

底生魚の定位能力を観察する傾斜可変実験水路(H18-FU型) について

誌名	岐阜県河川環境研究所研究報告 = Report of Gifu Prefectural Research Institute for Freshwater Fish and Aquatic Environments
ISSN	18807437
著者名	岸,大弼
発行元	岐阜県河川環境研究所
巻/号	52号
掲載ページ	p. 27-30
発行年月	2007年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



底生魚の定位能力を観察する傾斜可変実験水路(H18-FU型)について

岸 大弼

Tilting channel (Model H18-FU) to observe sucking ability of benthic fish on the slope

DAISUKE KISHI

河川は、環境教育の重要な実践フィールドのひとつである。魚類は、河川生物の中でも最も身近なものであり、環境教育の題材として需要が高い対象のひとつといえる。そのため、各地で魚類に注目した環境教育プログラムが開催されており、特に河川に入って魚類採捕を体験する野外活動の事例が多い。一方で、室内で開催されるプログラムの事例、特に魚類を使用した水槽実験は、専門知識・技術・機材が要求されることから、野外活動よりも実現が困難であり、プログラム拡充が遅れているものと考えられる。こうした背景から、室内プログラムの分野は、依然として発展途上の段階にあり、新規プログラム作成への期待が大きいものと考えられる。

当所は、2005年度から木曾川水園自然発見館、国土交通省水辺共生体験館、岐阜県世界淡水魚園水族館アクア・トトぎふ、独立行政法人土木研究所自然共生研究センター、株式会社オアシスパークとともに「河川環境楽園環境教育ネットワーク」を構成し、環境教育分野における活動に取り組むこととなった。このうち木曾川水園自然発見館および国土交通省水辺共生体験館は、環境教育の拠点として設立されているほか、独立行政法人土木研究所自然共生研究センターおよび岐阜県世界淡水魚園水族館アクア・トトぎふは、環境教育を専門に担当する職員を複数配置している。これらの機関では、環境教育の実施について準備がなされているが、当所は、調査研究や技術開発を目的として設立された研究機関であり、これまで産業あるいは学術領域への情報発信を主体としてきたため、環境教育分野における経験および人材が存在しない。一方で当所には、研究活動で得た知見や経験が蓄積されていることから、河川環境楽園環境教育ネットワークにおいては、専門知識および技術での貢献がまず有望であると考えられた。そこで、当所は、同ネットワークにおける分担部分として、専門知識や技術を活用した独自性の高い教材の考案と、既往のものとは異なる新たな室内プログラムの実現に取り組んでいる。

今回、その一環として傾斜可変実験水路(H18-FU型)を製作した(第1図)。これは、水路の傾斜角が変更可能な実験装置であり、室内プログラムの教材として使用して、特に底生魚の定位能力を観察するものである。以下、この傾斜可変実験水路の構造・傾斜角の変更方法・実験の対象種・用途について記載する。

構造

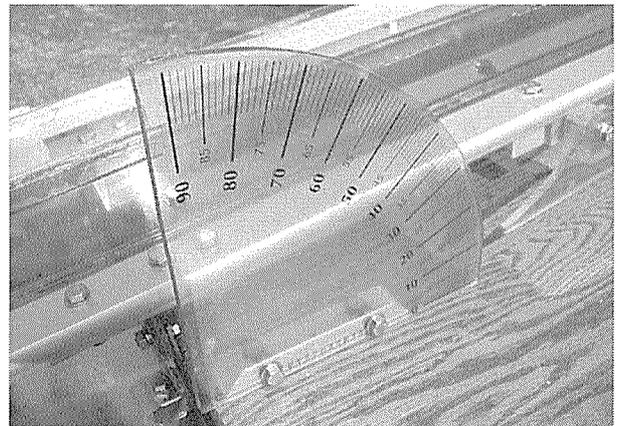
水路部分(流路長98cm、幅10cm)は、蝶番を使用して木製テーブル(106×62.5cm、高さ73cm)の縁辺部に連結しており、その傾斜角を0度から最大90度まで無段階で変更できる(第1、2図)。水路の底面および側壁は透明アクリル板(厚さ5mmおよび3mm)で、底面部分のアクリル板の外周をアルミニウム製L字フレームで補強した。実験魚を定位させる水路内部には、木板など別の床

