ORIGINAL ARTICLE

도시 열환경을 고려한 녹지관리방안 수립 연구^{a)}

주창훈 · 김정호^{1)*} · 윤용한¹⁾

산림조합중앙회 산림자원조사센터, ¹⁾건국대학교 녹색기술융합학과

A Study on Green Space Management Planning Considering Urban Thermal Environment

Chang-Hun Joo, Jeong-Ho Kim^{1)*}, Yong-Han Yoon¹⁾

National Forestry Cooperative Federation, Forest Inventory Center, Daejeon 306-808, Korea

¹⁾Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

Abstract

This study suggests plan of green space management based on the result of research apprehending the characteristic through sorting types of city thermal environment targeting summer which thermal pollution is the most serious. Considering anthropogenic heat, development level of wind road, thermal environment, as a result of types of thermal environment process, it is appeared 36 types, and 10 types is relevant of this research subject. Type I-1, size of building is large, artificial covering area is wide, and thermal load of anthropogenic heat is high, type II-1, development condition of wind road is incomplete as II level, entering cold air is difficult and thermal management and improvement is needed area. Type III-1, scale is large and it is area of origin of cold air, development level of wind road is mostly favorable, type III-2 is revealed as smaller scale than III-1, and small area of origin of cold air. Type IV, anthropogenic heat is 81 ~ 150 W/m², average, but development function of wind road is very favorable. Type V, large area of thermal load and the origin of cold air are distributed as similar ratio, and level of development function of wind road is revealed as II level.

According to standard of type classification of thermal environment, as a result of suggesting plan of green space management and biotops area ratio, type I-1 is buffer green space and waterway creation, goal biotops area ratio 35%, type II-1 afforestation in site and goal biotops area ratio 40%, type III-1, preservation plan to display the current function continuously is requested. Type IV suggests afforestation of stream current, and type V suggests quantitative increase of green space and goal biotops area ratio 45%.

Key words : Urban Heat Island, Typology, Biotope area ratio

1. 서론

18세기 중반이후 산업화, 도시화의 진행은 인간생활

의 발전을 가져 왔지만, 반대로 도시구조가 점차 복잡해지고 기능이 다양해짐에 따라 여러 가지 문제를 유발하고 있다. 인구집중에 따라 토지피복은 초지, 나지 등의 투

Received 18 June, 2014; Revised 8 July, 2014;

Accepted 10 July, 2014

*Corresponding author : Jeong-ho Kim, Dept. of Green Technology
Convergence, Konkuk University, Chungbuk 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3531

E-mail: hoyal209@kku.ac.kr

a) 본 논문은 Joo(2014) 박사논문 일부를 발전시킨 것임.

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수성포장에서 콘크리트, 아스팔트와 같은 불투수성포장으로 변화되었고, 공장, 건물, 자동차 등에서 사용되는 화석연료의 소비는 대기오염물질의 배출과 인공배열의 증가를 가져왔다. 이러한 변화는 인근 교외지역보다 기온이 높은 기후인 도시열섬현상(Urban Heat Island)을 야기시켰다.

초기의 열환경 관련 연구들은 대부분 도시화와 열환경에 대한 관련성을 밝히는 연구로서 주요 연구내용을 분석해 보면, 대기의 상태가 고기압일 경우 열섬현상이 우세하고(Landsberg, 1981), 도시화로 인해 일교차가 감소되었으며, 에너지 사용량이 많은 도시지역이 타 도시지역에 비해 온도 상승폭이 높다(Akbari 등, 1992)고 제시하였다. 이후 도시 열환경 변화의 원인을 밝히는 연구가 주로 진행되었는데, 토지이용과 토지피복과 관련된 연구는 고온역인 시가지지역과 저온역인 녹지 및 하천의 비교를 통해 해석하는 방법이 주로 사용되었다(Yoon 등, 2007). 또한 토지피복현황에 따라 인간이 실제로 느끼는 온냉감, 및 쾌적감을 비교하는 연구(Joo, 2008), 열섬현상과 인공배열의 관계 규명 연구(Jo, 2007), 인공열 산정 연구(An, 2002), 인공열 분포특성에 관한 연구(Lee, 2007) 등이 이루어졌다. 아울러 열환경 완화를 위한 해결책으로 바람길 관련 연구가 진행되었는데 바람길의 효과는 야간에 형성된 차가운 공기가 내려오면서 주간에 더운 지면과 건축물을 식히는 원리로, 차고 신선한 공기를 도시 내로 유입하여 기온저감과 대기순환을 유도하고자 하는 것이다. 바람길 관련 연구는 건물간격, 배치형태에 따른 바람의 영향을 밝히는 연구(Yu, 2008)와 시가지 지역 내 바람길 녹지 네트워크 형성 기법연구(Cha, 2006), 바람길 지도제작(Kim 등, 2005), 도심지내 바람의 흐름을 고려한 시뮬레이션(Kim 등, 2009; Kim 등, 2012)이 다소 진행되었으나, 바람길 형성등급에 대한 연구는 다소 부족한 수준이었다.

