

美和ダム湖内堆砂対策施設（ストックヤード）の運用実績と今後の弾力的な運用方法の提案 ～効率的な排砂にむけて～

森田雅治¹

¹ 天竜川ダム統合管理事務所 美和ダム管理支所（〒396-0401 伊那市長谷非持 345）

出水時に土砂が大量に流入し堆砂が進行している美和ダムは、湖内堆砂対策施設（以下「ストックヤード施設」という）に貯めた土砂を洪水時に貯水池への土砂流入・堆砂を抑制する「土砂バイパス施設」によりダム下流に排砂する我が国では前例のない施設を運用している。本稿は、現在までの施設運用及びモニタリング結果から今後の弾力的な運用方法を見出し、下流河川に対する土砂堆積など防災上の懸念も意識した施設の活用を提案していく。

キーワード：湖内堆砂対策施設，ストックヤード，排砂バイパス，美和ダム

1. はじめに

天竜川の最大支川である三峰川に位置しており、1959年に完成してから66年が経過した美和ダムは、洪水調節、発電及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に示す。



図-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ことから、1989年に「美和ダム再開発事業」に着手している。

洪水調節機能の強化とともに貯水池堆砂対策を継続しているが、治水容量への堆砂は進行している。

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、洪水時に貯水池へ流入する土砂を含んだ流水をダム下流に放流するものであり、2005年に完成して現在では本運用されております。ストックヤード施設は2021年度に完成した施設で、ダム湖に入ってきた土砂を一時的に貯めておき、土砂バイパスを用いて排砂する施設である。これまでに計3回実施したストックヤード施設の運用結果は、2023年の事業研究発表会にて報告している。

今回は、2021年の第1回試験運用結果、2023年の第2回試験運用結果、第1回の本運用から新たな試みを加えた本運用を追加報告し、これまで実施したストックヤード運用よりも、柔軟に排砂する可能性を報告する。

2. 湖内堆砂対策施設（ストックヤード施設）の概要

ストックヤード施設を写真-2、-3、図-4、-5に示す。

ストックヤード施設内部に約 4m 厚で土砂を集積し、更に水深約 1m の浸水状態にする。1 列あたりの集積量は約 15,000m³で、これを 2 列配置している。

ダム貯水位が発電で一定の水位維持を求められるため、運用上やむを得ず分派堰を越えてダム湖に流入してしまうシルトを主体とする堆積土の除去は浚渫が基本となる。ストックヤード施設は非出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する施設である。

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のため、できるだけ下流への環境負荷が軽減する運用方法を現在も模索している。

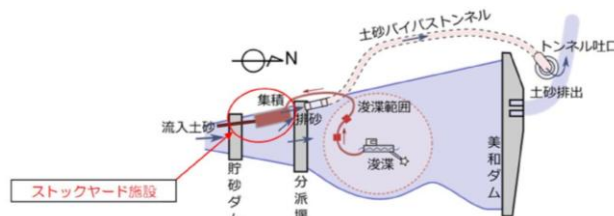


図-4 貯水池堆砂対策イメージ図



図-5 スtockヤード施設概要図



写真-2 湖内堆砂対策イメージ（下流から）



写真-3 湖内堆砂対策イメージ（上流から）

3. 2023 年まで実施した試験運用

(1) 試験運用方法

ストックヤード運用の手順を次に示す。

- ① 貯水池への流入量が 100m³/s を超える予測
- ② 流入量が発電放流量 25.6 m³/s を超えた時、土砂バイパストンネルの運用を先行して開始
- ③ 土砂バイパス放流量 100m³/s 以上が 5 時間以上継続すると見込まれ、かつ放流量が 100m³/s 以上になる時、ストックヤードの操作を開始
- ④ バイパス放流は 200 m³/s 上限で定量、ダム放流量で洪水調節をする

