

# 第9回 流水型ダム環境保全対策検討委員会

## 説明資料 【ダムの施設等設計について】

令和5年10月10日



国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所

## ①環境影響評価の与条件としての工夫

資料2(本資料)

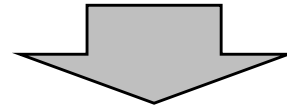
- ダムの施設等設計の工夫
  - ・ダム地点接続上流河道
  - ・河床部放流設備
  - ・減勢工

資料3

- 試験湛水手法の工夫
  - ・貯水位下降速度
  - ・開始時期

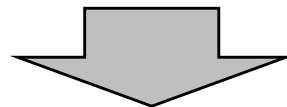
第7回委員会にて説明

- ダムの運用の工夫
  - ・中小洪水時の洪水調節操作ルール



資料4

②環境影響評価の予測・評価の実施

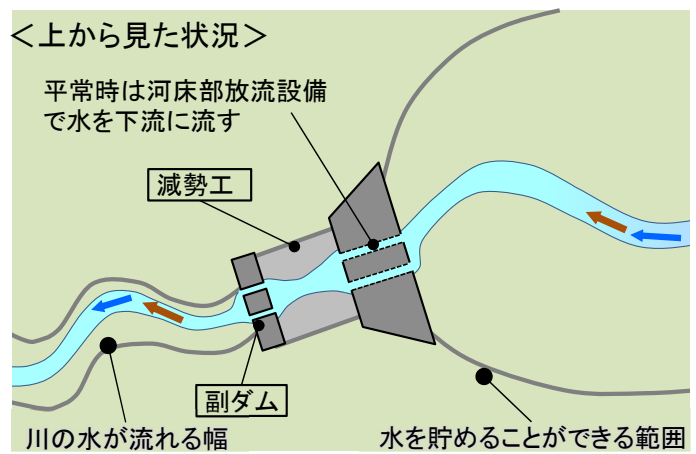
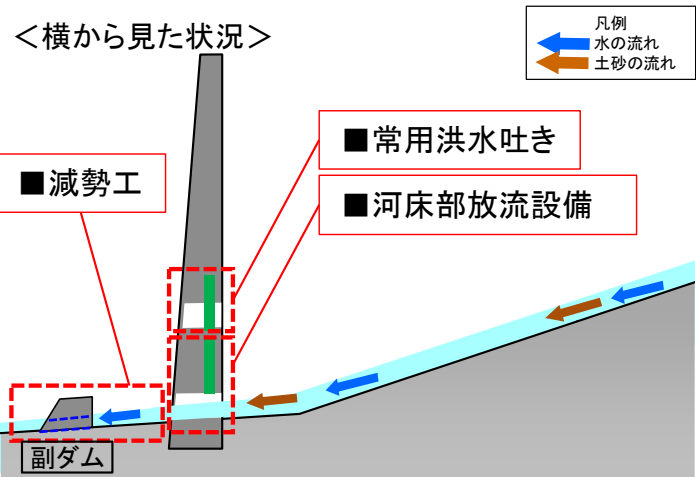


③環境保全措置の実施

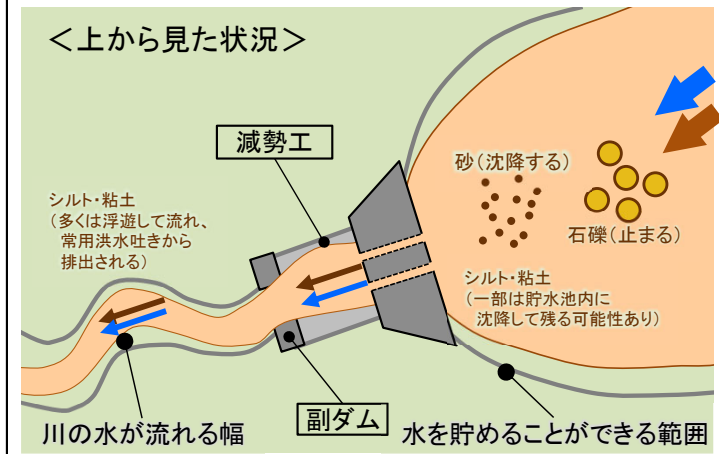
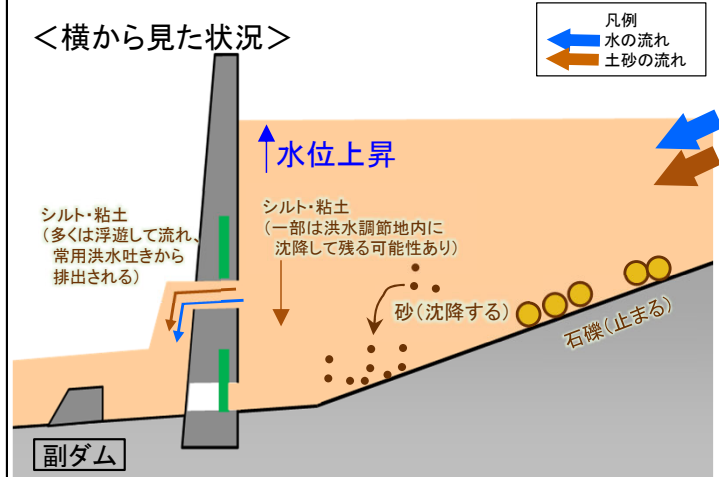
# 流水型ダムの水や土砂の流れ

- 平常時及び一定規模の洪水までは、ダムへの貯留がないため、水や土砂は下流に流れる。
- 一定規模を超える洪水時には河川の水はダム地点で一時的に貯まるため、流れてくる土砂のうち、シルト・粘土の多くは浮遊して一部の水とともに常用洪水吐きから排出され下流へ流れる（一部は洪水調節地内に沈降し残る可能性あり）が、水、砂、石礫の多くは洪水調節地内に留まる。
- 洪水後期は貯水位が低下する過程で、ダム上流側の流速が回復し、水、砂、石礫は下流へ流れるが、一部、ダム上流に残る可能性もある。
- そのため、自然河川と比較して水や土砂の流れ（タイミング等）が変化し、ダム上流の洪水調節地からダム下流河川の河道形状や河床材料が変化することが考えられる。
- また、河床部放流設備と減勢工（副ダム含む）は、水や土砂の経路となる。

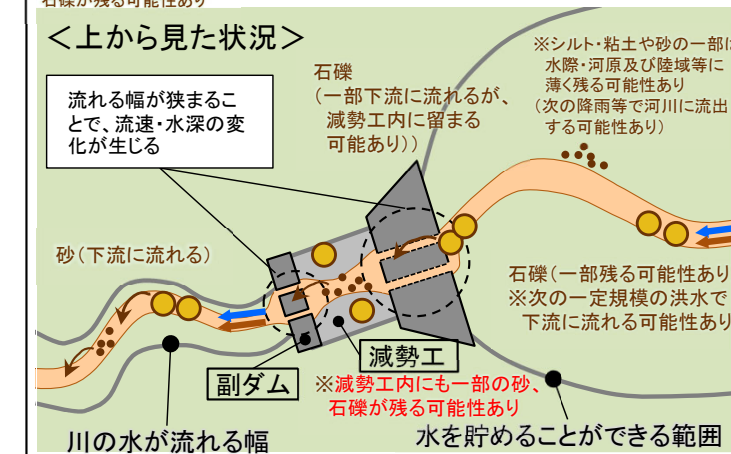
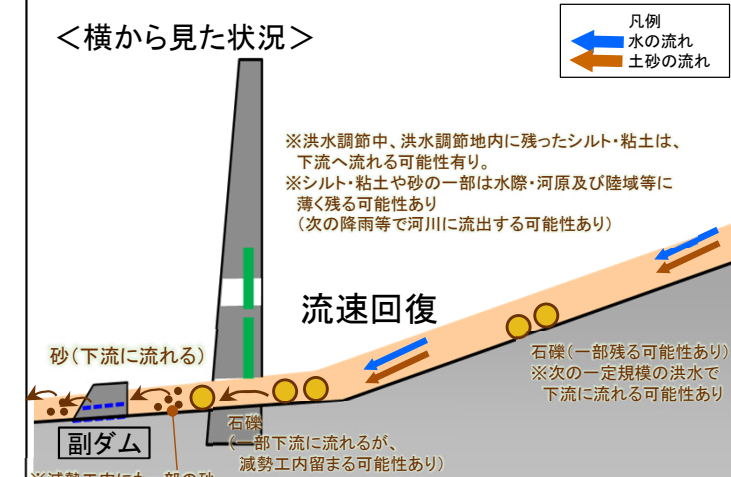
平常時及び一定規模の洪水のイメージ



洪水時のイメージ



洪水後期のイメージ



# 流水型ダムの特長を踏まえたダムの設計における着眼点

- 計画上必要な治水機能を確保しつつ、環境影響の最小化に向けたダムの設計にあたっての着眼点及び検討対象となる施設を以下に示す。
- 環境影響の最小化に向け、流水型ダムの特長を最大限活かせるようダムの設計の初期段階から着眼点を踏まえた検討を進めていき、さらに、並行して実施していく環境影響評価の内容もできる限り織り込みながら検討を行っていく。

