

より自然に近いかたちでの連携排砂 実施に向けた新たな気づきについて

飯田 和也¹・柳沢 友輔¹・島崎 凌¹

¹黒部河川事務所 土砂管理課（〒938-0042 富山県黒部市天神新173番地）

黒部川では、宇奈月ダム（国土交通省）及び出し平ダム（関西電力）により平成13年からダム機能の維持等のため連携排砂を実施している。しかし、令和4年度の連携排砂は、連携排砂実施以降初めて排砂にいたる出洪水が発生しなかったことから未実施となり、その要因に雨の降り方の変化などが考えられる。本論文では、今後のより自然に近いかたちでの連携排砂実施に向け、連携排砂未実施の経験により得られた新たな気づきについて報告する。

キーワード 連携排砂，土砂管理，ダム管理

1. はじめに

黒部川は、その源を富山県と長野県の県境に位置する鷲羽岳（標高2,924m）に発し、黒部川扇状地を流下して日本海に注ぐ（図-1）流路延長85km、流域面積682km²、河床勾配が1/5～1/120と、わが国屈指の急流河川であるとともに年平均降水量が約4,000mmという多雨・多雪地帯である。また、黒部川には大規模な崩壊地が複数あり、洪水流に土砂を多く含む特徴を有しており、流出土砂量が非常に多い。

このことから、流入土砂の土砂堆砂による、宇奈月ダムの貯水容量確保の観点や、また下流域では河川の河床低下や海岸侵食など土砂環境に関する課題・問題が生じており、これら各領域における課題を解決するため、上流から海岸域まで一貫した「総合的な土砂管理」が求められている。その一つとして、上流から供給された土砂を下流河道や海岸に流下させるため、宇奈月ダム（国管理）と出し平ダム（関西電力(株)）では、一定規模以上の出洪水時に2つのダムの排砂ゲートを連携して操作し、貯水池に流入する土砂をなるべく貯めず、1年間で堆積した土砂を自然の土砂流下に近い形で下流に排出する連携排砂を実施している。（写真-1、図-2）

連携排砂の実施にあたり、流域市町や県等で構成する「黒部川土砂管理協議会」及び学識経験者で構成する「黒部川ダム排砂評価委員会」において環境調査結果の評価や連携排砂計画（案）等について審議・了承された上で、6月～8月の間において連携排砂を実施することとしている。また、「より自然に近い土砂動態に向けての排砂方法の工夫」が求められており、土砂堆積の低減や



図-1 黒部川流域図



写真-1 連携排砂中の宇奈月ダム（R2）

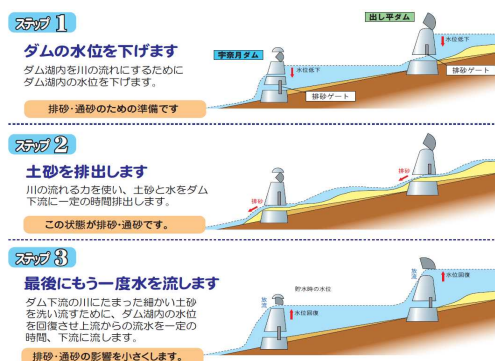


図-2 連携排砂概要図

環境負荷の分散等を目的とし、令和2年度より宇奈月ダムの水位を出し平ダムより先行して低下させる「宇奈月ダム先行操作」の試験運用を開始している。

令和4年の連携排砂は、平成13年の連携排砂実施以降初めて、排砂に至る出洪水が発生せず、連携排砂未実施となった。その要因としては、雨の降り方の変化などが考えられるが、これから連携排砂を確実に実施するための課題を抽出し、今後の運用を含め、本稿では、今回の経験により得られた新たな気づきについて報告する。

2. 令和4年度連携排砂期間の状況

令和4年度連携排砂計画は、出し平ダムの目標排砂量（R3.7～R4.5までの堆積土砂量）を約17万 m^3 と設定し、排砂期間である6月～8月において連携排砂により排出する計画であった。

富山県の梅雨明けは速報値では、6月28日と観測史上最速となるほど好天が続いた一方で、その後は天候不良が続き結果的に梅雨明けは特定できなかった。その中でも、8月20日に発生した出洪水は、排砂実施基準を上回ったものの、短期集中型降雨であったことから、排砂時に必要な流入量が継続せず、出し平ダムへの流入量が中止基準の130 m^3/s を下回ったことから排砂操作を中止した。その後は、排砂条件を満足する出洪水が発生しなかったため、連携排砂計画に基づき、9月1日に貯水池内に堆積した土砂の土砂変質進行抑制を目的に土砂変質進行抑制策を実施した。なお、連携排砂期間外ではあるが、4月にも実施基準を上回る出洪水が発生している。

