

森林流域における遮断・蒸散量および保水能の定量評価

徳島大学大学院 学生員 ○元山 知範
 徳島大学大学院 学生員 森沢 哲也
 徳島大学工学部 フェロー 端野 道夫
 徳島大学工学部 正会員 梅岡 秀博

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，蒸散量および森林土壌の保水能を定量的に評価する方法を提示する．解析対象流域は徳島県山川町奥野井森林試験地および同県脇町横野森林試験地である．

奥野井試験地の概要は流域面積 8.0km²，標高 250 ～ 1100m，年降雨量 1289mm，主要植生は常緑針葉樹のスギ，ヒノキである．横野試験地の概要は流域面積 0.8km²，標高 350 ～ 800 m，年降雨量 1024mm，主要植生は落葉広葉樹のコナラ，アベマキである．

2. 各モデルの概要とパラメータ同定法

森林流域全体における遮断蒸発量と蒸散量を直接知ることは出来ないことから，観測期間中の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量の関係を調べた結果，一定の降雨量までは非線形でありその後線形的に推移することを考慮したものである¹⁾．

$$e_1 = a \cdot h^\alpha \cdot w^{-\beta} \cdot p \quad (p \leq p_c \quad w = p ; p \geq p_c \quad w = p_c) \quad (1)$$

ここに， p ：日降水量； p_c ：非線形から線形への変曲点の降水量； h ：Hamon 式による日可能蒸発散量； α, β ：ベキ乗数； a ：遮断係数で， α, β, a は樹種，樹高，樹冠密度により決まる．

次に蒸散抑制を考慮した日蒸散モデルを(2)式で表す．

$$\begin{aligned} e_T &= b \cdot r_n && (q > q_c, \Delta e < \Delta e_{cr}) \\ e_T &= b \cdot \exp\{-\gamma_q(q_c - q) - \gamma_\Delta(\Delta e - \Delta e_{cr})\} \cdot r_n && (q < q_c, \Delta e > \Delta e_{cr}) \end{aligned} \quad (2)$$

ここに， r_n ：日純放射量； q ：日平均流出量； q_c ：(土壌水分不足)による蒸散抑制が始まる日平均流出量； Δe ：日平均飽差； Δe_{cr} ：蒸散抑制が始まる飽差； γ_q, γ_Δ ：蒸散抑制係数； b ：係数である．

遮断蒸発，蒸散モデルに関するパラメータ $\alpha, \beta, p_c, a, b, \gamma_q, \gamma_\Delta, q_c$ は次のように同定する．ある期間の蒸発散量 E_a は流域降雨量と実測流出量の差として与えられる．一方，その期間の推定蒸発散量 E_e は(3)式のように遮断・蒸散モデルの値の和として計算される．よって(4)式のような残差2乗和を最小とするような最適パラメータをSIMPLEX法を用い探索することが出来る．

$$E_e = I + T = \sum e_1 + \sum e_T \quad (3) \quad F = \sum (E_e - E_a)^2 \quad (4)$$

なお，遮断蒸発に関するパラメータである α, β, p_c 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，蒸散抑制が始まる飽差 Δe_{cr} は10hPaとする．

次に流出モデルは図-1で示すように地中水タンク，表面流出タンクからなるタンクモデルを用いることとする．流出モデルのパラメータ同定は(5)式のように実測流出量 q_o と推定流出量 q_e の χ^2 誤差を評価関数とし，値が最小となる最適パラメータをSIMPLEX法を用い探索する．

$$F = \sum |q_e - q_o| / \sqrt{q_o} \quad (5)$$

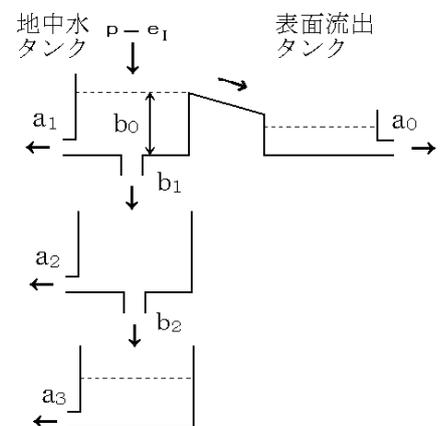


図-1 流出モデル

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. 遮断量・蒸散量・流出量の推定結果

本モデルに使用したパラメータを表-1, 表-2 に示す. 次に1年間(2000年5月~2001年4月)での流域水収支を表-3 に示す. なお ΔS_G とは計算期間初日と最終日の地中水貯留高の差である. また再現されたヒドログラフを図-2, 図-3 に示す. 奥野井試験地は高水時, 低水時ともに再現性は良好である. 横野試験地は高水時の再現性は良好であるが低水時での再現性の悪い部分が見られる. これは試験地内に民家があり渓流水

表-1 遮断・蒸散モデルパラメータ

	a	α	β	p_c	b	γ_c	γ_q	γ_Δ	q_c
奥野井	0.75	0.102	0.316	25	0.80	0.48	0.005	0.010	0.41
横野	0.57	0.024	0.127	20	0.74	0.92	0.006	0.011	0.60

表-2 タンクモデルパラメータ

a_0	b_0	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3
2.74	43.6	0.067	2.282	0.032	0.110	0.005
0.91	16.6	0.045	0.718	0.045	0.101	0.003

を利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土壌の保水能の評価は可能だと考える.

