

第12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6年3月12日

国土交通省 天竜川ダム統合管理事務所

第12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＞

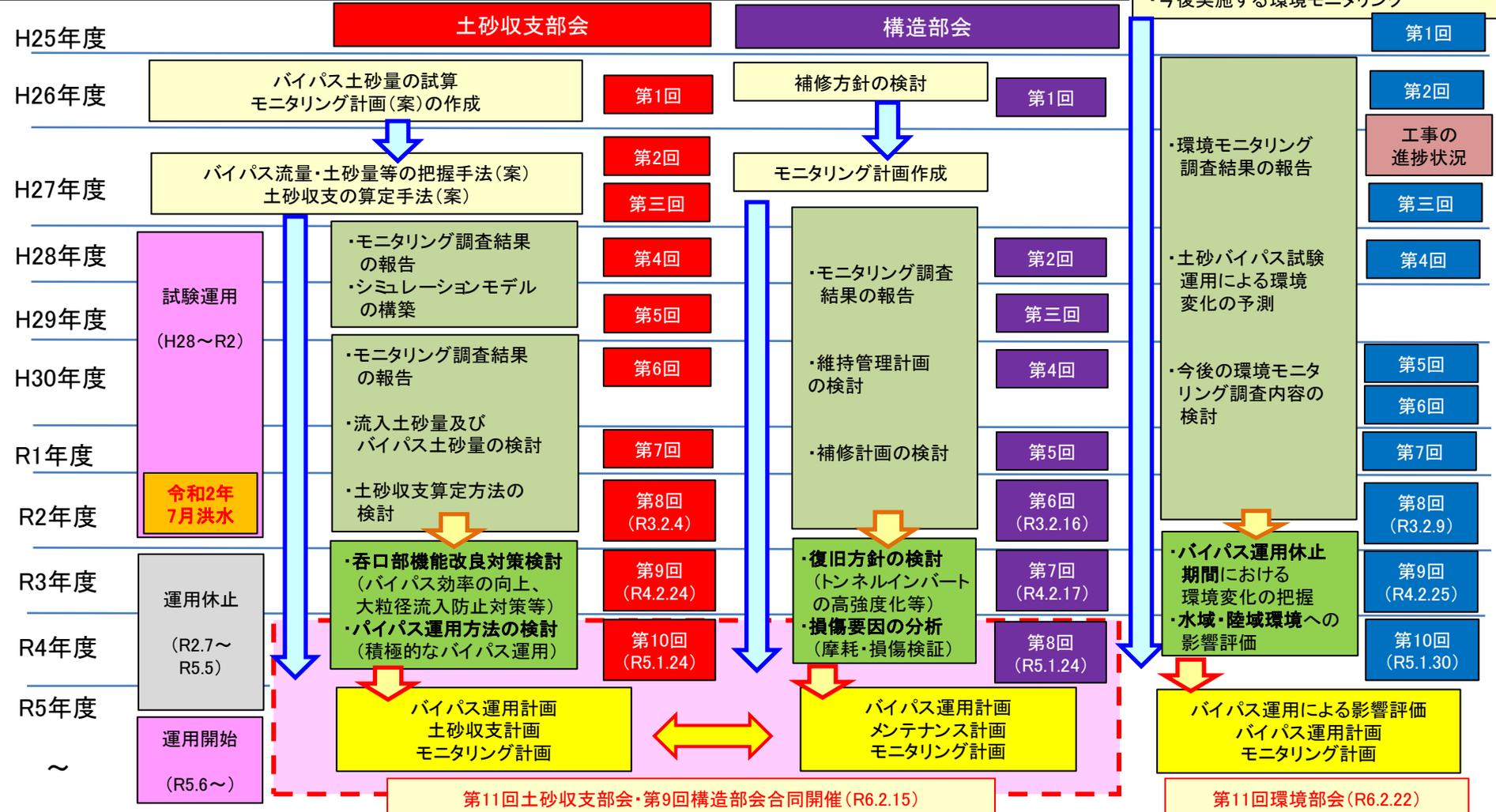
＜目次＞	.....	1
1. モニタリング委員会の概要	.....	2
2. 令和5年度バイパス運用報告	.....	7
3. 第11回土砂収支部会の報告	.....	11
3.1 バイパス運用計画の作成		
3.2 土砂収支計画の作成		
4. 第9回構造部会の報告	.....	24
4.1 復旧工事の完成報告		
4.2 メンテナンス計画の作成		
4.3 モニタリング計画の作成		
5. 第11回環境部会の報告	.....	38
5.1 土砂バイパス運用によるインパクト-レスポンス		
5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析		
5.3 環境調査モニタリング計画の作成		
6. 今後の方針	.....	55
6.1 小渋ダム全体の恒久堆砂対策の検討		
6.2 今後の検討方針		

1. モニタリング委員会の概要

1. モニタリング委員会の概要

(1) 各部会・委員会のこれまでの流れ

- 平成28年度からの試験運用を開始し、令和2年7月洪水のバイパス運用までの5年間で、合計11回運用した。
- 令和2年7月洪水の運用で、土砂バイパストンネル施設が被災したことを踏まえ、第8回モニタリング委員会(R3.3.11)を開催し、バイパス施設の復旧方針について了承された。
- 令和3年度以降、バイパス施設の復旧工事に着手し、令和5年5月に復旧工事が完成した。
- 令和5年6月より、バイパス運用を再開したところであり、令和6年度からは本運用に移行する予定である。
- 今年度、第11回土砂収支部会と第9回構造部会については合同開催(R6.2.15)、第11回環境部会(R6.2.22)を経て、第12回モニタリング委員会(R6.3.12)を開催した。



- 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

1. モニタリング委員会の概要

(2) 今年度の各部会の検討状況

■令和5年度の検討内容(小渋ダム堰堤改良事業:H28~R5完了予定)

項目		検討内容	検討スケジュール
2	令和5年度 バイパス運用報告	<ul style="list-style-type: none"> 出水・運用状況と土砂収支の実態把握 モニタリング調査結果(土砂収支、構造、環境調査) 環境評価(インパクトレスポンス評価)(小渋川・天竜川) 	⇒令和5年度検討 (土砂収支部会、構造部会、環境部会)
3.1	バイパス運用計画	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用計画(運用基準)の作成 洪水時の運用マニュアルの作成 年間通したバイパス運用計画(非出水期を含む) 	⇒令和5年度検討 (土砂収支部会、構造部会、環境部会)
		<ul style="list-style-type: none"> 管理システム構築に向けた検討 	⇒引き続き検討
3.2	土砂収支計画	<ul style="list-style-type: none"> 呑口部機能改善対策の検討 (第三貯砂堰、分派堰の改良、維持掘削対策) 土砂収支計画の作成(年期待値) 土砂管理対策の効果・影響把握 	⇒令和5年度検討 (土砂収支部会、構造部会)
4.1 4.2	メンテナンス計画	<ul style="list-style-type: none"> 復旧工事完成後の状況 トンネルインバート補修計画(補修基準) 土砂バイパストンネル維持管理計画 小渋ダム長寿命化計画の作成 	⇒令和5年度検討 (構造部会)
4.3 5.3	モニタリング計画	<ul style="list-style-type: none"> 水位・流量(土砂量)観測 構造(トンネル内水位・流況観測、摩耗監視、構造調査) インバート摩耗量計測手法・監視手法 環境調査(下流河道・天竜川本川) 	⇒令和5年度検討 (土砂収支部会、構造部会、環境部会)
5.1 5.2	環境影響評価・分析	<ul style="list-style-type: none"> 土砂バイパス運用によるインパクト-レスポンス 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析 	⇒令和5年度検討 (環境部会)

■今後の検討(恒久堆砂対策:R5以降)

項目		検討内容	検討スケジュール
6.1	小渋ダム全体の 恒久堆砂対策(案)	<ul style="list-style-type: none"> 恒久堆砂対策施設、ダム湖内掘削、土砂還元対策の検討 掘削土の活用方法の検討 	⇒令和5年度より検討開始

1. モニタリング委員会の概要

(3) 各部会における指摘と対応

【第11回土砂収支部会・第9回構造部会】

項目	主な意見・指摘事項	対応方針
バイパス運用方法について	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用の一時中断の基準となる摩耗量200mmとは、計画面・インバート厚600mmからの摩耗量か、運用前の状態からの摩耗量なのかを整理する必要がある。 バイパス運用の対象とすることで、より貯水池の堆砂を抑制できることが確認できた。これまで、大規模な洪水への運用に着目してきたが、今後は、中小規模洪水に対しても積極的に運用していく方針が良い。 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用時の一時運用停止の目的を整理し、R6年度運用時の運用一時停止基準（監視基準）は200mm程度とした。【p33】 バイパス運用期間の拡大の可能性、中小洪水への積極的な運用など、可能な限りバイパスを運用する方針とする。【p13、p14】
土砂収支計画について	<ul style="list-style-type: none"> コンジットゲート付近まで堆砂が進行しているため、今後、バイパスだけでなくコンジットゲートからの放流土砂、下流河道への影響についてもモニタリングを実施する必要がある。 第三貯砂堰の水通し部の鋼製スリット工の閉塞により上流側では水位の堰上げ、第三貯砂堰の満砂による大粒径の越流などが生じる可能性がある。 スリットの構造によっては河積阻害となるため、解析上どう見込むか整理が必要である。 三六災害など、大規模な災害が今後起こる可能性があるため、いろいろな災害を想定し、土砂対策、施設対策を考えていくことが重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 常時濁度観測を管理橋で開始したが、今後は、第二床固、天竜川（宮ヶ瀬橋、台城橋）でも、常時濁度観測を実施できるように準備を進める予定である。【p36、p53、p54】 試験施工とモニタリングを重ね、最適な鋼製スリット工の諸元を検討していく。【p18、p36】 土砂管理対策で想定する流入土砂量、メンテナンス計画で想定する流入土砂量など、複数のシナリオを想定し、運用計画、土砂収支計画、メンテナンス計画に反映させる。【p22】
メンテナンス計画について	<ul style="list-style-type: none"> 一時的に運用を中断した際に、何を確認するのかを明確にしたうえで、監視基準を設定した方が良い。 インバートが破壊的に損傷した経緯もあることから、何を目的に一時中止して、何をみて運用を再開する判断するかについて再整理すること。 吐口部の大粒径の流下状況がわかると参考になる。吐口の状況把握により、どの程度の粒径が流れてくるという情報がわかれば、運用の判断にも活用できる可能性がある。 トンネル吐口の土砂の流下の状況がわかる動画を見せたい。 当面、補修基準は、事務所や施工業者等ですっかり意思統一できて、認識が一致していれば問題ない。 コンクリート強度に拘らずとも、健全な施設を作るという観点から、適正な補修方法を検討すると良い。 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用時の一時運用停止の目的を整理し、R6年度運用時の運用一時停止基準（監視基準）は200mm程度とした。【p33】 委員会時に、バイパス運用時のトンネル吐口の動画を提示する。 モニタリング調査と連携し、バイパスを運用していく。【p36】 補修基準、補修方法については、今後のバイパス運用による摩耗・損傷状況に応じて、柔軟に決定していく。【p33、p34、p35】
モニタリング計画の作成	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングの中で、バイパス呑口の地形把握が重要である。 大粒径やバイパス土砂量に関わる分派堰の堆砂高の把握方法について引き続き検討していただきたい。 分派堰と第三貯砂堰上流の状況を面的に把握していくことは重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス呑口で電磁流速水位計など、新たなモニタリング調査を予定している。【p36】

1. モニタリング委員会の概要

(3) 各部会における指摘と対応

【第11回環境部会】

項目	主な意見・指摘事項	対応方針
土砂バイパス運用によるインパクトレスポンス	<ul style="list-style-type: none"> 現状残っている陸域の重要種が、攪乱依存型か否かを注意深く分析しながら、長期的に慎重にモニタリングしていく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 陸域の重要種の生態を整理し、今後も引き続きモニタリングを実施する。【p48, p53, p54】
令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析	<ul style="list-style-type: none"> 土砂バイパスを運用する前では、アーマー化により河床が低下しなくなっていたが、バイパス運用により細粒土砂が供給され、その上、外力規模も大きかったため、アーマーコートが破壊された。 土砂供給により細粒化したことで、次の洪水で徐々に河床が低下するプロセスが読み取れる。 	<ul style="list-style-type: none"> アーマーコートの破壊により河床低下の可能性あることを踏まえ、土砂供給に伴う河床材料の変化、河床変動状況を引き続きモニタリングを実施する。【p53, p54】
	<ul style="list-style-type: none"> 都合の良い解釈をしていると受け止められないように、バイパス運用による土砂供給は、ネガティブな影響がなかったことを整理すれば良い。 	<ul style="list-style-type: none"> 効果の記載方法については、誤解を受けないよう表現を修正した。
今後のモニタリング調査計画	<ul style="list-style-type: none"> 水域については、バイパス運用により、大きな攪乱があっても種が消失することがなかったため、詳細なモニタリング調査から調査内容を絞り込み、河川水辺の国勢調査を活用し、定期的にモニタリングしていく方針が良い。 陸域については、種の消失が見られたので、天竜川の状況も把握しながら、大きなイベントがあったときに安定領域と攪乱領域の比率の変化を長期的に確認していくことが合理的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 陸域や天竜川の状況について、モニタリング範囲を拡大するとともに、調査項目、調査地点を選定し、モニタリング計画を作成した。 引き続き、陸域の安定領域と攪乱領域のバランスを長期的に把握していく。【p48, p53, p54】
	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングの目的として、重要種を保全しようという目的と、バイパス運用に伴う環境への影響を把握しようという目的は異なる。モニタリング調査の内容を見直して、新たな調査を提案しても良いと思う。 	<ul style="list-style-type: none"> 小渋ダム全体の恒久堆砂対策(案)の実現に向け、新たな枠組みの中で今後検討する。
	<ul style="list-style-type: none"> 今後、ダム下流への土砂還元対策として、置土を計画しているため、これまでのモニタリング調査結果を活かしながら、対策内容を評価できると良い。また、土砂バイパスや土砂管理により、土砂供給を制御できるステージに移行する。これまでのモニタリング調査を組み合わせながら、土砂を制御できる範囲とその幅を確認していくと良い。 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂バイパスの積極的な運用、土砂還元による供給土砂量の増加などの今後予定する対策に対し、下流域の影響評価を引き続き把握していく。【p53, p54, p56】

2. 令和5年度バイパス運用報告

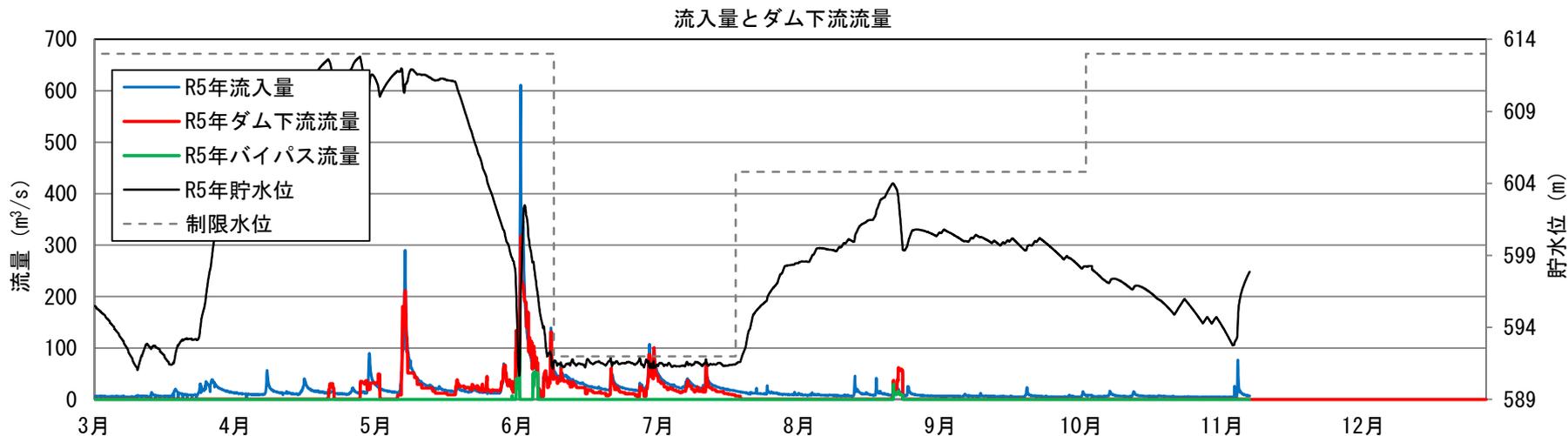
2. 令和5年度バイパス運用報告

(1) 令和5年度の出水状況

- 令和5年度の試験運用は、6月の梅雨前線(6/1～2、6/5～6)、8月の降雨時(8/23～8/24)に実施した。
- 6月は、10分値で最大733m³/s(6/2 16:10) (毎正時で最大611m³/s)の洪水が発生し、洪水初期からバイパスを運用したが、適切な流量把握のため、洪水ピーク付近ではバイパス運用を中止した。
- その後、洪水低減を迎え、6/5よりバイパス運用を再開した。

令和5年度 バイパス試験運用 実績一覧

年. 月. 日	最大流入量 (m ³ /s)	最大放流量 (m ³ /s)	バイパス土砂量 (m ³)	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)
R5.6.1～6.2	733 _(10分最大) 611 _(毎正時最大)	97	8.3万m ³	フリーフロー	1	20hr	試験運用1回目(梅雨前線)
R5.6.5～6.6		53		フリーフロー	1	27hr	試験運用2回目(梅雨前線)
R5.8.23～8.24	33	30	500m ³	フリーフロー	1	50hr	



ダム流入量、放流量(毎正時データより作成)

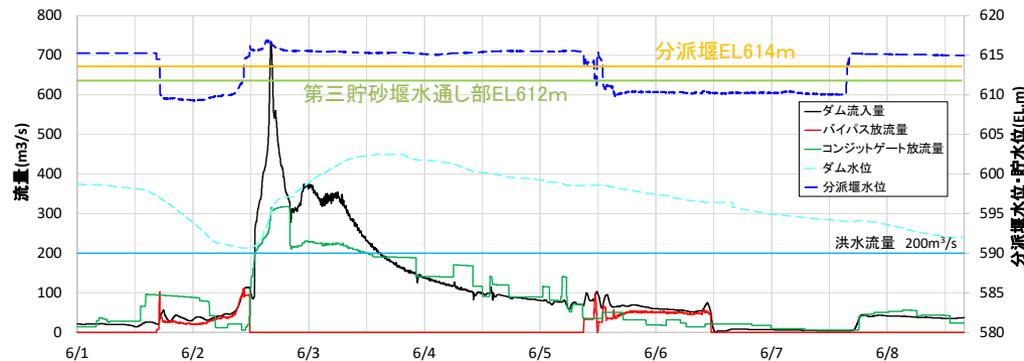
2. 令和5年度バイパス運用報告

(2) 令和5年度のバイパス運用状況

■ バイパス運用概要(R5.6バイパス運用)

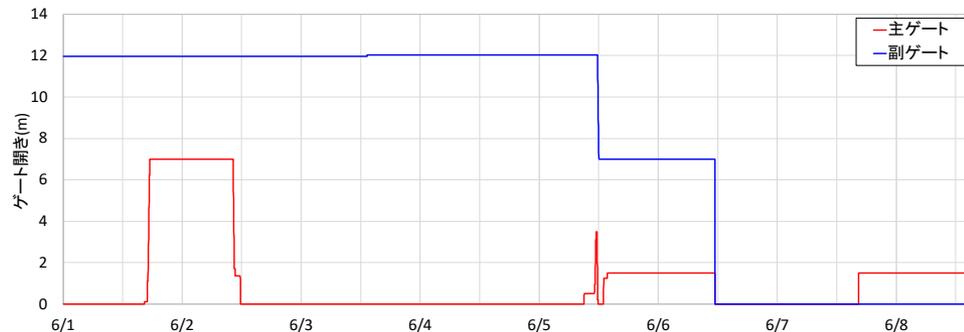
- 洪水初期の6/1 16:30から6/2 12:00(19時間20分)、洪水低減後の6/5 9:00から6/6 11:30(26時間30分)にバイパスを運用した。
- 最大流入量は、約611m³/s (6/2 17:00) (10分値で最大733m³/s)であったが、適切な流量把握のため、洪水ピーク付近ではバイパス運用を中止した。
- バイパス最大放流量は約97m³/s (6/2 11:00)、53m³/s(6/5 20:00)でバイパス運用を実施した。
- バイパス運用時の操作はフリーフロー操作とした。

流量・水位(1分データより作成)



呑口部バイパス運用直後の状況
(6/2 6時頃 流入量約40m³/s)

主ゲート・副ゲート操作(1分データより作成)



呑口部洪水ピーク後の状況:バイパス停止中
(6/2 16時頃 流入量約700m³/s)

2. 令和5年度バイパス運用報告

(3) 令和5年6月2日洪水のバイパス土砂量

■ バイパス土砂量(計算値)

- 6/1(木)から6/7(水)における総流入土砂量は約95.3万m³、バイパス土砂量約8.3万m³であった。
- 一時運用を停止した6/2(金)から6/5(月)の期間もバイパスを運用していた場合、バイパス土砂量約71.1万m³であったと試算された。

R5.6.2洪水の
運用実績
(計算値)

桶谷地点流入土砂量

約95.3万m³

第三貯砂堰通過土砂量

約82.0万m³

第三貯砂堰

バイパス

バイパス土砂量

約8.3万m³

分派堰

バイパス効率=8.7%

分派堰越流土砂量

約75.0万m³

※バイパス効率(%) =
バイパス土砂量 / 桶谷地点流入土砂量
R5.6.2洪水の土砂収支

最大限運用
していた場合
(試算値)

桶谷地点流入土砂量

約95.3万m³

第三貯砂堰通過土砂量

約82.0万m³

第三貯砂堰

バイパス

バイパス土砂量

約71.1万m³

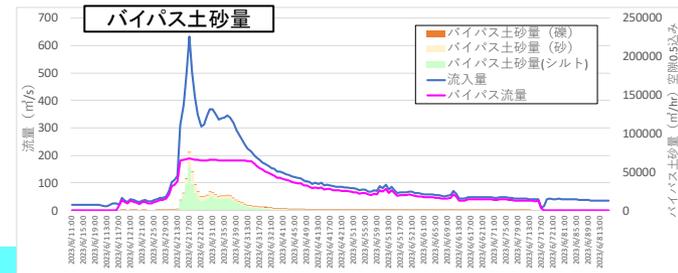
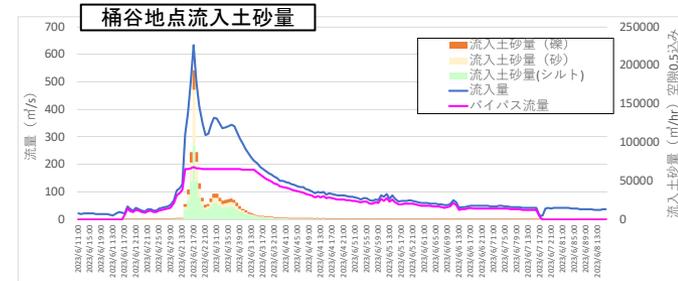
分派堰

バイパス効率=74.6%

分派堰越流土砂量

約12.7万m³

※バイパス効率(%) =
バイパス土砂量 / 桶谷地点流入土砂量
R5.6.2洪水の土砂収支(運用を停止しなかった場合)



運用を停止しなかった場合のバイパス土砂量試算結果



呑口部の状況(バイパス停止中)
(6/2 13:50頃 流入量約330m³/s)

