

美和ダム再開事業における ストックヤード施設の試験運用

藤井 美有¹

¹三峰川総合開発工事事務所 工務課（〒396-0402 伊那市長谷溝口 1527）

美和ダムでは、出水による大量の土砂流入により堆砂が進行しており、1989年より再開発に着手している。再開発による貯水池堆砂対策の一つである湖内堆砂対策施設（以下「ストックヤード施設」という）は、ストックヤードに貯めた土砂を洪水時に土砂バイパストンネルによりダム下流に排砂する我が国では前例のない施設である。ストックヤード施設は、2021年5月に完成したところであるが、運用においてはできるだけ下流への環境負荷を軽減させる運用方法を確立する必要がある。そのなかでも本稿では、ストックヤード方式の試験運用及びモニタリング調査結果について報告する。

キーワード：堆砂対策、湖内堆砂対策施設、ストックヤード、美和ダム

1. はじめに

天竜川の最大支川である三峰川に1959年に完成した美和ダムは、洪水調節、発電及びびかんがいを目的とした多目的ダムである。ダムの位置と諸元を図-1.1に示す。

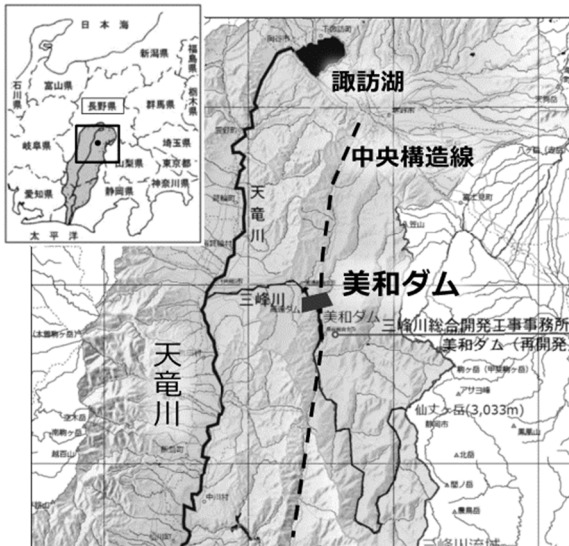


図-1.1 美和ダム位置図

三峰川は、南アルプス仙丈ヶ岳（標高3,033m）を源に、急峻な地形を流下する河川である。流域内は中央構造線に代表される複雑な地質構造を有するため土砂生産量が多く、洪水時に大量の土砂が流出する。美和ダム完成直

後の1959年、1961年と大洪水が発生し、当初の計画堆砂量を超える約680万 m^3 の土砂が貯水池に堆積した。その後も1972年、1982年、1983年と大洪水が発生し、約790万 m^3 の土砂が貯水池に堆積したことから、1989年に美和ダム再開発の建設に着手し、洪水調節機能強化とともに、貯水池堆砂対策を実施している。

貯水池堆砂対策は、土砂バイパス施設とストックヤード施設から構成されている。土砂バイパス施設は、2005年に完成し現在は本運用されており、ストックヤード施設は2021年度に完成、現在は試験運用とモニタリングを実施している。

本稿は、2021年の第1回試験運用結果、2023年の第2回試験運用状況について報告するものである。

2. スtockヤード施設の概要

ストックヤード施設の概要を図-2.1、2.2に示す。施設は、ストックヤード内に高さ4mで土砂を集積し、さらに水深1mの浸水状態にしておくもので、1列あたりの集積量は15,000 m^3 である。非洪水期に貯水池内の堆積土砂を浚渫し、ストックヤード内に送泥・集積しておき、出水時の土砂バイパス運用時に貯砂ダムから導水し、掃流力でストックヤード内の土砂をバイパストンネルへ排砂させる施設である。ストックヤード施設は、自然の出水状態をそのままバイパスさせるのではなく、人為操作を加えて排砂させる施設であるため、できるだけ下流への環境負荷を軽減させる運用方法を確立する必要がある。

