

第9回 小渋ダム土砂バイパストンネル モニタリング委員会 説明資料



平成27年7月撮影

令和3年3月11日

国土交通省 天竜川ダム統合管理事務所

第9回 小渋ダム土砂バイパストンネル
モニタリング委員会 説明資料
＜目次＞

＜目次＞	1
1. モニタリング委員会の概要	2
2. 令和2年度の土砂バイパストンネル運用状況	5
3. 各部会の報告	
3.1 第8回土砂収支部会の報告	7
3.2 第6回構造部会の報告	22
3.3 第8回環境部会の報告	49
4. 各部会のまとめと今後の方針	70

1.1 モニタリング委員会での主な検討事項

- モニタリング委員会で議論する主な事項を示す。
- 第9回小渋ダム土砂バイパストネルモニタリング委員会では、平成28年から令和2年までの5年間の試験運用期間のモニタリング調査結果と検討状況について各部会から報告を行う。
- 土砂収支、施設構造、環境への影響を踏まえ、今後の最適な運用方法の確立に向けて、モニタリング委員会で議論することを目的とする。

モニタリング委員会で議論する主な事項

1. 操作ルール
 - ①試験運用期間
 - ②操作規則改正
2. 土砂収支計画
 - ①バイパス量
 - ②貯水池内掘削量(試験運用開始前後)
 - ③分派堰内掘削量(同)
 - ④第3貯砂堰内砂利採取量・掘削量(同)
3. モニタリング計画
 - ①ゲート等操作性
 - ②バイパス機能<流量、土砂>
 - ③環境影響<猛禽類、下流河道生態系、貯水池内水質>
 - ④土砂挙動<構造物損傷・摩耗状況、土砂堆積状況>
4. 観測機器等整備計画
5. メンテナンス計画

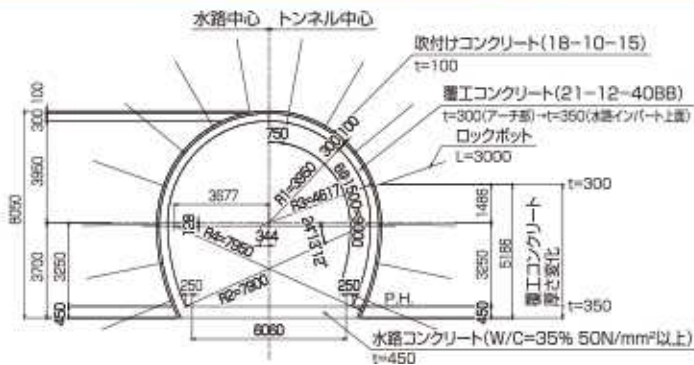
土砂バイパストンネル概要図



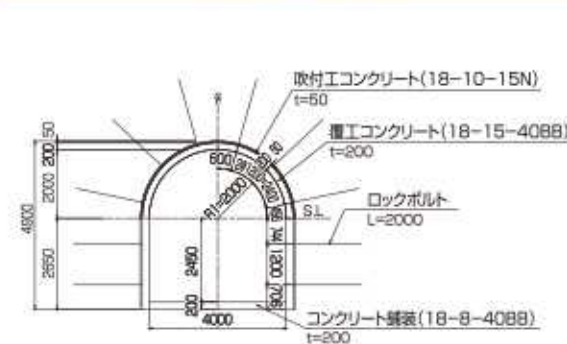
●トンネル概要

土砂バイパストンネル				管理用トンネル	
計画放流量	370m ³ /s	縦断勾配	1/50	断面形状	楕型
断面形状	一般部 馬蹄型	対象土砂	礫・砂・シルト	延長	172m
	呑口部に一部楕型	最大流速	14.4m/s		
延長	3,999m	コンクリート強度	覆工: 21N/mm ² 水路部: 50N/mm ²	コンクリート強度	18N/mm ²

土砂バイパストンネル標準断面図(一般部)



管理用トンネル断面図



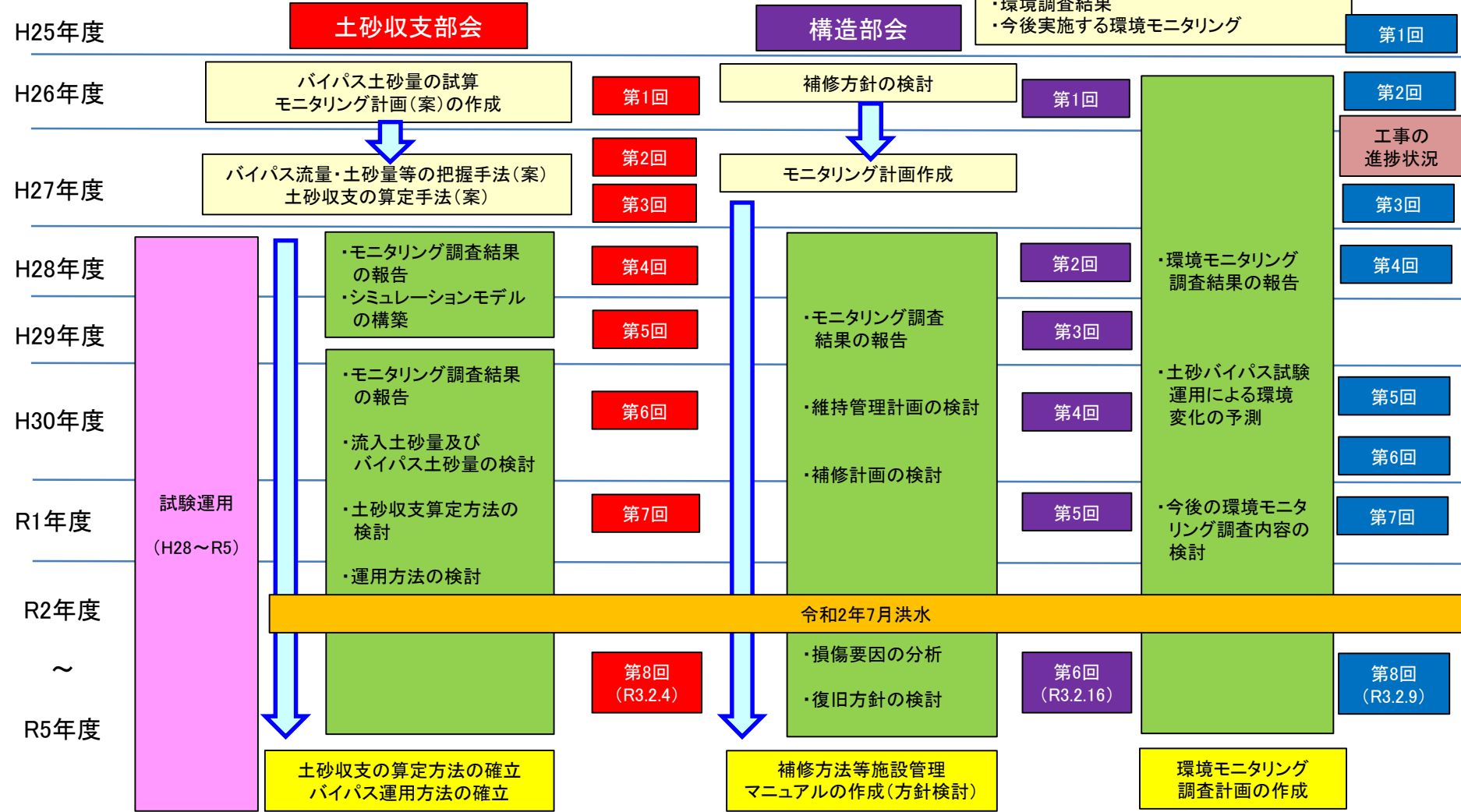
1.モニタリング委員会の概要

1.2 各部会のこれまでの流れ

- 平成25年度に環境部会を開催し、平成26年以降各部会で議論が進められてきた。
- 平成28年度からの試験運用を開始し、令和2年度は、令和2年7月洪水のバイパス運用を経て、第8回モニタリング委員会(R2.9.25)を開催し、損傷要因や復旧方針について審議いただいた。
- その後、第8回土砂収支部会(R3.2.4)、第8回環境部会(R3.2.9)、第6回構造部会(R3.2.16)を開催し、各部会で審議いただいた。

環境部会

- 小渋川におけるインパクトおよび環境とその変化
- ダム下流河川の環境把握に向けた調査検討計画の方針
- 土砂バイパスに関連する環境調査項目等
- 環境調査結果
- 今後実施する環境モニタリング



試験運用 (H28~R5)

2.令和2年度の土砂バイパストンネル運用状況

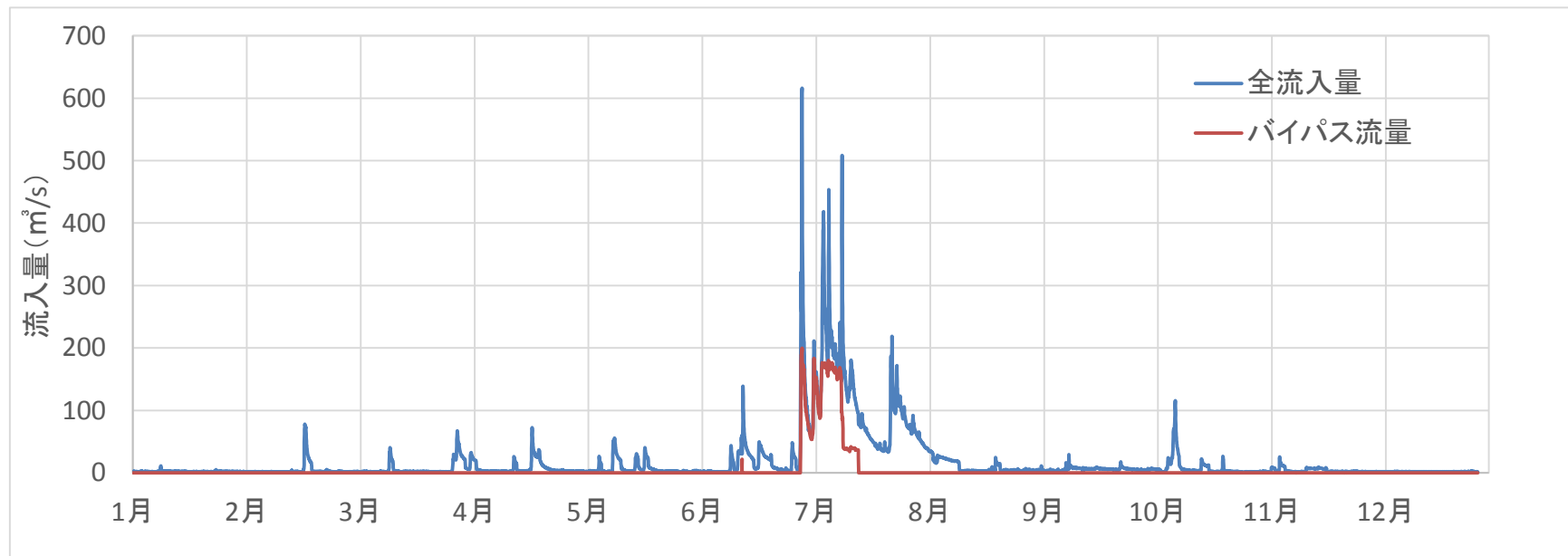
5

2.1 令和2年度の運用概要

- 令和2年度の試験運用は、梅雨前線(6/30-7/16)に伴う出水時に実施した(延べ放流時間:15日19時間50分)。
- 最大流入量は約640m³/s(7/1小渋ダム管理開始以降既往第2位)、バイパス最大放流量は約202m³/s(7/13:00)でバイパス運用を実施した。
- バイパスの運用を停止した7/16以降においても、7/25には流入量200m³/s以上の洪水が発生している。

試験運用実績一覧

年.月.日	最大放流量 (m ³ /s)	放流形態	放流回数 (回)	運用日数 (延べ時間)	使用目的 (出水原因)
R2.6.30~7.16	202	フリーフロー	1	17日間	試験運用1回目(梅雨前線)



ダム流入量、放流量

2.令和2年度の土砂バイパストンネル運用状況

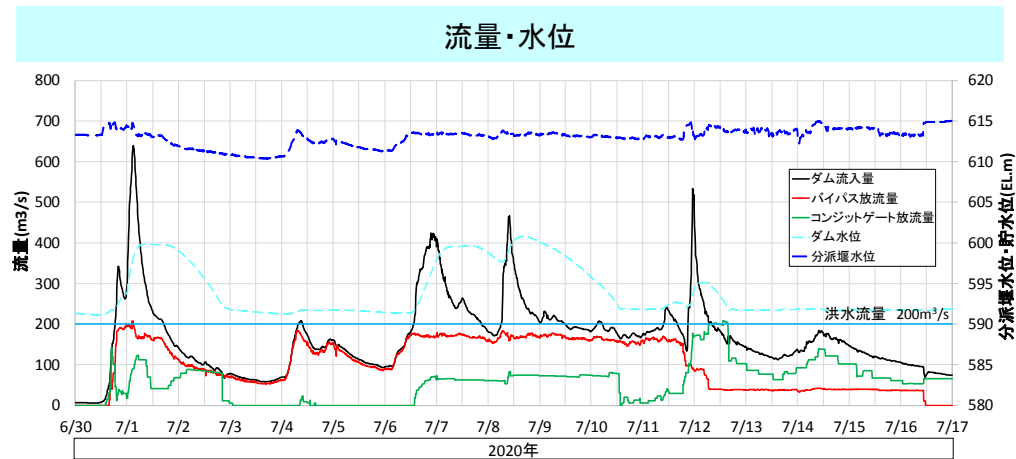
6

2.1 令和2年度の運用概要

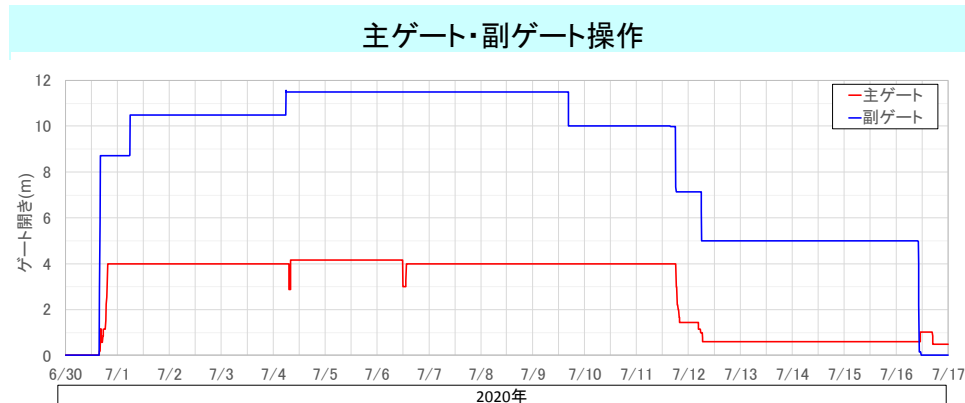
■バイパス運用概要

- 6/30 15:40から7/16 11:30までの17日間(15日19時間50分)にわたり運用した。(平成28年からの試験運用開始後最も長い運用であり、昨年度までの最長運用期間は、平成30年度9月30日～10月3日の4日間)
- 最大流入量は約640m³/s (7/1小渋ダム管理開始以降既往第2位)、バイパス最大放流量は約202m³/s (7/1 3:00)でバイパス運用を実施した。
- 6/30から7/17における総流入土砂量は、約237万m³ バイパス土砂量:176万m³であった。
- 6/30 18時よりバイパスゲートをフリーフローとし、7/11までゲート全開の状態に運用した。その後、7/11 18時からゲートを絞り、半開操作とした。
- トンネル内において約50cm程度の巨石が確認されている。

※流入土砂量、バイパス土砂量の値については、今後の検討で変更する可能性がある



呑口部バイパス運用直後の状況
(6/30 16時頃 流入量約100m³/s 約EL614m)



吐口部の状況(7/1 11時頃 放流量約170m³/s)

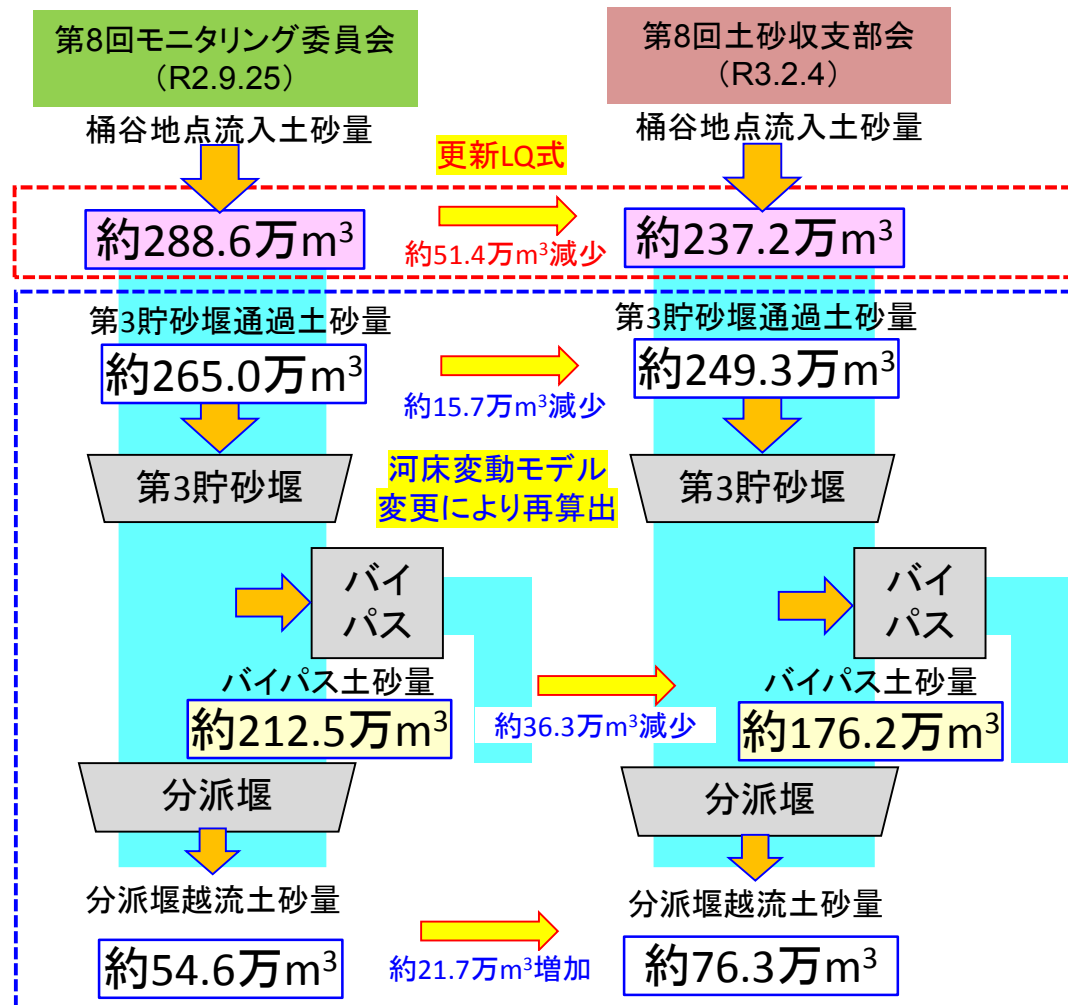
3.1 第8回土砂収支部会の報告

3.各部会の報告

3.1 第8回土砂収支部会の報告

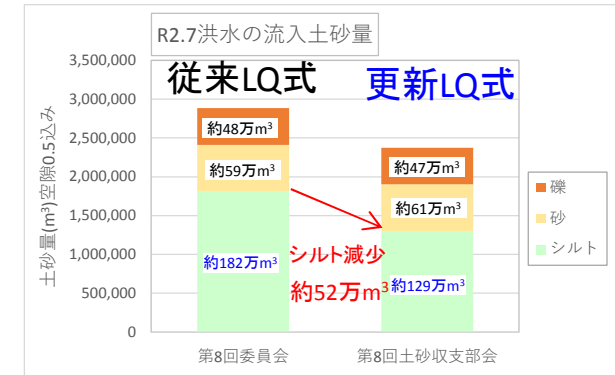
(1) 令和2年7月洪水(6/30~7/16)の土砂収支

- ・第8回モニタリング委員会 (R2.9.25開催) では、従来のLQ式により速報値として、一次元河床変動モデルにより報告した。
- ・今回、令和元年度に実施したダム貯水池のボーリング調査結果を活用し、LQ式を更新した結果、流入土砂量は約**237.2万m³**となった。
- ・一次元河床変動モデルから平面二次元河床変動モデルにより再算出した結果、バイパス土砂量は約**176.2万m³**となった。

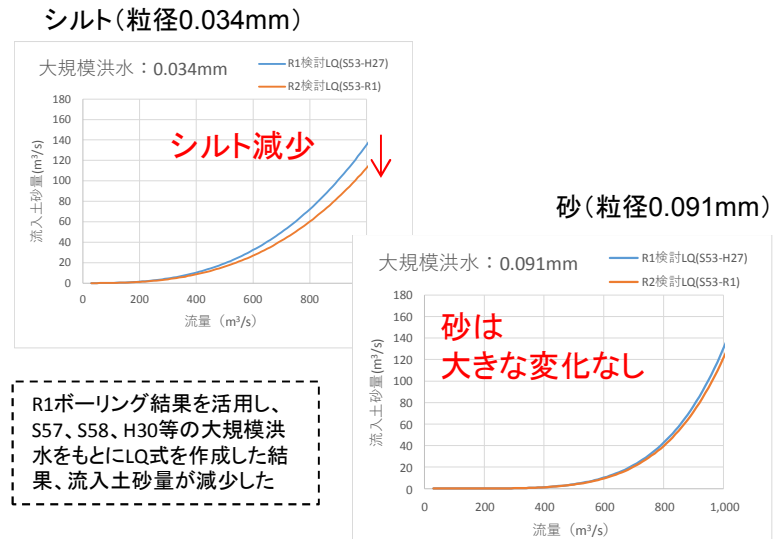


R2.7洪水の土砂収支

※流入土砂量、バイパス土砂量の値については、今後の検討で変更する可能性がある



R2.7洪水の流入土砂量の比較



更新前後のLQ式の比較

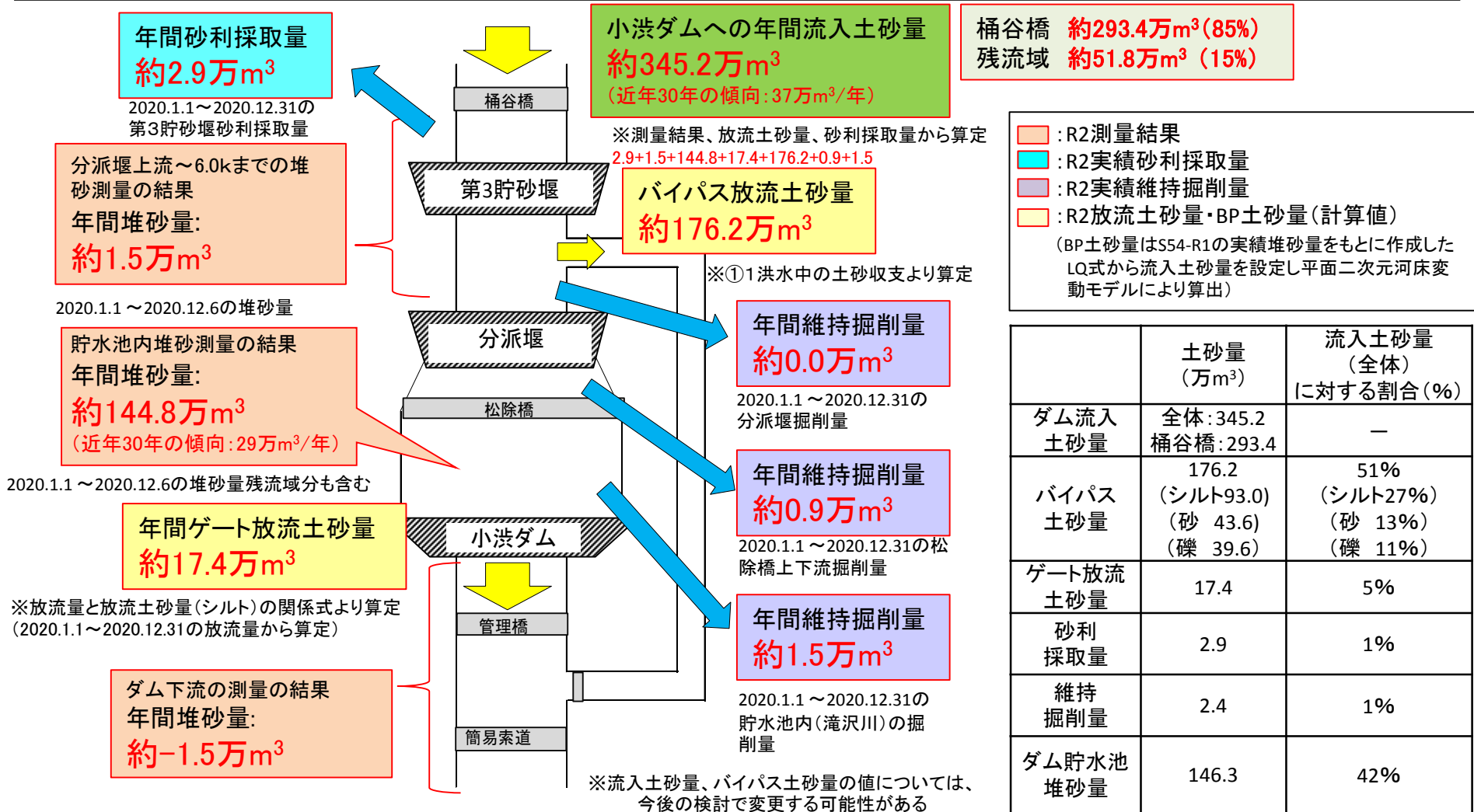
R1ボーリング結果を活用し、SS7、SS8、H30等の大規模洪水をもとにLQ式を作成した結果、流入土砂量が減少した

3.各部会の報告

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(2) 令和2年度の年間の土砂収支

- 令和2年度の年間の貯水池内の堆砂量は、貯水池内堆砂測量結果より、**約146.3万m³**（残流域を含む小渋ダム全堆砂量）であった。
- 年間堆砂量に対し、令和2年7月運用でのバイパス土砂量**約176.2万m³**、コンジットゲートからの放流土砂量**約17.4万m³**、掘削量**約5.3万m³**を戻した結果、小渋ダムへの年間流入土砂量は、**約345.2万m³**であった（全流入土砂量に対するバイパス効率：**51%**）。



