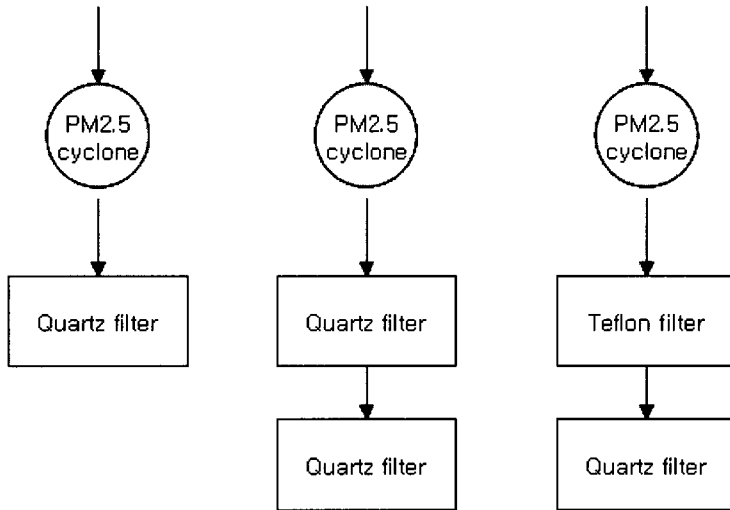


Fig. 1. Schematic of sampling system.

Table 1. Carbon concentrations for all samples.

Sample train	Q front filter( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Q backup filter( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	OC	EC	OC	EC
Q alone	3.97	0.79	-	-
	3.92	0.79	-	-
	7.20	1.81	-	-
	7.69	2.00	-	-
	5.36	0.89	-	-
QBQ	4.42	1.04	-	-
	3.73	0.91	0.55	ND
	3.74	0.83	0.45	ND
	6.55	1.94	0.78	ND
	7.31	1.92	0.96	ND
	4.99	1.03	0.60	ND
QBT	4.42	1.15	0.51	ND
	-	-	1.03	ND
	-	-	0.99	ND
	-	-	1.37	ND
	-	-	1.78	ND
	-	-	0.95	ND
		1.06	ND	

### 사 사

본 연구는 환경부 Eco-STAR project(무·저공해자동차사업단)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- Chow, J.C., J.G. Watson, D. Crow, D.H. Lowenthal, and T. Merrifield (2001) Comparison of IMPROVE and NIOSH carbon measurements, *Aerosol Sci. Technol.*, 34, 22-34.
- Subramanian, R., A.Y. Khlystov, J.C. Cabada, and A.L. Robinson (2004) Positive and negative artifacts in particulate organic carbon measurements with denuded and undenuded sampler configurations, *Aerosol Sci. Technol.*, 38(S1), 27-48.