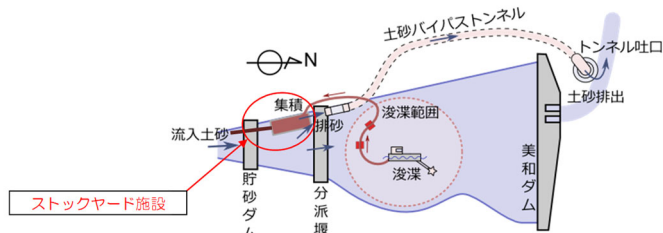


図-2.1 貯水池堆砂対策イメージ図

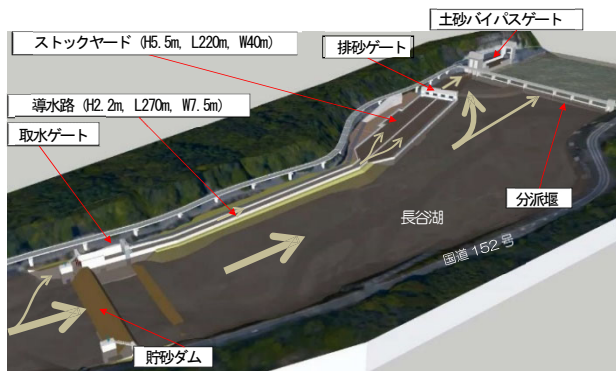


図-2.2 スtockヤード施設概要図

3. スtockヤード施設の第1回試験運用

(1) 第1回試験運用の概要

ストックヤード施設の試験運用としては、

- ・運用方法の確認
- ・排砂時のストックヤード内土砂流出状況の確認
- ・排砂時の下流水質状況の確認・モニタリング
- ・排砂後の下流河道環境の確認・モニタリング

を主な目的としている。

運用開始の基準は、美和ダムへの流入量 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上の継続時間が5時間程度以上の予測かつ土砂バイパストンネルが運用中であることとしている。

(2) 流下させる土砂

ストックヤード内に集積した土砂は、粘土・シルトが主体であり、 D_{50} 粒径は概ね 0.1mm である。土砂の投入過程で分級施設により 2mm 以上の礫分・流木などは除去している。(図-3.1)

(3) モニタリング計画

モニタリングの項目は大きく分けて、①施設の運用に関する項目、②環境に関する項目となる。(表-3.1)

施設の運用に関するモニタリングとしては、運用手順に伴う施設全体の状況把握や管理上支障となる点がないか、排砂ゲートを開けることによるストックヤード内の土砂流出状況・残土状況の確認などである。

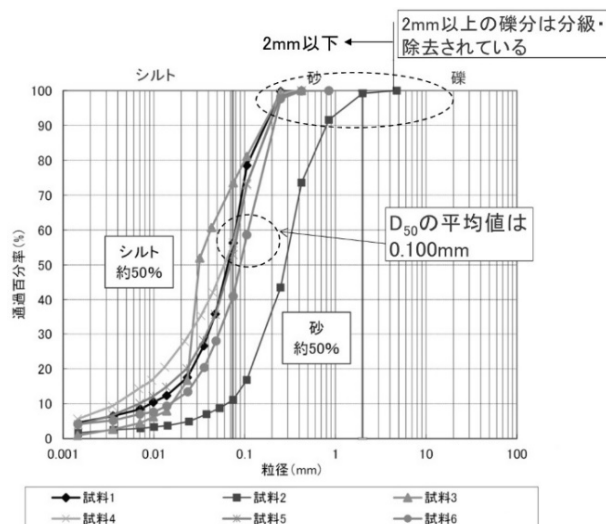


図-3.1 スtockヤード内土砂の粒度分析

表-3.1 環境に関するモニタリング調査項目

調査項目		
物理 環境	河床材料(面積格子法)	
	出水時 SS	
	濁度	
	定期 SS	
	DO(簡易計測)	
	アンモニウム態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)	
生物 環境	付着藻類	クロロフィルa 量・率 無機物量・率
	底生動物	出水後調査 年間定期調査
	魚類	忌避行動
		体長別個体数
		個体数

初の試験運用であり、一気に土砂が流出する環境への影響を考慮し、排砂ゲートは3段階で全開となるよう操作して状況確認することとした。ストックヤード施設を運用することにより、濁水濃度が上昇するため、その点の把握が重要である。

魚類については、運用中の影響を把握するため、出水時の魚類の行動(忌避行動)に注視した調査を実施する。調査は、緩流となっている地点で実施するが、出水時に水位が上昇する際に緩流部を確認する必要があるため、現地状況を確認しながら魚類が忌避していると予想される箇所で開催調査を実施する。河道内の変化については、運用直後だけでなく運用後6ヶ月間の定期調査の実施により、運用後の変化を把握することとしている。

