

平成 22 年 6 月 4 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間： 2007～2009  
 課題番号：19760343  
 研究課題名(和文) 魚の遊泳特性の解明とそれに基づいた遡上率の高い魚道の設計指針の確立

研究課題名(英文) Investigation on swimming behavior of fish and establishment of design of high migration rate fishway

研究代表者  
 鬼束 幸樹 (ONITSUKA KOUKI)  
 九州工業大学 大学院 工学研究院 准教授  
 研究者番号：20293904

研究成果の概要(和文)：1尾で遊泳するアユの遊泳挙動を定式化し、遊泳速度、遊泳距離、屈折角度などのパラメータを定量的に解明した。その結果、既往の研究で突進速度は体長の10倍とされていたが、本研究によって20～30倍にも達することを解明した。続いて、魚道内のアユの挙動を撮影し、プランジングフローおよびストリーミングフローにおけるアユの遊泳挙動を解明した。その結果、必ずしも正の向流性を示すわけではなく、負の向流性も示すことを解明した。

研究成果の概要(英文)：Behavior of swimming sweet fish is investigated. The swimming speed, swimming distance and turning angle is made clear quantitatively. As a result, it was found that the burst speed reaches to 20-30 times of body length. Further, swimming trajectories in fishway were recorded both in plunging and streaming flow. It was found that sweet fish always does not have the tendency swimming toward upstream direction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	450,000	2,850,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：魚道、魚の遊泳特性

## 1. 研究開始当初の背景

ダム、堰、落差工によって生じる水位落差は、水生生物の移動の障害となる。そのため水位落差を分割し、魚類の遡上および降下を助ける目的で魚道が設置されてきた。

魚道の建設計画を行う際、高い遡上率を達成できる設計案を提案すべきである。階段式魚道において遡上に影響を与える要素とし

て、隔壁形状、プール長、隔壁間落差、粗度の有無、切り欠きの有無とその位置、隔壁部の切り欠き率など挙げられる。Wada および農林水産省は、隔壁の天端形状が傾斜型および丸型の方が直角型に比べて遡上率が高いことを示している。久保田はプール長が魚の体長の2倍以上のときに、遡上率が最大にな

ることを示した。和田は隔壁間落差の適正値が0.15~0.25mの範囲と述べている。粗度の有無については、底面に粗石を設置した場合が設置しない場合に比べて、遡上数が高いことを佐合らが確認している。しかし、隔壁の最適な切り欠き率は不明であり、また、魚道内の魚の挙動は不明である。そのため、遡上率の高い魚道の設計指針は解明されていないと言える。

## 2. 研究の目的

魚ののぼりやすい魚道を設計するには、A. 魚種、流速、体長別に魚の突進速度を解明すること、B. 魚道内全域の流況を解明すること、およびC. 魚道内の水理特性と魚の遊泳特性との関係を解明することが必要である。本研究は、日本の既設魚道の90%以上を占める階段式魚道において、A~Cを解明し、魚の遡上が可能で階段式魚道の設計指針を示すことを目的とする。

## 3. 研究の方法

Aについての研究方法を示す。魚の突進速度を解明するために、オイカワの体長および水路内流速を系統的に変化させて遊泳させた。突進速度が体長に比例することを考慮し流速の設定には体長倍流速を用いた。この時、水路上部から遊泳挙動を撮影し、撮影後、PTV(Particle Tracking Velocimetry)によってオイカワの挙動を数値化した。さらに、流速と体長別の突進速度を算出した。

Bについての研究方法を示す。隔壁の切り欠き率および流量を系統的に変化させ、電磁流速計を用いて魚道内の流速3成分を0.05s間隔で計測した。また、この魚道中に魚を挿入し、流況と遡上率との関係について解明した。

Cについての研究方法を示す。階段式魚道において流量を系統的に変化させ、プランジングフローおよびストリーミングフローを発生させた。このとき、アユを放流しビデオ撮影によって遊泳挙動を把握した。撮影後、コマ送りすることによってアユの遊泳位置を解析し、エリアごとの流況と遊泳挙動との関係を解明した。

## 4. 研究成果

Aについての研究成果を示す。魚の突進速度は魚種に関わらず体長BLの約10倍とされてきたが、本研究によって体長BLだけでなく、魚種および流速Vwに依存することが解明された。また、オイカワの突進速度が体長と流速に依存するという定量的な結果を、図-1のように解明した。図中の等値線図の値がオイカワの突進速度である。