3. 第11回土砂収支部会の報告

3.1 バイパス運用計画の作成

(1) 試験運用期間中のバイパス運用方針

・試験運用期間中のバイパス運用方法は、土砂収支、構造、環境の観点を踏まえ、以下のとおり設定し運用中である。

土砂収支の視点：できる限り多くの土砂をバイパス（貯水池堆砂抑制の観点）

⇒操作規則の範囲内でできる限り長くバイパスを運用できるような開始・終了時点の設定

構造の視点：トンネル内の摩耗進行に対する安全性の確保（施設安全性の観点）

⇒バイパス土砂量の上限值（バイパス開始前のインバート厚の状況に応じて上限を考慮）

環境の視点：下流への排砂による影響（河川環境の生息・生育場の観点）

⇒バイパス土砂量の上限值（水域環境に対する影響については問題はないことを確認したため上限は考慮しない）

小渋ダム土砂バイパストンネルの運用方法（案）

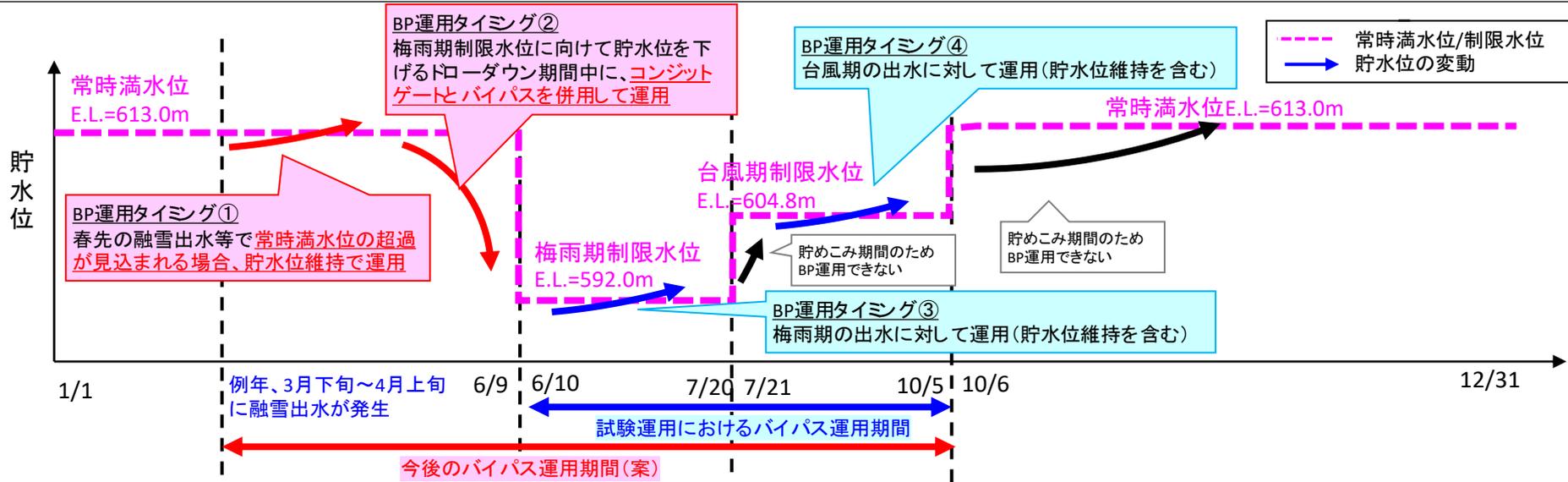
項目	バイパス運用（案）	備考
バイパス開始	概ね全流入量60m ³ /sを目安にゲートを全開	小渋ダムからの放流（コンジット・バイパス）を実施するか判断は、現在の操作規則に則り、貯水位に応じて決定する。 （貯水位が低い場合にはバイパスを運用せずに流水の貯留を優先する場合も想定）
最大ゲート開度	全開	小渋ダムのバイパスゲートは全開運用を基本に設計されており、ゲート全開において自然調節で洪水調節が可能となるように設計されている
洪水調節	バイパス：自然調節（ゲート全開） コンジット：放流量の不足分をコンジットからの放流で調整	
バイパス運用終了	【運用停止基準（案）】 ：摩耗量が500mm（余裕厚100mm）に達した時点でバイパス運用を停止 【監視基準（案）】 ：安全側に配慮し、局所的な摩耗量が200mmに達した時に一時的に運用を中断し、摩耗状況を確認する	インバート摩耗状況、今後の補修計画を考慮した運用を実施する。 ■摩耗に寄与する2mm以上のバイパス土砂量の関係 （R2.7出水の特性より） ・摩耗量200mmの目安：バイパス土砂量約33万m ³ （2mm以上） ・摩耗深500mmの目安：バイパス土砂量約100万m ³ （2mm以上）

3.1 バイパス運用計画の作成

(2) バイパス運用方法の検討

■ バイパス運用期間の拡大の可能性の検討

- 試験運用期間は、③梅雨期(6/10~7/20)、④台風期(7/21~10/5)の期間を対象に、バイパスを運用してきた。
- 今後は、運用期間の拡大させるために、非出水期(主に、①貯水位維持期間、②ドローダウン期間)において、コンジットゲートによる貯水位運用と連携し、ダム流入量の制御にバイパスゲートを使用し、バイパス運用する可能性について検討する。



期間	貯水位の運用と連携したバイパス運用(案)	備考
①非出水期 (1/1~6/9)	<ul style="list-style-type: none"> 常時満水位の超過が見込まれる場合、貯水位維持のためバイパスを運用（ただし、貯水位が十分高く、発電放流量が確保されていれば運用可能） 	<p>運用期間拡大の可能性</p> <p>出水期の積極的な運用</p>
②非出水期 (ドローダウン期:5月~6/9)	<ul style="list-style-type: none"> ドローダウン期は、コンジットゲートのみ貯水位を下げる運用としているが、ダム流入量の増加が見込まれる場合は、バイパスゲートを併用することで、土砂流入量を減少させる 	
③梅雨期 (6/10~7/20)	<ul style="list-style-type: none"> 制限水位の超過が見込まれる場合、貯水位維持のためバイパスを運用 出水が見込まれる場合は、早急にバイパスゲートを全開とし、積極的にバイパスを運用 	<p>出水期の積極的な運用</p>
④台風期 (7/21~10/5)	<ul style="list-style-type: none"> 出水が見込まれる場合は、早急にバイパスゲートを全開とし、積極的にバイパスを運用 	
非出水期 (10/6~12/31)	<ul style="list-style-type: none"> 貯水位を上昇させる貯めこみ期間のため、基本運用できない 	

小渋ダム貯水位運用とバイパス運用期間

3.1 バイパス運用計画の作成

(3) バイパス運用計画の作成

■運用マニュアル(案)の作成

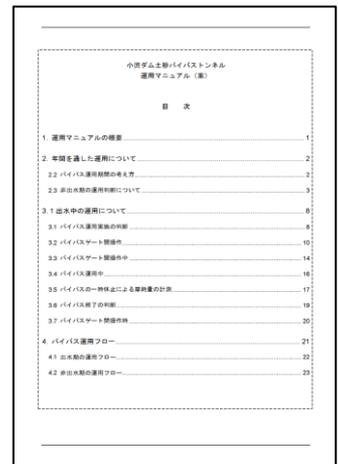
- 積極的なバイパス運用の可能性を踏まえ、以下の通り運用マニュアル(案)を作成した。
- 今後は、下記の内容について、ダム操作規則・細則への反映を行う。

小渋ダム土砂バイパス運用マニュアル(案)の概要

赤字:今年度見直した内容

区分	項目	運用基準	備考
出水期の運用方法	バイパス開始基準	可能な限り早期からバイパス運用を開始(全流入量60m ³ /sまでに開始を目安)	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池運用に支障がないように、可能な限り早期からバイパスを運用 目安となる60m³/sは実際の土砂濃度や発電流量の確保を考慮して設定 全流入量60m³/sを超えてから運用を開始しても問題ないが、過去に不具合が生じた高流量時のゲート操作には注意が必要
	バイパス中の操作	ゲート全開	<ul style="list-style-type: none"> 正確な流量把握に留意しながら、バイパスを積極的に運用
	バイパス終了基準	【運用停止基準】 ・500mm(残り100mm) 【監視基準(運用一時中断)】 ・R6年度の対応:200mm程度(残り400mm)	<ul style="list-style-type: none"> 洪水中のインバート厚は直接観測、または、流量、土砂量、摩耗予測式を活用した推定方法により把握 1山波形の場合には、バイパス運用途中で一時休止しないことを基本的に運用 R6年度は、2山波形以上の洪水が予測された場合、監視基準、運用停止基準を目安に、一時休止・停止を判断
非出水期の運用方法	運用時期	春先～ドローダウン期(概ね4月～5月)	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池運用に支障がないように、可能な限りバイパスを運用 バイパストンネルの補修が必要な期間は運用しない
	バイパス開始基準	洪水状況に合わせて適宜設定	<ul style="list-style-type: none"> 融雪出水等で常時満水位の超過が見込まれる場合、貯水位維持のためバイパスを運用 ドローダウン期は、コンジットゲートのみ貯水位を下げる運用としているが、ダム流入量の増加が見込まれる場合は、バイパスゲートを併用することで、土砂流入量を減少させる
	バイパス中の操作	ゲート全開	
	バイパス終了基準	【運用停止基準】 ・500mm(残り100mm)	<ul style="list-style-type: none"> 洪水中のインバート厚は直接観測、または、流量、土砂量、摩耗予測式を活用した推定方法により把握

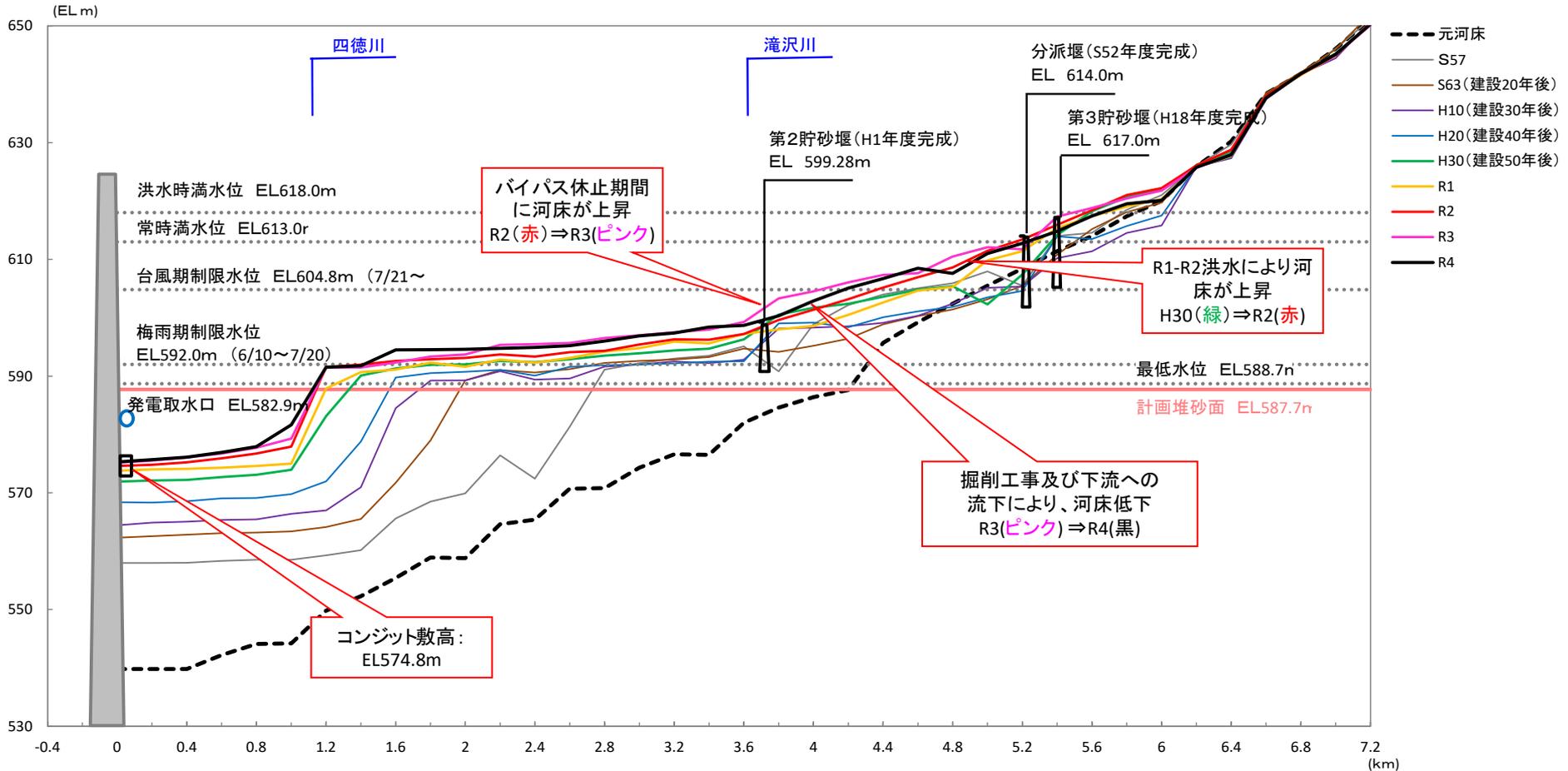
小渋ダム土砂バイパス運用マニュアル(案)



3.2 土砂収支計画の作成

(1) ダム貯水池の堆砂進行状況

- 小渋ダムの堆砂状況は、R2.7出水以降バイパス運用を一時休止しており、近年急激に堆砂が進行している。
- コンジットゲート前面は、すり鉢状の地形となっておりゲートの埋没は生じていないが、平均河床高で見ると、コンジット敷高以上の高さまで堆砂が進行している。
- 土砂バイパスの運用に加え、維持掘削等の総合的な堆砂対策が必要である。



堆砂形状の変遷と容量の経年変化

3.2 土砂収支計画の作成

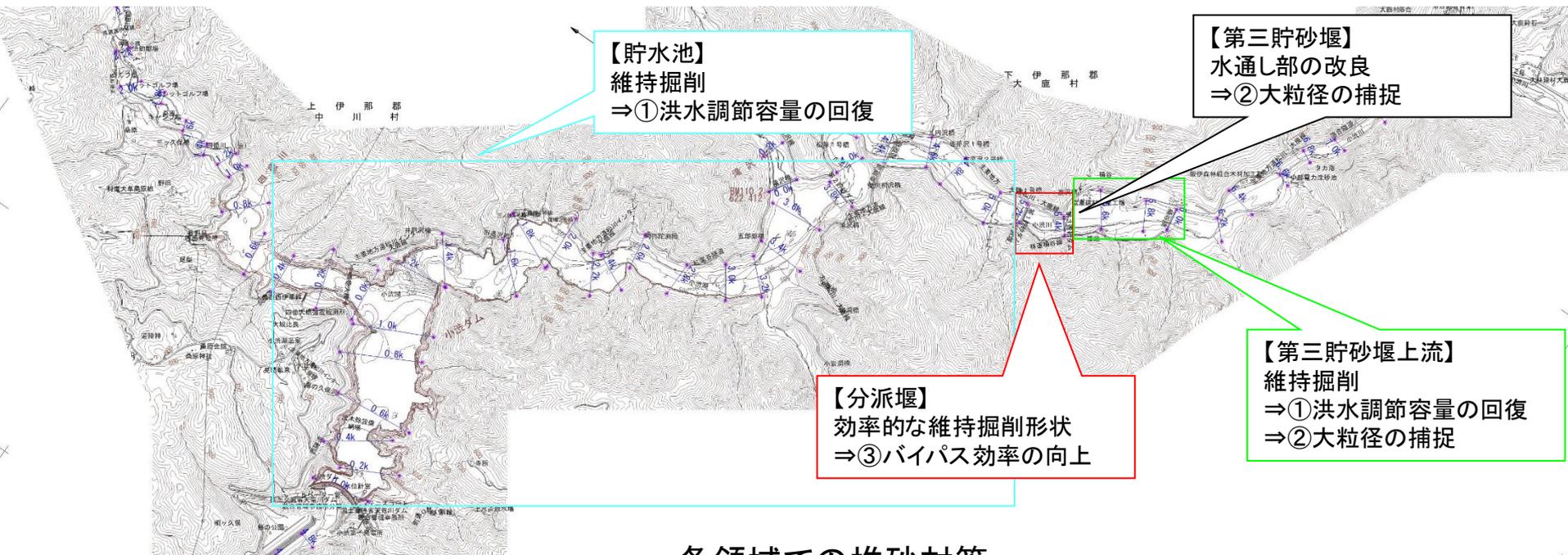
(2) 貯水池堆砂抑制対策の目標

- ・ バイパス試験運用期間では、効率的なバイパスの運用方法を検討してきたが、近年の頻発する大規模な洪水により、ダム貯水池に土砂が流入し、バイパス運用を実施しているにも関わらず、洪水調節容量内の堆砂が進行している。
- ・ 土砂バイパスの効率的な運用に加え、維持掘削等の総合的な堆砂対策を行い、貯水池内の堆砂を抑制する必要がある。

【堆砂対策の目標】

- ① 洪水調節容量の回復(堆砂進行の抑制)
- ② 土砂バイパストネルの摩耗対策(大粒径の捕捉)
- ③ バイパス効率の最大化

⇒以上の目標を踏まえた土砂収支計画の設定



各領域での堆砂対策

3.2 土砂収支計画の作成

(3) 呑口部機能改善対策の検討

■ 呑口部機能改善対策の概要

項目		機能改善対策メニュー	対策時期
分派堰	流木流入対策施設の改良	【目的】バイパス運用時に流入の障害となる流木流入対策施設の改良を行う ①呑口部に流木流入対策施設に対し、中間補助杭（ワイヤー式）を撤去する ②流木防止帯の改良を行う	①短期対策 ②中長期対策
	維持掘削	【目的】バイパス呑口に流入しやすいように流向を制御できる維持掘削形状を設定する ①バイパス運用前に、第三貯砂堰水通し部の下部（E.L.610m）から呑口下部（E.L.608m）までを勾配をつけて維持掘削を実施 【維持掘削範囲・維持掘削量】 幅20m×距離150m×平均深さ2m=0.6万m ³	①毎年実施
	分派堰高のコントロールなど	【目的】ダム貯水池には、流水のみ流下させ、土砂は極力流下させないように堰高をコントロールする ①発電流量を確保できるように、流水のみバイパスする施設 ②分派堰の可動堰化など、堰高をコントロールできる施設	①中長期対策 ②中長期対策
第三貯砂堰	水通し部の切り欠き	【目的】細粒分を極力流下させるように、現状の水通し部を切り欠く ①既設の水通し部を切り欠く（鋼製スリット工を設置） 【切り欠き範囲】 既設の水通し部の幅、高さE.L.610mまで	①短期対策
	水通し部の鋼製スリット工	【目的】大粒径土砂を捕捉し、第三貯砂堰の水通し部に鋼製スリット工対策を実施（粗度係数が上がることで大粒径土砂も捕捉しやすい） ①水通し部の上部に鋼製スリット工を設置	①短期対策
	維持掘削	【目的】第三貯砂堰上流で大粒径を捕捉できるように維持掘削を実施 ①第三貯砂堰上流をE.L.614mまで維持掘削 ②バイパス運用前には、大粒径捕捉容量約3.4万m ³ 程度（R2流入土砂量の1%）の土砂ポケットを確保 【掘削範囲】 掘削高E.L.608m、幅約50m、延長約130m（検討中）	①毎年実施 ②毎年実施
上流側	流木止め	【目的】呑口部よりさらに上流側で流木を捕捉する施設を新規に計画する ①第三貯砂堰より上流に流木止め工を設置する	①中長期対策

■：分派効率向上に関する対策

■：大粒径の移動抑制対策

3.2 土砂収支計画の作成

(3) 呑口部機能改善対策の検討

■維持掘削(毎年実施)

- 分派堰内(流向制御用として、水通し部の切り欠き E.L.610mから呑口ゲート敷高E.L.608mまで掘削)
- 第三貯砂堰上流(E.L.614mまで掘削)
- ※大粒径土砂捕捉用: E.L.608mまで掘削



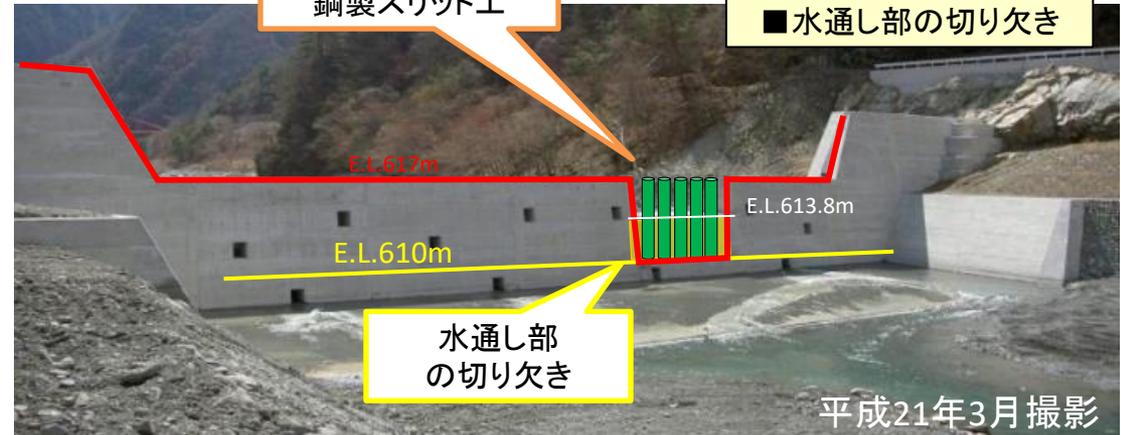
■ゲート前面のワイヤー撤去



■鋼製スリット工(イメージ)



■メッシュ材の配置による目幅の調整(イメージ)



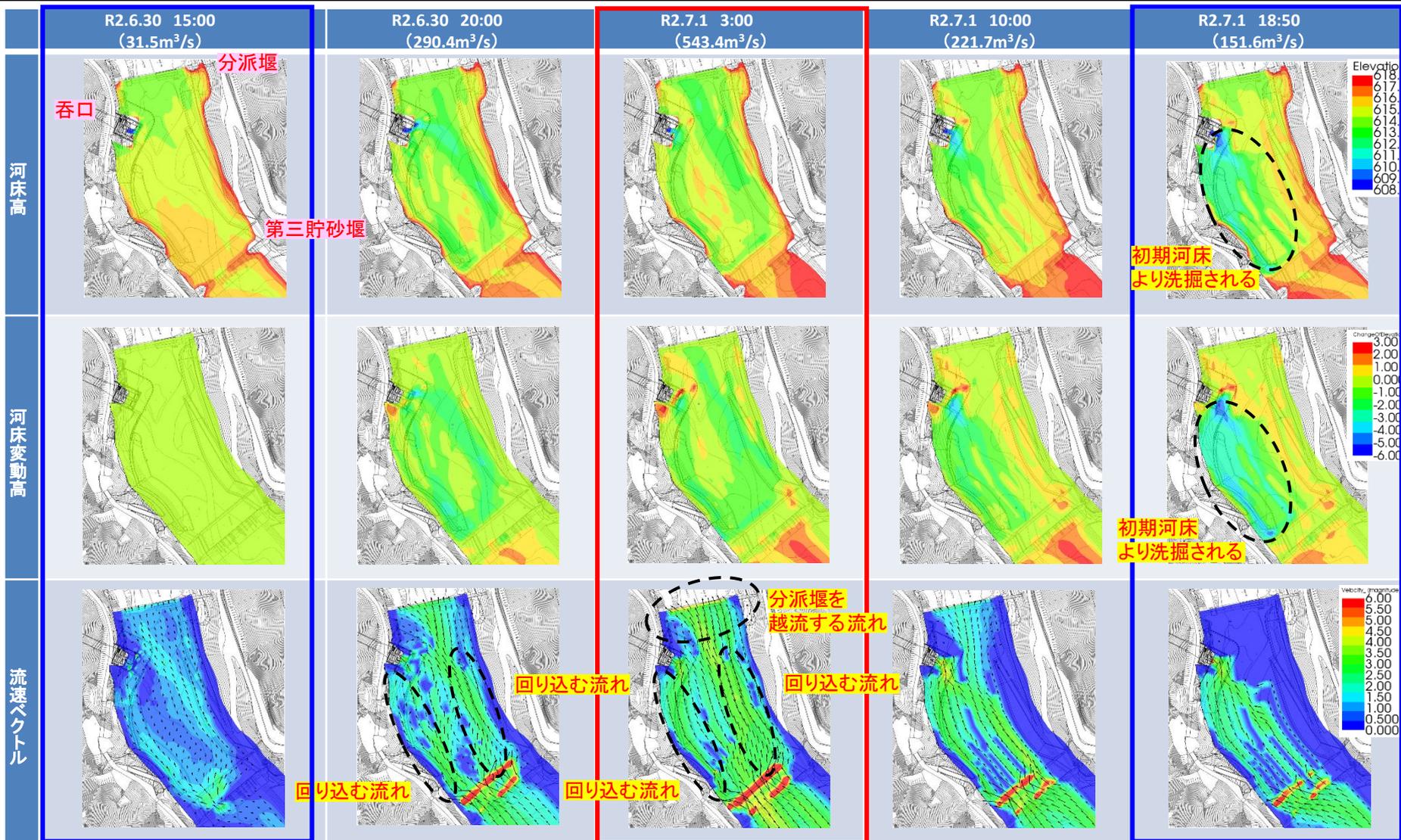
3.2 土砂収支計画の作成

(3) 呑口部機能改善対策の検討

R2.7洪水に対する平面二次元河床変動計算結果(対策なし)

