

지구표면 온도의 변화에 대한 아열대 고기압의 반응

이 재 규
강릉대학교 대기환경과학과
(1998년 6월 1일 접수)

The Response of the Subtropical High to the Variation of the Earth Surface Temperature

Jae-Gyoo Lee
Dept. of Atmospheric Environmental Sciences, Kangnung National University, Kangnung, Korea
(Manuscript received 1 June 1998)

Three numerical experiments are done using IAP(Institute of Atmospheric Physics) global spectral model(T42L9) to investigate the influence of the surface temperatures on the 7-day simulation. Particularly, the response of the subtropical High in summer to the variation of soil temperature and sea surface temperature(SST) was emphasized through a series of experiments. Experiment 1 uses the June climate data as the earth surface conditions. Experiment 2 is similar to Experiment 1 except for the soil surface temperature. Experiment 3 is the same as Experiment 1 except for the modified SST, which is much warmer than the June climate SST on the sea around the Korean peninsula.

The main finding in 7-day simulation is that the response of the subtropical high in summer to the variation of the soil surface temperature was much more than that to the variation of the SST. It is implied that the proper treatment of soil surface temperature is more important than that of the SST for the better 7-day simulation of the subtropical high in summer.

Key words : subtropical high, numerical experiments, earth surface temperatures.

1. 서 론

몬순의 영향을 받고 있는 한반도는 아열대 고기압을 중요하게 생각할 수 있다. 이 아열대 고기압은 장마의 형성뿐만 아니라 장마 전선의 위치를 결정하기도 하며 또한 본격적인 여름 날씨와 밀접하게 관련되어 있어 여름철의 단기 예보와 중기 예보 그리고 장기 예보에 있어 이 아열대 고기압의 변동 예측이 핵심이라고 볼 수 있다. 또한, 대기오염의 문제와 관련되어 아열대 고기압의 발달여부가 중요한데 예를 들어 중관 기상상태 중에서 고기압과 관련된 상층의 강한 하강 운동이 대기오염에 미치는 영향을 지적한 바가 있고(Pissimanis et al., 1991), 또한 Sanchez et al.(1990)은 지상 기상변수와 500 hPa의 기상변수를 이용하여 중관 군집을 분류하고 이 분류에 따른 총 부유분진(TSP)의 농도 분포를 통해 대기오염의 가능성이 높은 군집을 밝힌 바가 있다.

한편, 여름철 수치모의와 관련된 연구의 경우, Rowntree와 Bolton(1983)은 토양 습기 아노말리의 영향에 대한 수치실험을 행하여 대류성 강수가 토양 습기의 초기 값에 민감함을 보였고, Bengtsson(1985)은 중기예보인 경우에 특히 열대 지방에서는 토양 습기와 해수면 온도(Sea Surface Temperature; SST)에 민감하다고

하였으며 Puri(1994)는 호주 여름 몬순에 대한 모델링 연구에서 몬순 시작의 단기 예측은 초기 습기 분석과 적은 대류의 모수화에 민감하였다고 밝힌 바가 있다.

국내에서는 여름철 예보와 관련된 수치실험으로 하경자와 김정우(1993a)는 GCM(General Circulation Model)을 이용한 앙상블 예보를 실시하여 1988년 7월 평균 기후 예보를 시도하였으며, 또 하경자와 김정우(1993b)는 해면온도가 월 평균 기후 모의에 미치는 영향에 관하여 연구를 하였다. 이동규 등(1996)은 ECMWF(European Centre for medium-range Weather Forecasts) 중기 예보 모델을 사용하여 동아시아 지역 여름 몬순 순환의 1개월 예측 가능성을 보여주었고, 이재규(1997)는 IAP 중기 예보 모델을 이용한 여름철 일주일 수치모의에서 토양 온도와 습기의 초기 장의 차이에 따라 모델 대기가 보다 민감한 반응을 보였다고 하였다. 한편, 겨울철 예보인 경우에는 Lee와 Hong(1989)은 48시간 수치모의 실험에서 겨울철 저기압을 모의하여 좋은 결과를 얻기 위해서는 육지에 인접한 해양에서 모델의 지표조건을 적절히 반영하는 것이 중요하다고 하였다. 이동규와 안영인(1993)은 ECMWF 전구 분광 모델(global spectral model)을 사

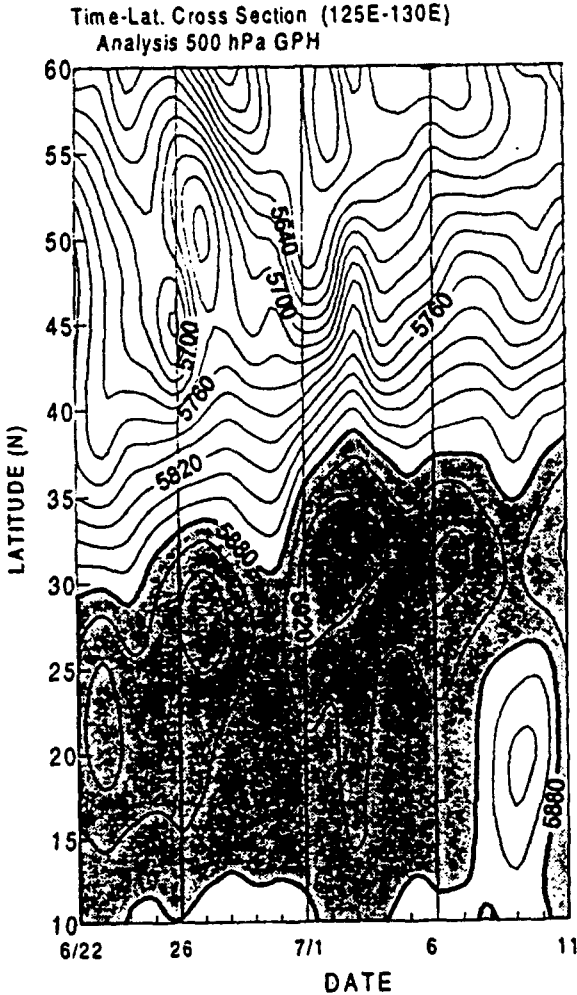


Fig. 1. The time-latitude cross-section of the average 500 hPa geopotential height (m) between 125°E and 130°E of the NMCC analysis, 5880m heights are denoted by thick solid lines, Regions greater than 5880m are shaded. Contour interval is 20m.

