한국대기환경학회 2003 준계학술대회 논문집
Proceeding of the 35th Meeting of KOSAE(2003)
Korean Society for Atmospheric Environment

2E3) Models-3/CMAQ을 이용한 동북아지역 가스상 및 입자상 오염물질 분포 특성 조사

Investigation of Gaseous and Particulate Pollutants Distribution over Northeast Asia Using Models-3/CMAQ

김진영 · 김영성 · 원재광[1] · 윤순창[1] · 우정헌[2]
한국과학기술연구원 지구환경연구센터, [1]서울대학교 지구환경과학부
[2]Center for Global and Regional Environmental Research, University of Iowa

1. 서 론

동북아시아 지역은 전세계에서 대기오염물질의 배출이 가장 많은 지역 중의 하나로서, 최근에는 중국에서 발생한 황사가 태평양을 건너 미국에까지 도달하는 것이 위성으로 관측됨으로써 아시아뿐만 아니라 전세계의 관심이 집중되고 있는 지역이다. 본 연구에서는 동북아시아 지역을 대상으로 기류이동의 변화에 따라 대기오염물질의 분포가 어떻게 달라지는가를 보고자 하였으며, 가스상 반응만 고려한 경우와 입자상 반응을 함께 고려한 경우의 대기오염 물질의 농도를 비교함으로써 입자상 반응의 영향이 어떻게 나타나는가를 살펴보는데 초점을 두었다. 대기질 모델로는 US EPA (1999)의 Models-3/CMAQ (Models-3 Community Multi-scale Air Quality)을 이용하였고, 기상 모델로는 PSU/NCAR의 MM5 (Mesoscale Model)를 이용하였다 (NCAR, 1999). 화학반응 메커니즘으로는 가스상, 액상 및 입자상 반응을 모두 고려하였는데, 가스상 반응으로는 UAM (Urban Airshed Model)의 CB4 (Carbon-Bond Chemical Mechanism Version IV) 메커니즘을, 입자상 반응을 포함한 불균일 변화는 Models-3/CMAQ에 포함된 Aero3 모듈을 이용하였다.

2. 자 료

대기질 모델링을 위한 대상영역은 동북아시아 지역 5,184 km × 3,456 km로서, 격자 크기는 108 km × 108 km, 대상 영역의 격자 개수는 동서 방향으로 48개, 남북 방향으로 32개로 하였다. 연직 방향으로는 100 hPa 높이까지 6개의 층으로 구분하였다. 배출량 자료는 미국 University of Iowa에서 ACE-Asia (Asian Pacific Regional Aerosol Characterization Experiment) 프로젝트의 일환으로 산정한 1°× 1°간격 자료를 이용하였다. 결과 해석을 용이하게 하기 위하여 배출량의 일변화는 가장 단순한 형태로서 24시간 동안 배출량이 일정한 것으로 가정하였다. 토지 이용도 자료는 MM5 모델의 입력 자료를 연계하여 이용하였으며, 광해리 계수를 구하는데 필요한 입력 자료는 Models-3에서 제공하는 자료를 이용하였고, 영역 내의 경계 및 초기 조건은 Models-3에서 제공하는 청정 대기 조건을 이용하였다. 모사 기간은 1999년 5월 3일 00GMT에서 5월 13일 00GMT까지인데, homogeneous initialization을 이용하였기 때문에 초기 조건의 불확실성을 배제하기 위하여 모델링 시작 후 39시간 이후의 자료만을 결과분석에 이용하였다.

3. 결 과

3. 1 측정자료와의 비교

기준오염물질에 대해 서울과 부산에서의 측정값과 예측값을 비교하였다. 서울 지역의 경우 오존 농도는 측정값과 예측값의 농도 변화가 상당히 유사하며, NO_2와 SO_2의 경우는 농도 범위는 어느 정도 유사하나 예측값의 일변화폭이 실제보다 크게 나타난다. CO 농도는 실제 농도의 1/3 수준으로 과소예측되었다. 날짜별로 보다 자세히 살펴보면, 오존의 경우 가스상 반응만 고려한 경우와 입자상 반응을 함께 고려한 경우간에 차이가 거의 없으며, 격자 크기가 108 km × 108 km로 큼에도 불구하고 일변화 경향 및 주간의 최고 농도는 측정값과 예측값이 매우 유사하게 나타난다. NO_2 농도는 입자상 반응을 고려한 경우의 농도가 더 낮은데, 특히 9일 이후 농도차가 크게 나타난다. SO_2는 입자상 반응을 고려한 경우에 9

일 이후 최고 농도가 낮아지면서 예측값과 측정값의 농도 범위가 유사해지고 있다.

