

도시 녹지가 주변 시가지 기온에 미치는 영향 -서울시 종로구 창경궁, 창덕궁, 종묘 주변을 사례로-

권영아 · 이현영

건국대 지리학과 박사과정 · 건국대 지리학과 교수

1. 서론

도시의 대부분을 구성하고 있는 콘크리트나 아스팔트와 같은 물질은 주간에 열을 더 많이 저장하고 일몰 후에도 서서히 냉각되기 때문에 도시의 기온은 인접한 전원 지역보다 높다(Luvall, 1999). 도시지역 내 고층건물로 이루어진 시가지의 고온화 현상으로 형성된 열섬은 국지적으로 기온이나 통풍 등과 같은 환경을 악화시키는 등 도시 기후의 구조적인 문제점이 되고 있다. 이처럼 도시열섬 현상이 심각한 환경문제로 대두되고 있는 요즈음 녹지의 미기후 조절효과는 매우 중요한 의미를 갖는다. 즉, 도시 내에 공원과 같은 녹지를 조성하면 시가지보다 상대적으로 기온이 낮아지기 때문에 부분적으로 하강기류가 발생하고 냉각된 공기가 주변 시가지로 흘러나와 도시환경을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 서울시 종로구에 위치한 창경궁, 창덕궁, 종묘와 그 주변 지역을 사례로 최고·최저 기온 및 실시간 기온 관측을 통해 소규모의 녹지가 주변 시가지의 기온 분포에 미치는 영향과 녹지에 의한 기온저감 효과를 분석하여 도시 기후 환경 개선 방안을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구지역, 자료 및 방법

연구 지역은 종로구 중 고밀도의 시가지와 녹지가 공존하는 종로 1가에서 6가, 이화동, 혜화동, 사직동을 포함하는 6.4km²에 해당하는 지역이다(그림 1). 이 지역에는 녹지율이 높은 창경궁, 창덕궁, 종묘 등의 고궁이 있으며 그 주변으로는 고층건물들이 밀집된 시가지가 분포한다. 또한 연구지역의 중앙을 동서로 관통하는 도로는 창덕궁과 경복궁의 남단을 지나가며, 남북으로 연결된 창경궁과 종묘 사이를 통과한다. 연구지역의 지형은 대체로 북쪽에서 남쪽으로 갈수록 낮아지는데 가장 높은 곳의 고도가 94m로 가장 낮은 곳과의 차이는 최대 100m이내이다.

본 연구에 이용된 자료는 2000년 9월부터 2000년 11월까지 창경궁과 창덕궁, 종묘를 중심으로 한 1.8km×1.8km 지역에서 실측한 최고·최저 기온값과 연구지역을 동서로 관통하는 도로를 따라 차량이동 관측한 실시간 기온값, 기상청 발행의 09시 지상일기도, 24개의 서울 자동기상관측지점에서 측정한 시간별 기온값, 서울시 토지이용현황도, 서울시 현존식생도 및 지형도(1/10,000)이다. 최고·최저 온도계는 고궁 내에서는 300m간격으로 10개 지점에, 고궁 외부로는 500m 간격으로 12개 지점에 설치하였으며, 기온값은 매일 오전 8시부터 11시 사이에 기록하였다. 온도계는 잔디로 덮여 있는 지면 위 1.2~1.5m 높이에 설치하였으며, 주변은 직사광선이 들지 않고 통풍이 잘되며 차량이나 사람

들에 의해 영향을 받지 않는 곳으로 선정하였다. 모든 관측지점들의 해발 고도는 30~65m이므로 고도 보정은 하지 않았다. 차량이동관측지점은 2000년 7월부터 8월까지 10여 차례의 시험 관측을 통해 200m 간격으로 20개 지점을 선정하였으며, 2000년 9월부터 11월까지 기온을 40회 관측하였다. 관측시간은 18시부터 21시까지와 0시부터 3시 사이로 하였는데 이는 일몰 전·후로 토지이용상태에 따른 냉각율의 차이가 크기 때문에 이 시간대에 기온 차이가 크고, 차량통행량이 비교적 적어서 관측이 용이하기 때문이다. 1회 관측에 소요된 시간은 30분 이내이므로 시간에 따른 시차 보정은 하지 않았다. 차량이동관측시 사용한 디지털온도계는 길이 2m인 접혀지는 막대 끝에 고정시켰으며, 지상에서부터 1.5m떨어진 자동차의 앞부분에서 측정 지점의 전·후 50m이내에 다른 차량이 없는 상태에서 정지한 후 측정하였다.

