

여름철 토지피복별 기온변화 특성

Characteristics of Air Temperature Variations under Different Land Covers during Summer

김진수*† · 박종화** · 정구영** · 오광영***

Kim, Jin Soo · Park, Jong-Wha · Jung, Gu Young · Oh, Kwang Young

Abstract

We investigated the characteristics of temperature variations under different land covers (paddy field, upland, urban park, and urban residential area) during hot summer (July 15 to August 19, 2005). The temperatures were monitored using data loggers at one hour intervals in study sites. The mean temperature generally increased with the distance from edge of paddy fields, being 1.5 °C higher at a site 170-m far from paddy fields than at a paddy field area at 22 h. The mean daily temperatures in the study period followed the order of paddy field (26.6 °C) < upland (27.0 °C) < park (27.5 °C) < residential area (28.0 °C). The paddy field area has shown remarkable cooling effects compared to the residential area: Mean duration of temperature below 25 °C in the paddy field area was longer (8.6 hrs) than in the residential area; The time to fall to below 25 °C in the paddy field area was sooner (22.4 hr) than in the residential area; Mean daily minimum temperature in the paddy field area was much lower (2.4 °C) than in the residential area. More research is needed to better clarify the mechanism of cooling effect of a paddy field area by investigating heat balance of a paddy field.

Keywords : Land use, Heat island, Residential area, Mean daily minimum temperature

I. 서론

2004년 현재 우리나라의 총 국토면적(10,072천 ha) 중 경지면적은 1,835천ha이며, 이 중 논 면적

은 1,115천ha에 이른다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005). 논은 식량생산 이외에, 다원적 기능, 즉, 홍수조절, 수질 정화, 대기 정화, 지하수 함양, 토양유실방지, 기온완화 등의 기능을 가지고 있다. 논이 감소하면 다원적 기능도 같이 상실되어 환경적인 측면에서 누렸던 혜택이 감소될 것으로 예상된다. OECD(경제협력기구)에서도 농업 다원적 기능의 중요성을 인식하여 이의 올바른 정책형성에 대하여 논의하기 시작하였다(OECD, 2003).

* 충북대학교 지역건설공학과

** 충북대학교 지역건설공학과

*** 충북대학교 농업과학기술연구소

† Corresponding author. Tel.: +82-43-261-2573

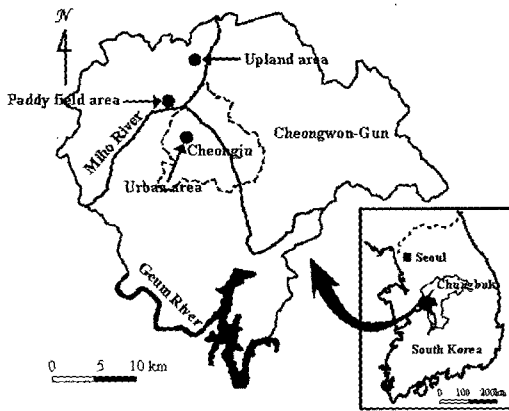
Fax: +82-43-271-5922

E-mail address: jskim@cbnu.ac.kr

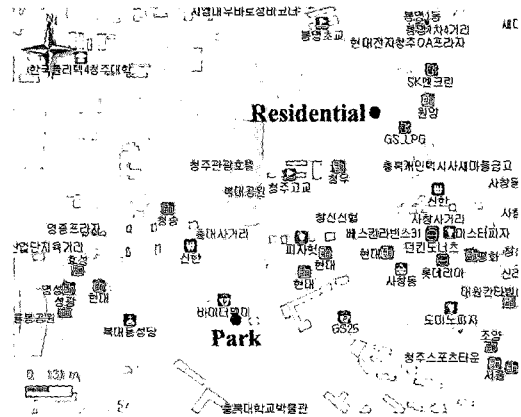
도시에서는 도심이 교외보다 온도가 높게 되는 열섬(heat island)현상이 발생하는 데, 이는 여름철 일최저기온이 높게 되는 특징을 나타낸다. 열섬 현상은 한낮에 콘크리트나 아스팔트 구조물 등에 축적된 열의 야간 방출, 녹지면적의 감소에 따른 증발산량과 잠열(潛熱)의 감소, 도시의 에너지 사용량의 증가에 따른 배열량의 증가, 등이 원인으로 발생하며, 녹지와 수변(水邊)이 열섬현상을 완화시키고 있다.