도시녹지는 도시지역 내에서 인위적인 수단에 의하거나 자연적으로 수목, 초본 또는 농작물 등 각종 식물에 의하여 녹화된 공간 또는 그와 일체되어 있는 토지, 물을 포함하는 오픈스페이스라고 정의된다(Shin, 2005). 도시 녹지의 관리에 관한 연구는 생태적 도시 관리의 연구에서 주로 연구되어 왔는데, 독일(Sukkop와 Weiler, 1998)과 영국(Freeman, 1999) 등 유럽 몇 개 국가에서 최초로 시작되었다. 이들 나라에서는 도시 내 분포식생

및 출현 종, 토지이용 및 변화패턴이 주로 연구되었다. 도시녹지는 단순히 도시의 공해를 제거하고 건강성을 높이는 차원을 벗어나 도시의 쾌적성을 높이고 도시민의 삶의 질을 증진시키는 귀중한 자원으로 인식되고 있으나, 도시의 열특성을 고려한 열환경 유형화 및 열환경을 고려한 녹지관리에 관한 연구는 부족한 실정이다(Löfvenhaft, 2003; Ministry of environment, 2011; Incheon, 2004). 본 연구에서 제시하는 유형화란 다른 사물이나 문제의 세계에서 비슷한 유형의 기능이나 현상을 한데 묶어 생각하는 문제해결방법 중의 하나로서(Jo, 2014; Yoo, 2013) 문제 자체만 가지고는 잘 해결되지 않는 문제는 비슷한 유형끼리 묶어서 생각함으로써 해결 방안을 모색할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 열오염이 가장 심한 여름철을 대상으로 인공배열, 바람길 형성등급, 인간이 실제로 느끼는 온냉감을 프로세스화하고 도시 열환경 유형을 분류하여 그 특성을 파악한 후 쾌적한 도시구현을 위해 유형별 녹지 관리 방안을 제시하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상지 선정

연구대상지는 도시열섬 및 대기오염의 문제가 발생할 우려가 큰 지역이어야 함을 감안하여 대도시 내에 위치해야 하고, 유역의 변수에서 오는 측정값의 차이를 통제하기 위하여 하나의 유역으로 묶여져 있어야 함을 고려하였다. 또한 상업업무지, 공업지, 주거지, 녹지 등 토지의 용도가 다양하게 분포하여 토지이용별로 뚜렷한 특징을 가지고 있고 그 종류에 따라 비교가 용이해야 하며, 도심 내에 수계접근성 등을 고려하여 대전광역시 대덕구 일원을 대상으로 하였다.

Fig. 1. Map of study area.

2.2. 조사분석방법

2.2.1. 인공배열

인공배열은 Lee(2007)의 에너지소비에 의한 인공배열 산정방법을 응용하여 인공배열이 많은 지역(151 W/m^2 이상), 보통인 지역($81 \sim 150 \text{ W/m}^2$), 적은 지역(50 W/m^2 이하)으로 구분하였다. 현장실측을 통해 메쉬지도로 작성하였으며 면적, 비율을 조사하고 연구대상지의 인공배열 현황을 분석하였다.

Table 1. Classification of Anthropogenic Heat

Anthropogenic Heat(W/m^2)	Characteristic
1 Less than 80	Green Space, rivers are mostly, Few buildings
2 81 ~ 150	There are residential buildings, There is not much human activity
3 More than 151	Commercial establishments are concentrated, There are many heating and cooling demand of the transportation

2.2.2. 바람길 형성등급

바람길 형성 및 활용에 관한 연구는 도시기상의 중요성이 대두되면서 진행되었으나 대부분 제한적인 범위에서의 시범적 사례연구 위주로 이루어지고 있으며, 정량적 평가보다는 정성적 평가가 이루어지고 있는 실정이었다. 또한 CFD, Envi-met 등 시뮬레이션을 이용한 바람길 연구는 변수가 많고 연구대상지가 넓은 본 연구에 활용이 부적절하다. 따라서 본 연구에서는 바람길 연구 및 실제적인 활용사례가 가장 활발한 독일의 바람길 접근방법인 자연적인 특성을 주요인으로 한 유형구분기법(Kim과 Jung, 2005)을 응용하여 바람길 형성요인을 조사하고 메쉬지도화하였다.

2.2.3. 열환경 유형화 및 특성

온냉감이란 따뜻하거나 혹은 춥다고 느끼는 정도를 수치로 정량화한 것으로, 예상온열감(Predicted Mean Vote)의 척도에 따라 7단계로 구분된다. 예상온열감 이론은 온열환경의 6요소를 대입하면 그 조건에서 따뜻하거나 혹은 춥다고 느끼는 것을 수치로 정량화한 것으로 다른 온열지표와 달리 직접 감각량을 표시하기 쉬우며, 또한 예상불만족율에 의해 불만족율도 간단하게 예측할 수 있기 때문에 광범위하게 사용되는 온열환경지표이다

(Jo, 2007). 온냉감 수치가 나타내는 느낌은 Table 3과 같다.

