

天竜川ダム再編事業
恒久堆砂対策工法検討委員会
第5回委員会

資料

平成31年1月15日
浜松河川国道事務所

目 次

1.	委員会規約	…	2
2.	第4回委員会までの確認事項	…	4
3.	維持管理河床と堆砂対策工法の検討	…	11
4.	実行可能性調査	…	23
5.	今後の主な検討事項	…	64

1. 委員会規約(一部改正)

1. 委員会規約

天竜川ダム再編事業恒久堆砂対策工法検討委員会 規約

(名称)

第一条 本会は、「天竜川ダム再編事業恒久堆砂対策工法検討委員会」(以下「委員会」という。)と称する。

(目的及び設置)

第二条 委員会は、天竜川ダム再編事業の恒久堆砂対策施設の具体化に向け、佐久間ダムに流入する土砂の適切な処置が可能な工法について、専門家からの意見・助言を聴くことを目的として開催し、浜松河川国道事務所長(以下「事務所長」という。)が設置する。

(組織等)

- 第三条 委員は別紙のとおりとし、事務所長が委嘱する。
- 委員の任期は前条の目的が達成されるまでの間とする。
 - 委員会には委員長を別紙のとおり置くこととし、委員長は委員会議事の進行と総括を担うものとする。
 - 委員会には事務局を浜松河川国道事務所(以下「事務所」という。)に置くこととし、事務局は委員会の事務を担うものとする。
 - 委員以外の専門家を委員会へ招請する必要がある場合は、事務所長が委員長の確認を得て行うものとする。

(会議)

- 第四条 委員会の開催は原則公開とし、委員会資料及び議事要旨を事務所のホームページで公表する。
- 特許に関わる情報など公表に適さない事項は、委員長の確認を得て公表する委員会資料から除外する。
 - 議事要旨は、事務局が委員長の確認を得て公表する。

(雑則)

- 第五条 この規約の改正は、委員会に諮り行う。
- この規約に定めるもののほか、委員会の運営に関して必要な事項は、委員長が委員の意見を聴いて定める。

附 則

(施行期日)

この規約は、平成28年2月25日から施行する。

(一部改正)

平成28年8月19日(委員名簿)

平成29年11月7日(委員名簿)

平成31年1月15日(委員名簿)

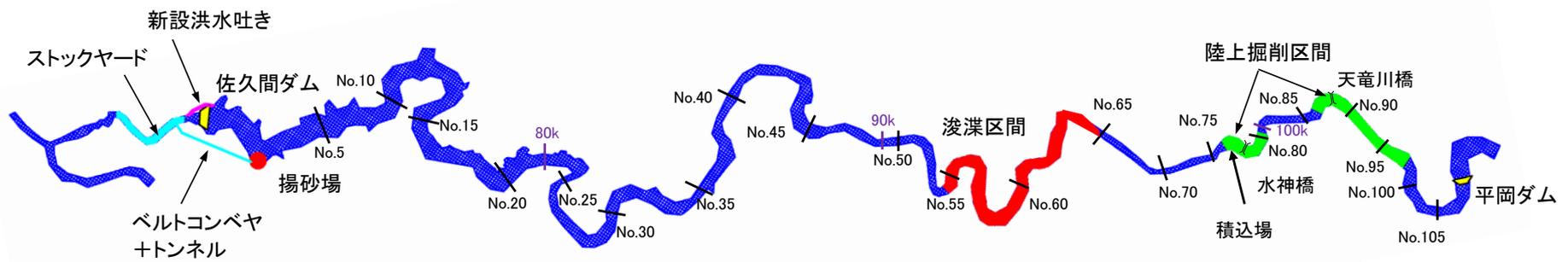
委員名簿 (規約第三条第1項関係)

氏名	所属等	備考
石神 孝之	国立研究開発法人 土木研究所 水工研究グループ 上席研究員	
佐々木 隆	国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官	
佐藤 俊哉	電源開発株式会社 土木建築部 部長	
鈴木 徳行	名城大学 名誉教授	
角 哲也	京都大学 教授	委員長
諏訪 義雄	国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川構造物管理研究官	
戸田 祐嗣	名古屋大学大学院 教授	
藤田 裕一郎	岐阜大学 名誉教授	

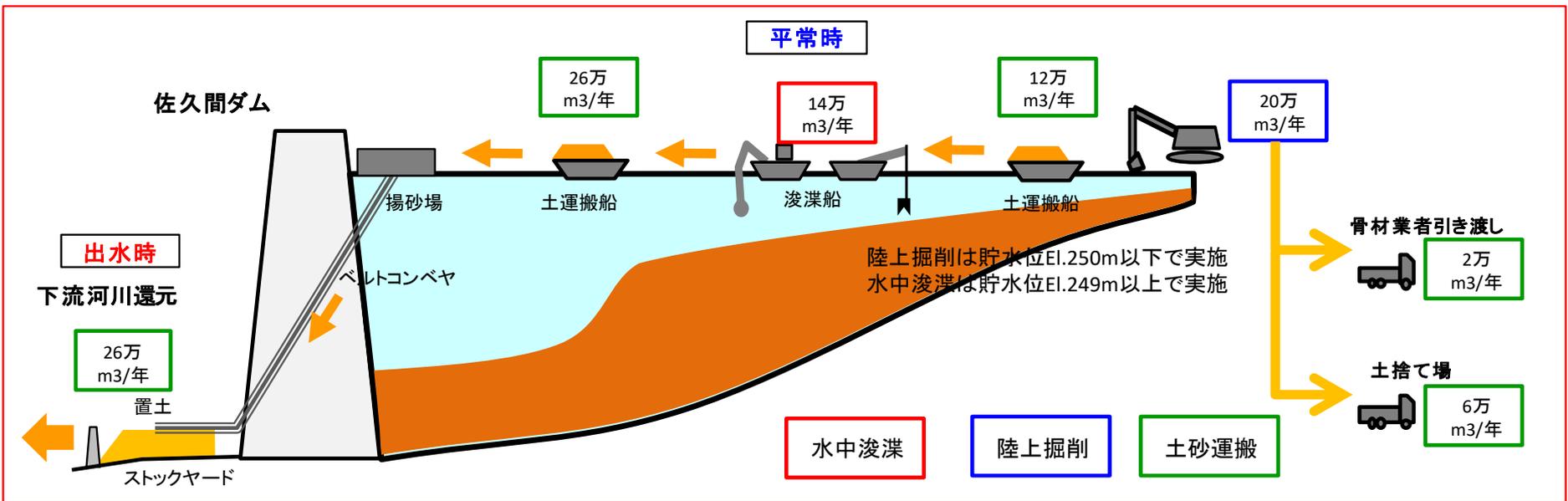
五十音順、敬称略

2. 第4回委員会までの確認事項

2-1 恒久堆砂対策の概要(第4回検討委員会までの堆砂対策)

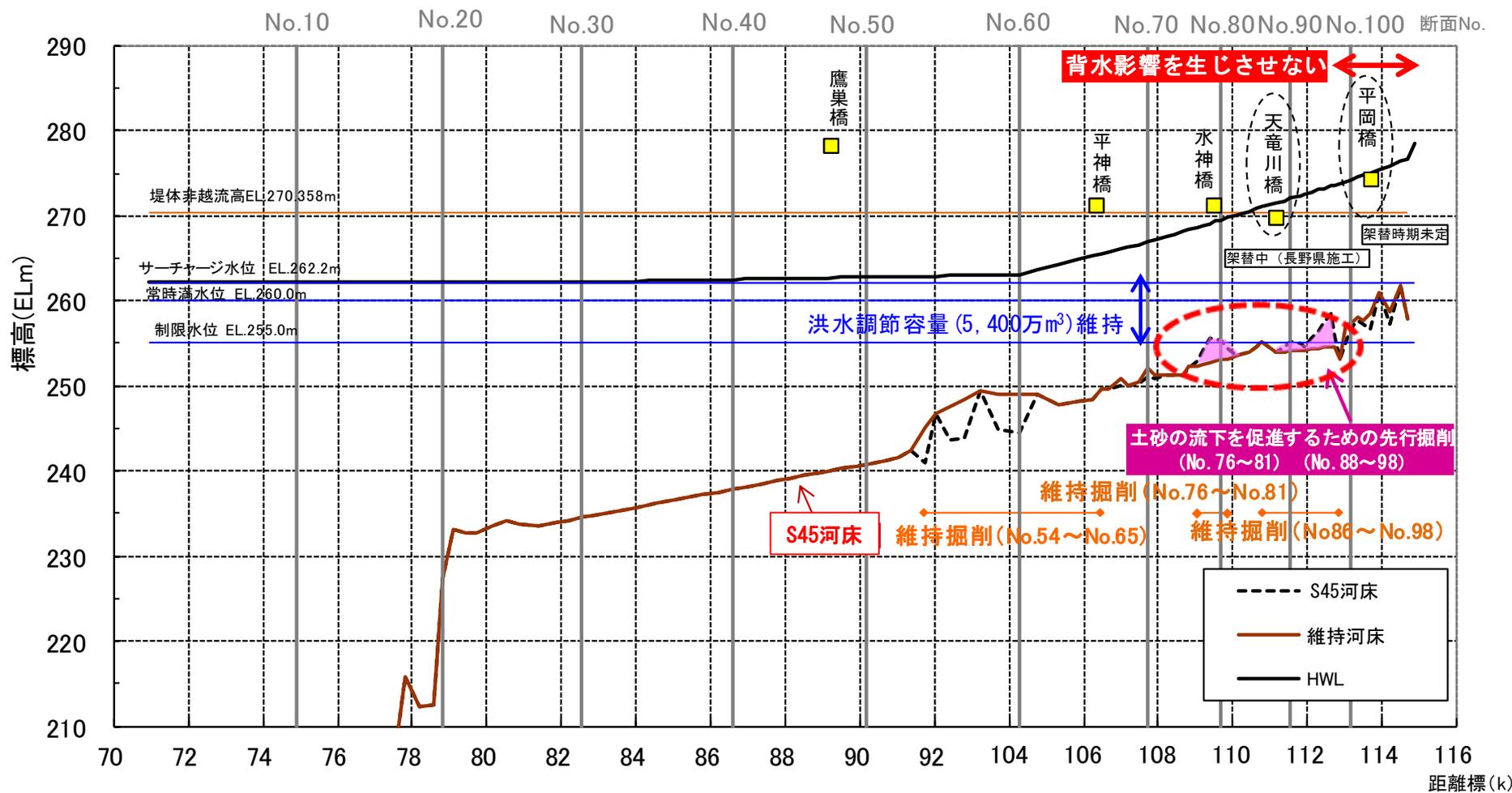


堆砂対策工法の構成



2-2 維持河床の設定(第4回検討委員会までの堆砂対策)

- 堆砂対策を確実かつ効率的(経済的)に実施するため、洪水調節容量を維持し、背水影響を生じさせない、維持掘削量が最も少なくなると考えられる河床形状「維持河床」(佐久間ダム貯水池No.54上流)を設定



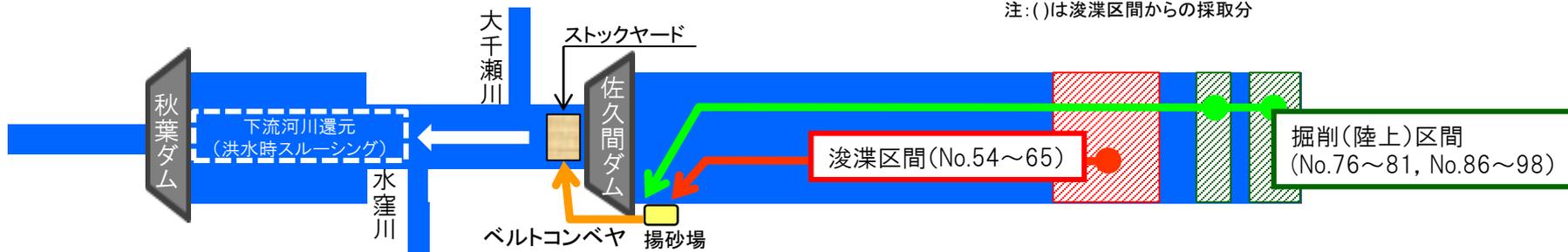
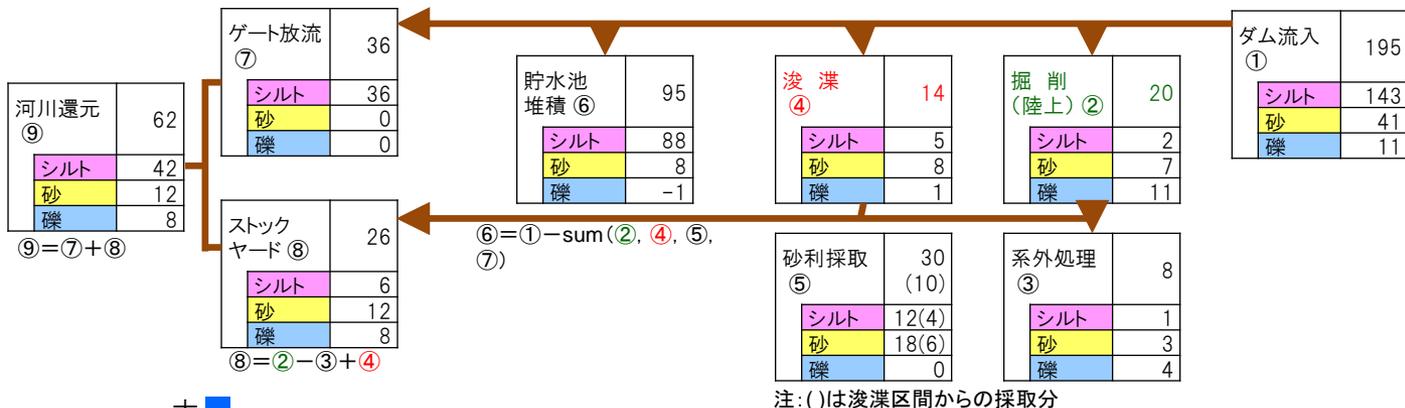
2-3 堆砂対策量の土砂収支(第4回検討委員会までの堆砂対策)

- ダム下流のストックヤードに26万m³/年の土砂還元(砂成分は12万m³)。

土砂収支図

単位: 万m³/年

シルト粒径集団	~0.2mm
砂粒径集団	0.2mm~0.85mm
礫粒径集団	0.85mm~



堆砂対策量

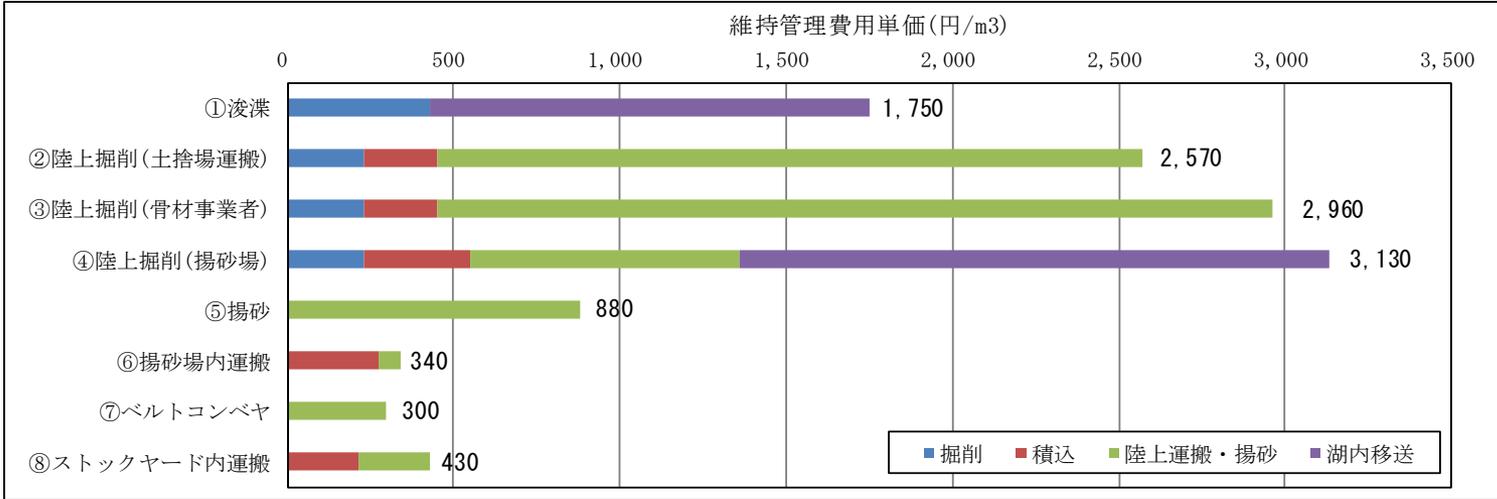
単位: 万m³/年

	堆砂対策量		
	浚渫	河川還元	系外搬出
浚渫	24	14	10(砂利採取)
掘削(陸上)	20	12	8(2:民間業者引渡) 6:土捨場搬出)
計	44	26	18

- 注) 土砂収支のシミュレーションは1次元河床変動計算により、期間はS54~H23の33年間×3+S54の100年間とした。
- ダム流入土砂量は、上流域3ダム(美和、小渋、松川)堆砂対策施設の運用による排砂を見込んでいない。
 - 数値は今後の精査等により変更する場合もある。

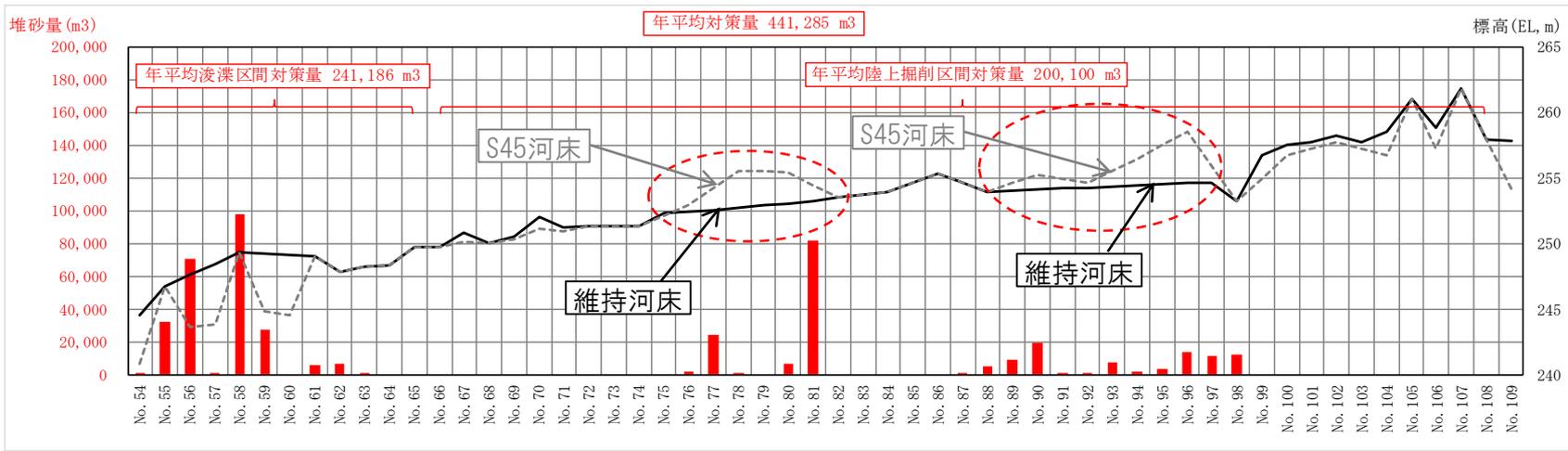
2-4 堆砂対策における課題：維持管理費用(第4回検討委員会までの堆砂対策)

●第3回委員会で提示した河床により、対策土砂量の縮減（55万m³/年→44万m³/年）を行ったが、さらなる維持管理費のコスト縮減が課題となっている。（特に、運搬距離が長い陸上掘削土の処理単価が高価である。）



浚渫土処理単価：
 ①+⑤～⑧
 =3,700円/m³
 陸上掘削土処理単価：
 ④+⑤～⑧
 =5,080円/m³

維持管理費用単価の内訳 (対策土砂量44万m³/年)



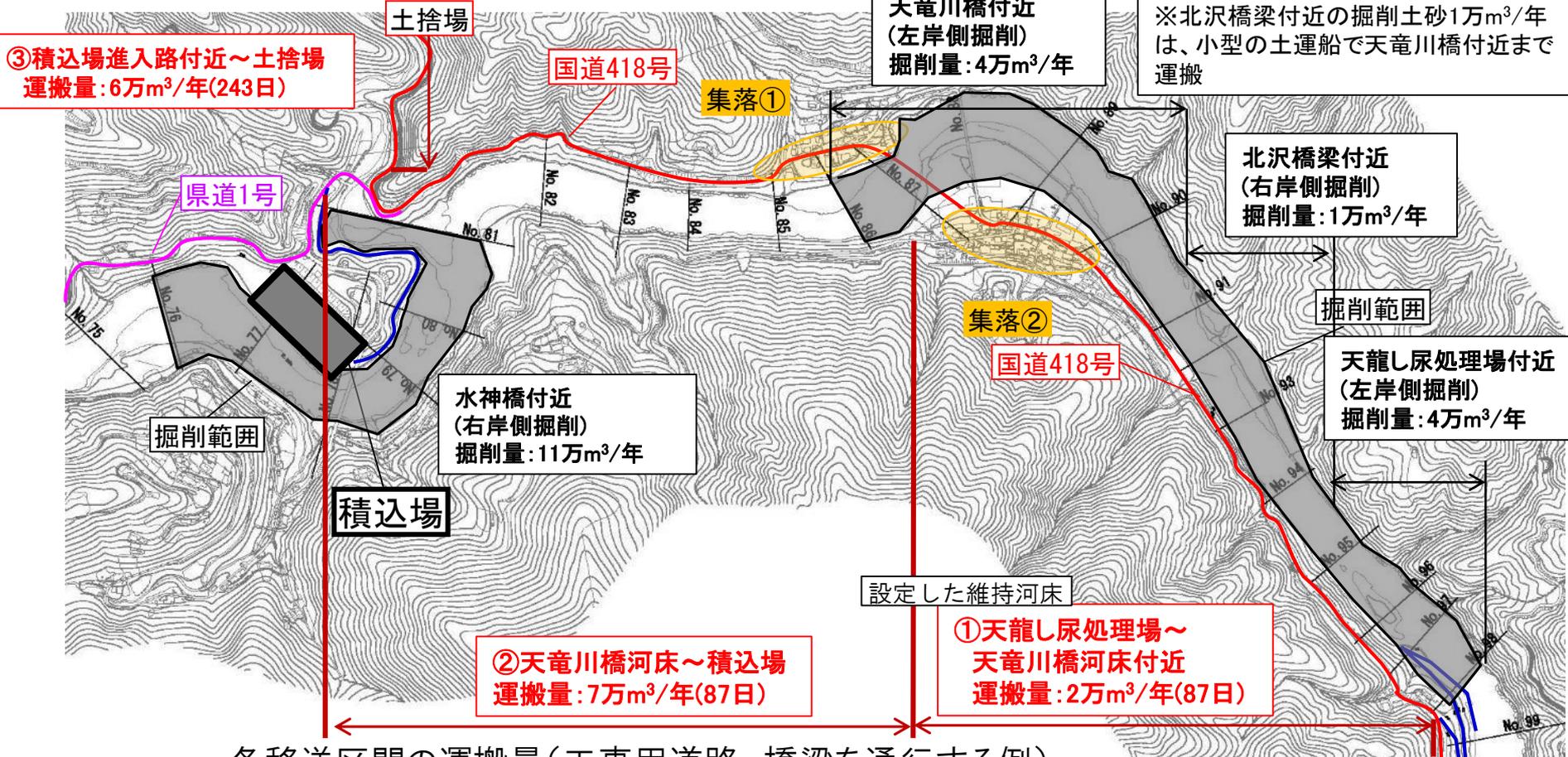
断面毎の対策土砂量 (100年間平均値)

2-4 堆砂対策における課題：陸上運搬(第4回検討委員会までの堆砂対策)

