

越流堰に平行設置する簡易魚道の改良

鳥取大学大学院連合農学研究科	学生会員	○高橋	直己
鳥取大学農学部生物資源環境学科	非会員	北村	義信
鳥取大学農学部生物資源環境学科	非会員	清水	克之
日本大学理工学部土木工学科	正会員	安田	陽一

1. はじめに

急傾斜面を有する越流堰では、堰からの流れに誘導された遊泳魚が越流堰直下に迷入し、堰越流斜面へ溯上を試み続ける現象が確認されている¹⁾。このような場合、容易に設置・撤去が行える簡易魚道を遊泳魚の滞留箇所に設置することが、迷入対策の有効な解決策の一つとして考えられる。高橋らは、急勾配越流堰に平行設置できる簡易魚道（以下、1号魚道と呼ぶ）を提案し、現場での試験によりその有効性と内部構造の課題を明らかにした²⁾。ここでは、平行設置式簡易魚道における内部構造を簡略化し、速やかに良好な溯上環境を構築できるように改良したことを報告する。

2. 平行設置式簡易魚道の概要と構造の改良点

2.1 1号魚道の概要と内部構造の課題

改良前の簡易魚道を図 1 に示す。この魚道は、単管パイプで組んだフレームの上に、内部構造を構成する合板、石、蛇籠を配置することで構成されている。越流堰下流部では遊泳魚が堰から越流する流れに誘導されやすく、堰から張り出した魚道では、遊泳魚が魚道の溯上入口を発見できずに越流堰直下へ迷入する可能性が大きい¹⁾。図 1 に示すように、この簡易魚道は堰軸に平行に設置されるため、遊泳魚が迷入しやすい越流堰直下に溯上入口を設けることが可能である。さらにこの設置形式により、溯上入口を越流堰直下に設けた状態で魚道勾配を容易に調整することができる。

堰越流斜面と魚道底面のなす角度は約 120° であり、

合板の上に配置する蛇籠と石によって魚道内の流れが制御される。この魚道では、配置した石と合板の間にできる水際を、遊泳魚の主な溯上経路としている。また溯上時の休憩箇所として、石組みによって約 20 cm ごとに流れの穏やかな箇所を設けている。

設置試験にて、魚道に進入したアユが石と合板の間にできる水際の流れ（average velocity $\approx$ 122.9 cm/s）と、休憩箇所の流れ（average velocity $\approx$ 28.4 cm/s）を交互に移動することで溯上に成功した。しかし、蛇籠や石の運搬に労力を要し、加えてそれらの部品を組み合わせる良好な流況を創出するには、部品の配置に関してある程度の専門知識と時間が必要であった。よって部品の配置に時間を要すること、またそれらの運搬に労力を要することが 1 号魚道の課題となった。

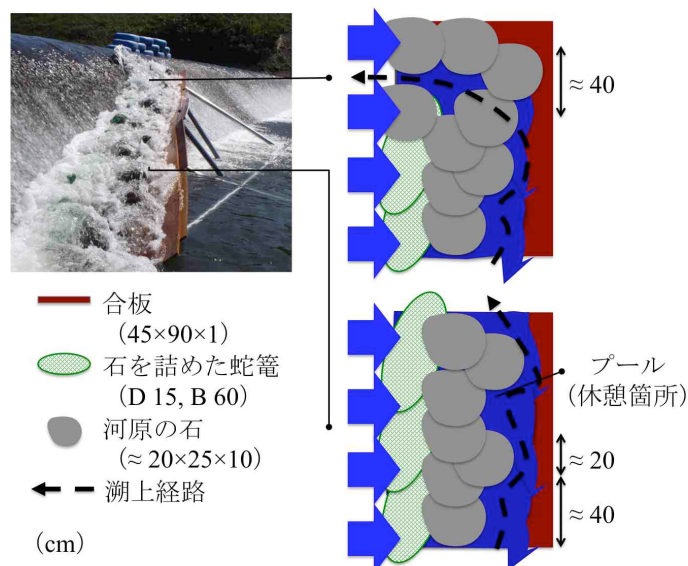


図 1 1号魚道の諸元

キーワード 魚道，溯上，稚アユ，迷入，局所流

連絡先 〒680-8553 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学大学院連合農学研究科 TEL : 0857-31-5394