## 環境影響の最小化に向けた着眼点

### 着眼点Ⅰ. 生物の移動経路の確保

- ・平常時の流水環境(流速、水深、河床高)をできるだけ連続的な状態にし、移動する生物の生息環境をできる限り維持する。

### 着眼点Ⅱ. 流砂環境の保持

- ・ダム上流の洪水調節地から下流河道まで、河床形状(瀬淵)や河床材料など、土砂の移動状況も含めて現在の自然な状況をできる限り維持する。

### 着眼点Ⅲ. 景観への影響の最小化

- ・ダム堤体(減勢工含む)及びその付属設備の存在及び地形の改変による景観への影響を最小化する

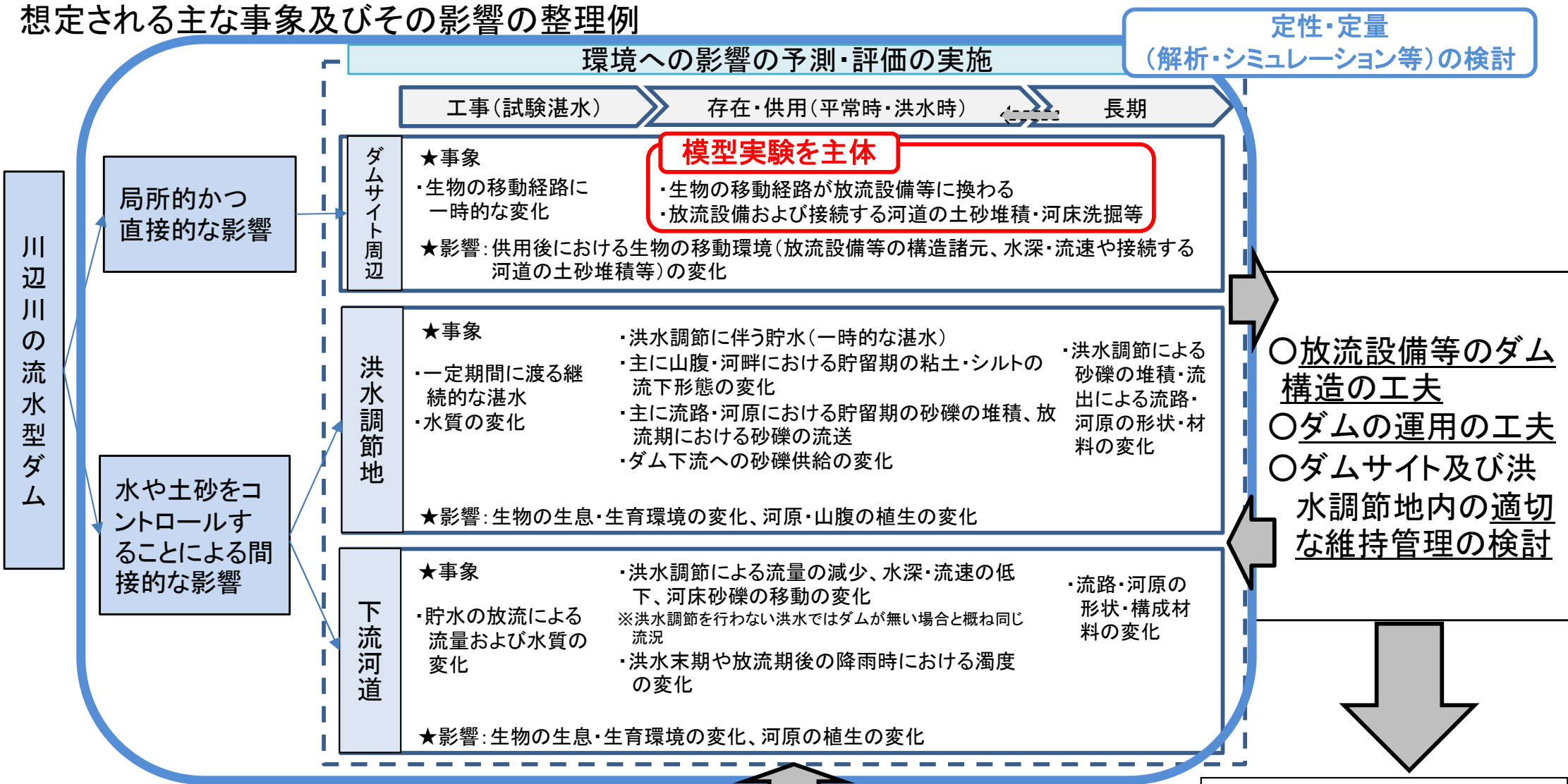
## 検討対象となる施設

- ・**放流設備(河床部放流設備)**
- ・**減勢工(副ダム含む)**
- ⇒平常時に魚類等※が移動できる配置や形状等を検討 例)アユ、カワガラス
- ・**放流設備(河床部放流設備)**
- ・**放流設備(常用洪水吐き)**
- ・**減勢工(副ダム含む)**
- ⇒土砂の移動ができる限り維持されるように配置や形状等を検討
- ・**ダム堤体(減勢工含む)及びその付属設備**
- ⇒構造物の存在や地形改変等の影響ができる限り小さくなるように配置や形状等を検討

# 川辺川の流水型ダムにより想定される主な事象及びその影響

- 環境への影響の予測・評価の実施にあたっては、解析・シミュレーションを用い検討を進めていく。
- 一方、解析・シミュレーションでは評価が困難であるダム構造物やそれに接続する河道の環境への影響の予測・評価は、水理模型実験も活用し検討を進める。
- 具体的には、放流設備や減勢工内の砂礫の動きや、接続河道との段差の有無などの連続性の確認等を行い目標達成のための構造を追求していく。

## 想定される主な事象及びその影響の整理例



○時空間的な繋がりを意識し調査・予測を実施  
○予測を踏まえ環境保全措置を検討し評価を実施

治水機能の確保と環境影響の最小化の両立

# 川辺川の流水型ダムの施設等設計における留意点

○川辺川の現況河床形状は、平瀬・早瀬・淵が連続的に形成されている。

○ダムの施設等設計において、以下の点に留意する必要がある。

- ・ダム上下流と河床部放流設備内、減勢工内の河床環境※が変化する。
- ・河床の変化に伴い、平常時の水面や水深などの流況が変化する。

※河床を構成する石礫の存在状態及びこれに対応する水の流れの状態

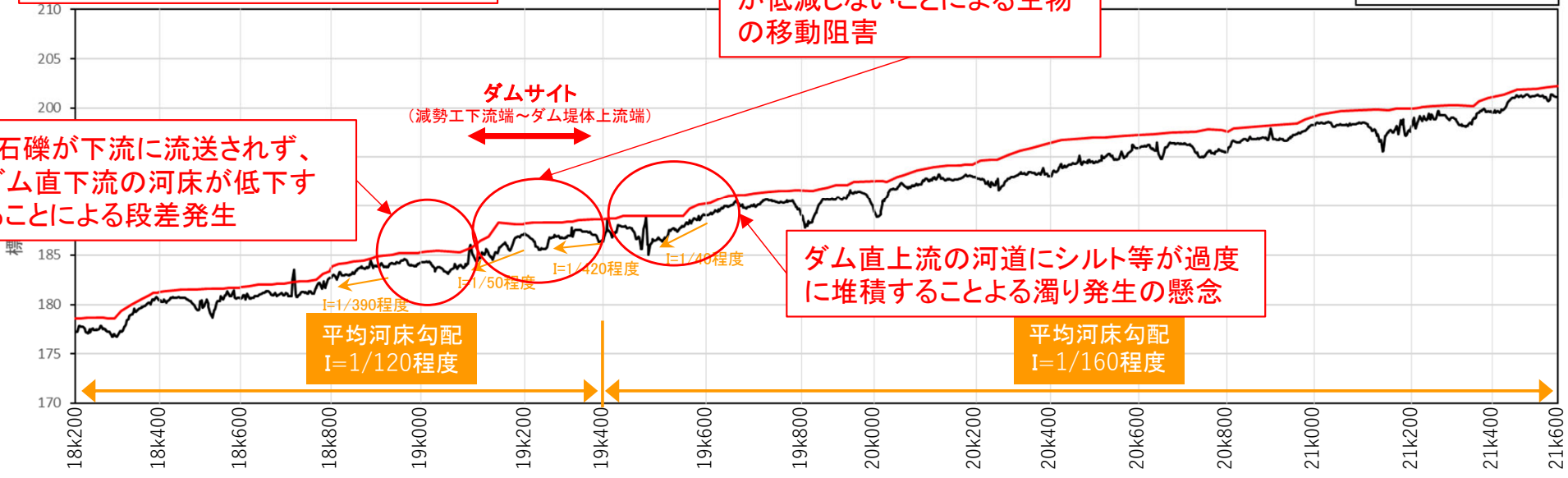


・減勢工内にプールが発生し循環流が形成されることによる生物の移動阻害  
 ・減勢工内や河道に石礫堆積による高所部が形成され、伏流することによる水面の消失

・河床部放流設備の平滑な底面が露出し、底層で流速が低減しないことによる生物の移動阻害

・石礫が下流に流送されず、ダム直下流の河床が低下することによる段差発生

ダム直上流の河道にシルト等が過度に堆積することによる濁り発生の懸念



# 環境影響の最小化に向けたダムの施設等設計の目標と対応（とりまとめ）

○環境影響の最小化に向けたダムの施設等設計の目標と対応について、以下のとおり示す。

## I. 生物の移動経路の確保

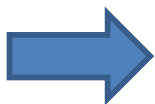
目標	対応	検討施設
<p>様々な生物が移動可能となるよう、平常時に流水が流れる河床部放流設備3門配置の強みを活かし、3門間で異なる環境(水深、流速、河床)を創出する。</p> <p>河床部放流設備内を生物が移動できるよう、流速が大きくなり過ぎないようにする。</p> <p>上流河道～河床部放流設備～減勢工～下流河道の水面の連続性を確保するとともにみお筋が形成される河床環境とする。 (石礫堆積による高所部が形成され、伏流とならないようにする。)</p> <p>平常時に河床部放流設備の底部に石礫が堆積する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現況の水面幅に合わせ、河床部放流設備を3門配置。</li> <li>・3門間で異なる環境を創出するために河床部放流設備の呑口標高を変化させる。 (中央、左岸の敷高を1m下げる。)</li> <li>・循環流の抑制やみお筋を形成しやすくするために、減勢工内に隔壁(平常時と洪水調節時における主な流路を分離)を設置。</li> <li>・生物や石礫の移動の阻害となりうる河床部放流設備下流の副ダムについては、副ダムがない形状においても減勢機能があることが確認されたため、副ダムは配置しない。</li> <li>・河床部放流設備下流の副ダムを配置しない形状での開水路模型実験や数値計算から河床部放流設備の底部に石礫が堆積すること、3門間の石礫の堆積が異なり、それに伴う水深や流速が3門間で異なる結果が得られた。</li> </ul>	河床部放流設備 減勢工(副ダム含む)

## II. 流砂環境の保持

目標	対応	検討施設
<p>ダム上流河道において、濁水の発生原因となるシルトなどが堆積しやすい逆流域(死水域)が形成されないようにする。</p> <p>平常時から出水時、再度平常時に戻る一連のサイクルにおいて、河床部放流設備底部で石礫が平常時の堆積状態から、出水時にはフラッシュされて底部が露出するが、再度平常時に戻る過程でダム直上流に堆積していた石礫が侵食・流送されて河床部放流設備に流入することで再堆積されるなど、流砂環境が保持されるようにする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シルトなどの過剰な堆積を防ぐため、河道幅の縮小や水制の設置により逆流域を形成させず幅方向に流速分布が均一となるように上流河道形状の検討を行った。</li> <li>・開水路模型実験にて、河床部放流設備底部の堆積厚確保が困難となることが懸念される洪水波形においても、石礫が河床部放流設備の底部に堆積するとともに、一連のサイクルで流砂環境が保持されることが確認された。</li> <li>・また、石礫の流下の阻害となる河床部放流設備下流の副ダムは配置しない。</li> </ul>	河床部放流設備 減勢工(副ダム含む)

