

1 目的：研究活動の動機と経緯

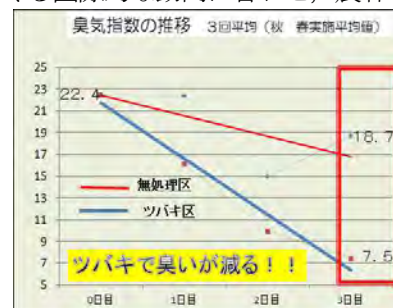
全国有数の畜産県鹿児島。本校でも「農業と環境」の授業で平飼い養鶏による飼育の学習をしています。生産された鶏卵は、「放し飼いたまご」として地元で人気商品となっていますが、近年の畜産は、防疫強化や臭気対策など生産面以外の配慮が必要になってきています。加えて「アニマルウェルフェア」をめぐる国際的な動向に合わせ、農林水産省もこの考えかたをふまえた飼養管理水準向上の普及に努めています。

「家畜にも人にも優しい畜舎のあり方を考えて」

ツバキによる臭気軽減と経営改善を目指して始まった「ツバキプロジェクト」も2年が経過しました。

ツバキを選んだ理由は、育てやすい樹木であると同時に、降灰に強いという特性があるので、桜島が活発な活動を続ける鹿児島の地に適しているのでは？と考えたからです。

平成28年度は、関係機関を訪問して畜産臭気の現状調査と臭気測定法の学習をしたあと、2点比較式臭袋法によるツバキの臭気軽減効果を明らかにしました。また、NPO法人に助言をいただきながらツバキ茶葉を作製。緑茶と同レベルのタンニンが含まれることを確認し、活用法を模索しました。

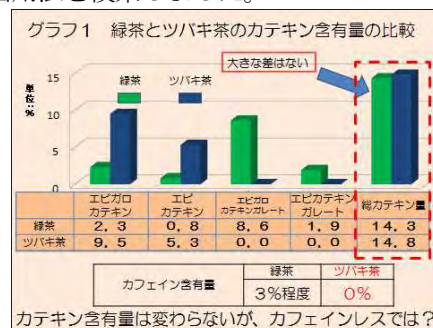


2 研究目標

県工業試験センターを訪問し、ツバキ茶葉の成分分析を依頼したところ、グラフ1のとおり、緑茶と同レベルのカテキンを含んでいるにもかかわらず、カフェインが含まれていないとの結果を得ました。

ツバキ茶葉を飼料に添加すると、どのような影響があるのか？

採卵鶏へのツバキ茶葉給餌試験を中心に、鶏舎の臭気傾向調査、アニマルウェルフェアを意識した飼養管理を行い、高付加価値鶏卵生産を目指して研究に取り組みました。



3 方法：研究の実践

(1) ツバキ茶葉給餌試験とその分析

県畜産試験場と相談のうえ、緑茶・ツバキ茶・無処理区の試験区による給餌試験を開始。5月から7月にかけて調査した第1回目の結果は表1のとおりで、産卵率と平均卵重で1%レベルの有意差が生じています。さらに、カフェインが含まれている緑茶区は、写真のとおりビタミンB2吸収障害により卵白が透明になった一方、ツバキ茶区は無処理区と変わらない結果となりました。

また、普段の実習で採卵された卵は、毎日サイズごとに記録するようになっています。

生育適温 13℃～24℃のニワトリは、暑さが厳しくなると産卵率が低下し、卵重も減少する傾向にあります。昨年6月と7月のサイズ別産卵割合は表2のとおりです。平均気温 22℃の6月はLサイズの割合が高いのに対して、平均気温 28℃の7月はMサイズの割合が高くなりました。ツバキ給餌試験のデータを7月に絞ると、表3のとおり、ツバキ区が産卵率及び卵重において優れた数値となりました。特に卵重では5%レベルで有意差が生じています。

第2回以降の試験は、ツバキ区と無処理区で試験区を設定し、調査項目にハウユニットを加えました。ハウユニットとは鶏卵の鮮度を示す指標で、一般的に日数が経つにつれて数値が減少していきます。経時別に計測して回帰分析した結果がグラフ2です。傾きの数値は、無処理区のマイナス0.66に比べ、ツバキ区マイナス0.38と小さくなりました。ツバキ区のハウユニットの低下は緩やかになっています。これを店頭販売の限界数値である70と比較すると、無処理区35日に対してツバキ区は50日となりました。

さらに鶏体を解体してみました。生殖器、消化器官に大きな差はありません

表1 緑茶とツバキ茶における卵重平均値 (5月から7月)

	緑茶区	ツバキ茶区	無処理区	
生存率 (%)	100	100	100	—
産卵率 (%)	77.1	93.1	92.2	※
平均卵重 (g)	56.6±6.2	61.3±4.4	60.6±6.8	※
日産卵重 (g/日・羽)	43.7	57.1	55.9	—

