도시공원의 기온에 영향을 미치는 요인

윤용한* · 송태갑**

*건국대학교 산림과학과 · **광주 · 전남발전연구원

Factors Affecting Temperature of Urban Parks

Yoon, Yong-Han* · Song, Tae-Gab**

*Dept. Forest Sci., College of Natural Sci., Konkuk University
**Kwang ju · Chonnam Development Institute

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the factors affecting temperature of urban parks to grasp the relationship between the land coverage in open space as well as the forest condition and decreasing city temperature by difference of purposed area. Furthermore, this research interpreted the relationship between wind direction, air temperature, the land coverage of the green space, the number of tree, green volume, height of tree and the mitigation of city temperature with the revolution analysis.

The result of this study is that cool air in open space moves leeward and decreasing city temperature is influenced by the difference of the land coverage in open space. Specifically, in order of the arbor/sub-arbor in the forest zone, the increase of the number of trees was related with temperature surrounding significantly.

This study found that the use possibility of the green volume was recognized as the index of the green volume relative to air temperature surrounding. Green space of the city control area is more effective decreasing temperature than that of housing zone.

Key Words : open space, land coverage, green volume, air temperature

I. 서론

녹지의 기온저감효과는 한여름 녹지를 이용하는 사람이라면 체감적으로 느껴지는 일반적인 사실이다. 이와 같은 연구는 조경, 건축, 기상학 등 다양한 분야에서 이루어져 왔다.

지금까지 Baumgartner(1967), 河村 武(1977), Landsberg(1981), Yoshino(1981) 등의 연구에 의하면, 도시의 규모팽창과 개발로 인해 녹지감소에 따른 증발산량의 감소는 심각한 환경문제가 되고 있다. 도시의 중심은 열섬(Heat Island)현상이라고 하는 독특한 도시기후가 형성되고, 그 속에 존재하는 녹지는 그 공간만이라도 냉섬(Cool Island)을 형성한다(丸田, 1972; 本條, 1984; 浜田, 1994; 윤용한, 1998). 녹지의 일정 면적내의 녹피율과 기온사이에 부(負)의 상관을 나타냈다(西田, 1989; 片山, 1990; 윤용한, 1998). 또한, 필자의 연구를 통해 기온저감과 관련된 綠(식물의 양)의 지표로서 녹적량을 이용할 수 있다는 가능성을 확인했다(윤용한, 1997). 이러한 결과들이 녹지효과에 의한 열섬(Heat Island)현상 완화방법의 하나로서 고려할 수 있다고 생각된다. 그러나, 녹지외부의 용도지역의 차이가 녹지내의 기온저감의 증감에 미치는 영향에 대해서 상세히 연구한 예는 거의 없다.

그리하여 본 연구에서는 성산공원(시가화조정구역)과 이미 발표(윤용한, 2000)된 소기공원(주거전용지역)과의 차이를 통해 녹지내의 토지피복상태 및 수림형태와 기온저감과의 관련성을 파악하기 위해 기온분포를 관측했다. 또한, 녹지내의 토지피복상태와 기온, 수목주수 및 녹적량과 기온저감, 그리고 수고의 차이와 기온저감과의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석했다.

II. 연구방법

1. 조사 대상지

1)각 녹지외부의 용도지역이 서로 다를 것

2)각 녹지외부의 용도지역의 차이가 녹지내의 토지피복상태, 수림형태 및 수고의 차이와 기온저감과의 관련성을 파악하기 위해 토지피복상태, 수림형태, 그리고 수고의 차이가 다양한 녹지일 것

이상의 두 조건을 감안하여 성산공원(10.5ha), 소기공원(22.8ha)을 선정했다. 그 개요와 관측일의 기상조건은 표 1과 같다.

2. 기온의 관측

각 녹지의 관측은 표 1에 나타낸 것과 같이 1994년 7, 8월과 1997년 8월에 각각 실시했다. 풍향풍속의 데이터는 Biramu형 풍향풍속계를 이용해서, 기온관측의 직전과 직후에 각 녹지내에서 정점관측했다.

각 녹지의 정점관측점의 대표적인 예로서 성산공원을 그림 1에 나타냈다. 각 정점관측은 식스형의 최고최저온도계(Six's thermometer)에 의해 관측했다. 최고최저온도계는 최고 및 최저기온을 기록할 수 있다는

표 1. 조사 대상지의 개요와 관측일의 기상조건

대상지	용도지역	규모 (ha)	관측 년월일		풍향	풍속 (m/s)	날씨		풍향	풍속 (m/s)
성산공원	시가화조정지역	10.5	1994. 7. 30	14시	동	2.9	흐림	4시	남	1.2
			7. 31		남남서	2.8	맑음		남	0.7
			8. 1		북동	3.8	맑음		남남서	0.9
			8. 2		남서	3.2	맑음		북서	1.0
			8. 3		남서	4.3	맑음		북서	0.7
			8. 4		북서	3.6	흐림		북동	1.1
소기공원	주거전용지역	22.8	1997. 8. 20	14시	북서	2.9	흐림	4시	북동	1.1
			8. 22		남남동	3.4	맑음		남	0.8
			8. 22		남동	2.6	흐림		북서	1.0
			8. 23		북동	3.7	맑음		북서	1.1
			8. 24		동	3.1	맑음		남동	0.9
			8. 25		남동	4.6	맑음		북서	0.6

