

## 焼岳噴火後の足洗谷における土石流発生の変化的変化

京都大学大学院 ○小林正直

京都大学防災研究所 藤田正治・竹林洋史・宮田秀介・山野井一輝

日本気象協会 坂井紀之

### 1. はじめに

1962年（昭和37年）の焼岳の噴火以後20年くらいは足洗谷では土石流が頻発したが、最近はほとんど発生しなくなっていた。しかし、2019年に約20年ぶりに発生した。このような現象の背景には、噴火による土石流発生ポテンシャルの急激な増加、土石流の頻発による減少、さらには生産土砂の蓄積によるポテンシャルの回復という変化過程と豪雨の発生場所と降雨特性があると考えられる。そこで、本研究では、ポテンシャルの回復度を表す凍結融解作用による生産土砂の蓄積について土砂動態モデルから検討する。

### 2. 1962年の噴火後の土石流発生の経年変化

1962年の噴火後の足洗谷流域の土石流の発生状況と2019年の土石流の発生状況について、澤田<sup>1)</sup>、筆者ら<sup>2)</sup>が報告している。それによると、焼岳噴火直後は時間雨量が5~20mm程度の雨でも土石流が発生していたが、最近の約20年間は時間雨量20~50mmの雨でも土石流は発生しなかった。しかし、2019年、過去に比べて特に強い降雨ではなかったが土石流が発生した。これには、10分間雨量強度が60mm/hに達する大雨が流域の源頭部にもたらされたことが関係しており、長年にわたって蓄積していた溪床土砂に斜面から一挙に水が供給されたことが主因であると推察された。

図1は国土交通省神通川砂防事務所が解析した土石流発生の前後の地形変化（堆積厚さ）を示したものである。この図から斜面はあまり侵食されておらず、上流の溪床が1, 2m侵食されていることがわかる。降雨流出により溪流の流量が急激に増加し、溪床堆積物を侵食し、土石流が発生したものと考えられる。

土石流発生ポテンシャルに寄与する要素としては、斜面の降雨浸透能と溪床堆積土砂量が考えられる。前者は噴火後の火山灰の堆積物のクラスト化により一旦減少するが、経時的に徐々に回復するものと考えられる。後者は崩壊や溪岸侵食などの土砂生産現象により増加し、土石流が発生すると減少する。図2はこのような過程を考えた土石流発生モデルのフレームワークを示したもので、著者らはモデルの構築を目指している

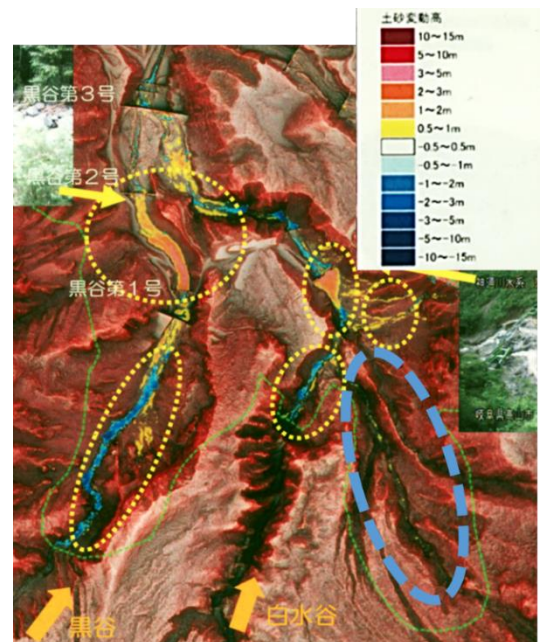


図1 平成30年と令和1年の標高差分（国交省神通川砂防事務所提供）

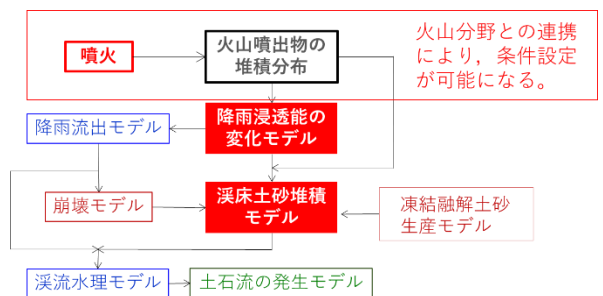


図2 土石流発生モデルのフレームワーク

が、本研究では、凍結融解による土砂生産と土砂流出による溪床における貯留土砂量の累積による土石流発生ポテンシャルの変化について検討する。

### 3. 凍結融解作用による土砂生産と溪床での堆積量

澤田<sup>3)</sup>の研究によると、凍結融解作用による年間の生産土砂量は、 $7.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$ である。泉山の開発した凍結融解土砂生産モデルが実装された山野井らの土砂動態モデル<sup>4)</sup>を用いると、毎年の土砂生産量の空間分布も計算できるが、ここでは、図3にピンク色で示す裸地及びガリー壁面の存在する斜面で  $6.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$ の土砂が一様に生産され、融雪出水期に溪床に堆積するものとする。生産土砂は計算上の河床変動量として与え、その値は概ね数十cmから数百cm程度だが、地形抽出上極端に短い河道では33mになっており改善が必要であ