Table 2. Characteristic and Weight evaluation of Wind road formation factor

Wind road formation factor	Characteristic	Weight evaluation
Cold air generation and inflow regional scale (km^2)	1 ~ 5km^2	4
	5 ~ 10km^2	8
	10 ~ 15km^2	12
	15 ~ 20km^2	16
	20 ~ 25km^2	20
percentage of farmland and grassland(%)	More than 25km^2	24
	Less than 25%	3
	25 ~ 50%	6
	50 ~ 75%	9
Average slope($^\circ$)	More than 75%	12
	Less than 5°	1
	5 ~ 15°	6
	15 ~ 25°	8
Average slope cross-section types	25 ~ 35°	7
	More than 35°	6
	Concave type	4
	Flat type	2
Average slope length(m)	Convex type	0
	Less than 50m	0
	50 ~ 100m	2
	100 ~ 150m	4
	150 ~ 200m	6
Rough type of valley zone	200 ~ 250m	8
	More than 250m	10
	Farmland and grassland	10
	Farmland and grassland 65%	8
	Farmland and grassland more than 50%	6
	Building zone more than 50%	4
	Building zone 65%	2
	Completely building zone	0

Table 3. Division of Predicted mean vote(PMV)

Division	Contents
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Not either
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

연구대상지의 온냉감 조사는 이동관측을 통해 기온을 측정한 후 회귀식을 활용하여 추정하였다(Joo 등, 2008). 이동관측은 2011년 7월 16일부터 8월 6일 중 총 7일간 측정하였고, 여름철 최고기온 시의 경우 온냉감이 0 이하를 보이지 않으므로 0 ~ 0.5, 0.5 ~ 1.0, 1.0 ~ 1.5, 1.5 ~ 2.0, 2.0 ~ 2.5, 2.5 이상으로 세분화하였다.

Table 4. Regression of Temperature and warm/cool feeling

Regression coefficients		R ²
X	Integer	
1.67	25.7	0.880**

** : Level of significance 1%

위의 인공배열, 바람길형성등급, 온냉감을 고려하여 열환경 유형을 아래와 같이 프로세스화 하였다. 그 결과 36개의 유형으로 세분화 되었다.

Fig. 2. Thermal environment type process.

2.2.4. 녹지관리방안

도시 열환경 유형분류 기준에 따라 유형별 녹지관리 방안과 목표 생태면적률을 제시하였다. 여기서 생태면적률이란 전체 개발면적 중 생태적 기능 및 자연순환기능이 있는 토양 면적이 차지하는 비율로서 개발공간의 생태적 기능 지표로, 생태면적률의 증가는 도시지역 내 생물서식처를 제공하고, 물순환체계를 확립하는 방안이다. 뿐만 아니라 거시적인 측면에서 열환경 개선을 위한 방안이기도 하다(Ministry of environment, 2011).

3. 결과 및 고찰

3.1. 인공배열

인공배열량이 80 W/m² 이하인 지역은 건축물의 수가 적고, 자동차 통행량이 거의 없는 지역으로 연구대상지의 경우 35.4%로 가장 많은 면적을 차지하는 것으로 나타났다. 산림과 하천이 대부분을 차지하였다. 인공배열량이 151 W/m² 이상인 지역은 에너지 소비형 건축물 다수 분포, 인구 집중, 많은 교통량의 특징이 있는 지역이었다. 분석결과, 전체면적의 31.8%를 차지하였고 공업지, 주거지, 상업업무지 등이 포함되었다. 인공배열량이 81~150 W/m²인 지역은 비교적 인간의 활동이 적고, 주거용도의 건축물이 일부 분포하는 지역으로 연구대상지의 경우 32.8%로 건물이 집중되어 있지 않은 주거지, 하천 주변, 산림하단부 등에서 주로 확인되었다(Table 5, Fig 3) 인공배열량이 가장 높은 151 W/m² 이상인 지역의 경우 제일 적은 비중을 차지하였으나, 산림과 하천을 제외하면 거의 모든 지역에서 인공배열이 있는 것으로 확인되어 대도시의 특징을 보였다. 또한 인공배열량이 많은 지역이 공업지, 상업업무지 등에 집중적으로 나타나는 것으로 확인되어 인공배열 감소 및 분산을 위한 노력이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 5. Area and percentage of Anthropogenic heat quantity

	Anthropogenic Heat (W/m²)	Area (m²)	Percentage (%)
1	Less than 80	15,424,686	35.4
2	81 ~ 150	14,291,800	32.8
3	More than 151	13,856,074	31.8
	Total	43,572,560	100

Fig. 3. Anthropogenic heat quantity map.

Fig. 4. Wind road formation rating map.

