

## 녹지 조건에 따른 기온 및 상대습도의 비교연구

윤용한

건국대학교 자연과학대학 산림과학과

### Comparison Study of Air Temperature by Green Condition and Relative Humidity

Yong-Han Yoon

Dept. of Forest Science, College of Natural Science, Konkuk Univ.

#### ABSTRACT

We observed air temperature and relative humidity in the green space why this research grasps effect of climate relax by coverage condition and height difference tree in green space of the 4ha scale. With this data, analyzed relationship of coverage and air temperature or relative humidity distribution, number of tree and climate relax by revolution analysis. In this result, higher zone formed barren area, lower zone did forest and surround grassland. Relative humidity have corresponding type of air temperature distribution. higher air temperature zone was lower humidity and lower zone was higher humidity. Coverage condition effect climate relax by increasing forest and grassland. and increasing number of tree effect climate relax no related hight of tree. This efficiency order of an arbor, subarbor.

**Key words:** Green Space, Air Temperature, Relative Humidity, Summer Season

#### 서 론

도시의 고온 건조현상은 인류가 해결해야만 하는 중요한 환경문제의 하나이다. 특히 여름의 열섬 현상의 완화가 가장 시급한 문제이다(西澤, 1974). 이러한 현상의 완화방책으로는 수목의 기상완화효과를 이용하는 것이 가장 합리적이고 현실적이다(設樂, 1971; 윤용한, 1997). 지금까지는 주로 녹지가 기온저감효과에 미치는 영향 등의 논문이 많

았다(Rosenberg, 1983; Tieannoi, 1983; 西田, 1989; 片山, 1990; 윤용한, 1998). 그러나 현재까지 기상완화효과를 토지피복현황 및 수고의 차이로부터 정량적으로 해석한 예는 너무 부족하다. 특히 기상완화효과(기온, 습도, 바람, 일사) 등을 고려한 녹지계획, 배치 및 설계를 한 예는 거의 없다(日野, 1991; 本條, 1991; 木村, 1991; 尾島, 1991).

본 연구는 토지피복현황 및 수고별 기상완화효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 파악하기 위해 녹지 내의 기온 및 상대습도분포를 관측하였

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

다. 그 데이터를 바탕으로 녹지 내의 기온 및 상대습도분포, 토지피복비율 및 수목그루와 기상완화효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사대상지의 선정기준

토지피복현황과 수고의 차이가 녹지 내의 기상완화효과에 어떤 영향을 어느 정도 미치는가를 파악하기 위한 조사대상지의 선정은 토지피복현황과 기온 및 상대습도분포와의 관련성을 파악하기 위해 토지피복현황이 다양한 녹지일 것, 수고별 기상완화효과에 미치는 영향을 파악하기 위해 수고가 다양한 녹지일 것 등을 고려하였다. 이러한 조건에 부합된 堀之内貝塚線地(4.46ha)를 선정했으며, 그 조사대상지의 개요와 관측일의 기상조건은 Table 1과 같다.

#### 기상관측

기상관측은 여름을 중심으로 1997년 8월 7~9일에 실시하였다. 풍향풍속의 데이터는 Biramu형 풍향풍속계를 사용하였고, 이동관측시간에 녹지 내에서 정점관측을 1일 2회(14시, 4시 전후), 20분(평균 풍속) 실시하였다.

일사량의 관측은 영광정기제MS-61형전천일사계를 사용하였고, 그 관측방법(丙嶋, 1981)은 이동관측시간에 녹지 내에서 정점관측을 1일 1회(14시 전후)에 20분(평균 일사량) 실시하였다. 단, 4시의 경우, 일사가 없기 때문에 제외하였다.

녹지 내의 정점관측은 썩스형의 최고최저온도계(Six's thermometer)에 의해 관측하였다. 최고최저온도계는 최고 및 최저기온을 기록할 수 있다는 점에서 데이터의 수집은 1일 1회(9시 전후) 기록하였다. 각 온도계에는 알루미늄의 방사차폐우산을 설치하여 직사일광을 차단하였다. 그 기상관측점은 Fig. 1과 같다.

