

수치모델을 이용한 안개 예측 사례 연구

김영아 · 오희진 · 서태건

기상청 기상연구소

Fog Forecasting by Using Numerical Weather Prediction Model

Young-Ah Kim, Hee Jin Oh, and Tae-Gun Seo

Meteorological Research Institute, KMA

1. 서론

기상학적으로 안개는 지상에서 발생하는 응결 현상으로, 시정이 1km 이하일 때로 정의된다. 안개 발생은 기후 인자의 영향을 많이 받는다. 따라서 각 지역마다의 발생 특성을 따로 통계해야 할 필요가 있다. 특히 항공 교통의 장애가 되는 위험 요소로서의 역할이 증시되어 각 비행장마다 발생 특성이 따로 통계 분석되고 이용되어 왔다. 그러나 안개 자체가 정시 관측만으로는 추적되지 않으며 정규관측이 불가능한 속성을 가지고 있다. 비행장을 위시한 전 세계의 관측소에서 아직도 안개 관측을 육안에 크게 의존하고 있음은 부인할 수 없는 사실이다(변희룡 등, 1997).

관측의 어려움과 오류에 의한 비선형 효과가 큰 해무의 예측은 수치 모델을 이용하는 것이 효과적이다. 그런데 수치모델을 이용한 안개의 적절한 모사를 위해서는 난류의 혼합, 복사, 구름 및 아격자 응결과정, gravitational settling, 지면과의 상호작용 등의 물리과정들에 대한 적절한 모사가 필요하다(Wang and Seaman, 1997). 그러나 이들 과정을 고려하는 경우 모형 적분 시간이 많이 소요되는 단점이 있기 때문에 대부분의 현업 모델에서는 안개 발생시 미세 물리 과정을 거의 다루지 않았다. 그러나 최근에는 대형 컴퓨터의 발달에 따라 계산력이 향상되어 안개 발생의 미세 물리 과정이 포함된 경계층 모형을 현업 모델로써 사용하고자 하는 시도가 많아지고 있다(안중배 등, 2002).

본 연구에서는 Gayno-Seaman 경계층 모형을 기본으로 하여 안개 발생 및 소산과 관련된 두 가지 물리과정의 모수화를 고려한 안개 모듈을 PSU/NCAR MM5에 삽입한 안개 예측 모델을 이용하여 영종도를 중심으로 우리나라 서해 중부에서 발생한 해무 사례의 수치예보 결과를 살펴보았다.

2. 모델의 개요

본 연구에서 사용한 안개 예측 모델은 비정수계 중규모 모델인 PSU/NCAR MM5V3를 이용하였다. 연직좌표계는 지형을 따르는 23층의 σ -좌표계를 사용하며, 모델에서 사용된 구름 모수화 과정은 Grell(1993)의 방법을 사용하였다. 복사과정은 명시적 구름(explicit cloud)과 장파 및 단파의 상호작용을 충분히 고려한 구름 복사 방안(Cloud-radiation scheme)을 사용하였다. 또한 지면온도와 수분은 5층 토양모형을 사용하였으며, 경계층 물리과정은 First-order Blackadar PBL 물리과정을 기본으로 한 Gayno-Seaman 2.5 level 방안(Gayno, 1995)을 사용하였다(안중배 등, 2002).

3. 실험 결과

본 연구에서 모의한 사례는 영종도에서 2002년 6월 10일 15UTC에서 23UTC 사이에 발생한 안개로, 모델 모의 결과 24 시간, 36 시간 예측에서 안개 발생을 모의하였다. Fig. 1은 영종도 시정 관측자료(왼쪽)와 모델에서 모의한 안개 물량(Fog liquid water contents, 오른쪽)이다. 관측 자료에서 시정이 1 km 미만이고 강수 등에 의한 시정 저하가 아닌 경우를 안개로 보았으며, 그림에서 점선 아래 부분에 해당된다. 안개 물량은 그 값이 0.05 g/kg 이상이면 안개가 발생한 것으로 판단하였으며, 그림에서 짧은 쇠선 위 부분에 해당된다. 모델 모의 결과를 살펴보면, 24시간, 36시간 예보 결과는 안개 발생을 전후한 12시간 동안 안개물량이 0.05 이상으로 안개를 모의하였으나, 12시간, 48시간 예보에서는 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 안개가 발생한 기간을 전후한 12시간동안 안개 발생을 모의하지 못했다.