3. 2 기상장 변화에 따른 농도 변화

본 절에서는 기상장이 달라짐에 따라 농도 분포가 어떻게 달라지는가를 살펴보기 위하여 모델링 기간 중 두 개의 사례를 선정하여 기상장 및 농도 분포를 비교하였다. 전반기 사례로는 5월 7일 사례 (우리나라 시간 기준)를, 후반기 사례로는 앞의 측정자료와의 비교에서 가스상과 입자상간에 차이가 크게 나타나는 5월 10일 (우리나라 시간 기준) 사례를 선정하였다.

두 사례에 있어 가장 큰 차이점은 5월 7일 사례에서는 중국 내륙 지역에서 입자상 오염물질의 농도가 높은 반면, 5월 10일 사례에서는 반대로 중국 상하이 근처에서 입자상 오염물질의 농도가 높다는 것이다 (그림 1). 실제로 오염물질의 배출은 중국 내륙보다 상하이 근처에서 더 많은데, 5월 7일 사례에서는 이 지역에 동풍이 지속됨에 따라 오염물질이 중국 내륙으로 이동한 것이다. Nitrate 이온의 경우는 중국 내륙 지역의 농도가 낮은데, 이는 이 지역에서 NO_2뿐만 아니라 NH_3 배출량이 적어서 sulfate만 생성되고 nitrate는 생성되지 못했기 때문이다. 반면 5월 10일 사례에서는 중국 대륙에서 한반도까지 고기압이 넓게 자리하면서 오염물질의 배출이 있는 상하이 근처의 풍속이 낮아졌고, 이에 따라 이 지역의 입자상 오염물질 농도가 높아졌다. 중국 동부의 오염물질 농도는 5월 7일 사례와 비교하여 좀 더 심화된 모습이며, 오염농도가 높은 지역도 한반도와 일본까지 좀 더 확대된 양상을 보인다. 입자상 반응에 영향을 주는 가스상 오염물질의 농도 차이도 5월 7일 사례에서는 중국 내륙 지역에서 크게 나타나며, 5월 10일 사례에서는 중국 동부 배출원 근처, 우리나라와 일본 등지에서 크게 나타난다.

이와 같은 결과로부터 5월 7일 사례에서는 입자상 반응의 영향이 주로 중국 내륙에서 나타났으며, 5월 10일 사례에서는 중국 동부와 우리나라, 일본 지역에서 나타났음을 짐작할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업인 "미량독성 유해물질의 장거리 이동특성 분석과 영향평가 기술" (과제번호 2001-44001-8) 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

US EPA (1999) User Manual for the EPA Third-Generation Air Quality Modeling System (Models-3 Version 3.0), EPA-600/R-99/055, Research Triangle Park, USA.

NCAR (National Center for Atmospheric Research) (1999), PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 2. NCAR, USA.

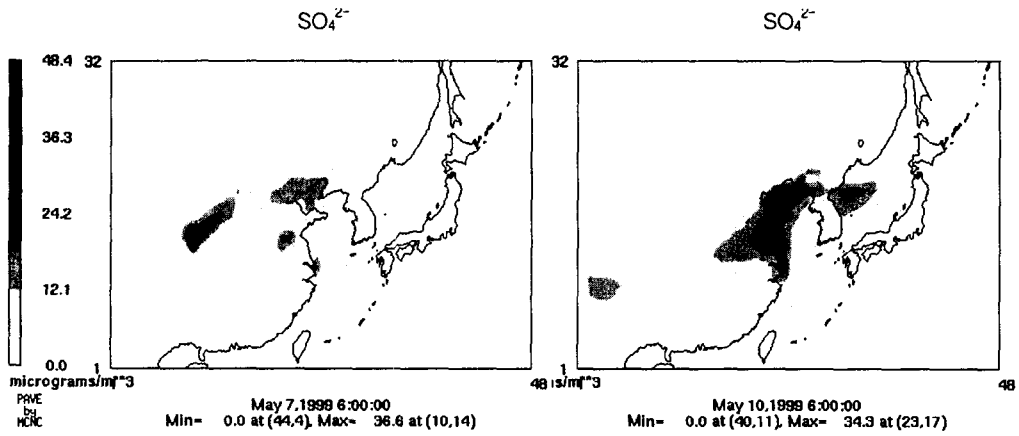

그림 1. 5월 7일 사례와 5월 10일 사례의 sulfate 이온 농도 분포 비교.