- ⑤ 流入量の低減度合いを監視し、土砂バイパストンネル運用終了に先立ってストックヤード内の土砂を概ね排砂したと時間経過や現地の流況を確認し操作を終える

なお、SS 測定値が基準値上限の 89,000mg/L に達した場合は、三峰川の濁水濃度上昇を防止するため運用終了

(2) 試験運用結果と課題

2 回の試験運用と環境モニタリング調査を実施し、ストックヤード施設運用による短期的な環境影響が無いと確認した。

排砂すると一時的に土砂量が増加するストックヤード施設であるが、下流河道への環境面の影響は少ないとされた。これを踏まえ、2024 年以降は本運用と位置付けている。

試験運用で『段階的に排砂量を増加させていく』『放流初期から全開で排砂する』などの運用をした結果、今後の本運用に向けた課題も示されている。

7. 排砂ゲートの操作を一度に全開とすることで、下流の

濁度が基準値を超過しないか。

- イ. 運用するレーン（列）で排砂状況や土砂バイパストンネルへの流入状況に差が生じないか。
- ウ. 集積土砂の存置期間（ストックヤードへの投入から流出まで）が異なると流出状況に違いが生じないか。
- エ. 毎年排砂を継続し、長期的な下流河川の河床材料・魚類・付着藻類・底生動物の変化に懸念がある。

4. 本運用の報告

(1) 運用の改善と運用条件

2 回目の試験運用で、排砂ゲートを運用開始から全開操作としたが、SS は運用上限基準値を大きく下回ることから、影響は少ないと判断され、本運用以降でも運用開始から全開操作とすることとしている。

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、本運用以降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、下流河川への影響を軽減、ダムの洪水調節機能の維持、土砂移動の連続性の確保などはかつていくことが重要と考える。

(2) 本運用（2024 年 5 月出水）

a) 出水状況

28 日 21 時から流入が上昇し始め、22 時過ぎにストックヤード運用開始基準の $100\text{m}^3/\text{s}$ を超え、そのまま同程度の流入が 29 日 5 時頃まで続いた。

b) スtockヤード内排砂状況

流入量はなだらかに上昇し、ピーク手前の 23 時 30 分頃から山側レーンの排砂を開始、約 1 時間 30 分が経過した 29 日 1 時に運用を終えた。

ストックヤードと土砂バイパストンネル間に設置している SS 計の値は、1 分あたりの排砂量が最大となった 23 時 20 分付近で $28,000\text{mg/L}$ 程度、その後 23 時 50 分に最大値 $70,000\text{mg/L}$ 程度の SS を観測したが停止上限基準（ $89,000\text{mg/L}$ ）には達していない。

ハイドロ、SS 濃度を図-6 に示す。

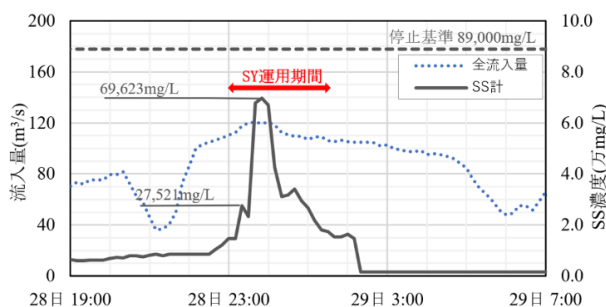


図-6 ハイドロ、SS 濃度（本運用 1 回目）

この運用では、ストックヤードと土砂バイパストンネル

間で排砂し切れなかった土砂の堆積が確認されている。

これを踏まえ、次回運用時は土砂排出後もストックヤードの通水を継続し、ストックヤードの排出土砂が土砂バイパスを確実に通過するよう運用を工夫することとした。

(3) 本運用（2024 年 11 月出水）

a) 出水状況

2 日 9 時に流域平均雨量が 30mm を超え始め、ダム流入量は 12 時以降から上昇し 17 時には $100\text{m}^3/\text{s}$ を超え、20 時にこの出水でピークとなる $190.56\text{m}^3/\text{s}$ に達している。その後は、 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上の流入が 3 日 9 時まで続いた。

b) スtockヤード内排砂状況

川側レーンを 2 日 19 時から 3 日 14 時 30 分まで運用した。前回の状況を踏まえ、ストックヤード内の排砂後も通水を継続し、土砂バイパストンネルへの土砂流入を促進した。