【対策なし】

- 水通し部下流側で、左岸側、右岸側に回り込む流れが発生するため、呑口部に向かう流れが分散する傾向にある。
- 右岸側に回り込む流れにより、分派堰を越流する流れが確認できる。



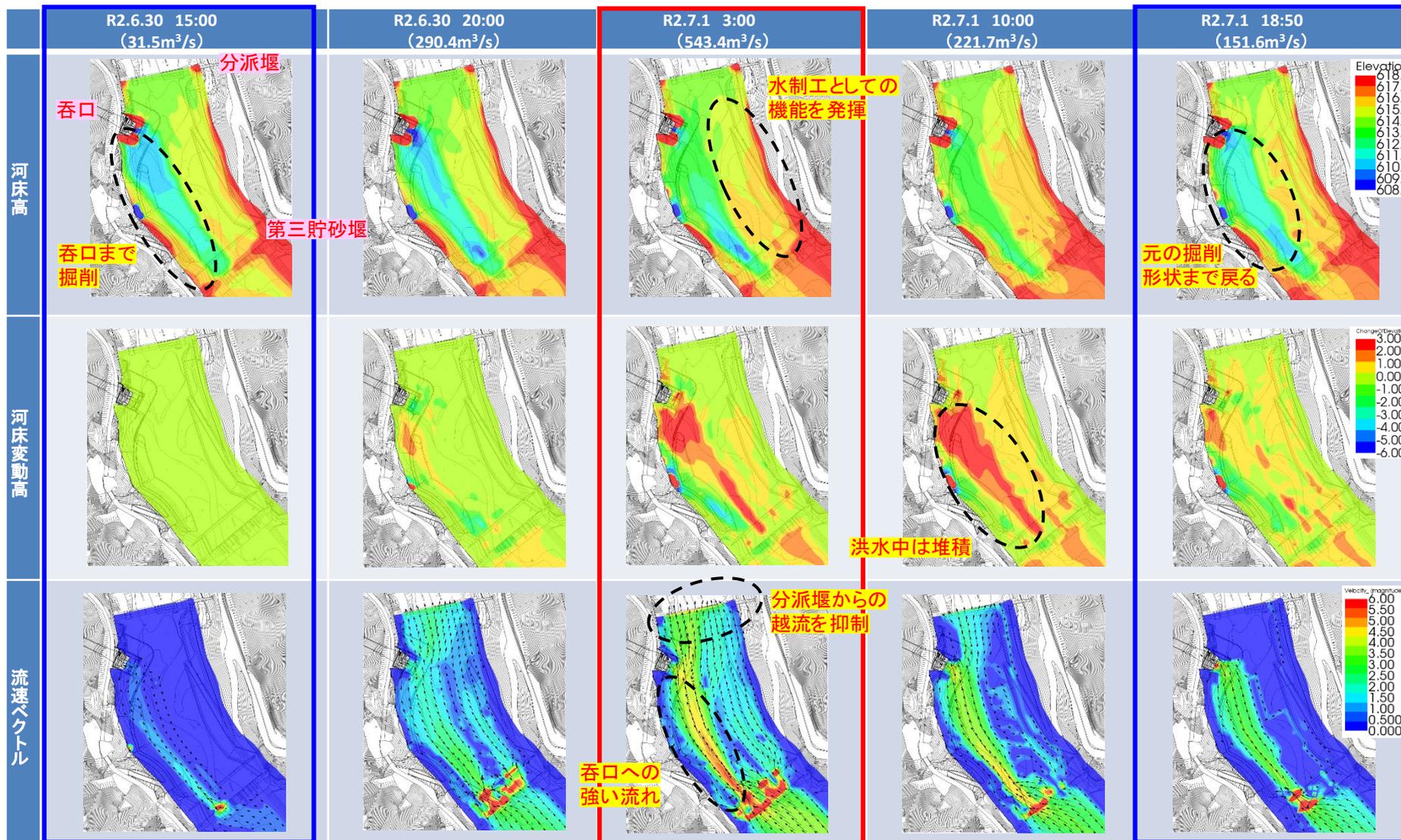
3.2 土砂収支計画の作成

(3) 呑口部機能改善対策の検討

R2.7洪水に対する平面二次元河床変動計算結果(対策あり)

【対策後】第三貯砂堰:水通し部の切り欠き、分派堰:呑口まで掘削

- 分派堰内の掘削により、洪水中はバイパス呑口に強い流れが生じており、分派堰からの越流を抑制している。
- 洪水中は堆積するが、洪水後期には、初期の掘削形状まで概ね戻っている。



3.2 土砂収支計画の作成

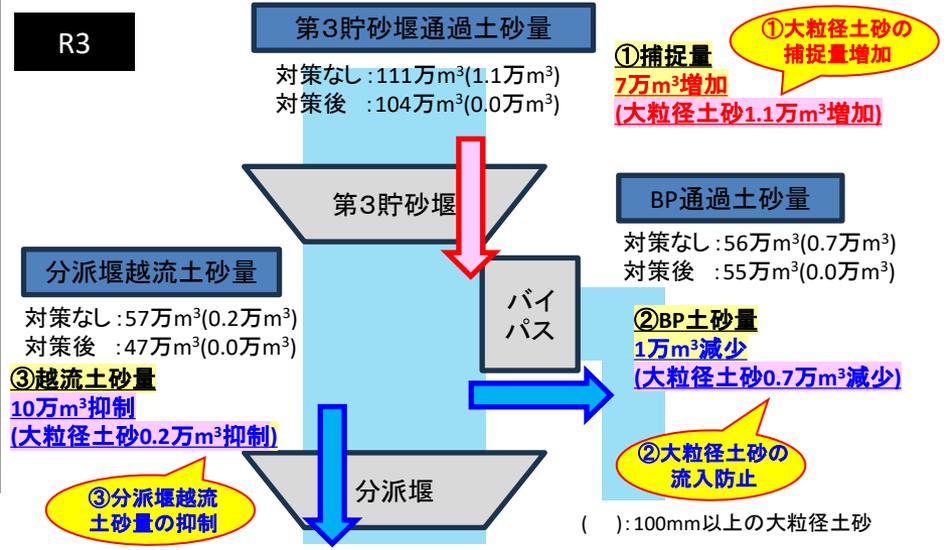
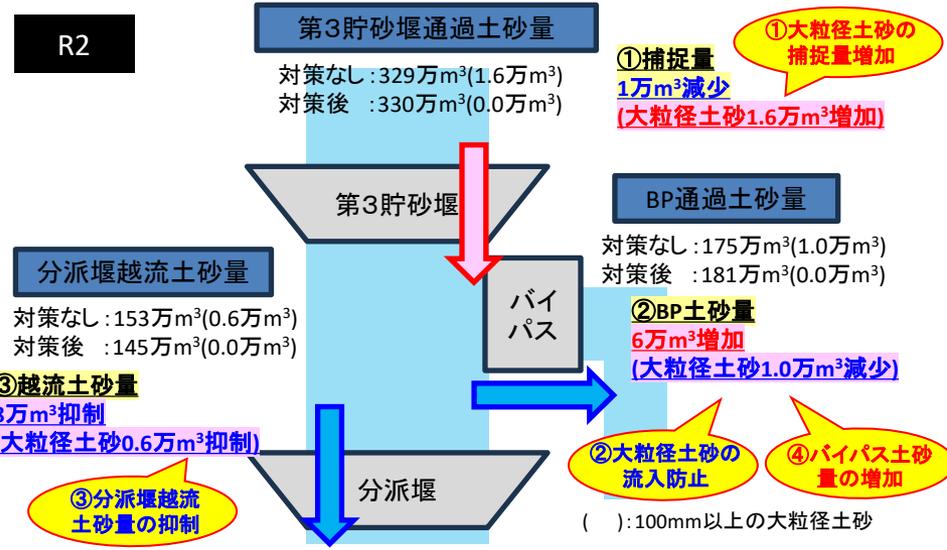
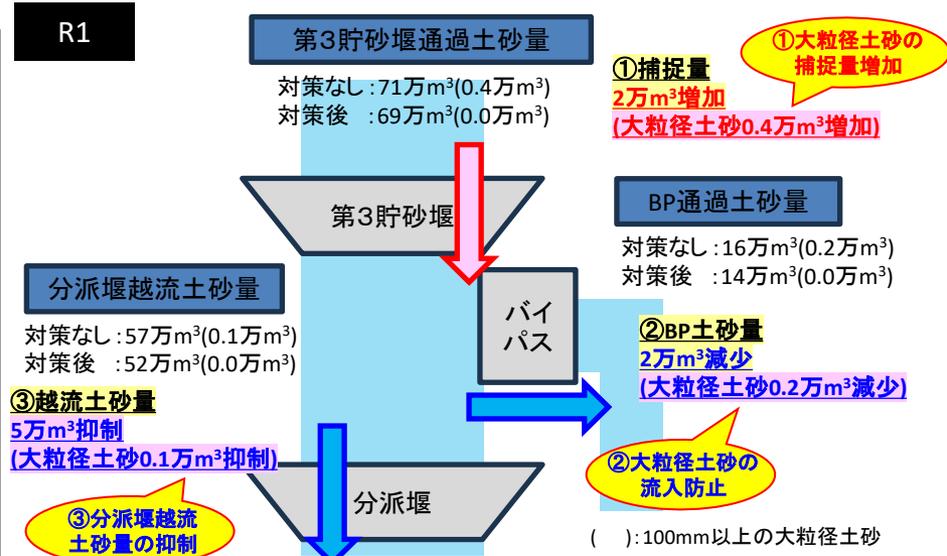
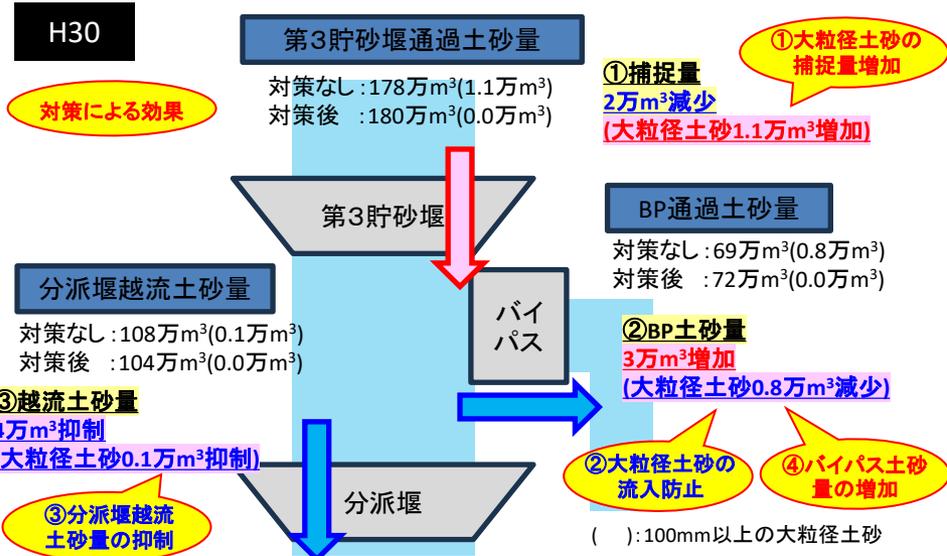
(3) 呑口部機能改善対策の検討

H30~R3に対する一次元河床変動計算結果

■ 呑口機能改善対策による効果 (H30~R3の4年間のシミュレーション結果)

・ 第三貯砂堰の水通し部の切り欠きとともに、分派堰内・第三貯砂堰上流の維持掘削を実施することにより、対策前後で、以下の効果と課題を確認した。

効果: ①第三貯砂堰上流での大粒径土砂の捕捉量の増加、②バイパスに流入する大粒径土砂の流入防止、③分派堰越流土砂量の抑制、④バイパス土砂量の増加



3.2 土砂収支計画の作成

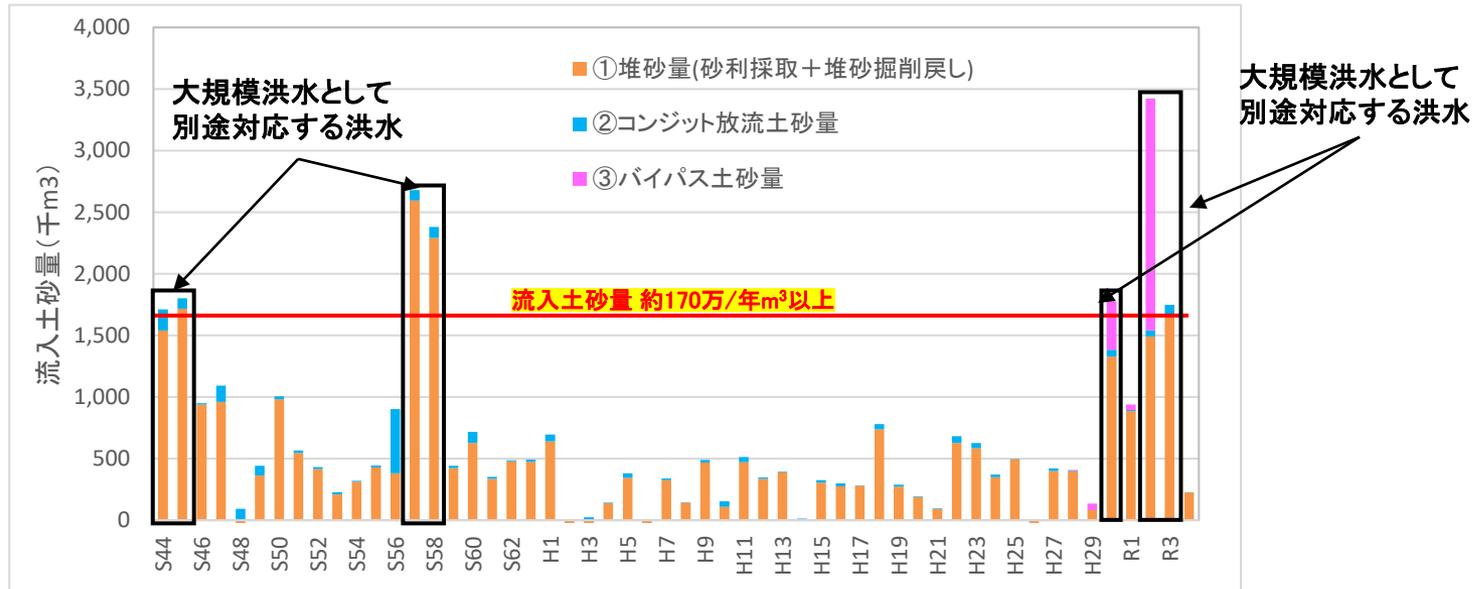
(4) 土砂収支計画の作成

① 流入土砂量の年期待値(案)の設定

- 昭和44年から令和4年までの54年の年間流入土砂量(年間堆砂量より推定)より、土砂収支計画で想定する年期待値を算定した。
- 全54年での年間流入土砂量の年期待値は約64万 m^3 となり、土砂バイパストンネル設計当時の土砂収支での流入土砂量の年期待値57万 m^3 /年よりも大きい結果となっている。
- 今後の土砂管理上の流入土砂量の年期待値として、約170万 m^3 /年以上(確率評価1/15以上)の7年間を除外して平均した約40万 m^3 /年を設定した。

流入土砂量の年期待値を算定したケース

	対象年	対象外とした基準	土砂量の想定	備考
ケース1 流量規模_大	S44~R4までの54年より算定	全ての洪水を対象	約64万 m^3 /年	今後のメンテナンス計画で想定する年期待値に設定(構造面より)
ケース2 流量規模_中	S44~R4までの54年のうち、S57、S58、R2の3か年を除外した51年より算定	流入土砂量 約240万 m^3 /年以上(確率評価1/30以上)	約52万 m^3 /年	
ケース3 流量規模_小	S44~R4までの54年のうち、S44、S45、S57、S58、H30、R2、R3の7か年を除外した47年より算定	流入土砂量 約170万 m^3 /年以上(確率評価1/15以上)	約40万 m^3 /年	今後の土砂管理対策で想定する年期待値に設定(現実性より)



流入土砂量(堆砂量+コンジット放流土砂量+バイパス土砂量)の経年変化

3.2 土砂収支計画の作成

(4) 土砂収支計画の作成

② 呑口部機能改善対策を実施した際の土砂収支計画

■ 土砂管理対策

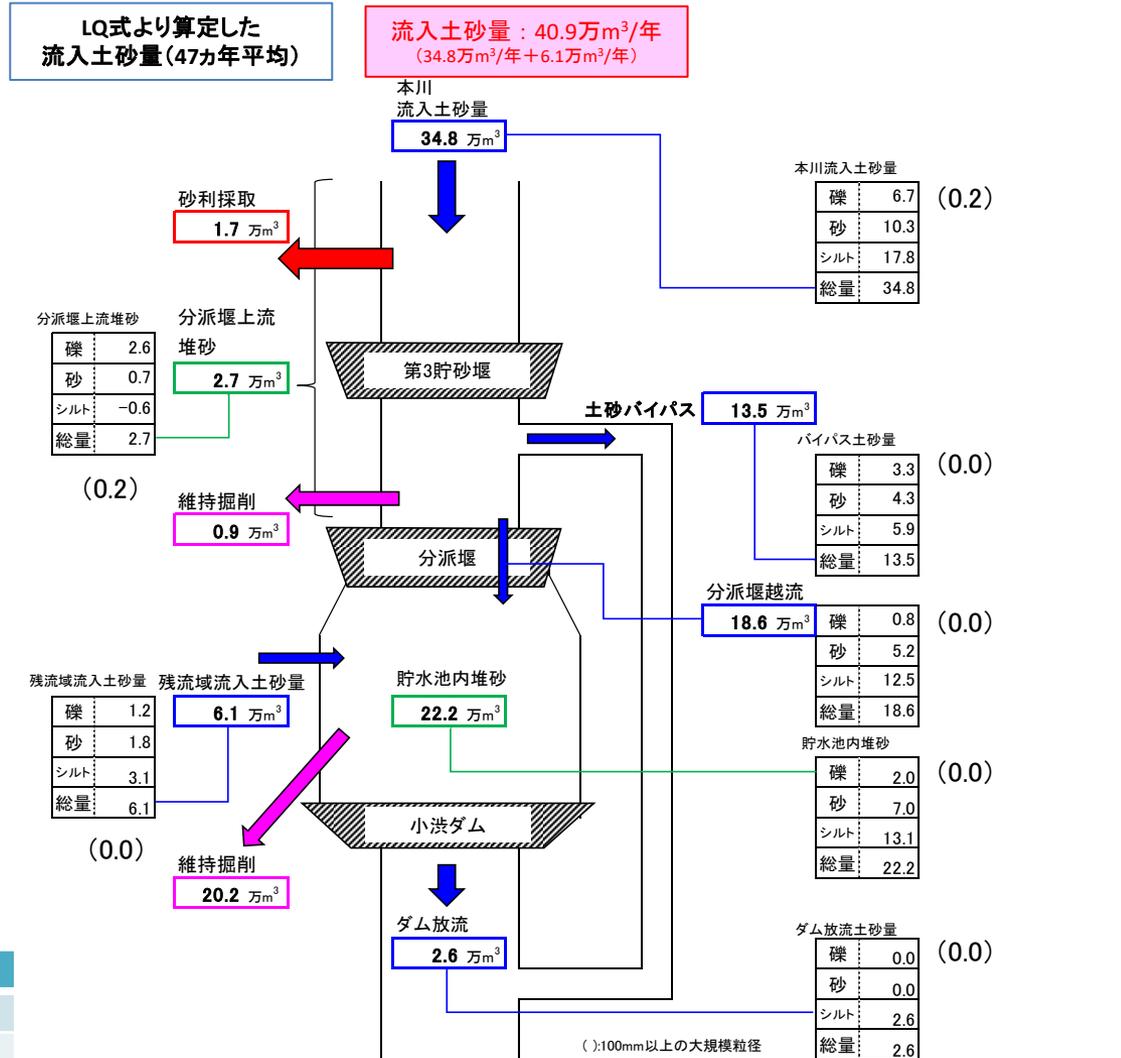
- 呑口部機能改善対策
 - 第三貯砂堰の改良(切り欠きE.L.610m)
 - 鋼製スリット工設置
 - 第三貯砂堰上流:維持掘削E.L.614m
 - 分派堰内:水通し部の切り欠き(E.L.610m)
 - から呑口下部(E.L.608m)にかけて勾配をつけて滞筋を維持掘削
- 可能な限り、積極的にバイパス運用を実施
- 貯水池の河床高は、R4河床を毎年維持

■ 年間の土砂収支計画

- 流入土砂量約40.9万m³/年に対し、バイパス土砂量は約13.5万m³/年が期待できる。
- 年間の維持掘削量は、
 - 第三貯砂堰上流 : 約1.7万m³
 - 分派堰内 : 約0.9万m³
 - 貯水池内 : 約20.2万m³
 が、必要となる。

粒径区分	粒径
礫	3.38mm~397mm
砂	0.091mm~1.43mm
シルト	0.012~0.045mm

47年間に対する一次元河床変動計算結果



呑口部機能改善対策を実施した場合の年土砂収支計画

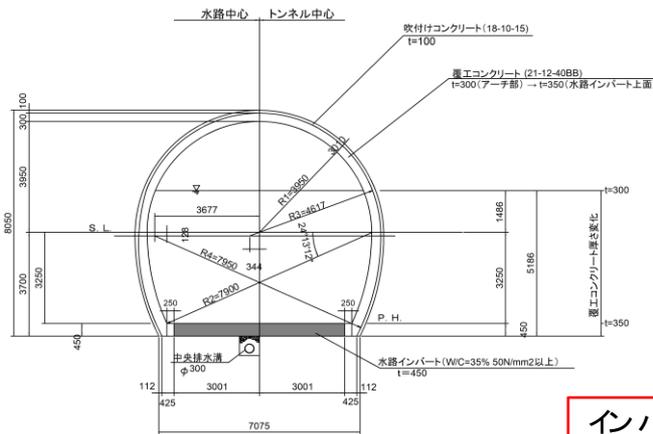
4. 第9回構造部会の報告

4.1 復旧工事の完成報告

(1) バイパストネルの復旧工事の状況

① 工事完成後の状況

- 令和2年11月～令和5年5月にかけて、土砂バイパストネルの被災したインバート部分を対象に、復旧工事を実施した。
- コンクリートは、高強度化70N/mm²(当初50N/mm²)・増厚600mm(=当初450mm+増厚150mm)により、耐摩耗性の向上を図った。
- 呑口部分のライニングは、敷設区間の延長・高強度化・固定方法の変更により、摩耗・損傷要因に対する改善を図った。



当初

排水方式の変更
中央排水→側方排水



インバートの仕様変更
50N/mm²→70N/mm²
450mm→600mm

復旧断面

【参考】

インバート厚: 450mm⇒600mm



空積率(空積/全断面積): 約27%⇒約25%
(トンネル式洪水吐き基準値相当)

基盤砂礫部
高強度コンクリート(70N/mm²)
による置き換え



工事完成後の状況
(吐口から約1,000m)



工事完成後の状況
(吐口から約2,000m)



工事完成後の状況
(鋼製ライニング部)

