

河川支流における土砂流出因子に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○松原 ゆうか
九州大学大学院 正会員 池見 洋明
九州電力株式会社 正会員 吉武 宏晃

九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
九州大学大学院 学生会員 鮫島 康之

1. はじめに

我が国は山地が国土の約 7 割を占め、その急峻な地形や多雨地帯という特徴から河川を通じて毎年大量に発生する土砂による問題を抱えてきた。例えば、貯水池内の堆砂によるダム機能の低下や洪水時の氾濫リスクの増大である。併せて、貯水池内に土砂が捕捉されることで土砂供給量が減り、下流域では河床低下による橋脚の不安定化、河床の粗粒化による生物への影響、砂浜や干潟の減少といった問題等が生じている。また、本研究が対象としている流域では、大規模な台風を契機として土砂に関する問題が顕在化している。これらの問題を解決するために土砂の動きを把握することが重要である。しかし、明らかにされているのは河川本流の流量や堆砂量のデータがほとんどであり、土砂生産域である河川支流の土砂流出の特性を明らかにすることは困難である。

本研究では、この土砂流出について、GIS と統計的手法を用いて土砂生産に関する因子の抽出を行う。

2. 土砂生産に関わる要因の選定

土砂の流出量は流域面積に依存するとされている¹⁾が、対象とする各支川流域の当年堆砂量を比較すると同程度の流域面積であっても一様ではない。本研究では図 1 に示す本川上の 6 つのダム流域の中で同程度の流域面積でありながら当年堆砂量に大きな差がある流域 C, E を対象流域とする。

土砂の生産は、流域の規模・形状、地形、地質、地被条件、水文・気象条件、河道の水理特性、人為的諸作用に支配される²⁾。これらのうち流域の規模・形状、地形、河道の水理特性を地形特性として、鈴木³⁾、田代ら⁴⁾が示す基本地形量(表 1)、誘導地形量(表 2)を用いて定量化し、誘導地形量を変数とする。なお、定量化にあたっては、10m メッシュの数値標高モデル(国土地理院発行)を用い、GIS を用いて処理する。地質に関しては、宮崎県地質図第 5 版を用い、地質毎に各支川流域を占める面積で整理する。土地被覆に関しては、土地利用細分メッシュ

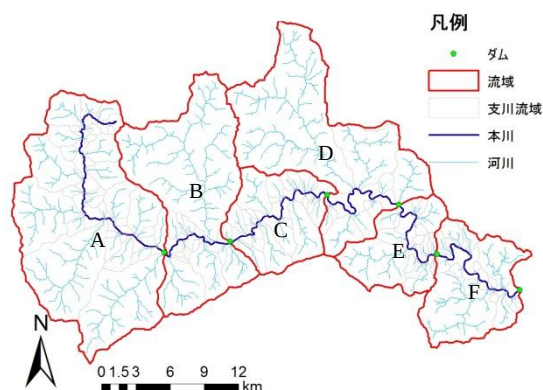


図 1 流域概略図

表 1 基本地形量

基本地形量	記号	定義
谷口高度	$H_{\min}$	流域の谷口の高度
最遠点高度	H_{dis}	谷口から分水界上の最遠点高度
最高点高度	$H_{\max}$	流域内の最高点高度
最大起伏	$h_{\max}$	$H_{\max} - H_{\min}$
流域最大径	$L_{\max}$	谷口から H_{dis} 地点までの距離
最高点距離	L_h	谷口から $H_{\max}$ 地点までの距離
流域縁辺長	P_b	主分水界の長さ
流域面積	A_b	流域面積
水流の次数	ω	Strahler の流路次数
ω 次の水流長さ	L_ω	ω 次の水流の長さ

表 2 誘導地形量

誘導地形量	記号	定義
円形度	R_c	$4\pi A_b / P_b^2$
伸長率	E_d	$2A_b^{0.5} / \pi^{0.5} L_{\max}$
起伏比	R_h	$h_{\max} / L_h$
粗度数	N_r	$h_{\max} / D_d$
曲率 (絶対値の平均値)		サーフェースの二次導関数の絶対値の平均値
単位流れ盤		単位面積当たりの流れ盤の面積
単位受け盤		単位面積当たりの受け盤の面積
水流密度	D_d	$\Sigma L_\omega / A_b$
1次水流密度		L_1 / A_b
単位河床堆積物		単位面積当たりの河床堆積物の量

データ(国土交通省国土数値報)を用い、土地利用毎に各支川流域を占める面積で整理する。

3. 支川流域の分類

主成分分析で流域の地形特性、地質、土地被覆という各項目の特徴を分析したうえで、クラスター分析(ウォード法、ユークリッド距離)により支川流域の分類を行う。

2 節で述べた変数を用いて項目毎に主成分分析を行い、得られた第 1, 第 2 主成分得点で展開された散

布図，使用した全変数と各主成分の因子負荷量と寄与率からその特徴を整理する。その結果，地形に関しては，成分2の起伏比，円形度から流域が特徴付けられる（表3）。地質に関しては，日向層群，槇峰層群，諸塚層群の3つの地質が卓越する流域であるため，大きく3つの特徴に分けられる（表4）。土地被覆に関しては，森林が流域面積の多くを占めるため，散布図にばらつきはなかったが，森林以外の土地被覆が含まれる箇所はその土地利用状況により特徴を把握できる（表5）。