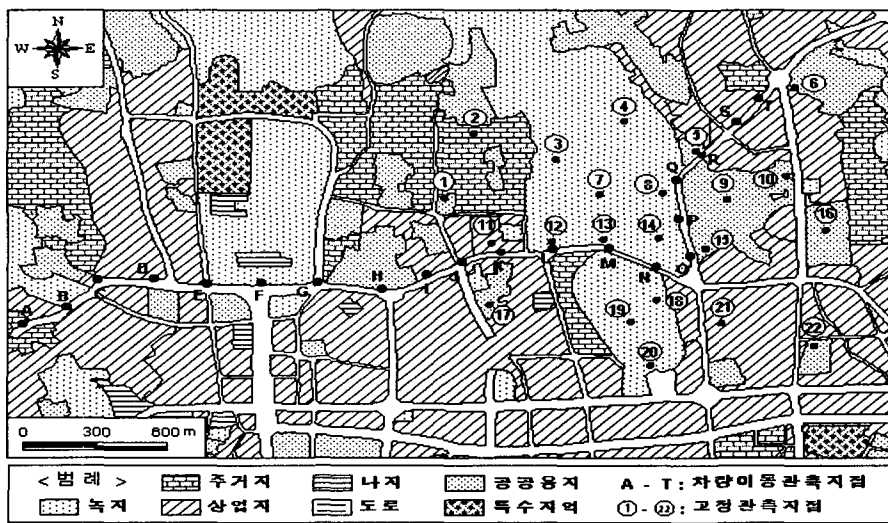


그림 1. 사례연구지역의 토지이용현황도 및 기온관측지점의 위치

기온은 중관기상 상태 및 풍향, 풍속에 많은 영향을 받으므로 기압배치의 유형을 분류(시베리아 고기압, 이동성 고기압, 저기압, 태풍)한 후 유형별로 기온분포 특성을 분석하였다. 연구기간 중 이동성 고기압의 영향을 받은 날이 57.8%로 가장 많았고 시베리아 고기압의 영향을 받은 날은 16.9%, 저기압은 19.7%, 태풍의 영향을 받은 날이 5.6%였다. 또한 맑고 풍속이 약한 날 야간에는 토지이용상태에 따른 냉각율의 차이가 기온차이를 유발시키기 때문에 서울 24개 자동기상관측지점의 시간별 기온값을 이용하여 토지이용에 따른 냉각율의 특성을 분석하였다. 차량이동관측은 이동성 고기압의 영향으로 맑고 바람이 없는 날에 주로 관측하였고 저기압의 영향을 받아 흐리거나 비가 오는 날에도 관측하여 그 차이를 비교하였다.

3. 결과 및 토의

1) 토지이용상태와 냉각율

녹지와 시가지의 기온 차이를 유발시키는 냉각율의 특성을 분석한 결과 토지이용상태에 따른 냉각율의 차이는 15시부터 나타나기 시작하였으며, 일몰시간인 18시에 가장 큰 차이를 보였다. 그림 2는 이동성 고기압의 영향하에서 서울 자동기상관측지점에서의 일몰 전·후 3시간동안의 냉각율을 토지이용상태에 따라 나타낸 것이다. 시간별 냉각율의 특성은 토지이용상태에 따라 다른데 주변이 녹지로 둘러싸여 있는 관악, 서대문, 도봉, 강서, 성북, 노원 지점은 일몰 3시간 전부터 냉각이 급속히 진행되어 일몰시에 최대 냉각율을 나타낸다. 특히 관악이나 도봉, 서대문 지점의 냉각율은 1.7~2.3℃/h에 달한다. 녹지 지역은 일몰 1시간 후까지도 시간당 1℃이상 냉각되며 일몰 2시간 후부터는 0.5~1℃/h로 시가지의 냉각율과 비슷해진다. 반면 토지이용상태가 상업지역이나 공업지역인 용산, 금천, 영등포, 마포, 동대문, 강남 지점은 서서히 냉각되기 때문에 최대 냉각율이 일몰시나 일몰 후 1시간 사이에 나타나며 최대값도 1℃/h 미만이다. 이처럼 녹지는 큰 폭으로 급격히 냉각된 반면 시가지는 서서히 냉각되기 때문에 시간이 지날수록 녹지 지역과 시가지간의 기온 차이는 커진다.

