

放流されたヒメダカによる 野生メダカの遺伝子汚染に関する生態学的研究

山口県立厚狭高等学校 生物部

顧問 児玉 伊智郎

山口県

I はじめに

1999年2月に環境庁が発表したレッドリストの中で、メダカ (*Oryzias latipes*) が絶滅の恐れがある種として掲載された。身近な存在だったメダカが絶滅の危機に瀕していることに、大変驚かされた。以来、本校生物部では、メダカ保護に役立つ情報を提供するための研究に取り組んでいる。

ヒメダカは安価であり、飼育する人が多い。これらの飼育個体や、誤った善意による放流が各地で行われている。ヒメダカと野生メダカの間では交雑が可能であり、純粋な野生メダカの遺伝子が絶えることが危惧された。

この度、タカラ・ハーモニストファンドより助成していただき、放流されたヒメダカによる野生メダカに対する遺伝子汚染に関する研究に取り組んだ。

II 要約

野生メダカ(クロメダカ)とヒメダカの集団形成や交雑について、室内実験を行った。実験の結果、ヒメダカとクロメダカは混在する集団を形成し、体色に関係なくランダムに交尾した。産卵された卵の受精率やふ化率は親の体色に影響を受けず、いずれの体色の組合せでも高い確率で孵化した。なお、分布調査の結果、山口県内のメダカの生息地点68地点中3地点でヒメダカの生息を確認した。さらに、ヒメダカの生息が確認された地点で捕獲したクロメダカを用いて検定交雑を行った結果、野生のクロメダカにヒメダカ遺伝子が混入している個体が存在することが明らかになった。ヒメダカが混在していた野生集団内に、もともと体色を緋色にする遺伝子(b)が存在していたのか、それとも放流された個体によって持ち込まれたものかは不明である。しかし、もしヒメダカを放流すれば野生メダカとの交雑が進み、純粋な地域固有の遺伝子集団が失われる可能性があることが示唆された。

III 実験材料と飼育方法

実験に用いた野生メダカ(クロメダカ)は、山陽小野田市にて捕獲し、室内に設置した水槽内で飼育していたものを用いた。餌は、テトラミン(フレーク)を1日に3度与え、水温はヒーターを用いて26℃に保って飼育した。水槽の照明には蛍光灯(20w×2灯)を使用し、タイマーを用いて14L10D条件(明期14時間、暗期10時間)にした。ヒメダカは山口市内のペットショップで購入し、クロメダカと同様の条件で飼育した。

実験によってはメダカが死んでしまうものもある。野外に生息する野生メダカの個体数を減らさないよう、学校での繁殖にも取り組んだ。

IV 研究内容

【研究1】 ヒメダカとクロメダカの集合

【実験方法】 「高等学校 生物 I B」(啓林館発行の教科書)¹⁾、および「ヒメダカの集合性について」(埼玉県立越谷南高等学校 科学部：工学院大学『第11回(2004年度)全国高等学校理科・科学研究論文』)²⁾を参考にして、以下の手順で行った。

1. 底面を8区域に分ける線を引いた直径30cmの丸型水槽(ガラス製)に汲み置き水(水深4cm)水を入れ、25℃に保った。これに、別の水槽で飼育していたクロメダカの雌雄各2匹、ヒメダカの雌雄各2匹を入れた(全長30mm)。水槽は教室の中央に置いて水槽内の明るさを均一にし、撮影中は室内に入らず静かに放置した。



図1 集合実験の撮影方法



図2 集合状態の数え方
目の位置をメダカの存在する区画とした

表1 クロメダカとヒメダカの集合

分布	理論値	観察値
8000	$4P_1 / 4^8 = 0.00012$	0.050
7100	$8C_7 \times 1C_1 \times 4P_2 / 4^8 = 0.00147$	0.149
6200	$8C_6 \times 2C_2 \times 4P_2 / 4^8 = 0.00513$	0.106
6110	$8C_6 \times 2C_1 \times 1C_1 \times 4P_3 / 2!4^8 = 0.01025$	0.117
5300	$8C_5 \times 3C_3 \times 4P_2 / 4^8 = 0.01025$	0.078
5210	$8C_5 \times 3C_2 \times 1C_1 \times 4P_3 / 4^8 = 0.06152$	0.149
5111	$8C_5 \times 3C_1 \times 2C_1 \times 1C_1 \times 4P_4 / 3!4^8 = 0.02051$	0.044
4400	$8C_4 \times 4C_4 \times 4P_2 / 2!4^8 = 0.00641$	0.008
4310	$8C_4 \times 4C_3 \times 1C_1 \times 4P_3 / 4^8 = 0.10254$	0.122
4220	$8C_4 \times 4C_2 \times 2C_2 \times 4P_3 / 2!4^8 = 0.07690$	0.043
4211	$8C_4 \times 4C_2 \times 2C_1 \times 1C_1 \times 4P_4 / 2!4^8 = 0.15381$	0.044
3320	$8C_3 \times 6C_3 \times 2C_2 \times 4P_3 / 2!4^8 = 0.10254$	0.034
3311	$8C_3 \times 6C_2 \times 2C_1 \times 1C_1 \times 4P_4 / 2!2!4^8 = 0.102539$	0.016
3221	$8C_3 \times 6C_2 \times 2C_2 \times 1C_1 \times 4P_4 / 2!4^8 = 0.307617$	0.024
2222	$8C_2 \times 6C_2 \times 4C_2 \times 2C_2 \times 4P_4 / 4!4^8 = 0.03845$	0.038

