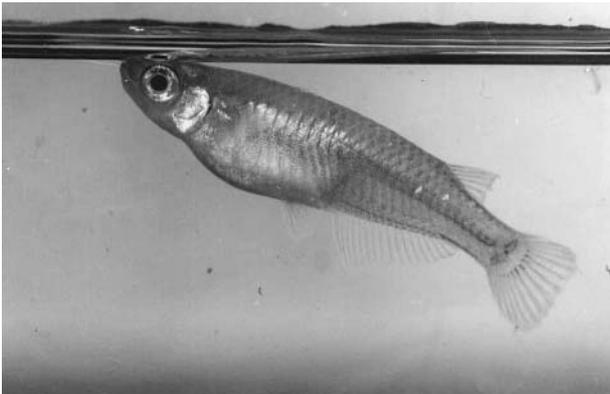


# 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

生徒 教諭



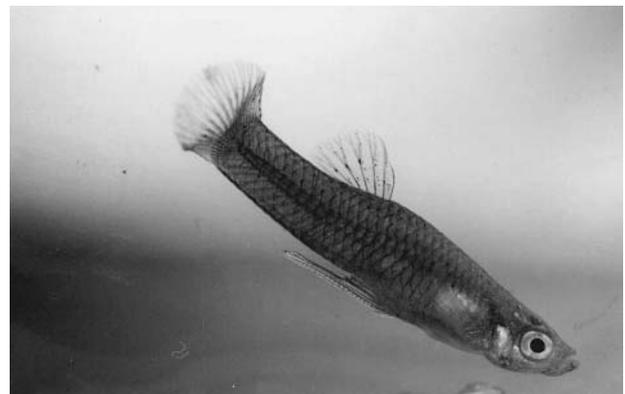
メダカメス(標準体長26mm)



カダヤシメス(標準体長36mm)



メダカオス(標準体長24mm)



カダヤシオス(標準体長22mm)

図1 メダカ(左)とカダヤシ(右)

## 概要

### 1. 要約

1999年2月に環境庁が発表したレッドリスト (<http://www.eic.jp/kisha/199902/55160.html>) の中で、メダカ (*Oryzias latipes*) (図1左) が絶滅の恐れがある種として掲載された。メダカが減少した理由としては、農業用水路や河川がコンクリート張りにされたこと、海外から蚊を絶やす目的で移入されたカダヤシ (*Gambusia affinis*) (図1右) による駆逐、水質の悪化などが考えられている (幸地, 1984)<sup>1)</sup>。著者らは山口県におけるメダカとカダヤシの分布状況を調査すると共に、両種の種間関係について調べ、メダカ保護に役立つ情報

を得ることを目的とした活動を1997年より継続している。

実験に用いたメダカとカダヤシは山口県吉敷郡阿知須町にて捕獲し、室内に設置した水槽で両種を分離して飼育して繁殖したものを扱い、野外に生息する個体数を減少させないようにした。ところが2002年9月、水槽の水を換える際にメダカとカダヤシを小さな容器に一緒に入れてしばらく置いておいたところ、カダヤシが元気に泳ぐ中でメダカだけが倒れてしまった (図2)。倒れたメダカには突かれた傷跡などが見られなかったことから、メダカの方が低酸素濃度に耐性がないために倒れた可能性が示唆された。関東ではメダカからカダ

## 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

ヤシへ分布が遷移している状況(佐原・幸地,1980<sup>2)</sup>)  
 が報告されているが、富栄養化に伴う溶存酸素量  
 の低下がその一因として作用するのではないだろ  
 うか。本研究では、両種の低酸素濃度に対する耐  
 性を比較し、メダカからカダヤシへ分布が遷移す  
 る可能性について検証することを目的とした。

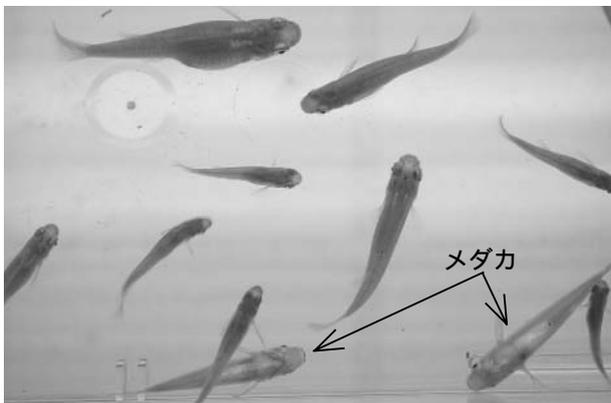


図2 元気なカダヤシの傍で倒れるメダカ

低酸素濃度に対する耐性は次の実験により調べ  
 た。1リットルの水にカダヤシとメダカの雌雄各10  
 匹(合計40匹)を一緒に入れて混泳させ、水面を  
 サランラップ(旭化成工業社製、ポリ塩化ビニリ  
 デン)で覆い、呼吸によって酸素を消費すること  
 で酸素濃度が低下する環境を作る。溶存酸素計  
 (堀場OM-14)を入れておき、魚が水底で動かなく  
 なったり横に倒れた時点での溶存酸素量を記録す  
 る。倒れた魚はすぐにすくい上げ、魚種・性別・  
 全長・体重を測定した後、酸素が充分溶け込んで  
 いる水に移す。倒れた魚でもしばらくすると元氣  
 に泳ぎだし、死ぬ個体はほとんど無かった。実験  
 の結果、カダヤシはメダカよりも低酸素濃度に強  
 く、中でもカダヤシのメスは極めて低酸素濃度  
 に強いことが明らかになった。また、カダヤシのメ  
 スが低酸素濃度に強い理由を明らかにするために、  
 カダヤシとメダカのメスの鰓の構造や面積、赤血  
 球数を比較したところ、赤血球数には有意な差が

認められなかったものの、鰓の面積や構造に関し  
 てはカダヤシの方が酸素の吸収に有利であると思  
 えられる結果が得られた。これらのことから、溶  
 存酸素量が低下した水域では、メダカからカダヤ  
 シへ分布が遷移する可能性があることが確かめら  
 れた。

## 2. 研究活動の成果

研究成果は下記場で紹介し、一般の方々に身近  
 な自然に興味を持っていただいたり、メダカの保  
 護に役立てていただいた。

- サイエンスワールド2002(2002.3.21 主催：  
 山口大学理学部)  
 平成14年度山口県農業土木技術研修会  
 (2002.7.26 主催：山口県農業土木技術連盟)  
 いきいきエコパークメモリアルイベント  
 (2002.7.27 主催：イベント実行委員会)