용하여 동아시아 한파 사례의 10일 예보실험 연구를 수행하여 분해능에 따른 결과를 비교하여 동아시아 지역의 한파 내습과 짧은 시간에 발달하는 저기압 계의 중규모 강수 현상의 예측 가능성을 보여 주었다.

그런데 중기 예보 모델을 사용하여 지구 표면의 경계 조건에 따른 모델 대기에 대한 논의는 많이 이루어지지 않고 있다. 따라서 이 연구에서는 LAP중기 예보 모델을 사용하여, 지표면 온도의 초기장과 SST의 차이에 따라 여름철 한반도 부근에서의 아열대 고기압의 발달에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 그리고 이 연구에서는 대류권을 대표하며 대기오염의 가능성을 진단하는데 중요하고(Sanchez et al., 1990), 아열대 고기압의 상태를 잘 반영하는 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 면(박순웅 등,

1988)에 대한 해석으로 제한하고자 한다.

2장에서는 분석 자료를 이용한 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장의 시간 변화 과정을 보였으며 3장에서는 이 연구를 위하여 사용된 LAP 중기 예보 모델에 대한 설명과 중기 수치모의 실험 설계에 대해 기술하고자 한다. 4장에서는 중기 수치모의 실험의 결과를 제시하고 또한 그 결과에 대해 논의하며 5장에서는 결론을 내리고자 한다.

2. 한반도 부근에서의 여름철 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장의 변화

모델 수행의 초기 시각은 1994년 6월 28일 12 UTC를 선택하였다. 이유는 7일의 수치모의 기간(94년 6월 29일-7월 5일)동안에 아열대 고기압이 한반도 쪽으로 급격히 확장을 하였기 때문이며 또한 이재규(1997)의 사례연구의 경우, 초기시각을 94년 6월 30일 12 UTC로 하였기 때문에 그 결과를 참고할 수 있기 때문이다.

이 연구에서 사용된 분석 자료 및 모델 초기자료는 중국 기상국 산하 국가 기상 센터(National Meteorological Centre of China; NMCC)의 위도/경도 2.5도 간격의 자료이다. 분석자료의 생산과 관련된 내용은 Tu et al., (1996)과 이재규(1997)의 연구에서 찾아볼 수 있다.

Fig. 1은 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 값을 한반도가 위치한 경도대인 125°E-130°E 사이에서 동일한 위도를 따라 평균한 시간-위도 단면도이다. 기간은 7일 모의 기간을 포함하는 94년 6월 22일부터 7월 11일까지이다. 여기서 아열대 고기압의 확장과 수축의 변동을 쉽게 살펴볼 수 있는데 7일 모의 기간 동안의 변동을 살펴보면 6월 30일부터 아열대 고기압이 발달하기 시작하여 7월 3일경에 최대로 확장하였다. 이 기간 동안에 아열대 고기압의 세력이 한반도 쪽으로 확장을 하면서 변동이 뚜렷하게 나타났음을 알 수 있다.

Fig. 2는 모의 실험의 초기 시각인 94년 6월 28일 12 UTC부터 모의의 마지막 날인 7월 5일 12 UTC 까지 매일의 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장을 보인 것이다. 동아시아, 특히 한반도 주변에서의 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장의 변화를 살펴보기 위하여 0°N-60°N과 90°E-180°E로 이루어진 영역에 대해서만 언급한다. Fig. 2a는 94년 6월 28일 12 UTC의 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장이다. 아열대 고기압대는 일본 남쪽 해상에서 화중지방으로 세력을 뻗고 있으며 한반도는 아열대 고기압의 가장자리에 위치하고 있다. 6월 29일(Fig. 2b)에는 화남 지방에 위치한 고기압 중심은 전날 보다 약화되고 고기압세력도 다소 남쪽으로 이동하였다. 6월 30일(Fig. 2c)에는 이 아열대 고기압이 다소 남하하여 30°N 위도대 부근을 따라 110°E에서 170°E에 걸쳐 세력을 동서로 뻗고 있으며 장마전선과 관련된 기압골은 몽고 부근에서 중국 내륙 쪽으로 놓여 있다. 7월 1일(Fig. 2d)에는 동중국 해상에 중심을 둔 아열대 고기압이 보다 발달(전날보다 약 40 m 정도 증가)하여 위도 30°N을 따라 양자강 주변과 화남 지방으로 주 세력을 확장하였고 또한 전날보다 아열대 고기압의 세력이 북