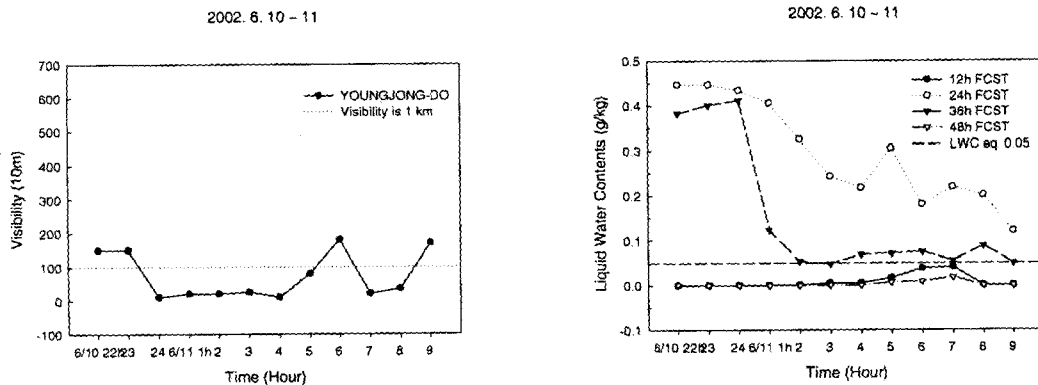


Fig. 1. The observed visibility(left) and simulated fog liquid water contents(right).

Fig. 2의 왼쪽 그림은 모델에서 모의한 안개 모의 결과의 수평분포를 나타낸 것으로 24시간 예측 결과이다. 우리 나라 서해안쪽으로 길게 안개 분포가 나타나고 있다. 오른쪽 그림은 위성에서 관측한 자료를 분석하여 얻은 안개 및 하층운 분포 자료로 우리 나라 서해 중부 해안에서의 국지적 안개 발생을 보여주고 있다. 실제로 영종도 근처의 연평도, 인천공항, 강화, 김포공항, 대방, 서울공항, 전곡리, 수원 등의 시간별 관측 자료를 살펴 본 결과 연평도, 인천공항, 강화, 전곡리 등에서는 비슷한 시각에 안개 발생이 나타나고 있지만, 김포공항, 서울 공항, 수원, 대방 등 조금 더 내륙으로 들어간 지점에서는 안개가 발생하지 않았다. 관측 결과와 비교해 볼 때, 전체적으로 모델이 안개 발생을 다소 과다하게 모의하고 있기는 하지만, 안개 발생의 국지적 특성과 모델의 수평해상도를 고려할 때 비교적 잘 모의하고 있음을 보여준다.

Fig. 3의 왼쪽 그림은 6월 10일 12UTC의 925 hPa 일기도이다. 우리 나라 서해안 지역의 등고선 간격은 넓은 편이며, 서해 중부에서 약한 서북서 방향의 바람과 비교적 강한 남서풍 계열의 바람이 수렴하고 있다. 수렴 지역과 위성 사진의 안개 발생 지역이 유사하다. 한편, Fig. 3의 오른쪽 그림은 모델 결과의 남북성분 바람으로, 서해안과 서해 중부 위 해역은 북풍 계열의 약한 바람이 불고 서해 중부 아래 해역은 남풍 계열의 약한 바람이 분다. 안개 발생 지역은 북풍 계열의 바람이 부는 지역과 유사하다. 여기에서 보이지는 않았지만, 모델 결과의 동서성분 바람에서는 서해 중부 해상에 중심을 둔 비교적 강한 서풍이 불고 있다. 따라서 모델 결과에서도 비교적 강한 남서풍과 약한 북서 계열의 바람이 수렴하는 지역과 안개 발생 지역이 유사하게 분포하고 있음을 알 수 있다.

