

# 感覚機能に着目したカダヤシ捕獲装置の開発

浜松学芸高等学校

サイエンス部 2年 高田誠真 他3名

## 1 動機

私は佐鳴湖畔に住んでおり、幼いころから散歩や水遊びで親しんできた。中学1年生のとき、佐鳴湖で友人と魚採りをしていると、ヨシ *Phragmites australis* の草原の周辺でメダカを大量に採集できた。採集したメダカは家に持ち帰り、水槽内で飼育した。ある日、中学校で理科の教員をしている母親から、水槽のなかにいる魚はメダカではなくカダヤシ *Gambusia affinis* (図1)であることを指摘された。それから佐鳴湖周辺で魚採りをするたびに、カダヤシは簡単に捕獲できるのに、メダカはほとんど見られないことに気がついた。

どうして佐鳴湖ではカダヤシばかりが生息していて、メダカは生息していないのか疑問に思い、インターネットで調べてみた。カダヤシは、北米原産の外来種の外来種であり、北アメリカ原産で冬の低水温にも耐えることが可能で、汚濁にも比較的強く、また特別な産卵場所を必要としないので、都市近郊の水田や水路、池沼などに定着し、近年の都市化に伴ってさらに分布を拡大するおそれがある(大庭 2020)。カダヤシは、1916年に日本に持ち込まれて以来その生息域を広げており、名前の通り蚊の幼虫のボウフラを食べるため世界各国に持ち込まれており、世界の侵略的外来種ワースト100にも登録されている(環境省 2014)。

国立環境研究所HPによると、カダヤシによるメダカへ影響の問題点は大きく3つが考えられる。1つめは、カダヤシはメダカと比較して攻撃性が強く、メダカ成魚の尾鰭を食いちぎったり、メダカの仔魚・稚魚を捕食したり、卵を食べることでメダカが駆逐されることである。2つめは、カダヤシとメダカの生息環境や餌が類似しており、カダヤシによりメダカの生息場所や餌が奪われる危険性である。3つめは、カダヤシの繁殖力の強さである。カダヤシは精子を体内に蓄えることができ、卵ではなく直接仔魚を産む。さらに、カダヤシは1回の産卵で数十匹もの仔魚を産み、1か月に1回のペースで産卵を続けるので爆発的に個体数が増加することが懸念されている。また、近年の水田管理手法の変化がカダヤシに有利にはたらき、メダカが駆逐されつつある水域も報告されている(国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> 2022年12月20日確認)。カダヤシについて調査するほど、特定外来生物であるカダヤシを駆除することで在来種メダカを救いたいという思いが強くなり、本研究を推進することになった。

## 2 はじめに

日本産はニホンメダカ *Oryzias latipes* 1種であると考えられていたが、2011年に青森県から兵庫県の日本海側に生息する「北日本集団」が別種キタノメダカ *Oryzias sakaizumii* として記載され、日本産は2種類ということになった(Asai et al. 2011)。ミナミメダカと呼称されるようになった *Oryzias latipes* は、体長4cmほどの淡水に生息する小型魚類で日本の在来種である。河川、池沼、塩生湿地、水田・水路、ため池など多様な環境の止水域または流れが緩やかなところ(最大流速 20cm/s)を利用する。水草が繁茂する環境を隠れ家や餌生物供給源として利用する。水質悪化が進んだ地点でも生息が可能であり、生息環境としては水質よりも止水環境が重要である(環境省 2016)。昔から日本では子供の遊び相手として、また食用・薬用としても用いられ、観賞用としても親しまれてきた。

現在、日本各地でミナミメダカ *Oryzias latipes* (図2)の個体数が減少しており、ミナミメダカは1999年に環境省レッドリストの絶滅危惧種Ⅱ類に指定された。その原因として、田圃整備や用排水分路灌漑方式への転換、開発に起因する川や湖等の生息環境の悪化、消失、さらに国外外来種の導入による捕食圧、突然変異

型(品種)であるヒメダカに代表される観賞用や教育教材として大量に養殖・販売されている品種や人為的移植による他地域のミナミメダカを、放流または放棄することに起因する遺伝子汚染が指摘されている(湯谷 2020 ; 竹花・北川 2010)。ミナミメダカを捕食する主な国外外来種としては、オオクチバス *Micropterus salmoides*、ブルーギル *Lepomis macrochirus*、カダヤシ *Gambusia affinis* などがあげられる。今回の研究では、このカダヤシに着目した捕獲装置の製作を目指す。



図1. 特定外来生物カダヤシ.