SS 計の値は、排砂速度が最大となった 19 時 30 分に $30,000\text{mg/L}$ を記録し、その後もストックヤード下流に堆積した土砂が流下し最大の $46,000\text{mg/L}$ 程の値を記録しているが、停止上限基準には達していない。

ハイドロ、SS 濃度を図-7 に示す。

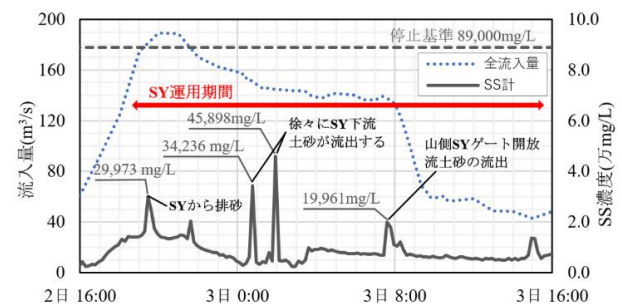


図-7 ハイドロ、SS 濃度（本運用 2 回目）

(4) 本運用の排砂を総括

2021 年から 2023 年の試験運用時は、運用計画に則りポンプ浚渫した土砂を投入したが、2024 年の本運用時は施工性や運用コストを抑制するため、陸上掘削の土砂を試験的に投入した。

試験運用と本運用の平均的な粒度分布を図-8 に示す。

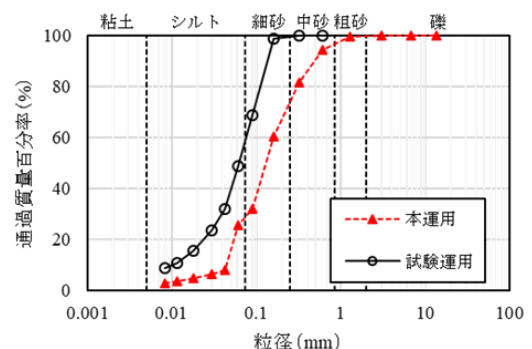


図-8 投入土砂粒径加積曲線の比較

浚渫と陸上掘削で、D60 は細砂と大きな違いが無いものの、試験運用ではシルトが約 50%を占めていたが、陸上掘削では 25%程度、これに変わって細砂の粒径以上が多くを占めており、採取の方法や採取場所で粒度に違いが生じることが分かった。

試験運用時よりも粒径の大きい陸上掘削土を排砂したが、排砂ゲートを全開にする時機や放流時間を延長するなど多少工夫することで問題なく流下させられた。

この結果から、浚渫よりも低コストの陸上掘削での排砂土ストックを積極的に実施したいところであるが、継続して実施するには貯水池運用計画と密接な関係があるため、発電事業者との調整が前提となる。

現在、治水容量内で堆砂が進行している貯水位は EL803.8m ～ 815.0m の発電容量内であり、これを掘削するには水位低下を要するため容易ではない。毎年ともなれば、発電事業の損失になり兼ねない。

そもそも、こうした問題を起こさないために「浚渫」が基本計画である訳なので、陸上掘削でのストックは限定的な措置となるだろう。

ただし、浚渫のみで進められてきた土砂ストック方法が、今回の試行で選択肢を増やせた効果は大きい。

浚渫のみであれば、年 2 回 (15,000m³ × 2 回) の排砂が限度であるが、陸上掘削も可能であれば土砂を投入できる回数が増える場合もあり『出水の都度排砂し、流したらまた土砂を入れる』といった繰り返しの運用が可能なのかもしれない。

