

녹지주변의 토지이용형태가 녹지내의 기온저감효과에 미치는 영향

윤용한^{1*} · 조계현² · 백승엽³ · 김승태 · 김원태

¹건국대학교 산림과학과, ²조이무역, ³건대부속병원

Study on How Different Types of Land Use Around Green Belts Influence on the Effects of Temperature Decrease within Green Belts

Yoon Yong-Han¹ · Cho Gye-Hyun² · Baik Seoung-Yeob³ · Kim Seung-Tae · Won-Tae Kin

¹Dept. Forest Sci., College of Natural Sci., Konkuk University

²Joy Trading. co. ltd.

³Kunkuk University Chungju Hospital

ABSTRACT

The purpose of this study was to find out how different types of land use around green belts affect temperature decrease effects. For this, temperatures within and outside of green belts were measured. Based on the collected data, the study analyzed the land cover status and temperatures within green belts, temperature decrease effects and the range of effects around green belts, and the correlation between trees and temperature decrease effects by way of regression analysis.

As a result, areas of the high temperature within green belts were formed on paved surfaces, whereas areas of low temperature were formed around forests or water surfaces. In addition, deviation was bigger in the highest temperature than the lowest one for areas of Leeward around green belts, but in general, there was a tendency that temperature became low near to green belts. As for the relation between land cover rate and temperature, what was effective to temperature decrease included forests, pasture and water surfaces. On the other hand, the effects of temperature decrease varied depending on increase or decrease of land cover rates. As for the influence of the different land use types around green belts on temperature decrease effects, the Shakuzi Park showed relatively stronger effects than the Ageomaruyama Park.

Key words: open space, land coverage, number of trees, air temperature

※본 논문은 2002년도 건국대학교 신임교수 학술연구
비 지원에 의한 것임.

*Corresponding author. Tel : 043-840-3538

E-mail : yonghan7204@hanmail.net

서 론

도시화는 도심의 인구집중 및 시설물 등의 과잉

공급으로 인공환경의 변화와 그 결과에 따른 자연 환경의 변화, 즉 녹지면적의 감소로 인해 녹피율과 녹시율의 질적 저하 등으로 녹지효과를 기대하기가 매우 어려운 현실이다. 이러한 현상으로 도시환경에 대한 자정능력의 상실과 풍향풍속, 그리고 대기 및 수질오염 등으로 도시는 독특한 도시기후라는 새로운 기후형태를 낳게 되었다(Landsberg, 1981). 특히, 열섬(Heat Island)현상으로 주거환경뿐만 아니고 자연환경도 악화되었다. 그런데 도시속의 녹지는 대기오염, 도시열섬현상완화, 토양침식 및 생물다양성의 감소 등 도시환경이 심각하게 악화되어지는 생활환경의 질을 개선시키는 다양한 환경개선기능을 지니고 있다. 또한, 녹지는 기상완화효과뿐만 아니고, 멸종되어지는 인공생태계의 순환과 복원에 활력을 주는 청량제와 같은 효과가 있다. 더욱이 녹지는 그 공간만이라도 냉섬(Cool Island)이 형성됨(浜田, 1994; 윤용한, 1998)을 밝혀냈고, 그 냉원의 주체는 수림지, 초지 및 수면인 경우가 많았다(윤용한, 1997). 녹지의 일정 면적내의 녹피율과 기온 사이에 부(負)의 상관관계를 나타냈다(片山, 1990; 윤용한, 1998). 또한, 필자의 연구를 통해 기온저감효과와 관련된 線(식물의 양)의 지표로서 녹적량을 이용할 수 있다는 가능성을 확인하였다(윤용한, 1997). 이러한 결과들이 녹지효과에 의한 기온저감효과와 하나라고 생각된다. 그러나 녹지주변의 토지이용형태의 차이가 녹지내의 기온저감효과에 미치는 영향에 대해서 상세히 연구한 예는 거의 없다.