図2. 絶滅危惧 II 類 (VU) ミナミメダカ.

カダヤシは、体長が雌 5 cm 雄 3 cm の北米原産の外来種である。主な生息域としては流れの緩い河川下流や灌漑用水であり、塩分や水の汚れに比較的強い(国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> (2023 年 1 月 5 日確認)。カダヤシは世界各地で、卵生胎生を問わず土着のメダカ類やカダヤシ類等を駆逐しつつあり、国際自然保護連合 IUCN の「世界の侵略的外来種ワースト 100」および日本生態学会の「日本の侵略的外来種ワースト 100」に選定されている(環境省, <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-sa-04.html> (2022 年 12 月 20 日確認)。環境省によると、カダヤシが特定外来生物に指定された理由として以下の 3 つがある。1 つめに、北アメリカ原産で冬の低水温にも耐えることが可能で、汚濁にも比較的強く、また特別な産卵場所を必要としないので、都市近郊の水田や用水路、池沼などに定着し、近年の都市化に伴ってさらに分布を拡大するおそれがある。2 つめは、沖縄県の河川や水路などでは、カダヤシがメダカに置き換わるなどの事例が報告されており、攻撃性の強いカダヤシがメダカを駆逐しているおそれもある。3 つめは、水槽内実験によると、カダヤシがメダカの尾鰭を食いちぎったり、メダカの仔魚を捕食したりするなどして、メダカと競合し、駆逐することが示されている。

カダヤシは、産卵に水草などを必要としない上に卵胎生で、交尾により体内受精し直接仔魚を産むことに加え、交尾により体内受精し直接仔魚を産むため、水草など特別な産卵場所を必要としない(環境省国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> 2022 年 12 月 20 日確認)。さらに、卵ではなく一度に数十匹にも及ぶ仔魚を直接産むため、爆発的に個体数が増加しやすい性質もっている(環境省国立環境研究所 <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> 2022 年 12 月 20 日確認)。カダヤシが日本国内に持ち込まれた要因は、1916 年に蚊の幼虫であるボウフラを駆除する目的で滋賀、和歌山両県下に持ち込まれ繁殖したものが日本全国に広がっていった(佐藤ら 1972)。実際に、徳島市ではカダヤシの放流を行い、アカイエカ *Culex pipiens* の幼虫を捕食することによる駆除が実施され、大量発生を阻止に成功した(広瀬ら 1978)。導入後、生息域を大幅に拡大しており、現在では福島県以南の本州、四国、九州、沖縄、小笠原での生息が確認されている(環境省国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> 2022 年 12 月 20 日確認)。

本研究は、国外外来種カダヤシのみを効率よく捕獲する装置の開発を目指している。そのために、2 種の視覚や嗅覚といった刺激への反応や種間相互作用に着目することで、ミナミメダカには忌避効果があり、一方でカダヤシには誘引効果のある刺激の解明を目的とする。

### 3 方法

本研究では、魚類2種の視覚や嗅覚といった刺激への反応や種間相互作用に着目した3つの実験を行った。

本研究で実験材料として用いたカダヤシおよびミナミメダカは、佐鳴湖岸ですべて捕獲した。また、環境省関東地方局にカダヤシの特定外来生物飼養等許可を申請し、受理された(許可番号 22000001)。

