

IPCC AR4 시나리오 실험에 의한 동아시아 미래 기후변화 전망

권원태*, 백희정, 이효신

기상연구소 기후연구실 (wontk@metri.re.kr)

1. 서론

산업혁명 이후 화석연료(석유, 석탄 등)의 연소 및 토지이용도 변화(삼림 파괴, 경작지 증가 등)로 인한 대기 중 온실가스(이산화탄소, 메탄 등) 농도 증가에 기인한 기후변화(지구온난화)로 인하여 20세기 지구 평균기온은 0.6도 상승하였고, 빙하와 영구동토의 해빙, 해수면 상승, 극한기후의 증가 등이 나타났다. 또한 UN 산하의 정부간기후변화패널(International Panel on Climate Change, IPCC)은 2001년 발간한 3차 평가보고서(IPCC, 2001)에서 이러한 기후변화가 인간활동에 의해 발생하였다는 새롭고 강력한 증거가 있다고 주장하였으며, 향후 온실가스의 농도에 따라 21세기에는 20세기보다 기후변화가 더 빠르게 진행될 수 있다고 경고하였다.

IPCC는 새로운 연구결과를 포함하는 4차 평가보고서(Fourth Assessment Report, AR4)를 2007년 발간할 예정이다. 이에 따라 IPCC는 각 모델센터에 온실가스 및 에어러솔 시나리오에 근거한 실험결과를 산출할 것을 요청하였다. 현재 모델센터에서 제공한 약 20여개 모델 결과가 미국의 기후모델비교분석프로그램(Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison, PCMDI) Database에 저장되어 전문가들에게 제공되고 있으며, 4차 평가보고서 작성에 활용되고 있다. 이 실험에 참가한 국가는 미국, 일본, 영국, 독일, 캐나다, 프랑스, 중국, 호주, 한국 등 9개국이다. 기상연구소는 독일의 막스플랑크연구소-본대학과 공동으로 ECHO-G 모델을 이용하여 시나리오 실험결과를 제공함으로써, IPCC 활동에 기여하고 있다.

2. AR4 시나리오 실험

AR4 시나리오 실험은 다양한 종류의 실험으로 구성되어 있다. 크게 기준실험과 시나리오 실험으로 구분할 수 있는데, 기준실험(Control experiment)은 온실가스와 에어러솔의 농도가 변하지 않는 경우를 가정하여 수백 년 또는 그 이상 장기간 모의실험을

하는 것이다. AR4에서는 온실가스 배출에 관한 특별 보고서(Special Report on Emission Scenarios, SRES; IPCC, 2000)에서 제시된 시나리오 중 A1B, A2, B1 시나리오(Fig. 1)를 채택하였다. A1B, A2, B1 및 안정화 시나리오에 따라 2100년 온실가스 중 이산화탄소의 대기 중 농도는 각각 720, 820, 550, 370 ppm이다. AR4 시나리오 실험에서, 1860-2000년은 관측된 자연강제력(태양 에너지 및 화산활동) 및 온실가스와 에어러솔의 농도 변화가 적용되었고, 2000-2100년에 대해서는 2000년 기준 온실가스 안정화 실험, B1, A1B, A2 시나리오에 따라 실험되었다. 또한 A1B와 B1 시나리오의 경우 2100년 농도가 지속되는 안정화 실험이 각각 100년(2101-2200년)에 대해서 수행되었다. 이 외에도 AR4 시나리오 실험에 참가한 모델들의 민감도를 평가하기 위하여 1%/yr 점증 실험도 수행되었다.

기상연구소는 독일 MPI에서 온실기체 효과를 포함할 수 있는 대기 해양 결합 모델(AOGCM) ECHO-G 모델을 도입하여 SRES A2, B2 시나리오에 따른 전지구 기후변화 전망을 산출한 바 있다(기상연구소, 2003; Min et al., 2005). 또한 이 자료를 바탕으로 한반도 지역기후 상세 시나리오자료를 생산하여 기온 강수량의 변화 추세 및 그에 따른 영향을 평가하였다(기상연구소, 2004; Boo et al. 2004a; Boo et al. 2004b).

최근에 기상연구소는 온실가스뿐만 아니라 에어러솔 효과도 고려할 수 있는 ECHO-G/S 모델을 도입하여 보다 현실적인 모의 결과를 생산하였다. 이 모델은 KISTI의 NEC-SX6에 구축되어 있으며, 지금까지 1860-2000년의 20C 기후모의 실험과 2000년의 강제력을 100년간 일정하다고 가정한 21C 안정화, A1B, A1B 안정화 실험이 완료되어 PCMDI에 제공되었으며, B1 및 A2 시나리오 실험이 진행 중이다.

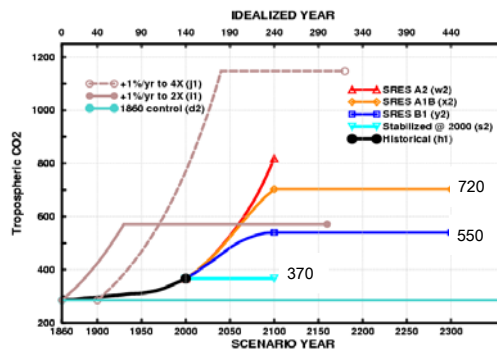


Fig. 1. CO₂ concentration (ppm) in AR4 experiment.

