

野尻川におけるCIMを用いた除石管理について

中島 万依¹・柳原 幸希²・米山 直貴³

^{1,2,3}大隅河川国道事務所 工務第一課 (〒893-1207 鹿児島県肝属郡肝付町新富1013-1)

活発な火山活動の継続に伴い、桜島では年間数十回の土石流が発生している。野尻川では、山腹における火山噴出物の堆積や斜面崩壊が進行していることから土石流が発生し、多量の土砂が下流の流路工内に堆積し氾濫する恐れがあるため、頻繁に除石工事を行っている。

ここでは、今後も土石流の発生が継続することが想定される野尻川において、大量の流出土砂を効果的に除石するための計画とその管理手法の検討結果を紹介する。

Key Words : 砂防事業 , 除石管理計画 , 管理手法, BIM/CIM

1. はじめに

桜島では、2000年頃まで南岳山頂の火山活動が活発であり、野尻川や有村川等の河川において土石流が頻発していた。その後は、2008年頃まで火山活動が沈静化し、土石流発生回数は減少したものの、近年、南岳火口だけでなく昭和火口も活発化したことで、山腹には大量の火山噴出物が堆積しており、桜島全体では年間数十回の土石流発生が確認されている。(図-1)

その中でも野尻川は、源頭部の噴出物の堆積だけでなく、斜面のガリー浸食崩壊が進行していることもあり、桜島の河川の中では最も土石流の発生回数が多く、年間で平均15回土石流が発生し、年間の平均除石量は、約11万m³以上となっている。(写真-1・2)

今後も土石流の発生により大量の土砂流出が継続することが想定されるため、適正な除石管理を行い、保全対象である家屋集落や国道の安全を確保する必要がある。

本稿では、野尻川における大量の流出土砂を効果的に除石するための除石管理計画の検討結果及びCIMモデルとUAVを用いた除石管理の高度化について紹介するものである。



写真-1 桜島における野尻川の状態



写真-2 桜島の噴火状況、野尻川の表面・ガリー浸食の状況

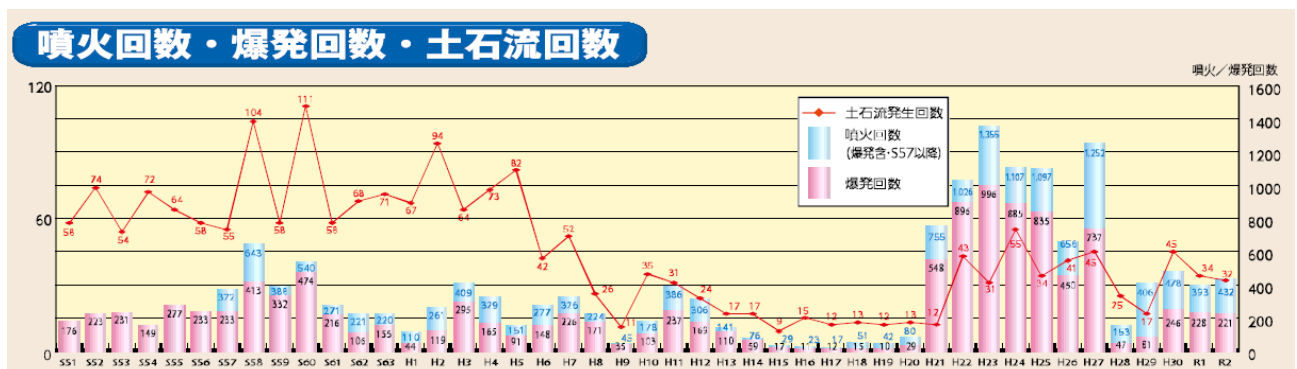


図-1 桜島における噴火回数・爆発回数・土石流回数

2. これまでの除石工事

(1) これまでの除石工事の課題

源頭部等での砂防工事の実施が著しく困難な溪流において国直轄で設置した砂防設備のうち、火山噴火等に伴う継続的かつ大量の土砂流出等により、適正に機能を確保することが著しく困難な砂防設備の管理を行うことを目的として、2008年度(H20)に直轄砂防管理が創設された。野尻川及び黒神川においては、直轄砂防管理により除石や砂防設備の維持修繕等を行う予算が確保されたが、除石のタイミングは流路内の堆積状況を勘案して決定してきており、統一的な基準が定められていなかった。

(写真-3・4・5)



写真-3 土砂流の発生状況 (上流5号堰堤、下流の流路内)



