

レポート REPORT

宮中取水ダムにおける魚類の遡上と生息に配慮した魚道内植生の順応的管理

青木 崇*・青木 克憲・枅本 拓

東日本旅客鉄道株式会社 エネルギー管理センター 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目2-2

Takashi AOKI*, Katsunori AOKI, Taku MASUMOTO: Adaptive management of vegetation in the fishway for fish runs and habitat in Miyanaka Intake-Dam on the Shinano River. *Ecol. Civil Eng.* 23(2), 357-363, 2021

East Japan Railway Company, Energy Management Center, 2-2-2, Yoyogi, Shibuya-ku, Tokyo 151-8578, Japan



1. はじめに

河道の連続性は、川を移動する魚にとって不可欠な要件であるが、ダムや堰の建設により失われることが多い。したがって、これらの問題を解決するために魚道が開発された (Branco et al. 2013; Thorstad et al. 2008)。ただし、それらは主に世界中の多くの地域で商業的に重要である、タイセイヨウサケ *Salmo Salar* やパシフィックサーモン *Oncorhynchus* spp などのサケ科魚類を対象としている (Hatry et al. 2013; Zavolokin et al. 2014; Jonsson and Jonsson 2011)。魚道のほとんどは、魚道内部の流速を下げるためにいくつかのコンクリートの壁と底でできている (Cheong et al. 2006)。しかし、欧米で対象とする大型のサケ科魚類には十分であるものの、流量が多い場合、多くの種にとって魚道内の流速は大きく、遡上を困難にしている (Slavík et al. 2009; Lundqvist et al. 2008)。また、魚道の底に河床材料がないこともよくある。河床材料は、底生魚やその他の生物の生息に適応するために不可欠な要件である (Gard 2002; Crosa et al. 2010)。したがって、河道の生物多様性を維持するためには、これらの通常のスタイル以外の魚道が必要と考えられる。

東日本旅客鉄道株式会社が所有する信濃川発電所宮中取水ダムは、新潟市の信濃川河口から約 134 km、大河津分水路との分岐点から約 74.5 km の新潟県十日町市

に位置する水力発電用の取水ダムで、ダムの右岸側に落差 11 m、流路延長約 250 m の魚道が設置されている。

魚道は、ダムが完成した 1939 年から設置されている。そして 2011 年度には、1988 年以来 2 度目の魚道構造改善を実施し、ゲートからの放流方法を変更して魚道と下流の滞筋との連続性を確保すると共に、大型魚道、小型魚道の他に、せせらぎ魚道の 3 種の魚道を新設 (図 1) した。せせらぎ魚道は、河道の生物多様性を維持するため、15 cm 程度の玉石を河床材料とし、コンクリートの隔壁により流路とたまり場を構築する設計となっている。水深は 0.15 m、流速は 0.54 m/s に設定され、トウヨシノボリ *Rhinogobius kurodai* やシマドジョウ *Cobitis biwae*、モツゴ *Pseudorasbora parva* といった底生魚や遊泳力の小さな魚類の重要な魚道となっている。また、親水性向上や環境教育の場の提供を図り、地域との共生を目指すと共に、河川環境と水力発電との調和に向けて取り組んでいくことを目的に、せせらぎ魚道とあわせて魚道観察室も新設した。

2012 年 3 月の魚道構造改善において、魚道内には特に植生を施さなかったため、植物が何も生育していない状態であった。同年夏季には生態系被害防止外来種 (環境省・農林水産省 2015) であるアメリカセンダングサ *Bidens frondosa* がせせらぎ魚道の流路を阻害するほどに異常繁茂している状況を維持管理の過程で確認したが、引き抜き除去により翌年度以降に同種の繁茂は確認されなくなった。このように、せせらぎ魚道と魚道周辺には多くの植物が生育しており、植生の繁茂により流路やた

2020 年 6 月 11 日受付, 2020 年 12 月 22 日受理

*e-mail: aoki-takashi@jreast.co.jp



図1. 新設時のせせらぎ魚道（2012年3月）. 信濃川の宮中取水ダムに、魚道構造改善により“せせらぎ魚道”を新設.

表1. 2015年度以降の魚道におけるモニタリング結果（種類数）.

	2015	2016	2017	2018	2019
大型魚道	12	12	12	11	9
小型魚道	9	9	13	8	10
せせらぎ魚道	15	12	15	15	16
全体	21	19	24	19	21

せせらぎ魚道で魚道全体の約6～8割の魚種を確認.

