

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：11101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20598

研究課題名（和文）既設階段式魚道改良のための小型通し回遊魚が遡上困難となる流れ場の解明

研究課題名（英文）Investigation of Flow Conditions that Hinder Upstream Passage of Small Migratory Fish for Pool-and-Weir Fishway Improvements

研究代表者

矢田谷 健一（YATAYA, Kenichi）

弘前大学・農学生命科学部・助教

研究者番号：70949487

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：大型模型水路（長さ5.5m、幅1.4m、高さ1.4m）を作成し、実寸大相当の階段式魚道隔壁部（隔壁厚30cm、隔壁高64cm）を対象として越流水深15cm、20cmの条件で遡上実験と流速測定を行った。本実験では、越流部の最大流速の支配的要因であるプール間水位差を系統的に変化させた。この結果、河川遡上期のウキゴリ類（平均体長3.9cm）と平均体長15.3cmのニホンウナギの越流部遡上時の軌跡と水理特性の関係を調べるとともに、遡上困難となるプール間水位差を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の河川に設置されている魚道の60%以上が、階段式魚道である。これらの魚道の中には、ウキゴリ類等の小型通し回遊魚が遡上困難となっている事例が報告されている。また、ニホンウナギは近年、個体数が減少しており、その要因の一つとして、河川横断構造物による流程分布の分断が挙げられている。本研究結果は、こうした遡上阻害によって劣化した生態環境回復のための魚道の機能向上の知見となるものである。

研究成果の概要（英文）：A large model flume (length 5.5 m, width 1.4 m, height 1.4 m) was constructed to perform upstream migration experiments and flow velocity measurements under conditions of 15 cm and 20 cm upstream water level, targeting a full-scale stepped fishway weir section (weir thickness 30 cm, weir height 64 cm). In this experiment, the head difference among pools, which is the dominant factor controlling the maximum flow velocity in the overfall section, was systematically varied. As a result, the relationship between the trajectories and hydraulic characteristics of goby species (average body length 3.9 cm) during their upstream migration period and Japanese eels with an average body length of 15.3 cm, while ascending the overfall section, was investigated. Furthermore, the head difference among pools that makes upstream migration difficult was identified.

研究分野：農業水文学

キーワード：魚道 通し回遊魚 ニホンウナギ ウキゴリ プール間水位差 河川遡上

### 1. 研究開始当初の背景

河川特性や生息生物の特徴は、国・地域によって異なることから、その国に応じた魚道の研究・開発が進められてきた。日本では、主に水産資源上重要なアユを対象とした魚道の研究・設置が取り組まれてきている。これまでの研究の進展により、近年設置されている魚道の多くは、適切な管理がなされていれば、サケ科、アユ等の遡上には問題がないものと考えられる。一方で、研究代表者らは、一般的な幾何形状の階段式魚道を対象に調査を行い、ウキゴリ等の小型通し回遊魚が、越流部において流速が速すぎるために遡上困難となる事例を明らかにしてきた。しかしながら、既往研究はケーススタディにとどまっており、遡上可否と水理条件の関係の解明には至っていない。

### 2. 研究の目的

研究代表者は、小型通し回遊魚（体サイズの小さい成長段階で海域から河川を遡上する種：ニホンウナギ、カジカ小卵型、ウキゴリ類等）が既設魚道において遡上困難な状態であることを危惧しており、多様な魚種・水生生物が移動可能な魚道を低コストで整備可能とする技術開発を研究目標に掲げている。そのために、既存ストック（既設魚道）を活用し、低コストな局部改良によって多様な魚種が遡上可能となる技術開発が必要であると考えた。

本研究は、そのスタートとして小型通し回遊魚が遡上困難となる階段式魚道の幾何形状・水理条件を実験によって定量化することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験装置の作成

実験のために、階段式魚道を模した白色鋼製模型水路を作成した（図 1）。模型水路のうち右岸側壁と底面の一部は透明アクリル板で構成されている。また、隔壁は木製である。本模型水路の形状は、越流部の流れが卓越する鉛直方向及び流下方向の寸法が標準的な越流式魚道の実寸大相当となるように設計した。既往の基準類（国土交通省河川局，2005：魚がのぼりやすい川づくりの手引き等）や既設魚道の事例をもとに、一般的な諸元として隔壁厚 30cm，プール長 270cm，越流部高 64cm とした。なお、模型水路の全幅は 140cm であり、供給可能な流量の制約から越流部の幅は 20cm で右岸側のみ越流する構造とした。越流部の形状は傾斜型 45° とした。

