

HadCM3를 이용한 서울 및 울산지역의 미래 냉·난방도일 예측

이관호*, 유호천**, 노경환***

*울산과학기술대 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr), **울산대학교 건축학부(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),
***울산대학교 건축학부 대학원(n3423@nate.com)

The expectation of future cooling and heating degree day of the Seoul and Ulsan using HadCM3

Lee, Kwan-Ho*, Yoo, Ho-Chun**, Noh, Kyoung-Hwan***

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

**School of Architecture, University of Ulsan(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),

***School of Architecture, Graduate School, University of Ulsan(n3423@nate.com)

Abstract

The concern in energy reduction in the field of architecture which takes up a big weight in domestic energy consumption is gradually increasing. For this reason, a lot of research work on this matter is being carried out. Particularly, it is generally required that currently used system in a structure for energy reduction should be maximized in its efficiency. In addition, research on several energy reduction typed systems is underway. Such a research work should not only include the one in time of the present but also keep up with the trend for future-oriented research. This research paper forecasted and analyzed the trend for global warming and demand of a structure for energy in the future by applying climate scenarios to cooling degree-day and heating degree-day.

Also, this research found out the decrease in heating degree-days and increase in cooling degree-days until this moment due to the progress of global warming.

In addition, as for heating degree-days in the future forecasted on the basis of HadCM3, it is estimated that the range of decrease could be ever bigger starting 2040 in case of Seoul and also starting 2010 in case of Ulsan ever after respectively. In case of cooling degree-days, it is estimated that its increase range could be bigger abruptly starting 2050, and after 2080, its increase range would be much bigger.

Keywords : 도일 법(Degree-day method), HadCM3(Hadley Center Model), 난방 도일(Heating degree-day), 냉방 도일(Cooling degree-day)

기 호 설 명

HDD	: 난방도일 (°Cday)
CDD	: 냉방도일 (°Cday)
$\theta_{e,k}$: 일평균 외기온도 (°C)
θ_{th}	: 외기 난방 기준 온도 (°C)
θ_{tc}	: 외기 냉방 기준 온도 (°C)
k	: 일 수

1. 서 론

2005년 2월 교토의정서의 발효로 인하여 세계의 각국은 온실가스의 감축에 돌입하였다. 한국은 교토의정서의 1차 공약이행기간인 2012년까지 온실가스 저감의무를 가지는 부속서 I 국가에서는 제외되었다. 그러나 1차 공약이행기간 이후의 문제에 대하여 논의되고 있는 '포스트 교토의정서'에서는 한국을 포함한 다량의 온실가스를 배출하는 개발도상국들도 절감의무를 부여 받을 것이라는 의견이 지배적이다.

이에 따라서 국내의 에너지 소비량에서 큰 비중을 차지하는 건축분야의 에너지 절감에 대한 관심이 점차 증가하였으며 많은 연구가 실행되고 있다. 특히 건축물의 운영에 있어 에너지 절감을 위하여 현재 사용되는 시스템에 대한 효율의 극대화가 요구되고 있으며 각종 에너지 절약형 시스템 또한 연구되고 있는 실정이다. 이러한 연구는 현재시점에 대한 연구뿐만 아니라 앞서 제시한 미래의 대처에 대한 연구로의 방향도 함께 강조되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 기후 시나리오인 HadCM3를 이용한 냉·난방도일을 산출하여 지구온난화의 추세를 예측해 보고 미래의 건축물의 에너지 수요량에 대한 예측 및 분석하고자 한다.

2. 냉·난방도일법¹⁾

냉난방 도일법(degree-day methods)은 주변 상태를 정상상태로 가정하여 건축물의 에너지 수요량을 산정하는 방법으로 간단하지만 효과적이고 정확한 방법이다.

