

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会

第3回委員会

日時：平成22年 1月21日(木) 14:00～16:00

場所：ホテルニューオータニ長岡

議事次第

I 開会

II 委員長挨拶

III 議事

1. 第2回委員会の内容の確認
2. 宮中取水ダム魚道構造改善検討
 - 2.1 ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保
 - 2.2 魚道本体の改善検討
 - 2.3 魚道出口ゲートの改善検討
3. 全体質疑応答

IV その他

V 閉会

資料

- 資料-1 信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会第3回委員会座席表
- 資料-2 信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会（第2回）における解決すべき問題点とその対応
- 資料-3 信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会（第3回）概要について
- 資料-4 信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会第3回委員会資料

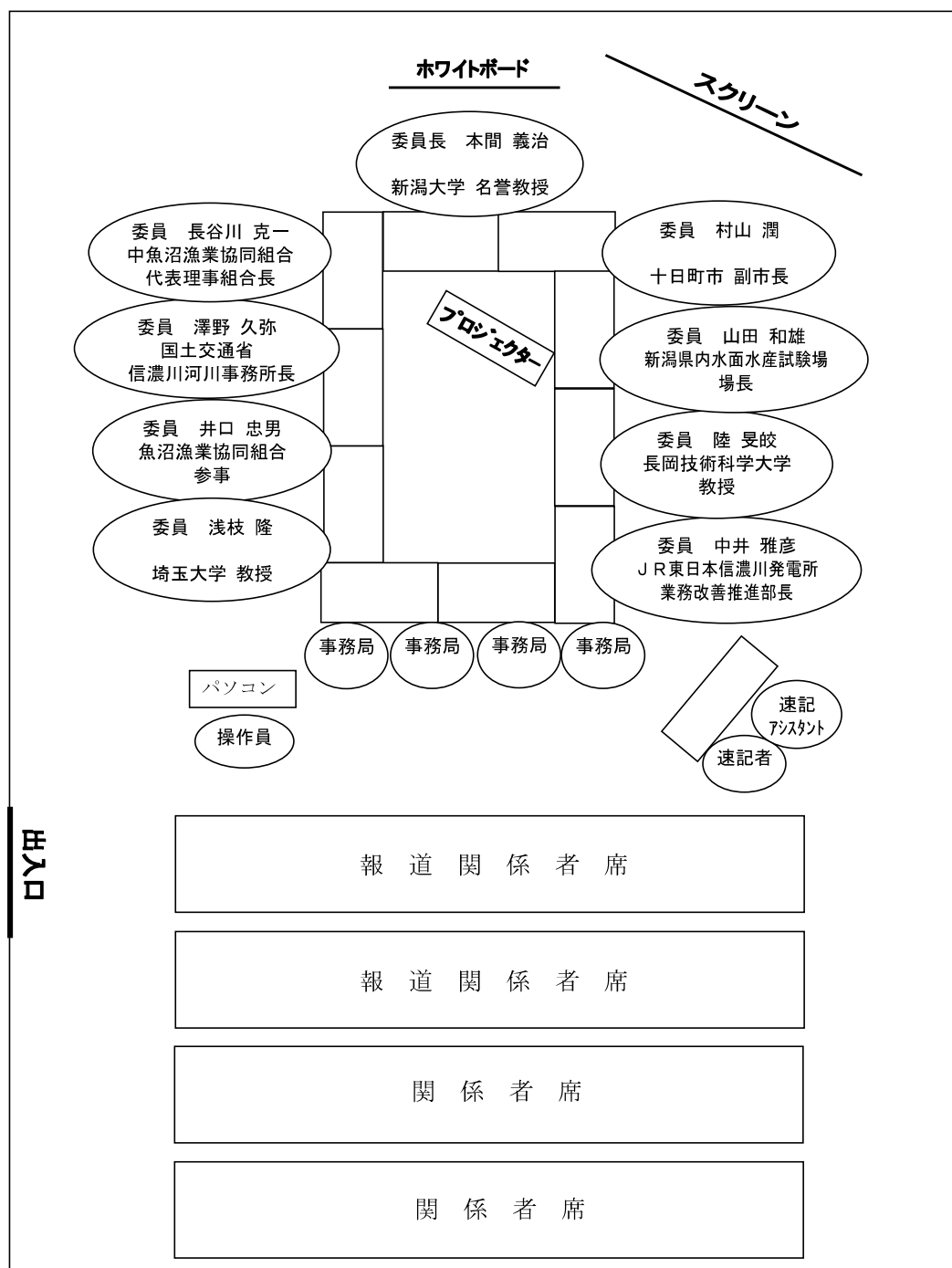
信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会

第3回委員会

日時：平成22年1月21日(木) 14:00～16:00

場所：ホテルニューオータニ長岡

座席表（五十音順）

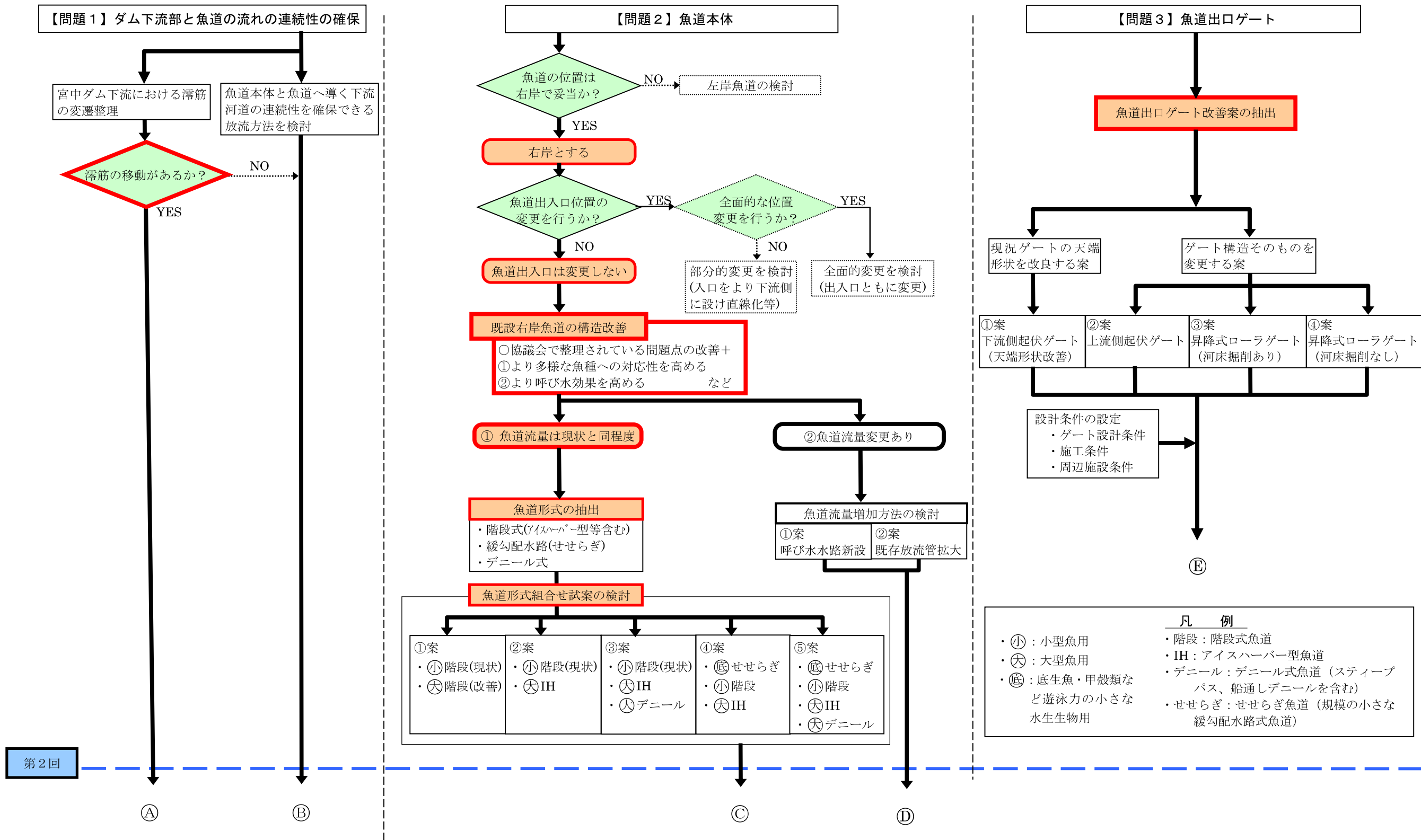


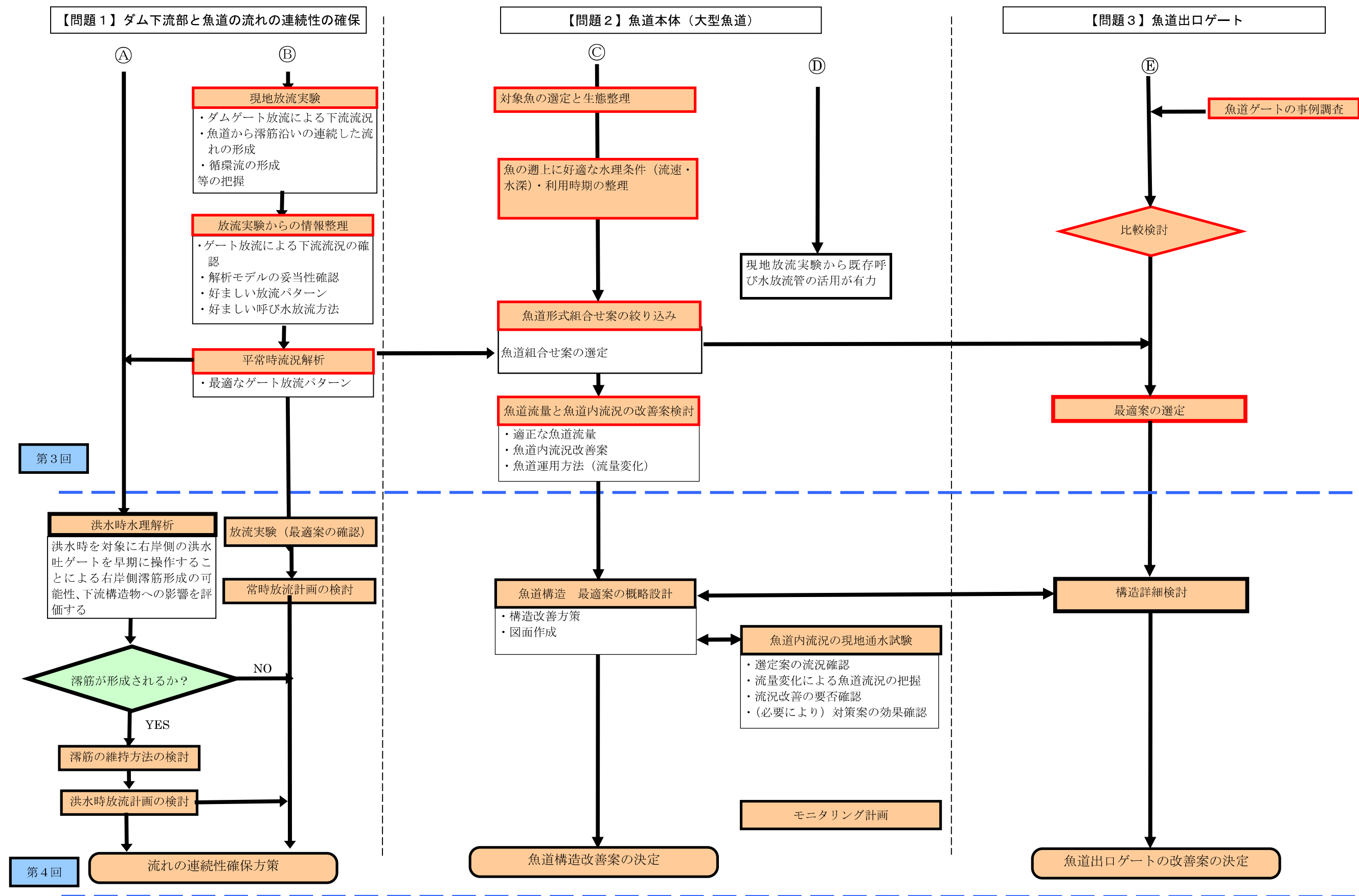
信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会（第2回）における解決すべき問題点とその対応

項目	議事要旨（発言要旨）	事務局の対応（案）	備考
【問題1】 ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保	<u>(1) 平常時の遡上環境改善の効果確認</u>		
	中井委員）滞筋が右岸側に寄りすぎると、逆に魚が魚道に近づけなくなるという可能性はないか。 事務局）サケの遡上期に10番ゲートから放流しているが、見た感じでは流れが強くて遡上を阻害しているようにも見える。 平常時の水理解析により、現在の滞筋が左岸に維持されるケースについても実施します。	【資料4 §1で説明・審議】 ○ H21.12.22、H22.1.4・5に放流ゲートの組合せ及び魚道・呼び水流量を変えた現地放流実験を実施しました。ダム下流および魚道入り口付近の流況を観察し、好ましいと考えられる放流パターンを考察し、平常時の水理解析を実施しました。 ○ <u>魚の遡上や水理的な知見、河川管理の観点など広い視点から放流方法についてご指導・ご助言を頂戴したいと存じます。</u>	
	<u>(2) 洪水時の水理解析</u>		
	浅枝委員）出水期前に、右岸側にあらかじめクリークを掘削しておくことで、滞筋を短期間に形成できるかを流況解析で確認できないか。 本間委員長）右岸側を機械力によって人工的に掘って滞筋を誘導する試みはどうか？ 事務局）洪水時流況解析により河床変動をシミュレーションし、そこで得られた結果から機械力による人工掘削等の対策の要否について検討していきたい。	○ 洪水時の水理解析（流況、河床変動）において、ご指摘のとおり人工的に掘ったケースについても解析検討し、 <u>次の第4回委員会で報告</u> をさせていただきます。	
	<u>(3) 安全確保とモニタリング</u>		
	陸委員）滞筋を変えた後のダム直下流部の既設構造物に対する（宮中橋、堤防等）安全確保をどうするか、モニタリング体制について考えていく必要がある。 澤野委員）安全に抵触しないよう、流況解析で堤防等構造物への影響がないかを確認するとともに、モニタリング計画を策定し、モニタリングを行っていく必要がある。 浅枝委員）右岸側に滞筋が移動したときに魚道の足元が洗掘されて支持力が低下し、魚道自体が沈下するなどの変状をきたすことが懸念されるのではないか。	○ 洪水時の水理解析（河床変動、流況等）の結果を踏まえて、宮中橋橋脚周りの洗掘、護岸前面の洗掘・侵食および魚道擁壁前面の洗掘に対する安全性を評価し、 <u>次の第4回委員会で報告</u> します	
【問題2】 魚道本体	<u>(1) 魚道の対象魚と生活形態</u>		
	長谷川委員）魚道の対象魚は、宮中ダム周辺に生息する魚種、漁業権魚種を含めるべきである。 本間委員長）当該水域固有の魚の生活形態を整理しておくことが望ましい。	【資料4 §2.1で説明・審議】 ○ 既存調査結果の整理及びヒアリングを行い、魚道検討対象魚種（16種）を選定し、検討対象魚の遡上降下・産卵時期等の生態を整理しましたので <u>ご確認いただきたい</u> と存じます。	
	<u>(2) 魚道の構造形式・改善方針</u>		
	澤野委員）代替案の設定と棄却の考え方を明確に整理しておく必要がある。 澤野委員）魚の遡上にとって望ましい条件を明らかにしておく必要がある。 本間委員長）事例収集を行う必要がある。	【資料4 §2.2～2.3で説明・審議】 ○ 再整理いたしましたので、改めてご審議願います。	
	浅枝委員・陸委員）大きな石や大きな倒木・流木によって、隠れ家や死水域（土砂がたまる場所）を形成することが望ましい。 本間委員長）メンテナンスに難点があるため、望ましくないと考える。隠れ家や休憩場所を与えるためには、アイスハーバー型の採用を考えればよいのではないか。 澤野委員）流路に流木、倒木等を投入して留置するという方法については、安全性の検	○メンテナンス面から流木等の投入等を行わないものとします。	

項目	議事要旨（発言要旨）	事務局の対応（案）	備考
	討が必要である。		
	<u>(3)適切な魚道流量</u>		
	長谷川委員）現在の魚道の最適な流量は把握しておく必要があるのではないか。 澤野委員）魚が上る条件を明らかにし、それに対してどのように考えて変更案や個別の対応策を比較したのかをメリット・デメリットが分かるように整理しておく必要がある。そのときに魚道からの流量、ゲートからの流量によって出入り口の流況がどうなるのかが必要。	【資料４　§ 2. 4 ～ 2. 5 で説明・審議】 ○ 期別・魚種別に魚道水理設計条件を整理しました。 ○ 設定した水理条件をもとに魚の遊泳力から適切と考えられる魚道流量（流速）を検討いたしました。 ○ 今回検討した水理設計条件は、現魚道と比較すると、秋期を除き魚道流量を低減させ、より多様な魚種へ対応するものと考えます。 ○ 魚道流量は、魚道出口ゲートによって変化させ、それと連動する形で呼び水放流管の流量調節を行うことによって、魚道流量＋呼び水流量は常に一定とする方法が考えられます。 ○ ご審議のほど願います。	
	本間委員長）多様な魚種への対応を可能とするために、季別に魚道流量を変えることが望ましい。 浅枝委員）多様な生物に対応するため、魚道流量を日単位、できれば数時間単位ごとで変えることが望ましい。 事務局）維持流量分を常に放流するという考え方をとると、現状の施設では、ダムゲート操作が必要になり、難しい。 事務局）変動させる量が小さければ、維持流量以上に放流するという選択肢もありうる。 陸委員）ダムゲートとは分離して、魚道取水後の余水路を考えれば、オペレーション可能と思われる。余水路を呼び水に使用する方法、あるいは、余水が魚の遡上に悪影響を与えるものであれば別の水路で捨てる方法が考えられる。		
	本間委員長・浅枝委員）実験を行って魚に望ましい流量を確認する必要がある。 澤野委員）流況の整理だけではなく、これまでに把握されている魚の遡上状況を考慮した検討を行うべき。やって見なければわからないことがある場合は、モニタリングしながら改善を図っていくという視点（アダプティブ・マネジメント）も必要である。	○ 魚の遡上状況調査の施行について今後検討し、把握に努めてまいります。 また魚道構造改善後においても試行錯誤を繰り返しながら改善を図ってまいります。	
【問題３】 魚道ゲート	<u>(1)魚道出口ゲートの形状</u>		
	浅枝委員）ゲート上端に傾斜をつけたり切欠を設けるなどの、径間方向に越流水深を変えることによって、流速に多様性を持たせることも考えられる。	【資料４　§ 3】 ○ 鋼製ゲートであるため比較的自由的な形状で製作可能ですが、ゲートに偏荷重が作用する等の課題もあること、魚道の遡上に対する効果の面では、下流側の魚道隔壁の天端形状の方が支配的であることから一般的な形状を基本とします。	
その他	<u>(1)その他</u>		
	陸委員）親水性ということも視野にいれてはどうか？	○ 当初からの課題の検討を当面進めます。親水性についても別途検討してまいります。	

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会（第3回）概要について





信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会
第 3 回 委員会資料

目 次

1. ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保	1
1.1 平常時の遡上環境改善の効果検討	1
1.2 洪水時の河床状況の推定	15
2. 魚道本体の改善検討	17
2.1 関係水域の魚類相と主要魚種の生態	17
2.2 魚道の設計条件	25
2.3 魚道形式の二次選定	26
2.4 魚道流量と魚道内流況の改善案の検討	31
2.5 魚道の運用方法（流量変化）の検討	35
2.6 とりまとめ	38
3. 魚道出口ゲートの改善検討	39
3.1 改善 4 案の比較検討	39
3.2 選定案の一般図	41
4. 参考資料	42
4.1 主要魚種の大きさ	42
4.2 昇降式魚道ゲートの実績紹介	45

平成 22 年 1 月 21 日

東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善事務所

1. ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保

1.1 平常時の遡上環境改善の効果検討

平常時の遡上環境改善を目指し、呼び水およびゲート放流による流れの連続性確保方策（下流河道とダム直下のいずれも満足する環境）について検討する。

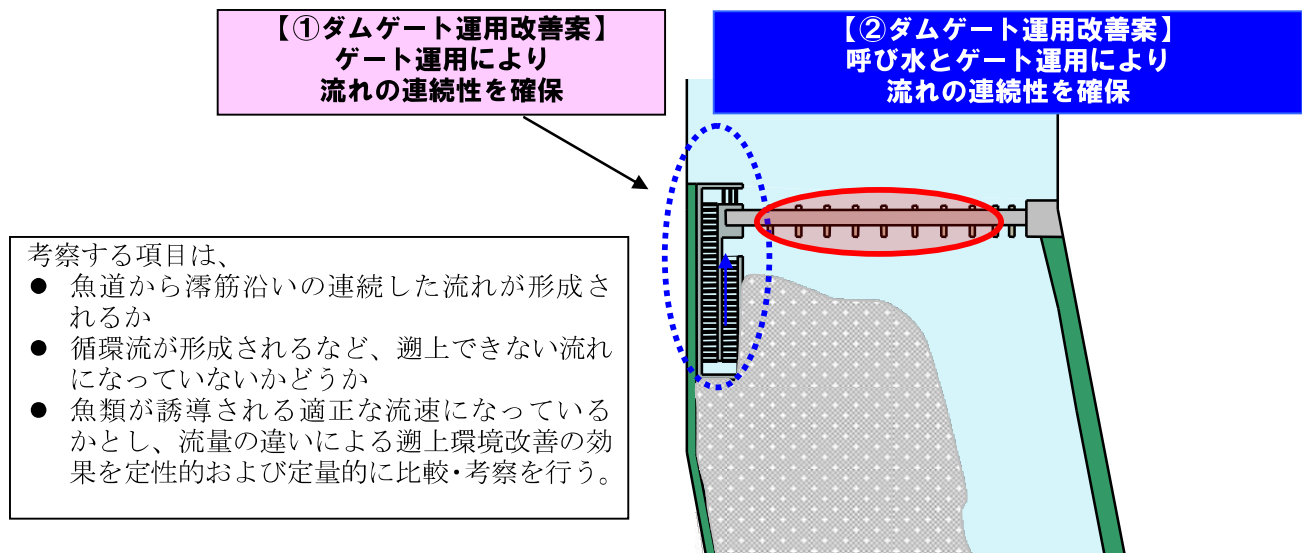


図 1.1.1 流れの連続性確保方策試案

1.1.1 平常時放流方法試案

宮中ダムにおけるゲートと呼び水を併用した平常時放流方法案について、1)移動経路遮断の回避、2)循環流発生抑制、3)高流速域、泡発生範囲への配慮の3点から、図 1.1.2 に示すゲートと呼び水を併用した平常時放流方法を試案とした。

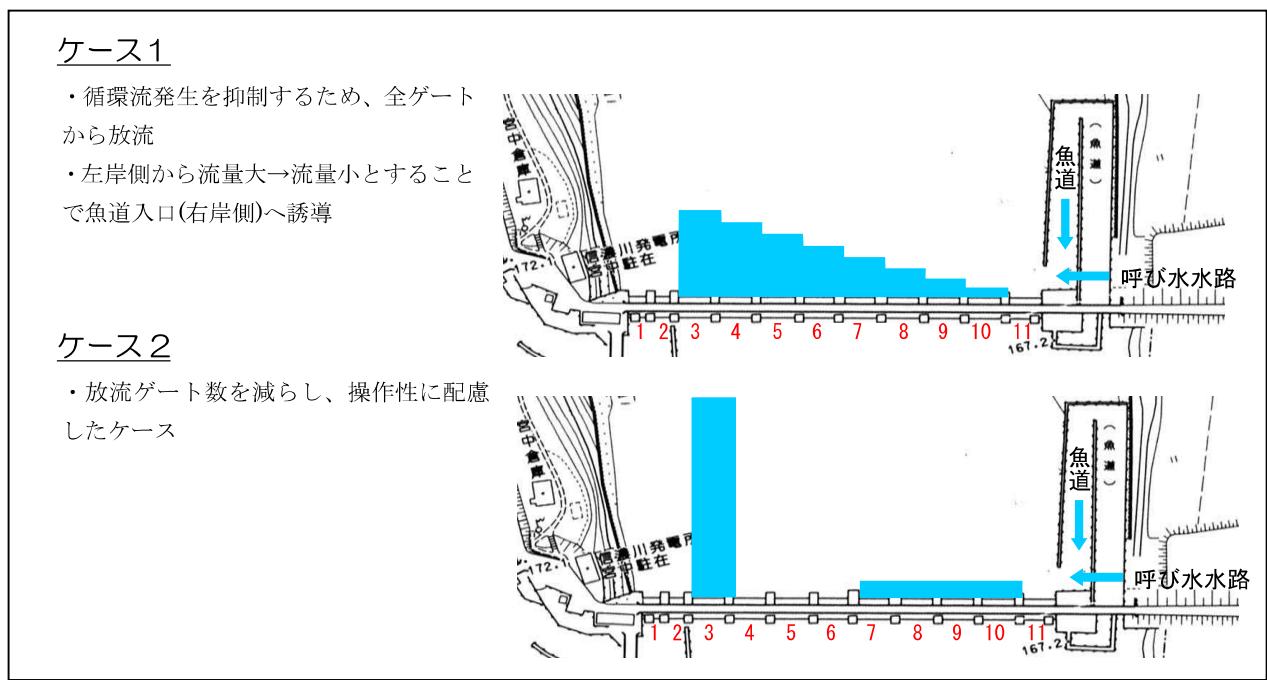


図 1.1.2 ゲート+呼び水放流時の放流方法試案

1.1.2 現地放流実験

1.1.1 に示された試案について、放流方法の妥当性を現地実験によって確認することとした。また、併せて後述する流況解析の検証データの取得を行った。

調査日程：平成 21 年 12 月 22 日、平成 22 年 1 月 4 日～5 日

調査項目：流向、循環流発生状況、死水域、泡発生範囲、流速

放流ケース：

ゲート放流ケースは、図 1.1.2 に示す 2 ケースである。また、魚道と呼び水流量を変化させて、呼び水の位置、方向、流量の妥当性について確認を行った。

表 1.1-1 放流実験ケース一覧

本川ゲート放流ケース		魚道+呼び水(m³/s)	放流量(m³/s)	実施日
現状(操作規程放流)	・中央3門からの放流	魚道4+呼び水4.7	181.57～182.45	平成22年1月4日
ケース2	・循環流発生を抑制するため、全ゲートから放流 ・左岸側から流量大→流量小とすることで魚道入口(右岸側)へ誘導	2-1(魚道4+呼び水4.7)	191.47～205.10	平成21年12月22日
		2-2(魚道4+呼び水0)		
		2-3(魚道0+呼び水4.7)		
		2-4(魚道0+呼び水0)		
ケース3	・放流ゲート数を減らし、操作性に配慮したケース ・呼び水効果向上のため、右岸側の隣接するゲートから放流を行う	3-1(魚道4+呼び水4.7)	170.70～173.91	平成22年1月5日
		3-2(魚道4+呼び水7.5【想定】)		
		3-3(魚道4+呼び水0)		

(1) 実験結果の概要

1) 現状（操作規程放流）

【全体の流況】

- ゲート放流による強い流れにより、左右岸側に循環流が形成される。
- 8番ゲートの右側と左側で直進する流れと魚道方向への循環流とに分かれる。
- 放流口からの流れが放射状に広がり、魚が忌避行動を取るとされる白濁した泡の発生範囲が広範囲に及んでいる。
- 流速が 1～3m/s 程度と速く、遊泳力の弱い魚が魚道入り口まで到達するのは極めて困難であると考えられる。

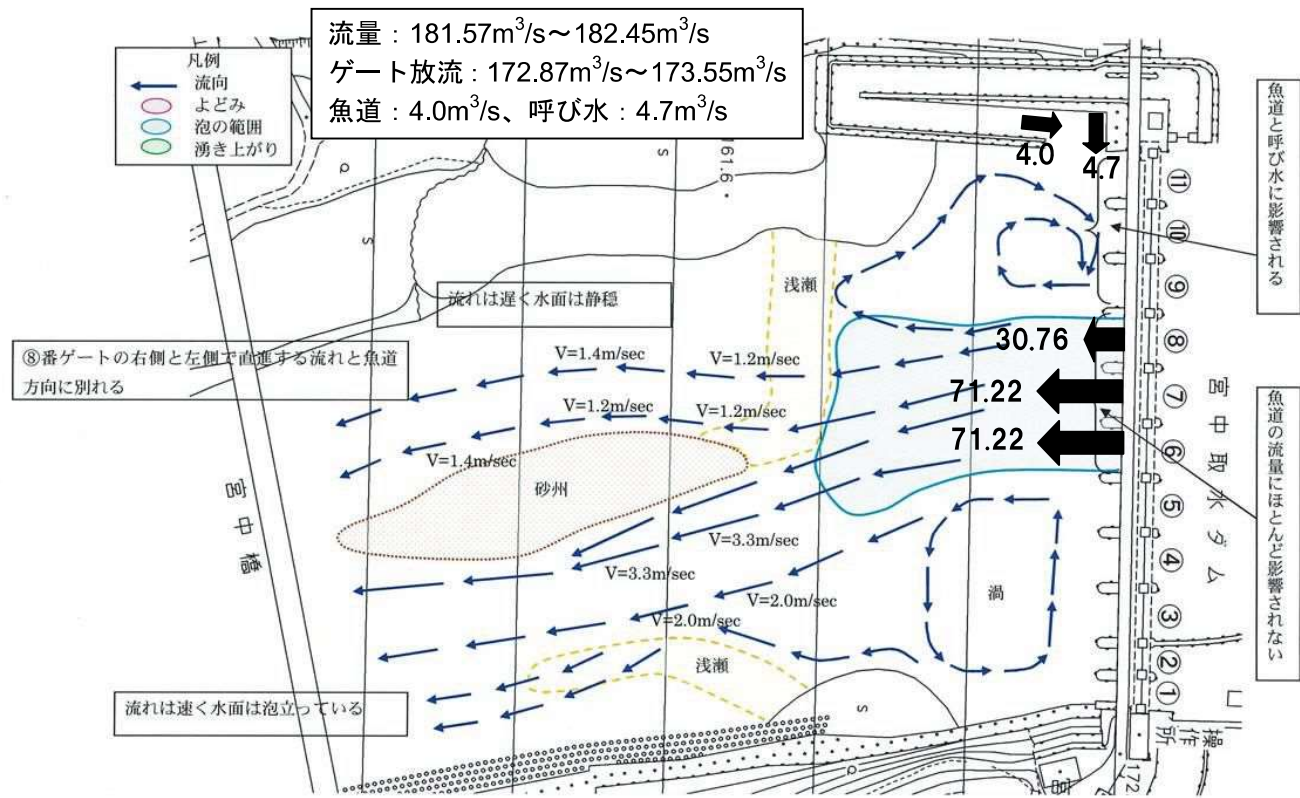


図 1.1.3 全体流況図（操作規程放流）※ゲート放流量は実験時間内平均値（単位：m³/s）



写真 1.1.1 宮中橋から宮中ダムを望む(操作規程放流)



