

現地放流実験を利用した魚道施設とその操作方法の改善に向けた検討

○空閑 徹也*1 永矢 貴之*4
森山 泰明*2 澤樹 征司*5
栢本 拓 *3

1. はじめに

信濃川は、流域面積 11,900km²、流路延長 367km の日本で最も長い河川である。東日本旅客鉄道(株) (以下、JR 東日本という) が所有する宮中取水ダムは、信濃川の中流部、河口から 134km に位置する 1939 年に完成した流域面積 7,841km² の水力発電用取水ダムであり、発電された電力は上越線や首都圏を走る電車の重要な動力として利用されている。

宮中取水ダムの位置を図一1 に、魚道の位置を図一2 に示す。宮中取水ダムの魚道は、総落差約 11m で、右岸側に設置されている。

この宮中取水ダム魚道には、信濃川中流域水環境改善検討協議会における調査から下記の課題が挙げられている。

- (1) 魚道とダム下流部との流れの連続性の確保
- (2) 魚道内の不安定な流れ

JR 東日本は、これらの課題を改善するために、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 年に設置し、諸々の検討を実施してきた。

本論文は、上記の課題を解決するために実施した検討の内容とその結果を報告するものである。

2. 宮中取水ダム魚道をめぐる課題

宮中取水ダムの魚道における課題は、以下の 2 点に大別された。

① 魚道とダム下流部との流れの連続性の確保

流れの連続性に関する課題は、下記のとおりであった。

- 滞筋と魚道が反対側に位置しているため、遡上してきた魚が魚道入口に到達しにくい (図一2 参照)
- ゲート放流によって魚道入口付近に循環流が生じているため、魚道に進入しにくい (図一3 参照)¹⁾

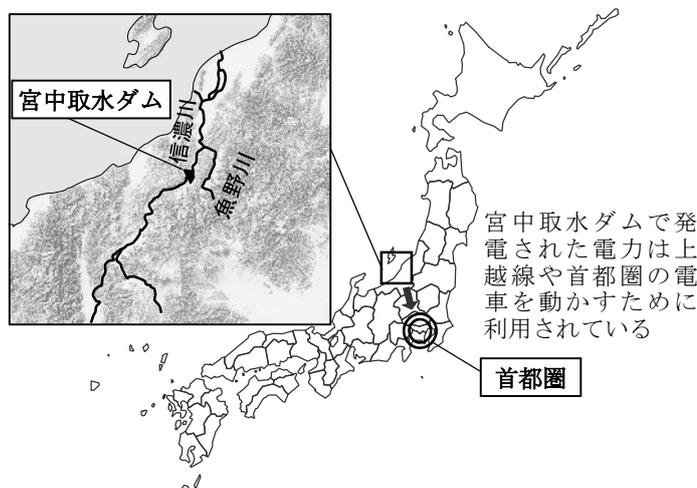
② 魚道内の不安定な流れ

既設魚道内の流れは、小型魚用魚道では問題なかったが、大型魚用魚道では次の課題があった。

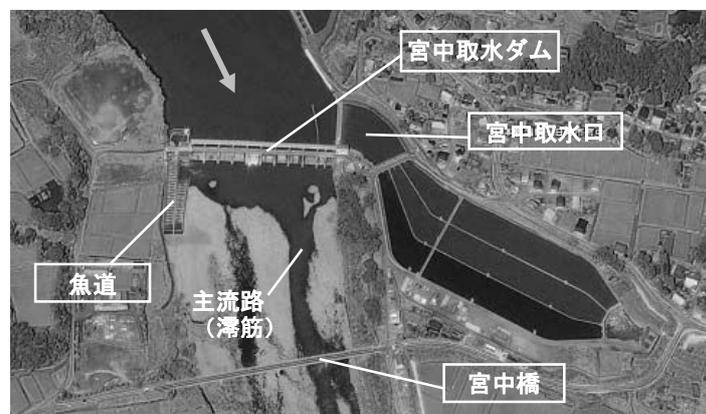
- プールの平面形状が横長で、プール内の流れが複雑である
- 流量条件によっては、横波(セイシュ)が発生する

