

東京都心部における大規模公園緑地の熱環境 (その1)

三上 岳彦 宇田川 満 伊藤 政志
 (非常勤研究員)
 早福 正孝 朝来野 国彦 浜田 崇
 (東京都立大学)

要 旨

1992年の夏期に代々木公園・明治神宮とその周辺において、気温の長期間にわたる連続観測および鉛直観測を行った結果、クールアイランド(低温域)形成の時空間的特性が明らかになった。クールアイランドは、高気圧下の穏やかな晴天時に最も顕著に出現する。緑地内と周辺市街地の温度差で表現されるクールアイランド強度は、緑地を構成する植栽(芝生・樹木)によって異なり、樹林の場合は、昼夜ともに強いが、芝生上の場合は、日中よりも夜間に明瞭に現れる。

緑地内を通る気温の水平断面から、緑地内では昼夜ともに周辺市街地よりも低温な空気が滞留し、それらは周辺市街地ににじみ出すと考えられる。一方、代々木公園内芝生地で気温の鉛直プロファイルを測定した結果、緑地内では接地逆転による安定層が形成され、その高度は午前3時から6時ごろにかけて最大となり、地上60mまで達することが明らかになった。

1 はじめに

都市では、建築物の高層化・高密化、道路の舗装化、排熱の増大などによりヒートアイランド化が進行している。この現象は、夏季においては熱帯夜として知られ、都市に住む人々にとっては生活と密接な関係にある。一方、都市における緑地は低温域(クールアイランド)を形成することが明かであり(三上、1982)、近年それがヒートアイランドを緩和する効果が注目されている(丸田、1972;近藤ら、1983)。都市内の緑地がもつこの役割を解明し、将来の都市環境計画へ応用させることは、都市の温暖化を防止するとともに都市環境の保全という点からも有効であると考えられる。

2 研究の目的

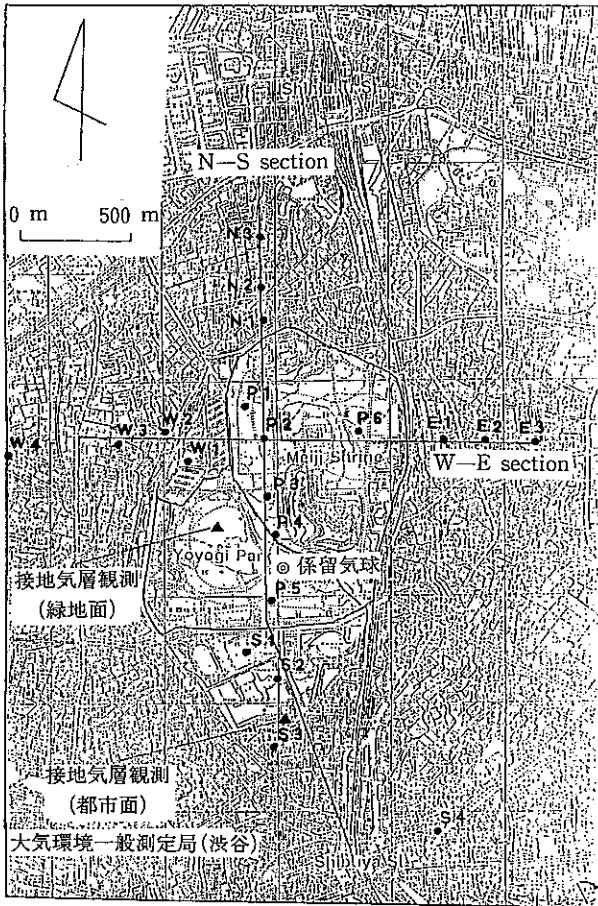
従来から、都市内緑地の熱環境に関する研究は数多くなされている(例えば、丸田、1974;片山ら、1990;宇田川ほか、1991)。しかし、緑地内の低温域がいつ、どのような天候の時に顕著であるかという時間的特性、またその特性が緑地の構成物質によって異なるのかといった点についての具体的な検討は未だなされていない。一方、空間的には、緑地内での鉛直方向の気温分布は解明されていない。そこで本研究では、都市内緑地およびその周辺市街地における夏季の長期気温観測より緑地内外

の気温の経日変化、日変化を明確にし、クールアイランドの時間的特徴を捉える。また天候との関連についても言及する。次に緑地内外での気温の移動観測、また緑地内での鉛直気温観測により、緑地が形成する低温域を空間的に把握することを目的とする。

