

II-23

森林内谷頭部における土層別流出観測結果を用いたタンクモデルの構築

東北大学大学院理学研究科 学生員 〇古田智弘
東北大学大学院工学研究科 正会員 後藤光亀

1. はじめに

流域内の水循環に対する森林および土層の機能評価は、防災対策や水資源確保の面で重要である。本研究では、降水量と流出量の土層別観測をもとに、遮断蒸発、蒸散を加味したモデル計算によりその流出特性を検討した。

2. 調査地点ならびに調査方法

図-1に示す仙台市太白山自然観察の森内の集水面積約1000m²の流域で水文観測を行った。観測流域は0次-1次谷からなる谷頭部にあり、流域内の谷頭凹地では、加藤(1999)¹⁾により土層が厚く堆積していることがわかっている。谷頭凹地の下流側にパイプP₁~P₄が存在する。地表からC層までQ_{p2}(パイプP₂)、Q_{p3}(パイプP₃)、Q_A(A層)、Q_B(B層)、Q_C(C層)の5種類に分けて流量測定を行った。林外雨は観測点から約300m離れた地点で観測した。観測期間は2004年7月-10月である。

3. 遮断蒸発・蒸散を考慮したタンクモデル

3.1 タンクモデル

図-2に、本研究で用いた1段2流出タンクモデルを示し、その計算式を以下に示す。

$$Q_{11}(t) = \alpha_{11}(S_1(t) - L_{11}) \quad (1)$$

$$Q_{12}(t) = \alpha_{12}(S_1(t) - L_{12}) \quad (2)$$

$$Z_1(t) = \beta_1 S_1(t) \quad (3)$$

$$S_1(t + \Delta t) = S_1(t) - \{Q_{11}(t) + Q_{12}(t) + Z_1(t) - R + I_v + E_v\} \times \Delta t \quad (4)$$

S₁: 貯留量(mm), Q₁₁: 下の流出孔からの流出量(mm/h), Q₁₂: 上の流出孔からの流出量(mm/h), Z₁: 浸透量(mm/h), R: 降水量(mm/h), I_v: 遮断蒸発量(mm/h), E_v: 蒸散量(mm/h), Δt: 時間(h)

Q₁₂が実測流出のQ_{p2}+Q_{p3}+Q_A+Q_B, Q₁₁が実測流出のQ_Cに対応すると考えると、4ヶ月合計の流出量について、

$$Q_{12}: Q_{11} \doteq (Q_{p2} + Q_{p3} + Q_A + Q_B) : Q_C \quad (5)$$

が対応する。これに従い、表-1のようにα₁₁, α₁₂, β₁, L₁₁, L₁₂を決定した。

3.2 遮断蒸発量・蒸散量の推定手順

近藤ら³⁾は仙台管区気象台の1986年-1990年の月降水量、日射量等により、月別の遮断蒸発量や蒸散量などの関係を熱収支的に算出している。その結果を用い、2004年の月別降水量を用いて月遮断蒸発量I_uを推定し、次式を得た⁴⁾。

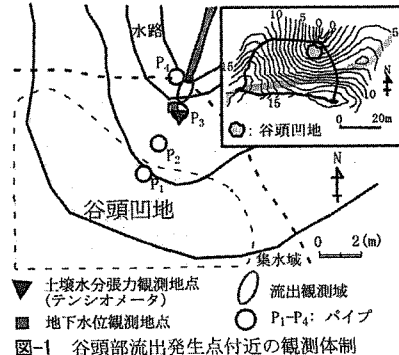


図-1 谷頭部流出発生点付近の観測体制

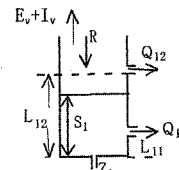


図-2 1段2流出タンクモデルの構造

$$I_u = 44R_u / (R_u + 97) \quad (6)$$

I_u: 月遮断蒸発量(mm/month), R_u: 月降水量(mm/month)

また、月蒸散量E_uは月平均全日射量S_uとの関係から次式で与えた。ただし、日射量データは5-12月とする。

$$E_u = -0.0036S_u^2 + 1.33S_u - 66.5 \quad (7)$$

S_u: 月平均全日射量(MJ/m²), E_u: 月蒸散量(mm/month)

観測日を、無降水日、少降水日(5mm/day未満)、多降水日(5mm/day以上)に分類し、それぞれの日数をN_a, N_b, N_cとする。降水粒子が樹体にぶつかる確率をΩ*とし、各降水分類ごとの遮断蒸発量を次式で与える³⁾。

$$\Omega^* = \Omega (1 - \exp(-f \cdot LAI / \Omega)) \quad (8)$$

$$I_{ub} = \Omega^* R_{ub} \quad (9)$$

$$I_{uc} = I_u - I_{ub} \quad (10)$$

$$I_{db} = I_{ub} / N_b \quad (11)$$

$$I_{dc} = I_{uc} / N_c \quad (12)$$

LAI: 葉面積指数, f: 葉面の傾き, Ω: 樹冠の閉鎖率, I_{ub}: 少降水日月遮断蒸発量(mm/month), I_{uc}: 多降水日月遮断蒸発量(mm/month), I_{db}: 少降水日の日遮断蒸発量(mm/d), I_{dc}: 多降水日の日遮断蒸発量(mm/d)