写真-4 流路内の除石作業状況 写真-5 流路内の除石完了

近年の火山活動の活発化及び土砂流出状況を鑑みると、今後も土砂流が頻繁に発生することが想定されるため、より適正な基準に基づく除石管理や施工手順等を定めておく必要がある。

3. 除石管理の方針

1) 除石管理ライン上限の設定

除石工事の頻度を出来るだけ抑えるために、流路工内の河道断面において「土砂の堆積を許容可能な最大の高さ(除石管理ライン上限)」を検討した。

(写真-6, 図-2・3)



写真-6 野尻川の検討断面

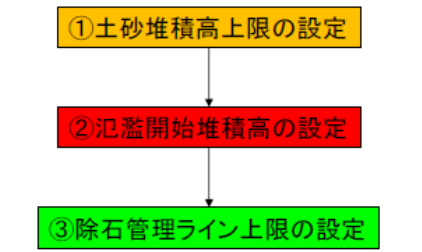


図-2 除石管理ライン決定までの検討フロー

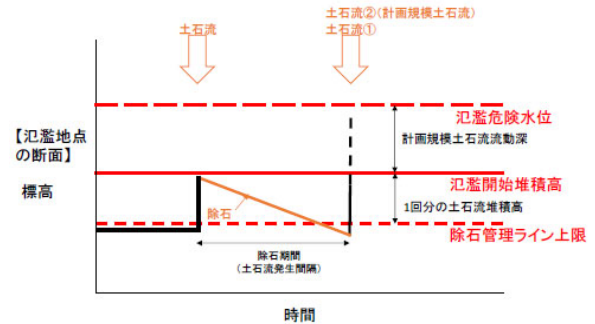


図-3 除石管理ライン上限の概念図

① 土砂堆積高上限の設定

流路工内の検討断面(0k000~1k300:50mピッチ)毎に氾濫危険水位(天端一余裕高)以下の河道断面内で計画規模の土砂流を安全に流下できる河床高を検討し、「土砂堆積高上限」として設定した。

② 氾濫開始堆積高の設定

過去の土砂流の年間ハイドロ(複数の土砂流)を用いた一次元河床変動計算により、流路工内の何れかの断面で「土砂堆積高上限」を上回る時の河床高、つまり計画規模の土砂流が発生した場合、氾濫が発生する高さを「氾濫開始堆積高」として設定した。

③ 除石管理ライン上限の設定

桜島では、同日に複数の土砂流が発生する可能性があることから、「氾濫開始堆積高」の下位に、平均的な1回の土砂流により堆積する土砂量の余裕を確保した高さを「除石管理ライン上限」として設定した。(図-3)

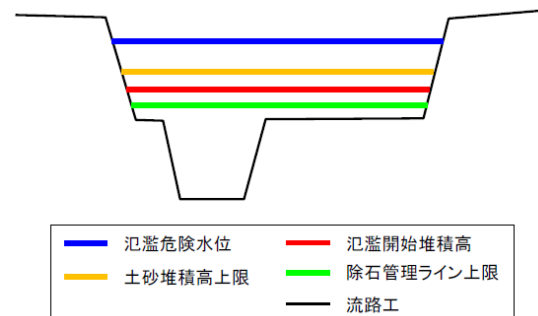


図-3 各設定高の位置関係 (緑: 除石管理ライン上限)

以上の検討より、流路工内に堆積した土砂の高さが「除石管理ライン上限」を超えることがないように除石管理する計画を決定した。

また、現地においては、巡視等の際に土砂堆積高上限と除石管理ライン上限との高さ関係を視覚的に確認するための確認地点を設置し、護岸にマーキングするなどの工夫により適正な除石管理に努めるものとする。

(写真-7)



写真-7 流路工内へのマーキングのイメージ

2) 効率的な除石順序の設定

除石工の期間中に土石流が発生した場合、流路工内への土砂堆積を極力抑え、手戻りを出来るだけ少なくするための除石順序を検討した。

除石管理ライン上限に堆積した土砂を除石する場合に以下の5ケースの除石順序を設定し、全量のうち25%、50%、75%の除石段階において平均的な土石流1回が発生した場合の流路工内への土砂堆積率を算出し、各ケースを比較することによって最適な除石順序を検討した。

(図-4)