E-mail : ntakahashi1010@gmail.com

2.2 2号魚道の概要と構造の改良点

1号魚道の課題を払拭し、改良した簡易魚道（以下、2号魚道と呼ぶ）を図2に示す。魚道の設置方法については、1号魚道と同様の形式を用いた。よって1号魚道と同様に、2号魚道も遊泳魚が迷入しやすい越流堰直下に魚道の溯上入口を設け、魚道勾配を容易に調整することができる。一方で、1号魚道では魚道全体に堰からの越流を流入させたが、魚道内流況を安定させるため、2号魚道では魚道上流端のみから流入させる構造とした。

1号魚道では、蛇籠と石、および合板によって溯上経路となる水際の流れと休憩用のプールを創出したが、それらの部品の運搬と配置に労力と時間を要することが課題となった。そこで2号魚道では、直角に結合した合板に角材で作成した隔壁を打ち込み、休憩箇所と隔壁両端からの流れを交互に形成する構造にした。これにより、石の配置調整に要する時間を省くとともに、魚道内部構造を軽量化した。2号魚道の設置は専門知識を用いて構成素材を組み合わせる作業を必要としないため、誰が用いても速やかに同様の流況を創出することができる。また、1号魚道と同様に安価な素材で構成されるため、この簡易魚道は低コストで作成することが可能である。図2に示した簡易魚道は、約1万円で作成されている。

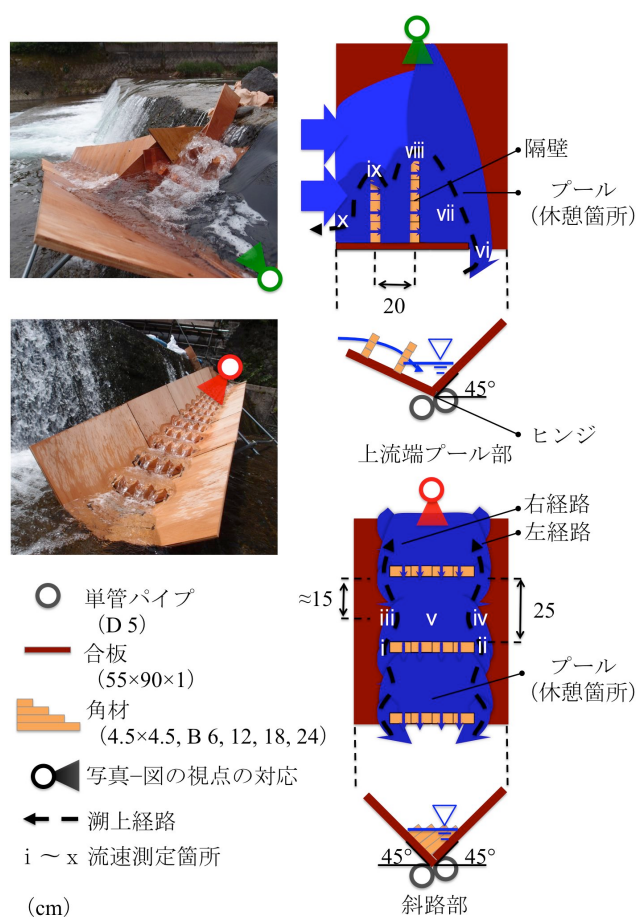


図2 2号魚道の諸元

3. 実験概要

越流堰下流部にアユが滞留している現場にて、2号魚道の設置試験を行った。試験調査地の概要を図3に示す。また堰下流側からみた2号魚道の設置状況を、写真1に示す。平水時における堰上下流の水面差は約1.5mであり、越流面は1:0.68（鉛直：水平）の急勾配を有する。よって稚アユなどの小型遊泳魚にとって、対象の堰越流面を利用して溯上することは困難である。堰の中央部は陥没しており、流れは陥没部に集まっている。兩岸付近は比較的流量が少なく、アユの滞留がみられた。そこで、設置・撤去作業の安全性から、左岸付近に2号魚道を設置した。試験では、大人2名で2号魚道を運用する場合に、設置に要する時間を計測した。また、アユの溯上状況を確認し、魚道内流況を明らかにした。