3.2. 바람길 형성등급

바람길 형성요인의 가중치를 고려한 바람길 형성등급은 I 등급의 경우 평가가중치의 합이 32 이상을 나타내는 공간으로 바람길 형성기능이 매우 크다는 것을 의미한다. II 등급의 경우 공간적 특성이 바람길 형성에 영향을 주는 조건이 미미함을 나타내는 특성을 가진다. 본 연구에서는 I 등급의 경우 전체면적 대비 48.5%이었으며, 산림과 하천 일부가 이에 포함되었다. II 등급의 경우 업무지역과 주거지역이 대부분으로 나타나 고밀 도심지역의 경우 바람길 형성 및 순환이 어려운 것으로 나타났다 (Table 6, Fig 4).

이를 종합해보면, 주변을 둘러싼 산림과 도시 중심으로 관통하는 하천은 바람순환이 양호하지만, 시가지의 경우 대부분 II 등급을 나타냈는데, 이는 도시개발에서 진행된 시가지화지역의 확산과정의 결과로 판단되었다. 향후 실제 풍향 및 풍속을 측정하여 바람길 형성등급과의 관계 규명에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

3.3. 열환경 유형화 및 특성

쾌적한 도시 및 녹지관리를 위한 도시 열환경 유형화 분류 기준을 본 연구대상지에 적용 결과, 10개의 유형으로 구분되었으며 크게 시가지지역 유형과 녹지 및 오픈스페이스 유형으로 구분되었는데 (Table 7), 시가지지역 유형에는 유형번호 7, 8, 14, 19, 27, 31번이 해당되었는데, 이는 또다시 업무지역유형과 주거지역유형으로 구분되었다. 업무지역에 해당하는 7, 8, 14, 19번 유형은 전체면적 중 15.9%로 나타났다. 그 중 온냉감 수치가 가장 높은 7번 유형은 11.3%를 보여 업무지역의 대부분이 지표면피복과 인공배열의 열부하가 큰 것으로 확인되었다. 반면 바람순환이 양호한 14번 유형은 0.4% 밖에 차지하지 않아 업무지역 대부분의 바람순환은 매우 불량한 것으로 나타났다. 인공배열이 높은 지역보다 지표면 피복이 높은 지역에서 더 높은 온냉감을 보였고, 바람순환이 양호한 지역은 온냉감이 현저히 낮은 것이 확인되었다. 주거지역에 해당하는 27번과 31번은 전체면적 중

Table 6. Area and percentage of Wind road formation rating

Wind road formation rating	Weight evaluation Total	Wind road formation function	Area (m ²)	percentage(%)
I	More than 32	large	21,132,691	48.5
II	Less than 31	little	22,439,869	51.5
Total			43,572,560	100

Table 7. warm/cool feeling and Area and percentage of Thermal Environment Type

Characteristic of Type		Number	Warm/Cool feeling	Area(m ²)	Ratio(%)
Urbanization area	Business area	7	3.00	4,904,071	11.3
		8	2.47	1,147,681	2.6
		19	2.52	688,609	1.6
		14	2.07	174,689	0.4
	Residential area	31	2.66	4,883,334	11.2
		27	1.90	282,642	0.6
Green space and open space	Cold air Generation area	28	1.40	9,465,845	21.7
		33	1.57	1,709,086	3.9
	Cold air Movement area	15	1.86	11,095,838	25.5
	mix area	20	2.26	9,220,766	21.2
Total		Total		43,572,560	100.0

11.8%를 차지하였는데 업무지역과 마찬가지로 바람순환이 양호한 27번 유형은 0.6%에 그쳐 바람순환 확보가 시급한 것으로 확인되었다. 또한 주거지역을 토지이용현황도를 중첩하여 확인한 결과 건물규모가 큰 지역보다 작은 지역이 더 많은 것으로 확인되어 연구대상지의 경우 건물규모가 작은 지역 중심의 열환경 완화방안 수립이 필요할 것으로 판단되었다.

녹지 및 오픈스페이스 유형에는 15, 20, 28, 33번 유형이 해당되었다. 가장 낮은 온냉감을 보인 28번과 33번 유형은 25.6%를 차지하였는데 산림이 대부분을 차지하고 있어 산림면적과 유사한 비율을 보였다. 그 중 바람길 형성이 양호하고 규모가 큰 28번 유형은 21.7%를 나타내어 연구대상지는 대규모의 찬공기 발생지역이 더 많은 것으로 나타났다. 온냉감의 수치가 1.86을 보인 유형 15번 유형은 25.5%로 확인되었는데 대부분 하천을 중심으로 분포하였다. 열부하가 큰 지역과 찬공기발생지역이 비슷한 비율로 분포하는 20번 유형은 21.2%의 면적비율을 나타냈으며, 업무지역, 주거지역, 찬공기 발생지역을 둘러싸는 형태를 보였다.

연구대상지의 열환경을 종합해 보면 많은 면적의 찬공기 발생지역과 이동지역으로 인해 양호한 것으로 보일 수 있으나 업무지역과 주거지역의 대부분은 바람순환이 불량하고, 지표면피복, 인공배열로 인한 열부하가 많아 열환경 완화대책이 시급한 수준이었다.

