

## (34) 河川流路網の浸食過程

鹿児島工業高等専門学校 ○足田 誠  
九州大学工学部 平野泉夫  
農林水産省林業試験場 岩元 賢

### 1. まえがき

山地斜面の崩壊は、よくに火山性の裸地河川流域において著しく、火山活動の激しい桜島の北側水系においては、表面は降下軽石層（通称ボウ）でおおわれ、その流出土砂は、Table-1 にみられるように国内最大規模である。また、その流出は土石流の形態で頻発し、土砂災害の防止対策は社会的に大きな問題になっている。なかでも

Table 1. Outflow of debris in Sakurajima

River name	Basin area A (km <sup>2</sup> )	Rate of debris (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /year) Feb.1971-Oct.1974-Sep.1976
Kurokami River-1	1.63	135,600 286,000
Kurokami River-2	5.25	53,000 91,500

桜島黒神川は、斜面長約 3000m、平均流域勾配約 20° で、カトカツ水系となり、上流にゆくにつれ高密度のガリによる流路網が発達している。ここに、本研究は山地河川流域の浸食を、計量地形学の概念を導入して、流路網の発達過程を定量化せんとするものである。使用した 1/2500 の地形図は、1974 年 10 月に建設省大隅工事事務所により航空写真撮影し、図化したもので、充分な精度が得られたものと考えている。

### 2. 河川流路網の地形則

河川流路網の形成は、植生が見られず地質も均一であるような場合には自然発生的で、その支川流の合流過程は Topology 的にぐたらめな法則に従っていふと考えることが出来よう。いま、ぐたらめな尺度として Entropy の概念を導入すると、情報量に対して定義される Entropy は次式で示される。

$$\langle \text{Entropy} \rangle = (\text{定数}) \times \log (\text{情報量}) \quad \dots \quad (1)$$

Horton-Strahler 流<sup>2)</sup>は流路網の位数分析を行ない、情報量として流路位数  $u$  に対する流路数  $N_u$ 、平均流路長  $L_u$  を選ぶと、流路位数  $u$  は、

$$u = C_1 \log_{10} N_u \quad \dots \quad (2)$$

$$u = C_2 \log_{10} L_u \quad \dots \quad (3)$$

ここに、 $C_1$ 、 $C_2$  は定数で、下記のようにして決定することができる。

式(2)を、最上流流路位数  $u=1$  の流路数  $N_1$  を基準化すると、

$$\log_{10}(N_u/N_1) = (u-1)/C_1 \quad \dots \quad (4)$$

Fig.1 から、 $1/C_1 = -\log_{10} 4 \doteq -0.602$  ie.  $C_1 = -1.661$  となる。

$$\frac{N_u}{N_1} = \left(\frac{1}{4}\right)^{u-1}, \quad u \geq 1 \quad \dots \quad (5)$$

即ち、流路数に対しては、いわゆる  $1/4$  則が成立していふことがわかる。

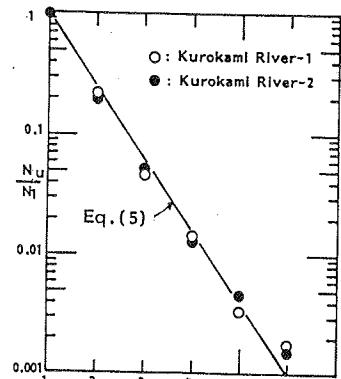


Fig.1 Law of stream numbers

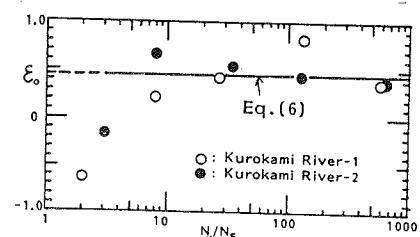


Fig.2 Law of stream length

流路長の発達は、下流の堆積域に達すると終息し、背砂の影響が強くなることが予想される。そこで、最下流流路位数  $U=S$  に対する流路数  $N_s=1$ 、平均流路長  $L_s$  に対して、式(2)、(3)を基準化すると、 $S = C_1 \log_{10} N_s$ 、 $S = C_2 \log_{10} L_s$  となる。両者から、 $S$  を消去すると、 $\varepsilon_0 = -\frac{\log_{10} \frac{L_u}{L_1}}{\log_{10} \frac{N_u}{N_s}} = -\frac{C_1}{C_2}$  ----- (6)

