

流域単位の効率的な除石計画策定手法の検討

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 岸本昌之※、福富章弘

八千代エンジニアリング株式会社 ○長塚結花、宮田直樹、西ヶ谷友美、小林泰士、佐藤和歌子

※現所属 近畿地方整備局

1. はじめに

大規模土砂生産イベントにより既設砂防堰堤が満砂した場合、必要な計画捕捉量を確保するために次期出水期までに緊急除石を実施し、機能回復を図ることが必要不可欠である。一方、多数の施設を有する流域では、各整備箇所が多様な制約条件が存在するため、画一的な除石方法を適用することは困難である。さらに、全砂防堰堤が同時に満砂した場合、一非出水期内に全施設の緊急除石を完了させることは、施工体制や工事車両の確保、工程の観点から困難となることが想定される。そこで、本報告では、モデル流域の砂防堰堤群に対して、個別の除石方法の選定手順を整理するとともに、流域全体を俯瞰的に捉えた「流域緊急除石計画」の策定結果を示す。

2. モデル流域の概要

今後他流域への水平展開を見据えた先行事例とするため、次の2つの特性を有するモデル流域において、除石計画を検討することとした。①透過・不透過等の多様な堰堤形式が整備されていること。②急峻な山地や市街地への近接等、一般的なアクセス方法である管理用道路の整備が困難な施設が多数整備されていること。

モデル流域の流域図及び地形・土地利用特性に基づいたゾーニング結果を図-1に示す。また、流域諸元を表-1に示す。本流域は、急峻な山間部と平野部の距離が近い点の特徴である。

3. 緊急除石の目的及び対象範囲

緊急除石とは、「砂防基本計画策定指針（土石流・流水対策編）平成28年4月」に基づき、土石流発生後等に臨時点検等を行い、堆砂によって計画捕捉量が確保されない既設砂防堰堤に対して実施するものである。砂防堰堤は、常時必要な空き容量を確保しておくことが計画に位置付けられている堰堤（管理型砂防堰堤）と、常時の除石が不要な堰堤（非管理型砂防堰堤）に区分されるが、緊急除石は、全砂防堰堤が実施対象となる。型式別の緊急除石対象範囲を表-2に示す。

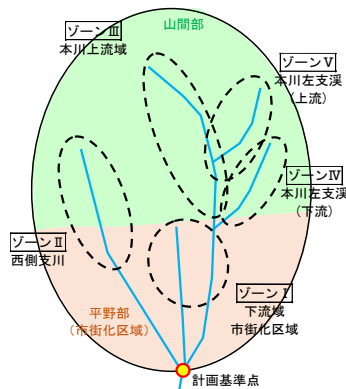


図-1 モデル流域

表-1 流域の諸元

項目	諸元
流域面積	9.00 km ²
平均河床勾配	1/8.3
既設直轄砂防堰堤	43 基
不透過型	31 基
透過型	7 基
部分透過型	5 基
計画対象現象	・土石流 ・土砂・洪水氾濫 ・上記に伴う流木

表-2 緊急除石対象範囲

区分	堰堤形式	除石範囲	備考
管理型	透過型砂防堰堤	計画捕捉量 計画堆砂勾配 (θ _{pl}) 堰堤床勾配 (θ _o)	堆砂範囲全てを 除石する
	部分透過型砂防堰堤	計画捕捉量 計画堆砂勾配 (θ _{pl}) 堰堤床勾配 (θ _o) 常時堆砂が堆積する空間	—
	除石管理型砂防堰堤	計画捕捉量 除石管理ライン 計画堆砂勾配 (θ _{pl}) 堰堤床勾配 (θ _o) 常時土砂が堆積する空間	除石管理ライン より上部を除石 する
非管理型	不透過型砂防堰堤	計画捕捉量 計画堆砂勾配 (θ _{pl}) 堰堤床勾配 (θ _o) ※1/3より緩勾配	現況床勾配1/3 より緩勾配区間
	不透過型砂防堰堤	平常時堆砂勾配=計画堆砂勾配 堰堤床勾配 (θ _o) ※1/3より急勾配	現況床勾配1/3 より急勾配区間 計画捕捉量が見 込まれないため、 対象外

