

녹지 조건에 따른 최고기온의 비교연구

윤용한

건국대학교 자연과학대학 산림과학과

Comparative Study of Maximum Temperature Condition in Green Space

Yong-Han Yoon

Dept. of Forest Sci., College of Natural Sci., Konkuk University

ABSTRACT

In this study, we observed air temperature to make clear that land coverage condition and forest form has a certain relationship to air temperature in a day in various green space. And with revolution analysis, interpreted relationship of air temperature distribution in the green space, of land coverage rate and air temperature, of volume of tree and temperature. With this experimental result, propose green plan, taking into consideration lower effect of air temperature. In this result lower zone is formed in forest and water area, higher zone is done in paved surface and barren ground. And arbor+subarbor area, water area surrounded forest and small river is formed relative lower air temperature. In my opinion to promote efficiency lower air temperature area, it is need to make water area surrounded forest, to make forest form lower air temperature 2~3 layer forest. Lower air temperature effect is in order of arbor, subarbor, shrub and is proportioned increasing of tree.

Key words: Green Space, Maximum Temperature, Land Coverage, Green Volume

서 론

도시화가 진행됨에 따라 도시환경에 대한 자정 능력의 상실과 풍향풍속, 그리고 대기변화와 오염 등으로 도시는 독특한 도시기후를 형성하였다(Landsberg, 1981). 특히, 열섬(Heat Island) 현상으로 주거 환경뿐만 아니라 자연환경도 악화되었다. 그런데 도시 속의 녹지는 그 공간만이라

도 냉섬(Cool Island)을 형성함(윤용한, 1998)을 밝혀냈고, 그 냉원의 주체는 수림지, 초지 및 수면인 경우가 많았다(윤용한, 1997). 또한, 기온저감효과와 관련된 綠(식물의 양)의 지표로서 녹적량의 이용가능성도 확인하였다(윤용한, 2000). 이러한 결과들이 녹지효과에 의한 열섬현상의 완화효과와 하나라고 생각된다. 더욱이 열섬현상의 완화(기온, 습도, 바람, 일사)를 녹지계획, 배치 및 설계에 고려한 예는 거의 없다(日野, 1991;

*corresponding author. Tel : 041-866-7204
E-mail : yonghan7204@hanmail.net

本條, 1991; 木村, 1991; 尾島, 1991). 이하에서 기온은 일중의 최고기온을 의미한다.

그리하여 본 연구는 논과 밭으로 둘러싸여진 도시녹지를 대상으로 기온을 관측하였다. 그 결과를 바탕으로 녹지 내의 토지피복현황과 기온 분포, 토지피복비율 및 녹적량과 기온저감효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

재료 및 방법

조사대상지의 선정기준

녹지 내의 토지피복현황과 수림형태 등이 기온저감효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 파악하기 위한 조사대상지의 선정은

- ① 토지피복현황과 기온변화와의 관련성을 파악하기 위해 토지피복현황이 다양할 것.
- ② 녹적량과 기온저감효과와의 관련성을 파악하기 위해 수림형태 등이 다양할 것 등을 고려하였다. 그 조건에 부합된 城山公園(10.5ha), 上尾丸山公園(13.1ha), 加曹利貝塚公園(8.2ha)을 선정했으며, 그 조사대상지의 개요와 관측일의 기상조건은 Table 1과 같다.

기상관측

기상관측은 1994, 1995년 7, 8월에 실시하였다. 일사량의 관측은 Japan제 MS-61 일사계를

사용하였고, 그 관측방법(內嶋, 1981)은 이동관측시간에 녹지 내에서 정점관측을 1일 1회(14시 전후)에 20분(평균 일사량) 실시하였다.

풍향풍속의 관측은 Japan제 Biramu형 풍향풍속계를 사용하였고, 그 관측방법은 일사량의 관측방법과 같다. 또한, 上尾丸山公園의 토지피복현황과 기상관측점은 Fig. 1과 같다.

녹지 내의 정점관측은 Japan제 썬스형의 최고최저온도계(Six's thermometer)에 의해 1일 1회 관측하였다. 각 온도계에는 알루미늄의 방사차폐우산을 설치하여 직사일광을 차단하였다.