●上流側で陸上掘削を行った土砂を積込場まで運搬→集落を多くのダンプトラックが通行
地域交通を考慮した積込場までの運搬方法、運搬ルートを選定が課題

※天龍し尿処理場付近の掘削土砂4万m³/年のうち、2万m³/年は骨材業者(平岡ダム方向)へ運搬

※北沢橋梁付近の掘削土砂1万m³/年は、小型の土運船で天竜川橋付近まで運搬



各移送区間の運搬量(工事用道路, 橋梁を通行する例)
(第4回委員会資料より)

3. 維持管理河床と堆砂対策工法の検討

【内容】

- コスト縮減及び周辺環境に着目した新たな維持河床の検討

【報告事項】

- 新たな維持河床の考え方
- 陸上掘削土の運搬方法

4. 実行可能性調査

【内容】

- スtockヤード形状及び河川還元方法の検討
(ダム下流stockヤード諸施設の運用を検討するための水理模型実験及び予測計算の結果の提示)

【確認事項】

- Stock土砂排出の确实性の評価
 - ①排砂特性実験の評価
 - ・堰形状の評価
 - ・堰位置の評価
 - ・継続的な排砂機能の確認
 - ②stockヤード施設の総合評価
- Stockヤード下流への許容SS濃度の考え方

【報告事項】

- 下流還元土砂の下流河道への影響
 - ①移動床実験結果
 - ②平面二次元解析結果
 - ・下流河道への影響予測
- 置土実験
 - ①これまでの実験結果

3. 維持管理河床と堆砂対策工法の検討

3-1 新たな維持管理河床(以降、維持河床と表記)の検討

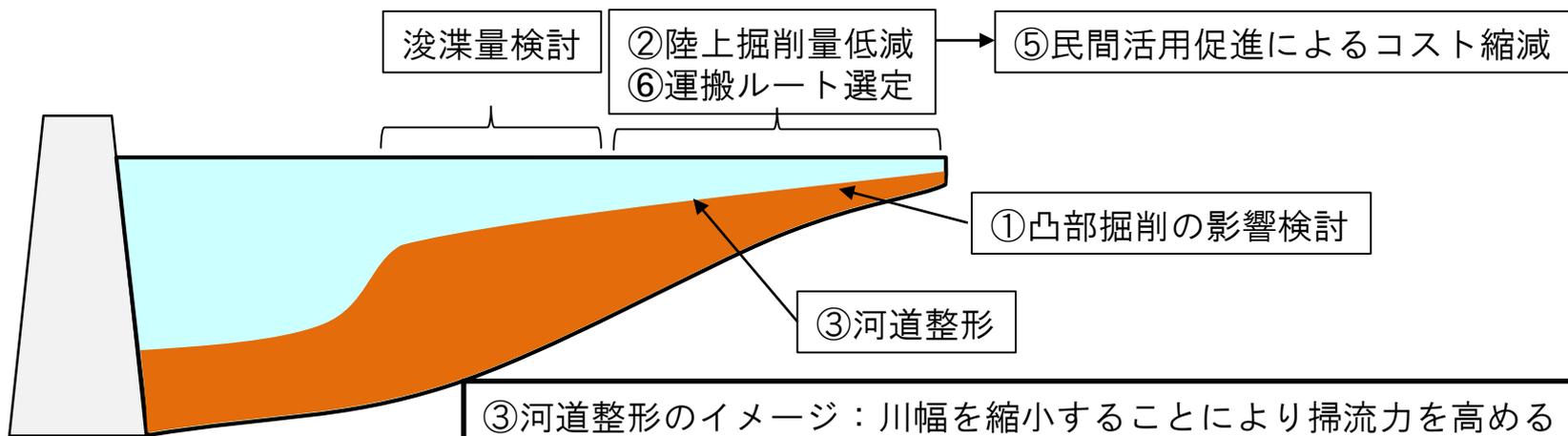
●前回までの委員会において、陸上掘削土運搬（ダンプトラック）がコスト※や周辺環境に与える影響が課題となっている。

※上流で掘削した土砂を、下流ストックヤードまで運搬する計画であったため、陸上掘削の方が浚渫よりも処理単価が高価であった。

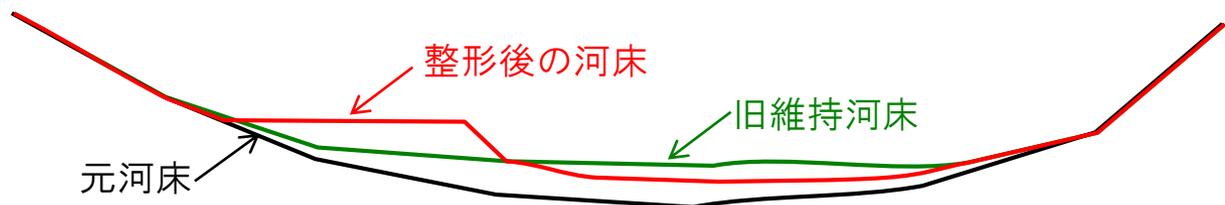


●周辺環境等への影響を最小化するために、以下の点に着目して再度検討を実施

- ①これまでの維持河床が対策土砂量に与える影響
- ②陸上掘削量の低減（浚渫量の増加はある程度許容）
- ③従来河床で堆積しやすい箇所の河道を整形（堆積しにくい河道）
- ④安定した貯水池管理（陸上掘削は維持河床まで、浚渫は定量で対策を実施）
※従来は、陸上掘削，浚渫ともに定量で対策を実施
- ⑤陸上掘削土砂の民間活用促進による下流への移送量低減（移送コストを縮減）
- ⑥地域交通に考慮した運搬ルート等の選定

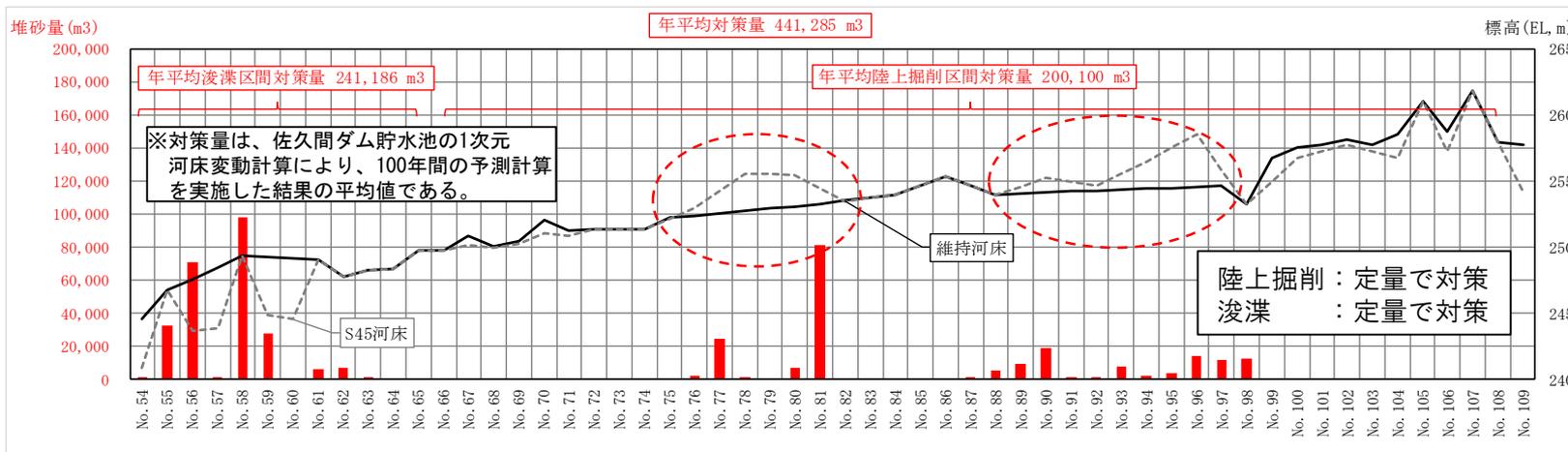


③河道整形のイメージ：川幅を縮小することにより掃流力を高める

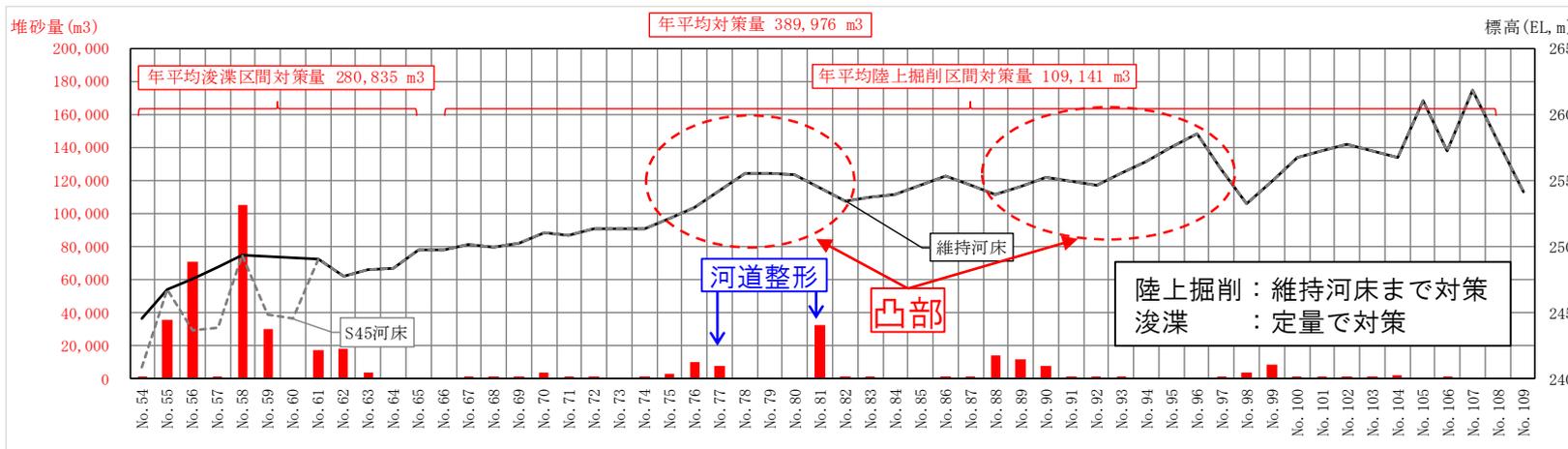


維持河床および対策土砂量の比較

- 第3回委員会に提示した維持河床は、コスト縮減と背水影響の低減を期待し、No. 76~82およびNo. 88~98の区間の凸部を掘削することとしていたが、凸部掘削区間に毎年多くの土砂が堆砂する傾向となっていた。
- そこで、凸部を許容し、一部断面で河道整形を計画したところ、陸上掘削区間での堆砂量が少なくなる結果となった。
- なお、いずれの対策を実施した場合でも、上流河道は背水影響によりHWL超過が生じないことを確認している。



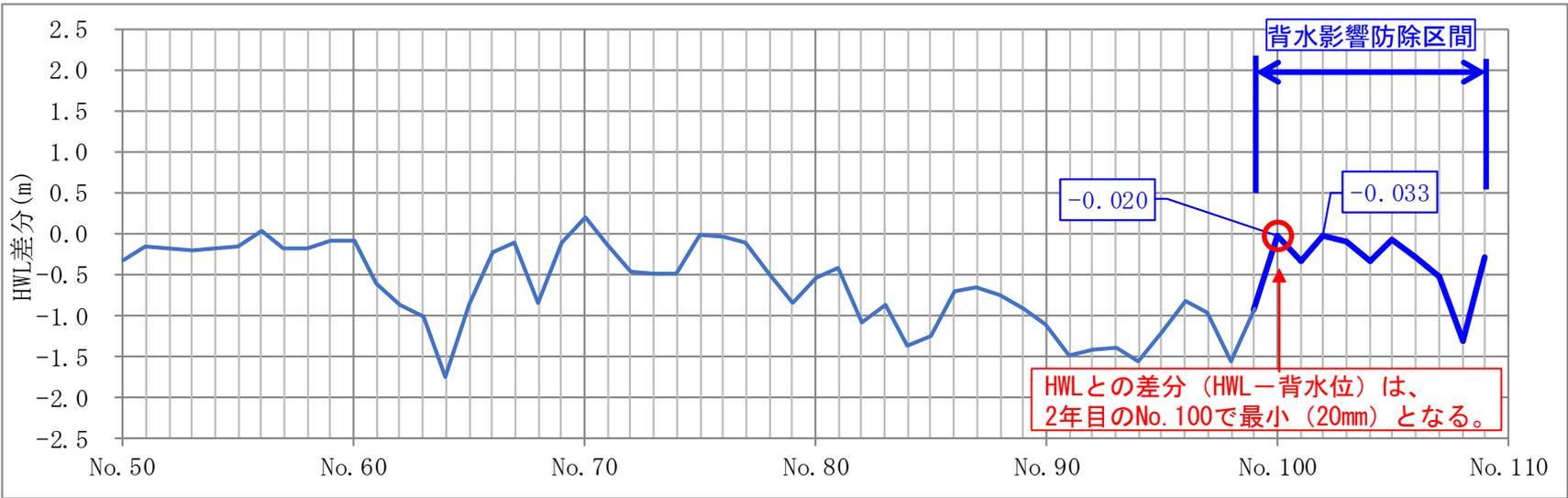
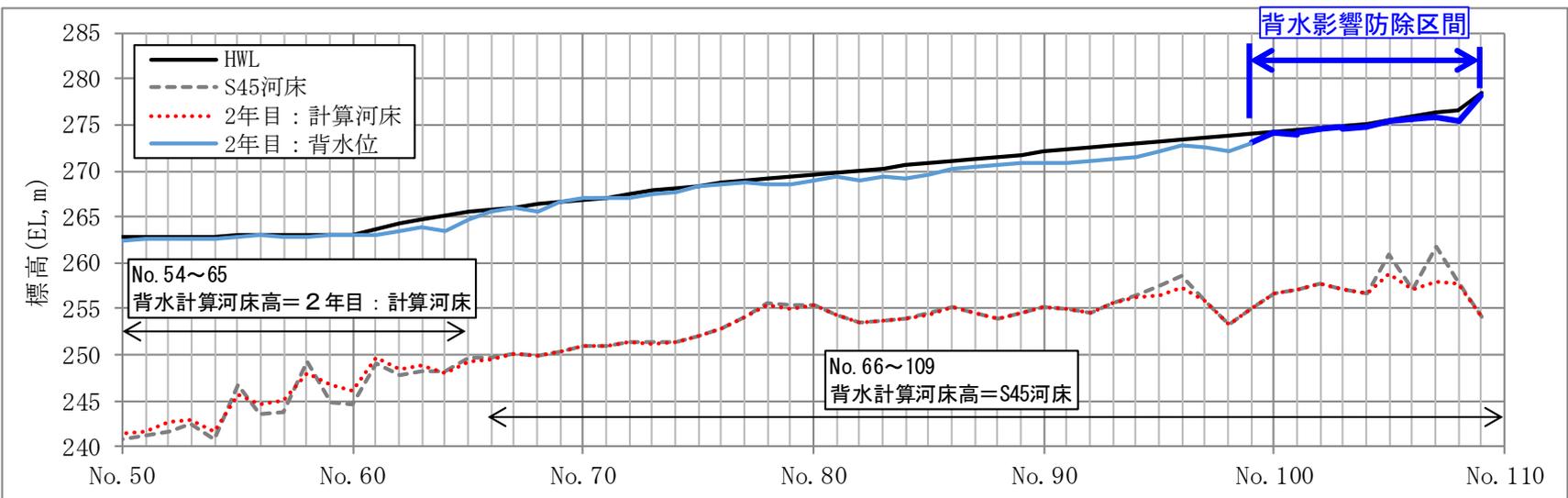
第3回委員会で提示した維持河床(凸部掘削あり)と地点毎の堆砂量



新たに検討した維持河床(凸部掘削なし)と地点毎の堆砂量

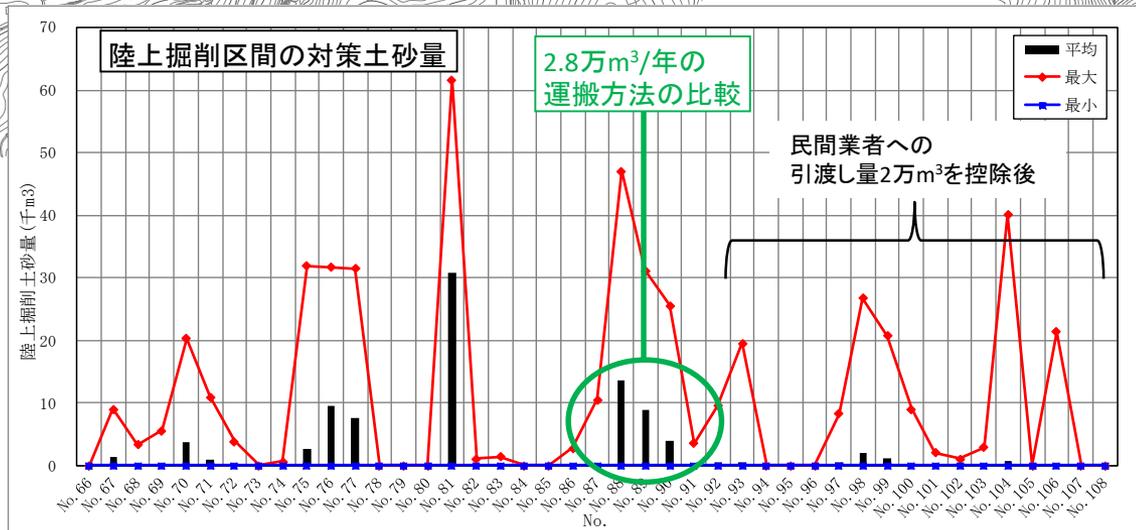
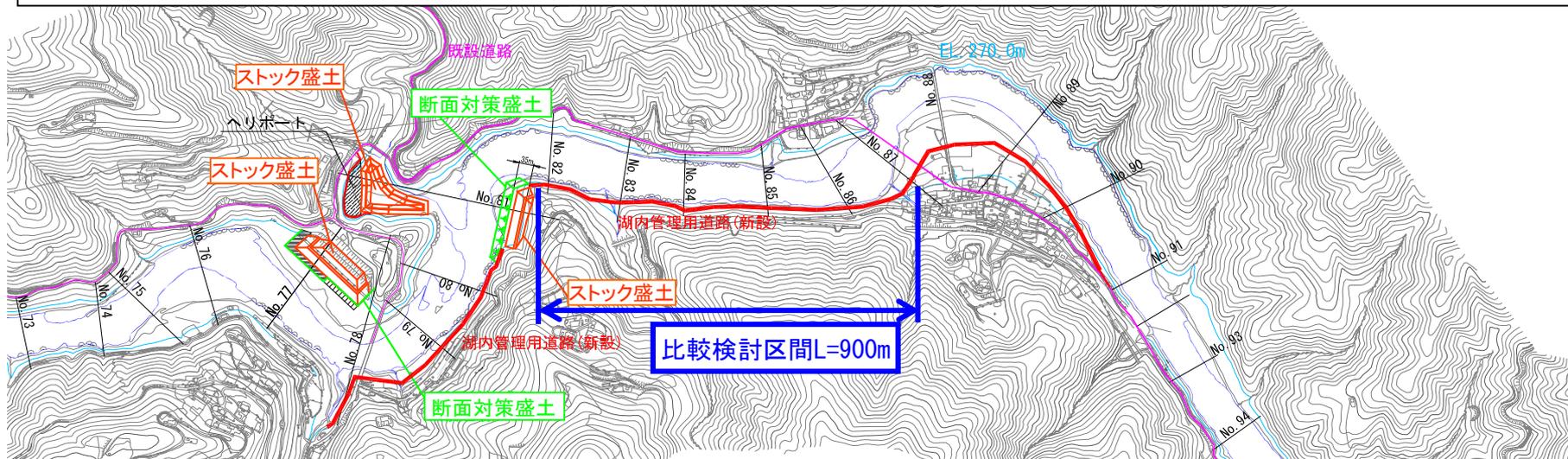
■新たな維持河床における背水影響の確認

●新たな維持河床において、背水影響防除区間No. 99~106でHWL超過は発生しない。(100年間繰り返し計算で確認)



3-4 陸上掘削土の運搬方法の比較(1)

- 陸上掘削土の運搬方法について、①案：汎用重機(10tダンプトラック)と②案：ベルトコンベヤ, ③案：管路輸送(特殊エジェクター)を比較する。
- 運搬区間は、仮置場までの運搬距離が最も長くなる天竜川橋(No.85~90)~No.81左岸仮置場の区間とする。(No.81左岸に仮置場を設置するのであれば、②, ③案では必ず当該地点で積替えが必要となるため)
- 運搬量は、No.85~90の区間での対策土砂量の平均値2.8万m³/年で設定する。



3-4 陸上掘削土の運搬方法の比較(2)

- ①案では初期費用として道路を設置するが、②、③案においても設備設置と管理用のためのスペースが必要であり、初期費用に大きな差は無くなる。
- 維持管理費用(運転費用)は、処理土砂量が少なく運搬距離が短いため、大量輸送を目的とした施設であるベルトコンベヤの②案は単価が高い。
- ③案の管路輸送は、湖面での輸送を主目的とした装置であるため、処理単価が高い。
- ②案、③案は、設置した施設の能力を超える処理ができないが、①案は汎用重機の追加で対応可能である。経済性も他案に比べて優れるため、①案を採用する。

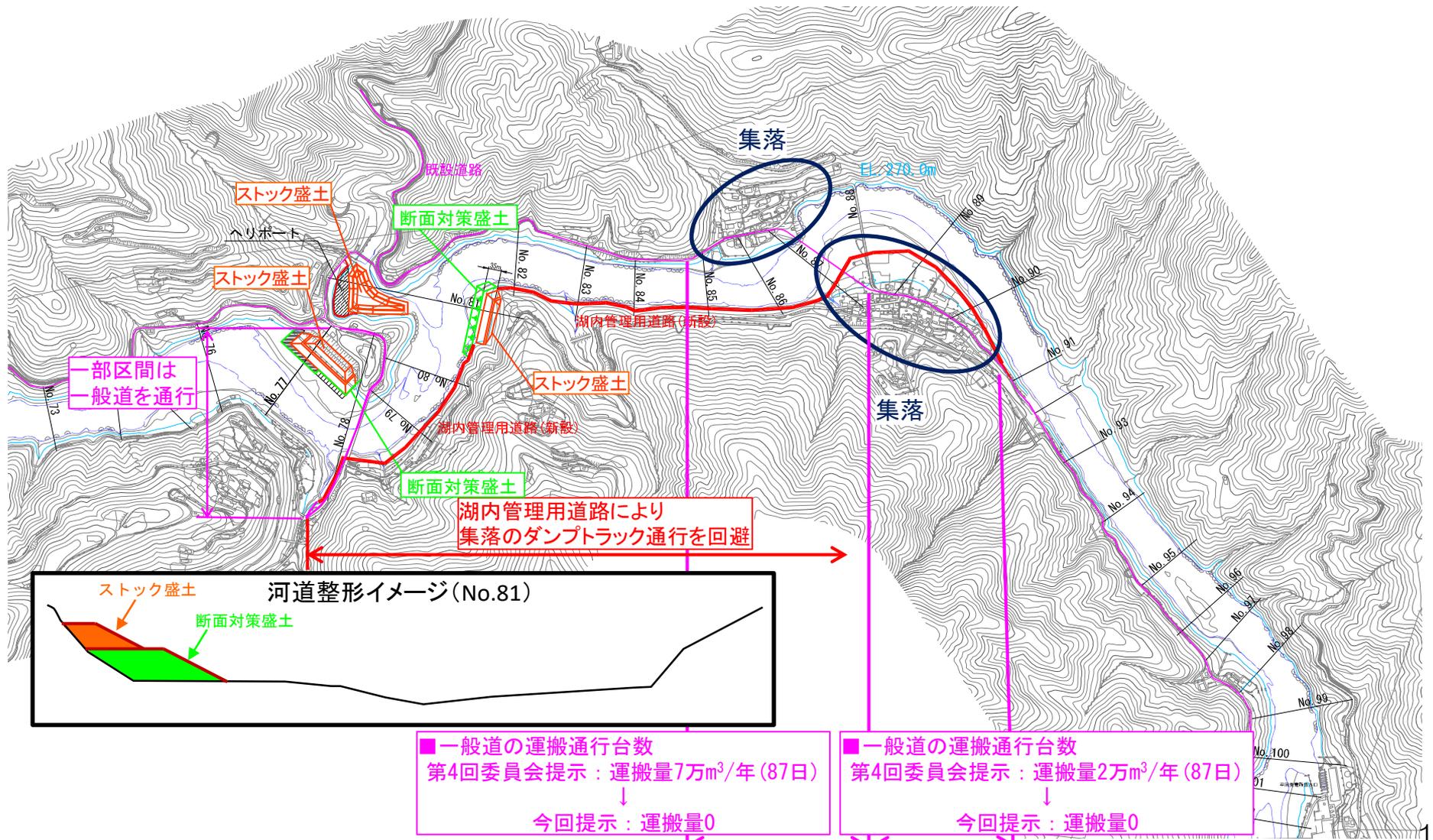
項目		①案:湖内管理用道路 (10tダンプ運搬)	②案:ベルトコンベヤ 運搬	③案:管路輸送 (特殊エジェクター)
経済性	初期費用	道路造成 :117百万円	設置スペース造成 :117百万円 ベルトコンベヤ設置 :11百万円	設置スペース造成 :117百万円 特殊エジェクター設置 :14百万円
	維持管理費用 (運搬費用)	10tダンプ運搬 :14.0百万円/年	ベルトコンベヤ運転, 管理※ :24.9百万円/年	特殊エジェクター運転, 管理 :61.6百万円/年
	総コスト= 初期費用+ 50年維持費	817百万円	1,373百万円	3,211百万円
変動対策量 (最大13万m ³ /年)への 対応		・汎用重機で容易に調達 できるため、変動量に対 応できる。	・能力を超える対策量に対 しては、別途運搬方法を 確保する必要がある。	・能力を超える対策量に対 しては、別途運搬方法を確保 する必要がある。
評価		・費用が最も安価で、変動 対策量にも対応できるた め、採用案とする。	—	—