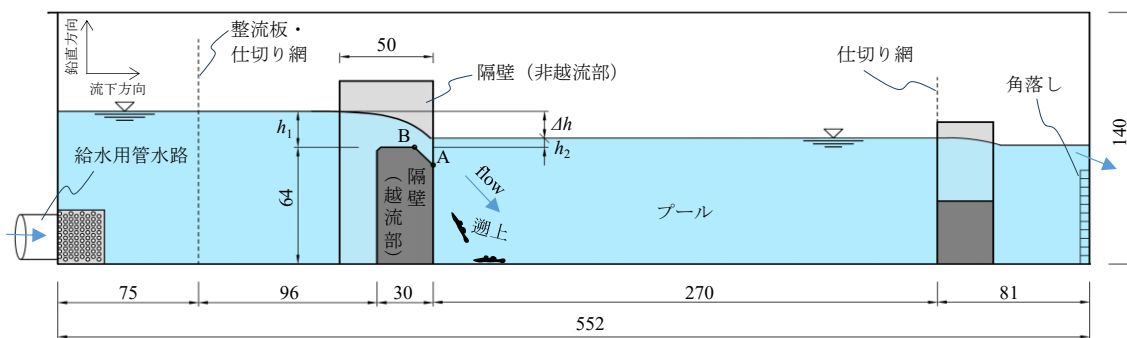


図 1 実験用模型水路の縦断面図（単位：cm）

#### (2) 供試魚

供試魚には、河川遡上期の成長段階であるウキゴリ類（平均体長 3.9cm）とニホンウナギ（平均体長 15.3cm）を用いた。

#### (3) 遡上実験

階段式魚道のプール間水位差  $\Delta h$  は、10～20cm が適切とされており（国土交通省河川局，2005），これに基づいて実験の水理条件を設定した（表 1）。一般的に魚道の水理的な境界条件は、河川横断構造物上下流の水位によって支配される。従って、実験にあたっては流量ではなく上下流の水位を与条件として考え、流量調節バルブと角落しを用いて実験条件として定めた越流水深  $h_1$  と下流水深  $h_2$  に調節した。 $\Delta h$  は、 $h_1$  と  $h_2$  の値によって定まる。遡上実験では、上述の調節を行い、流れが定常状態となった後に、馴致用水槽から抽出した供試魚（ウキゴリは約 60 尾，ニホンウナギは約 50 尾）を模型水路のプール内に同時に放流し、ビデオカメラによって遡上行動を 20 分間撮影した。なお、同じ供試魚の使用は、1 日 1 回までとした。

表 1 実験条件 (左：ウキゴリ類, 右：ニホンウナギ)

Case No.	越流水深 $h_1$	プール間水位差 $\Delta h$	Case No.	越流水深 $h_1$	プール間水位差 $\Delta h$
1	20cm	10cm	1	20cm	5cm
2		15cm	2		10cm
3		20cm	3		15cm
4	15cm	10cm	4	15cm	5cm
5		15cm	5		10cm
6		15cm	6		15cm

#### (4) 遡上行動の解析

実験終了後、撮影映像をもとに供試魚の遡上行動を調べた。カメラの撮影映像を用いて、越流部の屈折点 A (図 1) から半径 20cm 以内に入ると、越流水脈の通過を試みた個体を「遡上トライ」と称し、このうち隔壁通過個体を「遡上成功」、流れに押し戻されて流下した個体を「遡上失敗」と称して、それぞれ計数した。そして、実験ケースごとに、遡上成功数を遡上トライ数で除した百分率の値を「遡上成功率」として求めた。次に、遡上トライ個体については、運動解析ソフト Kinovea を用いて供試魚頭部の位置をトラッキングし、流下方向一鉛直方向の位置座標を時系列で移動軌跡として整理した。

#### (5) 遡上行動の解析

遡上実験とは別に、遡上実験の各ケースの水理条件を再現し、越流部付近の流速を測定した。流速の測定には、三軸電磁流速計 (ACM-300, アレック電子) を水面測定器 (三光式土研型, 三光精密工業) に固定して用い、1 地点につきサンプリング間隔 10Hz で 10 秒間記録した。

流速測定後、3 方向成分の記録データを合成し、10 秒間平均流速と標準偏差を求めた。また、流下方向一鉛直方向の流れが横断方向に比べて卓越していたことから、流下方向一鉛直方向の 10 秒間平均流速ベクトル図を作成した。得られた流速ベクトル図は、供試魚の移動軌跡と重ね合わせ、供試魚の遡上特性の分析に用いた。

