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）

【2．水理模型実験中間報告】

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

水理模型実験中間報告

【目　次】

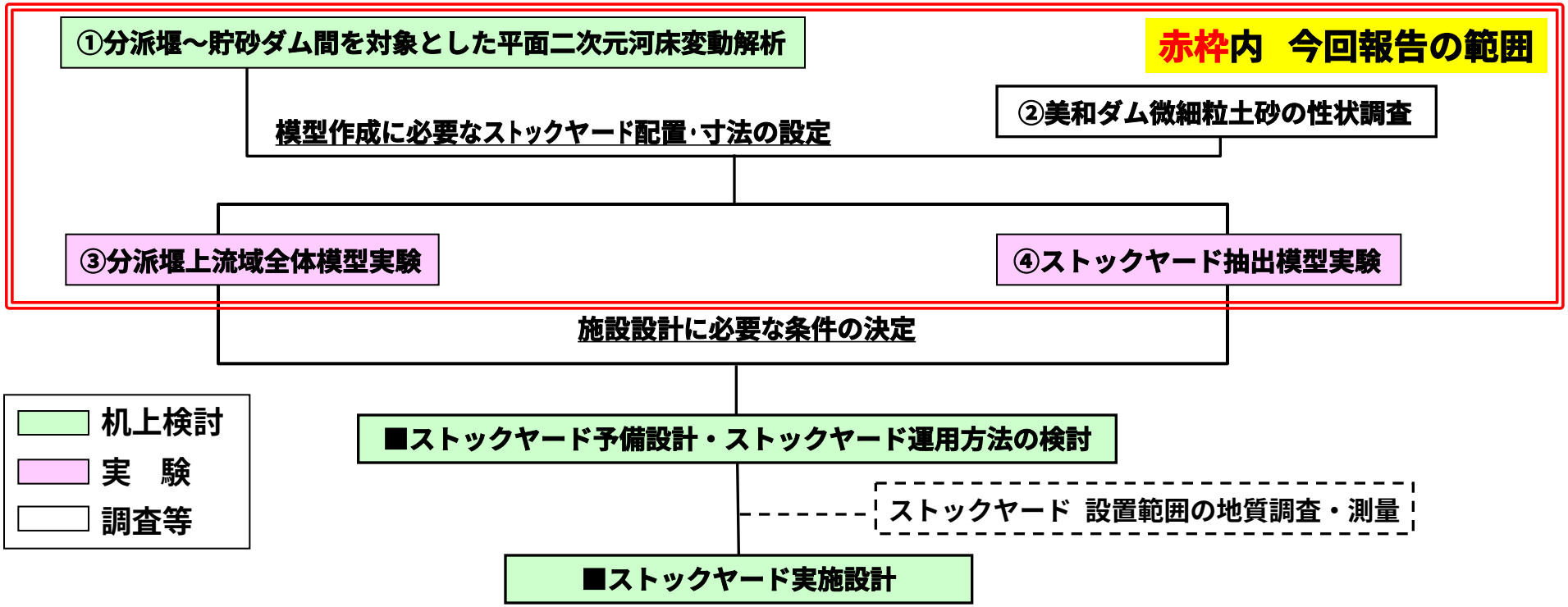
2.1　今回報告の範囲 ･･･ 1
2.2　分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面2次元河床変動解析 ･････････････ 2
■平面二次元河床変動解析によるストックヤードの概略検討
■平面二次元河床変動解析による概略検討結果
2.3　土砂性状状況調査 ･･･ 6
■土砂性状調査の目的
■土質性状（粒度分布、密度）
■含水比の時間変化
■河床の陸地化による含水比への影響調査

2.4　全体模型実験中間報告 ･･･ 8
■ストックヤードの設計･運用上の課題とその対応方針
■実験目的、実験内容
■実験条件
■実験ケース
■模型概要

2.5　抽出模型実験中間報告 ･･･ 17
■実験目的、実験内容
■実験条件
■実験ケース
■模型概要
■固定床排砂機能検討

2.1 今回報告の範囲

1. 施設設計検討フロー



第二回委員会において報告した【施設設計検討フロー】を踏まえて、本委員会において、

① 分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面二次元河床変動解析
② 美和ダム微細粒土砂の性状調査
③ 分派堰上流域全体模型実験
④ ストックヤード抽出模型実験

についての報告を行う。

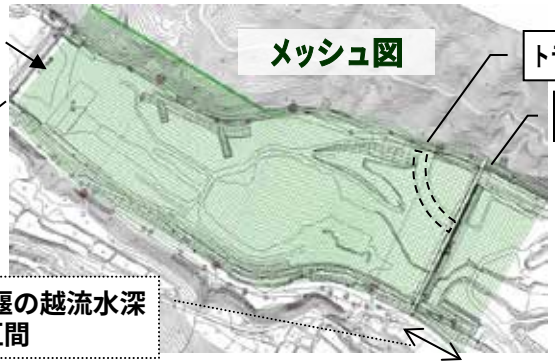
なお、②～④の土砂の性状調査、模型実験については、現在も実施中であり、中間報告となる。

2.2 分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面二次元河床変動解析

■平面二次元河床変動解析によるストックヤードの概略検討

- ストックヤードの諸元・設計にあたり、流況、排砂量への影響が少ないストックヤードの形状を平面二次元河床変動解析により相対的に評価する。
- 平面二次元河床変動解析は、分派堰上流域を対象としてモデル化する。ただし、貯砂ダムから越流による供給のみを考慮し、ストックヤードからの排出は対象としない（ストックヤードは死水域として扱う）。
- ストックヤードなし（現況）及びストックヤードあり（配置・基本寸法を変更した現時点案を含む3ケース程度）を対象とした河床変動解析により、トラップ堰の土砂補足機能、土砂バイパストンネルの排砂機能を損なわないストックヤードの配置・基本寸法を概略設定する。

