

丘陵地小河川における簡易魚道を用いた ホトケドジョウの遡上経路の再生への試み

Trial restoration of the migration route of *Lefua echigonia* (Cypriniformes, Cobitidae) using portable fishways in a hill land stream

神谷真吾†, 内田臣一††

Shingo KAMIYA, Shigekazu UCHIDA

Abstract From 2007 to 2009, an endangered species of loach, *Lefua echigonia*, was collected at 68 out of 192 investigation sites in the streams in and around the EXPO 2005 Aichi Commemorative Park, central Honshu, Japan. Distribution pattern of the loach suggests that the migration of the loaches in this region must be prevented by 3 weirs of which the one was built across a stream in the EXPO Park. To mitigate this impact, portable fishways were tested in laboratory experiments and in situ experiments on the weir in the EXPO Park. In the laboratory experiment, the loaches ascended the fishways in many cases with the water flow of 50-550 mL/s, at the slope of 0.6-20°, and at the water temperature of 10-26°C. The loaches tend to hesitate ascending the fishways in the low temperature of water. In situ experiment in the EXPO Park, the loach seldom ascended the portable fishway, only at the slope of 4.4°.

1. はじめに

魚道とは河川を横断して設けられ、魚類の移動を阻害する、あるいは阻害する可能性のある、堰、頭首工、ダム等の構造物に、その障害を軽減、除去するために設置された水路または装置を言う。

魚道の大きな目的は二つあり、1つは水産業のためで他の1つは河川生態系保全のためである。従来の魚道の目的は水産業のためという視点が強く、重要水産生物にのみ目が向けられてきた。その重要水産生物は、北海道、東北地方ではサケ・マス、関東地方以西では主としてアユであった。そして、それぞれの地域でそれらを対象とした魚道が多数設置されてきた。しかし、最近では広く河川生態系の連続性を確保するという視点から「雑魚」と呼ばれたような水産業の対象とならない魚種も対象に含めて魚道を設置することが望まれるようになってきた。また、生物多様性保全の観点からもさまざまな魚種を対象とした魚道が望まれつつある。

これに伴い、水田や農業水路の水域で堰堤や段差などにメダカ、ドジョウなど「雑魚」も遡上できるような魚

道が設置されるようになった¹⁻¹²⁾。しかし、丘陵地小河川では多数の砂防堰堤、治山堰堤があるにもかかわらず「雑魚」を対象とした魚道はほとんど設置されていない。

2005年日本国際博覧会(通称 愛知万博、愛称 愛・地球博)の会場の一部となった愛知県瀬戸市の海上の森と同県長久手町の愛・地球博記念公園、およびその周辺を流れる丘陵地小河川には、「雑魚」のひとつであるホトケドジョウ *Lefua echigonia* Jordan & Richardson, 1907 が生息している。ホトケドジョウはコイ目ドジョウ科に属し、本州および四国に生息する日本特産種であり、環境省により絶滅危惧IB類に指定されている¹³⁾。この研究では、まずこの地域でのホトケドジョウの分布を詳しく調べ、ホトケドジョウの移動を妨げている可能性がある河川横断工作物を指摘した。そして、その遡上経路を再生する手法の一つとして簡易魚道を検討した。そのため、まず室内で簡易魚道実験を行い、その結果を参考にして愛・地球博記念公園内の小河川にある床固めの段差に簡易魚道を設置して遡上経路を再生することを試みた。

2. ホトケドジョウの分布

2・1 ホトケドジョウの分布調査の方法

海上の森と愛・地球博記念公園、およびその周辺を流

† 愛知工業大学大学院 建設システム工学専攻

†† 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 (豊田市)