採取したカダヤシの運搬には、エアーバケツ(商品名:ブクブク)と発泡スチロール製のクーラーボックスを用いた。まず、採取したカダヤシをエアーバケツ(縦16cm×横25cm×高さ18cm)に入れた。次に、エアーバケツをクーラーボックス(外部寸法:縦19cm×横30cm×高さ22cm、内部寸法:縦17cm×横27cm×高さ19cm)内に入れることで、二重に封入する。さらに、クーラーボックスの蓋をガムテープで密閉することで、カダヤシが逸失することを防止する。

実験時に、飼育容器から一時的に実験用水槽へとカダヤシを移す。実験用水槽は縦18cm×横26cm×高さ20cmの容器である。実験には、当飼育水槽を2個使用した。また、実験終了後には、速やかにカダヤシを飼育水槽へと戻した。カダヤシが逸出する可能性を考慮して、飼育水槽にはガラス製のものを用い、上面全体を十分な重さがある照明装置とろ過装置によって覆った。また、水槽がある理科室Ⅲの出入りには鍵が必要・授業や掃除など教員が立ち会わない場面で、生徒が自由に出入りすることはできないように配慮した。また、研究終了後のカダヤシは、冷凍による安楽死処分を行う。

#### (1) 光誘引実験

光誘引実験は、5色の光に対するカダヤシとミナミメダカの魚類2種への誘引効果を明らかにするために行った(以下、光誘引実験)。まず、水槽(42cm×33cm×24cm)に水を深さ3.0cmまで入れた。次に、黒画用紙を筒状にして懐中電灯を包み、赤色・青色・緑色・紫色の4色いずれかのセロファンで光源を覆ったものと、セロファンで光源を覆っていない白色光の5種類を用意した(図3)。水槽の底の下側に得点表(0点・3点・6点・9点)を敷き、懐中電灯を得点表の9点の真上になるようにスタンドで固定した(図4)。

2種の魚類を10個体ずつ水槽に入れた後、黒色の画用紙で作製した箱で水槽全体を覆った後、上面に空いた穴からから15分間動画を撮影した。水槽にカダヤシまたはミナミメダカを入れてから落ち着くまで放置して、5分経過後から10分間にわたって、1分間隔で10個体の得点表上の位置から得点を記録し、10分間の合計得点を算出した。実験は、5回反復して実施した。

#### (2) 視覚実験

視覚実験は、カダヤシやミナミメダカの同種および異種個体に対する視覚刺激の誘引効果を明らかにするためにに行った(以下、視覚実験)。まず、深さ3.0cmまで水を入れた水槽(42cm×33cm×24cm)を用意した。2種の魚類のいずれかを水槽内に10個体入れた。次に、水槽の下に得点表(0点・3点・6点・9点)を設置した。最後に、水槽内にPP樹脂(ポリプロピレン)製容器(半径6.0cm、高さ5.0cm)を置き、容器内にミナミメダカまたはカダヤシをそれぞれ1、3、5個体入れて実験を行った(図5)。組み合わせは、メダカ(内) - メダカ(外)、カダヤシ(内) - カダヤシ(外)、メダカ(内) - カダヤシ(外)、カダヤシ(内) - メダカ(外)の4組で、5回反復して実施した(図6)。水槽にカダヤシまたはミナミメダカを入れてから落ち着くまで放置して、5分経過後から10分間にわたって、1分間隔で10個体の得点表上の位置から得点を記録し、10分間の合計得点を算出した。

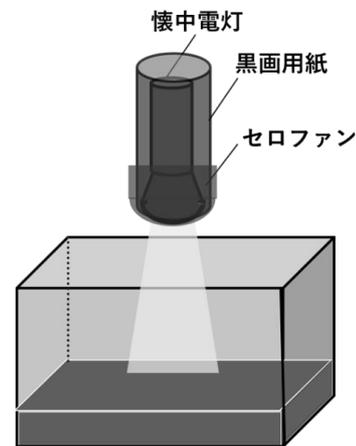


図3. 光誘引実験のようす。



図4. 水槽の下の得点表。

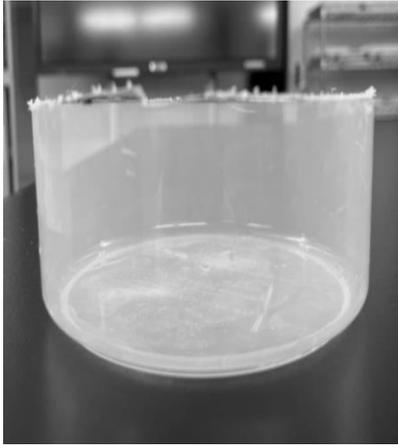


図5. 視覚実験に用いたPP樹脂容器.

