

건물 및 재생에너지에 관한 미래의 기후변화 예측

이관호*

*울산과학대학 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr)

The expectation of future climate change in relation to buildings and renewable energy

Lee, Kwan-Ho*

*School of Space Design, Ulsan College(ghlee@mail.uc.ac.kr)

Abstract

According to the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) Working Group III, climate change is already in progress around the world, and it is necessary to execute mitigation in order to minimize adverse impacts. This paper suggests future climate change needs, employing IPCC Special Report on Emissions Scenarios(SRES) to predict temperature rises over the next 100 years. This information can be used to develop sustainable architecture applications for energy efficient buildings and renewable energy. Such climate changes could also affected the present supplies of renewable energy sources. This paper discusses one recent Fourth Assessment Report of IPCC (Mitigation of Climate Change) and the Hadley Centre climate simulation of relevant data series for South Korea.

Keywords : 기후변화(Climate Change), 재생에너지(Renewable Energy), 배출시나리오에 대한 특별 보고서(SRES, Special Report on Emissions Scenarios), 기후변화에 대한 정부간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)

1. 서 론

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 실무그룹(Working Group) III의 4차 평가보고서에 따르면 기후변화는 이미 전 세계에 진행 중이고, 기후변화의 부정적 영향을 경감하기 위한 저감방안의 실천이 요청된다고 하였다. 본 연구는 IPCC 배출시나리오에 관한

특별보고서(SRES)에서 예측하는 우리나라의 온도상승 등과 같은 미래 기후변화를 제시하는 것이다. 이러한 자료는 건물의 에너지 절감 및 재생에너지를 위한 지속가능한 건축 발전에 적용 가능하며 이러한 기후변화는 현재 재생에너지원의 공급에 영향을 미칠 것이다.

접수일자 : 2008년 1월 14일, 심사완료일자:2008년 2월 11일
교신저자 : 이관호(ghlee@mail.uc.ac.kr)

따라서 본 연구에서는 미래 기후 변화에 대응하기 위해서 IPCC의 DDC에서 제공하는 기후 시나리오, HadCM3, 틴달센타(Tyndall Center)의 기상자료 및 현재까지의 기상데이터를 활용하여 미래의 기후 변화를 예측하고자 한다. 또한 이를 통해 얻어진 미래의 기상데이터를 통해 건물에너지 절감 및 태양에너지 및 풍력과 연관된 기후 변화에 대응할 수 있는 방안의 제시를 목표로 한다. 이러한 연구는 에너지소비의 절감뿐만 아니라 지구 온난화와 같은 환경의 문제를 해결하는 방안으로 점차 가시화되는 CO₂ 배출량 제한과 같은 그린라운드 등에 능동적으로 대처뿐만 아니라 타 산업에 도움이 될 것이다.

2. 기후변화

기후 변화에 대응할 수 있는 방안을 위해 기후변화 시나리오와 미래 온도변화에 관해 고찰하였으며, 각 내용은 다음과 같다.

2.1 기후변화 시나리오

지구 온난화 및 기후 변화에 대응하기 위해 기후 시나리오에 관련하여 현재 진행 중인 연구들은 미래 기후 변화에 대응한 기후 시나리오와 이를 통한 미래 기후 예측에 관한 연구들이다. 이러한 연구에서는 일반적으로 지역·국지 규모에서의 기후변화나 변동성에 관한 연구 등을 통해 지역규모의 기후 시나리오 생산을 목표로 하고 있다. 송승영(2003)¹⁾은 표준 기후데이터와 건물생체기후도를 이용하여 정량적 데이터에 근거한 기후설계 전략수립이 가능함을 보이고자 하였다. 임은순(2006)²⁾ 현재 최신의 지역기후모델을 이용한 등지격자시스템을 구축하고 GCM 결과를 역학적으로 상세화 하였다. 또한 미래 기후 전망의 신뢰성을 확보하기 위해 기준시

나리오의 밀도 있는 검증이 선행되었으며, 기준 시나리오(1971-2000)와 미래 시나리오(2021-2050)의 차이로부터 온실기체 증가에 따른 기후변화 시그널을 평가하였다. IPCC의 DDC(Data Distribution Center)에서 제시하는 기후 시나리오는 크게 IS92 시나리오(1992)와 IPCC SRES 시나리오(2000)³⁾가 있다.

