

4A2) 서해안 지역에서 에어러솔 생성시 기상학·화학적 특징 Meteorological and Chemical Characteristics during March and October at Western Coasts of Korea

송미정¹·이미혜·김종환¹⁾·염성수·한진석²⁾·김경렬³⁾·최병철⁴⁾

고려대학교 지구환경과학과, ¹⁾연세대학교 대기과학과,

²⁾국립환경과학원 대기환경과, ³⁾서울대학교 지구환경과학과,

⁴⁾기상연구소 응용기상연구소

1. 서론

대기 중 미세 에어러솔은 태양복사를 산란 시키거나 흡수함으로써 시정에 영향을 미친다. 또한 지구 복사 수지를 변화시켜 기후에 직접적인 영향을 미치고, 간접적으로는 구름 알베도와 물방울에 영향을 줌으로써 CCN(Cloud Condensation Nuclei)에도 영향을 미치게 된다(Seinfeld and Pandis, 1998). 에어러솔은 생성 과정에 따라 대기 중에 직접 방출되어 존재하는 1차 입자상 물질(primary particles)과 전구체인 가스상 물질들 간의 물리·화학적 변환과정(gas-to-particle)에 의해 생성되는 2차 입자상 물질(secondary particles)로 나눌 수 있다. 이러한 에어러솔은 수 나노미터의 초미세 에어러솔부터 수십 마이크로에 이르기까지 생성원과 나이에 따라 크기가 매우 다양하며, 그 크기에 따라 물리·화학적 성질도 달라진다.

본 연구에서는 2005년 3월 ABC-EAREX2005 기간 동안 제주도 고산 지역과 2005년 10월 안면도 지구대기감시관측소에서 에어러솔이 생성과 성장되는 동안 기상요소, 가스상 성분, 에어러솔의 농도 및 성분의 변화와 특징에 대해 고찰하고자 한다.

2. 연구 방법

2005년 3월 13일부터 30일까지 ABC-EAREX2005 기간 동안 제주도 고산에서 수행되었다. 대기 중 직경 10nm에서 300nm까지의 에어러솔 수농도는 SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer, TSI)로 3분 마다 측정 하였다. PM_{2.5}의 질량 농도는 베타선 흡수법을 이용하여 측정하였다. PM_{2.5} 내의 유기탄소(OC)와 원소탄소(EC)는 TOT(Thermal-Optical Transition) 방식을 이용하여 semi-continuous carbon analyzer(Sunset Lab.)를 사용하여 농도를 측정하였다(문광주 등, 2005). 또한 PM_{2.5} 내의 수용성 무기이온 성분은 Ambient Ion Monitor(URG-9000 Series)를 이용하여 측정하였다. 가스상 물질인 O₃, NO_x, SO₂, CO는 각각 TEI 49C, TEI 42C, TEI 43C, TEI 48C(Thermo Inc.)를 이용하여 1시간 간격으로 평균 농도를 사용하였다.

또한 2005년 10월 8일부터 16일까지 안면도 지구대기감시관측소에서 수행되었다. 대기 중 직경 3nm 이상의 수농도는 CPC 3025, 10nm 이상의 수농도는 CPC 3010(TSI)를 사용하여 매 분 마다 측정하였으며, 직경 10nm에서 300nm의 에어러솔 수농도는 SMPS를 이용하여 3분 간격으로 관측하였다. 대기 중 입경별 입자상 물질은 베타선 흡수법을 이용하여 한시간 간격으로 PM₁₀을 측정하였고, 2일 간격으로 MOUDI(Micro-orifice Uniform Deposit Impactor)를 사용하여 입경별로 채취 한 뒤 전자저울을 이용하여 필터의 무게 차이로부터 질량을 결정 하였다. 채취한 시료의 수용성 무기 이온 성분은 이온 크로마토그래피(Dionex)로 분석하였다. 가스상 성분은 DMS, VOC, H₂O₂, O₃, NO_x, SO₂ 를 측정하였다. DMS와 VOC는 자체 제작된 air sampler를 이용하여 3시간 간격으로 시료를 채취 후 GC-SCD(Sulfur Chemiluminescence Detector)와 GC-FID/MSD(Flame Ionization Detector/Mass Detector)을 이용하여 분석 하였다. 대기 중 H₂O₂는 1시간 간격으로 채취한 뒤, HPLC-Fluorescence를 이용하여 농도를 결정하였다. O₃, NO_x, SO₂는 안면도 지구대기감시관측소의 대기질 관측 시스템으로부터 측정된 10분 평균 자료를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

제주도 고산에서 3월 13일부터 30일까지 대기 중 에어러솔의 수농도를 측정된 결과 3월 13, 14, 19, 25, 30일에 에어러솔 생성과 성장이 관측되었다. 또한 안면도 지구대기감시관측소에서 10월 8일부터 14일까지 측정기간 동안 12, 14일에 에어러솔 생성과 성장이 관측되었다. 고산과 안면도 모두 에어러솔의 생성은 오전 11시를 시작으로 3nm와 10nm 이상의 초미세 에어러솔의 수농도가 급증하면서 나타났으며 4-10시간 이상 지속되었다(Yum et al., in press).

