

4B3) 한반도에서 WRF모델의 물리과정에 따른 지역별 안개예측 민감도 분석

A Study on the Sensitivity of the Simulations of Regional Fog Prediction over Korea to Physical Parameterizations in WRF

방철한 · 홍성유¹⁾ · 송창근

국립환경과학원 기후변화연구과, ¹⁾연세대 수치모델링연구소

1. 서 론

우리나라는 국토면적이 좁으나 지형이 복잡하여 안개와 같은 국지적 기상현상이 지역별로 다양하다. 대기중의 수증기 응결 현상이 지면과 맞닿아 일어날 때를 안개라 하며, 기상학적으로 안개는 시정이 1km 이하일 때로 정의된다(Oke, 1987). 일반적으로 우리나라에서 발생하는 안개는 크게 해양학적 특성과 더불어 중관적 특성에 좌우되는 연안안개와 국지적 특성에 의한 온도차이에 좌우되는 복사안개로 구분 된다(Jhun et al., 1999; Leipper, 1994; Roach, 1995). 안개현상은 시정 악화를 초래하여 해상이나 육상에서 교통에 큰 위함요소가 될 수 있지만 정규관측이 불가능한 속성을 가지고 있으므로 예측이 쉽지 않다(변희룡 등, 1997). 이와 같은 안개예측은 수치모델을 이용하는 것이 효과적인데 안개는 미세물리과정 및 대기경계층에서의 중규모 과정과 함께 기단 등의 중관규모 대기운동의 영향을 받으므로 한반도에서 안개발생의 중관 현상 규정 및 모델에서 미세물리(이하 MPS)와 경계층(이하 PBL)의 선정이 중요하다. 따라서 이번 연구는 안개특성에 맞게 물리과정별 민감도를 실험하여 한반도에서 안개예측의 모델 최적화에 목적이 있다 하겠다.

2. 연구 방법

이 실험에서 사용된 수치모형은 WRF(Weather Research and Forecasting model) version 3.1(Skamarock et al., 2009)로, 중규모 현상 및 고해상도 연구에 탁월한 효과를 가지고 있다. 실험 지역으로는, 이류안개와 복사안개의 특성에 따른 물리과정 민감도 비교가 용이하도록 하기 위하여, 한반도 연안의 최다 이류안개 발생지역인 인천(Lim et al., 2005 임현호KMS; Heo, 2004)과 inland region의 최다 복사안개 발생지역인 충주(Jhun et al., 1998)를 선정하였다. 연안지역 안개 발생은 종관장 배경에 큰 영향을 받으며 한반도 연안지역에서 가장 빈번히 해무가 발생하는 종관장 분류로는 여름철 서쪽에 고기압이 위치하여 남~남서풍이 4ms^{-1} 미만의 바람이 있는 경우이다(Her et al. 2004). 반면 내륙지역 복사안개 발생은 가을철 지상풍속 1ms^{-1} 미만의 경우 지속 기간 동안 상대습도가 90%이상이며, 안개 발생 4시간 전부터 운량이 3/10이하로 강수가 없는날 최적조건이다(Her et al., 2008; 조혜경, 1996; 기상연구소, 1988; Taylor, 1917). 따라서, 최근 이 조건에 가장 잘 부합하는 2008년 6월 13일 사례와 10월 3일 사례를 각각 선정하였다. 모델 영역 및 기타 설정은 그림 1과 표 1에 각각 나타나있다.

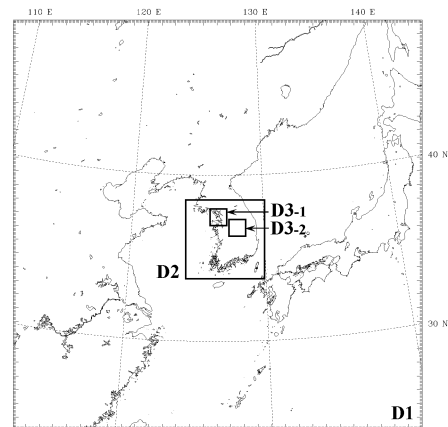


Fig. 1. Model domain divided for 9-km (D1). The resolutions of inner domains (D2, D3_1 and D3_2) are 3-km, 1-km and 1-km.

Table 1. Control experimental designs.

Items	Description			
	9km	3km	1km	1km
Dx	9km	3km	1km	1km
Dimension	300×300	169×169	52×52	52×52
Data	NCEP-final GDAS (1°× 1°)			
Landuse data	USGS 30s data			
Runtime	Incheon - 2008.06.12.00:00~14.00:00 / Chongju - 2008.10.02 00:00~04.00:00(UTC)			
Vertical layers	23/ 50hPa			
Initialization	Two-way nest			
Cumulus parameterization	New-KF			
RAD	RRTM			
Ground Temp	5-layer soil model			

민감도 실험은 기준실험과 같으나 기준 실험에서 각각 미세물리 및 경계층 모수화 방안을 달리하여 구성하였으며, 표 2는 민감도 실험의 요약이다. 안개교로 인한 시정 산출 방법은 식 1과 같은데 물체의 휘도 I_0 와 관찰 지점에서의 휘도 $I(x_{obs})$ 의 비율에 대한 소산계수(β)의 관계식으로 주어진다.

$$\frac{I(x_{obs})}{I_0} = \exp\left(-\int_0^{x_{obs}} \beta(x)dx\right) \quad (1)$$

Table 2. Summary of numerical experiments. A dash means the same setup as in the CTL experiment.