또한, 기온데이터의 보안을 위해 이동관측을 병행하였고, 그 관측방법은 써미스터 온도계 모델 TX-100(Yokogawa Instruments, Japan)을 사용하였고, 감지기는 방사차폐용에 알루미늄으로 덮은 통 속에 넣어 이것을 탑재한 오토바이에 의해 1일 1회(14시 전후)에 지상고 1.5m에서 실시하였다. 단, 녹지주변의 경우는 기온관측이 불가능해(논과 밭) 제외하였다.

모니터용으로서 녹지 내(수림지, 초지, 나지) 3개소에 설치한 Japan제 바이메탈 자기온도계(bimetal thermograph)의 데이터를 이용하여 기온과 이동관측의 데이터를 비교하기 위해 보정을 실시하였다. 보정은 자기온도계의 최고치와 이동관측시간에 나타난 14시 기온과의 차이를 각각 이동관측의 관측치에 증감하여 실시하

Table 1. Outline of survey

Target research area	Scale (ha)	Observation date		Wind direction	Wind velocity m/s	Amount insolation MJ/m ²	Cloud amount (1/10)
Hiroyama Park	10.5	7. 31	14 o'clock	SSW	2.8	2.90	3
		1994. 8. 1		NE	3.8	3.18	2
		8. 2		SW	3.2	3.44	2
Ageomaruyama Park	13.1	8. 24		SSW	2.9	2.93	2
		1994. 8. 26		S	2.2	2.91	3
		8. 27		SE	3.0	3.02	2
Kasorikaitsuka Park	8.2	8. 2		SE	3.8	2.92	3
		1995. 8. 3		S	3.5	2.88	2
		8. 4		NE	2.4	2.69	3

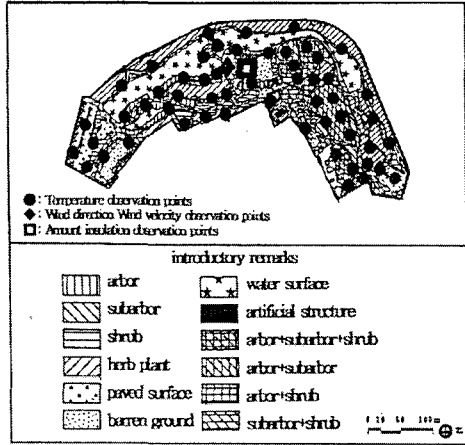


Fig. 1. Land coverage map and observation points in Ageomaryama Park.

였다.

이상과 같은 방법으로 얻어진 데이터 가운데 맑은 날 풍속 3m/s 전후를, 일사량 3MJ/m² 전후를 선택해서 아래의 해석방법을 활용하였다. 이때, 기상조건이 다른 기온과 연구목적에 부합되지 않는 날은 제외시켰다.

녹지 내의 기온분포

녹지 내의 토지피복현황이 기온변화에 미치는 영향을 파악하기 위해 각 관측치를 근거로 기온 분포도를 작성하였다.

기온과 관련하는 토지피복현황의 파악은 조사 대상지의 식재도 및 항공사진(1/2500)을 판독 후 현지조사에 의하여 수림지, 초지, 나지, 수면, 포장면 및 인공구조물로 분류하였다. 수림지는 교목(8m 이상), 소교목(3~8m), 관목(3m 이하)으로 구분하고(豊田, 1981), 수림형태에 따라 교목+소교목+관목, 교목+관목, 소교목+관목으로 구분하여 토지피복현황도를 작성하였다. 이것들을 중첩시켜 토지피복현황과 기온과의 관련성을 비교 및 검토하였다.

토지피복비율과 기온

보다 상세히 녹지 내의 토지피복비율이 기온 저감효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 정량적으로 파악하기 위해 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 수림지율, 초지율, 나지율 및 수면율과 기온간의 다중회귀분석을 실시하였다. 여기서, 직경 50m 범위 내로 한 것은 관측점으로부터의 거리에 따라 기온과 토지피복과의 증상관계수가 이 범위에서 안정한다는 필자의 기초실험과 北山(1992)의 보고를 참고로 하였다.