3 調査方法

(1) 調査地域の概要および調査期間

調査地域として代々木公園、明治神宮およびそれらの周辺地域を選定した(第1図)。代々木公園は面積の1/3を占める広い芝生と15,000本もの高木が存在する森林公園で、明治神宮はそのほとんどが密な樹林で覆われている。両者の面積を合わせると約124haにも及び、都内最大規模の緑地を形成している。また、代々木公園・明治神宮の北側および南側は、それぞれ新宿駅、渋谷駅を中心とした繁華街で、中・高層ビルやデパートが林立している。一方、東側および西側は住宅街となっている。観測期間は梅雨の明けた1992年の7月20日～8月8日までの20日間で、期間中のほとんどが太平洋高気圧に覆われていた。しかし、8月1日の午後から8月5日までは本州南岸に停滞した前線の影響で、日照のない日が続き、8月1日～8月2日は時々小雨が降った。



第1図 調査地域および調査地点

- 定点観測地点
- ▲ 接地気層観測地点

(2) 調査方法

1) 定点観測

a) 代表定点観測地点について

定点観測地点を第1図に示す。また、緑地内外の代表地点としてP1、P4およびW4を選定した。一般的な緑地はおもに芝生と樹木によって構成されているため、芝生上の地点としてP1を、樹林内の地点としてP4を選定した。一方、緑地外の代表地点の条件としては緑地の影響や新宿や渋谷などの高温域の影響、また交通量の多い道路脇や工場等の局地的な熱源となるものを避ける必要がある。そこで代々木公園・明治神宮から約1kmはなれたW4の地点を選定した。

b) 気温の定点観測

気温の定点観測に際してはMDL (IBC社製データロガー) を使用し、10分間隔で連続測定をおこなった。MDLの設置の際には直射日光および放射の影響をさけ、また特異物(交通の激しい道路や工場等)の影響のないよ

うにした。設置高度は地上高1.5mの高さにすべて揃えた。放射よけのセンサーカバーは日射の影響を受けないように南北に向け、センサーカバーにはアルミ箔を巻き、2重にした(細野ら、1988)。なお、測定データを使用する際にはMDL間の器差補正とアスマン通風乾湿計による気温補正を行った。

c) 接地気層の観測

観測日時は1992年8月25日~26日である。観測項目は地上50cm、150cmにおける気温(MDL)、地表面温度(MDL)、地上150cmにおける乾球・湿球温度(アスマン通風乾湿計;吉野測器)、風向・風速(マイクロ・アネモ風向風速計)である。地上50cm、150cmの気温および地表面温度は、10秒間隔で測定をおこない、他は1時間毎に測定を行った。

2) 移動観測

以上の定点観測に加えて、気温の移動観測をおこなった。観測期間は次の通りである。1) 7月21日に日中の南北断面、2) 7月23日に日中の東西断面、3) 7月24日に夜間の東西、南北両断面について実施した。観測コースは第1図に示したとおりで、各ルートとも昼夜1回づつ観測を行った。なお、夜間の明治神宮内の値は、神宮内に立ち入ることができないため定点による値を用いて内挿してある。観測機器としてMDL (IBC社製) を使用し、測定に際する諸注意は定点観測と同様にした。昼間は徒歩で移動し、夜間は車で移動した。両者とも移動時間は2時間以内とし、データは定点による時刻補正を施した。また、昼間の観測では通風のDCファン (Shicoh社製) により強制通風した。通風速度および通風の向きは日本農業気象学会関東支部編 (1987) の規定に準じた。

3) 鉛直観測

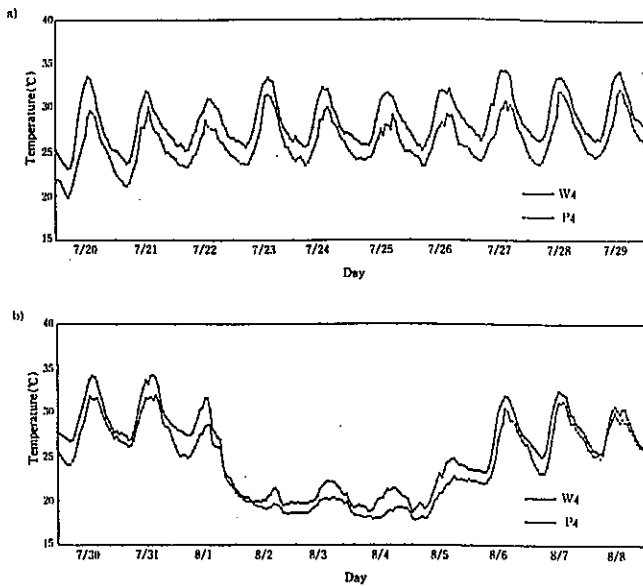
これらとは別に気温の鉛直観測を実施した。観測期間は1992年7月28日~29日である。保留気球にMDLを取り付け、高度250mまで3時間おきに測定した。測定高度は地上100mまでは10m間隔、それ以降250mまでは25m間隔とした。なおセンサー部分には上記と同様のものを使用した。保留気球(カイツーン)は東京都環境科学研究所、大気部所有のものを使用した。