写真 1.1.2 管理橋右岸側から見た放流状況(操作規程放流)

【魚道付近の流況】

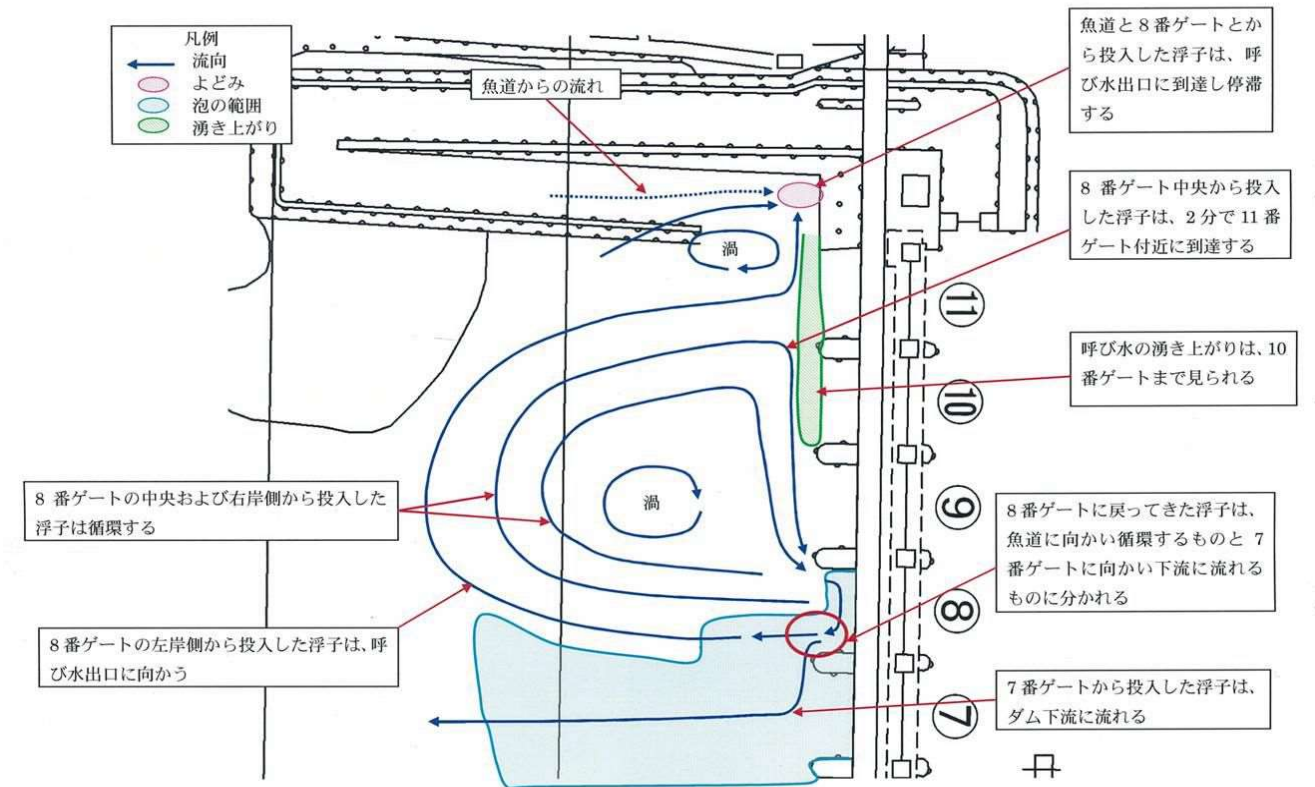


図 1.1.4 魚道付近流況図（操作規程放流）



写真 1.1.3 魚道入り口付近の状況（操作規程放流：魚道 4m³/s、呼び水 4.7m³/s）

2) ケース 1（左岸側から流量大→流量小としたケース、呼び水流量、位置の比較）

【全体の流況】

- ・ 6 番ゲートから右岸側の流れは淀みができ、その後宮中橋の上流側に形成されている砂州の右岸側を主に流れるが、流速は 0.4m/s 程度と小さい。
- ・ 8 番ゲートの右側と左側で直進する流れと魚道方向の流れに分かれる。
- ・ 全体の流況は、放流量が大きい左岸側では、流れが速く水面は泡立っているが、右岸側は放流量が少ないため、ゲート前面の白濁した泡の範囲は抑えられている。

⇒操作規程放流と比較すると、魚が忌避行動を取られる左右に拡がる循環流、白濁した泡の発生範囲が抑制されている。

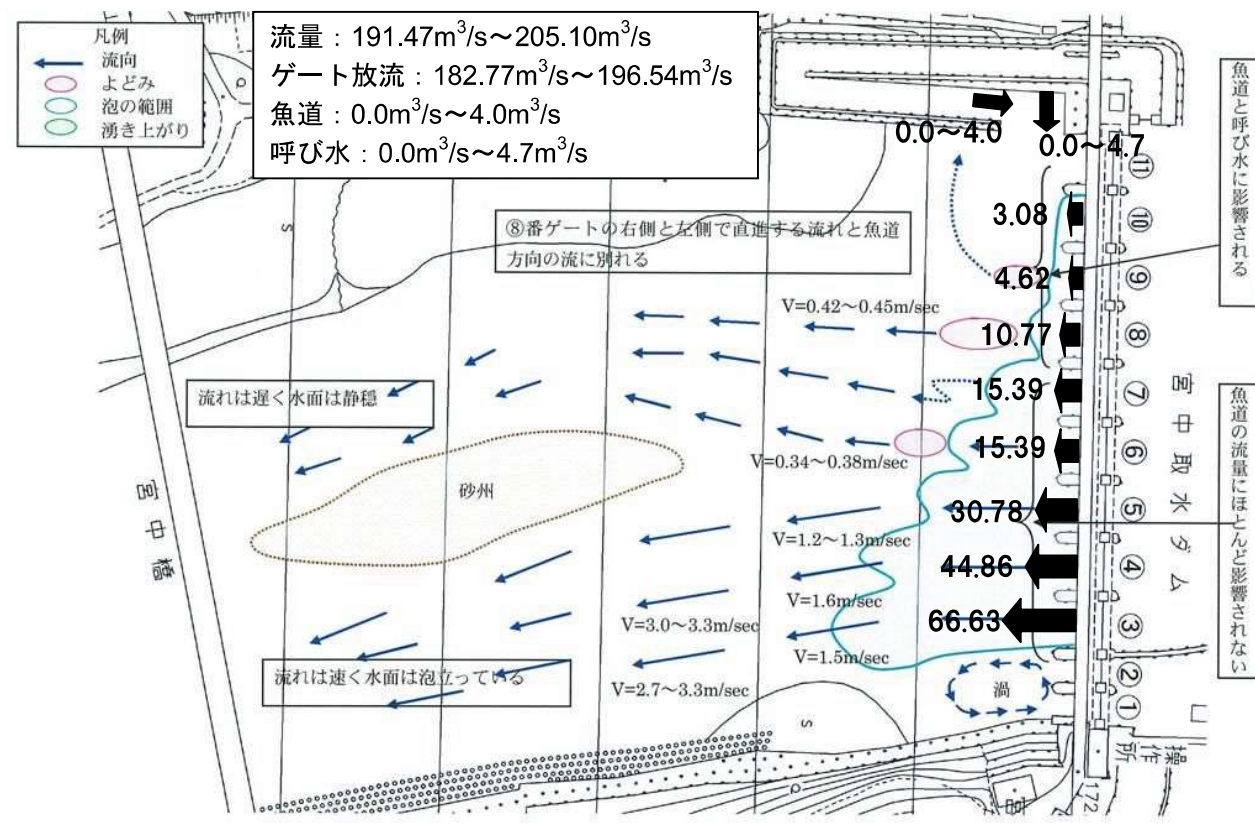


図 1.1.5 全体流況図（ケース 1）※ゲート放流量は実験時間内平均値（単位： m^3/s ）



写真 1.1.4 宮中橋から宮中ダムを望む（ケース 1）



写真 1.1.5 管理橋右岸側から見た放流状況（ケース 1）



写真 1.1.6 管理橋左岸側から見た放流状況（ケース 1）



写真 1.1.7 6 番ゲートから見た放流状況（ケース 1）

【呼び水効果の比較】

- ・ ケース 1-1（呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）と ケース 1-2（呼び水 $0\text{m}^3/\text{s}$ ）を比較すると、いずれのケースも循環流が生じるものの、呼び水があるほうが流動が大きくなっている。
- ・ ケース 1-2（呼び水 $0\text{m}^3/\text{s}$ ）では、魚道からの流れのみとなり、流れが弱く 11 番ゲート付近で滞留する。

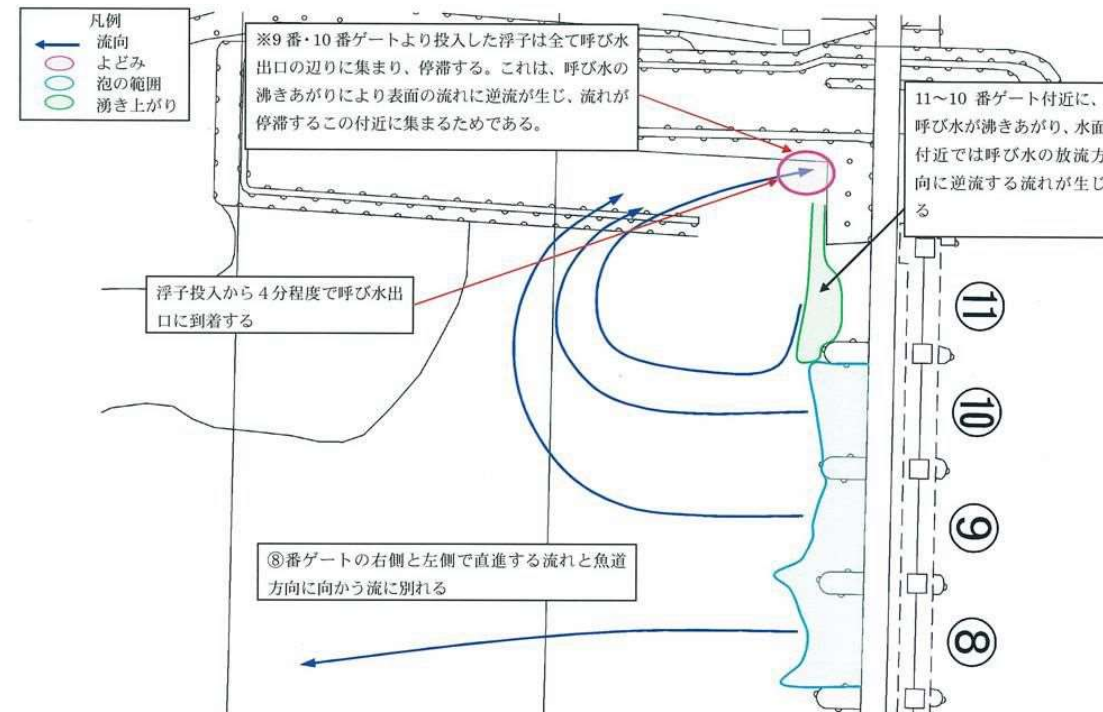


図 1.1.6 魚道付近流況図（ケース 1-1：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）

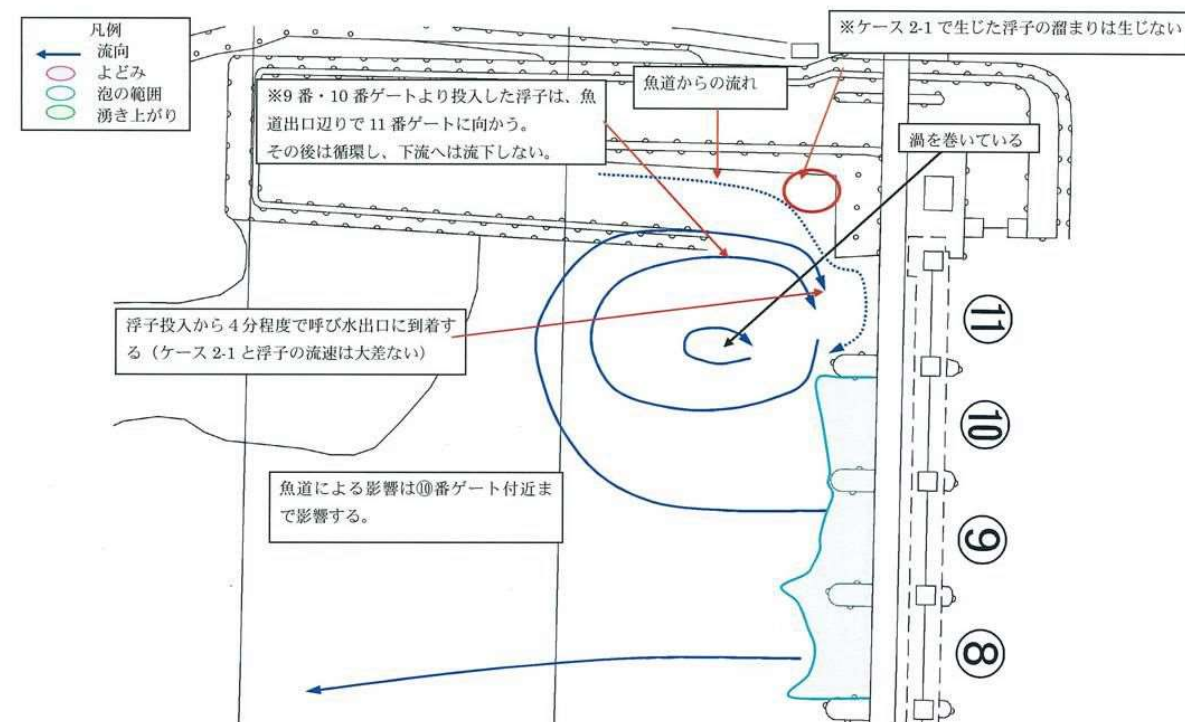


図 1.1.7 魚道付近流況図（ケース 1-2：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $0\text{m}^3/\text{s}$ ）

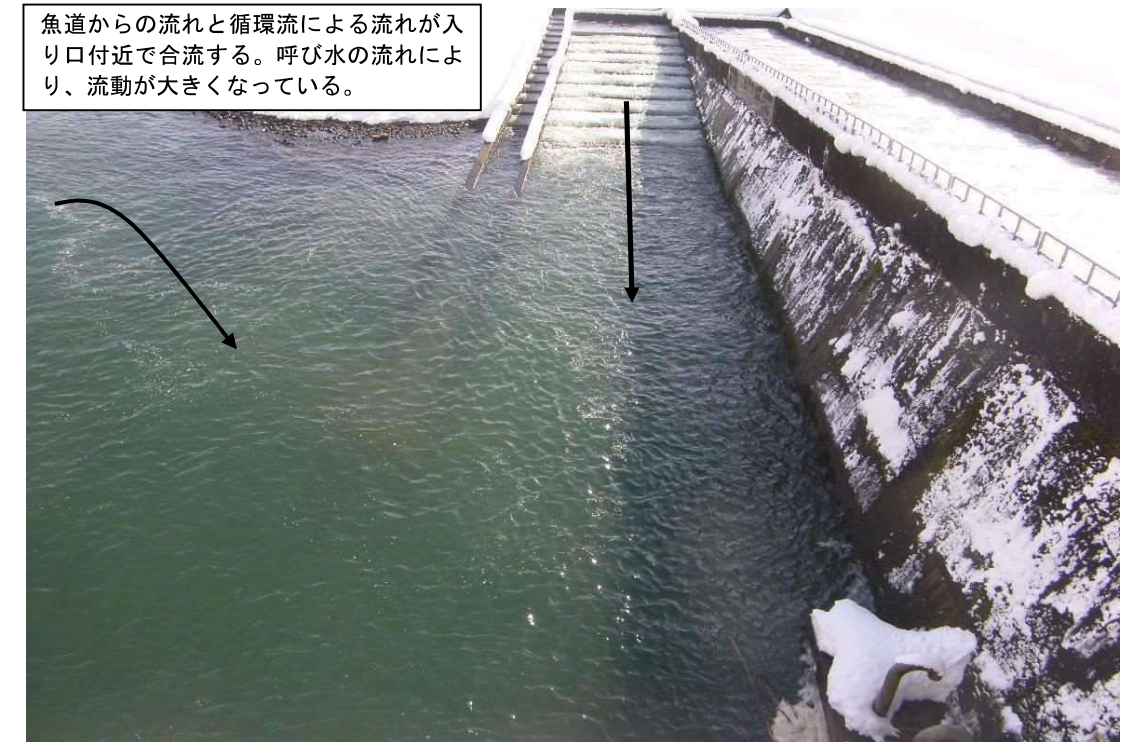


写真 1.1.8 魚道入り口付近の状況（ケース 1-1：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）



写真 1.1.9 魚道入り口付近の状況（ケース 1-2：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $0\text{m}^3/\text{s}$ ）

- ・ケース 1-2（魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $0\text{m}^3/\text{s}$ ）とケース 1-3（魚道 $0\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）の場合を比較すると、魚道からの流れは上流側に向けて流下してくるので、呼び水がないケース 1-2 では滞留してしまう結果となった。

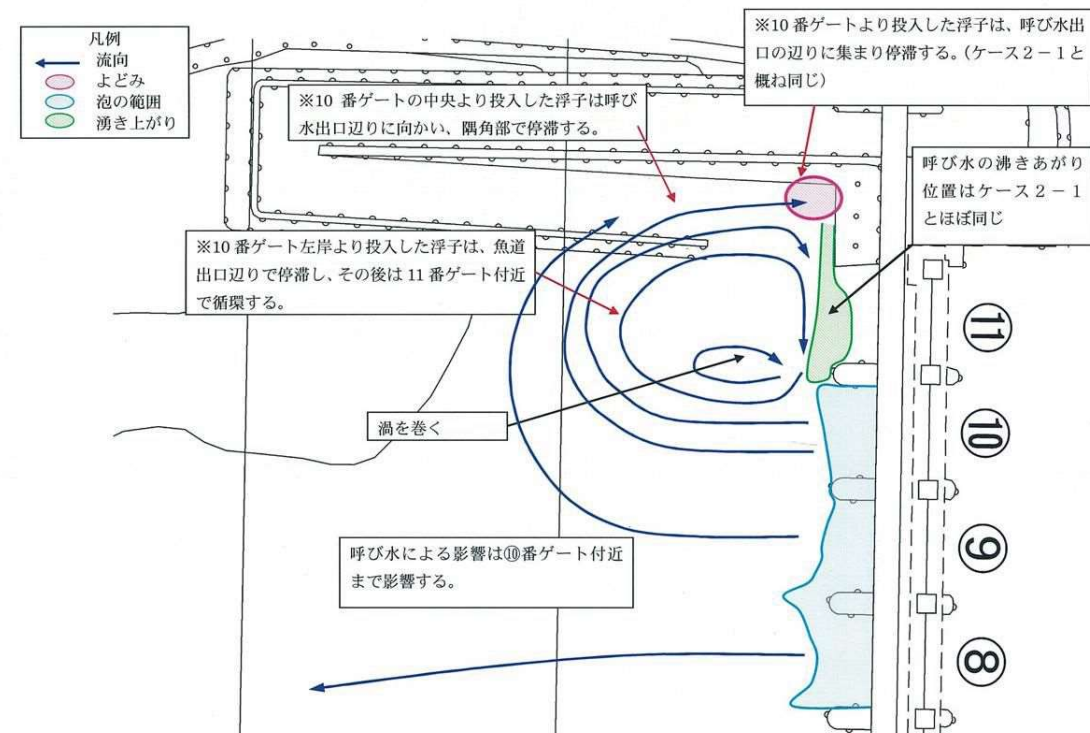


図 1.1.8 魚道付近流況図（ケース 1-3：魚道 $0\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）



写真 1.1.10 魚道入り口付近の状況（ケース 1-3：魚道 $0\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ ）

3) ケース 2 (左岸 3 番ゲート放流量を大きく、7 番ゲート～10 番ゲートを流量大→小としたケース)

【全体の流況】

- ・ 3 番ゲートからの放流が大きいため、砂州に当たり、大きな循環流が右岸側に形成される。その結果、7 番ゲートからの流れは左岸の方向に向かう。
- ・ 8 番ゲートの右側と左側で直進する流れと魚道方向の流れに分かれる。
- ・ 全体の流況は、放流量が大きい左岸側では、流れが速く水面は泡立っている。

⇒操作規程放流と比較すると、左右に拡がる循環流が抑制されるが、3 番ゲートからの放流により右岸側に大きな循環流が形成される。また、魚が忌避行動を取るとされる白濁した泡の発生範囲は大きな放流を行う左岸側で見られるが、右岸側は放流量が小さいため抑制されている。

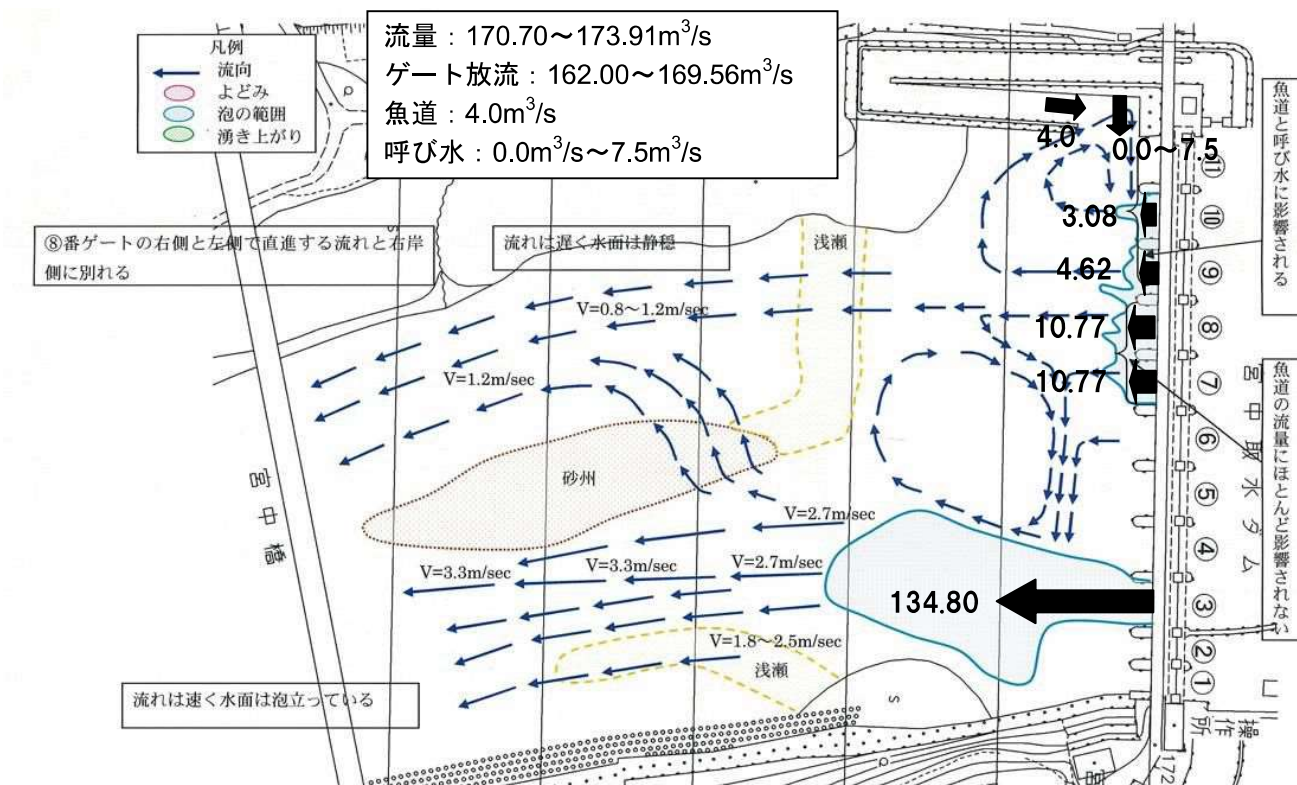


図 1.1.9 全体流況図 (ケース 2) ※ゲート放流量は実験時間内平均値 (単位: m^3/s)



写真 1.1.11 宮中橋から宮中ダムを望む (ケース 2)



写真 1.1.12 管理橋右岸側から見た放流状況 (ケース 2)



写真 1.1.13 管理橋左岸側から見た放流状況 (ケース 2)



写真 1.1.14 6 番ゲートから見た放流状況 (ケース 2)

【呼び水効果の比較：最大 $7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定) 放流を実施】

- ・ $4.7\text{m}^3/\text{s}$ 放流と $7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定) 放流の場合、呼び水管からの放流が $4.7\text{m}^3/\text{s}$ で 10 番ゲートまで到達し、 $7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定) では 10 番ゲート中ほどまで到達している。

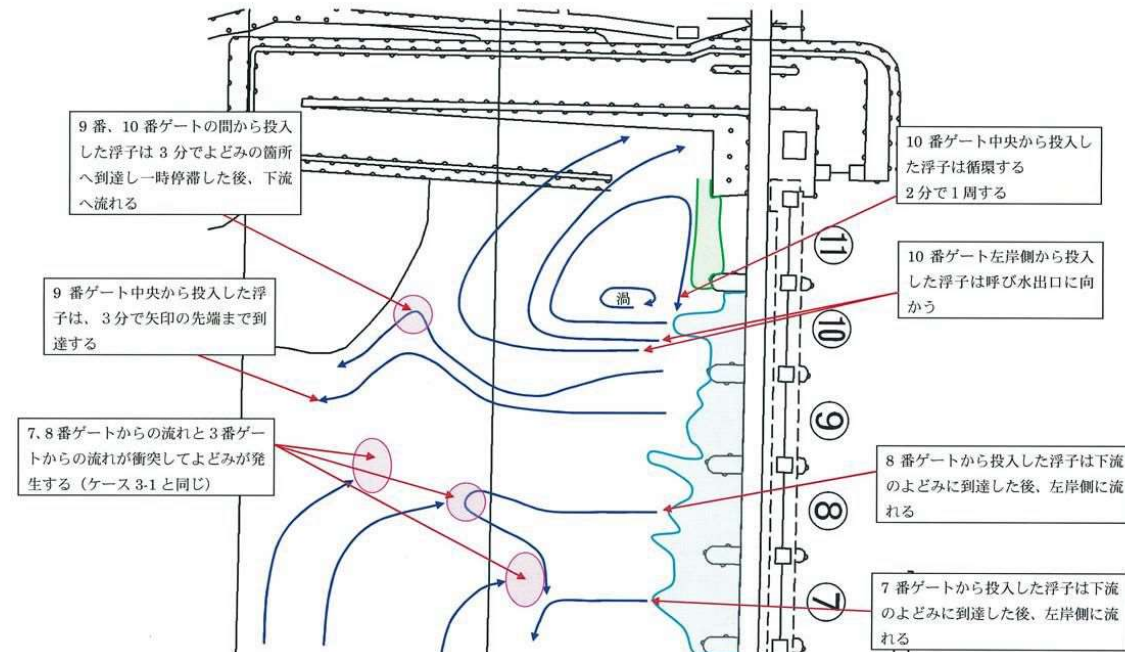


図 1.1.10 魚道付近流況図 (ケース 2-1：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$)

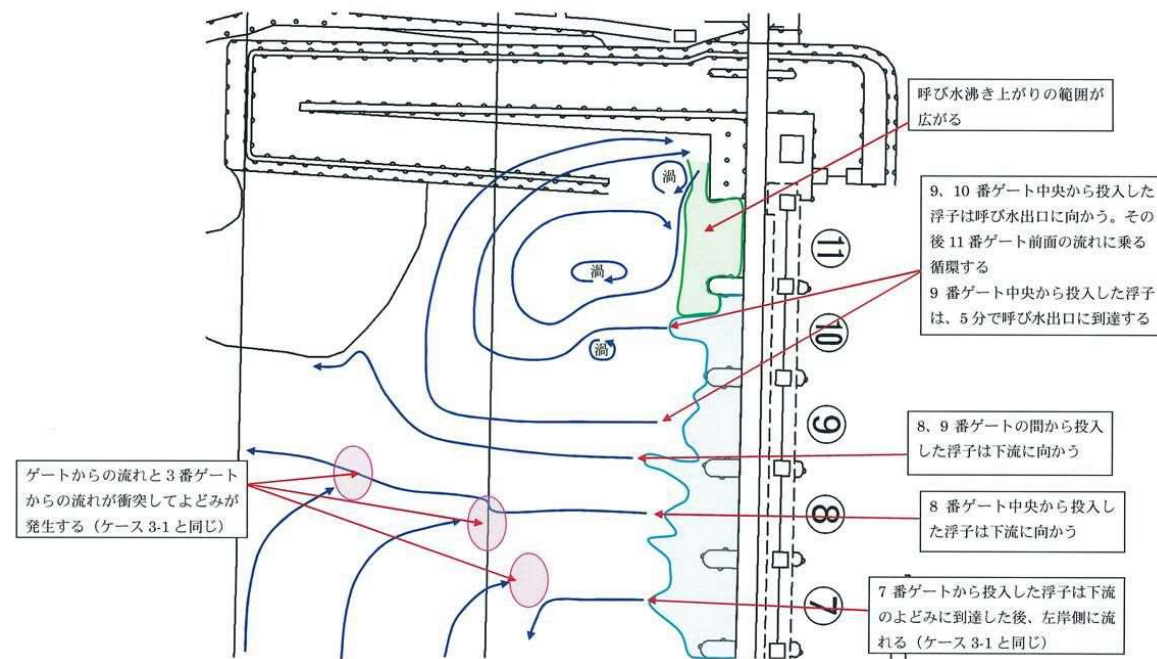
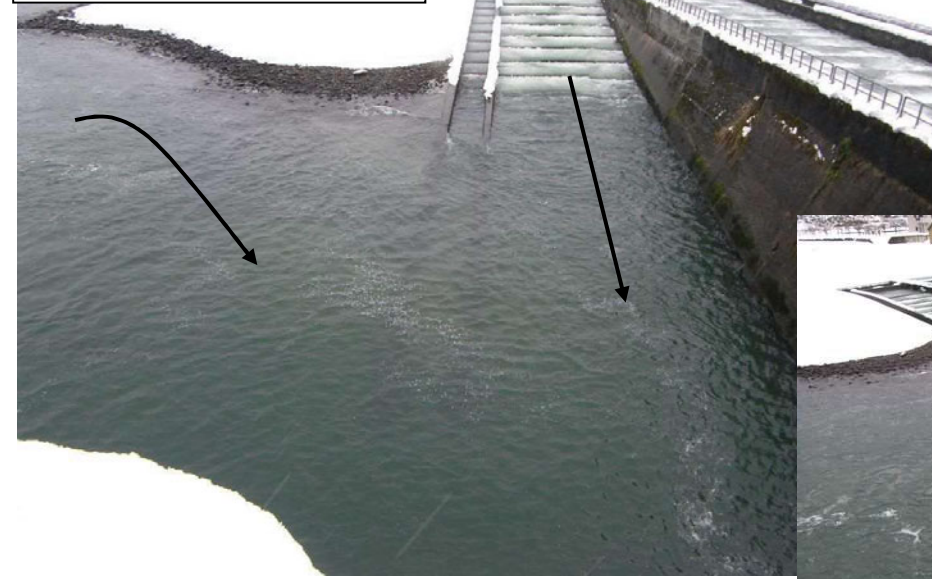


