

기후변화 시나리오에 따른 건물부분의 영향

이관호*

*울산과학기술대학교 공간디자인학부(ghlee@uc.ac.kr)

Impact of climate change scenarios in the Building Sector

Lee, Kwan-Ho*

*School of Space Design, Ulsan College(ghlee@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. Result of this research may improve consistency and reliability of simulation weather data or climate change in order to take advantage of SRES and PRECIS QUMP. It is expected that these calculated test reference years will be useful to the designers of solar energy systems, as well as those who need daily solar radiation data for South Korea. Also, those results may contribute zero carbon and design of sustainable architecture establishing future typical weather data that should be gone ahead to energy efficient building design using renewable energy systems

Keywords : 기후변화(Climate Change), 배출시나리오에 대한 특별 보고서(SRES, Special Report on Emissions Scenarios), 지역기후모델(RCM, Regional Climate Model), 모델예측의 양적불확실성(QUMP, Quantifying Uncertainties in Model Projections)

1. 서론

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPPC) 4차 평가보고서 및 5차 평가보고서에 따르면 기후 변화는 이미 전 세계에 진행 중이고, 기후변화

의 부정적 영향을 경감하기 위한 저감방안의 실천이 요청된다고 하였다. 본 연구는 IPPC 배출시나리오에 관한 특별보고서 (SRES) 및 대표농도경로(RCP) 시나리오에서 예측하는 우리나라의 온도상승 등과 같은 미래 기후변화를

submit date : 2013. 1. 18, judgment date : 2013. 1. 28, publication decide date : 2013. 4. 22
communication author : Lee, Kwan-Ho(ghlee@ukr)

제시하는 것이다. 이러한 자료는 건물의 에너지 절감 및 재생에너지를 위한 지속가능한 건축 발전에 적용 가능하며 이러한 기후변화는 현재 재생에너지원의 공급에 영향을 미칠 것이다.

따라서 본 연구에서는 미래 기후 변화에 대응하기 위해서 기상청에서 제공하는 IPCC의 SRES 및 RCP 기후변화 시나리오, 턴달센타(Tyndall Center)의 HadCM3, 영국기상청(Met-office)의 PRECIS 시뮬레이션 자료 및 현재까지의 기상데이터를 활용하여 미래의 기후 변화를 예측하고자 한다. 또한 이를 통해 얻어진 미래의 기상데이터를 통해 건물에 에너지 절감 및 태양에너지 및 풍력과 연관된 기후 변화에 대응할 수 있는 방안 제시 및 취약성 평가를 목표로 한다. 이러한 연구는 에너지소비의 절감뿐만 아니라 지구온난화와 같은 환경의 문제를 해결하는 방안으로 점차 가시화되는 CO₂ 배출량 제한과 같은 그린라운드 등에 능동적으로 대처뿐만 아니라 타 산업에 도움이 될 것이다.

2. 기후변화 시나리오

기후 변화에 대응할 수 있는 방안을 위해 기후변화 시나리오는 다음과 같다.

2.1 SRES 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 예측, 저감 및 취약성 평가에 관한 연구들이다. IPCC의 DDC(Data Distribution Center)에서 제시하는 기후 시나리오는 크게 IS92 시나리오(1992)와 IPCC SRES 시나리오(2000)¹⁾가 있다. KH Lee & Geoff Levermore(2010)²⁾에 따르면 우리나라

의 경우 1961년에서 1990년간의 연 평균 기온은 11.5°C 이었지만, 1990년대에 벌써 12.1°C로 증가하였다. 그림 1의 IPCC SRES A2의 시나리오에 따르면 2100년의 우리나라의 연 평균 기온은 14.5°C에서 17.0°C에 이를 것이고, 10년간 0.3°C에서 0.55°C의 상승을 보여준다. 이 기간에 세계의 지구온난화 1970년대 이후의 10년간 0.27°C임을 감안하면 이러한 증가는 세계의 평균치보다도 높은 것이다.