○モデルの概要



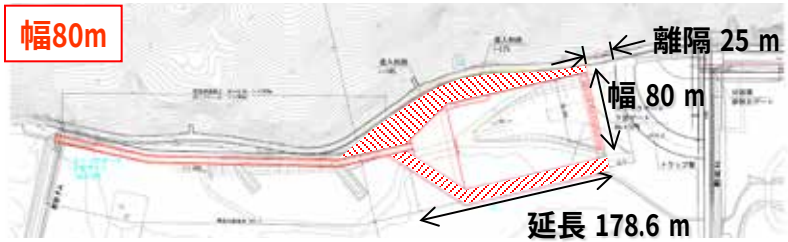
構築モデル	平面二次元河床変動モデル
モデル化範囲	分派堰上流域（貯砂ダム～分派堰）
メッシュサイズ	3～6m
対象流量	2洪水※1 ・比較的湖内堆砂が生じた洪水(平成元年9月洪水) ・平均的な湖内堆砂が生じた洪水(平成15年8月洪水)
流 砂 量	掃流砂・浮遊砂・微細流土砂 （粘着性土の侵食速度考慮）
構 造 物	・分派堰、トラップ堰、導流堤、ストックヤード （トラップ堰は河床高が天端高に達するまで掃流砂を捕捉することとする）
流入土砂量	一次元河床変動計算による貯砂ダムからの流入土砂量を与える（粒径を考慮）
下流端水位	分派堰の越流水深

※1 対象とする洪水は、通常生じることが想定される洪水を選定した。

○検討ケース

- ストックヤードなし（現況）
- ストックヤードあり（3ケース）

　トラップ堰との離隔は固定し※2、河道部への影響を把握するため、幅員をパラメータに必要容量（3万m³）を確保できるよう延長を変化させ設定



※2 離隔は、ストックヤードからの排出した砂礫が沈降し、トラップ堰に補足されるのに必要な距離を確保しつつ、排出土砂が拡散せず、バイパスに流入する距離として25mとした。

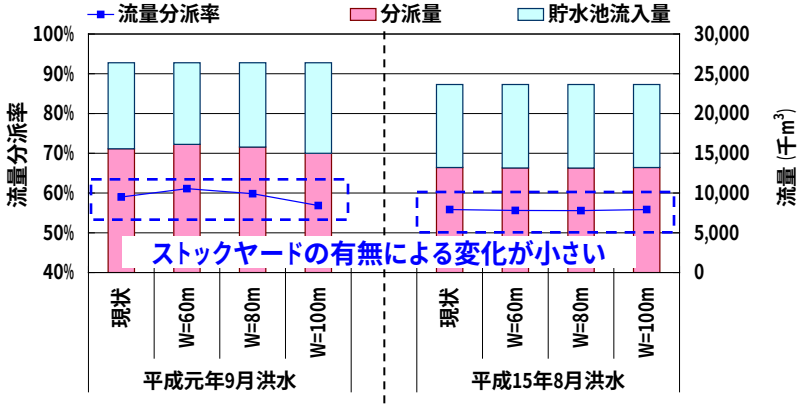
2.2 分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面二次元河床変動解析

■平面二次元河床変動解析による概略検討結果： 分派機能、捕捉機能への影響

- 分派機能への影響は、ストックヤード施設の有無による流量分派率の変化については比較的小さい一方で、流砂量分派率は洪水によって傾向が異なるものの、幅60mとした場合の砂、シルト（浮遊砂、ウォッシュロード成分）の分派率が高くなる傾向である。
- 縦断水位への影響は、幅を60mとした場合の影響が比較的小さく、ストックヤードの幅が大きいほど水位が高くなる傾向である。
- トラップ堰の掃流砂の捕捉機能への影響は、ストックヤード前面の洪水後の河床高がトラップ堰高以下であることから、トラップ堰の掃流砂の補足機能は保持していると考えられる。なお堆砂面がトラップ堰、分派堰等の天端に到達するまでは掃流砂を全量捕捉するものとして評価している。
- ただし、浮遊砂、ウォッシュロードの鉛直方向の濃度分布は平面二次元解析では考慮できないため、実際の分派量とは異なる（少ない可能性がある）。