※掘削地点から設備(ベルトコンベヤまたは特殊エジェクター)までの運搬, 投入費用を含む。

3-5 陸上掘削関連施設

●コスト削減に着目した新たな維持河床の考え方

- ①従来河床で堆積しやすい河道を整形 (No. 77, No. 81) → 維持単価の高い陸上掘削量を低減
- ②河道整形した箇所仮置き場を整備 → 陸上掘削土をストックし、民間活用(砂利)を促進
- ③湖内管理用道路を整備 → 陸上掘削土の仮置き場及び積込場への運搬に伴う社会影響を軽減

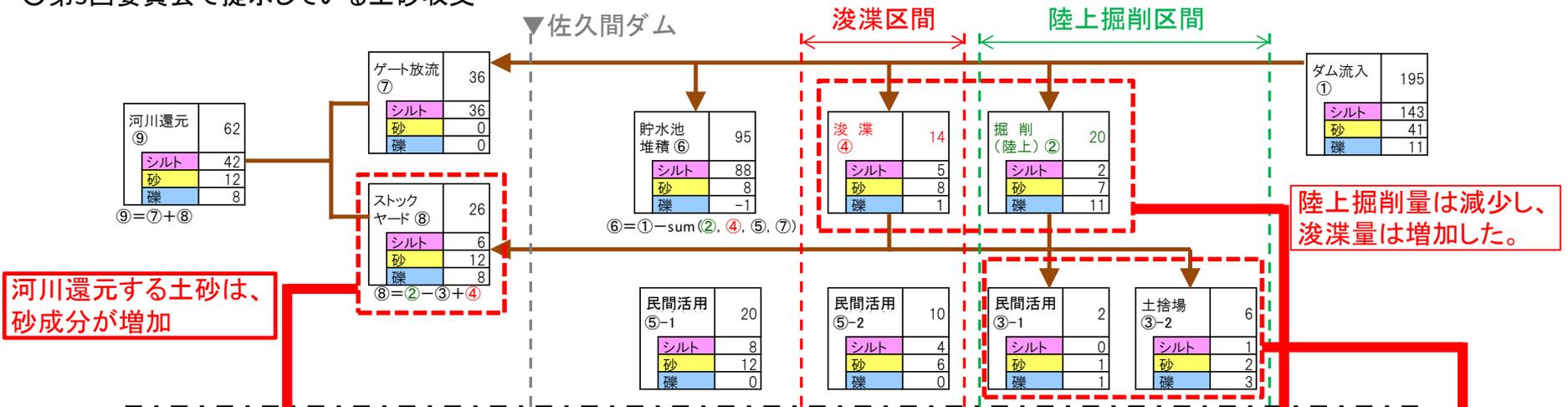


3-6 土砂収支(まとめ)

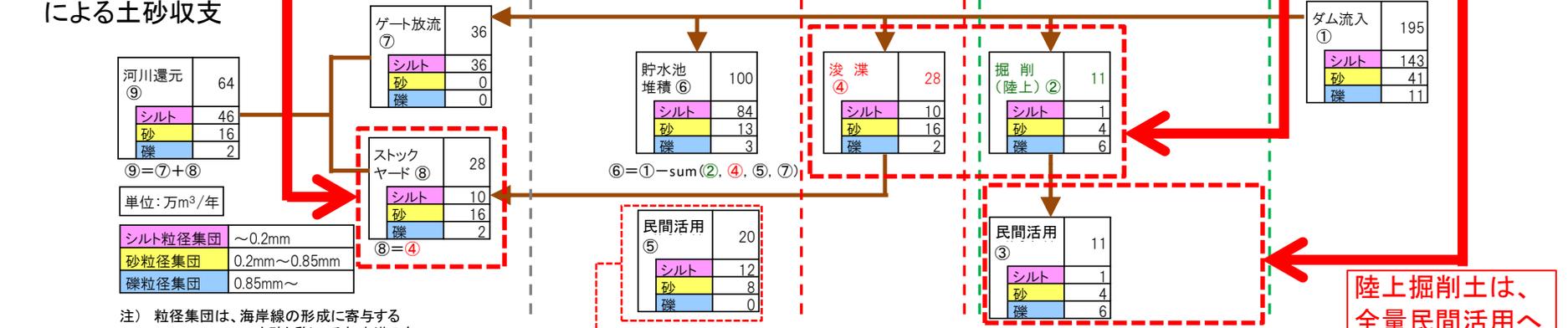
■土砂収支の比較

- 維持管理費が大きい陸上掘削量を低減させるとともに、湖内運搬を取りやめることとした。また、対策土砂量を低減させたことにより、陸上掘削での発生土砂を全量民間活用へ提供することを想定し、残土処理を無くすこととした。
- 陸上掘削量を低減させた代わりに、浚渫量を増加させており、河川還元する土砂の粒度分布は以前よりも砂粒径集団が増加する結果となった。

○第3回委員会で提示している土砂収支



○今回の検討結果による土砂収支

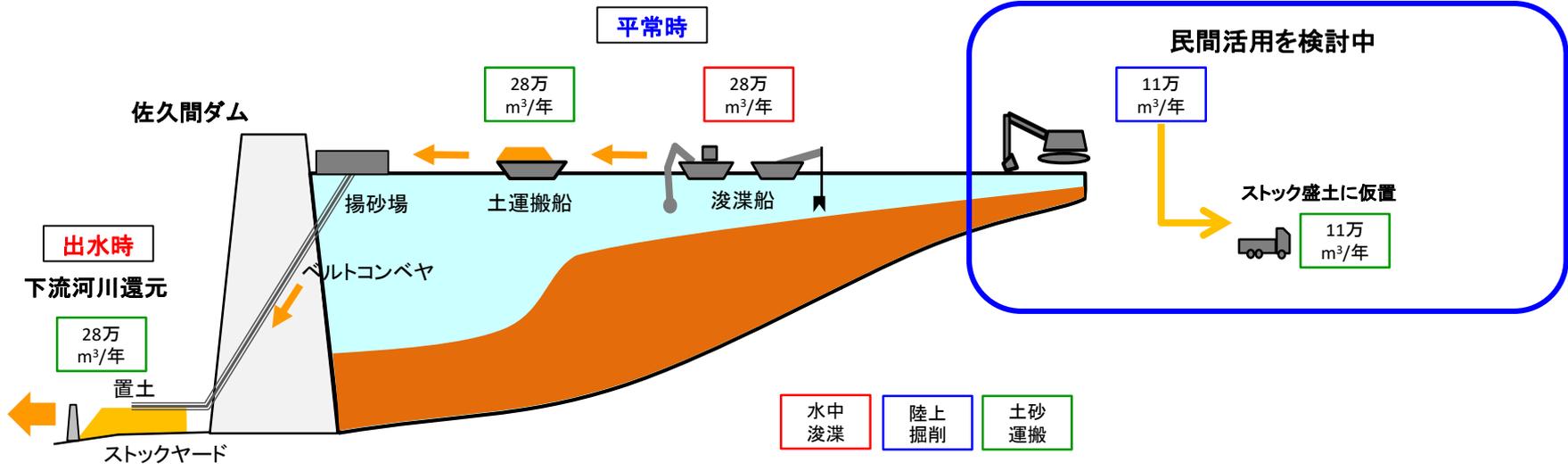
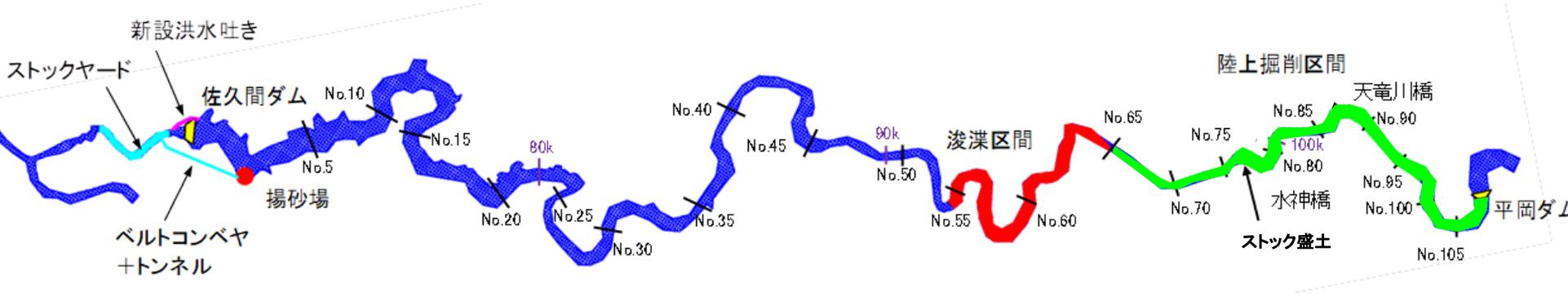


注) 粒径集団は、海岸線の形成に寄与する0.2mm~0.85mmを砂と称し、それ未満のものをシルト、以上のものを礫と称した。

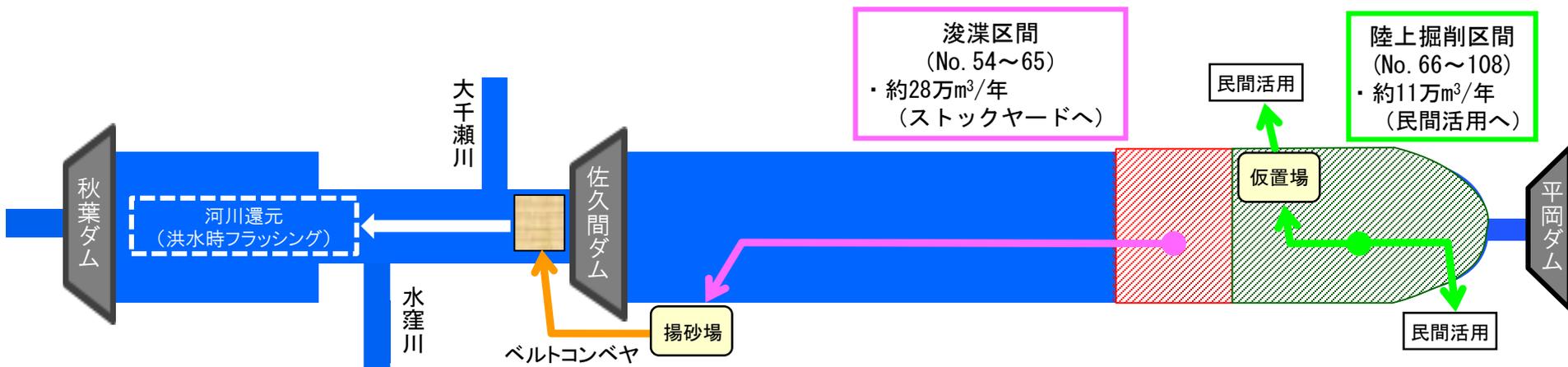
民間業者による採取量は、これまでの実績による想定数量であり、ここで提示している以上に採取することも充分に可能と考えている。

3-7 施設全体配置(まとめ)

佐久間ダム堆砂対策施設の全体配置を示す。



3-8 堆砂対策施設の全体構成(まとめ)



①掘削(陸上) 施工機械

作業段階	施工機械	規格	規模
掘削(陸上)	バックホウ	1.4m³級	5台→3台
	ダンプトラック(民間業者)	10t	2台
	ダンプトラック(土捨場)	10t	8台→0台
	ダンプトラック(積込場)	10t	15台→0台
	ダンプトラック(仮置場)	10t	0台→10台
積込場敷均	ブルドーザ	21t級	2台→0台
土運船積込	ホイールローダ	3m³	1台→0台
土砂運搬船	土運搬船	650m³級	3隻→0隻
	押船	1000PS級	2隻→0隻

②浚渫 施工機械

作業段階	施工機械	規格	規模
浚渫	グラブ浚渫船	鋼 D5.0m³級	1隻
		鋼 D2.5m³級	0隻→1隻
土砂運搬船	土運搬船	650m³級	3隻
		300m³級	0隻→3隻
	押船	1000PS級	2隻
		600PS級	0隻→2隻

③揚砂場

作業段階	施工機械	規格	規模
揚砂	アンローダ	500t	1基
ストックパイルへ運搬	ホイールローダ	7m³	1台
	ダンプトラック	12t級	2台
ストックパイル敷均	ブルドーザ	21t級	1台
ベルトコンベヤへ投入	ホイールローダ	7m³	1台

④ベルトコンベヤ

作業段階	施工機械	規格	規模
土砂運搬	トンネル	2.7m×2.7m(幌型)	1,290m
	ベルトコンベヤ	W=1,050mm	1,440m

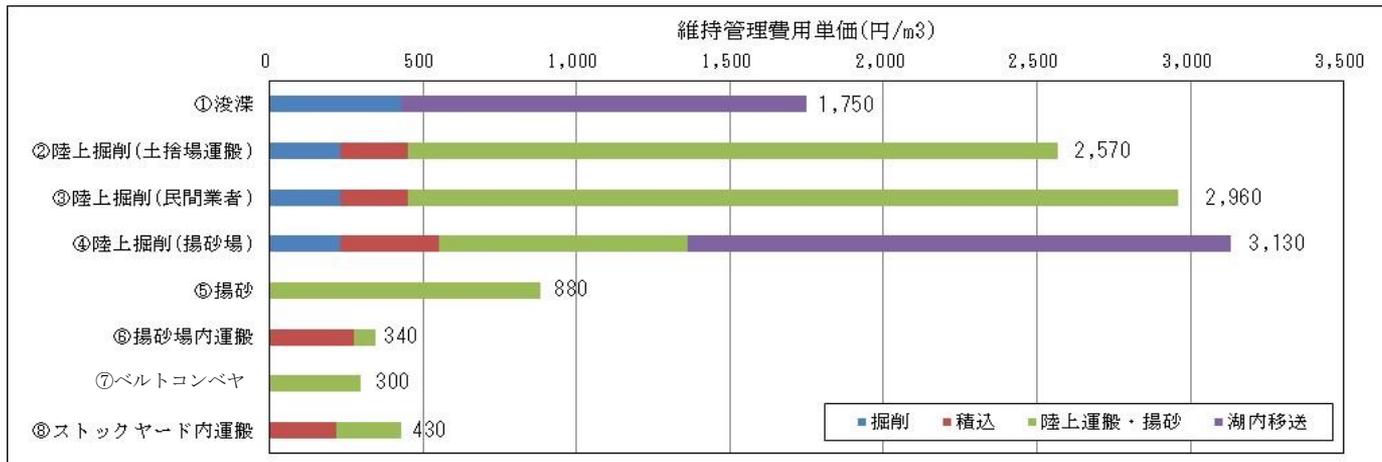
⑤ストックヤード

作業段階	施工機械	規格	規模
土砂運搬	ホイールローダ	7m³	1台
	ダンプトラック	32t	3台
敷均	ブルドーザ	21t級	2台

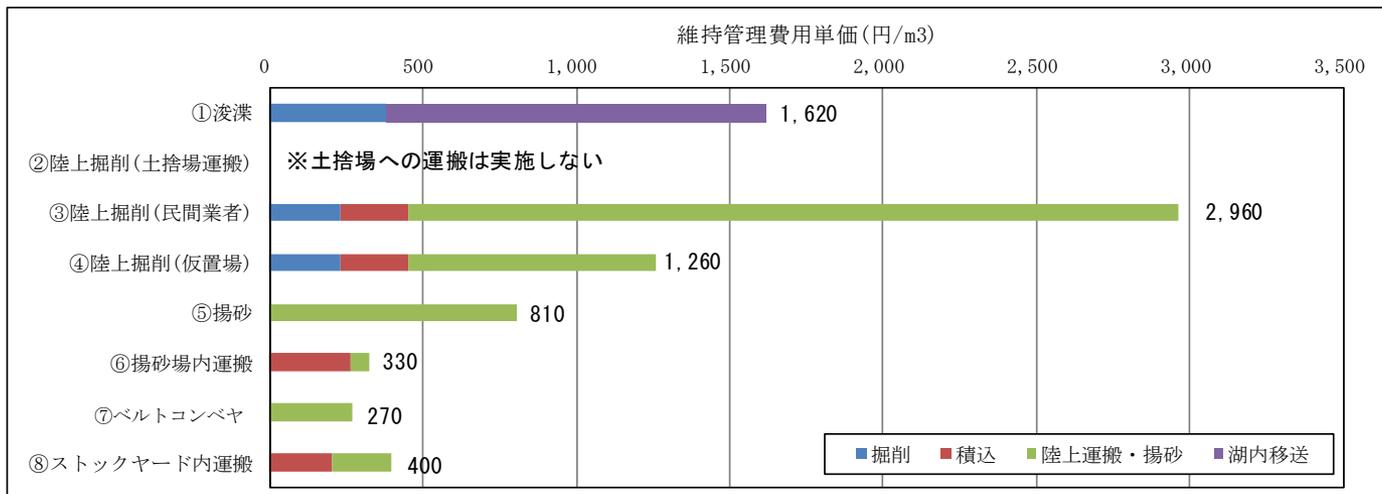
※変更箇所は赤字で示している。

3-9 維持管理費用について(まとめ)

- 浚渫量は24万m³/年が28万m³/年に増加したが、運搬単価が高価であった陸上掘削量は20万m³/年→が11万m³/年に減少した。
- 陸上掘削土は、今後民間活用を図ることにより、揚砂場までの湖内移送による運搬が不要となる。
- 上記の2点が要因となり、コスト縮減を図ることができた。



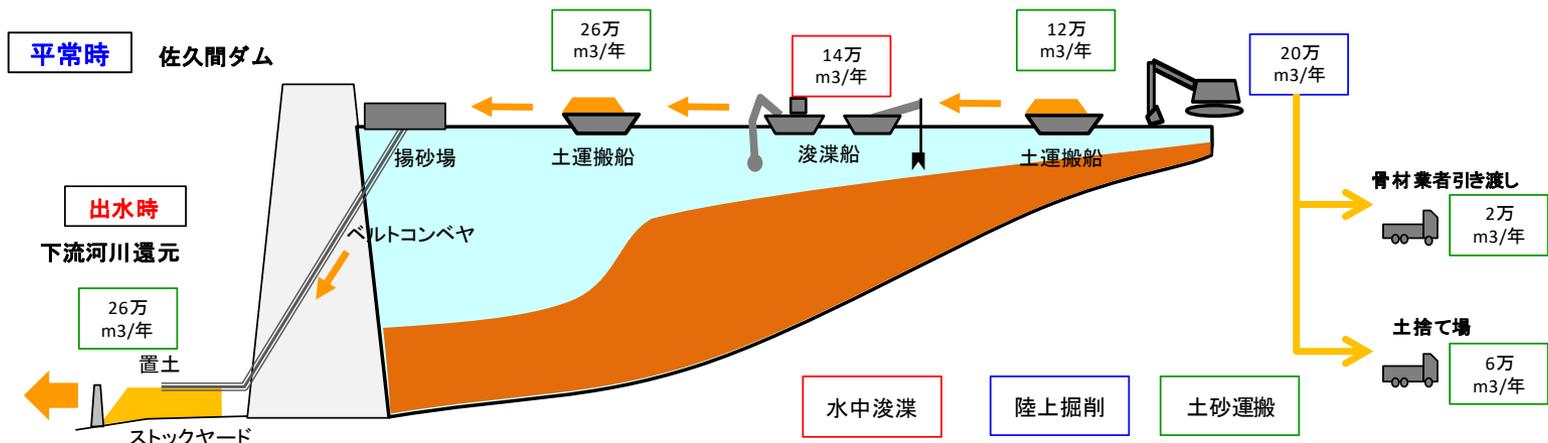
維持管理費用単価 (対策土砂量44万m³/年※, 第3回委員会提示) ※44万m³のうち10万m³は民間活用



維持管理費用単価 (対策土砂量39万m³/年, 今回検討結果)

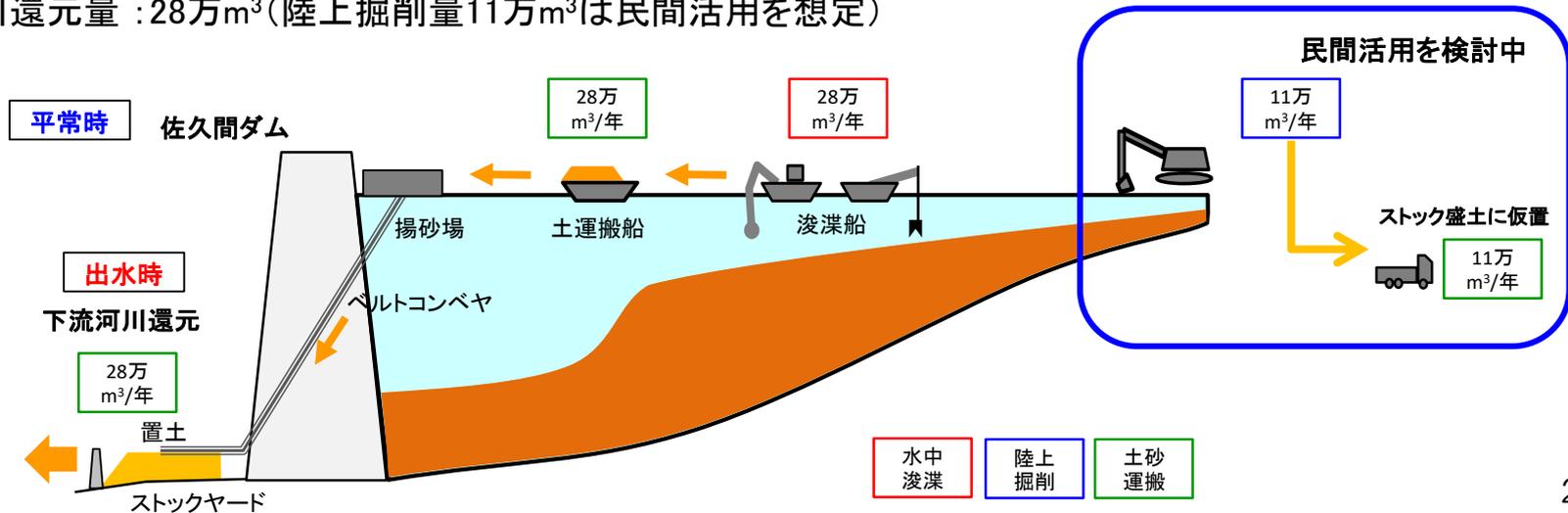
■旧計画： 対策土砂量44万m³(浚渫区間24万m³, 陸上掘削区間20万m³)

