

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会

第9回委員会

日時：2022年12月21日(水) 10:00～12:00

場所：クロステン十日町 大ホール

議事次第

I 開会

II 委員紹介

III 委員長挨拶

IV 議事

1. 魚道の流況対策工の本設化に向けた検討について（審議事項）
2. 魚道モニタリングの継続に向けた取り組みについて（報告事項）
3. その他

V 閉会

資料

資料-1 第9回委員会座席表

資料-2 規約、別紙委員名簿

資料-3 第8回信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会 議事概要

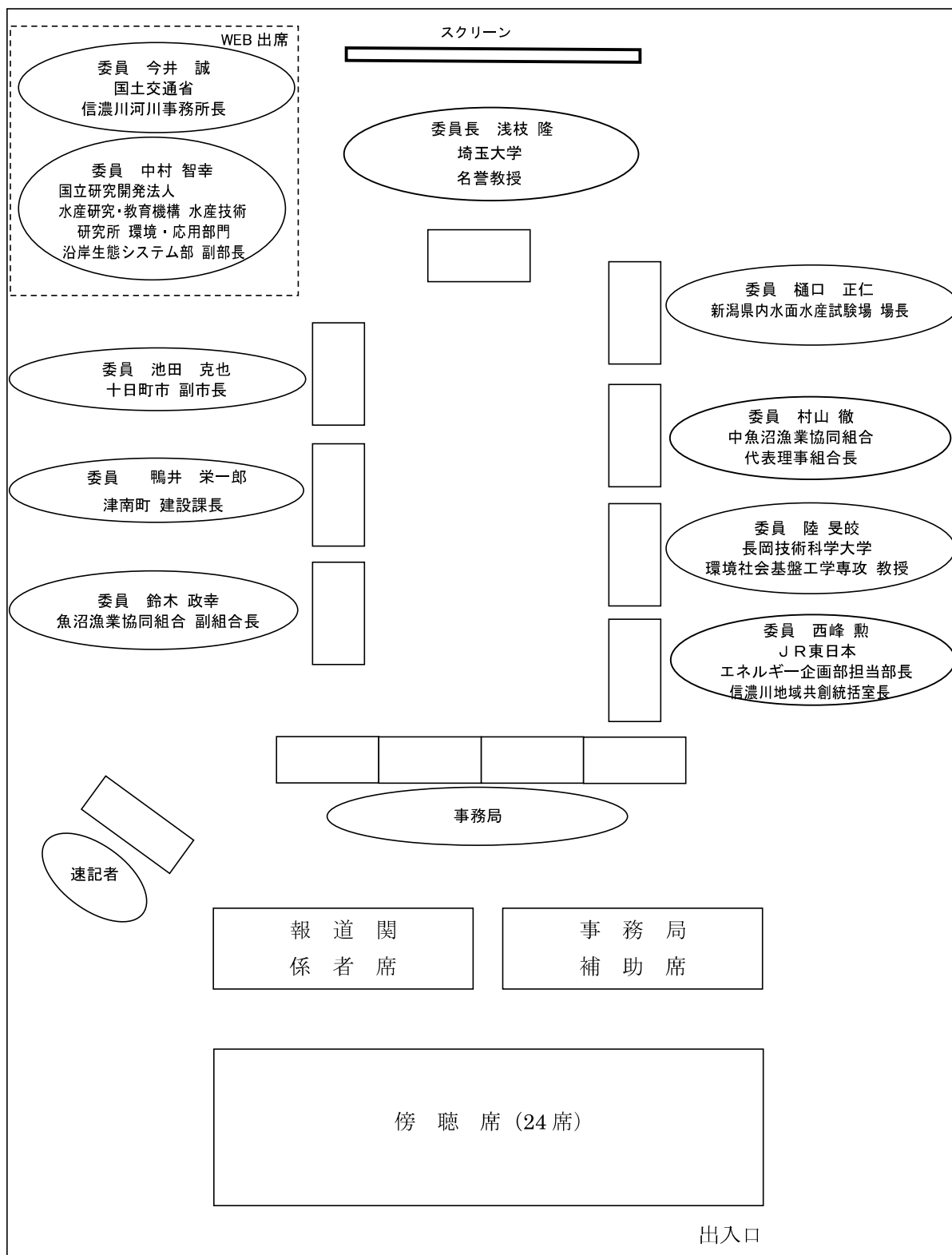
資料-4 第9回委員会資料（魚道の流況対策工の本設化に向けた検討について）

資料-5 第9回委員会資料（魚道モニタリングの継続に向けた取り組みについて）

第9回委員会座席表（五十音順）

日時：2022年12月21日（水） 10：00～12：00

場所：クロステン十日町 大ホール



信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会 規約

(名称)

第1条 本会は「信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会」
(以下「委員会」という。)と称する。

(目的)

第2条 本委員会は、信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会にて検討された改善方策を検証し、設計等構造改善実施に向けた取組を行うことを目的とする。

(委員会)

第3条 委員会には委員長を置き、委員会の構成は別紙のとおりとする。

2 委員長は会務を総括する。

3 委員長は委員会の目的を遂行するために必要と認めた場合には、委員会に委員以外の者の出席を求めることができる。

(事務局)

第4条 委員会の事務局は、東日本旅客鉄道株式会社エネルギー企画部に置く。

2 事務局は委員会の運営に関して必要な事務を処理する。

(雑則)

第5条 この規約に定めるもののほか、委員会の運営に必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

(附則)

この規約は、平成22年 6月 2日から施行する。

令和 2年10月28日 一部改正

令和 3年12月01日 一部改正

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会

委員名簿

(○：委員長)

○浅枝	隆	埼玉大学名誉教授
池田	克也	十日町市 副市長
今井	誠	国土交通省 信濃川河川事務所長
嶋井	栄一郎	津南町 建設課長
鈴木	政幸	魚沼漁業協同組合 副組合長
中村	智幸	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 副部長
樋口	正仁	新潟県内水面水産試験場 場長
村山	徹	中魚沼漁業協同組合 代表理事組合長
陸	旻皎	長岡技術科学大学 教授

(五十音順)

西峰	勲	東日本旅客鉄道株式会社 エネルギー企画部 担当部長 信濃川地域共創統括室長
----	---	--

令和3年12月1日

第8回信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会 議事概要（2020年10月28日開催）

1. 開会

事務局を信濃川発電所業務改善事務所からエネルギー管理センターに変更する規約改正を実施

2. ダム下流部と魚道の流れの連続性について

○「ダム下流部と魚道の流れの連続性は確保されている。魚道遡上状況モニタリングは継続する。」という評価案について、了承された。

○委員からは、以下のご意見を頂いた。

- ・魚類のスムーズな遡上のため、ダム下流右岸側の堆積土砂撤去による滞筋の再生を期待

3. 魚道の完全復旧及び魚道メンテナンスの方法について

○「魚道メンテナンス時期は、11月11日～11月30日のメンテナンス重点期間に計画することが、年間の魚道断水期間を減らせることができるため、多様な魚類に配慮した最適な計画である。」という見解について異論は無く、委員からは、以下のご意見を頂いた。

- ・魚道が土砂で埋まるメカニズムの解明や埋まらない方法の検討、カゴ詰め玉石工の配置の再考を要望
- ・良い魚道のおかげで上流に魚が来る、速やかな土砂撤去などJRの取組みにはお礼と期待
- ・10月下旬以降のサケ遡上数減少については、10月20日から下流の漁協が捕獲していることが要因
- ・11/11からの魚道メンテナンスは必要と理解、魚道メンテナンスの工期短縮は要望

4. せせらぎ魚道における鳥類飛来状況について

○「せせらぎ魚道内での魚類の採餌・採餌行動は確認されず食害もなかったことから、防鳥対策の検討の必要はない。」という評価案について、了承された。

○委員からのご意見は無かった。

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会

～魚道の流況対策工の本設化に向けた検討について～

目次

1. 新たな魚道流況対策（水理模型実験） 1

1.1 調査概要 1

1.2 これまでの魚道流況対策の整理 1

1.3 水理的に想定される課題 3

1.4 再現すべき現象 3

1.5 実験計画立案 4

2. 実験内容 6

2.1 実験ケース一覧 6

2.2 魚道条件 6

2.3 対策工 6

2.4 対策実施プール 7

2.5 計測概要 8

3. 今後のスケジュール 9

2022 年 12 月

東日本旅客鉄道株式会社 エネルギー企画部

1. 新たな魚道流況対策（水理模型実験）

1.1 調査概要

1.1.1 調査目的

宮中取水ダム魚道は、平成 24 年にアイスハーバー型魚道へ改築したが、試験通水にて図 1.1.1 に示すような横波（セイシュ）が発生したため、流れの減勢を目的としたカゴ詰め玉石工を当面の対策として設置している。しかし、図 1.1.2 に示すような中規模出水後の魚道土砂堆積に伴う復旧作業や魚道のメンテナンスにカゴ詰め玉石工が支障すること、カゴの目詰まりや経年劣化による破損の発生等の課題を有している。

本調査では、魚道流況対策工の本設化に向けて、水理模型実験によりカゴ詰め玉石工に代替する対策を検討し、減勢効果による横波の抑制と、魚の休息場の確保による遡上環境の更なる改善、魚道の断水期間を減らすことによる信濃川中流域の河川環境の更なる改善をはかることを目的とする。



図 1.1.1 流況対策工の有無での流況（横波）の比較



図 1.1.2 中規模出水後の魚道土砂堆積と撤去状況

1.1.2 調査の流れ

本調査は、図 1.1.3 に示すフローに従い実施する。

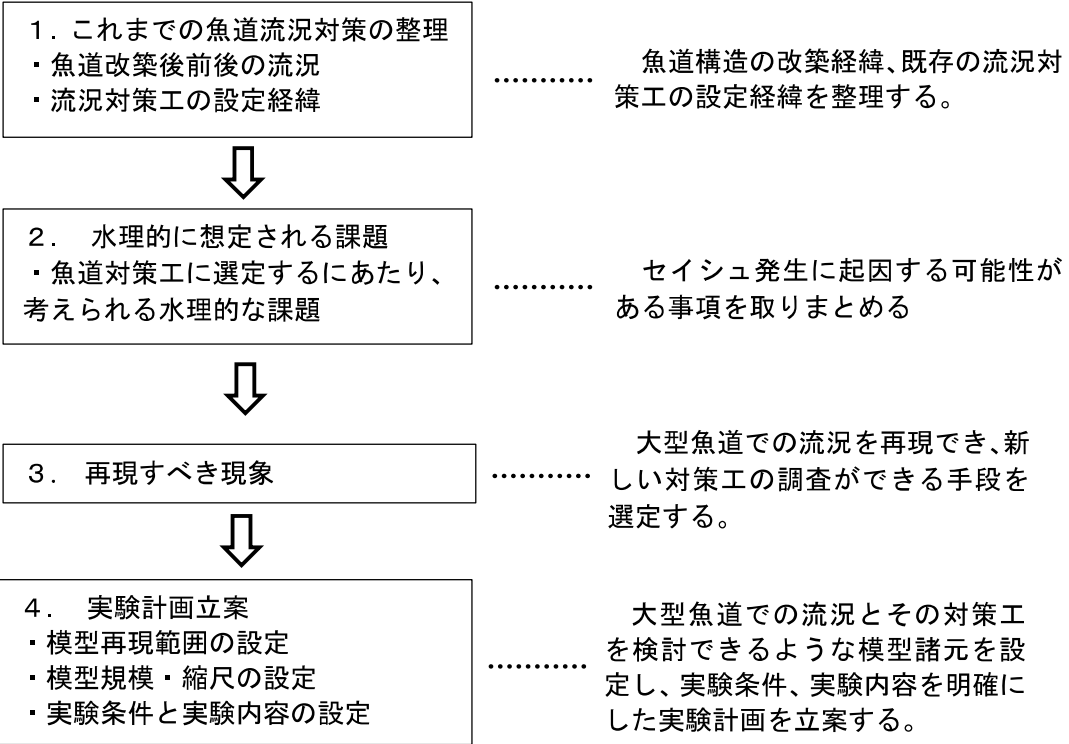


図 1.1.3 水理模型実験の検討の流れ

1.2 これまでの魚道流況対策の整理

1.2.1 魚道改築後の流況

魚道観察室付近から下流においてセイシュが発生し、大型魚道では流量の増加とともに横波から大きな縦波に発達する様子が確認された。

表 1.2.1 魚道完成直後（対策なし）の大型魚道の流況

大型魚道		
一般部越流水深	流況の概況	備考
4cm	若干セイシュが認められるが、許容可能な範囲	アユ最小
14cm	横波主体であるが、縦方向の乱れが発生	アユ最大
24cm	縦方向に大きく乱れる	サケ最大

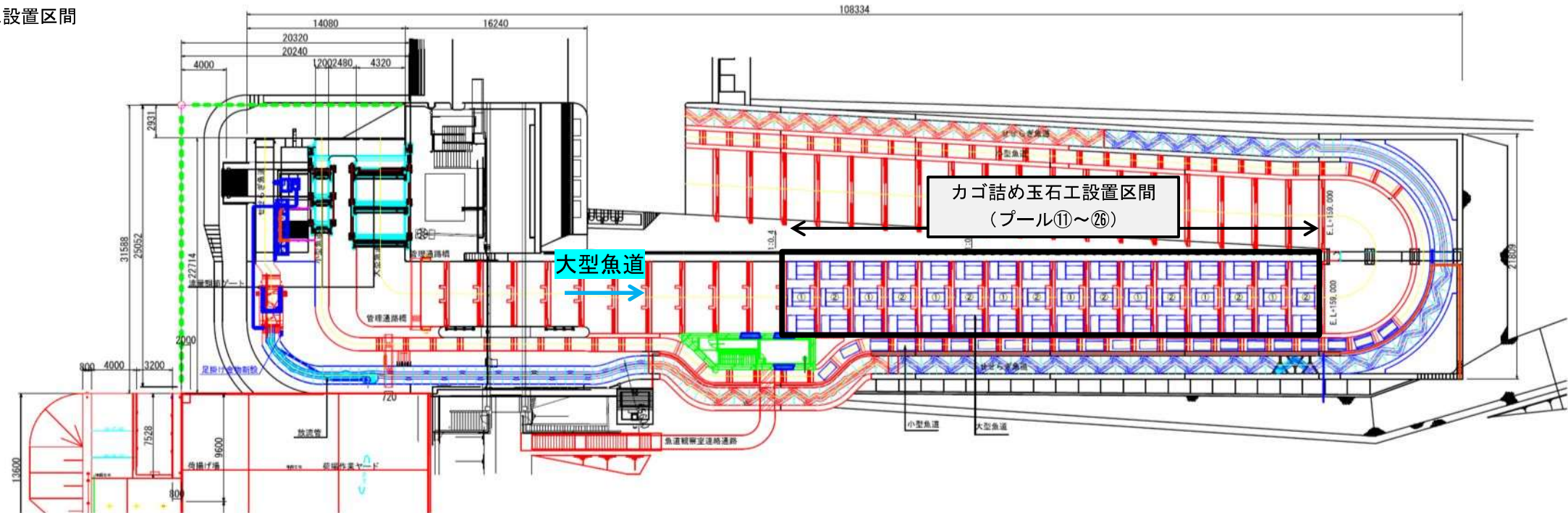


図 1.2.1 魚道完成直後（対策なし）の大型魚道の流況

1.2.2 現状の流況対策工（カゴ詰め玉石工）の設定経緯

セイシュに対する流況対策として袋詰玉石工にて流況対策実験を実施し、その後カゴ詰め玉石工を採用し、流況確認調査を実施した。
現地実験で決定したカゴ詰め玉石工配置を図 1.2.2 に示す。カゴ詰め玉石工は横波（セイシュ）の発生が顕著なプールから下流（口部）に投入することで、所定の水面変動以内に収める流況対策効果を得た。

■カゴ詰め玉石工設置区間



■カゴ詰め玉石工配置図

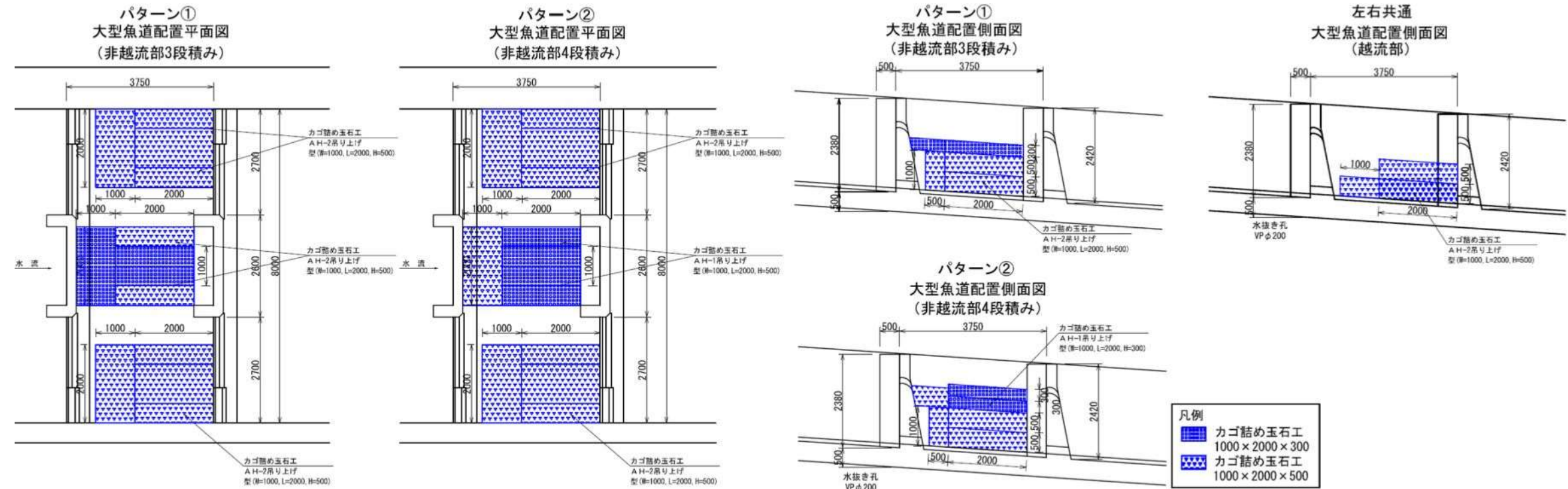


図 1.2.2 現地実験で決定したカゴ詰め玉石工の最終配置

1.3 水理的に想定される課題

- 魚道流況対策工の配置設定や現在の大型魚道の流況から、横波（セイシュ）発生に起因する可能性がある水理的課題を示す。
- ・ 魚道内において安定した流れ場を確保するには、左右岸の越流量が均一となることが必要条件となる。
 - ・ 魚道流況対策工は横波（セイシュ）発生 の 顕 著 な プール（プール⑩） から下流に投入されているが、図 1.3.1 に示すように大型魚道流入部から魚道内の様々なきっかけにより波が共振し増幅していることが推察できる。
 - ・ 大型魚道は、図 1.3.2 に示すように 2 段切欠部形状のため 1 段目から 2 段目への変化点で水位と越流量の関係が変化する。このため、左右岸の流量が不均一となった場合は、より複雑な水面変動が発生すると予測できる。
 - ・ 現在の大型魚道急拡部（プール⑤）では、図 1.3.3 に示す右岸端で湧き上げや逆流域が生じ、周期的に逆流域の規模が変化するため、左右岸の越流量が不均一となる可能性が高いと考えられる。

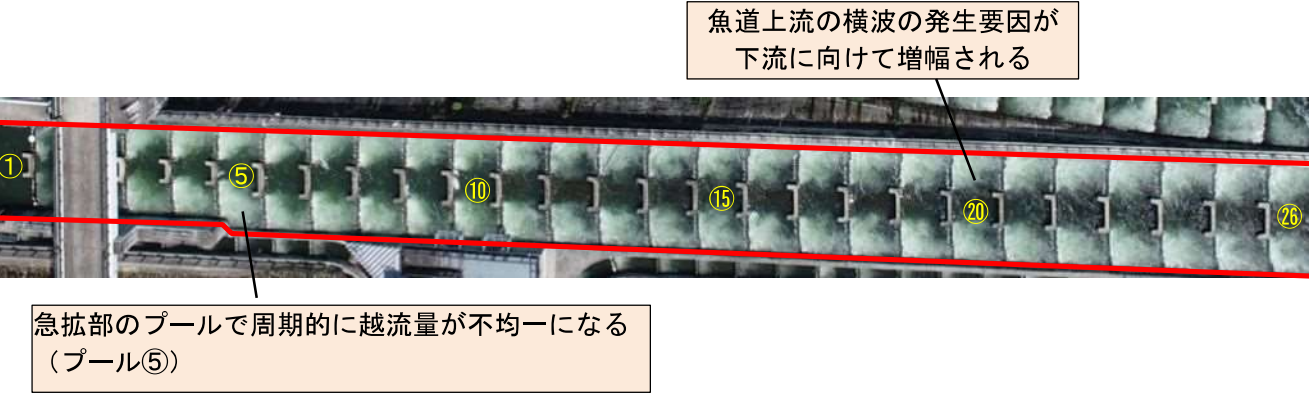


図 1.3.1 大型魚道内で想定される課題

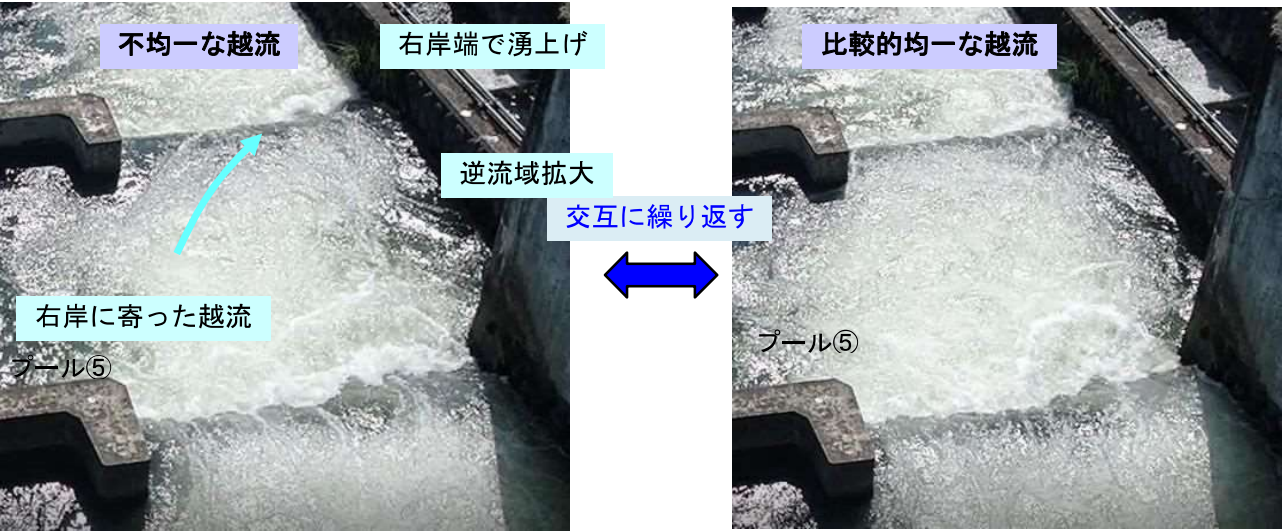


図 1.3.3 現在の大型魚道の急拡部での流況（プール⑤）

1.4 再現すべき現象

水理的に想定される課題に対しての対応策を以下に示す。

現地の流況を簡易的に調査する方法として、数値解析と水理模型実験がある。本調査では一定の流入量条件で周期的な水理量変化の再現が必要となるが、数値解析ではこのような水理量の時間変化を捉えることは難しい。本調査では水理模型実験にて、セイシュ発生 の 現 象 再 現 と セイシュを抑制できる流況対策工調査を実施する。

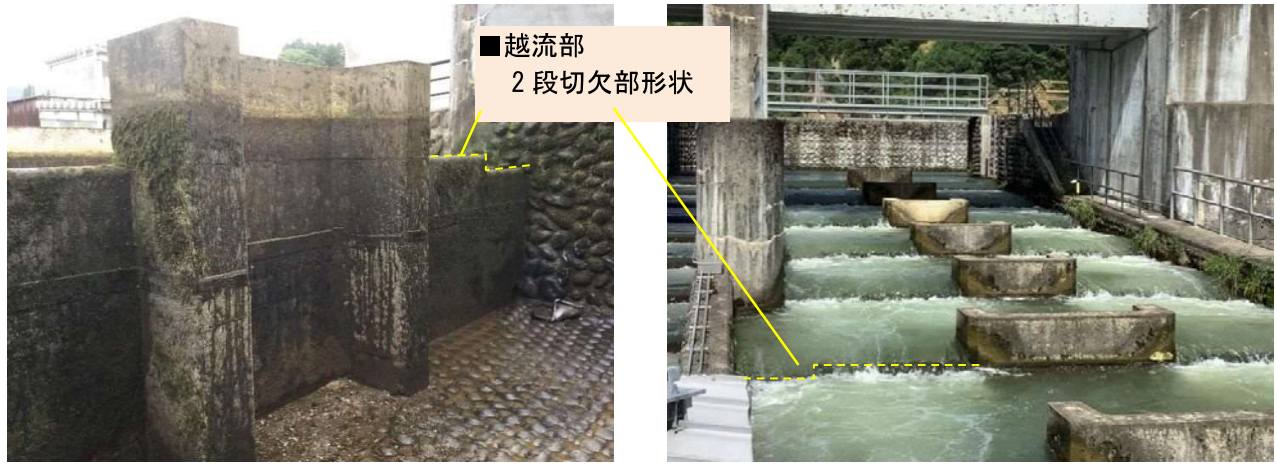


図 1.3.2 大型魚道の隔壁形状

1.5 実験計画立案

セイシュ発生現象の再現とセイシュを抑制できる流況対策工調査の実施に向けて、大型魚道での流況（横波、縦波）とその対策工を検討できるような模型諸元（模型範囲、縮尺、製作方法等）を設定し、実験条件、実験内容を明確にした実験計画を立案する。

1.5.1 模型再現範囲

- 再現すべき現象を踏まえた模型再現範囲の留意点を以下に示す。
- ・ 2012 年の魚道改築後に、「プール⑪～折返し部」でセイシュが発生し、その場所より下流にカゴ詰め玉石工を配置している。
 - ・ 大型魚道流入部は静水であることから、大型魚道内で流況が乱れる何かしらのきっかけが発生し、下流につれて増幅したことが推察される。
 - ・ 以上より、流況が乱れる要因が不明確なため、大型魚道流入部から再現することが望ましいと考え、大型魚道の模型再現範囲は図 1.5.1 に示す「流入部～折返し部」とする。

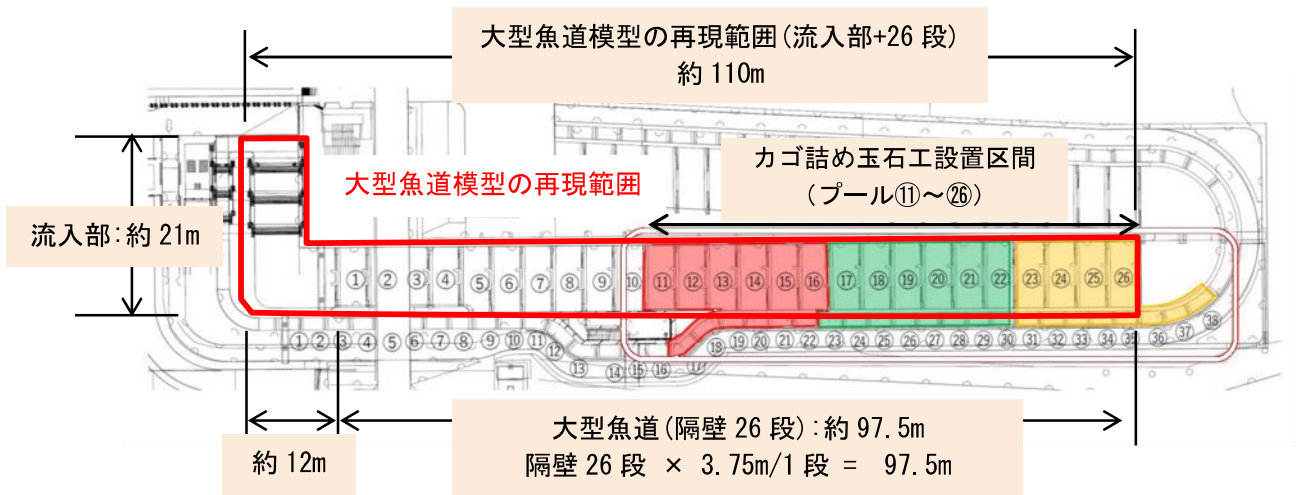


図 1.5.1 大型魚道模型の再現範囲

1.5.2 模型縮尺

(1) 相似則

本実験で対象とする水の流れは、水の粘性・表面張力に比較して重力と慣性力が卓越する。このような流れに対しては、実物と模型の慣性力の比を等しくするため、フルード数を用いた「フルードの相似則」に従って実験を行うことが基本である。（フルード数の定義）

$$Fr \text{ 数} = (\text{慣性力}) / (\text{重力}) \Leftrightarrow Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

