

토지이용 유형에 따른 기온 특성 -서울시 자동기상관측지점 주변을 사례로-

권영아 · 이현영

건국대학교 지리학과

(2003년 7월 10일 접수, 2003년 9월 9일 승인)

The Characteristics of Air Temperature Distribution by Land-use Type

-A case study of around Automatic Weather Station in Seoul-

Kwon Young-Ah · Lee Hyoun-Young

Department of Geography, Konkuk University

(Manuscript received 10 July 2003; accepted 9 September 2003)

Abstract

The influence of land-use type on surrounding temperature was studied the relationships between land-use types and the air condition analyzing AWS (Automatic Weather Station) data of Seoul from KMA (Korea Meteorological Administration). The distribution of air temperature by land-use type has been influenced by the different heating and cooling rates.

The difference of heating rates depending on the land-use type was largest at 2~3hours after sunrise and the difference of cooling rates was largest from 2hours before sunset to 2hours after sunset with its maximum at sunset. The difference of cooling rates is greatest in a clear and calm weather situation and the large difference in cooling rates between the green areas and built-up area is up to 1.5°C/h. By season, the difference of cooling rates is largest in fall and in turn spring, winter and summer. In a cloudy or rainy day, the difference in heating and cooling rates on land-use type is not distinct but the tendency is similar to a clear day.

In all seasons, the rate of difference occurrence of the daily range of temperature between the green areas and built-up area was large, especially fall. In a fall with a clear and calm day, the magnitude of the daily range of temperature between the green areas and built-up area was largest.

Key words : land-use type, heating rates, cooling rates, the daily range of temperature

I. 서론

전세계적으로 산업이 발달하고 인구가 증가함에 따라 급속하게 도시화가 진행되고 있으며, 도시의 규모도 점차 거대해져 가고 있다. 이러한 도시의 팽창은 녹지를 감소시키고, 도로 포장율이나 건축물을 증가시키는 등 지표면의 피복상태를 변화시킨다. 이들의 복합적인 상호 작용으로 도시지역은 기온이 상승하고, 응결핵의 역할을 하는 오염물질이 많아지면서 미우(微雨)일수와 운량, 안개일수는 증가하는 반면, 습도, 일사량, 풍속은 감소하는 경향을 나타내는 등 주변과는 다른 도시 특유의 기후를 형성하게 된다.

특히, 도시의 피복상태는 도시 기온에 영향을 미치는 주 요인인데, Emmanuel(1997)은 대기가 안정한 상태에서 도시의 토지피복이나 토지이용은 주간 도시기온 변화에 영향을 미치기 때문에 공간 분포 특성에서 열섬과 냉섬 현상이 같이 나타난다고 하였다. Shudo *et al*(1997)은 다양한 토지이용 유형과 기온간이 관계를 회귀 분석한 결과 숲이나 농경지는 방온 효과가 있고 아스팔트나 콘크리트로 구성된 시가지 지역은 평균과 최저 기온 모두 약 2°C정도 높아지는 승온 효과가 있다고 하였다. Gallo *et al*(1996)은 토지피복과 토지이용이 일교차에 미치는 영향에 관한 연구에서 관측지점의 토지이용 상태에 따라 계절별 일교차는 현저하게 차이가 난다고 하였다. 또한 Lee(1995)는 서울과 수도권 지역을 대상으로 20년간의 토지이용변화 특성 및 규모를 분석하여 이 변화가 국지기후에 미치는 영향을 파악하였다.

서울시는 1994년부터 도시 기상감시를 목적으로 각 구별로 총 24개의 자동기상관측지점을 설치하고 기온(평균, 최고, 최저), 강수, 풍향, 풍속 등의 기상요소를 기본으로 관측하고 있다. 그러나 각 기상관측자료는 주변의 지리적 환경에 의해 영향을 많이 받는다. 본 연구에서는 주변 토지이용 상태가 다양한 서울시 자동기상관측지점들

을 중심으로 토지이용 유형이 최고, 최저, 평균 기온 및 일교차에 미치는 영향을 분석하여, 토지이용 유형이 다양한 도시 환경이 기온 분포에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

II. 연구 자료 및 방법

본 연구에 사용된 자료는 서울시 토지피복현황도에서 작성한 토지이용도 및 22개의 자동기상관측 지점에서의 시간별 기온, 일 평균 기온, 일 최고 기온, 일 최저 기온 등의 자동기상관측자료와 기상청 발행의 09시 지상일기도, 항공기상연감, 지형도(1/10,000)이다. 토지이용도는 서울시가 「서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립(2000)」에 관한 조사에서 1999년 현재 도시화지역을 34개 항목으로 세분하여 조사하고, 녹지 및 오픈스페이스로 구분한 것을 연구 목적에 맞게 7개 항목으로 재분류하였다(표 1).

