

土砂の生産源を考慮した土砂動態シミュレーション

○片岡秀太*¹ 宮田秀介*¹ 水垣滋*² 山野井一輝*¹

*¹: 京都大学 *²: (国研) 土木研究所寒地土木研究所

1. はじめに

これまで、砂防分野では災害の再現や砂防計画の検討、砂防事業の評価のために様々な土砂流出に関するシミュレーションモデルが開発、適用されてきた。これにより、流域内の土砂動態の把握が進んでおり、特に、山地流域の雨水流出や土砂生産流出のシミュレーターが開発され、土砂動態現象が定量的に分析されている。しかしながら、これまでの研究では、土砂が生産される場の情報を考慮した事例は少ないのが現状である。

また、流砂系では、ダム堆砂、河床の低下・露岩化、海岸砂浜の消失などの問題が顕在化しているため、土砂生産と流出過程の把握が必要である。流域の土砂生産の種類において特に大規模な現象は長期にわたって土砂流出に影響する。したがって流域から海域への土砂供給が山地のどの部分から発生しているか、すなわち土砂生産源を把握することは重要である。

本研究では、観測による流出土砂の生産源寄与率推定の結果¹⁾と土砂の生産源を考慮した土砂動態モデルを用いて行う流出土砂の生産源寄与率推定の結果を比較し、さらに実測値に基づいてシミュレーションの検証を行うことを目的とした。

2. 方法

2.1. 対象流域概要

対象流域は、岐阜県高山市に位置する神通川水系足洗谷流域（観測水路地点の流域面積：約 6.7 km²）である。本対象流域は下流端に京都大学防災研究所穂高砂防観測所が所有する流砂観測水路が設置されている。当該研究では、流砂観測水路に設置されたスロットサンプラーで捕捉された流出土砂を用いて生産源寄与率推定を行っており、シミュレーションにおいても、流砂観測水路の位置にあたる地点での流出土砂を用いて検討を行った。

2.2. シミュレーション概要

本研究では、土砂動態モデル (SiMHiS)²⁾を用いてシミュレーションを行った。本モデルは、流域地形を基にしたモデルであり、降雨流出モデル、土砂生産モデル、土砂供給モデル、土砂輸送・流出モデルが統合されている。本モデルを用いた研究では、土砂生産として斜面崩壊などを考慮したものもあるが、本研究では、土砂生産

は裸地からのみ凍結融解によって起こることとした。

さらに、従来のモデルでは流出土砂の生産源が流域のどこであるかが考慮されていなかったが、本研究では、生産源という情報を付与することで、生産された場所（生産源カテゴリ）ごとに土砂に色付けを行い、流出土砂の生産源カテゴリを判断できるように改良を加えた。生産源カテゴリは、水垣らが岩石由来の放射性同位体によって流域の土砂生産源を 5 地域に区分したものを参考に図 1 のように区分した。また、生産源カテゴリ区分と併せて裸地の箇所を示す。以上のモデルを用いて流出土砂の生産源寄与率推定を行う。

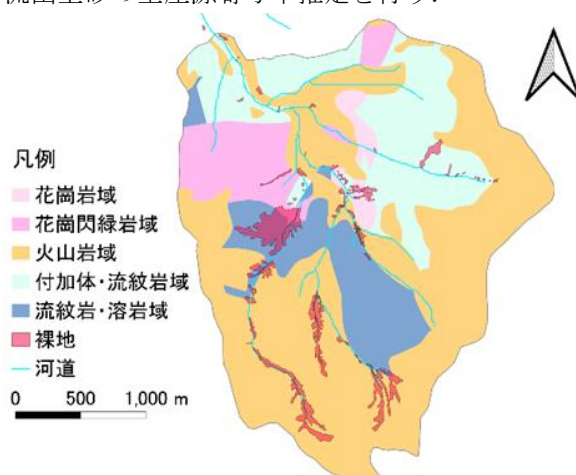


図 1 生産源カテゴリ区分と裸地の箇所

2.3. 初期条件の設定および各計算条件

シミュレーションを行うにあたり、初期条件として各河道の粒度分布や交換層・堆積層の生産源寄与率を設定する必要がある。これらは大きなばらつきがあり、流域内の全箇所において測定するのは非現実的である。したがって本研究では、初期条件を設定する目的で 20 年間のならし計算を行った。

シミュレーションの降雨条件は、足洗谷流域に最も近いアメダス観測地点である栃尾地点の 2015 年 8 月から 2018 年 5 月の降雨データを与えた。また、土砂生産条件については、小林³⁾の凍結融解モデルを用いた土砂生産解析を参考に、河道ごとに土砂生産深さを設定した。供給土砂の粒度分布は対象流域の生産源となる崖錐でサンプリングを行い、粒度分析を行ったものと、足洗谷の先行研究により決定された河床材料との平均を与えた。

