



단지 유형에 따른 도시의 미기후 조절 계획에 관한 연구

The Planning of Micro-climate Control by Complex Types

정주리* · 정민희**

Jeong, Juri* · Chung, Min Hee**

* School of Architecture & Building Science, Chung-Ang Univ., South Korea (cupid0313@naver.com)

** Corresponding author, School of Architecture & Building Science, Chung-Ang Univ., South Korea (mhloveu@cau.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: Temperature in urban areas increase much more than suburban areas and it is called urban heat island (UHI) phenomenon. There are several solutions to control UHI phenomenon such as green roof system, water space construction, and cool roof system. However, application of green roof system and cool roof system to some of the buildings which compose the city has a critical limit. Therefore, in order to diminish the temperature rising and UHI phenomenon due to climate change of the city, it needs to approach from the viewpoint of site or city, rather than the viewpoint of individual buildings. This study is aims at analyzing UHI phenomenon by characteristics of surface materials and suggesting the solutions to reduce UHI phenomenon by types of complex. **Method:** Literature reviews were conducted to analyze the cause, mitigating plan, and recent trends of UHI phenomenon. For the simulation analysis, the type of complex was classified 3 representative complex. Based on measured reflectivity, simulation about UHI phenomenon was conducted by setting 4 strategies; albedo of roof, road pavement, green roof system, and vegetating around buildings. **Result:** As the results of simulating the UHI reduction factor by types of complex, it showed that the effect of temperature reduction on the building roof layer is more effective than adjusting the reflectivity of buildings such as green roof system, planting near the buildings in both the detached house complex, apartment complex, and commercial complex.

KEYWORD

단지유형
도시열섬현상
미기후 분석

Complex Type
Urban Heat Island
Micro-climate Simulation

ACCEPTANCE INFO

Received Jan 11, 2017
Final revision received FEB 15, 2017
Accepted Feb 20, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

지구 온난화와 도시화에 따라 지구 평균기온이 상승하고 있으며, 이러한 현상은 우리나라에서도 동일하게 발생하고 있다. 일반적으로 지구 온난화에 의해 평균기온이 상승하지만 도시화가 진행되지 않은 교외지역보다 도시지역의 기온 상승폭이 높은 것으로 나타난다[1]. 전문가들의 예측에 의하면, 앞으로 지구온난화는 지속될 것으로 예상되며, 특히 도시 지역의 기온 상승은 더욱 심화될 것으로 예상하고 있다[2]. 도시지역의 기온상승 뿐 아니라 도시의 상대습도변화 분석 결과[3], 우리나라의 연평균 상대습도는 전반적으로 감소하고 있는데, 이러한 현상은 도시 규모가 클수록 감소 경향이 뚜렷하게 나타난다. IPCC 보고서에 의하면 온실가스 배출 감축목표가 달성되더라도 지속적으로 지구의 기온은 상승할 것으로 전망하고 있으며, 우리나라 역시 도시의 폭서 발생 빈도 증가 및 강도가 높아질 것으로 예상된다[4].

여름철 도시의 기온 상승은 노동자의 노동력 저하, 탈진·쇼크와 같은 건강 문제를 야기하며, 냉방부하의 증가 등 도시의 에너

지 소비가 증가하여 국가의 경제 부담으로 작용하게 된다. 반면 겨울철의 경우 도시의 기온 상승으로 인해 도로의 빙판 지속시간 저감, 난방부하 저감 등 긍정적인 효과가 발생하는 것으로 나타났다[5, 6]. 향후 고온 발생이 더욱 잦아지고 심해질 것으로 예상됨에 따라 도시의 여름철 기온상승현상에 대한 대응이 필요할 것으로 판단된다.

도시열섬현상을 조절하기 위한 방안으로 녹지 조성, 바람길 조성, 수공간 조성, 지붕과 도로면의 반사율 증가 등을 들 수 있다. 녹지나 수공간 조성은 식재 그늘 조성 및 식재의 증발 잠열량 증대로 인해 열섬현상을 완화시킬 수 있으며, 옥상녹화 조성이나 반사율이 높은 쿨루프(Cool roof) 페인트를 이용하여 옥상면의 반사율을 조절을 통해 표면온도를 낮출 수 있다. 하지만 도시를 구성하는 많은 건물군 중 일부 건물에 옥상녹화나 cool roof를 적용하는 것으로는 도시 열섬현상을 완화시키기에는 한계가 있다. 이에 따라 기후변화에 따른 승온현상과 도시의 열섬현상 완화를 위해서는 개별 건물의 관점에서 접근하는 것이 아니라 단지 또는 도시 차원에서 접근하는 것이 필요하다고 볼 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 도시의 미기후 조절 전략으로 단지의 유형별 단지를 구성하는 표면의 재질 특성에 의한 미기후 조절을 통해 열섬현상 저감에 기여하고자 하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 첫째, 도시열섬현상의 발생원인 및 도시열섬 저감 요소에 대하여 문헌고찰을 실시하였다. 단지유형을 분류하고 건물군의 특성에 따라 분류하였다. 적용요소로는 지붕반사율, 도로 포장면, 옥상녹화, 건축물주변 식재 조성을 설정하고 . 미기후 분석 프로그램인 'ENVI-met'을 활용하여 단지유형별 열섬현상 저감 효과를 분석하였다. 또한 시뮬레이션 데이터 분석을 통해 단지유형별 도시열섬현상 저감 방안을 제시하였다.