자동기상관측 자료는 1995년부터 수집되었으나, 기온의 일 변화 값이 10분 간격동안 비정상적인 증감을 보이는 경우가 20% 미만인 1998년부터 2000년까지의 자료를 사용하였다. 또한 기상관측 지점은 24개 지점 중 1998년 이후부터 관측 자료가 없는 종로 지점과 새로 이전한 금천 지점을

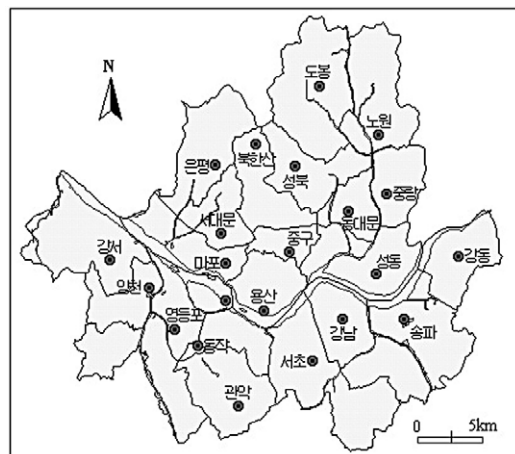


그림 1. 서울시 자동기상관측 지점의 위치

표 1. 토지이용도 분류 항목

서울시 토지이용현황 조사항목		재분류
주택지(단독주택지, 공동주택지, 농촌형취락지)		⇒ 주택지
혼합지(주거용과 상업용 건물 혼합)		⇒ 상업지
상업 및 업무시설지		⇒ 상업지
공업지		⇒ 공업지
공공용도지(교육시설, 행정시설, 병원 및 요양시설, 연구기관, 대규모 운동시설)		⇒ 공공용지
교통시설지(철도, 도로, 공항 및 관련시설)		⇒ 상업지
도시부양 시설지	하수처리장, 유수지, 배수지, 정수장	⇒ 하천 및 호수
	쓰레기매립장	⇒ 나지
	발전소, 쓰레기소각장	⇒ 공업지
	농수산물시장	⇒ 상업지
나지(건설현장지역, 건설현장이 아닌 나지)		⇒ 나지
특수지역(군사시설, 묘지, 골프장, 식물원)		⇒ 산림 및 초지
문화유적지		⇒ 산림 및 초지
도시 공원		⇒ 산림 및 초지
하천 및 습지(연못, 하천, 계곡수, 습지)		⇒ 하천 및 호수
녹지 및 오픈스페이스(산림, 초지, 경작지, 식재지)		⇒ 산림 및 초지

제외한 22개 지점의 자료를 사용하였다(그림 1). 자동기상관측 지점의 자료는 점 자료 값이므로 토지이용 상태가 기온 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 우선 각 관측 지점을 중심으로 반경 1km 이내의 토지이용상태를 항목별로 나누어 면적 비율을 계산하였다(권영아, 2002). 항목별 비율값에 근거하여 각 지점의 토지이용유형을 크게 시가지, 녹지, 수괴로 구분한 후 유형별로 기온 특성을 분석한다. 또한 기온은 토지이용과 같은 지리적 인자 뿐 아니라 기상학적 변수에 의해 영향을 받기 때문에 자동기상관측 지점의 시간별 자료를 계절과 기상 상태에 따라 분류하였다. 계절은 봄, 여름, 가을, 겨울로 나누었으며, 기상 상태는 그 날의 기압배치 유형, 강수현상의 유무, 운량, 풍속 등을 분석하여 맑은 날, 흐린 날, 강수가 있는 날로 구분하였다. 기상 상태에 따른 분류 조건은 맑은 날의 경우, 서울에 영향을 미치는 기압배치 유형이 이동성 고기압이나 시베리아 고기압, 북태평양 고기압, 오호츠크해 고기압 등이면

서 강수현상이 없는 날로 하였다. 흐린 날과 강수가 있는 날은 서울이 저기압이나 전선, 기압골, 태풍 등의 영향을 받으면서 강수량이 1mm 미만이면 흐린 날로 하였고, 1mm 이상이면 강수가 있는 날로 하였다. 기상 상태에 따라 분류한 결과, 연구기간 중 맑은 날이 52.6%(577일)로 가장 많았으며, 흐린 날은 27.3%(299일), 강수가 있는 날은 20.1%(220일)이었다. 평균풍속이 1m/sec 미만인 날을 무풍으로 정의하여 무풍인 날과 평균풍속이 1m/sec 이상인 날로 구분하였다.

기온 특성을 분석하기 위해서 가열율 및 냉각율과 일교차를 계산하였다. 가열율과 냉각율의 계산은 계절별로 기상 상태를 구분한 후 각 자동기상관측 지점의 01시에서 24시까지 시간별 평균, 최고, 최저 기온의 평균을 구한다. 시간별 평균에서 전(前) 시간의 차이를 구하여 양의 값이면 가열율이고 음의 값이면 냉각율로 하였다. 선행 연구(Upmanis et al., 1998)에 따르면 토지이용 유형별 기온 변화 특성은 일출 시간과 일몰 시간

전·후로 잘 나타나므로 계절별로 평균 일출시간과 일몰시간을 계산하여 분석에 참고하였다. 또한 전날의 최고기온에서 다음날 최저기온을 뺀 일교차는 관측 지점 주변으로 시가지 면적이 많은 지점과 녹지 면적이 많은 대표 지점을 선정하여 두 지점의 일교차의 차이를 계절별 및 기상 조건 별로 분석하였다.

