

山地小流域河川の低水解析

京大防災研究所 主員 角屋 睦
水資源開発公団 川北 晃久
京都大学工学部 学生 大連 俊夫

低水解析が洪水流出時の雨水損失、あるいは水利用面より重要なことはいうまでもない。ここでは蒸発散量、雨水損失能が土壌含水比と、比例関係にあるとして、低水流量や雨水損失量を検討した試みを報告する。

1: 地下水補給 Nealの実験を参照して浸透能 f と土壌含水比 w との間にはFig. 1(a)の関係が成立するものとする。初期浸透能が f_0 である時刻より t 時間後の浸透能は、次式すなわち Hortonの式がえられる。

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-bt} \quad b = (f_u - f_c)/V_{si} \quad (1)$$

ここに V_{si} は浸透に関する土層単位面積空隙量、 f_u, f_c はそれぞれ上下限浸透能である。地下水補給を含めた損失能がこれと同形とみなすと、結局、一降雨による地下水流量増加量 Δg は次式で表わされる。

$$\Delta g = (A/3.6)f_c[1 - e^{-M(t-t_0)}] \quad (2)$$

ここに M は g が流域内下層土中の水分貯留量に比例するとしたときの比例定数(無降雨時の減水係数) t_0 は降雨開始後土壌含水比 w が $w > w_c$, $w < w_c$ となる時刻である。

2: 損失能の回復 降雨終了後 $w > w_c$ の間の土壌水分は浸透と蒸発によって、 $w < w_c$ では蒸発散量によって減少する。蒸発散量 E と w の間にFig. 1(b)の関係が成立するものとする。降雨終了後 $w = w_c$ となるときの f を f^* 、それ以後の時間を T とする。

$$\left. \begin{aligned} w > w_c \quad f_0 &= [(f_u - f_c)/(w_s - w_c)] \{ E_p/V_{si} + f_c/V_{si} \} t \\ w < w_c \quad f_0 &= f_u - (f_u - f^*)e^{-cT} \quad c = E_p/V_{si} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$V_i = W_s(w_s - w_c)$ 。 W_s は蒸発に関する土層の単位面積重量

3: 適用法 $F = \int_0^{t_0} f dt$ と一降雨時間 t_0 との関係(Fig. 2)より(1)式の定数を、 f_0 と無降雨時間 T の関係(Fig. 3)より(3)式の定数を、資料より w_s, w^*, w_c を、気象資料より E_p を推定する。

自記雨量記録紙より、 $i \geq f$ の雨量に対してはFig. 4より各時刻の f を求め、 $i < f$ の雨量に対しては $\int_{x_1}^{x_2} f dx = \int_{x_1}^{x_2} i dx$ に相当する等価損失能 f (Fig. 5) ($f(x_1) = f(x_2)$ とみなす)を求め、降雨開始後 $f = f^*$ となる t_0 、降雨終了後 $f_0 = f^*$ (Fig. 3)となる時刻 t_1 を求める。これらから(2)式より Δg が求まる。また、直接流出量 Q は $i - f (> 0)$ より求まる。なお、地下水流出に対応する低減係数は実測 hydrograph の形状より推定する。このようにして得られた地下水流量を実測値と比較検討し、あらためて、Fig. 2, 3 に修正を加え、試算の上、各定数を決定する。

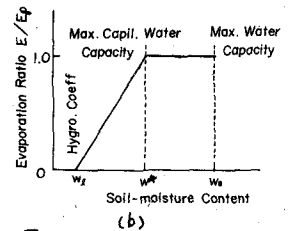
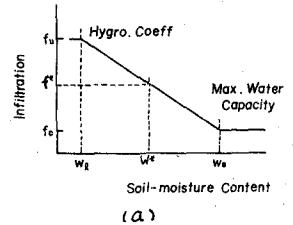


Fig. 1

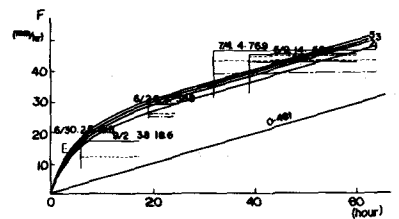


Fig. 2. 損失雨量曲線

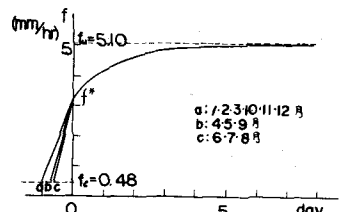


Fig. 3. 浸透能回復曲線

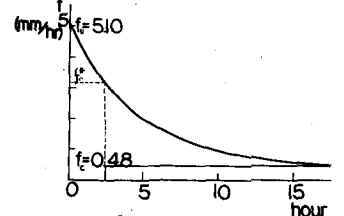


Fig. 4. 浸透能曲線

4: 適用例 この方法を北淡路島に所在する茶間川 ($A=1.08\text{km}^2$) に適用した例を Fig. 6 に示す。また、このときの $F=R-Q$ の計算値を実測値と対比すると Fig. 7 のようである。さて、この計算法では、自記雨量紙より $i > f$ の時間、あるいは $i < f$ のときの等価損失能の推定など、非常に詳細な追跡をしなければならないのがかなり面倒であるが、雨の history に従い、追跡計算を行なうことにより、かなり精度のよい洪水流量の推定、損失雨量の推定ができることの可能性を示しており、事実、適用結果も良好である。もちろん、Fig. 1 の実験的検討や、流出モデルの検討、さらには、計算の簡易化など残された問題も少なくない。