## 3. 研究活動に対する支援

岐阜大学 古屋 康則様、水産大学校 酒井 治  
 己様、山口大学 堀 学様、愛知教育大学 岩松  
 鷹司様、弘前大学 佐原 雄二様、高知大学 種  
 田 耕二様、名古屋市東山動物園 水野 展敏様  
 をはじめ、多くの先生方からメダカの研究に関す  
 る学術的なアドバイスをいただきました。なお、  
 第4回日本水大賞「青少年研究活動特別賞」の副賞  
 を、水槽等の購入に充てさせていただきました。

## 昨年までの研究の概略

## 1. 山口県内のメダカとカダヤシの分布状況

## (1) 山口県へのカダヤシの移入の歴史

## 防府市

1971(昭和46)年に、徳島市から1,000匹を  
 もらい受け、これを防府市、藤本町、防府市局の  
 内(三田尻)に放流した。その後、中関、牟礼、

浜方、田島、西浦でも生息を確認したとのこと。

#### 徳山市

1972（昭和47）年、1973（昭和48）年に徳島市よりカダヤシを入手。それを徳山市内の防火用水などに放流した。

#### 宇部市

宇部市役所では以前グッピーを放流したことがある。ただし、随分古い話で、詳しいことは不明とのこと。ところが、「舶来メダカによる蚊の駆除」<sup>3)</sup>の中に、カダヤシを放流し定着の確認された場所として宇部市が記載されていた。また、昭和49年6月20日の宇部時報に、徳島市より送られたカダヤシを常盤公園で養殖し、放流する計画があると記載されていた。

#### 萩市

萩城跡の堀や萩市民球場周辺の用水に放流したらしい。

### (2) 山口県内の分布の現状

1999年夏期に行った調査の結果、山口県内にメダカの生息地点を50地点、カダヤシの生息地点を8地点確認した。また、これらの場所における両種の分布状況を1999年冬期と2000年夏期に再度確認した。表1よりカダヤシの生息地点数に対しメダカの生息地点数の方が圧倒的に多く、カダヤシがメダカを駆逐している状況ではないことが分かる。さらに、1999年夏期、1999年冬期、2000年夏期の3回の調査結果の推移からも、カダヤシの生息地点数が増加する傾向も見られなかった。

表1 山口県内のメダカとカダヤシの生息地点数

	1999年夏期	1999年冬期	2000年夏期
メダカのみが生息する地点数	44	36	43
メダカとカダヤシの共存地点数	6	2	4
カダヤシのみが生息する地点数	2	1	1

### 2. メダカとカダヤシの種間関係

両種の分布を広げる能力や種間の関係についてさまざまな観点から比較した結果、カダヤシが一方的にメダカに対して優位であるとは言えないことが分かった（表2）。遊泳力や低温条件ではメダカの方が優位であり、また、分布の偏りや食性の違いによって種間の競争は緩和される傾向が見られた。

表2 メダカとカダヤシの種間関係

比較項目	両種間にみられる優劣の傾向	
遊泳力	メダカ	> カダヤシ
耐塩性	成体	メダカ = カダヤシ
	繁殖	メダカ > カダヤシ
汚水耐性	成体	メダカ = カダヤシ
	繁殖	メダカ < カダヤシ
低温条件下	メダカ	> カダヤシ
高温条件下	メダカ	< カダヤシ
分布の偏り	メダカ：上流	カダヤシ：下流
食べるもの	メダカ：植物	カダヤシ：動物

### 今年の研究内容

#### 1. 材料

実験に用いたメダカとカダヤシは、吉敷郡阿知須町にて捕獲し、室内に設置した水槽内で両種を別々に飼育し繁殖したものをを用いた。餌はテトラミン（ドイツテトラベルケ社、フレーク）を与え、水温はヒーターで25℃に保って飼育した。水槽の照明には蛍光灯（20W×2）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）

## 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

にした。なお、実験には両種の標準的なサイズの成魚を用いた。

## 2. 方法

## (1) 低酸素濃度に対する耐性(2002年11月2日、13日の2回実施)

12リットル(18×30×23cm)の水槽と2リットル(18×10×12cm)の水槽を用意し、12リットルの水槽に水を入れてヒーターとサーモスタットを用いて水温を25℃に保つ。2リットルの水槽に水を1リットル入れ、メダカとカダヤシの雌雄各10匹(合計40匹)と溶存酸素計(堀場OM-14、溶存酸素量：隔膜式ガルバニ電池法、温度：サーミスタ法)を入れ、水面をサララップ(旭化成工業社

製、ポリ塩化ビニリデン)で覆い、これを12リットルの水槽に浮かべる(図3)。魚の呼吸により溶存酸素濃度を低下させ、魚が横になったり水底で動かなくなった時点で溶存酸素量を記録し、魚を取り出す。取り出した魚は、魚種・性別・全長・体重を計測した後、エアレーションをした水槽に移して回復させる。体重の計測にはメトラー上皿電子天秤PB303を用いた(図4)。

## (2) 赤血球数の計測(2002年11月9日～17日実施)

カダヤシのメスとメダカのメスの赤血球数を、各10匹ずつ計測した。カダヤシのオスは小さいために採血が困難であることと、カダヤシのメスが低酸素濃度に対して極めて強い耐性を示したことから、メスのみ赤血球数を比較することにした。魚の全長と体重を計測した後に尾動脈を切断して出血させ、血液をメランジュールを用いて吸引し、さらに0.85%(w/v) NaCl溶液にて200倍に希釈した。この希釈した血液をThomaの血球計算板(図5)に滴下し、顕微鏡(ニコンYS50)を用いて総合倍率400倍で血球数を数えた(図6)。計測は5カ所のThoma分画を選び、各16小区画中の赤血球数を加算して得られた80小区画の総数を10,000倍し、1mm<sup>3</sup>中の赤血球数を求めた。

