

川内川上流域を対象とした土砂生産源推定に向けた試み

鹿児島大学大学院 学生会員 ○松竹 渉
鹿児島大学大学院 正会員 齋田倫範

1. はじめに

近年、海域環境悪化や海岸侵食の一因として、河川構造物建設や流域の土地利用変化に伴う河川からの土砂供給特性の変化が指摘されている。海域を含む流域全体の土砂管理を行うには、流域での土砂生産機構を理解し、土砂の起源や流出量を精度よく評価する必要がある。このような背景から、河道やダム湖の堆積物中の元素構成比から土砂発生源を推定する試みがなされている（田代ら，2008 や石田ら，2012）。本研究では、小流域単位での土砂生産能推定を目的とし、川内川上流域の複数の小流域における土砂流出比率の推定を試みた。

2. 研究概要

(1) 試料採取と元素組成分析

本研究では、**Fig.1** に示す川内川上流の加久藤盆地を対象とした。加久藤盆地は、鹿児島県始良郡湧水町から宮崎県えびの市及び小林市に広がる東西約 15km、南北約 5km のカルデラ性盆地である。小流域単位での土砂生産比率の推定を目的とし、**Fig.2** に示す川内川本川・支川の主要な合流部 16 地点で河道内堆積物を採取した。採取した堆積物を乾燥させた後、ふるいによって粒径 75 μ m 以下、75 μ m～2mm、2mm 以上の 3 グループに分けた。これらのうち 75 μ m 以下（試料Ⅰ）と 75 μ m～2mm（試料Ⅱ）の 2 グループに対して、蛍光 X 線分析装置による元素組成の測定を行った。なお、試料Ⅱについては、粉碎処理してから分析に用いた。分析に使用した機器は、波長分散型蛍光 X 線分析装置 Supermini である。

(2) 土砂生産比の推定法

試料Ⅰ、Ⅱの蛍光 X 線分析結果に対してそれぞれ主成分分析を行った。主成分分析には、検出された全元素の含有率を標準化して使用した。検出された元素数は、試料Ⅰ、Ⅱでそれぞれ 24 元素、18 元素である。本研究では、主成分分析で得られた主成分得点を利用して小流域単位での土砂生産比を求める。また、本稿では、**Fig.2** に黒枠で示した最上流の小流域 A、B、C に着目して推定を行った結果を報告する。小流域 A、B、C と土砂採取点の概略は **Fig.3** のとおりである。ここで、小流域 A、B を例にとると、試料採取点①、②の元素組成は、それぞれ小流域 A、B から流出する土砂の元素組成を表すと考えられる。更に、試料採取点③の試料は、小流域 A、B からの流出土砂の混合物とみなすことができる。これらの考えに基づき、合流前、合流後の元素組成から土砂生産比率を推定する。推定作業に第 i 主成分得点までを使用する場合、前述の考えに基づけば、土砂生産比（土砂混合比） α 、 β と各主成分得点との関係は、式（1）で表現される。

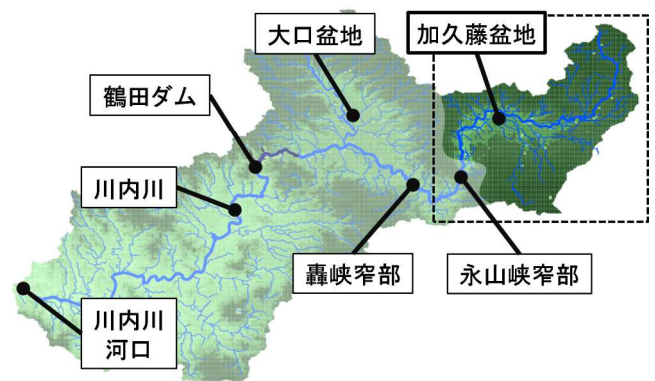


Fig.1 川内川流域の概略と加久藤盆地の位置



Fig.2 小流域と河道内土砂の採取点との位置関係

$$\begin{pmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} \\ \vdots & \vdots \\ y_{i,1} & y_{i,2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{1,3} \\ \vdots \\ y_{i,3} \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $y_{i,j}$ は試料採取点 j の第 i 主成分得点を意味する。推定の際、必ずしも主成分得点を使用する必要はないが、主成分得点を利用することで試料の特徴（固有ベクトルの成分）に応じた重みを加味することになる。式(1)に対して最小二乗法を適用すれば、一組の α 、 β を求めることができるが、本研究では、計算に使用する主成分得点数を徐々に増やしなからその都度 α 、 β を求めた。その後、得られる複数の α 、 β の組み合わせから α 、 β が最大・最小となる結果を選出し、推定土砂生産比率とした。