(1) 令和4年8月20日の出水状況

連携排砂中止となった令和4年8月20日は、前線性の降雨（図-3）により、宇奈月ダム上流域で累加雨量112mm、時間最大35mm/hの降雨となったが、前線が停滞することなく、降り始めから約9時間で流域を通過し、排砂操作に必要な流量を確保できるだけの降雨が継続しなかった。

当日の排砂運用は、宇奈月ダム先行操作により、宇奈月ダムが出し平ダムよりも先に水位低下を開始。その後も水位低下操作を進めていたが、流入量の急激な減少により、中止基準流量130 m^3/s を下回ったことをもって排砂中止とした。両ダムとも排砂ゲート開操作後、水位低下途中での中止であった。（図-4）

(2) 令和4年9月1日 土砂変質進行抑制策の実施

土砂変質進行抑制策の概要を図-5に示す。

土砂変質進行抑制策は、両ダムの排砂ゲートから80 m^3/s 程度以上の放流により、堆砂面上に水の流れを

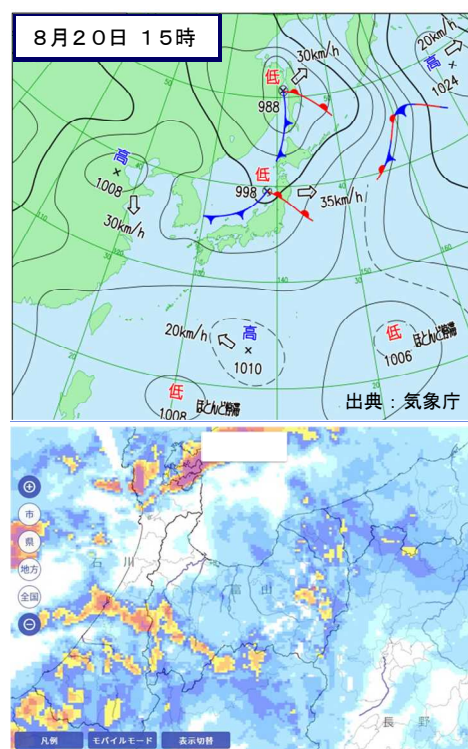


図-3 令和4年8月20日 天気図、レーダー画像

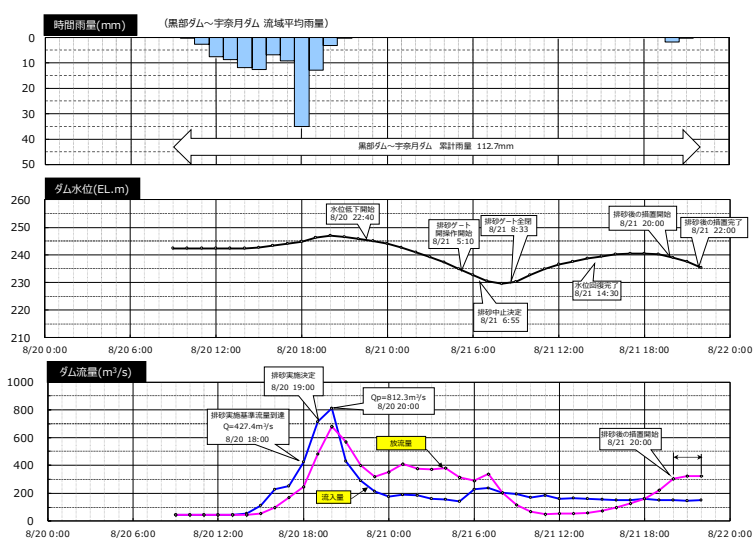


図-4 宇奈月ダム水文データ

【令和4年度連携排砂（中止）：8月20日～8月21日】

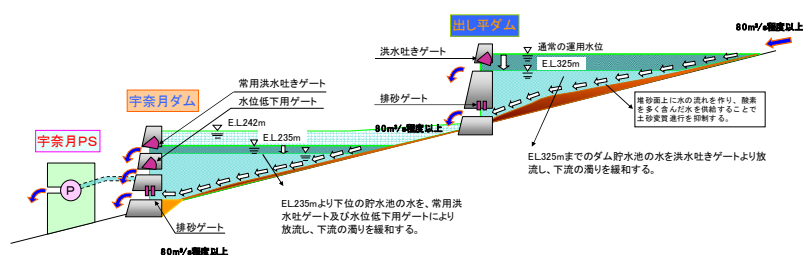


図-5 土砂変質進行抑制策概要図

つくり、酸素を多く含んだ水を8時間程度供給することで土砂の変質を抑制するものである。

今回の土砂変質進行抑制策時には効果検証として流動観測を実施しており、湖面橋付近で実施したADCP（曳航式）観測結果より、抑制策開始初期段階で底層付近の流速が大きくなっていることが確認され、底層付近にて流れが発生していたと推定された。また、第57回黒部川ダム排砂評価委員会では、「これまで継続されてきた排砂の累積効果により底質の変質傾向が抑制・改善されてきたことから、今回の土砂変質進行抑制策前後における指標の変化は少なかったと考えられる。そのため、今回の土砂変質進行抑制策に対する明確な効果判定が困難となったが、底質調査結果は各指標において既往の観測値内であり、底質の変質が進行している状況ではないことが確認できた。」と評価を頂いた。

3. 令和4年度排砂期間を踏まえた新たな気づき

令和4年度の連携排砂は、排砂実施に至る出洪水が発生しなかったことから未実施となった。今回の連携排砂に至らなかった要因に、雨の降り方の変化等が考えられる。今回の経験を踏まえて得られた新たな気づきについて、以下のとおり整理した。

(1)目標排砂量の設定について

1) 現状

出し平ダムの目標排砂量の設定については、連携排砂のガイドライン（案）（平成29年3月）（以降、「ガイドライン」という。）より、前年の排砂後の測量結果（通砂を実施していれば、その年最後の通砂後測量）から、雪解けにより測量が可能となる当該年の5月測量までの間に堆積した土砂量と設定されている。