流域概略図とモニタリング調査地点を図-3.2に示す。

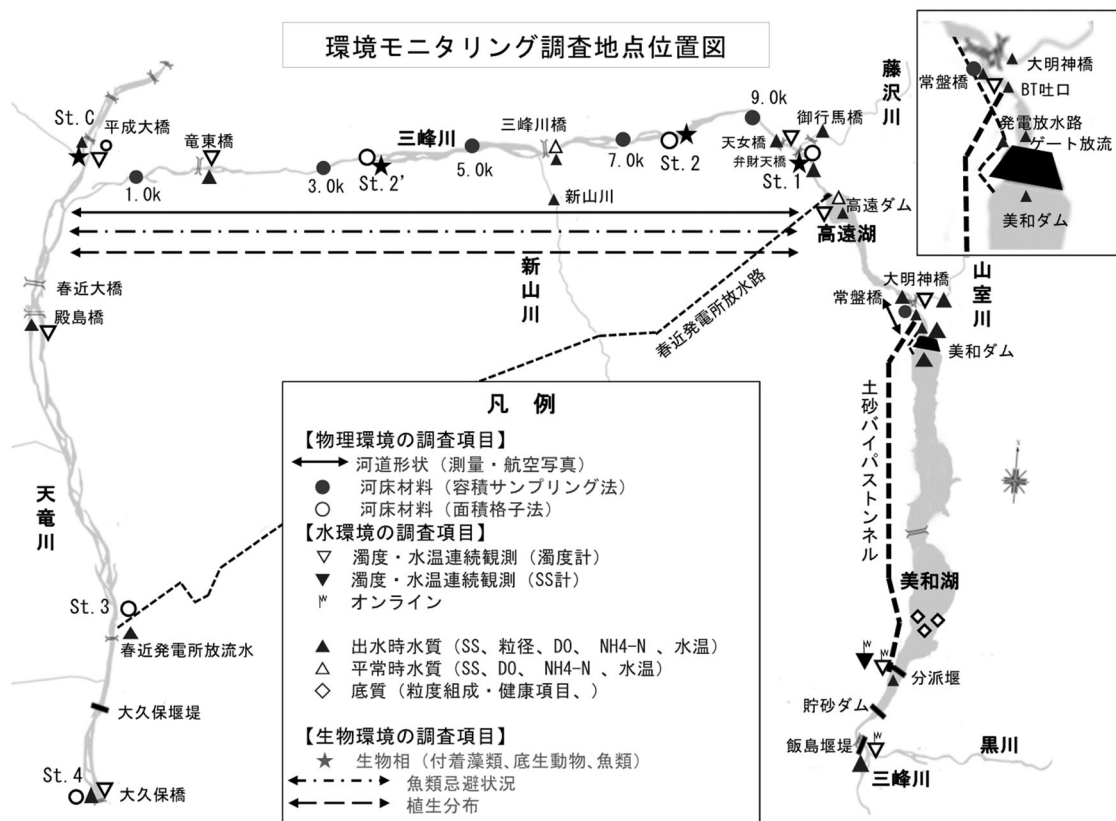


図-3.2 モニタリング調査地点位置図

4. 試験運用状況とモニタリング結果

(1) 出水状況

2021年7月出水では、7月2日8時頃から流入量が増加。15時に一山目のピーク（124m³/s）を迎え、一旦低減した後、3日4時から再び増加し、3日8時に二山目のピーク（221m³/s）を迎え、美和ダムでは洪水調節となった。

ゲート放流と併用して使用した土砂バイパストンネル放流量のピークは、美和ダム流入量のピークから1時間後の9時で、土砂バイパストンネルにあわせ、ストックヤード施設は9時半から試験運用を開始した(図-4.1)

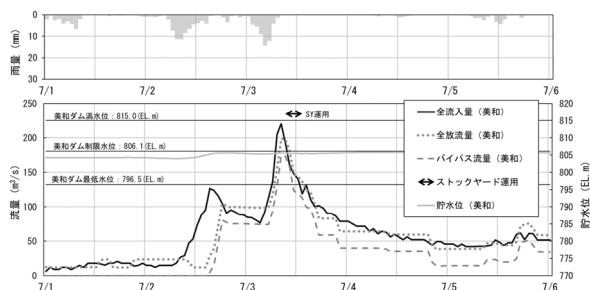


図-4.1 2021年7月出水ハイドログラフ

(2) 試験運用状況

7月3日9時半に取水ゲートから取水開始し、ストックヤード施設（2列）山側1列の排砂ゲートの開操作を実施し

た。

濁度・SSの変動の把握のため、ゲート操作は3段階で実施し、1段階目は排砂ゲートを65cm開け、下流の水質に顕著な変化が見られなかったことから、25分後に2段階目として排砂ゲート開度を110cmにした。

