

小学校理科においてメダカを教材として利用する際の利点と留意点

Advantages and notes when medaka fish is used as a teaching material in science education of elementary school

古屋康則・仲澤和馬・三宅 崇

Yasunori Koya, Kazuma Nakazawa and Takashi Miyake

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学教育学部 理科教育
TEL: 058-293-2255 (email: koya@gifu-u.ac.jp)

要 約

メダカは古くから学校教育現場で教材生物として頻繁に扱われてきた。本稿ではメダカが教材として優れている点を列挙し、小学校の理科教材としての利用例を学年・単元に沿って示した。また、近年の遺伝学的・生物地理学的な調査研究の進展により明らかになってきた、メダカの地域固有個体群の存在や、それらに起きている遺伝的攪乱の問題に触れた。メダカを教材として扱う上で、飼育個体を野外へ安易に放流することや、環境教育の名の下で行われる放流活動には、多くの問題点があることを学校教員は理解すべきである。

1. はじめに

メダカ *Oryzias latipes* は日本、朝鮮半島、中国、台湾に分布する小型の淡水魚である。日本国内では、北海道を除く本州、四国、九州、および琉球列島までの広域に自然分布している（佐原，2002）。主な生息場所は平野部を中心とした流れの緩やかな河川や池沼であり、特に水田地帯においては、用水路から水田内まで普通に生息していたことから、属名の *Oryzias* もイネの属名 *Oryza* に由来している。古くから日本人にとって馴染みの深い魚であり、緋色の突然変異体である「ヒメダカ」は、愛玩動物として江戸時代から飼育されていたという。しかしながら、近年においては、自然環境下でメダカを見ることは少なくなり、1999年には当時の環境庁によって「絶滅危惧II類」に指定されるに至った。身近な魚であったメダカが絶滅の危機に瀕する状況にあるというのである。それでも、人工的に繁殖させたヒメダカはペットショップなどで安価に売られていることもあり、学校教育の現場では理科の教材として現在も頻繁に利用されている。

メダカは飼育・繁殖が容易なことから、古くから実験動物として用いられており、生物学的な知見の集積は脊椎動物内では群を抜いている。その概要はこれまでにいくつかの著書として出版されているほか（江上，1989；江上ほか，1990；岩松，1997など）、メダカに関する文献集もまとめられている（久米ほか，2005）。メダカはまた、早い時期から学校教育に取り入れられ、理科や生物学のみならず、その名前は国語の教科書にもたびたび登場するほどである（岩松，2002参照）。小学校理科では1947年に発行された学習指導要領以来、対象学年は変動すれど、ほぼ一貫して飼育・観察、あるいは生殖・発生のための教材として利用すべきことを指導している（岩松，2002参照）。その一方で、メダカが教材として実際に利用されている場面としては、第5学年の「動物の発生や成長」の単元と、第6学年の「生物の体のつくりと働き」の単元に集中している。これは、メダカの教材としての利点が十分に理解されていないことに起因している可能性が考えられる。

本稿では、メダカが理科教材として優れてい

る点をあらためて確認し、小学校理科の教材としての利用例を総括する。次に、近年、分子生物学的な研究の進展により新たに分かってきたメダカの遺伝学的・生物地理学的な知見を紹介する。最後に、現在メダカが安易な放流などにより遺伝的な攪乱を受けつつあることに触れ、これをくい止めるために理解しておかなければならない、放流・放逸による環境への影響について解説する。

