底生魚を対象とした魚道簡易改善法の検討

土木大学　　正会員　○村岡　敬子
土木大学　　正会員　　萱場　裕一

１．目的

欧米では 18 世紀以降，大型のサケ科魚類を対象に魚道が設置され，19 世紀以降プールタイプ魚道をはじめとするさまざまな魚道が継続的に研究・開発されてきた（Katopodis, 2012）．20 世紀末になると，これらの魚道が遊泳能力の小さい非サケ科魚類対して機能していない可能性が指摘されはじめ，遊泳形態の異なる魚種に配慮した魚道が提案されるようになった(Kerr, 2015)．わが国においてもアユをはじめとする非サケ科魚類の遡上が可能となるよう，独自の研究・工夫が施こされてきたが，既存魚道の半数を占めるプールタイプ魚道においてカジカなどの底生魚や小型の遊泳魚類への効果が低いことが指摘されるなど（下田，2002），遊泳能力の小さい魚種へのさらなる配慮が求められている．本研究では，底生魚の中でも移動能力が低いとされるカジカを対象に，魚の遊泳行動に基づいた移動環境の改善方法について検討を行った．

２．概要

これまでの筆者らは，実験水路内における魚類の遊泳行動の観察から，魚は流向の変化部でバランスを崩しやすいこと，特にカジカは頭を持ち上げた際に腹部側に流れを受け，遡上が困難となることを示してきた（Muraoka, 2017）．そこで，魚に覆いかぶさるようなひさし（以降“ひさし“）を魚道内に設置することにより，カジカが頭を持ち上げる行動を抑制することで遡上時の体勢を維持させるとともに，速い流れ場内でも定位しやすい空間を形成することができないかと考え，その可否とともに形状について検討を行った．

３．実験装置

アクリルを用いて遊泳行動観察用矩形パイプ（幅 20ｃｍ×高さ 10ｃｍ×長さ 130ｃｍ）とひさしからなる実験模型を制作し，土木研究所内の室内実験施設内に据え付けた（図-1）．ひさしの内角は，10°，15°，20°，25°，40°とし，ひさしが無い状態(90°)の計 6 形状である． 実験時の流速は，模型上下流の角落しとポンプの回転数により調整し，ひさしのないケースでは矩形中心部の流速を二次元電磁流速計により計測した．ひさしのあるケースでは，模型の上流よりトレーサーを流し，底部から高速ビデオカメラ(50fps)にて撮影した画像からトレーサーの移動速度を求め，これを流速とした．

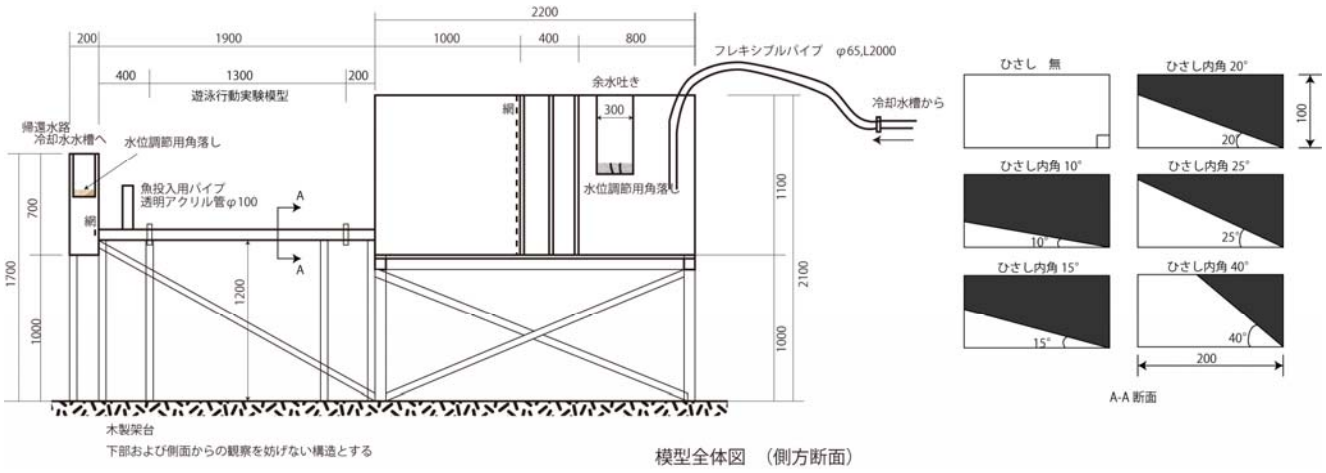

図-１ 実験装置

キーワード　ひさし，カジカ，定位，高速ビデオカメラ，遡上
連絡先　　〒305-8516　茨城県つくば市南原 1-6　（国研）土木研究所　水環境研究グループ　ＴＥＬ029-879-6775

