

美和ダム再開発湖内堆砂対策施設 検討委員会

(第3回 委員会)

【3. 施設の運用計画の検討】

平成25年12月10日

国土交通省 中部地方整備局
三峰川総合開発工事事務所

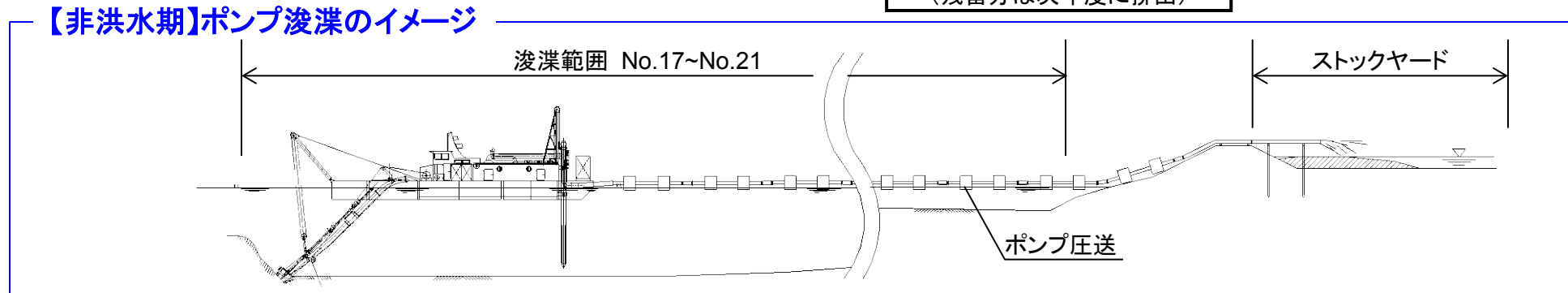
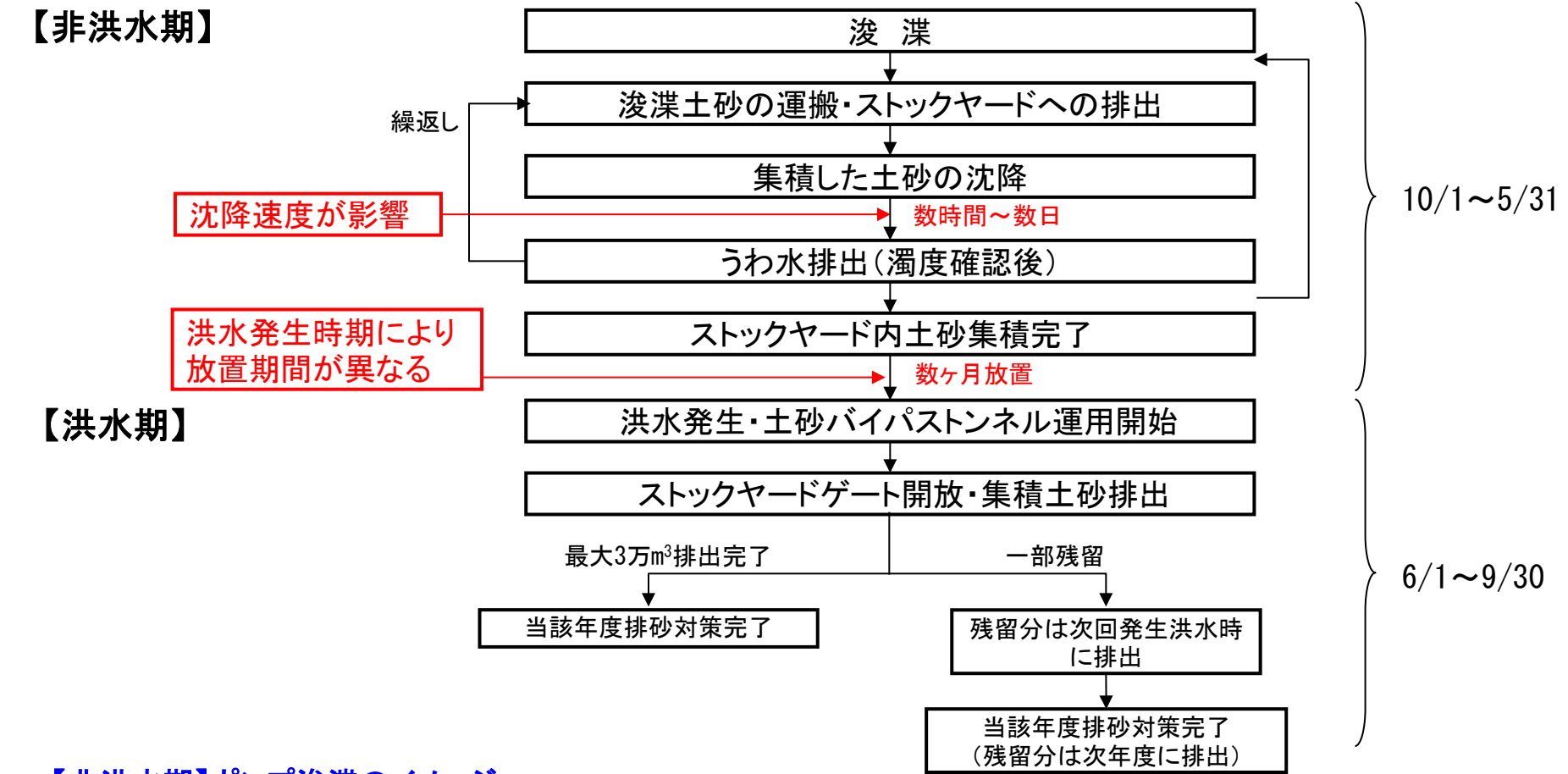
施設の運用計画報告

【目 次】

3.1	ストックヤード運用フロー	1
3.2	ストックヤード操作方法の検討.....	2
3.3	浚渫範囲の土砂粒径と浚渫量	7
3.4	ストックヤードの運用シミュレーション	9
3.5	運用計画検討のまとめ.....	10
3.6	運用上の課題への対応	11

