

DR11) 대기오염 연구를 위한 기상장의 구성

A Method to Produce Meteorological Field for Air Quality Study

이상미, 윤순창
 서울대학교 대기과학과

1. 서론

배출원에서 배출된 대기오염물질은 바람장에 의해 대기 중에서 이류 및 확산되므로 바람장에 대한 보다 정확한 이해와 재현(characterization) 및 예측(prediction)은 대기오염 연구에 필수적이라고 할 수 있다. 대기오염 모델에 사용되는 기상 자료는 진단적 방법 또는 예단적 방법에 의해 산출될 수 있는데 진단적 방법보다는 예단적 방법이 자료의 시·공간적 제약이 적으므로 예단적 방법을 선호하는 추세이다. 예단적 방법은 정역학 모델과 비정역학 모델로 대별할 수 있는데, 80년대까지 보편적으로 사용되던 정역학 모델은 90년대에 들어서면서 보다 정교한 모델의 필요성으로 인하여 점차 비정역학 모델로 대체되고 있는 실정이다. 그러나 아무리 정교한 수치 모델에 의해서 생성되는 기상장이라 할지라도 지금까지 중규모 기상모델의 목적은 정확한 기상 예측에 있었으므로 이를 대기오염 수치모의를 비롯한 대기오염 연구에 직접적으로 적용하는 데는 이와 윤(1999)이 지적한 Mass Inconsistency 문제 이외에도 모델에서 산출된 지면 부근 기상장 특히 바람장이 실제 바람장을 충분히 나타내지 못한다는 문제점을 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 대기오염 연구에 적합하도록 지면부근에서 신뢰도가 높은 기상장 특히 바람장을 생산하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 3차원 비정역학 압축성 원시방정식모델로서 지형을 따라가는 (terrain following) curvilinear coordinate와 Arakawa-C 격자계로 구성된 중규모 모델인 ARPS (Advanced Regional Prediction System)를 사용하였다. 이 ARPS 모델을 이용하여 일기상태가 맑고, 오산에서 측정된 850hPa면의 풍속이 약 5m/s 내외로 중풍바람장의 영향이 비교적 약한 1998년 8월 29일 사례에 대하여 수치모의를 수행하였다. 사례에 해당하는 1998년 8월 29일 15시의 서울·경기지방 일대의 지상 관측 바람장은 그림1과 같다. 그림1에 의하면 본 사례는 전반적으로 풍속이 약하여 내륙지역에서는 두드러진 풍향이 나타나지 않고 있으나 해안지역에서 잘 발달한 해풍을 보이고 있다. 본 사례에 대하여 기상청의 전구모델 분석 자료를 초기조건으로 하여 격자 간격 27km의 동아시아 영역, 격자간격 09km의 한반도 전체 영역을 걸쳐서 격자간격 03km의 서울·경기 영역(그림2 참조)으로 3단계로 등지격자화(Nested grid)하여 기상장을 산출하였다. 이와 같이 산출된 기상장을 기상대의 지상 관측망 데이터와 기상청의 자동기상관측망 데이터를 이용하여 매 3시간 간격으로 연속적으로 자료동화(Four Dimensional Data Assimilation)한 결과와 비교하였다. 그리고 기상모델을 통해 보다 효율적으로 기상장을 생산하기 위해서 등지격자를 사용하지 않은 비교적 정확도가 떨어지는 간단한 초기조건과 경계조건을 이용하면서 동시에 관측자료로 자료동화한 결과와 비교하였다. 이상의 수치 실험을 요약하면 표1과 같다.

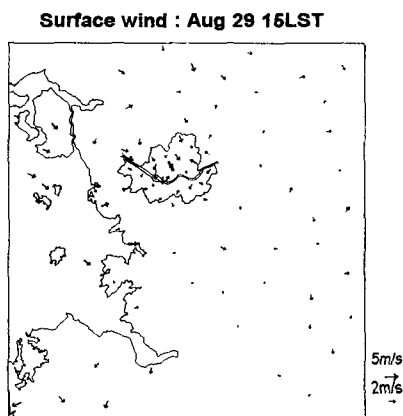


Fig. 1. Observed surface wind field at 1500LST, Aug 19, 1998.