점에서 데이터 수집은 1일 1회(9시 전후)에 기록했다. 각 온도계에는 알루미늄 호일로 된 방사선차단용 우산을 부착하여 직사광선을 차단하고 지상고 1.5m에서 관측했다. 또한 녹지외부의 경우, 관측이 가능했던 소기공원에 관해서 thermistor온도계 모듈 TX-100(횡하 INSTRUMENTS KK)을 사용했고, 감지기는 방사차폐용에 알루미늄 호일을 덮은 통속에 넣어 이것을 탑재한 오토바이 및 자전거에 의해(1일 2회, 4시 및 14시 전후) 실시했다. 모니터용으로서 바이메탈 자기온도계(bimetal thermograph)의 데이터를 이용하여 1일 기온의 변화 및 이동관측의 데이터를 최고 및 최저치와 비교해서 보정을 실시했다. 보정은 자기온도계의 「낮 최고치, 이른 아침의 최저치」와 「관측시각에 나타난 낮 기온, 이른 아침의 기온」과의 차이를 각각 이동관측의 관측치에 증감하여 실시했다.

이상과 같이 얻어진 데이터 가운데 맑은 날 풍속이 4m/sec 이하의 기상조건의 데이터를 선택해서 아래의 해석방법을 활용했다.

3. 해석방법

1) 녹지내외의 기온분포

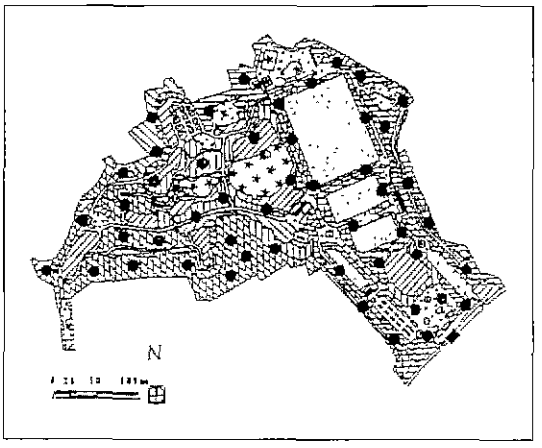


그림 1 성산공원 녹지에 있어서 토지피복도 및 관측점

범례: ● : 정점관측점;
▥ : 교목; ■ : 인공구조물,
▨ : 아교목; ▤ : 교목+아교목+관목;
▭ : 관목; ▦ : 교목+아교목;
▨ : 초본식물; ▤ : 교목+관목;
▭ : 포장면; ▤ : 아교목+관목;
▭ : 나지

녹지내외의 관측점에 있어서 관측치를 근거로 최고 및 최저기온분포도를 작성하였다. 단, 성산공원의 경우 관측이 불가능했던 녹지외부(논과 밭)는 제외했다.

각 녹지내의 토지피복상태의 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), 수림형태에 따라 교목+아교목+관목, 교목+관목, 아교목+관목으로 구분하여 토지피복도를 작성하였다. 이것들을 중복시켜 각 녹지의 토지피복상태와 기온과의 관련성을 검토하였다.

2) 녹지주변의 기온저감과 그 범위

소기공원외주로부터 주변시가지에 미치는 기온저감의 영향의 범위를 파악하기 위하여 녹지를 중심으로 풍상 및 풍하쪽의 관측치에 관해서 녹지외주로부터의 거리와 기온과의 관계를 회귀분석했다. 이때 주변시가지에 미치는 기온저감의 범위는 풍상쪽의 평균치와 풍하쪽의 회귀선과의 교점까지를 정의했다. 그 정의에 따라 풍상쪽에 있는 데이터의 평균치를 구해서 풍하쪽의 회귀선과의 비교를 통해 풍하쪽에 미치는 기온저감의 범위와 관계를 조사했다.

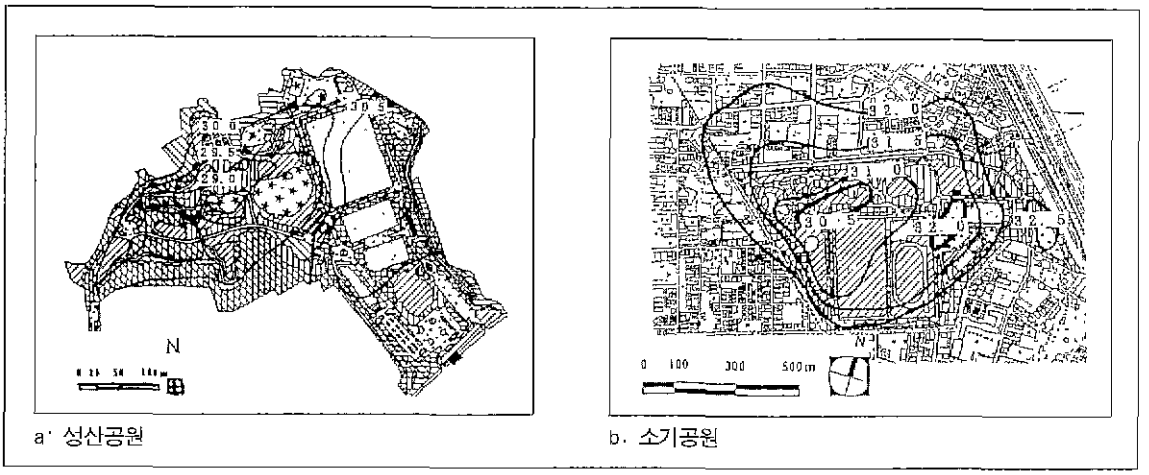
3) 토지피복비율과 기온

보다 구체적으로 각 녹지내의 토지피복비율과 기온과의 관련성을 파악하기 위해 각 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수림지율, 초지율, 나지율 및 수면율을 각각의 토지피복비율과 기온과의 관계를 중회귀분석했다. 여기서 직경 50m 범위내로 한 이유는 관측점으로부터의 거리에 따른 기온과 토지피복과의 중상관계수가 이 범위에서 안정된다(北山, 1992)는 보고에 의했다.