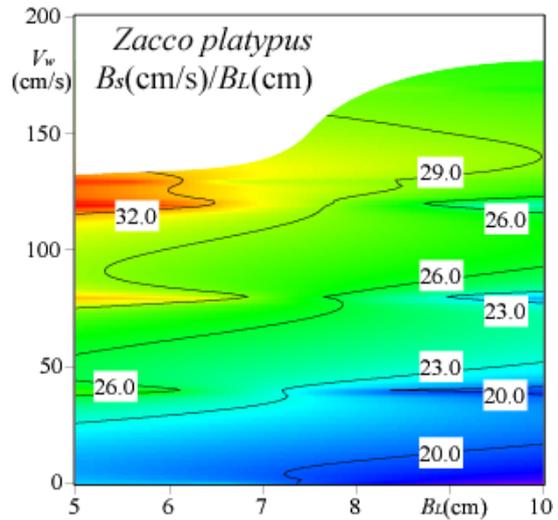


図-1 オイカワの突進速度

Bについての研究成果を示す。図-2に切り欠き率(notch ratio)と遡上率( $n_2/N$ )との関係を示す。ここに、Nは総尾数、 $n_2$ は遡上数である。実験の結果、切り欠き率が0.1~0.2付近で遡上率が高く、0.3~0.7では微減した。したがって、国土交通省の推奨値(0.17~0.20)が妥当なことが初めて実験的に示された。アユは流速範囲を選好して定位することを確認した。そのため、流量が増加してプール内の流速が増加すると、流脈直下流の流速の速い領域を避けて定位する。一方、流量が変化してもアユは切り欠き上の側壁付近を遡上するため、遡上場所への距離が増加するために遡上率が低下すると考えられる。

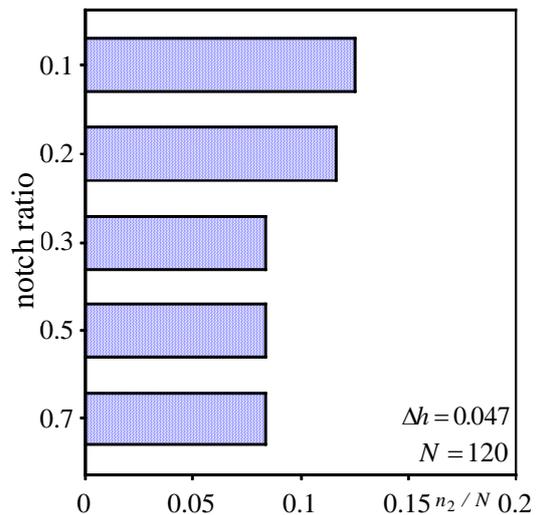


図-2 切り欠き率と遡上率の関係

Cについての研究成果を示す。図-3(a)にプランジングフローにおけるアユの挙動を、図-3(b)にストリーミングフローにおけるアユの挙動を示す。bed areaにおいて、プラン

ジングフローではアユは上下流方向を向いて上下流方向に遊泳するが、ストリーミングフローではほぼ水平で下流向きに遊泳する。両流れとも、対地速度が0になるように遊泳している。続いて、**surface area**において、**bed area**とは対照的に対地速度を意識せずにアユは斜め上方を向きながら、プランジングフローでは上流方向へ、ストリーミングフローでは下流方向に移流を利用して遊泳する。**upstream weir area**において、プランジングフローではアユは明確な向流性を示さずランダムな方向を向きながら、下降流を利用して下方に遊泳する。一方、ストリーミングフローでは、上昇流に逆らって対地速度が0になるように遊泳する。このときアユは強い正の向流性を示す。**downstream weir area**において、プランジングフローではアユは上昇流中を底面に向かって遊泳する。一方、ストリーミングフローでは下降流内を水面に向かって遊泳する。両流れにおいて正の向流性が認められたが、ストリーミングフローの方がその傾向が顕著である。