지구표면 온도의 변화에 대한 아열대 고기압의 반응

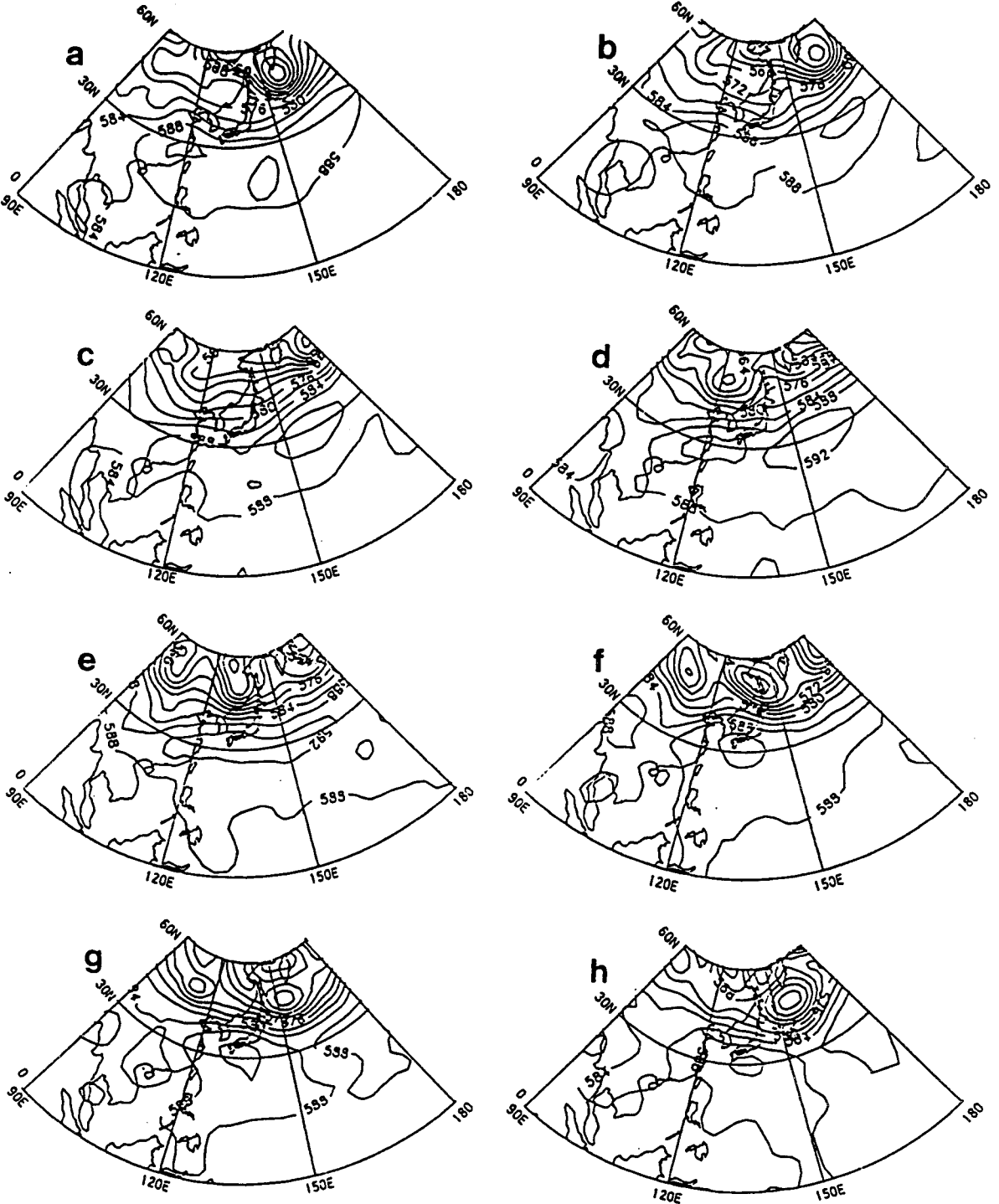


Fig. 2. NMCC analysis of 500 hPa geopotential heights at 12 UTC (a)28 June (initial field), (b)29, (c)30, (d) 1 July, (e)2, (f)3, (g)4 and 5. Contour interval is 40m (units in 10m).

상함에 따라 한반도는 아열대 고기압의 가장자리에 놓여 있다. 전날에 몽고 부근에 위치하였던 상층 저기압의 중심 부분은 북만주 지역으로 이동하면서 보다 발달하였으며 이 상층 저기압과 관련하여 발해만 쪽으로 남북

방향의 강한 기압 경도가 나타나며 이 부근에 장마전선이 위치하고 있음을 보여주고 있다. 2일(Fig. 2e)에는 동중국 해상에 위치한 아열대 고기압은 세력을 확장하여 5920 m 등치 선이 전날보다 약 2도 이상 북상하였다.

Table 1. Summary of numerical model experiments

Expt. name	Soil temperature and moisture	SST	Remarks
Ex1	June climate data	June climate data	standard fcst.
Ex2	June climate data except for July climate soil surface temperature	June climate data	
Ex3	June climate data	modified SST data	

이 아열대 고기압 능의 축은 거의 동서 방향으로 놓여 있고 몽고 부근으로 기압 능이 뚜렷하게 나타나고 있다. 한편, 전날에 북만주 지방에 위치한 기압골의 축은 동쪽으로 이동하여 이 기압골의 축의 남단 부분은 연해주 부근에 머물고 있다. 3일(Fig. 2f)에는 아열대 고기압이 큐슈 부근에 중심을 두면서 한반도 쪽으로 세력을 확장하여 제주도 및 남부 지방은 아열대 고기압의 직접적인 영향 아래에 있다. 한반도 서해 북부 해상 및 만주 지방으로 기압 능이 위치하고 있는데 이 날이 연구의 분석 기간 중에 한반도에서 지오퍼텐셜 고도가 가장 높은 날이었다. 한편, 몽고 지방에는 다소 발달한 상층 저기압이 위치하고 있다. 4일(Fig. 2g)에는 전반적으로 아열대 고기압의 세력이 약간 축소하여 한반도 서해 북부 해상 및 만주 지방에 위치한 기압 능은 사라졌지만 남부 지방은 아직도 아열대 고기압의 영향을 계속 받고 있다. 5일(Fig. 2h)에는 화북 지방에 중심을 둔 상층 기압골이 동진 함에 따라 아열대 고기압의 세력이 남하하여 한반도는 다시 아열대 고기압의 가장자리에 놓여 있으며 큐슈 남쪽 해상에 중심을 둔 아열대 고기압은 다소 축소하였다.

3. 중기 수치모의 실험

3.1 모델

이 연구에 사용된 수치모델은 중국과학원 산하 대기 물리 연구소(IAP)의 전구 분광 모델(global spectral model)로서 수평 분해능 T42, 연직 분해능 9층인 T42L9 모델(Zhang et al., 1995)이다. 여기서 T42인 경우는 위도/경도 약 2.8도의 격자에 해당된다. 연직 좌표는 sigma좌표계를 사용한다. 실제로 이 모델은 IAP에서 여름 동안(6월 1일-8월 31일)에 매일 가동되어지는 중기 예보모델이다.

이 모델의 역학과 물리 부분은 기본적으로 ECMWF 모델(Baede et al., 1980; Louis, 1987)을 기초로 하였으며 가파른 산악 지대 부근에서 나타나는 Gibbs 현상과 같은 지형과 관련된 문제점(Machenhour, 1979)을 효율적으로 다루기 위해 표준 성층 근사법(standard stratification approximation method)을 채택한 지배 방정식을 만들어 사용하였다(Chen et al., 1987; Ji et al., 1989). 그리고 이 모델이 주요 기상 시스템의 발전을 잘 모의할 수 있는 능력이 있음을 사례 분석을 통하여 보였다(Ji et al., 1989; Zhang et al.,

1995).

이 연구의 수치모의 실험에서 직접 관련되는 지구 표면 과정을 살펴보면, 해양과 육지에서 각각 다르게 처방되었는데 해양의 경우 SST는 ECMWF의 월 기후 자료를 이용하였으며 시간 적분 동안에 일정하게 두었다. 그리고 육지의 경우 토양을 3층 모델로 처리하여 첫 번째 층의 깊이는 지표면에서 7.2 cm, 두 번째 층의 깊이는 첫 번째 층의 바닥에서 43.2 cm 그리고 세 번째 층의 깊이는 두 번째 층의 바닥에서 43.2 cm로 하였다. 각층의 토양 온도 및 습기의 초기 값은 ECMWF의 월 기후 값을 사용하였다. 시간 적분 동안에 첫 번째와 두 번째 층의 토양 온도와 습기는 모든 지표 열 플럭스의 효과를 고려한 확산 방정식에서 계산되어지며 세 번째 층의 토양 온도와 습기는 초기 값인 월 기후 값으로 고정된다.