出し平ダムの目標排砂量を算定するには、排砂期間前の最新の堆砂量を把握する必要があるため、5月に貯水池堆砂測量を実施している。

2) 課題

a) 連携排砂未実施翌年の目標排砂量設定の考え方

連携排砂が実施できなかった翌年の目標排砂量設定の考え方が示されているものは無く、ガイドラインに基づき目標排砂量を設定すると考えれば、土砂変質進行抑制策後のR4.9からR5.5までに堆積した土砂量が目標排砂量となる。しかし、堆砂形状や土砂動態から実際にどれだけの土砂が移動するのか検証されていない。

b) 測量が実施できない場合の堆積土砂量の把握

排砂量算出のための5月測量については、立地条件等により、黒部峡谷鉄道の運行開始後の測量となる。例年4月末頃に測量が実施できているが、雪等の影響で運行

開始が遅れた場合は、解析等の期間を含めると目標排砂量の設定が5月下旬頃となってしまう、排砂期間前に開催する土砂管理協議会での審議が困難となる。

(2)雨の降り方の変化を踏まえた運用について

1) 現状

排砂実施基準流量は、排砂期間中（6～8月）でダム流入量が、出し平ダムで300m³/s、宇奈月ダムで400m³/sのいずれかを上回る最初の出洪水時に実施としている。ただし、上記期間のうち、融雪や梅雨等により「流量の大きい時期」に限り、出し平ダム流入量が250m³/sに達した場合においても実施できることとしている。

中止基準は、平成11年排砂時の自然流下時最小流量（122.5m³/s）をもとに、自然流下中の流入量が130m³/sを下回った場合は中止としている。

排砂期間は、出水頻度や関係団体との調整を踏まえ6～8月と設定している。

2) 課題

a) 排砂実施基準流量「流量の多い時期」について

現在、流量の多い時期とは、梅雨明けをもって判断し、実施基準流量を250m³/s→300m³/sに切り替えている。しかし、令和4年度の梅雨明けの様に、その後も天候不良が続く「戻り梅雨」の様な状況であったことを踏まえると、梅雨明けにより実施基準を引き上げることで、連携排砂が実施できる出水を逸する可能性がある。

b) 中止基準について

令和4年度の連携排砂では、実施計画に基づき、130m³/sを下回ったことをもって中止と判断したが、その後、流入量が回復するような兆候もあった。中止基準は過去の流量実績から定めているが、一時的に流量が減少することで、どのような影響があるのかは検証されていない。

c) 実施期間について

近年、4月や5月にも比較的大きな出洪水が発生しており、令和4年度も4月に基準流量を超える出洪水が確認された。気候変動の影響により、出水の発生時期が変化してきている可能性がある。