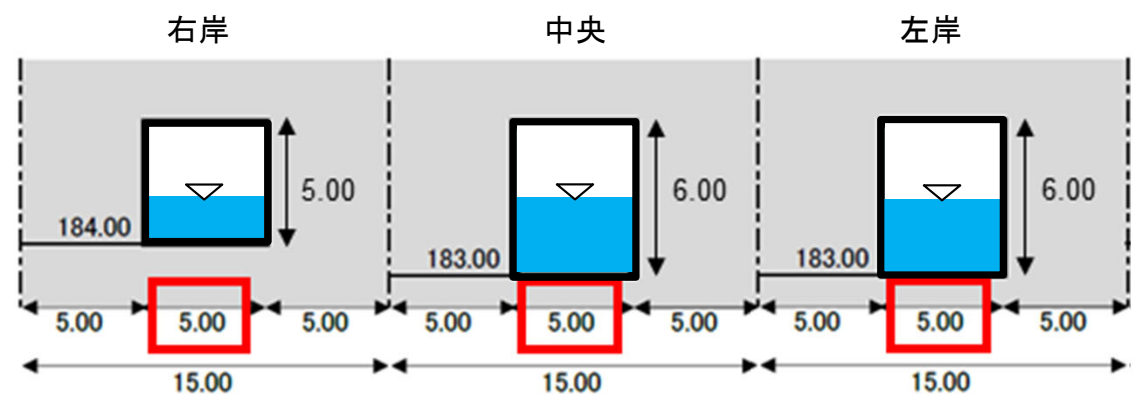
## III. 景観への影響の最小化

目標	対応	検討施設
<p>構造物の存在や地形改変等の影響ができる限り小さくなるように配置や形状等を検討していく。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河床部放流設備下流の副ダムは配置しない。 (ダムサイト下流の急峻な自然地形を最大限活かして、ダム構造をシンプルにする。)</li> <li>・ダム直上流の河道形状について、景観デザイン等を踏まえ、引き続き検討を行う。</li> </ul>	減勢工(副ダム含む) 上流河道



・現時点での河床部放流設備や減勢工の設計は、目標達成に必要な対応内容を反映したものであり、現在の技術レベルでは最善のものである。  
・更なる環境影響の最小化を追求するため、今後の技術レベルの向上を反映し、設計・検討を継続して進めていく。

- 平常時のダムサイトにおいて、水が流れる水面幅は約10～20mであり、生物の移動経路の確保の観点から河床部放流設備を3門設けることで河床部放流設備の全幅が15m(幅5m×3門)となり、現状と同程度の水面幅を確保した。
- 河床部放流設備左岸側の石礫移動の促進、平常時に放流管間で異なる環境を創出するため、3門のうち2門の敷高を1m下げることとした。



河床部放流設備3門配置  
15m(5m×3門)

河床部放流設備の配置イメージ図(案) ※呑口部を下流から見た図



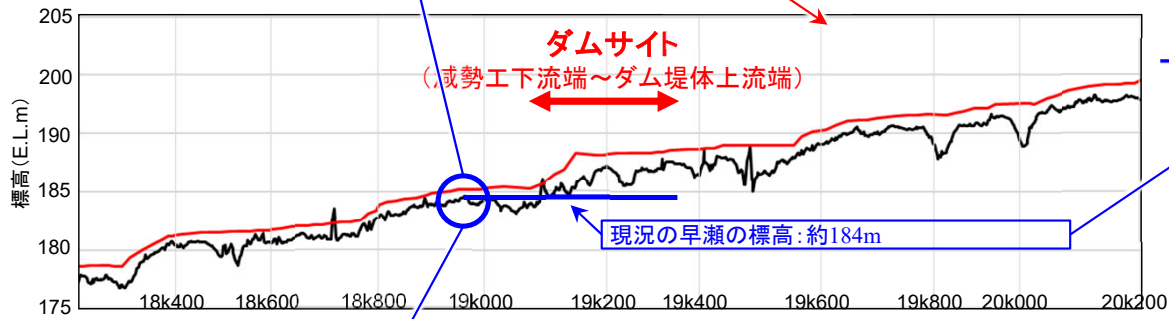
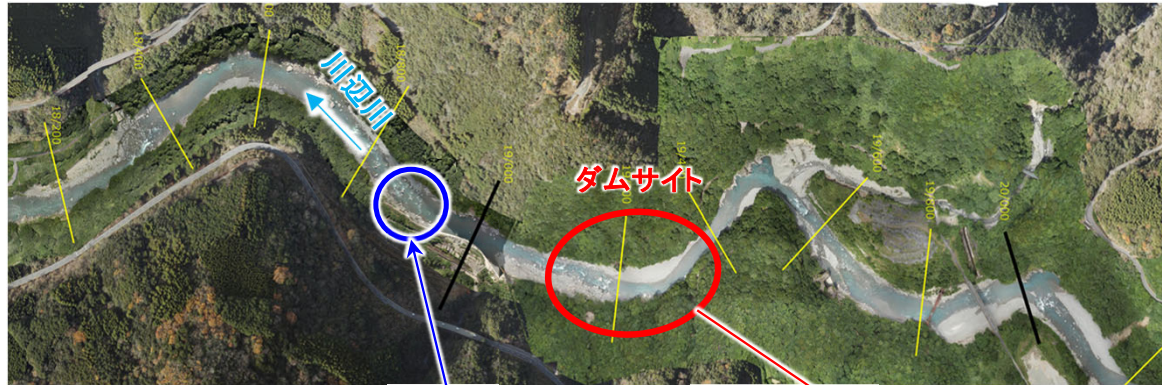
ダムサイト周辺の水面幅

- 放流設備の1門あたりの大きさは高さ6.0m×幅5.0mで設定
- ※放流管の横断方向の大きさはダム本体の荷重の対応としてブロック幅15mの1/3以下に抑えることが原則とされている。
- ※放流管の鉛直方向の大きさは、設置するゲートの作用荷重から6mが限界



# ダムの施設等設計の検討状況

- 河床部放流設備の敷高の設定にあたっては、放流管内の水深をできる限り確保する観点で検討を行った。
- 下流河川の早瀬の高さ(EL.184m)と同等の高さに河床部放流設備呑口の高さを設定し、水深を確保することで土砂環境の連続性や生物の移動経路を確保することとした。

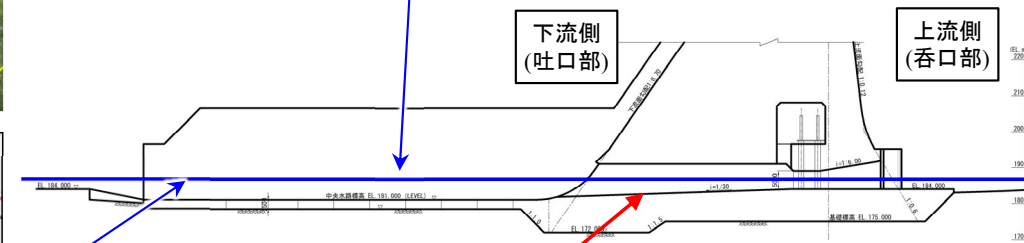


ダムサイトの下流に位置する早瀬



ダムサイトの下流に位置する早瀬から上流を望む

下流河川の早瀬の高さ (EL.184m) と同等の高さに河床部放流設備呑口の高さを設定し、水深を確保することで土砂環境の連続性や生物の移動経路を確保することとした。



**河床部放流設備**  
生物の移動経路の確保、流砂環境の保持等の機能が求められる。

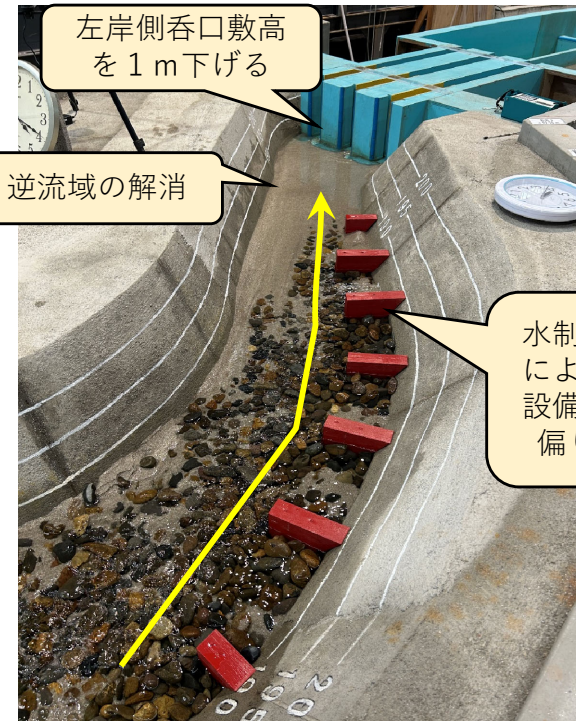
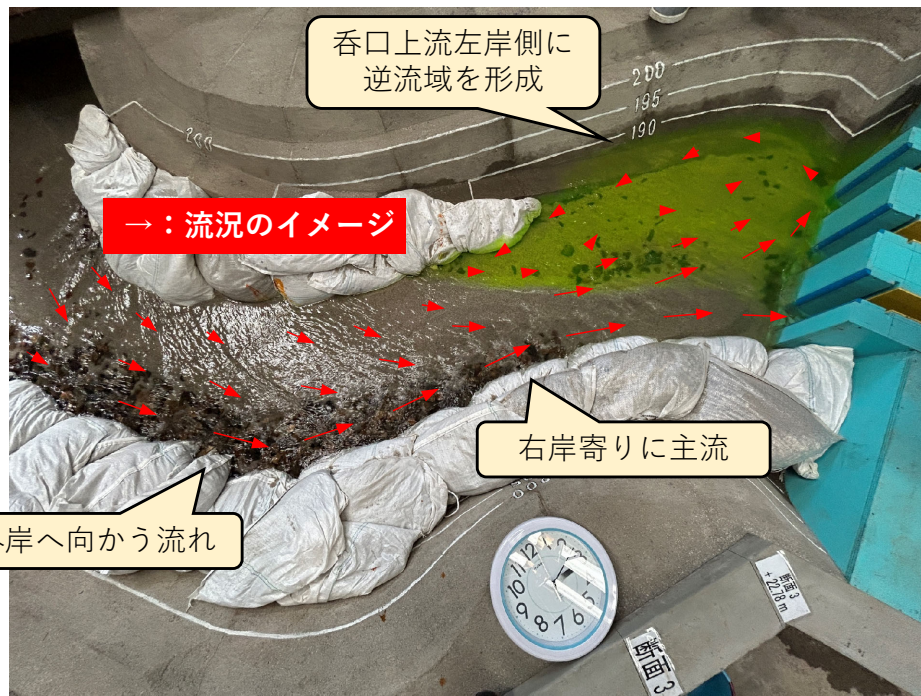
# ダムの施設等設計の検討状況

○ダムサイトから上下流区間の河道を、約1/60の縮尺で再現した開水路模型実験において、ダム周辺の石礫の侵食・流送・堆積過程を再現し、河床環境や土砂動態に関する確認※を行い、河床部放流設備等の配置計画の検討を行った。

○ダム直上流河道は、右岸側への偏流や左岸側の逆流域を解消するため、河道幅や水制の設置等の工夫を行うこととした。

※河床環境や土砂動態に関する確認項目

- ・上流河道～河床部放流設備～減勢工～下流河道にかけて、極度な偏向および堆積・洗掘を伴わず、土砂が通過できること
- ・河床部放流設備や減勢工の底部に石礫が堆積し、水深の確保やみお筋の形成を図り、多様な生物が行き来できること



上流河道の形状・水制については、地形改変を伴うため、石礫を疎通する機能を確保するとともに、生物の生息・移動および景観デザイン等を踏まえ、引き続き検討を行っていく。