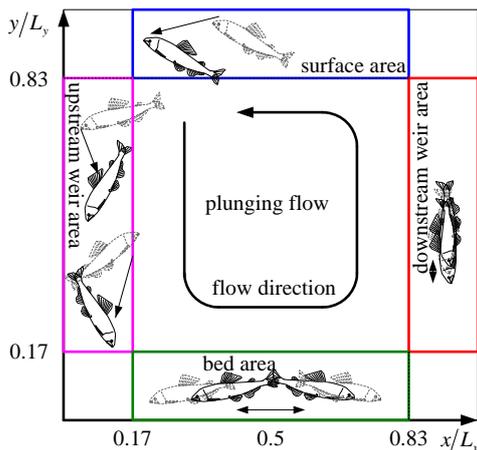


図-3(a) プランジングフローでのアユの挙動

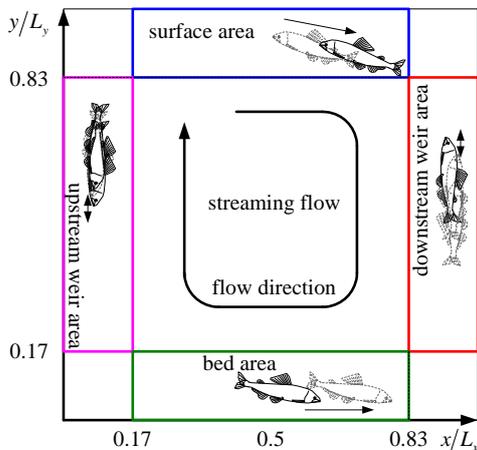


図-3(b) ストリーミングフローでのアユの挙動

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ① 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 飯國洋平, 森悠輔: 階段式魚道における隔壁の切り欠き率が遡上率に及ぼす影響, 水工学論文集, 査読有, 第52巻, pp.1201-1206, 2008.
- ② 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 渡邊拓也, 飯國洋平, 小林達也: 透過光および気泡が魚の行動特性に及ぼす影響, 水工学論文集, 査読有, 第52巻, pp.1207-1212, 2008.
- ③ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 山本晃義, 飯國洋平: 流速および体長別のオイカワの突進速度, 水工学論文集, 査読有, 第52巻, pp.1183-1188, 2008.
- ④ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 森悠輔, 関強志, 杉本寿郎: 階段式魚道内のアユの挙動と水量との関係, 水工学論文集, 査読有, 第53巻, pp.1237-1242, 2009.
- ⑤ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 森悠輔, 関強志: アユの休憩場所の水理特性とその挙動との関係, 水工学論文集, 査読有, 第53巻, pp.1225-1230, 2009.
- ⑥ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 渡邊拓也: 階段式魚道の壁面色が魚の遡上に及ぼす影響, 水工学論文集, 査読有, 第53巻, pp.1243-1248, 2009.
- ⑦ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 森悠輔, 関強志: プランジングフローおよびストリーミングフローにおけるアユの挙動の相違と流況との関係, 水工学論文集, 査読有, 第54巻, pp.1291-1296, 2010.
- ⑧ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 関強志, 森悠輔: 魚道隔壁に設置された潜孔内の魚の行動特性, 水工学論文集, 査読有, 第54巻, pp.1297-1302, 2010.
- ⑨ 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 森悠輔, 関強志, 松田孝一郎: 階段式魚道の切欠き角度が魚の遡上特性に及ぼす影響, 水工学論文集, 査読有, 第54巻, pp.1303-1308, 2010.

[学会発表] (計10件)

- ① 森悠輔, 小林達也, 飯國洋平, 鬼束幸樹, 秋山壽一郎: 階段式魚道におけるプール間落差とオイカワの遡上率に関する研究, 平成19年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, II-26, 長崎県長崎市, 2008.
- ② 池野慎, 山本晃義, 鬼束幸樹, 秋山壽一郎: 魚道における呼び水の集魚効果に関する研究, 平成20年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, VII-46, 福岡県福岡市, 2009.
- ③ 山本晃義, 池野慎, 鬼束幸樹, 秋山壽一

郎：静止流体中を遊泳する魚群アユの遊泳特性，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，VII-41，福岡県福岡市，2009.

- ④ 関強志，森悠輔，鬼束幸樹，秋山壽一郎：潜孔式魚道における潜孔内流速の変化が遡上特性に及ぼす影響，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，II-11，福岡県福岡市，2009.
- ⑤ 杉本寿郎，関強志，森悠輔，鬼束幸樹，秋山壽一郎：階段式魚道内のアユの挙動と水理量との関係，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，II-10，福岡県福岡市，2009.
- ⑥ 森悠輔，小林達也，鬼束幸樹，秋山壽一郎：階段式魚道における水理量とカワムツの跳躍遡上特性の関係，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，II-9，福岡県福岡市，2009.
- ⑦ 松田孝一郎，関強志，森悠輔，鬼束幸樹，秋山壽一郎：階段式魚道における潜孔位置が魚の遡上特性に及ぼす影響，平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，II-39，pp.253-254，熊本県熊本市，2010.
- ⑧ 竹内光，小野篤志，鬼束幸樹，秋山壽一郎：流速変化が単独アユの遊泳特性に及ぼす影響，平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，VII-47，pp.903-904，熊本県熊本市，2010.
- ⑨ 山下直輝，小野篤志，竹内光，鬼束幸樹，秋山壽一郎：遮蔽物がオイカワの遊泳特性に及ぼす影響，平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，VII-48，pp.905-906，熊本県熊本市，2010.
- ⑩ 西内教郎，小野篤志，竹内光，鬼束幸樹，秋山壽一郎：河川に生息する数魚種に関する流速の選好曲線の提案，平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，VII-49，pp.907-908，熊本県熊本市，2010.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等  
<http://dragon.civil.kyutech.ac.jp/pub/onitsuka/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鬼束 幸樹 (ONITSUKA KOUKI)  
九州工業大学 大学院 工学研究院 准教授  
研究者番号：20293904

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：