

小渋ダム土砂バイパストンネル モニタリング調査の中間報告

竹内 寛幸¹・石田 勝志¹・田中 史也¹

¹天竜川ダム統合管理事務所 管理課（〒399-3801 長野県上伊那郡中川村大草6884-19）

小渋ダムは、建設後約50年が経過して貯水池の土砂堆積が90%と進行し、数年後には計画堆砂量に到達し、このままではダム機能が維持できない恐れがある。そこで堆砂対策として、平成21年3月から土砂バイパストンネルの建設を開始し、平成28年9月に完成した。現在、本運用に向けた土砂バイパスの運用方法を検討するため、試験運用にあわせてモニタリングを実施している。本稿は、平成29年度における3回の試験運用状況とモニタリング結果及び今後の取り組みについて中間報告するものである。

キーワード：堆砂対策、土砂バイパス、モニタリング

1. はじめに

小渋ダムは、南アルプス赤石岳を源流とする天竜川左支川小渋川に、多目的ダムとして昭和44年に完成した、堤高105m、堤頂長293.3mのアーチ式コンクリートダムである（図-1、表-1）。建設後48年経過した平成28年（2017年）時点の堆砂率は90%で、このままでは数年後には計画堆砂量に到達し、貯水機能に支障が生じる恐れがある（図-2）。またダム下流への土砂供給が減少したため、ダム下流の河床は細粒分が流出して巨礫化が進行し、生物の多様性が失われつつある（写真-1）。



図-1 小渋ダム位置図

表-1 小渋ダム諸元

| | | |
|----|-------|--|
| 概要 | 完成 | 1969年 |
| | 河川名 | 天竜川水系小渋川 |
| | 型式 | アーチ型コンクリートダム |
| | 規模 | H=105m、L=293.3m |
| | 流域面積 | 288.0km ² |
| | 総貯水容量 | 58,000千m ³ |
| 目的 | 利水容量 | 29,100千m ³ |
| | 洪水調節 | 洪水調節開始流量: 200m ³ /s 最大放流量: 500m ³ /s 最大流入量: 1,500m ³ /s 洪水調節方式: 一定率一定量 |
| | 農業用水 | 1.81m ³ /s (松川町、豊丘村、喬木村、飯田市) |
| | 発電 | 最大10,500kW(長野県企業局) |

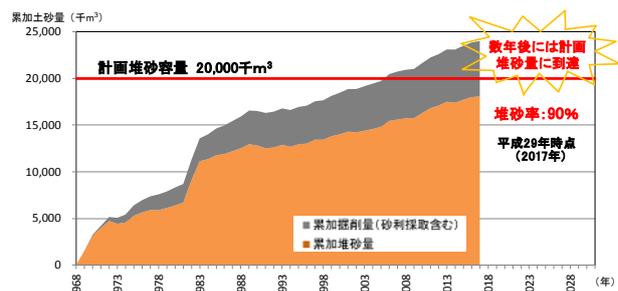


写真-1 小渋ダム下流河床状況

このため、ダム貯水池への流入土砂抑制及び土砂移動の連続性確保を目的として、分派堰上流に粗い土砂を捕捉（砂利採取）するための貯砂堰を設置し、洪水時に貯水池に流入する土砂を含んだ流水をダム下流にバイパスする土砂バイパストンネルの整備を進め、平成28年9月に完成した。

