

斜面崩壊と水系網の構成との関係

細田 豊・今里 卓

(農学部・防災林学研究室)

The Relation between the Slope Failure and the Composition of a River System

Yutaka HOSODA and Takasi IMASATO

Laboratory of Erosion Control Engineering Faculty of Agriculture

Abstract: In this paper, writer considered the river system and the slope failure in a upper catchment area in Yoshino river. As a result, a process of development to a river system in divided cathment areas, had shown a similar tendency. The relation between the slope failure and the first order stream per unit area had recognized a significant relation. The slope failure was related to the first order stream by the following equation.

$$\text{Log } Y = A + B \text{ Log } X$$

Where

Y: numberes of the slope failure per unit area.

X: numberes of the first order stream per unit area.

A, B: constant.

I ま え が き

本論文では、多数の斜面崩壊が発生した吉野川上流域の水系網の構成と斜面崩壊との関係について考察した。

斜面崩壊現象は、その現象の発生場の地質、地形、土壌、降雨量、水分条件など多数の因子の相互作用の結果として発生するので、非常に複雑な現象である。斜面崩壊現象は流域の顕著な開析過程であるとの考え方から。流域の水系網の発達過程と斜面崩壊について検討した。

II 研究目的及び方法

斜面崩壊が多発した吉野川上流域の基岩は、黒色片岩、緑色片岩が主体であるが、一部の流域には珪質片岩、砂質片岩などが分布する。研究対象流域は三波川結晶片岩が分布する地域である。この三波川結晶片岩が分布する流域内での水系網の発達過程がどうであるかを検討することは、流域の全般的な侵食様式を考察するために重要なことでもある。流域の開析は水系網の発達に起因することは明らかであり、特に一次谷の発達には流域の侵食過程に著しい影響を及ぼしている。吉野川上流流域の全般的な水系網の構成を検討し、特に一次谷と斜面崩壊との関係について考察した。

研究方法は、吉野川上流の流域面積約 420 km² について国土地理院発行 1/25000 地形図を基本図として、水系網に関する計測を実施した。計測した因子は、1) 各谷の次数の流路数、2) 各谷の次数の流路長、3) 各谷の次数の流路勾配、4) 各谷の次数の流域面積などである。ここで計測上問題になるのは一次谷流路の定義である。すなわち 1) 地形図上で「流路の幅が流路のわん入の長さより小なるものすべて流路」とする、2) 「等高線の状態から判断して最大限と考えられる水系」までを流路として計測する。などの定義があるけれども、本論文で採用したのは前者の定義である。

次に流路の次数決定であるが、これは Horton の方法を若干改良した Strahler 法を採用した。

すなわち最上流部の枝分れしない流路を1次谷とし、1次谷に1次谷が合流した場合には、その合流点から下流を2次谷とし、2次谷と2次谷とが合流した場合には、その合流点から下流を3次谷とする。以下同様な手法であるが、高次数の谷に低次数の谷が合流しても次数の変更はしない。それ故、最高次数はその流域の本流である。

計測流域の流域区分は次の如くである。1) 大森川流域 (注 大森ダムより上流域, 流域面積21.3 km²), 2) 吉野川 (I) 流域 (注 長沢ダムより上流域, 流域面積70.6 km²), 3) 葛原川流域 (流域面積55.6 km²), 4) 吉野川 (II) 流域 (注 大森ダムから大橋ダム間の流域, 流域面積54.0 km²), 5) 吉野川 (III) 流域 (注 大橋ダムから早明浦ダム間の主要な支流を除外した流域, 流域面積110.4 km²), 6) 大北川流域 (流域面積30.6 km²), 7) 瀬戸川流域 (流域面積66.1 km²), 8) 下川川流域 (流域面積12.2 km²)。以下各流域名は上述の頭書の数字を使用する。上記の流域に発生した山崩れ, 地すべり性崩壊, 土石流の内, 特に山腹斜面に発生した山崩れ (斜面崩壊) のみを1/5000 崩壊分布図から求め本研究の対象とした。その斜面崩壊数は7881ヶ所である。

III 結果及び考察

I 水系網の構成則について

計測した各流域の 1) 流路数, 2) 流路長, 3) 流路勾配, 4) 流域面積, などの諸計測値から, Horton 則の第1法則~第4法則が成立するかどうかを回帰直線を求め検討した結果では, 相関係数 (r) が 0.99~0.93 の範囲にあり, 第1法則~第4法則は成立する。なお回帰直線の回帰係数から, 分岐比, 流長比, 勾配比, 面積比などの各パラメーターを求めた結果は Table-1 に示す。