에서도 도시의 특성, 즉 지형, 토지이용, 시가지의 공간적 구조와 형태, 도시 구조물의 열적 특성과 같은 물리적인 인자와 도시의 기능에 따른 인공 열의 방출량 등과 밀접한 관련이 있다. 그리하여 같은 도시 내에서도 기온이 지역적으로 상이하게 나타난다는 것은 잘 알려진 사실이다(이현영, 1985). 또한 기상학적 변수들과는 달리 지형이나 토지이용 등과 같은 지리적 인자의 영향은 시간에 따른 변동이 크지 않다(Upmanis and Chen, 1999).

III. 결과 및 토의

1. 토지이용 유형 분류

도시의 기온 분포는 동일한 종관 기상 상태 하

표 2는 각 자동기상관측지점별로 주변 1km 범위 내의 토지이용 상태를 항목별로 구분하여 면적 비율을 계산한 것이다. 토지이용유형은 주거지,

표 2. 서울 자동기상관측지점 주변 1km 내의 토지이용 비율

토지이용 항목 지점명	시가지					녹지			수괴 하천 및 호수
	주거지	상업지	공업지	나지	합계	공공용지	산림 및 초지	합계	
강남	19.9	64.6	0.0	0.6	85.2	5.9	9.0	14.8	0.0
동대문	27.6	58.5	0.2	3.4	89.8	7.7	2.6	10.2	0.0
중랑	32.4	54.4	0.0	0.4	87.2	3.9	6.9	10.8	2.0
서초	14.7	56.5	0.6	1.6	73.4	12.8	13.9	26.6	0.0
강서	16.7	53.9	0.0	0.0	70.6	4.5	24.9	29.4	0.0
동작	28.9	51.6	1.1	2.0	83.6	7.0	8.3	15.3	1.1
송파	34.4	47.4	0.0	2.9	84.7	4.1	7.6	11.7	3.6
양천	27.3	46.0	2.4	1.9	77.5	7.0	12.0	19.0	3.5
성동	7.4	46.3	8.9	0.3	62.9	17.5	19.4	36.9	0.1
강동	32.2	22.0	0.0	0.6	54.7	7.5	32.1	39.6	5.7
은평	31.7	25.3	0.0	0.5	57.4	4.2	38.4	42.6	0.0
영등포	7.4	46.5	2.2	1.8	57.9	3.7	11.4	15.1	27.0
마포	26.7	40.5	0.0	2.8	70.0	8.0	2.3	10.3	19.7
북한산	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0
관악	1.7	2.6	0.0	0.6	4.8	22.9	72.3	95.2	0.0
노원	8.1	10.5	0.3	8.5	27.4	4.2	68.2	72.3	0.3
중구	13.0	18.3	0.0	0.0	31.3	3.3	65.3	68.7	0.0
성북	27.9	5.0	0.0	0.8	33.8	3.0	62.6	65.6	0.6
도봉	32.7	11.7	0.0	0.1	44.5	1.7	53.6	55.3	0.2
서대문	23.0	21.0	0.0	0.6	44.7	28.0	27.3	55.3	0.0
한강	6.7	18.5	0.0	0.5	25.8	1.7	12.4	14.2	60.1
용산	8.2	10.1	0.0	3.9	22.2	2.0	36.1	38.0	39.8

상업지, 공업지, 나지 등과 같이 도시적 특성을 가지는 항목은 시가지로 분류하였고, 공공용지와 산림 및 초지는 녹지로, 하천 및 호수 등은 수괴로 분류하였다. 시가지의 특성을 나타내는 토지이용 유형중 주거지나 나지보다는 상업지 주변의 기온이 높게 나타나는데, 강남 관측 지점의 경우 상업지의 면적 비율이 64.6%로 가장 높았고 동대문, 중랑, 서초, 강서, 동작 등도 상업지의 비율이 50% 이상으로 높았다. 북한산과 관악 지점은 녹지의 비율이 90%가 넘었으며, 노원, 중구, 성북, 도봉, 서대문 등도 50% 이상이었다. 그러나 수목의 유형에 따라 기온에 미치는 영향이 다름에도 불구하고, 토지이용도에서 의미하는 녹지는 교목이나 관목, 잔디 등의 구분이 없다. 따라서 관측 지점 중심으로 반경 1km 범위 내의 녹지율을 10개 구간으로 나누어 각 구간별 녹지율 포함 비율을 계산한 결과 북한산이나 관악 지점은 녹지율 90% 이상인 구간의 비율이 75% 이상으로 높게 나타났다. 한강과 용산은 토지이용 유형 중 수괴 항목의 비율이 가장 높게 나타났다. 따라서 주변 토지이용상태의 면적 비율에 따라 각 관측지점들을 토지이용 유형별로 구분해 보면 표 3과 같다.