도시 열환경 유형분류 기준을 연구대상지에 적용한 결과를 토대로 유형번호를 코드화하여 유형별 특성을 해

석하였다(Table 8, Fig 5). 유형 I은 업무지역으로 먼저 인공배열량에 따라 151 W/m^2 이상과 $81 \sim 150 \text{ W/m}^2$ 으로 구분되었다. 인공배열량이 151 W/m^2 이상인 지역은 모두 바람길이 II등급에 해당되어 축적된 열을 해소하기 어려운 조건의 유형이며 이중 유형 I-1은 건물규모가 크고, 인공피복면적이 많아 지표면피복과 인공배열의 열부하가 모두 높은 유형으로 지표면 피복대책과 인공배열 억제대책이 모두 필요한 지역이다. 유형 I-2는 인공배열의 열부하가 높고, 건물규모가 크나 불투수포장 면적이 유형 I-1에 비해 양호한 지역이다. 유형 I-3은 유형 I-1에 비해 인공배열이 $81 \sim 150 \text{ W/m}^2$ 으로 적은 편이나 바람길 형성등급이 II등급에 해당되어 축적된 열의 해소가 어렵고, 인공피복면적이 많아 지표면피복의 열부하가 높은 유형이다. 유형 I-4는 지표면피복과 인공배열에 열부하가 크지만 지형조건에 의해 찬공기 유동이 양호하여 축적된 열의 해소가 가능한 지역이다. 유형 II는 주거지역으로 인공배열이 80 W/m^2 이하로 낮은 편이다. 그 중 유형 II-1은 바람길 형성 조건이 II등급으로 미비하여 찬공기 유입이 어려우며 열환경 관리와 개선이 필요한 지역이다. 유형 II-2는 지표면피복에 대한 열부하가 크지만 바람길 형성 조건이 1, 2, 3등급으로 양호하여 축적된 열의 해소가 가능한 지역이다. 유형III은 인공배열이 80 W/m^2 이하로 거의 없는 찬공기 발생지역이다. 그 중 유형 III-1은 규모가 큰 찬공기 발생지역으로, 바람길 형성등급 또한 대부분 양호하며, 산림지역과 하천이 이에 해당된다. 유형 III-2는 유형 III-1에 비해 규모가 작은 찬

Table 8. Characteristic of Thermal Environment Type

Type	Characteristic	
	Number	Characteristic area
Type I	I-1	7 Heat load is large of Land cover, Heat load is large of Anthropogenic Heat
	I-2	8 Heat load is large of Anthropogenic Heat
	I-3	19 Heat load is usually of Anthropogenic Heat, Heat load is large of Land cover
	I-4	14 Heat load is usually of Anthropogenic Heat, Heat load is large of Land cover, Wind is good
Type II	II-1	31 Heat load is low of Anthropogenic Heat, Heat load is large of Land cover
	II-2	27 Heat load is low of Anthropogenic Heat, Heat load is large of Land cover, Wind is good
Type III	III-1	28 Large cold air area
	III-2	33 Small-and medium-sized cold air area
Type IV	15	Easy movement of cold air area
Type V	20	Heat load large area are similar to cold air area

공기 발생지역으로 완구릉지성 산림 및 공원녹지 등이 이에 해당되었다. 유형IV는 인공배열이 81~150 W/m²으로 보통이지만 바람길 형성기능 매우 양호한 지역이다. 바람길 형성이 용이하고, 지표면 냉각효과가 큰 초지와 농경지가 이에 해당되었다. 유형 V는 혼재지역으로 열부하가 큰 지역과 찬공기 발생지역이 비슷한 비율로 분포하며 바람길 형성기능등급이 II등급인 지역이었다.

Fig. 5. Thermal Environment Type map.

3.4. 녹지관리방안

도시 열환경 유형을 고려하여 쾌적한 도시 구현을 위해 유형별 녹지관리방안과 목표 생태면적률을 제시하였다(Table 9). 생태면적률이란 친환경 도시개발을 위한 사전환경성검토 시 개발 후 목표로 하는 생태면적률로 최소 달성을 규정하고 있으므로(Ministry of environment, 2011) 이를 고려하였다. 연구대상지의 열환경 유형별 목표 생태면적률은 Seoul(2007)의 생태면적률 적용기준, 토지이용유형별 생태면적률 현황(Lee 등, 2007), 열환경 개선의 시급성을 고려하여 설정하였고 녹지, 하천, 공원 녹지를 제외한 나머지 가용지를 대상으로 적용하므로 유형 III-1, 유형 III-2, 유형 IV의 경우 적용 대상에서 제외하였다.