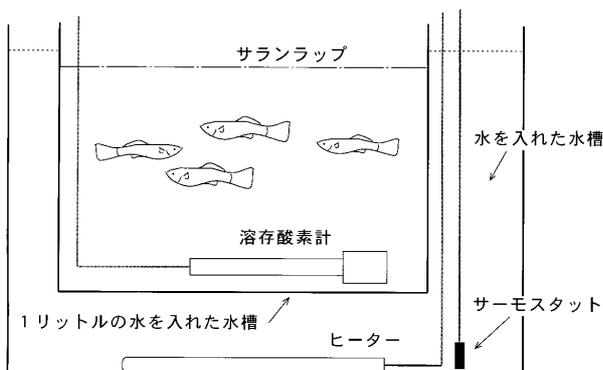


図3 低酸素濃度に対する耐性を調べる実験方法



図4 メダカの体重の測定



図5 トーマ血球計算板

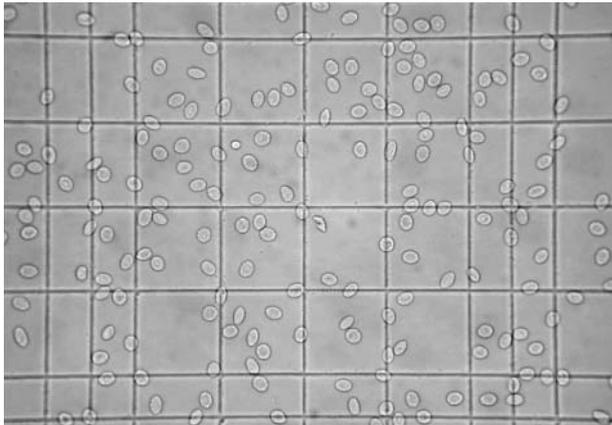


図6 顕微鏡で計算板上の血球を観察した様子

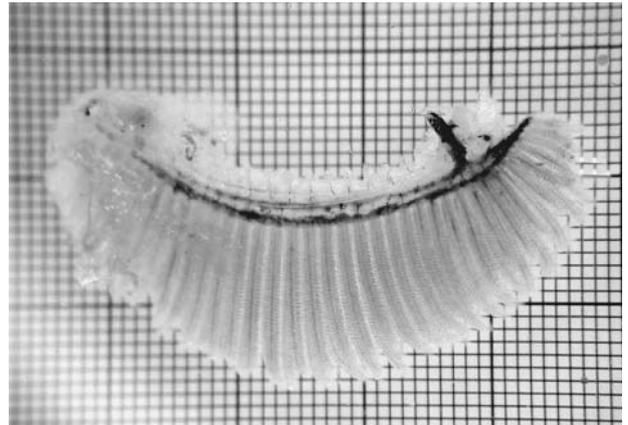


図7 カダヤシの第1鰓弓

### (3) 鰓の構造観察 (2002年11月4日～23日実施)

ピンセットを用いて鰓を取り出し、0.85% (w/v) NaCl溶液中にて4枚の鰓弓を切り離して実体顕微鏡 (ニコンSMZ-2T) を用いて観察した。なお、アダプター (マイクロネット社製スーパーアダプターNYpixS) を用いて直塔部に接続したデジタルカメラ (ニコンクールピクス990) にて、写真を撮影した。

### (4) 鰓の投影面積の計測 (2002年11月4日～23日実施)

写真を撮影する時に、鰓を0.1mm方眼が刻んであるスライドガラス (内田洋行社製目盛り付きスライドガラスCG-100-5) に載せ、目盛りを写し込む (図7)。写真を図形ソフト (ジャストシステム社製、花子) で取り込み、写し込まれた目盛りをもとに面積を計測する。片側4枚の鰓弓の投影面積を計測し、この面積の和を全長で割って投影面積を比較した。本来ならば、鰓の表面積を計測して比較すべきであるが、鰓薄板が小さすぎて表面積が計測出来なかったために、投影面積を計測することにした。

### (5) 酸素消費量の測定 (2002年11月2日～23日実施)

実験の対象は、メダカの子メス、出産前の腹部が膨れたカダヤシの子メス、出産後の腹部が膨れていないカダヤシの子メスの3つのグループとした。カダヤ



図8 鰓の観察

シの子メスを出産の前後に分けた理由は、カダヤシが卵胎生であり出産の前後で体重が大きく変化するため、酸素消費量にも違いが生じる可能性があるのではないかと考えたためである。それぞれ10匹を準備し、10匹分の体重を上皿電子天秤 (メトラー社製 PB303) を用いて計測する。25 の汲み置き水を満たした500mlの三角フラスコを2個準備し、それぞれの水の溶存酸素量を溶存酸素計 (堀場OM-14) にて計測する。

準備した魚10匹を片方の三角フラスコに入れ、これに溶存酸素計を静かに入れた後に水を満たし、空気が入らないようにサランラップ (旭化成工業社製、ポリ塩化ビニリデン) で上部を覆い輪ゴム

低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

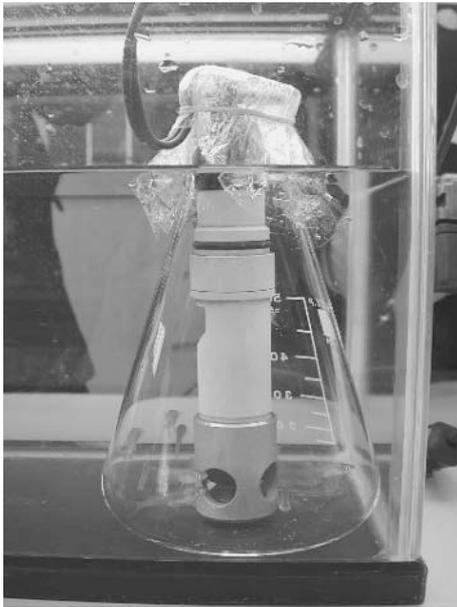


図9 酸素消費量の測定

で固定する。もう一方の三角フラスコもサララップで上部を覆い、25℃に保たれた水の中に漬ける(図9)。1時間後にそれぞれの溶存酸素濃度を計測し、魚が入っている水の酸素濃度の変化量から魚が入っていない水の酸素濃度の変化量(対照実験)を引いた値に、三角フラスコに入っていた水の容積を掛けることで魚が消費した酸素量を求める。この値を10匹分の魚の体重で割り、体重1gあたり1時間に消費する酸素量を算出する。実験は毎回別の個体を用い、各魚種とも10回行った。

(6) 汚水耐性 1998年5月7日~9月27日実施、水温25℃

容積60リットルの水槽の中央を、魚が通れない小さな穴の空いたセパレーターで仕切る。水は50リットル入れ、セパレーターで仕切った水槽の片方へカダヤシを20匹(メス10匹、オス10匹)、もう一方へメダカを20匹(メス10匹、オス10匹)入れる。両種に対して毎日一定量(8月まで0.2g、9月から1.2g)の餌(テトラミン)を与える。水槽の水は実験中換えず、循環もさせない。餌だけを与え、食べ残しや魚の糞などによって水質が悪化

