

51. ベリリウム同位体を用いた山地流域の土砂動態に関する検討

A study of sediment movements in mountainous catchments by beryllium isotopes analysis

○ 池見洋明, Hendra Pachri (九州大学), 國分 (齋藤) 陽子 (日本原子力研究開発機構)
三谷泰浩 (九州大学), 黒木貴一 (福岡教育大学)
Hiro Ikemi, Hendra Pachri, Yoko Kokubu-Saito, Yasuhiro Mitani, Takahito Kuroki

1. はじめに

近年, 国内では治水, 水資源, 環境の視点から, 河川流域における土砂動態を正確に把握し, 流域全体でバランスよく土砂を管理する技術が求められている. また, 産業革命以来, 地球表層への人為的インパクトは指数関数的に増加し, 地形の形成過程を変化させてきた. その中で, 河川における土砂移動現象に対するインパクトの影響は大きく, 上流から下流域まで様々な問題が発生している.

河川の土砂動態の把握には, 山地流域からの土砂生産量を知ることが基本となる. しかし, この土砂生産量は, 未だ合理的に評価・予測できていないのが現状である. 例えば, 平成 17 年の台風 14 号により, 宮崎県の耳川流域で, 大規模な斜面崩壊と想定以上のダムへの土砂流入が発生し, ダム上流域の諸塚村で洪水災害を引き起こしている.

一方, 流域の土砂動態を評価するツールとして, 近年, 岩石や堆積物のベリリウム同位体 ^{10}Be が測定され, 流域やそれを構成する斜面の浸食速度の推定が行われている.

本研究では, 河川の土砂動態について検討するため, 花こう岩の山地流域に分布する土砂の ^{10}Be の分析を行った. 具体的には, 土砂生産の状況が異なると判断された 2 つの流域において, 河床堆積物および斜面物質のサンプリングを実施し, その 5 つに対して, ベリリウムの同位体分析を行った. 本表では, その結果を用いて河川の土砂動態について検討する.

2. 対象流域と土砂のサンプリング

(1) 地質・地形の概要

対象とした流域は, 福岡県の三郡山を分水嶺にもち, 多々良川水系宇美川上流の 2 つの小流域 A, B であり, 櫛谷と呼ばれる溪谷に位置する.

地質は, 中生代の早良花こう岩が主に分布する. 転石などで, 苦鉄質片岩も確認でき, 三郡変成岩だと考えられるが, その分布領域は限定的である.

現地踏査により得た地形の特徴として, 流域 A (流域面積: 1.15 km^2) では, 東側の尾根沿いに緩傾斜の凹地があり, 崩壊による土砂が残積している個所を確認している.

一方, 流域 B (0.31 km^2) では, 大きな崩壊や土砂の堆積は確認できていない. また, V 字状の沢沿いに確認

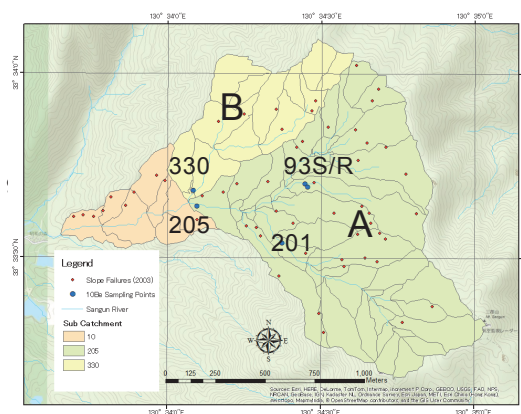


図 1 櫛谷の流域 A, B とサンプリング個所
(赤点は崩壊個所を示す)

できる土層断面は, いずれも下位から 1~2m 程度の溪床堆積物と 0.5m 程度の森林土で構成されている.

(2) 空中写真による土地被覆状況と崩壊履歴

対象流域は, 2003 年 3 月撮影の空中写真では, 全域が森林で覆われ, 土地被覆の違いは確認できない. カシ, シイなどの二次林らしい樹冠もパッチ状に確認できるが, ほぼ針葉樹を主体とし, 安定した人工林のように見える. しかし, 1963 年撮影の空中写真からは, 伐採による裸地, 崩壊地, 土砂の流下跡の分布が随所で確認できるなど, 不安定な斜面や崩壊による土砂が多く分布していると考えられる. また, 2003 年 7 月の豪雨により, 特に流域 A において多くの浅層の斜面崩壊が確認されている.

(3) サンプリング

サンプリングは 10 個所で行い, これまで流域 A, B の 5 サンプルの測定を終了した. 図 1 に流域 A, B とサンプリング個所を示す. 流域 A は河床堆積物および斜面物質(93S)の 4 サンプル, 流域 B では河川堆積物の 1 サンプルである. 河床堆積物は, 花こう岩の岩片および石英, 長石からなる礫・砂で構成され, 斜面物質は, 花こう岩の岩片や石英・長石の粒子および植物片など有機物を含む砂質土である.