3.各部会の報告

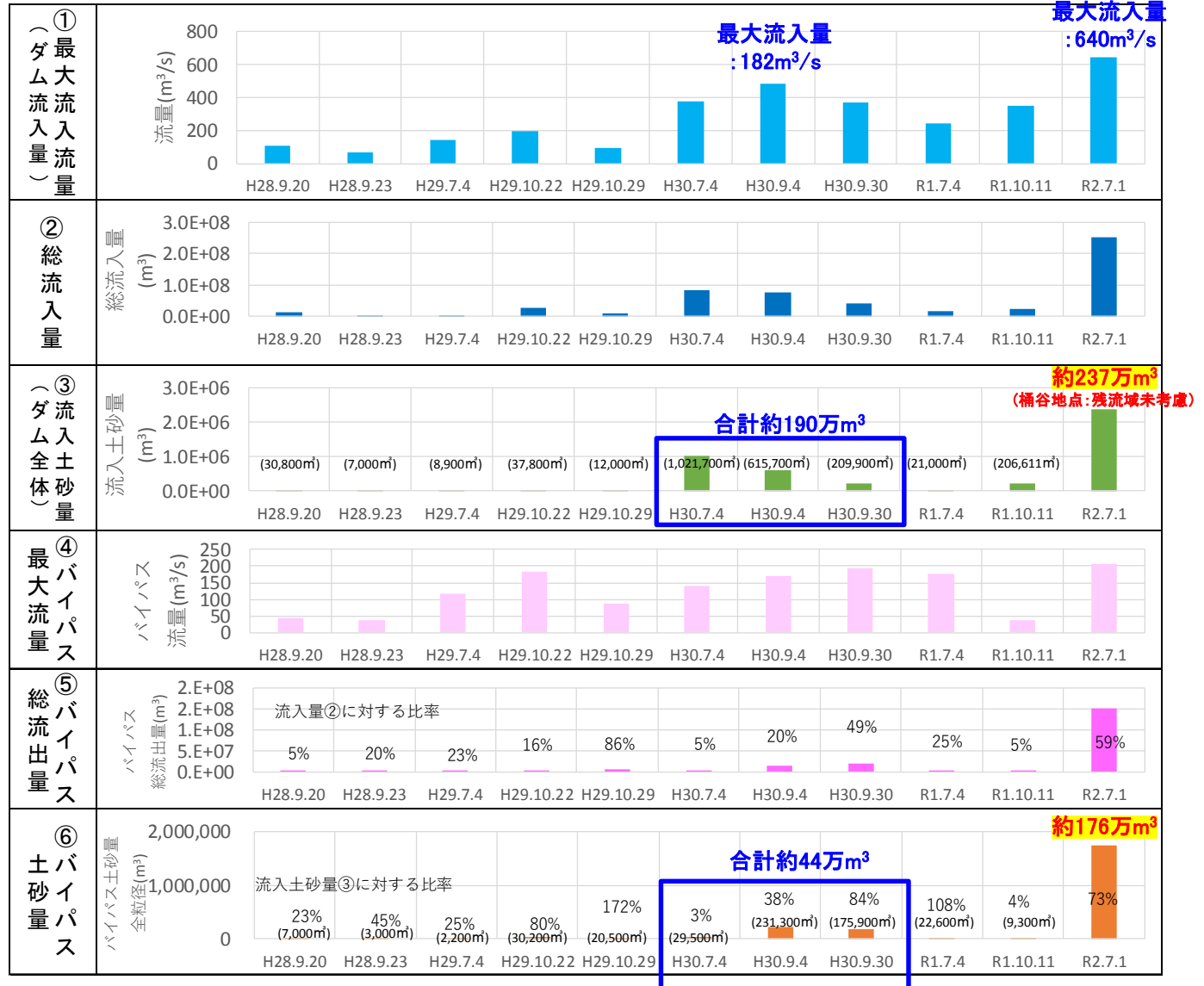
3.1 第8回土砂収支部会の報告

(3)これまでのバイパスを運用した洪水との比較

〈令和2年7月洪水について〉

- 試験運用期間中で、①最大流入流量、②総流入量ともに最大の出水規模であった。
- ③流入土砂量約237万m³は、平成30年度のバイパスを運用した3出水の合計約190万m³に加え、平成30年の年間流入土砂量約210万m³も上回った。
- ④バイパス最大流量、⑤バイパス総流出量、⑥バイパス土砂量も最大となり、H30出水の3洪水の合計と比較しても、大きく上回った。

※流入土砂量、バイパス土砂量の値については、今後の検討で変更する可能性がある
 ※R2.7出水は今年度更新したLQ式を用いて算定



3.各部会の報告

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(5)土砂収支の把握方法<流入土砂量(LQ式)の更新>

- R1年度にシルトの流入土砂量を採水調査結果からLQ式へ変更する方針を提示した。
- 今年度検討では、最新のボーリング結果を用いて大規模な堆砂が生じたH30年を対象にLQ式の妥当性を確認した。
- R1年度のLQ式(～H27の標本で作成)は概ね実績の流入土砂量を再現できることを確認した。さらにR1までの標本を加えてLQ式を更新し精度向上を図った。

H30年度

- シルトの流入土砂量を採水調査結果から把握していたが実績堆砂量と乖離がみられた。(実績の粒径別土砂量は不明)



R1年度

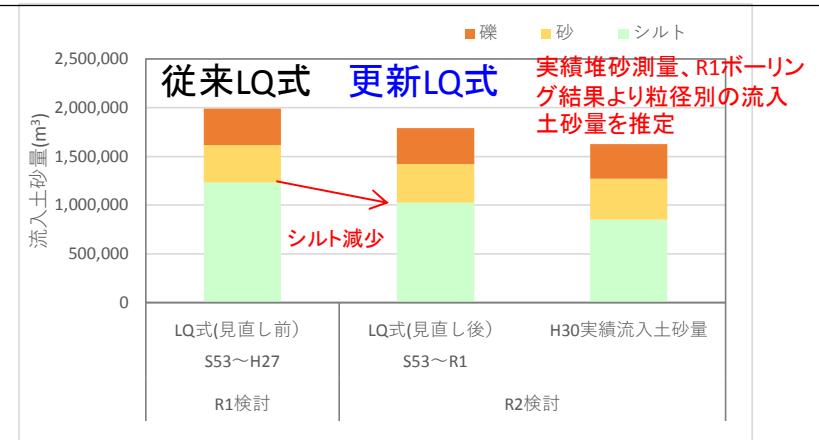
- 流入量の全粒径をLQ式で算定する方針へ変更した。
- LQ式を使用していくためにR1ボーリング結果を用いてH30の実績堆砂量を粒径別に把握しLQ式の検証が必要である。



R2年度

- R1ボーリング結果を用いてH30の粒径別実績堆砂量を把握した。
- ～R1の標本を用いてLQ式を更新した。

R2年度以降⇒全粒径をLQで把握していく方針



H30土砂量によるLQ式の精度検証

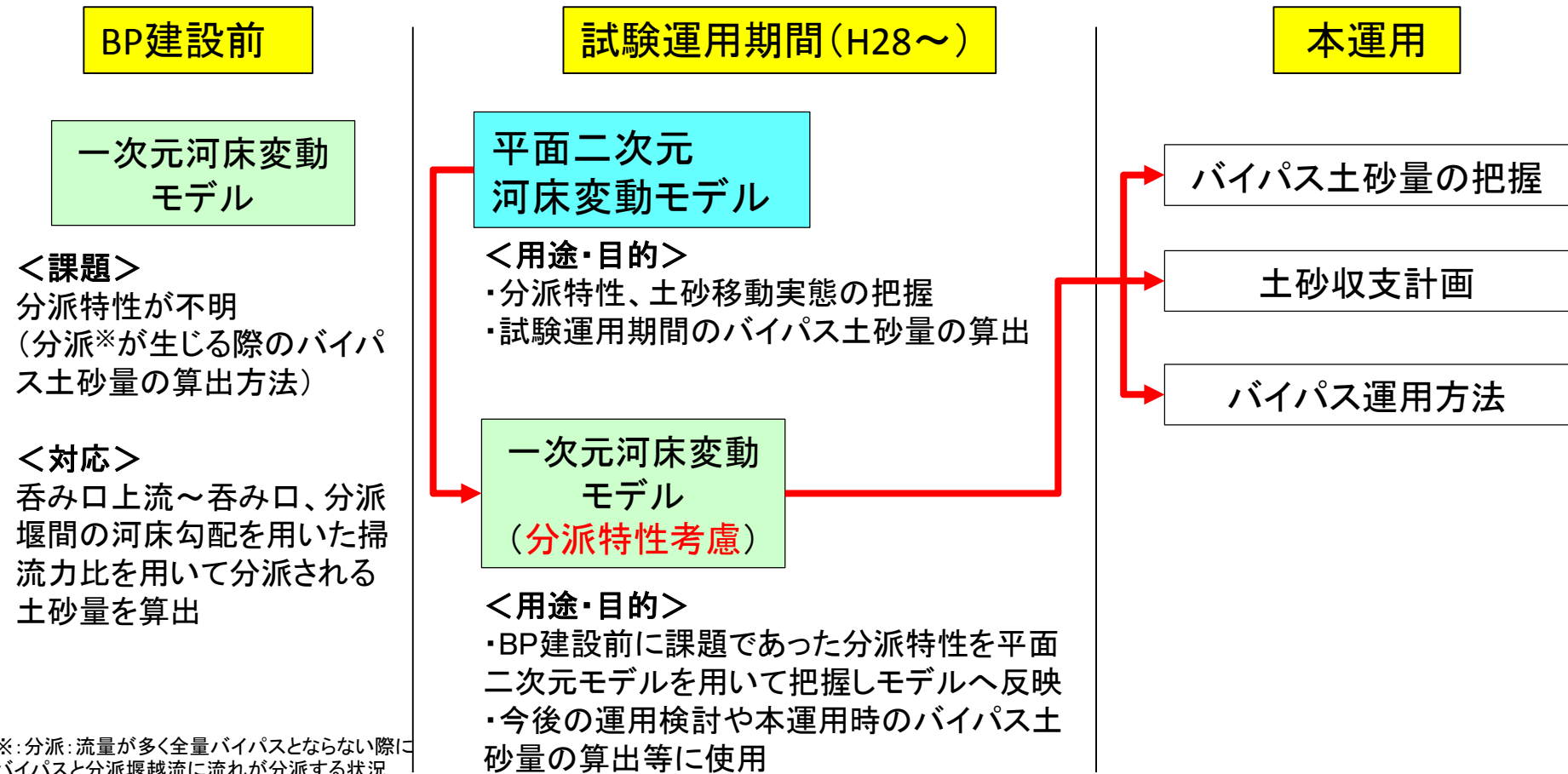
LQ式の算定条件

項目	検討方法
LQ式の作成方法	日本ダム会議で示された手法
対象年	S53～R1
対象土砂量	実績堆砂量(測量結果:平均断面法) 砂利採取戻し バイパス土砂量戻し ダム放流土砂量戻し
対象範囲	小洪ダム貯水池:0.0～7.2k 四徳川:0.0～2.4k 滝沢川:0.0～0.4k
流量規模の考慮	大規模洪水時(S57、S58、H30)とそれ以外の年を対象にそれぞれLQ式を作成し適用

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(6)土砂収支の把握方法<バイパス土砂量の把握>

- これまでの一次元河床変動モデルはバイパス土砂の分派特性が不明という課題があった。
- 試験運用期間には平面二次元河床変動モデルを構築し、再現性を確認しながら分派特性やバイパス土砂量の把握を行ってきた。
- R1~2年度は平面二次元河床変動モデルで得られた分派特性を一次元河床変動モデルへ反映させるための手法を検討した。
- 分派特性を考慮した一次元河床変動モデルは本運用に向けた運用方法や土砂収支計画、バイパス土砂量の把握手法の検討に用いていく。



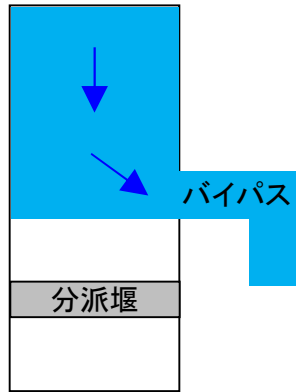
3.1 第8回土砂収支部会の報告

(6)土砂収支の把握方法<バイパス土砂量の把握>

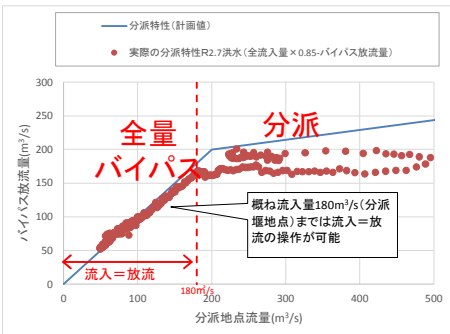
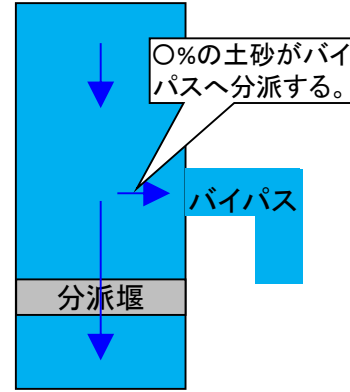
- ・一次元河床変動モデルにおいて、バイパスと分派堰越流に分派する際に分派特性を考慮したモデルを構築した。
- ・分派特性は平面二次元河床変動モデルより得られた分派率を一次元河床変動計算モデルに組み込むことにより考慮することとした。

①分派時のBP土砂量算定方法の課題

全量バイパス時
(流入量約180m³/s未満)
→通常の河床変動計算



分派時
(流入量約180m³/s以上)
→分派率を考慮

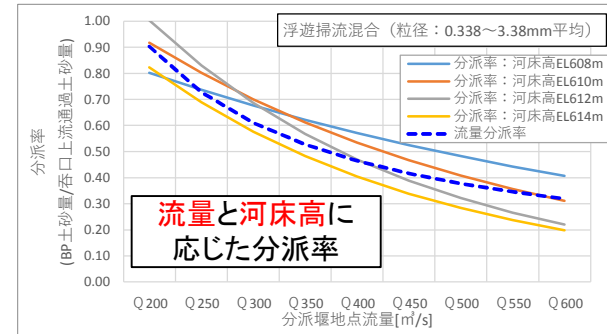


R2.7洪水時の分派流量
(流入量180m³/s以上)

一次元河床変動計算で分派時のバイパス土砂量を算定する際に、二次元的な分派状況をどのように表現するかが課題であった。

②分派率の設定

- ・分派率(分派特性)は一次元的な流れでは表現が困難
- ・平面二次元河床変動モデルを用いて分派率の関係を作成
- ・流量・バイパス呑口直上流の河床高に応じた分派率の関係を**粒径別**に作成



分派率のイメージ (粒径0.338~3.38mmの例)

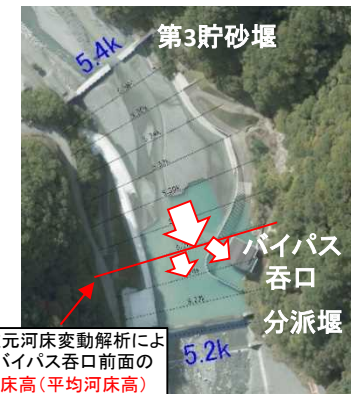
③一次元河床変動計算の計算方法

計算ステップごとに一連の計算を**粒径別**で行う

バイパス呑口直上流の河床高
バイパス呑口直上流の各粒径の通過土砂量

河床高に応じた各粒径の**分派率**

粒径別に通過土砂量に分派率を乗じて
バイパスへ分派される土砂量の算定



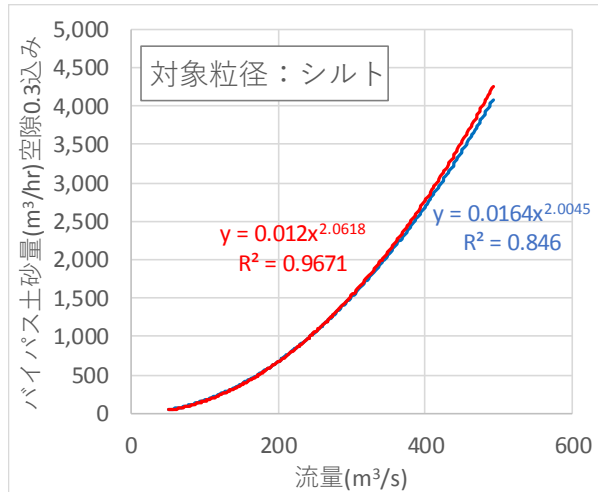
3.1 第8回土砂収支部会の報告

(7)本運用時のバイパス土砂量の把握手法の検討

- 本運用に向けたバイパス土砂量の把握手法としては、できるだけ少ないモニタリング結果をもとにバイパス土砂量を算定できる仕組みとして平面二次元河床変動解析結果から作成した関係式を用いる方法を想定していた。
- 一方で小渋ダムでは分派特性を考慮した一次元河床変動解析モデルを構築していることから、本運用移行後のバイパス土砂量は一次元河床変動モデルにより算出していく方法がよいと考えられる。
- 以上より、**本運用に向けてのバイパス把握手法は一次元河床変動計算を基本**とし、補助的な手法として簡易式を用いる方針とする予定である。

関係式によるバイパス土砂量の把握

- 平面二次元河床変動解析から得られた河床高別の流量－バイパス土砂量関係式からバイパス土砂量を算定する。
- 一定の条件下の計算値から作成した関係式であるため、実際の流量波形や河床変動状況によっては算定精度に課題がある可能性がある。



関係式は補助的に使用

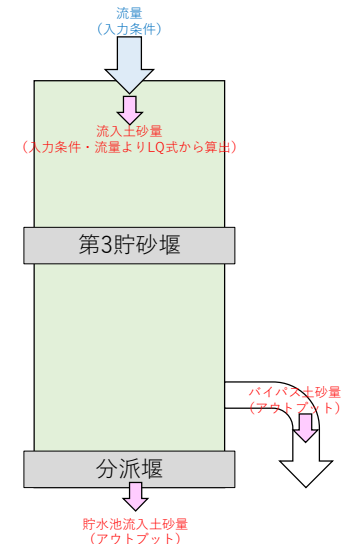
一次元河床変動モデルによるバイパス土砂量の把握

- 流入量を入力値とし一次元河床変動計算によりバイパス土砂量を算定する。
- 初期河床高や河床材料等は最新・または平均的な値を設定しバイパス土砂量を算定する。

<入力条件>
 ・洪水時の全流入量
 (流域面積比で0.85倍し分派堰上流の流入量とする)
 ・流入量からLQ式より流入土砂量を算定しモデルへの入力条件とする

<初期条件>
 最新の値を基本
 ・平均河床高 (最新値)
 ・河床材料 (最新値)

<アウトプット>
 ・流入土砂量 (桶谷地点)
 ・バイパス土砂量 (ゲート全開状態の土砂量)
 ・貯水池流入土砂量 (分派堰越流)



一次元河床変動モデルを用いることを基本

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(8)土砂収支の把握方法に関するまとめと今後の課題

- 試験運用期間の土砂収支把握の目的は、流入土砂量やバイパス土砂量の実態把握と、本運用に向けてのバイパス土砂量の把握方法を確立することである。
- これまでの検討結果を踏まえ、流入土砂量はLQ式、バイパス土砂量はLQ式から算定された流入土砂量を条件としたシミュレーションを用いて把握していく方針としたい。

○まとめ

- 今後の流入土砂量の把握方法は、シルトを含めて全粒径をLQ式で把握していく方針とする。
- 上記の方針を踏まえ、シルトの採水調査は調査箇所を縮小しながら必要に応じて実施していく方針とする。
- 本運用後のバイパス土砂量把握手法としては、一次元河床変動モデルによる計算結果を用いる方針とする。

○今後の課題

- 大粒径土砂の移動状況の実態を把握する必要がある。

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(9)バイパスの運用方法について<令和2年7月洪水の運用の検証>

- ・R2年度は第7回小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会で提示した通り、バイパスを最大限使用することを前提としてバイパス運用を行った。
- ・一方でR2.7洪水ではバイパストンネル内の摩耗が急速に進行したため、構造的な安全の観点からバイパス終了の基準を設定する必要があると考えられる。

R2運用方法と今後の運用方針

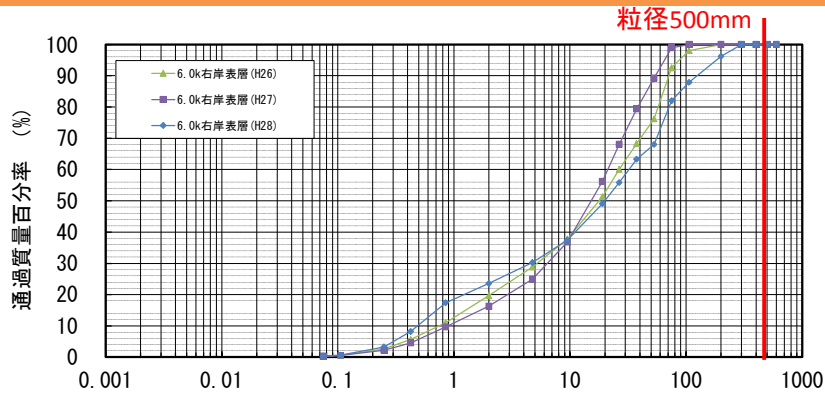
項目	R2年度の操作方法(案) 第7回委員会で提示	R2.7洪水時の運用	課題
バイパス開始	概ね全流入量60m ³ /sを目安	全流入量54m ³ /sから運用開始	
最大ゲート開度	全開	大部分をゲート全開で運用(ゲート全開後の6/30 19:30~7/11 18:10までの期間においてゲート全開で運用、7/11 18:10以降はゲート開度を絞って運用)	
洪水調節	バイパス:自然調節 (ゲート全開) コンジット:放流量の不足分を コンジット からの放流で調整	バイパス:ゲート全開での自然調節 コンジット:放流量の不足分をコンジットからの放流で調整	
バイパス終了の目安	可能な限りバイパスを運用 (貯水位を回復できるタイミングで終了)	最大限バイパスを運用	最大限バイパスを運用した結果、トンネル内の摩耗が進行

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(10)バイパスの運用方法について<バイパス終了基準の検討方針>

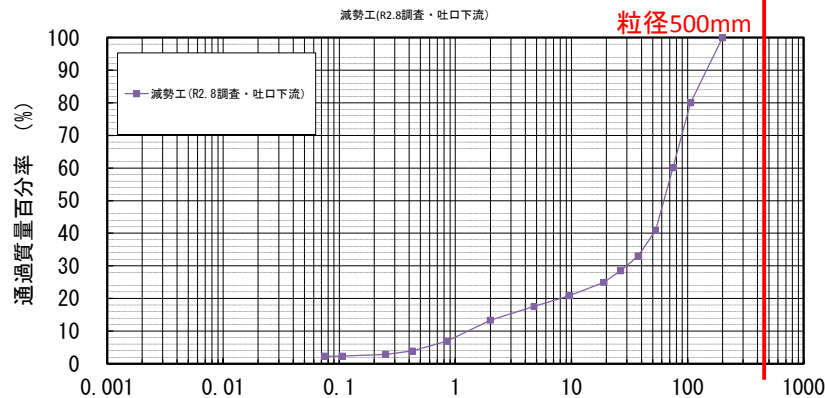
- ・R2.7洪水ではバイパス内へ50cm程度の土砂が確認されており、トンネルの摩耗に影響した可能性がある。
- ・一方で、これまでのバイパス上下流において粒径500mm程度の土砂は把握されておらず、存在割合の少ない概ね100mm以上の大粒径の土砂の移動実態については詳細に把握できていない。
- ・今後、シミュレーションにおいて割合の少ない粒径100mm以上の土砂を**大粒径**と定義し、トンネル摩耗の観点から大粒径の土砂移動状況を把握していく方針である。
- ・摩耗の観点による具体的なバイパス終了基準については、構造部会において検討していく方針である。

これまで把握されている大粒径の土砂の存在状況

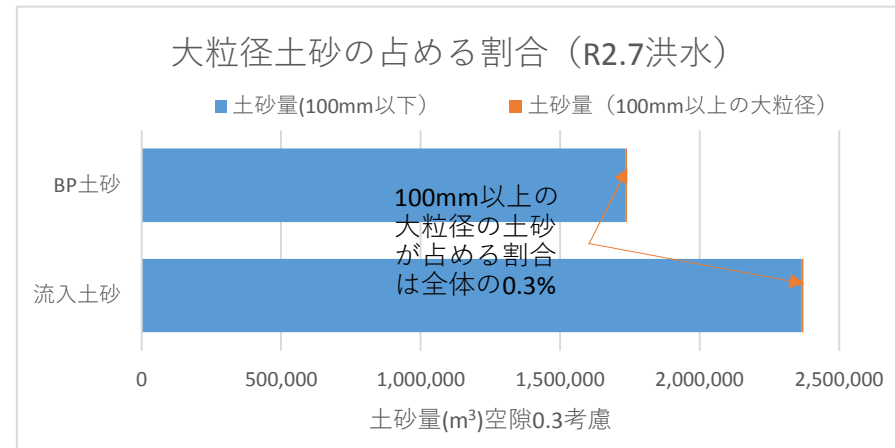


分派堰上流の表層河床材料調査結果

減勢工(R2.8調査・吐口下流)



減勢工の河床材料調査結果 (R2.8)



シミュレーションによる粒径100mm以上の土砂の占める割合



R2.7洪水時に確認された最大粒径

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(11)バイパスの運用方法について〈次年度の運用方針〉

- R2.7洪水によるバイパストンネルの摩耗により復旧工事を行うため、次年度はバイパストンネルを運用しない方針である。
- 一次元河床変動モデルを用いて既存の施設(第3貯砂ダム、分派堰、第2貯砂ダム)の有効活用による貯水池への土砂流入抑制効果を検討した。
- 掘削位置による捕捉量に大きな変化はなく、掘削量を増加させても砂の捕捉量が若干増加するものの大きな変化はない
→現状の掘削方法により十分に施設効果を発揮できると推察される。

■ 検討条件

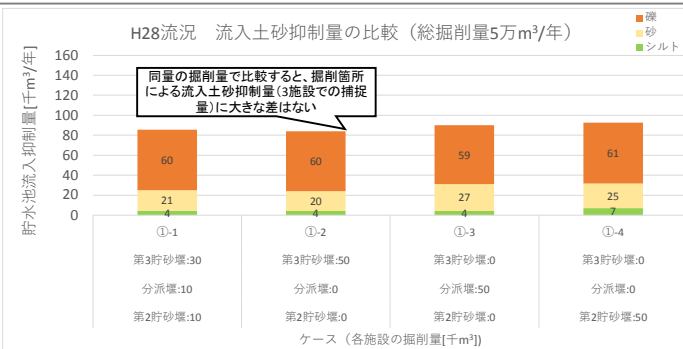
計算手法: 一次元河床変動計算

対象流況: H28(流量確率1/2)、H30(流量確率1/18)の1年間

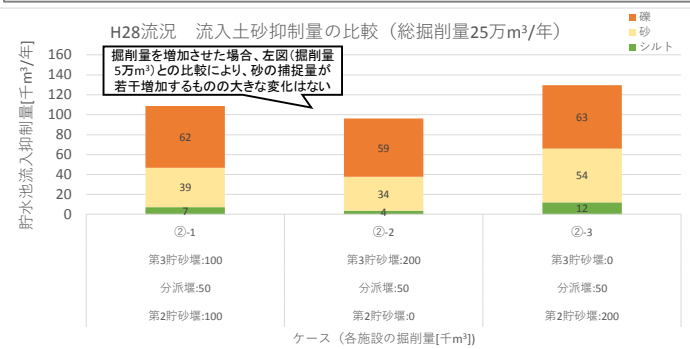
検討ケース: 掘削量5万m³/年、25万m³/年の2パターン

掘削箇所 第3貯砂堰、分派堰、第2貯砂堰の3施設を対象に、各施設1箇所ですべて掘削した場合、3施設に分散させて掘削した場合等複数ケースを設定

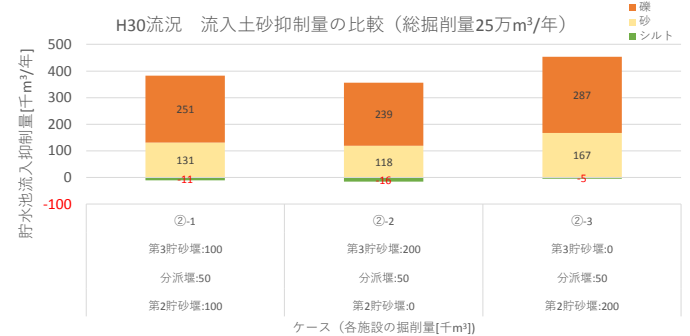
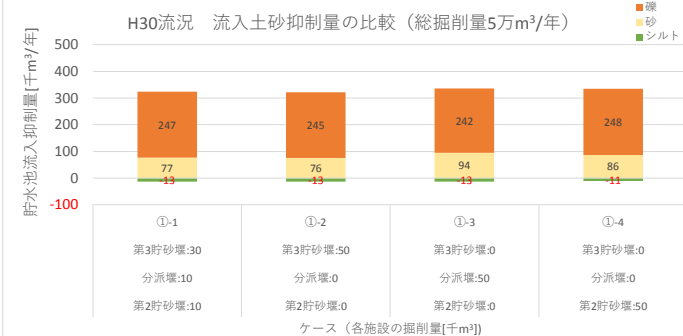
掘削量: 5万m³(掘削位置による比較)