2. 도시열섬 저감 요소 고찰

2.1. 옥상녹화

옥상녹화는 강우와 열섬완화뿐만 아니라, 대기와 소음의 저감, 야생동물 서식처의 기능을 제공하고 있다. 도시화로 인해 파편화된 녹지와 생태적 단절로 위협 받고 있는 생태계를 회복하고 생물다양성 감소문제를 극복하기 위한 기법으로 고려되고 있어 [7], 다양한 연구들이 계속될 뿐 아니라 건물 설계 시 옥상녹화를 적용하는 사례들 또한 증가하고 있는 추세이다.

이용직[8]은 옥상녹화와 비옥상녹화 부분의 표면 온도 분포를 비교하였으며, 옥상녹화가 미기후 개선과 열섬현상 완화요소로 효용성이 있는지 고찰하였다. 그 결과 옥상녹화 부분의 평균 온도가 비 옥상녹화 부분의 평균온도보다 4°C~7°C정도 낮게 나타나는 것을 확인하여 온도저감 및 도시열섬현상 완화에도 효과가 있는 것으로 나타났다.

또한, 김원주 외[9]는 도시 내 녹화공간의 활용측면에서의 옥상녹화를 실제적으로 시공하고 모니터링 함으로써 그 효과 및 활성화 방안을 살펴보는 연구를 진행하였다. 사례연구를 통해 살펴본 결과 옥상녹화시스템을 적용한 세대가 12~15%의 에너지 소비 절감을 하는 것을 알 수 있었으며, 특히 외기온도가 35°C이상 상승할 경우 에너지 소비가 17% 절감됨을 확인하였다.

2.2. 건물의 표면 반사율 조정

쿨루프는 일반 지붕에 비해 높은 태양 반사율과 열방사율을 가진 지붕시스템으로 유입되는 에너지의 많은 부분을 반사하고, 지붕에 흡수된 열을 빠르게 방사하여 주간 강한 일사에도 다른 지붕에 지표 표면이 낮은 온도로 유지된다. 이로써 실내에 발생 발생부하도 감소하게 되며, 도시열섬완화, 건물 에너지 사용량 저감, 온실가스 배출 감소 등의 효과를 나타내게 된다. 김영아 [10]는 이러한 쿨루프를 건물모형실험에 적용하여 도시열섬완화 효과와 실내온도 측정 건물에너지 저감 효과를 분석하였다. 또한 Chung and Park[11]은 실내 축소모형 실험을 통해 쿨루프가 적용하였을 시의 온도저감 효과를 분석하였으며, 류형택[12]은 초고층 건물에서 원격 열화상 카메라를 활용하여 지붕색상에 따른 표면온도를 조사함으로써 쿨루프의 성능평가를 실시하였다. 그 결과 백색으로 칠한 모형지붕의 표면온도는 다른 지붕에

비해 최대 20°C만큼 낮게 측정되어 실내로 유입되어 열을 상당히 줄일 수 있다는 객관적인 근거를 도출하였다.

2.3. 녹지조성

나무는 시원을 그늘을 제공할 뿐만 아니라 땅속의 지하수 흡수하여 나뭇잎의 증산작용을 통하여 직접적으로 주변 공기를 시원하게 할 수 있다. 즉, 나무는 증산작용을 통하여 도시의 기온을 낮춘다. 한 그루의 나무는 하루동안 40갤런의 물을 증산할 수 있으며, 이것은 100와트 램프 100개가 하루 여덟 시간동안 발하는 열을 상쇄할 수 있다[13].

차재규 외는 대구시의 도시열섬현상 완화를 위해 도시 내 그린네트워크를 구축하여 얻을 수 있는 온도저감효과를 분석하고, 도시열섬현상이 빈번하게 발생하는 지역에 그린네트워크를 조성을 제안하였다[14].

또한, 윤희천 외는 대구시에서 도시 녹색성장의 일환으로 시행된 나무심기 운동을 통해 변화된 도시의 피복형태를 파악하고, 온도추출을 통해 도심의 온도변화를 분석하였다[15]. 그 결과 식생지역 증가에 따라 도시지역의 온도가 지역에 따라 0.4~0.8°C가량 낮아짐을 확인하였다.

