

京都大学防災研究所
岡山大学農学部
住友建設(株)

正員 南屋 睦
〃 永井明博
塚本若二

1. まえがき 前回提案した長短期流出解析両用貯留型モデル(LST)の問題点をさらに検討し、その構造・計算ルールを一部改善し結果について報告する。

2. 資料 検討に用いた資料は、京都西南小畑川上流カマ谷自然丘陵流域(0.245km², 図1)の昭和50~57年の毎時雨量流量及び京大農学部圃場の日計器系流量で、前半4年間はモデル同様に、後半4年間は検証に利用した。なおピーク流量0.2m³/s以上の15出水については30分雨量を、日蒸発量は月別平均値に直して用いた。

3. モデル構成 提案するモデルの構成を図2に示す。モデルIは昨年提示、モデルIIは今回提示のもので、ともに未知定数は14個である。基礎式をLST-Iについて示すと(1)、(2)式である。

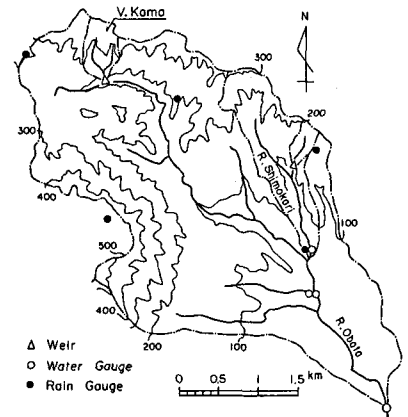


図1 研究対象流域

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS_1}{dt} &= r - f - Q_1 - Q_2 \\ \frac{dS_2}{dt} &= f - Q_3 - g_1 \\ \frac{dS_3}{dt} &= g_1 - Q_4 - g_2 \\ \frac{dS_4}{dt} &= g_2 - Q_5 \end{aligned} \right\} \quad (1) \quad \left. \begin{aligned} Q_1 &= a_1(S_1 - Z_1)^m \\ Q_2 &= a_2 S_1, \quad f = b_1(Z_2 + Z_3 - S_2) \\ Q_3 &= a_3(S_2 - Z_3), \quad g_1 = b_2 S_2 \\ Q_4 &= a_4 S_3, \quad g_2 = b_3 S_3 \\ Q_5 &= a_5 S_4 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

無降雨時の蒸発散は後述する。流出計算は上式を改良Euler法で解く。単位時間には適当に変更でき、いまは、 $S_1 > 0$ のとき30分または1時間、 $S_1 = 0$ のときは1日としている。モデル同定はわれわれが提案したSP法、 χ^2 -規準を用いた。

4. LST-I

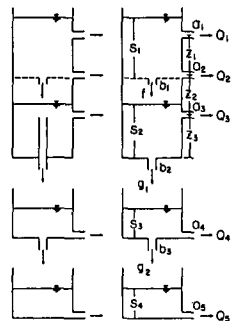
前回提示のモデルIは、蒸発散は上層タンクのみとして(3)、(4)式を用いている。

$$E_1 = \alpha \theta E_{pan} \quad \text{----- (3)}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta &= 1, \quad S_1 > 0, \text{ or } S_2 \geq Z_3 \\ &= S_2/Z_3, \quad S_2 \leq Z_3 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$I = (I_m - I_0)(1 - e^{-R/I_m}) \quad \text{----- (5)}$$

I : 遮断可能量, I_m : 最大遮断量, I_0 : 累加遮断量, R : 累加雨量



(a) LST-I (b) LST-II

図2 モデル構成

表1 モデルの運用ルールと相対誤差(%) (日流出高)

Model	Δt (min)	α	Rule		Identified Period					Forecasted Period				
					1975	1976	1977	1978	Mean	1979	1980	1981	1982	Mean
I	60	0.75	Max. Intercep. I_m (mm)	0	20.7	18.2	26.1	33.4	24.0	30.0	21.5	27.4	27.9	26.7
	20.5				18.0	26.0	33.1	23.8	29.1	21.1	27.0	27.6	26.2	
	19.2				15.8	23.9	30.6	21.8	23.6	20.3	21.5	20.4	21.5	
II	30	0.75	$E_1 = \theta E$ $E_2 = (1-\theta)E$ $E_1 = 0.6\theta E$ $E_2 = 0.4 E$ $E_3 = 0.6(1-\theta)E$	5	22.3	19.6	25.3	29.8	23.9	30.5	21.3	24.3	25.7	25.4
					21.3	18.0	26.8	25.2	22.6	24.5	17.9	24.6	24.6	22.9
					20.8	19.1	28.1	24.5	22.9	26.3	19.0	27.2	24.9	24.3
					19.9	15.4	26.2	22.1	20.7	24.0	17.0	23.3	21.9	21.6
	60	1.0	$E_3 = 0.6(1-\theta)E$	20.6	17.5	24.9	24.0	21.5	24.2	18.9	25.6	23.4	23.0	
	Sugawara's Tank Model					27.8	26.4	33.9	27.9	28.9	30.1	27.6	31.0	33.4