2. 教材として優れている生物学的特徴

メダカのさまざまな生物学的な特徴が、教材としての利点を備えている。以下にそれらを列挙してみた。

- 硬骨魚類である：メダカは我々ヒトと同じ脊椎動物に属し、その中でも硬骨魚類に属する。ヒトを含めた哺乳類、あるいは陸上の四肢動物は硬骨魚類を直接の祖先としているので、体の基本的なつくりや内臓諸器官はほぼ共通である。ヒトのからだの仕組みを知る上で、比較として用いるには好適である。
- 小型である：飼育を容易にする理由の一つとなっている。飼育スペースも少なく済み、飼育容器の大きさも選ばない。教室でのガラス水槽による飼育はもとより、プラスチック製の小型飼育ケースやペットボトルを利用した飼育なども可能である。また、小さい体であるが故に、体全体の組織標本を1枚のスライドグラス上に載せることが可能であり、体の内部のつくりを理解させるためのプレパラート作成が可能である。
- 雌雄の外部形態が異なる：性的に成熟した雌雄では背鰭（せびれ）と臀鰭（しりびれ）の形態が異なる。これほど容易に雌雄の区別が可能な小型の淡水魚は他に知られていない。雌雄を選んで教材に用いることができるのは大きな利点である。雄の背鰭と臀鰭の面積が雌のものに比べ広がっているのは、産卵の際に、これらの鰭を使って雌の体を支えるためである（江上, 1989; Koseki et al., 2000）。また、雄では臀鰭の鰭条に沿って微小な突起が形成されており、この突起も雌の体を支える際の滑り止めとして機能していると考えられている（江上, 1989）。
- 飼育下で繁殖可能である：野外の人工池はもとより、比較的小型の水槽内においても繁殖が可能である。著者らは、4リットルほどの小型水槽でも日常的に産卵させている。このことは、産卵行動の観察を容易にしている。
- 頻繁に産卵する：飼育下で餌を十分に与えておけば、6月から8月の間であればほぼ毎日産卵する。このことも産卵行動の観察を容易にする一因である。また、毎日のように受精卵が得られるため、一連の卵発生過程を同時に観察することも可能である。
- 雌は産んだ卵をしばらく保持する：産卵の有無が容易に確認できるだけでなく、卵を雌から回収することで産卵数を計数することも可能となる。このような特徴を持つ身近な淡水魚は他に知られていない。この特徴はメダカの卵に非常に長い付着毛が存在していることと関係しており、メダカが属するダツ目の魚類に共通した特徴のようである。ダツ目にはダツやサンマ、トビウオ、サヨリなど、海に棲む魚種が多く、メダカが他の多くの淡水魚とは異なる系統に属することが理解できる。通常は雌が半日ほど卵を保持し、その後水草などに付着毛を絡めて卵をはずす。
- 卵が透明で大きい：体が小さい割に直径1.2 mm程度の大型の卵を産む。このサイズであれば、肉眼で卵の存在が容易に識別でき、眼の形成の有無や色素胞の出現など、発生の様子もある程度判別可能である。ピンセットでつまんでスライドグラス上に移す操作も十分に可能である。また、卵膜および卵黄がほぼ透明であることは、発生の状態を顕微鏡で観察するには都合がよい。
- 繁殖には温度と光周期が関係する：繁殖は春に水温が上昇することで開始し、秋に日長が短縮することで終了する（Awaji and Hanyu, 1988, 1989）。繁殖活動に明瞭な年周期性を持つことは、動物の生活と季節の関係を理解する上で役立つ。また、この特徴を利用すれば、年間を通じて繁殖させることも可能である。
- 生まれてから成熟するまでの期間が短い：全

長約25 mmで成魚となり、繁殖を開始するまでに要する期間は自然条件下では4～6ヶ月、飼育下では5～6週（2ヶ月以内）である（岩松，1997）。これは成長の観察や様々な飼育実験を行う上で都合のよい特徴である。

- 生息可能な温度範囲が広い：0° C近い低温から40° C近い高温まで生息可能と言われている（岩松，1997）。このことが飼育を容易にさせている一因となっている。