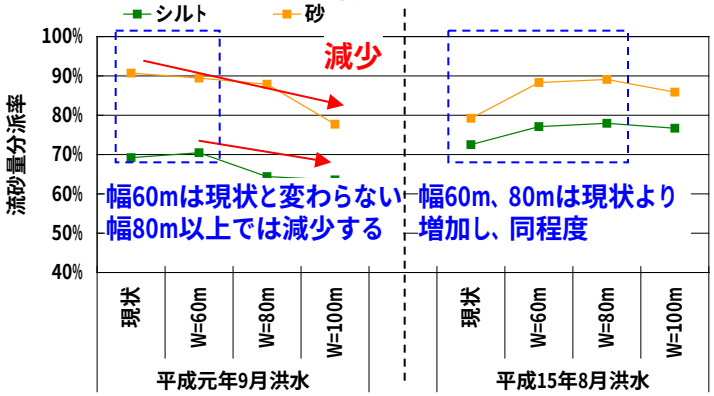
○流量の分派状況

流量分派率は、洪水期間中の分派量／全流出量で算定



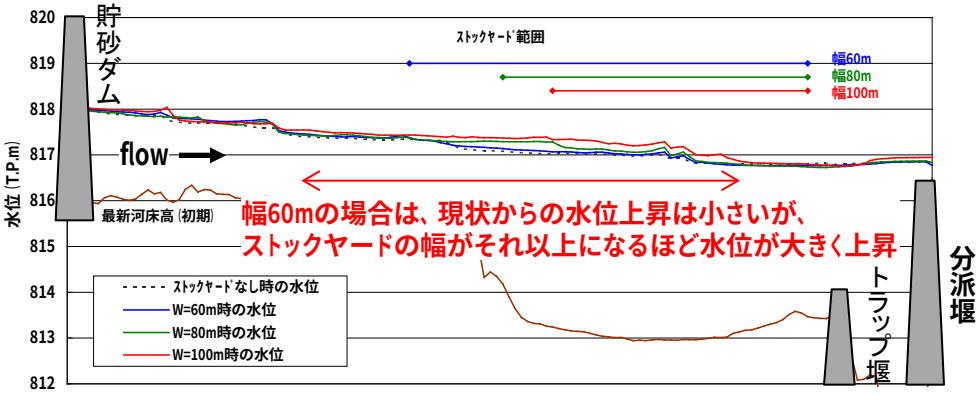
○流砂量の分派状況

流砂量分派率は、洪水期間中の分派土砂量／全流出土砂量で算定

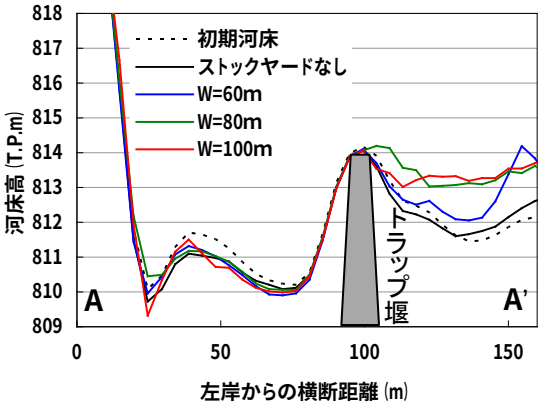


- 流出する砂の約8割は0.075m～0.106mmの砂。
  残りは0.106mm～0.250mmの砂
- いずれもトラップ堰地点では、浮遊砂もしくはウォッシュロードが流れる。

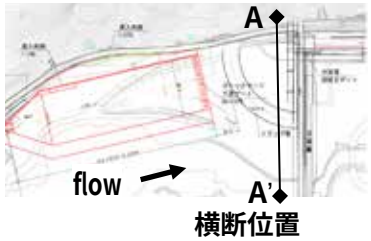
○縦断水位への影響（平成元年9月洪水ピーク流量流下時）



○トラップ堰周辺の河床変動状況（平成元年9月洪水後）



幅60mの場合、洪水後の河床高はトラップ堰高以下



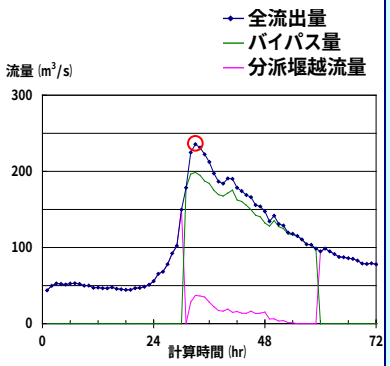
2.2 分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面二次元河床変動解析

■平面二次元河床変動解析による概略検討の結果　：　流況の変化

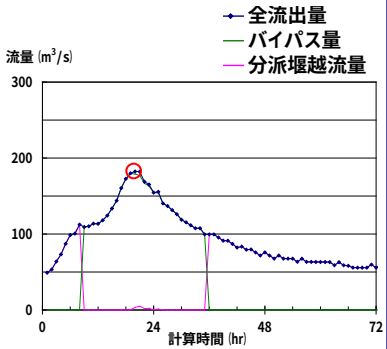
- ストックヤードを設置したことにより、バイパスへ向かう流れがストックヤードに沿った流れに変化する。ストックヤードの幅が広がると、分派堰で堰き止められた後、急角度でバイパスゲートへ向かう流れとなる。
- また、ストックヤードの幅が広くなると河道部が狭くなるため、右岸の流速が増し、より下流の分派堰直上まで速い流れが到達する。ただし、幅を60mした場合はストックヤードの範囲の流況は変化するものの、河道部の流況は大きく変化しない。

