

# 補助事業等実績報告書

島根大学生物資源科学部 アントワーン輪ニコラ

## 目的

カイミジンコ目は淡水域においてメダカやブルーギル等の小型魚類に捕食されている。中でもイボカイミジンコ属は世界中の淡水域に広く分布しており、日本では冬から春にかけて多く出現する。島根半島においても、小型魚類やその他の生物の幼体が餌として利用していると考えられる。しかし、メダカ等の小型魚類がこれを捕食すると吐き出す事が確認されており、これはイボカイミジンコ (*Heterocypris incogenus*) が捕食者に対する忌避物質を含んでいる可能性を示唆している。この事象は飼育しているメダカにイボカイミジンコを与えて観察している。冬が終わり、多くの生物が活動を始める時期に生態系を支えていると思われるイボカイミジンコが忌避物質生成等の表現型可塑性による防御を行っているか否かは生態系にとって非常に重要なテーマである。今回はイボカイミジンコの防御の仕組みを解明する事を目的として研究を行った。

## 実験Ⅰ (メダカの行動の観察と定量化)

- ① 容器にメダカとカイミジンコを入れ、捕食行動を 60 分間観察する。(観察中に吐き出された個体はスポイトで回収する)
- ② 実験中の様子は撮影し、実験後に捕食行動の回数と口に入れてから吐き出すまでの時間をストップウォッチで計測する。

$$(\text{捕食行動回数}) - (\text{吐き出し行動数}) = (\text{実捕食数})$$

$$(\text{実捕食数}) / (\text{捕食行動回数}) \times 100 = (\text{捕食成功率}) \%$$

として計算し、グラフ化する。

## 実験Ⅱ (生物試料の体情報を数値化)

- ① メダカの標準体長を測る。(図 1)
- ② 実験Ⅰの後にメダカを解剖し、消化管の中のカイミジンコを取り出す。
- ③ 光学顕微鏡を通してカイミジンコの写真を撮る。
- ④ これを基に image-J でカイミジンコの縦長・横長を計測する。(図 1)

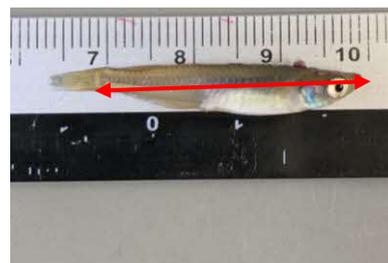
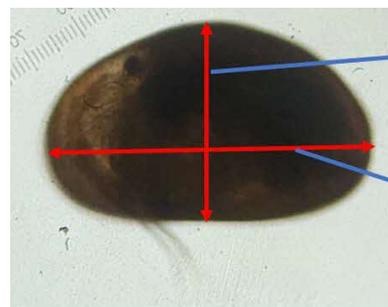


図 1(カイミジンコとメダカの測定法)



※今回実験で使用したカイミジンコは全てイボカイミジンコである訳ではない。野生のイボカイミジンコを採集し、それを8ℓ瓶で培養したが、野性個体採集時に入り込んでしまった別種のカイミジンコも2割程度は培養瓶内で増殖していたと思われる。培養瓶内から30匹ほどランダムに採集し、分類し、確認されたイボカイミジンコ以外の種を以下に記す。分類は\*1に基づく。

*H. ovata* . . . . 2匹

*H. vulgaris* . . . . 3匹

*C. biwaensis* . . . . 1匹

*H. ovata*, *H. vulgaris* の2種はイボカイミジンコと同じ *Heterocypris* 属であり、分類が困難であるため、そのまま捕食成功率に計上されている。

### 実験Ⅲ(表現型可塑性の有無を検証)

- ① 容器にメダカとメダカの生活水で2週間以上飼育したカイミジンコを入れ、60分間観察する。(観察中に吐き出された個体はスポイトで回収する)
- ② 実験Ⅰの②～⑥と同じ手順で観察、グラフ化を行う。加えて普通の水で育てたカイミジンコと、この実験で吐き出されたカイミジンコの外見を比較・観察する。