2.2 RCP 시나리오

IPCC 5차 평가 보고서에서는 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하였다. 하나의 대표적인 복사강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 '대표(Representative)'라는 표현을 사용한다. 그리고 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 경로(Pathways)라는 의미를 포함한다. 2010년에 개발된 RCP 시나리오에서 4가지 대표 온실가스 농도는 2.6, 4.5, 6.0, 8.5를 사용하였고, 온실가스 농도의 변화는 Fig. 1과 같다.³⁾

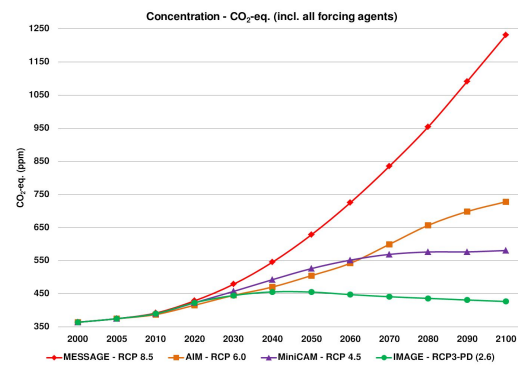


Fig. 1 Concentration of CO₂ for RCP Scenarios

RCP 시나리오의 숫자는 복사강제력, 즉 온

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

2) KH Lee, Geoff Levermore, "Weather data for future climate change

for South Korean building design: analysis for trends", Architectural Science Review, 53, 2010, pp. 157-171

3) <http://ccs.climate.go.kr/index.html>

실가스 등으로 에너지의 평형을 변화시키는 영향력의 정도를 의미하는 양으로서 단위는 W/m^2 지상에 도달되는 태양복사가 약 $238W/m^2$ 이므로 RCP 8.5/6.0/4.5/2.6의 복사강제력은 입사 태양복사량의 약 3.6%, 2.5%, 1.9%, 1.1%에 해당된다. 온실가스 농도의 변화에 따른 다음 세기의 급격한 온도 상승은 인간이 지금까지 경험했던 것보다도 이상의 온난화를 만들어 낼 것으로 예측된다.

3. 미래 기후변화의 영향 및 취약성

지역적인 기후변화는 전 세계적인 경향을 따르지만, 도시화, 관개, 사막화등과 같은 다른 요소들에서 영향을 받는다. 기후변화에 대한 영향 및 취약성 평가를 위하여 기후 시나리오의 적용과 지역적인 지형 및 기후 상황의 고려가 요청된다.

3.1 과거 기후변화 및 HadCM3 모델

우리나라의 평균기온은 지속적으로 상승하여 2001~2010년에 $12.8^{\circ}C$ 로 가장 높았고, 변화율은 $0.27^{\circ}C/10$ 년으로 상승하는 경향이 뚜렷하게 나타났다.⁴⁾ 서울지역의 기후변화⁵⁾중 연평균기온은 1998년에 $13.8^{\circ}C$ 로 가장 높았고, 1931~1940년 이후 지속적으로 상승하여 2001~2010년에 $12.8^{\circ}C$ 로 가장 높은 10년 평균값을 기록하였다. 서울의 연간일조시간은 증가와 반복을 반복하면서 뚜렷한 변화를 보이지 않았고, 봄철에 일조시간이 연간 - 3.094hr씩 감소하는 경향을 나타냈다. 서울의 연평균 운량은 1961~1970년 이후로 감소하는 경향으로 변화율은 연간 - 0.015할씩 감소하였다. 울산지역의 기후변화⁶⁾중 울산의 연평균기온은 1973년 이후 지속적으로 증가하

는 경향을 보였고, 겨울철의 기온 상승은 다른 계절에 비하여 크게 나타났다. 울산의 연평균운량은 관측이래로 지속적으로 감소하고 있으며 연간 일조시간은 증가와 감소를 반복하면서 뚜렷한 변화를 보이지 않았다.

