

新ヒートパルス蒸散モデルの提案と大型ウイングライシメータによる検証

徳島大学大学院 学生員 ○森澤哲也
 徳島大学大学院 学生員 田中洋平
 徳島大学大学院 学生員 濱田英樹
 徳島大学工学部 フェロー 端野道夫

1.はじめに 本学では、蒸散量の定量評価を行うために2基の大型ウイングライシメータを用い、スギとケヤキの蒸散量の実測実験を行うとともに現地樹木のヒートパルス速度、および気象条件から蒸散量推定を行うためのヒートパルス蒸散モデルを開発してきた。本文では、より簡単な形の新ヒートパルス蒸散モデルを提案し、その妥当性の検証を行う。

2.新ヒートパルス蒸散モデルとその特徴 植生の蒸散機能は気象条件や土壌水分の影響を受ける。したがって、蒸散過程は土壌、植生、大気のいずれの3要素とも関連する水文過程であるとし、旧ヒートパルス蒸散モデル²⁾は3要素間の相互における水移動過程を数理モデルとして表現している。

一般に日中は、樹木は水分欠損状態にある。その際の水分欠損高を水分ストレス高 S_{TR} と呼ぶことにする。樹木内部の水分量 S に関する収支式、および水分ストレス高の定義式を(1),(2)式に示す。

(1),(2)式より(3)を得る。

旧モデルでは、吸水強度 E_s とヒートパルス速度 V_h の関係をべき関数として表現していたが、最近の研究成果¹⁾を基に線形関係と仮定し、(4)式とする。

次に、吸水強度は樹体内に発生する水分ストレス高の大小に大きく依存することから(5)式の様に表現する。水分ストレス高が増加する場合と、減少する場合を分離して考える点が新モデルの特徴である。

蒸散強度 E_T は純放射量の水深換算値 R_n に適切な蒸散係数 ϕ を乗ずる(6)式で表現する。

旧モデルでは、根系における給水強度と土壌水分ポテンシャルとの関係を表す「蒸散サブモデル」と、根系における吸水強度と土壌水分ポテンシャルとの関係を表す「吸水サブモデル」の2つのサブモデルからなっ

ていた。しかし、新モデルでは、土壌水分の影響はヒートパルス速度自体に現れると考え、「蒸散サブモデル」のみで構成している。また、旧モデルでは2階線形微分であったのに対して、新モデルでは1階線形微分と

$$\frac{dS}{dt} = E_s - E_T \quad (1) \quad S_{TR} = S_C - S \quad (2)$$

$$\frac{dS_{TR}}{dt} = E_T - E_s \quad (3) \quad V_h = k \cdot E_s \quad (4)$$

$$E_s = \begin{cases} \alpha_0 (S_{TR \max} / \Delta t)^{1-m_1} \cdot (S_{TR} / \Delta t)^{m_1} & \left(\frac{dS_{TR}}{dt} > 0 \right) \\ \alpha_0 (S_{TR \max} / \Delta t)^{1-m_2} \cdot (S_{TR} / \Delta t)^{m_2} & \left(\frac{dS_{TR}}{dt} < 0 \right) \end{cases} \quad (5)$$

$$E_T = \phi \cdot R_n \quad (6)$$

$$\phi = \phi_0 \cdot \exp \left\{ -\gamma (\Delta - \Delta c) - \eta_0 \left(\frac{S_{TR}}{\Delta t} \right)^b \right\} \quad (7)$$

$$\phi_0 = \exp \left(-\beta_0 \cdot R_n - \beta_1 \cdot \frac{dR_n}{dt} \right) \quad (8)$$

$$\text{ただし,} \quad b = b_1 \quad \left(\frac{dS_{TR}}{dt} > 0 \right) \quad b = b_2 \quad \left(\frac{dS_{TR}}{dt} < 0 \right)$$

S_C :日の出前の樹木が生理活動を営むうえで支障の無い水分量, Δc :蒸散抑制の始まる飽差, Δ :飽差, $k, \alpha_0, m_1, m_2, \gamma, \eta_0, \beta_0, \beta_1, b_1, b_2$:パラメータ

キーワード：蒸散モデル ヒートパルス速度 蒸散 ウイングライシメータ

連絡先：〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学建設工学科環境水文研究室 TEL/FAX (088) 656-7333