3.1 スtockyard運用フロー

■運用フロー



3.2 スtockヤード操作方法の検討

現時点では検討段階であるが、ストックヤード運用計画の検討に際しては、以下示す点を前提条件とする。

- ストックヤードは、土砂バイパストネル運用(排砂)が実施されている時間内で運用する。
- ストックヤード供用開始後においても土砂バイパストネルは、現在と同様の方法で運用する。
- 浚渫範囲は分派堰直下流No.17-21区間とし、対象土砂は微細粒土砂(ウォッシュロード)とする。

● 土砂バイパストネルの試験運用方法

放流開始時 : 美和ダム地点の流入量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を超えると想定され、ダム管理者が土砂バイパストネル主ゲート・オリフィスゲートによる放流を必要とする場合に操作を開始する。

放流停止時 : 当初計画では、操作終了は「流入量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を下回った時」を想定していたが、実際の運用では、次の通りとなっている。

- ① 土砂バイパス放流終了時のダム地点流入量は $45\text{m}^3/\text{s} \sim 90\text{m}^3/\text{s}$ 程度
- ② 土砂バイパス放流終了後は発電放流(約 $25\text{m}^3/\text{s}$)を先取りし、それを上回る場合は残りをオリフィスゲートで放流して水位維持。
- ③ オリフィスゲートの特性から放流量の最小は $20\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、この操作が可能なタイミングで土砂バイパス放流からオリフィスゲート放流へ切り替えている。

3.2 スtockヤード操作方法の検討

■ストックヤード内土砂排砂時間

- ストックヤード内に集積した土砂を土砂バイパストネルの運用にあわせて排出する。
- 以下では、ストックヤード内土砂の排出に必要な時間について検討し、ストックヤード操作方法に反映させる。
- ストックヤード内に堆積させた土砂の排砂時間について、侵食速度式により算出する。
- 排砂初期に起こると想定される土砂法肩部崩落による土砂の流出を定量的に推定することは困難なため(実験で定性的に確認する予定)、侵食のみによるストックヤード内土砂排出速度を算出する。

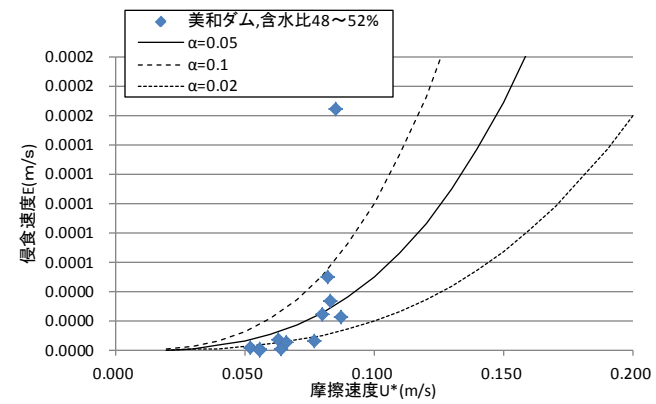
計算条件

- ・ストックヤード内堆砂量 ⇒ 3万m³
- ・下流水位 ⇒ 分派堰越流水位であり、分派堰地点で100m³/s越流時EL817.2mで一定とする。
- ・ストックヤード下端標高 ⇒ EL816.2m(実験初期形状)
- ・ストックヤードへの導水量 50m³/s

$$E = \alpha U_*^3$$

α : 定数 (s²/m²)
 E : 侵食速度 (m/s)
 U_*^3 : 摩擦速度 (m/s)

美和ダム微細粒土砂摩擦速度と侵食速度の関係※

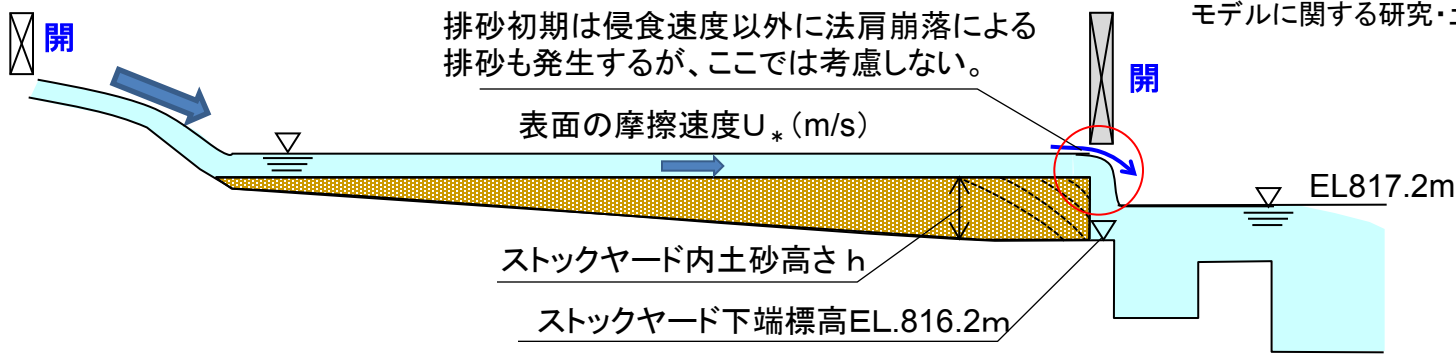


※参照「貯水池および貯水下流の流れと土砂移動モデルに関する研究・土木研究所H18-22」

土砂高h m	摩擦速度u* (代表値)m/s	$\alpha=0.1$ 侵食速度E m/h	$\alpha=0.05$ 侵食速度E m/h	$\alpha=0.02$ 侵食速度E m/h
3~1	0.0924	0.28	0.14	0.06
1~0.3	0.0800	0.18	0.09	0.04
0.3~0	0.0528	0.05	0.03	0.01
3万m ³ 排出時間		17時間	33時間	81時間

定数 $\alpha=0.1 \cdot 0.05 \cdot 0.02$
の3ケースで侵食速度を
算出

ストックヤード内土砂の排出イメージ



排砂初期は侵食速度以外に法肩崩落による排砂も発生するが、ここでは考慮しない。

ストックヤード内土砂3万m³を排砂するのに要する時間は、侵食速度式定数 α によって異なるが、17~81時間となった。

3.2 スtockヤード操作方法の検討

■土砂バイパストンネル運用実績

- 平成18年～平成23年の土砂バイパストンネル運用実績時間は、最小7時間・最大192時間で推移している。
- 平成20年は排砂時間が確保できず(バイパストンネル運用7時間)、また平成21年度は土砂バイパストンネルの運用実績がないことから、ストックヤード内土砂はさらに翌年度までほぼ残った状態となることが想定される。
- ストックヤードの運用は、洪水時の濁度の多い出水に含めた運用となるため、洪水期の土砂バイパストンネルからの排砂に合わせ、洪水期とその前後1ヶ月を含む5月～10月の土砂バイパストンネル運用時間内に行うこととする。