표 3. 토지이용상태의 면적 비율에 의한 토지이용 유형 분류

토지이용 유형	관측 지점 명
시가지	강남, 동대문, 중랑, 서초, 강서, 동작, 송파, 양천, 성동, 강동, 은평, 영등포, 마포
녹지	북한산, 관악, 노원, 중구, 성북, 도봉, 서대문
수괴	한강, 용산

2. 토지이용 유형별 가열을 및 냉각을 특성

토지이용 유형에 따른 기온 특성을 분석하기 위하여 유형별로 구분된 기상관측 지점 중 유형별 특성을 가장 잘 반영하는 지점을 대표 지점으로 선정하여 계절별로 기상 조건에 따라 비교하였다. 우선, 시가지 유형을 대표하는 지점으로는

전체 85%이상이 시가지이면서 상업지의 비율이 가장 높은 강남 관측 지점을 선정하였다(그림 2). 녹지 유형은 녹지 면적 비율도 높고 녹지율도 높

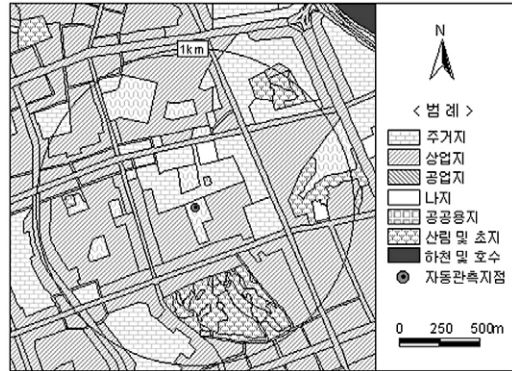


그림 2. 강남 관측 지점 주변의 토지이용도

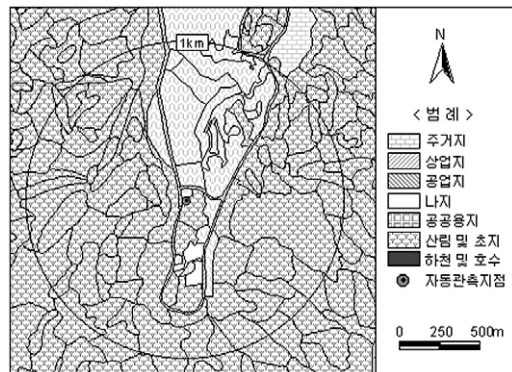


그림 3. 관악 관측 지점 주변의 토지이용도

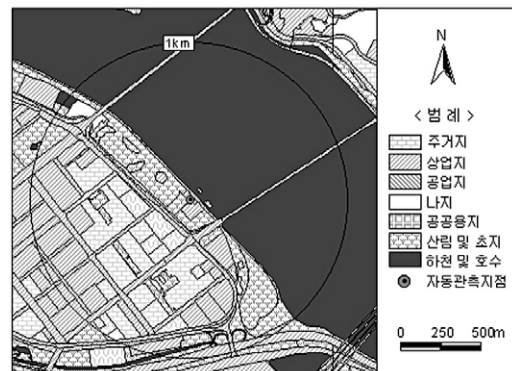


그림 4. 한강 관측 지점 주변의 토지이용도

은 북한산과 관악지점 중 관악 지점(120m)으로 하였는데, 그 이유는 북한산은 고도가 460m이기 때문에 고도에 따른 기온 차이를 고려해야하기 때문이다(그림 3). 수괴 유형을 대표하는 지점으로는 수괴 포함 비율이 가장 높았던 한강 지점으로 하였다(그림 4).

1) 계절별 맑은 날의 가열율 및 냉각율 특성

봄철 맑은 날의 가열율의 특성을 보면 주변 토지이용상태가 대부분 녹지인 관악, 북한산, 도봉, 노원 지점의 경우, 가열되는 폭이 일출 2~3시간 후에 최대였으며 가열율은 2°C/h 이었다. 반면, 시가지에서의 최대 가열율은 녹지에서보다 1시간 늦게 나타났으며, 1.8°C/h 내외였다. 가열되는 폭이 가장 낮은 수괴(1.6°C/h)에서는 가열율이 최대가 되는 시간도 시가지나 녹지보다 늦은 일출 5시간 후였다. 10시 이후부터는 녹지에서의 가열율은 낮아져(1°C/h 이하) 시가지에서의 가열율보다 더 작거나 비슷했다. 봄철 맑은 날의 냉각은 녹지에서는 일몰 4시간 전부터, 시가지에서는 일몰 3시간 전부터 시작되었다. 토지이용 유형별 냉각율의 차이는 일몰시에 최대를 나타냈다가 점차 줄어들어 일몰 2시간 후부터는 녹지와 시가지에서의 냉각율이 1°C/h 내외로 비슷했다. 녹지에서는 일몰 전·후 냉각율이 대부분 1.5~2°C/h인 반면, 토지이용 유형이 시가지에 해당하는 강남, 중랑, 동대문, 송파 지점에서는 1°C/h 내외였다. 수괴에서는 일몰시의 냉각율은 시가지에서보다 0.2~0.3°C/h 정도 더 컸으나, 변화 경향이 시가지에서와 비슷했다(그림 5).