図 1.1.11 魚道付近流況図 (ケース 2-2：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定))

魚道からの流れと循環流による流れが入り口付近で合流する。



呼び水放流の状況 ($4.7\text{m}^3/\text{s}$)



写真 1.1.15 魚道入り口の状況 (ケース 2-1：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $4.7\text{m}^3/\text{s}$)

呼び水流量が大きくなることで水面が波立ち、流動が大きくなっていることが分かる。



呼び水放流の状況 ($7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定))



写真 1.1.16 魚道入り口の状況 (ケース 2-2：魚道 $4\text{m}^3/\text{s}$ 、呼び水 $7.5\text{m}^3/\text{s}$ (想定))

(2) 実験結果のまとめ

1) ゲート放流パターンと流況

○地形による魚道入り口付近の循環流の発生

- ・ いずれのケースも魚道入り口付近で循環流が発生する。
- ・ これは、7 番ゲート～10 番ゲートからの放流が、下流の中洲や浅瀬及び魚道横に堆積する砂洲の存在により流下することができず、魚道側に流れ込む流れになるためである。
- ・ この循環流の解消・抑制が流れの連続性確保のポイントの一つであり、ケース 1 の逆の発想で右岸側ゲートほど流量を増やして流れの直進性も高める放流パターンが有効ではないかと推測される。(1.1.4 望ましい放流パターン(案)の検討 ケース 3)

○放流パターンによる循環流の発生

- ・ ケース 2 では、7 番ゲート～8 番ゲートの左岸側でも循環流が発生する。
- ・ これは 3 番ゲートからの強い流れが中洲にあたり右岸側に廻りこみ、7 番ゲートからの放流が行き場を失い左岸側に流れこむために生じざるものである。
- ・ この循環流の発生はゲート直下の流れを複雑化させることにつながると考えられ、不連続なゲート放流は好ましくないと考えられる。
- ・ しかしながら、右岸側に魚にとって好ましいと考えられる流量を放流して遡上経路を確保し、それ以上の余剰分は現況の滞筋である左岸側から放流するというパターンも可能性として十分考えられる。(左岸側は魚が嫌う大量の泡を発生させ、かつ強い流れとし、遡上魚の忌避行動により、魚道のある右岸側に誘導する)(1.1.4 望ましい放流パターン(案)の検討 ケース 5)

2) 呼び水と魚道流量

○呼び水管流量は現在の運用流量である 4.7m³/s 程度で効果が期待できる

- ・ 呼び水管からの放流が 4.7m³/s で 10 番ゲートまで到達し、7.5m³/s (想定) では 10 番ゲート中ほどまで到達しており、呼び水管からの流れを 10 番ゲートからの放流に接続させることで魚道入り口とゲート下流の流れの連続性を確保できると思われる。
- ・ ただし 10 番ゲートからの放流が必要であり、大流量の放流は泡を発生させる流れとなるので、適切な水量を検討する必要がある。

○現在の呼び水管の活用が効率的である

- ・ 魚道からの流れは階段式であるため、減勢しながら流下してくるので、呼び水管からの放流がなければ下流の流れと連続しなくなる。また、上流に向かう流れであるため、魚道流量を増やすと呼び水管の流れに干渉し、呼び水効果の低下につながることが予測される。(ケース 1・2、1・3)
- ・ したがって、現在の呼び水管は、ゲートからの放流の流れに直接接続できるので、魚道の一部を呼び水水路として改造するよりも効率的にゲートからの放流との連続性が確保できると考えられる。

【魚道近傍ゲート(10 番ゲート)からの放流について】

- ・ 昨年秋のサケ遡上期における右岸側からのゲート放流状況写真を示す。流量は約 280m³/s であり、10 番ゲートの放流量は約 80m³/s である。
- ・ ゲート放流による高流速域および泡の発生範囲は、下流の魚道横の砂洲地点まで広がっており、魚道入り口付近の水面は大きく揺動しているように見受けられる。
- ・ したがって、魚道近傍ゲートからの放流は、あまり大きくせず、高流速域、泡の発生範囲が抑制される程度の流量に設定することが望ましいと考えられる。

(1.1.4 望ましい放流パターン(案)の検討 ケース 4)

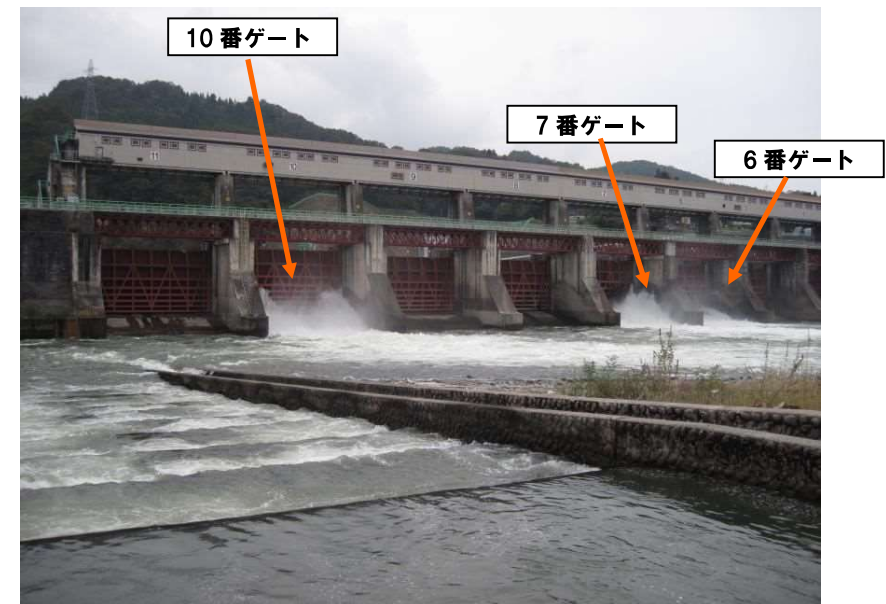


写真 1.1.17 魚道折り返し部より 10 番ゲートおよびダム下流流況を望む(平成 21 年 10 月 6 日撮影)



写真 1.1.18 管理橋より 10 番ゲートからの放流状況および魚道を望む(平成 21 年 10 月 6 日撮影)

1.1.3 流況解析の実施

(1) 対象区間

対象区間は、図 1.1.12 に示すとおりである。

下流端は、魚道と河道の流れの連続性に関する流況に影響しないよう十分な距離をとるものとし、十日町水位観測所を下流端とし、一次元不等流計算を実施した。対象流量は、現地放流実験時の流量とした。この結果、支配断面は 73.7k 付近に現れるため、下流に長い区間確保する必要性がないことから、74.0k を二次元計算の下流端として、宮中ダムまでを二次元計算の対象区間とした。

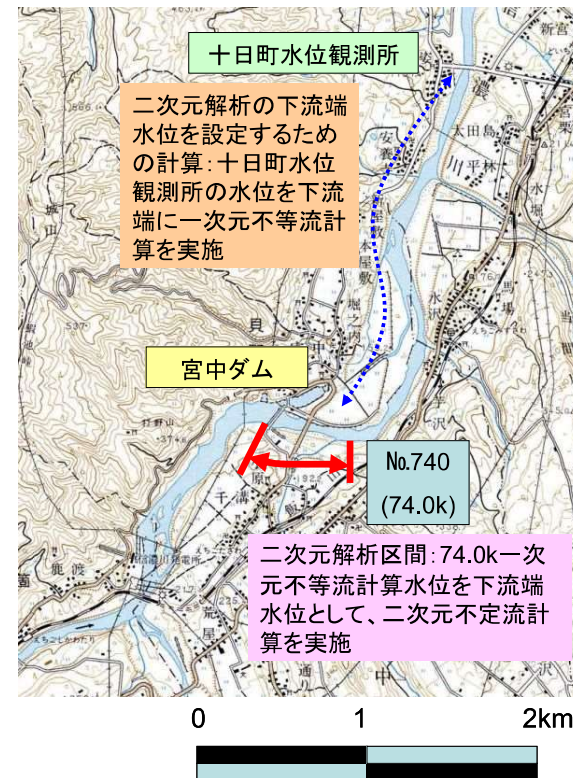


図 1.1.12 対象区間

(2) メッシュ分割

ダム下流の河道の流れの連続性の把握を目的としているため、ゲート放流および呼び水を表現できるメッシュサイズが必要となる。河道は、既往の横断測量データ（H15 測量）および LP データ、追加測量データ（H22 測量：宮中ダム～宮中橋間 6 地点）を用いて、140×61 のメッシュに分割した。（メッシュサイズ：横断方向 3.5～5.0m、縦断方向：3.0～7.0m）検討区間のメッシュ分割と地盤高コンターを図 1.1.13、図 1.1.14 に示す。

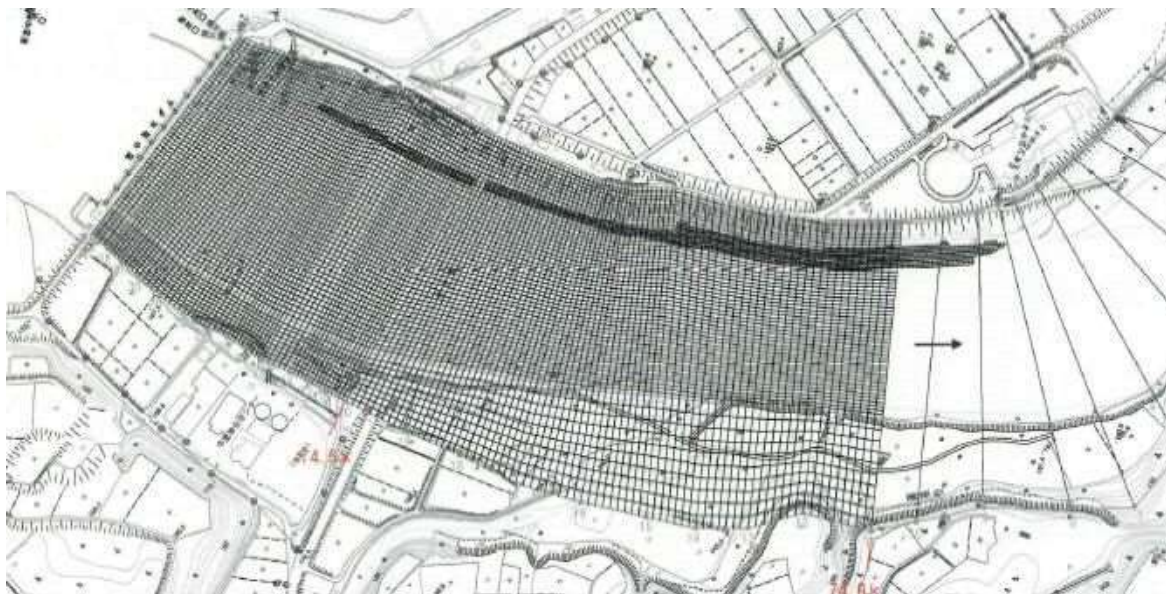


図 1.1.13 メッシュ分割図

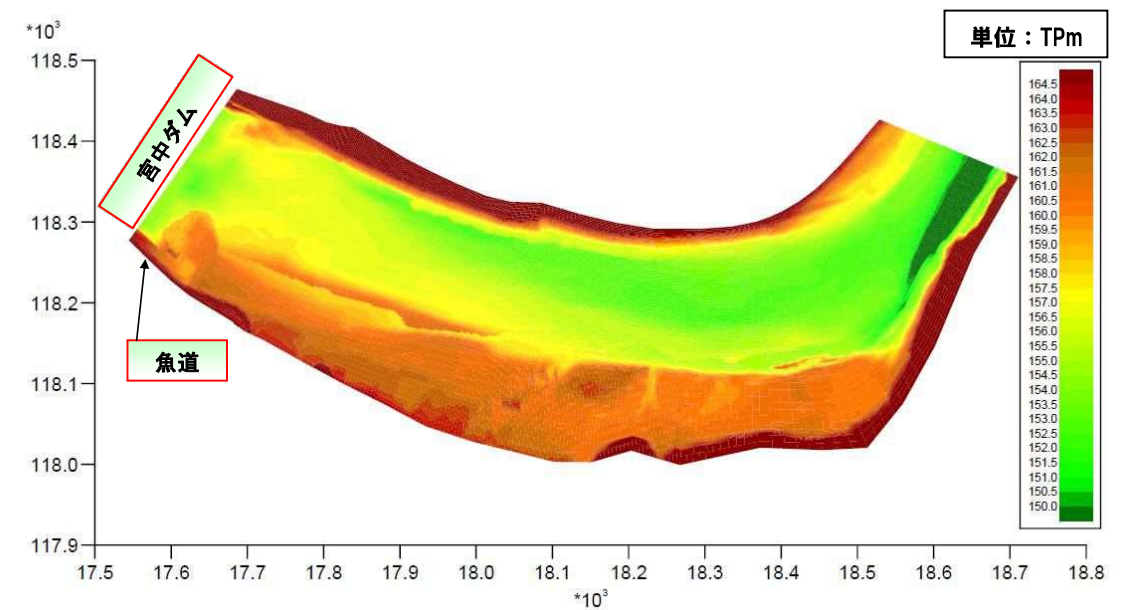


図 1.1.14 メッシュ地盤高コンター図

図 1.1.14 より、宮中ダム下流の地形は、ダム直下で河床が低く、深掘れ区間となっているが、その下流では河床が高く、瀬の状態となっており、その後、左岸側にみお筋が形成されていることがわかる。

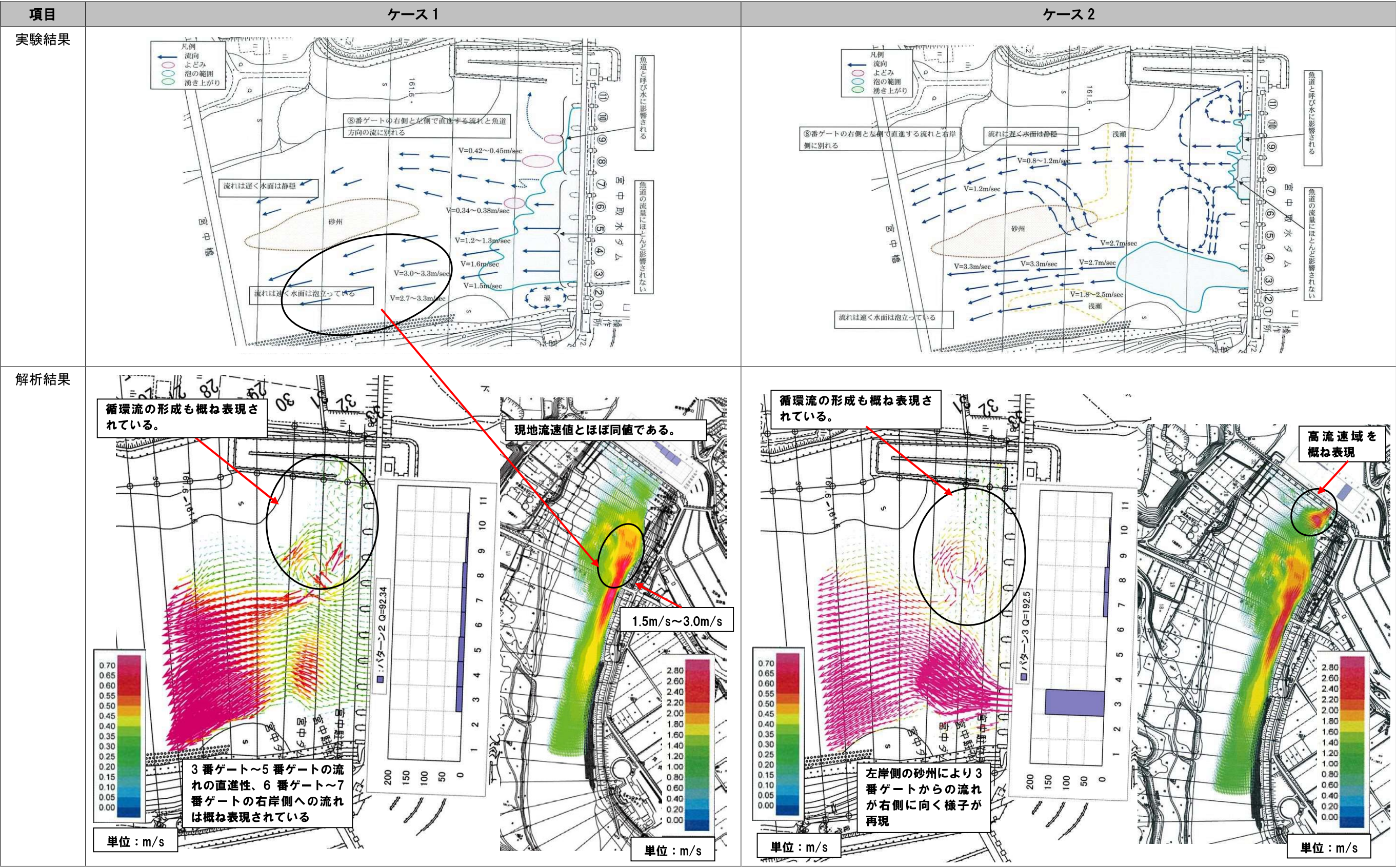
粗度係数については、 $n=0.050$ と一次設定し、後述する検証計算結果を踏まえ、必要に応じて修正することとした。

(3) 検証計算

今回実施した放流実験結果を検証データとして、構築したモデルの再現性を検証した、検証する項目は、流向、流速、循環流の位置・大きさ等とし、それぞれ定性的に比較することとした。検証ケースは実験実施ケースであるケース 1 およびケース 2 とした。表 1.1.2 に計算結果と全体流況図を比較した結果を示す。

この結果、両ケースとも流向・流速、循環流の発生状況等を概ね表現しており、モデルの再現性が検証できた。

表 1.1-2 検証計算結果（ケース 1・ケース 2）



1.1.4 望ましい放流パターン（案）の検討

検証されたモデルを用い、望ましいと考えられる放流パターンでの流況解析を行った。

(1) 放流パターン案の抽出

現地放流実験などの知見（p.8）をもとに、望ましいと考えられる放流パターン（ケース 3～5）を抽出した。

(2) 考察項目

- 移動経路遮断の回避
魚道からみお筋沿いの連続した流れが形成されるか
- 循環流発生抑制
循環流が形成されるなど、遡上できない流れになっていないかどうか
- 高流速域への配慮
魚類が移動できる適正な流速になっているかどうか

(3) 対象流量

対象流量はアユ遡上期、サケ遡上期の平均流量を踏まえ 100 m³/s、200 m³/s とした。

表 1.1-3 十日町（姿）流量観測所（国交省）のアユ・サケ遡上期の平均流量（H11-H20） 単位：m³/s

年	アユ遡上期平均流量 (5/1-6/30)	サケ遡上期平均流量 (9/15-11/30)
H11	99.35	175.58
H12	154.51	73.63
H13	186.07	38.81
H14	51.63	46.60
H15	123.24	53.84
H16※)	228.21	518.05
H17	229.67	56.98
H18	260.04	83.20
H19	43.26	36.46
H20	119.75	38.46
平均	149.57	112.16

※) H16：出水が発生。H16を除くと、アユ遡上期平均流量が140.84m³/s、サケ遡上期平均流量が67.06m³/sとなる。

(4) 解析結果および考察

解析結果について取りまとめたものを次ページ以降に示す。

放流パターン案の抽出

【ケース3：ケース1の逆パターン放流】

魚道に近いゲートからの放流量を大きくして、右岸→左岸に流量大→小と階段状に放流させる。ケース1の逆パターン放流である。

【ケース4：ケース3の改良形 8番ゲート～10番ゲート放流量を増量】

呼び水放流へと繋がる流れを確保するため、ケース3をベースに8番ゲート～10番ゲートの放流量を大きくし、左岸側の死水域が拡大しないように3番ゲート～7番ゲートにもある程度放流する。

【ケース5：ケース2の改良形 8番ゲート～10番ゲート放流量を増量】

操作性を考慮したケース2をベースに、左岸側からのゲート1門で比較的大きい流量を放流するとともに、呼び水放流へと繋がる流れを確保するため、8番ゲート～10番ゲートから放流する。

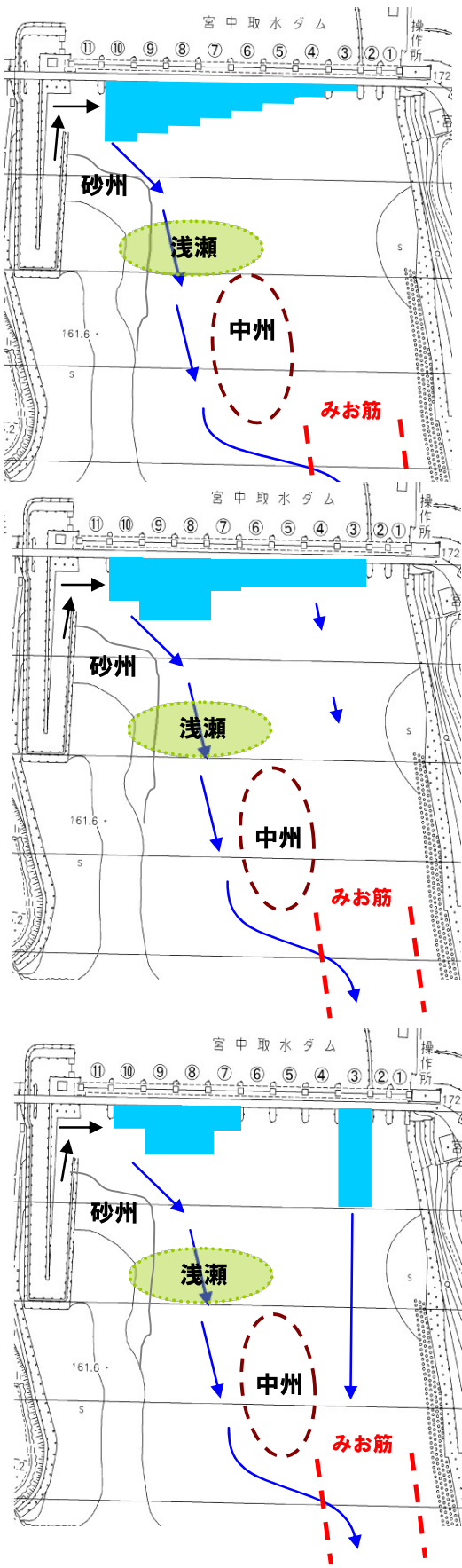


表 1.1-4 計算結果（流速ベクトル）（その 1）

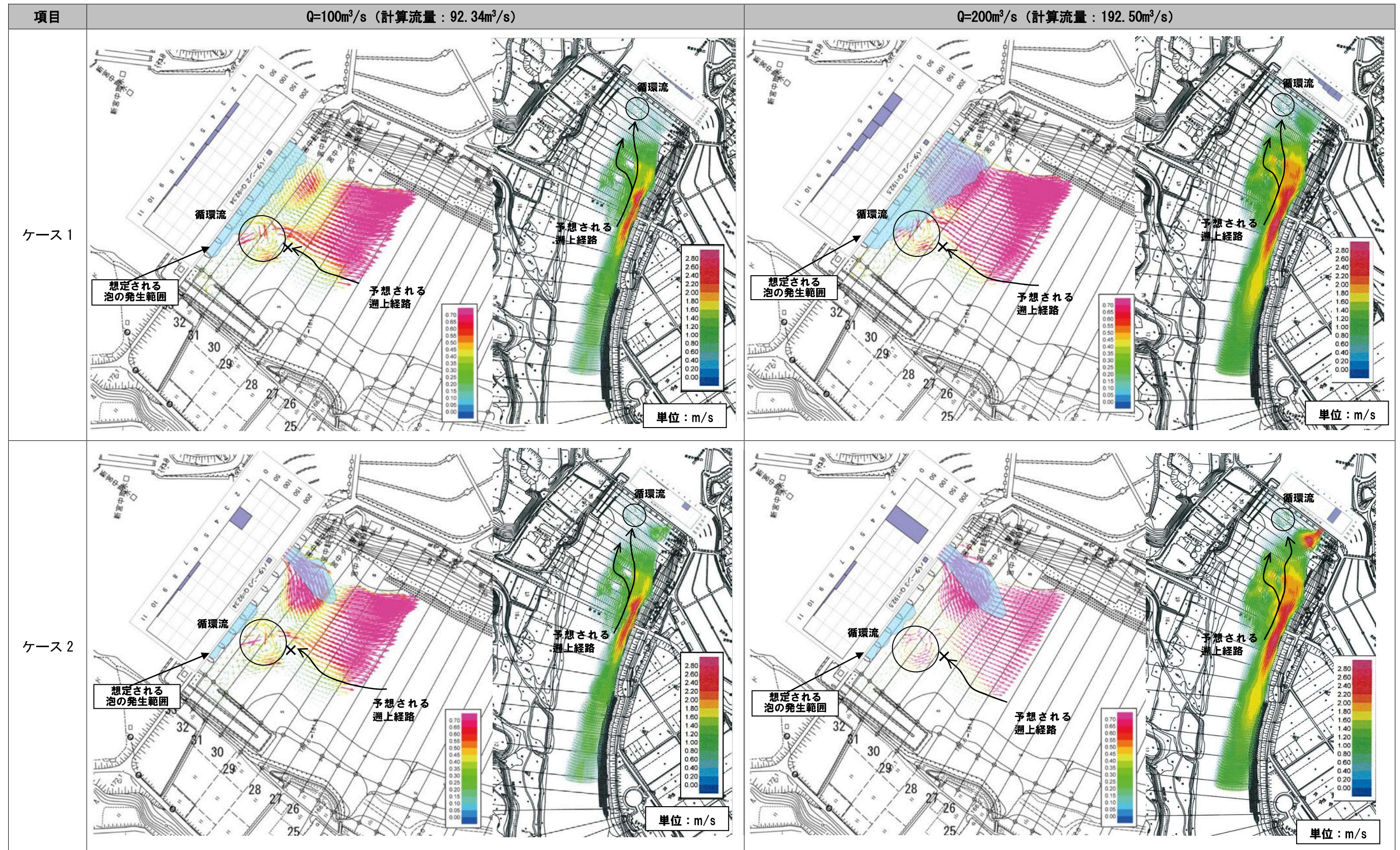


表 1.1-5 計算結果（流速ベクトル）（その2）

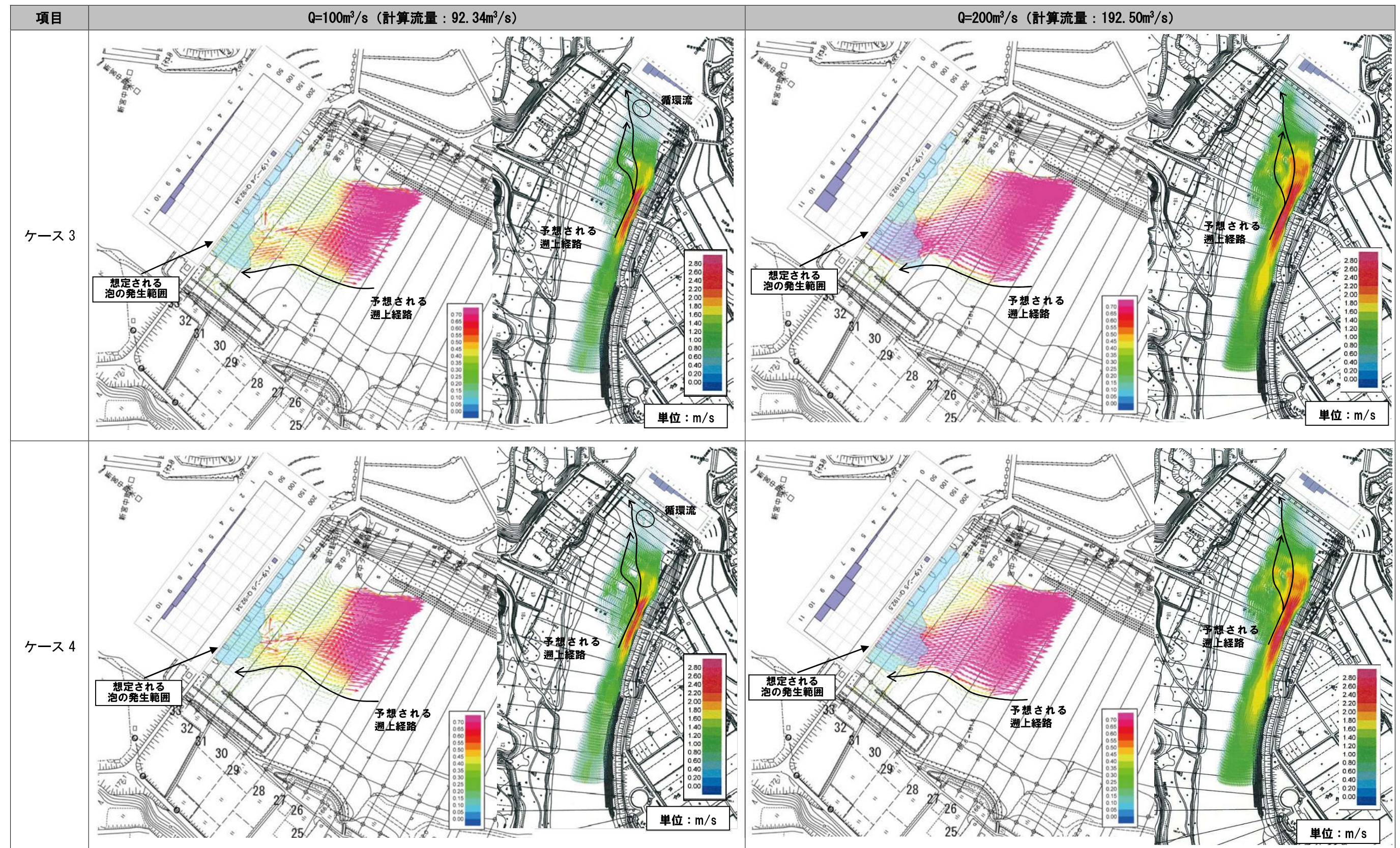
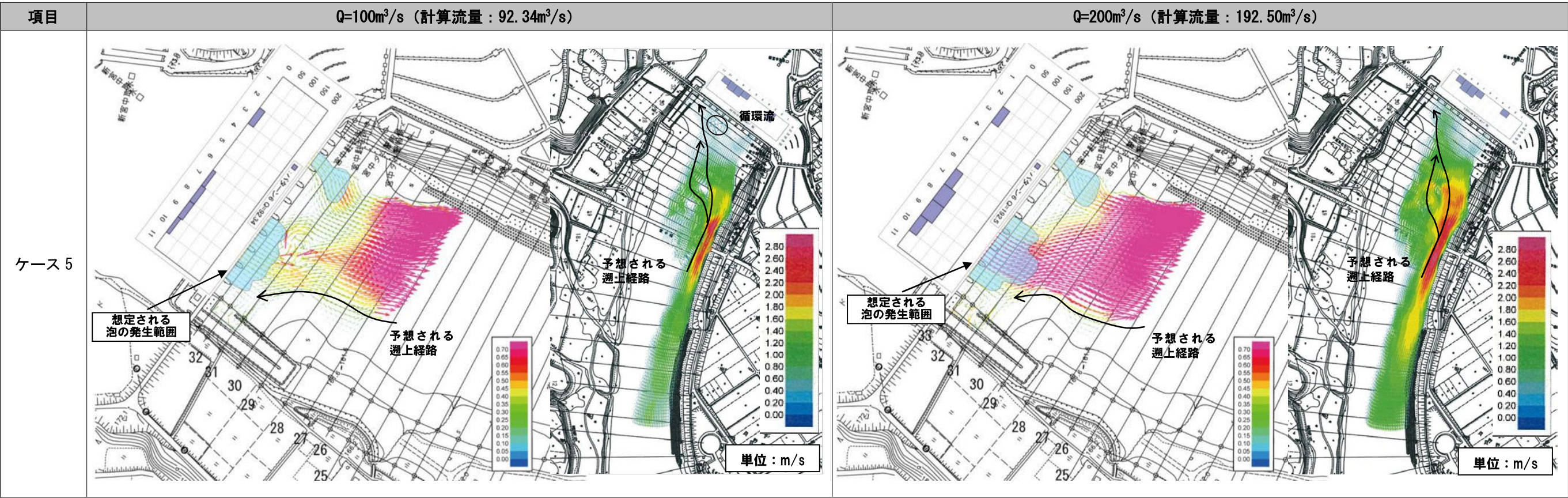