## ●上流河道の形状に伴う課題:

上流河道は、蛇行した地形のため、流水は右岸側に偏流するとともに、左岸側に逆流域が生じる。

(想定される影響)

- ・この流れの偏りにより、河床部放流設備の土砂通過機能を確保できない。
- ・または、左岸側河床部放流設備内の底部に石礫が堆積しない可能性がある。
- ・左岸側に形成された流速の遅い逆流域(死水域)にシルト等が堆積し、濁水発生の要因となる可能性がある。

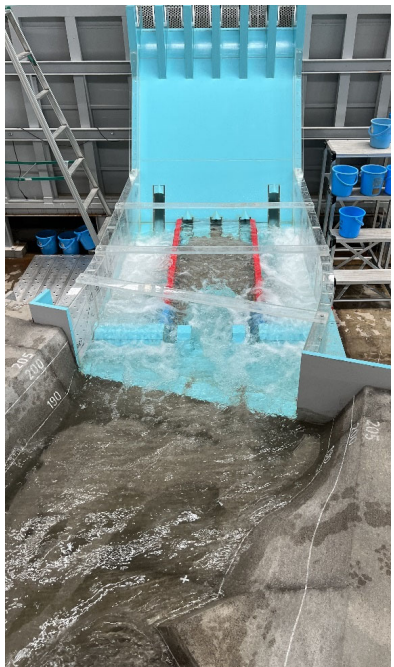
## ●上流河道における工夫:

- ・現河道勾配1/40を確保しつつ、逆流域が生じないように、上流河道幅を縮小する。(現河道幅約45m→約30m)
- ・蛇行傾向にある流れの偏りは、水制の設置により、幅方向に均一となるよう調整する。
- ・左岸河床部放流設備内へ石礫が堆積しない懸念については、左岸側の敷高を1m下げることにより対応する。

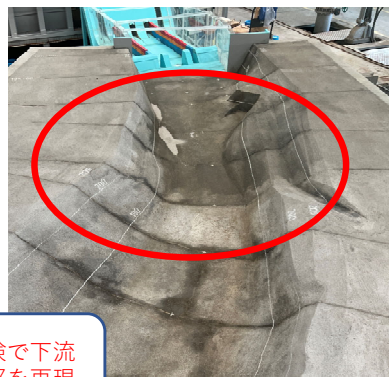
- 水理模型実験より、河床部放流設備下流の副ダムを配置しない場合においても、減勢機能が確保できたこと、また、同形状において、平常時から出水時、再度平常時に戻る一連のサイクルにて河床部放流設備の底部や減勢工内に石礫が堆積していることを開水路模型で確認したため、平常時の流水を流下させる河床部放流設備下流の副ダムを配置しないこととした。
- これにより、水生生物や石礫の移動の障害となる構造物がなくなり、河床環境の連続性がより保持できるようになると考えられる。

## ●副ダムに関する検討

副ダムなしの場合でも放流水の流速に明確な差はなく、減勢機能が確認された。  
減勢機能発現の一要因としては、ダムサイト下流河道の一部が狭窄部となっており、減勢工下流の水位が上昇することで減勢機能をもたらすことと推測している。

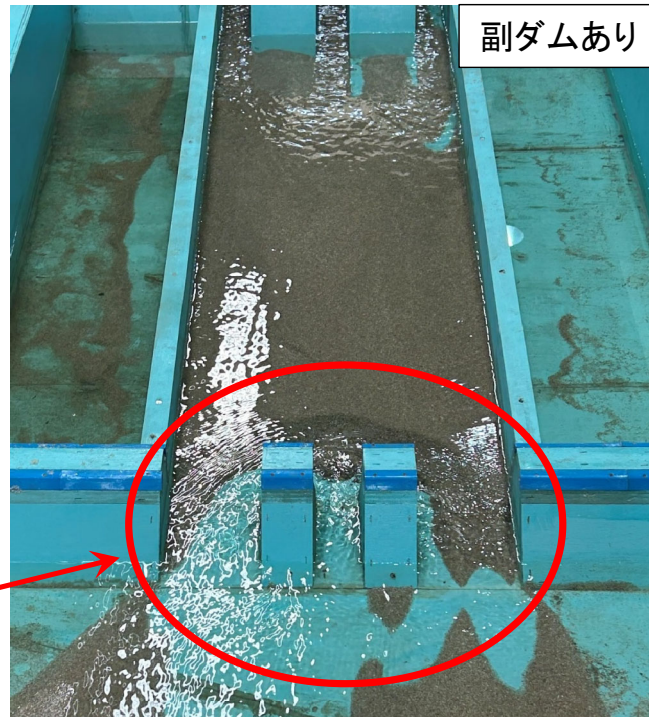


ダム下流  
狭窄部



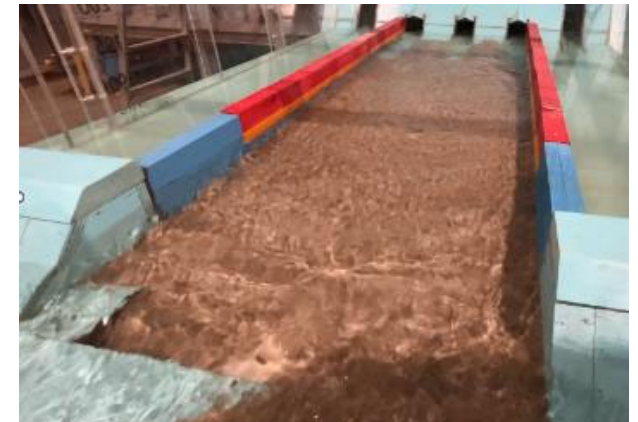
水理模型実験で下流河道の狭窄部を再現

副ダム



副ダムあり

副ダム周辺に局所的な洗掘が確認される。



副ダムなし

減勢工内に適度に石礫が堆積しており、河床環境の連続性が保持されている。

# ダムの施設等設計の検討状況

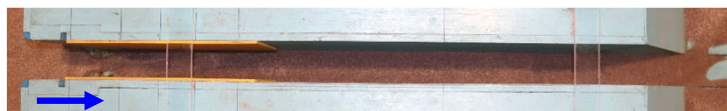
- 平常時から出水時、再度平常時に戻る一連のサイクルにて開水路模型実験を行った後の河床部放流設備や減勢工内の石礫の堆積状況について以下に示す。また、実験後の堆積状態で流量約 $30\text{m}^3/\text{s}$ を流下させた状況について以下に示す。
- その結果、河床部放流設備の底部や減勢工内に石礫が堆積していることや、上流河道～河床部放流設備～減勢工～下流河道にかけて、水面（みお筋に相当）が維持されていることが確認された。
- 減勢工内の全幅にわたる循環流は形成されず、下流に向かう流れとなる状況が確認された。

