

## 夏季高温時における樹林表層の葉温の低下に関する研究

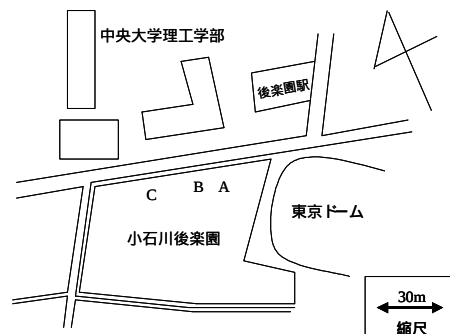
中央大学大学院 学生員 ○手計太一 中央大学理工学部 正 員 志村光一  
中央大学理工学部 正 員 山田 正 中央大学総合政策学部 正 員 日野幹雄

### 1. はじめに

2000 年 8 月, 都市内緑地を対象に行なった微気象観測の結果, 気温や日射量が上昇するとともにある条件を超えると, 葉温が急激に低下する現象を捉えた. 本稿ではその観測結果について報告する.

### 2. 観測概要

地図-1 は小石川後樂園とその周辺図である. 2000 年 8 月 24 日から 8 月 27 日までの 4 日間, 中央大学理工学部校舎屋上 (高さ 90m) より赤外放射温度計 (NEC 三栄株式会社製) を用いて小石川後樂園の樹木と周辺の都市域の表面温度を観測した. 園内においては熱収支観測を行い, Bowen 比法を用いて潜熱, 顕熱 flux を算定した.



地図-1 小石川後樂園とその周辺図

### 3. 観測結果

図-1 は 2000 年 8 月 26 日 7:30 ~ 10:00 の赤外放射温度計の画像である. 8 時から 8 時 30 分にかけては日射の影響を受け, 樹林表層温度も上昇する. そして 9 時になると急激に樹林表層温度は低下し, 9 時 30 分, 10 時とさらに低下する. 樹林表層温度はどの時間を通して周辺都市表面温度よりも低い. 図-2 は 2000 年 8 月 27 日の高度 13m における気温, 葉温, Bowen 比法で算定した潜熱 flux の時系列である. 気温が上昇するとともに初めは葉温も上昇し始めるが, ある条件 (本観測では大気温度が 29 を超える) で一転して不連続に葉温は急激に低下する. これと対応して, Bowen 比法で求めた潜熱 flux が大きく増加している. これらのことから, 蒸発散量の増大と葉温の低下が対応している.

図-3 は潜熱 flux の時間変化量 ( $d(LE)/dt$ ) と樹林表層の葉温の時間変化量 ( $d(T_{leaf})/dt$ ) の時系列である. 両者は, 日中においてはちょうど逆の挙動を示している. 特に葉温が下がり始める午前 9 時では, 潜熱 flux は急激に増大し, 葉温は急激に低下している. また葉温が気温に近づいていく午後 2 時から 4 時の時間帯においては, 潜熱 flux は減少し葉温は上昇している. さらにこれを散布図にしたものが図-4 である. この図から, 観測期間を通して図-3 と同様の傾向が得られていることがわかる.

### 4. 熱収支式による検討

熱収支式と Bulk 式のみを用いて, 観測結果の検討を行なった. 図-5 は, 図中に示した 3 つのパラメータを固定し, その他については観測値を代入して求めた潜熱に関するバルク係数  $C_E$  と観測した葉温との関係である.