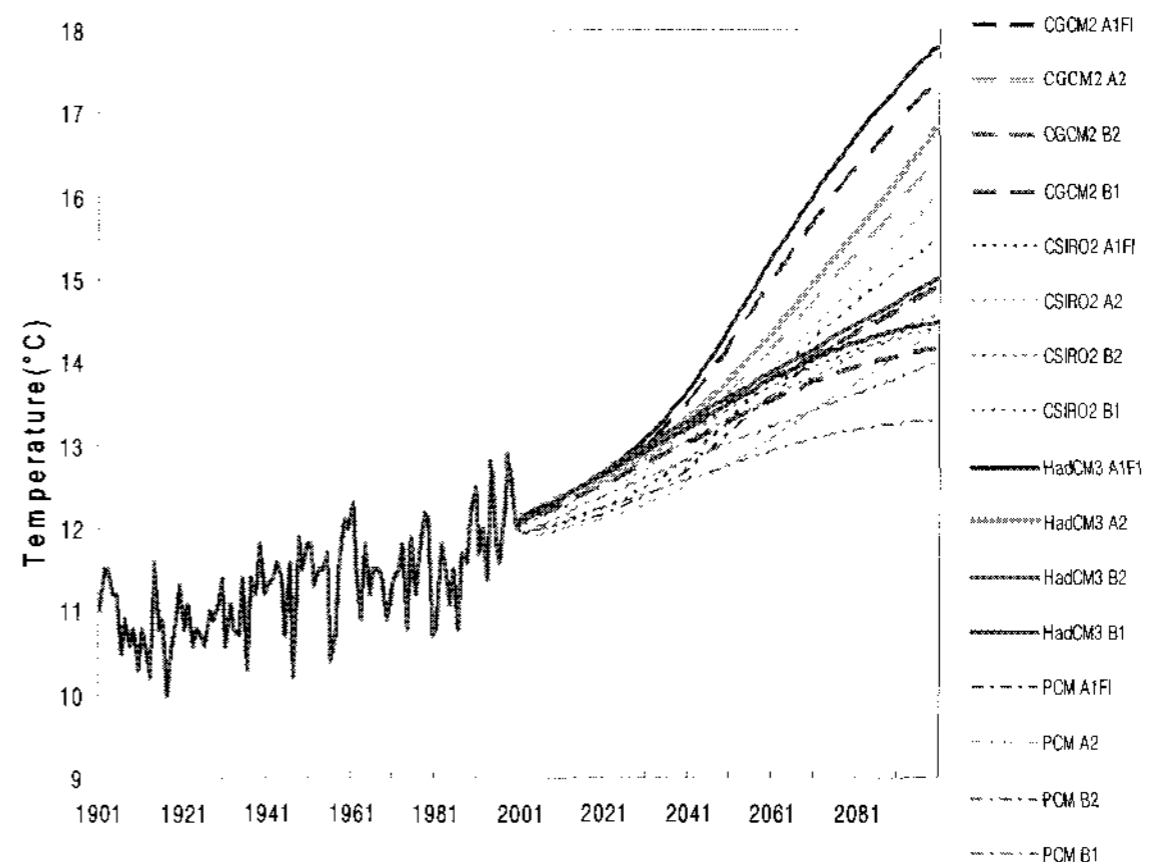


그림 1. SRES 16 시나리오의 측정(1901-2000) 및 계산된(2001-2100) 연 평균 기온

2.2 미래의 온도변화

다음세기의 급격한 온도 상승은 인간이 지금까지 경험했던 것보다도 이상의 온난화를 만들어 낼 것으로 예측된다. 이러한 온난화는 지구상에 유래가 없으며 야생동식물의 적응할 수 없을 정도로 클 것이다. 많은 배출평가가 있었지만 본 연구에서는 IPCC 배출 시나리오에 관한 특별보고서(SRES)를 이용하여 온도의 변화를 평가하였다.

KH Lee & Geoff Levermore(2007)⁴⁾에 따르면 우리나라의 경우 1961년에서 1990년

1) 송승영, "기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스", 「설비저널」, 32(8), 2003, pp. 26-33

2) 임은순, 권원태, 배덕호, "수자원 영향평가에 활용 가능한 지역기후변화 시나리오 연구", 「한국수자원학회」, 2006.5.18. 제주, pp. 637-642

3) IPCC, Summary for Policymakers: Emission Scenarios(Special Report of IPCC Working Group III), 2000

4) KH Lee, Geoff Levermore, "Generation of typical weather data for future climate change for South Korea", 6th Meeting of the CIB W108 on Climate Change and Built Environment, Terrassa, 2007, pp. 184-185

간의 연 평균 기온은 11.5°C 이었지만, 1990 년대에 벌써 12.1°C로 증가하였다. 그림 1의 IPCC SRES 16개의 시나리오에 따르면 2100년의 우리나라의 연 평균 기온은 13.3°C에서 17.4°C에 이를 것이고, 10년간 0.2°C에서 0.6°C의 상승을 보여준다. 또한 SRES 16 시나리오의 계산된(2001-2100) 연 평균 기온의 변화는 A2와 A1F1이 유사하고, 모든 시나리오에서 B1, B2, A1F2순으로 꾸준한 증가를 보여준다. 이 기간에 세계의 지구온난화 1970년대 이후의 10년간 0.27°C임을 감안하면 이러한 증가는 세계의 평균치보다도 높은 것이다.

3. 우리나라 미래 기후변화의 영향

지역적인 기후변화는 전 세계적인 경향을 따르지만, 도시화, 관개, 사막화등과 같은 다른 요소들에서 영향을 받는다. 최근의 온도 상승의 경향을 보면, 이러한 요소들이 다른 세기의 미래 온도변화를 평가하는데 중요한 자료로 쓰일 것이다. 기후변화에 대한 평가를 위하여 기후 시나리오의 적용과 지역적인 지형 및 기후 상황의 고려가 요청된다.

3.1 TYN SC2.0

Tyndall Centre의 TYN SC2.0⁵⁾ 자료는 그림 2와 같이 지구 지표면에 0.5°의 격자로 제공되며 이러한 격자 자료는 경도와 위도의 사각형 범위로 파악된다. 격자점은 총 67,420이고, 2001년에서 2100년의 월 간격으로 16시나리오에 대하여 운량, 일 온도 범위, 강수량, 평균 온도, 기압자료를 제공하고 있다.

TYN SC2.0을 이용한 기후변화 시나리오는 1961-1990년간의 관측된 기상평균을 기준으로 하여 아래와 같이 만들어 진다. 변수 (v), GCM(g), SRES 시나리오(s), 년(y) 과 월(m)에서 격자(i)의 값(x)은 :

$$xvgsiym = cvim + rviym + (pvgsim \times tgsy)^6)$$

여기서 (c)는 1961-1990년간의 관측된 기상평균, (r)은 1961-90년간의 지구 온도의 경향과 다른 예외적인 관측치의 오차, (p)는 방사에 따른 응답 값, 그리고 (t)는 1961-90년간의 지구의 온도변화이다.