H18～H23土砂バイパストンネル運用実績

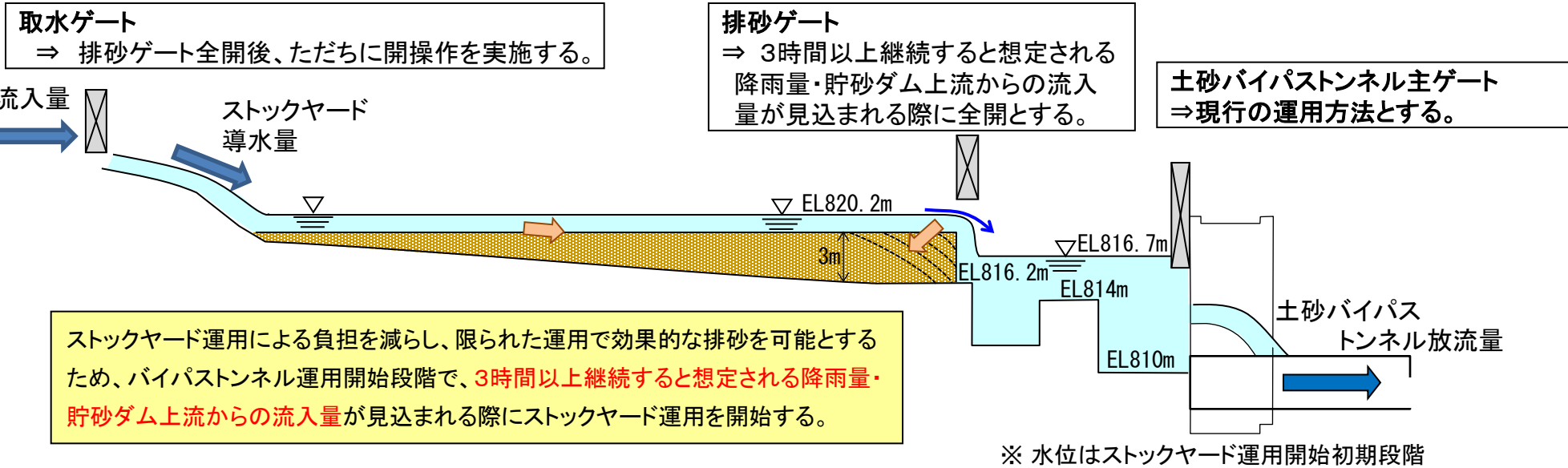
年	時 間	総時間	洪水期	バイパス運用 開始時流入量 m3/s	バイパス運用 終了時流入量 m3/s	①バイパス 放流量 m3	②全流入量 (BP放流中) m3	①/② %
H18	2006/7/18 15:00 ～ 2006/7/20 14:00	47	○	78.47	87.53	22,989,060	33,016,860	69.6%
H19	2007/7/15 6:00 ～ 2007/7/16 18:00	36	○	116.01	54.19	7,552,476	12,746,304	59.3%
	2007/9/6 22:00 ～ 2007/9/8 23:00	49	○	400.28	46.92	16,616,556	30,137,076	55.1%
H20	2008/6/23 15:00 ～ 2008/6/23 22:00	7	○	59.80	55.28	460,080	1,528,740	30.1%
H22	2010/6/19 4:00 ～ 2010/6/19 19:00	15	○	136.05	75.54	2,623,932	5,618,808	46.7%
	2010/7/12 16:00 ～ 2010/7/18 18:00	146	○	62.16	49.45	36,745,812	50,408,496	72.9%
H23	2011/5/11 15:00 ～ 2011/5/13 18:00	51		114.62	46.88	14,745,960	21,883,644	67.4%
	2011/5/29 13:00 ～ 2011/5/30 17:00	28		121.74	70.79	6,210,144	10,167,696	61.1%
	2011/9/2 19:00 ～ 2011/9/6 10:00	87	○	186.32	48.60	22,768,020	33,826,104	67.3%
	2011/9/21 16:00 ～ 2011/9/22 18:00	26	○	117.36	60.58	7,678,476	12,073,572	63.6%



最小7時間(H18)・最大192時間(H23)

3.2 スtockyard操作方法の検討

■stockyard操作方法(案)