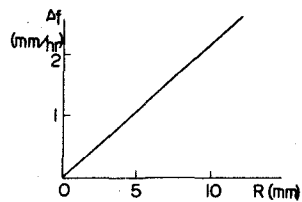


Fig. 5

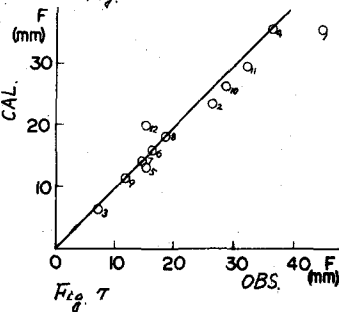


Fig. 7

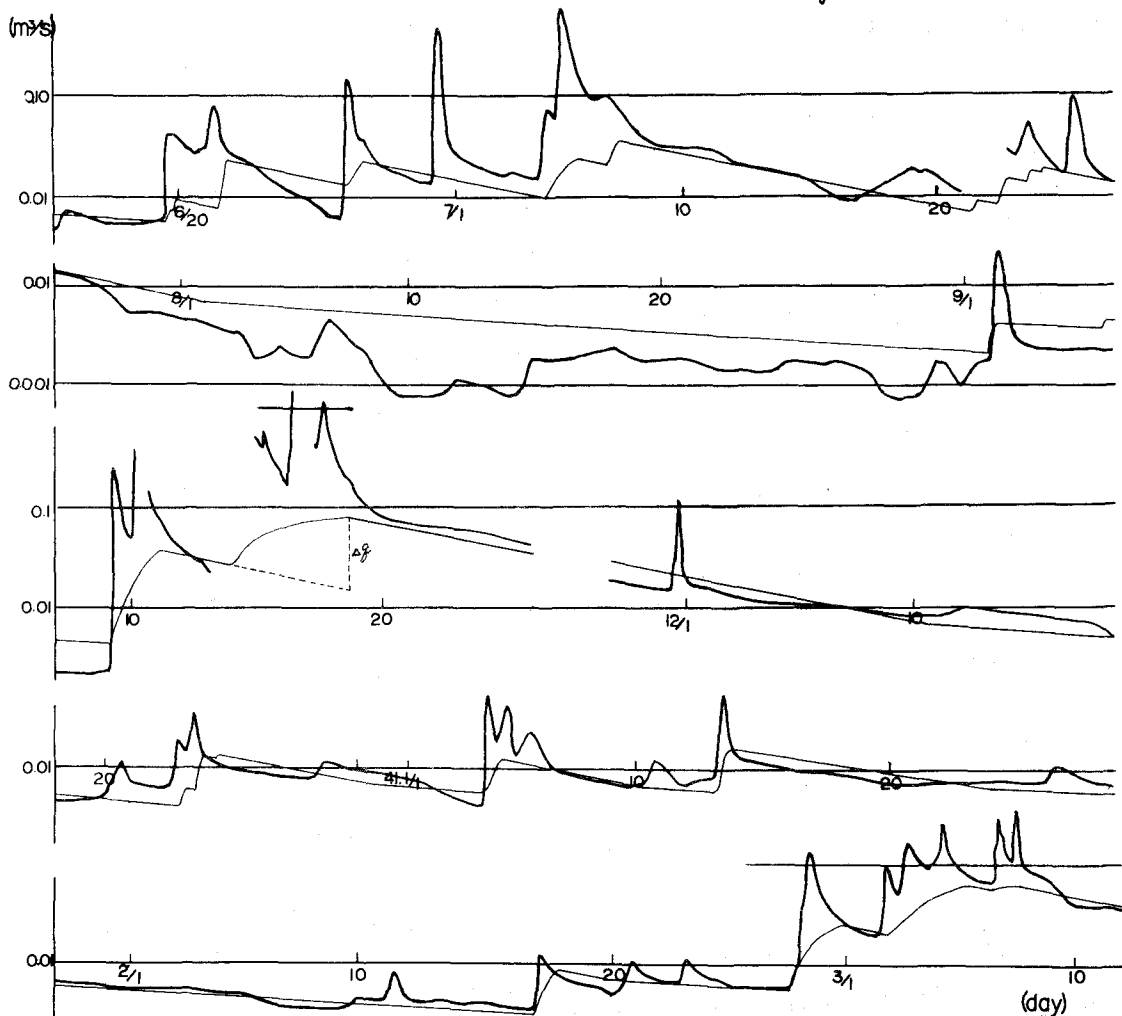


Fig. 6. 茶間川 hydrograph. (1965. 6. 15 ~ 1966. 3. 11)