이동관측의 경우, 기온은 씨미스터 온도계 모델 TX-100(橫河 INSTRUMENTS KK)를, 상대습도는 디지털 습도계 CH-50을 사용하였고, 감지

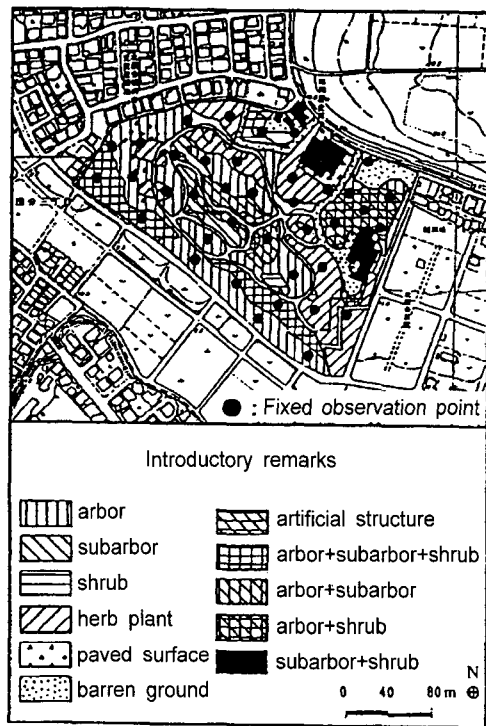


Fig. 1. Land coverage and observation points.

Table 1. Outline of survey.

| Target research area | Use district                           | Scale (ha) | Observation date (1997) |            | Amount insolation MJm <sup>2</sup> | Wind velocity m/s | Wind direction |           | Wind velocity m/s | Wind direction |
|----------------------|--|------------|-------------------------|------------|------------------------------------|-------------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|
| Horinou-chiduke      | Type 1 restricted residential district | 4.46       | 8. 7                    | 14 o'clock | 2.69                               | 3.5               | SSE            | 4 o'clock | 0.8               | S              |
|                      |  |            | 8. 8                    |            | 3.09                               | 3.2               | NE             |           | 1.0               | NW             |
|                      |  |            | 8. 9                    |            | 3.55                               | 3.0               | E              |           | 0.9               | SE             |

기는 방사차폐용에 알루미늄으로 덮은 통 속에 넣어 이것을 탑재한 오토바이에 의해 1일 2회(14시, 4시 전후) 지상고 1.5m에서 실시하였다. 단, 녹지 주변의 경우는 기온 및 상대습도의 관측이 불가능해(논과 밭) 제외하였다.

모니터용으로서 녹지 내(수림지, 초지, 나지) 3개소에 설치한 바이메탈 자기온습도계(bimetal thermograph)의 데이터를 이용하여 1일 기온 및 상대습도의 변화와 이동관측의 데이터를 최고 및 최저치와 비교해서 보정을 실시하였다. 보정은 자기온습도계의 일종의 최고치, 이른 아침의 최저치와 관측시간에 나타난 일종의 기온 및 상대습도와 이른 아침의 기온 및 상대습도와의 차이를 각각 이동관측의 관측치에 증감하여 실시하였다.

이상과 같은 방법으로 얻어진 데이터 가운데 맑은 날 풍속은 3m/s 전후를, 일사량 3MJm<sup>2</sup> 전후를 선택해서 아래의 해석방법을 활용하였다. 이때 기상조건이 다르고 연구목적에 부합되지 않는 날은 제외시켰다.

### 녹지 내의 기온 및 상대습도분포

녹지 내의 토지피복현황이 기온 및 상대습도변화에 미치는 영향을 파악하기 위해 각 관측점의 관측치를 근거로 기온 및 상대습도분포도를 작성하였다.