※除石必要範囲：

4. 各砂防堰堤除石方法の選定手順

4.1 除石方法選定フローの作成

緊急除石は、次期出水期までに完了する必要があることから、除石期間の上限を一非出水期（5～7月の210日間）とした。この一非出水期内に、除石用設備設置・除石工・掘削土砂搬出といった一連の工事を完了可能な計画とすることを必要条件とした。除石用設備は、重機搬入や掘削土砂搬出が比較的容易な道路敷設が望ましい一方で、モデル流域では、急峻な山地や市街地の近接により道路敷設が困難な箇所が多数存在する。そのため、モノレール等の代替手段を含めた検討を行う必要があった。従って、“場の条件”及び“除石期間”の両観点から最適な除石方法を選定する「除石方法選定フロー」を作成した（図-2）。本フローは、道路での除石を基本としつつ、新設道路の敷設困難な箇所では、モノレールや索道による除石方法が選定される体系とした。また、単一の除石方法では除石期間が長期化する等の課題が生じる場合には、複数の方法を組み合わせ合わせた併用案を検討することで、実現可能性の高い除石方法を選定することが可能となった。

4.2 選定フローを用いた除石方法検討結果事例

モデル流域内の急峻な山間地であるゾーンV（図-1参照）に整備されている不透過型砂防堰堤であるG堰

堤に対して、除石方法選定フローを用いた検討結果事例を図-2に示す。G 堰堤周辺へは、一般的な工事車両が登坂可能な勾配での道路整備は困難である。そのため、不整地運搬車用の道路とモノレールによる除石方法の比較を行い、周辺の土地改変等の影響やサイクルタイムを踏まえ、モノレールを採用とした。

同方法による、ゾーンV内の砂防堰堤 9 基の除石方法選定結果を図-3に示す。一般道に近い谷出口に整備されている A 堰堤は新設道路での除石計画とした。F 堰堤は G 堰堤と同じくモノレールでの除石計画とした。B~E,H,I 堰堤は、急峻な山間地であるとともに一般道からの距離が大きく、サイクルタイムの観点からモノレールによる除石は困難であった。C,B,I 堰堤はそれぞれ索道③,②,①での除石を最適とした。なお、索道は架設本数が少なくなる効率的なルートを設定した。D,H 堰堤はそれぞれ C,B 堰堤の堆砂数まで掘削土をモノレールで運搬し、索道③,②で搬出する計画とした。H 堰堤は除石量が 17.4 千 m³ と大きいことから、掘削土を索道②で搬出すると同時に、モノレールで G 堰堤の堆砂数まで運搬し索道①で場外へ搬出する計画とした。