3. 推定結果と考察

前述の方法によって小流域 A と B 及び A+B と C の土

砂生産比率を求めた結果を **Table-1** に示す。この結果から試料採取点 ⑤に対する小流域 A、B、C の寄与比を概算すると、試料 I では A : B : C=0.0~0.21 : 0.22~0.69 : 0.31~0.69、試料 II では A : B : C=0.29~0.8 : 0.12~0.57 : 0.04~0.29 となる。試料 I（粒径 75 μ m 以下）については、小流域 B、C の影響が相対的に大きい。一方、試料 II（粒径 75 μ m~2mm）では、値の選び方にもよるものの、A、B の影響が相対的に大きいと考えられる。すなわち、細粒土砂に対しては小流域 B、C、砂に対しては小流域 A、B の寄与が大きい。次に、これらの値を小流域 A、B、C の面積で除し、単位面積当たりの値に換算した。その結果、試料 I（粒径 75 μ m 以下）は A : B : C=0.0~0.2 : 0.04~0.14 : 0.1~0.23、試料 II（粒径 75 μ m~2mm）は A : B : C=0.28~0.78 : 0.02~0.11 : 0.01~0.1 となった。なお、これらは具体的な比土砂生産量ではなく、相対比較のための値である。試料 I に関しては、3 流域間に若干の差があるものの、3 流域とも同程度とみなすべきであろう。一方、試料 II では、小流域 B、C と比較して、小流域 A の値が大きい結果となった。**Fig.4** に表層地質区分を示しているが、単位面積当たりの値が大きかった小流域 A の地質に特筆すべき特徴は見られない。また、地形勾配や土地利用からも活発な土砂生産に繋がる要因を特定できなかった。よって、小流域 A における土砂生産の実態把握には更なる調査が必要である。しかしながら、小流域 A、C が主に砂岩で構成されているのに対して、細粒成分に対する寄与が大きい小流域 B の上流には泥岩が分布しており、流出土砂の特徴と地質とが関連している可能性も伺える。

4. おわりに

本研究では、河道内土砂の元素組成に基づいて小流域単位での土砂生産比率の算定を試みた。今後は、本手法を加久藤盆地全域に拡張し、盆地内の土砂生産特性を把握したい。ただし、本手法は蛍光 X 線分析の測定精度や試料採取地点の影響を多分に受けるため、出水時の土砂輸送量調査や数値シミュレーションなどを併用した多面的な検討が必要である。

参考文献

- 田代ら（2008）：流域地質構造が河床材料特性の流下方向変化に及ぼす影響，河川技術論文集，第 14 巻，pp.121-126。
石田ら（2012）：元素分析による細粒土砂輸送割合の推定方法開発，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.68, No.4, I_637-I_642。

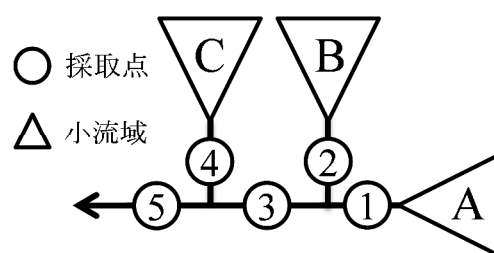


Fig.3 小流域 A、B、C と土砂採取点の概略

Table-1 土砂生産比率の計算結果

小流域	面積 (km ²)	合流地点	75 μ m 以下	75 μ m~2mm
A	10.3	3	0.00~0.30	0.40~0.83
B	51.0		0.70~1.00	0.17~0.60
A+B	61.3	5	0.31~0.69	0.71~0.96
C	30.0		0.31~0.69	0.04~0.29

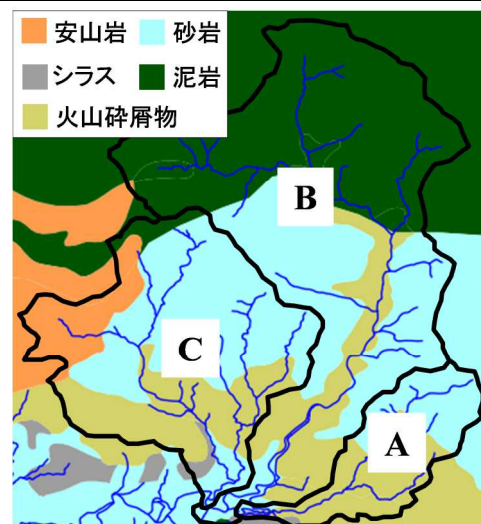


Fig.4 小流域と表層地質区分との関係