る。溪床堆積土砂の流出過程は山野井らのモデルで解析される。

国土地理院が整備している基盤地図情報数値標高モデル(10m メッシュ)から単位河道，単位斜面を抽出し，川幅を流量が流域面積比で与えられると仮定したレジーム則によって決定する。レジーム則に用いるパラメータは川幅の実測値と山野井らの計算を参考に与えた。斜面土層厚，透水係数，斜面部マニング係数その他の降雨流出解析と土砂流出解析に用いるパラメータは山野井らに倣い既定流量と洪水のピーク流量が概ね一致するように定めるとともに，河道部マニング係数は山地流路の一般値<sup>2)</sup>を参考に与えた。初期河床材料は澤田の観測結果<sup>3)</sup>を元に足洗谷河床のアーサーコート部で測定された粒度分布を用い，山野井らがヒル谷裸地斜面の生産土砂を測定して得られた粒度分布を生産土砂として設定した。降雨データはこの流域から最も近いアメダス栃尾の2003年から2019年の観測値を用いる。

このモデルを用いると単位河道の流砂量，河床変動量などが計算される。図4は年間の凍結融解による生産土砂量と最下流河道からの流出土砂量の差，すなわち足洗谷流域の年間の貯留土砂量を示したもので，降雨量の大小により，年間-2000m<sup>3</sup>から+5000m<sup>3</sup>の範囲に分布している。土石流の発生しなかった17年間で積算すると，足洗谷全域における貯留土砂が10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>のオーダーに及ぶことも示されている。図3は，特に堆積量の増加が多かった2007年における河床変動量を示したもので，土石流発生場である上流域の年間の堆積土砂量は25cmから35cmとなっている。2019年の土石流の再現シミュレーションによると，上流域の河床侵食限界量を0.3mにすると現象をよく表すことが示されている。凍結融解による貯留土砂量とこの侵食限界量の比較は今後の検討であるが，平常時の流量では流出しない土砂が高傾斜の土石流発生域に貯留されるといった土石流発生ポテンシャルの増加を概ね評価できていると思われる。

#### 4. まとめ

本研究では土石流発生域における堆積土砂層の観点から凍結融解土砂生産による土石流発生ポテンシャルの増加と土石流発生によるポテンシャルの減少について明らかになった。今後は毎年の別途計算でなく17年間継続計算での検討や凍結融解土砂生産モデルを用いて分布的に生産土砂を与えたときの検討を行うとともに，火山による降雨浸透能変化等を考慮した土石流発

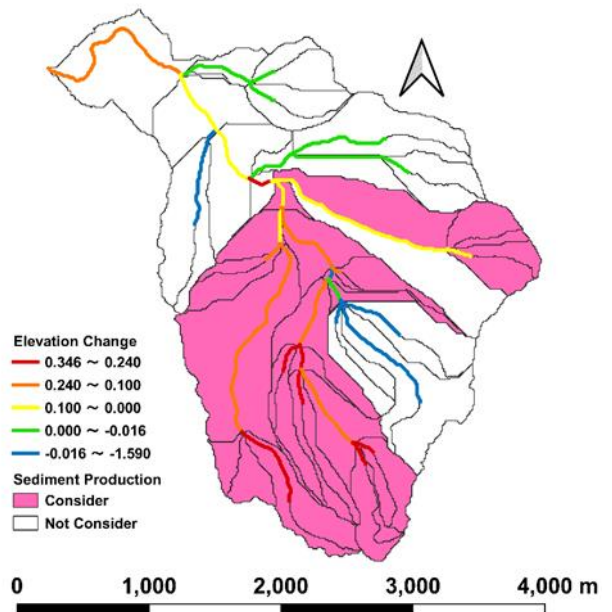


図3 凍結融解土砂を与える場所と土砂生産を考慮した2007年の河床変動の計算結果

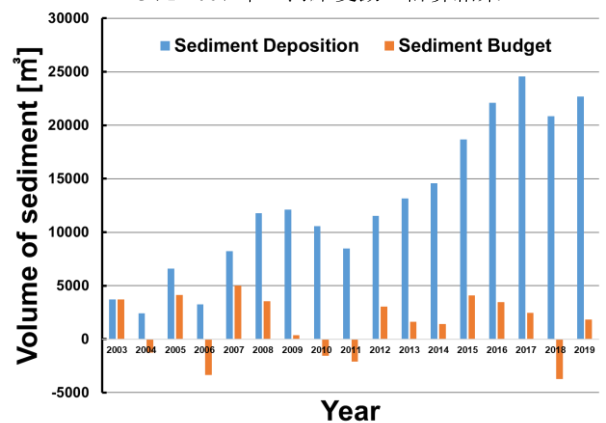


図4 足洗谷流域における年間の貯留土砂量と累積貯留土砂量

生モデルについて検討する予定である。なお，国土交通省神通川水系砂防事務所からUAVの映像等の提供を得ました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 澤田豊明：神通川水系焼岳に発生する土石流の観測および解析平成13年度受託研究報告書，2001
- 2) 小林ら：昭和37年焼岳噴火後の足洗谷における土石流の発生，2020年砂防学会研究発表会概要集，2020
- 3) 澤田豊明：山地流域の土砂流出に関する研究，京都大学学位論文，1985
- 4) 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
- 5) 土木学会 水理委員会 水理公式集改訂小委員会：水理公式集 [平成11年版]，p89,1999