

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-

Vertical Structure of Cool Island Formed by the Large Urban Green Tract in Summer

-a case study of Meiji-shrine/Yoyogi-park-

桐原博人*・三上岳彦**

Hirohito KIRIHARA*, Takehiko MIKAMI**

ABSTRACT; It is known that a large-scale green tract in a big city forms cool island where air temperature is lower than its periphery. In early August 1997, under typical summer pressure patterns, we carried out an intensive meteorological observation in Meiji-shrine/Yoyogi-park of Tokyo for the purpose of detecting local wind caused by the temperature difference between a green tract and its periphery. We set a wind vane and anemometer and a self-registering thermometer-hygrometer at three places in Yoyogi-park and measured the wind direction, the wind speed and air temperature for ten minutes on the average. Also we lifted up a captive balloon from the central part of Yoyogi-park and the roof of Shibuya Ward Office to measure vertical profiles of the wind direction, the wind speed, air temperature and relative humidity. According to observations, not a big difference was seen in vertical direction as for the wind direction in the day and night of Yoyogi-park. It was difference between upper layer and lower layer in the high of 50m in the Shibuya Ward Office at nighttime. That seems influence of wind blowing from Meiji-shrine/Yoyogi-park. Also in Yoyogi-park, the pneumatic flow from the central part of green tract was caught.

KEYWORDS; Cool island, Captive balloon, Vertical air temperature, Vertical relative humidity, Local wind

1. はじめに

近年、都市が高温となるヒートアイランド現象が問題となっている。ヒートアイランドの原因としては、都心部への人口、交通網の集中化、人工排熱、地表改変に伴う緑地の減少、建物の高層化に伴う熱容量変化などいくつかの要因が複合していると考えられる。ヒートアイランドの緩和は、温暖化防止、エネルギー利用削減、生活環境の改善などの面から検討されてきてはいるが、その実現は必ずしも容易ではない。

都市における緑地の気候の緩和作用についての研究は、いくつかなされてきた。たとえば、丸田（1974）は公園緑地を存在機能効果と利用機能効果とに大別して、その存在機能効果の代表的なものとして、環境機能効果を挙げている。三上（1982）は、都市内部における公園が周囲の気候に与える影響を公園周辺の気温分布から解析を行った。本條ほか（1986）は、ランドサットのデータから公園緑地が都市の熱環境に及ぼす影響について調べた。浜田・三上（1994）は、明治神宮・代々木公園を対象に移動観測および代々木公園内から繫留気球を上げるにより都市内の大規模緑地によって形成されるクールアイランド現象が存在する

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

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

ことを指摘している。一般風が弱い時には、低温な緑地から比較的高温な周囲へ、低温な空気が流れ出す「滲み出し」が存在することが指摘されている（丸田, 1972）。

従来、都市内の緑地が周辺市街地に及ぼす効果は、移動観測や定点観測による気温の測定から言及されてきている。本研究では、代々木公園内の3ヶ所において、風向・風速計により局地風の観測を行った。また繫留気球により代々木公園および渋谷区役所屋上の気温、相対湿度および風向・風速の鉛直構造を調べた。これらの観測から、風向・風速観測から冷気の滲み出しという現象を風の流れとして捉えることを試みた。

2. 観測場所および方法

集中観測は1997年8月2日～3日に行った。観測地域の概要を図1に示す。代々木公園内の局地風は、東側E1とE2の2ヶ所、西側Wの計3ヶ所において、地上高度1.0 mで1分ごとの気温およびマイクロアネモ風向・風速計（牧野製 KC101 型）により1分間の風向・風速を測定した。代々木公園および渋谷区役所屋上（地上約20 m）において、AIR Inc. 製繫留気象タワーゾンデシステム（TSB-X 型）により6点高度の気温、相対湿度、風向・風速を30秒間隔で連続測定した。

3. 結果および考察

観測期間中は一般風の弱い、ほぼ快晴に近い夏型の天候であった。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E1地点での地上高度1.0 m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。気温の減少勾配が緩やかになる0時頃に、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。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。風速はスカラー平均を表している。日の出のため、気温は6時頃より、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時30分頃より気温の逡減率が小さくなり、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時頃より北西方向に一定した（図3）。風速は、このときほぼ無風となった。日の出後、5時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。