表 1.1-6 計算結果（流速ベクトル）（その 3）



流況解析結果のまとめ

1）Q=200m³/s（アユ遡上期）

- ◇ ケース 1, 2 では、左岸側滞筋の左岸沿いに遡上してくる魚が、7 番ゲート～9 番ゲート下流に生じる循環流によって、遡上経路を見失う可能性があると思われる。
- ◇ ケース 3, 4, 5 では、ケース 1, 2 で生じた循環流が発生せず、呼び水管・魚道入り口まで連続した流れが確保されている。
- ◇ 流れ連続性の観点からはケース 3, 4, 5 で明瞭な違いは見られないが、以下の現地放流実験の知見からケース 4 を最適案と判断する。
 - ・ 魚道近傍の 10 番ゲートからの放流の多いケース 3 は、泡が発生する流れとなりやすく、遡上流況として好ましくない。
 - ・ ケース 5 はゲート放流がない 4 番ゲート～6 番ゲート下流で死水域が生じ、ゲート直下の流れを複雑化させることにつながる。

2）Q=100m³/s（アユ・サケ遡上期）

- ◇ ケース 1～5 の全てでゲート直下で循環流が生じるが、ケース 1, 2 よりもケース 3, 4, 5 の方が下流流れとの連続性が確保されている。
 - ・ 発生位置がケース 1, 2 では 7 番ゲート～9 番ゲート下流、ケース 3, 4, 5 では 7 番ゲート～8 番ゲート下流となっており、スケールもケース 3, 4, 5 の方が小さくなり、比較的下流の流れとの連続性が確保されている。
- ◇ Q=200m³/s と同様にケース 3, 4, 5 で明瞭な違いは見られないが、考え方としてケース 4 が適切ではないかと思われる。

3）今後の進め方

- ◇ 流況解析と現地放流実験の知見からケース 4 の放流パターンが適当でないかと考えられるが、流況解析では泡の発生や呼び水管からの湧き上がる流れは表現できない。
- ◇ そのため、現地で再度放流実験を試み、流況を確認したい。

1.2 洪水時の河床状況の推定

平常時流況解析の結果から、みお筋が左岸のままであっても、ゲート放流方法により下流との連続性を確保することが可能であるとの結果が得られた。しかし、みお筋と魚道が反対側に位置していることから、できればみお筋は右岸側にあったほうが良いと考えられる。

一方、前回委員会では、宮中ダム下流河道の河道形状（河床高、滞筋等）の変遷を整理し、洪水時の流量規模によれば、右岸側のゲート操作によりみお筋の形成が期待できることが確認されている。

このことを踏まえ、洪水時流況解析を実施し、右岸側を優先してゲート放流したときの土砂移動状況を把握し、みお筋形成の可能性について検討を行うとともに、護岸、橋脚等下流河川構造物への影響について検討を行う。また、みお筋形成のきっかけとしてトレンチ（クリーク）を開削した場合のみお筋の早期形成の可能性についても検討を行う。

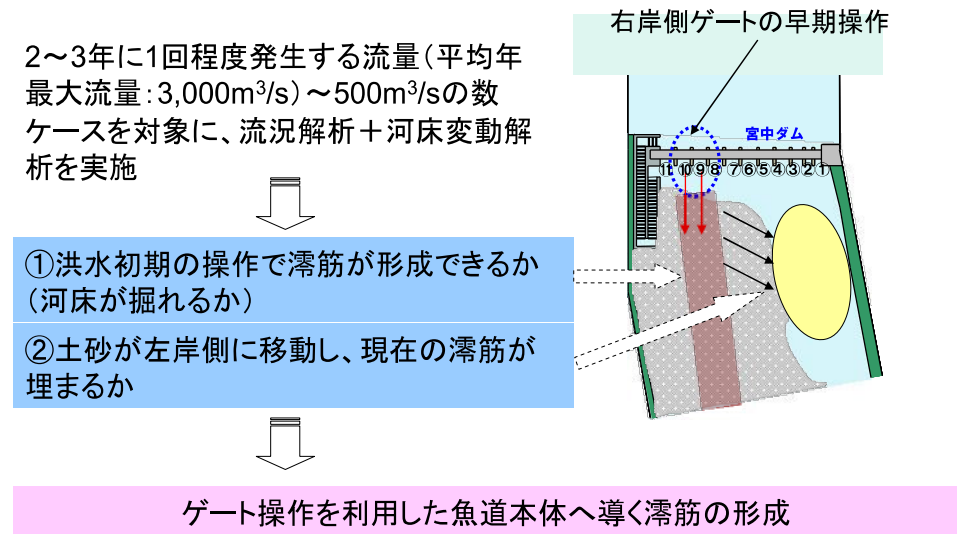


図 1.2.1 洪水時水理解析の評価の視点

1.2.1 解析条件

基本的な解析条件は、平常時水理解析に示すとおりである。以下、洪水時解析での条件について示す。

(1) 対象流量

対象流量は、十日町観測所の 1999 年～2008 年の平均年最大流量（年最大流量の平均）である 2,900m³/s 程度の流量を記録した 2007 年 9 月 7 日～8 日出水および年最大流量のうち、渇水年を除く最低流量である 1,500m³/s 程度の流量を記録した 2005 年 8 月 15 日～16 日出水の 2 波形を対象とした。

表 1.2-1 十日町（姿）水位観測所月別最大流量（1999-2008）

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1月	14.56	40.44	15.56	145.76	83.30	26.62	308.77	438.16	14.16	11.70
2月	95.40	15.91	315.26	13.70	21.48	740.00	311.41	419.11	21.76	10.25
3月	430.80	483.00	342.37	487.79	246.55	96.70	497.41	609.56	135.08	235.68
4月	564.53	842.24	646.10	716.52	1421.15	503.85	730.81	761.92	273.05	906.61
5月	731.00	600.90	765.15	389.87	731.29	1946.43	659.56	988.26	483.10	667.49
6月	3309.57	1162.33	1082.05	43.68	315.56	530.41	888.76	434.95	644.11	1139.72
7月	3335.92	804.51	877.57	2154.01	329.80	384.53	1512.82	5420.56	913.83	532.00
8月	3641.89	220.21	1163.45	288.90	965.49	37.09	1531.11	135.83	184.93	478.16
9月	2215.50	2379.85	3027.64	606.66	393.06	1598.26	678.99	617.15	2504.24	307.07
10月	1452.29	264.00	689.57	1897.60	24.85	6193.00	108.95	1309.75	1156.57	273.90
11月	401.15	1168.75	237.76	35.91	870.30	719.45	128.57	182.11	225.66	158.28
12月	133.92	23.53	63.10	21.81	801.53	1101.08	110.52	1056.90	160.03	382.02
年最大流量	3641.89	2379.85	3027.64	2154.01	1421.15	6193.00	1531.11	5420.56	2504.24	1139.72
							平均			2941.32

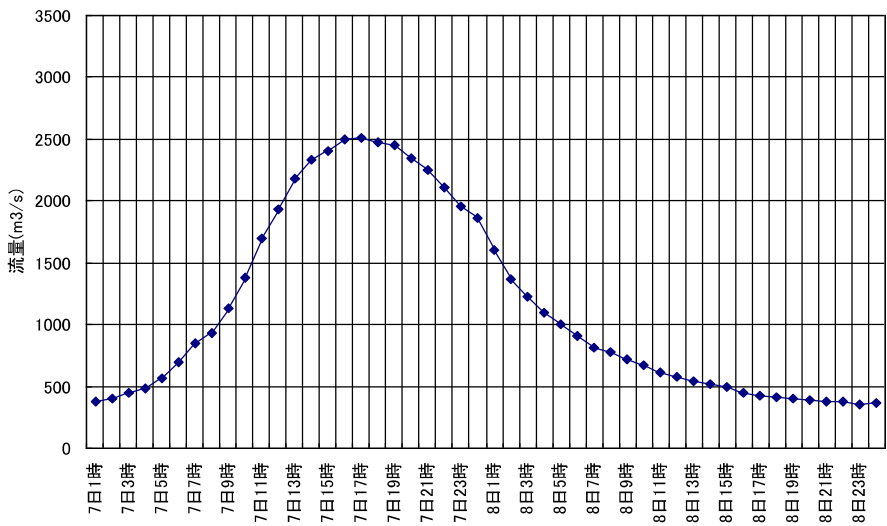


図 1.2.2 対象洪水波形①：2007 年 9 月 7～8 日

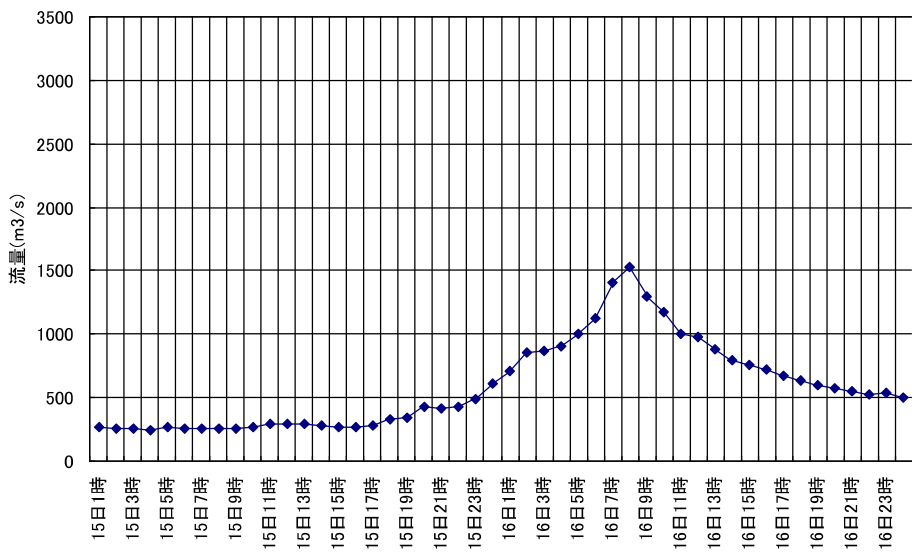


図 1.2.3 対象洪水波形②(2005 年 8 月 15-16 日)

(2) ゲート操作の考え方

洪水時のゲート操作については、「宮中ダム操作規程」により規定されている。(図 1.2.4 参照)

これより、洪水時は中央の第 7 号ゲート→第 6 号→第 8 号→第 7 号→第 6 号…の順に開くこととなっている。

本検討においては、以下のようなゲート操作を想定する。

- 洪水初期：第 8 号ゲート～第 10 号ゲートで放流
- 洪水中期～以降：実際の洪水操作を参考に設定

第 13 条 ダムの洪水吐ゲート及び排砂ゲート（以下この条において「ゲート」という。）は、左岸に最も近いものから右岸に向かって順次「第 1 号ゲート」、「第 2 号ゲート」、「第 3 号ゲート」、「第 4 号ゲート」、「第 5 号ゲート」として、順次番号を付するものとする。

2 ダムの洪水吐から放流する場合においては、ゲートを次の順序によって閉じ、開かれたゲートを閉じるときは、「第 6 号ゲート」、「第 7 号ゲート」、「第 8 号ゲート」の開度 1m 以下を除き、これを開いた順序の逆の順序によつてするものとする。

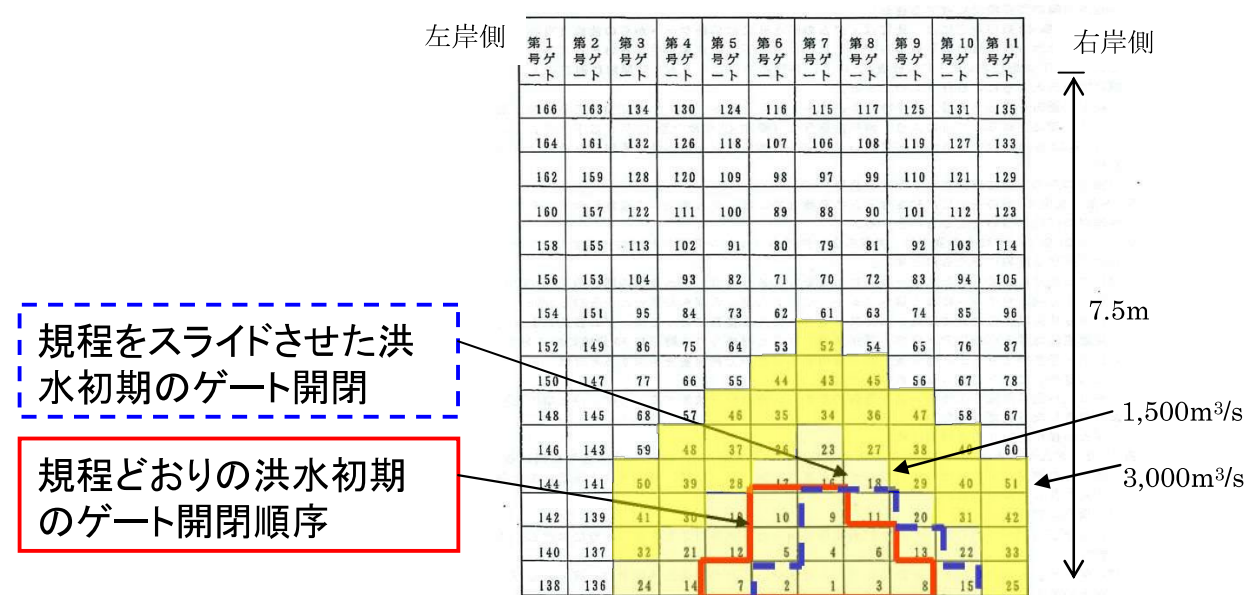
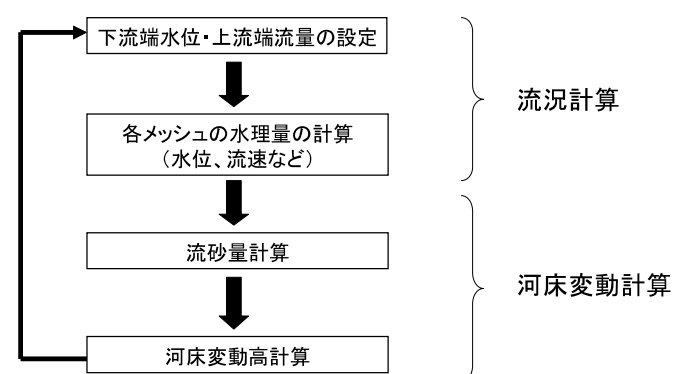


図 1.2.4 ゲート操作の考え方

1.2.2 解析手順

解析手順は、下図のとおりであり、二次元平面流モデルに河床変動モデルを付加し、流れの計算で得られた水理量を用いて、流砂量計算を行い、河床変動量の算定を行う。



流砂量は掃流砂と浮遊砂を取り扱い、それぞれ一般的に用いられる流砂量式により流砂量を計算する。

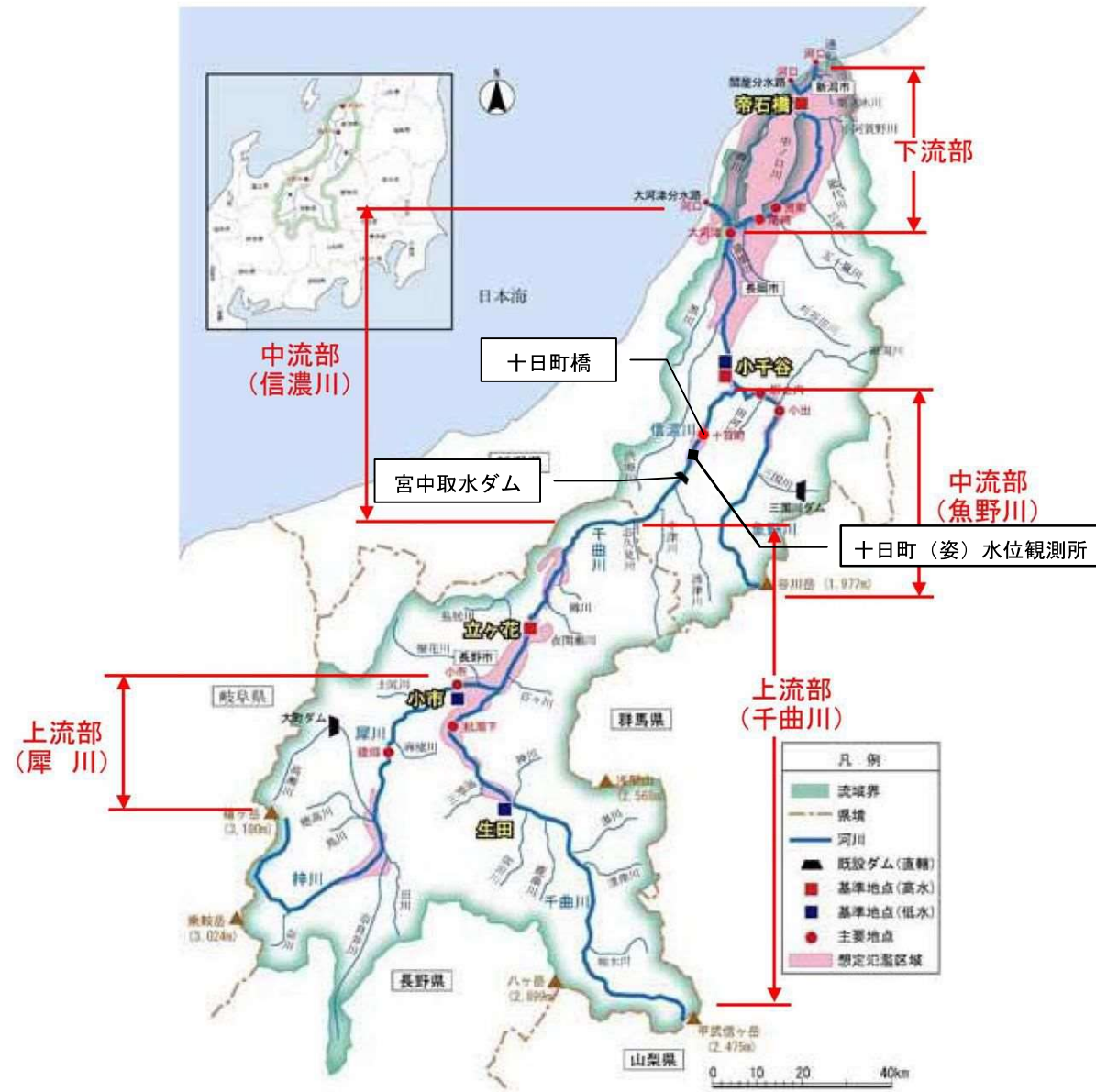
2. 魚道本体の改善検討

2.1 関係水域の魚類相と主要魚種の生態

2.1.1 関係水域の概況

(1) 流域の概況

信濃川は、上流部の長野県側では千曲川と呼ばれ、埼玉県、山梨県との県境にある秩父山地甲武信岳を源流とし、新潟、長野両県にまたがって流れる、幹川流路延長が日本最長となる 367km の河川である。流域面積も 11,900km² と利根川、石狩川に次ぐ広さである。流域が抱える豪雪地帯の融雪により流量も豊富で、年間の流出量は約 159 億 m³ と日本最大である。



出典：「信濃川水系河川整備基本方針」信濃川水系流域及び河川の概況より
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/shinanogawa35-5.pdf

図 2.1-1 流域の概況

(2) 関係水域の概況

関係水域は、信濃川中流部の清津川合流点から魚野川合流点までとした。

1) 流況

長野県と新潟県の県境から小千谷までの流況は、本川に設置されている発電用取水ダムの影響を受けている。県境近くの長野県飯山市に西大滝ダムがあり、左岸の地下水路で中魚沼郡津南町の信濃川発電所まで送られている。また、信濃川発電所直下の十日町市（旧中魚沼郡中里村）には宮中取水ダムが位置し、千手発電所を経て小千谷発電所まで地下水路で送水されていたため、宮中取水ダム下流から魚野川合流点までの区間は減水区間となっていた。

2) 河川形態

県境付近から下流の信濃川の河川形態区分は図 2.1-2 に示すとおりである。

関係水域を含む県境から小千谷―長岡境界の妙見付近までは Bb 型に区分される。

Bb 型の特徴としては、一蛇行区間に一組の早瀬・淵・平瀬、すなわち川の流れを構成する主要な河床型が明瞭に認められ、淵の落ち込みは上流部ほど深くなく、流れの両岸には三角形の河原が交互に発達し、早瀬底は礫からなる、などの諸点が挙げられる。

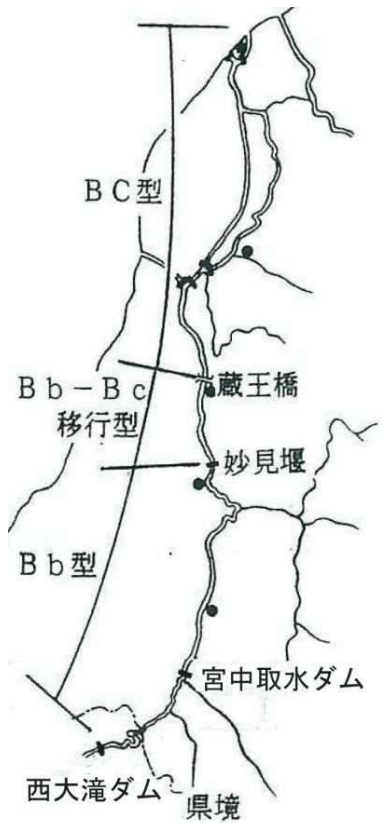
◆清津川合流点から宮中取水ダムの区間

信濃川発電所から宮中取水ダムまでの区間は、宮中取水ダムによる湛水域となっており、河川形態的には Bc 型（ただし人工的に形成されたもの）の特徴を示している。

◆宮中取水ダムから魚野川合流点の区間

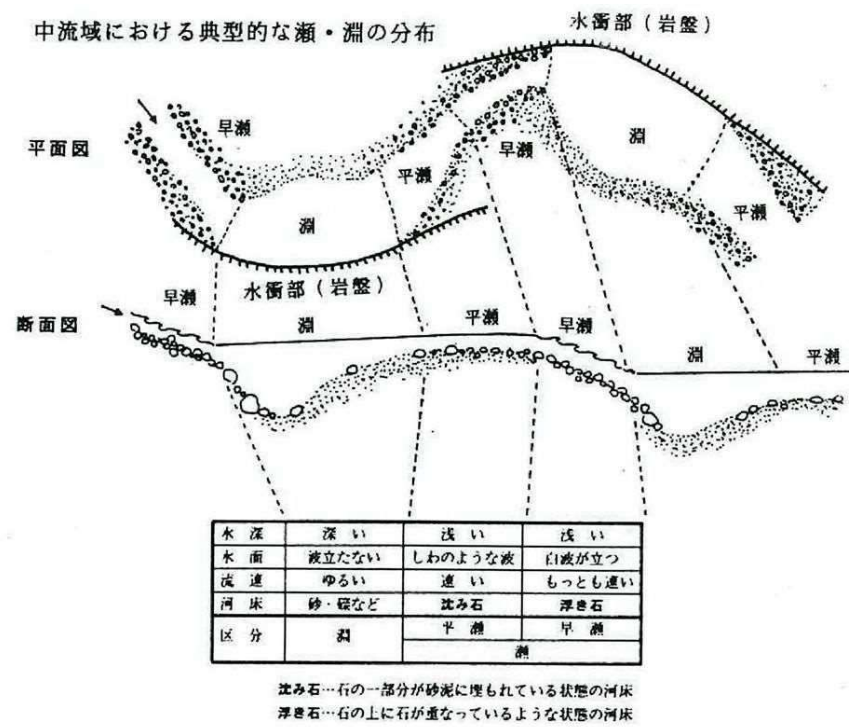
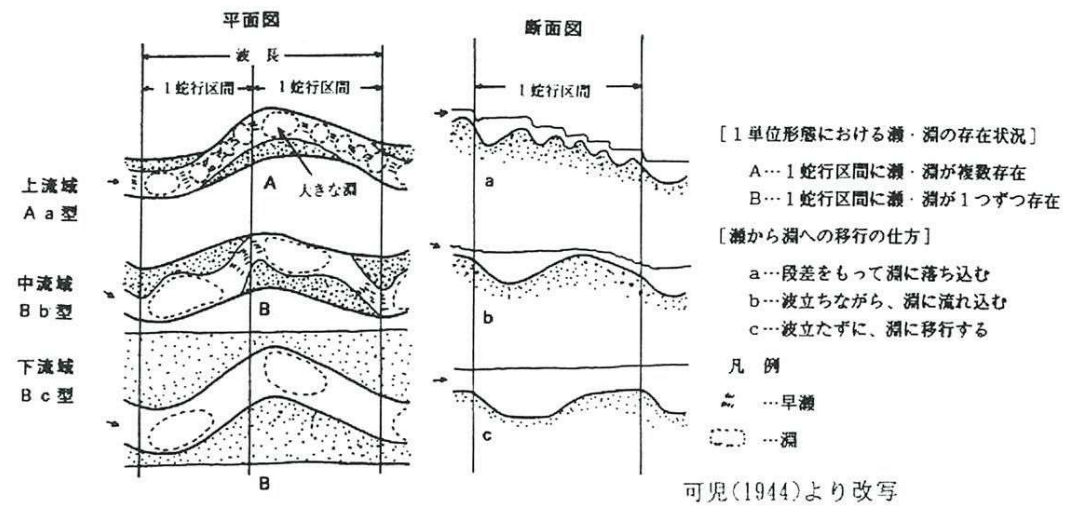
宮中取水ダムから魚野川合流点を経て小千谷大橋に至る区間は、全体としてみれば Bb 型（中流域）に分類される。

ただし、宮中取水ダムから魚野川合流点までの区間の河川形態は、宮中取水ダムでの取水により通常期の水量がかなり少ないことなどの理由により、これら Bb 型の特徴があまり明瞭にみられず、中流域に特徴的な白波を立てて流れる早瀬が少なく、穏やかな平瀬が卓越するようなどころが多かった。また、やや下流的な要素を含む場所も部分的に存在する（魚野川合流点の前後など）。



（出典：『豊かな流れ信濃川― 河川資源普及指導事業報告書 1991 年 新潟内水面漁業協同組合連合会』）

図 2.1-2 信濃川の河川形態区分



出典：平成9年度版 河川水辺の国勢調査マニュアル〔河川版〕（生物調査編）平成9年 財団法人リバーフロント整備センター

3) 河床型分布

流速や底質の相違に基づいて区分された早瀬・平瀬・淵は、川の基本的な構成要素で、河床型と呼ばれる。河床型の面積比は、河川形態型によって大きく異なる。上流域(Aa 型)では平瀬は全く存在せず、下流域(Bc 型)では早瀬は存在しない。また、ダムによる取水などによって流量が減少すると、早瀬が少なくなって平瀬の割合が増加する。

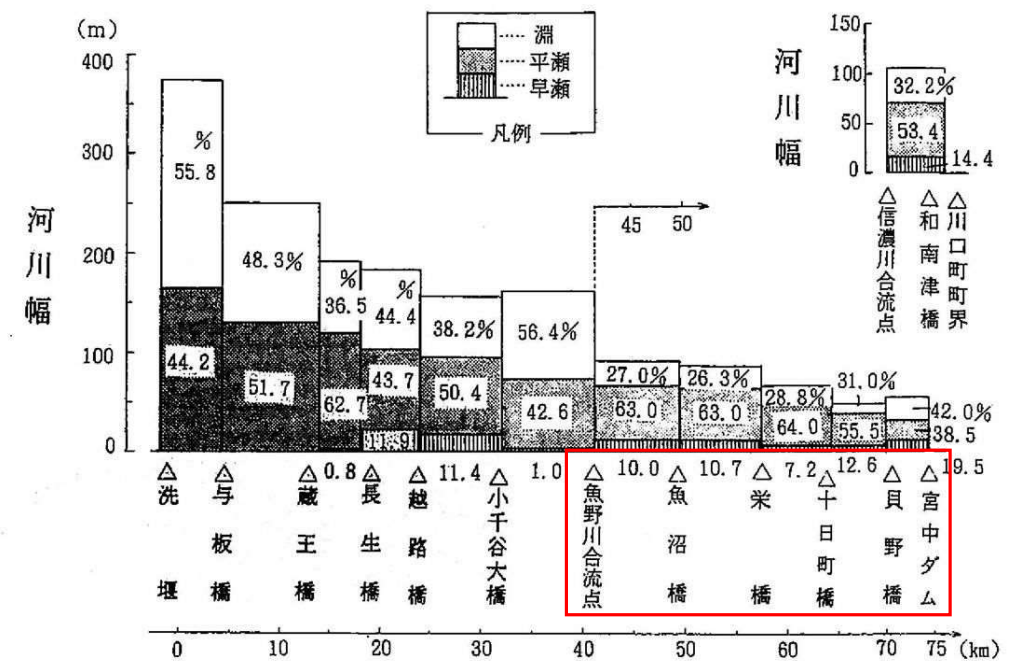
各地点における早瀬・平瀬・淵の割合を図 2.1-5 に示す。

また、早瀬と平瀬の特性を以下に示す。

早瀬：流速が大きいため、底質は砂泥の堆積がなく大きな浮き石で、生産量が最も高い場所である。底質の表面には付着藻が繁茂し、間隙には水生昆虫が生息し、アユやヤマメ、カジカなどの餌科となる。