기온 및 상대습도와 관련하는 토지피복현황의 파악은 조사대상지의 식재도 및 항공사진(1/2, 500)을 판독 후 현지조사에 의하여 수림지, 초지, 나지, 포장면 및 인공구조물로 분류하였다. 수림지는 교목(8m 이상), 소교목(3~8m), 관목(3m 이하)으로 구분하고(豊田, 1991), 수림형태에 따라 교목+소교목+관목, 교목+관목, 소교목+관목으로 구분하여 토지피복현황도를 작성하였다. 이것들을 중첩시켜 녹지 내의 토지피복현황과 기온 및 상대습도분포와의 관련성을 비교하였다.

### 토지피복비율과 기온 및 상대습도

보다 상세히 녹지 내의 토지피복비율별 기상완화효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 정량적으로 파악하기 위해 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 수림지율, 초지율 및 나지율과 기온 및 상대습도 간의 중회귀분석을 실시하였다. 여기서 직경 50m 범위 내로 한 것은 관측점으로부터의 거리에 따라 기상과 토지피복과의 중상관계수가 이 범위에서 안정한다는 필자의 기초실험과 北山(1992)의 보고를 참고로 하였다.

### 수목그룹과 기온 및 상대습도

식재기준은 단위면적당 수목그룹으로 나타내는 경우가 많다. 그래서 수고에 따라 교목, 소교목의 그룹을 구하고 이것을 설명변수, 기온 및 상대습도를 목적변수로 하여 중회귀분석을 실시하였다. 이때, 3m 이하의 수목은 주로 군식 및 산울타리이고, 그룹의 계측이 어렵기 때문에 제외시켰다.

## 결과 및 고찰

### 녹지 내의 기온 및 상대습도분포

녹지 내의 토지피복현황과 기온변화와의 관련성을 파악하기 위해 관측치를 근거로 작성한 대표적인 최고 및 최저기온분포도를 fig. 2에 나타냈다.

Fig. 2를 보면, 최고 및 최저기온 모두 녹지 북동쪽의 인공구조물과 나지 주변에서는 고온역이, 서쪽의 넓은 수림지와 초지 주변에서는 저온역이 형성되었다. 수림지라도 수고에 따라 기온이 변화되는 것을 알았다. 특히 교목+소교목층으로 덮여 있는 구역은 비교적 낮은 기온이었다. 그 최고치와 최저치의 차이는 최고기온 2.0℃, 최저기온 1℃ 정도였다. 또한, 등온선의 밀도는 최고보다 최저기온이 단순하였다.

녹지 내의 토지피복현황과 상대습도변화와의

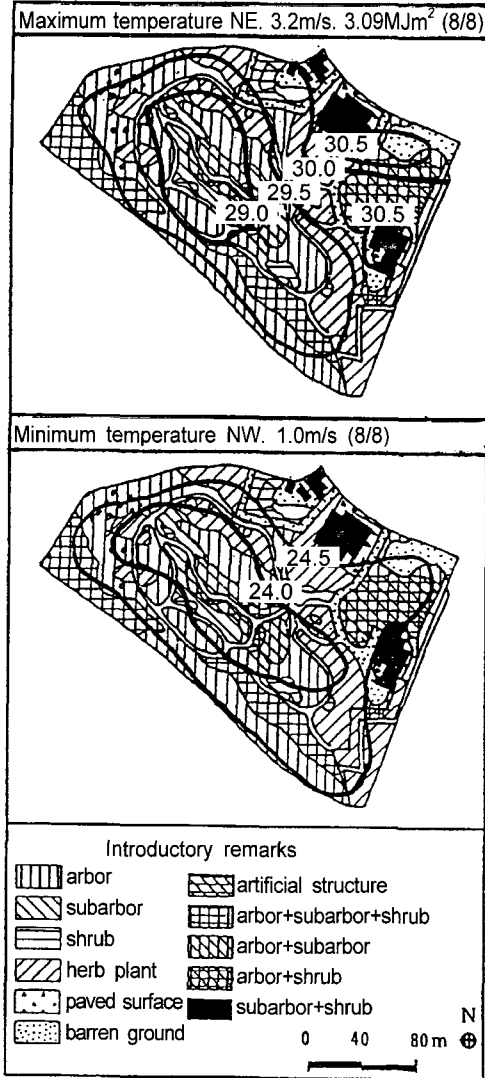


Fig. 2. Air temperature distribution.

