

早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登
 国土館大学工学部 正会員 ○北川善廣

1.はじめに 著者は線形貯水池モデルに基づいて表面流出を対象とした洪水流出の解析法について検討してきた^{1),2)}。この流出解析法によると、洪水のピーク流量はかなり精度よく算定できるが、減水部についてはハイドログラフが急激に減少し、計算値が観測値より小さくなる傾向がある。これは中間流出を考慮していないためであると考えられる。以下では、表面流出のほかに中間流出も考慮した洪水流出の解析を試みた結果について述べる。

2.洪水流出モデル 本流出モデルは線形貯水池モデルに基づくものであるが、貯留係数をkinematic wave理論によると、表面流出の場合は雨量強度に關係するが、中間流出の場合は雨量強度に關係しないことに着目して考えられたものである。本流出モデルは、流域を地形に応じて小流域に分割し、各小流域を長方形斜面に置き換え、小流域からの表面流出量および中間流出量を下記の方法で算出し、それらを加えることにより小流域からの流出量を算定する。河道の所定の地点における流出量はその地点より上流にある小流域からの流出量を合成することにより求める。計算手順を図示すると、図1のようになる。

(1) 表面流出量の計算法²⁾ 表面流出量は2段の線形貯水池モデルにより算定する。貯留係数 K は、地表流がマンギング抵抗則に従うものとしてkinematic wave理論により集中時間 t_{cs} を求め、2段の線形貯水池モデルに対する関係式 $K = t_{cs}/4$ から求める。継続時間 t_r の有効雨量 Re による小流域からの表面流出量 $q_s(t)$ は次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} t \leq t_r &: q_s(t) = A \cdot Re \left\{ \exp\left(\frac{4t}{t_{cs}}\right) - \frac{4t}{t_{cs}} - 1 \right\} \exp\left(-\frac{4t}{t_{cs}}\right) \\ t > t_r &: q_s(t) = A \cdot Re \left\{ \exp\left(\frac{4t_r}{t_{cs}}\right) - 1 \right\} \left(\frac{4t}{t_{cs}} + 1 \right) - \frac{4t_r}{t_{cs}} \exp\left(\frac{4t_r}{t_{cs}}\right) \exp\left(-\frac{4t}{t_{cs}}\right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\text{ここで, } t_r \geq t_{cs}: t_{cs} = (L/\alpha Re^2)^{1/2}, \quad t_r < t_{cs}: t_{cs} = t_r + \frac{3}{5\alpha} (L - \alpha Re^2 t_r^2) / (Re \cdot t_r)^{1/2} \quad (2)$$

$$\text{有効雨量 } Re \text{ は表面流出率 } f \text{ を用いて次式で算定する。} \quad Re = f \cdot R \quad (3)$$

(1)~(3)式で、 A は流域の面積、 L は斜面長、 $\alpha = \sqrt{\sin\theta}/N$ 、 θ は斜面の傾斜角、 N は斜面の等価粗度、 R は雨量である。

任意の降雨ハイドログラフによる表面流出量ハイドログラフ $Q_s(t)$ は、各単位時間ごとの雨量について表面流出量 $q_s(t)$ を求め、単位図法のハイドログラフの合成法と同様に、それらのハイドログラフを降雨時刻に応じて時刻をずらしながら重ね合わせることで求める。

(2) 中間流出量の計算法 中間流出量は2段の線形貯水池モデルにより算定する。貯留係数 K は、中間流がダルシーの法則に従うものとし、kinematic wave理論により集中時間 t_{ci} を求め、2段の線形貯水池モデルに対する関係式 $K = t_{ci}/4$ から求める。中間流出量 $Q_i(t)$ はタンクモデルの計算法と同様の方法により、次式により算定する。

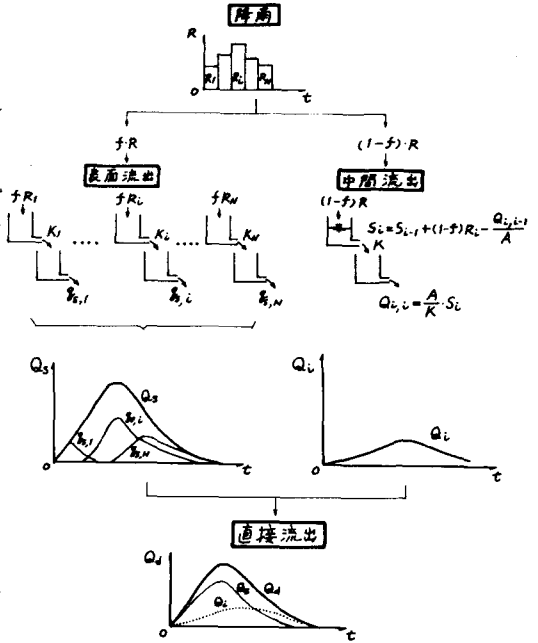


図1 洪水流出モデルの概念図

$$Q_i(t) = \frac{A}{K} S = \frac{4A}{E_e} S \quad (4) \quad \text{ここで, } t_{ci} = E_e L / (k \cdot \sin \theta) \quad (5)$$