강수와 잠열 방출과 관련하여, 대규모 응결 과정에 대하여는 포화-응결 방법(saturation-condensation method)이, 깊은 적운 대류에 대하여는 수정된 Kuo (1974)기법이, 그리고 얇은 적운 대류에 대하여는 연직 확산 기법이 사용되어 모수화(Tiedtke, 1983) 되었다. 또한 중력과 끌림(gravity wave drag)을 고려하여 아격자 규모(subgrid-scale)의 중력파에 의한 운동량 수송을 나타내기 위한 모수화 기법을 담고 있다(Miller et al., 1989).

3.2 수치모의 실험 설계

이 연구에서는 온도의 변화가 심한 토양의 제일 윗 표면(토양의 3층 모델의 첫 번째 층)의 온도와 해수면 온도의 초기값의 차이에 따른 모델 대기의 반응을 조사하여 지구 표면의 온도 변화가 여름철 아열대 고기압의 발달에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 이러한 변화에 따른 모델 대기의 반응을 조사하기 위하여 3가지의 각각 다른 수치모의 실험 (Table 1)을 하여 7일 모의 결과를 얻었다. 모든 기후 값들은 ECMWF가 제공한 값들이며 한반도 부근을 주요 연구 대상 영역으로 하였다.

먼저, 1) 경계층에 대한 초기 값으로 토양의 온도와 습기 그리고 SST의 초기 값을 6월 기후 값으로 사용하여 모델을 가동한 표준 모의인 경우, 2) 토양의 첫 번째 층인 토양표면 온도의 초기 값으로 7월 기후 값으로 하고 나머지 경계층의 초기 조건은 모두 6월 기후 값을 사용하여 모델을 가동한 경우, 3) 6월 기후 SST값에 임의의 온도를 가감한 수운을 초기 입력 값으로 하고 나머지

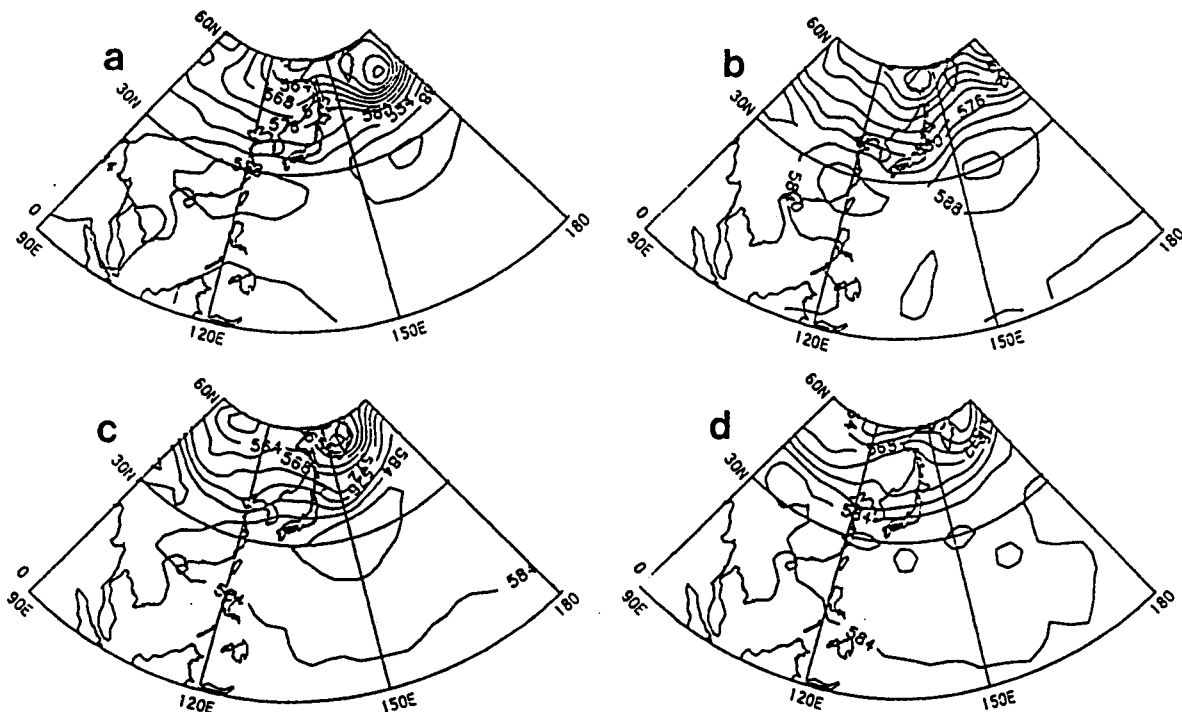


Fig. 3. 500hPa geopotential height forecasts using June climate data. (a)day 1 forecast (29 June 12 UTC), (b)day 3 forecast (1 July 12 UTC), (c)day 5 forecast (3 July 12 UTC) and (d)day 7 forecast (5 July 12 UTC). Contour interval is 40m (units in 10m).

경계층의 조건은 6월 기후 값으로 하여 모델을 가동한 경우들로 각각 나누었다. 여기서 임의의 온도는 아래와 같이 주어진다.

해당 해역 : 0 - 35° N, 120° E - 140° E
 임의의 온도 : $15.4 \times \sin(\phi - 20.)$ if $\phi \geq 20^\circ N$
 -0.5°C if $\phi < 20^\circ N$

여기서 ϕ 는 위도이다. 즉, 20°N에서 35°N 사이에서 위도가 증가할수록 임의의 온도를 0도에서 4도로 sinusoidal하게 증가하게 하여 한반도 부근 해상에서 SST가 가장 크게 증가하게 하였고 반면에 북위 20도 이남의 해역에서는 0.5도 감소하게 하였다. 위와 같이 한반도 부근에서의 해수면 온도의 증가폭을 상대적으로 크게 하여 이에 따른 아열대 고기압의 변동을 알아보기 위한 것이다.

4. 수치모의 실험의 결과와 논의

4.1 여름철 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장의 모의
 편의상 매일의 실험 결과를 보이지 않고 2일 간격 (6월 29일, 7월 1일, 3일 그리고 5일)의 결과를 보인다.