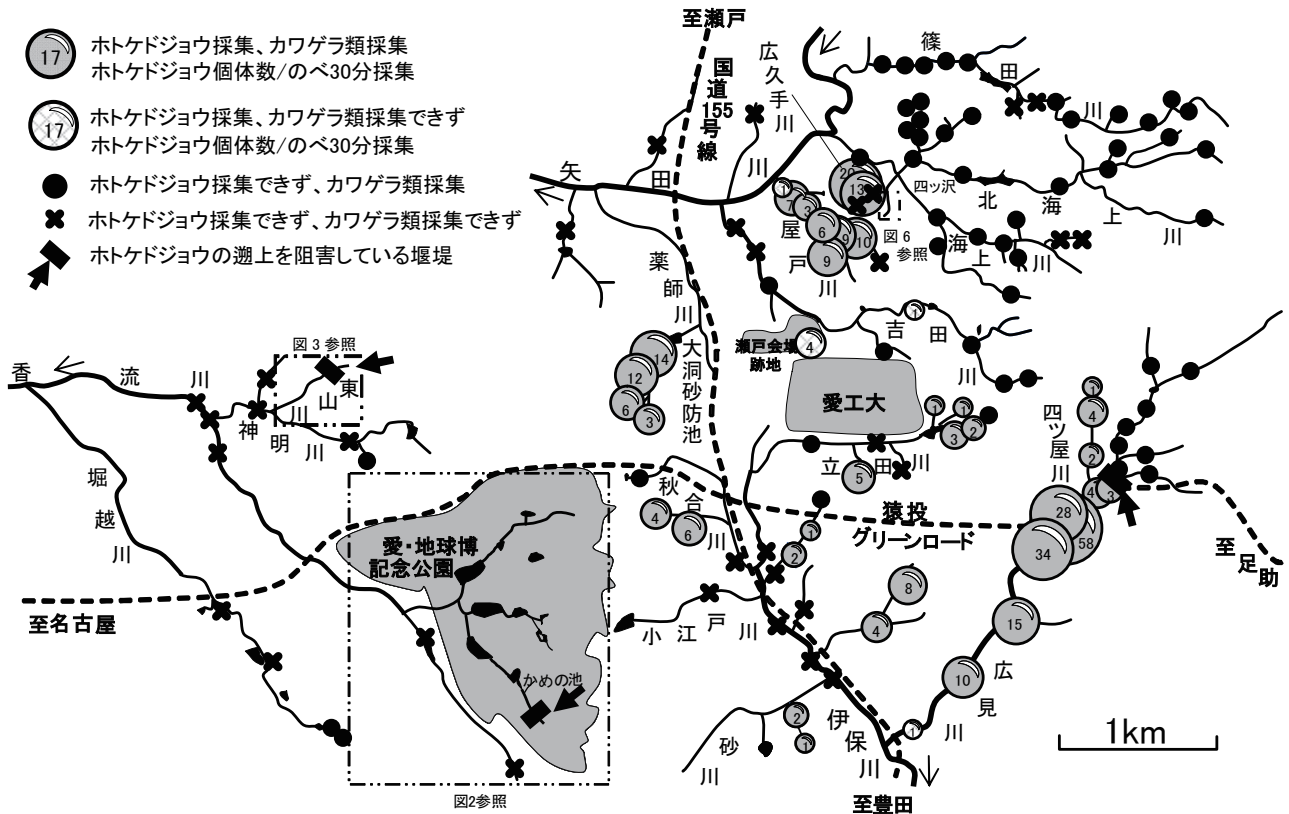


図1 ホトケドジョウとカワゲラ類の分布

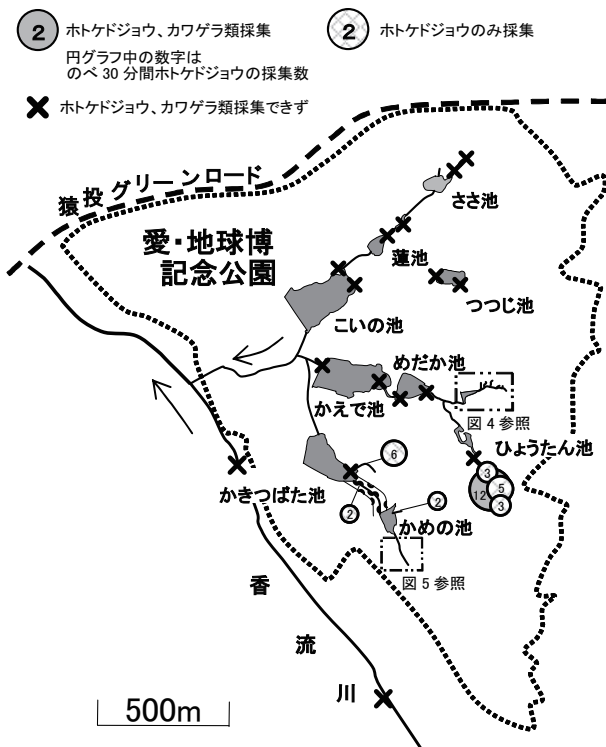


図2 愛・地球博記念公園内のホトケドジョウとカワゲラ類の分布調査結果

れる丘陵地小河川を丘陵地対象としてホトケドジョウの分布を調査した(図1)。2006~2009年に網目内径約3mmのタモ網を用いて、各地点で1~14人、のべ30分間採集し、計192地点で調査した。

2・2 カワゲラ類の分布調査

ホトケドジョウの生息に適した環境については以下のことが指摘されている。

- a. 源流に近く、河床勾配が緩く流れが比較的穏やか^{14,16}。
- b. 水中に身を隠すための泥、落葉、礫のすき間、あるいは水草がある^{15,17,18}。
- c. 餌となる水生昆虫などが生息する^{14,15,17,18}。
- d. 平水時には水が常に澄んでおり、水質が良好^{15,18}。
- e. 川の両岸に樹木か、草が茂り日陰が多い^{15,18}。
- f. 湧水などのため、夏でも水温が低い^{17,18}。あるいは、夏には低め、冬には高めの水温¹⁶。しかし、これらに反して水温が30℃を超える高水温になるところでも生息が確認されたことがある¹⁹。