3. 河川環境の改善に向けた操作方法の検討

(1) 目的と検討手法



図一1 宮中取水ダムの位置図



図一2 宮中取水ダム魚道の位置

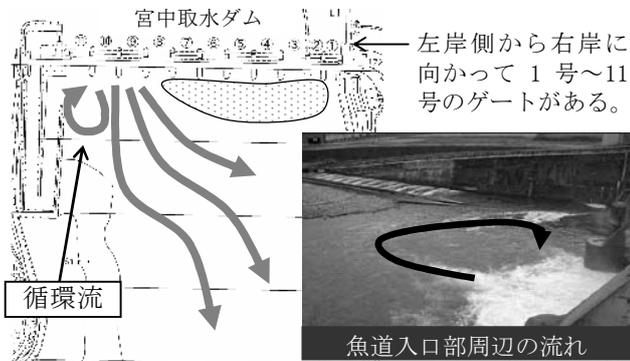
*1 東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善事務所 河川環境調査グループ

*2 東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善事務所 河川環境調査グループ 課長

*3 東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善事務所 河川環境調査グループ 副課長

*4 (株)建設技術研究所 東京本社 河川部 次長

*5 (株)建設技術研究所 東京本社 環境部 グループリーダー

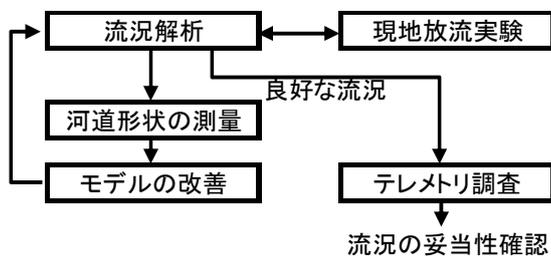


図一三 魚道入口の近くに形成される循環流

宮中取水ダム魚道とダム下流部との流れの連続性を確保し、遡上魚が迷うことなく魚道入口に到達できるような流況を実現するため、排砂用 1,2 号ゲートを除く、洪水吐用 3~11 号ゲートからの放流パターンについて検討を行った。

検討は、数値水理解析と現地放流実験を組み合わせ、実際の流況を確認することによって解析モデルの精度を高めていき、有効な放流パターンを見出した。さらに、最良と評価した放流パターンに対して、サケを用いたテレメトリ調査を実施し、河川内での実魚の移動経路を明らかにすることによって、その有効性を実証した。

検討手法の概念図を図一四に示す。



図一四 流れの連続性確保に対する検討手法概念図

(2) 流況解析と現地実験による放流パターン検討

① 数値解析の方法

数値解析は、遡上環境改善効果を確認するための平常時の解析と、滞筋を右岸側に形成することの可能性を探るための洪水時の解析の 2 タイプの解析を実施した。平常時の解析は、一般座標系による平面二次元モデルを用いた不定流計算による。洪水時の解析モデルは、滞筋形成の可能性を予測するため、平常時の解析で作成した平面二次元不定流モデルに河床変動モデルを組み合わせた。解析範囲は、宮中

取水ダム直下流から 750m の範囲とした。

解析結果は、魚の向流性と遊泳速度をもとに、強い流れの境界部に形成される流速 1.0m/s 程度以下の流れ場が連続的に確保されるか否かという視点で評価した。

② 現地放流実験方法

現地放流実験における調査項目は、流向、流速、死水域・循環流発生状況および気泡発生範囲とした。流速が大きくて気泡が発生するような場所は遡上魚が忌避するという見解があるため、気泡の発生範囲を魚の遡上経路の考察の際の判断材料の一つとした。