ここに、 V ：流速(m/s)、 g ：重力加速度 (9.81m/s²)、 h ：水深(m)
模型で計測した諸量を次のような縮尺により実物値に換算することができる。

長さの縮尺：
$$\frac{L_m}{L_p} = \frac{H_m}{H_p} = \frac{1}{S}$$

時間の縮尺：
$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{H_m^{1/2}}{H_p^{1/2}} = \frac{1}{S^{1/2}}$$

流量の縮尺：
$$\frac{Q_m}{Q_p} = \frac{L_m H_m V_m^{1/2}}{L_p H_p V_p^{1/2}} = \frac{1}{S^{2.5}}$$

流速の縮尺：
$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{L_m/T_m}{L_p/T_p} = \frac{H_m^{1/2}}{H_p^{1/2}} = \frac{1}{S^{1/2}}$$

粗度係数の縮尺：
$$\frac{n_m}{n_p} = \frac{H_m^{2/3}/L_m T_m^{-1}}{H_p^{2/3}/L_p T_p^{-1}} = \frac{H_m^{1/6}}{H_p^{1/6}} = \frac{1}{S^{1/6}}$$

ここに、 S ：縮尺、 L 、 H ：長さ、高さの単位、 T ：時間の単位、 n ：粗度係数、添え字 m ：模型換算、添え字 P ：現地換算 を示す。

(2) 模型縮尺の検討

- 「模型再現範囲」を踏まえて、模型の縮尺を検討した結果を表 1.5.1 に示す。
- ・ レイノルズ数の影響を受けないように「実験上の越流水深が 3cm 以上」となる模型縮尺であれば、現地の流況を再現可能であるとされている（出典；河川水理模型実験の手引）。
 - ・ 大型魚道の越流部での越流水深は、約 0.24m(=24cm)であるため、上記制約条件を満足するような模型縮尺の選定が必要となる。
 - ・ 前節の模型再現範囲の観点から、魚道流入部～魚道折返し部を再現することが望ましい。
 - ・ 「実験上の越流水深が 3cm 以上」を満たす縮尺の中で、縮尺の小さいものを選択し、制約条件を満たす「**模型縮尺 S=1/8**」を選定した。

1-3-2 模型縮尺、模型範囲の選定

模型の縮尺は大きい方が望ましいが、一般には実験目的に対する必要精度、実験施設（面積、給排水設備の能力等）および相似性との関係等で決められる。とくに移動床模型の場合、現地の河床材料粒径が非常に重要となる。模型縮尺の決定に当たっては、以上のような項目のほかに次のような制約条件を考慮する必要がある。

①水深：重要区間の水深は 3 cm 以上となるようにし、粘性の影響を無視し得、かつ乱流域とする。

出典；河川水理模型実験の手引；土木研究所資料,第 2803 号 1989 年 10 月_P.5

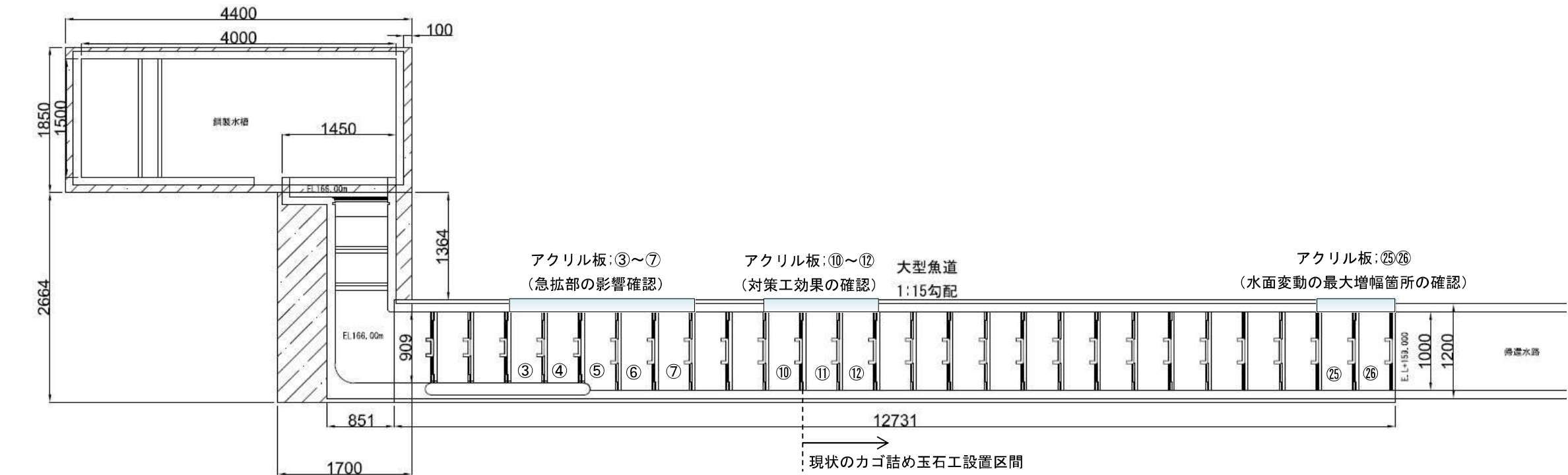
表 1.5.1 大型魚道の縮尺に応じた模型諸元一覧

	単位	実物大	模型縮尺					制約条件
			1/2	1/4	1/5	1/8	1/10	
流量	m3/s	1.800	0.32	0.06	0.03	0.010	0.006	
隔壁1段縦断距離	m	3.750	1.875	0.938	0.750	0.469	0.375	
隔壁26段縦断距離	m	97.500	48.750	24.375	19.500	12.188	9.750	
上流から26段の延長	m	110.000	55.000	27.500	22.000	13.750	11.000	
上流と下流の落差	m	11.000	5.500	2.750	2.200	1.375	1.100	
魚道幅	m	8.000	4.000	2.000	1.600	1.000	0.800	
越流水深	m	0.240	0.120	0.060	0.048	0.030	0.024	越流水深3cm≤h
判定			○	○	○	○	×	
理由			制約条件を満たす模型縮尺で、一番小さい S=1/8 を選定					越流水深3cmより小さい×

1.5.3 模型設計

実験計画に基づき、模型を設計した。設計した模型概要図を図 1.5.2 に示す。また、模型の製作状況を図 1.5.3 に示す。

■模型平面図



■模型縦断面図

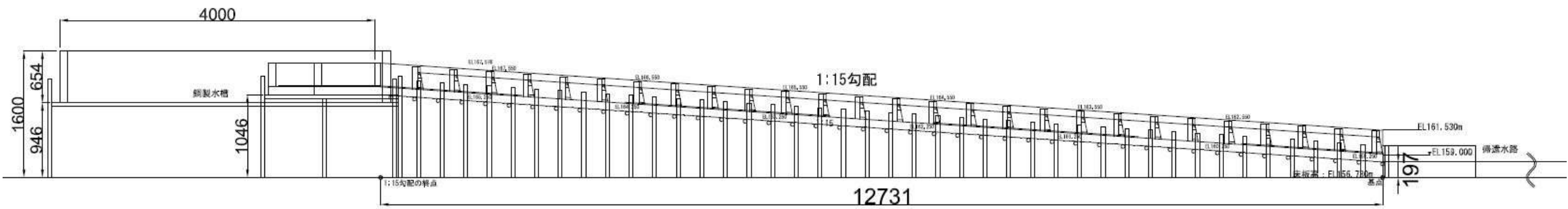


図 1.5.2 模型概要図

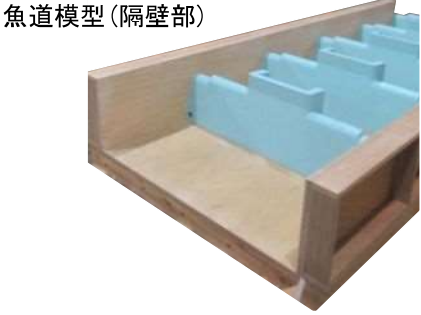
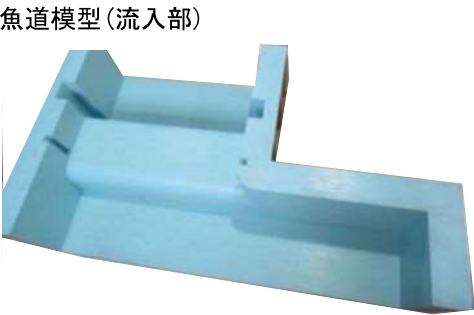


図 1.5.3 模型製作状況

2. 実験内容

2.1 実験ケース一覧

水理模型実験での実験ケース一覧を表 2.1.1 に示す。実験の大分類として、①現況再現確認実験、②対策工調査実験を実施する。

表 2.1.1 実験ケース一覧

ケース	大分類	魚道条件	対策工条件	
			対策工	対策実施プール
Case1 (2012 年時点)	現地再現 実験	2012 年改築後	—	—
Case2 (2022 年時点)		2012 年改築後	カゴ詰め玉石工	■対策 A：現状対策工配置 (プール⑪～⑳)
Case3	対策工調査 実験	2012 年改築後	■二次製品への代替 ■非越流部に分離壁 設置	■対策 A：現状対策工配置 (プール⑪～⑳)
Case4				■対策 B：対策区間で縦断 的に変化させる配置
Case5				視点①；現状対策工配置 区間内で変化 視点②；急拡部の影響を軽 減させる配置

①現況再現確認実験；

【目的】

水理模型が現地流況（縦波・横波）を再現できているかを確認する。以下の 2 条件を想定している。

<Case1 2012 年改築直後>

- ・ 模型で再現した大型魚道の流況（横波、縦波）を計測し、2012 年現地観測結果との比較により、模型の再現性を確認する。
- ・ カゴ詰め玉石工の投入前でのセイシュが発生した流況を再現して課題と方針を抽出する。

<Case2 2022 年現況魚道>

- ・ 模型で再現した大型魚道の流況（横波、縦波）を計測し、2022 年の現況流況を把握する。また、現在の遡上環境を維持した流況対策であることを説明するための基礎データを収集する（鉛直方向流速分布）。
- ・ カゴ詰め玉石工を投入した現在の流況から課題と対策工の検討方針を抽出する。

②対策工調査実験；

【目的】

現在の遡上環境を維持した対策を調査する。調査条件として対策工、対策実施プールをそれぞれ組み合わせて、現地に適用可能な対策を選定する。

<Case3～Case5 対策工調査>

- ・ 模型で再現した各 Case の大型魚道の流況（横波、縦波）を計測し、二次製品投入による流況（横波、縦波）改善効果を検証し、現状よりも流況が悪化していないこと、中規模出水後の魚道土砂堆積に伴う復旧作業や魚道のメンテナンスへの支障具合などを評価する。
- ・ 3 形状の中で、最適案の選定にあたり、対策工（ブロック・分離壁）の数、対策工の配置（魚道土砂堆積しない場所）を総合的にみて判断する。
- ・ また最適案については、現状（Case2：2022 年現況魚道）の遡上環境と同様であることを説明するためのデータを収集する（鉛直方向流速分布）。

2.2 魚道条件

魚道条件として、以下の形状を想定している。

- ・ 2012 年改築後魚道：魚道隔壁とプール内を現況形状とする。
（※後述の対策工投入配置により、魚道プール水深を縦断的に変化させることで、魚道流況に変化を付ける。

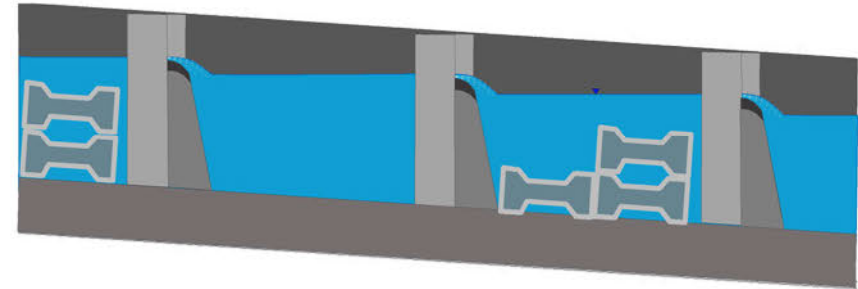


図 2.2.1 魚道流況に変化をつけるイメージ

2.3 対策工

本調査で想定している対策工として、①二次製品の投入、②分離壁の設置を想定している。

①二次製品の投入

【期待する効果（図 2.3.1 参照）】

カゴ詰め玉石工に代替する二次製品（消波ブロック）を配置する。流況改善効果がより期待できる形状として、水中内の減勢の観点から透過性の良い製品がよいと考えられる。

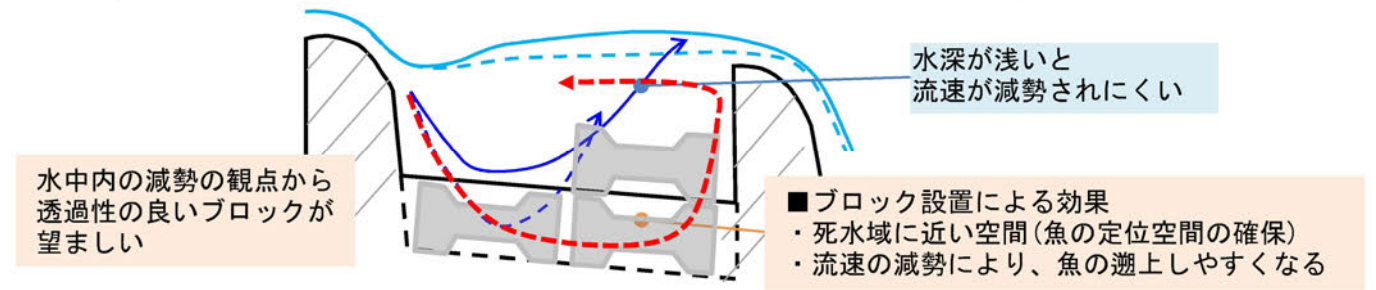


図 2.3.1 ブロック投入により期待する効果

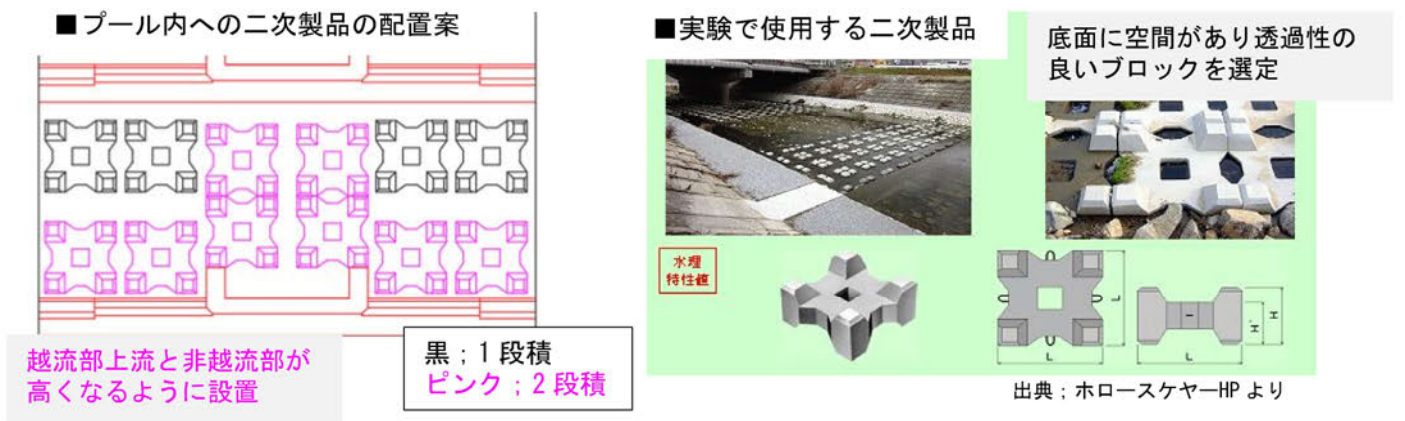


図 2.3.2 二次製品のプール内への投入イメージ

②分離壁の設置

【期待する効果】

非越流部を左右で仕切り、越流部を左岸・右岸に分離して、不均一な越流量や落下流により生じる流況の乱れの増幅を緩和する。分離壁の設置イメージは、図 2.3.3 に示す位置を想定しており、分離壁は“穴あき”、“穴なし”の 2 種類で効果を確認する。

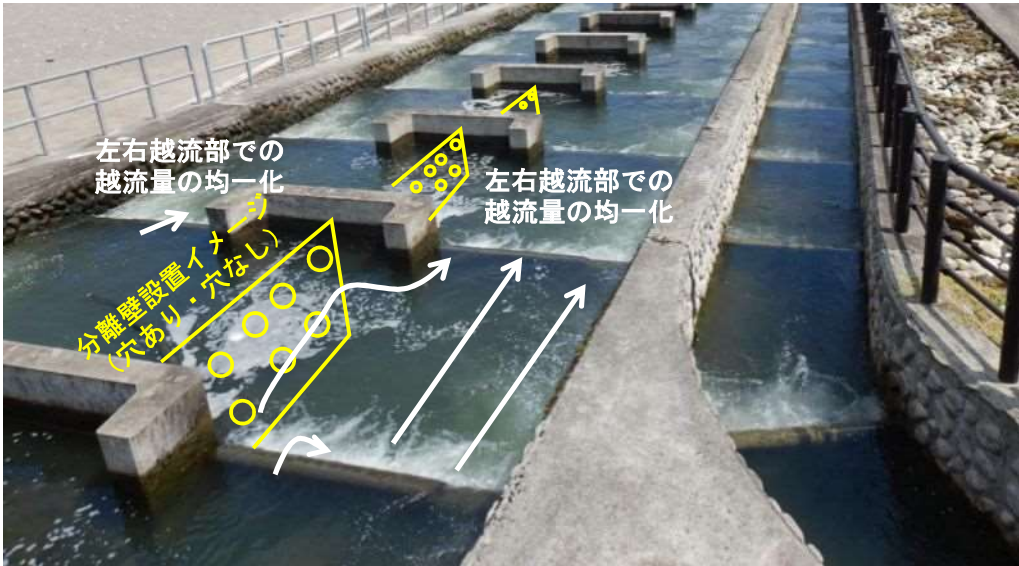


図 2.3.3 分離壁の設置イメージ

2.4 対策実施プール

各ケースでの流況対策プールを図 2.4.1、図 2.4.2 に示す。

①現況再現確認実験；

- ・ Case1：2012 年の魚道改築直後では、対策工を設置しない。
- ・ Case2；2022 年の現状魚道では、プール⑪～⑳にカゴ詰め玉石工を設置する。

②対策工調査実験

本実験では、対策 A、対策 B の 2 つの対策を想定しており、対策 B；対策プールを減らす 2 つの視点で調査する。前述の対策工を組み合わせ、対策による効果を確認して現地施工に適した対策条件を選定する。

- ・ 対策 A：現状対策工配置（プール⑪～㉔）
- ・ 対策 B：対策区間で縦断的に変化させる配置
視点①：現状対策工配置区間内で変化
流況が顕著に乱れているプールを基点として対策する案
（中規模出水後の復旧作業に支障するプール㉓、㉕を無しとする案も調査）
視点②：急拡部の影響を軽減させる配置
急拡部が流況の乱れの主たる発生要因であった場合、乱れの増幅前に対策する案

<Case1 2012 年改築直後>



<Case2 2022 年現況魚道、Case3～Case5 対策工調査実験>

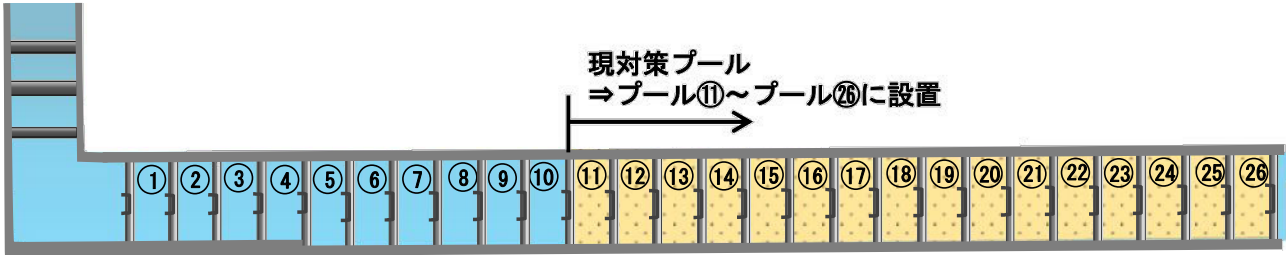
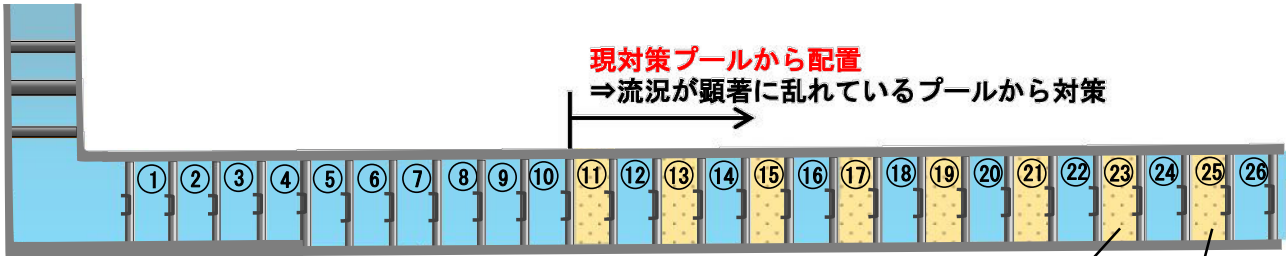


図 2.4.1 現況再現実験の対策工の条件（※黄色ハッチ；対策工を設置するプール）

<Case3～Case5 対策工調査実験>

- 対策区間で縦断的に変化させる配置（案）
- ・ 視点①；現状対策工配置区間内で変化



- ・ 視点②；急拡部の影響を軽減させる配置

※中規模出水後の復旧作業に支障する
プール㉓、㉕を無しとする案も調査



- 二次製品と分離壁を組合せた対策（案）



図 2.4.2 対策工調査実験の対策工の配置条件（※黄色ハッチ；対策工を設置するプール）

2.5 計測概要

- 各ケースの計測項目を表 2.5.1 に示し、各計測項目の計測目的を以下に示す。
- ＜水位（図 2.5.1 参照）＞
- ・ プール内の水面変動幅から、水面変動の要因や水面変動の増幅を確認する。
 - ・ 対策工投入前後の水面変動幅を比較して、二次製品や分離壁、対策工配置調査による効果を比較する。
- ＜流況（図 2.5.2 参照）＞
- ・ 流況写真、流況動画から、水面変動状況、水泡の湧き上がり、偏流を確認する。
- ＜流速（図 2.5.3 参照）＞
- ・ プール内の縦断的な鉛直流速分布を計測し、現状のカゴ詰め玉石工による対策から流況が悪化していない対策であることを確認する。

表 2.5.1 計測項目

ケース	実験条件	計測項目		
	対策工	水位	流況	流速
Case1 2012 年 現地再現実験	なし	・ 縦断方向（流況判断） ・ 横断方向（左岸、中央、右岸）	流況写真 流況動画	—
Case2 2022 年 現地再現実験	■ カゴ詰め玉石工	・ 縦断方向（詳細計測） ・ 横断方向（左岸、中央、右岸）	流況写真 流況動画	■ 縦断方向×3 プール※（最上流・中間地点・最下流） ■ 横断方向×1 側線（プール内）
Case3 対策工調査実験①	■ 二次製品への代替 ■ 非越流部に分離壁設置	・ 縦断方向（流況判断） ・ 横断方向（左岸、中央、右岸）	流況写真 流況動画	—
Case4 対策工調査実験②				
Case5 対策工調査実験③				
対策工最適案の詳細計測	最適案	・ 縦断方向（詳細計測） ・ 横断方向（左岸、中央、右岸）	—	■ 縦断方向×3 プール※（最上流⑤・中間地点⑪・最下流⑳） ■ 横断方向×1 側線（プール内）

※最上流；プール⑤、中間地点；プール⑪、最下流；プール⑳を想定

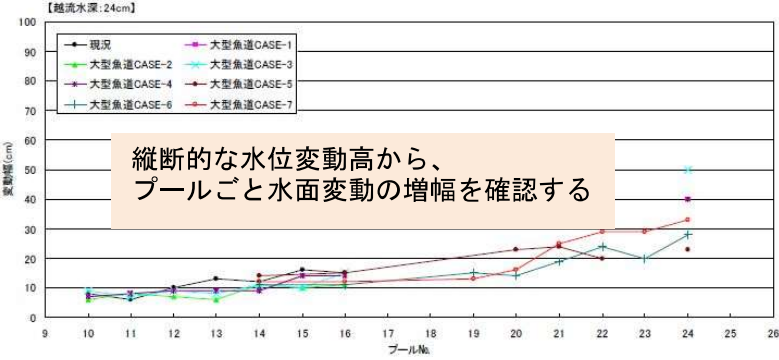
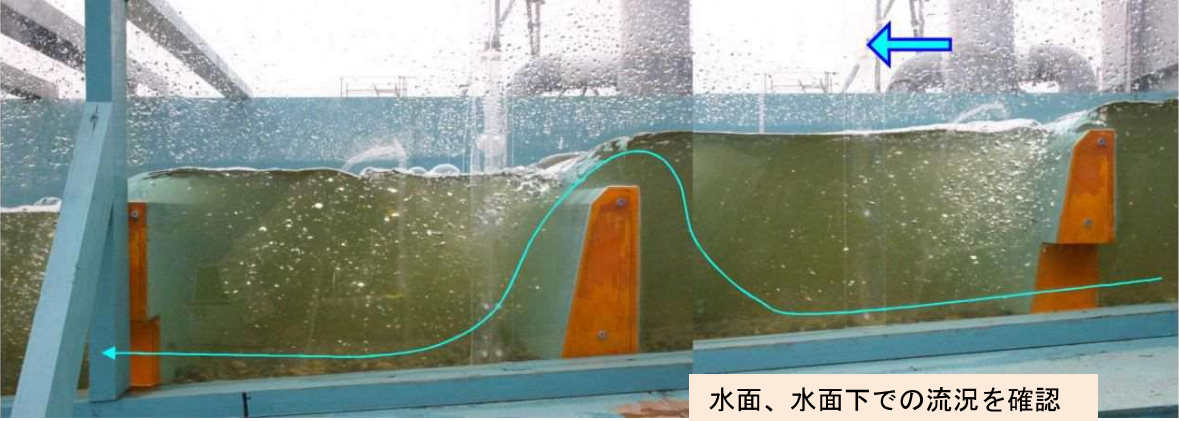


図 2.5.1 水位調査の計測結果イメージ



水面、水面下での流況を確認

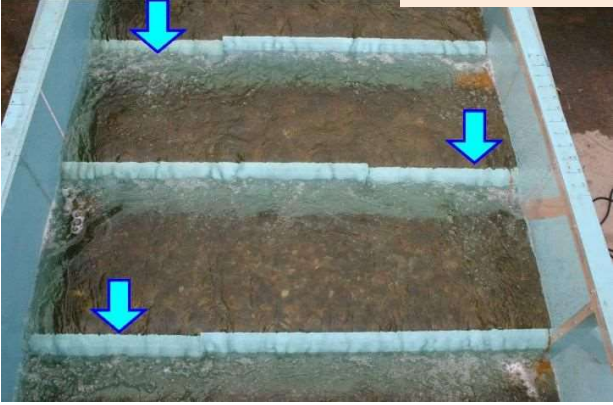
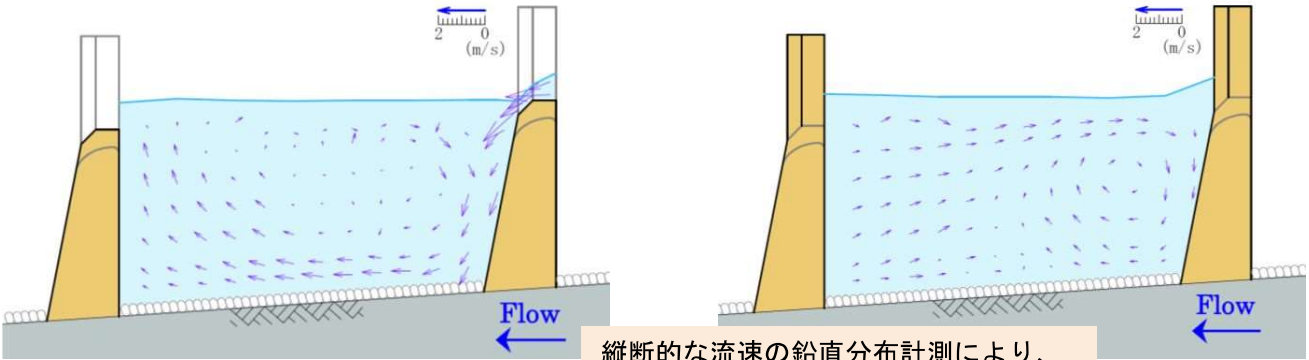


