

千代川水系に設置された魚道の流速と水深の調査について

環境学部環境学科 太田 太郎・吉永 郁生
工藤 達也 (現 大同コンサルタンツ株式会社)

1. はじめに

千代川水系は鳥取県東部を流域とする一級水系である。本川の千代川の延長は52kmで沖ノ山（標高1,319m）を起源とし（国土交通省河川局 2006）、八東川、袋川などの支川と合流し、鳥取平野を経て日本海に注ぐ。本水系の流域面積は1,190km²で（国土交通省河川局 2006）、1市3町（鳥取市、八頭町、智頭町、若桜町）の住民約20万人の生活に深く関わり、他の我が国の主要水系と同様、古くより農業用水の水源としても利用されている。下流部の鳥取平野では、鳥取市河原町にある大井手用水堰より取水した大井手川（大井手用水）や、鳥取市円通寺にある大口堰より取水した山白川（大口堰用水）などから、農地に水が供給されている（角川日本地名大辞典編纂委員会 1982、鳥取県 2010）。大井手用水堰や大口堰以外にも、利水や治水を目的とした大小幾つかの堰が水系内には設置されており、これらの落差を伴う河川横断構造物には魚類や甲殻類の往來のための魚道が設置されている。しかしながら、地域住民や漁業関係者などから、これらの魚道の一部について十分な機能を果たしていないという意見も聞かれている。

千代川水系は、アユ*Plecoglossus altivelis*等の漁場としても古くから利用されている。しかし、アユの資源状態が近年著しく悪化しており（水辺の環境保全協議会 2020）、魚道の機能不全もその一因となっている可能性が示唆されている。魚道の機能不全は、特にアユやサケ類などの通し回遊性魚類の生息域の分断を引き起こすだけでなく、魚道下流部に魚が滞留することによるカワウ*Phalacrocorax carbo*による被食のリスクの増加も懸念されている。このような状況下において、既設魚道の機能の再評価と改善が、漁業関係者より強く求められている。

鳥取県では2019年に千代川の大井手用水堰の一部を改修し、低コストで機能的な魚道（以下、「小わざ魚道」と記す）を整備した。この小わざ魚道とは、河川に生息する生物の生態や特性を把握し、安価ながら効率的な改善策を行う「水辺の小わざ」という山口県で積極的に進められている事業において提案された魚道で（山口県土木建築部河川課 2016）、全国各地で導入が進められている。本稿では、大井手用水堰にて新たに整備された小わざ魚道など、千代川水系の5箇所（5箇所の堰）に設置された6つの魚道において、流速と水深を調査した結果を報告する。結果に基づき、アユの幼魚が遡上可能な魚道であるか否かを検討し、その機能性について評価を行った。

2. 方法

調査地と調査日について図1及び表1に示す。なお、調査時の水位については、国土交通省の水文水質データベース（国土交通省 online）より、調査地の近傍の観測所における水位の値を用いた（調

査時の水位について、前年（2018年）の水位の平均値との比較を行った）。

現地での調査に際し、最初に魚道の形状を把握するため、全体図をスケッチし、延長、幅、高低差などをメジャーや物差しで計測して、記録した。さらに魚道の形状に合わせて、30cmから3m間隔で測点を設定し、各測点で長さ1mの物差しにより水深を測定した後、電磁流速計（JFEアドバンテック AEM1-DA2164）により流速を測定した。なお、流速については各測点で5回ずつ測定し、その平均値を算出した。得られた値を元に、Origin pro 21018（OriginLab Corporation）により等値線図を作成した。

