第16回流域委員会
資料2-2

各流出計算について

第16回流域委員会
資料2-2

流出モデル（流出計算法）の分類

流出モデル

- 応答モデル（解析的モデル）
  - 線形モデル：
    - 単位図法（総合単位図法，流出関数法，・・）
  - 非線形モデル
  - → 集中定数系モデル
- 物理モデル（パラメトリックモデル）
  - 集中定数モデル：（変数＝時間）
    - 貯留関数法，準線形貯留型モデル，タンクモデル，・・
  - 分布定数モデル：（変数＝時間，空間）
    - Kinematic Wave 法，Dynamic Wave 法，
    - SHE， IHDM， など
  - → 非線形（準線形）

流出関数法 → 準線形貯留型モデル

貯留関数法 → 準線形貯留型モデル

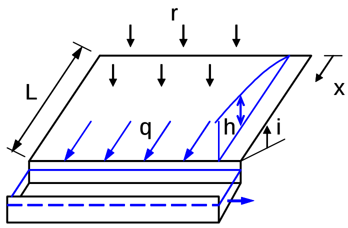
（関数形）

Kinematic Wave 法 → 貯留関数法（モデル定数）

Kinematic Wave 法　(等価粗度法)

$$\begin{cases} \dfrac{\partial h}{\partial t}+\dfrac{\partial q}{\partial x}=r \\ h = Kq^{p} \end{cases}$$

h = (斜面上の) 水深
q = 斜面単位幅流量
r = 有効降雨強度



Manning 式を用いると　$K=\left(\dfrac{n}{\sqrt{i}}\right)^{p}$,　$p=0.6=\dfrac{3}{5}$

n = 等価粗度
i = 斜面勾配

$h = Kq^{p} \Rightarrow q = \alpha h^{m}$

層流: $\alpha=\dfrac{g\,i}{3\nu}$, $m=3$ $\left(p=\dfrac{1}{3}\right)$

Manning 則: $\alpha=\dfrac{\sqrt{i}}{n}$, $m=\dfrac{5}{3}$ $\left(p=\dfrac{3}{5}=0.6\right)$

Darcy 則: $\alpha=\dfrac{\kappa\,i}{\phi}$, $m=1$ $(p=1)$

g = 重力加速度
ν = 動粘性係数
κ = 透水係数
φ = 土の有効間隙率

$s=\int_0^L h(x,t)\,dx$

s = 斜面単位幅貯留量
L = 斜面長

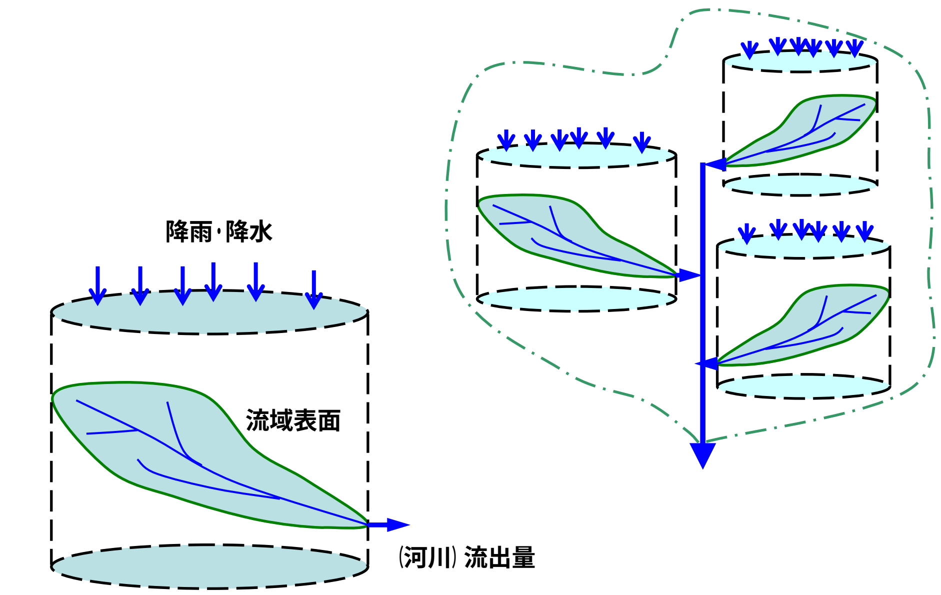
流域分割
↓
(各小流域を) 長方形で近似
↓ (実績洪水の再現)
粗度係数 (等価粗度) n を, 同定する.

