

5. 本運用後の モニタリング計画（案）

5. 本運用後のモニタリング計画（案）

- これまでのモニタリング調査の結果から、バイパスによる下流河川環境への大きな影響は確認されなかった。
- 本運用後は、調査にかかる費用や労力も踏まえ、下流河川のモニタリングは規模を縮小し、バイパス施設管理に注力する。

本運用後のモニタリング計画(案)

	モニタリング項目	本運用後の実施方針
水質 (河川)	・現地採水調査	大規模出水や上流域の斜面崩壊等により、SS成分の流出傾向に変化が想定される場合には、調査を行う。
	・観測機器による連続観測(水温・濁度)	調査終了
生物環境 (河川)	・魚類	調査終了
	・底生動物	大規模出水等、河川環境の変化が予想される場合には調査を行う。
	・付着藻類	調査終了
物理環境 (河川)	・河川横断測量	河道改修(河床掘削など)があれば、河道改修前の河道断面を確認することにより、断面形状の経年変化を把握する。
	・河床材料調査	大規模出水等により河床の状況に変化が予想される場合には、容積法や線格子法等、直接採取による調査を行う。
	・河川情報図	調査終了
	・井堰堆積状況	松川ダム管理職員がダム下流河川の巡視を行う際に併せて実施、目視確認を行う。
	・水位・流量	上茶屋:水位・流量観測を継続して実施する(H-Qの精査は必要)。 上溝橋:観測終了
	・航空写真撮影	飯田市により概ね3年毎に撮影されている航空写真を入手し、河道状況の経年変化を確認する。
天竜川本川への影響評価	・河川横断測量	調査終了
	・航空写真撮影	
バイパス 施設管理	・バイパストンネル摩耗量調査	「6. 本運用後の維持管理計画」で詳述
	・バイパストンネル内の水位・流速の計測	調査終了
	・バイパス流量観測	「6. 本運用後の維持管理計画」で詳述
	・濁度観測	調査終了
	・定点写真撮影	
土砂収支	・流砂量観測	大規模出水や上流域の斜面崩壊等、SS成分の流出傾向に変化が想定される場合には、調査を行う。
	・分派堰上流の堆積量調査	「6. 本運用後の維持管理計画」で詳述
	・貯水池ポーリング	調査終了

※ 今後、現地採水調査および底生動物調査、河床材料調査を実施する際には、過年度の調査方法、調査地点を参考として、既往調査結果を活用できるように工夫して調査を行う。