赤字: 今後必要とする検討

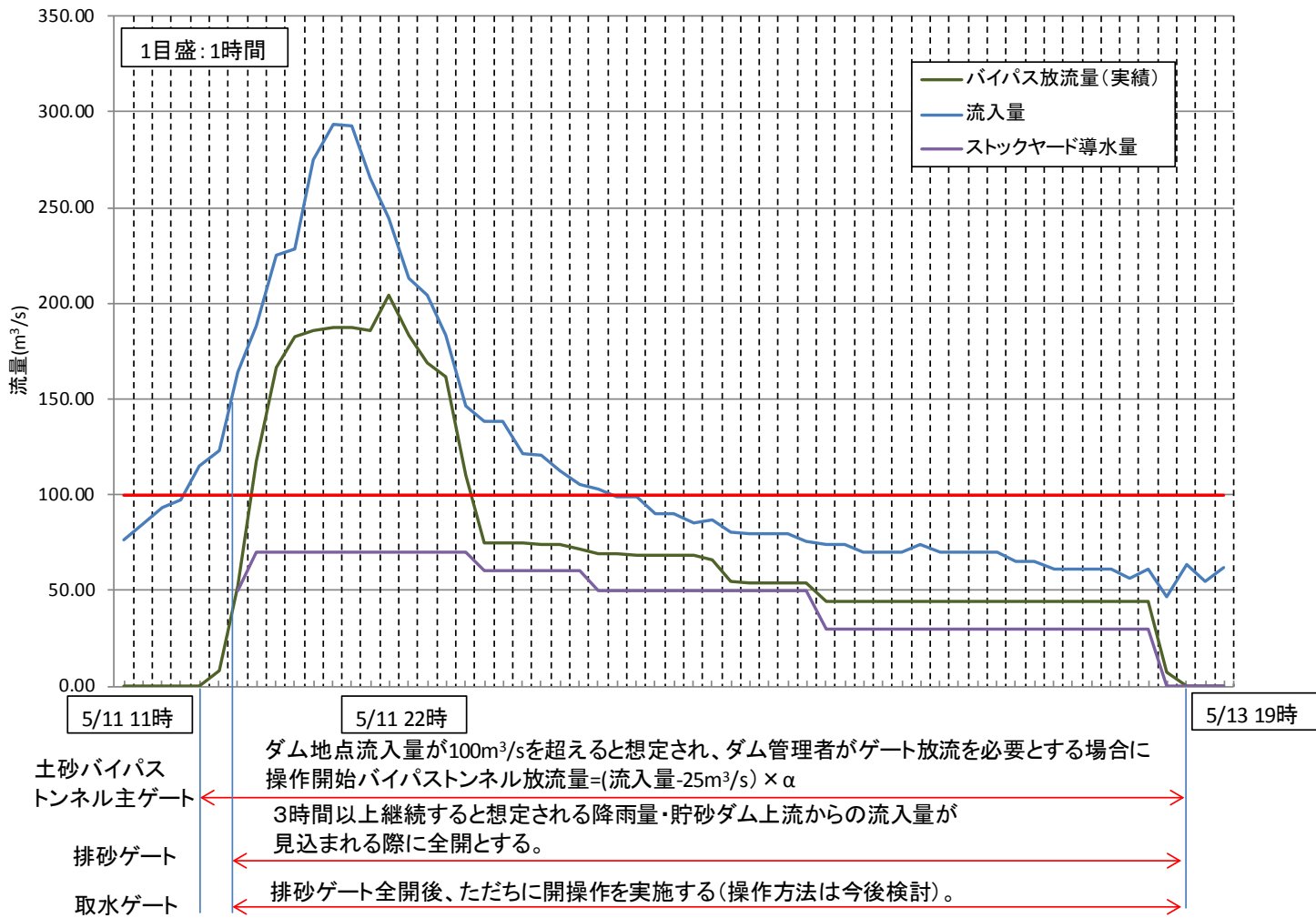
ゲート種類	操作開始条件	操作終了条件
土砂バイパストンネル主ゲート (現行の試験運用方法)	ダム地点流入量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を超えると想定され、ダム管理者がゲート放流を必要とする場合に操作を開始する。 バイパストンネル放流量=流入量- $25\text{m}^3/\text{s}$	現行の運用方法では、操作終了は「流入量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を下回った時」が目安とされているが、実績においては次の通りとなっている。 ① バイパス終了時のダム地点流入量は $45\text{m}^3/\text{s} \sim 90\text{m}^3/\text{s}$ 程度 ② バイパス終了後は発電放流(約 $25\text{m}^3/\text{s}$)を先取りし、残りをダム放流して水位維持。 ③ ダムゲートの特性からダム放流量の最小は $20\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、この操作が可能なタイミングでバイパス放流からダム放流へ切り替えている。
排砂ゲート(運用案)	バイパストンネル放流量が $50\text{m}^3/\text{s}$ を超えた時点で、ダム地点流入量 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上が「 3時間以上継続すると想定される降雨量・貯砂ダム上流からの流入量 」※の際に、全開状態とする。 (「 」 ※については今後検討)。	操作終了条件は以下のいずれかに該当する場合とする。 ① 土砂バイパストンネル主ゲートの操作を終了させる直前に、全閉状態とする。 ② スtockyard内土砂が完全に排出された際に、全閉状態とする。
取水ゲート(運用案)	排砂ゲートを全開状態とした後、ただちに開操作を行う。 (操作方法については今後検討)	排砂ゲート閉操作後、直ちに閉操作を行う。

3.2 スtockyard操作方法の検討

■stockyard操作方法(案)

平成23年5月の土砂バイパストンネル運用実績を元に、前述に基づく操作方法を実施した場合のstockyard操作状況を再現する。取水ゲートの操作については今後の検討課題であるが、stockyard導水量は最大70m³/sと想定している。

