

OA3) 배출량 역 모델링을 위한 지상 PM_{2.5} 농도 자료동화 연구

문정혁·전원배¹⁾·박재형·김동진

부산대학교 지구환경시스템학부, ¹⁾부산대학교 대기환경학과

1. 서론

대기질 수치 모의는 기상장, 배출량, 화학반응 등에서 여러 오차들을 가지고 있다. 그 중 배출량의 정확도에 따라 정확도 높은 대기질 수치 모의 결과를 산출할 수 있기 때문에, 최근에는 역 모델링(Inverse modeling) 기법을 활용하여 배출량을 보정하는 연구들이 보고되고 있다. 역 모델링은 관측 자료와 모델 결과를 기반으로 자료동화 과정을 거쳐 모델의 배출량을 재산정하는 방법으로 역 모델링을 수행하기 위해서는 자료동화 기법에 대한 이해가 필요하다. 자료동화를 위한 방법론으로는 객관분석(OI), 칼만필터, 변분자료동화 등이 있다. 그 중 변분자료동화는 비용함수(cost-function)에 대한 반복 연산해를 통해 각 분석 시간의 최적의 대기 조건을 판단하는 방법으로 지상 관측 자료, 위성 자료, 라이더(Lidar) 자료 등 다양한 관측 자료를 활용할 수 있는 장점이 있다. 비용함수는 분석 시간에서 분석해와 모델 결과 및 관측 자료와의 차이를 나타내는 식으로 배경오차(background error)와 관측오차(observational error)를 이용하여 산출된다. 배경오차는 모델의 오차에 관한 정보를 의미하는데 정확한 배경오차를 산출할 수 없으므로, 모델 결과의 편차를 통계적인 기법을 이용하여 구할 수 있다. 한편, 관측오차는 관측기기오차와 대표성오차로 나눌 수 있고, 위성과 같은 원격탐사장비의 경우 관측오차가 큰 반면, 지상관측장비의 경우 관측오차가 비교적 작다. 따라서, 본 연구에서는 역 모델링을 이용한 배출량 보정에 앞서, 수도권 지역을 대상으로 관측 오차가 낮은 지상 AQMS (Air Quality Monitoring System) PM_{2.5} 관측 자료를 이용한 3차원 변분자료동화(3DVAR)를 수행하여 지상 PM_{2.5} 수치 모의 정확도 변화를 분석하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구는 중규모 기상 수치모델인 WRF 3.8.1 버전과 3차원 광화학수송모델인 CMAQ 5.0.2 버전을 이용하여 2016년 1월 한 달 동안 수도권 지역의 기상 및 대기질 모의를 수행하였다. 지상 AQMS 관측 자료를 이용한 자료동화 적용 효과를 비교 분석하기 위해 도메인 내 AQMS 지점을 자료 동화에 사용되는 지점(STN_DA)과 모델링 검증에 사용되는 지점(STN_VERI)으로 나누었다. 실험은 자료 동화를 적용하지 않은 BASE 실험과 자료 동화를 수행한 DA 실험으로 구성하여 두 실험의 정확도를 비교하고자 하였다. 자료동화를 위해 배경오차공분산은 NMC-method(Parrish and Derber, 1992)를 통해 24시간과 48시간 예보 값의 차이를 이용하여 산출하였고, 관측오차공분산은 관측값을 이용하여 산출하였다. 자료동화는 1시간 마다 3차원 변분자료동화를 수행하였으며, AQMS 관측 자료 중 PM_{2.5} 자료를 이용하여 모델의 PM_{2.5} 모의 결과를 개선하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

3차원 변분자료동화 적용에 대한 민감도 실험 결과, 배경오차공분산과 관측오차공분산에 따라 관측 자료의 영향 반경이 다르게 나타났다. 또한, 자료동화를 적용한 DA 실험과 자료동화를 적용하지 않은 BASE 실험의 PM_{2.5} 수치모의 정확도를 비교하기 위해 통계 분석을 수행하였다. 그 결과 DA 실험의 PM_{2.5} 수치모의 정확도가 BASE 실험보다 높게 나타났다. 이는 모델의 초기장을 개선하는 방식이 아닌 후처리 과정으로 매시간 자료동화를 수행하여 AQMS 관측 자료를 이용한 검증을 수행하였기 때문에, 자료동화 효과가 매시간 나타나 관측 자료와의 정합도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 본 연구에서는 동일한 물질의 관측 자료와 모델 자료를 자료동화 하였으나, 추후 위성자료, 라이더자료와 같은 원격탐사 자료를 이용한 자료동화를 통해 모델의 정확도를 개선 및 역 모델링 기법을 활용한 배출량 보정을 수행하고자 한다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019 R1C1C1003428).