유형 I-1은 바람길 형성기능이 불량하고 지표면피복과 인공배열의 열부하가 큰 지역으로, 먼저 완충녹지의 확대가 필요하다. 완충녹지란 대기오염, 소음, 진동, 악취, 그 밖에 이에 준하는 각종 사고나 자연재해, 그 밖에 준하는 재해 등의 방지를 위하여 설치하는 녹지로, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제6호 나목의 규정에 의하여 결정된 것을 말하는데 이러한 완충녹지의 확대는 그늘을 제공하여 지표면 온도를 낮추고, 열 스트레스를 완화시키는데 중요한 역할을 할 수 있다. 또 다른 관리방

안은 연구대상지 중심으로 통과하는 갑천을 활용하여 수경공간을 조성하는 것이다. 수경공간은 증발로 인하여 습도를 증가시키는데 대기과 수체 사이의 열의 전이가 일어날 때 물이 공기보다 찰 경우에는 기온 강하효과가 나타나게 되므로 특히 더운 여름철에 그 효과가 더 높아지게 된다(Yague 등, 1991). 그 예로 청계천 조사결과 청계 8가 지점의 평균온도는 왕산로 지역에 비해 약 2.2℃ 낮게 측정되어 기온저감 효과가 검증된 바 있다(Kim과 Jo, 2005). 도심 내 수경공간은 바람길 통로 역할도 하므로 기온저감과 바람길 개선의 두 가지 효과를 동시에 볼 수 있는 방안으로 사료되었다. 아울러 공공건물의 경우 옥상녹화와 남쪽벽면의 녹화를 의무화하여 건물 내외부에서의 쾌적성 증가를 도모할 수 있으므로 유형 I-1의 목표 생태면적률은 35% 이상으로 설정하는 것이 타당할 것이다.

유형 I-2는 바람길 형성기능이 불량하고 인공배열의 열부하가 큰 지역으로 옥상녹화와 벽면녹화가 필요하다. 옥상녹화와 벽면녹화는 토지의 고도이용이 진행된 도심에 현실적으로 이루어질 수 있는 녹화방법이며 주목받고 있는 녹지확대 방안이다. 옥상녹화와 벽면녹화를 하게 되면 단열효과와 복사열 저감효과와 더불어 앞에서 증산작용을 하므로 공기보다 저온화되어 열환경의 직접적인 저감장치 역할을 한다. 이로 인한 지붕면과 벽면의 고온화 억제에 냉방에너지 감소를 가져와 에너지 절약효과 또한 기대할 수 있다. 그러므로 유형 I-2의 목표 생태면적률은 25% 이상으로 설정하였다. 유형 I-3은 바람길 형성기능이 불량하고 지표면피복의 열부하가 큰 지역으로 비건폐포장지역의 잔디블럭 전환과 더불어 지하주차장 상부나 지하구조물 상부에 녹지대 조성을 통한 지표면 피복의 개선이 필요한 지역이다. 이에 유형 I-3의 목표 생태면적률은 30% 이상으로 제시하였다. 유형 I-4는 지표면피복 또는 인공배열의 열부하가 크나 비교적 바람길 형성이 양호하므로 가로수의 확대가 필요하다. 가로수는 도시의 외곽지역과 도심을 연결하는 바람통로로서 매우 중요한 역할을 한다. 연구대상지의 경우 가로수 증진을 통해 주변을 둘러싼 산림과 문평공원, 엑스포공원 등의 연계성 증진이 가능하다. 이러한 녹지 네트워크가 구축될 경우 도시 내 열환경 개선은 물론 가로 녹지축이 확보되어 유형 I-1, 유형 I-2, 유형 I-3으로 신선했던 공기 유입이 가능할 것으로 사료되었다. 또한 교목 또는 소

교목으로만 구성되어 있는 식재지보다 교목 + 소교목층으로 구성할 경우 기온저감효과가 더 크므로(Yoon 등, 2007) 2열 가로녹지대와 다층구조식재가 이루어져야 할 것이다. 가로수는 열환경 완화효과 이외에 가로공간의 온열환경개선, 교통소음의 저감, 배기가스 확산의 방지 등의 복합적인 효과를 가지고 있어 녹지관리 중 우선적으로 검토되어야 한다. 유형 I-3의 목표 생태면적률은 25% 이상으로 설정하였는데, 유형 II-1은 생태면적률 40% 이상 조성해야 하는 지역으로 바람길 형성기능이 불량하고 지표면피복의 열부하가 큰 주거지역으로, 토심 20 cm 이상의 중량형 또는 혼합형 옥상녹화가 필요할 것이다. 또한 불필요한 담장제거 및 녹지조성을 통해 바람통로를 확보해야 할 것이다. 유형 II-2는 지표면피복의 열부하가 크지만 비교적 바람순환이 양호한 주거지역으로, 토심 20 cm 이하의 저관리 경량형 옥상녹화도 가능하며, 통풍성능을 유지하기 위한 식재계획 수립이 필요한 공간으로 목표 생태면적률은 30% 이상으로 제시하였다. 유형 III-1은 바람길 형성기능이 양호한 대규모 찬공기 발생지역으로, 이용에 의한 녹지의 훼손을 방지하고, 훼손되었을 경우 자생식물 도입을 통해 복원해야 한다. 유형 III-2는 바람길 형성기능이 보통인 중소규모의 찬공기 발생지역으로, 공원 경계부의 녹지는 교목화단부에 관목을 식재하여 다층구조로 기온저감효과를 증대시키고 공원과 인접된 보도는 가로공원화 계획을 수립하여 녹지네트워크를 구축해야한다. 유형 IV는 바람길 형성기능이 양호하여 찬공기 이동이 용이한 지역으로, 하천지역 중 복개지역은 자연형 하천으로 복원하고, 녹지 및 수경시설을 배치함에 있어 띠 형태로 조성할 경우 기온을 저감시킬 수 있다(Honjo와 Takakura, 1991). 유형 V는 바람길 형성이 불량하고 열부하가 큰 지역과 찬공기 생성지역이 비슷한 비율로 분포하는 혼재지역으로, 잔디 등의 초본 식재지역은 수목을 추가로 식재하여 녹지량을 늘리고, 불법건축물 점유공간을 녹지공간화 하여 찬공기 생성이 우세하도록 유도해야 하므로 목표 생태면적률을 40% 이상으로 설정하였다.