녹적량과 기온

기온저감효과에 영향을 미치는 실제적인 요인은 수목의 총엽면적과 같은 증산능력에 관련된 지표라고 생각된다. 수목의 엽면적 추정은 매우 어렵기 때문에 수목이 차지하는 공간의 녹적량을 증산능력의 지표로서 이용하는 것을 시도하였다. 녹적량은 외견상으로 수목의 체적을 의미한다(田畑, 1984). 녹적량은 수목의 수형에 따라 분류하고(飯島, 1993), 이를 근거로 다음과 같이 관계식을 구하였다.

교목

원추형(圓錐型) : $V = 1/3 \pi^2 H$
 종란형(縱卵型) : $V = 4/3 \pi (H/2)^2 r$
 횡란형(橫卵型) : $V = 4/3 \pi (H/2) r^2$
 원통형(圓筒型) : $\pi r^2 H$

관목

선형(扇形) : $1/2 \cdot 4/3 \cdot \pi r^3$
 군식 및 산울타리 : $V = a \cdot D \cdot H$
 V : 체적 r : 수관 폭(반경) H : 수관 높이
 a : 폭 D : 거리

이상의 관계식을 통해 수목을 수고에 따라 교목, 소교목 및 관목을 정하고, 그 양을 구하여 각각의 녹적량을 설명변수, 기온을 목적변수로

하여 다중회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

녹지 내의 기온분포

녹지 내의 토지피복현황이 기온변화에 미치는 영향을 파악하기 위해 관측치를 근거로 작성한 대표적인 기온분포도는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2를 보면, 3장소 모두 고온역은 포장면과 나지 주변에서, 저온역은 수림지와 수면 주변에서 형성되었다. 같은 고온역(포장면, 나지) 및 저온역(수림지, 수면)이라도 그 주변의 구성물에 따라 기온변화를 나타냈다. 각 녹지 내의 최고치와 최저치의 차이는 2.0~2.5℃ 정도였다. 수림지는 지금까지의 연구결과(丸田, 1973)와 같이 수림형태가 교목+소교목층으로 피복되어 있는 구역이

상대적으로 저온이었다. 城山公園의 경우에 수림으로 둘러싸인 수면, 소하천 주변에도 낮은 기온을 나타냈다. 이것은 녹지별 증발산량 및 일사차폐량의 차이에 의한 결과라고 생각된다.

토지피복비율과 기온

보다 상세히 토지피복비율이 기온저감효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 정량적으로 파악하기 위해 녹지 내의 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 수림지율, 초지율, 나지율 및 수면율과 기온간의 다중회귀분석결과는 Table 2와 같다. 그 결과, 모두 유의상관이 인정되었다. 이상과 같이 수림지와 초지(잔디) 및 수면은 기온저감에 효과적이거나, 초지보다는 수림지가 기온저감의 효과가 컸다. 이것은 일사의 차폐량이 적은 초지(잔디)의 토양면은 건조상태로 변해