3. 利用例

以下では、メダカを理科教材として利用し得る例について、平成20年度に告示された学習指導要領に沿って紹介する。

- 第3学年B（2）身近な自然の観察：屋外での池や水槽，教室内での水槽飼育を通じてメダカの様子を観察する。体色（野生型のメダカであること），形，大きさの意味を考えさせる。その際には，他の動物（昆虫やカエルなど）や他の魚種と比較することが重要であろう。また，季節や天候，時刻によって行動や繁殖活動に違いが見られるのか否かを観察のポイントにすることで，周辺の環境との関係について考えさせることが可能である。
- 第4学年B（2）季節と生物：屋外で長期飼育しているメダカを用いて，季節ごとの様子を観察する。繁殖活動や，新たに生まれた稚魚の成長を観察のポイントとすることで，季節ごとの活動や成長と環境との関わりについて考えさせる。繁殖活動の観察として，朝の早い時間のうちに雌による卵の保持の有無をチェックしたり，稚魚の有無をチェックする。成長の観察には，体長や体重の測定などを取り入れることで，より客観性が増す。体重を計測することは難しいが，体長については泳いでいる状態でスケールと一緒に写真撮影すれば容易に計測できる。
- 第5学年B（2）動物の誕生：雌雄の形態の違いを観察させ，さらに雄と雌が揃うことで産卵が起きることを示し，ヒトや哺乳類以外の動物にも雌雄性があることを理解させる。産卵行動の観察方法としては，ほぼ毎日のように産卵していることを確認済みの雌と雄を前

日から隔離しておき，当日に一緒にすることで観察が可能である（渡辺・八木，1996；古屋・恩地，2002）。メダカを常時産卵できる状態で飼育しておけば，発生段階の異なる卵を得ることは簡単である。これらの卵を顕微鏡観察する。卵の観察にはメダカ卵観察用のスライドグラス（岩松，1997）を作成しておくことを強く勧める。作り方は，スライドグラスの中央に卵を置くスペース（5～10 mm）を空け，その両側に厚さ約1 mm（卵の直径よりもやや薄いことが重要）のガラス片を接着剤（エポキシ系接着剤など）で貼付ける，というものである。卵を水とともにスライドグラスの中央に置き，カバーグラスを卵の上に被せた時に，ガラス片の厚さが卵の直径よりわずかに薄いため，卵が少し押しつぶされた状態で固定される。さらに，カバーグラスを動かすことで卵が回転し，卵を見たい方向から見る事が可能となる。発生初期の，まだ胚体が形成される以前の卵では，胚盤の様子が確認できる卵の向きが限られている。観察用スライドグラスを用いることで，卵を回転させることが可能となり，発生の様子を正しく理解させる上で大きな助けとなる。メダカが何を食べているのかについては，直接的な方法として，解剖によって胃内容物を集め，顕微鏡で観察するというものがある。また，解剖せずに直接的に調べる方法として，小型ピペットを用いて水流で胃内容物を吐き出させるという方法が可能かもしれない。間接的な方法としては，予め生きたミジンコを準備しておき，これをメダカに与え，その後メダカが排泄した糞を顕微鏡観察することで，消化されずに排出されたミジンコの体の一部を確認するというものがある（岩城，1998）。

- 第6学年B（1）人の体のつくりと働き：呼吸による酸素の取り込み，二酸化炭素の排出については，空気中で生活するヒトの場合とは異なり，水中で生活するメダカを用いて理解させるのは容易ではないが，ペットボトルなどを利用した閉鎖環境での飼育（ミニアクアリウムや閉鎖アクアリウムなどと呼ばれる）を通して考察させる試みがいくつかなされて

いる。消化，吸収，排出の概念については，日常的な飼育・観察活動を通して理解させる。メダカに与える餌と排出される糞を比較観察することで，普段の我々の生活での食事と排泄という経験を関連づけさせることができる。ヒトでは観察がしにくい血流と心臓拍動の観察についてはメダカの使用は極めて有効である。胚発生後期の胚では，心臓の拍動や卵黄嚢表面の血管における血流が顕微鏡により容易に観察できる。また，このような胚を用い，水温を変えたときの心拍数の違いを調べた例も報告されている（穴吹・渡辺，1997）。体内に備わっている各種臓器については，直接的にはメダカを解剖することでそれらの存在や位置を確認させることができる。可能であれば，メダカの体全体の組織切片などを用意すると，顕微鏡観察により各種臓器の配置がより明確に理解できる。