### 4. 研究成果

#### (1) 越流部付近の流れ

代表的な実験ケースの流下方向一鉛直方向の流速ベクトル図と最大流速計測値  $V_{max}$  を図 2 に示す。

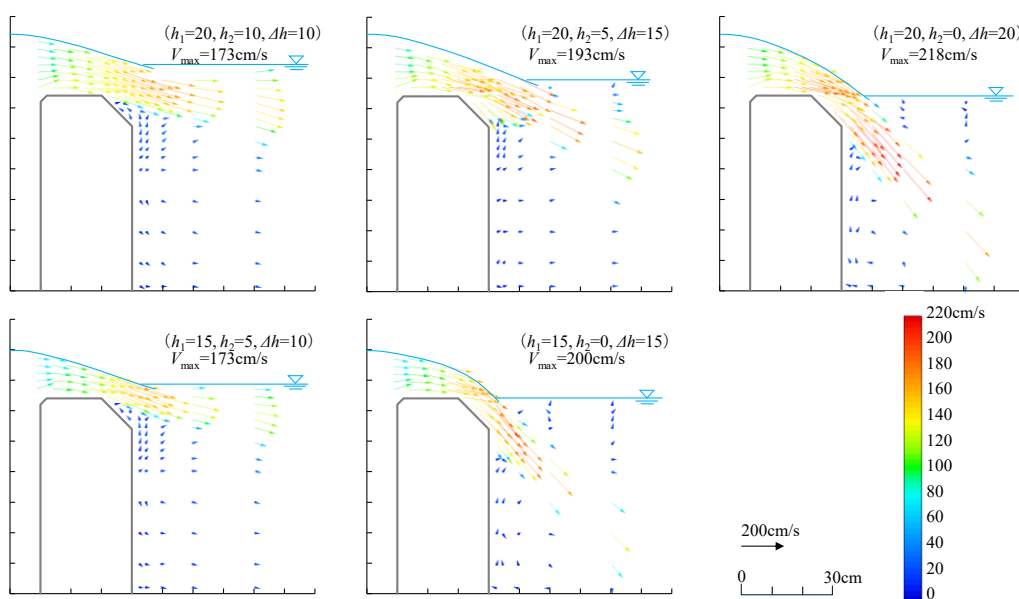


図 2 越流部の縦断方向流速ベクトル図

## (2) ウキゴリ類

プール間水位差  $\Delta h=10\text{cm}$  の条件では、越流部の遡上を試みたウキゴリ類のうち 90%以上が遡上に成功した。一方、 $\Delta h=15\text{cm}$  の条件では、魚が越流水脈に進入する際の流速が  $160\text{cm/s}$  以上となり、プールの静穏域から水脈への進入時にバランスを崩して流下する個体が多数観察され、遡上成功率が 50%程度となった。また、 $\Delta h=20\text{cm}$  の条件では、遡上成功率 25%となった。

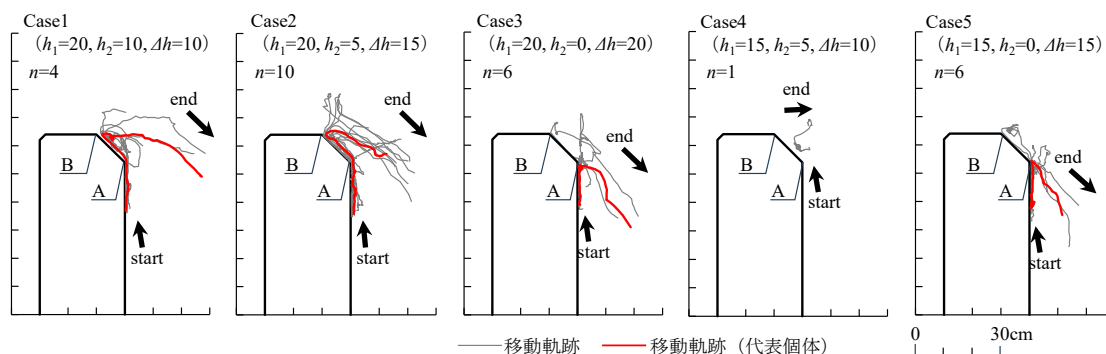


図3 越流部における遡上失敗個体の移動軌跡 (ウキゴリ類)

