

宮中取水ダムにおけるせせらぎ魚道の新設とモニタリング

○空閑 徹也*1 澤村 里志*4
森山 泰明*2 竹内 洋介*5
枡本 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、信濃川河口から 134km に位置する集水面積 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 - 1 に、魚道の位置を図 - 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。

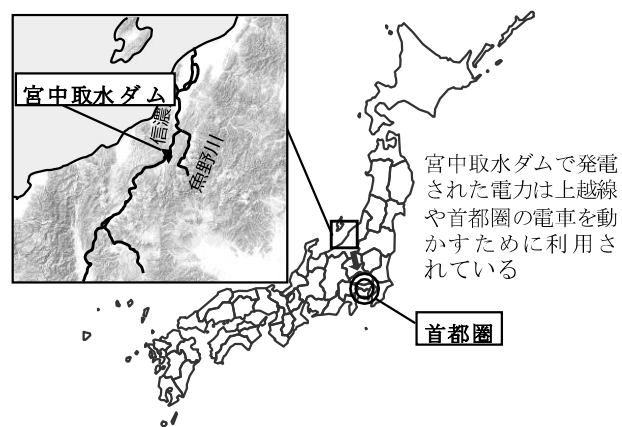


図 - 1 宮中取水ダムの位置図

この宮中取水ダム魚道には、下記の課題が挙げられた。

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

JR 東日本は、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信濃川発電所宮中取水ダム魚道構造改善検討委員会を 2009 年に設置し、諸々の検討を実施し、従来の大型・小型魚道の改築及び遊泳力の小さな水生生物である底生魚・甲殻類が遡上可能なせせらぎ魚道の新設を実施した。

本稿は、改築後の魚道の順応的管理、せせらぎ魚道及び大型・小型魚道の改築前後のモニタリング調査結果を報告するものである。

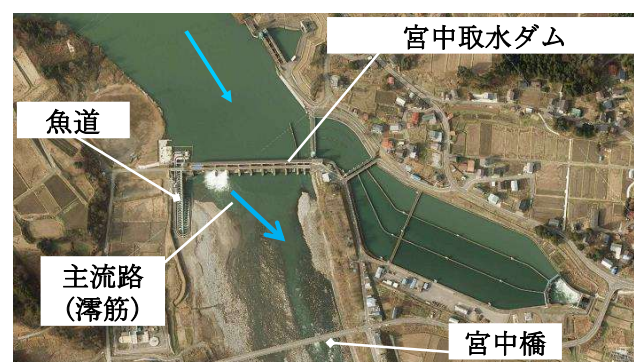


図 - 2 宮中取水ダム魚道の位置

2. 宮中取水ダム魚道形式と配置

魚道形式の組合せの検討においては、現地調査で確認されている魚種、文献調査や聞き取り調査を元に漁業権魚種を含む 16 種類（カワヤツメ、ウナギ、コイ、フナ、オイカワ、ウグイ、ウケチウグイ、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）を 3 つの魚道（大型魚用魚道、小型魚用魚道、粗石を使用した緩勾配の魚道（せせらぎ魚道））の主な対象魚種として選定した。改築前の大型魚用魚道は、横長の平面形状に起因するプール内の複雑な流況の解消と横波対策が必要であったため、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。この他、潜孔と切り欠きの交互配置を取りやめ、潜孔は片側のみの配置とした。また、小型魚用魚道については、改築前の魚道で良好な流況が得られており、魚類の遡上調査においても特段問題がなかったことから、従来形状を移設することとし、魚道改築に合わせて折返しプールの半円形状化とカゴ詰め玉石工の配置を実施した。新たに整備したせせらぎ魚道は、遊泳力の小さな魚や底生魚、甲殻類を含めた多様な魚種にも対応するために、既設の小型魚用魚道の水路内に幅 0.25m で蛇行状に配置（勾配 1/20）

*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(発表者)

*2 東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善推進部 河川環境グループ 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 課長