2. ビデオカメラ（ソニー DCR-HC40）を用い、1 分間隔のインターバル撮影を 50 分間行った。撮影された映像を基に、各区域内の個体数を記録した。区画を区切る線上にいる個体の場合は、眼が位置する区画側の個体数として数えた。また、集団が 2 つの区画にまたがることも多く、区画が多過ぎると集合性の傾向が把握し難い。8 区画の中で、隣り合う 2 区画に存在する個体数が最も多くなる区画を中心に、隣接する 2 区画の個体数を合わせ、4 区画（大区画）内に存在する個体数の理論値と観察値を比較した。例えば図 2 の場合、区画 1 と 2 の間の線上にいるヒメダカの眼が区画 1 側に存在するため、区画 1 の個体数として数える。さらに、隣接する 2 区画の個体数を足した数は、区画 1 と区画 8 の個体数の合計が 6 と最も多くなるため、区画 1 + 区画 8（6 匹）、区画 2 + 区画 3（2 匹）、区画 4 + 区画 5（0 匹）、区画 6 + 区画 7（0 匹）の 4 つの大区画で集合性を判定し、この集合状態を【6.2.0.0】とした。実験は魚を替えて 10 回実施し、撮影は 10:00 ～ 16:00 に行った。

【結 果】 実験期間：2005 年 12 月～2006 年 8 月

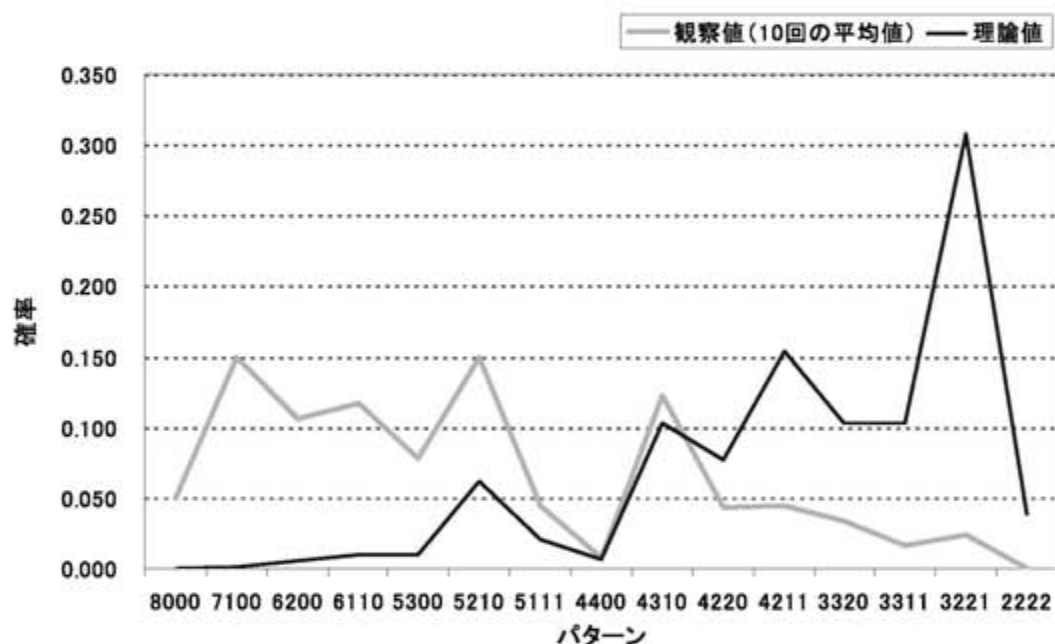


図3 クロメダカ4匹とヒメダカ4匹の集合性

【考 察】 各体色について4匹を入れているので、1つの大区画に5匹以上が存在する場合、少なくともヒメダカとクロメダカが混在した集団となっている。これらの集団が全体の 69.3 %を占めており、クロメダカとヒメダカが混在した集団を形成することが分かる（図3の5111より左側の部分）。なお、録画映像の確認からも、ヒメダカとクロメダカは体色に関係なく集合していることが確認できた。

このことから、放流されたヒメダカは野生のクロメダカと容易に集団を形成し、交配

が進むと予想される。

【研究2】 交尾の組み合わせ

【実験方法】 1. 交尾をするメダカを事前に選別し、雌雄を分けて飼育する。

2. 体長をそろえたクロメダカ雌雄・ヒメダカ雌雄各1匹(合計4匹)を水槽(19cm×31cm×24cm)に入れて交尾させる。水槽上部に蛍光灯(20w×2灯)を置き、水槽から1m離れた場所から観察した。水槽内で1組目が交尾したところで観察を終了し、同じ個体を2度用いないようにした。