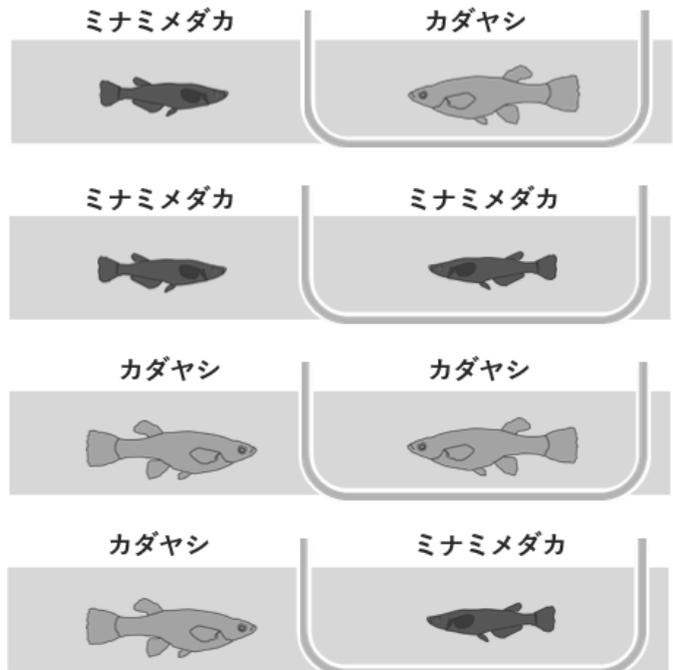


図6. 視覚実験における2種の魚類の組み合わせ.

### (3) 嗅覚実験

嗅覚実験は、カダヤシやミナミメダカの同種および異種個体に対する嗅覚刺激の誘引効果を明らかにするために行った(以下、嗅覚実験)。まず、深さ3.0cmまで水を入れた水槽(42cm×33cm×24cm)を用意した。2種の魚類のいずれかを水槽内に10個体入れた。次に、水槽の下に得点表(0点・3点・6点・9点)を設置した。最後に、水槽内にPP樹脂(ポリプロピレン)製容器(半径6.0cm、高さ5.0cm)を置き、容器内にミナミメダカまたはカダヤシをそれぞれ1、3、5個体入れて実験を行った。このとき、PP樹脂製容器を黒色のアルミ箔で覆い容器内がみえないようにし、32個の穴(直径2.0mm)を開けることで容器内の魚類の匂いが外へ流出するようにした(図7)。組み合わせは、メダカ(内) - メダカ(外)、カダヤシ(内) - カダヤシ(外)、メダカ(内) - カダヤシ(外)、カダヤシ(内) - メダカ(外)の4組で、5回反復して実施した(図8)。水槽にカダヤシまたはミナミメダカを入れてから落ち着くまで放置して、5分経過後から10分間にわたって、1分間隔で10個体の得点表上の位置から得点を記録し、10分間の合計得点を算出した。