する環境を作る。毎日生存個体数を確認し、死亡個体が出たら溶存酸素量と総アンモニア量(NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)を測定する。溶存酸素濃度は溶存酸素計(堀場OM-14,溶存酸素量:隔膜式ガルバニ電池法、温度:サーミスタ法)を用い、総アンモニア量はテトラテストアンモニアを用いて測定した。

(7) メダカとカダヤシの生息地点の環境調査

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、1地点で5回だけすくった(条件を一定にするため回数を決めた)。水温と溶存酸素量は溶存酸素計(堀場OM-14)を用い、pHはpHメータ(堀場B-211)で測定した。流速は、水面に浮かべたウキ(直径24mm球形)が1mの距離を流れるのにかかる時間を測定し表面流速を求めた。水深や川幅は1mの定規により測り、塩分はAquarium Systems社のSeaTestを用いて測った。

3. 結果

(1) 低酸素濃度に対する耐性

実験は異なる個体を用いて2回実施し、メダカの雌雄、カダヤシの雌雄各20個体を用いた。2回の実験を平均すると、実験開始時に6.01mg/lあった溶存酸素量は173分後に0.17mg/lになり、この時点で全ての個体が倒れた。

各個体が倒れた時点での溶存酸素濃度をまとめたグラフが図10である。得られたデータをもとに、

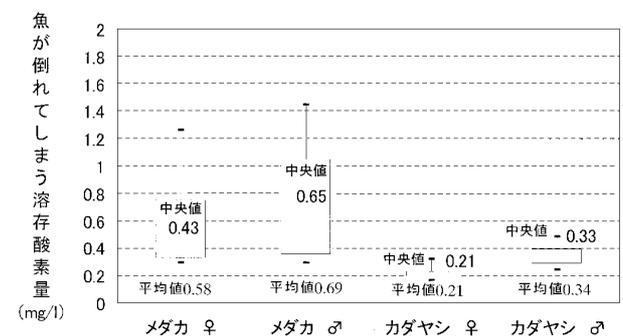


図10 低酸素濃度に対する耐性の比較

魚が倒れた時点での溶存酸素濃度について各群間でt値を求めて比較したところ、次のようになった。

・メダカのオスとメダカのみス

t=0.92でありdf = 38、p=0.01で有意な差なし

・メダカのみスとカダヤシのオス

t=3.07でありdf = 38、p=0.01で有意な差あり

・カダヤシのオスとカダヤシのみス

t=6.43でありdf = 38、p=0.01で有意な差あり

これらの結果から、メダカ =メダカ <カダヤシ <カダヤシ の順に低酸素濃度に対する耐性が強く、メダカ雌雄、カダヤシの雄、カダヤシの雌の間には1%レベルで有意な差があると言える。つまり、メダカよりもカダヤシの方が低酸素濃度に対して耐性が強く、特に、カダヤシの雌は低酸素濃度に対して極めて強い耐性があることが分かった。

### (2) 赤血球数の計測

計測の結果を表3、図11に示した。このデータをもとに、メダカとカダヤシのみスの間でt値を算出すると0.703であり、t分布表のdf=18、p=0.01の値より小さいため、帰無仮説は棄却されず、両群の赤血球数の差は有意ではなく(p=0.01)誤差の範囲内であることが分かる。つまり、メダカとカダヤシのみスの赤血球数には差がないと考えられる。

表3 メダカとカダヤシのみスの赤血球数(表中の単位は万個/mm<sup>3</sup>)

個体	メダカ(メス)	カダヤシ(メス)
1	284	280
2	308	273
3	267	250
4	313	296
5	245	245
6	315	305
7	273	233
8	349	261
9	248	340
10	309	321
平均	291.1	280.4

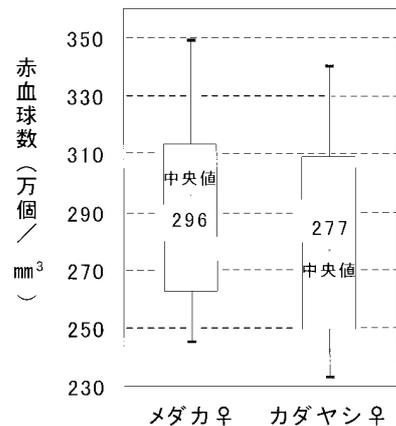


図11 メダカとカダヤシのみスの赤血球数

### (3) 鰓の構造観察

魚類の鰓は、鰓弓が左右それぞれ4枚重なって構成されている。この鰓弓の前方に並ぶ突起を鰓耙という。鰓耙は食物を水からより分けるとともに、異物を除去して鰓を保護する働きがある。一般に小型のエサをとる魚ほど鰓耙は細長く密集している。

メダカの鰓弁の間には隙間が少なく、各鰓弁が同一平面上にきちんと整列しているのに対し、カダヤシの鰓弁の間には隙間があり、各鰓弁も鰓弓平面上に対して上下方向に突き出した状態になっているため、鰓弁が水に触れやすい構造になっていた。また、鰓薄板についても、メダカはそれぞれが密着しているのに対し、カダヤシは水中に突き出した状態になっているため水に触れる面積が大きくなっているものと思われる(図12、図13、図14、図15)。鰓薄板の表面積と数を計測すれば鰓全体の表面積を算出できるが、メダカの鰓薄板が密着しているために表面積は測定できなかった。そこで、次の実験では4枚の鰓弓の写真を撮影し、その面積を計測することで投影面積を求め、メダカとカダヤシの鰓の大きさを比較することにした。