Table-1

Parameter Basin	Bifurcation Ratio	Length Ratio	Slope Ratio	Area Ratio	Fall Ratio	Frequency Ratio
1	4.406	1.866	1.507	4.198	1.238	1.062
2	4.529	2.183	2.168	4.150	1.007	1.091
3	3.793	1.871	1.888	3.532	0.991	1.073
4	5.395	1.710	1.803	3.828	0.948	1.411
5	4.624	1.629	1.486	3.508	1.096	1.318
6	4.920	1.799	2.377	5.105	0.757	0.964
7	4.074	1.811	2.178	3.581	0.831	1.137
8	4.093	1.758	1.941	4.009	0.906	1.021
Mean Value	4.479	1.828	1.918	3.989	0.972	1.135
Standard Deviation	0.480	0.154	0.298	0.494	0.141	0.143

分岐比 (Bifurcative ratio) について

分岐比 (R_b) は $R_b = N_w / N_{w+1}$ (但し $w=1, 2, \dots$) で表わされる数値である。水系網発達の推計学的モデルから導かれた分岐比は $R_b=4$ に収束するといわれる¹⁾。しかし Strahler によれば地質構造が水系網に影響しない流域での分岐比 (R_b) は3.0~5.0の範囲内にあるといわれている¹⁾。計

測した流域での分岐比 (R_b) は4.959~3.999の範囲内である。上述した分岐比の範囲から4) 流域のみが、はずれた数値を示している。これは4) 流域の谷の分岐は相対的に他流域より異なっていると考えられる。全般的にみると対象流域での谷の分岐過程は、ほぼ類似の傾向を示している。

ここで地質構造の影響について検討するために、1), 2), 4) の各流域を含む大橋ダム上流域の分岐比を求めた結果では $R_b=4.800$ となり分岐比3.0~5.0の範囲内になる。各流域の基岩は1) 流域は緑色片岩のみ、2) 流域は緑色片岩、黒色片岩の分布、4) 流域は緑色片岩、黒色片岩の分布である。流域を分割した場合に分岐比が異なるのは、その流域の地質構造の影響はある程度無視されないことを示している。

流長比 (Length ratio) について

流長比 (R_l) は \bar{L}_{w+1}/\bar{L}_w (但し $w=1.2\cdots$) で示される数値である。対象流域の流長比の範囲は2.217~1.621である。この範囲をはずれるのは1), 5), 6) の各流域である。なお1), 5)の流域では、より高次数の流路の長さが低次数の流路長に比較して他流域よりも短い傾向を示している。6) 流域では逆である。

勾配比 (Slope ratio) について

勾配比 (R_s) は $R_s=\bar{S}_w/\bar{S}_{w+1}$ (但し $w=1.2\cdots$) で表わされる数値である。対象流域の勾配比の範囲は1.982~1.674である。この数値の範囲をはずれるのは2), 5) の各流域である。2) 流域ではむしろ低次数の流路勾配が、それより高次数の流路勾配より大きく、5) 流域では逆である。

面積比 (Area ratio) について

面積比 (R_A) は $R_A=\bar{A}_{w+1}/\bar{A}_w$ (但し $w=1.2\cdots$) で表わされる。対象流域の面積比の範囲は、4.483~3.495である。この数値の範囲からはずれる流域は6) 流域である。6) 流域はより高次数の流域面積が低次数の流域面積より大きい。これは高次数谷の流域の拡がり大きい傾向を示している。推計学モデルから演繹される面積比は4.5であるが¹⁾、対象流域では全般的に小さい数値を示している。

以上水系網構成則に関係する各パラメーターの比較検討をした。その結果、水系網発達で特異性を示す流域は分岐比では4) 流域、流長比では1), 5), 6) の各流域、勾配比では2), 5) の各流域、面積比では6) 流域となる。これらの各流域について水系発達の特徴をみると、4) 流域では谷の分岐過程が他の流域に比較して顕著である。5) 流域の谷の発達様式は流路長が短く、急勾配の流路の発達傾向を示す。6) 流域では流路長が相対的に長く、そのために集水面積の拡がりも大きい。2) 流域は流路勾配が相対的に急な傾向を示す。

次に上述の各パラメーターの相互関係から C・T・Yang は落差比、傾度比のパラメーターを提案した¹⁾。その点について述べる。

落差比 (Fall ratio) について

C・T・Yang は流長比、勾配比とから次式の関係導き、水流の落差比と定義した¹⁾。

$$e^D \cdot e^F = \frac{\bar{Z}_w}{\bar{Z}_{w+1}} = 1.0$$

但し $e^D = \bar{L}_w/\bar{L}_{w+1}$, $e^F = \bar{S}_w/\bar{S}_{w+1}$

Yang はこの数値が1.0に近い水系では平衡状態に達した水系であるとした。対象流域で、この数値からはずれる流域は1), 6), 7) の各流域である。1) 流域ではむしろ水系の下刻作用の傾向

が強く、6), 7) の各流域ではむしろ埋積傾向にあることを示す。

頻度比 (Frequency ratio) について

C・T・Yang は分岐比と面積比とから次式の関係を導き、水流の頻度比とした¹⁾。

$$\frac{e^B}{e^N} = \frac{N_w/\bar{A}_w}{N_{w+1}/\bar{A}_{w+1}}$$

但し $e^B = N_w/N_{w+1}$, $e^N = \bar{A}_w/\bar{A}_{w+1}$

この関係は上式から明らかなように、1.0 の関係にある。しかしながら 4), 5) の各流域ではいずれも低次数の流域の谷の頻度が高く、1.0 の関係からはずれる。