4) 수목주수와 기온

식재기준은 단위면적당 수목주수로 나타내는 경우가 많다. 따라서, 수목의 주수와 기온저감과의 관계를 검토하기 위해 수목(3m 이상)과 기온과의 관계를 회귀분석했다.

5) 교목 및 아교목 주수와 기온



a· 성산공원 b. 소기공원

그림 2. 녹지의 최고기온 분포도

범례: : 교목; : 아교목; : 관목; : 초본식물; : 포장면; : 나지; : 인공구조물; : 교목+아교목+관목; : 교목+아교목; 교목+관목; 아교목+관목;

수고의 높이에 따라 교목, 아교목의 주수를 산출하고 이것을 설명변수, 기온을 목적변수로 하여 중회귀분석했다. 단, 3m 이하의 수목(주로 군식 및 산울타리)에 대해서는 수목주수의 견적산출이 어렵기 때문에 제외했다.

6)녹적량과 기온

기온저감에 영향을 미치는 것은 실제로는 수목의 총 엽면적과 같은 증산능력에 관련된 지표라고 생각된다. 각 수목의 엽면적 추정은 매우 어렵기 때문에 수목이 차지하는 공간의 녹적량을 증산능력의 지표로서 이용하는 것을 시도했다. 녹적량은 외견상의 수목의 체적을 의미한다(田畑, 1984). 녹적량은 수목을 수형에 따라 분류하고(飯島, 1993), 이를 근거로 다음과 같이 관계식을 구했다.

(1) 고목

원추형 : $V=1/3\pi\ 2H$ (식 1)

종란형 : $V=4/3\pi\ (H/2)2r$ (식 2)

횡란형 : $V=4/3\pi\ (H/2)r2$ (식 3)

원통형 : $\pi\ 2H$ (식 4)

(2) 저목

선형 : $1/2 \cdot 4/3 \cdot \pi\ 3$ (식 5)

군식 및 산울타리 : $V=a \cdot D \cdot H$

여기서, V : 체적

r : 수관 폭(반경)

H : 수관 높이

a · 폭

D : 거리

이상의 관계식을 통해 녹적량을 구하고 기온과의 관계를 회귀분석했다.

7)교목, 아교목 및 관목량과 기온

수고의 높이에 따라 교목, 아교목 및 관목에 대해서 그 양을 구하고 각각의 녹적량을 설명변수, 기온을 목적변수로 하여 중회귀분석했다.

III. 결과 및 고찰

1. 녹지내외의 기온분포

녹지내외의 관측치를 근거로 작성한 대표적인 최고기온분포도를 그림 2에 나타냈다. 그림 2(성산공원 7월 31일, 소기공원 8월 21일)의 풍향과 풍속은 표 1과 같다. 단, 성산공원의 녹지외부(논과 밭)는 제외했다.

최고기온의 경우, 소기공원내의 기온은 주변 시가지보다 저온이고 그 중심은 풍하쪽으로 이동하는 경향을

표 2. 소기공원외주로부터의 거리와 기온과의 회귀식

	관측일	풍상쪽		풍하쪽	
		회귀식	상관계수	회귀식	상관계수
최고기온	8. 21	Y= 0.0002X+32.30	-0.072a	Y= 0.0021X+30.48	-0.527g
	8. 23	Y=-0.0001X+32.27	-0.048b	Y= 0.0021X+30.48	-0.494h
	8. 24	Y= 0.0006X+32.40	-0.060c	Y= 0.0027X+30.08	-0.602i
최저기온	8. 21	Y= 0.0003X+25.51	-0.098d	Y= 0.0015X+24.36	-0.532j
	8. 23	Y= 0.0010X+25.47	-0.285e	Y= 0.0013X+24.57	-0.473k
	8. 24	Y= 0.0007X+25.21	-0.211f	Y= 0.0016X+23.99	-0.438l

Y: 기온(℃); X: 거리(m)
a. 유의성 없음; b: 유의성 없음; c: 유의성 없음, d: 유의성 없음; e 유의성 없음; f: 유의성 없음;
g: 유의수준 1%; h. 유의수준 1%; i: 유의수준 1%; j: 유의수준 1%; k: 유의수준 1%; l: 유의수준 5%

보였다. 각 녹지내부에 있어서도 포장면과 나지 주변에서는 고온역이, 수림지 주변에서는 저온역이 형성되었다. 각 녹지내의 최고기온의 최고치와 최저치와의 차이는 2～2.5℃ 정도였다. 저온역이 형성된 수림지에서도 수림형태에 따라 기온차가 변하는 것을 알 수 있었다. 교목+아교목층으로 덮여져 있는 구역에서 현저한 저온역이 보여졌다. 성산공원의 경우, 수림으로 둘러싸인 수면, 소하천 주변에 현저한 저온역이 형성됐다.

