

夏季の都市内大規模緑地が形成するクールアイランドの温位構造

The Potential Temperature Structure of Cool Island Formed by the Large Urban Green Tract in Summer

桐原啓真¹・三上岳彦²

Hiromasa KIRIHARA¹, Takehiko MIKAMI²

ABSTRACT; We measured potential temperature and specific humidity of each altitude at the same time with six sensors according to the AIR Inc. mooring tower radio sonde system (TSB-X type) in Yoyogi park and Shibuya Ward Office. The vertical profile of potential temperature in Yoyogi park was lower than that of Shibuya Ward Office in the altitude of 50m or less in daytime. The altitude of the ground inversion layer reached to 100m from ground at 19:00 J.S.T. The potential temperature of Yoyogi park was higher than that of Shibuya Ward Office in the altitude from 15m to 150m after 2:20 J.S.T. The potential temperature of Yoyogi park and the potential temperature of Shibuya Ward Office became equal in the altitude of 150m. Moreover, the isothermal part of potential temperature existed on the upper part of the ground inversion layer of the altitude from ground to 25m at nighttime.

KEYWORDS; Cool island, Captive balloon, Vertical potential temperature, Vertical specific humidity,
Large-scale green tract

1 はじめに

都市では建築物の高密度化や高層化、道路の舗装化、内燃機関の増加による廃熱量の増大などによってヒートアイランドが形成されている。三上（1982）および浜田・三上（1994）によって、ヒートアイランドが生じている都市に存在する緑地は、相対的に低温域（クールアイランド）を形成することを報告している。近年、夏季にこのような緑地が都市のヒートアイランドを緩和する効果が注目されている。すでに桐原博人・三上岳彦（1998）は東京都庁第一本庁舎屋上からサーモグラフィーを用いて夏季の明治神宮・代々木公園およびその周辺地域の表面温度の日変化を測定している。それによれば緑地の樹冠部平均温度と緑地近隣の市街地の建物および道路の平均温度は日中最大で約8℃、夜間でも約6℃の温度差があることがわかった。また桐原博人・三上岳彦（1999）は、1997年の夏季に代々木公園およびその近隣の渋谷区役所屋上で繫留気象タワーゾンデシステムを浮揚させ、気温、相対湿度および風向・風速の鉛直構造を調べ大規模緑地上に形成されるクールアイランドの鉛直構造を明らかにした。本研究では繫留気象タワーゾンデシステムによって測定された気温、相対湿度からそれぞれ温位および比湿を算出し、都市の大規模緑地上で起きている現象を考察した。

¹ 神奈川県立鶴見養護学校 Kanagawa Prefectural Tsurumi Handicapped Children's School

² 東京都立大学理学部地理学科 Department of Geography, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

2 観測場所および方法

観測は典型的な夏型の気候であった1997年8月2日～3日に東京都の代々木公園および渋谷区役所屋上（地上高度20m）で行った（図1）。AIR Inc. 製繫留気象タワーゾンデシステム（TSB-X型）により6個のセンサーを使用して同時に各高度の温位、比湿の時間変化を調べた。各高度で測定されたデータは30秒ごとにパーソナル・コンピューター送られ、解析には各高度でのデータをそれぞれ10分平均したものをを用いた。渋谷区役所は緑地に隣接した市街地の代表として、選んだもので代々木公園から約500m離れている。

また代々木公園内の3ヶ所において、マイクロアネモ風向・風速計（牧野製KC101型）により局地風の観測を行った。局地風は、東側E1とE2、西側Wにおいて、地上高度1.0mで1分ごとの気温および1分間の風向・風速を測定した（図1）。

3 結果および考察

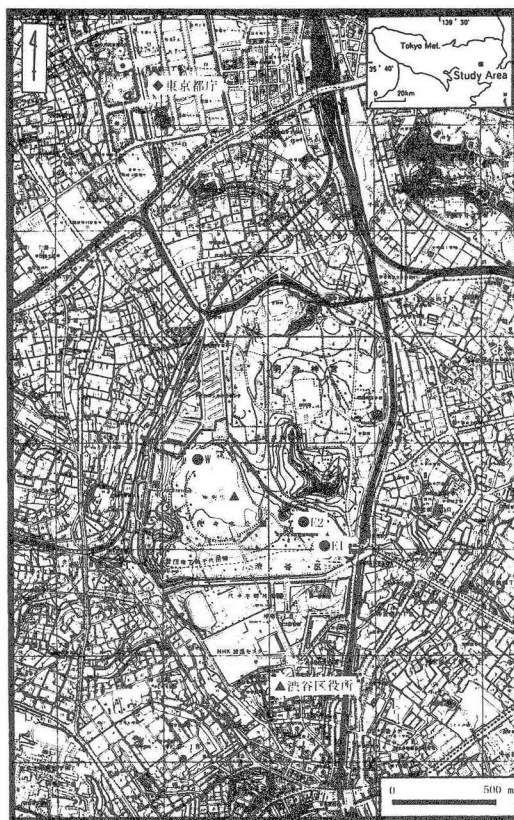
代々木公園での局地風の観測は、なるべく一般風の影響を受けないようにツリー・キャノピーの中で行った。図2はW地点での地上高度1.0mにおける気温、風向、風速である。それぞれ1分間測定したデータを10分平均してプロットしたものである。0時頃から気温の通減率が小さくなった。風速は21:00より0:00