여름철 맑은 날의 기온 변화율 특성을 보면, 녹지에서의 가열율은 일출 2~3시간 후에 최대(1.6~2.5°C/h)였으며, 시가지와 수괴에서는 일출 4~5시간 후가 최대(1.5°C/h)였다. 여름철 맑은 날의 냉각율 특성은 녹지에서는 일몰 4시간 30분 전부터 냉각이 시작되고, 시가지에서는 그보다 1시간 늦은 일몰 3시간 30분 전부터 냉각되었다. 토지

이용 유형별 냉각율의 차이는 봄철과 마찬가지로 일몰시에 최대였으며, 일몰 1~2시간 후부터는 녹지에서와 시가지에서의 냉각율이 1°C/h 이하로 비슷했다(그림 6).

가을철 맑은 날의 경우도 다른 계절과 마찬가지로 일출 30분 후부터 가열이 되기 시작하여 일출 2~3시간 후에 토지이용 유형별 가열율의 차이가 최대였다. 녹지에서는 가열되는 폭이 일출 2~3시간 후에 2.5~3.1°C/h로 가장 컸으며, 시가지와 수괴에서는 4~5시간 후에 가열율이 최대로 시가지에서는 1.5~2°C/h, 수괴에서는 1~1.5°C/h 이었다. 녹지와 시가지에서의 가열율은 12시 이후부터는 1°C/h내외로 비슷한 경향이었다. 가을철 맑은 날의 경우는 복사 냉각에 의한 냉각율의 차이가 가장 크기 때문에 토지이용 유형에 따른 차이가 다른 계절보다 컸다. 냉각은 녹지에서는 일몰 3시간 전부터, 시가지에서는 일몰 2시간 전부터 시작되었으며, 녹지와 시가지간의 냉각율의 차이는 일몰시에 가장 컸다. 특히 관악 지점에서는 일몰시 냉각율이 최대 2.1°C/h에 달했다. 토지이용 유형이 녹지인 지점에서의 냉각율은 대부분 1.5~2.5°C/h내외인 반면, 시가지와 수괴에서는 서서히 냉각되기 때문에 1°C/h 미만이었다. 녹지와 시가지간의 냉각되는 폭의 차이는 최대 1.5°C/h였다. 일몰 2시간 후부터는 녹지에서의 냉각율도 1°C/h 미만으로 시가지에서와 비슷했다(그림 7).

겨울철 맑은 날의 경우도 가열은 일출 30분 후부터 시작되었으며, 녹지에서의 가열율은 일출 2시간 30분 후인 10시에 2~2.6°C/h로 최대였다. 시가지와 수괴에서는 녹지에서보다 한시간 늦은 오전 11시에 가열율이 최대(1~1.8°C/h)를 나타냈다. 겨울철 냉각율의 특성을 보면, 녹지에서는 일몰 2시간 전부터 냉각이 시작되었으며, 시가지에서는 일몰 1시간 30분 전부터 시작되었다. 녹지에서의 냉각율은 최대 1~1.5°C/h이었고, 시가지에서는 0.5~1°C/h이었다. 녹지에서는 일몰 1시간 후까지도 시간당 1°C이상 냉각되었으나, 일몰 2시간 후