그리하여 본 연구에서는 Shakuzi park(주거전

용지역)과 Ageomaruyama Park(시가화조정구역)과의 차이를 통해 녹지내의 토지피복현황 및 수림형태와 기온저감효과와의 관련성을 파악하기 위해 기온분포를 관측하였다. 또한 녹지내의 토지피복현황과 기온, 녹지주변의 기온저감효과와 그 영향범위 및 수목그루와 기온저감효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

재료 및 방법

조사대상지의 선정기준

- ① 각 녹지주변의 토지이용형태가 서로 다를 것
 - ② 각 녹지주변의 토지이용형태의 차이가 녹지내의 토지피복현황, 수림형태 및 수목그루와 기온저감효과와의 관련성을 파악하기 위해 토지피복현황, 수림형태 등이 다양한 녹지일 것
- 이상의 두 조건을 감안하여 Shakuzi park (18.5ha), Ageomaruyama Park(13.1ha)을 선정하였고, 그 개요와 관측일의 기상조건은 Table 1과 같다.

기상관측

각 녹지내외의 기상관측은 Table 1에 나타난 것과 같이 1994, 95년 8월에 각각 실시하였다. 풍향풍속의 데이터는 Biramu형 풍향풍속계를 사용하였고, 그 관측방법(内嶋, 1981)은 이동관측시간에 녹지내에서 정점관측을 1일 2회(14시, 4시 전후)실시하였다.

각 녹지의 정점관측점의 대표적인 예로서 Age-

Table 1. Outline of survey

Target research area	Scale (ha)	Observation date		Wind direction	Wind velocity m/s		Wind direction	Wind velocity m/s
Shakuzi Park	18.5	8.10	14	S	3.8	4	S	0.7
		1995. 8.11		E	2.9		SSW	0.9
		8.13		SSW	3.4		ESW	1.0
Ageomaruyama Park	13.1	8.24	o'clock	SSW	2.9	o'clock	SSW	0.8
		1994. 8.26		S	2.2		SW	0.6
		8.27		SE	3.0		ESE	0.6

omaruyama Park을 Fig. 1에 나타냈다. 정점관측은 식스형의 최고최저온도계(Six's thermometer)에 의해 관측하였다. 최고최저온도계 1일의 최고최저기온을 기록할 수 있다는 점에서 데이터 수집은 1일 1회(9시 전후)에 기록하였다. 각 온도계에는 알루미늄 호일로 된 방사선차단용 우산을 부착하여 직사광선을 차단하였고 관측은 지상고 1.5m에서 실시하였다. 또한 녹지주변의 경우, 관측이 가능했던 Shakuzi park에 관해서 씨미스터 온도계 모델 TX-100을 사용하였고, 감지기는 방사차폐용에 알루미늄 호일을 덮은 통 속에 넣어 이것을 탑재한 오토바이에 의해 1일 2회(14시, 4시 전후) 실시하였다. 모니터용으로서 바이메탈 자기온도계(bimetal thermograph)의 데이터를 이용하여 1일의 기온변화 및 이동관측의 데이터를 최고 및 최저치와 비교해서 보정을 실시하였다. 보정은 자기온도계의 주간의 최고치, 이른 아침의 최저치와 관측시각에 나타난 주간의 기온과 이른 아침 기온과의 차이를 각각 이동관측의 관측치에 증감하여 실시하였다.

이상과 같이 얻어진 데이터 가운데 맑은 날 주간의 풍속은 4m/sec 이하를, 이른 아침의 풍속은 1m/sec 전후를 선택해서 아래의 해석방법을 활용

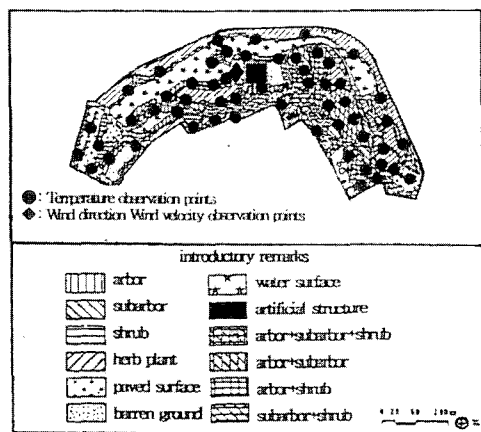


Fig 1. Land coverage map and observation points in Ageomaruyama Park

하였다. 이때, 기상조건이 다른 기온과 연구목적에 부합되지 않는 날은 제외시켰다.