材を脱着することが可能である。また、実験時に傾斜角を測定するため、水路に隣接して分度器(半径18cm、0-90度)を設置した(第3図)。分度器は、MS-PowerPointにより度数および目盛を作図しOHPシートに印刷したものをアクリル板(厚さ5mm)に貼付して製作した。

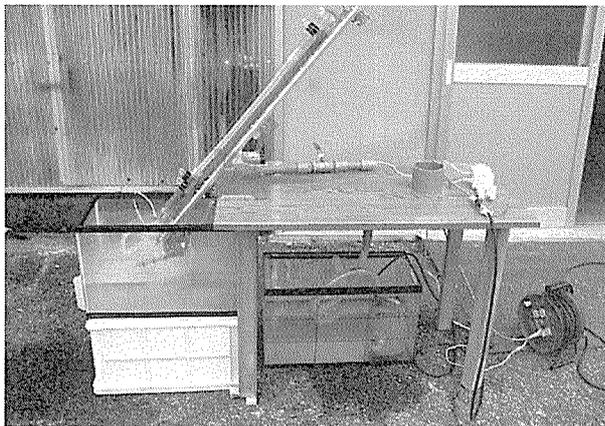
水路下流端には、ポリプロピレン製小型水槽(25×18cm、深さ13cm)を垂下し、その内部に小型水中ポンプ(バスポン25、寺田ポンプ製作所)を設置した。このポンプからの吐水は、ボールバルブを経由して水路上流端



第1図 傾斜可変実験水路 (H18-FU型) の全容
初期傾斜を7度に設定した状態



第3図 実験時に傾斜角を測定する分度器



第2図 起動中の傾斜可変実験水路
傾斜角52度で一時停止させた状態



第4図 傾斜可変実験水路の移送用の台車

に供給され、水路内を通過後、小型水槽に流下して循環する。ボールバルブにより水路内の流量 (0-12L/min) を調節することが可能である。

アクリル製60cm水槽 (60×30cm、深さ36cm) を2個用意し、一方は土台 (57×39cm、高さ29.5cm) の上に設置し (上部水槽)、他方はテーブルの下に設置した (下部水槽)。上部水槽は、水路に垂下した小型水槽を収納する位置に設置した。下部水槽内には、水中ポンプ (FP-15S、鶴見製作所) を設置した。このポンプの稼動時は、前述のものとは別のボールバルブを経由して上部水槽に揚水される。また、サイフォンの原理により同一経路を逆流させ、上部水槽から下部水槽への排水が可能構造とした。

また、傾斜可変実験水路の移送用に木製の台車を製作した (第4図)。これは、傾斜可変実験水路本体だけでなく60cm水槽2個や土台など付属品を同時に積載して移送することが可能である。

傾斜角の変更方法

水路は、テーブルとの連結部分である蝶番を支点として天秤状に作動する (第2図)。水路の下流端に垂下した小型水槽に循環水が貯蓄されているため、蝶番の位置を境とする水路の上流側と下流側との重量バランスは下流側に偏重している。ただし、小型水槽は上部水槽の水面に浮揚しており、その浮力によって小型水槽の自重が相殺されるため、水路の上流側と下流側との重量バランスが安定する構造となっている。

小型水槽への浮力の作用位置は、上部水槽の水位に依存しているため、上部水槽の水位を低下させた場合、小型水槽の位置が下降し、これに伴って水路下流側が下降ならびに水路の上流側が起動する。上部水槽の水位は、ボールバルブを全開して下部水槽へ排水することによって低下し、これに伴って水路の傾斜角が増大する。また、ボールバルブを閉鎖して上部水槽の水位を一定に保持するこ

