

## ベイトの違いによる外来種・ カダヤシの捕獲効率の検討

大庭伸也・有永優花・松川直輝・永田爽子

Examination of the capture efficiency of invasive mosquitofish,  
*Gambusia affinis*, by the difference of bait

Shin-ya Ohba, Yuka Arinaga, Naoki Matsukawa and Sawako Nagata

### はじめに

北米原産の外来種・カダヤシ *Gambusia affinis* はマラリアを媒介するハマダラカ類 *Anopheles* spp. の駆除を目的として日本に導入された小型の外来魚である。1916年に日本に移入され、その後、急速に人為的に分布を拡大し、現在では福島県以南の広範囲に生息している（今井，2005）。徳島市ではカダヤシの放流を行い、セスジヤブカの大量発生の阻止に成功している（広瀬ら，1978）一方で、各地のカダヤシが侵入した環境においてミナミメダカなどの在来種の減少や在来の生態系への影響が報告されており（Pyke, 2008）、カダヤシは“メダカダヤシ”と揶揄される程、在来のメダカに対してインパクトが大きい。カダヤシはメダカに比べ繁殖力が高いため、メダカが生息している水域に侵入するとカダヤシに置き換わってしまうことがある（例えば、佐原・幸地，1980; Sato, 1989）。そのため、日本では2005年に環境省によって特定外来生物に指定された。特定外来生物に指定されたカダヤシは、輸入、販売、譲渡、飼養が制限、放つことが禁止であり、個人の違反者には、懲役3年以下もしくは300万円以下の罰金、法人の場合は、1億円以下の罰金が科せられる。それにもかかわらず、その存在は一般には認知されることなく、“メダカ”であると誤認されている例も珍しくない。そのため、無許可の飼育や採集した場所以外への放流も起こっているものと予想される（大庭ら，2019）。

侵入時期は不明であるが、本学文教キャンパスには教育学部と環境科学部との間にある池（教養池）に、このカダヤシが生息している（田中，2016; 大庭・本木，2018）。筆者らの研究室では、このカダヤシの存在や生態、在来種への影響を知ってもらうため、毎年7月に実施されるオープンキャンパスやサイエンスワールドといったイベントで、“カダヤシ釣り”を実施している（田中ら，2016）。野外での観察では、メダカとカダヤシの区別がつきにくいいため、カダヤシによる置き換わりが生じていても、メダカが生息し続けていると誤認されているケースは少なくないものと考えられる。

カダヤシの駆除法に関する報告としては、筆者らのグループによる釣りによる駆除（田中ら，2016）とトラップ（大庭ら，2018）が唯一のものであろう。しかし、これまでにトラップに入れる餌（ベイト）のコストを考慮した捕獲効率は調べられていない。本論文では、4種の餌のコストを考慮した捕獲効率を調査するため、文教キャンパス内の教養部の

池で調査を行った。

## 方法

### カダヤシトラップ

ベイトの違いによるカダヤシの捕獲効率の違いを検討するため、大庭ら (2018) および大庭ら (2019) で報告したペットボトルトラップを利用し、かにかまぼこ(かに風味スティック, 株式会社ローソン, 東京またはかに風味スティック, 一正蒲鉾株式会社, 新潟), 煮干し (食べるいりこ, 長崎海産株式会社, 長崎 または, 長崎県産いりこ, 長崎海産株式会社, 長崎), ふりかけ (ふりかけ (旅行の友), 田中食品株式会社, 広島), メダカの餌 (めだかのえさ, 株式会社イトスイ, 東京) の4種類のベイトを使った。約3gの各ベイトをお茶パックに包み, トラップに入れた。2019年10月9日および10月16日の13時~15時の間に1.5時間, 池の4箇所それぞれに, 4種のベイトの入ったトラップを設置した。1.5時間後にトラップに捕獲されたカダヤシをトラップごとに白いバットに広げ, スマートフォンのカメラで撮影し, 後に全個体および, 体サイズが大きなメス成熟個体をカウントした。

