

早稲田大学理工学部 正会員 熊生川 登
同 上 学生会員 ○下村 哲生

1. はじめに 近年、流域の急激な宅地開発のために洪水流量が増大し、水害が頻発し、あるいは水害の危険性が高ま、ている河川が少なくない。このような流域の開発にともなう水害問題に対処するためには、流域の土地利用の変化にともなう洪水流出量がどのように変化するかを予測することが必要である。流域の土地利用の変化が流出過程におよぼす主な影響としては、浸透の変化と洪水到達時間の変化の二つが考えられる。したがって、流域の開発にともなう洪水流量の変化を予測するための流出モデルとしてはこの二つの影響を考慮しなくては必要である。著者らは浸透の変化の影響を流出率と飽和雨量で評価し、洪水到達時間の変化の影響を流域の等価粗度で評価する流出モデルを用い、鶴見川流域に適用し、一応の成果を得た。この流出モデルの適用性を検討し、またモデルに含まれるパラメータの値を決定するための資料を得るために、流域の土地利用の状態がほぼ単一である流域についてこの流出モデルを適用し、流出解析を試みている。ここでは、山地流域の例として神流川の流出解析を行なった結果について述べる。

2. 流出モデル 流域を主に支川に対応して小流域に分割し、各小流域について流出計算を行なう。そして、最上流の小流域からの流出ハイドログラフを一つ下流の小流域からの河道への流出点までの河道区間を洪水波の伝播速度に応じて伝播させ、その流出点への流出量と合流させる。以下、順次この計算を繰返し、各小流域からの流出量を合流させ、所定の地点における流出量を算定する。

2.1 有効雨量の算定 貯留関数法による有効雨量の算定法を用いる。すなわち、

$$\Sigma R < R_{sa} : Re = f_1 R, \quad \Sigma R > R_{sa} : Re = R \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 R は雨量、 ΣR は累加雨量、 R_{sa} は飽和雨量、 Re は有効雨量、 f_1 は一次流出率である。 f_1 および R_{sa} の値によって土地利用形態が浸透による降雨の損失におよぼす影響を評価する。

2.2 流出計算 流出モデルとしては雨水の到達時間をパラメータとして含む線型貯水池モデルを用いる。 m 段の線型貯水池モデル(図1)の単位図は次式で与えられる。

$$u(t) = \frac{1}{K \cdot \Gamma(m)} \left(\frac{t}{K} \right)^{m-1} e^{-\frac{t}{K}} \quad \text{--- (2)} \quad K = \frac{M_1}{m} \quad \text{--- (3)}$$

ここで、 $u(t)$ は単位図、 K は係数、 $\Gamma(m)$ はガンマ関数、 M_1 は降雨ハイトグラフの重心と流出ハイドログラフの重心の時間差である。

M_1 は雨水到達時間 t_c との間には $M_1 = t_c/2$ の関係がある(図2参照)。したがって、

$$K = t_c/2m \quad \text{--- (4)}$$

となる。

雨水の到達時間 t_c は kinematic wave 法により算定すると、つぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} t_r > t_c : t_c &= \left(\frac{L}{\alpha Re^{2/3}} \right)^{3/5} \\ t_r < t_c : t_c &= t_r + \frac{L - \alpha Re^{2/3} t_r^{5/3}}{\frac{5}{3} \alpha (Re t_r)^{2/3}} \end{aligned} \right\} \quad \text{(5)}$$

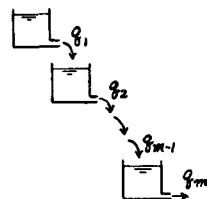


図1. 線型貯水池モデル

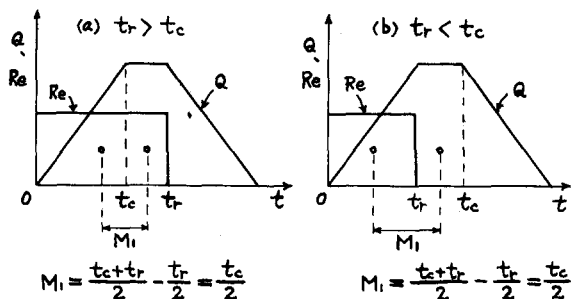


図2. M_1 と t_c の関係

ここで、 L は小流域の斜面長、 θ は斜面の傾斜角、 $\alpha = \sqrt{\sin \theta / N}$ 、 N は斜面の等価粗度である。 N の値により土地利用形態が雨水の到達時間におよぼす影響を評価する。

2.3 河道伝播計算 洪水波の伝播速度 C を

$$C = \frac{5}{3} v, \quad v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}, \quad \begin{matrix} v: \text{平均流速}, R: \text{径深} \\ i: \text{河床勾配}, n: \text{Manningの粗度係数} \end{matrix} \quad (6)$$