- 第6学年B (3) 生物と環境：日常的な飼育を通じて，メダカの生育に必要な諸条件（餌，酸素など）について考察させることが可能である。また，挙げられた条件の必要性については，閉鎖環境での飼育によってより明確に示すことが可能であろう。野外においてメダカが生息する環境を調査することで，メダカ以外にどのような生物が棲息しているのか，メダカは何を食べ何に食べられているのか，などを明らかにすることは，生物間の食物連鎖を理解させる上で重要である。

4. 最近の遺伝学的・生物地理学的知見

形態学的に日本各地の野生メダカを比較した研究では，臀鰭の軟条数に水系間でしばしば有意な差が見られ，閉鎖的な水系に棲む個体群では他の水系とは異なる数値を示す場合も知られている（江上，1953，1954；江上・吉野，1958）。このことは，メダカが個体群（繁殖を通じて遺伝的に交流のあるまとまり）ごとに，ある程度遺伝的な変異を有している可能性を示した最初の例である。その後の遺伝子型による分類により，国内のメダカの野生個体群は，「北日本グループ」と「南日本グループ」の2つ，および両グループの雑種を起源とする「ハイブリッドグルー

プ」に分けられている（Sakaizumi et al., 1983）。北日本グループは青森県東部から日本海沿いに丹後半島の東側まで，南日本グループはそれ以外の地域，ハイブリッドグループは両グループの分布境界にあたる丹後・但馬地方にそれぞれ分布している。北日本グループと南日本グループの遺伝的分化の程度は，通常別種とされる種間のそれと同程度で（酒泉，1987），両グループが同一の祖先から分岐した年代は，ヒトとチンパンジーが分岐した時期より3倍以上も古い可能性がある（Setiamarga et al., 2009）。2007年に改訂された環境省版レッドリストでは，両グループは亜種レベルで区別され，共に絶滅危惧II類に指定されている（環境省，2007）。これは，両グループそれぞれを独立した単位として保全する必要があることを明確にしたものである。

遺伝子型やミトコンドリアDNAの解析は，さらに下位の遺伝的なグループや地域固有の個体群の存在を明らかにしている。南日本グループは「東日本型」，「東瀬戸型」，「西瀬戸型」，「山陰型」，「北部九州型」，「大隅型」，「有明型」，「薩摩型」および「琉球型」の9つのグループに細分されている（酒泉，1990）。また，北日本グループには能登・加賀地方および丹後・但馬地方に局所的な個体群が存在する（Takehana et al., 2003）。

これらの遺伝的な分化は，遺伝的な交流が長期間にわたって限られた範囲でしか生じないことを示すものであるが，次章で述べる問題点を考える上でさらに大事なことは，それぞれの地域への適応である。すなわち，地域ごとに環境（生物学的・非生物学的な環境）は異なっており，それぞれのメダカ個体群はそれぞれの地域の環境に適応しているのである（地域適応）。例えば，成長速度や脊椎骨数には緯度に沿った遺伝的変異（地理的クライン）が存在する（Yamahira et al., 2007; Yamahira and Nishida, 2009）。北日本グループ内においても，より北の個体群のメダカ（以下，北メダカと呼ぶ）の方が成長速度が速く，これは成長可能な期間（一定水温以上の期間）が北に行くほど短いことが淘汰要因となっているようである。加えて，実験環境