まり場が閉塞する懸念や、せせらぎ魚道を散策したり魚道観察室から観察したりする際の見えやすさへの配慮から、魚道における植生の維持管理が課題となった.

本稿では、魚道内植生の順応的管理として、同植生変化のモニタリング結果と今後の管理の最適化に向けた展望を報告する.

2. 魚道における植生状況把握調査

(1) 材料と方法

宮中取水ダム魚道では、2012年度から2020年まで継続して魚道の遡上状況を確認するモニタリング調査を実施しており、2015年度以降のせせらぎ魚道では、前述の3種類に加えてアカザ *Liobagrus reini*, カジカ *Cottus pollux*, オイカワ *Zacco platypus* など12～16種、魚道全体の確認種の約6～8割を占める（表1）.

せせらぎ魚道の完成直後の2012年の夏、せせらぎ魚道においてアメリカセンダングサ *B. frondosa* の異常繁茂が確認されたことから、今後の効率的な除去に向けた現況把握のために、植物の種が確認しやすい時期を考慮して、2013年の初夏期（6月）と夏季（8月）の2回に

わたってせせらぎ魚道及び魚道周辺区域で植生状況の把握調査を実施した.

調査は、現地を踏査しながら原則として目視によって生育種を確認した. 種の同定が困難な個体については一部標本として持ち帰り、室内で同定を行った. 確認した種は、在来種と外来種の区分を行い、環境省や新潟県が選定している重要種および特定外来生物に該当する種が確認された場合には、位置を記録した.

(2) 調査結果

調査の結果、初夏期と夏季合わせて32科95種を確認した（図2）. そのうち在来種は64種（67%）で外来種は31種（33%）であり（図3）、多くの河川の帰化植物率が20%前後である（奥田ほか 1996）ことから、外来種の侵入割合が比較的高い結果であった. また、一年草・越年草が全体の約50%、多年草・木本が全体の約50%を占めた（表2）. なお、環境省や新潟県が選定している重要種は確認されなかった. 一方で、エゾノギシギシ *Rumex obtusifolius* 等の生態系被害防止外来種に該当する植物を15種確認し、そのうち特定外来生物は、アレチウリ *Sicyos angulatus*, オオカワヂシャ *Veronica anagallis-aquatica*, オオキンケイギク *Coreopsis lanceolata*

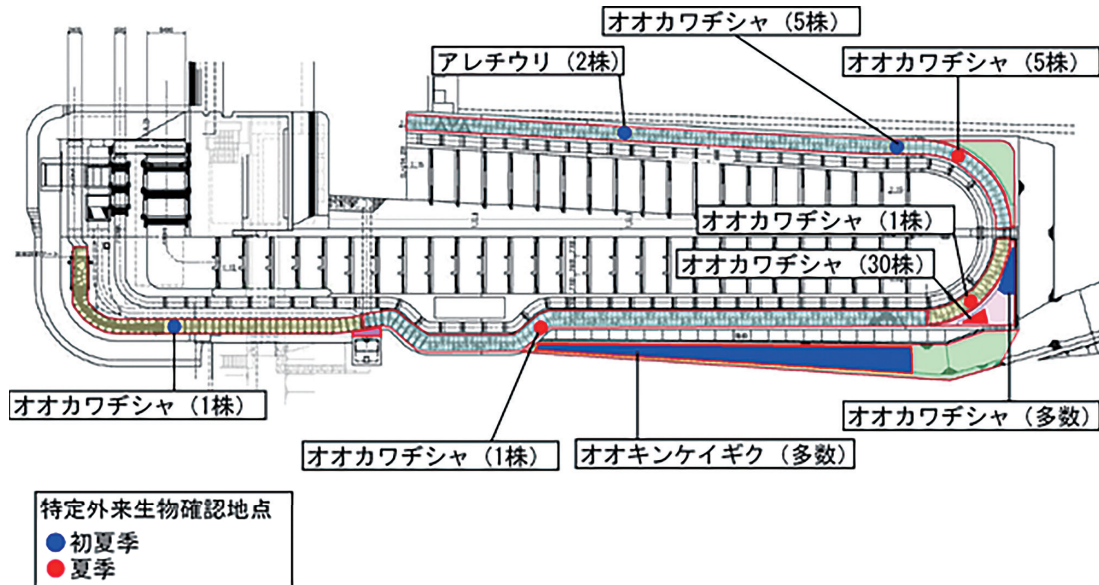


図2. 特定外来生物確認位置図. 植生状況調査の結果, 特定外来生物はアレチウリ, オオカワデシヤ, オオキンケイギクの3種を確認し, 位置を特定.

