

徳島大学大学院	学生員	高橋	将人
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

樹木による降雨遮断量を適確に推定することは、森林水収支の解明及び水資源開発の重要課題である。本報では、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や蒸散強度なども検討する。

実現象では降雨終了後の樹幹流量の時間変化は、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（モデル1）では、この実現象をうまく表現することができなかった。そこで、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適落下の流出孔の定数をタンクの水深により変化させた。これらのモデルの特徴は、直達雨量割合 p 以外のパラメータ $\lambda_s, \lambda_d, h_s, h_d$ の値は降雨終了後 $\lambda_{s2}, \lambda_{d2}, h_{s2}, h_{d2}$ にそれぞれ変化することである。

3. 蒸発散モデルについて

4. 室内実験データによる各モデルの比較検討及び考察

① 降雨中 (前半部) ② 降雨終了後 (後半部)

表-1 各モデルの一覧表

	雨適降下量 d	樹幹流下量 q
MODEL 1	$d = \lambda_0 (S - h_1)$ $d = \lambda_{02} (S - h_{12})$	$q = \lambda_1 (S - h_1)$ $q = \lambda_{12} (S - h_{12})$
MODEL 2	$d = \lambda_0 (S - h_0)^2$ $d = \lambda_{02} (S - h_{02})^2$	$q = \lambda_1 (S - h_1)^2$ $q = \lambda_{12} (S - h_{12})^2$
MODEL 3	$d = \lambda_0 S (S - h_0)$ $d = \lambda_{02} S (S - h_{02})$	$q = \lambda_1 S (S - h_1)$ $q = \lambda_{12} S (S - h_{12})$

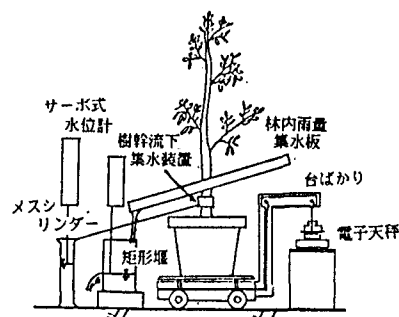
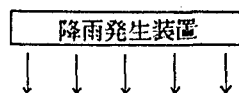


図-2 降雨発生装置と付着水量測定装置

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適落下、樹幹流下の各開始時刻と終了時刻である。また、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は被圧型地下水モデル、降雨終了後のモデル2は不被圧型地下水モデルにそれぞれ対応しているようである。降雨中にモデル1、低減部にモデル2を用いた結果の一例を図-3に示すが、これより実現象をより良く再現できることがわかる。このときの蒸発強度 E_2 は既知として解析したが、実森林における解析では、 E_2 は未知なのでこれもパラメータの1つにして最適化手法を用いる必要がある。そこで、 E_2 も変数として2、3の室内実験データについて検討した結果、 E_2 の推定値は妥当な値を得た。

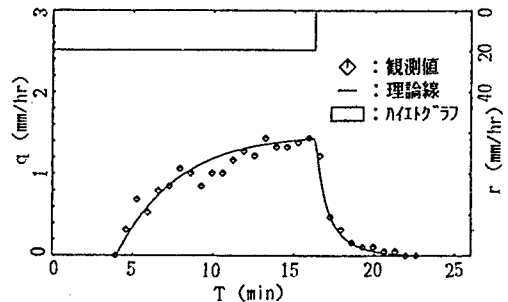


図-3 樹幹流下量の観測値と推定値の適合度

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。得られた蒸発強度 E_0 は0.049~0.528(mm/hr)、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、 E_t の推定値とほぼオーダーは一致した。

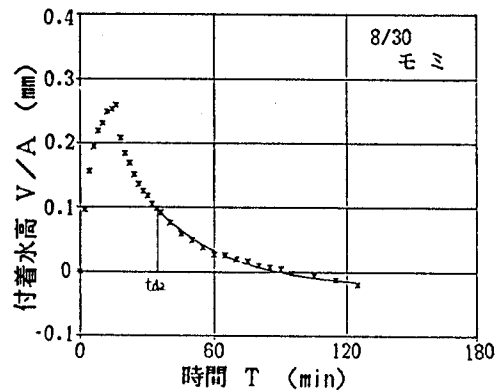


図-4 付着水高の時間変化

5. あ と が き

降雨遮断タンクモデルとして降雨中はモデル1、降雨終了後の低減部ではモデル2が適切であること明かとなるとともに、最適化手法によるパラメータ推定法が、有効であることが明かとなった。これまで樹木からの蒸発強度は、流域全体として代表性に乏しい気象データ（気温、湿度、風速、日射量）を用いたPenman-Monteith法⁴⁾などに頼っていたが、これらの気象データがなくても、この降雨遮断タンクモデルによって蒸発強度 E_2 が得られるということがわかった。しかし樹冠の付着水を幹に集めにくいクスでは、樹木の射影面積の割合(1-p)の推定値が過小になり、低減部の蒸発強度 E_2 の推定値も過小になった。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、本報の実験を行うに当たり本学の卒業生、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 4)Monteith;Evaporation and environment,Symp.Soc.Exp.Biol,19,206-234,1965