図 2.5.2 流況調査の計測結果のイメージ



縦断的な流速の鉛直分布計測により、現状から悪化しないことを確認

※計測地点は、最上流；プール⑤、中間地点；プール⑪、最下流；プール⑳を想定

図 2.5.3 流速調査の計測結果のイメージ

3. 今後のスケジュール

- 今後の実験スケジュールを以下に示す。
- ・ 現在大型魚道模型製作中であり、年内を目途に模型完成及び試験通水を実施する予定である。
 - ・ 大型魚道の模型実験は現地再現実験を 2023 年 3 月までに完了し、対策工調査実験を 2023 年 8 月までに完了する予定である。
 - ・ 大型魚道と並行して、小型魚道の実験も 2023 年より実施予定である（実験計画は精査中）。
 - ・ 次回の FU 委員会は、大型魚道模型の実験結果、小型魚道模型の実験計画のご報告を想定しており、開催時期は 2023 年の初秋を予定している。
 - ・ 小型魚道模型の実験結果のご報告は、2024 年の夏ごろを想定している。

表 3.1.1 実験スケジュール

作業内容	2022年	2023年												2024年											
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1. 大型魚道																									
1.1 模型製作	■	■																							
1.2 模型実験																									
Case1, 2_現地再現実験		■	■	■	■																				
Case3～5_対策工調査実験				■	■	■	■	■	■	■	■														
2. 小型魚道																									
2.1 模型製作					■	■	■	■	■	■	■	■	■												
2.2 模型実験																									
Case1, 2_現地再現実験												■	■	■	■										
Case3, 4_対策工調査実験															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FU委員会	第9回委員会											開催予定								開催予定					

信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討フォローアップ委員会

～魚道モニタリングの継続に向けた取り組みについて～

目 次

1. はじめに 1

1.1 モニタリング調査の経緯 1

1.2 現在のモニタリング調査の実施状況 1

1.3 魚道遡上モニタリング調査の実施状況と今後の方向 2

2. 魚類遡上状況モニタリング調査結果の概要 3

2.1 2022 年度の調査概要 3

2.2 調査結果 5

2.3 魚類遡上状況モニタリング結果の評価 6

2.4 せせらぎ魚道における途中区間調査及び夜間調査の実施状況 11

3. 環境 DNA 調査 16

3.1 調査目的と調査経緯 16

3.2 現地調査の概要 18

3.3 調査結果 20

4. まとめと今後の課題 27

4.1 環境 DNA 調査結果のまとめ 27

4.2 今後の課題と調査方針 27

2022 年 12 月

東日本旅客鉄道株式会社 エネルギー企画部

1. はじめに

1.1 モニタリング調査の経緯

魚道等構造改善後のモニタリング調査は、信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会（以下、「検討委員会」という。）及び信濃川発電所宮中取水ダム魚道改善検討フォローアップ委員会（以下、「FU 委員会」という。）における議論をふまえながら、

①宮中取水ダム魚道構造改善方策の検証

②魚道の設計

という視点から、課題やテーマとしてあげられた項目について、調査と検証を行ってきた。

魚道等構造改善後の 2012 年度以降の主なモニタリング調査の実施状況は表 1.1 に示すとおりである。なお、魚道入口部環境調査は、継続的なモニタリング項目ではない。しかし、2019 年 10 月の「令和元年東日本台風」による出水によってダム下流の右岸側の広い区域に土砂が堆積する等の河川形態の大きな変化がみられた。このため、流況解析及び環境 DNA 分析によって「ダム下流部と魚道の流れの連続性の確保」の観点から現状に係る調査・評価を行って、2020 年 10 月 28 日に開催した第 8 回 FU 委員会に報告し、了承を頂いた。

表 1.1 魚道等構造改善後のモニタリング調査の実施状況

調査内容等	2012 (H24) 年度	2013 (H25) 年度	2014 (H26) 年度	2015 (H27) 年度	2016 (H28) 年度	2017 (H29) 年度	2018 (H30) 年度	2019 (R1) 年度	2020 (R2) 年度	2021 (R3) 年度	2022 (R4) 年度
①魚類遡上状況モニタリング調査	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
②洪水期モニタリング調査	—	○	—	—	○	○	○	○	○	—	—
③鳥類飛来状況調査	—	○	○	○	—	—	—	—	○	—	—
④魚道入口部環境調査	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—

〔凡例〕 ○：調査を実施した項目
—：調査を実施していない項目

注）本表に示したモニタリング調査とは別に、信濃川中流域水環境改善検討協議会（以下、「中流域協議会」という。）に係る調査の一環として、魚道においてサケ遡上調査を 2012(H24)年度～2022(R4)年度に実施している。

1.2 現在のモニタリング調査の実施状況

魚道改築後のモニタリング調査は、2012（H24）年度から開始したが、2016（平成 28）年 11 月 28 日に開催した第 6 回 FU 委員会では、調査開始から 5 年間の結果に係るとりまとめと評価結果及び今後のモニタリング調査計画等に関して報告を行ない、表 1.2 の左欄に示す方針が了承された。また、第 6 回 FU 委員会です承された今後のモニタリング調査等の実施方針に従った 2017 年度以降の調査の実施状況は、同表の右欄に示すとおりである。

表 1.2 第 6 回 FU 委員会です承されたモニタリング調査等の実施方針と 2017 年以降の実施状況等

No.	項目	第 6 回 FU 委員会です承されたモニタリング調査等の実施方針	2017 年度以降の調査の実施状況等
①	魚 類 遡 上 状況調査	平成 24（2012）年度～平成 28（2016）年度の 5 年間実施したモニタリング調査によって、魚道構造改善による効果は確認されたが、生息・遡上環境が変化する可能性も考えられることから、当面、魚道上流端における魚類遡上状況調査を継続して実施する。	・2017 年度以降は生息・遡上環境が変化する可能性があることからモニタリングは継続実施している。 ・2019 年 10 月の出水（令和元年東日本台風）によるダム下流の河川形態の大きな変化を踏まえて、2020 年度に 40m³/s 放流時（2020 年 5 月）及び 60m³/s 放流時（2020 年 8 月）の流況解析を実施した結果、宮中取水ダム下流は小型魚を代表するアユの遡上可能な環境であり、ダム下流部と魚道の流れの連続性が確保されていることを確認した。
②	魚 道 へ 魚 を さ ら に 誘 引 で き る 右 岸 滯 筋 の 形 成 (洪水期モ ニ タ リ ン グ 調 査)	平成 26（2014）年度以降は 3,000m³/s を超える出水は発生していないが、出水が発生した場合には滯筋が変化することも考えられる。このため、3,000m³/s 以上の出水が発生した場合には、従来通り魚道等の構造物の点検を行うとともに、滯筋の変化にも留意していくこととする。	・2017 年度～2020 年度の 4 年間は、概ね 3,000m³/s 以上の洪水が発生した場合には、洪水期モニタリングを実施した。 ・2017 年度以降の 4 年間の洪水期モニタリングでは、以下のようなことが確認できたため、2020 年度をもって洪水期モニタリングは終了することとした。 イ）放流量 3,000m³/s 規模の出水では、中州の流出や右岸側滯筋の延伸などの河道の変化がみられ、徐々にではあるが右岸側に滯筋の形成がみられた。 ロ）洪水期モニタリングでは施設の安全性への影響は確認されなかった。
③	防鳥対策	防鳥対策については、現状では対策の必要はないと判断しているが、引き続き状況を注視しながら、必要に応じて対策（案）を検討していく。	・2019 年 10 月の出水による周辺環境の変化をふまえて、2020 年 8 月末に鳥類飛来状況調査を実施した。 ・調査の結果、せせらぎ魚道内での魚類探餌・採餌行動は確認されず、被害もなかったことから、防鳥対策検討の必要はないと結論づけられた。このため、防鳥対策については、終了することとした。

注）第 6 回 FU 委員会は 2016（H28）年 11 月 28 日に開催された。

1.3 魚道遡上モニタリング調査の実施状況と今後の方向

1.3.1 これまでの魚類遡上状況調査の実施手法と問題点・課題

宮中取水ダム魚道における遡上状況モニタリング調査は、大型魚道と小型魚道及びせせらぎ魚道の上流端に、それぞれの魚道構造に対応した捕獲カゴを設置し、遡上してきた魚類を全量採捕することによって実施してきている。

この魚類採捕による方法は、魚類の生体を直接観察できるため、種名の同定や魚種ごとの大きさ、さらには婚姻色の有無などが確認できるなど、調査時の魚類の生態等を把握する意味でも有用な調査手法である。

一方で、採捕した魚類は必要な魚種名の同定や体長などの計測を行った後に、すみやかに魚道の上流側に放流する等、当該水域に生息している魚類に与える影響をできるだけ抑えることとしている。

注) アユについては、由来判別（天然と天然以外の判別）に用いるため、一定数のサンプルを分析用に固定し、持ち帰らせて頂いている。

しかし、捕獲カゴは 1 時間間隔で引き上げているため、短時間とはいえ捕獲カゴの中に閉じ込められることによるストレスや、計測時の魚体への影響も考えられるため、できるだけ当該水域に生息・分布している魚類生態などへの負荷を減らす調査手法の検討も必要であると考えている。

1.3.2 今後の魚類モニタリング手法の方向

近年、水域等の環境中に存在する「生物由来の DNA」（以下、環境 DNA という）を分析・検出する技術を用いて、魚類の生息・分布状況を把握することが行われ、この手法の適用が様々な分野で広がりをみせている。

水域における魚類調査を対象とした場合、環境 DNA 調査は魚類の生体を捕獲せずに、当該水域の河川水を採水することによって、生息・分布している魚種等を確認できるなど、魚類生態系への負荷の軽減につながることも期待されている。

ただし、この手法は、まだ取り組みが始まってから時間が経過していないため、宮中取水ダム魚道モニタリング手法として確立するためには、魚道特有の問題^{注)}や捕獲調査による方法との整合性の検討など、検討すべき課題も多い。

このため、今後の宮中取水ダム魚道におけるモニタリング手法の検討にあたっては、これまでの採捕調査を主体として実施してきた調査結果と環境 DNA に係る試行調査結果の比較検討を進めながら、適切なモニタリング手法を確立する必要があると考えている。

注)「魚道特有の問題」の例として、魚道が河川区域の一部として運用されているため、環境 DNA によって確認された魚類が、かならずしも魚道内を遡上しているものとは限らず、上流から流下してきた環境 DNA が検出される場合があることがあげられる。

2. 魚類遡上状況モニタリング調査結果の概要

2.1 2022 年度の調査概要

2.1.1 調査地点

2012（平成 24）年度～2021（令和 3）年度調査と同様に、魚道上流端に捕獲カゴを設置し、6 月 6 日～7 月 4 日までの連続 29 日間の調査を実施した。

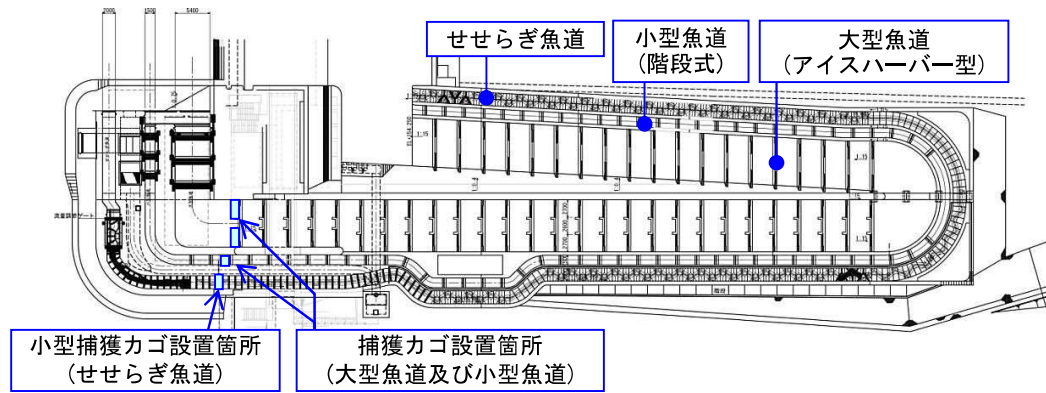


図 2.1 調査地点位置図

2.1.2 調査方法

(1) 採捕方法

魚道上流端で、捕獲カゴによる採捕を実施した。また、流況（流入量、放流量）や、水質（水温、SS）を調査し、遡上状況との関連について整理した。

注 1) 水温と SS の調査方法は以下のとおりである。

①水温：宮中取水ダム貯水池の左岸側に設置してある自記水温計のデータから日平均水温を算出した。

②SS(浮遊物質質量)：JISK0102（工場排水試験方法）14.1 に定める方法による。

注 2) SS とは、水中に浮遊している不溶性物質の量で、水の濁りの指標の一つである。



図 2.2 捕獲カゴの設置の状況（左：大型魚道、中央：小型魚道、右：せせらぎ魚道）

(2) 調査時間・調査回数

1 日の調査時間は 9 時～17 時までの 8 時間とし捕獲カゴの回収は 10 時から 1 時間毎に計 8 回実施した。

2.1.3 調査時期と調査期間

調査は 6 月 6 日から開始^{注)} し、7 月 4 日までの延べ 29 日間連続で実施した。

注) 2012 年度以降のモニタリング調査開始日は、宮中取水ダム地点における積算水温を基にして、アユ遡上が比較的多くなる（10 個体/日以上）時期を想定して設定し、概ね 6 月 6 日～7 月 4 日（ただし、2013 年度は 7 月 10 日、2017 年度は 7 月 14 日まで）の約 1 カ月間としている。

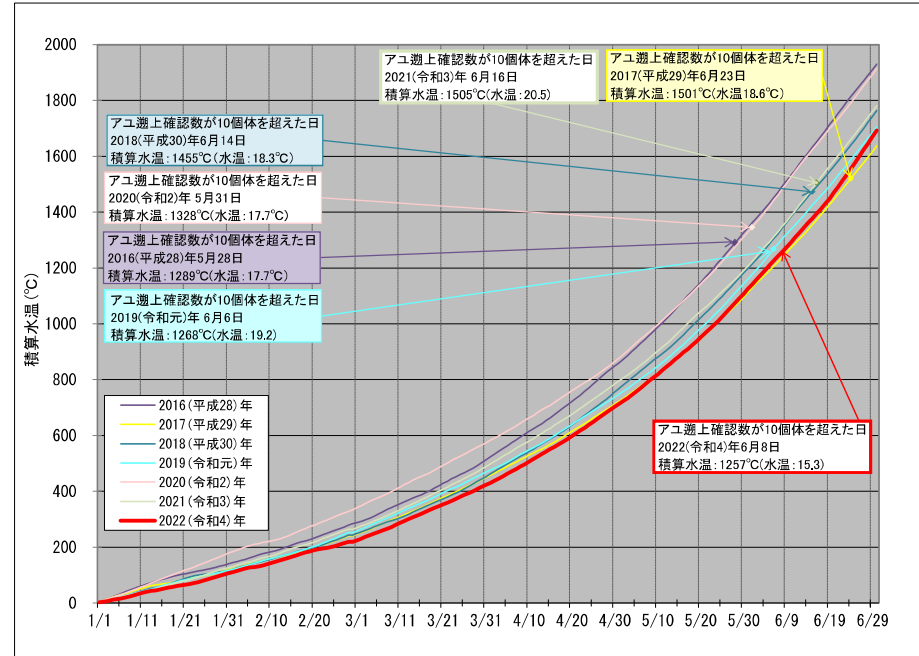
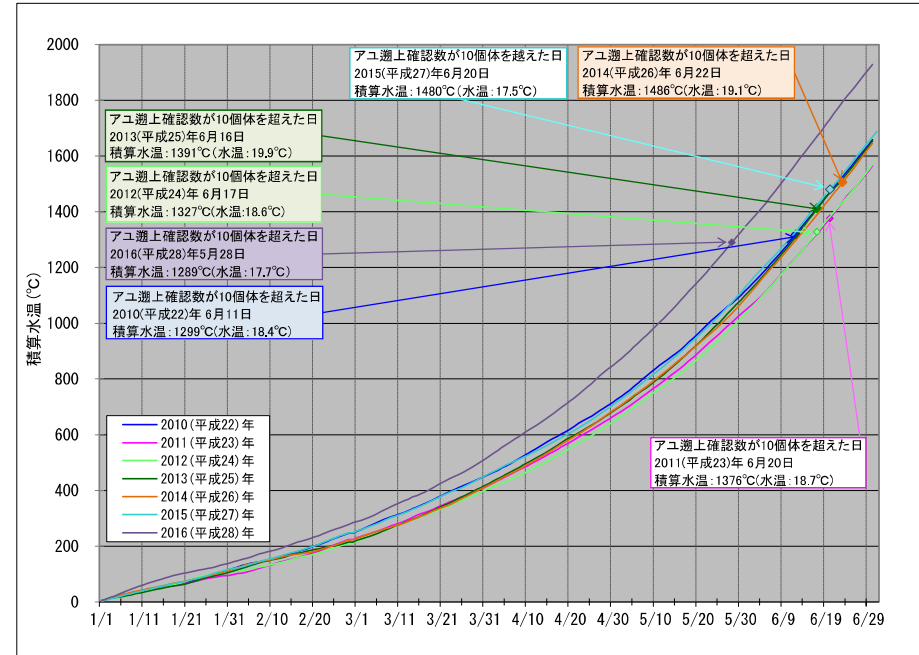


図 2.3 積算水温とアユ遡上確認数が 10 個体を越えた日の状況

注 1) 今年度、アユ遡上確認数が 10 個体を越えたのは 6 月 8 日（積算水温：1,257℃）で、2019 年度（6 月 6 日、当日の積算水温：1,268℃）に近かった。また、両年の積算水温の上昇スピードも同様の傾向であった。

注 2) 宮中取水ダム魚道における既往調査で、アユの遡上確認が最も早かった 2016（平成 28）年（10 個体を越えたのは 5 月 28 日で、当日の積算水温は 1,289℃）を基準として、それより以前の状況を上部の図に、それ以降の状況を下部の図にそれぞれ表示している。なお、2016 年は比較のために両グラフに重複して表示している。

2.1.4 調査期間中の環境要因

調査を実施した 6 月 6 日～7 月 4 日までの期間における降水量、宮中取水ダムの流況（流入量、放流量）及び水質（水温、SS）の概況は以下の通りである（図 2.6 参照）。

- ①降水量は、調査期間中の最初の期間（6 月 6 日～11 日）と最後の期間（7 月 3 日～4 日）は、平年（1991 年～2020 年の 30 年間）^{注 1)} に比較して同程度かやや多かったが、それ以外の期間は平年に比較して少なかった。
- ②ダムへの日平均流入量は、調査開始日（6 月 6 日）から 6 月 13 日までは、350～630 m³/s 程度であったが、6 月 14 日以降は 190～320 m³/s で推移し、大きな出水はなかった。ダム下流への日平均放流量（ゲート放流量＋魚道＋呼び水）は、調査開始から 6 月 13 日までは 6 月 7 日（630m³/s）を除いて 70～160m³/s で変動したが、6 月 14 日以降は 60～70m³/s 程度で推移し、変動は少なかった。



■全放流量（日平均流量）：60.9m³/s
ゲート放流量＋魚道＋呼び水：2022 年 6 月 18 日

（注）調査期間中の降雨による出水時を除く通常の放流量は以下のとおりである。
2022 年 6 月 6 日～7 月 4 日：60m³/s 程度

図 2.4 ゲート放流状況（60m³/s 程度放流時）

- ③日平均水温は調査開始から 6 月 17 日までは 15℃～18℃程度であり、アユの遡上が活発になると考えている 18℃未満であったが、6 月 18 日以降はすべて 18℃以上であった。今年度の調査期間中は降水量も少なく気温も平年に比較して高かったため、水温が比較的高い日が続いたが、調査期間中の日平均水温の最高は 24.8℃(7 月 2 日)であった。なお、日平均水温は降水量及び放流量の増加に伴って低下し、放流量が安定して晴天が続くと上昇する傾向がみられる。
- ④SS は、ダム流入量が増加した 6 月 7 日～8 日及び 6 月 11 日～13 日の計 5 日間は、アユの河川遡上における濁水忌避濃度とされる 22mg/L^{注 2)}を上回ったが、それ以外の日はすべて 22 mg/L 未満であった。

注 1) 平年値の算出期間は 2021 年 5 月から 1991 年～2020 年の 30 年間となっている。
注 2) 藤原公一（1997）「濁水が琵琶湖やその周辺河川に生息する魚類へおよびす影響」『滋賀県水産試験場研究報告』vol. 46（1997 年 3 月号） pp. 9-37

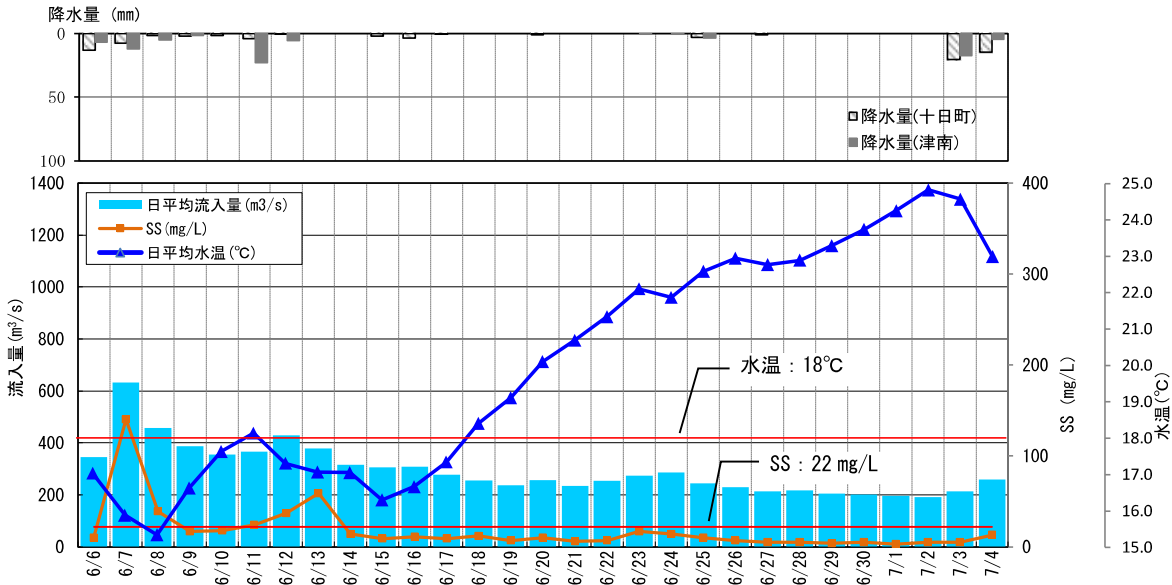


図 2.5 宮中取水ダム流入量と水温及び SS、降水量の推移（2022 年度）

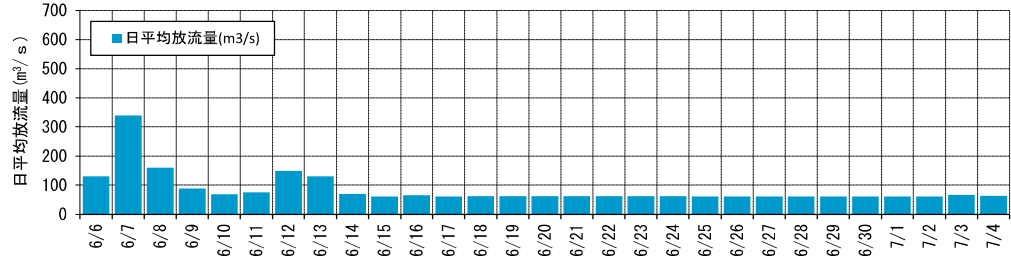


図 2.6 宮中取水ダム下流への放流量の推移（2022 年度）

2.2 調査結果

2022（令和4）年6月6日～7月4日まで実施した調査では、大型魚道で14種2,128個体、小型魚道で15種1,970個体、せせらぎ魚道で15種414個体、合計22種4,512個体の魚類が採捕された。確認種を表2.1に、魚道タイプ別の採捕個体の種組成の比較を図2.7にそれぞれ示す。

表 2.1 魚道上流端における調査結果〔2022（令和4）年度〕

No.	目名	科名	種名	大型魚道	小型魚道	せせらぎ魚道	合計
1	コイ	コイ	フナ属	2	1		3
2			タイリクバラタナゴ			1	1
3			オイカワ	241	723	28	992
4			アブラハヤ		3	9	12
5			ウグイ	123	18	1	142
6			モツゴ		1	1	2
7			ビワヒガイ	1			1
8			タモロコ			5	5
9			カマツカ	64	29	11	104
10			ニゴイ	5	2		7
11			スゴモロコ	117	122		239
12		ドジョウ	カラドジョウ			1	1
13			シマドジョウ			11	11
14	ナマズ	ギギ		5	125	9	139
15		ナマズ	ナマズ	3			3
16		アカザ	アカザ		1	13	14
17	サケ	アユ	アユ	1,509	854	17	2,380
18		サケ	ブラウントラウト	1			1
19			ニッコウイワナ	1	1		2
20			サクラマス	4			4
-			ヤマメ	43	64	5	112
21		カジカ	カジカ	9	25	16	50
22	スズキ	ハゼ	トウヨシノボリ		1	286	287
計	5目	9科	22種	14種 2,128個体	15種 1,970個体	15種 414個体	22種 4,512個体

注 1)種名及び配列は、「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によった（国土交通省編）。
注 2)サクラマスとヤマメは同じ種であるため、1種として計上している。なお、「河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル」に従って、バーマークがない個体で体長20cm以上の大型個体をサクラマスとしている。
注 3)採捕されたカジカの胸鰭条数は12～14（最も多かったのは13で全体の66%）であった。本資料では、胸鰭条数や外部形態、調査地の河口からの距離などを総合的に勘案して「カジカ」と記載しているが、中坊徹次編(2013)「日本魚類検索 全種の同定 第三版（東海大学出版会）」の和名に従えば「カジカ（カジカ大卵型：河川陸封型）」、また、中坊徹次編(2018)「日本魚類館(小学館）」の和名に従えば「カジカ大卵型」に該当する。

主な特徴点は以下の通りである。

- ①全体の採捕数及び種構成は、アユ(2,380個体、全体の52.7%)、オイカワ(992個体、全体の22.0%)、トウヨシノボリ（287個体、全体の6.4%）、スゴモロコ（239個体、全体の5.3%）、ウグイ（142個体、全体の3.1%）の順であり、これら5種で全体の89.5%を占めた。また、冷水魚の代表種であるサクラマス・ヤマメについては、サクラマスが4個体、ヤマメが112個体採捕された。
- ②魚道タイプ別に採捕した魚類の種構成をみると、大型魚道ではアユが全体の70.9%と最も多く、次いでオイカワ（11.3%）、ウグイ（5.8%）の順であった。小型魚道では、アユが全体の43.4%と最も多く、次いでオイカワ（36.7%）、ギギ（6.3%）の順であった。せせらぎ魚道は底生魚の割合が多く、トウヨシノボリ、カジカ、アカザ、シマドジョウの4種で全体の78.7%を占めている。なお、せせらぎ魚道ではオイカワやアブラハヤ、タモロコ、モツゴなどの比較的小型の遊泳魚も確認された。

