

第6回 流水型ダム環境保全対策検討委員会

説明資料 【ダムの施設等設計の検討状況について】

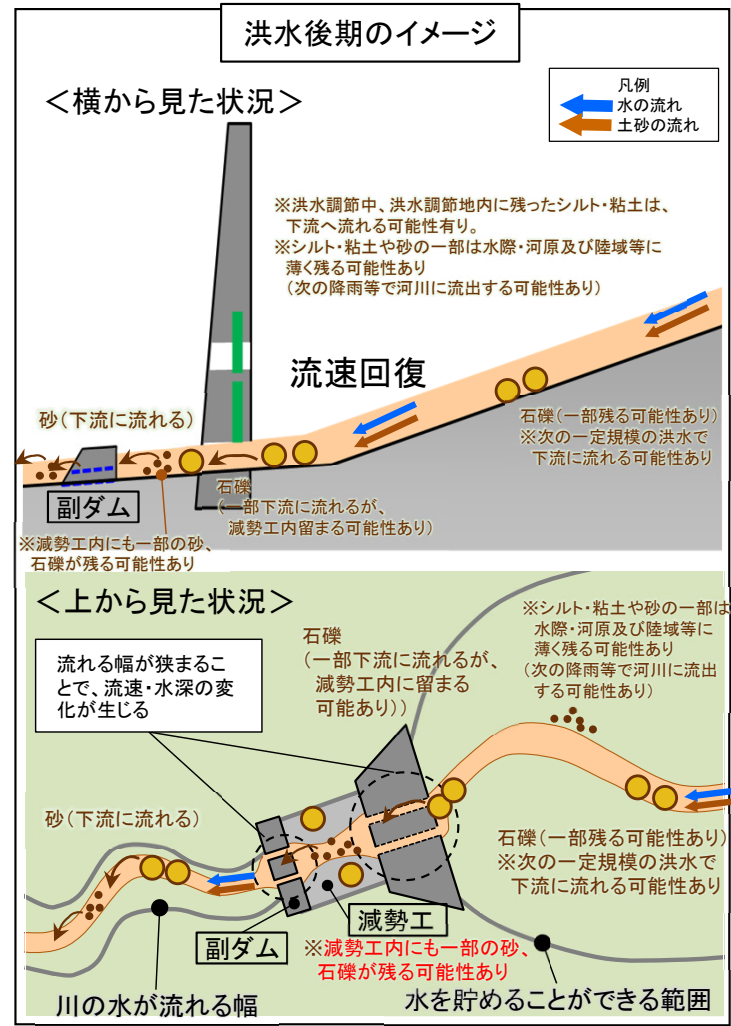
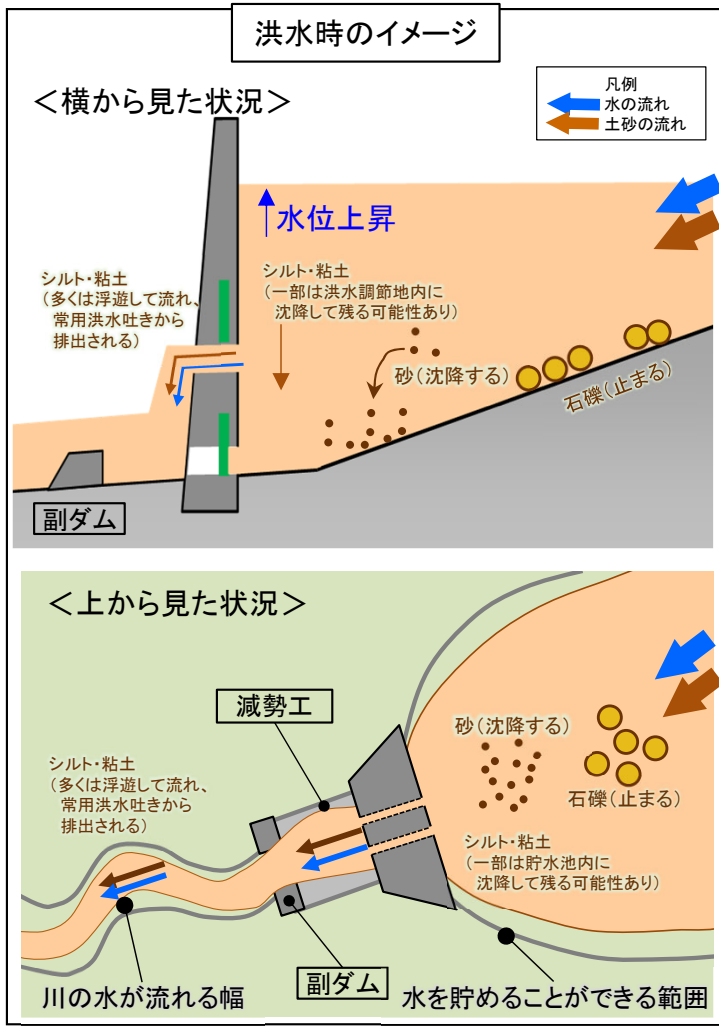
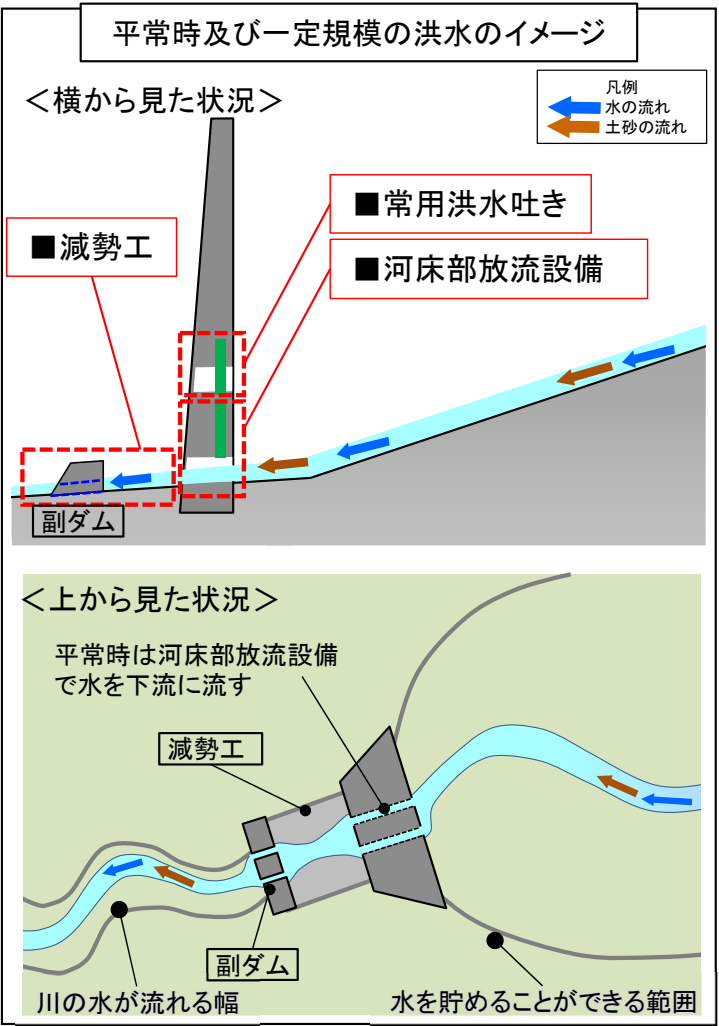
令和5年6月5日



国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所

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。



- 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（減勢工含む）の存在及び地形の改変面積をできる限り抑え、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保てるように配置や形状等を検討
- ・ **減勢工（副ダム含む）**
- ⇒ 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施設の設計における環境影響の最小化に向けた課題

○ダムが存在することで、ダムサイトの環境は少なくとも変化する。一方、貯留型ダムと異なり、流水型ダムは、平常時は水を貯めないため、放流設備等の工夫によっては上下流の河川の連続性(生物の移動経路、流砂環境)は保たれる可能性がある。

○このため、川辺川の流水型ダムの施設等設計にあたっては、環境影響の最小化に向け、平常時の河川の連続性を確保するため、クリアすべき以下の課題について検討している。

- 検討対象となる施設
 - ・「河床部放流設備」: 平常時や一定規模の洪水まで河川の水や土砂を流すための施設
 - ・「減勢工(副ダム含む)」: ダムからの放流水の力を弱める働き(減勢機能)をする施設

●環境影響の最小化に向けた河川の連続性確保の課題

着眼点Ⅰ. 生物の移動経路の確保

課題
⇒対応

- 河床部放流設備
 - ①平常時の水面幅や水深が変化する。
⇒平常時の水面幅の確保、水深の確保
 - ②ダム上下流と放流設備内の河床環境*が変化する。
⇒河床環境の確保
- 減勢工(副ダム含む)
 - ③ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する。(みお筋が形成されず、例えば「③-1.循環流等の発生により遡上がしにくくなる可能性」や、「③-2.土砂が過剰に捕捉され伏流することで生物の移動経路が変化する可能性」がある)。
⇒みお筋を確保
 - ④副ダムを設置した場合、生物や土砂の移動経路が変化する。一方で、減勢工を掘り下げた場合、副ダムが不要となる可能性はあるが、土砂が過剰に捕捉され、下流河道への流砂環境に影響する可能性がある。
⇒減勢機能の確保を前提として、減勢工の掘り込む深さと副ダムの形状等のバランスの確保

