

2003년 7-8월 집중호우에 대한 MM5의 모의수준

서명석, 제창언, 강전호, 곽종흠
(공주대학교 대기과학과, sms416@kongju.ac.kr)

1. 서론

중위도 대륙 동안에 위치하는 우리나라에서는 동아시아 몬순기후의 영향으로 여름철에 많은 비가 집중될 뿐만 아니라 강수량의 경년변동도 강하게 나타나고 있다. 2003년 여름은 강수일 수 및 강수량 면에서 이상기후라 할 수 있을 정도로 지속적으로 많은 비가 내린 여름이었다. 기상청 분석에 의하면 우리나라 여름 몬순의 강도를 조절하는 인자중의 하나인 북태평양 고기압이 전반에는 정상적으로 발달하였으나 후반에 그 세력이 크게 확장하지 못하고, 우리나라 부근에서 정체함에 따라 비 오는 날이 많은 것으로 알려져 있다(기상연구소, 2003). 그 결과 여름철 평균 강우량이 999.5 mm로 평년의 699.7 mm보다 약 300 mm 이상 많은 비가 내렸다. 홍수예보, 수자원관리 등 방재에서부터 우리의 일상생활에 이르기까지 정량적 강수량의 예보의 가치는 점점 증대되고 있다. 현재 정량적 강수예보 도구로 가장 많이 이용되는 것이 중규모 수치모델이다. 본 연구에서는 강수일 수 및 양 측면에서 이상기후 형태를 보였던 2003년 7월과 8월에 발생했던 집중호우에 대하여 중규모 수치모델(MM5)의 정량적 모의 수준을 분석하였다. Table 1은 일 강수량 80 mm를 기준으로 선택한 8개의 집중호우 사례들의 특성을 간단히 요약한 것으로 시간별 최대 강수량이 대부분 60 mm 이상이며 누적 강수량도 200 mm를 넘고 있다.

2. 자료 및 연구방법

집중호우를 모의에 사용된 모델은 MM5이며 모델의 해상도 및 물리과정은 Table 2에 요약되었다(Grell et al., 1995; Lee and Park, 2002). 수치모델의 모의수준은 측면경계조건에 많은 영향을 받기 때문에 여기서는 최근 재분석되어 제공되고 있는 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 의 NCEP/NCAR 자료를 이용하였다. 남한 지역에서의 집중호우에 대한 모의 수준을 분석하기 위하여 모의 영역을 Fig. 1과 같이 3단계(격자점 크기: 54-18-6km)로 구성하였으며 적분을 용이하게 하기 위하여 일방동지로 계산하였다. 즉, 6시간 주기의 NCEP/NCAR 자료를 이용하여 영역 1(54 km)을 적분한 후 이를 다시 경계 및 초기조건으로 하여 영역 2(18 km)와 영역 3(6 km)를 적분하였다. 영역 2와 영역 3를 적분하는 과정에서 측면 경계조건은 3시간 간격으로 하였다. 강수 및 기온에 대한 모델의 검증에는 기상청에서 제공한

400여소의 지상관측자료(AWS)를 이용하였다.

3. 모의결과

Fig. 2는 남한 전체에서 강수량이 많았던 사례 1에 대한 모델의 모의결과와 관측강수량을 나타낸 것이다. MM5는 전체적으로 강수영역을 잘 모의하였으나 군산에서 포항에 이르는 동서방향의 집중호우 대와 남부 일부지역에서 발생한 국지적 집중호우를 약하게 모의하고 있다. 강수량의 공간분포에 대한 MM5의 모의수준은 사례(강수특성)에 따라 차이가 크게 나타나고 있으며 전체적으로 국지적인 집중호우의 위치 및 양을 정확히 모의하지 못하고 있다.