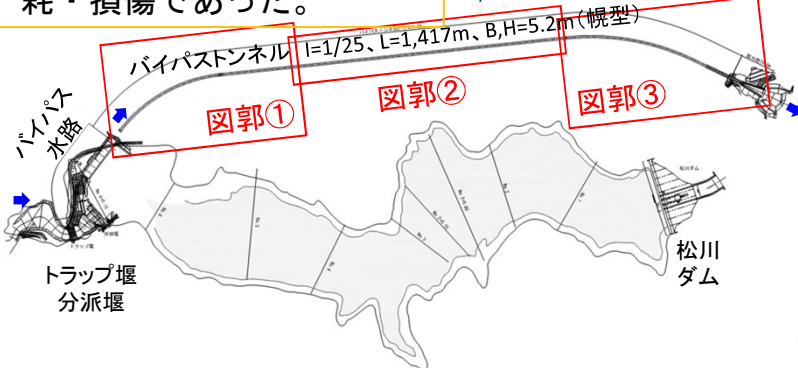
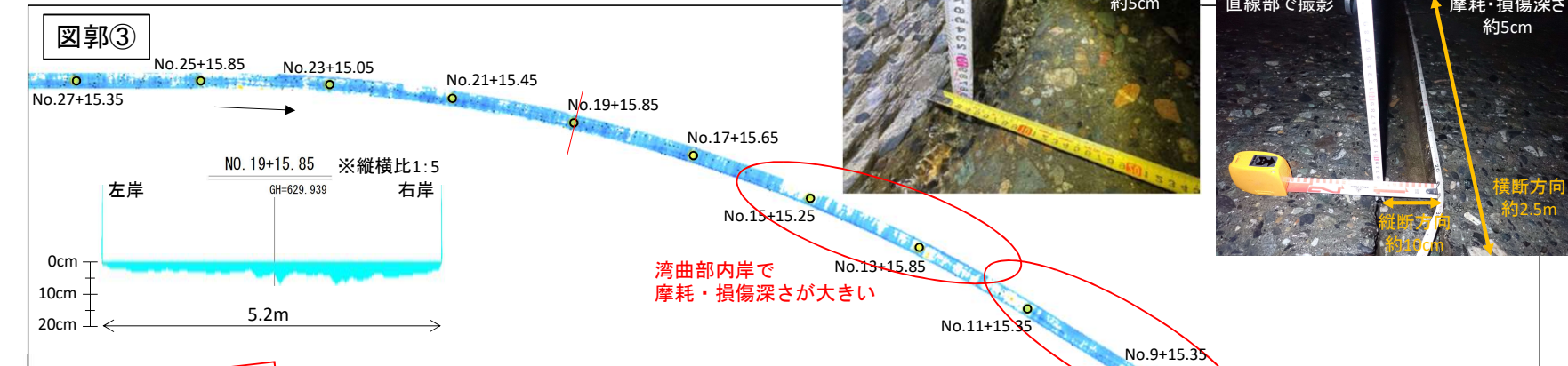
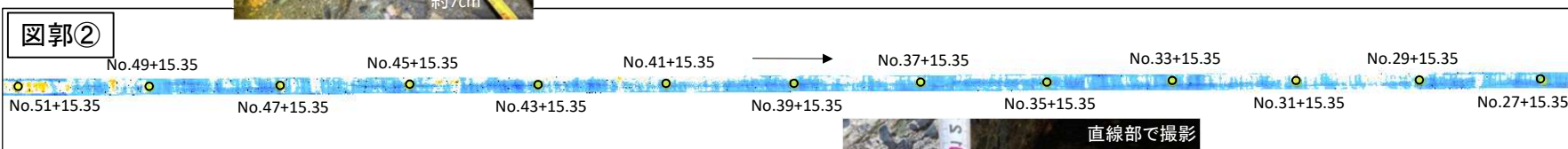
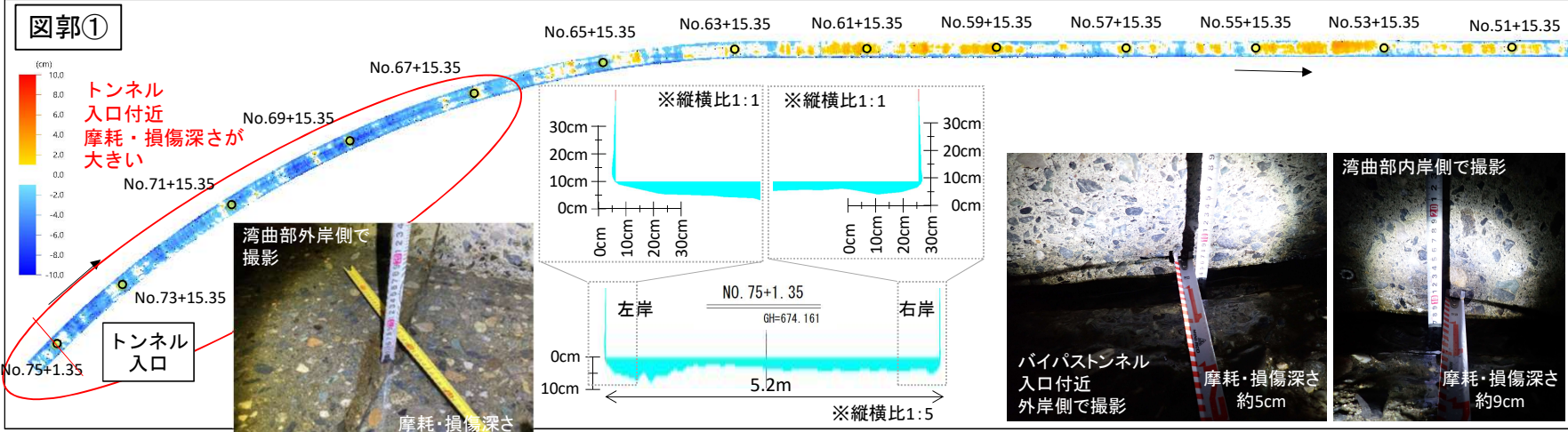
6. 本運用後の 維持管理計画（案）