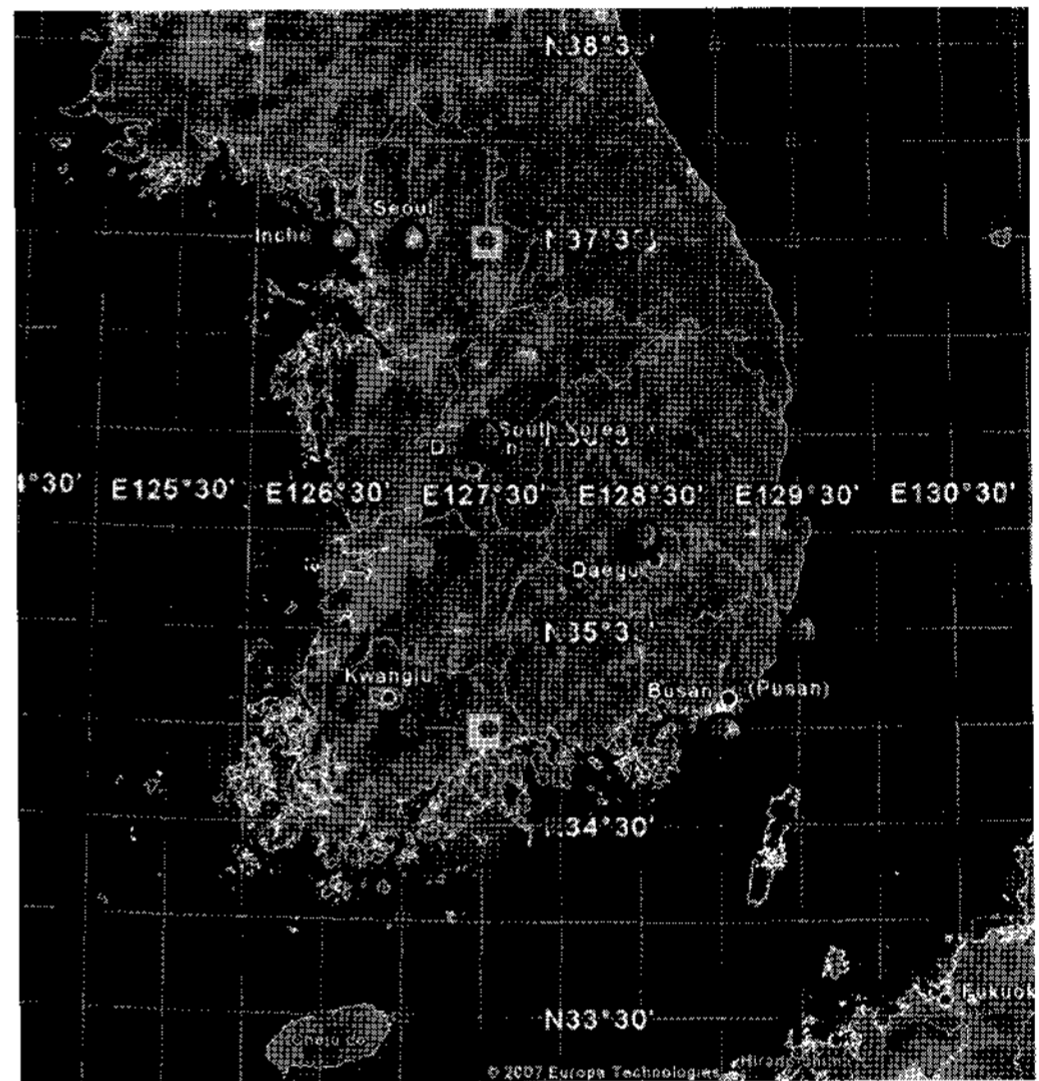


그림 2. 우리나라의 TYN SC2.0 격자

IPCC 배출시나리오에 관한 특별보고서 (SRES)의 4개의 기후변화 시나리오(A1F1, A2, B2, B1)를 이용한 영국의 Tyndall Centre의 TYN SC2.0은 위도 및 경도 0.5의 격자박스에 지역적 변화를 제공한다. 이러한 모델을 이용한 그림 3은 우리나라를 55개의 격자박스로 나누고 두개의 다른 시나리오(A1F1, B1)에서의 2020년대, 2050년대 및 2080년대의 우리나라 여름(6, 7, 8월)과 겨울(12, 1, 2월)의 평균온도 변화를 보여주고 있다. 시기적으로 2050년부터 2080년 사이에 급격한 온도 상승이 예상되며, 지역적으로 남부지방 보다는 중부지방이 평균온도의 상승이 높았고, 계절적으로는 여름 보다는 겨울