分散分析法にて算出 ±は標準偏差
 ※は1%レベルで有意差あり

表2 採卵鶏の6月と7月のサイズ別割合の比較

	2L	L	M	MS	規格外	破卵
平均気温22℃ 6月	9.0%	39.6%	35.2%	7.0%	3.7%	3.4%
平均気温28℃ 7月	4.8%	29.2%	42.6%	13.6%	3.6%	3.7%

表3 緑茶とツバキ茶における卵重平均値 (7月)

	緑茶区	ツバキ茶区	無処理区	
生存率 (%)	100	100	100	—
産卵率 (%)	78.6%	88.6%	84.3%	NS
平均卵重 (g)	57.1±9.7	60.7±8.5	57.8±8.4	*
日産卵重 (g/日・羽)	44.8	53.8	48.7	—

分散分析法により算出 ±は標準偏差
 *印は5%レベルの有意差あり

でした。

2回の試験を終えて、実験のふりかえりを行うために日誌を点検すると、「卵黄の位置が高い」「卵白を触ると弾力があった」など、卵質の充実が確認されています。

「ツバキ茶葉には、ニワトリの夏バテを抑えて、卵質向上効果があるのではないか？」と感じた私たちは、鹿児島大学農学部大塚教授に助言をお願いしました。「ツバキ茶葉中の高濃度ポリフェノールが生体内抗酸化能力の賦活化に有効で、耐暑ストレスの緩和に効果があるかと思われます。また、ビタミンEやカロテノイドが鮮度保持に効果をもたらしているかもしれません」との見解をいただきました。

調査項目を増やした第3回目の試験結果は表4のとおりです。

ハウユニットと卵殻膜厚はツバキ区が高く、それぞれ5%レベルで有意差が生じています。写真は両試験区の卵殻膜を室温で30分間放置したもので、その違いがわかります。

このことから、ツバキ茶葉の摂取は、「鶏体への影響はない」「高温期の産卵

率や卵重低下を抑え、耐暑ストレス軽減効果がある」「鮮度保持効果がある」ということが推察されます。

(2) 一般たまごとの違い

日本食品分析センターに成分分析を依頼した結果、表5のとおり、ツバキ区のだまごは一般のだまごに比べて高タンパク・低カロリーとなっています。また、抗酸化作用のあるビタミンEは、8倍以上の8.8mgが確認されました。これは、鶏卵公正取引協議会が定める「栄養強化卵」に適合します。

また、ソモギー法により、コクと旨みが増すといわれている卵黄の還元糖含有量を分析すると、ツバキ区のだまごが高くなりました。

(3) 臭気傾向調査

両試験区の鶏糞を2gずつ採取し、3Lの空気を入れて臭いセンサで臭気を比較したところ、ツバキ区の臭気が抑えられる傾向が見られました。

そこで、鶏舎の臭気を定期的に測定したところ、測定位置が高くなるほど値が大きくなっていることがわかりました。鶏糞は、尿酸からアンモニアに変化し、悪臭を放ちます。空気より軽いアンモニアの臭気は、下から上に移動し、人の鼻の位置で臭いがきつくなることがわかりました。

(4) アニマルウェルフェアを意識した飼養管理

41㎡の平飼い鶏舎を使い、実証試験を行いました。ツバキの設置は家畜防疫も考えて運動場内とし、鉢植えのヤブツバキを10㎡ごとに置きました。飼育密度も1㎡当たり4羽程度とします。

また、作業着や長靴などについてもチェック項目を設け、アニマルウェルフェアを意識した飼養管理と鶏卵生産を実践しました。

4 有利販売の確立

私たちはこれまでの研究活動に基づいて、ツバキ茶葉給餌の鶏卵を「つばきたまご」と名付け、栄養機能食品表示を行い、「公正マーク」取得を申請しました。

これで、平飼い・コクと旨み・高タンパク・低カロリー・栄養強化卵として差別化をはかった「つばきたまご」の有利販売の準備が整いました。

5 まとめ

- (1) ツバキ茶葉給餌による鶏卵の比較試験を行い、効果を確認できた。
- (2) 臭気データの収集・分析とアニマルウェルフェアに考慮した鶏舎の整備を行った。
- (3) オリジナル鶏卵の有利販売を実現した。
- (4) 「農業と環境」の学習から2年次以降の教科学習へと発展的につなげることができた。

6 今後の活動

- (1) 街路樹カンツバキを使った茶葉の大量生産
- (2) 有利販売に向けた経営面からの検証
- (3) アニマルウェルフェアに考慮した飼養管理のマニュアル化と徹底
- (4) 鶏卵及び畜舎環境の定期的な調査・分析