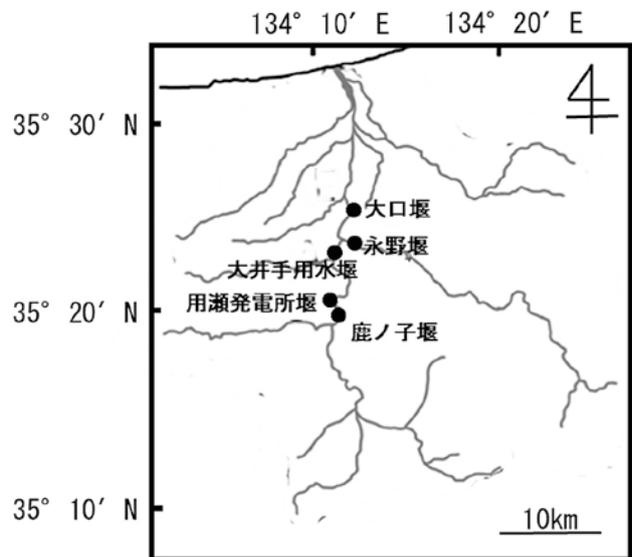


図1 千代川水系の地図及び調査地の位置

表1 調査地、調査日及び調査時の水位

調査地	河川名	調査日	水位の状況 [※]			
			近傍の水位観測所名	調査時の水位	2018年の平均水位	平均との比較
大口堰魚道	千代川	2019年11月2日	袋河原	-0.54	-0.25	平均より低め
大井手用水堰小わが魚道	千代川	2019年7月17日	袋河原	-0.57~-0.56	-0.25	平均より低め
用瀬発電所堰の魚道	千代川	2019年10月15日	用瀬	1.38~1.40	1.20	平均より高め
鹿ノ子堰魚道	千代川	2019年10月15日	用瀬	1.38~1.40	1.20	平均より高め
永野堰小わが魚道	八東川	2019年9月20日	片山	0.69	0.88	平均より低め
永野堰階段魚道	八東川	2019年9月20日	片山	0.69	0.88	平均より低め

※ 水位については国土交通省の水文水質データベースの値を用いた

3. 結果

3-1 大口堰魚道

大口堰は千代川の左に曲がる淵の部分に堰堤が設置されており、淵の外側である右岸側から左岸側に水が流れる構造となっている。堰堤の北端に頭首工があり、そこから約70mほど南側に魚道が設置されている（図2、図3）。魚道は十字型の左右対称構造となっており、上段の魚道から流れた水は、中段にある横向きの魚道と下段の魚道に別れる。また横向き魚道の下には扇形のプールがあり、ここはほぼ止水状態となっている。さらに、このプールの下の扇状の斜路には粗石が埋め込まれている。

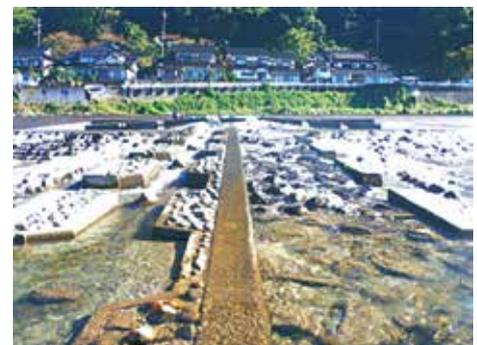


図2 大口堰の魚道の写真

本調査では、上流から見て魚道の左側（南側）半分の流速と水深を測定した。

上流側の魚道は水量が多く、中程で1.80m/s以上の流速域があったものの、その他の範囲は0.60m/s前後に抑えられていた。下流側の魚道では一部1.20m/s前後の流速域があったが、大部分は0.60m/s以下の流速域であった。横向きの魚道は0.60m/s以下の流速域が広がった(図4左)。

水深については、上流側の魚道ではほとんどの範囲で0.60m以上となった。一方、下流側の魚道では、上流部では水深0.40m前後であったが、下流に向かうほど浅くなり、最下流部では0.10mを下回った。横向き魚道では、上流部では0.30mの水深を確保できていたものの、下流部は浅く、0.10m程度であった(図4右)。

