

夏季静穏夜間における都市緑地樹林帯の気温鉛直構造の調査と放熱量の推定

豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学専攻

三島浩敬（学）、東海林孝幸（正）、松浦伸哉（非）、木曾祥秋（正）、北田敏廣（正）

1. はじめに

都市緑地の気候緩和効果について、特に緑地近傍の市街地に対する高温化抑制効果が明らかになりつつある¹⁾。筆者らは愛知県豊橋市内の中規模緑地（高師緑地：24ha）を対象に、緑地内外に多数の温度計を設置し緑地冷氣による周辺域の冷却効果を調べ、静穏な夜間は「冷氣にじみ出し」²⁾と呼ばれる現象が発現することを確認した。同時に緑地に生成される冷氣の厚さ、およびにじみ出しの発生は緑地の樹林高さ・密度、樹林帯の気温・樹木表面温度等の物理的、熱的な要因と関連があることも2010年に行った観測結果より示唆された。そこで本研究では緑地の芝地、樹林帯における鉛直気温の同時観測を行い、静穏夜間の気温鉛直構造の把握と樹林帯の放熱特性を調べた。本論では樹林帯の観測結果について報告する。

2. 観測概要

2.1 観測対象緑地

観測は愛知県豊橋市南部にある緑地（高師緑地 24.2 ha）とした。緑地は芝生広場、野球場、馬場およびクロマツ群落で構成されている。

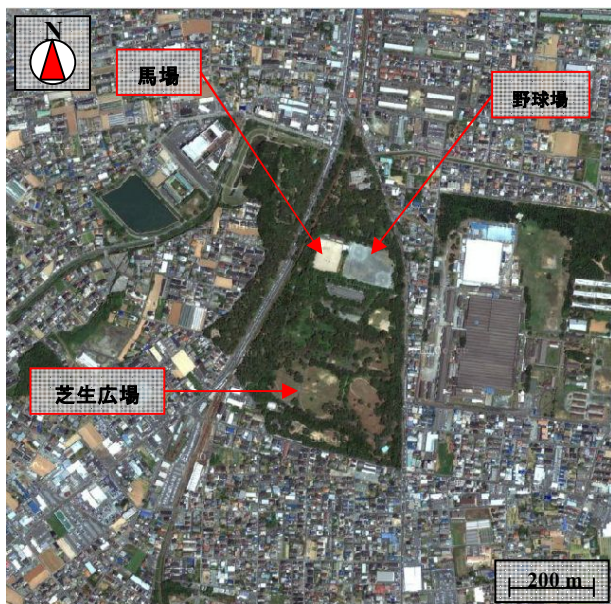


図1 高師緑地周辺の航空写真

2.2 観測方法

緑地内外での定点観測を除き鉛直観測等は2011年8月29日18時より翌30日6:00まで行った。観測時の天候は晴れ、緑地内で計測した風速は最大で0.2 [m/s]程度でありほぼ静穏であった。

a) 鉛直気温観測 気温はコイン型ロガー付き温度計で計測し、温度計をバルーンから吊るした紐に付け緑地上空30mまでの気温を測定した。測器の設置場所は樹林帯（図1 ●）と芝生広場（図1

●）の2箇所とした。樹林帯は主にクロマツで構成され、平均樹高は約15 mである。観測高度は3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 13 m, 15 m, 18 m, 20 m, 25 m, 30 m（計10点）である。サンプリング間隔は1分とし、解析には1時間平均値を用いた。

b) 定点観測 緑地内と緑地南側市街地の23箇所に測器を設置し、7月から9月まで気温観測を行った。設置高さは一律地表面から2.5 mとした。緑地内では樹林内、芝生上、駐車場で温度を計測している。

c) 移動観測 緑地内と緑地南側市街地を対象に28地点の観測を行った。移動手段は自転車とし、観測地点の気温、地表面温度の測定を行った。なお、観測は地表面から高さ1.5 mとし、1時間毎に行った。

