

1.-3 山腹における保水能力の評価

広島大学工学部	正員 浅金丸昭治
山口大学工業短大	正員 星 健三
広島大学大学院	学生員 〇三島隆明
=	= 山木 勝

雨水の流出機構の解析は、一般には流量増加部分よりも規則的な流出をする減水部を対象とするのが好都合である。普通この減水部の流出を便宜的に $q = q_0 e^{-kt}$ で表現し、 k の値を3種類としてそれぞれ表面流出、中間流出、地下水流出としてその流域の特性が評価されているが、われわれの行った減水部の実験では、時間 t と流量 q との関係は一般に $q = \left\{ \frac{1-m_i}{m_i s_i} t + c \right\}^{-\frac{1}{1-m_i}}$ (ただし、 s_i は $q=1$ における増加保水高に対応する値、 $c = q_{t=0}^{m_i-1}$) となることが確認されたので、この式の理論的考察をするとともに、この式を用いた山腹における保水能力の評価について述べる。

S : 保水高 (L)

S_0 : 初期保水高

s : 増加保水高

S_r : 流出可能な全保水高

q : 流出高 (L T⁻¹)

m_i : 定数

s_i : $q=1$ における増加保水高に対応する値 (L^{1-m_i} T^{m_i})

として、枯葉堆積層の下に約10cmの表土をつけた試料を用いて行った実験においては、流出高 q と増加保水高 s との関係は図-1に示すごとく、両対数でつぎのような直線で表わされる。

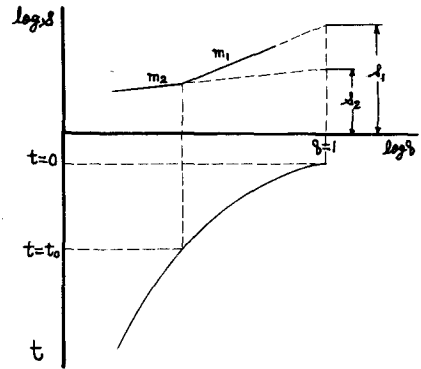


図-1

$$0 \leq t < t_0 \text{ の時 } \log s = \log (S - S_0) = m_1 \log q + \log s_1$$

$$\therefore s = S - S_0 = s_1 q^{m_1} \quad \text{----- (1)}$$

$$t_0 \leq t < \infty \text{ の時 } \log s = m_2 \log q + \log s_2$$

$$\therefore s = s_2 q^{m_2} \quad \text{----- (2)}$$

また、減水部においては、一般につぎの関係が成り立つ。

$$-\frac{ds}{dt} = q \quad \text{----- (3)}$$

(1), (2)式を微分すると、

$$0 \leq t < t_0 \text{ の時 } \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{dq} = m_1 s_1 q^{m_1-1} \frac{dq}{dt} \quad \text{----- (4)}$$

$$t_0 \leq t < \infty \text{ の時 } \frac{dS}{dt} = \frac{d\delta}{dt} = m_2 \delta_2 \delta^{m_2-1} \frac{d\delta}{dt} \quad \text{----- (5)}$$

(3)と(4), (3)と(5)式より,

$$0 \leq t < t_0 \text{ の時 } -\delta = m_1 \delta_1 \delta^{m_1-1} \frac{d\delta}{dt} \quad \therefore \delta = \left\{ \frac{1-m_1}{m_1 \delta_1} t + \delta_{t=0}^{m_1-1} \right\}^{-\frac{1}{1-m_1}} \quad \text{----- (6)}$$

$$t_0 \leq t < \infty \text{ の時 } -\delta = m_2 \delta_2 \delta^{m_2-1} \frac{d\delta}{dt} \quad \therefore \delta = \left\{ \frac{1-m_2}{m_2 \delta_2} (t-t_0) + \delta_{t=t_0}^{m_2-1} \right\}^{-\frac{1}{1-m_2}} \quad \text{--- (7)}$$

今 $m_1 = m_2 = 1$ とおくと,

$$0 \leq t < t_0 \text{ の時 } \frac{1}{\delta} d\delta = -\frac{1}{\delta_1} dt \quad \therefore \delta = \delta_{01} e^{-\frac{1}{\delta_1} t}$$

$$t_0 \leq t < \infty \text{ の時 } \frac{1}{\delta} d\delta = -\frac{1}{\delta_2} dt \quad \therefore \delta = \delta_{02} e^{-\frac{1}{\delta_2} t}$$