4.1.1 경계층의 초기 값으로 6월 기후 값을 사용한 모의 실험(Ex1)

Fig. 3은 Ex1에 의하여 모의된 500 hPa 지오퍼텐셜 고도 장으로서 표준 모의이다. 1일 모의(Fig. 3a)인 6월 29일 모의에서는 기압계의 패턴이 분석과 거의 비슷하나 서해 상에서는 다소 차이를 보이고 있다. 즉, 분석보

다 아열대 고기압의 확장을 다소 약하게 모의하여 5880 gpm 등치선의 위치가 북위 30도에 위치하고 있다. 3일 모의(Fig. 3b)인 7월 1일 모의에서는 화남지역에서 서해 상으로 기압능의 세력이 확장하는 것으로 모의하였고 기압골은 동해 북부 해상에서 남해 상으로 뻗는 것으로 모의하여 한반도 쪽으로는 대륙기단의 영향아래에 놓인 것으로 예측되고 있다. 반면에 실제 분석에서는 한반도가 위치한 경도대에서 아열대 고기압의 세력이 북위 30도 이북으로 확장하는 모습을 보여준다. 따라서 한반도 주변으로는 등치선이 거의 동서방향으로 놓여 있어 아열대 고기압의 세력과 그 북쪽에 위치한 대륙기단과 서로 대치하고 있는 양상을 분석에서 볼 수 있다. 참고로 지오퍼텐셜 고도 값 자체를 분석 자료와 비교하여 볼 때 이 모델은 한반도 부근에서 약 40 m 정도 낮게 나타나는 계통적인 오차를 보이고 있으며 이러한 오차는 사례연구(이재규, 1997)에서 언급한 바가 있다. 5일 모의(Fig. 3c)인 7월 3일 모의에서는 아열대 고기압의 중심이 일본 남동쪽 먼 해상에 위치하며 남부지방은 이 고기압의 가장자리에 위치하는 것으로 모의하였다. 반면에 분석에서는 아열대 고기압의 중심은 일본 류슈 남쪽 해상에 위치하면서 고기압의 세력을 중부 이북지방으로 확장하고 있어 5일 모의의 경우 한반도 부근 지역에서 아열대 고기압 세력의 확장을 적절히 모의하지 못 하였음을 보여 준다. 7일 모의(Fig. 3d)에서는 한반도 부근으로 약한 기압골이 놓여 있는 것으로 모의되었고 반면에 분석에서는 남부지방으로 약한 기압능이 위치하였다.

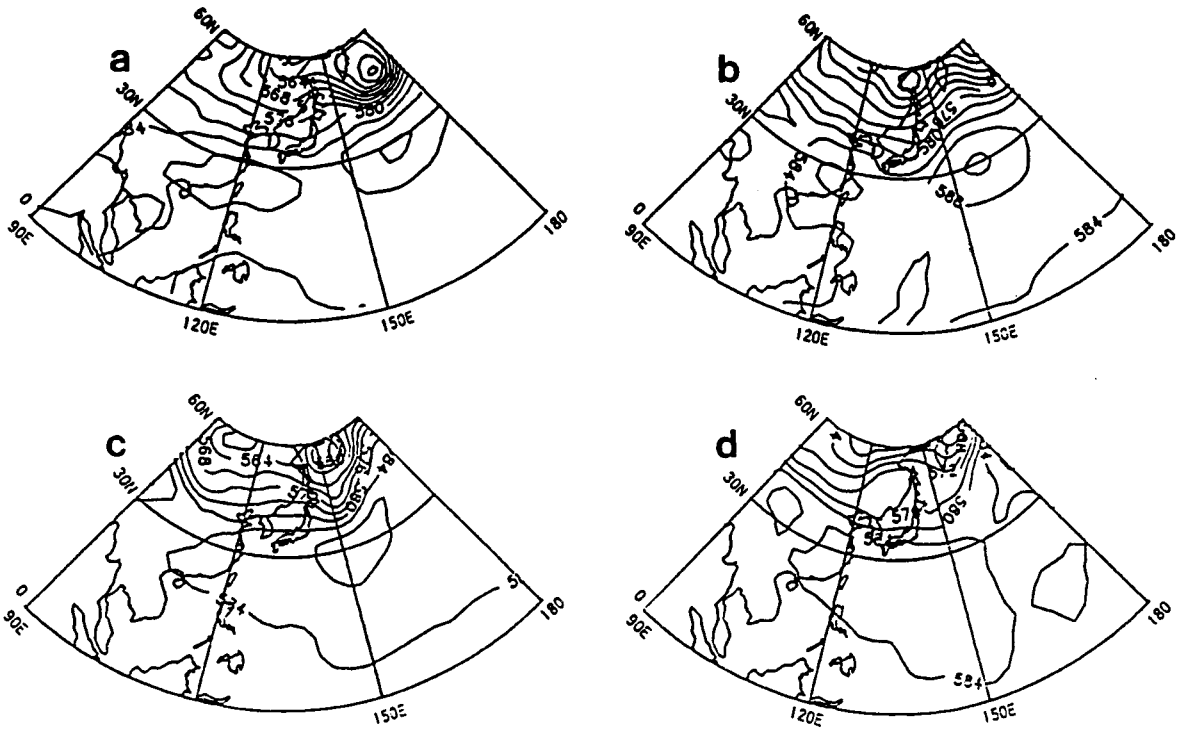


Fig. 4. As in Fig. 3 except for using July climate soil surface temperature.