## 結果

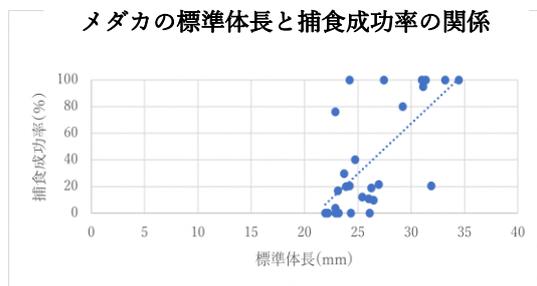


図 2

図 2 は実験 I のデータからメダカの標準体長と捕食成功率の相関関係を表したグラフである。サンプルは 28 匹で、相関係数は 0.66 となった。

	縦長 (μm)	横長(μm)
被食	693.4802	1191.568
被食回避	738.7716	1252.487

表 1

表 1 に示したのは被食されたカイミジンコと被食回避したカイミジンコ、それぞれの縦長と横長の平均値である。メダカを解剖した所 189 匹の被食個体のうち、3 匹を除いて丸呑みにされていた。

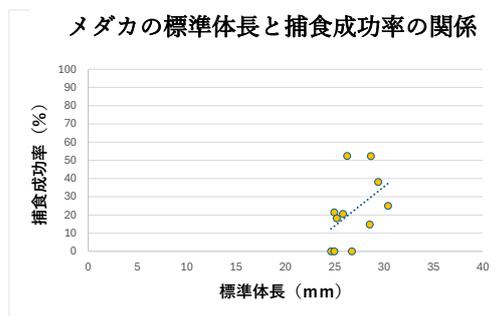


図 3

図 3 は、実験Ⅲのデータから、メダカの生活水で 2 週間飼育したカイミジンコを使用した際の捕食成功率を黄色の点で示した。サンプルは 11 匹で相関係数は 0.46 となった。

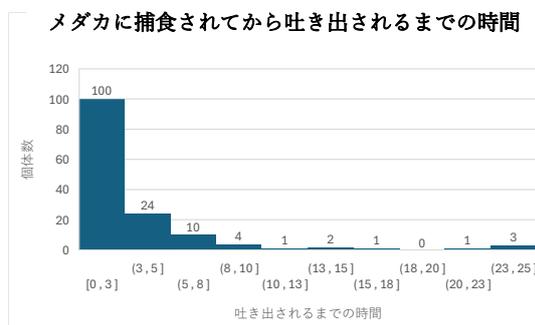


図 4

図 4 は実験 I から、メダカがカイミジンコを捕食して吐き出すまでの時間を計測し、棒グラフにまとめたものである。カイミジンコの 85% は 5 秒以内に吐き出されていた。

## 考察

まず、実験Ⅰ・Ⅱからメダカの標準体長と捕食成功率の相関関係について論じる。図2の相関係数は0.66で、強い相関がある事が分かる。

メダカを解剖すると咽頭歯により潰されているカイミジンコは3匹しか居らず、他は丸呑みされていた。この事から、カイミジンコを丸呑みにできる咽頭の大きさが必要である事が考えられる。基本的に喉の大きさは体軀に比例すると思われるため、体軀の大きい個体ほど捕食成功率が高くなったと考えられる。

また、表1より、被食回避した個体の横長と縦長の平均値は捕食された個体のそれよりも大きかった。この事実もメダカの吐き出し行動を引き起こすのにカイミジンコの体の大きさが関与している事を示唆している。

次に実験Ⅲから、イボカイミジンコに忌避物質を分泌する、飲み込まれにくいように殻の形状を変える等の表現型可塑性が存在する可能性について考える。ミジンコに頭部を尖らせる防御形態が存在する事は知られている(\*11)が、カイミジンコにこうした能力があるという論文は確認出来なかった。視覚的に比較し易くするため、図2と図3を重ね合わせ、図5を作成した。図5から、メダカの生活水で飼育したカイミジンコの捕食成功率とメダカの標準体長の相関係数は0.66から0.46と弱まっており、カイミジンコに何らかの変化が起きた可能性が示唆される。カイミジンコの外観に変化は見られなかったため、忌避物質を出すようになった可能性が考えられるが、今回の実験でそれ以上の事は確認できなかった。また、普通の水で飼育した場合

よりもサンプル数が少ないので、一概に比較は出来ない。

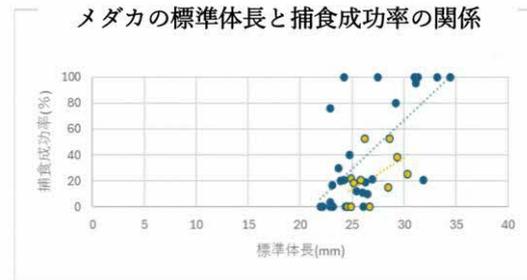


図5

## 今後の展望

今回の研究では、表現型可塑性に関する実験サンプルが十分な数ではなかったため今後は十分な回数実験を行いたい。仮に忌避物質の存在可能性が認められた場合、メダカの生活水で飼育したイボカイミジンコとそうでないイボカイミジンコをそれぞれ磨り潰し、物質の単離を繰り返し、比較する事でこの物質を特定できるかもしれない。