なお、鰓を観察していて、カダヤシの鰓耙には根本にトゲがあることに気づいた。このトゲはメダカ

低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

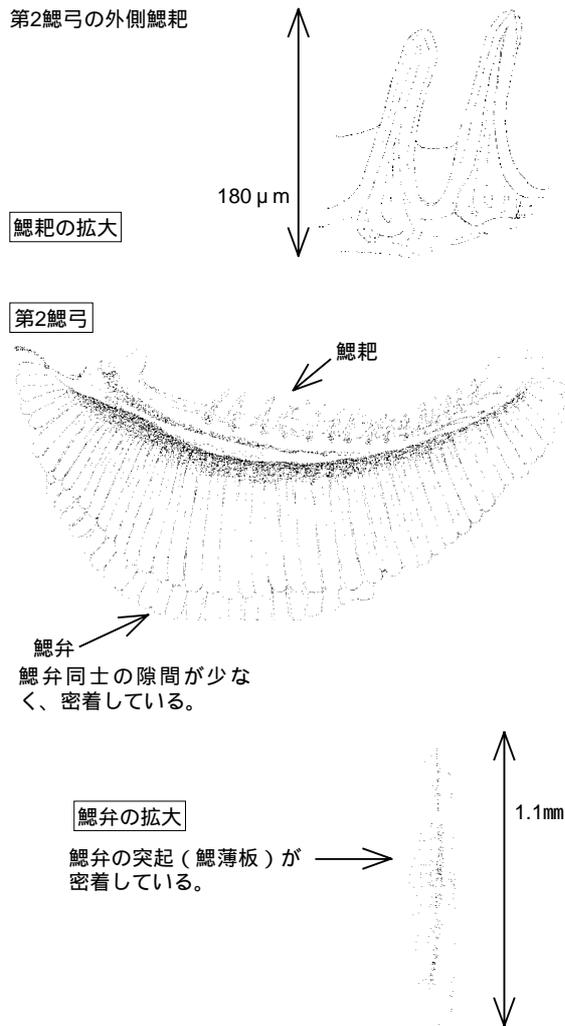


図12 メダカの鰓の構造（観察個体：全長36mm、体重0.402g）

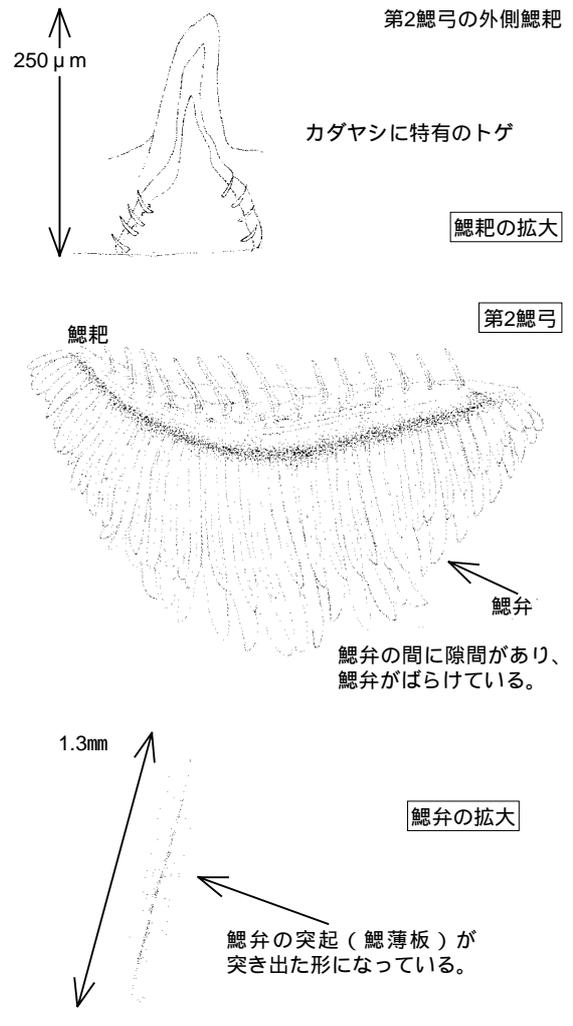


図13 カダヤシの鰓の構造（観察個体：全長40mm、体重0.509g）

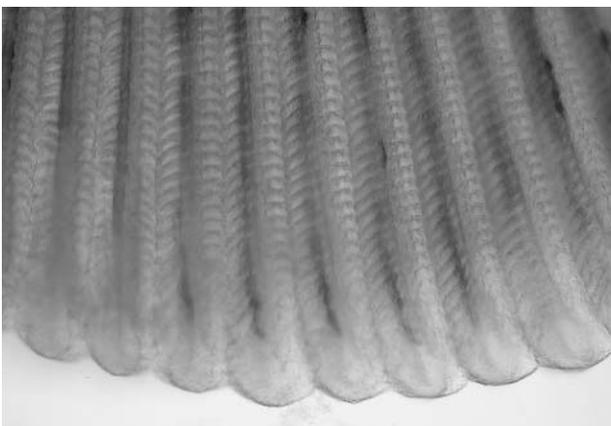


図14 メダカの鰓弁

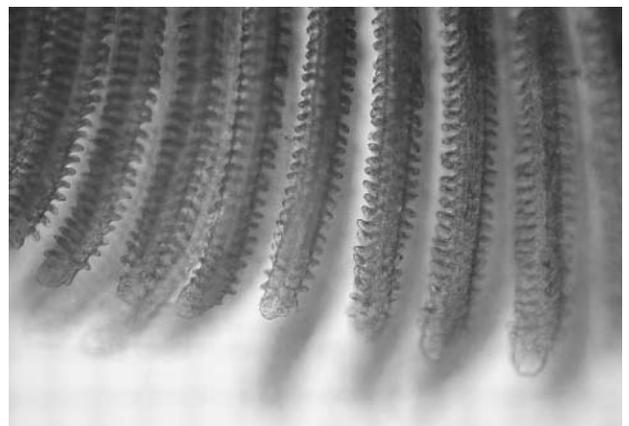


図15 カダヤシの鰓弁

の鰓には見られず、カダヤシに特有のものである可能性が考えられたので、両種の雌雄各5匹について鰓耙の根本のトゲの有無について観察した（図12、

図13、図16、図17）。その結果、トゲはメダカには全く見られず、カダヤシの第2～第4鰓弓の外側に特異的に存在していることが明らかになった（表4）。

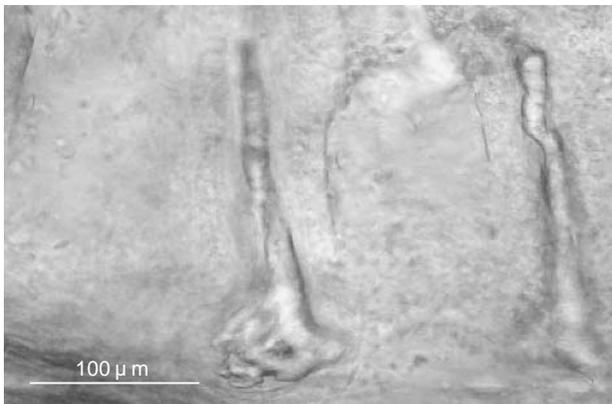


図16 メダカの第2鰓弓の外側の鰓耙

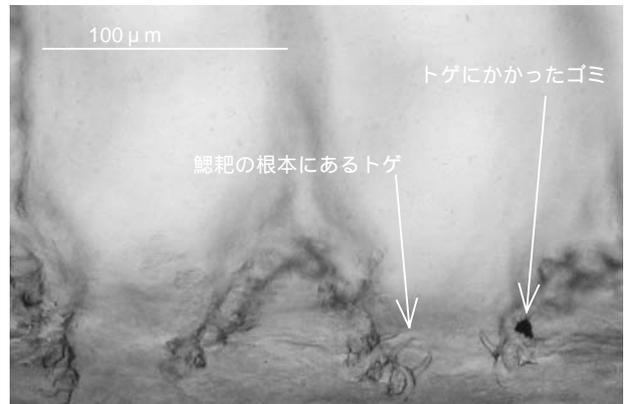


図17 カダヤシの第2鰓弓の外側の鰓耙

表4 鰓耙に付属するトゲの有無（有：+、無：-）

	鰓弓（外側から順に1、2、3、4）							
	第1鰓弓		第2鰓弓		第3鰓弓		第4鰓弓	
	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側
<b>メダカ</b>								
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>カダヤシ</b>								
1	-	-	+	-	+	-	+	-
2	-	-	+	-	+	-	+	-
3	-	-	+	-	+	-	+	-
4	-	-	+	-	+	-	+	-
5	-	-	+	-	+	-	+	-
1	-	-	+	-	+	-	+	-
2	-	-	+	-	+	-	+	-
3	-	-	+	-	+	-	+	-
4	-	-	+	-	+	-	+	-
5	-	-	+	-	+	-	+	-

低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

(4) 鰓の投影面積の計測

鰓の大きさは魚体が成長するほど大きくなるため、その大きさを比較する場合は通常体重あたりの面積を求める。ところがカダヤシは卵胎生であるため、メスの成魚の体重は同じ個体でも出産の前後で大きく変動する。そのため、体重あたりの鰓面積を算出しても、メスの出産周期に影響を受けて一定の値を示さない。そこで、今回は全長あ

たりの鰓の投影面積を求めて比較した。

メダカとカダヤシ各10匹のデータをまとめて表5に示した。メダカの全長あたりの鰓投影面積の平均は0.32(mm<sup>2</sup>/mm)であり、カダヤシは0.44(mm<sup>2</sup>/mm)であった。両種間の面積についてt値を算出したところt=5.99でありt分布表のdf=18、p=0.01の値2.878より大きいいため両種間には1%レベルで有意な差があるといえる。また、これらのデータ

表5 メダカとカダヤシの鰓の投影面積の比較

	メダカのみス			カダヤシのみス		