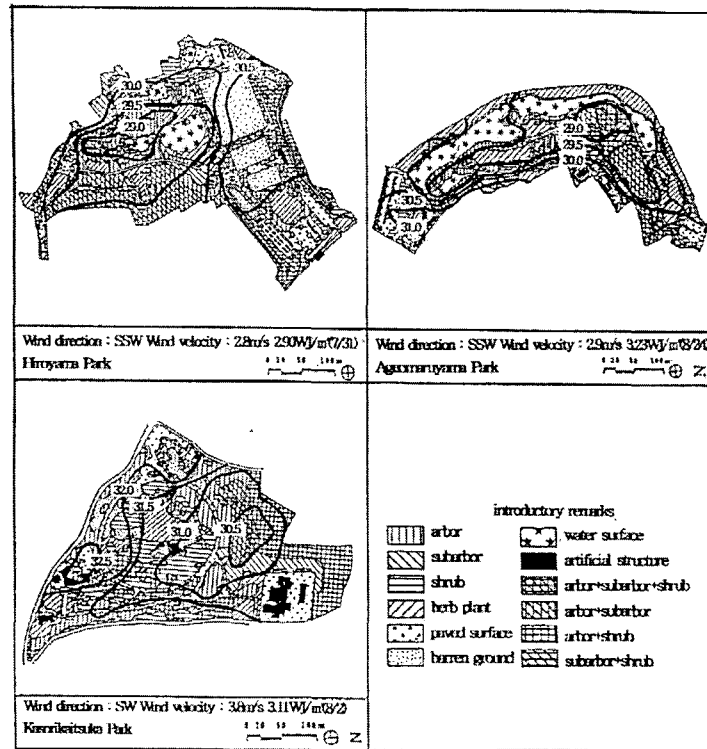


Fig. 2. Air temperature distribution

Table 2. Air temperature-multiple regression formula of land coverage ratio within range of 50 m diameter.

Target research area	Observation date	Regression formula	R ²
Hiroyama Park	7. 31	$Y = -0.019X_1 - 0.009X_2 + 0.002X_3 - 0.016X_4 + 31.02$	0.860
	8. 1	$Y = -0.023X_1 - 0.019X_2 + 0.005X_3 - 0.012X_4 + 31.51$	0.906
	8. 2	$Y = -0.018X_1 - 0.011X_2 + 0.011X_3 - 0.010X_4 + 31.70$	0.901
Ageomaruyama Park	8. 24	$Y = -0.020X_1 - 0.013X_2 + 0.001X_3 - 0.019X_4 + 31.32$	0.875
	8. 26	$Y = -0.021X_1 - 0.011X_2 + 0.018X_3 - 0.019X_4 + 30.86$	0.892
	8. 27	$Y = -0.032X_1 - 0.018X_2 + 0.015X_3 - 0.028X_4 + 32.95$	0.846
Kasorikaistuka Park	8. 2	$Y = -0.020X_1 - 0.017X_2 + 0.011X_3 - + 32.56$	0.893
	8. 3	$Y = -0.020X_1 - 0.014X_2 + 0.003X_3 - + 31.76$	0.757
	8. 4	$Y = -0.016X_1 - 0.013X_2 + 0.016X_3 - + 31.81$	0.863

Y: Air temperature (°C) X1: Forest ratio (%) X2: Grassland ratio (%) X3: Bare Ground (%) X4: water surface ratio (%)

가면서 기온이 상승되지만, 일사의 차폐량과 증산량이 많은 수림지는 상대적으로 초지보다 기온저감에 효과적이다. 그러나 일사의 차폐요인이 없는 나지는 기온상승효과를 보였다.

녹적량과 기온

녹지 내의 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 교목, 소교목 및 관목량과 기온 간의 다중회귀분석결과는 Table 3과 같다. 그 결과, 모두 유의상관이 인정되었다. 또한, 녹적량과 기온간의 회귀직선은 Fig. 3과 같다.

이상과 같이 녹적량의 증가는 기온저감에 효

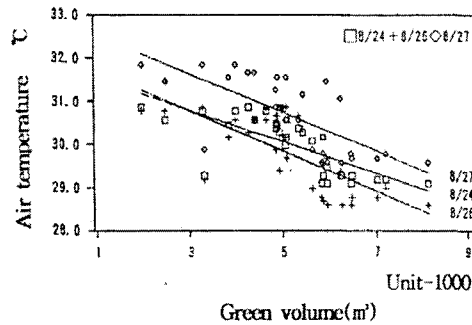


Fig. 3. Air temperature Ageomaruyama park (regression line of green volume within range of 50m in diameter).

Table 3. Air temperature-multiple regression formula of arbors sub-arbors and shrubs ratio within range of 50m diameter.

Target research area	Observation date	Regression formula	R ²
Hiroyama Park	7. 31	$Y = -0.00039X_1 - 0.00033X_2 - 0.00021X_3 + 31.39$	0.876
	8. 1	$Y = -0.00037X_1 - 0.00038X_2 - 0.00027X_3 + 31.64$	0.934
	8. 2	$Y = -0.00041X_1 - 0.00039X_2 - 0.00027X_3 + 32.45$	0.876
Ageomaruyama Park	8. 24	$Y = -0.00036X_1 - 0.00033X_2 - 0.00031X_3 + 31.83$	0.704
	8. 26	$Y = -0.00046X_1 - 0.00042X_2 - 0.00036X_3 + 32.11$	0.684
	8. 27	$Y = -0.00044X_1 - 0.00041X_2 - 0.00036X_3 + 32.94$	0.690
Kasorikaistuka Park	8. 2	$Y = -0.00037X_1 - 0.00036X_2 - 0.00024X_3 + 33.04$	0.867
	8. 3	$Y = -0.00027X_1 - 0.00024X_2 - 0.00012X_3 + 31.64$	0.696
	8. 4	$Y = -0.00039X_1 - 0.00032X_2 - 0.00029X_3 + 32.61$	0.834