- ①浚渫量 : 14万m³(浚渫区間対策量24万m³のうち、10万m³は民間業者による浚渫を想定)
- ②陸上掘削量 : 20万m³
- ③下流河川還元量 : 26万m³(陸上掘削量20万m³のうち、8万m³は民間活用を想定)



■新計画： 対策土砂量39万m³(浚渫区間28万m³, 陸上掘削区間11万m³)

- ①浚渫量 : 28万m³
- ②陸上掘削量 : 11万m³
- ③下流河川還元量 : 28万m³(陸上掘削量11万m³は民間活用を想定)



4. 実行可能性調査

4-1 実行可能性調査の検証事項

4-1-1 実行可能性調査の検証内容

検証事項		検証内容	水理模型実験	予測計算等
①ストック土砂を排出できるか	1) スtockヤード平面形状の影響	流量規模、置土設置状況に伴うStockヤード内の放流水の流下状況、土砂の移動形態を把握し、適正な置土条件を検討。 (着目点) ・偏流の発生、置土侵食、土砂流下状況の現象把握 ・排砂特性の変化	H29	H29～ H30
	2) 下流端堰の構造などの影響	水理模型実験による下流端堰の影響把握と最適堰形状の選定。 実験結果を用いた河床変動解析モデルの校正。 (着目点) ・HQ関係の把握と、大流量時の水位堰上げによる掃流力の低下 ・ゲート部への土砂堆積、排砂特性の変化	H29	H28～ H30
	3) 放流水のStock土砂へのあて方の影響	分流施設及び小規模水路途中からの放流による、残留土砂の軽減方法の検討。 (着目点) ・対策の有無による土砂排出効果	H29	H31～
	4) Stock土砂への粘性土含有の影響	Stock土砂に含まれる粘性土砂が置土侵食に及ぼす影響把握。 (着目点) ・土砂性状ごとの摩擦速度と侵食速度の関係を把握し、関係式を作成	H28	-
②河川還元する土砂の濃度が高すぎないか		放流初期の置土流出に伴う濁度量、濁度変化を把握。 (着目点) ・下流端堰構造に伴う土砂流出量(浮遊砂による濁度)の時系列変化	-	H28～
③河川還元した土砂が河道に異常堆積しないか	1) 佐久間ダム下流河道	置土実験および予測計算による土砂移動状況の把握 (着目点) ・洪水後の河道堆積の可能性とその影響	-	H29～
	2) 秋葉ダム貯水池	スルーシング実験及び予測計算による土砂移動状況の把握 (着目点) ・洪水後の貯水池内堆砂とその影響	-	H29～
	3) 秋葉ダム下流河道	置土実験及び予測計算による、土砂移動状況の把握 (着目点) ・洪水後の河道堆積の可能性とその影響	-	H29～
④平常時に濁水が流出しないか		Stockヤードからの濁水の流出状況の検討。 (着目点) ・盛土の含水分による細粒分の流出 ・降雨による細粒分の流出 ・沢水等による細粒分の流出	詳細な設計段階での検討 25	

時間軸

水理模型実験

予測計算

H28

(1) 粘着性土砂の侵食特性実験 (H28年度)

【検証事項】

- ①ストック土砂を排出できるか
- 4) スtock土砂への粘性土含有の影響

実験内容

・粒径、含水比、水温・空隙をパラメータとし、流量規模（摩擦速度）に応じた侵食量を計測。
 ・土砂性状ごとの摩擦速度と侵食速度の関係を把握し、関係式を作成。

(2) 一次元解析 (H28年度)

【検証事項】

- ①ストック土砂を排出できるか
- 2) 下流端堰の構造などの影響
- ②河川還元する土砂の濃度が高すぎないか

排砂施設の予備検討

・予備検討として、各排砂設備案の排砂特性を概略把握し、排砂施設の基本諸元を設定。

H29

(3) スtockヤードの排砂特性実験 (H29年度)

【検証事項】

- ①ストック土砂を排出できるか
- 1) スtockヤード平面形状の影響
- 2) 下流端堰の構造などの影響
- 3) 放流水のStock土砂へのあて方の影響

実験内容

・模型縮尺1/70とする。なお、置土粒径の相似即を確保できないため、定性的な土砂移動特性を把握する。
 ・基本条件（放流量波形、堰構造）、運用条件（置土条件、オペレーション）をパラメータとした実験を実施する。
 ・Stock土砂の流出、下流端堰近傍の流況、土砂移動特性等、土砂の排出特性を把握する。

実験結果を反映

検討結果を反映

(4) 一次元・平面二次元解析 (H29・H30年度)

【検証事項】

- ①ストック土砂を排出できるか
- 1) スtockヤード平面形状の影響
- 2) 下流端堰の構造などの影響
- ③河川還元した土砂が河道に異常堆積しないか
- 1) 佐久間ダム下流河道

解析モデルの妥当性確保

・実績洪水を対象に、河道流況の再現性を確保。
 ・模型スケールを対象とした検証計算を実施し、Stock土砂の流出、下流端堰近傍の流況の再現性を確保。

実スケールにおける置土が下流河道に及ぼす影響評価

・Stock土砂の摩擦速度と侵食速度の関係を評価・反映。
 ・実スケールを対象とした予測計算を実施し、Stock土砂の流出、下流河道への土砂堆積状況を把握。

実験結果を反映

H30

H31

(5) 一次元・平面二次元解析 (H31年度)

【検証事項】

- ①ストック土砂を排出できるか
 - 3) 放流水のStock土砂へのあて方の影響
 - ②河川還元する土砂の濃度が高すぎないか、③河川還元した土砂が河道に異常堆積しないか
- (置土現地実験の結果を反映し、中長期の運用、下流物理環境の変動、影響の軽減対策などの観点から検討を行う。)

4-2 スtockヤードの排砂特性実験

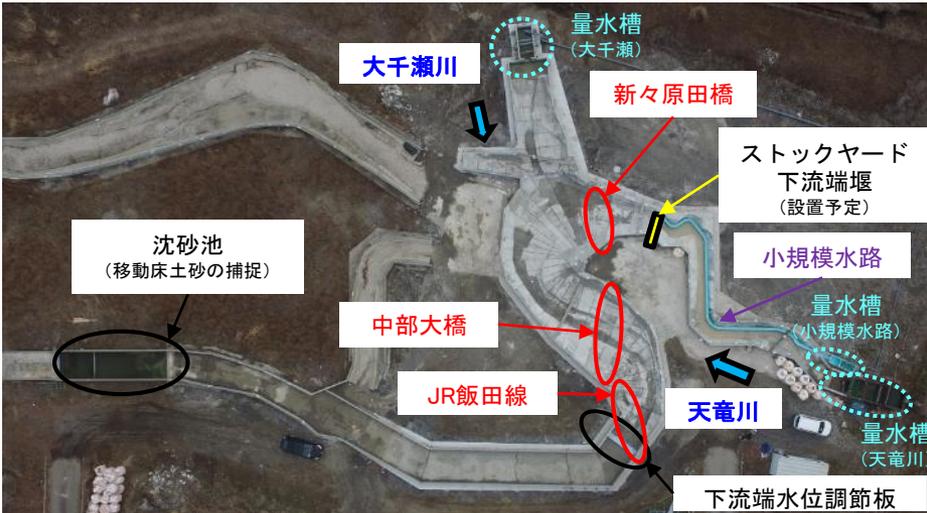
- 【検証事項】 ① スtock土砂を排出できるか 1) Stockヤード平面形状の影響、2) 下流端堰の構造などの影響
- 河川還元の流量規模や下流河道の形状、Stockヤード下流端堰の構造による土砂の流出・流下特性を模型実験により定性的に把握し、並行して行う予測計算に反映するとともに、両者の結果に基づき総合的に評価する。
 - 現象の評価は、構造物近傍の土砂移動特性、Stock土砂の排砂特性に留意し実施する。

■ 模型再現範囲

設定項目	設定内容
模型再現範囲	・増設放流設備直下流～佐久間発電所 ※佐久間ダムからの放流は完全に減勢した状態を想定して再現。 ※模型下流端は、流れのコントロールポイントとなる佐久間第二発電所堰堤を設定。 ※大千瀨川により下流河道の河床変動が影響を受けると考え大千瀨川の流入を再現。

■ 模型縮尺

設定項目	設定内容
模型縮尺	・模型縮尺 1/70 (施設制約条件、流れの相似則、土砂の相似則を満たす条件を設定) 【実験施設の能力】 ・施設給水能力 $0.65\text{m}^3/\text{s} \Rightarrow 1/50$ 以下 (国総研の河川屋外実験施設) 【流れの相似即】 ・模型水深 3cm 以上を確保 $\Rightarrow 1/70$ 以上 ・放流能力の再現のためゲート口径 6cm 以上を確保 $\Rightarrow 1/70$ 【土砂】 ・浚渫土砂と置土粒径を満足する中砂($0.25\text{mm} \sim 0.85\text{mm}$)を再現 \Rightarrow 中央粒径 0.1mm の土砂



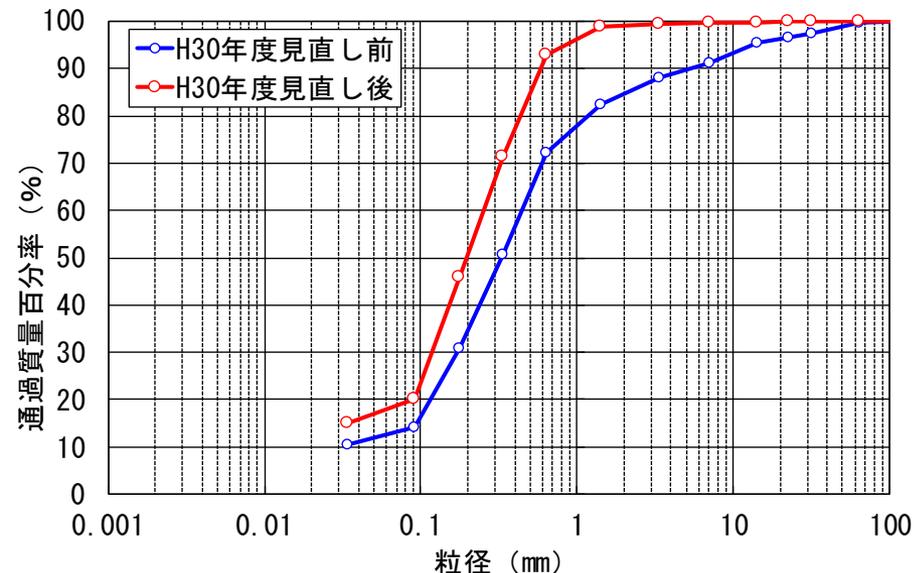
模型再現範囲

模型縮尺の設定

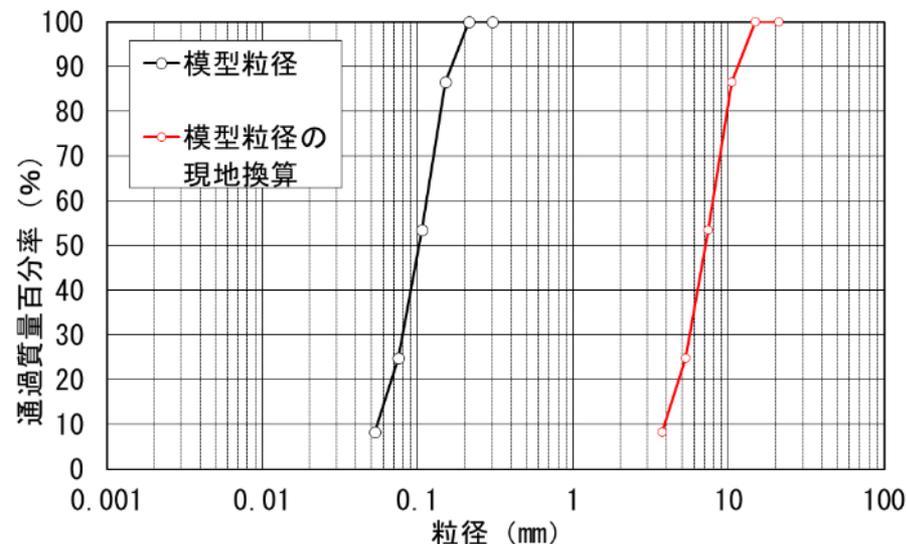
	諸元	条件	実物	1/40	1/50	1/60	1/70	1/80
河道の再現性 (300m ³ /s)	流量(m ³ /s)	—	300	0.030	0.017	0.011	0.007	0.005
	河道幅(m)	—	100	2.5	2	1.667	1.429	1.250
	粗度係数	0.015程度	0.036	0.019	0.019	0.018	0.018	0.017
ゲート流れ	水深(m)	0.03以上	2.207	0.055	0.044	0.037	0.032	0.028
	ゲート口径(m)	0.06以上	4.000	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05
施設制約	流量(m ³ /s)		7.700	0.76	0.44	0.28	0.19	0.13
	再現幅(m)	100以下	1.500	37.5	30	25	21	19
	再現長(m)	100以下	2.700	67.5	54	45	39	34
浮遊砂条件	実物換算値(mm)	0.25~0.85	—	0.41	0.47	0.53	0.59	0.65
総合判定				×	○	○	○	△

【土砂の粒径について】

- 置土する予定の土砂の粒径は60%粒径が0.2～0.4mm程度の比較的細粒の土砂である。
- 模型実験では、土砂の粘着性を相似にすることが困難であることと、土砂の浮遊形態の輸送を相似とするために、浮遊砂の条件から0.1mm程度の単一粒径の砂を用いている。
- 幾何学相似で模型の土砂粒径を現地換算すると、7mm程度の粒径となり、実物と比較すると大きい。
- 掃流形態での輸送を考えた場合には、模型の土砂は、流送しにくいものとなるため、Stockヤードの排砂については、排砂されにくく、下流河道については堆積しやすい傾向があることを考慮した評価を行う。
- 実物の土砂の挙動については、実験結果とシミュレーション結果を合わせた評価を行う。



※今年度の恒久堆砂対策の変更による見直しにより、置土の想定粒度分布が変更されている
置土する土砂の粒径(実物)

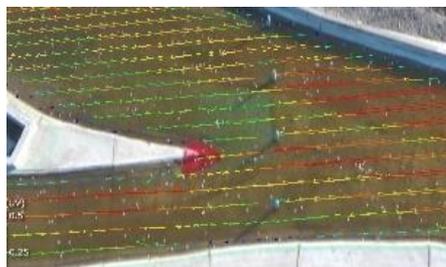


■ 計測内容

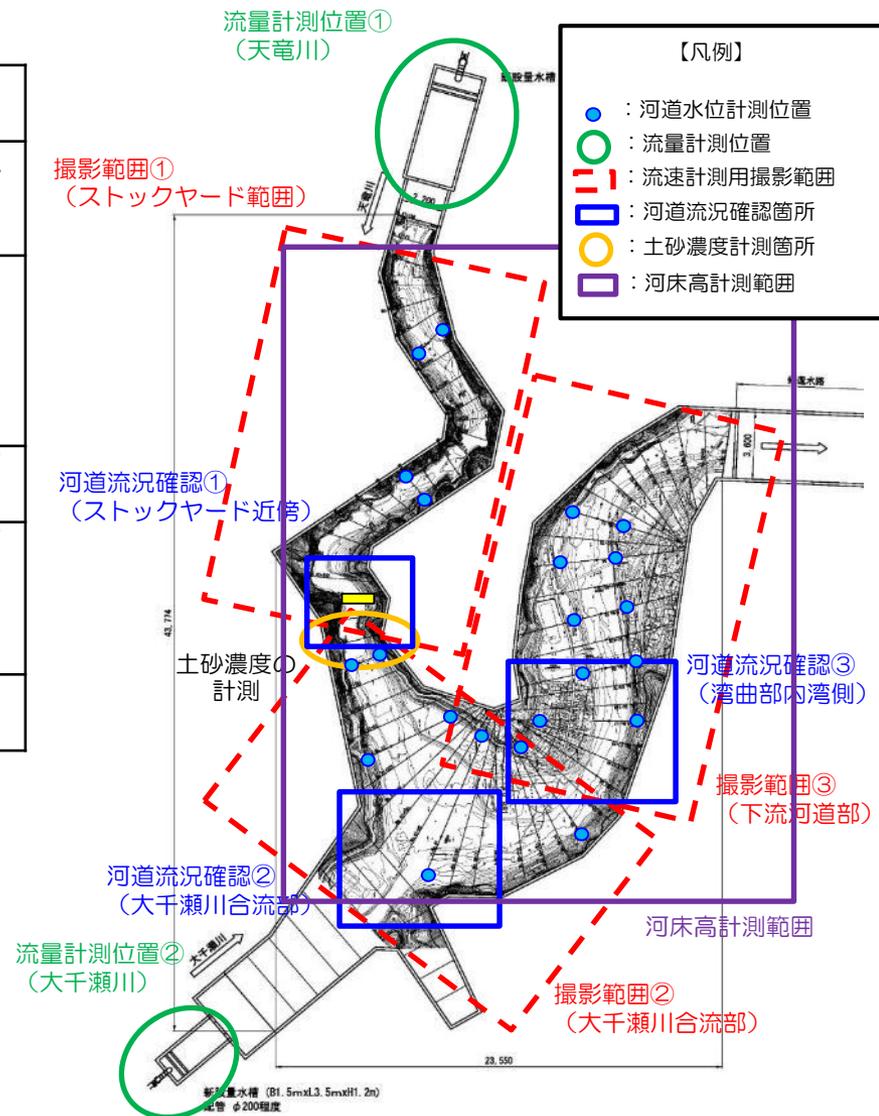
◆ 実験での評価項目に応じて、以下の計測を実施する。

計測項目の一覧

計測項目	計測機器	計測位置 〈計測時期〉	備考
上流流量	四角堰+PG	天竜川給水施設 大千瀬側給水施設 〈通水中:一定間隔〉	設定条件の確認
河道水位	レベル	距離標A-No52~A-No66 の左右岸水位 〈通水中:一定間隔〉	Stockヤード内 下流河道の 流況把握
河道流速 分布	UAV撮影動画 PIV解析	河道全体 〈通水中:一定間隔〉	
土砂濃度	採水	Stockヤード下流 〈通水中:一定間隔〉	排砂特性の評価 排砂濃度
河床高	UAV撮影写真 写真解析	河道全体 〈通水前後〉	排砂特性の評価 (排砂率) 下流河道での 土砂堆積状況
河道流況	ビデオカメラ 目視	堰設置箇所・下流河道 〈通水中:一定間隔〉	河道流況



PIV解析のイメージ



計測位置図

■ 実験ケース

(1) 堰形状の検討

(1)-1 堰なし

基本波形
全面平均配置

(1)-2 全面越流形状

基本波形
全面平均配置

(1)-3 スリット形状

基本波形
全面平均配置

(1)-4 オリフィス形状(全開)

基本波形
全面平均配置

(2) 堰位置の検討

(2)-1 全面越流形状

基本波形
全面平均配置
(堰位置: 上流配置
No65+000)

※赤枠の内容が本委員会で評価いただきたい項目。
※(1)の検討結果から、(1)-3のスリット形状を基本案として(2)以降の実験を実施した。

(3) 継続的な排砂機能の確認

〈2カ年分の置土を想定〉

(3)-1 スリット形状

基本波形
全面平均配置
(2カ年分の置土: 51.2万m³)

重ね通水

〈残置する土砂を含めた排砂機能の確認〉

(3)-2 スリット形状

基本波形
全面平均配置
(残置土砂+1カ年置土25.6万m³)

【参考】

(4) 置土の配置による排砂特性

(4)-1 スリット形状
基本波形
上流集中配置

(4)-2 スリット形状
基本波形
下流集中配置

(5) 洪水波形による排砂特性

(5)-1 スリット形状
急勾配波形
全面平均配置

(5)-2 スリット形状
緩勾配波形
全面平均配置

(6) 洪水規模による排砂特性

(6)-1 スリット形状
小規模出水波形
(最大流量660m³/s)
全面平均配置

※堰位置の検討では、他の条件と同様にスリット形形式を対象として実験を行うべきであるが、スリット形式の場合は設置する場所により河道が変化し、スリット諸元(門数や開口幅)を変更する必要があるためここでは諸元の変更が少ない全面越流形状での比較を行う。

■下流端堰形状の構造諸元

Stockヤード内の流れの一次元解析を用いた系統的な検討により、全面越流堰、スリット堰及びオリフィス堰それぞれの代表案の諸元を選定した。

ケース	現況河道	自由越流を基本とする堰		ゲートによる水位制御を基本とする堰
堰形式	堰なし	全面越流堰	スリット堰	オリフィス堰
堰の形状	—			
堰の機能	—	洪水初期の堰上げによる初期流出量の抑制	洪水初期の堰上げによる初期流出量の抑制	ゲート操作による洪水初期の流出量の抑制とその後の流出量の増加
堰の諸元 (実物換算)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・越流幅: 100m ・越流頂敷高: EL.132m 	<ul style="list-style-type: none"> ・スリット堰の総幅: 100m ・スリット部総幅: 40m ・スリット敷高: EL.127m ・高越流頂敷高: 137m 	<ul style="list-style-type: none"> ・オリフィス堰の総幅: 100m ・オリフィス部の総幅: 40m ・オリフィス敷高: EL.127m ・オリフィス高さ: 4m ・高越流頂敷高: EL.137m ・初期の維持水位: EL.132m
諸元の決定根拠	—	<ul style="list-style-type: none"> ・敷高をEL131m～134mの範囲で変化させ、検討対象洪水で置土26.6万m^3のほぼ全量が排出される最低値を選定 	<ul style="list-style-type: none"> ・スリット敷高は堰構造として成立する最低値を設定 ・高越流頂敷高はオリフィス堰と同じ ・スリット総幅を20m～50mの範囲で変化させ、検討対象洪水で置土25.6万m^3の全量が排出される最低値を選定 	<ul style="list-style-type: none"> ・オリフィス敷高は堰構造として成立する最低値を設定 ・高越流頂敷高はオリフィス及びゲートの設置が可能となる最低値を設定 ・初期の維持水位がEL.132m～138mの範囲では、検討対象洪水で置土25.6万m^3の全量が排出されることから、ゲート操作時間が短くなる最低の維持水位を選定

