

II-7

損失機構を含む貯留関数法を応用したタンクモデルの提案

北海学園大学 工学部 ○学生員 佐藤 力信  
 北海学園大学 工学部 正会員 嵯峨 浩  
 開発局開発土木研究所 正会員 馬場 仁志  
 北海道河川防災研究センター フェロー 星 清

1. はじめに

流出解析において、貯留関数法やタンクモデルが多用されている。しかし、貯留関数法では、直接流出と有効降雨を分離しなければならず、タンクモデルでは、多くの未知パラメータの同定が繁雑である。前報<sup>1)</sup>では、上段タンクに損失機能を有する星モデル、下段タンクには同様の線形貯水池モデルを用いた新しい流出解析モデルを提案した。このモデルは、観測データをそのまま使用でき、未知パラメータの数も少なく、従来の流出モデルの欠点を改良したモデルである。しかし、タンクモデルの側方流出孔の高さを無くした代わりに、初期貯留量を考慮することが出来なくなり、先行降雨の影響を強く受ける出水に対しては、適用できないモデルであった。

本研究は、前報のモデルに初期貯留量に相当する概念を導入すると共に、道内の後志利別川と鶴川の出水についてこの方法を適用し、その有効性について検討したものである。

2. 流出モデル

本研究に採用したモデルは、図-1に示される直列2段タンクモデルである。従来のタンクモデルの側方流出孔の高さは、星の貯留関数の非線形形で表現される。各タンクの連続式、及び貯留関数を次式に示す。

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = r - q_1 - b_1 \\ S_1 = k_{11}q_1^{p_1} + k_{12} \frac{d}{dt}(q_1^{p_2}) \\ b_1 = \alpha_1 q_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{dS_2}{dt} = b_1 - q_2 - b_2 + q_0 \\ S_2 = k_2 q_2 \\ b_2 = \alpha_2 q_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$q = q_1 + q_2 \quad (3)$$

$$q_0 = Q_B \exp(-\lambda t) \quad (4)$$

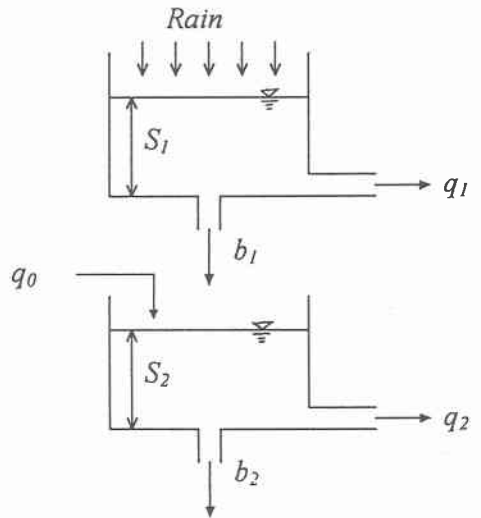


図-1 流出モデル

$S_1$ : 貯留高 (mm)、 $r$ : 観測雨量 (mm/hr)、 $q_1$ : 流出量 (mm/hr)、 $b_1$ : 浸透流量 (mm/hr)、 $k_{ij}$ : タンク時定数、 $\alpha_1$ : 浸透孔係数、 $p_1 = 0.6$ 、 $p_2 = 0.4648$ 、 $Q_B$ : 初期流量 (mm/hr)、 $\lambda$ : 減水係数

A New Tank Model Coupled with the Non Linear Storage Function Method  
 by Katunobu Satou, Hiroshi Saga, Hitoshi Baba, and Kiyoshi Hoshi.

### 3. 初期貯留量の導入

前報のモデルでは、解析期間内の総降雨量  $\Sigma r$  が総流出量  $\Sigma q$  より少ない場合、計算不可能であった。これは、側方流出孔の高さを無くすることによってパラメータ数を少なくする狙いであったが、同時に従来のタンクモデルにおける初期貯留量を考慮出来なくなった為である。本研究では、 $\Sigma r < \Sigma q$  の現象は全て先行降雨による流出が影響していると考え、この流出量を強制的に入力として与えることによって連続性を保つことにした。