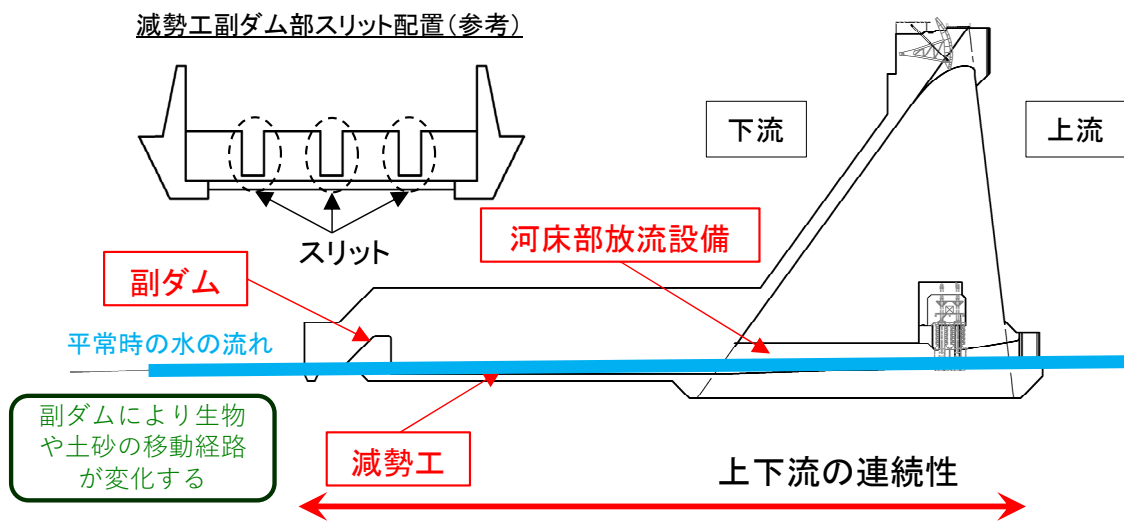
※河床を構成する土砂の存在状態及びこれに対応する水の流れの状態

着眼点Ⅱ. 流砂環境の保持

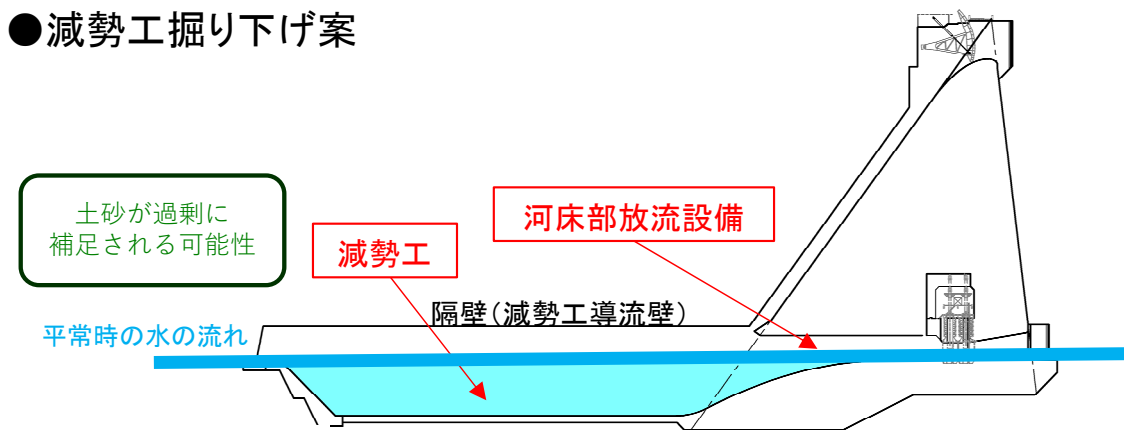
課題
⇒対応

- 河床部放流設備
 - ⑤砂や石礫が流下するタイミングが変化する。
⇒砂や石礫の疏通能力の確保
- 減勢工(副ダム含む)
 - ⑥〈着眼点Ⅰ. ④と同じ。〉

●減勢工(副ダム)配置案



●減勢工掘り下げ案

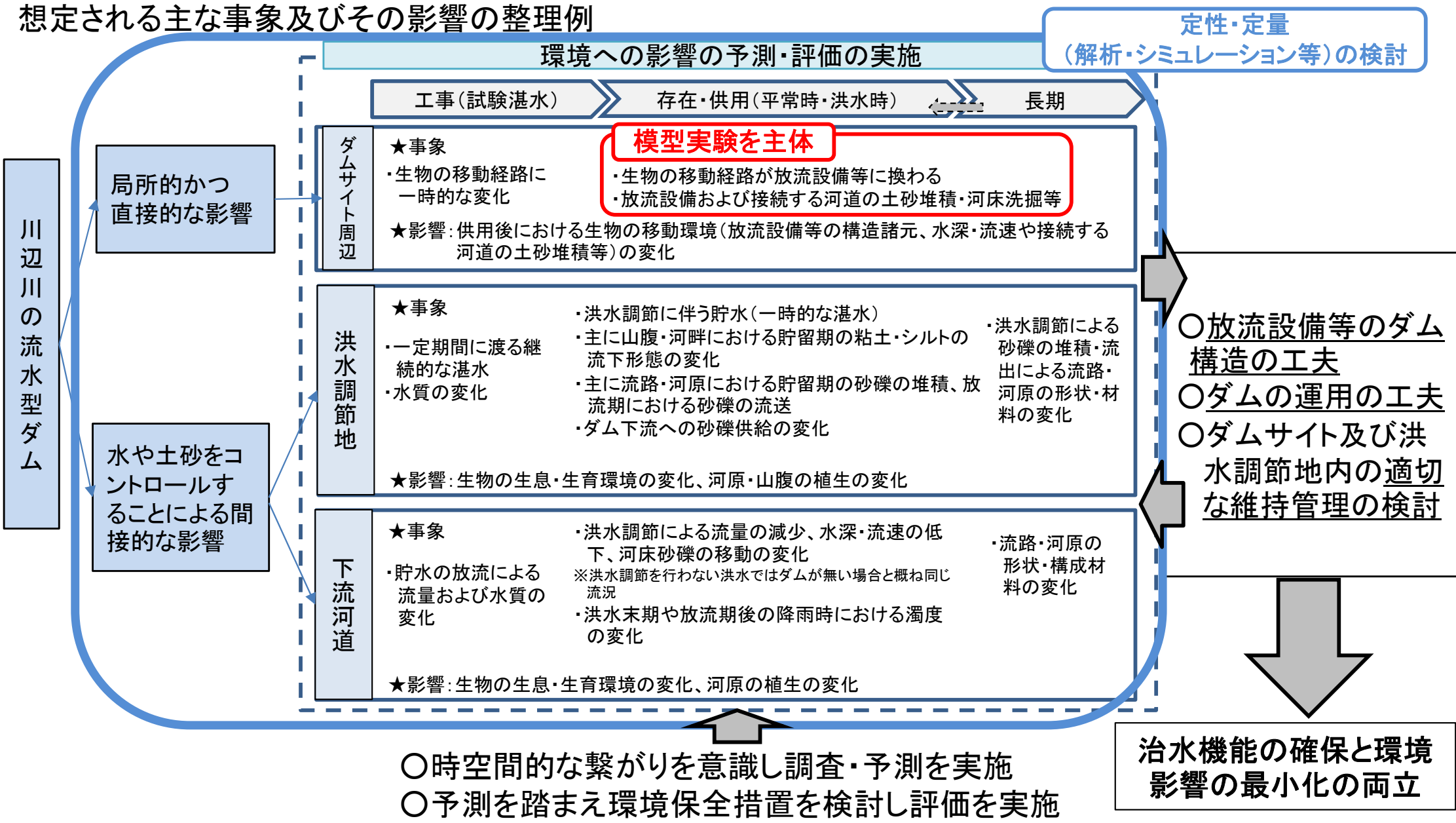


上記課題を念頭に環境影響の最小化に向けた検討を行っている。

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

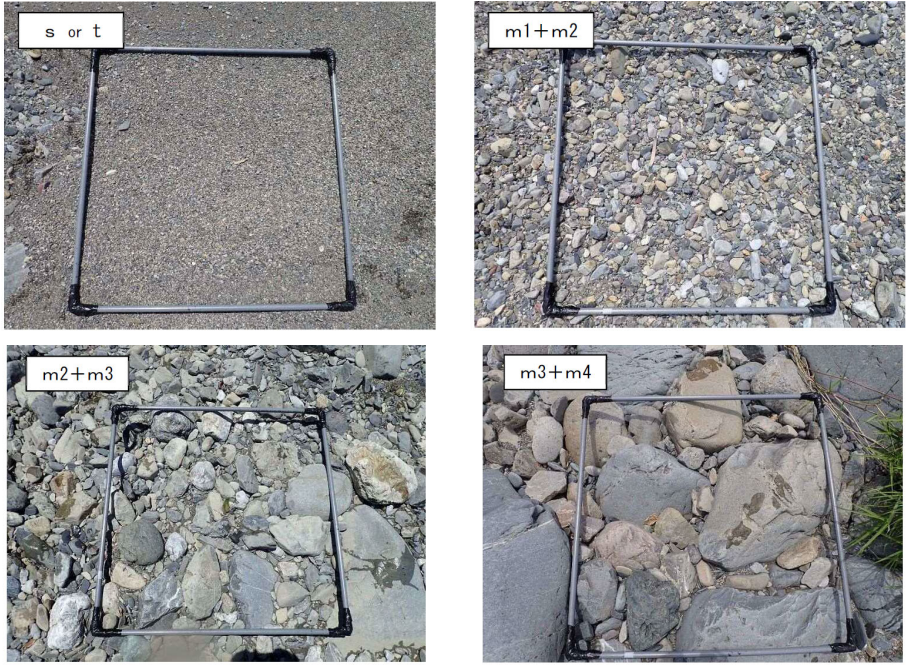
- 環境への影響の予測・評価の実施にあたっては、解析・シミュレーションを用い検討を進めていく。
- 一方、解析・シミュレーションでは評価が困難であるダム構造物やそれに接続する河道の環境への影響の予測・評価は、水理模型実験も活用し検討を進める。
- 具体的には、放流設備や減勢工内の砂礫の動きや、接続河道との段差の有無などの連続性の確認等を行い目標達成のための構造を追求していく。

