

日本に帰化したカダヤシ科 3 魚種およびヒメダカの 塩分上昇に対する耐性と馴致

伊藤寿茂*

Tolerance and adaptation of four alien species (three Poeciliidae species and the Japanese rice fish, *Oryzias latipes* ver.) to increase in water salinity in aquarium tanks. ITOH Toshishige* (*Enoshima Aquarium, 2-19-1 Katase-Kaigan, Fujisawa, Kanagawa, 251-0035 Japan)

The tolerance to salinity of three Poeciliidae species (*Poecilia reticulata*, *P. sphenops* and *Xiphophorus* sp.) and the Japanese rice fish (*Oryzias latipes* ver.) was investigated in small aquarium tanks. The salinity of water in the tanks was raised to various levels, and the survivability of fish in increased salinities was determined. When the salinity was raised to the sea water concentration (35 psu) within a 24-h period, all individuals of three Poeciliidae species died. When the salinity was gradually raised over a period of three days or more, some individuals of two species (*P. reticulata* and *P. sphenops*) survived, while all individuals of *Xiphophorus* sp. died. On the other hand, in four raising periods of the salinity, some individuals of *O. latipes* ver. survived. Thus, it was shown that the three alien species can survive in sea water. Therefore, there is a possibility of migration of these aliens to other geographical areas through the estuary.

Keywords

Adrianichthyidae, expanded distribution, Poeciliidae, temporary waters, salinity tolerance
分布拡大, 塩分耐性, 一時的な水域, カダヤシ科, メダカ科

1 はじめに

日本に生息するメダカ類と称されるものとして、ダツ目メダカ科に属する在来 2 種（ミナミメダカ *Oryzias latipes* とキタノメダカ *Oryzias sakaizumii*。以下、メダカ属と表記）と、カダヤシ目カダヤシ科に属する外来 6 種以上が知られている¹⁻⁷⁾。このうち、カダヤシ *Gambusia affinis* とコクチモーリー *Poecilia sphenops* はマラリアを媒介するカ類の幼虫と蛹を駆除させる目的で導入されたが、本来の目的を逸脱した外来生物への負の影響が示唆されている^{1, 2, 7-10)}。それ以外の種については、愛玩個体の遺棄に伴う定着と推察され、前者と同様の影響があるものと考えられている^{2-4, 6, 7, 11)}。特にミナミメダカは、ヒメダカに代表される突然変異型を含め各地で放流され、在来の同種個体群との交雑による遺伝子攪乱が確認されている¹²⁻¹⁵⁾。これ

らの外来メダカ類は、近年ではいずれも人為移動を規制し駆除を推進すべきものとされている^{2, 7, 8, 12-15)}。

全長 30-50mm の小型魚である外来メダカ類が新たな水域に定着し易かった理由として、水質変化や低酸素濃度に対する耐性、高い繁殖力が挙げられている^{2, 7, 16)}。それに加えて、塩分耐性の高さも一因と考えられており、一部の種について自然下における汽水域や海域での生息事例や¹⁷⁻¹⁹⁾、実験飼育下における高い塩化ナトリウム濃度（以下、塩分と表記）への馴致の事例が知られている²⁰⁻²⁷⁾。前者については、在来産地と移入先の双方において、その生息が河口や潮沼沢、運河といった高塩分の水域に及ぶケースが知られている¹⁷⁻¹⁹⁾。後者については、最終的に海水濃度以上の塩分に馴致できるとした事例が多いが、種によって馴致に至るまでの過程や期間が異なる。例えば、メダカ属では、純淡水から高塩分の塩水（18psu 以上）に直接移動すると全ての個体が 2 時間以内に斃死したが、低塩分の塩水（11-16.5psu）に移動した場合