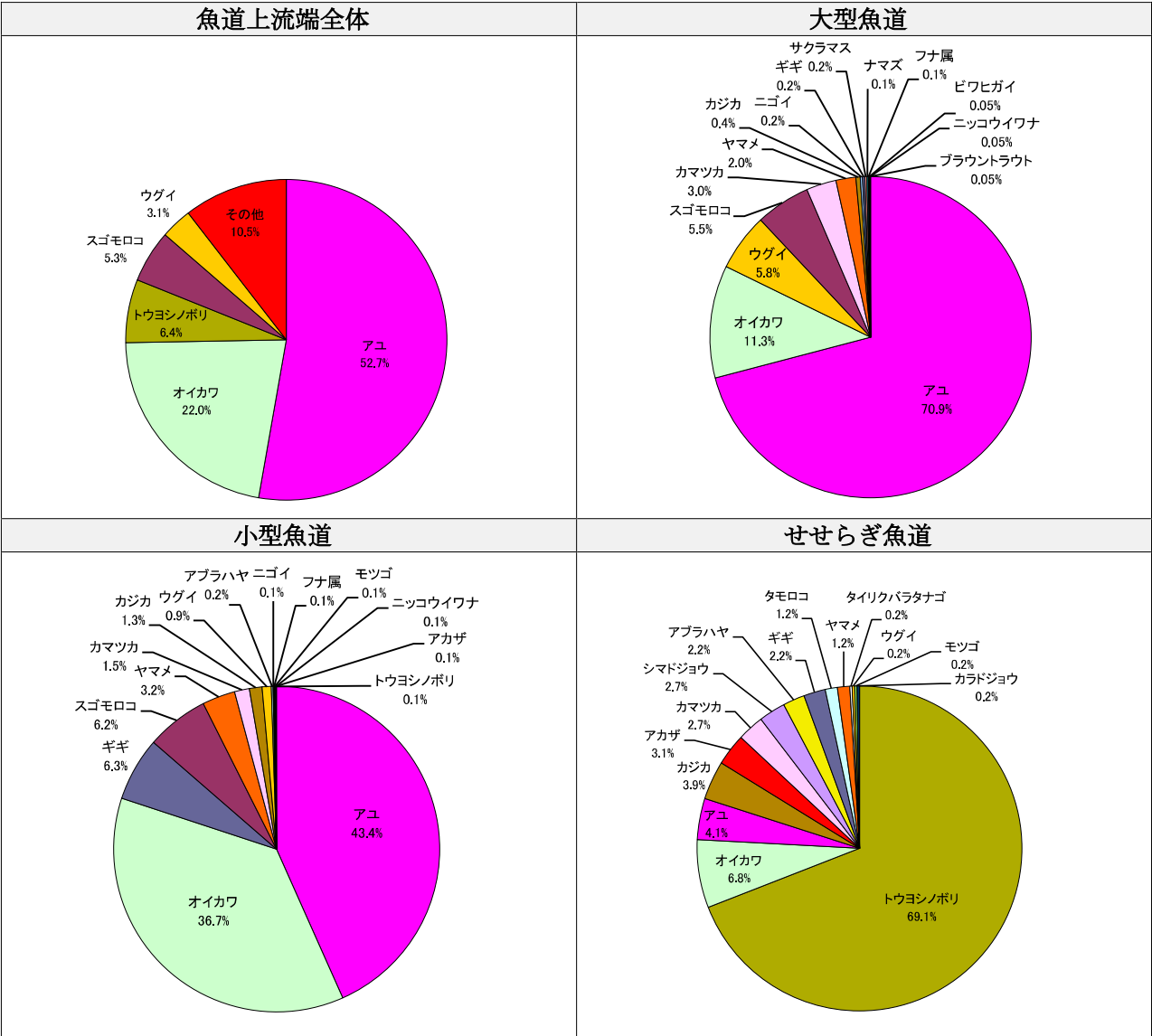


図 2.7 魚道上流端での採捕個体の種組成の比較

2.3 魚類遡上状況モニタリング結果の評価

2.3.1 過年度との比較

(1) 概況

調査期間全体で比較すると、2022 年度の確認種数は 2012 年度と同じく、改築後のモニタリング調査では 2 番目に多い 22 種である。また、総個体数は 2012 年度に次いで 2 番目に多かった。(表 2.2 参照)。

表 2.2 改築後の魚道遡上状況モニタリング調査結果

調査年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
項目	(H24)年度	(H25)年度	(H26)年度	(H27)年度	(H28)年度	(H29)年度	(H30)年度	(R1)年度	(R2)年度	(R3)年度	(R4)年度
合計確認種数 (種)	22	24	19	21	19	24	19	21	24	24	22
合計確認個体数 (個体)	12,776	2,088	2,471	1,076	2,218	776	2,323	1,054	2,898	1,783	4,512
アユの確認個体数 (個体)	10,821	1,016	1,288	676	1,558	284	1,714	540	2,117	191	2,380

注) 大型魚道、小型魚道及びせせらぎ魚道の魚道上流端における遡上確認種数及び遡上確認個体数の合計値である。

- 注1) 改築後のモニタリング調査は、2012（平成 24）年度～2014（平成 26）年度の 3 年間は 6 時～19 時までの 13 時間、1 時間間隔で実施していたが、時間短縮をしても確認種数に大きな影響を与えないことが検証されたため、2015（平成 27）年度以降は 9 時～17 時までの 8 時間、1 時間間隔で実施している。
- 注2) 2012（平成 24）年度から 2022（令和 4）年度までの調査日数は、出水等の影響により異なるため単純な比較はできないが、ここでは調査日数を考慮せずに比較をおこなっている。

(2) 確認種数（表 2.3 参照）

- 2022 年度の大型魚道の確認種数（14 種）は、2012 年度及び 2014 年度と同じであり、最も多かった 2013 年度（17 種）に次いで 2 番目であった。
- 小型魚道の確認種数（15 種）は、2021 年度と同じく最も多かった。
- せせらぎ魚道の確認種数（15 種）は 2015 年度、2017 年度及び 2018 年度と同じく 2 番目に多かった。せせらぎ魚道の水深は 2014 年度までは 8cm であったが、2015 年度から 15cm に増やした。このことによって、カジカ、アカザ、トウヨシノボリといった底生魚に加えて、オイカワ、モツゴ等の遊泳魚も遡上しやすい環境の維持が図られているために、遡上する魚種が多くなっているのではないかと考えられる。

表 2.3 魚道タイプ別の確認種数

(単位:種)

調査年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
項目	(H24)年度	(H25)年度	(H26)年度	(H27)年度	(H28)年度	(H29)年度	(H30)年度	(R1)年度	(R2)年度	(R3)年度	(R4)年度
大型魚道	14	17	14	12	12	12	11	8	13	13	14
小型魚道	14	13	11	9	9	13	8	10	13	15	15
せせらぎ魚道	9	9	7	15	12	15	15	16	16	16	15
計	22	24	19	21	19	24	19	21	24	24	22

(3) アユの遡上状況（図 2.8 参照）

調査初日の 6 月 6 日に 3 個体の遡上が確認され、8 日には今年度初めて遡上数が 10 個体/日を超えた。その後、遡上数は増加し 11 日には今年の最初のピーク(120 個体/日)となり、22 日までは 1 日当り 14～116 個体の遡上数であった。遡上数は 23 日と 24 日は 10 個体/日未満に減少したが、25 日から再び増加し、調査最終日（7 月 4 日）まで 30 個体/日以上の日が続き、7 月 2 日には今年度調査では 1 日の最大の遡上数（349 個体/日）となった。調査開始日から最終日までの累計では 2,380 個体となり、総遡上個体数は 2012 年度に次いで多かった。

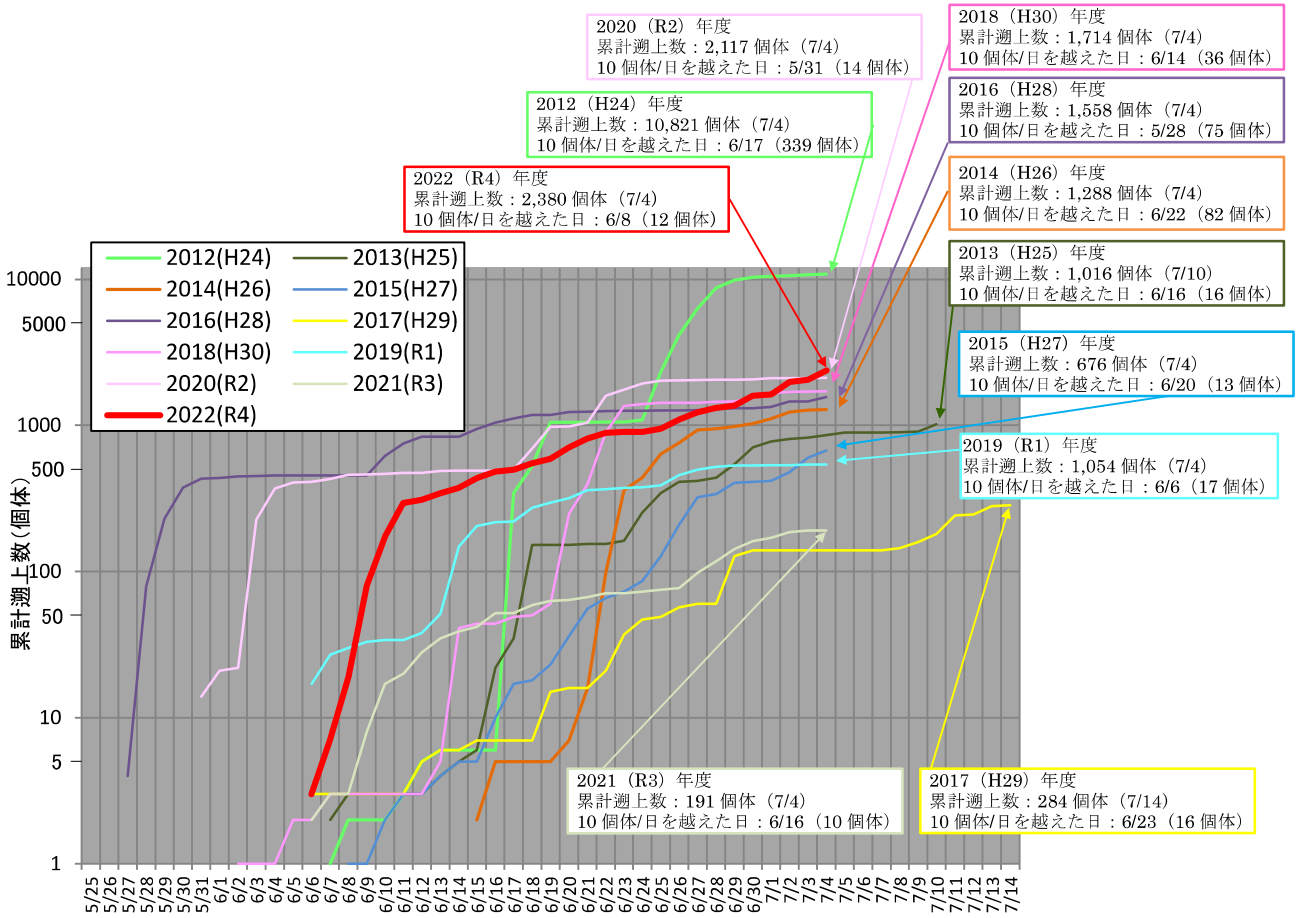


図 2.8 アユの累計遡上数の推移

(4) 魚道改築にあたっての検討対象魚種の確認状況

宮中取水ダム魚道の改築にあたっては、当該水域に生息する多様な魚類が遡上可能となる魚道にするために、魚道設計にあたっての検討魚種を16種選定したが、これまでの調査で16種すべてが確認されている（表 2.4 参照）。

表 2.4 魚道等構造改善後の検討対象魚種の確認状況

No.	種名	2012 (平成24) 年度	2013 (平成25) 年度	2014 (平成26) 年度	2015 (平成27) 年度	2016 (平成28) 年度	2017 (平成29) 年度	2018 (平成30) 年度	2019 (令和元) 年度	2020 (令和2) 年度	2021 (令和3) 年度	2022 (令和4) 年度	全期間
1	カワヤツメ(スナヤツメ類)				○						○		●
2	ウナギ	○							○				●
3	コイ						○			○			●
4	フナ類	○	○		○	○	○		○	○		○	●
5	オイカワ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
6	ウケチウグイ	○			○								●
7	ウグイ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
8	ニゴイ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
9	アカザ	○	○		○		○	○	○	○	○	○	●
10	アユ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
11	ニッコウイワナ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
12	ニジマス		○		○		○			○			●
13	サケ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
14	サクラマス・ヤマメ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
15	カジカ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
16	トウヨシノボリ類	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
計	16種	13種	12種	9種	14種	10種	13種	10種	12種	13種	11種	11種	16種

注 1) 2015 年度と 2021 年度に確認されたスナヤツメ類は、カワヤツメかスナヤツメか分類できなかったためスナヤツメ類とした。この 2 種は非常に似た種であり、スナヤツメ類の遡上が確認できたことで、カワヤツメ類も遡上可能と判断した
注 2) 検討対象魚種のうちサケは信濃川中流域水環境改善検討協議会による調査において確認されている。

(5) モニタリング結果の総合評価

魚道遡上状況調査は第 6 回 FU 委員会（2016 年 11 月開催）後の 2017 年度以降も継続して実施しているが、2019 年 10 月には「令和元年東日本台風」による出水によって、宮中取水ダム下流の河川形態が大きく変化した。2019 年 10 月の出水によって、魚類の生息・遡上環境にも影響を与えている可能性が考えられたため、2020 年度調査は出水による河川環境の変化が魚類の遡上に影響を与えているかについて検討することを目的として実施したが、魚類の生息・遡上環境は特に影響は受けておらず、ダム下流部と魚道の流れの連続性は確保されているものと評価された。

2022 年度の全体の確認種は 22 種で、2012 年以降実施している改築後のモニタリング調査では 2 番目に多く、また、総確認個体数及びアユの確認個体数ともに 2 番目に多かった。

さらに、遡上数の多い主要な魚種はアユ、オイカワ、ウグイ、トウヨシノボリ等であり、これまでと大きく変化していないことなどを総合的に勘案すると、2022 年度についても魚道の機能は十分維持されているものと評価される。

(6) 主要魚種の遡上確認状況の特徴

① 遡上確認数の経年変化

2012 年度～2022 年度まで実施したモニタリング調査では、6 月 6 日～7 月 4 日までの約 1 カ月間は原則として実施し、水温が高い年は開始時期を早くしたり、逆に出水等の影響によってモニタリング調査が中断した場合には 7 月 5 日以降にも調査を実施するなど、かならずしも一定ではない。

そこで、11 年間の共通調査期間である 6 月 6 日～7 月 4 日までを中心として、調査期間をイ) 6 月 5 日以前、ロ) 6 月 6 日～7 月 4 日、ハ) 7 月 5 日以降、の 3 つに区分して、主要魚種 8 種の確認個体数を表 2.6 に整理した。また、共通期間（6 月 6 日～7 月 4 日）と各年度の調査期間全体における確認個体数の推移を図 2.9 に示した。

表 2.6 と図 2.9 から、アユの遡上数を 6 月 6 日～7 月 4 日の期間について比較すると、2014 年度以降は、比較的遡上数が多い年と少ない年が 1 年おきに変化しているように見える。ただし、この要因は今のところ不明である。

ウグイのように調査期間の全体をみても、また、6 月 6 日～7 月 4 日の期間に限ってみても減少傾向がみられる魚種がある一方、オイカワやトウヨシノボリ、シマドジョウのようにやや増加傾向がみられる魚種もある。さらに、カジカのように 2014 年度～2016 年度にかけては減少傾向にあったが、その後増加に転じた魚種もある。

このように、宮中取水ダム魚道における主要な遡上確認種の個体数は、魚種ごとに様々な変動をしている状況がみられ、その 1 つの要因として、以下に述べる「琵琶湖産稚アユ」の放流の有無が考えられる。

② 琵琶湖産稚アユの放流が遡上確認種及び確認個体数に与える影響

宮中取水ダム魚道で確認された魚種のうち、琵琶湖産アユに混在して放流された結果、遡上確認種及び個体数に影響を与えている可能性のある魚種としては、オイカワ、ビワヒガイ、スゴモロコ、ギギがあげられる。このうち、ビワヒガイは 2012 年度以降の確認数が最大の年度でも 9 個体（2012 年度）と少ないため、残りの 3 種について、琵琶湖産稚アユの放流が実施された年（図 2.9、P8）の調査年を黄色でマーキングした年）である 2012 年度、2013 年度、2015 年度、2021 年度、2022 年度とそれ以外の年度の確認個体を比較すると、オイカワとスゴモロコでは明らかに琵琶湖産稚アユ放流の影響が表れているのではないかと考えられる。また、ギギはオイカワとスゴモロコに比較すると明瞭な関係はみられないが、2021 年度と 2022 年度の増加は、琵琶湖産稚アユの放流に伴って個体数が増加した可能性も考えられる。

以上のように、宮中取水ダム魚道における遡上確認種及び確認個体数の変動をみる場合には、琵琶湖産稚アユの放流状況との関係も検討することが必要であると考えられる。

表 2.5 琵琶湖産稚アユの放流状況

	2012 (H24)年度	2013 (H25)年度	2014 (H26)年度	2015 (H27)年度	2016 (H28)年度	2017 (H29)年度	2018 (H30)年度	2019 (R1)年度	2020 (R2)年度	2021 (R3)年度	2022 (R4)年度
中魚沼漁協	0	0	0	3.1 万尾	0	0	0	0	0	0	0
魚沼漁協	44.2 万尾 (3,800kg)	31.1 万尾 (2,800kg)	0	0	0	0	0	0	0	3.8 万尾 (500kg)	5.0 万尾 (500kg)

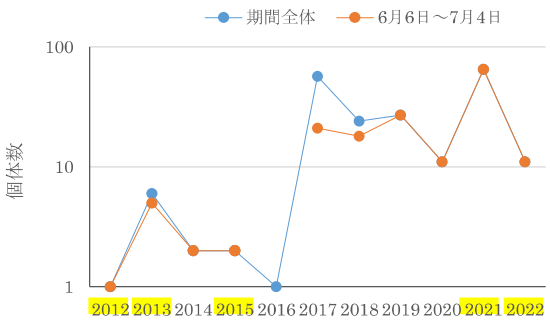
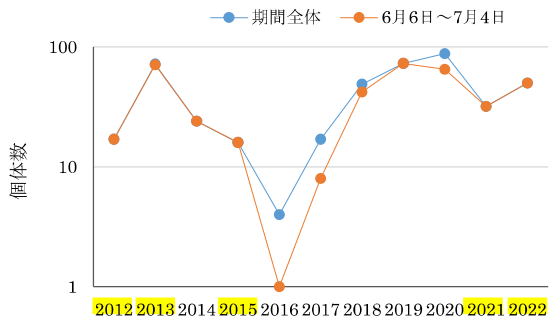
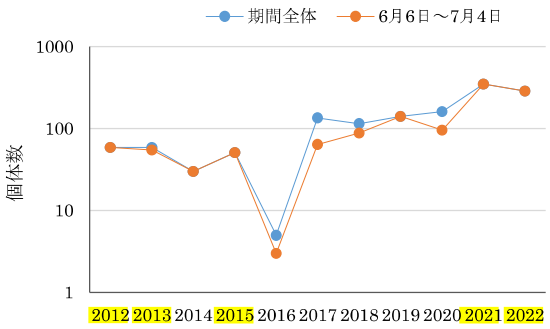
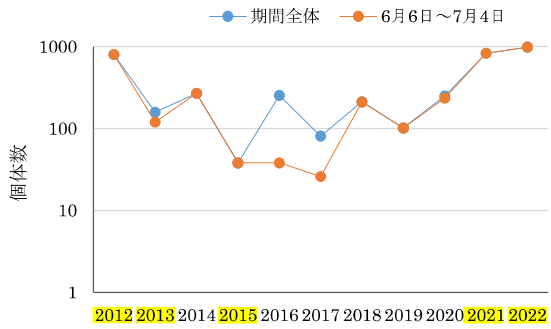
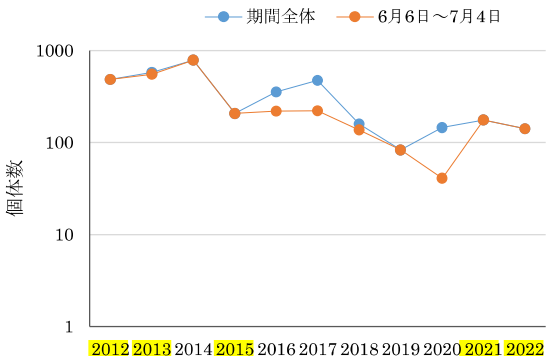
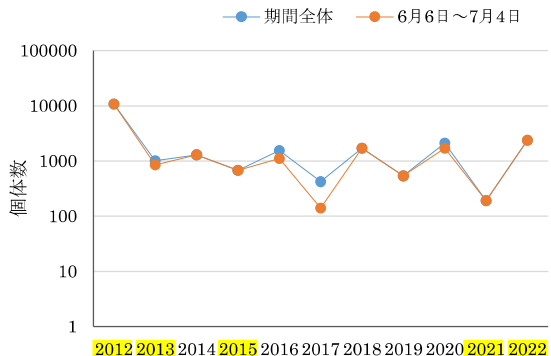
注 1) 放流稚アユの由来（購入先）等に係る資料の出どころは以下のとおりである。

①中魚沼漁協分：「清津川アユ釣りガイド」及び漁協提供資料

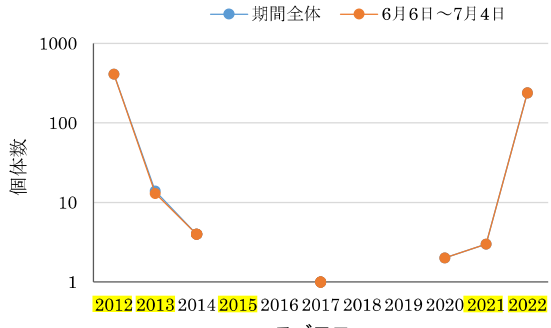
②魚沼漁協分：「魚沼漁協だより号外」及び漁協提供資料

表 2.6 主要魚種の調査期間区分ごとの確認個体数の比較（2012 年度～2022 年度）

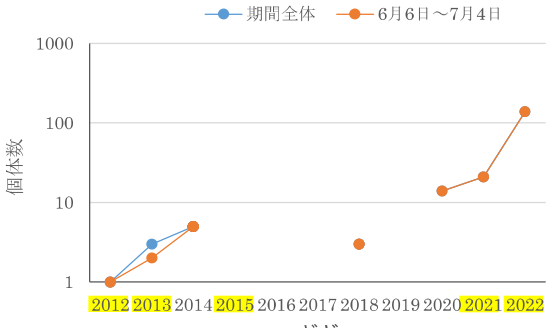
魚種	年度	6月5日以前	6月6日～7月4日	7月5日以降	期間全体	備考 [6月6日～7月4日までの期間における 2022年度の状況]
アユ	2012	—	10821	—	10821	2012年に次いで2番目に多い。
	2013	—	856	160	1016	
	2014	—	1288	—	1288	
	2015	—	676	—	676	
	2016	454	1104	—	1558	
	2017	—	140	284	424	
	2018	2	1712	—	1714	
	2019	—	540	—	540	
	2020	406	1711	—	2117	
	2021	—	191	—	191	
	2022	—	2380	—	2380	
ウグイ	2012	—	485	—	485	上位から8番目、少ない方から4番目で ある。
	2013	—	554	29	583	
	2014	—	791	—	791	
	2015	—	207	—	207	
	2016	—	220	135	355	
	2017	—	223	253	476	
	2018	22	138	—	160	
	2019	—	83	—	83	
	2020	105	41	—	146	
	2021	—	176	—	176	
	2022	—	142	—	142	
オイカワ	2012	—	803	—	803	最も多い。
	2013	—	120	38	158	
	2014	—	270	—	270	
	2015	—	38	—	38	
	2016	—	38	217	255	
	2017	—	26	55	81	
	2018	4	210	—	214	
	2019	—	102	—	102	
	2020	16	235	—	251	
	2021	—	831	—	831	
	2022	—	992	—	992	
トウヨシノボリ	2012	—	59	—	59	2021年に次いで2番目に多い。
	2013	—	55	4	59	
	2014	—	30	—	30	
	2015	—	51	—	51	
	2016	—	3	2	5	
	2017	—	64	71	135	
	2018	27	88	—	115	
	2019	—	141	—	141	
	2020	65	96	—	161	
	2021	—	350	—	350	
	2022	—	287	—	287	
カジカ	2012	—	17	—	17	上位から4番目である。
	2013	—	71	1	72	
	2014	—	24	—	24	
	2015	—	16	—	16	
	2016	—	1	3	4	
	2017	—	8	9	17	
	2018	7	42	—	49	
	2019	—	73	—	73	
	2020	23	65	—	88	
	2021	—	32	—	32	
	2022	—	50	—	50	
シマドジョウ	2012	—	1	—	1	2020年度と同じく、上位から5番目であ る。
	2013	—	5	1	6	
	2014	—	2	—	2	
	2015	—	2	—	2	
	2016	—	0	1	1	
	2017	—	21	36	57	
	2018	6	18	—	24	
	2019	—	27	—	27	
	2020	0	11	—	11	
	2021	—	65	—	65	
	2022	—	11	—	11	
スゴモロコ	2012	—	410	—	410	2012年に次いで2番目に多い。
	2013	—	13	1	14	
	2014	—	4	—	4	
	2015	—	0	—	0	
	2016	—	0	0	0	
	2017	—	1	0	1	
	2018	0	0	—	0	
	2019	—	0	—	0	
	2020	0	2	—	2	
	2021	—	3	—	3	
	2022	—	239	—	239	
ギギ	2012	—	1	—	1	最も多い。
	2013	—	2	1	3	
	2014	—	5	—	5	
	2015	—	0	—	0	
	2016	—	0	0	0	
	2017	—	0	0	0	
	2018	0	3	—	3	
	2019	—	0	—	0	
	2020	0	14	—	14	
	2021	—	21	—	21	
	2022	—	139	—	139	



注) 2016年の6月6日～7月4日は「ゼロ」であるため表示していない。



注) 2015年、2016年、2018年、2019年の4年間は「ゼロ」であるため表示していない。



注) 2015年、2016年、2017年、2019年の4年間は「ゼロ」であるため表示していない。

図 2.9 主要魚種の年度別の確認個体数の推移

[凡例] 黄色でマーキングした 2012 年度、2013 年度、2015 年度、2021 年度、2022 年度の 5 年間は中魚沼漁協又は魚沼漁協が琵琶湖産稚アユの放流を実施した年である。

平成22年度から平成24年度の調査日の下に記してある数字等の意味は以下のとおりである。

①：旧操作規程に基づいて放流するケース

②：現行操作規程に基づいて放流するケース

G: ゲート切り替之日

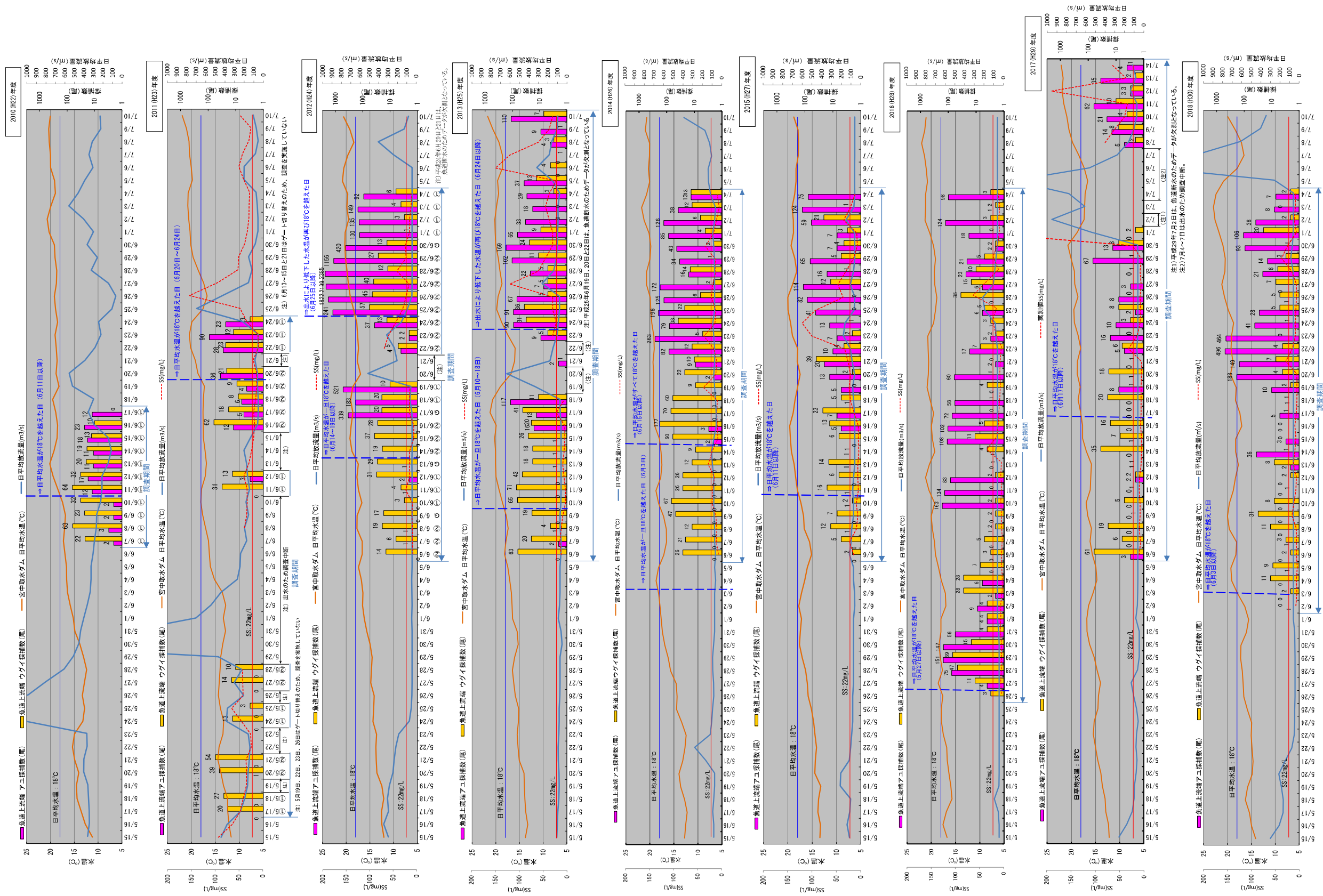


図 2.10 アユ及びウグイスの遡上個体数の推移 [2010 (平成 22) 年度～2022 (令和 4) 年度] (その 1)