최저기온의 경우, 각 녹지에 있어서 고온역 및 저온역의 출현위치 등은 최고기온과 거의 같은 경향이 인정되었다. 각 녹지내의 최저기온의 최고치와 최저치의 차이는 1～1.5℃ 정도였지만, 등온선의 밀도는 최고기온보다 단순했다.

이상과 같이, 토지피복상태 및 수림형태의 차이가 기온분포에 영향을 미치고 있는 것을 알았다. 이것은 식물로부터 증발산량의 생성과 수림의 차폐효과라고 생각된다. 또한, 수림지는 포장면, 나지보다 비열이 큰 것에 기인한 것으로 설명된다(吉野, 1986).

2. 녹지주변의 기온저하와 그 범위

소기공원을 중심으로 풍상 및 풍하쪽의 녹지외주로부터의 거리와 기온간의 회귀분석결과를 표 2에 나타냈다. 그 결과, 풍상쪽의 최고 및 최저기온에 있어서는 유효한 상관은 보이지 않았다. 그러나, 풍하쪽의 기온은 최고 및 최저기온 모두 유의수준 5%, 혹은 1%의 부(負)의 상관이 인정되었다. 녹지외주로부터의 거리 및 풍향과 기온과의 관계를 그림 3에 나타냈다. 그림 3(최고기온 8월 21일, 최저기온 8월 24일)의 풍향과 풍속은 표 1과 같다.

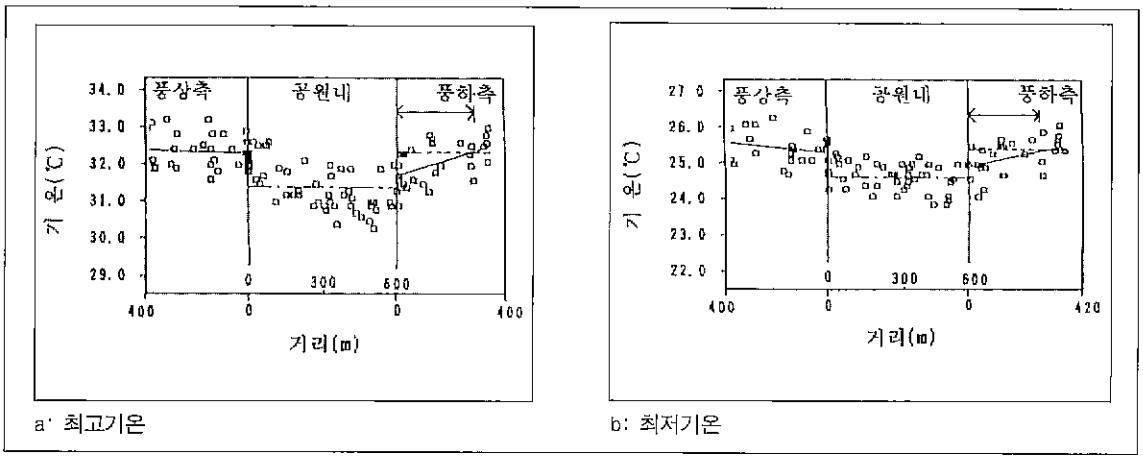
그림 3을 보면, 녹지내부의 기온은 주변 시가지와 비교해서 저온이고 그 냉기는 풍하쪽 시가지로 이동하는 경향을 보였다.

풍상의 경우, 관측치의 편차는 매우 크지만 녹지외주로부터 주변 시가지에 이르기까지 거의 일정한 기온의 경향을 보였다.

풍하쪽의 경우, 풍상쪽과 거의 같은 큰 편차의 관측치를 보였지만 회귀직선을 구해 보면 최고 및 최저기온 모두 녹지에서 멀어지는 것에 따라 기온이 상승하는 경향을 보였다. 이 현상은 녹지내외의 기온차이에 의해 녹지내부의 냉기가 유출되어 주변 시가지의 기온이 저감된다(丸田, 1972; 三上, 1982; 윤용한, 1998a; 1998b; 2000)고 보고되었다. 녹지외주로부터 주변시가지에 미치는 기온저감의 범위는 최고기온에서는 280～320m, 최저기온에서는 250～300m 정도였다.

3. 토지피복비율과 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수림지율, 초지율, 나지율 및 수면율과 기온간의 중회귀분석결과를 표 3에 나타냈다. 그 결과, 각 녹지 모두 1%의 유의수준이 인정됐다. 수림지, 초지 및 수면은 거의 유효한 설명변수였다. 각각의 토지피복비율의 10% 증가에 대한 기온저감은 최고기온의 경우, 성산공원 수림지 0.18～0.23℃, 초지 0.09～0.19℃, 수면 0.10～0.16℃ 정도였다. 소기공원 수림지 0.14～0.28℃, 초지 0.10～0.15℃ 정도였다. 최저기온의 경우, 성산공원 수림지 0.10～0.20℃, 초지 0.07～0.15



a: 최고기온 b: 최저기온

그림 3. 소기공원외주로부터의 거리 및 풍향과 기온과의 관계
범례: □: 관측치; ↔: 영향범위; —: 회귀직선;
—·—: 공원내 기온의 평균치; ------: 풍상측 기온의 평균치

℃, 수면 0.04~0.11℃ 정도였다. 소기공원 수림지 0.09~0.10℃, 초지 0.07~0.10℃ 정도였다. 나지에서는 최고기온의 경우, 성산공원 0.02~0.11℃, 소기공원 0.15~0.19℃. 최저기온의 경우, 성산공원 0.07℃, 소기공원 0.04~0.07℃ 정도의 기온상승효과가 있었다.