Fig. 3은 면적평균 시간 강수량에 대한 모델의 정량적 모의수준을 사례 1과 6에 대해 나타낸 것이다. (a)와 (d)는 강수의 시간변동에 대한 모의 수준을 보인 것이고, (b)와 (e)는 강수강도에 따른 TS를 보인 것이며 (c)와 (f)는 모델의 bias와 RMSE를 보인 것이다. 사례 1의 경우 강수 시작시간과 종료시간 그리고 최대강도 시간을 비교적 정확히 모의하였다. TS의 값은 강수강도에 비례하게 나타나고 있어 강수강도가 가장 강했던 데 최대로 나타나고 강수 시작과 종료시간에는 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 하지만 강수강도 12.5 mm를 기준으로 할 경우 TS는 강수시간대에 관계없이 현저히 낮게 나타나고 있다. Bias와 RMSE도 전 강수시간대에 걸쳐 매우 작게 나타나고 있으나 최대치 발생후기의 강수강도를 관측보다 적게 모의한 결과 RMSE가 급격히 커지고 있다. 이것은 Fig. 2의 공간분포에서 보인 바와 같이 동서방향의 집중호우 대와 남부지방에서 국지적으로 발생한 집중호우를 모의하지 못한 것에 기인한다. 사례 6의 경우 강수 시작시간과 종료시간은 유사하게 모의하였으나 최대강도 시간을 3시간 이상 지연되게 모의하였을 뿐만 아니라 후반기의 강수강도를 실제보다 2-3배 강하게 모의하였다. TS의 값도 강수초기에서 중기까지는 높게 나타나다가 후기에는 뚜렷하게 낮아지고 있다. 사례 6의 경우 강수시스템의 시간변화를 적절히 모의하지 못한 결과 bias와 RMSE도 전 강수시간대에 걸쳐 매우 크게 나타나고 있으며 특히 bias의 경우에는 강수 전반기에는 강한 음의 bias를 보이다가 후반기에는 강한 양의 bias를 나타내고 있다. 이는 모델이 강수위치, 강수강도, 강수시각 등 정량적 측면에서 모두 적절히 모의하지 못한 결과이다. 강수지속시간, 강수 면적 등에서 사례 6은 국지적 집중호우 현상임을 알 수 있는 데 현재의 MM5 모델이 이러한 국지적 집중호우를 모의하는 데 한계가 있음을 알 수 있다(Table 1).

8개 사례의 모의 수준 분석 결과 집중호우에 대한 MM5의 모의 수준은 집중호우 유형

및 강수시간대에 따라 다양하게 나타나고 있다. 전체적으로 강수 시스템이 종관장의 영향을 많이 받아서 강수면적이 넓고 지속시간이 긴 경우에는 모의수준이 상대적으로 높게 나타나고 있으나 국지적인 집중호우의 경우에는 강수 위치, 강도 및 발생시간면에서 개선할 점이 많이 있음을 보이고 있다. 이러한 문제점은 지금까지 많은 연구 및 현업운용에서도 지적된 바 있으며 이의 해결을 위하여 초기 및 경계조건 개선을 위한 자료동화 기술개발과 모델의 비선형성을 극복하기 위한 앙상블 예측기술이 연구 개발되고 있다. 하지만 상대적으로 강제력이 약한 것으로 알려진 관계로 지면-대기 상호작용의 영향에 대한 연구는 미흡하다. 최근 일부 연구에 의하면 지면-대기 상호작용이 대기조건에 따라서 집중호우를 일으키는 대류발생의 방아쇠 역할을 하는 것으로 알려지고 있으므로 지면-대기 물리과정의 개선은 강수시작시간 등 정량적 모의수준 향상에 기여할 수 있을 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 “충청지방 악기상 예측시스템 개발 II” 과제에서 수행된 것입니다

참고 문헌

- 기상연구소, 2003, 초단시간 강수특성 분석 및 예측모델 개발(IV), 321p.
- Grell, G. A., J. Dudhia, and D. R. Stauffer, 1995, A description of the fifth-generation PSU/NCAR mesoscale model(MM5),NCAR/TN-398+STR, 122p.
- Lee, D.-K., and J.-G., Park, 2002, A comparison study of moist physics schemes in simulation of east Asia heavy rainfall, Journal of th Korean Meteorological Society, 38(6), 581-592.

Table 1. Summary of rainfall characteristics for the 8 selected heavy rainfall cases.

case #	Rainfall period(LST)		Cloud top temperature(K)			Rainfall rate(mm/h)			Number of AWS points		
	Start	End	Max.	Ave.	SD.	Max.	Ave.	SD.	Max.	Ave.	SD.
1	07.03.01	07.03.09	209.8	248.9	20.4	71.5	6.1	6.1	385.0	304.1	74.2
2	07.04.21	07.05.03	211.2	241.2	16.2	71.0	6.7	8.3	156.0	98.0	49.0
3	07.09.07	07.09.13	207.4	226.5	13.2	83.0	5.5	7.5	193.0	161.4	21.2
4	07.24.22	07.25.11	207.1	248.1	24.7	70.5	5.7	8.2	146.0	101.8	27.6
5	08.19.01	08.19.11	208.1	237.4	16.7	53.0	5.1	5.7	213.0	166.0	20.7
6	08.20.19	08.21.06	212.1	241.1	21.4	65.5	4.7	7.1	94.0	67.3	23.2
7	08.27.01	08.27.09	201.5	228.0	14.0	99.5	5.3	8.9	146.0	102.5	33.8
8	08.27.09	08.27.19	206.8	235.1	15.3	80.5	5.5	6.5	337.0	252.7	65.6
Ave.			208.0	238.3	17.7	74.3	5.6	7.3	208.8	156.7	39.4

Table 2. Summary of model configurations used in this simulation.

