

Models-3/CMAQ(Community Multiscale Air Quality) model을 이용한 SF6 추적자 실험의 수치모의 Numerical simulation of SF6 tracer dispersion with Models-3/CMAQ(Community Multiscale Air Quality) model

이삼미·윤순창

서울대학교 대기과학과

1. 서 론

대기오염 모델은 물리적인 모델과 수학적 모델로 구분되고 수학적 모델은 다시 결정론적 모델과 통계적 모델로 분류할 수 있는데 일반적으로 대기오염 모델이라 함은 결정론적 모델을 지칭한다고 할 수 있다. 결정론적 모델은 문제의 접근방법에 따라 가우시안 모델, 오일러리안 모델 그리고 라그랑지안 모델로 분류할 수 있는데, 가우시안 모델은 1960년대 말부터 미국 등에서 개발되기 시작한 모델로서 대기오염 모델 중 가장 처음 사용된 모델이므로 대기오염 확산 모델의 1세대 모델이라고 할 수 있다. 이 가우시안 모델은 빠르고 간단하게 오염원의 영향을 예측할 수 있다는 장점이 있으나 배출량과 기상장의 시간 변화를 고려할 수 없다는 단점이 있다. 1970년대부터 월경성(trans-boundary) 대기오염 물질이 국가간 분쟁의 대상이 되면서 2세대 모델이라고 할 수 있는 오일러리안 모델들이 개발되었고 화학반응을 고려할 수 있다는 이점으로 인하여 현재까지 다양하게 개발되고 적용되고 있는 실정이다. 대표적인 오일러리안 모델로서는 ROM(Regional Oxidant Model, Lam, 1983, 1984), RADM(Regional Acid Deposition Model, Chang et al., 1986) 그리고 현재 US EPA에서 regulatory model로 사용되고 있는 UAM(Urban Airshed Model, Scheffe and Morris, 1993) 등이 있다. 그러나 이들 오일러리안 모델들은 공통적으로 몇몇 한계를 지니고 있는데 이를테면 모델 프로그램이 충분히 모듈화 되어 있지 않으므로 모델의 서브 프로그램간의 교환 및 새로운 서브 프로그램의 추가 및 삭제 등에 많은 시간과 노력이 소모되고, 대용량화된 모델 출력자료에 대한 접근 및 처리가 쉽지 않다는 점 등이다(Byun, 1995). 따라서 본 연구에서는 기존의 대기오염 모델의 단점을 보완하여 새롭게 개발된 Models-3/CMAQ을 소개하고 이를 우리나라에 적용하여 1998년 5월 31일 시화에서 실시된 추적자 확산 실험을 수치모의 하고자 한다.

2. Models-3/CMAQ model의 구성 및 특징

Models-3/CMAQ은 US EPA가 기존의 대기오염 모델들이 가지고 있는 문제점들을 보완하여 제3세대 대기오염 모델로 제시한 모델로서 1998년 6월에 1차 공식 버전이 발표되었고 현재도 활발하게 개발되고 있는 모델이다. 이 모델은 첫 번째로 모듈구조로 되어있다는 특징을 가지고 있다. 따라서 각 서브 프로그램간 그리고 각 전처리단계간의 상호 호환이 쉽게 되어 있어 기존의 모델들에서처럼 동일하거나 유사한 부프로그램을 필요한 단계마다 다시 만들어야 하는 비능률적 측면이 지양되었다. 두 번째로 모델링 영역의 규모가 다양하다. 지금까지는 국지규모 또는 도시규모 또는 지역규모 모델은 각기 별개의 모델을 구성하고 있었다. 그러나 Models-3/CMAQ은 국지규모에서 지역규모 모델링까지 동시에 모델링이 가능하다. 세 번째 특성으로는 여러 가지 오염물질을 동시에 고려할 수 있다는 것이다. 이 모델은 황화합물이나 오존화합물은 물론 최근 들어 기후적 측면과 국지오염의 측면 등에서 중요한 관심사가 되고 있는 에어로졸도 동시에 고려할 수 있다.

