

水力発電と河川環境との調和に向けた宮中取水ダム魚道構造改善及びモニタリング

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 大森友博
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 森山泰明
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 栢本 拓
東日本旅客鉄道株式会社 非会員 山崎憲一
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 澤村里志

1. はじめに

信濃川発電所は、新潟県十日町市から小千谷市に位置し図-1、写真-1 に示すように宮中取水ダム、浅河原調整池、千手発電所、山本調整池、小千谷発電所、山本第二調整池、小千谷第二発電所で構成されている。宮中取水ダムは、信濃川河口から約 134km に位置し集水面積 7,841km² であり、右岸側には総落差 11m の魚道が設置されている。信濃川発電所にて発生した電力は、新幹線、首都圏および上越線の電車運転用に供給しており、調整池に水を貯めることで、朝夕のラッシュ時に合せて発電を行っている。

宮中取水ダム魚道は、「信濃川中流域水環境改善検討協議会」の提言において①ダム下流部との流れの連続性確保②魚道内の流れが不安定であること、という 2 つの課題が挙げられている。この課題を解消するために学識経験者、内水面漁業関係者、地元行政機関、河川行政機関等からなる委員会を 2009 年に設立し、諸々の検討を実施してきた。本稿は、その検討内容および結果を報告する。

2. 宮中取水ダム魚道の課題

① ダム下流部との流れの連続性が確保されていないこと

宮中取水ダム魚道は右岸側に設置されているが、滞筋が左岸側に形成されていることから遡上した魚類が魚道入口へ到達しにくい。また写真-2 のように、宮中取水ダムのゲート放流により魚道入口付近に循環流が生じるため魚類が右岸側の魚道へ遡上するための環境を阻害していることが挙げられた。

② 魚道内の流れが不安定であること

既設魚道内は、プールの平面形状が横長で流れが複雑であったことから、流量条件により大きな横波（セイシュ）が発生する場合があった。また越流天端幅が狭く流量条件によっては、泡や流れの乱れ、はく離流が生じる場合があることが挙げられた。



写真 - 1 宮中取水ダム位置



写真-2 魚道入口付近の循環流

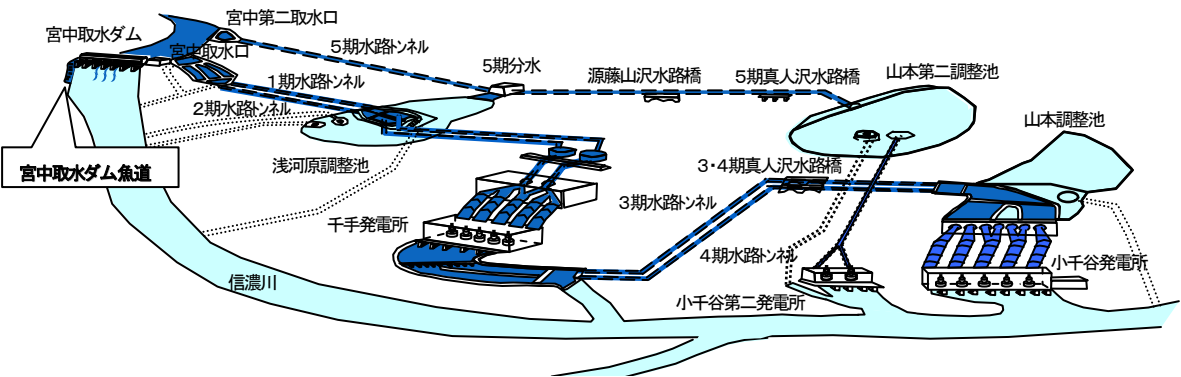


図-1 信濃川発電所管内鳥瞰図

3. ゲート放流方法の変更による改善検討

3-1 検討手法および結果

宮中取水ダムは、左岸側から排砂用ゲート 1 号、2 号、洪水吐用ゲート 3 号～11 号で構成されており、従来は写真 - 3 に示すようなダム中央部に位置する 6 号、7 号、8 号からのダム放流を主体とするゲート操作で運用していた。本検討は、宮中取水ダム下流と魚道の流れの連続性を確保するために、ダム放流方法の変更による主流路形成の検討を行った。