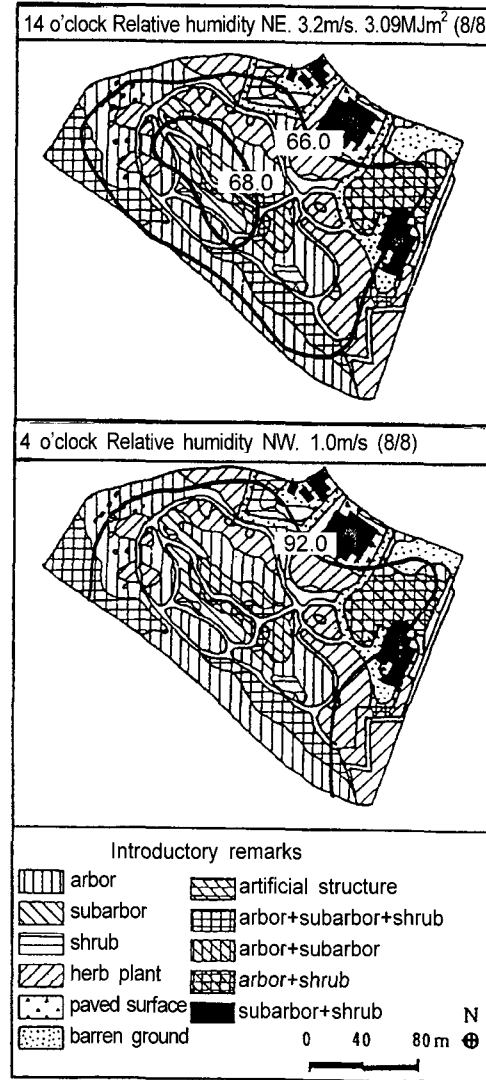


Fig. 3. Relative humidity distribution.

관련성을 파악하기 위해 관측치를 근거로 작성한 대표적인 14 및 4시의 상대습도분포도를 fig. 3에 나타냈다.

Fig. 3을 보면, 14시 및 4시의 상대습도 모두 녹지 북동쪽의 인공구조물과 나지 주변에서는 저습역이, 서쪽의 수림지와 초지 주변에서는 고습역이 형성되었다. 4시의 상대습도는 고습역이 93%이고, 저습역이 91% 정도의 높은 수치를 보였다.

나, 등습선의 밀도는 14시의 상대습도보다 비교적 단순하였다.

**토지피복비율과 기온 및 상대습도**

보다 상세히 토지피복비율별 기상완화효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 정량적으로 파악하기 위해 녹지 내의 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 수림지율, 초지율 및 나지율과 기

온 및 상대습도 간의 중회귀분석을 실시하였다. 그 중에서 기온의 중회귀식은 table 2와 같다. 그 결과, 모두 유의수준 1%의 상관성이 인정되었다.

Table 2를 보면, 각각의 토지피복비율이 10% 증가했을 때의 기온저감효과는 최고기온의 경우, 수립지 0.14~0.23℃, 초지 0.09~0.15℃ 정도였다. 최저기온의 경우, 수립지 0.08~0.14℃, 초지 0.03~0.09℃ 정도였다. 나지의 경우, 최고기온 0.05~0.13℃, 최저기온 0.08℃ 정도의 상승효과를 보였다.

또, 상대습도의 중회귀식은 table 3과 같다. 그 결과, 모두 유의수준 5% 또는 1%의 상관성이 인정되었다.