2段階目も下流状況に特に大きな変化がなかったため、開操作開始から1時間後の10時半に排砂ゲートを全開にした。

運用時に土砂バイパストンネル内の水位に大きな変化はなく、ダム管理側で問題になるようなことはなかった。

(3) スtockヤード内排砂状況

1段階目として、排砂ゲートを65cm開けた際、集積土はストックヤード内の流水にすこしずつ削られるように流下していくような状況であり、2段階目・全開と段階的に開度を大きくするのに伴い流出土砂も増加したが、流出する土砂量が一気に増えるような現象はなかった。

ゲートが全開になり、ストックヤード内の流量が最大となった際に土砂流出量が一気に上がるような現象も発生しなかった。排砂ゲートを全開後の調査では、700m³ほど残留していることが確認されたが、概ね流出しており、運用としては問題ないと考えられる。

残留した原因としては、出水継続時間が短く、運用終盤では流入量が低下してきたことで、取水ゲートからの取水量が低下したことが影響したと考えられる。

(4) 環境モニタリング結果

A) 下流河川の濁度・SSの状況

土砂バイパストンネル呑口におけるストックヤード運用前後のSSは、設定した運用上限基準値89,000mg/Lを大きく下回り、土砂を流したことによる影響は少ないと考えている。

また、土砂バイパストンネル吐口部における過去の出水と第1回試験運用時のSSを比較した際、バイパストンネル直下のSSの数値は、既往出水におけるSSが大きかったものと同程度の数値となっており、経年データのばらつきの中に収まっている。

B) 出水時の魚類の動態

魚類忌避行動調査結果を表-4.1に示す。

投網・たも網・さで網を使い捕獲調査を実施し、10種類、約500個体の魚類を捕獲した。

各地点で複数の魚種が確認されており、調査地点は効果的な箇所を選定できたといえる。

表-4.1 忌避行動調査 個体数一覧

種名	個体数				
	1.2kp 左岸	1.6kp 右岸	2.0kp 左岸	7.0kp 左岸	7.6kp 左岸
ギンブナ	0	0	0	1	0
オイカワ	3	17	0	15	3
アブラハヤ	2	18	0	4	7
ウグイ	21	9	8	27	9
カマツカ	0	0	0	1	0
シマドジョウ種群	56	5	7	4	27
アカザ	5	0	1	0	0
アユ	0	0	0	1	0
ニジマス	0	1	0	0	0
カワヨシノボリ	139	69	23	8	4
計	226	119	39	61	50

試験運用時に捕獲した個体の体長別個体数一覧を図-4.2に示す。調査では、25～125mm程度の個体が採捕され、出水中は水際部や分流入へ忌避していることが確認された。それぞれの個体にへい死や衰弱はなく、土砂のえら詰まりも確認されなかった。

