

PC11) 위성자료 및 모델링을 통한 동아시아 에어로졸의 시공간적 특성 연구

Seasonal and Regional Aerosol Characteristics in East Asia

송철한 · 이유진 · 안현주 · 박미은 · 김진영¹⁾ · 이권호²⁾ · 한정만

김 준³⁾ · 김영성⁴⁾ · 김영준

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾한국과학기술원기원 유해물질연구센터,

²⁾Earth System Science Interdisciplinary Center (ESSIC), University of Maryland,

³⁾연세대학교 대기과학과, ⁴⁾한국의국어대학교 환경학과

1. 서 론

에어로졸은 태양광의 산란, 흡수, CCN 농도 및 구름 소멸시간 변화 등을 통해 지구적 복사량에 영향을 주고 있으며(Ramanathan et al., 2007; Charlson et al., 1992; Twomey et al., 1984), 가스상 오염물질과의 비균질 화학반응에 중요한 인자가 된다. 에어로졸은 대기 중의 중요한 역할로 인해 PEM-West A/B, ACE-ASIA 및 TRACE-P와 같은 campaign을 통한 지상 관측, 항공관측, 선박관측, 모델링 연구가 수행되어 왔다. 하지만, 이런 연구의 시·공간적 한계로 인하여, 최근 TOMS, SeaWIFS, MODIS, MERIS, OMI, MISR 등과 같이 위성을 이용하여 에어로졸 특성을 파악하는 연구가 활발하게 수행되고 있다(King et al., 1999; Singh and Jacob, 2000). 또한 NASA Goddard Space Center 주관으로 관리되고 있는 sunphotometer 지상관측망인 AERONET (Holben et al., 1998)은 total column spectral AOD(τ), single scattering albedo(ω_0)와 근적외선 및 가시광선 영역에서의 reflective index를 제공하고 있다. 본 연구에서는 MODIS platform과 sunphotometer로부터 유도된 AOD(τ)와 CMAQ모델로부터 산출된 AOD(τ)의 시·공간적 비교 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 3차원 광화학 수송 모델링을 위하여 US EPA에서 개발된 Models-3/CMAQ 모델이 사용되었다. 기체상 및 액상 반응을 위해 Carbon Bond Mechanism 4(CBM4)와 Carnegie-Mellon University(CMU) aqueous-phase chemistry가 적용되었고 입자상 동역학을 위해 Modal approach가 이용되었으며, ISORROPIA 에어로졸 평형 모듈이 포함된 AERO3가 사용되었다. 본 연구에 적용된 도메인은 한국, 일본, 중국 동부, 몽고와 러시아 일부를 포함하는 100°-150°E와 20°-50°N 범위로 격자간격 108 km로 46×33개의 격자수와 수직으로 1,000hPa-180 hPa 범위에서 24개 층으로 구성하였다. CMAQ 모델 구동을 통해 산출된 에어로졸 AOD는 MODIS로부터 획득된 데이터를 M-BAER(Modified-Bremen Aerosol Retrieval)와 NASA C005 알고리즘을 통해 산출한 AOD와 함께 4 episode(4계절, 각각 ~3주)에 대해 비교 하였으며, AERONET을 통해 산출된 AOD를 통해 검증하였다. 또한 황사기간에 대해 광흡수성 에어로졸을 측정함으로써 황사나 산불 모니터링에 효과적인 TOMS AI(Aerosol Index)를 모델링의 aerosol column loading과 비교 연구도 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 동아시아 지역에 대해 τ_{CMAQ} , τ_{MBAER} , τ_{NASA} 및 CMAQ으로부터 산출된 에어로졸 column loading을 계절별 공간적 분포로 나타낸 것이다. τ_{MBAER} 와 τ_{NASA} 가 Bohai, Sichuna Basin, Yangtze river, 및 NH₃ 배출량이 많은 중국동부 지역에서 높은 값을 나타내고 있으며, 봄철 황사 발생시 만주, 한반도, Sakhalin/Hokkai섬을 을 통해 장거리 이동 이동하게 되므로, 이들 지역에서도 높은 τ_{MBAER} 와 τ_{NASA} 를 나타내게 된다. 황사 발생시 해양과 대륙에서의 불연속이 발생하는 것은 대륙과 해양에 대해 서로