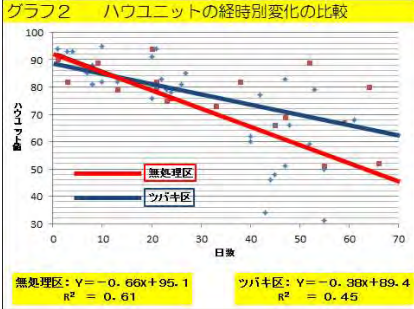


表4 ツバキ茶葉給餌による卵質の比較 2018年1月～5月

項目	ツバキ区	無処理区	
卵重 (g)	63.2±4.4	63.9±6.5	NS
濃厚卵白率 (%)	63.4%	62.5%	NS
ハウユニット	82.1	76.1	*
卵殻厚 (mm)	0.413±0.03	0.434±0.04	*
卵殻膜厚 (μ)	55.20±0.03	48.05±0.03	*

分散分析法により算出 ±は標準偏差

*印は5%レベルの有意差あり

(財) 日本食品分析センターに依頼

表5 鶏卵の栄養成分表示 (100gあたり)

	ツバキ区のだまご	一般のだまご
エネルギー	134kcal	151kcal
タンパク質	13.1g	12.3g
脂質	8.5g	10.3g
炭水化物	1.2g	0.3g
ナトリウム	146mg	140mg
ビタミンE	8.8mg	1.0mg

高タンパク・低カロリーでビタミンEが約8倍の含有率

タイワンキンギョについて

鹿児島玉龍高等学校 サイエンス部生物班 1年

1. タイワンキンギョとは

英名：パラダイスフィッシュ 学名：Macropodus poerularis

分類：スズキ目 オスフロネムス科 ゴクラクギョ亜科

分布：日本では沖縄県、鹿児島県(沖永良部島)

国外では台湾、中国福建省より南方、ベトナム、ラオス等

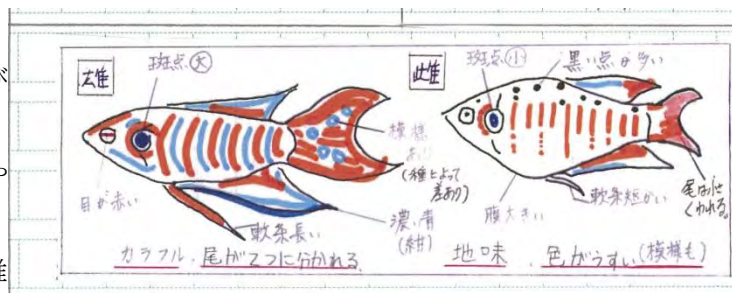
沖縄や鹿児島のタイワンキンギョは、中国などからの移入種の可能性あり

形態：全長 オスは最大7～8cm メスは6cm くらい

体は側扁し、背びれ、尻びれが長く伸びる。尾びれは、特にオスは深く切れ込む。

生態：河川の下流部や水田など、流れの緩やかな水域や止水域に生息

浮草の間にオスが泡を作り、産卵する。オスが稚魚を保護する。



2. これまでに分かったこと

- ① 雌雄ともに縄張り意識が強く、特に営巣中のオスは攻撃的になる。また営巣は浮草や浮草周辺、水の流れが弱い所を好む。
- ② 営巣はオスを作る浮草で行い、産卵後はオスが巣を守る。稚魚は、体長2～3日で生まれ、体長2～3ミリととても小さい。

3. 研究の目的

- ① タイワンキンギョの繁殖ペアの相性、またその成立条件

- ② ペア成立の決定権はオスメスどちらか

- ③ 口撃は攻撃か、求愛か

※口撃とは、タイワンキンギョが口で他の魚をつついて攻撃すること。

- ④ フレアリングは求愛行動か威嚇か

※フレアリングとは、タイワンキンギョがヒレを広げ、他の個体に迫る行動。

4. 使用器具

- ・実験水槽(プラスチック製、水深10センチに設定)
- ・ろ過器は水中に沈めるタイプ
- ・オオカナダモや浮草を入れる
- ・大小七つの水槽
- ・水温計
- ・定規
- ・デジタルカメラ
- ・ビデオカメラ



5. 飼育環境

- ・水温は常温
- ・水質は、水道水にかかる

6. 研究結果

① タイワンキンギョの繁殖ペアの相性と成立条件

- (1) 成魚であるオスとやや小さいメス(極端な体長差は攻撃に変わる)
- (2) 気性の荒いオスに耐えられるメス
- (3) メスは産卵準備になっている(腹部)
- (4) 1対1のペアになれること