녹지내외의 기온분포

녹지내외의 관측점에 있어서 관측치를 근거로 최고최저기온분포도를 작성하였다. 단, Ageomaruyama Park의 경우 관측이 불가능했던 녹지주변(논과 밭)은 제외하였다.

각 녹지내의 토지피복현황의 파악은 현지조사와 식재도 및 항공사진(1/2,500)을 판독하여 수림지, 초지, 나지, 수면, 포장면 및 인공구조물로 분류하였다. 수림지는 교목(8m 이상), 아교목(3~8m), 관목(3m 이하)으로 구분하고(豊田, 1991), 수림 형태에 따라 교목+아교목+관목, 교목+관목, 아교목+관목으로 구분하여 토지피복도를 작성하였다. 이것들을 중복시켜 각 녹지의 토지피복현황과 기온과의 관련성을 검토하였다.

녹지주변의 기온저감효과와 그 영향범위

Shakuzi park 외주로부터 주변 시가지에 미치는 기온저감효과의 영향범위를 파악하기 위하여 녹지를 중심으로 풍상 및 풍하 쪽의 관측치에 관해서 녹지외주로부터의 거리와 기온과의 관계를 회귀분석하였다. 이때 주변시가지에 미치는 기온저감효과의 영향범위는 풍상 쪽의 평균치와 풍하 쪽의 회귀선과의 교점까지로 정의하였다. 그 정의에 따라 풍상 쪽에 있는 데이터의 평균치를 구해서 풍하 쪽의 회귀선과의 비교를 통해 풍하 쪽에 미치는 기온저감효과의 영향범위와의 관계를 조사하였다.

토지피복비율과 기온

보다 구체적으로 각 녹지내의 토지피복비율과 기온과의 관련성을 파악하기 위해 각 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수림지, 초지, 나지 및 수면율을 각각의 토지피복비율과 기온과의 관계를 중회귀분석하였다. 여기서, 직경

50m 범위내로 한 것은 관측점으로부터의 거리에 따라 기온과 토지피복과의 증상관계수가 이 범위에서 안정한다는 필자의 실험과 北山(1992)의 보고를 참고로 하였다.

수목그루와 기온

식재기준은 단위면적당 수목그루로 나타내는 경우가 많다. 그래서 수목그루와 기온저감효과와의 관계를 검토하기 위해 수목(3m 이상)과 기온과의 관계를 회귀분석하였다. 이때, 3m 이하의 수목은 거의 균식 및 산울타리이고 계측이 어렵기 때문에 모두 제외시켰다.

결과 및 고찰

녹지내외의 기온분포

녹지내외의 관측치를 근거로 작성한 대표적인 최고기온분포도를 Fig. 2에 나타냈다. 단, Ageo-maruyama Park의 녹지주변(논과 밭)은 제외하였다.

최고기온의 경우, Shakuzi park내의 기온은 주변 시가지보다 저온이고 그 중심은 풍하 쪽으로 이동하는 경향을 보였다. 각 녹지내에 있어서도 포장면과 나지 주변에서는 고온역이, 수림지와 수면 주변에서는 저온역이 형성되었다. 각 녹지내의 최고기온의 최고치와 최저치와의 차이는 2~2.5℃ 정도였다. 저온역이 형성된 수림지에서도 수림형태에 따라 기온변화를 나타냈다. 즉, 교목+아교목 층으로 덮여져 있는 구역은 상대적으로 낮은 기온이었다.

최저기온의 경우, 각 녹지에 있어서 고온역 및 저온역의 출현위치 등은 최고기온과 거의 같은 경향을 보였다. 각 녹지내의 최저기온의 최고치와 최저치의 차이는 1~1.5℃ 정도였고, 등온선의 밀도도 최고기온보다 단순하였다.