掘削量: 25万m³(掘削量5万m³との比較)



流況
H28



流況
H30

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(12) 第8回土砂収支部会における主な指摘事項と今後の対応

第8回土砂収支部会における主な指摘事項と今後の対応(1/2)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
流入土砂量の把握について	LQ式の作成にあたっては年最大流量や年間総流量の大小により使い分けるのではなく、ハイドログラフ等の洪水特性を分析したうえで検討すること。	各年の流入土砂量と洪水特性を分析したうえで、洪水特性に応じたLQ式を作成する。	次回土砂収支部会で報告予定
バイパス土砂量の把握について	今後シミュレーションの検証や見直しを実施する仕組みを構築する必要がある。	整理し報告する。	本委員会で報告
	バイパス土砂量については速報値として把握するだけでなく、いつバイパス運用を終了するかといったバイパスの運用方法にも活用すること。	リアルタイムでバイパス土砂量を把握するための検討を実施していく。	次回土砂収支部会で報告予定

3.1 第8回土砂収支部会の報告

(12) 第8回土砂収支部会における主な指摘事項と今後の対応

第8回土砂収支部会における主な指摘事項と今後の対応(2/2)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
バイパスの運用方法について	バイパスされる大粒径の土砂は全体に占める割合が小さくても絶対量による評価が必要である。	今後、大粒径の土砂量の把握や構造部会と連携しながらバイパスの終了基準について検討していく。	次回土砂収支部会で報告予定
トンネルの摩耗に影響すると想定される大粒径の土砂の移動について	大規模洪水時の土砂移動や流入土砂量の粒径について適切に評価する必要がある。	検討を進める。	次回土砂収支部会で報告予定
	バイパス土砂量から摩耗量を推定するだけでなく、摩耗量からバイパス土砂量を推定するアプローチも必要である。	検討を進める。	次回土砂収支部会で報告予定
	構造部会と連携し、大粒径の土砂量や摩耗に寄与する粒径等を把握していく必要がある。	検討を進める。	次回土砂収支部会で報告予定

3.2 第6回構造部会の報告

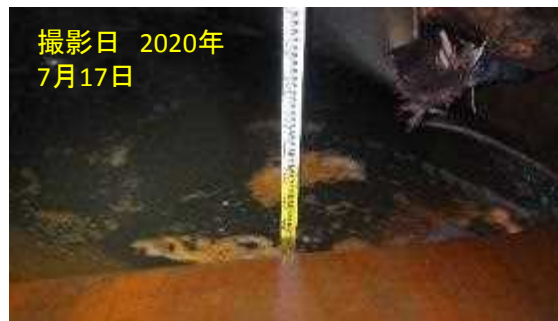
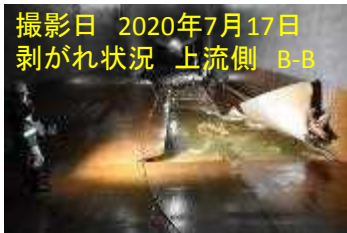
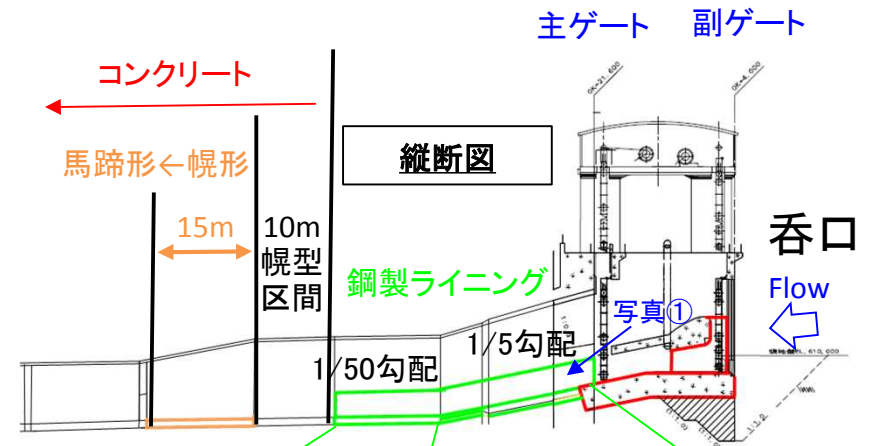
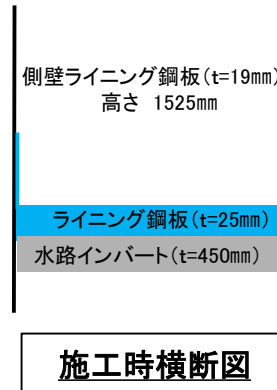
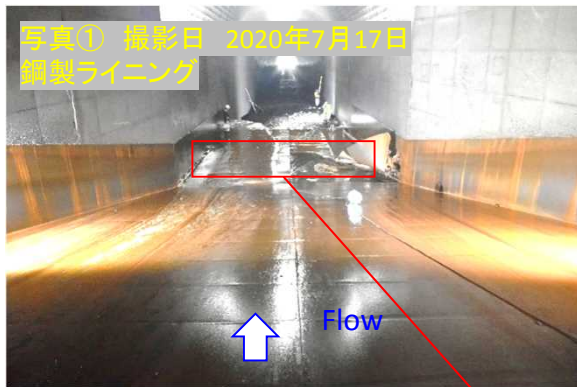
3.各部会の報告

3.2 第6回構造部会の報告

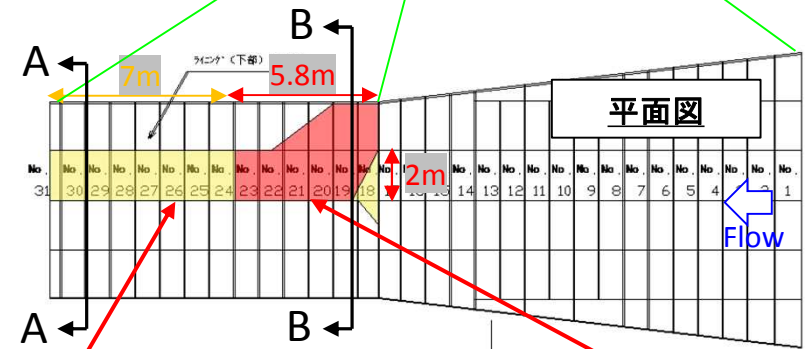
(1) 施設損傷状況の整理

■ 呑口鋼製ライニング部の状況 (3900m付近)

- ・鋼製ライニング部は、勾配変化点 (1/5勾配⇒1/50勾配) から下流コンクリート部の鋼製ライニング部で鋼板が剥がれた (約30m²)。
- ・上流側のライニング鋼板下部の水路インバート (コンクリート厚45cm) までも流失し、深さ約1.2m程度まで洗堀していた。
- ・被災要因としては、上流からの礫が勾配変化点で鋼板に衝撃を与え、鋼板が反り返り、鋼板と水路インバート間に隙間が生じた。そこから土砂が入り込み鋼板の剥離、水路インバートが流失したものと推定される。



鋼製ライニング剥がれ
上流側の状況



ライニングが剥離、水路インバートは残っている。

ライニングが剥離、水路インバートが流失している 最深深さは1.2m程度

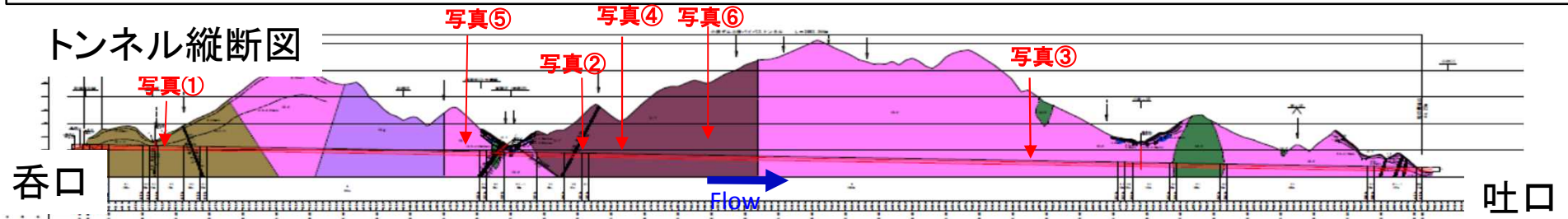
※深さ: 設計高からの下がり高さ







3.2 第6回構造部会の報告

(1) 施設損傷状況の整理

■トンネル内の状況(吐口1000m~3800m地点:現時点で確認した範囲)

- ・全体的に侵食が進行。(写真①②)局所的損傷個所に池状の穴が発生。(写真③④)
- ・水路インバートが侵食後、流水が穴より下部に入り込み、水路インバートが流失したと推定される箇所が確認された。(写真⑤⑥)2.2km付近、2.8km付近、3.3km付近が該当箇所)
- ・中央排水工については流出、また機能をしておらず水路インバート下(排水工の脇等)から流水が確認された。(写真⑥)



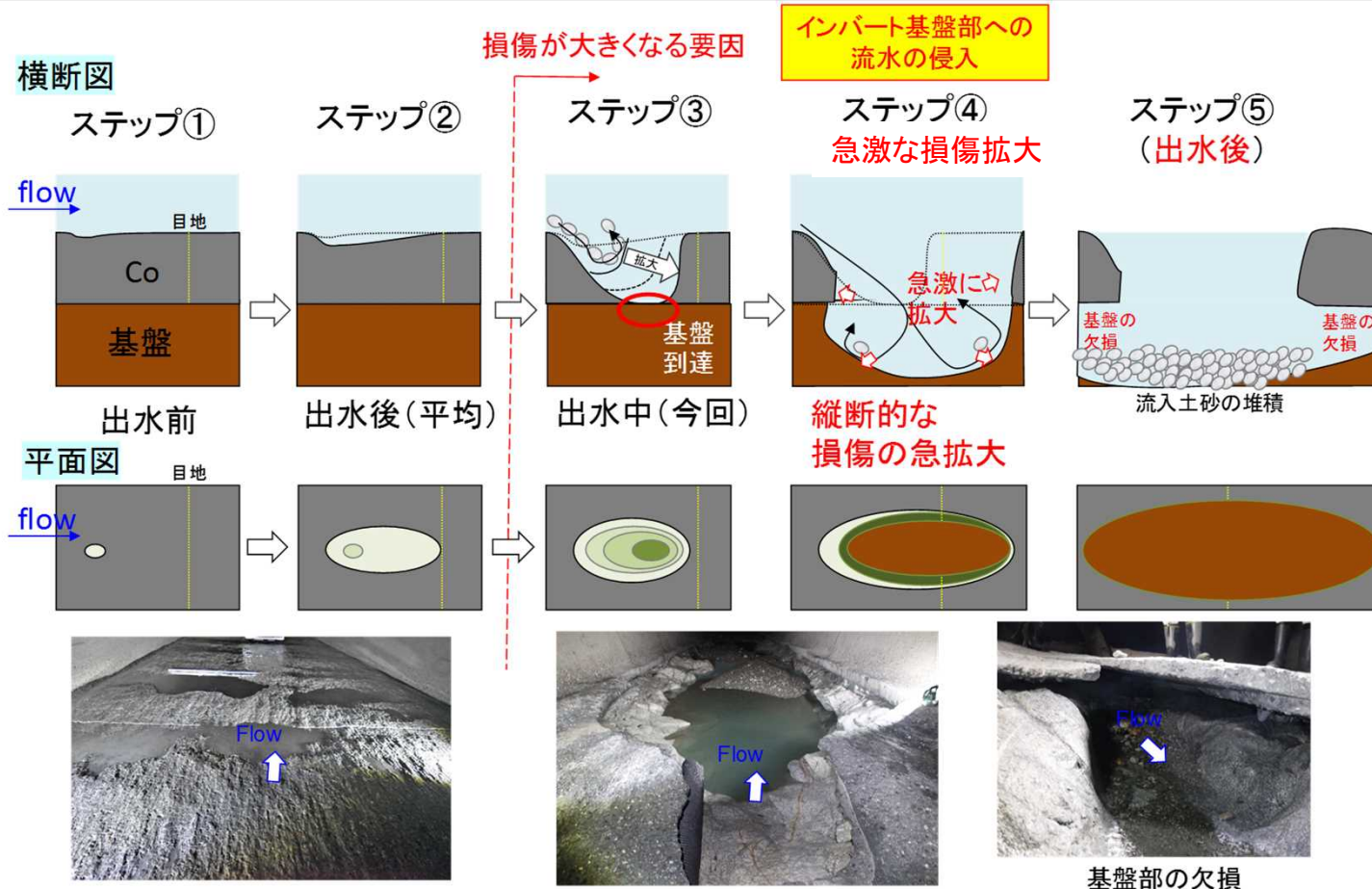
全体的に侵食が進行	局所的な損傷	インバートの流失
 <p>写真① 撮影日 2020年7月28日 吐口から約3500m</p>	 <p>写真③ 撮影日 2020年7月28日 吐口から1200m付近</p>	 <p>写真⑤ 撮影日 2020年7月28日 吐口から2800m付近</p>
 <p>写真② 撮影日 2020年7月28日 吐口から約2500m</p>	 <p>写真④ 撮影日 2020年7月18日 吐口から2400m付近</p>	 <p>写真⑥ 撮影日 2020年7月28日 吐口から2200m付近</p>

3.2 第6回構造部会の報告

(1) 施設損傷状況の整理

■トンネル内損傷(土砂の複雑な流下による損傷拡大)

- ・土砂バイパスをすることでコンクリートの摩耗が発生し、土砂バイパス量の増加に伴って摩耗量も増加。
- ・土砂の流れは摩耗状況に応じて複雑な流れが発生。
- ・インバート厚を超える摩耗が局所的に発生したことにより、**基盤侵食を伴い、急激な流れの変化が発生。**
- ・その作用及び長期の運用により、損傷が大きくなったと想定される。



トンネル内のインバート損傷状況 撮影日2020年7月28日

基盤部の欠損

3.各部会の報告

3.2 第6回構造部会の報告

(1) 施設損傷状況の整理

■トンネル内の損傷状況整理(特徴的な箇所を抜粋)

平成30年度と令和2年度の損傷状況を比較した。平成30年度と令和2年度の損傷傾向が異なる地点が、数箇所確認された。

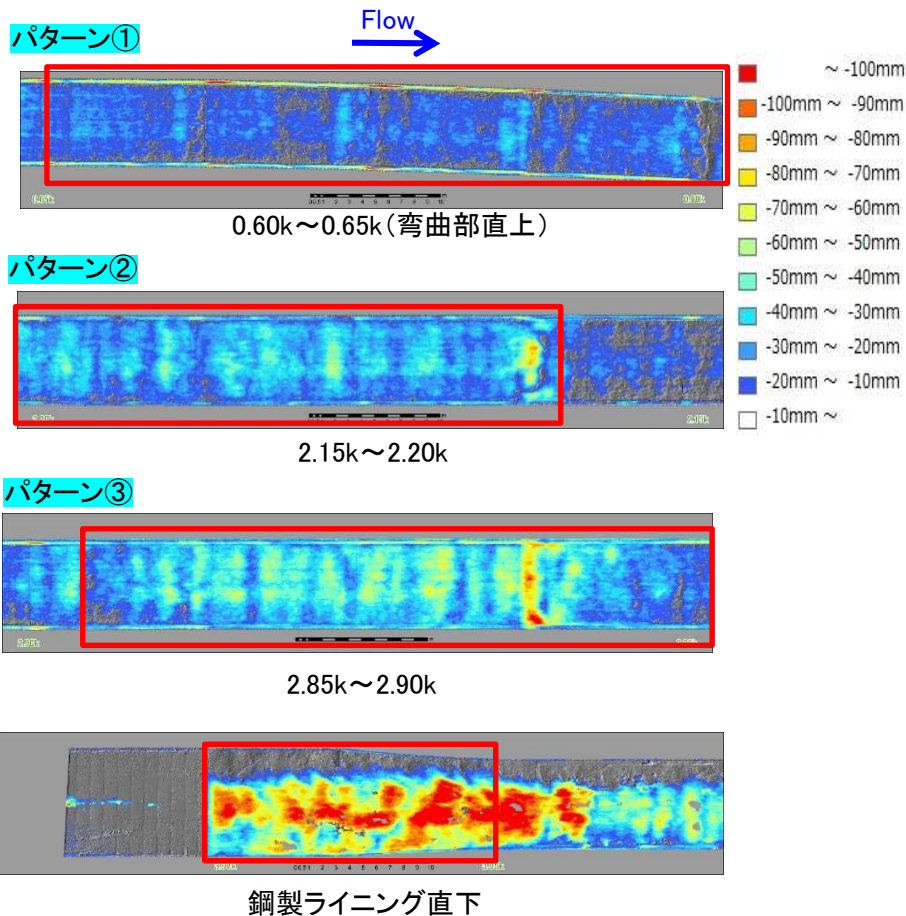
パターン① 平成30年度は、横断的に全面損傷しているが 令和2年度は、左右岸に偏った損傷が発生している。

パターン② 平成30年度大きく損傷した箇所の下流が、令和2年度に大きく損傷している。

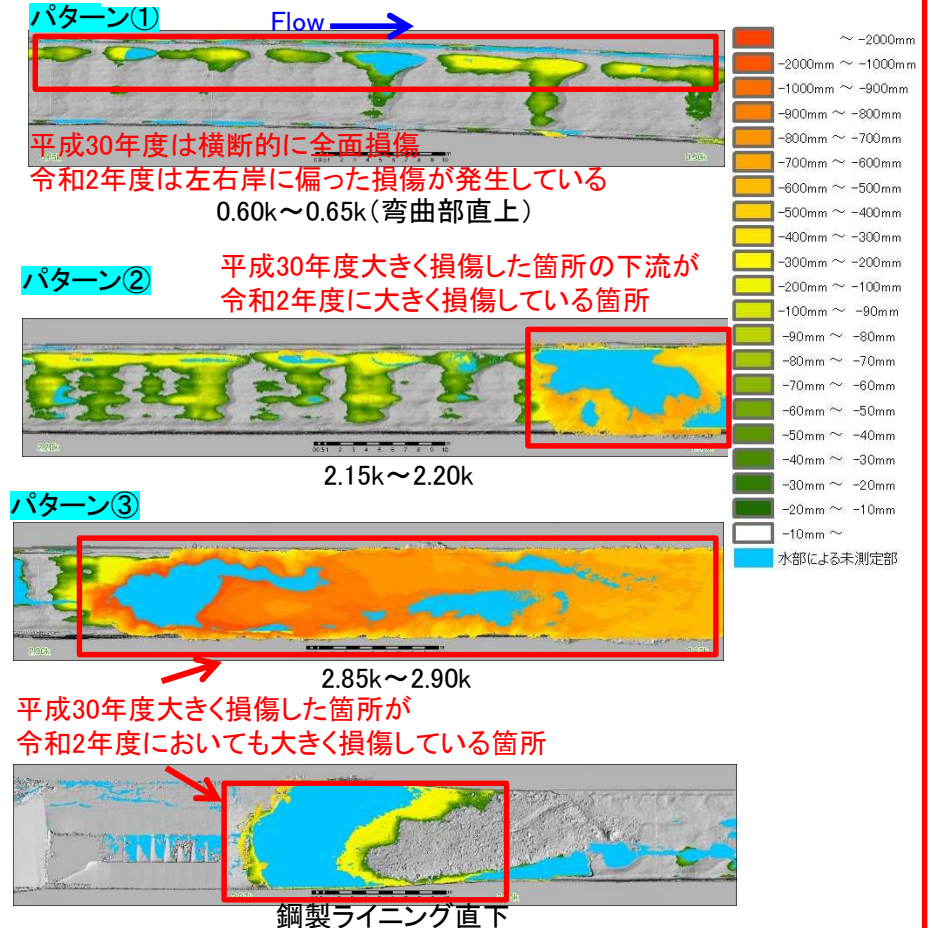
パターン③ 平成30年度大きく損傷した箇所が、令和2年度においても大きく損傷している。

⇒復旧工事中の調査(岩盤位置の確認等)結果を整理し、この結果と比較し、損傷メカニズムを分析していく。

平成30年度差分図(平成30年度標高-平成28年度標高)



令和2年度差分図(令和2年度標高-平成30年度標高)



3.2 第6回構造部会の報告

(1) 施設損傷状況の整理

■減勢工内に確認できた巨大なコンクリート塊確認結果(2020年12月時点)

・簡易計測にて、減勢工内構造物①は、横断方向に約20m、縦断方向に約15m程度、厚み約100cmと確認した。

・構造物①の下部には、巨大なコンクリート構造物②が埋没していた。(寸法は土砂に埋まり不明)

・減勢工内の構造物①は、35N/mm²程度であった。巨大なコンクリート塊①～④は50N/mm²程度であった。

⇒2021年12月調査時の目視確認結果と強度から、損傷状況が不明確なため、減勢工内の水および土砂を排除した状態の調査が必要。

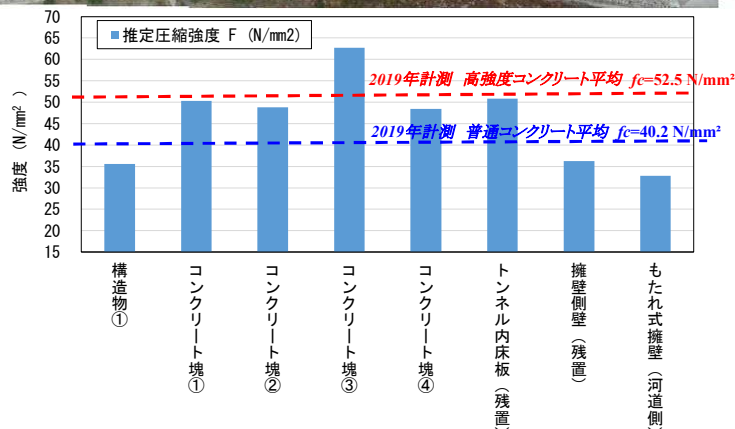
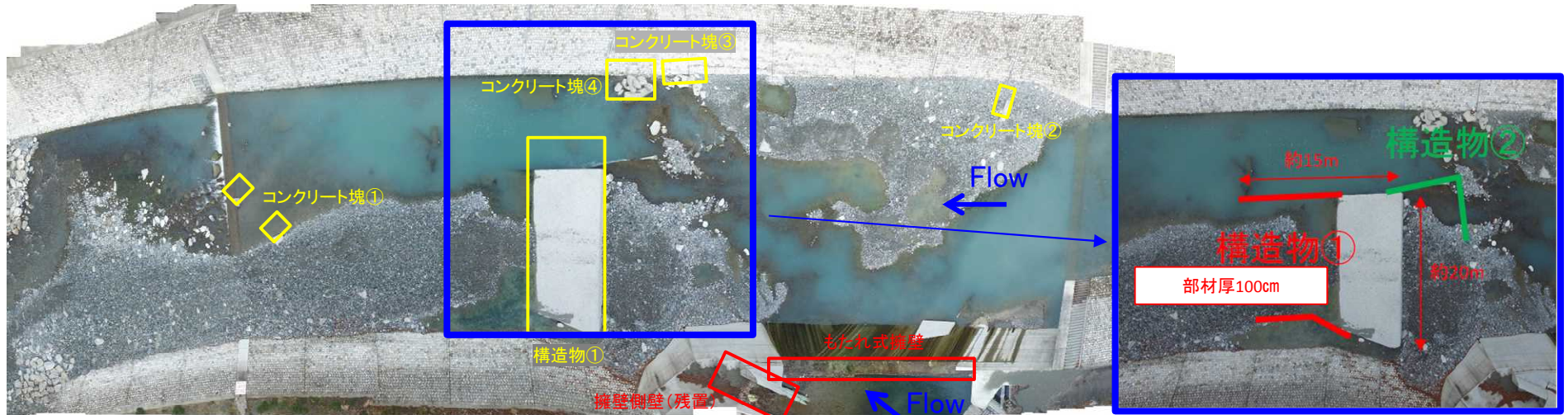


図 強度計測結果(非破壊試験)

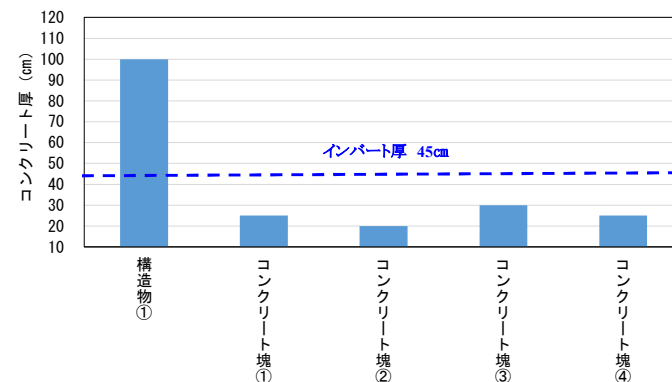


図 コンクリート厚

3.各部会の報告

3.2 第6回構造部会の報告

(1) 施設損傷状況の整理

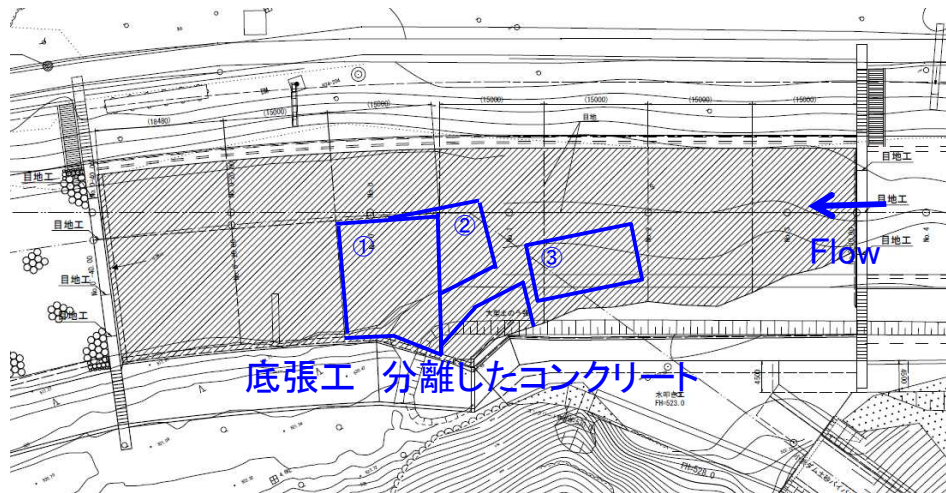
■減勢工の状況整理(2021年3月時点)