一般に、ハイドログラフの減水部は流域固有のものであり、多くの情報を含んでいると考えられる。複数のハイドログラフについて第2折曲点の減水部を時間軸に沿って平行移動すると、1本の漸近線が得られる。この曲線を「標準減水曲線」<sup>2)</sup> といい、流域毎に減水定数入が決まる。解析期間内の初期流量を  $Q_B$  とすると、先行降雨による流出量は式(4)で与えられ、これを強制的に下段タンクへ入力させる。

図-2に後志利別川の標準減水曲線を示す。表-1は同様の方法で得た各流域の減水係数である。なお、この方法は、先行降雨による流出が第2折曲点以降に出現した出水に適用するものであるが、それ以前の流出に対しても、同様の方法で対処することが可能である。

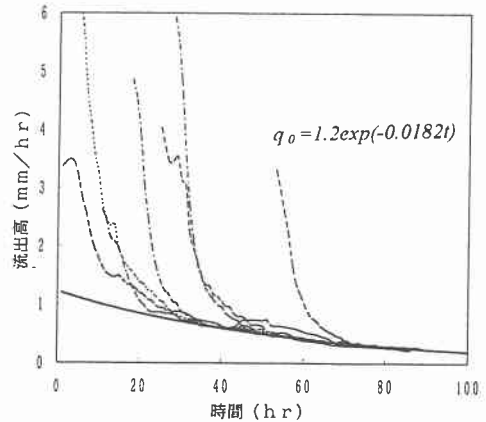


図-2 後志利別川の減水曲線

表-1 各流域の減水係数

河川名	流量観測所	減水係数入
後志利別川	今金	0.0182
鶴川	栄	0.0185
	穂別	0.0189

### 4. 流出解析結果

本研究で提案したモデルを後志利別川と鶴川の出水に適用した。なお、未知パラメータの同定は、感度係数を用いたニュートン法<sup>3)</sup>によった。収束条件は  $\varepsilon_1 = \{ (\text{計算値} - \text{観測値}) / \text{観測値} \} < 10\%$ 、 $\varepsilon_2 = \{ \text{パラメータ補正值} / \text{パラメータ} \} < 0.1\%$  であり、どちらかの条件を満足した時、収束したと判断した。計算結果の一部を図-3、図-4に示す。図-3はいずれも  $\Sigma r < \Sigma q$  の出水であり、前報のモデルでは再現出来なかったが、強制入力項を導入することによって、実用上十分な精度で再現することが出来た。

鶴川の出水例では数例であるが、本手法を用いても再現出来ない場合があった。これは、4月から5月にかけての出水で、明らかに融雪が加わっていた出水であり、融雪による入力を強制的に付加することで解決できると考えられる。

後志利別川と鶴川の  $k_{11}$  と  $k_{12}$  の関係を図-5に示す。同一流域である割にはばらつきが大きいですが、今後、解析例を増やすことで相関が明らかになると考えられる。

### 5. 結論

強制入力項を導入することにより、総観測流量  $\Sigma q$  が総観測雨量  $\Sigma r$  を上回る出水においても十分な精度で解析可能である。また、観測データをそのまま使用できるモデルであり、流出予測手法への応用が期待できる。

### 謝辞

本研究は(財)北海道河川防災研究センターの研究助成を受けた。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 嵯峨、星、橋本：貯留関数法を組み込んだタンクモデルによる流出解析、北海道支部論文報告集、第53号(B)、p30-33、1998、2) 吉川、砂田、グエン：洪水流量減水曲線の特性を考慮した流出モデルに関する研究、土木学会論文報告集、第283号、p23-32、1979、3) 北海道開発局開発土木研究所・若手水文学研究会：現場のための水文学、1994