河床部放流設備3門ともに石礫の堆積が確認される。

左岸



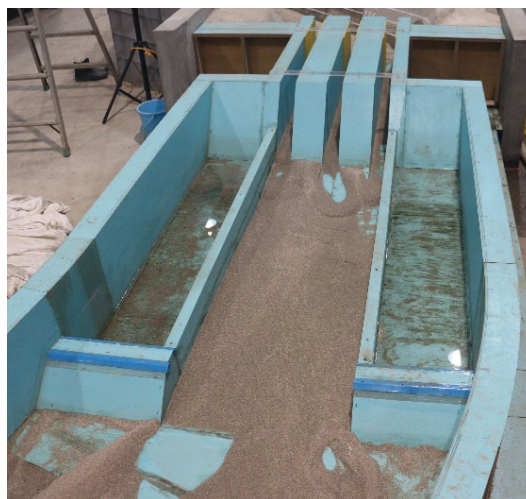
中央



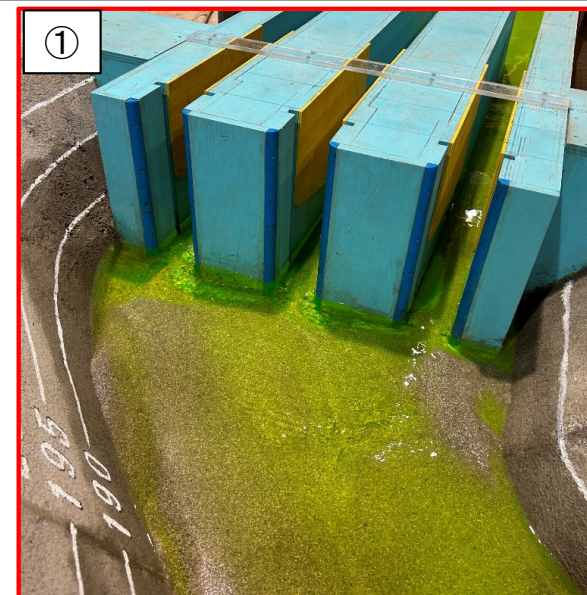
右岸



河床部放流設備内の石礫の堆積状況



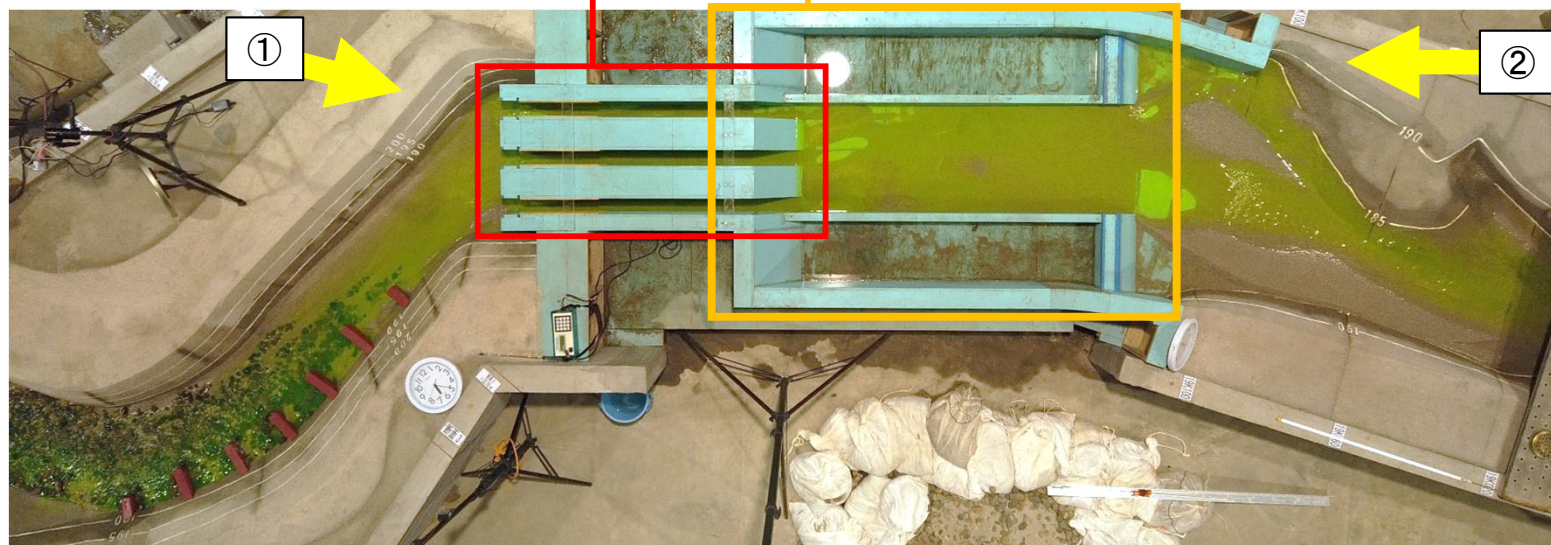
減勢工内の石礫の堆積状況



①

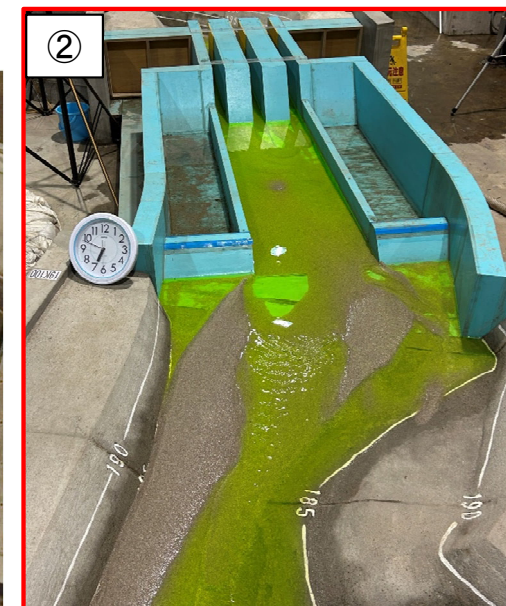
流量約 $30\text{m}^3/\text{s}$ 時の流況

※染料により流れを可視化



①

②



②

## 河床部放流設備3条内の河床環境について

- 開水路模型実験によって得られた河床部放流設備3門の石礫の堆積状況を踏まえ、数値計算にてダムサイト付近の平常時の流況を設定(豊水流量 $30\text{m}^3/\text{s}$ 程度)し、河床部放流設備管内の水深、流速を算出した。
- その結果、河床部放流設備3門間で異なる河床環境となっており、ダムサイト付近で確認されている魚類において、河床部放流設備内の移動が可能な河床環境が確保されていると考えられる。

## 調査から得られたダムサイト付近の河床環境

区間	水面幅	水深	流速
18.9k~19.9k ※ダムサイト19.4k	約10m~20m	約0m~5.7m (6月、8月調査時の実測値)	約0m/s~2.0m/s (6月、8月調査時の6割水深の実測値)

## 河床部放流設備管内の物理環境 ※開水路模型実験による河床部放流設備内の土砂堆積状況を踏まえた数値計算結果

流量	位置	水深	流速	遡上可能な魚類 (ダムサイト付近に生息している魚類の巡航速度を参考に選定)
$30\text{m}^3/\text{s}$	左岸(敷高EL.183m)	約2.0m~3.7m	約0.9m/s~1.7m/s	アユ、ニホンウナギ、オイカワ、カワムツ、 タカハヤ、ウグイ、カマツカ、サクラマス(ヤマメ)、ドンコ  ➡ これらは、ダムサイト付近で確認されている魚類である
	中央(敷高EL.183m)	約1.7m~2.9m	約0.8m/s~1.3m/s	
	右岸(敷高EL.184m)	約1.1m~1.3m	約0.3m/s~0.4m/s	

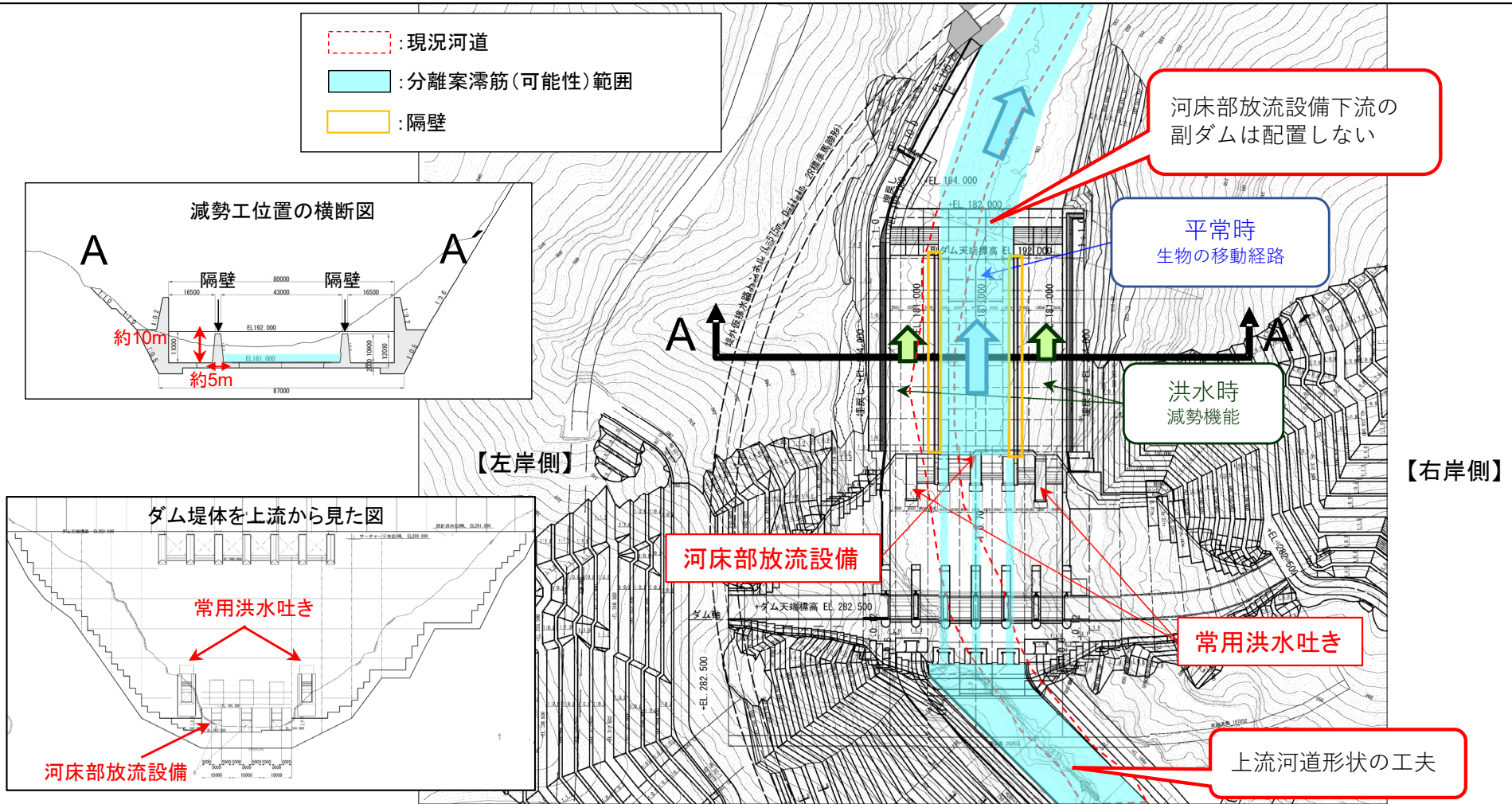
※水面幅は、河床部放流設備を3条配置することにより15mとなる。

※上記の水深、流速は数値計算による算出結果であり、今後、計算手法等で変更になる可能性がある。

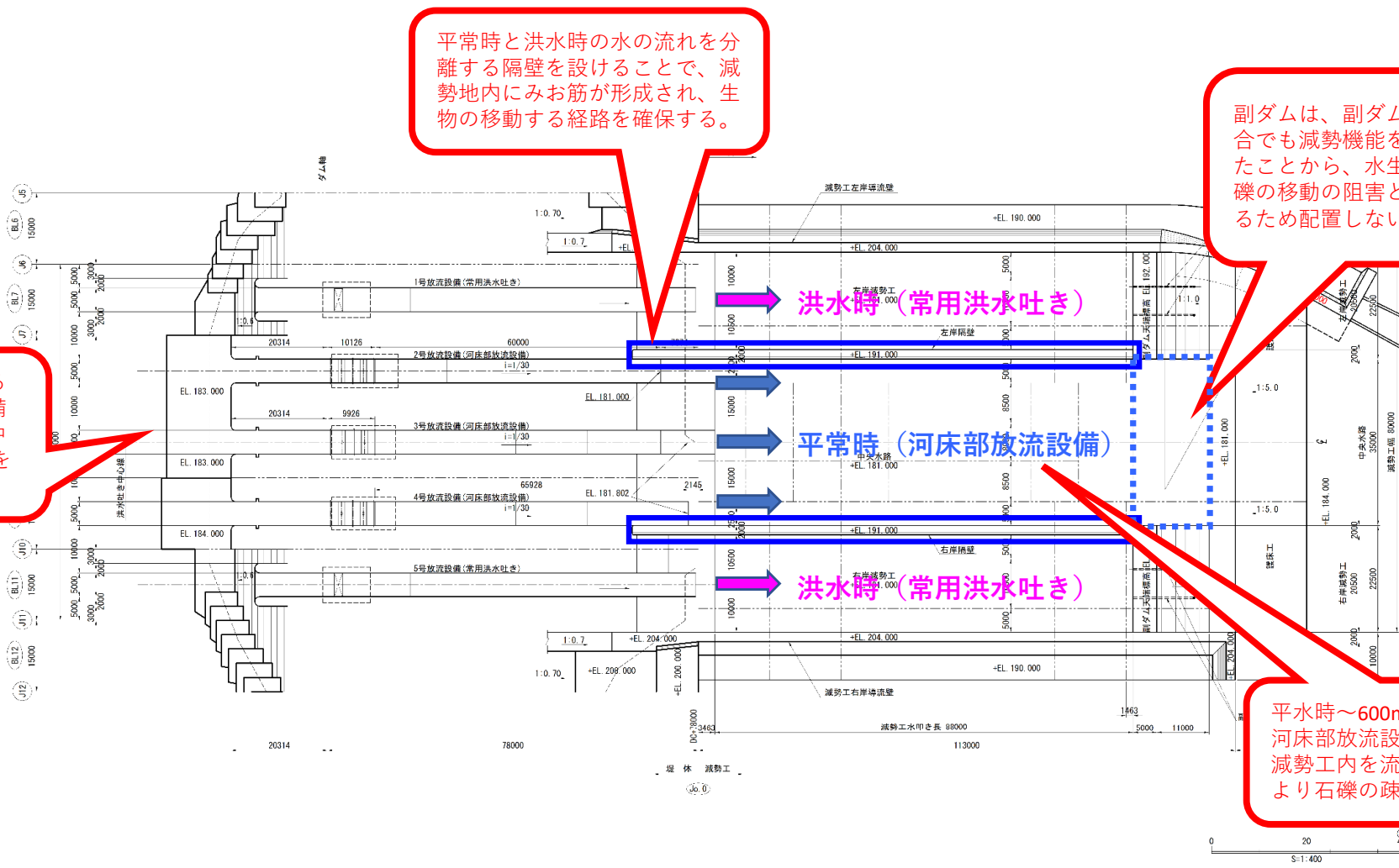
なお、流速は断面平均流速であり、河床部放流設備管内には石礫が堆積することから、底層流速は更に低下すると想定される。