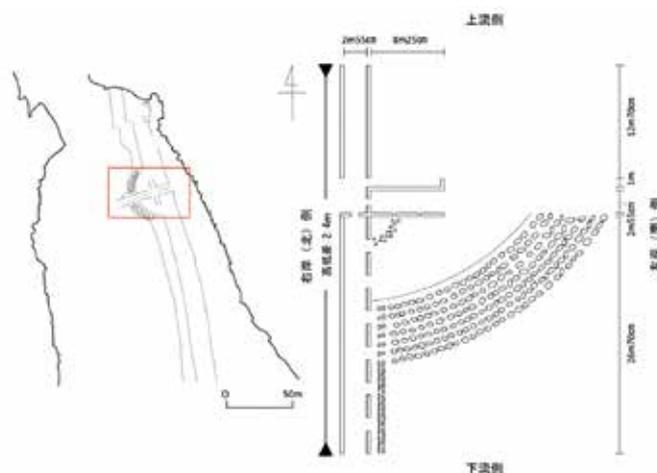


図3 大口堰の魚道の位置(左)と南側の魚道の形状(右)

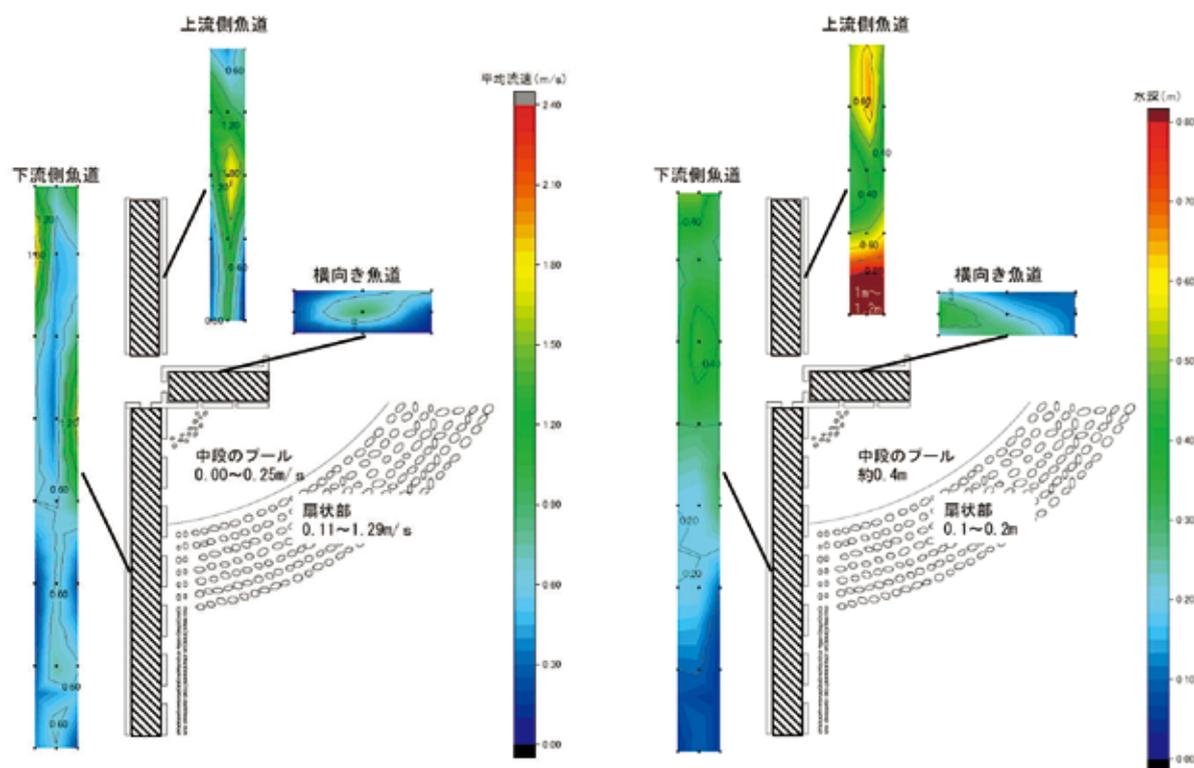


図4 大口堰の南側の魚道の流速(左)と水深(右)の等値線図

3-2 大井手用水堰の小わざ魚道

大井手用水堰では堰堤の左岸よりにある2019年3月に新設された粗石を埋め込んだ小わざ魚道を調査対象とし、比較のために隣接する斜路でも流速と水深の計測を行った(図5、図6)。