- : マイクロアネモ設置場所
- ◆ : 熱赤外画像の撮影場所
- ▲ : タワーゾンデの浮揚場所

図1 観測地域の概要

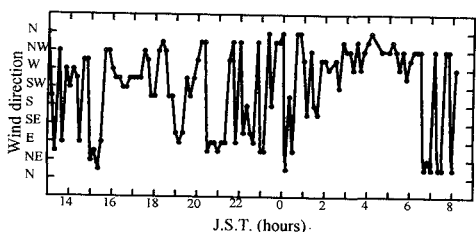
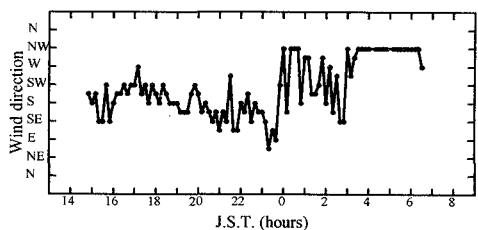
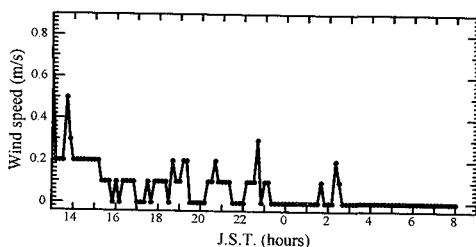
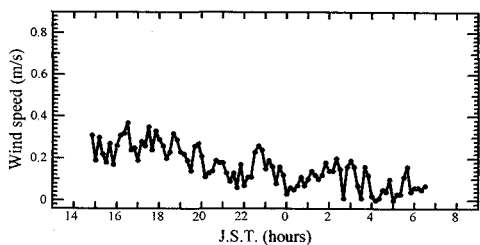
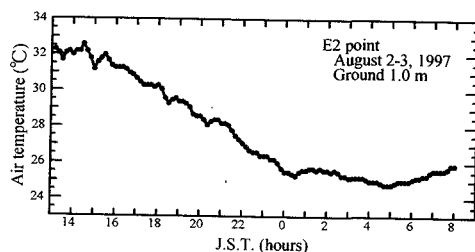
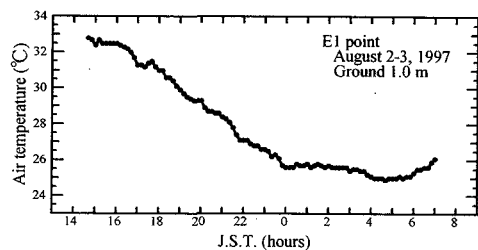


図2 E1 地点での気温・風向・風速

図3 E2 地点での気温・風向・風速

W 地点での気温、風向、風速は、0 時頃から気温の通減率が小さくなった (図 4)。風速は 21 時より 0 時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。0 時頃から 0.31 m/s と弱くなり、この傾向は E1 と同様である。風向は、21 時頃まで南東寄りであった風が北東から東の風となった。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、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 ～ 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気温、湿度、風向、風速の 3 時間ごとの鉛直プロファイルである。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は除外し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。

気温の鉛直プロファイルは、日中 50 m 以上の高度では、代々木公園と渋谷区役所とでは違いがほとんど見られない。夜間は 19:00 頃より代々木公園では接地逆転層が発達し始め、その高度は 19:00 で約 70 m に達したが、21:00 から 0:00 では約 50 m となっている。逆転の度合いの最大は、0:00 時で、約 1.5℃である。高度約 50 m 以上では 0:00 頃まで、代々木公園と渋谷区役所では気温に違いがほとんど見られないが、0:00 過ぎより代々木公園の方が低く、3:00 では約 0.5℃の温度差がある。3:00 では、代々木公園の接地逆転は弱くなって高度約 25 m で終わり、高度約 25 m から 100 m では代々木公園のほうが渋谷区役所より気温が約 1℃も高くなっている。また渋谷区役所では地上から高度約 50 m までと 50 m 以上では気温減率が異なっ