溯上状況調査では、事前の観察にてアユが堰越流面への溯上を試みる現象が夕方に見られることが多かったため、調査時間帯を15:00～18:00に設定した。調査日は2012年6月7日である。調査日の天候は晴れであり、調査中の水温は約21℃であった。溯上数の計測では、簡易魚道の溯上入口周辺および魚道内部をビデオカメラで撮影し、記録した映像にて溯上出口から越流堰の天端を通過していくアユの尾数を計測した。

流況調査では、魚道内の水深および流下方向の流速を測定した。調査日は2012年8月2日である。溯上状

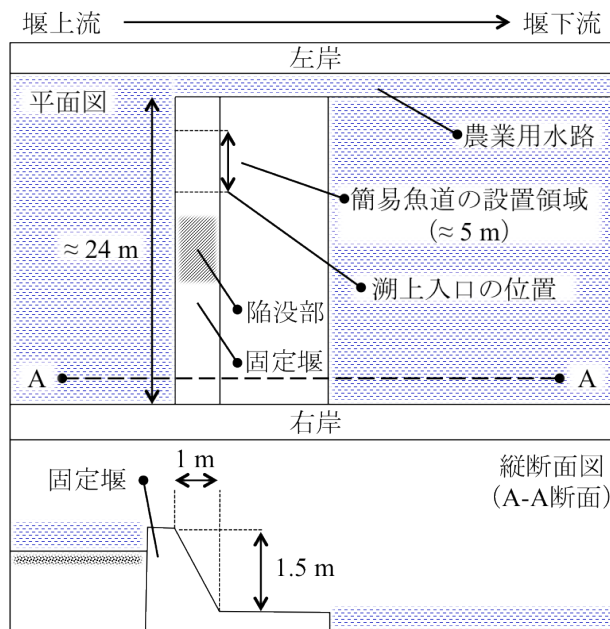


図3 試験調査地の概形図

況調査において、アユが 2 号魚道を利用して溯上した際の魚道内流量は約 4 L/s であったため、同様の流量規模における魚道内の水深・流速を測定した。簡易魚道の斜路部では、最下流の隔壁から 1 m ごとに計 4 点の測点にて水深・流速の測定を行った。またこれらの測点に加えて、上流端プール部にて同様の測定を行った。水深については、隔壁両端およびプール最深部にて測定した。各測点における流速は、図 2 (i ~ x) に示した箇所にて測定した。この調査では、溯上状況調査にて多くのアユが移動した隔壁両端 (i, ii) および休憩箇所の水際付近 (iii, iv) を、2 号魚道の斜路部におけるアユの溯上経路とした。休憩箇所 (v) については、鉛直方向に 3 点 (水面付近、中間付近、底面付近) の流速を測定した。休憩箇所では、アユは上流側に体を向けて休息を取ることが多かった。よって休憩時のアユの体勢を考慮し、休憩箇所での流速測定は隔壁下流面から約 15 cm 下流側の位置で行った。流速測定にはプロペラ式流速計 (KENEK VR-201) を用い、40 秒間の時間平均流速を求めた。

4. 結果と考察

1 号魚道の設置は、大人 2 名で行う場合、約 30 分の時間を要した²⁾。一方で内部構造を簡略化した 2 号魚道では、同条件における設置に要する時間を、約 15 分に短縮することができた。また石や蛇籠を使用しないため、1 号魚道と比較して容易に運搬することができた。

2 号魚道におけるアユの溯上状況を図 4 に示す。図より、アユの群が断続的に魚道を利用したことが分かる。観察開始時には 2 号魚道の溯上入口付近に多くの魚影が確認されたが、観察終了時には溯上入口付近における魚影はほとんど確認されなかった。よって 2 号魚道を用いることで、魚道設置箇所周辺に滞留していたアユの多くを溯上させることができたと推察される。加えて、魚道内にてヨシノボリの溯上が観察された。このことから、2 号魚道はアユのような小型遊泳魚のみでなく、底生魚にも有効であると考えられる。また 1 号魚道では、単管パイプと合板の隙間や蛇籠にアユが詰まる場合があった²⁾。一方で、2 号魚道は魚道内部の部品間に隙間が存在しないように設計されているため、2 号魚道に進入した全てのアユは問題なく魚道内を移動していた。

