

資料-1

# 第10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4年4月28日

国土交通省 天竜川ダム統合管理事務所

第10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、令和3年度の出水概要	.....	4
3. 第9回土砂収支部会結果及び追加整理結果の報告	.....	9
4. 第7回構造部会結果及び追加整理結果の報告	.....	22
5. 第9回環境部会結果及び追加整理結果の報告	.....	57
6. 各部会の今後の方針	.....	73

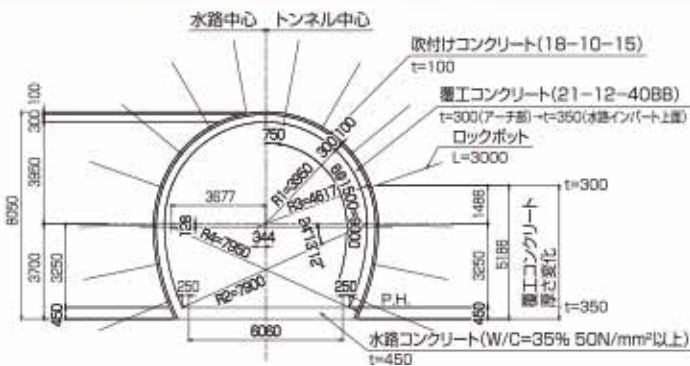
土砂バイパストンネル概要図



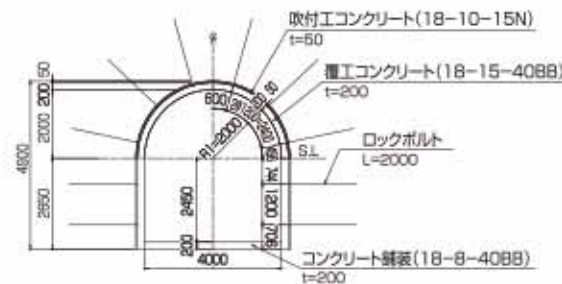
## ●トンネル概要

土砂バイパストンネル				管理用トンネル	
計画放流量	370m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> 水路部: 50N/mm <sup>2</sup>	コンクリート強度	18N/mm <sup>2</sup>

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



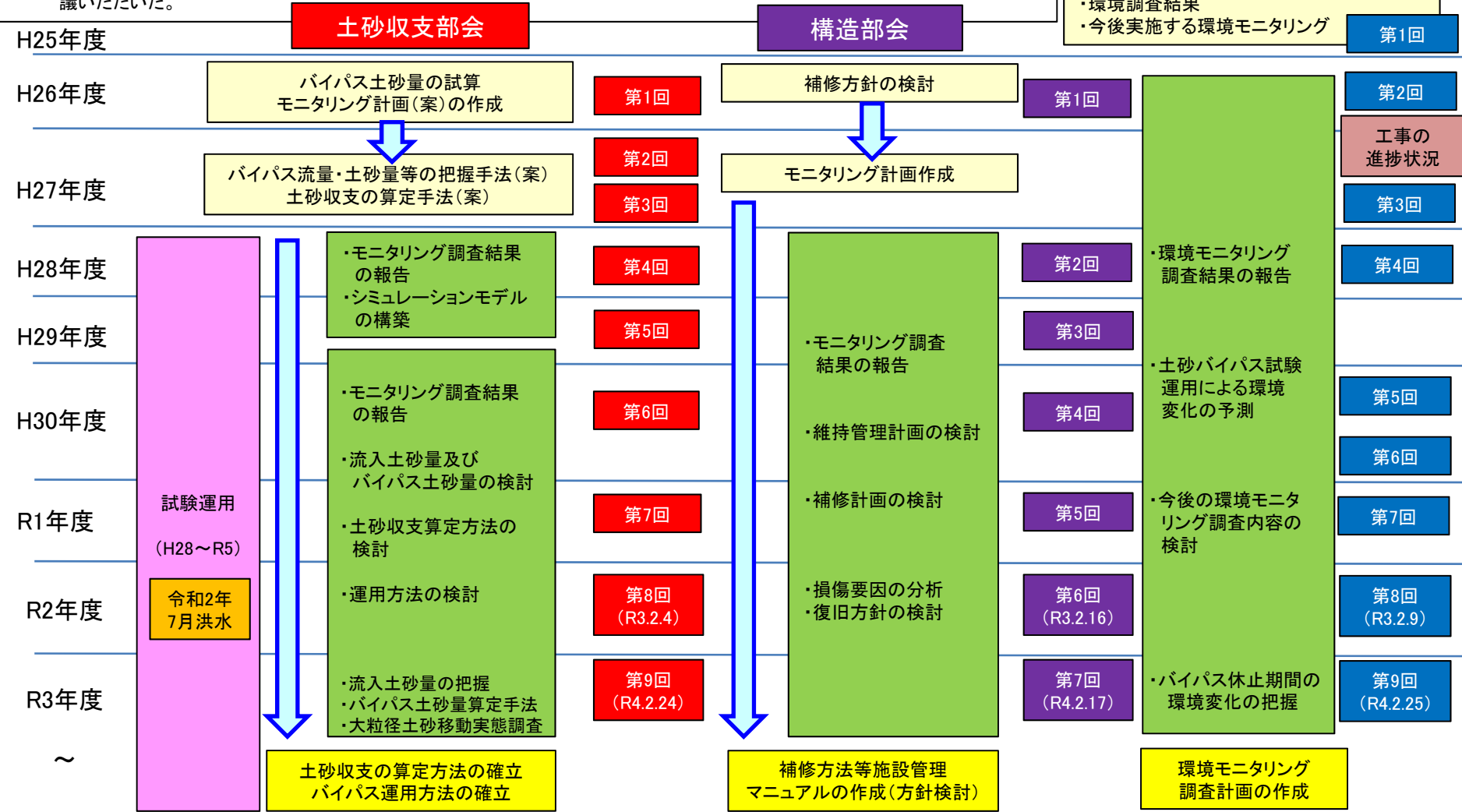
# 1. モニタリング委員会の概要

## (1) 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)の開催を経て、第9回モニタリング委員会(R3.3.11)を開催した。
- 令和3年度は、11月に現地視察会を開催(11/19,11/26,11/30)し、土砂バイパストンネルの工事の実施状況を確認していただいた。その後、第7回構造部会(R4.2.17)、第9回土砂収支部会(R4.2.24)、第9回環境部会(R4.2.25)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)  
令和2年7月洪水

## 2. 令和2年度、令和3年度の出水概要

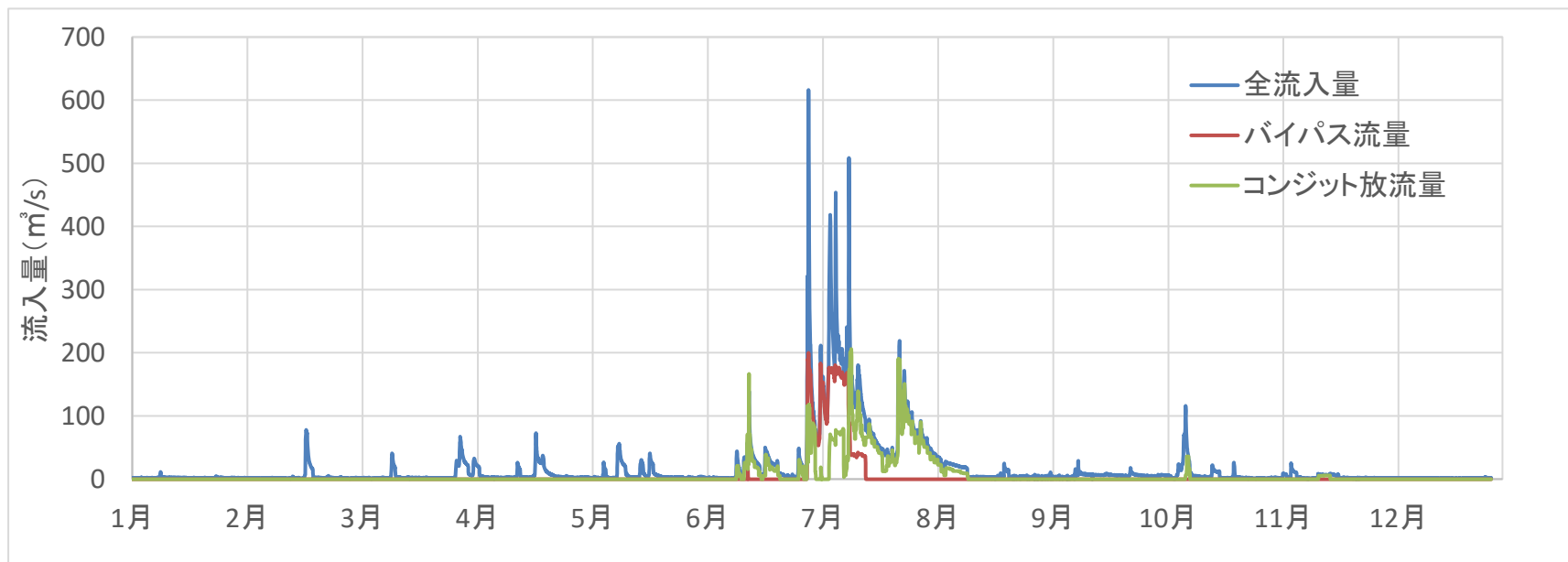
4

### (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640m<sup>3</sup>/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202m<sup>3</sup>/s(7/1 3:00)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200m<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /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)



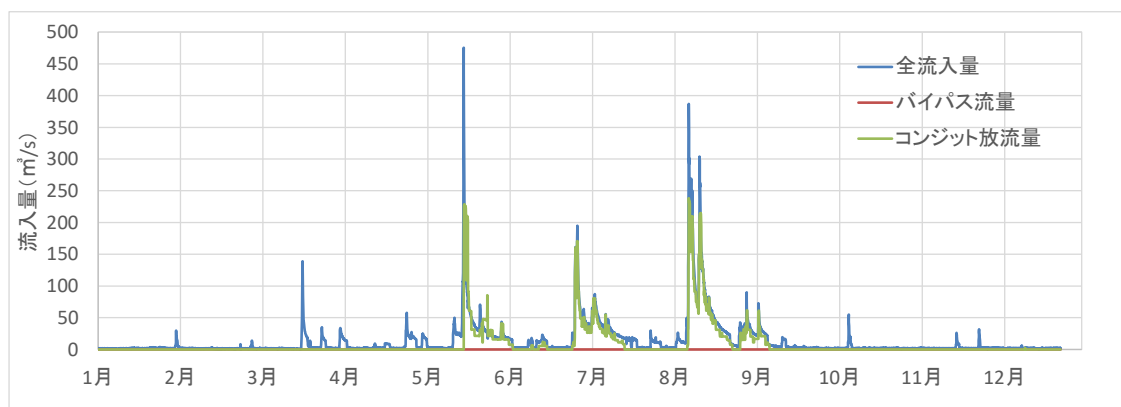
ダム流入量、放流量

## 2. 令和2年度、令和3年度の出水概要

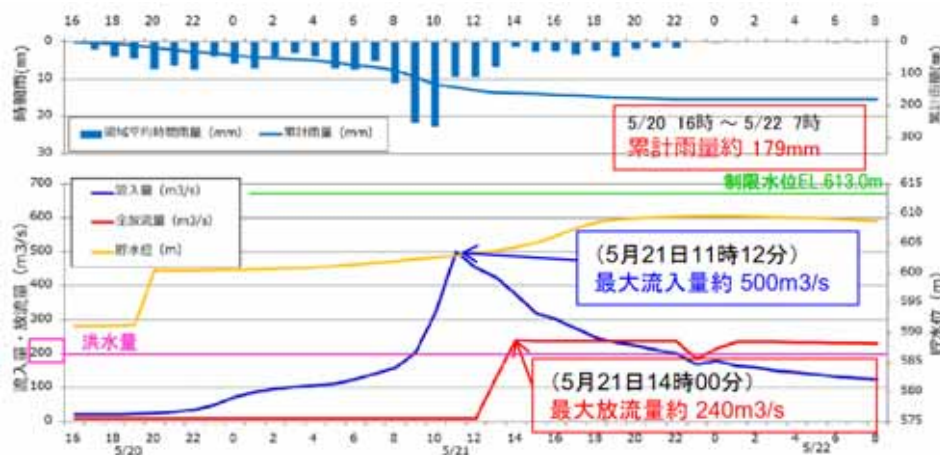
5

### (2) 令和3年度の出水概要

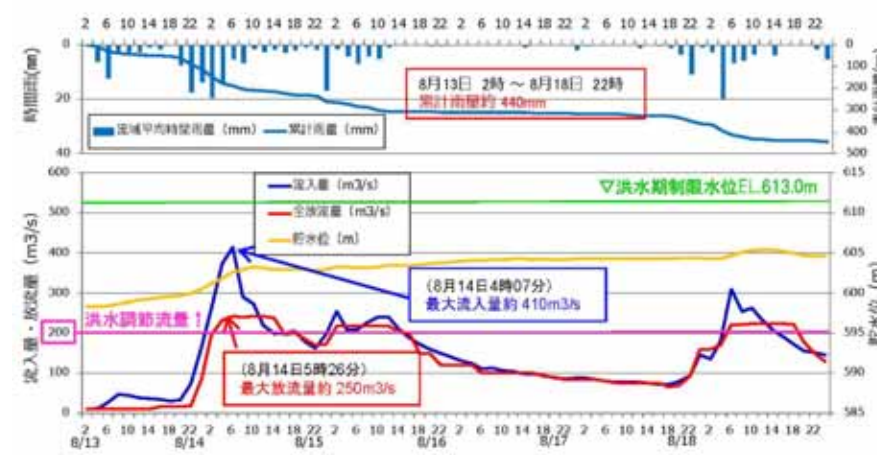
- 令和3年度は、土砂バイパストネルの復旧工事を実施しており、土砂バイパストネルを運用していない。
- R3.5出水では、5月20日より降り続いた降雨により、洪水量200m<sup>3</sup>/sに到達し、コンジットゲートにて防災操作を実施した。洪水ピーク流入量は約500m<sup>3</sup>/sであり、最大放流量は約240m<sup>3</sup>/sであった。
- R3.8出水では、8月13日より降り続いた降雨により、洪水量200m<sup>3</sup>/sに到達し、コンジットゲートにて防災操作を実施した。洪水ピーク流入量は約410m<sup>3</sup>/sであり、最大放流量は約250m<sup>3</sup>/sであった。



ダム流入量、放流量



R3.5出水のダム流入量、放流量



R3.8出水のダム流入量、放流量

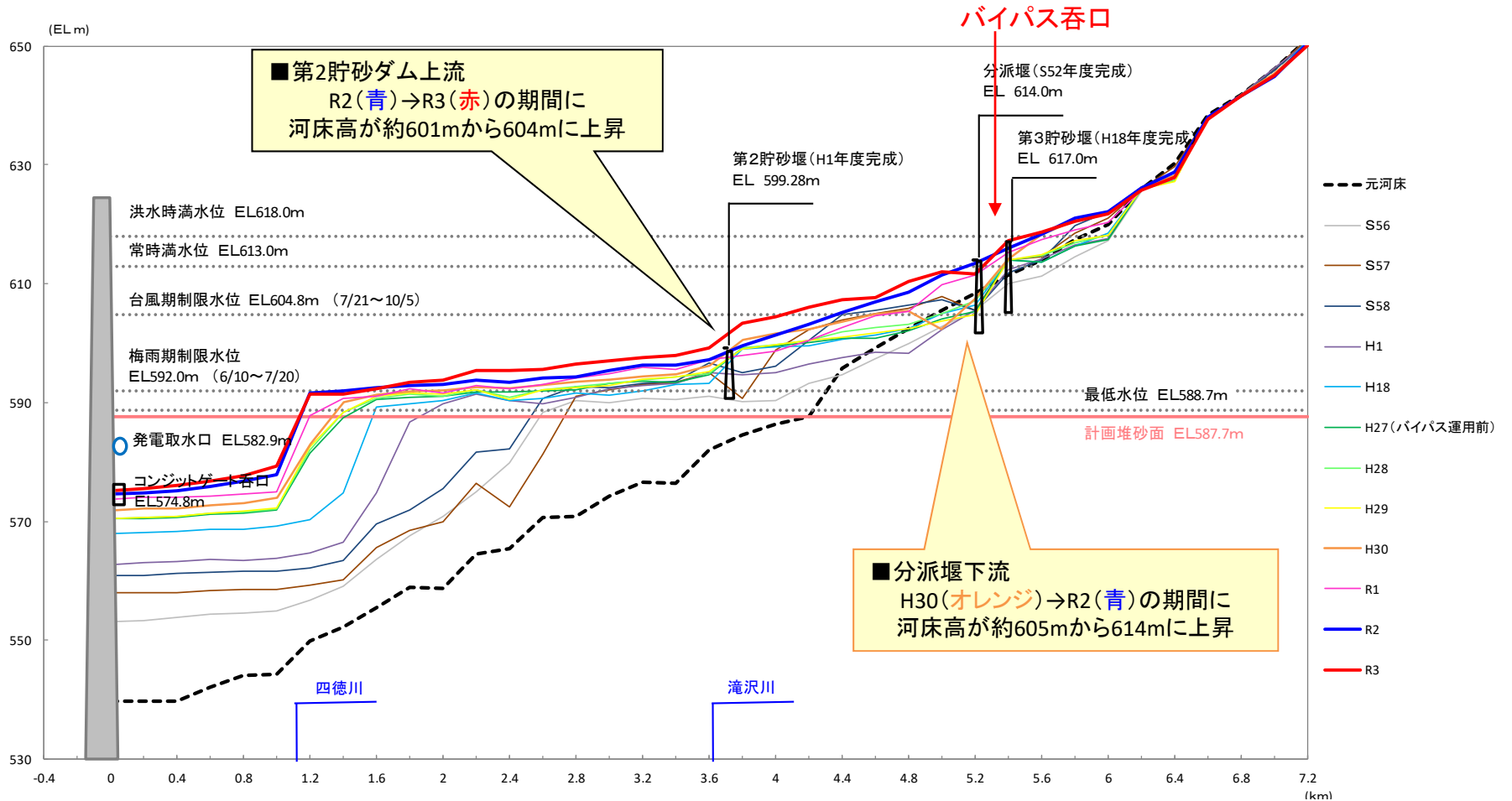
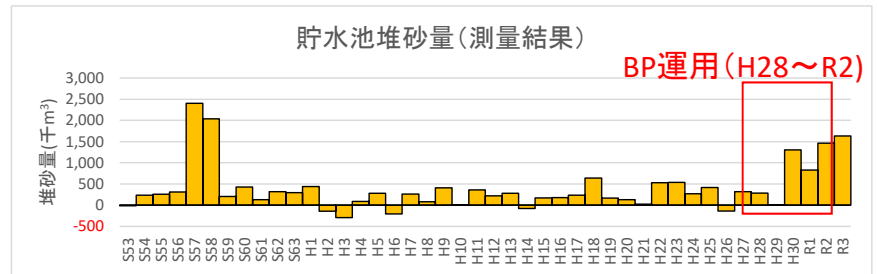
## 2. 令和2年度、令和3年度の出水概要

6

### (3) R3年度までの貯水池堆砂状況

#### ■近年の堆砂状況 (R3年度まで)

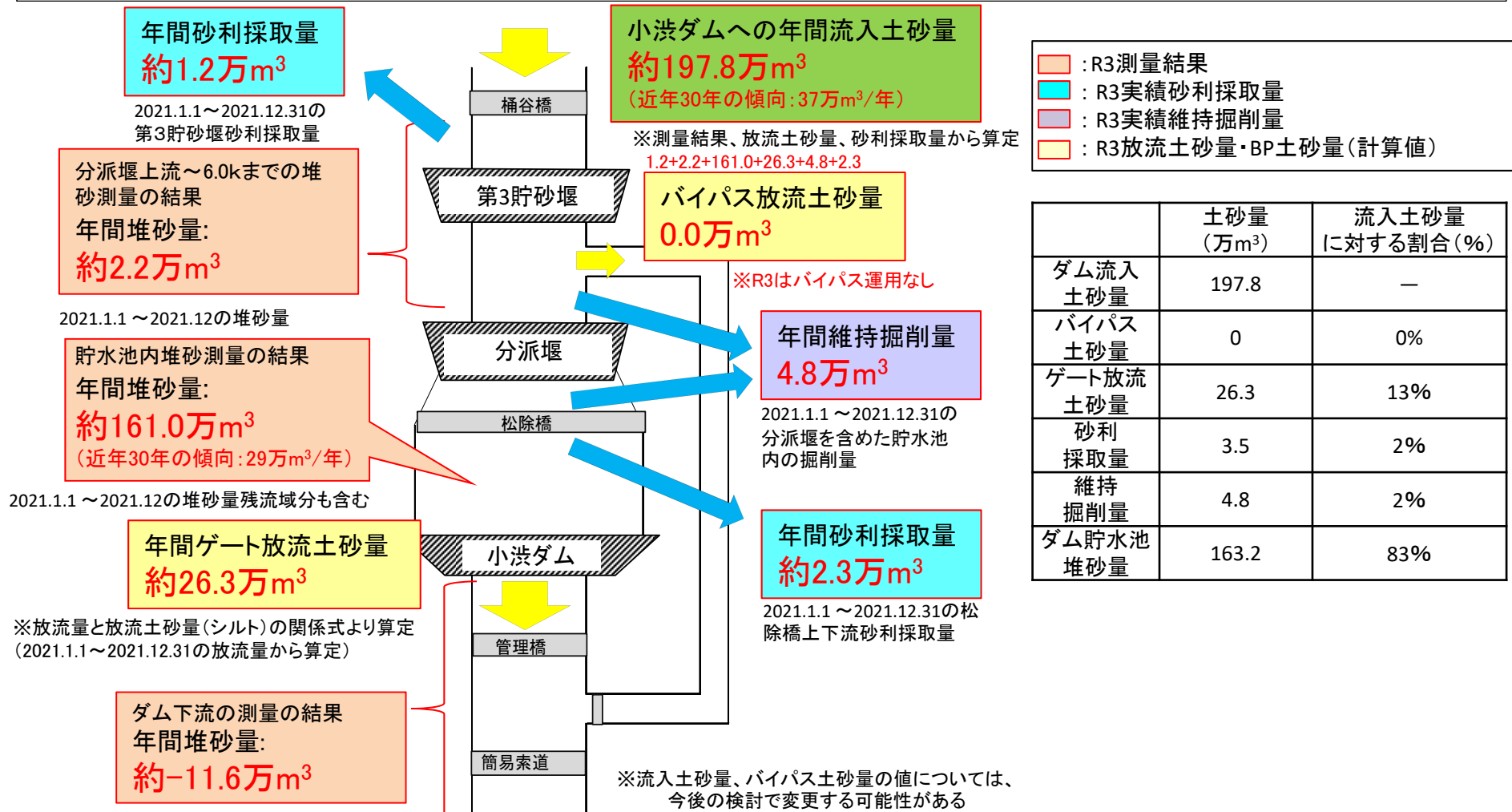
- H30年以降、概ね年間100万m<sup>3</sup>の堆砂が生じている。
- R2年度は分派堰下流の河床高が大きく上昇している。
- 分派堰上下流においても、河床高が上昇している。
- ダム地点では堆砂面がコンジットゲートの呑口部に到達している。
- R3年度は、分派堰下流～デルタ肩の区間の河床が上昇した。



## 2. 令和2年度、令和3年度の出水概要

### (4) 令和3年の年間の土砂収支(バイパス運用一時休止期間)

- 令和3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163.2万m<sup>3</sup>** (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、コンジットゲートからの放流土砂量**約26.3万m<sup>3</sup>**、掘削量**約8.3万m<sup>3</sup>**を戻した結果、小渋ダムへの年間流入土砂量は、**約197.8万m<sup>3</sup>**であった。



令和3年の年間の土砂収支

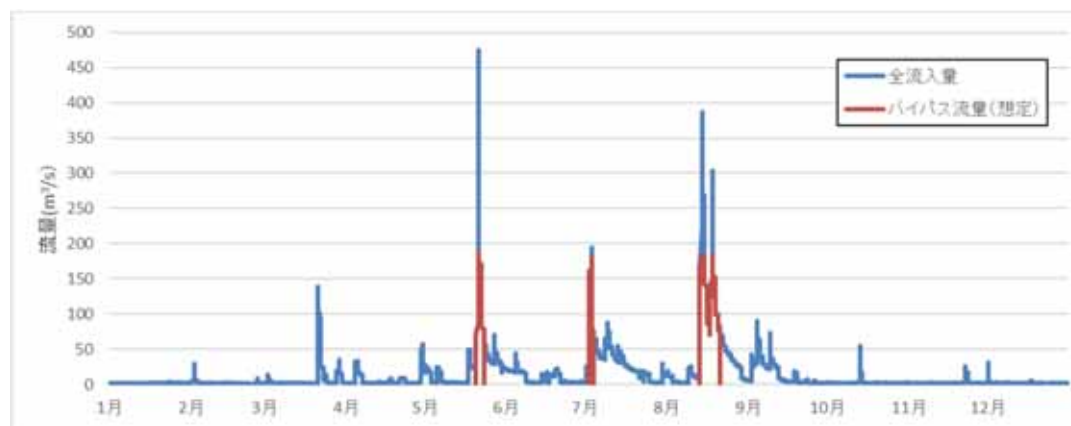


## 2. 令和2年度、令和3年度の出水概要

8

### (5) 令和3年の年間の土砂収支(仮にバイパスを運用した場合の試算)

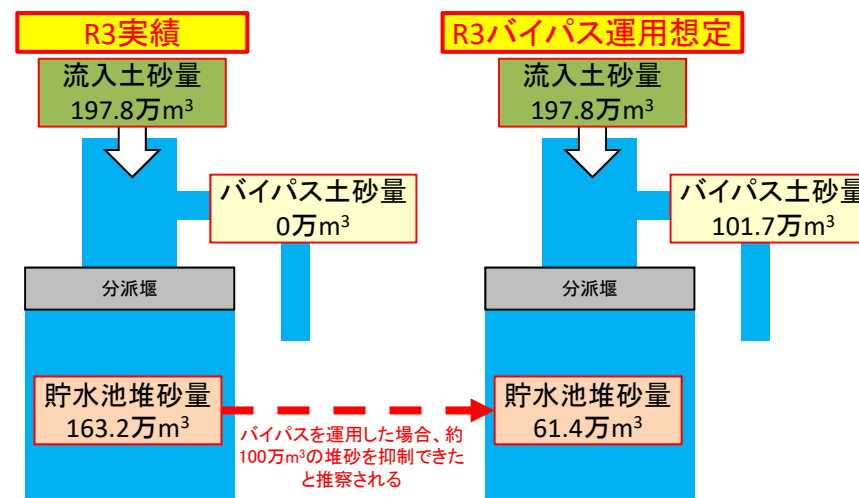
- 令和3年度は復旧工事中のため土砂バイパスを運用していないが、ここでは、仮に5、7、8月の3洪水において、バイパスを運用した場合のシミュレーションを実施し、貯水池の堆砂抑制効果を算定した。
- 令和3年度にバイパスを運用した場合、約100万 $m^3$ の土砂をバイパスできたと試算された。
- これより、貯水池の堆砂量約163万 $m^3$ に対し、約100万 $m^3$ 抑制できたと想定できる。



R3年度の3洪水に対し、全流入量60 $m^3/s$ 以上の期間を対象にバイパスを運用したと仮定

#### バイパス土砂量の計算条件

項目	計算条件
計算手法	一次元河床変動計算
対象洪水	R3年度の3出水 (5、7、8月出水)
流量	管理日報より 桶谷地点の流量は全流入量×0.85で算出
バイパス運用	全開操作
流入土砂量	LQ式より設定 (流量100 $m^3/s$ 以上の時間が20hr以上の洪水は大規模用LQ式を使用:5月、8月洪水)



年間土砂収支の比較

3. 第9回土砂収支部会  
結果及び追加整理結果の報告

### 土砂収支部会の目的

- ①土砂収支の実態把握(流入土砂量・バイパス土砂量・貯水池流入土砂量)
- ②土砂バイパストネルの運用方法の検討

### ●主な議題

#### 1. 流入土砂量LQ式の検討

- ・LQ式の作成
- ・大規模、中小規模洪水によるLQ式の使い分け方法

#### 2. シミュレーションモデルの検討

- ・平面二次元河床変動モデル
- ・一次元河床変動モデル(分派特性を考慮したバイパス土砂量の算定方法)
- ・これまでのバイパス土砂量の見直し

#### 3. 土砂バイパスの運用方法

- ・バイパス運用中では、インバートの摩耗量を把握しながら終了の判断を行う方針

#### 4. 大粒径の土砂動態の把握

- ・R3年度実施の大粒径土砂の移動実態把握調査結果
- ・次年度の調査予定

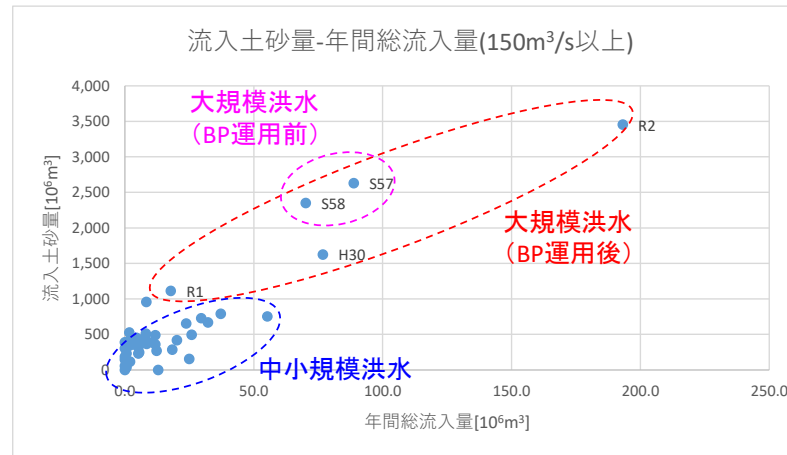
### (1) 流入土砂量把握の基本方針

- ・小洪ダムでは流入土砂量を把握する手法としてLQ式を採用する(第7回委員会)
- ・小洪ダムでは、大規模洪水用、中小規模洪水用のLQ式を作成し、使い分けながら流入土砂量を把握していく方針である。
- ・第9回土砂収支部会では、最新のデータを用いてLQ式の見直しを行い、大規模洪水用・中小規模洪水用のLQ式の使い分け方法を検討した。

#### ■ 流入土砂量把握の基本方針

- ① 実績堆砂量から作成したLQ式を用いる
- ② 大規模洪水用、中小規模洪水用にそれぞれLQ式を作成し使い分けていく
- ③ 実運用時におけるLQ式の使い分けの基準としては、流入量 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上の時間が $20\text{hr}$ 以上の洪水の場合には大規模洪水用LQ式、その他の場合は中小規模用LQ式を用いることとする