・減勢工内の底張り工・護岸工の変状は、水を排除した状態で確認した。吐口部直下の底張り工①、②、③が損傷していたことを確認した。

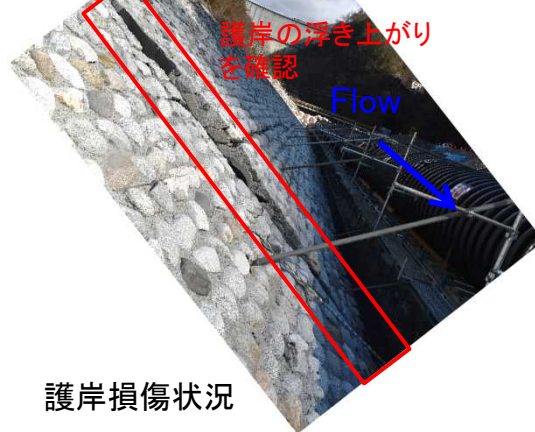
■今後の検討方針

・吐口部運用中のトンネル内からの放流水脈落下地点と損傷位置を比較、運用中の状況を再整理し、損傷メカニズムを分析していく。

・分離したコンクリートの損傷状況(表面の摩耗状況、どここのコンクリート塊がどの位置に移動したのか等)を再度整理し、復旧工事の設計に反映予定。



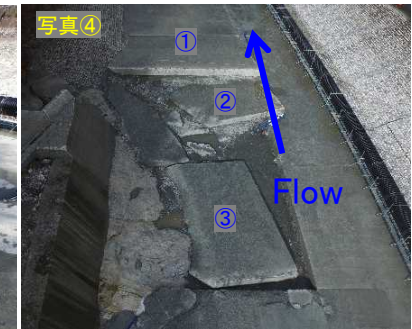
写真① 底張り工 分離コンクリート位置



護岸損傷状況



減勢工底張り工の確認状況



3.各部会の報告

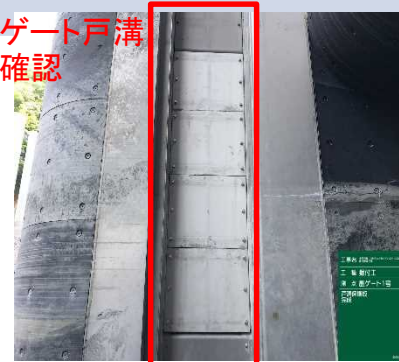
3.2 第6回構造部会の報告

(2) 調査・摩耗予測における今後の検討

■ 今後の確認調査

・呑口部、トンネル内、吐口部の損傷要因を確認するため今後の調査一覧を示す。復旧工事と調整し実施していく。

調査項目	調査方法	整理方法	調査時期
調査(1) 呑口部、流木ハネ 副ゲートの損傷状況の 確認 (昨年度ゲート不具合 対策の評価)	・目視確認により、損傷箇所・範囲を 確認する。	流木ハネ表面、副ゲート周辺の損 傷状況を確認することにより土砂、流 下方向の集中箇所を確認する。	・分派堰内の土砂または水を排除後 ※排除に関しては、分派堰状況を留 意し、実施するか判断する。
調査(2) トンネル内 施工時のインバート高 と岩盤までの距離確 認	・復旧工事中にインバート下の状況、 岩盤状況の確認する。	インバート下の岩盤状況(標高、損 傷状況)を捉えておくことにより、イン バートが全面流出した位置との相関 を確認する。	・トンネル内の土砂を排除、コンク リートはつり後
調査(3) 下流河道床版、護岸 の損傷状況	・下流河道床版の状況を確認する ・局所的な損傷の有無(穴等)、特に 護岸基礎部の損傷状況を把握する。	・底板工損傷状況を確認する。 ・護岸部、基礎部の損傷状況を確認 する。	・下流河道の水抜き、水回し完了後 ・下流河道内の土砂撤去後



3.2 第6回構造部会の報告

(2) 調査・摩耗予測における今後の検討

■ 摩耗予測式に関して(R2年度摩耗予測結果)

- ・摩耗量推定手法を用いることで、摩耗を受けるコンクリートの強度(耐摩耗性)を考慮した推定が可能である。
- ・材料強度の違いによる摩耗特性(推定磨耗量)の違いを示し、インバートの材料であるコンクリートの性質、トンネル内の水理量および流砂量を与えることで、インバートの摩耗量を試算できる。⇒Auelの式を活用

<本年度試算に用いた摩耗予測の課題>

- ・実績平均摩耗量(29cm)と比較すると予測摩耗量(9.8cm)は過小であった。

<考えられる要因>

- ①局所的な損傷、全面的なインバートの流出(45cm)した現象に関しては、現時点で予測できない。
※全ての摩耗予測式は、全面摩耗を想定し、作成されている。
- ②予測に用いる条件が、実現象(土砂量、粒径等)と合致していない可能性がある。

■ 使用摩耗予測式

射流状態におけるコンクリート床板の摩耗予測を可能とした式を使用し、摩耗厚を算出。

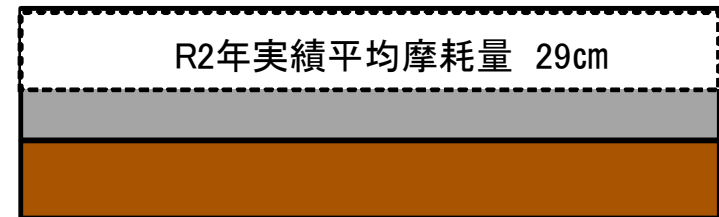
コンクリートの強度

$$A_r = \frac{Y_M}{k_v f_{tsp}^2} W_{im}^2 I q_s$$

抵抗係数 水理量(摩擦速度等)を等流計算より算出 流砂量

平成30年度の実績平均摩耗厚から設定

平成30年度の掃流砂粒径20mm以上を使用



令和2年7月出水実績平均摩耗量



令和2年7月出水算出摩耗量

3.各部会の報告

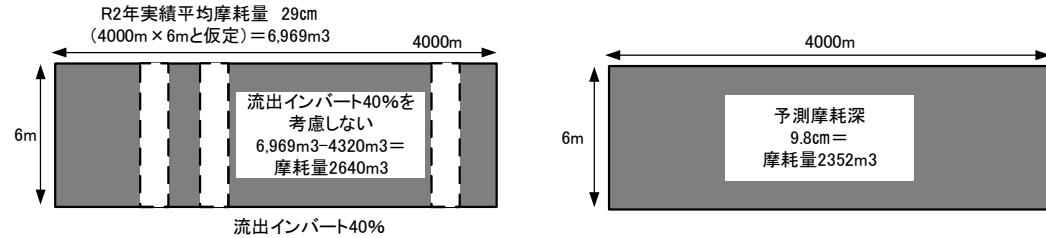
3.2 第6回構造部会の報告

(2) 調査・摩耗予測における今後の検討

■ R2年度試算結果

摩耗量(体積)は、インバートの流出を考慮しない場合の実績摩耗量と予測摩耗量の推定量比較

⇒ **摩耗ボリューム(体積)は実績と予測は概ね一致**



■ 上記結果より得られた知見

平均的摩耗量は、局所的な損傷箇所以外の摩耗厚(mm)で算出。

局所的摩耗量は、全体の損傷箇所の摩耗ボリューム(体積)(m³)で算出し、平均摩耗ボリュームを控除する方法が考えられる。

■ 今後検討していく算出条件・方法

・小洪水砂バイパストネルに合わせた式
【現時点】平成30年度実績平均摩耗量に対して合わせたKv(抵抗係数)

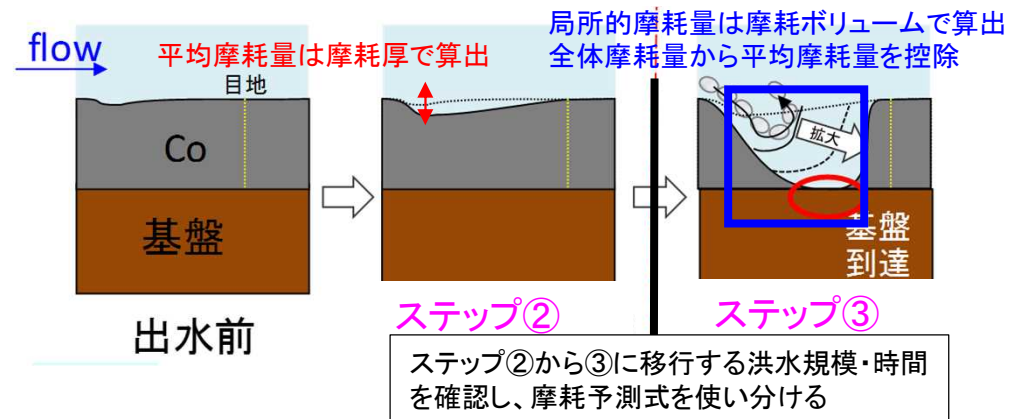
⇒ **抵抗係数の見直しが必要**

・対象粒径・土砂量の見直し
【現時点】摩耗に起因するとされていた20mm以上 掃流砂形態(摩耗予測式で既往の知見より適用範囲が決まっている)

⇒ **粒径別摩耗量の影響を確認し、対象粒径の見直しが必要**

・これまでの洪水規模と局所的な摩耗量(体積)の分析を実施し、摩耗予測式に反映させる方法があるのか確認し、**局所的摩耗量の再現性を検討**する。

・復旧工事後は、コンクリート強度70N/mm²等材料側の条件を摩耗予測式に反映していく。



平均的摩耗量と局所的摩耗量算出イメージ

■ 今後の検討により摩耗予測式を見直していくための確認事項

- ・インバートのみが摩耗する状況でのデータ(R2年度の摩耗状況)を再整理する。⇒抵抗係数の確認
- ・粒径別バイパス土砂量と粒径別摩耗量との関係性を分析し、摩耗に起因する対象粒径を再確認する。⇒対象粒径の確認
- ・粒径別土砂量を精度向上させたもので、既往洪水の再計算を実施する。⇒実績摩耗量の再現性を確認
- ・摩耗予測式を使い分ける洪水規模・時間を明確にする。⇒局所的摩耗量の算出方法の検討

3.2 第6回構造部会の報告

(3) 復旧方針

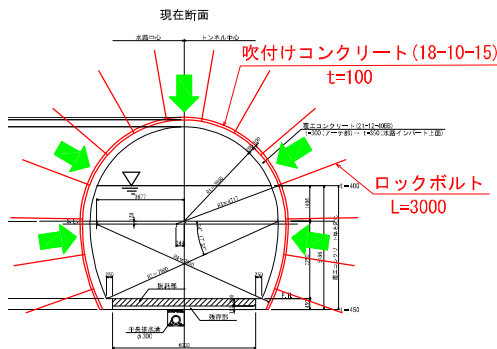
3) トンネル覆工裏面排水方法

- ・土砂バイパストンネルはNATMにより施工されており、トンネルはロックボルトと吹付けコンクリートの一次支保で安定が保れている。
- ・覆工は無筋コンクリートであり、防水シートと裏面排水工により外水圧を作用させない構造である。
- ・復旧工事では、排水方式をインバート下の中央排水(トンネル下流端で排水)から側方排水(トンネルに排水)に変更する。

■ 覆工背面の残留水位による影響について

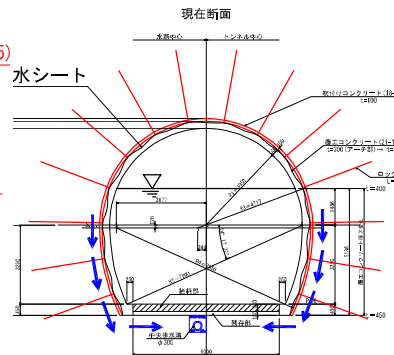
- ・新たな側方排水方式では、トンネル内水位に追従して、覆工の外部の水位も変化する状況にある。
- ・排水孔の排水機能が十分であれば、上昇・下降時ともに内外水位差は生じず、覆工に外力は作用しない(下図①)。
- ・しかしながら、排水不良が生じた場合、残留水位として外水圧が一時的に作用する状態も想定される(下図②)。
- ・トンネル内水位を計画流量(370m³/s、H=4.7m)→停止(0m³/s、H=0)と急低下させた場合を想定した試算では、残留率70%(外部水位3.3m)以下では覆工コンクリートの耐力を有することを確認している。

地山の圧力はロックボルトと吹付で支持する。

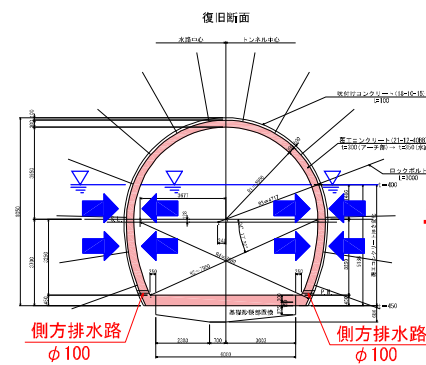


【NATMの設計概念】

排水工により、地下水による外圧は覆工に作用させない。

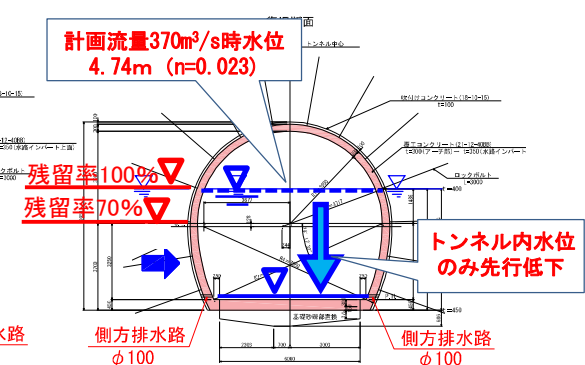


①排水工が機能している場合
→トンネル内外水圧はバランス



【排水方式変更の影響】

②排水不良・時間遅れで残留水位が発生
→一時的に外水圧が作用



3.2 第6回構造部会の報告

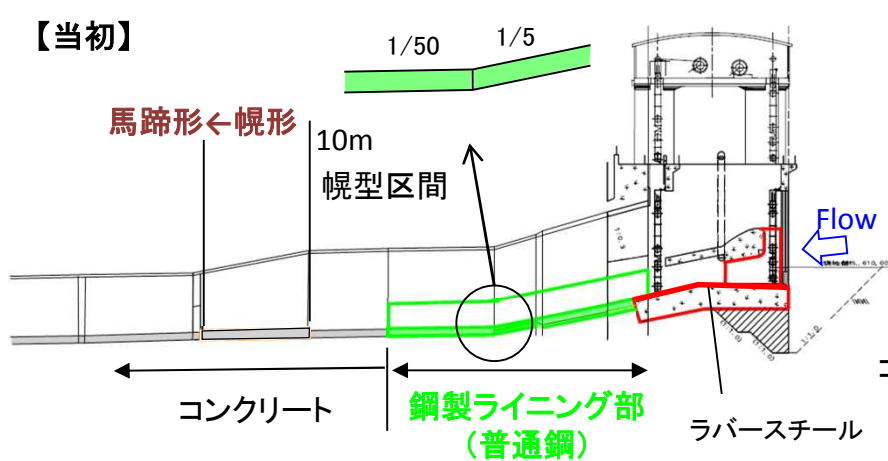
(3) 復旧方針

4) 呑口部鋼製ライニング部(範囲・材質)

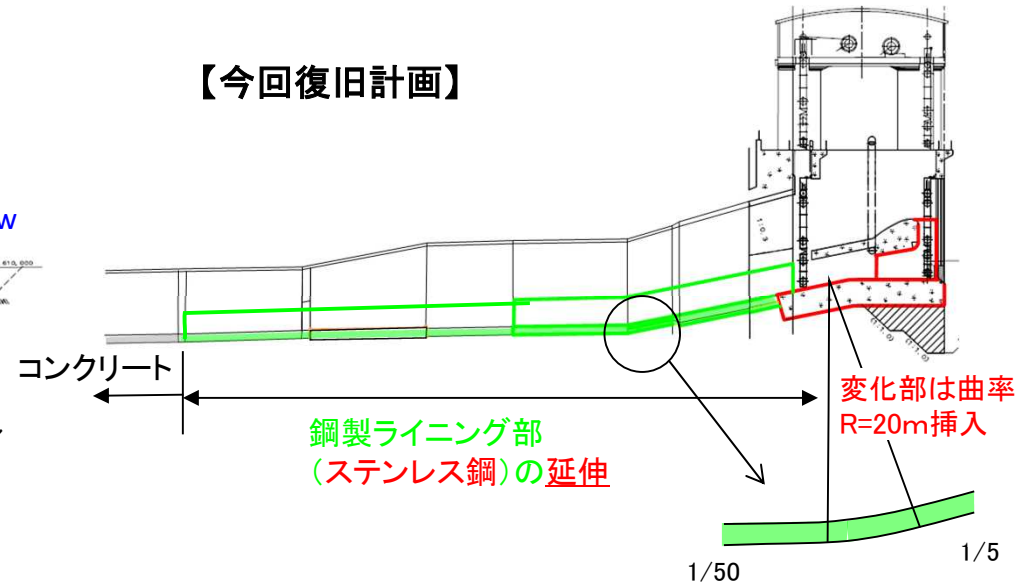
- ・ライニング部の勾配変化点は、変化緩和の観点から曲率部を挿入する。
- ・流況不安定範囲をカバーする範囲までライニングを延伸する。
- ・材質を普通鋼から、より耐摩耗性の高いステンレス鋼に変更する。

単純復旧: 従前と同範囲について従前と同様な形状 → 機能向上: 範囲延伸、変化点の抑制、材質の強化)

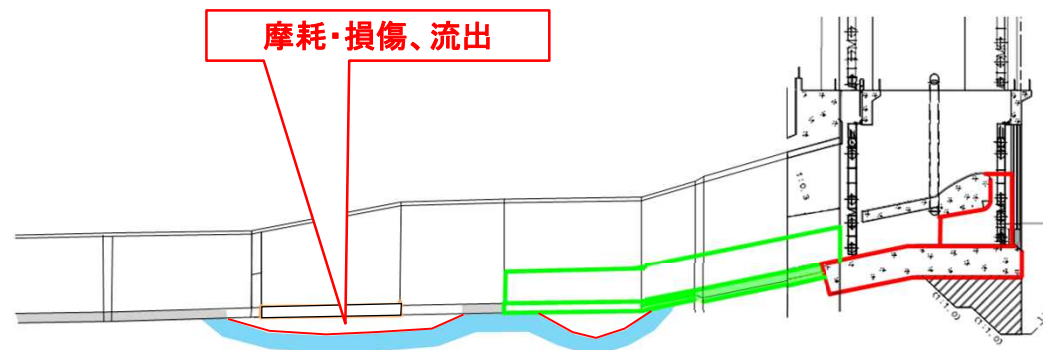
【当初】



【今回復旧計画】



【損傷形状】



3.2 第6回構造部会の報告

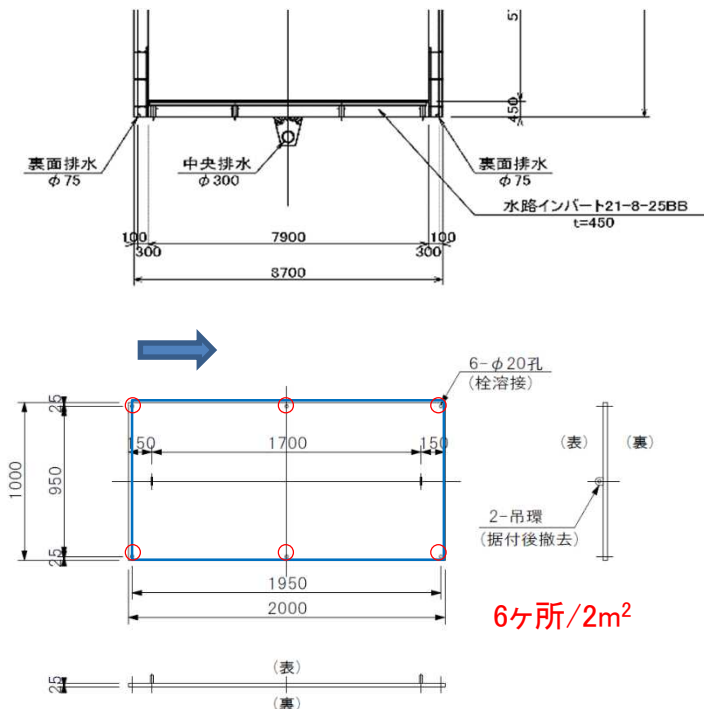
(3) 復旧方針

5) 呑口部鋼製ライニング部(固定方法)

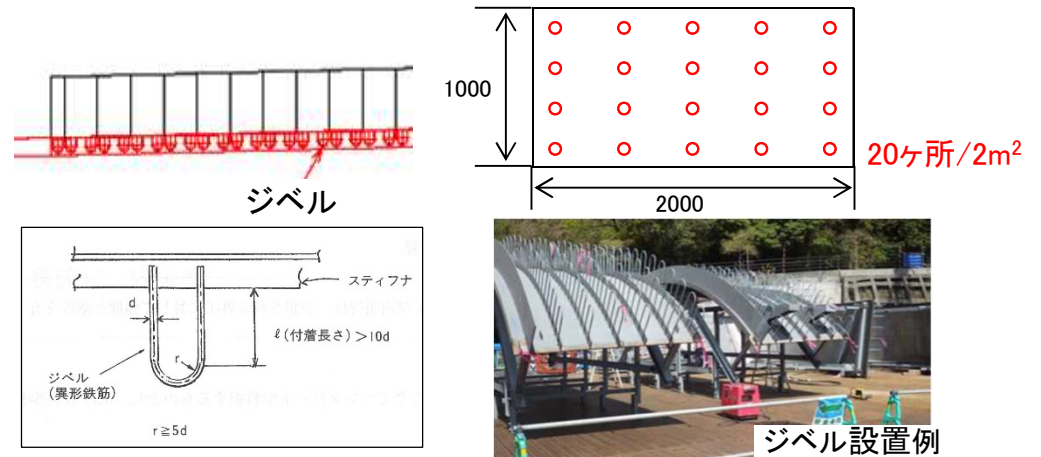
- ・鋼製ライニング部の摩耗量の大きさ、および摩耗の偏りを踏まえ、耐久性向上とともに、交換・補修が容易なボルト固定方式を採用とすることとした。(前回委員会時にはジベル方式を提案)
- ・ボルト固定方式では、先行事例を参考に、摩耗を前提としたボルト機構の維持や、部材接触面に重ね部を設けることによる侵食対策などの工夫を行うこととした。

■ 固定方式の変更

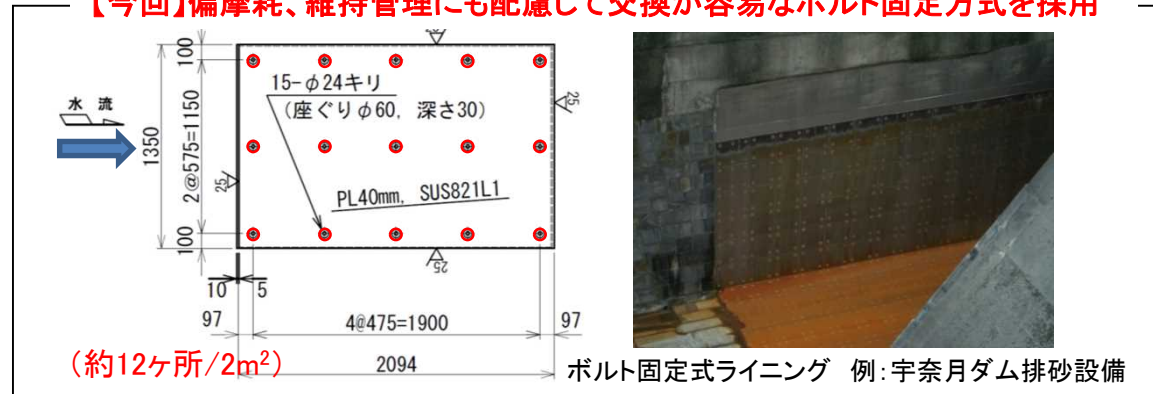
【当初】栓溶接と接触面(縦断側面のみ)の溶接



【前回委員会報告】めくれ対策を重視したジベル固定方式



【今回】偏摩耗、維持管理にも配慮して交換が容易なボルト固定方式を採用



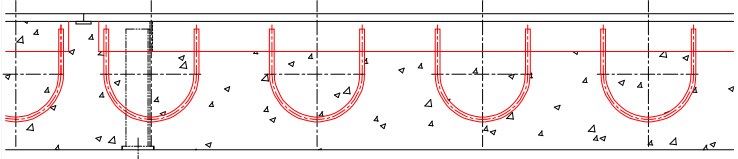
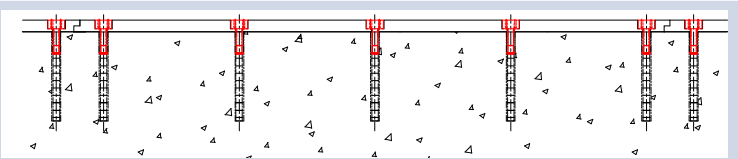
3.2 第6回構造部会の報告

(3) 復旧方針

ライニングの摩耗傾向が完全に把握できているのであれば、十分な余裕厚を考慮した強固なジベル方式の適用性が高いと言えるが、実態としては、下記条件により、総合的に考慮してボルト固定方式を採用することとした。

- ① 摩耗は避けることができず定期的な補修が必要である。
- ② 偏摩耗変化が予想できず部分的な補修も想定される。
- ③ 補修特性を考慮したライフサイクルコストも有利である。

■ 鋼製ライニング固定方法の特性比較

固定方式	ジベル固定方式	ボルト固定方式
概要図 (縦断面)		
概要説明	・底板コンクリートを箱抜き構造とし、ライニング布設後、背面にコンクリートを充填する。	・底板コンクリートをライニング板厚分控えて仕上げ、あと施工アンカによりピース毎個別に固定する。
工場製作費	・製作手間は多いが、板厚が薄いため安価である。	・製作手間は少ないが、摩耗後のボルト取外しを考慮して板厚が厚くなるため高価である。
据付工事費	・基礎コンクリート工事を除けば安価である。	・ライニング布設は容易であるが、アンカ施工が多量であるため高価となる。
据付工程	・コンクリート硬化後でないライニング上を通行できないため、設置用重機が大形化し工程も長くなる。 (ライニング設置工程はクリティカルではないため問題ない)	・底板コンクリート成形後はライニング直近に近づけるため、ライニングはユニック車で設置可能であり、工程短縮の余地が大きい。(ライニングの設置工程はクリティカルではない)
流況への影響	・表面はほぼ平滑に仕上がるので、流況は安定である。	・ピース毎に段差が生じることが避けられない。ただし、高速流ではないため選定要因としては支配的ではない。
交換の利便性	・強固に固定されるため、交換のためには十分な範囲をコンクリートを含めて取り壊す必要がある。(土木工事と一体)	・取外しを想定した構造であり、摩耗の状況に応じて適切な部位のピースをユニック車等で交換できる。(機械工事のみ)
事例	・ダム放流管(標準的)	・宇奈月ダム、出し平ダム排砂設備
経済性(50年間LCC)	・832百万円(初期210百万円、維持622百万円)	・810百万円(初期255百万円、維持555百万円)
判定	△	○ (採用)

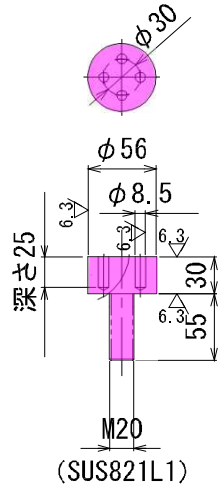
3.各部会の報告

3.2 第6回構造部会の報告

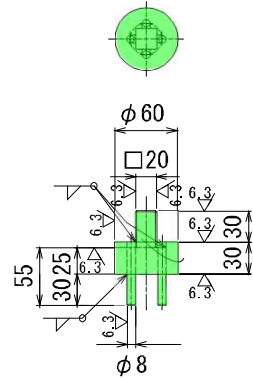
(3) 復旧方針

■鋼製ライニングの取付け方法について

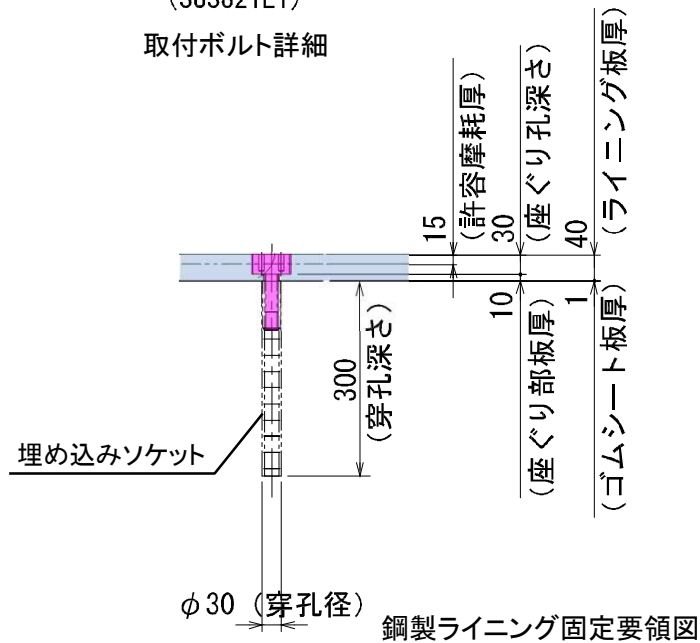
底面ライニング全体面積：約650m²
 底面ライニング面積：2.0m² (約640kg) → 底面ライニング枚数：約 320枚,
 取付ボルト本数：約 4,800本