② ペア成立の決定権はオスメスどちらか

- (1) オスに決定権あり

③ 口撃は攻撃か、求愛か

- (1) 攻撃によりメスを服従させる繁殖行動の一つかもしれない。
ただし、口撃で受けた傷で死ぬ可能性もある



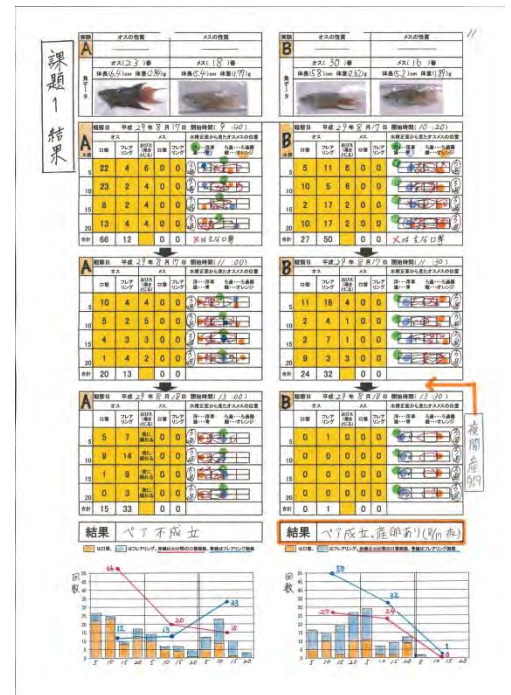
受けた傷により弱っている
タイワンキンギョ

④ フレアリングは求愛行動か威嚇か

- (1) フレアリングは求愛行動の意味がある。フレアリングをオスが積極的にする場合にペア成立の可能性大。しかし、同時にメスを寄せ付けない威嚇でもある

7. 反省と今後の課題

少ないペアでの観察結果で、個体差もあるので、必ず当てはまるか、さらに調査数が必要だと感じました。体色や成熟度も関係しそうなので、今後の研究課題とします。



ソテツは鉄を蘇えらせることができるか

鹿児島県立加治木高等学校 科学工学研究部 ソテツ班

2年 今村幸平 鶴園莉己 1年 内野々智博 重信有希 中島匠海

1.研究動機

ソテツは漢字で「蘇鉄」と表記される。漢字で書いているとふと、「ソテツは本当に鉄を蘇えらせることができるのだろうか」と感じた。実際に、奄美大島で行われている「泥染め」では、ソテツが土中に鉄分を補給する役割をするといわれている。一方で、ソテツの和名は「枯れかかった時に鉄クギを打ち込むと蘇る」という伝承に由来する。ソテツが鉄を蘇えらせるのか、ソテツが鉄によって蘇るのか、また、ソテツが鉄を含んでいるならば、なぜ含んでいるのか疑問に感じ、研究を行った。

2.ソテツについて

- 1)分類：ソテツ目ソテツ科ソテツ属
- 2)特徴：国内では主に、九州南端、南西諸島に生息。根にある珊瑚状の根粒に窒素固定を行う藍藻類を共生させており、痩せ地でも生息できる。

3.ソテツや他の植物が鉄を含むかを確認する実験

実験概要

ソテツや、その他の植物に、 Fe^{2+} や Fe^{3+} といった鉄イオンが含まれているかを確認するため、実験を行った。

実験方法

- 1)ソテツの葉、グリーンネックレス、イチョウの葉は、すりつぶし、液状にする。さらに、指示薬の色の変化がわかりやすいよう、水で薄める。根粒は、内部の状態を調べるため、半分に切る。
- 2) Fe^{2+} を検出する $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムと、 Fe^{3+} を検出する $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウムをそれぞれのサンプルに滴下する。

実験対象・選定の理由

1)ソテツの葉

葉を選定したのは、奄美大島の泥染めにおいて、ソテツの葉から鉄が溶け出ているといういわれがあるため。

2)グリーンネックレス

実験室で育てていて、実験で使用することが容易であったため、ソテツとその他の植物での実験結果の違いを比較するため用いた。

3)イチョウの葉

ソテツ同様、古生代末期～中生代初期にかけて繁栄し、ソテツで現れる実験結果が繁栄した年代によるものなのかを調べるため。

4)ササゲの根粒・葉

マメ科植物に共生する根粒でも、ソテツ同様窒素固定が行われている。窒素固定が行われている箇所の根粒だけでなく、根粒をもつ植物の葉にも鉄が含まれているか確かめるため、葉での実験も行った。

結果

1)ソテツの葉

- ・ Fe^{2+} を検出する指示薬
→若干青色になった(図1左2本)
- ・ Fe^{3+} を検出する指示薬
→反応なし(図1真ん中2本)

2)グリーンネックレス

- ・ Fe^{2+} を検出する指示薬→反応なし
- ・ Fe^{3+} を検出する指示薬→反応なし

3)イチョウの葉

- ・ Fe^{2+} を検出する指示薬→反応なし
- ・ Fe^{3+} を検出する指示薬→反応なし

4)ササゲの根粒

- ・葉
 - ・ Fe^{2+} を検出する指示薬→反応なし
 - ・ Fe^{3+} を検出する指示薬→反応なし
- ・根粒

根粒が小さかったことと、そこに含まれているヘモグロビンの一種レグヘモグロビンにより赤く染まっており、指示薬の反応を確認するのは難しかった。

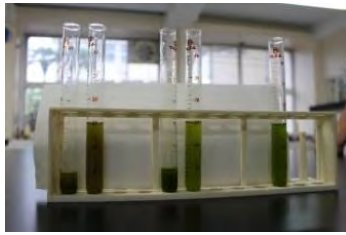


図1 ソテツにおける実験の反応

考察

- ・ソテツには Fe^{2+} が含まれているが、 Fe^{3+} は含まれていない可能性が高い。
- ・グリーンネックレスなど、他の植物には必ずしも Fe^{2+} や Fe^{3+} が含まれているわけではない。