이상과 같이, 각 녹지내의 수림지, 초지 및 수면 등이 기온저감에 유효하다는 것이 인정됐다. 또한, 각 녹지 모두 초지보다 수림지가 기온저감의 효과가 큰 것을 알았다. 이것은 맑은 날씨가 계속되면 초지의 토양면은 건조상태로 변하면서, 증발산량이 적어지고 지표면의 기온이 상승하지만 수림지에서는 증산량의 변동이 적기 때문에 수림지는 초지보다 강한 기온저감효과를 가지고 있다고 생각된다.

4. 수목주수와 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 수목주수와 기온간의 회귀분석결과를 표 4에 나타냈다. 그 결과, 각 녹지 모두 유의수준 1%의 부(負)

표 3. 기온-직경 50m 범위내에서의 토지피복비율간의 중회귀식

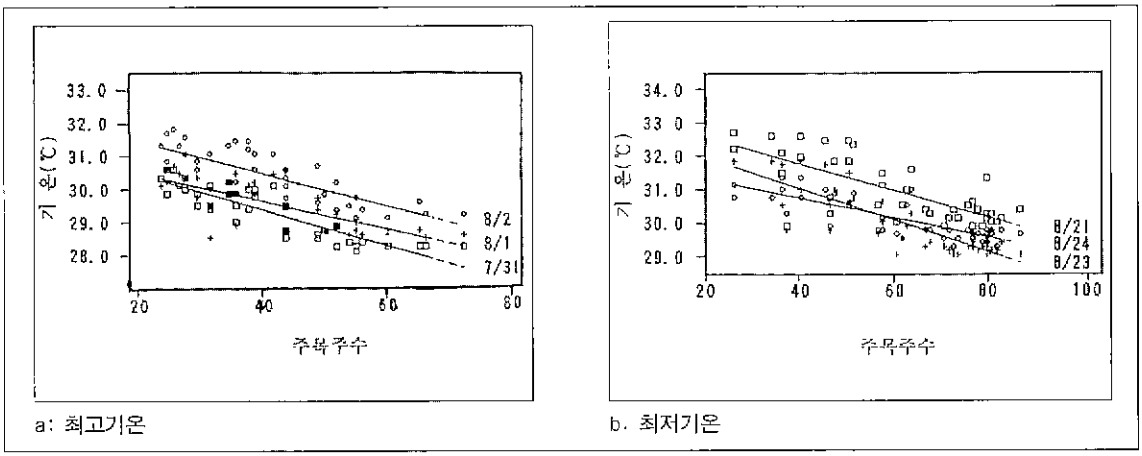
대상지		관측일	회귀계수					중상관계수
			X1	X2	X3	X4	정수항	R^{*}
성산공원	최고기온	7. 31	-0.019	-0.009	0.002	-0.016	31.02	0.860
		8. 1	-0.023	-0.019	0.005	-0.012	31.51	0.906
		8 2	-0.018	-0.011	0.011	-0.010	31.70	0.901
소기공원		8. 21	-0.025	-0.013	0.019	-	32.68	0.867
		9. 23	-0.028	-0.015	0.015	-	32.13	0.858
		9. 24	-0.014	-0.010	0.016	-	31.29	0.831
성산공원	최저기온	7 31	-0.015	-0.010	0.000	-0.008	25.21	0.755
		8. 1	-0.010	-0.007	0.007	-0.004	24.62	0.835
		8. 2	-0.020	-0.015	-0.004	-0.011	26.58	0.868
소기공원		8. 21	-0.010	-0.010	0.004	-	25.96	0.773
		9. 23	-0.009	-0.008	0.004	-	25.35	0.567
		9. 24	-0.009	-0.007	0.007	-	25.13	0.722

Y: 기온(℃)
X1: 수림지율(%); X2: 초지율(%); X3: 나지율(%); X4: 수면율(%); *: 유의수준 1%

표 4. 기온-직경 50m 범위내에서의 수목주수간의 회귀식

대상지		관측일	회귀계수		상관계수		회귀계수		상관계수
			X	정수항	R*		X	정수항	R*
성산공원	최고기온	7. 31	-0.045	31.61	-0.876	최저기온	-0.023	25.20	-0.671
		8. 1	-0.035	31.42	-0.766		-0.021	24.94	-0.655
		8. 2	-0.041	32.35	-0.763		-0.024	26.20	-0.698
소기공원		8. 21	-0.033	33.10	-0.742		-0.015	26.20	-0.769
		8. 23	-0.039	32.73	-0.855		-0.012	25.44	-0.493
		8. 24	-0.024	31.91	-0.823		-0.013	25.38	-0.696

Y. 기온(℃), X. 수목주수(3 m 이상);
*. 유의수준 1%



a: 최고기온 b. 최저기온

그림 4. 수목주수와 최고기온과의 회귀직선

범례: □. 7월 31일; +. 8월 1일; ◇: 8월 2일.
□. 8월 21일; +: 8월 23일; ◇. 8월 24일

의 상관이 인정됐다. 또, 수목주수와 기온간의 회귀직선을 그림 4에 나타냈다. 수목 10주 증가에 대한 기온저감은 최고기온의 경우 성산공원 0.35～0.45℃, 소기공원 0.24～0.39℃ 정도이고, 최저기온의 경우 성산공원 0.21～0.24℃, 소기공원 0.12～0.15℃ 정도였다.

