

土石流の規模推定に向けた集水領域の指標化に関する研究

京都大学大学院農学研究科 ○中谷加奈 辻淳基 小杉賢一朗

1.はじめに

土石流は土砂災害の中でも被害が甚大になることから、被害の防止軽減のために土石流規模を適切に予測することが重要である。土石流は土砂と水で構成される流れであり、発生時には水の量に対応した土砂量が流出する。実務上では土砂量を基に規模が推定されることが多い¹⁾、土石流の水の起源や量に着目した研究は少ない。従来、集水領域には二次元的な地形の指標として流域が用いられる。しかし、土石流発生時には山地渓流の流域への降雨量よりも多い水流出が発生していると推測される事例も見られ、隣接渓流からの移動や山体内部からの水の寄与の影響が考えられる。

本研究は、土石流の水の量に着目して従来とは異なる集水領域を検討する²⁾とともに、土石流の規模に影響する要因を明らかにすることを目的とした。

2. 2014年8月の広島災害を対象とした検討

既往研究^{2)~4)}を参考に、2014年8月に土石流が発生した広島市安佐南区の阿武山の18渓流を対象とした。各渓流からの流出土砂量⁴⁾を基に、解像度1mの災害前DEM(Digital Elevation Model)用いてHyperKANAKOで⁵⁾土石流シミュレーションを実施した。このシステムは高橋モデル⁶⁾を採用しており、設定した土砂と供給した水に対して、渓流の勾配に応じた土石流の侵食・堆積が表現される。

計算は急勾配の谷部を1D領域(計算点間隔5m、川幅10m)、谷出口から下流を2D領域(1mメッシュ)とした。災害で移動した土砂量を1D領域に均一厚さで設定した。上流端から供給する水の総量を(流域面積×雨量×流出率)により算出して、流域面積はGISで求めた値、高瀬観測所の6時間降雨量189mm、山地を想定して流出率0.7とした。供給ハイドログラフは台形形状として、継続時間は350秒とした。詳細は既往検討²⁾を参照されたい。

各対象では実災害を想定した土石流シナリオとして、一波で短時間の台形状の供給ハイドログラフや移動可能土砂の飽和土層や1D領域への均一な分布、一律の代表粒径や液相密度を仮定した。異なる土石流シナリオ、特にハイドログラフや複合的なシナリオによる影響の評価方法は今後の検討課題である。

3.結果と考察

計算結果から、流域への降雨による水の量で災害と同程度の土砂流出が発生するかを検証するために、渓流からの土砂の流出状況を実災害と比較した。1D領域の計算結果の残存土砂量を供給土砂量で除した土砂残存率(%)として各渓流で求めた(図1)。なお土砂が全流出した渓流は○を記している。流域面積を集水領域として降雨から算出した水の量では土砂が流出しない渓流が多く、水が不足すること示された。地質との対応から、土砂残存率が高く水が不足する渓流は花崗岩で構成される割合が多く、地質が土石流を構成する水の量や起源に影響することが推測される。流域面積が小さい0.1km²以下や、流域より標高の高い上流側に別流域が存在する渓流で、土砂残存率が多いことも示された。

次に土砂残存率が10%を超えた7渓流について、先述の方法で算出した水の量を基準値(1倍)として、他の計算条件は全て同じとして整数倍毎に増やした水の量を供給した際に、残存率が10%未満になる最小値を求めた結果を図2に示す。例えば、最南西の渓流の「×8」は、水の量を基準の8倍で供給した際には土砂残存率が10%未満となったが、7倍の供給までは残存率が10%以上だったことを表す。

土砂残存率が10%未満となる水の供給量が、実災害と同規模の土石流を発生させるために必要な水の

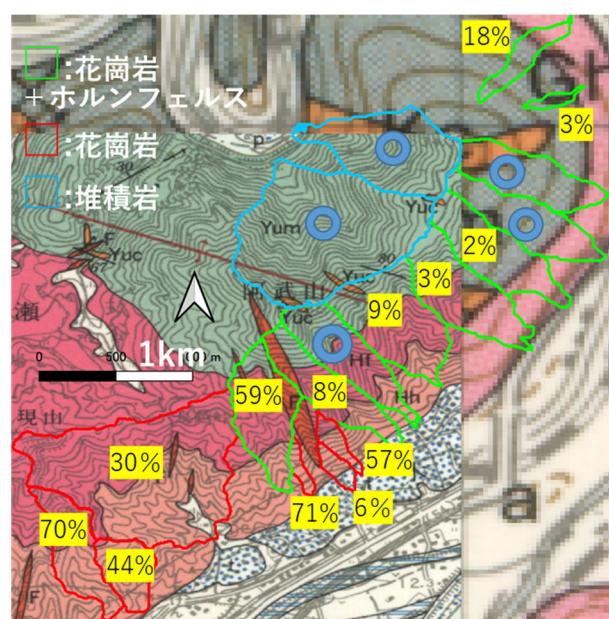


図1 計算結果の土砂残存率(国土地理院5万分の1地質図に、流域界、土砂残存率、凡例、方位、縮尺を追記)