2.4. 투수성 포장면 적용

도시에서는 아스팔트, 보도블록 등 포장 도로가 밀집되어 있어 이러한 포장도로의 축열특성으로 인해 외곽지역보다 태양 복사열을 더 많이 흡수 및 배출하는 특성을 나타낸다. 이러한 도로 포장면의 투수성 향상이나 표면 반사율 조정을 통해 태양복사의 축열을 저감시켜 열섬현상을 완화시킬 수 있다.

소경락 외[16]는 아스팔트 표면에 반사성능이 우수한 특수도료를 코팅하여 근적외선의 반사율을 높여 도로면에 태양 복사의 축열을 감소시키고자 하였다. 그 결과 실내 모사 실험에서 기존 도로보다 12°C이상의 온도 저감 성능을 보였으나, 투수 시험 결과 일반 배수성 포장보다는 투수성이 떨어지나, 국내 배수성 포장 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 아스팔트 도로의 반사율 조절을 통해 열섬 현상 저감을 이룰 수 있을 것으로 예상하였다.

류남형과 유병림[17]은 도로 포장재료에 따른 열성능 평가 실험을 실시하였는데, 표면온도는 표면의 투수성 여부보다 알베도에 의해 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 투수성의 경우 저온 지속시간이 강수 후 증발이 모두 일어난 후에는 그 효과를 발휘하지 못하였기 때문에 지속적인 증발이 일어날 수 있는 공법을 개발해야한다고 주장하였다.

3. 조사대상 및 분석

3.1. 분석 대상지 선정 및 설정 조건

분석을 위해 도시열섬현상이 빈번히 발생하는 주거지역, 상업지역을 대상으로 도시유형을 구분하고, 표준 지역을 설정하여 변수에 따른 시뮬레이션을 실시하였다. 활용된 분석 프로그램은

ENVI-met으로, 독일 Bochum university의 Michael bruse 교수에 의해 1998년에 개발되었다.

분석 대상 지역은 저층 주거지역, 공동주택지역, 사업지역으로 선정하였다. 선정된 지역은 <Table 1>과 같으며, 이들 지역은 서울시의 지역별상세관측자료를 기준으로 외곽지역과의 온도차이가 큰 지역을 위주로 선정하였다. 대표 지역은 기상 관측소 인근의 지역 중 해당 용도를 대표할 수 있는 지역으로 300m×300m 범위로 설정하였다. 표면 마감 형태는 저층주거지역은 건물 50%, 도로 50%를 차지하는 것으로 설정하였고, 공동주택지역은 건물 14%, 도로 26%, 녹지 60%로 다른 지역에 비해 건물의 면적이 적고, 녹지의 비율이 높은 특성을 나타내고 있다. 상업지역은 건물 30%, 도로 70%로 다른 지역에 비해 도로의 비율이 높은 것으로 설정하였다.

Table 1. Characteristics of apartment complexes





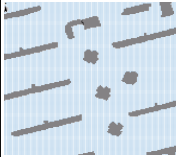
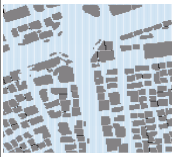
Name	Detached House Complex	Apartment Complex	Commercial Complex
Satellite photograph			
Modelling			

Table 2. Boundary conditions of simulation

Division		Summer	Winter
Date		2014 August 28	2015 January 11
Start time		06:00	06:00
Total simulated hour		24	24
Wind velocity (m/s)		2.1	2.4
Wind direction* (°)		70	290
Air temperature (°C)	Detached house complex	27.0	0.8
	Apartment house complex	27.6	1.6
	Commercial complex	29.7	0.3
Relative humidity (%)		75.6	59.8
Indoor temperature (°C)		26.0	18.0
Air temperature at Gyeonggi Province (°C)		26.7	1.0

* 0:north, 90: east, 180:south, 270:west

시뮬레이션 설정 조건은 다음 <Table 2>와 같다. 하절기는 8월, 동절기는 1월을 대표월로 정하고, 일별 데이터 중 운량이 3 미만이며, 월평균기온과 온도차가 가장 적은 날을 그 달의 대표일로 선정하였다. 시뮬레이션에 설정된 풍속, 풍향, 상대습도의 데이터는 기상청에서 제공하는 1981년~2010년(30년) 평년값 자료를 활용하였으며, 시뮬레이션 시작 시간대의 기온은 대표일의 실제 온도값을 이용하였다. 또한 실내의 온도는 여름철, 겨울철의 실내적정온도인 여름철 26℃, 겨울철 18℃로 설정하였다. 시뮬레이션은 1시간 단위로 저장하여 24시간의 데이터를 분석하였다. 해당지역의 열섬강도 분석을 위해 주변 교외지역을 경기

지역으로 설정하고 경기지역의 평균온도를 나타내었다.