ている。市街地での夜間の熱の供給量は一定であると仮定すると、地上 50 m まで緑地からの冷気の供給があると考えれば、代々木公園内で行った局地風の観測とは整合性がある。桐原・三上(1998)は、夏季の明治神宮・代々木公園とその周囲との表面温度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ている。高度 25 m から 100 m 間で代々木公園が渋谷区役所よりも気温が高くなっているのは、この付近で下降流のような現象が生じていることも想定できる。すでに Kiriara 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、気温の鉛直プロファイルを温位に換算して、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。

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・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。

相対湿度は代々木公園と渋谷区役所では、日中高度 50 m 以上ではほとんど違いは見られないが、夜間はこの高度以上で 5～10%の違いが見られる

(図 8)。気温は 100 m 以上の高度で渋谷区役所の方が高いので水蒸気の絶対量も渋谷区役所のほうが多いといえる。

風向・風速の鉛直プロファイルでは、風向は夜間 0 時以降では、高度 25 m 以下の低層部で、渋谷区役所の方が北よりになっている。渋谷区役所の風向が一般風と代々木公園から吹いてくる風とのベクトルの合力であることを考えると、高度 25 m 以下の低層部では、代々木公園との差異があっても良いことになる。風速は、ほぼ対数分布をしており、渋谷区役所の方は建築物が存在するため不規則である。日中は風速が強く、夜間は 0 時に弱くなっていることがわかった(図 9、図 10)。

気温の日変化は、日中、代々木公園は高度の順番に気温が低くなっているが、渋谷区役所では 14 時 30 分頃より 17 時 30 分頃まで高度 70 m よりも高度 100 m の方が気温が高いことがわかった。代々木公園では 17 時頃より高度 2 m から 100 m の間で温度差がなくなり、19 時 30 分頃に高度 50 m は、他の高度に比べて昇温していることがわかる。1 時 30 分より高度 100 m を境として低層部は約 25.5℃、高層部は約 23℃に収束している(図 11、図 12)。

相対湿度の日変化は、代々木公園、渋谷区役所とも相対湿度の最も低い時間は 14 時 20 分頃、最も高い時間は 23 時 40 分頃である。渋谷区役所は最も相対湿度が高い時間に、高度 50 m から上層部の約 100%近い部分と高度 25 m 以下の低層部の約 85%とに分かれていた(図 13、図 14)。

風向の日変化は、代々木公園は各々の時間帯で、高度によって差異は、あまり見られないが、渋谷区役所では 23 時 20 分から 0 時および 1 時から 3 時 30 分の時間帯に高度によって違いがあった(図 15、図 16)。

風速の日変化は、代々木公園および渋谷区役所とも各々の時間帯で高度によって風速の強さに違いが見られる(図 17、図 18)。代々木公園は高度 2 m および 10 m が他の高度に比べて著しく弱い風速になっていることがわかった。これはツリー・キャノピー層内の風速であると考えられる。渋谷区役所では 12 時から 15