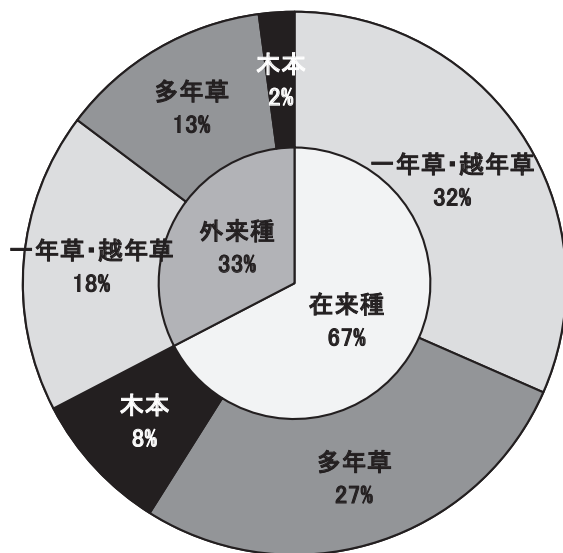


図3. 確認種数の割合.

の3種を確認した.

3. 取り組み指針 (案) の策定と順応的管理

(1) 取り組み指針 (案) の策定

設計の思想と適応した管理の必要性は, さまざまな形態と機能の事例によって示されており, 魚道における生物学的, 水文学的, および地形学的構成要素の相互依存性を認識することが重要である (Zeff 2011). また, 魚

表2. 2013年度植生状況把握調査結果.

区分 (在来種・外来種, 生活型)	種数	割合 (%)
在来種	一年草・越年草	30
	多年草	26
	木本	8
	小計	64
外来種	一年草・越年草	17
	多年草	12
	木本	2
	小計	31
合計	95	100

初夏季と夏季で95種を確認, 外来種は31種 (33%).

群集構造の変化による着生植物バイオマスの増加と利用可能な光の減少を要因とする植生の変化 (Brönmark and Weisner 1990), 地形の不均一性から生成された植生パターン (Ishii 2012), 土壌の種類や管理方法の違いの反映 (Berdowski 1993) などの複雑さが管理上の課題となっている. 順応的管理は, 経験から学ぶしかない複雑な生態系管理のために提唱されており, 管理目的を特定し, 環境評価を行い, 管理行動を計画した上で実装し, 結果を評価するプロセスを繰り返すフィードバック機能

を必要としている (Dale et al. 2006)。

こういった観点から 2014 年, 調査結果を踏まえて, 在来種が優占する植生を目指し, 魚道における植生の維持管理手法について既往の外來種への対策 (リバーフロント整備センター (2008), 国土交通省河川環境課 (2013)) を参考に, 「せせらぎ魚道の外來種防除に係る取り組み指針 (案)」を策定した。同指針 (案) に示した外來植物の防除方法は, 以下のとおりである。

せせらぎ魚道の外來種防除に係る取り組み指針 (案)

- ・せせらぎ魚道及び魚道周辺区域では, 重要種が確認されていないことから, 現実的な管理の実効性を考慮し, 特定外來生物の除去は個体単位ではなく生育範囲の植生をまとめて除去する。なお, 重要種が確認された場合には, 学識者に相談のうえ移植の必要性等の取扱いを検討する。
- ・確認されている 3 種の特定外來生物については, 効果的な防除を行うために, 可能な限り根を含む全体を除去することとし, 根の除去が難しい場合には開花期に高頻度で刈り取りを行う方策を講ずる。
- ・今回確認されたオオカワデシヤ *V. anagallis-aquatica* やオオキンケイギク *C. lanceolata* は, 地表を高密度で被覆し優占群落を形成する種であり, 在来種の発芽や定着を阻害する可能性がある。よって, 今後の維持管理においては, 同種の分布拡大について, 注視する。