선정변수는 2장에서 고찰된 열섬현상 저감요소 중 총 4가지를 선정하였다<Table 3>. 선정된 변수는 지붕반사를 향상, 도로포장면 재질 변화, 옥상녹화 적용, 건축물 주변 나무조성으로, 시뮬레이션을 통해 변수 적용 전/후의 온도변화를 분석하고자 하였다.

기존 건물의 마감 및 도로의 반사율은 CMA6로 측정하였으며, <Table 4>과 같다.

Table 3. Variables of simulations

Variables		Base	Alt.
1	Roof albedo	0.2	0.6
2	Paving	Asphalt	Concrete
3	Green roof	None	Applying
4	Vegetation around buildings	None	Applying

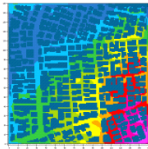
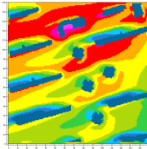
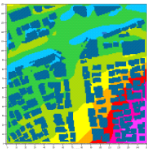
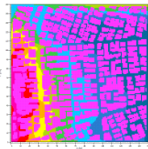
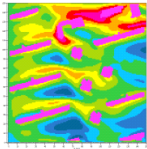
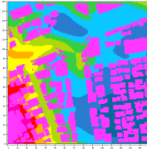
Table 4. Albedo of finishing materials

Finishing materials	Albedo
Concrete slab with green Urethane finishing	0.26
Concrete slab with cement mortar	0.31
Concrete slab with cool paint	0.57
Asphalt	0.10
Paving	0.20
Grass	0.29
Soil	0.20

3.2. 단지 유형별 열섬 현황 분석

각각 시뮬레이션을 통해 나온 결과값은 분석대지를 가로 세로 3등분하여 총 9개 지점의 공기 온도를 분석하였으며, 측정 높이는 높이 2m 지점에서의 온도를 비교하였다.

Table 5. Results of temperature by complex type

Name	Detached House Complex	Apartment Complex	Commercial Complex	
Summer				
	Average Temperature	28.35°C	29.41°C	31.27°C
	Winter			
Average Temperature		10.67°C	10.44°C	11.37°C

<Table 5>는 여름철과 겨울철 12시의 열섬강도 분석 결과이다. 여름철 경기도의 26.7° C와 비교시, 상업지역이 4.6° C 차이가 나므로 가장 큰 온도차이를 보였다. 저층 주거지역과 공동주택지역은 각각 1.6° C, 2.7° C 차이를 나타내었다. 김유진[16]의 연구에 따르면 주거지 면적이 높은 지역은 일출 전 고온역이 형성되며 주간인

12시경에는 해당지역의 고온핵이 약해지는 것으로 분석되었다.

겨울철 경기도의 온도는 1.0°C로 모든 지역에서 10°C이상의 온도차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 여름철보다 가을과 겨울에 대기가 안정되어 공기의 대류 현상이 활발히 일어나지 않기 때문으로 김유진[18]의 연구결과와도 일치한다. 특히 상업지역에서의 열섬강도가 높은 것으로 나타났다. 이는 상업지역은 건물의 규모가 크고, 도로의 면적 비율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

3.3. 단지 유형별 열섬저감 효과 분석 결과

본 절에서는 3.2에서 실시한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 단지유형별 네가지 변수(① 지붕반사율, ② 도로 포장면 변화, ③ 옥상녹화 조성, ④건축물주변 식재 조성)의 적용에 따른 온도저감효과를 분석하고, 단지유형별 열섬효과 저감 방안을 제안하고자 하였다. 열섬현상의 강도는 여름철보다 겨울철에 더 세지만, 도시의 열환경에 악영향을 미치는 것은 여름철이므로 본 절에서는 여름철을 대상으로 저감효과를 분석하였다.

(1) 저층 주거단지

저층 주거단지의 열섬저감 변수 적용에 따른 결과는 Fig.1 과 Table 6과 같다. 저층 주거단지의 경우 건물 및 도로의 비율이 50:50인 지역으로, 타 변수들에 비해 건물의 반사율 조절에 따른 온도저감 효과가 클 것으로 예상됐지만, 건물의 지붕의 반사율을 조정하는 것보다는 건축물 주변의 식재조성, 건축물 지붕층에 옥상녹화 조성과 같은 도시 내의 녹지공간 조성과 도로의 반사율을 높이는 것이 온도저감에 효과적이라는 결론이 도출되었다.