■基本洪水波形・規模の設定

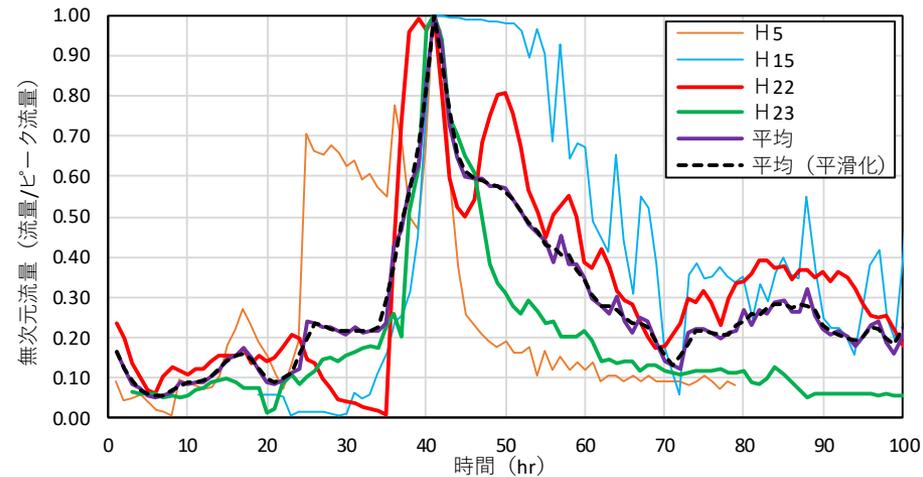
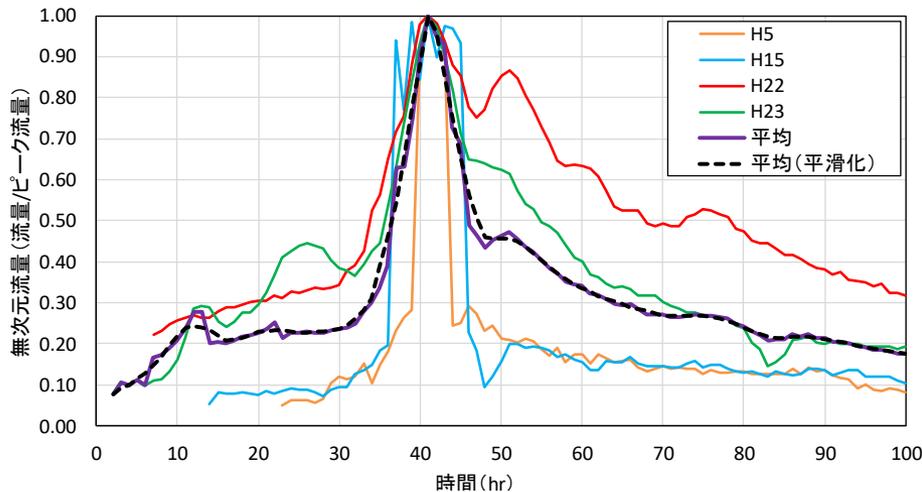
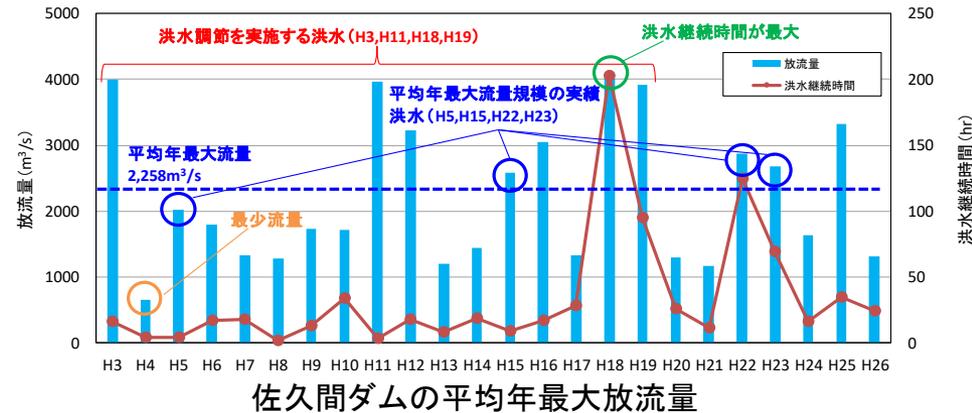
実績洪水波形の特性を考慮して基本波形を設定し、対象とする洪水規模に引き伸ばして、Stockヤードの排砂特性実験及び平面二次元解析モデルに適用した。

【洪水波形の設定方法】

- ・放流量が平均年最大放流量規模となるH5、H15、H22、H23の4洪水を抽出。
- ・ピーク流量で無次元化し、洪水ピークで重ね合わせた洪水波形から平均的な洪水波形(基本波形)を設定。
- ・大千瀬川も同4洪水を対象に基本波形を設定

【洪水規模の設定方法】

- ・年に1回起こりえる洪水規模に対しての排砂機能を評価するため、近年の出水(平成3年以降)の各年の最大放流量の平均値から、2,258m³/s(平均年最大放流量)を設定

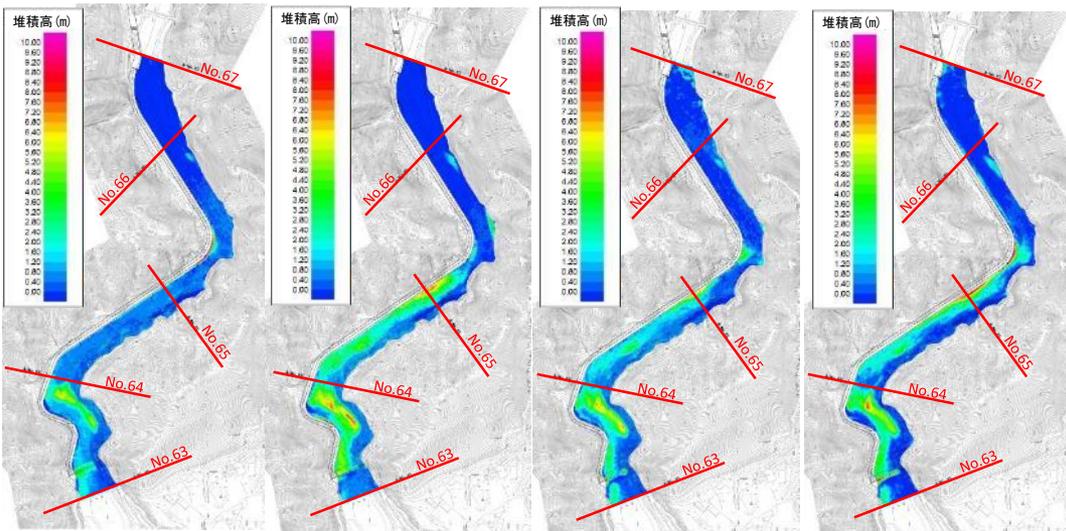


【ストックヤード内の土砂排出状況】

- 下流端堰を設置することにより、どのような形状であっても土砂の排出率が低下する傾向となっている。
- 堰形状の違いにより、下流端(No63+100)～No65の区間での土砂の堆積形状が異なる。

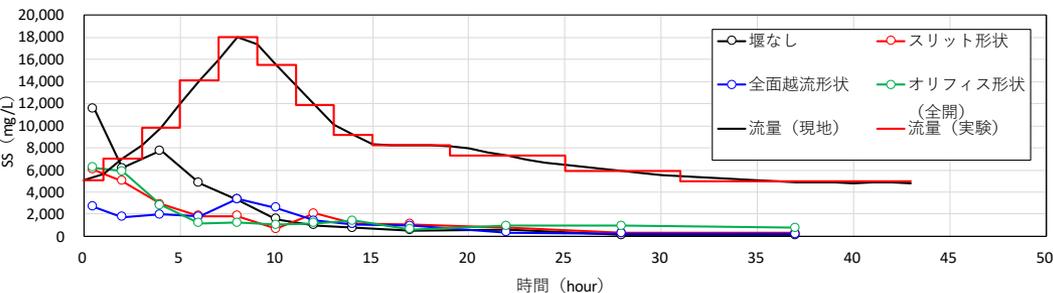
【排砂率とSSの関係】

- 堰なしが排砂率が最も高く90%程度となるが、その他の堰形状では概ね排砂率が60%程度と差異が小さい。
 - 洪水期間内の最大SSは最大となる堰なしで約11,000mg/Lとなり、全面越流形式がその他の堰形式の中で最も小さくなる。
- 排砂率に着眼すると「堰なし」が最も効果的であるが、堰を設置する場合には**堰形状ごとに明確な排砂率の差異は確認できない。**

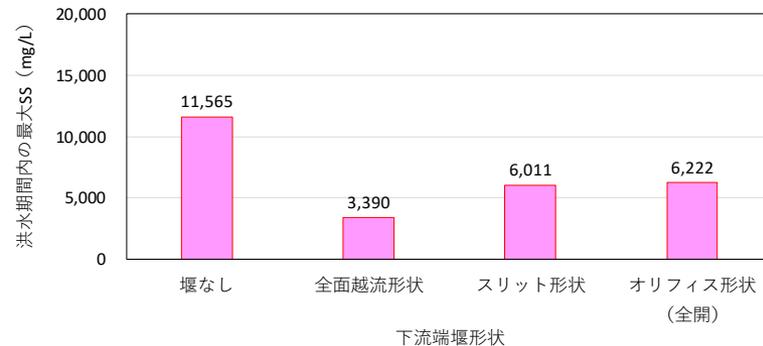


①堰なし ②全面越流形式 ③スリット形式 ④オリフィス形式 (全開)

ストックヤード内土砂の排出状況の比較



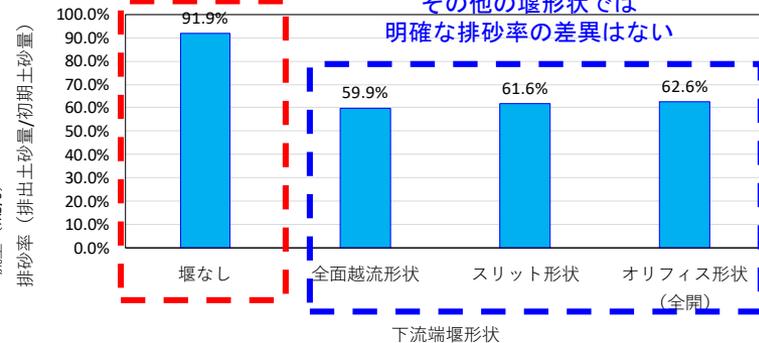
ストックヤード内土砂の排出状況の比較



構造ごとの最大SSの比較

「堰なし」の排砂率が大きい

その他の堰形状では明確な排砂率の差異はない



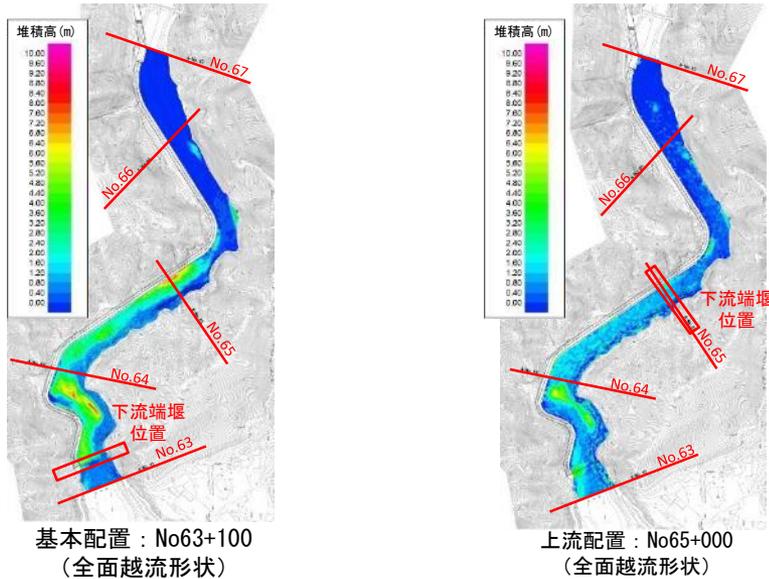
通水後の構造ごとの排砂率の比較

【ストックヤード内の土砂排出状況】

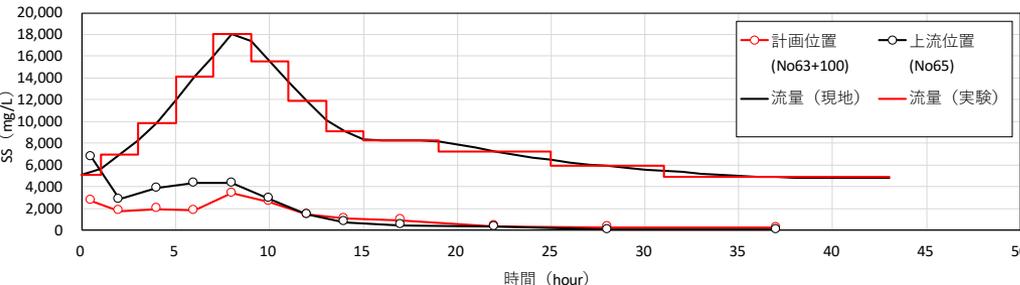
- 堰位置を上流側に配置することで、計画位置の条件と比較して、No63近傍(計画堰位置直下近傍)での土砂の堆積範囲が縮小される。
- 上流配置の場合、堰下流のNo63+100より上流の河道に土砂が堆積する。
- No65より上流部の堆積範囲は、下流域と比較して差が小さいが、堰位置を上流側に変更することで若干縮小される*。

【排砂率とSSの関係】

- 堰位置を上流側に配置することで全体的に置土高が高くなり、洪水初期の流れによる土砂流出が顕著となる影響で、最大SSが高くなる。
- 堰を上流側に配置することにより、計画堰位置 (No63+100) 近傍での土砂堆積量が減少し、トータルでは「上流配置」の排砂率が大きくなる。



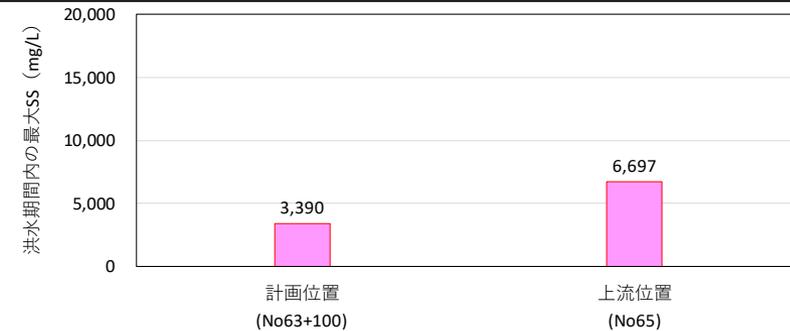
ストックヤード内土砂の排出状況の比較



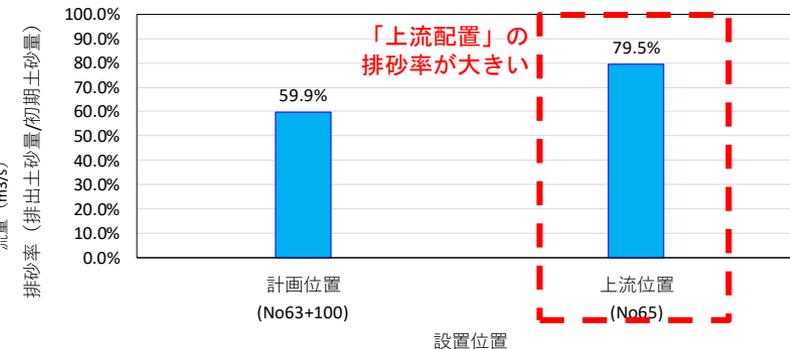
ストックヤード内土砂の排出状況の比較

【堰位置: 上流配置の排砂現象】

- ・ 堰位置を上流側することにより、初期の堆積土砂高が基本配置と比較して高くなる。
- 通水初期に堆積土砂の下流端で落水水による攪乱が生じ、SS濃度が上昇する。
- ・ 基本配置時に顕著に堆積が生じているNo65より下流側に、初期堆積土砂がない。
- No65より下流での残土量が軽減(約40%⇒約20%)され、排砂率が向上する。



条件ごとの最大SSの比較



通水後の条件ごとの排砂率の比較

*本来、上流配置では堰位置の変更に伴って小規模水路が堰位置まで短縮され、堰位置下流部では小規模水路がない河道となる。しかし、実験では基本配置部まで小規模河道が残存した状態での検討となっているため、上流配置の実験では堰位置下流部の土砂が実際よりも流下しやすい(河道流速が大きい)状態となっており、実験結果の評価には留意が必要となる。

【2カ年分の置土配置】

●上流側では概ね全ての土砂が流出するが、下流端堰からNo65の区間では全体的に土砂が残置している。

【残置土砂+1カ年分の置土の追加配置】

●初期の土砂量としては多い条件となっているが、概ね堰形状の検討時と同様な排砂状態(上流側の土砂は殆ど排出・下流端堰からNo65の区間で右岸側に堆積)となり、全体的な排砂率は向上している。

⇒堆積しやすい区間に一定程度堆積するとそれ以上の堆積は発生しないため、自然と流出する土砂量が増大する。



2カ年分の置土の配置



年平均洪水の通水後

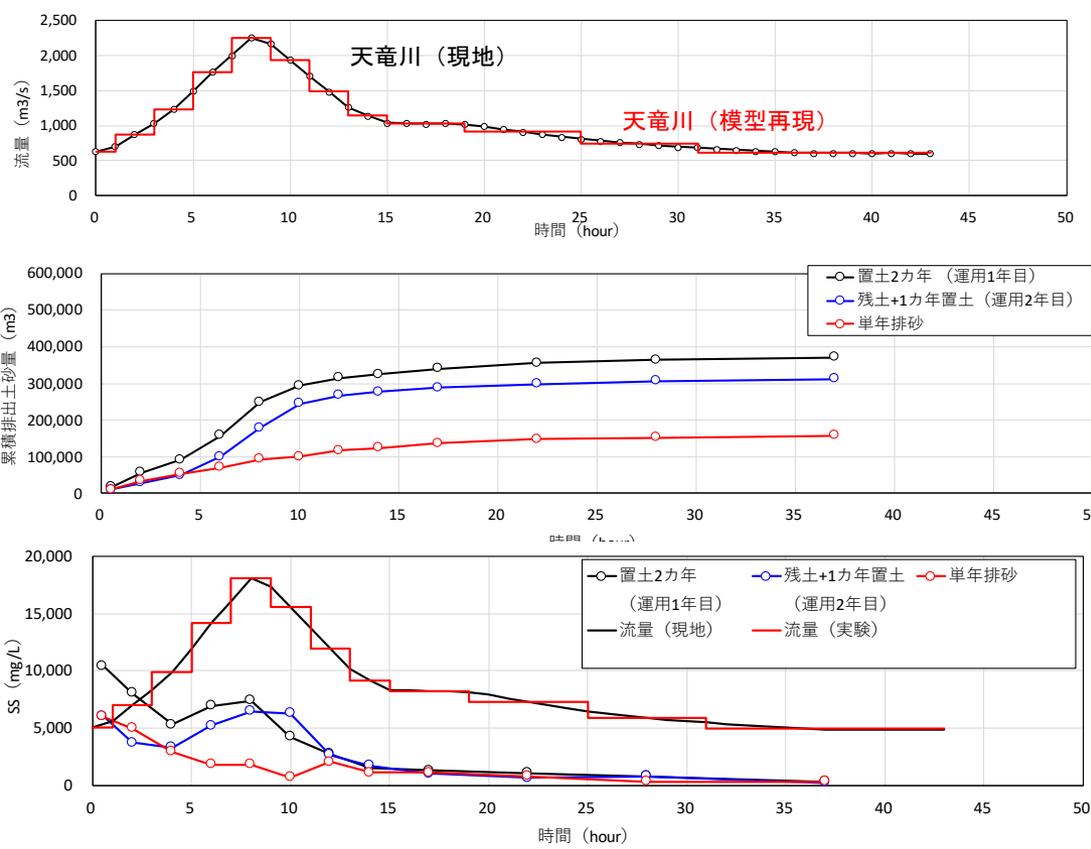


残置土砂+1カ年分の置土の追加配置

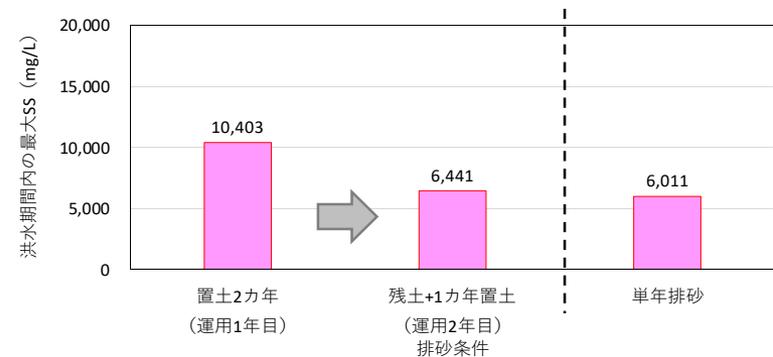


年平均洪水の通水後

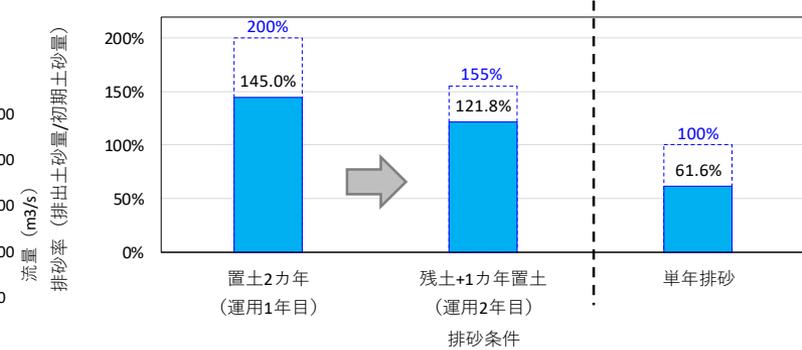
- 置土2カ年(51.2万m³)の通水後には、置土1カ年分(25.6万m³)の**145%**の土砂が排出される。
 - 残置した状態で1カ年分の置土を再配置し、通水すると置土1カ年分(25.6万m³)の**122%**の土砂が排出される。
 - SSは、運用1日目には単年排砂と同様に通水初期にピークを生じるが、相対的にストックヤード内の土砂量が多くなるため初期の排砂後に運用1日目、2日目ともに流量ピーク時に第2ピークが生じる。
 - 置土量が多くなることにより、堆積しやすい箇所には土砂が残置することを許容することが可能となり、100%以上の排砂率が確保される。
 - 繰り返し運用することにより、流出しにくい箇所には前年度の残土が堆積した状態となり、次年度以降に搬入する土砂は流出しやすい箇所のみ配置されるため、恒久的には排砂率が高くなる傾向となる。
- ※現在の位置の下流端堰では、十分に容量が確保されているため、一定程度の残土は許容できるため問題はない。



ストックヤード内土砂の排出状況の比較 (暫定値)



条件ごとの最大SSの比較



通水後の条件ごとの排砂率の比較

注：青点線は通水前の置土量を示す。

注：排砂率の基準となる初期土砂量は1カ年分としている。

- スtockヤードからの排砂を開始した直後は、置土の影響により下流へ放流されるSSが高濃度となる可能性があることが分かっている。
- 1次元河床変動計算により排砂初期のSSを予測した結果、下記の参考値に比べても高いSSとなることが予想される。

佐久間ダムの流入SS最大値	6,300mg/L ※2	(H22年7月出水時※1)
佐久間ダムからの放流SS最大値	1,150mg/L ※3	(H22年7月出水時※1)
佐久間ダム下流の支川(気田川)からの流入SS最大値	1,800mg/L ※4	(H22年7月出水時※1)

※1: 平均年最大流量規模程度の出水 (H22年7月出水時, 最大流量約2,800m³/s)
 ※2: 佐久間ダム流入土砂LQ式による推定 (参考-11参照)
 ※3: 佐久間第二発電所取水口地点の観測濁度からの換算SS値
 ※4: SS観測結果をもとに設定したLQ式によりSSを推定

1次元河床変動計算によるstockヤードからの排出SS

堰形状	堰なし	全面越流形状	スリット形状	オリフィス形状(全開)
最大SS(条件①)	16,600mg/L(洪水初期)	4,100mg/L(洪水初期)	5,100mg/L(洪水初期)	5,900mg/L(洪水初期)
最大SS(条件②)	29,900mg/L(洪水初期)	6,700mg/L(洪水初期)	14,400mg/L(洪水初期)	15,800mg/L(洪水初期)

流入条件 : 平均年最大流量規模となるH5、H15、H22、H23の4洪水をピーク流量で無次元化し、洪水ピークで重ね合わせた洪水波形から設定した平均的な洪水波形(基本波形)

置土条件①: 第3回委員会提示の恒久堆砂対策による置土条件

置土量: 25.6万m (浚渫土: 13.6万m³, 陸上掘削土: 12.0万m³)

置土条件②: 今回の委員会で提示した恒久堆砂対策による置土条件

置土量: 28.1万m (浚渫土: 28.1万m³)