4) その他のデータ

東京都環境保全局より大気環境一般測定局のデータ(気温、風向、風速)の提供を受けた。また、大手町にある地域気象観測所の日原簿のデータ(降水量、日射量、

日照時間、雲量)を参照した。

4 結果および考察



第2図 地点P4およびW4における気温変化
(a)1992年 7/22~7/29
(b)1992年 7/30~8/8

(1) 緑地内外の気温の経日変化

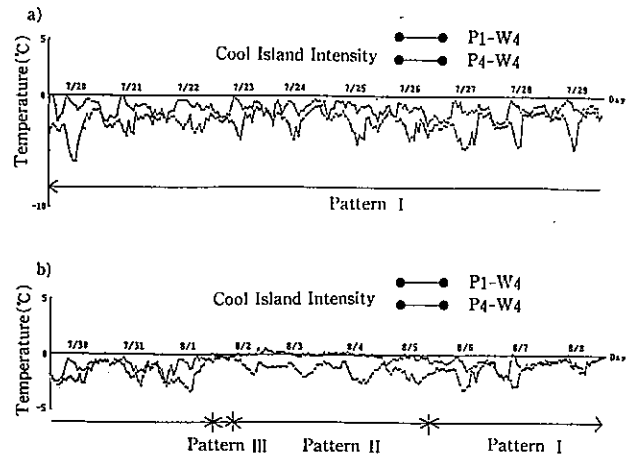
第2図は明治神宮内 (P4) と市街地 (W4) における観測期間中の気温の経日変化を1時間値で示したものである。降水のあった期間を除けば、緑地内 (P4) の気温は市街地 (W4) よりも定常的に低くなっており、従来示されてきた緑地内の低温性を表現している。

(2) クールアイランド強度の経日変化

従来、都市気候学で使われてきた“ヒートアイランド強度”という語は、ヒートアイランドの強さを現し、都市と都市の影響のない郊外の地点の気温差をもって示されている (Oke, 1971など)。そこで緑地内外の気温差を説明する語として、本研究では“クールアイランド強度”を使用する。“クールアイランド強度”は都市に存在する緑地内の低温の度合いを現すものとし、緑地とその影響を受けていない地点との気温差とする。具体的には緑地内の芝生上の地点 (P1) の気温と樹林内の地点 (P4) の気温から緑地外の住宅地域 (W4) の地点の気温を減じたもので示す。ここで、P1-W4のクールアイランド強度をCII(f)、P4-W4のクールアイランド強度をCII(l)と呼ぶことにする。