3. 結果・考察

図2にシミュレーション結果および実測値を示す。結果は4イベントの生産源寄与率を示している。これより、シミュレーション結果（CASE1～4）では火山岩類の寄与率が約80%と高くなっていることが確認できる。また、生産源カテゴリによって大きなばらつきがみられるが、実測値では、各生産源カテゴリから約15～20%と、比較的満遍なく流出していることがわかる。この原因の一つとして考えられるのが、面積比率（各生産源カテゴリの面積の流域全体に対する比率）および生産土砂比率（各生産源カテゴリで生産された土砂量の比率）が影響しているということである。

図3にシミュレーション結果とそれらの比較を示す。火山岩類の寄与率が高く、花崗岩、花崗閃緑岩の寄与率が低いことが共通点として挙げられ、面積・生産土砂量比率がシミュレーション結果に影響を与えていることが確認できる。また、若干ではあるが、生産土砂量比率の方がシミュレーション結果に近くより影響したことが考えられる。

そこで、シミュレーション結果を実測値に近づけるために生産土砂量を増加させた場合について検討した。

流域内の土砂生産量を増加させる場所は、シミュレーション結果において寄与率が低かった蛇紋岩・溶岩

及び花崗閃緑岩の生産源が多い斜面とし、当該箇所の生産土砂量を10倍してシミュレーションを実行した。その結果を図4に示す。CASE1～4がオリジナル条件での結果、CASE1'～4'が生産土砂量を10倍した結果である。特定斜面の生産土砂量を10倍にすると、花崗岩、付加体・流紋岩の寄与率が上昇し、全体的に実測値に近づいた。この結果から、実測値があることで、シミュレーションの土砂供給（生産）条件を大幅に改善できることがわかった。また、シミュレーションでは全粒径で検討が可能であるが、観測による流出土砂の生産源寄与率推定では、粒径9mm以下のみが対象となっている。9mm以上の生産源寄与率実測値があれば、さらにシミュレーションにおける土砂供給（生産）条件の改善が可能と考えられる。

4. おわりに

本研究では、土砂の生産される場を考慮した流域土砂動態シミュレーションによって、流出土砂の生産源寄与率を推定し、実測値との比較を行った。その結果、現時点では、モデルのみでの生産源寄与率推定を行うには不十分であることが示唆されたが、実測値があることで、シミュレーションにおける土砂供給（生産）条件を大幅に改善することができた。また、シミュレーションでは、全粒径で検討できるため、より幅広い粒径の実測値があれば、さらなる土砂供給（生産）条件の改善が期待できる。

参考文献

- 1) 水垣滋・巖倉啓子・宮田秀介・堤大三・野中理伸：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年度砂防学会研究発表会概要集，2022
- 2) 山野井一輝：土砂生産・土砂供給過程を考慮した土砂流出モデルの開発とその応用に関する研究，京都大学学位論文，2017
- 3) 小林正直：火山噴火後の溪床堆積土砂量と降雨浸透特性に着目した土石流発生ポテンシャルの変化，京都大学学位論文，2022

謝辞

本研究は

- ・中部大学中部高等学術研究所
- 国際GISセンター共同研究 IDEAS202317
- ・科研費（基盤研究B）23H01513
- ・河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野（砂防）の助成を受けました。記して謝意をあらわします。

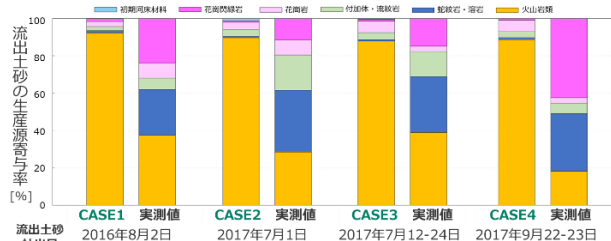


図2 シミュレーション結果と実測値

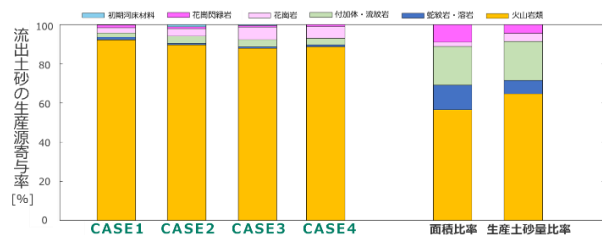


図3 シミュレーション結果と面積・土砂生産比率

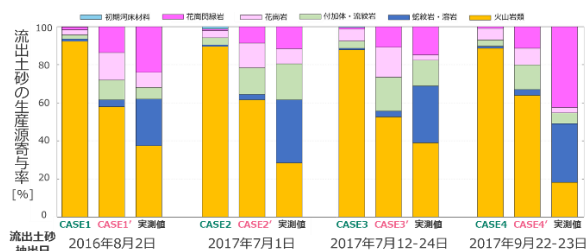


図4 生産土砂量を増加させた場合の結果