実験に供したカジカは長野県産の大卵型カジカ(B.L.67.52mm±3.6mm)で, 納入から実験までの間の給餌は行わなかった．尚，カジカの馴致水槽および実験開始時の水温は，冷却装置により 17℃に調温した．

３．遊泳行動 の観察

模型内にカジカを投入し，一度定位した後に自発的に上流に向かって起こした行動を挟む 7-17 秒間の画像を 50fps で撮影した．実験は，①模型内に１尾ずつカジカを投入し，ひさしの無い状態で遡上できる限界の流速を求める，② 5,6 尾のカジカを模型内に投入し，①の限界流速以上の流れ場における行動を観察　の 2 段階に分けて実施した．後日研究室内にて一連の行動を確認し，以下の三つに分類した．

遡上成功：行動を起こした後，上流方向への移動に成功した行動数．連続して小刻みに複数回移動した一連の行動は１回の遡上成功行動数とした．

遡上失敗：行動を起こした後，下流へ流された行動．

非成功・非失敗：行動を起こすが，上下流の範囲において，概ね 1cm 内の移動にとどまったもの．

また，各ケースに対して次式により，遡上成功数および頭持ち上げ率を求めた．

遡上成功数　＝(遡上に成功した数)/(実験時間)/(同時に投入したカジカの尾数)

頭持ち上げ率＝(行動開始時に頭を持ち上げた件数)/(総行動数)

４．結果および考察

実験①では，遡上成功数は流速によらず 2～4 件/(時間・尾)と安定した行動数が観察されたるが（図-2），0.43m/s 付近では模型内に定位したままの個体も観察された．実験②では，0.43m/s 付近の遡上成功数はばらつくとともに，実験①と同様に，定位したまま動かない個体が観察され，この付近が遡上の限界流速と推察されるた．さらに流速の大きい領域では，内角 15°のひさしがあるときに 1.25m/s，20°のときに 1.0m/s でも遡上が可能だった．山本らは，同サイズのカジカに対して，遊泳魚の突進速度にあたる定位限界速度を 0.59m/s を報告しており，ひさし下の空間により，大幅に高い流速下での移動を可能とならしめることが示された．さらに山本らは，カジカの巡行速度を 0.47m/s とし，これより小さい流れ場ではカジカは自由な遊泳が可能であるとしている．この値は，本実験の遡上限界の流速値とも合致し，0.5m/s 前後の遡上成功数のばらつきは，必ずしもひさし下の空間に依存しないで遡上しようとする個体があった可能性も考えられた．一方，頭の持ち上げ率は，内角 20°以下で 0.2 を下回り(図-3)，カジカの遡上失敗の原因となる行動が，20°以下のひさしによって抑制されたと考えられる．今後は実用化に向け，粗度の活用も含めた詳細についてさらに検討を行っていく予定である．

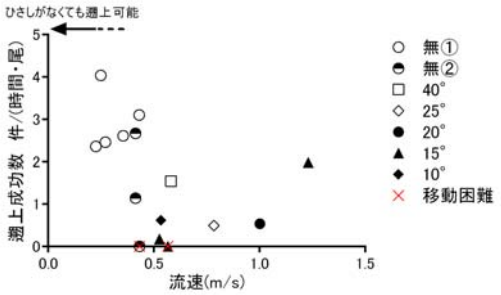

図-２ 遡上成功数

凡例の無①は実験①，それ以外は実験②の結果.
×は移動が困難だったことを示す

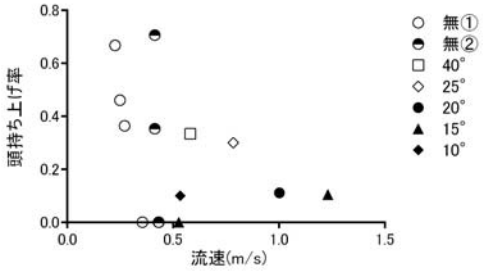

図-３ 頭持ち上げ率

凡例の無①は実験①，それ以外は実験②の結果

参考文献

・Katopodis, C., Kells, J.A., Acharya, M., 2001. Nature-like and conventional fishways：alternative concepts? Can. Water Resour. J. 26, 211–232.
・Kerr, J., R., Karageorgopoulos, P., Kemp, P., S., 2015. Efficacy of side-mounted vertically oriented bristle pass for improving upstream passage of Europian eel and river ramprey at an experimental Grump weir. Eco. Eng., 85, 121-131
・下田和孝，中野繁，小野有五，2002. プールタイプ魚道の設置が北海道の通し回遊魚の流程分布に与える効果，魚類学雑誌，50(1) 15-23
・Muraoka, K., Nakanishi, S., Kayaba, Y., 2017. Boulder arrangement on a rocky ramp fishway based on the swimming behavior of fish, Limnologica, impress
・山本聡・三城勇，イワナ・ニジマス・カジカの遊泳特性，2001. 長野県水産試験場報告，5, 9-12