일본에서 여름철 논외의 기온완화기능은 관개와 식생에 의해 효과적으로 발휘하고 있다고 보고되었다

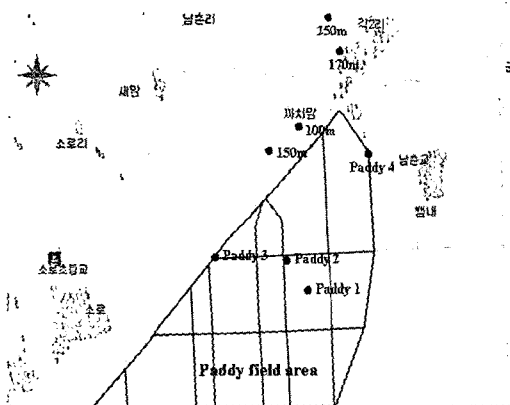
(Oue et al., 1993). Oke(1987)는 내부경계층(internal boundary layer) 개념을 제시하였는데, 여기서 내부경계층이란 공기층의 특성이 아래에 있는 지표면의 영향을 받는 층을 말하며 일반적으로 토지이용상태가 다른 경계점에서 1/100~1/300의 기울기를 가지고 있다. Yokohari et al. (2001)은 내부경계층 모형을 이용하여 도쿄 거주지에서 여름철 논외의 기온저감 효과를 검토하였다. 우리나라에서 기온저감효과에 대한 연구는 대부분 도시의 하천 및 녹지의 영향을 검토한 것(Cho and Shin, 2002; Kim et al., 2003)으로, 논에 대하여 검토



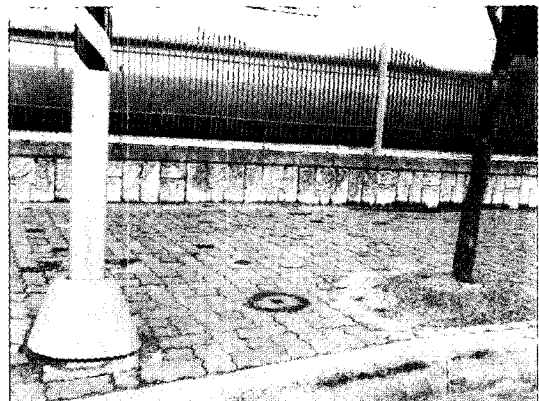
(a) Paddy field and upland areas



(b) Park and residential areas



(c) Observation points in and outside a paddy field area



(d) 170 m point from edge of paddy field

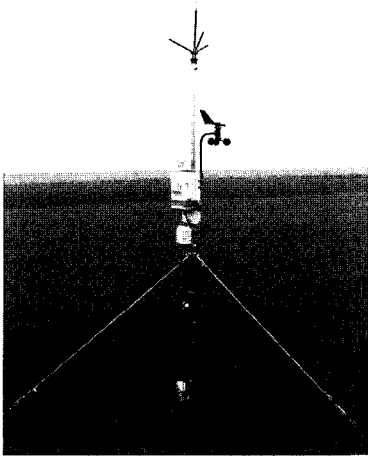
Fig. 1 Study sites

한 예는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 2005년 흑서기에 서로 다른 토지피복형태(논, 밭, 도시녹지대 및 도시주택지)를 대상으로 온도변화 특성을 비교 분석함으로써 논에 의한 여름철 기온저감 효과를 평가하고자 한다.

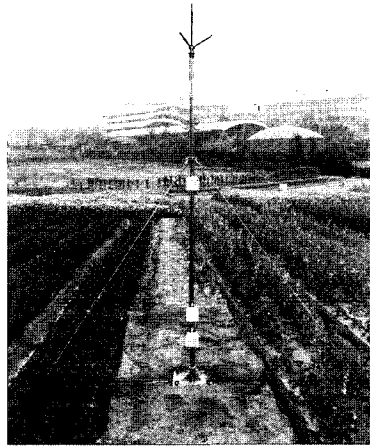
II. 조사지역 및 연구방법

1. 조사지역

본 연구에서는 토지이용별 기온변화 특성을 파악하기 위하여 도시 교외에 위치한 논, 밭, 도시녹지대(이하, 녹지대), 및 도시주택지(이하, 주택지)를 조사지역으로 선정하였다(Fig. 1). 논은 충청북도



