

PC9) Lagrangian 역궤적 광화학 상자모델링을 이용한 황사의 화학적 변환과정 연구

Study on the Chemical Aging Process of Mineral Dust Using Lagrangian Photochemical Boxmodeling

남지은 · 송철한 · 한경만 · 이미경 · 한진석¹⁾

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원 대기환경과

1. 서 론

황사는 장거리 이동을 하며 여러 가스성분들과 화학적 반응을 통해 화학적 변환과정을 거치는데, 모델링 및 관측을 통해 이에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다(Dentener et al., 1996; Song and Carmichael, 2001a,b; Ooki and Uematsu, 2005; Song et al., 2007). 이런 많은 연구에도 불구하고 황사모델링에서 무기입자의 화학적 변환 속도를 평가하는데 있어 불확실성이 여전히 크고(Dentener et al., 1996; Song and Carmichael, 2001a,b; Bauer et al., 2004), 특히, 측정된 2차 무기염 물질들(질산염, 황산염, 암모늄염)의 크기분포와 내부 혼합(internal mixing)을 고려하는 광화학 모델링에서 산출된 2차 무기염들의 크기분포 불일치가 몇몇 연구를 통해 보고되고 있다(Song et al., 2007). 본 연구에서는 내부혼합 상태를 고려한 광화학 모델링 결과와 관측자료의 2차 무기염 물질들의 크기분포의 불일치를 재확인하고, 외부혼합(external mixing) 상태를 고려한 광화학 모델링 결과와 관측자료의 2차 무기입자의 입경분포를 비교하여 가스상 전구체의 적절한 반응계수(γ_i) 범위를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

두 황사사례에 대해 제주 고산지역에서, MOUDI(Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor) 샘플러를 이용해 입자 크기별 무기입자의 농도를 측정하였고, 각각 “강한 황사(2002년 4월 10일)”와 “약한 황사(2002년 4월 12일)”로 구분하였으며, NOAA HYSPLIT를 통해 5일 backward trajectory 분석을 그림 1에 NO_x, SO₂, NH₃ 배출량 자료와 함께 나타내었다.

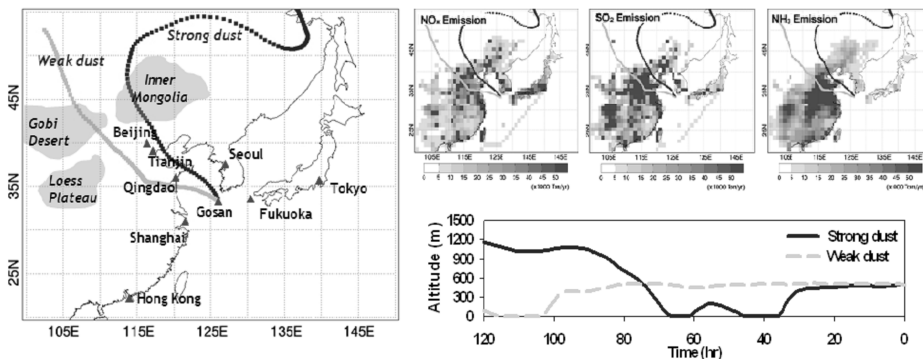


Fig. 1. Five-day backward trajectory analysis from the NOAA HYSPLIT model for the strong and weak dust episodes and the five-day backward trajectories superimposed with NO_x, SO₂, NH₃ emission fields.

본 연구에서 개발한 Lagrangian backward trajectory photochemical boxmodel에 적용된 가스상 반응 메커니즘은 70개의 O₃-NO_y-HO_x-CO-CH₄ 반응과 181개의 NMHCs 반응을 포함하고 있으며 NMHCs 반응은 Lurmann et al.(1986)의 반응 메커니즘에 기초하고 있으나 상당부분 수정하였다. 또한, 라그랑지안 광화학모델링을 초기화하기 위해 두 황사사례의 시작지점의 가스 및 입자상 농도를 CMAQ 모델링 결과

로부터 확보하였고, 또한 그림 1에서 보인 역케적을 따라 1차(primary) 전구체, 즉, NO, NO₂, SO₂, NH₃의 농도를 CMAQ으로부터 추출하여 라그랑지안 역케적 광화학 모델링을 constraining하였다.

3. 결과 및 고찰

광화학모델을 내부혼합으로 가정한 경우 관측결과와 입경분포 및 질산염과 황산염의 절대량과 불일치를 나타내고 있어, 다시 외부혼합 상태(external mixing state)를 가정한 광화학 모델링을 수행하였다. 외부혼합을 고려한 광화학모델을 구동하기 위하여 무기 황사입자로 유입되는 황산염 및 질산염 전구체의 반응계수를 문헌값들을 참고하여 다양하게 고려였으며, 모델링의 결과는 그림 2와 같이 내부혼합을 고려한 경우보다 전반적으로 보다 잘 fitting 되었다. 그림 2에서 보는 바와 같이, 황산염의 입경분포에서는 (IIIa), (IVa), (Va)의 경우가, 질산염의 입경분포에서는 (IIb)와 (IIc)의 경우가 MOUDI 측정으로부터 관측한 황산염 및 질산염의 입경분포와 유사한 경향을 나타내고 있다. 따라서 이로부터 산출된 각각의 전구체 별 반응계수 범위는 표 1에 정리하였다.

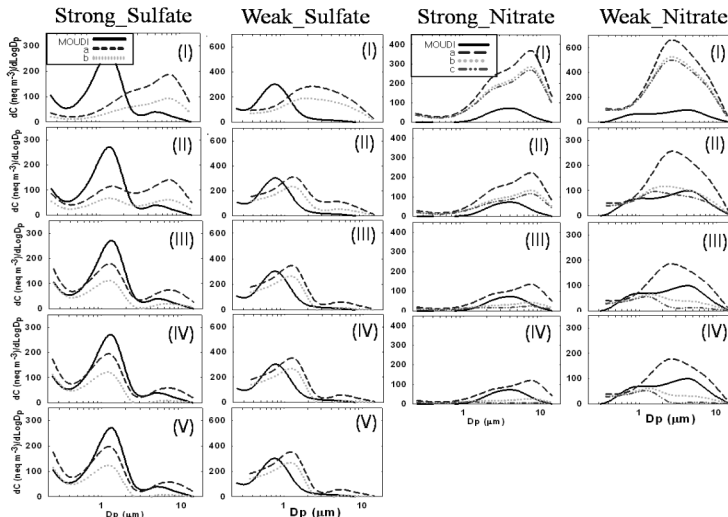


Fig. 2. Comparisons between observed and model-predicted sulfate and nitrate size-distributions at Gosan for strong and weak dust episode.

Table 1. Reaction probabilities of sulfate and nitrate precursors onto urban particles and mineral dust.

condensing media	γ_{SO_2}	$\gamma_{H_2SO_4}$	γ_{NO_3}	$\gamma_{N_2O_5}$	γ_{HNO_3}
Urban	10^{-5}	8×10^{-1}	3×10^{-3}	3×10^{-2}	10^{-1}
Dust	$\sim 10^{-4}$	$10^{-3} - 10^{-4}$	3×10^{-3}	10^{-2}	$10^{-2} - 10^{-3}$

사 사

본 연구는 한국환경기술진흥원의 차세대 핵심환경기술개발사업(121-081-055) 및 한국과학재단 도약연구지원사업(No.R17-2008-04 2-01001-0)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Song, C.H. et al. (2007) An evaluation of reaction probabilities of sulfate and nitrate precursors onto East. Asian dust particles, J. Geophys. Res., 112, D18206, doi:10.1029/ 2006JD008092.