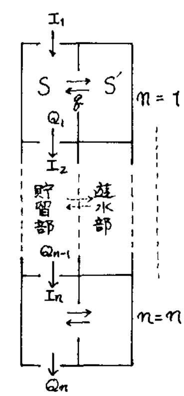
II-27　遊水モデルの有効性について

群馬工業高等専門学校　正会員　山本好克
東京都立大学　工学部　〃　丸井信雄

1. はじめに　著者らは，先に[1] 山地流域の洪水流出を対象とした遊水モデルのパラメータ k, m, α, β, E, n の決定に際し，$n=2$, $E=0$, $\beta=1$, $m=1/3$ を設定し，k, α については試行錯誤法にて推定しうることについて報告した。その後，いくつかの洪水解析例にて，$n=2$, $E=0$, $\beta=1$ はともかく，$m=1/3$ では，洪水上昇部の適合性において，必ずしも良好でないことが見い出された。そこでここでは，実測資料を用いてパラメータを推定する方法について検討した結果および洪水流出解析用のモデルとしての有効性について，下久保ダム上流域の解析例により考察している。

2. 遊水モデルの基本式　図－1 のごとく，流域と河道が貯留部と遊水部をもつ一つの貯水池からなるとし，ピーク流量の降雨からの遅れを表現するために，この貯水池を，n 個並べたモデルの基本式は，連続方程式と運動方程式とによって次式のごとく表わされるものとする。



図－1 モデルの概念図

$$\begin{cases} \dfrac{dS_j}{dt} = I_j - Q_j - q_j & \text{------(1)} \\ \dfrac{dS'_j}{dt} = q_j - \dfrac{E}{j} & \text{------(2)} \end{cases} \qquad \begin{cases} S_j = k_j Q_j^{m_j} & \text{--------(3)} \\ q_j = \alpha_j (S_j - \beta_j S'_j) & \text{-----(4)} \end{cases}$$

ここで，Q は貯留部からの流出量，I は流域面積雨量，S, S' はそれぞれ貯留部と遊水部の貯留量，q は貯留部から遊水部への流れを正，逆の場合を負とする流量，E は流域からの蒸発散などによる損失量，k, m, α, β は，流域の特性によるパラメータ，添字 $j=1,\cdots,n$ は段数を表わすものとする。

3. パラメータ推定方法　モデルの基本式 (1), (2)（ただし $E=0$）を時刻 t から $(t+\Delta t)$ まで積分すると，次式のごとくなる。ただし各量の添字 1 および 2 は，時刻 t および $(t+\Delta t)$ を表わす。なお $j=1$ である。

$$S_2 - S_1 = \frac{I_1+I_2}{2}\Delta t - \frac{q_1+q_2}{2}\Delta t - \frac{Q_1+Q_2}{2}\Delta t \quad \text{------(5)} \qquad S'_2 - S'_1 = \frac{q_1+q_2}{2}\Delta t \quad \text{------(6)}$$

式 (4) を用いて，q_1, q_2 を消去し整理すると次式をうる。

$$\frac{1+(1+\beta)\gamma}{1+\beta\gamma} S_2 = \frac{1-(1-\beta)\gamma}{1+\beta\gamma} S_1 + \frac{2\beta\gamma}{1+\beta\gamma} S'_1 + \frac{I_1+I_2}{2}\Delta t - \frac{Q_1+Q_2}{2}\Delta t \quad \text{-----(7)}$$

$$S'_2 = \frac{1-\beta\gamma}{1+\beta\gamma} S'_1 + \frac{\gamma}{1+\beta\gamma}(S_1+S_2) \quad \text{-----(8)} \qquad \text{ここで}\ \gamma = \frac{\alpha}{2}\Delta t \quad \text{---(9)}$$

こうして，遅れ時間 T_ℓ を導入し，上式 (7) の右辺第 3，4 項の I および Q に実測値を代入し，貯留部の貯留量 S と流出量 Q との関係が一価となるよう[2]，T_ℓ，γ（あるいは α）および β を変化させる。S と Q が一価関係を示す時の k, α を最小二乗法にて推定する。

4. 解析例　3. の方法で推定されたパラメータにもとずき，一流域において同一値となるべきパラメータを決定し，洪水解析を実行し，モデルの有効性について，下久保ダム上流域（流域面積 328.4 km^2）の大・小洪水の解析を通して考察する。

a) パラメータ推定結果　実測降雨 I および流入量 Q とから貯留量 S と Q との関係をうるために，$\beta=1$ とし，また計算開始時刻 $t=0$ における流入量 Q_0（初期流量）を各時刻の流入量から差し引き，また貯留部と遊水部との流出入 q_0