	鰓弓4枚の投影面積総和(mm <sup>2</sup> )	全長(mm)	鰓面積/全長	鰓弓4枚の投影面積総和(mm <sup>2</sup> )	全長(mm)	鰓面積/全長
1	14.36	38	0.38	16.19	38	0.43
2	12.69	40	0.32	14.58	34	0.43
3	9.48	33	0.29	15.26	37	0.41
4	9.48	35	0.27	19.40	40	0.49
5	13.38	37	0.36	12.50	35	0.36
6	13.15	38	0.35	16.18	36	0.45
7	10.13	34	0.30	17.81	38	0.47
8	10.60	35	0.30	17.77	34	0.52
9	11.65	38	0.31	12.17	34	0.36
10	11.83	37	0.32	15.74	34	0.46
平均	11.68	36.5	0.32	15.76	36.0	0.44

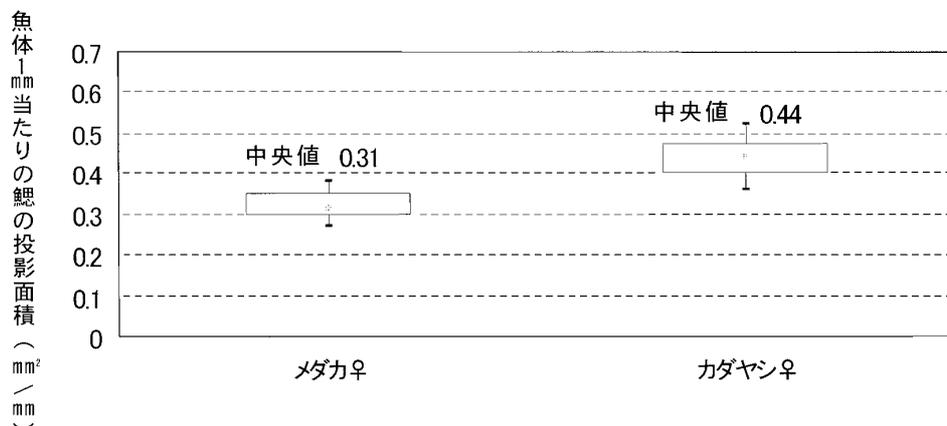


図18 鰓の投影面積の比較

をグラフに示したのが図18である。このグラフからも、カダヤシのメスの方が体の長さの割に鰓の投影面積が大きいことが分かる。

#### (5) 酸素消費量

結果を表6と図19に示した。体重1gあたり1時間に消費する酸素量は、メダカのメス > 出産後のカダヤシのメス > 出産前のカダヤシのメス の順に高い値を示す傾向が見られた。ところが、これら

のグループ間でt値を算出したところ、メダカのメスと出産後のカダヤシのメスの間が $t=2.42$ 、カダヤシの出産前後で $t=2.23$ となり、ともにt分布表の $df=18$ 、 $p=0.01$ の値2.878よりも小さいために、1%レベルでは有意な差はないといえる。ただし、 $p=0.05$ の値2.101は上回っていることから、標本数を増やして詳しく検討する必要があるだろう。

表6 酸素消費量の比較

回	メダカ メス		カダヤシ メス( 出産後 )		カダヤシ メス( 出産前 )		酸素消費量 ( mg )	総体重 ( g )	酸素消費量 ( 酸素mg/体重g・時間 )
	酸素消費量 ( mg )	総体重 ( g )	酸素消費量 ( mg )	総体重 ( g )	酸素消費量 ( mg )	総体重 ( g )			
1	2.28	3.53	0.65	1.06	3.44	0.31	2.63	7.32	0.36
2	1.81	3.58	0.51	1.25	3.78	0.33	2.52	7.14	0.35
3	2.41	3.64	0.66	1.25	3.44	0.36	1.85	7.39	0.25
4	1.66	3.32	0.50	1.25	3.37	0.37	2.79	7.32	0.38
5	1.94	3.58	0.54	1.81	3.19	0.57	2.87	7.37	0.39
6	1.87	3.02	0.62	1.38	2.54	0.54	3.14	7.70	0.41
7	1.92	3.80	0.51	1.55	2.60	0.60	3.10	7.32	0.42
8	1.78	3.33	0.53	1.41	2.51	0.56	2.17	6.78	0.32
9	1.16	2.51	0.46	1.05	2.51	0.42	2.66	6.19	0.43
10	1.58	2.69	0.59	1.42	2.77	0.51	2.46	6.19	0.40
平均	1.84	3.30	0.56	1.34	3.01	0.46	2.62	7.07	0.37

