

OA6) 제주지역 시간별 PM_{2.5} 화학성분에 따른 에어로졸 광학특성 및 직접적 복사강제력 영향 연구

박연희 · 송상근 · 최유나
제주대학교 지구해양학과

1. 서론

일반적으로 에어로졸은 지구온난화를 일으키는 온실기체와 달리 주로 음(-)의 복사강제력을 나타내 지구냉각화에 영향을 주며, 일부는 양(+)의 복사강제력을 나타내 지구온난화에도 영향을 준다. 이러한 복사강제력의 양 또는 음의 영향은 에어로졸 화학성분별 농도와 이에 따른 광학특성(산란 및 흡수성 등)에 기인한다. 또한 에어로졸은 입자크기에 따라 대기 중 체류시간이 수분에서 수 주 가량까지 다양하기 때문에 에어로졸 광학특성 및 복사강제력은 시간규모(시간별, 월/계절별 등)에 따라 매우 다를 수 있다. 그러나 과거 오랫동안 에어로졸에 의한 복사강제력을 추정해 온 국내외 연구들은 대부분 에어로졸 전체량 또는 일평균 및 월평균 자료를 이용하여 수행되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 2013-2014년 제주도 애월 대기오염집중측정소에서 측정된 시간별 PM_{2.5} 화학성분 농도자료를 이용하여 에어로졸 광학모델 및 복사전달모델을 수행하였으며, 이를 통해 에어로졸 광학특성과 직접적 복사강제력(Direct Aerosol Radiative Forcing, DARF)을 추정하였다. 또한 대상지역의 에어로졸 화학성분별 광학특성과 DARF에 미치는 영향/기여도를 시간적 변화(월/계절 및 일중 변화) 분석을 통해 살펴보았다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서는 제주지역의 에어로졸 화학성분별 광학특성 및 DARF를 추정하기 위하여 제주시 애월(해발 약 600 m 시골산간지대)에 위치한 국립환경과학원 산하 대기오염집중측정소의 2013-2014년 시간별 PM_{2.5} 화학성분 농도자료를 이용하였다. 이러한 PM_{2.5} 화학성분 자료는 총 4가지, 즉 수용성(water-soluble), 불용성(insoluble), 검댕(Black Carbon, BC), 해염(sea-salt) 성분으로 분류하였다. 여기서, water-soluble은 총 7가지 즉, Non-Sea-Salt (NSS)-K⁺, NSS-Mg²⁺, NSS-Ca²⁺, NSS-SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, 수용성 OC 성분으로 구성되며, insoluble 성분은 OC에 대한 유기물질(Organic Material, OM)의 비를 이용, 그리고 sea-salt는 수용성 성분에서 분리된 Cl⁻과 Na⁺로 구성되며, 총 질량 농도는 [Cl⁻+1.47[Na⁺]] 관계식을 이용하여 계산하였다. 대상지역의 에어로졸 광학특성과 DARF를 산출하기 위해 사용한 모델은 각각 광학모델(Optical Properties of Aerosols and Clouds, OPAC)과 복사전달모델(Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative Transfer, SBDART)이다. 또한 DARF는 지표(surface, SFC), 대기상단(Top of the Atmosphere, TOA), 대기 중(Atmosphere, ATM)에 대해 구분하여 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

연구기간(2013-2014년) 동안 4가지 에어로졸 화학성분 중 water-soluble 성분이 광학특성 및 DARF에 대한 기여도가 가장 큰 것으로 나타났다(BC의 σ_{ab} 제외). 광학특성의 경우, 2013년 water-soluble과 insoluble 성분은 주로 봄에, BC는 겨울에, sea-salt는 여름 또는 이른 가을에 높게 나타났고, 2014년 water-soluble 성분은 여름에, insoluble과 sea-salt는 봄에, BC는 겨울에 높게 나타났다. 광학특성(특히 AOD)의 계절별 일중 변화를 보면, 봄 및 여름에는 이른 아침과 오후(정오 혹은 18-19시)에 최고치를 보였으며, 가을 및 겨울은 오후(12-15시 혹은 18시)에 최고치가 나타났지만 다른 시간대와 비교하여 미세한 차이였다(2014년 겨울 제외). 또한 가장 기여도가 큰 water-soluble 성분의 음의 DARF는 2013년은 봄(특히 5월)에 가장 높고(DARF_{SFC}, DARF_{TOA}, DARF_{ATM}에서 각각 -59, -45, +14 W/m²), 가을 또는 겨울에 가장 낮게(DARF_{SFC}와 DARF_{TOA}는 10월에 -20, -16 W/m², DARF_{ATM}는 2월에 +3.5 W/m²) 나타났으며, 2014년은 봄(특히 5월)에 가장 높고(각각 -39, -30, +8.7 W/m²), 가을에 가장 낮게(각각 11월에 -20, -16, +3.7 W/m²) 나타났다. 연구기간 동안 water-soluble 성분에 의한 DARF의 일중 변화를 보면, DARF_{SFC}와 DARF_{TOA}는 모든 계절에 대해 오후시간대(각각 12-14시와 12-16시)에 가장 크게 추정되었다.