#### 大規模・中小規模用のLQ式を作成する際の考え方



縦軸：流入土砂量  
 ・実績の堆砂量から土砂量  
 (掘削・ダム放流・バイパス放流)  
 を戻して推定した流入土砂量

年間流入土砂量と年間総流入量の関係

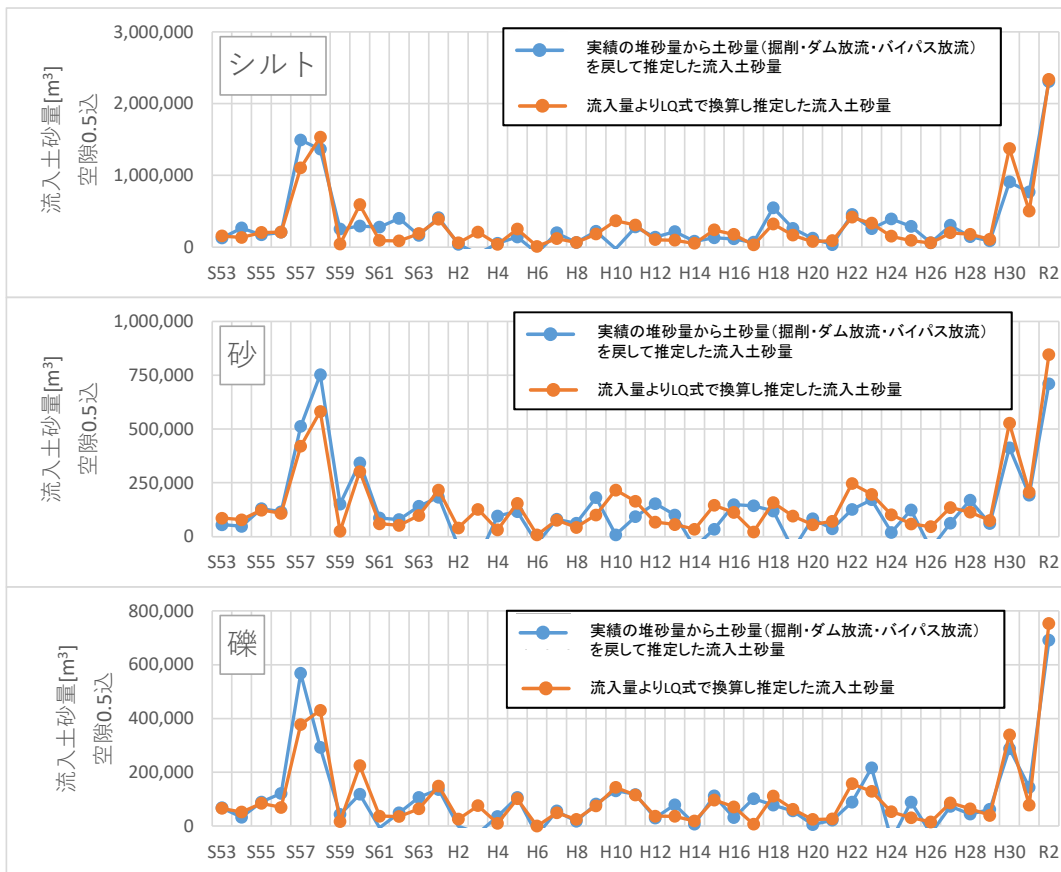
- ・ 同程度の流量条件であっても流入土砂量(堆砂量)が多い年と少ない年がある
- ・ 特に土砂量の多い洪水時の流入土砂量の算定精度を確保するため、小洪ダムでは大規模洪水、中小規模洪水に分けてLQ式を作成する方針とした

## (2)LQ式の作成

- ・S53～R2のデータを用いてLQ式を作成した。なお、LQ式は粒径別に大ダム方式により作成した。
- ・作成したLQ式により算定した流入土砂量は、実績の流入土砂量と概ね一致しており、流入土砂量の算定精度が確認できた。

LQ式の作成条件

項目	LQ式の作成条件
LQ式作成方法	日本大ダム会議で示された手法
対象年	S53～R2(BP建設後込み)
対象範囲	小渋ダム貯水池:0.0～7.2k 四徳川:0.0～2.4k 滝沢川:0.0～0.4k
対象流量	全流入量
実績流入土砂量	堆砂量:堆砂測量結果(平均断面法) 砂利採取量:実績値 コンジット放流土砂:S57浮遊砂観測結果Q-Qs関係 バイパス土砂量:バイパス建設前(S53～H27)のLQ式を用いて算出した平面二次元河床変動計算結果
粒度分布	ボーリング調査結果 各断面の堆砂範囲に該当する深さのボーリング結果を用いて堆積土砂の粒度分布を把握 S55,H11,H12,H27,H28,R1

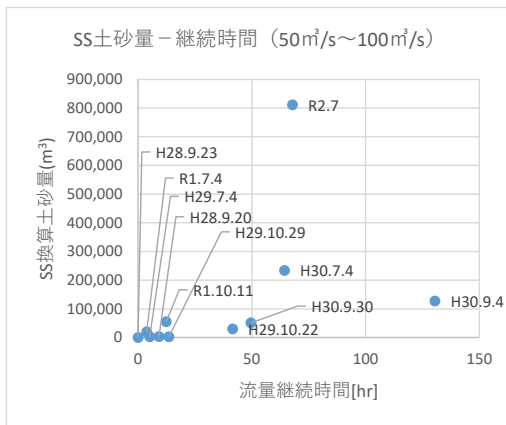


LQ式により算定した流入土砂量と実績流入土砂量の比較

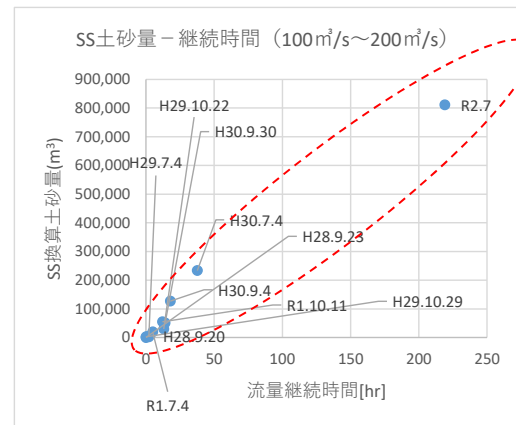
### (3) 大規模洪水用・中小規模洪水用LQ式の使い分け方法

- ・小洪ダムでは、大規模洪水用、中小規模洪水用のLQ式を作成し、使い分けながら流入土砂量を把握していく方針である。
- ・今後、実運用において洪水中にLQ式を用いて土砂量を把握していく方針であるため、大規模洪水用または中小規模洪水用LQ式を使い分けるための基準を検討した。
- ・試験運用期間の実績データをもとに「流量100m<sup>3</sup>/s以上を超過した時間が20hr以上の洪水」は大規模洪水用LQ式を用いて流入土砂量を把握することとした。

#### 流入土砂量に与える影響が大きい項目の整理

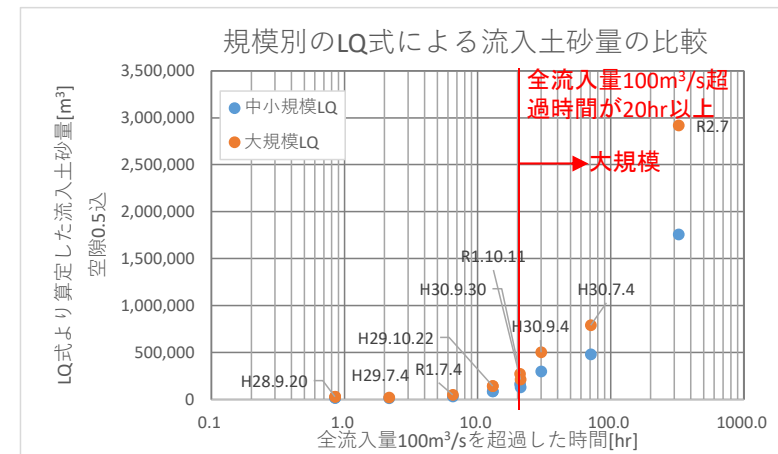


- ・ 100m<sup>3</sup>/s以下の流量が継続する時間と流入土砂量の関係性は小さい



- ・ **100m<sup>3</sup>/s以上の流量が継続する時間と流入土砂量の関係性が高い**

#### LQ式使い分けの基準



#### 規模別のLQ式による流入土砂量の比較

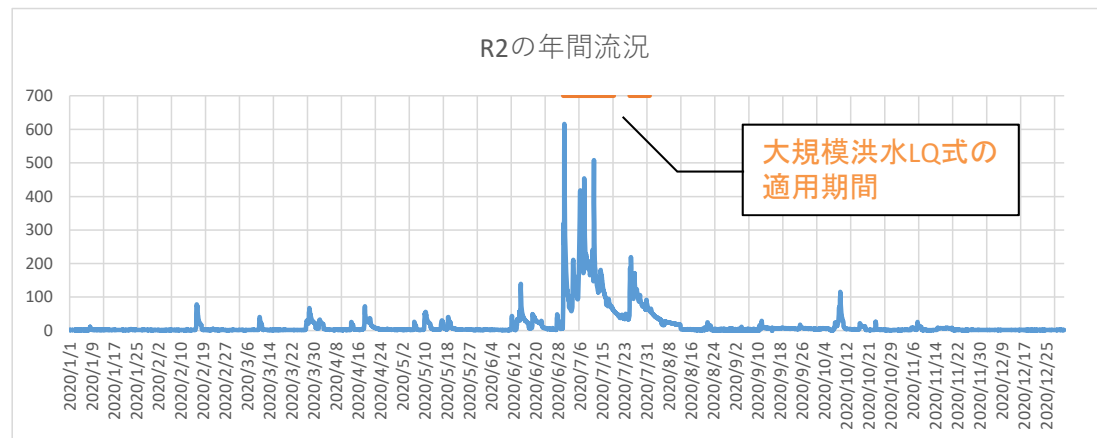
全流入量100m<sup>3</sup>/s超過時間が20hr以上となる領域では、中小規模、大規模のLQ式により流入土砂量に明確な差が生じてくる。

「流量100m<sup>3</sup>/s以上を超過した時間が20hr以上の洪水」を大規模と定義する

### (3) 大規模洪水用・中小規模洪水用LQ式の使い分け方法

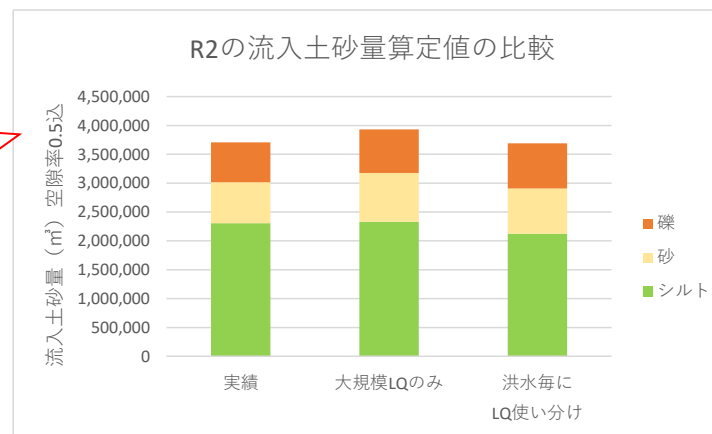
- ・以下に示す大規模洪水用LQ式と、中小規模洪水用LQ式を使い分ける際の基準の妥当性を確認した。
- ・R2、R3の年間の流入量をもとに、洪水毎にLQ式を使い分けて流入土砂量を算定し、実績値との比較を行った。

**「流量100m<sup>3</sup>/s以上を超過した時間が20hr以上の洪水」を大規模とする  
→上記に該当する出水は大規模洪水用LQ式、それ以外の出水は中小洪水用LQ式を用いる**



#### ■R2検証結果

・洪水毎にLQ式を使い分けた場合の流入土砂量は概ね実績値と一致しており、妥当性が確認できる



※実績値は実績堆砂量にコンジット放流土砂量、バイパス土砂量、掘削量を戻した値

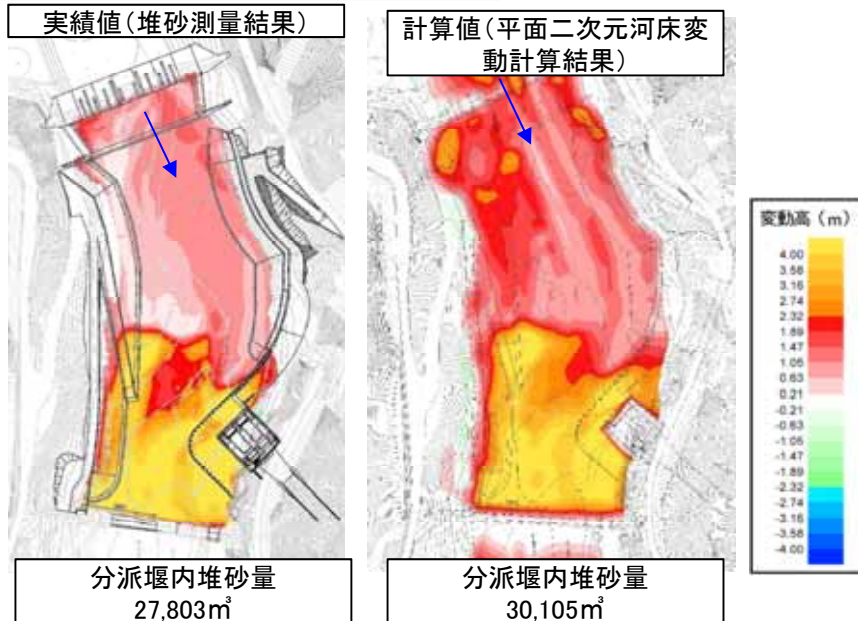
#### (1) 平面二次元河床変動モデル

- ・小洪ダムでは、平面二次元河床変動モデルと一次元河床変動モデルを構築している。
- ・平面二次元河床変動モデルは分派堰内の複雑な流れを考慮したバイパス土砂量を算定することを目的としている。
- ・第9回土砂収支部会では本年度に見直しを行ったLQ式を用いて、平面二次元河床変動モデルの再現計算を行い、これまで実施した試験運用期間のバイパス土砂量の見直しを行った。

#### 平面二次元河床変動モデルの目的

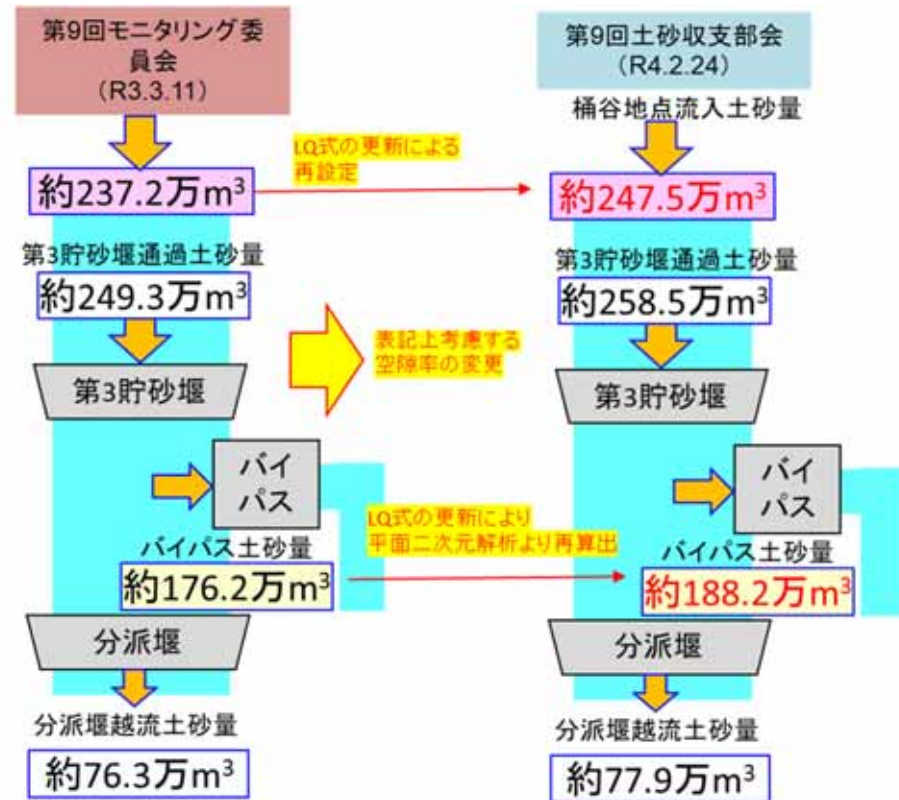
- ・ 分派堰内の土砂動態、分派特性を把握し、一次元河床変動モデルにおけるバイパス土砂量算定方法の基礎資料とすること。
- ・ 試験運用におけるバイパス土砂量を算定すること。

#### モデルの再現性の確認



河床変動高の再現計算結果：H30.7洪水の例

#### バイパス土砂量を含めた試験運用期間の土砂収支の見直し



土砂収支の見直し結果：R2.7洪水



## (2) 一次元河床変動モデル

- ・小渋ダムでは、一次元河床変動モデルを構築し長期的な土砂収支の算定や運用方法の検討、本運用時のバイパス土砂量速報値の算出等に活用していく方針である。
- ・一方で、一次元モデルでは分派時\*の複雑な分派特性は考慮できないため、平面二次元河床変動モデルを用いて設定した「分派率」を用いてバイパス土砂量を算定する仕組みを構築した。

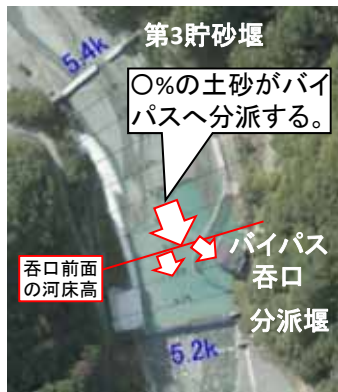
※バイパスへ流入する流れと分派堰を越流する流れに分かれる状態

### 一次元河床変動モデルの目的

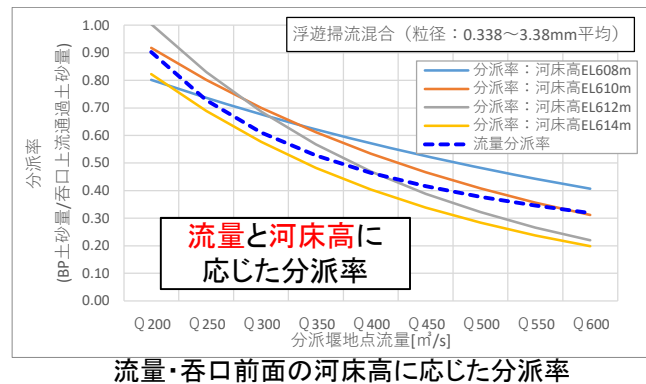
- ・ 長期的な土砂収支の算定
- ・ 本運用時のバイパス土砂量速報値の算出

### 一次元河床変動計算における分派時のバイパス土砂量の算定方法

①平面二次元河床変動モデルを用いて、流量と河床高に応じた分派率を粒径別に算出しておく。



位置図



流量・呑口前面の河床高に応じた分派率

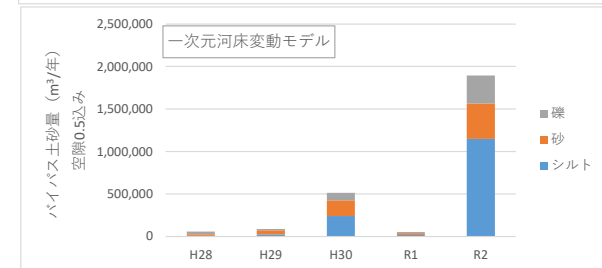
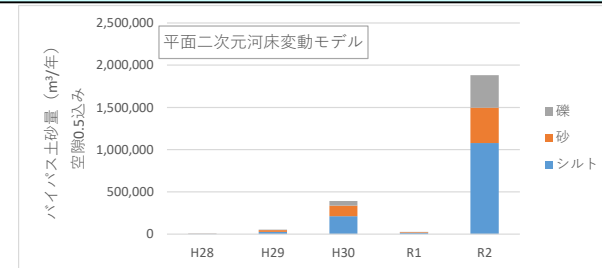
$$\boxed{\text{バイパス上流断面の通過土砂量}} \times \boxed{\text{分派率}} = \boxed{\text{バイパス土砂量}}$$

②一次元河床変動計算において分派率を用いてバイパス土砂量を算定

- ・ 分派時のバイパス土砂量は、各ステップごとに流量、河床高に応じた分派率よりバイパス土砂量を算出する。
- ・ 分派堰内の時々刻々の河床高の変動に応じたバイパス土砂量を算定することが可能である。

### ＜一次元河床変動モデルのバイパス土砂量算定精度＞

分派率を用いて一次元河床変動計算より算定したバイパス土砂量は、平面二次元解析の結果と概ね一致する。



バイパス土砂量の比較

(上図:平面二次元河床変動モデル、下図:一次元河床変動モデル)

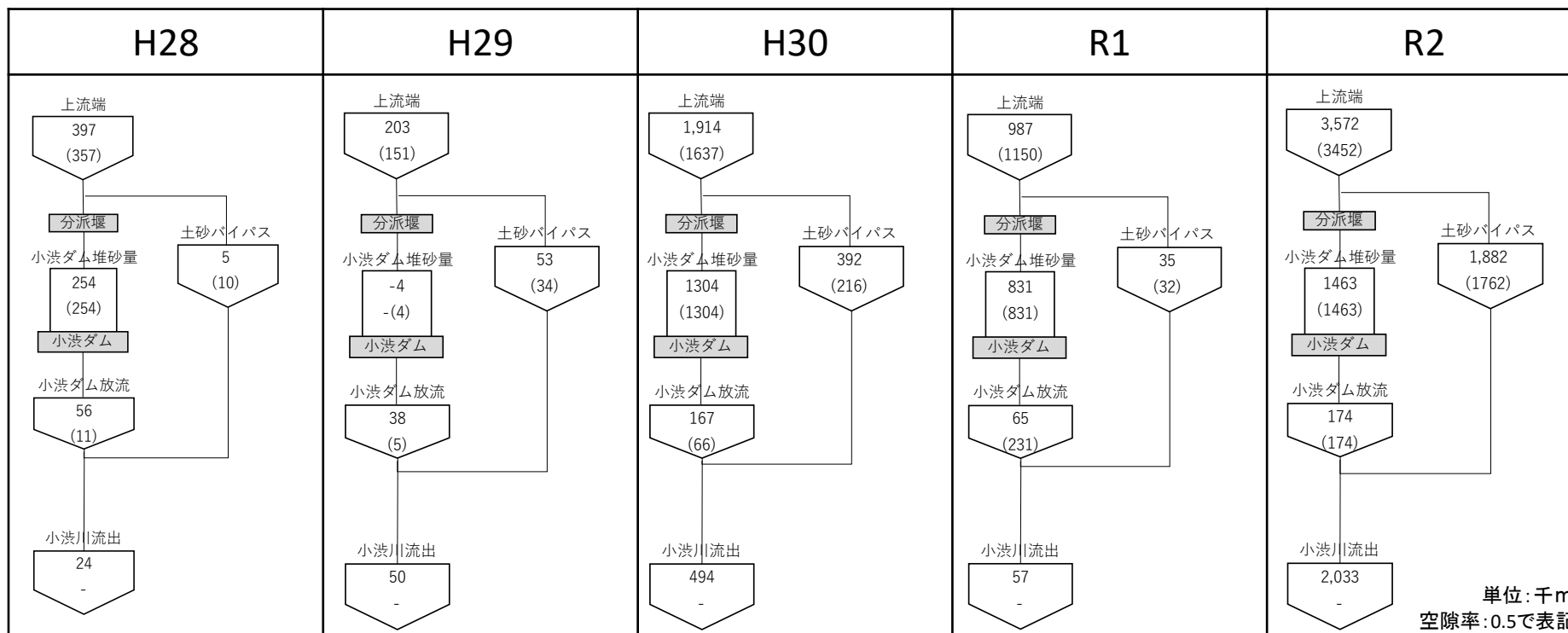
### 3.4 土砂収支算定手法の確立

#### (1) 試験運用期間中の年間の土砂収支の再整理

年間の土砂収支算定方法

- シミュレーションモデルを用いて算出したバイパス土砂量や堆砂測量結果をもとに、これまでの年間土砂収支を整理した。
- 年間の流入土砂量に対するバイパス土砂量の比率は、最大で53%(R2)であり、年間の流入土砂量のうち約半分をバイパスしたと想定される。

項目	算定方法
①上流端流入土砂量	②~④+砂利採取量
②バイパス土砂量	平面二次元河床変動計算
③小渋ダム堆砂量	堆砂測量結果
④小渋ダム放流土砂量	コンジット放流土砂のQ-Qs関係式
⑤小渋川流出土砂量	一次元河床変動計算



項目	H28		H29		H30			R1		R2	
	9/20	9/23	7/4	10/22	10/29	7/4	9/4	9/30	7/4	10/11	6/30
バイパス運用時間(hr)	16	6	3	10	49	11	44	70	10	—	380
ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	80	36	79	197	66	352	469	379	199	249	597
総BP流量/総流入量	5%	20%	23%	16%	86%	5%	20%	49%	25%	5%	59%
BP土砂量/年間流入土砂量	<b>1%(3%)</b>		<b>26%(23%)</b>		<b>20%(13%)</b>			<b>4%(3%)</b>		<b>53%(51%)</b>	

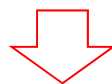
・( )内は既往委員会時の数値

#### (1) 今後のバイパス運用方法の検討方針

- ・令和2年度の土砂バイパストンネルの摩耗進行を踏まえ、今後の運用方針は、以下に示す通りとする。
- ・モニタリング、一次元河床変動モデルを活用し、バイパス運用中にリアルタイムで摩耗状況を把握しながら、バイパス終了の判断を行う方針とする。

#### バイパス運用開始時

- ・ バイパス開始は貯水位の状況を見ながら適宜判断
- ・ (目標は流入量60m<sup>3</sup>/sに達する前にゲート操作開始)



#### バイパス運用中

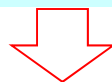
- ・ 摩耗状況をリアルタイムで把握しながらバイパスを運用
- ・ 摩耗状況に応じてバイパス終了の判断を行う

#### モニタリングによる摩耗量の把握

- ① ICタグによるインバート流出状況の把握
- ② 一時的にバイパスを止めての直接観測  
など

#### シミュレーションによる摩耗量の推定

- ① 1次元河床変動計算によるバイパス土砂量の算定
- ② ①のバイパス土砂量をもとに摩耗予測式による摩耗深の算定



#### バイパス終了

- ・ 摩耗状況を監視しながら、摩耗の進行状況に応じてバイパス運用を終了

## (2)トンネルの摩耗・損傷を抑制するための運用方法の検討

- 今後、トンネルの摩耗状況を把握しながら土砂バイパストンネルを運用していく上で、インバートの摩耗・損傷の原因とされる大粒径の土砂の流入状況や対策について検討する。
- 土砂収支部会では大粒径土砂の移動状況の実態把握や、構造部会と連携し、大粒径土砂のバイパスへの流入抑制施設の検討を行う。

### 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

### 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、代表箇所を選定等）

#### ■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

#### (3) 大粒径の移動実態調査の目的

- ・R2.7洪水における摩耗の一因として、大粒径の土砂の混入が想定される。(大粒径とは100mm以上と定義:第8回土砂収支部会)
- ・既往の河床材料調査では大粒径の土砂の割合が少なく、大粒径の土砂に着目した移動状況等の詳細は把握されていないため、大粒径の土砂の移動実態を把握するための調査を行った。
- ・結果として、今年度調査では大粒径の土砂の移動実態を把握することができなかった。

#### 調査目的

- ①バイパストネルの摩耗・損傷に影響を及ぼす粒径規模の把握  
 大粒径土砂の供給源や、桶谷橋上流から分派堰までの移動状況を調査  
 →摩耗メカニズムの推定、摩耗予測式の設定・検証、流入抑制施設の設計条件に活用  
 ・数値解析モデルより移動限界粒径を推定し、移動実態調査より解析モデルを検証  
 →数値解析モデルの精度向上に活用

- ②大粒径土砂が移動する流量条件の把握  
 →バイパス運用の終了・停止基準の検討に活用

- ・H30.9洪水(最大流量※469m<sup>3</sup>/s):バイパストネル内で、500mm程度の礫は未確認
  - ・R2.7洪水(最大流量※597m<sup>3</sup>/s):バイパストネル内で、500mm程度の礫を確認
- ※ダム管理日報の時間データより全流入量の値



砂利採取場の河岸部には巨石が設置されている



#### (4) 大粒径の移動実態調査結果と次年度の移動調査予定

・今年度、礫へのペンキ塗布とICタグによる移動実態調査を行ったが、大粒径土砂の移動状況は把握できなかった。  
 ・次年度は今年度調査の課題を踏まえ、アクティブタグの活用等により調査を実施していく方針である。

#### 今年度の調査内容



#### 今年度調査の課題

- ・ パッシブ型のICタグは、埋没などの河床変動を考慮すると、計測機器の適用が困難
- ・ 第三貯砂堰での砂利採取の実施状況を踏まえると、出水後には速やかに出水後調査を実施する必要がある。
- ・ 長雨等、出水の状況によっては調査が困難な場合があるため、年間発生する複数の出水に対して調査を実施し、その都度移動状況を確認することにする。

#### 次年度の調査方法(案)

パッシブ型のICタグよりも通信距離の長い発信機等を用い、礫の移動状況を把握する

項目	調査方法
調査方法	礫への着色 UAVによる出水後の移動状況把握
調査範囲	第3貯砂堰～6.2kを基本 (6.2kより上流は流況によってはアクセスが困難)
調査箇所	以下の測線を対象に各測線で計60個以上着色(R3年度は40個着色) 5.6k、5.8k、6.0k、6.2k
調査時期	梅雨期の出水に間に合うように春季から実施することとし、年間の複数洪水を対象とした調査が実施できるよう努める
対象粒径	300mm～500mm

【使用する発信器】

発信器	標準タイプ	高出力タイプ
写真		
外形寸法	φ46×H51(mm)	φ114×H205(mm)
質量	約0.2kg	約3kg
通信距離	約10m	約40m
電池寿命	起動後約2ヶ月	起動後約1ヶ月

出典：第40回黒部川土砂管理協議会

これまでの河床材料調査で存在状況が確認されていない300～500mmの粒径を対象とした。(呑口上流の河道には、10cm程度の粒径は多く存在している)



4. 第7回構造部会  
結果及び追加整理結果の報告

### 構造部会の目的

- ①トンネル内損傷要因分析と予測
- ②復旧工事後のモニタリング計画
- ③メンテナンス計画(維持管理計画)

### ●主な議題

#### 1.復旧工事に関して

- ・復旧工事の進捗状況
- ・鋼製ライニング・ラバーsteel区間(追加調査結果と復旧方針)