2. 土砂バイパス施設の概要

土砂バイパス施設（図-3）は、「土砂バイパストンネル、呑口施設、吐口施設」で構成され、バイパス対象土砂は、掃流砂、浮遊砂、ウオッシュロードとした。

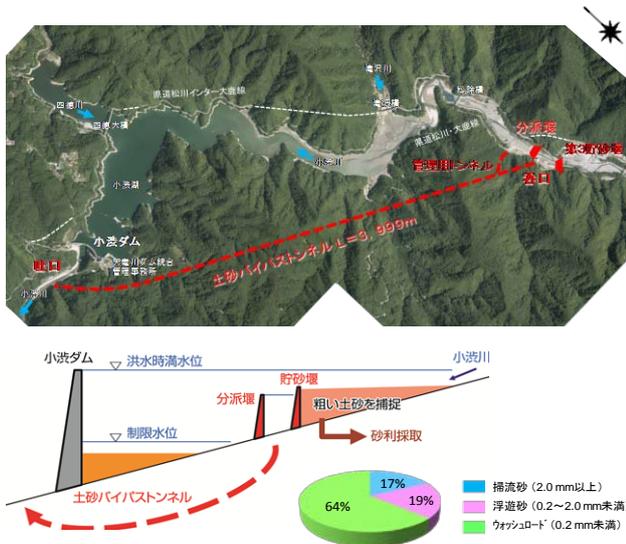


図-3 土砂バイパス施設全体レイアウト

土砂バイパストンネルは、平面線形を極力直線（R=1000が一箇所のみ）とし、上流部には管理用トンネルを設置し、トンネル内への出入ができるようにした。設計流量は、現行の小渋ダム計画流入量を基に370m³/sとした。インバートコンクリートは、掃流砂の流下により摩耗損傷が懸念される事から高強度配合（50N/mm²）とした（表-2）。

表-2 土砂バイパストンネルの概要

| | |
|------|--|
| 断面形状 | フラットインバート標準馬蹄型 R=3.95m、内空約54m ² |
| 縦断勾配 | 1/50 |
| 全長 | 約3,999m |
| 設計流量 | 370 m ³ /s |
| 最大流速 | 約15m/s |
| 対象土砂 | 掃流砂、浮遊砂、ウオッシュロード |
| 摩耗対策 | 水路インバート部に50N/mm ² の高強度コンクリートを施工（t=45cm） |

呑口施設は、洪水をバイパストンネルへ導く「分派堰」、バイパストンネルに流れ込む水量を調整する「呑口」、流木が流れ込むのを防ぐ「流木ハネ」、分派前に粗い土砂を捕捉するための「貯砂堰」で構成している。

呑口位置は、中小洪水の礫分もバイパスが可能となるダム上流5.2k左岸とし、既設貯砂堰を分派堰に改良することとした（写真-2）。

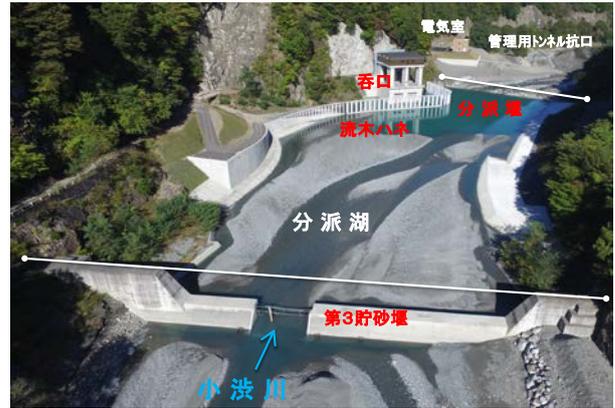


写真-2 土砂バイパス呑口施設

呑口躯体形状は、ゲート操作が単純となる自然調節とし、オリフィス2門、クレスト2門を縦に有した複雑な形状となっており、摩耗による呑口周辺の形状変化が分派量に影響することを懸念し、摩耗対策として呑口の20m区間をラバーsteel、その下流30m区間は鋼製ライニングを施している。

上流側に副ゲート2門、下流側に主ゲート2門を配置し、副ゲートについては前面が堆砂状態であっても可動可能な設計としている（図-4）。



図-4 呑口躯体（ゲート門扉）

吐口施設はダム下流約300mに位置し、「吐口、放水路、減勢工」で構成されている（写真-3）。

なお、各施設の位置、形状については水理模型実験により確認をしている。



写真-3 土砂バイパス吐口施設

3. 試験運用期間中のモニタリング

平成28年秋から試験運用を開始し、現在、土砂バイパストンネルの本運用に向けてモニタリングを実施している。土砂バイパス運用に伴う土砂動態や河川環境の変化等を把握するため、試験運用期間に行うモニタリング項目は、「①ゲートの操作性、②バイパスの機能、③環境影響、④土砂挙動」としている(図-5)。