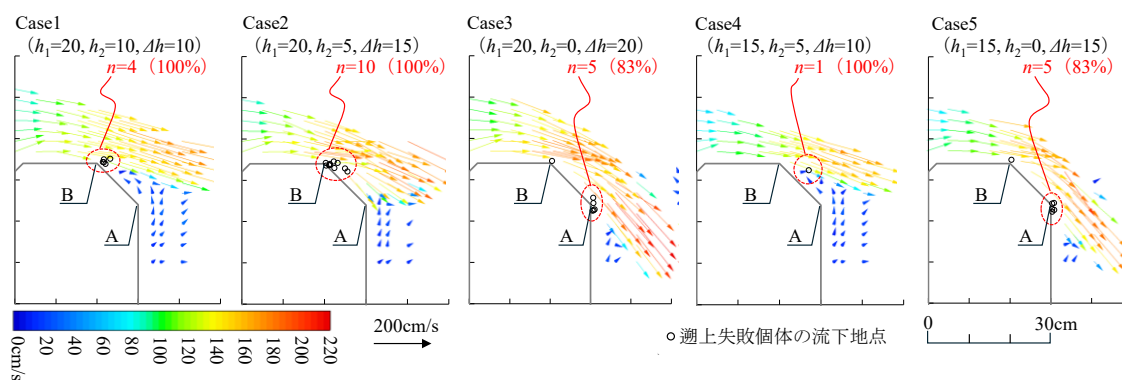


図4 遡上失敗個体の流下地点と流速ベクトルの重ね図 (ウキゴリ類)

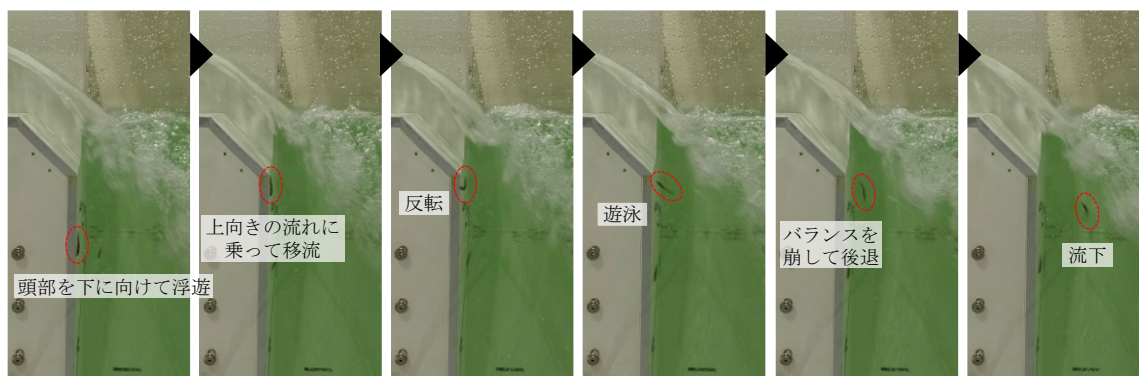


図5 遡上失敗代表個体の遡上行動連続写真 (ウキゴリ類  $h_1=20, \Delta h=20$ )

## (3) ニホンウナギ

プール間水位差  $\Delta h=15\text{cm}$  の条件では、越流部の遡上を試みる個体はあるものの、遡上成功率 0%となった。一方、 $\Delta h=5\text{cm}$  の条件では、70%以上の個体が遡上に成功した。

## (4) カジカ小卵型の遊泳基礎実験

本研究では、階段式魚道の実験に先立ち、遡上弱者とされる河川遡上期の標準体長  $2\text{cm}$  台のカジカ小卵型を対象とした遊泳実験も行った。この結果、カジカ小卵型は、 $70\text{cm/s}$  以上の流速では全く前進できないことを明らかにした。さらに、流速  $50\text{cm/s}$  以下の流れ場であれば、一般的な魚道隔壁厚に相当する  $30\text{cm}$  まで前進できる個体が半数以上となることがわかった。

本研究によって得られた成果は、遡上弱者である小型通し回遊魚に配慮した魚道設計にあたって有益な知見となることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 矢田谷健一・三木響太郎・丸居 篤・東信行
2. 発表標題 流水中におけるカジカ小卵型の挙動と前進能力
3. 学会等名 農業農村工学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢田谷 健一・小池 晴人・廻立 出海・丸居 篤・東 信行
2. 発表標題 プールタイプ魚道におけるプール間落差とウキゴリ類の遡上成功率の関係
3. 学会等名 農業農村工学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

弘前大学農学生命科学部農業水利学研究室矢田谷ゼミホームページ <a href="https://sites.google.com/view/yataya-hirosaki-u/home">https://sites.google.com/view/yataya-hirosaki-u/home</a>
---

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------