【結果と考察】 実験期間：2005年12月～2006年8月

交尾は異なる体色の個体間でも頻繁に行われ(図4)、同じ体色間での交尾と異なる体色間での交尾数がほぼ同数であった(図5)。同じ体色間での交尾回数と異なる体色間での交尾回数の間の χ^2 値は0.033であり、df=1、p=0.01の値6.63より小さく、両群間に有意な差は認められなかった。このことから、放流されたヒメダカは、野生のクロメダカとランダムに交尾をすると推察される。



図4 ヒメダカの雌に交尾するクロメダカの雄

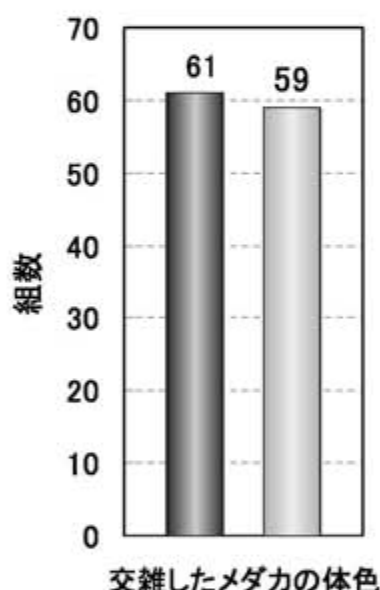


図5 交尾の組合せ

【研究3】 受精率と孵化率

【実験方法】 『メダカ学全書』(岩松鷹司著、大学教育出版)³⁾を参考にし、以下のとおり行った。

1. 交尾および産卵を確認したクロメダカの雌雄、ヒメダカの雌雄を、4つの水槽に分け

- て飼育した。実験には同じ個体を2度用いないようにした。
2. クロメダカの雌雄各1匹、ヒメダカの雌雄各1匹、クロメダカの雄とヒメダカの雌各1匹、クロメダカの雌とヒメダカの雄各1匹の4つの組み合わせで、1つの水槽に1組ずつを入れた。テトラミンを1日3回与え、14L10Dの周期で照明した。水温はヒータを用いて25℃～30℃に保った。
 3. 交尾後30分経過した後に、雌の泌尿生殖口にぶら下がっている卵を採取した。産卵された卵の数や受精率（受精膜の有無で確認）を実体顕微鏡下で確認し、未受精卵はこの時点で除いた。
 4. 受精卵を二重ガーゼの上に置いて、少量の水をかけながらきれいに洗った指先で転がし、卵膜表面の付着物を取り除いた。
 5. カルキ抜きを入れた水を1度沸騰させ、冷ました水（25℃—35℃）に最終濃度0.0001%のメチレンブルーを加えた溶液を調製し、ペトリ皿（直径11cm）に1cmの深さになるよう注いだ。これに、30個以下の卵を入れた。
 6. 空のガラス水槽に、水をいれたカップ（加湿用）と、卵を入れたペトリ皿を置いた。水槽上部にガラス蓋を置き、その上に照明（20W×2灯）を設置し、24時間点灯した。実験期間中、容器内の温度は30℃であった（図6）。
 7. 5日経過後から、毎日ふ化個体数を確認した。ふ化しなかった卵は顕微鏡で心臓の動きを観察し、死亡を確認した。

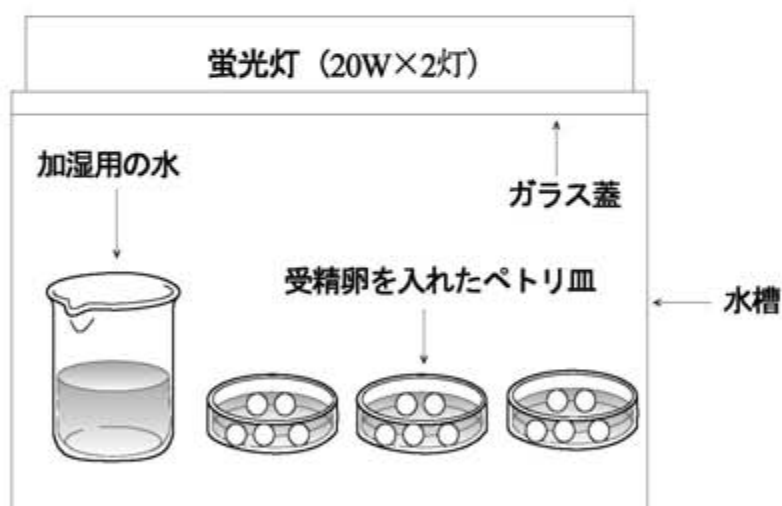


図6 孵化実験用水槽

〔結果〕 実験期間：2005年12月～2006年8月

各組合せについて20組のペアから採卵し、それぞれ300個以上の卵について観察を行った。どの組合せも受精率・ふ化率共に93%を超えた（図7）。受精率に関する4群間のF値は3.571、ふ化率に関する4群間のF値は1.831で、いずれも $p=0.01$ の値より小さかった。