これらと同様の環境を好む水生生物のひとつとして水生昆虫のカワゲラ類が挙げられる。カワゲラ類は有機汚濁についてきれいな水質(貧腐水性)の指標生物とされ

丘陵地小河川における簡易魚道を用いたホトケドジョウの遡上経路の再生への試み

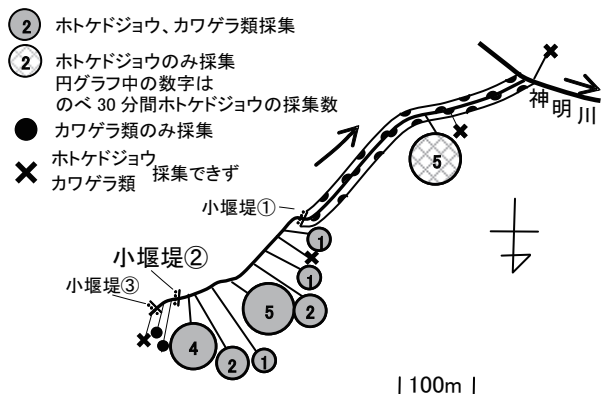


図3 東山川のホトケドジョウとカワゲラ類の分布調査結果

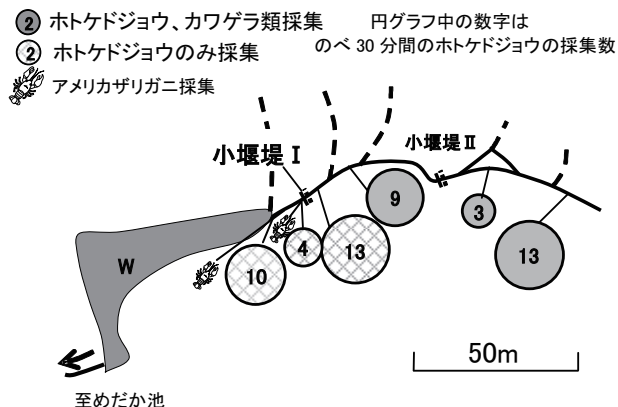


図4 めだか池の東にある池に流れ込む河川のホトケドジョウ分布調査結果

ている²⁰⁾。また、カワゲラ類が生息するという事は、
 通年流水があり、上記 a.~f.の条件のうち少なくとも b.
 と d.の環境があることを示しており、これはホトケド
 ジョウにとっても生息に適した環境であることが考えら
 れる。そこで、ホトケドジョウの生息に適した環境の指標
 としてカワゲラ類を選び、ホトケドジョウの調査地点に
 おいてカワゲラ類を採集した。ホトケドジョウの採集と
 は別に 2006~2009 年に網目内径約 3 mm のタモ網を用い
 て、各地点で 1~14 人、のべ 30 分間採集し、192 地点で
 調査した (図 1)。

2・3 ホトケドジョウ・カワゲラ類の分布調査結果と考察

ホトケドジョウは 68 地点で、カワゲラ類は 127 地点で
 採集された (図 1~6)。

この地域でのホトケドジョウの分布を概観すると、ホ

トケドジョウを採集した地点のほとんどでカワゲラ類も
 採集できた。このことから、ホトケドジョウは貧腐水性
 の良好な水質環境を好むことが考えられる。さらに愛・
 地球博記念公園より西方の丘陵地では開発が進んでいる
 ためか、ホトケドジョウ・カワゲラ類ともに採集できず、
 一方北東部の山地溪流ではカワゲラ類は採集できたが、
 ホトケドジョウは採集できなかった。

しかし、細かく見るとホトケドジョウ・カワゲラ類と
 もに採集された地点に隣接して、カワゲラ類しか採集さ
 れなかった地点が多数ある。これはホトケドジョウは連
 続した水系を伝ってしか移動できないのに対してカワゲ
 ラ類は羽化して成虫となれば、飛行して水系沿いに、ま
 た水系を越えて移動できるためと考えられる。

調査区域の各水域には多数の河川横断工作物が設置さ
 れている。これら工作物の中でも、香流川支流東山川 (図

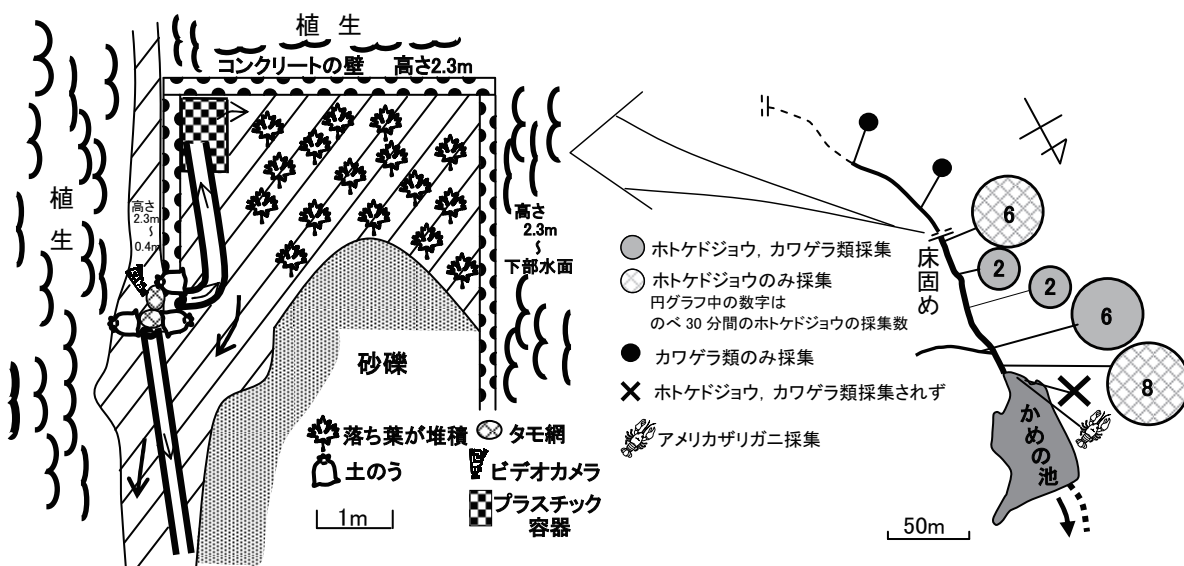


図5 かめの池に流れ込む小河川にある床固め周辺の平面図と簡易魚道 (太線) 設置図 (左)
 およびかめの池付近のホトケドジョウ分布調査結果 (右)

