

天然放射性同位体を用いた浮遊土砂生産源の推定手法

(独) 土木研究所寒地土木研究所 ○水垣滋・阿部孝章・村上泰啓

鳥谷部寿人・石谷隆始・丸山政浩

1. はじめに

豪雨によって表層・深層崩壊や地すべりが発生すると、生産土砂の一部は流出するが、大部分は斜面や流域内に堆積し、その後の降雨により長期にわたって浮遊土砂として流出し続ける。浮遊土砂は下流域のダム堆砂、濁質による水資源や漁業、生態系への影響など、さまざまな問題が指摘されており、流域土砂管理においては生産源対策が重要となる。崩壊や地すべりの分布が地質によって異なることが知られているが、流出する浮遊土砂への寄与については未解明な部分が多い(村上ら, 2008)。近年、欧米では、複数トレーサを用いた統計解析モデルにより浮遊土砂の生産源が地質別に評価されている(例えば Collins et al., 1997)。北海道中央部の沙流川流域と鵠川流域では、3種の天然放射性同位体(^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{40}K)を用いて土砂生産源を6種の地質グループ(図-1)に判別できることが示されている(水垣ら, 2010)。これらのトレーサを用いることで浮遊土砂の生産源を地質別に評価できる可能性がある。本研究の目的は、天然放射性同位体を用いて流域スケールの浮遊土砂生産源を推定することである。

2. 方法

2.1 調査地及び野外調査 調査流域は、北海道中央部に位置する一級河川沙流川水系の二風谷ダム流域(1998年3月完成、流域面積 1,215 km²)とした(図-1)。2003年8月の台風10号による既往最大の降雨出水イベントにより、二風谷ダム流域では崩壊が多発した。二風谷ダム流域の浮遊土砂の生産源を推定するため、2008年6月にダム湖内の3地点(ダムより上流 2.0 km、3.6 km、4.4 km)で採取されたボーリングコア試料の一部を深度別に17~20試料を分取した(図-2)。

2.2 分析方法 採取した土砂試料は 35~40℃で風乾した後、ポリエチレン容器(直径 15 mm、高さ 50 mm、容積 5 ml)に充填し、 γ 線測定試料とした。測定試料の γ 線分析は高純度 Ge 井戸型検出器(Ortec

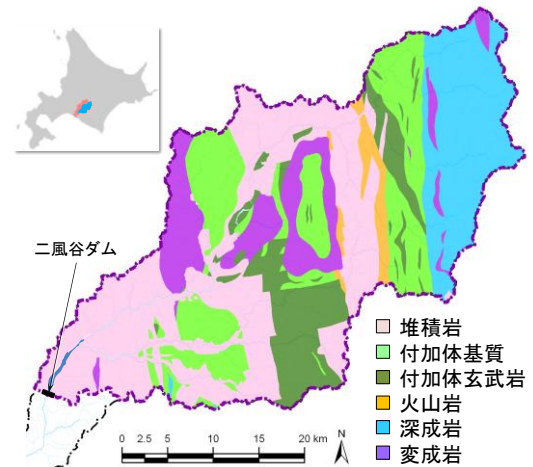


図-1 二風谷ダム流域の地質

GWL-120-15 ; SEIKO EG&G MCA7600)を用い、放出される γ 線を1試料につき8時間以上測定した。あらかじめ標準線源で分析装置のエネルギー校正及び効率校正を行い、土砂試料に含まれる ^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{40}K について定量分析した。

2.3 解析方法 堆積土砂に対する生産源からの寄与を推定するため、各生産源グループ(堆積岩、付加体基質(砂・泥岩)、付加体玄武岩、付加体火山岩、深成岩、変成岩(蛇紋岩含む))と堆積土砂の ^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{40}K 濃度からマハラノビスの距離(石村, 1994)を計算した。堆積土砂の生産源からの寄与は、マハラノビスの距離が短いほど大きく、距離が長いほど寄与が小さいと考えられるため、生産源からの寄与が距離の逆数に比例するもの仮定し、以下の式で各生産源からの寄与を算出した。

$$p_i = \frac{\frac{1}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

ここに p_i は堆積土砂に対する生産源 i からの寄与、 d_i は生産源 i と堆積土砂とのマハラノビスの距離である。

2.3 GIS 解析 推定された生産源からの寄与を評価するため、土砂流出の指標として降雨量分布、崩壊地面積及び地すべり地面積をGIS(ESRI; ArcGIS Ver. 9.3.1)を用いて調べた。降雨量は、北海道開発局の12観測所における雨量データ(1998~2007)を用いた。Thiessen法で決定した観測所の対象範囲ごとに