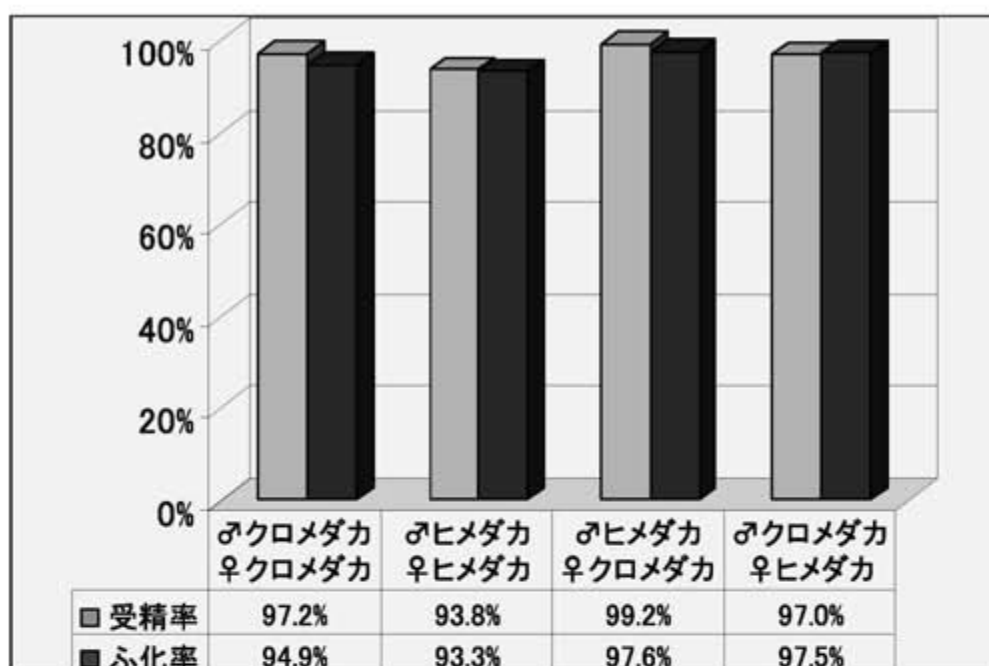


図7 交尾した魚の体色と受精率・ふ化率の関係

【考 察】

各組合せについて、受精率やふ化率に関する差は見られず、ふ化まで順調に発生することが分かった。メダカは体色に関係なく自由交配し、産卵された卵は稚魚まで発生することから、放流されたヒメダカによる野生のクロメダカへの遺伝子汚染は、ランダムに進むものと推察される。

【研究4】 捕食者による選択

【目 的】 ヒメダカは、その体色のため非常に目立つ。野外に放流されたヒメダカは、クロメダカよりも目立つため、捕食される割合が高いのではないだろうか。捕食される割合をヒメダカとクロメダカで比較し、選択的な淘汰について考察する。

【実験方法】 1. 魚やザリガニによる捕食

15cmの深さで汲み置き水を入れた水槽（19cm×31cm×24cm）に、ヒメダカとクロメダカの雄を1匹ずつを入れた。雌は産卵などの影響で個体間に運動量の差がある可能性が考えられるため、雄のみを用いた。この水槽に捕食者を一匹入れ、水槽上部に照明（20W×2灯）を点灯した。照度は4000lxであった。捕食者としては、中層にいるカワムツ（図8左）、用水路でよく見かけるアメリカザリガニ（図8中）、底に棲むドンコ（図8右）、を選定した。水槽から1m離れた場所から目視で観察し、2匹のメダカのうちどちらの体色の個体が捕食されるかを観察した。1匹食べられた時点で、食べられた個体と同じ体色のメダカを捕って観察を継続した。1匹の捕食者について10回観察を繰り返し、捕食者各種10匹、合計100匹のメダカの捕食に占める各体色の割合を求めた。

2. サギによる捕食

プラスチック容器（直径 10cm、深さ 5cm）の底に泥を敷き、水深 3cm の深さになるよう汲み置き水を入れる。これに、ヒメダカとクロメダカの雄を一匹ずつ入れ、サギを飼育しているゲージの中に置き、どちらの体色のメダカを捕食するかをゲージの外から目視で確認した。ササゴイは、周南市の徳山動物園で、同じゲージ内に飼育されている 3 個体に捕食させた。チュウサギは、宇部市の常盤公園に保護されている 1 個体に捕食させてデータを得た。



図 8 捕食者として用いた動物

〔結 果〕 実験期間：2006 年 4 月～6 月（カワムツ、ドンコ、アメリカザリガニ）、
2006 年 6 月 10 日（ササゴイ）、2006 年 6 月 20 日（チュウサギ）