図7. 嗅覚実験に用いたPP樹脂容器は32個の穴があげられ黒色のアルミ箔で覆った。

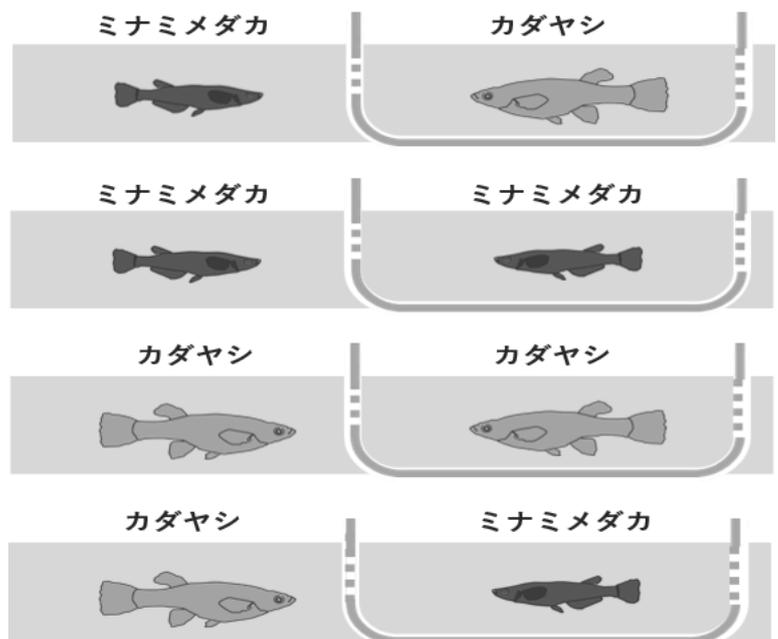


図8. 視覚実験における2種の魚類の組み合わせ.

## 4 結果

### (1) 光誘引実験

光誘引実験では、カダヤシに対する光の誘引効果は、ミナミメダカと比較して全般的に低かった(図9)。ミナミメダカにおいて明条件下において白色光(182点)を除き、4色の光でいずれも合計得点が300点を超えており、特に青色光では全実験中最高の357点に達した。ミナミメダカでは、白色光を除く有色光において誘引効果が極めて高いことが示された。一方で、カダヤシでは、最高点が青色光に対する251点に過ぎず、白色光よりも合計得点が高かったのは青色光と緑色光の2種類だけであった。