生産源グループ別の降水量（ m^3 ）を算出し、ダム流域全体で集計した。崩壊地は Landsat TM 画像（2004 年 6 月 4 日撮影）からの判読結果（北海道開発土木研究所・日本工営, 2005）を、地すべり地は山岸（1993）による空中写真（1947～1963 年撮影）の判読結果を GIS データ化したものを利用し、生産源グループ別に面積と面積率を調べた。

3. 結果及び考察

ボーリングコア試料の生産源の寄与は深度ごとにばらつきはあるものの、全コア試料の平均では付加体基質の寄与が約 30%と最も大きく、堆積岩、変成岩とあわせて約 78%を占めた（図-2）。付加体玄武岩及び深成岩の寄与は 10%前後、火山岩の寄与は 3%と小さかった。堆積岩や深成岩は面積や降水量に対して生産源の寄与が小さく、付加体基質と変成岩は面積割合に対して生産源の寄与が大きいことから、生産源の寄与は地質による土砂生産量の違いを反映している可能性がある。

崩壊地面積は堆積岩、付加体基質及び変成岩の順に大きく、この 3 地域で約 77%を占めた（図-3 上）。付加体玄武岩の面積率が大きいのは、2003 年の降雨イベントで集中豪雨がもたらされたためと考えられる。地すべり地は変成岩で極めて大きく、堆積岩、付加体基質及び付加体玄武岩がほぼ同程度の面積であった（図-3 下）。火山岩と深成岩は崩壊地、地すべり地ともに面積・面積率が小さい。

図-2 で示した堆積土砂への寄与率が堆積岩や付加体基質、変成岩で高く、深成岩や火山岩で低いという傾向は、崩壊地や地すべり地の地質別分布とおおむね一致していた。このことは、浮遊土砂の生産源

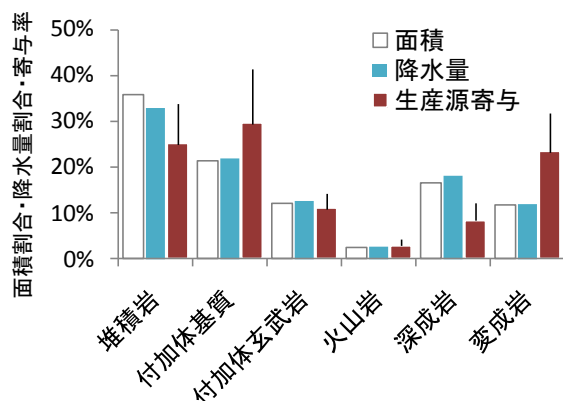


図-2 二風谷ダム流域における面積割合、降水量の割合及び堆積土砂に対する生産源の寄与

推定における放射性同位体トレーサの有効性を示している。堆積岩と付加体玄武岩の生産源寄与は、崩壊地面積の地質別分布に比べてやや低い。堆積岩はスレーキングで細粒化しやすく微細土砂を多く含むため（村上ら, 2008）、ダム下流への流出量が多い可能性がある。細粒化しにくい付加体玄武岩は、生産土砂のダム湖への到達量が少ないのかもしれない。今後、粒径別に生産源寄与を評価し、地質別の土砂生産流出特性と併せて検討する必要がある。

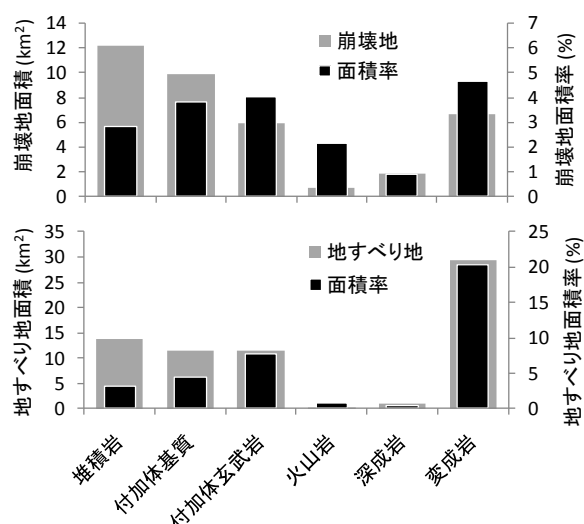


図-3 崩壊地面積（上）と地すべり地面積（下）

謝辞

ボーリングコア試料等を提供いただいた国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部の関係各位に記して謝意を表します。

【引用文献】

- Collins AL. et al. 1997. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. Catena 29: 1-27
- 北海道開発土木研究所, 日本工営. 2005. 平成 16 年度沙流川外崩壊地変遷調査業務報告書.
- 石村貞夫. 1994. すぐわかる統計処理. 224pp.
- 水垣滋ら. 2010. 異なる地質流域における浮遊土砂トレーサの探索. 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集
- 村上ら. 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.
- 山岸宏光（編）. 1993. 北海道の地すべり地形-分布図とその解説-. 北海道大学図書刊行会