想定される主な事象及びその影響の整理例

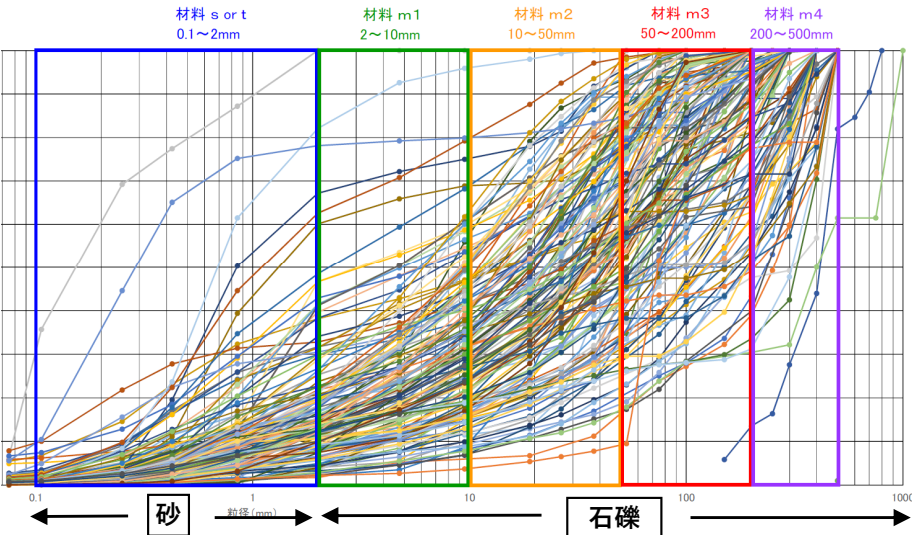


○川辺川における河床材料(粒径集団区分)を以下に示す。

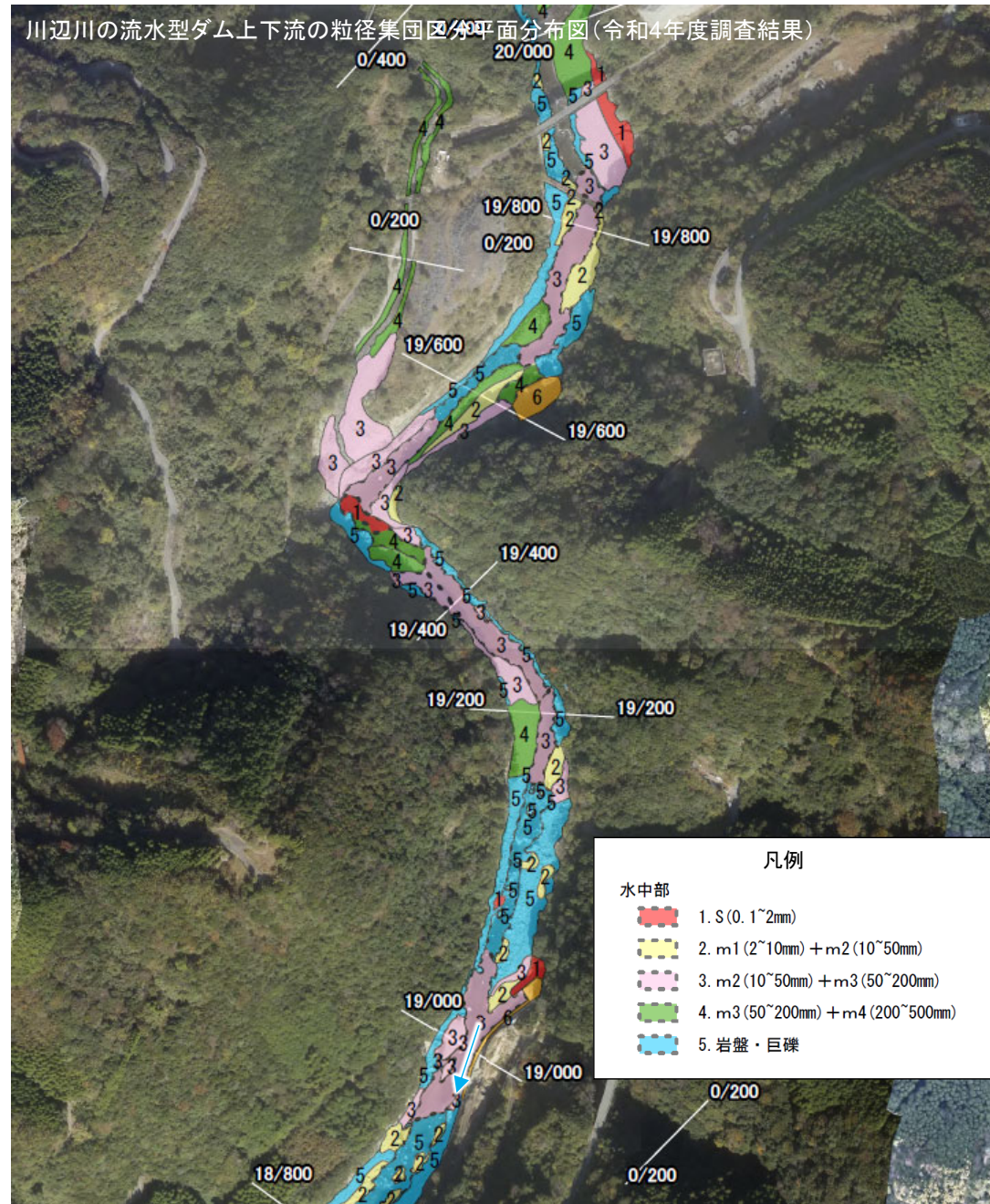
【川辺川における河床材料(粒径集団区分)設定】



※河床構成材料を、主材料(m)と、副材料(s)に分けて粒径集団として整理し、平面分布で把握。

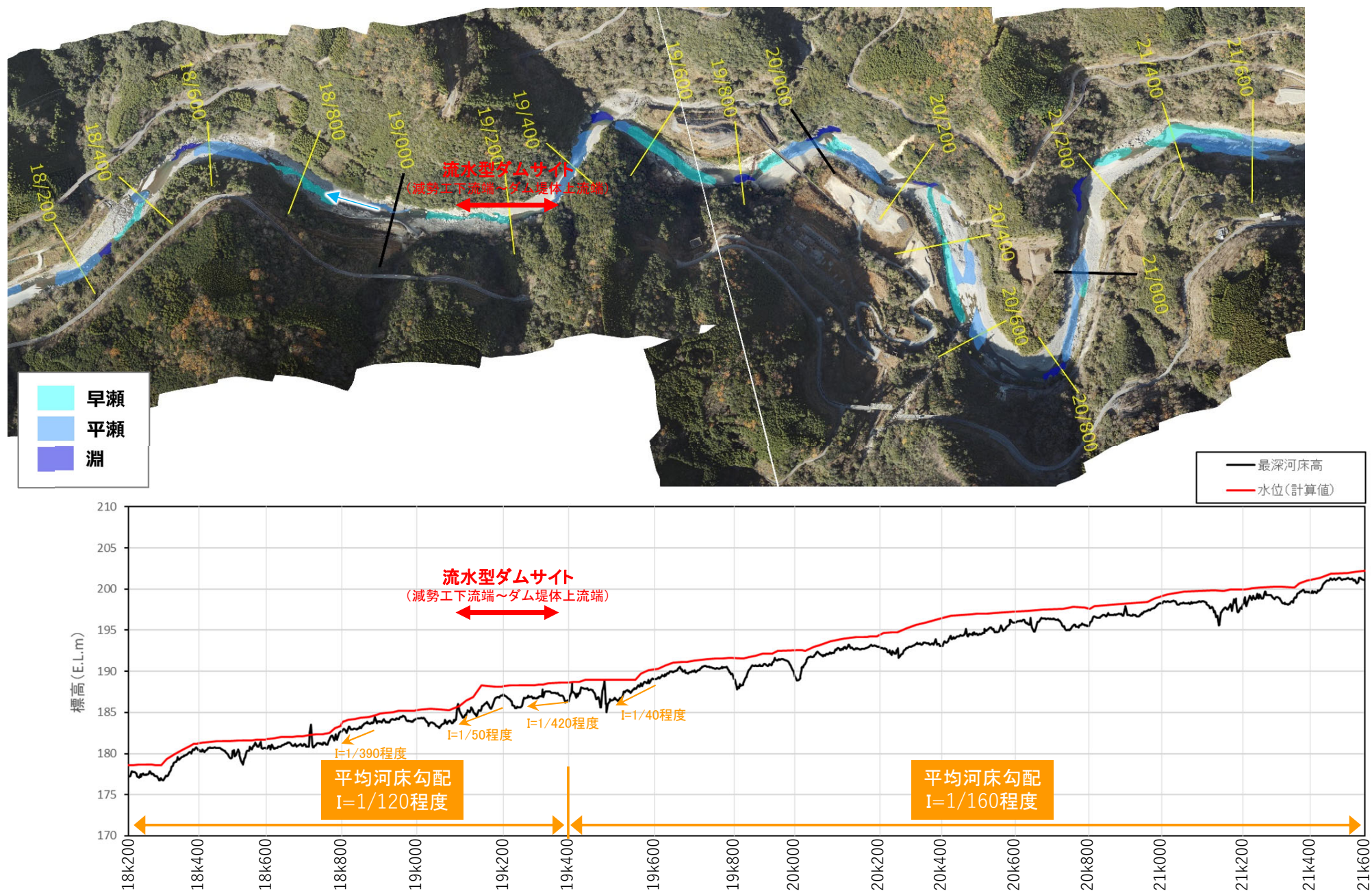


川辺川における既往河床材料調査結果(集団粒径区分設定)

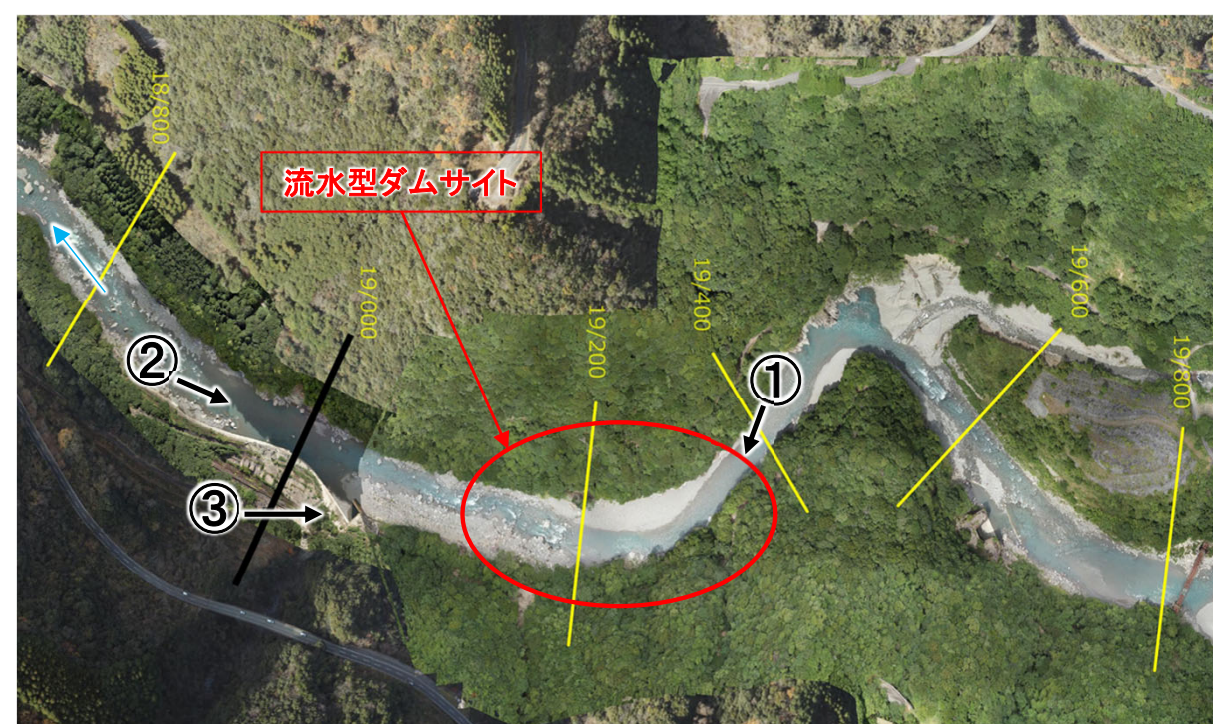


- 凡例
- 水中部
- 1. s (0.1~2mm)
 - 2. m1 (2~10mm) + m2 (10~50mm)
 - 3. m2 (10~50mm) + m3 (50~200mm)
 - 4. m3 (50~200mm) + m4 (200~500mm)
 - 5. 岩盤・巨礫

○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。



○川辺川の流水型ダムサイト付近は山間狭窄部となっており、平常時の水面幅は約10~20mである。



ダムの施設等設計にあたっての目標及び観点

○ダムの河床部放流設備及び減勢工(副ダム含む)の設計の検討では、調査から得られた物理環境や生物の確認状況を踏まえ、以下の目標及び観点を踏まえて検討を進めていく。

○河床部放流設備及び減勢工(副ダム含む)の設計の目標・観点

- * 目標: 可能な限り自然(ダムが無い)状態の河川の連続性に近づけ、生物の移動経路と流砂環境をできる限り確保する。
- * 観点: 自然状態の平常時における川辺川の物理環境やダムサイトの上流域及び下流域共に確認されている重要な種及び生態系の注目種[※]の生態特性。

※重要な種及び生態系の注目種は現時点の暫定であり、今後、専門家のご意見を踏まえ決定する。

○観点の例

調査から得られた流水型ダムサイト付近の物理環境

区間	水面幅	水深 (m)	流速 (m/s)