統計解析にはフリー統計ソフト R (version 3.0.2; R Core Team, 2013) を用いた。カダヤシの捕獲個体数は過分散 (overdispersion) を示したため, 負の二項分布 (negative binomial distribution) に対応できる一般化線形モデル (Generalized Linear Model; GLM) によるモデル選択を行った。MASS パッケージの glm.nb を使用した。日付 (date) と餌 (bait) を説明変数, カダヤシの捕獲個体数を応答変数とした。

成熟したメスの捕獲割合の違いを検討するため, 餌と日付を説明変数, 設置場所を変量効果, 成熟したメスおよびそれ以外の個体 (オスおよび未熟なメス) を応答変数とした一般化線形混合モデルを用いた解析を行った。glmmML パッケージの glmmML 関数を用い, 二項分布 (binomial distribution) を仮定した。

以上の2つの解析については, 説明変数を含まない帰無仮説 (Null model) から餌と日付の交互作用のすべてを含んだフルモデル (full model) について, 算出される赤池情報量基準 (Akaike's Information Criterion; AIC) を基に順位を付けた。もっとも最小の AIC のモデルをベストモデルとして扱い, デルタ AIC (ベストモデルと各モデルの AIC の値の違い) を基にモデル比較を行った。AIC が最小のベストモデルと, デルタ AIC が 2 以下のモデルを慣例的に同等のベストモデルとして扱った (Burnham & Anderson, 2002)。

最後に各餌の1円当たりの捕獲数を比較するため, トラップに入れた餌の量, 購入した餌の容量とその価格を加味して, トラップあたりのコストを計算した。そして, 捕獲個体数をトラップあたりのコストで割ることで1円当たりの捕獲数を求めた。4箇所設置を2日間の合計8データを繰り返して, Tukey の多重比較検定を行うため, multcomp パッケージを使用した。

## 結果と考察

カニカマ、ふりかけ、メダカの餌、煮干しのすべてカダヤシの捕獲が確認された。しかし、モデル選択の結果、日付を説明変数に入れたモデルが最もよく、ベイトの種類は選択されなかった(表1)。これは10月9日の捕獲数(354個体)が、同16日(126個体)よりも多かったためと推測される(表2)。結論として、4種のベイト間で捕獲数に違いは観察されなかった(図1)。しかし、捕獲されたカダヤシに成熟メスが占める割合に関しては、モデル選択の結果、ベストモデルの応答変数に全てベイトが選出され(表2)、かにかまが最も成熟メスを誘引する効果が高かった(図2, 表3)。すなわち、かにかまに対する相対効果は、他のベイトでは全てマイナスの推定値となり、その信頼区間に0を含まなかった(表4)。とくに、ふりかけは成熟メスを最も捕獲しにくかった。

表1. カダヤシの捕獲個体数に関する一般化線形モデルのモデル選択の結果

モデル順位	モデル	AIC <sup>a</sup>	delta AIC <sup>b</sup>
<b>1</b>	<b>Date</b>	<b>235.8</b>	<b>0</b>
2	Date + Bait	241.6	5.76
3	Null	243.3	7.48
4	Date + Bait + Date*Bait	243.6	7.79
5	Bait	248.2	12.38

<sup>a</sup>赤池情報量基準(Akaike's Information Criteria)

<sup>b</sup>AIC最小のモデルと各モデルとのAICの違い

表2. カダヤシの捕獲個体数に関するベストモデルの結果

モデル順位	モデルの説明変数	推定値	95%信頼区間
1	(Intercept)	2.06	( 1.629 2.499 )
	<b>Date††</b>	<b>1.03</b>	<b>( 0.434 1.632 )</b>

††推定値は10月16日に対する10月9日の相対効果を示す。

表3. カダヤシの未成熟およびオスの個体数に対する成熟メスの捕獲割合に関する一般化線形混合モデルのモデル選択の結果

モデル順位	モデル	AIC <sup>a</sup>	delta AIC <sup>b</sup>
<b>1</b>	<b>Bait</b>	<b>47.3</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>Date + Bait</b>	<b>47.4</b>	<b>0.05</b>
<b>3</b>	<b>Date + Bait + Date*Bait</b>	<b>47.9</b>	<b>0.55</b>
4	Date	64.3	17.01
5	Null	96.9	49.56

