

大型ライシメータを利用したヒートパルス蒸散モデルの検証

徳島大学大学院 学生員 ○平尾保洋
徳島大学工学部 正 員 吉田 弘
徳島大学工学部 フェロ - 端野道夫

1. はじめに 流域蒸散量の的確な算定は、流域水収支を把握する上で必要である。これまで本学はヒートパルス蒸散モデル¹⁾を構築してきたが、真の蒸散値が得られていないため推定された蒸散量の妥当性を検証できずにいた。そこで、大型ウェインクライシメータを用いた屋外蒸散実験を行ってきたが、ロードセルに及ぼされる諸要因の影響のため、正確な重量が計測されずにいた。本研究では、蒸散活動の活発な夏季に重量変動校正実験を行い、較正式を構築した上で得られた蒸散量データを用いて、ヒートパルス蒸散モデルで推定した蒸散量の妥当性を検証した。

2. ライシメータを用いた屋外蒸散実験 屋外蒸散実験は、**図-1**に示す装置を用いて行った。蒸散実験の対象樹木には、13年生であるスギと幼木であるケヤキを用いた。樹木および容器全体の重量を3台のロードセルで1分毎に計測した。気温の急激な変化が計測重量に及ぼす影響を防ぐため、ロードセルは約30℃に温度管理されている。蒸散量を算定する際に、浸透排水による見かけの重量変動を補正しなければならない。そこで浸透水量は、転倒マス雨量計を用いて10分間隔で計測した。また、蒸散活動と密接に関連するヒートパルス速度を30分毎に、各種気象データを5分毎に計測した。蒸散量は(1)式を用いて算出した。なお、風による樹木の振動により重量データに小刻みな変動が見られるため、1時間の移動平均を重量データに施した。

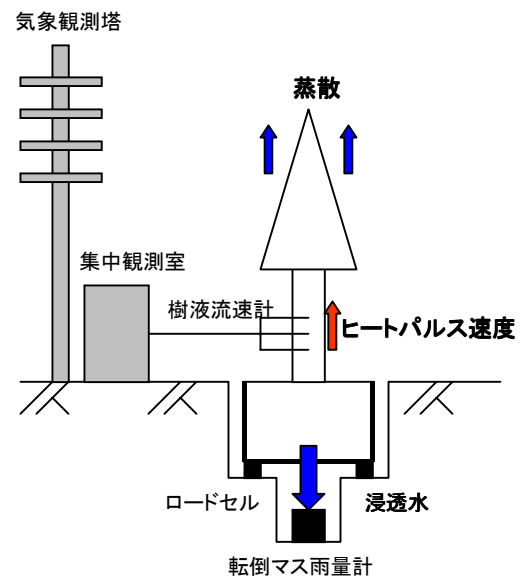


図-1 屋外蒸散実験概要図

ロードセルは約30℃に温度管理されている。蒸散量を算定する際に、浸透排水による見かけの重量変動を補正しなければならない。そこで浸透水量は、転倒マス雨量計を用いて10分間隔で計測した。また、蒸散活動と密接に関連するヒートパルス速度を30分毎に、各種気象データを5分毎に計測した。蒸散量は(1)式を用いて算出した。なお、風による樹木の振動により重量データに小刻みな変動が見られるため、1時間の移動平均を重量データに施した。

$$E(I) = X(I-1) - X(I) - XX(I) \quad (1)$$

ここに、 $E(I)$: I時における蒸散量、 $X(I)$: I時30分前後30分の重量データを移動平均したもの、 $XX(I)$: I時の前後30分における浸透水量の総和である。

3. 重量変動校正実験 重量計測においてピット内温度と気温がロードセルに何らかの影響を及ぼすと考え、較正実験を行った。容器内を土壌のみにし、土壌表面をシートカバーで覆えば、容器の重量変動は見られないはずである。しかし**図-2**に示すように無視し得ない重量変動が見られた。そこで説明変数としてピット内温度変動と気温変動を用いて、重量変動 ΔW を表現する重量変動較正式²⁾を構築した。

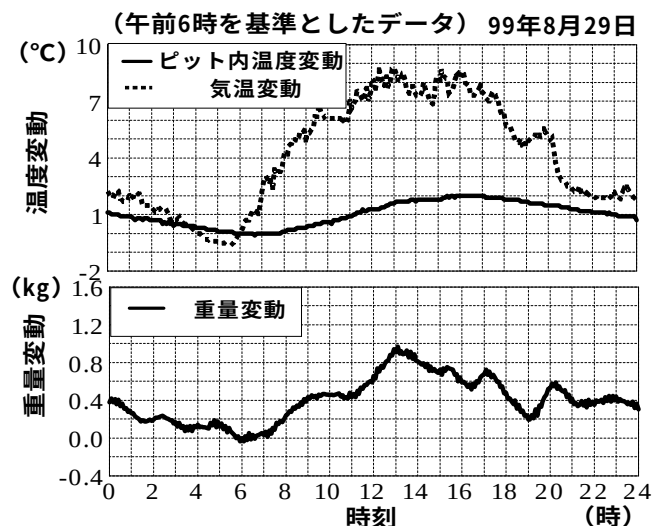


図-2 気温、ピット内温度と重量変動の関係

キーワード：ヒートパルス蒸散モデル、ライシメータ、重量変動較正式

連絡先（〒770-8506 徳島市南常三島町2丁目1番地 TEL&FAX 088-656-7333）

4. ヒートパルス蒸散モデルによる推定蒸散量 蒸散量の指標となる樹液流速を媒体としたヒートパルス蒸散モデルは以下の式で表現される。

$$\beta \frac{d^2 S_{TR}}{dt^2} + \alpha \frac{dS_{TR}}{dt} + S_{TR} = \gamma E_s \quad (3)$$

$$V_h = K \cdot E_s^p \quad (4)$$

$$E_T = \phi \cdot E_p \quad (5)$$

$$\begin{cases} \phi(S_{TR}) = \phi_m \exp(-\zeta \cdot S_{TR}) & (\Delta e < \Delta e_{cr}) \\ \phi(S_{TR} \cdot \Delta e) = \phi_m \exp(-\zeta \cdot S_{TR} - \eta \cdot \Delta e) & (\Delta e > \Delta e_{cr}) \end{cases} \quad (6)$$