上記で得られた第2成分までの主成分得点（3項目×2成分＝6変量）により，クラスター分析を行い，対象流域を3～7のグループに分類した。適切なグループ数を決定するために，現地で各支川流域の河床堆積物の土砂の性質，粒径を調査し，比較した結果，6グループが最も土砂流出特性を評価できると考えた（図2）。

4. 土砂流出の影響因子の抽出

土砂流出に影響を与える因子を明らかにするために，砂防ダムの堆砂量を目的変数とした重回帰分析を行う。現地調査の結果，ほぼすべての砂防ダムが満砂状態であったため，砂防ダムの堆砂量として計画堆砂量を用いる。分析対象として，計画堆砂量がある砂防ダムを有する支川が同グループ内に複数個存在すること，砂防ダムが支川の末端付近に存在し，上流に他の砂防ダムが存在しないことを考慮し，図2に示す支川番号52，54，55を含むグループ1を対象として重回帰分析を行う。

まず，堆砂量と相関の高い要素を抽出すると，伸長率，起伏比，粗度数，単位流れ盤，水流密度，諸塚層群泥岩（一部千枚岩質），諸塚層群砂岩，河川池及び湖沼，森林，田の10項目が相関係数0.9以上であった。10項目に関して多重共線性を考慮し，重回帰分析を行った結果，

[堆砂量]=7364.260[起伏比]
+24565.028[単位流れ盤]+3699.456 [m³]
となり，グループ1では，堆砂量に対して「起伏比」，「単位流れ盤」つまり，地形起伏，斜面の地質構造の相関性が高い結果となり，土砂生産の因子として考えられる。

表 3 主成分分析（地形）

	成分1	成分2
円形度	-0.285	0.716
伸長率	-0.209	0.537
起伏比	0.291	0.533
曲率（絶対値の平均値）	0.663	0.274
粗度数	-0.689	0.359
単位流れ盤	-0.715	-0.544
単位受け盤	0.747	0.553
1次水流密度	0.724	-0.333
水流密度	0.724	-0.463
累積寄与率	36.02%	60.64%

表 5 主成分分析（土地被覆）

	成分1	成分2
河川池及び湖沼	0.215	0.824
建物用地	0.183	0.633
荒地	0.925	-0.207
森林	0.932	-0.054
人口造成地等	0.870	-0.403
田	0.766	0.393
農用地	0.938	-0.002
累積寄与率	57.50%	78.11%

表 4 主成分分析（地質）

	成分1	成分2
宮崎層群礫岩	-0.485	0.556
日向層群乱雑層（メランジュ相，混在相）	0.529	-0.024
日向層群泥岩	0.415	0.048
日向層群玄武岩質火山岩類	0.381	0.093
日向層群赤・緑色珪質泥岩	0.622	0.199
槇峰層群泥岩（千枚岩質）	0.692	0.650
槇峰層群玄武岩質火山岩類	0.672	0.674
槇峰層群砂岩（片状）	0.672	0.674
諸塚層群乱雑層	-0.513	0.502
諸塚層群泥岩（一部千枚岩質）	-0.694	0.629
諸塚層群砂岩	-0.682	0.569
諸塚層群砂岩泥岩互層	-0.456	0.388
阿蘇火砕流 流紋岩	-0.041	-0.158
累積寄与率	30.92%	52.76%

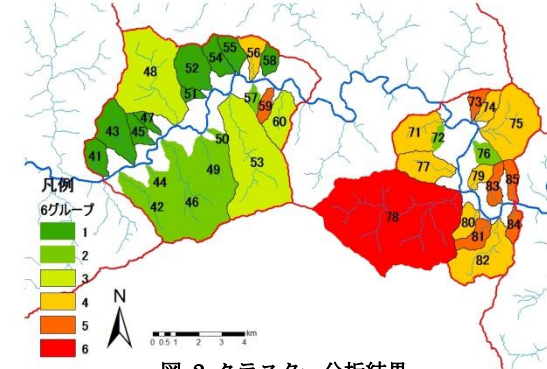


図 2 クラスター分析結果

5. おわりに

本研究では，各空間情報と現地調査によるデータを GIS で整理し，主成分分析およびクラスター分析により支川流域の分類を行った。次に，重回帰分析により土砂生産に影響する因子を抽出した。その結果，各支川流域の特徴から流域を6グループに分類でき，重回帰分析を行ったグループ1に関しては「起伏比」，「単位流れ盤」が土砂生産に関わる因子であるとして相関性が高いことが明らかとなった。

参考文献

1) 高橋保，土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，p.12，2006。
2) 吉良八郎，ダム計画と堆砂（その2），農業土木学会誌，Vol.50，No.12，pp.1051-1055，1982。
3) 鈴木隆介，建設技術者のための地形図読図入門，第3巻段丘・丘陵・山地，古今書院，pp.722-723，2000。
4) 田代喬，佐藤主輔，中村直斗，登立公平，辻本哲郎，流域の地質構造・地形特性に着目した河川景観の階層性の分析，河川技術論文集，Vol.13，pp.279-284，2007。