

準線形貯留型モデルの計算方法

一般に中小河川の流量計画では合理式がよく用いられるが、洪水波形を計算する合理式からスタートした矩形単位図は無降雨になると流出は0になるという特徴をもち、洪水の低減部の現象を表現できない。このため比較的滑らかなハイドロが得られるように指数単位図(1)式を用いる。この単位図は線形貯留型モデルともいわれ、有効降雨強度(2)式の影響をとりいれれば準線形貯留型モデルとなる。

このモデルは都市化の著しい流域において土地利用の変化による流出の変化を評価するために開発され、昭和60年代から総合治水対策の流量検討に使用された。一般には水田、畑、山地、市街地の4つの土地利用毎(定数Cで評価)に計算され合成される。

$$U(t) = \begin{cases} 0 & (< 0) \\ 1/K \cdot \text{EXP}(-t/K) & (> 0) \end{cases} \text{-----(1)}$$

$$tc = C \cdot A^{\circ} \cdot re^{-e} \text{-----(2)}$$

(k = tc/2)

C : ある土地利用形態に固有の値 A : 流域面積
re : 流域平均最大有効降雨 , : 経験によって求められる定数

ここで、図 - A のようなタンクからの流出を見てみると雨がないとすれば、穴からの流出は貯留量 S に比例すると考えられる。

$$q = 1/k \cdot S \text{-----(3)}$$

又、タンクの水量の変化は、

$$-q = dS/dt \text{-----(4)}$$

として表される。つまりこれは減った貯留量分だけ流出するという式である。(3), (4)を連立して

$$dq/dt = -1/K \cdot q \text{-----(5)}$$

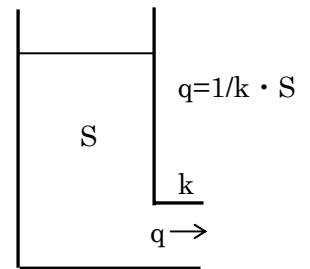


図 A

として、t=0 で q=q₀ の流出があったと仮定すると、

$$q = q_0 \text{EXP}(-t/K) \text{-----(6)}$$

また、t=0 で瞬間的に単位1の降雨があったとすると全流量 $\int_0^{\infty} q dt = 1$ という条件から、

$$q = 1/K \cdot \text{EXP}(-t/K) \text{-----(7)}$$

となり、(1)式と同じ指数形で減衰する流出波形を示している。

もし、雨 r が図Aのタンクに入っている場合には(5)式は、

$$r - q = dS/dt \quad \text{----- (8)}$$

となる。従って(1)式で表される指数単位図は、(3)と(8)式を連立させた下式を解くことと同じになる。

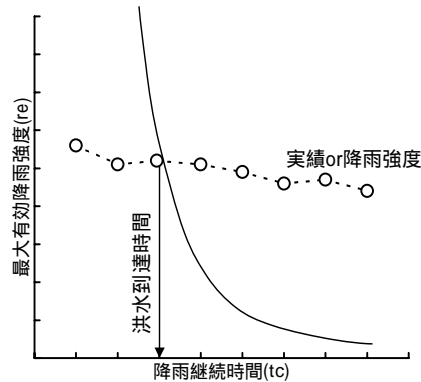
$$\begin{cases} S = kq \\ r - q = dS/dt \end{cases} \quad \text{----- (9)}$$

ここで、 K は遅れ系の定数で洪水到達時間 t_c の $1/2$ として与えられる。

洪水到達時間は(10)式で表される角屋他の式による。

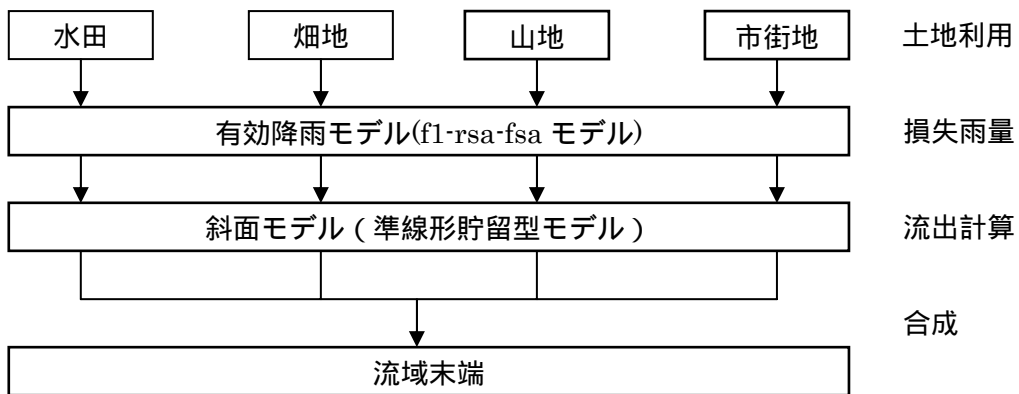
$$t_c = C \cdot A^{0.22} \cdot re^{-0.35} \quad \text{----- (10)}$$

- C : ある土地利用形態に固有の値 A : 流域面積 (km²)
 re : 流域平均最大有効降雨 (mm) t_c : 洪水到達時間 (min)



洪水到達時間の求め方

ここで、最大有効降雨強度は洪水毎に設定される。つまり、洪水毎に降雨強度に合わせた洪水到達時間が設定され、これに伴い定数 K 値も洪水毎に変わる。これは、他の手法にない準線形貯留型モデルの特徴である。



流出計算の流れ

(9)式の解法について

$$\begin{cases} S = kq \\ r - q = dS/dt \end{cases} \text{----- (9)}$$

(9)式の $r - q = dS/dt$ を差分化すると、以下のように変形できる。

$$r - (q_i + q_{i+1}) / 2 = (S_{i+1} - S_i) / DT$$

$S = Kq$ を上式に代入すると、以下のようなになる。

$$r - (q_i + q_{i+1}) / 2 = (K \cdot q_{i+1} - K \cdot q_i) / DT$$

$$q_{i+1} \cdot (k/DT + 0.5) = q_i \cdot (k/DT - 0.5) + r$$

となる。

さらに q_{i+1} についてまとめると、

$$q_{i+1} = (q_i \cdot (k/DT - 0.5) + r) / (k/DT + 0.5)$$

となり、上式を解けばよい。

このモデルは、下水道などの合理式で流量計画が設定されている流域との整合を考えて開発され、それ故合理式の理論から出発している。したがって、流域面積が小さいことによって土地利用ごとに角屋の式によって求まる K 値は小さい値となることが予想され、 K 値が $0.5(tc=1hr)$ より小さい値となると $q_i \cdot (k/DT - 0.5)$ がマイナスとなり、不都合が生じる。このため、本解法では、計算時間ピッチを $3600sec/4$ (15分) として計算している。角屋式で求めた K 値は4倍($k/(DT/4)$)して計算している。