2.1 난방 도일(heating degree-days, HDD)

난방 도일이란 일평균 온도가 기준온도 이하의 날만 선정하여 기준온도에서 해당일의 일 평균 온도를 뺀 값을 일정기간 적산시킨 값을 말한다. 난방 도일이 크다는 것은 기후가 춥다는 것과 난방을 위해 연료비가 많이 드는 것을 의미한다. 따라서 산출된 자료는 작년 또는 원하는 기간의 난방도일과 비교하여 겨울철 난방기간 중 난방설계 및 에너지 수급정책 결정시 사용하게 된다.

$$HDD = m_k \sum_{k=1}^n (\theta_{th} - \theta_{e,k}) \quad (1)$$

$$m_k = 1 \text{ day if } \theta_{e,k} \leq \theta_{th}$$

$$m_k = 0 \text{ day if } \theta_{e,k} > \theta_{th}$$

일평균 외기 온도($\theta_{e,k}$)가 설정한 외기 난방 기준 온도(θ_{th})보다 낮을 경우 이들의 차를 합산하여 전체 난방 도일 값을 산출한다. 반대로 일평균 외기 온도가 외기 냉방 기준 온도보다 높을 경우에는 0으로 처리한다.

난방 도일의 외기 난방 설정 온도는 18°C이지만 건축물 내부의 발열을 고려한 평형점 온도 15°C를 외기 설정온도로 정하였다.

2.2 냉방 도일(cooling degree-days, CDD)

냉방 도일이란 난방 도일과는 반대로 일평균 온도가 기준온도 이상의 날만 선정하여 해당일의 일 평균 온도에서 기준온도를 뺀

1) 김지혜 외, 「기후 온난화의 영향에 의한 건물의 냉·난방에너지 수요량 예측」, 한국태양에너지학회 논문집, 26(3), pp.119-125, 2006

값을 일정기간 적산시킨 값을 말한다. 냉방도일이 크다는 것은 기후가 덥다는 것과 냉방을 위해 연료비가 많이 드는 것을 의미한다.

$$CDD = m_k \sum_{k=1}^n (\theta_{e,k} - \theta_{ic}) \quad (2)$$

$$m_k = 1 \text{ day if } \theta_{e,k} \geq \theta_{th}$$

$$m_k = 0 \text{ day if } \theta_{e,k} < \theta_{th}$$

냉방도일은 일평균 외기온도가 냉방 기준 온도보다 높을 경우 이 둘의 차를 합산하여 전체 냉방도일 값을 산출하며 낮을 경우에는 0으로 처리한다.

이번 연구에서 냉방도일의 외기 냉방 설정 온도는 ASHRAE기준인 18.3℃와 근접한 18℃로 하였다.

3. HadCM3

HadCM3(Hadley Centre model)는 전 세계의 물리적 변화와 상태를 함께 고려하여 개발된 고급의 기후 모델이고 바람, 수증기, 구름의 형태 등의 요소를 포함하고 있다. 온도, 습도, 풍속, 일사 등 각각의 일별 기후 요소들의 최대값, 최소값과 평균값은 그리드박스를 기초로 하여 세계의 다양한 영역에서 계산된다. 개개의 그리드 박스의 사이즈는 2.50°×3.75°이며 이러한 형태가 Hadley의 전반적인 3세대 순환 모형이다. HadCM3의 1년은 각 월이 30일로 전체 360일로 구성되어 있으며 현재 1860년에서 2099년까지의 데이터를 이용 할 수 있다.

현재 우리나라는 그림1에서 흰색 원으로 표시된 두 개의 격자점이 있는데 한 점은 남부지방(N127.5, E35)에 나머지 한 점은 중부지방(N127.5, E37.5)에 위치한다. 이 두 개의 지점을 각각 수도인 서울과 연구자가 위치한

울산으로 설정하였다.