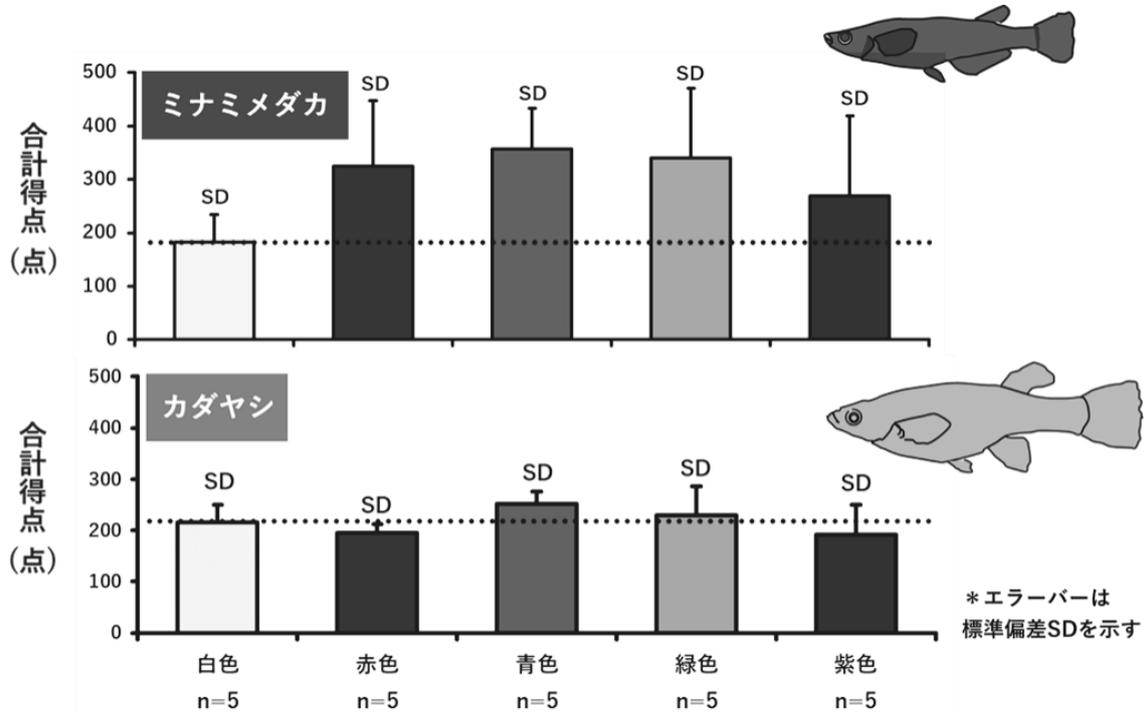


図9. 光誘引実験における2種の魚類の合計得点.

### (2) 視覚実験

視覚実験から、容器外にいる観察対象であるカダヤシが容器内のミナミメダカに強く誘引されていることが明らかになった(図10中の▲)。さらに、容器内のミナミメダカ個体数が増加するのこともない、合計得点が増加していることから誘引効果がさらに増加することが明らかになった。一方で、カダヤシは容器内の同種個体に対してほとんど誘引されず、個体数が増加することによる影響もみられなかった(図10中の●)。ミナミメダカでは、同種個体に加えて他種カダヤシに対しても、合計得点はほとんど変化がみられず、個体数が増加するのこともない合計値は減少傾向であった(図10中の●と▲)。

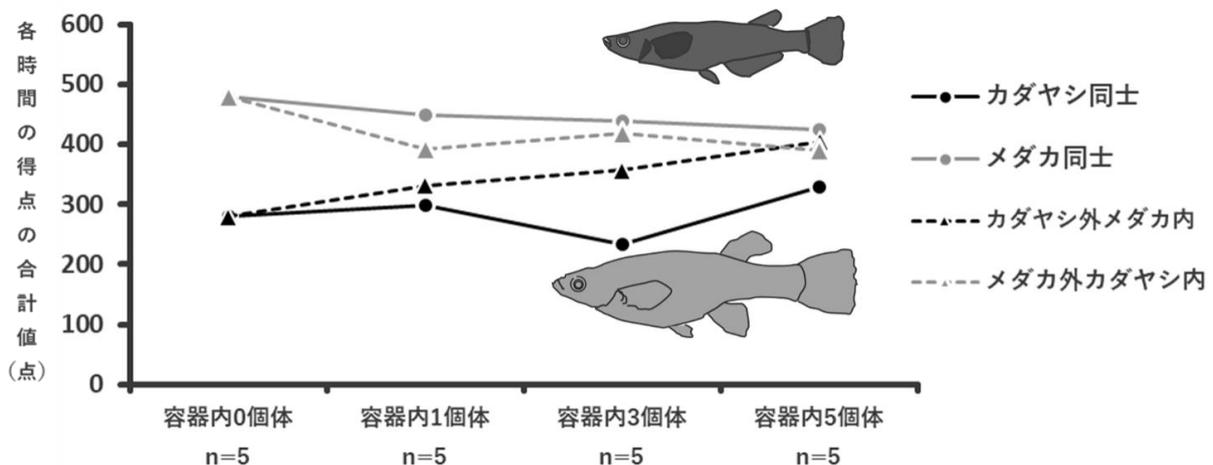


図10. 視覚実験によるカダヤシとミナミメダカの誘引効果の合計値.

### (3) 嗅覚実験

嗅覚実験から、カダヤシとミナミメダカの2種のどちらでも強い誘引効果が確認できた。ミナミメダカは容器内の同種個体が増加すると急激に誘引効果が高くなる傾向がみられ、特に容器内のミナミメダカの個体数が5個体になったときに著しく合計得点が増加した(図11中の●)。また、ミナミメダカは容器内の他種カダヤシにも強く誘引されていた(図11中の▲)。カダヤシも同種他種の区別なく誘引効果が確認されたが、特に容器内がミナミメダカの際に強い誘引効果がみられた(図11中の▲)。

