

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

京都大学大学院工学研究科（現：国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所） ○小林正直
 京都大学防災研究所 藤田正治・宮田秀介・山野井一輝

1. はじめに

土石流発生に寄与すると考えられる溪床堆積土砂量は、凍結融解作用や崩壊といった土砂生産現象によって増加し経年的な降雨流出のほか土石流発生による侵食によっても減少する。本研究では岐阜県高山市に位置する神通川水系足洗谷を対象に、源頭部の焼岳が噴火してから40年間が経過して以降の土砂生産と降雨流出及び土石流による土砂流出を念頭に置いた土砂動態モデルを用いて溪床堆積土砂量の変化とその流出過程について検討する。

2. 既往モデルによる土砂動態解析

凍結融解作用による土砂生産を泉山ら¹⁾が開発してきたモデルで解析し、得られた土砂生産分布のほか降雨データを基に土砂の河道への供給及び斜面における降雨流出と河道における土砂輸送・流出及び蓄積を山野井ら²⁾の開発してきた土砂動態解析モデルのSiMHISで解析する。計算期間は2003-2019年の17年間であり、降雨データはこの流域から最も近いアメダス栃尾地点の時間降雨データを用いた。

2003-2019年における凍結融解作用による足洗谷全域の生産土砂量は11,234[m³]であり、土石流発生源である源頭部斜面で特に多くなっている。図1に示すのが、得られた土砂生産分布を考慮した2003年から2019年にかけての17年間継続して土砂の生産・供給・流出を考慮したときの土砂動態の最終的な結果であり、2003年時点の初期河床に比べた2019年末の河床変動の値と河道脇に崖錐として貯留された土砂の量で示している。これによると、土石流発生源である黒谷及び白水谷の源頭部河道で河床が大きく上昇しており、生産された土砂の大半が流出せず源頭部河道に貯留される結果となっている。また、図2に示す足洗谷全体で見た時の河道への供給土砂量(赤)と流出土砂量(青)の差にあたる貯留土砂量の変化量(黒)は、計算開始直後は負の値を示すものの、供給土砂の増加に伴って増加し最終的に17年間で足洗谷全体の河道に供給された土砂の内約25%の16,794[m³]の増加となり、土石流ポテンシャルの増加を示した。

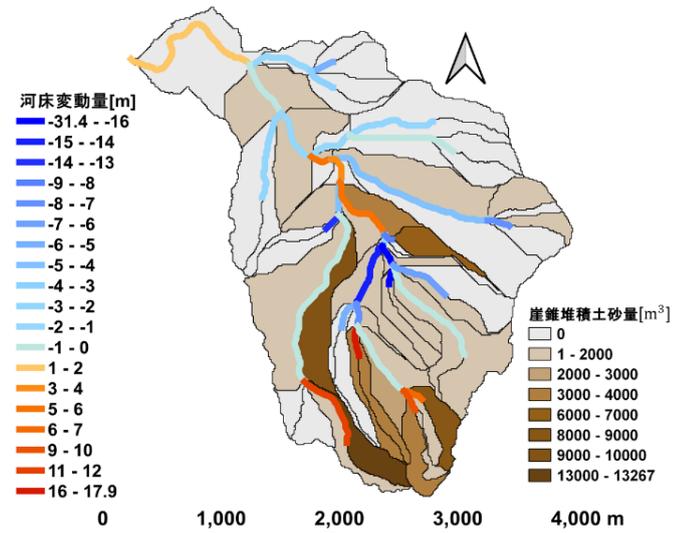


図1 河床変動解析結果(2003-2019)

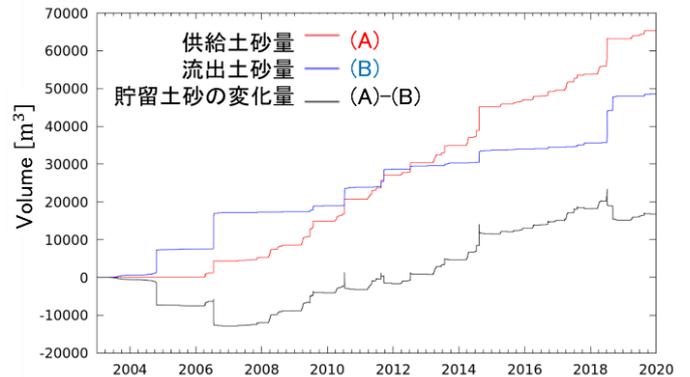


図2 足洗谷全体における溪床堆積土砂量の変化

3. 河道土砂の安定解析を考慮したモデルによる土砂動態解析

経年的な土砂生産と降雨流出を考慮した解析により溪床土砂は蓄積を続け、土石流ポテンシャルが上昇していくことが示されたが、解析による土砂の蓄積は実態よりも過剰であると考えられ、実際には何らかのマスマーブメントによる土砂の流出が考えられる。そこで、本研究では流砂形態として考慮している掃流砂と浮遊砂に加えて土石流の発生を念頭に置いた新たな河道土砂流出モデルを提案して解析を行う。