#### 2. トンネル内損傷要因分析と予測

- ・摩耗・損傷メカニズムの推定、摩耗・損傷状況の整理及び要因分析
- ・摩耗予測式による摩耗推定
- ・大粒径土砂の流入抑制対策の検討

#### 3. 復旧工事後のモニタリング計画

- ・インバートコンクリート摩耗監視手法

#### 4. 減勢工の復旧方針

- ・減勢工(底張りコンクリート・右岸側護岸)の損傷要因及び復旧方針

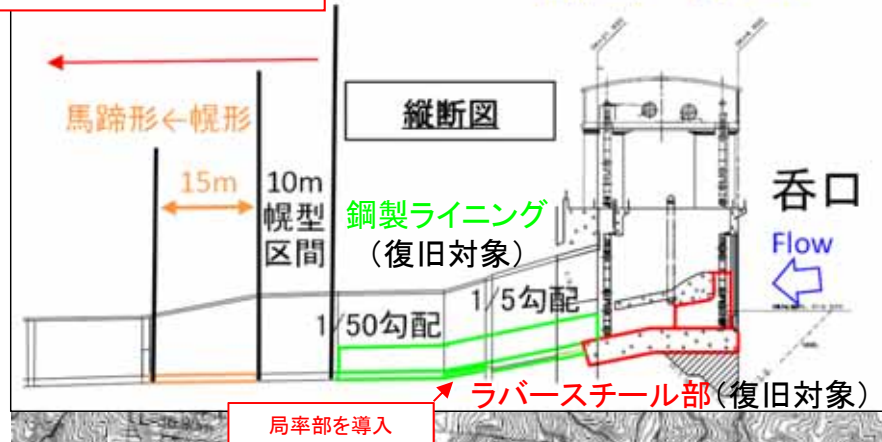


## 4.2 復旧工事に関して

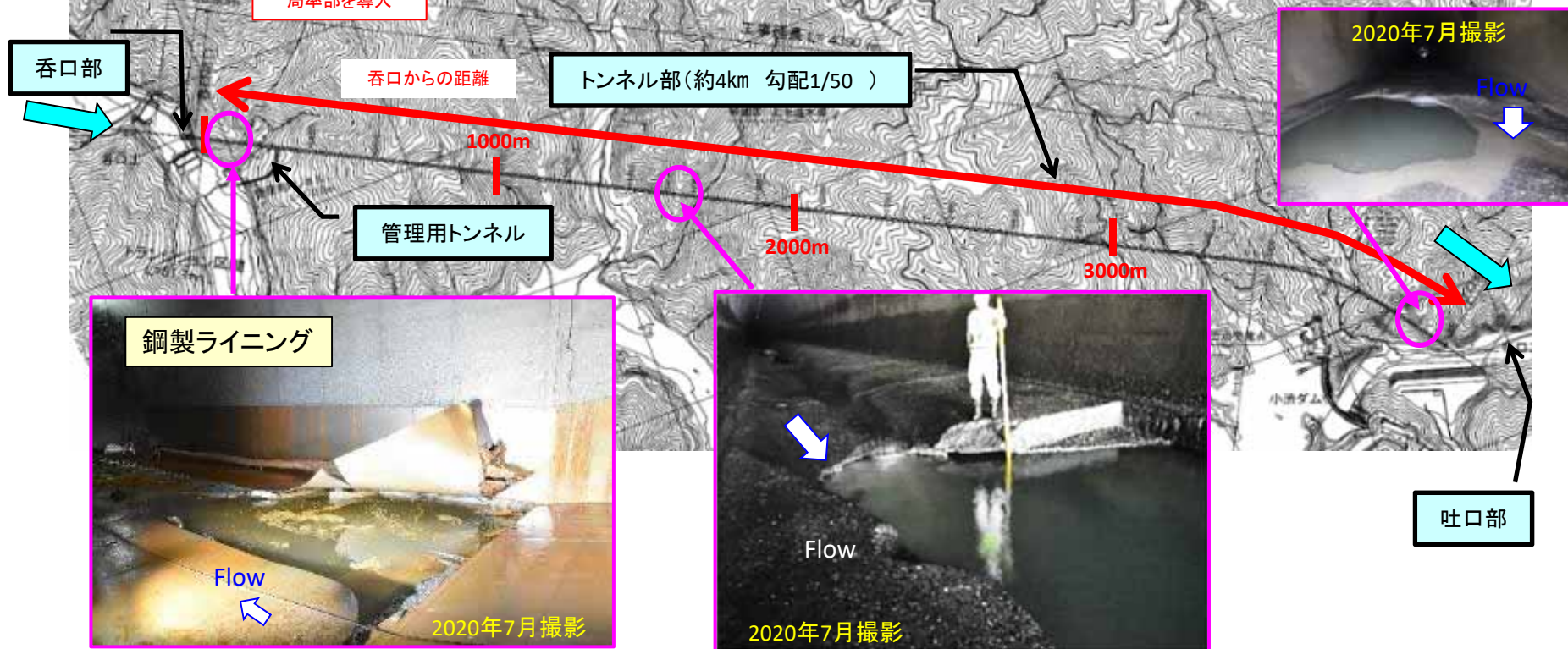
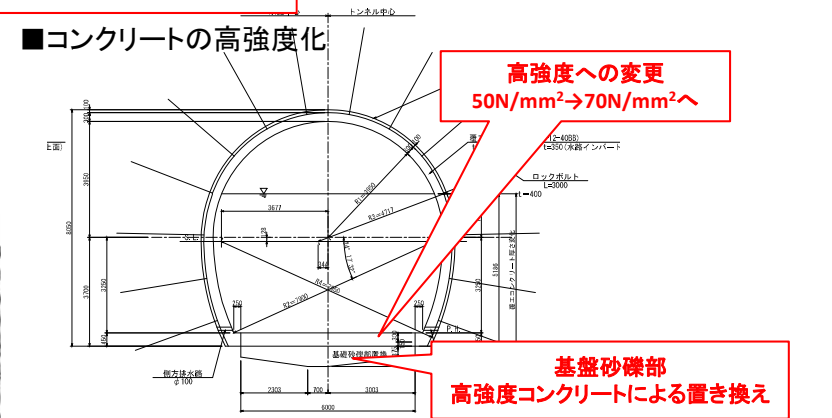
### (1) 復旧工事で対象とする施設

#### ■施設の名称 定義 復旧対象

#### 呑口部(縦断図)



#### トンネル部



## (1) 復旧工事で対象とする施設

■施設の名称 定義 復旧対象



吐口部 トンネル側、上部側からの状況

### (2) 復旧工事の進捗状況

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

【補修概要】・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は高強度コンクリート（70N/mm<sup>2</sup>）  
 ・側面排水工の設置  
 ・鋼製ライニングの撤去・設置

【施工概要】・トンネル全体を2工区に分割し、工期短縮化  
 ・トンネル内への進入ルート：上流部は管理用トンネル・下流部は吐口部の2箇所  
 ・既設コンクリートの取り壊し撤去：管理用トンネル・吐口部から奥側に向かって順次進行。  
 ・コンクリート打設：トンネル奥側より入口側に後退する形で、基礎部の填充とインバートコンクリート打設・養生を同時施工

【工事工程】・目標：2カ年計画 1年目：既設コンクリートの取り壊し撤去・ライニングの撤去・鋼製ライニングの製作  
 2年目：コンクリート打設・ライニング敷設・トンネル出口の平場コンクリート部  
 ・復旧工事は、R3～R4年度の2カ年を目標とするが、工事の進行状況により1年延長する可能性もある。

工種		R3年度	R4年度
吐口部	トンネル出口平場コンクリート	基礎部復旧	新コンクリート打設
	減勢工（河道部）	仮復旧	復旧
トンネル部	インバート	旧コンクリート撤去	新コンクリート打設（高強度）
	呑口部鋼製ライニング	工場製作	配置

減勢工部（底張りコンクリート部・右岸側護岸部）  
 : 令和4年度の出水期以降に施工開始の予定

### (3) 鋼製ライニング・ラバーsteel区間(追加調査結果と復旧方針)

#### 【呑口部の摩耗状況】

##### ■ 鋼製ライニング区間の摩耗状況

- 鋼製ライニングの最大摩耗量は12.0mmであり、全体平均摩耗量は3.44mmであった。
- 右岸側の鋼製ライニングの摩耗が顕著であり、トンネル内の流況が均一ではなく偏って流下したと想定される。

##### ■ 主ゲート底部戸当り区間(鋼製膜板)の摩耗状況

- 総体的には健全性を保持している(平均摩耗厚2mm以下)
- 右岸上流側のラバーsteelとの接触部近傍に顕著な摩耗が生じており、局部的に残存板厚が5mm(当初板厚16mm)の部分もあった。

##### ■ ラバーsteel区間の摩耗状況

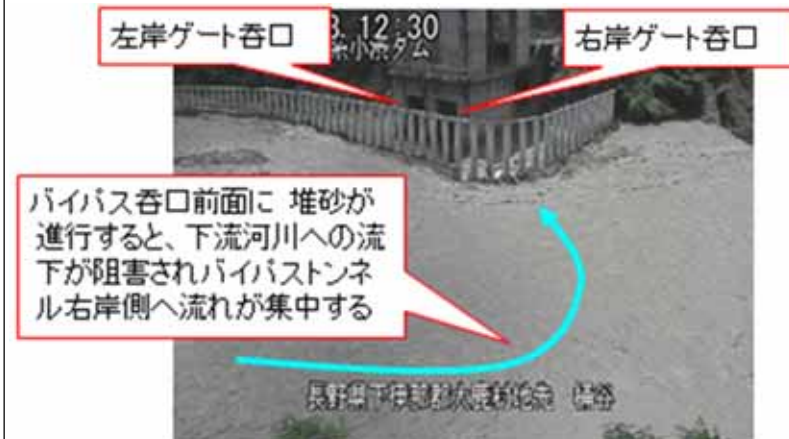
- ラバーsteelの最大摩耗量は18.5mmであり、全体平均摩耗量は3.35mmであった。交換の目安摩耗量の19mm相当であるため、交換するものとする。
- 最大摩耗位置は、右岸主ゲート右岸側戸当り直下流であり、右岸側の偏流及び戸溝による流況の乱れも影響しているものと想定される。

##### ■ 調査結果の概要

- いずれの区間でも右岸側の摩耗が顕著であるが、この要因は、分派堰内の河床が高くなるとバイパス呑口前面の堆砂が進行し、巻き込むような流れが生じる。バイパスゲートに入り込む流れが右岸側に寄ることで、右岸側の摩耗の方が顕著となったと考えられる。

#### 【復旧方針】

- 下流の鋼製ライニング箇所は破損・損傷していることよりボルト固定方式の二相系ステンレス鋼に交換することを予定している。
- 上流部にも局所的に摩耗が激しい部位があるため、部分交換及び増厚補修が必要であると考えられる。



分派時のCCTV: R2.7.8 12:30 Q=280m<sup>3</sup>/s



右岸側ゲート側部戸当りを望む

#### ＜追加調査結果より＞

底部戸当り膜板は全体的に摩耗量は少ないが、ラバーsteelとの接触面の上部コーナ部は局所的に削り取られて、右岸側の一部の残存板厚は5mmであり、継続使用すれば剥離・損傷が懸念される



戸当り上流部膜板の断面図

### (3) 鋼製ライニング・ラバーsteel区間(追加調査結果と復旧方針)

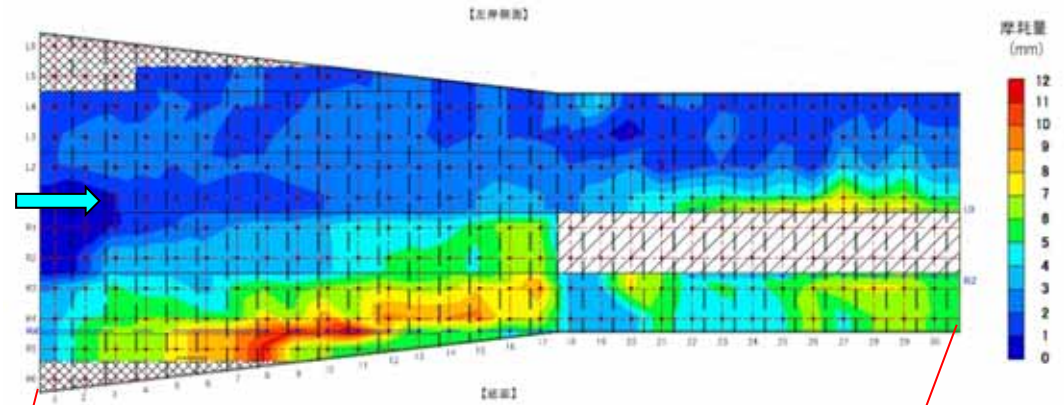
#### ■ 摩耗量コンター図

- 下流部鋼製ライニングとライニング全体の摩耗量コンター図を示す。上図は、局所的な摩耗傾向が読み取れ、下図は、全体的な摩耗傾向が読み取れる。
- ラバーsteel区間でも右岸側で摩耗量の卓越部があることより、下流部の全面交換に加え、交換が必要なが分かる。

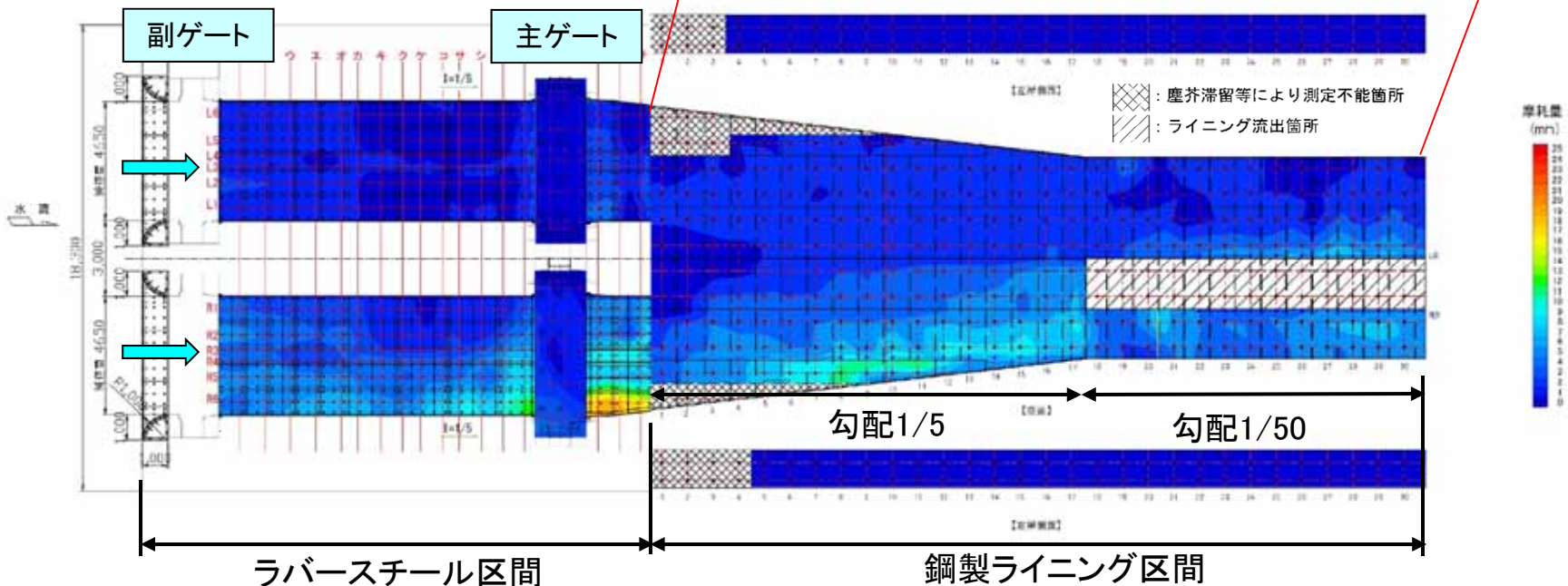
#### ■ モニタリング対象部位

- 図より、モニタリング対象部位は右岸側の摩耗卓越箇所を中心に、定点観測を実施する方針とする。
- 下流部の勾配変化点(1/5⇒1/50)についてもモニタリングが必要であると考える。
- モニタリング頻度は、トンネル内の排水調査時に超音波板厚計により実施することとする。

鋼製ライニング コンター図(凡例 レンジ幅拡大)



ライニング全体 コンター図



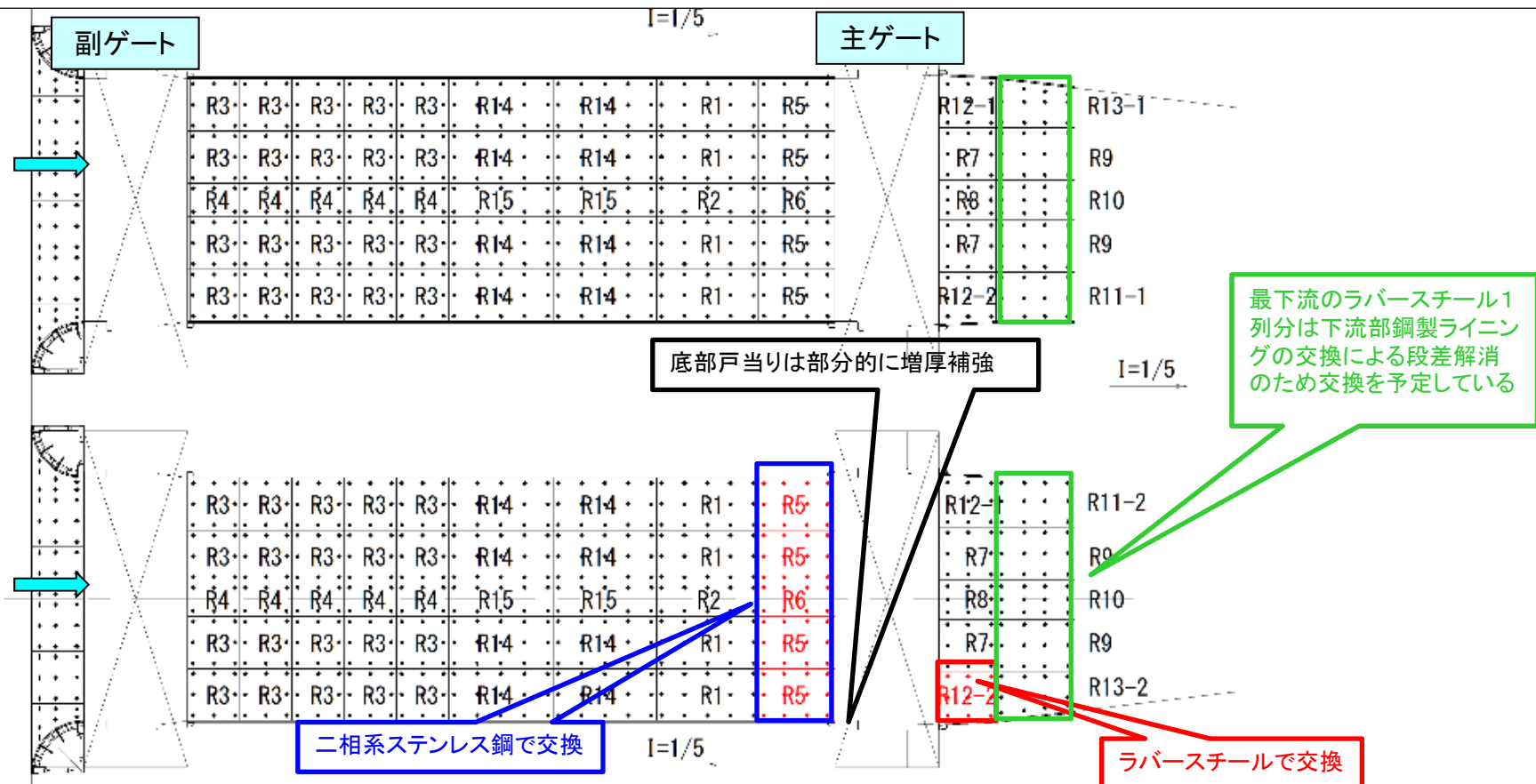
(3) 鋼製ライニング・ラバーsteel区間(追加調査結果と復旧方針)

■ライニングの復旧方針(第9回モニタリング委員会で提示した内容)

- ・ 前年度に下流トンネル部のインバートライニングをボルト固定方式の二相系ステンレス鋼に変更した。
- ・ 側壁ライニングは、摩耗が少ないため既設の通りジベル方式の普通鋼としたが、敷設範囲を現況より約48m程度下流まで延伸した。

■ライニングの復旧方針(今回の調査を踏まえ追加する内容)

- ・ 今年度の調査結果を受けて、主ゲート底部戸当り膜板上流部の偏摩耗部を現地当板溶接により増厚するとともに、下図の底面ライニングを交換する方針とする。  
(交換予定のラバーsteelと併せ、右岸側底部戸当り下流ラバーsteel1列は全交換となる)
- ・ 戸当り上流側の5枚については、埋設されており交換が困難な戸当り膜板の延命化を図るため、現状復旧のラバーsteelではなく、二相系ステンレス鋼で交換する方針とする。



底面ライニング等交換詳細図(平面図)

## (1) 摩耗・損傷メカニズムの推定

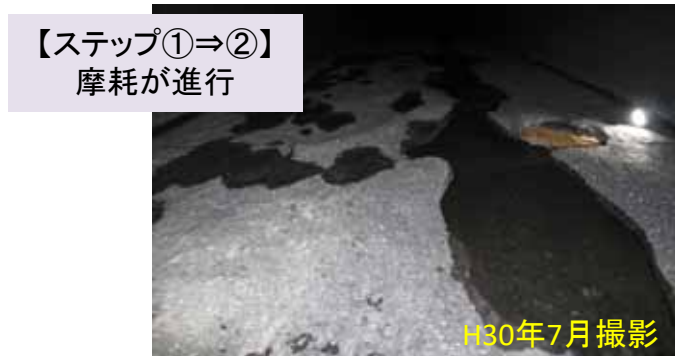
### ■ 摩耗・損傷メカニズムの分類(特徴的な推定される損傷要因)

摩耗・損傷メカニズムのステップより、以下の2つに分類した。

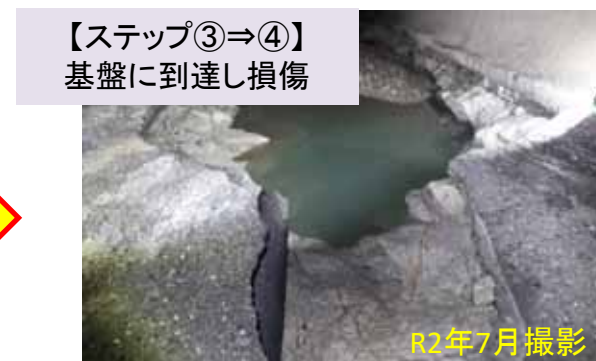
【ステップ①⇒②】: コンクリート表面が摩擦により徐々に削り取られ、一様に削れて摩耗が進行するメカニズム

※平成30年度までに確認した摩耗メカニズム

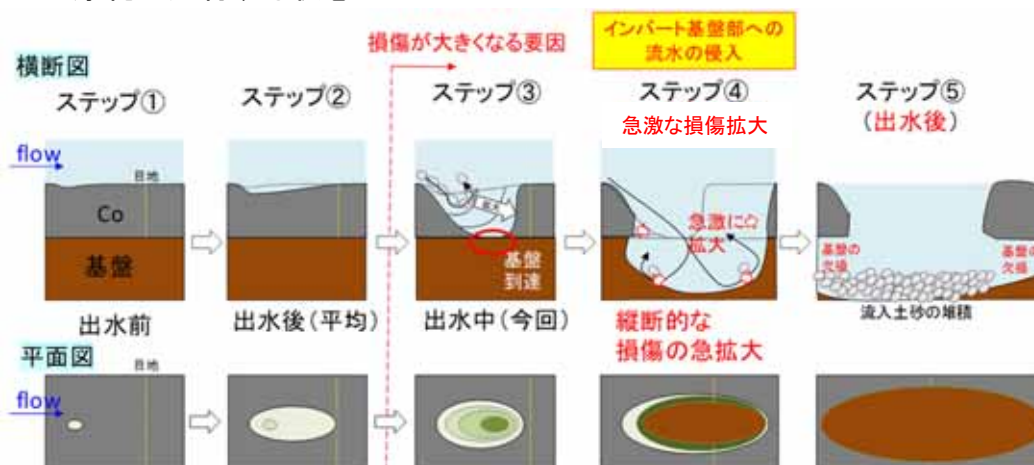
【ステップ③⇒④】: 摩耗が段階的に進行し、インバート厚が薄くなった状態に、流下してきた大粒径土砂の落下や衝突により、コンクリート欠損や、礫の長時間の滞留・旋回による局所的洗堀が発生し、下からのインバートをもち上げる形で、摩耗・損傷が進行していた箇所の下流側のインバート流失する損傷メカニズム



コンクリート表面が徐々に削られて  
摩耗が進行する状態



インバート厚が薄くなった状態で、  
大粒径土砂の衝突等により、インバートを流失させる損傷



## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

### ■ 摩耗・損傷の特徴的箇所の傾向分析

・設計基準面から平成30年までの摩耗・損傷状況(MMS測量)と、R2.7出水後に計測した摩耗・損傷状況(レーザ測量)を重ねて比較することで、R2.7出水でインバートが流出した損傷が発生するまでの状況を把握し、損傷のきっかけについて分析した。

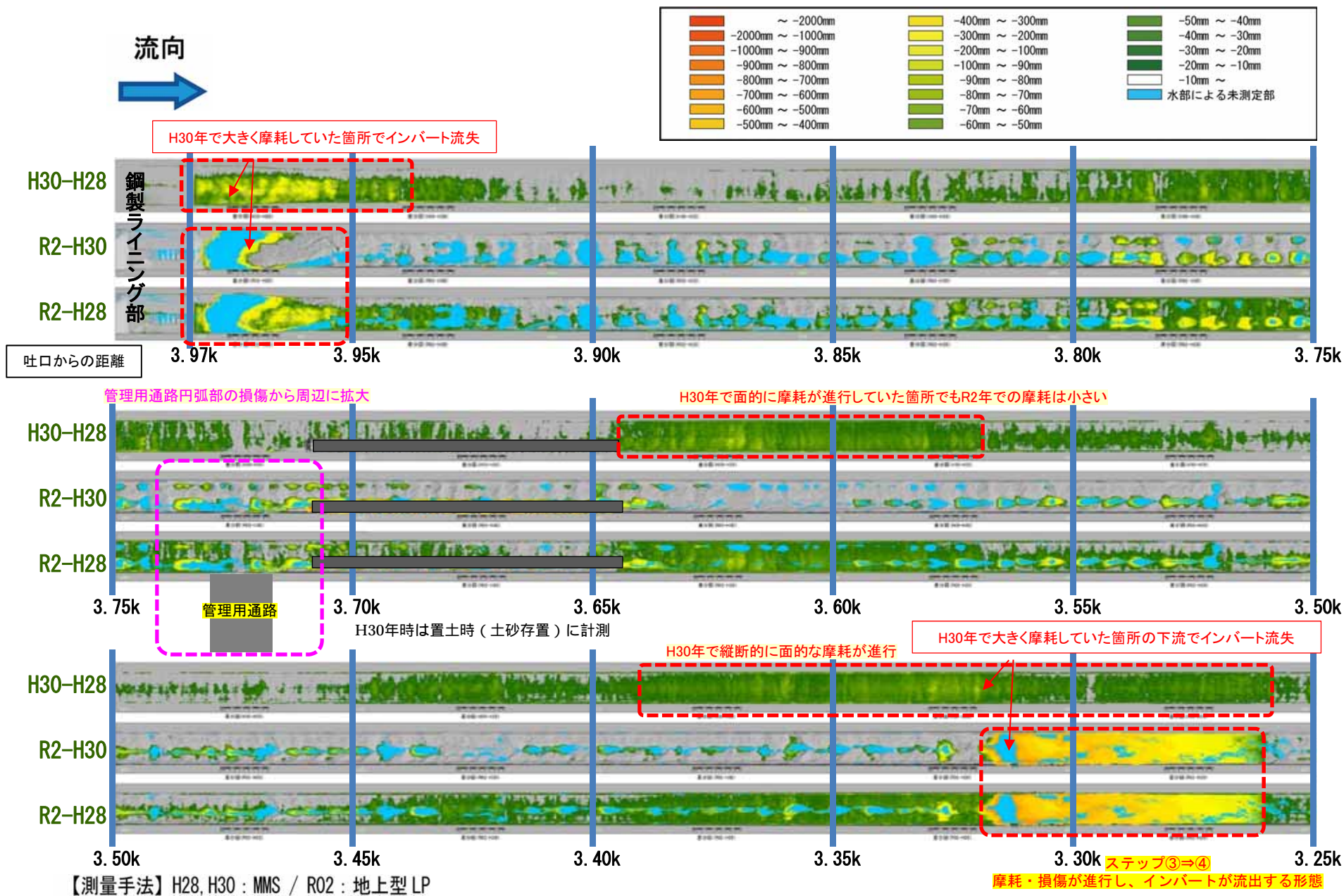
箇所	特徴的な摩耗・損傷の経年変化
経年変化傾向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30年までに、局所的に摩耗・損傷が進行していた箇所は、R2.7出水後の摩耗・損傷は大きい傾向にある。</li> <li>・H30年時点で、面的(横断的)に摩耗・損傷が進行していた箇所は、R2.7出水後では摩耗・損傷が小さい傾向にある。</li> </ul>
平面分布傾向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な摩耗分布の周期性は、50mにつき8～10個程度(中心間距離5m～7m)の傾向がみられる。 ※(参考 トンネルの縦断勾配1/50)。</li> <li>・吐口下流側の湾曲区間では、内岸側(右岸側)に摩耗・損傷が偏っており、外岸側(左岸側)の摩耗は進行していない。</li> <li>・管理用通路(3.70k～3.75k)付近では、管理用通路円弧部の損傷(形状変化点)から周辺に拡大している。</li> </ul>
縦断傾向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H30年までに摩耗している箇所の下流部は、摩耗進行が早い傾向にある。</li> <li>・トンネル上流側は面的な損傷が多く、トンネル下流は局所的な損傷が集中している傾向にあり、下流側の流速増加による影響だと推定される。</li> <li>・大粒径が局所的に転動⇒跳動⇒浮遊を繰り返すことで、摩耗・損傷が進行していた箇所の下流で外力が大きくなったものと推定される。</li> </ul>
インバート流出部の傾向  ステップ ③・④	<p>【0.00～0.05k付近】H30年度の段階で、0.02～0.04kで面的に摩耗・損傷が進行。 ⇒R2.7洪水後は、ほぼ同じ区間でインバートが流出した。</p> <p>【2.10～2.15k付近】H30年度の段階で、上流側(2.15～2.25k)と下流側(2.00k～2.13k)で面的に摩耗・損傷が進行。 ⇒R2.7洪水後は、その下流の2.15k付近から下流にかけて約30m流出した。</p> <p>【2.80～2.90k付近】H30年度の段階で、上流側(2.85～2.90k)は面的に摩耗・損傷が進行。 ⇒R2.7洪水後は、この区間から下流にかけて約80m流出した。</p> <p>【3.25～3.30k付近】H30年度の段階で、上流側(3.30～3.40k)は、面的に摩耗・損傷が進行。3.33k付近が最も顕著。 ⇒R2.7洪水後は、その下流の3.32k付近から下流にかけて約50m流出した。</p> <p>【3.95k上流付近】呑口上流側の鋼製ライニング区間下流の勾配変化点下流(3.95k付近)では、H30年時点でも大きく摩耗が進行していた。 ⇒R2.7出水後ではインバートが流出した。</p>