- ① 上流域先行 (低水路・高水敷同時除石)
 - ・中流域の作業路を整備し、上流域から下流側に向けて高水敷、低水路共に除石するケース
- ② 中流域先行 (低水路・高水敷同時除石)
 - ・中流域の作業路を整備し、高水敷、低水路を除石し、その後、上流域、下流域の順に作業路、高水敷、低水路を除石するケース
- ③ 下流域先行 (低水路・高水敷同時除石)
 - ・下流域～中流域の作業路を整備後、下流域から上流側に向けて高水敷、低水路共に除石するケース
- ④ 下流域先行 (低水路先行)
 - ・下流域～中流域の作業路を整備後、下流域から上流側に向けて低水路を除石し、その後、高水敷を下流から上流域に向けて除石するケース
- ⑤ 下流先行 (高水敷先行)
 - ・下流域～中流域の作業路を整備後、下流域から

上流側に向けて高水敷を除石し、その後、低水路を下流から上流域に向けて除石するケース

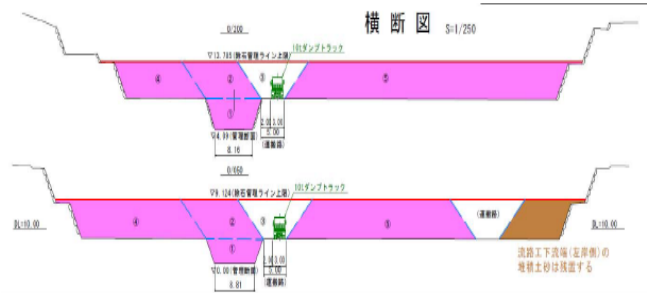


図-4 除石手順の計画図 (例：下流域の除石手順ステップ)

その結果、除石工の期間中に土石流が発生する場合に備え「③下流域先行 (低水路・高水敷同時除石)」の施工順序で除石することで、流路工内への堆積土砂を少なくすることができ、最も効率的な除石が可能となる結果となった。(図-5)

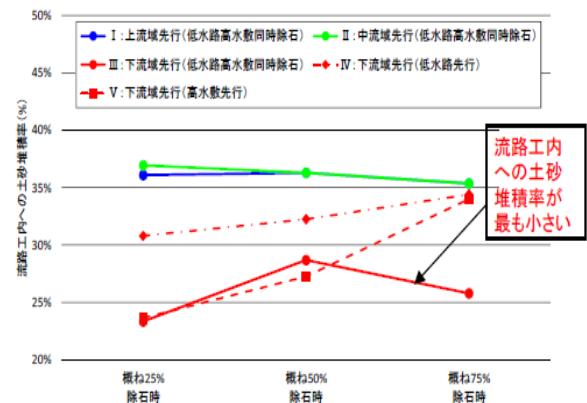


図-5 除石順序のケース比較検討結果 (土砂堆積率)

4. CIMの活用

これまでの堆積土砂を把握する手法は、定期的な横断測量や除石工の着工前測量のみであった。

今回検討した除石管理を行うにあたり、野尻川流路工のCIMモデルを作成し、UAV測量データを活用することで、流路工内の堆積土砂量 (除石必要量) を迅速かつ3次元情報として把握することが可能となり、除石工における指示図面など、受発注者間の協議資料の作成に要する時間が大幅に短縮され、除石管理の高度化に繋がった。(図-6・7)