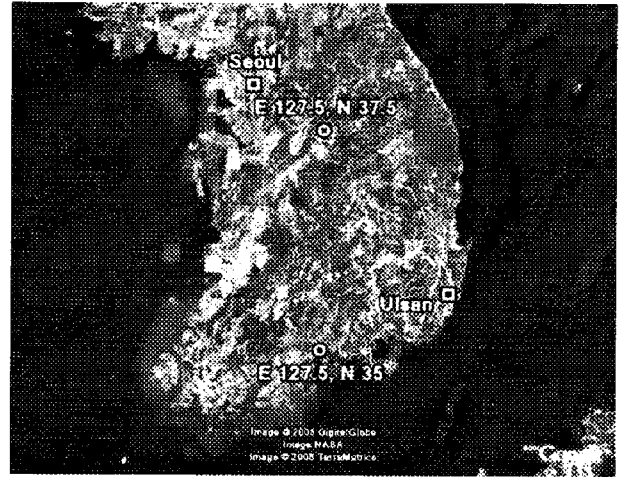


그림 1. HadCM3의 포인트와 산출지역선정

냉·난방도일을 산출하는데 있어 HadCM3 A2 기후 시나리오를 적용 하였다. 여기서 A2란 표 1에서와 같이 IPCC²⁾의 SRES Storyline의 지역구분을 기준으로 「독립적 사회, 지역특성 보존, 꾸준한 인구증가, 지역 규모의 경제성장」의 수준을 만족하는 시나리오를 말한다. A2 시나리오는 미래의 실제적인 시나리오에 가장 근접하다고 사료되므로 앞으로 일어날 기후변화에 대하여 분석하는데 가장 적합할 것으로 보인다.³⁾

표 1. SRES Storyline 설명

	설명
A1	매우 급격한 경제성장, 세기 중간에 인구 최고점 도달, 지역간 사회·문화·경제의 교류증대, 시장구조가 우세함
A2	독립적 사회, 지역특성 보존, 꾸준한 인구증가, 지역 규모의 경제성장
B1	청정하고 효율적인 기술 사용, 물질이용의 감소, 사회·문화·경제·환경의 지속을 위한 지구적 해결에 관심, 세기중간에 인구 최고점 도달
B2	지속성에 대한 지역적 해결, A1에 비해 인구증가율은 낮으나 꾸준한 인구증가, B1·A1에 비해 낮은 기술변화

2) Intergovernmental Panel on Climate Change

3) 이관호, 「건물 및 재생에너지에 관한 미래의 기후변화 예측」, 한국태양에너지 학회논문집, 28(1), pp57-64, 2008

4. 결과 및 분석

4.1 난방 도일(HDD : heating degree-day)

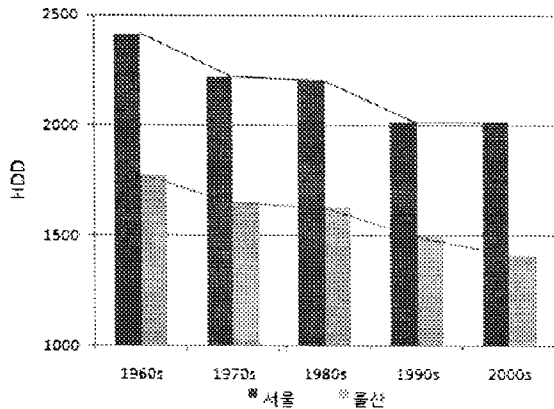


그림 2. 1961-2005년 HDD 실제 감소 경향

우선 기상청의 실제 관측데이터를 기반으로 과거 50년간의 난방 도일(기준온도 15°C)은 서울과 울산 두 지역의 난방도일이 꾸준히 감소되고 있음을 알 수 있었으며 특히 1980년대에서 1990년대 사이의 감소폭이 컸음을 알 수 있었다. (그림2.)