Hadley Centre의 HadCM3⁷⁾ 모델은 물리적인 프로세스와 전 지구적인 상황을 통합한 복잡한 모델이다. 본 연구에서는 A2 시나리오와 기상청에서 제공되는 실제적인 기상자료와 비교하였다. 서울의 여름 최고기온은 HadCM3의 중부지방 격자점(127.5, 37.5)보다 $2^{\circ}C$ 가 높았고, 21세기에 모두 급격한 여름 최고기온의 증가를 보였다. 서울을 중심으로 수도권 여름철의 온도상승은 냉방에너지의 소비를 증가시킬 것이다. 서울의 일사량은 중부지방의 격자점보다 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. 또한 울산지역의 실측과 200km 격자인 HadCM3 미래 예측과의 차이 등을 고려할 때 고해상도의 격자 기후변화 모델이 요청된다.

3.2 PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies)

영국의 Hadley 센터는 RCM(Regional Climate Model) 예측을 위한 효과적인 방안을 제시하였다. PRECIS은 쉽게 설치되고, 상대적으로 비용이 적게 드는 PC에서 전 세계 어느 곳에서도 이용 가능하다. PRECIS 프로그램의 적정격자가 100×100 이므로, 25km의 격자 (Fig. 2 참조)인 경우 최소 작업공간이 $2,500km \times 2,500km$ 이며 하나 이상의 국가가 포함되어 여러 나라의 공동연구가 가능할 것이다. 기후변화 예측의 불확실성은 적용성 및 취약성 평

4) KMA, "Climate change whit paper", 2011.12, pp.40-42

5) KMA, "Regional climate change report(Seoul)", 2011.12, pp.27-39

6) KMA, "Regional climate change report(Busan-Ulsan-Gyeongnam)", 2011.12, pp.79-139

7) <http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/link>

가에 주요한 문제이다. 이러한 불확실성을 해결하기 위해서 온도, 강수량 일사량에 대하여 PRECIS 모델예측의 양적불확실성(QUMP)⁸⁾ 16개 조합 중 5개를 선택하였다.

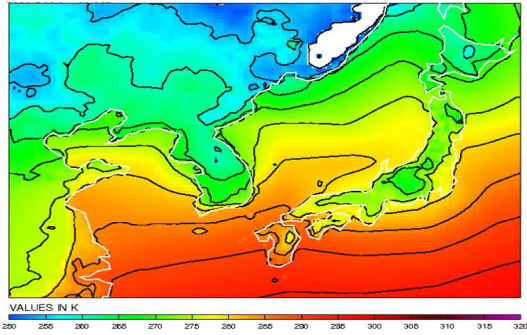


Fig. 2 25km grid box for East Asia

3.3 RCP 시나리오의 기후변화

미래 기후 변화에 대응하기 위해서 2012년 2월 말부터 기상청에서 제공하는 IPCC의 SRES 및 RCP 기후변화 시나리오를 이용하였다. 본 연구에서 사용한 시나리오의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Climate change scenarios한 SRES

	PRECIS	RCP
Provision	Met-office	KMA
Scenarios	A1B Q0, Q1, Q14	RCP85 RCP45
Period	1960~2099	2010~2100
Grid	50km 25km	12.5km
Relative humidity	Daily, hourly	Daily, hourly
Dry bulb temperature	Daily, hourly	Daily, 3 hourly
Wind speed	Daily, hourly	Daily, 3 hourly
Wind direction	x	Daily, 3 hourly
Global solar irradiation	Daily, hourly	Daily
Surface pressure	Daily, hourly	Daily, 3 hourly
Direct solar irradiation	Daily, hourly	x
Cloud cover	Daily, hourly	Monthly

2000년부터 2100년 사이의 서울과 울산지역의 연평균 기온의 변화는 그림 5와 같다. RCP45와

RCP85 시나리오에 따라 서울지역은 각각 2°C, 5°C 증가하였고, 울산지역은 각각 2°C, 4.5°C 증가하였다. 또한 SRES A1B시나리오인 경우 서울 및 울산지역은 각각 5°C, 4°C의 증가를 보였다.