まで他の時間帯に比べてやや強く、平均で約0.46 m/sであった。風速はスカラー平均を表している。0:00頃から0.31 m/sと弱くなった。風向は、21:00頃まで南東寄りであった風が北東から東の風となった。

E1では気温の減少勾配が緩やかになる0:00頃に、今まで南西から南東寄りの風が急激に南西から北西寄りの風へと変わった（図3）。風向が大きく変化する時間は、W地点と同じである。風速は約0.26 m/sであったが、この頃より平均で約0.10 m/sと穏やかになった。日の出のため、気温は6:00頃より、上昇が始まり、北西で一定だった風向も変化し始めている。

E2地点でもE1地点と同じように0:30頃より気温の通減率が小さくなり、風向はE1より少し遅れてはいるが、東から北西と変動していたものが2:00頃より北西方向に一定した（図4）。風速は、このときほぼ無風となった。日の出後、5:00頃より気温は上昇を開始し、その後風向は定まらなくなった。E1およびE2は、代々木公園の東側に位置するが、E2の方がE1よりも風速が微弱なのはE2の方が、より代々木公園の中心に近い位置にあるためであると考えられる。

これらのことから、緑地内では一般風の弱い日に放射冷却が進み、夜半過ぎに放射平衡に達した後、日の出により気温が上昇するまでの時間帯に、それぞれの地点で一定方向に微弱な風が吹くことがわかった。E1、



● : マイクロアネモ設置場所
▲ : タワーゾンデの浮揚場所
図1 観測地域の概要

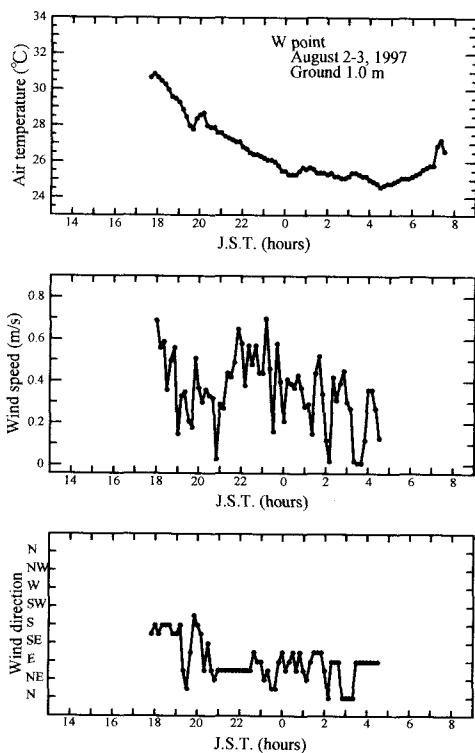


図2 W地点での気温・風向・風速

E2およびW地点で卓越する風向を総合すると、明治神宮内の南池北西端付近より吹き出しているように見える。

図5～7は、それぞれ繫留気象タワーゾンデシステムによって得られた3時間ごとの温位の鉛直プロファイルである。データは気温で観測されたものを温位で算出したものである。データは風によって繫留気球が流されることで高度が変化した場合を除いて高度が一定になるようにした後、各高度ごとに10分平均したものを鉛直間でスプライン関数に入れ、補間したものを地上に近い高度から2 m、10 m、25 m、50 m、70 m、100 m、150 m、200 m、250 m、の9点プロットしたものである。

温位の鉛直プロファイルは、日中70m以上の高度では、代々木公園と渋谷区役所とは違いがほとんど見られない。ところが50m以下の高度では渋谷区役所よりも代々木公園の方が低く、15:00では地上付近で約1.7℃も低かった。夜間は放射冷却による接地逆転層が19:00頃には地上から100 mまで達した(図5)。逆転の度合いは、最大で約1.6℃である。夜間、市街地