Site	Experiments	MPS scheme	PBL scheme	Site	Experiments	MPS scheme	PBL scheme
Incheon	IWY	WSM6	YSU	Chongju	CWY	WSM6	YSU
	IWM	WSM6	MRF		CWM	WSM6	MRF
	IWJ	WSM6	MYJ		CWJ	WSM6	MYJ
	IPY	PLIN	YSU		CPY	PLIN	YSU
	IPM	PLIN	MRF		CPM	PLIN	MRF
	IPJ	PLIN	MYJ		CPJ	PLIN	MYJ
	ITY	Thom.	YSU		CTY	Thom.	YSU
	ITM	Thom.	MRF		CTM	Thom.	MRF
	ITJ	Thom.	MYJ		CTJ	Thom.	MYJ

3. 결과 및 고찰

MPS는 내륙지역 안개발생에 더 민감했으며, WSM6 방안을 적용하였을 때 비교적 좋은 결과를 모사하였다. 한편 PBL은 연안지역 안개발생에 민감하였으며, YSU 방안을 적용하였을 때 잘 모사하는 것으로 나타났다.

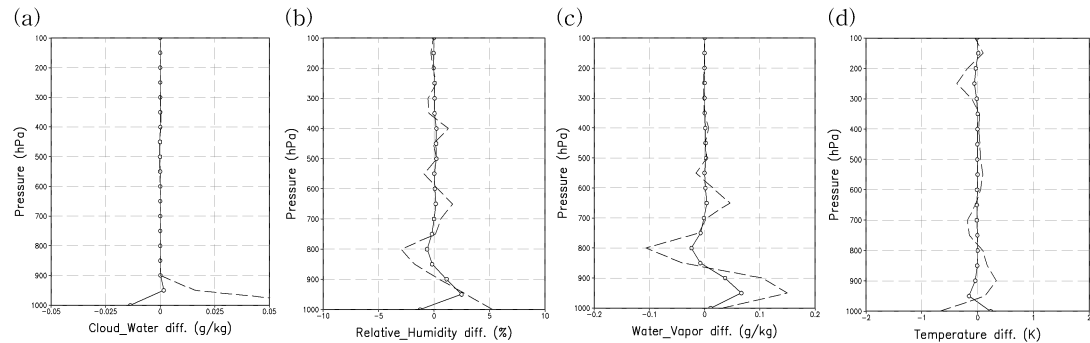


Fig. 2. Vertical profile for the difference of (a) cloud water, (b) water vapor, (c) relative humidity and (d) temperature averaged for the integrative period. Solid line with open circles for IWY-IWM and dashed line for IWY-IWJ PBL experiments, respectively on Incheon.

본 연구를 통해 안개발생의 지역특성에 따라 중관규모 기상장의 대표적 사례를 선별하여 실험하였으며, 각 물리과정의 최적화에 기인한 결과를 도출하였음에 큰 의의가 있다 하겠다.

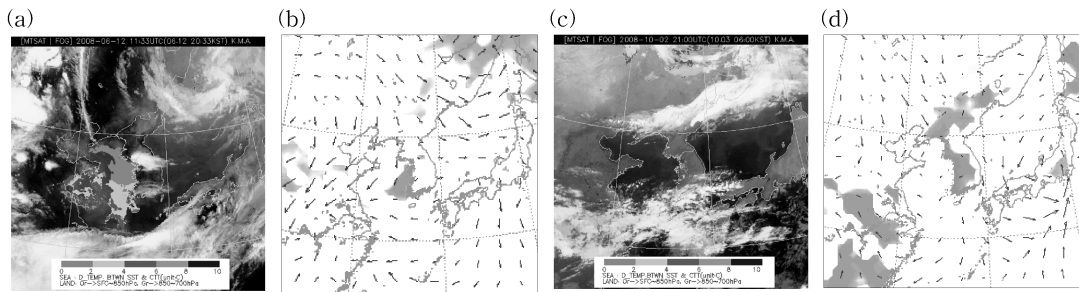


Fig. 3. Comparison of the GMS satellite image of advection fog (a) with simulated visibility (b) 00 UTC 12 June 2008 and comparison of the GMS satellite image of radiation fog (c) with simulated visibility (d) 00 UTC 2 October 2008.

참 고 문 헌

Oke, T.R. (1987) Boundary Layer Climates. London and New York, Methuen, 240-241.
 Skamarock, W.C., J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, W. Wang, and J.G. Powers (2009) A Description of the Advanced Research WRF Version 2. NCAR technical note, NCAR/TN-468+STR.