○流況の変化

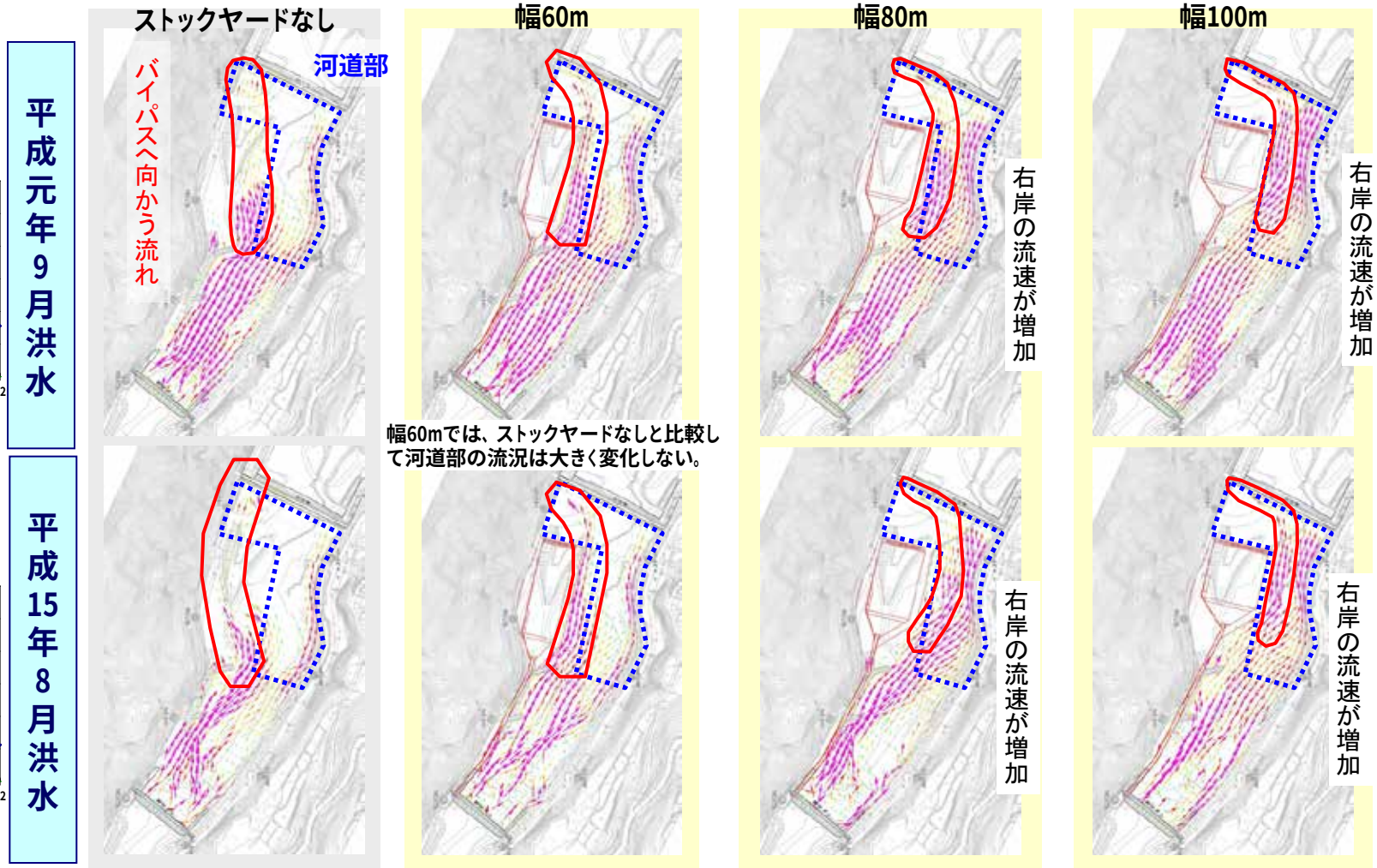
(ピーク流量流下時)



※ストックヤードなしの場合



※ストックヤードなしの場合



※ストックヤードなしでの左岸方向への流れは、堆砂面の横断形状及び周辺の河床変動に伴うものである。
※バイパス運用時であり、分派堰の越流はほとんど生じていない。
※貯砂ダム直下の流れの変化は、河床変動の影響によるものである。

2.2 分派堰～貯砂ダム間を対象とした平面二次元河床変動解析

■平面二次元河床変動解析による概略検討結果： ストックヤードの概略設定

- ストックヤードを設置することで変化すると考えられる事象を、分派堰上流域を対象として、平面二次元河床変動解析により確認した。

- 土砂バイパスへの分派機能への影響は、洪水によって異なるものの、幅60mとした場合の砂、シルト（浮遊砂、ウォッシュロード成分）の流砂量分派率が高くなる傾向である。ただし、浮遊砂、ウォッシュロードの鉛直方向の濃度分布を評価できないため、分派率は異なる可能性がある。

- 分派堰・トラップ堰による掃流砂（砂礫）の捕捉機能への影響は、洪水後でもストックヤード前面の河床高はトラップ堰高以下であることから、トラップ堰の掃流砂の補足機能は保持していると考えられる。

- 流況への影響は、ストックヤードの幅が広がると、分派堰で堰き止められた後、急角度でバイパスゲートへ向かう流れに変化する。またストックヤードの幅が60mの場合は河道部の流況は大きく変化しない一方で、80m以上となると右岸の流速が増加し、縦断水位も高くなる傾向である。

⇒ 以上のことから、トラップ堰の土砂補足機能、土砂バイパストンネルの排砂機能を損なわない観点から、ストックヤードの寸法は 幅60m程度 が妥当であると考えられる。

- 本解析は、ストックヤード形状選定のための机上での比較検討であることから、模型実験にて、より実証に近い確認を行うこととし、ストックヤード運用時のトラップ堰前面の流速・砂礫の捕捉状況なども模型実験において詳細な検討を行うこととする。

2.3 土砂性状状況調査

■土砂性状調査の目的

- 湖内堆砂対策施設は、ストックヤード内に侵食限界摩擦速度を上回る流況を再現して、土砂を排出することとしている。
- 過去、土木研究所による微細粒土砂の侵食特性に関する実験では、d50=10μm、含水比50%の条件での侵食限界摩擦速度を0.044m/sと求められており、美和ダムの貯水地体積土砂の移動には、それ以上の摩擦速度が求められる。
- 堆砂対策施設で対象とする土砂が、土木研究所の実験で用いた土砂と類似するものであるかを確認し、その条件のもとで排砂が可能であるか確認することとした。
- 平成25年9月に対象土砂を採取し、土質性状（粒度分布、密度）を調査するとともに、3m規模で堆積させた場合の含水比鉛直分布の時間変化を把握した。

■土質性状（粒度分布、密度）

- 6地点において深さ1m程度の柱状採取を行った。
- 左岸側のNo1及びNo2は砂質土が堆積している。
- 右岸側の4地点（No3～6）は粘性土が堆積しており、d50は10μm程度
- 土粒子の密度は2.75g/cm^{3}で一般的な土砂よりも大きい。

⇒排砂対象領域のd50は10μmとなり、土木研究所の実験条件と概ね一致する。

※D50は0.01～1mm程度までバラツキがあるが、粘性土が卓越する土砂は、粘性土による粘着性により侵食現象の進行が規定されるためバラツキの影響は小さいと考えられる