## 環境影響の最小化に向け、環境影響評価の与条件とするダム施設等設計案

- 川辺川の流水型ダムの環境影響の最小化に向け、環境影響評価の与条件とするダム施設等設計案を以下に示す。
  - ・減勢工は、平常時と洪水時の流水の流れを分離した中央分離案で配置する。(河床部放流設備3門、常用洪水吐き2門)
  - ・河床部放流設備は、管内の石礫堆積の促進、3門間で多様な自然環境を創出するため、2門の敷高を1m下げて配置する。
  - ・ダム直上流の河道は、右岸側への偏流を解消するため、河道幅の縮小、水制を設置する。
  - ・副ダムは、副ダムがない場合でも減勢機能を確保できたことから、水生生物や石礫の移動の阻害ともなりうるため配置しない。
- なお、本設計は、目標達成のために必要な対応内容を反映したものであり、環境影響評価後においても、更なる環境影響の最小化を追求するため、設計・検討を継続して進めていく。



放流設備及び減勢工全体平面図 S=1:400



平常時と洪水時の水の流れを分離する隔壁を設けることで、減勢地内にお筋が形成され、生物の移動する経路を確保する。

副ダムは、副ダムがない場合でも減勢機能を確保できたことから、水生生物や石礫の移動の阻害ともなりうるため配置しない。

多様な環境を創出するため、河床部放流設備呑口の敷高を左岸、中央をEL.183.0m、右岸をEL.184.0mとする。

洪水時 (常用洪水吐き)

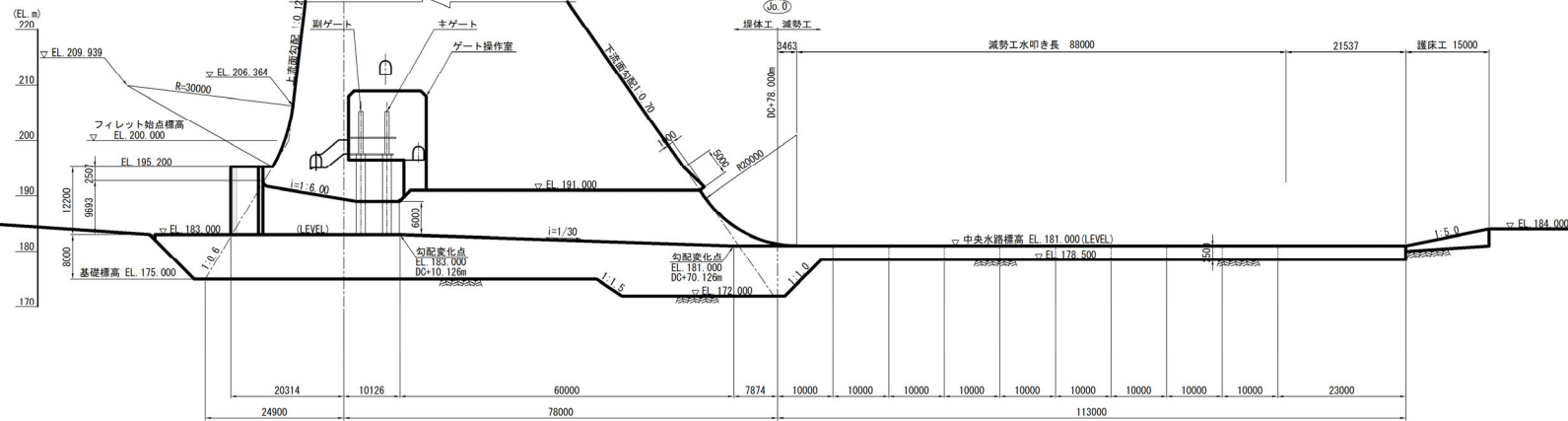
平常時 (河床部放流設備)

洪水時 (常用洪水吐き)

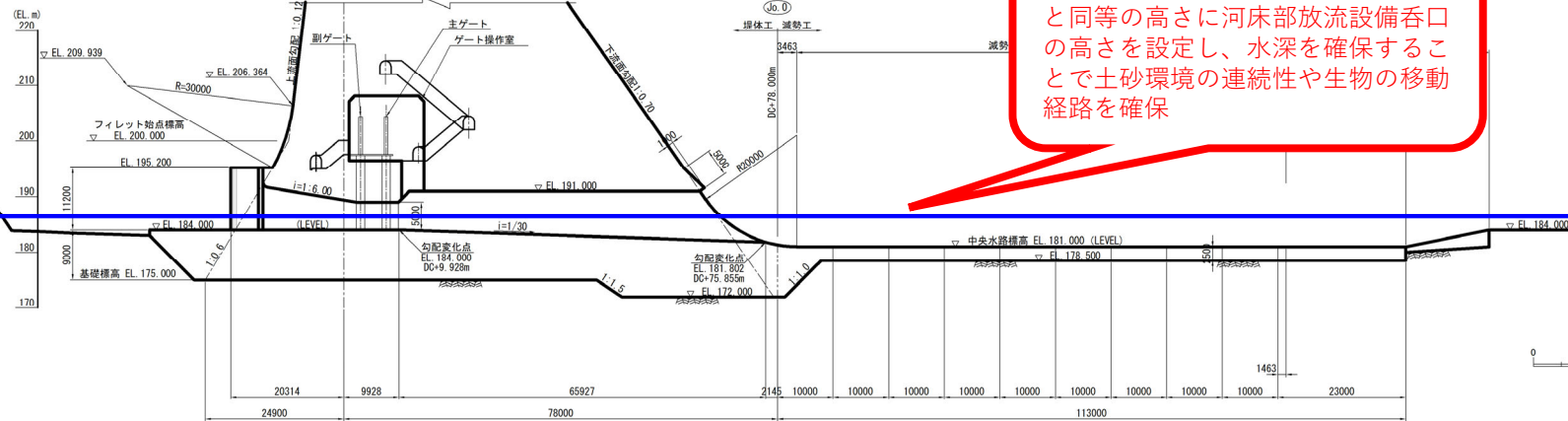
平水時~600m<sup>3</sup>/sまでは、河床部放流設備内及び中央減勢工内を流下することにより石礫の疎通を確保

河床部放流設備 縦断面図 S=1:400

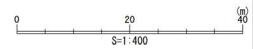
河床部放流設備 (中央、左岸)



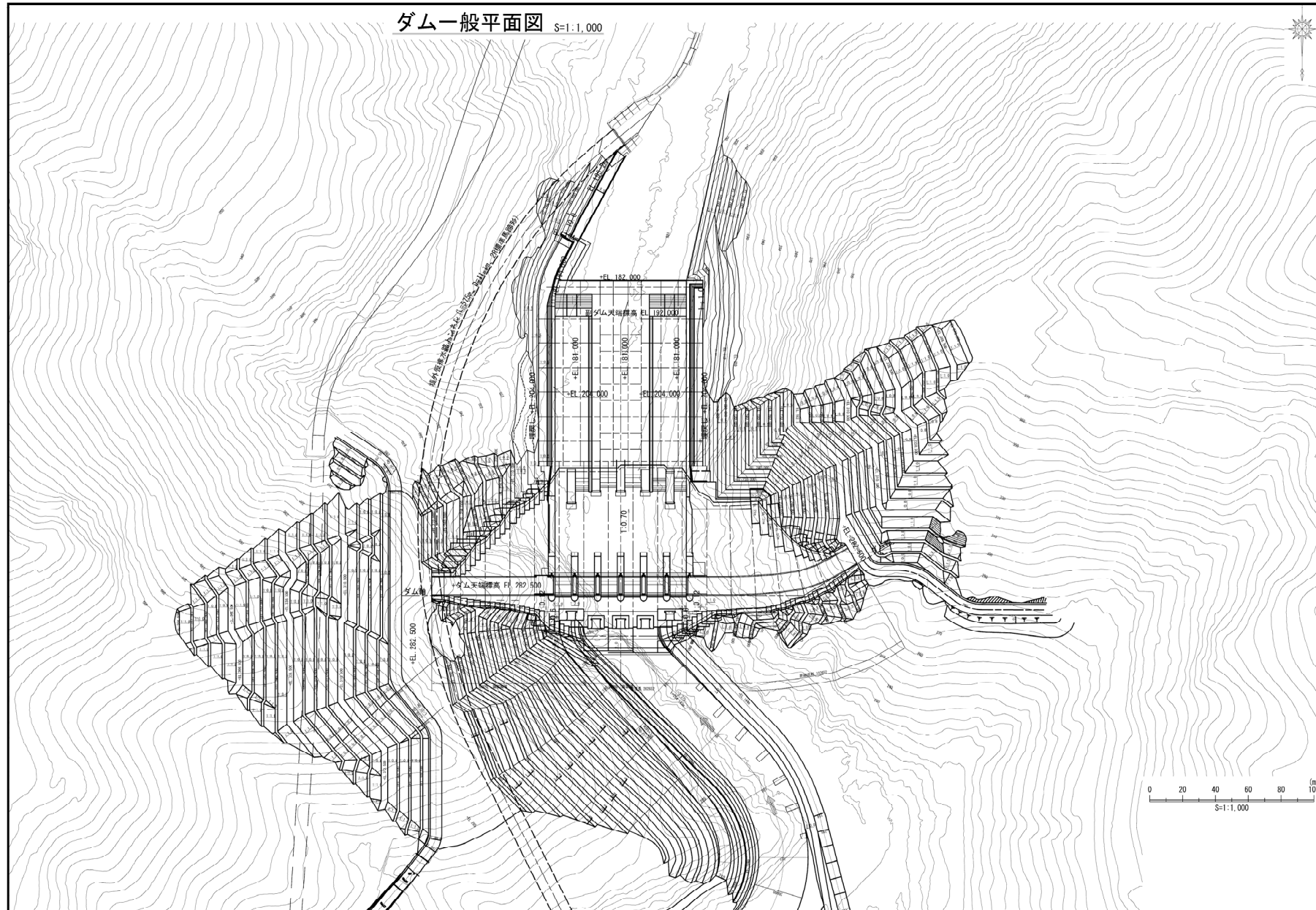
河床部放流設備 (右岸)