6.1 バイパストンネル内の摩耗・損傷状況

6.2 他事例収集

6.3 維持管理計画（案）

- 令和5年12月、MMSによるレーザー測量を実施した。
- これまでは目視による定性的な点検を行ってきたが、初めて定量的な評価が可能となった。
- トンネル全域で1~3cm程度の摩耗・損傷が広く生じており、最も摩耗・損傷深さの大きなところは約10cmであった。
- トンネル入口付近や、湾曲部内岸側、湾曲部末端の外岸側、吐口周辺で摩耗・損傷深さが大きい傾向となっている。
- 一部、変化量がプラスとなっている区間があるが、トンネル内部に土砂の堆積はなかったため、測量誤差と考えられる。
- バイパス試験放流開始以降7年間の摩耗・損傷量は、床版で130.9m³、側壁で2.0m³、トンネル全体での摩耗・損傷量は約133m³であり、ほとんどが床版の摩耗・損傷であった。



**トンネル内全区間の
摩耗・損傷量
約133m³**
床版(130.9m³) + 側壁(2.0m³)

摩耗量調査結果 (MMSによるレーザー測量結果、R05.12)

6. 本運用後の維持管理計画（案）（6.1 バイパストンネル内の摩耗・損傷状況）

- 摩耗・損傷状況に関して、今回の測量成果による実績摩耗量と、バイパス計画当初の摩耗量予測結果との比較を行う。
- バイパス計画当初の摩耗量予測結果は、14mm/年（実流況時・高強度コンクリート・5.2m均一摩耗）に対し、実績摩耗量は約2.6mm/年であり、バイパス計画当初の予測の約1/5の摩耗量となっている。

【バイパス計画当初】

①摩耗量の基本式

$$V = C_1 \cdot E_1 + C_2 \cdot W_x$$

V : 摩耗損傷量 (m³)

C₁ : 衝撃による損傷係数 (m²/kgf)

C₂ : 摩耗による損傷係数 (m²/kgf)

E₁ : 水路床に衝突する砂礫の総運動エネルギー (m²/kgf)

W_x : 水路床の摩耗による総仕事量 (m²/kgf)

衝撃、摩耗による損傷係数、C₁、C₂

材 料	損傷係数 C ₁ (m ² /kgf)	摩耗係数 C ₂ (m ² /kgf)
コンクリート	1.189 × 10 ⁻⁷	1.135 × 10 ⁻⁸
鋼 (SM41)	3.73 × 10 ⁻¹¹	6.59 × 10 ⁻¹¹
鋼 (HT80)	2.53 × 10 ⁻¹¹	4.78 × 10 ⁻¹¹
SUS304	2.04 × 10 ⁻¹¹	3.25 × 10 ⁻¹¹
SCMnH11	1.18 × 10 ⁻¹¹	1.33 × 10 ⁻¹¹

②計算条件

● 計算対象洪水

- ・ 昭和50年から平成11年までの25年間の実洪水 (A)
- ・ 確率年堆砂量1/1~1/100を発生させる年間の洪水群 (B)
(堆砂量を確率解析し、各確率堆砂量を発生させる洪水群で実洪水と③の確率洪水を組み合わせて作成)
- ・ 確率1/1~1/100の確率洪水 (C)