3. 결과

기상연구소에서 수행한 지구온난화 실험에 따른 전구와 동아시아(100-145E, 20-50-N) 지역의 지표기온 및 강수량의 편차 시계열을 살펴보았다. 기후값은 1961-1990년까지 30년을 사용하였다. Fig. 2는 1860-2200년까지의 ECHO-G/S의 20세기 모의실험(20C3M), 21C 안정화실험(STAB), A1B 시나리오 실험 및 22C A1B 안정화실험에 따른 기온 변화의 전구(a) 및 동아시아(b) 기온의 편차 시계열이다. 그림에서 살펴본 바와 같이 전구 및 동아시아 지역 기온이 21세기 후반 30년 평균으로 21C 안정화 실험에서는 각각 0.6°C와 0.9°C 상승하고 21C A1B시나리오 실험에서는 2.7°C와 3.8°C 상승하여 동아시아지역의 기온상승이 클 것으로 전망되었다. 이 결과는 IPCC AR4 모델의 앙상블 결과와 유사하다. 22세기 A1B 안정화실험에서는 21C 안정화 실험과 유사하게 온실가스의 농도가 안정화된 이후에도 기온이 지속적으로 상승하는 것으로 나타났다. 21C A1B시나리오 실험은 21C 안정화 실험에 비해 온실가스 증가에 기인하여 전구 및 동아시아 지역 기온이 각각 2.2°C와 2.9°C로 더 높게 나타났다.

강수의 경우 전지구 및 동아시아지역에서 모두 증가할 것으로 전망되었다. 전구 및 동아시아 지역의 강수증가는 각각 대규모 수증기 수렴과 대류성 강수 증가가 주요 요인으로 분석되었다. 강수증가는 지역적으로도 다르게 나타나는데 열대지역의 ITCZ와 SPCZ, 인도양, 남아메리카 북서부지역에서는 강수가 증가하고 warm pool 지역과 대서양 지역에서 강수가 감소하였다. 21C 안정화실험에 비교하여 21C A1B시나리오 실험에서는 동아시아의 storm track을 따라 강수가 증가하며, 이러한 경향은 여름에 더 두드러졌다. 해면기압은 고위도에서 감소하고 중위도에서 증가하나 동아시아지역은 감소할 것으로 전망되었다.

ECHO-G 실험결과는 공간적으로 PCMDI에서 제공하는 결과를 이용한 멀티-모델 앙상블 결과와 유사하다. 그러나 각 모델들에서 나타나는 메커니즘은 차이가 있으며, 향후 이러한 메커니즘을 이해하고, 평가하는 것이 필요하다.

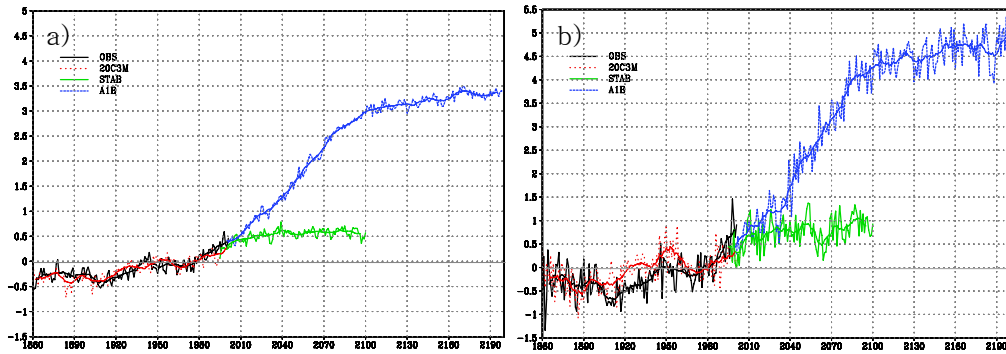


Fig. 2. Time series of surface temperature anomalies from 1860 to 2200: a) global mean, and b) East Asia mean (Observation (1860-2000), 20C3M (1860-2000), STAB (2001-2100), A1B (2001-2100), and A1B-STAB (2101-2200) simulations are shown).

감사의 글

이 연구는 기상연구소 주요사업 "기후변화협약 대응 지역기후 시나리오 활용기술개발"의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

기상연구소, 2003: 기후변화협약 대응 지역기후 시나리오 산출기술개발(II). 권원태 외 12명, 기상연구소 연구보고서 MR030C09, pp 502.

기상연구소, 2004: 기후변화협약 대응 지역기후 시나리오 산출기술개발(III). 권원태 외 12명, 기상연구소 연구보고서 MR040C03, pp 510.

Boo, Kyung-On, Won-Tae Kwon, Jai-Ho Oh, Hee-Jeong Baek, 2004a: Change in the regional surface climate over Korea due to global warming in a MM5 downscaling simulation. *Geophysical Research Letters*, 31, L21206 10.1029/2004GL021171

Boo, Kyung-On, Won-Tae Kwon, and Jong-Khun Kim, 2004b: Vegetation change in the regional surface climate over East Asia due to global warming using BIOME4. *Il Nuovo Cimento*, 27, 317-327.

IPCC, 2000: Emission Scenarios - Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, 2001: Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson(Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp

881.

Min, S.-K., U. Cubasch, S. Legutke, A. Hense, W.-T. Kwon, J.-H. Oh, and U. Schlese, 2005: Climate Change Projections as Simulated by the Coupled AOGCM ECHO-G under IPCC SRES A2 and B2 Greenhouse-Gas Scenarios: Near Surface Temperature, Precipitation, Sea Ice, and Thermohaline Circulation. Submitted to J. Meteor. Soc. Japan.