5) http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/TYN_SC_2_0.html

6) Timothy D. Mitchell, 2003, TYN SC 2.0: Introduction, pp. 3-4

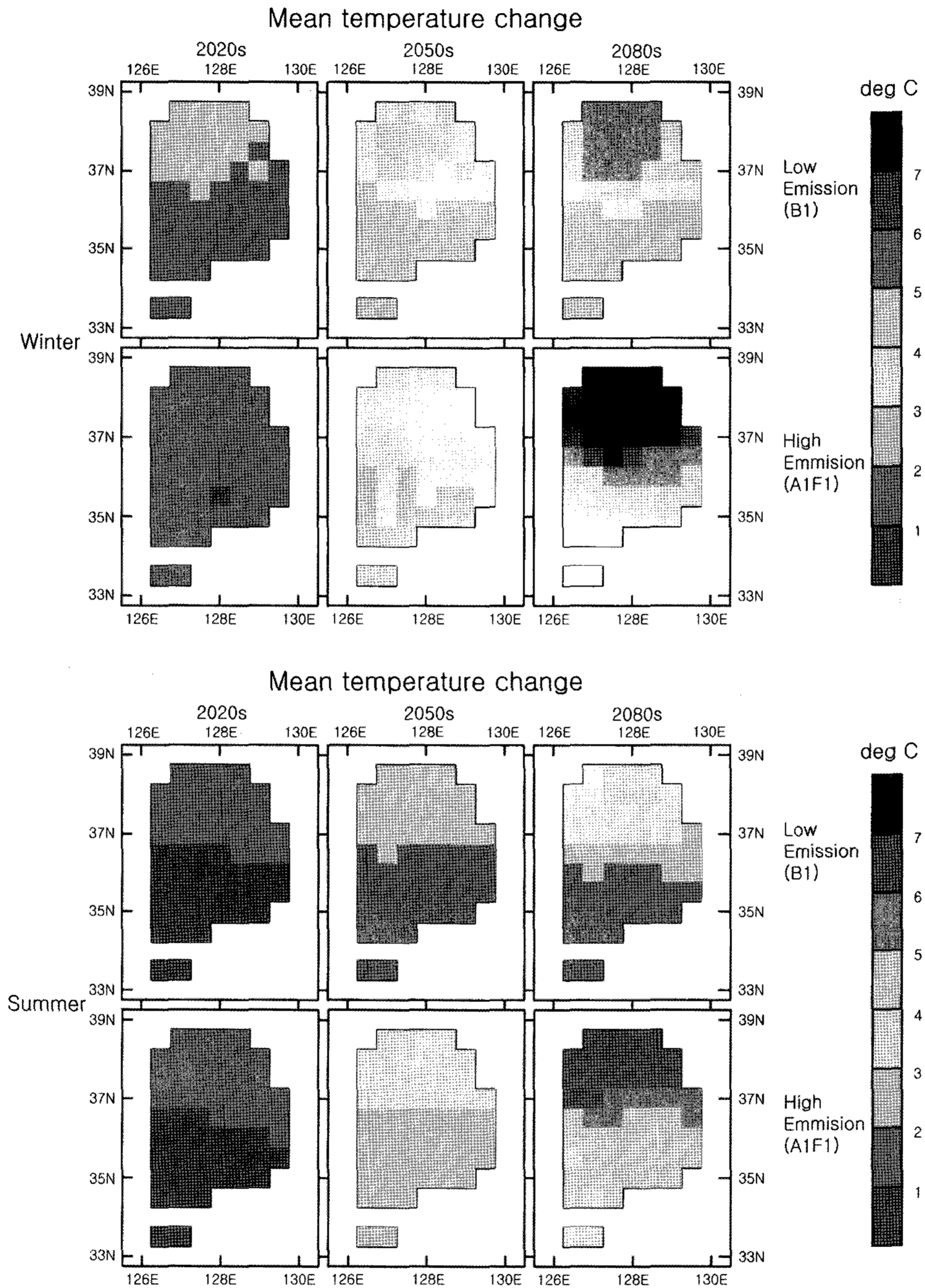


그림 3. 두 개의 배출 시나리오에 따른 평균 여름 및 겨울의 온도변화

올에 온도 상승이 높았다. 그러나 우리나라의 여름철의 온도상승은 최소 2°C에서 최대 6°C로 영국보다도 1~2°C가 높은 값이며, 수도권 지역이 온도상승이 다른 지역보다 높기 때문에 더 많은 문제를 제기하고 있다. 최근에 주거 및 상업시설에서의 냉방에너지 사용이 급격히 증가되고 있는 경향을 고려할 때 서울을 중심으로 수도권 여름철의 온도상승은 냉방에너지의 소비를 증가시키고, 이것은 겨울철 온도상승에 따른 난방에너지 감소를 능가 할 것으로 사료된다.

3.2 Hadley Centre 의 HadCM3 모델

Hadley Centre의 HadCM3 모델은 물리적인 프로세스와 전 지구적인 상황을 통합한 복잡한 모델이다. 여기서 우리나라는 그림 2에서 파란 정사각형으로 표시된 두 개의 격자점이 있는데, 한 점은 남부지방에 나머지 점은 중부지방에 위치한다. 본 연구에서 사용한 A2 시나리오는 미래의 실제적인 시나리오 가장 근접하다고 사료되므로 기상청에서 제공되는 실제적인 기상자료와 비교하였다. 즉, 서울과 울산기상청에서 제공된 일당 평균온도, 일사량, 운량 및 평균풍속의 관측 기상자료(1961-2005)는 Hadley Centre 모델이 최근의 서울과 울산의 기상자료와 유사한가를 평가하는데 사용되었다.

(1) 온도

D HC Chow et al.(2002)⁷⁾는 분석을 단순화하기 위하여, 각 년도의 일 최고온도는 여름(6월, 7월, 8월)을 일 최저온도는 겨울(12월 1월, 2월)을 사용하였다. 또한 년 사이에는 다른 경향을 보이지 않기 때문에 개별적인 년 간 자료의 분포와 20년간의 평균 변화 선을 표시하였다. 이러한 방법을 사용한 서울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 최고기온은 그림 4와 같다.