表-3 年水収支(2000/5~2001/4)

単位(mm)	P	I	T	Q	ΔS_G
奥野井	1395	484	321	551	38
横野	1057	364	270	367	55

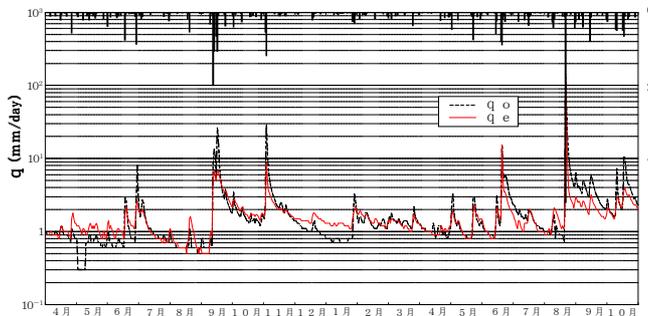


図-2 再現流出高(奥野井試験地)

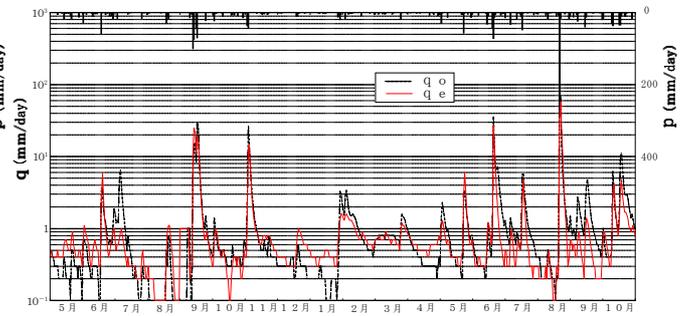


図-3 再現流出高(横野試験地)

4. 最大地中水貯留高

図-4 のように降雨開始からの地中水タンクへの浸透量($p-e_t-0$)の積算値から地中水タンクから出た量(q_c+e_t)の積算値を差し引いた量が地中に貯留される. この量の最大値を最大地中水貯留高 S_{max} と定義する. 2000年5月~から2001年10月の期間での各月ごとの S_{max} とその時の地表面到達雨量との関係を図-5 に示す. なお, 降雨開始から7日間で地中水貯留量が最大値をとった場合の地中水貯留高を S_{max} としている. これを見ると横野試験地では地表面到達雨量の大きさに関わらず S_{max} は 50mm 程度になっている. 奥野井試験地では表面地到達雨量が 100mm 以上において, 1例を除けば, S_{max} が 100mm 程度になっている. ここではほぼ同程度の多量の地表面到達雨量をもたらした降雨イベントが2つ発生した. 一方(2000/9)は6日間 256mm と長時間に渡り継続し降ったのに対し, 他方(2001/8)は10数時間に 275mm と短時間に集中し, この降雨の降り方の違いが S_{max} の大きな違い(9月 S_{max} 226mm, 8月 S_{max} 106mm)となって現れた.

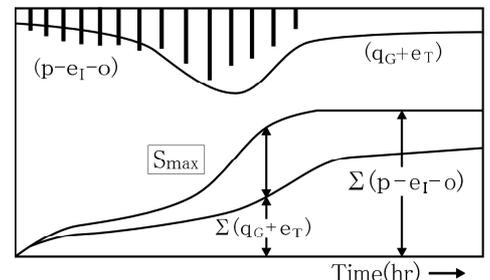


図-4 最大地中水貯留高

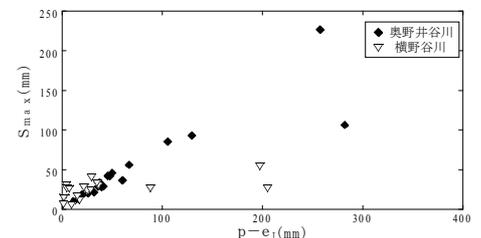


図-5 最大地中水貯留高

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量, 蒸散量分離を行った後, 地表面流分離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する方法を提示した.

参考文献 1) 森沢・元山・端野・樹種が異なる樹木についての遮断蒸発量の現地観測とモデル化, 平成14年度土木学会四国支部第8回技術研究発表会講演概要集, 2002.5