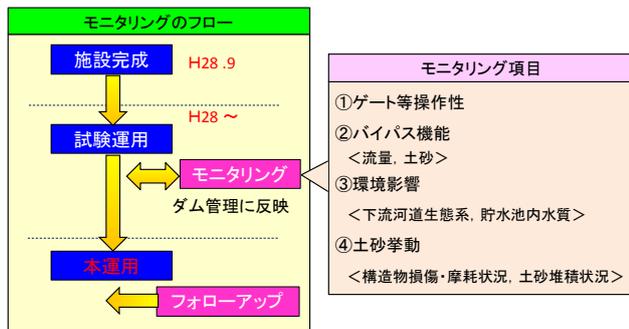


図-5 モニタリングのフロー・項目

土砂バイパスの運用方法を決定するため、モニタリングで得られた結果を分析し、専門家で構成する「小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会」から助言をいただきながら、本格運用に向けたダム管理方法を検討している(表-3)。

表-3 モニタリングの目的・内容

| モニタリング項目 | 目的 | モニタリング内容 | 部会 |
|----------|--|---|------------------------|
| ①ゲートの操作性 | ・洪水調節機能の確保(HQ関係の把握) ・開操作・閉操作時の操作性の確認 | ・呑口、トンネル内水位観測によるバイパス流量の観測 ・映像及び巡視による確認 | モニタリング委員会(土砂収支部会・構造部会) |
| ②バイパスの機能 | ・土砂バイパストンネルによる土砂バイパス効果量の把握 ・バイパス機能の確認 | ・流入土砂量の観測 ・バイパス土砂量の観測 | 土砂収支部会・構造部会 |
| ③環境影響 | ・土砂バイパストンネルによる環境影響の把握 | ・下流河道生態系 ・水質 | 環境部会 |
| ④土砂挙動 | ・土砂収支の把握方法の確立 ・土砂バイパストンネルの維持管理 | ・分派堰及び減勢工の土砂堆積状況の把握 ・構造物損傷・摩耗状況 | 土砂収支部会・構造部会 |

モニタリング結果を分析して土砂バイパスの本格運用方法を検討する。

4. 試験運用状況とモニタリング結果

平成29年度の試験運用は、台風による出水に伴う3回のバイパス放流を行い(表-4)、2回目の運用では最大放流量183m³/s(写真-4)、うち3回目の運用では最長となる約49時間の放流を実施した。

なお、利水の貯水池運用との兼ね合いもあり、全ての出水では土砂バイパスの試験運用を行っていない。

表-4 試験運用状況(H29)

| 試験運用実績一覧 | | | | | |
|-----------------|--------------------------|--------|---------|-------------|----------------|
| 年・月・日 | 最大放流量(m ³ /s) | 放流形態 | 放流回数(回) | 延べ放流時間(時間) | 使用目的(出水原因) |
| H29.7.4~7.5 | 100 | フリーフロー | 1 | 約3時間(3.1) | 試験運用1回目(台風3号) |
| H29.10.22~10.23 | 183 | フリーフロー | 1 | 約10時間(9.7) | 試験運用2回目(台風21号) |
| H29.10.29~10.31 | 86 | フリーフロー | 1 | 約49時間(48.8) | 試験運用3回目(台風22号) |

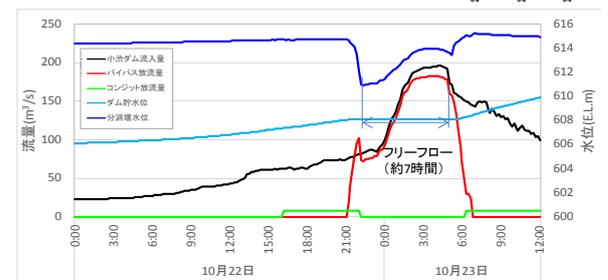
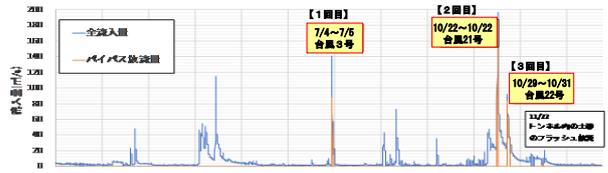