小わざ魚道、斜路とも上流端の流速は0.60m/s以下であった。小わざ魚道では、傾斜がきつく流れが集中する右岸側上流部では2.40m/s前後の速い流速であったが、左岸側の広い範囲で流速が0.60m/s

s以下に抑えられていた。一方、斜路では、上流端を除く傾斜面のほとんどの範囲で1.20m/s以上の流速となり、斜路の右岸側では2.40m/sを超える測点もあった（図7左）。

水深については、小わざ魚道、斜路とも上流端では概ね0.10mであった。小わざ魚道では下流端で水深0.10m以下であったが、魚道中段部の水深はほとんどの測点で0.20m前後であった。一方、斜路では右岸側上流部で水深が0.10mを超える測点があったが、それ以外の測点では0.10mを下回った。（図7右）



図5 大井手用水堰の小わざ魚道の写真

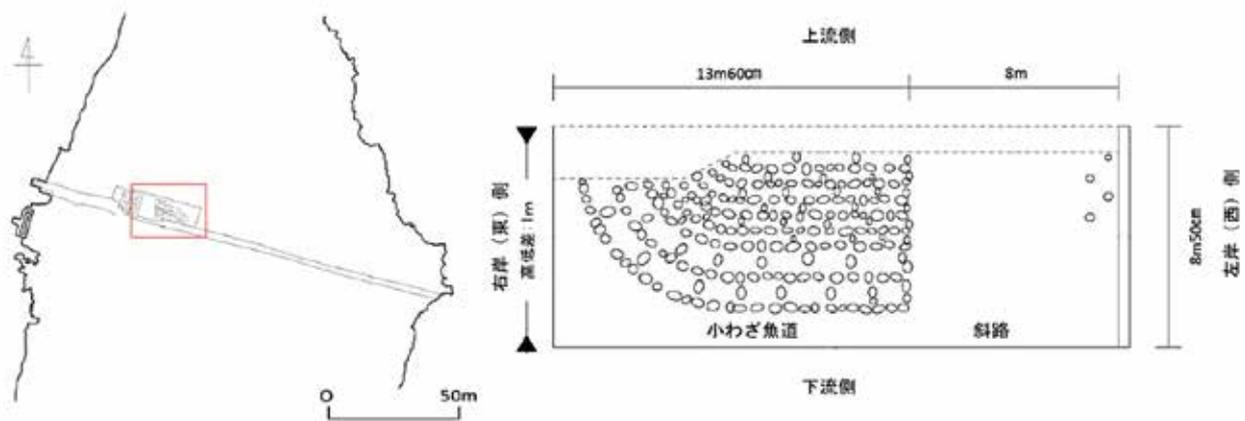


図6 大井手用水堰の魚道位置（左）と小わざ魚道及び斜路の形状（右）

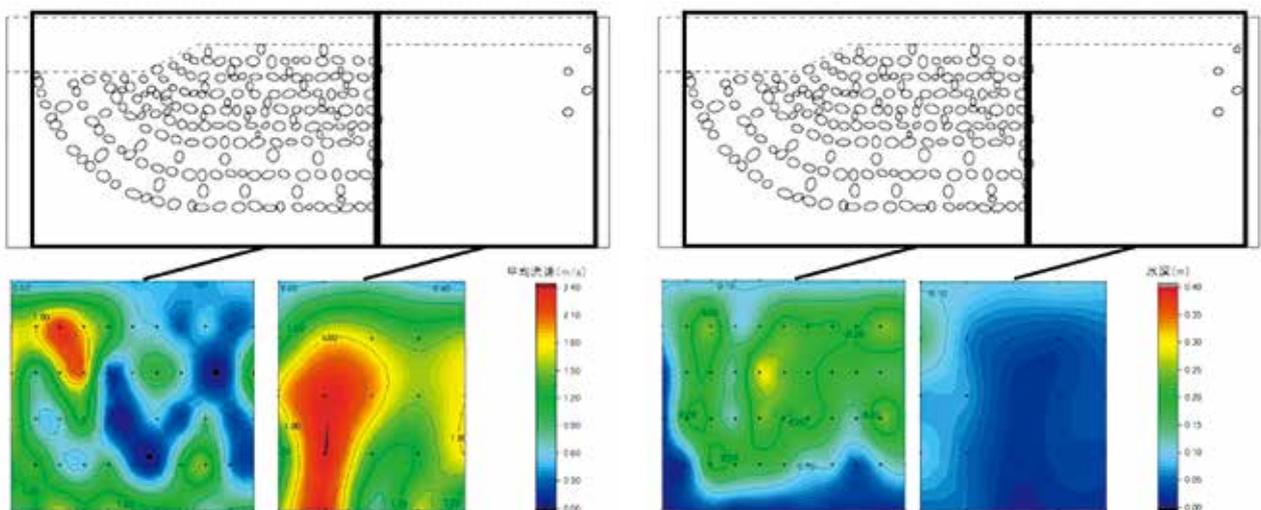


図7 大井手用水堰の小わざ魚道及び斜路の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-3 用瀬発電所堰の魚道