(定数 p は, 多くの場合, マニング則により p = 0.6)

等価粗度は, 分割流域の大きさによって変わる.
流出計算には, 特性曲線法などを用いる.

↓

検討事項
- 計算の精度･解の安定性
- 流域分割と土地利用状況の関係　⟶　粗度係数

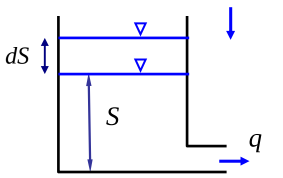


貯留関数法

fr = 有効雨量

$$\begin{cases} \dfrac{dS}{dt} = f\,r(t-T_\lambda)-q \\ S = K\,q^p \end{cases} \quad \Rightarrow \quad q = \sqrt[p]{\frac{S}{K}} = \frac{S^{1/p}}{K^{1/p}}$$

$$q = (q - q_i)$$



S = 流域上の (仮想の) 雨水貯留高

r = 降雨強度

q = 流出高 (流出量／流域面積) = S の関数 とする

f = 流入係数 (=流出係数)

T_λ = 遅れ時間 (遅滞時間)

q_i = 増水の始まった時の流量

同定するモデル定数:

$$K, \; p, \; T_\lambda, \; f$$

Kinematic Wave 法との比較などから貯留関数法のパラメータ K は, 斜面勾配 i, 粗度 (等価粗度) n, および斜面長 L (あるいは流域面積 A) の関数であると考えられる.
また, 流れの状態で決まるパラメータ p を固定する (すなわち流域全域で流れの状態が同じとする) と, それ以外の流れ状態が存在する場合, パラメータ K は, p の値によっても変わる.

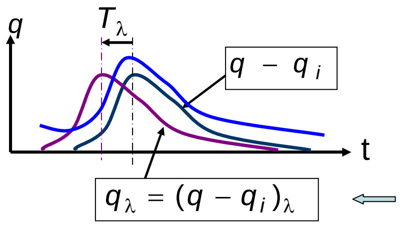
モデル定数の値（1次設定値）

$p = \dfrac{1}{3}$ （層流）のとき，　$K = 43.4 \times C \dfrac{L^{1/3}}{i^{1/3}}$

C ：リザーブ数 $\left\{ \begin{array}{l} 0.12 \text{ ; 自然流出} \\ 0.012 \text{ ; 人口流出} \end{array} \right\}$ として，それぞれの面積率による加重平均値

$p = \dfrac{3}{5} = 0.6$ （Manning 式）のとき，　$K = 2.5\left(\dfrac{n}{\sqrt{i}}\right)^{0.6} A^{0.24}$

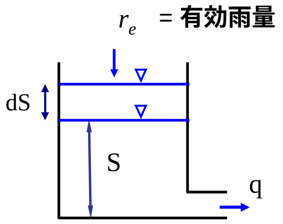
$\left\{ \begin{array}{l} n = \text{等価粗度} \\ i = \text{斜面勾配} \end{array} \right\}$ 流域の平均値



⇐ $\left\{ \begin{array}{l} q - q_i \text{ のハイドログラフを} \\ \text{遅滞時間 } T_\lambda \text{ だけ左へ移動させた流出量} \end{array} \right.$

準線形貯留型モデル

$$\left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{dS}{dt} = r_e - q & (r_e = f\ r) \\ S = K\,q \quad \leftrightarrow & \left(q = \dfrac{S}{K}\right) \end{array} \right.$$



$$K = T_\lambda = \frac{T_c}{2} \qquad \left\{ \begin{array}{l} T_\lambda = \text{遅れ時間} \\ T_c = \text{洪水到達時間} \end{array} \right.$$

$$T_\lambda = CA^{0.22} r_e^{-0.35} = C\frac{A^{0.22}}{r_e^{0.35}}$$

地目別に（ある範囲で）既定

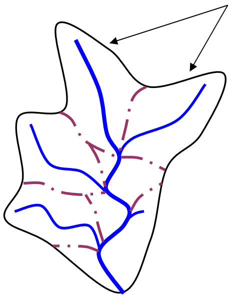
（この範囲内の値で同定）

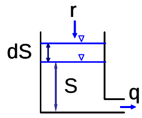
（例1）
- 水田： C=1000
- 山林： C= 290
- 畑地： C= 210
- 市街地（舗装，下水）： C= 50