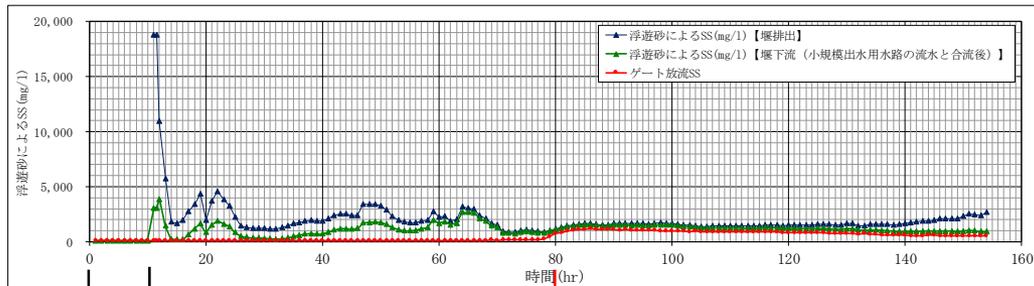
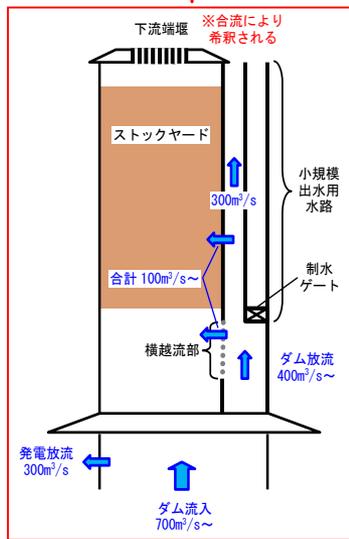
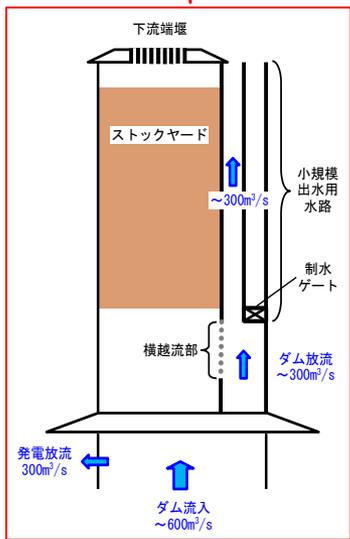
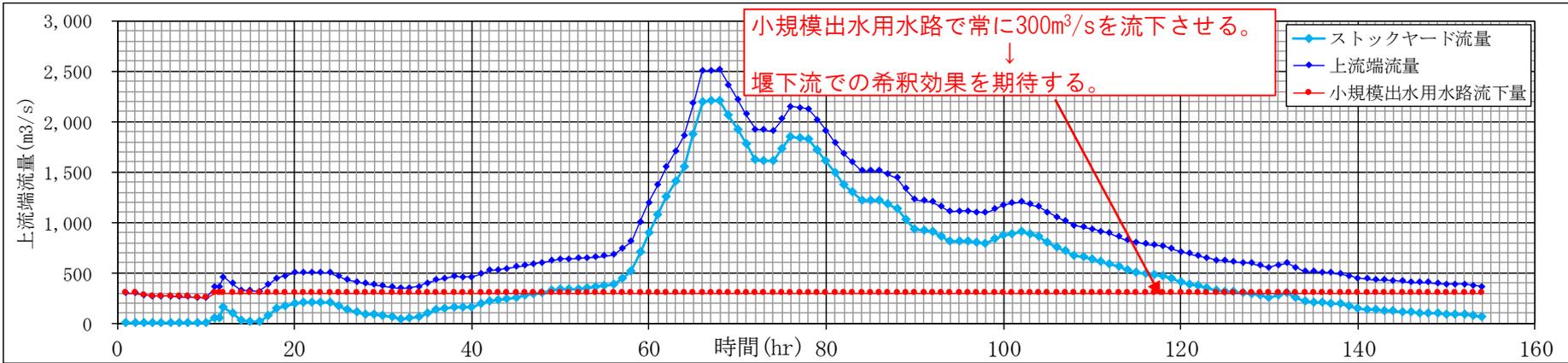


対応方針

- 排出SSを抑制できる堰構造を選定することにより、下流への影響を低減させる。
(ただし、堰構造の違いによる排砂量との兼ね合いも考慮する必要がある。)
- 運用方法の変更により、排出SSを抑制する方法がないか今後検討する必要あり。
- 排出SSの評価については、総合土砂の検討委員会において実施。

4-2-3 スtockyard下流のSS濃度について(運用によるSS低減策例)

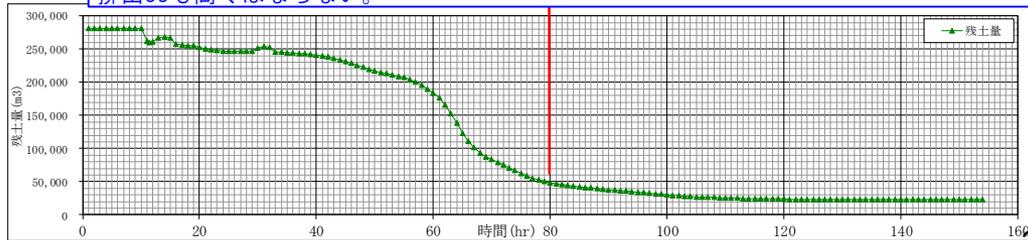
- 排出SSが高すぎると判断された場合に、運用方法の変更により排出SSを抑制する方策を検討した。
- 小規模出水用水路を活用し、出水時にStockyard内を通過する流量を制限して、下流SSを抑制する。



排砂開始可能流量600m³/sに達しても、希釈水量を確保できるまで排砂は開始しない。

小規模出水用水路を流下する希釈水により、下流の排出を抑制することができる。

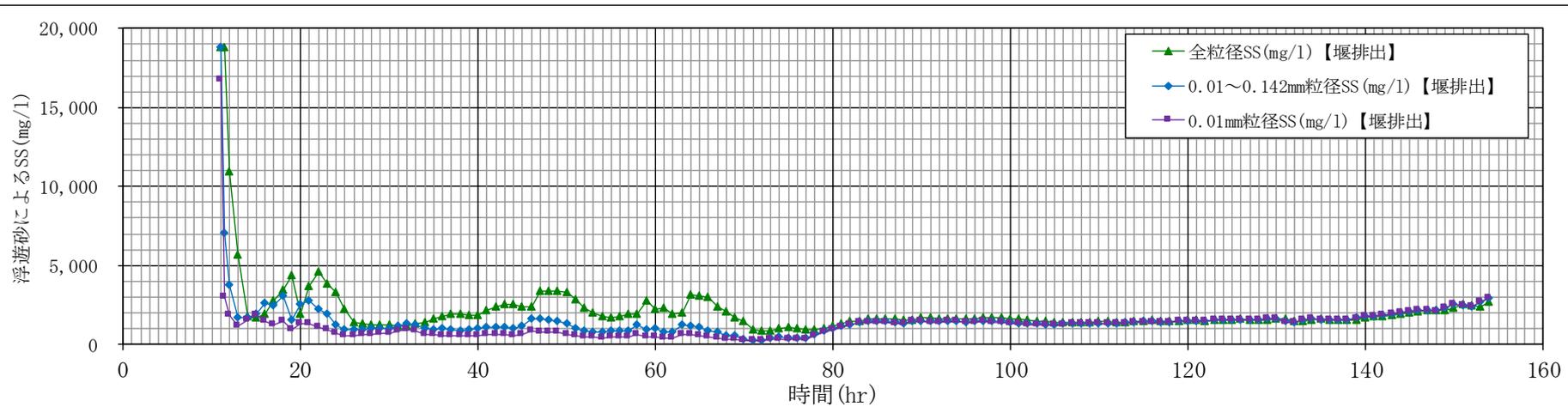
放流SSが増加するピーク流量直前には、Stockyardからの排出量が低減するため、排出SSも高くはならない。



計算条件
 流入量条件 : H22. 7月出水時の実績ダム放流量
 流入土砂量条件 : H22. 7月出水時の観測濁度からの換算SSにより設定した土砂量
 置土条件 : 置土量 : 28.1万m (浚渫土 : 28.1万m³)

4-2-3 スtockヤード下流のSS濃度について(SS中の粒度)

- スtockヤード下流のSSの評価は、浮遊砂（全粒径）の土砂重量をもとに算定している。
- スtockヤードの1次元河床変動計算における粒径12区分（代表粒径0.010, 0.072, 0.122, 0.212, 0.424, 1.732, 10, 28, 57, 155, 346, 447mm）のうち、魚類等の生育に影響があると考えられるのは、シルト分（0.2mm以下）や最小粒径0.01mmであると考えられる。
- 堰排出直後の初期の段階でSSが増加する時の粒度構成は、代表粒径0.01mmの区分が大部分を占める。

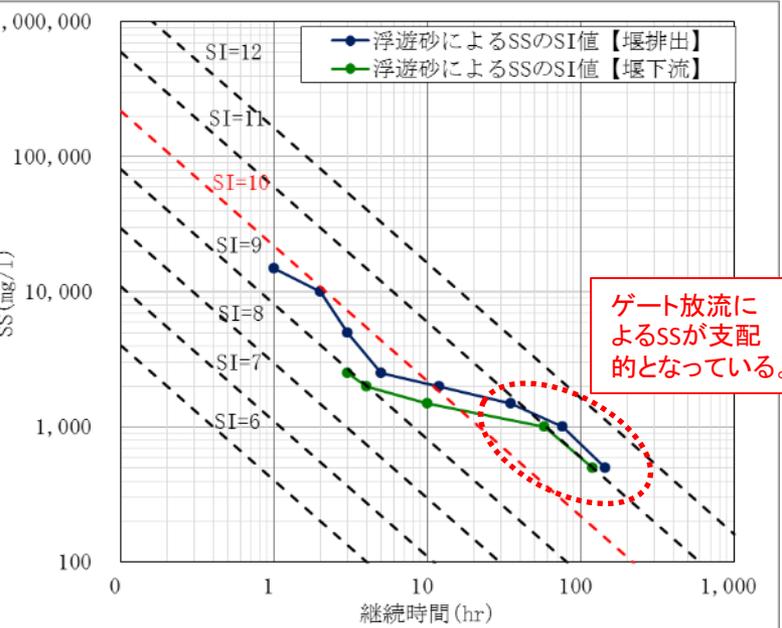
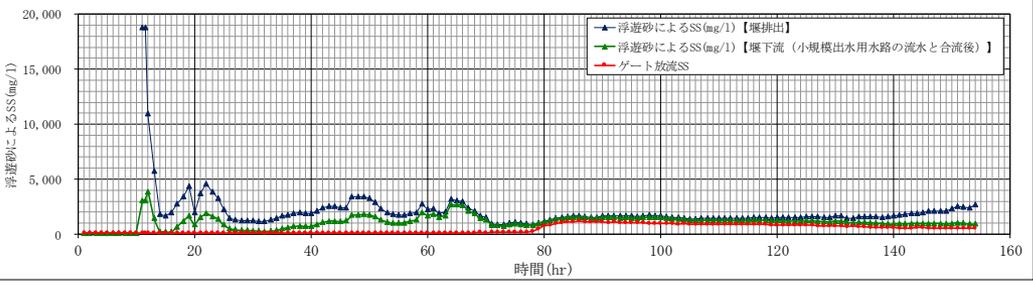
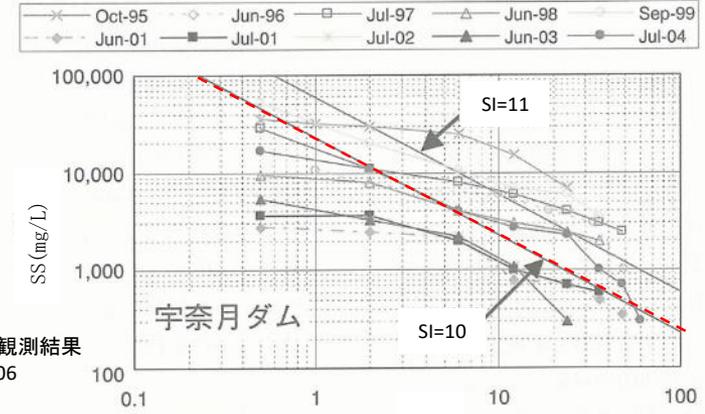
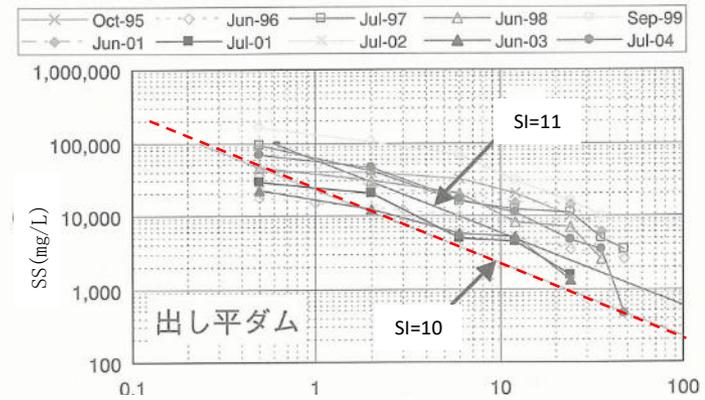


4-2-4 ストックヤード下流のSS濃度について(ストレスインデックス値)

- 運用によるSS低減策の実施により、SI値が低下する。
- SS1,000mg/lや500mg/l付近のSS継続時間は、ダムからのゲート放流SSが支配的となっている。
- SI値の範囲は、既往排砂事例、スイス等の排砂時水質管理基準と同程度。

■ ストレスインデックス (SI) 値
 魚類への影響評価などにおいて使用されている指標。
 以下の式で定義され、SS濃度の大きさと継続時間(最大継続した時間)の相互作用による影響度を把握するための指標。

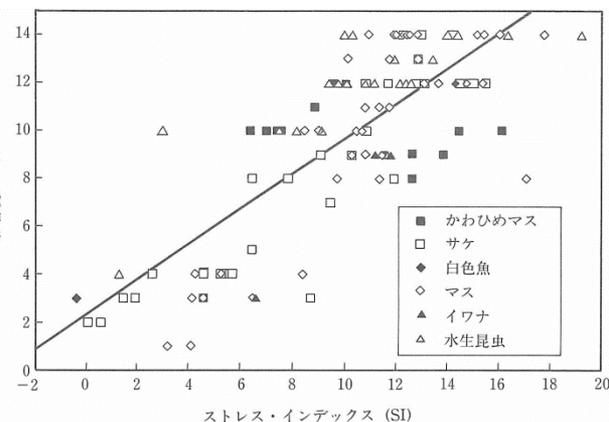
$$SI = \log_e (SS濃度(mg/L) \times 継続時間(hour))$$



出平ダム、宇奈月ダムの排砂時の観測結果
 参照: 角・金澤、大ダム, No.197, 2006

表-1 浮遊物が魚類および水生生物に与える影響度

影響度レベル	内 容
14	致死率 80~100%
13	致死率 60~80%
12	致死率 40~60%、生息空間の重大な損傷
11	致死率 20~40%
10	致死率 0~20%
9	成長率の低下
8	生理学的ストレスおよび組織学的変化
7	生息空間の中程度の損傷
6	生物の不健全な状態
5	営巣行動の低下
4	食餌量の低下
3	忌避行動、隠れ場所の放棄
2	警戒反応
1	呼吸回数の増加



参照: 角、ダム技術, No.127, 1997

【(1) 堰形状による排砂特性の比較】

- 排砂率は、実験条件検討時(三角波形のハイドロ)の1次元解析では全量排砂可能である堰形状を設定しているが、河道湾曲部の流況及び実験砂の粒径の影響により、水理実験結果ではいずれのケースにおいても残土が生じる。
- SS濃度は、実験では最も大きい「堰なし」において1.16万mg/L程度、1次元計算結果では「堰なし」において2.99万mg/L程度である。

(1) 堰形状による排砂特性の比較

堰形状	堰なし	全面越流形状	スリット形状	オリフィス形状(全開)
排砂量(模型実験)	23.5万m ³ / 25.6万m ³ (91.9%)	15.3万m ³ / 25.6万m ³ (59.9%)	15.8万m ³ / 25.6万m ³ (61.6%)	16.4万m ³ / 25.6万m ³ (62.6%)
排砂量(1次元計算、H30置土条件)	23.8万m ³ / 28.1万m ³ (84.7%)	13.5万m ³ / 28.1万m ³ (48.0%)	21.5万m ³ / 28.1万m ³ (76.5%)	15.8万m ³ / 28.1万m ³ (56.2%)
土砂残置箇所	湾曲部内湾側	湾曲部内湾側 No65～下流端堰	湾曲部内湾側 No65～下流端堰	湾曲部内湾側 No65～下流端堰
最大SS(模型実験)	11,600mg/L(洪水初期)	3,400mg/L(ピーク時)	6,000mg/L(洪水初期)	6,200mg/L(洪水初期)
最大SS(1次元計算、H30置土条件)	29,900mg/L(洪水初期)	6,700mg/L(洪水初期)	14,400mg/L(洪水初期)	15,800mg/L(洪水初期)

【(2) 堰位置による排砂特性の比較(全面越流形状)】

- 実験結果では、上流配置の方が排砂率が大きく、最大SSも大きい。

(2) 堰位置による排砂特性の比較(全面越流形状)

堰位置	基本配置(No.63+100m)	上流配置(No.65)
排砂率	59.9%	79.5%
土砂の排出状況	・Stockヤード内の上流側では概ね全ての土砂が流出するが、下流端堰からNo65の区間では全体的に土砂が残置。	・基本配置と比較して、No63近傍(下流側堰位置直下近傍)での土砂の堆積範囲が縮小される。ただし、堰下流に小規模水路が設置された状態となっており、実際よりも堰下流部で土砂が堆積しにくい状態であった可能性がある。 ・No65より上流部の堆積範囲は、位置の変更により若干拡大する。
最大SS	3,400mg/L	6,700mg/L

【(3)継続的な運用による排砂特性】

- 残置した土砂の上から土砂を投入する方法では、排砂率が100%を超える状態となることから、繰り返し運用を行うことにより目標の排砂率が確保できると想定される。

(3)継続的な運用による排砂特性(スリット形状)

置土量	置土2か年の通水後	左記の状態では1か年分の置土を追加、通水後
排砂量 (模型実験)	37.1万m ³ [通水前置土量:51.2万m ³] 1か年分を基準とすると 145%	31.1万m ³ [通水前置土量:39.7万m ³] 1か年分を基準とすると 122%
土砂の 排出状況	上流側では概ね全ての土砂が流出するが、下流 端堰からNo65の区間では全体的に土砂が残置	置土量が多い条件ではあるが、概ね置土量25.6万m ³ の検討時と 同様な排砂状態となり、全体的な排砂率は向上 堆積しやすい区間に一度残置するとそれ以上は堆積しないため、 流出する土砂量が増大
排砂量 (1次元計算, H30置土条件)	46.3万m ³ [通水前置土量:56.2万m ³] 1か年分を基準とすると 165%	30.7万m ³ [通水前置土量:38.0万m ³] 1か年分を基準とすると 109%
最大SS (模型実験)	10,400mg/L	6,400mg/L
最大SS (1次元計算, H30置土条件)	23,600mg/L(洪水初期)	20,300mg/L(洪水初期)

※「置土2か年」の条件では通水初期に、堰近傍に堆積している土砂量が多い状態のため、最大SSが大きくなる傾向である。

【堰形状の評価】

- 堰を設けることにより、排砂初期の多量の土砂排出を抑制できる。
 - 堰なしの場合は、平常時の濁水発生懸念があり、施工後に運用方法の改善等の対応を行う場合も困難である。
 - 堰を設置する場合は、3形状とも排砂性能には問題ないと考えられるが、操作・維持管理、施工後の対応の柔軟性からスリット形状が有意と考えられる。
 - 最大SSについては、環境関係の観点からの評価が必要になるが、既往の排砂の事例等からは同レベル程度の値と考えられる。
- ➡ **Stockヤード施設の堰形状は、スリット形状とする。**

【堰位置の評価】

- 実験結果からは、上流配置(堰軸位置No.65)の方が排砂性能がよい。(実験では、上流配置の堰より下流の河道形状が小規模水路を設置した状態となっており、堰下流域で土砂が流れやすい状態となっていた可能性がある。)
 - 経済性からは、堰を上流配置とし、小規模出水用水路の延長を短くすることが望ましいが、その場合、排砂後に堰下流の河道(基本配置ではStockヤードの部分)に残った土砂が小降雨時のダム下流の流入水等で侵食され、濁水が発生することが懸念される。
 - 堰位置が基本配置の場合は、その上流が緩衝区間となり土砂の初期流出量(SS濃度)が抑制される効果があると考えられる。
 - 上流配置でStockできる土砂量は最大で50万m³程度であり、将来的な置土量の増強等の計画変更への対応を考慮すると、基本配置の方が対応の柔軟性がある。
- ➡ **Stockヤード施設の堰位置は、今後機能及び経済性を評価して基本配置と上流配置の間で設定する。**

堰形状	堰なし	全面越流形状	スリット形状	オリフィス形状(全開)	全面越流形状
堰位置	基本配置(No63+100付近)				上流配置(No.65付近)
排砂量 (1回の排砂操作)	23.5万m ³ (91.9%) ○	15.3万m ³ (59.9%) △	15.8万m ³ (61.6%) △	16.4万m ³ (62.6%) △	20.4万m ³ (79.5%) △
排砂量 (連続の排砂操作)	—	(1回の排砂操作における排砂量への堰形状の影響は小さかったため、代表してスリット形状で検討した結果、1年分の土砂(25.6万m ³)の排出が可能であることが確認できた。)			—
最大SS	11,600mg/L	3,400mg/L	6,000mg/L	6,200mg/L	6,700mg/L
平常時の濁水発生防止	小降雨時のダム下流の流入水等による置土の侵食への対応が必要 △	○	○	○	○
操作・維持管理	○	○	○	ゲート設置するため、操作の負担と維持管理が必要 △	—
施工後の対応の柔軟性	状況に応じて施設の追加設置が必要 △	大規模な構造の変更が必要 △	角落しゲート等で比較的柔軟な対応が可能 ○	ゲート操作による対応が可能 ○	置土量増強等への対応がある程度限定される △
総合評価	△	△	○	△	○(初期費用が経済的)44

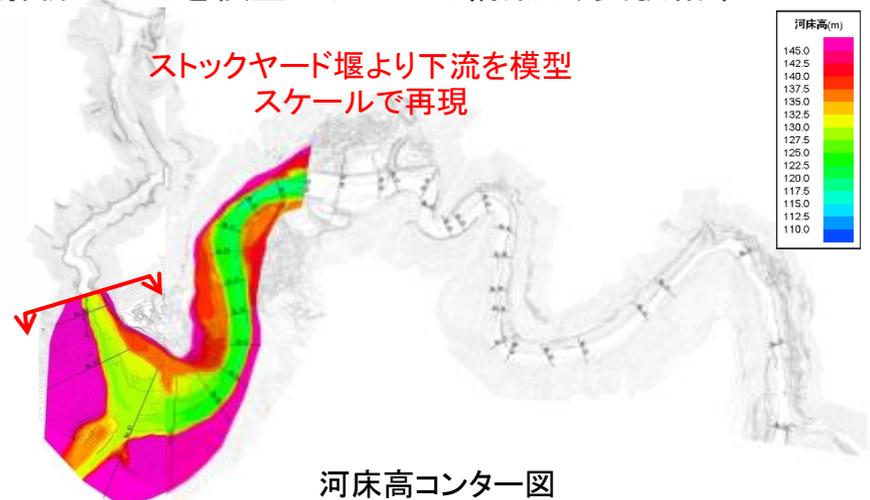
4-3 下流河道への影響

■ 検討条件

以下の条件を設定し、ストックヤード堰下流の二次元河床変動解析モデルを模型スケールで構築し、実験結果の再現計算によりモデルの検証を行った。

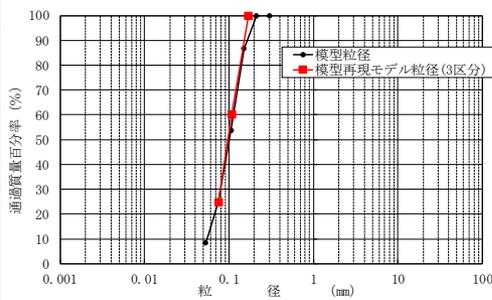
検討条件一覧

項目	検討条件
解析手法	一般座標系平面二次元非定常流解析モデル +河床変動解析モデル
対象区間	ストックヤード下流端(No.63+100付近)~模型下流端(No.50付近)
河道地形	H24年測量成果(高水敷きの微地形はLPデータより設定) (模型スケールに換算)
検討ケース	堰なし、スリット、スリット(置き土2ヵ年)
上流端条件	基本波形の実験ケースのハイドログラフ ※平均年最大放流量(2,258m ³ /s)
下流端条件	等流水深(No.50地点)
横流入条件	流量ハイドログラフ(大千瀬川の流入を考慮)
粗度係数	計画河道の粗度係数 n=0.035
樹木群透過係数	樹木群透過係数 K=50
粒度構成	模型実験の粒径(3粒径)
流砂量計算	掃流砂: 主流方向: 芦田・道上式、横断方向: 長谷川式 浮遊砂: 沈降速度: Rubeyの式、基準面濃度: Lane-Kalinske
粘性土砂	模型実験の土砂は砂のため粘性は考慮しない
還元土砂量	25.6万m ³ /年(堰なし、スリット)、51.2万m ³ /年(スリット)
流入土砂量	上流端: 実験結果の時間あたり排砂量
交換層の扱い	平野による交換層の概念を発展させた芦田・道上・劉による方法



