

2A1) 겨울철 입자상 물질중 반응성 탄소 성분의 추정에 관한 연구

Estimation of Reactive Carbon in Particulate Matters at Winter Season

김진호 · 김태식¹⁾ · 김신도

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾한림성심대학 보건환경과

1. 서 론

수도권 및 대도시 지역에서의 미세먼지(PM_{2.5})는 매우 중요한 대기오염물질로 알려져 있다. 미세먼지의 입자상 성분 중 탄소성분은 5~40% 정도를 차지하고 있는 중요한 구성물질로 인체유해성과 시정등 생활환경에서 끼치는 영향 때문에 다양한 연구가 진행되고 있다.

탄소를 분석하는 방법으로는 TO-FID, 연소-GC-TCD, Combustion-NDIR, Combustion-CHN 원소분석방법등이 있으며 이중 TOT분석법과 TOR분석법이 가장 정확한 분석방법으로 보고되고 있다(박진수와 김신도, 2005).

탄소성분은 대기중 수산화 래디컬과 오존 등 여러 반응성 가스들과 반응을 하는 것으로 알려져 있다. 산화 반응은 입자표면에서 중요한 산화체의 소모 결과로 일어난다. 탄산질 물질의 이중 가스상 산화반응은 SO₂나 NO_x-NO_y 사이클의 상호작용에서 발생된 황산염과 질산염등과 함께 발생할 수도 있다.

본 연구에서는 ADS(Annual Denuder System)을 이용하여 겨울철 PM_{2.5} 입자상 성분중 반응성 탄소의 변화를 측정하려고 하였다. 디누더 사용시는 2단 이상의 직렬연결시 산성오염물질을 더 효과적으로 포집하는 것으로 알려져 있다.(강충민 등, 1999) 가스성분과 에어로졸 상태의 질소 산화물인 산성오염물질들(NH₃, HCl, HNO₂, HNO₃, SO₂)을 제거하기위하여 2단 직렬 디누더를 사용하였다. 탄소분석방법은 열광학적 투과도법(Thermal Optical Transmittance; TOT)을 이용하여 유기탄소와 무기탄소로 구분하여 분석하였다.

2. 연구 방법

대기중 입자상 물질에 포함된 탄소성분은 유기탄소(Organic Carbon), 무기(Elemental Carbon), 카보네이트(Carbonate Carbon) 탄소로 구성되어 있다. 무기탄소(EC)는 연료의 고온 연소과정에 대부분 배출되는 것으로 알려져 있으며, 유기탄소(OC)는 배출원에서 배출되는 것과 대기중 화학적 반응으로 생성되는 것으로 알려져 있다. 카보네이트카본(CC)은 전체 질량의 1% 미만으로 토양과 암석등에서 자연적으로 발생되고 입자크기가 2um이상 거대입자에 포함되어 있으며, 전체 입자 무게농도의 1% 이하로 존재하기 때문에 일반적으로 입자상 탄소성분으로 고려하지 않는다.(김용표 등, 1998)

본 연구에 사용된 실험장치는 16.7lpm에서 입경 2.5μm 분급의 크기를 갖는 사이클론(cyclone, URG Corp.)과 2단으로 구성된 디누더(Annular Denuder-Stainless Steel, URG Corp.)시스템을 사용하였다.

한 시스템은 사이클론과 필터팩만을 사용하여 구성하였고 비교 시스템은 반응성 가스에 의한 탄소성분의 반응및 간섭요인을 제거하기 위하여 반응성 가스성분 채취 효율이 높은 ADS(Annual Denuder System)을 사용하였다. 탄소측정에 사용된 필터는 석영필터(Quartz, Whatman inc.)이고, 분석은 OC/EC Analyzer를 사용, NIOSH5040 parameter에 따라 실시하였다. 필터의 전처리하는 850℃에서 2시간 동안

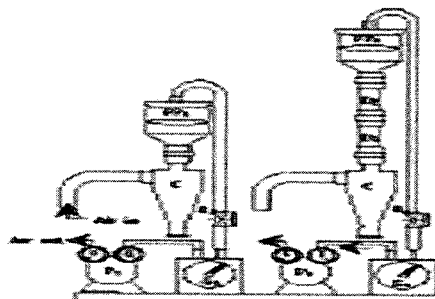


Fig. 1. Schematic of Sampling System.