이상과 같이, 토지피복현황 및 수림형태의 차이가 기온변화에 영향을 미치고 있는 것을 알았다. 이

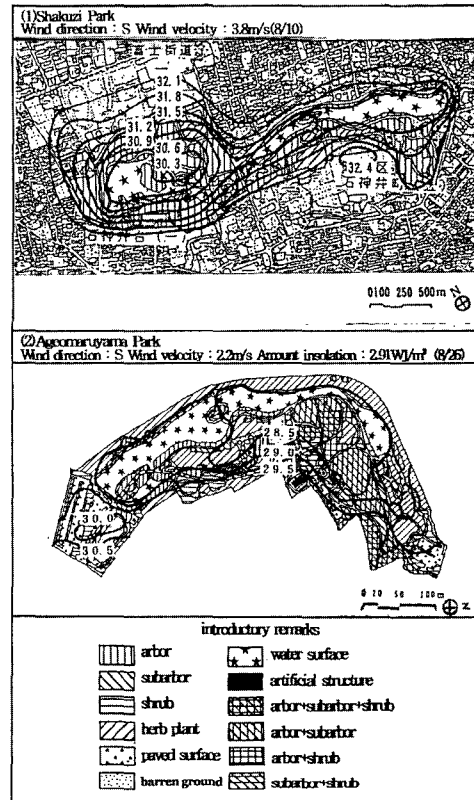


Fig 2. Maximum temperature distribution

것은 녹지별 증발산량 및 일사차폐량의 차이에 의한 결과라고 생각된다. 또한, 수림지는 포장면, 나지보다 비열이 큰 것에 기인한 것으로도 설명된다.

녹지주변의 기온저감효과와 그 영향범위

Shakuzi park을 중심으로 풍상 및 풍하 쪽의 녹지외주로부터의 거리와 기온간의 회귀분석 결과를 Table 2에 나타냈다. 그 결과, 풍상 쪽의 최고 최저기온 모두 유효한 상관은 보이지 않았다. 그러나 풍하 쪽의 기온은 최고최저기온 모두 유의수준 5% 혹은 1%의 부(負)의 상관인 인정되었다. 녹지외주로부터의 거리 및 풍향과 기온과의 관계를 Fig. 3에 나타냈다.

풍상 쪽의 경우, 관측치의 편차는 크지만, 녹지외주로부터 주변 시가지에 이르기까지 거의 일정

Table 2. Regression of are temperature and distance from park
Y: Air temperature(°C), X: Distance(m)

Target research area	Observation data	Windward	R ²	Leeward	R ²	
		Regression formula		Regression formula		
Shakuzi park	Maximum temperature	8. 10	Y=0.0003X+32,36	-0.099n	Y=0.0024X+29.58	-0.645**
		8. 11	Y=0.0004X+31.12	-0.141n	Y=0.0020X+28.86	-0.221n
		8. 13	Y=0.0003X+32.58	-0.078n	Y=0.0021X+30.32	-0.520**
	Minimum temperature	8. 10	Y=0.0006X+24.67	-0.226n	Y=0.0017X+23.04	-0.486**
		8. 11	Y=0.0004X+24.94	-0.154n	Y=0.0018X+23.25	-0.559**
		8. 13	Y=0.0004X+25.54	-0.146n	Y=0.0015X+24.33	-0.619**

**level of significance 1%, *level of significance 5%, n: not level of significance

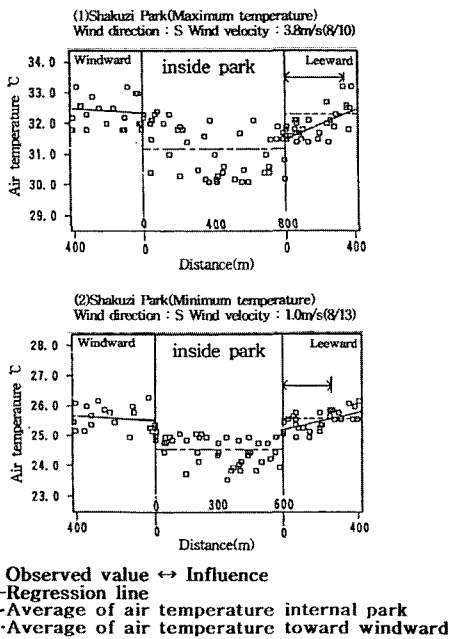


Fig 3. Relationship between air temperature and wind direction and distance from the outer surrounding of Shakuzi park

한 기온이었다.