とにより、任意の傾斜角で水路を停止させることが可能である。ただし、実験前に下部水槽から上部水槽へ揚水し、あらかじめサイフォンを形成しておくことが必要である。なお、水路 - 小型水槽を循環する水と上部水槽 - 下部水槽を往復する水とは、それぞれ独立して別系統となっている。

製作途中において試運転を行ったところ、水路の初期傾斜を約5度以下とした場合、重量バランスが水路上流側に偏重し、水路が起動しないことが判明した。そこで水路の上流端に高さ8.5cmの土台を追加し、実験開始時の初期傾斜を7度に設定した。また、約70度以上では、重量バランスが水路下流側に偏重して小型水槽に作用する浮力が相殺されるため、70度以上では90度まで無停止で傾斜角が変化する。したがって現段階では、ボールバルブの操作によって水路の傾斜角を固定できる範囲は、7-70度となっている。小型水槽への錘の添加・水量の調整など重量バランスの再調節による操作性の改善が今後の課題として残った。

実験の対象種

傾斜可変実験水路の実験対象には、ウナギ科・コイ科・ドジョウ科・ドンコ科・ハゼ科・カジカ科などあらゆる底生魚が候補として挙げられる。このうち河川上・中流域に分布する種、特に流速の大きい条件下に生息する種ほど定位能力が高いものと予測され、実験対象として適していると考えられる。ただし、対象種の選定では、①当該地域の普通種あるいは特異的な種、②実験個体としての確保が可能な種、③取り扱いが容易な種、④視認性が高い種といった条件を考慮する必要がある。

ハゼ科魚類は、一部の種を除いて腹鰭が吸盤状となっており、底面への吸着能力を有していることから、傾斜可変実験水路の実験対象として特に適している。上記①についてハゼ科魚類を例にすると、普通種としてヨシノボリ属やチチブ属など、遡上方法が特異的な種としては、口と腹鰭を使用して岩盤上に吸着するボウズハゼ類⁹⁾が挙げられる。これらのうちヨシノボリ属魚類が、島嶼部に分布する一部の種を除いて広範に分布すること・一般に生息数が多く個体数の確保が容易であること・流速の大きい場所に生息する種については高い定位能力を有すること⁹⁾から実験魚として最適といえる。なお、円口類ではあるが、吸盤状の口を有しているヤツメウナギ科も実験対象になり得るものと考えられる。

②については、減少している種を実験対象とすること

は適切ではない。上記①に該当していても、種あるいは地域によって減少しているものがあり、選定の際に注意が必要である。⁹⁾ レッドデータブックに記載されていない場合でも、減少が懸念される種については、実験での使用の是非についてあらかじめ十分検討しなければならない。

③については、養殖魚の使用を提示する。野生魚の蓄養は、一般に容易ではなく、相応の技術と設備が要求される。一方、養殖魚は、人工環境に十分馴致されており、野生魚と比較して実験対象として飼育・保持しやすい利点がある。また、必要数の確保の点で有利であり、①の条件が充足される地域であれば、実験対象の安定的な確保が可能である。当所では、カジカ属魚類の養殖技術の改良と普及に取り組んでおり、後述のプログラムでは、所内で生産されたカジカ小卵型 *Cottus* sp. を実験に使用している。

なお、吸着可能な種という点では、魚類および円口類以外にニホンアマガエル *Hyla japonica* が挙げられるが、使用する場合は、実験中の逸出防止方法を考慮する必要がある。また、ブユ科やアミカ科の幼虫など渓流域において礫面に吸着して生活する水生昆虫も実験対象となり得る。ただし、体サイズが小さく④の点で公開実験に不利な側面があるため、相応の対応策が必要と考えられる。

用途

傾斜可変実験水路を使用し、まず2006年7月30日に下呂支所での研究所一日開放事業において、特に小学生を対象とした公開実験「ヨシノボリとカジカのみわけかた」を2回行った（第5図）。この実験では、カワヨシノボリ