4.大島紬の泥染めについて

泥染めとは

- ・バラ科のシャリンバイに含まれているタンニン酸色素と泥田の中の鉄分等が化学結合を繰り返して黒色に染まる。
- ・泥田に含まれている鉄分が酸化・風化によって減少すると、染まりが悪くなる。そこで、ソテツの葉を刻んで泥田に浮かべると、ソテツから鉄が溶けだし、再びきれいに染めることができるようになるといわれている。

5.本当にソテツから鉄分は溶けているのか ～媒染染料を用いた実験～

実験概要

媒染染料とは

- ・染色をする際、染料だけでなく、Al、Fe などの金属イオンを予め繊維に吸着させると、染色がされやすくなる原理を利用した染色法。

実験方法

- 1) 媒染剤として用いる植物に含まれる色素が実験結果に変化を出さないよう、媒染剤として用いる植物を燃やし、ミネラルだけを残す。
- 2) 燃やした植物を食酢に浸し、鉄イオンを取り出す。
- 3) たまねぎの皮、桜の葉を染料として用いる

実験対象

鉄が多く含まれている次の植物で実験を行った。

- 1) ソテツの葉 含有量：不明
- 2) パセリ 含有量：100g あたり 7.5mg
- 3) 乾燥わかめ 含有量：100 g あたり 6.4mg

- 4) ツユクサ 含有量：不明。鉄分が多く含まれているとされる植物とそうでない植物を比較するため用いた。

実験結果

- ・たまねぎを染料としたとき、染まり方は、わかめ>ツユクサ>パセリ>ソテツ の順で強かった。
- ・桜の葉を染料として、実験を行うと、ソテツの葉でもよく染まった。



図2 媒染染料の実験結果

左から ソテツ、パセリ、わかめ、ツユクサを媒染剤にしたときの結果

考察

- ・大島紬に利用されているソテツが最もよく染まると思われたが、たまねぎで染色すると最も淡い染まりとなった。一般的に、媒染に用いられる鉄イオンは Fe^{3+} であるため、 Fe^{2+} を含んでいるソテツではあまり染まらなかったと考えられる。
- ・染料にたまねぎの皮と桜の葉を用いたときに違いが表れたのは、染料と媒染材、さらには繊維との相性により色のつきかたに違いが出るためではないか。
- ・3・4の実験結果をふまえると、ソテツが鉄を蘇えらせていることの証明は難しい。一方で、ソテツが Fe^{2+} を含む理由として、鉄の供給が不可欠な根粒に鉄を供給することにより、根粒の活動がより活性化し、それによりソテツも根粒からより豊富な栄養を得られるようになるという過程も考えられる。

6.今後の見通し

- ・ソテツが Fe^{2+} を含む理由の特定
- ・ソテツの Fe^{2+} を実生活の中で利用する方法の検討

7.参考文献

- 1) ソテツ、窒素固定、ヘモグロビンに関する Wikipedia
- 2) 日本植物生理学会 | みんなのひろば
- 3) 本場奄美大島紬とは | 奄美大島紬村
- 4) 大島紬の歴史 | 呉服のほてい
- 5) 生物、化学の教科書、資料集

【目的・仮説】

クワガタムシは幼生時の餌の朽ち木の状態で成虫時の大きさが変わってくることが知られている。そこで環境の異なる大島高校の裏山と小湊地区の森林の2地点でクワガタムシの採集を行い、それぞれの地点でのスジブトヒラタクワガタの採れる数と体の大きさを調べ、環境の違いによるスジブトヒラタクワガタの採集数と体サイズを調べることを目的とした。

小湊地区の森林は標高 300m 程度で人の手も入っていないことが考えられるため、採れるスジブトヒラタクワガタの数が大島高校裏山で採れる数より多く、体サイズも小湊地区の森林が大島高校裏山を上回ると仮説を立てた。

【方法】

I. 2017 年 5 月 14 日から 2018 年 9 月 17 日までペットボトルで作成したトラップにバナナを 1 本入れ、大島高校の裏山標高 100m 付近と小湊地区の森林標高 300m 付近にそれぞれ木の上（地面から高さ 2.0 m）と木の下（地面から高さ 0.5m）の計 4 か所に仕掛けた。仕掛けたトラップは仕掛けた日から約 1 週間後に回収し、採れたクワガタの数とサイズを記録し気温を測定した。また、2018 年 5 月 19 日からは採集地点の湿度・照度も記録した。

II. 研究を行った 2 地点で、生息する樹木の胸高周囲長（GBH：地面から高さ 1, 2m 地点の周囲長）を計測・記録した。計測した樹木は、トラップを仕掛けてある木を中心付近の 100 本を測定した。

【結果および考察】

① 出現したクワガタムシの種類と採集数

小湊地区

最も多かったのは、スジブトヒラタクワガタ 155 個体、次いでアマミノコギリクワガタ 39 個体、アマミヒラタクワガタ 5 個体、アマミネブトクワガタ 9 個体、アマミコクワガタ 3 個体であった。