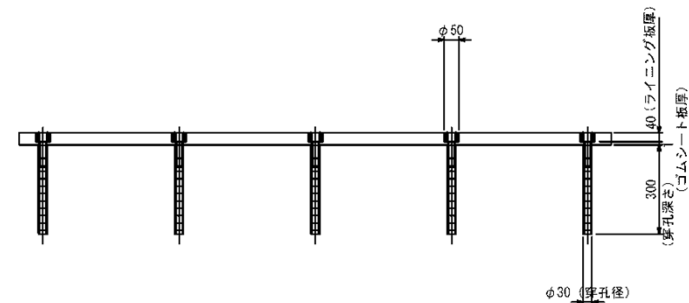
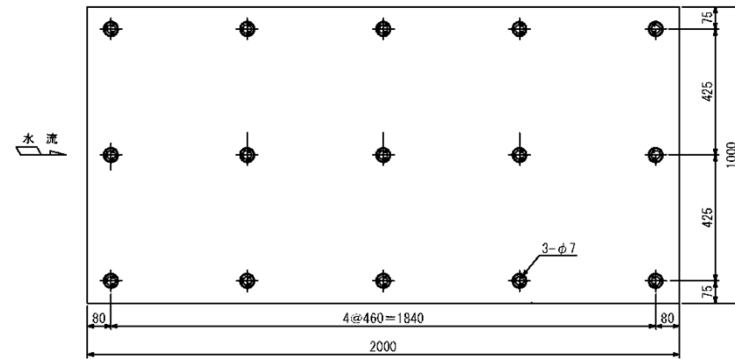
取付ボルト詳細



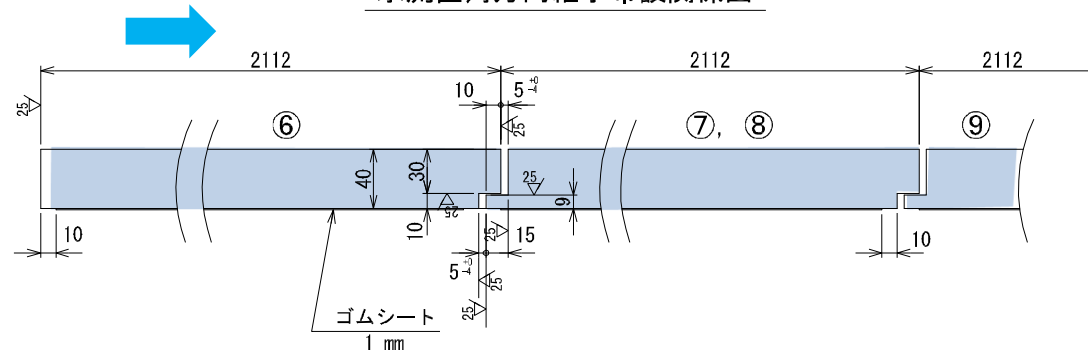
ボルト回転用特殊治具詳細



鋼製ライニング固定要領図



水流直角方向継手布設関係図



3.2 第6回構造部会の報告

(3) 復旧方針(呑口部鋼製ライニング部(固定方法))

■流速について(ボルト式ライニング採用事例との比較)

- ・ダムの洪水吐き、トンネル洪水吐きの実例を踏まえ、ここでは、20～30m/s程度以上を高流速と定義している。
- ・小渋ダム土砂バイパスにおける流速は、13m/s程度となっており、出し平ダム、宇奈月ダムの排砂設備よりも小さい。

ダム		出し平ダム排砂設備	宇奈月ダム排砂設備	小渋ダム土砂バイパス (復旧工事後)
運用開始年		H3	H13	H28
年間排砂量	計画時	50万m ³ /年	140万m ³ /年	26万m ³ /年
	実績	32万m ³ /年(連携H13～R2)		46万m ³ /年(H28～R2)
最大想定粒径		340mm	300mm	
排砂設備	対象流量	NWL 1,300m ³ /s 開水路 320m ³ /s	開水路450m ³ /s	開水路370m ³ /s
	排砂路 (幅×高×条数)	幅5.0m 高さ5～6m 2条	幅5.0m 高さ6～10m 2条	幅12～7.9m(漸縮) 高さ10.2～9.7m 1条
	勾配	1:30	1:20	レベル～ 1:5 ～ 1:50
	最大流速	16.2 m/s (n=0.015,等流計算)	20.4 m/s (n=0.015,等流計算)	13 m/s 勾配変化部 (n=0.015,水理実験)
ライニング (開水路部)	材質	普通鋼SM400	普通鋼SS400	ステンレス鋼(SUS821L1)
	パネル規模	50×50cm(@498mm) (人力据付け作業性より)	50×50cm	140×200cmほか (弱点回避,ユニック運搬)
	ボルト	4カ所/枚	4カ所/枚	15カ所/枚
	3m ² あたり枚数 ボルト数 横断方向の継目総延長	12枚 48本 6m	同左	1枚 15本 2m

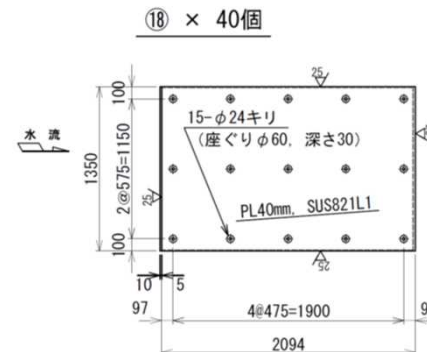
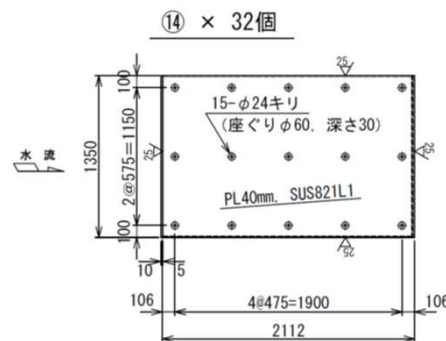
3.2 第6回構造部会の報告

(3) 復旧方針(鋼製ライニングの取付け方法について)

- パネル部材の基本寸法は、摩耗耐久性、施工性を踏まえて、1枚当り、1500mm×2000mm程度(1,000kg程度)とする。

パネル規模	小	大
規模の考え方(例)	人力施工(最大50kg程度) 50cm×50cm程度	ユニッククレーンを利用 (500~2,000kg/枚)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・摩耗範囲に合わせた更新時に無駄が少ない。 ・ユニッククレーンなどがアクセスできない場所も対応可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・摩耗損傷に対し弱点となりうる水流直角方向の継手延長を小さくできる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・摩耗損傷に対し弱点となりうる水流直角方向の継手延長が長くなる。 ・固定ためのボルト数が増加する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・更新作業は人力のみでは困難 ・仕上げコンクリートとの密着性が低下する可能性がある。
小渋ダムにおける評価	(人力施工に限定しなければならない現場条件ではない)	<p style="text-align: center;">○</p> クレーン・トラックのアクセスが容易であるため、耐摩耗性を重視し、施工可能な範囲で大型化

■主要パネル



3.2 第6回構造部会の報告

(4) 工程計画

- ・復旧工事は、R3・4の2カ年を目標とする。工事の進行状況により1年延長する可能性
- ・1年目(R3)は、既設インバートの撤去および構成ライニングの工場製作
- ・2～3年目(R4～5)は、鋼製ライニングの設置・インバートコンクリートの打設・坑口部コンクリートの打設
- ・工期については、工事開始直後にコンクリート試験を実施した上で、品質確保・施工性の観点から最終判断

■復旧工事の工程計画

工種		R3 (2021) 年度	R4 (2022) 年度
吐口部		基礎部復旧 進入路設置	コンクリート打設
トンネル部	インバート	コンクリート撤去	コンクリート打設
	鋼製ライニング	工場製作	設置

3.2 第6回構造部会の報告

(5)土砂バイパス運用中のモニタリング

- ・水路インバートの摩耗・損傷のモニタリングは、これまで土砂バイパス運用終了後に行うこととし、計測手法の合理化について検討を進めているところである。
- ・7月出水・損傷を踏まえ、運用中における停止判断(=土砂バイパスの最大限の活用)などに資するため、リアルタイムで直接的・間接的に、摩耗損傷状況を監視する手法についても併せて検討を進める予定である。

■水路インバートのモニタリングについて

モニタリング時期	運用中（追加）	運用終了後
主な目的	・土砂バイパス運用停止判断 (・運用後モニタリングの基礎資料)	・摩耗損傷のメカニズム解明 ・補修時期判断
流量・水面形確認	■トンネル内の水位計による観測	—（痕跡確認）
水路インバートの 全体的な摩耗・損傷	■水位やライブカメラによる目視確認 (間接的手法) ■バイパス土砂量の累積値に基づく摩 耗量の予測評価(間接的手法) (バイパス量・摩耗予測式の活用)	■目視点検 ■車両・通行方式:MMS測量による 三次元測量など
水路インバートの 局所的な摩耗・損傷	■土砂バイパス運用中、リアルタイム に摩耗・損傷状況を直接的に観測する 手法の検討 (本委員会にて手法抽出状況を報告)	■今後:上記によらない合理的な摩 耗計測システムの検討 (計測:レーザーセンサーなど) (移動:UAV、トンネル頂部レーン式)
トンネル全体	—	

3.2 第6回構造部会の報告

(5)土砂バイパス運用中のモニタリング

■土砂バイパス運用中のインバートの摩耗・損傷状況を監視する手法(提案)

- 求められる要件、現場条件を整理のうえ、監視手法について調査した結果、類似事例が数例あるものの、水面下の摩耗・損傷を対象とした実例、広範囲にわたる実例については確認できない。
 - インバートの移動や流出など極端な変状の把握については、既存技術を用いることで比較的容易に可能。
 - 摩耗量については、課題はあるものの、グリーンレーザ測量(ALB)の応用のほか、摩耗量とインバートの変位、温度、音響など間接情報との関連付けにより把握する手法が確認された。
- ➡ 小渋ダムに適する技術開発(応用技術)や実証実験に位置付けた試験運用が必要となるなど、実用化には開発期間を要することから、復旧工事期間を利用して検討を進める。

【求められる要件】	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂バイパス運用中にインバート状況(摩耗量、変状等)をリアルタイムで確認できること。(摩耗量について、ある程度、定量的に把握できることが望ましい) ・全面的な観測で、時期・地点が把握できることが望ましいが、今回の損傷状況を踏まえ、相対的な弱点部に注視することも考えられる。 ・監視手法は、構造上の弱点や洪水流の流下の阻害とならないこと ・監視機器設置に関して、復旧工事工程への大幅な影響がないこと
【現場条件】	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水流(射流、高濁質)流下、最大水深4.7m(Q=370m³/s時) ・トンネル内閉空間(インバート幅6.5m、高さ7.2m、延長約4km) ・鋼製インバート直下、曲線部内湾側は相対的に摩耗促進

要件のうち、リアルタイムでの面的な全線観測は、技術的にも高度となるため、下記②についても対象とした。

- ① トンネル内全線を対象とするパターン
- ② トンネル内代表地点に着目するパターン

3.2 第6回構造部会の報告

(5) 土砂バイパス運用中のモニタリング

■ 土砂バイパス運用中のインバートの摩耗・損傷状況を監視する手法(提案)

① 全線を監視対象とするパターンにおける手法案

手法案	分布型光ファイバーの利用(縦断方向)	ICタグ技術を用いたトレーサーの利用
概要・特徴 (応用の 考え方)	・ケーブル全長の任意地点でひずみ、あるいは温度を計測可能な光ファイバーをインバートに埋設し変状発生の時期、地点を把握。センサーへの給電不要、長距離データ伝送、長寿命といった特徴を有す。	・ICタグを一定間隔で埋設するとともに、吐き口部に無線通信アンテナを設置。バイパス時にICタグの流出を観測することで、損傷時期・地点を把握。 (固有認識番号により、埋設地点＝損傷時点を特定)
概要図		
他事例	・(類似)河川構造物変位	・河床材料調査
設置方法	インバートコンクリート打設時に直接埋設	インバートコンクリート(硬化後)を削孔して埋設
設置箇所	インバートセンター～内湾の縦断方向 摩耗代以下(例えば、表面から35cm)への配置を基本	横断、縦断方向に複数配置(例えば@50mピッチで2列) 摩耗代境界部(インバート表面から30cmなど)へ配置
運用停止 基準(案)	・任意地点における極端なひずみ発生 (任意地点における極端な温度変化の発生)	・ICタグの流出を検知した時点
再設置	・摩耗代以下への配置とし、配線が露出する前にインバートを補修する。 ・局所的に深掘れし、切断した場合は当該部のみ交換。	・流出部については、部分補修として、再設置が前提となる。 (固有認識番号の管理が煩雑となる)
課題	・延長4kmのコンクリート埋設実用例がなく、実現性の確認が必要	・ICタグの読み取り距離の拡大(現状1m程度) ・定置型装置の設置方法、捕捉率(認識率)の向上 ・流下ICタグの破損防止対策、・再設置部の弱点化の回避

3.2 第6回構造部会の報告

(5) 土砂バイパス運用中のモニタリング

■ 土砂バイパス運用中のインバートの摩耗・損傷状況を監視する手法

② 代表地点を監視対象とするパターンにおける手法例

手法案	A: グリーンレーザーสキャナによるインバート高測定	B: 分布型光ファイバー(面的配線)による変状把握	C: 流出判定通信機センサー	D: 音響データのAI解析
概要・特徴(応用の考え方)	・水面下地形も計測可能なグリーンレーザースキャナにより、バイパス時のインバート上面の高さ(摩耗量)を直接観測	・ケーブル全長の任意地点でひずみあるいは温度を計測可能な光ファイバーをインバートに埋設、計測により変状発生の時期を把握	・構造物に取り付けた通信装置からの応答が無くなった段階で流出したものと判断	・音響データを利用し、AIを用いて「正常(範囲)」を規定し、正常外のデータを「異常」と定義することにより異常発生区域を検知
概要図				
事例	(類似)河川測量	(類似)ダム堤体の温度分布	(類似)河川構造物の流出	(類似)下水道管渠の雨水浸入把握
インバート設置方法	・不要	・インバートコン打設時に直接埋設折り返して面的に配線(深さは例えば、表面から35cm)	・インバートに通信機センサー(子機)を埋設(深さは摩耗代境界部として表面から30cm)	・不要
測定器設置箇所	・着目地点のトンネル天端にスキャナ固定	・着目地点のトンネル天端に情報変換機→監視装置は管理所	・着目点付近の天端に親機(受信機)	・着目地点のトンネル天端に音響装置固定→管理所で解析
運用停止基準(案)	・例えば、インバート上面が30cm低下した時点	・許容摩耗量に対応するひずみ(あるいは温度変化)の発生	・着目点のインバートが流出した時点(摩耗量は不可)	・当該流流量時において許容残置厚相当の異常音を探知した時点
再設置	－(インバート内に設備無し)	・摩耗代下位に配線し常に保持。局部的切断部は、当該部を交換	・流出部については、部分補修として、再設置が必要	－(インバート内部に設備無し)
課題	・濁水に対する適用性 ・測定精度の向上(高出力機器の開発)	・ひずみあるいは温度と摩耗量の関係把握(損傷=極端な変化は把握可能か)	・護岸での実証実験事例(国総研)があるもその後、中止。 ・埋設方法、再設置部の弱点化	・流量(土砂量)と関連付けた音響特性と摩耗量の関係性設定 ・観測範囲に限定した音響測定
小洪適用性	△(維持管理は最も容易)	△	△(子機の再設置が必須)	△(音響発生源が広範)

3.各部会の報告

3.2 第6回構造部会の報告

(6) 復旧工事後のモニタリング計画

復旧工事後の土砂バイパストンネル施設のモニタリングは、施設構造が変更した箇所状況把握、運用中の監視を追加・変更し、実施する。

箇所		確認内容	2020年度実施	今後の変更内容 (赤:モニタリング追加事項)
呑口部	流木ハネ	流木排除の必要性	目視確認	<ul style="list-style-type: none"> ■運用後のモニタリング ・目視確認を引き続き実施する。 ・流木流入対策として流木ハネ下流側にワイヤーを追加するため、流木ハネの流木の状況把握を追加する。
		損傷の有無		
	主ゲート	戸溝内の土砂堆積	目視確認	
	副ゲート	止水状況		
放流設備 (ラバースチール鋼製ライニング)	土砂堆積状況 損傷状況			
トンネル部	流量チェック (試験運用中のみ実施を予定)	流量確認	管理用通路上下流の水位を確認 (第4回構造部会において、呑口部での流量把握は妥当であることを確認しているが、データの蓄積を目的に実施)	<ul style="list-style-type: none"> ■運用中のモニタリング 大きく損傷した場合の確認は、不可能であるが、引き続き実施する。
	局所的損傷	局所的な侵食	<ul style="list-style-type: none"> ・目視確認 ・ペンキ剥がれ確認は3400m～4000m地点の範囲のみ確認 (2019年までは全線実施) ・目地の定点観測 (2019年まで実施) ・三次元測量(MMS測量)の実施 	
		誘発目地周辺状況		
	トンネル全体の損傷	ペンキ剥離状況		
不陸の進行状況				
トンネル全体	土砂の堆積状況			
吐口部	水平水路部	エッジ部の損傷	・吐口部の損傷状況の目視確認(吐口水平水路部(放水路部)、減勢工内)を実施	<ul style="list-style-type: none"> ■運用後のモニタリング 引き続き実施する。
	導流壁	導流壁の損傷		

3.2 第6回構造部会の報告

(7)第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応

第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応(1/3)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
・下流河道の水位計測に関して	・減勢工の底張工浮き上がりに関して、河道内の水位を観測していれば水位差(揚圧力)が確認できるので、補修設計の際に有用と考えられる。	必要であれば検討する。	次回構造部会で報告予定
・今後の調査について	平成30年度と令和2年度のトンネル内の平面的な損傷箇所の比較があれば良い。	損傷状況の再整理、岩盤状況等、復旧工事時に確認できる事項は、確認し整理、分析を実施する。	一部本委員会で報告
	損傷が小さい箇所も整理しておいた方が良い。また、岩盤の下に礫層がある場所、岩盤がインバートと密着する場所と損傷状況を整理した方が良い。		次回構造部会で報告予定
・摩耗予測について	長期的なメンテナンスという意味では平均的な摩耗量の推定で良いと考えられるが、局所的な摩耗量を算出する式は、考え方を含めて分けて整理した方が良い。	平均的な摩耗量の推定方法と局所的な損傷の推定方法の考え方を整理する。 摩耗予測式は、実績摩耗量の積上げにより予測精度が高くなるので、局所的な損傷箇所の実績摩耗量、土砂量見直しにより生じる粒径別土砂量の影響を確認し、再現性を検討していく。	次回構造部会で報告予定

3.2 第6回構造部会の報告

(7)第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応

第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応(2/3)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
・流木ハネについて	流木ハネの中間ワイヤ追加と中間補助材の延長を行う場合、流木の流入を回避できる一方、土砂流入が阻害される可能性もあるので両面から検討しておくこと。	検討予定とする。	次回構造部会で報告予定
・インバート施工について	インバートを増厚する場合、下部の岩盤を掘削してまで置き換える必要はないと考える。また、深ぼれしている部分の埋め戻しに関しては、捨てコンを用いると考えられるが、強度を高くしておいた方が良い。	意見・指摘と同様の考え方であるので、現在提示している施工方法とする。	本委員会で報告
・排水管の施工について	排水方式に関して、背面の残留水位による影響を確認しておいた方が良い。 ・排水孔は、側壁の普通コンクリー部への施工となり、弱点となる可能性があることから、今後モニタリングする上で注視した方が良い。排水管の材質も土砂の影響による損傷が小さいものを選定し、損傷しない工夫が必要である。	側壁の下部については、これまでのところ顕著な損耗は確認されていない。 削孔後、現在の排水管と同じ材質となる塩ビ管を覆工内に埋め込む形で挿入する計画である。 設置後のモニタリングでは注視する。	本委員会で報告 (補足説明)

3.2 第6回構造部会の報告

(7)第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応

第6回構造部会における主な指摘事項と今後の対応(3/3)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
・鋼製ライニング固定方法について	<p>呑口部鋼製ライニングの固定方法について、ボルト方式の流況への影響評価で、高速流ではないため、としているがどの程度の流速か。可能であれば、例示されている出し平ダムの実績(流速、摩耗・補修など)を参考としてはどうか。</p> <p>分割パーツの規模、配置方法、ボルト密度の妥当性について、他実績との比較や作用圧力などの観点から確認しておくことが望ましい。</p>	<p>流速の説明を追加する。</p> <p>出し平ダムの実績について調査する。</p> <p>鋼製ライニングの細部設計に際して、指摘に留意する。</p>	<p>本委員会で報告(出し平の実績調査は今後)</p>
・モニタリングに関して	<p>運用中のモニタリング方法としては、後付けできるもの、間接的にできるものがあるので、今後の技術進展が反映できる形がよい。間接的には、トンネル内水位を全線で計測する方法も有用であると考えます。</p> <p>(運用後の摩耗量計測において)旭ダムでは、三角定規に相当するものをコンクリートに埋め込んで、摩耗深を容易に計測できる工夫を行っていたので参考にされたい。また、ドローンの活用可能性をさらに追及して欲しい。可視カメラ、赤外線カメラでのモニタリングなども検討の余地ありと考えられる。</p> <p>(運用中の摩耗量計測において)光ファイバー技術の活用案は可能性がある。</p>	<p>運用中及び運用後に摩耗量計測は、既往事例がないため、委員の意見を参考にしつつ、実現性を確認、評価し、検討していく。</p>	<p>次回構造部会で報告予定</p>

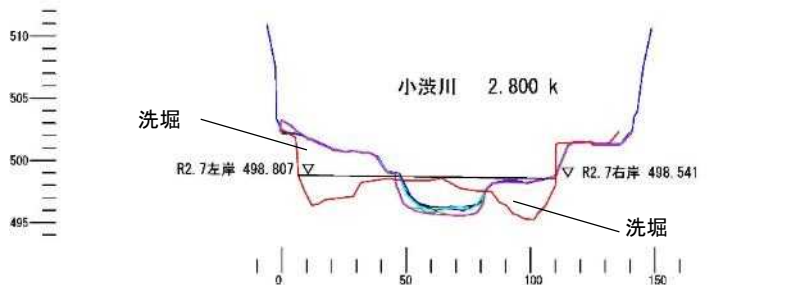
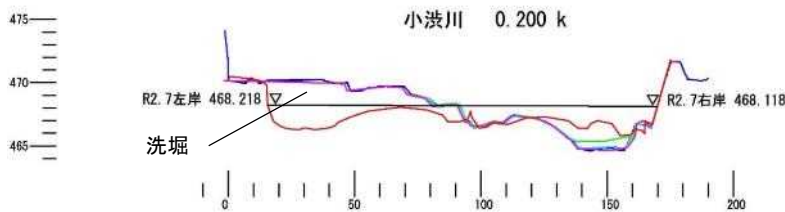
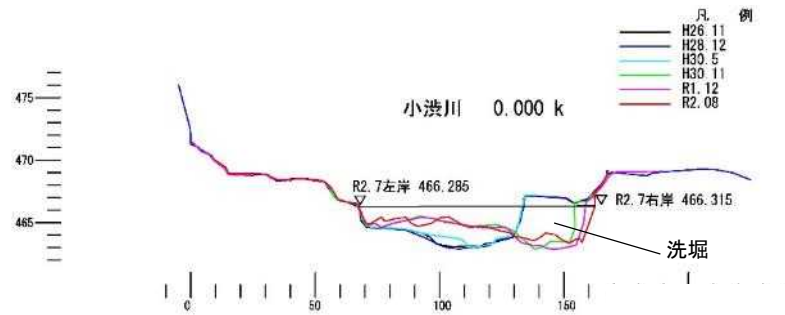
3.3 第8回環境部会の報告

3.各部会の報告

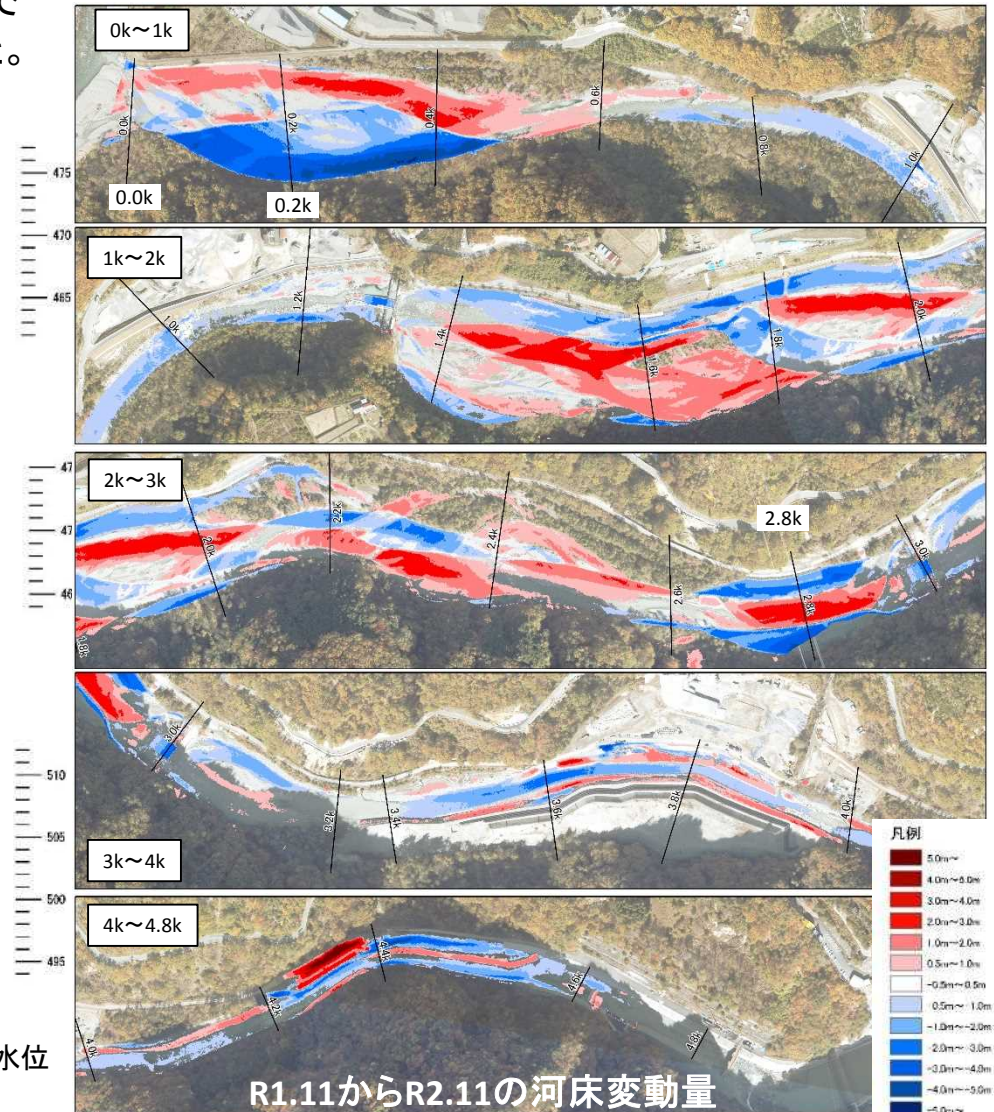
3.3 第8回環境部会の報告

(1)物理環境の調査結果 測量

- 土砂を伴った出水の際に、河岸が洗堀されている(例:0.0kは平成30年出水時、2.8kは令和2年出水時)。
- 令和2年7月出水前後では、0.2kおよび1.4k~1.8kで滯筋が対岸に大きく移動し、変動量が大きくなった。