4. 결론

본 연구는 열오염이 가장 심한 여름철을 대상으로 인공배열, 바람길 형성등급, 온냉감을 고려한 열환경 유형

Table 9. Plan of green space management and Biotope area ratio of Thermal Environment Type

Plan of green space management		Biotope area ratio
Type I	I -1	<div><div>• Green space through expansion of buffer green space</div><div>• Obligation of rooftop afforestation and afforestation of southern wall surface in public building</div><div>• Security for increase amount of cool air through active introduction of water culture</div></div> <div>more than 35%</div>
	I -2	<div><div>• Active introduction of rooftop and wall surface afforestation and promotion of reduction effect of anthropogenic heat</div></div> <div>more than 25%</div>
	I -3	<div><div>• Change impermeable land cover to Permeable Green blocks</div></div> <div>more than 30%</div>
	I -4	<div><div>• Construction of axis of street planting strip using street planting strip</div></div> <div>more than 25%</div>
Type II	II-1	<div><div>• dead weight type and complex type of rooftop afforestation more than 20cm of soil depth</div><div>• Security of wind road through unnecessary fence removal and green space construction</div></div> <div>more than 40%</div>
	II-2	<div><div>• low-management type of rooftop afforestation below 20 cm of soil depth</div><div>• Establishment of path obtaining and planting plan for inflow and movement of air flow</div></div> <div>more than 30%</div>
Type III	III-1	<div><div>• Prevention of damage of green space by using</div><div>• Restoration through introduction of native plants in damaged area</div></div> <div>exclusion from application</div>
	III-2	<div><div>• green space of park boundary plants shrub class on planting low section of tree</div><div>• Sidewalk near from park establishes plan of becoming park</div></div> <div>exclusion from application</div>
Type IV		<div><div>• Restoration of stream to natural type of covering area among stream area</div><div>• Improvement of temperature reduction effect constituting as band-shape of green space and water scape facilities</div></div> <div>exclusion from application</div>
Type V		<div><div>• Supplementation as tree planting for hurb planting area such as grass</div><div>• Creating green space of occupied space of illegal building</div></div> <div>more than 40%</div>

화를 실시하고 이를 토대로 쾌적한 도시 구현을 위한 녹지관리 방안 제시를 목적으로 하였다. 도심 특성을 고려한 열환경 유형 프로세스 결과, 총 36개의 열환경 유형이 도출되었으며 이를 본 연구대상지에 적용결과 10개의 유형으로 구분되었다.

유형별 특성과 녹지관리방안은 다음과 같다. 첫째, 유형 I -1은 완충녹지의 확대와 수경공간의 조성으로 쾌적성 확보가 필요한 지역으로 목표 생태면적률 35% 이상을 설정하였으며, 유형 I -2는 옥상녹화와 벽면녹화가 필요한 지역으로 목표 생태면적률 25% 이상을 설정하였다. 유형 I -3은 잔디블럭과 녹지대 조성으로 지표면 피복의 개선을 위해 목표 생태면적률 30% 이상으로 제시하였다. 유형 I -4는 가로수의 확대를 통해 녹지네트워크를 구축해야 하고, 목표 생태면적률 25% 이상이 요구되었다. 유형 II-1은 토심 20 cm 이상의 중량형 또는 혼합형 옥상녹화가 필요하고, 목표 생태면적률 40% 이상, 유

형 II-2는 토심 20 cm 이하의 저관리 경량형 옥상녹화도 가능하며, 목표 생태면적률 30% 이상으로 설정하였다. 유형 III-1은 이용에 의한 녹지의 훼손의 방지, 유형 III -2는 다층구조식재와 가로공원화를 통해 녹지네트워크를 구축해야 할 것이다. 유형 IV는 복개지역을 자연형 하천으로 복원해야 하고, 띠 형태의 배치를 통해 기온저감 효과를 증대시켜야 한다. 유형 V는 초본 식재지역에 수목을 식재하여 열오염 최소화를 구현해야 하며 목표 생태면적률은 45%로 제시하였다.