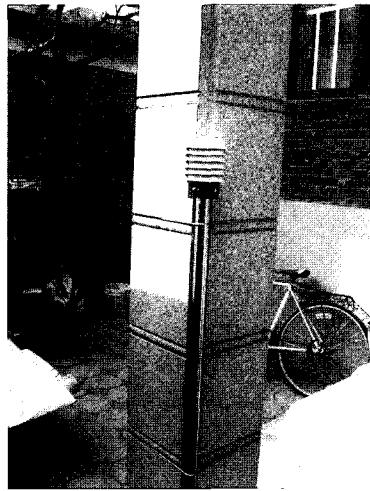
(a) Paddy field



(b) Upland



(c) Park



(d) Residential area

Fig. 2 Meteorological measurement equipment in study areas

청원군 옥산면 논지대(127° 25' E, 36° 41' N)에 있는 필지(100m x 100m)으로 벼(*Oryza sativa*)가 식재되어 있으며 표고 30~32 m의 저평지에 위치하고 있다. 밭 지역은 충청북도 청원군 오창면 괴정리 농업기술원 내(127° 27' E, 36° 43' N)에 위치하고 있으며, 밭작물로는 호밀(*Secale cereale* L.)이 식재되어 있다. 논지대는 인구 62만 명의 청주시 시내에 위치한 충북대학교 교내(127° 27' E, 36° 37' N, 면적 97.4 ha)에 있고, 바닥은 잔디로 피복되어 있고, 주위에는 수목이 있으며, 아스팔트 주차장으로부터 20 m 정도 떨어져 있다. 주택지(127° 27' E, 36° 38' N)는 청주시 도심에 위치하고 4차선 도로에서 220 m 떨어진 주택가에 있는 개인 주택을 선정하였다.

논지대 4지점은 광역논 안에서 선정하였고, 논 주위부의 4지점은 논지대의 경계선으로부터 직선거리로 100, 150, 170, 250 m의 지점을 선정하였다. 100, 150, 170 m 거리의 지점은 도로 옆 보도블록 위에 위치하고 있고, 주위에 건물이 있었으나, 250 m 지점은 도로 옆의 보도블록 위에 위치하고 있지만 주위에 건물이 없고 개방되어 있다.

2. 연구 방법

연구기간은 2005년 7월 15일부터 8월 19일까지를 선정하였는데, 이 기간 중에는 최고기온이 30 °C, 최저기온이 20 °C를 넘는 날이 자주 나타났고, 본 연구에서는 이런 기준을 흑서일로 정의하였다.

연구 지역에는 Fig. 2와 같이 논과 녹지대에서는 데이터 로거형 기상측정장치(Spectrum Technologies Inc., Watchdog Weather Station #550)를 설치하여 온도와 습도(1.5 m 높이에서 측정), 풍속과 풍향(2.0 m 높이에서 측정)을, 밭과 주택지에서는 데이터 로거형 기상측정장치(Veriteq, SP-2000)를 설치하여 온도와 상대습도(1.5 m 높이에서 측정)를 1시간 간격으로 측정하였다. 특히 논과 밭에서는 온도와 상대습도를 1.5 m 높이 이

외에 초관(草冠, canopy)의 영향을 받는 0.5 m 높이에서도 측정하였다. 또한, 논과 그 주위부의 온도를 비교하기 위해 논 4지점과 주위부의 4지점의 온도를 휴대용 디지털 온도계(Sato, SK-1100)로 8시간 간격(14시, 22시, 익일 06시)으로 3회(7월 23일, 7월 30일, 8월 5일)에 걸쳐 1.5 m 높이에서 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 논 주위부의 시간별 실측온도

논 지역(논1, 논2, 논3, 논4) 4지점, 논 주위부(논 지대의 경계선에서 100, 150, 170, 250 m 떨어진 지점) 4지점, 총 8지점에서 3회(7월 23일, 7월 30일, 8월 5일)에 걸쳐 1.5 m 높이에서 측정 한 평균기온의 변화는 Fig. 3과 같다. 논 4지점에서의 14시 평균온도는 34.2 °C, 22시의 평균온도는 26.9 °C이며, 익일 06시의 평균온도는 24.0 °C로 나타났다. 또한 논 주위부 4지점의 14시 평균온도는 34.6 °C, 22시의 평균온도는 27.6 °C, 06시의 평균온도는 24.5 °C로 나타났으며, 주위부가 논 지역보다 14시의 경우 0.4 °C, 22시에는 0.7 °C, 06시에는 0.5 °C 높게 나타났다. 14시부터 익일 06시까지의 온도변화 중 14~22시 사이에 약 70%가 감소하며, 22~06시 사이에 나머지 30%가 감소하는 것으로 나타났다.