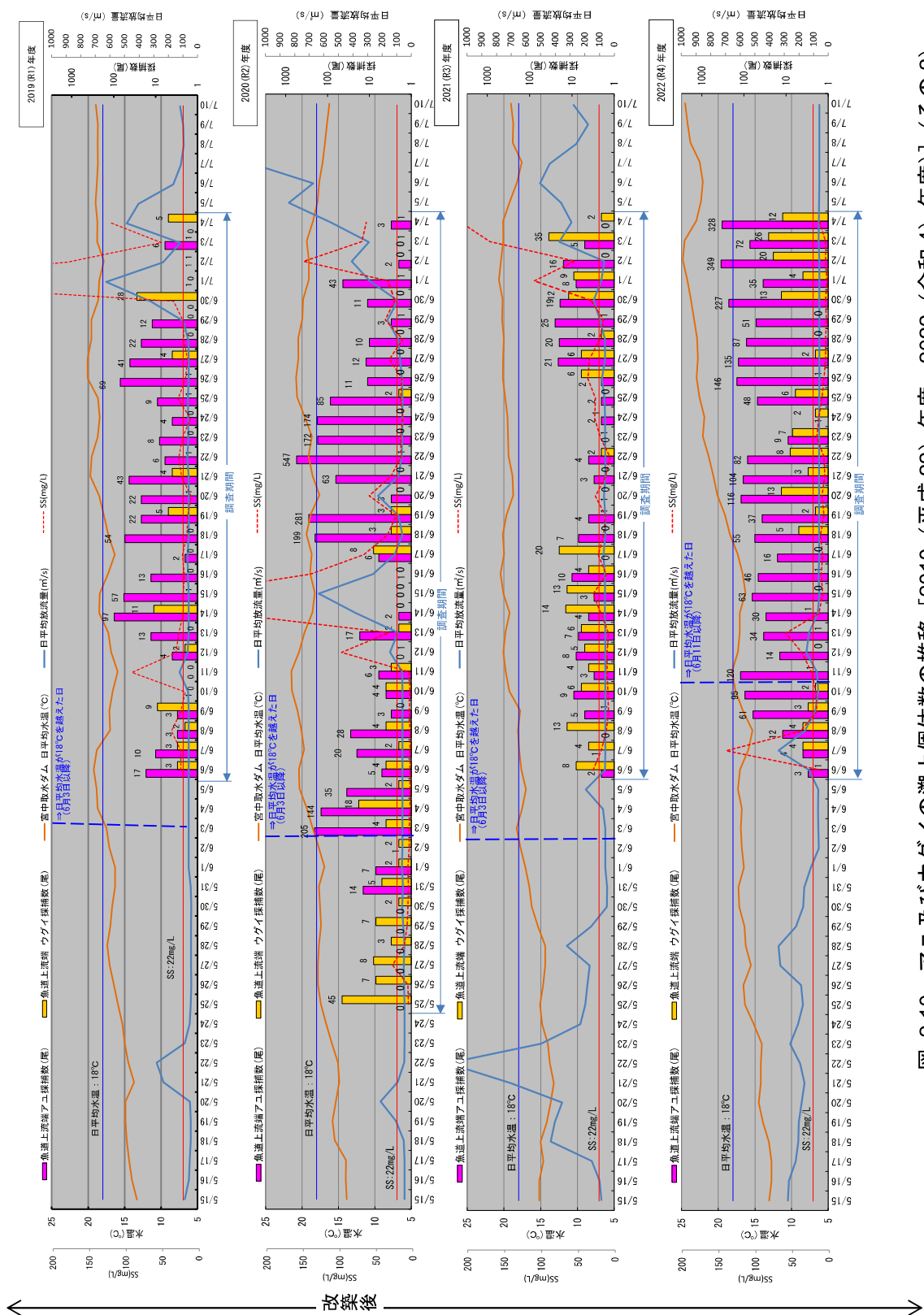


図 2.10 アユ及びウグイの遡上個体数の推移 [2010 (平成 22) 年度～2022 (令和 4) 年度)] (その 2)

2.4 せせらぎ魚道における途中区間調査及び夜間調査の実施状況

魚道改築後の魚類遡上状況モニタリング調査では、それぞれの魚道上流端における採捕調査に加えて、補足調査の一環として、せせらぎ魚道において、途中区間の調査及び夜間調査を実施してきている。調査概要は以下のとおりである。

2.4.1 せせらぎ魚道途中区間調査

本調査は、2012 年度～2016 年度までの 5 年間実施した。具体的な調査方法等は以下のとおりである。
魚道入口部付近から上流端の捕獲カゴ設置箇所までの区間内の 3 箇所（図 2.11 の St.2～St.4）において、1 日あたり、朝（9 時～10 時）、昼（12 時～13 時）、夕（16 時～17 時）の 3 回、タモ網による採捕調査を実施した（調査風景は写真 2.1 参照）。
なお、採捕した魚類はすべて魚道出口部上流に再放流したため、せせらぎ魚道上流端における採捕結果とは重複していない。

2.4.2 せせらぎ魚道夜間調査

本調査は、2017 年度～2022 年度まで 6 年間実施している。具体的な調査方法等は以下のとおりである。
昼間の調査（9 時～17 時まで）終了後に、17 時から翌日 9 時まで、1 箇所（図 2.11 の St.1）に捕獲カゴを再設置し、夜間に遡上する魚類を調査した。
なお、捕獲した魚類すべて魚道出口部上流に再放流したため、途中区間調査と同様に、せせらぎ魚道上流端における採捕結果とは重複していない。
注）「図 2.11 の St.1」は、P.3 の図 2.1 に示したせせらぎ魚道上流端の調査地点と同じ地点である。

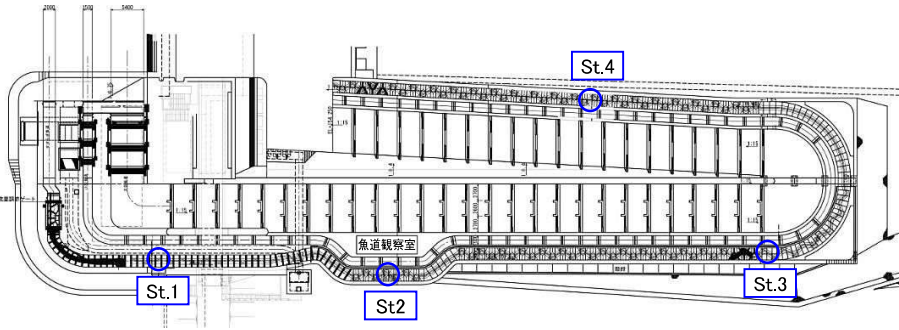


図 2.11 せせらぎ魚道の途中区間調査箇所位置図



写真 2.1 せせらぎ魚道途中区間におけるタモ網による調査実施状況（魚道観察室付近）

表 2.7 魚道等構造改善後の魚類モニタリング調査結果（その 1）

No.	目名	科名	種名	改築後																													
				2012（平成24）年度調査				2013（平成25）年度調査				2014（平成26）年度調査				2015（平成27）年度調査 （9:00～17:00）				2016（平成28）年度調査 （9:00～17:00）				2017（平成29）年度調査 （9:00～17:00）				2018（平成30）年度調査 （9:00～17:00）					
				大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計		
1	ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ類													1	1																
2	ウナギ	ウナギ	ウナギ		1		1																										
3	コイ	コイ	コイ																					1				1					
4			ギンブナ	1	1		2	1			1								1			1											
－			フナ属																							2	2						
5			タイリクバラタナゴ																							2	2						
6			オイカワ	447	356		803	32	116	10	158	107	162	1	270	13	20	5	38	34	166	55	255	20	32	3	55	44	143	27	214		
7			カワムツ		2		2	1	4		5		2		2					1	1		2					1	1	2			
8			アブラハヤ		26	1	27	2	18	2	22	1		1	2		2	15	17			1	1		1	8	9	1	1	10	12		
9			ウケチウグイ	1			1									1			1														
10			ウグイ	363	122		485	533	47	3	583	753	38		791	174	31	2	207	170	166	19	355	222	28	3	253	120	31	9	160		
11			モツゴ			1	1											4	4			1	1			1	1						
12			ビワヒガイ	8	1		9	5			5	1			1																		
13			タモロコ						3		3			1	1			8	8			1	1			1	1	2		1	1	2	
14			カマツカ	12	58		70	18	14		32	3	2		5	2	1		3	5	3		8	4	3		7	2		1	1	3	
15			ニゴイ	12	1		13	14	1		15	12			12	3			3	2	2		4	2		1	3	6				6	
16			スゴモロコ	15	395		410	14			14	1	3		4											1							
－			スゴモロコ属																														
－			コイ科稚魚									2			2	2	5		7														
17			ドジョウ	ドジョウ																			2	2		1	5	6					
18				カラドジョウ					1	1																1				2	2		
－	ドジョウ属															1		1															
19	シマドジョウ				1	1			6	6			2	2		2	2			1	1				36	36			24	24			
20	ナマズ	ギギ	ギギ	1			1	2	1		3	1	4		5												3			3			
21		ナマズ					1			1												1				1							
22		アカザ			3	3			1	1							6	6							1			10	10				
23	サケ	アユ	アユ	9, 048	1, 772	1	10, 821	941	75		1, 016	689	599		1, 288	629	46	1	676	1, 379	164	15	1, 558	252	32		284	1, 695	18	1	1, 714		
24		サケ	ブラウントラウト	1			1	4			4	1			1	3			1	4	1			1									
25			ニッコウイワナ	1		1	2	5			5	3	1		4	5				5	2			2	1		1	2	1		2	3	
26			ニジマス					10	1			11				1					1				1			1					
27			サクラマス	4			4	22			22	14			22	14	6				6	4			4	1		1	6			6	
－			ヤマメ	24	13	1	38	39	1		40	5	5		10	7	1	6	14	3	1	3	7	9	3		12			1	1		
28	カサゴ スズキ	カジカ	カジカ		11	6	17		7	65	72	1	19	4	24	1		15	16	3		1	4	1	1	7	9	23	1	25	49		
29		サンフィッシュ	ブルーギル																			1	1			1	1						
30			オオクチバス						3	3																	4	4			2	2	
31			コクチバス	4	1		5	6			6	2				2	1	3	4	1		5	2	1		3	1				1		
32		ハゼ	トウヨシノボリ			59	59		2	57	59			4	26	30	1	4	46	51			1	4	5		1	70	71			115	115
－			ヨシノボリ属																														
33			タイワンドジョウ	カムルチー																											1	1	
計		7目	13科	33種	14種 9, 942 個体	14種 2, 760 個体	9種 74個体	22種 12, 776 個体	17種 1, 650 個体	13種 290個体	9種 148個体	24種 2, 088 個体	14種 1, 596 個体	11種 839個体	7種 36個体	19種 2, 471 個体	12種 848個体	9種 113個体	15種 115個体	21種 1, 076 個体	12種 1, 609 個体	9種 505個体	12種 104個体	19種 2, 218 個体	12種 517個体	13種 106個体	15種 153個体	24種 776個体	11種 1, 902個体	8種 197個体	15種 224個体	19種 2, 323個 体	
延べ調査日数				27日間 2012(平成24)年6月6日～7月4日まで (20日と21日は、魚道断水のため、延べ調査 日数は27日間)				32日間 2013(平成25)年6月6日～7月10日まで (6月19、20、22日は、魚道断水のため、延 べ調査日数は32日間)				29日間 2014(平成26)年6月6日～7月4日連続				29日間 2015(平成27)年6月6日～7月4日連続				40日間 2016(平成28)年5月26日～7月4日連続				34日間 2017(平成29)年6月6日～7月14日まで (7月2日及び7月4日～7日は魚道断水のため 延べ調査日数は34日間)				33日間 2018(平成30)年6月2日～7月4日連続					
備考				・ゲート放流は、「パターン①」と「パターン ②」を交互に実施。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている （現行操作規程）。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回PU委員会において確 認された放流パターンにより行っている。					

注1) 種名及び配列は、「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によった（国土交通省編）。

注2) サクラマスとヤマメは同じ種であるため、1種として計上している。

注3) ウナギについては「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」では、ヨーロッパウナギとニホンウナギに分類しているが、外観からの区分が困難であるため、ここでは便宜的にウナギとしている。なお、過去の研究事例（注）では、遺伝子分析により、魚野川の捕獲個体（1996年～1998年の間に捕獲された個体）の90％以上がヨーロッパウナギであったことが報告されている。これは当時の魚野川の個体群の多くが放流されたヨーロッパウナギであったことに由来していると考えられる（注）青山潤：DNAマーカーによるウナギ属魚類の系統解析と種査定法の開発。

注4) ゲート放流パターンは以下のとおりである。
・「パターン①」：旧操作規程に基づいて放流するパターン
・「パターン②」：現行操作規程に基づいて放流するパターン

表 2.7 魚道等構造改善後の魚類モニタリング調査結果（その2）

No.	目名	科名	種名	改築後															
				2019（令和元）年度調査 （9:00～17:00）				2020（令和2）年度調査 （9:00～17:00）				2021（令和3）年度調査 （9:00～17:00）				2022（令和4）年度調査 （9:00～17:00）			
				大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計
1	ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ類											1	1				
2	ウナギ	ウナギ	ウナギ			1	1												
3	コイ	コイ	コイ					1			1								
4			ギンブナ							2	2								
－			フナ属			1	1									2	1		3
5			タイリクバラタナゴ			3	3											1	1
6			オイカワ	16	75	11	102	28	203	20	251	50	777	4	831	241	723	28	992
7			カワムツ						1	1	2			1	1				
8			アブラハヤ		1	15	16		2	3	5		9	32	41		3	9	12
9			ウケクチウグイ																
10			ウグイ	76	7		83	118	26	2	146	99	74	3	176	123	18	1	142
11			モツゴ			2	2			10	10			8	8		1	1	2
12			ビワヒガイ										1		1	1			1
13			タモロコ			3	3			5	5		5	7	12			5	5
14			カマツカ		1		1	4	5		9	4	1	9	14	64	29	11	104
15			ニゴイ	6			6	7			7	11	1		12	5	2		7
16			スゴモロコ						2		2	2	1		3	117	122		239
－			スゴモロコ属																
－			コイ科稚魚																
17		ドジョウ	ドジョウ			1	1												
18			カラドジョウ							2	2			1	1			1	1
－			ドジョウ属																
19			シマドジョウ		1	26	27			11	11			65	65			11	11
20	ナマズ	ギギ	ギギ					1	8	5	14	11	9	1	21	5	125	9	139
21		ナマズ	ナマズ	2			2	1			1	1	1		2	3			3
22		アカザ	アカザ			26	26		1	25	26			3	3		1	13	14
23	サケ	アユ	アユ	500	38	2	540	1,728	380	9	2,117	105	86		191	1,509	854	17	2,380
24		サケ	ブラウントラウト					3		1	4	1			1	1			1
25			ニッコウイワナ	3		1	4	3	1		4	2			2	1	1		2
26			ニジマス					1			1								
27			サクラマス	6			6	6			6	1			1	4			4
－			ヤマメ	6	3	4	13	7	12		19	2	7	1	10	43	64	5	112
28	カサゴ	カジカ	カジカ	12	3	58	73	21	29	38	88	12	13	7	32	9	25	16	50
29	スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル																
30			オオクチバス			1	1			4	4			3	3				
31			コクチバス		2		2						1		1				
32		ハゼ	オオヨシノボリ																
33			トウヨシノボリ		3	138	141		5	156	161	1	7	342	350		1	286	287
－			ヨシノボリ属																
34		タイランドジョウ	カムルチー																
計	7目	13科	34種	8種 627個体	10種 134個体	16種 293個体	21種 1,054個 体	13種 1,929個 体	13種 675個体	16種 294個体	24種 2,898個 体	13種 302個体	15種 993個体	16種 488個体	24種 1,783個 体	14種 2,128個 体	15種 1,970個 体	15種 414個体	22種 4,512個 体
延べ調査日数				29日間 2019(令和元)年6月6日～7月4日連続				41日間 2020(令和2)年5月25日～7月4日連続				29日間 2021(令和3)年6月6日～7月4日連続				29日間 2022(令和4)年6月6日～7月4日連続			
備考				・ゲート放流は、第5回FU委員会において確認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回FU委員会において確認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回FU委員会において確認された放流パターンにより行っている。				・ゲート放流は、第5回FU委員会において確認された放流パターンにより行っている。			

注1) 種名及び配列は、「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によった（国土交通省編）。

注2) サクラマスとヤマメは同じ種であるため、1種として計上している。

注3) ウナギについては「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」では、ヨーロッパウナギとニホンウナギに分類しているが、外観からの区分が困難であるため、ここでは便宜的にウナギとしている。なお、過去の研究事例（注）では、遺伝子分析により、魚野川の捕獲個体（1996年～1998年の間に捕獲された個体）の90％以上がヨーロッパウナギであったことが報告されている。これは当時の魚野川の個体群の多くが放流されたヨーロッパウナギであったことに由来していると考えられる（注）青山潤：DNAマーカーによるウナギ属魚類の系統解析と種査定法の開発。

注4) ゲート放流パターンは以下のとおりである。

- ・「パターン①」：旧操作規程に基づいて放流するパターン
- ・「パターン②」：現行操作規程に基づいて放流するパターン

表 2.8 魚道等構造改善後の魚類モニタリング調査結果〔せせらぎ魚道途中区間調査及びせせらぎ魚道夜間調査を含む〕（その1）

No.	目名	科名	種名	2012（平成24）年度調査							2013（平成25）年度調査							2014（平成26）年度調査							2015（平成27）年度調査							2016（平成28）年度調査						
				魚道上流端調査				せせらぎ 魚道途中 区間調査 ②	総計 ①＋②	魚道上流端調査				せせらぎ 魚道途中 区間調査 ②	総計 ①＋②	魚道上流端調査				せせらぎ 魚道途中 区間調査 ②	総計 ①＋②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道途中 区間調査 ②	総計 ①＋②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道途中 区間調査 ②	総計 ①＋②					
				大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①	大型 魚道
1	ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ類																																			
2	ウナギ	ウナギ	ウナギ		1		1		1																													
3	コイ	コイ	コイ					4	4					5	5																							
4			ギンブナ	1	1		2		2	1			1		1													1				1		1				
－			フナ属										2	2																								
5			ヤリタナゴ																																			
6			タイリクバラタナゴ																																			
7			オイカワ	447	356		803	4	807	32	116	10	158	28	186	107	162	1	270		270	13	20	5	38	6	44	34	166	55	255	18	273					
8			カワムツ		2		2		2	1	4		5		5		2		2		2						1	1			2		2					
9			アブラハヤ		26	1	27		27	2	18	2	22		22	1		1	2		2		2	15	17	2	19			1	1		1					
10			ウケクチウグイ	1			1		1												1				1		1											
11			ウグイ	363	122		485		485	533	47	3	583	273	856	753	38		791	5	796	174	31	2	207	123	330	170	166	19	355	33	388					
12			モツゴ			1	1		1															4	4	1	5			1	1	1	2					
13			ビワヒガイ	8	1		9		9	5			5		5	1			1		1																	
14			タモロコ								3		3		3			1	1		1									1	1		1					
15			カマツカ	12	58		70		70	18	14		32		32	3	2		5	1	6	2	1		3		3	5	3		8		8					
16			ニゴイ	12	1		13	5	18	14	1		15	73	88	12			12	3	15	3			3	10	13	2	2		4	5	9					
17			スゴモロコ	15	395		410		410	14			14		14	1	3		4		4																	
－			スゴモロコ属																																			
－			コイ科稚魚											150	150	2			2	106	108	2	5		7	119	126					6	6					
18		ドジョウ	ドジョウ					4	4					5	5			1	1	2	3					3	3			2	2	5	7					
19			カラドジョウ								1		1	26	27					9	9						3	3			6	6						
20			ドジョウ属																			1			1	1	2					1	1					
21			シマドジョウ			1	1	1	2			6	6	10	16			2	2	1	3			2		2	13	15		1	1	10	11					
22	ナマズ	ギギ	ギギ	1			1		1	2	1		3		3	1	4		5		5																	
23	ナマズ	ナマズ	ナマズ							1			1		1																							
24	アカザ	アカザ	アカザ			3	3		3			1	1	1	2									6	6	1	7					1	1					
25	サケ	アユ	アユ	9,048	1,772	1	10,821		10,821	941	75		1,016		1,016	689	599		1,288		1,288	629	46	1	676		676	1,379	164	15	1,558		1,558					
26	サケ	ブラウントラウト	ブラウントラウト	1			1		1	4			4		4	1			1	1	2	3		1	4	1	5	1			1		1					
27		ニッコウイワナ	ニッコウイワナ	1		1	2		2	5			5		5	3	1		4		4	5			5		5	2			2		2					
－			イワナ属																													1	1					
28			ニジマス							10	1		11		11							1				1												
29			サクラマス	4			4		4	22			22		22	14			14		14	6			6		6	4			4		4					
－			ヤマメ	24	13	1	38		38	39	1		40		40	5	5		10		10	7	1	6	14	4	18	3	1	3	7		7					
30	ダツ	メダカ	メダカ類											1	1																							
31	カサゴ	カジカ	カジカ		11	6	17	7	24		7	65	72	12	84	1	19	4	24	17	41	1			15	16	14	30	3		1	4	8	12				
32	スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル																											1	1		1					
33			オオクチバス								3		3		3																							
34			コクチバス	4	1		5		5	6			6	2	8	2			2	16	18		2	1	3		3	4	1		5	12	17					
35		ハゼ	ウキゴリ																																			
36			トウヨシノボリ			59	59	8	67		2	57	59	26	85		4	26	30	21	51	1	4	46	51	2	53		1	4	5	4	9					
－			ヨシノボリ属																																			
37		タイワンドジョウ	カムルチー																																			
計	8目	14科	37種	14種 9,942 個体	14種 2,760 個体	9種 74個体	22種 12,776 個体	7種 33個体	24種 12,809 個体	17種 1,650 個体	13種 290個体	9種 148個体	24種 2,088 個体	13種 614個体	27種 2,702 個体	14種 1,596 個体	11種 839個体	7種 36個体	19種 2,471 個体	11種 184個体	20種 2,655 個体	12種 848個体	9種 113個体	15種 115個体	21種 1,076 個体	14種 304個体	22種 1,380 個体	12種 1,609 個体	9種 505個体	12種 104個体	19種 2,218 個体	12種 111個体	21種 2,329 個体					
延べ調査日数				27日間 2012(平成24)年6月6日～7月4日まで (20日と21日は、魚道断水のため、延べ調査日数は27日間)					32日間 2013(平成25)年6月6日～7月10日まで (6月19、20、22日は、魚道断水のため、延べ調査日数は32日間)					29日間 2014(平成26)年6月6日～7月4日連続					29日間 2015(平成27)年6月6日～7月4日連続					40日間 2016(平成28)年5月26日～7月4日連続														
備考				・ゲート放流は、「パターン①」と「パターン②」を交互に実施。					・ゲート放流は、第5回PI委員会において確認された放流パターンにより行っている（現行操作規程）。					・ゲート放流は、第5回PI委員会において確認された放流パターンにより行っている。					・ゲート放流は、第5回PI委員会において確認された放流パターンにより行っている。					・ゲート放流は、第5回PI委員会において確認された放流パターンにより行っている。														

注1) 本表は、魚道上流端における採捕結果と、2012年度～2016年度までの5年間実施した「せせらぎ魚道途中区間（魚道入口部～上流端までの区間）」における採捕結果、及び2017年度～2022年度の6年間実施した「せせらぎ魚道夜間調査（17時～翌朝9時まで）」の採捕結果を含めた結果を記載している。

注2) 種名及び配列は、「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によった（国土交通省編）。

注3) で着色したヤリタナゴ、ホトケドジョウ、メダカ類、ウキゴリの4種は、せせらぎ魚道の途中区間における調査、または、せせらぎ魚道の夜間調査で確認された種である。

注4) サクラマスとヤマメは同じ種であるため、1種として計上している。

注5) ウナギについては「平成24年度河川水辺の国勢調査のための生物リスト」では、ヨーロッパウナギとニホンウナギに分類しているが、外観からの区分が困難であるため、ここでは便宜的にウナギとしている。なお、過去の研究事例（注）では、遺伝子分析により、魚野川の捕獲個体（1996年～1998年の間に捕獲された個体）の90％以上がヨーロッパウナギであったことが報告されている。これは当時の魚野川の個体群の多くが放流されたヨーロッパウナギであったことに由来していると考えられる（注）青山潤：DNAマーカーによるウナギ属魚類の系統解析と種査定法の開発。

注6) ゲート放流パターンは以下のとおりである。

- ・「パターン①」：旧操作規程に基づいて放流するパターン
- ・「パターン②」：現行操作規程に基づいて放流するパターン

表 2.8 魚道等構造改善後の魚類モニタリング調査結果〔せせらぎ魚道途中区間調査及びせせらぎ魚道夜間調査を含む〕（その2）

No.	目名	科名	種名	2017（平成29）年度調査						2018（平成30）年度調査						2019（令和元）年度調査						2020（令和2）年度調査						2021（令和3）年度調査						2022（令和4）年度調査																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道夜間 調査 ②	総計 ①+②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道夜間 調査 ②	総計 ①+②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道夜間 調査 ②	総計 ①+②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道夜間 調査 ②	総計 ①+②	魚道上流端調査（9時～17時）				せせらぎ 魚道夜間 調査 ②	総計 ①+②																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①			大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①	大型 魚道	小型 魚道	せせらぎ 魚道	合計 ①																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ類																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

3. 環境 DNA 調査

3.1 調査目的と調査経緯

3.1.1 調査目的

環境 DNA による魚道モニタリング調査（以下、「本調査」という）は、宮中取水ダム魚道上流端において実施している魚類遡上状況（採捕）調査と環境 DNA との関係について調査し、今後のモニタリングの継続に向けて魚類に負荷を与えない代替手法を検討する取り組みの実施にあたって必要となる基礎資料とすることを目的として実施したものである。

3.1.2 調査経緯

(1) 概要

2012（平成 24）年度から魚道上流端にトラップを設置して実施してきた魚類遡上状況（採捕）調査では、魚道改築にあたって検討対象とした 16 種すべての遡上が確認され、せせらぎ魚道の途中区間調査や夜間調査を含めて、合計 37 種の魚種が確認されている。このように、採捕によるモニタリング調査によって改築後の魚道が機能を十分発揮していることが確認されているが、一方、採捕調査は魚類への負荷が大きいことや、魚道遡上確認個体数は河川水温や濁り、流量（出水等）の状況など、様々な要因により増減することが明らかになってきた。

以上のような、これまでのモニタリング調査の実績や調査を実施する過程で明らかになった課題等をふまえながら、今後は、魚類への負荷を低減させ、魚道を遡上（利用）する魚種の把握により魚類相の変化がないことを継続的に確認することを目的に、環境 DNA 調査を代替手法として検討するため、表 3.1 に示すとおり試行してきた。

表 3.1 宮中取水ダム魚道モニタリングに係る環境 DNA 調査の経緯

年度	調査内容	備考
2019 年度	大型魚道の入口部と魚道出口部上流の 2 地点においてアユの遡上確認数（採捕数）とアユ DNA 量の関係を把握するための調査を実施した（2 日間）。	
2020 年度	2019 年度と同種の調査（アユ DNA 量調査）を 7 日間実施するとともに、ダム下流部の左右岸にそれぞれ 1 地点、計 2 地点の調査地点を追加してダム下流部と魚道の流れの関係性の検証に係る調査を実施した。	・調査結果は第 8 回 FU 委員会（2020 年 10 月 28 日開催）に報告。
2021 年度	①2019 年度と同様の調査（アユ DNA 量調査）を 1 日実施した。 ②大型魚道と小型魚道及びせせらぎ魚道を対象として、4 日間（1 回/日）、網羅的解析（メタバーコーディング法）による調査を実施した。	
2022 年度	①2019 年度と同様の調査（アユ DNA 量調査）を、大型魚道を対象に 2 日間実施した。また、小型魚道を対象に追加して同様の調査を 2 日間実施した。 ②2021 年度と同様に、大型魚道と小型魚道及びせせらぎ魚道を対象に、2 日間（1 回/日）、網羅的解析（メタバーコーディング法）による調査を実施した。	