강열을 하였고 측정 후 파라필름을 이용 밀봉하여 차광을 한 후 -4℃에서 보관을 하였다. 시료채취 시간은 24시간이며 장소는 서울 도심 특성을 보여주며 인근 큰 도로에서 거리를 두고 있는 서울 동대문구 전농동 서울시립대학교 공대실험동 옥상에서 채취하였다. 시료 채취시 유량오차의 최소화를 위하여 적산유량계를 이용하여 순간 유량과 시간당 유량을 확인하였고 6시간 간격으로 이를 확인, 보정하였다.

3. 결과 및 고찰

대기중 화학반응이 활발히 일어나는 여름철 연구결과를 참조하여 상대적으로 화학반응이 적은 겨울철을 대상으로 측정을 실시하였으며, 2006년 2월 15일~23일중 4일을 측정하였다. 측정기간동안의 유기탄소(OC)와 무기탄소(EC)를 아래 표 1에 정리하여 나타내었다. 디누더를 연결한 경우 PM_{2.5}의 총탄소는 7.9~22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 탄소성분을 OC와 EC로 구분하여 분석한 결과 TC중 OC가 약 65% 수준을 차지하는 것으로 분석되었다. 또한 OC/EC비는 1.9로 분석되었다. 디누더가 없는 경우 PM_{2.5}의 총탄소는 6.2~21.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 탄소성분을 OC와 EC로 구분하여 분석한 결과 TC중 OC가 약 59% 수준을 차지하는 것으로 분석되었다. 또한 OC/EC비는 1.5로 분석되었다.

디누더를 장착하여 채취한 시료의 EC와 OC 농도와 사이클론과 필터 팩만을 이용하여 채취한 시료의 탄소농도를 분석한 결과, 디누더를 장착하지 않은 시료보다 디누더를 장착한 시료의 OC농도가 약 1.1배 높은 것으로 분석되었으며, EC농도는 오히려 디누더를 장착하지 않은 시료의 농도가 0.94배 정도로 분석되었다. 이러한 결과로 반응성 탄소성분이 여름철에 비하여 겨울철에는 유실되거나 휘발되는 양이 상대적으로 적음을 추정할 수 있다. 이와 같은 관계의 정량적인 추정을 위해서는 디누더에 포집된 반응성 가스성분에 대한 분석과 여기에 포함된 수용성 탄소성분과 비수용성분을 구분하여 분석하는 연구가 추가로 수행되어야 할 것이다.

Table1. Concentrations of Carbon in PM2.5

DATE	Concentration			
	Denuder System		UnDenuder System	
	OC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2. 15	12.7	10.2	11.38	10.28
2. 16	12	6.2	9.4	7.2
2. 20	12.55	6.2	10.8	7.3
2. 23	9.5	3.5	7.4	3.9

참 고 문 헌

- 박진수, 김신도 (2005) 서울과 인천지역 PM10과 PM2.5중 2차 생성 탄소성분 추정, 한국대기환경학회지, 21(1), 131-140.
- 강충민, 이승일, 조기철, 안준영, 최민규, 김희강 (1999) Annular Denuder System을 이용한 수도권 지역의 산성오염물질 및 PM2.5 성분농도 특성, 한국대기환경학회지, 15(3), 305-315.
- 김용표, 이종훈, 문길주, 김희강, 이종범 (1998) 우리 나라 배경농도지역의 1996~1997년 미세입자상 탄소성분 측정 결과, 한국대기보전학회지, 14(6), 621-630.