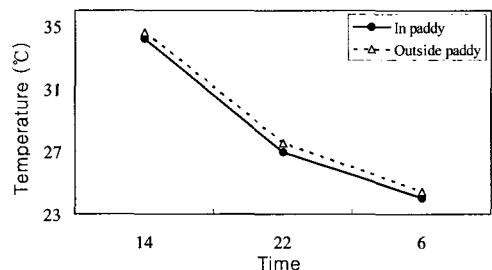


Fig. 3 Temperature variation of observation points in and outside paddy fields

2. 논으로부터의 거리별 실측온도

혹서기 총 3회(2005년 7월 23일, 30일, 8월 5일)에 걸쳐 실측한 기온의 평균값을 논으로부터의 거리에 따라서 표시하면 Fig. 4와 같은데, 여기서 논은 지점 1의 온도를 기준으로 하였다. 논으로부터 거리가 멀어짐에 따라 온도가 상승하여 170 m 지점은 논 지점 보다 14시에는 0.9 °C, 22시에는 1.5 °C, 익일 6시에는 1 °C 높게 나타났고, 250 m 지점은 논 지점 보다 14시에는 1.3 °C, 22시에는 0.8 °C, 익일 6시에는 0.6 °C 높게 나타났다. 한편, 150 m 지점이 논 지점에 비하여 14시에 0.2 °C 낮고, 22시에 0.2 °C, 6시에 0.5 °C 높게 나타나 큰 차이를 보이지 않았다. Yokohari et al. (2001)도 비슷한 결과를 발표하였는데, 도쿄(Tokyo) 교외에서 기울기 1/100의 내부경계층 모형을 이용하여 1.5 m 높이에서 기온을 측정할 경우, 논에 의한 기온저감효과는 논 경계점으로부터 150 m에 이르는 것으로 나타났다. 또한, 250 m 지점이 170 m 지점보다 22시와 6시에 기온이 낮아지는 것은 이곳을 주위가 건물이 없는 개방된 공간이어서 저녁에 아스팔트의 온도가 크게 낮아지면서 바람의 영향을 많이 받기 때문이라고 생각된다.

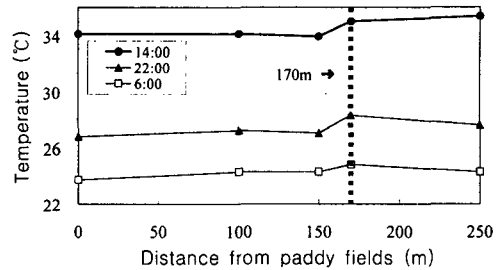


Fig. 4 Air temperature versus distance from edge of paddy field

3. 논과 주위부의 기온 및 표면온도

3회에 걸쳐 측정한 논과 아스팔트로 포장된 주위부의 기온 및 표면온도 측정값은 Table 1과 같다. 최대값은 아스팔트 표면온도가 8월 6일 14시에 54.5 °C, 같은 시각에 논 주위부 기온은 37.2 °C, 수온은 36.4 °C, 논 기온은 35.2 °C로 나타났다. 7월 30일에는 비교적 많은 선행강우(3일선행강우, 60 mm)의 영향으로 아스팔트의 온도는 다른 시기에 비하여 낮게 나타났다. 일본에서 7월 중하순에 측정된 온도의 최대값은 아스팔트에서 50 °C를 넘는 경우가 자주 나타났다(Oue et al., 1993). 논 주위부 지점에서 아스팔트 표면온도는 기온보다 항

Table 1 Air and surface temperatures in and outside a paddy field area

Date	Time	Antecedent rainfall within 3 days (mm)	Point 170 m from paddy fields (°C)			Paddy fields (°C)		
			Asphalt road	Sidewalk block	Air	Ponded water	Bund	Air
Jul. 23-24, 2005	14	0	53.7	49.6	36.0	33.6	40.0	35.1
	22		32.9	32.3	30.4	28.9	29.4	28.0
	06		28.9	29.0	26.7	26.1	26.2	25.3
Jul. 30-31, 2005	14	60	45.2	42.1	31.8	30.8	36.8	32.0
	22		29.4	29.3	26.8	26.7	26.9	26.3
	06		25.1	25.2	22.6	23.3	23.1	22.2
Aug. 5-6, 2005	14	31	54.5	50.4	37.2	34.4	48.5	35.2
	22		31.3	30.6	27.8	27.2	27.2	26.1
	06		27.1	27.2	25.2	24.7	24.5	23.8