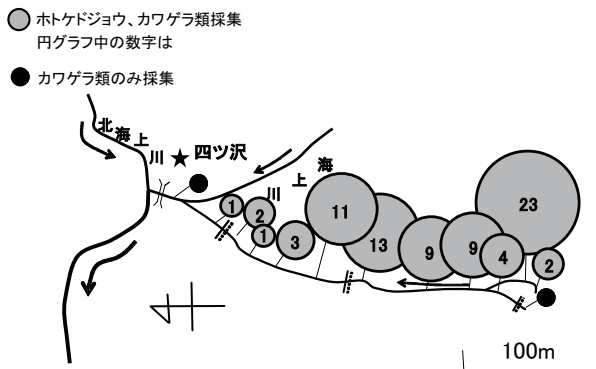


図 6 海上川四ツ沢付近南側支流のホトケドジョウ分布調査結果

3, 小堰堤②, 落差約 110 cm)、愛・地球博記念公園内かめの池に流れ込む小河川 (図 5 右, 床固め, 落差 40 cm) と広見川 (図 1 右の矢印, 四ツ屋川合流点の約 125 m 上流にある堰堤, 落差約 205 cm) では、工作物の下流側でホトケドジョウを採集できたが、上流側ではできなかった。これらの工作物の上流・下流ともにカワゲラ類が連続的に生息していたため、各河川の仕事物の上流と下流では水質などの環境の差異は小さく、ホトケドジョウの生息に適した環境であると考えられる。それにもかかわらず、上流側にホトケドジョウが生息していないので、指摘した工作物 (図 1 の太い矢印 3 ヶ所) はホトケドジョウの遡上を妨げている可能性が高い。

愛・地球博記念公園内のめだか池の東にある池に流れ込む河川では、池への流入部に近い場所に小堰堤 I (図 4, 落差約 65 cm) が設置されている。小堰堤 I の上流・下流側でホトケドジョウを採集できた。しかし流入部付近では小堰堤 I の上流側と比べて水の流れが弱く、水深も深く河床には泥や枯れ葉などが多く堆積していた。さらに小堰堤 I の上流側で採集できたカワゲラ類を下流側で採集できなかった。そのため、池への流入部付近を堰堤で分断してしまうと上流から流下したホトケドジョウは再び遡上することができずに生息環境の変化などによって死滅する可能性がある。

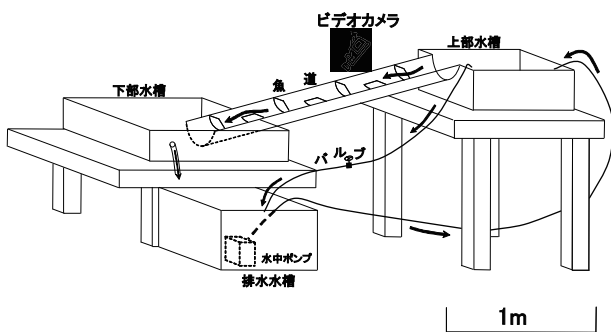


図 7 室内実験装置



写真 1 直線型魚道 (左) と折り返し型魚道 (右)



写真 2 隔壁: 左右交互 (左) と左右一方 (右)

一方、大洞砂防池上流、海上川支流広久手川 (図 1 上) と海上川四ツ沢付近南側支流 (図 6) では砂防堰堤より上流側でホトケドジョウを採集できたが下流側では 1 尾もしくは採集できなかった。これらの堰堤は逆にホトケドジョウの流下を妨げている可能性がある。

3. 室内での簡易魚道実験

3.1 簡易魚道の製作

簡易魚道には土木工事の現場などで仮設の排水溝として用いられるコルゲート管を利用した¹⁰⁻¹²⁾。コルゲート管の横断方向の襞 (ひだ) の凹みを利用して、取り外しが可能な隔壁を設置することも試みた。

3.2 室内での簡易魚道実験の方法

野外での魚道設置に先立ち、魚道の勾配、流量、水温、隔壁の配置について遡上に適した条件を知るため、実験室内に簡易魚道実験装置を作って実験した。

本装置は、排水水槽内の水中ポンプによって上部水槽に水を汲み上げる構造とした。上部水槽から、排水水槽へ向かうバイパスホースのバルブにより上部水槽の水位を上下させて魚道内の流量を調節した。上部水槽から魚道内を流れる水は、下部水槽へ流れ、排水水槽に戻る循環

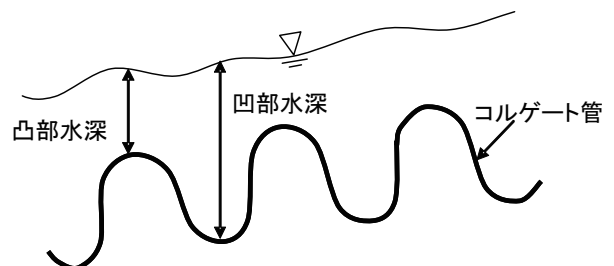


図 8 魚道内における水深

丘陵地小河川における簡易魚道を用いたホトケドジョウの遡上経路の再生への試み

環構造とした(図7)。魚道を流れる流量は下部水槽から排水水槽へ流下するものを測定した。室内実験では次の2型のコルゲート管(口径200mm)を用いた魚道を設置した。

- ① 直線型魚道、長さ1.5m(写真1左)
- ② 折り返し型魚道、長さ3.2m(写真1右)。

①の魚道を設置したときの実験条件は魚道内の流量50, 60, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 550 mL/s、設置勾配0.6, 1.7, 2.1, 2.7, 10, 20°、水温10~14℃, 15~19℃, 20~24℃, 25~29℃とした。また、勾配が10, 20°のときに隔壁を設置した。隔壁は100, 150, 200mmの間隔で設置し、切りかきは左右交互と左右一方にした(写真2)。