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

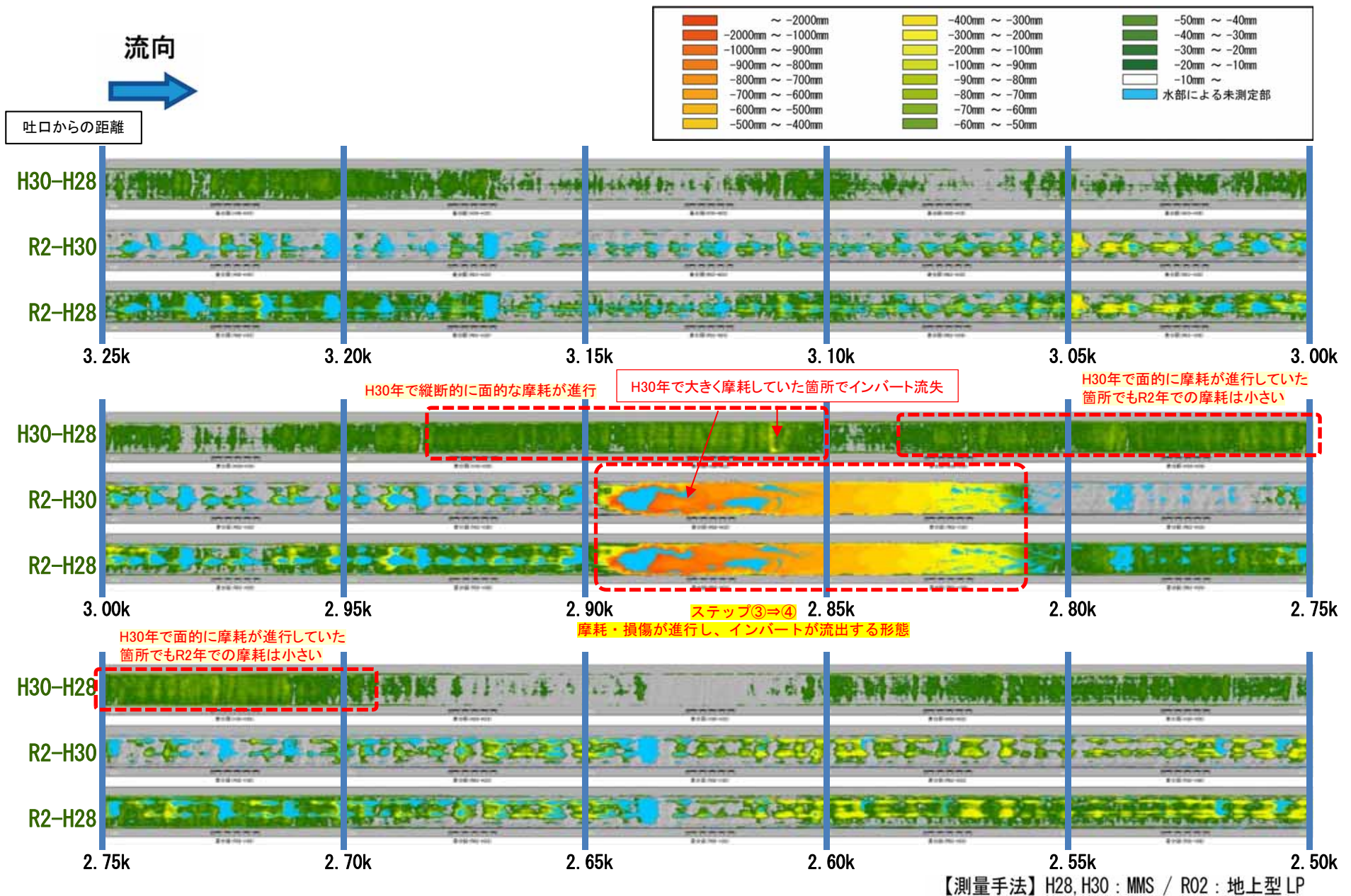
■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

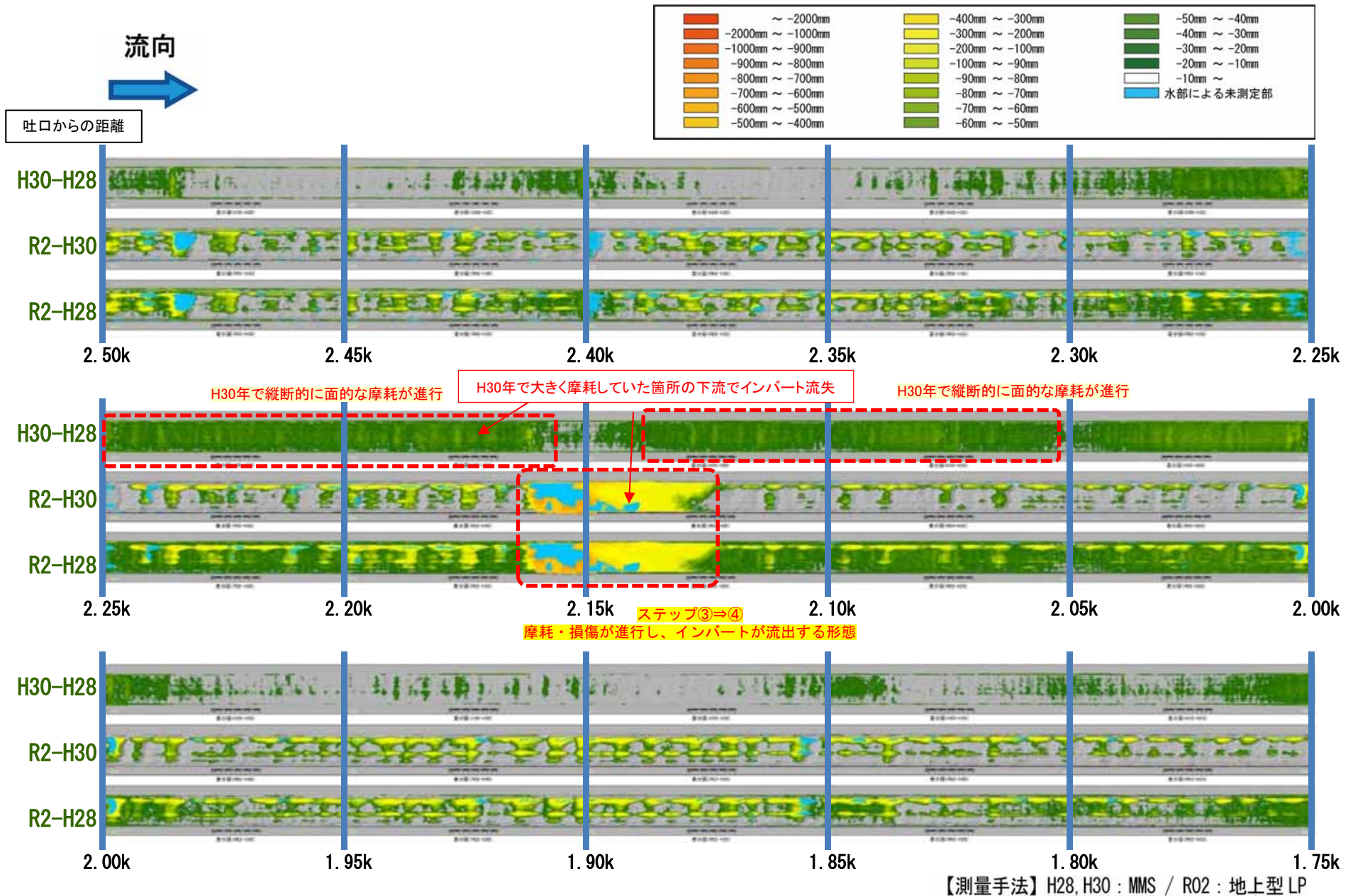
■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

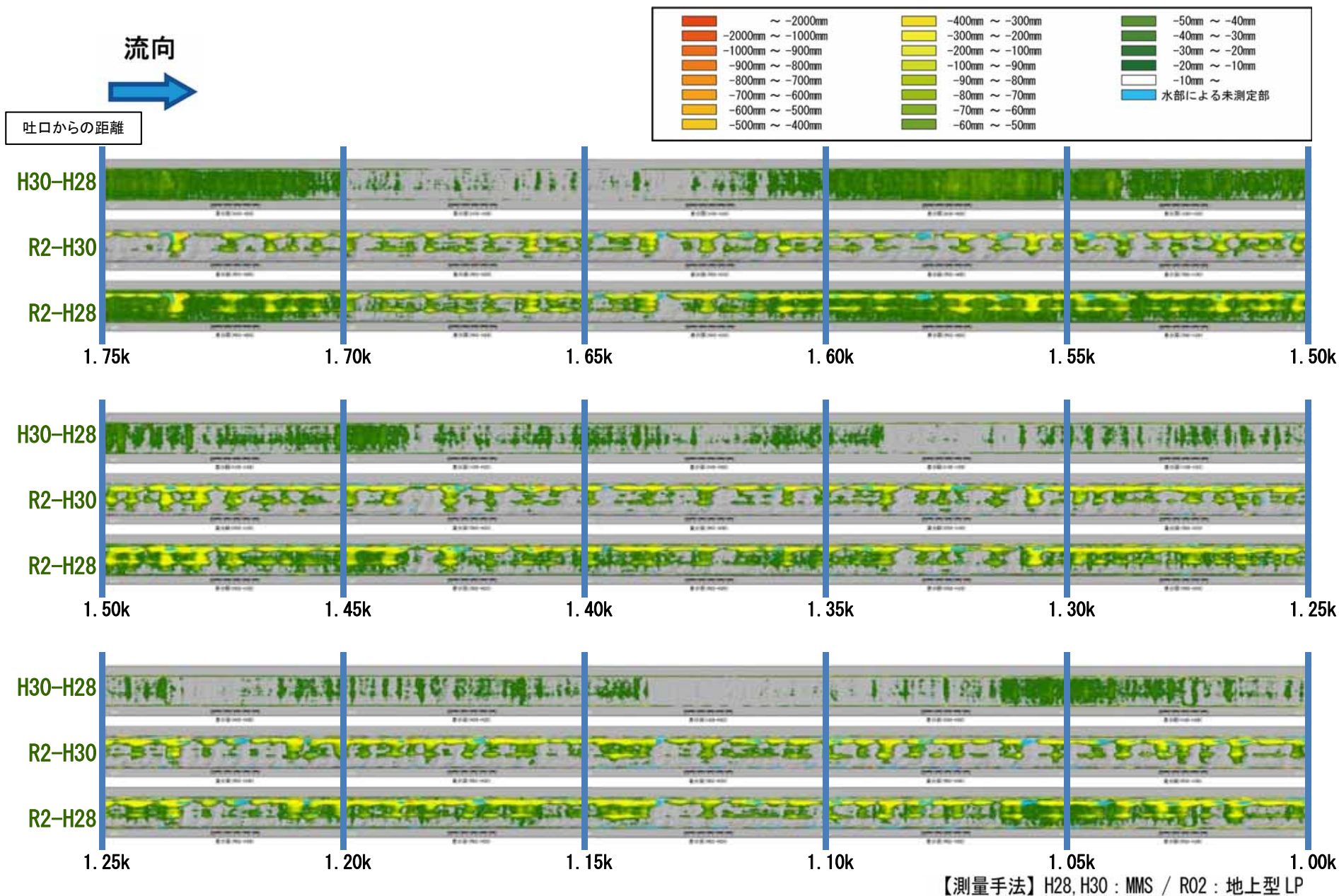
■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

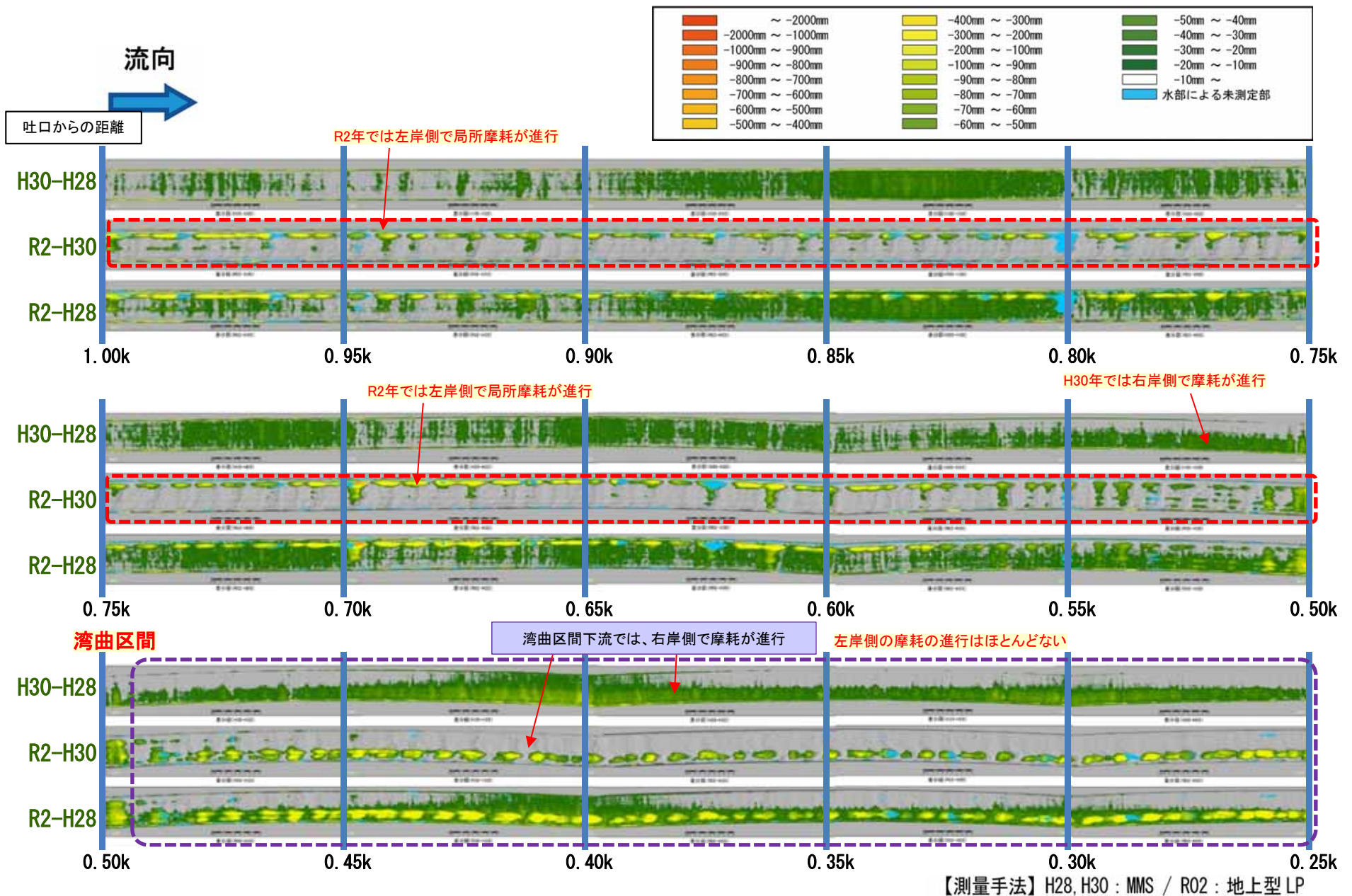
■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

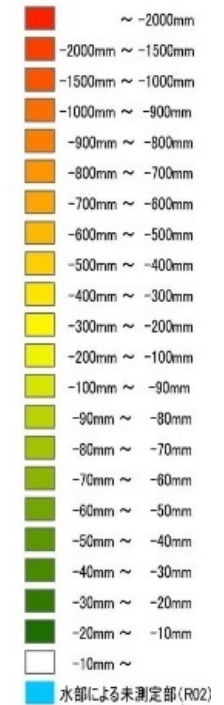
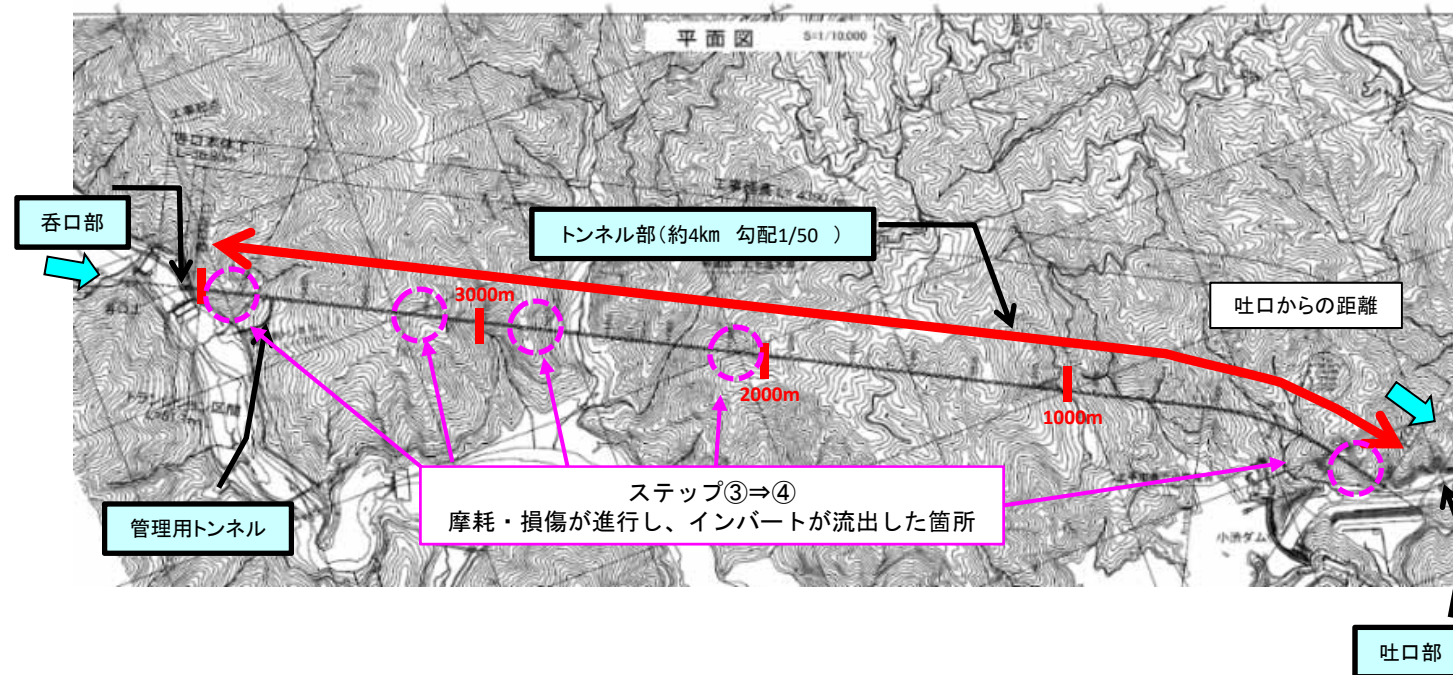
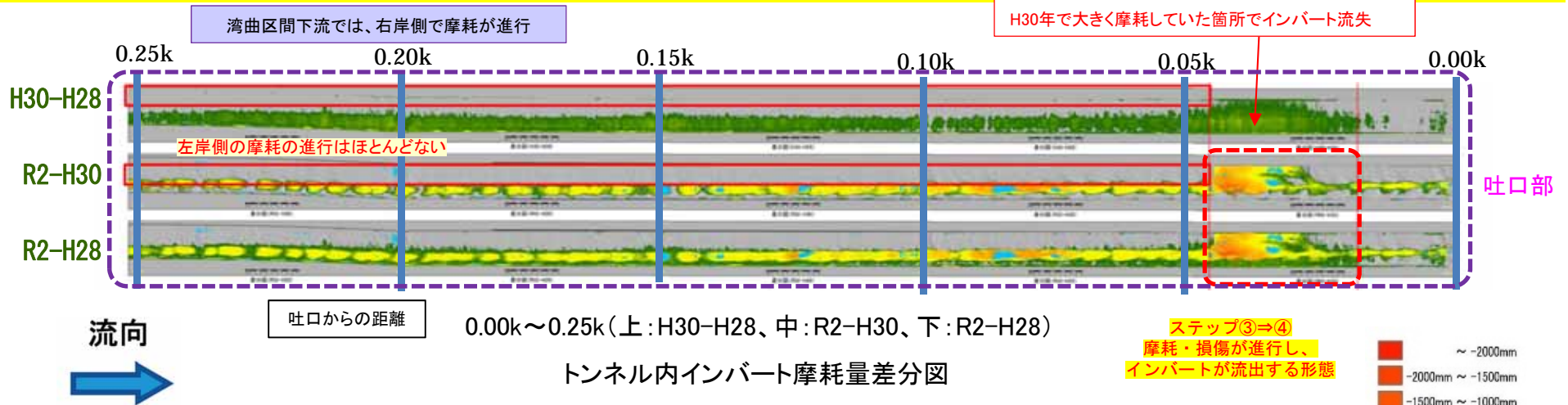
■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



# 4.3 トンネル内損傷要因分析と予測

## (2) 摩耗・損傷状況の整理及び要因分析

### ■ 平面的な経年変化 — トンネル内インバート摩耗量差分図



【測量手法】  
 ・MMS (H28, H30)  
 ・地上型LP (R02)

## (3) 摩耗予測式による摩耗推定

### ■ 摩耗予測式

- ・摩耗量推定手法は、コンクリートの強度(耐摩耗性)の特性に応じて、実績の摩耗量よりパラメータを同定し、摩耗量を予測する手法である。
- ・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により、インバートの摩耗量を推定する。  
⇒Auelの式を活用

■ 摩耗予測式(Auelの式)の概要  
射流状態でのコンクリート床板の摩耗量を予測できる式。

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

コンクリートの強度 水理量(摩擦速度等)を等流計算より算出  
抵抗係数 流砂量  
実績平均摩耗厚から設定 掃流砂粒径20mm以上を使用

### ■ R2.7出水の摩耗予測の状況(第9回モニタリング委員会で提示した内容)

#### <実績摩耗量>

- ・R2.7出水後の実績平均摩耗量(29cm) (R2.7出水直後に実施した簡易測量結果より)

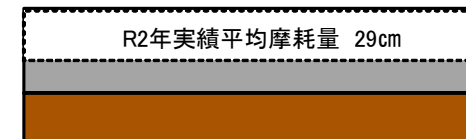
#### <予測摩耗量>

- ・H30年までの実績摩耗量より同定した摩耗予測式より予測 ※平均摩耗量(9.8cm)

⇒摩耗予測は、実績摩耗量と比較すると過小であった。

### ■ 摩耗予測式の課題

- ①局所的な損傷メカニズム、全面的なインバートの流出した現象に対して適用できない。  
※摩耗予測式の適用範囲は、インバート厚が確保された状態で、  
復旧前ではインバート厚450mm、復旧後はインバート厚600mmまでが適用範囲となる  
※摩耗予測式は、全体的に進行する摩耗を想定。
- 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。



R2.7出水の実績摩耗量  
(出水直後の簡易測量結果)



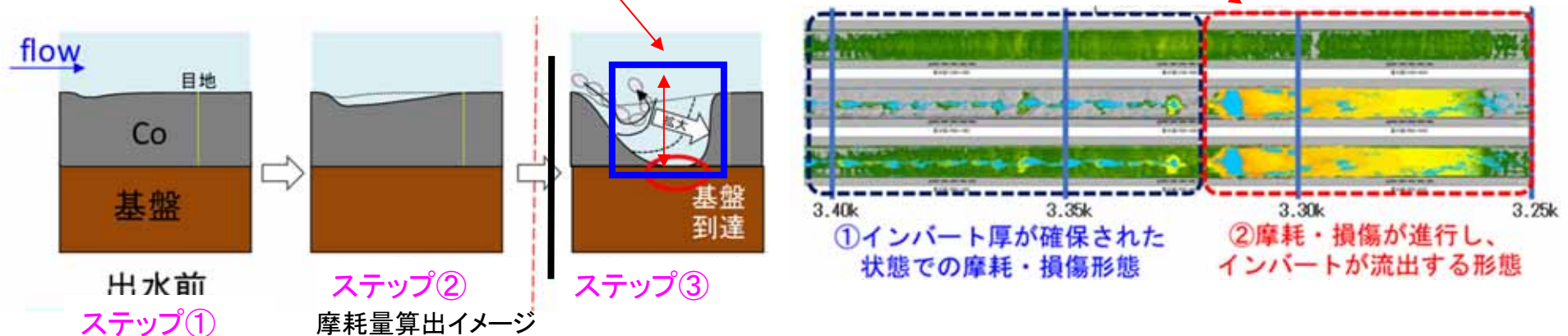
R2.7出水の予測摩耗量  
(H30までの実績摩耗量で同定)

## (3) 摩耗予測式による摩耗推定

### ■ 摩耗予測式の見直し方針

- ・摩耗式の適用範囲は、インバート厚が確保された状態の範囲(復旧前は450mm)とし、インバートが流失した損傷メカニズムは対象外とした。
- ・縦断方向1m間隔の詳細な測量結果を使用し、縦断的に流失したインバート以外の断面平均摩耗量の平均値(197mm)で同定。  
 ⇒ 平均的な摩耗を予測するためのKv値(32327)として設定し、平均的な摩耗予測式として活用する。
- ・最大摩耗量はインバート厚(450mm)を上限として同定。 ⇒ 危険側の摩耗を予測するためのKv予測式として活用する。

摩耗予測式による摩耗量推定に関して、  
 ステップ③・④のインバートが流出するメカニズムは適用できないと判断



摩耗式の同定		第9回委員会時点	今回の見直し (R2.7出水後で同定)	今後の摩耗予測方法
実績摩耗量		H30年までの摩耗量	R2.7出水後の摩耗量 (1m間隔の詳細測量結果)	
適用範囲		インバート厚	インバート厚 (450mm以内) ※流出したインバートは除く	
バイパス土砂量		20mm以上の粒径を対象 (掃流形態)	粒径2mm以上の粒径を対象 (掃流砂・浮遊砂)	
Kv値	平均摩耗量	41891	32327 (平均摩耗量197mmで設定)	平均的な摩耗予測式として活用
	最大摩耗量	4373	14152 (最大摩耗量450mmを上限)	危険側の摩耗予測式として活用



## (3) 摩耗予測式による摩耗推定

### ■ R2.7出水の摩耗・損傷進行状況

R2.7出水後の実績摩耗量で同定した摩耗予測式により、R2.7出水時の摩耗進行状況を整理した。

<抵抗係数の設定>

- ・流失したインバート以外の断面平均摩耗量の平均値(197mm)で同定した場合 ⇒  $K_v$ 値=32327

<対象粒径の設定し>

- ・粒径2mm以上の掃流砂・浮遊砂を対象に算出

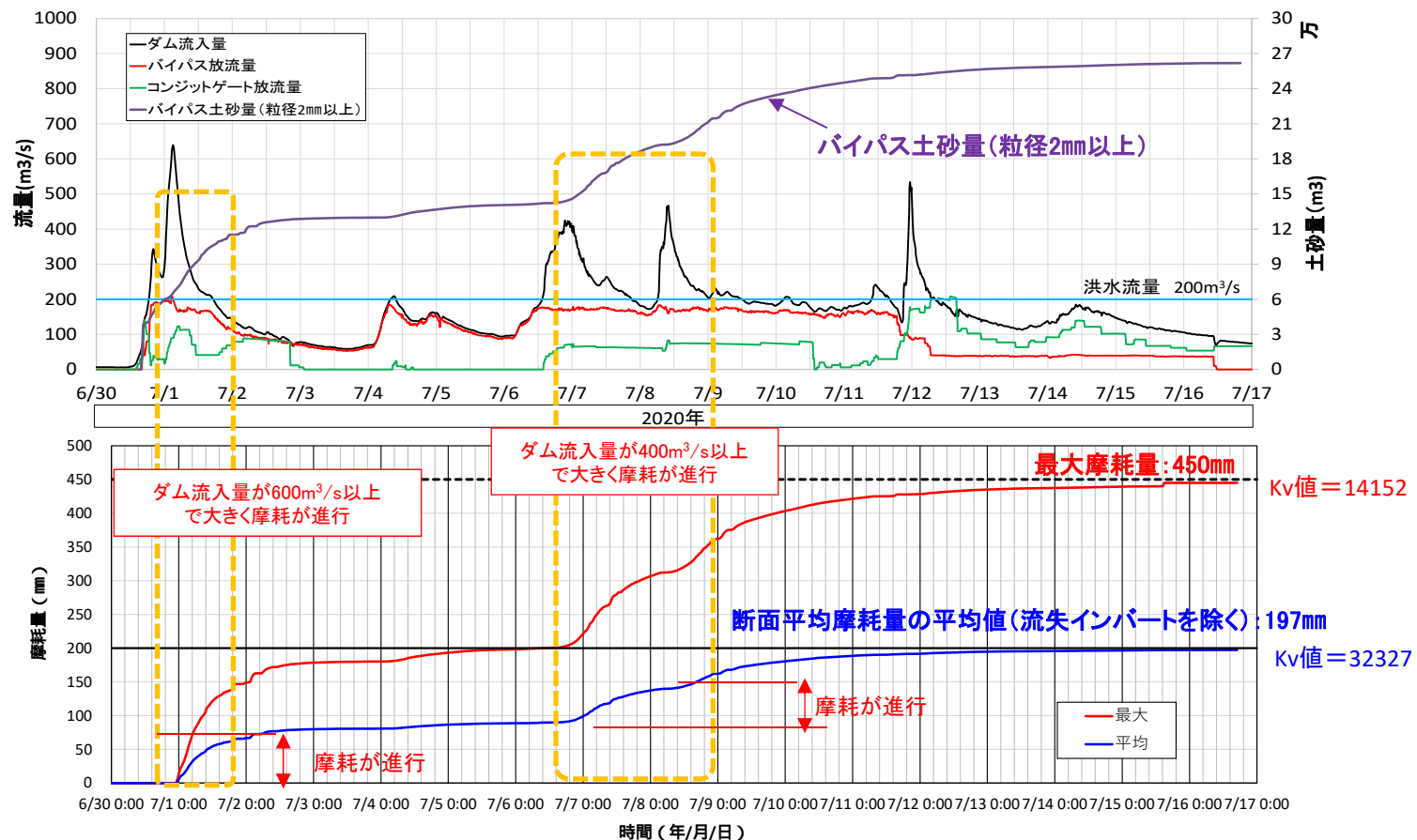


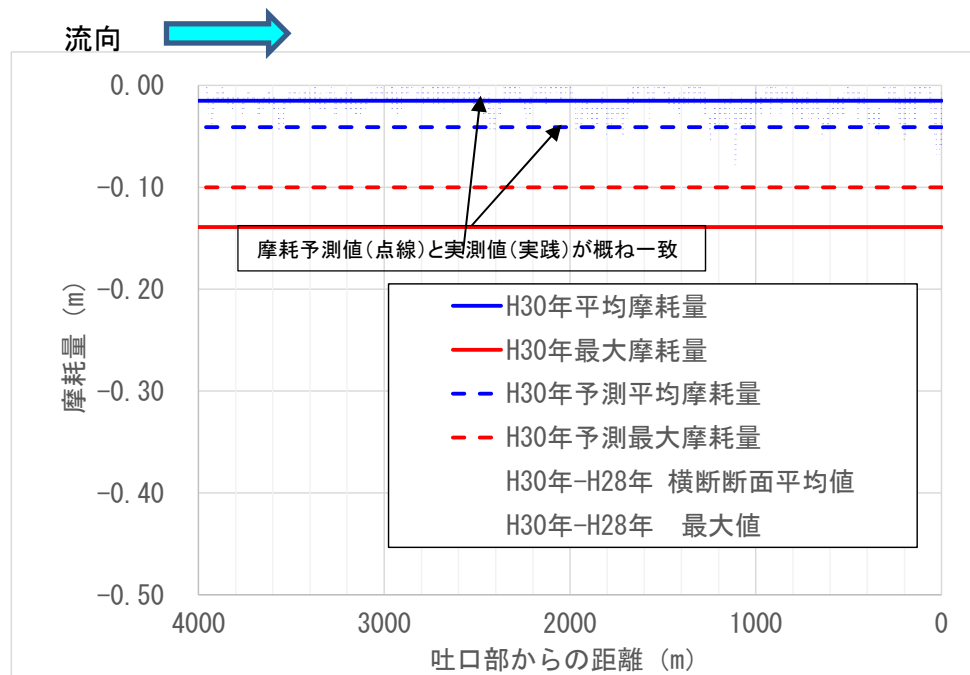
図 R2年7月運用時摩耗予測(精度向上後の摩耗予測式より)

## (3) 摩耗予測式による摩耗推定

### ■ H30までの摩耗・損傷進行状況の再現性(ステップ①、②のみの対応)

R2.7出水後の実績摩耗量で同定した摩耗予測式により、H30出水までの摩耗進行状況を確認した。

⇒実績データとの差異が約3cm～約4cm程度であり、実績値(平均値と最大値)と同程度となった。データを蓄積し同定していくことで、インバートが残る箇所に関しては、予測精度が向上することを確認した。