写真-4 2回目運用状況(呑口・吐口)

試験運用の結果、構造面では、トンネル内全区間に渡って表面モルタル部の摩耗、インバートコンクリートの一部骨材露出が確認されたが、大きな損傷はなくトンネル内に土砂や流木の堆積もなかった(写真-5)。

また、バイパスゲート操作時に土砂や流木などが噛み込むことはなく、確実にゲートを閉鎖できることが確認された。

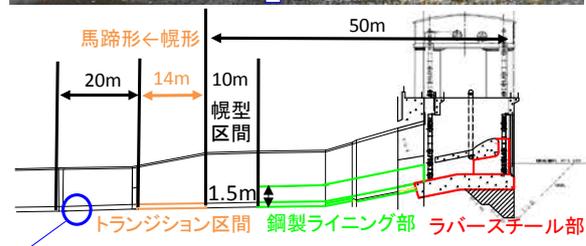
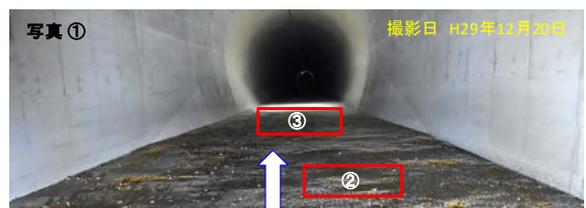