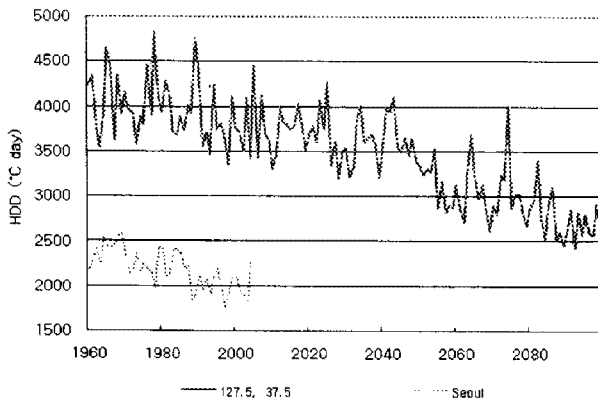


그림 3. 1961-2099년 HadCM3의 서울(127.5, 37.5)의 HDD 감소 경향

그림3은 HadCM3의 데이터를 기반으로 작성된 서울지역의 난방 도일(기준온도 15°C)의 그래프이다. 이 그래프에서 HadCM3의 데이터의 난방 도일과 서울의 실제 측정된

데이터의 난방 도일의 차이가 크게 나타나 있음을 알 수 있다. 이러한 차이를 보이는 이유는 지역적 차이와 사회환경적 차이로 유추된다. 지역적 차이는 HadCM3의 그리드박스가 위치한 N127.5, E37.5의 포인트는 부근이 산악으로 둘러싸인 분지지형의 형태를 보이고 있고 해안부근이면서 평야에 위치한 서울의 위치보다 내륙으로 치우쳐 있다는 것이다. 그리고 천만명의 인구가 생활하는 서울의 인공열과 인공시설물, 대기오염 등에 의해 상공의 기온이 상승한 열섬현상의 영향으로도 분석할 수 있다. 이러한 도시열섬현상은 특히 겨울철에 강하게 발생하므로 난방도일에서의 더욱 심각하게 나타난 것으로 보인다.

과거 50년간 난방 도일의 감소경향은 두 데이터 모두 비슷하게 진행되었고 2000년 이후 HadCM3의 난방 도일을 보았을 때 21세기 말까지 계속해서 감소하는 경향을 보여주고 있다. 특히 2040년을 기점으로 급격하게 하락하는 것으로 분석되었고 2010년대 기준으로 3700의 난방 도일은 2090년대에는 2600대로 1000의 난방 도일이 감소하는 것으로 나타났다.

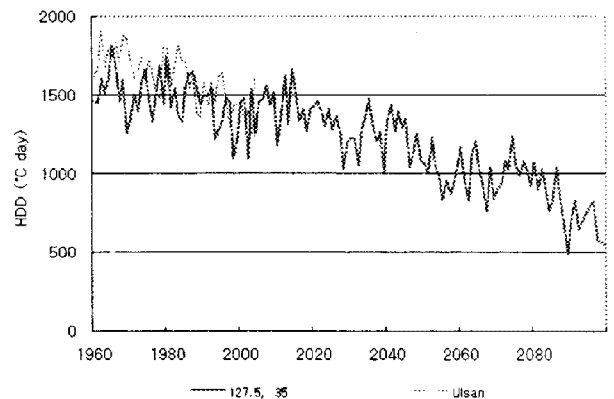


그림 4. 1961-2099년 HadCM3의 서울(127.5, 37.5)의 HDD 감소 경향

울산의 경우는 두 데이터의 과거 50년간의 난방 도일이 거의 일치하였다. HadCM3의

난방 도일은 서울과 마찬가지로 꾸준히 감소하는 모습을 보였으며 특히 2010년대를 기점으로 급격하게 하락하는 것으로 분석되었다. 2010년대 기준으로 평균 1400의 난방도일은 2090년대에는 평균 700정도로 50%정도로 감소됨을 알 수 있었다.