Table 3을 보면, 각각의 토지피복비율이 10% 증가했을 때 상대습도의 상승효과는 14시의 경우,

수립지 0.19~0.25%, 초지 0.03~0.09% 정도였다. 4시의 경우, 수립지 0.14~0.21%, 초지 0.08~0.13%, 나지 0.08~0.15% 정도였다. 그러나 나지는 14시의 경우만 0.02~0.09% 정도의 저감효과를 나타낸다.

이상과 같이 수립지, 초지와 기온 간에는 부(負)의 상관성이, 상대습도 간에는 정(正)의 상관성을 보였다. 회귀계수의 절대치를 보면, 기온 및 상대습도 모두 수립지가 초지보다 큰 것을 알았다. 이것은 일사의 차폐효과가 적은 초지의 토양면은 건조상태로 변해 증발산량이 수립지보다 적어지기 때문이라고 생각된다. 나지의 경우, 기온은 거의 상승효과를, 상대습도는 4시만 상승효과를 나타냈다. 따라서, 녹지 내의 기상완화효과의 효율은 수립지, 초지가 좌우한다고 생각된다.

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

|                     | Observation data | Regression formula |             |             |          | Multiple correlation |
|---------------------|------------------|--------------------|-------------|-------------|----------|----------------------|
| Maximum temperature | 8. 7             | $Y = -0.014X_1$    | $-0.009X_2$ | $0.009X_3$  | $+31.83$ | 0.555**              |
|                     | 8. 8             | $Y = -0.023X_1$    | $-0.013X_2$ | $0.005X_3$  | $+31.41$ | 0.781**              |
|                     | 8. 9             | $Y = -0.018X_1$    | $-0.015X_2$ | $0.013X_3$  | $+32.22$ | 0.739**              |
| Minimum temperature | 8. 7             | $Y = -0.014X_1$    | $-0.009X_2$ | $0.000X_3$  | $+25.05$ | 0.717**              |
|                     | 8. 8             | $Y = -0.011X_1$    | $-0.004X_2$ | $-0.002X_3$ | $+24.65$ | 0.722**              |
|                     | 8. 9             | $Y = -0.008X_1$    | $-0.003X_2$ | $0.008X_3$  | $+24.95$ | 0.689**              |

Y: Air temperature (°C), X1: Forest ratio (%), X2: Grassland ratio (%), X3: Bare ground (%).

\*\*Level of significance 1%.

**Table 3.** Relative humidity-multiple regression formula of land coverage ratio within range of 50 m diameter.

|                              | Observation data | Regression formula |            |             |          | Multiple correlation |
|------------------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|----------|----------------------|
| Relative humidity 14 o'clock | 8. 7             | $Y = 0.020X_1$     | $0.006X_2$ | $-0.009X_3$ | $+71.30$ | 0.596**              |
|                              | 8. 8             | $Y = 0.025X_1$     | $0.003X_2$ | $-0.002X_3$ | $+70.91$ | 0.489**              |
|                              | 8. 9             | $Y = 0.019X_1$     | $0.009X_2$ | $0.001X_3$  | $+72.66$ | 0.507**              |
| Relative humidity 4 o'clock  | 8. 7             | $Y = 0.021X_1$     | $0.008X_2$ | $0.015X_3$  | $+91.11$ | 0.501**              |
|                              | 8. 8             | $Y = 0.018X_1$     | $0.011X_2$ | $0.008X_3$  | $+92.00$ | 0.476**              |
|                              | 8. 9             | $Y = 0.014X_1$     | $0.013X_2$ | $0.010X_3$  | $+90.50$ | 0.322*               |

Y: Relative humidity (%), X1: Forest ratio (%), X2: Grassland ratio (%), X3: Bare ground (%).

\*\*Level of significance 1%, \*Level of significance 5%.

