

降雨遮断タンクモデルに関する比較検討

徳島大学工学部 正 員 端野 道夫
 徳島大学大学院 学生員 ○高橋 将人
 徳島大学工学部 正 員 吉田 弘

1. は し が き

樹木による降雨遮断量を正確に推定することは、水文及び水資源開発の重要課題である。本文では、昨年度の研究からある程度妥当性が見いだされた降雨遮断タンクモデル¹⁾の流出孔の大きさ(定数)を、水深により変化させて降雨開始から終了を経て、樹幹流下または雨滴落下のどちらか遅いものの終了時刻(最遅終了時刻)までのモデルを3つ考案した。そしてその3つのモデルを室内実験データを用いて比較し、降雨中と降雨終了後のそれぞれで最適モデルを確定した。また、最遅終了時刻以後の蒸発散モデルから得られた蒸発強度をPenman式²⁾による蒸発強度などと比較する。

2. 降雨遮断タンクモデルとパラメータ推定法

実現象では降雨終了後の樹幹流下量の時間変化は、早期のうちに大きく低減し、その後は小さく長期にわたり低減してゆく傾向がみられる。前報のモデルでは、この実現象をうまく捉えることが出来なかった。そこで、本報では表-1のモデル2、モデル3に示すように樹幹流下および雨滴落下の流出孔の定数をタンクの水深により変化させた。このモデルの特徴は、直達雨量割合 p 以外のパラメータ λ_s 、 λ_d 、 h_s 、 h_d の値は降雨終了後 $\lambda_s \rightarrow \lambda_{s2}$ 、 $\lambda_d \rightarrow \lambda_{d2}$ 、 $h_s \rightarrow h_{s2}$ 、 $h_d \rightarrow h_{d2}$ にそれぞれ変化することである。全てのパラメータは樹幹流下量と時間情報から求めた。降雨中から推定するパラメータは、 λ_s 、 λ_d 、 h_s 、 h_d 、 p であり、残りのパラメータ λ_{s2} 、 λ_{d2} 、 h_{s2} 、 h_{d2} は降雨終了後の樹幹流下量から求める。パラメータの推定方法は、降雨中を前半部、降雨終了後を後半部と2つに分けて考える。前半部では λ_s 、 λ_d を二変数、後半部では λ_{s2} を一変数とすると、他のパラメータはそれに関連する式から解析的に決定され推定樹幹流下量が求まる。そして観測樹幹流下量と推定樹幹流下量の差の2乗和を評価関数とし、その関数値を最小とするパラメータの組合せを見つけるという最適化手法を用いた。室内実験の蒸発強度推定では、 E_1 は降雨中であることより零とし、 E_2 は後述の実験から得られた実測値を用いた。

3. 蒸発散モデルについて

最遅終了時刻以後の蒸発散モデルは、 $ds/dt = -E_e s / C - E_t$ (1) を考えた。この式の右辺第一項は樹冠に付着した水分の蒸発強度を表す項で蒸発強度はその表面積に比例し、表面積は付着水分量を基準面積で割った見かけの水深 s に比例すると考えた。ここに、 E_e : 樹冠に付着した実質水表面からの蒸発強度(mm/hr)、 E_t : 根系からの水分の吸い上げによる葉面からの蒸散強度(mm/hr)、 C : 最遅終了時刻の付着水高(mm)である。

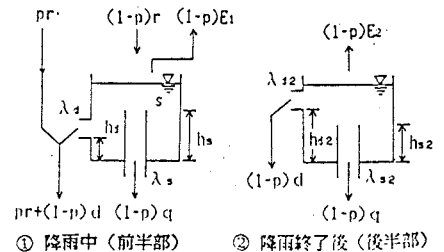


図-1 降雨遮断タンクモデル

表-1 各モデルの一覧表

	雨滴落下量 d	樹幹流下量 q
MODEL 1	$d = \lambda_d (S - h_s)$ $d = \lambda_{d2} (S - h_{s2})$	$q = \lambda_s (S - h_s)$ $q = \lambda_{s2} (S - h_{s2})$
MODEL 2	$d = \lambda_d (S - h_s)^2$ $d = \lambda_{d2} (S - h_{s2})^2$	$q = \lambda_s (S - h_s)^2$ $q = \lambda_{s2} (S - h_{s2})^2$
MODEL 3	$d = \lambda_d S (S - h_s)$ $d = \lambda_{d2} S (S - h_{s2})$	$q = \lambda_s S (S - h_s)$ $q = \lambda_{s2} S (S - h_{s2})$