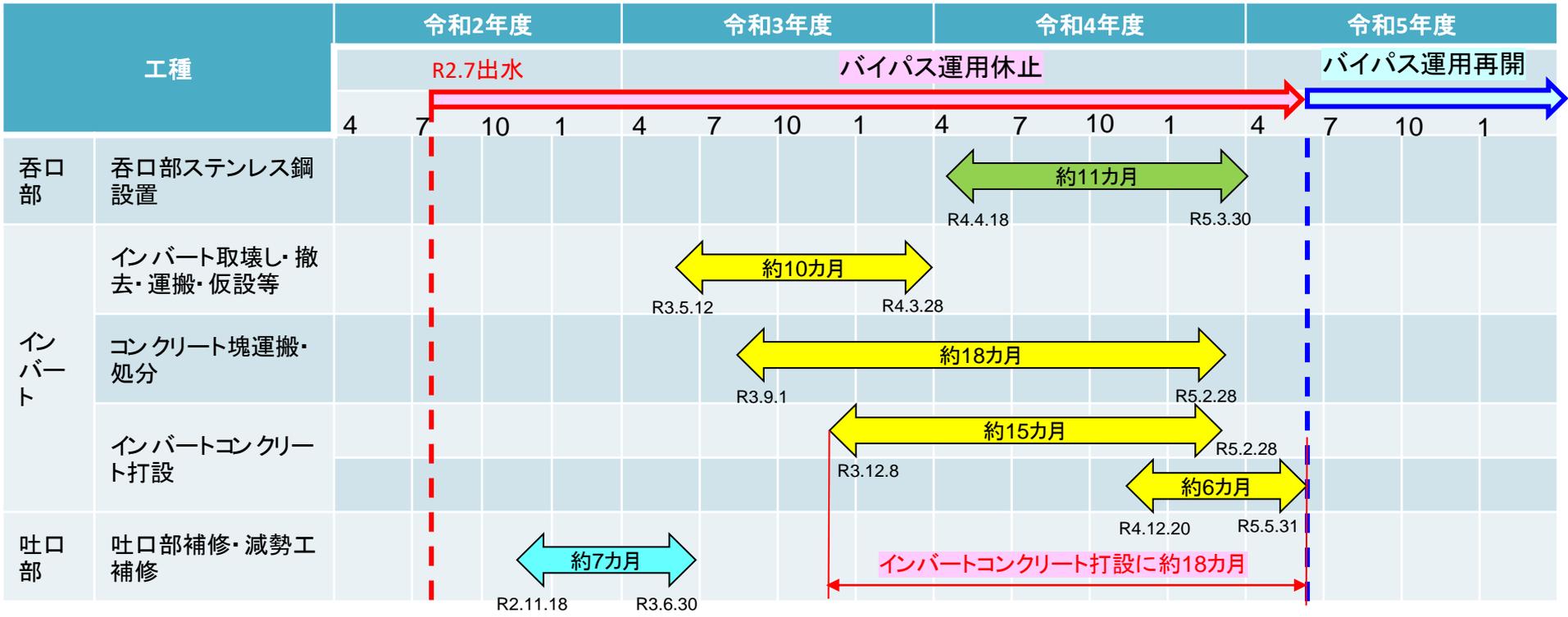
(1) バイパストンネルの復旧工事の状況

【復旧対象】・トンネル部：呑口部（鋼製ライニング）、インバート、吐口部（平場コンクリート部・基礎部）
 ・減勢工部（河道内）：減勢工部（底張りコンクリート部・右岸側護岸部）

【トンネル】・既設インバートコンクリートの取り壊し撤去・コンクリートの打設
 ⇒インバートおよび基礎コンクリート：高強度コンクリート（70N/mm²）、インバート厚600mm、側面排水工の設置
 ・呑口部（鋼製ライニング）の鋼製ライニングの撤去・設置
 ⇒鋼製ライニングは省合金二相ステンレス鋼（t=40mm）

【復旧工事期間】

- トンネル全区間のインバートコンクリート打設は、R3.12.8～R5.5.31までの約18カ月程度要した。
- また、インバート取壊し・撤去・運搬や、コンクリート塊の運搬・処分にも時間を要している。



4.2 メンテナンス計画の作成

(2) インバートモニタリング調査報告

① モニタリング結果のまとめ

- ・ R5のバイパストンネル復旧工事の完了・バイパス放流の再開を踏まえて、インバート部分のモニタリングを行った。
- ・ モニタリングは、①全体を俯瞰的に見た「全体の摩耗・損傷状況」、②定点観測した「モニタリング定点の摩耗・損傷状況」、③工事完了時点で確認している「クラックの状況」、④試行的に実施している「摩耗量の簡易計測」⑤今回試行的に実施した「クラックの簡易補修」の観点とした。

本年度のバイパス運用実績一覧

区分	期間	運用時間	運用時の最大流入量	最大バイパス流量	バイパス土砂量 (計算結果)
R5年6月出水	6/1 16:30~6/2 12:00	20時間	128m ³ /s	97m ³ /s	約8.3万m ³
	6/5 09:00~6/6 11:30	27時間	93m ³ /s	53m ³ /s	
R5年8月出水	8/23 15:28~8/25 16:48	50時間	33m ³ /s	30m ³ /s	約500m ³

モニタリング結果の概要

項目	モニタリング調査結果
①全体の摩耗・損傷状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイパス放流を行った結果、土砂を含む流水による摩耗・損傷がトンネル全体に発生した。 ・ 摩耗・損傷は横断面に均等に発生している個所に加えて、滞筋状に進行していた。 ・ 局所洗掘は発生していなかった。
②モニタリング定点の摩耗・損傷状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工時に発生したクラックの中から顕著なクラックを抽出し、摩耗・損傷の進行状況のモニタリングを行った。 ・ クラックの周囲では、当該ブロック全体に比べて摩耗・損傷が顕著に進行していた。
③クラックの状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工時に確認したクラックについて、クラックマップとして整理し、今後のモニタリングの基礎資料とした。 ・ 規模の大きいクラックを対象として、コア採取により深度方向の分布を確認した結果、下位の填充コンクリートとの境界付近まで達していることが判った。
④摩耗量の簡易計測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用途中の摩耗・損傷状況の短時間・簡易作業での確認を行うことを目的として、コンクリートに埋設した簡易計測プレート(三角定規)による計測を試行的に実施した。 ・ 簡易計測プレートの埋設状況とバイパス放流による摩耗状況を確認した結果、支障なく十分な計測が行うことができた。
⑤クラックの簡易補修	<ul style="list-style-type: none"> ・ クラックが摩耗・損傷進行のきっかけになる可能性があることから、発生したクラックについて、補修材による簡易補修を試行的に実施した。 ・ 規模の大きいクラックを対象に、高強度モルタル(70N/mm²)を填充することについて試行した結果、バイパス放流後も補修材が残存し、摩耗・損傷の進行を抑制できる可能性があることを確認した。

4.2 メンテナンス計画の作成

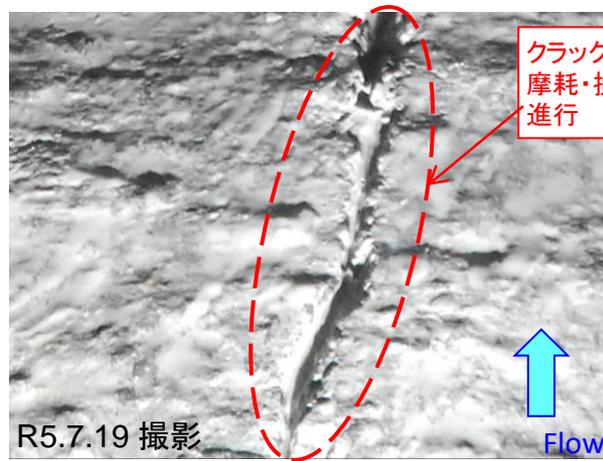
(2) インバートモニタリング調査報告

②モニタリング定点の摩耗・損傷状況

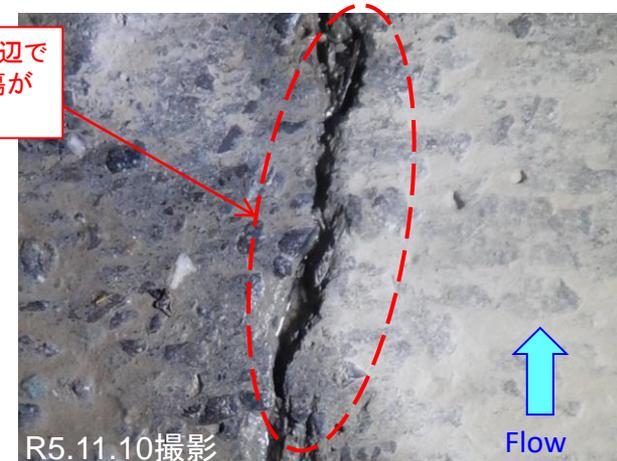
- 令和5年度は、施工時に発生したクラックの中から顕著なクラックを抽出し、摩耗・損傷の進行状況のモニタリングを行った。
- 令和5年6月出水、8月の運用後の調査では、クラックの周囲において、当該ブロック全体に比べて顕著な摩耗・損傷の進行を確認した。



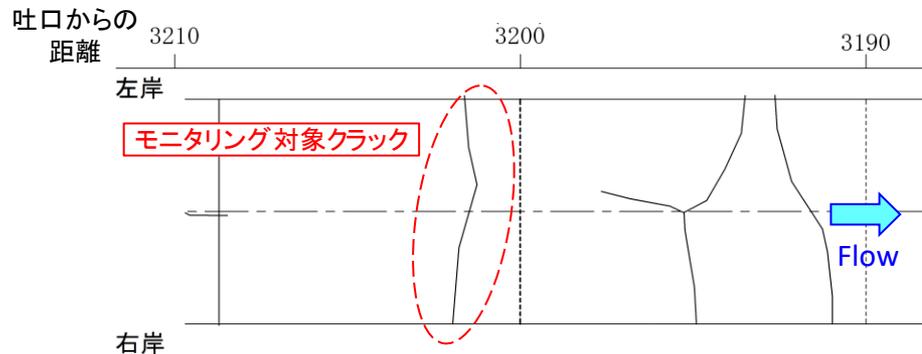
モニタリング対象クラック



クラック周辺状況 (R5.7)



クラック周辺状況 (R5.11)



採取コア

4.2 メンテナンス計画の作成

(2) インバートモニタリング調査報告

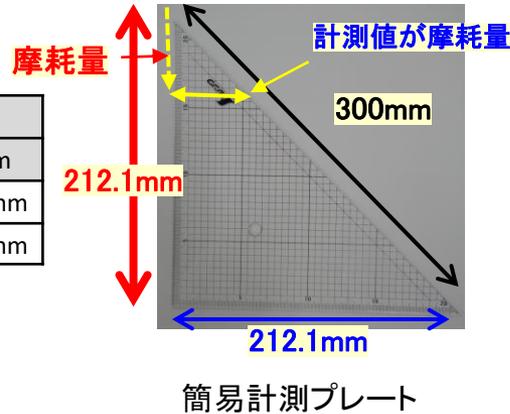
③ 摩耗量の簡易計測・クラックの簡易補修

- 運用途中の摩耗・損傷状況の短時間・簡易作業での確認を行うことを目的に、コンクリートに埋設した簡易計測プレート(三角定規)を用いた摩耗量の簡易計測を、令和5年6月出水後の7月に試行的に実施した。支障無く、摩耗量を把握できている。
- クラック周辺の摩耗・損傷の進行防止を目的に、クラックの簡易補修を令和5年7月に試行的に実施した。その結果、8月のバイパス放流後の調査(11月調査)においても、補修材が残存しており、摩耗・損傷の進行を抑止できることを確認した。

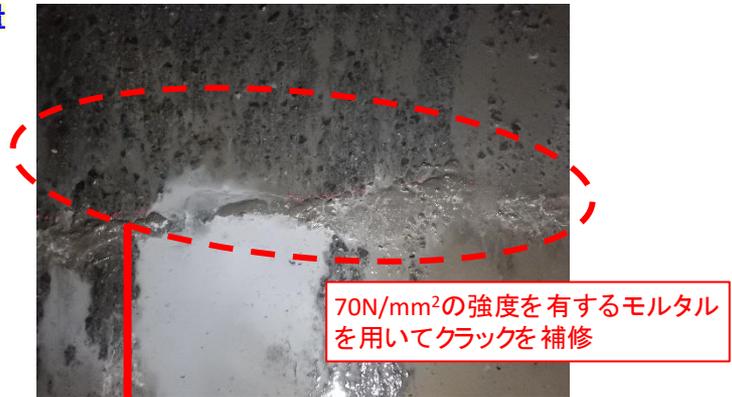
摩耗量の簡易計測

摩耗量の簡易計測結果

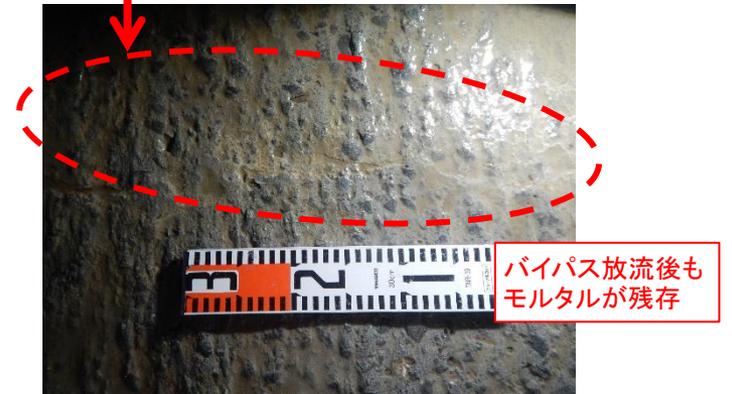
簡易計測プレート	摩耗量		
	左岸+2m	流心	右岸+2m
位置①	約10mm	摩耗無し	約20mm
位置②	約26mm	約26mm	約26mm



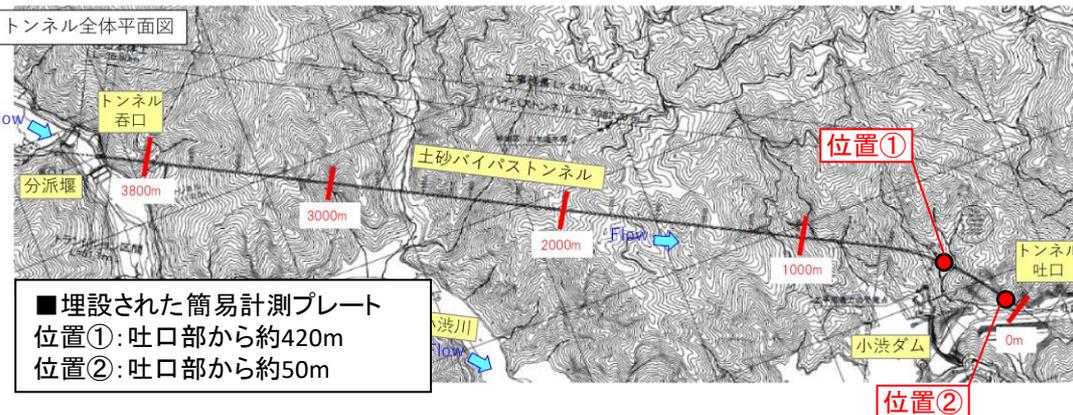
クラックの簡易補修



簡易補修状況(R5.7実施)



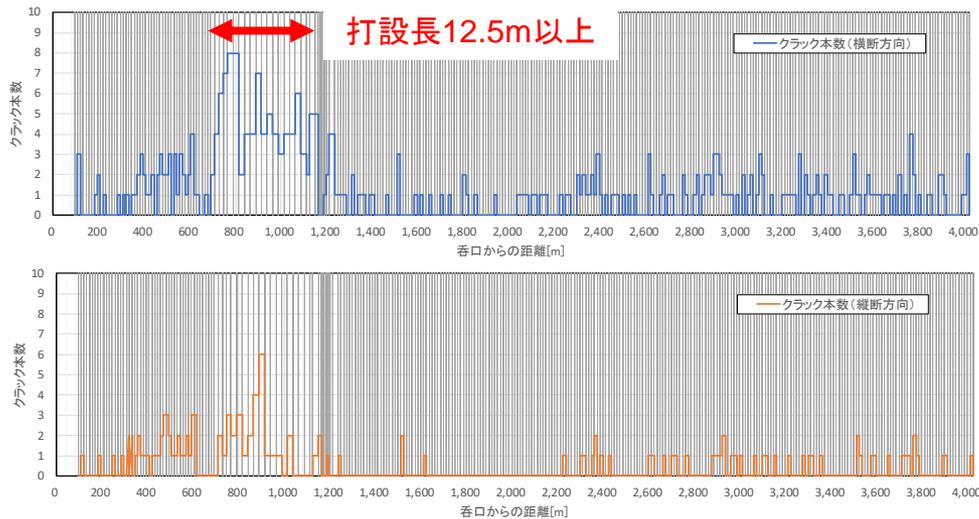
バイパス放流後の状況(R5.11調査)



4.2 メンテナンス計画の作成

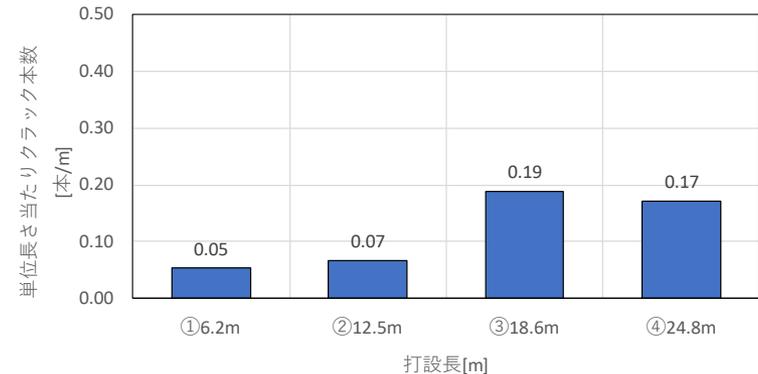
(3) 打設長とクラックの関係性

- 今回の補修工事では縦・横断方向にクラックが発生したことを受けて、今後の復旧工事におけるクラック発生防止の観点から、施工面での対応として打設長（縦断方向の長さ）に着目して検討を行った。なお、施工クラックは、コンクリート強度に対する問題はない。
- 横断方向のクラックは、打設長が12.5mを超えるとクラック密度（単位長さ当たりのクラック本数）が著しく多くなる。
- インバート幅約8mに対して、縦断方向のクラックは発生数が少なかった。
 - クラックにより分断されることでクラック発生の許容値内の引張応力に収まると考えると、打設ブロック規模6～8m程度がクラック発生の閾値と推定できる。
- 打設長を短くすることは「施工手間増大」「工期延長」の要因となることを考慮すると、今回使用した70N/mm²のコンクリートに関しては、打設長として12m程度が「クラック発生の最小化の観点」での目安になると考える。



トンネル位置とクラック発生本数

コンクリート打設長とクラック発生本数の関係



打設長 (呼び称) (m)	打設長 (m)	BL数	のべ本数 (本)	ブロック平均本数 (本)	単位長さ当たりクラック本数 (本/m)
①6.2m	6.2	6	2	0.3	0.05
②12.5m	12.4, 12.5, 12.6	256	214	0.8	0.07
③18.6m	18.0, 18.6	4	14	3.5	0.19
④24.8m	24.8	16	69	4.3	0.17
合計		282	298	1.1	0.07

4.2 メンテナンス計画の作成

(4) インバート補修計画の作成

① 摩耗予測式の検証

■ 摩耗予測式 (Auel式) の課題

- インバートが流失した破壊するメカニズム (ステップ③・④) に対して、Auel式による摩耗予測式では表現できないことが課題であった。
- 別途検討されている石橋式 (衝撃力による摩耗量) の適用性について検証した。

■ 摩耗予測式 (石橋式) による検証

- 石橋式とAuel式の特長の比較表を示す。石橋式には、衝撃力による摩耗量の要素 (C1Ek) を含む。

石橋式: C1Ek (衝撃による摩耗量の係数C1): 衝撃力による摩耗量をステップ①・②に加算し検証

石橋式: C2Wf (摩擦による摩耗量の係数C2): ステップ①・②の範囲内の摩耗量に対し、Auel式による摩耗量と比較し検証

⇒今回、ステップ①・②の段階においても、衝撃力を見込んだ石橋式を適用し、Auel式を相互に用いて摩耗量を算定する。

表 衝撃力 (衝撃の要素) を含む石橋式とAuel式の特長の比較

摩耗式の同定	Auel式	石橋式
算定式	$A_{ri} = \frac{Y_m}{k_v f_t^2} W_{im}^2 I q_{si}$ <p>コンクリートの材質から決まる定数 Y_m: ヤング係数 (Pa) k_v: 摩耗抵抗係数 (-) f_{tsp}: コンクリート引張り強度 (Pa) W_{im}: 平均鉛直粒子衝突速度 (m/s) I: 単位長さ当たりの衝突粒子数 (1/m) q_s: 流砂量 (kg/(sm))</p>	<p>摩耗量 $V_a = C1Ek + C2Wf$ (m³)</p> <p>C1: 材料の特性によって定まる摩耗係数 (実驗値 衝撃による摩耗量の算定係数) C2: 材料の特性によって定まる摩耗係数 (実驗値 摩擦による摩耗量の算定係数) Ek: 衝撃力による総運動エネルギー (衝撃力) × 摩耗箇所にかかる粒子の力 Wf: 摩擦による摩耗仕事量 × 摩耗箇所にか角度をつけた粒子の力</p>
反映できる外力条件	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート強度による違いの反映できる。 引張り強度 f_{tsp} ヤング係数 Y_m インバート強度 (N/mm²) で同定 (例: コンクリート強度 50N/mm² 時ヤング係数: 23.30×10^4 N/mm²) 実績摩耗量に対して K_v を調整し、現地特性に合わせて予測式内で補正が可能であると考えられている。 	<ul style="list-style-type: none"> 摩耗傾向の係数のみ反映 (粒子のエネルギーを補正) するため、コンクリート強度側 (抵抗力側) による違いを反映できない。 既往の摩耗実験により得られた材料特性を反映する。C1、C2はその摩耗実験から算定されているが、<u>高強度コンクリートに対して算定されていない。</u> 砂礫がコンクリート等に衝突したときの衝撃力による摩耗量と摩擦力による摩耗量の和として予測するもの。

【ステップ①⇒②】
摩耗が徐々に進行するメカニズム

ステップ①・②

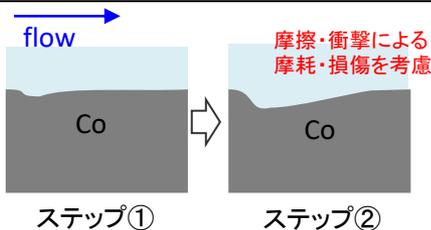


ステップ③・④



【ステップ③⇒④】
摩耗に加え、衝撃 (衝突の要素) により、摩耗・損傷が進行しインバートを破壊

- 摩擦による摩耗に加え、大粒径の衝撃等による摩耗を考慮
- 復旧工事により、インバート下部は、高強度コンクリートで充填し、岩着させたため、今後は、ステップ③・④の損傷は生じない



4.2 メンテナンス計画の作成

(4) インバート補修計画の作成

① 摩耗予測式の検証

バイパス土砂量(摩耗に寄与すると想定される2mm以上)、摩耗予測式より、70N/mm²インバートに対する摩耗量を推定した。

■ 年平均規模(p22: 流入土砂量約64.4万m³、バイパス土砂量約19.2万m³ のケース)に対する摩耗量の推定

$$\text{摩耗量} = C1E_k \text{ (衝撃による摩耗)} + C2W_f \text{ (摩擦による摩耗)} = 5.3\text{mm} + 4.4\text{mm} = 9.7\text{mm}$$

$$\text{摩耗量} = C1E_k \text{ (衝撃による摩耗)} + Auel\text{式} = 5.3\text{mm} + 7.6\text{mm} = 12.9\text{mm}$$

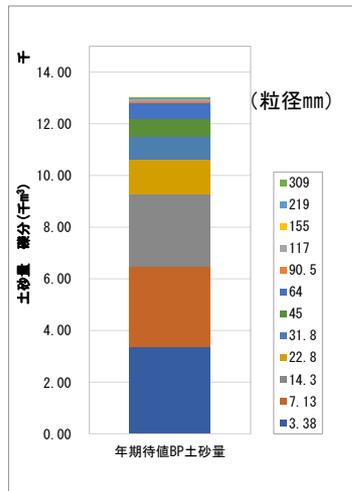
⇒安全側を考慮し、年間約20mmの摩耗量を想定し、補修計画を作成。

■ R2.7出水(流入土砂量約357万m³、バイパス土砂量約188.2万m³ のケース)に対する摩耗量の推定

$$\text{摩耗量} = C1E_k \text{ (衝撃による摩耗)} + C2W_f \text{ (摩擦による摩耗)} = 184.3\text{mm} + 144.7\text{mm} = 329.0\text{mm}$$

$$\text{摩耗量} = C1E_k \text{ (衝撃による摩耗)} + Auel\text{式} = 184.3\text{mm} + 144.7\text{mm} = 329.0\text{mm}$$