풍하 쪽의 경우, 풍상 쪽과 거의 같은 편차의 관측치를 보였지만, 최고최저기온 모두 녹지에서 멀어지는 것에 따라 기온이 상승하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 녹지내외의 기온차이에 의해 녹지내의 냉기가 주변 시가지로 유출된 결과라고 생각된다. 녹지외주로부터 주변 시가지에 미치는 기온저감효과의 영향범위는 최고기온 250~320m, 최

저기온 180~220m 정도였다.

토지피복비율과 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수림지율, 초지율, 나지율 및 수면율과 기온간의 회귀분석 결과를 Table 3에 나타냈다. 그 결과, 각 녹지 모두 1%의 유의수준이 인정되었다.

Table 3을 보면, 녹지주변의 토지이용형태의 차이와 관계없이 각 녹지내의 수림지, 초지 및 수면 등은 기온저감에 효과적이었다. 또한, 각 녹지 모두 초지보다 수림지가 기온저감효과가 큰 것을 알았다. 이것은 맑은 날씨가 계속되면 초지의 토양면은 건조상태로 변하면서, 증발산량이 적어지고 지표면의 기온이 상승되지만 수림내는 증산량의 변동이 적기 때문에 수림지는 초지보다 강한 기온저감효과의 기능이 있다고 생각된다.

수목그루와 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수목그루와 기온간의 회귀분석 결과를 Table 4에 나타냈다. 그 결과, 각 녹지 모두 유의수준 1%의 부(負)의 상관이 인정되었다.

Table 4를 보면, 각 녹지의 최고최저기온 모두 수목그루의 증가는 기온저감에 효과적이다. 이것은 수관 및 총엽면적이 많아지므로 일사의 차폐효과와 함께 증산량이 많아지기 때문이라고 생각된다.

Table 3. Air temperature-multiple regression formula of land coverage ratio within range of 50 m diameter
Y: Air temperature(°C), X1: Forest ratio, X2: Grassland ratio, X3: Bare ground, X4: water surface ratio(%)

Target research area		Observation data	Regression formula	R ²
Shakuzi park	Maximum temperature	8.10	$Y = -0.019X_1 - 0.010X_2 + 0.022X_3 - 0.020X_4 + 32.38$	0.888**
		8.11	$Y = -0.020X_1 - 0.021X_2 + 0.013X_3 - 0.017X_4 + 31.17$	0.877**
		8.13	$Y = -0.039X_1 - 0.024X_2 - 0.005X_3 - 0.029X_4 + 33.91$	0.915**
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**
Shakuzi park	Minimum temperature	8.10	$Y = -0.018X_1 - 0.016X_2 + 0.001X_3 - 0.013X_4 + 25.16$	0.842**
		8.11	$Y = -0.019X_1 - 0.021X_2 + 0.005X_3 - 0.009X_4 + 25.57$	0.889**
		8.13	$Y = -0.021X_1 - 0.014X_2 + 0.008X_3 - 0.017X_4 + 26.23$	0.859**
Ageomaruyama Park		8.24	$Y = -0.013X_1 - 0.008X_2 + 0.000X_3 - 0.010X_4 + 24.97$	0.827**
		8.26	$Y = -0.014X_1 - 0.009X_2 + 0.008X_3 - 0.006X_4 + 25.89$	0.883**
		8.27	$Y = -0.009X_1 - 0.005X_2 - 0.013X_3 - 0.012X_4 + 25.18$	0.914**

**Level of significance 1%

Table 4. Air temperature-multiple regression formula of line of trees ratio within range of 50 m diameter
Y: air temperature(°C), X: number of trees(3m and above)