(2) 取り組み指針 (案) を踏まえた順応的管理

同指針 (案) を参考に, これまでせせらぎ魚道及び魚道周辺区域の植生について, 特定外來生物はまとめて除草する考え方で維持管理を行ってきたところであるが, 2015 年度の維持管理において, 外來植物のアメリカタカサブロウ *Eclipta alba* や在来種のヒメジソ *Mosla dianthera* などが流路を塞ぐほどに繁茂していることを確認した。

せせらぎ魚道及び周辺におけるこのような植生状況は, その立地環境が影響していると考えられる。せせらぎ魚道の折り返し部より上流側では, 隣接する草地から飛来して来たり, 流れ込んでくる河川水に混在したりする土砂や種子がたまり場の玉石の隙間に漂着して植生となっている。折り返し部より上流側では, 出水による土砂の堆積や流出や植生破壊が生じにくいいため, 外來生物を除去することで在来種主体の植生を安定的に発達させることが比較的可能な環境と考えられる。一方で, 折り返し部や折り返し部より下流側では, 出水による種子を含んだ土砂の堆積とその後の植生の発達が, また出水による堆積土砂の流出とが数年ごとに繰り返され, 植生破壊が



図 4. 調査時のせせらぎ魚道の植生状況。折り返し部や下流側は, 出水による土砂の堆積・流出が数年ごとに繰り返されている。

継続して生じている (図 4)。

このように, せせらぎ魚道及び周辺の植生状況は, 自然の植生発達に委ねられていることから, 日常の維持管理では指針で示した特定外來生物に特化した除去が現実的には実施できておらず, この手法では植生が発達した良好な水環境を維持することができないことがわかってきた。

(3) 順応的管理から得られた管理手法の見直し

せせらぎ魚道の設計段階では, 人為的な植生の形成を計画していなかったが, せせらぎ魚道新設から 8 年が経過し, 2020 年初夏の維持管理において, 当初の外來種中心から在来種中心, そして在来種の種類の変化といった植生の遷移が確認されている。出水の影響を受けないせせらぎ魚道の上流部においては, 在来種のスギナ *Equisetum arvense* やミゾソバ *Polygonum thunbergii* を主体とした植生の繁茂により魚道内のカバー構造が形成され, 水生生物にとって好ましい環境が確認されている。また, 魚道は本来, 魚類の遡上や降下といった移動のための場であり, 魚類が定着し生息する場ではないが, 延長約 250 m のせせらぎ魚道の一部では, 底生魚や遊泳力の小さな魚類が生息したり, 再生産したりすることもありうることから, よどみ域を設けている。近年, 出水の影響を受けない折り返し部より上流側を中心に, オオカナダモ *Egeria densa* 等の沈水植物の異常繁茂が確認されるようになった。こうした状況は, よどみ域だけでなく流路でも確認されていることから, 魚類の稚仔魚や魚類の餌となる水生昆虫の生息に対する水質の悪化も懸念される (図 5)。