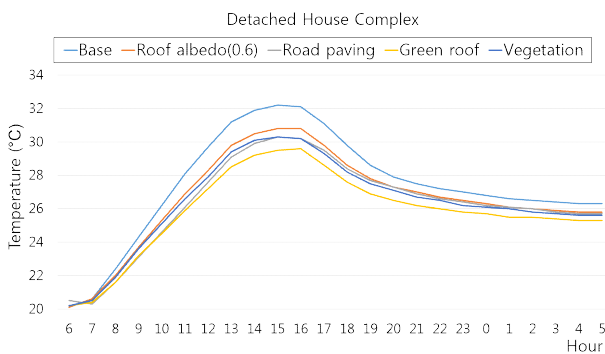


Fig. 1. The results of detached house complex by variables

Table 6. Mean and maximum air temperature of detached house complex

Variables	Mean Temperature (°C)		Maximum Temperature (°C)	
	T	ΔT	T	ΔT
1 Base	27.37	0	32.20	0
2 Roof albedo	26.60	0.77	30.80	1.4
3 Paving	26.86	0.51	30.30	1.9
4 Green roof	26.34	1.03	29.60	2.6
5 Vegetation around buildings	26.29	1.08	30.30	1.9

건물 지붕의 반사율 조절을 통해서 일평균 0.58~0.77°C의 온

도저감효과를 볼 수 있었으며, 콘크리트 포장면의 변경으로는 일평균 0.51°C, 식재조성을 통해서 1.03°C, 옥상녹화를 통해서 1.08°C 온도가 저감되었다.

일일 최고기온의 경우, 옥상녹화 적용 시 2.6°C 저감되는 것으로 나타났으며, 이 때 최고온도가 발현되는 시간이 기존 15시에서 16시로 1시간가량 늦춰지는 것으로 분석되었다. 옥상녹화의 적용은 기존의 비녹화 지붕에 비해 열전도율이 낮아 외기온도가 구조물로 전달되는데 시간이 오래 걸리기 때문에, 일사의 반사 및 증발산 작용을 통해 도시 열섬효과를 완화뿐만 아니라 건축물의 냉방에너지 절약효과가 있을 것으로 예상된다.

시뮬레이션에서의 반사율은 각 재료가 가지는 열전도도나 열방사율과 같은 요인들을 고려하지 않은, 재료의 단순 반사율 값만을 입력한 결과 값으로, 실제 적용 시에는 위와 같은 요소들로 인한 차이가 발생할 수 있을 것이라 판단된다.

(2) 공동주택 단지

공동주택 단지의 경우 건물, 도로, 녹지의 비율이 14:26:60으로 기존에 조성된 녹지비율이 높은 지역이었다. 또한 건축물의 비율 또한 적어 옥상녹화나 건축물 주변 식재 조성, 건물의 반사율 조정 등으로 인한 온도저감 효과가 적을 것으로 예상되었다. 공동주택 단지의 열섬저감 변수 적용에 따른 결과는 Fig.2 과 Table 7과 같다.

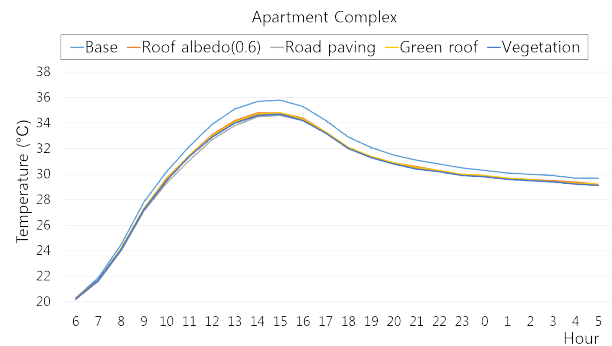


Fig. 2. The results of apartment complex by variables

Table 7. Mean and maximum air temperature of apartment Complex

Variables	Mean Temperature (°C)		Maximum Temperature (°C)	
	T	ΔT	T	ΔT
1 Base	30.64	0	35.80	0
2 Roof albedo	30.07	0.57	34.80	1.0
3 Paving	30.62	0.02	34.60	1.2
4 Green roof	30.52	0.12	34.80	1.0
5 Vegetation around buildings	30.49	0.15	34.70	1.1

일평균 온도에서도 나타나듯이 지붕의 반사율 조절을 통해서 0.57°C가량이 감소하였으며, 옥상녹화를 통해서 0.59°C의 온도가 감소하였다. 공동주택지역은 비교적 건물의 면적 비율이 다른 단지유형에 비해 적어 지붕의 반사율이나 옥상녹화 적용에

따른 온도 저감효과가 적은 것으로 나타났다.