第5図 研究所一日開放事業において開催した公開実験「ヨシノボリとカジカのみわけかた」

*Rhinogobius flumineus*およびカジカ小卵型を使用した。カワヨシノボリは、7月28日に下呂支所内の用水路で採捕した。カジカ小卵型は、下呂支所で生産された個体で、長良川中流部で採捕された親魚を元に継代されているものである。この公開実験では、両種の識別点として腹鰭の形態に注目し、その相違を強調するため、傾斜可変実験水路（水路内部には木板を敷設）により定位能力を比較した。

実験の結果、水路に定位可能な傾斜角は、1回目はカジカ小卵型が最大30度、カワヨシノボリでは最大60度であった。2回目はカジカ小卵型が最大64度まで定位し、カワヨシノボリは90度でも定位し続けた。実験の再現性が不安定ではあるものの、腹鰭が吸盤状になっているカワヨシノボリは、カジカ小卵型よりも定位能力が上回るという予測に矛盾しない結果が得られた。ただし公開実験では、スライドやワークシートといった資料をあらかじめ準備するために、毎回同様の結果が得られるよう要求される。今後は、再現性を確保するため、実験手法を改めて検討することが必要と考えられた。

上記の魚種間比較のほか、水路内部に敷設する床材（木板・アクリル板・アルミニウム板・素焼きタイルなど）を交換しながら、実験魚の定位の難易度を比較する実験案がある。定位の可否は、底面の材質に依存するものと予測され、公開実験の一案として発展の余地があると考えられる。

なお、実験水路の水深や傾斜角は、魚類の本来の生息環境を必ずしも反映していないことに留意しなければならない。水路の水深は3mm以下であり、実験魚の体の一部が空中に露出する状態となる。ヨシノボリ属魚類やボウズハゼといった岩盤上を遡上することのある一部のハゼ科魚類では、野外においても発生し得る状態と考えられる¹⁾が、前述の実験で使用したカジカ科魚類については、その生息環境から乖離した条件設定と考えられる^{4,5)}したがって、野外における魚類の行動を必ずしも再現・評価するものではなく、例えば、堰堤や魚道など河川工作物を想定した魚類遡上の可否の検証には適していない。傾斜可変実験水路は、当初の目的通り底生魚の定位能力を視覚化して解説することが主目的であり、環境教育現場における使用に特化した実験装置といえる。

要約

1. 底生魚の定位能力を検証する公開実験に使用するため、傾斜可変実験水路（H18-FU型）を製作した。
2. 現段階では、水路の傾斜角を変更あるいは固定できる範囲は7-70度であり、重量バランスの再調節による操作性の改善が今後の課題として残った。
3. 実験の対象種の選定の際に、当該地域の普通種あるいは特異的な種、実験魚としての確保が可能な種、取り扱いが容易な種、視認性の高い種といった条件を考慮する必要がある。
4. 傾斜可変実験水路は、底生魚の定位能力を視覚化して解説することを主目的とし、環境教育現場における使用に特化した実験装置といえる。

謝辞

熊崎隆夫・三浦航両氏には、製作作業を支援していただいた。藤井亮吏・徳原哲也両氏には、材料を提供していただいた。また、実験魚については、藤井亮吏氏にカジカ小卵型を供給していただき、大原健一・景山哲史両氏にカワヨシノボリを採捕していただいた。ここに記して感謝する。

文献

- 1) 福井正二郎. ボウズハゼの岩面匍匐について. 魚類学雑誌 1979;26:84-88.
- 2) Ito S, Koike H, Omori K, Inoue M. Comparison of current-velocity tolerance among six stream gobies of genus *Rhinogobius*. *Ichthyol. Res.* 2006; 53:301-305.
- 3) 環境省. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 4 汽水・淡水魚類. 2003.
- 4) 渡辺恵三, 中村太士, 加村邦茂, 山田浩之, 渡邊康玄, 土屋進. 河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響. *応用生態工学* 2001;4:133-146.
- 5) 山本 聡, 沢本良宏. 千曲川での河川型カジカ、*Cottus pollux*の微生物場所の物理環境. *水産増殖* 1998;46:231-236.