이상과 같이, 각 녹지의 최고 및 최저기온 모두 그 주수의 증가는 기온저감에 유효했다. 이것은 수관 및 총엽면적이 많아지므로 일사의 차폐효과와 함께 증산량이 많아지기 때문이라고 생각된다. 또한, 기온저감에 있어서 소기공원외부(주거전용지역)의 주구성물인 인공구조물(주간 : 일사에 의해 뜨거워지기 쉬움, 야간 : 차가와지기 어려운 특성이 있음)은 성산공원외부(시가화조정구역)의 주구성물인 논과 밭(주간 : 일사에 의해 뜨거워지기 어려움, 야간 : 차가와지기 쉬운 특성이 있음)에 비해 기온저감의 효과가 작은 것은 소기공원외부의 주구성물인 인공구조물의 영향이라고 생각된다.

5. 교목 및 아교목주수와 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 교목 및 아교목주수와 기온간의 중회귀분석결과를 표 5에 나타냈다. 그 결과, 유의수준 1%의 상관이 인정됐다. 각각의 수목 10주 증가에 따른 기온저감은 최고기온의 경우, 성산공원 교목 0.36～0.46℃, 아교목 0.35～0.44℃, 소기공원 교목 0.24～0.38℃, 아교목 0.14～0.34℃ 정도였다. 최저기온의 경우, 성산공

표 5. 기온-직경 50m 범위내에서의 교목 및 아교목주수간의 중회귀식

대상지		관측일	회귀계수			중상관계수
			X1	X2	정수항	R*
성산공원	최고기온	7. 31	-0.046	-0.044	31.63	0.876
		8. 1	-0.036	-0.035	31.43	0.765
		8. 2	-0.044	-0.040	32.38	0.766
소기공원		8. 21	-0.031	-0.014	32.82	0.741
		8. 23	-0.038	-0.034	32.56	0.849
		8. 24	-0.024	-0.014	31.83	0.815
성산공원	최저기온	7. 31	-0.029	-0.021	25.25	0.693
		8. 1	-0.025	-0.019	24.96	0.667
		8. 2	-0.024	-0.024	26.20	0.696
소기공원		8. 21	-0.015	-0.014	26.16	0.769
		8. 23	-0.011	-0.006	25.24	0.509
		8. 24	-0.013	-0.009	25.26	0.708

Y: 기온(℃); X1: 교목주수(8m 이상);
X2: 아교목주수(3~8m);
*: 유의수준 1%

원 교목 0.24～0.29℃, 아교목 0.19～0.24℃, 소기공원 교목 0.11～0.15℃, 아교목 0.06～0.14℃ 정도였다.

이상과 같이, 각 녹지내의 교목 및 아교목 모두 주수의 증가는 기온저감에 유효했다. 또, 아교목보다 교목이 기온저감에 미치는 영향이 크다는 것을 알았다. 이것은 新田(1981)에 의하면, 교목은 아교목보다 상부의 엽은은 일사를 받아 높지만 수관 아래에서는 엽면의 차폐효과와 증산량에 의해 냉각이 좌우된다. 그러므로, 수림내의 기온저감은 교목이 좌우한다고 생각된다. 또한, 용도지역의 차이가 기온저감에 미치는 영향의 결과는 위와 같이 성산공원이 더 효과적이었다.

6. 녹적량과 기온

각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 녹적량과 기온간의 회귀분석결과를 표 6에 나타냈다. 또, 녹적량과 기온간의 회귀직선을 그림 5에 나타냈다. 표에 나타난 바와 같이 모두 유의수준 1%의 부(負)의 상관이 인정됐다. 녹적량 1000㎥의 증가에 대한 기온저감은 최고기온의 경우, 성산공원 0.38～0.42℃, 소기공원 0.29～0.35℃, 최저기온의 경우, 성산공원 0.22～0.25℃, 소기공원 0.18～0.22℃ 정도였다.

이상과 같이, 녹적량의 증가는 기온저감에 효과가 있고, 綠(식물의 양)의 지표로서 기온저감의 측면에서 녹적량의 이용 가능성이 인정됐다. 지금까지의 결과와 같이 소기공원보다 성산공원이 기온저감에 더 효과가 큰 경향을 보였다.