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)

調査から得られた流水型ダムサイト付近を移動する生物の生態特性

種 (例)	水深 (m)		流速 (m/s)	
	文献調査等	現地調査	文献調査等	現地調査
アユ (例)	0.11m以上	約0.4m~3.4m ^{※2} (アユ確認地点 (6月調査時))	0.2~1.1m/s (遡上期6月頃)	約0.2m/s~1.5m/s ^{※2} (アユ確認地点 (6月調査時))
カワガラス (例)	飛行高度 (m) ※現地調査		飛行距離 (m) ※現地調査	
	約0m~25m		約3m~708m	

※2 内挿から算出

○環境影響の最小化に向けたダムの施設等設計にあたっての以下課題について、検討状況を次ページより示す。
 ○引き続き、解析・シミュレーションや模型実験を実施し、流水型ダムの特長を最大限活かせるよう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河川の連続性確保の課題

着眼点Ⅰ. 生物の移動経路の確保

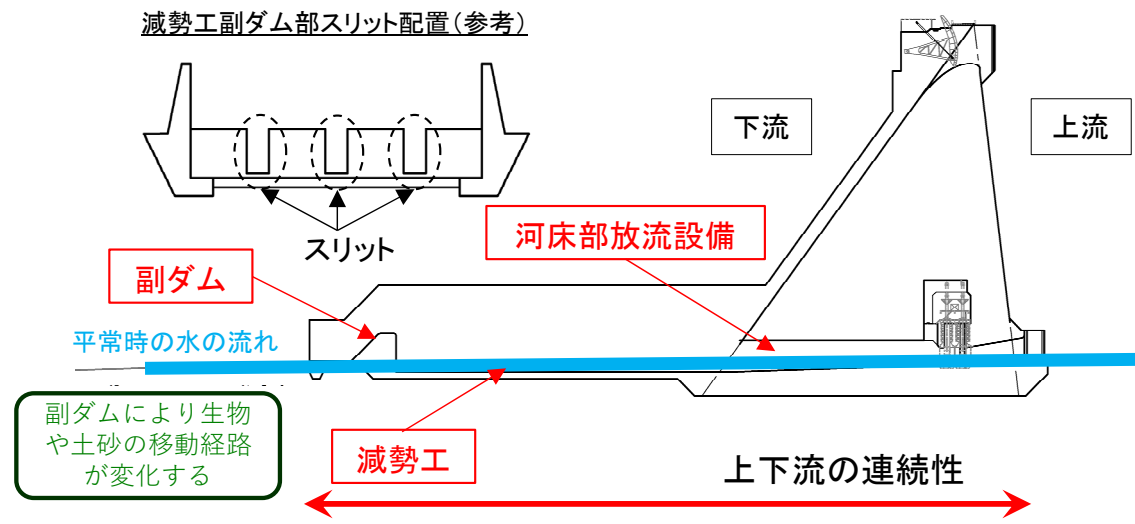
- 課題 ⇒ 対応
- 河床部放流設備
 - ①平常時の水面幅や水深が変化する。
⇒平常時の水面幅の確保、水深の確保
 - ②ダム上下流と放流設備内の河床環境*が変化する。
⇒河床環境の確保
 - 減勢工（副ダム含む）
 - ③ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する。（みお筋が形成されず、例えば「③-1.循環流等の発生により遡上がしにくくなる可能性」や、「③-2.土砂が過剰に捕捉され伏流することで生物の移動経路が変化する可能性」がある）。
⇒みお筋を確保
 - ④副ダムを設置した場合、生物や土砂の移動経路が変化する。一方で、減勢工を掘り下げた場合、副ダムが不要となる可能性はあるが、土砂が過剰に捕捉され、下流河道への流砂環境に影響する可能性がある。
⇒減勢機能の確保を前提として、減勢工の掘り込む深さと副ダムの形状等のバランスの確保