* 〒 251-0035 神奈川県藤沢市片瀬海岸 2-19-1 新江ノ島水族館

は異常が見られず、そのまま2週間以上馴致させた後で海水(33psu)に移動した場合は異常なく生存したことが報告されている^{20, 26, 27)}。カダヤシ *Gambusia affinis* では、低塩分の塩水(5psu)から海水(35psu)に直接移動すると生残率が極端に下がるが(全体の7%)、飼育水の塩分を3日間以上かけて段階的に海水まで上昇させて馴致させると、生存率が大幅に高くなったことが報告されている²⁵⁾。グッピー *P. reticulata* では、純淡水から海水(33psu)に直接移動すると全ての個体が12時間以内に斃死したことが報告されている²¹⁾。加えて成魚と稚魚で塩分耐性が異なり、純淡水から直接移動した場合、成魚では26psuの塩水であれば約半数の個体が生残し19psu以下の塩水であれば全ての個体が生残したのに対し、稚魚では24psu以上の塩分では全ての個体が24時間以内に斃死したことが報告されている²¹⁾。

日本の淡水域に定着したメダカ類が自然下において高塩分にさらされる状況としては、急な出水などで本来の生息域から海域周辺まで流されたり、運河や河口域といった汽水域を経て自力で高塩分の水域にたどり着くことが考えられる。こうした可能性を考える際、魚が馴致できる塩分の値だけでなく、馴致に要する期間が有用な情報になりうる²⁵⁾。しかし、先行研究間では実験方法が異なっていたため、魚種間の塩分耐性と馴致期間を相対的に比較するのが難しい。本報では、海水馴致に関する知見が知られるヒメダカとグッピーに加えて^{20, 21, 26, 27)}、コクチモーリーとソードテール属の一種 *Xiphophorus* sp. (以下、ソードテールと表記)を同時に供試し、カダヤシによる既報²⁵⁾と同じ方法で飼育水の塩分を様々な上昇幅で変化させて、高塩分への耐性と馴致に要する期間を確認し種間の比較を試みた。その結果、前3種が海水程度の高塩分に従来考えられてきたよりも短期間で馴致しうる事が判明したので、報告する。

2 材料と方法

実験は2006年3月3日-4月24日の間に実施した。供試個体について、コクチモーリーは北海道白老町産の採集個体から自家繁殖させた計58個体(標準体長19.0-48.5mm, 27.1 ± 5.8 mm, 平均値±標準偏差, $n = 58$)を、それ以外の魚種は神奈川県生体販売業者から購入したグッピー66個体(標準体長13.5-31.0mm, 22.7 ± 4.2 mm, $n = 52$)、ヒメダカ114個体(標準体長19.5-28.0mm, 24.0 ± 1.9 mm, $n = 89$)、ソードテール56個体(標準体

長26.5-40.0mm, 32.7 ± 3.3 mm, $n = 56$)を、それぞれ後述の実験に供試した。塩分5psu (Practical Salinity Unit)の塩水を6L入れたプラスチック製の円柱水槽(間口直径20cm, 高さ25cm)を複数用意し、魚種別に供試個体を収容したものを実験区とみなした。1水槽に収容する個体数はグッピーを11-14個体ずつ、コクチモーリーを11-12個体ずつ、ソードテールを8-12個体ずつ、ヒメダカを20-24個体ずつとし、各魚種について5実験区ずつ、計20実験区を用意した。各水槽は、淡水60Lを湛えてヒーターで21℃に温調したプラスチック製の大型水槽(幅66cm×奥行103cm×高さ24cm)の中で温度調節して、一律で恒温条件になるように設えた(実測水温: 21.0 ± 0.9 ℃, 平均値±標準偏差)。各実験区および大型水槽にはエアポンプで十分な曝気を施し、供試個体には2-3日毎にユスリカ科Chironomidaeの幼虫(ペンリーパック食品製, 冷凍赤虫)を少量給餌した。