表－1　推定されたパラメータ値

洪水年月日	比流量 $m^3/s/km^2$	T_ℓ(hr)	γ	k	m
S.57.9.10	2.6	2	0.01	44	0.5
S.56.8.21	2.1	3	0.02	48	0.4
S.52.8.16	0.6	4	0.01	47	0.6

をOとし, T_e = 0, 1, 2, 3, 4 hr, γ = 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 と変化させて推定したパラメータ値を表-1に示してある。また, SとQとの一価関係の一例を図-2に示してある。

b) パラメータの決定および洪水計算結果　表-1でわかるように, 推定されたパラメータ値は, 洪水ごとに異なっている。そこで遅れ時間 T_e を段数 n で表現することとし, γ, m 値は, どの洪水に対しても同一値となるように, k 値は, 実測値と計算値のピーク流量値が適合するように洪水計算を実行した結果を, パラメータ値については表-2に, 実測値と計算値との適合性については, 図-3, 4, 5に示した。

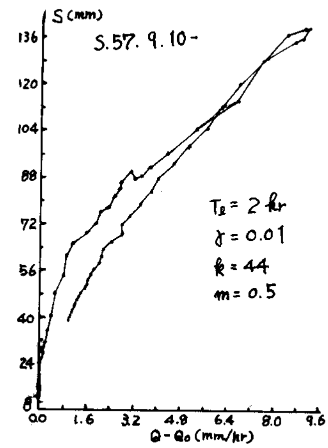


図-2

表-2　決定されたパラメータ値

洪水年月日	T_e	n	γ	k	m
S. 57. 9. 10	0	2	0.01	36.5	0.4
S. 56. 8. 21	〃	〃	〃	37.2	〃
S. 52. 8. 16	〃	〃	〃	35.3	〃

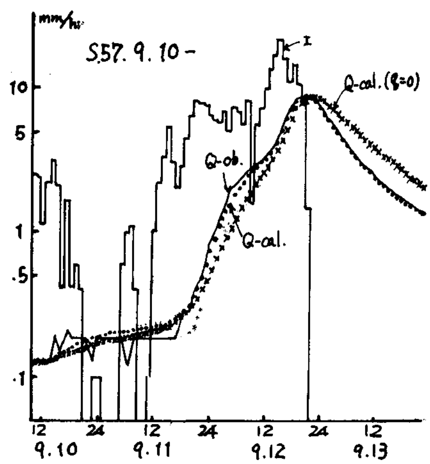


図-3

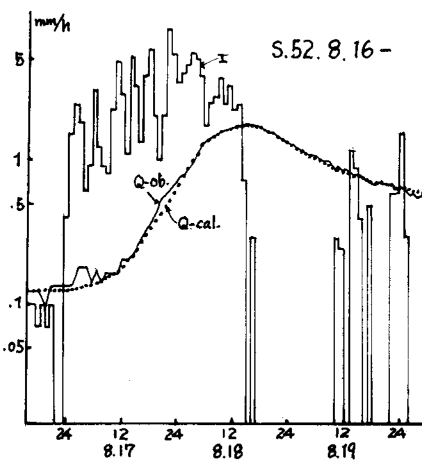


図-4

c) モデルの有効性　表-2および図-3から, 大・小洪水とも, 遅れ時間 T_e を同一段数 n で表現できること, パラメータ γ, m を同一値とすることが可能であること, k 値もほぼ同一値と見なせること, などが見い出せよう。ちなみに $\gamma=0$ ($g=0$) すなわち2段の貯留関数法とし, m 値は表-2と同一値を用い, k 値は実測値と計算値のピーク流量値が適合するように洪水計算した結果($k=48.9$)を図-3に遊水モデルと比較して示してある。この図から, 遊水部の効果が大であることがうかがわれ, 遊水モデルの有効性が推量されよう。

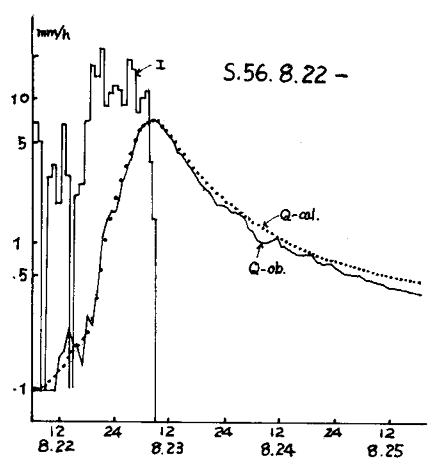


図-5

5. おわりに

今後, 他流域での洪水解析により, モデルの一層の有効性を検証すると共に, 総合化を計っていきたい。最後に, 貴重なデータを提供して下さった建設省利根川ダム統合管理所にお礼申し上げる次第です。

参考文献　1) 山本・丸井：遊水モデルのパラメータについて, 第38回年講第2部, 昭58.10　2) 木村：貯留関数法, 河鍋書店, 1975