現在は限定的な排砂頻度であるが、これを増やす方法を見出していくことも課題となろう。

5. 短期的な運用による下流河川への影響

排砂方法の選択肢が増やせる可能性が広がった一方、排砂頻度が増えれば下流河川への環境影響が懸念され、これを無視することはできない。

2024 年の本運用でも、モニタリング計画に基づいた環境影響評価を実施している。

また、美和ダム直下には高遠ダム（県企業局）が存在し、試験運用時からダム湖内の堆砂が懸念されたため、天竜川本川へ堆砂なく通砂させる手法としてスルーシング放流を確立しており、これについても述べたいと思う。

(1) 本運用でのモニタリング評価

本運用では、1 出水毎の短期的な環境影響を評価しており、これに関しては影響は軽微であり下流河川に対しては問題がないと評価している。

本運用における環境モニタリングを総括し評価した項目を表9に示す。

表-9 環境モニタリング評価

調査項目		結果・評価
物理環境	河床材料（面積格子法）	シルト・砂の局所的で広範な堆積は確認されず、影響は軽微
	出水時SS	一時的に上昇、顕著な影響はなかった
	濁度	一時的に上昇、顕著な影響はなかった
	定期SS	一時的な上昇は見られたが、環境基準は下回り影響は軽微
	D0（簡易計測）	バイパス直下で局所的、一時的に低下、顕著な影響はなかった
	アンモニウム態窒素	運用前から検出、バイパス吐口で上昇したが、顕著な影響はなかった
生物環境	付着藻類	クロロフィルa量・率 顕著な減少・回復速度の低下は確認されず、影響は軽微
	無機物量・率	顕著な増加は確認されず、影響は軽微
	底生動物	出水後調査 出水後の回復が遅くなることはなく、影響は軽微
	年間定期調査	量の顕著な減少や種組成の変化は確認されず、影響は軽微
	忌避行動	緩流域への回避が確認され、へい死は確認されず、影響は軽微
	魚類	体調別個体数 出水後調査で稚魚が確認され、再生産への影響は軽微
	個体数	運用の有無に関わらず変動が大きく影響は不明