(2) 第 8 回 FU 委員会への報告内容（概要）

2019 年度から調査（採水）地点や調査（採水）頻度を検討しながら、魚道を対象とした環境 DNA 調査で得られる結果と魚類遡上調査から得られる結果の比較検討を行ってきた。

これまでに実施してきた環境 DNA 調査結果の一部は、第 8 回 FU 委員会（2020 年 10 月 28 日開催）に報告した。具体的には、「ダム下流の河川形態の大きな変化を踏まえた、ダム下流部と魚道の流れの連続性に係る評価結果のまとめ」の中の「流況解析結果と環境 DNA からみた流れの連続性の評価」において、2019 年 10 月の出水「令和元年東日本台風（台風 19 号）」と「2020 年 7 月の出水（令和 2 年 7 月豪雨）」によって、宮中取水ダム下流部の大きく変化した河川形態をふまえながら、ダム下流部と魚道の流れの連続性が確保されていること、及び環境 DNA 調査によってダム下流部から魚道へのアユの遡上行動についてまとめたものである（図 3.1～図 3.3 参照）。

今回の第 9 回 FU 委員会への報告は、これまでに実施してきた環境 DNA に係る調査・検討のうち、2021 年度と 2022 年度に、大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道を対象にして実施した網羅的解析（メタバーコーディング法）による生息魚種の確認状況と、2019 年度～2022 年度に実施した大型魚道と小型魚道を対象にして実施してアユの定量的解析（リアルタイム PCR 法）による調査結果である。

[注) 以下の資料は、第8回FU委員会(2020年10月28日開催)の「資料-5」からの抜粋である。]

【流況解析結果と環境DNAからみた流れの連続性の評価】

- アユは主流路に沿って右岸側の魚道に向かっており、ダム下流部との魚道の流れの連続性は確保されている。
 - ・流況解析結果から40m³/s及び60m³/s放流時に調査した結果、ダム下流部と魚道の流れの連続性は保たれていると評価される(図3.1)。

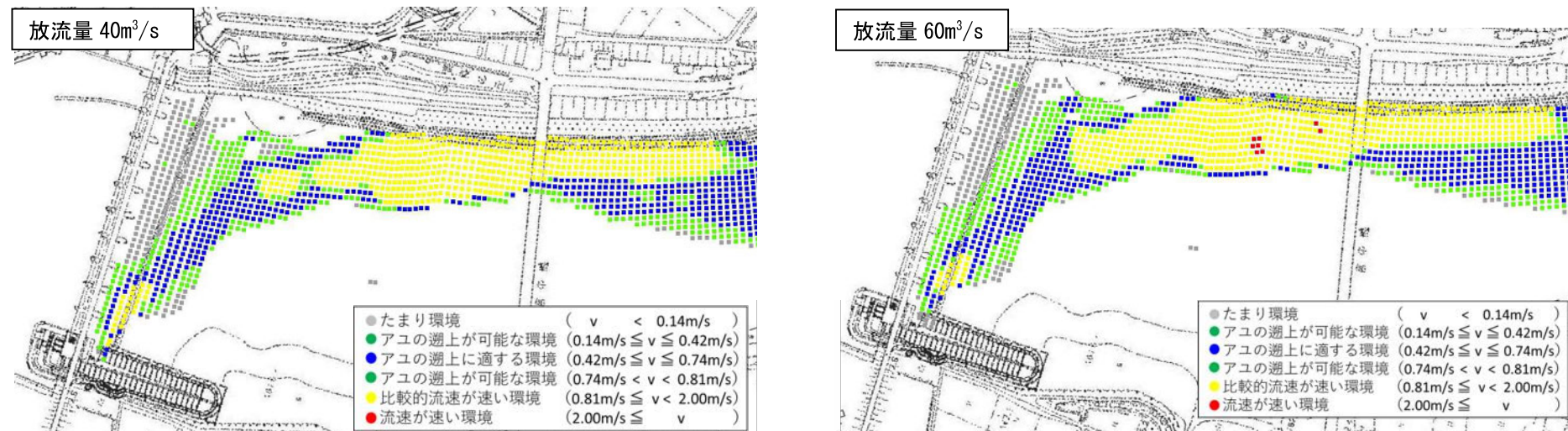


図 3.1 アユの遡上環境の検討結果

- ・ダム下流部等のアユDNA量の調査結果から、魚道を遡上するアユが多い日は、ダム下流の主流路に沿って大きな「群れ」が遡上して魚道入口部付近に一時的に集まるとともに、それらの「群れ」は時間が経過するとともに魚道を遡上し、最終的には魚道上流端に到達する動きがあるものと考えられる。(図3.2)。
- ・ダム下流部の流速ベクトル図に、アユDNA量の調査結果から想定されるアユの動きを重ね合わせると、アユは主流路に沿って右岸側の魚道に向かい、魚道を遡上しているものと考えられる(図3.3)。

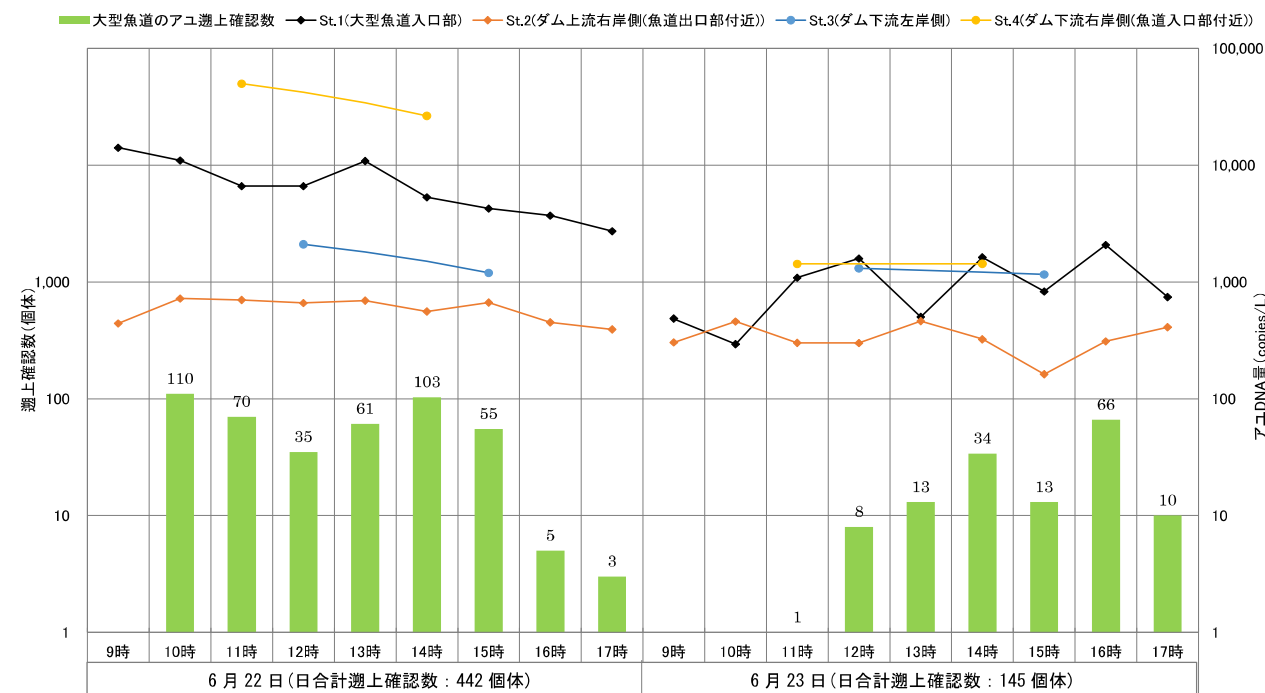


図 3.2 アユ遡上確認数(大型魚道)と魚道及びダム下流部等におけるアユDNA量の推移

注) 図中の数値は各時間のアユの遡上数である。なお、網カゴは9時に設置し、最初の回収が10時である。従って、9時のデータではないため「-」としている

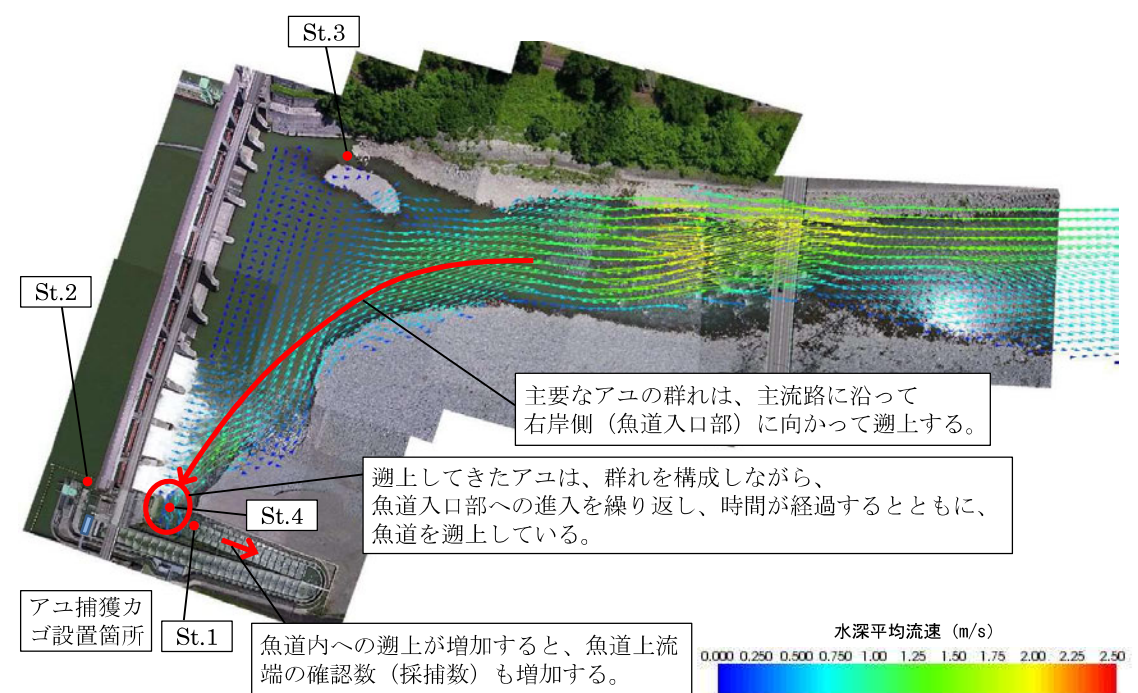


図 3.3 アユDNA量の変化から推測したダム下流部と魚道内のアユの動き

3.2 現地調査の概要

3.2.1 調査（採水）地点

調査（採水）地点は 2019 年度と 2020 年度は、大型魚道入口部と魚道出口部上流の 2 地点、2021 年度と 2022 年度は、魚道出口部上流と大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道の入口部 3 地点、計 4 地点である(図 3.4)。
注) 2020 年度は魚道以外に、ダム下流の左右岸に各 1 地点、計 2 地点の調査（採水）地点を設定した。

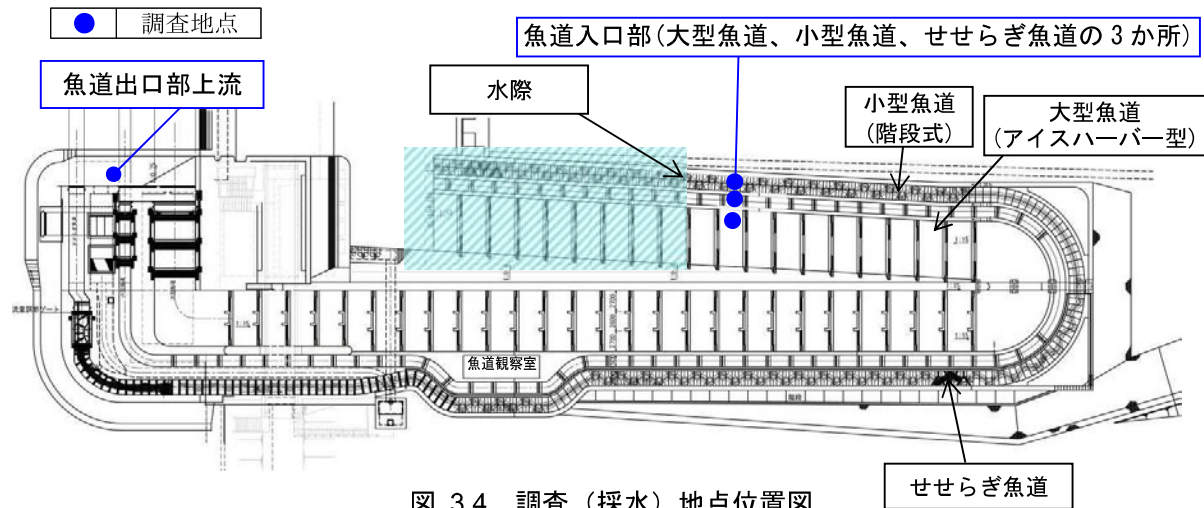


図 3.4 調査（採水）地点位置図

注1) 魚道入口部（大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道）の採水箇所は魚道入口部の水際部より上流の位置とし、背水の影響を受けないようにした。

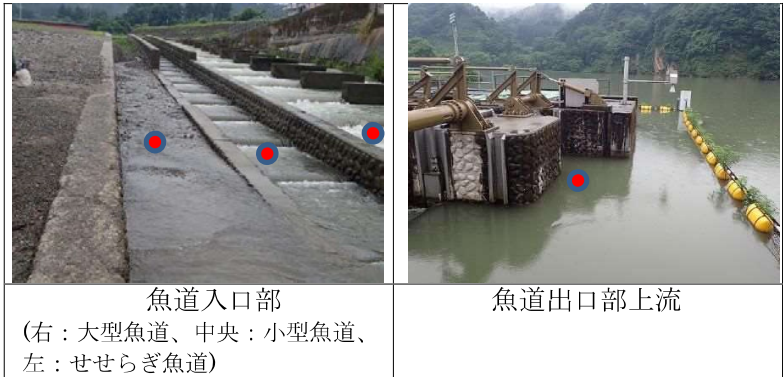


写真 3.1 調査地点の状況

3.2.2 調査期間・日数

環境 DNA 分析用の試料の採水は、魚類遡上状況調査期間（概ね 6 月 6 日～7 月 4 日の 29 日間）中に、1 日あたり 9 時から 17 時まで 1 時間毎に合計 9 回実施した。

表 3.2 魚類遡上状況（採捕）調査と環境 DNA 試料の採水時刻の関係

(時刻)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
魚類遡上状況(採捕)調査 (大型、小型、せせらぎ 魚道の上流端)	捕獲カゴの 設置 (□) 撤去 (■)										
	回収										
環境DNA調査（採水時刻）		●	●	●	●	●	●	●	●	●	

3.2.3 調査方法

(1) 試料の採水と前処理

環境 DNA 用試料の採水は各調査地点において「ひも付きバケツ」や柄付き採水器を用いて実施した。採取した試料は、DNA の分解を抑制するために、塩化ベンザルコニウム 10%w/v 水溶液(市販品名：オスバン)を 1L あたり 1mL 添加し、保冷状態で一時保管し、数時間以内に現地において GF/F フィルターでろ過した。ろ過した試料(ろ紙)はアルミホイルで遮光し、小型ビニール袋に収納した後に、冷凍状態 (-20℃) で保管した。



写真 3.2 採水の状況



写真 3.3 現地でのろ過作業の状況

(2) 分析試料の選定

魚道遡上状況（採捕）調査を実施している調査日のすべての時間帯（9 時～17 時の 9 時間分）の試料を対象として環境 DNA 分析を実施することは、現実的ではないことから、2019 年度から実施している環境 DNA の試行調査では、分析を行なう試料（検体）は、調査の目的に応じて採水・ろ過を行なった試料から、遡上状況調査結果もふまえて選定した。具体的には、調査実施日の遡上確認種数やアユ遡上個体数、及び各魚道を代表する魚類（アユ、ウグイ、オイカワ、トウヨシノボリなど）の遡上個体数の状況等である。

各年度別の分析試料の選定の考え方及び分析対象とした試料(検体)数等は表 3.3 に示すとおりである。

表 3.3 年度別の環境 DNA 分析対象項目と分析試料（検体）数等

年度	環境 DNA 調査対象項目	調査対象魚道及び調査地点	採水・ろ過試料（検体）数	分析を実施した検体数
2019 年度	アユ DNA 量分析	・アユの遡上確認数の多い大型魚道を対象とし、魚道入口部と魚道出口部上流の 2 地点で実施した。 注）2019 年度の魚道別アユの遡上確認数（遡上状況調査期間中の累計）は、以下のとおりである。 ・大型魚道：500 個体 ・小型魚道：38 個体 ・せせらぎ魚道：2 個体 計 540 個体	・遡上状況調査期間（6/6～7/4 の 29 日間）のうち、濁りが大きく、ろ過が困難な日や時間帯を除いて実施した。 合計 370 検体	・比較的アユの日遡上数が多い、6 月 14 日と 6 月 26 日の 2 日分。 ・検体数：2 地点×9 検体（9 時～17 時までの毎正時）×2 日分=36 検体
2020 年度	アユ DNA 量分析	①2019 年度と同様にアユの遡上確認数の多い大型魚道を対象とし、魚道入口部と魚道出口部上流の 2 地点で実施した。 ②ダム下流部の左右岸にそれぞれ 1 地点、計 2 地点で、ダム下流から魚道への移動・遡上するアユを対象として調査を実施した。 注）2020 年度の魚道別アユの遡上確認数（遡上状況調査期間中の累計）は、以下のとおりである。 ・大型魚道：1,728 個体 ・小型魚道：380 個体 ・せせらぎ魚道：9 個体 計 2,117 個体	①遡上状況調査期間中（5/25～7/4 の 41 日間）のうち、濁りが大きく、ろ過が困難な日やアユ遡上が少ない日などを除いて実施した。 合計 360 検体 ②上記の期間のうち比較的なアユの遡上数が多いと見込まれる日の 12 日間に、午前と午後、各 1 回実施した。 合計 48 検体	①比較的アユの日遡上数が多い 7 日分（6/3、6/4、6/18、6/19、6/22、6/23、6/24）を実施。 ・検体数：2 地点×9 検体（9 時～17 時までの毎正時）×7 日分=126 検体 ②比較的アユの日遡上数が多い 4 日分（6/18、6/19、6/22、6/23）の 2 回/日を実施。 ・検体数：2 地点×2（回/日）×4 日分=16 検体
2021 年度	A.アユ DNA 量分析	A.2019 年度と同様の調査を大型魚道を対象として、魚道入口部と魚道出口部上流の 2 地点で実施した。 なお、2021 年度はアユの遡上数が少なかったため、調査は 1 日分とした。 注）2021 年度の魚道別アユの遡上確認数（遡上状況調査期間中の累計）は、以下のとおりである。 ・大型魚道：105 個体 ・小型魚道：86 個体 ・せせらぎ魚道：0 個体 計 191 個体	・遡上状況調査期間中（6/6～7/4 の 29 日間）のうち、濁りが大きく、ろ過が困難な日を除く 27 日間について魚道入口部（大型、小型、せせらぎの 3 地点）と魚道出口部上流の計 4 地点を対象として、9 回/日実施した。 ・合計検体数：4 地点×9 回/日×27 日=972 検体	・アユ DNA 量分析は、全体としてアユ遡上数が少なかったため、大型魚道のみを対象として 1 日分（6 月 28 日）実施した。 ・検体数：2 地点×9 検体×1 日分=18 検体
	B.網羅的解析（メタバーコーディング法）	B.3 魚道（大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道）の入口部と魚道出口部上流の計 4 地点を対象に、1 回/日の網羅的解析を 4 日分実施した。		B.遡上状況調査期間中の中で、各魚道の遡上確認種数や個体数が比較的多く、かつ、各魚道を遡上する代表的な魚種（アユ、ウグイ、オイカワ、トウヨシノボリ等）が多い日から 4 日間を選定した。また、調査時間帯は 1 日のうちで比較的確認種数の多い 15 時とした。 検体数：4 地点×1 回/日×4 日分=16 検体

年度	環境 DNA 調査対象項目	調査対象魚道及び調査地点	採水・ろ過試料（検体）数	分析を実施した検体数
2022 年度	A.アユ DNA 量分析	A.2019 年度と同様の調査を大型魚道を対象として 2 日間実施した。また、2022 年度は、大型魚道に加えて小型魚道も調査対象とした。	・採水・ろ過は遡上状況調査時間中（6/6～7/4 の 29 日間）のうち、濁りが大きく、ろ過が困難な日を除く 26 日間とした。 魚道入口部（大型、小型、せせらぎの 3 地点）と魚道出口部上流の計 4 地点を対象として、9 回/日実施した。 ・合計検体数：4 地点×9 回/日×26 日=936 検体	A.大型魚道と小型魚道の遡上状況の差異を検討する目的で、両魚道のアユの日遡上数が共通して多い 6 月 30 日と 7 月 2 日の 2 日間を対象とした。 ・合計検体数：3 地点（大型、小型の魚道入口部+魚道出口部上流）×9 回/日×2 日分=54 検体
	B.網羅的解析（メタバーコーディング法）	B.2021 年度と同様に 3 魚道（大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道）の入口部と魚道出口部上流の計 4 地点を対象に、1 回/日の網羅的解析を 4 日分実施した。		B.遡上状況調査期間中の中で、各魚道の遡上確認種数や個体数が比較的多く、かつ、各魚道を遡上する代表的な魚種（アユ、ウグイ、オイカワ、トウヨシノボリ等）が多い日から 4 日間を選定した。また、調査時間帯は 1 日のうちで比較的確認種数の多い 15 時とした。 ・検体数：4 地点×1 回/日×4 日分=16 検体

(1) 環境 DNA の分析手法

環境 DNA の分析は、魚道を遡上する魚類相把握を目的とした網羅的 DNA 解析と、アユ DNA の定量的解析の 2 つの方法により行った。このうち、網羅的 DNA 解析は「メタバーコーディング法（多種同時検出法）」により実施し、アユの定量的解析は「リアルタイム PCR 法（単一種検出法）」で実施した。

なお、各分析の手順等は「環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver.2.2（2020 年 4 月 3 日、一般社団法人環境 DNA 学会）」に準拠した。各分析方法の概要を表 3.5 に示すとおりである。

表 3.4 各分析方法の概要

環境 DNA 分析方法	特徴
メタバーコーディング法（多種同時検出法）	1 回の分析で種組成の網羅的な解析が可能である。
リアルタイム PCR 法（単一種検出法）	PCR 増幅産物間の汚染や混入が起きにくく、特定の種の DNA の定量的把握に適している。

3.3 調査結果

3.3.1 環境 DNA 調査による魚類の魚道遡上状況の把握

(1) 確認魚種の比較検討

1) 比較検討の方法

環境 DNA 調査による魚類の魚道遡上状況の把握の可能性を検討するために、環境 DNA 調査（メタバーコーディング法）で得られた各魚道（大型魚道、小型魚道、せせらぎ魚道）の魚類確認状況と、遡上状況（採捕）調査における魚道全体及び魚道ごとの確認状況との比較を行った。

宮中取水ダム魚道（以下、単に「魚道」という）出口部上流の環境 DNA 量は、上流から流下してくる環境 DNA であり、環境 DNA の供給源としては、魚道を遡上して上流に移動した魚類と、もともと魚道上流に生息している魚類からの主に 2 つが考えられる。

一方、魚道入口部の環境 DNA は、魚道上流から供給される環境 DNA に、魚道内に遡上してきた魚類から供給される分が付加されたものであると考えられる。

従って、単純な収支計算からすれば、魚道を遡上している魚類から供給される環境 DNA（魚道入口部の環境 DNA と魚道出口部上流の環境 DNA の差分（以下、「環境 DNA の差分」という））を把握することによって、遡上している魚類を把握できることになる。しかし、2019 年度以前に試行的に実施した調査結果からすると、アユのように遡上個体数が多い場合には環境 DNA の差分が明瞭に出るものの、遡上個体数が少ない、あるいは遡上が確認されない場合には、環境 DNA 分析手法上の限界もあって、差分がマイナスになる場合がある。

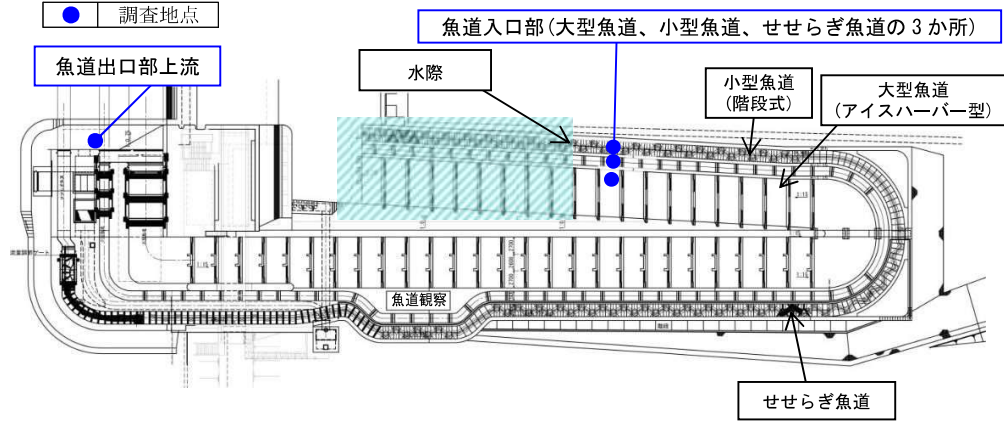
以上のような環境 DNA 分析上の限界もふまえて、ここでの比較検討は、以下のようなケースで実施した。

表 3.5 環境 DNA 調査で確認された魚類の種数と遡上状況調査で確認された種数の比較検討のケース

検討ケース	検討の内容	
	環境 DNA	魚類遡上状況調査結果
ケース 1	2021 年度と 2022 年度の各 4 日分の魚道入口部と魚道出口部上流の差分から求めた累計確認種数を使用。	・2021 年度及び 2022 年度の各 4 日分を大型、小型、せせらぎ魚道と魚道計で集計。
ケース 2	2021 年度と 2022 年度の各 4 日分の魚道出口部上流のデータから求めた累計確認種数を使用。	同上
ケース 3	2021 年度と 2022 年度の各 4 日分の魚道入口部のデータから求めた累計確認種数を使用。	同上
ケース 4	ケース 1～ケース 3 のそれぞれの累計確認種数（2021 年度～2022 年度の結果の累計確認種数）。	・2012 年度～2022 年度までに実施した魚道改築後のモニタリング調査（せせらぎ魚道の途中区間調査及び、夜間調査を含む）で確認された全魚種。

注 1) 環境 DNA の差分の算定は、各魚道及び、地点ごとの結果を同じ基準で比較するために分析結果を単位容量（1L）当たりのリード数（環境 DNA 量の指標となる単位）に換算して行った。

注 2) 表中の環境 DNA 調査地点の位置は以下のとおりである。



2) 比較検討結果

比較検討結果は図 3.5 に示すとおりである。

①ケース 1～ケース 3 の 2021 年度と 2022 年度の魚道計について比較すると、環境 DNA 調査と魚類遡上状況調査（採捕調査）で共通して確認された魚種（図中の円が重複している部分の種数）は 20～22 種で、ほぼ同様の結果となっている。

一方、環境 DNA 調査のみで確認された種（図の右側に表示している種数）は 7～12 種、魚類遡上状況調査（採捕調査）のみで確認された種（図の左側に表示している種数）は 1～2 種であった。

②ケース 4 の場合には、魚類遡上状況調査（採捕調査）で確認された魚種数を、2012 年度～2022 年度の累計（37 種）としていることが、ケース 1～ケース 3 と異なる点である。比較結果をみると、ケース 3 に対応する共通確認魚種数は 32 種～33 種となり、環境 DNA 調査でのみ確認された魚種はいずれも 1 種、また、魚類遡上状況調査のみの確認種は 3～4 種となり、共通確認種が大幅に増加する。

3) まとめ

①以上の比較検討結果からすると、ケース 1～ケース 3 の場合とケース 4 との場合で、共通確認種数が大きく異なる要因として以下のようなことが考えられる。

イ) 環境 DNA 調査では、ある短い時間における当該調査地点の上流側を含む範囲の環境 DNA を測定しているため、当該水域に生息している魚種を把握していることになる。一方、現在実施している魚類採捕調査は、1 時間ごとに魚道上流端まで遡上し、網カゴ内に入った魚種及び個体数を調査している。このため、環境 DNA で確認される魚種数は、比較的長い時間帯において当該水域に生息・分布している可能性がある魚種を反映しているのに対し、採捕調査では、短時間での状態を反映しているとも考えられる。