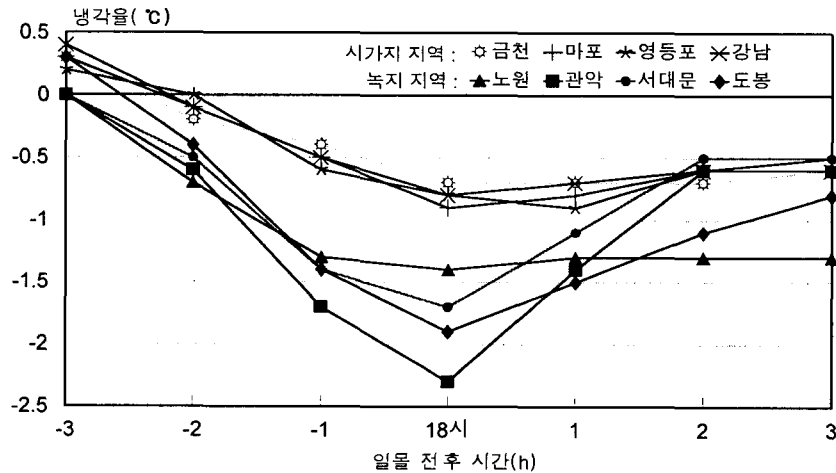


그림 2. 2000년 9월~11월 중 이동성 고기압의 영향을 받은 날들의 일몰 전·후 시간별 평균 냉각율

2) 도시 녹지 및 그 주변의 최고·최저기온의 분포 특성

도시 공원의 기온이 주변 시가지보다 낮기 때문에 나타나는 냉섬(cool island)현상은 주간과 야간이 서로 다른 기후 메커니즘에 의해 나타나는데 대체로 주간에는 밀집된 나무들에 의해 생기는 증발산과 그늘의 효과가 크고, 야간에는 복사냉각에 의한 것이 주요 원인이다(Hamada, T. and T. Mikami, 1998). 녹지 주변의 최고기온 분포는 기압계, 토지이용상태, 풍향, 풍속에 따라 다른데 박혜숙(1983)은 기상 상태에 따라 도시내·외의 기온차가 달라지며, 흐리거나 비오는 날에는 맑은 날보다 기온차가 1/3정도 감소한다고 하였다. 본 연구에서도 저기압의 영향으로 새벽부터 흐리다가 하루종일 비가 내린 날의 최고기온 분포를 보면 토지이용상태와 기온간의 연관성이 거의 없으며 최고기온이 가장 높은 지점과 낮은 지점간의 기온 차이도 최대 1.2℃정도이다. 특히 태풍의 영향을 받았던 2000년 9월 13일부터 16일까지는 바람이 너무 강하게 불어 관측 지점별

로 기온 차이가 없었다. 반면 이동성 고기압의 영향으로 맑고 풍속이 약한 날은 고궁 내에서도 비교적 고도가 높고 수목이 조밀한 곳의 기온이 낮고 고궁 가장자리에서 멀어져 시가지 쪽으로 갈수록 기온이 높다. 또한 시가지 내에서도 토지이용상태가 상업지역인 경우가 주거지나 공공용지인 경우보다 기온이 더 높다. 관측지점 중 최고기온이 가장 높은 값은 31.9℃로 혜화동 로터리에 위치한 동성고등학교 지점에서 나타났으며, 가장 낮은 값은 창덕궁에서 측정되었는데 그 차이가 7.3℃에 달한다. 공공용지인 서울대병원 내에 위치한 지점들은 대부분 주변보다 기온이 2~3℃ 더 낮다. 풍향도 기온분포에 중요한 영향을 미치는데 풍상측의 토지이용상태에 따라 풍하측의 기온이 영향을 받는다. Asaeda 외(1998)는 오후에 약 0.6km²의 규모를 가진 공원에서 시가지로 바람이 불 경우, 시가지 쪽으로 1km정도까지 약 1.5℃의 기온을 감소시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 이동성 고기압의 영향을 받으면서 풍향이 서로 달랐던 날들을 보면 전체적인 기온 분포경향은 모두 비슷하지만 풍향에 따라서 기온의 분포 범위는 약간의 차이를 보인다. 즉, 토지이용상태가 기온에 미치는 영향은 풍향에 따라 강도나 범위가 달라질 수 있다.