⇒R2規模洪水が発生した場合、衝撃の影響を受けても、摩耗量は350mm以下であり、かつ、インバート厚600mmは流失しない。



年期待値となる粒径別BP土砂量

(流入土砂量約64.4万m³に対する

バイパス土砂量約19.2万m³(2mm以上: 1.3万m³)より推定)

年平均規模に対する石橋式及びAuel式による粒径別の摩耗量(mm) (70N/mm²インバート)

粒径(mm)	3.38	7.13	14.3	22.8	31.8	45	64	90.5	117	155	219	309	合計
総土砂量(掃流砂のみ)	3384.1	3078.1	2809.0	1360.0	886.3	674.9	602.2	103.9	53.8	30.5	3.4	2.8	12989.0
粒径別の衝撃による摩耗量 C1Ek(mm)	0.0	1.7	1.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
粒径別の摩擦による摩耗量 C2Wf(mm)	0.0	1.2	1.2	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
粒径別のAuel式による算定(mm)	0.0	0.0	2.4	1.7	1.2	1.0	0.9	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	7.6

4.2 メンテナンス計画の作成

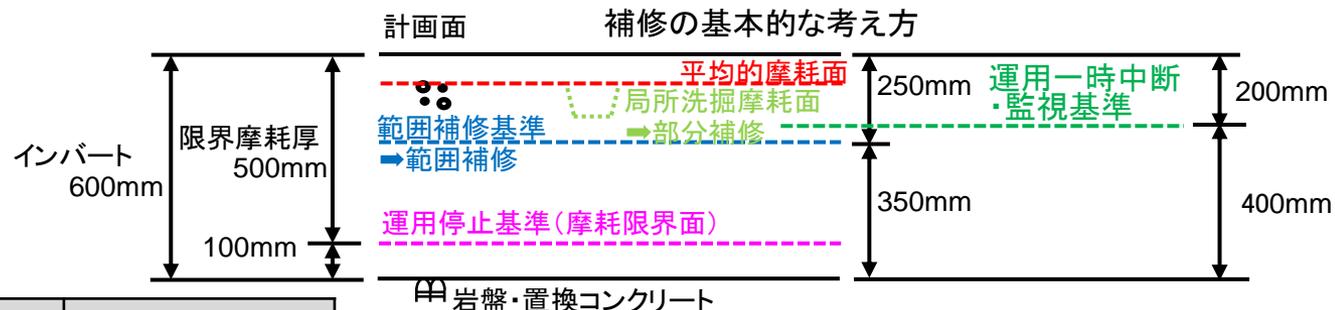
(4) インバート補修計画の作成

② バイパス運用基準及び補修基準の設定

- バイパスの運用を制限するための基準(運用停止基準)、補修の実施を判断するための基準(補修基準)を設定した。

運用基準及び補修基準の考え方

目的	基準	摩耗量	各基準の設定根拠
運用基準	運用停止基準	500mm (残り100mm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ バイパス運用中において、最大摩耗量が500mm程度に達したと予測された場合(余裕厚が100mm程度)に運用を停止する。 ・ 施設の安全性に考慮し、最大限バイパスを運用できるように設定する。
	運用一時中断・監視基準 【R6年度の対応】	200mm程度 (残り400mm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ バイパス運用中において、平均的摩耗量が計画面から200mm程度に達したと予測される時点で、バイパス放流を一時的に中断(運用一時中断)して作業の安全性、摩耗予測の妥当性を確認(監視)した上で、今後のバイパス運用を判断する。 ・ 摩耗予測の不確実性を考慮して、範囲補修基準250mmに達する手前となる平均的摩耗量200mm程度を実施の目安とする。 ・ 摩耗予測量の妥当性を確認する。 ・ バイパス放流量と摩耗量の関連性に関する基礎データを蓄積する。 ・ 必要に応じて摩耗予測式を修正のうえ、バイパス運用の再開の可否を判断する。 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 「運用一時中断を含む監視」は、摩耗量予測式の精度向上に向けた技術データの収集を主目的とした、有期(R6年度の単年を想定)の対応と位置付ける </div>
補修基準	範囲補修基準 【平均的摩耗対応】	平均摩耗量 250mm (残り350mm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平均的な摩耗量が250mm(残り350mm)程度に達した時点で、対象範囲の補修を実施する。摩耗状況、補修期間、補修対象数量等を考慮のうえ、全線を分割(工区割り)して、工区毎に計画面まで単年もしくは複数年で実施する。 ・ R2.7出水が再来しても安全にバイパス運用を実施する(R2.7洪水に対して再度バイパスを運用してもインバートが全損しない)ための基準。 ・ バイパス運用前には、R2.7洪水(バイパス土砂量188.2万m³)に対して摩耗予測式より推定した最大摩耗量329mm以上のインバート厚を必ず確保しておくものとする。



補修の考え方	目的	対象範囲	復旧目標
平均的摩耗対応(範囲補修)	計画面への復旧	広範囲	計画面までの復旧
局所洗掘対応(部分補修)	部分的凹凸の解消	狭い範囲(凹凸の部分)	平均的摩耗面までの復旧
簡易補修	クラックおよび周辺の摩耗・損傷の進行防止	クラック	表面上のクラック補修

4.2 メンテナンス計画の作成

(4) インバート補修計画の作成

③補修規模・頻度

■ 平均的摩耗に対する範囲補修

- 平均的摩耗に対する範囲補修について、「最大放流規模(R2.7実績相当)」および「年平均的規模(p22:流入土砂量約64万m³(54年間の平均)の場合のバイパス土砂量約19.2万m³」の2ケースより、補修規模・補修頻度を設定した。
- 最大放流規模(R2.7実績相当)のケースの場合、インバート厚600mmに対して1回の放流により350mmの摩耗が生じることから、残り厚が250mmとなる。よって、次の最大規模相当の放流に備えて、補修が必要となる。
- 年間平均規模の放流については、最大規模相当の放流に備えて常時350mmのインバート厚を保持することを考えると、厚さ250mm(=600-350)の範囲内で運用する必要がある。12~13年(≒250mm/20mm/年)に1回程度の頻度で補修を行うこととなる。

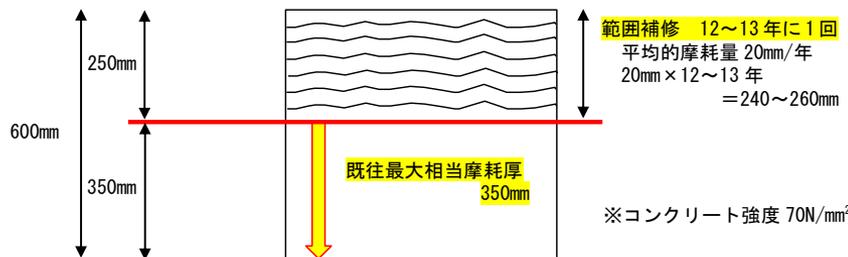
■ 局所洗掘に対する部分補修

- 局所洗掘に対する部分補修は、平均的摩耗面からの摩耗厚が160mm程度(施工品質確保の観点からの目安)もしくは範囲補修基準250mmに達した時点を補修実施のタイミングとし、周辺の高さ(平均的摩耗面)まで部分補修を実施する。
- 補修厚が160mmを下回る場合はコンクリート強度70N/mm²を確保しつつ、施工上の品質確保が可能な最大骨材粒径に調整する。
- 補修範囲の規模が比較的小さいことから、短期間での対応が可能である。非洪水期に加えて洪水期も活用して補修を実施する方針とする。

平均的摩耗対応(範囲補修)

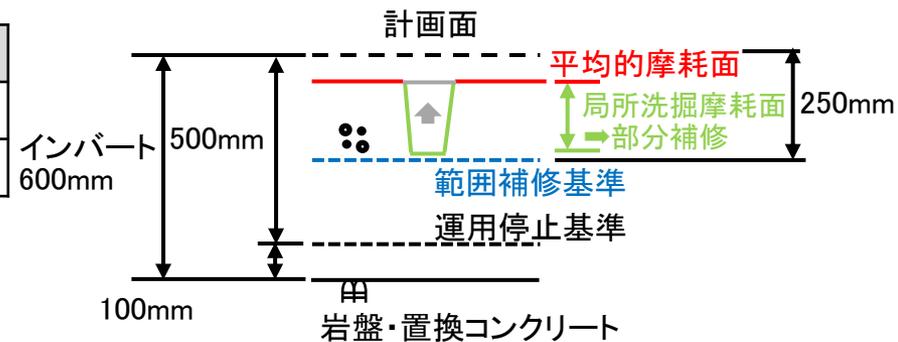
想定ケース

ケース	想定バイパス土砂量	想定摩耗量
最大放流規模(R2.7実績相当)	188.2万m ³	350mm
年間平均的規模	19.2万m ³ /年	20mm



摩耗モデル

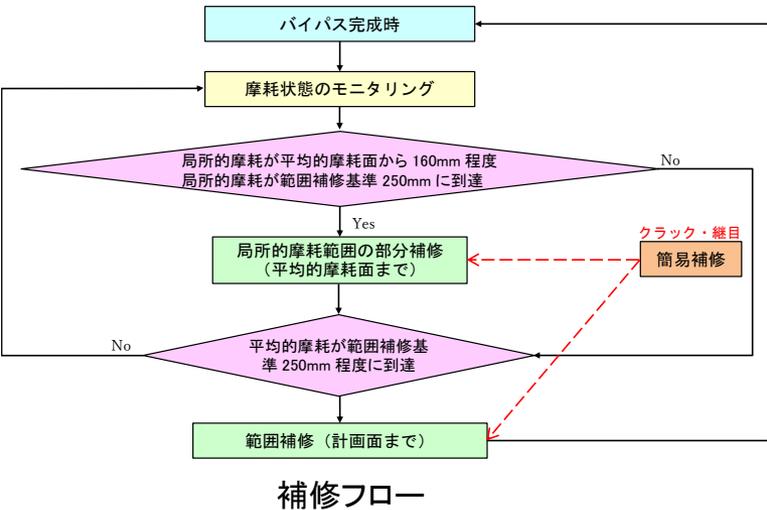
局所洗掘対応(部分補修)



(4) インバート補修計画の作成

④補修サイクル

- 部分補修および範囲補修のサイクルを基本として、補修計画を作成した。
- 簡易補修により局所洗掘の発生を抑制し、局所部の部分補修の頻度の減少を図る。



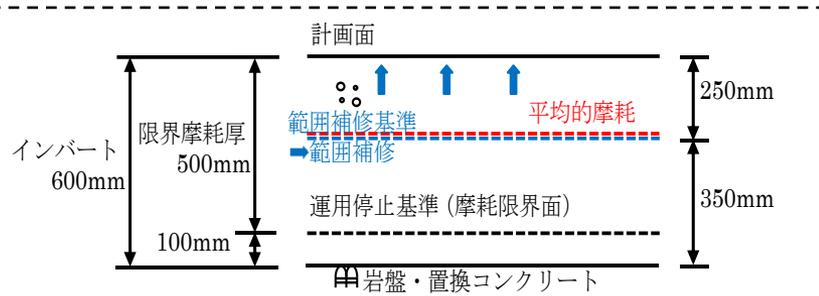
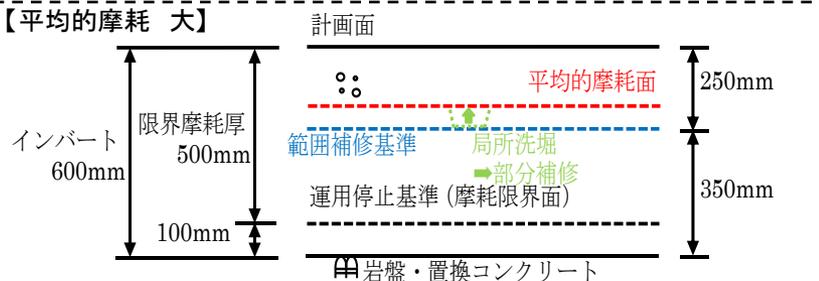
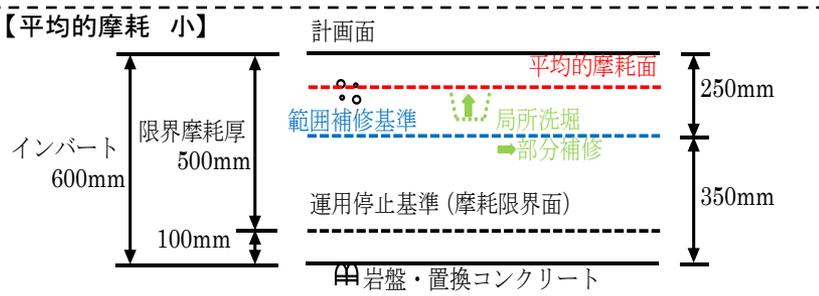
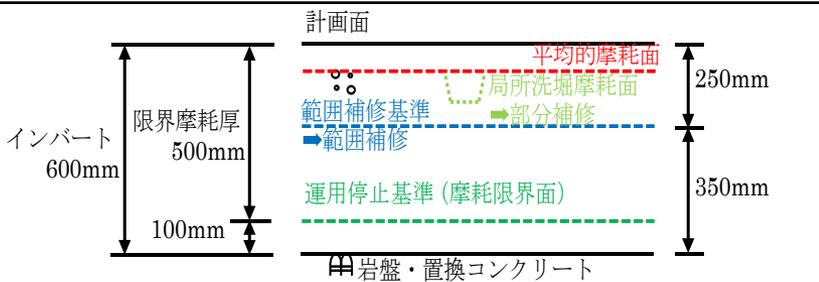
【①初期状態】
・補修直後
※簡易補修を継続的に実施



【②部分補修】
・局所洗掘が平均的摩耗面から160mm程度に達した個所を、平均的摩耗面まで補修
・平均的摩耗の進行後は、局所摩耗が範囲補修基準まで達した個所を平均的摩耗面まで補修



【③範囲補修】
・平均的摩耗が運用停止基準に達するまでに摩耗状況、補修期間、補修対象数量等を考慮のうえ、全線を分割(工区割り)して工区毎に計画面まで補修
⇒①に戻る



4.3 モニタリング計画の作成

(1) 観測機器配置計画



- ### ■ バイパス呑口(分派堰)
- ①電波式水位計:【観測中】
 - ・ 呑口水位によるバイパス放流量の算定
 - ②電磁流速水位計:【観測開始】(国土技術政策総合研究所)
 - ・ 水面変動、河床変動等の調査
 - ・ 流速分布から流量、流砂量の確認

- ### ■ 生田堰堤下流
- ③水位・流速観測:【計画中】
 - ・ ダム流入量の把握(精度向上)



- ### ■ ダム放流口(管理橋)
- ⑩濁度計:【観測中】
 - ・ 高濃度測定用濁度計により、コンジットゲートからの放流土砂を常時観測

- ### ■ バイパス吐口
- ⑧電磁流速水位計:【計画中】
 - ・ バイパス放流量の確認
 - ⑨流砂観測:【計画中】(学識者による対応)
 - ・ 電極板によるバイパス土砂量(流砂量)を把握

- ### ■ バイパストンネル内
- ④流況監視
 - ・ 電波式水位計:【観測中】
 - ・ CCTV映像による流況変化:【観測中(移設計画検討中)】
 - ※バイパスインバートの変状も確認(トンネル上下流)

- ⑤濁度計:【観測中】

- ⑥浮子による流量観測:【調査実施】
 - ・ バイパス放流量の確認、ダムコンとの整合性を確認

- ⑦摩耗計測
 - ・ 三角定規埋設、MMS測量:【観測中】
 - ・ ハンディタイプによる簡易摩耗計測:【実施予定】

- ### ■ ダム下流河道
- ⑪濁度計:【計画中】
 - ・ コンジットゲート、バイパス排砂後の小渋川、天竜川で濁度を常時観測

4.3 モニタリング計画の作成

(2) 構造に関するモニタリング計画

- 令和6年度からの本運用時の土砂バイパストンネル施設のモニタリングは、今後の対策状況に応じたモニタリング調査を実施する。
- 呑口部機能改善対策に関しては、大粒径土砂の移動状況等を継続的に把握し、対策効果を評価する。

箇 所		確認内容	観測方法	確認頻度
呑口部	流木ハネ	流木排除の必要性	目視確認	運用後 分派堰土砂を排除した時点
		損傷の有無		
	主ゲート	操作性、損傷状況	目視確認	運用後 ゲートが全開可能な時点
	副ゲート	操作性、損傷状況	目視確認	
	放流設備 (ラバースチール 鋼製ライニング)	土砂堆積状況	目視確認	運用後
		損傷状況	目視確認	運用後
		材料厚	計測機器による確認	運用後(定期的な抽出調査)
ゲート戸溝及び 底部戸当り	材料厚	計測機器による確認	運用後(定期的な抽出調査) ゲートが全開可能な時点	
トンネル内	局所的損傷	局所的な損傷	・目視確認 ・摩耗・損傷現象の代表性の観点から、トンネル全体の 損傷傾向が推定可能な箇所、局所的に損傷が拡大すると 推定される箇所、特徴的な損傷が発生すると推定される 箇所をモニタリング位置とする。	運用後
		目地周辺状況		
	トンネル全体の損 傷	側壁の状況	目視、計測機器による確認	運用中、後
		インバート不陸の進行状況		
	トンネル全体	土砂の堆積状況	目視	運用後
流下状況		CCTVカメラ、トンネル内水位計データを確認	運用中、後	
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	運用後
	導流壁	導流壁の損傷		
	底張コンクリート	底張工の損傷	・変形状の測量を実施	運用後、水回し、土砂を撤去後
	保護コンクリート	保護コンクリート上面 保護工との境界部	保護コンクリート上面および保護工との境界部で損傷等 の発生状況をモニタリング	運用中、後
	右岸護岸		放流水のせり上がりや溢水の発生状況をモニタリング	
呑口部機能改善対策		第三貯砂堰水通し部 鋼製スリット工	・大粒径捕捉状況を調査	出水前後