<sup>a</sup>赤池情報量基準(Akaike's Information Criteria)

<sup>b</sup>AIC最小のモデルと各モデルとのAICの違い

表4. カダヤシの未成熟およびオスの個体数に対する成熟メスの捕獲割合に関するベストモデルの結果

モデル順位	モデルの説明変数	推定値	95%信頼区間
1	(Intercept)	-1.39	( -2.202 -0.585 )
	<b>Bait(ふりかけ)<sup>†</sup></b>	<b>-1.97</b>	( <b>-3.105 -0.837</b> )
	<b>Bait(メダカ餌)<sup>†</sup></b>	<b>-1.99</b>	( <b>-3.144 -0.836</b> )
	Bait(煮干し) <sup>†</sup>	-0.69	( -1.393 0.017 )
2	(Intercept)	-1.77	( -2.771 -0.761 )
	<b>Bait(ふりかけ)<sup>†</sup></b>	<b>-1.93</b>	( <b>-3.075 -0.795</b> )
	<b>Bait(メダカ餌)<sup>†</sup></b>	<b>-2.10</b>	( <b>-3.260 -0.933</b> )
	<b>Bait(煮干し)<sup>†</sup></b>	<b>-0.77</b>	( <b>-1.482 -0.050</b> )
	Date <sup>††</sup>	0.53	( -0.238 1.307 )
3	(Intercept)	-1.92	( -3.118 -0.720 )
	<b>Bait(ふりかけ)<sup>†</sup></b>	<b>-2.27</b>	( <b>-4.470 -0.066</b> )
	Bait(メダカ餌) <sup>†</sup>	-0.01	( -1.875 1.847 )
	Bait(煮干し) <sup>†</sup>	-1.02	( -2.770 0.733 )
	Date <sup>††</sup>	0.70	( -0.376 1.768 )
	Bait(ふりかけ) <sup>†</sup> *Date	0.48	( -2.086 3.049 )
	<b>Bait(メダカ餌)<sup>†</sup>*Date</b>	<b>-2.73</b>	( <b>-5.095 -0.361</b> )
	<b>Bait(煮干し)<sup>†</sup>*Date<sup>††</sup></b>	<b>0.28</b>	( <b>-1.652 2.209</b> )