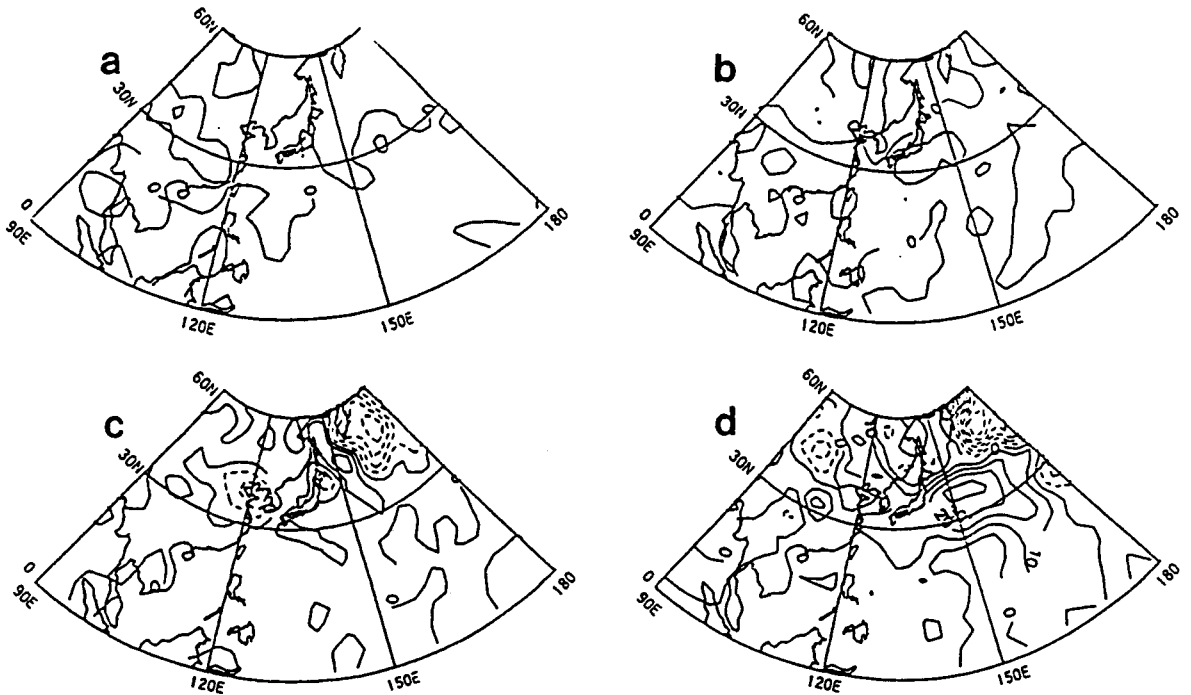


Fig. 5. Differences of 500 hPa geopotential height(m) between Ex1 and Ex2 for (a)the day 1 forecast, (b) the day 3 gorecast, (c)the day 5 forecast and (d)the day 7 forecast. Solid line and dashed line represent positive value and negative value, respectively. Contour interval is 10m.

4.1.2 토양의 첫 번째 층 온도의 초기 값으로 7월 기후 값을 그리고 나머지 경계층의 조건을 6월

기후 값을 사용한 모의 실험(Ex2)
Fig. 4는 Ex2에 의하여 모의된 500 hPa 지오포텐셜

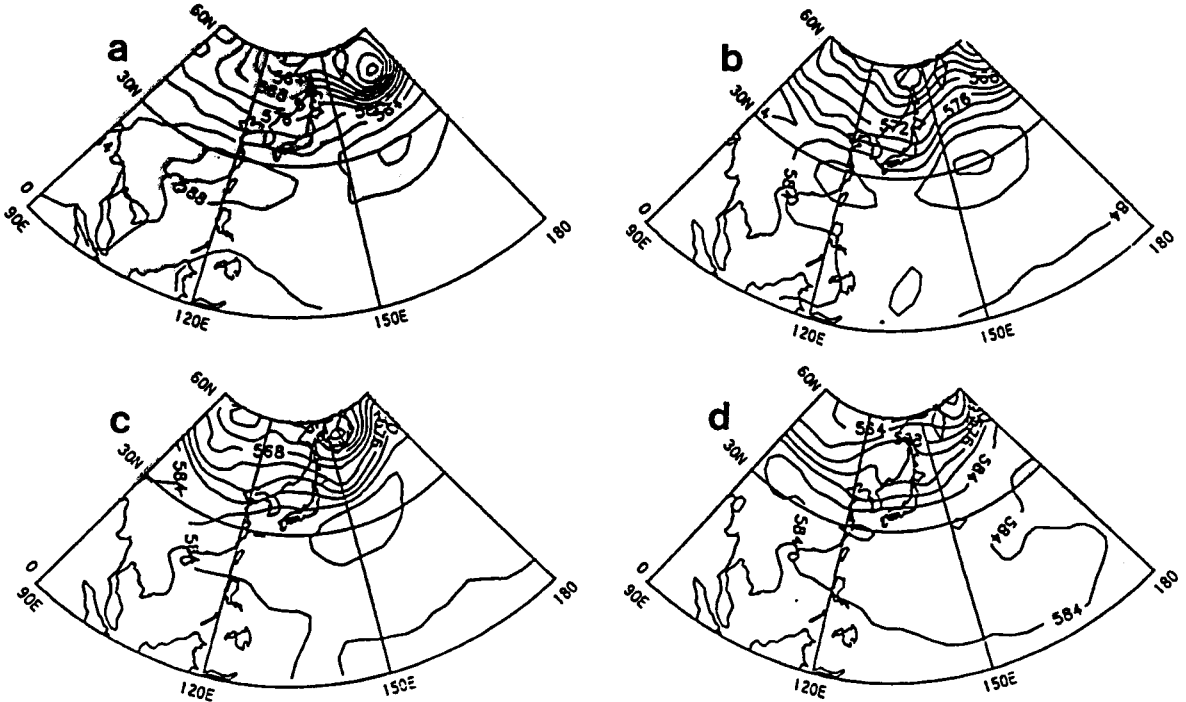


Fig. 6. As in Fig. 3 except for using modified SST data.

고도 장이고 Fig. 5는 표준 모의인 Ex1의 결과(Fig. 3)에서 Ex2의 결과(Fig. 4)를 뺀 편차도이다. Ex2는 Ex1의 모든 조건과 같고 단지 지표의 첫 번째 층 온도의 초기장만 다르게 행한 모의 실험으로 온도의 변화가 심한 지표층 온도의 초기장의 차이가 7일 모의에 미치는 영향을 조사하기 위한 모의실험이다. Ex1과 비교하여 볼 때 3일 모의까지(Fig. 4a 그리고 4b)는 큰 차이가 없으나 5일(Fig. 4c)에는 다소 차이를 보이고 있다. 예를 들면 Ex1의 경우에서는 화북지방에서 서해 북부 해상으로 약한 기압골이 위치한 반면에 Ex2에서는 고기압의 세력이 서해 중부 해상으로 확장하고 있음을 보여주고 있다. 이러한 차이는 편차도(Fig. 5c)에서도 알 수 있는데 서해 상에는 광범위한 음의 편차 역이 위치하며 최대 진폭은 20 m 정도로 나타나 지오퍼텐셜 고도 값이 표준 모의의 경우보다 다소 높았다. 실제로 서해중부 해상까지 고기압의 세력이 확장한 것으로 분석자료에서 나타나 EX2의 실험은 다른 실험의 경우보다 실제 분석에 가까운 모의를 보인 것이다. 또한, 지표면 온도의 변화에 대한 아열대 고기압의 반응이 어느 정도 나타났음을 알 수 있다. 7일(Fig. 5d)에는 캄차카 반도와 일본 열도의 동쪽 해상으로 30-40 m 정도의 진폭을 가진 양의 역이 위치하고 한반도 부근에서는 10 m 내외의 적은 진폭을 가진 양의 역이 위치하고 있다.