(3)短期集中型降雨に対する運用について

1) 現状（令和4年度の状況）

連携排砂中止となった令和4年8月20日は、短期集中型降雨となり、宇奈月ダム上流域で累加雨量112mm、時間最大35mm/hの降雨となったが、排砂操作に必要な流量を確保できるだけの降雨が継続しなかった。

2) 課題

a) 短期集中型降雨に対する運用について

宇奈月ダム先行操作の場合、従来操作に比べて出し平ダムの水位低下が宇奈月ダム水位低下後となるため、排砂の運用時間が長くなる。よって、出し平ダムの自然流

下が出水後期となり、短期集中型降雨には不向きである
と考える。

短期集中型降雨の対策として、宇奈月ダムの排砂ゲート
を閉じたまま出し平ダムの土砂を宇奈月ダム貯水池内に
に移動させる2ダム間土砂移動操作がある。2ダム間土
砂移動操作の基本思想は、操作実施後の次の出洪水（当
該年度の排砂期間内）にて通常の排砂を行い、宇奈月ダ
ムに移動させた土砂を排砂し、次年度に土砂を持ち越さ
ないことである。しかし、2ダム間土砂移動操作実施後
に次の出洪水が発生しなかった場合、排砂が実施できず
宇奈月ダムに土砂を堆積させることになる。その結果、
将来的に土砂堆積が進行すれば、宇奈月ダムの目標排砂
量設定の判断も必要となる。他にも排砂後の措置のよう
な事後措置の必要性等、明確な運用方法のさらなる検討
が必要である。

4. 新たな気づきに対する対応について

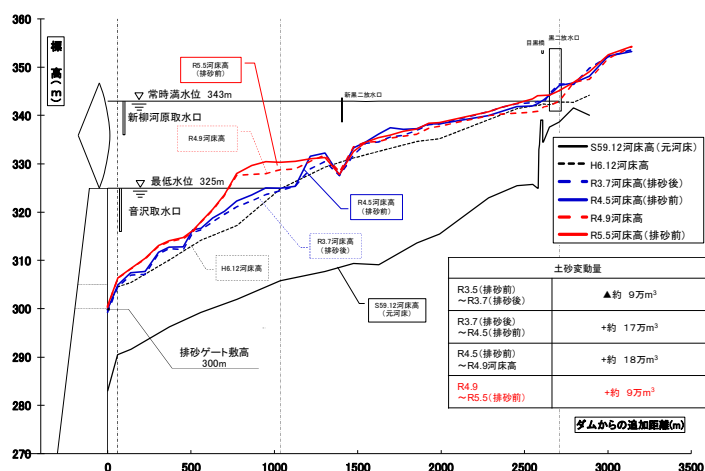
(1)目標排砂量の設定について

ガイドラインに基づく出し平ダムの目標排砂量の算定
は、測量結果より堆積土砂量にて設定することとしてい
るが、排砂未実施時の堆砂形状・土砂動態等による排砂
実施の事象予測が把握できない。よって、排砂未実施翌
年の目標排砂量の設定にあたっては、これまでも実施し
ている測量結果をもとに堆砂形状を把握すると共に排砂
シミュレーションにより土砂動態を検証し、排砂される
量を算定することを含めて設定するべきと考えている。

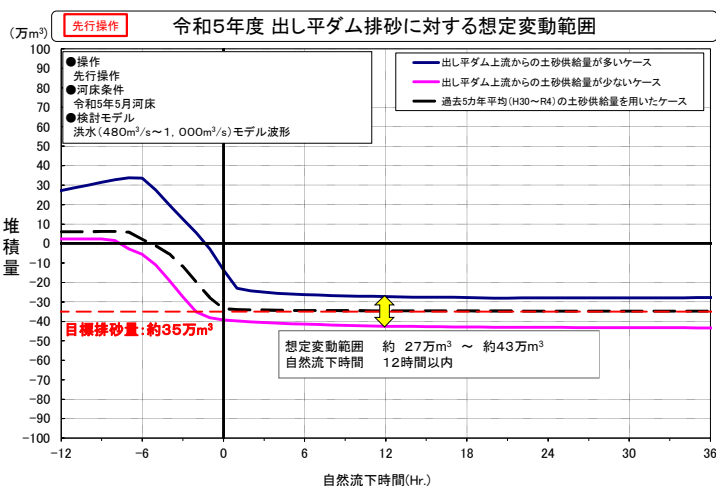
連携排砂が実施され約20年が経過する中で、排砂後の
堆砂形状も「ある一定の形状」が形成されてきていると
推測されることから、今後の目標排砂量の算定において
は、測量成果による堆積土砂量のみでなく、これら堆砂
形状や土砂動態なども考慮した上で算定していく必要が
ある。