平瀬：流速がやや小さく、底質は沈み石で生産性は低い。流速の衰える淵の底質は砂泥で生産性は極めて低いが、魚族の休み場所となり、遊泳力の弱い稚魚が過ごすのに不可欠な空間である。

県境から魚野川合流点までの区間は、取水ダムによる減水区間となっており、中流域とはいいながら、全体として単調な平瀬が占める割合が高い。早瀬の減少は魚族の餌科生物の生産量を著しく低下させるとともに、水中溶存酸素の減少をきたす。夏季の渇水期には流量が減少してほとんど出水がなくなるため水温が上昇し、付着藻にシルトが混じって厚く石面を覆い、アユやカジカなどの清流魚の生存が困難となる。底質の石礫の径は宮中取水ダム付近で 20～30cm であるが、流速が速まる狭窄部(姿橋付近など)では径が数 10cm～1m に達する巨礫を交える所もある。魚沼橋付近では石礫の径は 20～25cm としだいに小さくなる。



(出典：一豊かな流れ信濃川― 河川資源普及指導事業報告書 1991年 新潟内水面漁業協同組合連合会)

2.1.2 関係水域の魚類相と主要魚種の生態

(1) 魚類相の概要

関係水域の魚類生息状況については、信濃川に関する既存資料や、「信濃川中流域水環境改善検討協議会（以下、「協議会」という。）」で実施した現地調査結果、河川水辺の国勢調査結果、補足的に実施した中魚沼漁協への聞き取り調査によってとりまとめた。

確認種は、文献・聞き取りや既往調査を合わせると 8 目 15 科 56 種であり、そのうち、現地調査で確認された魚類は 36 種である。なお、魚類以外の種としては、甲殻類 3 種（サワガニ、スジエビ、ヌカエビ）、貝類 4 種（カワニナ、サカマキガイ、モノアラガイ、マシジミ）が、河川水辺の国勢調査で確認されている。

魚類確認種のなかには、元来信濃川水系に生息していなかったカワヒガイなどがあるが、これらの多くは淡水魚類の豊富な琵琶湖方面からのアユ種苗の移殖に伴って河川へ入ってきた移殖随伴種とみられている^{注1)}。また、外来種についても 3 種が確認されているが、近年、スポーツフィッシングが盛んになるのに伴って、北アメリカ原産のオオクチバスやブルーギルが全国的な広がりを見せ、特に魚食性の強いオオクチバスが有用魚種の食害や在来魚種との餌料競合など、生態系の破壊につながるとして問題となっている^{注1)}。

重要種については、環境省のレッドリストに該当する種として 10 種、新潟県のレッドデータブックに該当する種として 5 種があり、合計では 11 種である。

〔注 1）：引用した文献名（一豊かな流れ信濃川ー 河川資源普及指導事業報告書 1991 年 新潟内水面漁業協同組合連合会）〕

表 2.1-1 現地調査による確認種

No.	目名	科名	種名	河川水辺の 国勢調査		協議会資料に よる確認種 H11～19年	生活型 注1)	漁業権魚 種	国内移 入種	外来魚 注2)	重要種 注3)
				H9年	H14年						
1	ヤツメウナギ目	ヤツメウナギ科	スナヤツメ			○	回遊魚				●
2	ウナギ目	ウナギ科	ウナギ			○	回遊魚	●			●
3	コイ目	コイ科	コイ		○	○	純淡水魚	●			
-			コイ （ニシキゴイ）		○	○	純淡水魚				
4			ゲンゴロウブナ	○	○	○	純淡水魚	●	●		●
5			ギンブナ	○	○	○	純淡水魚				
6			オオキンブナ			○	純淡水魚				
-			フナ属 （ <i>Carassius</i> 属）			○	純淡水魚				
7			タイリクバラタナゴ		○	○	純淡水魚			●	
8			オイカワ	○	○	○	純淡水魚		●		
9			カワムツ			○	純淡水魚		●		
10			アブラハヤ	○	○	○	純淡水魚				
11			ウケクチウグイ			○	回遊魚				●
12			ウグイ	○	○	○	純淡水魚	●			
13			モツゴ	○	○	○	純淡水魚		●		
14			カワヒガイ	○			純淡水魚		●		●
15			ビワヒガイ			○	純淡水魚		●		
16			タモロコ	○	○	○	純淡水魚		●		
17			カマツカ	○	○	○	純淡水魚				
18			ニゴイ	○	○	○	純淡水魚				
19			スゴモロコ			○	純淡水魚		●		●
-			コイ科		○		純淡水魚				
20		ドジョウ科	ドジョウ		○	○	純淡水魚				
21			シマドジョウ	○	○	○	純淡水魚				
22	ナマズ目	ギギ科	ギギ		○	○	純淡水魚		●		
23		ナマズ科	ナマズ	○	○	○	純淡水魚				
24		アカザ科	アカザ			○	純淡水魚				●
25	サケ目	キュウリウオ科	ワカサギ			○	純淡水魚				●
26		アユ科	アユ		○	○	回遊魚	●			
27		サケ科	サケ		○	○	回遊魚				
28			ヤマメ			○	純淡水魚	●			●
29			ニッコウイワナ			○	純淡水魚	●			●
30	カサゴ目	カジカ科	カジカ			○	純淡水魚	●			●
31	スズキ目	サンフィッシュ科	オオクチバス （ブラックバス）		○	○	純淡水魚			●	
32			コクチバス			○	純淡水魚			●	
33		ハゼ科	ウキゴリ			○	回遊魚				
34			オオヨシノボリ		○	○	回遊魚				
35			トウヨシノボリ	○		○	回遊魚				
-			ヨシノボリ属 （ <i>Rhionogobius</i> 属）			○	回遊魚				
36			ヌマチチブ			○	回遊魚				
	7目	13科	36種	13	19	35		8	9	3	11

注 1：生活型は、一次淡水魚（純淡水魚）：一生の間を淡水域で過ごす種、二次淡水魚（回遊魚）：一生の間に海域と河川の両方を生息水域とする種である。
注 2：外来種は、「外来生物法（特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律 平成 16 年）」に基づき指定された特定外来生物外来種と、法的な規制はないが、過去あるいは現在の自然分布以外に導入された種（外来種ハンドブック 日本生態学会編）に記載されている種とした。
注 3：重要種については、天然記念物、種の保存法、環境省のレッドリスト(2007 年) レッドデータブックにいがた(2001 年) の掲載種を対象とした。

表 2.1-2 文献及び既往調査等により確認された魚種一覧

No.	目名	科名	種名	学名	生活型 注1)	生活タイプ 注2)	主に瀬を生息の場と している魚類 注3)	重要種 注4)		河川水辺の国勢調査 注5)		信濃川 注6)			備考 注7)
								環境省RL	新潟県RDB	H9年	H14年	～S19年	～H19年	現地調査 H11年～19年	
1	ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ	<i>Lethenteron reissneri</i>	純淡水魚	底生型		絶滅危惧Ⅱ類(VU)	準絶滅危惧				●	○	
2			カワヤツメ	<i>Lethenteron japonicum</i>	回遊魚	底生型		絶滅危惧Ⅱ類(VU)	準絶滅危惧				●		
－			ヤツメウナギ科	Petromyzontidae	－	底生型						●	■		
3	ウナギ	ウナギ	ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>	回遊魚	底生型		情報不足(DD)	準絶滅危惧			●	■	○	
4	コイ	コイ	コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	純淡水魚	中層遊泳型					○	●	■	○	
－			コイ(ドイツコイ)	<i>Cyprinus carpio</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		飼育逸出
－			コイ(ニシキゴイ)	<i>Cyprinus carpio</i>	純淡水魚	中層遊泳型					○		●	○	飼育逸出
－			コイ属(<i>Cyprinus</i> 属)	<i>Cyprinus</i> sp.	純淡水魚	中層遊泳型							●		
5			ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>	純淡水魚	中層遊泳型		絶滅危惧ⅠB類(EN)		○	○		●	○	国内移入種
6			ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>	純淡水魚	中層遊泳型				○	○		●	○	
7			キンブナ	<i>Carassius auratus</i> subsp.	純淡水魚	中層遊泳型		準絶滅危惧(NT)					●		
8			オオキンブナ	<i>Carassius auratus buergeri</i>	純淡水魚	中層遊泳型								○	
－			ブナ属(<i>Carassius</i> 属)	<i>Carassius</i> sp.	純淡水魚	中層遊泳型							■	○	
9			ヤリタナゴ	<i>Tanakia lanceolata</i>	純淡水魚	中層遊泳型		準絶滅危惧(NT)					●	■	
10			タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	純淡水魚	中層遊泳型					○		●	○	外来種
11			ハクレン	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		外来種
12			オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	純淡水魚	中層遊泳型	○			○	○		●	■	国内移入種
13			カワムツ	<i>Zacco temminckii</i>	純淡水魚	中層遊泳型								○	国内移入種
14			ソウギョ	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		外来種
15			アブラハヤ	<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>	純淡水魚	中層遊泳型				○	○		●	■	○
16			マルタ	<i>Tribolodon brandti</i>	回遊魚	中層遊泳型		絶滅のおそれのある 地域個体群(LP)					●	■	
17			ウケクチウグイ	<i>Tribolodon nakamurai</i>	純淡水魚	中層遊泳型	○	絶滅危惧ⅠB類(EN)	準絶滅危惧				●	■	○
18			ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>	純淡水魚、回遊魚	中層遊泳型	○			○	○	●	■	○	
19			モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	純淡水魚	中層遊泳型				○	○		●	○	国内移入種
20			シナイモツゴ	<i>Pseudorasbora pumila pumila</i>	純淡水魚	中層遊泳型		絶滅危惧ⅠA類(CR)	準絶滅危惧				●		
21			カワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus variegatus</i>	純淡水魚	中層遊泳型		準絶滅危惧(NT)		○			●		国内移入種
22			ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>	純淡水魚	中層遊泳型								○	国内移入種
23			タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	純淡水魚	中層遊泳型				○	○		●	○	国内移入種
24			カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	純淡水魚	底生型				○	○		●	○	
25			ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>	純淡水魚	中層遊泳型				○	○		●	■	○
26			スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>	純淡水魚	中層遊泳型		準絶滅危惧(NT)						○	国内移入種
27			コウライモロコ	<i>Squalidus chankaensis</i> subsp.	純淡水魚	中層遊泳型								■	国内移入種
－			コイ科	Cyprinidae sp.	純淡水魚	－					○				
28		ドジョウ	ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	純淡水魚	底生型					○		●	■	○
29			カラドジョウ	<i>Paramisgurnus dabryanus</i>	純淡水魚	底生型							●	■	外来種
30			シマドジョウ	<i>Cobitis biwae</i>	純淡水魚	底生型				○	○		●	■	○
31			スジシマドジョウ	<i>Cobitis</i> sp.	純淡水魚	底生型							●		国内移入種
32			ホトケドジョウ	<i>Lefua echigonia</i>	純淡水魚	底生型		絶滅危惧ⅠB類(EN)	絶滅危惧Ⅱ類				●	■	
33	ナマズ	ギギ	ギギ	<i>Pseudobagrus nudiceps</i>	純淡水魚	底生型					○		■	●	○
34		ナマズ	ナマズ	<i>Silurus asotus</i>	純淡水魚	底生型				○	○	●	■	●	○
35		アカザ	アカザ	<i>Liobagrus reinii</i>	純淡水魚	底生型	○	絶滅危惧Ⅱ類(VU)	準絶滅危惧				●	■	○
36	サケ	キュウリウオ	ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>	純淡水魚	中層遊泳型							■	●	○
37		アユ	アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	回遊魚	中層遊泳型	○				○	●	■	●	○
38		サケ	ニジマス	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		外来種
39			サケ	<i>Oncorhynchus keta</i>	回遊魚	中層遊泳型	○				○	●	■	●	○
40			ギンザケ	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	回遊魚	中層遊泳型							●		外来種
41			サクラマス	<i>Oncorhynchus masou masou</i>	回遊魚	中層遊泳型	○	準絶滅危惧(NT)					●	■	
－			ヤマメ	<i>Oncorhynchus masou masou</i>	純淡水魚	中層遊泳型	○	準絶滅危惧(NT)				●	●	■	○
42			カワマス	<i>Salvelinus fontinalis</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		外来種
43			アメマス	<i>Salvelinus leucomaenis leucomaenis</i>	純淡水魚、回遊魚	中層遊泳型							●		
44			ニッコウイワナ	<i>Salvelinus leucomaenis pluvius</i>	純淡水魚	中層遊泳型	○	情報不足(DD)					●	■	○
－			サケ科	Salmonidae	純淡水魚、回遊魚	中層遊泳型						●	●	■	
45	ダツ	メダカ	メダカ	<i>Oryzias latipes</i>	純淡水魚	中層遊泳型		絶滅危惧Ⅱ類(VU)	準絶滅危惧				●		
46	カサゴ	カジカ	カマキリ	<i>Cottus kazika</i>	回遊魚	底生型		絶滅危惧Ⅱ類(VU)	準絶滅危惧				●	■	
47			カジカ 注8)	<i>Cottus pollux</i>	純淡水魚	底生型	○	準絶滅危惧(NT)				●	■	●	○
48			カジカ(中卵型)	<i>Cottus</i> sp.	回遊魚	底生型	○	絶滅危惧ⅠB類(EN)					■		
49	スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●	■	外来種
50			オオクチバス(ブラックバス)	<i>Micropterus salmoides</i>	純淡水魚	中層遊泳型					○		●	■	○
51			コクチバス	<i>Micropterus dolomieu</i>	純淡水魚	中層遊泳型									○
52		ハゼ	ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	回遊魚	底生型	○							○	
53			オオヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp.LD	回遊魚	底生型	○				○		●	○	
54			トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp.OR	回遊魚	底生型				○			●	○	
－			ヨシノボリ属(<i>Rhionogobius</i> 属)	<i>Rhinogobius</i> sp.	回遊魚	底生型							●	○	
55			ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>	回遊魚	底生型								○	
56		タイワンドジョウ	カムルチー	<i>Channa argus</i>	純淡水魚	中層遊泳型							●		外来種
－			タイワンドジョウ属(<i>Channa</i> 属)	<i>Channa</i> sp.	純淡水魚	中層遊泳型								■	外来種
計	8目	15科	56種	【確認種数】			12種	19種	10種	13種	19種	12種	49種	35種	

注1:生活型は、一次淡水魚(純淡水魚):一生の間を湛水域で過ごす種、二次淡水魚(回遊魚):一生の間に海域と河川の両方を生息水域とする種として区分した。

注2:生活タイプは、遊泳層のタイプとして中層遊泳型(主に流水部の中央付近、川底部以外を遊泳している魚と、底生型(主に川底部や泥の中などで生活している魚)に分けた(資料:「フィールド総合図鑑 川の生物 財団法人 リバーフロンツ整備センター編 1996年)」)。

注3:主に瀬を生息の場としている魚類については、「第18回信濃川中流域水環境改善検討協議会 平成20年度調査結果について 」を参考とした。

注4:重要種は、「天然記念物」、「種の保存法」の法的規制を受ける種と、「環境省のレッドリスト(2007年)」、「レッドデータブックにいがた(2001年)」の掲載種とした。

注5:河川水辺の国勢調査は、平成9年度、平成14年度の調査における関係水域内の地点(信信係5 米橋)の結果によった。

注6:信濃川の文献及び現地調査結果は、「信濃川中流水環境改善検討協議会 調査検討結果の概要 平成21年3月」によった。(●:文献調査による確認、■:聞き取り調査及びアンケート調査による確認、○:協議会の現地調査による確認)

注7:外来種は、法律(外来生物法)で定められた「特定外来生物」と、法的な規制はないが、過去あるいは現在の自然分布以外に導入された種(外来種ハンドブック 日本生態学会編)に記載されている種とした。

注8:種名欄のカジカについては、文献及び既往調査の記載通りに表記したが、カジカ(大卵型)と表記される場合もあり、回遊魚であるカジカ(中卵型)と区別されている。

(2) 主要魚種の生態

1) 主要魚種の選定

関係水域で確認された魚類は、現地調査により確認されている 36 種と、文献や聞き取り調査により確認した種を含めると 56 種である。これらの種のうち、宮中魚道の改善にあたって検討すべき種については、以下の文献等を参考として選定した。

その結果、表 2.1-3 に示すとおり、漁業権魚種を含む 16 種が選定された。

なお、選定根拠④の出典に示した資料には、表 2.1-3 に示した種以外にオオクチバス、ギギ、カマツカの 3 種が確認されているが、オオクチバスは外来種、ギギは国内移入種であり、本来は信濃川に生息していない種であることから主要魚種から除いた。また、カマツカについては、確認個体数が 1 個体と少なく、偶然性が高いことから主要魚種から除外した。

選定根拠	考え方	出典等
選定根拠①	生息量が多く、かつ漁業的にも重要な魚種	信濃川水力発電再開発に伴う漁業影響調査報告書 昭和 62 年 2 月 社団法人 日本水産資源保護協会
選定根拠②	漁業的に重要で生態や生活史のうえからも注目される魚種	－豊かな流れ信濃川－ 河川資源普及指導事業報告書 1991 年 新潟内水面漁業協同組合連合会
選定根拠③	瀬に産卵する魚種及び瀬に生息するなど瀬との係わりの深い魚種、瀬を通過する回遊魚、特定種、これらを満たし、他の魚類を代表し、他の魚類よりも流量を多く必要とすると考えられる魚種	平成 20 年度 信濃川中流域水環境改善検討業務 報告書 平成 21 年 3 月 信濃川中流域水環境改善検討協議会
選定根拠④	魚道で確認された種	・中魚沼漁協への聞き取り調査結果他
選定根拠⑤	漁業権魚種及び漁業上の重要種（サケ及びサクラマス）	

表 2.1-3 主要魚種の選定一覧

No.	種名	選定根拠					生態等による区分	
		①	②	③	④	⑤	生活型	生活タイプ ^{注2}
1	カワヤツメ		●	●			回遊魚	底生型
2	ウナギ			○	■	漁業権魚種	回遊魚	底生型
3	コイ		○			漁業権魚種	純淡水魚	遊泳型
4	フナ（フナ類）		○		○ (ギンブナ)	漁業権魚種	純淡水魚	遊泳型
5	オイカワ			○			純淡水魚	遊泳型
6	ウグイ		○ (ウグイ類)	○	○■	漁業権魚種	純淡水魚	遊泳型
7	ウケクチウグイ				■		純淡水魚	遊泳型
8	ニゴイ				○■		純淡水魚	遊泳型
9	アカザ			○			純淡水魚	底生型
10	アユ	○	○	○	○■	漁業権魚種	回遊魚	遊泳型
11	ニッコウイワナ		○		■	漁業権魚種 (イワナ)	純淡水魚	遊泳型
12	ニジマス					漁業権魚種	純淡水魚	遊泳型
13	サケ	○	○	○	○■	漁業上の重要種	回遊魚	遊泳型
14	サクラマス	●■	●■	●■	■	漁業上の重要種	回遊魚	遊泳型
	ヤマメ			○	■	漁業権魚種	純淡水魚	遊泳型
15	カジカ		○	○	○	漁業権魚種	純淡水魚	底生型
16	ヨシノボリ類 ^{注1}			● (オオヨシノボリ)			回遊魚	底生型

凡例 ○：現地確認種、●：文献調査による確認種、■：聞き取り調査及びアンケート調査による確認
注 1：ヨシノボリ類は、③の資料ではオオヨシノボリと記載されているが、現地調査では、この他にトウヨシノボリも確認されているため、ここでは両種を含めてヨシノボリ類とした。
注 2：生活タイプは、遊泳層のタイプとして中層遊泳型（主に流水部の中央付近、川底部以外を遊泳している魚（標記は遊泳型））と、底生型（主に川底部や泥の中などで生活している魚）に分けた（資料：「フィールド総合図鑑 川の生物 財団法人 リバーフロント整備センター編 1996 年」）。

2) 主要魚種の生態等

主要魚種の生態（産卵、遡上、降河時期）を表 2.1-4 に整理した。

対象とした種は、回遊魚および産卵のため大きく移動する種（ニッコウイワナ及びヤマメ）とした。

なお、ウグイやニゴイ等の種は、出水時や水の濁りの状態に応じて移動行動をとるとされており、

まとまって特定の時期に移動する種ではないことから、同表には掲載しなかった。

表 2.1-4 主要魚種の産卵期および遡上、降河時期

魚種名	生活型	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備 考
カワヤツメ	回遊魚		産卵(2月～5月)									成魚が遡上(12～2月)		資料1より作成
ウナギ	回遊魚									降河(9月～1月)				資料2より作成
アユ	回遊魚					稚魚が遡上(5月～6月)				産卵(9月中旬～11月上旬)				資料1及び聞き取りによる。
ニッコウイワナ	純淡水魚											産卵(11月)		資料1及び聞き取りによる。 宮中ダム周辺の水域では、イワナの産卵盛期は紅葉の最盛期と重なることが多い。
サケ	回遊魚			稚魚が降河(3月)						成魚が遡上(9月中旬～11月)				資料1及び聞き取りによる。 遡上時期は近海の水温が概ね20℃以下になる時期である。
サクラマス ヤマメ	回遊魚 純淡水魚			稚魚が降河(3月～5月)		成魚が遡上(5月～6月)				産卵(10月～11月)				資料1及び聞き取りによる。 宮中ダム周辺の水域では、サクラマス・ヤマメの産卵盛期は紅葉の前期と重なることが多い。
ヨシノボリ類	回遊魚					産卵(5月～7月) 仔魚が降河(5月～7月)								資料2より作成
								幼魚が遡上(孵化2～3ヶ月後)						

注：ヨシノボリ類については、オオヨシノボリの状況を示している。

資料1：「信濃川魚がのぼりやすい川づくり技術レポート 平成15年3月 北陸地方整備局」

資料2：「山溪カラー名鑑 日本の淡水魚 1989年 株式会社 山と溪谷社」

(3) 餌料生物

魚類の餌として利用される付着藻類と底生動物について、関係水域内における生息状況を整理した。

1) 付着藻類

宮中取水ダム下流域における主な付着藻類は、昭和 61 年の調査^{注1}では、汚濁した水域にも生育できる珪藻類の *Nitzschia palea* が優占的に出現していた。

また、近年では平成 20 年に夏季の付着藻類の異常繁茂について十日町橋で調査が行われているが、その結果では、きれいな水質に生育する珪藻類の *Melosira varians* や、一般的な河川の瀬に多い藍藻類の *Homoeothrix janthina* などが優占的に出現していた。

表 2.1-5 珪藻類の種組成と細胞数〔松本ら, 1986〕

調査時期	細胞数（個）	優占的に出現する主な種
8 月	3.48×10 ⁶ /cm ²	<i>Nitzschia palea</i> <i>Nitzschia perminuta</i> <i>Navcula viridula</i>
10 月	1.58×10 ⁶ /cm ²	<i>Nitzschia palea</i> <i>Bacillaria paradoxa</i> <i>Navcula cinctaeformis</i>

注 1：調査地点は、魚野川合流前の西倉橋下流左岸（St.1）である。

（出典：－豊かな流れ信濃川－ 河川資源普及指導事業報告書 1991 年 新潟内水面漁業協同組合連合会）

2) 底生動物

関係水域における底生動物の出現状況は、以下のとおりである。

河川の底生動物群集現存量を比較する目安として、津田（1962）は、表 2.1-6 に示す現存量階級を提案している。そこでは、一般に階級Ⅴ、すなわち 1 m²当たり 20g 以上の湿重量があれば、その地点の底生動物現存量はかなり多い方に属するとしている。

表 2.1-6 の結果では、現存量は概ね緩流部に比べ瀬で多く、平成 16 年 8 月は瀬の全地点で、1 m²当たりの湿重量が 20g を超え、現存量はかなり多い方に属する結果となっている。

一方、平成 17 年 7 月調査時の瀬では、1.69～7.23g、平成 18 年 8 月調査時の瀬は 1.43～10.1g となっており、年による変動が大きい結果となっている。

表 2.1-6 底生動物の現存量階級

階級	現存量 (1m ² 当たりの湿重量)
I	4g 以下
II	4g ～ 8g
III	8g ～ 12g
IV	12g ～ 20g
V	20g 以上

出所：津田早苗（1962） 水生昆虫学

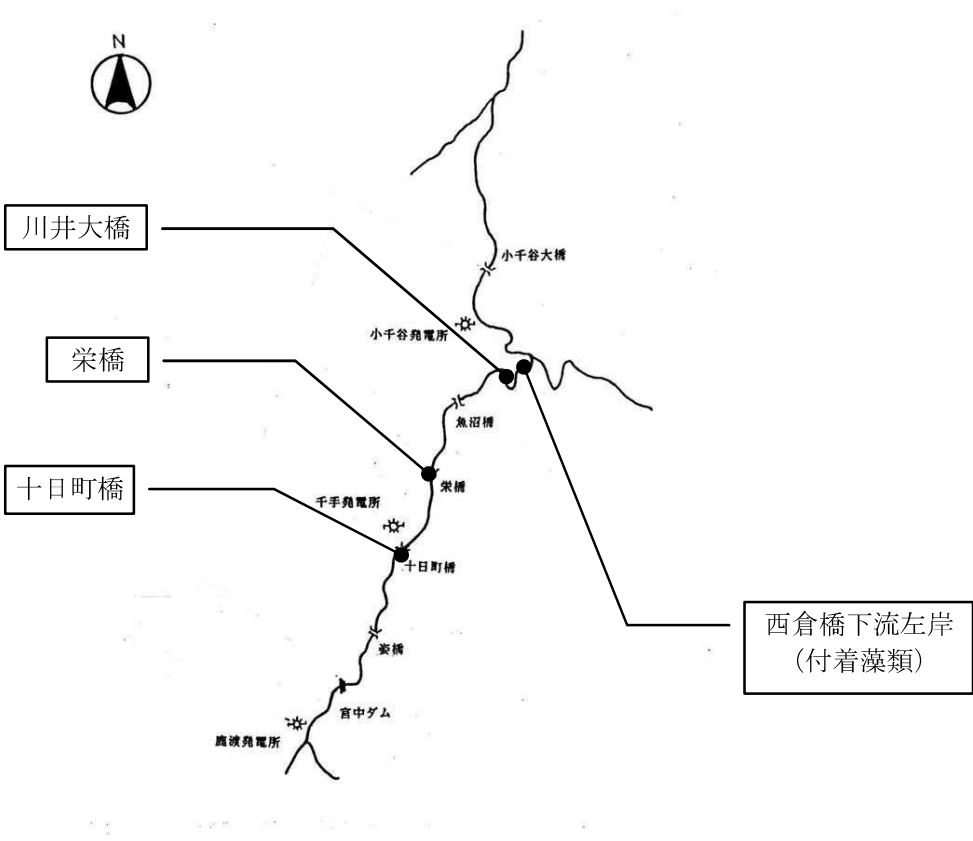


図 2.1-6 調査地点位置図

表 2.1-7 底生動物における出現状況の経年変化

綱名	目名	科名	種名	川井大橋								栄橋						十日町橋																			
				瀬				緩流				瀬			緩流			瀬								緩流											
				H11 8月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H11 8月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H11 8月	H14 8月	H15 9月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H11 8月	H14 8月	H15 9月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H11 8月	H14 8月	H15 9月	H16 8月	H17 8月	H18 8月	H18 8月-1	H18 8月-2
マキガイ綱(腹足綱)	ニナ目(中腹足目)	カワニナ科	カワニナ															4																			
	モノアラガイ目(基眼目)	サカマキガイ科	サカマキガイ																																		
	ニマイガイ綱(二枚貝綱)	ハマグリ目(マルスダレガイ目)	シジミ科	Corbicula属									8			2						12												4			
ミミズ綱(貧毛綱)	ナガミミズ目	ツリミミズ科	ツリミミズ科									8	4								16																
		ミズミミズ科	ミズミミズ科											2																							
		イトミミズ科	イトミミズ科												2																						
ヒル綱	咽蛭目	イシビル科	シマイシビル イシビル科										4					2																			
甲殻綱	ウラジムシ目(等脚目)	ミズムシ科	ミズムシ									8						2																			
	ヨコエビ目(端脚目)	キタヨコエビ科	ホクリクヨコエビ															2																			
昆虫綱	カゲロウ目(蜉蝣目)	ヒメフタオカゲロウ科	Ameletus属				4								20		28	2					4												24	4	
		コカゲロウ科	フタバコカゲロウ	100	152	76	104	4				48	164	12	8		4	112	88	58	48	112	316	4	4	2	14	16	100	4							
			トビイロコカゲロウ	28														34																			
			フローレンスコカゲロウ	2														8																			
			サホコカゲロウ	28														2																			
		ヒラタカゲロウ科	Baetis属	382	176	20		18	80	4		120	20	132	12	10	20	102	728	170	76	50	8	2			120	32	14	20	4						
			キブネタニガワカゲロウ	20	32			202	32				4		24			218	4			4			822	8											
			シロタニガワカゲロウ							38		40	10		10	28			4	38	148	4				8	48	2	14								
			Ecdyonurus属				28				408			120			408						16											136	60		
			エルモンヒラタカゲロウ		32	10		2		2		32	26						64	8	20	22		18	2		2	2	12								
			ヒメヒラタカゲロウ	4		52	16						146	16				10		2		120	28										12				
			サツキヒメヒラタカゲロウ										2	8																							
			Rhithrogena属	2				4						120																							
		ヒラタカゲロウ科						2												40						2											
		チラカゲロウ科	チラカゲロウ	32	536	24	4	8				208	52		2		4	8	96	6	152	8	8	12			2										
	トビイロカゲロウ科	ヒメトビイロカゲロウ						2				2																									
		トビイロカゲロウ科		40				26						4	8																						
	マダラカゲロウ科	カスタネアマダラカゲロウ	6				6											10					2														
		クロマダラカゲロウ																	4																		
		ヨシノマダラカゲロウ																																4			
		フタマタマダラカゲロウ																																			
		クシゲマダラカゲロウ						26	8			12		14	4				8	20	20	4	6			8	2	20									
		Ephemerella属																																8			
		エラブタマタラカゲロウ																																			
		チノマダラカゲロウ										2																									
		アカマダラカゲロウ	4	1008			2		4		784	4		74	4		10	100	86	312	6		4			248	16	4									
		マダラカゲロウ科												4																							
	トンボ目(蜻蛉目)	サナエトンボ科	オナガサナエ														2																				
		サナエトンボ科	サナエトンボ科																																		
		エソトンボ科	コヤマトンボ																																		
	カワゲラ目(セキ翅目)	オナシカワゲラ科	Amphinemura属		8																																
		カワゲラ科	Kamimuria属								14			2							4	4						6									
		カワゲラ科	Togoperla属																																		
	アミメカゲロウ目(脈翅目)	アミメカワゲラ科	アミメカワゲラ科																																		
		ヘビトンボ科	クロスジヘビトンボ																									2									
		ヘビトンボ科	ヘビトンボ																6					2													
	トビケラ目(毛翅目)	カワトビケラ科	カワトビケラ科																					4										12		4	
		イワトビケラ科	イワトビケラ科		160				30			16				10						32															
		ヒゲナガカワトビケラ科	ヒゲナガカワトビケラ								2			2					6	6	106					38	18	238									
			チャバネヒゲナガカワトビケラ					2					24										44			42	10										
			Stenopsyche属																								8										
		ヤマトビケラ科	Glossosoma属										2																			8					
		ヒメトビケラ科	Hydroptila属																																		
		ナガレトビケラ科	タシタナガレトビケラ																																		
			ムナグロナガレトビケラ					2																													
		シマトビケラ科	Cheumatopsyche属	20	1064		8	22	16	2		672	10	4	44	2	24	16	26																		