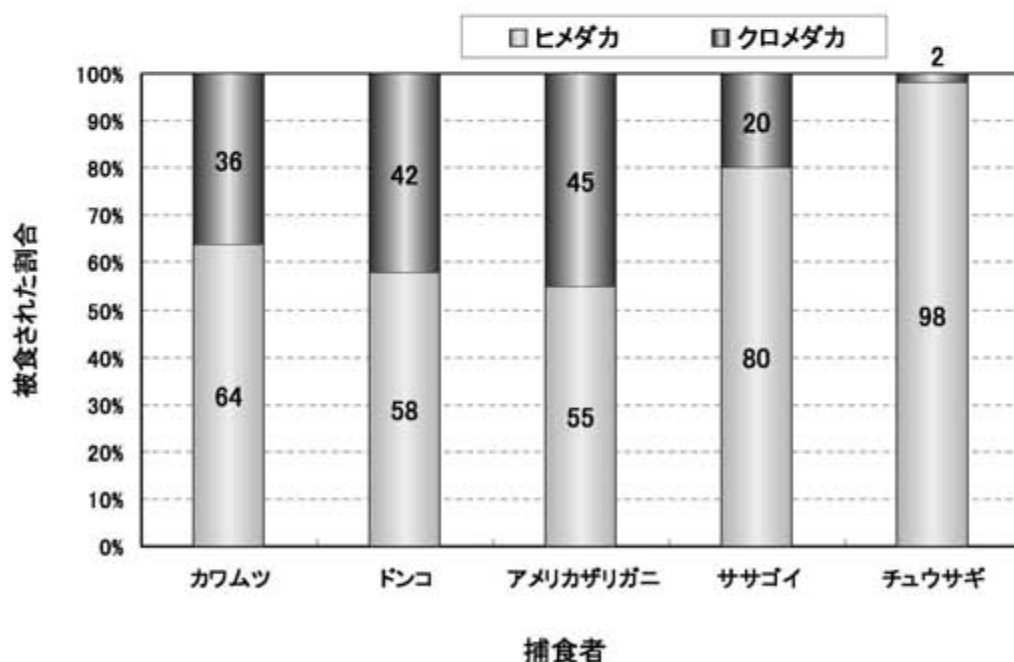


図 9 メダカの体色と捕食される割合の相関

表2 体色別の捕食割合の有意差

捕食者	χ^2 値 6.63 (df=1, p=0.01)	有意差
カワムツ	8.411 > 6.63	あり
ドンコ	2.25 < 6.63	なし
アメリカザリガニ	0.81 < 6.63	なし
ササゴイ	9.633 > 6.63	あり
チュウサギ	36.214 > 6.63	あり

各捕食者に対して、100 回の実験結果を示したのが図9である。グラフはそれぞれの体色のメダカが捕食された割合をパーセンテージで示している。各捕食者について、ヒメダカの捕食回数とクロメダカの捕食回数の間の χ^2 値を計算し両体色の間の有意差を検定した結果を表2に示した。

ドンコとアメリカザリガニは両体色間に有意な差は認められなかったが、カワムツ、ササゴイ、チュウサギはヒメダカの方をよく食べていた。

[考 察]



図10 ヒメダカをじっと見ているササゴイ



図11 泥を背景に目立つヒメダカ

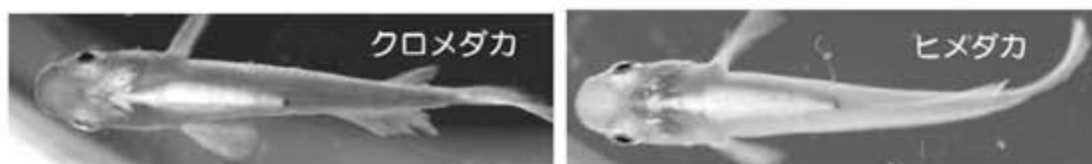


図12 ヒメダカとクロメダカの腹側の体色

クロメダカとヒメダカの捕食に関して、有意な差が確認できなかったドンコとザリガニは、下からメダカを見上げるように位置する。上から見るとヒメダカの方が目立つ（図 11）が、下から見上げると双方とも腹部が白く、体色に大きな差がないため（図 12）、捕食数に差が出なかったものと思われる。また、魚や鳥は色覚が発達しているが、ザリガニはエサを待ち構えて近くを通ったものを捕食する性質があり、このことが原因で有意な差が生じなかった可能性も考えられる。カワムツは盛んに泳ぐため、メダカを横や上から見る機会が多く、目立つヒメダカの方を捕食する割合が高いのだろう。サギは、離れた場所からヒメダカをじっと見つめて捕食していた（図 10）。メダカが生息する場所にはサギも多いことから、放流されたヒメダカは、捕食者から選択的に淘汰される可能性が示唆された。

本研究を行う過程で捕食者に食べられたメダカは絶命した。メダカの保護を目的にした研究でありながらメダカが死んでしまうことになり、心を痛めている。野生のメダカを減少させないように、実験内容によっては学校で繁殖させた個体を用いるように取り組んでいる。今後の研究活動においては、実験方法を十分検討しながら、野生のメダカを減少させないように配慮した活動を継続したい。

【研究 5】 警戒行動

【目 的】

水槽の照明を消灯したとき、メダカは素早く泳いで逃げ、その場でしばらくの間じっとして動かなかった。野外では、捕食者である水鳥などが近づくと水面に影ができ、暗くなるのが刺激になってメダカは警戒する。これらの警戒行動は、養殖されているヒメダカよりも野生のクロメダカの方が強いのではないだろうか。ヒメダカとクロメダカの警戒行動を比較し、捕食者による淘汰の影響の大きさについて検証する。

