

# 小渋ダム土砂バイパスモニタリング計画

竹内寛幸・上沼博司・林 元彦

## 1. はじめに

小渋ダムは、天竜川左支川の南アルプス赤石岳を源流とする小渋川に、多目的ダムとして昭和44年に完成した高さ105mのアーチ型コンクリートダムである。建設後46年経過した現時点の堆砂率は89%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ことに加え、ダム下流の河床はダム建設後巨礫化が進行していることから、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、出水時に流入する土砂を貯水池を介さずダム下流にバイパスする施設を新たに設置し、平成28年秋から試験運用を行い、平成31年度より本格的な運用を開始する予定である。

本報文は、土砂バイパス施設の概要と試験運用期間におけるモニタリング計画について紹介するものである。

なお、ダムに流入する土砂は図-3のとおりで、6割以上がウォッシュロードとなっている。

また、洪水調節時の放流はバイパス施設からの放流を主とし、不足分をダム本体ゲートから放流するものである。

表-1 小渋ダム諸元

概要	完成	昭和44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 <sup>2</sup>
	総貯水容量	58,000千m <sup>3</sup>
	利水容量	29,100千m <sup>3</sup>
目的	洪水調節	洪水調節開始流量: 200m <sup>3</sup> /s 最大放流量: 500m <sup>3</sup> /s 最大流入量: 1,500m <sup>3</sup> /s 洪水調節方式: 一定率一定量
	農業用水	1.81m <sup>3</sup> /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)

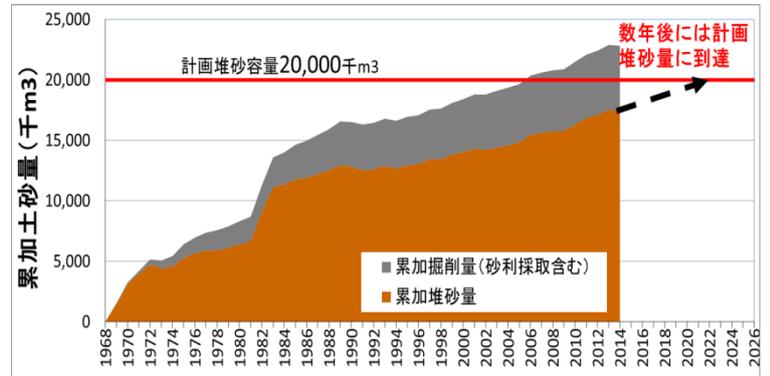


図-2 小渋ダム堆砂状況図



図-1 小渋ダム位置図



写真-1 小渋ダム下流河床状況



図-3 小渋ダム流入土砂内訳

## 2. 土砂バイパス施設の概要

### 2.1 施設全体概要

土砂バイパス施設は、図-4のとおり「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。

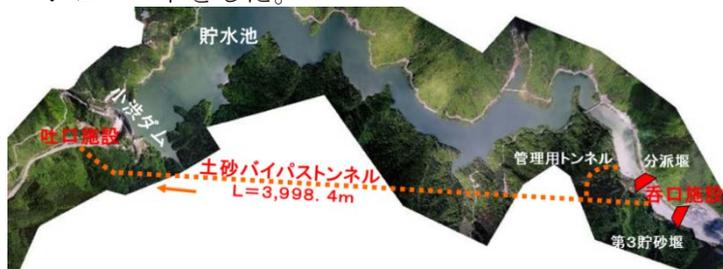


図-4 土砂バイパス施設全体レイアウト

### 2.2 土砂バイパストンネルの概要

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、管理上の配慮からトンネル上流部に管理用トンネルを設置し、トンネル吐口と管理用トンネルの2方向よりアプローチ出来ることとした。

設計対象流量は、現小渋ダム基本計画の放流量ではなく、天竜川整備基本方針に基づく小渋ダム計画放流量の370m<sup>3</sup>/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ことから高強度配合とし、高速流対応への配慮から平坦性を確保するため機械施工とした。

表-2 バイパストンネル諸元

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 <sup>2</sup>
縦断勾配	1/50
全長	約3,998.4m
設計流量	370 m <sup>3</sup> / 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 <sup>2</sup> の高強度コンクリートを施工(t=45cm)

### 2.3 呑口施設の概要

呑口施設は図-5のとおり「呑口」、分派するための「分派堰」、分派前に粗い土砂を捕捉（砂利採取により掘削する計画）するための「貯砂堰」、流木による呑口閉塞を防止するための「流木ハネ」で構成され、呑口位置は、既設貯砂堰を分派堰に改良することと、河川の形状特性から中小洪水で礫分もバイパス可能となるダム上流5.2k左岸とした。

なお、各施設の位置、形状については水理模型実験により検討、確認している。



図-5 呑口施設レイアウト図

#### (1) 呑口の概要

呑口躯体形状は、ゲート操作の煩雑化防止に配慮した自然調節（ゲート操作せずに一定率一定量の洪水調節が可能）による分派量を実現するため、オリフィス2門、クレスト2門を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事を懸念し、摩耗対策として呑口の20m区間をラバースチール、その下流30m区間は鋼製ライニングを施している。