상 높았으나, 논에서는 논표면수의 수온이 한낮(14시 경)에는 기온보다 낮았으나, 22시와 06시에는 기온보다 높았다. 아스팔트의 온도는 한낮과 새벽에 20℃ 이상의 온도차를 보였으나, 수온은 최대 7℃의 비교적 작은 온도차를 보였다. 14시 경 한낮의 온도는 아스팔트>보도블록>논둑>논표면수의 순이었고, 논둑의 온도는 표면수 수온보다 6-12℃ 높게 나타났다. 기온은 측정 지점의 지표면 온도와 밀접한 관련이 있어 14시경 논 주위부에서는 아스팔트의 높은 표면온도(예, 7월 23일, 8월 5일)가 기온을 상승시키고 있으나, 논에서는 기온보다 낮은 수온이 기온 상승을 억제하고 있는 것으로 추정된다.

4. 논, 밭의 1.5 와 0.5 m 높이에서의 온도와 상대습도 비교

7월 논과 밭의 1.5와 0.5 m 높이에서 측정한 실측온도와 상대습도는 Fig. 5와 같다. 일반적으로 기온이 높아지면 상대습도가 낮아지며 기온의 일교차가 클수록 상대습도의 일교차도 크게 나타났다. 논, 밭의 경우 7월 15일부터 8월 19일까지 0.5 m 높이의 평균 일최고기온은 32.4℃, 평균 일최저기온은 22.5℃, 일평균기온은 26.8℃로 1.5 m 높이에 비하여 각각 0.9℃, -0.5℃, -0.2℃의 차이를 보였다. 한편 밭의 경우 0.5 m 높이의 평균 일최고기온은 34.2℃, 평균 일최저기온은 22.7℃, 일평균기온은 28.0℃로 1.5 m 높이에 비하여 각각 2.1℃, -0.4℃, 1.2℃의 차이를 보였다. 이와 같이 0.5 m 지점이 1.5 m 지점보다 일최고기온은 높고, 일최저기온은 낮게 나타났는데, 이는 지표 복사열 및 초관(canopy)의 영향에 의한 불량한 통풍 환경 때문으로 생각된다.

상대습도는 논에서 담수의 영향으로 65% 이상을 나타냈는데, 밭에서는 50%까지 저하되는 경우도 발생하였다. 논에서는 0.5 m 높이의 상대습도가 1.5 m 높이의 것보다 높게 나타났으나 밭에서

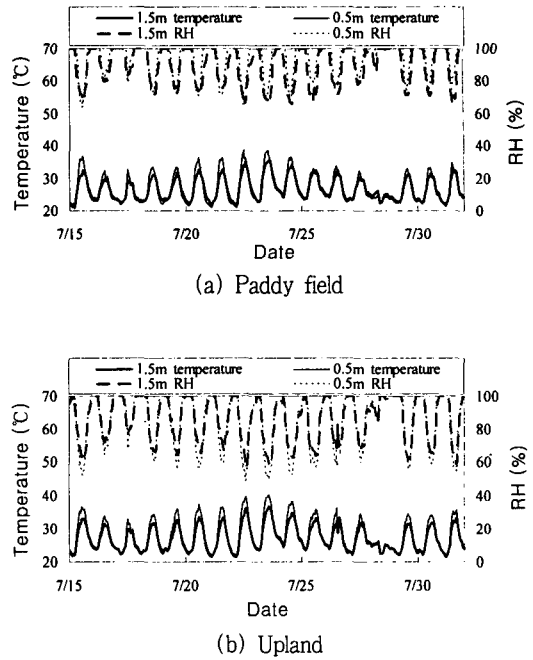


Fig. 5 Temporal variations of temperature and relative humidity in paddy-field and upland areas, July 2005. RH indicates relative humidity

는 도리어 낮게 나타났는데, 이는 논 표면수의 증발에 의한 영향 때문으로 생각된다.

5. 일기온 변화 비교

조사기간중, 논, 밭, 녹지대 및 주택지의 기온변화를 보면 Fig. 6과 같다. 일 기온은 오후 2~4시에 최고기온을 나타냈고, 새벽 5시에 최저기온을 나타냈다. 최고기온은 일반적으로 녹지대가 높게 나타난 경우가 많았으나, 최저기온은 주택지가 논, 밭, 녹지대보다 높게 나타났는데, 이는 낮 동안 콘크리트 건물이나 아스팔트 도로에 축적된 복사열이 야간에 방출되고, 건물에 의한 바람소통의 저하로 대기를 고온화시키기 때문으로 생각된다. 또한 녹지대는 아스팔트 포장의 주차장에서 20 m 밖에 떨어져 있지 않는 데에도 불구하고 최저기온은 주택지보다 크게 하강하였다. Israel의 도시에서 조그만