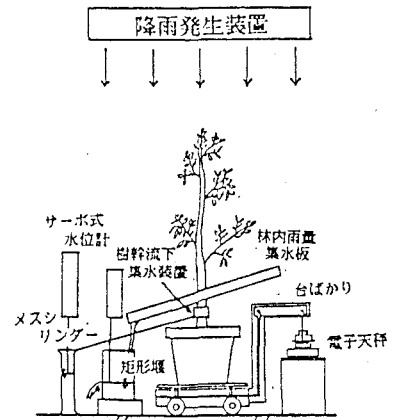


図-2 降雨発生装置と付着水量測定装置

4. 室内実験データによる各モデルの比較検討

図-2のような降雨発生装置で、3種類(樹高約2mのモミ、クス、サンゴジュの鉢植え)の樹木を用いて室内実験を行った。測定事項は林内雨量、樹幹流下量の時間変化と雨滴落下、樹幹流下の各開始時刻と終了時刻である。本研究では、降雨開始からの樹木の重量変化も台ばかりと電子天秤の組合せにより直接観測した。この方法により100kgを越える樹木の重量に対して1gのオーダーで水分の重量変化を計測することができる。この装置で最遅終了時刻までは2分毎に、それ以後は10分間隔で付着水の重量変化を計測した。このときの気温、湿度、風速もPenman式利用のため同時に記録した。

1). 各タンクモデルの比較検討 いかなる場合においても降雨中ではモデル1の評価関数値が最小となり、降雨終了後ではモデル2が最小となった。これらの現象を地下水流出のモデル³⁾に例えて考えると、降雨中のモデル1は降雨の影響を受けているので被圧型地下水モデルに対応して、降雨終了後のモデル2は不被圧型地下水モデルに対応しているようである。これらのモデルを組み合わせ、実測樹幹流下量と比較したものの一例を図-3に示す。このようにモデルの組合せにより実現象をよりよく再現できることがわかった。

2). 最遅終了時刻からの蒸発散モデルの検討 図-4に実測値と式(1)による理論線の適合度の一例を示す。実測付着水分高は、付着水分量を集水板面積で割ったもので、理論線は式(1)の係数を、実測値から逆に得た連立方程式により求めた。また、上記により得られた蒸発強度 E_t とPenman式により求めた蒸発強度 E_p を比較したものが図-5である。これらの図から、最遅終了時刻以後の蒸発散モデルはかなり妥当性があることがわかった。式(1)により得られた蒸散強度 E_t は0.007~0.095(mm/hr)であった。各樹木の日の出から日没までの蒸散強度の変化は、どの場合も緩やかな「山」型となった。このピーク値は約0.03(mm/hr)であったので E_t の推定値とほぼオーダーは一致した。

5. あ と が き

降雨遮断タンクモデルを前半部ではモデル1、後半部ではモデル2の2つに分けて考え、最適化手法を用いてパラメータを推定したため、昨年度までの解析的な推定方法に比べて全体的に安定した推定結果を得た。しかしクスでは、樹木の射影面積の割合(1-p)の推定値が過小になったとので、今後はこのような樹木についても対応できる樹冠タンクと流下タンクの2つのタンクを有するような降雨遮断タンクモデルを開発してゆきたい。最後に、本研究の実験を行うに当り本学の卒業生、逢坂光博、田中清の両君の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

〔参考文献〕1)端野道夫ら；土木学会年講, II-30, 1987 2)Penman; Vegetation and Hydrology, 1963
3)高木不折；地下水流出のモデル化について, 水工学夏期研修会講義集, A-6, 1977

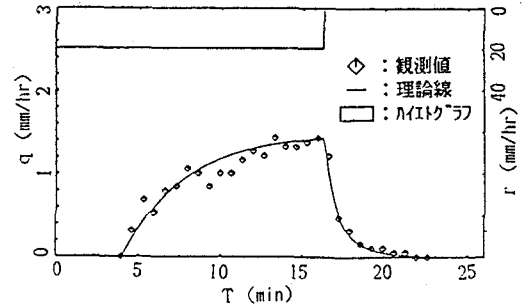


図-3 樹幹流下量の観測値と推定値の適合度

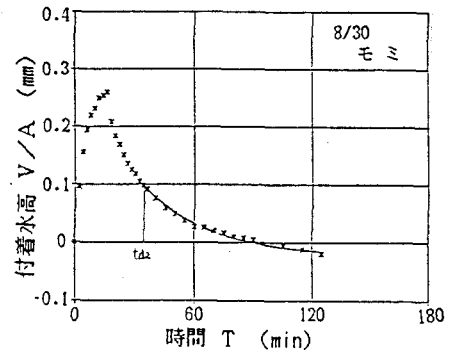


図-4 付着水高の時間変化

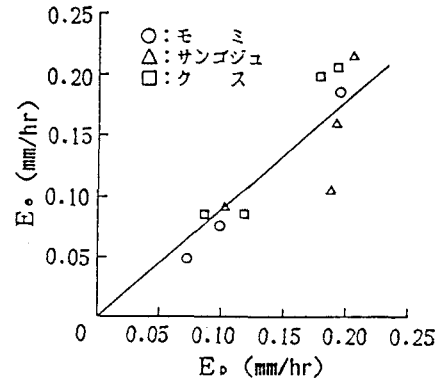


図-5 E_t と E_p の比較