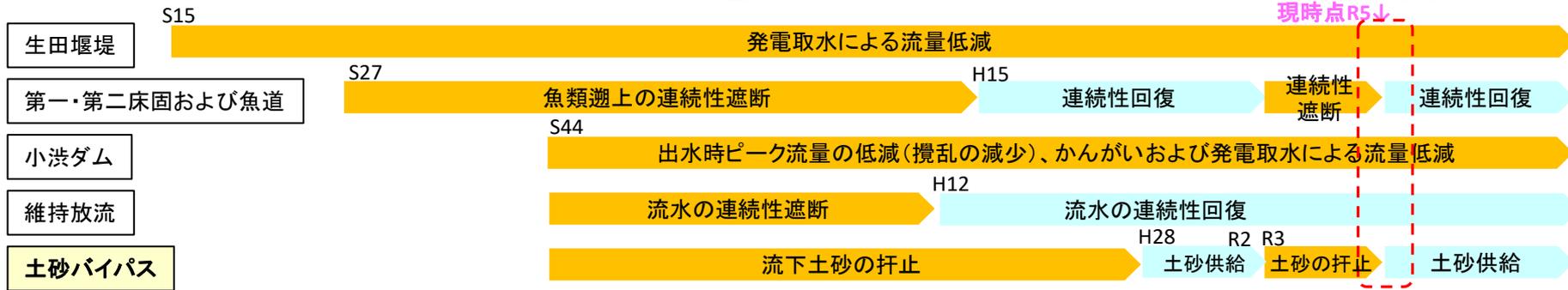
赤字: 今後の対策実施状況に応じたモニタリング調査

5. 第11回環境部会の報告

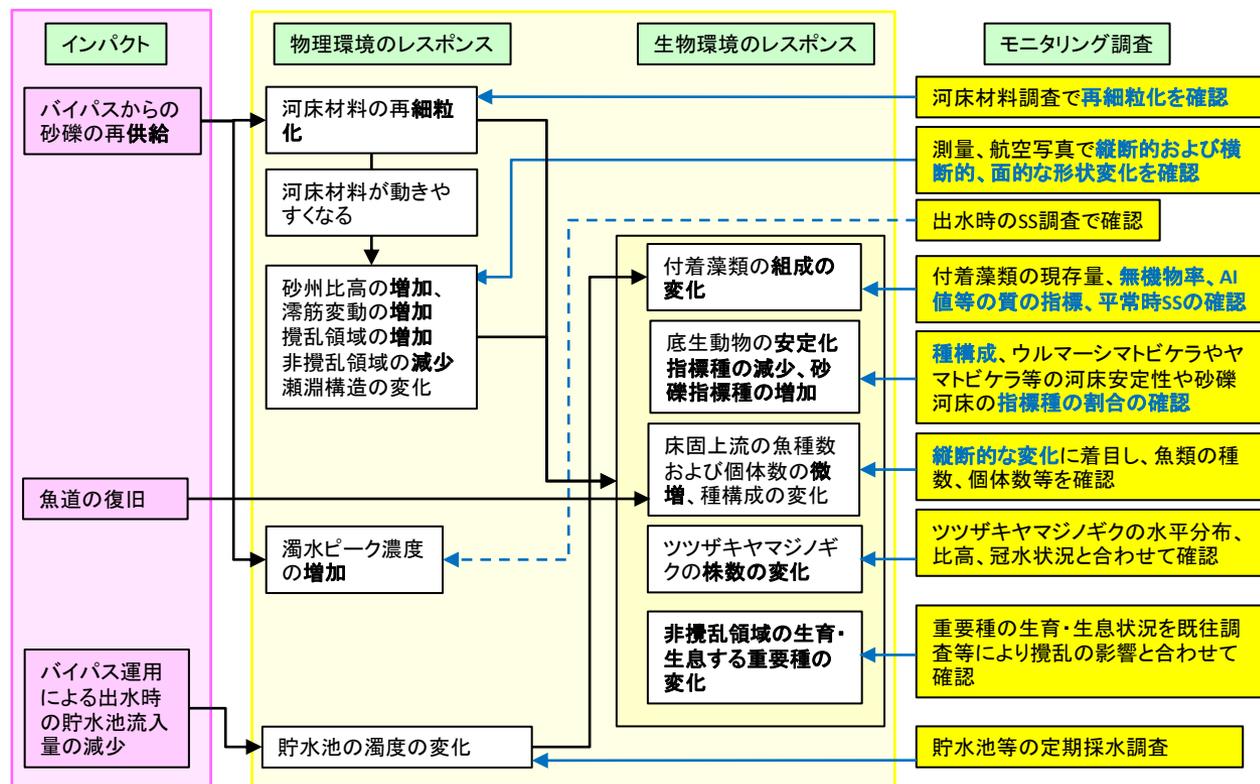
5.1 土砂バイパス運用によるインパクト-レスポンス

(1) バイパス運用のインパクト-レスポンスによる仮説

■ これまでにダム下流河道が受けてきたインパクトを整理し、バイパス運用におけるインパクト-レスポンスの仮説を立てた。



インパクトと下流河道の物理環境のレスポンスの時系列変化



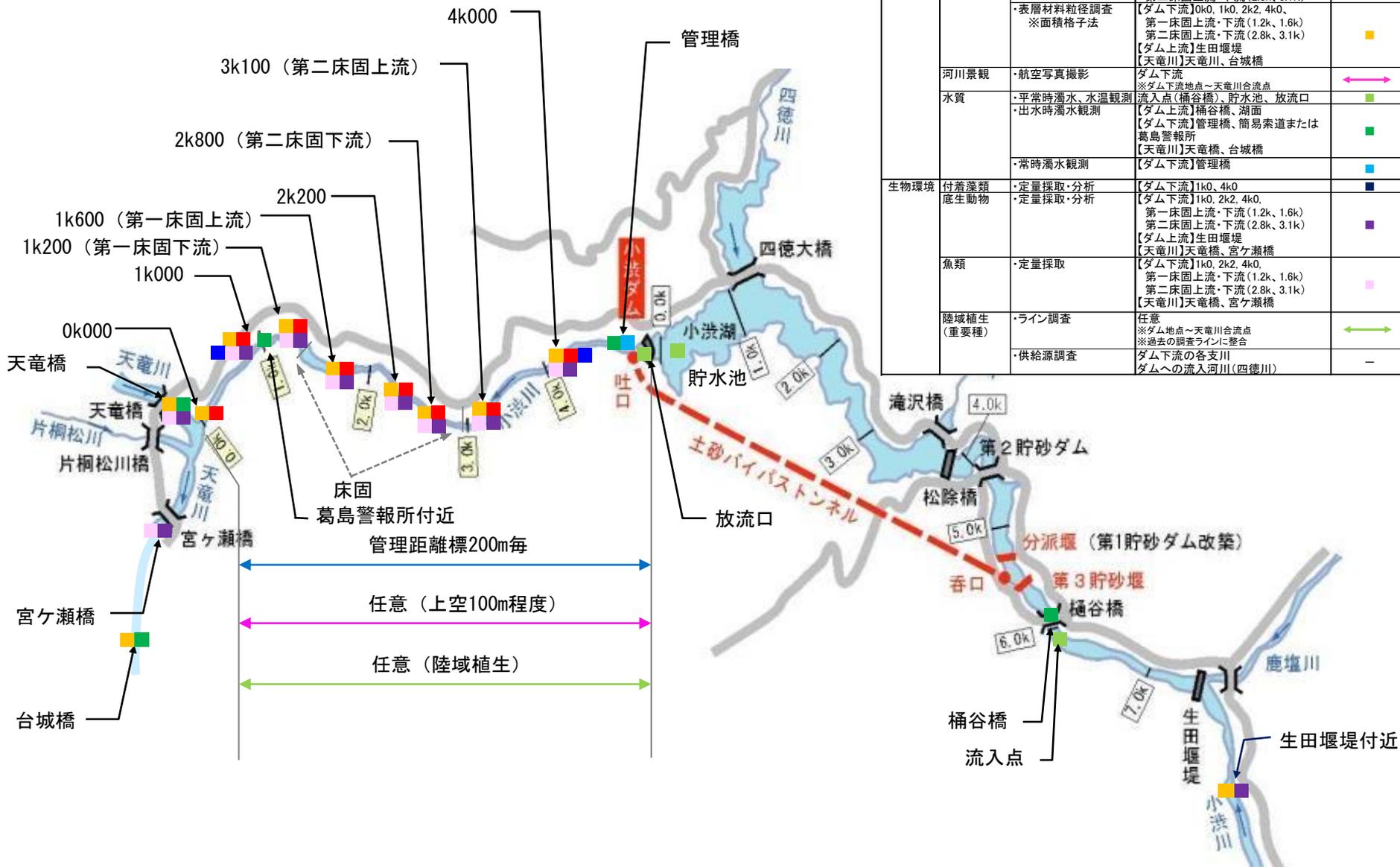
バイパス運用再開等により想定されるインパクト-レスポンス

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
R5.3	魚道復旧
R5.5	土砂バイパス復旧

(1) 令和5年度環境モニタリング調査の概要

令和5年度の環境モニタリング調査地点

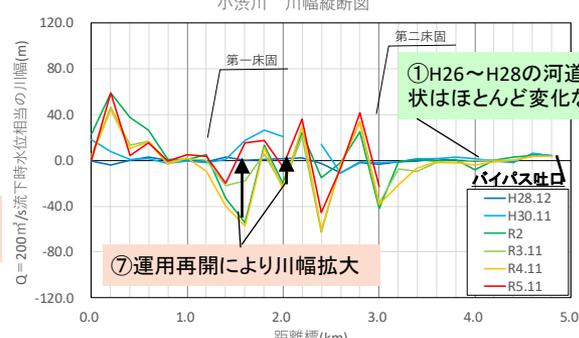
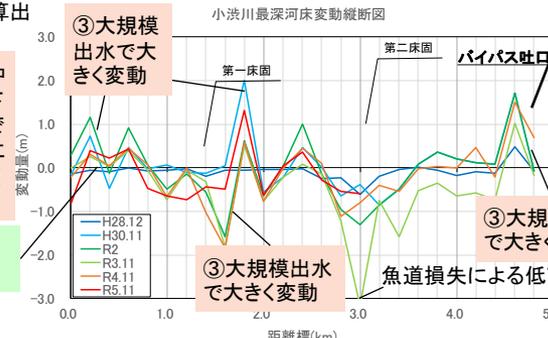
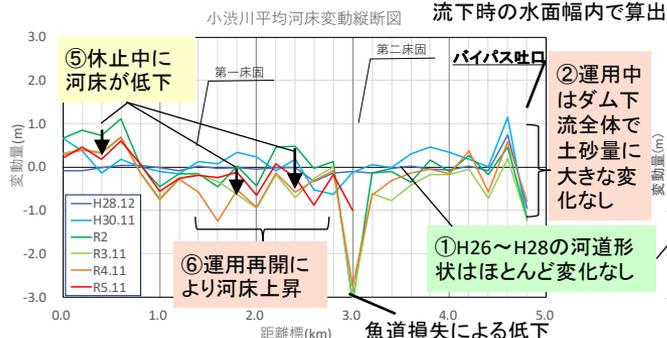
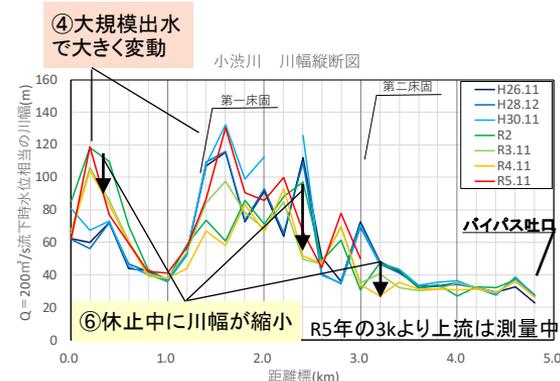
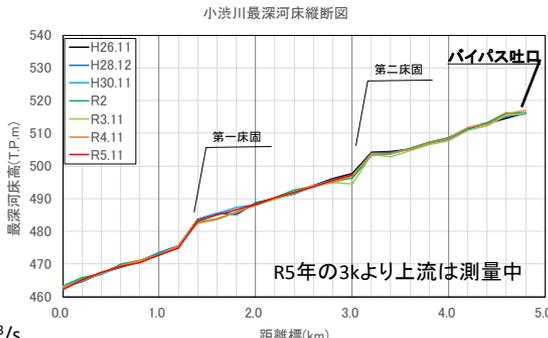
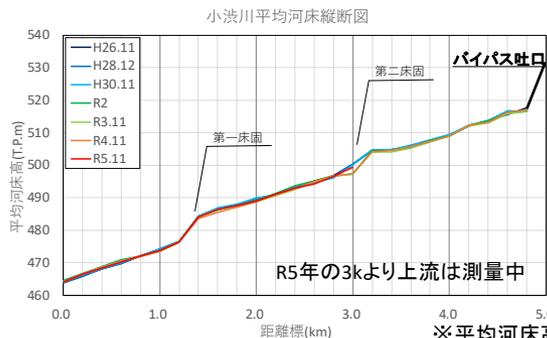


区分	調査項目	調査地点	図中の記号	
物理環境	河床形態 (河床形状)	・横断測量 ・レーザー測量	距離標200m毎 ダム下流の小渋川全域	←→
	河床形態 (河床材料)	・河川材料粒径調査 (容積サンプリング法)	【ダム下流】0k0, 1k0, 2k2, 4k0, 第一床固上流・下流 (1.2k, 1.6k) 第二床固上流・下流 (2.8k, 3.1k)	■
		・表層材料粒径調査 ※面積格子法	【ダム下流】0k0, 1k0, 2k2, 4k0, 第一床固上流・下流 (1.2k, 1.6k) 第二床固上流・下流 (2.8k, 3.1k) 【ダム上流】生田堰堤	■
	河川景観	・航空写真撮影	ダム下流 ※ダム下流地点～天竜川合流点	↔
	水質	・平常時濁水、水温観測 ・出水時濁水観測	流入点 (桶谷橋)、貯水池、放流口 【ダム下流】桶谷橋、湖面 【ダム上流】管理橋、簡易索道または葛島警報所 【天竜川】天竜橋、台城橋	■
	・常時濁水観測	【ダム下流】管理橋	■	
生物環境	付着藻類	・定量採取・分析	【ダム下流】1k0, 4k0	■
	底生動物	・定量採取・分析	【ダム下流】1k0, 2k2, 4k0, 第一床固上流・下流 (1.2k, 1.6k) 第二床固上流・下流 (2.8k, 3.1k) 【ダム上流】生田堰堤 【天竜川】天竜橋、宮ヶ瀬橋	■
	魚類	・定量採取	【ダム下流】1k0, 2k2, 4k0, 第一床固上流・下流 (1.2k, 1.6k) 第二床固上流・下流 (2.8k, 3.1k) 【天竜川】天竜橋、宮ヶ瀬橋	■
	陸域植生 (重要種)	・ライン調査	任意 ※ダム地点～天竜川合流点 ※過去の調査ラインに整合	↔
	・供給源調査	ダム下流の各支川 ダムへの流入河川(四徳川)	-	

5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析

(2) 物理環境の調査結果 ①横断測量

- **運用前(H26-H28)** 平成26年～28年の①河道形状はほとんど変化がなかった。
- **運用中(H28-R2)** 平均河床高、最深河床高、川幅に以下の変化が生じた。土砂の供給により、河道が動きやすくなったものと考えられる。
 - ・平均河床高: 経年的、局所的に堆積、洗掘の変動はあるが、一方的な堆積傾向または洗掘傾向は見られず、②ダム下流全体で大きな縦断変化はなかった。
 - ・最深河床高: ③第一床固等で平成30年、令和2年の出水で大きく変動した。
 - ・川幅: ④第一床固から第二床固間、天竜川合流点付近において、平成30年、令和2年の出水で大きく変動した。
- **休止中(R3-R4)** ⑤全体的に平均河床高が低下した。川幅は、局所的に拡大した地点があるものの、⑥全体的には縮小傾向となっていた。
- **運用再開(R5)** ⑦第一床固から第二床固間で平均河床高の上昇、川幅の拡大傾向が見られた。



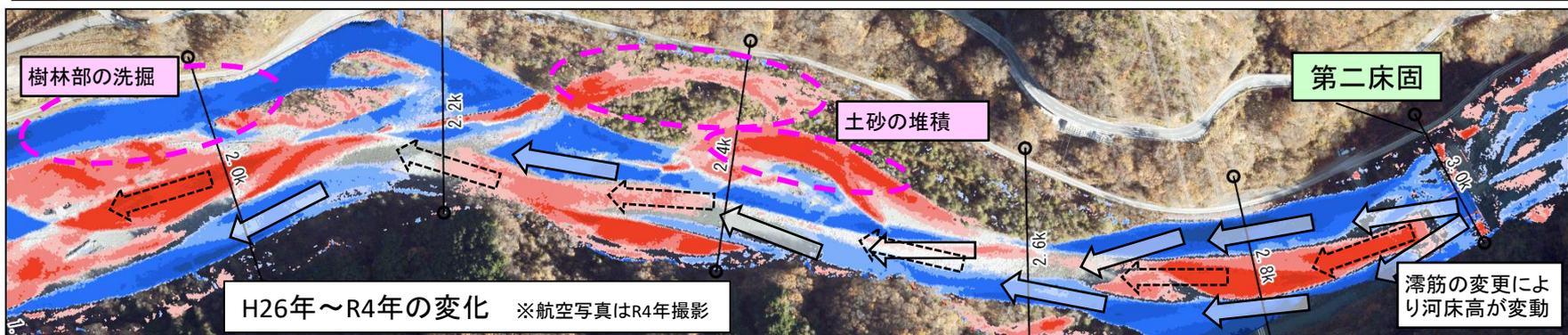
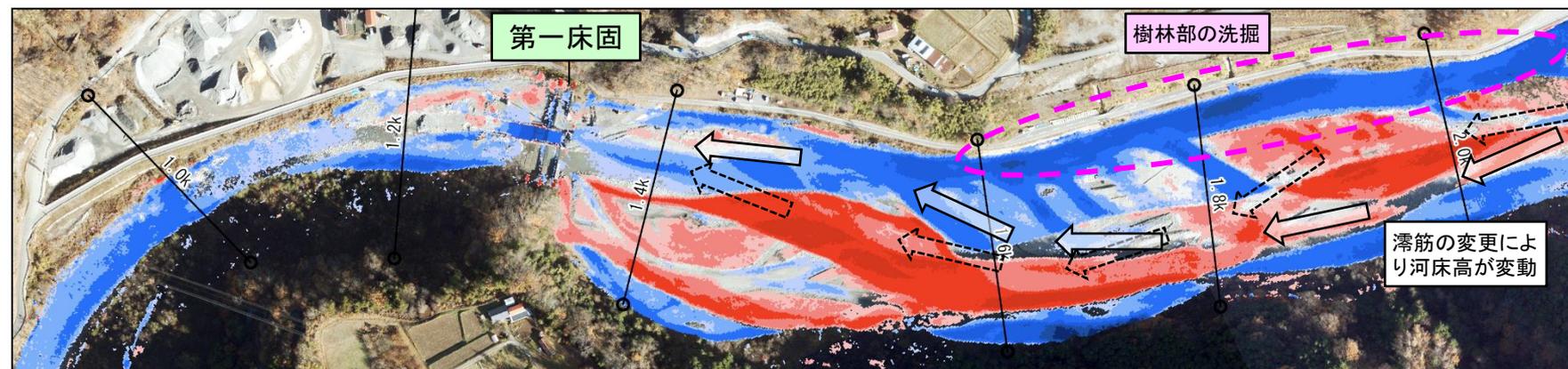
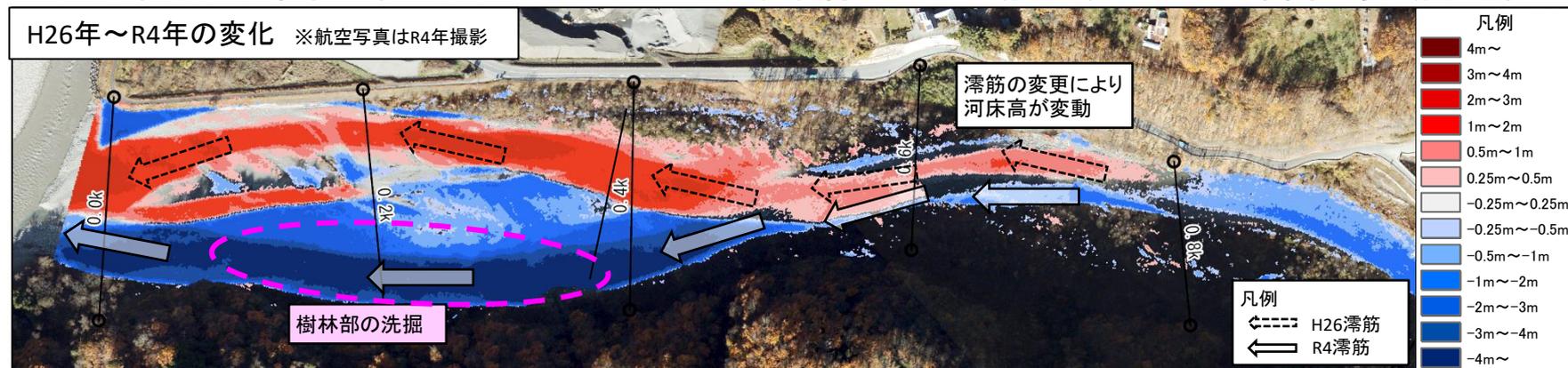
平均河床高縦断面図(上)とH26からの変動量図(下)

最深河床高縦断面図(上)とH26からの変動量図(下)

川幅縦断面図(上)とH26からの変動量図(下)

(2) 物理環境の調査結果 ②河床変動量(LP測量結果)

■ 平成30年および令和2年のバイパス運用により、滞筋が大きく動くようになり河床高が変動した。



(2) 物理環境の調査結果 ③河床材料(容積サンプリング)

■ **運用前(H26-H28)** 平成26年～28年の粒径は比較的安定していた。

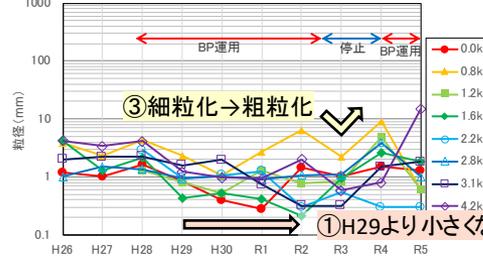
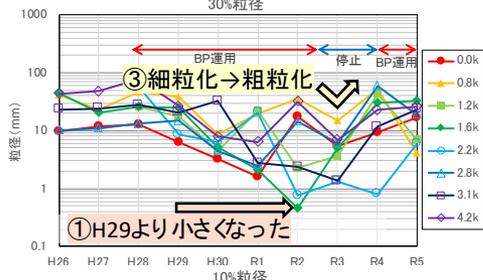
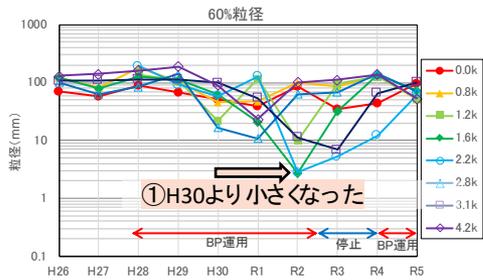
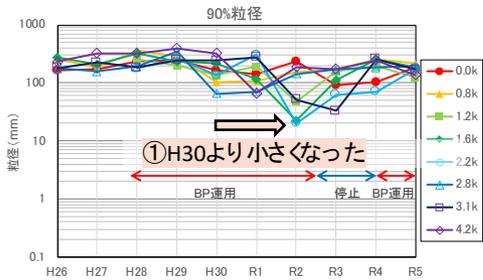
■ **運用中(H28-R2)** バイパスからの土砂によって粒径は全体的に小さくなる傾向を示した。

・経年変化: 細粒化が徐々に進行し、①30%、10%粒径は平成29年から、90%、60%粒径は遅れて平成30年から小さくなった。

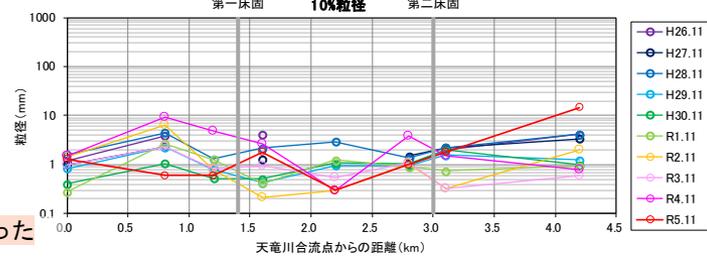
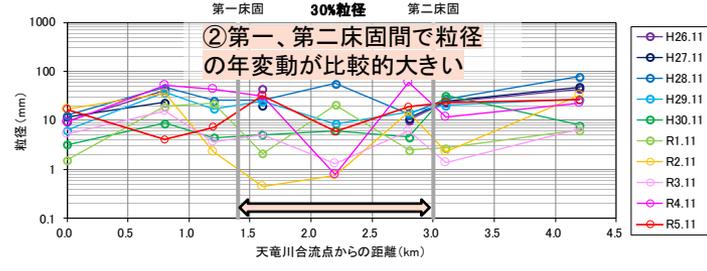
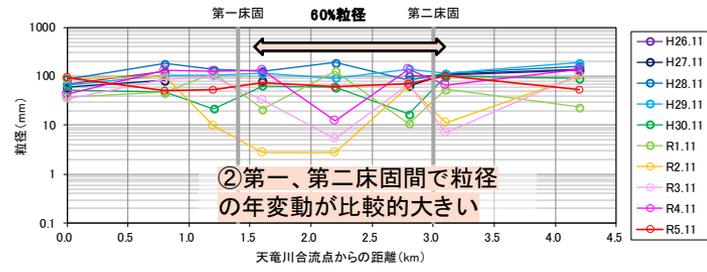
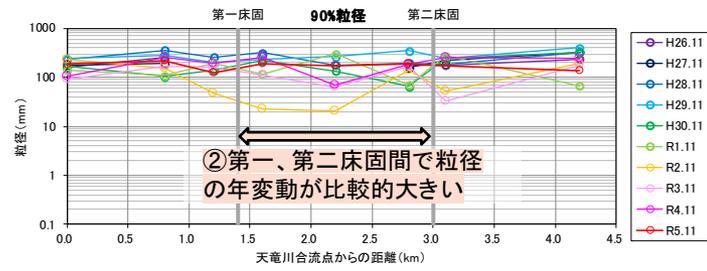
・縦断変化: ②第一床固～第二床固間は、粒径の年変動が比較的大きかった。河床勾配が比較的緩く、土砂が堆積しやすいためと考えられる。

■ **休止中(R3-R4)** バイパスからの土砂供給がなく、③運用中に供給され堆積した細粒土砂が流失し、粗粒化する傾向がみられた。

■ **運用再開(R5)** バイパス運用が再開され、主に第二床固より下流域で休止中に粗粒化した箇所が再細粒化する傾向がみられた。



経年変化図

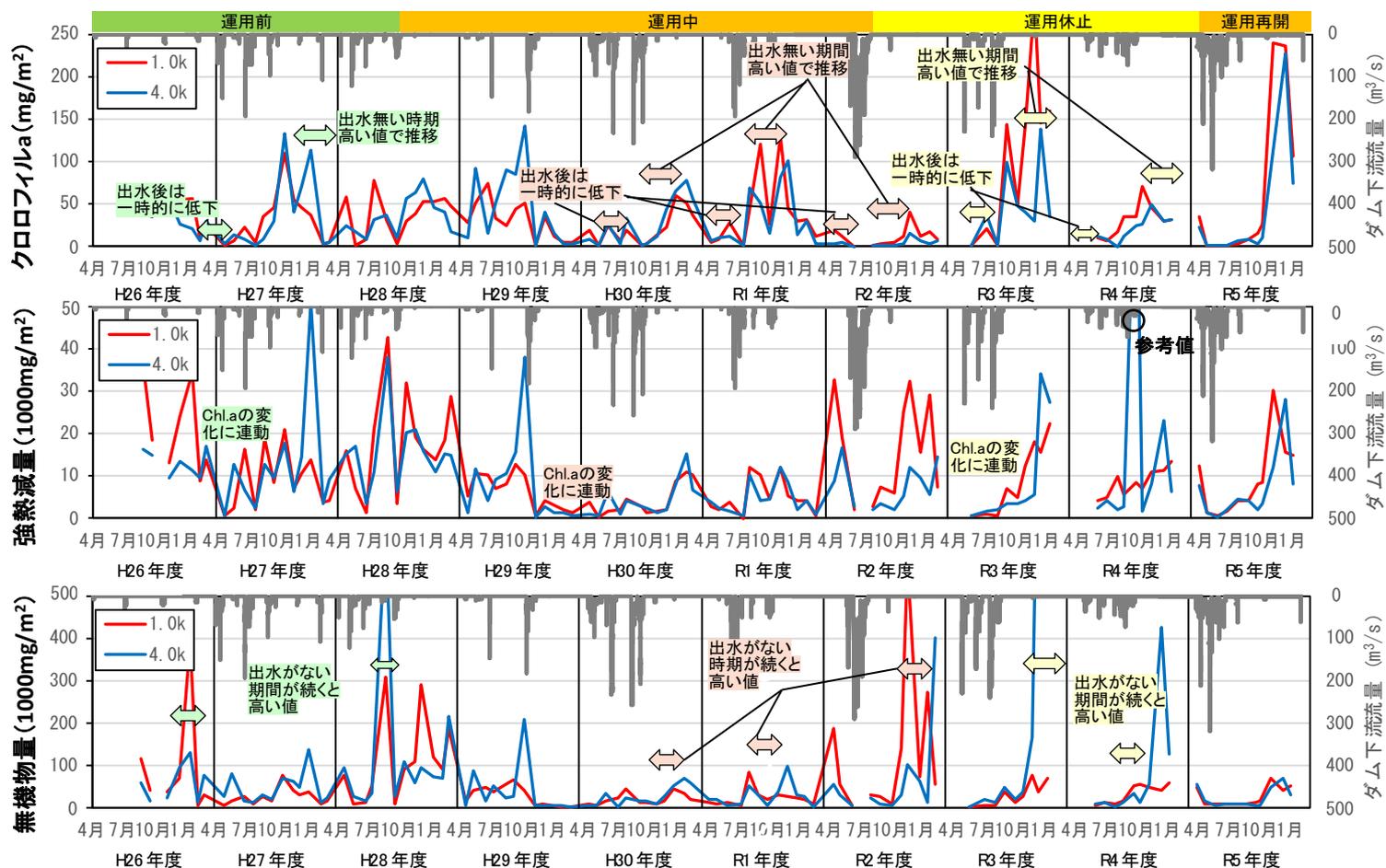


縦断変化図

(3) 生物環境の調査結果 ①付着藻類調査（現存量と質）

【付着藻類の現存量;クロロフィルa、強熱減量、無機物量】

- **運用前(H26-H28)** 大きな出水でクロロフィルa、強熱減量及び無機物量が大きく減少し、出水がない期間に値が徐々に高くなる傾向を示していた。
- **運用中(H28-R2)** 運用前と同様に出水で大きく減少し、その後徐々に増加する傾向を示した。
- **休止中(R3-R4)** 運用前と同様に出水で大きく減少し、その後徐々に増加する傾向を示した。
- **運用再開(R5)** 運用前と同様に出水で大きく減少した。令和5年は生田堰堤工事のための取水停止に伴い、4月～8月頃まで流量が多く、その期間は、クロロフィルaや強熱減量、無機物量が低かった。