ロ) 魚類遡上状況調査（採捕調査）で確認される魚種数は 2012 年～2022 年の累計で 37 種であるが、この種数は環境 DNA で確認される魚種とほぼ同程度である。また、環境 DNA で確認された魚種のうち、ゲンゴロウブナを除いて、いずれもこれまでに魚道遡上実績のある魚種である。

②これまでの環境 DNA による調査結果と魚類遡上状況（採捕）調査結果の確認種数の比較検討結果によれば、数日間の環境 DNA 調査による確認種数は、同じ調査期間の魚類遡上状況（採捕）調査による確認種に比較して、種数が多くなる傾向がみられる。このことは、魚道入口部や魚道出口部上流で確認された魚種は、潜在的には魚道を遡上する、あるいは遡上できる魚種を把握しているものと考えられ、環境 DNA 調査手法を用いて魚道を遡上している魚種をどのように確認していくかについては引き続き検討する必要があると考えられる。

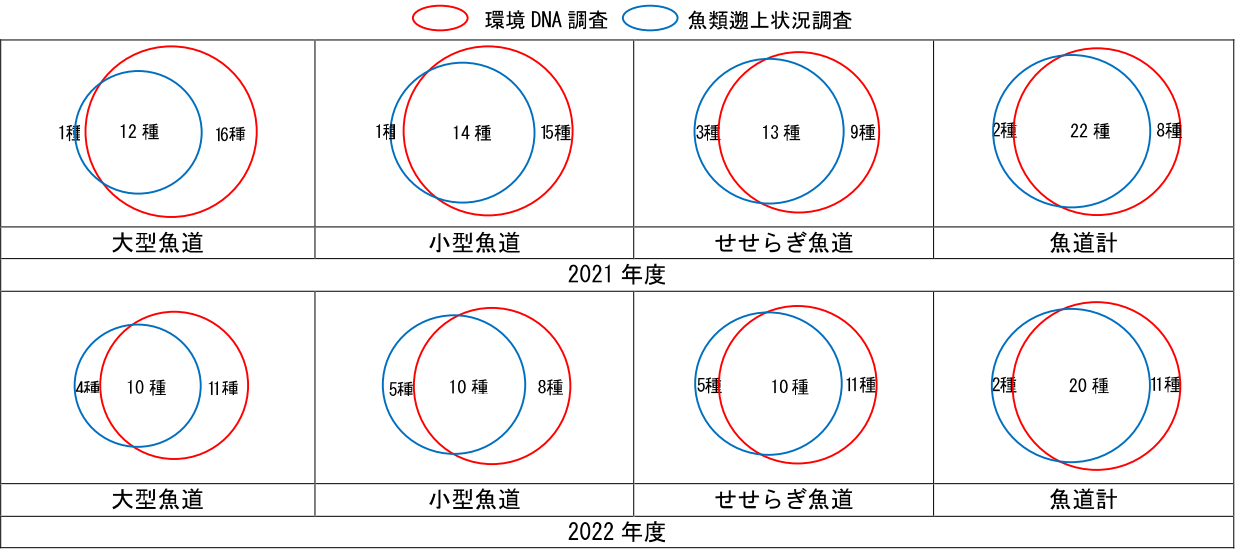


図 3.5 環境 DNA 調査で確認された魚類の種数と遡上状況調査で確認された魚類の種数の比較（1）
〔ケース 1：差分（魚道入口部-魚道出口部上流）を使用した場合〕

注 1) 図中の「魚類計」の図で、環境 DNA 調査のみで確認された種（図の右側に表示している種数に該当する種名）は以下のとおりである。いずれも当該調査年度の遡上確認個体数は少ない種である。詳細は巻末資料の表 5.3 参照。
イ) 2021 年度：ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、「オオキンブナ/キンブナ/ギンブナ」、ニジマス、メダカ類、ウキゴリ、カムルチーの 8 種
ロ) 2022 年度：スナヤツメ類、ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、カワムツ、ホトケドジョウ、ブルーギル、オオクチバス、コクチバス、ウキゴリ、カムルチーの 11 種
注 2) 図中の「魚道計」の図で、魚類遡上状況調査（採捕調査）のみで確認された種（図の左側に表示している種数に該当する種名）は以下のとおりであり、2022 年度のカジカ（遡上確認個体数は 50 個体）を除いて遡上確認個体数は少ない種である。
イ) 2021 年度：カワムツ、ビワヒガイの 2 種
ロ) 2022 年度：タイリクバラタナゴ、カジカの 2 種

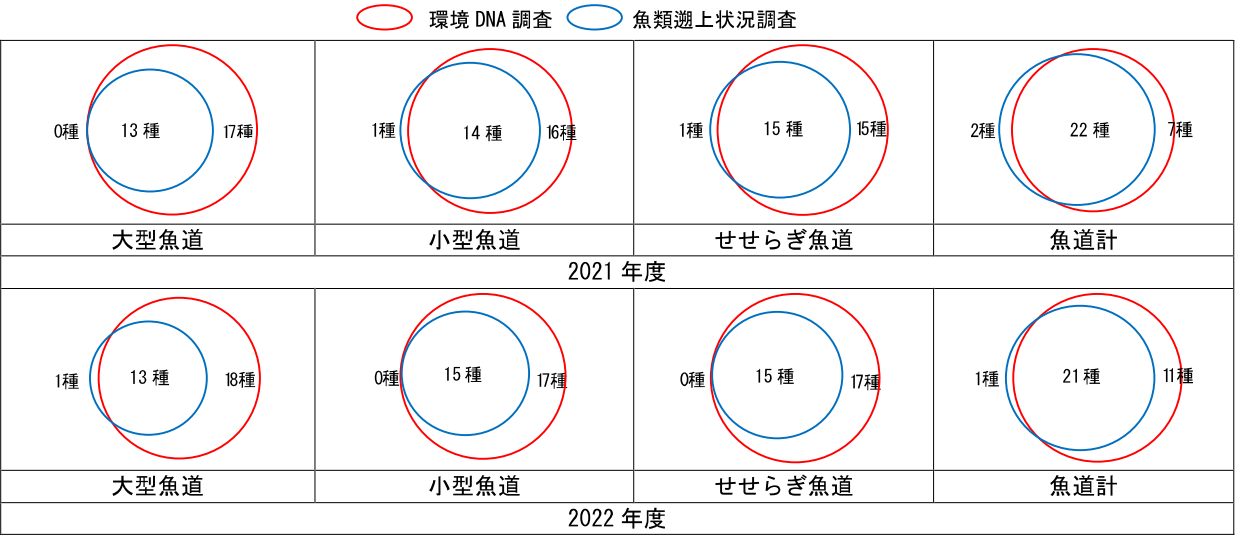


図 3.5 環境 DNA 調査で確認された魚類の種数と遡上状況調査で確認された魚類の種数の比較（2）
〔ケース 2：出口部上流の環境 DNA 結果を使用した場合〕

注 1) 図中の「魚類計」の図で、環境 DNA 調査のみで確認された種（図の右側に表示している種数）に該当する種名は以下のとおりである。いずれも当該調査年度の遡上確認個体数は少ない種である。詳細は巻末資料の表 5.3 参照。
イ) 2021 年度：ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、「オオキンブナ/キンブナ/ギンブナ」、タイリクバラタナゴ、メダカ類、ウキゴリの 7 種
ロ) 2022 年度：スナヤツメ類、ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、カワムツ、ホトケドジョウ、ニジマス、メダカ類、ブルーギル、コクチバス、ウキゴリの 11 種
注 2) 図中の「魚道計」の図で、魚類遡上状況調査（採捕調査）のみで確認された種（図の左側に表示している種数に該当する種名）は以下のとおりであり、いずれも遡上確認個体数は少ない種である。
イ) 2021 年度：カワムツ、ビワヒガイの 2 種
ロ) 2022 年度：ビワヒガイ、1 種

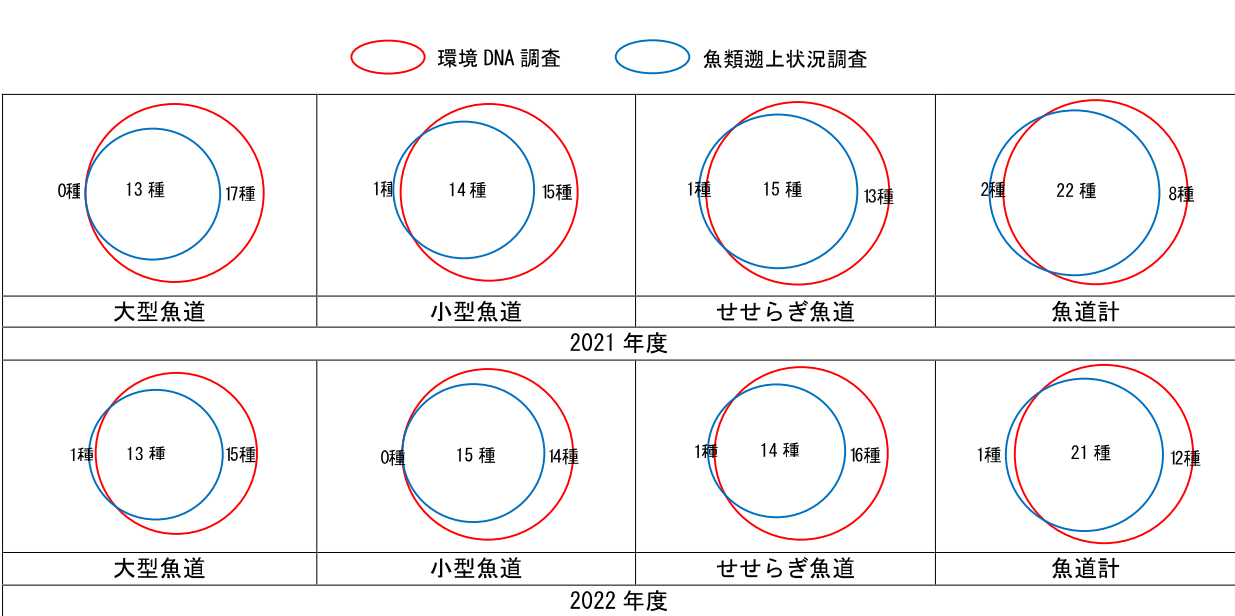


図 3.5 環境 DNA 調査で確認された魚類の種数と遡上状況調査で確認された魚類の種数の比較（3）
〔ケース 3：魚道入口部の環境 DNA 調査結果を使用した場合〕

注 1) 図中の「魚類計」の図で、環境 DNA 調査のみで確認された種（図の右側に表示している種数）に該当する種名は以下のとおりである。いずれも当該調査年度の遡上確認個体数は少ない種である。詳細は巻末資料の表 5.3 参照。
イ) 2021 年度：ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、「オオキンブナ/キンブナ/ギンブナ」、ニジマス、メダカ類、ウキゴリ、カムルチーの 8 種
ロ) 2022 年度：スナヤツメ類、ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、カワムツ、ホトケドジョウ、ニジマス、ブルーギル、オオクチバス、コクチバス、ウキゴリ、カムルチーの 12 種
注 2) 図中の「魚道計」の図で、魚類遡上状況調査（採捕調査）のみで確認された種（図の左側に表示している種数に該当する種名）は以下のとおりであり、いずれも遡上確認個体数は少ない種である。
イ) 2021 年度：カワムツ、ビワヒガイの 2 種
ロ) 2022 年度：タイリクバラタナゴ、1 種

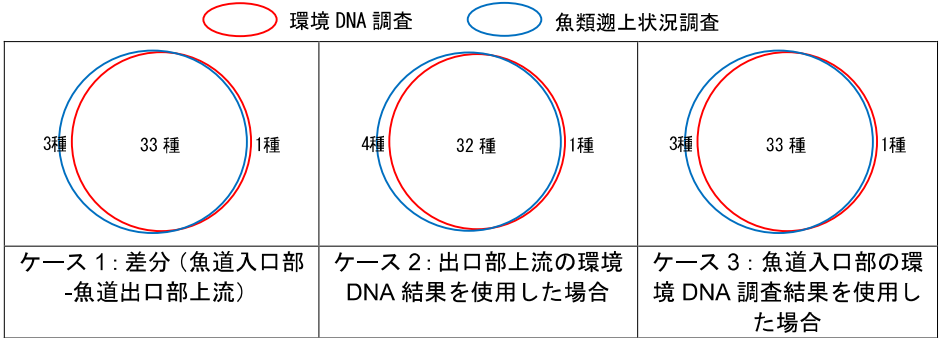


図 3.5 環境 DNA 調査で確認された魚類の種数と遡上状況調査で確認された魚類の種数の比較（4）
〔ケース 4：採捕結果は 2012 年度～2022 年度の累計の種数を使用した場合〕

注 1) 図中の「魚類計」の図で、環境 DNA 調査のみで確認された種（図の右側に表示している種数）に該当する種名は以下のとおりである。いずれも当該調査年度の遡上確認個体数は少ない種である。詳細は巻末資料の表 5.3 参照。
ケース 1：ゲンゴロウブナ、1 種
ケース 2：ゲンゴロウブナ、1 種
ケース 3：ゲンゴロウブナ、1 種
注 2) 図中の「魚道計」の図で、魚類遡上状況調査（採捕調査）のみで確認された種（図の左側に表示している種数に該当する種名）は以下のとおりであり、いずれも遡上確認個体数は少ない種である。
ケース 1：ヤリタナゴ、タイリクバラタナゴ、ウケクチウグイの 3 種
ケース 2：ヤリタナゴ、ウケクチウグイ、ビワヒガイ、カムルチーの 4 種
ケース 3：ヤリタナゴ、ウケクチウグイ、ビワヒガイの 3 種

(2) 魚道ごとの魚種組成の比較検討

2021 年度と 2022 年度の魚類遡上状況調査結果を基に、環境 DNA 調査で確認された魚類について、各魚道を代表する魚種や利用状況によるグループ分けを行い、魚種ごとのリード数の割合について検討した。

表 3.6 魚種のグループ分け

グループ	説明
主要魚種	オイカワ、ウグイ、アユ、シマドジョウ、ヨシノボリ類 各魚道で採捕個体数の多かったこれら 5 種は独立した種として扱い、グループとしての扱いはしていない。
グループ 1	多くの個体が主に大型魚道を利用している魚種
グループ 2	多くの個体が主に大型魚道又は小型魚道を利用している魚種
グループ 3	多くの個体が主にせせらぎ魚道を利用している魚種
グループ 4（その他）	魚道タイプ別の利用状況に明瞭な差がみられない魚種

表 3.7 魚類遡上状況調査結果に基づく魚道タイプ別の遡上魚のグループ区分

グループ	和名	遡上状況調査において 魚道上流端で採捕した個体数（単位：個体）					
		2021年度			2022年度		
		大型魚道	小型魚道	せせらぎ魚道	大型魚道	小型魚道	せせらぎ魚道
主要な魚種 （5種）	オイカワ	50	777	4	241	723	28
	ウグイ	99	74	3	123	18	1
	アユ	105	86	0	1,509	854	17
	シマドジョウ	0	0	65	0	0	11
	ヨシノボリ類	1	7	342	0	1	286
グループ1	コイ	0	0	0	0	0	0
	オオキンブナ/キンブナ/ギンブナ	0	0	0	2	1	0
	ニゴイ	11	1	0	5	2	0
	ニッコウイワナ	2	0	0	1	1	0
	ニジマス	0	0	0	0	0	0
グループ2	ビワヒガイ	0	1	0	1	0	0
	カマツカ	4	1	9	64	29	11
	スゴモロコ	2	1	0	117	122	0
	サクラマス（ヤマメ）	3	7	1	47	64	5
	ギギ	11	9	1	5	125	9
	カジカ	12	13	7	9	25	16
グループ3	スナヤツメ類	0	0	1	0	0	0
	タイリクバラタナゴ	0	0	0	0	0	1
	アブラハヤ	0	9	32	0	3	9
	モツゴ	0	0	8	0	1	1
	タモロコ	0	5	7	0	0	5
	ドジョウ/カラドジョウ	0	0	1	0	0	1
	ホトケドジョウ	0	0	0	0	0	0
	アカザ	0	0	3	0	1	13
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0
グループ4 （その他）	ウナギ	0	0	0	0	0	0
	ゲンゴロウブナ	0	0	0	0	0	0
	カワムツ	0	0	1	0	0	0
	ナマズ	1	1	0	3	0	0
	メダカ類	0	0	0	0	0	0
	ブラウントラウト	1	0	0	1	0	0
	ブルーギル	0	0	0	0	0	0
	オオクチバス	0	0	3	0	0	0
	コクチバス	0	1	0	0	0	0
	カムルチー	0	0	0	0	0	0
	計	302	993	488	2,128	1,970	414

注1) 表中の魚種名は、環境 DNA 分析又は遡上状況調査によって、魚道内への遡上が確認された種である。なお、表中の数値がすべての魚道で「0」と記載した魚種は、環境 DNA では確認されたものの、遡上状況調査では採捕されなかった魚種である

注2) 魚道間での環境 DNA による確認状況を比較するために、遡上調査の結果等を基にグループ分けを行った。

注3) 遡上調査で確認個体数が多かったオイカワ、ウグイ、アユ、シマドジョウ、ヨシノボリ類の 5 種は独立した種として扱い、グループとしての扱いはしていない。

注4) 各グループの魚種の区分は、2021 年度と 2022 年度の遡上調査結果をもとにして、概ね総確認個体数の 50% 以上が利用している魚道を「主な利用魚道」とした。なお、確認個体数が少ない魚種については過年度調査結果等に基づいて、グループ分けを行った。

各魚道における環境 DNA リード数からみた魚種組成の特徴は以下のとおりである。

1) 大型魚道

2021 年度・2022 年度ともに調査日より多少バラツキが見られたが、全体的にはアユや「主に大型魚道を利用するグループ 1」の割合が多い。調査日によっては、ウグイやオイカワあるいは「大型魚道や小型魚道を利用するグループ 2」も高い割合となる場合もみられた（図 3.6 参照）。

環境 DNA 調査に基づく種構成と採捕調査結果に基づく種構成を比較すると、同様の傾向がみられる。なお、2021 年度はウグイ、アユ、グループ 1 の合計が、また、2022 年度はアユとグループ 1 の合計が全体の半数以上を占めた（図 3.7 参照）。

2) 小型魚道

2021 年度・2022 年度ともに調査日より多少バラツキが見られたが、2021 年 6 月 21 日と 2022 年 6 月 20 日を除き、両年度ともにオイカワが全体の半数以上を占めた。なお、オイカワ以外では、2021 年度はウグイ、アユ、グループ 1 が、また、2022 年度はアユやグループ 1 が比較的高い割合を占めた（図 3.6 参照）。

環境 DNA 調査に基づく種構成と採捕調査結果に基づく種構成を比較すると、同様の傾向がみられ、オイカワやアユ、グループ 2 の占める割合が多くなっている（図 3.7 参照）。

3) せせらぎ魚道

2021 年度と 2022 年度ではやや異なる傾向がみられた。具体的にみると、2021 年度は「せせらぎ魚道を主に利用するグループ 3」、ヨシノボリ類、シマドジョウが全体の大部分を占めたが、2022 年度は上記グループ以外にオイカワや「主に大型魚道または小型魚道を利用するグループ 2」の占める割合が多くなる日がみられた（図 3.6 参照）。

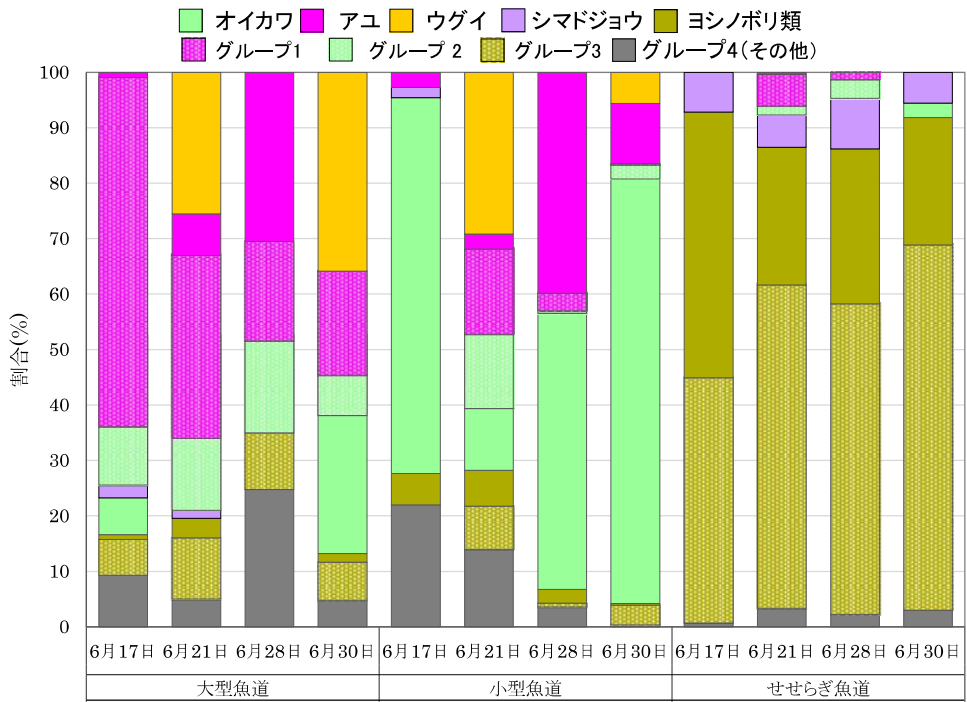
環境 DNA 調査に基づく種構成と、採捕調査結果に基づく種構成を比較すると、2022 年度の環境 DNA 調査に基づく種構成でオイカワやグループ 2 の魚種の割合が高くなっている以外は、ヨシノボリ類やグループ 3 の魚種の割合が多くなっている（図 3.7 参照）。

4) まとめ

各魚道における環境 DNA リード数の割合から見た魚種組成は、遡上状況調査結果から得られたそれぞれの魚道を利用する魚種構成と類似した傾向がみられた。すなわち、大型魚道ではアユ、ウグイ、グループ 1 を、小型魚道ではオイカワ、アユ、グループ 1 を中心とする種組成であった。また、せせらぎ魚道では 2021 年度はヨシノボリ類、シマドジョウ、グループ 3 の割合が多かったが、2022 年度は、この 2021 年度の 3 グループの魚種に加えて、オイカワやグループ 2 など、遊泳型の魚種が増加したのが特徴である。これは、2022 年度の遡上状況調査期間中のせせらぎ魚道の流量が 2021 年度に比較して多かったことの影響によって、こうした遊泳魚の遡上行動が多くなった結果ではないかと考えられる。

以上のように、2021 年度と 2022 年度の 2 年間の調査結果ではあるが、各魚道の主要な利用（遡上）魚種及びグループに区分した魚種ごとの環境 DNA リード数の割合を整理することによって、各魚道における魚種別の利用状況の違いを把握することができる可能性が示唆された。

2021 年度



2022 年度

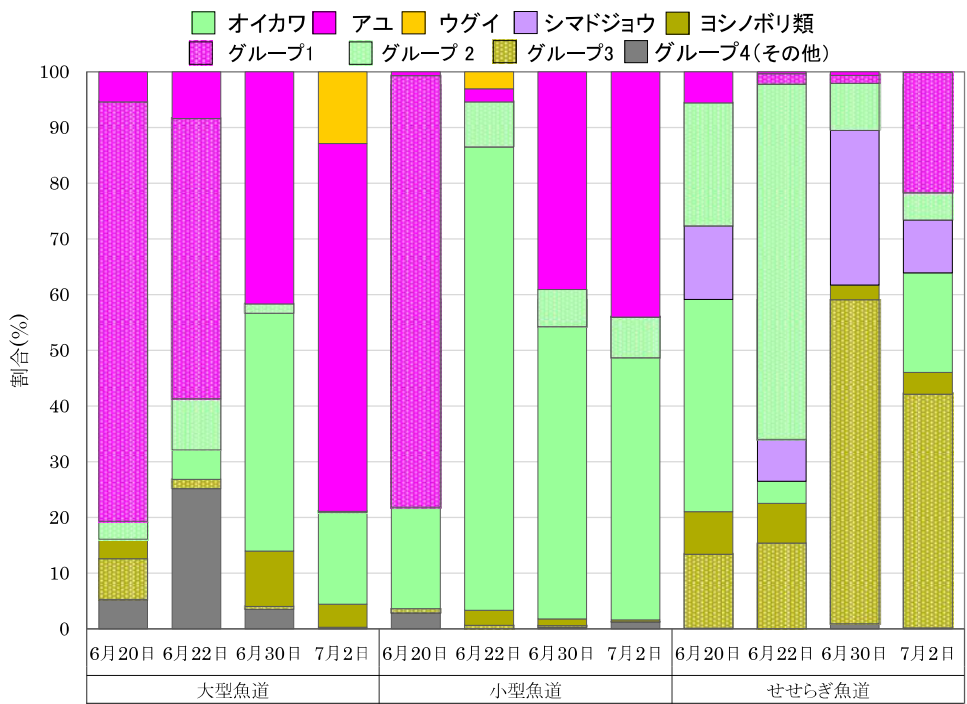
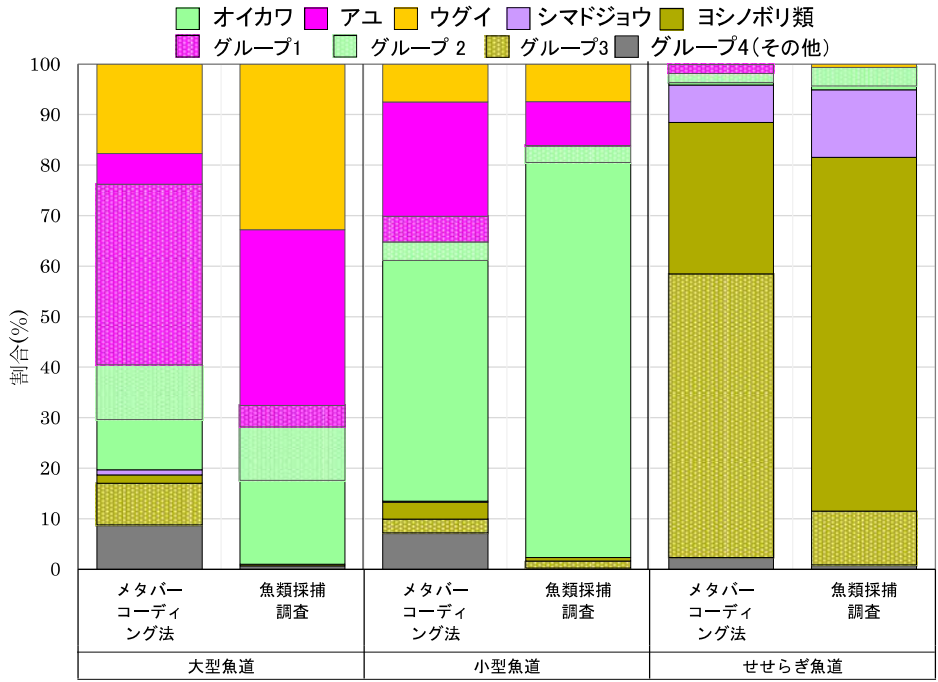


図 3.6 各魚道における各魚類グループのリード数の割合（メタバーコーディング法）

注）各グループの魚種の区分は以下のとおりである。
グループ 1：多くの個体が主に大型魚道を利用している魚種
グループ 2：多くの個体が主に大型魚道又は小型魚道を利用している魚種
グループ 3：多くの個体が主にせせらぎ魚道を利用している魚種
グループ 4（その他）：魚道タイプ別の利用状況に明瞭な差がみられない魚種

