

京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一
 京都大学大 学 院 学生員○沢井 康
 佐 藤 工 業 (株) 大西 豊

1. 緒 言

林地での水の動きを考慮した流出モデルの構成、林地あるいは流域水収支の完結といった目的において、蒸発散問題は極めて重要となってきたが、林地における蒸発散量の観測・推定事例の少ない状況においてはまず長期間にわたり、かつ高精度で種々の微気象要素を観測し蒸発散量の推定を行なうことに意義があると考えられる。そこで著者らは1981年 4月より東京都八王子市内に試験地を設定し、微気象要素の観測を通じてポウエン比熱収支法によって蒸発散量の推定を試みてきたが、この方法による蒸発散量の推定精度を決定づけるとも言える鉛直温度プロファイルをより詳細にとらえるため、1982年 8月より温度測定点を1か所増設し、3高度間での測定を行なってきたので、これについて報告する。なお、試験地の概要は文献を参照されたい。

2. 観測データの処理およびその解析

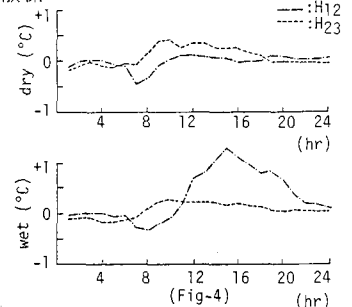
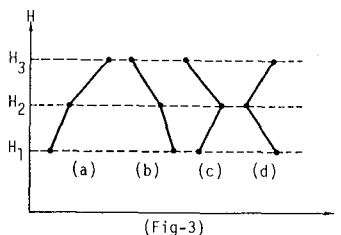
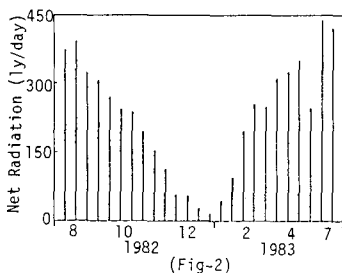
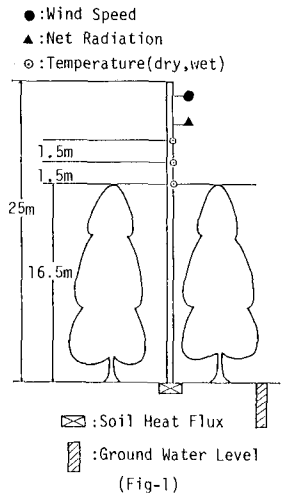
1) 観測システム 図-1に示すとおり、観測塔に風速計、放射計、乾・湿球温度計(各3高度)を設置し、さらにその直下に地中熱流計および地下水位計を設置している。

2) 各測定項目の特性 熱収支法適用に必要な純放射量R、地中熱流量Gおよび乾・湿球温度TD、TWのデータは1982年 8月より翌年 7月までについて得られているが、このうち晴天日のデータのみを選び出して蒸発散量の推定を行なった。選出した日の純放射量を図-2に示す。太陽高度および日照時間に起因する季節変動が明瞭に現われている。乾・湿球温度は図-1に示すように3高度(H1:16.5m, H2:18.0m, H3:19.5m)において測定した。したがって鉛直温度分布を定性的にとらえたと図-3に示す4通りが考えられる。図-4に1983年 7月14日におけるその分布の経時変化を乾・湿球それぞれについて示した。H1, H3間で温度分布は一様とはならず、8~10時においては図-3(C)の分布を呈し、樹冠付近が顕・潜熱フラックスのsourceとなっていることがわかる。これは樹冠付近が日射によって局部的に暖められたためと考えられる。その後(b)の分布に遷移し上下両層からの顕・潜熱フラックスは共に上空へ逸散している。なお(a)の分布は通常、夜間の快晴時に見られるが、(d)については顕著に現われることはなかった。

3) 潜熱フラックス(LE)の推定結果 ポウエン比熱収支法を用いた蒸発散量の推定計算には次式を使用した。すなわち、

$$E = \frac{R - G}{L} \left(1 - \frac{r}{k + r} \cdot \frac{\Delta TD}{\Delta TW} \right) \quad (1)$$

ここに、E:蒸発速度、L:気化潜熱、r:乾湿球定数(=0.5)、k:飽和蒸気圧曲線の傾度、 ΔTD , ΔTW :各高度間の乾湿球温度差、である。(1)式の適用にあたっては、各熱フラックスは鉛直方向成分のみであること、熱貯留・光合成などによるエネルギーの吸収が無視しうること、熱および水蒸気の拡散係