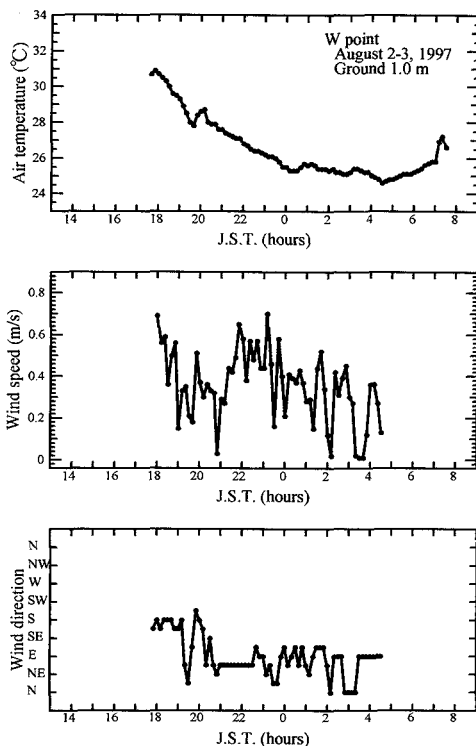


図 4 W地点での気温・風向・風速

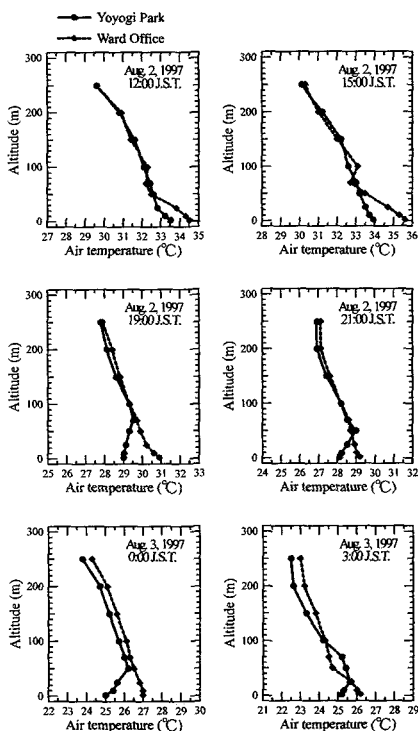


図5 気温の鉛直プロファイル (1)

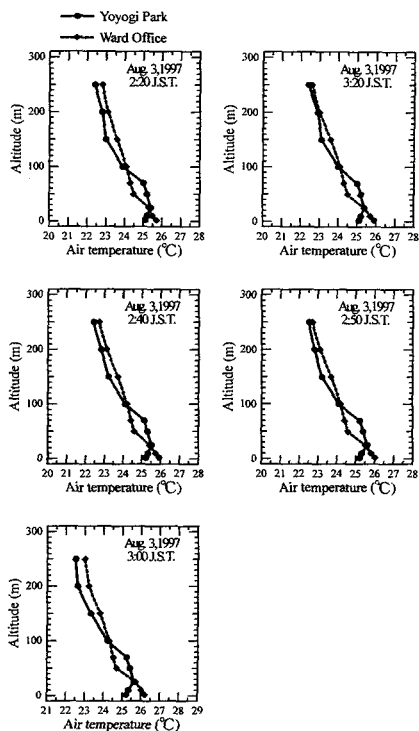


図6 気温の鉛直プロファイル (2)

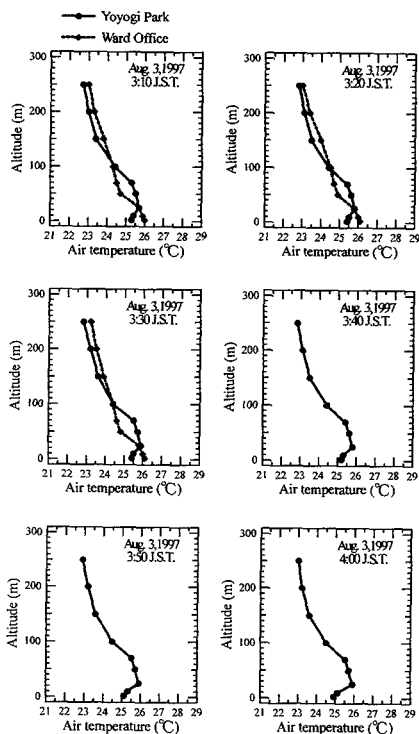


図7 気温の鉛直プロファイル (3)