5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析

(3) 生物環境の調査結果 ②底生動物調査 (総個体数と生活型別構成割合)

- **運用前(H26-H27)** ①緩やかな年変動はあるものの、ダム下流では生活型構成に変化が少なく、粗粒化した安定河床を好む**造網型**が多かった。
- **運用中(H28-R2)** ②ダム下流では、地点によって応答に差があるものの**造網型**が減少し、砂や泥に潜って生活する**掘潜型**が増加した。ただし令和2年は7月以降出水がなく流況が安定したため、**造網型**が増加した。
- **運用休止中(R3-R4)** ③ダム下流では令和元年までの運用中に比べ、砂や泥に潜って生活する**掘潜型**が減少し、粗粒化した安定河床を好む**造網型**が増加した。
- **運用再開(R5)** ④令和5年は、ダム下流で特定の生活型が優占する状況ではなかった。例年、ダム下流は維持流量の0.72m³/sが流下しているが、令和5年は生田堰堤工事のため取水されておらず、5月から7月21日まではゲート放流が続いていた。一方で7月21日以降はほとんど放流がなく、安定した状態が長く続いていた結果と考えられる。

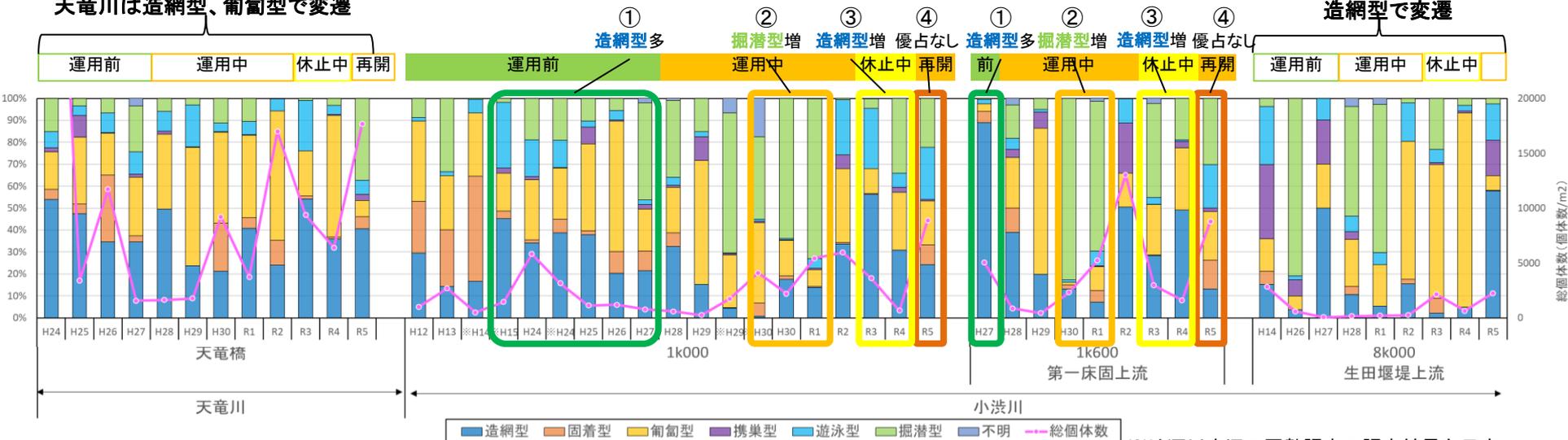
土砂供給により想定される変化

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)

天竜川は造網型、匍匐型で変遷

ダム上流は掘潜型、匍匐型、造網型で変遷

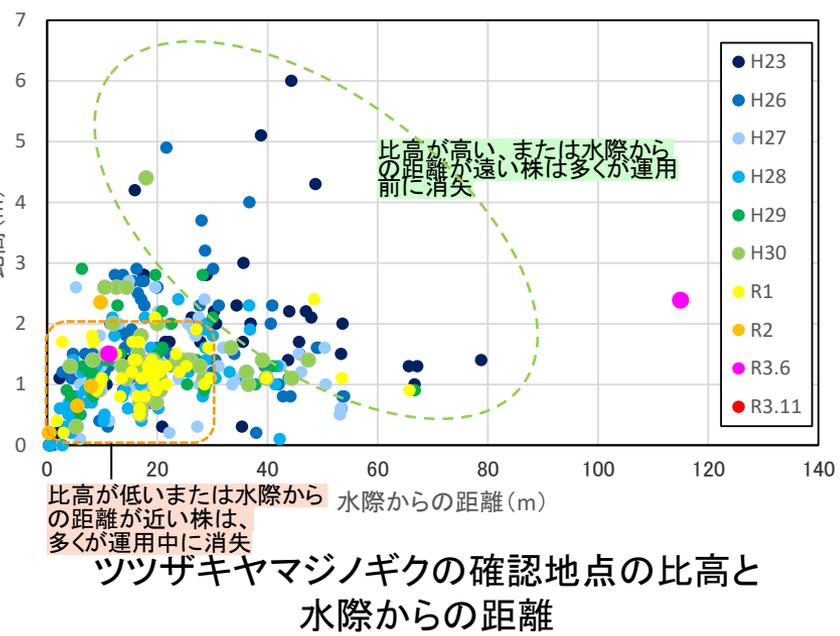
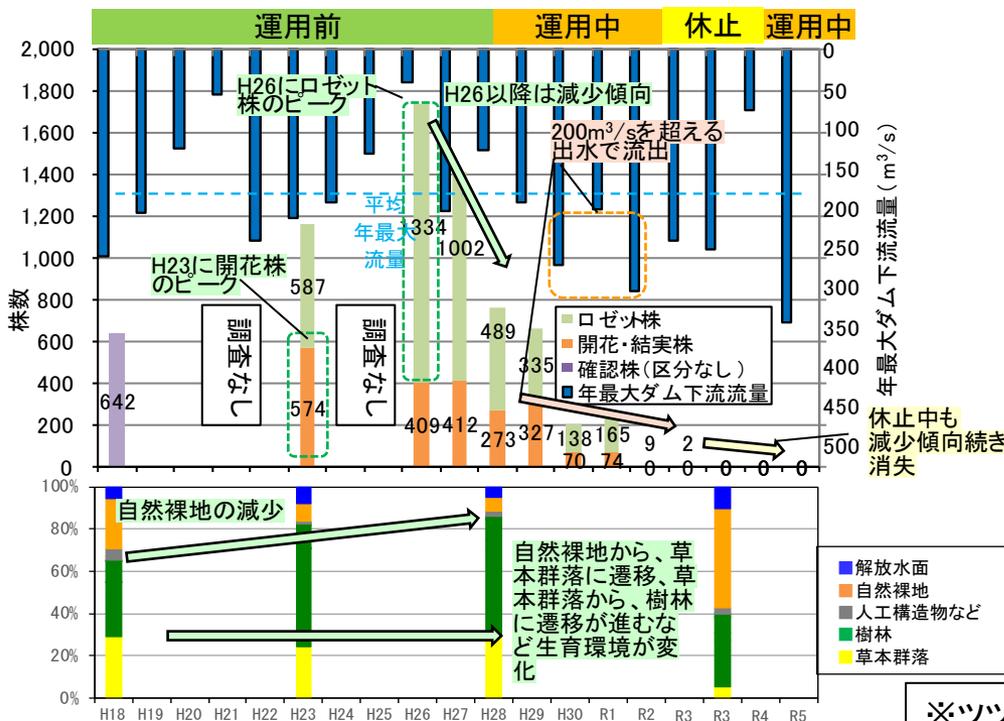


総個体数と生活型別構成割合

※は河川水辺の国勢調査の調査結果を示す

(3) 生物環境の調査結果 ③陸上植物調査 ツツザキヤマジノギクの確認状況

- **運用前(H23-H28)** 開花株は平成23年、ロゼット株は平成26年をピークに**バイパス運用前から減少傾向**にあった。水際から遠く、比高が高い地点で多く消失しており、**自然裸地が減少し草本群落が樹林化する**など、植生遷移が進んだため、ツツザキヤマジノギクが減少したと考えられる。
- **運用中(H28-R2)** 平成30年、令和2年の250m³/s以上の出水後は、ロゼット株のみ9株が確認され、それらは開花前に消失した。水際から近く、比高が低い地点で多く消失した。200m³/sを超える出水が続いたことにより、生育箇所が大きく攪乱されたためと考えられる(過年度報告済み)。
- **休止中(R3-R4)** 令和3年11月に個体数が増加することなく、確認株数が0となった。令和4年はダム下流域に加えて、種子供給源となりうる支沢やダム上流域も含めて調査を実施したが、ツツザキヤマジノギクは確認されなかった。
- **運用中(R5)** ツツザキヤマジノギクは確認されなかった。



※ツツザキヤマジノギクは2年草のため、2年後にはその株自体は枯れる。個体群が継続されるためには、新たな株が定着する環境(自然裸地等)が維持される必要がある。

ツツザキヤマジノギク株数の経年変化 (上図)
ツツザキヤマジノギクの生育環境の変化 (下図)

5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析

(3) 生物環境の調査結果 ④攪乱領域の整理と生物生息状況

- 河川敷で確認され、攪乱への依存性・耐性が比較的高く、移動性・分散性が低い種については、バイパス運用による攪乱の強度・頻度の増大により消失する可能性が高いと考える。
- 河川敷で確認される重要種12種のうち、消失の可能性が高い種に該当するのは、ツツザキヤマジノギクの他にカワラニガナが挙げられ、今後注意が必要である。なお該当していない河原性重要種についても留意していく。

河川水辺の国勢調査で確認した重要種、令和5年調査で確認した重要種 (個体数)

分類群	種名	H17~H21*2		H27~H31*2		R5*3	生態情報	河川・河川敷の確認	攪乱への依存度	移動性・分散性
		天竜川*	小渋川下流	天竜川*	小渋川下流	小渋川下流				
動物	カヤネズミ	25		12	1		河川敷や里地の草地に生息	○	×	○
	ツチガエル	33	2	12			河川などに生息、よどみのない止水で繁殖	○	×	○
	トノサマガエル	27	1	26		4	水田・湿地・水辺まわりの草地に生息	○	×	○
	シロマダラ		1				平地から山地の森林に生息			
	ハイタカ				1		針葉樹林帯に生息			
	ハヤブサ				1		岩棚で繁殖、生息			
	ヤマセミ					1	渓谷に生息			
	サンショウクイ				8	1	落葉樹のある環境			
	オオナガレトビケラ		2				高山の溪流、清冽な水域に生息	○	×	○
	クロツバメシジミ東日本亜種				43	3	露岩地、崖地のツメレンゲを食草とし生息			
	オオムラサキ	3		1		1	森林に生息、エノキを食草とし生息			
	マスタチビヒラタドロムシ		※				幼虫は河川内に、成虫は礫河原周辺に生息	○	×	○
タマムシ	1	1				温暖で良好な二次林に生息				
アイヌテントウ			6	1	8	カワラヨモギに依存し生息	○	×	○	
フタスジゴマフカミキリ				1	2	オニグルミが多生する環境に生息				
ヨツボシアカツツハムシ					20	カワラヨモギに依存し生息	○	×	○	
オオセイボウ		※				スズバチやトックリ蜂類の巣に寄生				
トゲアリ		※				広葉樹林を好み、低山地の里山に多く生息				
ニッポンハナダカバチ				10		砂地に生息				
コムラサキ	1	2				林縁等 湿気のあるところに生育	○	×	△	
モメンヅル				7	101	山地帯の草地に生育				
イワオモダカ	5	2	13	4	156	崖や立木に着生				
ツメレンゲ	5		9	1	2710	護岸上や崖地に生育				
イワレンゲ					10	護岸上に生育				
イヌハギ					21	草地に生育				
ミヤマタゴボウ				3	16	山地帯の木陰に生育				
メハジキ				9	297	砂礫地や草地に生育				
ヒキヨモギ		※				低山の日当りのよい草地、河原に生育	○	×	△	
カワラニガナ		1		2		日当りのよい河原の砂礫地に生育	○	○	△	
ヒエガエリ	1		8		22	礫河原や草地に生育	○	×	△	
エビランダ		※				林内の湿った岩壁に着生				
イワアカザ		※				山地の草地などに生育				
シナノコザクラ		※				山地の石灰岩の岩場に生育				
タチキランソウ				1	20	山地帯の林縁や装置に生育				
マメザクラ		※				山地に生える落葉低木				
マツグミ					1	樹上に半寄生				
ツツザキヤマジノギク	6	41	9	53		人里近くの河原、土手、草原に生育	○	○	△	
計	確認種数	10	17	10	16	18				

■ : 河川敷で確認される重要種
 ■ : 特に注意が必要な重要種

※ : 調査時は重要種ではなかったため、詳細な確認地点が不明な種

○ : 確認・生息可能性あり
 攪乱依存型である
 × : 確認・生息可能性低い
 攪乱依存型ではない

*1 : 小渋川合流点付近の天竜川の調査地区(1~2地区)で確認した種

*2 : 河川水辺の国勢調査。分類群ごとに調査年度が異なる。

*3 : 陸域の重要種モニタリング調査

注 : 重要種の確認地点は、攪乱領域図と重ね合わせて次頁に示す。

5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析

(4) 土砂BP運用による環境に関する評価(調査結果のまとめ)

- 土砂バイパスの運用またはゲートから水のみをの放流により、土砂バイパスから供給された砂・礫が移動し、河床高、滯筋、河床材料の粒度組成が変動し、土砂バイパスの効果が確認された。

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	運用前(～H27)	運用中(H28～R2)	休止中(R3～R4)	運用再開(R5～)	バイパスの評価
河道形状	土砂の堆積、洗掘状況ならびに滯筋の変化を把握	<ul style="list-style-type: none"> 河床高、横断形状の変化はほとんどなかった。【本編P41①】、【参考資料P4-7】 土砂の堆積また洗掘はほとんどなかった。【参考資料P13】 滯筋はほとんど移動しなかった。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 平均河床高に大きな変化は見られないものの、平成30年出水と令和2年出水のバイパス運用により、<u>第二床固下流で川幅が大きく変化した。</u>【本編P41②-④】、【参考資料P4-7】 平成30年出水と令和2年出水のバイパス運用により、<u>土砂が堆積する傾向がみられた。</u>【参考資料P12-16】 平成30年出水と令和2年出水のバイパス運用により<u>滯筋が大きく変化した。</u>【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 全体的に平均河床高が低下した。横断形状の変化はほとんどなかった。【本編P41⑤⑥】、【参考資料P4-7】 コンジットゲートから水だけが放流され、洗掘される傾向が見られた。【参考資料P12-16】 滯筋の移動は運用時よりも小規模だった。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 第一床固から第二床固間で<u>平均河床高の上昇、川幅の拡大が</u>みられた。【本編P41⑦】、【参考資料P4-7】 LP測量結果は整理中 バイパス運用再開により、<u>天竜川合流点や1.4～1.6kで滯筋が</u>変化した。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用が、<u>ダム下流河道における攪乱の増加</u>に寄与したと考えられる。
河床材料	粒径の変化を把握	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用前の粒径は粗粒化した状態ではほぼ変化がなかった。【本編P43】、【参考資料P64】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用以降、<u>全体的に徐々に細粒化が進行する傾向</u>が見られた。河床勾配が比較的緩く、土砂が堆積しやすい第一床固～第二床固間では、<u>粒径の変動が比較的大きい傾向</u>であった。【本編P43①②】、【参考資料P64】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用中に<u>堆積した細粒土砂が</u>流失し、<u>全体的に粗粒化する傾向</u>がみられた。【本編P43③】、【参考資料P64】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用再開により、主に第二床固より下流域で<u>休止中に粗粒化した箇所が再細粒化し、地点間の違いが減少する傾向</u>がみられた。【本編P43】、【参考資料P64】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用が、<u>ダム下流河道における粗粒化の抑制、細粒化に寄与</u>したと考えられる。

※参考資料:委員会参考資料環境編

5.2 令和5年度環境モニタリング調査結果の報告及び変化の分析

(4) 土砂BP運用による環境に関する評価(調査結果のまとめ)

- 土砂バイパスの運用により、自然裸地が増加し、河道内の樹林が減少した。
- 土砂バイパスの運用により、出水時にダム上流と同程度の高濁度の水が、ダム下流に流れるようになった。

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	運用前(～H27)	運用中(H28～R2)	休止中(R3～R4)	運用再開(R5～)	バイパスの評価
河川 景観 (垂直 写真)	自然裸地、 植生の状 況の面的 な把握	<ul style="list-style-type: none"> 運用前は濡筋が固定化されていたことにより、徐々に植生遷移が進行していた。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 平成30年出水と令和2年出水のバイパス運用により第二床固下流で濡筋が大きく移動し、樹林が流失し自然裸地が増加した。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 0.2k付近で左岸の樹林が侵食された。また1.6～1.8k付近で、濡筋の移動により樹林が流失し、自然裸地が増加した。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> 運用再開により、1.8k-3.2kの流路が移動し、中洲の形成等、自然裸地が増加した。【参考資料P20-31】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用が、<u>ダム下流河道における攪乱の増加</u>に寄与し、<u>自然裸地を増加</u>させたと考えられる。
水質	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> ダム上流に比べるとダム下流の出水時SSは、大幅に小さかった。【参考資料P65,66】 平常時の貯水池のSSは比較的に低く、安定していた。【参考資料P68】 	<ul style="list-style-type: none"> 運用中の出水時SSはダム上流と同程度になった。【参考資料P65,66】 大規模な出水により平成30年以降ダム流入点の平常時のSSが上昇しており、貯水池の平常時のSSも高い状態が続いている。【参考資料P68】 	<ul style="list-style-type: none"> ダム上流に比べるとダム下流の出水時SSは、大幅に小さかった。【参考資料P65,66】 同左。 	<ul style="list-style-type: none"> 規模の大きな出水時に採水していないため評価できず。【参考資料P65,66】 同左。 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用が<u>ダム上流と下流での浮遊砂の連続性確保に一定量</u>寄与したと考えられる。 平常時の貯水池のSSに対してバイパスの効果は確認されていない。

(4) 土砂BP運用による環境に関する評価(調査結果のまとめ)

- 付着藻類についてはバイパス運用よりも出水の有無の影響が大きいと考えられた。
- 魚類、底生動物については河床材料の変化に伴う種組成の変化が確認され、バイパス運用が寄与したと考えられた。

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	運用前(～H27)	運用中(H28～R2)	休止中(R3～R4)	運用再開(R5～)	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	<ul style="list-style-type: none"> 大きな出水が生じるとクロロフィルa、強熱減量及び無機物量が一時的に低くなり、出水がない期間に値が徐々に高くなる傾向を示した。【本編P44】 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 生田堰堤工事のための取水停止に伴い、流量が多く、比較できない。【本編P44】 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に出水により現存量が増減する。土砂バイパスの運用による明確な影響は確認されなかった。
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	<ul style="list-style-type: none"> 安定河床を好む造網型が多かった。【本編P45①】 携巢型の中で、ヤマトビケラ属が優占する傾向はみられなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 造網型が減少し、砂や泥に潜って生活する掘潜型が増加した。【本編P45②】 携巢型の中で、ヤマトビケラ属が優占した。【参考資料P81】 	<ul style="list-style-type: none"> 安定河床を好む造網型が増加した。【本編P45③】 携巢型の中で、ヤマトビケラ属が優占する地点が減少した。【参考資料P81】 	<ul style="list-style-type: none"> 流況が例年と比べ大きく異なったため、特定の生活型が優占する状況ではなかった。【本編P45④】 携巢型の中で、ヤマトビケラ属が1.6k～4.0kで優占した。【参考資料P81】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用による河床材料の細粒化が底生動物の種組成の変化に寄与したと考えられる。
魚類	魚類相の把握および重要種の生息状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> 種組成に一定の傾向は見られなかった。 4.0k地点で礫間を好む底生魚のアカザは確認されていなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 礫河床を好むウグイの個体数が増加傾向であった。【参考資料P88】 4.0k地点で礫間を好む底生魚のアカザが新たに確認された。【本編P46】 	<ul style="list-style-type: none"> 3.1k、4.0k地点で確認個体数が減少し、ウグイのみ確認された。【参考資料P88】 4.0k地点で礫間を好む底生魚のアカザが確認されなかった。【本編P46】 	<ul style="list-style-type: none"> 礫河床を好むウグイの個体数が増加した。【参考資料P88】 4.0k地点で礫間を好む底生魚のアカザが再び確認された。【本編P46】 	<ul style="list-style-type: none"> バイパス運用による河床材料の変化が、4.0k地点で礫河床や礫間を好む確認種の増加に寄与したのと考えられる。

(4) 土砂BP運用による環境に関する評価(調査結果のまとめ)

- ツツザキヤマジノギクについてはバイパス運用に伴う攪乱の増大が影響したとも考えられるが、バイパス運用前からの植生遷移や比較的規模の大きな出水が頻発した影響が大きかったと考えられる。
- 消失の可能性の高い種としてカワラニガナがあげられた。平成28年に攪乱領域で確認された2株が消失したのは、規模の大きな出水が頻発した影響と考えられる。

これまでの環境モニタリング調査結果と評価一覧(生物環境)

項目	目的	運用前(～H27)	運用中(H28～R2)	休止中(R3～R4)	運用再開(R5～)	バイパスの評価
陸域植生	重要種(ツツザキヤマジノギク)の生育状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> 植生遷移により平成26年をピークにツツザキヤマジノギクが大きく減少していた。【本編P47】 	<ul style="list-style-type: none"> 200m³/sを越える出水がH30年、R2年と続いたことにより、水際が大きく攪乱され、ツツザキヤマジノギクが9株まで減少した。【本編P47】 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂バイパス休止中に個体数が増加することなく、確認株数が0となった。【本編P47】 	<ul style="list-style-type: none"> ツツザキヤマジノギクは確認されなかった。【本編P47】 	<ul style="list-style-type: none"> ツツザキヤマジノギク消失は、<u>植生の遷移と規模の大きな出水が続いた影響が大きかった</u>と考えられる。
陸域重要種	その他重要種の生息・生育状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> 河川敷などに生息・生育する重要種が8種確認された。【本編P48】 消失の可能性の高い種としてカワラニガナが1株確認された。【本編P48】 	<ul style="list-style-type: none"> 河川敷などに生息・生育する重要種が4種確認された。(7種が欠損3種が新たに確認された。【本編P48】) 消失の可能性の高い種としてカワラニガナが2株確認された。【本編P48】 	<p>— (陸域調査未実施)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 河川敷などに生息・生育する重要種が4種確認された。(3種が欠損し、3種が新たに確認された)【本編P48】 カワラニガナは確認されなかった。【本編P48】 	<ul style="list-style-type: none"> 種の入替わりが多く、<u>ツツザキヤマジノギク、カワラニガナの他の河原性の重要種への影響は現時点で明確になっていない</u>。 平成28年に確認されたカワラニガナはバイパス運用前から攪乱領域内にあり、平成28年を最後に確認されていない。<u>規模の大きな出水が頻発した影響で消失した</u>と考えられる。

