

流域土砂動態シミュレーションによる流出土砂の地質別寄与率推定手法の検証

○片岡秀太*¹ 宮田秀介*² 水垣滋*³ 山野井一輝*² 藤田正治*²*¹：京都大学大学院工学研究科，*²：京都大学防災研究所，*³：(国研) 土木研究所寒地土木研究所

1.はじめに

近年、シミュレーションにより流域内土砂動態の把握が進んできており、これまで、焼岳足洗谷における溪床堆積土砂量の変化と流出過程に関するシミュレーション（小林ら，2022）などが行われている．一方、多くの流域では、流砂観測は流域末端のみで行われており、シミュレーションによる流域内の土砂移動が再現できているかを検証するには観測データが不十分である。

流砂系の総合的な土砂管理では、山地から下流河川・海岸・沿岸への土砂動態において、土砂生産源の定量評価は重要な課題の一つである。欧米では、微細土砂を対象に複数トレーサを用いた多変量混合モデルによる **fingerprinting**（土砂生産源推定）が広く用いられており、生産源土砂のトレーサ特性から、生産源の区分法と有効トレーサの組み合わせを統計的に抽出することで、信頼性の高い生産源寄与度の定量評価を行っている。また、わが国でも古くから海岸砂や河床材料の生産源推定に岩種や鉱物組成、元素組成などがトレーサとして用いられてきた。近年では、複合トレーサを用いた土砂生産源推定手法が広く普及してきている。

本研究では、掃流砂量観測とトレーサ手法とを組み合わせ、粒径別に、地質別の土砂流出量を推定（水垣ら，2022）した結果と流域土砂動態シミュレーションによる流出土砂の地質別寄与率推定による結果を比較考察することでシミュレーションによる手法の検証を行う。

2.方法

2.1 対象流域概要

対象流域は神通川水系足洗谷流域（観測水路地点：6.7km²）である。この対象地域は京都大学防災研究所穂高砂防観測所の流砂観測水路があり、水垣らの対象流域でもあるため、本研究に適する。また、対象と

する出水は2016年8月2日、2017年7月1日の出水とする。

2.2 シミュレーションの概要

斜面崩壊による土砂生産を含む流域土砂動態を解析するモデル **SiMHIS**¹⁾では、流域を単位河道・単位斜面・斜面要素に分割し、斜面崩壊予測から崩土の河道への供給、河道における水・土砂の移動を統合的に解析すること可能である。これを用いた流域土砂動態シミュレーションによって各出水における流出土砂の地質別寄与率推定を行い、水垣らの放射性同位体の複合トレーサを用いた粒径別・地質別土砂流出量の推定結果と比較する。

2.3 ならし計算の概要

本計算を行う前に、流域の河道への土砂及び河床の土砂存在率を安定させるためにならし計算を行った。期間は1976年から2022年とし、使用した降雨データは足洗谷流域に最も近いアメダス観測地点である、栃尾の1時間降水量とした。

2.4 生産源推定手法の概要

流出土砂の粒径の分類は、A～Dの5段階（A：～0.425 mm、B：～2 mm、C：～4.75 mm、D：～9.5 mm）とした。河道への土砂及び河床の粒度分布は足洗谷での先行研究（沢田，1985）より、図1のように設定した。また、生産源土砂のトレーサ特性を調べるために、地質図（原山，1990）をもとに調査地点を54箇所設定し、裸地斜面の表層約5 cmから土砂試料を採取した（水垣ら，2022）。

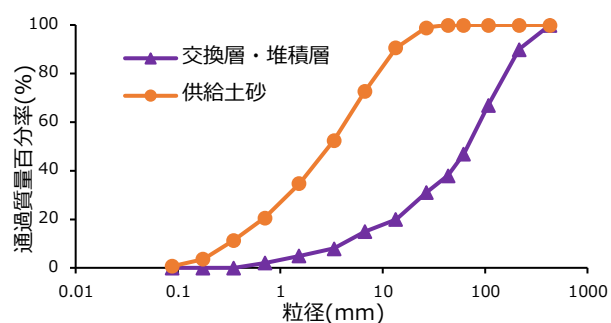


図1 シミュレーションに用いた粒径加積曲線

それによって足洗谷流域は岩石由来の放射性同位体により流域の土砂生産源を 5 地域に区分²⁾できる。これらを裸地の箇所と併せて図 2 に示す。シミュレーションにおける土砂の流出は各生産源における裸地の割合から存在率を設定した。