*4 東日本旅客鉄道(株) 信濃川発電所業務改善推進部 河川環境グループ

*5 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

し、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配置した。

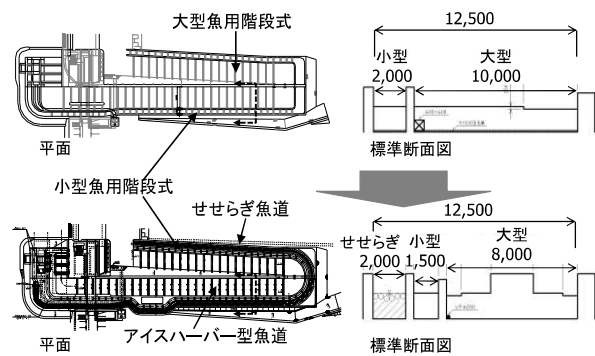


図 - 3 魚道平面図・断面図（改築前後）

表 - 1 魚道形式の組合せ

魚道形式	特 徴	主な対象魚種
大型魚用魚道 (アイスハーバー型 魚道)	・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、イナ、ヤマメ、コ イ、ウグイ、ウケチウグイ、ニゴイ 【切欠部】サケ、サクラマス、コジマス
小型魚用魚道 (階段式魚道)	・実績が豊富 ・改築前も流況が良好	・フナ、オイカワ
せせらぎ魚道	・底生魚・甲殻類にも対応	・カヤツメ、ウギ、アザガ、ガジカ、 ヨシノボリ類

魚道配置にあたっては、机上水理検討、現地通水実験を組み合わせ、魚道の設計・運用方法の検討を行い、魚道内の横波や複雑な流れを安定させ、安定した流況が維持されることを確認した。

改築後に実施した通水試験においては、大型魚用魚道一般部・小型魚用魚道で全対象魚が遡上可能な越流水深 0.15m の流況が安定していることを確認した。また大型魚用魚道でも大型遡上魚のサクラマス・サケが遡上可能な越流水深 0.24m の流況が安定していることを確認した。

3. 魚道の順応的管理

改築後は、魚道が目標とした機能を発揮しているかどうかをモニタリングにより検証し、順応的管理を行っている。

(1) フラッシュ放流とモニタリング

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し、維持管理の課題となっていた。そこで通常のせせらぎ魚道の流量 0.022m³/s（水深 0.08m）を一定時間増加させ、細粒土および付着藻類を掃流するためのフラッシュ放流を 2013 年に実施した。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い、前後 3 日間、以下の 5 項目について調査・確認を行った。

① 土砂掃流調査

フラッシュ放流試験の放流前・放流中・放流後において、定点写真および定点動画の撮影を行い、せせらぎ魚道内の堆積土砂の掃流状況を確認した。フラッシュ放流後は、写真 - 1 のように魚道入口部に堆積していた深さ約 1cm 程度の細粒土が掃流され、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。

② 河床材料調査

フラッシュ放流試験前後において、せせらぎ魚道折返し部から下流側にかけて河床材料調査を行い、粒径分布の比較を行った。河床材料調査は、せせらぎ魚道内の堆積物を採取し、室内ふるい分け試験を行った。フラッシュ放流前後で河床材料の粒径を分析した結果、魚道折返し部では主に 2mm 以下の砂が減少しており、これらが下流に掃流されていたことが示された。また魚道折返し下流部では、最大で 20～30mm 程度の小礫が掃流され、固定しない玉石（100mm～150mm）は掃流されていないことを確認した。