※水位はR1.7出水の痕跡水位



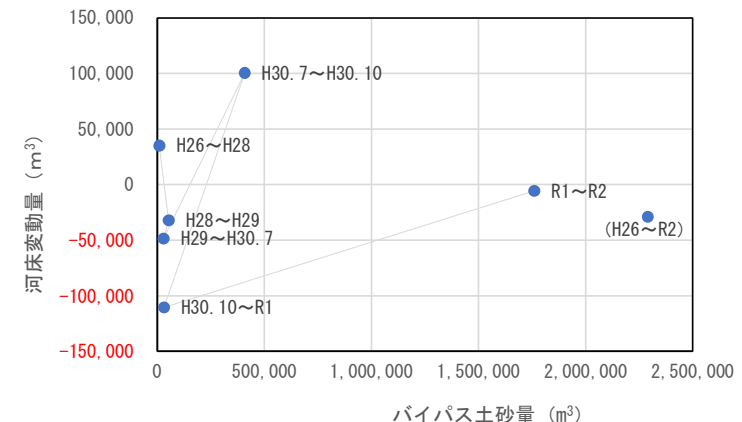
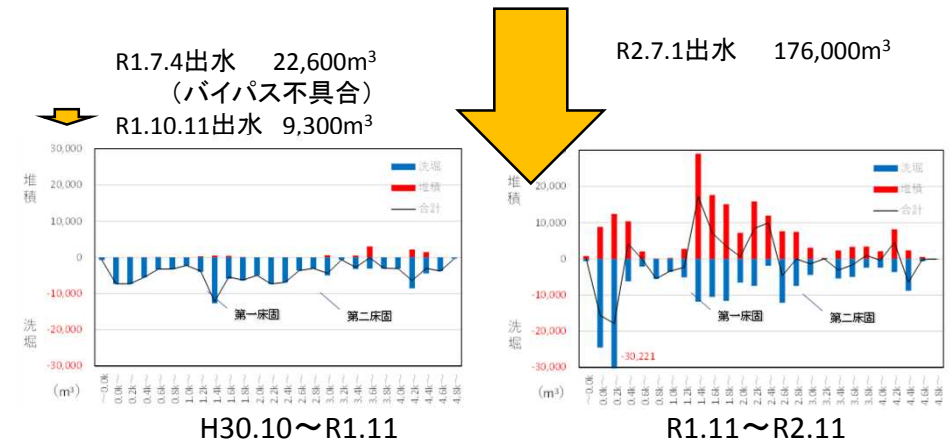
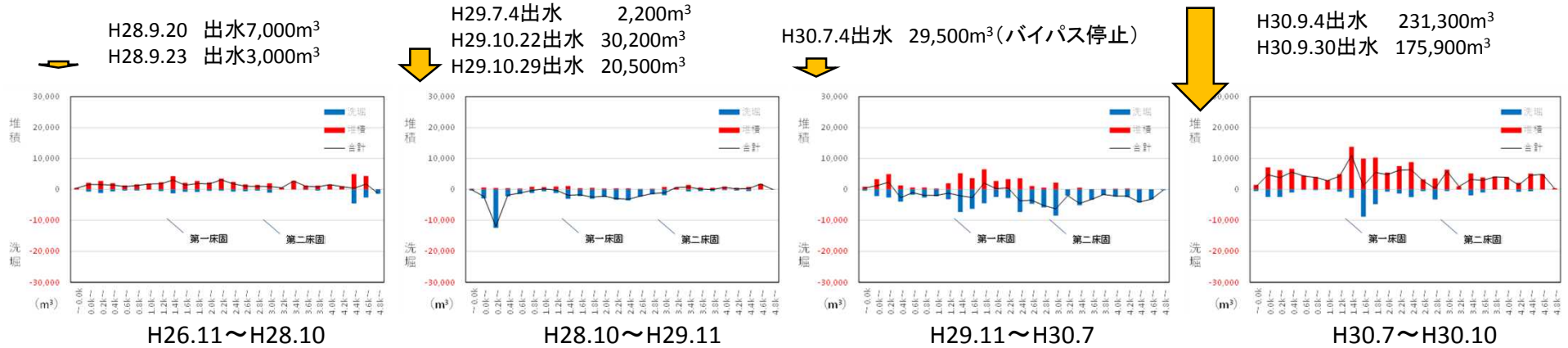
R1.11からR2.11の河床変動量

3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(2) 物理環境の調査結果 航空レーザー測量による河床変動量

- 令和元年まではバイパスから土砂が多く流れたときは堆積し、主にコンジットゲートから水だけが放流されたときは掘削される傾向が見られた。
- 令和2年はバイパス土砂量、堆積量、洗堀量ともに大きかったが、全体ではほとんど変化がなかった。
- 平成26年から令和2年でバイパスから230万m³が排砂され、下流河道では約3万m³が洗堀された。



※数値はバイパス土砂量
 矢印の大きさはバイパス土砂量の目安

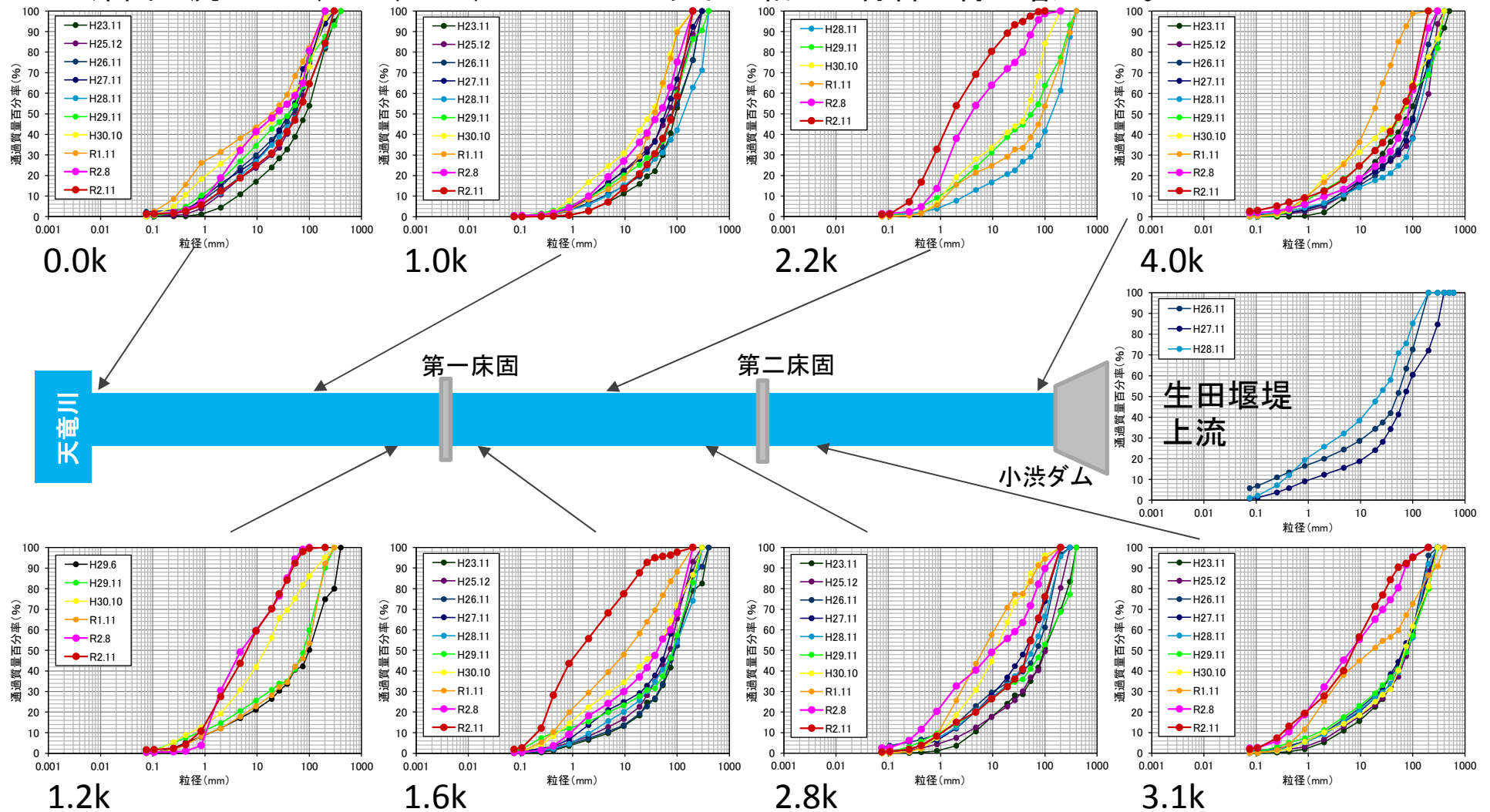
各区間の河床変動量の変遷

バイパス土砂量と河床変動量の関係(全区間)

(3) 物理環境の調査結果 河床材料(容積サンプリング)

【ダム下流の河床材料の変化(H23~R2)】

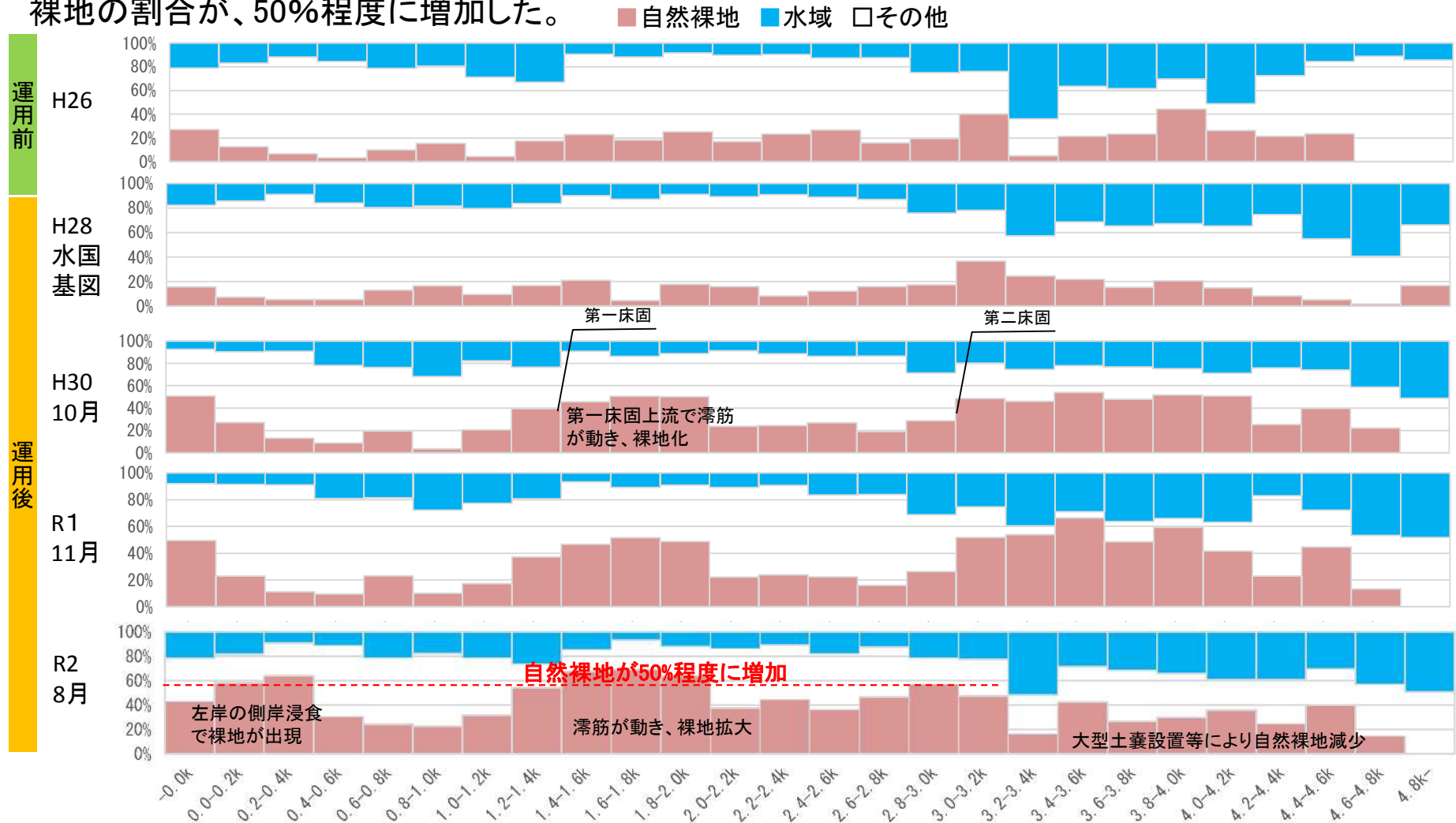
○バイパス運用後の平成29年度以降、全地点で粒径がやや細かくなっている。令和2年の出水後は、床固上流の1.6k、2.2k、2.8k、3.1kで20mm以下の細かい材料が特に増加した。



3.3 第8回環境部会の報告

(4)物理環境の調査結果 河川景観(自然裸地面積の変化)

- バイパス運用前に20%程度だった自然裸地は、平成30年以降は30~40%程度に増加した。
- 3.2kより下流では令和2年7月出水で溝筋が大きく蛇行したことにより、草地や樹林地が洗堀され、自然裸地の割合が、50%程度に増加した。



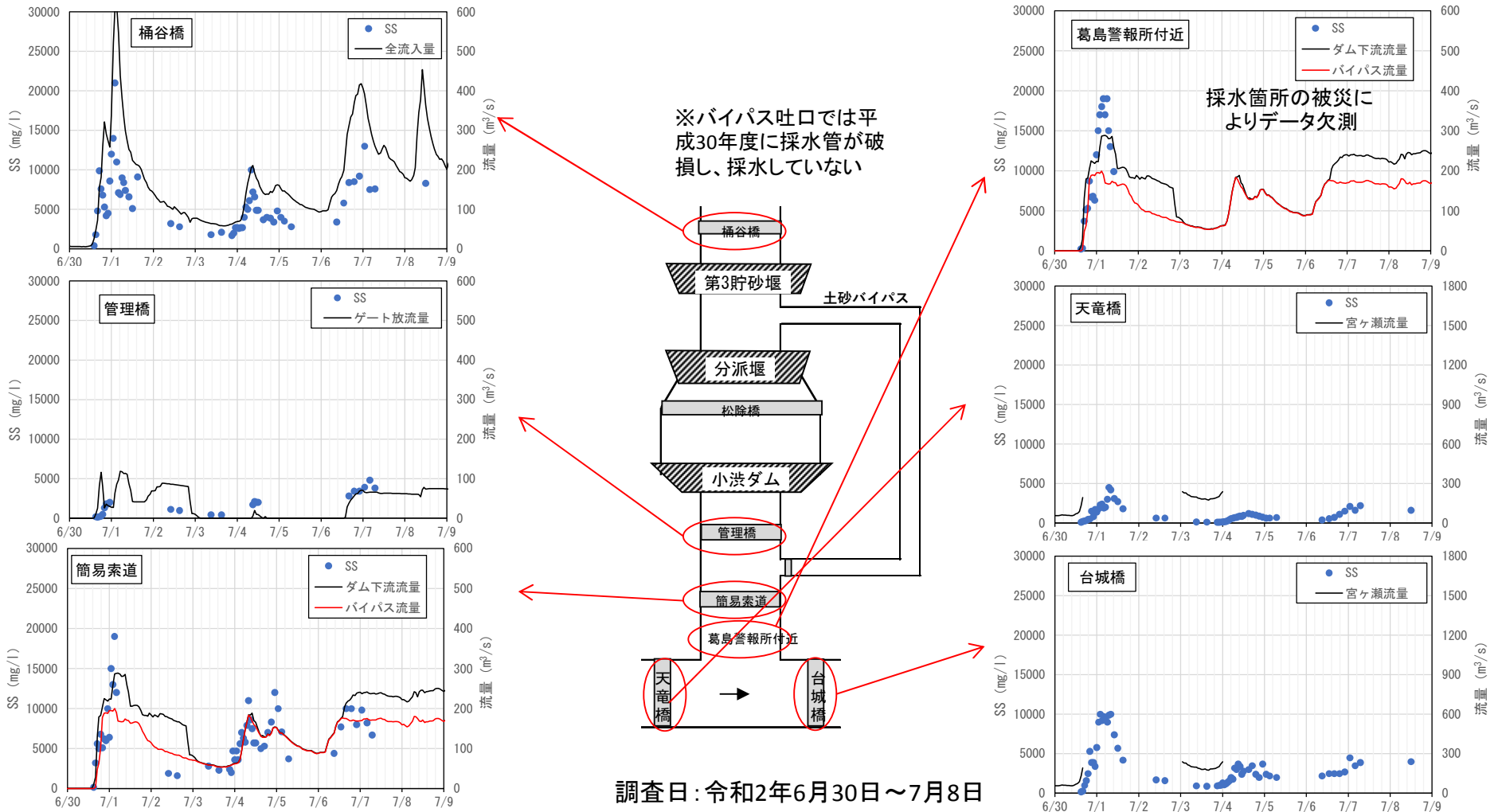
3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(5) 物理環境の調査結果 水質 (令和2年7月出水時のSS)

○桶谷橋では7/1に最大21,000mg/lとなり、簡易索道、葛島警報所付近では19,000mg/lになり、ダム上流と下流でほぼ同程度のSSであった。

○小渋川合流前の天竜橋では4,500mg/lであったが、合流後の台城橋では10,000mg/lに上昇した。



3.各部会の報告

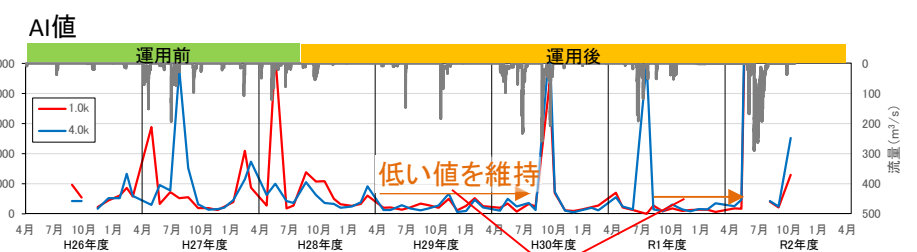
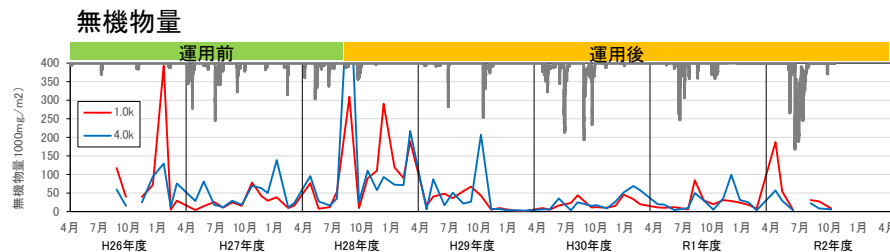
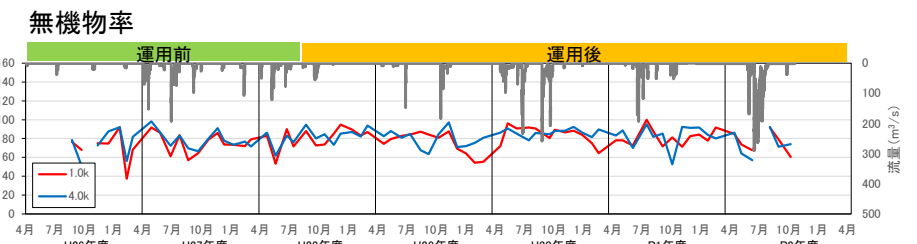
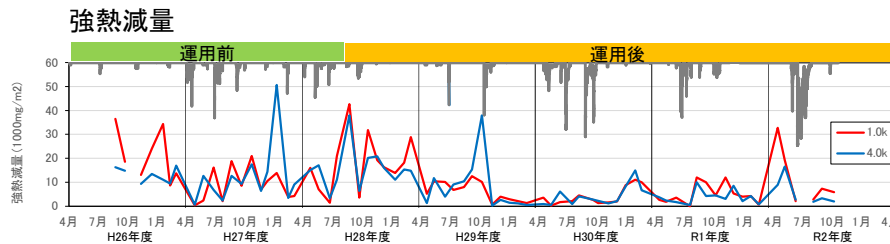
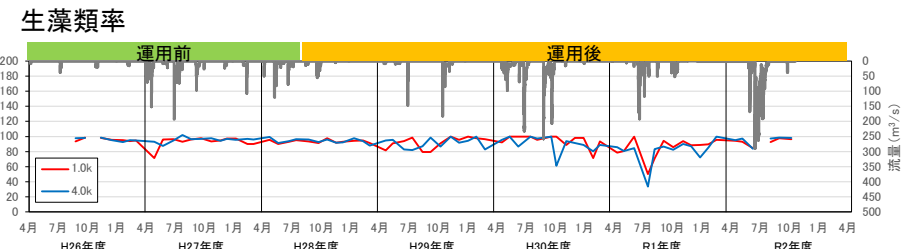
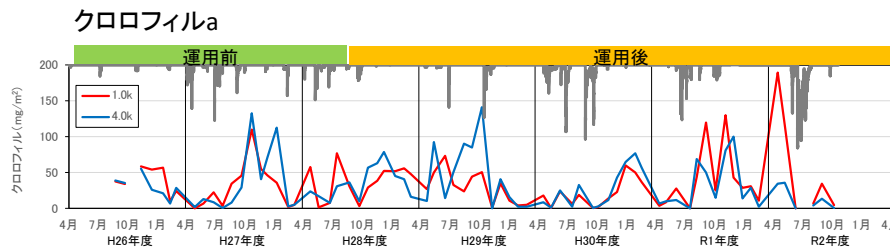
3.3 第8回環境部会の報告

(6) 生物環境の調査結果 付着藻類調査

○現存量:運用後、出水期のクロロフィルa量や強熱減量は、H30年度のように規模の大きな出水が繰り返されると低い値で推移するが、そうでない場合はR1年度のように比較的高い値がみられる。

○付着藻類の質:

- ・生藻類率※1は運用後にやや低下しているが、80%程度以上の高い値を概ね維持している。
- ・無機物率※2は運用前後で80%前後の高い値を示しており、顕著な変化はない。
- ・AI値※3は運用後に低い(付着藻類の質が改善)傾向にあり、BP運用の効果の可能性が示唆される。



藻類の質が改善している可能性

付着藻類の質の指標の算出方法

※1 生藻類率=クロロフィルa量/(クロロフィルa量+フェオフィチン量) × 100 ←高い値ほど新鮮な付着藻類が多く、好ましい

※2 無機物率=無機物量/(無機物量+強熱減量) × 100 ←低い値ほど無機物分が少なく、好ましい

※3 AI値=強熱減量/クロロフィルa ←低い値ほど有機物中に占める付着藻類割合が多く、好ましい

3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

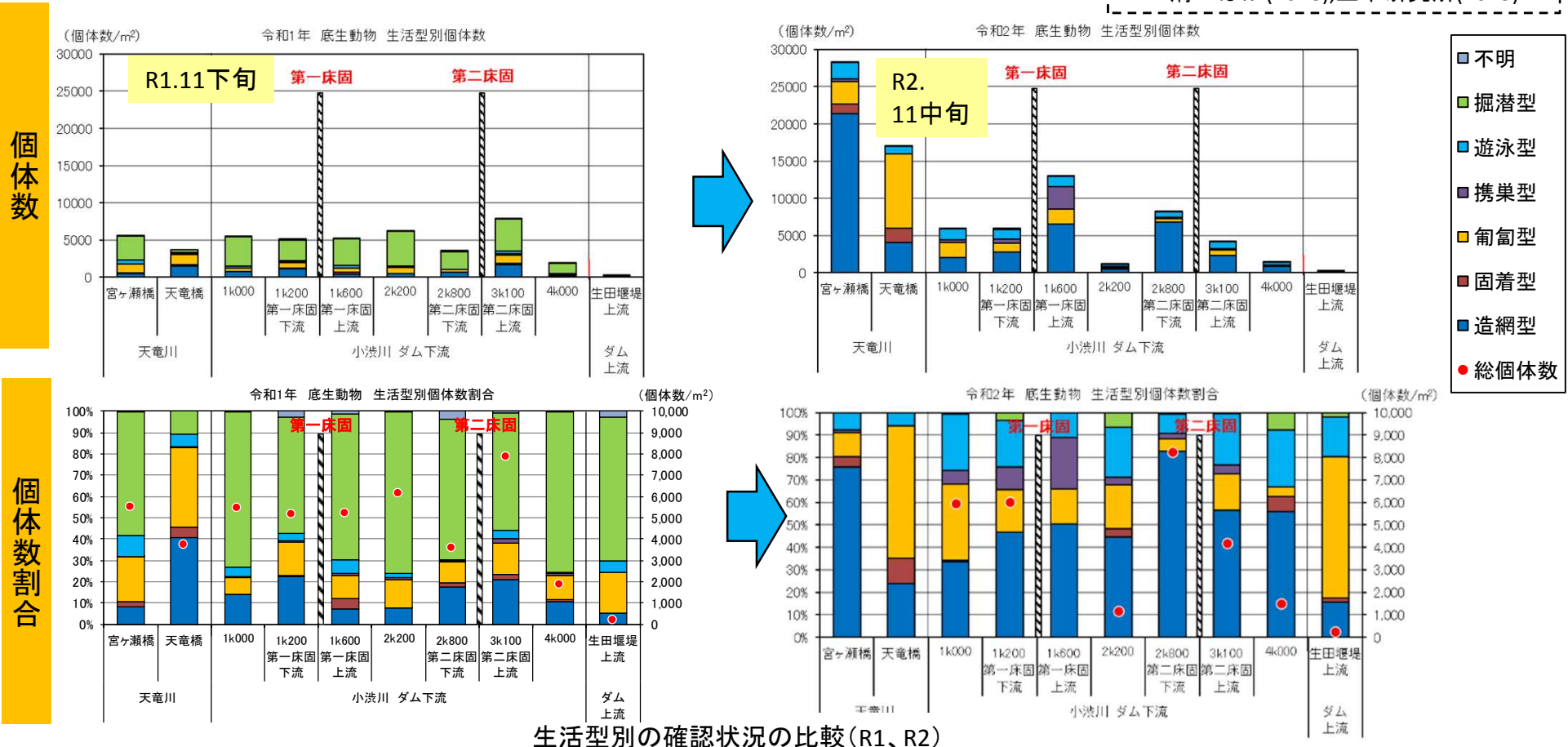
(7)生物環境の調査結果 底生動物調査

- 令和2年の個体数は、全般的に、前年と同程度か、増加した。
- 令和2年はダム下流で**造網型**、**遊泳型**が前年より増加し、**掘潜型**が顕著に減少した。⇒土砂還元により想定される変化と逆行
- 小渋川合流後の天竜川(宮ヶ瀬橋)でも**造網型**の増加、**掘潜型**の顕著な減少がみられ、小渋川からの土砂流入により変化した可能性がある。