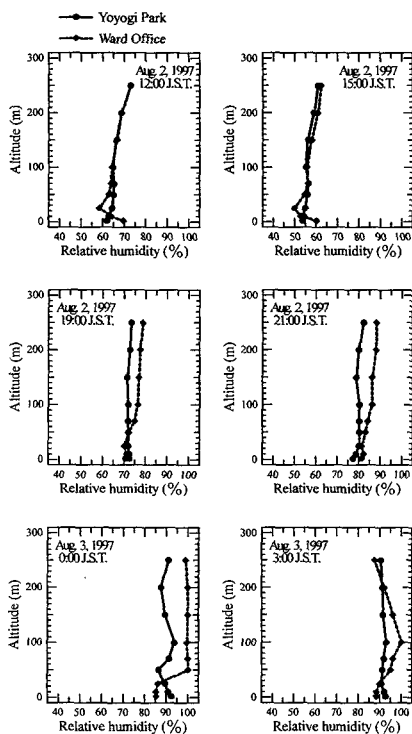


図8 相対湿度の鉛直プロファイル

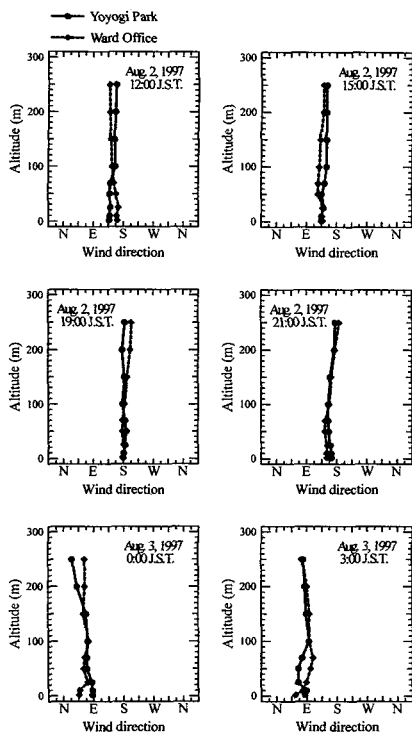


図 9 風向の鉛直プロファイル

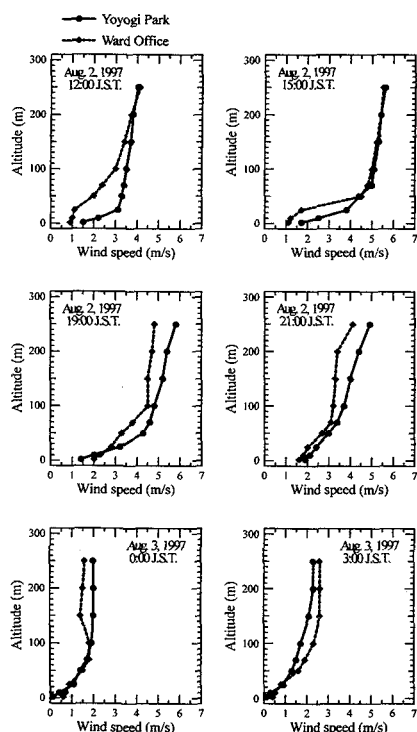


図 10 風速の鉛直プロファイル

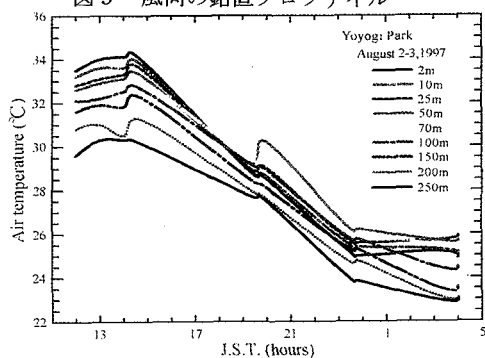


図 11 気温の日変化 (代々木公園)

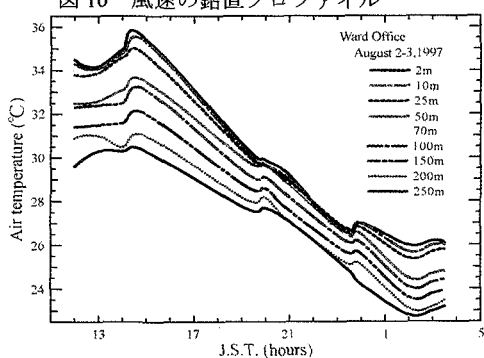


図 12 気温の日変化 (渋谷区役所)

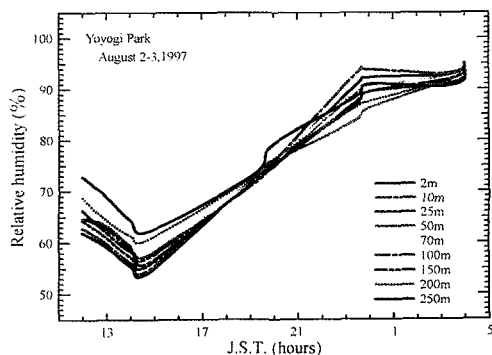


図 13 相対湿度の日変化 (代々木公園)