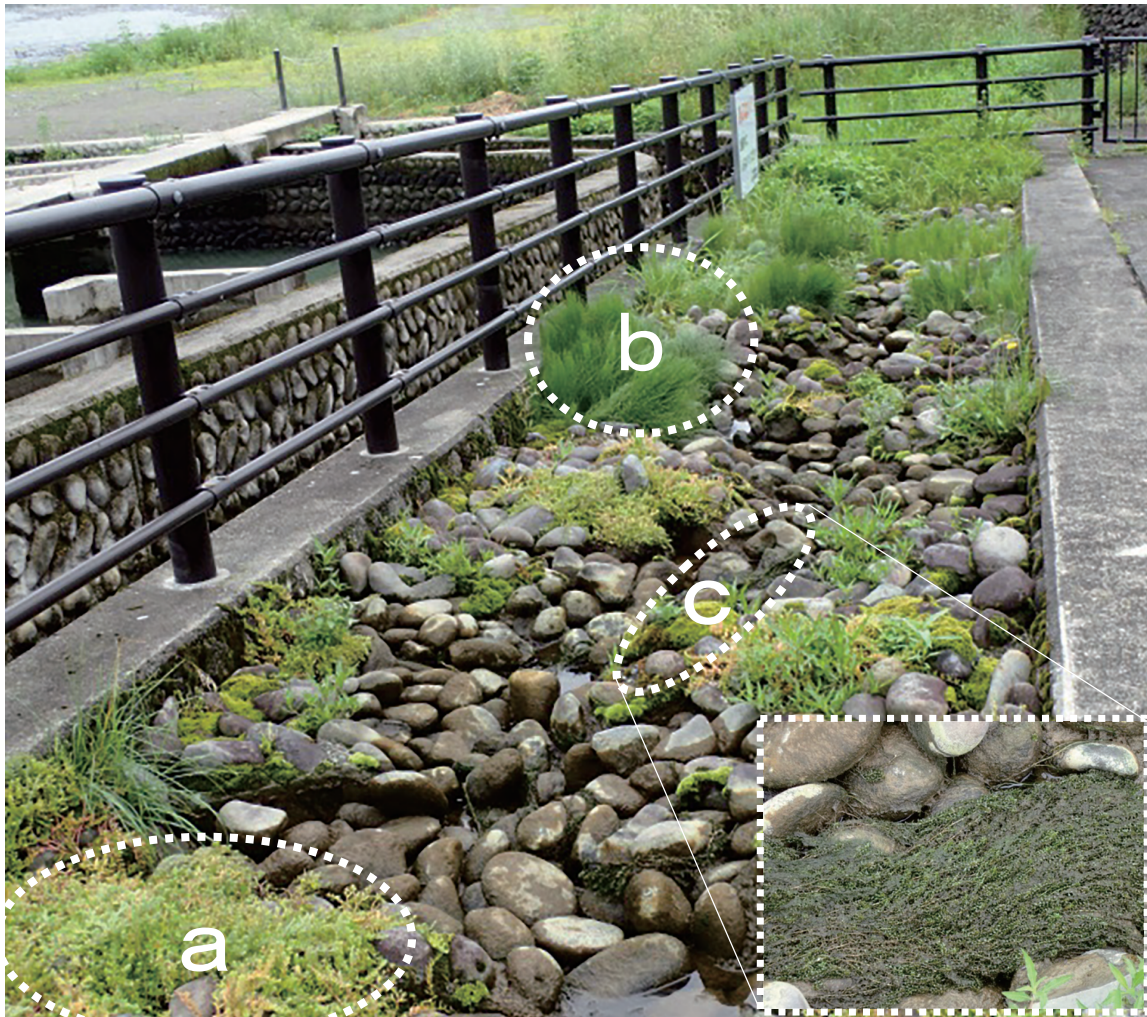


図5. せせらぎ魚道折り返し上流部の植生状況。よどみ域がa：ツルマンネグサ（外来種）やb：スギナ（在来種）に覆われると共に、流路がc：オオカナダモ（外来種）に覆われてしまっている。
※魚道維持管理作業中により通水されていない。

このように、「日陰や隠れ場を生み出せる」、「周辺景観との調和を向上させる」という魚道内植生のメリットと、「移動環境を阻害する」、「水質を悪化させる」という植生を維持するデメリットを見極め、せせらぎ魚道で形成される植生環境を現地で観察しながら維持していく必要がある。

今後の植生の維持管理手法については、従来の取り組み指針の観点に加えて、川の自然作用や遷移による在来種主体の植生への変化がうかがえたため、以下の観点を取り入れることを検討している。

- ・せせらぎ魚道における植物の繁茂は、魚道の流路を阻害しない程度まで許容する。
- ・せせらぎ魚道の水深及び流量は通年一定に管理されているが、移動環境の阻害や水質・景観の悪化を防ぐた

め、水深と流速を急速に増加させるフラッシュ放流を実施して、掃流を行う。

- ・フラッシュ放流を実施しても掃流できない程に根が張っているものについては、引き抜き除去により魚の移動環境を回復する。
- ・魚道の折返し部とその下流部分は、出水により水没し、攪乱を受けやすい環境であることから、当面は出水後の植生の応答を確認した上で方針を定める。