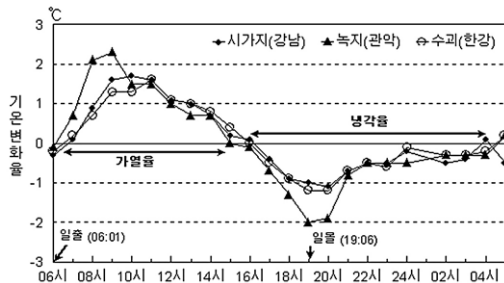


그림 5. 봄철 맑은 날 토지이용 유형별 기온 변화율 특성

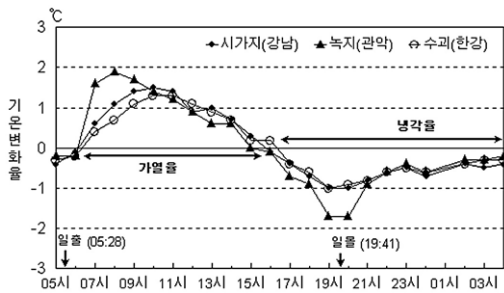


그림 6. 여름철 맑은 날 토지이용 유형별 기온 변화율 특성

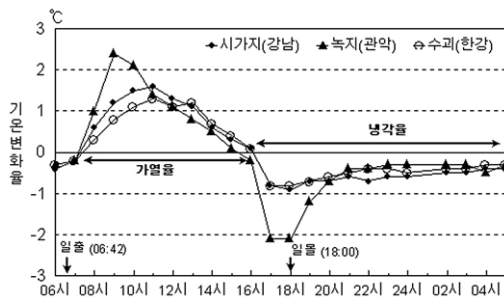


그림 7. 가을철 맑은 날 토지이용 유형별 기온 변화율 특성

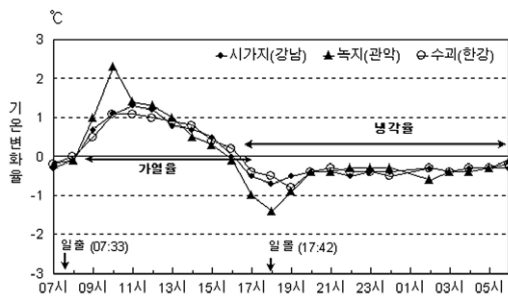


그림 8. 겨울철 맑은 날 토지이용 유형별 기온 변화율 특성

부터는 0.5~1°C/h로 시가지에서의 냉각율과 비슷했다(그림 8).

일반적으로 맑고 풍속이 약한 날은 토지이용 유형별 가열율과 냉각율의 차이가 크다. 맑은 날의 계절별 토지이용 유형에 따른 가열율의 차이는 봄철의 경우, 일출 3시간 후에 가장 컸고 여름철, 가을철, 겨울철에는 일출 2시간 30분 후에 가장 컸다.

야간에는 복사냉각이 기온 차를 유발시키는 주요 원인이기 때문에 토지이용 유형별 냉각율의 차이가 중요하다(Hamada and Mikami, 1998). 특히 냉각율은 계절에 따라 차이는 있지만 대체로 가열되는 시간이 8~10시간 정도인데 반하여, 냉각은 일몰 2~3시간 전부터 일출 때까지 14~16시간정도 진행되므로 가열율보다 기온에 미치는 영향이 더 크다. 맑고 풍속이 약한 날에 토지이용 유형별 냉각율의 차이가 가장 컸으며, 일몰 2시간 전부터 일출 2시간 후까지가 두드러졌다. 계절별로는 대기 중에 수증기가 적고 복사냉각이 활발한 가을철, 봄철, 겨울철, 여름철의 순으로 크게 나타났다.

2) 흐리거나 강수가 있는 날의 가열율 및 냉각율 특성

흐리거나 강수가 있는 날의 경우에도 계절별로 녹지와 시가지간의 가열율과 냉각율의 차이는 있지만, 맑은 날의 경우처럼 토지이용 상태를 크게 반영하지는 못해 토지이용 유형에 따른 기온 변화 특성이 명확하지 않았다. 특히 강수가 있는 날은 거의 구분이 없었다.

계절별로 보면 봄철 흐린 날의 토지이용 유형별 가열율의 차이는 일출 2시간 후에 최대였다. 녹지에서의 가열율은 최대 1~1.3°C/h이었고, 시가지에서는 1°C/h내외, 수괴에서는 0.7°C/h로 토지이용 유형에 따른 가열율의 차이는 0.5°C/h 정도로 적었다. 냉각율 특성을 보면, 녹지에서는 일몰 4시간 전부터 냉각이 발생했지만 토지이용 유

형별 냉각율의 차이는 크지 않았다. 녹지와 시가지에서의 냉각율의 차이는 일몰시에 1°C/h 내외로 최대였으며, 일몰 2시간 후까지 차이가 나타났다. 그러나 그 이후부터는 토지이용 유형에 따른 차이가 없었다.

여름철 흐린 날의 경우에는 봄철보다 가열율이나 냉각율의 변화가 더 적었고, 가열율은 일출 2~3시간 후에 최대였다. 녹지에서의 가열되는 폭은 1.5°C/h 내외였고 시가지와 수괴에서는 1°C/h 내외였다. 녹지에서의 냉각율은 일몰시에 1~1.5°C/h로 최대였으며, 시가지와 수괴에서는 1°C/h 이내였다.

토지이용 유형에 따른 기온 차이가 가장 큰 계절인 가을철의 가열율은 일출 2~3시간 후에 최대였으며, 녹지에서는 1~2°C/h이었고 시가지에서는 1°C/h 내외였다. 그러나 일출 4시간 후부터는 녹지와 시가지에서의 가열율은 1°C/h 내외로 비슷했다. 냉각은 일몰 2~3시간 전부터 시작되었으며, 녹지에서의 냉각율은 1~1.5°C/h이었고 시가지에서는 0.5°C/h 내외로 그 차이가 적었다. 일몰 1시간 후부터는 토지이용 유형별로 냉각율의 차이는 없었다.