なお、上流側に副ゲート、下流側に主ゲートを各2門配置し、副ゲートについては操作時にゲート前面が堆砂状態であっても可動可能な設計とした。



写真-2 呑口躯体正面写真

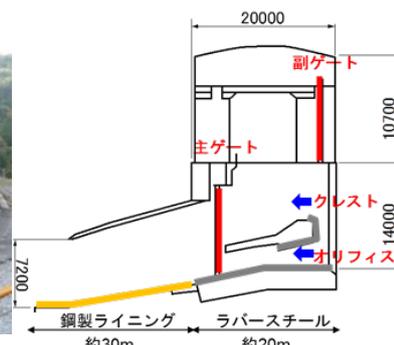


図-6 呑口躯体断面図

### 2.4 吐口施設の概要

吐口施設はダム下流約300mに位置し、写真-3のとおり「吐口、放水路、減勢工」で構成されており、各施設の位置、形状については水理模型実験により検討、確認している。

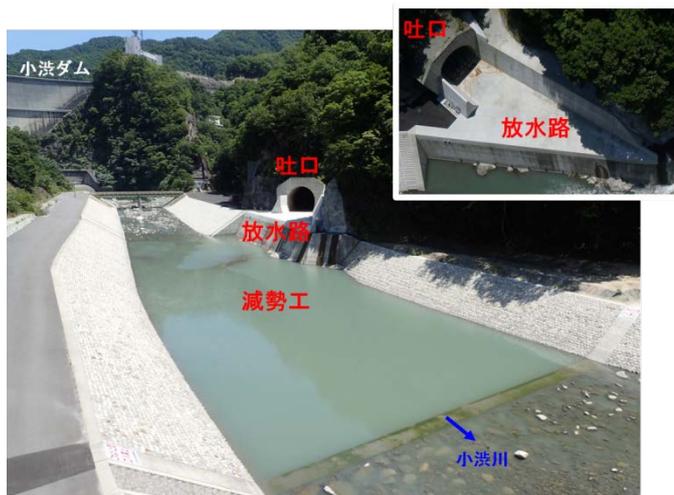


写真-3 吐口施設レイアウト



表-4 構造モニタリング方法

目的	測定地点	調査方法	調査時期(頻度)
分派量 検証	・バイパストンネル内	・水位観測	・バイパス使用中
流況	・流木ハネ ・バイパスゲート ・バイパス吐口施設	・CCTV映像	
損傷 (摩耗) 状況	・流木ハネ ・バイパス呑口 ・バイパストンネル ・バイパス吐口施設	・目視、計測	・バイパス使用後

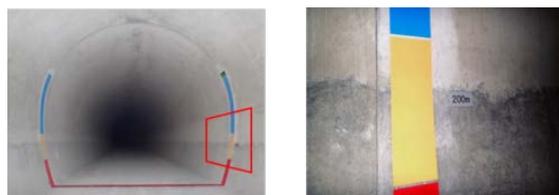


写真-4 トンネル内に塗布したペンキ帯

### 3. 試験運用期間中のモニタリング計画

#### 3.1 モニタリングの目的と区分

モニタリングの目的は土砂バイパスを使用して、施設状況・環境変化等を確認し、本格運用の方法(バイパス放流のタイミング・呑口部の管理河床高等)を決定するもので、新たに加わる放流設備の検証という視点から「構造」、土砂が流れるという新たなインパクト発生による影響評価という視点から「環境」、移動土砂量把握と、効果量確認という視点から「土砂収支」の3つに区分して検討している。

各区分の目的、確認内容は表-3のとおりで、具体的なモニタリング方法については3.2以降で記述する。

表-3 モニタリング区分

区分	目的	確認(検討)内容
構造	・施設の検証(分派特性含む) ・施設の維持管理計画作成	・模型実験結果による分派量をトンネル内流量で検証 ・流水や土砂の挙動、施設損傷確認
環境	・環境影響予測	・一次元河床変動計算、技術図書等による定性予測の見直し
土砂収支	・流粒径別移動土砂量の算出手法の確立	・現算出手法を実測結果及び、一次元河床変動計算により見直し

#### 3.2 構造モニタリング

構造モニタリングの方法については、土砂バイパス各施設に求められる機能を考慮して表-4のとおり設定した。

トンネル内の摩耗状況把握については、200m間隔で塗布したペンキ帯(写真-4)や、車両に

よるレーザー測量を活用する。

#### 3.3 環境モニタリング

評価対象区間は、ダムから天竜川合流点までの約5km区間で、物理環境として「河床変動、河床材料、水質」、生物環境として「付着藻類、底生動物、魚類、貴重種」に着目することとしており、モニタリング方法については表-5のとおりである。

なお、調査時期は、非出水期を基本とし、1/5程度の出水が発生した場合は、バイパス使用後も調査することとしているが、藻類については季節変化も起因することから毎月調査する。