検討方法は、3 号～11 号ゲートでの流況解析後に実際の流況を確認するための現地放流実験を行い、複数のパターンによる組合せを解析モデルに反映させ精度を高めていくこととした。

以上により、写真 - 4 の魚道側に近いダム右岸側を主体とする放流方法へと変更することで、宮中取水ダム下流と魚道との流れの連続性が確保され、魚道への誘引効果のある新放流パターンを見出すことができた。



写真 - 3 旧放流パターン



写真 - 4 新放流パターン

3-2 モニタリング調査による有効性の確認

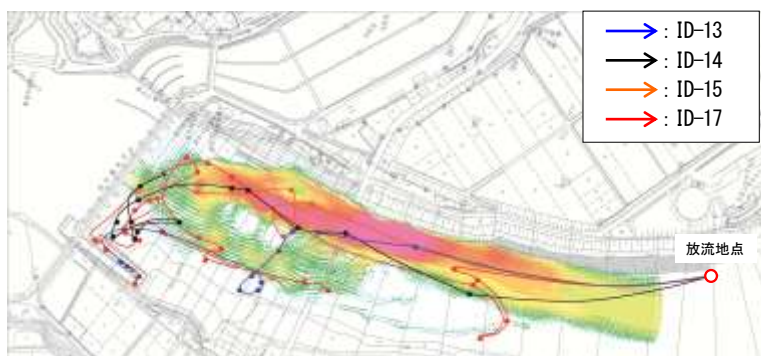
流況解析および現地放流実験で見出した新放流パターンにおける有効性を把握するために、以下の調査を実施した。

3-2-1 サケテレメトリー調査

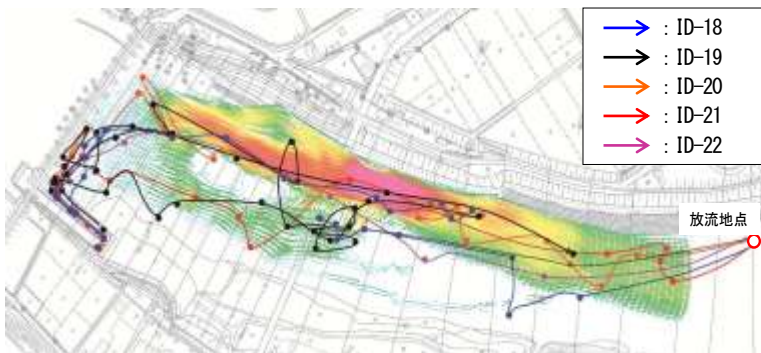
サケに発信機を装着してテレメトリー調査を実施した。なお、テレメトリー調査で移動経路に供する個体数は、旧、新放流パターンともに 5 個体とした。図 - 2 に移動経路の概要を示す。魚道入口部および折返し部までの到達割合は、旧放流パターンで 40%、新放流パターンで 80% だった。以上のことから新放流パターンによる有効性を確認することができた。

3-2-2 アユの迷入個体調査

魚道入口部付近に定置網を上流向きと下流向きの 2 方向で設置しアユの迷入個体調査を実施した。上流向きは遡上個体、下流向きは循環流による迷入個体をそれぞれ対象とした。図-3 より新放流パターンは、循環流による迷入個体が存在しないことから、魚道入口部付近までの遡上経路が連続して確保されており到達しやすい流況環境であることを確認した。