겨울철 흐린 날의 경우도 다른 계절과 마찬가지로 일출 30분 후부터 가열되어 일출 2~3시간 후에 토지이용 유형별 가열율의 차이가 최대였다. 그러나 일출 4시간 후부터는 녹지와 시가지에

서의 가열율의 차이가 거의 없었다. 냉각은 일몰 2시간 전부터 시작되었는데 토지이용 유형별 냉각율의 차이는 일몰시에 최대였고, 그 차이는 0.8°C/h 정도였다. 녹지와 시가지간의 냉각율의 차이는 일몰 2시간 후까지 나타났지만, 그 차이는 0.5°C/h 이내로 매우 적었다

강수가 있는 날은 가열율과 냉각율의 특성이 토지이용을 거의 반영하지 않으며 그 변화율도 봄철·가을철에는 0.5~1°C/h 이내, 여름철에는 0.5°C/h 이내로 매우 작았다(그림 9). 일몰 전·후의 냉각정도를 보면 녹지가 시가지보다 더 냉각되기는 했지만 그 차이는 0.2°C/h 내외였으며 차이가 거의 없었다. 강수가 있는 날의 기온 변화 특성은 계절별로 뚜렷하지 않았으며, 겨울철의 경우는 사례수가 적어서 분석에서 제외하였다.

3. 토지이용 유형에 따른 일교차 특성

토지이용 유형별 일교차의 특성을 분석하기 위하여 시가지 유형인 강남 관측지점과 녹지 유형인 관악 관측지점의 일교차를 계절별, 기상상태별로 비교하였다. 계절별로는 가을철에 두 유형의 일교차 차이가 가장 컸으며 대기중에 수증기가 많은 여름철에는 시가지와 녹지에서의 일교차가 크게 두드러지지 않았다.

기상 상태별로는 그 차이가 더 명확히 구분되는데 맑은 날의 경우, 시가지보다 녹지의 일교차가 큰 날의 일수를 비율로 계산한 것을 보면 가을철이 91.1%로 가장 높았고 여름철에도 84.4%로 높은 편이었다. 흐리거나 강수가 있었던 날에도 가을철에는 녹지의 일교차가 시가지보다 큰 날이 전체의 81.9%로 높았으나 여름철에는 60.8%로 녹지의 일교차가 시가지의 일교차보다 컸던 날이 비교적 작았다(표 4). 그러나 모든 계절에서 대부분 녹지 지역의 일교차가 시가지 지역에서의 일교차보다 큰 날의 일수가 더 많았다.

일교차의 강도로 보면 맑은 날의 경우, 일교차

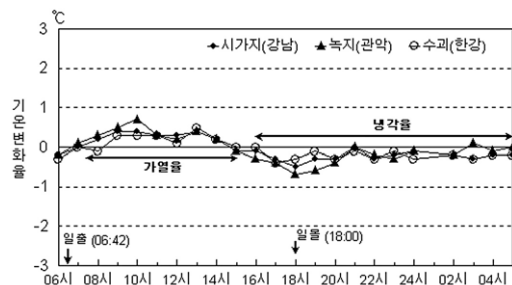


그림 9. 가을철 강수가 있는 날 토지이용 유형별 기온 변화율 특성

표 4. 기상상태별 녹지와 시가지의 일교차간의 대소별 출현 일수의 비율

일교차 계절	시가지 > 녹지		시가지 < 녹지		시가지 = 녹지		결측	
	맑은날	흐림/강수	맑은날	흐림/강수	맑은날	흐림/강수	맑은날	흐림/강수
봄	2.1%	12.9%	67.4%	59.8%	0.0%	0.0%	30.6%	27.3%
여름	6.7%	30.6%	84.4%	60.8%	1.1%	2.7%	7.8%	5.9%
가을	3.2%	14.7%	91.1%	81.9%	1.3%	0.0%	4.5%	3.4%
겨울	3.8%	8.2%	80.6%	71.8%	1.6%	1.2%	14.0%	18.8%

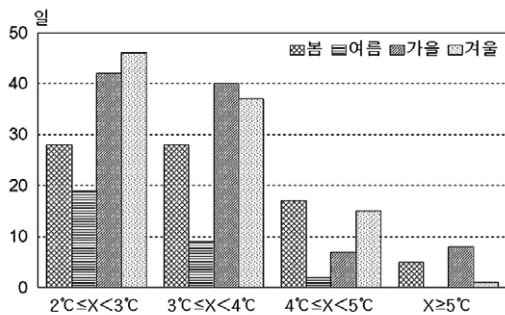


그림 10. 계절별 녹지와 시가지간 일교차의 크기별 출현일수 (X=녹지의 일교차-시가지의 일교차)

의 차이가 녹지가 시가지보다 2~3°C정도 더 큰 날이 겨울철과 가을철은 40일 이상이었고 여름철은 20일 미만이었다. 녹지에서의 일교차가 3~4°C 더 큰 날의 경우도 가을과 겨울철에는 40일 정도였으나 여름철에는 10일 미만이었다.

일교차의 차이가 커질수록 여름철의 해당일수는 작아서 5°C이상의 차이가 나는 날은 여름철에는 없었다. 그러나 가을철에는 5°C이상의 일교차의 차이를 가지는 날의 수가 8일로 시가지와 녹지간의 일교차 차이가 가장 컸다(그림 10).