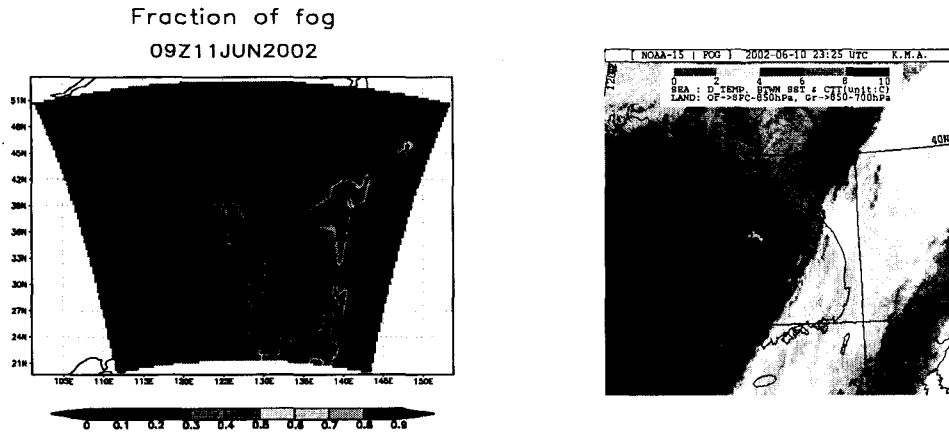


Fig. 2. The +24 hour forecast fog fraction(left) and analyzed fog and low-level cloud from satellite data(right).

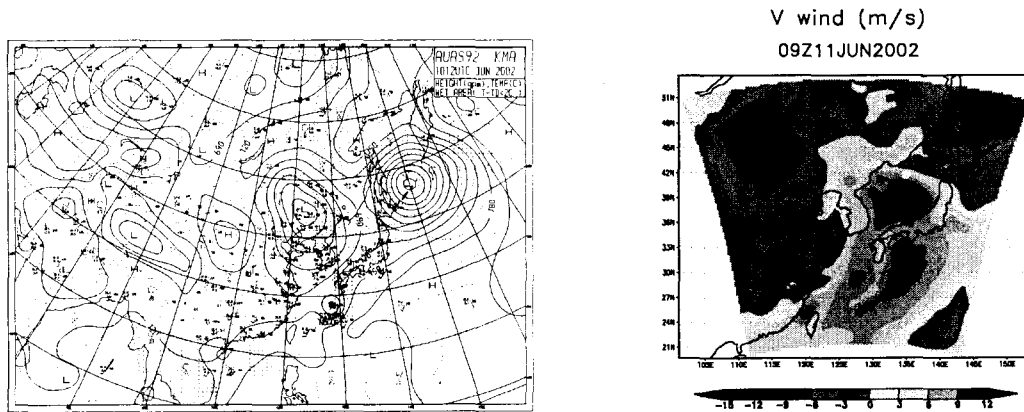


Fig. 3. The 925 hPa analysis map at 6/10/12UTC (left) and north-south wind component of +24 hour forecast(right).

4. 결과 및 토의

6월 11일 오전에 발생한 안개 사례를 모의한 결과, 영종도에서 24 시간, 36 시간 예보 결과에서 안개를 예측하였다. 24시간 예측 결과의 공간 분포를 위성 사진과 비교한 결과 실제보다는 다소 광범위하지만 서해 중부 해안에서 국지적으로 발생한 안개를 비교적 잘 모의하였다. 발생한 시점의 종관 상태를 6월 10일 12UTC의 분석일기도로 살펴 본 결과 안개 발생 지역과 풍계의 수렴 지역이 유사성을 보였으며, 모델에서도 비슷한 결과를 보여 주었다. 이러한 결과는 수치모델을 이용한 안개 예측의 가능성을 보여주는 것으로 사료되며, 앞으로 더 많은 사례와 더 자세한 분석을 통하여 그 가능성을 더 높여 나가야 할 것이다.

Acknowledgements:

이 연구는 기상청 기상연구소에서 수행하는 기본연구 사업인 “영종도 주변 해역의 해무예측연구 (Ⅲ)” 과제로 수행된 것입니다.

인용문헌

변희룡, 이동규, 이화운, 1997: 동해 및 그 주변에서 발생하는 해무의 특성과 예측 가능성 조사. 한국기상학회지, 제33권, 제1호, 41-62.

안중배, 남재철, 서장원, 이해진, 2002: 해무 예측 모듈 개발과 울릉도 해무 사례 적용 연구. 한국기상학회지, 제38권, 제2호, 155-164.

Gayno, G. A., 1995: Development of a higher-order, fog-producing boundary layer model suitable for use in numerical weather prediction. M.S. Thesis, The Pennsylvania State university, 104pp.

Grell, G. A., 1993: Prognostic Evaluation of Assumptions Used by Cumulus Parameterizations. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 764-787.

Wang, W., and N. L. Seaman, 1997: A comparison study of convective parameterization schemes in a mesoscale model. *Mon. Wea. Rev.* 125, 252-278.