※河床を構成する土砂の存在状態及びこれに対応する水の流れの状態

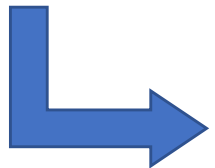
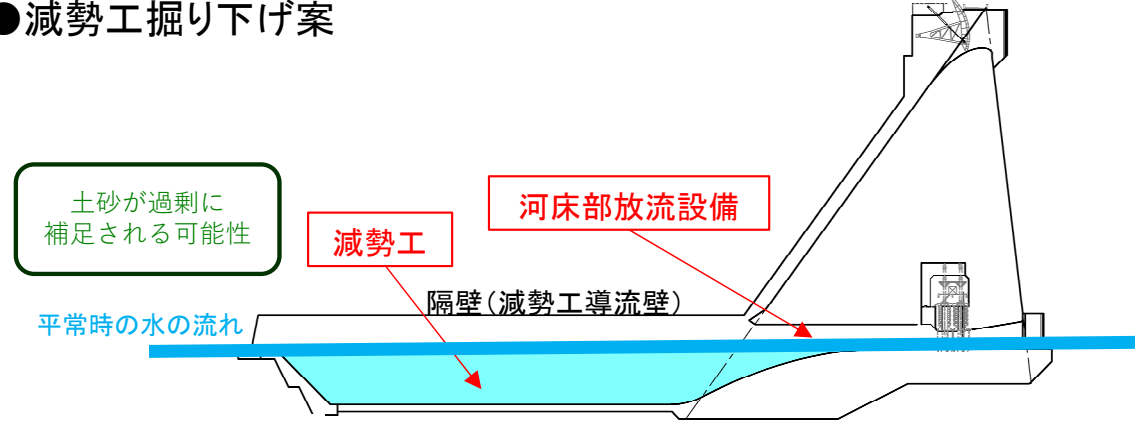
着眼点Ⅱ. 流砂環境の保持

- 課題 ⇒ 対応
- 河床部放流設備
 - ⑤砂や石礫が流下するタイミングが変化する。
⇒砂や石礫の疏通能力の確保
 - 減勢工（副ダム含む）
 - ⑥〈着眼点Ⅰ. ④と同じ。〉

●減勢工（副ダム）配置案



●減勢工掘り下げ案



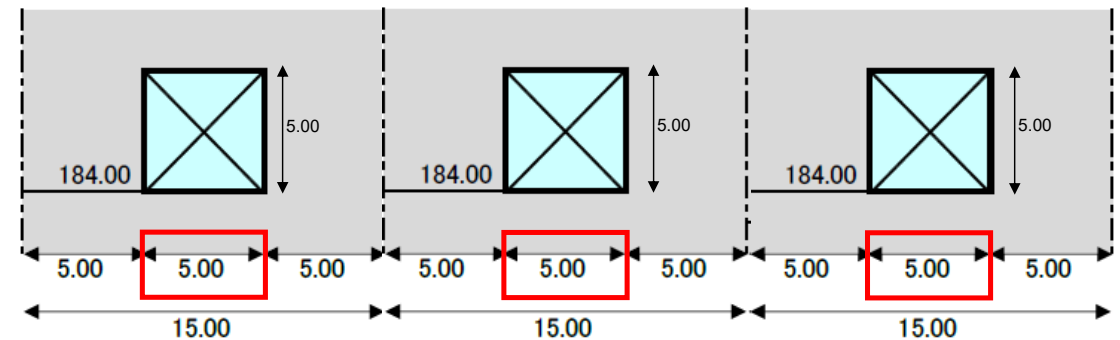
上記課題を念頭に環境影響の最小化に向けた検討を行っている。

ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

河床部放流設備の検討 〈課題① 平常時の水面幅や水深が変化する〉

○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となる。

●水面幅について



河床部放流設備3門配置
15m(5m×3門)

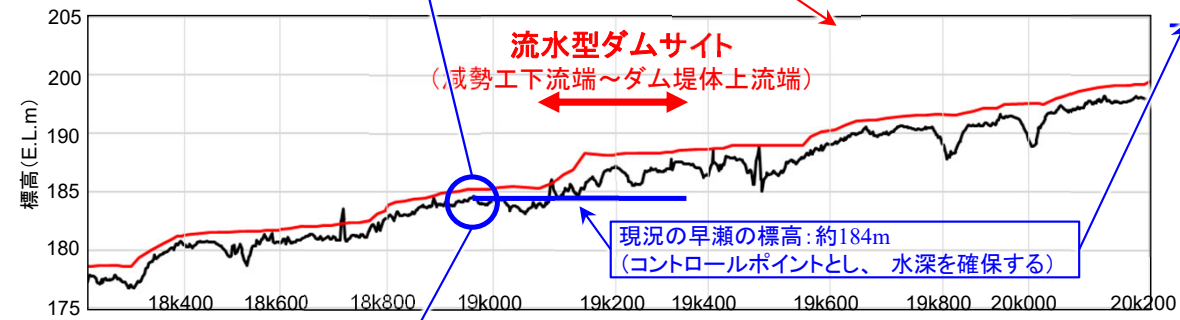
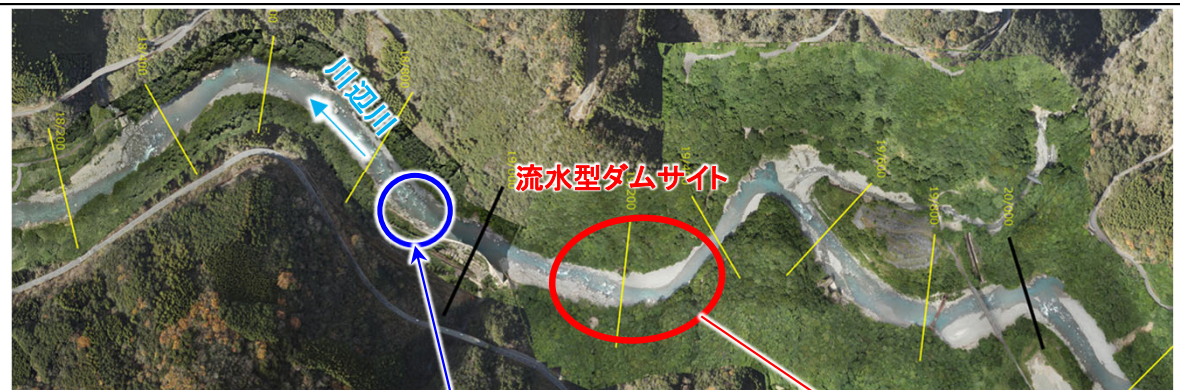
河床部放流設備の配置イメージ図(案) ※上流側

放流設備の1門あたりの大きさは高さ5.0m×幅5.0mで設定
(放流管の大きさはブロック幅15mの1/3以下に抑えることが原則とされている。)

ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

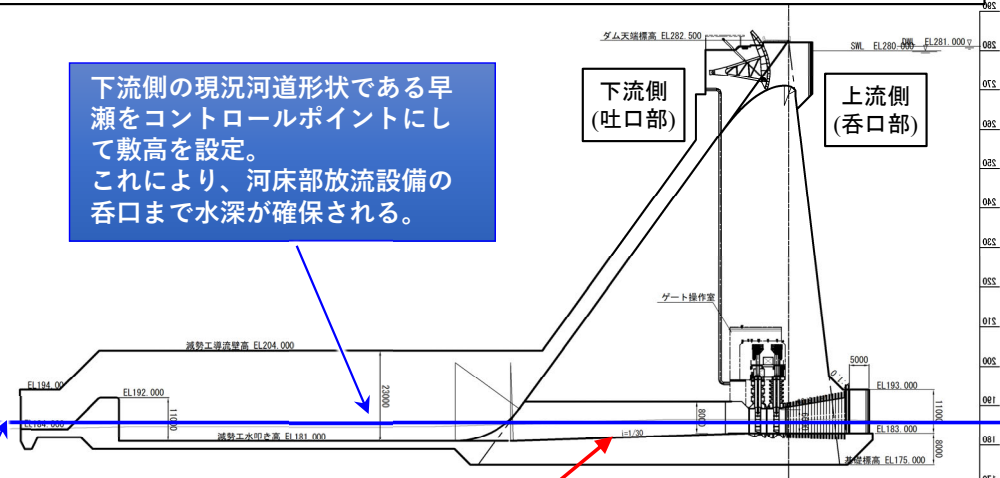
河床部放流設備の検討 〈課題① 平常時の水面幅や水深が変化する〉

- 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し、平常時に生物が移動可能な期間を増加させる観点で検討を行った。
- ダムサイト予定地の下流側の現況河道形状である早瀬の高さ(EL.184m)をコントロールポイントにして、河床部放流設備呑口の敷高を設定することで、河川の連続性を確保することとした。
- 渇水時においても河床部放流設備呑口まで水深を確保できるよう、3門のうち1門のみを1m下げること検討している。これにより、放流管内が平常時に多様な河床環境となることも期待している。



