

전구 규모 대기/해양 접합 대순환 모형을 이용한 CO₂ 점증에 따른 기후 변화 실험 연구

안 중 배¹, 김 정 우¹, 박 혜 선

부산대 대기과학과, ¹연세대 지구 환경 연구소

여러 가지 다양한 기후 변화에 대한 총체적이고 종합적인 이해와 예측을 가능하게 해주는 유일한 수단은 대기권/수권/빙권/생물권/암권의 변화를 다룰 수 있는 전구 규모의 대기/해양 접합 대순환 모형(Atmosphere/Ocean Coupled General Circulation Model, 이하 CGCM) 뿐이다. 현재까지 어떠한 CGCM도 기후와 기후 변화를 사실적으로 모사 하는데 완벽하게는 성공하지 못하고 있으나 (Meehl, 1995) 지구 기후 변화와 관련한 각종 지식의 발달과 더불어 이의 예측이 점차 가능한 단계에 접어들고 있다.

이산화탄소의 증가와 관련한 기후 변화 연구는 그 동안 선진 7개국의 연구 기관 (GFDL, MPI, NCAR, UKMO, MRI 등)에서 대기/해양 접합 대순환 모형 (CGCM)을 이용하여 이루어져 왔다.

본 연구에서는 CMIP II (Coupled Model Intercomparison Project)의 참여와 관련하여 그 동안 선도 기술 개발 사업의 일환으로 개발한 대기/해양 접합 대순환 모형인 CGCM Tr7W6을 이용하여 이산화탄소의 점증 실험을 하였으며 그 결과를 정리하였다. CMIP II 국제 사업은 WCRP (World Climate Research Program)가 주관이 되어 전세계의 접합 대순환 모형의 결과를 비교, 분석함으로써 현재 CGCM들이 가지고 있는 문제점을 파악하고 기후 모델링에 관한 우리의 지식을 정리함으로써 궁극적으로 CGCM을 개선시키고자 하는 취지에서 시작한 프로그램으로 현재 우리 모형을 포함하여 8개국에서 19개의 접합 모형이 참가하고 있다.

CMIP II의 표준 실험 내용은 접합 모형 내의 이산화탄소 농도를 매년 1%씩 증가시켜 80년간 적분하게 되어 있는데 이 경우 점증 70년이 되면 대기 중의 이산화탄소량은 초기 이산화탄소량의 2배가 되게 된다.

접합 모형 실험시 초기의 이산화탄소량은 345ppmv에서 출발하였으며 이산화탄소 1% 점증 접합이 종료된 80년 후의 이산화탄소량은 약 760ppmv이 되었다.

접합 80년 동안의 해수온과 지표기온, 강수량 그리고 비습의 전구 연 평균을 Fig. 1에 나타내었다. 접합 80년 동안 해면온도(이하 SST)(a)는 초기 접합

20년 동안 강한 상승을 보였으며 이 후에는 거의 같은 비율로 상승하여 전체적으로 약 4°C 정도의 온도 상승을 보이고 있다. 접합 초기의 온도 상승이 급격하고 어느 정도의 시간이 지난 후에는 완만한 상승을 보이는 것으로 보아 접합 초기의 온도 상승은 이산화탄소의 증가 효과와 더불어 초기의 모형 적용 단계에서 평형점을 찾아가는 현상이 복합적으로 나타난 것으로 보인다. 기온의 경우(b)도 육지와 해양에서는 약 4°C 정도의 기온 상승이 있어, 전구적으로도 4°C 정도의 기온 상승이 점증 실험 결과 나타났다. 대기 중의 에어로졸 효과를 고려하지 않은 모형들의 결과가 2.5°C ~ 4°C 인 것을 감안하면 이 결과는 이산화탄소 점증에 의한 기온 상승을 비교적 크게 모사하고 있다. 그러나 언급한바와 같이 이러한 기온과 SST의 증가에는 접합에 의한 기후표류(Climatic drift)의 영향이 큰 것으로 보이는데 Ahn et al. (1997)의 접합 순응 실험(Coupling adjustment)의 결과에 의하면 CGCM Tr7W6의 경우 접합에 의해 기온과 수온이 각각 2.5°C, 3°C 정도 증가하는 것을 감안하면 실제 CO₂ 증가에 의한 기온과 수온의 증가는 1.5°C ~ 2.5°C내외 일 것으로 추정된다. 강수의 경우(c) 역시 기온과 수온의 증가에 따라 전구적으로 약 0.2mm/day 정도 증가하는 것으로 나타났는데 이러한 증가는 주로 해양에서의 강수 증가가 주도하는 것으로 나타났다. 육지에서의 강수도 증가하기는 하였으나 그 증가량이 그다지 많지 않으며 또한 준 격년 주기의 변동이 뚜렷한 것 등은 특이하다. 기온의 상승으로 비습도 증가하는데(d), 수온의 증가로 인하여 주로 육지에서보다 해양에서 두배 이상(3g/kg)의 증가를 보였다.

