

○ 名古屋大学工学部 正員 高木 不折  
 “ “ 松林宇一郎  
 建設技術研究所 “ 片山 正巳

### 1. はじめに

筆者らは流域内部個々の地域での雨水流の物理的な特性が、どのような形式で流域全体としての、流域特性を生み出すかを検討してきたが、本報では、いくつかの流域の地形量解析からえられたデータを基礎に、違い中間流出現象について報告する。

### 2. 斜層の無次元化方程式

流域内部に存在する個々の山腹斜層での中間流は Fig. 1 のような斜層の流れてモデル化すると、この流れを規定する基礎方程式は

$$\frac{\partial h'}{\partial t'} = -\alpha \frac{\partial}{\partial x'} \left\{ h' \left( 1 - \beta \frac{\partial h'}{\partial x'} \right) \right\} + r', \quad \alpha = \frac{kt \tau}{\gamma l}, \quad \beta = \frac{r \tau}{\gamma l \lambda} \quad (1)$$

と無次元化される。ここに、 $x'$ ,  $z'$ ,  $k$ ,  $\tau$  は無次元化した座標、時間、木深、自由水面への水供給強度、 $\alpha$ ,  $\beta$  は無次元量であって、 $k$ : 斜層の透水係数、 $\gamma$ : 有効間隙率、 $l$ : 斜層長、 $\lambda$ : 斜層勾配、 $r$ ,  $r'$ : 自由水面への水供給強度とその継続時間である。

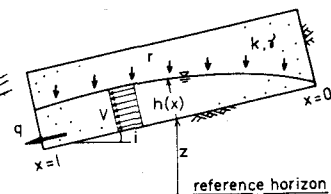


Fig. 1 斜層モデル

### 3. 流出過程での平均化

(1) 式の方程式の解、すなわち流域内部に存在する個々の斜面での流れおよび流出特性は、その斜面の性質  $\alpha$ ,  $\beta$  によってかなり変わったものとなる。しかしながら、実際の流域における斜面では  $\alpha$ ,  $\beta$  の値は複雑に分布し、それらの総合として流出現象が起こっているわけである。いま、個々の斜面からの無次元化流出流量を  $q'$  とすると、 $\alpha$ ,  $\beta$  の値の分布  $p(\alpha, \beta)$  をもつ流域全体からの無次元化流出流量  $Q'$  は、

$$Q'(t') = \int q'(t'; \alpha, \beta) \cdot p(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (2)$$

と書くことができるが、以下では  $A = \ln \alpha$ ,  $B = \ln \beta$  と記して、 $A$ ,  $B$  の無次元パラメータを基礎として議論する。また、流域内部での  $A$ ,  $B$  の分布の平均値 (面積的な) を  $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$ 、それぞれの分散を  $\sigma_A^2$ ,  $\sigma_B^2$  と記し、さらに、流域末端での流出特性を生み出すような等価斜層、言い換えると、全体の流域での流出特性を表現する等価パラメータを  $A^*$ ,  $B^*$  と記そう。このように考えると、

i)  $A$ ,  $B$  は実際の流域では正規分布、すなわち、 $\alpha$ ,  $\beta$  は対数正規分布とする。

ii) 流域の等価パラメータ  $A^*$ ,  $B^*$  は、流域内部での  $A$ ,  $B$  の分布によって、

$$A^* = \bar{A} + C_1 \sigma_A^2 \quad \dots (3) \quad B^* = \begin{cases} \bar{B} + C_2 \sigma_B^2 & \sigma_A: \text{小} \\ \text{constant} & \sigma_A: \text{大} \end{cases} \quad \dots (4)$$

となる。

iii) 個々の流域での流出ハイドログラフは種々の形態をとるが、流域全体としての無次元単位図は、 $\sigma_A^2$  が大きくなり流域内部の多様性が高まるほど実際の流域で観測される形態のものに近くなり、

$$\text{無次元ピーク流量 } Q_p' = \exp(\bar{A} + \sigma_A^2/2) \quad \dots (5)$$

$$\text{無次元化係数 } \lambda = \exp(\bar{A} + \frac{\sigma_A^2}{2}) / (1 - \frac{1}{2} \exp(\bar{A} + \frac{\sigma_A^2}{2})) \dots (6)$$