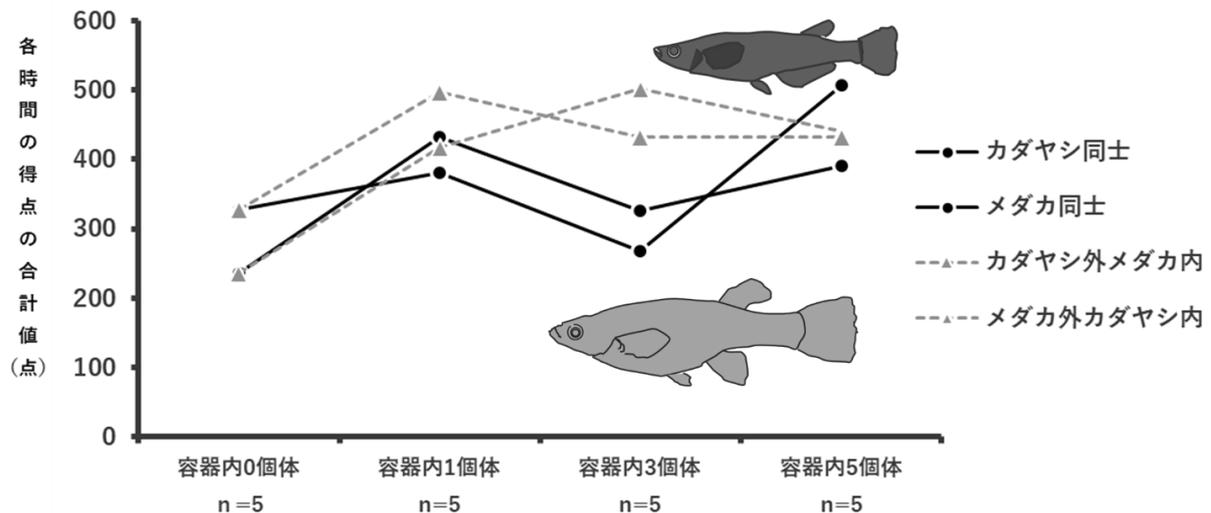


図11. 嗅覚実験によるカダヤシとミナミメダカの誘引効果の合計値。

## 5 考察

### (1) 光誘引実験

光誘引実験では、カダヤシに対する光の誘引効果は、ミナミメダカと比較して全般的に低く、4色の光でいずれも合計得点が300点を超えた。このことより、ミナミメダカは、白色光を除く有色光において誘引効果が極めて高く、有色光に対して強い正の走光性がみられることが示された。一方で、カダヤシでは白色光よりも合計得点が高かったのは青色光と緑色光の2種類だけであった。また、カダヤシの光誘引実験における合計値は、いずれの色の光に対しても決して高くはなかったことから、カダヤシは光に対して正の走光性がみられないことが示された。

以上のことより、カダヤシに対する誘引刺激として光を用いるのは適当でないことが明らかになった。

### (2) 視覚実験

視覚実験から、容器外にいる観察対象であるカダヤシが容器内のミナミメダカに強く誘引されるだけでなく、容器内のミナミメダカ個体数が増加するのにもない合計得点が増加していた。カダヤシに視認できる状態の容器にミナミメダカを入れ、捕獲装置内に設置することで、カダヤシを強く誘引することが可能であることが示された。一方で、カダヤシは容器内の同種個体に対してほとんど誘引されず、個体数が増加することによる影響もみられなかったことから、視覚により同種・他種個体を識別することが可能であると推定される。

ミナミメダカでは、同種個体に加えて他種カダヤシに対しても、合計得点はほとんど変化がみられず、個体数が増加するのにもない合計値は減少傾向であったことから、同種・他種個体のいずれに誘引されてはいなかった。