となる。これらは従来一般河川の減水部に適用されてゐる式 $\delta = \delta_0 e^{-kt}$ と同形なものとなる。従つて、 $k = \frac{1}{\delta_1}$, または $k = \frac{1}{\delta_2}$ という関係をもつことになる。ところが実験室における実験結果をみると m_i は必ずしも1ではないようである。そこで(6), (7)式と流出可能な全保水高 S_r との関係を調べるときになる。

$$\begin{aligned} S_r &= \int_0^\infty \delta dt = \int_0^{t_0} \delta dt + \int_{t_0}^\infty \delta dt \\ &= \int_0^{t_0} \left\{ \frac{1-m_1}{m_1 \delta_1} t + \delta_{t=0}^{m_1-1} \right\}^{-\frac{1}{1-m_1}} dt + \int_{t_0}^\infty \left\{ \frac{1-m_2}{m_2 \delta_2} (t-t_0) + \delta_{t=t_0}^{m_2-1} \right\}^{-\frac{1}{1-m_2}} dt \\ &= -\delta_1 \left(\frac{1-m_1}{m_1 \delta_1} t_0 + \delta_{t=0}^{m_1} \right)^{\frac{m_1}{1-m_1}} + \delta_1 \delta_{t=0}^{m_1} + \delta_2 \delta_{t=t_0}^{m_2} \quad \text{----- (8)} \end{aligned}$$

つぎに実験データを用いて S_r を求める計算の一例を示す。

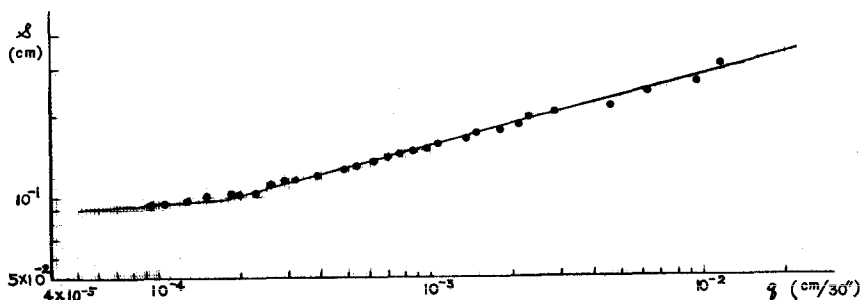


図-2 流出高と増加保水高との関係

$$\begin{aligned} m_1 &= 0.275, \quad t_0 = 190 (30^\circ), \quad \delta_1 = 9.2 \times 10^{-1} [(cm)^{0.725} (30^\circ)^{0.275}], \quad \delta_1 \delta_{t=0}^{m_1} = 2.92 \times 10^{-1} (cm), \\ \delta_2 \delta_{t=t_0}^{m_2} &= 9.8 \times 10^{-2} (cm), \end{aligned}$$

$$S_r = -\alpha_1 \left(\frac{1-m_1}{m_1 \alpha_1} t_0 + g_{t=0}^{m_1} \right)^{\frac{m_1}{m_1-1}} + \alpha_1 g_{t=0}^{m_1} + \alpha_2 g_{t=t_0}^{m_2}$$

$$= -0.084 + 0.292 + 0.098 = 0.306 \text{ (cm)}$$

以上のように計算による $S_r = 0.306 \text{ (cm)}$ であるが、実測による $S_r = 0.233 \text{ (cm)}$ となった。この差は主に地下水流出部分である $\alpha_2 g_{t=t_0}^{m_2}$ の差にもづくもので、その原因は、土の毛管力、蒸発および流出口の影響によって、本来は流出すべき保水高が完全に流出しなかったためであろう。したがって、流量と蒸発量がバランスするまでの時間（実際には1日以内）の減水部を対象とすれば、(6)、(7)式はそのまま適用してもよい。

以上の結果流出可能な全保水高 S_r の算定式が従来の式と異なった、(8)式で与えられるが、 $t \equiv t_0$ で、ほとんど地下水流出のみとなったときを対象とすると、

$$S_r = \alpha_2 g_{t=t_0}^{m_2}$$

であらわされ、実際の河川流域で正確な保水高がわかれば、流量との関係にもとづいて α_2 と m_2 が判明するはずであって、 α_2 は単位の流量の時の保水高を代表し、 m_2 は保水高の減少割合に直接影響する値であるから、両者によって流域の保水能力が具体的に評価される。ここで、一層詳細な検討を必要とすると思われるのは正確な保水高とは何かという問題である。今のところ初期保水高をどのように仮定しても(7)式によって実測流量が表現されるならば、(8)式によってその保水高が得られるはずである。ところが、今回の実験の範囲では、(7)式の α の基準値（降雨開始時の保水高）を0として α と g の関係が両対数で直線関係にあるということであるから、 α の基準値の定め方に問題があるかもしれない。いいかえれば、 α と g が両対数で直線関係になるような基準値がただ一つであるか、ある巾をもったものであるかということであるか。これについては、今後多くの実験実測を実施して究明するつもりである。