ここに、 S_{TR} ：水分ストレス高、 E_s ：吸水強度、 V_h ：ヒートパルス速度、 E_T ：蒸散強度、 E_p ：ペンマンの可能蒸発散強度、 ϕ ：蒸散係数、 Δe ：飽差、 Δe_{cr} ：抑制が始まる飽差の下限值である。蒸散量は、推定蒸散量と比較するため、水深換算している。

実測ヒートパルス速度および実測蒸散量をもってモデルの誤差評価関数 F を最小にするパラメータを SIMPLEX 法により探索し、同定した結果を表 - 1 に示す。

$$F = \sum_{i=1}^N \{V_{h,obs}(t_i) - V_{h,est}(t_i)\}^2 \quad (7)$$

$$F = \sum_{i=1}^N \{E_{T,obs}(t_i) - E_{T,est}(t_i)\}^2 \quad (8)$$

ここに、 $V_{h,obs}(t_i)$ ：実測ヒートパルス速度、 $V_{h,est}(t_i)$ ：推定ヒートパルス速度、 $E_{T,obs}(t_i)$ ：実測蒸散量、 $E_{T,est}(t_i)$ ：推定蒸散量である。

同定に用いたデータは、1998 年 8 月 29 日のスギ、および同年 8 月 21 日のケヤキである。 α 、 β 、 γ 以外のパラメータには樹種間の違いは見られなかった。また、両樹種ともに、誤差評価をかえると α 、 β 、 γ が敏感に変化した。図 - 3 にモデルによる推定蒸散量と実蒸散量のグラフを示す。ケヤキのケースでは、実測ヒートパルス速度で誤差評価をした際の推定蒸散量と実蒸散量に若干のずれが見られたが、スギ、ケヤキの両者とも経時変化は、ライシメータによる実測蒸散量に概ね一致した。

5. まとめ 実地では、真の蒸散量が得られないため、誤差評価にヒートパルス速度を用いなければならないが、今回のケヤキのケースでは、実蒸散量と推定蒸散量に若干のずれが見られた。重量変動較正式の精度、あるいは気象データ、特に純放射量のデータの精度に問題が見られ今後の課題である。更に実験を続けて、データの精度向上を目指したい。

6. 参考文献 1)吉田，端野，村岡：水文・水資源学会誌，6(3)，pp.224-253，1993。

2)平尾，吉田，端野：大型ライシメータを利用した蒸散量推定法に関する研究，土木学会四国支部 第 6 回 技術研究発表会，2000。

表 - 1 同定したパラメータ

樹種	スギ		ケヤキ	
誤差評価法	実測 HPV	実測 蒸散量	実測 HPV	実測 蒸散量
α	0.0142	0.0042	0.0247	0.0003
β	0.2319	0.0306	0.1922	0.0004
γ	3.6034	3.2004	2.9290	1.8440
K	110.29	110.29	110.28	110.28
p	0.6245	0.6245	0.6245	0.6245
ξ	11.884	11.884	11.884	11.884
ϕ_m	2.2982	2.2982	2.2982	2.2982
E_{smax}	0.0627	0.0627	0.0627	0.0627
η	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145
Δe_{cr}	11.438	11.438	11.438	11.438

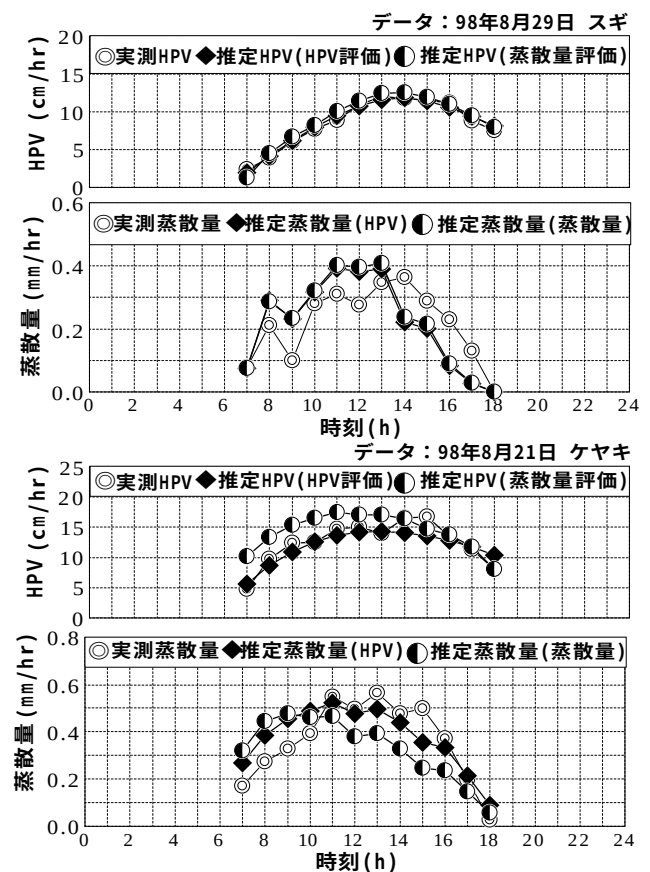


図-3 ヒートパルス蒸散モデルによる再現結果