平成23年5月に発生した洪水実績を用いたグラフ



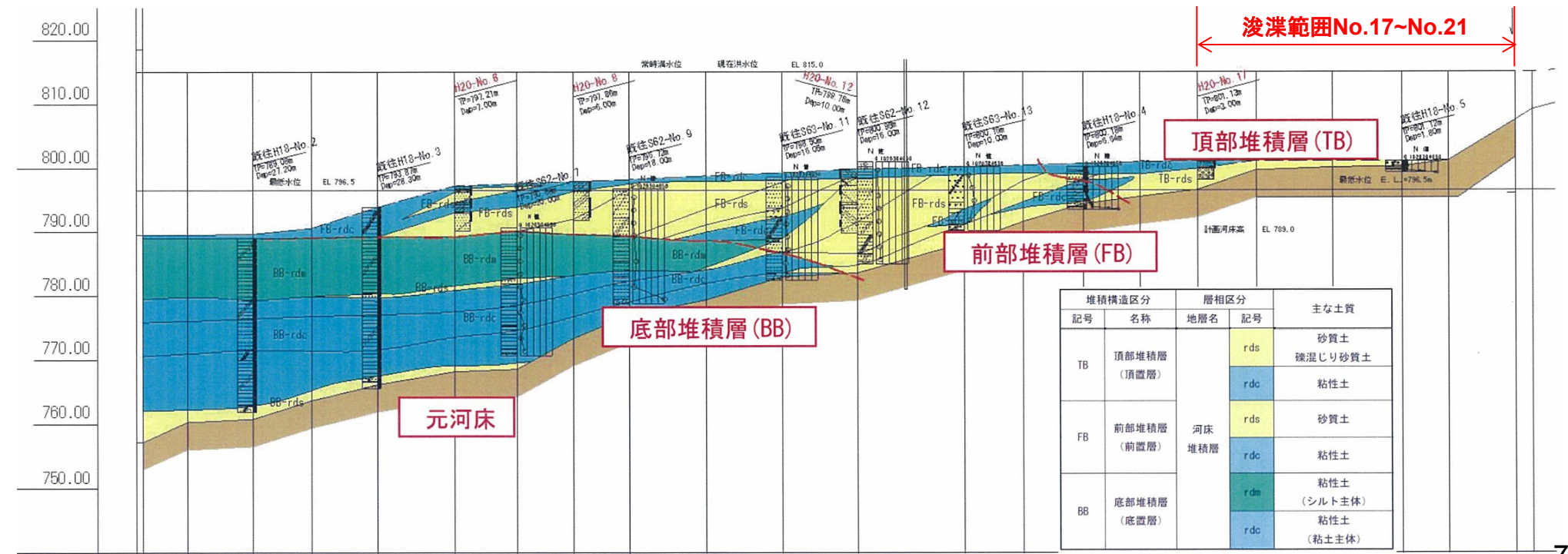
3.3 浚渫範囲の土砂粒径と浚渫量

- 非洪水期は、分派堰下流(No.17~21)の土砂を浚渫し、ストックヤードへの集積を行う。
- 以下では、浚渫範囲の土砂粒径と浚渫量について検討し、非洪水期の運用計画に反映させる。

■浚渫範囲の土砂粒径と掘削土砂量

堆積土砂の粒径: 既往調査の結果(平成20年度までのボーリング調査結果)

- 直近で実施した平成20年度までの貯水池内ボーリング調査により、表層1m程度は粘性土が分布していることがわかるが、掘削範囲とするNO.17から上流区間では表層粘土層厚が小さい。
 - 堆積土砂掘削は、平成23年度以降に堆積したシルト(以降、微細粒土砂)を対象とするが、過掘りした場合は砂礫分を掘削する恐れがある。
- ⇒ このため、浚渫時には、事前の堆砂測量で当該年度に堆積した土砂厚を計測するなどし、浚渫範囲・深さを毎年設定する。

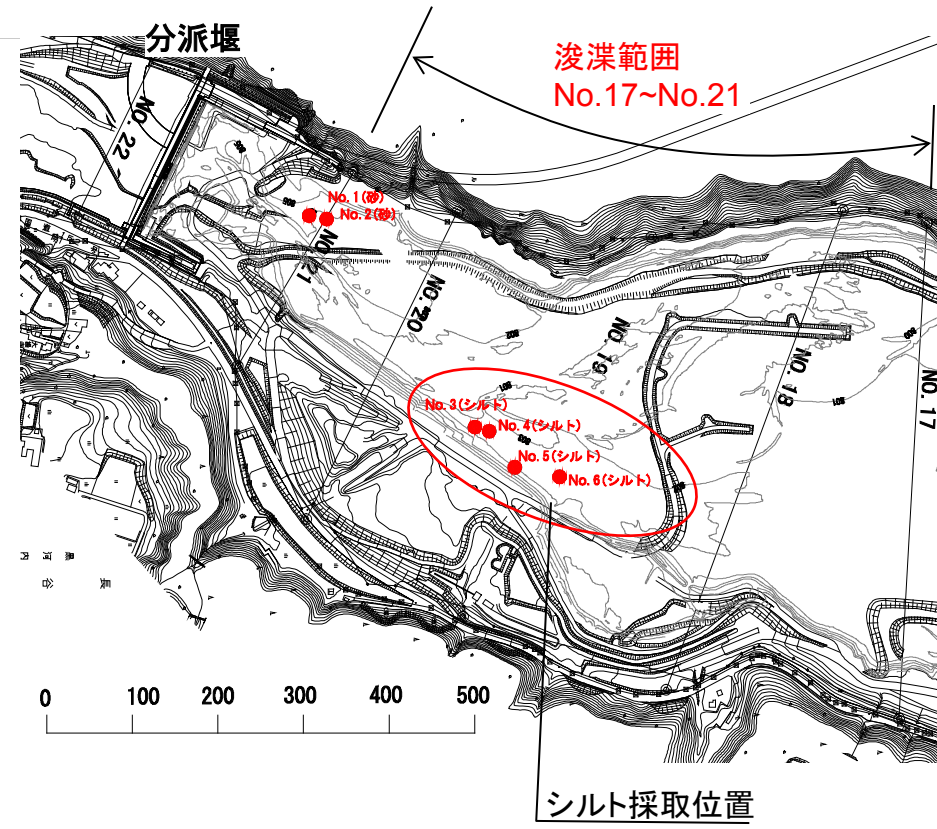
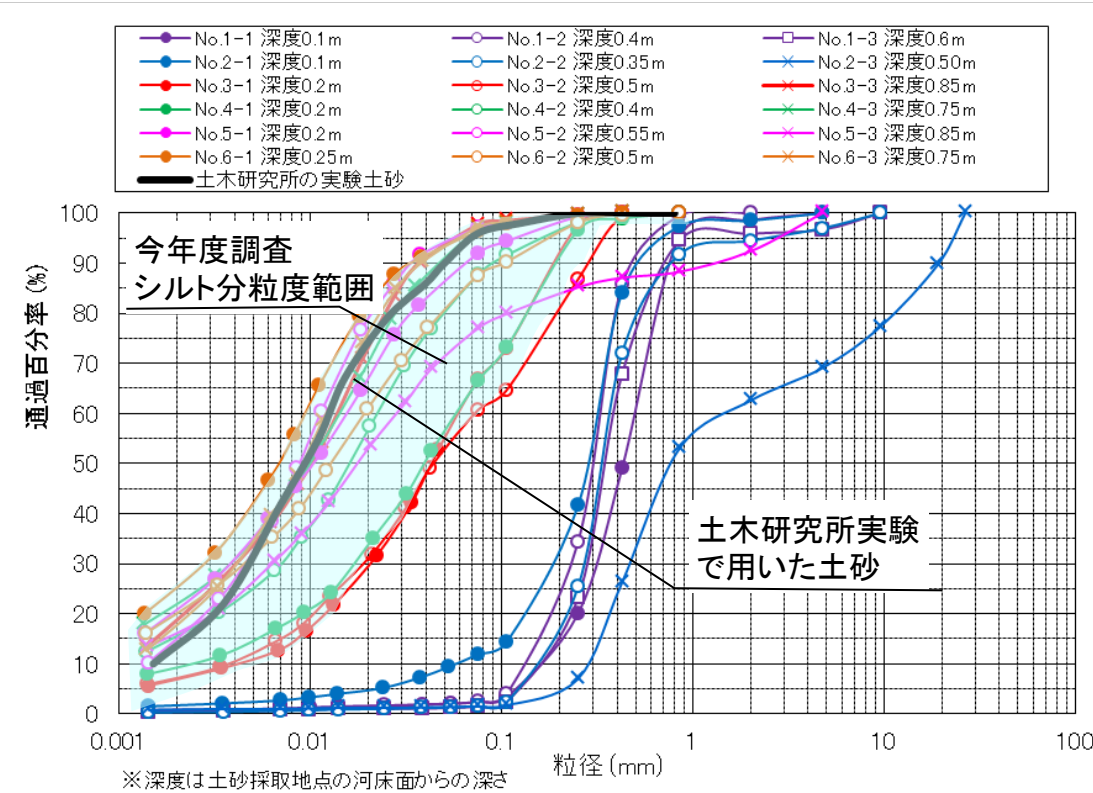