H30年摩耗量予測結果  
(R2年度の実績摩耗量を反映した摩耗予測式により)

H30年再現計算の結果	平均摩耗量	最大摩耗量
R2年測量結果反映 H30年の摩耗予測	41mm	100mm
H30年測量実績データ	15mm	139mm
差異	26mm	39mm

### ■ 今後の検討

#### ① 摩耗・損傷メカニズムからの摩耗予測

##### 適用範囲の確定

: 実績摩耗量(最大値・平均値)算出条件の再設定

⇒ **摩耗状況に応じて場所ごとに摩耗予測式を適用**

⇒ **抵抗係数の見直し**

#### ② 対象粒径・土砂量の見直し

: 摩耗・損傷を顕著に進行させる粒径の再設定

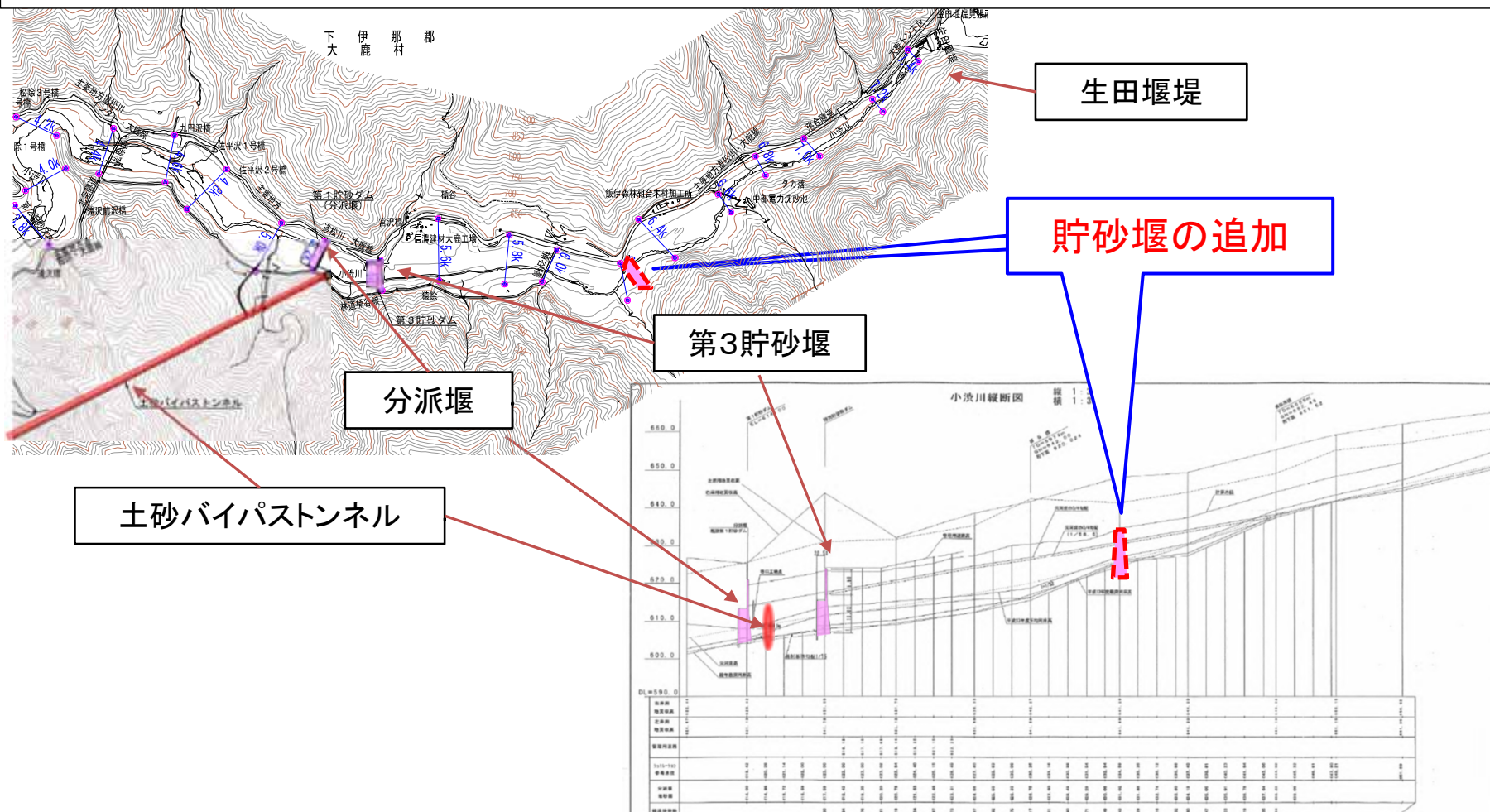
⇒ **粒径別摩耗量の影響を確認、対象粒径の見直し**

#### ③ 復旧工事後のインバートへの適用

⇒ **コンクリート強度70N/mm<sup>2</sup>、インバート厚600mm**

## (4) 大粒径土砂の流入抑制対策の検討

- ・摩耗・損傷を著しく進行させたと考えられる大粒径の土砂に対し、バイパス呑口・分派堰への流入を抑制するための施設対策を検討した。
- ・第三貯砂堰の上流区間を候補地として、新たな貯砂堰の設置を検討した。
- ・大量の土砂が流入した際、堰堤では満砂状態となるが、上流側の河床勾配が緩やかになることで、大粒径を移動させる掃流力を低減させる効果が期待できる。
- ・既設の第三貯砂堰を活用した検討を実施するとともに、上流に位置する生田堰堤に支障がないように、水位上昇や土砂堆積による影響に留意し、検討を進める。



### (4) 大粒径土砂の流入抑制対策の検討

■ 検討結果 (R2年計算結果 流入土砂量に大粒径を総土砂量の50%程度混入した場合)

・河床変動計算により、大粒径以下の粒径(100mm以下)、100~300mmの粒径、300mm以上の粒径の3つの粒径区分ごとに、第三貯砂堰を通過する土砂量を試算した。

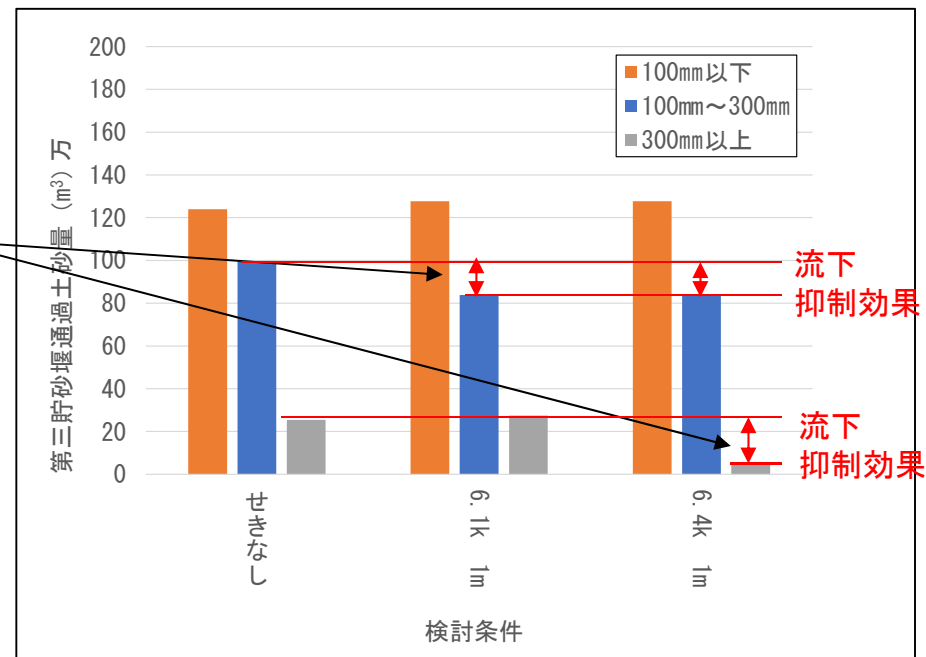
⇒ 今後は、上流から流入する大粒径の移動調査等の実態(土砂収支部会で検討中)を踏まえ、効果的な流入抑制施設について引き続き検討を進め、第三貯砂堰での大粒径抑制方法、活用も含めて精査していく。

■ 堰高1mを上流に設置した場合の効果

・6.1k、6.4kともに、粒径100mm~300mmの土砂に対し、土砂の流下を抑制する効果を確認できた。

・6.4kの場合は、粒径300mm以上の大粒径の土砂の流下を抑制でき、多くの土砂を補足することが期待できる。

⇒ 大規模粒径の移動調査結果を引き続き実施し、大規模粒径の流下状況や移動形態を把握することで、堰の規模や設置位置について効果を確認しながら検討を進める予定。



第三貯砂堰通過土砂量検討結果 大粒径を総土砂量の50%程度混入した場合  
(R2年度の計算結果 上流流入土砂量 約300万m³)

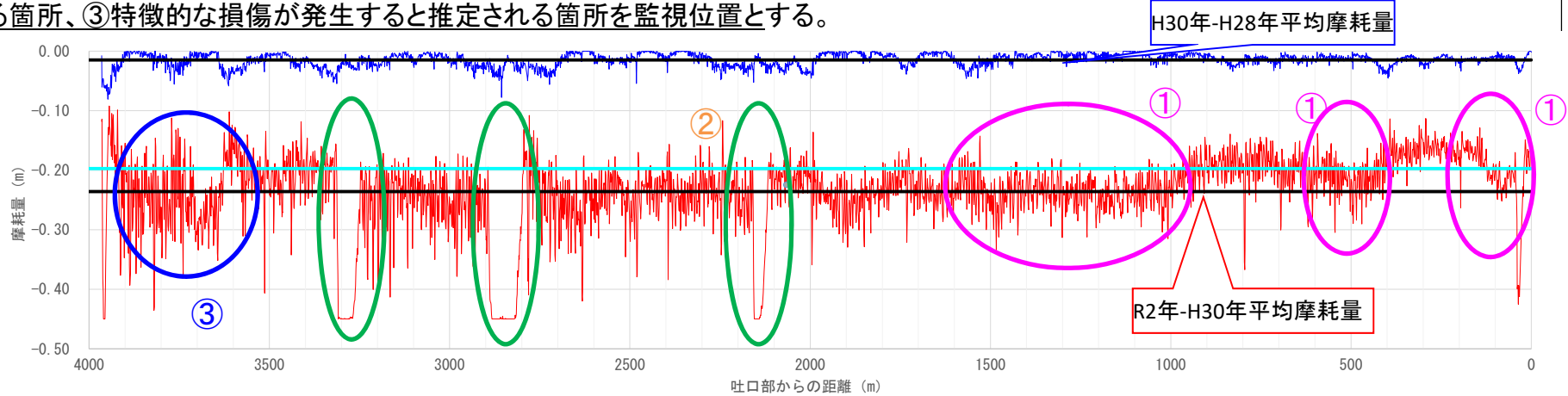
# 4.4 復旧工事後のモニタリング計画について

## (1) インバートコンクリート摩耗監視地点(案)

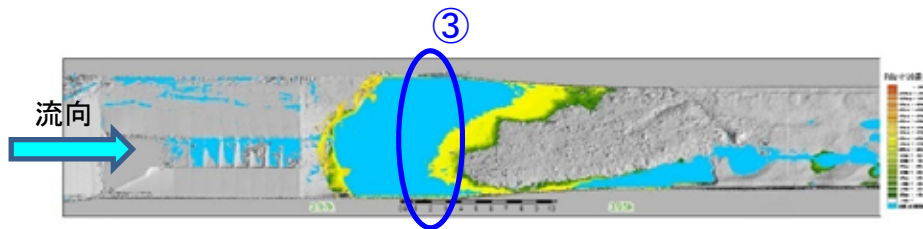
### ■監視位置(リアルタイム、準リアルタイム、地上・天井からの測量)

・監視対象はトンネル全線とすることが基本となる。しかし、延長が約4kmと長いことから、監視施設が大規模となる上に、監視作業自体が煩雑となることが想定される。そこで、放流中止判断の情報収集という観点、トンネルインバートの損傷傾向の分析結果、摩耗予測に必要なデータ収集、運用時の摩耗監視(リアルタイム計測、準リアルタイム計測、運用後の測量)の検討結果を踏まえて、トンネル内の監視箇所を選定した。

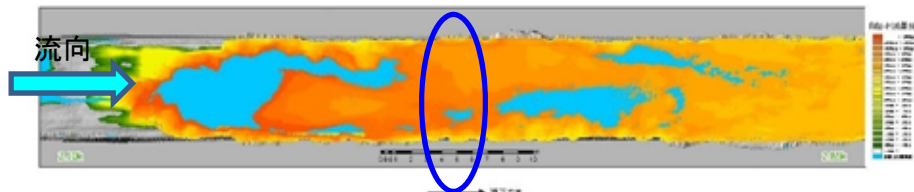
・摩耗・損傷現象の代表性の観点から、①トンネル全体の損傷傾向を把握するための代表箇所、②局所的に損傷が拡大すると推定される箇所、③特徴的な損傷が発生すると推定される箇所を監視位置とする。



各断面(1m間隔)の平均摩耗量



ライニング下流直下地点(復旧工事後形状に合わせて)



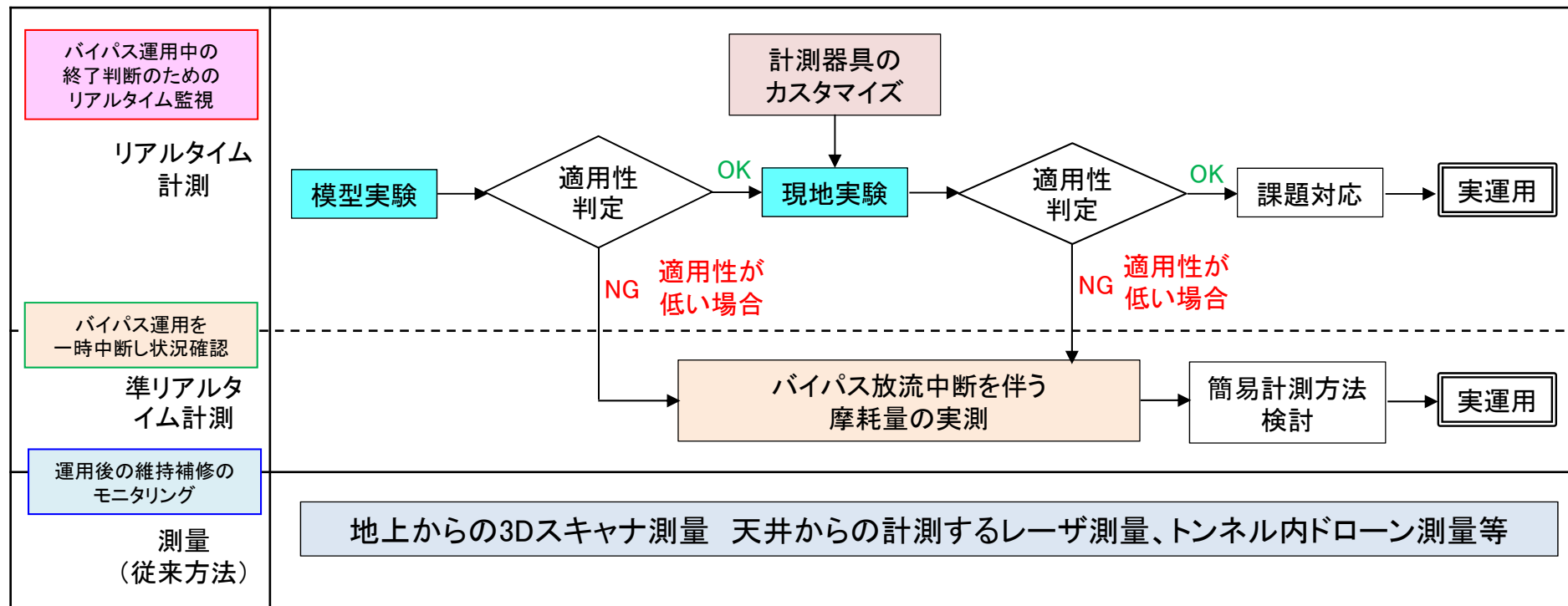
実績として最も損耗を受けた2.9~2.85kの中間部(2.88k)

地点	摩耗損傷監視位置位置(案)
①トンネル全体の損傷傾向を把握する箇所(地上、天井測量)	・全線を把握することが望ましいが、代表地点として、0.2k、0.5k、1.0k~1.5k地点近傍(吐口部からの距離)を設定
②局所的に損傷が拡大する箇所(リアルタイム ICタグ等)	・3.30K・2.90K・2.15K・0.05K地点付近(吐口部からの距離)
③特徴的な損傷が発生する箇所(リアルタイム ICタグ等)	・湾曲部 0.8k、0.4k、0.2k地点近傍 ・ライニング下流地点、3.9k地点 ・管理用通路近傍 3.7k地点近傍

## (2) インバートコンクリート摩耗監視手法

### ■ インバートコンクリート摩耗監視手法

- バイパス運用中のリアルタイム計測は、実用に向けての課題を有しており、適用性については模型実験を通じて判定し、適用性が確認できた場合は、①現地実験②計測器具のカスタマイズなど次のステップに進み、実現性の向上・確認を行う。
- バイパス運用中の計測に関して、その適用性が低い場合には、累積排砂量に着目ながら、バイパス放流を一時的に中止し損耗状況を確認する、準リアルタイム計測方法の検討に移行する。
- リアルタイム計測はトンネルの安全確保の点での放流終了の判断指標、従来測量は維持補修の必要性および補修方法の判断指標と位置付ける。

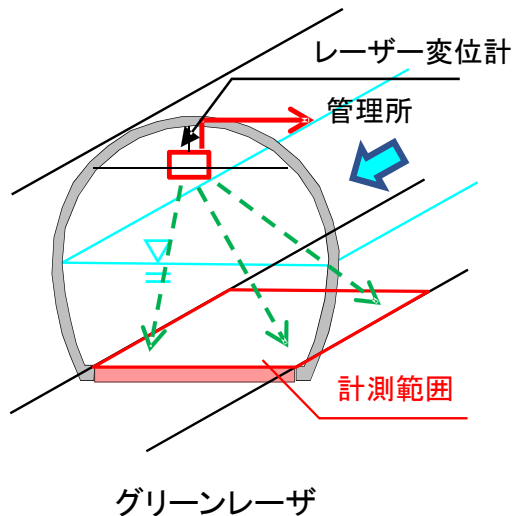


監視方法適用フロー

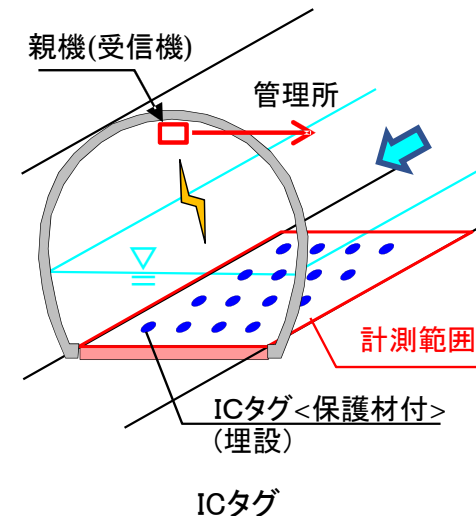
## (3) バイパス運用中のインバートコンクリート摩耗監視手法

### 監視方法実現性検討結果(2次選定)

利用技術	監視方法	計測精度	設置	維持管理	実現性	判定
グリーンレーザ (電磁波)	<ul style="list-style-type: none"> <li>水面下地形も計測可能なグリーンレーザスキャナによる計測</li> <li>スキャナをトンネル頂部に設置し、インバート上面の高さ(摩耗量)を直接計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>15~20cm程度</li> <li>流水中に障害物(土粒子)が含まれる場合や水深が深い場合は計測不能となる。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【×】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ付近の流水の影響を受けない位置の表面に取付機材により設置する。</li> <li>計測範囲が限定されるため、顕著な損耗が生じる個所を、あらかじめ推定する必要がある。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【○】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測部分は側壁表面に露出しているため、維持管理は容易である。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【○】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土粒子を含む流水を対象とするため、濁度・水位条件によっては計測不能となる可能性が高い。【計測】</li> </ul> <p style="text-align: right;">【△】</p>	×
ICタグ	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設したICタグの摩耗による流失で摩耗の進行を把握</li> <li>ICタグ(電源無)の固有識別番号情報をアンテナで感知することで、摩耗による流失時期、地点を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設間隔により数cm程度</li> <li>リーダの受信範囲が数mと限られており、受信範囲外では観測不可となる。</li> <li>流水の濁度や水深の影響は受けない。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【△】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各ICタグに識別番号を入力しておく必要がある。</li> <li>埋設個所として、顕著な損耗が生じる個所を、あらかじめ推定する必要がある。</li> <li>ICタグが破損する可能性がある。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【△】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設構造を基本とするため、日常の維持管理は不可である。</li> <li>再設置時は、埋設個所を整形した上で再度埋設する。</li> <li>再埋設時は、識別番号の入力が必要である。</li> </ul> <p style="text-align: right;">【△】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リーダの受信範囲が狭く、電波の受信が難しい。【判定】</li> <li>ICタグが破損する可能性がある。【破損】</li> </ul> <p style="text-align: right;">【△】</p>	△



・この程度の水深・濁度でも 計測は困難である  
 ・水深・濁度の減少を待つ必要がある



## 4.4 復旧工事後のモニタリング計画について

### (4) インバートコンクリート摩耗監視手法の適応性の確認

■実験計画 課題と対応: 机上検討で選定された摩耗監視手法

実験方法は、「模型による方法」と「現地で実流水を使用する方法」とが考えられる。

模型: **メリット**: 様々な条件を容易に再現できる **デメリット**: 洪水時の条件を確保できない。

現地: **メリット**: 洪水時の条件を確保できる **デメリット**: トンネル内の条件を満たすのが難しい。

⇒簡易かつ実現性を評価できるため、まず「模型による方法」により実験を実施する。

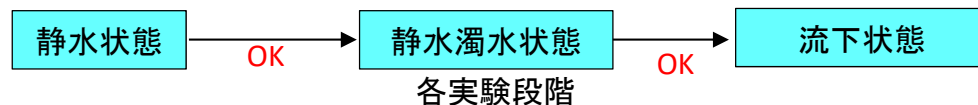
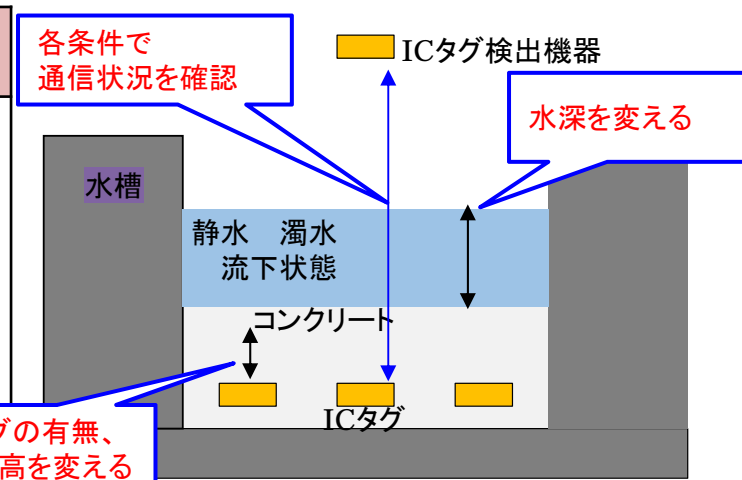
選定された機器	現地適用に向けた課題	対応方法
ICタグ	<ul style="list-style-type: none"> <li>受発信間の障害物(高さ、水深、土砂)による通信状況への影響が不明</li> <li>取り付けた通信装置からの応答が無くなった段階で流出したものと判断可能か不明</li> </ul>	ICタグは、機器の受発信が可能かどうかの視点により実験し、機器の仕様、能力を確認する必要があるため、実験で確認する。

■実験計画 実験条件 方法

ICタグ: 運用時は、損耗が進行するプロセスでICタグが損傷することなく機能し、流失し計測不可能となることを確認することを目的とする。

模型により各実験段階により、水深、ICタグ通信距離をパラメータとし、計測の可否を確認していく。

確認機器	水理条件	実験形状	計測機器設置位置
ICタグ	各実験段階において現場の条件と合わせて以下を想定 放流量200m <sup>3</sup> /s時 =水深約2.2m(粗度係数0.015) 放流量絞った場合50m <sup>3</sup> /sまた20m <sup>3</sup> /s時 =水深約1.0m、約0.5m (粗度係数0.015) (土砂量一定攪拌状態)	ICタグは、インバート厚60cmに対して部分補修10cm全体一括補修20cmの深さ及び30cm~60cmまでの数パターン	受発信距離をパラメータとする。観測可能な距離を確認する。



ICタグ機器能力確認実験イメージ図

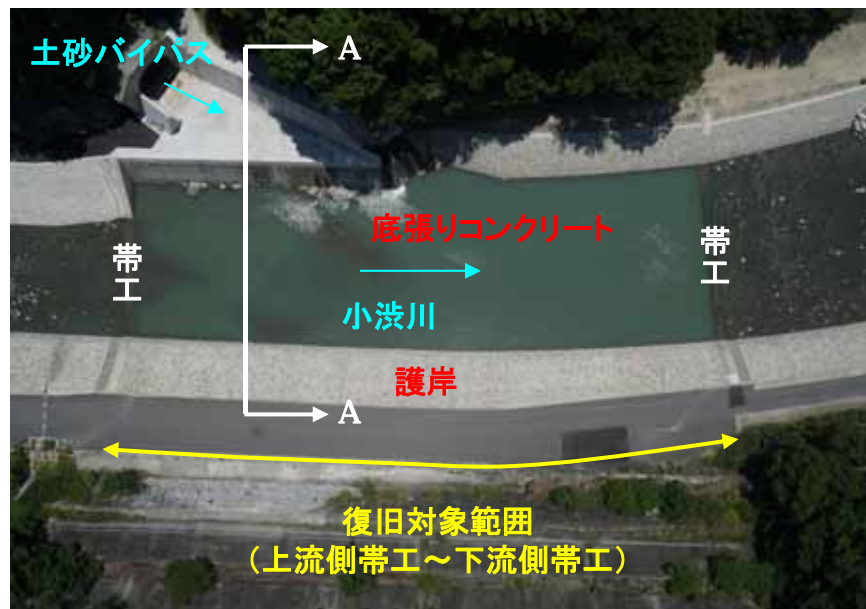


## 4.5 減勢工の復旧方針

48

### (1) 減勢工の構造および復旧対象施設

■ 減勢工の構造および復旧対象施設は以下に示すとおりである



現地状況および復旧対象施設



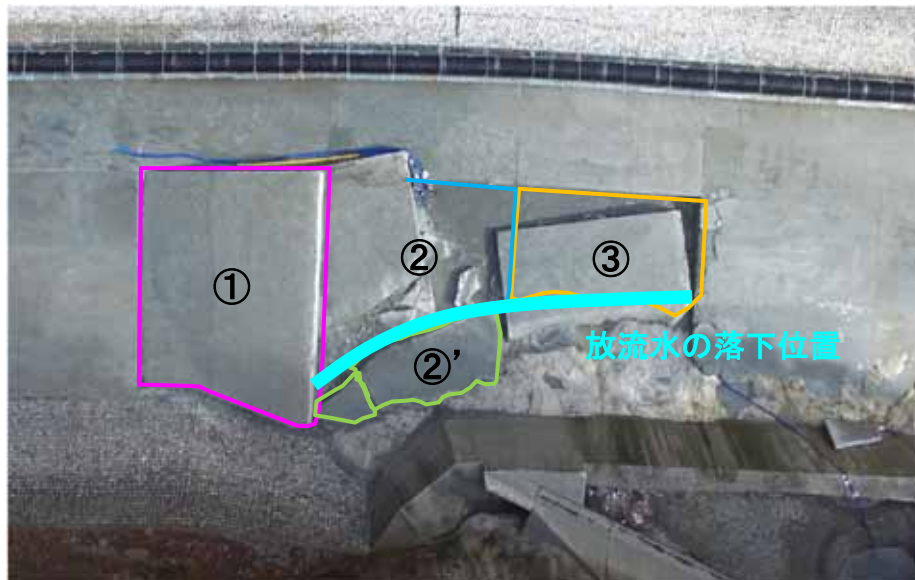
標準断面図(A-A断面)

## (2) 底張りコンクリートの損傷状況

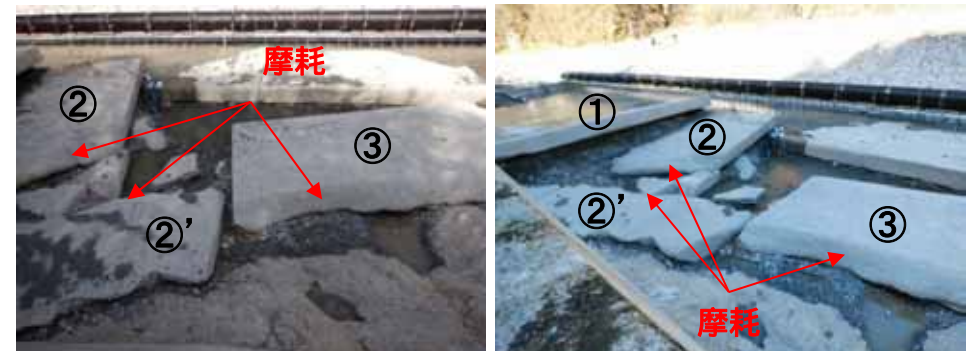
- 運用直後に、底張りコンクリートと推定される構造物が確認されていた(水位が高い状態で露出)
- 放流水の落下位置近傍の摩耗および損傷が著しいが、上下流の底張りコンクリートは比較的健全である



運用直後の減勢工の状況



底張りコンクリートの被災状況

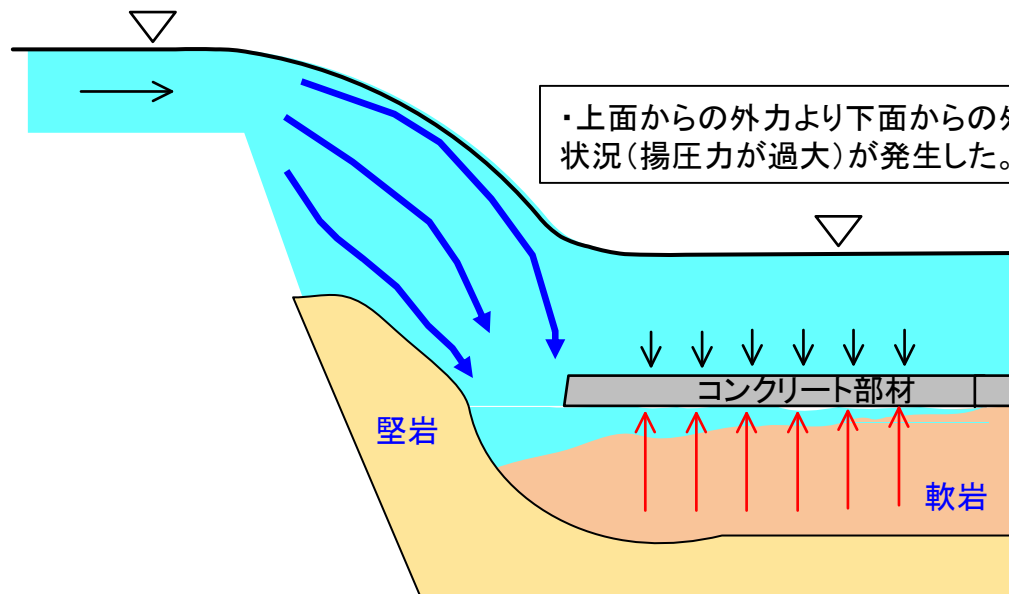


底張りコンクリートの被災状況(詳細)