表-5 環境モニタリング方法

目的	測定地点	調査方法	調査時期(頻度)
景観	・小波ダム下流(天竜川合流点まで)	・航空写真	・出水期後、バイパス放流が大きかった場合は追加する
河床変動	小波ダム下流(天竜川合流点まで200mピッチ)	・河川測量 ・天竜川合流点定点写真	・測量:出水期後 ・定点写真:(バイパス運用後1回/月)
河床材料	・小波ダム上流(小波川、鹿塩川) ・小波ダム下流(天竜川合流点まで代表箇所7地点)	・サンプリング→室内試験	・出水期後、バイパス放流が大きかった場合は追加する
水質	・小波川(ダム流入点、放流点) ・小波川(天竜橋、台城橋) ・他支川(片桐松川)	・濁度、水温観測	・小波川については毎月+出水中、その他の箇所は出水中のみ(出水中の頻度は1回/時間)
付着藻類	・小波ダム上流(生田堰堤上流) ・小波ダム下流(天竜川合流点まで代表箇所2地点)	・サンプリング→室内試験(種構成、細胞数、Chl-a、フェオフィチン、強熱減量)	・(1回/月)
底生動物・魚類	・小波ダム上流(生田堰堤上流) ・小波ダム下流(小波川:代表箇所4地点、天竜川:天竜橋、台城橋)	・個体数調査	・出水期後、バイパス放流が大きかった場合は追加する
貴重種(陸生植物)	・小波ダム下流(天竜川合流点まで)	・株数調査	

#### 3.4 土砂収支モニタリング

最終的に必要な数値は、出水中に移動する「ダム流入」、「バイパス放流」、「ダム放流」に含まれる粒径別土砂量で、観測及び算出方法は表-6のとおりとし、砂分については出水時に移動する

全てを観測することは出来ないことから、採水分析したデータを検証材料として、一次元河床変動計算より算定する。

土砂収支モニタリングの方法は表-7 のとおりで、「SS、粒度分布、浮遊砂密度、礫移動」については、流入、放流の各地点での出水時調査とし、「河床変動、河床材料」は、ダム貯水池～天竜川合流点までの約 12km 区間の代表地点での出水期後調査を基本とし、1/5 程度の出水が発生した場合は追加実施する。

なお、バイパスの出入り口にあたる分派湖と減勢池については、より詳細にデータを取得する必要があるため、バイパスの使用前後には必ず調査することとした。

また、礫移動量の把握については京都大学との共同研究によりバイパス放水路のインバート部に流砂観測装置（マイクロホン等）を設置し、導流壁面にはバイパス放流水を水深別に採水するため取水管（写真-5）を設置した。

表-7 土砂収支モニタリング方法

目的	測定地点	調査時期(頻度)	調査方法
・SS ・粒度分布 ・浮遊砂密度	流入①(桶谷橋)	・出水中(1回/時間)	・表面水採水→室内試験
	流入②(松除橋)		
	ゲート放流(管理橋)		・水深別採水→室内試験
	ダム放流(簡易索道)		
	バイパス放流(放水路)		
・河床変動	小洪ダム上流～天竜川合流点	・出水期後、土砂移動があった都度	・三次元測量(レーザー、ナロマルチ)
	分派湖、減勢池	・バイパス使用前後	
・河床材料	第3貯砂堰堆砂域(代表箇所2地点)	・出水期後、土砂移動があった都度	・サンプリング→室内試験
	分派湖(代表箇所6地点)	・バイパス使用前後	
	減勢池(代表箇所2地点)		・サンプリング→室内試験
	小洪ダム下流(天竜川合流点まで代表箇所7地点)	・出水期後、土砂移動があった都度	
・礫移動	バイパス放流(放水路)	・出水中	・マイクロホン(京大共同研究)



写真-5 採水取水管

表-6 土砂の観測・算定方法

土砂種別	観測方法	観測による土砂量把握の実現性	土砂量の算定
シルト	出水時の採水	○	SS、粒度分布、浮遊砂密度の分析データからQ-QS(流量と土砂量)関係式より算定
砂	出水時の採水	△ 出水時に移動する砂分を全量捕捉するのは困難	観測結果を検証材料として一次元河床変動計算より算定
礫	出水後の測量及び河床材料調査	○	観測結果より算定

### 3.5 モニタリング委員会

モニタリング計画及び評価については、平成26年度より学識経験者で構成した委員会より実施しており、今後も助言をいただきながら検討していく予定である。

### 4. まとめ

土砂バイパスは不明な点が多く、モニタリングにより様々な状況を確認することが重要である。土砂バイパスの効果が効率的に発揮出来るよう本モニタリング計画についてはモニタリング結果に基づき随時見直し実施していく予定である。

### 謝辞

本報文の執筆にあたりご協力頂いた皆様、モニタリング関係者、バイパス事業に携わられた諸先輩の皆様に厚く御礼申し上げます。

竹内寛幸



国土交通省中部地方整備局  
天竜川ダム統合管理事務所  
管理課長  
Hiroiyuki TAKEUCHI

上沼博司



国土交通省中部地方整備局  
天竜川ダム統合管理事務所  
管理課専門官  
Hiroshi KAMINUMA

林 元彦



国土交通省中部地方整備局  
天竜川ダム統合管理事務所  
管理課施設改良係長  
Motohiko HAYASHI