최저기온의 전체적인 분포 경향은 최고기온의 경우와 마찬가지로 녹지에서 멀어질수록 기온은 높아진다. 그러나 최저기온은 야간의 복사냉각에 의해 형성된 냉기류의 영향을 받기 때문에 토지이용상태와 더불어 지형도 중요하다. 그러므로 관측기간 중 지형의 영향으로 부분적으로 낮은 기온을 나타내는 지역도 있다. 연구지역은 창경궁과 창덕궁의 북쪽에서 남쪽으로 고도가 낮아져 냉기류가 흐르는 길목에 해당하므로 남쪽과 남동쪽에 인접한 지역에서 기온이 낮다. 특히 창경궁과 창덕궁 내에서는 냉기류의 흐름이 높은 담에 의해 막혀 고이기 때문에 창덕궁의 남서쪽과 창덕궁의 남동쪽에서 기온이 가장 낮다. 지형의 영향을 덜 받는 지역에서는 기온분포가 토지이용상태에 따라 다른데 창경궁의 북동쪽의 경우 최고기온의 경우와 마찬가지로 녹지에서 멀어질수록 기온이 높고 상업지역일수록 기온이 높다.

3) 녹지 주변 기온의 수평 단면도

녹지와 주변 시가지간의 기온변화를 파악하기 위하여 이동성 고기압의 영향을 받는 날 창경궁과 종묘사이를 관통하는 도로를 따라 기온을 관측한 후 토지이용상태의 모식도 위에 기온의 수평 단면도를 작성하였다. 그림 3은 2000년 9월 29일의 관측 결과인데 이동성 고기압의 영향을 받는 날은 모두 이와 비슷한 경향이다. 시가지는 대체적으로 21~22℃정도를 나타내고 있으며 녹지는 15~18℃를 나타내고 있다. 토지이용상태가 녹지인 곳은 주변 시가지에 비해 기온이 3~4℃정도 낮은데 일몰 후 3시간이 지난 시간이므로 복사냉각에 의한 냉기류의 이동 통로에 해당하는 지점(O~R)에서는 주변에 비해 기온이 6~7℃ 더 낮다. 창경궁과 종묘를 연결하는 고가 다리 부근인 M지점은 토지이용상태는 녹지이지만 주변에 비해 기온이 매우 높다. 이는 앞의 최저기온의 분포 특성에서 언급한 것처럼 다리 아래로 관통하는 도로에서 발생하는 차량들의 배기가스 및 열 등이 창경궁과 종묘 사이의 높은 담에 의해 순환하지 못하기 때문이라 생각한다.

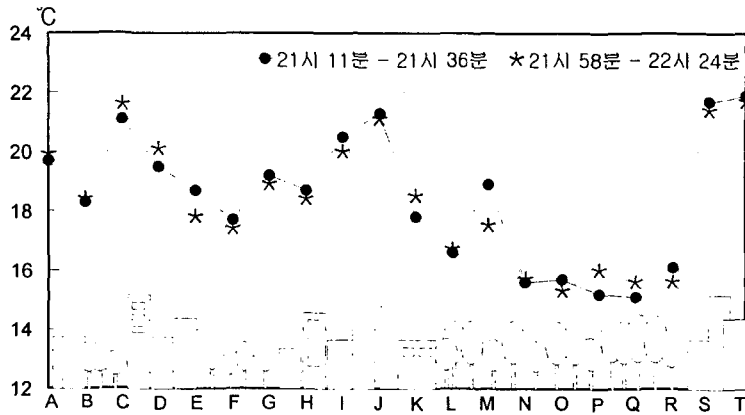


그림 3. 토지이용상태에 따른 기온의 수평 단면도(2000년 9월 29일)