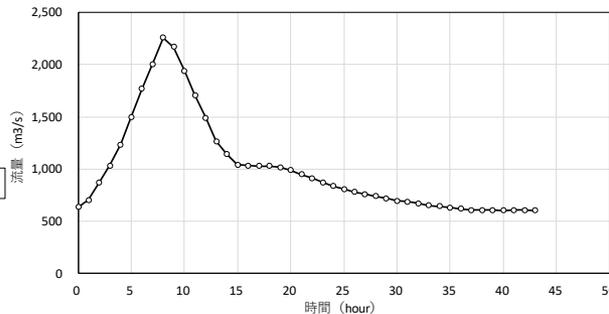
河床高コンター図

模型粒径を3粒径区分で再現

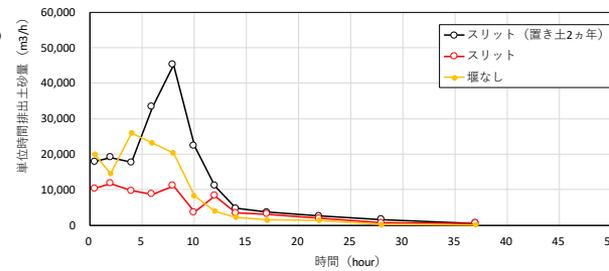


粒径 mm	比率 (%)	通過百分率 (%)
0.170	39.900	100.000
0.108	35.300	60.100
0.075	24.800	24.800

粒度分布



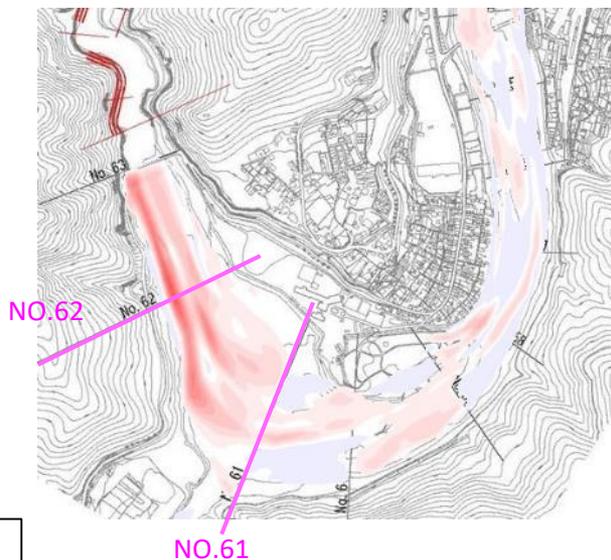
流量ハイドログラフ



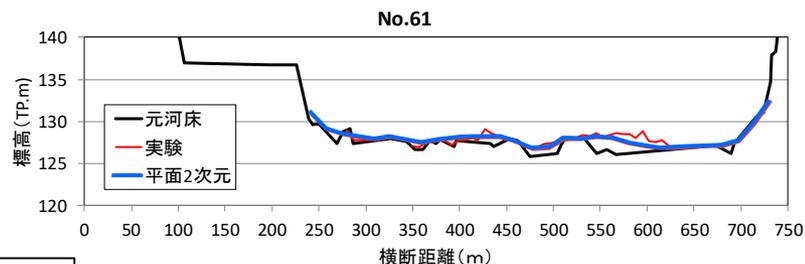
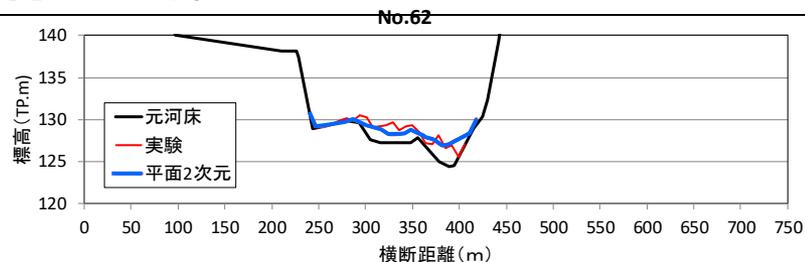
流入土砂条件(実験結果による時間あたり排砂量)

■再現計算結果

- 湾曲の始端部(NO.62付近)では、右岸側の滞筋部の堆積高が大きくなる傾向が再現されている。
- 拡幅部(NO.61付近)では、横断方向に幅広く堆積する傾向が再現されている。

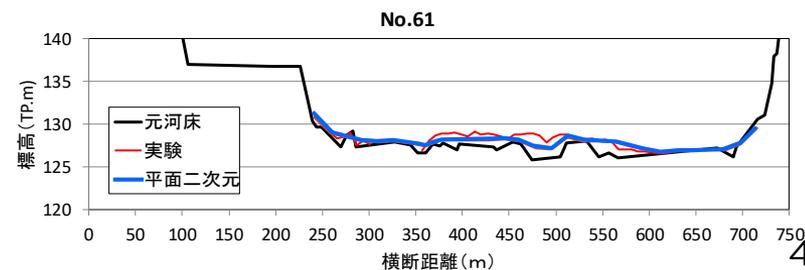
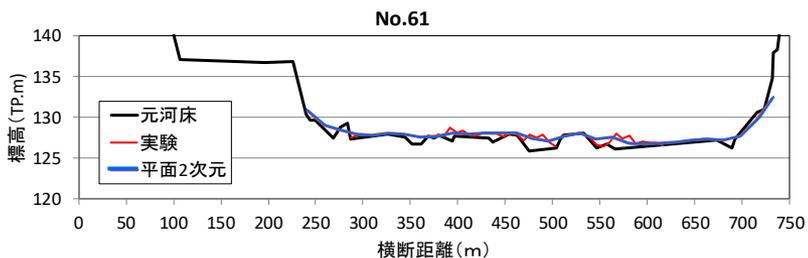
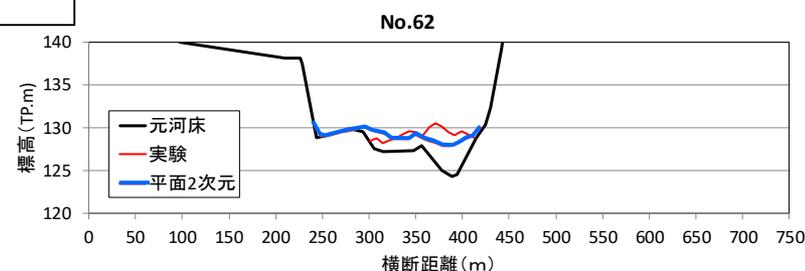
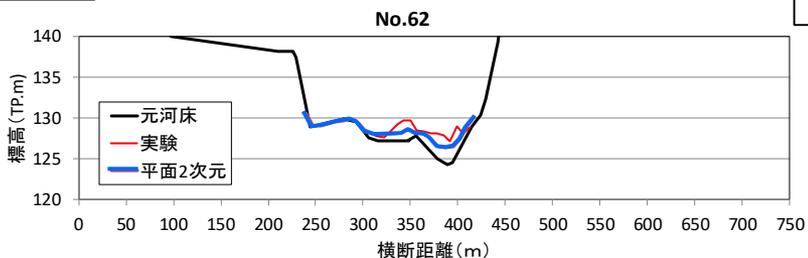


堰なし



スリット

置土量51.2万^m₃
(スリット)



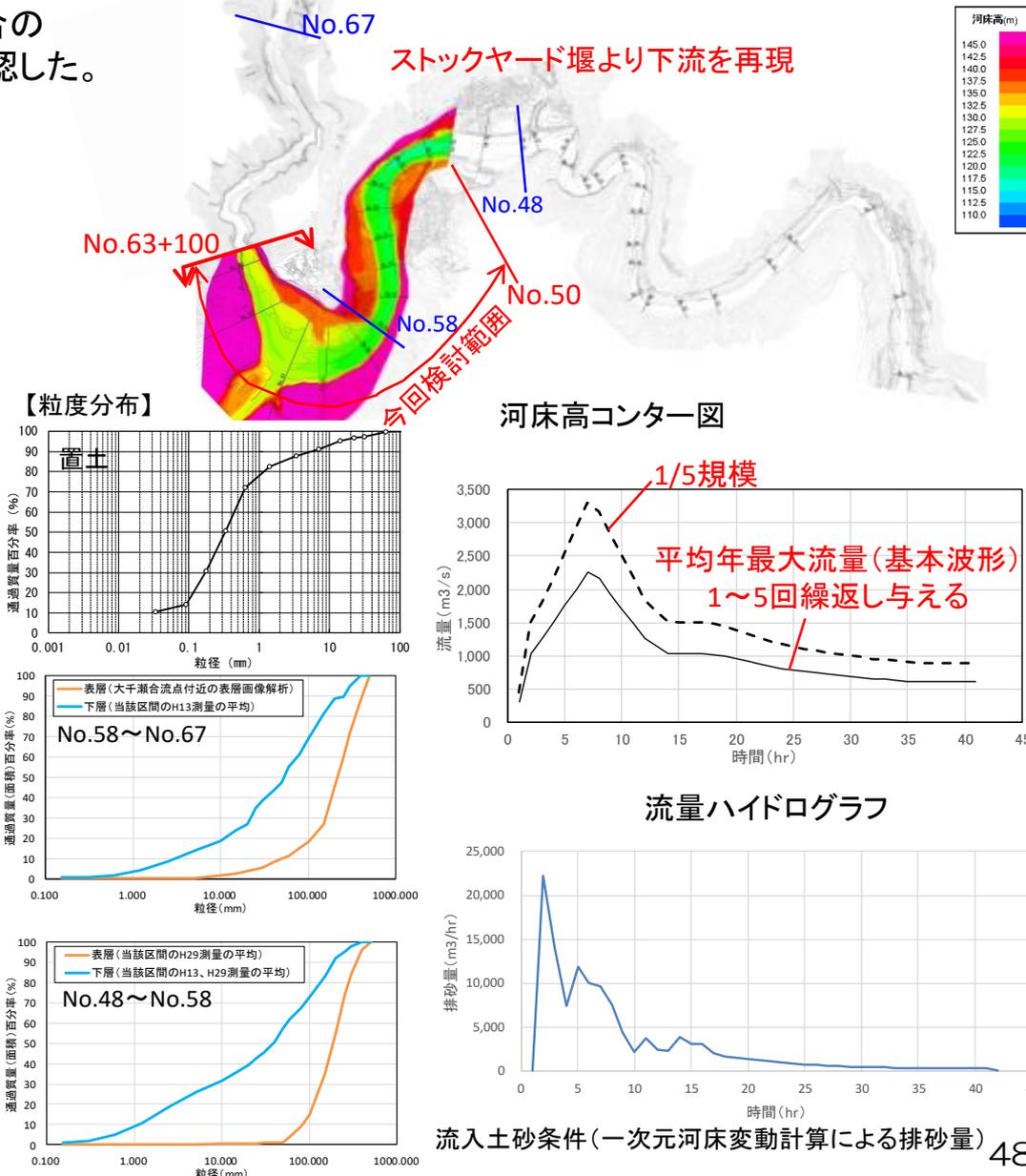
■ 検討条件

以下の条件を設定し、ストックヤード堰下流の実物の河道の二次元河床変動解析モデルを構築した。平均年最大出水(基本波形)が繰り返し生じた場合のストックヤード下流の土砂の堆積状況について確認した。

検討条件一覧

項目	検討条件
解析手法	一般座標系平面二次元非定常流解析モデル + 河床変動解析モデル
対象区間	ストックヤード下流端(No.63+100付近)～模型下流端(No.50付近)
河道地形	H24年測量成果(高水敷きの微地形はLPデータより設定)
検討ケース	基本波形(平均年最大出水)の繰り返し
上流端条件	ダム放流量ハイドログラフ ※平均年最大放流量(2,258m ³ /s)、同出水の繰り返し波形 1/5規模(3,300m ³ /s)
下流端条件	等流水深(No.50地点)
横流入条件	流量ハイドログラフ(大千瀬川の流入を考慮)
粗度係数	計画河道の粗度係数 n=0.035
透過係数	樹木群透過係数 K=50
粒度構成	H13測量、H18測量、H29測量、表層の河床材料粒度分布より設定
流砂量計算	掃流砂: 主流方向: 芦田・道上式、横断方向: 長谷川式 浮遊砂: 沈降速度: Rubeyの式、基準濃度: Lane-Kalinske
粘着性土砂	粘着性土砂の侵食速度式 下限式 $E_b = 0.004 \times u_*^3 \times 3.0$
還元土砂量	25.6万m ³ /年、51.2万m ³ /年
流入土砂量	上流端: 一次元河床変動計算の排出土砂量(スリット、置き土量) 25.6万m ³ /年の場合) 横流入: 大千瀬川からの土砂流入を考慮
交換層の扱い	平野による交換層の概念を発展させた芦田・道上・劉による方法

ストックヤード内の置土条件は前回(第4回)委員会提示の条件(粒径がやや大きめ、25.6万m³/年)を用いている。



■解析結果の概要

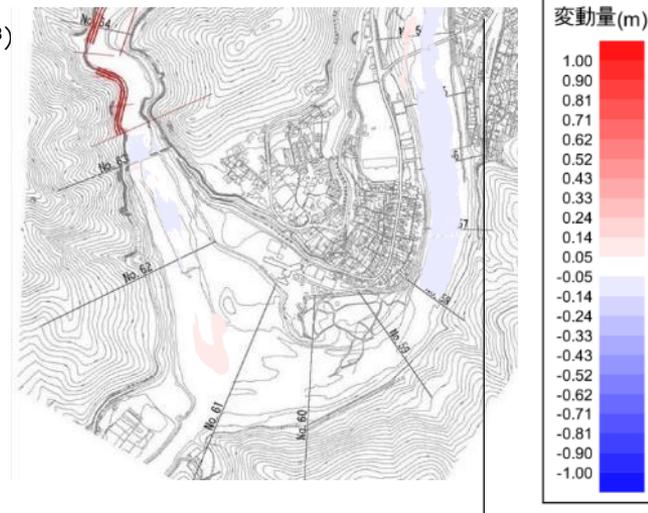
- 出水後の下流河道での堆積はほとんどみられない。
- 連続して出水した場合でも、傾向はほぼ同様となる。

河床変動量

スリット形状(置土量25.6万
2,258m³/s × 1出水後



スリット形状(置土量25.6万m³
2,258m³/s × 2出水後



スリット形状(置土量25.6万m³
2,258m³/s × 5出水後



スリット形状(置土量25.6万m³
3,300m³/s (1/5規模)出水後



【平面2次元モデルによる影響把握】

平面2次元モデルを用いて土砂還元を実施した場合の下流河道への影響を検討

- ・今回作成したモデルの再現性を実験との比較により確認。
- ・合流点直上流部で土砂が堆積する傾向が見受けられたが、置土による影響はほとんど確認されない結果となった。
- ・今後は、以下の項目について引き続き検討を実施。
 - 水窪川合流点までの河道への影響把握
 - ストックヤード内の詳細な解析・検討
 - SS低減対策の検討

4-4 佐久間ダム下流置土実験

4-4-1 平成28年度置土実験概要

- 場所：佐久間ダム下流約5.6km左岸河川敷(河内川合流点付近)
 - 施行時期：H28.11下旬～H29.4末
 - 置土量：約1.7万m³(おおよそ浚渫土砂2:掘削(陸上)土砂1)
 - 置土高：2m程度(流量800m³/s※の水位で覆没)
- ※ 佐久間ダム年最大ゲート放流量の近10年(H16～H25)最小値相当



施工状況
H29.1.20

位置関係

※H28、H29年度共に同じ箇所に置土を実施。



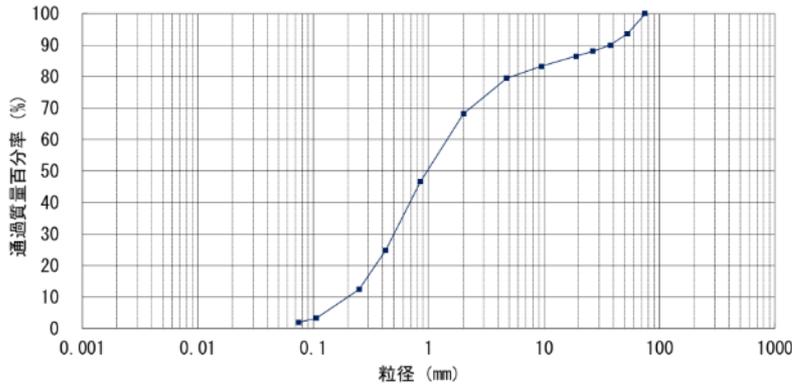
平面配置



① 2017.4.10撮影



①出水前



平成28年度置土試験工事 粒径加積曲線

② 2017.4.24撮影



②平成29年4月18日の出水により約1万m³の土砂が流出。
(佐久間ダム最大放流量480m³/s(発電除く))

③ 2017.10.27撮影



③平成29年10月22日の出水(台風21号)により残っていたほぼ全ての置土が河川に還元された。(佐久間ダム最大放流量1,658m³/s(発電放流除く))

※上記以外にも8月8日と8月18日にダム放流があったが、それぞれ150m³/s、300m³/sと小さく大千瀬川のピーク水位と放流時期がずれたため、置土の流出は発生していない。

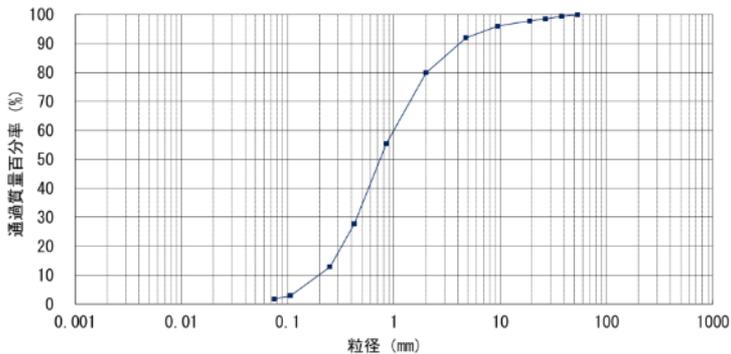
4-4-2 平成29年度置土実験置土流出状況

- 場所：佐久間ダム下流約5.6km左岸河川敷(河内川合流点付近)
- 施行時期：H29.11下旬～H30.4末
- 置土量：約1.2万 m^3 (おおよそ浚渫土砂3:掘削(陸上)土砂2)



位置関係

- H30.3.8～3.9の出水で 約10,000 m^3 流出
- ・ 佐久間ダム最大ゲート放流量 676 m^3/s



平成29年度置土試験工事 粒径加積曲線

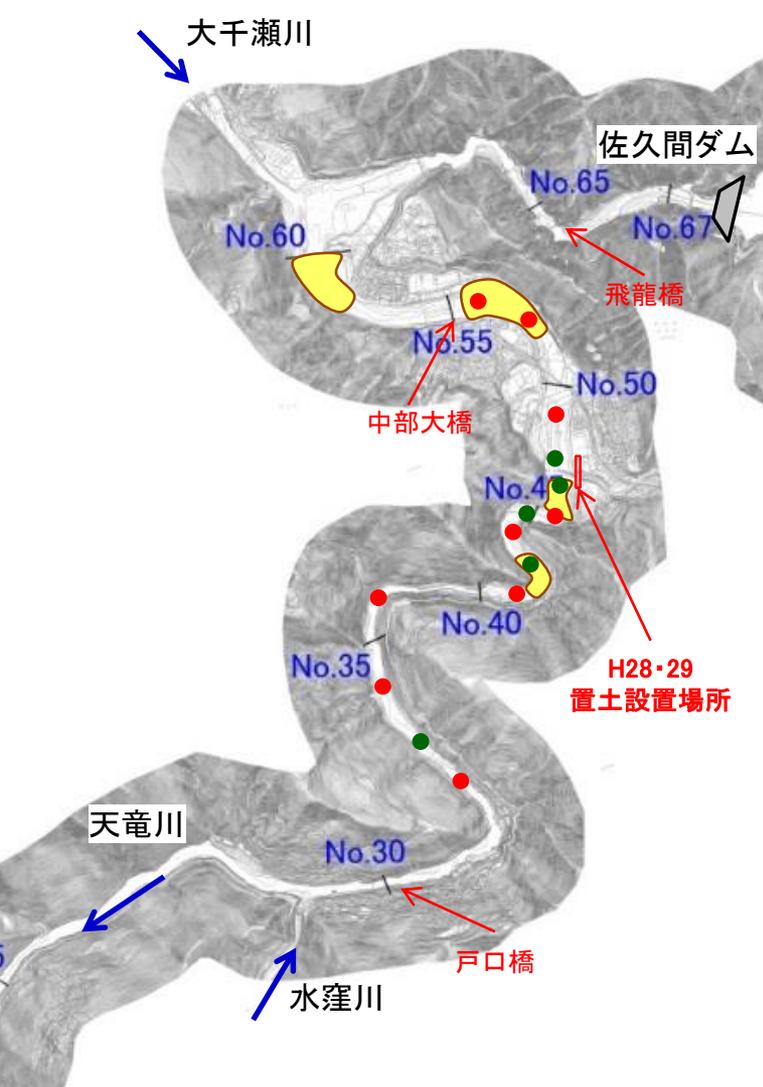
● H30.3.8～3.9の出水で 約10,000 m^3 流出



H30/3/12 H29年度置土 流出後

- 残りの置土約2,000 m^3 は、4月(H30.4.15、25)の出水で全て流出
- 佐久間ダム最大ゲート放流量341 m^3/s (4/15)
- 697 m^3/s (4/25)

4-4-3 置土実験における佐久間ダム下流河床材料調査位置



凡例

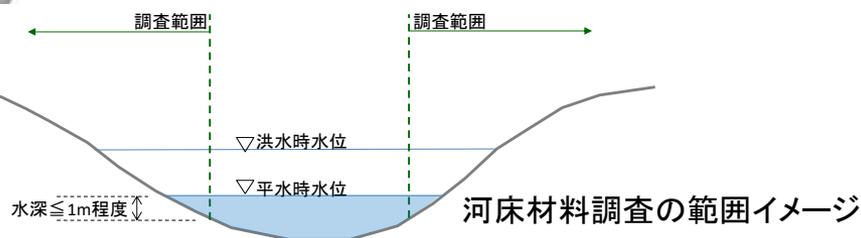
- : 面積格子法、容積サンプリング法
- : 面積格子法のみ
- : 土砂が流れにくい場所