5.3 環境調査モニタリング計画の作成

(1) 本運用時(R6以降)のモニタリング調査計画【堆砂対策事業のためのモニタリング】

- R6年度以降は、定期調査・定期測量、河川水辺の国勢調査を活用し、調査数量を減少する。
- 主に土砂収支算定のために実施していた出水時のSS調査は、流量との関係が把握できたため今後は実施しない。代わりに濁度計で常時観測する。

分類	調査項目	R2	R3	R4	R5	R6以降	R6年以降の調査方針(案)	
工事および運用		試験運用 BP工事				本運用		
バイパス委員会等		●	●	●	●	●		
FU委員会						●		
物理環境	河床形状	◇	◇	◇	◇	◇ ○ ◇	ダム管理のための貯水池測量と合わせてLP測量等を毎年実施 UAV写真による簡易的な測量を毎年実施 河川管理のための1回/5年の横断測量を実施	
	河床材料	容積 サンプリング法	○	△	△	△	△	小渋川の調査地点を減少し、天竜川にシフト
		面積格子法	○	○	○	○	△	小渋川の調査地点を減少し、天竜川にシフト
	河川景観	○	○	○	○	○		
	水質	出水時 平常時 濁度連続	○ ◇	△ △◇	△ △◇	△ △◇ ○	◇ ○	出水時のSS調査は実施しない。 貯水池水質管理のための定期調査は継続。 R5年より管理橋で濁度を計測
生物環境	付着藻類	○	○	○	○	△		
	底生動物	○	○	○ □	○	△	水国に移行するため、調査方法のすり合わせを実施。	
	魚類	○	○	○ □	○	△	水国に移行するため、調査方法のすり合わせを実施。	
	陸域植生	○	(○) □	○	○	○	ツツザキヤマジノギク等、保全対象種を継続的に監視	

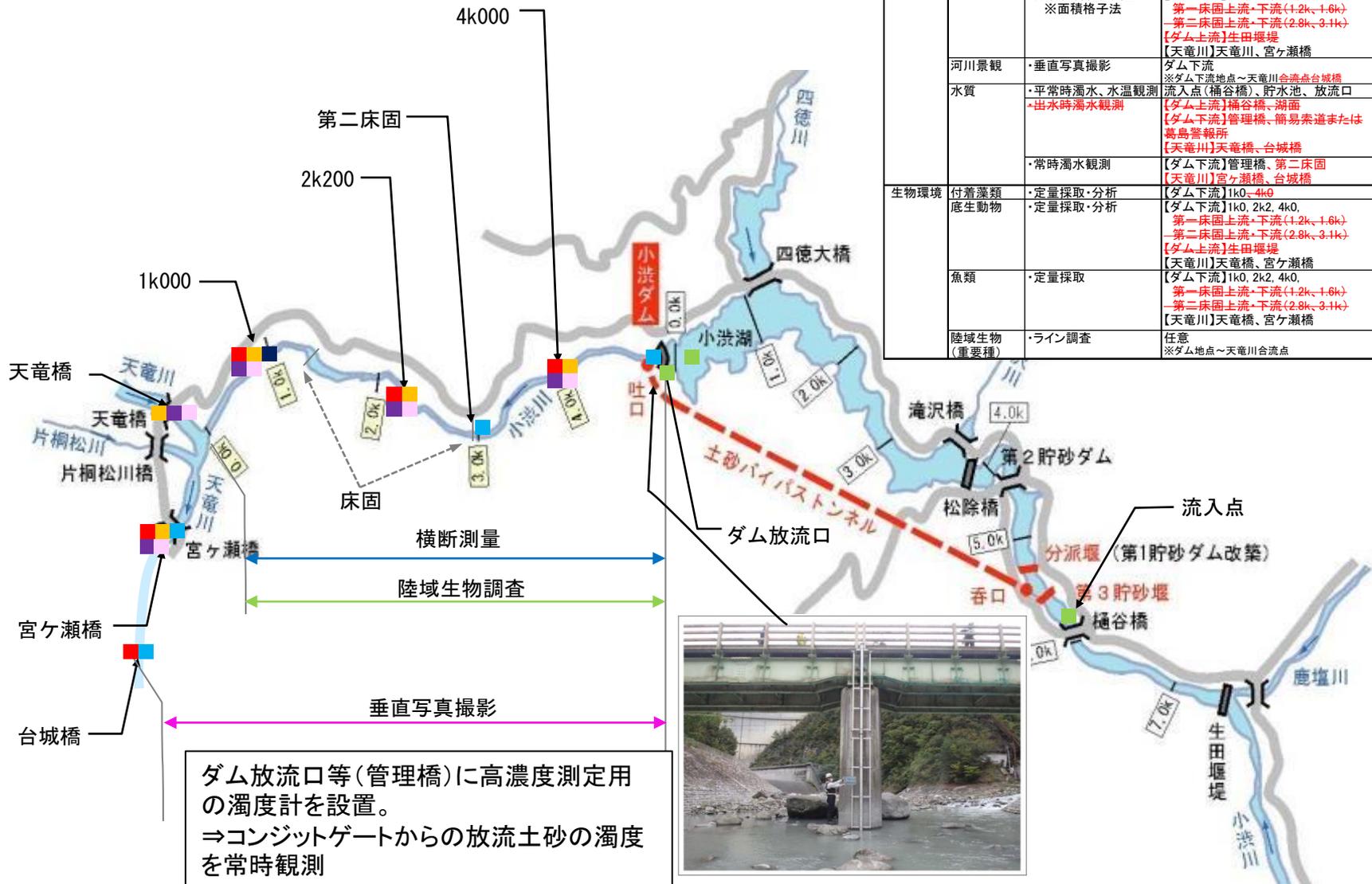
現時点

○: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

5.3 環境調査モニタリング計画の作成

(2) 本運用時(R6以降)のモニタリング調査計画 【堆砂対策事業のためのモニタリング】

令和6年度の環境モニタリング調査地点(案)



ダム放流口等(管理橋)に高濃度測定用の濁度計を設置。
⇒コンジットゲートからの放流土砂の濁度を常時観測

区分	調査項目	調査地点	図中の記号
物理環境	河床形態(河床形状)	距離標200m毎 ダム下流の小渋川全域	←→
	河床形態(河床材料)	・横断測量 ・レーザー測量 ・河川材料粒径調査(容積サンプリング法)	■
		【ダム下流】0k0、1k0、2k2、4k0、 第一床固上流・下流(1.2k、1.6k)、 第二床固上流・下流(2.8k、3.1k) 【天竜川】宮ヶ瀬橋、台城橋	
		・表層材料粒径調査 ※面積格子法	■
		【ダム下流】0k0、1k0、2k2、4k0、 第一床固上流・下流(1.2k、1.6k)、 第二床固上流・下流(2.8k、3.1k) 【ダム上流】生田堰堤 【天竜川】天竜川、宮ヶ瀬橋	
河川景観	・垂直写真撮影	ダム下流 ※ダム下流地点～天竜川合流点台城橋	←→
水質	・平常時濁水、水温観測	流入点(樋谷橋)、貯水池、放流口	■
	・出水時濁水観測	【ダム上流】樋谷橋、湖面 【ダム下流】管理橋、簡易索道または 葛島警報所 【天竜川】天竜橋、宮ヶ瀬橋	■
	・常時濁水観測	【ダム下流】管理橋、第二床固 【天竜川】宮ヶ瀬橋、台城橋	■
生物環境	付着藻類	・定量採取・分析	■
	底生動物	・定量採取・分析	■
	魚類	・定量採取	■
陸域生物(重要種)	・ライン調査	任意 ※ダム地点～天竜川合流点	←→

6. 今後の検討方針

6.1 小渋ダム全体の恒久堆砂対策の検討

(1) 小渋ダム全体の恒久堆砂対策(案)

- 小渋ダムでは、洪水調節容量内の堆砂により、洪水調節機能への影響が生じていることを踏まえ、計画的・集中的な予防保全対策(堆砂除去)を実施する。
- その際、流入を抑制するための土砂バイパストンネル施設に加え、効率的に堆砂除去するための施設を併せて整備することにより、維持管理の効率化と持続可能な貯水池管理を実現する。

■ 土砂バイパストンネルの最大限活用に対する対策

土砂管理対策		対策内容
維持掘削	適切な維持掘削・河床管理	<ul style="list-style-type: none"> 第三貯砂堰・分派堰・貯水池の維持掘削、管理河床高の設定 長期的に治水容量を維持可能な対策量を設定
バイパス運用	土砂バイパス最大限活用	<ul style="list-style-type: none"> 運用要領(案)の範囲内で運用 非出水期の運用等を含めた運用頻度の増加 分派堰の管理河床高の設定、適切な管理による排砂効率の向上 施設構造に配慮した運用基準(一時中断・停止基準)の見直し

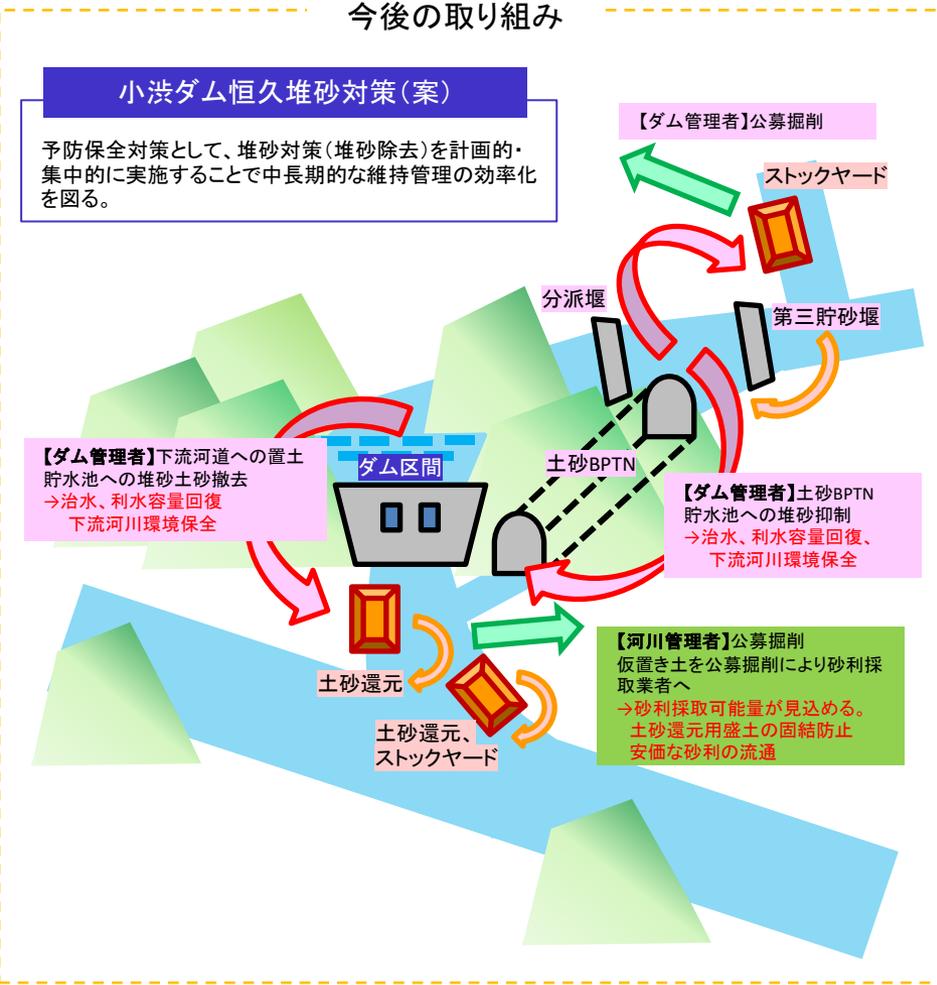
■ 小渋ダム全体での掘削土に対する対策

土砂管理対策		対策内容
維持掘削	土砂還元	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池掘削土の還元対策(バイパストンネル内や下流河道への置土等を今後検討)

■ 土砂バイパスによる排砂量及び還元量増加に伴う下流河道の影響評価

土砂管理対策		対策内容
河川環境の影響評価	下流河道モニタリング調査	<ul style="list-style-type: none"> 下流河道への供給土砂量が増加するため、引き続きモニタリングを継続し、影響を評価する。

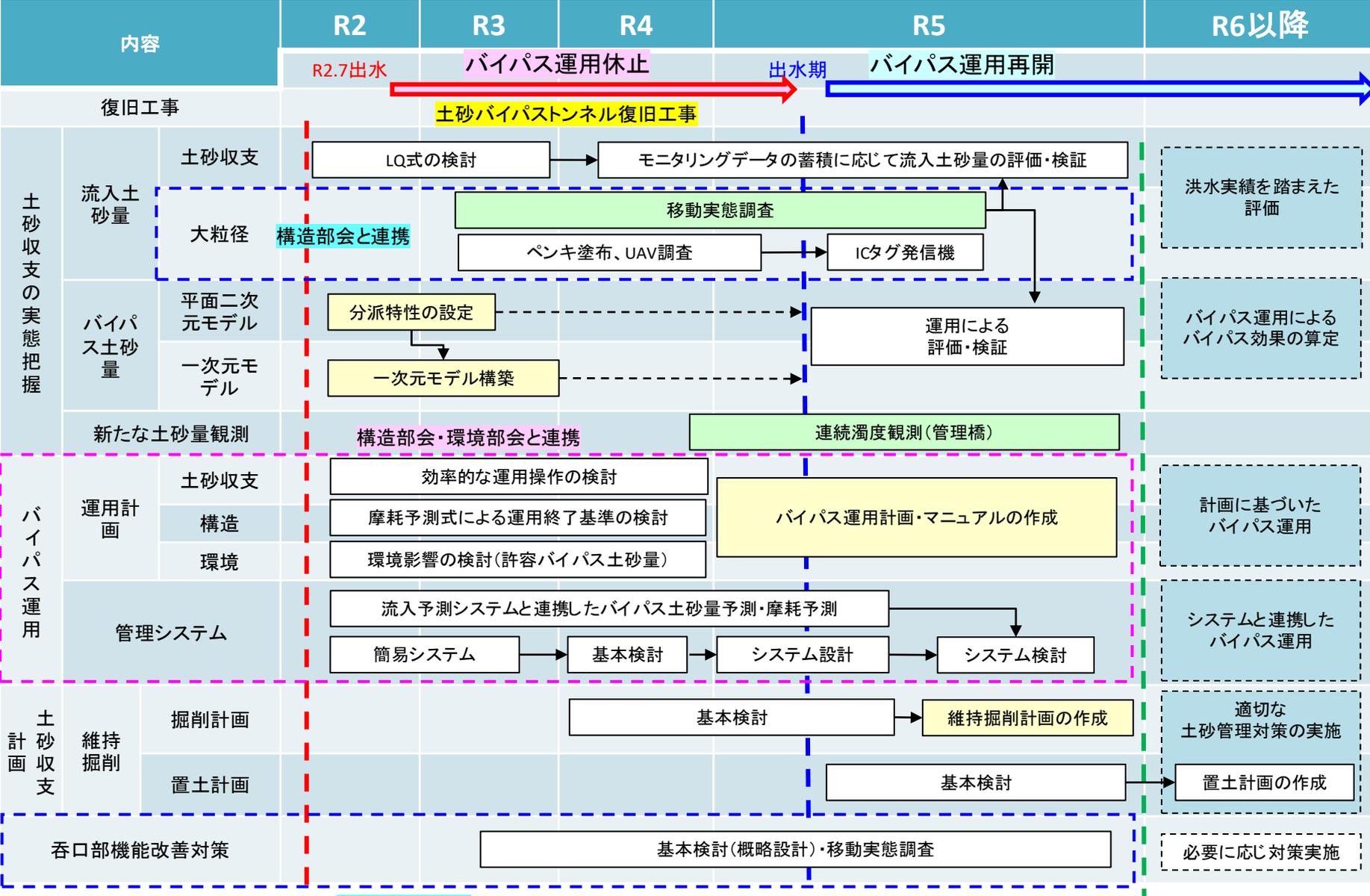
今後の取り組み



6.2 今後の検討方針

(1) 土砂収支部会

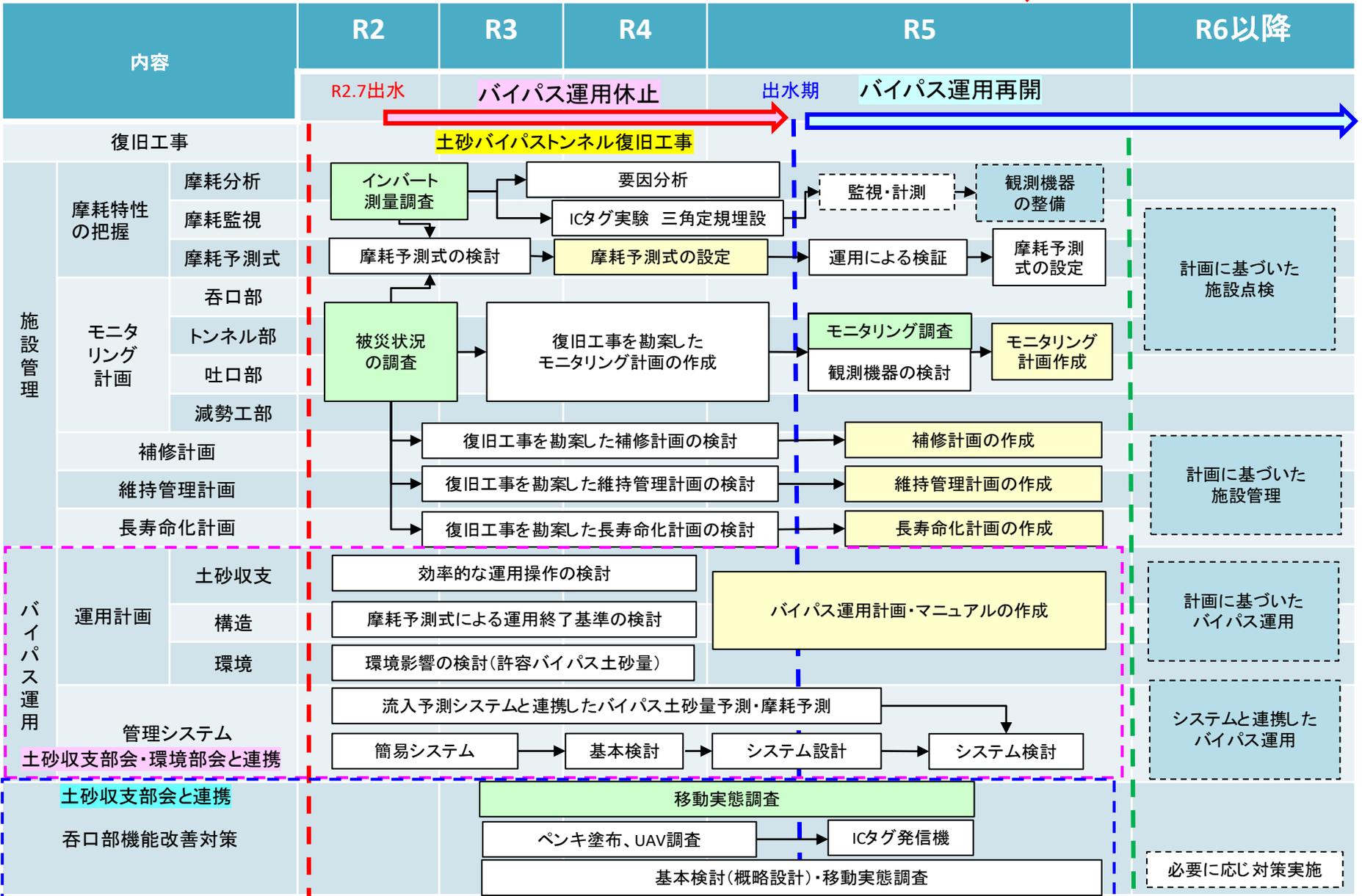
現在



構造部会と連携

(2) 構造部会

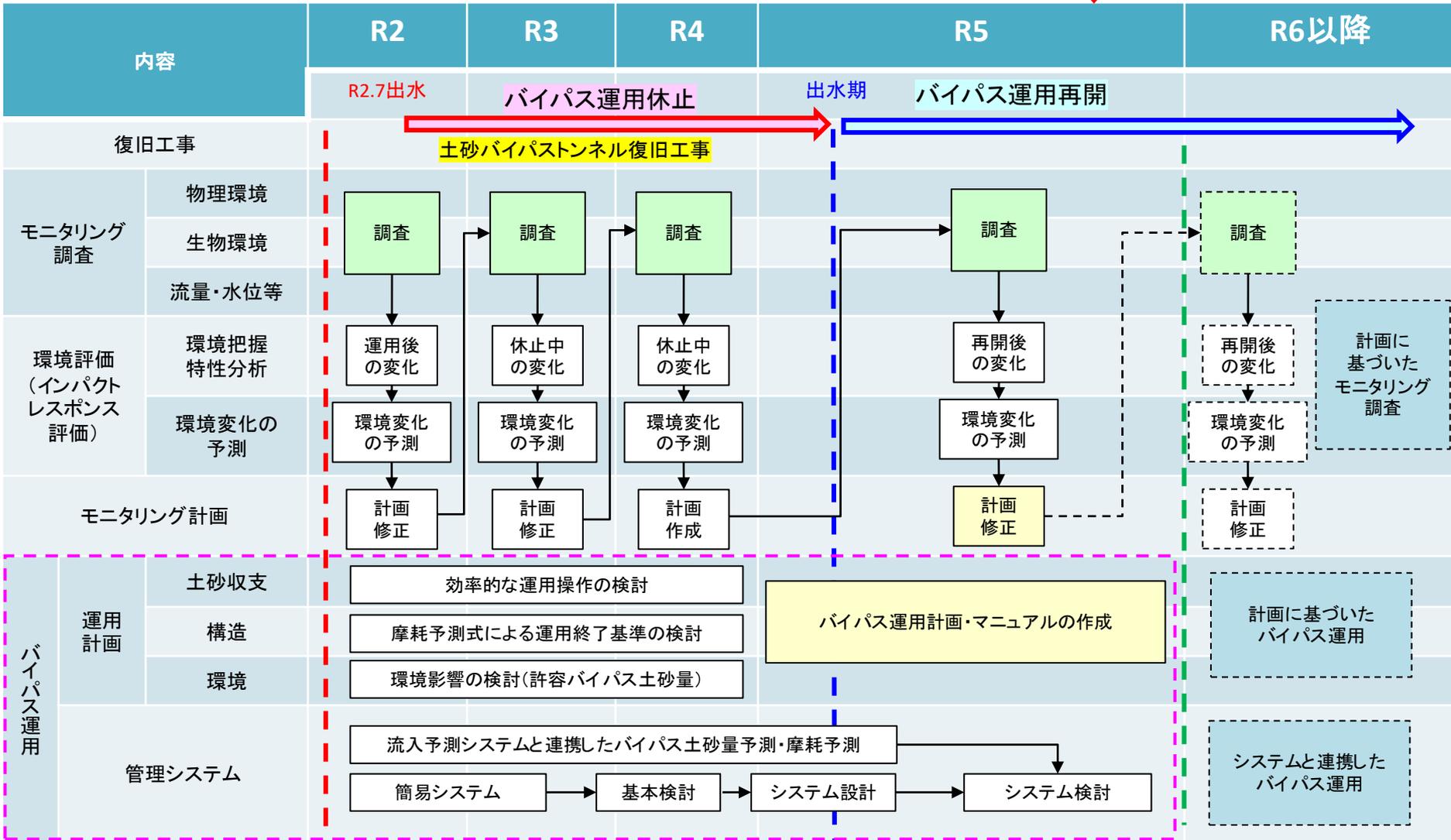
▽ 現在



6.2 今後の検討方針

(3) 環境部会

▽現在



土砂収支部会・構造部会と連携

※本運用後は、定期調査・定期測量、河川水辺の国勢調査を活用し、フォローアップ委員会と連携し把握していく