4.2 냉방 도일(HDD : cooling degree-day)

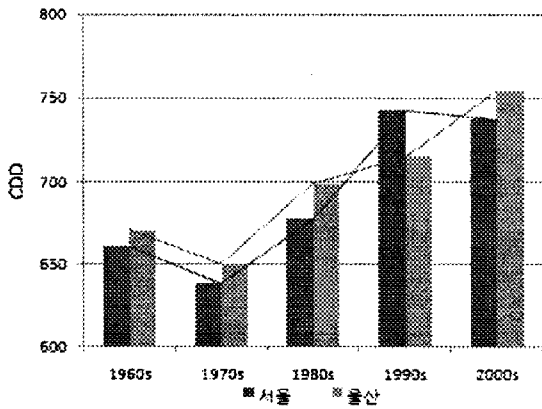


그림 6. 1961-2005년 CDD 실제 증가 경향

기상청 자료를 기반으로 한 최근 50년간의 냉방 도일(기준온도 18℃)변화를 살펴보면 꾸준히 증가하는 모습을 보이고 있으며 특히 서울의 경우 1980년대를 기점으로 울산은 1990년대를 기점으로 급격한 증가를 보임을 알 수 있었다. (그림6.)

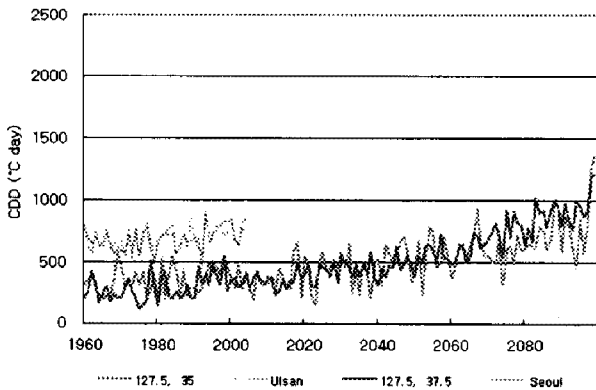


그림 7. 1961-2099년 HadCM3의 서울(127.5, 37.5), 울산(127.5, 35)의 CDD 증가 경향

HadCM3의 데이터를 기반으로 작성된 냉방 도일(기준온도 18℃)의 그래프(그림7.)를 통하여 보았을 때 서울과 울산 두 지역의 냉방 도일은 서울과 울산 두 지역 모두 비슷한 추이를 보이며 완만하게 증가하다가 2050년 이후 500선을 넘으면서 급격하게 증가하였으며 특히 2080년 이후에는 그 증가 폭이 더욱 커짐을 알 수 있었다. 두 지역 모두 2010년대 평균 350의 냉방 도일은 2090년대에는 평균 900의 냉방 도일로 세배 가까이 증가 하는 모습을 보였다.