この魚道は、左岸側に隔壁が3段設置された、軽易な構造をした階段型魚道である（図8、図9）。魚道の一段目と二段目の隔壁付近では流速が抑えられていたが、中程から下流部にかけての流速は速く、右岸よりで3.00m/s以上の速い流速となった（図10左）。水深については、ほとんどの場所で0.3m以上あった（図10右）。



図8 用瀬発電所堰の魚道の写真

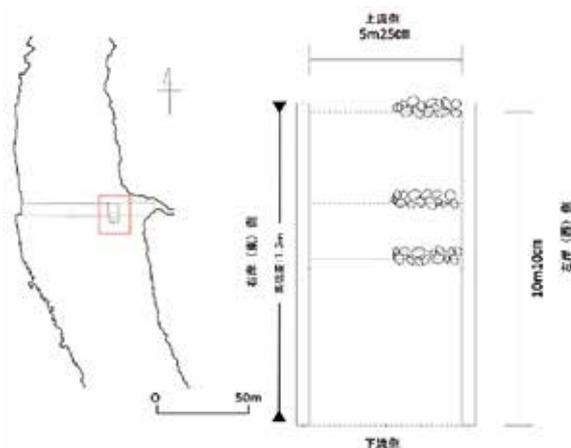


図9 用瀬発電所堰の魚道の位置（左）と形状（右）

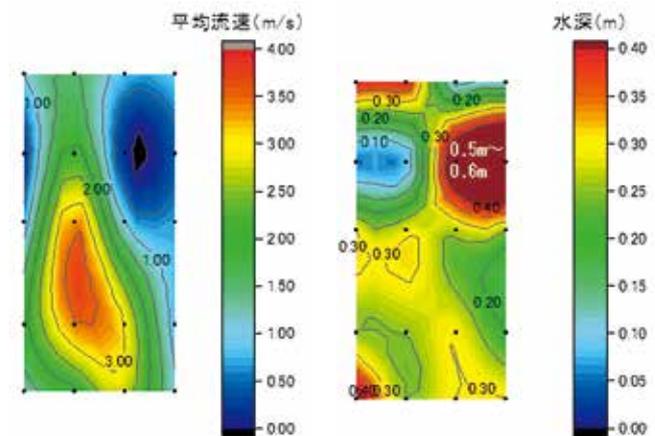


図10 用瀬発電所堰の魚道の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-4 鹿ノ子堰の魚道

この魚道は、高低差が2.5mと大きいいため、勾配がきつい。また、魚道内の隔壁もほとんど欠落した状態となっていた（図11、図12）。魚道内の水量が多く、水深は確保されているが、流速は1.7～4.2 m/sと極めて速かった（図13）。