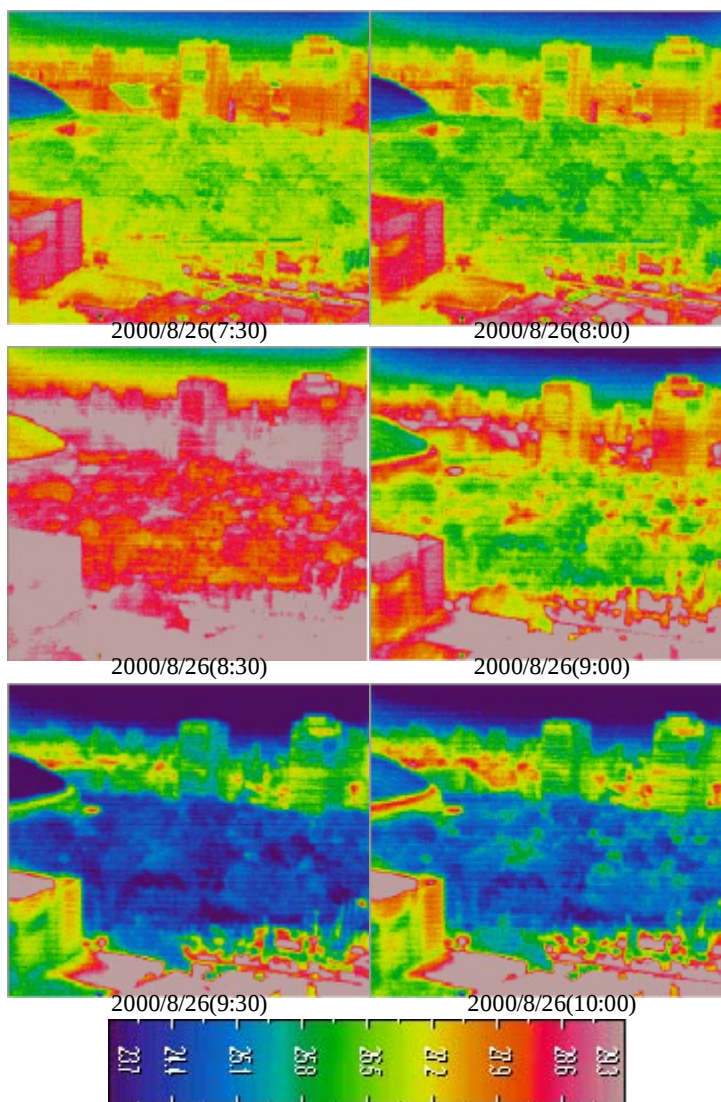


図-1 2000/8/26(7:30 ~ 10:00)の赤外放射温度計の画像の時系列

キーワード: 葉温, Bulk 式, Bulk 係数, サーモグラフ, 蒸発散

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03(3817)1805, FAX03(3817)1803

この図は、2000年8月24日の9時から16時という葉温の低下し始めから気温と同じになるまでの時間帯についての結果である。葉温の低いとき（言い換えれば、気温の高いとき）潜熱に関するバルク係数  $C_E$  は大きい値を示している。そして葉温の高いとき、それは小さい値を示している。これらのことから、葉温が低いとき（気温の高いとき）は水蒸気の交換が活発になるので、潜熱に関するバルク係数は大きくなり、葉温が高いときは水蒸気の交換が少なくなるので、潜熱に関するバルク係数は小さくなっている。次に、 $ref=0.3$ 、 $C_H=0.06$ 、 $C_E=0.01$ 、 $U=1.5[m/s]$ を固定し、気温と相対湿度については観測値を代入して葉温を求めた。日射については、2000年8月24日から27日の午前6時から12時までのデータから、最小2乗法を用いて気温の関数とした。その理由は、日射が急激に上昇する時間帯のみを使うことで、葉温の急激な低下を表現しようと試みたからである。図-6は、2000年8月27日の気温と葉温、さらに上記で説明した方法で求めた葉温の時系列である。実測の葉温と計算値のそれを比較すると、夜間から明け方にかけては計算値の方が低い傾向にある。しかし、日中観測された葉温のような挙動を計算値では表現することはできない。

## 5. まとめ

これまでの観測結果の解析、さらに理論的な検討を加えることで以下の知見が得られた。(1) 赤外放射温度計の画像解析から、樹林表層温度の急激な低下が捉えられた。また、樹林表層温度はどの時間を通してても周辺都市表面温度よりも低い。(2) 潜熱 flux の増加と葉温の低下、潜熱 flux の低下と葉温の上昇という2つの挙動が良く一致していることから、蒸発散によって葉温が推移していると考えられる。(3) 熱収支式と Bulk 式だけを用いた検討では、 $U$ 、 $C_H$ 、 $ref$ を固定して計算したものの、潜熱に関するバルク係数が大きいときに葉温は低下しており、それが小さいと葉温が上昇している。このことから、水蒸気の交換速度が高いと葉温が低下することがわかる。さらに、日中における葉温の挙動は観測値と比較すると全く逆であった。夜間から明け方にかけては、観測値と理論値はほとんど同じ挙動であった。