大島高校

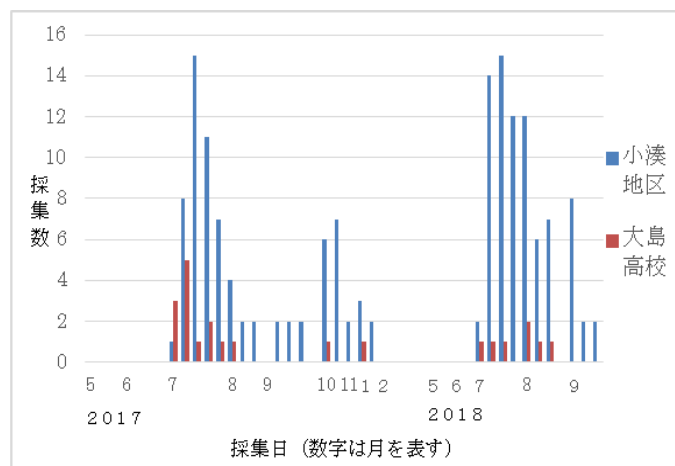
最も多かったのは、スジブトヒラタクワガタ 22 個体、次いでアマミヒラタクワガタ 18 個体、アマミノコギリクワガタ 17 個体、アマミネブトクワガタ 1 個体であった。

② スジブトヒラタクワガタの季節的出現状況

2017 年度、初めてスジブトヒラタクワガタが採れたのは両地点ともに 7 月 2 日であった。大島高校の裏山では 7 月に最も多くスジブトヒラタクワガタがトラップに入り、その後採れなくなっていった。小湊地区の森林では 7 月に最も多くスジブトヒラタクワガタがトラップに入り、その後もトラップに入り続けた。

2018 年度、初めてスジブトヒラタクワガタが採れたのは、大島高校の裏山で 7 月 7 日、小湊地区の森林では 7 月 6 日であった。大島高校の裏山では、8 月に最も多くスジブトヒラタクワガタがトラップに入りその後採れなくなった。小湊地区の森林のその後の経過は、2017 年度と同じであった。

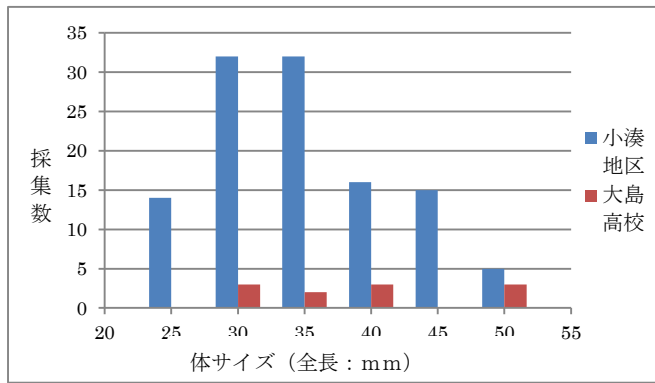
2018 年 1 月～6 月までの間は、スジブトヒラタクワガタは採集されなかった。



各採集地点におけるスジブトヒラタクワガタの出現数

③ スジブトヒラタクワガタの体サイズ

それぞれの地点で採れたスジブトヒラタクワガタのオスをサイズ別に分け、グラフで表した。



各採集地点における雄の体サイズ

小湊地区の森林では 30～34mm・35mm～39mm 代の中型個体が多く採れた。また、25mm～30mm の小型個体も採集された。大島高校の裏山では、25mm～29mm の小型個体は出現しなかった。

しかし、データの相関係数を出したところ、2 地点での体サイズには差が見られなかった。

④ 採集地点の気温



採集地点の気温は、標高の違いにより 1℃から 2℃ 小湊地区の森林が低かったが、両地点でのスジブトヒラタクワガタの出現時期に差はなかった。

スジブトヒラタクワガタは、7 月から 12 月にかけて気温が 15℃以上の時に活動していると考えられる。

また、5 月・6 月に気温が 15℃を超えても出現していないことから昨年活動していた個体のほとんどが、12 月を過ぎ死滅していると考えられる。

⑤ 照度

夕方 (16 時以降) になると極端に照度がさがることから、日中 (13 時～15 時) の照度を計測した。

小湊地区の森林で、940 lux から 2100 lux、大島高校の裏山で、980 lux から 3370 lux であり、2 地点では最大で 1000lux 程度の差があった。