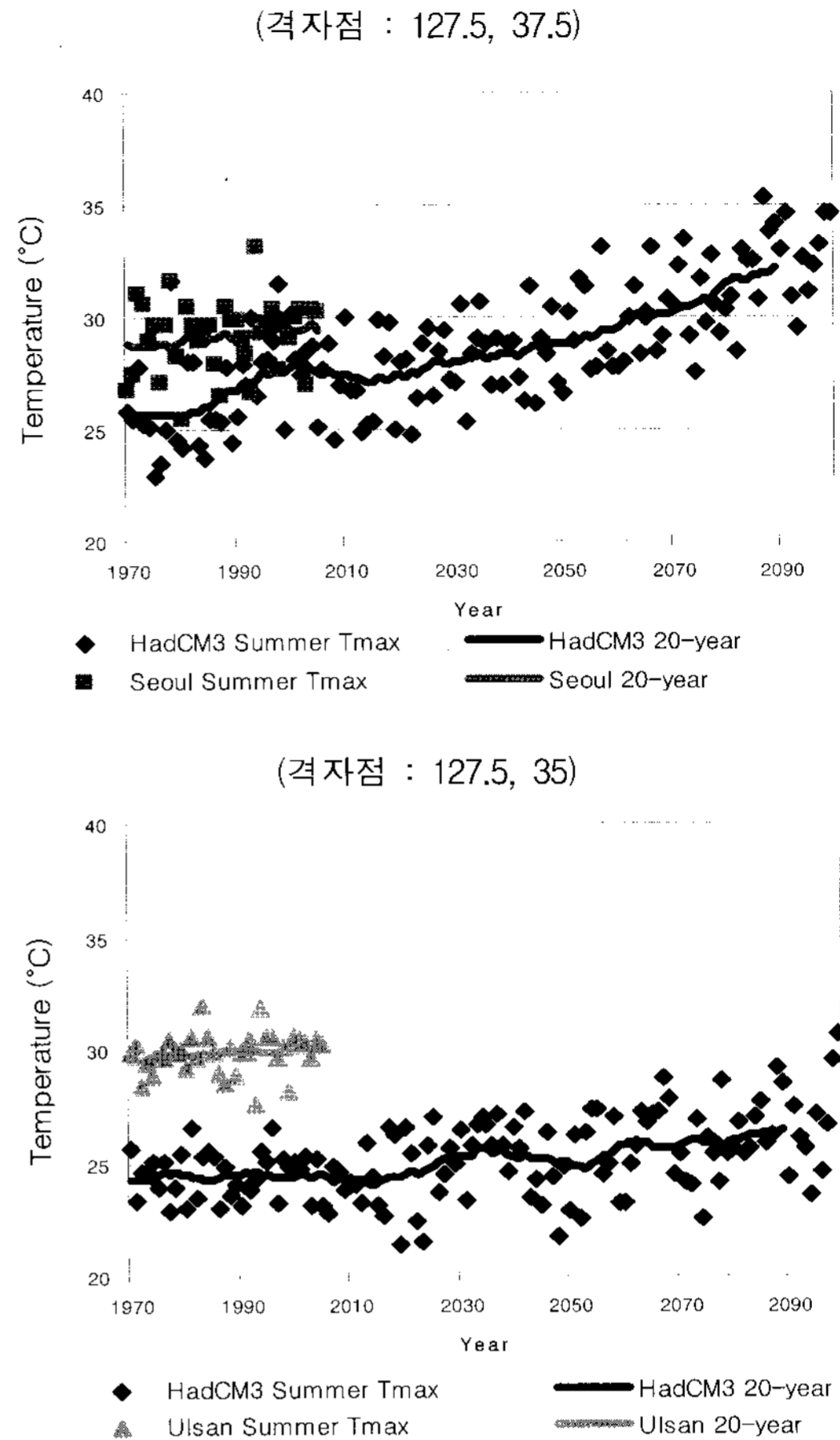


그림 4 서울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 최고기온

울산의 여름 최고기온은 HadCM3의 격자점(127.5, 35)보다 5°C가 높고 두 경우 모두 20세기에 완만한 온도 증가를 보였다. 그러나 HadCM3(127.5, 35) 예측에 따르면 2020년 이후에 급격한 여름 최고기온의 증가가 보였다. 서울의 여름 최고기온은 HadCM3의 격자점(127.5, 37.5)보다 2°C가 높았고, 서울은 20세기에 HadCM3(127.5, 37.5) 예측은 20세기와 21세기에 모두 급격한 여름 최고기온의 증가를 보였다.

(2) 일사량 및 운량

HC Yoo et al.(2007)⁸⁾의 연구에 따르면, 서

7) D HC Chow et al., "Extreme and near-extreme climate change data in relation to building and plant design", Building Service Engineering research & Technology, 23(4), 2 2002, pp. 36-239

8) HC Yoo et al., "Climate Change Test Reference Years for South Korea", 6th Meeting of the CIB W108 on Climate Change and Built Environment, Terrassa (4 October), 2007, pp. 64-65

울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 일사량과 운량은 그림 5 및 그림 6과 같다. 서울의 일사량은 중부지방의 격자점(127.5, 37.5)보다 낮는데 이것은 도시화에 따른 대기의 오염 때문으로 사료된다. 울산의 일사량은 남부지방의 격자점(127.5, 35)과 유사하지만 운량의 증가에 따라 21세기에 상당한 감소가 예상된다. 이러한 HadCM3 기상자료의 예측은 남부지방에 태양광을 이용한 재생에너지 효율에 부정적 영향을 미칠 것으로 사료된다. 그러나 HadCM3의 격자박스가 200km인 점을 고려하면 이러한 경향은 포괄적인 결과이므로 HadRM3의 50km 격자박스 정도의 분석을 통하여 세밀한 변화를 예측하고 그에 대한 구체적인 방안이 요청된다.