ただし、 α は、無降雨日は1であるが、降雨日の無降雨時間帯は一応3/4とした。前回問題点として、洪水

ピーク流量と冬期ハイドログラフの再現性改善の必要性を指摘した。前者の改善の一つとして、大出水時の単位時間を $\Delta t = 30$ 分(前回1時間)とした結果、表1①、②欄のように、僅かながら日流出高相対誤差も減少した。後者の改善の方法として、(5)式の形で降雨遮断を導入したところ、 $I_m = 5$ mm、かつ遮断量は無降雨日に流域蒸発散と同時(余分)に蒸発するとした場合が最善で、表1③欄のようになった。

5. LST-II モデルIでは、蒸発散は上層タンクに限定したが、 $Z_3 \approx 300$ mm 前後の大きな値になり、物理的に問題と考へた。そこでモデルIIを考え、蒸発散を(6)式で扱うことにした。

$$\left. \begin{aligned} E &= \alpha \theta E_{pan} = E_1 + E_2 + E_3 \\ E_1 &= \gamma \theta E, \quad E_2 = (1-\gamma)E, \quad E_3 = \gamma(1-\theta)E \end{aligned} \right\} (6)$$

θ : (4)式, $E_1 \sim E_3$: 各タンク蒸発散量

これは根群域が下層タンクまで伸びているとしたことになる。 E_3 を考えた方がよく(表1④⑤欄参照)、かつ $\alpha = 1$, $\gamma = 0.6$ とするのが最善とみられた(図3)。このときの相対誤差を表1④⑦欄に、モデル構造を図4(a)に示す。これをさらに出水ピーク流量再現性を向上するように直したのが図4(b)で、誤差は表1⑦欄より0.2%程度悪くなるが、 $\Delta t = 1$ 時間⑧欄よりかなりよい。

図4(b)のモデルによる月別水収支を図5に、4年後のハイドログラフ再現性を図6に示す。また再現性の最悪であった出水ハイドログラフを図7に示す。

なお、中間流出に上限を規定すると、上層タンクの定数に変化を生じるが、各年の相対誤差はほとんど変わらないことも確かである。

6. むすび ハイドログラフ再現性向上のためには、さらに若干の改善が必要になるかも知れないが、未知定数の数を14個以内に抑えるときは、モデルIIが最良に近いのではないかと考へている。今後大流域への適応性の検証や、分折型への拡張を検討する予定である。

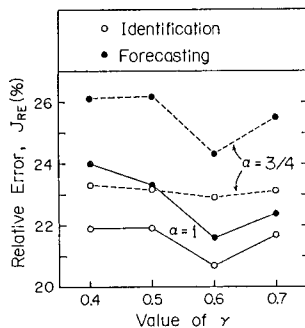


図3 蒸発散振分比 γ の検討

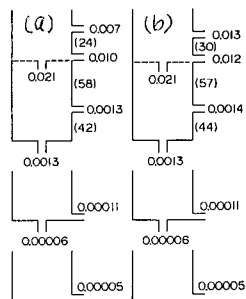


図4 モデル定数(mm-h)

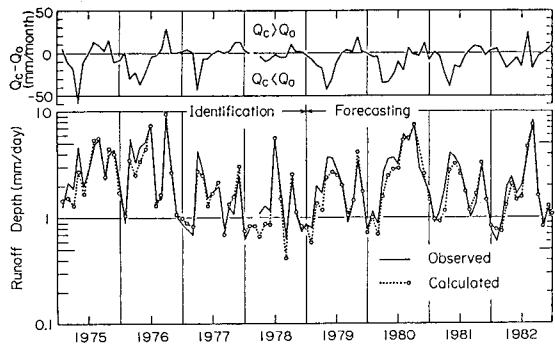


図5 月別流出高・水収支の状況

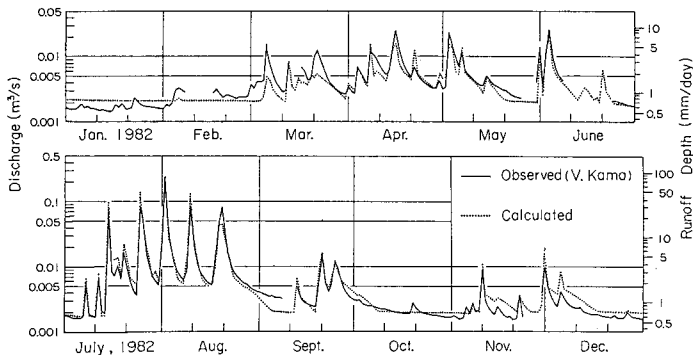


図6 4年後(昭57)の予測

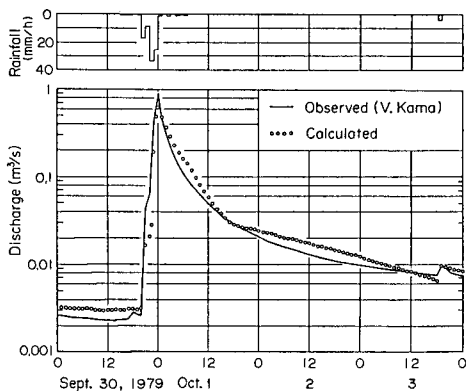


図7 再現性の悪い大出水