

氏名	ヤタ ケンイチ 矢田谷 健一
本籍（国籍）	宮城県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連論第 182 号
学位授与年月日	平成 30 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当論文博士
研究科及び専攻	連合農学研究科
学位論文題目	魚道設計のための小型淡水魚の遊泳能力の研究（The study swimming ability of small freshwater fishes for fishway design）
学位審査委員	主査 泉 完(弘前 教授) 副査 東 信行(弘前 教授),丸居 篤(弘前 准教授),安中 武幸(山形 教授),濱上 邦彦(岩手 准教授)

論文の内容の要旨

本研究では，魚道設計に資する知見を得ることを目的として，大きく分けて「1．小型淡水魚に着目した魚道遡上の実態調査」と「2．小型淡水魚の遊泳能力の測定」に取り組んだ．以下に，本研究から得られた主な知見を示す．

1. 小型淡水魚に着目した魚道遡上の実態調査

岩木川河口から一つ目の河川横断構造物に設置された既設全面越流型階段式魚道を対象に，ウキゴリ類等の採捕調査，切欠き部の流速分布調査および水中ビデオカメラ観測調査を行った．この結果，プール間落差 20cm，面取りが無い厚さ 40cm の切欠き部において，越流水深 30cm 前後の水理条件では，標準体長 5cm 未満のウキゴリ類等の遡上が困難であることを明らかにした．調査対象とした魚道と類似した幾何構造の階段式魚道は，全国に数多く存在するものと考えられる．本知見は，今後の魚道設計にあたり，遊泳能力が弱いとされる小型淡水魚へ配慮した設計を行うことの重要性を示すものであり，魚道の設計流速等の指標となる小型淡水魚の遊泳能力の把握が必要であることを示唆するものである．

2. 小型淡水魚の遊泳能力の測定

体長概ね 10cm 以下の淡水魚を小型淡水魚と定義し，魚道設計に資する小型淡水魚の遊泳能力を調べることを目的に，ワカサギ，ウキゴリ類，ドジョウを対象として，スタミナトンネルを用いた自然河川水による現地遊泳実験を行った．実験の結果，以下の知見が得られた．

(1) ワカサギ

- 1) 体長 6, 7cm 台のワカサギの遊泳速度は，流速が増加するとともに大きくなる傾向が認められ，流速が 79~128cm/s の際の平均遊泳速度は 107~

141cm/sであった。この速度は体長の15～20倍/sに相当した。

- 2) 体長6, 7cm台のワカサギは、遊泳速度が増加するとともに遊泳時間が曲線的に短くなる傾向が認められ、遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得た。
- 3) 体長6, 7cm台のワカサギの遊泳能力をSAI値によって評価した結果、同程度の体サイズのアユに比べて、遊泳能力が劣ることがわかった。
- 4) 体長6, 7cm台のワカサギの前進できる距離と流速の関係を明らかにした。流速128cm/sの条件では、20cm以上前進した個体の割合は43%であり、30cm以上前進できた個体はいなかった。

(2) ウキゴリ類

- 1) ウキゴリ類は腹鰭の吸盤を用いて底面に吸着し、17cm/s以上の流れ場において、前進と吸着を繰り返した。実験の結果、体長3cm台のウキゴリ類は、魚の頭部近傍の流速が概ね40～50cm/sを超えると吸盤を使って前進と吸着を繰り返すことが困難になるものと考えられた。
- 2) 次に、ウキゴリ類が底面に吸着することが困難な47cm/s以上の高流速条件で遊泳実験を行った。この結果、体長3cm台のウキゴリ類の遊泳速度は、流速が増加するとともに大きくなる傾向が認められ、流速47～125cm/sの際の平均遊泳速度は70～171cm/sであった。この速度は体長の20～48倍/sに相当した。
- 3) 体長3cm台のウキゴリ類は、遊泳速度が増加するとともに遊泳時間が曲線的に短くなる傾向が認められ、遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得た。
- 4) 体長3cm台のウキゴリ類の遊泳能力をSAI値によって評価した結果、同程度の体サイズのシロウオ、ドジョウに比べて、やや遊泳能力が高いことがわかった。
- 5) 体長3cm台のウキゴリ類が吸盤を利用せずに前進できる距離と流速の関係を明らかにした。93cm/sの条件では、75%の供試魚が30cmまで到達するものの、40cm以上になると到達率が急激に下がり、50cmまで到達できた個体は40%であった。

(3) ドジョウ

- 1) 稚魚期に相当する体長4cm台のドジョウの遊泳速度は、流速が増加するとともに大きくなる傾向が認められ、流速15～42cm/sの際の平均遊泳速度は41～57cm/sであった。この速度は体長の10～14倍/sに相当した。
- 2) 体長4cm台のドジョウの遊泳時間は、同程度の流速条件における体長5cm以上の個体の遊泳時間に比べて短く、稚魚期の個体の遊泳能力が幼魚期以上の個体の遊泳能力と比べて相対的に低いことがわかった。
- 3) 体長4cm台のドジョウは、遊泳速度が増加するとともに遊泳時間が曲線的に短くなる傾向が認められ、遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得た。
- 4) 体長4cm台のドジョウの遊泳可能な限界流速は、43～55cm/sであった。
- 5) 体長4cm台のドジョウが前進できる距離と流速の関係を調べた。この結