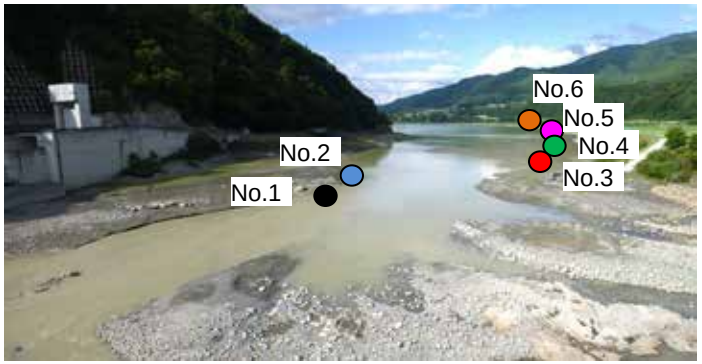
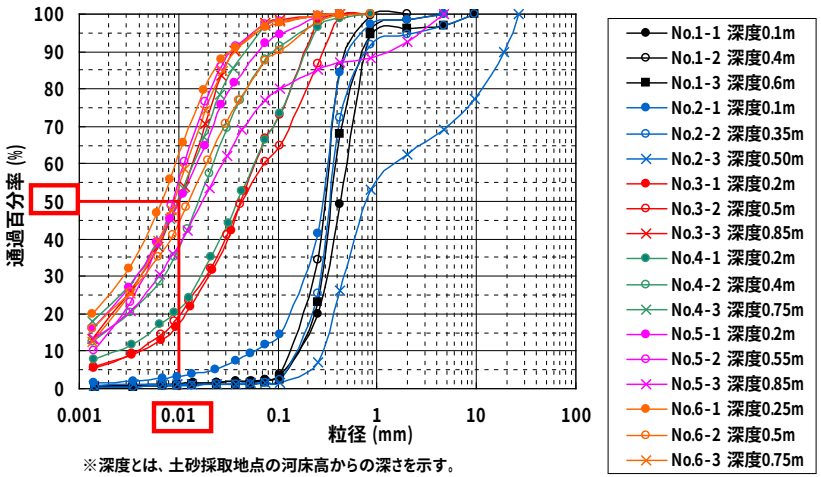


写真　土砂採取地点



※深度とは、土砂採取地点の河床高からの深さを示す。

図　現地採取土砂の粒径加積曲線

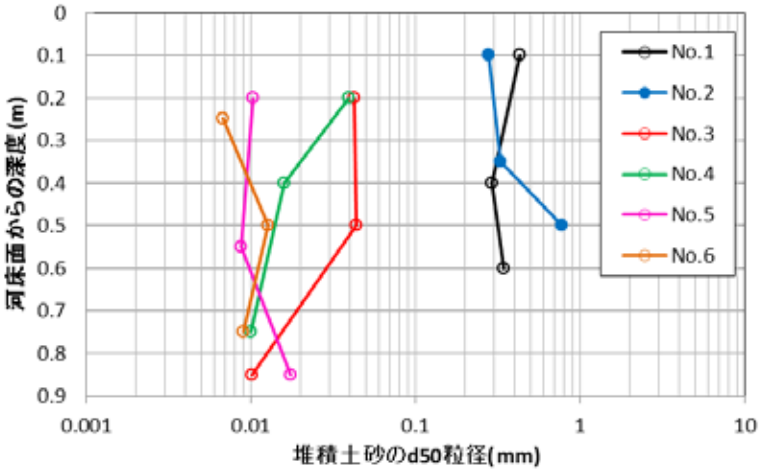


図　d50の鉛直分布

2.3 土砂性状状況調査

■含水比の時間変化

・ストックヤード内に集泥された土砂が、排砂されるまでの長期に渡り、存置された場合の土砂の性状を把握するため、一定期間放置し、その間の圧密などの性状を把握した。
・Φ50mm×高さ4mのパイプに含水比100%に調整した攪乱土砂を設置し、時間経過による含水比の変化（圧密の進行）を調査した。

【河床沈下量及び試料全体の平均含水比の時間変化】
・河床沈下及び平均含水比は1日程度で鈍化し、概ね5日以降は変化しない。
・平均含水比は60%程度となる。
※平均含水比は各時刻の河床高から算出した。

【試料を鉛直方向に分割して求めた含水比鉛直分布の時間変化】
表面付近を除き、含水比は50～60%程度の範囲となる。

⇒美和ダム堆積土砂を対象とした侵食限界摩擦速度を求めた土木研究所の実験（d50=10μm、含水比50%）と同程度となり、侵食限界摩擦速度を0.044m/sとすることは妥当と考える。