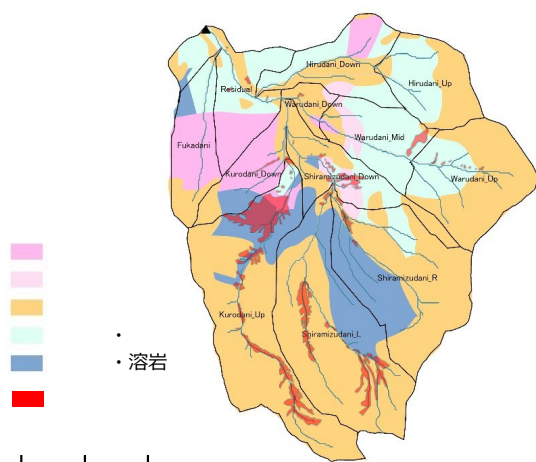


図 2 足洗谷流域と流域内の生産源区分

3. 結果・考察

図 3 に水垣らの生産源寄与率、流域土砂動態シミュレーションによる生産源寄与率をそれぞれ出水ごとに示す。

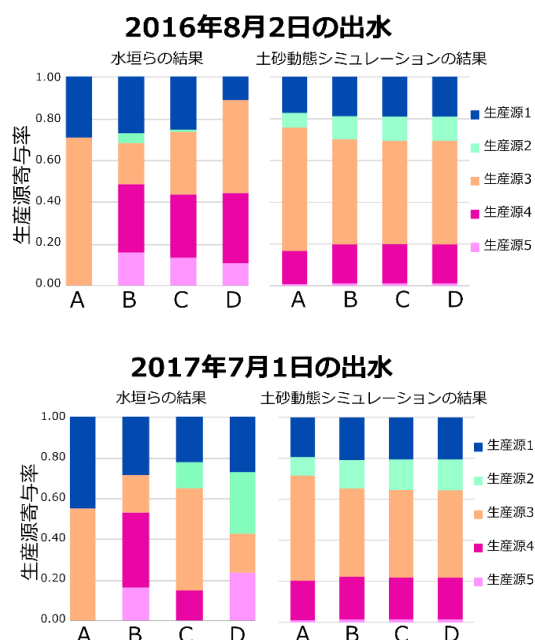


図 3 各出水における粒径階毎の生産源寄与率

2016 年 8 月 2 日の出水では、生産源 1（蛇紋岩・溶岩）の寄与率が比較的水垣らの結果と近い結果となった。さらに、水垣らの結果は粒径が大きくなる（A→D）につれて生産源 3（火山岩類）寄与率が小

さくなっている点に関してもシミュレーションで同様の傾向が見られた。また、粒径階 A において生産源 3 の寄与率が大いという点が一致した。しかし、生産源 4,5（花崗岩類に由来する地質）において大きく結果が異なっていることが確認できる。現時点ではシミュレーションにおいて地質毎に粒径階の区別をしておらず、全ての生産源で各粒径階の存在率を同一としている。従ってそれらを区別することで実測の生産源寄与率を再現できる可能性がある。

2017 年 7 月 1 日の出水では、水垣らの結果では、粒径階 B,C,D で生産源 5（花崗岩）の寄与率が大いが、本研究では B：約 $7.9 \times 10^{-6}\%$ 、C： $5.3 \times 10^{-5}\%$ 、D： $5.3 \times 10^{-5}\%$ と非常に寄与率が小さかった。シミュレーションでは河道に供給される土砂は裸地からのみと仮定しているが、観測水路付近に生産源 5 の地層で構成される裸地が無く、生産源 5 の割合が大きい上流から観測水路に流れ着くまでにほぼ消失していることが示唆される。この場合においても、2016 年の出水と同様に、地質毎の粒径階を区別することで改善が期待される。

4. おわりに

本研究では、流域土砂動態シミュレーションにより、流出土砂の地質別寄与率の推定を行い、掃流砂量観測とトレーサ手法とを組み合わせた推定結果と比較することでその手法の検証を行った。多少結果の一致はあったものの、全体的な結果の再現は今後の課題となった。現状では地質毎に同一の粒径分布を設定しているなど、粒径分布の与え方に課題があると考えられるため、今後さらなる検討が必要である。

5. 参考文献

- 1) 山野井一輝、藤田正治：複合土砂災害シミュレータ SiMHiS を用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察、砂防学会誌、Vol.69、No.6、pp.15-23、2017。
- 2) 水垣・宮田・堤・野中・巖倉：放射性同位体の複合トレーサを用いた粒径別・地質別土砂流出量の推定、令和 4 年度砂防学会発表会概要集、73-74、2022。