果、体長 4cm 台の稚魚期のドジョウを対象として水田魚道設計を行う際に、流れ場の設計流速を 30cm/s もしくは 40cm/s 程度とする場合は、必要通過距離をそれぞれ 30cm 以下、10cm 以下とすることで多くの個体が遡上可能になると考えられた。

(4) 魚道設計に資する遊泳能力に関する指標の考案

これまで、魚類の遊泳能力については、主に突進速度に代表される遊泳速度が着目されてきた。しかしながら、魚道の計画・設計に携わる実務者にとっては、魚類が前進できる距離の概念を取り入れた指標が重要であると考え、本論では、実験対象 3 魚種を対象に、前進可能な距離と流速の関係を表す近似曲線を遊泳距離曲線 (Swimming distance curve) と称して整理した。遊泳距離曲線から、例えば体長 3cm 台のウキゴリ類が 50cm 前進可能な流速は、約 72cm/s までであると読み取ることができ、遊泳距離曲線は、今後の魚道設計にあたって高流速域の距離設定等の一指標になることが期待される。

論文審査の結果の要旨

魚道設計に資する遊泳能力が低い小型淡水魚の遊泳能力に関する知見を得ることを目的とし、既設魚道における小型魚の遡上実態調査とこれにもとづく小型魚 (ワカサギ、ウキゴリ類、ドジョウ) の遊泳能力を現地遊泳実験により明らかにした。本研究から以下の知見が得られている。

1. 既設全面越流型階段式魚道における採捕調査、水理および水中観測調査から、体長 5cm 未満のウキゴリ類等の遡上が困難な水理条件を明らかにした。

2. 産卵遡上期のワカサギの遊泳実験では、(1)流速 79~128cm/s の体長 6、7cm 台のワカサギの平均遊泳速度は 107~141cm/s であり、遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得たこと、(2)ワカサギが前進可能な距離と流速の関係を表す遊泳距離曲線で整理し、体長 6、7cm 台のワカサギが 120cm 前進可能な流速は約 87cm/s であること、などを明らかにした。

3. 河川遡上期の小型のウキゴリ類の遊泳実験では、(1)ウキゴリ類は腹鰭の吸盤を用いて底面に吸着し、17cm/s 以上の流れ場においては前進と吸着を繰り返すこと、(2)体長 3cm 台のウキゴリ類の平均遊泳速度は 56~107cm/s で、流速 40cm/s から 50cm/s の条件では、前進中に力尽きて流下する個体が顕著に多く、この流速条件では吸盤を使って前進と吸着を繰り返すことが困難であること、(3)腹鰭の吸盤による吸着が困難な高流速条件下におけるウキゴリ類の遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得たこと、また、ウキゴリ類の遊泳能力指数を評価した結果、同程度の体サイズのシロウオ、ドジョウ、メダカに比べて、やや遊泳能力が高いことわかり、ウキゴリ類が吸盤を利用せずに前進できる距離と流速の関係などを明らかにした。

4. 稚魚期のドジョウの遊泳実験では、ドジョウ稚魚の遊泳速度と遊泳時間の関係および流速と遊泳距離の関係について検討し、(1)体長 4cm 台のドジョウの遊泳速度と遊泳時間の関係を表す実験式を得たこと、(2)体長 4cm 台のドジョウの遊泳可能な限界流速は、43~55cm/s であったこと、(3)体長 4cm 台のドジョウを対象として魚道設計を行う際に、流れ場の流速を 30cm/s もしくは 40cm/s 程度とする場合は、必要通過距離をそれぞれ 30cm 以下、10cm 以下とすることを提案した。

これらの研究成果は、今後の遊泳能力が低いとされる小型淡水魚へ配慮した魚道の水理設計にあたって有用な知見であり、設計上の指標となりうるものである。本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. 矢田谷健一，泉 完，東 信行，丸居 篤(2015)
ドジョウ稚魚の遊泳能力の測定
農業農村工学会論文集 83(6)：II-121～II-126
2. 矢田谷健一，泉 完，東 信行，丸居 篤(2016)
河川遡上期のウキゴリ類の遊泳能力に関する基礎実験
土木学会論文集 B1（水工学）72(4)：I-1129～I-1134
3. 矢田谷健一，泉 完，東 信行，丸居 篤(2017)
既設全面越流型階段式魚道切欠き部における小型ウキゴリ類等の遡上実態調査
土木学会論文集 B1（水工学）73(4)：I-397～I-402
4. 矢田谷健一，泉 完，東 信行，丸居 篤，杉本亜里紗(2017)
魚道設計のための産卵遡上期におけるワカサギの遊泳能力の測定
土木学会論文集 G（環境）73(6)：II-63～II-68
5. 矢田谷健一，泉 完，東 信行，丸居 篤(2017)
河川遡上期の小型ウキゴリ類の高流速条件下における遊泳能力
農業農村工学会論文集 85(2)：II-53～II-59