4. 今後の課題

せせらぎ魚道においては、前述のメリット、デメリットを踏まえ、目指す植生の姿（図6）へと導く管理が要求される。

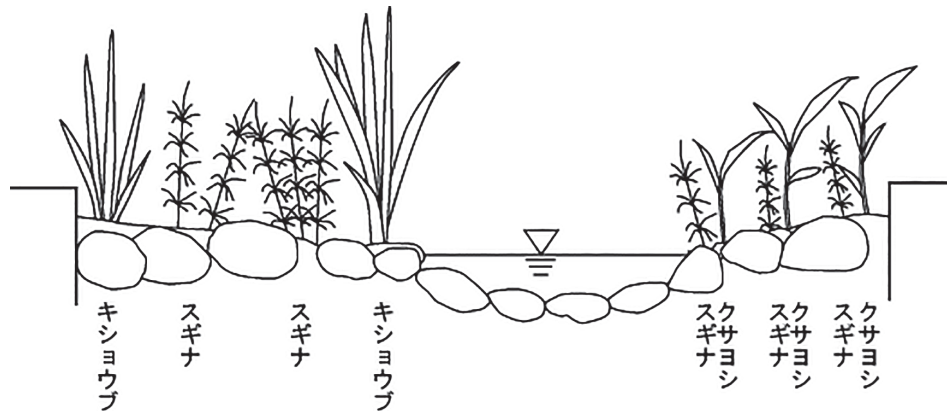


図6. せせらぎ魚道において目指す植生の姿. 在来種を中心とした植生により, 日陰や隠れ場の創出, 周辺景観との調和の向上を図ると共に, 流路をふさぐ植生による移動環境阻害や水質悪化の無い環境を目指す.

一方, 現状の課題として, 理想とする魚道内の植生を維持するため, 外来種を個体または株単位で取り除き続ける管理は現実的に困難で, かつ, 河川に固有の錯乱や流下種子の供給など予測や管理が難しい要素もあることから, モニタリングしながら魚道内の植生管理方針を見直していくことが不可欠といえる.

今後も魚道内の植生のモニタリング調査を継続的にを行い, 維持管理手法を適宜改善させながら順応的に管理を継続していく方針である.

摘 要

東日本旅客鉄道株式会社が所有する信濃川発電所宮中取水ダムの魚道は, ダムの設置と同じ1939年に設置され, 2011年度に実施した2度目の魚道構造改善により大型魚道, 小型魚道, せせらぎ魚道の3種の魚道を新設. また, 親水性向上や環境教育の場の提供を図り, 地域との共生を目指すと共に, 河川環境と水力発電との調和に向けて取り組んでいくことを目的に, せせらぎ魚道と合わせて魚道観察室を新設. せせらぎ魚道は, 15 cm程度の玉石とコンクリートの隔壁により流路とたまり場を構築する設計となっており, 水深は0.15 m, 流速は0.54 m/sと設定されている. 宮中取水ダム魚道で実施しているモニタリングの結果, 2015年度以降のせせらぎ魚道では12~16種類, 魚道全体の約6~8割の魚種が確認されており, 底生魚や遊泳力の小さな魚類の重要な魚道となっている. せせらぎ魚道と魚道周辺に多くの植物が生育しており, 植生の繁茂により流路やたまり場が閉塞する懸念やせせらぎ魚道を散策したり魚道観察室

から観察したりする際の景観への配慮から, 魚道における植生の維持管理が課題である. 2013年, 効率的な除草に向けた現況把握のため, せせらぎ魚道及び魚道周辺区域で植生状況の調査を実施. 環境省や新潟県が選定している重要種は確認されなかった一方, エゾノギシギシ, アメリカセンダングサ等の生態系被害防止外来種に該当する植物を15種確認し, そのうち特定外来生物は, アレチウリ, オオカワヂシャ, オオキンケイギクの3種を確認した. この調査結果を踏まえ, 2014年度には魚道における植生の維持管理手法について「せせらぎ魚道の外来種防除に係る取り組み指針(案)」を策定した. 同指針(案)を参考に, これまでせせらぎ魚道及び魚道周辺区域の植生をまとめて除草する考え方で維持管理を行ってきたところであるが, この手法では植生が形成した良好な水環境を維持することができないことがわかってきた. せせらぎ魚道の新設から8年が経過し, 現在では植生状況の遷移がみられる. 特に, せせらぎ魚道の一部においては, 沈水植物の異常繁茂による水質や景観の悪化が懸念される一方で, 在来種のミゾソバを主体とした植生の繁茂により日陰の環境が形成され, 水生生物にとって好ましい環境が確認されている. 魚道は本来, 魚類の移動のための場であって, 定着し生息する場ではないが, 延長約250 mあるせせらぎ魚道の一部で形成されるこうした環境は, 底生魚や遊泳力の小さな魚類が生息したり, 再生産したりすることもあることから, 「日陰や隠れ場を生み出せる」, 「景観を向上させる」というメリットと「移動環境を阻害する」, 「水質を悪化させる」というデメリットを見極め, せせらぎ魚道で形成される植生環境を現地で観察しながら, 除草により除去するこ