各実験区の条件は、1回の操作で塩分を海水と同等の35psuまで上げる第1区、1回の操作で10psuずつ塩分を上げて3日間で海水にする第2区、1回の操作で6psuずつ塩分を上げて5日間で海水にする第3区、1回の操作で3psuずつ塩分を上げて10日間で海水にする第4区、そして塩分5psuから変化させない第5区(対照区)の5つとした。塩分を上昇させる操作は、毎回同時刻に各実験区の水を半分(約3L)捨てて、同量の水に適量の人工海水を溶かした塩水をエアレーションチューブで15-30分間かけて注入して、塩分を上げていった。以後、数時間毎に水槽内を観察し、斃死個体があれば取り出して計数した。各実験区とも、海水塩分に達した日から5日間、塩分を変えずに毎日観察して、実験が終了した時点で生存していた個体を海水に馴致したものとみなした。

3 結果

塩分上昇に対する各魚種の生存状況を図1-4に示す。

実験を通して、斃死する個体は、1日前くらいから水面に浮いたままになったり、各鰭や尾柄部の動きが緩慢になっていく傾向が見られた²⁵⁾。

塩分を変化させなかった第5区では、いずれの種もほとんどの個体が健常に生存した(図1-4)。それに対して、塩分を1日で海水濃度まで上昇させた第1区では、ヒメダカで比較的多くの個体(生残率69.6%)が生じたが(図1)、それ以外の種では最終的に全個体が斃死した(図2-4)。ソードテールは塩分