土砂還元により想定される変化(効果)

生活型	変化
固着型、造網型、	減少↘
匍匐型、携巢型、掘潜型	増加↗

参考)西田ほか(2011),
溝口ほか(2018),土木研究所(2013)



生活型別の確認状況の比較(R1、R2)

3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(7)生物環境の調査結果 底生動物調査【生活型別の優占種の推移】

○造網型

直近3ヶ年ではウルマーシマトビケラが優占しており、令和2年は個体数が例年以上に増加した。同種は、一般的には河床攪乱により減少するが、令和2年は逆行した結果となっている。

	天竜川			小渋川 ダム下流						ダム上流 生田堰堤 付近
	宮ヶ瀬橋	天竜橋	1K000	1k200 第1床固下	1k600 第1床固上	2k200	2k800 第2床固下	3k100 第2床固上	4K000	
H24	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし
H25		コガタシマトビケラ属	ヒゲナガカワトビケラ	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし
H26	ウルマーシマトビケラ	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	ウルマーシマトビケラ	
H27	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属	調査なし	コガタシマトビケラ属	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	
H28	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	チャバネヒゲナガカワトビケラ	チャバネヒゲナガカワトビケラ	ヒゲナガカワトビケラ	チャバネヒゲナガカワトビケラ	チャバネヒゲナガカワトビケラ	ウルマーシマトビケラ	
H29	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	シマトビケラ属		コガタシマトビケラ属	※H29は出水直後の調査であり個体数激減				
H30	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	調査なし
R1	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	
R2	ナミコガタシマトビケラ	ナミコガタシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ

造網型

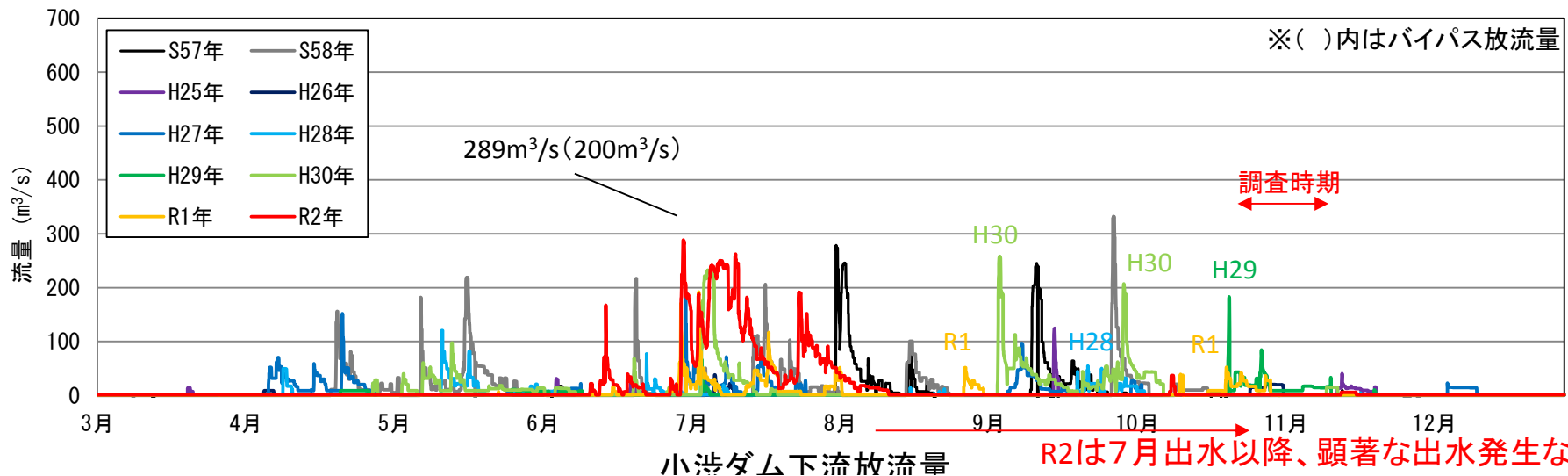
BPP運用

【ウルマーシマトビケラのR2増加要因】

- 5-7月に羽化が多い生態
⇒7月出水前に多く羽化し、その後の産卵に寄与した可能性
- 7月出水の後に顕著な出水が発生していない
⇒羽化、産卵後の攪乱が小さかった

造網型の優占種の推移

ウルマーシマトビケラの増加が、流況に起因した一時的なものかどうか注目される。



3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(7)生物環境の調査結果 底生動物調査【生活型別の優占種の推移】

○掘潜型

バイパス運用後はエリュスリカ属が優占する傾向にある。
令和2年は、同属の主な生息環境と考えられる礫間の泥質が強く攪乱され、生息数を減らしたと考えられる。

	天竜川			小渋川 ダム下流						ダム上流 生田堰堤 付近
	宮ヶ瀬橋	天竜橋	1K000	1k200 第1床固下	1k600 第1床固上	2k200	2k800 第2床固下	3k100 第2床固上	4K000	
H24	エリュスリカ属	Chironomini属 (ユスリカ科)	Chironomini属 (ユスリカ)	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし
H25		Tanytarsini属 (ユスリカ科)	オナガサナエ	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし
H26	ミズミズ科	ミズミズ科	トビロカゲ ロウ属	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	キイロカワ カゲロウ	エリュスリ カ属
H27	エリュスリカ属	エリュスリカ属	エリュスリカ 属	エリュスリ カ属	ヒゲナガガ ガンボ属		エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	ミズミズ 科	
H28	エリュスリカ属	エリュスリカ属	エリュスリカ 属	ユスリカ亜 科	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	ユスリカ亜 科	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属
H29		エリュスリカ属		ミズミズ 科	※H29は出水直後の調査であり個体数激減					
H30	エリュスリカ属	エリュスリカ属	エリュスリカ 属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	調査なし
R1	エリュスリカ属	エリュスリカ属	エリュスリカ 属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属	エリュスリ カ属
R2				エリュスリ カ属			エリュスリ カ属	ミズミズ 科	エリュスリ カ属	

掘潜型

掘潜型の優占種の推移

○携巣型

土砂還元の指標とされるヤマトビケラ属(砂をまとった巣をつくる)が令和2年にダム下流の多くの地点で確認されており、バイパス運用の効果が表れたと考えられる。

	天竜川			小渋川 ダム下流						ダム上流 生田堰堤 付近	
	宮ヶ瀬橋	天竜橋	1K000	1k200 第1床固下流	1k600 第1床固上流	2k200	2k800 第2床固下流	3k100 第2床固上流	4K000		
H24	ヒメトビケラ属	Mystacides属	ヒメトビケラ属	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	
H25		ヒゲナガトビケ ラ科	Mystacides属 ヤマトビケラ属	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	
H26		ヤマトビケラ属		調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	ヒゲナガト ビケラ科	ヤマトビケ ラ属	
H27											
H28						ヒメトビケ ラ属	セトトビケ ラ属		ヤマトビケ ラ属		
H29					マルツツト ビケラ	※H29は出水直後の調査であり個体数激減					
H30										調査なし	
R1			ヤマトビケラ属			ヤマトビケ ラ属		ヤマトビケ ラ属			
R2	ヤマトビケラ属		ヤマトビケラ属	ヤマトビケ ラ属	ヤマトビケ ラ属	ヤマトビケ ラ属	ヤマトビケ ラ属	ヤマトビケ ラ属	ヤマトビケ ラ属		

携巣型

携巣型の優占種の推移

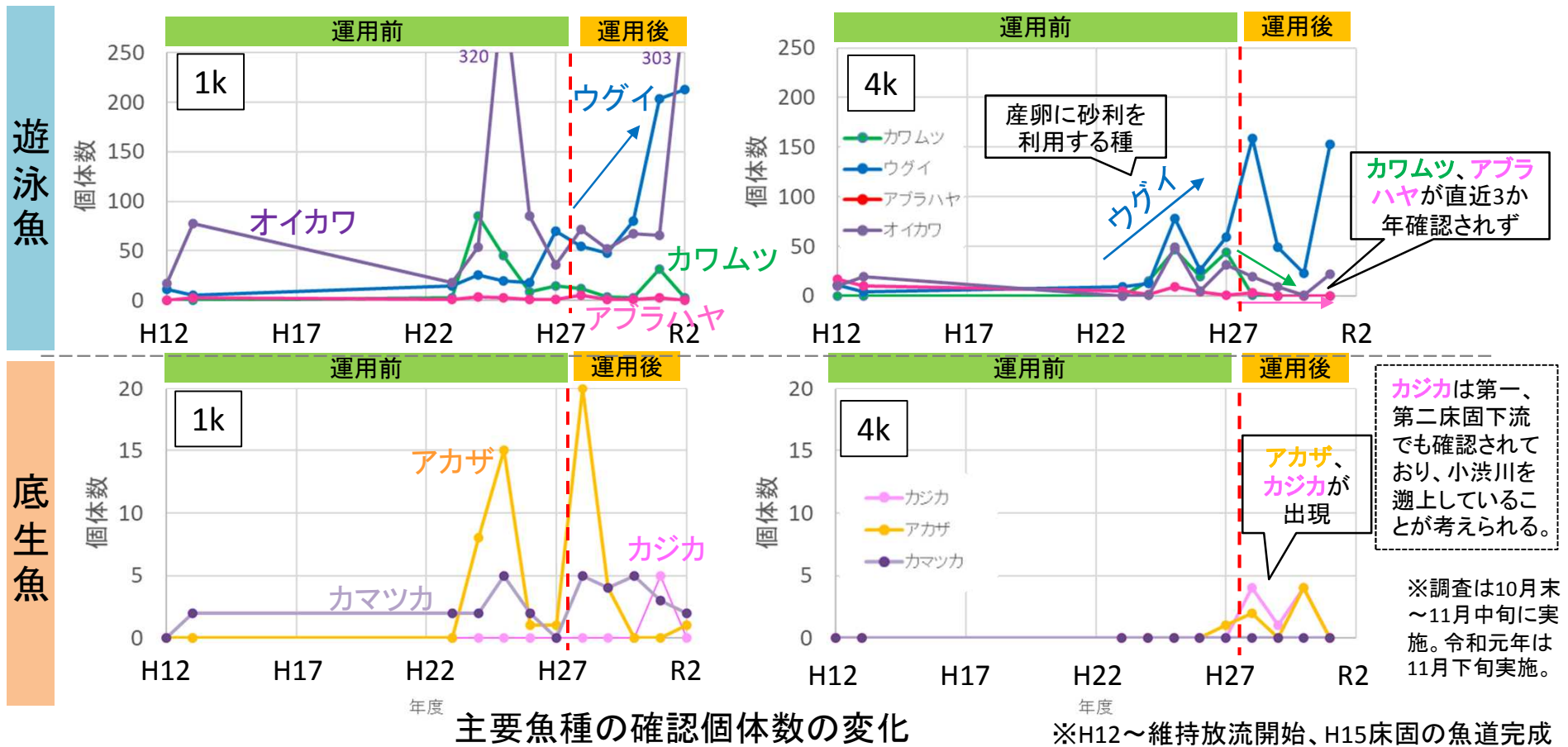
掘潜型、携巣型の変化は泥質の掃流、砂分の増加に伴うものと考えられる。
次年度以降、これらの効果が継続するか、携巣型に代わる他の種群が増加するか、留意する。

3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(8)生物環境の調査結果 魚類調査【特徴的な魚種の経年変化と土砂供給との関係性】

- 1k地点、4k地点ともに、砂利河床に産卵するウグイが増加傾向にある。土砂供給により好適な産卵環境が増加した可能性が考えられる。
- 一方カワムツ、アブラハヤは、運用前に少ないながらも経年的に確認されていたが、4k地点ではここ3か年確認されていない。淵環境を好む種群であり、淵の縮小により生息環境が減少した可能性がある。
- 4k地点で運用前には確認されていなかったアカザ、カジカ(重要種)が確認されるようになった。礫間を好む種群であり、土砂供給により浮き石河床が増加したことが影響をもたしたと考えられる。



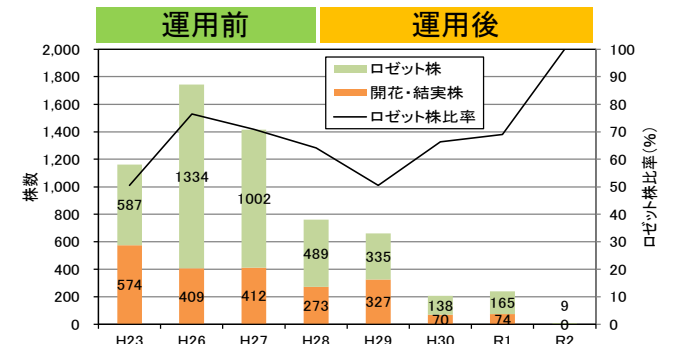
主要魚種の確認個体数の変化

※調査は10月末～11月中旬に実施。令和元年は11月下旬実施。
※H12～維持放流開始、H15床固の魚道完成

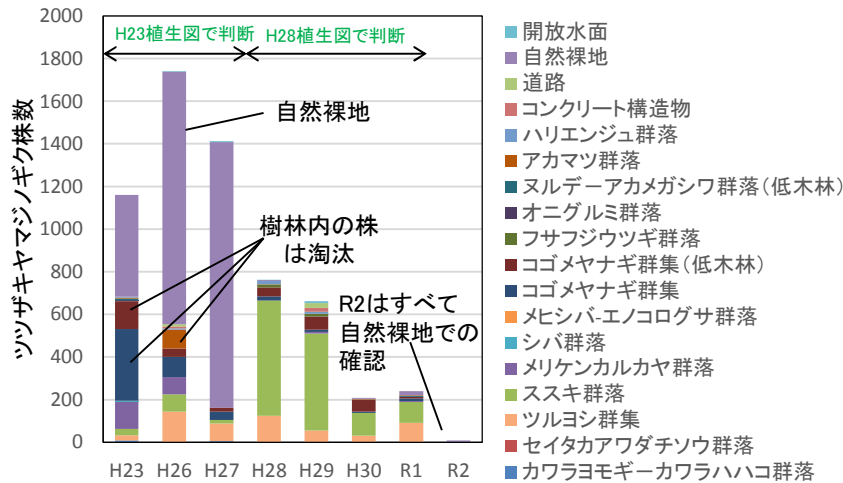
3.3 第8回環境部会の報告

(9) 生物環境の調査結果 陸上植物調査 ツツザキヤマジノギクの確認状況

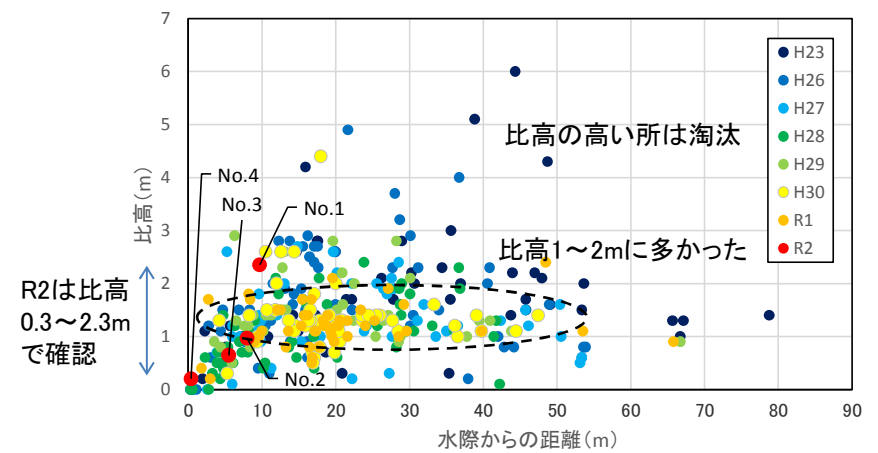
- バイパスが運用された平成28年以前から、開花株、ロゼット株ともに減少傾向にあり、令和2年7月出水後は開花株の確認はなく、ロゼット株(9株)のみだった。
- 平成23年から26年にかけては樹林内および草本群落内でも多く確認されていた。平成28年以降は樹林内では確認されていない。植生遷移によってツツザキヤマジノギクの生育環境が悪化し、淘汰されていると思われる。
- 令和元年時点では比高1~2mでよく確認されていたが、それらの株は令和2年7月の出水後には確認されなかった。200m³/s超の出水が長時間続き、河床が攪乱され、流失したと考えられる。令和2年に確認された9株は、比高の小さい所から大きなところまで分布している、水際からは10m以内にあり、滞筋が動くと流失しやすい箇所にある。



ツツザキヤマジノギク株数の経年変化



令和2年のツツザキヤマジノギク確認状況



ツツザキヤマジノギク確認箇所の比高等

(10)調査結果のまとめ 物理環境

○ダム下流の小渋川では、土砂バイパスの運用により攪乱が促進され、潜在的な小渋川の環境※へ向かって物理環境が変化していると考えられる。

これまでの環境モニタリング調査結果と評価一覧(物理環境)

項目	目的	令和2年のモニタリング調査結果	これまでのモニタリング調査結果	バイパスの評価
河床形状	土砂の堆積、洗堀状況ならびに濡筋の変化を把握	3.0kより下流の河道で濡筋が変動し、側岸侵食が進み、礫河原が広がった。	平成29年までは横断および平面形状は安定していたが、平成30年出水と令和2年出水により横断形状が大きく変化した。バイパスを運用すると淵等が堆積し、コンジットゲートからの放流が多いと洗堀される傾向が現れている。	バイパスからの土砂の供給により河道が動きやすくなり、潜在的な小渋川の環境へ向かって変化していると考えられる
河床材料	粒径の変化を把握	令和2年7月出水後は、床固上流で細かい材料が特に増加した。	バイパス運用以降、床固上流やアーマータ化が進んでいた上流区間で細粒化の傾向が見られた。	バイパスからの多様な粒径の供給により、粗粒化が抑制され、潜在的な小渋川の環境へ向かって変化していると考えられる
河川景観 (航空写真)	河床材料、濡筋の位置、植生の状況の面的な把握	0.0k～0.6k、1.8k～2.4kで濡筋が大きく移動し、それに伴い樹林が減少し、自然裸地の面積が増加した。	平成30年9月出水と令和2年7月出水でのバイパスの運用により濡筋が大きく移動し、樹林が流失し自然裸地が増加した。	潜在的な小渋川の環境へ向かって変化しており、バイパスの効果と考えられる。
水質	・土砂バイパス運用時の高濁水の発生状況の把握 ・平常時の濁水の把握	・出水時にバイパスが運用され、バイパス下流のSSはダム上流に近い値となった。 ・長期間の出水により、流入点のSSの75%値が平成16年以降最大となった。	・出水時のダム下流ではダム上流と同程度のSSになった。 ・近年比較的大規模な出水が多いことから、平常時のSSの変化を評価できていない。	ダム下流の出水時のSSは上流と同程度となっており、潜在的な小渋川の状態に近いと考えられる。 ・大きな出水が続いており、現時点では平常時への効果は評価できていない。

※『河川の自然環境における長期的な目標は「河川の潜在的な状態」と考えられるが、社会的・経済的状況、実現可能性を勘案し、具体的な目標は潜在的な状態と現状の間におかれるのが一般的である。』 実践的な河川環境の評価・改善の手引き(案) 平成31年3月 公益財団法人リバーフロント研究所

3.3 第8回環境部会の報告

(10)調査結果のまとめ 生物環境

○ダム下流の小渋川では、土砂バイパスの運用により攪乱が促進され、生物相は攪乱に対応したものとなり、潜在的な小渋川の環境へ向かって変化していると考えられる。ただし令和2年には逆行した変化もみられたため、今後確認が必要である。

これまでの環境モニタリング調査結果と評価一覧(生物環境)

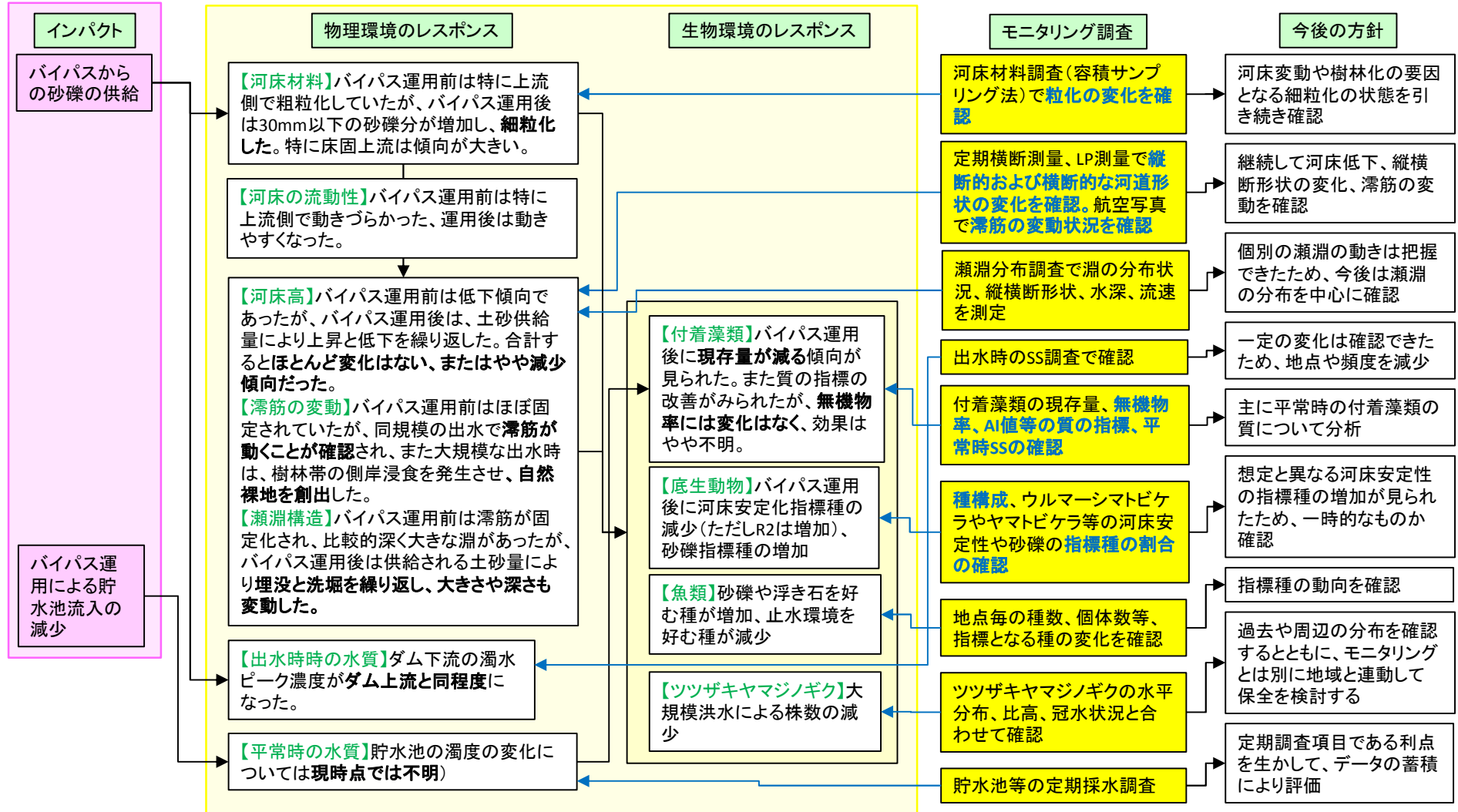
項目	目的	令和2年のモニタリング調査結果	これまでのモニタリング調査結果	バイパスの評価
付着藻類	付着藻類の現存量、剥離更新状況の把握	・一時期を除き、比較的低い現存量で推移した。	付着藻類の量や質に関わる指標が、バイパス運用後に改善される結果がみられたが、土砂量によってその程度は異なることも示唆された。	バイパスから供給された砂礫により現存量が少ない期間が発生するようになり、潜在的な小渋川の環境へ向かった変化が生じたと考えられる。
底生動物	環境変化を捉えやすい生物として種組成の変化の把握	・総個体数や総重量は比較的多かった。 ・造網型、遊泳型が増加し、掘潜型が減少した。 ・携巣型の中ではヤマトビケラがほとんどの地点で優占した。	バイパス運用後から令和元年までは造網型の減少、掘潜型の増加がみられ細粒化に伴う変化が示唆された。一方、令和2年は逆の傾向も見られた。	全体的に潜在的な小渋川の環境へ向かった変化が生じたと考えられる。ただし、令和2年にみられた安定化の指標となる造網型の増加は逆行する変化であるため、一時的な事象かどうか確認が必要である。
魚類	魚類相の把握および重要種の生息状況の把握	・遊泳魚については顕著な変化はみられなかった。 ・4k地点では、運用後に確認されるようになっていたアカザ・カジカが確認されなかった。	バイパス運用後は礫河床を産卵場とするウグイの個体数増加に加え、4k地点でアカザ、カジカが確認され、浮き石河床の増加が示唆された。	全体的に潜在的な小渋川の環境へ向かった変化が生じたと考えられる。ただし、令和2年のアカザ・カジカが確認されなかった変化は逆行する変化であるため、一時的な事象か確認が必要である。
陸域植生	重要種(ツツギヤマジノギク)の生育状況の把握	大規模で長時間の出水により多くの株が流出したが、ロゼット株が9株残った。	樹林化等の影響で平成26年をピークに株数が減少するなかで、200m ³ /sを越える出水がH30年、R2年と続いたことにより、陸域が大きく攪乱され、株数が大きく減少した。	攪乱された砂礫河原環境を好むツツギヤマジノギクの好適環境を創出する上で効果を示している。長野県指定希少野生植物であることから、保全対策が必要である。

3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(11)バイパス運用後の変化のまとめ

○インパクト(土砂バイパスの運用)を受け、物理環境および生物環境はそれに見合った変化を示していると考えられる。今後のモニタリングでは、傾向が分かり易い指標に着目して、調査および考察を実施していく。



これまでに分かったバイパス運用による物理環境と生物環境のレスポンスとモニタリング調査および今後の方針

(12) 今後の課題

【バイパスの復旧工事による土砂供給の停止】

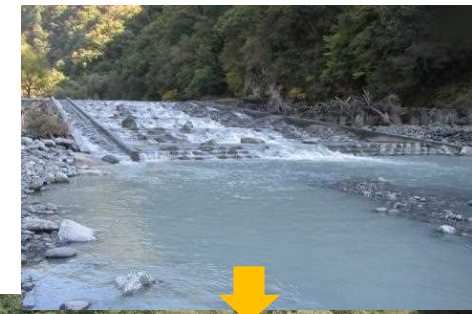
2年間バイパス運用を中止し、全面的な復旧工事を実施するため、ダム下流部への土砂供給が停止される。これにより物理環境および生物環境がバイパス運用前の状況へ戻る可能性がある。

⇒戻っていく状況をモニタリングして、バイパスの効果を確認する。

【魚道の損傷】

平成15年に第一床固および第二床固に魚道が設置されて以来、上流区間で種数が徐々に増加しているのが確認されていたが、令和2年7月出水で魚道が損傷し、魚類の遡上がほとんどできない状況になった。バイパスの効果を見ていく上で、大きな影響を及ぼすと考えられる。

