

## 1. はじめに

日本は地殻活動が盛んな環太平洋地域に位置しており、河川流域からの土砂生産が活発であるため、山から海まで水系一貫した土砂管理が必要である。とくに浮遊土砂は山地から海域まで一気に流下するため、生産源における対策が重要である。浮遊土砂が大量に河川に供給される地すべりや斜面崩壊といった大規模な土砂生産は地質に大きく依存する可能性があり(村上, 2008)、その土砂供給量を推定することは流域の土砂管理計画を立案する上で極めて有用な情報となる。これまでも河床材料(大石ら, 2010)や海岸砂(福山ら, 2003)といった対象に岩石や鉱物、元素組成をトレーサとした粗粒砂礫の生産源推定がなされてきたが、浮遊土砂については調べられていない。近年、放射性降下物(セシウム-137、過剰鉛-210)をトレーサとした浮遊土砂生産源の推定が行われている(たとえば Mizugaki et al., 2008)。放射線量は岩石によって異なることが知られており(松田・湊, 1999)、天然放射性同位体を用いて異なる地質の浮遊土砂生産源を判別できる可能性がある。本研究の目的は、異なる地質流域の浮遊土砂生産源を推定するために、天然放射性同位体を用いた浮遊土砂トレーサを探索することである。異なる地質流域における崩壊裸地斜面の表層土壌と浮遊土砂を採取し、 $\gamma$ 線分析により天然放射性同位体を定量評価し、統計解析を用いて判別可能な生産源の地質区分とトレーサを探索した。

## 2. 方法

**2.1 調査地及び野外調査** 調査流域は、北海道中央部の鶴川(1270 km<sup>2</sup>)及び沙流川流域(1350 km<sup>2</sup>)とした。ともに日高山脈に源流域をもち、複雑な地質で構成される(図-1)。異なる地質の放射性同位体特性を調べるために、GISと1/20万シームレス地質図(産総研地調総合センター)を用いて13個の小流域を調査地として設定し、崩壊裸地斜面の表層約5 cmから土壌試料を採取した。また、沙流川水系額平川流域貫気別川(S4ss)、額平川(S5ss)、総主別川(S6ss)及び宿主別川(S8ss)の末端部に浮遊砂サンプラーを設置し(2009年10月~11月)、45~59日後に浮遊土砂を回収した。

**2.2 分析方法** 採取した土砂試料は、35~40°Cで風乾した後、500  $\mu$ mメッシュのふるいで篩別してポリエチレン容器( $\phi$ 15 mm、高さ50 mm、容積5 ml)に充填し、密閉後21日以上静置したものを $\gamma$ 線測定試料とした。 $\gamma$ 線分析には、高純度Ge井戸型検出器付き $\gamma$ 線波高分析装置(Ortec GWL-120-15; SEIKO EG&G MCA7600)を用い、標準線源でエネルギー校正及び効率校正を行った。放出される $\gamma$ 線を1試料につき8時間以上測定し、天然放射性同位体のウラン-238系列、トリウム-232系列、ウラン-235系列、カリウム-40、及び人工放射性同位体セシウム-137と放射性降下物の過剰鉛-210の13種類について定量分析した。

**2.3 解析方法** 生産源土壌の採取地点を、地質図により6種類の基準(地質時代1、地質時代2、地質区分1、地質区分2、岩石、小流域)で分類した。異なる基準の分類グループを判別できるトレーサの組合せを抽出するため、Walling et al. (1999)の方法にしたがって統計処理を行った。まず、Kruskal-Wallis検定を行い、地質区分ごとに濃度差が認められるトレーサを抽出した。次に、抽出されたトレーサについて判別分析を行い、地質