調査方法は、浮子を流し、目視とビデオによって流れの状況を把握した。調査範囲は、宮中取水ダム下流の宮中橋までの約 200m の区間とした。

③ 検討結果

1) 魚道とダム下流部との連続性を確保する放流パターンの検討

現地放流実験および平常時流況解析によって、経路を確保するための 2 つの方法について検討を行った。1 つは魚の忌避行動を利用した方法であり、もう 1 つは主流路を形成する方法である。対象流量は、概ね 150~200m³/s の範囲である。検討ケースとその結果を図一五に示す。

右岸側のゲートからの流れによって下流の左岸側の滞筋との連続性を確保することができるため、主流路を形成することによる経路確保案（ケース 3 またはケース 4）が望ましいと判断した。

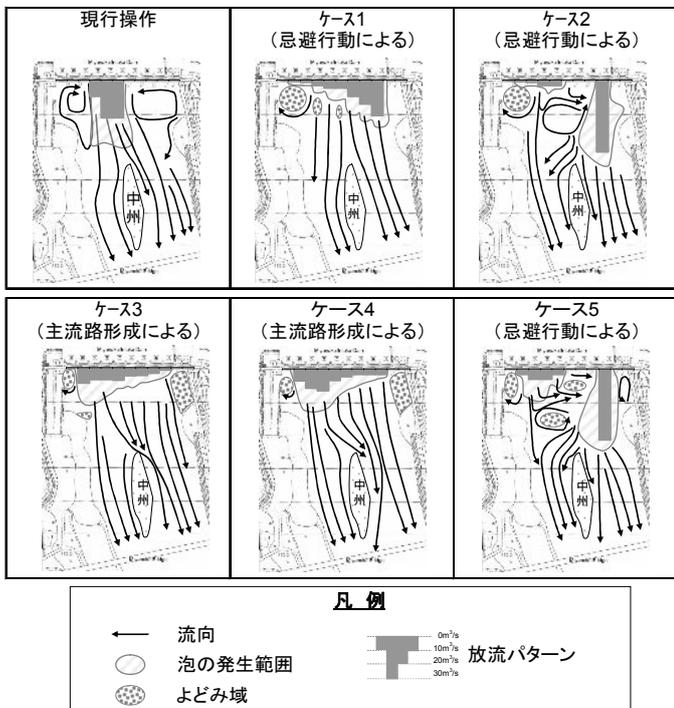
2) 滞筋を形成する可能性の検討

河床変動モデルを組み合わせた洪水時の解析モデルによって、放流するゲートを右岸側に 1 門移動させた場合の滞筋を形成することの可能性を検討した。

流量は、至近 10 ヶ年の平均年最大流量程度と渇水年を除く最低の年最大流量程度の 2 つの実績洪水とした。

解析の結果、宮中取水ダム下流の洗掘箇所が右岸側に移動すること、ならびに、河床変動が下流宮中橋の橋脚など周辺構造物に影響を及ぼさないことが明らかとなった。しかし、洗掘された土砂が宮中橋上流の右岸側に堆積することになり、滞筋に大きな変化はなかった。