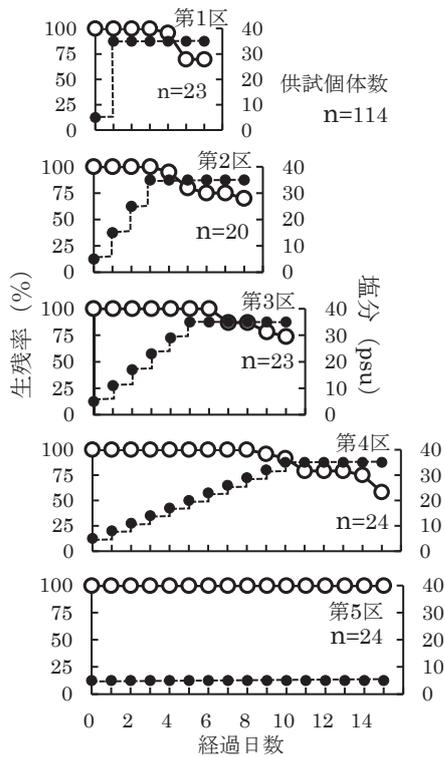


図1 様々な塩分上昇幅に対するヒメダカの生残率。
図中の白丸は各供試個体の生残率を、黒丸は塩分の変化をそれぞれ示す。

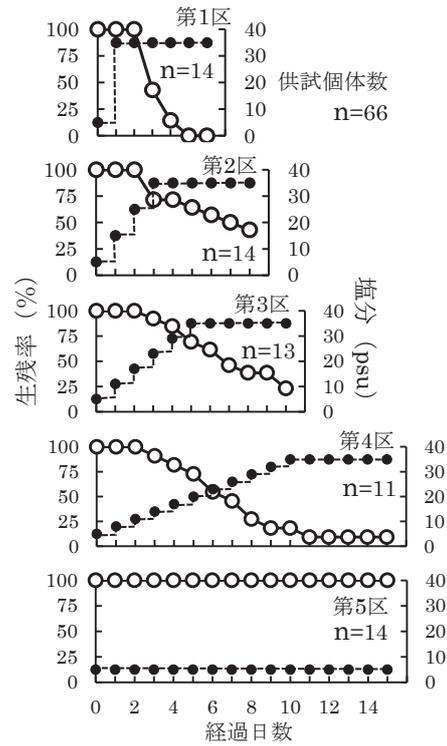


図2 様々な塩分上昇幅に対するグッピーの生残率。
図中の白丸は各供試個体の生残率を、黒丸は塩分の変化をそれぞれ示す。

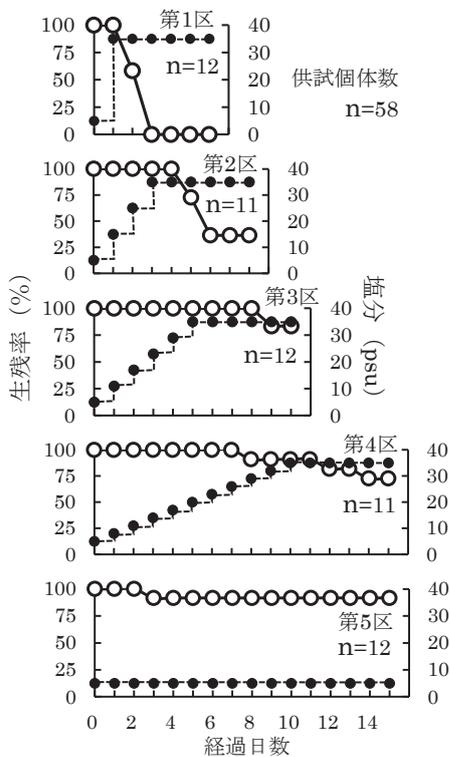


図3 様々な塩分上昇幅に対するコクチモーリーの生残率。
図中の白丸は各供試個体の生残率を、黒丸は塩分の変化をそれぞれ示す。

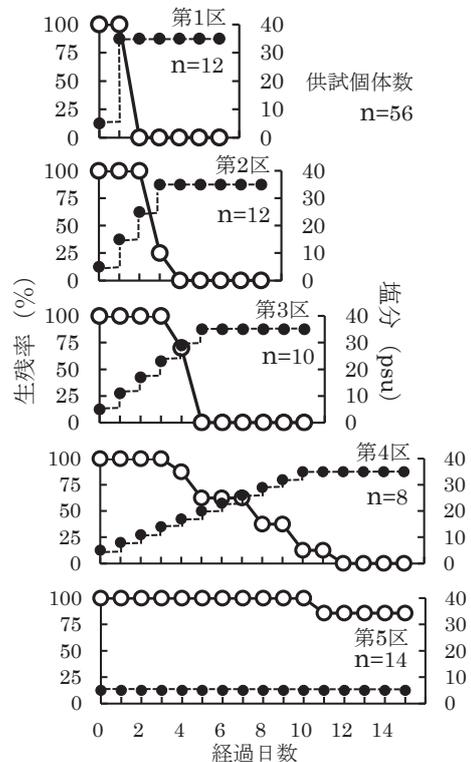


図4 様々な塩分上昇幅に対するソードテールの生残率。
図中の白丸は各供試個体の生残率を、黒丸は塩分の変化をそれぞれ示す。

上昇直後から数時間以内に全個体が死亡した(図4)。コクチモーリーは上昇の翌日時点で半数以上が生存していたものの(生残率58.3%),2日後には全個体が斃死した(図3)。グッピーは上昇の翌日時点で全個体が生存していたが、その後、斃死個体が出始め、4日後には全個体が斃死した(図2)。塩分を3日間かけて海水濃度まで上げた第2区では、ソードテールを除く3種で生存個体が見られた(図1-4)。生残率はヒメダカで70.0%(図1)、コクチモーリーで36.4%(図3)、グッピーで42.9%であった(図2)。ソードテールは塩分が15psuでは全個体が健常であったが、25psuまで上げると斃死する個体が増え(生残率25%)、その翌日には全個体が斃死した(図4)。塩分を5日間かけて海水濃度まで上げた第3区、10日間かけて海水濃度まで上げた第4区でも、ソードテールを除く3種で生存個体が見られた(図1-4)。生残率はヒメダカで58.3-73.9%(図1)、グッピーで9.1-23.1%となり、第2区と同程度かやや低かったが(図2)、コクチモーリーで72.7-83.3%と高かった(図3)。ソードテールは、第3区では塩分を23psuに上げたところで斃死する個体が増え、その翌日、塩分を29psuに上げた後に全個体が斃死した。第4区では塩分を14psuに上げたところで斃死する個体が出始めたが、その後、3psuずつ上げる中で生存し続ける個体があった。9日目に32psuに上げた時点でも12.5%の個体が生残していたが、その3日後に全個体が斃死した(図4)。