	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Horizontal Dimensions	100*100	100*100	100*100
Vertical Layers / Model Top	34 (half 33) sigma layers / 50 hPa		
Horizontal Grid Distance	54 km	18 km	6 km
Time Integration	24 hr ($\Delta t=150\text{sec}$)	24 hr ($\Delta t=50\text{sec}$)	24 hr ($\Delta t=15\text{sec}$)
Lateral Boundary Condition	Time and inflow / outflow dependent relaxation		
Vertical Boundary Condition	Radiation		
Explicit Moisture	Graupel (gsfc)		
Cumulus Parameterization	Grell		
Planetary Boundary Layer	MRF		
Ground Temperature	Noah land-surface scheme		
Lateral Boundary Condition	NCEP/NCAR Reanalysis 6hour, $1^{\circ}\times 1^{\circ}$		

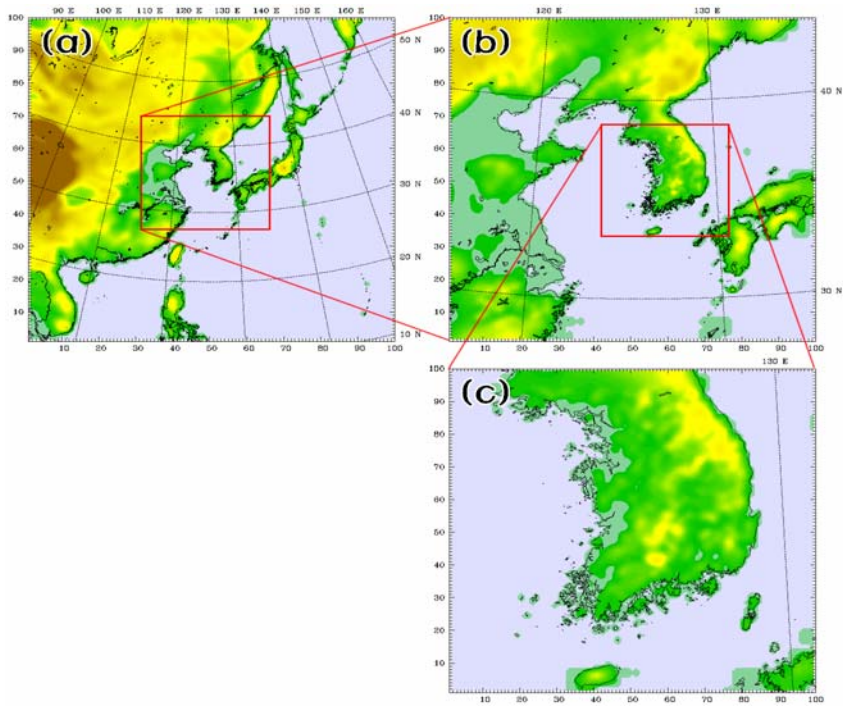


Fig. 1. Nested model domains with 54 km grid (a), 18 km grid (b) and 6 km(c). Terrain heights are included.

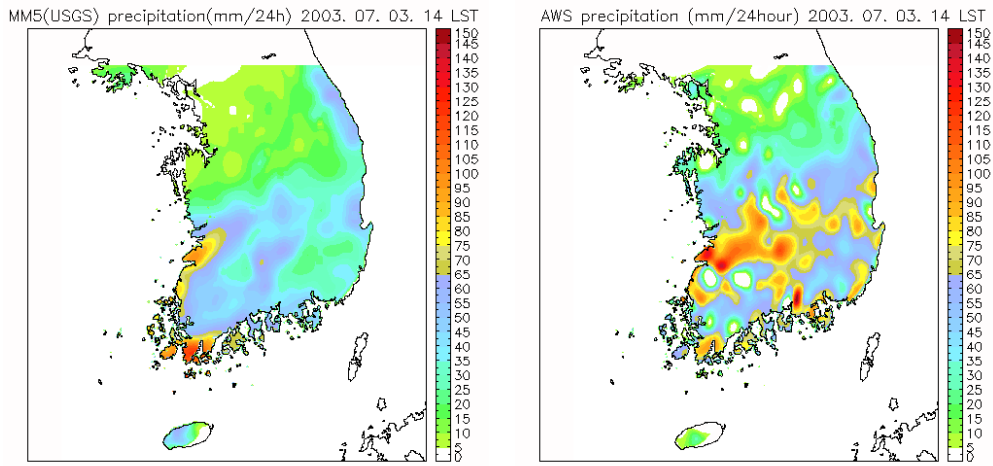


Fig. 2. Distribution of accumulated precipitation valid at 14 LST 3 July 2003. Left is a model simulation and right is an observed precipitation.

