

PC4) 모델링과 위성 자료를 이용한 동아시아 지역의 에어로솔 구성성분에 대한 연직분포 특성 연구

Study of Aerosol Vertical Distribution in East Asia

박미은 · 송철한 · 한경만 · 박래설

광주과학기술원 환경공학과

1. 서 론

인간 활동의 증가는 대기 중의 에어로솔의 양과 그 성분의 시공간적 분포 양상에 영향을 주고 있다. 에어로솔은 지구로 유입되는 태양 복사량과 구름의 광학적 성질에 직간접적으로 영향을 미치고 그 양과 성분의 변화는 기후 변화에 또한 상당한 역할을 하고 있다. 특히 AOD(aerosol optical depth)와 에어로솔의 화학 조성은 에어로솔의 광학적 효과를 결정할 뿐 아니라, 연직분포에 따라 큰 차이가 있기 때문에 대기 복사 효과를 판단할 때에 고도에 따른 에어로솔의 분포 및 성분에 대한 파악이 필요하다. 또한 에어로솔은 여전히 기후 변화에 미치는 효과에 대한 불확실성이 높기 때문에, 에어로솔 성분에 대한 수평분포 특성과 함께 연직분포에 대한 정량적인 판단은 에어로솔로 인한 기후 강제력의 산출 및 기후 변화에 대한 영향을 정량화하기 위한 중요한 선행 연구가 될 것으로 사료된다.

2. 연구 방법

본 연구는 3차원 광화학 수송 모델인 US EPA에서 개발된 Models-3/CMAQ v4.5.1을 사용하여, 2006년에 대해 중국, 일본, 우리나라를 포함하는 동아시아 지역(95~145°E; 20~50°N)에서의 대기 중의 입자/기체상 물질의 광화학 수송 양상을 30×30 km² 격자의 분해능으로 모델링하였다. 모델은 PSU/NCAR MM5 모델로부터의 기상장과 중국, 일본, 우리나라에 대해서 각각 INTEX-B, REAS, CAPSS 배출장이 적용된 배출장을 초기값으로 이용하였다. 이와 같이 CMAQ 모델링을 통해 산출되는 에어로솔 성분들에 대해 IMPROVE(Interagency Monitoring of Protected Visual Environments) 2006년 보고서에서 제안한 다음의 식을 적용하여 에어로솔의 소멸계수(extinction coefficient: β_{ext})를 산출하였다.

$$\begin{aligned} \beta_{ext} \approx & 2.2 \times f_{small}(RH) \times [Small\ Sulfate] + 4.8 \times f_{large}(RH) \times [Large\ Sulfate] \\ & + 2.4 \times f_{small}(RH) \times [Small\ Nitrate] + 5.1 \times f_{large}(RH) \times [Large\ Nitrate] \\ & + 2.8 \times [Small\ Organic\ Mass] + 6.1 \times [Large\ Organic\ Mass] \\ & + 10.0 \times [Elemental\ Carbon] + 1.0 \times [Fine\ Soil] \\ & + 1.7 \times f_{ss}(RH) \times [Sea\ Salt] + 0.6 \times [Coarse\ mass] \\ & + Rayleigh\ scattering\ (site\ -\ specific) \\ & + 0.33 \times [NO_2\ (ppb)] \end{aligned} \quad Eqn. (1)$$

에어로솔 소멸계수에 주된 영향을 미치는 sulfate(SO₄²⁻), nitrate(NO₃⁻), organic aerosol(OA)을 포함하는 항들과 소멸계수의 연직분포를 분석해 봄으로써, 각각의 요소들이 계절과 지역에 따라 고도별로 에어로솔 광학 특성에 대한 정량적인 평가와 그 기여정도를 파악하는 연구가 수행되었다. 소멸계수의 연직 적분 값인 AOD는 위성 Terra/Aqua에 장착된 MODIS가 측정된 AOD와의 비교 분석을 통해서 모델의 정확성 또한 검증해 보았다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 동아시아 지역 중에서도 우리나라의 서울 지역에 대한 에어로솔 소멸계수와 주요 성분에 대한 항목들의 연직분포를 겨울, 봄, 여름, 가을을 대표하는 1, 4, 7, 10월에 대해 나타낸 그림이다. 에어로