置土設置箇所上下流部の河床材料調査の位置を左図に示す。

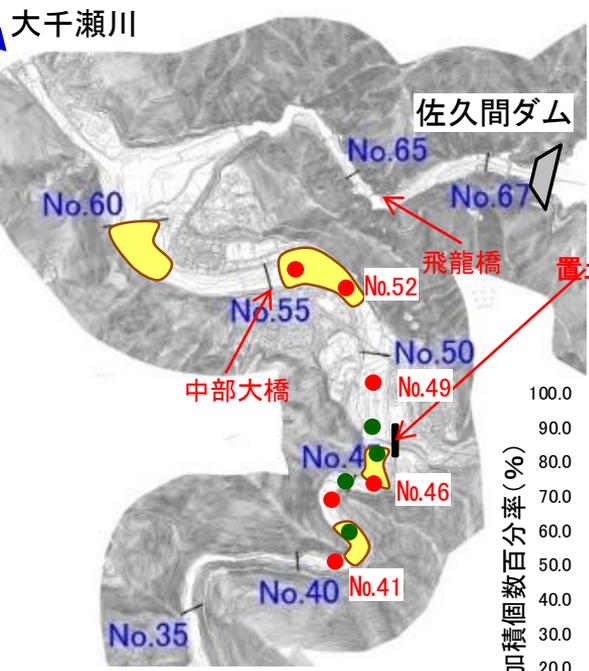
今回は、面積格子法及び容積サンプリング法ともに実施している場所(図中の赤丸部)について以下時期に調査を実施。

- ・平成29年度: 5月、11月
- ・平成30年度: 6月、11月(現在整理中)

ただし、平成29年5月及び平成30年6月調査時点ですでに置土が流出してしまっていることから、正確には置土流出前の状態とはいえない点に注意。



4-4-4 出水前後の河床材料変化(置土設置場所上下流)(1)



○置土設置場所上下流の河床材料の変化(粒度)

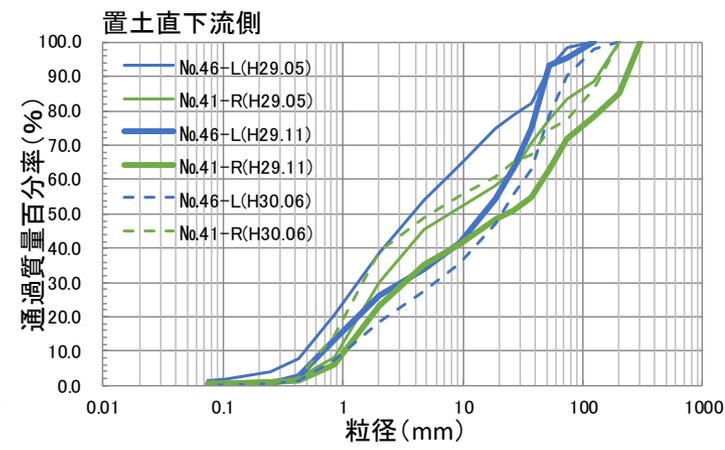
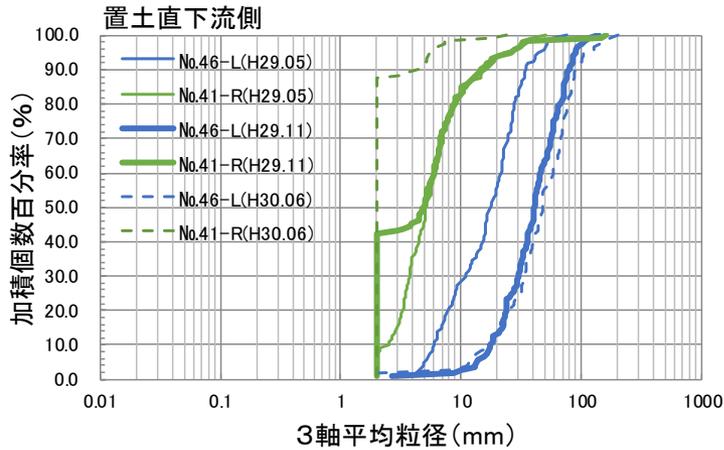
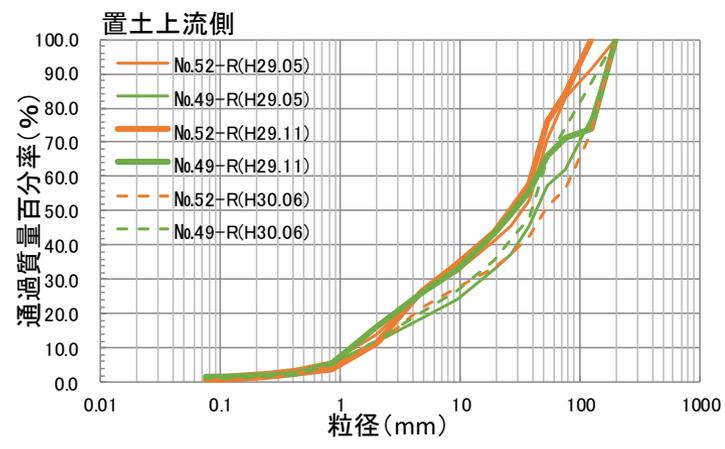
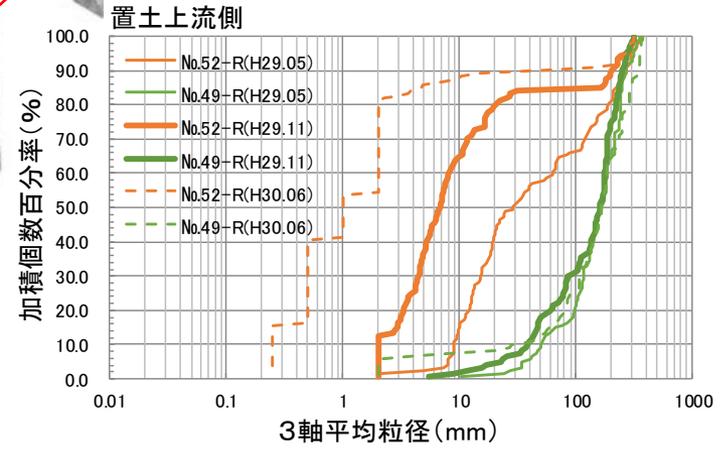
置土上流側

表層部ではNo.52付近で砂分が多くなる傾向が見られるが、表層下部分ではほとんど変化は見られない。

置土直下流側

No.46付近では、表層・表層下部の傾向はほぼ同じ。砂分が少くなる傾向が見られる。

No.41付近、表層部では砂分が多くなる傾向にあるが、表層下部では出水前後で粒度構成が大きく変わっている。(H30.6はH29.5と同程度)



表層(面積格子法)

表層下(容積サンプリング法)

4-4-4 出水前後の河床材料変化(置土設置場所上下流)(2)

○52-R



H29.5



H29.11



H30.6

○41-R



H29.5



H29.11



H30.6

○41-W(参考)



H29.5

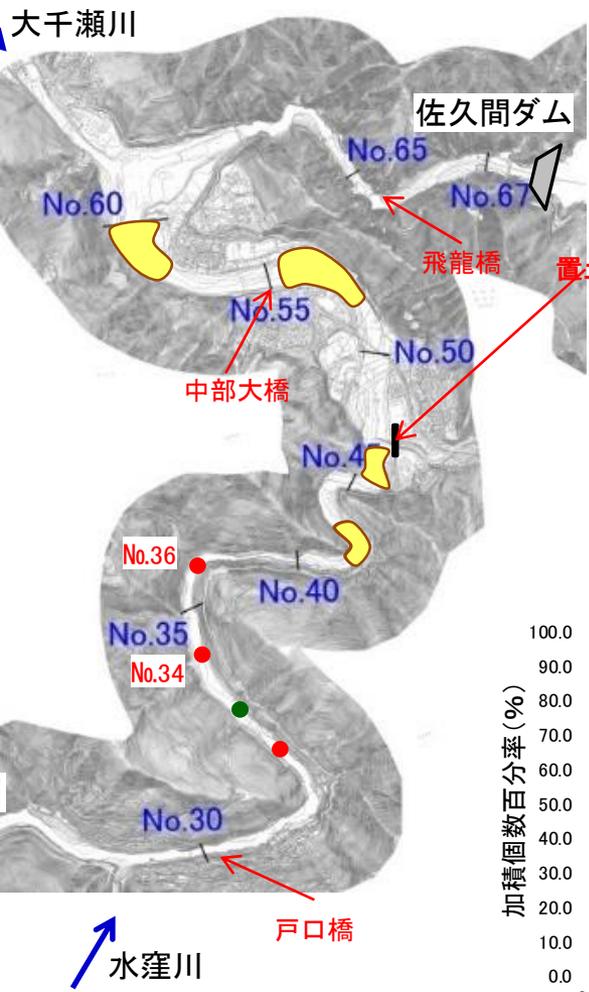


H29.11



H30.6

4-4-4 出水前後の河床材料変化(置土設置場所下流)(3)



○置土設置場所下流の河床材料の変化(粒度)

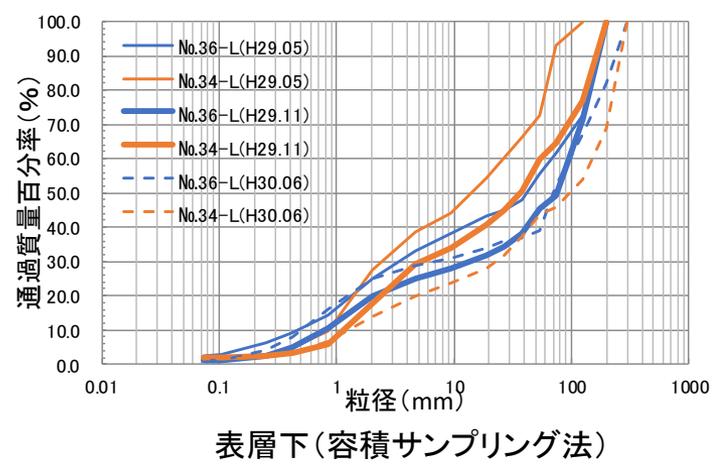
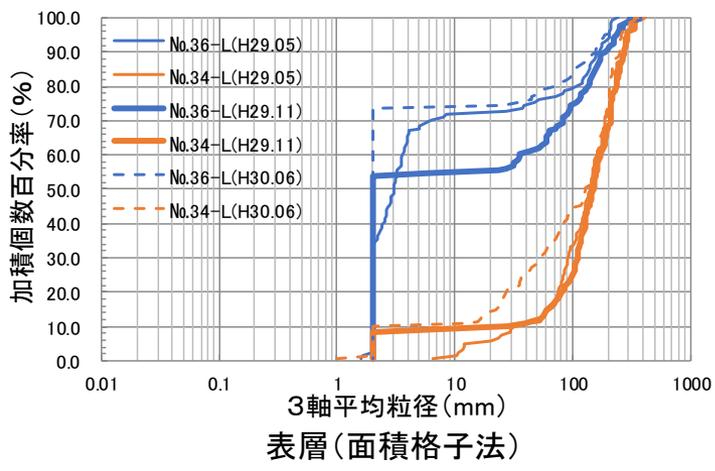
表層

No.36付近では、出水期前には粒度が細かい傾向にある。No.34ではほとんど変化は見られない。

表層下

No.36付近ではほとんど変化は見られない。No.34付近では、粒度が粗くなる傾向。

※継続調査により傾向を把握する



4-4-4 出水前後の河床材料変化(置土設置場所下流)(4)

○36-L



4-5 秋葉ダム下流置土実験

4-5 秋葉ダム下流置土実験のモニタリング状況(1)

- H27年度設置の置土約1.2万m³はH28.5.11(流量約1,200m³/s)で約0.6万m³、H28.9.20洪水(流量約1,700m³/s)で約0.3万m³の計約0.9万m³(約8割)が流出。その後、H29.10.22洪水(台風21号)で全量流出



H28.4.15 置土設置後



H28.5.12 出水翌日



H28.9.30 出水後調査時



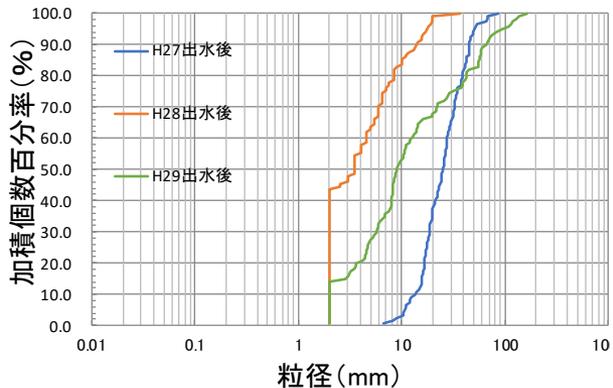
H29.10.24 出水後



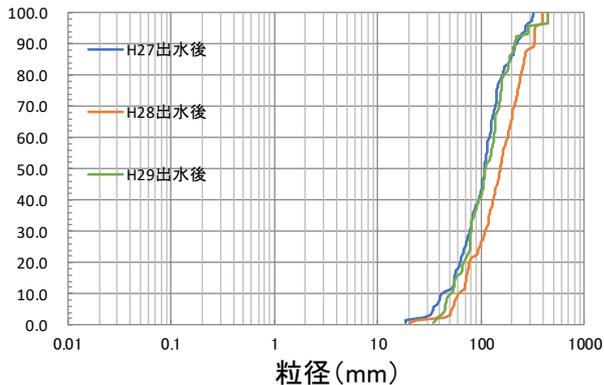
【H27年度設置】約1.2万m³
秋葉ダム下流約2.3km右岸

H28出水前後における河床材料の変化(面積格子法)

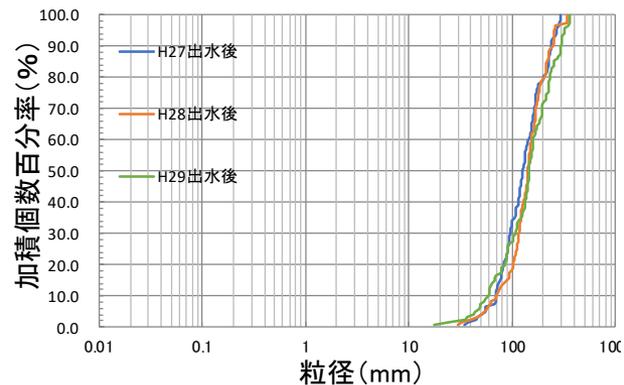
調査地点① No.20-WR



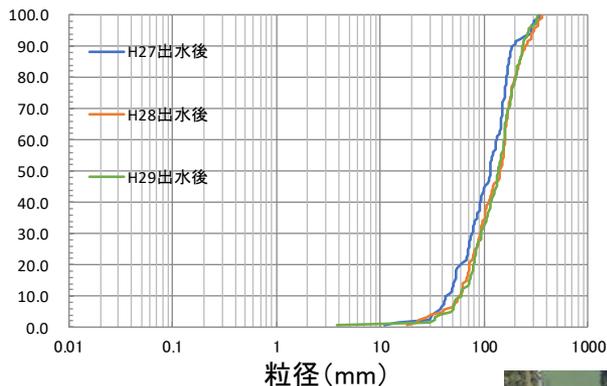
調査地点② No.21-WL



調査地点② No.21-L



調査地点③ No.42-WL



○面積格子法による結果では、置土箇所に近い①の地点以外では変化は見られない。

→横断測量等と比較しながら検討。

スルーシング試験前の基礎資料とする

H27置土箇所

秋葉ダム

龍山大橋

調査地点①
No.20 (43.75k)

調査地点②
No.21 (43.50k)

雲名橋

調査地点③
No.42 (40.50k)

気田川

位置図

H28出水前後における河床材料の変化

調査地点① No.20-WR



H27.11



H29.1



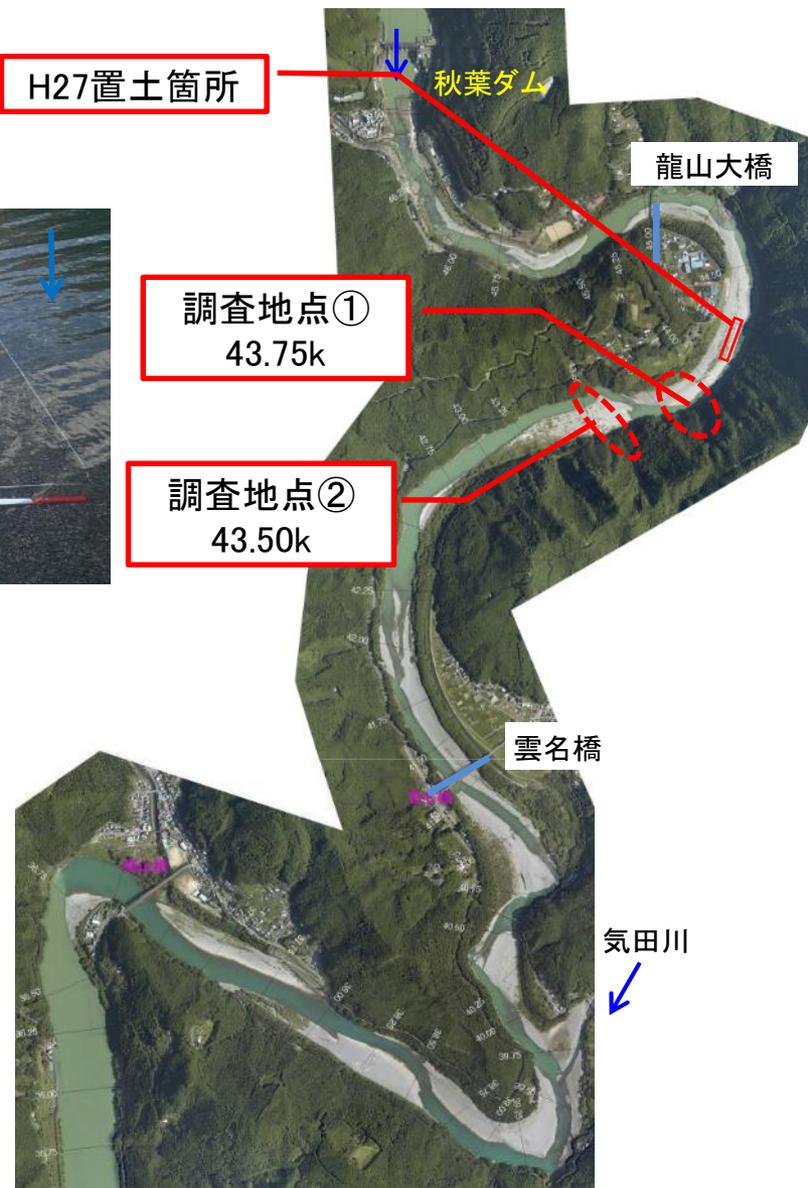
H30.2

○置土箇所に近い①の地点では、細粒分の比率が多くなる傾向にあるが、②の地点では、そのような傾向は見られない。

H27置土箇所

調査地点①
43.75k

調査地点②
43.50k



位置図

5. 今後の主な検討事項

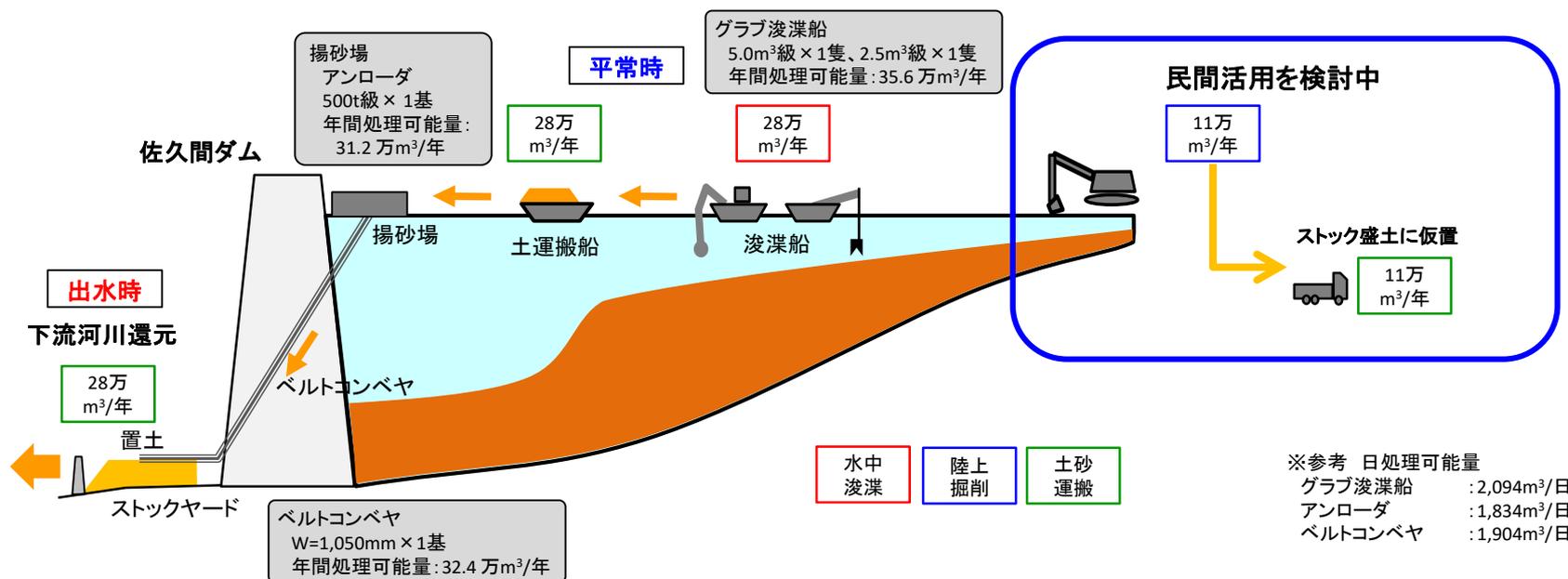
5 今後の主な検討事項(1)

本委員会での確認事項と今後の主な検討事項(案)

堆砂対策量

- 堆砂対策量 : 約39万 m^3 /年
- 対策土砂量 : 約28万 m^3 /年 (浚渫量:約28万 m^3 /年)
- 陸上掘削土砂(約11万 m^3 /年)は民間活用を促進

⇒掘削・浚渫の試験施工等により、堆積土砂のデータを蓄積し、土砂収支の精度向上を図る。



- ① 維持河床：洪水調節容量確保と背水影響防除とを満足する限界的な河床形状
- ② 排除土砂量：維持河床(①)上の対策区間に堆積する毎年の土砂量
- ③ 堆砂対策量：排除土砂量(②)の平均値
- ④ 対策土砂量：堆砂対策施設の設計条件とする土砂量(堆砂対策量(③)から民間砂利業者採取または引渡し量を控除)

本委員会での確認事項と今後の主な検討事項(案)

堆砂対策工法

- ① 掘削(陸上)土砂の処理 : 系外処理11万m³/年
⇒民間活用を検討
- ② スtockヤード内の土砂の下流還元
⇒ 下流端堰の構造はスリット形状を基本
- ③ 浚渫 : 既存施設の利用を考慮した設備の検討
⇒さらなるコスト縮減等の検討
- ④ エネルギーの有効活用
⇒ベルトコンベヤや浚渫作業における回生電力の活用方策の検討
- ⑤ スtockヤード内の土砂運搬方法 : 引出ベルトコンベヤ+ダンプトラックを基本

本委員会での確認事項と今後の主な検討事項(案)

実行可能性調査

○ スtockヤードに集積した土砂の河川還元

数値解析及び置土実験により、確実な土砂の排出と下流影響の軽減を実現するStockヤード諸施設の構造・運用を検討する。

- 水理模型実験 : 下流端堰の構造及び下流河道の形状によるStock土砂の流出・流下特性把握の実施と評価
運用を繰り返すことにより目標の排砂量が確保されることを確認
- 数値解析等 : 下流への土砂濃度による影響の軽減
 - ⇒ 水窪川合流点までの河道への影響把握
 - ⇒ Stockヤード内の詳細解析・検討
 - ⇒ SS低減対策の検討
- 佐久間ダム下流置土実験 : 置土流出後の河床材料変化について報告 (H28・H29年度分)
 - ⇒ H31年度以降の実験計画策定
- 秋葉ダム下流置土実験 : 置土流出後の河床材料変化について報告 (H28年度実施分)
 - ⇒ スルーシング結果との比較に活用
- 秋葉ダムスルーシング実験 :
 - ⇒ H31年度以降実験開始、モニタリング結果評価