4 考察

本研究に用いた外来メダカ3種およびヒメダカのうち、ヒメダカとグッピーに加えて^{20, 21, 26, 27)}、コクチモーリーが海水に馴致して生存できることが確かめられた。そして、海水への馴致に必要な期間はヒメダカで数時間程度、グッピーで3日間程度と、従来の報告より短いことが判明した^{20, 21, 26, 27)}。本研究では各魚種、各条件について、1回ずつしか実験を行っていないため、塩分上昇と生残率の関係を詳細に論じることはできないが、それを踏まえても本研究で確認された馴致期間の短さは、これら魚種の海水馴致能力が従来考えられてきた以上に高いことを示唆する。

メダカ類以外の淡水魚の塩分耐性については、通し回遊魚に関する知見が比較的集積されているほか²⁸⁻³⁵⁾、純淡水魚(1次性淡水魚や2次性淡水魚)に関するものも少ないながら知られており^{36, 37)}、魚種や成長段階、時期によって高塩分への耐性や馴致期間

が異なることが報告されている。通し回遊魚のうち、例えばサケ科では、アメマス *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* や幼魚期のサケ *Oncorhynchus keta*、銀毛化したギンザケ *On. kisutch*、春季のヒメマス *On. nerka* は海水への馴致期間が短いのにに対し、ニジマス *On. mykiss* や春季以外のヒメマスでは海水馴致のために段階的な塩分上昇を経る必要があるとされる^{28, 30, 31)}。ハゼ科では、ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis* やゴクラクハゼ *Rhinogobius similis* が短期間で海水に馴致するのにに対し、他のヨシノボリ属の稚魚では両側回遊種でも純海水での生残率が低く低塩分の方が生残率が高かったり、陸封種では半海水(15psu)でも生残できないとされる^{29, 32-34)}。純淡水魚については、1次性淡水魚であるモツゴ *Pseudorasbora parva* やキンギョ *Carassius auratus* が10-15psuで、2次性淡水魚であるペヘレイ *Odontesthes bonariensis* が20-30psuで生残できなくなるとされる^{36, 37)}。一方で、カワズメ属やメダカ属、カダヤシでは海水以上の塩分にも馴致することが知られている^{2, 7, 20, 23)}。以上を鑑みると、本研究で供試したヒメダカ、グッピー、コクチモーリーは、自然下で同所的に生息する多くの1次性淡水魚は勿論、いくつかの2次淡水魚や通し回遊魚と比べても高い塩分馴致能力を有すると言える。ソードテールに関しては上記3種に塩分耐性の面で劣るが、第3区や第4区での生残状況から1次性淡水魚のモツゴよりは高く、ペヘレイやニジマスに次ぐ程度の塩分耐性を有するものと思われる^{28, 30, 36, 37)}。なお、高塩分下での繁殖や稚魚の成育については、カダヤシやグッピーで支障があることが示唆されている^{9, 20, 21)}。この点については、今後より詳細に確かめる必要がある。

以上を鑑みると、メダカ類の塩分耐性は、成魚期に汽水域や海域を一時的に生息の場としながら、他水系を含む近隣の低塩分水域への分散に寄与することを示唆する。考えられる分散の例として、台風などの大雨の影響でこれらの魚種が元いた淡水域から高塩分水域まで流された後で、元いた水系とは異なる水域に遡上する場合が考えられる。こうした高塩分水域での生息事例は未だ十分とは言えず¹⁷⁻¹⁹⁾、高塩分水域を経由した分散事例に至っては皆無である。そうした事例を集積することで、本種を含む耐塩性外来生物の移入後の分布拡大への対策に資するかもしれない。