4.1.3 SST의 초기 값으로 임의의 값을 사용하고 나머지 경계층의 조건은 6월 기후 값을 사용한 모의 실험(Ex3)

Fig. 6은 Ex3에 의하여 모의된 500 hPa 지오퍼텐셜

고도 장이고 Fig. 7은 표준 모의인 Ex1의 결과(Fig. 3)에서 Ex3의 결과(Fig. 6)를 뺀 편차도이다. Ex3은 6월 기후 SST값에 임의의 온도를 가감하여 한반도 부근의 해상에서 SST가 크게 증가한 값을 사용한 경우에, 아열대 고기압의 반응을 알기 위해 행한 실험이다. 임의의 SST값을 사용한 경우, 1일, 3일, 5일 그리고 7일 예보의 경우 EX1경우와 차이가 거의 없음을 Fig. 6과 편차도인 Fig. 7에서 잘 알 수가 있다. 따라서 한반도 부근에서의 해수면 온도의 변동이 계절규모의 시간규모가 아닌 일 주일 정도의 예보의 경우에서는 아열대 고기압의 변동에 큰 영향을 미치지 못함을 보여 주고 있는데 Lee와 Hong(1989) 그리고 이 재규(1997)의 사례연구에서도 볼 수 있다.

위에서 언급한 7일 수치모의 실험들의 결과를 같이 놓고 분석하여 보면, 먼저 SST의 변화에 따른 모델 대기의 반응이 이 기간내에서는 지표층 온도의 변화에 따른 반응보다 적어 SST값의 변화에 덜 민감하여 아열대 고기압의 변동에 큰 영향을 주지 못함을 알 수 있다. 이러한 결과는 이재규(1997)의 사례연구에서도 지적하였듯이 변화를 반영하는 경계층에서의 수식들이 잠열과 현열 플럭스를 적절하게 반영하지 못하는 모델 자체의 한계성에 기인할 수 있고 또는 실제로 SST의 변화에 대해 대기가 느리게 반응하기 때문에 일어난 결과라고 해석할 수도 있다.

또한, 모의 기간이 이보다 더 훨씬 더 긴 사례의 경우를 살펴보면, Cubash와 Wiin-Nielsen(1986)은 60일 모의 실험에서 기후 SST를 사용하는 것보다 관측된 SST를 사용하는 것이 보다 모의의 질을 높인다고 하였

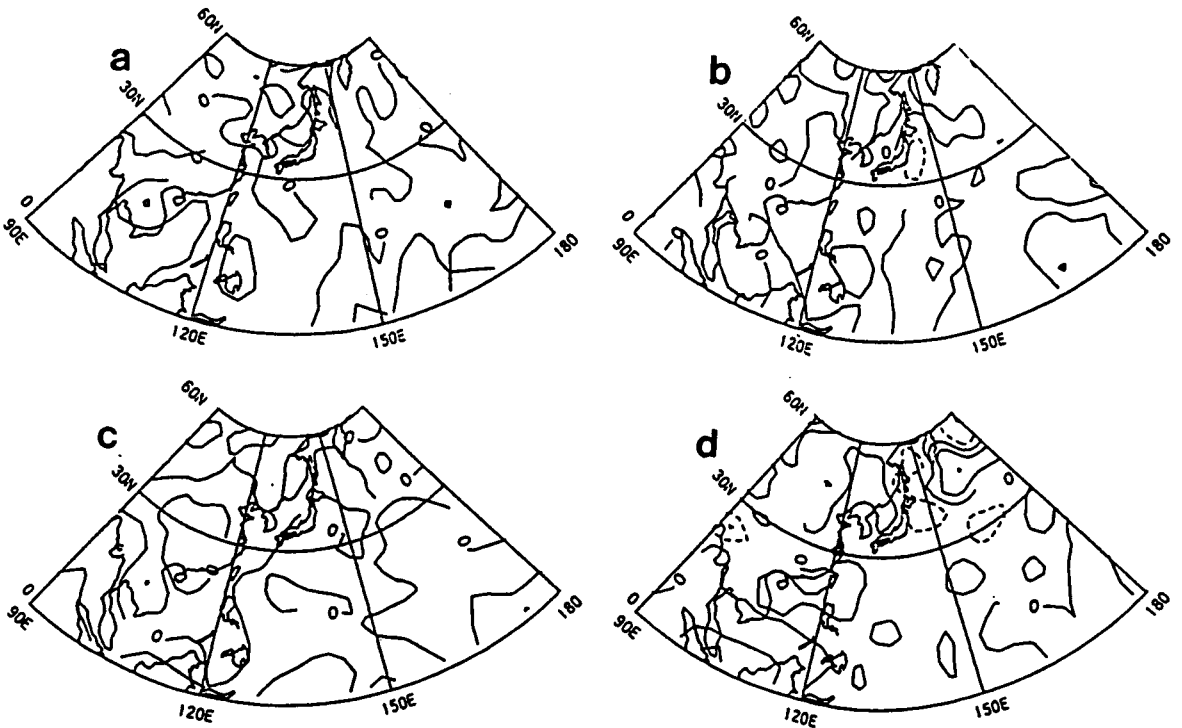


Fig. 7. As in Fig. 5 except for differences of Ex1 and Ex3.

으며 또한 SST의 변화가 대기 흐름에 완전히 영향을 끼치는 데에는 적어도 10일 정도의 기간이 요구된다고 하였다. 그 외의 여러 연구(Owen과 Palmer, 1987; Baumhefner et al., 1988) 등에서도 관측된 SST의 사용이 모의의 질을 높인다고 하였다. 그런데 Shukla (1984)의 연구 결과에서는 대기 자체의 역학적 그리고 열역학적인 구조의 특성에 따라 SST의 변화에 따른 대기의 반응이 보다 약하게 나타날 수도 있다고 밝혔다.