では北メダカの方が捕食リスクを冒してまで採餌を行い、危険にさらされた時の逃げ足も北メダカの方が遅い (Suzuki et al., 2010)。これは生息地の捕食圧が異なるために、北では南ほど「用心深さ」や「すばしっこさ」が進化しなかったからかもしれない。また、二次性徴形質である尻鰭の伸長速度や、交尾行動にも地理的クラインが見られる。南に行くほど二次性徴後の尻鰭の伸長速度が速く (Kawajiri et al., 2009)、雌をめぐる雄間の争いも激しい (Fujimoto, Miyake and Yamahira, 未発表)。これは産卵シーズンの長さが緯度により異なり、その結果実効性比 (ある時点で繁殖可能な個体の性比) に違いが生じることで、交尾相手をめぐる競争の強さが異なり、南の方ではより競争に勝てるように進化したためであろう。

以上に述べたように、現在分かっているだけでもメダカには多くの遺伝的に分化した地域個体群が存在し、それぞれが異なる環境に適応している。これらの地域個体群の固有性の理解は、教室で飼育する分にはそれほど問題はないであろうが、以下に述べるように放流などを伴う環境教育上は極めて重要な点である。

5. 教材利用にあたって注意すべき点

最初に述べたように、現在メダカは絶滅危惧Ⅱ類 (絶滅の危険が増大している種) に指定されている。しかし、これは即「野生のメダカを捕獲してはいけない」ということではない。国が捕獲を禁止しているのは「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」で指定されている種である。加えて、地方自治体が独自に指定している場合もある。絶滅危惧種だからといって近くの河川からの採集をためらい、業者から「教材メダカ」を購入する場合もあると思われるが、それにより生じる問題の方が大きい。野生個体群が維持されている地域では、それを利用して多くの場合問題は生じないと考えられる。むしろ、メダカの生息環境に児童・生徒の目を向けさせるという意味においては、教材利用を野生個体の採集から始めることも重要であると考えられる。

現在、メダカに関して大きな問題になってい

るのは遺伝的攪乱である (竹花・北川, 2010)。遺伝的攪乱とは、人為的に放流された個体とその地域の個体と交雑することで、個体群の遺伝的な組成や構造が変化することである。これまでに関東地方で瀬戸内地方や九州北部に分布する遺伝子型を持つ個体が見つかったり、造成された公園においてその地域に存在するはずのない遺伝子型の個体が見つかる例が報告されている (竹花・酒泉, 2002)。また、養殖・販売されているヒメダカが野外で見つかったり (瀬能, 2000)、野生のメダカからヒメダカ由来の遺伝子型が検出される例もある (小山・北川, 2009)。これらはすべて、配慮を欠いた放流が原因であろう。先に述べた通り、国内のメダカは2亜種に分けられるほどの遺伝的な差があり、さらにそれぞれの地域で長い年月をかけて、異なる環境に適応してきた。そこに別方向に適応進化した遺伝子を供給すると、たとえ個体数を増加させても個体群は絶滅しやすくなる、という可能性が生じる。「その地域でうまくやっつけられない遺伝子はどうせ淘汰されるのだから問題ないだろう」と思われるかもしれない。しかし、例えば先の例で言うと、より雌を獲得できるような形質を持つ雄が別の地域から持ち込まれると、その地域の雄以上に子どもを残すであろう。その分「(成長速度が遅く) 寒さに弱い」などの遺伝子が個体群に広まり、何年かに一度の寒波であるという間に個体数が激減する、ということもありうるのである。これはいささか単純な例ではあるが、このように遺伝的攪乱は外見からは見えないものである。だからこそ、研究者が警鐘を鳴らしても、なかなか浸透しないのが現状である (ホタルの保護活動や、ドングリの森を作るといった活動でも、同様の問題が指摘されている)。善意の放流もメダカ個体群の保全上逆効果となることを、我々は理解する必要がある (小澤, 2000)。そして遺伝的攪乱に学校教育の現場が加担する、あるいは児童・生徒に加担させることがないように留意すべきである。

メダカの遺伝的攪乱を防ぐには、安易な放流をいっさい行わないことである。教材として利用したメダカを自然に返してはいけない。教材に利用されたメダカは基本的には飼い続けるか、