旧放流パターン



新放流パターン

図 - 2 サケ移動経路

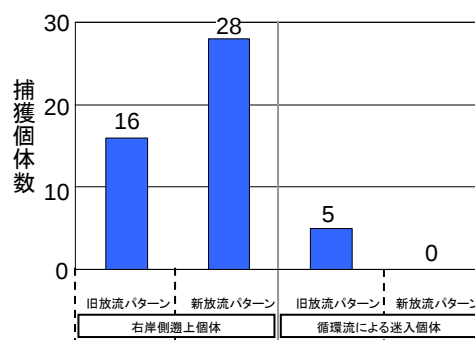


図 - 3 アユの迷入個体調査結果

4. 魚道構造改善

4-1 目的および検討方法

魚道プール内の複雑な流れに伴い発生する大きな横波（セイシュ）および魚道構造により生じるはく離流といった課題を改善するとともに、多様な魚種へ対応するために魚道構造、配置の検討、水理模型実験および現地流況実験を行った。

4-2 主要魚種の選定

宮中取水ダム魚道改築にあたり多様な魚種の遡上に適応するために、現地調査で確認されている魚種および文献調査や聞き取り調査を元に漁業権魚種を含む以下の16種類を選定し、魚道形式の組合せを検討した。

カワヤツメ、ウナギ、コイ、フナ、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、サクラマス（ヤマメ）、カジカ、ヨシノボリ類

4-3 魚道構造改善

宮中取水ダム魚道は、図-4に示すような大型魚道、小型魚道で形成されていた。魚道改築の構造は、改築前の魚道の輪郭を活用しその範囲内を基本に魚道を配置することとした。なお、魚道改築に伴う設計条件を表-1、魚種別の水理特性条件を表-2に示す。

大型魚道は、幅員を10mから8mに縮小するとともに、アイスハーバー型とすることでプール横断方向の流れを抑制し、非越流部背面に流速の静穏域を形成した。小型魚道は、現況の構造で特に問題がないことから、既存の構造形式を採用することにした。また大型魚道、小型魚道の折返しプール部を半円弧形状化するとともに隔壁天端部は、はく離流を解消し滑らかな構造とする複合3円弧形状化を図り、減勢機能効果を高めるためにプール内粗度として底部を玉石張りとした。

また従来の魚道に加えせせらぎ魚道を配置し、より多様な魚種が遡上するための改築を図った。主に遊泳力の小さな水生生物である底生魚、甲殻類を対象とし、遡上経路は図-5に示すとおり蛇行させる構造で1/20程度まで緩勾配化を図った。またプール内は固定しない玉石を設置し任意の水路形状を形成するように整備した。

5. 魚道構造改善に伴う順応的管理およびモニタリング調査結果

5-1 魚道の流況確認

平成24年3月に魚道改築工事が完了し、改善効果を確認するための通水試験を実施した。魚道プール内は設計通りの流れとなったが、大型・小型魚道の折返し部上流で横波（セイシュ）が発生し、流量増加とともに大きな縦波へ発達する流況であった。

この横波（セイシュ）発生は、折返し部から上流までの魚道延長が135mと長く、流れが単調となることや魚道隔壁を滑らかな構造に改築したため直線区間では、流況の乱れが上流から下流へ伝播しやすい状況であったと考えられた。この原因に対する減勢効果、流れの単調化を解消するために、小型魚道で過去に効果を発揮している袋詰玉石配置による流況対策実験を実施した。図-6に袋詰玉石を魚道内に配置するための検討案を示す。