②の魚道を設置したときの実験条件は魚道内の流量50, 100, 200, 300, 400, 500 mL/s、設置勾配7°、水温11~12℃, 19~21℃とした。なお、この実験は冬季に行ったため水温を19~21℃に上げるために上部水槽と排水水槽にヒーターを各一機設置した。

実験は下部水槽にホトケドジョウを入れ、6時間以内に上部水槽にたどり着いた個体数、遡上の様子をビデオカメラで撮影した。遡上の確認は毎時行い、確認したときに上部水槽にいる個体は取り除いた。流量と水温は実験開始時に測定し、魚道の凹凸部の水深を測定した(図8)。試験魚としたホトケドジョウは豊田市広見川(図1右下)にて採集した。

3・3 室内実験の結果と考察

直線型の魚道の実験結果を図9, 10に示す。直線型の魚道では勾配が0.6, 1.7, 2.1, 2.7, 10, 20°でホトケドジョウは遡上した(図9)。

勾配10°で一尾も遡上しなかったときは水温10~14

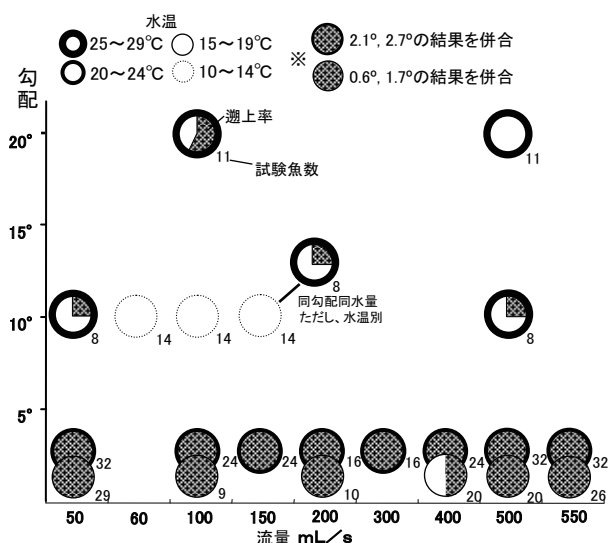


図9 室内実験における勾配・流量・水温とホトケドジョウの遡上率との関係(直線型魚道)

℃で、同勾配の水温25~29℃のときには遡上した。このことから水温が低くなるとホトケドジョウは遡上しにくくなると考えられる。

勾配が10, 20°のときに隔壁を設置した。勾配10°、

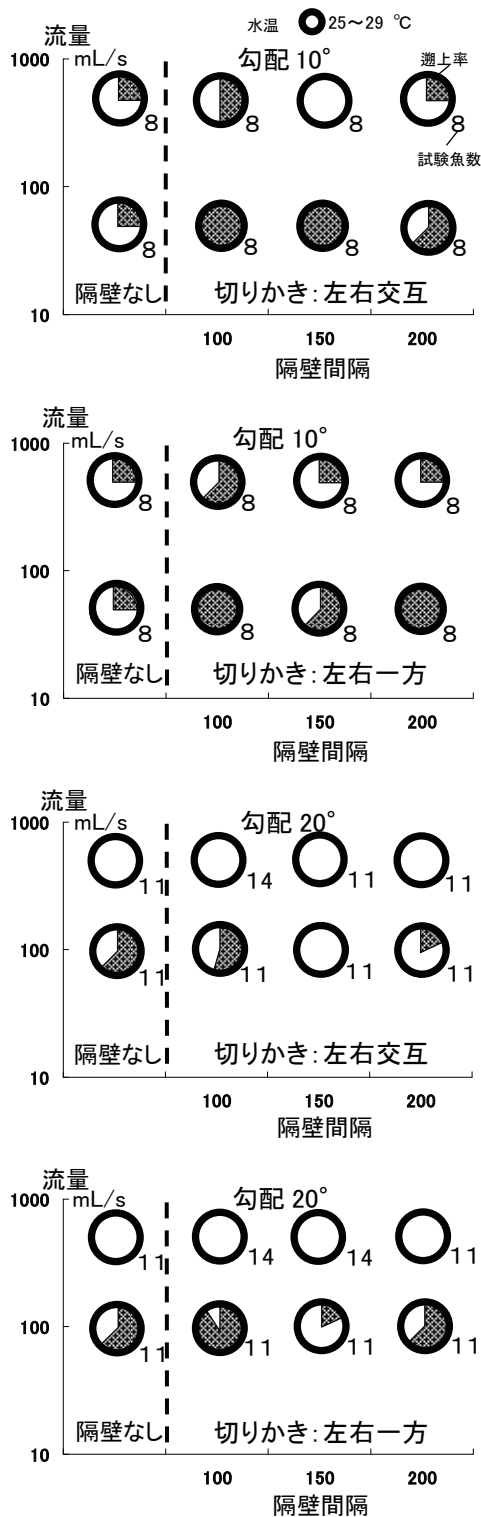


図10 室内実験における隔壁の有無・間隔・切りかきの位置・流量とホトケドジョウの遡上率との関係

表 1 勾配 10°、流量 500mL/s での隔壁間の待機時間

切りかき設置方法	待機時間
左右交互	8 分 35 秒
左右一方	8 分 23 秒
なし	10 秒

流量 50 mL/s では隔壁の切りかきの 2 つの配置方法（左右交互、左右一方）ともに、隔壁がないときと比べ遡上数が多い傾向があった（図 10 上 2 つのグラフ）。勾配 20°、流量 500 mL/s では隔壁の有無に関係なく遡上しなかった（図 10 下 2 つのグラフ）。