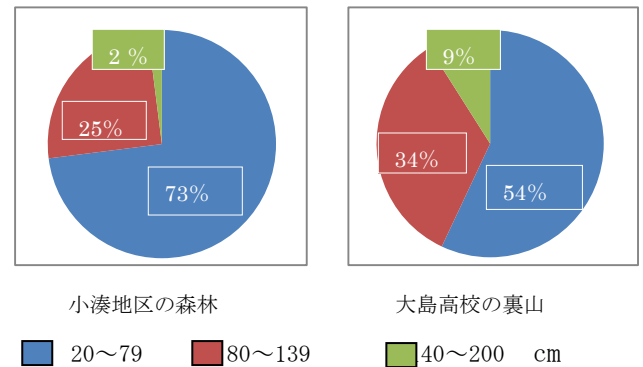
⑥ 湿度

2018 年度から採集地点の湿度を計測した。大島高校の裏山では一度日差しが強い日に 55%まで低下したが、その日以外は両地点ともに 80～90%であった。

⑦ 採集地点周囲の樹木の胸高周囲長

周囲長が 20～79 cm の樹木の割合は、小湊地区の森林が大島高校の裏山より高く、周囲長が 80～139 cm の樹木の割合は、大島高校の裏山が小湊地区の森林よりも高いことから、大島高校の裏山に生息する樹木は、小湊地区の森林に生息する樹木よりも太いと言える。

小湊地区の森林で周囲長が 140～200 cm の樹木 2%は、スダジイであり、大島高校の裏山で周囲長が 140～200 cm の樹木 9%は、7%がアカギで、2%がスダジイであった。2 地点に生息する樹木の種は、2 地点共に同じであった。



【まとめ】

2 地点の気温、湿度、照度については両地点で明瞭な差が見られなかった。一方、森を形成する樹木の胸高周囲長では 2 地点で差が見られた。

スジブトヒラタクワガタの体サイズは、2 地点で違いが見られなかったこと、胸高周囲長は、大島高校の裏山が大きかったことから、スジブトヒラタクワガタの幼虫の餌となる朽木にアカギは使われていないと考えられる。

採集数の違いは、大島高校の裏山が市街地に面していることから森林面積が狭く、小湊地区の森林は森林面積が大きいため、採集数が多くなったと考えられる。

【謝辞】

最後に、採集場所の提供にあたり、ご指導、ご協力を頂いたマングースバスターズの西真弘氏に深く感謝したい。

1. はじめに

1990年代以降、日本では典型的ではない特徴を持つセアカモズ *Lanius Collurio* (以下、セアカと表記) が西日本を中心に観察されるようになり、私もこれまでに4個体を観察・撮影している。このような個体は日本国内外でセアカとされる場合もあるが、それらはアカモズ *L. Cristis* の特徴や両種の間間の特徴をもっていることから、最近ではセアカとアカモズとの交雑個体・交雑による遺伝子流入を受けた個体とする説が有力である。ただし、交雑が起こるメカニズムや渡り、越冬地などについては研究が進んでおらず、それらの詳細は不明である。本研究では、セアカ×アカモズ交雑個体 (以下、交雑個体) の形態的特徴及び記録状況から、前記の不明な点について考察する。

2. 検証方法

(i) 形態：実際に観察・撮影した個体 (幼鳥～第1回冬羽 a～d 個体、雄成鳥羽 a 個体) の写真から、形態面において特徴をセアカ、アカモズ (セアカとの交雑帯を持つ亜種カラアカモズ *cristis*) と比較し、セアカ・アカモズに一致する特徴、2種の間間の特徴に分け、交雑個体の形態的特徴の傾向を調べる。比較するのは2種間で差異が見られる部位であり、体型においては、嘴、翼式1：初列風切第9羽＝P9、翼式2：初列風切外弁、尾 (長さ) と幅) である。羽色における比較は成鳥羽のみ行い (幼羽や第1回冬羽ではセアカとアカモズとの間に明確な差異がない)、比較部位は頭部、背、腰・上尾筒、腹、尾である。

(ii) 渡り：日本国内外での交雑個体の記録状況を調べ、渡りのコースや越冬地を考察する。

3. 検証結果

(i) 交雑個体 a～d の体型をセアカ、アカモズと比較し、表1にまとめた (表中ではアカモズを「アカ」

と略して表記)。結果から交雑個体のセアカに一致する特徴は個体aの嘴、翼式1、翼式2、個体bの翼式2、尾の幅、個体cの嘴、尾の長さ、個体dの嘴、翼式2の9点において見られ、セアカ、アカモズの間間の特徴は個体aの尾の長さ、個体bの嘴、尾の長さ、個体cの翼式1、尾の幅、個体dの翼式1、尾の長さの7点において見られた。一方、アカモズに一致する特徴は少なく、個体aの尾羽の幅、個体cの翼式2、個体dの尾の幅の3点のみに認められた。また、成鳥羽については交雑個体aにおいてセアカ、アカモズと比較した結果を表2にまとめた。この結果からはセアカモズに一致する特徴は頭部の色、尾羽の白色部の有無の2点、間間の特徴にあたるのは背の色、腰・上尾筒の色、腹の色、尾羽の色の4点であり、アカモズに一致する特徴は見られなかった。