● バイパス対象土砂

- ・ 浮遊砂
- ・ ウォッシュロード

※出水の規模によってはトラップ堰および分派堰が満砂となり、バイパス施設内に掃流砂が流入することも想定

③摩耗量予測結果

普通コンクリートと高強度コンクリートの摩耗量

単位: mm

	普通コンクリート						高強度コンクリート						備 考
	5.2m均一摩耗			不均一摩耗			5.2m均一摩耗			不均一摩耗			
	掃流砂	浮遊砂	合 計	掃流砂 1.0m	浮遊砂 5.2m	合 計	掃流砂	浮遊砂	合 計	掃流砂 1.0m	浮遊砂 5.2m	合 計	
(A) 実流況時	10	11	21	53	11	64	7	7	14	35	7	42	
(B) 確率1/100流況	43	58	101	226	58	284	29	39	68	150	39	189	
(C) 確率1/100洪水 (S.63,9型)	14	24	38	71	24	95	9	16	25	47	16	63	

※高強度コンクリート：圧縮強度 f_{c28} =60N/mm²程度のもを想定、耐摩耗性は普通コンクリートの1.5倍と仮定

【実績】

- R05.12に実施したMMSによるレーザー測量成果による実績摩耗損傷量 = 約133m³/7年
- 対象期間：H28.11.15（バイパス試験放流開始）～R05.12：約7年間

トンネル全区間・全幅で均一に摩耗した場合の摩耗損傷深さ

→ 約133m³/7年/1,417m(トンネル延長)/5.2m(トンネル床版の幅)

→ 約2.6mm/年

実績摩耗量はバイパス計画当初の摩耗量予測結果の
約1/5

6. 本運用後の維持管理計画（案）（6.2 他事例収集）

●日本国内でバイパス施設を有する事例として、旭ダム、小渋ダム、美和ダムの3事例について、バイパス施設の摩耗・損傷状況や維持管理に関する情報収集を行った。

●全粒径を対象としてバイパスを行っている旭ダムでは、運用開始以降毎年補修が行われている。同様に全粒径を対象としている小渋ダムでも令和2年7月出水により最大50cm程度の大粒径の石が流入するなどしてバイパス施設が被災した。