(2) 高遠ダムと連携したスルーシング放流

土砂バイパスからの排砂で重要なのは、ダム湖で堆砂することなく河川の営力で土砂移動することにある。

スルーシングのイメージ図を図-10、-11に示す。

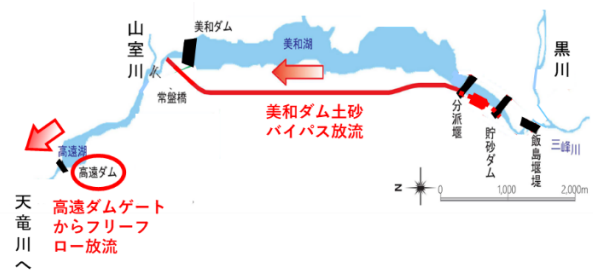


図-10 スルーシング放流イメージ図

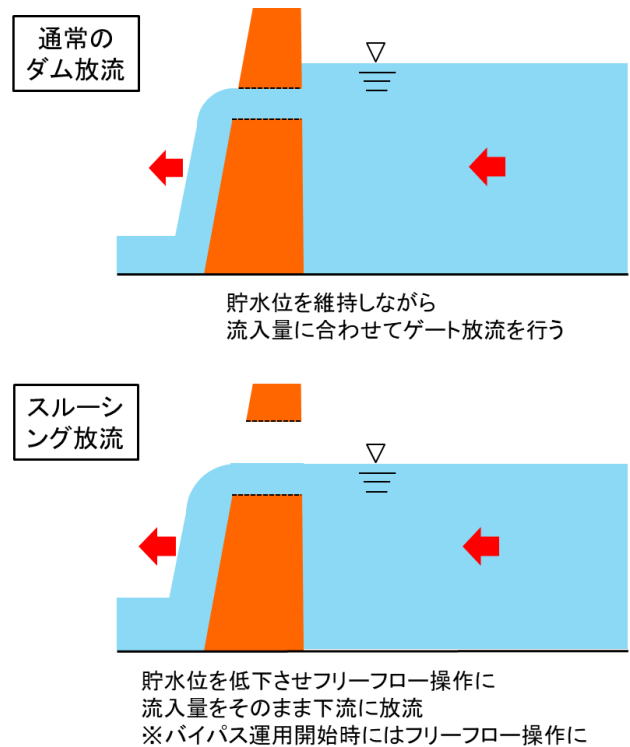


図-11 スルーシング放流断面図

スルーシング操作の基本は、美和ダムが土砂バイパスから放流を実施した際に連動して実施することであり、これによりダム湖での堆砂は無く、三峰川から天竜川本川まで土砂が到達し、その後は大小の出水時に土砂が移動する。

2023 年以降、土砂バイパス放水口直下に位置する高遠ダムは、流入する土砂を貯水池内に堆積することなく下流河川へ通過させるスルーシング操作を試験的に実施している。

スルーシングするための初動操作として、ダム貯水位を土砂バイパスからの排砂前に貯水位を低下させるための放流から開始し、ダム湖が河川状態になったところからスルーシング放流が開始する。

一連の美和ダムからの排砂が終了すると、高遠ダムの貯水位を予備放流水位まで回復させ、スルーシング操作は終了となる訳であるが、これまでの運用で幾つかの課題も明らかになっている。

2024 年 11 月出水では、出水のタイミングが流入量予測より早くなったため、高遠ダムは所定の水位まで低下できなくスルーシング操作ができなかった。

結果から考察すれば、高遠ダムのスルーシング操作開始をもっと早くするのが望ましかったのだが、それには「スルーシングする」という意志決定を早めなければならない。

現在は、ストックヤード運用開始の 6 時間前に意思決定し、放流の 3 時間前からスルーシング操作を開始する運用となっている。

これは、天竜川本川にある取水施設事業者との協議／調整で放流対応の時間を確保するとされたためだが、これを短縮するのは現時点では難しいようだ。

2025 年 3 月の堆砂対策検討委員会で「洪水予測の精度を踏まえ、現在の運用を改善すれば実効性のある操作ができる」「連携排砂のため、高遠ダムに負担をかけていることを念頭に美和ダムが工夫し操作するなどの連携はできないか」と提案を受けている。

できるだけストックヤードを運用したい美和ダムの一方で、美和ダムの下流の高遠ダムはその分事前に水位を下げなければならない。ストックヤードの運用によって貯水位に殆ど影響がない美和ダムは空振りを覚悟（やむを得ない）して放流することができるが、事前に水位を低下させなければならない高遠ダムは空振りのリスクを抱え運用することになる。

今年度からは、美和ダムの放流量が高遠ダムの水位にどのような影響を与えているかを理解し、放流操作との関連性や仕組みを整理したうえで、洪水予測の正確性の技術的な問題と洪水予測データの共有という観点からも検討を進めていきたい。

6. 今後について

2021 年以降、試験運用から本運用までで計 4 回のストックヤードによる排砂を実施しているが、経験値としては全く足りていない。

そのため今後も、様々な洪水規模での運用を実施するなかで、弾力的な操作や土砂移動の実績を把握する必要があると考える。

また、毎年十分な量の土砂をストックヤードに投入するに、貯水池内の浚渫や掘削、土砂運搬の資金面での工夫や効率化を図りストックヤード施設の運用の頻度を上げていきたい。

下流河川の環境は、これまでのモニタリング結果よりストックヤード施設による短期的な影響は僅かであると確認できているが、長期的に排砂を繰り返すと自然環境に変化が現れるかどうかの検証を引き続き継続して評価していく必要があると考える。