<sup>†</sup>推定値は”かにかま”に対する各餌の相対効果を示す。

<sup>††</sup>推定値は10月16日に対する10月9日の相対効果を示す。

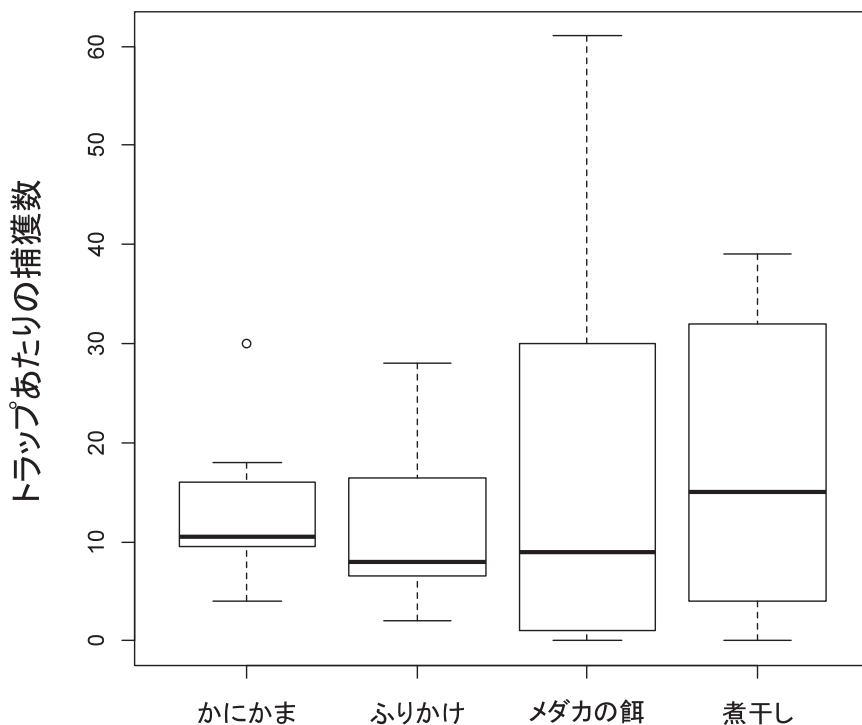


図1. ベイトごとの各トラップに入るカダヤシの捕獲個体数

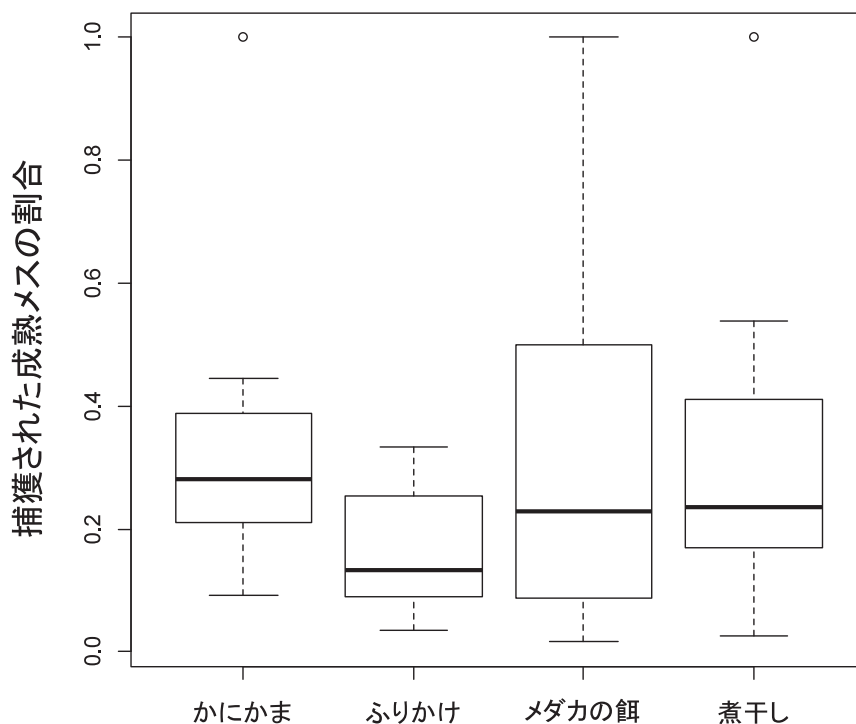


図2. ベイトごとの各トラップに入る成熟メスの占める割合

ベイトの違いによるコストに着目したところ、1円当たりで捕獲できるカダヤシの個体数はメダカの餌が最も高く、かにかまとふりかけとは有意な差はなかった。かにかまと煮干しには有意な差があった（図3、 $P < 0.05$ , Tukey の多重比較検定）。

カダヤシの捕獲には今回用いたベイト以外に、ドッグフード、金魚の餌、乾燥エビ、アミノ酸調味料でも誘因効果が確かめられている（大庭ほか2018, 2019）。しかし、ペットボトルのみでは捕獲されないことから、アミノ酸を含む餌の匂いがあれば誘引されるようである。今回の結果からメダカの餌が低コストで誘引できることが明らかとなったが、それ以外のベイトでも、より低コストで捕獲できるトラップの作成が実現できるものと期待される。また、カダヤシを対象として外来種に関する問題を普及・啓発する上でも、トラップ作りは有意義であると考えられる。

成熟メスの誘引数はかにかまで高いことが分かった。かにかまは魚のすり身を主原料としており、それがメスを誘引した要因なのかもしれない。一方、メダカの餌はフィッシュミールを主原料としている。フィッシュミールも小魚を乾燥粉碎したものと推察されるが、製造過程で消失する成分の違いが関与しているのかもしれない。雌雄の誘引差は先行研究でも報告され（大庭ほか2018），“カダヤシ釣り”でもメスが釣れることが報告されている（田中ら2016）。今後雌雄の採餌の違いを含めた生態解明が待たれる。