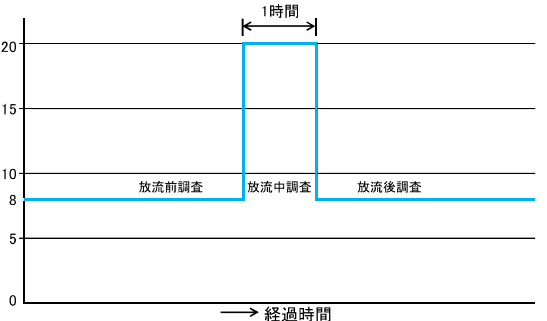


図 - 4 フラッシュ放流時の越流水深変化の概念図

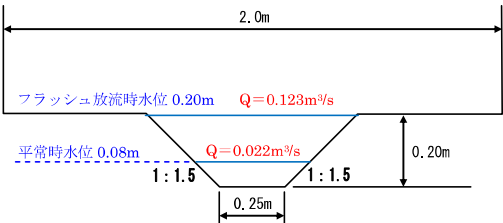


図 - 5 フラッシュ放流時の水位および流量



写真 - 1 フラッシュ放流前後の土砂掃流

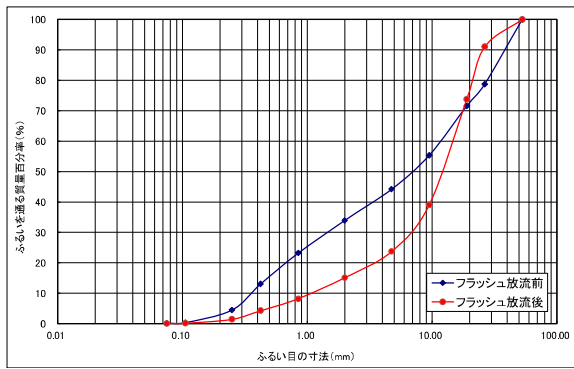


図 - 6 魚道折返し部の土砂粒径分布

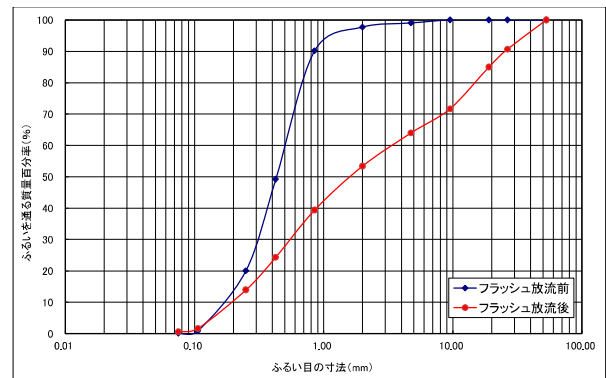


図 - 7 魚道折返し部下流の土砂粒径分布

③ 付着藻類調査

フラッシュ放流前後で藻類の剥離状況について写真撮影を行うとともに、5cm×5cm のコドラート採集による定量調査を実施した。撮影した写真より、魚道折返し部より上流の区間に多く繁茂していた付着藻類は、主に流心部で掃流され剥離したことを確認した。また、魚道入口部では、出水により堆積していたゴミ・小枝等が流出しており、水路内の堆積物の掃流にも効果が認められた。定量調査の付着物量と強熱減量については、魚道折返し部から上流がフラッシュ放流後に減少しているが、魚道折返し部より下流ではやや増加している傾向が見られ、上流部で掃流された藻類の一部が下流部に堆積した影響も考えられる。



図 - 8 フラッシュ放流前後の魚道折返し部上流の付着藻類の状況

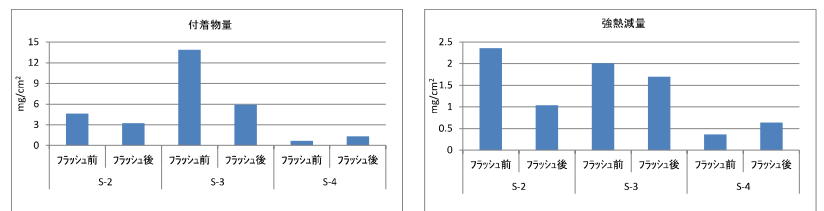


図 - 9 フラッシュ放流前後の付着物量等の分析結果

④ 水質調査

フラッシュ放流前後で pH, DO 等の水質調査を実施した。フラッシュ放流前の pH は、魚道折返し部より上流の S-1 から S-3 にかけて高くなる傾向が見られ、付着藻類の活発な光合成作用によるものと考えられる。フラッシュ放流後の pH は魚道折返し部より上流の S-1 から下流にかけてやや高くなっているが、放流前と比較すると上昇が抑えられている。また、DO 飽和率についてフラッシュ放流前後を比較すると、放流後は飽和率の上昇が抑えられているため、付着藻類の剥離・流送によって光合成作用による影響が減少した結果であると考えられる。