数が等しいこと、といった仮定を満足している必要がある。

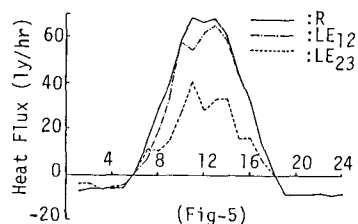
樹葉最繁茂期晴天日の代表例として、83年 7月14日のLE（蒸発散速度に気化潜熱（約580cal/gK）を乗じたもの）の経時変化を純放射量と併せて図-5に示した。図中、——は下層（H1, H2間）、----- は上層（H2, H3 間）の温度傾度に基づいて計算した値である。日合計蒸発散水量に換算して、下層は 5.9mm、上層は 2.7mmである。これは日中の温度分布が図-6に示す傾向にあったため、ボウエン比 $\beta_{12} < \beta_{23}$ となったことに起因する。上層を通過するLE23が下層を通過するLE12に対し過少評価される傾向は観測期間全てを通じて認められたが、夏期において顕著であった（図-7参照）。フラックスが鉛直のみであるとする熱収支法本来の仮定によれば、樹林内の水平面内を通過する水蒸気量は、日中は高度と共に蒸散量が増加するため増加するのが自然であるが、LE12, LE23に関してはこれとは逆の結果となっている。鉛直フラックスの仮定は、換言すれば鉛直1次元的な熱収支観測に基づく蒸発散量推定の限界を示すものであり、地表付近が複雑な林地においては主風向に沿う方向を取り入れた平面2次元的観測を行なうことが望ましいと言えよう。風向がほぼ一定しているような場合では、もうひとつ微気象観測塔を設置して観測することもできるが、あくまで特殊条件下といわざるをえないであろう。

樹冠付近での潜熱フラックスの挙動を概念的に示したものが図-8である。このような水平方向のフラックス、すなわち移流を鉛直1次元的な観測で定量的にとらえることはできないが、その存在の可能性について地上高約25mにおける風速 u と16.5mにおける湿度 h のデータをもとに調べた。すなわち u は移流を促進させ、 h は抑制させる効果を持つと考え、横軸に $u/h \times 100$ の昼間（10～15時）の平均値を、縦軸に LE12, LE23それぞれの昼間の合計値の比をとったものが図-9である。データ数は少ないものの両者に相関が認められよう。これは図-8に示した移流の存在の可能性を示唆するものと言えよう。さらに冬期は落葉によって林地の空気力学的粗度が夏期に比べて相対的に低下し、移流効果が小さくなっていると考えれば図-7に示された（ $\Sigma LE_{12} - \Sigma LE_{23}$ ）の季節的変動も理解されよう。

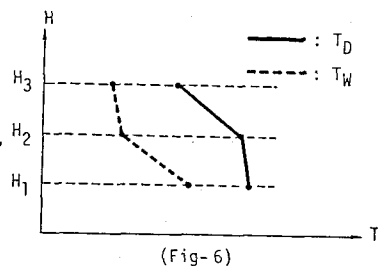
植生や土壌条件が主風向に沿って変化する場合、風上側の影響は、高度が低くなるほど小さくなる。したがって、今回の観測ではLE12が真値に近いと考えることができよう。しかし、H1を低くとりすぎれば樹葉の影響を受けたり、日射が真の樹冠からH1までの間で遮断されることなどにより、LEが過少に評価される恐れが生じる。さらに、温度プロファイルは H1, H3間で直線的でないことから、測定間隔はできる限り小さくすることが望ましいが、これは測定器の精度の制約を受けるため、常に測定値の有意性を考慮しておかねばならない。ここでは晴天日のデータのみを対象としたので 1.5m とした。

以上、主として上・下層を通過する潜熱フラックスの差異について考察を行なった。LE23が過少に評価された原因は、移流によるものと考えられる。したがって通常の熱収支観測を行なう場合、できる限り温度測定点を樹冠面に近接して設置するとともに、本試験地のように移流が蒸発散を促進させる効果をもつ場合には、推定値がやや少なく評価されることに注意する必要がある。

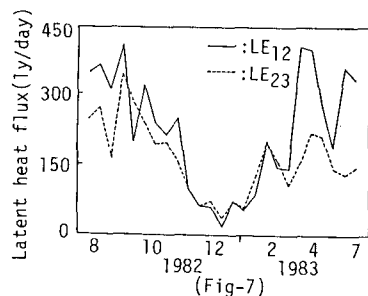
【参考文献】池淵, 沢井: 熱収支法による林地内蒸発散量の推定, 京都大学防災研究所水資源研究センター研究報告, 1983.



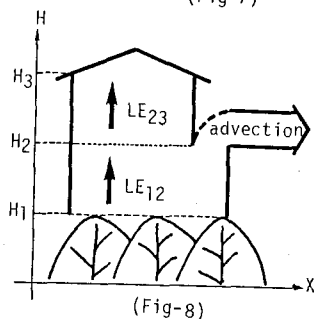
(Fig-5)



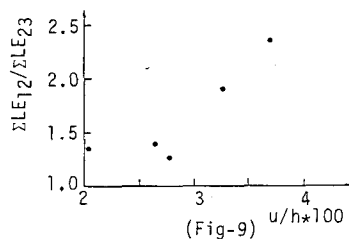
(Fig-6)



(Fig-7)



(Fig-8)



(Fig-9)