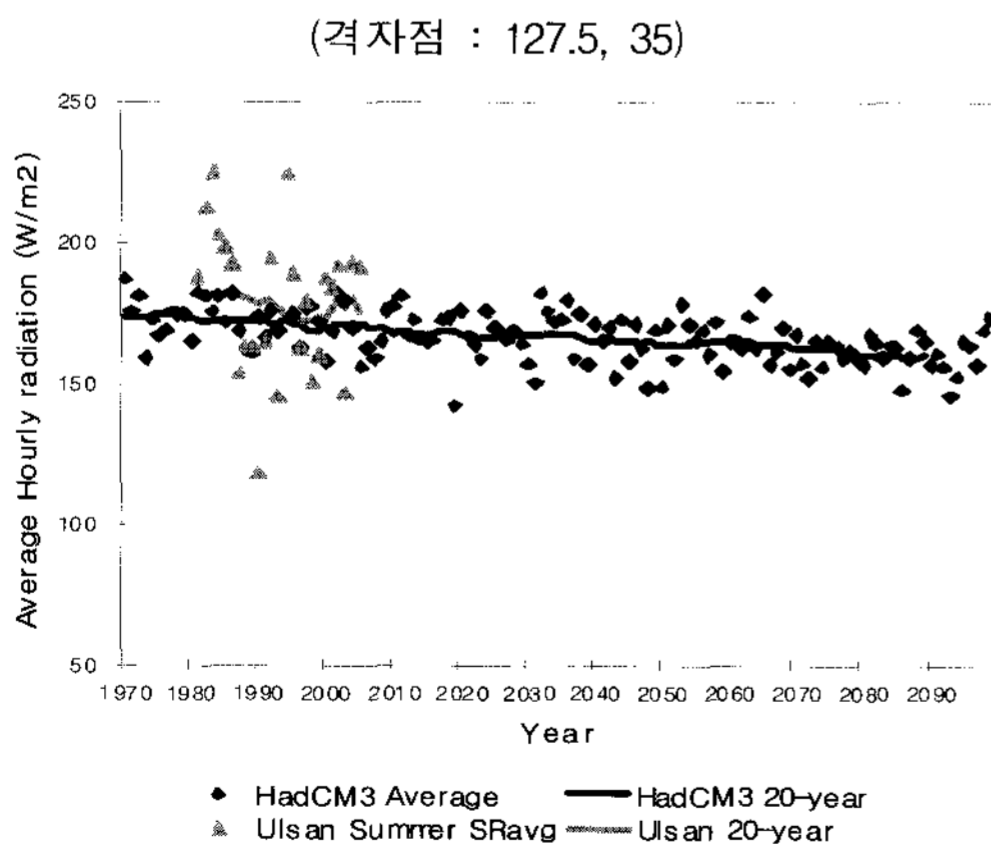
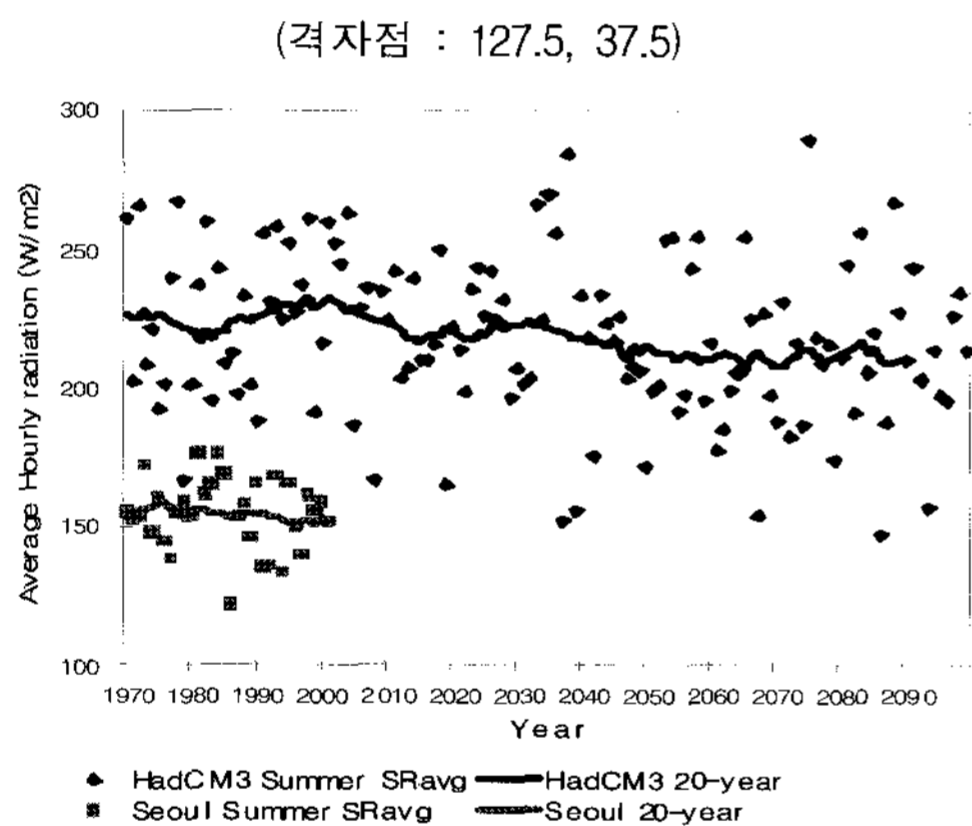