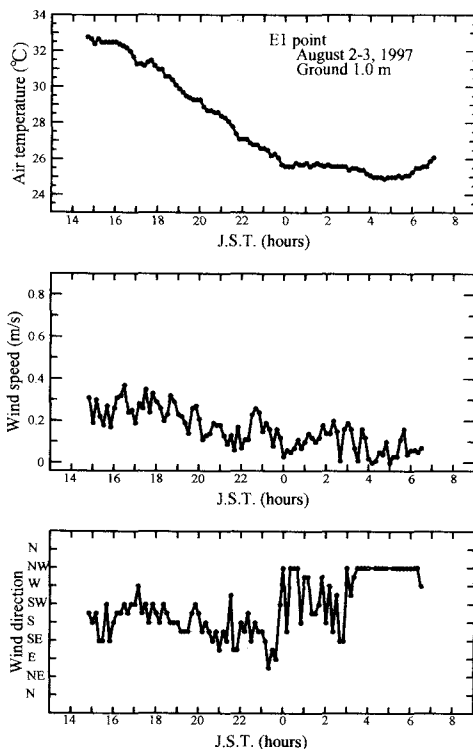


図3 E1地点での気温・風向・風速

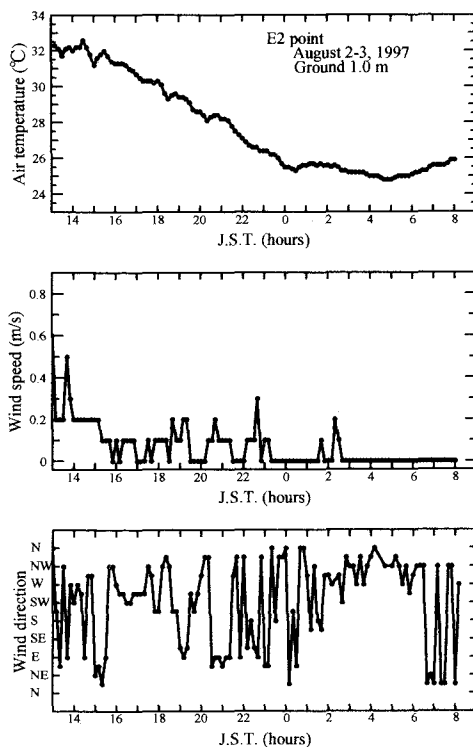


図4 E2地点での気温・風向・風速

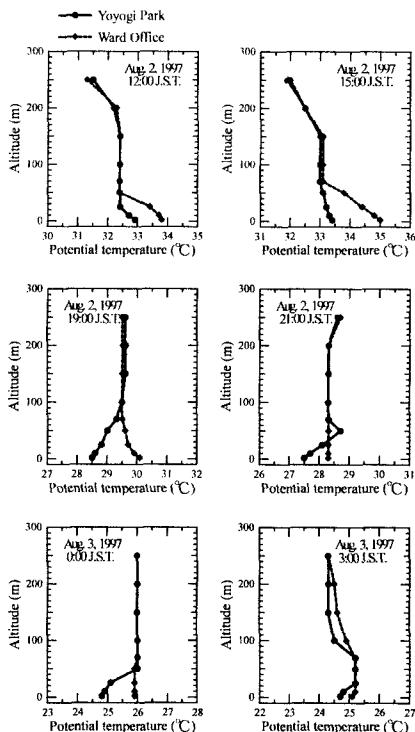


図5 温位の鉛直プロファイル (1)

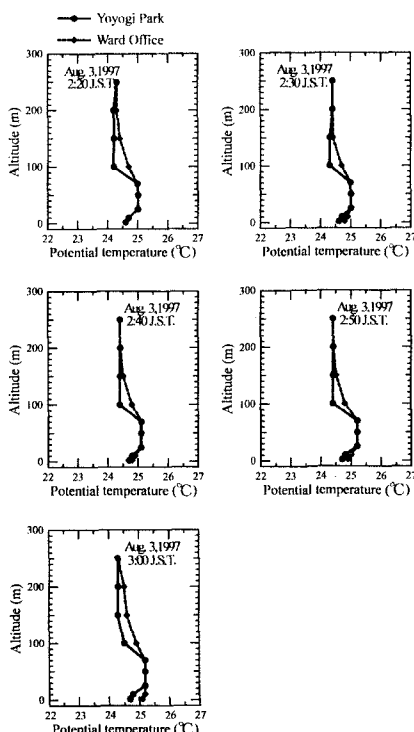


図6 温位の鉛直プロファイル (2)