以上が対象流域の水系網構成則からみた水系発達過程の概要である。

II 一次谷の発達と斜面崩壊について

流域の開析過程を考えるならば、斜面崩壊現象は一時的急激な多量の土砂生産現象であるけれども、これらの現象は流域の顕著な開析過程の現象でもある。また斜面崩壊現象は新たな一次谷の形成過程であるとも考えられる。本流域で発生した斜面崩壊と一次谷との関係について検討する。

Table-2 に諸数値を示す。

Table-2

Item Basin	Catchment Area km ²	Numberes of First Order Stream	First Order Stream per unit Area /km ²	Numberes of Slope Failure	Slope Failure per unit Area /km ²	Drainage Density
1	21.3	326	15.3	923	43.3	5.219
2	70.6	884	12.5	1,149	16.3	4.966
3	55.6	734	13.2	1,159	20.9	5.266
4	54.0	817	15.1	1,067	19.7	5.130
5	11.4	991	9.00	1,080	9.8	11.328
6	30.6	671	21.9	537	17.5	7.052
7	66.1	983	14.9	1,543	23.4	5.720
8	12.2	267	21.8	423	34.6	7.067

Table - 2 の数値を両対数紙に描いたのが Fig - 1 である。図から一次の指数式 $y=ax^b$ の関係が推察されるので、最小二乗法で回帰直線式を求めると

$$\log Y = 0.203 + 0.956 \log X \quad r=0.61$$

但し、Y; 単位面積当りの崩壊数

X; 単位面積当りの一次谷数

r; 相関係数

である。この関係式から一次谷数の頻度が大きくなれば斜面崩壊も増加する傾向が認められる。相関係数 r が 0.61 であることは一次谷の頻度と斜面崩壊数との関係には有意な関係が認められる。

次に谷密度と斜面崩壊数との関係を求めてみると

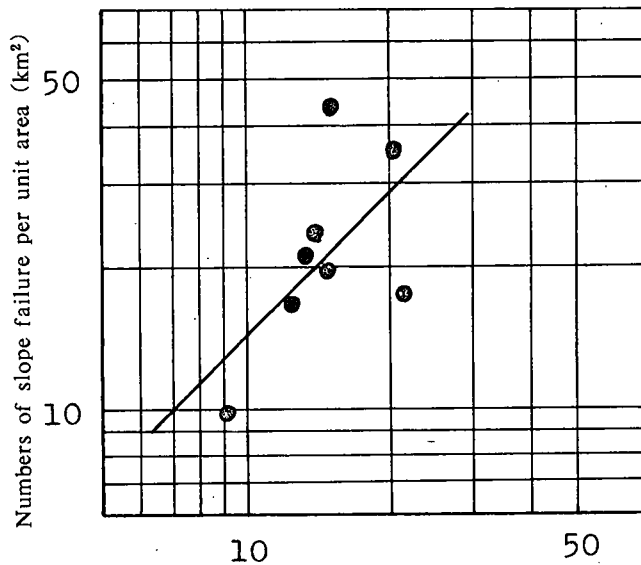


Fig. -1. Numbers of first order stream per unit area (km²)

$$\log Y = 2.03 - 0.885 \log X \quad r = 0.54$$

但し Y: 単位面積当りの斜面崩壊数
X: 谷密度

である。谷密度と斜面崩壊数との関係においても、相関係数 r が 0.57 であることから有意な関係にある。

両経験式を比較した場合に回帰係数の符号が逆である。この意味は全く逆の意味を表わしているのではなく、前者は 1 次谷による流域の開析過程が進めば斜面崩壊の頻度は高まることを示し、後者は流域の谷密度が増大すれば、斜面崩壊数も減少することである。すなわち流域の水系網の総延長が長くなればそれだけ流域は極度に開析されるから斜面崩壊の発生頻度は減少することを意味している。相関係数を比較した場合に前者の関係の方がより流域の開析傾向を示していると考えられる。

IV ま と め

斜面崩壊現象と水系網の発達過程との関連性について検討した。その結果では、対象流域の水系網の発達過程は、水系網の構成則から検討すれば、ほぼ類似の傾向を示している。このことは各流域とも同じような侵食様式を示している。

一次谷の頻度と斜面崩壊数との間には一次の指数式の関係が認められる。このことは谷密度と斜面崩壊との関係でも同様である。しかし相関係数の数値からは前者がより有意な関係にある。斜面崩壊を流域の開析過程における顕著な現象であると考えらるならば、一次谷の頻度との関連で検討することがよさそうである。

参 考 文 献

- 1) 高山茂美著 河川地形学 共立出版 1974.

(昭和54年9月28日受理)

(昭和55年1月28日発行)