Fig. 2 は  $\varepsilon_0$  の実測値を示したもので、 $U=S$  附近を除けば、 $\varepsilon_0 \approx 0.45$  である。Fig. 1 より、 $C_1 = -1.661$  であるから、 $C_2 = 3.691$  となる。そこで、 $\sqrt{C_2} = \log_{10} 1.866 \equiv \log_{10} \lambda_s$  とおくと、

$$\frac{L_u}{L_1} = \lambda_s^{u-1}, \quad U \geq 1 \quad \text{----- (7)}$$

即ち、流路長に対して、式(7)の地形則が成立する。

### 3. 流路数の流域内分布

式(5)、(7)は、 $N_u$ 、 $L_u$  が等比級数的に変化していることを示している。従って、流路数  $N_u$  の総和は級数和として求められ、

$$S \rightarrow \infty \text{ のときには, } \sum_{u=1}^S N_u = \frac{1 - (\frac{1}{\lambda_s})^S}{1 - \frac{1}{\lambda_s}} N_1 = \frac{4}{3} N_1 \quad \text{--- (8)}$$

一方、流路長  $L_u$  は最上流の分水嶺を  $x=0$ 、斜面に沿って下流端を  $x=l$  とおくと、その間で等比級数的に分布することが予想される。また、 $L_1$  の値は地形図の精度に強く左右される。そこで、 $u=0$  における  $L_u$  を考えると、これは、 $x=0$  から  $L_1$  に至る平均流路長になる。この値も式(7)に準じて取り扱うものとすれば、

$$l = \sum_{u=0}^S L_u = \frac{1 - \lambda_s^{S+1}}{\lambda_s (1 - \lambda_s)} L_1 \quad \text{----- (9)}$$

$S$  を parameter として示したものである。 $S \rightarrow \infty$  では、 $N_u$  に対する値は  $4/3$  であるから、有効 3 ケタでは、 $S > 4$  ではほぼ定常状態に達することが予想される。

さて、最下流流路  $U=S$  においては、 $N_u=1$  となるから、式(5)、(9)から  $L_1/l$  が決定できる。従って、再び、式(5)、(7)を用いると、任意の  $U$  に対して  $N_u$  と  $\sum_{u=0}^U L_u/l = x/l = \xi$  の関係が離散的に計算できる。Fig. 3 は、 $N_u$  と  $1/\xi$  の関係を示したもので、 $\xi = 1$  で  $N_u = N_s = 1$  を通る直線は、

$$N_u = \xi^{-\lambda_s} \quad \text{----- (10)}$$

実測値は、式(10)とよく対応しており、 $S = 10 \div \infty$  の場合には、 $\lambda_s = 2.0$  に漸近する傾向にある。以上から、流路数は負の Entropy を持つながら、Random 性を消失し、下流端の影響を強く受け、 $S > 4$  の領域においては、Entropy は  $\lambda_s$  を用いるとより、場所的に決定できることが示された。参考文献：1). 植・平野・岩元：越後島の山腹崩壊と出土物量について、昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土石流および土石流災害に関する調査研究報告、(1977)、2). 高山茂美：河川地形：共立出版(1974)

Table 2. Eqs(8) and (9)

S	$\sum_{u=1}^S N_u/N_1$	$\sum_{u=0}^S L_u/L_1$
1	1.000,000	1.536
2	1.250,000	3.402
3	1.312,500	6.884
4	1.328,125	13.381
5	1.332,031	25.505
6	1.333,008	48.129
7	1.333,252	90.344
8	1.333,313	169.118
9	1.333,328	316.110
10	1.333,332	590.396
11	1.333,333	1,102.215
12	1.333,333	2,057.269

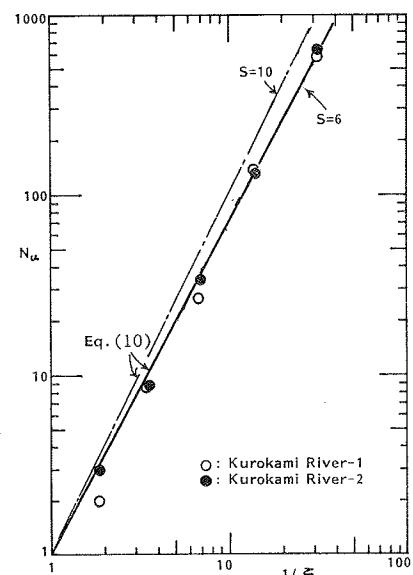


Fig.3 Distribution of stream numbers in the river basin

Table 2 は、式(8)、(9)の関係を、