- ① : 上流側の底張りコンクリートのもぐり込みによる損傷
- ② : 放流水による摩耗が引き金となった損傷
- ②' : 放流水による摩耗が引き金となった損傷
- ③ : 放流水による摩耗が引き金となった損傷

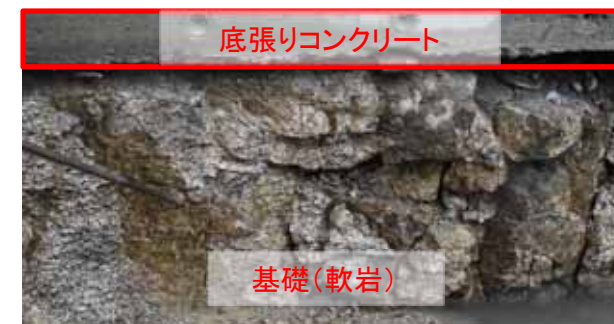
### (3) 底張りコンクリートの推定される損傷メカニズム

- 最上流の③の底張りコンクリート(洪水時に最初に動いたと想定される)に作用する上下面の外力を算定した結果、下面からの外力が卓越することが確認され、損傷部から流入した水による浮上がりの可能性が示唆された。
- 基礎がもろい軟岩であり、流水によって浸食されやすく、流出しやすい状況であった。



洪水時の流況

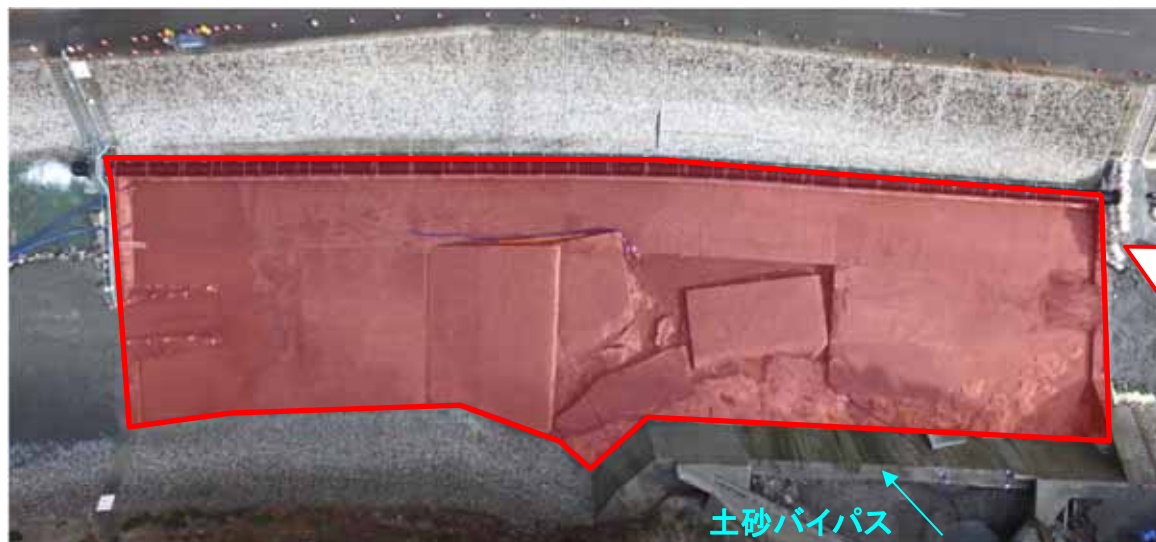
- ・底張りコンクリートは通常のコンクリートであり、摩耗等が生じやすい状況であった。  
(土砂バイパス吐口部のインバートよりも低強度)
- ・底張りコンクリート下の地盤(岩)は、流水により削られやすく、流出しやすい状況であった。



底張りコンクリートの基礎である軟岩の状況

### (4) 底張りコンクリートの復旧方針

- 土砂バイパスからの土砂を含んだ放流水が長時間にわたって底張りコンクリートに作用したことによって、構造や材質の境界部のコンクリートが摩耗し、被災したと考えられる。
- また、令和2年7月洪水では、放流量等は設計外力以下であったが、運用の継続時間が長かった。
- したがって、境界部などの弱点を保護しながら摩耗を抑制する対策を実施する必要がある。



対策範囲

設計外力と作用外力(R2.7洪水)の比較

項目	設計外力	作用外力(R2.7洪水)
最大流入量	1,500 m <sup>3</sup> /s	約 640 m <sup>3</sup> /s
最大放流量	500(370) m <sup>3</sup> /s	約 202 m <sup>3</sup> /s
貯水池への流入土砂量	約 336 万m <sup>3</sup>	約 289 万m <sup>3</sup>
バイパス土砂量	約 295 万m <sup>3</sup>	約 213 万m <sup>3</sup>
継続時間	24 時間	<b>約 380時間</b>

#### 【高強度コンクリートによる復旧範囲】

- ・土砂バイパスからの放流水の影響範囲が不明確である
- ・また、無対策(高強度コンクリートによる対策を行わない)の範囲を残す場合、その範囲が弱部となる可能性がある
- ⇒上流側の帯工から下流側の帯工までを対策範囲とした

※土砂バイパストンネルのインバートは、高強度コンクリート(70 N/mm<sup>2</sup>)で復旧される方針であることから、底張りコンクリートも同様の高強度コンクリートでの復旧とした

#### 【課題①】

- ・左岸側は、土砂バイパス吐口部付近で比較的浅い位置に堅岩が露岩しており、R2.7洪水による底張りコンクリートの摩耗状況でも、堅岩との境界部の摩耗が著しく、露岩部が弱部となる可能性がある

#### 【課題②】

- ・高強度コンクリートで復旧した場合でも、摩耗は少なからず生じると想定されるため、水当たり部を保護する必要がある

## 4.5 減勢工の復旧方針

52

### (4) 底張りコンクリートの復旧方針

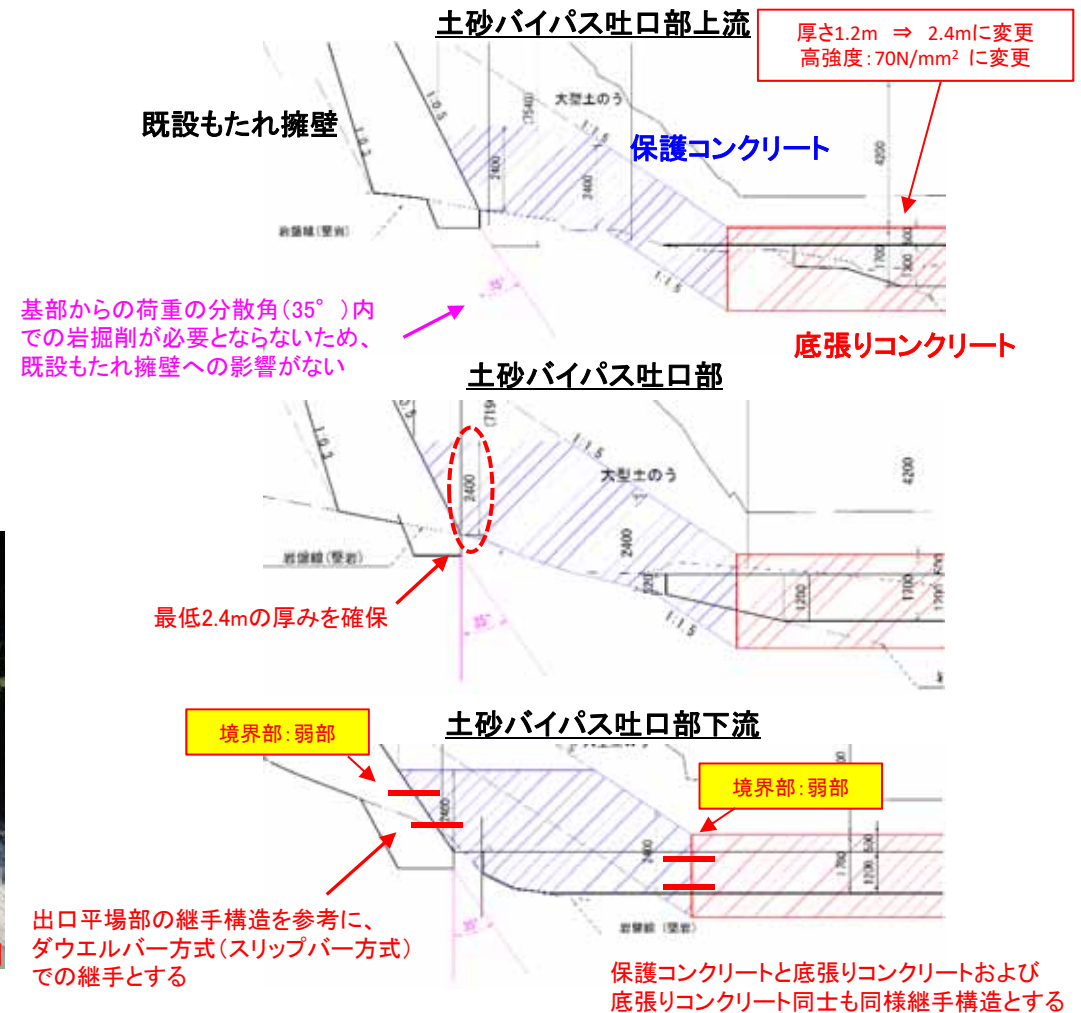
- 土砂バイパス吐口部付近で比較的浅い位置に堅岩が露岩しており、R2.7洪水による底張りコンクリートの摩耗状況を確認すると、堅岩との境界部の摩耗が著しく、露岩部が弱部となる可能性がある。
- また、底張りコンクリートの施工にあたっては、被災時の原因と考えられる岩着部の対策として、露岩部全体を保護する保護コンクリートで対応する。



左岸側の露岩状況

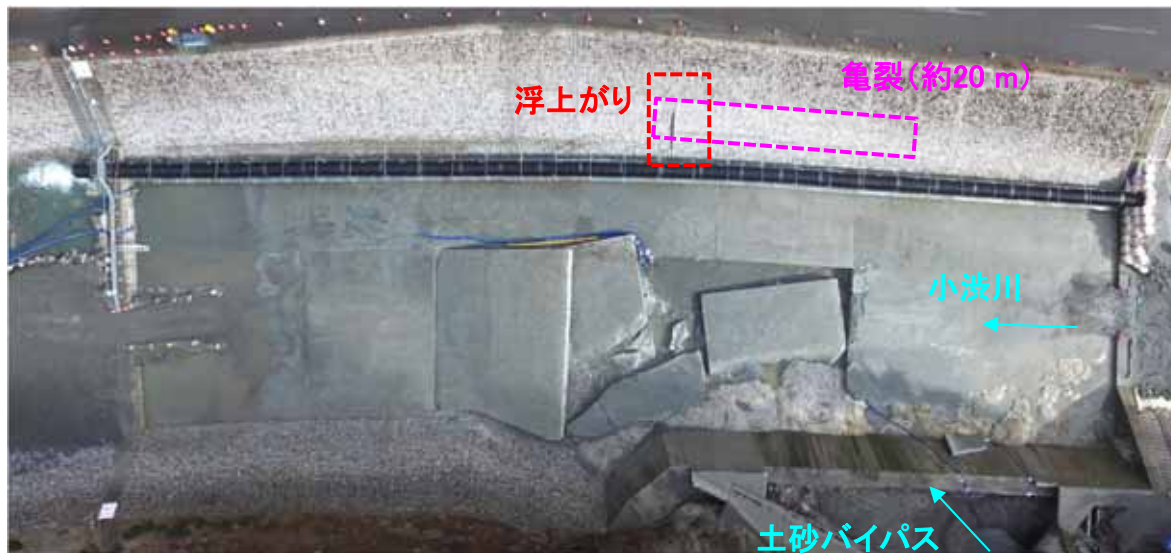


端部の取り付け



## (5) 右岸側護岸の被災状況

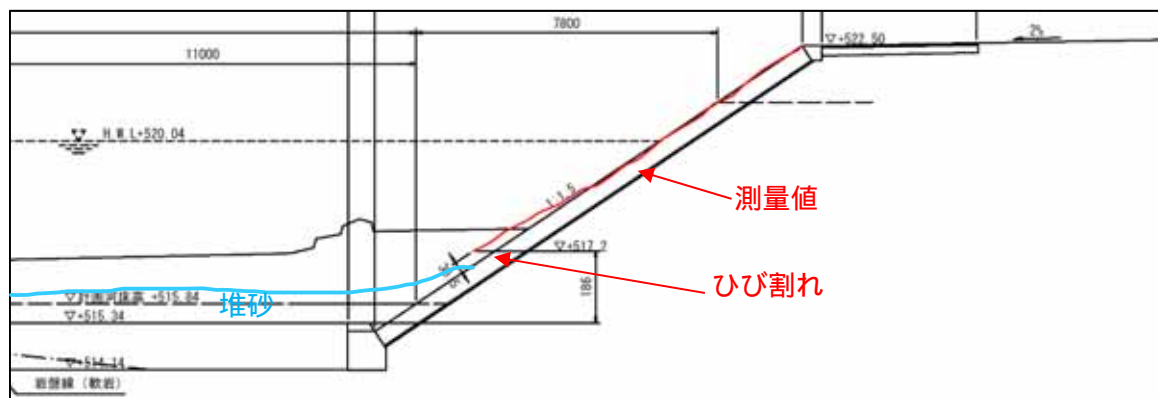
- 土砂バイパストンネル吐口前面の右岸側護岸において、約20 mの亀裂と最大約30 cmの浮き上がりが生じた
- R2.12の簡易測量結果を、護岸部の竣工横断図に重ね損傷状況を確認した結果、前面に護岸が浮き上がっている



右岸側護岸の被災状況



右岸側護岸の被災状況(亀裂)



護岸の損傷簡易測量結果

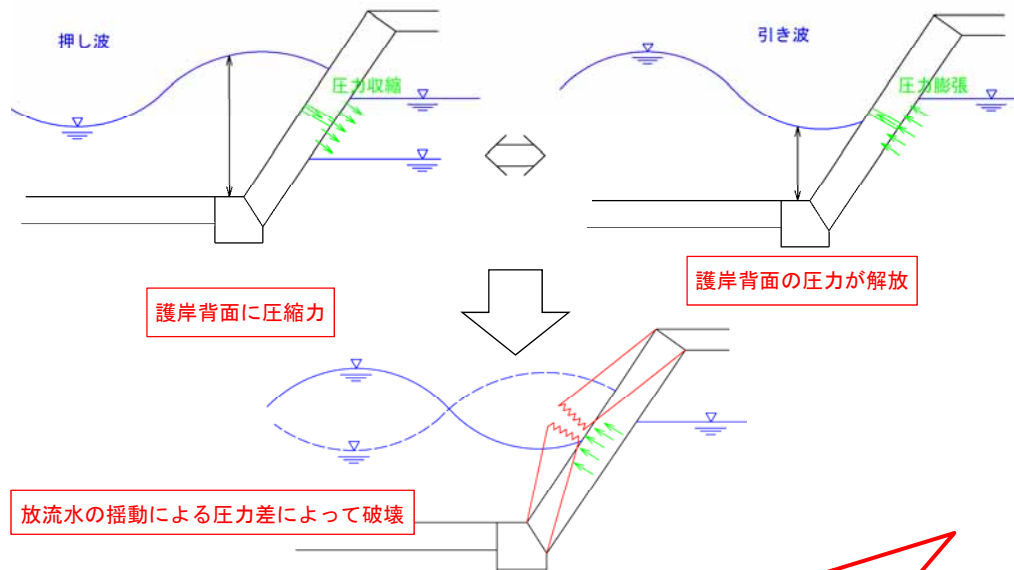


右岸側護岸の被災状況(浮き上がり)

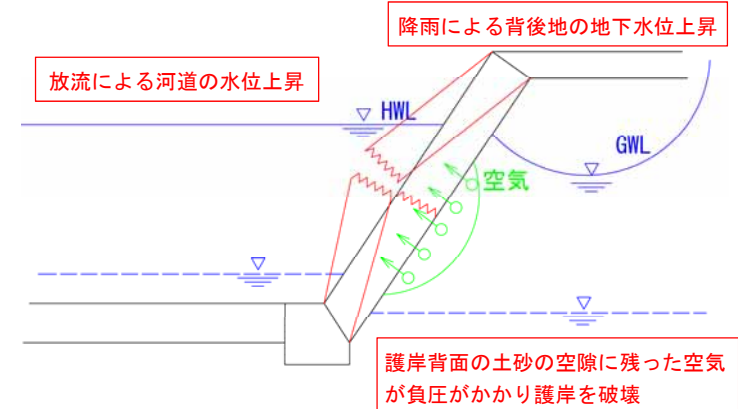
## (5) 右岸側護岸の想定される被災メカニズム

- 被災要因①: 放流水の揺動による圧力差  
押し波時は、水面が高く、高流速も流下しているため、護岸平面の土砂間隙が圧縮する。一方、引き波時にはその圧力が解放される。圧力解放時に護岸が被災したと推察した。
- 被災要因②: 護岸背面の負圧  
放流水で河道の水位が急上昇する。並行して、背後地の降雨によって地下水水位が上昇した場合、護岸背面の土砂の空隙に残った空気が行き場を失い、負圧として作用し護岸を壊したと推察した。

被災要因①：圧力差



被災要因②：負圧



参考資料

(2) 破壊要因  
 減勢工の破壊要因は擁体力、および土圧・水圧であり、法勾配によりどちらが主要因となるか分類できる。擁土斜面等では法面を1:1.5で良好に施工すればよいとされているが、これより悪い法勾配を持つ法面工では土圧による破壊を一般に考慮しなくてよい。一方、コンクリートブロックの静止摩擦係数試験によると、熱湿した土について静止摩擦係数 $\mu=0.65$ 程度の値が得られている。この結果を法勾配に換算すると、約1:1.5の勾配となる。したがって、これより急勾配の場合には上方の部材が下方の部材に載る状態、いわゆる“積み”の状態になる。この状態では、積み石等の部材は上下の部材にはさまれて流れに抗するため擁体力に対して一般に強い構造物となる。ただし、勾配が急なために背面の土圧が護岸の安定性に影響するようになる。以上より、  
 ・法勾配が1:1.5より悪い場合……擁体力が破壊の主要因  
 ・法勾配が1:1.5より急な場合……土圧・水圧が破壊の主要因  
 のように分類できる。

出典:「護岸の力学設計法、平成19年11月」p.67

護岸の被災要因(一般例)

**【復旧方針】**

現状、放流水の揺動による圧力差による被災と護岸背面の負圧の卓越による被災の2種の被災メカニズムが想定される。しかし、被災要因の断定が困難である。そのため、現状の護岸構造よりも強固な構造にする

## 4.5 減勢工の復旧方針

55

### (6) 右岸側護岸の復旧方針

- 被災要因の断定が困難であるため、被災を抑制する強固な構造にする
- 土砂バイパスの放流による河道内の水理的影響が図れないことや、下流への影響の懸念から護岸に変化点を設けない形状とする



#### 【もたれ擁壁による復旧範囲】

- ・土砂バイパスからの放流水の影響範囲が不明確である
- ・また、無対策(もたれ擁壁による対策を行わない)の範囲を残す場合、その範囲が弱部となる可能性がある
- ⇒上流側の帯工から下流側の帯工までを対策範囲とした
- ・バイパス放流時には、放流水が右岸護岸をせり上がり、天端道路に溢水することが確認されているため、パラペットを設置する



※護岸の変化点を設けない1:1.5の形状とした

#### 【対策①】

- ・水抜き孔の設置

#### 【対策②】

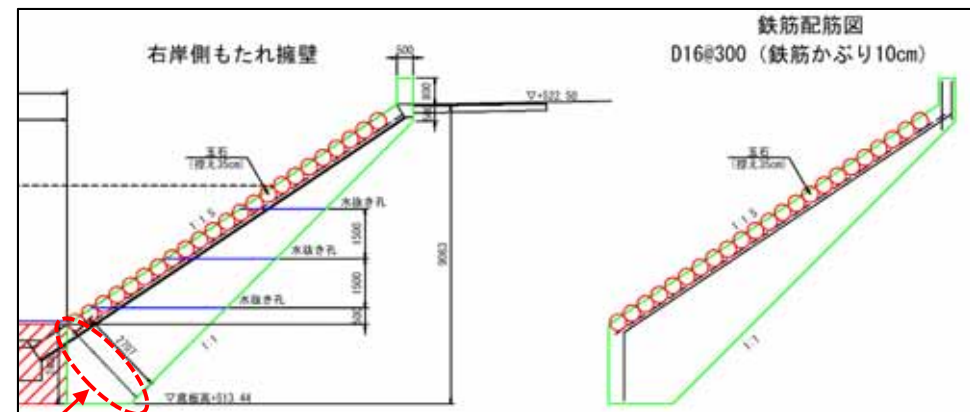
- ・護岸形式の変更→もたれ擁壁(パラペット設置)

#### 【対策③】

- ・曲げ破壊に抵抗するため、鉄筋の配置



安定計算により形状を決定



最低2.4mの厚みを確保

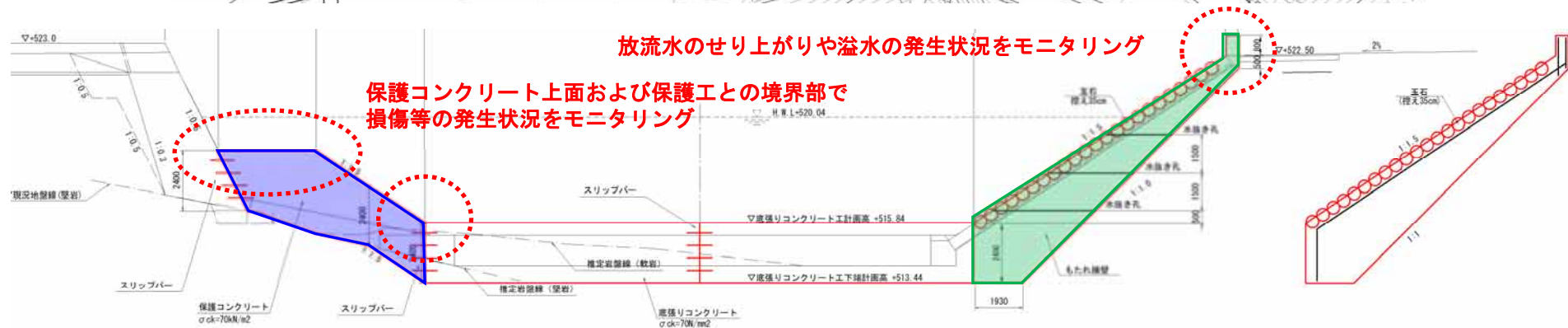
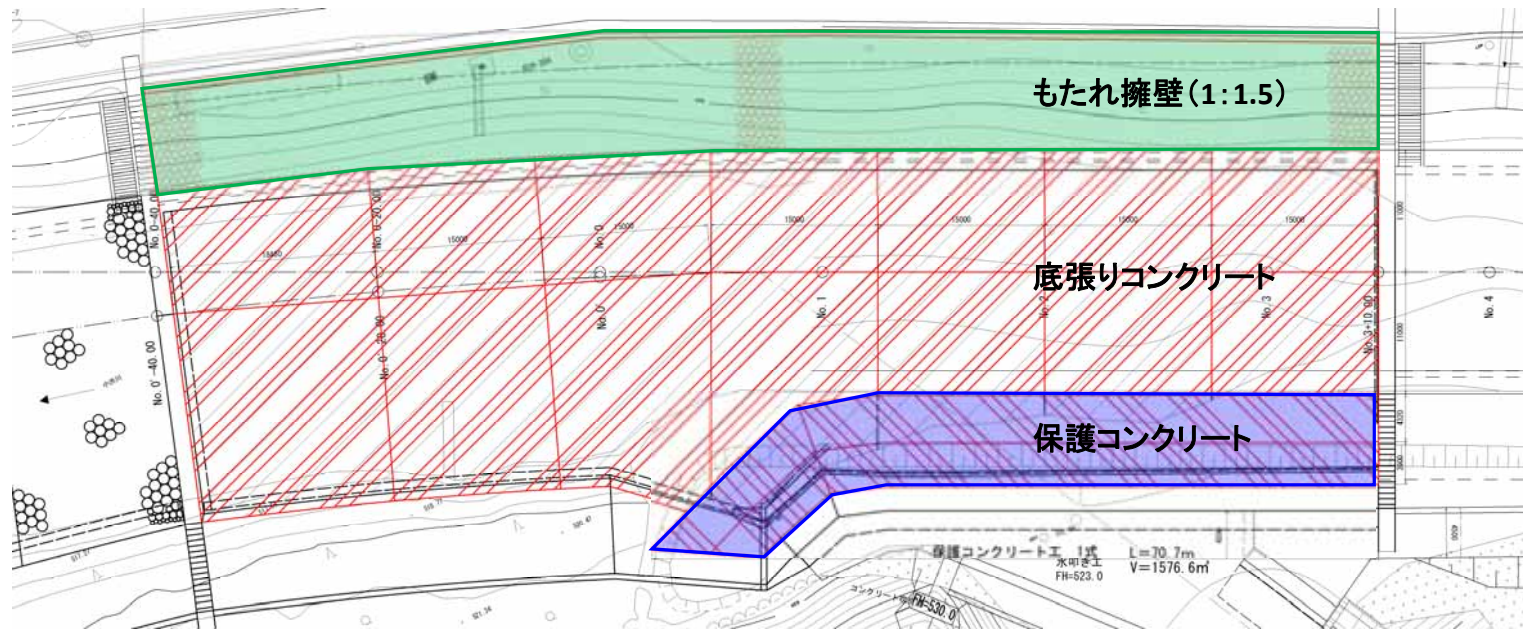
復旧護岸



## (7) 減勢工(底張りコンクリート・右岸側護岸)の復旧方針(案)

### 【今後の課題】

- 復旧工事後モニタリング結果との関係からメンテナンス計画を策定できるようにするため、復旧工事後にモニタリングを実施していき、形状の妥当性を確認していく。
- 復旧工事後の現象を継続的なモニタリングにより確認する必要がある。



5. 第9回環境部会  
結果及び追加整理結果の報告

環境部会の目的

- ①土砂バイパストンネル運用による土砂動態及び土砂の流下による河川環境の変化等を把握・分析
- ②土砂バイパストンネルの環境への影響を評価

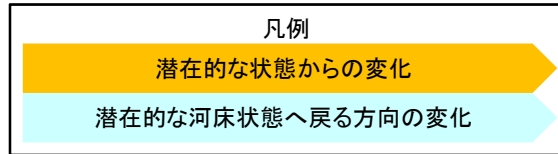
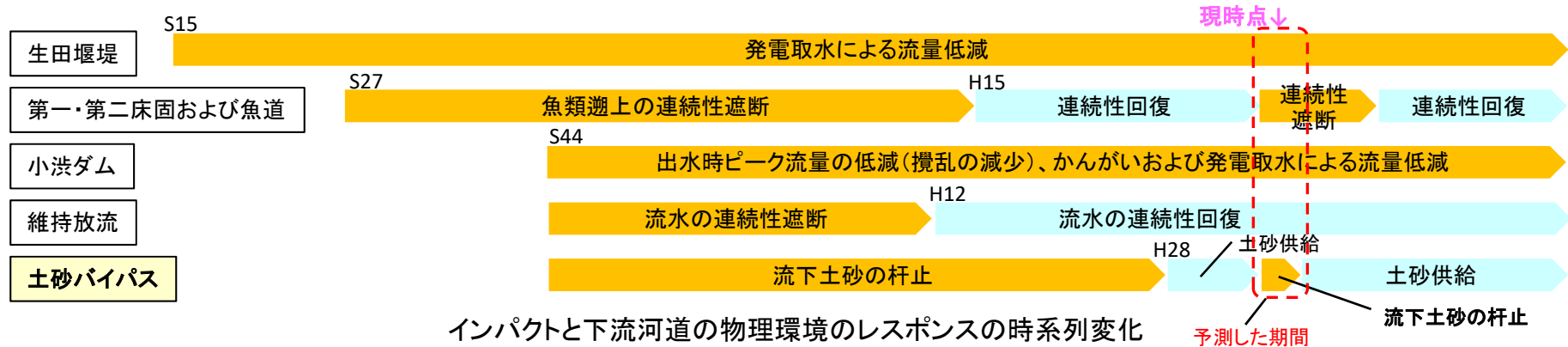
●主な議題

1. 土砂バイパス運用休止期間中のモニタリング調査の位置づけ
  - ①インパクト-レスポンスによる仮説
  - ②バイパス効果確認の考え方
  
2. 環境モニタリング調査結果の報告と変化の分析
  - ①物理環境
  - ②生物環境
  
3. 今後の課題・方針
  - ①今後の課題
  - ②今後の環境モニタリング計画

## 5.2 土砂バイパス運用休止期間中のモニタリング調査の位置づけ

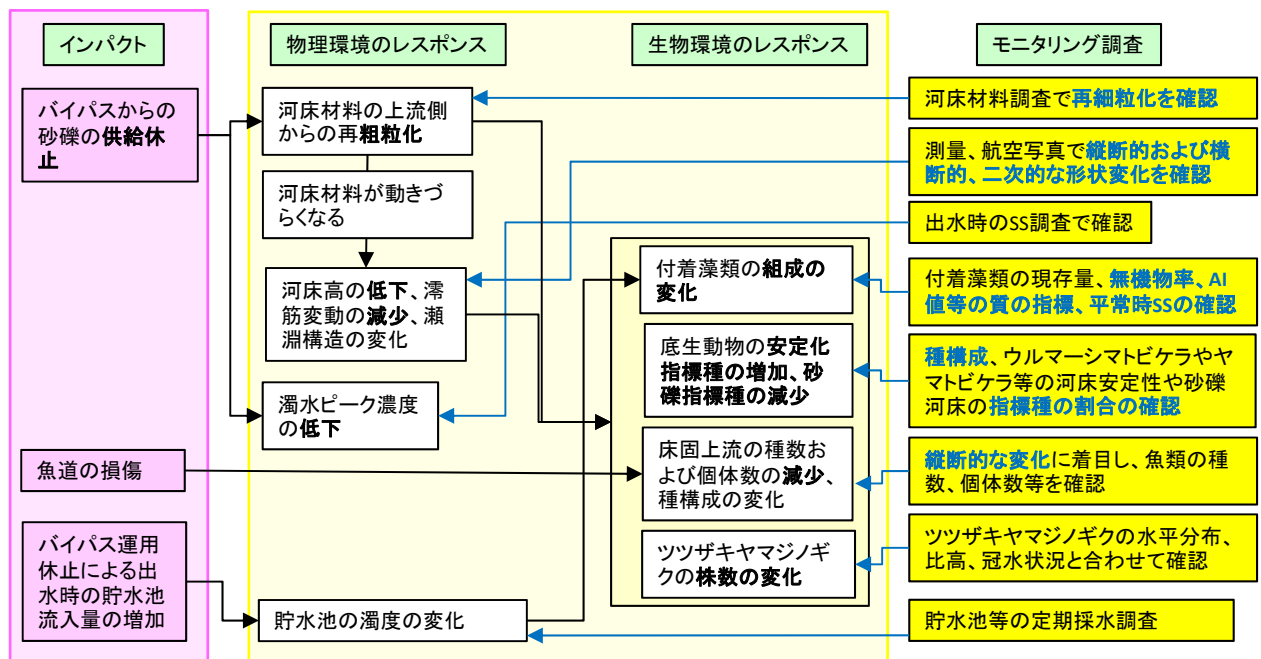
### (1) バイパス運用休止期間中のインパクト-レスポンスによる仮説

○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、今回のバイパス運用休止時におけるインパクト-レスポンスの仮説を立て、令和3~4年はその仮説を検証するためのモニタリング調査を実施する。