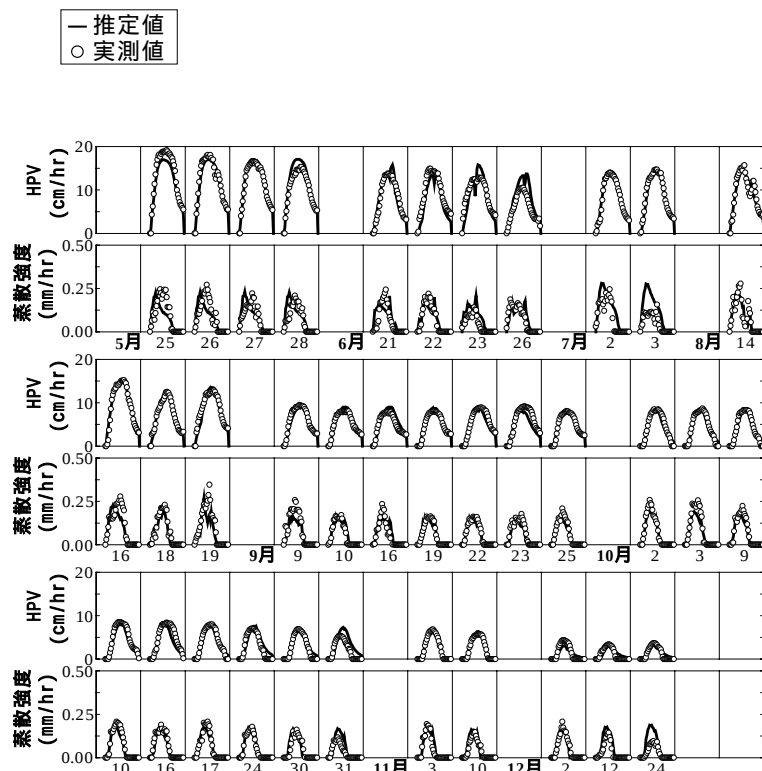


図 - 1 2002 年スギの推定値と実測値の比較

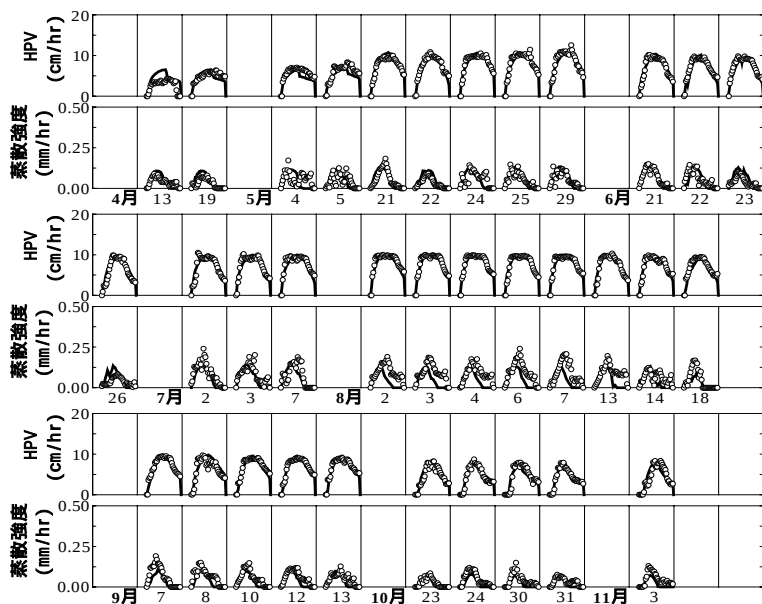


図 - 2 2002 年ケヤキの推定値と実測値の比較

表 - 1 観測期間中の推定および実測蒸散量

樹種	推定蒸散量 (mm)	実測蒸散量 (mm)
スギ	134	130
ケヤキ	209	279

なり、非常にシンプルなモデルとなった。同定は、ヒートパルス速度の推定値と実測値の差の自乗和が最も小さくなるようなパラメータの組み合わせを SIMPLEX 法により探索した。

3. モデルによるヒートパルス速度の推定

図 - 1、図 - 2 にヒートパルス速度の推定値と実測値の比較を示した。スギ、ケヤキともほぼ良好な再現結果となった。ただし、本来は1年間のような長期間でのパラメータ同定を行うべきであるが、樹種によってはヒートパルスセンサーが異常な挙動をすることがあるため、ここでは月毎に同定を行わざるを得なかった。

4. モデルによる蒸散強度の推定

図 - 1、図 - 2 に蒸散強度の推定値とライシメータによる実測値の比較を示した。さらに、表 - 1 には観測期間中の蒸散量の合計値を示す。ここで、蒸散強度 (mm/h) とは、実測蒸散量 (kg/h) を基準面積 (m^2) で除したものである。今回は基準面積に樹木の支配する面積に相当するライシメータ容器の面積を用いた。再現性については、あまり良くない月も見られるが、ライシメータ自体の計測誤差や風の影響等により明らかに実測値が誤っているところがある。例えば、ケヤキの夏場には、夜にもかかわらず蒸散量が観測されている。したがって、この程度の誤差は許容範囲内であると考えられる。

5. まとめ

新ヒートパルス蒸散モデルを用い、ヒートパルス速度および蒸散強度を実測値と比較したところ、両者ともほぼ良好な結果を得ることができた。

6. 参考文献 1) 小川滋: 森林場における水(量と質) - エネルギー循環の素過程の定量化と結合モデルの構築, 科研費(基礎研究A)研究成果報告書
2) 平尾保洋: 徳島大学 修士論文, 2001