

集水域特性からみた土砂流出に関する一考察

田代 喬¹⁾, 大橋慶介²⁾¹⁾名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻, ²⁾岐阜大学工学部社会基盤工学科

はじめに

集水域から流出される土砂は、下流域の地形形成を促進、制御するが、ダムなどが建設された河道においては貯水池に捕捉され、その機能や下流域の生態系に多大な影響を及ぼす。土砂流出は、集水域における地形、地質、地被条件、水文・気象条件、河道の水理特性、さらには人為的諸作用など支配要因が非常に多く、素因・誘因などそれら相互の関係も複雑であるため、これまでにさまざまな手法により土砂流出に関する現象解明が試みられてきた。

本研究は、田代ら（2010）による小河川流域（集水域）を単元とする地形特性、表層地質、土地被覆の特性分析と、大橋・藤田（2009）の「土砂流出ポテンシャルパワー」を組み合わせることによって、土砂流出特性の考察を試みたものである。また本研究は、平成 21～22 年度に企画された、河川環境管理財団名古屋事務所共同研究「流域土砂生産特性に着目した河床生物生息場環境の形成機構の解明（代表：戸田祐嗣，名古屋大学）」の一貫として位置づけられる。

材料と方法

対象地は、愛知県豊田市ほかを流れる一級河川である矢作川流域（幹線流路延長 117km，流域面積 1,830km²）である。土砂流出の素因としての集水域の地形特性、表層地質、土地被覆（2000 年当時）に着目し、本川に注ぐ一次支川流域を対象として、それぞれ公開・市販の数値地図情報をもとに Arc View 9.2（ESRI ジャパン）により、田代ら（2010）の手法に準じて解析した。この際、矢作川本川の 4 地点（10，21，32，41km 地点）、隣接する豊川本川の 2 地点（13，27km 地点）、庄内川本川の 4 地点（17，30，42，58km 地点）とも対比した。

また、矢作川本川に注ぐ各一次支川流域においては、上記数値地図と近年の平均降水量分布を用いて、次式により土砂流出ポテンシャルパワー P を算定した（大橋・藤田，2009）。

$$P = \rho g \int_A R h dA \quad (1)$$

ここで、 R は年平均降水量、 h は標高、 ρ は水の密度である。この土砂流出ポテンシャルパワー P は、水系係数 K を介し、集水域からの土砂流出量 Q_s を次式により推定できる（大橋・藤田，2009）。

$$Q_s = K P^{0.4} \quad (2)$$

大橋（未発表）によれば、現地観測から推定された矢作川支川流域における土砂生産量（中村・内田，2003）とも良好に関係付けられることから、算出された P を各集水域の面積で基準化したうえで、集水域特性との関連性について考察した。

結果と考察

矢作川の一次支川と本川 4 地点、豊川 2 地点、庄内川 4 地点を対象として、集水域の地形特性、表層地質、土地被覆を変数とする主成分分析を実施したところ、第 2 主成分までの累積寄与率は 65.3% であった。図-1 には、第 1 主成分（PC1）と第 2 主成分（PC2）の主成分得点による散布図を示す。表-1 には、主成分分析に使用した各変数の平均値と標準偏差、ならびに、各使用変数の第 1，第 2 主成分に対する因子負荷量（相関係数）を示す。

表-1 中の因子負荷量から、第 1 主成分には堆積岩類やその他（堆積物など）の構成比率、市街地、下水処理域、水田、荒地などの占有率が正の方向に寄与し、地形の傾斜平均、山地占有率、深成岩の構成比率が負の方向に寄与した。同様に第 2 主成分には、傾斜の標準偏差、火山岩、深成岩の構成比率が正の方向に寄与した。このことを踏まえて図-1 中の主成分得点の分布状況を見るに、矢作川流域は主に深成岩によって構成される急峻な山地を有しており、隣接する豊川流域とは火山岩や変成岩の構成比率、傾斜の局所的変異性によって区別され、庄内川流域とは、地形の急峻度、市街地や水田など人間活動による利用状況によって区別されることが確認された。

図-2 には、矢作川の一次支川および本川の集水域における土砂流出ポテンシャルパワー P と第 1，第 2 主成分との関係を示す。ここでは、各集水域面積 A で除すことにより、単位面積当たりに標準化した数値 P/A を採用した。図より、集水域特性に関する第 1 主成分が小さく、第 2 主成分が大きくなるほど、土砂流出ポテンシャルパワーは大きくなる傾向が確認された。すなわち、主に深成岩で構成される急峻な山地、かつ、変成岩、堆積岩が適度に混入し、傾斜には局所的な変異を有する地形であることが、潜在的に豊富な土砂流出を担保しているものと推察された。また結果的に、このような土地は市街地、水田などへは利用されてこなかったものと類推された。ダム貯水池の堆砂状況とその集水