Y: Air temperature (°C) X1: volume of arbor (8m and above) X2: volume of sub-arbor (3 to 8m) X3: volume of shrubs within 3m) (m³)

과적이다. 이것은 앞에서 설명한 것과 같이 일사의 차폐량과 증산량의 증가에 따른 결과라고 생각된다. 또한, 기온저감효과는 교목, 소교목, 관목량의 순이지만, 교목과 소교목의 차이는 아주 작았다. 이것은 녹적량이 수고에 관계없이 기온저감효과의 지표로서 이용 가능성이 인정된 것이다.

요 약

본 연구는 토지피복현황과 수림형태 등이 다양한 도시녹지를 대상으로 기온저감효과와의 관련성을 파악한 결과 아래와 같은 효과가 실증되었다. 그 결과를 바탕으로 녹지 내의 토지피복현황과 기온분포, 토지피복비율 및 녹적량과 기온저감효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

그 결과, 포장면과 나지 주변에서는 고온역이, 수림지와 수면 주변에서는 저온역이 형성되었다. 특히, 교목+소교목층으로 피복되어 있는 구역과 수림으로 둘러싸인 수면, 소하천 주변에는 상대적으로 낮은 기온이었다. 또한, 저온을 형성하는 메커니즘은 토지피복비율(수림지, 초지, 수면) 등이고, 그 토지피복의 종류와 비율에 따라 기온저감효과가 서로 달랐다. 더욱이 녹적량과 기온과의 관계는 부(負)의 상관을 나타냈고, 그 효과는 교목, 소교목, 관목의 순이다.

참고문헌

1. 尹龍漢, 丸田賴一, 柳井重人 1997. 公園綠地内における氣溫および相對濕度分布と土地被覆狀態との關聯性について. 環境情報科學論文集. 11:19-24.
2. 尹龍漢, 丸田賴一, 本條毅, 柳井重人 1998. 都市における公園内外の氣溫分布特性について. 日本造園學會誌. 61(5):769-772.
3. 윤용한 2000. 공원에 의한 고온성 저감효과에 관한 연구. 한국정원학회지. 18(1):83-90.
4. 日野幹雄 1991. 都市의 水文學. 심포지엄 《都市의 氣候變化와 制御》講演論文集. 27-31.
5. 本條毅 1991. 植生에 의한 都市氣候의 制御. 심포지엄 《都市의 氣候變化와 制御》講演論文集. 23-26.
6. 木村富士男 1991. 都市의 大氣境界層. 심포지엄 《都市의 氣候變化와 制御》講演論文集 11-16.
7. 尾島敏雄 1991. 都市의 溫暖화와 에너지消費. 심포지엄 《都市의 氣候變化와 制御》講演論文集. 3-10.
8. 內嶋善兵衛 1981. 日射의測定法. 農業氣象 37(2):137-138.
9. 豊田幸夫 1991. 建築家のための造園設計資料集. 誠文堂新光社. 100.
10. 北山廣樹, 片山忠久, 林徹夫, 鹽月義隆, 古川太郎, 土橋英久 1992. 都市における土地利用と氣溫分布に關する調査研. 日本建築學會大會學術講演集. 1403-1404.
11. 田畑貞壽, 井手久登, 田代順孝 1984. 綠と居住環境. 古今書院. 12, 58.
12. 飯島亮 1993. 庭木と綠化樹 1. 誠文堂新光社. 84-85.
13. 丸田賴一 1973. 公園綠地内の氣象. 造園雜誌. 37(5): 33-35.
14. Landsberg, H. E. (1981) Urban climate. Academic Press. 275.