도로 포장면 변화에 따른 기온 분석결과 6시부터 09시까지의 두 포장면의 온도분포가 비슷하게 나타나다가 09시~15시에는 포장재간의 온도차이가 발생했다. 11시경에는 콘크리트 포장이 아스팔트포장보다 0.38℃가량 온도가 낮게 나타나며, 최고온도에서는 0.22℃가량 차이가 발생한다. 일사량이 약해지는 16시 이후부터는 두 포장재간의 온도차이가 0.1℃이하로 미미하게 나타나지만, 콘크리트포장의 온도가 더 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 일 평균기온의 경우 0.02℃ 차이지만 일일 최고 온도 차이의 경우 포장면에 의한 온도차이가 1.2℃로 기타 변수에 비해 가장 높은 차이를 나타내었다. 이는 지붕재 변경의 경우 분석 높이에 비해 건물의 높이가 높고 면적 비율이 적어, 지면 공기의 온도에 미치는 영향이 적었던 것으로 판단된다. 반면 도로 포장면의 경우 분석 높이에서 비교적 가까우며, 면적 비율도 건물의 면적보다 높아 최고 온도 저감에 큰 효과를 나타낸 것으로 판단된다.

또한 건축물 주변 식재 조성을 통해서도 일평균 0.15℃의 온도변화가 나타났다. 기존에 조성된 녹지공간의 비율이 높았던 공동주택단지는 건축물 주변 식재조성으로 인한 온도저감 효과가 미미한 것으로 판단된다.

공동주택단지는 다른 단지에 비해 온도저감효과가 가장 미미한 것으로 나타났는데, 이는 다른 단지유형에 비해 건물의 높이와 분석 높이의 차이가 크고, 단지에 비해 건축면적이 좁은 것으로 판단된다. 또한 이미 식재 조성이 되어 있어, 추가 식재조성이나 녹화는 큰 효과를 얻지 못하는 것으로 판단된다. 따라서 공동주택단지의 열섬저감을 위해서는 저층주거단지나 상업단지와는 달리, 건물의 설계 단계부터 건물의 배치를 통한 바람길 조성 등 건축계획적인 방법이 필요할 것으로 사료된다.

(3) 상업단지

상업지역의 경우 건물과 도로의 비율을 30:70이며, 도로를 주변으로 고층의 빌딩이 들어서있으며, 분석결과는 Fig. 3과 Table 8과 같다.

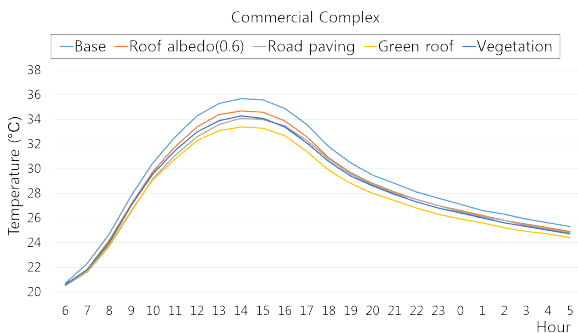


Fig. 3. The results of commercial complex by variables

Table 8. Mean and maximum air temperature of commercial Complex

Variables	Mean Temperature (°C)		Maximum Temperature (°C)	
	T	ΔT	T	ΔT
1 Base	27.37	0	35.70	0
2 Roof albedo	26.60	0.67	34.70	1.0
3 Paving	26.86	0.69	34.10	1.6
4 Green roof	26.34	0.92	33.40	2.6
5 Vegetation around buildings	26.29	0.95	34.30	1.4

지붕의 반사율 조정 시 일평균 0.67℃, 최고온도가 1.0℃의 온도가 저감되었다. 다른 지역들과 마찬가지로, 지붕반사율을 조정하는 것 보다는 건축물 주변에 식재를 조성하거나 옥상녹화를 조성하는 것과 같은 녹지공간을 조성하는 것이 도시의 온도를 낮추는 데에는 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

상업지역은 다른 지역에 비해 도로의 포장 면적비율이 높은 지역으로 포장면 변화에 따라 일일평균 0.69℃ 최고 1.6℃ 저감할 수 있는 것으로 분석되었다. 포장면 변화에 따른 시간별 온도차이는 일출 시간인 06시부터 온도차이가 발생하기 시작하여 최고온도를 나타내는 14시에는 1.6℃가량의 차이가 발생했으며, 일 평균 0.95℃의 온도가 저감됨을 확인하였다.

옥상녹화 적용 시, 하루 중 가장 높은 기온을 나타내는 14시에는 두변수간의 온도차이가 2.60℃ 가량 나타나며 하루 평균 0.92℃가량 온도가 저감되는 것으로 나타났다. 야간시간대의 온도차이는 1℃미만으로 나타났지만, 낮 시간대에는 온도차이가 1℃이상으로 크게 나타났다. 또한, 다른 변수들과 달리 옥상녹화 적용의 경우 온도저감효과가 야간시간대에도 지속되는 것으로 나타났다.