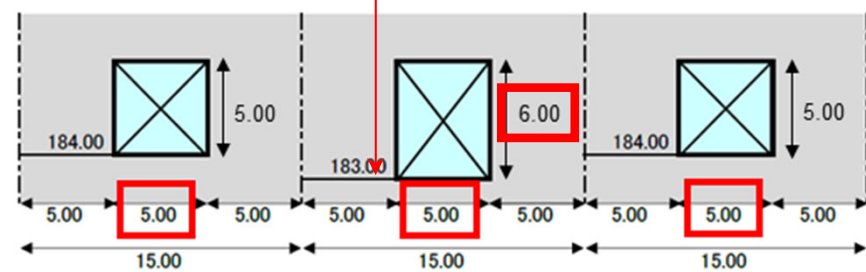
流水型ダムサイトの下流に位置する早瀬 (河床部放流設備敷高のコントロールポイント)

流水型ダムサイトの下流に位置する早瀬より上流を望む(流水型ダム予定地)



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。

渇水時においても河床部放流設備呑口部まで水深を確保するために呑口部1門の敷高をEL.183mに設定



河床部放流設備の配置イメージ図(案) ※上流側

ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

河床部放流設備〈課題② ダム上下流と放流設備内の河床環境が変化する〉

○今後実施する、ダムサイトより上下流区間の河道を約1/60で再現した開水路模型実験において、ダムに入ってくる石礫を再現し、河床環境※の確認、上下流の土砂動態を確認し検討する。

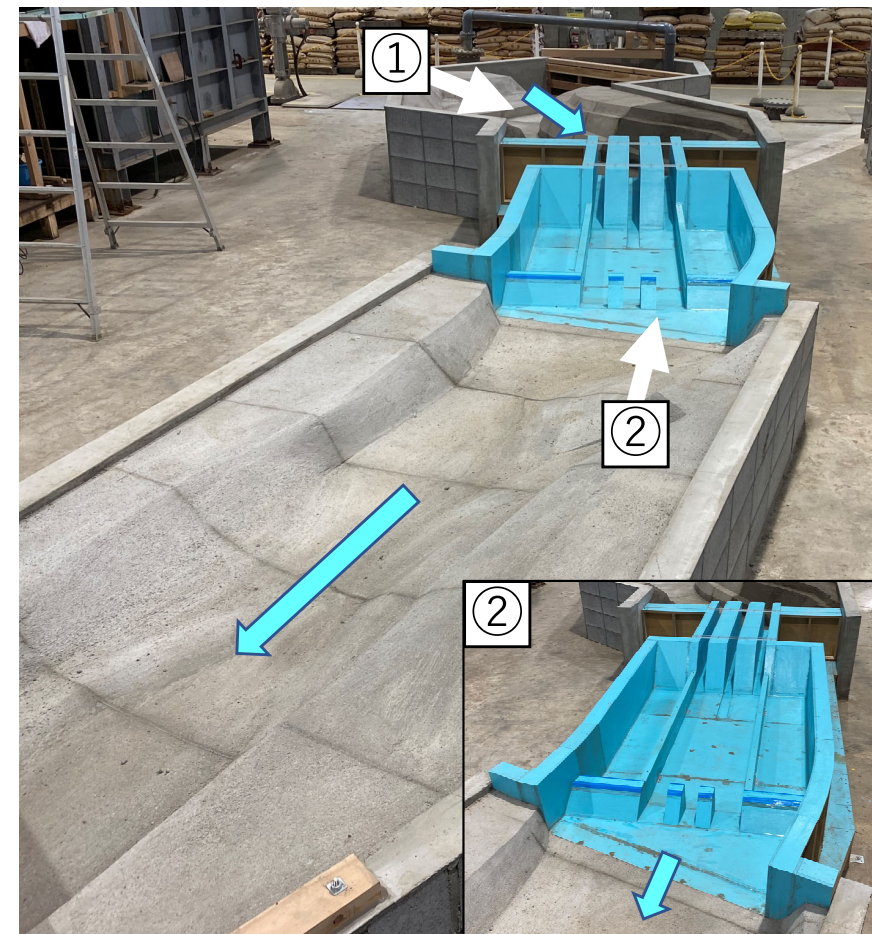
※河床を構成する土砂の存在状態及びこれに対応する水の流れの状態



図一開水路模型再現区間



写真一ダムサイト付近の河床材料

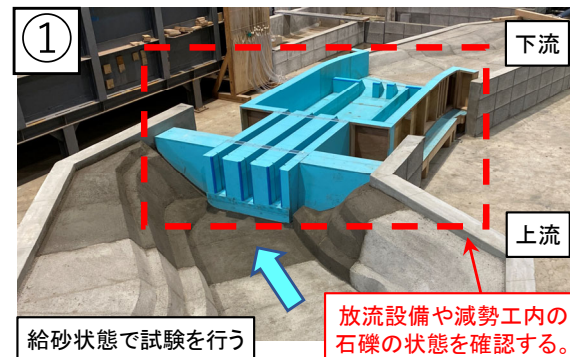


写真一開水路模型

●川辺川の流水型ダムの水理模型実験による確認項目

■開水路模型

開水路模型においては、土砂を上流から供給した状態で実験を繰り返し、河床環境の確認、放流設備や減勢工の施設内の石礫の堆積・疎通等の特性を分析し、生物の移動経路の確保と流砂環境の保持を確認する。



給砂状態で試験を行う

放流設備や減勢工内の石礫の状態を確認する。

ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

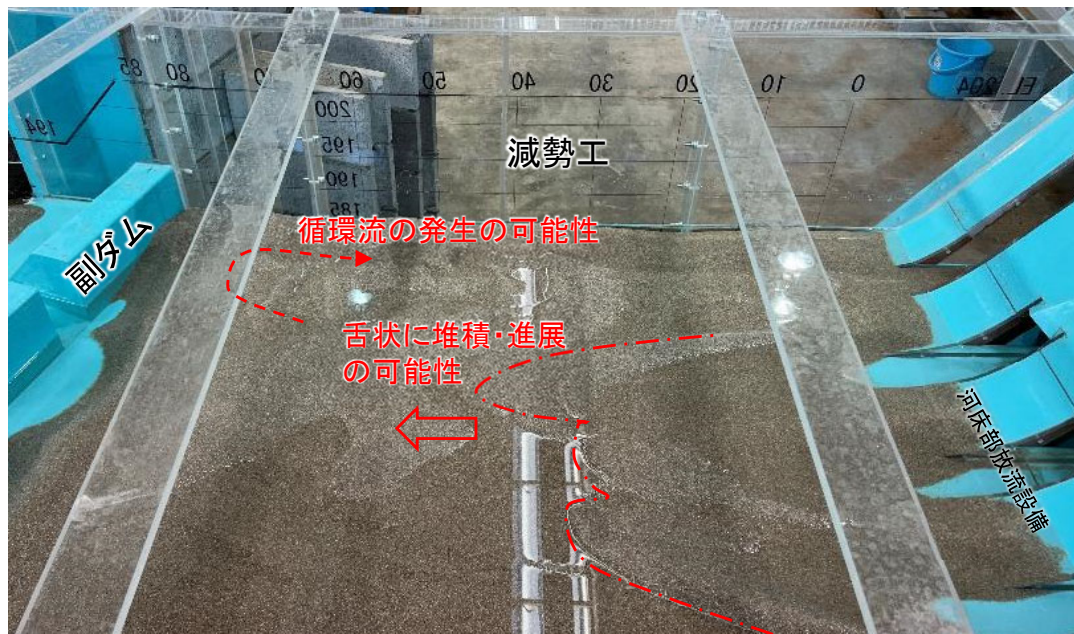
減勢工 (副ダム含む)

〈課題③-1. ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する (循環流等の発生により遡上がしにくくなる可能性) 〉

- 減勢工内に堆積した石礫に自然なみお筋が形成するか、水理模型実験等により確認を行っている。
- 減勢工の幅が広い場合、減勢工内に堆積する石礫が水の流れにより舌状に堆積・進展し、みお筋が形成されないおそれがある。さらに、減勢工内において循環流等が発生する可能性があり、生物が遡上しにくくなるおそれがある。
- このため、減勢工内に隔壁を設け、平常時(生物の移動経路として利用される河床部放流設備)と洪水調節時(洪水調節に利用する常用洪水吐き)における主な流路を分離することで、平常時における減勢工内の水や土砂の流れを分散させず、みお筋を形成しやすくするとともに循環流等の発生を抑制する。