図11 鹿ノ子堰の魚道の写真

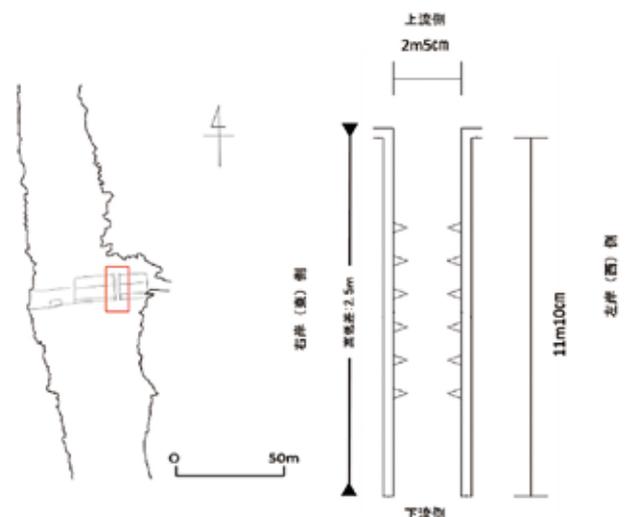


図12 鹿ノ子堰の魚道の位置（左）と形状（右）

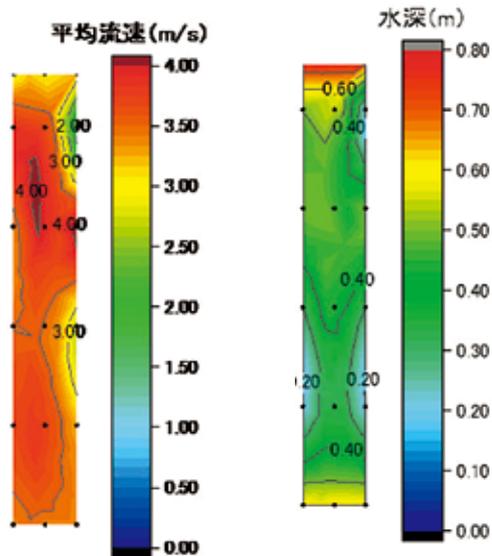


図13 鹿ノ子堰の魚道の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-5 永野堰の小わざ魚道

永野堰の左岸側の斜路には小型の小わざ魚道が設置されている（図14、図15）。この魚道の中央部では流速が1.20m/sを超えたが、他の測点では0.60m/s以下となった（図16上）。ただし、魚道内の水深が浅く、ほとんどの場所で0.05m以下であった（図16下）。魚道内に設置されていた構造物（粗石）が、一部破損して脱落していたことも大きく影響していると考えられた。



図14 永野堰の小わざ魚道の写真

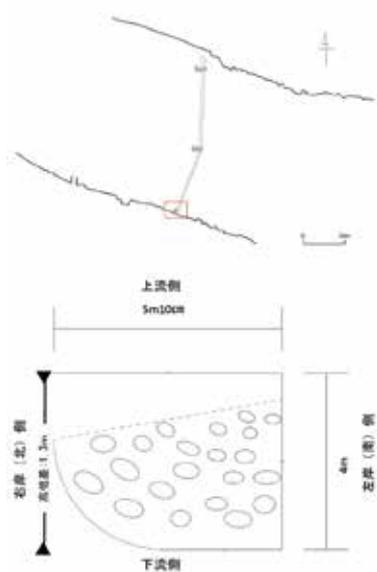


図15 永野堰の小わざ魚道の位置（上）と形状（下）

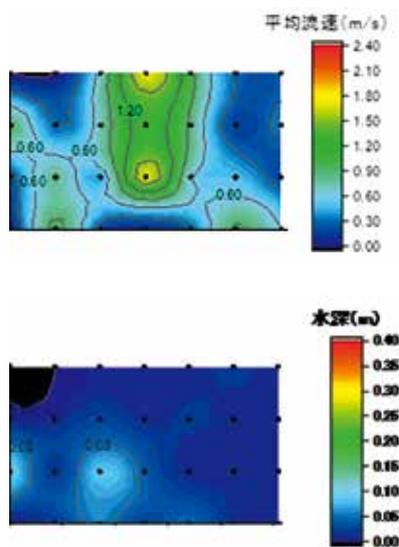


図16 永野堰の小わざ魚道の流速（上）と水深（下）の等値線図

3-6 永野堰の階段魚道

永野堰の右岸側に設置された2列の階段魚道のうち、右岸側の魚道で計測を行った(図17、図18)。通水部の流速は1.20m/sであったが、隔壁下部には止水域が形成されていた。(図19左)。水深については、通水部では0.40m前後の水深が確保されており、隔壁下部でも0.20m前後の水深が確保されていた(図19右)。