건축물주변 식재 조성시 일간 평균 0.95℃의 온도가 저감되었다. 기온이 가장 높게 나타나는 14시의 경우 1.4℃가량 차이가 발생하였다.

4. 결론

본 연구에서는 단지 유형에 따른 도시열섬저감 효과를 분석하고자 하였다. 단지의 유형은 녹지지역보다는 건축물이 밀집하여 있는 곳에서 도시열섬현상이 빈번하게 발생하므로 주거지역과 상업지역을 분석 대상으로 선정하였으며, 주거지역은 건축물의 밀도가 높은 저층주거지역과 밀도가 비교적 낮은 고층주거지역으로 구분하였다.

도시열섬 저감요소는 기존 논문고찰을 통해 변수를 설정하였으며, 이는 ① 지붕반사율(0.6), ②도로 포장면 변화(아스팔트→콘크리트), ③옥상녹화 조성, ④건축물주변 식재 조성이다.

시뮬레이션 결과, 건축물의 비율이 높은 저층주거지역과 상업지역의 경우 건축물의 반사율 조절에 따른 온도저감효과가 클 것으로 예상되었으나, 건축물의 반사율 조절 보다는 옥상녹화 조성, 건축물 식재 조성으로 인한 온도저감효과가 큰 것으로 나타

났으며, 고층주거지역의 경우 연구에서 설정한 네 가지 변수로 인한 온도저감효과는 미미한 것으로 나타났다.

건축물의 비율이 높은 저층주거지역, 상업지역과 같은 단지의 경우 옥상녹화 조성 및 건축물 주변 식재 조성 같은 녹지 공간 조성 등을 통해 도시의 온도를 낮추는 노력이 필요하며, 고층주거지역의 경우에는 지금과 마찬가지로 초기에 단지를 계획할 시 녹지공간 및 바람길 확보 등을 통해 단지의 온도를 저감시키는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 시뮬레이션을 통해서도 여름철의 온도저감 효과만을 고려하였으나, 외기 조건 변화에 따른 온열쾌적성 분석 및 에너지 소비 분석은 실시하지 못하였다. 따라서 추후 연구에서는 변수를 통한 동절기의 외기 온도변화 및 그에 따른 건축물 에너지 분석, 외기 조건 변화에 따른 보행자의 온열쾌적성 분석 등을 통해 도시의 온도 저감뿐만 아니라 에너지 절감 효과 등 종합적인 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning(2014R1A1A1004131)

Reference

[1] 윤진일 “우리나라의 기온상승-도시효과인가 지구온난화인가”, 한국농림기상학회지, 제 4권 제 1호, 2002 // (Yun, Jin-Il, “Urbanization Effect on the Observed Warming in Korea during the Recent Half Century”, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Korea, Vol.4, No. 1, 2002)

[2] 이관호, “건물 및 재생에너지에 관한 미래의 기후 변화 예측”, 국제에너지학회논문집, 제 28권 제 1호, 2008 // (Lee, Kwan-Ho, “The expectation of future climate change in relation to buildings and renewable energy”, Journal of the Korean Solar Energy Society, Korea, Vol.28, No. 1, 2008. 2)

[3] 김현수, 정주희, 오인보, 김유근, “도시성장모형을 적용한 수도권 미래 기후변화 예측”, 한국대기환경학회지, 제 26권 제 4호, 2010 // (Kim, Hyunsu, Jeong, Ju-Hee, Oh, In-Bo, Kim, Yoo-Keun, “Prediction of Future Climate Change Using an Urban Growth Model in the Seoul Metropolitan Area”, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, Korea, Vol.26, No. 4, 2010)

[4] 이미경, 백희정, 박수희, 강현석, 조천호, “고해상도 지역기후변화 시나리오를 이용한 한국의 미래 기온극값 변화 전망”, 대한지리학회지, 제 47권 제 2호, 2012 // (Lee, Kyoungmi, Baek, Hee-Jeong, Park, Suhee, Kang, Hyun-Suk, Cho, Chun-Ho, “Future Projection of Changes in Extreme Temperatures using High Resolution Regional Climate Change Scenario in the Republic of Korea”, Journal of the Korean Geographical Society, Vol.47, No. 2, 2012)

[5] Giridharan, R., Kolokotroni, M., "Urban heat island characteristics in London during winter", Solar Energy, Vol.83, No.9 2009.

[6] Lowe, Scott A., "An energy and mortality impact assessment of the urban heat island in the US", Environmental Impact Assessment Review, Vol.56, 2016.