写真　実験状況

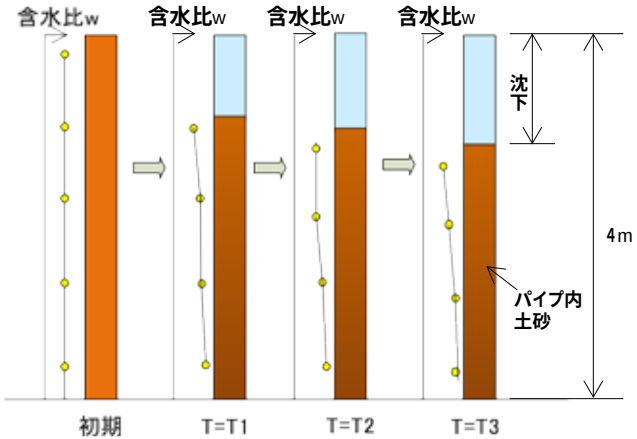


図　調査方法のイージ図

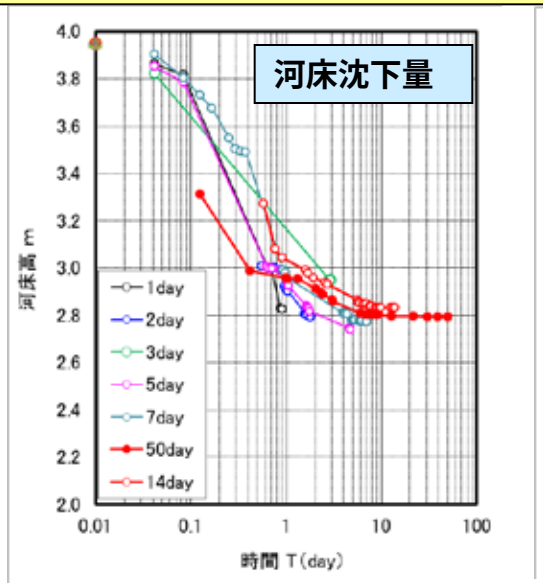


図　河床高の時間変化

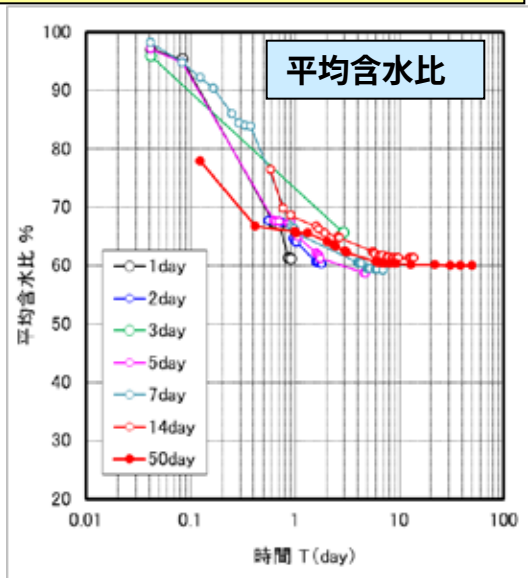


図　平均含水比の時間変化

※調査時間ごとに供試体を作成し検討を実施

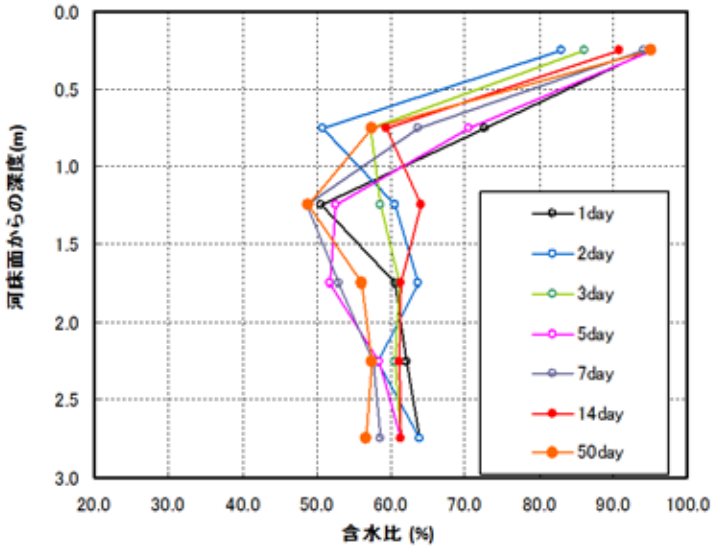


図　含水比鉛直分布の時間変化

■ストックヤードの設計・運用上の課題とその対応方針

実験に際し考慮すべき点を抽出し、模型の形状、実験条件等に反映させる

実験により確認する項目	確認方法	評価方法	実験結果の設計への反映
分派機能への影響を比較し、ストックヤードの適正形状を設定	・全体模型実験及び平面二次元解析により、ストックヤード規模、流量を変化させて分派機能を比較する。	・ストックヤード形状毎のバイパス呑口水位とバイパス放流量を比較し、現況施設と同程度の機能を確保するストックヤード配置を設定	・分派機能、河道部の流況に影響しないストックヤードのレイアウトの設定
みお筋の固定化の有無とそれに伴うみお筋以外の陸地化の有無	・抽出模型実験（移動床、河床材料による比較）により、河床変動状況を確認する。	・河床材料毎のみお筋形成状況を比較し、みお筋が固定化した場合の対策の必要性を設定	・堆積土砂の固結化を発生させない運用の設定（集泥から排砂までの期間は常に湛水する等）。
排砂効率向上策の効果（自然の営力を用いた付属施設）	・抽出模型実験（固定床）により、杭等の付属施設（単体）の影響範囲を把握 ・抽出模型実験（移動床）により、付属施設（群体）のみお筋固定化の解消と河床変動状況を把握	・付属施設によりみお筋の固定化が解消されるかを評価 ・付属施設の有無により河床侵食速度を比較し、効果を評価する	・模型の相似性が確保されないため、模型上の浸食速度を参考に、付属施設の必要性、規模を設定する。 ・自然の営力による付属施設が十分でない場合、機械力により対応する。
排砂初期における濃度上昇の状況把握	抽出模型実験（移動床、河床材料ひよる比較）により、バイパス放流土砂濃度を把握する。	・移動床土砂条件の違いによる相対的な現象比較 ・バイパス放流土砂濃度の時間変化	・急激な河床侵食が発生しないゲート操作方法の設定 ・下流への影響を検討する。 ・実運用でモニタリングを行いながら操作方法を工夫する（柔軟な操作ができる施設とする）

2.4 全体模型実験 中間報告

■実験の目的、実験内容

【実験の目的】
・ストックヤードの有無、形状による分派機能への影響把握
・微細粒土砂のストックヤードからの排出状況の確認
・トラップ堰による掃流砂の捕捉機能の確認

【実験内容】
①分派機能への影響確認
ストックヤードの有無、形状を変化させて分派機能への影響及び貯水池内流況の変化を把握する。
②ストックヤードからの土砂の流出状況の確認
ストックヤードから微細粒土砂相当、砂礫相当の土砂を投入し、微細粒土砂がバイパスに導流され、砂礫がトラップ堰に捕捉されることを確認する。