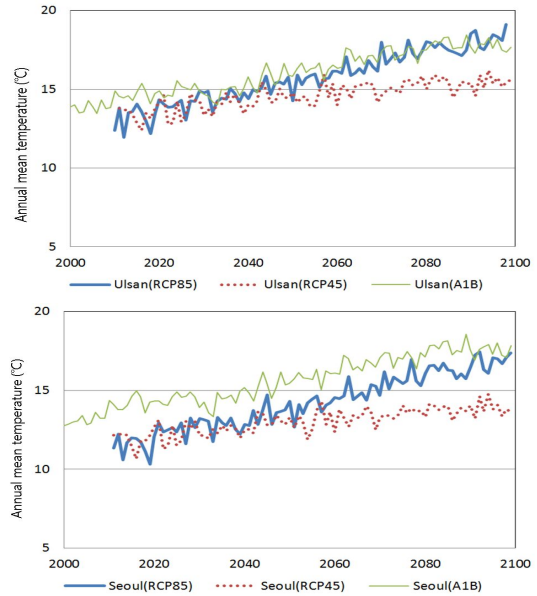


Fig. 3 Mean annual air temperature for Seoul and Ulsan (2000-2100)

3.3 QUMP(Quantifying Uncertainties in Model Projections)와 건물의 취약성

QUMP 3개 부분집합 Q0, Q1, Q14와 실측 기온을 비교한 것이 Fig. 4 와 같다. 1980년에서 2009년 사이의 온도의 변화가 매우 유사함을 알 수 있었다.

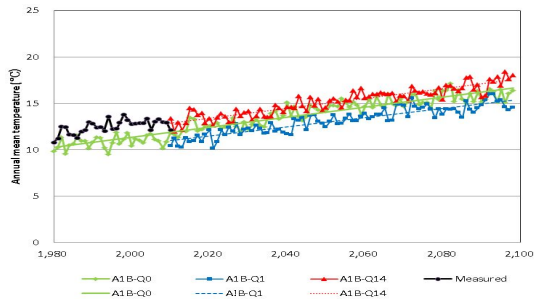


Fig. 4 Mean annual air temperature for Seoul(1980-2099)

8) <http://www.metoffice.gov.uk/precis/qump>

기후변화에 의해 영향 및 취약성을 연구하기 위하여 서울지역에 사용될 시간단위의 미래 표준년을 만들었다. 이를 Table 2와 같은 오피스 건물을 동적해석 프로그램을 이용하여 에너지소비량을 분석한 것이 Fig. 5와 같다.

Table 2 Building scale and U-value

Building scale	25m X 25m, 10 storey Building Floor height : 3.4m, Window to wall ratio : 60%
U-value	External wall : 0.35 W/m ² Window : 2.4 W/m ² Roof : 0.25 W/m ²

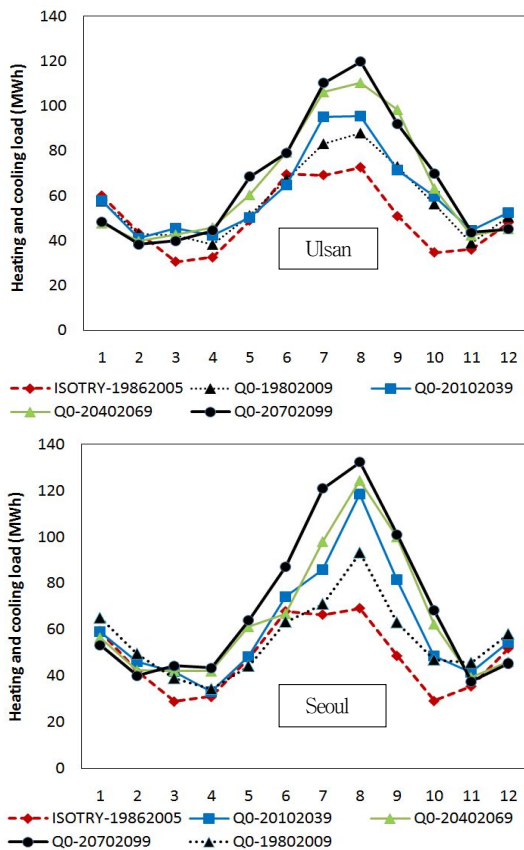


Fig. 5 Heating and cooling load for Seoul and Ulsan

서울 및 울산 지역 오피스 건물의 동적해석 시뮬레이션 결과, 냉난방부하가 증가하였다.