折り返し型の魚道の実験結果を図 11 に示す。魚道の勾配は 7°にした。ホトケドジョウはすべての流量で遡上した。水温が低いと遡上数が減る傾向があった。

流量 50 mL/s のときでは魚道内の凸部分の水深は 4 mm と浅いにもかかわらずホトケドジョウは遡上した。このとき、ホトケドジョウの遊泳形式は主として匍匐形だったので体高より浅い水深でも比較的容易に遡上できたと考えられる。

ビデオでホトケドジョウの遡上行動を観察すると、魚道内を一気に泳ぎきる個体は少数で、多くが流れの弱いところで一旦泳ぐのをやめ、再び泳ぎだす行動が見られた。この泳ぐのをやめる行動は、次の泳ぎに備えた待機と考えられる。勾配が 10, 20°の隔壁なしのときではホトケドジョウが待機できる範囲が狭く押し流されてしまう傾向がみられた。隔壁を設置したことで待機できる場所が確保され待機時間が大きく伸びた（表 1）。

これらの実験結果から、野外においても水温が比較的高く、勾配を緩く設置すれば、ホトケドジョウは簡易魚道を使って遡上できると考えられる。また流量は必ずしも多くなくても遡上できると考えられる。

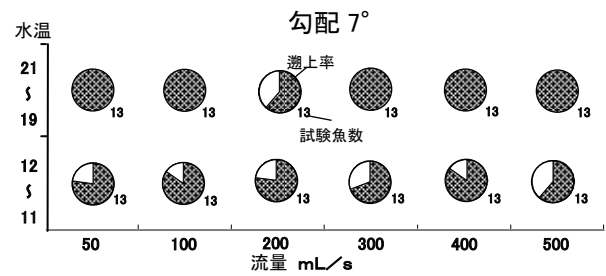


図 11 室内実験における流量・水温とホトケドジョウの遡上率との関係（折り返し型魚道）

4. 野外での簡易魚道実験

4.1 野外での簡易魚道実験の方法

2・3 で指摘したように愛・地球博記念公園内かめの池に流れ込む小河川にある床固めによってホトケドジョウの遡上が妨げられている可能性がある（図 5 右）。この床固めに以下の方法で魚道を設置し、実験した。

- ① 直線型の魚道を設置（全長 3.3 m, 勾配 7°, 隔壁なし, 設置期間 2008 年 6 月 4 日～7 月 23 日）
- ② 折り返し型の魚道を設置（全長 3.2 m, 勾配 7°, 隔壁なし, 設置期間 2008 年 7 月 17 日～9 月 3 日）
- ③ 折り返し型の魚道の下流側入り口にプラスチック容器（924×610×200 mm）を設置（全長 3.2 m, 勾配 7°, 設置期間 2008 年 10 月 8, 15, 17 日, 10 月 8 日, 隔壁の切りかき左右一方, 10 月 15 日同左右交互, 10 月 17 日隔壁なし）
- ④ ③のプラスチック容器を河床から 150 mm 高くし折り返し型の魚道の勾配を 4.4°で設置（設置期間 2008 年 11 月 18, 21 日, 12 月 2 日, 11 月 21 日, 隔壁の切りかき左右一方, 11 月 18 日同左右交互, 12 月 2 日隔壁なし）
床固めの上流部には土のうを置いて魚道内の流量を確保した。魚道の上流部付近にはビデオカメラを設置して遡