d) 水平気温観測 緑地内の芝生上と樹林内に測器を設置し、地表面から高さ1.8 mで観測を行った。

e) 風速観測 3次元超音波風速計を緑地内の芝生上と樹林内の2箇所（図1）に設置した。風向、風速は10 Hzで観測し、析には10分平均値を用いた。

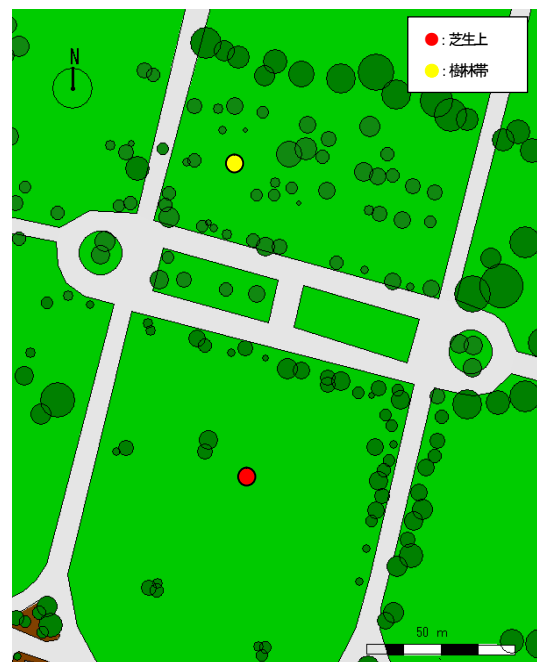


図2 鉛直気温観測測器設置場所

3. 結果、及び考察

a) 鉛直気温分布

図3に緑地樹林内の気温の鉛直分布を示す。観測地点におけるクロマツの枝葉部は概ね高度5~15mであり、図3ではその範囲を点線で示している。図より、枝葉部においては各時刻で気温分布に変化は見られない。すなわち、地表付近の気

温と比較し 0.3~0.5℃程度低く推移している。

樹冠部より上空 (15 m) における気温分布に着目すると、20 時では中立であったものが 22 時以降は安定層が形成されており、0 時に高度 15 m と 30 m の気温差は約 1℃となった。この安定成層は午前 4 時を除き明け方まで維持された。

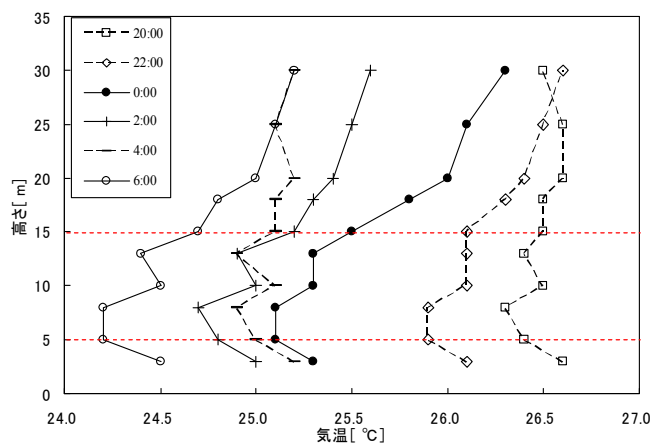


図3 緑地内鉛直気温分布

b) 樹林帯への蓄熱量の時間変化

樹林帯における鉛直気温分布の時間変化を求めることで、静穏夜間の樹林帯の蓄熱量を推定した (蓄熱量 = $\int_0^z C_p \rho dT / dt$ [W/m²]、ここで C_p 、 ρ 、 T はそれぞれ大気 の定圧比熱 [J/kg/K]、密度 [kg/m³]、鉛直方向の平均気温 [K] である。また、 z は平均樹高 [m]、 $dt = 3600$ [sec] とした)。なお、樹林帯における蓄熱・放熱量はおもに林内気層の顕熱および潜熱蓄熱量、樹体蓄熱量により決定されるが³⁾、本研究では第一ステップとして樹林内鉛直気温の時間変化のみから熱量を推定した。

