

森林流域における遮断・蒸散量および保水能の定量評価(2)

徳島大学大学院	学生員	橘 大樹
徳島大学工学部	フェロー	端野 道夫
徳島大学工学部	正員	田村 隆雄

1. はじめに

本研究では遮断, 蒸散, 流出の素過程モデルを用い遮断, 蒸散を的確に分離し, 森林流域の保水能を定量的に評価する. 解析対象流域は徳島県山川町奥野井試験流域および同県脇町横野谷試験流域である. 奥野井試験流域の概要は流域面積 8.0 km^2 , 標高 $250 \sim 1100 \text{ m}$, 年降雨量 1682 mm , 地質は三波川結晶片岩帯に属し, 主要樹種は常緑針葉樹のスギである. 横野谷試験流域の概要は流域面積 0.8 km^2 , 標高 $350 \sim 800 \text{ m}$, 年降雨量 1275 mm , 地質は中生層の和泉層群に属し, 主要樹種は落葉広葉樹のコナラである. 前報¹⁾ との主な相違点は日遮断蒸発, 蒸散モデル及び流出モデルであり, また, 流出モデルのパラメータ同定には洪水時間単位降水量および流量データも用いて解析精度の向上を計った.

2. 各モデルの概要とパラメータ同定法

森林流域全体の遮断蒸発量と蒸散量を観測することは不可能であることから, 観測期間中の降雨量と流出量の差で与えられる蒸発散量を日遮断蒸発モデル, 日蒸散モデルを用い日遮断蒸発量, 日蒸散量に分離する.

日遮断蒸発モデルは(1)式に示すような非線形モデルを用いる. 単木での降雨量と遮断蒸発量の関係を調べた結果より得られた回帰式である²⁾.

$$\begin{aligned} I &= C \exp(a_\theta \theta + a_H H + b_p \ln P) P & (P \leq P_C) \\ I &= C \exp(a_\theta \theta_C + a_H H_C + b_p \ln P_C) P & (P \geq P_C) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに, θ , H , P : それぞれ降雨開始後からの積算平均気温, 積算平均飽差, 積算降雨量; a_θ , a_H , b_p , C : 回帰係数及び定数であり, θ , H の添え字は P が臨界降雨量 P_C を越えた時刻における θ , H の値を示す.

次に蒸散抑制を考慮した日蒸散モデルを(2)式で表す.

$$\begin{aligned} e_T / R_n &= \phi = b_T & (q > q_{cr}, H < H_{cr}) \\ e_T / R_n &= \phi = b_T \exp\{-\gamma_q \ln(q_{cr}/q) - \gamma_\Delta (H - H_{cr})\} & (q < q_{cr}, H > H_{cr}) \end{aligned} \quad (2)$$

ここに, R_n : 日純放射量(水深換算値); q : 流出量; q_{cr} : 土壤水分不足による蒸散抑制が始まる日平均流出量; H : 日平均飽差; H_{cr} : 蒸散抑制が始まる飽差; γ_q , γ_Δ : 蒸散抑制係数; b_T : 蒸散抑制が働いていないときの蒸散係数; ϕ : 蒸散係数である.

遮断蒸発, 蒸散モデルに関するパラメータ C , P_C , b_T , γ_q , q_{cr} , γ_Δ , T_C は次のように同定する. 1年間の降雨量 P と流出量 Q の差は遮断蒸発量 I と蒸散量 T の和に等しいはずである. よって年間についての観測値 $(P - Q)$ と推定値 $(I + T)$ の差の絶対値 $|(P - Q) - (I + T)|$ を最小にする最適なパラメータを SIMPLEX 法を用い探索する.

なお, 遮断蒸発に関するパラメータである a_θ , a_H , b_p は単木での遮断蒸発量の観測データの解析結果を用いる. また, 蒸散抑制が開始される飽差 H_{cr} は 10 hPa とする.

次に流出モデルは図-1 で示すような地表面流分離直列 2 段タンクモデル³⁾ を用いる. パラメータ同定は(3)式のように実測流出量 q_c と推定流出量 q の差のカイ 2 乗和に年間水収支の誤差絶対値を追加したものを最小にする最適なパラメータを SIMPLEX 法を用い探索する. なお ΔS とは計算期間初日と最終日の地中水貯留高の差である.

$$F = |q - q_c| / \sqrt{q} + \sum (P - Q) - \sum (I + T) - \Delta S \quad (3)$$

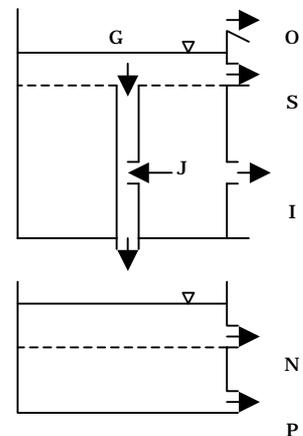


図 - 1 タンクモデル

キーワード 遮断蒸発, 蒸散, 森林, 森林の保水能, 定量評価

〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL/FAX 088(656)7332/7333

3. 遮断蒸発量, 蒸散量, 流出量の推定結果

同定で得られたパラメータを用いて計算した結果の再現性を見るためのハイドログラフを図-2, 図-3 に示す. 次に1年間(2000年10月5日~2001年10月4日)での流域水収支を表-1 に示す. 奥野井試験流域は高水時, 低水時