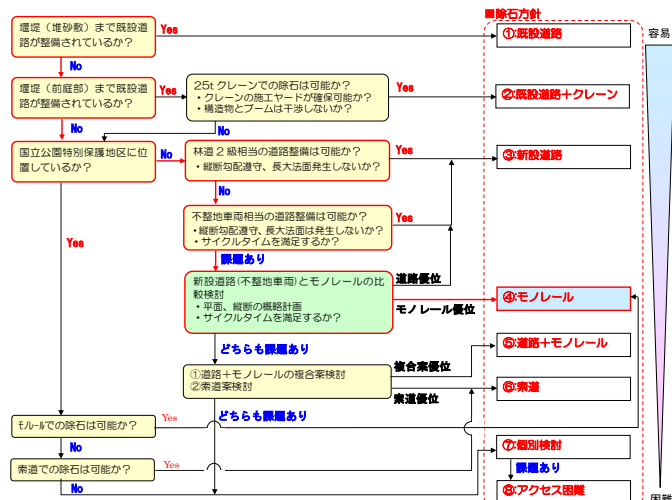


図-2 除石方法検討フロー及びG堰堤の検討結果

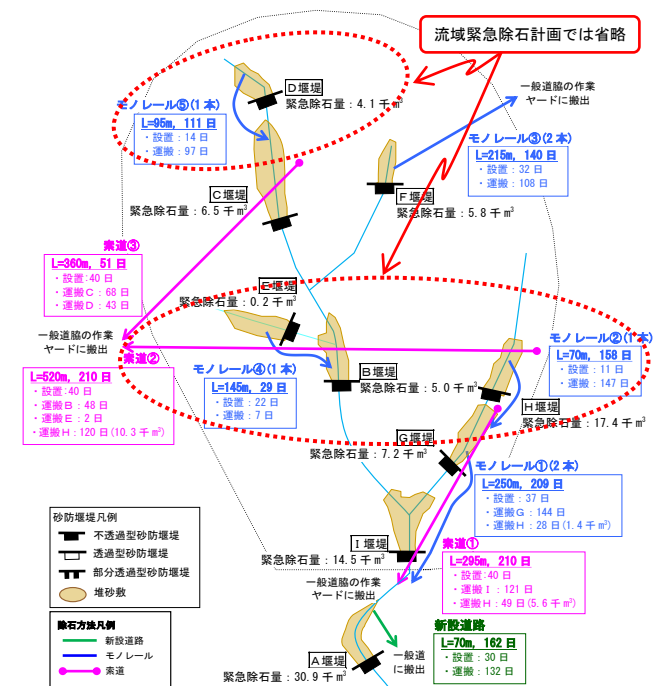
5. 流域緊急除石計画の策定

前項において、個別の堰堤に対して一非出水期以内での除石が可能となる計画の立案方法を確立した。本項では、流域内の全砂防堰堤が満砂した状態を前提条件として、流域全体を俯瞰的に見た効率的な緊急除石計画を「流域緊急除石計画」と定義し、その検討結果を示す。具体的には、次の①~③の特徴を有する堰堤を「課題のある堰堤」として、該当施設の緊急除石を省略し、効率的な除石が可能となる他堰堤の平常時堆砂部（貯砂部）において所定量を除石することで、集約する計画とした。ただし、透過型砂防堰堤や直下に保全対象のある堰堤等は省略化の対象外とした。

①アクセスに課題がある。②除石用の資機材規模が大きい（三種類以上の除石方法を組み合わせる、索道が複数系統必要等）。③緊急除石量が小さく除石用設備の規模に対して流域規模での除石効果が限定的。

ゾーンVにおける流域緊急除石の検討結果を図-3に示す。E,H 堰堤はそれぞれ課題③,②に該当し、計画捕捉量は合計 17.5 千 m³である。A 堰堤は貯砂量 40 千 m³を有するとともに道路による効率的な除石が可能であることから、A 堰堤において集約する計画とした。さらに、B,D 堰堤の計画堆砂量 9 千 m³の集約も行う。ゾーンVの流域緊急除石を実施する際には、除石効率に優れる A 堰堤を最優先とし、緊急除石量・除石方法の難易より I,G,F,C 堰堤の順に優先度を設定した。

なお、緊急除石の省略とは、一非出水期以内での作業を省略するものとし、時間や資材等が確保でき次第、除石に着手し計画捕捉量を確保する必要がある。



緊急除石を省略する堰堤						
堰堤名	堰堤型式	緊急除石量	貯砂量	除石方法	課題	対策：集約
H 堰堤	不透透	17,351 m ³	14,300 m ³	索道①（L=295m） 索道②（L=520m） モノレール④（L=70m 1本） モノレール①（L=250m 2本）	索道複数復数手法	(緊)17,351 m ³
G 堰堤	不透透	7,198 m ³	8,700 m ³	モノレール④（L=250m, 2本）		
F 堰堤	不透透	5,786 m ³	15,000 m ³	モノレール③（L=215m, 2本）		
E 堰堤	不透透	174 m ³	3,030 m ³	索道②（L=520m） モノレール④（L=145m, 1本）	除石量少	(緊)174 m ³
D 堰堤	不透透	4,069 m ³	13,700 m ³	索道③（L=360m） モノレール⑤（L=95m, 1本）		(緊)4,069 m ³
C 堰堤	不透透	6,447 m ³	14,900 m ³	索道③（L=360m）		
B 堰堤	不透透	4,952 m ³	21,000 m ³	索道②（L=520m）		(緊)4,952 m ³
I 堰堤	不透透	14,471 m ³	43,680 m ³	索道①（L=295m）		
A 堰堤	不透透	30,931 m ³	40,000 m ³	新設道路（L=70m, 不整地2台）		計 26,546m ³ 計 57,477 m ³

図-3 ゾーンVにおける流域緊急除石方法選定結果

6. おわりに

大規模土砂生産イベントの発生頻度が増加している昨今において、砂防堰堤の機能を確保するための除石計画の策定は急務である。本検討が、除石用設備を設置するための制約条件が厳しく、かつ多数の砂防堰堤を有する流域において、実効性の高い除石計画を立案する上での一助となることを期待する。