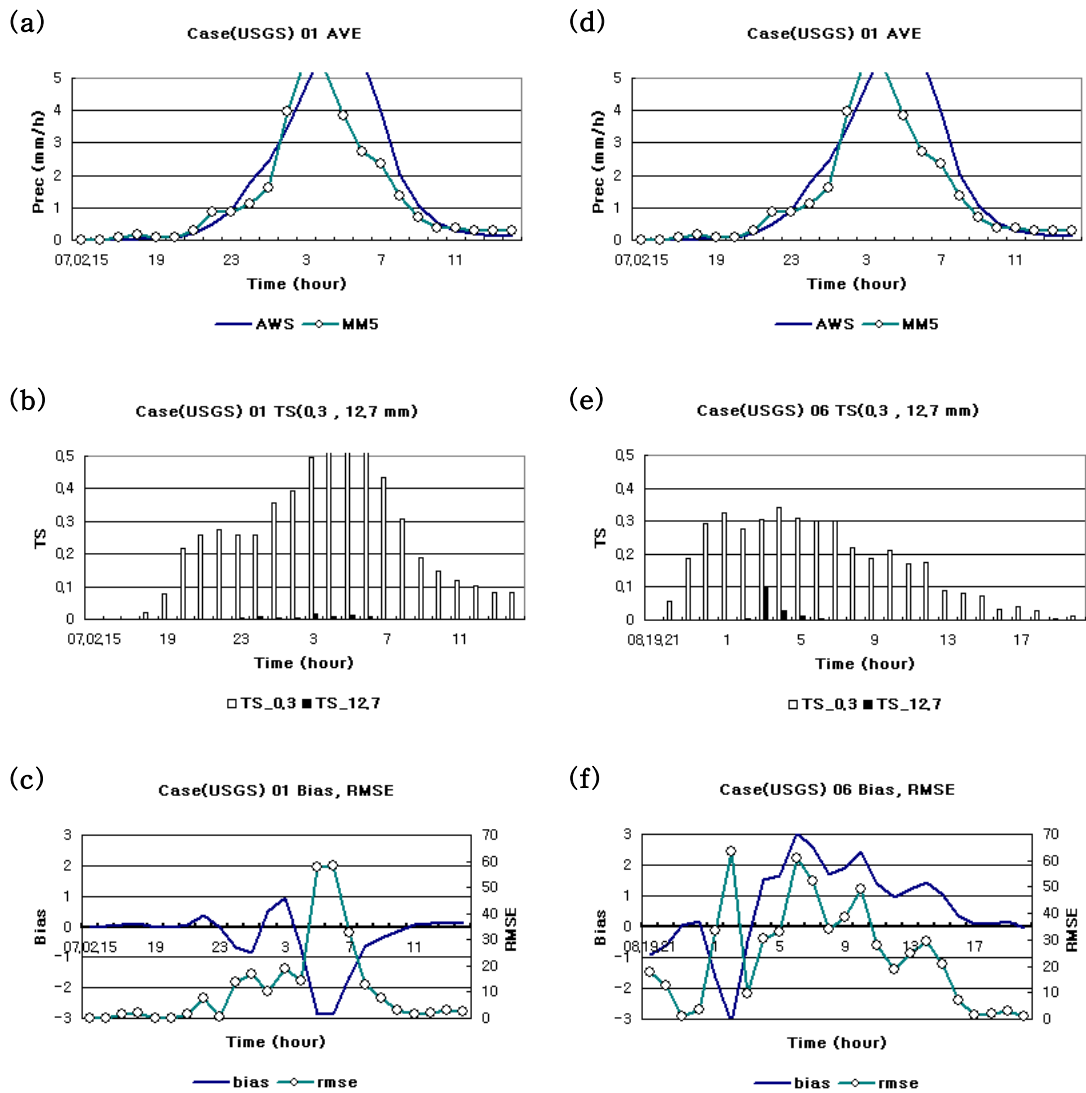


Fig. 3. Temporal variation of model results for the area averaged precipitation. (a) and (d) show an observed and simulated hourly precipitation, (b) and (e) show the TS according to the precipitation intensity, (c) and (f) show bias and RMSE.