7. 교목, 아교목 및 관목량과 기온

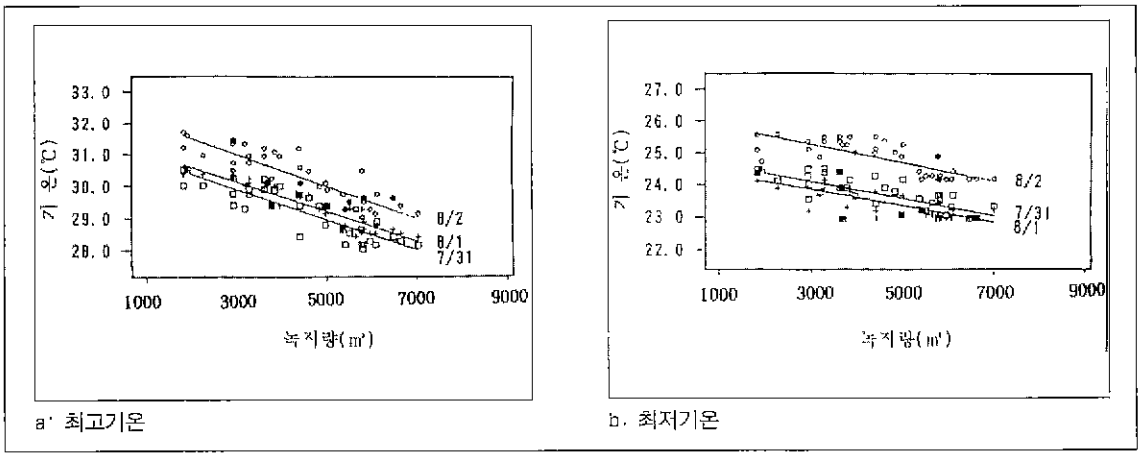
각 녹지내의 정점관측점을 중심으로 직경 50m 범위내의 교목, 아교목 및 관목량과 기온간의 중회귀분석결과를 표 7에 나타냈다. 그 결과, 유의 수준 1%의 상관이 인정됐다. 각각의 녹적량 1000㎥의 증가에 대한 기온저감은 최고기온의 경우, 성산공원 교목 0.37～0.41℃, 아교목 0.33～0.39℃, 관목 0.21～0.27℃, 소기공원 교목 0.35～0.39℃, 아교목 0.30～0.35℃, 관목 0.21～0.25℃ 정도였다. 최저기온의 경우, 성산공원 교목 0.22～0.26℃, 아교목 0.18～0.22℃, 관목 0.14～0.19℃, 소기공원 교목 0.21～0.24℃, 아교목 0.17～0.20℃, 관목 0.14～0.18℃ 정도였다.

이상과 같이 교목, 아교목 및 관목의 양과 기온과는 부(負)의 관계이고, 각각 그 양의 증가는 기온저감에

표 6. 기온-직경 50m 범위내에서의 녹적량간의 회귀식

대상지		관측일	회 귀 계 수		상관계수		회 귀 계 수		상관계수
			X	정수항	R*		X	정수항	R*
성산공원	최고기온	7. 31	-0.0003	31.55	-0.866	최저기온	-0.00023	25.30	-0.751
		8. 1	-0.00038	31.71	-0.935		-0.00022	25.07	-0.771
		8. 2	-0.00042	32.56	-0.877		-0.00025	26.32	-0.798
소기공원		8. 21	-0.00031	32.10	-0.841		-0.00020	26.94	-0.861
		8. 23	-0.00029	32.89	-0.785		-0.00018	25.74	-0.553
		8. 24	-0.00035	32.00	-0.811		-0.00022	25.58	-0.688

Y: 기온(℃); X: 녹적량(㎥);
*: 유의수준 1%



a. 최고기온 b. 최저기온

그림 5. 녹적량과 기온과의 회귀직선

범례. □: 7월 31일; +: 8월 1일; ◇. 8월 2일

표 7. 기온-직경 50m 범위내에서의 교목, 아교목 및 관목량간의 중회귀식

대상지		관측일	회 귀 계 수				증상관계수
			X1	X2	X3	정수항	R*
성산공원	최고기온	7. 31	-0.00039	-0.00033	-0.00021	31.39	0.876
		8. 1	-0.00037	-0.00038	-0.00027	31.64	0.934
		8. 2	-0.00041	-0.00039	-0.00027	32.45	0.876
소기공원		8. 21	-0.00035	-0.00030	-0.00021	33.29	0.745
		8. 23	-0.00037	-0.00035	-0.00025	32.71	0.834
		8. 24	-0.00039	-0.00032	-0.00024	32.25	0.823
성산공원	최저기온	7. 31	-0.00023	-0.00022	-0.00019	25.26	0.756
		8. 1	-0.00022	-0.00021	-0.00015	25.00	0.789
		8. 2	-0.00026	-0.00018	-0.00014	26.18	0.821
소기공원		8. 21	-0.00021	-0.00020	-0.00018	26.26	0.856
		8. 23	-0.00024	-0.00019	-0.00014	25.15	0.715
		8. 24	-0.00023	-0.00017	-0.00016	26.12	0.789

X1: 교목량(8m 이상); X2: 아교목량(3~8m); X3: 저목량(3m 이하);
*: 유의수준 1%

효과적이었다. 기온저감은 교목, 아교목 및 관목량의 순인 경우가 많지만 그 차이는 미묘했다. 이것은 녹적량이 수고에 관계없이 기온저감의 지표로서 이용 가능성이 인정됐다. 각 녹지의 기온저감에 대한 비교는 지금까지의 결과와 같이 성산공원이 더 효과가 큰 경향을 보였다.

IV. 결 론

본 연구는 녹지외부의 용도지역의 차이가 녹지내의 기온저감에 미치는 영향을 파악한 결과, 아래와 같이 실증됐다.

1. 녹지의 기온분포도로부터 고온역은 포장면, 나지 주변에서 저온역은 수림지, 수면 주변에서 인정됐다.