で計算し、各時刻における流量が河道を間を流下するのに要する時間を求める。洪水波の伝播ともなう流量の低減はないものとしている。

3. 神流川の流出解析 神流川の雨量と流量の観測資料¹⁾を用いて本流出モデルの妥当性を検討した。流出計算は二段の線型貯水池モデルを用い、流域(373.6km²)を27の小流域に分割して行なう。本流出モデルに含まれるパラメーター(一次流出率 f_1 、飽和雨量 R_{sa} 、流域斜面の等価粗度 N 、および河道の粗度係数 n)の値を適当に決めて流出計算を行ない、実測流量と比較した。その結果の事例を図3に示す。

4. おわりに ここで提案した流出モデルの妥当性を検討する手始めとして神流川の流出解析を行ったが、計算例が少なく、本流出モデルに含まれるパラメーターの値については十分検討できなかった。今後は計算例をいやし、一段、三段の線型貯水池モデルについても計算し、また各種の土地利用形態を流域にもつ河川についても流出解析を行ない、線型貯水池モデルの構造およびパラメーターの妥当な値について検討していくつもりである。

参考文献 1) 建設省土木研究所、神流川流域水文資料、土木研究所資料第324号 昭和43年1月

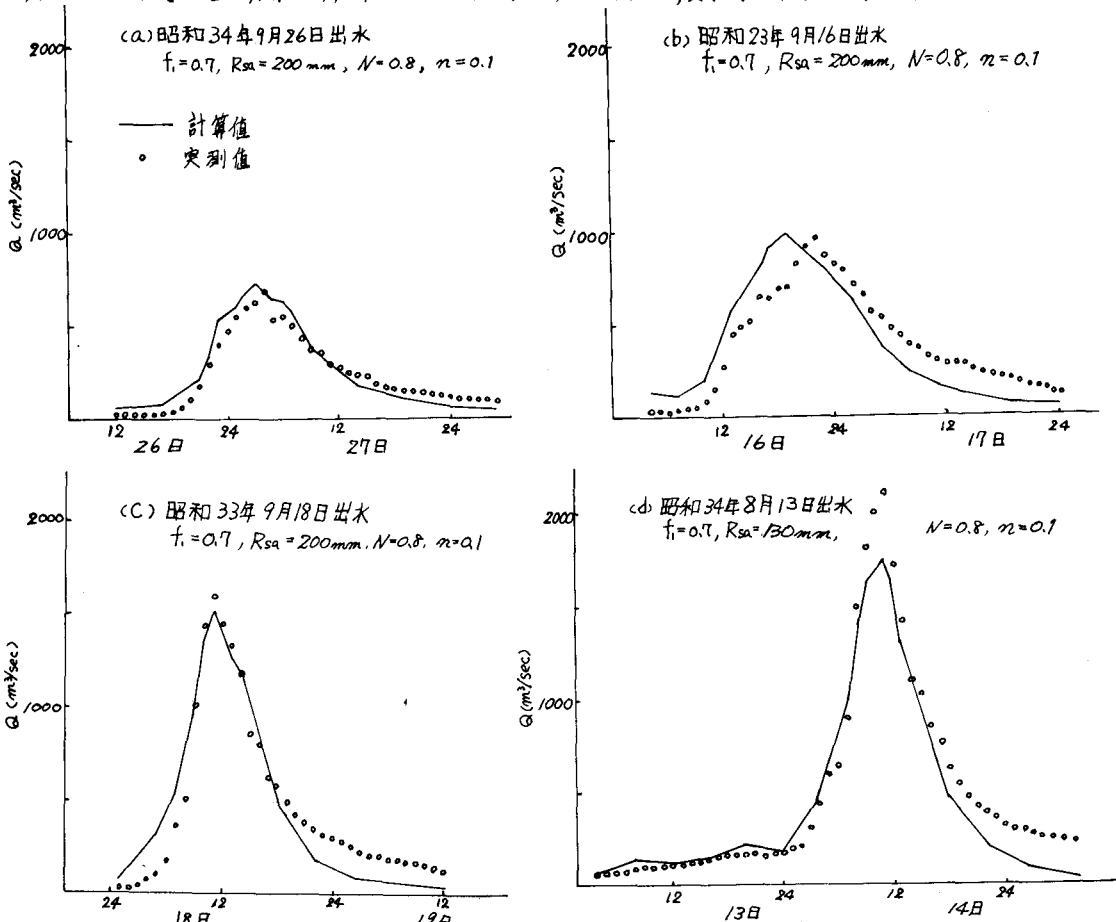


図3. 神流川の流出解析