刹処分することも考えねばならない。また、メダカは理科教材として以外に、環境教育の教材として、あるいは保護のための活動として、学校ビオトープへの放流や地元の河川・池への放流などに用いられることもある。これらの放流についても、今一度立ち止まって、その是非を見直す必要がある。現時点では放流によって個体群を回復しなければならぬほど深刻な状況は少なく、むしろ、放流によって生じる遺伝的攪乱のリスクの方がはるかに大きいといわれている（竹花・北川，2010）。また最近では、国内の他の地域から導入された生物も、「国内外来生物」として外来生物問題の一つと位置づけるべきだと提案されている（村中，2010）。

遺伝的攪乱が起きないように、同じ水系、同じ川のメダカを人為的に増やして放流すれば、問題ないのではなかろうか、という考えもある。実際にそのような配慮の上で放流が行われた事例も少なからずあるであろう。しかし、この行為にも問題が指摘されている。人工的な環境下で育てられた個体群には、本来自然環境では生きていけない弱勢の遺伝子を含む個体が多く含まれ、このようなメダカを大量に放流することは、野外個体群全体の生存価を低下させる可能性がある（清水，2000）。例えばサケの仲間では、人口孵化させて放流した個体が、野生個体と比較して適応度が低いことがいくつかの研究で報告されている（Araki et al., 2008）。おそらくは、自然環境下であれば、低水温、捕食、病気や寄生といった要因により稚魚期に淘汰される個体が、淘汰されずに放流されるためであろう（平田，1999）。多くの魚の場合、産卵後の稚魚期が最も個体数が減少する、すなわち強い淘汰にさらされる時期であるので、人為的な増殖による放流は、メダカ等でも同様の結果をもたらすと思われる。また、少ない親魚から得られた遺伝的多様性の低い集団を大量に放流することは、元々いた個体群の遺伝的多様性を低下させることにつながる（清水，2000）。つまり、野生個体群にまったく影響を与えない放流は成立しないといえる。

メダカは優れた教材生物であると同時に、豊かな自然環境を象徴する生物でもある。それゆ

え、教材としてこれからも多くの教育現場で利用され、児童・生徒に親しまれて行くであろうが、その目を野生のメダカがおかれている状況にも向けさせ、真の環境教育にも役立てていただきたい。

引用文献

- 穴吹正雄・渡辺克己. 1997. 多目的教材としてのメダカの活用. 神奈川県立教育センター研究集録, 16: 27-30.
- Araki, H., B. A. Berejikian, M. J. Ford and M. S. Blouin. 2008. Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild. *Evolutionary Applications*, 1: 342-355.
- Awaji, M. and I. Hanyu. 1988. Effects of water temperature and photoperiod on the beginning of spawning season in the orange-red type medaka. *Zoological Science*, 5: 1059-1064.
- Awaji, M. and I. Hanyu. 1989. Seasonal changes in ovarian response in orange-red type medaka. *Zoological Science*, 6: 945-950.
- 江上信雄. 1953. メダカの臀鰭軟条数の変異に関する研究I 日本各地産野生メダカの軟条数の変異. *魚類学雑誌*, 3: 33-35, 87-89.
- 江上信雄. 1954. メダカの臀鰭軟条数の変異に関する研究II 軟条数についての交配実験. *魚類学雑誌*, 3: 171-178.
- 江上信雄. 1989. メダカに学ぶ生物学 生命現象のミクロとマクロ. 中央公論社, 東京. 237 pp.
- 江上信雄・山上健次郎・嶋 昭紘 (編). 1990. メダカの生物学. 東京大学出版会, 東京. 315 pp.
- 江上信雄・吉野道仁. 1958. メダカの臀鰭軟条数の変異に関する研究III 野生メダカ軟条数の地理的変異 (資料の追加). *魚類学雑誌*, 7: 83-88.
- 平田剛士. 1999. エイリアン・スピーシーズ—在来生態系を脅かす移入種たち—. 緑風出版, 東京.
- 岩城久美子. 1998. 感動体験をめざした理科学習素材の研究 —メダカの観察を通して—. 神奈川県立教育センター研究集録, 17: 53-56.
- 岩松鷹司. 1997. メダカ学全書. 大学教育出版会, 岡山. 473 pp.
- 岩松鷹司. 2002. メダカと日本人. 青弓社, 東京. 213 pp.
- Koseki, Y., K. Takata and K. Maekawa. 2000. The role of the anal fin in the fertilization success in male medaka, *Oryzias latipes*. *Fishries*