以上の結果から、一時的に土砂量が大きくなる運用をしても、下流河道でのストックヤード運用における魚類への影響は少ないと考える。

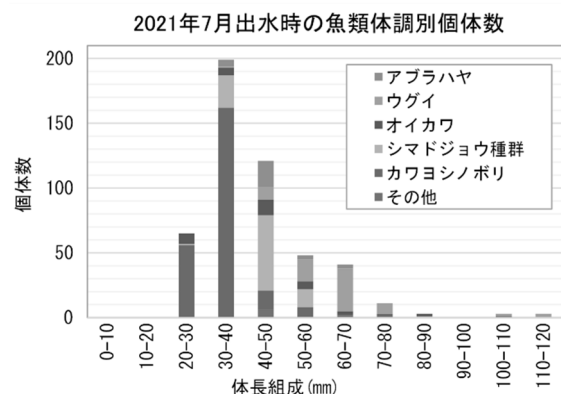


図-4.2 魚類体長別個体数一覧

C) 下流河床材料

出水後の河床材料調査における粒径分布のグラフを図-4.3に示す。

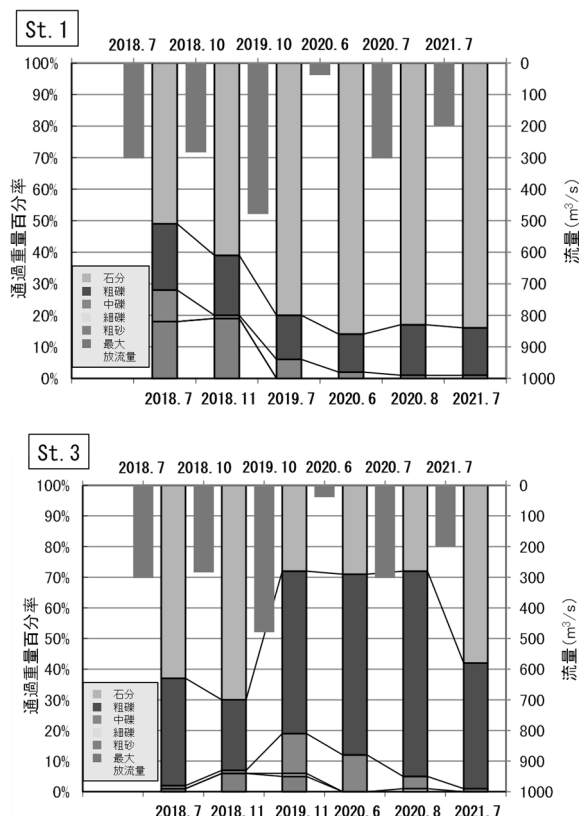


図-4.3 河床材料の粒径分布経年変化

2021年7月（試験運用後）では、St. 1の三峰川本川ではほとんど変化が見られないが、天竜川本川のSt. 3では石分・粗砂の割合が高くなり、砂（2mm以下）の堆積はほとんど確認されていない。

D) 礫表面の付着藻類の状況

2018年以降の定期調査におけるクロロフィルa量の変化を図-4.4に示す。

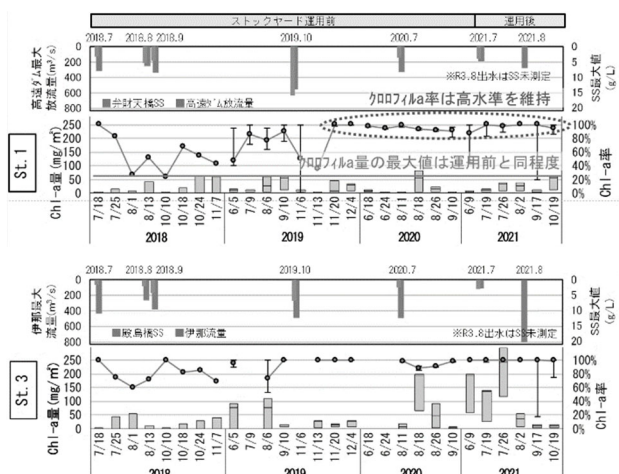


図-4.4 付着藻類（クロロフィルa）の経年変化

試験運用後の三峰川におけるクロロフィルaは、St. 1では試験運用前と同程度であり、出水ピークから20-30日程度での回復状況も試験運用前と比較して日数が遅れることはなかった。

また、試験運用後に回復した後のクロロフィルa量は試験運用前より低くなる傾向はなかったほか、付着藻類の量や回復速度の低下は確認されなかった。

E) 底生動物の状況

三峰川St. 1、天竜川本川St. 3における底生動物の生活型個体数割合等の経年変化を図-4.5に示す。

試験運用後の総個体数は、運用前の2018年度や2019年度と概ね同程度で推移しており、試験運用後に大きく減少することはなかった。

生活型別の割合を見ると、試験運用後に河床の細粒化を示す傾向（造網型の減、掘潜型の増）は見られなかった。また、出水後の個体数は、出水から約30日で回復し、試験運用前の調査結果と比較して回復が遅れる傾向はなかった。