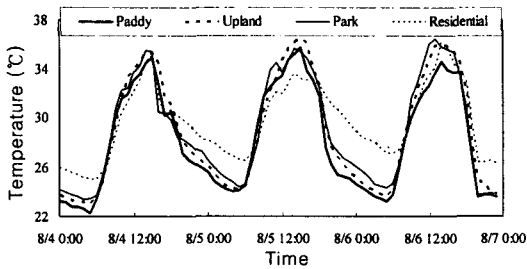


Fig. 6 Diurnal variation of air temperature in the study sites during August 4 to 6, 2005

Table 2 Comparison of mean air temperatures in study sites during midsummer

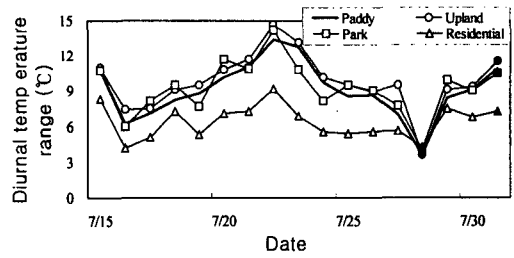
Land use type	Air temperature	(°C)
Paddy	Mean daily	26.6
	Mean daily max	31.5
Upland	Mean daily	27.0
	Mean daily max	32.1
Park	Mean daily	27.5
	Mean daily max	32.5
Residential area	Mean daily	28.0
	Mean daily max	31.6

면적의 녹지대라도 기온저하효과는 주위 100 m까지 미치는 것으로 보고되었다(Shashua-Bar and Hoffmann, 2000).

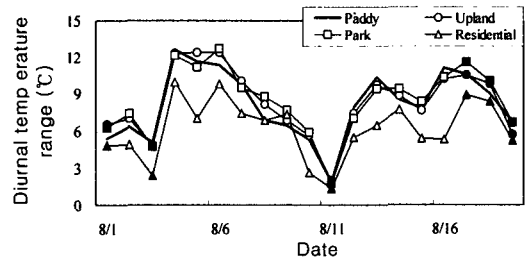
조사기간 동안의 평균기온은 논(26.6°C) <밭(27.0°C) <녹지대(27.5°C) <주택지(28.0°C)의 순으로 논이 녹지대나 주택지보다 0.9~1.4°C 정도 낮게 나타났다(Table 2). 평균 최고기온은 논이 밭과 녹지대보다 낮게 나타났으나, 주위 건물 그늘(shading)의 영향을 많이 받는 주택지와 비슷하게 나타났다.

6. 논, 밭 및 도시부의 일교차 비교

조사기간(7월 15일부터 8월 19일)중 논과 밭, 도시의 일교차의 변화는 Fig. 7과 같다. 이 기간 중 평균일교차는 논이 8.6°C, 밭이 9.0°C, 녹지대가 8.9°C, 주택지가 6.3°C로 나타났으며, 최대일교차



(a) July



(b) August

Fig. 7 Diurnal temperature range in study sites. Solid symbols indicate the days with rainfall greater than 10 mm/d

는 논, 밭 및 녹지대에서 7월 22일 각각 13.4°C, 14.7°C, 14.2°C로 나타났으며, 주택지에서는 8월 4일 10.0°C로 나타났다. 또한 최소일교차는 모두 8월 11일 나타났으며, 논과 밭이 2.0°C, 녹지대가 1.8°C, 주택지가 1.4°C로 나타났다. 또한 혹서기간 중 10 mm/day 이상의 강우일을 제외한 날의 평균 일교차는 논이 9.2°C, 밭이 9.6°C, 녹지대가 9.4°C, 주택지가 6.6°C로 주택지는 다른 3곳에 비하여 일교차가 작게 나타났다. 또한 10 mm/day 이상의 강우일의 평균일교차는 논이 6.7°C, 밭이 6.8°C, 녹지대가 7.0°C, 주택지가 5.3°C로 맑은 날에 비하여 작고 모두 7°C 이하로 거의 비슷하게 나타났다.