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(0.72m <sup>3</sup> /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



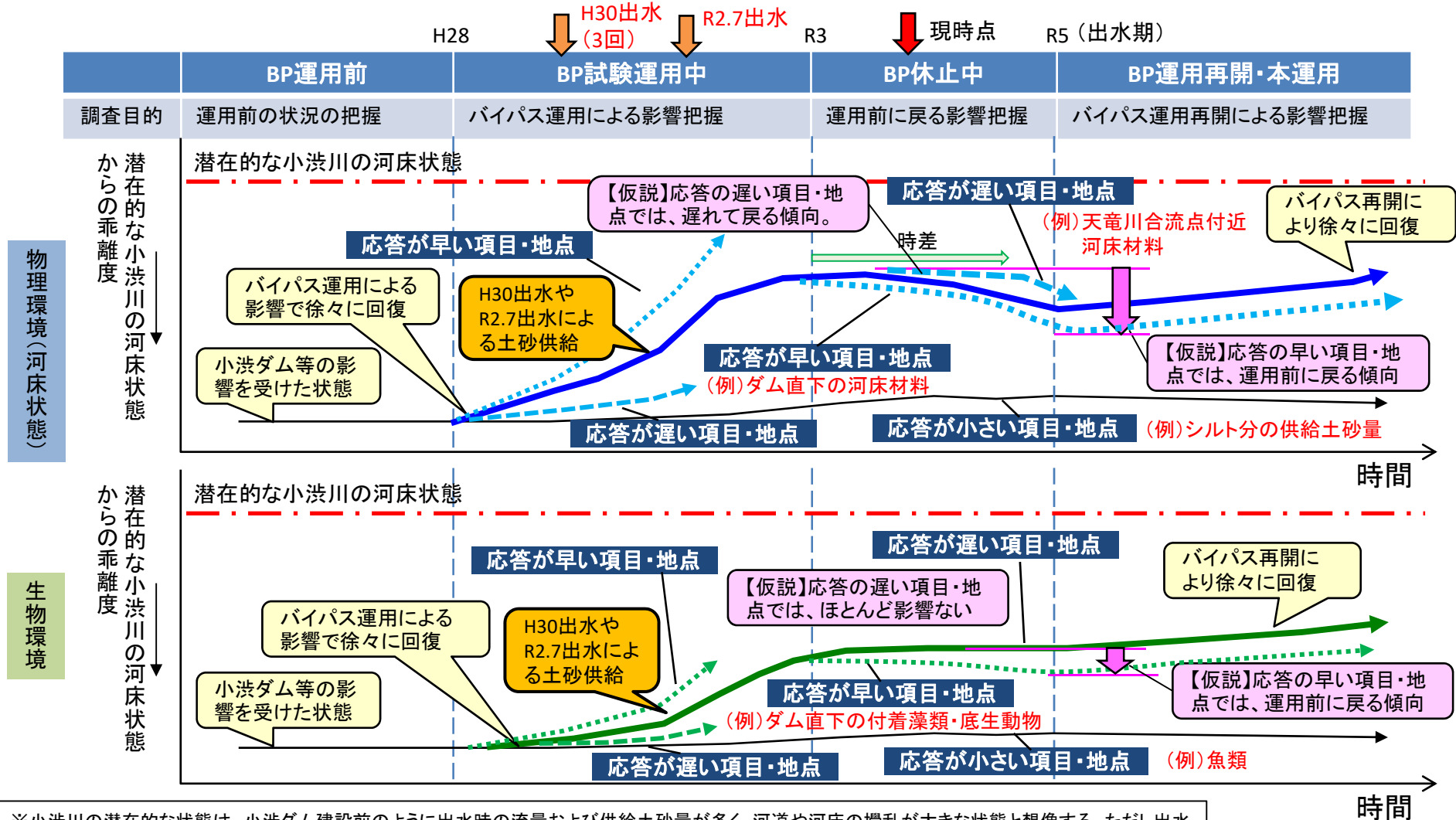
今後2年間のバイパス運用休止等により想定されるインパクト-レスポンスとモニタリングの関係

## 5.2 土砂バイパス運用休止期間中のモニタリング調査の位置づけ

60

### (2) バイパス運用による影響の考え方

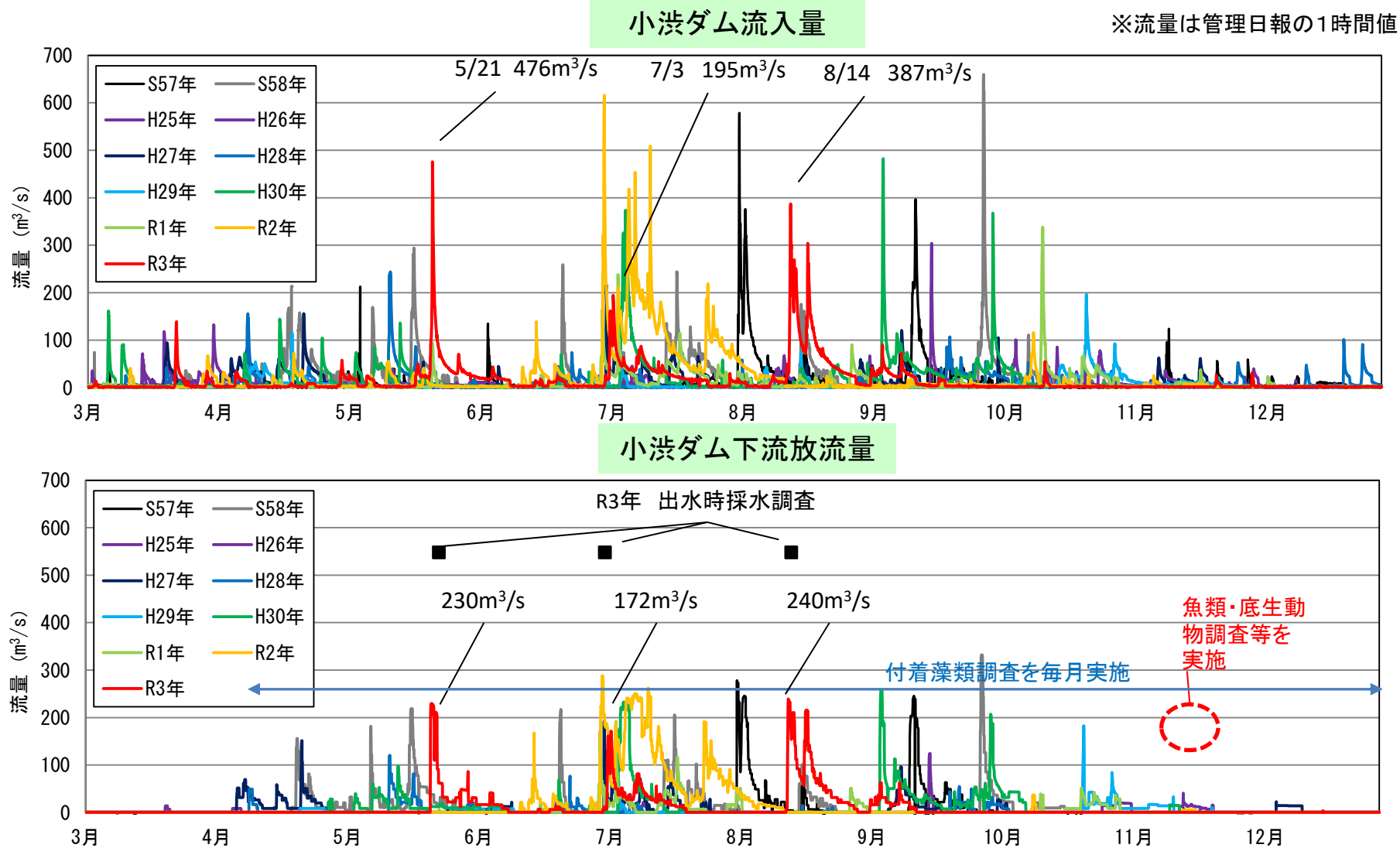
- 平成28年からのバイパス運用により、潜在的な小渋川の状態に向かっている傾向が確認できている。
- 令和3年からのバイパス運用一時休止による影響は、応答が早い項目・地点の物理環境から、バイパス運用前の状態に近づき、応答が遅い項目・地点は遅れて追従すると想定される。
- 生物環境は、物理環境に追従して応答するため、バイパス運用一時休止による影響は、物理環境の応答と比較して小さいと想定される。



## 5.3 環境モニタリング調査結果の報告と変化の分析

### (1) 流況の経年変化と調査時期

○令和3年度の調査については、出水時調査を5月、7月、8月に実施し、出水後の環境が安定した11月に底生動物、魚類調査、植物調査を実施した。付着藻類調査は毎月実施した。8月末の出水以降、11月の生物調査までに大きな出水はなかった。



### (2) 物理環境に関する調査結果のまとめ

○土砂バイパスが運用されなかったことにより、比較的細かい材料が下流に流下していている状況が確認された。運用しなかったことによるバイパスの影響が確認された。

#### 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	これまでのモニタリング調査結果	令和3年のモニタリング調査結果	バイパス休止の評価
河床形状	土砂の堆積、洗堀状況ならびに滯筋の変化を把握	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。	0.0kで左岸側の大きな洗堀が確認された。 第一床固上流の1.6k～1.8kで洗堀、堆積、滯筋の変化が見られた。 2.5kの瀬淵では、洗堀により河床および水位が大幅に低下した。	・上流からの土砂の供給がないため、上流側では河床高が低下する傾向を確認。 ・淵が掘れて瀬淵構造が明確になる傾向となった。 ・下流側では、河道内の上流側の河道内の土砂が流下し、河床が上昇傾向を確認。
河床材料	粒径の変化を把握	バイパス運用以降、床固上流や粗粒化が進んでいた上流区間で細粒化の傾向が見られた。	4k、2.8kで中礫以下の割合が減少した。	・上流で粗粒化が見られ、バイパスを運用しない影響が確認された。
河川景観(航空写真)	河床材料、滯筋の位置、植生の状況の面的な把握	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滯筋が大きく移動し、樹林が流失し自然裸地が増加した。	河川景観(自然裸地や滯筋)に平成30年や令和2年ほどの大きな変化はみられなかった。早瀬、淵の数が増加した。	・横断方向の河道の動きはやや小規模で、淵の洗堀が見られ、バイパスを運用していない影響が確認された。
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の低下は確認されていない。	・ダム下流の出水時SSはバイパス運用時の値より小さな値となった。 ・平常時のSSはバイパス運用前と大きな違いはなかった。	・ピークSSが低下し、バイパスを運用していない影響が確認された。 ・大規模出水頻発の影響が大きく、1ヶ年のデータではバイパス休止の影響を評価できていない。

※『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

小渋川の潜在的な状態は、小渋ダム建設前のように出水時の流量および供給土砂量が多く、河道や河床の攪乱が大きな状態と想像する。ただし出水時の放流量はバイパスを運用しても潜在的な状態そのものにはならない。またバイパス運用しても、平常時の水質は潜在的な状態にはならない。

(3) 生物環境に関する調査結果のまとめ

○底生動物は上流側でバイパス運用休止による影響が確認されたが、下流側では確認されなかった。縦断的な遅れや縦断的な河道特性の違いが理由と考えられる。魚類については魚道の損壊などの影響が大きく、項目によっては、バイパス運用休止について評価できなかった。

環境モニタリング調査結果と評価一覧(生物環境)

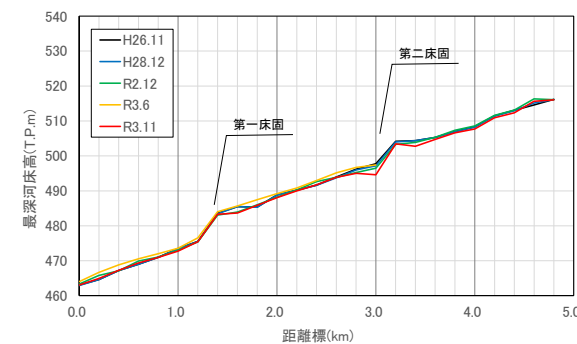
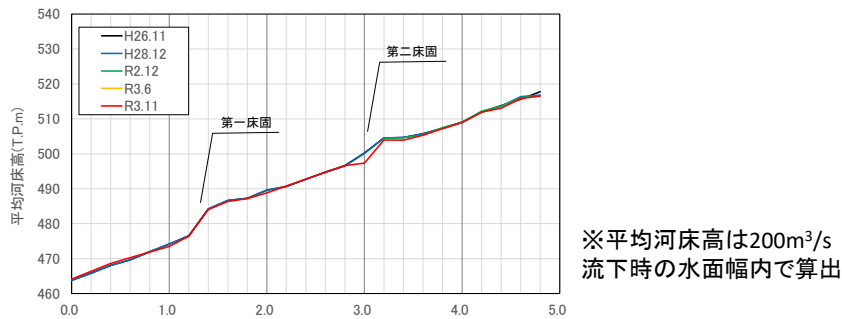
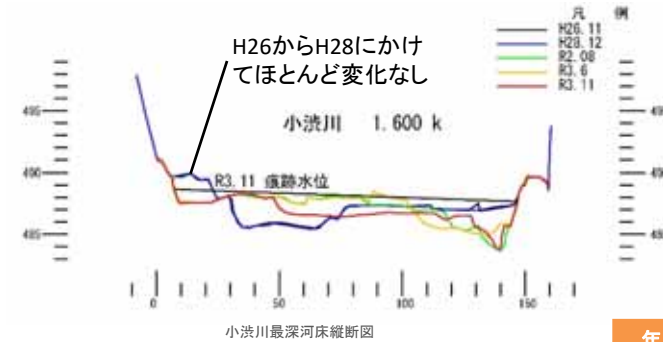
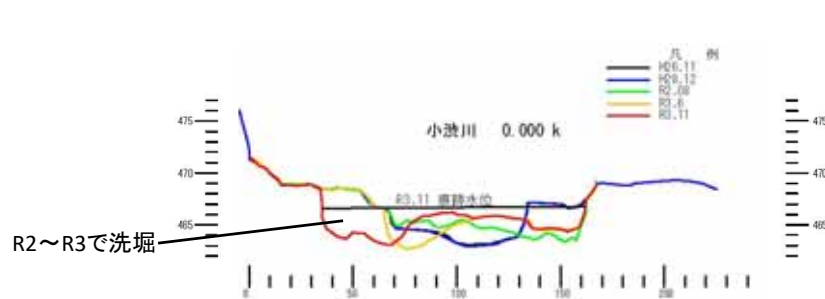
項目	目的	これまでのモニタリング調査結果	令和3年のモニタリング調査結果	バイパス休止の評価
付着藻類	付着藻類の現存量、剥離更新状況の把握	付着藻類の量や質に関わる指標が、バイパス運用後に改善される結果がみられたが、土砂量によってその程度は異なることも示唆された。	<ul style="list-style-type: none"> <li>前半は出水が繰り返され、現存量が少ない状態が続き、9月以降に増加した。</li> <li>無機物率は高いが、付着藻類の質はよい状態を維持していた。</li> </ul>	付着藻類の顕著な変化は見られず、バイパス運用休止の影響は、現時点では確認されなかった。
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	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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>総個体数や総重量は比較的少なかった。</li> <li>8月出水後は流況が安定していて、上流側ほど造網型の割合が多く、下流側で掘潜型が多くを占めていた。</li> <li>携巢型の割合が減少した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上流側で造網型の割合が高く、下流側で掘潜型の割合が高い傾向が見られ、バイパス運用休止の影響は上流側で確認された。</li> <li>上流側でヤマトビケラが減少し、砂分の減少が示唆され、バイパス運用休止の影響が確認された。</li> </ul>
魚類	魚類相の把握および重要種の生息状況の把握	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。	小渋川および天竜川において遊泳魚、底生魚共に大きく個体数が減少した。	床固の魚道が被災したことで、魚類の遡上が困難な状況となっていることが大きな影響を与えている。また天竜川でも減少していることから、出水の影響が大きかったと考えられる。よってバイパス休止の評価は難しい。
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	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 <sup>3</sup> /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。	6月の調査で新たなロゼットが確認されたが、11月の調査では昨年確認された株を含め、確認数はゼロだった。	バイパス運用または休止とは直接関係なく、植生遷移や比較的規模の大きな出水が続いた影響と考えられ、評価は困難である。



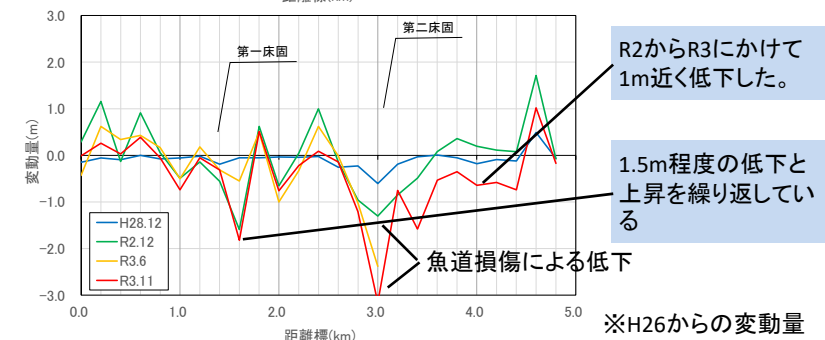
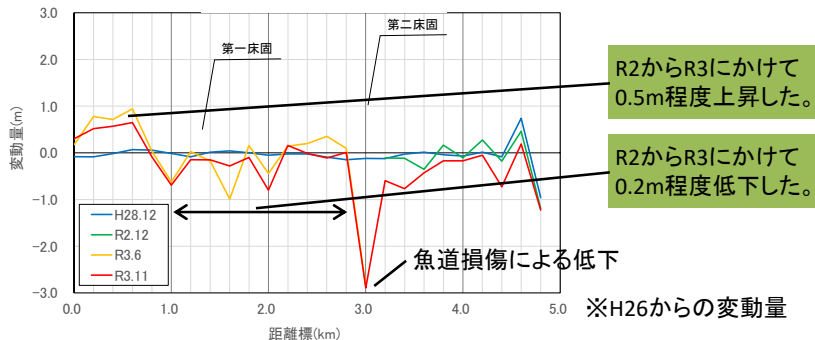
## 5.4 物理環境の調査結果

### (1) 横断測量

- 平成26年から28年にかけて、河道形状はほとんど変化していなかったが、バイパス土砂量が比較的多かった平成30年、令和2年の出水で大きく変動した。令和2年から3年にかけては変化は比較的小さかった。
- 3k下流では令和2年から3年で、全体的に0.2m程度平均河床高が低下し、0.6k下流では0.5m程度上昇した。
- 平成28年までは最深河床高の変動は小さかったが、バイパス運用後は1m程度変動している。



年	バイパス土砂量(千m³)
H28	8
H29	49
H30	354
R1	33
R2	1,332
R3	0



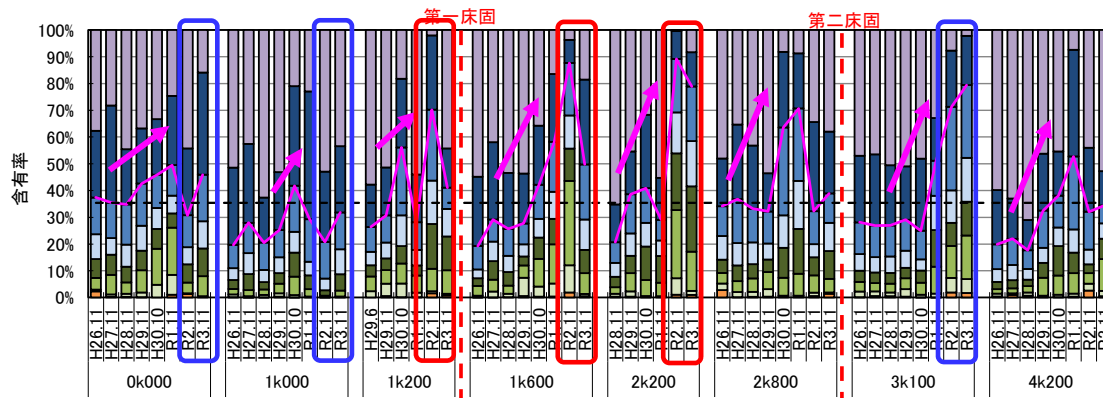
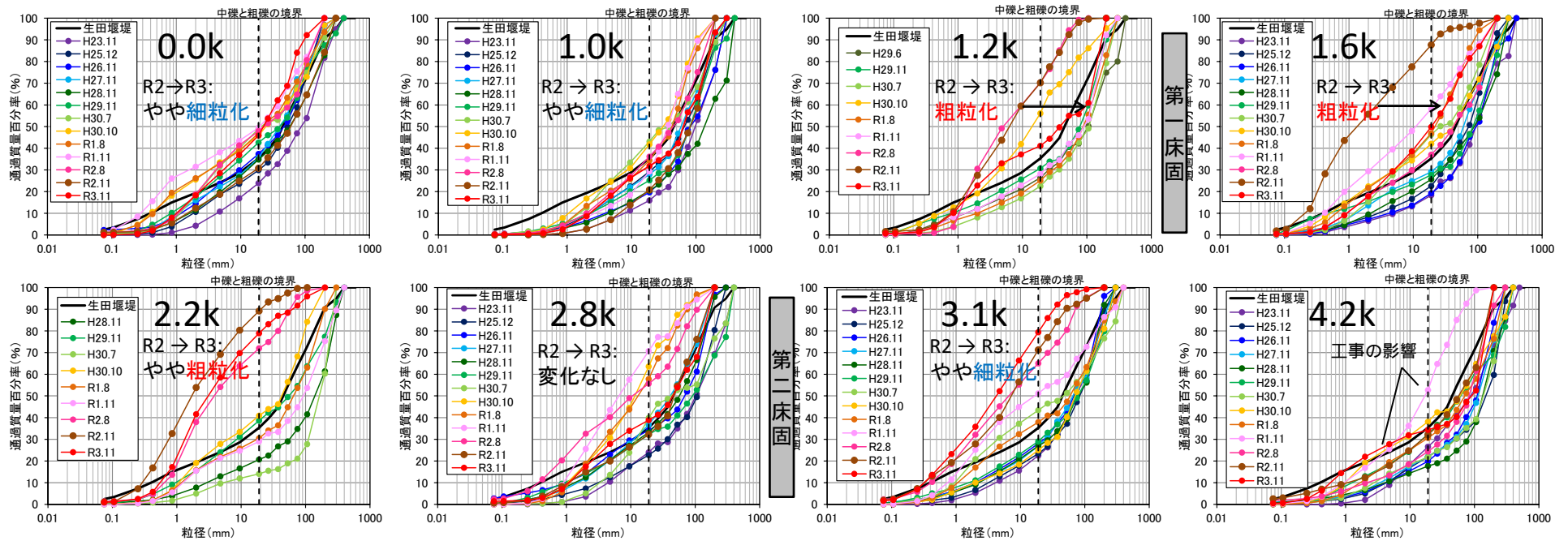
平均河床高縦断図(上)と変動量図(下)

最深河床高縦断図(上)と変動量図(下)

# 5.4 物理環境の調査結果

## (2) 河床材料(容積サンプリング法)

○バイパス運用後の平成28年から令和2年にかけては、全体的に中礫以下の粒径が多くなる傾向が見られた。  
 ○令和3年は、0.0k、1.0kで礫が増加し石分が減少した。1.2k、1.6kでは砂礫が減少し、粗粒化した。2.2kでは中砂が減少しやや粗粒化した。床固上流の3.1kでは中砂～細礫が増加し、細粒化が進んだ。令和2年に砂礫が多かった1.2k～2.2k地点から砂礫が流下し、下流で細粒化した傾向が見られる。



令和2年から3年の粒度組成の変化(赤:減、青:増)

	0.0k	1.0k	1.2k	1.6k	2.2k	2.8k	3.1k	4.2k
石分	■	■	■	■	■	■	■	■
粗礫分	■	■	■	■	■	■	■	■
中礫分	■	■	■	■	■	■	■	■
細礫分	■	■	■	■	■	■	■	■
粗砂分	■	■	■	■	■	■	■	■
中砂分	■	■	■	■	■	■	■	■
細砂分	■	■	■	■	■	■	■	■
シルト・粘土分	■	■	■	■	■	■	■	■

- 石分 75mm以上
- 粗礫 19~75mm
- 中礫 4.75~19mm
- 細礫 2~4.75mm
- 粗砂 0.85~2mm
- 中砂 0.25~0.85mm
- 細砂 0.075~0.25mm
- シルト・粘土 0.075mm未満

## 5.4 物理環境の調査結果

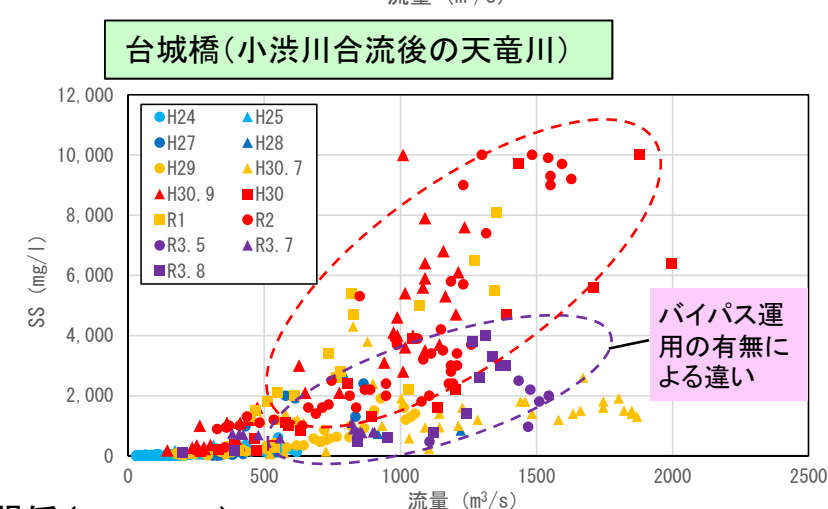
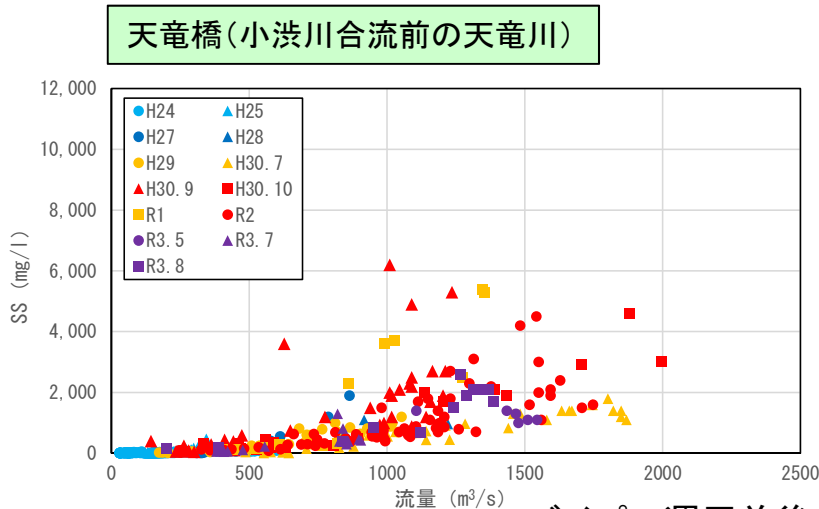
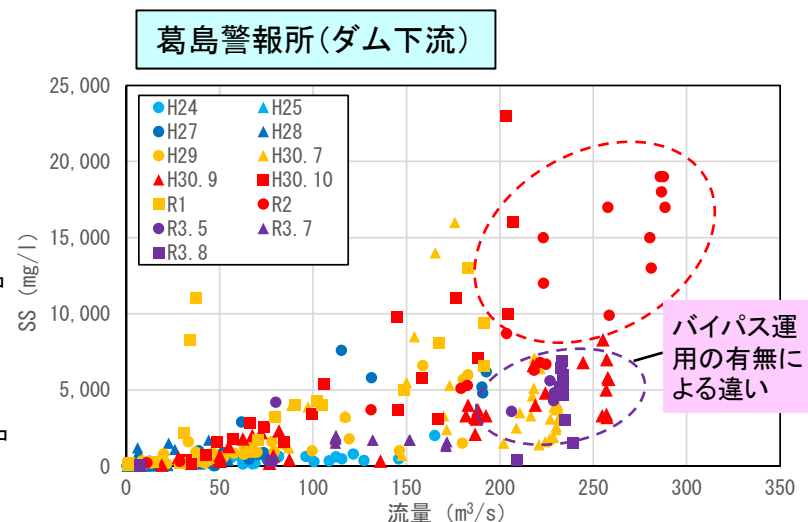
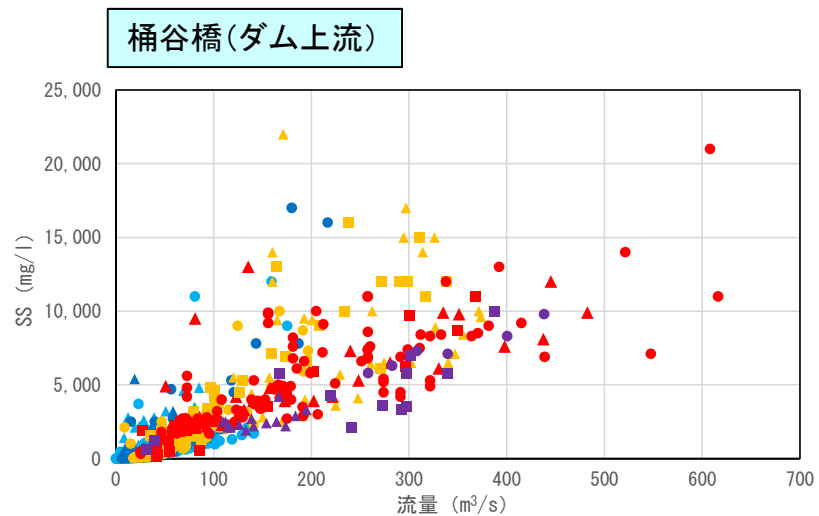
66