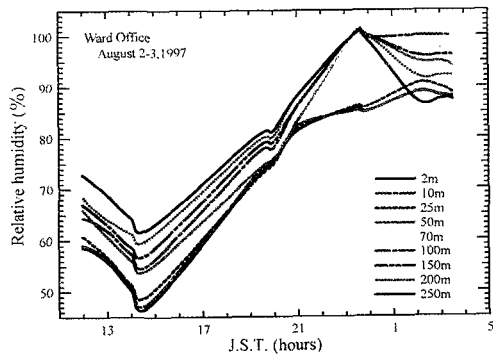


図 14 相対湿度の日変化 (渋谷区役所)

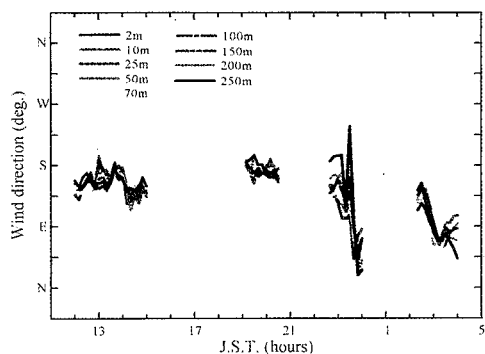


図 15 風向の日変化 (代々木公園)

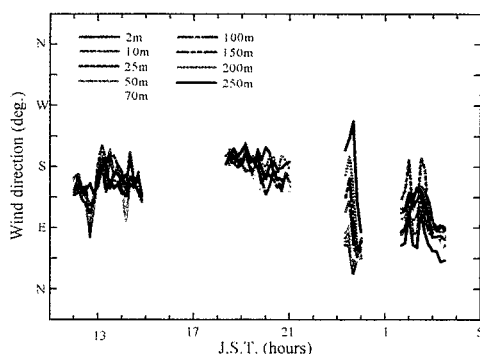


図 16 風向の日変化 (渋谷区役所)

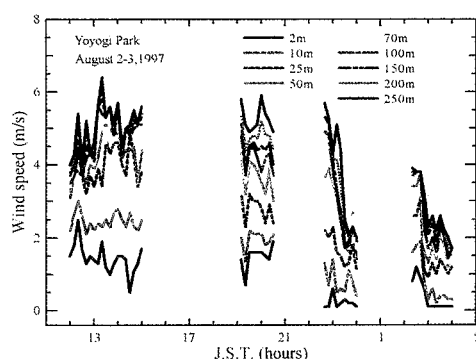


図 17 風速の日変化 (代々木公園)

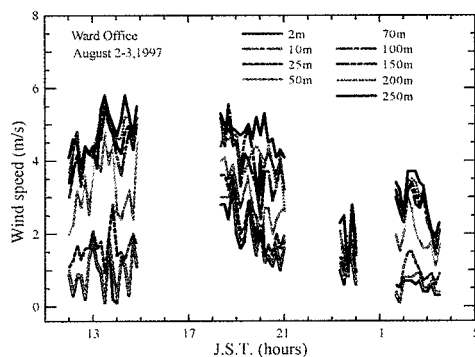


図 18 風速の日変化 (渋谷区役所)

時の時間帯および 1 時 40 分から 3 時 30 分の時間帯に 25 m 以下の低層部と上層部では風速の強度が分かれていることがわかった。

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) Kiriha, 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) 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.

- 4) 本條 毅: リモートセンシングによる都市内緑地の温度分布の解析, 造園雑誌, **49**(5), pp.301-304, 1986.
- 5) 丸田頼一、公園緑地の都市自然環境におよぼす影響, 都市計画, **69・70**, pp.49-67, 1972.
- 6) 丸田頼一: 市街地の公園緑地の機能効果, 気象研究ノート, **119**, 65-70, 1974.
- 7) 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.