

PA21)

덕적도와 고산에서 계절별 OC/EC 비율 특성 연구

Seasonal Characteristics of Organic to Elemental Carbon(OC/EC) Ratios in Deokjeok and Gosan Sites

최기철 · 우정현 · 선우영 · 김유정¹⁾ · 남중식¹⁾ · 성하경 · 김정수²⁾

건국대학교 신기술융합학과, ¹⁾건국대학교 환경공학과, ²⁾국립환경과학원

1. 서 론

대기 중 입자상 물질의 성분 중 탄소성분은 이온, 금속성분과 더불어 입자상 물질을 구성하는 주요 성분 중 하나이다. 탄소성분은 크게 유기탄소(Organic Carbon, OC)와 무기탄소(Inorganic carbon)로 나눌 수 있으며, 유기탄소(OC)는 1차(Primary Organic Carbon)와 2차(Secondary Organic Carbon, SOC) 입자상 물질로 구성된다. 1차 입자는 입자 상태로 직접 대기로 방출된 것과 방출 후 냉각에 의하여 입자상으로 급격하게 응축되는 것을 말하며, 2차 입자는 가스 상으로 방출된 것이 대기 중에서 물리·화학적 반응에 의하여 새로이 생성된 것을 말한다. 무기탄소는 탄산염탄소(Carbonate, CCO_3)와 원소상탄소(Elemental Carbon, EC)로 구분되며, 이중 탄산염탄소는 일반적으로 총 탄소 함유 입자상 물질에서 무게 농도의 1% 이하로 존재하는 것으로 알려져 있어(Cadle et al., 1980) 본 연구에서는 입자상 탄소성분으로 고려하지 않았다.

일반적으로 OC/EC의 비가 높으면 대기 중에서 광화학 반응으로 생성된 2차 오염물질의 영향이 있는 것으로 보고 있으며, 따라서 계절별 OC/EC의 비를 비교할 때 여름철의 OC/EC 비가 다른 계절에 비해 가장 높을 것으로 예상하였다. 그러나 본 연구를 위한 측정기간 동안 계절별 OC와 EC 농도의 평균값에 대한 OC/EC 비는 겨울철이 가장 높게 나타나 광화학반응에 의한 2차 생성 OC(SOC)의 영향보다는 각 계절별 주요 오염원의 특성이 미치는 영향이 훨씬 크다고 판단되었다.

따라서 본 연구에서는 계절별로 주로 어느 지역의 오염원이 측정 장소인 덕적도와 고산에 영향을 미치며, 그 지역의 OC와 EC 배출특성이 어떠한지를 역래적 분석 및 아시아 배출량 자료를 이용하여 알아 보고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구를 위한 측정은 2005년 10월부터 2007년 10월까지 3년간 수행하였으며, 각 측정 기간별 10~15일간 덕적도와 고산에서 동시에 집중 측정하였다. 시료의 포집을 위하여 $\text{PM}_{2.5}$ cyclone(URG-2000)으로 분립 후 Teflon filter pack에 장착된 필터를 통해 1일 단위로 시료를 채취하였다. 필터는 석영필터(Quartz, Whatman)를 사용했으며, 탄소분석에는 열광학적 투과도법(Thermal Optical Transmittance; TOT)을 이용하여 유기탄소(OC)와 원소상탄소(EC)로 나누어 분석하였다.

각 측정일별로 어느 지역의 오염원이 측정값에 영향을 주었는지를 파악하기 위해 역래적 분석을 실시하였다. 역래적 분석은 상층의 기상정보를 종합적으로 해석하여 공기괴의 이동 현상을 규명하는데 주로 사용되고 있다. 분석에는 미국해양대기국(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 제공하는 HYSPLIT 4.7(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)모델을 이용하였으며, End point height는 500m로 설정하였다.

아시아 배출량 자료는 NASA INTEX-B mission을 통해 만들어진 배출자료로 0.5도 단위로 grid를 나누어 각 grid 별로 연간 배출량(ton/year) 정보를 가지고 있다. 배출목록은 SO_2 , NO_x , CO, VOC, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, BC, OC에 대한 배출량 정보를 가지고 있으며, 인위적인 배출량만을 그 대상으로 하고 있다.