7. 논과 녹지대의 풍속과 풍향 비교

풍속은 7월 26일에서 8월 19일까지 논과 녹지대에서 측정되었는데, 이 중 8월 13일부터 16일까

지는 풍속기의 작동불량으로 데이터를 얻지 못했다. 측정기간 동안의 평균풍속은 논에서 1.4 m/s, 녹지대에서 0.2 m/s로서 일반적으로 논이 도시보다 높은 값을 보였다(Fig. 8). 또한 최대 풍속은 8월 9일 논에서 10.8 m/s, 녹지대에서 2.2 m/s를 나타냈다. 녹지대의 풍속이 느리게 나타나는 이유는 도시의 주변부가 고층 아파트로 둘러싸여 바람의 소통을 방해하기 때문으로 생각된다. 느린 풍속은 도시기상의 대표적인 특징으로서 도시의 열섬효과를 크게 발달시키는 것으로 알려져 있다(Morris et al., 2001). 논지대의 이러한 높은 풍속이 여름철 기온저감에 크게 기여하는 것으로 생각된다. 또한, 하루를 1-6시, 7-12시, 13-18시, 19-24시로 구분하여 각 시각의 평균풍속은, 논, 녹지대 모두 낮이 밤보다 훨씬 크게 나타났으며, 1-6시에 최소값을, 13-18시에 최대값을 보였다(Fig. 9). 또한 풍향은 논지대에서는 많은 경우에 북서풍을 나타냈으나, 녹지대에서는 서풍을 나타냈다(Fig. 10).

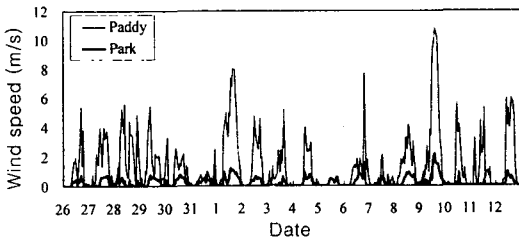


Fig. 8 Daily variation of wind speed in paddy and urban park areas (July 26 to August 12, 2005)

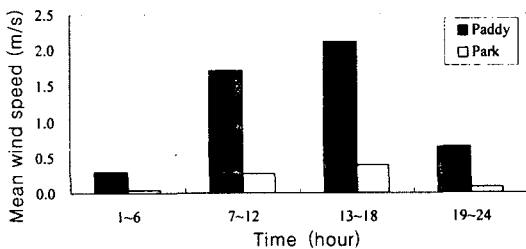


Fig. 9 Six-hour wind speed

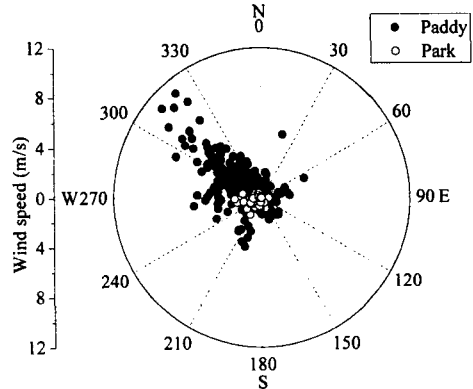


Fig. 10 Comparison of direction and speed of wind between paddy and park sites

Table 3 Comparison of cooling effect in study sites during midsummer (July 15 to August 19, 2005)

	Paddy field	Upland	Park	Residential
Days to drop to temperature below 25 °C (d)	27(27) ^a	26(27) ^a	23(27) ^a	7(27) ^a
Mean time to drop to temperature below 25 °C (h)	22.4	23.3	0.4	3.9
Mean duration of temperature below 25 °C (h)	8.6	7.3	5.6	0.6
Mean daily minimum temperature (°C)	22.9	23.1	23.7	25.3

^aParentheses indicate total days of study period

8. 흑서기 중 열대야 완화효과의 비교

논, 밭, 도시부의 열대야 완화효과를 비교하면 Table 3과 같다. 낮 기온이 30 °C를 넘는 흑서일 (7월 15일부터 8월 19일)중 열대야의 기준이 되는 25 °C이하의 기온을 보인 날은 27일이었는데, 이 중 논은 27일, 밭은 26일, 녹지대는 23일, 주택지는 7일 동안 25 °C이하의 기온을 보였다. 25 °C 이하로 낮아지는 평균시각은 논이 22.4시, 밭이

23.3시, 녹지대가 0.4시, 주택지가 3.9시로서 주택지가 논과 밭, 녹지대에 비하여 훨씬 늦은 새벽에 나타났다. 또한 25 °C 이하 지속시간은 논이 8.6시간, 밭이 7.3시간, 녹지대가 5.6시간, 주택지가 0.6시간으로 논, 밭 및 녹지대가 주택지보다 훨씬 크게 나타났으며, 논과 밭은 숙면을 취할 수 있을 정도의 충분한 시간을 보였다. 또한 혹서기 동안의 평균 일최저기온은 논이 22.9 °C로 밭보다 0.2 °C, 녹지대보다 0.8 °C, 주택지보다 2.4 °C 낮은 값을 보여, 논, 밭 및 녹지대의 식생이 일최저기온을 낮추는 것으로 나타났다.