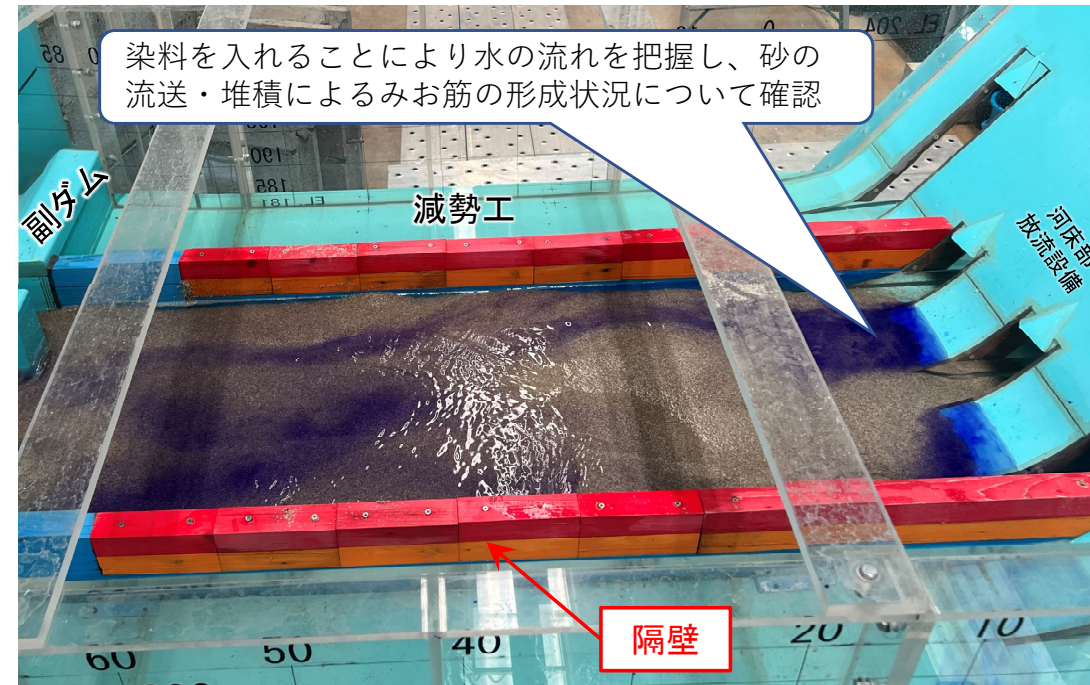
【水理模型実験の様子】

- ・減勢工内に現地の石礫に相当する砂を設置し、流送・堆積状況について実験を行っている。
- ・今後、更に、開水路模型実験(前述)により、上流からの土砂供給も実施し、検討行う。



- ・河床部放流設備からの流れを受けた石礫が舌状に堆積・進展する可能性がある
- ・循環流の発生により、遡上がしにくくなる可能性がある

写真－減勢工内の幅が広い場合の実験の様子



写真－減勢工内に隔壁を設置した場合の実験の様子

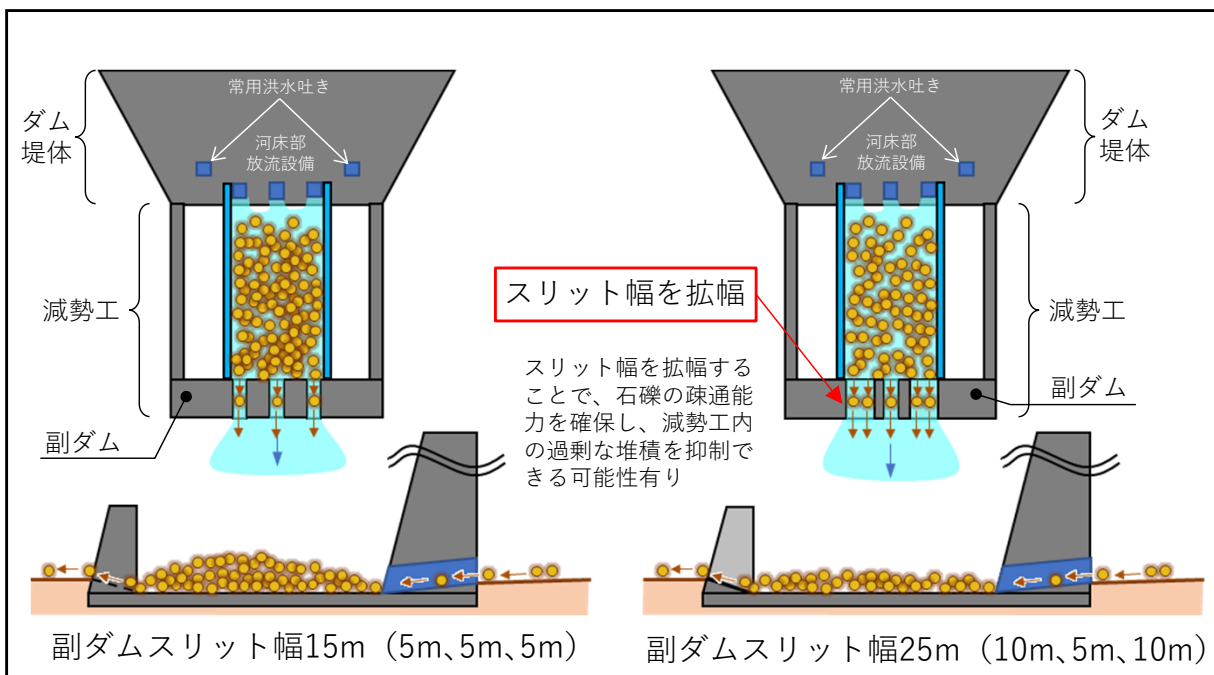
ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

減勢工 (副ダム含む)

〈課題③-2. ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する (土砂が過剰に捕捉され伏流することで生物の移動経路が変化する可能性) 〉

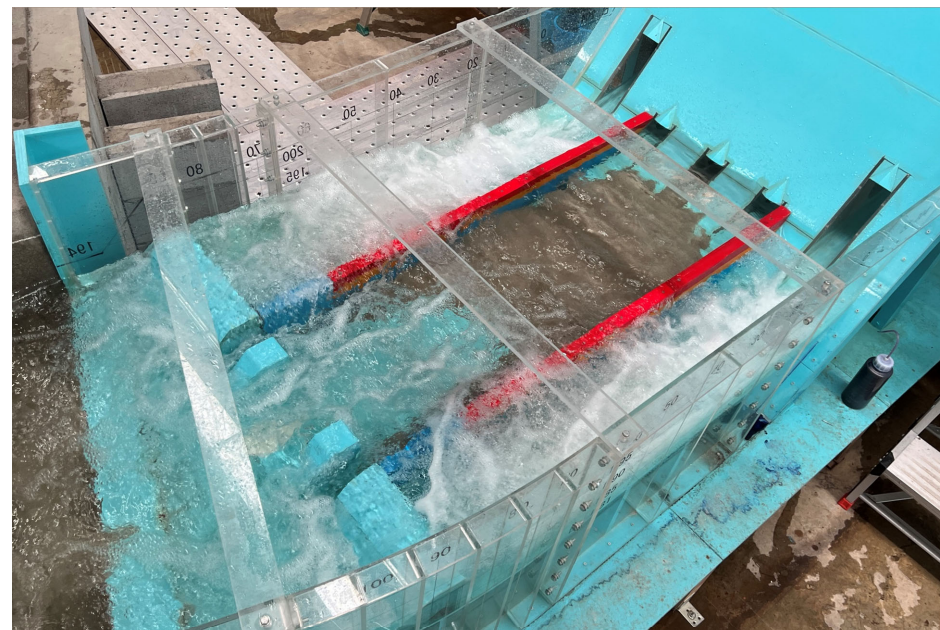
- 副ダムの影響により減勢工内に土砂が過剰に捕捉されることで、堆積した土砂に河川水が伏流するおそれがあり、生物の移動経路が変化する可能性がある。
- このため、減勢工内に土砂が過剰に捕捉されないよう、副ダムのスリットを拡幅し河道空間を確保するとともに、減勢工内に隔壁を設け、平常時と洪水調節時における主な流路を分離することで、平常時における減勢工内の水や土砂の流れを分散させず、みお筋を形成しやすくする。

●減勢工内における石礫堆積のイメージ図(副ダムスリットの拡幅に伴う変化)