写真-5 トンネル内部 運用後の状況

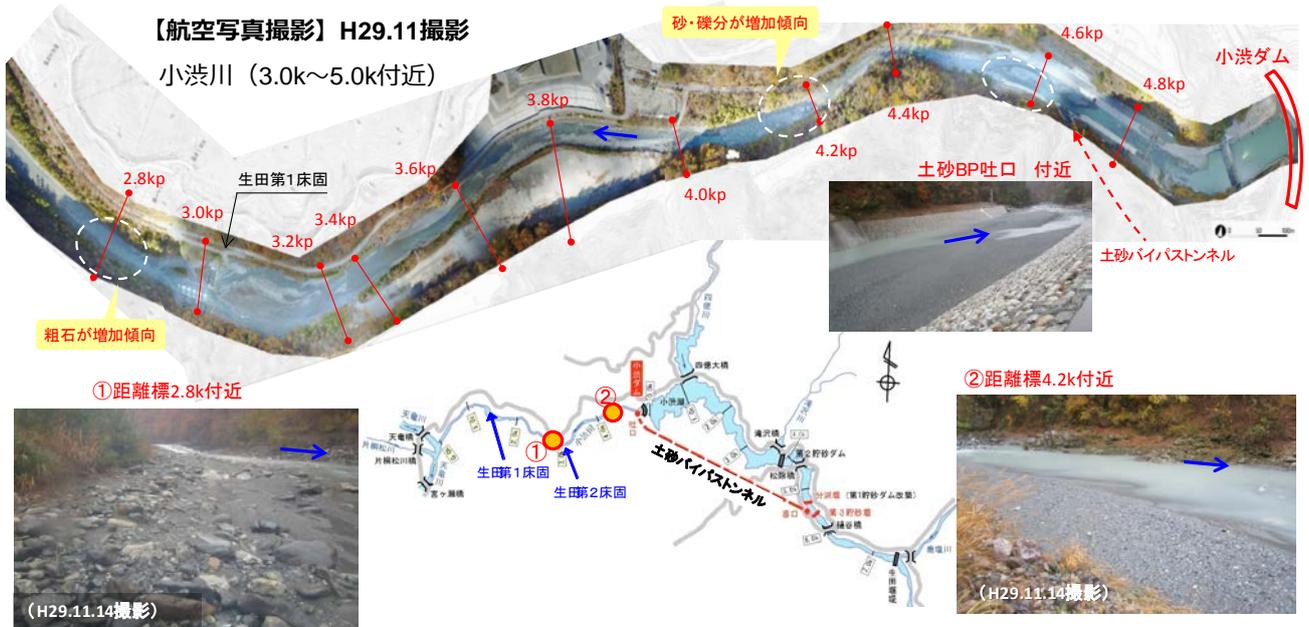


写真-6 運用後の小渋ダム下流の河床状況

下流環境では、バイパス放流によりダム下流に供給された土砂が天竜川合流点まで到達し、ダム下流の河道内には砂礫分の増加が確認された(写真-6)。
 また付着藻類・底生動物・魚類及び貴重種(陸域植生)などの生物において、現時点では大きな変化は確認されていないが、継続的なモニタリングを行い、河川環境の変化等の把握、分析を実施していく予定である。

5. 今後の取り組み

モニタリング委員会では、「今後、さまざまな洪水波形や利水も考慮した運用によるバイパス効率、事業効果、維持管理手法の検討が必要」とのご意見をいただいた。
 利水運用にできるだけ影響のない範囲で試験運用を行うとともに、モニタリング調査を継続し河川環境の変化や土砂収支の把握・精度向上に努め、土砂収支、構造、環境分野での検討結果を踏まえて、最適な運用方法を検討していくこととしている(図-7)。

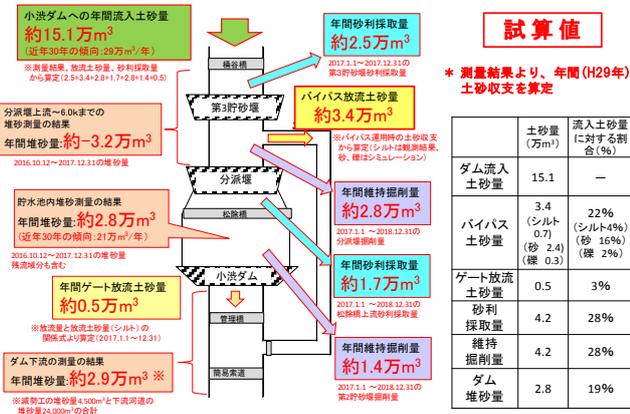


図-6 年間の土砂収支

土砂収支では、運用中の採水調査、運用前後の測量、河床材料調査に加え河床変動解析により土砂バイパスによる排砂量を算出した結果、3回の運用で約34,000m3(試算値)の土砂を貯水池に堆砂することなく、ダム下流に流下させることができた。

また砂利採取、維持掘削と合わせて約84,000m3を除去し、小渋ダムへの年間堆砂量を流入土砂量に対し19%に抑制することができた(図-6)。

試算値

* 測量結果より、年間(H29年)土砂収支を算定

| | 土砂量(万m³) | 流入土砂量に対する割合(%) |
|----------|----------|----------------|
| ダム流入土砂量 | 15.1 | - |
| バイパス土砂量 | 3.4 | 22% |
| ゲート放流土砂量 | 0.5 | 3% |
| 砂利採取量 | 4.2 | 28% |
| 維持掘削量 | 4.2 | 28% |
| ダム堆砂量 | 2.8 | 19% |

| | | |
|--|---|--|
| <p>【土砂収支】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・民間の砂利採取の活用 ・バイパス効率 ・事業効果 <p>(本運用に向けての目標) 土砂収支算定方法の確立</p> | <p>【構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磨耗量 ・補修の頻度 ・その他ゲート等への影響 <p>(本運用に向けての目標) 維持管理計画の作成</p> | <p>【環境】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・下流河道への影響 ・許容できるバイパス土砂量 ・放流方法等 <p>(本運用に向けての目標) 環境部会での協議結果を踏まえて検討方針を設定</p> |
|--|---|--|

パイパスの運用方法の決定
 図-7 今後の取り組み

今年度は、モニタリングで検討された結果、各部会・委員会での助言を反映して、土砂バイパスの運用方法を決定する予定である。

ただし環境面などでは、必要な調査が残る可能性もあり、引き続き、環境や構造への負荷を考慮した運用方法の設定に向けて取り組んでいく。

参考文献

1) 建設環境研究所：平成28年度 小渋ダム土砂バイパス運用検討業務 報告書