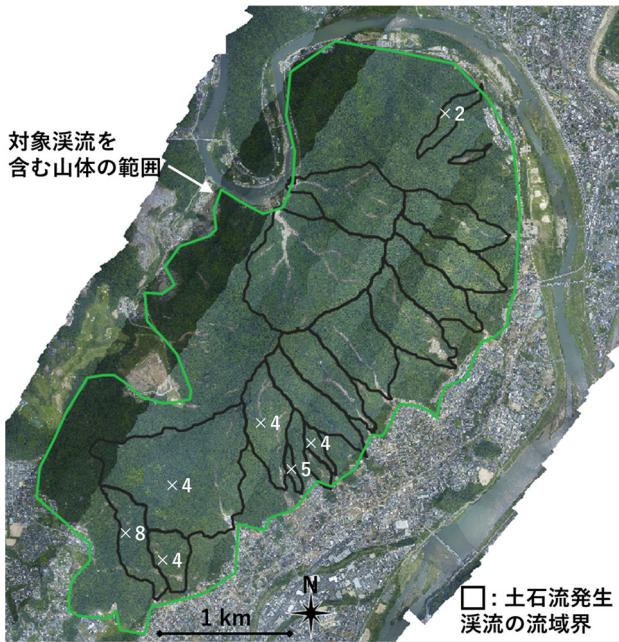


図2 土砂残存率が10%未満になる水の供給量(先述の方法²⁾を1倍)と18溪流全体を含む阿武山山体の抽出範囲(背景は災害後オルソ)

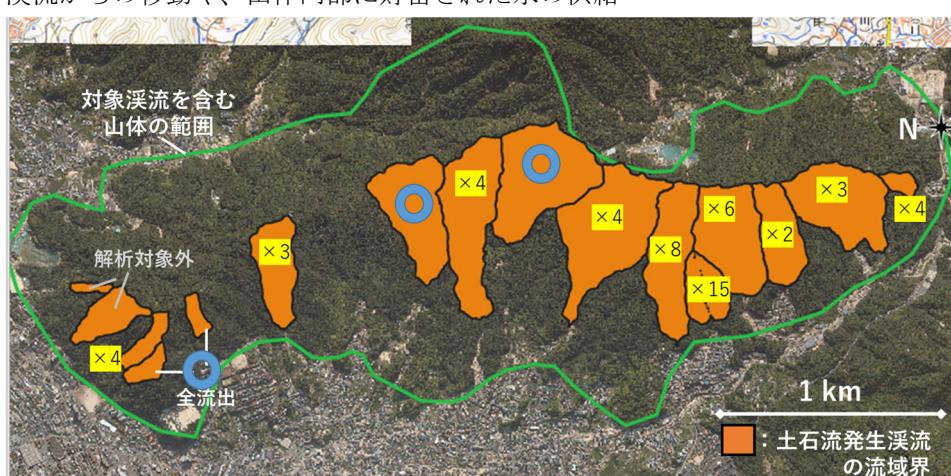
量だと仮定して、全18溪流についての水の総量を合計すると、1,160,000 m³で、この量を降雨から得るために必要な面積は8.77 km²となった。一方で、流域面積と降雨量を基に先述した方法で計算される水の量の合計は526,000 m³で、水の量が必要と考えられる量の半分以下の0.45倍であり不足傾向を示した。降雨から水の量を算出する際に流出率0.7を用いたことを鑑みて、流出率1.0を想定した場合でも、算出される水の量は災害規模の土石流が発生するのに必要な水の量の0.64倍で、流域面積と降雨からの水供給では不足傾向だといえる。

流域への降雨以外の水の供給過程には、隣接する溪流からの移動や、山体内部に貯留された水の供給

などが挙げられる。後者は、流域の三次元的な体積²⁾や地下水帯の分布や地下水挙動の把握により検討出来ると考えらえるが、本検討では前者の隣接溪流からの降雨による水の移動を想定した。阿武山についてQGISを用いて全18溪流を含むよう山体の範囲を抽出した結果を図2に示す。この範囲の面積の合計値は8.48 km²で、必要な水の量から計算される面積と比較すると0.97倍である。個々の溪流の流域面積だけでなく、全溪流を含む広範囲の山体への降雨からの水の供給量として考えると、必要な水の量が概ね対応することが示された。

4. 2018年7月豪雨を対象とした検討

2018年7月豪雨⁷⁾により広島市安芸区矢野東で発生した土石流14事例を同様の手法で検討した(図3)。対象地は花崗岩が分布して各溪流による差はない。災害の流出土砂量を1D領域に移動可能土砂として、流域面積に対して降雨量(2018/7/6の災害発生時刻までの連続12時間雨量148 mm)と流出率0.7から算出された水を供給ハイドログラフとして土石流シミュレーションを実施すると、土砂が10%以上残存する溪流が2014年災害より多かった。残存率が10%未満となる水の量を算出(426,000 m³)して、必要な面積を求めた。流域面積と降雨から計算される水は132,000 m³で、必要な量の0.31倍であり2014年より不足傾向だった。図3に示す溪流全体を囲む山体の範囲を抽出した結果から計算される水の総量は456,000 m³で必要な水の1.07倍であり、2014年の検討と同様に、全溪流を含む広範囲の山体を考慮する方が個々の流域面積より水の量が対応することが示された。今後は、他の土石流事例での検証ならびに山体内部からの水の影響について検討を進める。



謝辞 本研究は、JSPS科研費20K04706の助成を受けたものです。災害前後のLPデータや関係資料を2014年災害では国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所に、2018年災害では広島県土木建築局よりご提供頂きました。

参考文献

- 1) 国土交通省砂防部：砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説, 2016, 2) 辻ら(2021), 砂防学会研究発表会概要集, 657-658, 3) 中谷ら, 砂防学会誌, 69(5), 3-10, 2017, 4) 吉野, JSECE Publication No.74, 31-36, 2014, 5) 堀内ら, 砂防学会誌, 64(6), 25-31, 2012, 6) 高橋ら, 砂防学会誌, 44(3), 12-19, 1991, 7) 海堀ら, 砂防学会誌, 71(4), 49-60, 2018,