

PC8)

황사의 화학적 변환과정에 관한 연구: 에어로솔의 혼합상태 및 황사의 광물 조성이 황산염 생성에 미치는 영향

Chemical aging Process of Mineral Dust: Effects of Aerosol Mixing State and Dust Mineralogy on Sulfate Formation Characteristics

남지은 · 송철한 · 한경만 · 한진석¹⁾

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원 대기환경과

동아시아 고비 사막, 내몽고 지역, 또는 황토 고원 지역에서 발원한 황사가 한반도로 장거리 이동(long-range transport; LRT) 중 기체상 전구물질과 황사 입자 간에 발생하는 비균질(heterogeneous) 화학 반응에 의해 황사 입자상의 2차 오염물질(황산염, 질산염, 암모늄염)이 형성되는데, 본 연구에서는 이들 오염물질 중 황산염(sulfate, SO_4^{2-})의 형성 특성 및 정량화를 위한 미세규모의 대기과정을 포함하는 광화학 상자 모델(photochemical box model)을 개발하고자 한다. 황사 입자상의 황산염이 생성되는 속도, 즉 황사의 화학적 변환 속도를 평가하기 위한 여러 선행연구들이 진행되어 왔으나, 여전히 상당한 불확실성이 존재하고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 불확실성을 줄이고 황사의 화학적 변환 과정을 보다 세밀하게 모사하기 위한 방법으로, 도시오염입자와 황사입자가 외부혼합(external mixing)함을 모델에서 고려하고, 황산염의 생성속도에 상당한 영향을 미칠 수 있는 황사의 광물(mineralogy) 조성을 모델에 적용하고자 하였다.

Sullivan et al. (2007)의 연구에 의하면, 동아시아 ACE-ASIA 기간 중 단일입자 측정법(ATOFMS; Aerosol Time-of-Flight Mass Spectroscopy)에 의해 측정된 입자에서, aluminosilicate 입자(즉, Al_2SiO_5 를 주요 mineralogy로 갖는 황사 입자)는 황산염(sulfate, SO_4^{2-})을, calcite입자(즉, CaCO_3 를 주요 mineralogy로 갖는 황사 입자)들은 질산염(nitrate, NO_3)을 주로 함유하고 있는 것으로 밝혀졌다. 따라서 본 모델링에서 이와 같은 현상을 고려하기 위해 Ro et al.(2005, 2008)이 다년간에 걸쳐 측정해온 결과를 이용하여 한반도로 유입되는 황사입자의 입경별 광물 조성을 파악하였고, 또한 광물 조성에 따른 전구물질별 입자 반응계수를 고려할 수 있는 module들을 모델에 추가하였다. 이때, 모델에 적용되는 각 mineralogy(aluminosilicate, hematite, calcite)의 반응계수 값은 여러 문헌값들을 참고하였고, 문헌 자료들이 부족한 값은 여러 반응계수 값을 고려할 수 있는 사례를 설정하였다.

본 연구에서 개발한 라그랑지안 광화학모델을 구동하기 위해, 제주 고산지역에서 MOUDI(Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor) 샘플러에 의해 측정된 두 번의 황사사례(“강한 황사(2002년 4월 10일)”와 “약한 황사(2002년 4월 12일)”)를 적용하였고, NOAA HYSPLIT를 통해 두 황사사례에 대해 5일 backward trajectory 분석하여 air mass의 이동경로를 파악하였다. 또한 모델을 초기화하기 위해 두 황사사례의 시작지점의 가스 및 입자상 농도를 CMAQ 모델링 결과로부터 확보하였고, 분석된 역궤적을 따라 가스상 전구물질의 농도를 CMAQ으로부터 추출하여 3시간 간격으로 광화학 모델에 constraining하였다.

다양한 반응계수 값을 적용한 사례별 모델링으로부터 산출된 결과는 기존의 모델링 연구들에 비해 측정에 의한 황산염의 크기 분포 특성을 보다 잘 나타내었으며, 이를 통해, 황사의 광물 성분 및 에어로졸 종류(도시오염입자, 황사입자)에 따른 기체상 전구물질의 적절한 반응

계수(reaction probability) 범위를 판단하였다.

사 사

본 연구는 한국연구재단 도약연구지원사업(No.R17-2008-04 2-01001-0)의 지원을 받아 수행되었습니다.