第3図は観測期間中におけるクールアイランド強度の

経日変化を1時間値で示したものである。この図の変動を検討していく。



第3図 P1-W4,P4-W4における
クールアイランド強度の経日変化
(a)1992年 7/22~7/29
(b)1992年 7/30~8/8

(a) クールアイランド強度の日変化

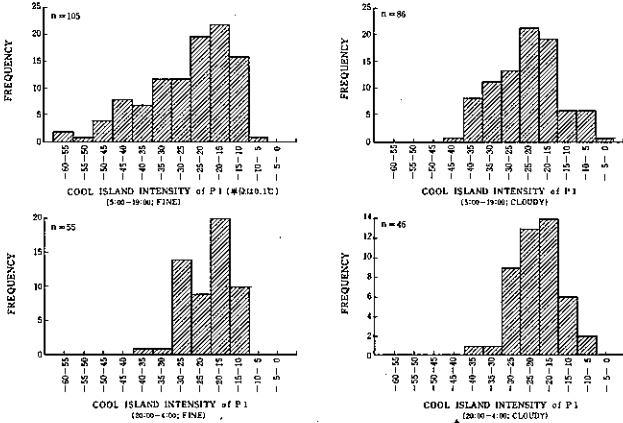
まず、図中のクールアイランド強度の日変化パターンに着目すると、3つのパターンに分類することができる。パターンIはCII(f)、CII(l)ともに顕著な日変化を示す。パターンIIはCII(f)はわずかながら日変化をするのに対し、CII(l)はほとんど0のままである。パターンIIIはCII(f)、CII(l)ともに0を示している。そこで、それぞれのパターンについてその時の総観場の気象条件との対応を試みた。パターンIは高気圧に覆われ穏やかで晴天または曇天であった(晴天および曇天の判断は、大手町の雲量データに基づく)。パターンIIは南岸に前線が停滞し終日北からの風が卓越しており、天候は曇りであった。パターンIIIはパターンIIと同様の気象条件であるが、降雨が観測された(大手町の降水量データに基づく)。このことから、クールアイランドは高気圧に覆われた比較的穏やかな日に最も顕著に出現することがわかる。すなわち、その出現日は総観場の気象条件に大きく支配されているとも言える。

(b) クールアイランドの時間帯別、天候別特性

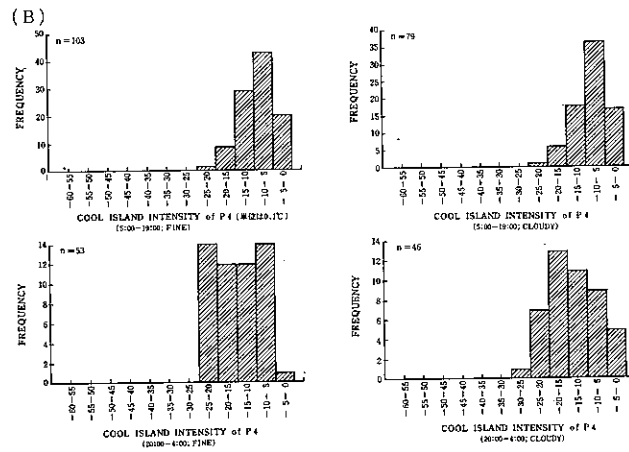
次に、クールアイランドが顕著に現れた高気圧下のパターンについて、検討を進める。第3図におけるクールアイランド強度のパターンの日変化に着目すると、CII(f)およびCII(l)ともに日中、夜間にそれぞれピークが存在する。日中のピークは樹林内では日射の遮蔽と蒸発

散、芝生上では蒸発散に起因すると考えられ、夜間のピークは、後述するように、放射冷却に起因すると推測される。そこで、その強度が成因の異なる日中、夜間のどちらに強く示されるのかということ、天候も考慮して第4図に示した。

第4図におけるヒストグラムの結果、CII(f)およびCII(l)は日中、夜間とも天候(晴天または曇天)による相違はあまりみられなかった。しかし、CII(l)は日中よ



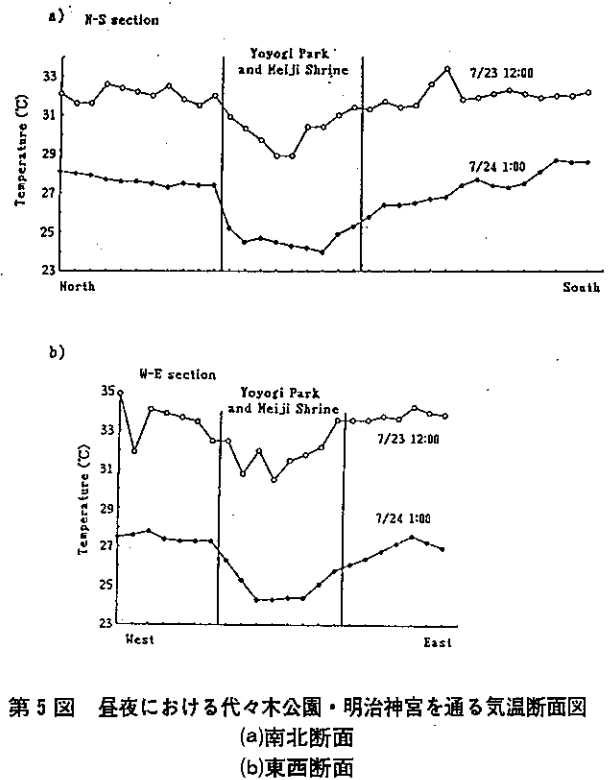
(A) 昼夜別、天候別の樹林内(P4)におけるクールアイランド強度 (ただし、昼は5:00~19:00とし、夜は20:00~4:00とした) (FINEは曇量8以下、CLOUDYは曇量9,10を示す)