では地上から高度 200m まで等温位で熱的に中立な状態にあることがわかった。3:00 になると市街地は地上から 70m までほぼ中立層が形成され、70m から 250m まで緩やかな不安定層が続いている。同じく 3:00 に代々木公園では、それまで形成されていた接地逆転層が壊れ、高度 25m までは接地逆転層の名残があるが、それはツリー・キャノピー内のみ保存された状態である。高度 25m から 70m まで等温位になっており市街地の同高度と同温度である。高度 150m 以上は中立層になっている。

桐原・三上(1998)は、夏季の明治神宮・代々木公園の森林樹冠部の平均表面温度と近隣市街地の建物および道路の平均表面温度との温度差が夜間で約 6℃あることを示し、緑地と周辺市街地との間で気圧傾度力が生じる条件を述べた。これらから高度 25m から 70m までの等温位の部分は下降流と考えることができる。すでに Kiri-hara and Mikami(1998)は、浜田・三上(1994)が本研究と同じ時期に行った代々木公園での観測事例から、気

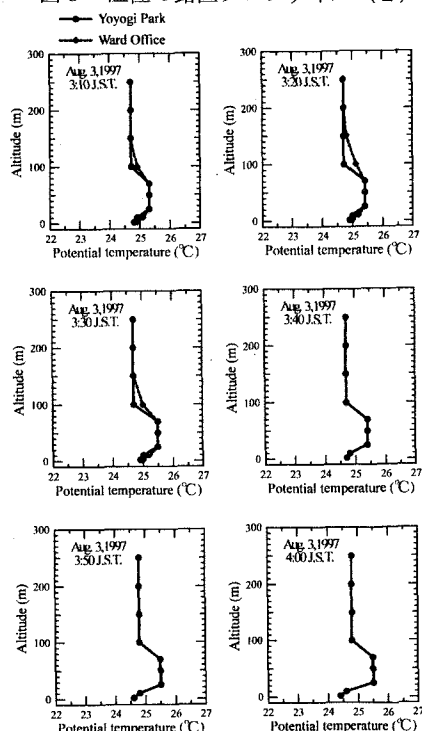


図7 温位の鉛直プロファイル (3)

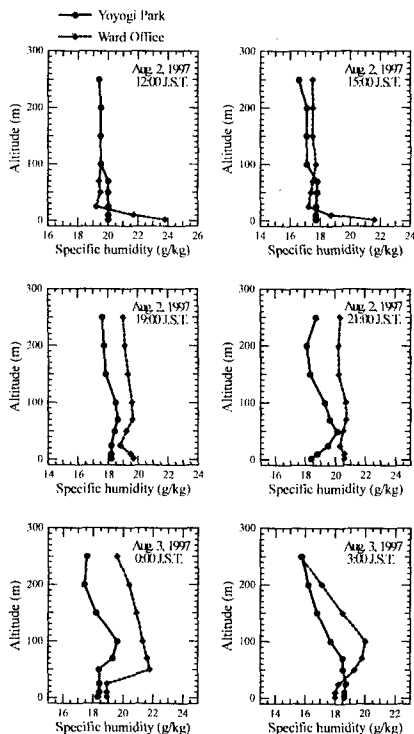


図8 比湿の鉛直プロファイル (1)

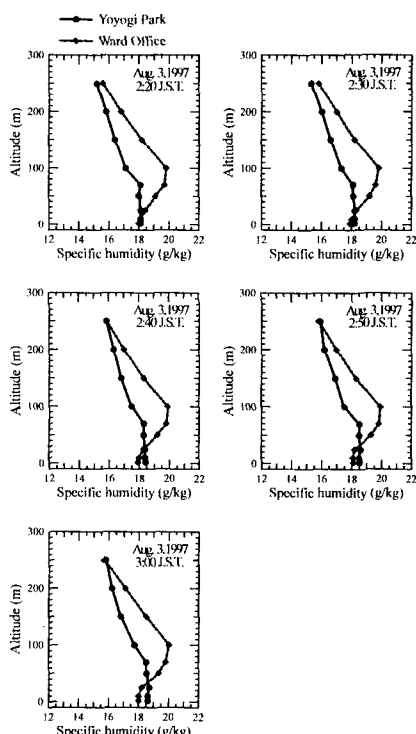


図9 比湿の鉛直プロファイル (2)