土石流化の条件には無限頂長大斜面の安定条件式を用い、河道における水深が河道堆積土層に対する安定限

界費を超えた場合に河道土砂が全て流出するものとした。各河道には堆積土層を流れる浸透流を定義し、浸透流量に寄与する河道土層の透水係数: k_c を変化させた各ケースで河道内土砂の動態の解析を行った。図3は白水谷の源頭部河道における堆積土層厚の変化を前項と同様の計算条件で解析した図で、透水係数が比較的大きいケース(0.3~0.5[m/s])では堆積土層が増加し続けているのに対し、小さいケース(0.1~0.2[m/s])では土層が1mに満たない範囲で変動している様子が分かる。これは、透水係数が少なく、浸透流量が少ない河道において大規模な降雨イベントの

度に土層が飽和しやすくなることから表面流を生起しやすくなり、土砂あるいは土層の流出を繰り返していることが理由である。図4の河道における(水深: h /土層厚: D)の比の推移で示す通り、透水係数が小さいケースでは降雨イベントに対応して土層が飽和しやすい挙動を示しており、土砂流出の限界水深比: $(h/D)_{cri}$ のこの河道における値である0.7を繰り返し超えて土砂流出と再びの土砂供給による土層の回復とのサイクルを繰り返すことが分かった。一方で透水係数が比較的大きいケースでは土層が飽和しにくくことから表面流による土砂の輸送あるいは土層の流出も発生しにくくなっており、土砂が生産・供給されても輸送されないことから土層厚が上昇し、さらに土層が飽和しにくくなることから土砂が溜まり続ける一方になるということが分かった。

実際には土砂が溜まり続けるといった状況や土砂がほとんどない状況といった両極端な状態を示し続けるようなことは考えづらく、流域内における河道の透水係数やその他の状態変化について考慮することでより詳細な検討・解析ができるものと考えられる。

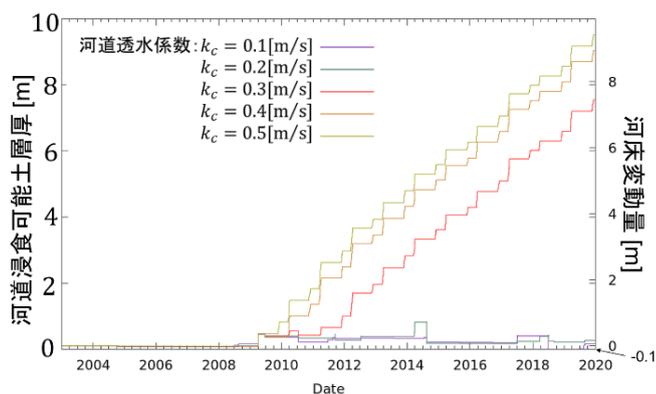


図3 白水谷源頭部河道における河道浸透流量及び河道土層流出を考慮した時の河床変動の推移

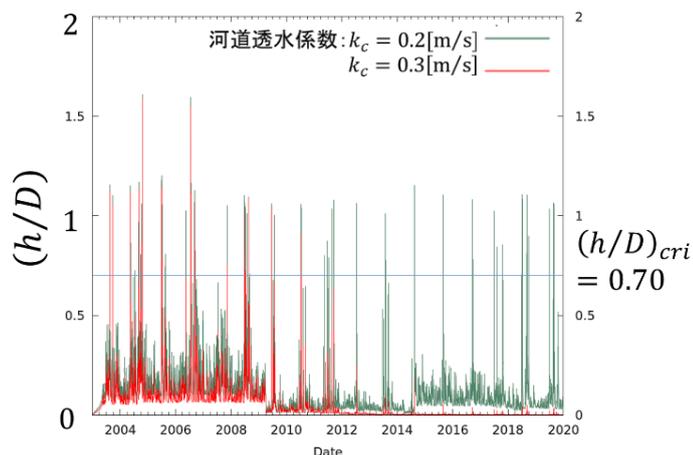


図4 白水谷源頭部河道における河道(水深/土層厚)比の推移

4. まとめ

本研究では土石流発生域における土石流ポテンシャルの要因としての渓床堆積土砂量の変化と土石流発生を念頭に置いた河道土層流出モデルを用いた土砂動態解析について検討した。凍結融解による土砂生産を考慮した解析では、2003年から2019年までの17年間で河道に供給された土砂の半数以上が河道に貯留され渓床堆積土砂が増加する傾向が明らかとなった。このような土砂は源頭部に堆積していることで急激な降雨と水の供給及び侵食によって土石流化することが考えられる。一方で、河床変動量としてはそれぞれの源頭部河道における値が実態よりもやや過剰であると考えられ、なんらかのマスマーブメントによる土砂輸送があるものと推察された。そこで河道土層の流出を考慮したモデルを用いて解析を行った結果、各河道の透水係数といったパラメータにより河道における堆積土層の変動傾向が著しく異なることが示され、透水係数が低い場合では繰り返し土層が飽和して流出と回復を繰り返すという結果、透水係数が大きい場合では土層が飽和しにくくことから土砂流出が少なくさらに土層が飽和しにくくなり土砂が増加し続けるという結果となった。土石流発生源における土砂動態解析のさらなる発展が期待される。

参考文献

- 1) 泉山寛明・堤大三・藤田正治: 地質を考慮した風化基岩における凍結融解による土砂生産量の推定方法, 砂防学会誌, No.68, Vol.5, pp.10-20, 2016.
- 2) 山野井一輝: 土砂生産・土砂供給仮定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.