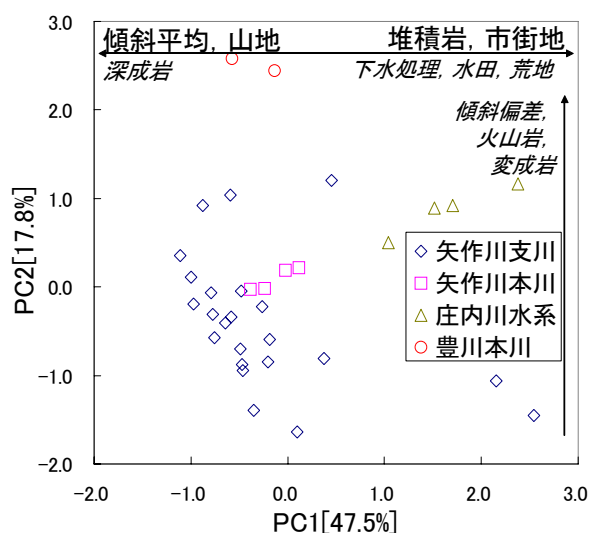


図-1 集水域の地形、地質、地殻を変数とする主成分分析

表-1 主成分分析の使用変数と各主成分に対する因子負荷量

		平均値と標準偏差		因子負荷量	
		Ave.	SD	PC1	PC2
地形特性	傾斜平均	27.2	7.5	-0.87	0.42
	傾斜標準偏差	16.5	3.5	-0.60	0.71
	密度: [km ⁻²]	0.5	0.1	0.36	0.16
	表層地質				
	面積率[%]				
表層地質	深成岩類	68.4	29.5	-0.70	-0.62
	火山岩類	2.6	4.6	0.06	0.75
	堆積岩類	13.7	19.0	0.89	0.12
	変成岩類	9.4	14.0	-0.22	0.69
	付加コンプレック	1.7	4.0	0.57	0.54
土地被覆	その他	4.0	4.7	0.94	0.10
	下水処理域	2.2	4.4	0.71	0.37
	水田	6.4	3.3	0.67	-0.19
	畑	5.8	4.0	0.56	-0.48
	市街地	3.6	4.7	0.90	0.25
面積率[%]	荒地	1.8	1.1	0.70	0.09
	山地	78.6	12.8	-0.97	0.14
	その他	2.6	3.2	0.83	-0.22
	水域	1.1	0.9	0.30	0.20
	寄与率[%]			47.49	17.83

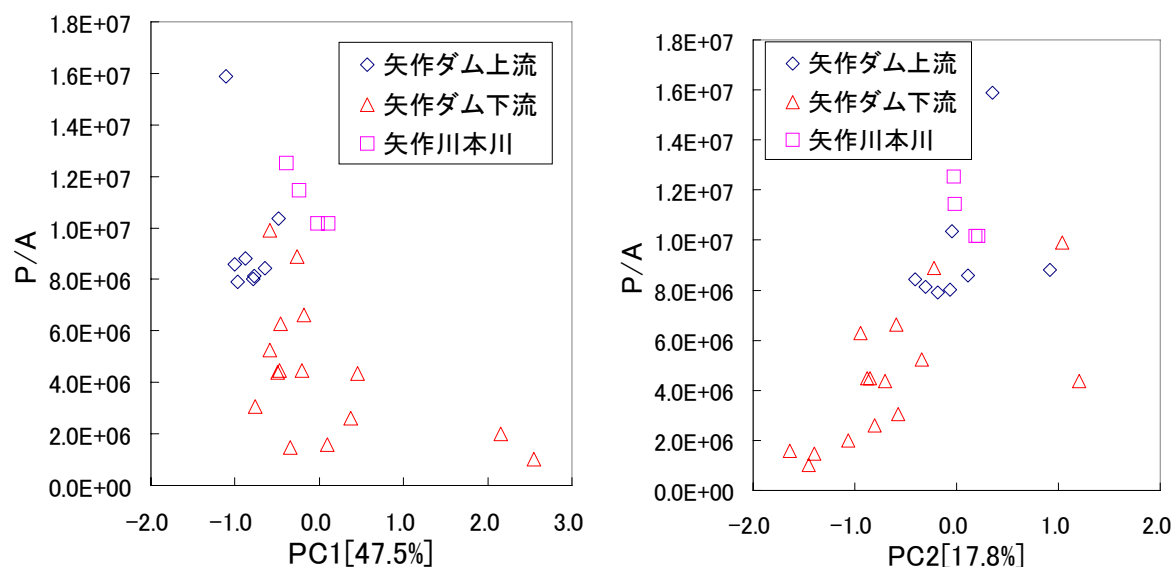


図-2 集水域特性の第1主成分(左), 第2主成分(右)と土砂流出ポテンシャルパワーの関係

域特性について分析した田代ら(2010)は, 土砂流出特性, 集水域特性とともに表層地質によって類型化される可能性を示唆したが, ここでの分析では, 表層地質も重要な素因であるものの, 集水域地形の傾斜状況がより支配的であるとの結果を得た。伊勢湾流域圏を対象とした田代らがマクロな土砂流出特性を表した一方, 本研究は実現象により近い傾向を把握できたものと思われた。

おわりに

本研究では矢作川流域を対象として, 集水域特性の整理に基づいて土砂流出ポテンシャルを考察した。データの実測が困難な土砂流出について, 大橋・藤田のモデルを援用することにより分析したところ, 深成岩を主体としながら堆積岩・変成岩の混入し, 急峻ながら複雑な地形を呈する集水域において土砂流出が大きくなる可能性を示唆する結果を得た。今後は土砂流出プロセスなど実現象との関連性についても考察を進めていきたい。

参考文献

- 大橋, 藤田(2009): 土砂流出ポテンシャルパワーに基づく流域地質構造と土砂流出量の考察, 水工論 53: 667-672.
- 田代, 栃木, 高岡, 辻本(2010): 集水域特性からみたダム上流域における土砂生産の評価, 河技論 16: 71-76.
- 中村, 内田(2003): 矢作川上・中流域における礫の移動, 愛工大研報 38: 127-134.