となく、維持していくことが望ましいと考えられる。せせらぎ魚道において目指す植生の姿としては、適度に植物が生育して日陰環境や隠れ場を形成し、さらに外来種が減少して在来種が中心に優占する環境である。一方で、日常の維持管理において、在来種と外来種を選別して外来種のみを防除していくことは現実的に困難であることから、植生の遷移にあわせて維持管理方法を検討して取り組み指針（案）を見直していくことが今後の課題である。そのために、宮中取水ダム魚道における順応的管理の一環として、今後も、植生状況の遷移に応じて維持管理手法を改善し、引き続き順応的管理に取り組んでいく。

引用文献

- Berdowski J. J. M. (1993) The effect of external stress and disturbance factors on Calluna-dominated heathland vegetation. *Heathlands*, pp 85-124.
- Branco P., Santos J. M., Katopodis C., Pinheiro A. (2013) Effect of flow regime hydraulics on passage performance of Iberian chub (*Squalius pyrenaicus*) (Günther, 1868) in an experimental pool-and-weir fishway. *Hydrobiologia* **714**(1): 145-154.
- Brönmark C., Weisner S. E. B. (1990) Indirect effects of fish community structure on submerged vegetation in shallow, eutrophic lakes: an alternative mechanism. *Ecosystems* 293-301.
- Cheong T. S., Kavvas M. L., Anderson E. K. (2006) Evaluation of Adult White Sturgeon Swimming Capabilities and Applications to Fishway Design. *Environmental Biology of Fishes* **77**(2): 197-208.
- Crosa G., Castelli E., Gentili G., Espa P. (2010) Effects of suspended sediments from reservoir flushing on fish and macro-invertebrates in an alpine stream. *Aquatic Sciences* **72**: 85.
- Dale P. E. R., Dale M. B., Anorov J., Knight J., Minno M. C., Powell B., Raynie R. C., Visser J. M. (2006) Aspects of Adaptive Management of Coastal Wetlands: Case Studies of Processes, Conservation, Restoration, Impacts and Assessment. *Ecological Studies, Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration* 197-222.
- 外来種影響・対策研究会（財）リバーフロント整備センター（2008）改訂版河川における外来種対策の考え方とその事例.
- Gard M. F. (2002) Effects of sediment loads on the fish and invertebrates of a Sierra Nevada river, California. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* **9**(4): 227-238.
- Hatry C., Binder T. R., Thiem J. D. (2013) The status of fishways in Canada: trends identified using the national CanFish-Pass database. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **23**(3): 271-281.
- Ishii R. (2012) A Possible Future Picture of Mongolian Forest-Steppe Vegetation Under Climate Change and Increasing Livestock: Results from a New Vegetation Transition Model at the Topographic Scale. 09 May 2012. The Mongolian Ecosystem Network 65-82.
- Jonsson B., Jonsson N. (2011) Population Enhancement and Population Restoration. *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout Volume 33 of the series Fish & Fisheries Series* pp 567-632.
- 環境省・農林水産省（2015）我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト.
- 国土交通省河川環境課（2013）河川における外来植物対策の手引き.
- Lundqvist H., Rivinoja P., Leonardsson K., McKinnell S. (2008) Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* **602**(1): 111-127.
- 奥田重俊ほか（1996）河川環境と水辺植物—植生の保全と管理: 208-211.
- Slavík O., Horký P., Bartoš L. (2009) Occurrence of cyprinids in fish ladders in relation to flow. *Biologia* **64**(5): 999-1004.
- Thorstad E. B., Økland F., Aarestrup K. (2008) Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **18**(4): 345-371.
- Zavolokin A. V., Kulik V. V., Zavarina L. O. (2014) The food supply of the Pacific salmon of the genus *Oncorhynchus* in the northwestern Pacific Ocean. 2. Comparative characterization and general state. *Russian Journal of Marine Biology* **40**(3): 199-207.
- Zeff M. L. (2011) The Necessity for Multidisciplinary Approaches to Wetland Design and Adaptive Management: The Case of Wetland Channels. Chapter First Online: 15 April 2011 *Wetlands*, pp 27-34.