回復後の個体数の推移は、前年度出水後と同程度であり、試験運用後に減少するような影響は確認されなかった。

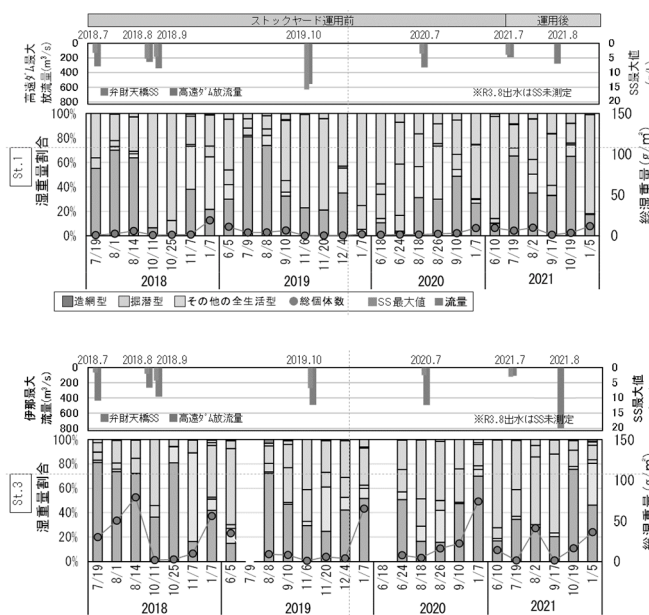


図-4.5 底生動物生活型個体数割合

F) 魚類の状況

魚類については、遊泳魚と底生魚それぞれで個体数を調査しており、その調査結果を図-4.6, 4.7に示す。

種構成は試験運用後に遊泳魚でオイカワが増加しており、今後の調査でその後の推移を確認していく。底生魚は大きな変化はなく、運用による影響は見られない。

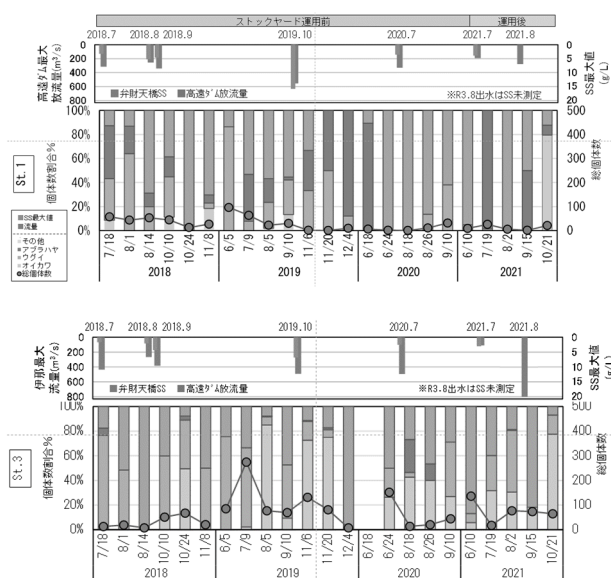


図-4.6 遊泳魚個体割合と総個体数

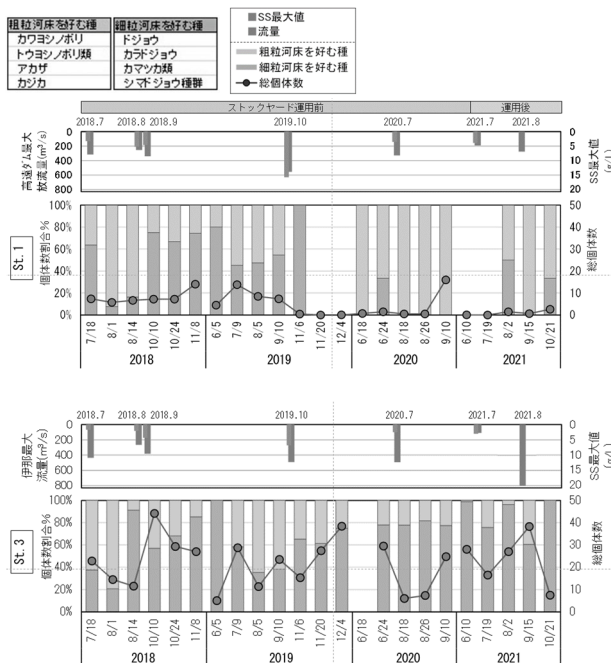


図-4.7 底生魚個体割合と総個体数

5. 関係機関との連携

ストックヤード施設は出水時に人為的に流下させる土砂を増加させる施設であることから、事業計画の段階から関係機関には丁寧な説明を実施し、施設の効果を説明するだけでなく、モニタリングに関する意見交換やアドバイスをいただいていた。

第1回試験運用後にも、漁業協同組合との意見交換・三峰川及び天竜川での合同現地視察を実施し、下流河道の状況や今後のモニタリングについて意見をいただいた。

こういった取り組みにより、定点以外で河道内の環境の変化についても定期的に確認するなど、変化があった場合もいち早く把握することが可能となり、モニタリングの精度向上が期待できるとともに、事業に対する理解の促進も期待できる。