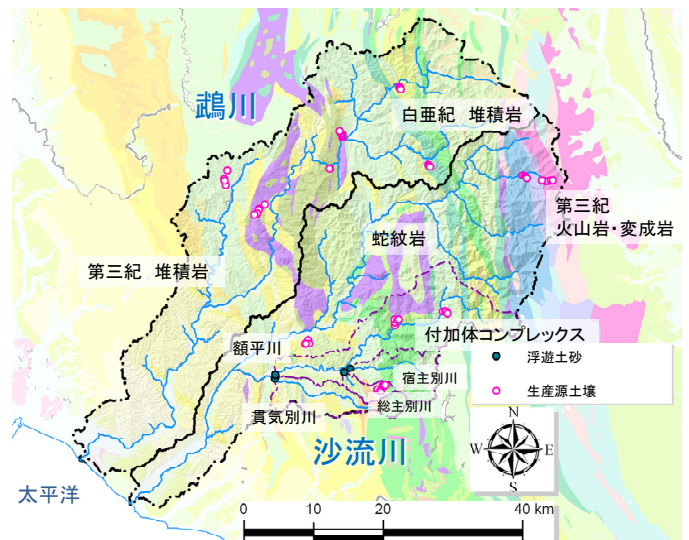


図-1 調査対象流域とサンプリング地点

区分の違いをよく表すトレーサ組合せを抽出した。抽出されたトレーサ組合せを用いて主成分分析を行い、生産源土壌と浮遊土砂のトレーサ特性の関係を検討した。

### 3. 結果と考察

定量分析を行った 13 種の放射性同位体についてノンパラメトリック検定を行った結果、8～10 種の放射性同位体についてグループ間で有意差が認められた。有意差が認められた同位体を対象に判別分析を行ったところ、正答率が最も高かったのは岩石区分を Pb-212, Ac-228 及び K-40 を用いて判別した場合 (76.4%) であった。これら 3 つの同位体を用いて主成分分析を行ったところ、第 2 主成分までで 96.6% を説明できた。第 1 及び第 2 主成分による散布図上で、岩石グループ毎に分布が異なっていたが、付加コンプレックスは玄武岩ブロックと付加体基質 (堆積岩) に 2 区分に分別することができる (図-2)。このように、天然放射性同位体を用いて、土砂生産源を岩石の種類によって判別できることがわかった。

土砂生産源の Pb-212, Ac-228 及び K-40 による第 1 及び第 2 主成分について、岩石区分毎の平均スコアと浮遊土砂のスコアを図-3 に示した。流域末端における浮遊土砂は、生産源の主成分スコアの間分布していた。このことから、 $\gamma$ 線分析により天然放射性同位体を定量評価することで、浮遊土砂の生産源の寄与を岩石ごとに算出できる可能性が示唆された。

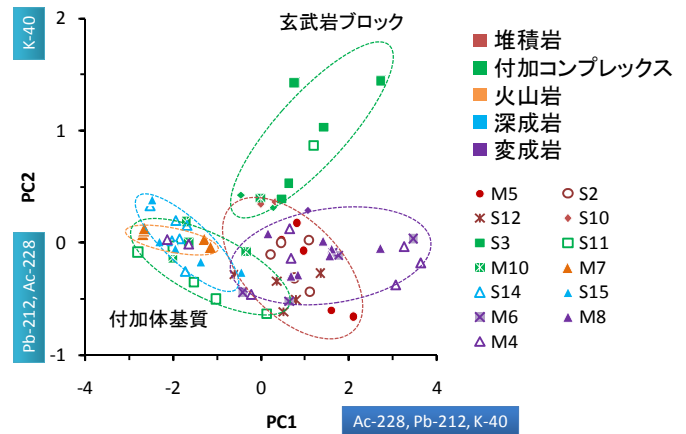


図-2 岩石別の主成分軸による生産源トレーサ特性

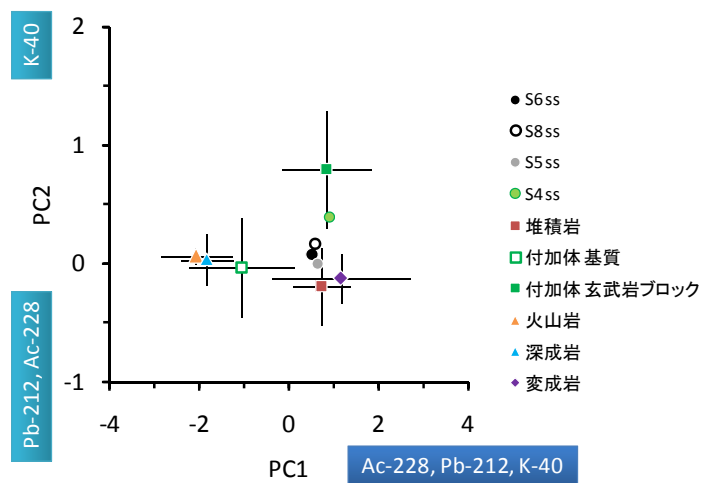


図-3 生産源と浮遊土砂のトレーサ特性

#### 【引用文献】

- 福山貴子, 松田武久, 佐藤慎司, 田中晋. 2003. 湘南海岸流砂系の土砂動態と相模川河口地形の変化. 海岸工学論文集 50: 576-580.
- Mizugaki S, Onda Y, Fukuyama T, Koga S, Asai H, Hiramatsu S. 2008. Estimation of suspended sediment sources using Cs-137 and Pb-210(ex) in unmanaged Japanese cypress plantation watersheds in southern Japan. Hydrological Processes 22: 4519-4531. Doi 10.1002/Hyp.7053
- 松田秀晴, 湊進. 1999. 日本における主な岩石中の放射能. Radioisotopes 48: 760-769.
- 村上泰啓. 2008. 航空レーザー測量結果を用いた沙流川流域の微地形判読と基盤岩の土砂生産特性について. 河川技術論文集 14: 127-132.
- 大石哲, 砂田憲吾, Sisinggih D, 宮沢直季. 2010. 鉱物組成を用いた富士川流域における土砂生産源推定に関する基礎研究. 水工学論文集 54: 673-678.
- Walling DE, Owens PN, Leeks GJL. 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. Hydrological Processes 13: 955-975.