4. 결론

국지적인 기온 분포는 기압계, 풍속, 토지이용상태, 풍향, 야간의 냉각율, 지형 등에 영향을 받는데 특히 기압계와 풍속, 토지이용상태는 녹지와 그 주변 기온의 공간적 분포에 많은 영향을 미친다. 즉, 이동성 고기압의 영향을 받아 맑고 풍속이 약할 때 녹지와 시가지의 기온차이가 가장 크기 때문에 토지이용상태에 따라 기온 분포가 다르다. 또한 풍향은 풍상측의 토지이용상태를 풍하측에 반영하기 때문에 기온의 분포 범위나 강도에 영향을 준다. 야간의 토지이용상태에 따른 냉각율의 차이는 기온차이를 야기하는데 토지이용상태가 녹지인 곳은 일몰 전·후 1시간동안 1°C/h이상의 냉각율을 보이는데 일몰시에는 대부분 1.5°C/h 이상이며, 관악의 경우는 2.3°C/h까지 냉각되었다. 반면 아스팔트나 콘크리트로 구성된 시가지는 일몰시에도 1°C/h 미만이다. 따라서 토지이용상태에 따른 냉각율의 차이는 일몰전·후 2~3시간 이내 발생하며, 그 차이는 일몰시에 가장 크다. 최고기온이나 최저기온 모두 전체적인 경향은 녹지에서 멀어짐에 따라 기온이 높아진다. 주간에 발생하는 최고기온의 경우 녹지로 구성되어 있는 고궁 내에서도 수관이 넓은 수목이 밀집되어 있는 곳에서 기온이 가장 낮았고 잔디나 나지 등의 구성비율이 높은 곳일수록 기온은 높아졌다. 녹지 주변 시가지에서 그 차이는 더 뚜렷이 나타나는데 녹지 가장자리에서 멀어질수록 기온은 높아져 가장자리로부터 100m 떨어진 곳에서는 1°C 정도 차이가 나지만 300m 떨어지면 3°C 이상 차이가 난다. 이러한 녹지에 의한 기온 저감 효과는 토지이용상태가 주거지나 공공용지(병원이나 학교)인 곳보다 고밀도의 상업지에서 더 크다. 새벽이나 야간에 주로 나타나는 최저기온은 최고기온의 경우와 마찬가지로 녹지에서 멀어질수록 기온은 높지만 그 차이는 크지 않고, 지형적으로 냉기류가 흘러가는 통로에 해당하는 지점에서 기온이 낮다. 따라서 주간에는 토지이용상태가 기온의 공간적 분포 특성에 많은 영향을 미치는 반면, 야간에는 토지이용상태 뿐만 아니라 지형도 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

녹지와 그 주변 시가지의 기온 분포 특성을 나타낸 기온의 수평 단면도는 맑고 바람이 약한 날 토지이용상태와 밀접한 관련성을 보이는데 녹지에서 멀어질수록 기온은 높

아지며 녹지의 규모가 크고 수목이 무성할수록 주변 지역의 기온은 크게 감소한다. 일부지역을 제외하고 대부분 녹지율이 100%인 창덕궁의 경우, 고궁 가장자리로부터 서쪽 시가지 쪽으로 200m까지는 1℃정도 차이가 나고 400m에서는 3~4℃차이가 난다.

이처럼 고밀도의 상업지역이나 공업지역과 같이 고온역이 나타날 수 있는 도심에 공원과 같은 녹지가 위치하면 문화적인 측면에서 뿐 아니라 냉각(cooling) 효과로 주변 기온을 감소시켜 열섬현상을 완화시키고 쾌적한 공기를 제공하므로 도시 주민환경의 질적 향상에 크게 기여할 수 있다. 앞으로 다양한 구조와 규모의 녹지를 대상으로 녹지가 주변 기온에 미치는 영향에 대한 연구가 더 수행되면 소규모의 녹지를 이용하여 도시환경을 개선시킬 수 있는 효율적인 도시계획을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 박혜숙, 1983, “서울 하계기온의 도시기후적 연구”, 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문, 77pp.
- 윤용한 · 김은일 · 송태갑, 1998, “공원녹지가 기온저하에 미치는 영향-일본 동경시 석신정공원을 중심으로-”, 한국조경학회지, 26(2), 259-268.
- 윤용한 · 송태갑, 2000, “도시공원의 기온에 영향을 미치는 요인”, 한국조경학회지, 28(2), 39-48.
- 윤용한, 2000, “일본 시천시 녹지의 배치가 기온에 미치는 영향”, 대한국토도시계획학회, 35(3), 113-119.
- 이은엽 · 문석기 · 심상렬, 1996, “도시녹지의 기온 및 지온 완화효과에 관한 연구”, 한국조경학회지, 24(1), 65-78.
- 이현영, 1985, “서울의 도시기온에 관한 연구”, 이화여자대학교 박사학위청구논문, 104pp.
- Eliasson, I. and H. Upmains, 2000, Nocturnal airflow from urban parks-implications for city ventilation, *Theoretical and Applied Climatology*, 66(1/2), 95-107.
- Honjo, T. and T. Takakura, 1990/91, Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas, *Energy and Buildings*, 15-16, 443-446.
- Lee, Hyoun-Young, 1995, Potential Effects of Land-Use Change on the Local Climate, *J. the Korean Society of Remote Sensing*, 11 (3), 83~100.
- Saito, I., O. Ishihara, T. Katayama, 1990/91, Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area, *Energy and Buildings*, 15-16, 493-498.
- Upmains, H., I. Eliasson, S. Lindqvist, 1998, The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city(Göteborg, Sweden), *Int. J. Climatology*, 8, 681-700.
- Upmains, 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.