3.3 浚渫範囲の土砂粒径と浚渫量

■浚渫範囲の土砂粒径と掘削土砂量 今年度調査結果

- 今年度、浚渫範囲の土砂性状(密度、粒度)とシルト成分の堆積厚把握するために土砂性状調査を行った。
- 土木研究所で実施された実験※で用いた土砂は、今年度調査したシルト分の細粒側の分布に近く、土砂性状は類似している。
- 右岸側の地点3～6ではシルト成分が1m程度以上堆積していることを確認した。
- 今後、浚渫範囲全体の堆積厚と土砂性状を把握する。領域全体の粒度が土木研究所の実験よりも細粒側の場合、侵食限界摩擦速度が大きくなる可能性があるため、補助施設等により排砂効率を向上させる。

※貯水池および貯水下流の流れと土砂移動モデルに関する研究⇒当該研究内で、美和ダム微細粒土砂を用いた土砂侵食に関する実験が行われており、侵食限界摩擦速度として0.044m/sが得られている。

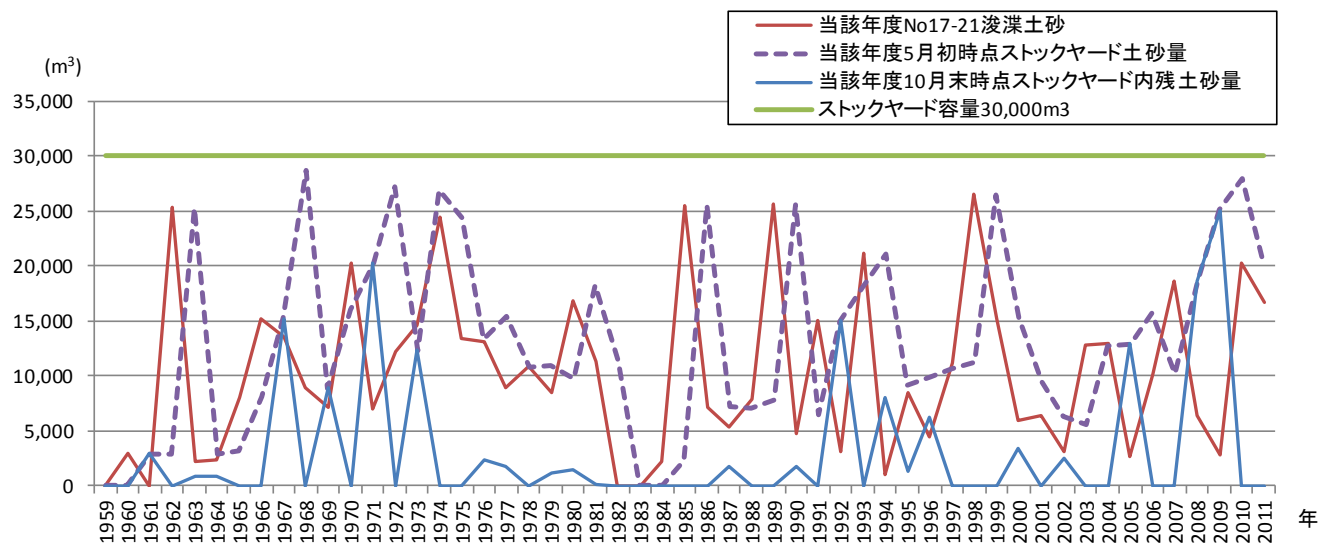


3.4 スtockヤードの運用シミュレーション

■運用可能状況の把握

- 非洪水期で浚渫し、ストックヤード内に集積した土砂を5月～10月（洪水期＋前後1か月）で土砂バイパストンネル運用にあわせて排出させる。前述の計算によりS34～H23の43年間でストックヤード内土砂の排出状況を算出する。
- 前年度10月末時点で、排出しきれず残った土砂は次年度排出させるものとする。（非洪水期は、貯砂ダム～分派堰内の水位を低下させ、堆砂掘削を実施しており、11月～4月はバイパストンネルの運用実績がないことからストックヤードからの排砂は10月～5月のみとする）
- 上記計算の結果、ストックヤード内土砂を排出しきれない年度はあるものの、ストックヤード内土砂は容量3万m³の範囲内で運用できることを確認した。

1959年～2011年の浚渫土砂量とストックヤード内残土砂量



計算条件

- バイパス運用において、バイパス流量50m³/sを超えた時点でストックヤードへの導水50m³/sを開始する。
- バイパス流量が50m³/s以下となった時点でストックヤードからの排砂を終了させる。
- ⇒ 実際には前出の操作方法(案)に基づき、バイパス流量が終了するまで排砂を継続させる(今後検討)。
- 1回の洪水で排砂が完了しない場合は、次の洪水で残った土砂を排出させる。
- 土砂の排出速度の算出は、侵食速度式を用いている(式中の定数αはヤード内土砂高さごとに想定)。

注1)各年の浚渫土量は、H23河床を維持河床として浚渫範囲をNo.17-21とした場合の数量
注2) 1959年・1961年・1982年・1983年は大規模出水のため、浚渫は実施しない(当該年度堆積土砂は別途対策により除去)
注3) 2005年以前はでバイパス運用実績がないため、運用実績から推定して算出

ストックヤード年間 運用工程

項 目	数 量	非 洪 水 期										洪 水 期				非洪水期	
		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
浚 渫	平均10千m ³ 最大27千m ³	浚渫330m ³ /日（この期間で浚渫可能な時期に実施）															
排 砂	最大30千m ³								バイパストンネル運用にあわせて排砂								
測 量	No. 17～21区間																