- Science, 66: 633-635.
- 古屋康則・恩地理恵. 2002. メダカの交接・産卵行動の観察法. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 26: 19-22.
- 小山直人・北川忠生. 2009. 奈良県大和川水系のメダカ集団から確認されたヒメダカ由来のミトコンドリアDNA. 魚類学雑誌, 56: 153-157.
- 久米幸毅・久保喜計・細谷和海. 2005. 絶滅危惧種メダカに関する文献集. 近畿大学農学部紀要, (38): 157-228.
- 村中孝司. 2010. 外来生物とは?. 種生物学会 (編) pp. 25-37. 外来生物の生態学—進化する脅威とその対策. 文一総合出版, 東京.
- 小澤祥司. 2000. メダカが消える日—自然の再生をめざして. 岩波書店, 東京. 220 pp.
- 酒泉 満. 1987. メダカの分子生物地理学. 水野信彦・後藤 晃 (編) pp. 88-90. 日本の淡水魚類—その分布, 変異, 種分化をめぐる. 東海大学出版会, 東京.
- 酒泉 満. 1990. 遺伝学的にみたメダカの種と種内変異. 江上信雄・山上健次郎・嶋 昭紘 (編) pp. 143-161. メダカの生物学. 東京大学出版会, 東京.
- Sakaizumi, M., K. Moriwaki and N. Egami. 1983. Allozymic variation and regional differentiation in wild population of the fish *Oryzias latipes*. Copeia, 1983: 311-318.
- 佐原雄二. 2002. メダカ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海 (編), pp. 426-429. 日本の淡水魚 改訂版. 山と溪谷社, 東京.
- 瀬能 宏. 2000. 今, 小田原のメダカが危ない—善意?の放流と遺伝子汚染. 自然科学のとびら, 6: 14.
- Setiamarga, D. H. E., M. Miya, Y. Yamanoue, Y. Azuma, J. G. Inoue, N. B. Ishiguro, K. Mabuchi and M. Nishida. 2009. Divergence time of the two regional medaka populations in Japan as a new time scale for comparative genomics of vertebrates. Biology Letters, 5: 812-816.
- 清水孝昭. 2000. メダカの放流をやめよう. 南予生物, (11).
- Suzuki, Y., T. Miyake and K. Yamahira. 2010. An acquisition trade-off with fast growth in a fish, the medaka *Oryzias latipes*: Why do low-latitude ectotherms grow more slowly? Evolutionary Ecology, 24: 749-759.
- 竹花佑介・北川忠生. 2010. メダカ: 人為的な放流による遺伝的攪乱. 魚類学雑誌, 57: 76-79.
- 竹花佑介・酒泉 満. 2002. メダカの遺伝的多様性の危機. 遺伝, 56: 66-71.
- 渡辺克己・八木球貴. 1996. 遺伝・発生教材としてのメダカの活用. 神奈川県立教育センター研究集録, 15: 29-32.
- Yamahira, K., M. Kawajiri, K. Takeshi and T. Irie. 2007. Inter- and intrapopulation variation in thermal reaction norms for growth rate: evolution of latitudinal compensation in ectotherms with a genetic constraint. Evolution, 61: 1577-1589.
- Yamahira K. and T. Nishida. 2009. Latitudinal variation in axial patterning of the medaka (*Actinopterygii*: *Adrianichthyidae*): Jordan's rule is substantiated by genetic variation in abdominal vertebral number. Biological Journal of the Linnean Society, 96: 856-866.