그림 5 서울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 일사량

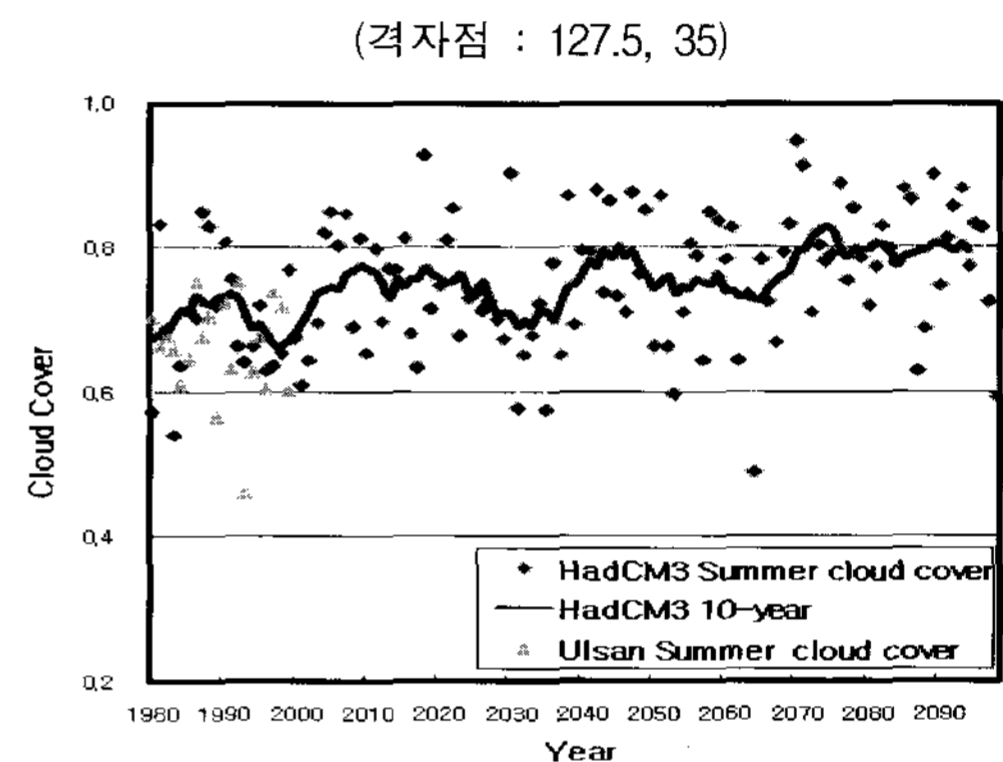
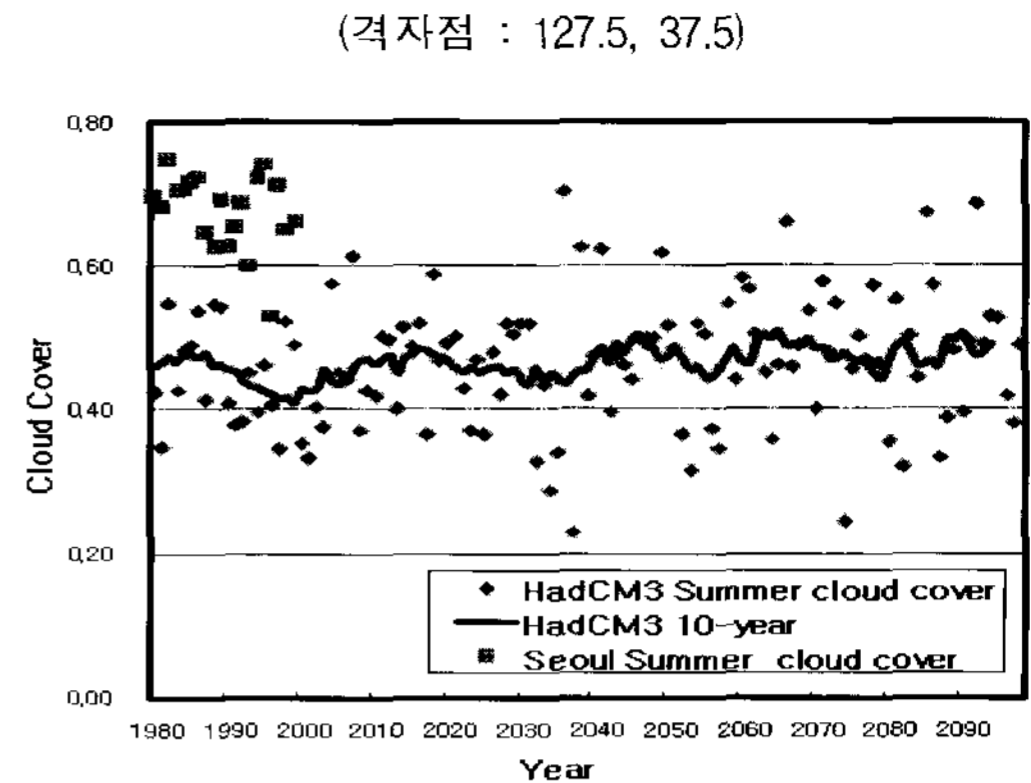
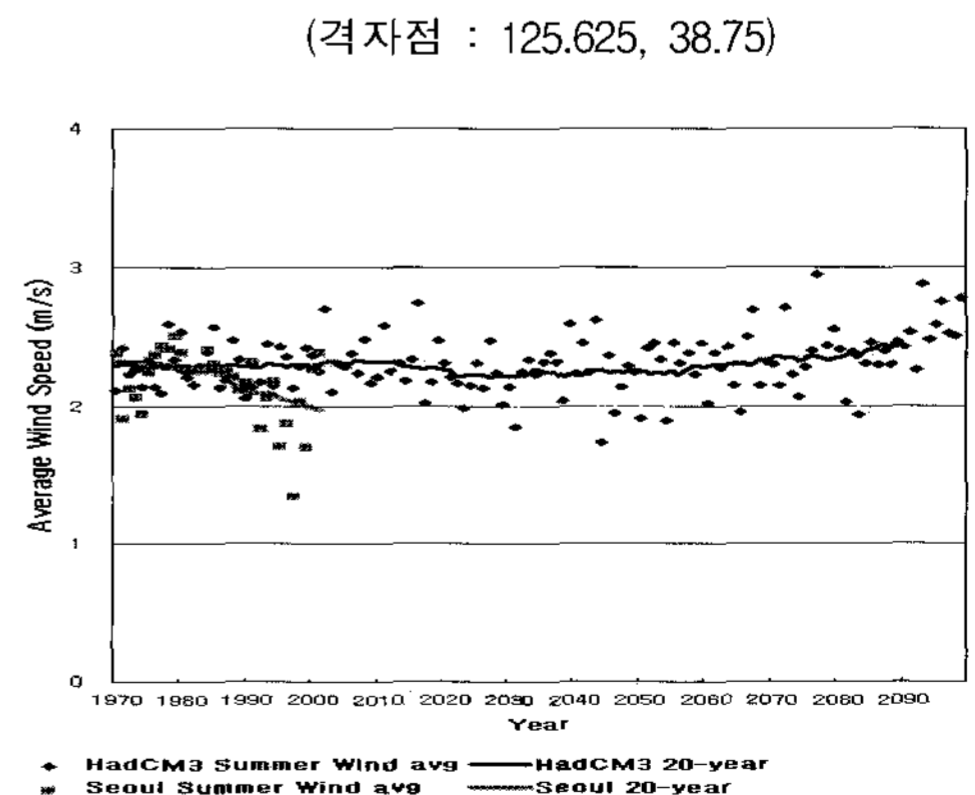


그림 6 서울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 운량

(3) 바람

그림 7은 서울 및 울산의 평균 여름 바람속도의 예측을 보여주고 있다. 중부지방의 격자점(127.625, 38.75) 및 남부지방 격자점(125.625, 36.25)의 20년간 변화를 보면, 미세한 증가를 보였다.



(격자점 : 125.625, 36.25)