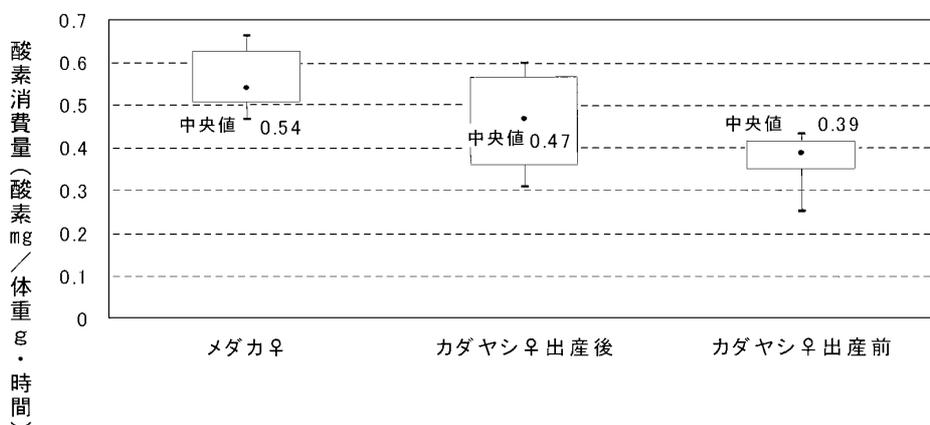


図19 体重あたりの酸素消費量

## 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

## 4. 考察

## (1) 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

低酸素濃度に対する耐性について調べた実験(1)の結果から、カダヤシはメダカよりも低酸素濃度に対して強く、特に、カダヤシのメスは大変強い耐性があることが分かった。

その理由としては、カダヤシのメスの方がメダカのメスよりも魚体の大きさの割りに鰓が大きいことと(実験4)、鰓弁や鰓薄板が水に触れやすい構造になっており、水に溶け込んでいる酸素を吸収しやすいことが挙げられる(実験3)。また、今回発見したカダヤシの鰓耙の付け根に存在するトゲには、時々、黒いゴミのような物が付着していた(図17)。

このことから、トゲは汚れた水を飲み込んだ場合にゴミを鰓弁側に流さないようにするフィルターの役目をしていると考えられ、トゲの存在も汚水中での生活に役立っていることが想像される。

実験(2)の結果から、メダカのメスとカダヤシのメスの間には、赤血球数に関して有意な差は認められなかった。しかし、赤血球の大きさが異なれば酸素運搬能力に差が生じると考えられたので文

献で調べたところ、メダカの赤血球の面積は43.7~54.4 $\mu\text{m}^2$ 、カダヤシは44.4 $\mu\text{m}^2$ であり、大きさにも顕著な差はないことが分かった<sup>4)</sup>。

さらに、酸素消費量が少ない方が低酸素濃度に強いと考えられたが、実験(5)の結果からはメダカのメスとカダヤシメスの間に顕著な差は認められなかった。ただし、カダヤシのメスは出産前には体重が増加するために、1匹当たりの酸素消費量は極めて多くなる。出産前に必要な酸素を得るために、鰓の構造が酸素を吸収するのに適した形態になっているのかも知れない。

## (2) 汚水耐性実験について(昨年の報告内容、実験方法については本論文6頁に記載)

実験結果をグラフに表したのが図20である。昨年の報告では、図20中のメダカとカダヤシの生存曲線がほぼ重なっていることから、富栄養化に対して両種間には抵抗力の差はないと考えた。しかし、今年の実験(1)の結果から、メダカの方が低酸素濃度に対する抵抗力が弱いことが明らかになり、改めて図20を見ると次の問題点に気づくことができる。実験(1)の結果から、メダカやカダヤシが倒れるのは溶存酸素量が2mg/lよりも少なくなっただと分かった。図20で溶存酸素量が2mg/l以下に

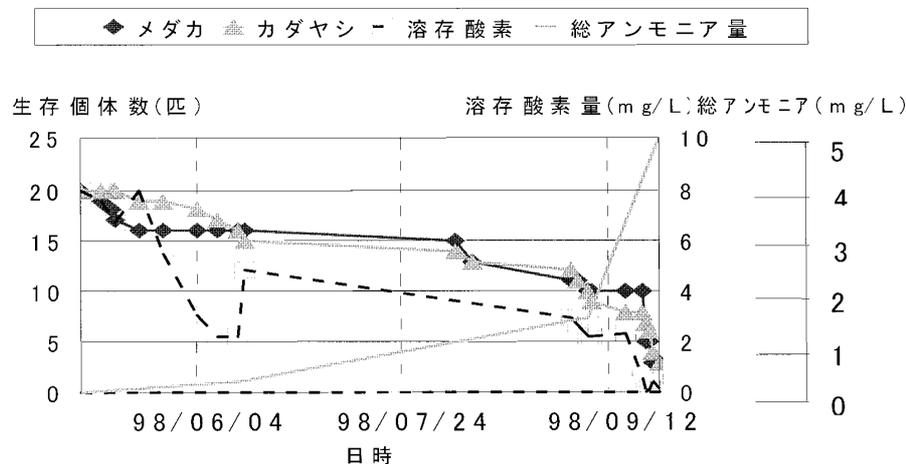


図20 メダカとカダヤシの汚水耐性

なるのは9月12日以降であり、この頃急激に水質が悪化し、両種とも生存個体が減少している。つまり、図20の実験では溶存酸素量の変化が急であり、なおかつ観察の頻度が少なかったために、メダカとカダヤシの死亡に差を認められなかったものと思われる。また、図20の実験ではアンモニウムイオン濃度の影響など複数の要因が同時に作用しているのに対して、今年の実験においては溶存酸素濃度だけが限定要因になっており、低酸素濃度に対する耐性に関しては、“カダヤシの方が強い”と結論付けられる。