10) 流量一時留量関係も、個々の斜面については、種々複雑な関数関係となるが、それらを多様な斜面のものから合成されると、両者は1対1の、しかも比例的な関係

$$Q = \frac{\exp(\frac{\sigma_A^2}{2})}{1 - \frac{1}{2} \exp(\bar{A} + \frac{\sigma_A^2}{2})} \cdot \frac{\bar{k} \cdot \bar{\gamma}}{\bar{\gamma} \cdot \bar{l}} \cdot S = K S \dots (7)$$

にあることが導かれる。上式は実際の次元で記したものであって、上式中のKは(6)式での $\lambda'$ を実次元のものに直し直した入に等しいとは言うまでもない。

上に述べたいくつかの知見は、流域内部の個々の斜面からの流出特性が合成されることによって、流域全体としてはどのような特性が表に現われてくるか、すなわち、流域内部での平均化過程を暗示するものである。

#### 4. 流域内部での地形量の分布と流出特性

上に記したように、流出特性に反比例する流域内部の分布量としてはAすなわち $\alpha$ が大きな役割を果たしている。無次元化した趣旨にそって $\alpha=1$ とすれば、 $\alpha$ は(1)式からわかるように、斜面の地形量 $l$ と地質量 $k$ 、 $\gamma$ によって定められ、これらの値が実際の流域で対数正規分布をすることはこれまでに述べてきた。

Fig. 2 は長良川流域をいくつかの小流域に分割し(1分割の面積は4~20km<sup>2</sup>)、それぞれの内部の地形量 $l_n/l$ の分布の平均値と分散を示したものである。この $l_n/l$ の量はAとは $A = l_n^k/l^k + l_n^{\gamma}/l^{\gamma}$ の係数にあるが、 $k$ 、 $\gamma$ については対数正規分布することが知られているものの、この流域では $k$ 、 $\gamma$ の詳細な分布を議論するに足る資料はない。Fig. 2 からわかるように、平坦な丘陵地域、水田の占める面積的割合の大きい残存部を除くと、いわゆる山地流域では、 $l_n/l$ の平均値と分散はほぼ同じ値をとっていることがわかる。また、上流より下流に流下するにしたがって、その集水域での分布を見てゆくと、丘陵部・水田地帯の分布の影響は薄らぎ、斜面地形量の分布特性もほぼ同様なものとなっていることが認められた。このことは、( $k$ 、 $\gamma$ について詳しく検討する必要はあるが)、(3)~(7)式で与えられる特性量が無次元要素ではどの流域でもほぼ一定値となりえることを暗示している。

最近、石原・小葉竹はある単位流域を基準とすれば、タンクモデルの定数の多くはどの流域でも同じ値をとることを示し、流域ごとに変わりうるのは、鉛直方向の流に依る量のみであるとしている。ここで考察したのは中間流出についてだけであるが、実際の流域はかなり狭い地域でもすでに斜面分布より大きな流域のものと似て性質を持っており、したがって、かなり平均化された流出特性が現われることを示している。

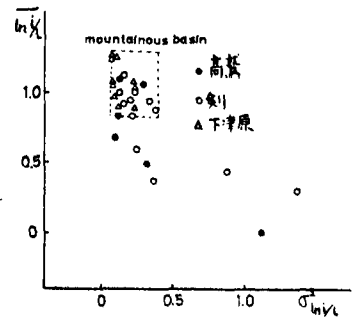


Fig. 2  $l_n/l$ の分布の平均値と分散

#### 5. まとめ

これまでに考察してきた平均化過程も流域内部での水平方向の流に注目したものであるが、小さい流域でも、より下流の大きな流域でも無次元化して考えるとほぼ同じ流出特性が表に現われてくる可能性について記した。すなわち、流出現象は平均化過程が非常に卓越した現象になっているものとなっている。このような検討をより推し進め、また入力としての降雨の場所的・時間的分布ならびに流域内部での鉛直方向の流の特性を検討することによって、いわゆる流出現象のスケールの問題の解明に接近できるのではないかと考えている。