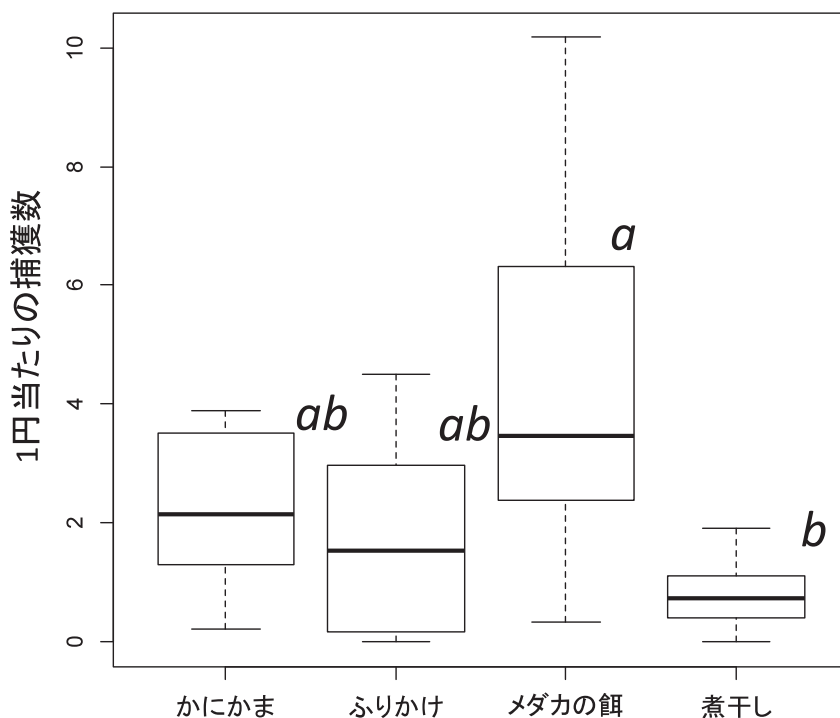


図3. ベイトごとの単価あたりのカダヤシ捕獲数

### 謝辞

本研究は環境省 九州地方環境事務所より飼養等の許可を受けて実施した（許可番号 12000083）。

### 引用文献

- 今井長兵衛（2005）日本における外来種問題. 生活衛生, 49(4): 199-214.
- 石田裕子・江口翔・近藤稔幸（2008）水辺ビオトープ管理におけるザリガニ排除駆除方法の検討. 人と自然, 19: 43-49.
- 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.
- 大庭伸也・本木和幸（2018）長崎大学教育学部周辺で確認されたトンボ類. 長崎大学教育学部紀要, (4): 19-26.
- 大庭伸也・大串俊太郎・田中颯真・山本 賢・吉村愛菜・野稻充・市川憲平（2018）侵略的外来種の存在が水生昆虫類に及ぼす影響およびその駆除. 自然保護助成基金成果報告書, 26: 75-84.
- 大庭伸也・本木和幸・山本 賢・田中颯真・松田彩葉・松本弥優（2019）長崎大学教育学部周辺における外来種・カダヤシの拡散とその認知度. 長崎大学教育学部紀要, (5): 125-131.

Pyke, G. H. (2008) Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39: 171-191.

佐原雄二・幸地良仁 (1980) カダヤシ-メダカダヤシの生態「日本の淡水生物-侵略と攪乱の生態学」川合禎次・川那部浩哉・水野信彦 編, pp. 106-117, 東海大学出版会, 東京.

Sato, H (1989) Ecological studies on the mosquito fish *Gambusia affinis* for encephalitis control with special reference to selective feeding on mosquito larvae and competition with the medaka, *Oryzias latipes*. *Japanese Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 2: 157-173.

田中颯真・山本 賢・大庭伸也 (2016) カダヤシの除去法としての釣りの効果. *環動昆*, 27: 89-91.