2 号魚道の斜路部における水深の測定結果を、図 5 に示す。プール最深部および隔壁両端の各測点における水深の値は変動が小さく、安定していた。隔壁両端の水深は、右経路で平均 3.9 cm、左経路で平均 2.9 cm であった。設置の際に魚道本体が僅かに傾いていた影響で、右経路に比較的流れが集まっていたことから、右経路の水深が大きくなっていた。溯上状況調査時にも、設置時の魚道の傾きにより同様の流況が形成されていたが、この流況下ではアユは左右両方の経路を利用して溯上していた。各測点におけるプール最深部の水深は、平均 18.4 cm であった。また上流端プールでは、最深部の水深は 23.0 cm であった。溯上入口から堰上流部に至るまで、アユは水中のみを通過して溯上に成功し、跳躍行動を行わなかった。よって 2 号魚道を利用することで、アユにとってより負担の少ない溯上が可能であり、鳥類などの天敵からも狙われにくいと考えられる³⁾。



写真 1 2号魚道の設置状況
(堰下流側から撮影)

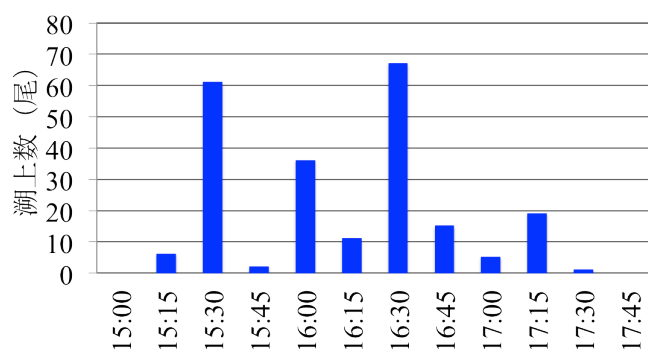


図 4 溯上出口におけるアユの溯上数

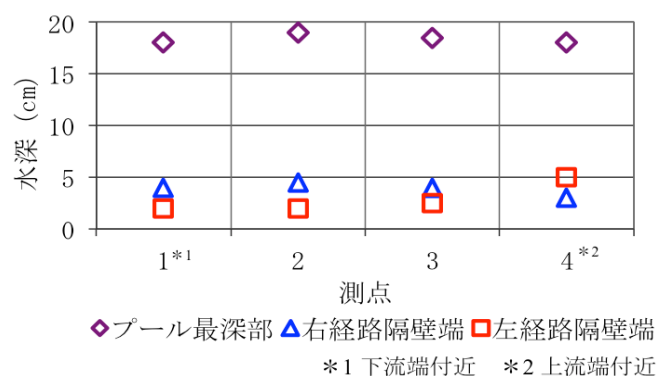


図 5 斜路部における水深

溯上経路における流速の測定結果を、図 6 (a) に示す。各測点において、右経路と左経路隔壁端の流速は変動が小さく、安定していた。各測定箇所における流速の平均値は、右経路隔壁端 (i) で 51.3 cm/s、左経路隔壁端 (ii) で 47.2 cm/s、休憩箇所の右水際付近 (iii) で 10.2 cm/s であった。一方で休憩箇所の左水際付近 (iv) の流速は、測点 1~3 では右水際付近と同程度の値 (平均 10.2 cm/s) で安定していたが、測点 4 において 67.6 cm/s となった。2 号魚道では、上流端プール部からの流れが左経路側へ流入する。また測点 4 は、斜路部上流端プールの直下に位置する。測点 4 で休憩箇所左水際付近の流速だけが大きくなっていたことから、上流端プール部からの流れが斜路部上流端プールで減勢されず、測点 4 の左水際付近に流入した後に減勢されたと考えられる。ただし調査時の流況では、アユは比較的に流れが乱れている箇所を通過して溯上に成功していた。