温の鉛直プロファイルを経度に換算して、夜間の代々木公園において沈降流が存在することを示唆している。また高度 25m から 70m までの等温位の部分が代々木公園と市街地で等しいのは、循環によって市街地の大気が代々木公園まで達し、下降することを考えると説明ができる。生じている現象を詳しく見るために、データが存在する 0:00 から 3:00 の間を 10 分ごとにプロットしたものが図 6・図 7 である。両図とも 3:00 と同じような現象が継続して起きている様子がわかる。代々木公園では 3:30 から 4:00 にかけて再び接地逆転層が成長し始めている。図 8～10 は、それぞれ繫留気象タワーゾンデシステムによって得られた 3 時間ごとの比湿の鉛直プロファイルである。データは相対湿度で観測されたものを比湿で算出したものである。データは風によって繫留気球が流されることで高度が変化した場合を除いて高度が一定になるようにした後、各高度ごとに 10 分平均したものを鉛直間でスプライン関数に入れ、補間したものを地上に近い高度から 2 m、10 m、

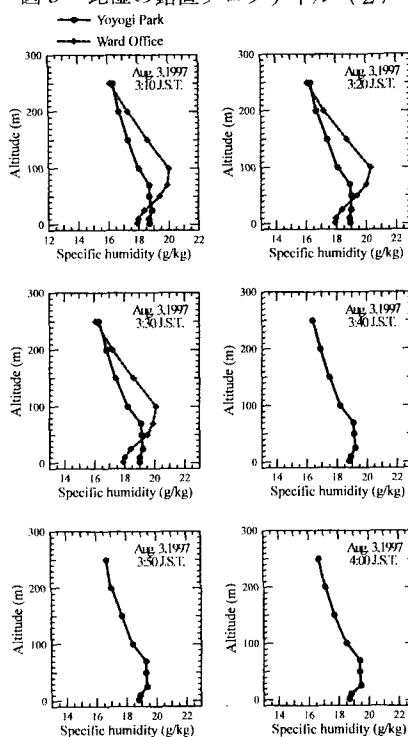


図10 比湿の鉛直プロファイル (3)

25 m、50 m、70 m、100 m、150 m、200 m、250 m の9点プロットしたものである。代々木公園と渋谷区役所では日中、高度25 m以上ではほとんど違いは見られない。夜間2:20～4:00に代々木公園では、高度25m～70mの部分で等比湿になっている。これは温位と整合性があり同質の空気が混合していることが予想できる。また一日を通して高度約70m以上では水蒸気の絶対量も渋谷区役所のほうが多いことがわかった。

代々木公園内の3ヶ所におけるマイクロアネモ風向・風速計による局地風の観測と繫留気象タワーゾンデシステムによる温位、比湿の観測によって得られた結果は、互いに整合性があり、都市内の大規模緑地とその周辺市街地との間には循環の場が形成されていることが予想できる。

謝 辞

本研究は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究プロジェクト「都市ヒートアイランドの計測制御システム（研究代表者・久保幸夫 慶応義塾大学教授）」の一環として行った。代々木公園内の風向・風速計および自記温度・湿度計の設置において多大なるご協力を頂いた牛山素行 博士（（財）科学技術振興事業団研究員・京都大学防災研究所）に深甚なる謝意を表します。タワーゾンデシステムの設営にあたりご協力を頂いた渋谷区役所総務部管財課の方々および代々木公園内での集中観測にあたりお世話になりました東京都立代々木公園管理事務所の市川則彦氏および川勝 修氏に感謝致します。また観測を手伝って頂いた国立環境研究所の一ノ瀬俊明 博士はじめ東京都立大学理学部地理学科の学生の皆様および観測に携わって頂いた、すべての方に感謝致します。

《参考文献》

- 1) Kiriara, H. and Mikami, T. :Diurnal variation of potential temperatures in a large urban green tract, Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, **33**, pp.33-43, 1998.
- 2) 桐原博人・三上岳彦：夏季の明治神宮・代々木公園およびその周辺地域の表面温度の日変化，環境システム研究，**26**，pp.493-499，1998.
- 3) 桐原博人・三上岳彦：夏季の都市内大規模緑地が形成するクールアイランドの鉛直構造－明治神宮・代々木公園を事例として－，環境システム研究，**27**，pp.707-714，1999.
- 4) 浜田 崇・三上岳彦：都市内緑地のクールアイランド現象－明治神宮・代々木公園を事例として－，地理学評論，**67A-8**，pp. 518-529，1994.
- 5) 三上岳彦：都市内部における公園緑地の気候，お茶の水女子大学人文科学紀要，pp.21，1982.