속보정을 하지 않은 다른 모형들에 비하여 큰 차이는 없었으나 성층권의 영향과 에어로졸의 영향을 고려하고 동시에 현재의 모형 격자 간격 (5° × 4° , 경도×위도) 보다 좀 더 세밀한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

적도에서 보다는 고위도와 극 지방에서 CO₂ 점증에 따른 모형의 변화가 크게 나타났는데 여기서는 접합에 따른 기후 표류 효과도 크게 작용 했기 때문이다. 이는 모형내의 눈 또는 해빙과 알베도간의 되먹임이 모형내에서 과대 모사 되기 때문이다. 기후 표류 및 CO₂ 점증에 따른 남북간의 온도 및 SST구배의 감소는 대기와 해양내의 순환 세포의 구조를 바꾸고 이는 다시 대기와 해양의 열수송을 교란시켜 접합 기후계를 변화시키는 것으로 보인다.

또한 접합 모형은 여러가지 한계에도 불구하고 AGCM Tr7 보다 현실적으로 적도 인도양에 나타나는 계절안 진동을 잘 모사하고 있는데 이는 계절안 진동이 대기 내부의 역학적 현상이 아닌 대기와 해양의 접합 모드이기 때문이다.

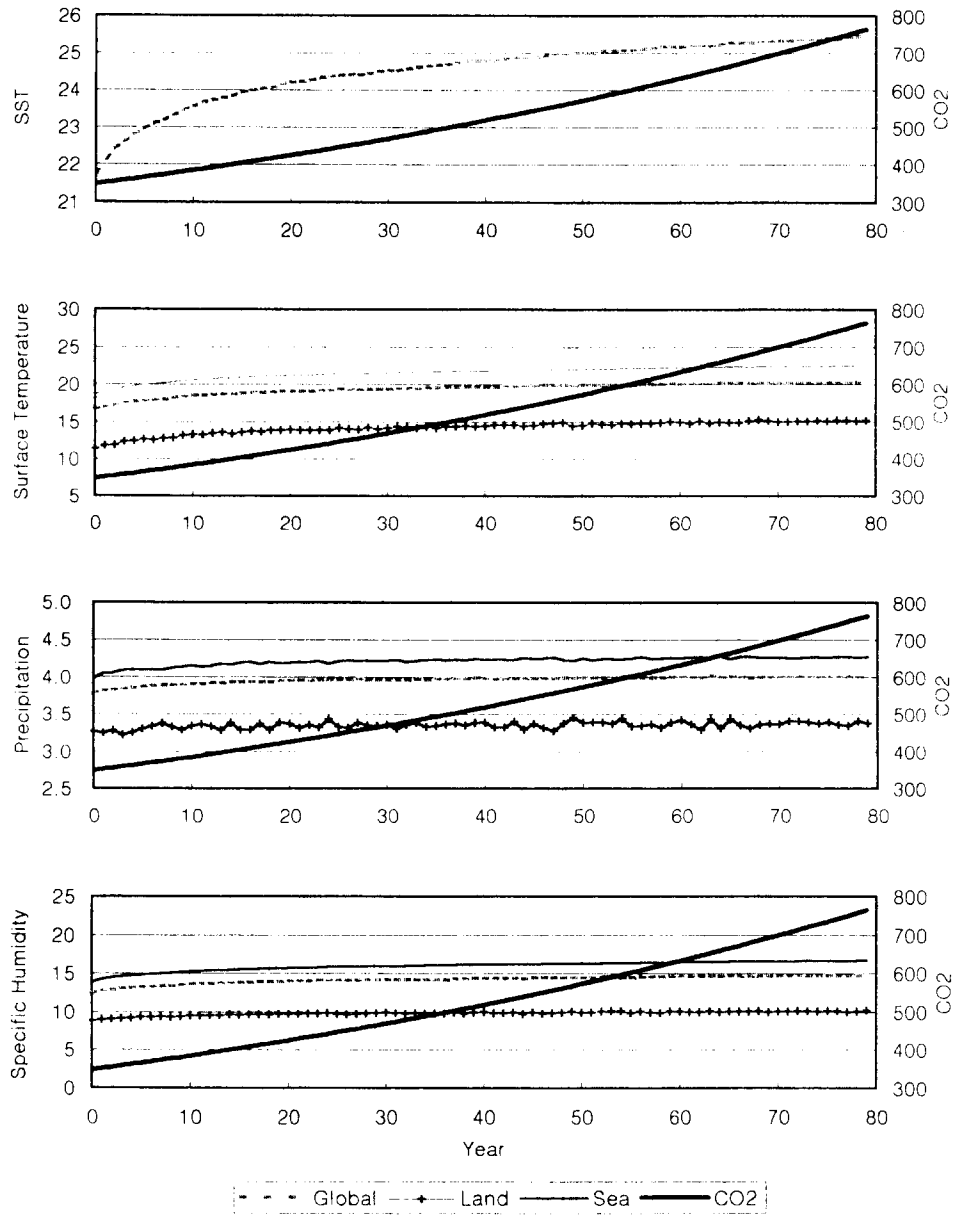


Fig. 1 Transient responses of (a) sea surface temperature, (b) surface air temperature, (c) precipitation, and (d) specific humidity to CO₂ concentration increased by 1% per year.