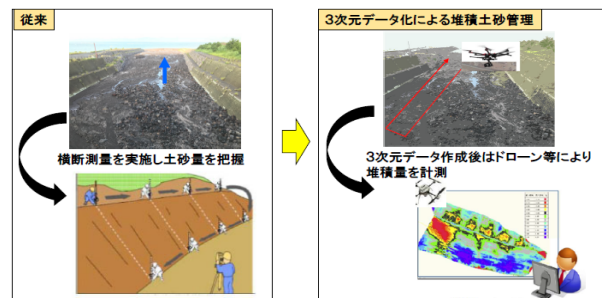


図-6 従来とCIMによる取り組み

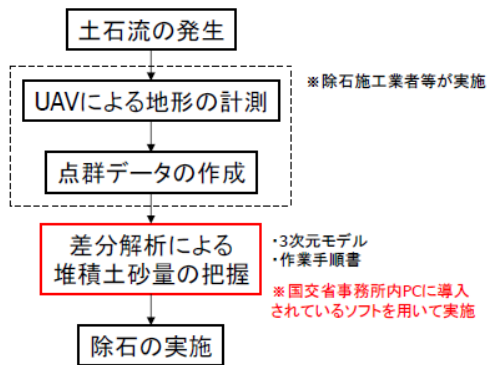


図-7 土石流発生から除石工事までの流れ

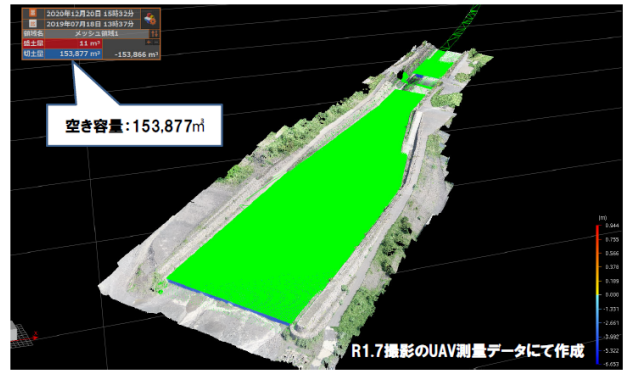


図-10 野尻川の除石管理ライン上限までの空き容量算出

使用したソフトウェア

CIMモデル作成にあたっては、福井コンピュータのTrend-Point (トレンドポイント) のソフトウェアを使用し、基準面データとなる地形データは、三角網 (TIN) 等のサーフェスデータ (LandXML等)、比較データとなる地形データは、UAV等で取得された点群データ (txt等) を使用した。

(図-8)

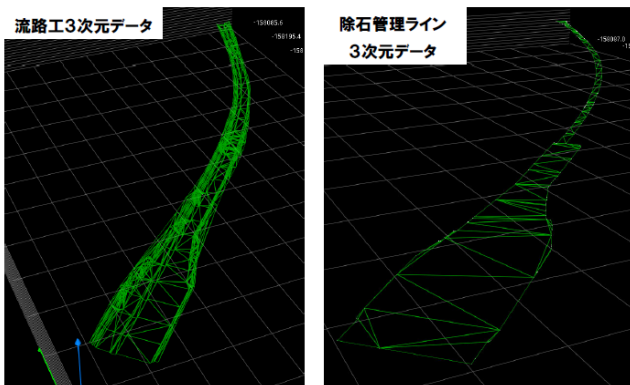


図-8 野尻川における3次元データの作成

CIMモデルとUAV測量データを活用することで、除石が必要な土砂量を迅速に把握することが可能となるだけでなく、土石流毎の堆積状況の面的な把握等の基礎データの蓄積も可能となり、今後の砂防計画の検討にも有用であると思われる。(図-9・10)

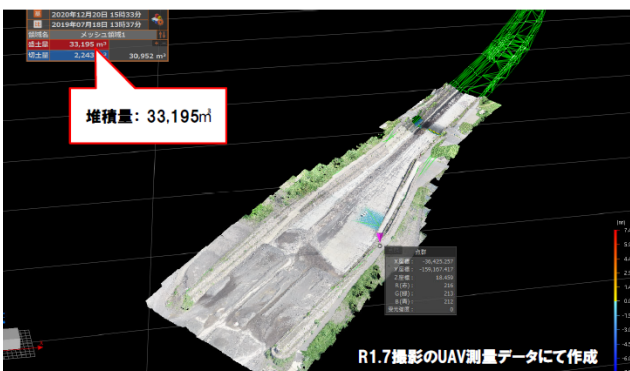


図-9 野尻川の堆積量算出

また、CIMモデルが構築されたことから、野尻川の除石工事については、全面的にICT施工に移行するものとし、除石工事の生産性の向上を図りたい。

5. おわりに

今回検討した除石管理ライン上限や除石順序については、CIMモデルやUAV等の最新技術を用いて土石流の堆積土砂量等の基礎データを蓄積することで、その妥当性を随時検証し、必要に応じて見直しを行うなど、順応的な対応とすることで、除石管理計画の精度を高めていきたい。

(図-11)

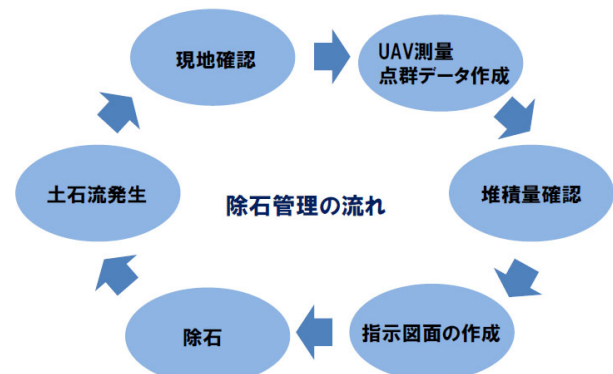


図-11 除石管理の流れ (データ蓄積)

今後は、野尻川におけるCIMを用いた除石管理の精度向上に努めるとともに、砂防設備の補修工事への展開も見据えながら、BIM/CIMの活用を推進していきたい。