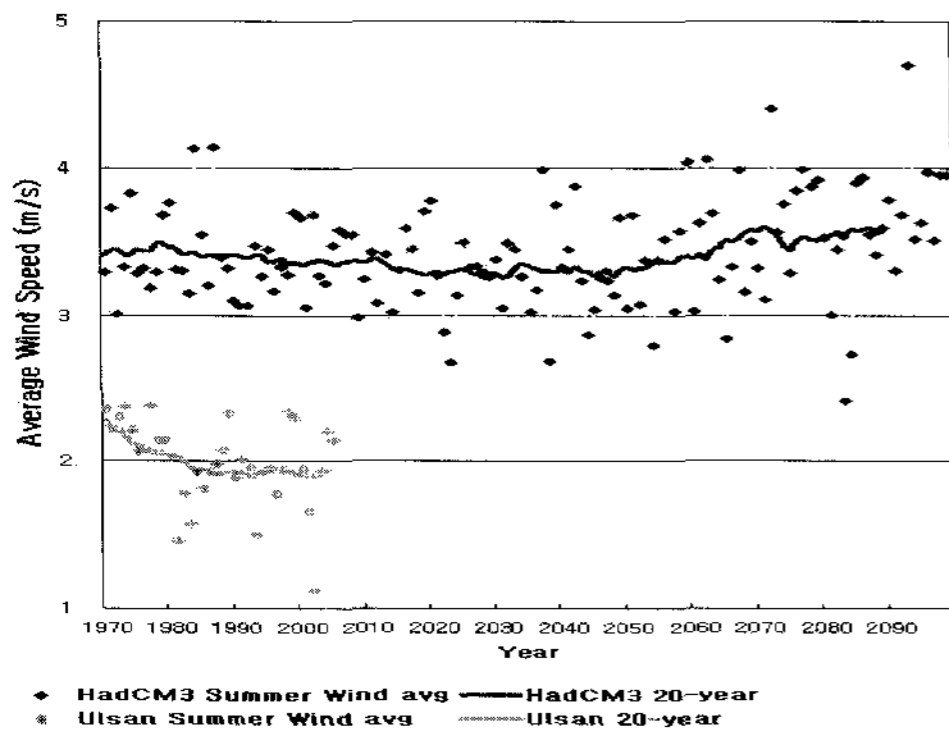


그림 7 서울과 울산의 평균 여름(6, 7, 8월) 바람 속도

남부지방의 경우 평균 바람속도가 3.5m/s 이므로 풍력을 이용한 재생에너지원으로 가능성이 충분하지만 중부지방의 경우 현재의 풍력의 경제성의 한계점인 3m/s에 미치지 못했기 때문에 풍력을 이용한 재생에너지 보급에는 한계가 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 미래 기후 변화에 대응하기 위한 재생에너지의 적용을 위해서 IPCC의 DDC에서 제공된 기후 시나리오, HadCM3, 틴달센타(Tyndall Center)의 기상자료 및 현재까지의 기상데이터 등을 활용하여 미래의 기후 변화를 예측하였다. 기후변화에 따른 건물에너지 절감 및 재생에너지의 영향에 대한 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) IPCC SRES의 16개의 시나리오에 따르면 2100년의 우리나라의 연 평균 기온은 13.3°C에서 17.4°C에 이를 것이고, 10년간 0.2°C에서 0.6°C의 상승을 보여준다. 이 기간에 세계의 지구온난화 1970년대 이후의 10년간 0.27°C임을 감안하면 이러한 증가는 세계의 평균치보다도 높은 것이다.
- 2) 우리나라의 여름철의 온도상승은 최소 2°C에서 최대 6°C로 영국보다도 1~2°C가 높

은 값이며, 수도권 지역이 온도상승이 다른 지역보다 높기 때문에 더 많은 문제를 제기하고 있다. 즉 서울을 중심으로 수도권 여름철의 온도상승은 냉방에너지의 소비를 증가시키고, 이것은 겨울철 온도상승에 따른 난방에너지 감소를 능가 할 것으로 사료된다.

3) HadCM3 중부지방의 격자점(127.5, 37.5)의 20년간 변화를 보면, 2080-2100년에 여름 최고 및 겨울 최저온도는 각각 5°C, 6°C의 증가를 보였다. 개별적인 연도는 1975년과 비교하여 9°C 이상 높은 경우도 있었다. 여기서 온도증가의 변화는 최저, 최고 및 평균 순으로 나타났다.

4) 서울의 일사량은 중부지방의 격자점(127.5, 37.5)보다 낮는데 이것은 도시화에 따른 대기의 오염 때문으로 사료된다. 울산의 일사량은 남부지방의 격자점(127.5, 37.5)과 유사하지만 온량의 증가에 따라 21세기에 상당한 감소가 예상된다.

5) 중부지방의 격자점(127.625, 38.75) 및 남부지방 격자점(125.625, 36.25)의 20년간 변화를 보면, 평균 바람속도가 미세한 증가를 보였다. 남부지방의 경우 평균 바람속도가 3.5m/s 이므로 풍력을 이용한 재생에너지원으로 가능성이 충분할 것으로 사료된다.

본 연구의 어려운 점의 하나는 서울과 울산의 기상자료와 HadCM3간의 사소한 구조적 차이였다. HadCM3가 큰 격자(200km)로 계산된 모델임을 고려할 때, 우리나라 지역에 0.5°정도로 계산된 격자 모델이 요청된다. 또한 기후변화에 의해 얼마나 많은 영향이 건물에 미치는가를 연구를 연구하기 위해서는 건물에너지 시뮬레이션에 사용될 시간단위의 미래 표준기상자료에 대한 연구가 필요할 것이다.

후 기

“이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)

의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(KRF-2006-611-D00036)

참 고 문 헌

1. 김지혜, 서승직, “온난화의 영향에 의한 건물의 냉난방에너지 수용량 예측”, 「한국태양에너지학회」, 26(3), 2006, pp. 119-125
2. 송승영, “기후특성 분석 프로그램과 기후 설계 프로세스”, 「설비저널」, 32(8), 2003, pp. 26-33
3. 임은순, 권원태, 배덕효, “수자원 영향평가에 활용 가능한 지역기후변화 시나리오 연구”, 「한국수자원학회」, 2006.5.18. 제주, pp. 637-642
4. Bert Metz et al., Climate Change 2007 Mitigation, New York: Cambridge University Press, 2007
5. D HC Chow et al., “Extreme and near-extreme climate change data in relation to building and plant design”, Building Service Engineering research & Technology, 23(4), 2002, pp. 233-242
6. HC Yoo et al., “Climate Change Test Reference Years for South Korea”, 6th Meeting of the CIB W108, Terrassa (4 October), 2007, pp. 55-66
7. IPCC, Summary for Policymakers: Emission Scenarios(Special Report of IPCC Working Group III), 2000
8. KH Lee, Geoff Levermore, “Generation of typical weather data for future climate change for South Korea”, 6th Meeting of the CIB W108, Terrassa(4 October), 2007, pp. 181-191
9. Timothy D. Mitchell, TYN SC 2.0: Introduction, 200
10. TYN CY 1.1, http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/cty/obs/TYN_CY_1_1.html
11. TYN SC 2.0, http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/TYN_SC_2_0.html
12. <http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/link>