令和5年度の出し平ダム目標排砂量設定にあたり、堆
積土砂量は、R5排砂前測量（R5.5）より前回排砂後測量
（R3.7）から約44万 m^3 の土砂堆積が確認されている（図
-6）。その堆砂形状は、堤体から500～1000m地点で多く
土砂堆積しており、排砂シミュレーションを実施した結
果、その堆積している土砂など「ある一定の堆砂形状」
の上に堆積しているであろう約35万 m^3 の土砂が排砂ゲ
ート開操作と同時に自然流下前であっても下流に流出する
土砂動態が確認された。この結果などから、出し平ダム
目標排砂量は、排砂シミュレーションにより排出される
約35万 m^3 （想定変動範囲約28万 m^3 ～44万 m^3 ）と設定す
ることとした。（図-7）

排砂期間前の測量については、現時点で妙案は無いが、
今後の技術開発により測量の自動化・無人化、水深の深



図－6 令和5年度連携排砂前の出し平ダム堆砂形状



図－7 令和5年度出し平ダム排砂シミュレーション

い水中での測量、UAVを活用した測量などが進歩・確
立されてくれば、排砂前の測量が黒部峡谷鉄道の運行に
影響されることなく実施する事も可能と考える。一方で、
黒部峡谷は急峻な地形で電波状況や飛行条件等には非常
に厳しい環境でもあることから、それら含めて総合的な
測量方法の技術開発・向上が望まれる。

(2)雨の降り方の変化を踏まえた運用について

過去の出水において、梅雨明け後にも前線等の影響に
より長雨となり排砂が実施できるほどの流量の多い時期
が確認されている。そのような場合に排砂実施の判断を
どうしていくのか。梅雨時期の基準（250 m^3/s ）を準用す
るのかなど流量の多い時期の考えを明確にしていきたい。

その実施判断の要素として、流出予測などの精度向上
が必要である。昨今では、AIを活用した予測なども検証
されてきており、それによる予測精度の向上を図ること
ができれば、排砂実施の判断を的確に実施できると考え

る。

中止基準に関しても、過去の実績により $130\text{m}^3/\text{s}$ と設定しているが、その妥当性を検証していく必要がある。例えば、中止基準を引き下げた場合に、環境上にどのような影響があるのか、排砂時における水質調査やSSシミュレーションから検証し試行していくことで、基準見しの余地はあると考えている。

実施期間については、始期を5月に早めることや、終期を9月まで延長が可能なのか検討していく。一方で、排砂実施期間は、関係団体との意見交換を繰り返す中で設定されている経緯がある。5月は田植え、アユの遡上期、サクラマスの漁期、9月はアユの産卵やサケの漁期等があり、現時点で期間の変更が認められる状況とはなっていない。しかし、その中でも排砂によらない軽微な対策による堆積土砂の軽減や、一週間や10日の期間延長など、現排砂期間外での実施の可能性について、関係団体の皆様と意見交換を図っていきたい。

(3) 短期集中型降雨に対する運用について

2ダム間土砂移動操作や細砂通過放流の運用改善等、短期集中降雨に特化した新たな排砂方法など、限られた機会を有効活用するため、短期集中型降雨に対する対応

の検討を行っていく。

5. おわりに

連携排砂未実施となった令和4年度の経験をもとに得られた新たな気づき、それらに対する対応について報告した。令和4年度については、排砂実施に至る洪水が発生せずその要因の一つには雨の降り方の変化などが考えられる。また、令和5年度は、6月30日～7月2日に連携排砂、7月13日～14日に連携通砂を実施したが、連携通砂実施時の降雨は、富山県西部に線状降水帯が発生するなど、気候変動の影響による雨の降り方が変わってきていることを改めて実感した。

今後、より自然に近いかたちでの連携排砂実現に向け、これからの気候変動の影響を踏まえた排砂運用の工夫や改善等ができないか引き続き検討してまいりたい。

なお、連携排砂は、地域の方々のご理解とご協力の上、実施していくものであり、引き続き関係団体の皆様と意見交換、協議、調整を図り、よりよい連携排砂が実施できるよう議論してまいりたい。