Target research area		Observation data	Regression formula	R ²
Shakuzi park	Maximum temperature	8.10	$Y = -0.038X + 33.22$	0.705**
		8.11	$Y = -0.033X + 31.56$	0.725**
		8.13	$Y = -0.049X + 33.72$	0.874**
Ageomaruyama Park		8.24	$Y = -0.034X + 31.30$	0.703**
		8.26	$Y = -0.049X + 31.69$	0.776**
		8.27	$Y = -0.047X + 32.50$	0.767**
Shakuzi park	Minimum temperature	8.10	$Y = -0.020X + 24.89$	0.702**
		8.11	$Y = -0.023X + 25.48$	0.727**
		8.13	$Y = -0.021X + 25.77$	0.725**
Ageomaruyama Park		8.24	$Y = -0.023X + 25.10$	0.723**
		8.26	$Y = -0.024X + 26.09$	0.628**
		8.27	$Y = -0.026X + 25.71$	0.706**

**Level of significance 1%

다. 또한, 토지이용형태와 기온저감효과와의 관련성을 비교해 보면 Shakuzi park 주변(주거전용지역)의 주구성물인 인공구조물(주간: 일사에 의해 뜨거워지기 쉬움, 야간: 차가워지기 어려운 특성이 있음)은 Ageomaruyama Park 주변(시가화조정구역)의 주구성물인 논과 밭(주간: 일사에 의해 뜨거워지기 어려움, 야간: 차가워지기 쉬운 특성이 있음)에 비해 기온저감의 효과가 작은 것은 Shakuzi park 주변의 주구성물인 인공구조물의

영향이라고 생각된다.

요 약

본 연구는 녹지 주변의 토지이용형태의 차이가 녹지내의 기온저감효과에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위해 녹지내외의 기온분포를 관측하였다. 그 데이터를 바탕으로 녹지내외의 토지피복현황과 기온, 녹지 주변의 기온저감효과와 그 영향범

위 및 수목그루와 기온저감효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

그 결과 녹지내의 고온역은 포장면, 나지 주변에서 저온역은 수림지, 수면 주변에서 형성되었다. 또한 녹지를 중심으로 풍하 쪽의 관측치는 최저기온보다 최고기온이 편차가 크지만, 전체적으로는 녹지에 가까워질수록 기온이 낮아지는 경향을 보였다. 토지피복비율과 기온과의 관계를 보면, 수림지, 초지 및 수면은 기온저감에 효과적이고, 그 토지피복비율의 증감에 따라 기온저감효과가 서로 달랐다. 녹지주변의 토지이용형태의 차이가 녹지내의 기온저감효과에 미치는 영향은 Shakuzi park(주거전용지역)보다 Ageomaryama Park(시가화조정구역) 상대적으로 효과가 컸다.

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.윤용한, 丸田 賴一, 本條 毅, 柳井重人 1998. 都市에 있어서 公園内外의 氣溫分布特性에 관해서. 日本造園學會誌 61(5):769-772.
- 3.內嶋善兵衛 1981. 日射の測定法. 農業氣象 37(2): 137-138.
- 4.片山忠久, 石井昭夫, 西田 勝, 林 徹夫, 提純一郎, 鹽月 義隆, 本靜男, 大黒雅之, 北山廣樹, 高山和宏1, 前田昌一郎 1990. 綠地の暑熱緩和效果に關する研究-綠の量と氣溫に關する實測調査-. 九州大學綜合理工學研究科報告 12(2):215-220.
- 5.北山廣樹, 片山忠久, 林 徹夫, 鹽月 義隆, 古川太郎, 土橋英久 1989. 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.
- 6.豊田萃夫 1991. 建築家のための造園設計資料集. 誠文堂新光社. 100.
- 7.浜田崇, 三上岳彦 1994. 都市内綠地の Cool island 現象-明治神宮・Yoyogi公園を事例に - 地理學論評 67A(8):518-529.
8. Landsberg, H. E. 1981. Urban climate. Academic Press:275.