3) 新放流パターンの検討

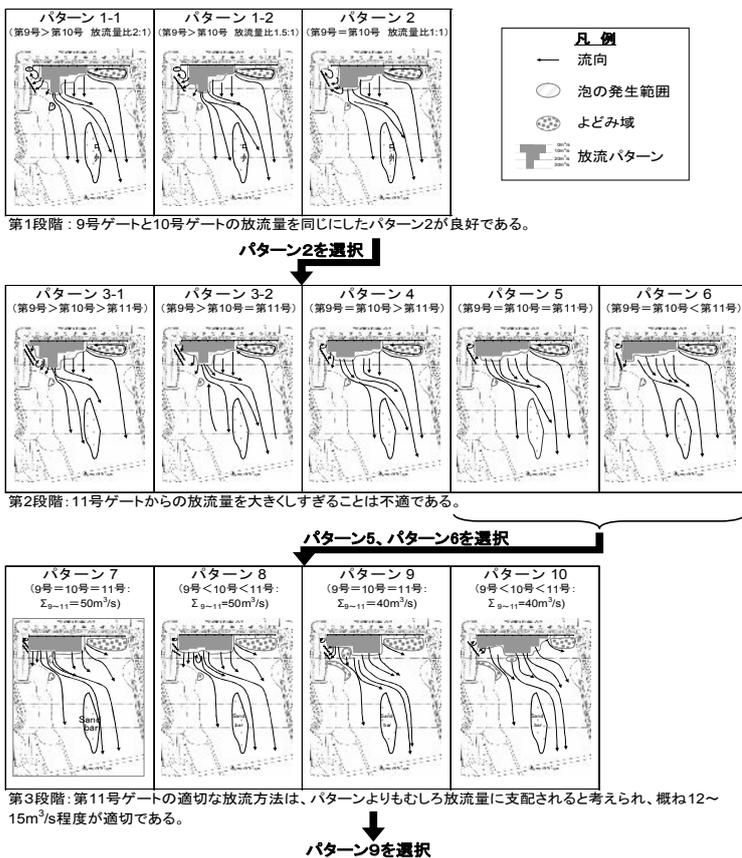


図—5 魚道とダム下流部の連続性を確保するための放流方法の検討結果

魚道とダム下流部との連続性を確保する新放流パターンを策定するために、50~100m³/s 時の放流パターンについて、3段階で検討を行った。

第1段階は、9号ゲートと10号ゲートからの放流方法、第2段階は、11号ゲートからの放流による魚道の入口部の流れの改善効果、第3段階は、6号~11号ゲートからの放流方法である。3段階での検討結果は、図—6に示すとおりである。

以上の検討結果により、主流路形成による経路確



図—6 放流パターンに関する3段階の検討結果

保案を具体化した新放流パターンを作成した。

(3) 実魚の移動状況調査による放流パターンの妥当性確認

① 移動状況調査方法

新放流パターンの効果を把握するために、魚の魚道への到達しやすさを指標として調査を実施した。捕獲したサケに発信器を装着し、ダムの下流で放流して、サケの遡上ルートを調査した。

ケースは、以下に示す2つの放流パターンとした。

ケース1：旧放流パターン

ケース2：新放流パターン

1) 供試魚

供試魚は、宮中取水ダムの魚道の折返し部に設置したサケ採捕用カゴで捕獲されたものを用いた。実験に使用する個体数は1ケース5個体とした。

2) 発信器の装着

いけすにおいてサケに発信器を装着し、発信機を吐き出さないことを確認するため、1日程度落ち着かせた。

3) 供試魚の放流

放流地点は、宮中取水ダムの下流約1kmの左岸側とした。放流予定前日の朝に放流パターンを変更し、1日間下流河川の環境に馴染ませた。

② 調査結果

1) 魚道付近への到達率

遡上と降下を数回繰り返した個体については、そのたびに再度、カウントした。8号ゲート前を通過して遡上する個体数に差があり、折返し部まで到達した魚の数の比率はケース1が40%、ケース2が80%であることから、ケース2の方が適切であることが明らかとなった。

2) 魚の河川の中での移動経路

供試魚の河川内移動経路と流況解析結果によって以下のことが明らかとなっている。

- 放流地点からダム堤体に至る区間については、ケース1、2の両方とも、ダム放流水の滞筋の両脇及び右岸側の浅い平瀬の二箇所を遡上した。
- ケース1の場合には、第8号ゲートより右岸側で下流に降下する個体がみられた。
- ケース2の場合には、第8号から第11号のゲートの前面から魚道入口の付近までの区間において、魚の滞留がみられた。