（例2）
- 丘陵山林地： C= 290
- 粗造成地： C= 90~120
- ゴルフ場・放牧地： C= 190~210
- 市街地： C= 60~90

同定するモデル定数： $K\,(\leftrightarrow C)$ ，f

流出モデル　(流域モデル)(斜面モデル)





部分流域 (支流域) ごとに,

(1) 市街地　・・・・・・・　流出モデル
(2) 畑　・・・・・・・・・・　流出モデル
(3) 水田　・・・・・・・・・　流出モデル
(4) ゴルフ場　・・・・・・　流出モデル
(5) 池 (ため池など) ・・　流出モデル
(6) 山林　・・・・・・・・・・・　流出モデル

土地利用状況に応じて モデル定数が異なる.

$$\begin{cases} \dfrac{dS}{dt} = r - q \\ q = \alpha \times S \end{cases}$$

(ただし, ため池・調整池などの貯留・調整機能はそれらの諸元を与えて計算.)

⇓

各モデルで算出されるのは, 比流量　[m³/(s.km²)] = q

⇓

部分流域の総流出量 Q [m³/s] ＝ $(q_1 \times A_1) + (q_2 \times A_2) + \cdots + (q_6 \times A_6)$

（市街地：$q_1 \times A_1$，畑：$q_2 \times A_2$，・・・・，山林：$q_6 \times A_6$；q_1：比流量，A_1：面積）

Dynamic Wave 法

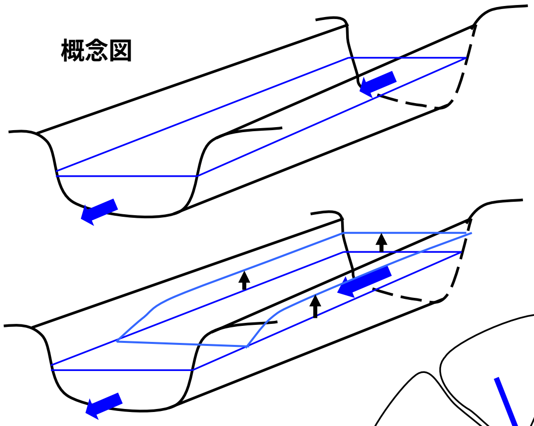
$$\begin{cases} \dfrac{\partial h}{\partial t} + \dfrac{\partial q}{\partial x} = 0 \qquad (q = hV) \\[2ex] \underbrace{\dfrac{\partial V}{\partial t} + V\dfrac{\partial V}{\partial x}}_{\text{加速度}} + \underbrace{g\dfrac{\partial h}{\partial x}}_{\text{圧力}} - \underbrace{g(S_0}_{\text{重力}} - \underbrace{S_f)}_{\text{まさつ力}} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} S_0 = \text{水路勾配} \\ S_f = \text{摩擦勾配} = \dfrac{\tau_0}{\rho g R} \end{cases}$$

→ Kinematic Wave
→ Diffusion Wave
→ Dynamic Wave

流出モデル (河道モデル)

概念図



上流からの流入量が増えても,

河道 (区間) 内の水面上昇による
貯留のために

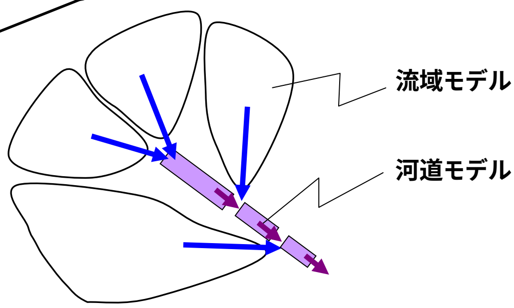
下流から流出量は，直ちに増えない.

⬇

上流端での流入量と

下流端での流出量の関係を

「**貯留関数モデル**」 で表現



流出モデル

　＝ 流域モデル + 河道モデル