謝辞：本研究の遂行にあたり、東京都東部公園緑地事務所、小石川後樂園公園事務所の多大な協力を得た。ここに記して謝意を表す。

<参考文献> 1) 手計太一・志村光一・山田正・日野幹雄：夏季における葉の表面温度の日変化に関する研究、第26回関東支部技術研究発表会講演概要集、II-36、pp.230-231、1999。  
2) 手計太一・志村光一・山田正・日野幹雄：都市内緑地における葉温の挙動と微気候因子との関係に関する研究、水工学論文集、第45巻、pp.265-270、2001。  
3) Jones, G. H.: Plants and microclimate, Cambridge university press, 1994。  
4) 近藤純正：水環境の気象学、朝倉書店、1996。

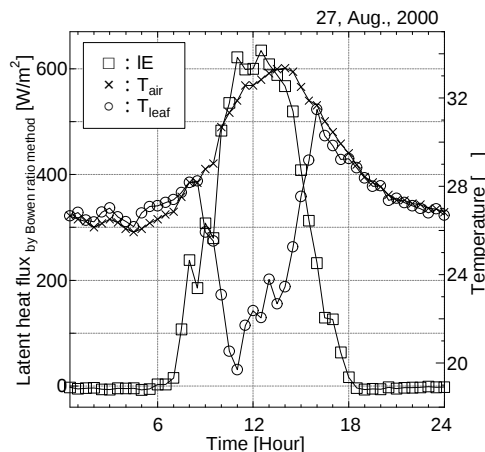


図-2 2000年8月27日の気温と葉温とBowen比法で算定した潜熱 flux の時系列  
24-27, Aug., 2000

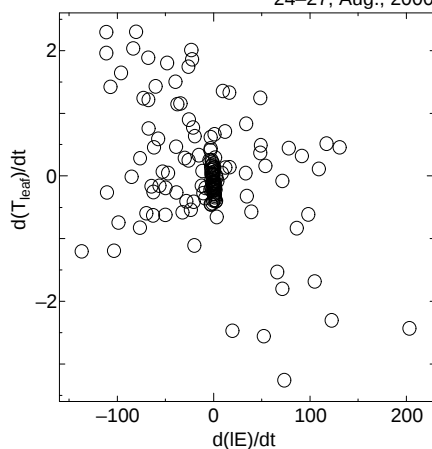


図-4 潜熱 flux と葉温の時間変化の関係

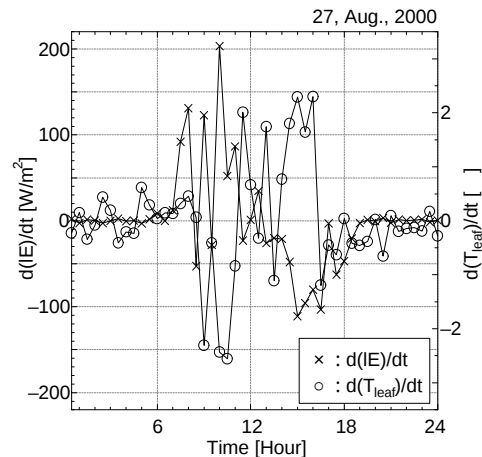


図-3 潜熱 flux と葉温の時間変化の時系列

Bowen比法で算定した潜熱 flux の時間変化量と葉温の時間変化量の挙動は良く対応している。

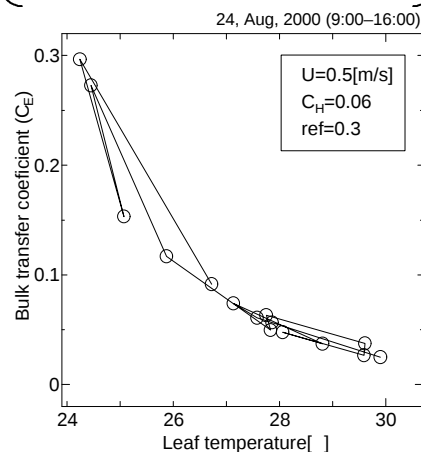


図-5 葉温と潜熱に関するバルク係数  $C_E$  との関係

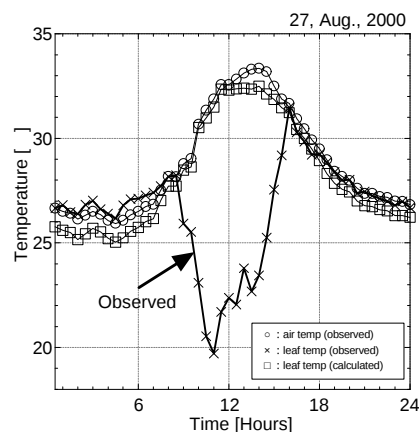


図-6 観測した気温、葉温と計算した葉温の時系列