【実験方法】

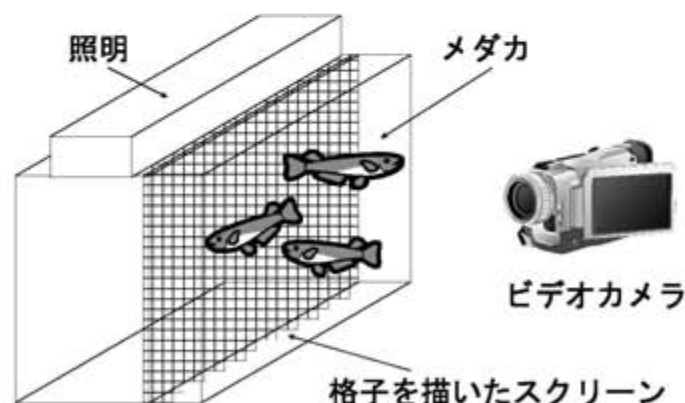


図13 警戒行動の記録方法

水槽（30cm × 60cm × 36cm）に、1cm 四方の格子を描いたスクリーンを、5cm 幅の水路になるように設置した。この水路に、ヒメダカとクロメダカを各5匹ずつ入れた。

水槽上部には照明（20 w×2 灯）を点灯し、1 m離れた場所にビデオカメラを設置した（図 13）。1 時間以上経ってメダカの警戒心が解かれた状態になった後に、ビデオカメラでメダカの動きを録画しながら、照明を消灯した。メダカは急に暗くなることで警戒し、素早く泳いだ後、少しの間静止状態になった。録画された映像を再生し、メダカの背後に写っている格子を基にして移動距離を算出し、ビデオの録画時間から静止していた時間を求めた。

〔結 果〕 実験期間：2006 年 7 月～8 月

ヒメダカとクロメダカの各 32 個体のデータを解析した。照度の変化による刺激に対し、警戒して素早く逃避する距離については、クロメダカの方がヒメダカよりも長かった（図 14）。2 群の t 値は 2.47 であり、 t 分布表の $df=30$ 、 $P=0.05$ の値 2.042 よりも大きく、5 %レベルで有意差があった。逃避行動後の静止状態の時間についても、クロメダカの方がヒメダカよりも長時間静止する傾向が見られた（図 15）。しかし、2 群間の t 値は 1.31 であり、5 %レベルでは有意な差は認められなかった。

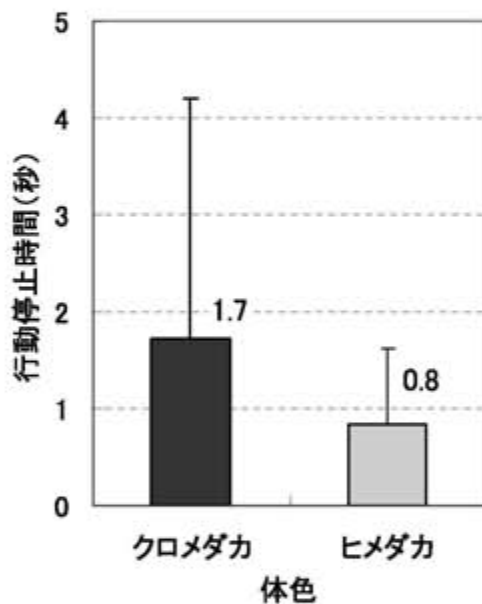
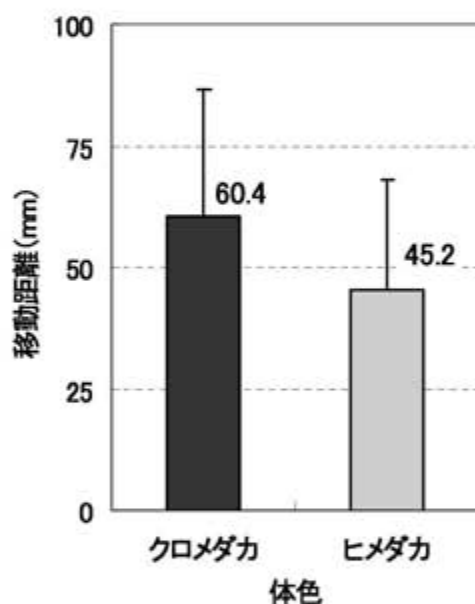


図14 警戒時に見られる逃避行動の移動距離 図15 警戒時に見られる静止状態の持続時間
グラフは各体色32個体の平均値を表す

〔考 察〕

ヒメダカは、金魚の養殖業者がサギなどの捕食者を近づけないよう対策を施した池で繁殖させる。野生のクロメダカに比べて捕食者に狙われる脅威が少ないため、警戒行動が希薄になっているのかも知れない。目立つ体色だけでなく、警戒行動についても、ヒメダカの方がクロメダカよりも捕食される可能性が高く、選択的に淘汰されると考えられる。

