

II-323

実森林流域における降雨遮断量の推定と評価

徳島大学大学院 学生員 木村 誠

徳島大学工学部 正 員 端野 道夫

徳島大学工学部 正 員 吉田 弘

(株)パシフィックコンサルタンツ 正 員 中谷 達志

1. はじめに： 樹木による降雨の遮断作用は、蒸散作用とともに森林流域からの水分損失の大きな割合を占めており、降雨遮断量を的確に評価することは、森林水収支の解明および水資源開発における重要課題である。本研究は、樹木による降雨遮断機構をタンクで表現したモデルを用いて遮断量を推定し、その結果について検討を行うものである。

2. 降雨遮断タンクモデルとパラメータ同定法： 降雨遮断モデルは図-1のように森林樹木の樹冠と幹をそれぞれ表現する2つのタンクから構成される。本モデルは、雨滴衝撃効果により降雨中と降雨終了後でモデルパラメータの値が変化すると考える。また降雨終了後では、樹冠から幹への水分移動がないものとし樹冠と幹のタンクは互いに独立であるとする。タンクからの流出成分(雨滴落下 d と樹幹流下 q)は、降雨中で(1)式、降雨終了後では(2)式を用いて表現する。また実森林においては湿潤な枝葉の面積に比例して蒸発量が大きくなると考えられることから、降雨中蒸発強度 E_1 は葉面への付着水高に比例している(3式)。降雨終了後の蒸発強度 E_2 は可能蒸発強度に比例するとした(4式)。以上のような特徴をもつ本モデルの水収支式は(5)、(6)式ようになる。パラメータの同定は前後12時間以上降雨のない降雨データを"1降雨"として1降雨毎に行う。パラメータは図中の下線が施されたものとし、このうち○で囲んだパラメータを最適化手法の変数とする。残りのパラメータはパラメータ間の関係式より求める。樹冠部および幹部の支配面積である p_1 、 p_2 は実測値を用いている。最適パラメータは実測樹幹流下量と差分計算により算定される推定樹幹流下量との誤差二乗和を評価関数とする最適化手法により探索される。

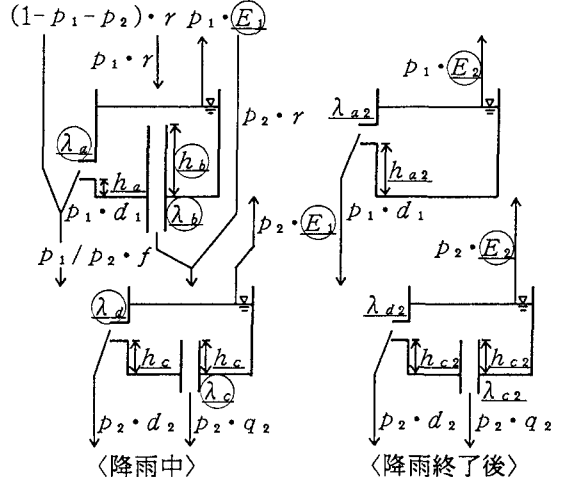


図-1 降雨遮断タンクモデル

3. 降雨遮断量の推定法： 降雨遮断量の推定では、複数(9ケース)のデータより同定されたパラメータの平均値を用いてタンクの形状を決定する。そして降雨量データおよび可能蒸発量 E_P を求めるための気象データを入力データとして、差分計算によりタンクの貯留水深を順次計算し、タンクからの流出量および蒸発量を求める。この時、1降雨における降雨中蒸発量と降雨終了後の蒸発量の和を求め、これを推定降雨遮断量とした。

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= \lambda_a \cdot (S_1 - h_a) & f &= \lambda_b \cdot (S_1 - h_b) \\ d_2 &= \lambda_d \cdot (S_2 - h_c) & q &= \lambda_c \cdot (S_2 - h_c) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= \lambda_{a2} \cdot (S_1 - h_{a2})^2 & f &= 0 \\ d_2 &= \lambda_{d2} \cdot (S_2 - h_{c2})^2 & q &= \lambda_{c2} \cdot (S_2 - h_{c2})^2 \end{aligned} \right\} (2)$$

$$E_1 = \alpha \cdot E_P \cdot S_1 / h_{a2} \quad (3)$$

$$E_2 = \beta \cdot E_P \quad (4)$$

E_P : Penman式による可能蒸発強度(mm/hour)

$$d \, S_1 / d \, t = r - E - d_1 - f \quad (5)$$

$$d \, S_2 / d \, t = r - E + p_1 / p_2 \cdot f - d_2 - q \quad (6)$$

4. パラメータ同定に用いた実森林データ： 対象流域は徳島県白川谷試験地で、林外雨量(降雨量)、林内雨量、樹幹流下量および気象データ(気温・湿度・風速)を観測した。日照時間については水資源公団池田ダム統合管理事務所での観測値を補正し、純放射量に換算して用いた。観測地の標高は約750m、対象とする樹木はスギである。林外雨量、林内雨量、樹幹流下量は、1mm転倒の自記雨量計で計測され、10分間隔でデータログ