表-2の魚道の設計越流水深、流量範囲を考慮し水面変動、流速および流況確認を4か所で行った結果、袋詰玉石の配置はcase2を採用することとした。

袋詰玉石を横波（セイシュ）が発生した魚道折返し部上流（約50m）に段積みし、段数や配置が最適になるように複数のパターンで設置を検討した。その結果、水面変動が

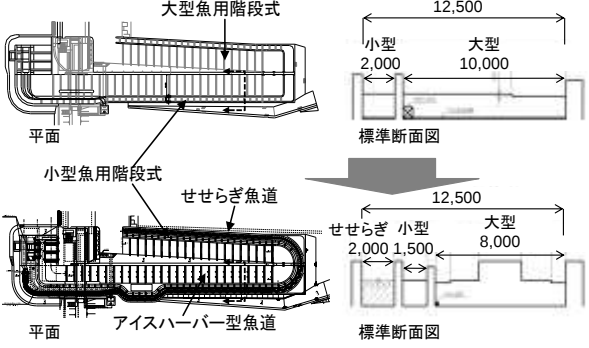


図-4 魚道構造

表-1 設計条件

	大型魚道	小型魚道	せせらぎ魚道
流量	1.637m³/s	0.133m³/s	0.022m³/s
勾配	1/15	1/15	1/17
魚道幅員	5.6m	1.7m	2.58m
越流水深	15～24cm	15cm	-
限界流速	0.99～1.60m/s	0.99m/s	-

表-2 水理特性条件

魚種名	越流水深 (m)	限界流速 (m/s)	流速実測値 (m/s)
【大型魚道】			
サクラマス・サケ・ニジマス	0.24	1.60	1.27～2.43
イワナ・ヤマメ		1.25	
アユ・コイ・フナ・オイカワ ウグイ・ウケクチウグイ・ニゴイ	0.15	0.99	
【小型魚道】			
コイ・フナ・オイカワ・ウグイ ウケクチウグイ・ニゴイ	0.15	0.99	0.87～1.05
【せせらぎ魚道(遊泳力の小さい魚を対象に新設)】			
カジカ・アカザ・ヨシノボリ類 カワヤツメ・ウナギ	—	—	—

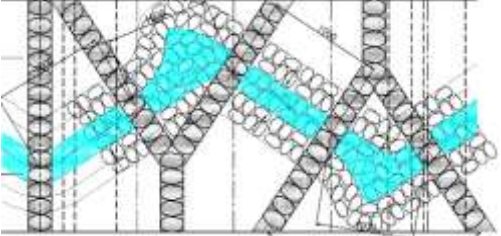


図-5 せせらぎ魚道平面

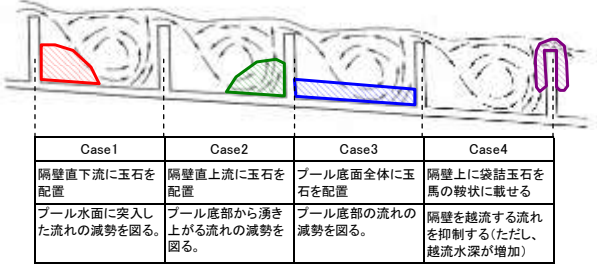


図-6 袋詰玉石の配置検討

大型魚道では設計越流水深 0.15m～0.24m の範囲で約 6cm 程度、小型魚道では 0.13m～0.15m の範囲で約 4cm 程度に抑制できた。以上により横波（セイシュ）を抑制し魚道内の流況を安定することを確認した。

5-2 モニタリング調査結果

魚道構造改善に伴う魚類の遡上状況を把握するために、改築前、改築後に魚道上流端にトラップを設置し、全数採捕調査から確認された魚種の比較を実施した。表-3 に平成 22 年（改築前）、平成 24 年から平成 26 年（改築後）までの魚道上流端における採捕結果の比較表を示す。

宮中取水ダム魚道では、19 種類から 24 種類の魚種を採捕することができ、改築後はウケクチウグイやサクラマス、トウヨシノボリ、ニッコウイワナといった新たな遡上魚種を確認できた。