なお、昨年報告したように、メダカが汚水中で産卵した卵はすぐに腐ってしまうのに対し（図21）、カダヤシの親が汚水中で出産した仔魚の中には成

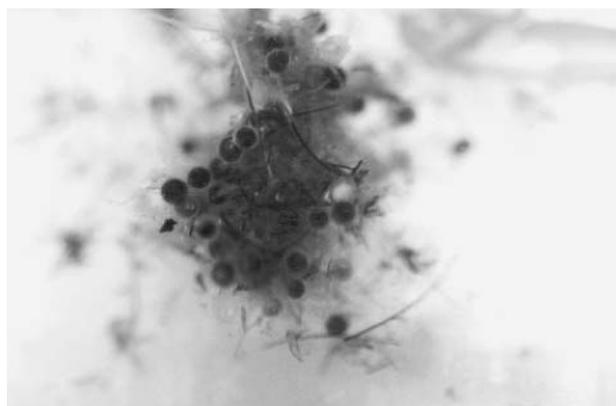


図21 汚水中で腐敗したメダカの卵

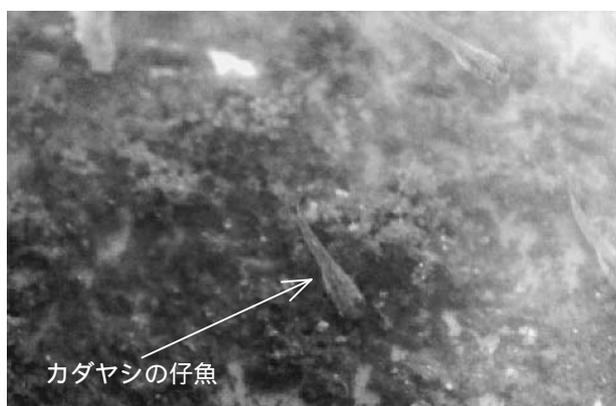


図22 汚水中で育つカダヤシの仔魚

魚まで育つものもいた（図22）。よって汚水中での繁殖についてもカダヤシの方が優位であり、水質が悪化した水域では、酸素濃度が低くなってメダカの親が死亡したり、産卵されたメダカの卵が腐敗して子孫が残らないことが原因になり、メダカからカダヤシへ個体群が遷移する可能性が考えられる。

汚水中に生息する魚は、低酸素状態の他、細菌類や菌類によって引き起こされる病気や寄生虫によるストレス、または、アンモニアなど有害物質によるストレスにも曝される。これらのストレスがメダカに与える影響について現在研究を行っており、その内容については別の機会に報告したいと考えている。

### (3) 野外でのメダカとカダヤシの生息環境

山口県内全域に及ぶ分布調査を1999年～2000年にかけて3度実施した際に調べていた生息地点の溶存酸素量について表7にまとめた。表中の溶存酸素量の平均値が、3つの時期ともメダカの生息地点の方がカダヤシの生息地点よりも高い値を示したことは、メダカの方が酸素を必要とすることを反映しているのかもしれない。ただし、印で示したメダカの生息地点での溶存酸素量の値は0.56mg/lと大変低く、メダカが倒れる可能性のある酸素量まで低下している。野外では酸素濃度の変化が緩慢でメダカが低酸素状態に慣れる可能性や、水面付近などの酸素量が多い場所にメダカが避難していた可能性も考えられるが、さらに酸素濃度が低下すればこの地点のメダカが全滅する可能性もあるだろう。この地点のメダカの生息数に注目しながら低酸素濃度の状態を改善する方法について検討し、何とかメダカを救いたいと考えている。

## 低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について

山口県立厚狭高等学校 生物部 伊藤 友香 藤本 愛子 森重 佳子 山本 智佳 西中 香苗  
 荒川 裕司 池田 和弥 浴野 義晶 児玉 伊智郎

表7 山口県内のメダカとカダヤシの生息地点の溶存酸素量

	生息地点の溶存酸素量( mg / l )			
	1999年夏期	1999年冬期	2000年夏期	
メダカの生息地点	地点数	50	38	47
	最小値	2.24	4.18	0.56
	平均値	6.63	9.45	5.84
	最大値	8.32	11.76	8.23
カダヤシの生息地点	地点数	8	3	5
	最小値	4.35	5.15	1.30
	平均値	6.50	7.94	4.68
	最大値	7.65	10.72	7.19

## 5. まとめ

本研究により、メダカよりもカダヤシの方が低酸素状態に対する耐性が強いことが明らかになった。カダヤシの鰓は大きく、鰓弁や鰓薄板が酸素を吸収しやすい構造になっており、この事が低酸素濃度に強い一因だと示唆される実験結果が得られた。メダカとカダヤシが共存する水域で汚染が進み溶存酸素量が低下すれば、メダカが絶えてしまい、メダカからカダヤシへ分布が遷移する可能性があることが確かめられた。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、岐阜大学 古屋 康則様、水産大学校 酒井 治己様、山口大学 堀学様、愛知教育大学 岩松 鷹司様、弘前大学 佐原 雄二様、高知大学 種田 耕二様、名古屋市東山動物園 水野 展敏様をはじめ、多くの先

生方から学術的なアドバイスをいただきました。心より厚くお礼申し上げます。なお、第4回日本水大賞「青少年研究活動特別賞」の副賞を水槽等の購入に充てさせていただき、充実した研究に取り組むことができました。この場をお借りしてお礼申し上げます。ありがとうございました。

## 参考文献

1. 幸地良仁, 1984. 沖縄島におけるメダカ類3種の種間関係について. 日本生物教育会第39回全国大会(沖縄)研究発表資料.
2. 佐原雄二・幸地良仁, 1980. カダヤシ - メダカダヤシの生態. pp.106-118, 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦(編), 日本の淡水生物, 東海大学出版会, 東京.
3. 和田芳武, 1979. 舶来メダカによる蚊の駆除(カダヤシの分布の章). 新宿書房, 東京.
4. 池田彌生・尾崎久雄・瀬崎啓次郎, 1986. 魚類血液図鑑. pp.278-279, 緑書房, 東京.
5. 岩松鷹司, 1997. メダカ学全書, 大学教育出版, 岡山.
6. 岩井保, 1991. 魚学概論, 恒星社厚生閣, 東京.
7. 新城明久, 1996. 新版生物統計学入門, 朝倉書店, 東京.
8. 菅民郎, 1999. Excelで学ぶ統計解析入門, オーム社, 東京.