술 소멸계수의 연직분포를 살펴보면, 대체적으로 2 km 이내에 분포한다. 1, 10월의 경우에는 지표 부근에서 크게 나타나며 4, 7월에는 1 km 부근에서 높게 나타나고 있다. 또한 에어로솔의 주요 구성 성분인 NO_3^- , SO_4^{2-} , OA를 포함한 소멸계수 항에 대한 연직분포를 통해서 상대습도와 기온이 높은 여름(7월)에 SO_4^{2-} 항목의 영향이 높게 나타나고 있으며, 상대적으로 기온이 낮은 1, 7월에는 NO_3^- 항목의 영향이 보다 크게 나타나고 있다. NO_3^- 와 SO_4^{2-} 는 흡습성을 가진 입자로 보통 상대습도가 높을 때에 AOD가 높게 나타나고, NO_3^- 와 SO_4^{2-} 는 각각 온도가 낮을 때와 높을 때에 높게 나타나는 경향이 있다. 특히 2 km 이상일 때에는 NO_3^- , SO_4^{2-} , OA를 제외한 다른 성분의 영향 또한 크게 영향을 미치는 것으로 보인다. 이와 같은 에어로솔 성분의 생성 및 분포 특성을 고도에 따른 상대습도 및 온도와 함께 고려함으로써 그 상관성을 검토 및 확인해 볼 수 있을 것이다.

CMAQ 모델을 통해 산출되는 AOD와 같은 에어로솔의 광학 특성에 대한 연직 정보를 활용하여 RTM (radiative transport model)을 통해 기후 강제력을 산출하는 등의 연구는 에어로솔이 기후 변화에 미치는 영향에 대한 보다 정확한 판단을 돕게 될 것이다.

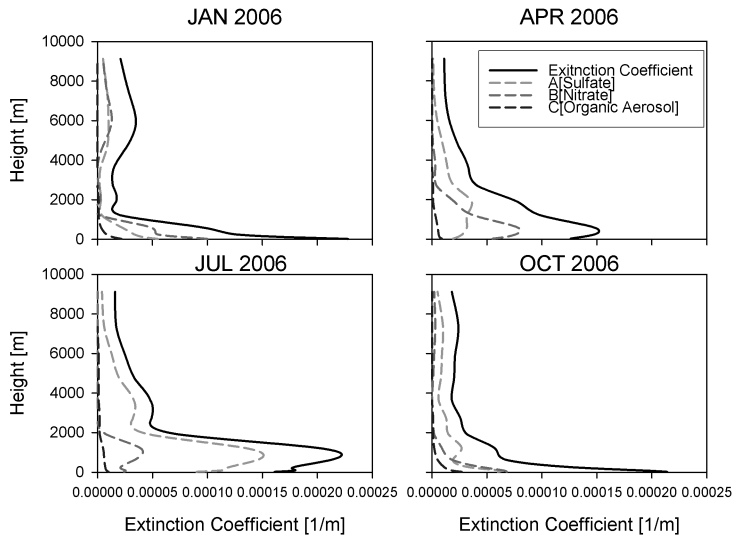


Fig. 1. Vertical distributions of aerosol extinction coefficient and terms including sulfate, nitrate, and organic aerosol for four months over Seoul, Korea.

사 사

본 연구는 기상기술개발사업 (CATER2006-3201)의 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

- Satheesh, S.K., V. Vinoj, S. Suresh Babu, K. Krishna Moorthy, and Vijayakumar S. Nair (2009) Vertical distribution of aerosols over the east coast of India inferred from airborne LIDAR measurements, *Ann. Geophys.*, 27, 4157-4169.
- Song, C.H., M.E. Park, K.H. Lee, H.J. Ahn, Y. Lee, J.Y. Kim, K.M. Han, J. Kim, Y.S. Ghim, and Y.J. Kim (2008) An investigation into seasonal and regional aerosol characteristics in East Asia using model-predicted and remotely-sensed aerosol properties, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 6627-6654.