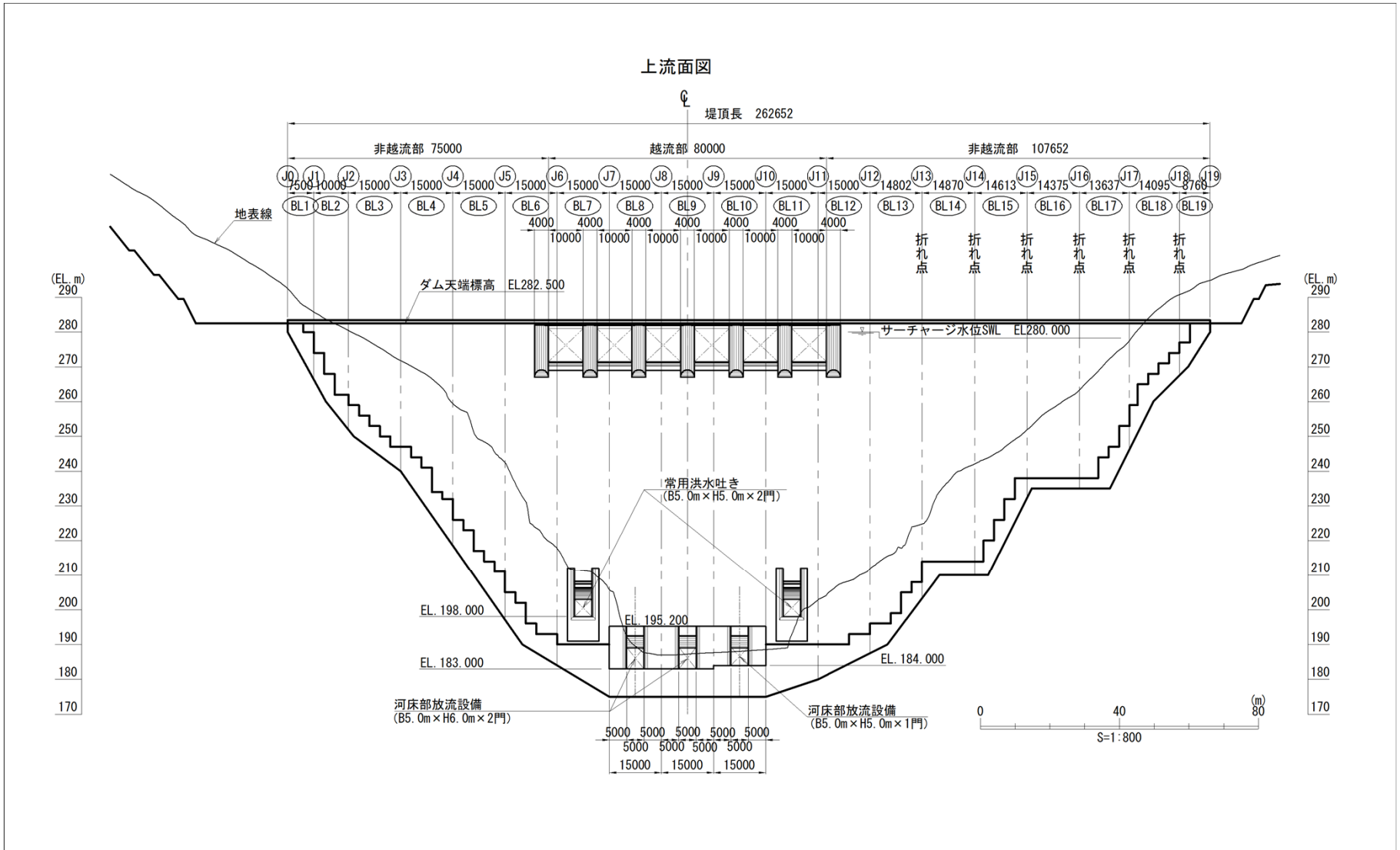


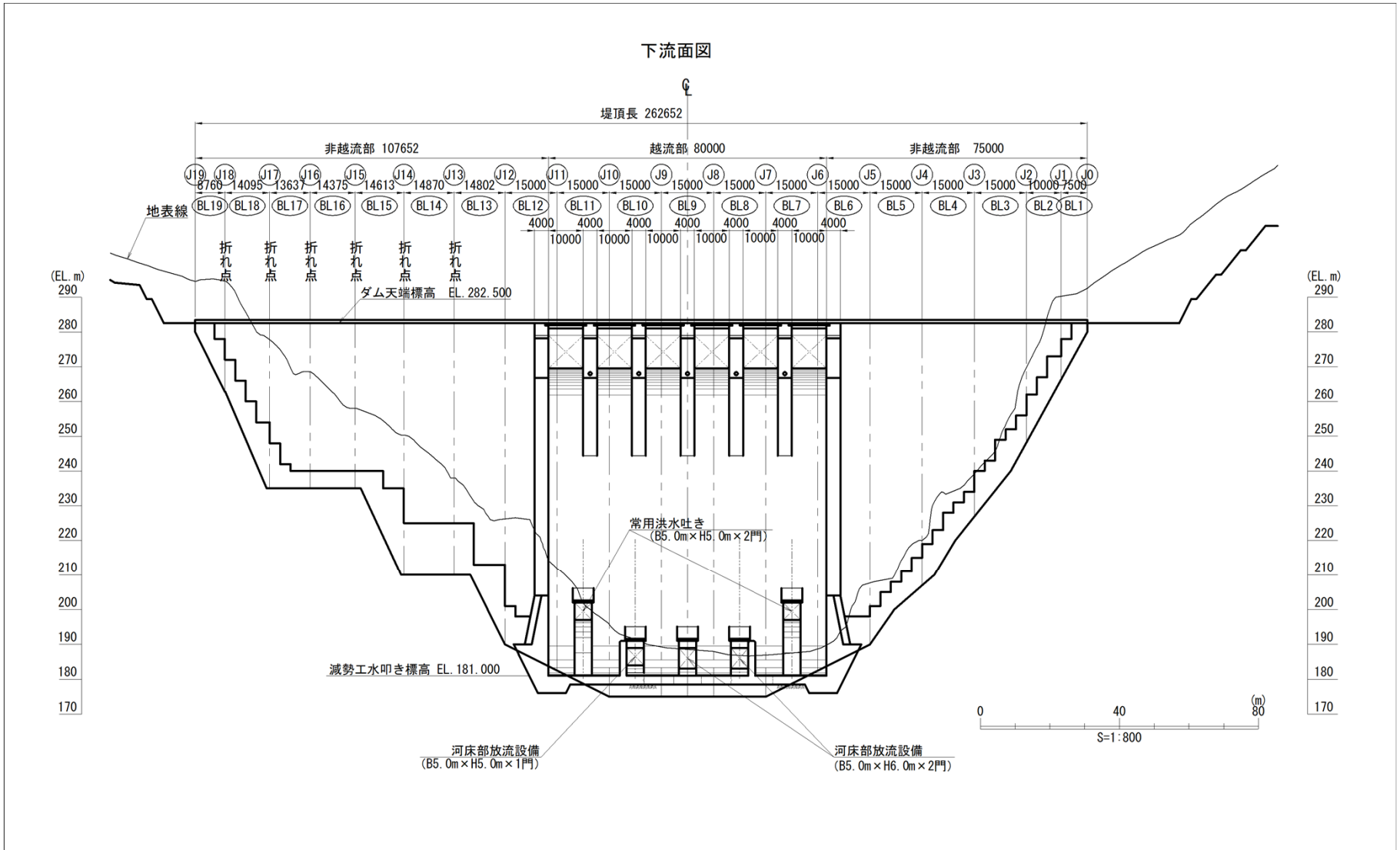
下流河川の早瀬の高さ (EL.184m) と同等の高さに河床部放流設備呑口の高さを設定し、水深を確保することで土砂環境の連続性や生物の移動経路を確保









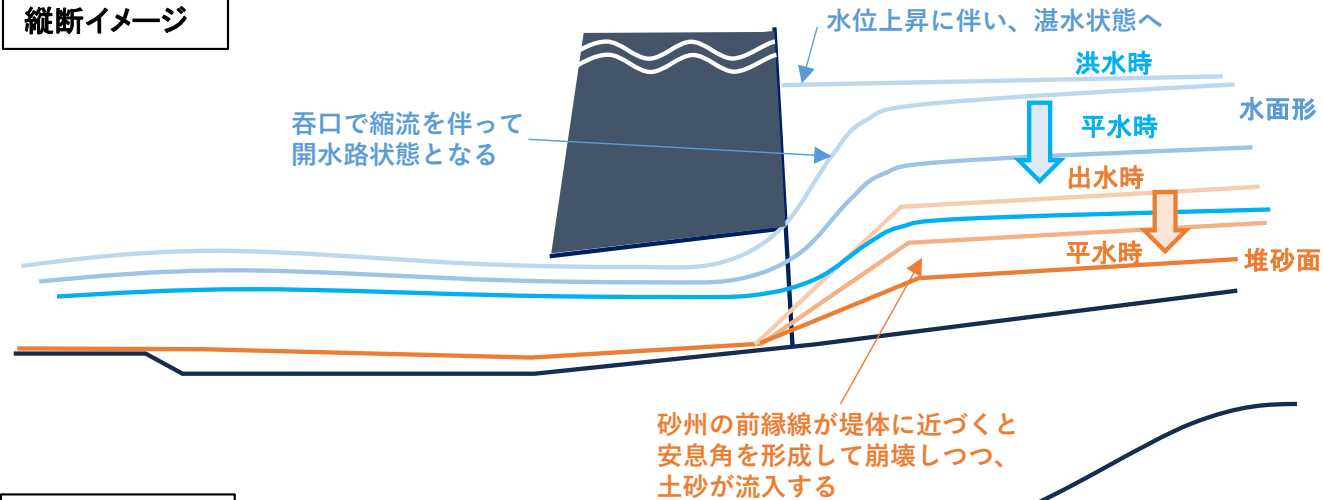


## ○河床部放流設備周辺において想定される発生事象

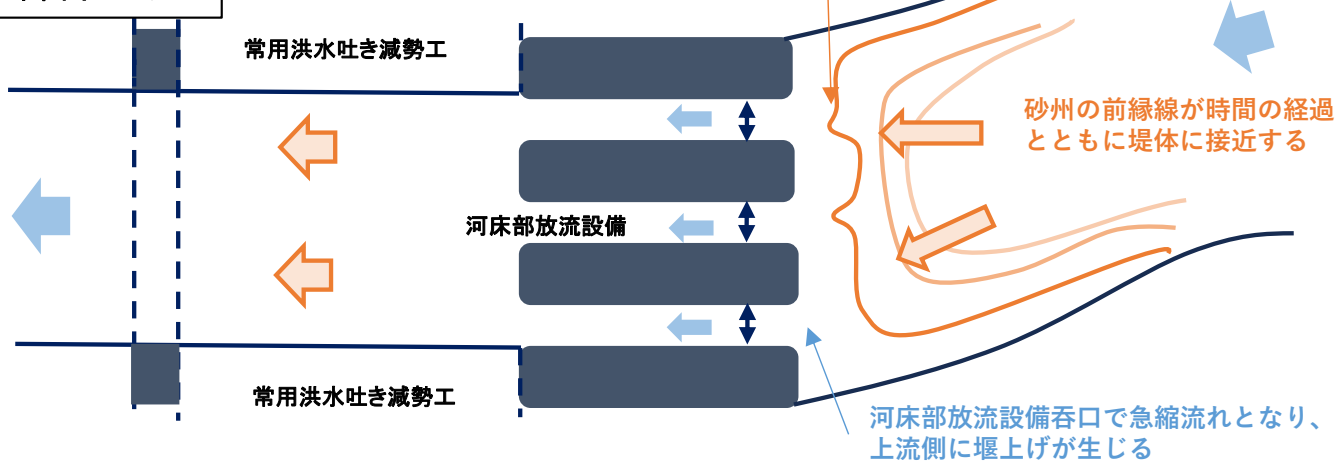
- ・上流河道～河床部放流設備～減勢工では、急激な河道断面の変化に伴い、上流側水位の堰上げ、それに伴う土砂堆積、河床部放流設備流入部の流れの変化等、流量に応じた水面および河床の変動が生じる。