3. 결과 및 고찰

측정기간 동안 덕적도와 고산에서 포집된 탄소성분을 분석하여 각 계절별로 평균을 낸 후 OC, EC 각 평균에 대한 OC/EC 비율을 산정하여 보았다.

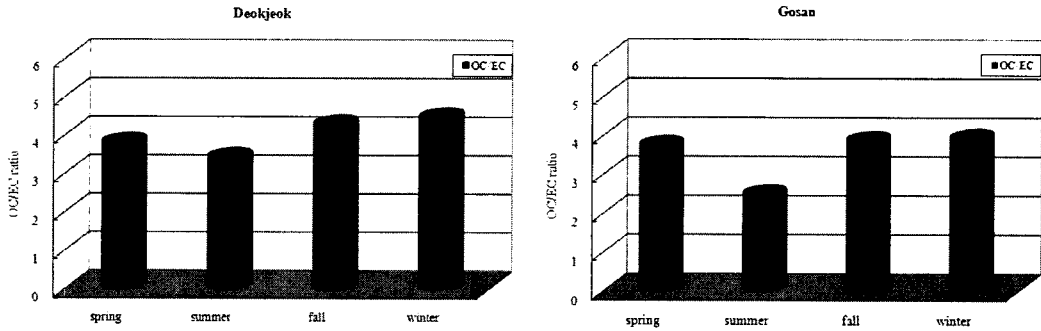


Fig. 1. seasonal OC/EC ratio-Deokjeok(left) and Gosan(right).

측정지점에 영향을 미치는 주요 오염원이 비슷하고 그 특성 변화가 없다면, 일반적으로 광화학 반응에 의한 OC 농도의 증가로 여름철의 OC/EC 비율이 높은 특성을 보여야 할 것이다. 하지만 본 연구의 측정기간 동안 계절별 OC/EC 비율은 오히려 겨울철이 가장 높고 여름철에 가장 낮아지는 특성을 보였다. 이를 바탕으로 볼 때, 덕적도와 고산 측정소에 영향을 미치는 주요 탄소오염원은 계절별로 달라질 것으로 예상되어 이를 파악하기 위해 측정일별 역계적 분석을 실시하였다.

겨울철의 경우 주로 우리나라 북쪽 즉, 중국의 동베이공업지역 근처에서 북한지역을 거쳐 측정지점까지 이동하는 공기괴가 많이 나타났다. 반면 여름철의 경우 우리나라의 서쪽 즉, 중국의 화북공업지역이나 남서쪽에서 기인한 공기괴가 측정지점까지 이동하는 궤적이 많이 나타나고 있다.

아시아 배출량 자료에 따르면 겨울철 다수의 궤적이 지나는 지역인 북한과 중국의 동베이공업지역의 경우 OC/EC 비율이 매우 높은 수준을 보였다. 이는 이 지역에서 화석연료의 소각보다는 biofuel의 비중이 훨씬 높기 때문인 것으로 추정되며, 특히 북한 지역은 에너지 사용 특성상 그 비중이 매우 높을 것으로 보인다. 아시아 배출량 자료에서도 어느 정도의 불확실성은 가지고 있지만 탄소배출량에서 매우 높은 수준의 OC/EC 비율 특성을 보여주고 있다. 반면 우리나라 서쪽, 즉 중국의 화북공업지역의 경우 OC/EC 비율이 상대적으로 낮은 특성을 보여 두 지역이 서로 다른 탄소배출 특성을 나타내었다.

따라서 덕적도와 고산에서 겨울철에 가장 높고 여름철에 가장 낮은 OC/EC 비율 특성은 계절에 따른 공기괴의 이동 특성에 따라 주요 오염원이 달라지기 때문인 것으로 추정되며, 이와 같은 관계의 좀 더 정확한 추정을 위해서는 북한지역을 포함한 아시아 지역의 배출량 정보가 개선되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2007) 장거리이동 입자상물질의 화학적 특성과 거동에 관한 연구(Ⅲ).
- Cadle, S.H., P.J. Groblicki, and D.P. Stroup (1980) Automated carbon analyzer for particulate samples, Anal. Chem., 52, 2201.
- Streets, D.G. et al. (2003) An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, J. Geophys. Res., 108(D21), 8809, doi:10.1029/2002JD003093.