また魚道改築するうえで設計対象魚種としているトウヨシノボリ類がせせらぎ魚道を選択し遡上しているためせせらぎ魚道の設計効果の有効性を確認することができた。

魚道改築後には、改築前の魚種 14 種類も遡上していることから、遡上環境の保全と創造を図ることができた。

5-3 フラッシュ放流調査

せせらぎ魚道は、出水時のダムゲート放流により魚道入口部に細粒土が堆積しやすい環境であり、魚道折返し部の上流の玉石には、付着藻類が繁茂していた。その結果、遊泳力の小さな魚種の遡上環境を阻害することから、維持管理での課題となっていた。そこで通常流しているせせらぎ魚道の流量 0.022m³/s（水深 0.08m）を一定時間、流量を増加させ細粒土および付着藻類を除去するためのフラッシュ放流を実施した。流量を最大で 0.123m³/s（水深 0.2m）とし約 1 時間のフラッシュ放流を行うことで送流効果の確認を行った。

フラッシュ放流後は、写真 - 5 のように魚道入口部に堆積していた深さ約 0.1m 程度の細粒土が送流され河床の玉石を目視で確認することができるようになった。また魚道折返し部上流区間に多く繁茂していた付着藻類は、主に流心部で送流、除去されており剥離を確認した。以上によりせせらぎ魚道内のフラッシュ放流による維持管理上の有効性を確認するとともに遊泳力の小さな魚種の遡上環境の維持を確認できた。

6. 結論

宮中取水ダムにおける 2 つの課題を解消するために、ダム放流方法の見直しおよび魚道構造を改善することで以下の評価を受けた。

- ・流況解析および現地放流実験を組み合わせることにより、魚道とダム下流部の流れの連続性を確保する新放流パターンを見出すとともに、実魚の遡上効果を検証することで新放流パターンの有効性を確認した。
- ・従来の大型魚道、小型魚道の構造に加え、遊泳力の小さい水生生物に適したせせらぎ魚道を整備し、信濃川中流域の水生生物の多様性に対応した魚道へと改善することができた。
- ・モニタリング調査により多様な魚種の遡上が確認され、遡上環境の保全および創造性の有効性を検証できた。

今後も、宮中取水ダム魚道を実運用していくうえで、目的としている機能を果たしているかを引き続きモニタリングして順応的管理を行うとともに、水力発電と河川環境との調和に取り組んでいく。

表 - 3 魚道上流端における採捕結果

目名	科名	種名	平成22年度		平成24年度				平成25年度			平成26年度		
			【改築前】		【改築後】				【改築後】			【改築後】		
			大型魚道	小型魚道	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	大型魚道	小型魚道	せせらぎ魚道	大型魚道
ウナギ	ウナギ	ウナギ		○		○								
ヤツメ	ヤツメ	カワヤツメ												
ウナギ	ウナギ	ウナギ												
コイ	コイ	ドンゾウ												
		オイカブ	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
		カマツバ												
		アブラハヤ												
		ウケクチウグイ												
		ウグイ	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
		セツゴ												
		ビロウガイ	○		○	○		○				○		
		タモロコ												○
		カマツカ	○	○	○	○		○	○			○	○	
		フナ(フナ属)												
		コイ												
		ニギイ	○		○	○		○	○			○		
		スゴモロコ												
ドジョウ	ドジョウ	スゴモロコ属	○	○								○	○	
		カラダジョウ												
		ドジョウ												○
		シマドジョウ												○
		シマドジョウ属												
ナマス	ナマス	ナマス	○	○	○			○	○			○	○	
		アカザ												
		アユ	○	○	○	○	○	○	○			○	○	
サケ	サケ	ニギマス												
		サクラマス												
		ヤマメ	○	○	○	○	○	○	○			○	○	
		サケ												
		ニッコウイワナ												
カサゴ	カサゴ	カサゴ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
スズキ	サンフィッシュ	コクチバス			○	○		○				○		
		オオクチバス												
		オオヨシノボリ		○										
ハゼ	ハゼ	トウヨシノボリ								○	○		○	○
		ヨシノボリ属		○										
6目	11科	29種	10種	12種	14種	14種	9種	17種	13種	10種	14種	11種	7種	
			14種		22種				24種			19種		



写真 - 5 フラッシュ放流前後