(4)および(5)式で、 S は貯留高、 E_e は有効間隙率、 k は透水係数である。貯留高 S は、中間流出に対する線形野水池モデルへの入力 $(1-f)R$ から降雨の単位時間における流出高を差し引いたものが貯留されるものとして計算する(すなわち、降雨の損失は無視する)。

3.計算例 多摩川の小河内ダムより上流域(流域面積 263 km^2)を対象として、16の小流域に分割して流出計算を行った。本流出モデルに含まれるパラメーターの表面流出率 f 、流域斜面の等価粗度 N および k/E_e の値は、計算による流量ハイドログラフと観測による流量ハイドログラフと一致するように決定した。累加雨量が 170 mm 以下のとき $f=0.3$ 、 170 mm 以上のとき $f=0.47$ 、 $N=0.7$ 、 $k/E_e=0.10\text{ cm/s}$ とした場合の計算値と観測値の比較例を図2に示す。図2によると、計算値と観測値は非常によく一致することになる。

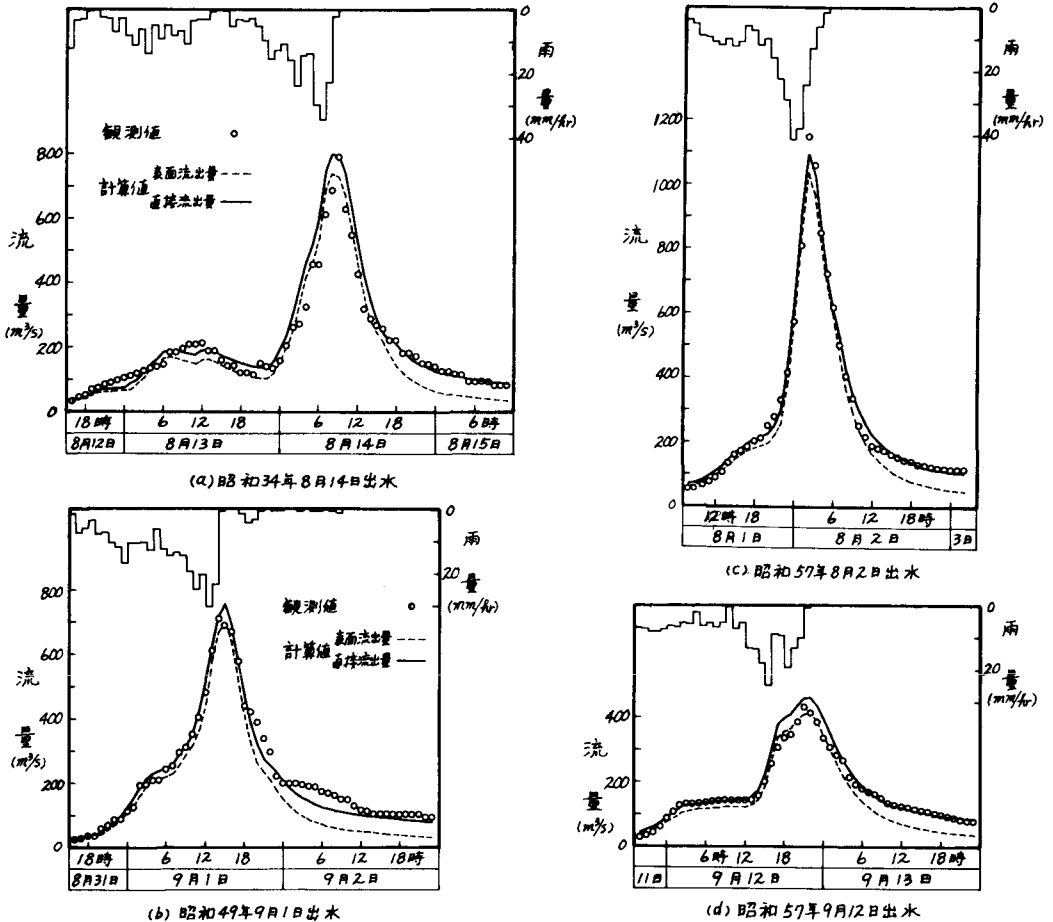


図2 流出解析例(多摩川)

4.おわりに 今後、本流出モデルを種々の流域に適用し、その適用性を検討するとともに、本流出モデルに含まれるパラメーターについて検討していくつもりである。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、貴重な資料を提供して頂いた東京都水道局のオマに謝意を表します。また、本研究は文部省科学研究費補助金(自然災害特別研究(1): 研究代表者 早稲田大学理工学部吉川孝史教授)の補助を受けたことと付記し、謝意を表します。

参考文献: (1)鯉川登・北川善彦: 都市化流域の洪水流出モデル, 土木学会論文報告集, No. 325, pp. 51~59, 昭和57年9月

(2)鯉川登・北川善彦: 線形野水池モデルに基づく流出解析法, 第27回水理講演会論文集, pp. 29~35, 昭和58年2月