특히 겨울철의 난방비용이 조금 감소하였지만 상대적으로 비용이 많이 드는 여름철 냉방 부하의 상당한 증가를 보였다. 또한 울산 지역보다도 서울지역이 기후변화에 더욱 취약하다는 것을 보여주고 있다. 따라서 건물부분의 취약성은 여름철의 냉방부하의 급격한 증대이므로, 이를 해결하기위한 지역적 인 다양한 방안이 요청된다.

4. 결 론

본 연구에서는 미래 기후 변화에 대응하고 취약성을 평가하기 위해서 IPCC SRES 및 지역기후모델에서 예측하는 우리나라의 온도상승 등과 같은 미래 기후변화를 제시하고, 기상청 기상데이터 및 PRECIS QUMP 등을 활용하여 미래의 기후 변화를 예측하였다. 기후 변화에 따른 건물에너지 및 재생에너지의 영향 및 취약성에 대한 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 우리나라의 평균기온은 지속적으로 상승하여 2001~2010년에 12.8℃로 가장 높았고, 변화율은 0.27℃/10년으로 상승하는 경향이 뚜렷하게 나타났다.
- (2) QUMP 3개 부분집합 Q0, Q1, Q14와 실제 기온을 비교한 결과, 1980년에서 2009년 사이의 온도의 변화가 매우 유사함을 알 수 있었다.
- (3) 기후변화에 의해 영향 및 취약성을 연구하기 위해서는 서울 및 울산지역에 사용될 시간단위의 미래 표준년을 만들었다.
- (4) 서울 및 울산지역 오피스 건물의 동적해석 시뮬레이션 결과, 냉난방부하가 증가하였고, 특히 여름철 냉방부하의 상당한 증가를 보였다. 따라서 건물부분의 취약성은 여름철의 냉방부하의 급격한 증대이므로, 이를 해결하기위한 다양한 방안이 요청된다.
- (5) 울산 지역보다도 서울지역이 기후변화에

더욱 취약하다는 것을 보여주고 있다. 따라서 지역적 특성을 고려한 건물부분의 취약성을 해결하기 위한 방안이 요청된다.

건물의 기후변화 영향 및 취약성을 연구하기 위해서는 건물에너지 시뮬레이션에 사용될 시간단위의 미래 표준년에 대한 연구가 필요할 것이다. 따라서 서울 및 울산지역외의 PRECIS QUMP 시뮬레이션 자료 및 기상청에서 제공하는 신 기후변화 시나리오를 이용하여 시간당 표준년 기상자료 및 미래 기후변화 분석이 요청된다.

후 기

본 연구는 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2012-0026858). RCP 시나리오의 기후변화는 기상청에서 제공된 자료를 이용하였고, PRECIS는 영국의 Met-office의 지원에 의해 시뮬레이션을 수행하였음.

참 고 문 헌

1. KMA, "Climate change whitr paper", 2011.12, pp.40-42
2. KMA, "Regional climate change report (Busan-Ulsan-Gyeongnam)", 2011.12, pp.79-139
3. KMA, "Regional climate change report (Seoul)", 2011.12, pp.27-39
4. Bert Metz et al., Climate Change 2007 Mitigation, New York: Cambridge University Press, 2007
5. IPCC, Summary for Policymakers: Emission Scenarios(Special Report of IPCC Working Group III), 2000
6. KH Lee, Geoff Levermore, "Weather data for future climate change for South Korean building design: analysis for trends",

Architrcutral Science Review, 53, 2010, pp. 157-171

7. <http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/link>

8. <http://ccs.climate.go.kr/index.html>

9. <http://www.metoffice.gov.uk/precis/qump>