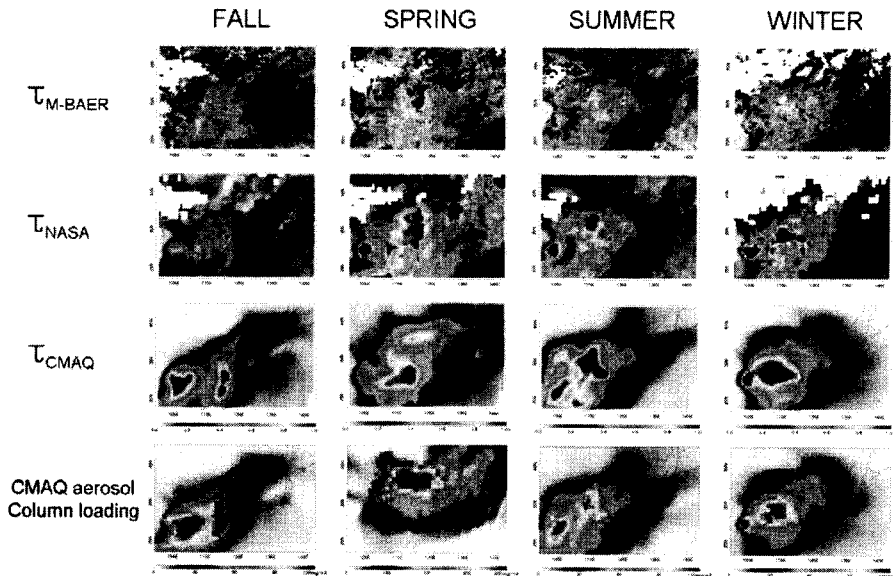


Fig. 1. Spatial distribution of MODIS AOD, CMAQ-derived, aerosol column loading, and CMAQ AOD for the four seasons.

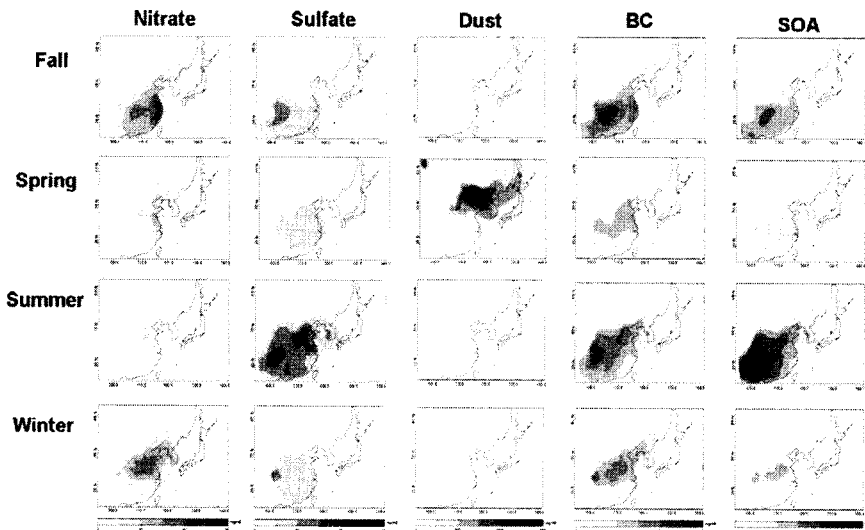


Fig. 2. Spatial distribution of particulate components for the four seasons.