6. 第1回試験運用の課題と第2回試験運用計画

(1) 第1回試験運用の課題

初の試験運用を実施したことで、新たな課題が明らかになった。2回目の運用では以下に示す課題の遂行に向けた対応が必要となる。

- ・試験運用開始の判断について、出水ピーク前からの運用ができる対応とする
- ・排砂ゲートの操作を一度に全開とすることで、下流の濁度や稼働への影響を把握する
- ・運用するレーン（列）の違いによる排砂状況の確認、土砂バイパストンネルへの流入状況
- ・集積土砂の存置期間（ストックヤード投入から流出までの期間）が異なることによる流出への影響把握
- ・運用後も下流河川の流量が多くなることによる河床材料・魚類・付着藻類・底生動物の変化の有無
- ・魚類忌避行動の調査地点の設定

(2) 第2回試験運用計画

第2回の試験運用は以下の通りとしている。

A) 運用開始時間を出水ピーク前にする

土砂流出後も美和ダムからの放流量が多い状況になることで、土砂の流下・拡散が進み環境への影響が小さくなると考え、出水のピーク前に運用を開始する。

B) 排砂ゲートの運用

排砂ゲート操作は、環境への影響が少なくかつ操作が容易な運用方法とする必要がある。

第2回試験運用では、運用開始から排砂ゲートを全開とし、土砂の流出が初回とどのように異なるか、流出スピードや下流河川への影響がどの程度か環境モニタリングを含めて確認する。

また、ストックヤード内土砂の浸食の推移を定点カメラで記録し、初回の浸食状況と比較し、土砂流出メカニズムを把握する。

C) 環境モニタリング

排砂ゲートの運用方法が異なることで、下流への影響が大きくなることが予想される。特に土砂濃度の指標となる濁度・SSの推移については、各観測地点における時間経過と観測数値の変化をしっかりと把握する必要がある。

また、三峰川だけでなく天竜川合流点より下流での時間経過における変化も重要なポイントとなる。

出水ピーク前からの試験運用を考えているため、ストックヤード内の土砂流出が終わった後も、下流河道は流量が多い状態を維持することが予想される。それによって環境モニタリングの項目ごとに変化が生じるかどうかにも注目していく。

魚類の忌避行動については、河道内の流量によって緩流となる場所が変化し忌避できる場所も変化するため、支川合流点などを含め調査の効果がある場所の選定が必要となる。

7. 第2回試験運用

2023年6月出水では、6月2日12時頃から流入量が増加した。13時頃に美和ダム流入量が100m³/sを越え、土砂バイパス放流量が約100m³/sとなった14時頃（出水ピーク前）より運用を開始した。

運用するレーンは川側とし、排砂ゲートは運用開始から全開操作とした。土砂バイパストンネル呑口地点でのSSは最大で約28,000mg/L（14時40分頃、美和ダム流入量：約220 m³/s）であり、運用上限基準値89,000mg/Lを大きく下回ることから、土砂を流したことによる影響は少ないと考えている。

約1時間半で概ね全ての土砂排出が確認されたが、具体的な数量や試験結果、運用による下流への影響などのモニタリングについては現在とりまとめ中である。

8. おわりに

国内初のストックヤード方式による堆砂対策の下流河川への影響は、長期間にわたる確認が必要と考えられることから、令和6年度の本運用移行後も継続して下流河川への影響を把握し、必要な対応を取りつつ、下流河川への影響の軽減、ダムの治水機能の維持、土砂移動の連続性の確保などを図っていくことが重要と考えている。

引き続きこれらの視点で検討を進め、美和ダム貯水池堆砂対策の効果的・効率的な機能発現を目指していく所存である。

参考文献

- 1) 小林賢次, 尾畑伸之, 福本晃久(2017), 美和ダム再開発湖内堆砂対策施設の試験運用計画と環境調査計画について, ダム技術No.375
- 2) 小林賢次, 伊吹孝之, 渡辺裕昭, 佐藤康晴(2018), ダム貯水池における通年施工の取り組み, ダム技術No.383
- 3) 岩田伸隆, 岡本明(2022), 美和ダムの堆砂対策: 国内初のストックヤード方式の試験運用及びモニタリング調査結果, ダム技術No.435