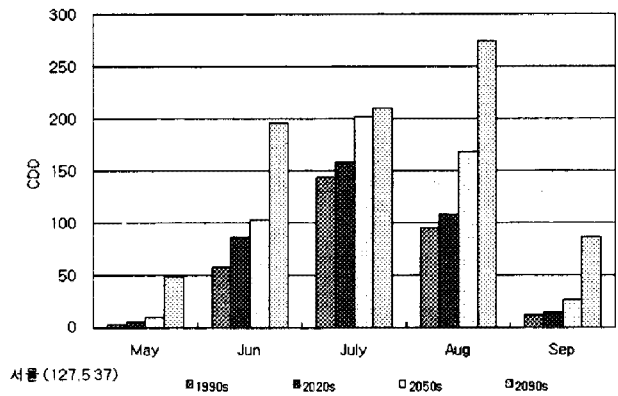


그림 8. 서울의 월별 CDD 변화

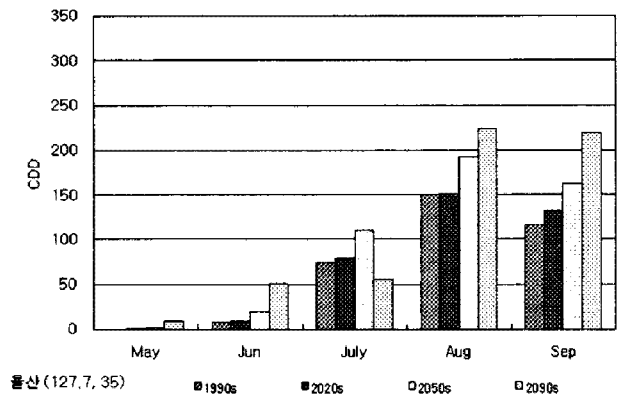


그림 9. 울산의 월별 CDD 변화

월별 냉방도일의 변화에서는 서울은 6월과 8월에서 울산은 8월과 9월에서의 변화가 크게 일어남을 알 수 있다. 특히 서울은 2050년대까지 냉방 도일이 거의 산정되지 않던 5월

과 9월의 냉방 도일이 2090년대에 급격하게 증가함을 보였다. 이를 통해 미래에는 냉방 대상 기간이 더욱 길어 질 것으로 예측 할 수 있다.

5. 결론

기후 시나리오 중 하나인 HadCM3 A2 시나리오를 이용하여 서울과 울산지역의 냉·난방 도일을 산출하여 본 결과는 다음과 같다.

- (1) HadCM3를 이용하여 산출한 냉·난방 도일은 기상청에서 관측한 1961년 이후의 기후 데이터의 냉·난방도일과 거의 비슷한 추세를 보여주었다.
- (2) 지난 50년간의 난방 도일(기준온도 15℃)의 감소 추세는 1980년대를 기점으로 크게 하락하기 시작한 것을 분석되었다. HadCM3로 예측한 미래의 난방 도일에서는 서울은 2040년, 울산은 2010년을 기점 이후로 더욱 감소의 폭이 커질 것으로 나타났다으며 2090년대에는 2010년대에 비하여 서울은 약 1000난방 도일, 울산은 700난방 도일이 감소 할 것으로 예측되었다.
- (3) HadCM3로 산출한 난방 도일과 실제 측정된 난방 도일의 차이는 그리드박스와 서울사이의 지역적 차이 및 사회환경적 차이로 유추 할 수 있었다.
- (4) 지난 50년간의 냉방 도일(기준온도 18℃)의 증가 추세는 서울은 1980년대, 울산은 1990년대를 기점으로 크게 상승하고 있을 알 수 있었다. HadCM3로 미래 냉방 도일을 예측해본 결과 서울과 울산 두 지역 모두 2050년을 기점으로 급격하게 증가가 시작될 것으로 예측되었으며 2080년 이후에는 그 증가 폭이 더욱 커질 것으로 예측 되었다. 2010년대에 평균 350의 냉방 도일은 2090년대에는 평균 900의 냉방 도일로 약 300%의 증가를 보일 것으로 예측되었다.

- (5) 난방 도일의 감소와 냉방 도일의 증가추세를 바탕으로 지구온난화가 진행되고 있음을 기후시나리오를 통하여 확인 할 수 있었으며 앞으로의 냉방 도일의 증가에 대비 하여 건축물 냉방 시스템의 성능 및 효율에 대한 연구도 활발히 이루어 져야 할 것으로 보인다.

후 기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10231-0)

참 고 문 헌

1. H.C. Yoo et al, 「Climate Change Test Reference Years for South Korea」, 6th Meeting of the CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007
2. K.H. Lee, G.J.Levermore, 「Generation of typical weather data for future climate change for South Korea」, 6th Meeting of the CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007
3. 유호천 외, 「표준기상데이터 형식 분석 및 TRY 가중치 적용」, 한국태양에너지학회논문집, 27(4), pp.154-165, 2007
4. 이관호, 「건물 및 재생에너지에 관한 미래의 기후변화 예측」, 한국태양에너지학회논문집, 28(1), pp57-64, 2008
5. 김지혜 외, 「기후 온난화의 영향에 의한 건물의 냉·난방에너지 수요량 예측」, 한국태양에너지학회 논문집, 26(3), pp.119-125, 2006
6. M. Cristenson et al. 「Climate Warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland」, Energy Conversation and management, 47 pp.671-686, 2006