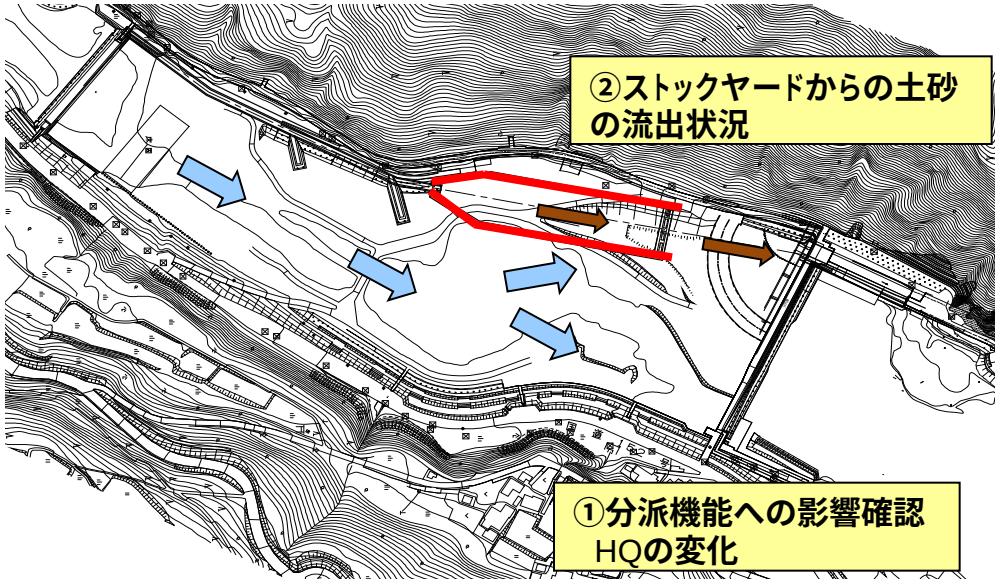


図 実験内容

ストックヤード有無及び形状ごとに、
分派堰上流水位とバイパス呑口流流量を計測し、
その関係を比較することにより、分派機能への影響を評価する

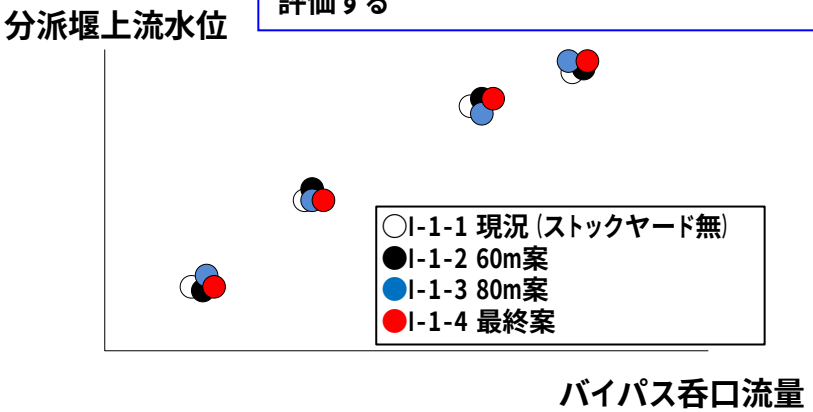


図 分派機能への影響の評価のイメージ

※ストックヤードの有無によりバイパス呑口のHQが変わる可能性があるため、実験で計測して評価

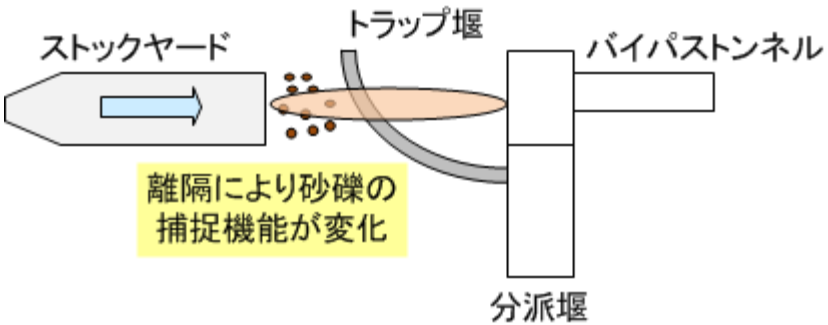


図 ストックヤードからの土砂流出状況の確認方法

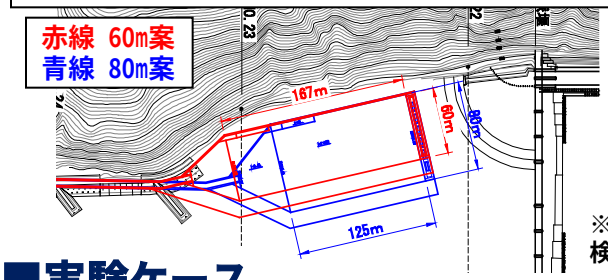
2.4 全体模型実験 中間報告

■実験条件

【貯砂ダム上流流量条件】
- 100m³/s バイパス運用開始流量
- 300m³/sバイパス運用頻度が高い流量
- 600m³/sバイパス運用上の上限流量
- 1,200m³/s 計画流量

※上記流量の内、50m3/sをストックヤードに導流

【河床条件】
- 貯水池形状・・・H23年度河床（固定床）
- ストックヤード・・固定床（水路勾配1/500）



【形状条件】
①分派機能調査
（ストックヤード形状4条件）
- ストックヤード無
- 60m案
- 80m案
- 最終案（幅、トラップ堰離隔調整）

②土砂流出状況把握
（ストックヤード内河床高2条件）
- 空虚（流速小、微細粒土砂の挙動）
- 満砂（流速大、砂礫の捕捉機能）

※トラップ堰の離隔は微細粒土砂がバイパス流入し砂礫がトラップ堰で捕捉される状況となるように調整

※最終案については実験及び検討結果を基に設定

【ストックヤード投入土砂条件】
- 微細流土砂・・・色素を基本とする
- 砂礫・・・・・・・・・集泥土砂に混入していると想定した実物1mm～20mm相当※の砂を投入