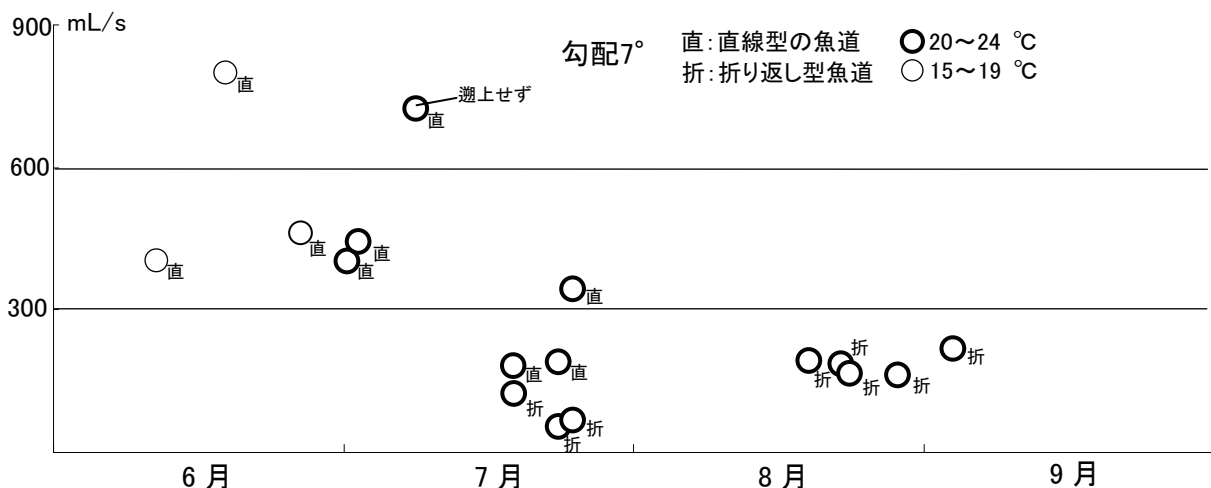


図 12 野外実験における流量・季節・魚道の型とホトケドジョウの遡上率との関係（4・1 の設置方法①, ②）

丘陵地小河川における簡易魚道を用いたホトケドジョウの遡上経路の再生への試み

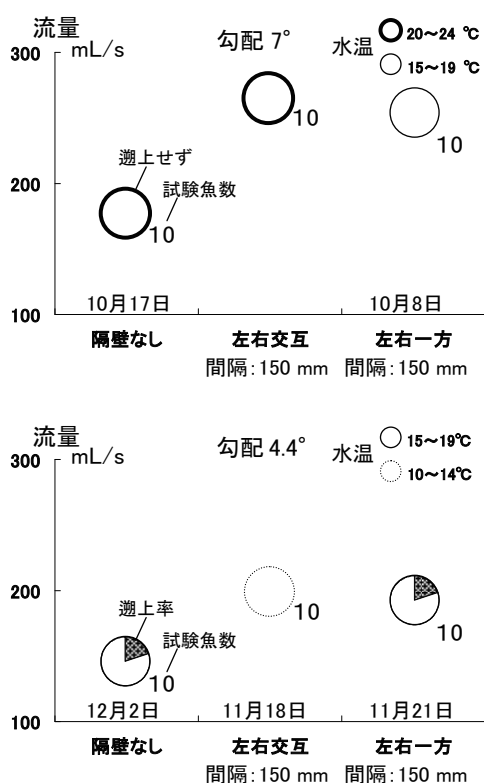


図 13 隔壁の間隔・流量とホトケドジョウの遡上率との関係（上：設置方法③，下：設置方法④）

上した個体数、遡上の様子を撮影した。魚道を遡上したホトケドジョウを採集するためトラップを仕掛けた。設置方法③、④ではプラスチック容器内に現地で採集したホトケドジョウを 10 尾入れて実験した。

4・2 野外実験の結果と考察

室内実験では設置方法③～④と同様の条件でも遡上したが野外実験では遡上しなかった（図 12, 13 上）。ホトケドジョウが遡上したのは設置方法④で隔壁を左右一方に設置したときと隔壁なしのときのみだった（図 13 下）。このように野外実験ではホトケドジョウは室内実験と比べ遡上が少なかった。

この結果を、農業水路に簡易魚道を設置した既往の研究結果¹⁻¹⁰⁾と比べると、ホトケドジョウは一般の雑魚と比べ魚道を遡上させにくい可能性がある。

4・3 簡易魚道設置後の河川に与える影響

砂防堰堤などの落差高のある構造物が、下流域から生息域を広げているオオクチバスやブルーギルなど侵略的な外来種の遡上を防いでいることがある。このような場合、魚道を設置したことによって外来種が上流に侵入して在来生物に悪影響を及ぼす恐れがある。そのために、魚道を設置する前に構造物の上流部と下流部に生息している生

物について事前調査を行う必要がある²¹⁾。

本研究で簡易魚道を設置しているかめの池に流れ込む小河川にある床固めは池から上流約 100 m の位置にある（図 5 右）。かめの池では、オオクチバスやブルーギルなどの外来魚を確認できなかったが、この地域のため池の一般的な状況から考えると生息している可能性はかなり高いと考えられる。池から床固めまでの区間内でのホトケドジョウの調査時には、アメリカザリガニを池の中と池への流入部で採集したのみで他の地点ではオオクチバス・ブルーギルを確認できなかった。床固めの上流側でもこれらの外来種を確認できず、そもそも、魚類を全く採集できなかった。アメリカザリガニは、床固め付近まで侵入することができるにもかかわらず、生息範囲が池の中と流入部に限られていた。このことから、流入部より上流側はこれら外来種が好む生息環境ではないことが考えられる。そのため、この床固めに簡易魚道を設置した場合にこれら外来種が上流側に侵入する可能性は低いと考えられる。よって、この床固めにホトケドジョウの遡上経路の再生として、簡易魚道の設置することは有効な保全措置のひとつと考えられる。

一方でめだか池の東にある池に流れ込む河川では小堰堤 I が池への流入部から上流約 10 m の位置にある（図 4）。この小堰堤 I の直下流部と池への流入部の 2 つの調査地点でアメリカザリガニの生息が確認できたが上流側では生息を確認できなかった。かめの池と同様にオオクチバス・ブルーギルは確認できなかった。この小堰堤 I に簡易魚道を設置すると、ホトケドジョウだけでなく、アメリカザリガニが新たに上流側で生息域を広げることが許してしまう可能性がある。このため、この小堰堤 I に簡易魚道の設置は避けるべきであると考えられる。本研究では、この小堰堤 I には簡易魚道を設置しなかった。

5. まとめ

- ・海上の森と愛・地球博記念公園およびその周辺の計 192 地点でホトケドジョウの分布を調査したところ 68 地点で採集できた。また、同時にカワゲラ類の分布も調べたところ、ホトケドジョウと比べカワゲラ類は広く多くの地点で採集される傾向があった。この比較から、この地域でホトケドジョウの遡上を阻害している可能性が高い 3 堰堤（床固め）を指摘した。