### (3) 嗅覚実験

嗅覚実験から、カダヤシとミナミメダカの2種のどちらでも強い誘引効果が確認できた。ミナミメダカは

容器内の同種個体が増加すると急激に誘引効果が高くなる傾向がみられた。これは、野外においてミナミメダカが群れを形成するときに、視覚よりも嗅覚を主に利用している可能性が示唆された。同種個体の個体数が増加するほど合計値が高くなったことから、近くに同種個体がいることにより、さらに群れが大きくなってくのではないだろうか。ミナミメダカは容器内の他種カダヤシにも強く誘引されていた。このことから、ミナミメダカとカダヤシの体から放出される匂い物質には、種間で大きな差がないか、またはミナミメダカはにおい物質の違いを識別できないのかもしれない。

カダヤシも同種他種の区別なく誘引効果が確認でき、特に容器内がミナミメダカのとときに強い誘引効果がみられた。しかし、これだけでは、カダヤシが同種と他種の匂い物質を識別しているのかは判断できない。カダヤシは同種・他種個体の匂い物質が半別できず、どちらにも誘引された可能性もある。また、カダヤシは同種個体に誘引されて群れを形成しようとしていたのに対して、ミナミメダカに対しては他種と識別して攻撃しようとしていただけかもしれない。

## 6 総合考察

視覚と嗅覚に着目した2つの実験から、現時点で考えられるカダヤシ捕獲装置を提案したい。カダヤシ捕獲装置のなかに、穴があいた透明な容器またはミナミメダカやカダヤシが出入りできない網目の容器内にてできるだけ多くのミナミメダカを閉じ込める。容器内のミナミメダカが、カダヤシの視覚と嗅覚を刺激することで、カダヤシを強く誘引する罠として用いることができる可能性が示された。しかし、このままではミナミメダカも強く誘引されてしまうという問題がある。今後、ミナミメダカに忌避効果のある感覚刺激を見つけ出すことで、カダヤシのみを捕獲する装置の開発を目指したい。

## 7 引用文献

- Asai Toshinobu・Senou Hiroshi, Hosoya Kazumi (2011) *Oryzias sakaizumii*, a new ricefish from northern Japan (Teleostei:Adrianichthyidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*. vol. 22(4)289-299.
- 伊藤珠央・小関右介・新妻靖章(2006)メダカ *Oryzias latipes* における雄の鱗の損傷による産卵数および受精率の低下-外来種カダヤシ *Gambusia affinis* が与える繁殖への潜在的影響-. *野生生物保護* 10(1-2):1-7.
- 川内一憲・田中幸枝・小鍛冶優・百崎孝男・木元久・藤井豊(2011)福井県で捕獲されたカダヤシ(*Gambusia affinis*). *福井大学医学部研究雑誌* 12(1・2):45-47.
- 環境省(2016)二次的自然を主な生息環境とする淡水魚保全のための提言:42-43.  
<https://www.env.go.jp/press/102341.html>
- 環境省‘日本の外来種対策 特定外来生物の解説:カダヤシ’  
<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-sa-04.html> (2022-12-20 確認)
- 国立環境研究所 ‘侵入生物データベース カダヤシ’  
<https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50230.html> (2022-12-20 確認)
- 広瀬吉則・大久保新也・安野正之(1978)徳島市内でのカダヤシ *Gambusia affinis* による蚊駆除の効果. *衛生動物* 29(2):163-168.
- 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(1):76-79.
- 佐藤英毅・大久保新也・和田芳武・元木貢・山岸宏・沖野外輝夫・佐々学・田中寛・栗原毅(1972)徳島市に蚊の天敵として移植したカダヤシに関する観察. *衛生動物* 23(2):113-127.
- 和田芳武・佐原雄二・新井山閔一郎・深堀義一・中村譲・彭城郁子(1974)カダヤシとメダカの関東地方における分布. *衛生動物* 25(3):285-288.
- 湯谷賢太郎(2020)退避場がある水路におけるミナミメダカとカダヤシの遊泳行動の違い. *環境工学研究論文集* 76(7):27-32.

## 8 謝辞

本研究は、山崎自然科学振興会からの資金面での援助により研究を遂行できた。この場を借りて、謹んで感謝申し上げます。