본 연구는 거시적인 관점에서 열환경 유형분류를 통해 유형별 관리방안을 제시했으나, 향후 실제적인 열환경 완화를 위해선 건물의 단열성을 높이는 기술, 보수성 포장개발, 바람길 해석을 통한 적절한 건물배치가 고려되어야 하고, 옥상녹화 및 벽면녹화의 경우 적재하중의 고려, 비용문제 및 제초관리, 시비관리, 병충해관리 등의 유지관리가 전제되어야 하는 등 미시적 연구가 추가로

필요하였다. 아울러 실제적인 열환경을 반영한 시뮬레이션 모델개발에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

- Akbari, h., Davis, S., Huang, J., 1992, Winnett, Cooling Our Communities, LBL Report 31587, Berkeley, CA.
- An, J. S., 2002, Study on Estimation of DaeGu Anthropogenic Heat Generation, Master's Thesis, Gyeomyeong University.
- Cha, J. G., 2006, Constructing a Green Network to Alleviate the Urban Heat-Island Phenomenon : Focusing on Jung-Gu and Nam-Gu in Daegu Metropolitan City, Master's Thesis, Gyeomyeong University.
- Freemann, C., 1999, Geographic Information systems and the conservation of urban biodiversity, Urban Policy Res, 17(1), 51-61.
- Honjo, T., Takakura, T., 1991, Simulation of thermal effects of urban green ares on their surrounding areas, Energy and Buildings, 15(16), 443-446.
- Incheon, 2004, Incheon Green Space Integrity and vegetation Propulsion Master plan.
- Jo, J. I., 2014, A Study on Typology of Japanese Institutional Repositories and Features of Groups, Journal of Korea Association of Information Management, 31(1) 143-161.
- Jo, S. M., 2007, The Effects of Land-use Types on Meteorological Environment in Cheongju City, Master's Thesis, Konkuk University.
- Joo, C. H., Yoon, Y. H., Park B. J., Kim W. T., 2008, The Influence of Land Cover Types on Thermal Comfort in Urban Openspace, Journal of Korean Society for People Plants and Enviroment, 11(46), 59-65.
- Kim, J. H., Son, W. D., Yoon, Y. H., 2012, Prediciton of Effect on Outside Thermal Environment of Building and Green Space Arrangement by Computational Fluid Dynamic, Journal of the Environmental Sciences, 20(1), 69-81.
- Kim, M. K., Lee, H. U., Do, U. K., Jeong, U. S., 2009, An Analysis of Wind Field around the Air Quality Monitoring Station in the Urban Area by Using the Envi-met Model, Journal of environmental science international, 18(9), 941-952.
- Kim, S. B., Jung, E. H., 2005, Wind way for the construction of environmentally friendly urban basic research, DaeguKyungbuk Institute.
- Kim, S. B., Jung, E. H., Kim, G. H., 2005, Analysis of Street Trees and Heat Island Mosaic in Jung-gu, Daegu, Journal of environmental science international, 15(4), 325-332.
- Kim, U. S., Jo, Y. H., 2005, Ecological Landscape Planning & Design, Gimundang.
- Landsberg, L., 1981, The urban climate New York, Academic Press.
- Lee, G. G., 2007, A Study on Heat Islands mitigation According to Thermal Environment Distribution of Urban , doctor's Thesis, Gyeongbuk University.
- Lee, G. J., Hong, S. H., Choe, I. T., Han, B. H., 2007, A Study on the Adaptation Method of Biotope Area Factor by Land-use Type in the Built-up Area, Journal of Korean institute of Landscape architecture, 35(4), 40-47.
- Löfvenhaft, K., Runborg, S., Sjögren-Gulve, P., 2003, Biotop patterns and amphibian distribution as assessment tools in urban landscape planning, Landscape and Urban Planning.
- Ministry of environment, 2011, application guide revision. Seoul, 2007, Biotops Area Ratio urban planning application improvement plan.
- Shin J. B., 2005, A Study on improvement of the open space system in the establishment of urban green network, Master's Thesis, Gyeongwon University.
- Sukopp, H., Weiler, S., 1998, Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the federal republic of Germany, Landscape and Urban Planning, 15, 39-58.
- Yague, C., Zurita, E., Martinez, A., 1991, Statistical analysis of the Madrid urban heat island, Atmos Environ, 25B, 327-332.
- Yoo, H. S., 2013, Multi-pillar Pension Regimes and the Characteristics in Each Regime, Journal of korean Social Security Association, 29(4), 169-199.
- Yoon, Y. H., Bae, B. H., Kim, W. T., Park B. J., Jo, S. M., Jo, H. S., 2007, Effects of Land Use Pattern on Urban Heat Island in Chungju City, Journal of environmental science international, 16(9), 1063-1069.
- Yu, G. J., 2008, A Study of Cooling Effect on Urban Heat Island by Wind-way Planning, Master's Thesis, Hanyang University.