이러한 특징을 가지고 있는 Models-3/CMAQ은 6개의 전처리 과정과 1개의 화학·수송 모델(CCTM, CMAQ Chemical Transport Model)로 구성되어 있다. 전처리 모델은 기상장 처리 모델인 MCIP(Meteorology-Chemistry Interface Model), 배출량 처리 모델인 ECIP(Emission-Chemistry Interface Model), 광해리율 산출 모델인 JPROC, 초기조건을 생성하는 ICON(Initial CONditions processor)과 경계조건을 생성하는 BCON(Boundary CONditions processor)의 6개이다.

3. Models-3/CMAQ의 적용

Models-3/CMAQ을 1998년 5월 31일 경기도 시화공단에서 행해진 SF₆ 추적자 실험에 적용했다. SF₆를 이용한 추적자 실험은 1998년 5월 31일 경기도 시화공단의 동서로 약 12km 남북으로 약 9km의 영역에서 오전과 오후에 각 1회씩 2회에 걸쳐서 실시되었다. 실험이 이루어지는 동안 풍향·풍속, 기온, 기압, 습도는 자동기상관측탑을 이용하여 1분 간격으로 관측했고, 추적자 실험이 행해지는 동안 오전·오후 각 1회씩 sonde를 이용하여 고층기상관측을 하였다.

MCIP에서는 ARPS(Advanced Regional Prediction System)의 결과와 실측된 바람장과 온·습도장을 혼합하여 모델링에 사용된 기상장을 산출하였다. 초기조건과 경계조건은 ICON, BCON에서 모두 0으로 지정했다. 본 사례에서는 배출원의 정확한 위치와 정확한 배출량이 알려져 있으므로 ECIP을 거치지 않고 직접 netCDF 형식의 배출량 자료를 만들었다. 즉 MCIP에서 생성된 모델링 영역, 격자 간격 등을 그대로 이용하여 영역내의 한 지점 즉 배출원에서 SF₆가 오전·오후 각각 65분, 60분 동안 배출되도록 하였다. 관측된 SF₆의 농도분포와 CCTM을 이용해 수치모의된 농도분포를 그림 1과 그림 2에 비교하여 나타냈다. 그림 2는 추적자 실험 사례에 대하여 각각 80분동안 수치모의하여 5분 간격으로 결과를 출력한 후 이를 다시 관측된 농도 분포와 같은 50분 평균 농도장으로 산출한 결과이다.

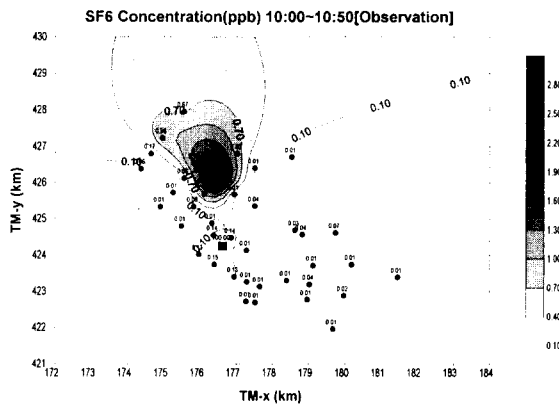


Fig. 1. Observed SF₆ distribution in Sihwa complex area.

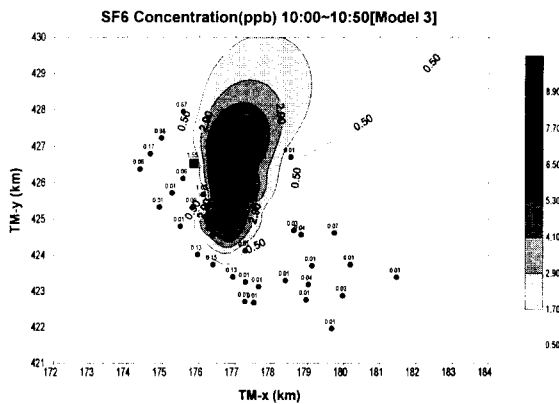


Fig. 2. SF₆ distribution simulated with Models-3/CMAQ.