3. ベリリウム同位体の測定

(1) 宇宙線生成核種 ^{10}Be について

^{10}Be は, 大気中でも生成するが, 岩石中では宇宙線が酸素やケイ素と衝突して生成され, その半減期は 150 万年とされている¹⁾. この ^{10}Be の岩石での生成モ

表1 サンプルの石英に含まれる¹⁰Be の測定結果

Cat	Sample ID	X	Y	Altitude (m)	Ratio of ¹⁰ Be/ ⁹ Be (10 ⁻¹³)	1σ (10 ⁻¹³)	¹⁰ Be concentrations (10 ⁴ atoms/g)	1σ (10 ⁴ atoms/g)	¹⁰ Be production rate (atom/g/yr)	1σ (atom/g/y)
		N-S (m)	E-W (m)							
A	93R	-39540.8	62370.0	552	0.97	0.18	3.34	0.79	6.06	0.22
	93S	-39540.8	62370.0	556	1.10	0.13	5.48	0.92	6.08	0.22
	201	-39656.4	62072.9	485	0.89	0.35	3.11	0.51	5.75	0.21
	205	-40087.0	62259.3	398	1.01	0.15	4.01	0.80	5.35	0.20
B	330	-40102.9	62338.6	417	2.16	0.10	8.73	1.85	5.45	0.20

デルを利用して、1980年代後半以降、岩石や堆積物中の石英を対象とした¹⁰Beの計測が行われ、露出する岩盤や流域規模の削剥速度の推定が行われている。Portenga & Bierman²⁾は、¹⁰Be濃度が掲載されている論文(87箇所)についてデータを再計算し、流域の平均勾配と削剥速度に正の相関があることを報告している。池見ほか(2014)³⁾は、堆積物中の¹⁰Be濃度がトレーサとして、短期間で河川を流れる堆積物の動きを明らかにできる可能性を報告している。

(2) 分析方法

ベリリウムの同位体分析は、原子力研究開発機構のペレトロン年代測定装置(JAEA-AMS-TONO)を用いて行った。なお、サンプルの前処理はNishizumi et al. (1991)⁴⁾の方法に従った。また、前処理には約2ヶ月、測定に1週間を要した。

4. 分析結果

表1に分析結果をまとめる。座標は平面直角座標第II系で示した。Beの生成速度はCRONUS EARTH calculator⁵⁾を用いて計算した。流域Aの各サンプルの¹⁰Be含有量は $3.1 \pm 0.5 \sim 5.5 \pm 0.9$ ($\times 10^4$ atoms/g)と誤差の範囲内で同程度の値を示したのに対して、流域Bは 8.7 ± 1.9 ($\times 10^4$ atoms/g)と比較的高い値を示した。また、流域の地理的条件から計算された¹⁰Beの生成速度は、 $5.4 \pm 0.2 \sim 6.1 \pm 0.2$ (atmos/g/yr)とほぼ一定の値となった。

5. 考察

表1の結果は、流域Bの河床堆積物サンプルが流域Aよりも地上に長く露出していたことを示している。この分析結果と現地での地形状況や崩壊履歴、河川を土砂が流れる時間スケールを考慮すると、この2つの流域では、次の土砂動態のメカニズムが考察できる。

1. 流域Bでは、土砂の生産場から土砂が河川に流出する速度が比較的遅く、土砂が長く斜面上に滞在したため、¹⁰Be含有量が高くなった。
2. 流域Aは、斜面崩壊などにより、比較的¹⁰Be含有量の小さい深部の土砂が混入した。

一般に、斜面から流出した土砂は、パケット状に河川を流れると考えられており、他の河床堆積物と下流でよく混合するには、約2km程度の流路が必要という報告がある⁶⁾。流域Aでは、斜面物質および河川堆積物ともに同様の¹⁰Be含有量を示している。加えて、流域面積も1.15km²と小さいことから、流域Aでは同じような起源をもつ土砂が広く分布していることが考えられる。

一方、流域Bでは、流域Aに比べて¹⁰Be含有量が高く、斜面崩壊を起源とした土砂の混入割合が比較的低いことが考えられる。流域Bのサンプルは、一つではあるが、河床堆積物であり、流域Bから生産される土砂の平均値を示していると考えている。

5. おわりに

本研究では、花こう岩が分布する2つの山地流域A,Bの土砂のサンプリングを実施し、ベリリウム同位体の測定を行った。その結果、流域Aは流域Bに比べて、相対的に露出時間の短い土砂が流出していると判断された。また、現地の地形状況もあわせて考察し、2つの流域の土砂動態のメカニズムの違いとして、斜面崩壊による土砂の混合の差が考えられた。

引用文献

- 1) 兼岡一郎 (1998): 年代測定概論, 東京出版会, p.315.
- 2) Portenga & Bierman (2011): Understanding Earth's eroding surface with ¹⁰Be, *GSA Today*, v. 21, no. 8, pp. 4-10.
- 3) 池見洋明ほか (2014): H26 日本応用地質学会講演論文集, P20
- 4) Kohl & Nishiizumi (1992): Chemical isolation of quartz for measurement of in-situ-produced cosmogenic nuclides. *G.C.A.* 56, 3583-3587.
- 5) <http://hess.ess.washington.edu> (2015/07 参照)
- 6) Abbühl et al. (2010): El Niño forcing on ¹⁰Be-based surface denudation rates in the northwestern Peruvian Andes, *Geomorphology*, v. 123, p. 257-268.