3万m³のストックヤードを用いて排砂の運用を行う枠組みについて検討を行った。

その結果は下記の通りである。洪水期の土砂バイパストンネル運用時間内にストックヤードから排砂を行うことで、湖内堆砂対策としての維持掘削土砂が排砂可能であることを確認した。

- 年間浚渫量 最大 2.7 万m³
- 年間ストック土砂排出量 最大 2.9 万m³
- 年間ストックヤード排砂時間 最大 43 時間 平均 21 時間
(排砂操作無しの年を除くと 平均 27 時間)
- ストックヤード残土砂量(累積) 最大 2.5 万m³

今後、実運用に向けた操作要領策定を行うため、実験結果やシミュレーション結果を踏まえて次の検討を行っていく。

- ・ストック土砂排出を合理的に実施するためのゲート操作方法
- ・上記を踏まえたストックヤード操作要領(排砂終了条件等含む)

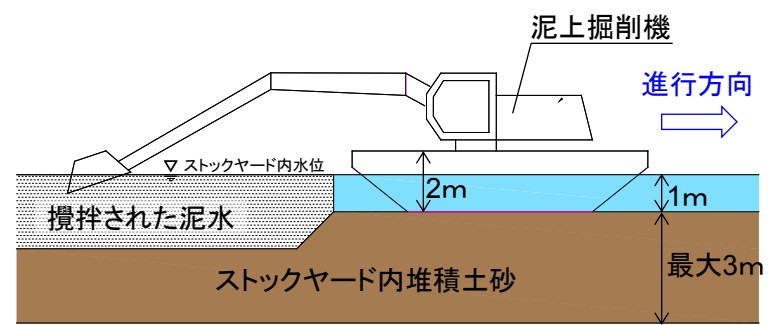
3.6 運用上の課題への対応

■ストック土砂が固化した場合の対応

- ストックした微細粒土砂の圧密固化が進行した状態では、局所的なみお筋が発生し、当該箇所のみが深さ方向に侵食し、全面的な侵食が発生しない可能性がある。
- 排砂効率を高めるため、河床を自然の営力（流水の力）で攪乱する構造物の設置を模型実験で検討するが、補助工法として、機械力により微細粒土砂をほぐす案を抽出する。

①案 泥上掘削機使用

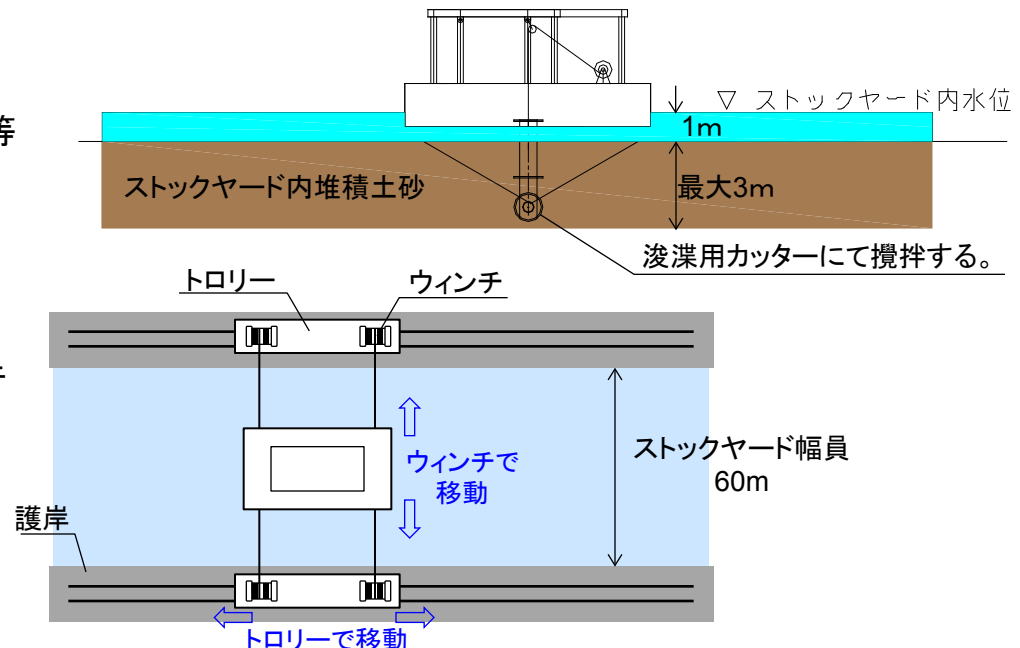
- 泥上掘削機を用いて、ヤード内土砂を攪拌する。
- 泥上掘削機は超軟弱地盤でも水深1m程度であれば走行可能である。
- 配置する台数は試験施工で歩掛を調査して設定する。



出典: 日立建機HP

②案 浚渫用カッター＋台船使用

- ストックヤード内にポンプ浚渫船等のカッター部を搭載した台船を浮かべ、浚渫用カッターを回転させることによりヤード内土砂を攪拌する。
- ヤード左右岸にレールを配置し、台船の上下流方向の移動は走行式トロリーにて行う。左右岸方向の動きはウィンチを利用する。