(B) 昼夜別、天候別の芝生上(P4)におけるクールアイランド強度 (ただし、昼は5:00~19:00とし、夜は20:00~4:00とした) (FINEは曇量8以下、CLOUDYは曇量9,10を示す)

りも夜間においてその強度が強い傾向が現れた。一方、CII(f)は日中、夜間とも違いはなかった。このことから、都市に存在する緑地が形成するクールアイランドはその緑地を構成する植栽によって異なる可能性があるといえる。つまり、樹木のみで覆われている緑地の場合は終日クールアイランドは強く、芝生のみで覆われている緑地の場合は日中よりも夜間において強いことが予想される。しかし、いずれの場合にも晴天と曇天の違いは明瞭ではない。

(3) 気温の水平断面図



第5図 昼夜における代々木公園・明治神宮を通る気温断面図 (a)南北断面 (b)東西断面

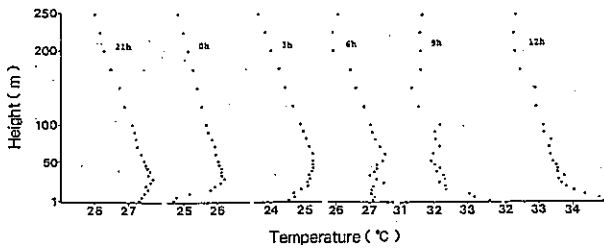
クールアイランドが強く明瞭に出現するのは、高気圧に覆われた晴天日または曇天日であり、その強度のピークは正午付近と夜中から早朝にかけてである。そこで午後0時と午前1時において、第1図に示した南北および東西の測線に沿った気温の移動観測を行った。その結果を第5図に示す。

この断面図から緑地内は周囲の市街地と比べ昼夜ともに低温を示し、その差は3~4°Cにも達していることがわかる。また、緑地と市街地との境界付近で気温の傾度が認められ、緑地内の低温な空気が市街地側に流出し、市街地の高温な空気をわずかながら冷却している。

(4) 気温の鉛直プロファイル

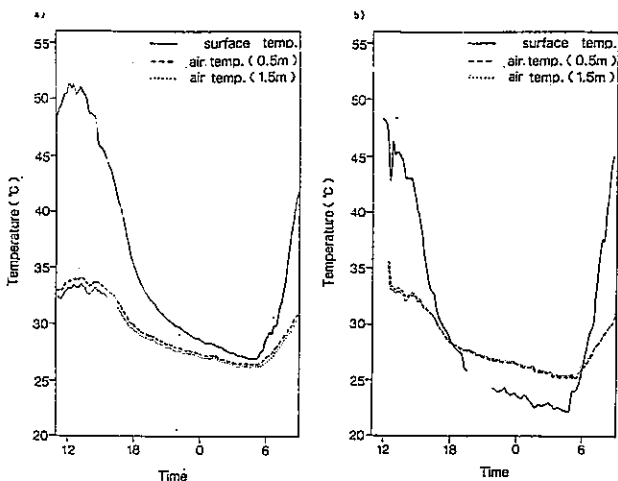
緑地内外の気温の水平分布は昼夜ともに大きな違いは認められなかった。しかし、クールアイランドを空間的に捉えるためには、鉛直方向の気温分布を調べなければならない。従来この鉛直方向の調査は行われていなかったため、本研究では緑地内の気温の鉛直プロファイルを明らかにした(第6図)。

観測地点は第1図に示してある。観測日は高気圧に覆われ晴天であった。しかし、正午から夕方にかけて風速が強く、この時間帯には係留気球をあげることができなかったためデータが欠如している。観測の結果、夜間、緑



第6図 代々木公園における気温の鉛直プロファイル (1992年 7/28-7/29)

地内では接地逆転がみられ比較的強い安定層を形成していることがわかった。逆転高度は午前3時から午前6時の間に最高60m付近にまで上昇しており、公園内の平均樹高の約3倍程度である。一方、都市部の気温鉛直プロファイルを今回は観測していない。しかし、緑地内(芝生上)と都市部(屋上面)において、地表面温度および高度50cm、150cmにおける気温の日変化をみると(第7図)、日没後緑地内は地表面温度の低下に伴い、下から冷却されているのに対し、屋上面では夜間においても気温よりも地表面温度が高く、屋上面に接地する気層を暖め