이상과 같이 25 °C 이하가 나타나는 평균 일수, 시각, 지속시간, 일최저기온으로 판단할 경우, 논>밭>녹지대>주택지 순으로 열대야를 완화시키는 것으로 나타났다. 그러나, 논과 밭은 기온저감효과에서 큰 차이를 보이지 않았는데, 이는 기온저감효과는 식생의 피복상태에 의해 크게 좌우되기 때문으로 생각된다. Oue et al.(1993)은 토지이용별 온도가 관개와 식생에 의하여 완화되며, 특히 식생에 의한 온도완화효과는 큰 것으로 평가하였다. 조사 기간 동안 작물의 초장은 벼가 70-90 cm, 밭작물인 호밀은 1 m 이상의 값을 보였는데, 호밀의 높은 초장 및 식생밀도가 밭에서의 기온 상승을 억제하는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 2005년 혹서기 동안 서로 다른 토지피복형태(논, 밭, 도시녹지대 및 도시주택지)에서의 기온변화 특성을 비교하여 논에 의한 기온저감 효과를 파악하였다.

혹서기 동안 논, 밭 및 녹지대는 주택지보다 열섬현상이나 열대야를 완화시키는 효과가 큰 것으로 나타났는데, 특히 논에 의한 효과가 가장 크게 나타났다. 25 °C 이하 지속시간은 논이 8.6시간, 밭이 7.3시간, 녹지대가 5.6시간, 주택지가 0.6시간으로 나타났고, 평균 일최저기온은 논이 22.9 °C로서 밭

보다 0.2 °C, 녹지대보다 0.8 °C, 주택지보다 2.4 °C 낮게 나타났다. 그러나 논이 호밀이 식재된 밭에 비하여 일반인이 생각할 만큼 큰 기온저감효과를 보이지 않았는데, 이는 기온저감효과는 식생 피복상태에 의해 크게 좌우되기 때문으로 생각된다. 본 연구에서는 논과 밭에 의한 기온저감효과의 메커니즘은 파악되지 않았으나, 이는 다양한 논지대 및 밭지대를 대상으로 열수지 특성을 분석함으로써 구명할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구에서의 녹지대는 아스팔트 주차장에서 멀리 떨어지지 않은 곳(약 20 m)을 선정했으므로 녹지대의 대표점이라고 단정하기는 어렵다. 도로의 영향을 받지 않을 정도로 충분히 떨어진 녹지대와 다른 토지피복과의 온도 비교는 추후의 연구를 통하여 검토할 필요가 있다.

본 연구는 농림기술관리센터의 연구비 지원(과제번호: 204109-03-3-CG000)에 의하여 수행되었습니다.

References

1. Cho, Y. H., and S. Y. Shin, 2002, The effects of urban forest on summer air temperature in Seoul, Korea, *J. of Kor. Institute of Landscape Architecture*, 30(4) 28-36. (in Korean)
2. Kim J. U., D. K. Lee, K. S., Oh, and H. C. Sung, 2003, A fundamental study on the relationship between riparian vegetation and surface temperature, *J. of Kor. Env. Res. Reveg. Tech.*, 6(3): 79-85. (in Korea)
3. Ministry of Agriculture and Forestry, 2005. Agricultural and Forestry Statistical Yearbook, Korea. (in Korean)
4. Morris C. J. G., I. Simmonds, and N. Plummer, 2001, Quantification of influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city, *J. of Applied Meteorol-*

- ogy, 40(2): 169-182.
5. OECD, 2003, Multifunctionality: The Policy Implications.
 6. Oke, T. R., 1987, Boundary Layer Climate, 2nd Edition, Metheun, London.
 7. Oue H., H. Tagashira. T. Otsuki, and T. Maruyama 1993, The characteristics of heat balance and temperature regime in the paddy, potato, bare field and the asphalt area, *J. of JSIDRE* 164: 97-104. (in Japanese)
 8. Shashua-Bar L., and M. E. Hoffmann, 2000, Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings*, 31: 221-235.
 9. Yokohari M., R. D. Brown, Y. Kato, and S. Yamamoto, 2001, The cooling effect of paddy fields on summertime air temperature in residential Tokyo, Japan. *Landscape and Urban Planning*, 53: 17-27.