에어러솔 생성과 성장이 관측된 이벤트 기간 동안 고산과 안면도에서 상대습도가 모두 60% 이하였을 때 나타났다. 또한 전선이 지나간 뒤, 가스상 물질인 NO_x, CO 입자상 물질인 PM_{2.5}와 PM₁₀이 모두 낮아지며 비교적 깨끗한 날에 에어러솔 생성 이벤트가 나타난 것을 확인 할 수 있었다. HYSPLIT 모델을 통해 5일간의 1000m 공기의 역궤적 분석결과, 건조한 대륙을 지나 온 공기가 우리나라 습윤한 바다를 거친 후에 관측소로 도착한 것을 확인 할 수 있었다. 2001년 봄철 Transport and Chemical Evolution over the Pacific(TRACE-P)와 Aerosol Characterization Experiment(ACE-Asia) 기간 동안항공 측정을 통해 200,000Km²에 해당하는 아시아 해안 지역에서 전선이 지나간 뒤, 대륙을 거쳐 바다를 지나온 공기에서 에어러솔의 2차 생성이 보고된 바 있다(McNaughton et al., 2004).

이벤트 기간 동안 고산에서 측정된 PM_{2.5}와 안면도에서 MOUDI로 측정된 1.8 μ m 이하의 NH₄⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻의 평균 몰 당량비는 각각 0.80, 0.97로 계산 되었다. 2001년 TRACE-P 기간 동안 황해안에서 660m와 120m 항공측정 결과 몰 당량비는 각각 1.17, 0.87로 나타났다(McNaughton et al., 2004). 봄철 서해안 지역에서 2001년 항공측정 결과와 2005년 지상에서 관측한 이온 분석 결과, 지표에서 SO₄²⁻의 농도가 높아지면서 좀더 acidic한 형태를 가진 것으로 보여 진다. ABC-EAREX2005 기간 동안 고산에서 에어러솔 생성 시 1시간 자료를 통해 PM_{2.5} 내의 OC는 높아지고, OC/EC 농도비는 증가하는 경향을 보여 에어러솔 생성 시 유기물질이 중요한 역할을 하는 것으로 사료 된다. 그림 1은 일평균 OC/EC 농도 비이며, 27일의 경우 OC/EC 비가 가장 높은 결과를 보였으나 에어러솔 수농도 관측값이 없으므로 비교할 수 없다. 또한 1차 오염물질인 EC의 농도가 낮아졌을 때 에어러솔 생성이 일어났다.

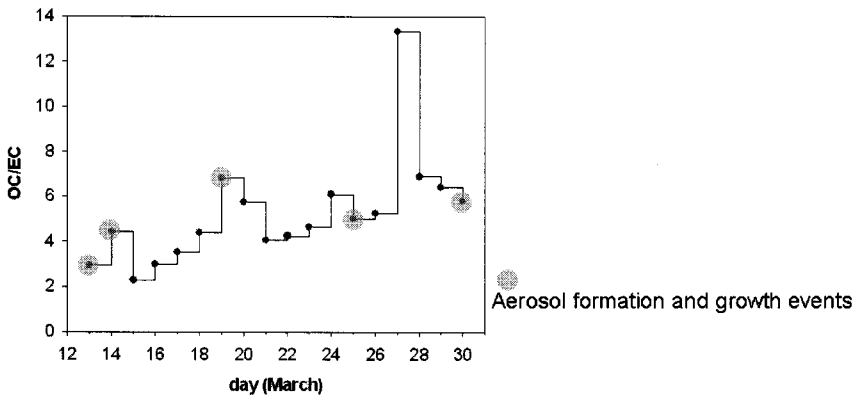


Fig. 1. Daily averaged variations of OC/EC ratio at Gosan during the ABC-EAREX2005.

사 사

이 논문은 특정기초연구지원사업(과제번호 R01-2005-000-11228-0)의 지원에 의하여 연구되었기에 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 문광주, 한진석, 공부주, 이민도, 정일록 (2005) ABC-EAREX2005 기간 동안 제주도 고산지역 대기 중 가스상 및 입자상 물질의 분포특성, 한국대기환경학회지, 21(6), 675-687.
- McNaughton, C.S. et al. (2004) Spatial distribution and size evolution of particles in Asian outflow: Significance of primary and secondary aerosols during ACE-Asia and TRACE-P, Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 109, D19S06, doi:10.1029/2003JD003528.
- Seinfeld, J.H., S.N. Pandis (1998) Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to global change. Wiley, New York.
- Yum, S.S., G. Roberts, J.H. Kim, K. Song, and D. Kim, Submicron aerosol size distributions and cloud condensation nuclei concentrations measured at Gosan, Korea during the ABC-EAREX 2005, J. Geophys. Res., in press.