図17 永野堰の階段魚道の写真

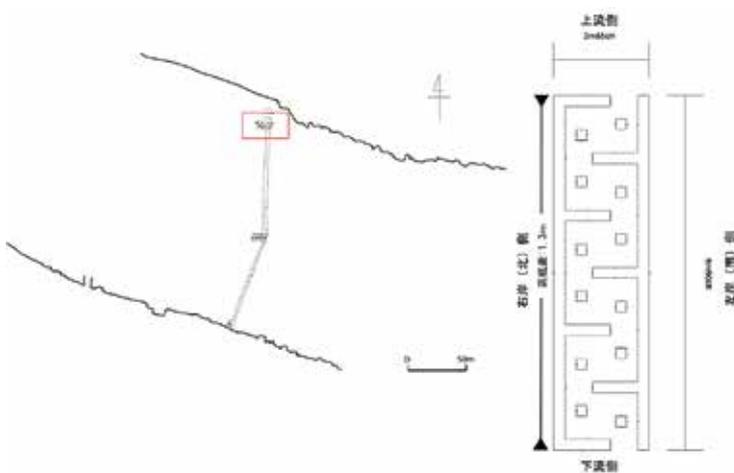


図18 永野堰の階段魚道の位置(左)と形状(右)

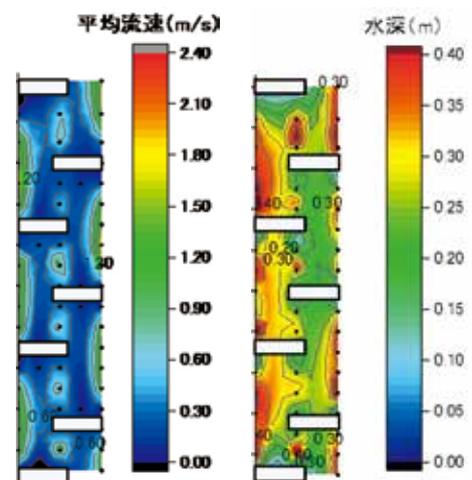


図19 永野堰の階段魚道の流速(左)と水深(右)の等値線図

4 各魚道の機能評価

アユの巡航速度(通常遊泳速度)は体長(BL: Body Length)の4から7倍(BLcm/s)で、突進速度は12から18倍(BLcm/s)と言われている(中村 1995)。遡上期のアユの幼魚は7から8cm程度であることから、魚道内の遡上経路上の流速域は、巡航速度より遅い0.5m/s以下の範囲が広いことが望ましい。また、1.5m/s以上の流速域が遡上経路上に広範囲にある場合には、基本的にアユの幼魚は遡上が不可能と判断することができる。さらに中村(1995)は、遡上に必要な水深について、体高の2倍以上必要と述べている。このことから、魚道内の遡上経路上の水深は5cm程度確保されていればアユの幼魚の遡上は可能と考えられるが、安全率を見て10cm程度の水深を確保すべきと判断した。以上の根拠を元に、本研究で測定した6つの魚道について、アユの幼魚が遡上可能な魚道であるかを基準に、機能性についての評価を検討した(表2)。

大口堰については、遡上に際し必ず通過する必要がある上流側の魚道で、1m/s以上の流速域の範囲が広いことから、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。また、下段側の魚道の下流端の水深も浅くなっており、この点についても改善の必要がある。中段のプールへの進入は、粗石が設置された扇状部からの進入も可能と考えられるが、下流側の魚道の下流端の掘削や堆積物の除去により機能性の

向上が期待できる。

大井手用水堰に新設された小わぎ魚道については、遡上経路上の流速も十分に抑制されており、一部休息場となる止水に近い流速域も形成されていた。また、水深についても中段付近では十分に確保されており、アユの幼魚が遡上可能な環境が整っていると判断した。ただし、下流端の水深が浅く、この点については改善の余地がある。