【研究6】 分布調査

【目的】 研究4と5から、ヒメダカはクロメダカよりも捕食され易いことが明らかになった。野外に放流されたヒメダカは、クロメダカとの交配を繰り返す前に捕食され、淘汰されているのではないだろうか。分布調査を行い、ヒメダカの分布状況を把握する。

【実験方法】

魚の捕獲は1.8mの柄がついた網(網の大きさ35cm×30cm, 目の大きさ2mm×2mm)を用いた。メダカは水面近くに群れて泳ぐことが多いため、静かに水辺に近づき、水面の群れをすくった。水面に魚影が確認できない場合は水草や水底の土をすくいあげ、隠れている個体を捕獲した。捕獲した魚はピーカーに入れ、体側からヒレの形状を観察し、種別や性別を判断した。全長は、定規(コクヨ TZ-1341 JIS 規格1級)で計測した。

【結果】 調査期間:2006年7月～8月

野生メダカの保護のため、分布情報の詳細については非公開とさせていただきます。
(地名を記載する代わりにアルファベットで表記しています。御了承下さい。)

山口県内で、メダカ(クロメダカ)の生息地点を68カ所確認し、このうち3地点でヒメダカが捕獲された。ヒメダカの生息地点数は、メダカの生息地点数の4.4%に相当する。ヒメダカが確認されたのは、A(川水系の用水路、ヒメダカ成魚2匹、クロメダカ64匹捕獲)、B(川水系の用水路、ヒメダカ稚魚1匹、クロメダカ68匹捕獲)、C(川水系の用水路、ヒメダカ成魚4匹、クロメダカ28匹捕獲)である。Cでは捕獲されたメダカの総数に対してヒメダカが占める割合が12.5%であり、他の2地点と比較して多かった。

【考察】 ヒメダカの放流が行われた記録が残っているD川とE川では、ヒメダカを確認できなかったが、これらの河川にはクロメダカが多く生息していた。クロメダカが生息することより、これらの水域はメダカの生息には適していると考えられる。にもかかわらずヒメダカの生息を確認できなかった理由は、放流されたヒメダカが全て死滅したのか、或いは、ヒメダカの個体数がクロメダカの個体数に比べて極めて少ないために目立たなかったのかは判断できない。サギなどの捕食者がヒメダカを選択的に食べた可能性も考えられる。C地点のヒメダカは成魚だけで、稚魚が確認できなかった。A地点とB地点では小さなヒメダカを確認した。これらA～Cの3地点のヒメダカが放流されて間もない個体か、定着して世代を重ねた子孫か、あるいは自然集団の中にもともといた個体かは不明である。

【研究7】 検定交雑

【目的】 メダカの体色に関する遺伝子については、黒色(B)の遺伝子が緋色(b)に対して優性である。放流されたヒメダカ(bb)と野生のクロメダカ(BB)が交雑して産まれた子(Bb)の体色は黒色だが、この子(Bb)とヒメダカ(bb)を交雑して得

られる孫にヒメダカが生じることで、黒色メダカ中に存在するヒメダカ遺伝子bを検出することが可能である（図 16）。検定交雑によって、野生のクロメダカにヒメダカ遺伝子が混入していないか確認する。