●水理模型実験の様子

洪水時の洪水吐きからの放流により減勢工内の石礫がどのような動きを行うのか、水理模型実験により確認を行っている。



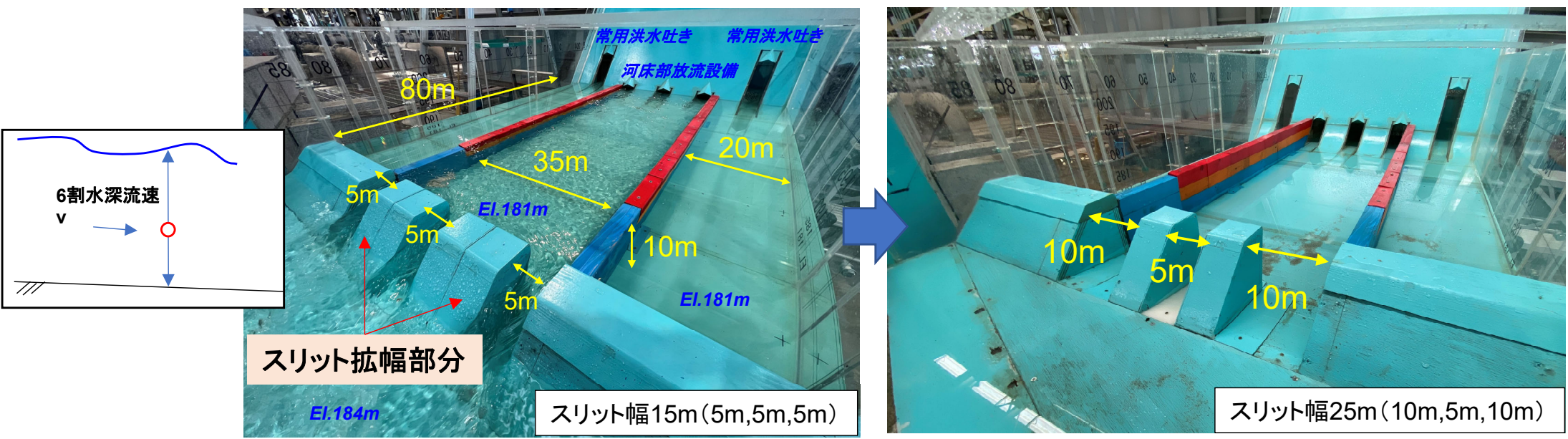
ダムの施設等設計の検討状況(生物の移動経路の確保)

減勢工（副ダム含む）〈課題④ 副ダムの存在は生物や土砂の移動経路に影響するが、副ダムを無くすために減勢工を掘り下げると土砂が過剰に捕捉される可能性〉

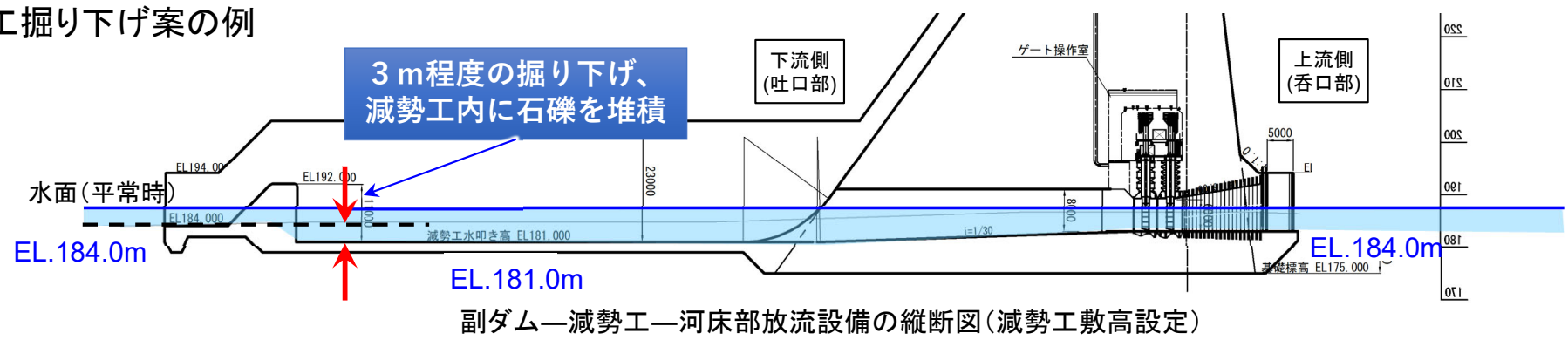
○できる限り、河道空間を確保するとともに自然な流砂環境が保持できるよう、減勢機能を確認しながら副ダムのスリット拡幅と減勢工を掘り下げる規模を検討する。

●副ダムスリット拡幅検討の一例

副ダムスリット幅を15mから25mに拡幅した場合においても放流水の流速に明確な差はなく、減勢機能が確認できた。



●減勢工掘り下げ案の例



ダムの施設等設計の検討状況(流砂環境の保持)

河床部放流設備

〈課題⑤ 砂や石礫が流下するタイミングが変化する〉

減勢工(副ダム含む)

〈課題⑥ 副ダムの存在は生物や土砂の移動経路に影響するが、副ダムを無くすために減勢工を掘り下げると土砂が過剰に捕捉される可能性〉

- 流水型ダムにおける砂や石礫の動きについては、貯水位が低下する過程でダム上流側の流速が回復したときに、河床部放流設備と減勢工(副ダム含む)を通過して下流へ流れることとなる。
- このため、流砂環境の保持の観点では、以下の点が重要となる。
 - ・河床部放流設備の配置については、上流からの砂や石礫の流れをスムーズに流すとともに、開水路状態で放流する期間をできる限り長く確保すること。
 - ・減勢工(副ダム含む)については、砂や石礫の排出の支障となり得る空間や副ダムをできる限り小さくすること。
- 特に、減勢工(副ダム含む)は、洪水調節に伴うダムからのエネルギーの大きい放流水の力を弱める(減勢機能)ために必須の施設であるため、ダムの整備にあたっては必要な減勢機能を確保することが前提となる。
- 従って、いかに減勢機能を確保した上で砂や石礫の排出の支障となり得るものを小さくできるかが重要となる。

●流砂環境の保持の観点

観点		対応
課題⑤	上流からの砂や石礫の流れをスムーズに流すとともに、開水路状態で放流する期間をできる限り長く確保	上流からの砂や石礫の流れをスムーズに流下させるために、ダム中央部(現況河床付近)に河床部放流設備を設け、ダムが無い状態の河川の連続性に近づけるとともに、3門配置することにより、管路状態と比べて呑口上流の流速が速くなる開水路状態での放流期間をできる限り確保する。 ※河床部放流設備門数による放流能力(開水路状態) 3門:約600m ³ /s、2門:約400m ³ /s
課題⑥	減勢機能を確保しつつ、砂や石礫の排出の支障となり得る空間や副ダムを出来る限り小さくする	できる限り、自然な流砂環境を保持するとともに河道空間が確保できるよう、減勢機能を確認しながら減勢工の掘り下げとスリット拡幅の規模を検討する。



今後、開水路模型実験(前述)にて石礫の動態確認を行う。

○環境影響の最小化に向けた現在の検討の方向性(中央分離案)について、以下のとおり示す。

I. 生物の移動経路の確保

	課題	対応
■河床部放流設備	① 平常時の水面幅や水深が変化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・現況の水面幅に合わせ、河床部放流設備を3門配置。 ・渇水時においても移動経路の確保が可能となるよう敷高を1門下げる。
	② ダム上下流と放流設備内の河床環境が変化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・今後、開水路模型を用いて確認していく。
■減勢工 (副ダム含む)	③-1 ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する。 (みお筋が形成されず、例えば「循環流等の発生により遡上がしにくくなる可能性」がある。)	<ul style="list-style-type: none"> ・循環流の抑制やみお筋を形成しやすくするために、減勢工内に隔壁を設置。
	③-2 ダム上下流と減勢工内の河床環境が変化する。 (みお筋が形成されず、例えば「土砂が過剰に捕捉され伏流することで移動経路が変化する」可能性がある。)	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂が過剰に捕捉されることで河川水が伏流しないように、副ダムのスリット拡幅を検討。 ・みお筋を形成しやすくするために、減勢工内に隔壁を設置。
	④ 副ダムを設置した場合、生物や土砂の移動経路が変化する。一方で、減勢工を掘り下げた場合、副ダムが不要となる可能性はあるが、土砂が過剰に捕捉され、下流河道への流砂環境に影響する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・副ダムの形状等と減勢工の掘り込む深さのバランスの確保 (生物の移動経路となる河道空間の確保に向けた副ダムのスリット拡幅の検討等)。

II. 流砂環境の保持

	課題	対応
■河床部放流設備	⑤ 砂や石礫が流下するタイミングが変化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・上流からの砂や石礫の流れをスムーズに流下させるためにダム中央部(現況河床付近)に河床部放流設備を配置。 ・開水路状態での放流期間を出来る限り確保するため、河床部放流設備を3門配置。
■減勢工(副ダム含む)	⑥ <着眼点I. ④と同じ。>	<ul style="list-style-type: none"> ・副ダムの形状等と減勢工の掘り込む深さのバランスの確保 (自然な流砂環境の保持に向けた掘り込む深さの検討等)。

III. 景観への影響の最小化

	対応
■河床部放流設備	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をしていく。
■減勢工(副ダム含む)	

環境影響の最小化に向けた現在の検討の方向性 (中央分離案)

- 生物の移動経路の確保や流砂環境の保持の観点における課題等の改善に向けた施設配置(中央分離案)を以下に示す。
- 中央分離案は、平常時(洪水調節時以外)の生物の移動経路に必要な施設と洪水調節に必要な施設を分離する配置案である。
- 河床部放流設備の下流側に減勢工(副ダム)を配置することとなるため、減勢機能を確認しつつ、今後、生物の移動経路の確保や流砂環境の保持に向け、開水路模型を用いて減勢工の形状や副ダムのスリット幅の検討を行う。

●中央分離案の配置(案)

今後も実験を踏まえながら、更なる環境影響の最小化に向け追求を行っていくため、最終決定ではない