浚渫用カッターの例



出典: 矢作ダム堆砂工法現地実験

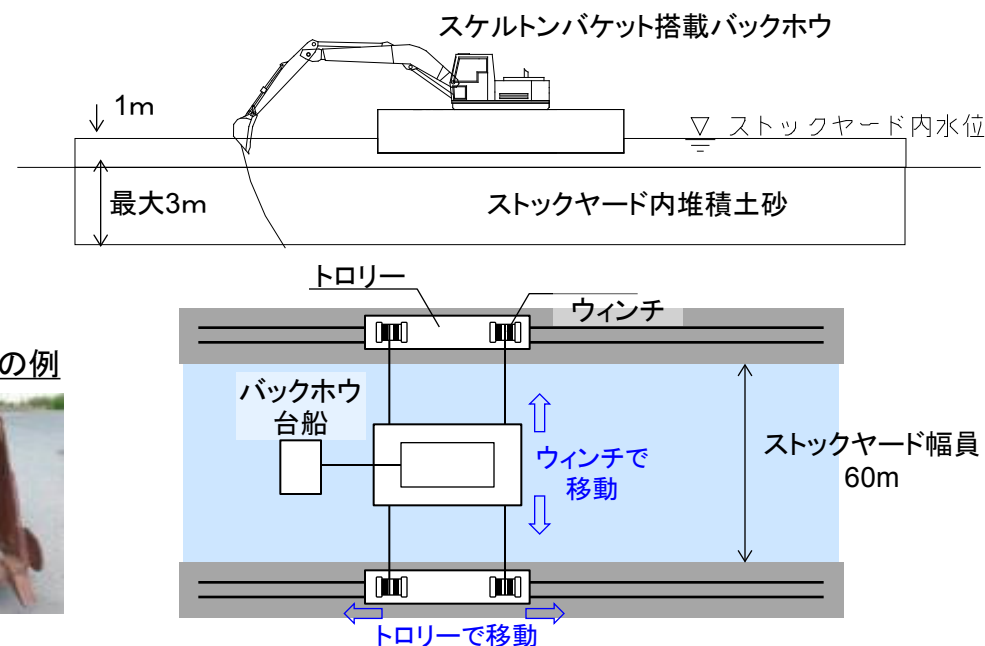
3.6 運用上の課題への対応

■ストック土砂が固化した場合の対応

③案 バックホウ台船使用

- ストックヤード内にバックホウ台船を浮かべ、固化した箇所をスケルトンバケットで乱すことにより、堆積した土砂を攪拌する。
- ヤード左右岸にレールを配置し、台船の上下流方向の移動は走行式トロリーにて行う。左右岸方向の動きはウィンチを利用する(②案と同様)。

スケルトンバケットの例

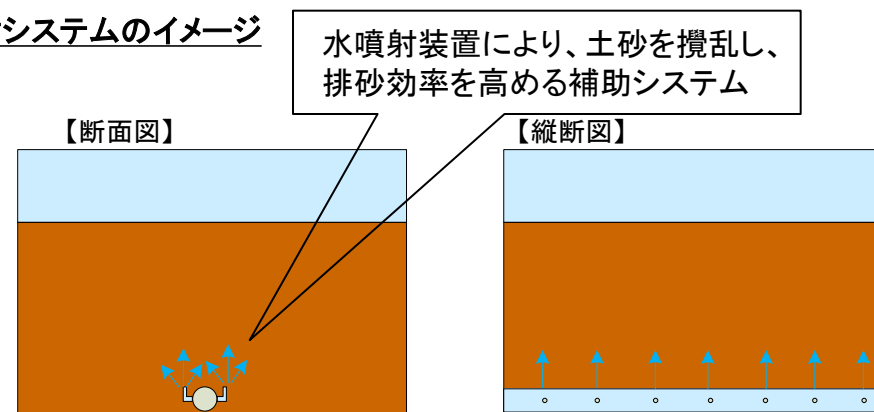


④案 高圧水噴射装置の配置

- ストックヤード底部に高圧水噴射装置を配置し、堆積土砂表面までの固化した土砂を攪乱させる。
- 河床表面から下方に噴射すると、堆積厚3mのストックヤード底部まで攪乱させることは困難であることから、底面より上方に噴射する。
- 採用にあたっては、美和ダム微細粒土砂に対する効果、堆積土砂厚さとの関連など、試験施工等で効果を確認する必要がある。

当該案の類似工法として、エア混入により土砂を攪乱するシステムも考えられ、調査中である。

水噴射システムのイメージ



3.6 運用上の課題への対応

■ストック土砂が固化した場合の対応

- 土砂をほぐす作業について、洪水発生中にも実施する可能性があることを想定すると、遠隔操作できるシステムを構築し、洪水期間中の管理所の負担を軽減することが望ましい。
- 各案ともに施工歩掛とその効果について、試験施工・試験運用により確認する必要がある。

	①案 泥上掘削機使用	②案 浚渫用カッター＋台船使用 ③案 バックホウ台船使用	④案 高圧水噴射システムの配置
概 要	●泥上掘削機を用いて、ヤード内土砂を撈拌する。 ●泥上掘削機は超軟弱地盤でも水深1m程度であれば走行可能である。 ●施工歩掛は試験施工等による確認が必要である。(撈拌するのみであるため、同規模のバックホウ掘削・積込の歩掛は参考とならない)	●ストックヤード内にポンプ浚渫船等のカッター部を搭載した台船を浮かべ、カッターを回転させることによりヤード内土砂を撈拌する(②案)。 ●ストックヤード内にスケルトンバケットを搭載したバックホウ台船を浮かべ、ヤード内土砂を撈拌する(③案)。 ●ヤード左右岸にレールを配置し、台船上下流方向の移動は走行式トロリーにて行う。左右岸方向の動きはウィンチを利用する。 ●施工歩掛は試験施工等による確認が必要である。	●ストックヤード底部に高圧水噴射システムを配置し、固化した土砂を撈乱させる。 ●上記は、マルチホールサクション工法(水圧吸引土砂排砂システムの一部・ダム水源地土砂対策技術研究会)の補助システムとして使用されている。当該工法は、ダム貯水位と下流放流地点の水位差を利用して貯水池内からの堆積土砂をパイプによりダム下流に排出するものである。 ●美和ダム微細粒土砂に対する効果、堆積土砂厚さとの関連など、試験施工等で効果を確認する必要がある。
長 所	●主要機械は泥上掘削機のみであり、設備の維持管理面では優位である。 ●台船が不要であり、機動性も優位である。	●陸上部からの遠隔操作が可能であり、ゲート開放前であれば、ストックヤード洪水発生時の稼動も可能である。トラブルにも対応しやすい。	●稼動時の操作は他案と比較して簡易であり、操作時の負担が小さい。
短 所	●水深1mを超えると、機械本体が浮いてしまい、制御できなくなる。重機足場が崩落した場合も同様である。 ●オペレータによる操作を必要とするため、ゲート開放前でも洪水時の稼動は安全管理に課題を有する。	●台船を正確に動かすシステムを構築する必要がある。洪水時にシステムが正確に稼動するよう維持管理が必要である。 ●陸上から遠隔操作ができるシステムについては技術開発が必要である。	●美和ダム微細粒土砂に対してどの程度効果があるか明確でない。噴射の影響が局所的にとどまる可能性もある。