2.2 魚道の設計条件

2.2.1 対象魚

宮中ダム魚道の対象魚は、表 2.1-3（p.21）で整理した主要魚種 16 種とする。

カワヤツメ，ウナギ，コイ，フナ（フナ類），オイカワ，ウグイ，ウケクチウグイ，ニゴイ，アカザ，アユ，ニッコウイワナ，ニジマス，サケ，ヤマメ・サクラマス，カジカ，ヨシノボリ類

2.2.2 対象魚の大きさと魚道に求められる水深・流速

水理設計条件を定めるための基礎情報として、対象魚の時期別の体の大きさについて、一般文献をもとに整理し、参考資料 4.1 に整理した。

その結果を集計し、主要魚種の魚道利用時期における大きさ（体長・体高）と、魚道を遡上させるために必要となる水理条件（水深・流速）を整理すると、表 2.2-2 のとおりである。

表 2.2-2 の整理に際して活用した魚の遊泳力に関する既往知見は表 2.2-1 のとおりである。

表 2.2-1 （参考表）魚種と遊泳力に関する既往知見

魚 種	体長 [cm]	突進流速 [cm/s]	巡航流速 [cm/s]	文 献
アユ	0.5～0.6	3～7	－	小山ら(1965)、 小山(1978)
	4～5	50～70	3～10	
	5～9	100～120	40～60	
ニジマス	15～40	170～200	40～100	小山ら(1969)
アマゴ*2	1年魚	240	70～140	国土開発(1982)*1
	2年魚	320		
シロサケ	65	500	－	佐藤(1980)*
ウグイ	7～10	100	－	小山(1967)
オイカワ	7.5～9.5	100	－	小山(1967)
ウナギ	シラス	－	40	国土開発(1982)*1
	7～15	60～90	－	佐藤(1980)*
	15～30	90～150	－	

*:これら文献より孫引。

*1: (財)国土開発技術研究センター「魚道の設計」, 1982.3

*2: アマゴは、ヤマメの条件に適用した。

出典：「内水面漁場環境・利用実態調査報告書 魚のすみよい川への設計指針(案)」, p. 160, 昭和 62 年 3 月（小山 1981～1983）

表 2.2-2 主要魚種の大きさと水理条件

		対象魚の大きさ			魚種別水理設計条件		
		体長※1 [cm]	体高※1 [cm]	備考	巡航速度※2 [cm/s]	突進速度※2 [cm/s]	確保水深※3 [cm]
1	カワヤツメ	40	3	成魚			6
2	ウナギ	5	1	遡上期		60	2
3	コイ	10	10		20	100	10
4	フナ(フナ類)	—	—		—	—	—
5	オイカワ	8	3		16	100	6
6	ウグイ	8	6		16	100	12
7	ウケクチウグイ	40	6.5		80	100	13
8	ニゴイ	15	10		30	150	10
9	アカザ	9	2		18	90	4
10	アユ	5	2	遡上期	40	100	4
11	ニッコウイワナ	13	5	成魚	26	130	10
12	ニジマス	15	25		40	170	12.5
13	サケ	60	25	成魚	120	500	12.5
14	サクラマス	40	15	遡上期	80	400	7.5
	ヤマメ	18	7		70	240	14
15	カジカ	1.5	3	体長は稚魚	3	15	6
16	ヨシノボリ類	1.5	1.5	遡上期	3	15	3

※1 体長、体高は、回遊魚の場合は遡上期の値、それ以外は成魚の値を記載。体長は最小値、体高は最大値（体長の最大値から図版の比率で算定）を記載。

※2 巡航速度・突進速度は、魚種と遊泳力に関する既往知見が得られている場合はその値とした（赤数値）。既往知見がない場合は、一般的に言われている体長と遊泳能力の関係（例えば、中村俊六「魚道のはなし」, pp.169-170）から、巡航速度は遡上期の体長の2倍、突進速度は遡上期の体長の10倍とした。

※3 確保水深は、体高の2倍を基本とした。ただし、大型魚であるサケ・マスについては体高の1/2（参考：井田齊・奥山文弥「サケ・マス魚類のわかる本」, 久保達郎編「日本のサケマス その生物学と増殖事業」）、コイ・ニゴイについては体高と同じ値とした（青数値）。

代表魚の突進速度と現在の階段式魚道の最大流速（大型一般部 1.31m/s、切欠部 1.66m/s、小型 1.12m/s）を比較すると突進速度が最大流速を下回る遊泳型の魚種があることから魚道流量を低減させることが必要と考えらる。

2.3 魚道形式の二次選定

2.3.1 魚道の配置（第 2 回委員会で提示資料の再整理）

魚道配置の観点から、魚の遡上のために魚道が満たすべき基本的な条件は、下記のとおりである。

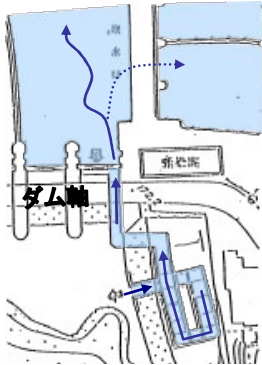
- A) 魚が魚道入口を容易に見出し、またその付近によく集まること
- B) 魚道をのぼる魚、のぼりきった魚が他の水路などに引き込まれないこと

宮中ダムの魚道配置案として、表 2.3-1 に示す 5 案の比較検討を実施した。

ダム下流と魚道の流れの連続性といった宮中ダム魚道のもつ課題について、呼び水管とダムゲートからの放流パターンを検討することで課題解決を図ることが可能であることから、現在の魚道外郭を活用して魚道構造の改善を図る第 2 案を基本とし検討を進めたい。

（呼び水管とダムゲートからの放流パターンの検討は「1. ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保」にて実施）

表 2.3-1 宮中ダムの魚道配置案の比較検討表

魚道位置		左岸	右岸			
案		1案:左岸らせん配置魚道	2案:折返し魚道 (緩勾配魚道含む)	3案:引き込み型魚道	4案:切り回し型魚道	5案:下流突出型魚道
概要		魚道入口を左岸ダム直下とし、魚道をらせん状に配置して、土砂吐ゲートを一部改造してその位置に魚道出口を設ける。	魚道入口を右岸ダム直下とし、魚道を折返し配置とすることによって、ダム直上流に魚道出口を設ける。	魚類の迷入防止を図るため、魚道入口を右岸袖部に設置し、引き込み型の魚道に全面改築する案。	魚道入口を右岸袖部直下流に設置し、高水敷に切り回し型の魚道を設置する案。	魚道を直線配置として、ダム下流の離れた位置に魚道入口を設ける案。
入口		左岸ダム直下流	右岸ダム直下流	同左	同左	右岸ダム下流約 200m
出口		左岸ダム直上流	右岸ダム直上流	右岸ダム上流約 200m	右岸ダム上流約 200m	右岸ダム直上流
概要図						
魚の 遡上・ 降下	滞筋と遡上経路との整合	下流河道の滞筋が左岸側にあるため、遡上経路との接続が良好 ○	下流河道の滞筋が左岸側にあるため、遡上経路と魚道が離れている。 △	下流河道の滞筋が左岸側にあるため、遡上経路と魚道が離れている。 △	下流河道の滞筋が左岸側にあるため、遡上経路と魚道が離れている。 △	下流河道の滞筋が左岸側にあるため、遡上経路と魚道が離れている。 △
	入口の見つけ易さ	ダム直下に入口を配置するため、遡上魚が入口を見つけられずに行き場を失うことはない。 ○	同左 ○	同左 ○	同左 ○	・魚が入口を見つけられずに通りすぎる可能性が高い。 ・魚道入口周りの局所洗掘によって流れの連続性を喪失する懸念 △
	遡上魚の引き込まれの可能性	左岸直上流に発電取水口があるため、遡上しきった魚が引き込まれることが懸念される。 ×	呼び水管の呑口が近接するが、規模が小さいため、引き込まれの可能性は低い。 ○	発電取水口と呼び水放流間のいずれから十分な離隔があるため、引き込まれの可能性は無い。 ○	同左 ○	2 案と同様。 ○
	降下のしやすさ	滞筋が左岸側にあるので、魚道出口の位置としては、最も望ましい ○	降下魚が魚道出口に到達する可能性はダム上流に出口を設ける案に比べて高い ○	降下魚が魚道出口を通り過ぎる可能性が高く、その場合にはダムゲート直上流で滞留すると考えられる。 △	同左 △	2 案と同様。 ○
魚道配置に起因した課題の解決方法		・遡上魚引き込まれの課題解決は困難	呼び水とダムゲートからの放流パターンを検討	呼び水とダムゲートからの放流パターンを検討	呼び水とダムゲートからの放流パターンを検討	・呼び水とダムゲートからの放流パターンを検討 ・洗掘防止 ・魚止堰の新設
評価		○ ・ 魚道配置に起因した課題解決の実現可能性の観点から第 2 案を基本とする。 ・ 現況魚道は第 2 案に位置づけられるが、幅員（大型：10m、小型 2m）、勾配（大型：1/15、小型 1/16.7）ともに構造改善検討にあたって問題となる諸元ではないと考えられるため、現在の魚道外郭を活用して検討を進めたい。				
その他		ダム構造への遡及が懸念	魚道位置は洪水時に土砂堆積傾向にあるため、土砂排除等管理上の課題が大きい。	・止水ラインの開削が必要となり、ダム構造への遡及が懸念	・堤防の付替えが必要 ・用地確保が必要	魚道位置は洪水時に土砂堆積傾向にあるため、土砂排除等管理上の課題が大きい。

2.3.2 魚道形式の検討（第2回委員会で提示資料の再整理）

(1) 魚道の形式の分類と抽出

魚道の形式について、宮中取水ダムにおける適用性を評価し、採用可能性のある形式の抽出を行った（図 2.3-1）。

大 分 類	中 分 類	宮中取水ダムの魚道としての適用性		魚道形式 水理特性	対応可能魚種			検討の方向性	抽出
					大型浮遊魚	小型浮遊魚	底生魚		
プールタイプ魚道 隔壁によって形成されるプールを連続させることによって魚の休憩池を確保しつつ、高度を稼ぐタイプ	階段式 (アイスハーバー型、傾斜隔壁式を含む)	わが国で最も一般的に広く用いられている形式で、実績が豊富である。現在の宮中ダムの魚道として採用されている形式である。	○	階段式魚道 切欠き部と一般部の使い分け、潜孔の併設、アイスハーバー型への改良などによって多様な魚種への対応を考えることができる。	サケ サクラマス ニジマス	コイ フナ オイカワ ウグイ ウケチウグイ ニゴイ アユ イワナ ヤマメ	カワヤツメ ウナギ アカザ (突進速度の小さな底生魚は対応困難)	多様な魚種への対応が可能と考えられることから、宮中取水ダムにおけるメインの魚道形式として位置づける。	○
	潜孔式	プール間落差から流速は2.2m/s（小型魚用1.9m/s）となり、対象魚の遊泳に適した流速に抑えることができない。階段式魚道への併設を考え、階段式で検討。	×						
水路タイプ魚道 一定勾配の水路を連続させるタイプ。基本的にはプール部分がなく、止水部分がないもの	緩勾配水路式（せせらぎ水路）	落差が小さい場合に適用可能な形式。メイン魚道としての適用性は低い、補助的に小規模なものを設置することで、多様な水生生物への対応を図ることも可能。	○	緩勾配水路式 (せせらぎ魚道) 水深は非常に小さいものになるが、遊泳力の小さな底生魚や甲殻類などさまざまな水生生物への対応が可能である。	—	フナ オイカワ アユ (小型浮遊魚のうち、体高の小さな魚に対応可能)	カワヤツメ ウナギ アカザ カジカ ヨシノボリ類	多様な水生生物への対応を目指す手法として、設置を検討する。	○
	粗石付き斜路式	落差が大きい場合の適用性が低い、床固めなど比較的落差の小さい砂防施設や農業用取水施設などでの適用例は多い。	○						
阻流板式魚道 水路式ではあるが、流れを制御する隔壁等により、止水部分を設けたもの	デニール式	流況は激しくなるが、深さ方向の流速分布の中で流速の小さいところを魚が利用するとされていることから、検討対象とする。	○	粗石付き斜路式 大型魚の巡航速度以下の流速とするためには、水深を浅くする必要があり、流速と水深の両方の条件を満足させることはできない。	—	—	—	宮中ダムの魚道では勾配が急なため、適用性に欠けると判断し、抽出しない。	×
	深導流壁式（ハーチカスロット式）	プール間落差から流速は2.2m/s（小型魚用1.9m/s）となり、対象魚の遊泳に適した流速に抑えることができない。	×						
水位追従型魚道 貯水池側の水位変動に追従して、魚道そのものが変動するもの	セクター式	水位変動が比較的大きい場合に設置される流量調節設備を兼ねた魚道。宮中ダムでは、3枚の起伏式ゲートで対応可能であることから、適用性は低い。	×	デニール式 大型魚の遊泳に適した条件とすることができる。魚道内の流況が激しいことから、小型魚の遡上は困難と考えられる。	サケ サクラマス ニジマス	(阻流板間の渦に巻き込まれる可能性のある大きさの魚には、対応困難と考える)	(阻流板間の渦に巻き込まれる可能性のある大きさの魚には、対応困難と考える)	流況が激しいことから大型魚（サケ・マス）用に特化した魚道として、検討を行う。	○
ロック式魚道 門扉等により一時的に魚を幽閉し、水压等により移動せしめるもの	ボーランド式	水位差と水位変動幅が大きい場合に採用される形式であるが、わが国での実績はない。	×						
	閘門式	魚のモニタリングとその結果に応じたゲート操作が望ましく、操作運用面での課題が多い。	×						
エレベータ式魚道 魚を幽閉した魚槽そのものを移動させるタイプの魚道	すくいあげ式、ほか	水位差および水位変動幅が大きい場合に採用される形式。操作運用面での課題が多い。	×						

図 2.3-1 宮中ダムの魚道に適した魚道形式の抽出

(2) 魚道の組合せ案

前項で抽出した魚道形式をもとに表 2.3-2 に示す組合せを 5 案設定した。

表 2.3-2 魚道の組合せ案

			組合せ案による変更部分			魚道形式組合せ案の位置付け		
			小型魚用魚道の部分	大型魚用魚道の部分		概 要	組合せの目的	
							協議会で指摘されている問題点	多様な魚種への対応
魚道形式の組合せ案	1 案	現況魚道の改善案 	④階段式（現状のまま） 	⊕階段式の構造改善（石の投入・切欠き位置を揃えるなど） 		・協議会で指摘されている問題点を解決するために、⊕階段式の構造改善を行う。	○	△※
	2 案	アイスハーバー型への改良 	④階段式（現状のまま） 	⊕アイスハーバー型への改良 		・今回検討した設計条件により魚道流量を低減した場合、セイシュの発生が懸念されるため⊕階段式を⊕アイスハーバーに改良することによって、問題点の解決を図る。	○	△※
	3 案	2 案＋デニール式の追加 	④階段式（現状のまま） 	⊕アイスハーバー型への改良 	⊕デニール式魚道の追加 	・⊕アイスハーバーによる問題点解決を図る。 ・大型魚の遡上経路の多様化を目指す。	○	△※
	4 案	2 案＋せせらぎ魚道の追加 	せせらぎ魚道 	⊕アイスハーバー型への改良 	④階段式の位置変更 	・⊕アイスハーバーによる問題点解決を図る。 ・せせらぎ魚道によって、遊泳力の小さな魚類等の遡上経路を整備する。	○	○
	5 案	2 案＋デニール式＋せせらぎ魚道の追加 	せせらぎ魚道 	⊕アイスハーバー型への改良 	④階段式の位置変更 	⊕デニール式魚道の追加 	・⊕アイスハーバーによる問題点解消を図る。 ・せせらぎ魚道によって遊泳力の小さな魚類等の遡上経路を整備する。 ・大型魚の遡上経路の多様化を目指す。	○
流量増加案			④階段式（現状のまま）	⊕階段式の構造改善		呼び水水路	・現在の大型魚用魚道の一部に呼び水水路を設ける。 ・現地実験の結果、魚道本体から通水するよりも現在の呼び水管からの通水の方が位置・方向として適切であると推察され、効果が期待できないため、棄却する。	

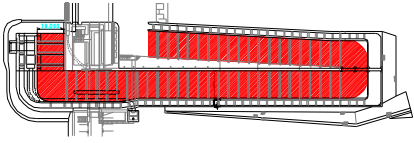
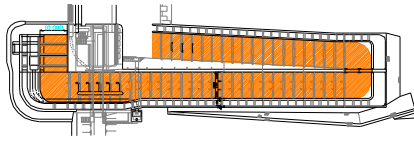
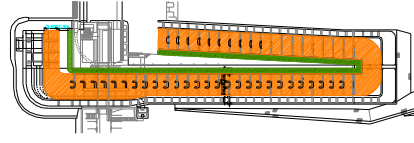
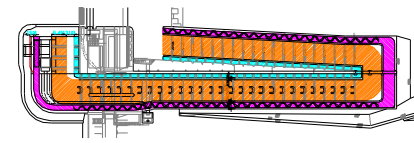
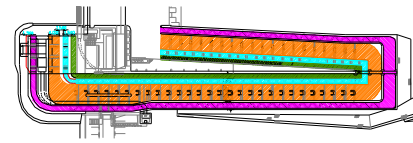
注) ④＝小型魚用魚道 ⊕＝大型魚用魚道

※ 越流式の魚道（階段式またはアイスハーバー型等）であっても石の投入による潜孔部流速の抑制やロープの設置などによって、底生魚や甲殻類の遡上経路の確保が可能と考えられることから、△とした。

2.3.3 魚道形式の二次選定

対象魚種に対する適性、流量管理、メンテナンス性を考慮して、組合せ案の絞込みを行った。
底生魚など遊泳力の小さな魚類を含めた多様な魚種に対する対応が可能となる第4案を選定する。

表 2.3-3 組合せ案の絞込み表

	1 案 現況魚道の改善	2 案 アイスハーバー型への改良	3 案 IH+デニールの追加	4 案 IH+せせらぎの追加	5 案 IH+デニール+せせらぎ
	小型魚用階段式魚道（現状）＋ 大型魚用階段式魚道（改善）	小型魚用階段式魚道（現状）＋ 大型魚用アイスハーバー型魚道	小型魚用階段式魚道（現状）＋ 大型魚用アイスハーバー型魚道＋ 大型魚用デニール	底生魚・甲殻類用せせらぎ魚道＋ 小型魚用階段式魚道＋ 大型魚用アイスハーバー型魚道	底生魚・甲殻類用せせらぎ魚道＋ 小型魚用階段式魚道＋ 大型魚用アイスハーバー型魚道＋ 大型魚用デニール
配置概要図					
対象魚種に対する適性	浮遊魚（大型） ○ 浮遊魚（小型） ○ 底生魚 △	浮遊魚（大型） ◎ 浮遊魚（小型） ○ 底生魚 △	浮遊魚（大型） ◎ ○ 浮遊魚（小型） ○ 底生魚 △	浮遊魚（大型） ◎ 浮遊魚（小型） ○ 底生魚 ○	浮遊魚（大型） ◎ ○ 浮遊魚（小型） ○ 底生魚 ○
流量管理	現在の起伏ゲートで魚道流量を調節管理ができる。 ○	現在の起伏ゲートで魚道流量を調節管理ができる。 ○	デニール式魚道が水路式であるため越流タイプ（起伏ゲート等）やオリフィスタップ（スルースゲート等）のゲートが適用できないため流量調節管理ができない。 △	せせらぎ魚道の追加によって、操作すべきゲートが増加するが、基本的な管理方法は従来どおりである。 ○	デニール式魚道が水路式であるため越流タイプ（起伏ゲート等）やオリフィスタップ（スルースゲート等）のゲートが適用できないため流量調節管理ができない。 △
メンテナンス性	現状と大きな差はない。 ○	アイスハーバーとすることによって、洪水時の土砂堆積への対応に現状より手間がかかる △	・デニール式については、阻流板に流木が引っかかる可能性が高く、阻流板間に土砂が堆積することもあると考えられる。したがって、頻繁なメンテナンスが必要になると思われる。 ・アイスハーバーとすることによって、洪水時の土砂堆積への対応に現状より手間がかかる △	アイスハーバーとすることと、せせらぎ魚道の追加により、洪水時の土砂堆積への対応に現状より手間がかかる △	・デニール式については、阻流板に流木が引っかかる可能性が高く、阻流板間に土砂が堆積することもあると考えられる。したがって、頻繁なメンテナンスが必要になると思われる。 ・アイスハーバーとすることと、せせらぎ魚道の追加により、洪水時の土砂堆積への対応に現状より手間がかかる △
抽出案				○	
評価	●今回検討した設計条件により魚道流量を低減した場合、セイシュの発生が懸念されるため⊕階段式を⊕アイスハーバーに改良する ●デニール式を設置する3案、5案は、流量管理ができないこと、メンテナンスの課題が大きいことから棄却する。なおデニール式は大型魚用に特化した魚道であるため、アイスハーバー型魚道を採用することで補完が可能である。				

2.4 魚道流量と魚道内流況の改善案の検討

「2.3 魚道形式の二次選定」において、第4案『せせらぎ水路＋階段式魚道＋アイスハーバー型魚道』を選定したが、ここでは、選定した各魚道形式について、魚の遡上のために適正と考えられる魚道流量と魚道内流況の改善案について検討した。

2.4.1 魚にとって適正と考えられる魚道流量の検討

(1) 期別・魚種別の魚道水理設計条件

「2.1.2 関係水域の魚類相と主要魚種の生態」で整理した魚の生活形態（p.22 表 2.1-4）をもとに、遡上が必要となる回遊魚、産卵のために河川内移動が活発となる種について、期別水理設計条件を検討した。結果を表 2.4-1 に示す。

底生型の魚類については遊泳型の魚類とは異なる遡上形態となることから、水理設計条件の設定対象としては除外することとし、別途考慮することとした。

表 2.4-1 回遊魚の期別・魚種別水理設計条件

	生活型	生活タイプ	巡航速度 [cm/s]	突進速度 [cm/s]	確保水深 [cm]	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
カワヤツメ	回遊魚	底生型			6												
ウナギ	回遊魚	底生型		60	2												
アユ	回遊魚	遊泳型(小)	40	100	4					●●●●●●●							
イワナ	純淡水魚	遊泳型(小)	26	130	10											●●●●	
サケ	回遊魚	遊泳型(大)	120	500	12.5									●●●●●●●●			
サクラマス	回遊魚	遊泳型(大)	80	400	7.5					●●●●●●●							
ヤマメ	純淡水魚	遊泳型(小)	70	240	14										●●●●●●●●		
ヨシノボリ類	回遊魚	底生型	3	15	3												
回遊性魚類(遊泳型)を対象とした 期別の水理設計条件	小型 (階段式魚道越流部のうち一般部に適用)	巡航速度[cm/s]							40(アユ)						26(イワナ)		
		突進速度[cm/s]							100(アユ)						130(イワナ)		
		確保水深[cm]							4(アユ)						14(ヤマメ)		
	大型 (階段式魚道越流部のうち切欠部に適用)	巡航速度[cm/s]							80(サクラマス)						120(サケ)		
		突進速度[cm/s]							400(サクラマス)						500(サケ)		
		確保水深[cm]							7.5(サクラマス)						12.5(サケ)		

※ ●が期別の水理設計条件設定を行う上で考慮する魚種と期間を示す。■は回遊魚、回遊型魚類の遡上期、■は純淡水魚が産卵期に活発な移動を行う時期を示す。
なお、底生魚は、底面を這って遡上する形態をとるため、潜孔やローブによる移動を行うと考えられることから、流速・水深の水理設計条件では考慮しない。

回遊魚以外の魚種はまとめて特定の時期に移動する種ではないが、ウグイやニゴイ等の種は、出水時や水の濁りの状態に応じて移動行動をとるとされていることから、ダムによる影響を極力回避するために、通年の設計条件として表 2.4-2 のように設定した。

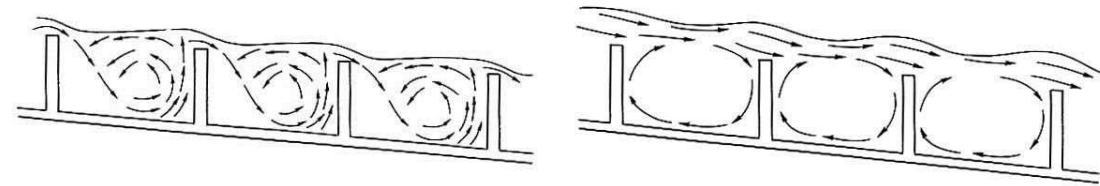
表 2.4-2 通年の水理設計条件

	巡航速度 [cm/s]	突進速度 [cm/s]	確保水深 [cm]
コイ	20	100	10.0
オイカワ	16	100	6.0
ウグイ	16	100	12.0
ウケクチウグイ	80	100	13.0
ニゴイ	30	150	10.0
ニジマス	40	170	12.5
ニジマス以外の 限界値	16 以下	100 以下	13.0 以上

(2) 階段式魚道の水理計算方法

階段式魚道の流況は、流量によって下記のとおり大きく2つ（あるいは3つ）に分けられる。

- ① 落下流状態：流量が少なくて堰頂で落下流（の一部）が形成され、それがプール内に潜入する状況になる場合
- ② 表面流状態：流量が多くて堰頂上の流れが連なり堰上に連続した表面流が形成される場合
- ③ 遷移領域：①と②の中間の流量において見られる両者の遷移領域（不安定状態）



① 落下流状態（Plunging Flow） ② 表面流状態（Streaming Flow）

図 2.4-1 階段式魚道における落下流状態と表面流状態

①と②の違いは図 2.4-1 に示すように、プール内の循環流の流れの向き（時計まわりか反時計まわりかの違い）によって判定できる。②表面流状態は、プールによる減勢が行われなため、魚道内の流況が激しくなり、魚の遡上には不適である。

以上のことから、水理計算によって、①落下流状態となることの判別と水理量の算定を行う。

落下流状態における水理量は、以下の式によって算定する。

$$\begin{aligned} \text{流量} \quad Q_p &= 0.61 b h^{3/2} \sqrt{g} \\ \text{流速} \quad V_p &= \sqrt{2 g h / 3} \end{aligned}$$

ここに、h：越流水深（m）

魚が遡上可能となる水理条件が満足されているかどうかは、以下の基準で判定する。

- 越流水深hが魚の体高から定めた確保水深以上であること
- 限界流速 V_p （図 2.4-2 の V_c ）が魚の突進速度以下であること
- 落下流状態であること

