

1B2) CMAQ모형을 이용한 월경성 수은의 기여율 산출

Contribution Ratio of Transboundary Mercury using the CMAQ Model

천 태 훈 · 이 종 범

강원대학교 환경과학과

1. 서 론

대기 중 수은의 발생원으로는 자연 발생원과 인위 발생원으로 대별 되며 날로 증가하는 화석연료의 사용, 수은전지, 형광등, 체온계 등 폐기물의 소각에 따른 대기 중으로의 인위적인 수은 방출이 차츰 심각한 문제로 대두되고 있다. 중금속인 수은은 대기 중에 미량으로 존재한다. 그러나 대기 중으로 자연적 또는 인위적으로 배출된 수은은 복잡한 과정을 거치며 긴 체류시간을 가지며 대기 중에 존재한다. 현재 중국은 급속한 산업화로 인해 많은 양의 대기오염물질을 배출하고 있으며, 배출된 대기오염물질이 우리나라로 수송되어올 가능성이 크나 이에 대한 증거자료가 미흡한 실정이다. 이에 겨울철을 대상으로 수은의 장거리 수송현상을 모사하여 중국으로 부터의 기여율을 산출한 적이 있다(천태훈과 이종범, 2009). 본 연구에서는 CMAQ모형을 이용하여 일 년간 한반도지역의 대기 중 수은농도를 모사하여 시공간적 패턴과 중국으로부터 장거리 수송되는 수은의 기여율을 파악하고자 한다.

2. 연구 방법

모델링 대상기간은 2009년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지 선정하였다. 기상모델은 기상청에서 제공하는 RADS를 초기경계장으로 이용하여 MM5 v3.7을 이용하였다. 본 연구에 사용된 CMAQ모델은 2001년 6월 1일에 개발된 CMAQ-Hg모델로 CMAQ 4.6 버전을 사용하였다. 모델링 실행 시 30 km 배출량 자료는 INTEX-B배출량 자료와 1999년도 중국 인위적 배출량 자료를 이용하였다. 본 연구에서는 자연배출량을 고려하여 모델을 실행하였다. 자연배출량 산정 방법은 인위적 배출량을 입력하여 CMAQ 모델을 실행 후 그 결과의 침적량을 이용하여 자연배출량을 산출하였다. Suraj et al.(2008)에 의하면 자연배출량의 계절별로 차이가 있으며, 겨울철의 경우 인위적 배출량 중 Hg^0 의 70%가 배출된다고 하였다. 본 연구에서는 월별 자연배출량을 각각 산출하였으며 산출된 자연배출량을 다시 인위적 배출량과 합하여 CMAQ모델에 입력 후 실행하였다. 그 모델결과를 평가하여 모델결과가 맞지 않을 경우 다시 자연배출량을 산출하였다. 이렇게 실행한 모델결과를 Base case로 하였다. 30 km CMAQ 실행 시 중국 수은 배출량을 제거하였을 때(China Zero)와 제거하지 않았을 때(BASE) 두 가지 방법으로 실행하였으며, 각각을 경계농도로 설정하여 10 km를 실행하였다. 두 CASE의 모델결과를 이용하여 기여율을 산출하였으며 기여율(R)은 다음 식을 이용하여 산출하였다.

$$R = \frac{BASE - China\ Zero}{BASE} \times 100$$

3. 결과 및 고찰

그림 1은 TGM의 농도를 강화도와 서울 지역의 실측치와 모델결과를 나타낸 것이다. 강화도 지역은 모델이 실측치를 잘 모사하였다. 하지만 서울은 2월 4일 5일의 고농도를 잘 모사하지 못하였다. 이는 강화도와 비교하여 볼 때 서울지역의 높은 배출량이 존재하는 것으로 판단된다. 또한 같은 기간에 강화도의 수은 농도를 잘 모사하는 것을 볼 때 CMAQ모델의 기상에 따른 기작은 문제가 없는 것으로 판단되며 서울지역 수은의 배출량이 부족하여 나타난 결과로 판단된다.