引用文献

- 1) 尼岡邦夫, 武藤文人, 三上敦史: 魚類学雑誌, 48, 109-112 (2001).
- 2) 松沢陽土, 瀬能 宏: “日本の外来魚ガイド” (2008), (文一総合出版).
- 3) 松沼瑞樹, 本村浩之: 魚類学雑誌, 56, 21-30 (2009).
- 4) 嶋津信彦: 保全生態学研究, 16, 99-110 (2011).
- 5) 中坊徹次編: “日本産魚類検索 全種の同定 第三版” (2013), (東海大学出版会).
- 6) 石川哲郎, 高田未来美, 徳永圭史, 立原一憲: 保全生態学研究, 18, 5-18 (2013).
- 7) 一般財団法人自然環境研究センター: “最新日本の外来生物” (2019), (平凡社).
- 8) 佐原雄二, 幸地良仁: “日本の淡水生物—侵略と攪乱の生態学” (河合禎次ほか編), 106-117 (1980), (東海大学出版会).
- 9) 児玉伊知郎: 遺伝, 55, 88-91 (2001).
- 10) 植田育男: 南紀生物, 28, 1-6 (1986).
- 11) 吉郷英範: Fauna Ryukyuan, 9, 1-153 (2014).
- 12) 竹花佑介, 北川忠生: 魚類学雑誌, 57, 76-79 (2006).
- 13) 入口友香, 中尾遼平, 高田啓介, 北川忠生: 魚類学雑誌, 64, 11-18 (2017).
- 14) 中尾遼平, 入口友香, 周 翔瀛, 上出櫻子, 北川忠生, 小林牧人: 魚類学雑誌, 64, 131-138 (2017).
- 15) 中尾遼平: 日本水産学会誌, 83, 235 (2017).
- 16) Koya, Y., Itazu, T & Inoue, M.: Ichthyological Research, 45, 241-248 (1998).
- 17) 佐原雄二: 遺伝, 40, 10-13 (1986).
- 18) 高崎文世, 伊藤 亮, 向井貴彦, 古屋康則: 伊豆沼・内沼研究報告, 2, 35-50 (2008).
- 19) 荒尾一樹, 馬渡和華, 芝原達也, 風呂田利夫: 神奈川自然誌資料, 40, 41-48 (2019).
- 20) 柳島静江: 生態学雑誌, 7, 123-126 (1957).
- 21) 荒井優実: 日本水処理生物学会誌, 12, 9-14 (1976).
- 22) Al-Daham, N. K. & Bhatti, M. N.: Journal of Fish Biology, 11, 309-313 (1977).
- 23) Chervinski, J.: Journal of Fish Biology, 22, 9-11 (1983).
- 24) Nordlie, F. G. & Mirandi, A.: Journal of Fish Biology, 49, 1226-1232 (1996).
- 25) 伊藤寿茂: 陸水学雑誌, 67, 219-222 (2006).
- 26) 御輿真穂, 坂本竜哉: 比較内分泌学, 38, 209-211 (2012).
- 27) 笹土隆雄, 竹花佑介, 成瀬 清: Cytometry Research, 24, 1-7 (2014).
- 28) 北島力, 佐藤 正明: 水産増殖, 13, 29-38 (1965).
- 29) 角田 出: 日本水産学会誌, 53, 941-945 (1987).
- 30) 宇野將義: 日本水産学会誌, 55, 191-196 (1989).
- 31) 山野目 健, 志田 修, 三星 亨, 徳島暢礼, 大村禮司, 都木靖彰: 水産増殖, 42, 389-396 (1994).
- 32) 横井謙一, 細谷和海: 魚類学雑誌, 52, 31-34 (2004).
- 33) 平嶋健太郎, 中村和矢: 魚類学雑誌, 61, 53-57 (2014).
- 34) 伊藤寿茂, 柿野 亘, 北野 忠, 河野裕美: 陸水学雑誌, 78, 87-96 (2017).
- 35) 石崎大介, 淀 太我: 伊豆沼・内沼研究報告, 12, 63-71 (2018).
- 36) 戸田久仁雄: 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 29, 41-43 (1993).
- 37) 金子豊二: 日本海水学会誌, 69, 238-243 (2015).

(2021年7月2日受付, 2021年9月3日受理)