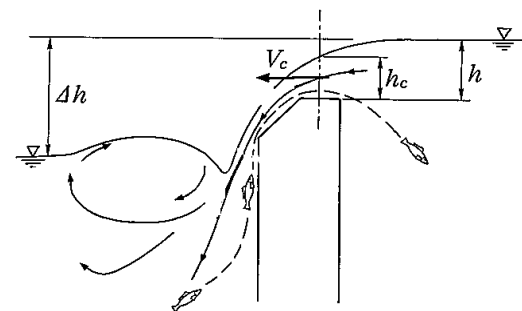


図 2.4-2 階段式魚道越流部の説明図

$$[\text{切欠部越流水深}] = [\text{一般部越流水深}] + 15\text{cm (切欠高)}$$

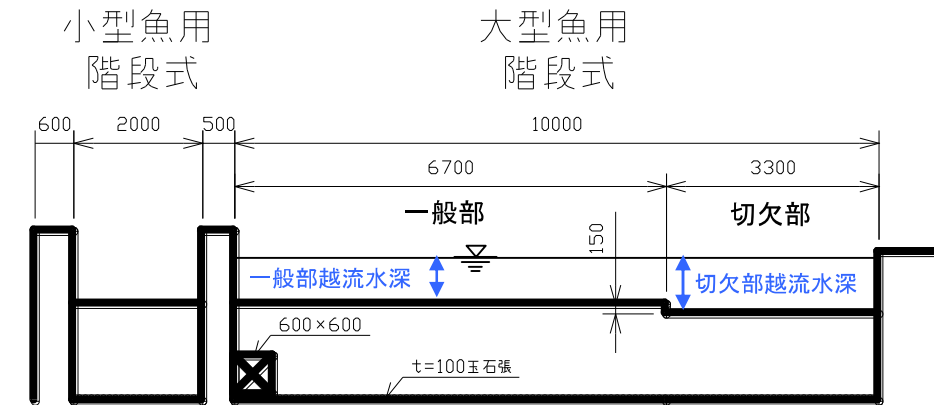


図 2.4-3 宮中ダムに現在設置されている階段式魚道の横断面図

次ページに魚道の水理計算結果を示すが、その説明を図 2.4-4 に示す。

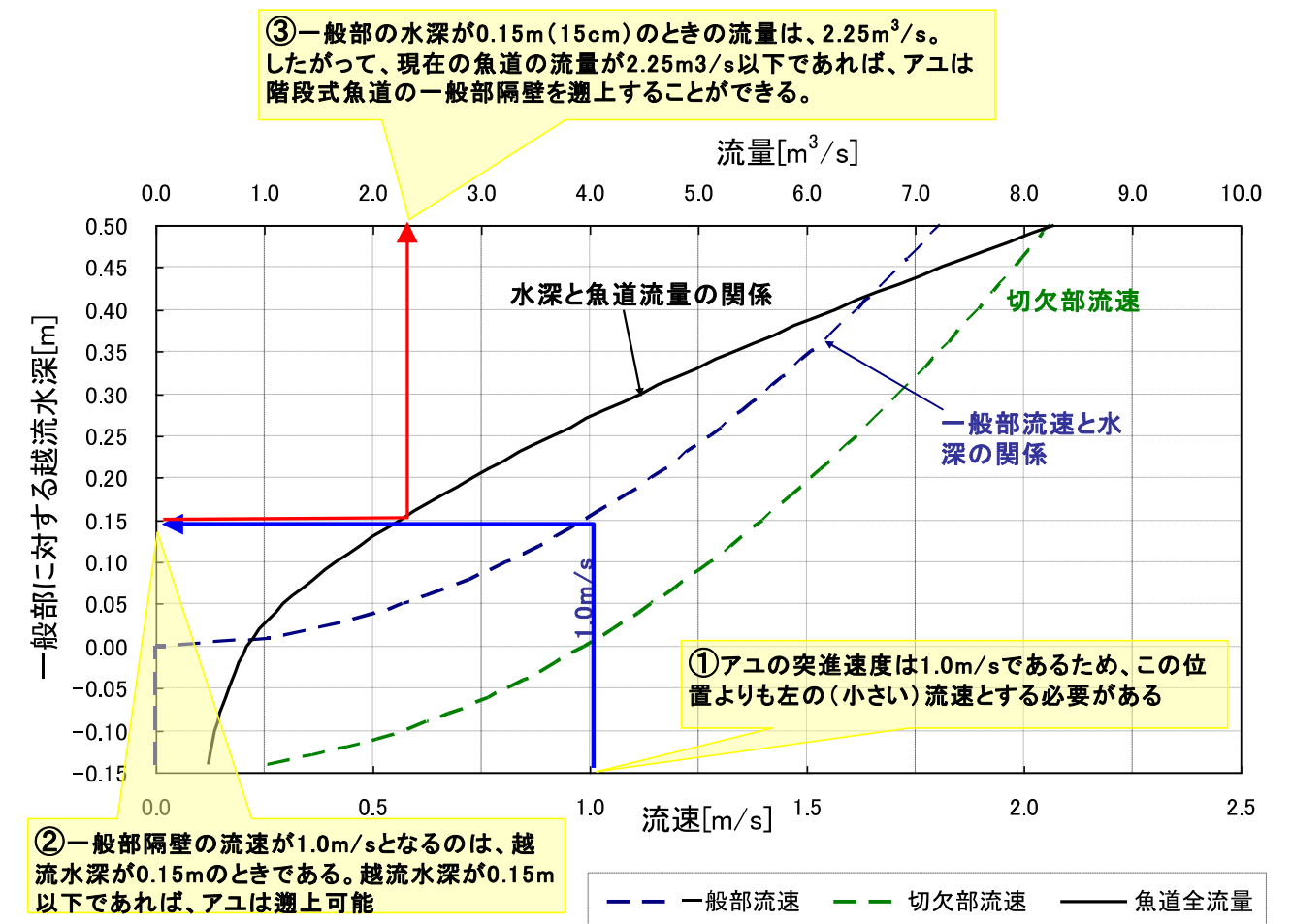


図 2.4-4 水理計算結果の説明図

(3) 魚にとって適正と考えられる魚道流量

期別魚種別の水理設計条件をもとに、適切な魚道流量を検討した。

なお今回の水理設計条件は、現魚道と比較すると秋期を除き設計流速を低減し、より多様な魚種への対応性が高まっている。

現況の階段式魚道について水理計算を行い、算定された単位幅流量を魚道幅（越流幅）に掛けることによって選定した第4案の魚道流量範囲を求め、表 2.4-3～表 2.4-5 に適正な流量の最大値を整理した。

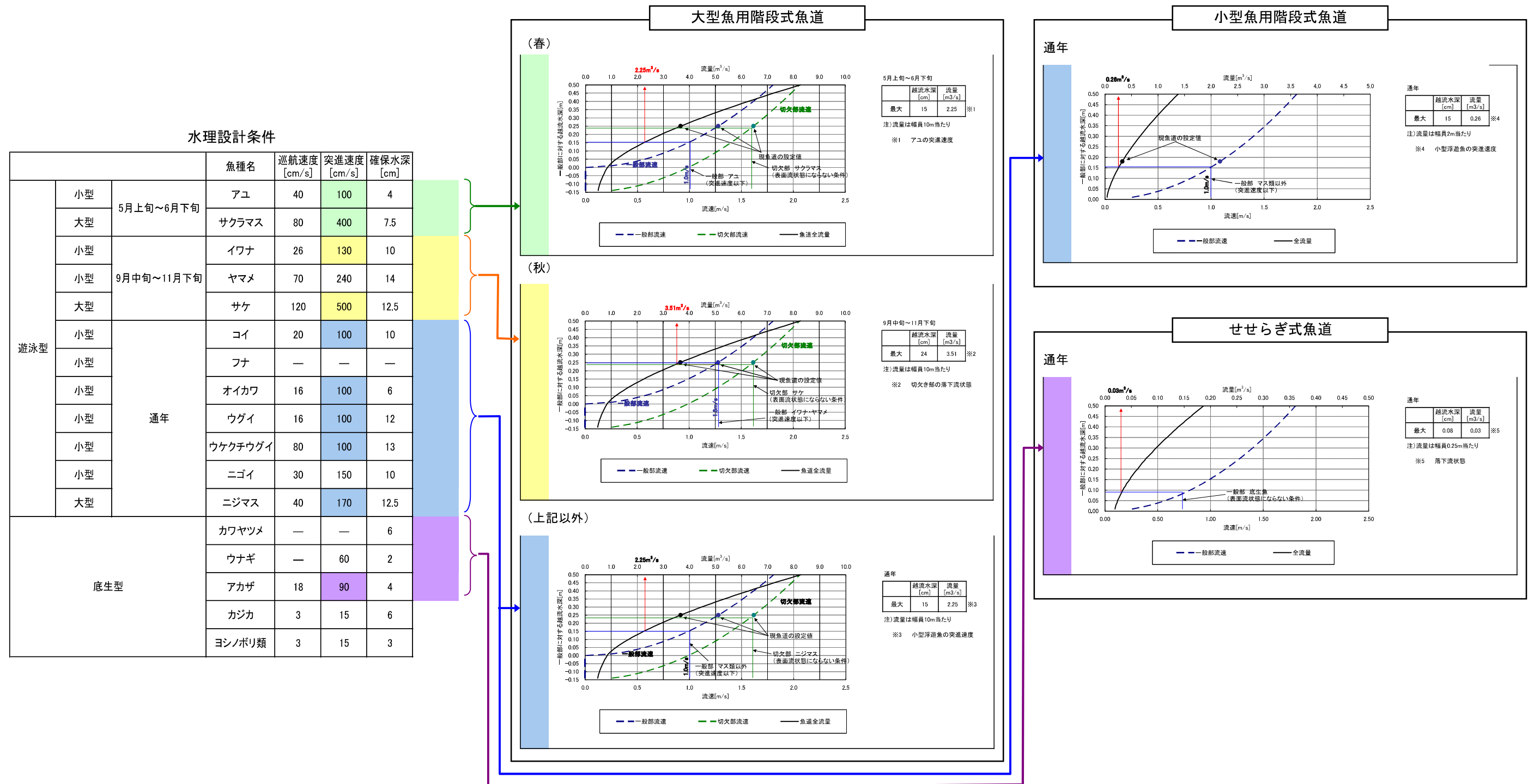


図 2.4-5 階段式魚道の適切な流量算定結果

表 2.4-3 適正な魚道流量の最大値（春）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m³/s]
		越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	2.250			2.510
	4案	1.5	0.195	5.4	1.215	0.25	0.030	1.440

表 2.4-4 適正な魚道流量の最大値（秋）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m³/s]
		越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	3.510			3.770
	4案	1.5	0.195	5.4	1.895	0.25	0.030	2.120

表 2.4-5 適正な魚道流量の最大値（その他の期間）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m³/s]
		越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	越流幅 [m]	流量 [m³/s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	2.250			2.510
	4案	1.5	0.195	5.4	1.215	0.25	0.030	1.440

2.4.2 魚道内流況 改善案の検討

現在の階段式（大型）魚道における魚道内流況の課題に対し、第 4 案を選定したことによる課題に対する対応の状況を整理すると表 2.4-6 のとおりとなる。

アイスハーバー型魚道についても同様の課題が想定されるため、現地通水試験による流況確認を検討する。
あわせて対応策の選定ならびにその効果について検討を行うこととする。

表 2.4-6 現在の階段式（大型）魚道の課題と第 4 案における対応ならびに今後の検討

課 題	原 因	対応策	対応結果	4案
セイシュの発生	横長のプール形状である	B1 側壁を設けて魚道を分割・縦長とする	組合せで分割	○
		B2 アイスハーバー型に改造する		○
	潜孔と切欠きが交互に配置されている	S1 潜孔を同一の位置に配置する		△
		K1 切欠きを同一の位置に配置する		○
	切欠きの比率が1:2である（切欠き幅が大きい）	K2 切欠きの幅を縮小する		—
	水深が大きい	P1 プールの底上げを行う		△
	規則性がありすぎる	P2 流木・倒木などを投入する	アイスハーバー型への改造で対応	●
		P3 阻柱をプール内に設置する		
プール内の複雑な流れの発生	切欠きからの流れが減勢されずに下流に越流する	K3 切欠き高を小さくする		—
		K2 切欠き幅を縮小する		—
	潜孔からの強い流れが下流側隔壁にぶつかる	S2 潜孔なしとする（閉塞する）		—
		S3 潜孔の流れの減勢を図る		△
折返しプールの水面揺動	上流側と下流側の潜孔が近接している	S1 潜孔の位置を変える		△
		S2 潜孔なしとする		—
		S3 潜孔の流れの減勢を図る		△
	プールのコーナー部が直角である	C コーナー部に円弧を入れる		△
多様な魚種への対応	隔壁を越流する水流のみが移動経路となっている	S3 潜孔の流れの減勢を図る	せせらぎ魚道の採用により対応	●
		R ロープを設置する	せせらぎ魚道の採用により対応	●
	潜孔からの流れが強い	S3 潜孔の流れの減勢を図る	せせらぎ魚道の採用により対応	●
魚の休憩場所・隠れ家の確保	規則性がありすぎる	P2 流木・倒木などを投入する	アイスハーバー型への改造で対応	●
		P4 魚道に蓋をする（鳥害対策）		

凡例：○対応策案を採用、●対応策案と同一の効果を有すると考えられる代替策を採用、△今後検討を行う

2.5 魚道の運用方法（流量変化）の検討

2.5.1 魚道運用方法の基本方針

(1) 基本方針

既往の設計では、対象魚に適した設計流速を定めた上で、越流水深に対する流速が設計流速となるような越流水深を算定し、一定の魚道の水理量を設定、運用していた。また、他地点における既往魚道事例においても、適正な水理量を定めてその値に固定することを基本として、魚道運用を行うことが一般的である。

しかしながら、宮中取水ダムでは、対象魚の多様性や施設特性を踏まえて以下の基本方針とする。

魚道を利用する魚や水生生物は多様であるため、限られた魚道という遡上路の有効活用を図り、河川横断施設による水生生物の移動への影響を極力緩和するために、下記のことを踏まえて流量変化による弾力的な運用を行うことを基本方針とする。

- 魚道を利用する魚にはさまざまな魚種があり、また、魚種によってはその利用時期が異なること
- 同時期であってもさまざまな魚種が魚道を利用すること
- 魚種に対して設定した水理設計条件は、対象魚の平均的な大きさ、遊泳力をもとにしたものであり、魚道を実際に利用する個体にはばらつきがあること

(2) 魚道流量変化の考え方

現在の魚道は一定流量で運用されているが、同時期に遡上形態の異なる底生型と遊泳型の魚類の魚道利用や遊泳・突進能力の異なる魚種の魚道利用があることから、より遡上しやすい魚道とするために、季節や時間的に流量を変化させる弾力的な運用の可能性について検討する。

魚道の流量変化は、下記の3つの観点から流量範囲を検討する。

- ① 魚の遡上のために適正と考えられる魚道流量の範囲内
- ② 適正な流況（セイシュや表面流が発生しない）となる魚道流量の範囲内
- ③ 宮中ダムの施設によって運用可能な魚道流量の範囲内

2.5.2 魚の遡上のために適正と考えられる魚道流量

「2.4.1 魚にとって適正と考えられる魚道流量の検討」で検討したとおり、平均的な魚の泳力から得られた遡上期毎の適正な魚道流量は以下のとおりであり、時期別で魚道流量を変えることが考えられる。

表 2.5-1 適正な魚道流量の最大値（春）（再掲）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m ³ /s]
		越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	2.250			2.510
	4案	1.5	0.195	5.4	1.215	0.25	0.030	1.440

表 2.5-2 適正な魚道流量の最大値（秋）（再掲）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m ³ /s]
		越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	3.510			3.770
	4案	1.5	0.195	5.4	1.895	0.25	0.030	2.120

表 2.5-3 適正な魚道流量の最大値（その他の期間）（再掲）

		小型魚用階段式		大型魚用階段式 （アイスハーバー）		せせらぎ		流量 合計 [m ³ /s]
		越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	越流幅 [m]	流量 [m ³ /s]	
最大 値	1案(現況魚道)	2	0.260	10	2.250			2.510
	4案	1.5	0.195	5.4	1.215	0.25	0.030	1.440

2.5.3 適正な流況となる魚道流量の検討

適正な流況となる魚道流量については、以下の検討結果が得られている。

- 【セイシュについて】
- 現状の大型魚用階段式魚道では、流量が減少するとセイシュが発生する。
- 【表面流について】（図 2.4-5 より）
- 現状の大型魚用階段式魚道の縦断形状では、越流水深が 24cm（切欠部の越流水深 39cm、流速 1.6m/s）のときに切欠部の流況が表面流状態になる可能性がある。
 - せせらぎ魚道では、越流水深が 8cm（流速 0.7m/s）のときに表面流状態になる可能性がある。
- 上記のうち、特に表面流状態については机上検討であり、実際の魚道における現象は明らかでないことから、セイシュの発生条件と併せて、現地通水試験によって確認を行うことを考える。

2.5.4 宮中ダムの施設によって運用可能な魚道流量の検討

魚道流量を変動させる場合の対応方法としては、呼び水放流管の流量調節によって、魚道流量＋呼び水流量を常に一定とする方法が適切であると考えられる。表 2.5-4 にその概要を示す。

- 新たな施設を必要とせずに、精度の高い発電取水量の管理ができる。
- 呼び水放流管の放流能力は約 7.5m³/s（想定）であり、これに対して適正な魚道流量の最大値は 2.12m³/s であることから、魚道流量＋呼び水流量を常に一定とする流量調節が可能である。

呼び水放流管のルート概要図を図 2.5-1 に示す。

表 2.5-4 呼び水放流管を使用して、魚道流量＋呼び水流量を常に一定とする方法の概要

放流方法	魚道流量の変化分を、呼び水放流管の放流量で調節することによって、魚道流量＋呼び水流量を常に一定とする方法
放流の考え方	魚道出口部ゲートによって魚道流量を変化させ、その変化分を呼び水放流管で補う形で放流する。
放流パターン 模式図	
発電への影響	発電取水量のロスが発生しない。
必要となる施設	現状の呼び水放流管は、約 7.5m³/s（想定）の放流能力があることから、特に新たな施設は必要としない。
実現性	現状の呼び水放流管で対応可能であるが、変動の頻度により新たな施設が必要になる。
評価	維持流量放流、発電取水量の流量管理が精度良く行うことができる。

2.5.5 魚道の運用方法

以上の検討結果より、適正な魚道流量の範囲は表 2.5-5 のとおりであり、選定案（第 4 案）では、2.12m³/s 以下（大型魚用魚道の切欠部とせせらぎ魚道で表面流が発生しない流量）を基本として魚道流量を変化させることが考えられる。

表 2.5-5 魚道の適正な流量範囲（最大値）

時期	①対象魚	②魚道流況	③施 設	最小値
春	1.44m³/s 以下	— (通水試験で確認)	7.5m³/s(想定)以下	2.12m³/s 以下
秋	2.12m³/s 以下			
その他の期間	1.44m³/s 以下			

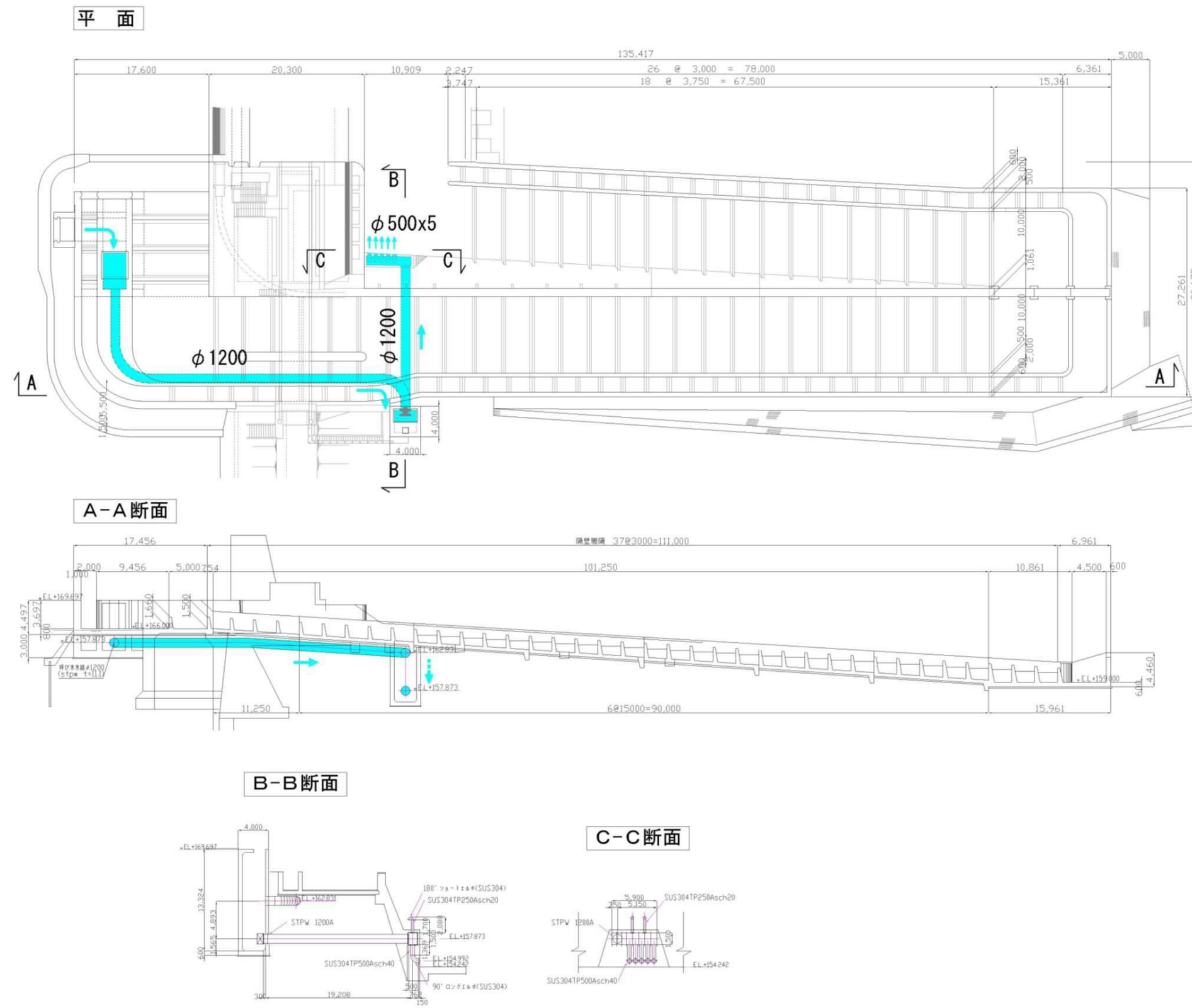


図 2.5-1 呼び水放流管のルート概要図

2.6 とりまとめ

(1) 対象魚

宮中ダム魚道の対象魚は、下記に示す 16 種とする。

カワヤツメ，ウナギ，コイ，フナ（フナ類），オイカワ，ウグイ，ウケクチウグイ，ニゴイ，アカザ，アユ，ニッコウイワナ，ニジマス，サケ，ヤマメ・サクラマス，カジカ，ヨシノボリ類

(2) 魚道構造改善案

1) 魚道形式の組合せを選定した

表 2.6-1 宮中ダム魚道形式の組合せ（第 4 案）

魚道形式	特 徴	主な対象魚種
アイスハーバー型魚道 （大型魚用階段式魚道を改良）	・横波対策として有効 ・流速の静穏域を形成できる ・プール横断方向の流れを抑制し、複雑な流況を回避	【一般部】 ・アユ，イワナ，ヤマメ，その他 【切欠部】 ・サケ，サクラマス，ニジマス
小型魚用階段式魚道 （現在の位置を移動）	・実績が豊富 ・現状でも流況が良好	・小型遊泳魚
せせらぎ魚道	・底生魚・甲殻類にも対応	・カワヤツメ，ウナギ，アカザ，カジカ，ヨシノボリ類

2) 代表魚の選定を行い、期別・魚種別の水理特性条件により適正な流量を検討した。

3) アイスハーバー型魚道について、今後現地通水実験による流況確認を検討する。

(3) 魚道流量の変化方法

魚道流量は、魚道出口部ゲートによって変化させ、それと連動する形で呼び水放流管の流量調節を行うことによって、魚道流量＋呼び水流量を常に一定とする方法が考えられる。

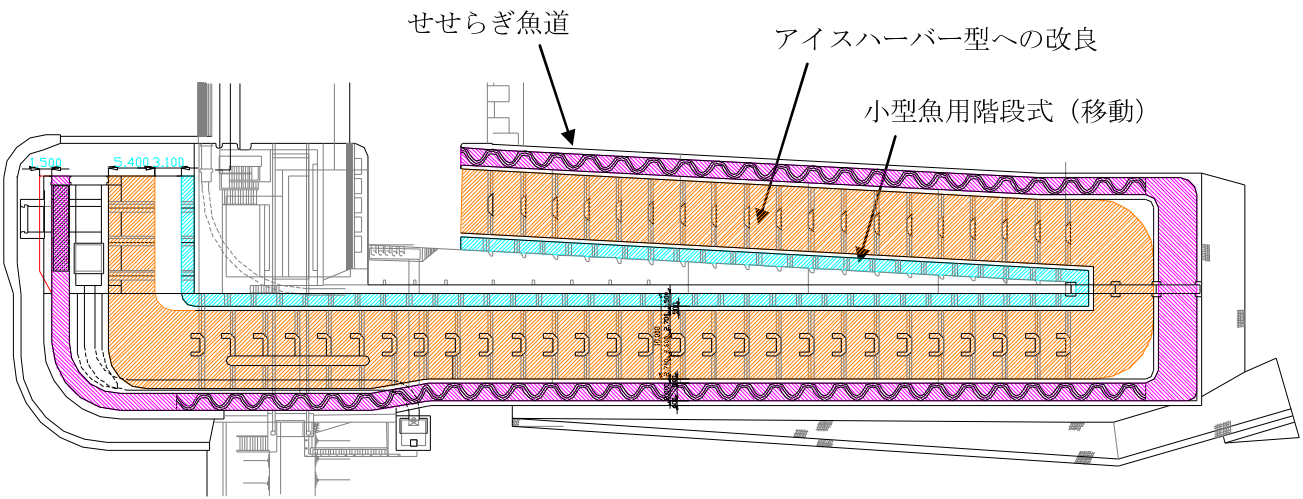


図 2.6-1 魚道形式の組合せ概要図

3. 魚道出口ゲートの改善検討

3.1 魚道ゲート形式 4 案の比較検討

第 2 回委員会において提案した魚道ゲート形式 4 案について表 3.1-1 魚道ゲート改善 4 案の比較検討に比較を行う。

なお、比較検討を行う際の魚道ゲートの水路幅は、選定案である④案の 5.4m とする。

比較検討の結果、魚道機能の向上を図りながらコスト的にも比較的優位な、河床掘削の不要な昇降式を選定案とする。(④案)

図 3.2-1 に推奨案の一般図を示す。

一般図には、魚道ゲート部にも潜孔が必要と考え、左右岸の側壁をバイパスする潜孔を記載するとともに、水路点検時の閉塞を考慮して、潜孔最上流部には閉塞用のゲートを設けて、手動開閉装置により操作できるものとした。

表 3.1-1 魚道ゲート改善 4 案の比較検討

		① 案	② 案	③ 案	④ 案
概要図					
概要説明		既設の起伏ゲート（下流側倒伏）をそのまま流用し、ゲートの天端部のみ現場で改造する	既設の土木構造物を一部流用して、起伏ゲート（上流側倒伏）に更新する	ゲートに係わる土木構造物を含めて全面更新し、昇降式ローラゲートに変更する	ゲートに係わる土木構造物を含めて全面更新し、昇降式ゲートに変更する 河床掘削の必要のない扉高とし、下部戸当り部のコンクリート壁を高くする
改造範囲	ゲート	既設の扉体天端部を撤去し、水理面に配慮した新たな越流板を現場で溶接接合する 油圧シリンダ、油圧配管、油圧ユニットは流用する ただし、魚道構造を改善するために水路幅が変更となるため、扉体とサイドプレート及び下部戸当りの一部は更新することとなる	扉体、戸当り、開閉装置を全て更新する 油圧シリンダピット側のトルク軸貫通部分は流用可能である 油圧シリンダ、油圧配管、油圧ユニットは流用する	扉体、戸当り、開閉装置を全て更新する 流用できる機器・部品はない	同 左
	土木構造	水路幅の変更に伴い、片側の側壁の構築及び下部戸当りの一部の撤去が必要である	上流側の倒伏範囲に対応するサイドプレートを設置するため、側壁のハツリが必要となる 下部戸当りの向きが変わるため、下部戸当り用のコンクリート壁は全て撤去・更新する必要がある 水路幅の変更に伴い、片側の側壁の構築が必要である	側壁に戸当り用の戸溝を設ける必要がある 扉高を既設と同等とすると、降下のために床版掘削が必要である ゲート形式が変わるため、下部戸当りを更新する必要がある 側壁のトルク軸貫通部の埋め戻し等が必要となる	側壁に戸当り用の戸溝を設ける必要がある 河床高さが決まっているため、下部戸当り部のコンクリート構造が高くなる ゲート形式が変わるため、下部戸当りを更新する必要がある 側壁のトルク軸貫通部の埋め戻し等が必要となる
		◎	○	△	△
魚道性能		はく離流等の水理面での改善が期待できるが、ゲートの背面に魚類が回りこみ滞留時間が長くなる問題点は解消されない	はく離流の発生及びゲート背面に魚類が回りこむ問題点は解消される ゲートの開度によって、越流部及びプール内の流況が変化するため、遡上効率は変動する	はく離流の発生及びゲート背面に魚類が回りこむ問題点は解消される ゲートの開度によらず、越流部及びプール内の流況が大きく変動しないため、遡上効率が安定する	同 左
		△	○	◎	◎
評価		×	△	○	◎

3.2 選定案の一般図

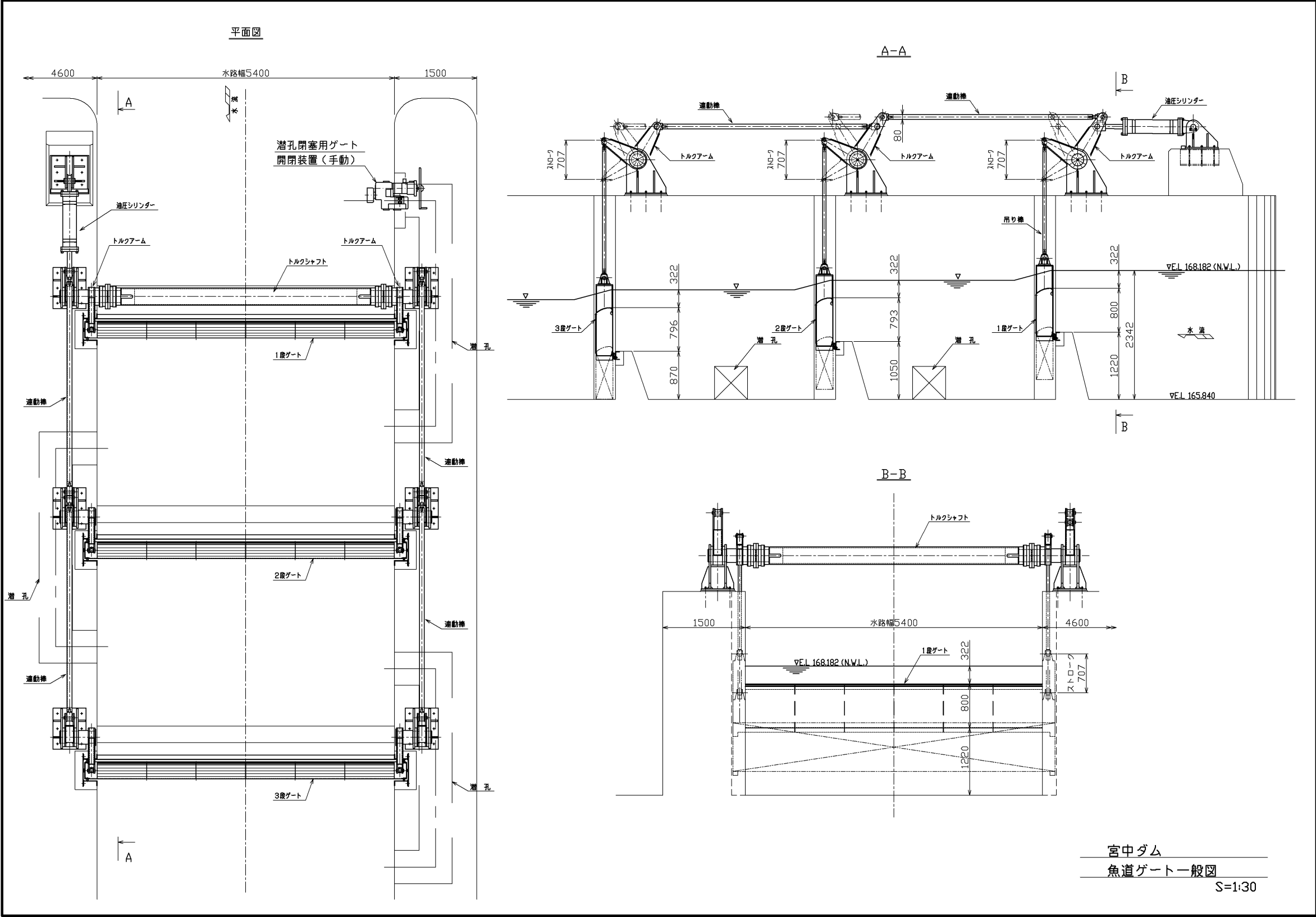
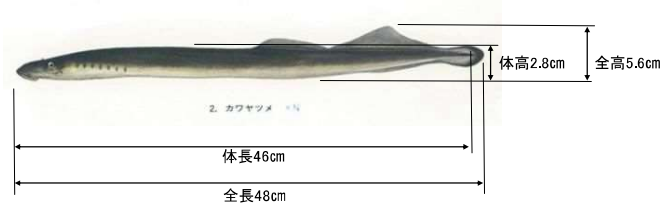