그림 2는 2009년 2월 한 달 동안 중국으로부터의 기여율을 백분율(%)로 나타낸 것이다. 서해지역의

기여율은 25%로 나타났으며 서해안 지역은 약 18%로 나타났다. 내륙에서는 충청북도가 약 15% 정도로 나타났다. 한 달 동안의 기여율을 산출한 것으로 고농도가 발생한 기간만을 선정하여 기여율을 산출한다면 기여율은 더 높을 것으로 사료되며, 향후 계절별, 고농도 발생 기간 동안의 기여율을 산출할 것이다.

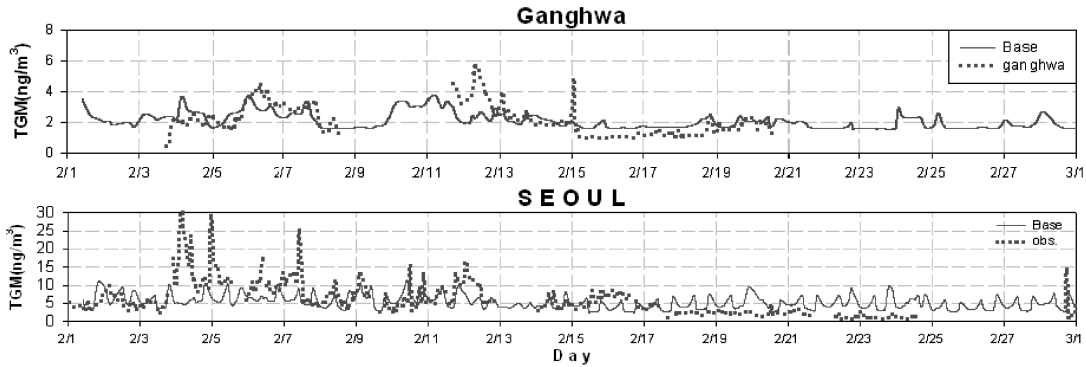


Fig. 1. Comparison of observed(dot) and calculated(line) TGM concentration on February in Ganghwa and Seoul.

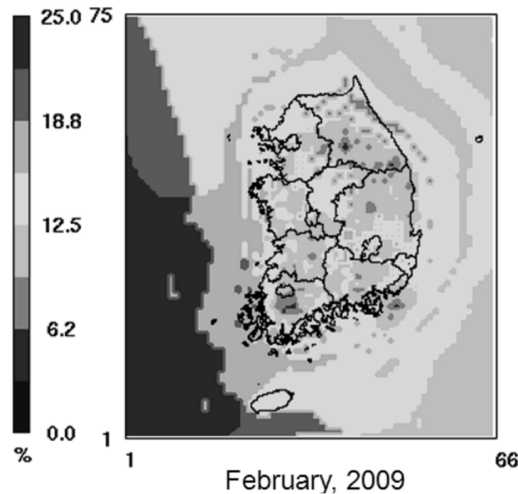


Fig. 2. Horizontal distribution of Contribution Ratio of TGM calculated by CMAQ model on February.

사 사

본 연구는 한국 환경기술진흥원의 차세대 핵심 환경기술개발사업(동북아시아 월경성 수은화학종의 발생원 및 우리나라에 미치는 영향에 관한 종합적 연구, 과제 번호 2007-1200-0050-1)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 천태훈, 이종범 (2009) CMAQ모델에 의한 수은의 장거리 수송현상모사, 한국대기환경학회 2009 춘계 학술대회논문집, 293-294.
- Suraj K. Shetty, Che-Jen Lin, Bavid G. Streets, and Carey Jang (2008) Model Estimate of Mercury Emission from Natural Sources in East Asia, Atmospheric Environment, 42(37), 8674-8685.