## ●河床部放流設備周辺の発生事象のイメージ

## 縦断イメージ



## 平面イメージ



河床部放流設備近傍で生じる水面および堆砂形状変化

# 【参考】ダムの施設等設計の検討状況（開水路模型実験）

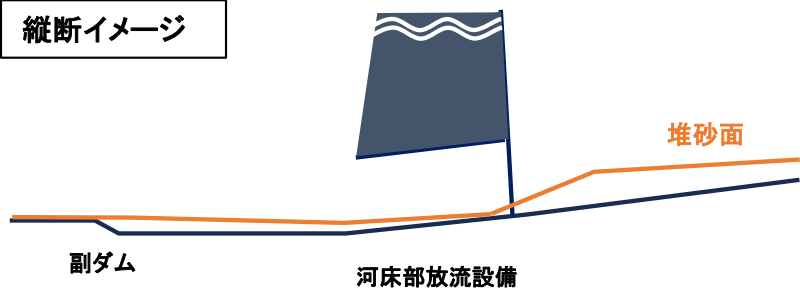
## ○開水路模型による石礫の連続性に係る実験

- ・河床部放流設備内の底部に石礫が堆積し、水生生物が遡上しやすい環境となることを念頭に、河床部放流設備内の堆積厚確保が困難となることが懸念される波形を用いて、開水路模型実験にて確認を行った。

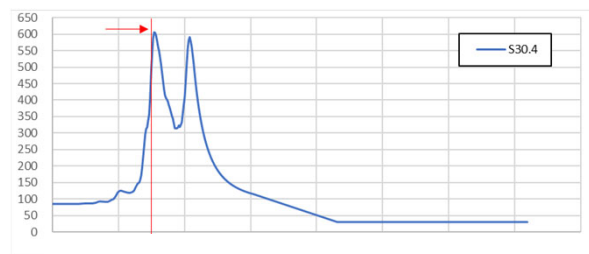
### ●実験概要

- ・実績洪水データを用いて、①河床部放流設備内がフラッシュされ、且つ水位低下段階において河床部放流設備へ流入することになるダム直上の土砂堆積量が少なくなる流量増加の早い波形を抽出、②土砂流入量が少なくなる流量低下の早い波形を抽出
- ・①と②を組み合わせた波形により、平常時から洪水時、再度平常時に戻る一連のサイクルで河床部放流設備や減勢工の土砂動態について確認を行った。

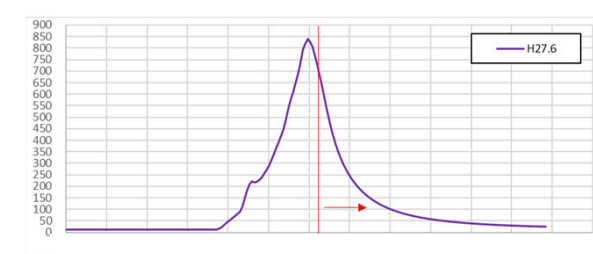
### 縦断イメージ



河床部放流設備内がフラッシュされ、かつ土砂堆積も少なくなる流量増加の早い波形

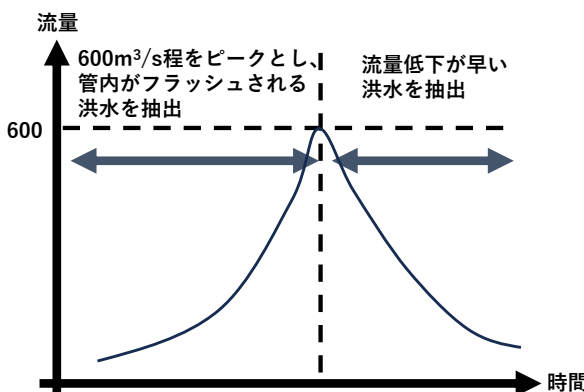
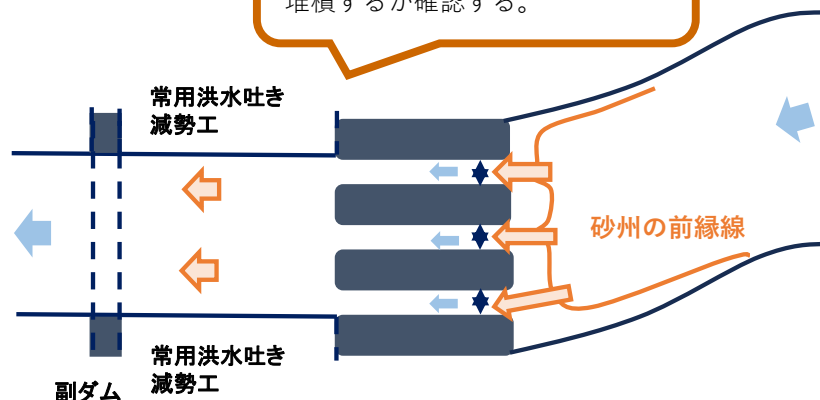


土砂流入量が少なくなる流量低下の早い波形

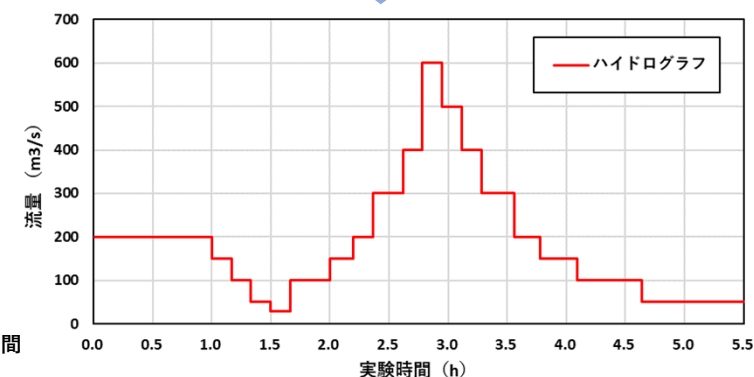


### 平面イメージ

河床部放流設備の底部や減勢工内部に一連のサイクルで石礫が堆積するか確認する。



河床部放流設備管内の堆積厚確保が困難となる  
ことが懸念される波形作成のイメージ



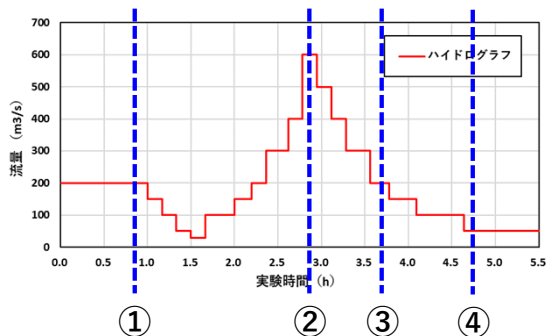
開水路模型実験で用いる波形

試験における給砂量は計算値（平衡流砂量より求まる値より少なめ）で設定し、均一粒径で試験を実施する。

# 【参考】ダムの施設等設計の検討状況（開水路模型実験）

## ○開水路模型による石礫の連続性に係る実験

・ハイドログラフの確認時点における堆積状況について、以下に示す。



石礫を敷き詰めた状態で実験開始

① 200m<sup>3</sup>/s時



全ての放流管内において、石礫がフラッシュされる

② 600m<sup>3</sup>/s時



右岸・中央管内において、400m<sup>3</sup>/s頃から石礫が堆積しはじめ、200m<sup>3</sup>/sにおいて明瞭に堆積を確認

③ 200m<sup>3</sup>/s時



右岸・中央は、呑口付近まで堆積  
100m<sup>3</sup>/s頃から左岸も堆積開始

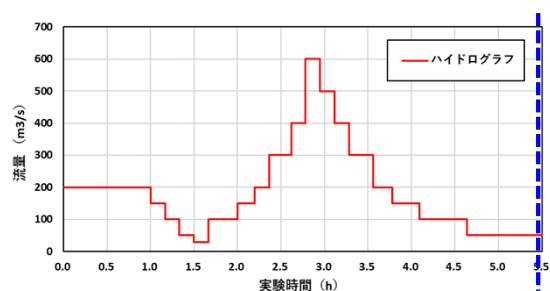
④ 50m<sup>3</sup>/s時

石礫のフラッシュ

石礫の堆積

## ○開水路模型による石礫の連続性に係る実験

- ・実験終了後の堆積状況について、以下に示す。
- ・河床部放流設備3門ともに石礫が堆積している状況が確認され、平常時から洪水時、再度平常時に戻る一連のサイクルにおいて、河床環境は保持されると考えられる。



⑤

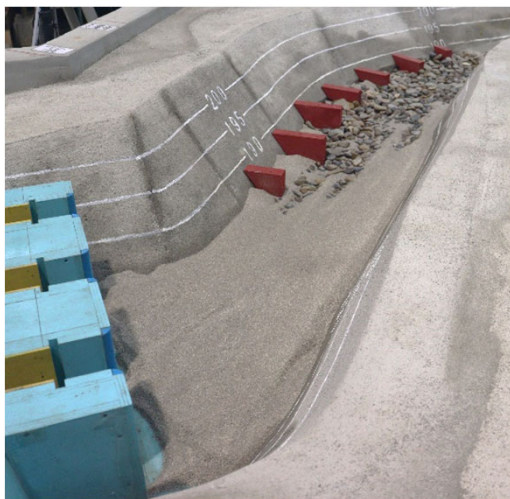
河床部放流設備 3 門ともに石礫の堆積が確認される



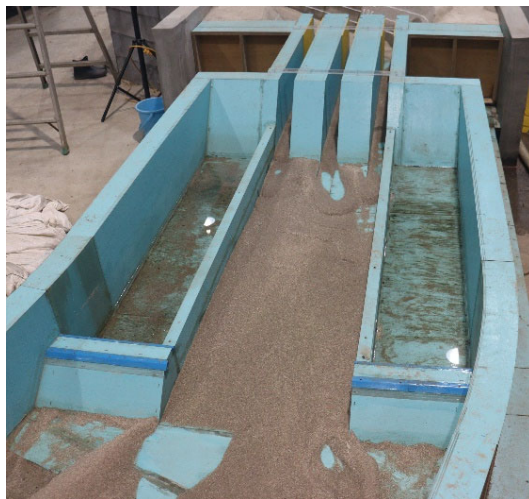
⑤ 通水後 河床部放流設備内



⑤ 通水後 下流側



⑤ 通水後 上流側



⑤ 通水後 減勢工