第7図 都市面および緑地面における表面温度、気温(地上高50cmおよび150cm)の日変化 (1992年 8/25-8/26)
(a)都市コンクリート面
(b)緑地芝生面

ていることがわかる。このことは、都市においては夜間は接地逆転層を形成しないという報告(気象庁、1977; 小園、1987;)とも矛盾しない。つまり、夜間においても大気を加熱し続けている都市の中で、緑地が存在し逆

転層を形成することで、夜間におけるヒートアイランドの発達をある程度阻止できることが実証されたといえる。

5 まとめ

以上をまとめると、次のようになる。

(1) 夏季、都市内に存在する緑地はクールアイランドを形成する。このクールアイランドは穏やかな高気圧下において最も顕著に現れる。

(2) 高気圧下、クールアイランド強度は緑地を構成する植栽(芝生と樹木)によって異なる。樹林内のクールアイランドは昼夜ともに強く、一方芝生上のクールアイランド強度は日中よりも夜間において強く現れる傾向がある。

(3) 緑地内外を通る気温の断面図から、緑地内は昼夜ともに周囲の市街地よりも低温を示していることがわかる。また、緑地内の低温な空気が市街地側に流出している。

(4) 緑地内の気温の鉛直プロファイルを明らかにした。観測の結果、緑地内では接地逆転がみられ安定層を形成していることが判明した。逆転高度は午前3時から6時にかけて最大60mにまで達する。このことは、緑地の存在が夜間のヒートアイランドの発達をある程度阻止していることを示唆している。

器材の設置に当たり、設置のための場所を提供していただいた明治神宮及び代々木公園の管理の方をはじめとする多くの方々に心から感謝致します。観測を手伝っていただいた東京都立大学地理学教室、東京大学地球惑星物理学科、気候コロキウム、全地院連の学生の方々に謝意を表します。

参考文献

宇田川 満ら：赤外線映像装置による地表面温度分布—公園緑地周辺—、東京都環境科学研究所年報、p.46-53(1991)。

小園 修：土浦市におけるヒートアイランドの立体構造、地理学評論、60、p.757-764(1987)。

片山忠久、石井昭夫、西田 勝、石原 修、林 徹夫、塩月義隆、堤 純一郎、齊藤郁雄、岩本静男、大黒雅之、北山広樹、高山和宏、前田昌一郎、エスペランサ・カロ：緑地の暑熱緩和効果に関する研究—緑の量と気温に

関する実測調査—。九州大学総合理工学研究科報告、
12(2)、215-220 (1990)。

気象庁：南関東大気環境調査特別観測資料 (全4冊)、
気象庁 (1975-1976)。

近藤三雄、間仁田和行、横山容三、小沢知雄：樹木、
芝生の微気象調節 効果に関する実証的研究。造園雑誌、
46(3)、161-175 (1983)

日本農業気象学会関東支部編：『農業気象の測器と測
定法』。農業技術 協会、p332 (1987)。

細野達夫、廣部明泰、青木正敏：気温測定における放
射除け・通気筒の 種類及び形状と測定誤差。農業気象、

44(3)、p.215-218 (1988)。

丸田頼一：公園緑地内の都市自然環境におよぼす影響、
都市計画、69/70、p.49-67(1972)

丸田頼一：公園緑地内の気象。造園雑誌、37、33-
55(1974)

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、35、21-36(1982)

Oke, T.R., East, C : The urban boundary layer in
Montreal. Boundary Layer Meteorology, 1, 411-
437. (1971)

The Environment of Large Vegetated Parks in Central Tokyo : Part 1

Takehiko Mikami* Mitsuru Udagawa,
Masashi Ito, Masataka Sofuku,
Kunihiko Asakuno and Takashi Hamada*
* Tokyo Metropolitan University

We made temperature observations in and around the Yoyogi and Meiji Shrine Park during the summer of 1992. As a result, it becomes clear that a cool island (low temperature area) appears most frequently under anticyclonic weather patterns. A cool island intensity which is indicated by the temperature difference between parks and surrounding built up areas depends on the vegetation in the park. In general, a cool island intensity is strong in case of a park with full of trees during day and night.

Horizontal temperature profiles show the cool air which stagnates in a park flows out to the surrounding areas during night. We also made observations for vertical temperature profiles. Results indicate that the ground inversion which reached to 60 meters high occurred early in the morning (3 to 6 a.m.).