2021 年度



2022 年度

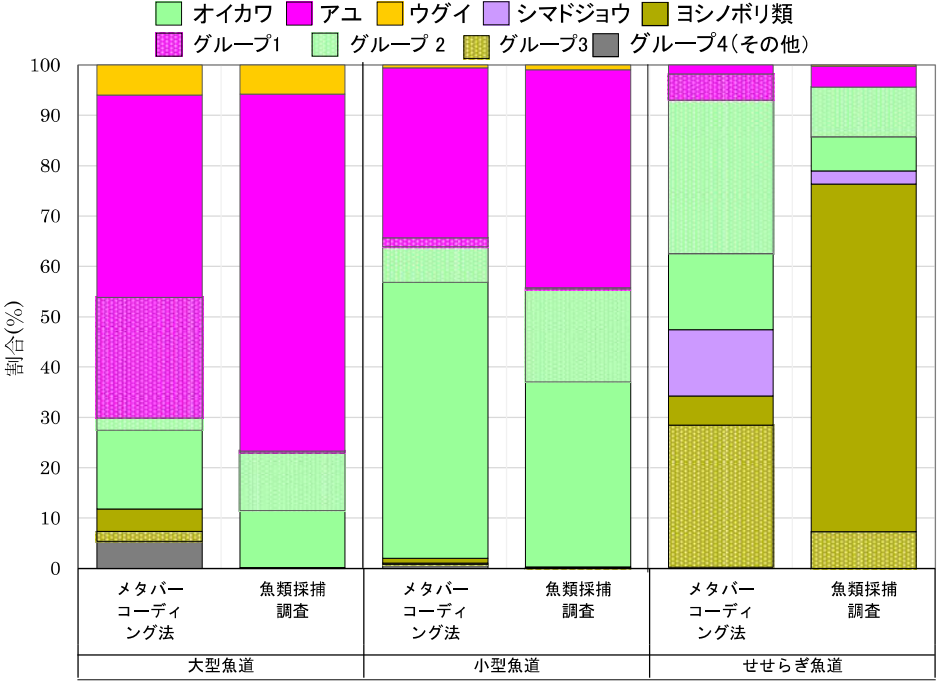


図 3.7 各魚道における環境 DNA 調査結果と採捕調査結果の比較

注) DNA 量の割合はそれぞれの調査日数（メタバーコーディング法 4 日間）の平均値、魚類遡上調査結果の割合は遡上状況調査全期間（29 日間）の全体採捕個体数の結果から算出した。

3.3.2 環境 DNA（定量分析）によるアユ遡上個体数の検討

アユは宮中取水ダム魚道の周辺水域に生息する魚種の中でも、モニタリング対象として重要な種であり、ここでは、環境 DNA による定量分析結果と魚類遡上状況調査結果の関係について比較検討を行った。

(1) 概要

宮中取水ダム魚道におけるアユを対象とした環境 DNA 調査（リアルタイム PCR 法）は、2019 年度から 2021 年度までは大型魚道を対象にして実施し、2022 年度は大型魚道に加えて、小型魚道でも実施した。大型魚道入口部、小型魚道入口部、魚道出口部上流（以下、「出口部」という）のアユ DNA 量とアユ遡上確認数の概要は以下のとおりである。

表 3.8（1） 大型魚道におけるアユ DNA 量とアユ遡上確認数の概要

調査年度	調査日	時間当たりのアユ DNA 量（copies/L）			大型魚道上流端のアユ遡上確認数（個体）	
		入口部	出口部	遡上個体由来	時間当たり	日計
2019	6 月 14 日	0～1,197	0～309	0～1197	5～18	95
	6 月 26 日	0～574	0～326	-166～460	2～17	67
2020	6 月 3 日	542～2,436	36～209	480～2,384	8～62	201
	6 月 4 日	253～2,437	0～258	253～2,346	2～68	141
	6 月 18 日	94～3,166	111～280	-59～2,930	3～37	164
	6 月 19 日	372～3,364	147～410	136～3,096	6～53	230
	6 月 22 日	2,721～14,113	393～722	2,328～13,672	3～110	442
	6 月 23 日	294～2,076	162～462	-165～1,766	0～66	145
	6 月 24 日	255～2,994	99～2,064	-270～2,817	0～44	131
2021	6 月 28 日	80～275	0～260	-74～143	0～4	15
2022	6 月 30 日	585～4,724	172～323	369～4,478	3～35	133
	7 月 2 日	302～14,852	136～331	65～14,662	1～103	268

注 1) アユ DNA 量の単位は単位容量当たりのコピー数（copies/L）であり、メタバーコーディング法による単位（リード数/L）と異なるが、分析方法の違いによるものであり、リアルタイム PCR 法によるコピー数の方が定量性に優れている。

注 2) 表中に示した「遡上個体由来のアユ DNA 量（アユ DNA 量）」は、各魚道の「入口部のアユ DNA コピー数」から「出口部のアユ DNA コピー数」を差し引いて求めたものである。したがって、入口部よりも出口部の値が大きい場合にはマイナスになる場合もある。

表 3.8（2） 小型魚道におけるアユ DNA 量とアユ遡上確認数の概要

調査年度	調査日	時間当たりのアユ DNA 量（copies/L）			大型魚道上流端のアユ遡上確認数（個体）	
		入口部	出口部	遡上個体由来	時間当たり	日計
2022	6 月 30 日	2,208～96,124	172～323	2,208～95,908	0～79	113
	7 月 2 日	86～13,568	136～331	-104～13,378	0～51	81

(2) アユ DNA 量とアユ遡上確認数の時間変化

1 時間あたりのアユ DNA 量とアユの遡上確認数の関係をみると、魚道出口部のアユ DNA 量の変動は少ないが、2020 年度や 2022 年度のように遡上確認数が多い時間帯には、アユ DNA 量は遡上確認数の変化に連動している傾向がみられる。一方、2019 年度や 2021 年度のように遡上確認数が少ない日の場合はアユ DNA 量と遡上確認数の間で明瞭な関連性は認められない場合もある（図 3.8 参照）。

また、2022 年度の小型魚道では 6 月 30 日の 10 時のように、アユの遡上確認数が多くなる場合にはアユ DNA 量も連動して多くなるが、一方で、7 月 2 日のようにその関係が明瞭ではない場合もある。（図 3.8 参照）。

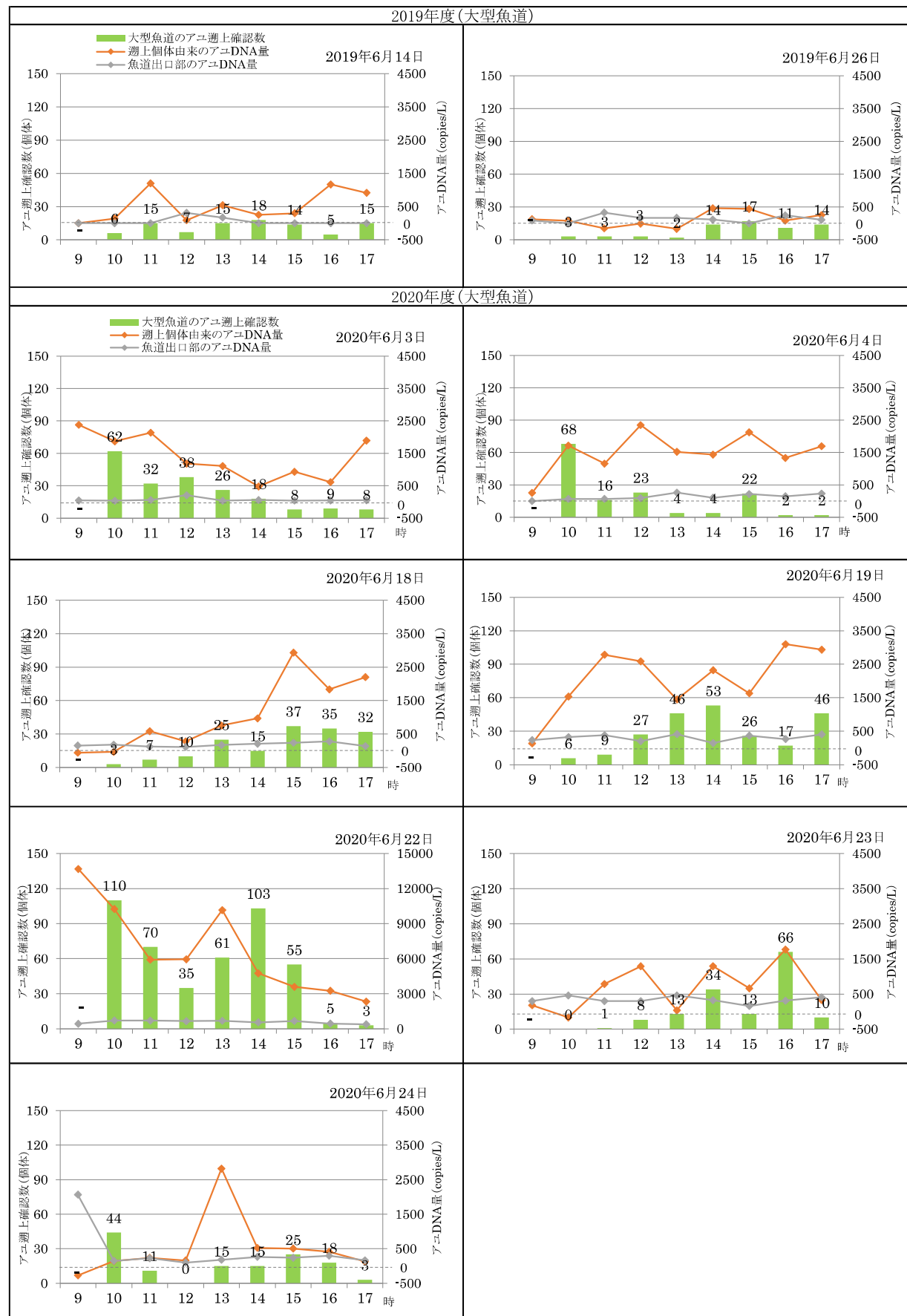


図 3.8 (1) アユ DNA 量とアユ遡上確認数（採捕数）の経時変化

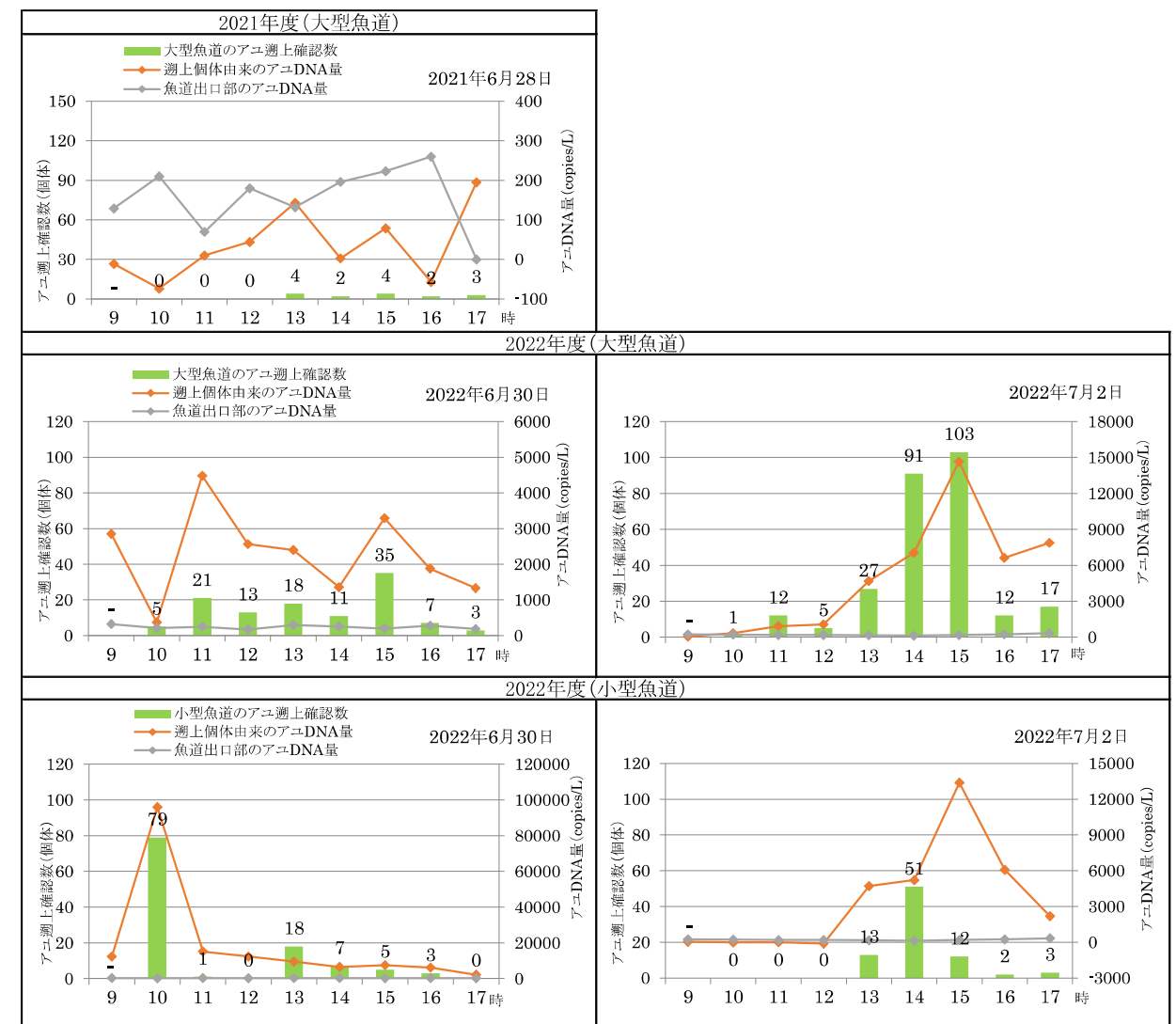


図 3.8 (2) アユ DNA 量とアユ遡上確認数（採捕数）の経時変化

(3) アユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係

2019 年度～2022 年度に実施した調査結果から、アユ DNA 量と時間帯別アユ遡上確認数の関係を検討した（図 3.9、図 3.10 参照）。なお、アユ DNA 量がマイナスとなったデータについては、図中では「ゼロ」として扱っている。

1) 大型魚道

イ) 調査年度別の状況

時間帯別のアユ遡上確認数が 4 年間の調査の中では比較的少なかった（最大でも 20 個体/時間）2019 年度（2 日分のデータ）と 2021 年度（1 日分のデータ）は、アユ DNA 量と時間帯別のアユ遡上確認数との間には、いずれも統計的な有意性は確認されなかった。一方、2020 年度（7 日分のデータ）と 2022 年度（2 日分）のデータでは、時間帯別のアユ遡上確認数が 2019 年度と 2021 年度に比較して多いことから、両年とも統計的な有意性が確認された。

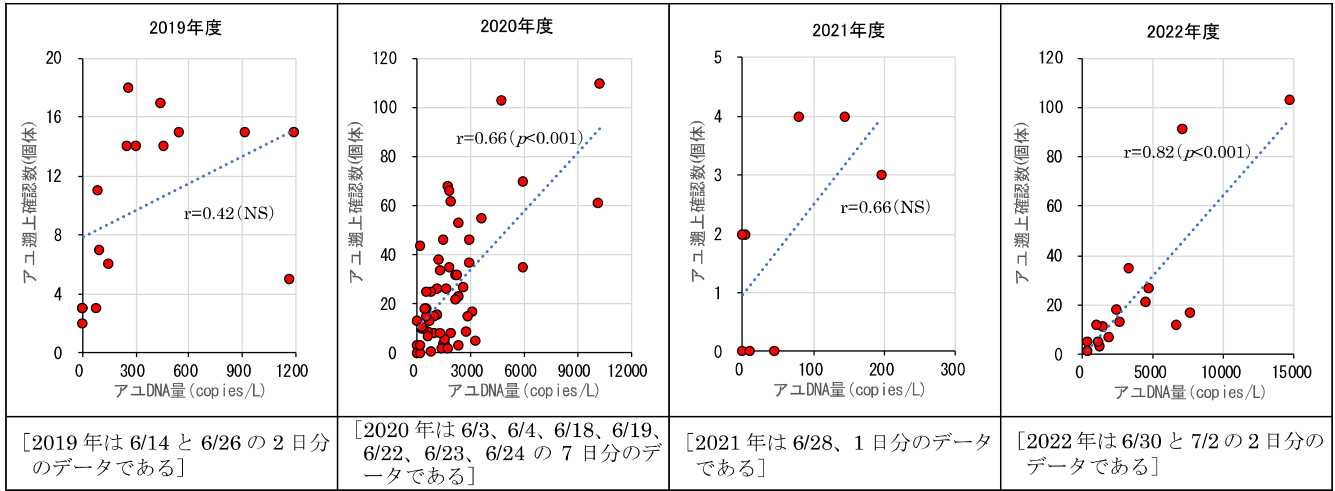


図 3.9(1) 大型魚道におけるアユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係（調査年度別）

注1) アユ遡上確認数及びアユ DNA 量は、いずれも 1 時間ごとの値である。

注2) 図中の凡例等は、次のとおりである。① r：相関関数 ② 統計上の有意性判定の凡例は以下の通りである。

NS：有意性なし。 $p < 0.05$ ：危険率 5%以下で有意性あり。

$p < 0.01$ ：危険率 1%以下で有意性あり。 $p < 0.001$ ：危険率 0.1%以下で有意性あり。

注3) 以上の注 1)と注 2)は、図 3.6(1)と(2)及び図 3.7 に共通である。

ロ) 2019 年度～2022 年度の 4 年間の状況

4 年間のデータを、1 日の合計遡上確認数が 100 個体未満の場合と 100 個体以上の場合に分けて、アユ DNA 量との関係を見ると、いずれの場合も統計的な有意性が確認された。また、大型魚道の 4 年間の全データでも有意性が確認された。

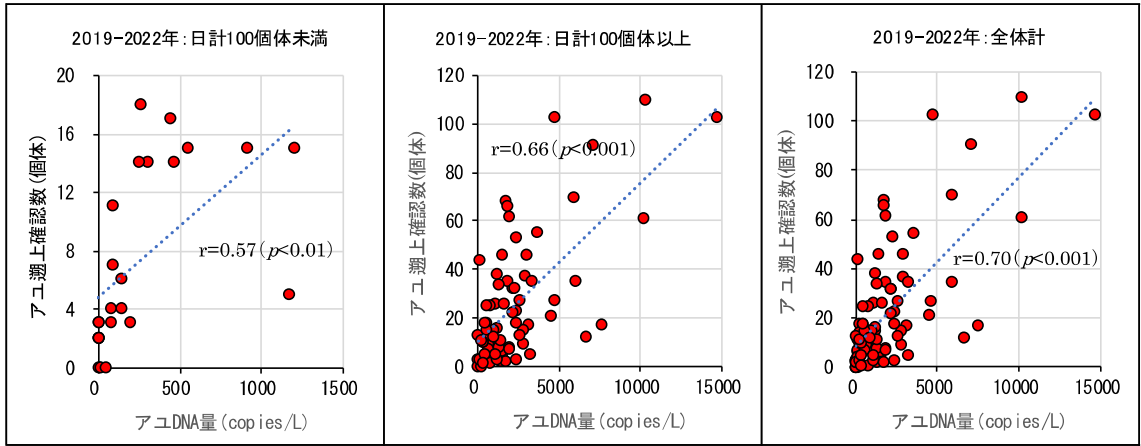


図 3.9(2) 大型魚道におけるアユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係（2019～2022 年度累計）

2) 小型魚道

小型魚道のデータは 2022 年度の 2 日分であるが、6 月 30 日の 10 時の遡上確認数が 79 個体と突出して多く、この時間のアユ DNA 量も多い。このため、すべてのデータを使用してアユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係を見ると、統計的な有意性が確認される結果となるが、この 1 個のデータ（6 月 30 日の 10 時）を除くと有意性は無いという結果になる。

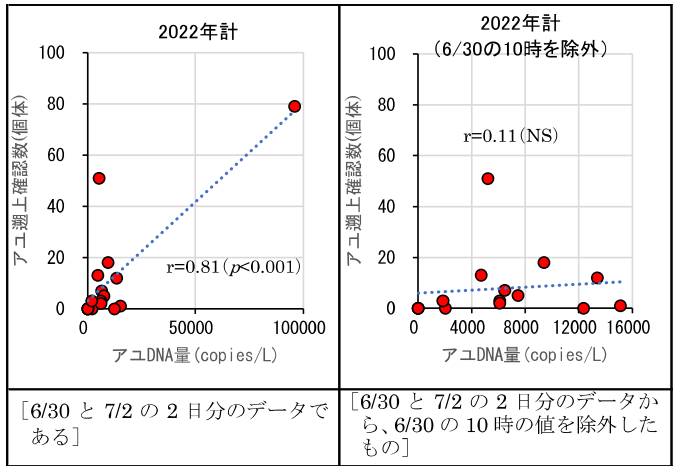


図 3.10 小型魚道におけるアユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係

3) アユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係に係る検討結果のまとめ

以上のように、大型魚道では 2019 年度や 2021 年度のように 1 日の遡上確認数が比較的少ない場合には、アユ DNA 量とアユ遡上確認数との間には明瞭な関係が確認できないが、2020 年度や 2022 年度のように 1 日の遡上確認数が多い場合には、統計的な有意性が確認された。

一方、小型魚道では、2022 年度（2 日間）の調査結果からだけでは統計的な有意性は確認できなかった。

4. まとめと今後の課題

4.1 環境 DNA 調査結果のまとめ

4.1.1 環境 DNA による魚類の魚道遡上状況の把握

①2021 年度と 2022 年度に実施した環境 DNA 調査（メタバーコーディング法）による確認種は、3 魚道（大型魚道と小型魚道及びせせらぎ魚道）の合計で 29～33 種であり、このうち遡上状況（採捕）調査との共通確認種は 20～22 種であった。

②環境 DNA 調査で確認される種は、宮中取水ダム周辺に生息し、潜在的に魚道を遡上する、あるいは遡上できる可能性のある魚種であると考えられ、遡上調査（採捕調査）との比較検討にあたっては、これまでの累年にわたる調査結果との比較検討も必要であると考えられる。

③2021 年度と 2022 年度の結果を比較すると、遡上状況（採捕）調査で遡上確認個体が非常に増加したギギやスゴモロコ等が環境 DNA でも増加傾向がみられるなど、遡上個体数が多くなった場合には、遡上する魚種の変化も反映した結果となっているものと考えられる。このため、各魚道の主要な利用（遡上）魚種及びグループに区分した魚種ごとの環境 DNA リード数の割合を整理することによって、各魚道における魚種別の利用状況の違いを把握することができる可能性が示唆された。

4.1.2 環境 DNA によるアユ遡上数の把握

環境 DNA 調査（リアルタイム PCR 法）と魚道のアユ遡上数との関係に係る検討は 2019 年度から 2022 年度にかけて実施してきた。

調査の結果、大型魚道についてはアユの日遡上数が比較的多い日であれば、アユ DNA 量とアユ遡上確認数の間には強い相関関係がみられる日が多く、環境 DNA 分析によってアユ遡上数の多少を把握することができる可能性があることが示唆された。なお、小型魚道については、現在までのところ明瞭な関係は確認されなかった。

4.2 今後の課題と調査方針

4.2.1 今後の課題

(1) 環境 DNA による魚類の魚道遡上状況の把握

2021 年度と 2022 年度に実施した調査結果では、環境 DNA 調査（メタバーコーディング法）による確認種は 1 回/日、延べ 4 日間程度の調査で 29～33 種であった。これを、2021 年度と 2022 年度に実施した 1 カ月程度の遡上状況（採捕）調査によって確認された種数と比較すると多くなっている。しかし、2012 年度～2022 年度に実施した遡上状況（採捕）調査の累計の確認種数と比較すれば、環境 DNA 調査では 36 種、遡上状況（採捕）調査では 37 種とほぼ同数となる。なお、これまで実施してきた調査結果をふまえると、現状では以下のような問題点・課題があると考えている。

①環境 DNA 調査で分析している試水（1 時間間隔で採水を実施）には、宮中取水ダム魚道の上流を含む範囲に生息・分布している魚類や、魚道内に遡上してきたとしても上流端の網カゴまで到達せずに、魚道内に滞留している魚類及び網カゴ内に入って、網カゴを引き上げるまで網カゴ内にとどまっている魚類から供給される環境 DNA が含まれている可能性がある。

このため、遡上状況（採捕）調査期間中に、網カゴを設置しない時間帯あるいは調査日を設定して、網カゴによる採捕の影響を検証する必要がある。また、環境 DNA（メタバーコーディング法）調査と、上流端における採捕調査によって確認される魚種及び魚種組成の比較・検証にあたっては、ある程度の採捕調査期間における累年の調査結果との比較検討等、調査結果の評価を慎重に行う必要がある。

②環境 DNA 調査結果に基づく確認種は、魚種の生体そのものを確認する手法によるものではないため、環境 DNA 分析によって確認されたとしても、魚道を遡上している個体なのか、途中まで遡上しつつあるあるいは魚道内に滞留している個体なのか、といった行動を具体的に明らかにできない。また、これまでに実施してきた環境 DNA 調査では、採水・ろ過は連続して実施した上で、遡上状況（採捕）調査結果で得られた日別・時間別の確認種数やアユの遡上確認個体数などとのデータを勘案しながら、環境 DNA 分析を実施する検体を選定している。しかし、今後のモニタリングの実施にあたっては、あらかじめ、魚類の遡上状況（確認種数等）を予測することはできないため、あらかじめ調査日や調査時刻、あるいは水温条件（水温が 18℃以上等）にあわせて採水・分析を実施した場合との比較・検証など、具体的な採水頻度や採水時刻などの検証が必要である。

以上のような点については、採捕調査結果との比較を積み重ねることによって、適切な調査（採水）頻度や調査期間等を検討していく必要がある。

(2) 環境 DNA によるアユ遡上数の把握

これまでに実施してきた調査結果から判断すると、小型魚道では課題があるものの、大型魚道では 1 日のアユ遡上数が多い日は、環境 DNA 量とアユ遡上確認数には明瞭な相関関係が確認され、環境 DNA 調査によってアユ遡上数を把握できる可能性が示唆された。しかし、大型魚道でも 1 日のアユの遡上数が少ない日は、環境 DNA 量とアユ遡上確認数の相関関係は弱い場合もみられる。また、アユの約 1 か月間の遡上数は 2012 年度以降実施しているモニタリング調査結果でも、年による変動が大きく、仮に遡上数が少ない場合には明瞭な関係が得られない可能性がある。一方、2019 年度～2022 年度の 4 年間の調査結果全体の累計でみると、アユ DNA 量とアユ遡上確認数の関係には統計的な有意性が確認されている。

以上のような、これまでの調査結果及びアユの遡上数が年によって変動がみられること等をふまえて、環境 DNA 調査によるアユ遡上数検討の精度の向上を図るためにデータを蓄積していく必要がある。

4.2.2 今後の調査方針

(1) 調査方針の概要

2021 年度と 2022 年度に実施した 3 タイプ（大型、小型、せせらぎ）の魚道におけるメタバーコーディング法による魚類相調査と、2019 年度から 2022 年度まで実施しているリアルタイム PCR 法によるアユの DNA 量調査によって、宮中取水ダム魚道を遡上（利用）する主要な魚種及びその種組成や、アユ遡上数の多少を把握することができる可能性が示唆された。しかし、魚道モニタリングの継続に向けて環境 DNA 調査を代替手法とするには、上記のような課題の解決が必要であるため、環境 DNA 調査の実施（採水）時期、採水頻度、採水時刻、採水地点等について魚類遡上状況（採捕）調査と並行した調査の実施によって、調査手法の比較・検証を数年間実施していく計画としている。また、環境 DNA 調査では全種類の個体数を把握することはできないため、環境 DNA 調査の適用性検証のため、数年ごとの採捕調査の継続も必要であると考えている。

(2) 宮中取水ダム魚道における今後のモニタリング手法について

以上のような、これまでの宮中取水ダム魚道におけるモニタリング調査の実績及び調査を実施する過程で明らかになった課題や、近年、魚類の生息分布状況調査の手法として広がりを見せている環境 DNA 調査の動向等をふまえながら、今後は、魚類への負荷を低減させ、魚道を遡上（利用）する魚種の把握により魚類相の変化がないことを継続的に確認することを目的として、宮中取水ダム魚道における魚類遡上モニタリング調査は、これまでの採捕調査に替えて、環境 DNA による調査を主体とする手法に移行していくこととしたいと考えている。

移行に至るまでの調査・検討内容及び移行後の調査体制等については、現在のところ以下のように考えている（表 4.1 参照）。

①今後 3 年間程度は、これまで実施してきている採捕調査と環境 DNA 調査を同時に実施しながら、宮中取水ダム魚道における環境 DNA 調査の手法等についても検討する。その上で調査手法、調査時期、調査期間などをまとめた「(仮称) 宮中取水ダム魚道における魚類遡上調査マニュアル(案)」(以下、「モニタリング調査マニュアル(案)」という)を作成する。

②3 年後をめどに調査マニュアル(案)が出来た段階で、FU 委員会に諮った上で魚道モニタリングを環境 DNA 調査を主体とした内容に移行する。

③移行後のモニタリング調査手法は、環境 DNA を主体とした調査を継続しながら、5 年ごと及び中規模出水後を基本に採捕調査も同時に実施することによって、環境 DNA 調査の適応性の確認を行っていく。

表 4.1 今後のモニタリング調査に係る工程（案）

	年度	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
魚類遡上状況(採捕)調査		●	●	●	◆	◎	◎	◎	◎	◆	◎	◎
環境DNA調査		○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
モニタリング調査マニュアル(案)				▼完成								
フォローアップ委員会				▼承認								

●：主体 ○：併用 ◆：適用性確認 ◎：中規模出水発生時に実施