⇒早期の復旧を天竜川上流河川事務所に働きかけていく。

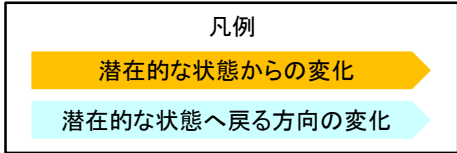
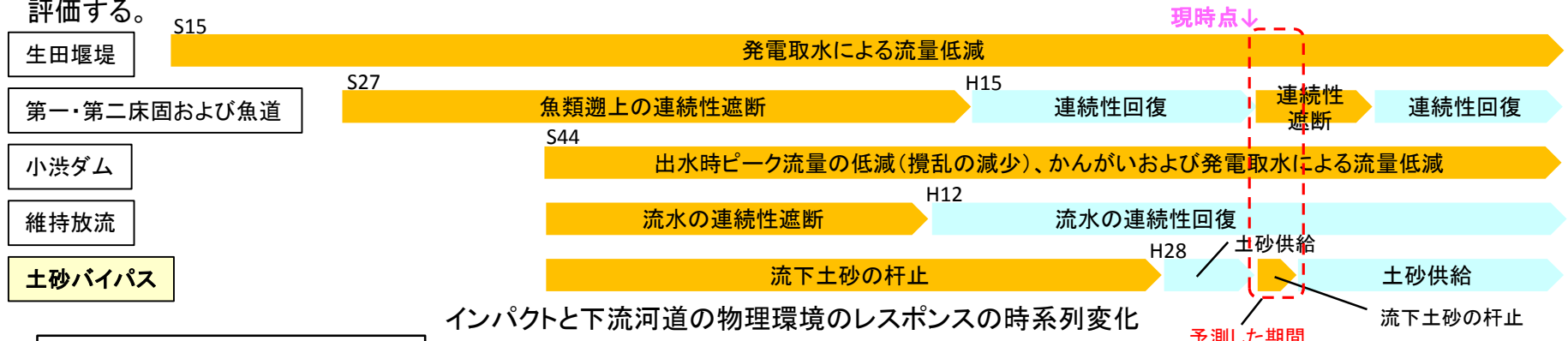


3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

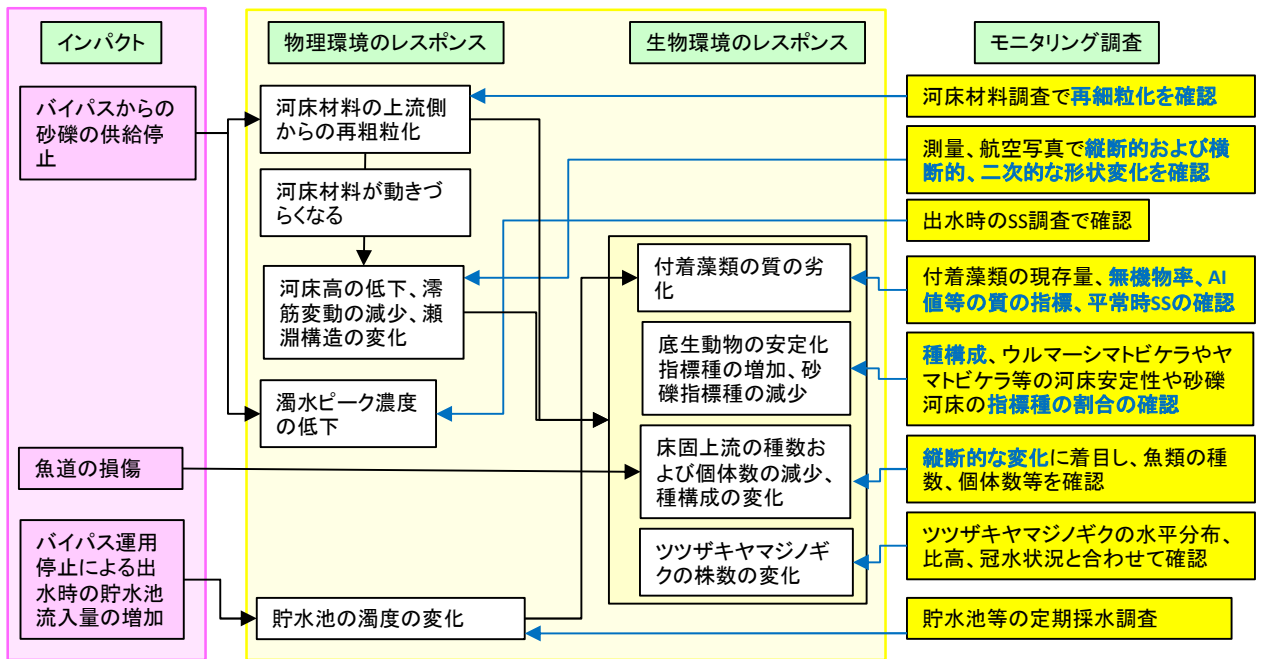
(13)インパクトの変化と今後2年間の予測

○バイパス運用停止によりバイパス運用前の状態へ戻るかどうかをインパクト-レスポンスの関係から予測し、モニタリングしていく。その際は魚道の損傷などのバックグラウンドにも留意する。生物の変化は物理環境と連動して評価し、運用していたであろうバイパスの効果を評価する。



下流河道への主なインパクト一覧

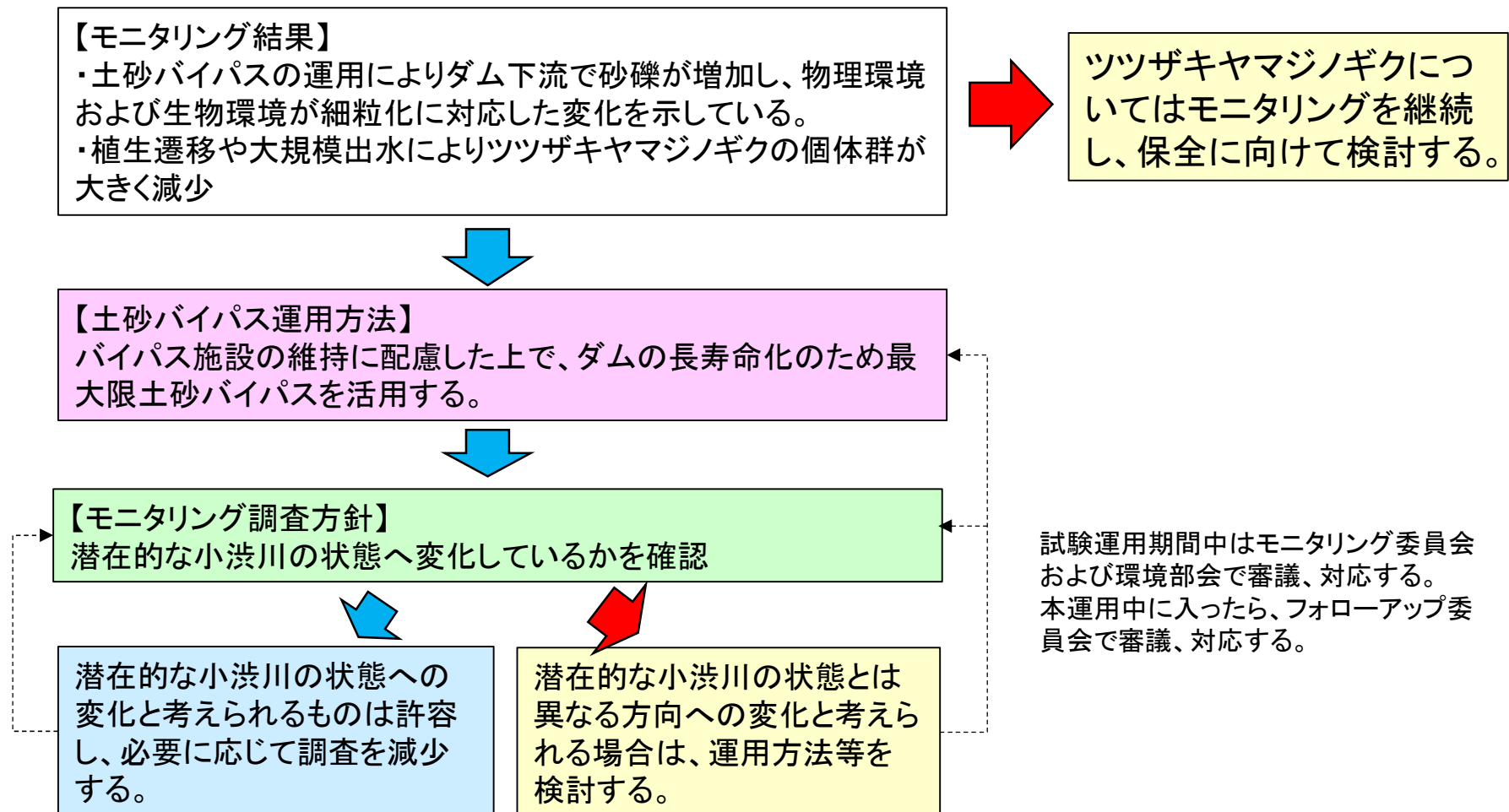
年月	下流河道へのインパクト
S15.12	生田堰堤取水開始
S27.3、S28.9	第一・第二床固
S44.7	小渋ダム供用開始
H12.4	維持放流(0.72m³/s)開始
H15.3	第一・第二床固魚道整備
H28.9	土砂バイパス運用開始
R2.7	魚道損傷
R2.7~	土砂バイパス損傷および工事



今後2年間のバイパス運用停止等により想定されるインパクト-レスポンスとモニタリングの関係

(14) 今後の環境モニタリング調査の方針

○バイパス運用により潜在的な小渋川の状態へ変化しているかを確認し、異なる場合は運用方法やモニタリング調査へフィードバックする。またバイパスの効果が十分確認されたものについては調査を減少していく。



3.各部会の報告

3.3 第8回環境部会の報告

(15)モニタリング調査計画

- 令和3年度以降は、土砂収支算定を目的とした調査項目については調査を実施しない方針とする。
- 採水の粒度分析については、洪水の立ち上がり、流量ピーク付近、低減期の3回程度に減少する。

令和3年度環境モニタリング調査計画

区分	調査項目		目的	調査手法	R2年度調査		備考	
					調査地点	調査時期		
物理環境	河床形態	河床形状	河川測量	河床形状の把握	横断測量	距離標200m毎	出水期前 出水期後	定期横断測量として
					レーザー測量	ダム下流の小渋川全域	出水期後	
	河床材料	粒径調査	河床材料の粒径変化を定量的に把握	容積サンプリング法	ダム下流8地点(0.0k、1.0k、1.2k、1.6k、2.2k、2.8k、3.1k、4.2k) 分派堰内(6箇所) 減勢工内(2箇所)	出水直後、出水期後		
					面積格子法	ダム下流8地点(0.0k、1.0k、1.2k、1.6k、2.2k、2.8k、3.1k、4.0k) ダム上流1地点(生田堰堤付近) 天竜川2地点(天竜橋、宮ヶ瀬橋)	出水直後、出水期後	生物調査地点に対応
	河川景観	航空写真撮影		河床材料や滞筋位置、植生の状況などを面的に把握	ラジコンヘリによる写真撮影	ダム下流の小渋川全域	出水直後、出水期後	
		水質	平常時水	濁水 水温	平常時の小渋川水質特性の把握	定期採水、 水温計測	ダム上流(流入点)、ダム下流(放流口)	毎月1回(平常時)
	出水時水質		SS	出水時の小渋川水質特性把握	出水時採水、 水温計測	ダム上流(桶谷橋、松除橋)、貯水池、 ダム下流(管理橋、簡易索道、葛島警報所付近)、	出水中	粒度分析は洪水の立ち上がり、流量ピーク付近、低減期の3回程度に減少する
生物環境	付着藻類	SS 粒度分析	付着藻類の年間特性把握 出水時の剥離更新の把握等	コドラート調査	ダム下流2地点(1.0k、4.0k)	毎月1回(平常時)		
	底生動物	定量採取・分析	土砂環境の変化をとらえやすい生物として代表的に実施	サーバネット等 (水国に準拠)	ダム下流7地点(1.0k、第一床固下流、第一床固上流、2.2k、第二床固下流、第二床固上流、4.0k) ダム上流1地点(生田堰堤付近) 天竜川2地点(天竜橋、宮ヶ瀬橋)	出水期後		
	魚類	定量採取	魚類相の把握および重要種の生息状況把握	投網、タモ等 (水国に準拠)	ダム下流7地点(1.0k、第一床固下流、第一床固上流、2.2k、第二床固下流、第二床固上流、4.0k) 天竜川2地点(天竜橋、宮ヶ瀬橋)	出水期後		
	陸域植生	重要種調査	重要種ツツザギヤ マジノギクの確認	ライン調査(H23度調査に準拠)	ダム下流の小渋川全域	出水期後		
その他	出水調査	痕跡水位	冠水範囲の把握	測量	距離標200m毎	出水直後		

調査時期頻度の凡例 ①:出水期後、②:毎月1回(平常時)、③:出水中

3.3 第8回環境部会の報告

(16) 第8回環境部会における主な指摘事項と今後の対応

第8回環境部会における主な指摘事項と今後の対応(1/2)

項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
物理環境	横断図をみると一定の河床高で幅が広がっている傾向がみとれる。これは、土砂が供給され比高差がなくなることによって側方に侵食されて起こっており、潜在的な小渋川に近づいていると考えられる。	横断形状の変化のメカニズムとして参考にする。	—
	大きな流量では複列砂州ができ、その後の小さな流量では、その定まった流路の中で小さな交互砂州ができると考えられるので、そのあたりも見えてほしい。	経年的に砂州の形状が変化していくか確認していく。	次回環境部会で報告予定
	桶谷橋のSSが7/11に高い値を示すのに対して、管理橋は7/7ごろに高い値を示しており、貯水池で遅れが発生していると推測される。ダム湖のSSや堆砂面の状況が平常時のSS等に関係してくるので、そこも分析を進めて欲しい。	ダム堤体で採水してSSを計測することを検討する。	本委員会で報告
	バイパスを運用しない2年間で、下流河道にどのような影響があるか仮説を立てていただきたい。河道に貯まったものが二次移動すると考えられる。出水時に下流に向かって上昇するかもしれない、平常時には伏流により下流に向かって下がるのが想定されるので、この辺りを検証するとよい。	既往のインパクトレスポンスの関係をもとに、バイパスを運用しない場合の仮説を立てて、検証していく。	次回環境部会で報告予定
生物環境	比高別の変動量が横断形状の変化やツツザキヤマジノギク等を評価する場合の指標となると思われる。	令和2年出水での変動量を比高別に整理する。	次回環境部会で報告予定
	ツツザキヤマジノギクの供給源が上流にあって、今後増えていく可能性があるのかどうか、全体的な分布を文献など含めて見ていく必要がある。	近隣の状況について天竜川上流河川事務所より報告する。	本委員会で報告

3.3 第8回環境部会の報告

(17) 第8回環境部会における主な指摘事項と今後の対応

第8回環境部会における主な指摘事項と今後の対応(2/2)

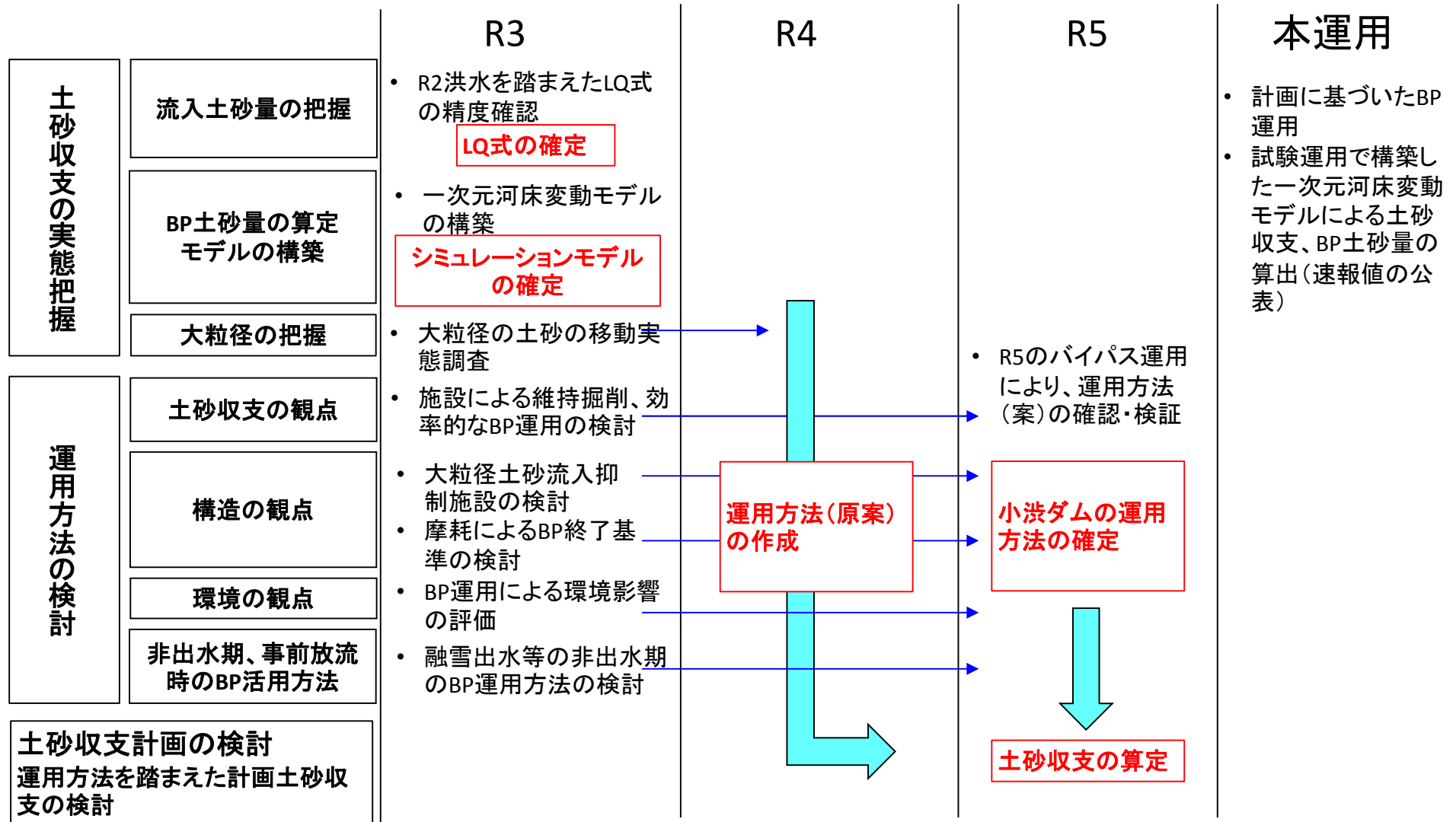
項目	主な意見・指摘事項	対応方針	現在の対応状況
生物環境	遊泳魚が増えて、底生魚が減った原因がもう少し分からないか。小渋川が元々底生魚の少ない川なのかどうかも含めて、底生動物との関係を踏まえて解析するとよい。	天竜川との違いを含めて考察する。	次回環境部会で報告予定
	平常時にSSが高くプレス型のインパクトとなっているので、付着藻類や底生動物の変化については、出水時と平常時の2種類のインパクトに対して評価する必要がある。時系列のデータだけでなく、どんなデータをどのように見れば何が評価できるのか整理してすすめるとよい。	出水時だけでなく平常時の濁度の高さとの関係について分析する。	次回環境部会で報告予定
モニタリング計画	SSの調査地点において、コンジットからの濃度を把握する意味で管理橋地点は重要である。小渋川を縦断的に比較することで低減量が把握できる。また天竜川への影響を把握することもでき、天竜川全体の土砂収支を考える上で重要である。	バイパス運用しない期間も管理橋でSSを計測する。	本委員会で報告
	次年度以降、バイパスが使えないため、小渋川がどのように変化するかをみることができると認識している。モニタリング調査については手を抜かないようにお願いしたい。	バイパス運用しない期間も必要なモニタリング調査は継続する。	—
	ツツザキヤマジノギクに関して、バイパスが再度稼働することにより、好適環境がなくなることも想定されるため、保全することも視野に入れてやっていくことをお願いしたい。潜在的な小渋川に向かっていく中では保全できない可能性もあるので、どう考えるかを整理し、議論する必要がある。	松川町や関係団体と協議していく。	本委員会で報告
	航空写真の撮影に関しては、解像度が高いと粒径を把握できる。評定点を設定しておけば簡易的に河床形状の把握ができる。他の用途でも利用できる工夫をしてほしい。	UAVの撮影については、高度を変えて解像度の高い写真も撮影している。	—

各部会のまとめと今後の方針

4.各部会のまとめと今後の方針

4.1 土砂収支部会の今後の方針

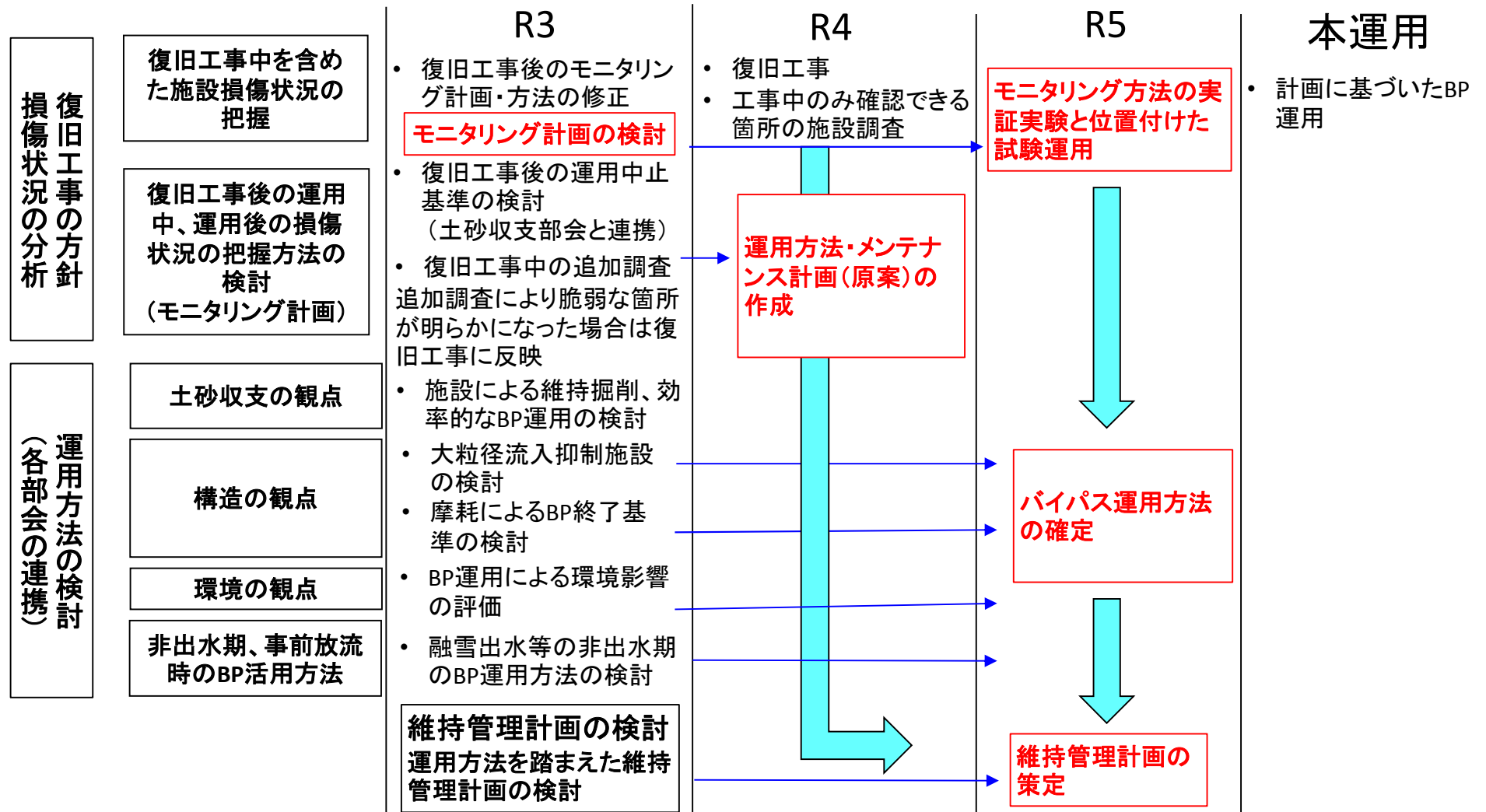
○今後の方針としてはこれまでのモニタリング結果を踏まえ、流入土砂量、バイパス土砂量の算定方法を確定する。
 ○バイパスの運用方法について、摩耗の観点や環境影響を踏まえながら検討を行い、本運用に向けての運用方法、土砂収支計画の検討を行う。



4.各部会のまとめと今後の方針

4.2 構造部会の今後の方針

○今後の方針としてはこれまでのモニタリング結果を踏まえ、施設損傷状況を再整理し、運用時の施設管理方法を検討していく。
 ○バイパスの運用方法について、摩耗の観点や環境影響を踏まえながら検討を行い、本運用に向けての運用方法の検討を行う。



4.各部会のまとめと今後の方針

4.3 環境部会の今後の方針

- 試験運用期間およびモニタリング期間は令和5年までとし、環境部会および委員会は令和5年まで実施する。
- 令和3年以降の試験運用期間については、モニタリング調査は原則的に令和2年と同様の調査を実施するが、効果が確認できた項目については調査地点数などを減少する。
- 令和6年以降はフォローアップ委員会に移行し、必要に応じてフォローアップ委員会の前年に調査を実施する。

分類	調査項目	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R3年以降の調査方針(案)
工事および運用		試験運用				本運用						
バイパス委員会等		●	●	●	●							
FU委員会						●					●	
物理環境	河床形状	○	○ ◇	○	○	○	○	○	○	○	○	貯水池測量と合わせて、下流河川の定期横断測量(またはLP測量等)を管理として毎年実施
	河床材料	容積サンプリング法	○	△	△	△					△	分派堰、減勢工はR3より実施しない。FUの前年に調査実施。
		面積格子法	○	○	○	○						
	河川景観	○	○	○	○	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	航空測量が実施されるならば航空写真で代用
	水質	○ ◇	△ ◇	△ ◇	△ ◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
生物環境	付着藻類	○	○	○	○							
	底生動物	○	○	○ □	○					□		水国に移行するためにR3~4は調査方法のすり合わせを実施。
	魚類	○	○	○ □	○					□		水国に移行するためにR3~4は調査方法のすり合わせを実施。環境DNA調査の導入に留意
	陸域植生	○	(○) □	○	○	○	○	(○) □	○	○	○	重要種であるため継続的に監視 水国実施年はどちらかで確実に実施

現時点

○:モニタリング計画に位置付けられた調査、△:そのうち調査量を減少する調査
□:河川水辺の国勢調査(水国)、◇:管理のための定期調査・定期測量

4.4 令和2年7月運用を踏まえた新たな課題と対応方針

- R2.7運用において、トンネル内の摩耗が進行し、その一因としてバイパスへの大粒径の土砂の混入が想定される。
- 今後、トンネルの摩耗抑制を目的とし、大粒径の土砂に関する検討を各部会で実施していく方針である。

大粒径の土砂の取り扱い について

- ・ R2.7のバイパス運用では、これまで確認されなかった大粒径の土砂がバイパスへ混入した。
- ・ ここでは概ね100mm以上の粒径の土砂を「大粒径」として定義する。



R2.7洪水でバイパスへ混入した土砂



バイパストンネル内の摩耗状況

各部会における大粒径の土砂に関する検討事項

土砂収支部会

■大粒径の土砂の移動状況の実態把握

- ・大粒径の土砂の存在状況や移動状態の実態把握
- ・マーカー等を用いた洪水時の移動状況の把握やシミュレーションによる通過土砂量の把握

土砂収支・構造の両部会

■大粒径の土砂のバイパスへの流入抑制施設

- ・バイパス上流での大粒径の移動状態の実態把握
- ・バイパスへの流入を抑制するための大粒径を捕捉する施設の検討

構造部会

■摩耗メカニズムの把握

- ・主に摩耗に寄与する粒径の把握
- ・インバートの状態を把握するための摩耗深の把握（測定方法、代表箇所の選定等）

■摩耗によるバイパス終了基準の検討

- ・大粒径の土砂に関する各項目の検討結果を踏まえ、摩耗の観点からのバイパス終了基準を設定

各部会で連携しながら検討