図4に蓄熱量の経時変化を示す。ここで、正值は蓄熱、負値は放熱を表す。また、図中の各時刻における蓄熱量は当該時刻とその1時間前の気温差から求めた値である (例えば19時における蓄熱量は18時と19時の気温差から求めたものである)。図4より、日没後間もない19時における放熱量が最大となっているが、これは日没後急激に気温が下がったことに起因する (-1.0 [°C/時])。その後は明け方まで -2~0 [W/m²] の間で推移しているが、午前1時と4時に正值 (蓄熱) となり、約 0.3 [°C/時] の昇温であった。この原因は明らかでないが、他の測定ポイントおよび豊橋アメダスも同時時間帯に昇温傾向にあることから広域的な温度場の変化によるものと考えられる。図5に緑地樹林帯 (約 15 [ha]) の夜間放熱量の積算値 [MJ] を示す。ここで、樹林帯面積は緑地面積より芝地、グラウンド等の裸地面積を引くことにより求めた。図より、夜間における積算放熱量は直線的に増加傾向にあり、各時間において一定割合 (0.17 [MJ/時]) で放熱されている。これは観測時に概ね晴天であり、雲の影響が小さく、一定の放射冷却強度であったこと、また無風に近かったため、移流による周辺市街地からの熱の流入が無かったためと考えられる。本観測より日没後から日の出近くまでに樹林帯から 2.3 [MJ] 程度の放熱があった。

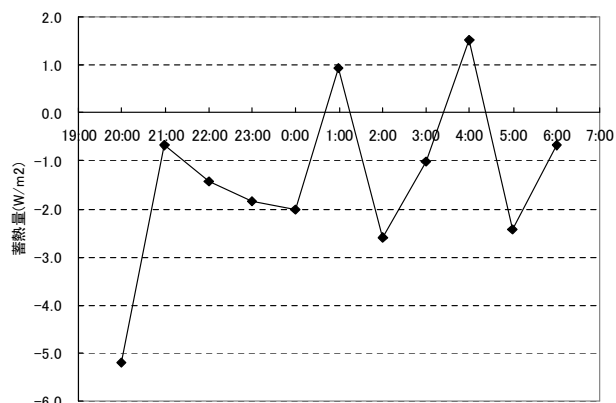


図4 鉛直気温分布から得られた樹林帯における蓄熱量

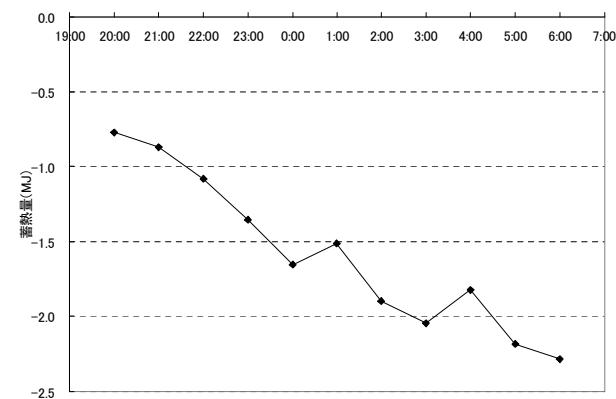


図5 緑地樹林帯における蓄熱 (放熱) 量の積算値。ここで、樹林帯面積は 14.8 [ha] とした。

4. まとめ

都市緑地内の樹林帯における気温の鉛直分布の把握および放熱量を 2011 年夏季静穏夜間に行った気温観測より推定した。その結果、

- 1) 樹林帯枝葉部における気温は地表面より約 0.3~0.5℃低い。
- 2) 樹冠上部では安定層が形成され、気温測定最高地点 (上空 30m) と樹冠上部 (15m) の比較では最大約 1℃の気温差 (午前 0 時) がみられた。その後安定層は午前 4 時を除き、日の出時刻付近 (午前 6 時) まで維持された。
- 3) 緑地樹林帯からの放熱量は日没付近では大きく (約 5 [W/m²])、その後は明け方まで 0~2 [W/m²] の間で推移した。
- 4) 高師緑地における日没後から日の出近くまでの樹林帯からの放熱量積算値は 2.3 [MJ] 程度であった。

参考文献

- 1) 成田健一 (2009) : 新宿御苑のクールアイランド。空気調和・衛生工学, 第 8 号, p. 663-668
- 2) 丸田頼一 (1972) : 公園緑地の都市自然環境に及ぼす影響。都市計画, Vol. 69, No. 70, p. 49-77
- 3) McCaughey (1985) : A RADIATION AND ENERGY BALANCE STUDY OF MATURE FOREST AND CLEAR-CUT SITES. Boundary-Layer Meteorology, 32, p.1-24