**수목그루와 기온 및 상대습도**

수고에 따라 교목 및 소교목이 기상완화효과에 미치는 영향이 어느 정도인가를 명확히 밝히기 위해 녹지 내의 관측점을 중심으로 직경 50m 범위 내의 기온 및 상대습도 간의 중회귀분석을 실시하였다. 그 중에서 기온의 중회귀식은 table 4와 같다. 그 결과, 모두 유의수준 1%의 상관성이 인정되었다. 또 수목그루와 기온과의 회귀직선은 fig. 4와 같다.

Table 4를 보면, 각각의 수목이 10그루 증가했을 때의 기온저감효과는 최고기온의 경우, 교목 0.24~0.29℃, 소교목 0.17~0.23℃ 정도였다. 최저기온의 경우, 교목 0.11~0.16℃, 소교목 0.09~0.10℃ 정도였다.

또, 상대습도의 중회귀식은 table 5와 같다. 그

결과, 모두 유의수준 5% 또는 1%의 상관성이 인정되었다.

Table 5를 보면, 각각의 수목이 10그루 증가했을 때 상대습도의 상승효과는 14시의 경우, 교목 0.24~0.28%, 소교목 0.19~0.23% 정도였다. 4시의 경우, 교목 0.18~0.22%, 소교목 0.17~0.21% 정도였다.

이상과 같이, 수목그루가 증가하면 모두 수고에 관계없이 기온은 떨어지고, 상대습도는 상승시키는 효과를 나타냈다. 그 효과의 효율은 교목, 소교목의 순이다.

**요 약**

본 연구는 주거지역으로 둘러싸여진 4ha 규모

**Table 4.** Air temperature-multiple regression formula of arbors sub-arbors ratio within range of 50 m diameter.

|                     | Observation data | Regression formula |          |        | Multiple correlation |
|---------------------|------------------|--------------------|----------|--------|----------------------|
| Maximum temperature | 8. 7             | Y = -0.024X1       | -0.017X2 | +32.05 | 0.598**              |
|                     | 8. 8             | Y = -0.029X1       | -0.023X2 | +31.36 | 0.739**              |
|                     | 8. 9             | Y = -0.025X1       | -0.020X2 | +32.27 | 0.623**              |
| Minimum temperature | 8. 7             | Y = -0.016X1       | -0.009X2 | +24.81 | 0.664**              |
|                     | 8. 8             | Y = -0.011X1       | -0.009X2 | +24.48 | 0.583**              |
|                     | 8. 9             | Y = -0.014X1       | -0.010X2 | +25.16 | 0.731**              |

Y: Air temperature (℃), X1: No. of arbors (8 m and above), X2: No. of sub-arbors (3 to 8 m).  
 \*\*Level of significance 1%.

**Table 5.** Relative humidity-multiple regression formula of arbors sub-arbors ratio within range of 50 m diameter.

|                              | Observation data | Regression formula |         |        | Multiple correlation |
|------------------------------|------------------|--------------------|---------|--------|----------------------|
| Relative humidity 14 o'clock | 8. 7             | Y = 0.024X1        | 0.019X2 | +72.44 | 0.421**              |
|                              | 8. 8             | Y = 0.028X1        | 0.023X2 | +72.02 | 0.381*               |
|                              | 8. 9             | Y = 0.025X1        | 0.020X2 | +71.75 | 0.512**              |
| Relative humidity 4 o'clock  | 8. 7             | Y = 0.022X1        | 0.019X2 | +91.00 | 0.471**              |
|                              | 8. 8             | Y = 0.021X1        | 0.021X2 | +90.63 | 0.322*               |
|                              | 8. 9             | Y = 0.018X1        | 0.017X2 | +92.21 | 0.587**              |

Y: Relative humidity (%), X1: No. of arbors (8 m and above), X2: No. of sub-arbors (3 to 8 m).  
 \*\*Level of significance 1%, \*Level of significance 5%.