休憩箇所 (v) における流速の測定結果を、図 6 (b) に示す。休憩箇所では、水面近くに安定した緩やかな流れが形成されており、流速は平均 9.2 cm/s であった。また全体的に底面付近の流速が大きく、上流側の隔壁から潜り込む流れが発生していたと考えられる。ただし上流端に近い測点では、中間付近の流速が大きかった。

これについては、左側溯上経路の流況と同様に、上流端プール部からの流入が影響していると考えられる。

斜路部と上流端プール部の接続箇所 (vi) の流速は、84.2 cm/s であった。上流端プール部へ溯上したアユは、プール部 (vii:4.2 cm/s) で休憩した後、隔壁端 (viii:116.4 cm/s, ix:124.8 cm/s) および堰との接続部 (x:119.7 cm/s) を通過して堰上流部へ溯上した。

5. おわりに

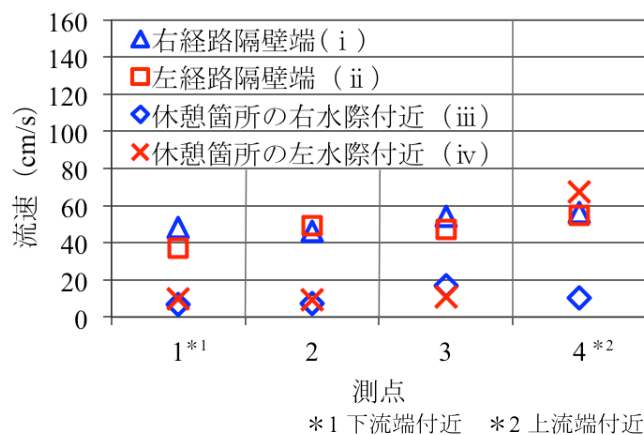
魚道内構造を改善することによって、改良前の平行設置式簡易魚道における部品の運搬と内部流況調整の簡略化という課題が解決された。また現場での設置試験にて、本簡易魚道が遊泳力の小さな水生生物の溯上を補助するための、即効性のある手段として有効であることが確認された。今後は魚道周辺の流況特性を明らかにし、遊泳魚の誘導方法を検討することにより、本魚道をより効果的に運用するための手法を提案したい。

参考文献

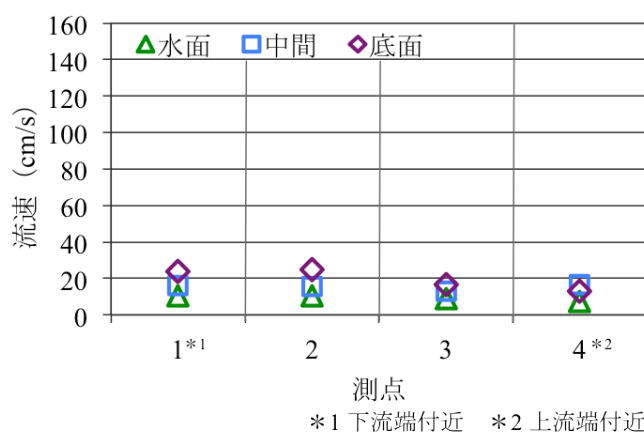
- 1) 高橋直己, 北村義信, 清水克之, 異なる河川流況下でのアユの溯上状況と溯上環境の評価-八東川 (千代川水系) 永野堰の事例-, 農業農村工学会論文集, No.280, pp.1-6, 2012.
- 2) 高橋直己, 北村義信, 清水克之, 安田陽一, 越流堰に適する平行設置式簡易魚道の提案, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.4, I_673-I_678, 2012.
- 3) 安田陽一, 技術者のための魚道ガイドライン-魚道構造と周辺の流れからわかること-, コロナ社, 2011.

謝辞

本研究を進めるにあたり、鳥取大学による“平成 24 年度地域貢献支援事業”にて研究助成を受けた。また、鳥取県水産課および千代川漁業協同組合の多大なる協力を得た。ここに記して謝意を申し上げる。



(a) 溯上経路



(b) 休憩箇所

図 6 斜路部における流速