図 3.2-1 魚道ゲート 一般図

4. 参考資料

4.1 主要魚種の大きさ

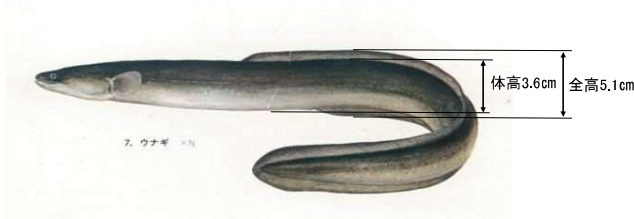
カワヤツメ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.30cm			①p.55
稚魚	全長0.65cm			①p.55
降河時	全長15～20cm			①p.203,②p.5,③p.410
遡上時				
成魚	全長40～90cm	全長50cm	体長50cm	①p.56,②p.1,③p.34

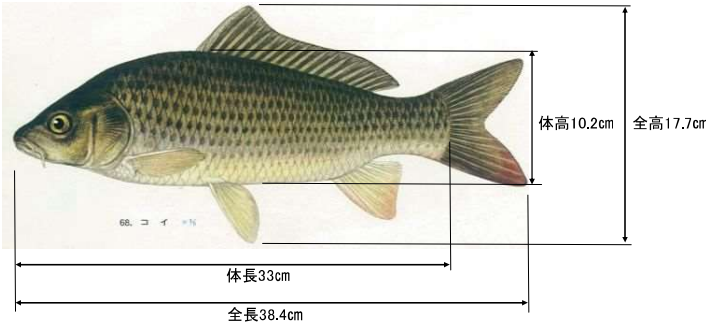
ウナギ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚				
稚魚				
降河時				①p.203,②p.5,③p.410
遡上時	体長5.4～6.4cm			①p.62
成魚	全長40～90cm	全長100cm	全長100cm	①p.63,②p.76,③p.47

コイ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.5cm		全長0.5～0.7cm	①p.197
稚魚	全長1.9cm			①p.197
成魚	全長10～70cm	全長60cm	全長60～100cm	①p.203,②p.5,③p.410

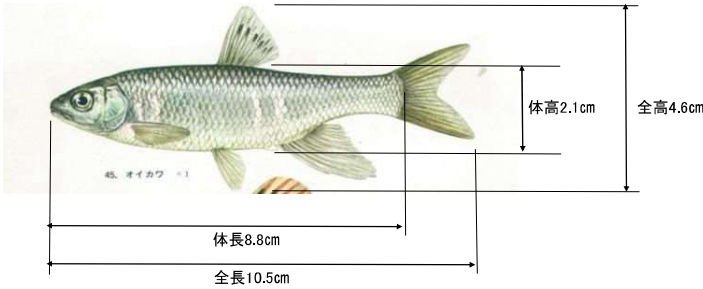
フナ



絵: 日本の淡水魚

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚				
稚魚				
成魚				①p.203,②p.5,③p.410

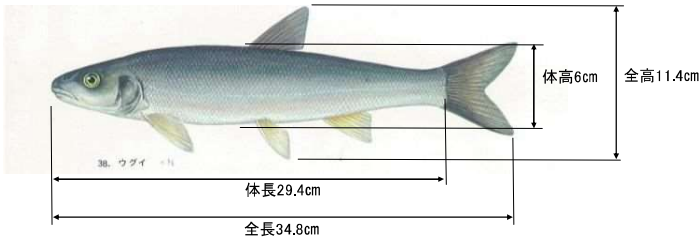
オイカワ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.45cm		全長0.44cm	①p.139,③p.245
稚魚	全長1.33cm			①p.139
成魚	全長8～13cm		全長15cm	①p.203,②p.5,③p.410

ウグイ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.65～0.70cm		全長0.5～0.7cm	①p.121,③p.264
稚魚	全長2.25			①p.121
成魚	全長8～45cm		全長30cm	①p.203,②p.5,③p.410

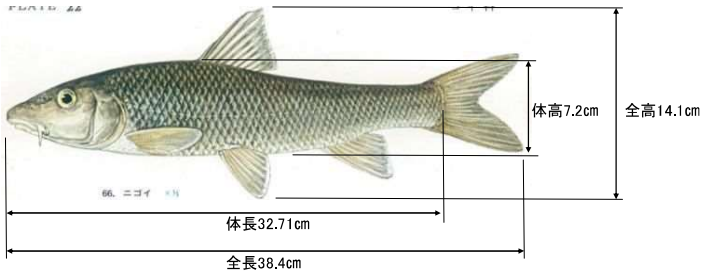
ウケクチウグイ



絵:日本の淡水魚

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚				
稚魚				
成魚			全長40cm	③p.265

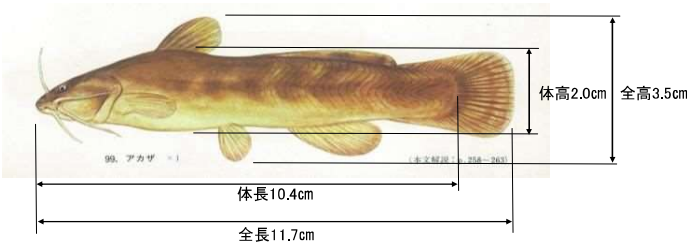
ニゴイ



絵:原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.79cm		全長0.8cm	①p.192,③p.324
稚魚	全長2.6cm			①p.192
成魚	全長15～35cm		全長50cm	①p.203,②p.5,③p.410

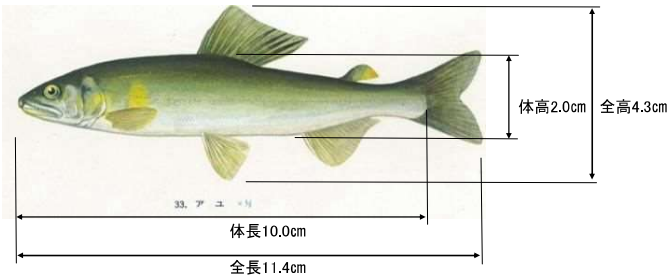
アカザ



絵:原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.48cm			①p.203
稚魚				
成魚	体長9cm	全長10cm	全長10cm	①p.203,②p.5,③p.410

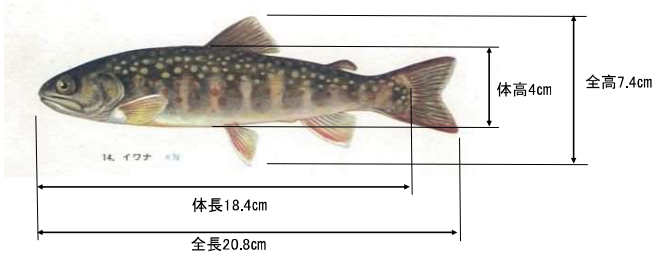
アユ



絵:原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.59cm		全長0.5～0.7cm	①p.109,③p.72
稚魚	全長5.70cm			①p.109
降河時		体長3cm		①p.203,②p.5,③p.410
遡上時	体長5～8cm		体長7～8cm	①p.113,③p.66
成魚	体長30cm	体長30cm	全長10～30cm	①p.113,②p.74,③p.66

イワナ

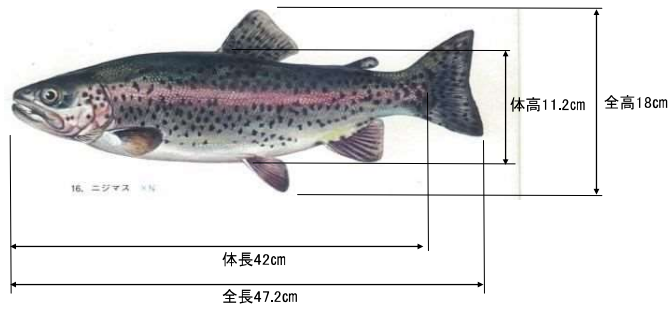


絵:原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長1.39cm			①p.71※
稚魚	全長21.6cm			①p.71※
成魚	全長13～25cm			①p.203,②p.5,③p.410

※p.73の12行目に「仔稚魚の状態はアメマスとほとんど変わらない」とあるのでp.71のアメマスから引用

ニジマス

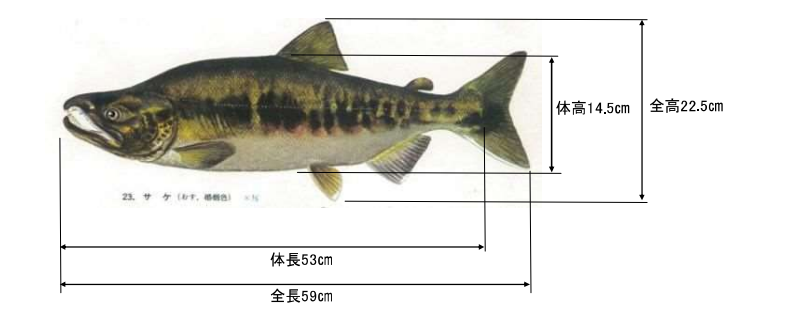


絵:原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長1.5cm			①p.77
稚魚	全長2.6cm			①p.77
成魚	※		全長80～100cm	①p.203,②p.5,③p.410

※河川残留したものは15～40cm降河したものは45～97cm

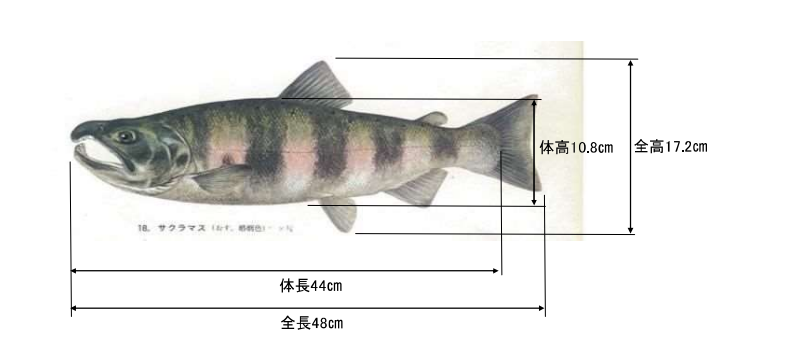
サケ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.2cm			①p.91
稚魚				
降河時			体長7～8cm	①p.203,②p.5,③p.410
遡上時				
成魚	全長60～80cm	全長90cm	全長65cm	①p.93,②p.73,③p.210

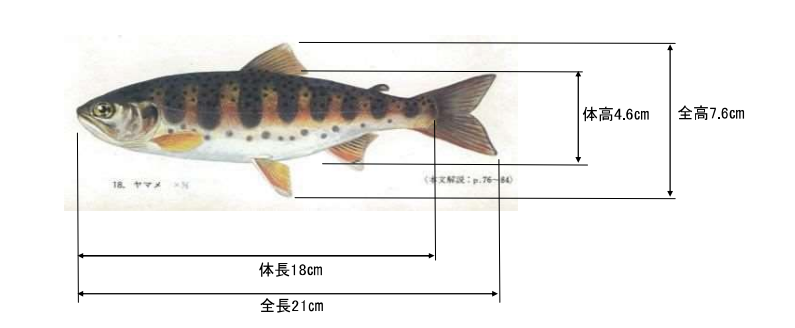
サクラマス



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚				
稚魚				
降河時	全長10～20cm			①p.203,②p.5,③p.410
遡上時	全長40～60cm			①p.83
成魚	全長40～60cm	全長60cm	全長60cm	①p.83,②p.73,③p.156

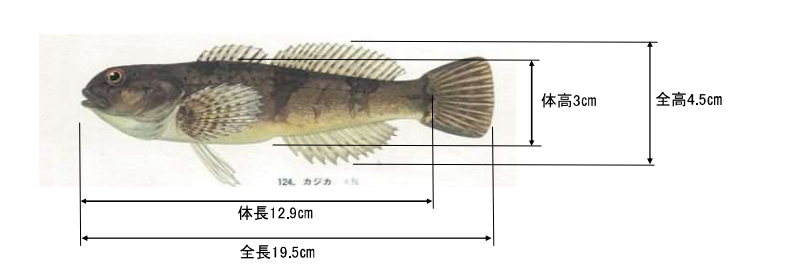
ヤマメ



絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚			全長1.8cm	③p.168
稚魚			全長3.0cm	③p.168
成魚			全長30cm	①p.203,②p.5,③p.410

カジカ

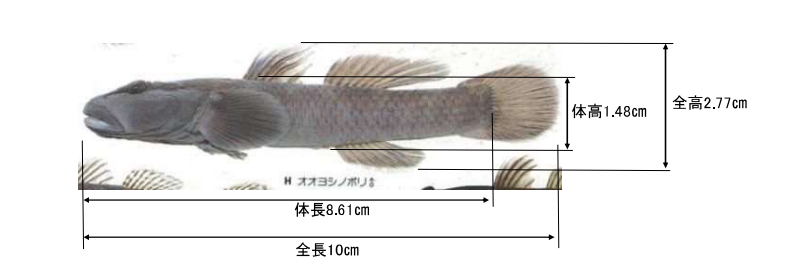


絵: 原色日本淡水魚類図鑑

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚	全長0.95cm			①p.307
稚魚	全長1.21cm			①p.307
成魚	全長15cm		全長15cm	①p.203,②p.5,③p.410

河川陸封型、①原色日本淡水魚類図鑑については河川型の数値を記載

オオヨシノボリ



絵: 日本の淡水魚

	①原色日本淡水魚類図鑑	②続原色日本淡水魚類図鑑	③日本の淡水魚	備考
ふ化した仔魚				
稚魚				
降河時				①p.203,②p.5,③p.410
遡上時			全長1.5～2.0cm	③p.591
成魚			全長10cm	③p.590

4.2 昇降式魚道ゲートの実績紹介

昇降式魚道ゲートについて



長良川河口堰



紀ノ川大堰



紀ノ川大堰左岸魚道



紀ノ川大堰魚道観察窓

本業務で、魚道出口ゲートの改善案として推奨している昇降式ゲートは、三重県の長良川河口堰で初めて採用され、その後和歌山県の紀ノ川大堰でも採用された。

両設備の昇降式ゲートの仕様及び魚道関連施設を表-1に示す。

また、長良川河口堰の平面図を図-1、呼水式魚道の概要図を図-2に、紀ノ川大堰の平面図を図-3、左岸魚道階段式ゲートの全体図を図-4に示す。

それぞれの設備の詳細は、(社)ダム・堰施設技術協会機関紙の「取水と制水」による。

今回の提案は、これらの実績を踏まえたものであるが、両堰はいずれも河川の洪水敷の部分に設置されるため、駆動用の油圧シリンダを河川断面内に露出させないように、土木構造物の中に収納している。

そのため、扉体を昇降させるための機構を河床部に設置することになるため、河床の掘削深さが深くなっている。

一方、宮中ダムの場合、側壁の天端は通水断面ではないため、この部分に油圧シリンダを設置しても治水上は問題ないことより、河床掘削の不要な油圧シリンダを側壁天端に露出する配置を提案した。

昇降式ゲートにおいて油圧シリンダを露出で設置した実績はなく、露出設置は景観の面と塗装の劣化という面ではあまり好ましいことではないが、常時目視することができるため異常に気付きやすく、維持管理のためのアクセスが容易であるという長所もある。

また、油圧シリンダは構造が単純であり電気機器もないため、基本的に露出で設置しても問題のない機器であり、油圧駆動式の閘門ゲートでは露出で設置されている事例も多い。

参考として、図-1に大阪市東横堀川水門の油圧シリンダ配置を示す。

したがって、宮中ダムの魚道についても経済的な露出配置を推奨する。

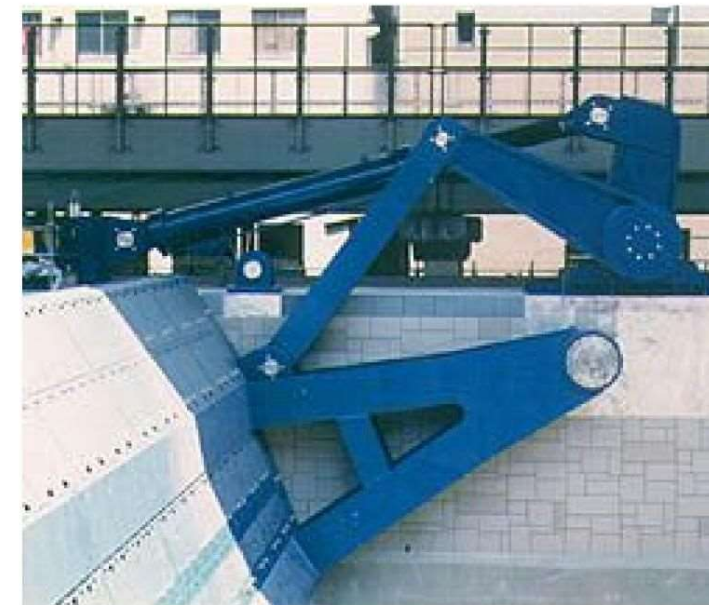


図-1 大阪市 東横堀川水門

表-1 昇降式ゲートの仕様及び施設の魚道関連設備

事業主体	施設名	運用開始年	設備名	ゲート形式	純径間×扉高	連結数	門数	駆動方式	その他の魚道関連施設
水資源機構	長良川河口堰	平成7年	右岸魚梯門扉	昇降式2段ローラゲート	3.0m×2.8m	1連	2門	片側油圧シリンダリンク式	ロック式魚道 閘門兼ロック式魚道 出口敷高の異なる(4種類)せせらぎ魚道 呼水水路上・下流ゲート (2段ローラゲート) 観察窓
				昇降式スライドゲート	3.0m×1.356～1.0m	9連	2門	スライドゲートは9連を片側2本の	
				昇降式2段ローラゲート	3.0m×2.8m	1連	2門	油圧シリンダで駆動	
			左岸魚梯門扉	昇降式2段ローラゲート	2.5m×2.8m	1連	2門	片側油圧シリンダリンク式	
				昇降式スライドゲート	2.5m×1.356～1.0m	9連	2門	スライドゲートは9連を片側2本の	
				昇降式2段ローラゲート	3.0m×2.8m	1連	2門	油圧シリンダで駆動	
近畿地方整備局	紀ノ川大堰	平成15年	右岸魚道階段式ゲート	昇降式ローラゲート	3.6m×4.15～1.4m	13連	1門	片側油圧シリンダリンク式 No.1、No.2は単独で駆動 No.3～No.7はグループとして駆動 No.8～No.3はグループとして駆動	デニール付バーチカルスロット式魚道 人工河川式水路(右岸のみ) 人口河川式水路フロート式魚道 鋼製中間隔壁 呼び水水路調整ゲート 迷い込み防止ゲート 呼び水水路角度調整ゲート
			左岸魚道階段式ゲート	昇降式ローラゲート	3.6m×4.15m 1.8m×4.75～3.15m	1連 8連	1門 1門	片側油圧シリンダリンク式 No.1は単独で駆動 No.2～No.9はグループとして駆動 No.2～No.9は可動床版で連結	

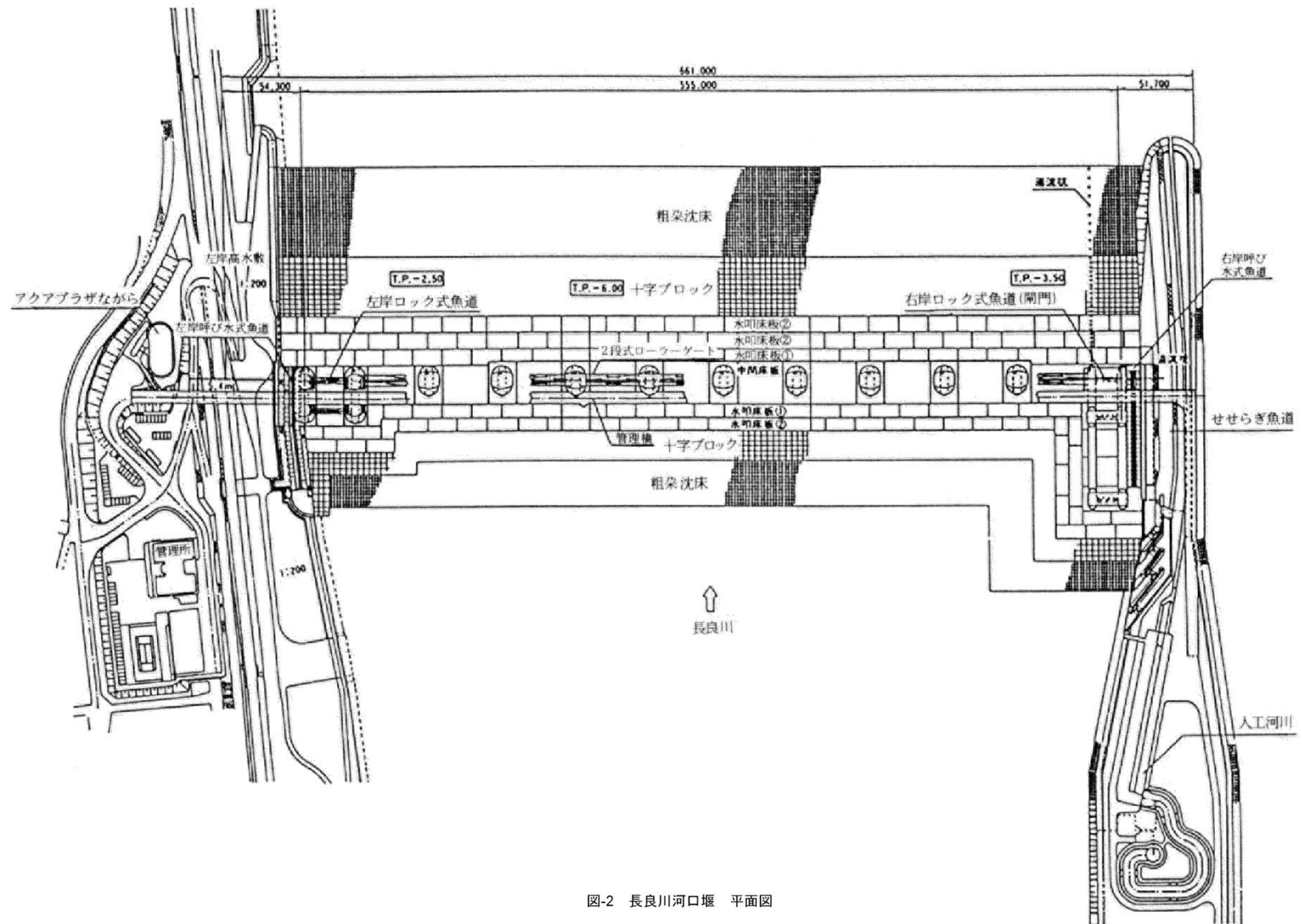


図-2 長良川河口堰 平面図

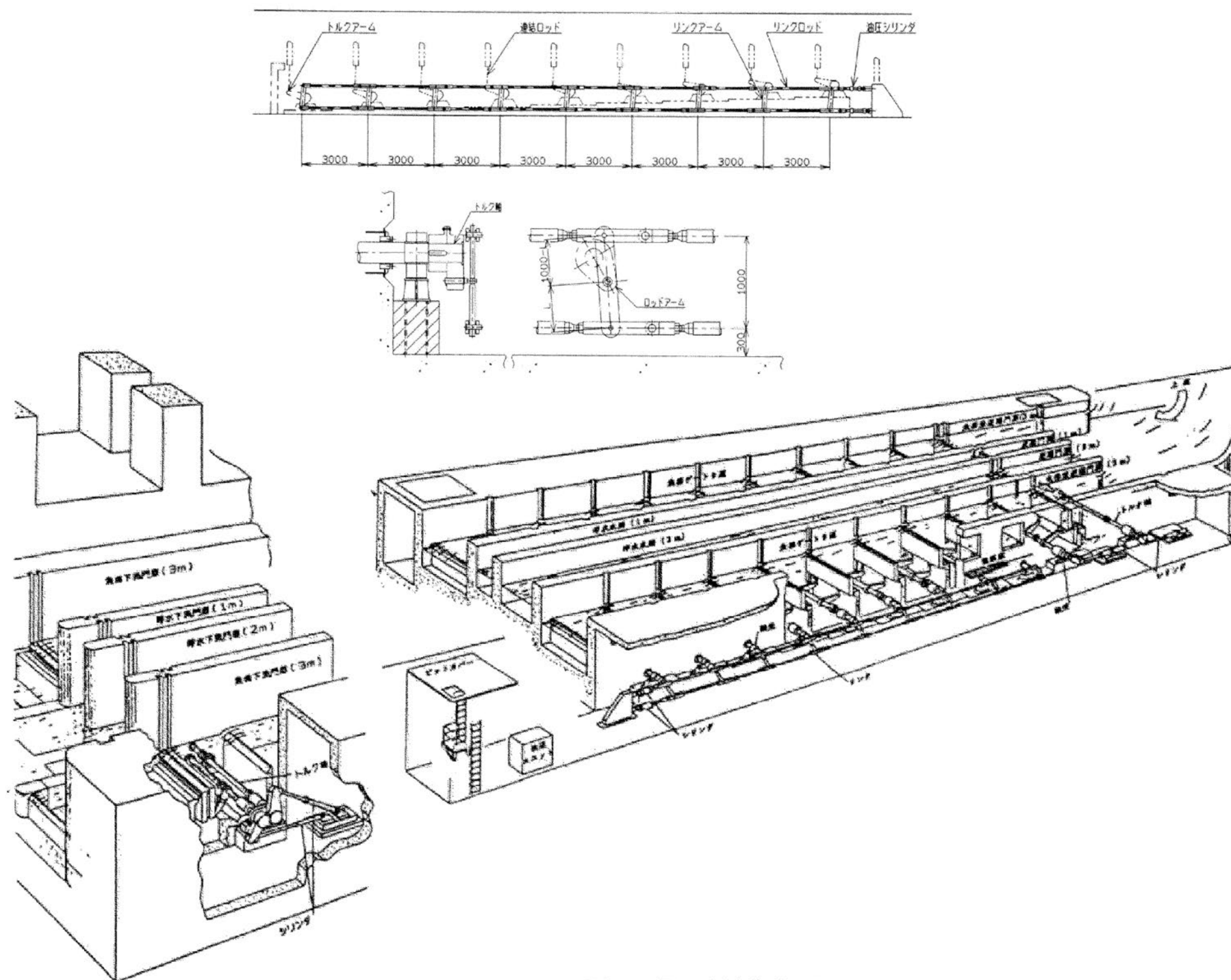


図-3 長良川河口堰 呼水式魚道 概要図

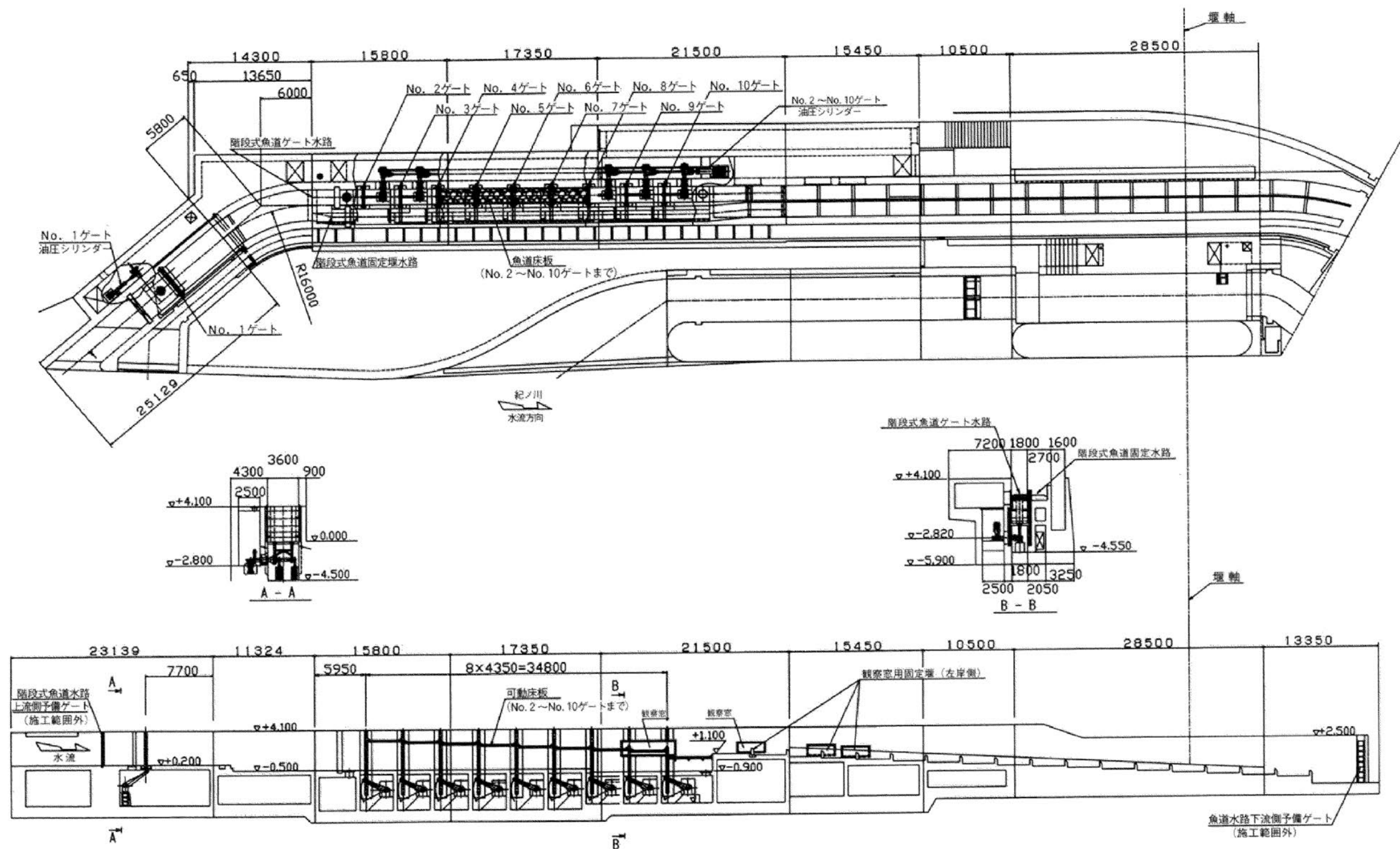


図-5 左岸魚道 階段式ゲート 全体図