流況解析結果と移動経路を対比すると、強い流れの境界部に形成される流速1.0m/s以下の流れ場を遡上する個体が多い。この事実、解析

結果の評価方法が妥当であることを示している。

4. 河川環境の改善に向けた魚道施設の検討

(1) 目的と検討手法

魚道における課題を解決することに加え、より多様な魚種への対応を目指し、魚道配置・魚道形式の検討を実施した。

魚道内の流況が不安定である点については、机上水理検討、水理模型実験および現地通水実験を組み合わせ、改善魚道の設計および運用方法の検討を行った。

(2) 対象魚

魚道の対象魚は、当該地点に生息する主要魚種として、以下に示す16種とした。

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

(3) 魚道配置と形式

魚道構造の改善は、1988年に改築された魚道の外郭を活用し、その範囲内を基本に改善魚道を配置することとした。魚道形式については、遊泳力の小さな魚や底生魚を含めた多様な魚種にも対応するために、従来の大型魚用魚道、小型魚用魚道に加えて、粗石を使用した緩勾配の魚道(せせらぎ魚道)を設置することとした。せせらぎ魚道は、既設の小型魚用魚道の水路内に幅25cmで蛇行状に配置し、勾配は1/20である。

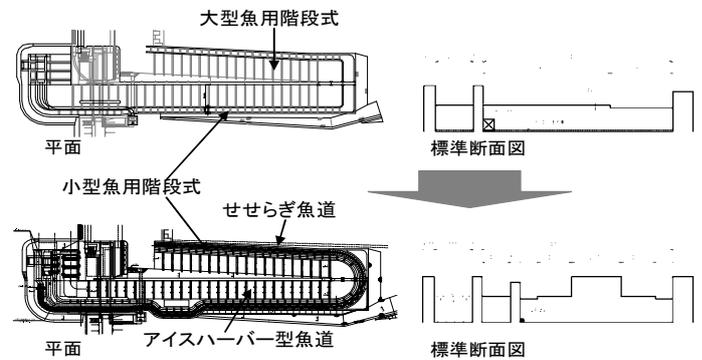
大型魚用魚道は、横長のプール平面形状に起因するプール内の複雑な流況を回避すること、および、横波対策が必要であった。そのため、魚道の幅員を10mから8mに縮小し、アイスハーバー型魚道への改善と折返しプールの半円形状化、カゴ詰め玉石工の魚道内への配置を行った。

小型魚用魚道については、既設魚道で良好な流況が得られ、遡上調査においても成績がよかったことから、従来の形状を移設するとともに、カゴ詰め玉石工の配置を行った。

魚道構造の改善計画の概要を図一7に示す。

これらの改善効果については、通水試験によって以下のことが明らかとなっている。

- 横波が抑制され安定した流況を維持できること
- 越流部の必要水深が確保できること
- 定位および遡上可能な流れ場が越流部下流に形成されること
- 非越流部下流に休息空間となりうる静穏域が形



図一7 魚道構造改善計画の概要

成されること

5. 地域共生に向けた施設の改善および活動

JR 東日本では、ダム放流量と河川環境への影響を調査することを目的とした試験放流を2010～2014年度まで実施するとともに、2012年度には地域との共生の一環として魚道観察室を設置し、せせらぎ魚道と合わせて親水性向上等を図った。

6. 結論

JR 東日本は、宮中取水ダムの魚道における課題を解決するために、諸々の検討を実施してきた。

- 流況解析と現地放流実験を組み合わせることによって、有効な放流パターンを見出した。さらに、実魚の河川内行動履歴を把握することによって、その有効性を実証した。
- 多様な魚種に対する遡上環境改善のためにせせらぎ魚道を新設するとともに、アイスハーバー型魚道の採用等によって流況の安定を図られた。
- 地域との共生の一環としてせせらぎ魚道や魚道観察室の利用による親水性向上等を図ると共に河川環境と水力発電との調和に向けて取り組んでいく。

謝辞

本論文の執筆に際しては、本間義治新潟大学名誉教授から多大なるご指導・ご鞭撻をいただいた。また、本検討に際しては、浅枝隆埼玉大学教授および陸旻校長岡技術科学大学教授からも重要な技術的助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) CHARLES H. CLAY. *Design of Fishways and Other Fish Facilities (Second Edition)*, Lewis Publishers : pp. 63-73, 1995
- 2) ダム水源地環境整備センター編 *最新魚道の設計-魚道と関連施設*, 信山社サイテック : p. 304, 1998