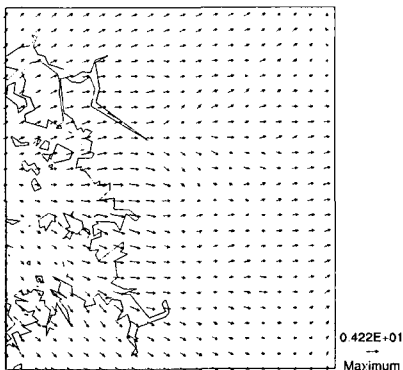
Table 1. Summary of different characteristics of three numerical experiments.

| | Exp. ① | Exp. ② | Exp. ③ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Initial Condition | Global model analysis data | Global model analysis data | simple sounding data |
| Lateral Boundary Condition | externally forced | externally forced | radiation |
| Nesting | ○ | ○ | × |
| FDDA | × | ○ | ○ |

3. 결과 및 고찰

기상청 전구모델 분석자료를 초기자료로 하여 3단계의 등지격자화를 통해 생산한 지면부근 바람장은 그림2-(a)와 같다. 관측 데이터를 이용하여 자료동화를 수행하지 않은 그림2-(a)의 경우 전반적으로 잘 발달한 해풍을 나타내고 있고, 수치모의 영역의 북동쪽에서 지형의 영향으로 인해 약한 곡풍의 형태를 보이고 있다. 그림2-(b)는 관측 데이터를 이용하여 연속적인 자료동화를 수행한 경우의 지면부근 바람장으로 자료동화를 수행하지 않은 경우에 비하여 태안반도 부근에서 북풍이 강화되고 서울 북부의 경기도 일대에서도 북서기류가 강화되었고 수치모의 영역의 남동쪽 내륙지역에서 자료동화를 하지 않은 경우의 일관된 서풍과는 달리 약한 국지 요동을 나타낸 등 관측 바람장에 보다 근사한 것으로 나타났다. 관측된 바람장에 대한 RMS vector error는 24시간동안 모델을 적분할 때, 자료동화를 수행하지 않은 경우(Exp ①)는 3.1637, 자료동화를 수행한 경우(Exp ②)는 1.2532로 자료동화를 하는 경우 RMS vector error가 약 60.4%로 감소하였다. 등지격자계를 사용하지 않고 상대적으로 정확도가 떨어지는 간단한 초기조건과 경계조건을 이용하면서 동시에 관측자료로 자료동화를 수행한 경우(Exp ③) 24시간후의 RMS vector error는 1.8488로 이는 초기조건과 경계조건을 충실히 사용한 Exp ①에 비해 RMS vector error가 41.6% 감소하였다. 따라서 지표면 부근의 보다 정확한 바람장을 필요로 하는 대기오염 연구의 관점에서 볼 때 초기조건이나 경계조건의 정확도보다는 관측 데이터를 이용한 자료동화 과정이 기상장의 품질에 미치는 영향이 더 크게 나타났다.

(a) Surface wind field without FDDA.



(b) Surface wind field with FDDA.

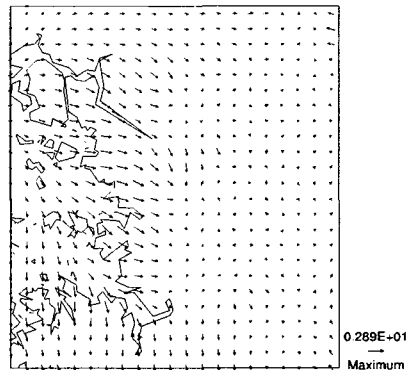


Fig. 2. Simulated surface wind field at 1500LST Aug 29, 1998.

(a) without FDDA, (b) with FDDA.