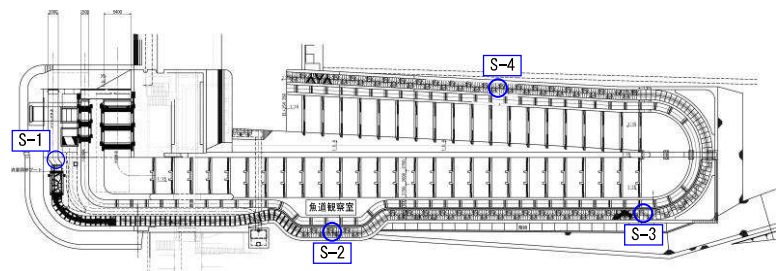


図 - 10 せせらぎ魚道水質・底生動物調査地点

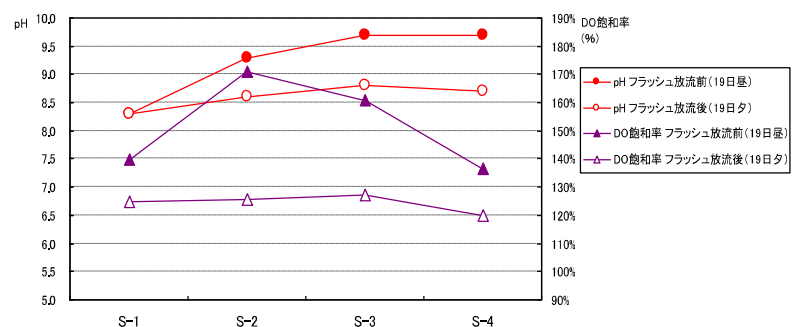


図 - 11 フラッシュ放流前後の pH 及び DO 飽和率の変化

⑤ 底生動物調査

フラッシュ放流前後において、D フレームネットを使用して定性調査を行うとともに、50cm×50cm のサーバーネットを使用して定量調査を実施した。種数については、魚道折返し部より上流の S-2 と S-3 ではフラッシュ放流後にやや増加したが、魚道折返し部より下流の S-4 では減少した。フラッシュ放流後に確認されなかった種や新たに確認された種の多くは確認個体数が 1~2 個体と僅かであったことから、底生動物相が著しく変化したものではないと考えられる。個体数については、魚道折返し部より上流の S-2 で減少したが、下流側の S-3 と S-4 では増加し、下流に向かって増加量が大きくなった。しかしながら、一定期間が経過すれば移動等によってフラッシュ放流前の状態に復元することが考えられるため、フラッシュ放流によって底生動物相に大きな

影響を与えることはないと考えられる。

以上をまとめると、せせらぎ魚道のフラッシュ放流によって細粒土および付着藻類が掃流されることで、遊泳力の小さな魚種の遡上環境の維持を確認するとともに、付着藻類の掃流によって光合成作用が抑制され、水質が改善されることを確認し、フラッシュ放流の有効性を確認できた。

(2) 遡上状況のモニタリング

魚道構造改善に伴う魚種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-2 に 2010 年度（改築前）、2012 年度から 2014 年度（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。また魚道改築の設計対象魚種であ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。

4. 結論

- ・従来の大型魚用魚道、小型魚用魚道の配置に加え、新たに遊泳力の小さい水生生物に対応したせせらぎ魚道を配置し、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。
- ・順応的管理によるせせらぎ魚道のフラッシュ放流や継続的なモニタリングによって、遡上環境の保全・創造等の有効性を実証した。
- ・フラッシュ放流の有効性が確認できたため、融雪出水後にせせらぎ魚道入口部が土砂で閉塞され水域の連続性が確保できなくなった場合や晴天が続く藻類が異常繁茂した場合など、必要に応じてフラッシュ放流を実施し、順応的管理を行っている。