[7] 변병설, 이병준, “쾌적한 도시환경을 위한 녹지확보방안”, 한국환경정책·평가연구원 정책연구, 2002 // (Byun, Byung-Seol, Lee, Byung-Jun, “Strategies for conserving Green Spaces for a Pleasant Urban Environment”, Korea Environment Institute, 2002)

[8] 이웅직, “옥상녹화와 비 옥상녹화 표면의 온도변화 상관관계 고찰: 대전지역을 중심으로”, 한국태양에너지학회논문집, 제 32권 제 6호, 2012 // (Lee, Eung-Jik, Kim, Jun-Hui, “A Consideration of the Correlation between the Change of Surface Temperature on the Roof

and the Adoption of the Green Roof vs Non Green Roof”, Journal of the Korean Solar Energy Society, Korea, Vol.32, No. 6, 2012)

[9] 김원주, 조용모, 남미아, 신상희, 고영조, “에너지 절감을 위한 옥상녹화의 활성화 방안 모니터링”, 서울연구원, 정책연구보고서 2008-47, 2008 // (Kim, Won-Joo, Cho, Yong-Mo, Nam, Mi-A, Shin, Sang-Hee, “Plans to Encourage Green Roofs for Energy Saving and Monitoring Thereof” Seoul Development Institute, Policy Study Report, Korea, 2008-47, 2008)

[10] 김경아, “쿨루프의 도시열섬 완화 및 건물에너지 저감 효과 분석”, 창원대학교 석사학위논문, 2016 // (Kim, Gyeong-Ah, “Analysis on Urban Heat Island Mitigation and Building Energy Saving of the Cool Roof”, Changwon National University, Korea, Master Thesis, 2016)

[11] Chung, Min Hee, Park, Jin-Chul, " Development of PCM cool roof system to control urban heat island considering temperate climatic conditions" Energy and Buildings Vol.116, 2016

[12] 류택형, 임정섭, “초고층건물의 사각조망에서 촬영된 지붕표면 열화상의 신뢰도 평가” 한국태양에너지학회논문집 제 33권 제 5호, 2013 // (Ryu, Taek-Hyoung, Um, Jung-Sup, “Evaluating Reliability of Rooftop Thermal Infrared Image Acquired at Oblique Vantage Point of Super High-rise Building” Journal of the Korean Solar Energy Society, Korea, Vol. 33, No. 5, 2013)

[13] 김수봉, 김기호, 조진희, “도시열섬현상의 원인과 대책”, 계명대학교 자연과학대학, 환경과학논집, 제 6권, 2001 // (Kim, Soo-Bong, Kim Gi-Ho, Cho, Jin-Hee, “The Urban Heat Island Phenomenon and Potential Mitigation Strategies” Faculty of Environmental Studies, Keimyung University, Journal of NERI, Korea, Vol. 6, No. 1, 2001)

[14] 차재규, 정영호, 유지원, 김대욱, “도시열섬현상 완화를 위한 녹지네트워크 및 바람길 구축”, 한국지리정보학회지, 제10권 1호, 2007 // (Cha, Jae-Gyu, Jung, Eung-Ho, Ryu, Ji-Won, Kim, Dae-Wuk, “Constructing a Green Network and Wind Corridor to Alleviate the Urban Heat-Island” Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Korea, Vol. 10, No. 1, 2007)

[15] 윤희천, 김민규, 정갑용, “도시열섬완화를 위한 녹지증가에 따른 온도변화 분석”, 한국측량학회지, 제 31권 제2호, 2013 // (Yun, Hee-Cheon, Kim, Min-Gyu, Jung, Kap-Yong “Analysis of Temperature Change by Forest Growth for Mitigation of the Urban Heat Island” Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Korea, Vol. 31, No. 2, 2013)

[16] 소경락, 이현중, 백종은, 이상엽, “아크릴수지를 이용한 차열성 포장의 실내 및 현장 공용성 평가”, 한국도로학회 논문집 제 13권 제 4호, 2011 // (So, Kyung-Rock, Lee Hyun-Jong, Baek, Jong-Eun, Lee, Sang-Yum “Laboratory and Field Performance Evaluation of Acryl Resin Based Solar Radiation Reflective Pavement” Korean Society of Road Engineers, Korea, Vol. 13, No. 4, 2001)

[17] 류남형, 유병림, “투·보수성 시멘트 콘크리트 포장의 열환경 특성 (I)”, 한국조경학회지, 제 32권 제 6호, 2005 // (Ryu, Nam-Hyoung, Yoo, Byung-Rim, “Thermal Environment Characteristics of Permeable Cement Concrete Pavement(I)” Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, Vol.17, No. 4, 2010)

[18] 김유진, “ 서울 도시 열섬의 공간분포 및 열섬강도 특성에 관한 연구”, 건국대학교 석사학위 논문, 2012 // Kim, Yujin, “A study on the distribution and intensity of urban heat island in seoul” Konkuk University, Korea, Master thesis, 2012