2. 녹지의 풍상 및 풍하쪽과 기온의 관계로부터 풍하쪽의 관측치는 최저기온보다 최고기온이 편차가 크지만, 전체적으로는 녹지에 가까워질수록 기온이 낮아지는 경향이 보였다.

3. 토지피복비율과 기온과의 관계에서, 수림지, 초지 및 수면은 기온저감에 유효한 녹지였다. 또, 토지피복

비율의 증감에 따라 기온저감의 정도에 차이가 있었다.

4. 교목, 아교목 순으로 그 주수의 증가가 기온저감에 유효했고, 기온저감에 효과적인 綠(식물의 양)의 지표로서 녹적량의 많은 이용을 제안한다.

5. 녹지외부의 용도지역의 차이가 녹지내의 기온저감에 미치는 영향은 주거전용지역의 소기공원보다 시가화조정지역의 성산공원이 더 효과적이었다.

인용문헌

1. 片山忠久, 石井昭夫, 西田 勝, 林 徹夫, 提純一郎, 鹽月 義隆, 本静男, 大黒雅之, 北山廣樹, 高山和宏1, 前田昌一郎 (1990) 綠地の署熱緩和效果に關する硏究 - 綠の量と氣溫に關する實 測調査- 九州大學綜合理工學硏究科報告 12(2) 215-220
2. 河村 武(1977) 都市氣候分布の實, 都市氣候に關する最近の展望 氣象硏究 Note 133: 26-47
3. 北山廣樹, 片山忠久, 林 徹夫, 鹽月 義隆, 吉川太郎, 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硏 日本建築學會大會學術講演集, pp. 1403-1404.
4. 三上岳彦(1982) 都市內部에 있어서 公園綠地의 氣候 오차노미즈女子大學 人文科紀要, 35 pp. 21-36.
5. 近藤三雄, 間仁田和行, 浜田容三, 小澤如雄(1983) 樹木, 芝生の微氣象調節效果に 關する實 的硏究, 造園雜誌 46(3): 161-175.
6. 清田 新, 北宅善昭, 原 芳信, 失吹万壽(1991) 林地と芝生における熱收支の比較 環境情報 科學 20(2): 62-66.
7. 西田 勝, 片山忠久, 石井昭夫, 林 徹夫, 提純一郎, 北山廣樹(1989) 公園綠地の署熱緩和效果に 關する實測調査 日本建築學會大會 學術講演集, pp 1089-1090.
8. 田畑貞壽, 井手久登, 田代順孝(1984) 綠と居住環境 古今書院
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
10. 丸田頼一(1972) 公園綠地の都市自然環境におよぼす影響 都市計劃 69, 70: 49-77
11. 丸田頼一(1973) 公園綠地內の氣象 造園雜誌 37(5): 33-35
12. 新田伸三, 東集成, 石井昭夫(1981) 環境綠化における微氣象の設計 島出版會
13. 飯島亮(1993) 庭木과 綠化樹 1, 誠文堂新光社
14. 吉野正敏(1983) 都市氣候における水面の效果 建築雜誌 (1208) 42-45
15. 吉野正敏(1986) 新版小氣候, 地人書館.
16. 윤용한, 丸田頼一, 柳井重人(1997) 公園綠地內における氣溫および相對濕度分布と土地被覆 狀態との關聯性に對して, 環境情報科學論文集 11. 19-24
17. 윤용한, 丸田 頼一, 本條 毅, 柳井重人(1998a) 都市에 있어서 公園內外의 氣溫分布特性에 관해서, 日本造園學會誌 61(5): 769-772
18. 윤용한, 丸田 頼一, 本條 毅, 柳井重人(1998b) 綠地의 規模와 周邊市街地의 氣溫低下와의 關聯性에 관해서, 環境情報科學論文集 275-280
19. 윤용한(2000) 공원에 의한 고온성 저감효과에 관한 연구, 한국정원학회지 18(1) 83-90
20 浜田崇, 三上岳彦(1994) 都市內綠地の Cool island 現象-明治神宮・Yoyogi公園 を事例に - 地理學 論評 67A(8) 518-529
21 本條 毅, 高倉 直(1984) 綠地が都市內熱環境におよぼす影響(1)實測に依る收支的解析 農業 氣象 40(3): 257-261.
22 Baumgartner, A (1967) Energetic base for differential vaporization from forest and agricultural lands, Int. Symp. For. Hydiol Oxford, pergamon: 381-389
23. Johnson, F. L., Bell, D T. and Sipp, S. K.(1975) A comparison of urban and forest micro-climates in the midwestern United States Agric, Meteorol: 14, 335-345.
24 Landsberg, H. E (1981) Urban climate, Academic Press: 275
25. Rosenberg, N. J, Blad, B. L and Vertical S. B.(1983) Micro-climate the biological environment(2nd Ed.) A Wiley-Interscience Pub New York: 495
26. Theannoi, V (1983) Apply of meteorology O. S Printing House Co Ltd Bangkok 252.
27. Tuller, S. E (1973) Effect of vertical vegetation surfaces on the adjacent micro-climate, the role of aspect Agric meteorol: 12. 407-424.
28. Yoshino M. M (1981) Change of air temperature distribution due to urbanization in Tokyo and its surrounding regions Sci. Rept Geoscience Univ. Tsukuba Sect. A. Vol.2 45-60.