また、体躯の大きい個体で何故吐き出しが起こるのかについて仮説を考えた。図4を見ると、吐き出されるカイミジンコは多くが5秒以内に吐き出されている事が分かる。しかし、吐き出しに5秒以上かかる場合も確認されており、その場合はカイミジンコを複数匹吐き出す傾向があるように思えた。これには実験の終盤に気が付き、既にいくつもの実験映像を削除していたため、確たる事は言えないが、カイミジンコが一度消化管まで飲み込まれた後に吐き出されたものと考えている。

解剖の結果、カイミジンコの消化管への収まり方は2種類存在する事が確認された。(写真1, 2) 消化管内でカイミジンコが綺麗に整列する場合と消化管前方にカイミジンコが詰まる場合である。後者の場合では噴門へ圧力がかかるため、新しくカイミジンコを飲み込もうとすると前に飲み込んだカイミジンコが複数匹外に出てしまうのではないかと考え、2個体について確認したが、体躯の割に捕食成功率が低いこれらの個体はどちらも後者の場合に当てはまった。逆に、体躯の割に捕食成功率の高い個体は前者の場合に当てはまっており、噴門への圧力が小さく、比較的楽に飲み込んでいるのかもしれない。

すると、次に問題になるのは消化管への収まり方の違いはメダカに原因があるか、カイ



写真1(綺麗に整列している)



写真2 (咽頭側にカイミジンコが詰まっている)

ミジンコに原因があるかである。これに関しては、メダカの飲み込み方や消化管に入る際のカイミジンコの姿勢に起因していると思われる。カイミジンコをスポイトで吸い取った直後、またはメダカに吐き出された直後の様子を観察すると、カイミジンコは刺激によって固く殻を閉じている事が確認できた。消化管に取り込まれた際に消化されないよう、カイミジンコが耐える戦略が存在する事は確認されている>(\*7,\*8) カイミジンコの消化管からの生還に関する研究は\*7,\*8のように糞から出てくるカイミジンコに着目した物が多いので、私は吐き出しに関する研究を試みたいと考えている。

参考文献

- \*1 『日本淡水産カイミジンコ類について』, 大久保一郎, 2004.10.1.
- \*2 『メダカ学全書 - 全訂増補版』, 岩松鷹司, 大学教育出版, 2018.8.31
- \*3 “Introduction to marine micropaleontology” Bilal U. Haq, Anne Boersma, ELSEVIER, 1998
- \*4 “Evolutionary Biology and Ecology of Ostracoda”, David J. Horne & Koen Martens, Hydrobiologia, volume 419. 2000
- \*5 “A new Sphaeronella species parasitic on Euphilomedes sp. from Hokkaido, Japan, with an 18S molecular phylogeny, Syst Parasitol”, Keiichi Kakui . Mizuho Munakata ,(2023) 100:121–131
- \*6 『淡水生カイミジンコ Cryptocandona sp.の背甲上から見つかった ツリガネムシ目繊毛虫について』, 角井敬知, 宗像みずほ, 小樽市総合博物館紀要 35: 13–16, March 20, 2022
- \*7 “Passing the gut of juvenile founder, *Platichthys flesus* : differential survival of zoobenthic prey specie”, K. Aarnio · E. Bonsdorff, Marine Biology (1997) 129: 11-14
- \*8 “An Ostracod (*Cypriodopsis vidua*) Can Reduce Predation from Fish by Resisting Digestion”
- 9\* “Ostracod Research at the Lake Biwa Museum, Japan”, Robin James Smith  
[https://www.biwahaku.jp/smith/ostracod\\_predation.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.biwahaku.jp/smith/ostracod_predation.html?utm_source=chatgpt.com)
- 10\* 『メダカ咽頭歯の制御システム-歯の再生技術開発への応用を目指して-』 茶谷昌宏, 畔津佑季, 坂井信裕, 高見正道, 昭和学会誌第 77 巻第 6 号(2017)698 – 702
- 11\* 『捕食者による表現型可塑性と体サイズの関係：ミジンコの実験系のメタ解析』永野真理子, 坂本正樹, Kwang-Hyeon Chang, 土居秀幸, Freshwater Biology, 2023 年 6 月 8 日