5. 今後の課題

魚道のモニタリングを継続するとともに、必要に応じて洪水期モニタリング、鳥類飛来状況、カジカ産卵状況、水際植物、餌料生物、河床材料等の調査を実施し、更なる順応的管理を行っていく。ま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。

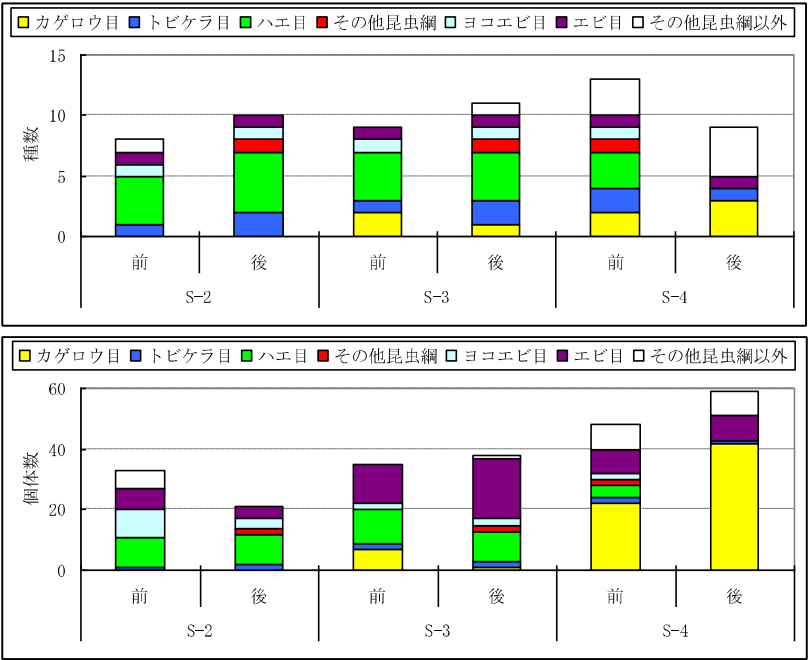


図 - 12 フラッシュ放流前後の底生動物の種数と個体数の変化

表 - 2 魚道上流端における採捕結果

目名	科名	種名	2010年度		2012年度			2013年度			2014年度			
			【改築前】			【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	
ウナギ	ウナギ	ウナギ	○		○			○						
コイ	コイ	ギンブナ		○	○	○		○						
		オイカワ	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	
		カワムツ			○		○					○		
		アブラハヤ		○		○		○		○			○	
		ウケクチウグイ			○									
		ウグイ	○	○	○	○		○		○	○	○		
		モツゴ					○							
		ビワヒギ	○		○	○		○			○			
		タモロコ							○				○	
		カマツカ	○	○	○	○		○			○	○		
		ニゴイ	○		○	○		○	○					
		スゴモロコ			○	○					○	○		
スゴモロコ属	○	○												
		コイ科種魚								○				
ドジョウ		カラドジョウ								○				
		ドジョウ										○		
		シマドジョウ					○			○		○		
ナマズ	ギギ	ギギ	○	○	○			○	○			○		
	ナマズ	ナマズ												
	アカザ	アカザ					○			○				
サケ	アユ	アユ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		ニジマス			○			○	○					
		サクラマス			○			○						
	サケ	ヤマメ	○	○	○	○	○	○			○	○		
カサゴ		ニッコウイワナ					○	○			○			
		ブラウントラウト					○	○						
	カサゴ	カジカ	○	○	○	○	○		○	○	○	○		
スズキ		サンフィッシュ			○	○	○			○	○			
		コクチバス			○			○						
		オオクチバス							○					
ハゼ		オオヨシノボリ												
		トクヨシノボリ		○			○		○		○	○		
		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			