- ・室内での簡易魚道実験では勾配 0.6～20°、流量 50～550 mL/s、水温 10～26 °C の条件の範囲内でホトケドジョウは遡上した。水温が低いとき（10～14 °C）では遡上率が下がるか、もしくは遡上しなかった。魚道内の凸部水深が体

高より低くても遡上した。隔壁を取り付けたことで魚道内の待機時間が増加した。

・上で指摘した 3 堰堤 (床固め) の 1 つである愛・地球博記念公園内の床固めの段差で野外での簡易魚道実験を行った。野外実験では同様の設置条件 (魚道の口径・長さ、勾配、流量、水温) の室内実験と比べ遡上率は低かった。

・ホトケドジョウを対象とした魚道を設置することは、その遡上経路の再生に有効と考えられる。しかし、他の魚種と比べ遡上させるのは容易ではない。

謝辞

愛知県農業総合試験場の田中雄一主任、渡部勉主任には、実験装置を製作する上で、アドバイスをいただいた。現地実験の実施にあたり、愛知県建設部公園緑地課の小嶋幸主査 (当時) には床固めへの簡易魚道の設置に快諾をいただいた。愛・地球博覧会記念公園管理事務所の職員の方々には公園内での調査を快諾くださり、工事中での調査立ち入りに便宜をはかっていただいた。

本研究には愛知工業大学工学部都市環境学科河川・環境研究室におけるホトケドジョウに関する次の卒研生の卒業研究の結果を含む。宇野永一郎君・坂本久享君・細井宣君 (2006 年度)、梅村雄一郎君・山田正音君 (2007 年度)、伊藤泰栄さん・稲熊祥君・岡田照平君・鈴木寛太君 (2008 年度)。同研究室の四俵正俊教授、木村勝行教授にはこれら卒業研究に対するものを含めさまざまな指導と助言をいただいた。

これらの方々のご指導、助言、ご協力に心から感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 端憲二 (1999) 小さな魚道による休耕田への魚類遡上試験. 農業土木学会誌, 67: 497-502.
- 2) 端憲二 (2000) 田圃につける小さな魚道. 応用生態工学, 3: 231-234.
- 3) 水谷正一 (2000) ドジョウの水田への遡上. 農村と環境, 16: 70-76.
- 4) 鈴木正貴・水谷正一・後藤章 (2001) 水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発. 農業土木学会誌, 68: 1263-1266.
- 5) 鈴木正貴・水谷正一・後藤章 (2001) 水田水域における淡水魚の双方向移動を保证する小規模魚道の試作と実験. 応用生態工学, 4: 163-177.
- 6) 鈴木正貴・水谷正一・後藤章 (2004) 小規模魚道による水田, 農業水路および河川の接続が魚類の生息に及ぼす効果の検証. 農業土木学会論文集, 72: 641-651.

- 7) 加藤宗英・水谷正一・鈴木正貴・後藤章 (2005) 小規模魚道の設置諸元を検討するための小型魚類の遊泳能力. 農業土木学会論文集, 73: 59-65.
- 8) 杉原知加子・水谷正一 (2006) 河川と水田間に連結する人工池が魚類の生息に果たす役割—栃木県上三川町谷川水系の事例. 農業土木学会論文集, 74: 451-460.
- 9) 守山拓弥・藤咲雅明・水谷正一・後藤章 (2008) 農業用の小河川, 農業水路および河川間に形成された水域ネットワークにおけるウグイの移動. 農業土木学会論文集, 76: 1-10.
- 10) 渡部勉・田中雄一・加藤宏明・宮元晃 (2008) 農業用の用排水路の魚類生息環境を改善する魚道付き転倒堰の開発及び効果. 愛知県農業総合試験場研究報告, 40: 55-64.
- 11) 久加明子・大澤剛士・田口勇輝・石田裕子・佐々木博言・恩地利実・澤部久美子・藤本亜子・三橋弘宗 (2007) 太陽光発電と小型揚水ポンプを用いた簡易魚道の設置. 応用生態工学第 11 回研究発表会講演集, p117-119.
- 12) 高橋清孝編 (2009) 田圃の魚をとりもどせ!. 恒星社厚生閣, 230pp.
- 13) 環境省編 (2003) 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. (財) 自然環境研究センター, 230pp.
- 14) 澤田幸雄 (2001) ホトケドジョウ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編「日本の淡水魚 3 版」, 山と溪谷社, p.400.
- 15) 田中匠・加藤高志・仲井俊史・内田臣一 (2002) 愛知万博会場予定地周辺におけるホトケドジョウの生息環境. ため池の自然, 35: 1-11.
- 16) 勝呂尚之 (2005) 谷戸の代表種ホトケドジョウ. 「希少淡水魚の現在と未来—積極的保全のシナリオ」, 信山社, p.50-60.
- 17) 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1976) ホトケドジョウ. 「原色日本淡水魚類図鑑 全改訂新版」, 保育社, p.254-256, pl.32.
- 18) (財) リバーフロント整備センター編 (1996) ホトケドジョウ. 「川の生物図典」, 山海堂, p.362-363.
- 19) 満尾世志人・西田一也・千賀裕太郎 (2007) 八津水域におけるホトケドジョウの生息環境に関する研究, 大栗川上流域を事例として. 農業農村工学会論文集, 75: 445-451.
- 20) 津田松苗・森下郁子 (1974) 生物による水質調査法. 山海堂, 238pp.
- 21) 森誠一・片野修 (2005) 希少魚保全の未来. 片野修・森誠一編「希少淡水魚の現在と未来—積極的保全のシナリオ」, 信山社, p.369-384.

(受理 平成21年3月19日)