ーに収録した。また対象とする樹木の下に大型集水板を設置して林内雨量を集水し、500cc転倒の自記雨量計で計測した。これより〈遮断量=林外雨量-林内雨量-樹幹流下量〉の関係を用いて遮断量を求め、これを実測降雨遮断量とした。解析期間は1990年12月~1991年11月の1年間である。大型集水板による林内雨量の観測期間は1991年7月~9月の3カ月間である。

5. 降雨遮断量の推定結果と評価： まず実測遮断量を用いて推定遮断量の検証を行う。図-2は1降雨の降雨量と遮断量の関係を描き、その回帰直線を示したものである。この図より推定遮断量は実測遮断量を良く再現していることがわかり、本研究で用いた遮断量推定モデルの妥当性が確認できる。次にパラメータについて、その季節変化の影響を調べるため、年平均パラメータを用いて解析する方法を夏季と冬季に分割し、それぞれの平均パラメータを用いて解析する方法に変えて遮断量の推定を試みた。その結果(表-1)は遮断率にして0.3%の変化にとどまり、年平均パラメータを用いて遮断量を推定することが十分可能であることが示された。

6. 蒸発量の推定結果と評価： 本研究における遮断量推定モデルの大きな特徴は、タンクモデルを用いることにより樹冠および幹の付着水分量を経時的に知ることができるという点にある。この付着水分を用いて降雨中蒸発強度を表現することにより、これまでの遮断量推定法では表現できなかった降雨中蒸発量を的確に、経時的に求めることができる。図-3は1降雨における樹冠の付着水分量と推定蒸発強度の経時変化を示したものである。また図-4は1降雨の蒸発量を降雨毎に示したグラフであり、この図は近年の研究で指摘されている〈1降雨における蒸発量の内、降雨中蒸発量の占める割合はかなり大きい〉ということを確認している。また、各降雨とも降雨終了後の蒸発量が1mm前後ではば一定になっており、既往の研究からもこれは妥当な値であると考えられる。このように降雨終了後の蒸発量が降雨毎に変わらないことから、図-2にみられるような降雨量と遮断量の比例関係は、降雨中蒸発量に起因すると説明できる。次に平均降雨強度と降雨中の平均蒸発強度との関係を図-5に示す。一般に1降雨における総降雨量が多いほど平均降雨強度が大きい場合が多いので、平均降雨強度が大きくなるほど、降雨量に比例する蒸発強度も大きくなるということが予想される。図-5はこの現象をよく表現できている。以上の結果から本モデルの妥当性が確認できる。

7. むすび： 実測降雨遮断量との比較により、年平均パラメータを用いた降雨遮断タンクモデルの妥当性が確認できた。今後は、本モデルの特徴である経時的に得られる樹冠の付着水高を指標として、降雨中蒸発量や蒸発と蒸散の関係などについて、より詳細に検討を進めて行く方針である。

表-1 降雨遮断量推定結果(年間)

解析に用いたパラメータ	年遮断量(mm)	遮断率 %
年平均	321	13.3
夏季・冬季別平均	314	13.0

(年降雨量=2407mm 遮断率=年遮断量/年降雨量×100)

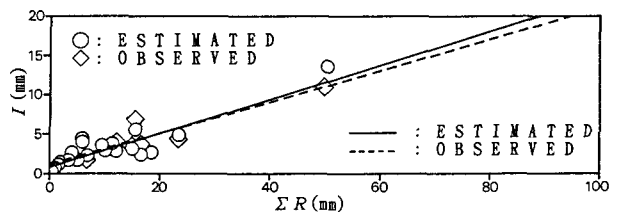


図-2 降雨量 ΣR と遮断量 I の関係

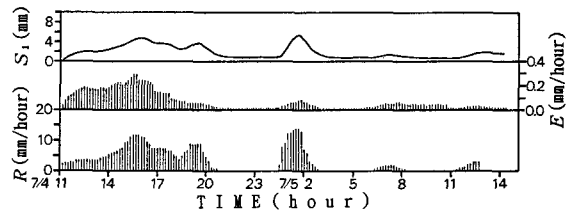


図-3 付着水分 S_1 ・蒸発強度 E ・降雨強度 R の経時変化

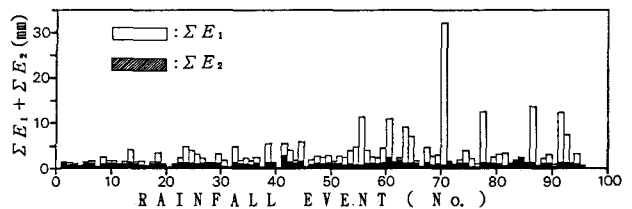


図-4 降雨中蒸発量 ΣE_1 と降雨終了後の蒸発量 ΣE_2 の関係

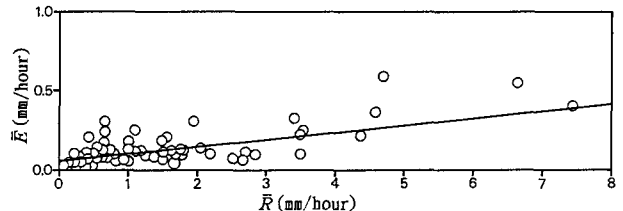


図-5 平均降雨強度 $\bar{R}$ と平均蒸発強度 $\bar{E}$ の関係