### (3) 河川景観(航空写真撮影)



## (4) 出水時のSS (Q-SSの変化)

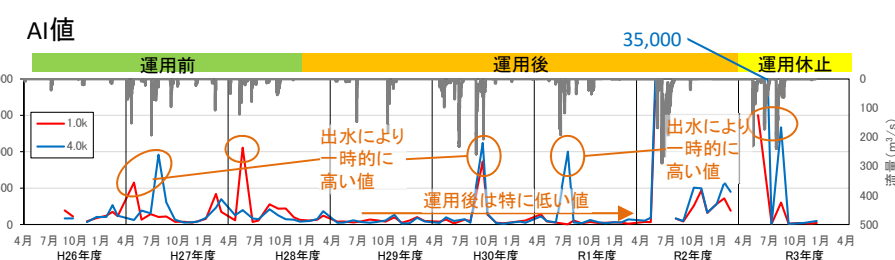
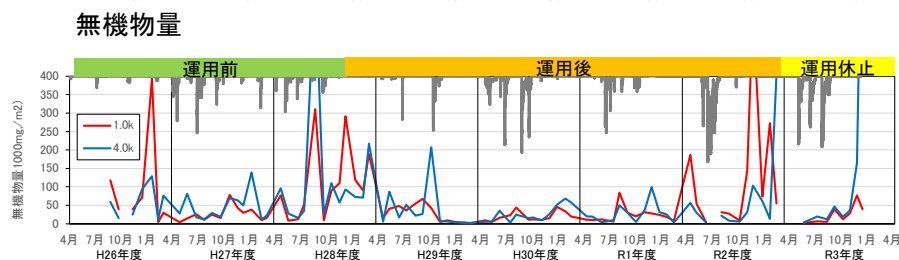
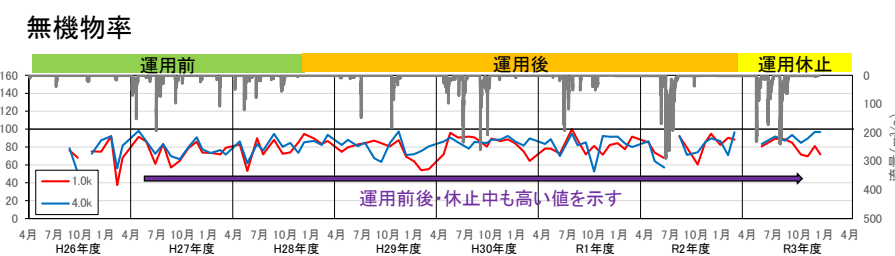
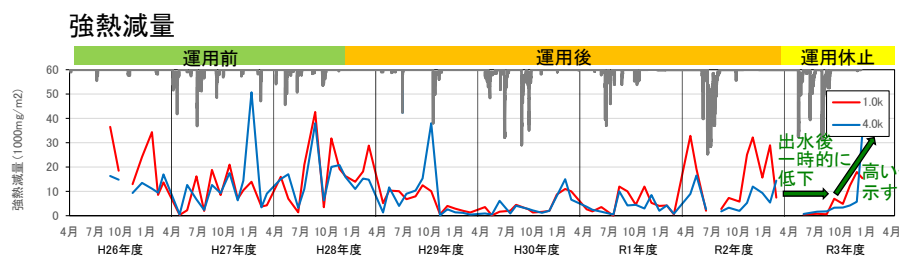
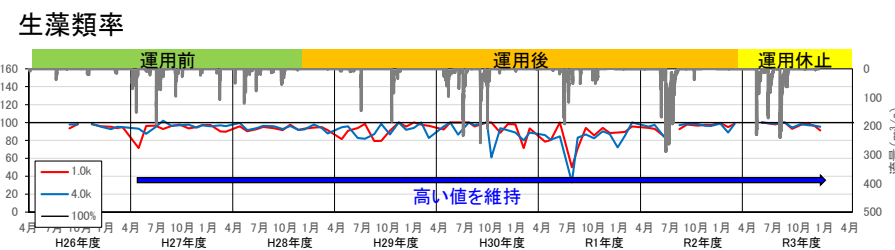
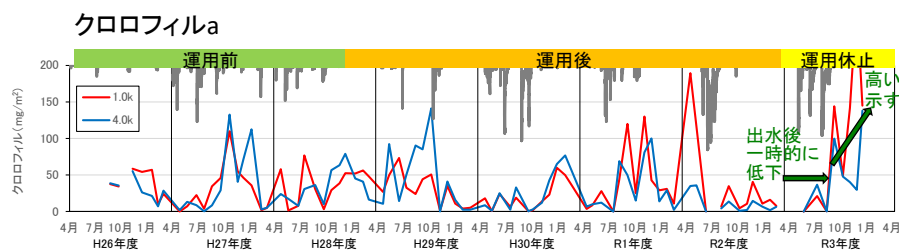
- 桶谷橋のSSは、各年ではばらつきはあるが、バイパス運用中と休止中で大きな違いはなかったが、葛島警報所のSSは、バイパス運用後(黄色、赤色)に対して、休止中(紫色)のSSがやや小さかった。
- 天竜橋のSSは、バイパス運用中と休止中で大きな違いはなかったが、台城橋のSSはバイパス運用後(黄色、赤色)に対して、休止中(紫色)のSSが小さかった。



バイパス運用前後の流量とSSの関係 (H24～R3)

## (1) 付着藻類調査（現存量と付着藻類の質）

- 現存量**:クロロフィルa量や強熱減量は、バイパス運用前後を問わず、大きな出水が生じると一時的に低くなり、大きな出水が無い時期に高くなる傾向を示していた。バイパス休止中の令和3年も同様の傾向が確認された。
- 付着藻類の質**:
  - ・生藻類率※1は、運用前後を通して80%以上の高い値を概ね維持していた。運用休止中も同様に高い値を概ね維持していた。
  - ・無機物率※2は運用前後および休止中で80%前後の高い値を示しており、顕著な違いはない。
  - ・AI値※3は、バイパス運用前後を問わず大きな出水が生じると一時的に高くなり、大きな出水が無い時期に低くなる傾向を示していた。休止中もこれまでと同様出水後に一時的に高くなる傾向がみられている。



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

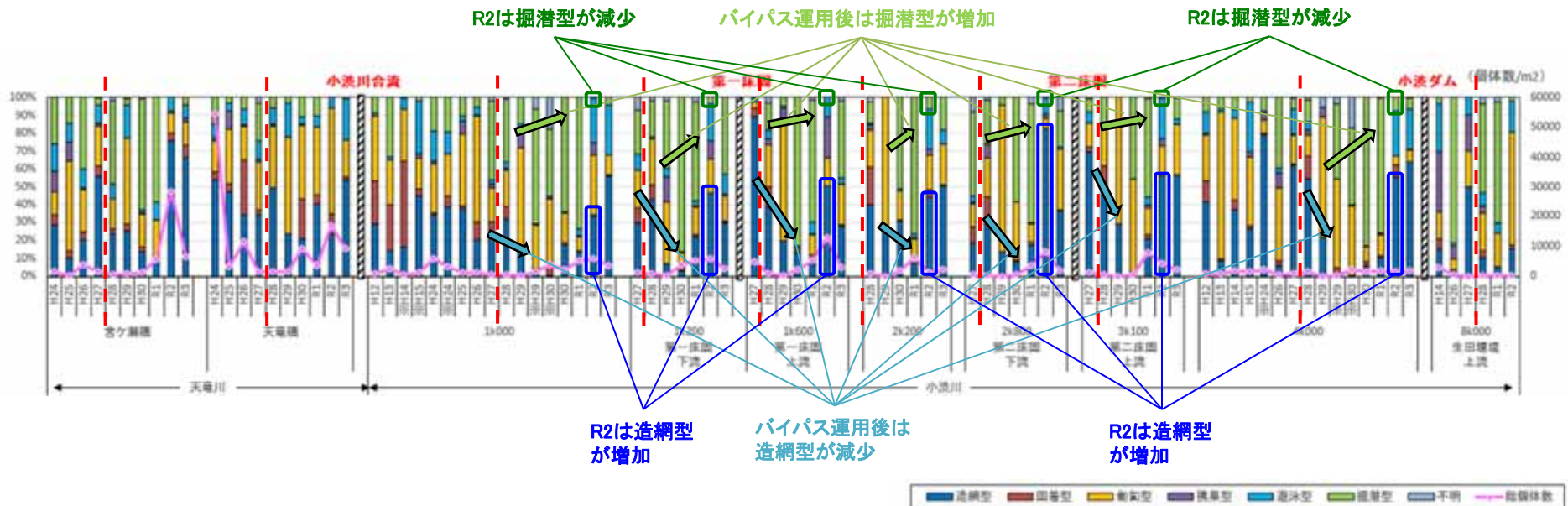
(2) 底生動物調査

- バイパス運用前は、ダム下流で広く調査された平成27年に着目すると、1.6k、2.0k、3.1k、4.0kで**造網型**、1.0k、2.8kで**掘潜型**が優占する傾向がみられていた。
- バイパス運用後(平成28年以降)にダム下流でみられていた**造網型**の減少、**掘潜型**の増加は細粒化に伴う変化と考えられ、バイパス運用による影響が示唆されていた。一方で、大きな出水があった令和2年度は**造網型**が増加、**掘潜型**が減少し、運用後とは異なる傾向を示していた。
- 令和3年は、経年比較の観点では特定の生活型の増減などの明確な傾向は認められなかった。

土砂還元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↗

※西田ほか(2011), 溝口ほか(2018), 土木研究所(2013)を参考

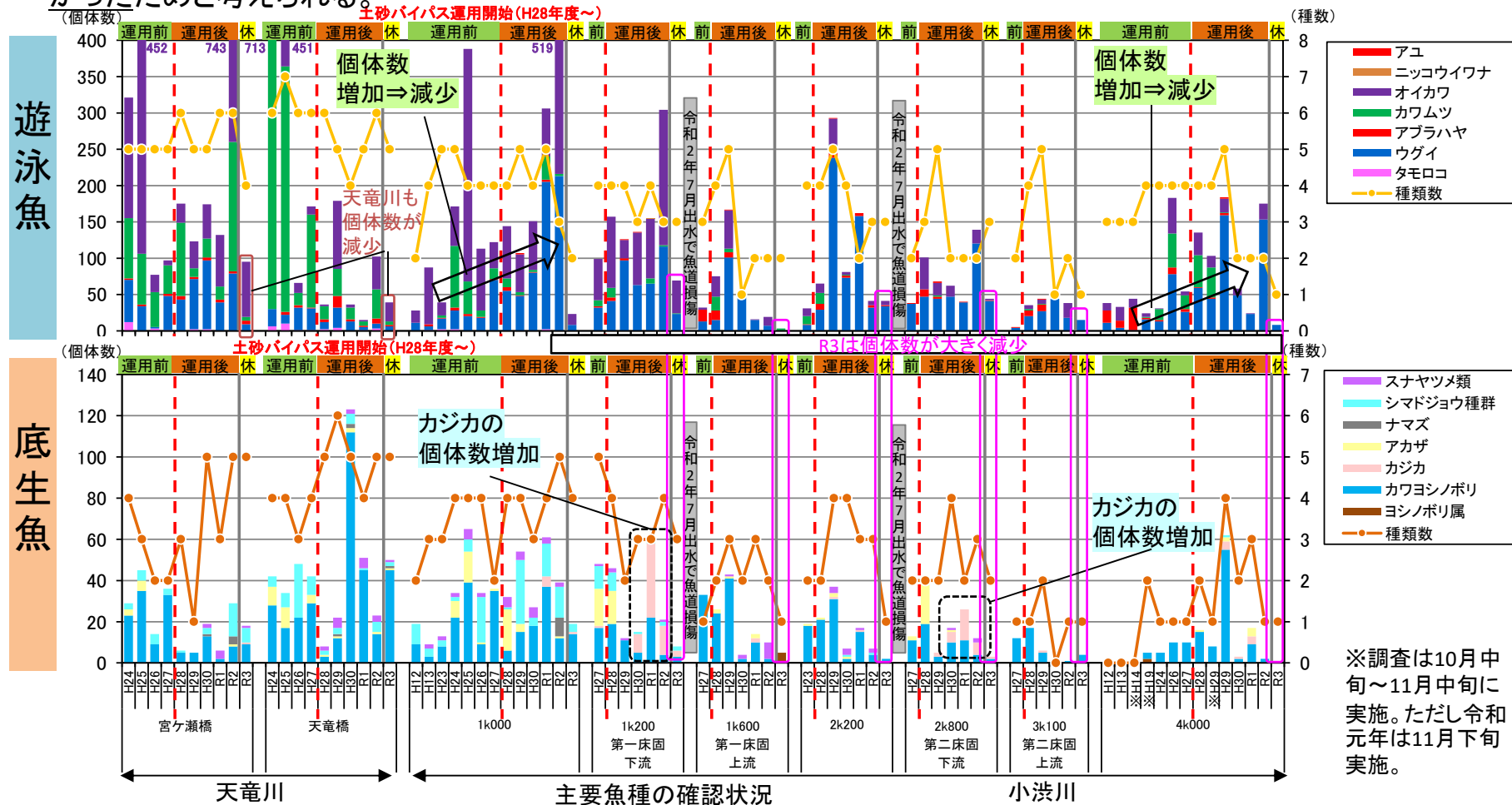


総個体数と生活型別構成割合

(3) 魚類調査

※令和2年7月出水で第1・第2床固の魚道が損傷しており、遡上ができなくなっている。

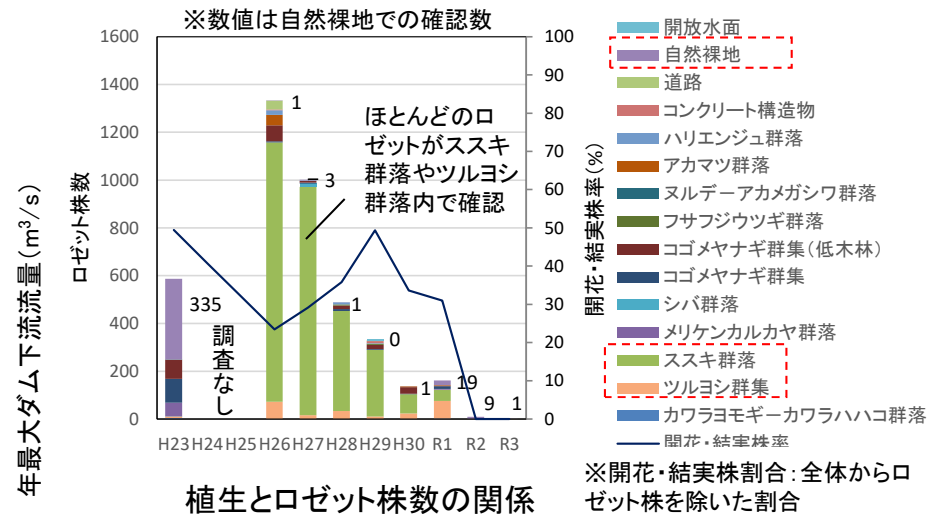
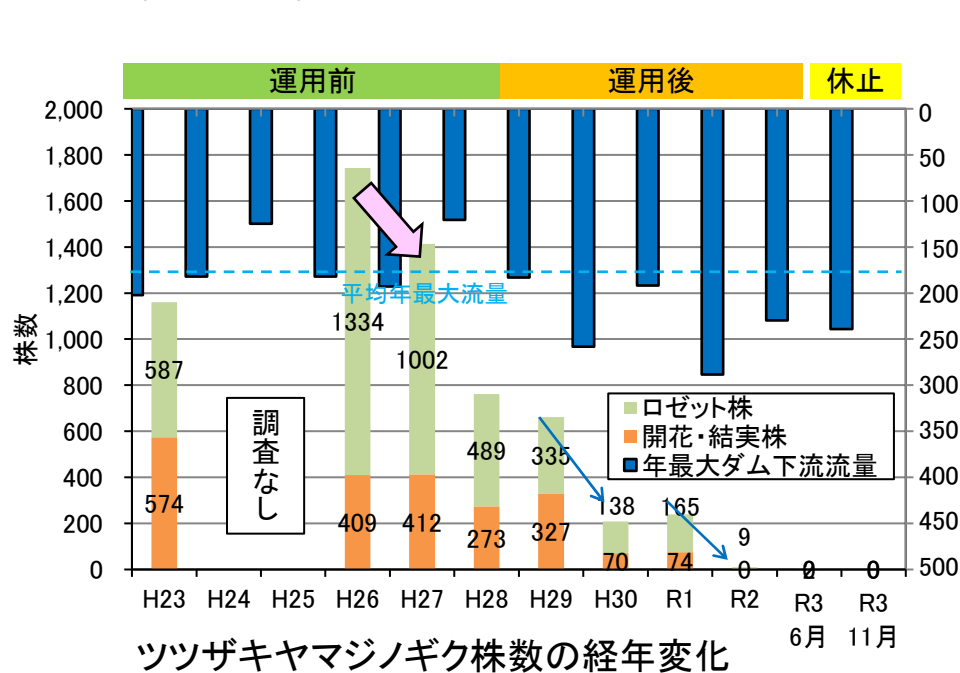
- ダム下流でバイパス運用前に数年間調査された1.0k、4.0kでは、天竜川との出入りがみられる1.0kで個体数が多い、4.0kでは少ない傾向がみられた。
- 調査期間の長い小渋川1kおよび4kでは、**遊泳魚の個体数はバイパス運用後に増加傾向であった。**また、礫間を好む底生魚のカジカ等がバイパス運用後に増加傾向にあり、1.2kや2.8kでその傾向が顕著に表れていた。
- 令和3年には**個体数が大きく減少した。**遊泳魚は、天竜川においても個体数の減少がみられているため、魚道の損傷の他に令和3年に流域全体で大きな出水が続いた影響が大きいと考えられる。底生魚は、出水で流されて回復できなかったためと考えられる。



※調査は10月中旬～11月中旬に実施。ただし令和元年は11月下旬実施。

(4) 陸上植物調査 ツツザキヤマジノギクの確認状況

- 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。
- 令和3年6月調査ではロゼット株が2株確認されたが、11月調査では確認されなかった。
- 植生遷移により自然裸地でのロゼットの確認が少なくなり、ほとんどのロゼットが光環境のよくないススキ群落やツルヨシ群集内で確認された。そのため開花・結実株までに生長せずに全体の個体数が減ったと考えられる。
- もう一つの要因として、平成30年、令和2年、令和3年の200m<sup>3</sup>/sを越える出水による攪乱が続いたことで減少・消失したと考えられる。



種名	ツツザキヤマジノギク
重要性	長野県RL: 絶滅危惧IA類(CR) 長野県指定希少野生植物 松川町、豊丘村: 天然記念物
生活史	2年草で発芽1年目はロゼットとして過ごして冬を超え、2年目に抽だいて草丈30~120cm程になり、花を咲かせて枯死する。また、永続的な土壌シードバンクを形成しないと考えられている。花期は8~11月。
留意点	開発行為及び川原の管理放棄により、その個体の生育地の消滅又は環境の悪化が懸念され、特に保護を図る必要がある。県民から保護の要請が高く、かつ、県民主体の保護回復活動が行われている。



## (1) 今後の課題

○運用休止中のバイパス運用による影響を把握する上で期間が十分でなかったり、魚類のように遡上できる環境が整っていない部分があったため、令和4年のモニタリングでさらに確認していく必要がある。

	今後の課題	対応
全般	令和2年洪水でのバイパス運用による影響が続いている背景があり、1ヶ年の運用休止での影響では不明な部分が多い。	令和4年のモニタリング結果を蓄積して評価する。
魚類	床固の魚道の損傷により生息区間が分断されたことにより、各調査地点での個体数に大きく影響をしていて、バイパスの影響の把握が難しい。	天竜川上流河川事務所に床固の魚道の復旧を働きかけていく。
ツツザキヤマジノギク	重要種のツツザキヤマジノギクが減少し、令和3年度調査では確認されなかった。	引き続き、次年度以降も調査を継続しながら、上流・支川の供給源の有無を確認するための調査も予定する。

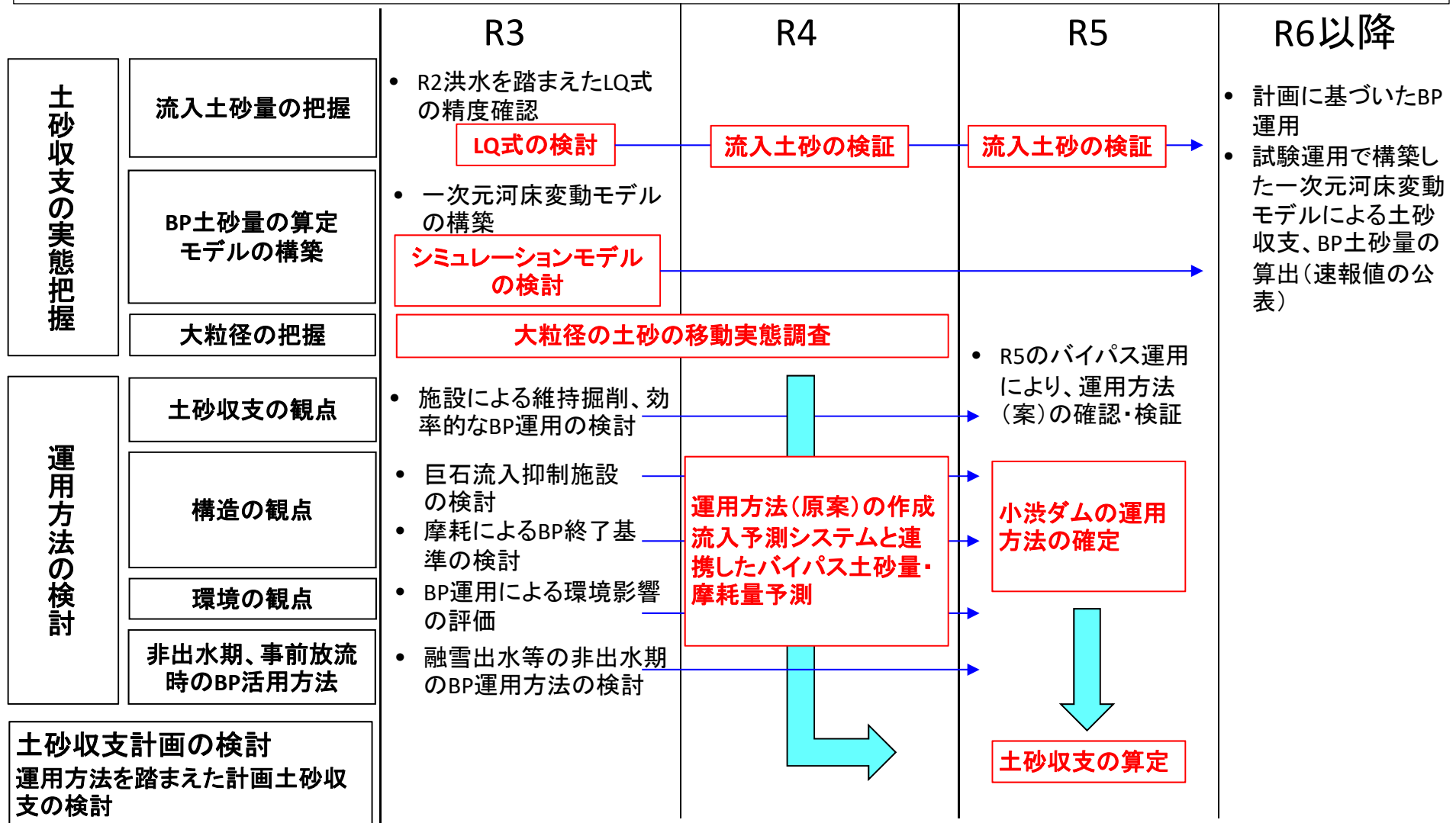
6. 各部会の今後の方針

## 6. 各部会の今後の方針

74

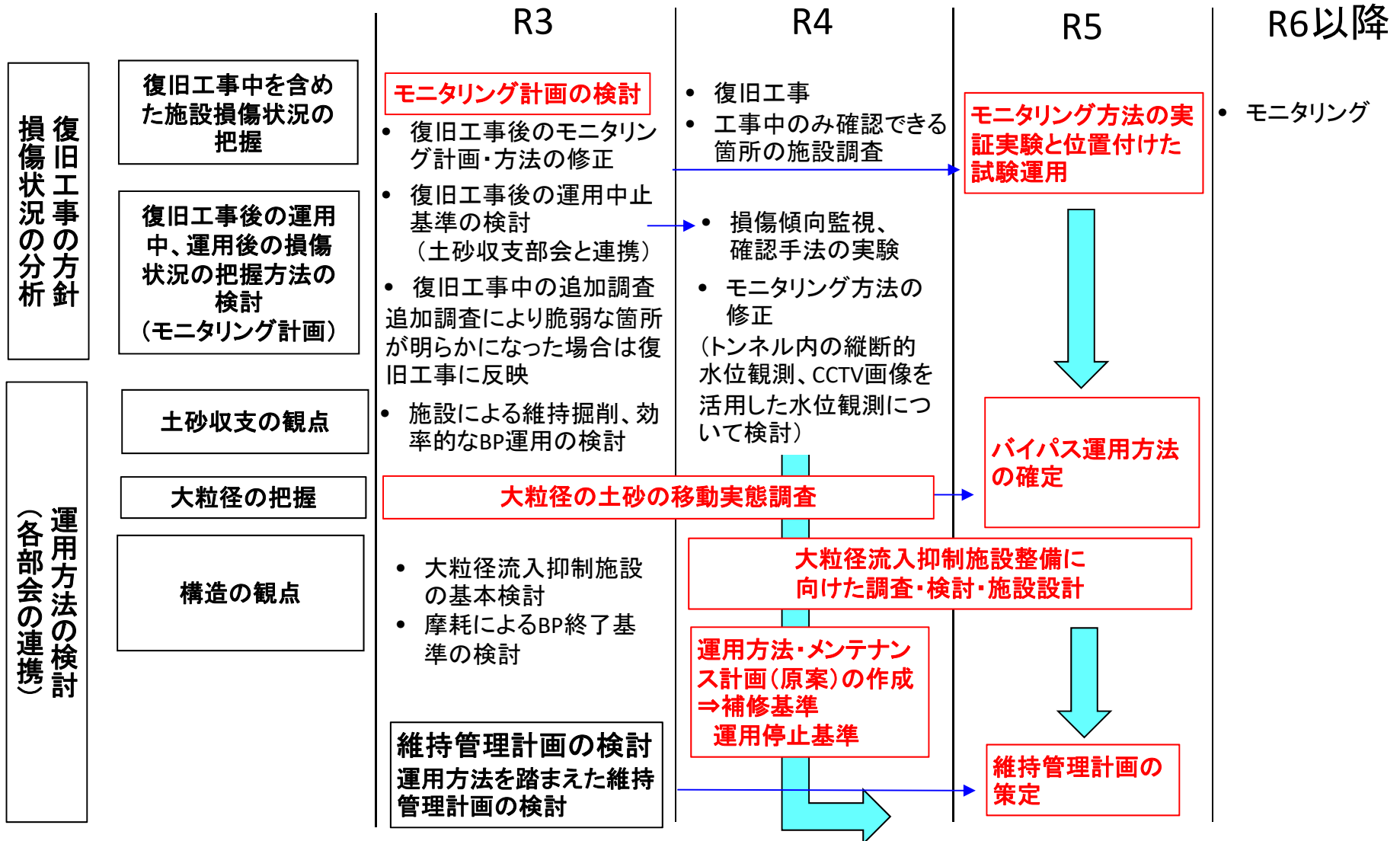
### (1) 土砂収支部会の今後のスケジュール

- ・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。
- ・次にバイパスの運用方法について、大粒径の土砂移動の実態調査を踏まえ、施設の摩耗・損傷の観点や環境影響を把握しながら検討を行い、本運用に向けての運用方法、土砂収支計画の検討を行う。



## (2) 構造部会の今後のスケジュール

- ・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。
- ・次に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。

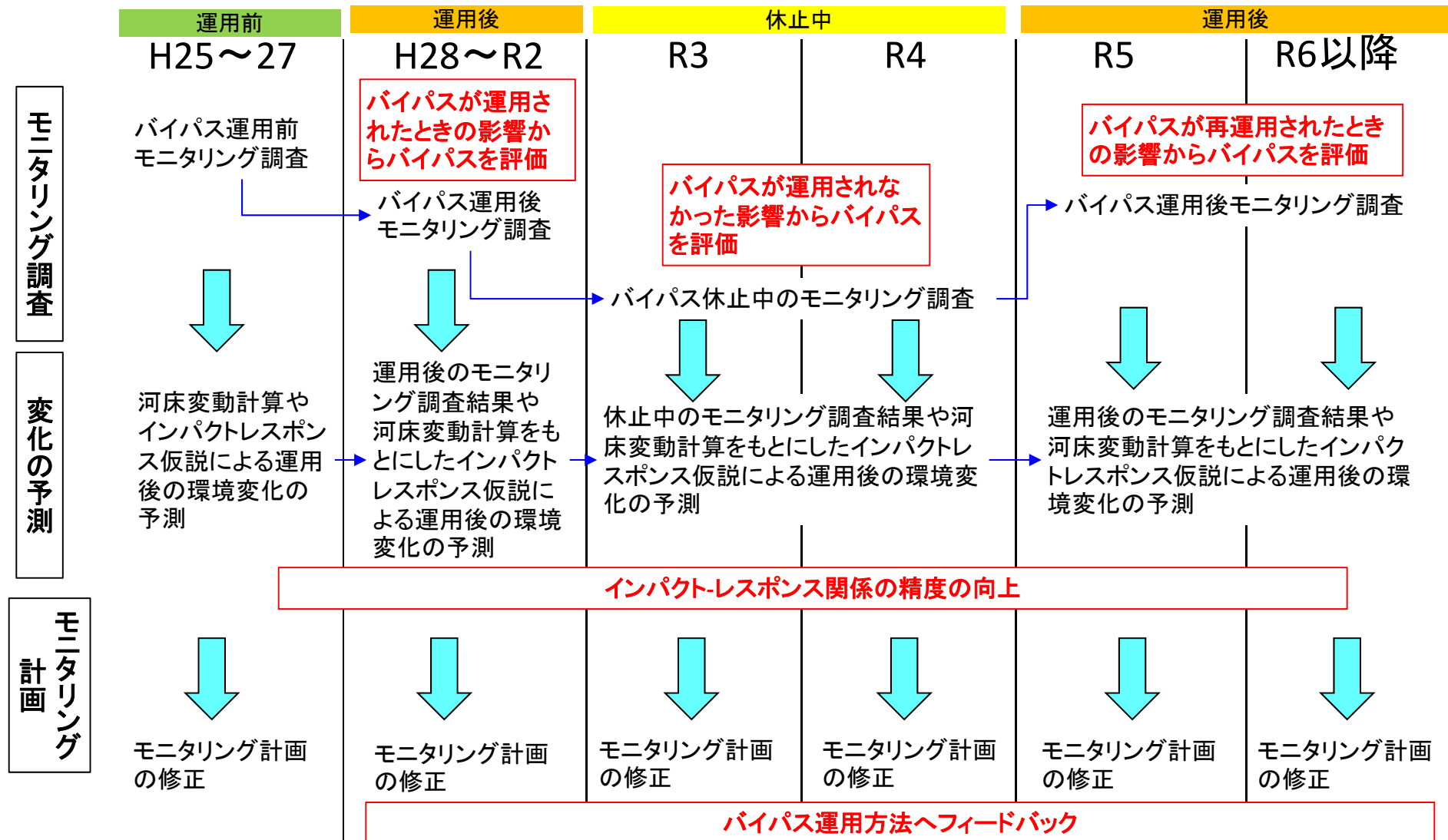


## 6. 各部会の今後の方針

76

### (3) 環境部会の今後のスケジュール

・今後の方針としては、これまでのバイパス運用前と運用後および休止中のモニタリング結果を踏まえ、インパクト-レスポンス関係の精度を向上しバイパスの影響を評価し、必要があれば運用方法にフィードバックする。



## 6. 各部会の今後の方針

77

### (3) 環境部会の今後のスケジュール

- 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、バイパス運用による影響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。
- 事業完了後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	R4年以降の調査方針(案)
工事および運用		試験運用		BP工事								
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	附着藻類	○	○	○	○							
	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

## 6. 各部会の今後の方針

### (4) モニタリング調査計画 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し、分派堰および減勢工の河床材料調査や出水時の採水調査地点を減少する。ただし必要と判断した場合は調査を実施することもある。
- 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4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	R4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)	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		河床材料や濡筋位置、植生の状況などを面的に把握	UAV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、湖内) ダム下流(管理橋、葛島警報所付近) 天竜川(天竜橋、台城橋)	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	重要種ツツザキヤ マジノギクの確認調	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

# 6. 各部会の今後の方針

## (5) モニタリング調査計画 調査位置図

令和4年度の環境モニタリング調査地点