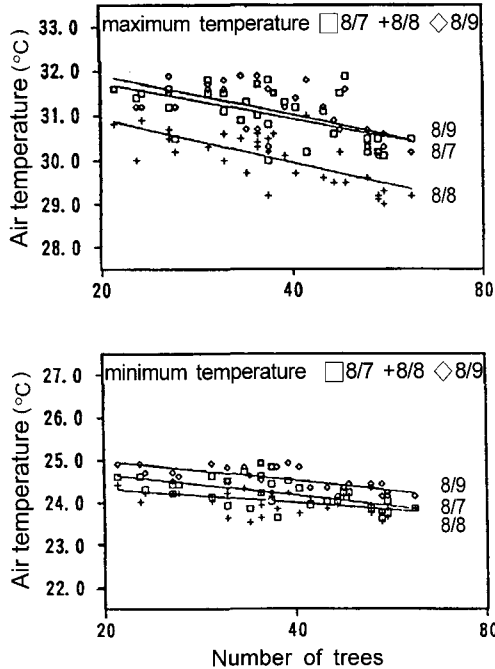


Fig. 4. Air temperature-regression line of number of trees within range of 50 m in diameter.

의 녹지를 대상으로 토지피복현황 및 수고의 차이가 기상완화효과에 미치는 영향을 파악하기 위해 녹지 내의 기온 및 상대습도분포를 관측하였다. 그 데이터를 바탕으로 녹지의 토지피복현황과 기온 및 상대습도분포, 토지피복비율 및 수목그루와 기상완화효과와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

그 결과, 고온역은 인공구조물과 나지 주변에 저온역은 수림지와 초지 주변에서 형성되었다. 상대습도는 기온분포에 거의 대응하는 형태로 고온역은 저습역이고, 저온역은 고습역으로 나타났다. 토지피복비율별 기상완화효과를 보면, 수림지와 초지율이 증가하면 기온은 떨어지고 상대습도는 상승시키는 효과를 보였다. 또, 수목그루의 증가는 수고에 관계없이 모두 기상완화에 효과적이고 그 효과의 효율은 교목, 소교목의 순이다.

### 참고문헌

1. 本条 毅. 1991. 植生에 의한 都市氣候의 制御. 심포지움 《都市의 氣候變化와 制御》 講演論文集. 23-26.
2. 北山広樹, 片山忠久, 林 徹夫, 塩月義隆, 古川太郎, 土橋英久. 1992. 都市における土地利用と気温分布に関する調査研究. 日本建築学会大会学術講演概要集. 1403-1404.
3. 日野幹雄. 1991. 都市의 水文学. 심포지움 《都市의 氣候變化와 制御》 講演論文集. 27-31.
4. 尾島敏雄. 1991. 都市의 温暖化와 에너지消費. 심포지움 《都市의 氣候變化와 制御》 講演論文集. 3-10.
5. 木村富士男. 1991. 都市의 大氣境界層. 심포지움 《都市의 氣候變化와 制御》 講演論文集. 11-16.
6. 内嶋善兵衛. 1981. 日射の測定法. 農業氣象. 37(2):137-138.
7. 豊田幸夫. 1991. 建築家をため造園設計資料集. 城文堂. 100.
8. Rosenberg, N. J., Blab, B. L. and Verma, S. B. 1983. Microclimate of the biological environment (2nd Ed.). A Wiley-Interscience Pub, New York. 495.
9. 西沢理英. 1974. 氣候環境. 地理, 19(1): 31-34.
10. 設楽 寛. 1971. 都市砂漠. 地理. 16(8):10.
11. Tieannoi, V. 1983. Apply of meteorology, O. S., Printing House Co. Ltd., Bangkok. 252.
12. 尹龍漢, 丸田頼一, 本条 毅, 柳井重人. 1998. 緑地の規模と周邊市街地の気温低下との關聯性について. 環境情報科学論文集.

- 10:275-280. 土地被覆状態との關聯性について. 環境情報科学論文集. 11:19-24.
13. 尹龍漢, 丸田頼一, 柳井重人. 1997. 公園緑地内における気温および相对湿度分布と