5. 결 론

IAP global spectral model(T42L9)을 사용하여 94년 6월 28일 12 UTC를 초기시작으로 한 7일 수치모의 실험을 한 결과, 모의 기간이 대략 5일이 지나면서 한반도 부근에서 아열대 고기압의 모의에 큰 차이를 보였는데 즉, 토양의 제일 윗 층은 7월 기후 값을, 경계층의 나머지 변수들의 초기 값은 6월 기후 값을 사용한 모의 실험이 경계층의 모든 초기 값으로 6월 기후 값을 사용한 표준모의보다 다소 좋은 결과를 보였다. 또한 SST의 초기 장을 크게 변형시켜 한반도 부근의 해역에서 4도 이내로 SST를 6월 기후 값보다 증가시킨 상태에서 모델을 가동한 결과, 표준 모의와 큰 차이를 보이지 않아 아열대 고기압은 7일간의 시간 적분내에서는 SST보다 지표면의 영향을 더 받는다는 것을 보여 주었다.

결론적으로 IAP 모델 자체가 갖고 있는 경계층 모수화 특성상 토양의 영향이 해수면의 영향보다 더 크게 반영될 가능성 때문에 이러한 결과가 나타날 수도 있지만 SST와 함께 토양 온도의 초기 장을 수치모델에 적절히 반영하는 것이 중요하다는 것을 이 사례 연구를 통하여 제시하고자 한다.

앞으로, 종관적 구조가 다소 차이가 나는 기압계에 대하여 이와 같은 7일 수치모의 실험을 행하였을 때, 어떠한 결과가 나올 것인지 또한, 다른 수치모델을 이용하여 수치모의 실험을 행할 경우 어떠한 차이점이 나타날지 지속적으로 연구하여야 할 과제로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 1997학년도 강릉 대학교 기성회 학술연구비의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

박순웅, 안현주, 전영신, 1988, 1985년 장마기간에 동부 아시아 지역의 대기 순환의 연구, 한국기상학회지, 24(3), 22-43.
 이동규, 안영인, 1993, ECMWF 모델을 사용한 동아시아 한파 사례의 모의 실험 연구, 한국기상학회지, 29(4), 333-343.
 이동규, 구성준, 안영인, 1996, 1985년 한반도 장마 및 동아시아 여름 몬순의 연장모의 실험, 한국기상학회지, 32(3), 411-434.
 이재규, 1997, 여름철 아열대 고기압의 변동과 관련된 수치모의 실험, 한국기상학회지, 33(4), 765-780.
 하경자, 김정우, 1993a, 장기 모의의 실험적 연구: 1. 월 평균의 모의, 한국기상학회지, 29(1), 37-52.
 하경자, 김정우, 1993b, 장기 모의의 실험적 연구: 2. 월 평균모의에서의 해면 온도의 영향, 한국기상학회지, 29(3), 217-230.
 Baede, A.P.M., M. Jarraud, and U. Cubasch, 1980, Adiabatic formulation and organization of

- ECMWF's spectral model, *Tech. Rep.*, No. 15, European Centre for Medium Range Weather Forecasts, Reading, U.K.
- Baumhefner, D. P., J.J. Tribbia, and M.L. Blackmon, 1988, The influence of specified sea surface temperature and initial condition uncertainty on Monte Carlo extended range forecast ensembles, *Report of a workshop at the ECMWF*, 11-13 May, Reading, U.K.
- Bengtsson, L., 1985, Medium-Range forecasting at the ECMWF, *Issues in Atmospheric and Oceanic Modeling Part B*, Academic Press, Inc., pp 3-54.
- Chen, J., L. Ji, and W. Wu, 1987, Design and test of an improved scheme for global spectral model with reduction truncation error, *Advances in Atmospheric Sciences*, 4, 156-158.
- Cubash, U., and A.C. Witn-Nielsen, 1986, Predictability studies with the ECMWF spectral model for the extended range: the impact of horizontal resolution and sea surface temperature, *Tellus* 38A, 25-41.
- Ji, L., J. Chen, and D. Zhang, W. Wu, R. Shen, H. Shen, and B. Huang., 1989, A spectral model for medium range weather forecasts and its performance, *Proceedings of the 2nd international conference on East Asia and western Pacific meteorology and climate*, Sep. 7-10, Hongkong, 474-483.
- Kuo, H. L., 1974, Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow, *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240.
- Lee, D.-K, and S.-Y Hong., 1989, A case study of the sensitivity of sea surface temperature on the mesoscale model simulation of winter cyclone development, *J. of Korean Meteor. Soc.*, 25, 1-14.
- Louis, J.-F., 1987, ECMWF forecast model physical parameterization, *Research manual 3*, European Centre for Medium Range Weather Forecasts, Reading, U.K., 126 pp.
- Machenhaur, B., 1979, *The spectral model: Numerical methods used in atmospheric models*, GARP Report, No. 17, Vol. II, pp 124-277.
- Miller, M. J., T.N. palmer, and R. Swinbank, 1989, parameterization and influence of subgrid scale orography in general circulation and numerical weather prediction models, *Meteor. Atmos. phys.*, 40, 84-109.
- Owen, J. A., and T. N. Palmer, 1987, The impact of El-Nio on an ensemble of extended range forecasts, *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2103-2117.
- Pissimanis, D.K., G.S. Karras, and V.A. Notaridou, 1991, On the meteorological conditions during some strong smoke episodes in Athens, *Atmos. Envir.*, 25B, 193-202.
- Puri, K., 1994, Modeling studies on the Australian summer monsoon, *Mon. Wea. Rev.*, 122, 2816-2837.
- Rowntree, P.R., and J.A. Bolton, 1983, Simulations of the atmospheric response to soil moisture anomalies over Europe, *Quart J. Roy Meteor. Soc.*, 109, 501-526.
- Sanchez, M.L., D. Pascual, C. Ramos, and I. Perez, 1990, Forecasting particulate pollutant concentrations in a city from meteorological variables and regional weather patterns, *Atmos. Envir.*, 6, 1509-1519.
- Shukla, J., 1984, Predictability of time averages, *Problems and prospects in long and Medium range weather forecasting*, Springer-Verlag, Inc., pp 109-206.
- Tiedtke, M., 1983, The sensitivity of the time-mean large scale flow to cumulus convection in the ECMWF model, *Proceedings of ECMWF workshop on convection in large scale models*, Nov. 28, Readings, U.K. 297-316.
- Tu, W., D. Zhang and W. Chen, 1996, Method and technics for operational numerical forecast of typhoon and heavy rain, *An operational system for global high-resolution data assimilation*, Meteorological Press, Inc., pp 514-523 (in Chinese).
- Zhang, D., L. Ji, B. Huang, W. Wu, J. Chen, and Z. Song, 1995, A global spectral model and test of its performance, *Advances in Atmospheric Sciences*, 12, 68-78.