共に再現性は良好である. 横野谷試験流域は高水時の再現性は良好であるが低水時での再現性に悪い部分が見られる. これは試験流域内に民家があり逕流水を利

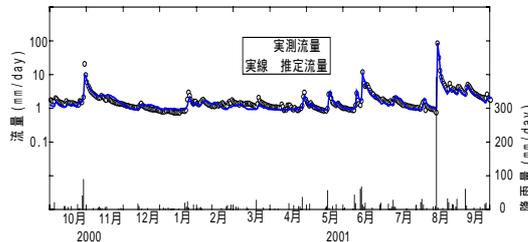


図-2 ハイドログラフ(奥野井)

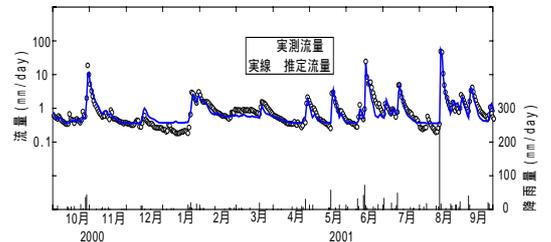


図-3 ハイドログラフ(横野谷)

用していることが原因であると考えられる. しかし, 高水時における再現性は良好であるため大規模降雨時における森林流域の保水能の評価は可能だと考える.

4. 保水能の定義と同一集中豪雨に対する両試験流域の比較

保水能という言葉は曖昧なためここでは厳密に定義する. 地中水貯留量の1ヵ月中の最大値と, その最大値から以前の最小値となるまでの期間が流域地中保水量に対応した期間で, その期間中の最大値と最小値の差を流域地中保水量とし, これを保水能と定義する.

2001年8月20日から21日の1日間で総降雨量399mmなる集中豪雨が奥野井試験流域で発生したが, この集中豪雨が横野谷試験流域に降った場合についてシミュレーションした結果を表-2 に, またそのグラフを図-5, 図-6 に示す. 気温, 標高は奥野井のデータを採用しており, これで両試験流域の保水能について比較・評価をする. 表面流出 Q_o を見ると, 奥野井で241mm, 横野谷で250mmと降雨量の内6割も占めている. 反対に地中水流出 Q_G は奥野井で25mm, 横野谷で3mmと降雨量の内数%程度である. そして流域地中保水量の最大値 S_{max} は奥野井で103mmと降雨量の1/4程度でしかなく, 横野谷に関しては43mmと奥野井の半分以下でしかなかった. 以上より横野谷試験流域の保水能は奥野井試験流域に比べ劣ると言える. また主要樹種が(保水能が一般に高いと言われている)落葉広葉樹であるにもかかわらず, 横野谷試験流域の流域地中保水量の最大値は針葉樹林主体である奥野井試験流域のそれ

に比べ半分以下と劣っていることから保水能の大きさには流域の主要樹種はほとんど関係がないと考えることができる. そして集中豪雨では流量がピークに達した時点で流出量のほとんどが斜面表層から溢れた表面流出であり, いわゆる「緑のダム」には期待できないと言える.

5. まとめ

日遮断蒸発モデル, 日蒸散モデルを用いて遮断蒸発, 蒸散量を分離した後, タンクモデルを用いて森林流域の保水能を定量的に評価した. 最後に貴重な資料の提供を頂いた国交省四国地方整備局徳島河川国道事務所にて謝意を表します.

参考文献 1)元山・森沢・端野・梅岡:平成14年度土木学会第57回年次学術講演会, 2)元山・端野・梅岡:平成15年度土木学会第58回年次学術講演会, 3)端野・田村・田淵・富士川:土木学会水工学論文集 Vol.45

表-1 年水収支

単位(mm)	P	I	T	Q	S
奥野井	1682	386	430	836	30
横野谷	1275	317	405	539	15

表-2 洪水期間の水収支

単位(mm)	P	I	T	Q_o	Q_G	ΔS	S_{max}
奥野井	399	62	8	241	25	64	103
横野谷	399	97	10	250	3	39	43

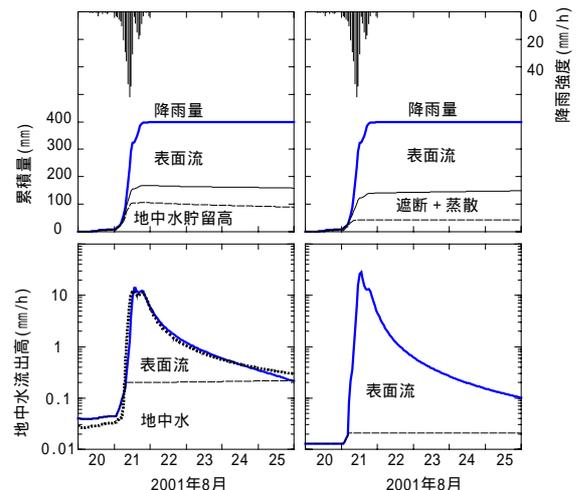


図-5 奥野井試験流域(スギ)の地中水貯留量とハイドログラフ

図-6 横野谷試験流域(コナラ)の地中水貯留量とハイドログラフ