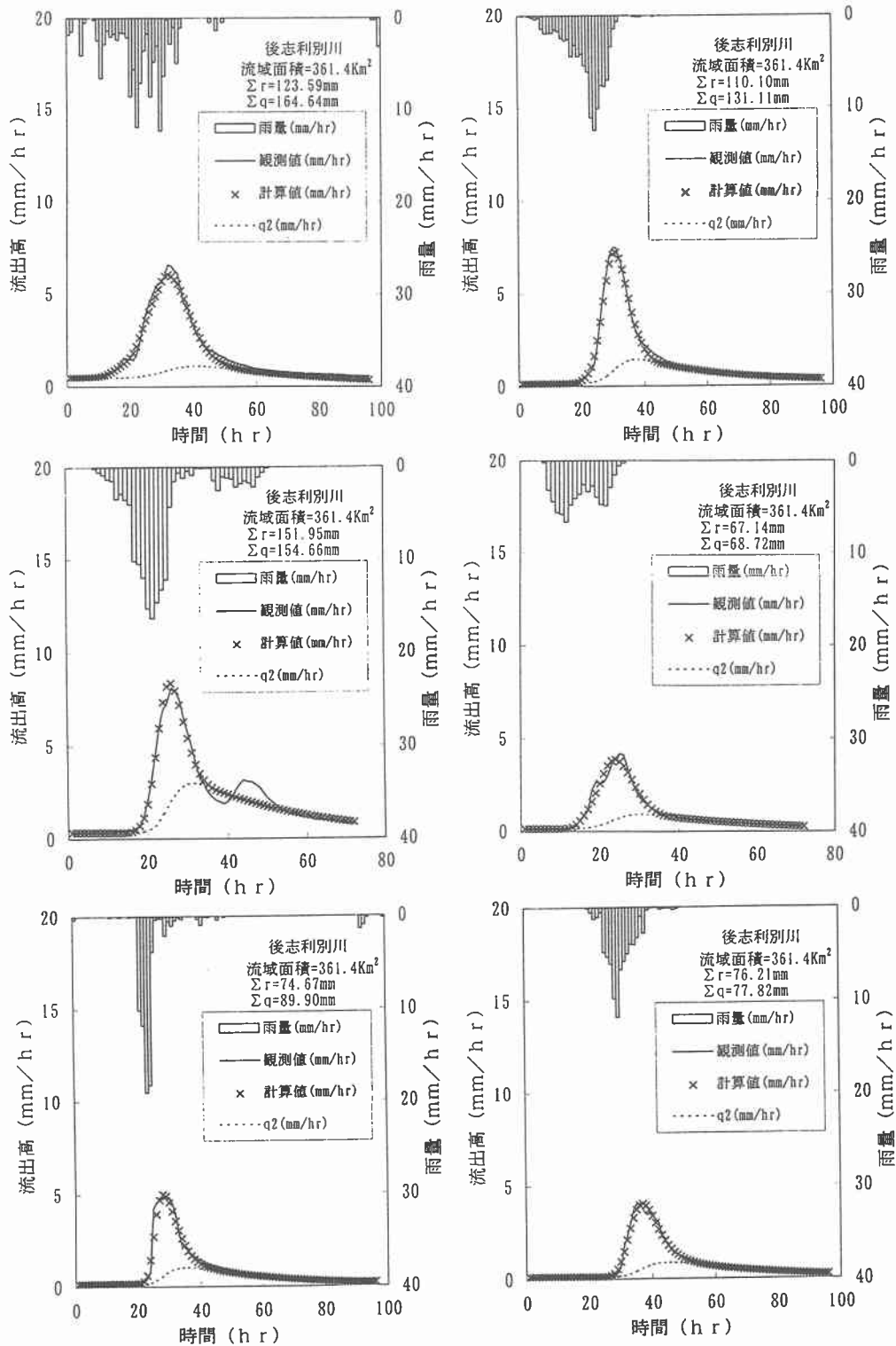


図-3 後志利別川流出解析結果

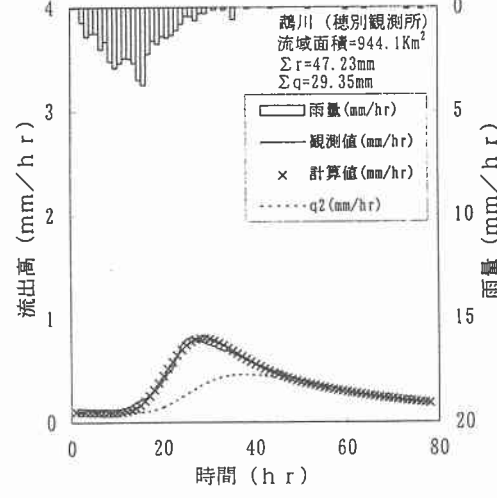
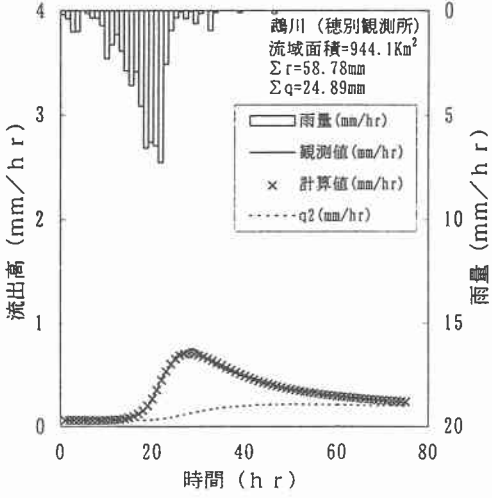
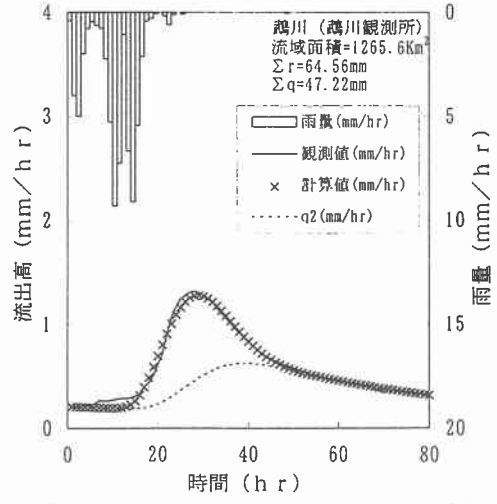