表-1 タンクの係数と水収支に関する水量(2004年7月-10月)

	α ₁₁ (/h)	α ₁₂ (/h)	β ₁ (/h)	L ₁₁ (mm)	L ₁₂ (mm)	Q ₁₁ (mm)	Q ₁₂ (mm)	Q ₁₁ +Q ₁₂ (mm)	S ₁ (mm)	ΣZ ₁ (mm)	ΣR (mm)	ΣE _v (mm)	ΣI _v (mm)	ΣE _{vp} (mm)
(a) 1段2流出	0.1128	0.2460	0.060	12	19	122.3	76.4	198.7	4.5	454.8	658.0	-	-	-
(b) 1段2流出+蒸発散	0.0648	0.1170	0.006	45	55	122.7	76.4	199.0	19.3	262.5	658.0	112.7	99.4	189.1

注) (a)は古田ら²⁾の値, (b)は本研究の値, S₁は期間終了時の貯留高

無降水日の6時から18時までの12時間及び少降水日の9時から15時までの6時間に蒸散が均等に発生すると仮定し、蒸散速度 E_v (mm/h)を次式で与えた⁴⁾。

$$E_v = E_w / (12N_a + 6N_b) \quad (13)$$

次に各時間帯ごとに遮断蒸発速度 I_v (mm/h)を求めた。このとき降水日については、基本的に0時から24時間に遮断蒸発量の配分時間帯を割り当て、日遮断蒸発量 I_{av} 、 I_{dc} を分配した。

4. 結果及び考察

観測結果及び解析結果を図-3に示す。解析期間の合計値として遮断蒸発量 $\Sigma I_v = 99.4$ mm、可能蒸散量 $\Sigma E_{vp} = 189.1$ mm、蒸散量 $\Sigma E_v = 112.7$ mm、水不足量 $\Sigma E_{vp} - \Sigma E_v = 76.4$ mmが算出された。地下浸透量は蒸散量を考慮しない場合の454.8mmよりも少ない254.5mmと算出された。

昨年蒸散を考慮していない場合では、8月後半に実際に発生していない流出が計算されていた²⁾。この点は蒸散を考慮することで改善されている。図-3では S_1 について実測した地下水位との相似性が得られ、地下水位が約13cmを超えた場合に流出が発生している状況が再現できて

いる。蒸発散なしの場合よりも $S_1=0$ の期間が減少し、 Q_e の減衰過程の Q_{11} による表現も改善されている。ただし、図中の区間A、Bについては、テンシオメーターの土壌水分張力の上昇が続いている状況下で $S_1 \neq 0$ である。蒸散散がほとんど発生せずに水不足量が生じており、これらの期間の蒸発散の表現にはモデルの改善が必要である。

5. 結論

本研究では遮断蒸発と蒸散を入れてタンクモデルの改善を行った。再計算の結果、特に夏季の流出や地下水位についてモデルの再現性が向上した。しかし、8月、9月の蒸発散量の推定には、熱収支的な検討や土壌水分条件の考慮などの改善が必要である。

参考文献

- 1) 加藤仁美(1999): 東北大学地理学教室修士論文
- 2) 古田智弘他(2005): 平成16年度土木学会東北支部技術研究発表会, II-62
- 3) 近藤純正他(1992): 水文・水資源学会誌, 5-4
- 4) 堤 敦他(2003): 水工学論文集, 47

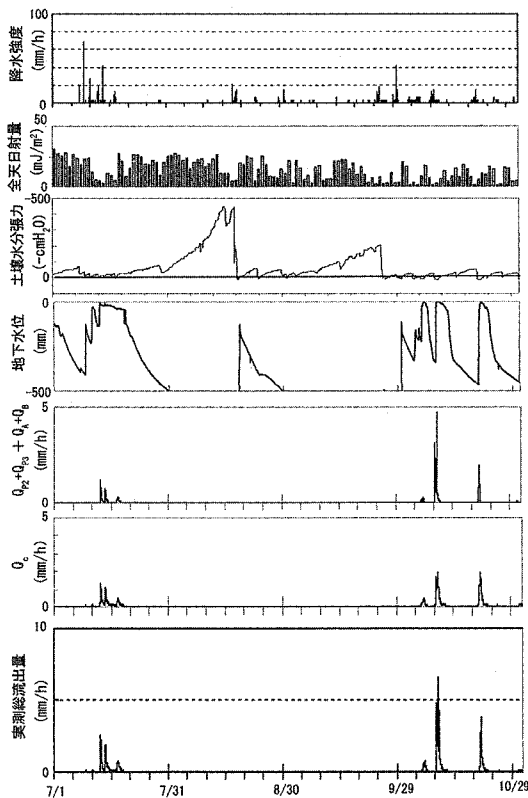


図-3 1段2流出蒸発散タンクモデル適用例
(2004年7月-10月)