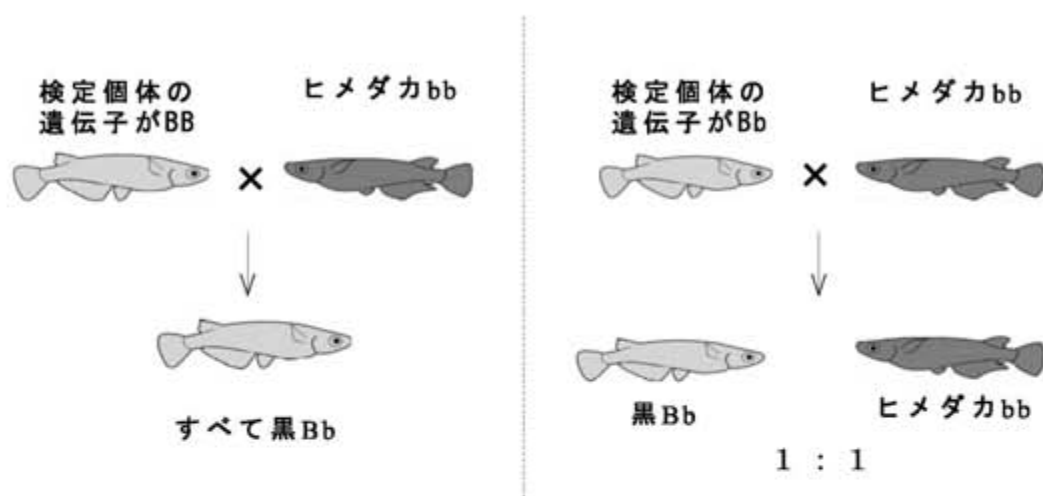


図16 ヒメダカ遺伝子bの検定交雑

【方法】 ヒメダカの生息が確認されたC川のクロメダカ 10 匹と、ヒメダカが放流された記録があるD川のクロメダカ 10 匹を用いて検定交雑を行った。

【結果】 実験期間:2006 年 10 月～11 月

表3 クロメダカの体色遺伝子

親の遺伝子	BB（匹）	Bb（匹）
C 川	5	5
D 川	10	0

【考察】

C川水系（図 17）のクロメダカは、ヒメダカの遺伝子が混入している個体が 50 %にも達している状況が明らかになった（表 3）。D川水系（図 18）のクロメダカからは、ヒメダカ遺伝子（b）が検出できなかった。これら2カ所の環境の相違が、ヒメダカとクロメダカの交雑に影響しているのだろうか。

今後は、環境とヒメダカ遺伝子の拡散状況との相関について研究を深めたい。



図17 ヒメダカが生息していたC川水系の用水路



図18 ヒメダカが放流された記録があるD川水系

V 啓発活動

安易なメダカの放流が野生メダカの遺伝子を汚染してしまう危険性について、下記の取り組みを通じて一般の人々にもご理解いただくよう啓発活動に取り組んだ。多くの方々に関心をもっていただき、正しい知識に基づいた自然保護の在り方について考えていただくことができた。

(1) 第77回日本動物学会大会

日時：平成18年9月24日（日）

場所：島根大学

内容：高校生ポスター発表に参加し、学会に参加されている研究者の方々や、高校生に本研究内容について説明した（図19）。



図19 ポスター発表の様子

(2) サイエンスワールド2006（主催：山口大学理学部）

日時：平成18年11月18日（土）・19日（日）

場所：山口情報芸術センター

内容：クロメダカとヒメダカが交尾する様子を撮影し、写真を展示していただいた。

(3) JSEC2006（主催：朝日新聞社）

日時：平成18年12月 1日（金）

場所：日本科学未来館

内容：高校生を対象にした科学技術自由研究に関するコンテストに、「メダカの遺伝子汚染」と題した論文を提出した。ポスター発表形式で行われた審査会の結果、科学技術振興機構賞を受賞した。2006年12月23日（土）付けの朝日新聞にコンテストの受賞研究について掲載され、その中で、「善意のメダカ放流」警告と紹介していただいた。記事は多くの方々に読んでいただいたようで、北九州で行われるシンポジウム（下記(3)）で発表して欲しいという依頼があった。

(4) 第9回全国メダカシンポジウムin北九州 プレシンポジウム

「メダカの棲める環境づくり」

日時：平成19年 2月25日（日）

場所：環境ミュージアム（北九州市）

内容：パネリストの一人としてシンポジウムに参加し、メダカを放流することの問題点について説明した。

VI おわりに

ヒメダカは体色が目立つために野外でも人目を引き、劣性ではあるもののヒメダカ遺伝子の存在を目にすることが可能である。しかし、他の地域集団のクロメダカが放流された場合、外見的な違いが見えないため、遺伝子汚染が知らず知らずのうちに進行する。最近、ペットショップなどでクロメダカを販売している店も多い。これらの個体の流出（放流）による野生メダカに対する遺伝子汚染も危惧される。せっかくメダカが群れ泳ぐ環境が再生されても、そこに泳ぐメダカは純粋な地域固有の遺伝子集団ではないかも知れない。

本研究に取り組む中で、正しい知識に基づいた自然保護の必要性を強く感じた。今後とも研究活動と啓発活動を継続し、メダカの保護活動に役立つ情報を提供したい。

VII 謝辞

本研究を行うにあたり、下関水産大学校 酒井 治己 先生、愛知教育大学 岩松 鷹司 先生、山口大学理学部 遠藤 克彦 先生、山中 明 先生、堀 学 先生、新潟大学 酒泉 満 先生、東京大学 武田 洋幸 先生、成瀬 清 先生、岐阜大学 古屋 康則 先生、から大変有益な御助言や御指導を賜りました。また、周南市の徳山動物園、宇部市の常盤公園の方には捕食実験について御協力していただきました。御支援いただいた方々に、この場をお借りしてお礼申し上げます。

なお、本研究を助成していただいたタカラハーモニストファンズ様に、心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

VIII 参考文献

- 1 太田次郎，丸山工作ほか，「高等学校 生物 I B」p244. 啓林館. 大阪.
- 2 埼玉県立越谷南高等学校 科学部，2004. 「ヒメダカの集合性について」. 工学院大学『第11回(2004年度)全国高等学校理科・科学研究論文』, <http://www.kogakuin.ac.jp/rikar/pdf/r200401.pdf>
- 3 岩松鷹司，1997. メダカ学全書. 大学教育出版，岡山.
- 4 酒泉 満，1990. 「メダカの生物学」の第10章：遺伝学的にみたメダカの種と種内変異. 東京 大学出版，東京
- 5 新城明久，1996. 「新版 生物統計学入門」. 朝倉書店. 東京.
- 6 「魚類の集団遺伝学的研究方法」. 水産大学校 実習テキスト