用瀬発電所堰と鹿ノ子堰の魚道については、遡上経路上の流速が速く、アユの幼魚の遡上は困難及び不可能と判断した。特に鹿ノ子堰については、傾斜がきつく、隔壁も欠損しており、魚道としての機能をほとんど果たしていないと判断した。

また、永野堰の小わぎ魚道については、調査実施日に魚道上の粗石が一部脱落していたため、本来の機能が発揮されていなかったものと判断された。当該魚道は設置から約10年が経過している。小わぎ魚道は、自然石を利用していることなどから、階段魚道よりも耐久性は低いと考えられ、維持管理と定期的な修繕が課題となろう。永野堰の階段魚道については、通水部の流速はやや速いが、止水域も形成されており、アユの遡上は可能と判断した。

表2 調査した魚道の総合評価

魚道	流速による 評価	水深による 評価	総合評価	評価理由
大口堰複合型魚道	△	○	△	多様な経路が確保されているが、遡上の際に必ず通過が必要な上流側の魚道の流速が速いため、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。
大井手用水堰小わぎ魚道	◎	○	◎	流速、水深ともにアユの幼魚の遡上に適しており、総合評価を優とした。
用瀬発電所堰魚道	△	◎	△	水深は確保されているものの、速い流速域が広く、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。
鹿ノ子堰魚道	×	◎	×	傾斜がきつく、流速が全体に極めて速いためアユの幼魚の遡上は不可能と判断した。
永野堰小わぎ魚道	◎	×	×	水深が浅すぎるため、アユの幼魚の遡上は不可能と判断した。
永野堰の階段魚道	△	◎	○	通水部の流速はやや速いが、止水域もあり、アユ幼魚の遡上は可能と判断した。

◎：優（遡上に適している） ○：良（遡上は可能） △：可（遡上は困難） ×不可（遡上不可能）

※ 括弧内は総合評価の基準

5 今後の課題

アユに代表される海と川を行き来する通し回遊魚にとって、魚道の機能不全による往来の阻害は、個体群の維持にとって致命的要因となる可能性も考えられる。連続性のある豊かな河川生態系を維持するためには、水系全体で魚道の機能を定期的に点検し、必要に応じて改修を進めていくべきである。この際、小わざ魚道の導入は、機能面及びコスト面で有効な手段と考えられた。実際、2019年度に設置した大井手用水堰に設置された小わざ魚道は、今回調査を行った6つの魚道の中では、最も機能性が高い魚道と判断された。ただし、小わざ魚道は階段魚道に比べ構造的に耐久性の面で劣ると推測される。実際に設置から約10年が経過した永野堰の小わざ魚道では、斜面に設置された粗石が脱落しており、本来の機能が発揮されていない状態となっていた。魚道の改修と合わせ、保守管理体制の整備も重要な課題と考えられた。

6 謝辞

本研究にあたり、千代川漁業協同組合、鳥取県農林水産部水産振興局水産課、鳥取県栽培漁協センターの皆様には、多大なるご支援をいただきました。また、公立鳥取環境大学2019年度卒業生の上原梓氏、大津裕平氏、大河内美帆氏、森光建太氏には調査に際し多大なるご協力をいただきました。末筆ながら厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 国土交通省河川局: 千代川水系河川整備基本方針、2006
- [2] 角川日本地名大辞典編纂委員会: 角川日本地名大辞典 31 鳥取県、角川書店、東京、1982
- [3] 鳥取県: 千代川水系（大路川ブロック）河川整備計画、2010
- [4] 水辺の環境保全協議会: 鳥取県アユ不漁対策プラン、2020
- [5] 山口県土木建築部河川課: 水辺の小わざ（改訂増補第二版）、2016
- [6] 国土交通省: 水文水質データベース（千代川水系の袋河原、用瀬、片山観測所）<http://www1.river.go.jp/>（最終閲覧日: 2020年3月11日）
- [7] 中村俊六: 魚道のはなし—魚道設計のためのガイドライン、山海堂、1995