다른 retrieval 알고리즘에 의한 것으로 판단된다. 그림 2는 미세입자의 주요 구성 성분인 nitrates (NO_3^-), sulfate(SO_4^{2-}), dust, BC, 및 SOA의 계절적 공간적 분포를 나타내는 것으로, nitrates는 sulfates 생성량에 필적하므로 $\text{NH}_4^+-\text{NO}_3^-$ 생성은 특히, 동아시아에서 CTM 수행을 위해 간과되어서는 안 될 것이다. 또한 $\text{NH}_4^+-\text{NO}_3^-$ 생성은 4계절에 대해 $\text{NH}_4^+-\text{SO}_4^{2-}$ 생성과 매우 다른 메커니즘을 나타내고 있어, sulfate 농도는 여름에 높고 겨울에 낮게 나타내는 반면 nitrate 농도는 겨울에 높고 여름에 낮은 농도를 나타내고 있다. nitrate와 sulfate는 AOD에 영향을 주는 미세입자로, 흡습성을 가지고 있어 상대습도가 높을 경우 AOD가 높게 나타나는 경향을 나타낸다. SOAs는 AOD 및 σ_{ext} 에 큰 영향을 주는 에어로졸

구성성분으로 온도, 복사량, NMVOCs의 농도에 영향을 받고 있어, 여름철 biogenic source 발생이 많은 중국 남부 지역에서 고농도의 SOA가 발생하게 된다. 본 연구에서는 “ground true value”로 고려되고 있는 τ_{AERONET} 를 τ_{MODIS} 및 τ_{CMAQ} 과 비교함으로써 τ_{AERONET} 를 τ_{MODIS} 의 정확성을 검증하고자 하였고 그림 3에 일부 지역에 대한 계절별 τ_{AERONET} 와 τ_{MODIS} 를 비교분석하였다.

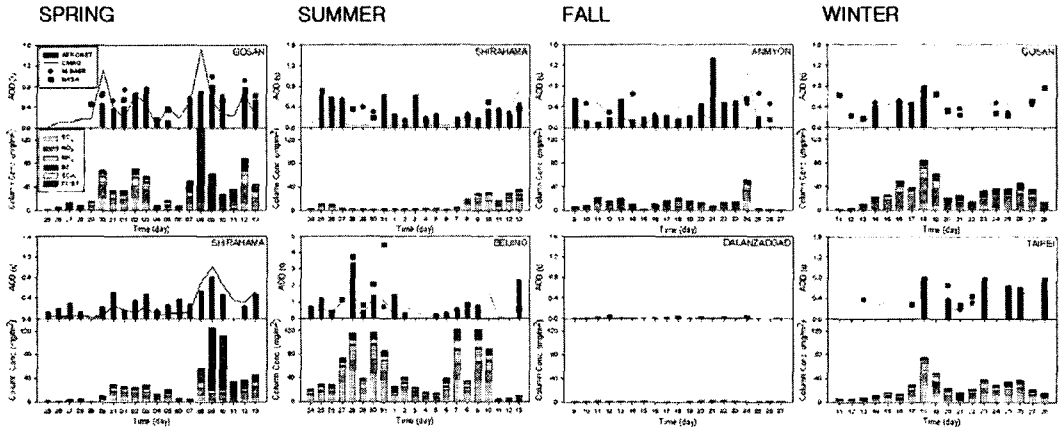


Fig. 3. Daily variations of τ from AERONET, MODIS, and CMAQ (Top panels) and daily variations of CMAQ-derived particulate components (bottom panels) in several AERONET sites.

사 사

본 연구는 한국환경기술진흥원의 차세대 핵심환경기술개발사업(121-081-055)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Chin, M. et al. (2001) Tropospheric aerosol optical thickness from the GOCART model and comparisons with satellite and sunphotometer measurements, *J. Atmos. Sci.*, 59, 461-483.
- Lee, K.H. et al. (2006) Influence of land surface effects on MODIS aerosol retrieval using the BAER method over Korea, *Int. J. of Remote Sens.*, 27(14), 2813-2830.
- Song, C.H. and G.R. Carmichael (2001) A three-dimensional modeling investigation of the evolution processes of dust and sea-salt particles in East Asia, *J. Geophys. Res.-Atmosphere*, 106, 18131-18154.