※現地土砂性状調査においての粒度分布が最も大きいデータの最大粒径とD50粒径から設定

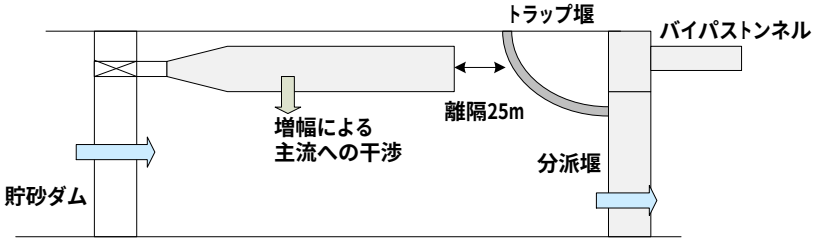


図 ストックヤード形状の考え方

■実験ケース

表 分派機能調査実験ケース

ケース	ストックヤード	流量	ケース数	確認事項	計測項目
I-1-1	ストックヤード無	100m³/s 300m³/s 600m³/s 1200m³/s	4	現況施設の把握	・HQ（分派堰水位～呑口流量） ・貯水池内水面形、流速分布 ・流況（スケッチ、写真、ビデオ）
I-1-2	60m案		4	60m案の河道流況把握	
I-1-3	80m案		4	80m案の河道流況把握	
I-1-4	最終案		4	必要に応じて円弧設置	

表 土砂流出状況調査実験ケース

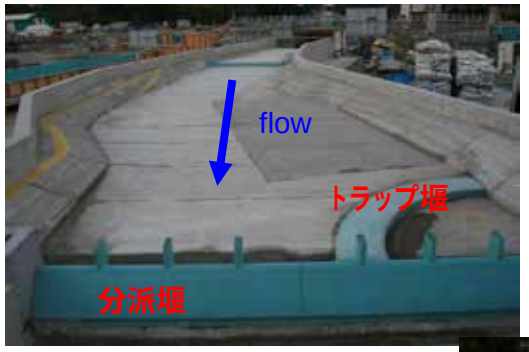
ケース	ストックヤード	ヤード内河床	流量	ケース数	確認事項	計測項目
I-2-1	最終案	空虚 満砂	100m³/s 300m³/s 600m³/s	6	最終案の把握	・砂礫土砂量 （捕捉量、バイパス流下） ・流況
I-2-2	導流壁設置			6	導流壁設置によるストックヤードからの土砂流出状況への効果を確認	

2.4 全体模型実験 中間報告

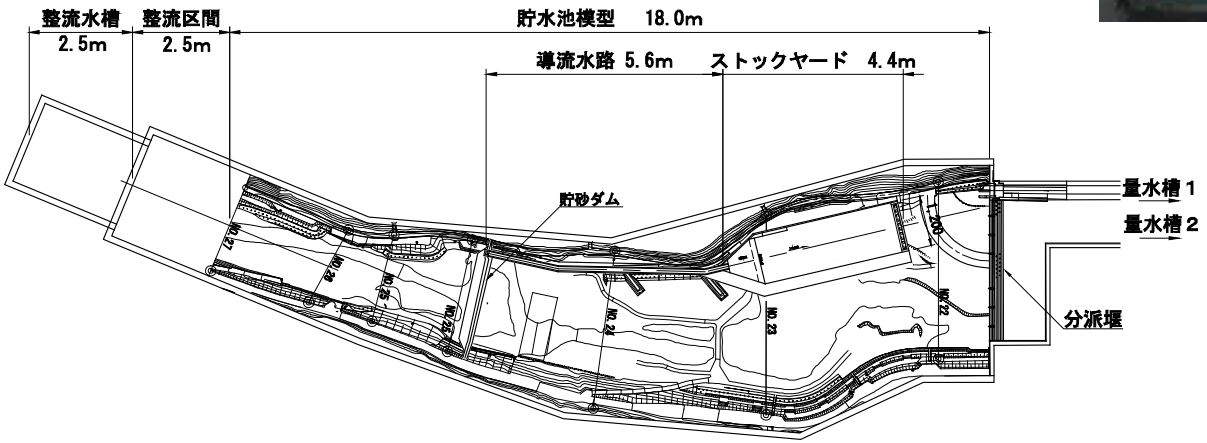
■模型概要

【模型縮尺と再現範囲】
・模型縮尺 1/50 (計画流量1200m³/sまでの現象を再現する)
・再現範囲 貯砂ダム上流250m～分派堰までの900m区間

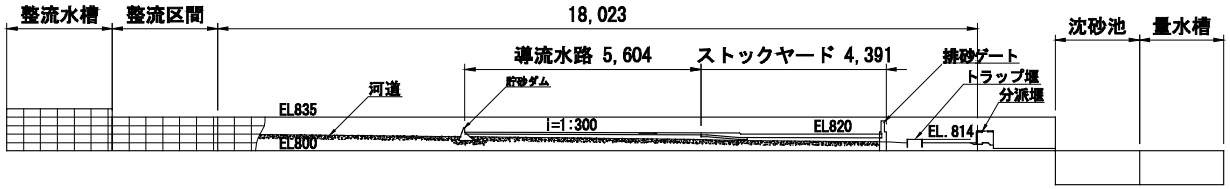
模型全景



模型全景①
分派堰から上流側



模型全景②
貯砂ダムから下流側



分派堰部拡大