IV. 결론

토지이용 유형별 가열율 및 냉각율의 특성을 보면 가열되는 기온 상승폭의 차이는 맑은 날의 경우, 모든 계절에서 일출 2~3시간 후에 가장 컸다. 토지이용 유형별 냉각율의 차이도 맑고 풍속이 약한 날, 일몰 전·후 2시간 이내에 가장 컸으

며, 최대 차이는 일몰시에 나타났다. 이는 스웨덴의 Slottsskogen 공원을 사례로 맑고 풍속이 약한 날 시간별로 기온을 관측하여 공원과 시가지의 냉각율의 차이가 일몰시에 최대임을 밝힌 Uрманis et al.(1998)의 연구 결과와 일치하는 것이다. 계절별로는 토지이용 유형별 냉각율의 차이가 복사냉각이 활발하게 발생하는 가을철, 봄철, 겨울철, 여름철의 순으로 커졌다. 따라서 맑고 풍속이 약한 날에는 기온 변화 특성이 토지이용 상태를 잘 반영했으며, 흐린 날에도 그 차이는 작지만 경향은 맑은 날과 비슷했다. 그러나 강수가 있는 날에는 토지이용 유형별 기온 차이가 없었다.

일교차는 토지이용 유형에 따라 그 차이가 크게 나타나는데 시가지보다 녹지에서의 일교차가 컸다. 또한 계절별로는 녹지에서의 일교차가 가을철에 가장 커서 시가지와 그 특성이 명확히 구분되었으며 여름철에는 녹지의 일교차가 큰 날이 다른 계절에 비해 상대적으로 적은 편이어서 시가지와 녹지의 일교차의 차이가 적었다. 녹지와 시가지간의 일교차의 차이가 큰 날의 출현빈도도 가을철과 겨울철에는 높은 반면, 여름철에는 크게 줄었다.

참고문헌

권영아, 2002, 서울의 도심 녹지가 주변 기온에 미치는 영향, 건국대학교 대학원 박사학위 청구논문, 110pp.
 권영아, 이현영, 2001, 도시 녹지와 그 주변 기온

- 의 공간적 분포: 서울시 종로구 창경궁, 창덕궁, 종묘 주변을 사례로, 대한지리학회지, 36(2), 126-140.
- 부경은, 오성남, 2000, 1999년 서울지역 기온의 시공간 분포 특성, 한국기상학회지, 36(4), 499-506.
- 부경은, 전영신, 박지용, 조하만, 권원태, 1999, 자동기상관측장치자료를 이용한 서울의 기온수평 분포 분석, 한국기상학회지, 35(3), 335-343.
- 서울시, 2000, 도시생태개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립:1차년도 연구보고서, 서울시정개발연구원, 245pp.
- _____, 2000, 서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구, 서울시정개발연구원, 275pp.
- 이현영, 1985, 서울의 도시기온에 관한 연구, 이화여자대학교 박사학위 청구논문, 104pp.
- Cayan, D. R. and A. V. Douglas, 1984, Urban Influences on Surface Temperatures in the Southwestern United States during Recent Decades, J. Climate and Appl. Meteor., 23, 1520-1530.
- Emmanuel, R., 1997, Summertime Urban Heat Island Mitigation: Propositions based on an Investigation of Intra-Urban Air Temperature Variations, Architectural Science Review, 40(4), 155-164.
- Gallo, K. P., D. R. Easterling and T. C. Peterson, 1996, The Influence of Land Use/Land Cover on Climatological Values of the Diurnal Temperature Range, J. Climate, 9, 2941-2944.
- Hamada, T. and T. Mikami, 1998, Spatial Variation of Air Temperature in an Urban Green Park, American Meteorological Society(Proceeding).
- Lee, H. Y., 1995, Potential Effects of Land-Use Change on the Local Climate, J. Korean Society of Remote Sensing, 11(3), 83-100.
- _____, 1995, The Impact Assessment of Urbanization on the Atmospheric Environment, J. Environment Impact Assessment, 4(3), 73-86.
- Mitchell, J. M., 1962, The Thermal Climate of Cities in Symposium: Air Over Cities, V.S. Public Health Service, Taft Sanitary Eng. Center, Cincinnati, Ohio, Tech. Rept. A. 62-5, 131-145.
- Peterson, J.T.(1973), "The Climate of Cities" Climate in Review p.270에서 재인용.
- Shudo, H., Sugiyama, J., Yokoo, N. and T. Oka, 1997, A Study on Temperature Distribution Influenced by Various Land Uses, Energy and Buildings, 26, 199-205.
- Upmanis, H., 1999, The Influence of Sky View Factor and Land-use on City Temperatures, submitted to Int. J. Climatology.
- Upmanis, H. and D. Chen, 1999, Influence of Geographical Factors and Meteorological Variables on Nocturnal Urban-Park Temperature-Differences: A Case Study of Summer 1995 in Göteborg, Sweden, Climate Research, 13(2), 125-139.
- Upmanis, H., I. Eliasson and S. Lindqvist, 1998, The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Göteborg, Sweden), Int. J. Climatology, 18, 681-700.
- Yoshino, M. M., 1981, Change of Air Temperature Distribution due to the Urbanization in Tokyo and Its Surrounding Regions, Sci. Rept. Inst. Geoscience, Univ. Tsukuba, Sect A, 2, 45-60.