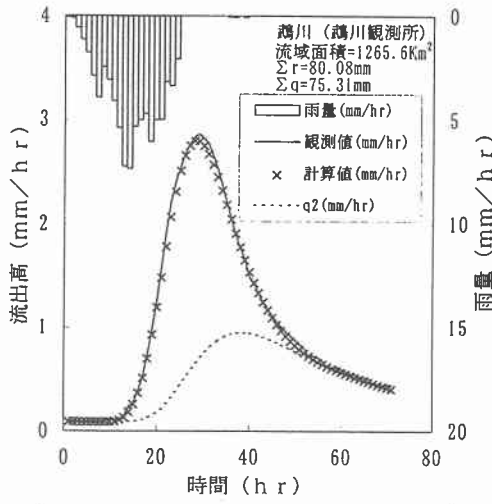


図-4 鷓川流出解析結果

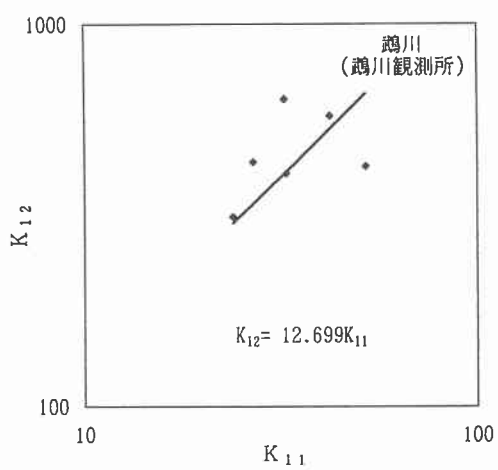
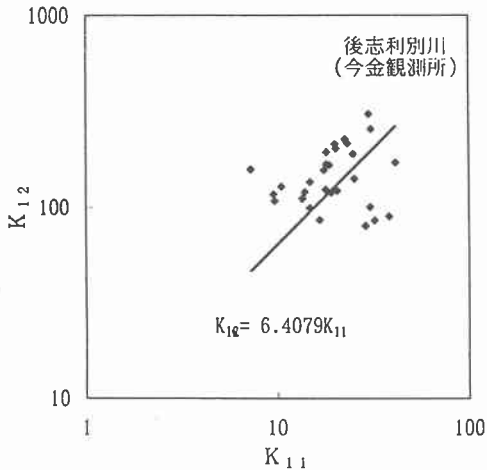


図-5  $k_{11}$ と $k_{12}$ の相関