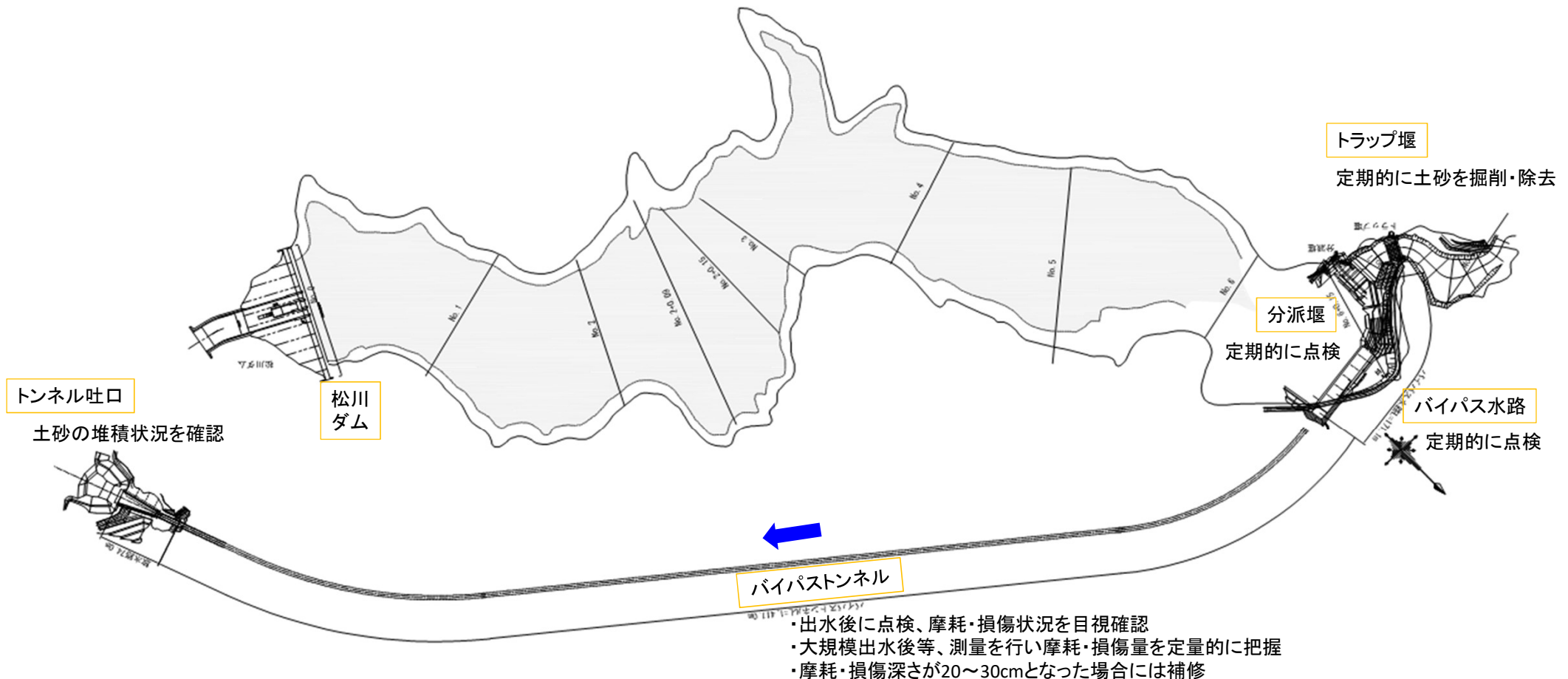
排砂バイパスの国内事例

	ダム諸元	バイパストンネル諸元	バイパス使用頻度	対象とする土砂移動形態	バイパス通過土砂量	摩耗・損傷状況	バイパスの補修計画・補修実態
旭ダム	管理者：関西電力 完成年：昭和53年(1978) 流域面積：39.2km ² 貯水容量：15,470,000m ³ 形式：アーチ式 コンクリートダム ダム高：86.1m	完成年：平成10年(1998) 延長：2,350m 勾配：1/35 断面形状：幌型 幅：3.80m 高さ：3.80m 最大流量：140m ³ /s 設計流速：11.4m/s インバート強度： 36N/mm ² →70N/mm ² インバート厚：40cm (摩耗代は10cm)	・通年 (年間総流入量の 50%～80%をバイ パス)	・掃流砂 ・浮遊砂 ・ウォッシュロード 全粒径 ・バイパス呑口の河床材 料は、平均50mm、最大 粒径300mm	・平成10年から平成23 年までの14年間で約 120万m ³ ・このうち44万m ³ が平成 23年出水(既往1位) によるもの	・平成10年から平成22 年までの実績で平均 0mm/年～50mm/年(期 間平均20mm/年) ・平成23年出水により 平均76mm(最大洗掘深 890mm)	【計画】 ・設備の摩耗状況に応じて非出 水期に鋼板の取り替え、コンク リート摩耗箇所の補修を実施 【実態】 ・運用開始以降、毎年補修を繰 り返している ・高強度コンクリート (70N/mm ²)で補修 ・2003年以降は高強度コンク リートが70%以上を占める
美和ダム	管理者：国土交通省 完成年：昭和34年(1959) 流域面積：311.1km ² 貯水容量：29,952,000m ³ 形式：重力式 コンクリートダム ダム高：69.1m	完成年：平成17年(2005) 延長：4,308m 勾配：1/100 断面形状：馬蹄形 幅：7.80m 高さ：7.00m 最大流量：300m ³ /s 設計流速：10.8m/s インバート強度：21N/mm ² インバート厚：不明 (摩耗代は10cm)	・令和3年度までに 計25回	・ウォッシュロード 0.2mm以下の土砂	・平成18年～令和2年ま での15年間で82.4万m ³	・大きな摩耗は生じて いない	・補修実績なし
小渋ダム	管理者：国土交通省 完成年：昭和44年(1969) 流域面積：288.0km ² 貯水容量：58,000,000m ³ 形式：アーチ式 コンクリートダム ダム高：105.0m	完成年：平成28年(2016) 延長：3,982m 勾配：1/50 断面形状：馬蹄形 幅：7.90m 高さ：7.20m 最大流量：370m ³ /s 設計流速：15.8m/s インバート強度： 50N/mm ² →70N/mm ² インバート厚：45cm→60cm (うち摩耗代19cm)	・令和3年度までに 計11回 (計614時間)	・掃流砂 ・浮遊砂 ・ウォッシュロード 全粒径 ・R2年7月出水実績 最大で500mm程度	・平成28年～令和3年ま での6年間の流入土砂 量906.2万m ³ に対し、 238万m ³ をバイパス (令和3年は運用休止) ・このうち188万m ³ が令 和2年7月出水(既往第2 位)によるもの	・竣工時から平成30年 までに平均14mm(湾曲 部は平均23mm)令和元 年は目視による確認の み ・令和2年7月出水によ り平均290mm 。大部分 の箇所インバート厚 の450mmを超過	・令和2年7月出水で被災し、 現在バイパス運用休止中 ・令和5年出水期からのバイパス 運用再開を目指して復旧工事中 ・復旧工事内容 ・コンクリートの高強度化 (50→70N/mm ²) ・インバート厚の増強 (45cm→60cm)
松川ダム	管理者：長野県 完成年：昭和50年(1975) 流域面積：60.0km ² 貯水容量：7,400,000m ³ 形式：重力式 コンクリートダム ダム高：84.3m	完成年：平成27年(2015) 延長：1,417m 勾配：1/25 断面形状：幌型 幅：5.20m 高さ：5.20m 最大流量：200m ³ /s 設計流速：15.0m/s インバート強度：60N/mm ² インバート厚：55cm (うち摩耗代20cm)	・令和5年末までに 出水期に30回 ・非出水期(11月 初旬～3月末)は 貯水池内掘削を 目的として転流 している	【当初計画】 ・浮遊砂 ・ウォッシュロード 2mm以下の土砂 ↓ 【試験運用・本運用】 ・掃流砂 ・浮遊砂 ・ウォッシュロード 全粒径	・平成29年～令和5年ま での7年間の流入土砂 量約43万m ³ に対し、28 万m ³ (約67%)をバイ パス	・バイパス試験放流開 始から令和5年までの 約7年間で約133m ³ 。 ・摩耗・損傷深さは最 大で約10cm。	・補修実績なし

6. 本運用後の維持管理計画（案）（6.3 維持管理計画（案））

- これまでの摩耗量予測結果や事例整理の結果を踏まえ、維持管理計画（案）を立案する。

- ・ **トラップ堰** : バイパス施設の摩耗・損傷の被害拡大の抑制のため、確実に大粒径の石や礫を捕捉するために、定期的な掘削を行い容量を確保する
- ・ **分派堰** : 堆砂の進行により分派機能に支障が出ることを防ぐため、土砂の堆積状況を定期的に点検する
- ・ **バイパス水路** : 堆砂の進行によりオリフィスゲートの操作に支障がでることを防ぐため、土砂の堆積状況を定期的に点検する
- ・ **バイパストンネル** : 出水後には点検を行い、摩耗・損傷状況を目視で把握する
大規模出水発生後や、ある程度の規模の摩耗・損傷等を確認した場合には、測量を行い、その摩耗損傷量を把握する
摩耗損傷深さが20～30cm程度となった場合には補修を行う
- ・ **トンネル吐口** : 土砂の堆積状況を把握しておく
堆積している土砂の粒径（最大粒径等）を調査することにより、土砂収支や摩耗・損傷状況との関連性について考察する際の参考とする



終