(ii) セアカ×アカモズの交雑個体と思われる個体の記録は西日本を中心に記録があり、私が実際に観察した個体の他、国内における交雑個体と考えられる記録をまとめ、下図に示した。●で示したのは秋季における記録であり、■で示したのは冬季、または秋に渡来し春まで越冬した個体の記録である。また、秋季・冬

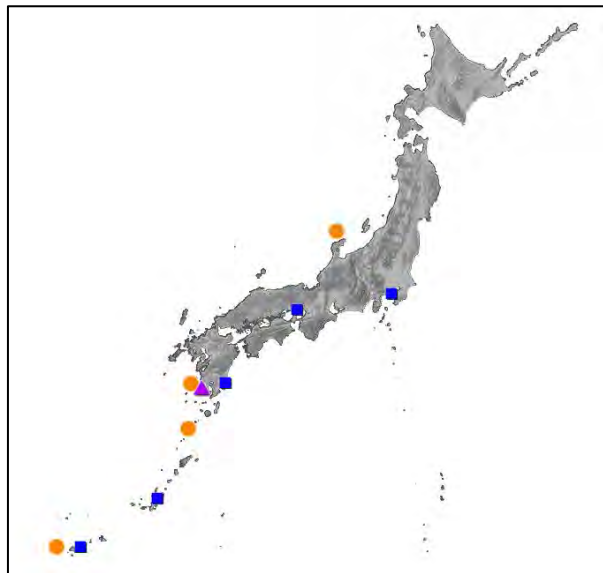


表1	嘴	翼式1(P9の長さ)	翼式2(外弁欠刻)	尾の長さ	尾の幅
セアカモズ	アカよりだいぶ小さい	P7=>P9>P6	P7, P8	アカよりだいぶ短い	アカよりだいぶ太い
アカモズ	セアカよりだいぶ大きい	P5=>P9=>P4	P6, P7, P8	セアカよりだいぶ長い	セアカよりだいぶ細い
個体a	アカよりだいぶ小さい	P7>P9>P6	P7, P8	アカより短く、セアカより長い	セアカより細い
個体b	アカより小さくセアカより大きい	データなし	P7, P8	アカより短く、セアカより長い	アカよりだいぶ太い
個体c	アカよりだいぶ小さい	P6>P9>P5	P6, P7, P8	アカよりだいぶ短い	アカより太く、セアカより細い
個体d	アカよりだいぶ小さい	P6>P9>P5	P7, P8	アカより短く、セアカより長い	セアカより細い

表2	頭部の色	背の色	腰・上尾筒の色	腹の色	尾羽の白色部の有無	尾羽の色
セアカモズ	灰色	赤褐色	灰色	淡い桃褐色	あり	黒色
アカモズ	暗褐色	暗褐色	暗褐色	淡い橙褐色	なし	茶褐色
個体a	灰色	鈍い赤褐色	灰褐色	桃色みのある淡い橙褐色	あり	褐色みのある黒色

季（越冬）の両方の記録がある地域については▲で示した。なお、春季と夏季の記録はない（厳密には春の滞在記録はあるが、それらは冬から継続的に観察されている個体であり越冬記録として冬季の記録に含める）。

図からわかることとして、秋季は日本海・東シナ海側の離島・地域、冬季は太平洋・瀬戸内海側の地域や南方の地域といった温暖な地域で記録されていることが挙げられる。また、季節を無視して考えると記録は全体的に西日本に多いことがわかる。

4. 考察

（i）検証結果より、セアカ×アカモズの交雑個体の形態は2種の中間的なものになるが、セアカの特徴が強く表れる傾向がある。これは、単純に2種の遺伝子を等しくもった交雑個体というよりは、セアカにアカモズの遺伝子が流入した個体だと捉えることができ、これには交配域における2種の個体数が関係していると考えられる。例えば、Aという種の個体群と、Bという種の個体群がいるとする。この2種間で交雑が起こるとき、2種の個体群の交配域において、Aの個体数が少なくBの個体数が多い場合、Bは個体数の多さから、より多くの個体が同種同士で配偶し繁殖することができる。一方、Aは個体数が少ないので同種を配偶相手にする機会に乏しい。そのためAの多くはBを配偶相手に選ばざるを得ない。この繰り返しによって、Aの系統に偏ってB系統の遺伝子流入が起こる。セアカとアカモズにおいてもこれと同じようなことが起きていると考えられる。例にあてはめるとセアカがA、アカモズがBである。そうすると、セアカとアカモズの交配域における個体数はセアカが少なくアカモズが多いことになり、セアカに偏ってアカモズの遺伝子が流入した結果セアカの特徴が強く出た交雑個体が現れる。これは交雑個体にセアカの特徴が強く出ることによく当てはまる。なお、近年日本では交雑個体の記録が増えてきているため、ここ数年で遺伝子流入が進んだ可能性が高いと考えられる。

（ii）日本における記録状況については、秋季に日本海・東シナ海側の離島・地域、冬季に太平洋・瀬戸内海側の地域や南方の地域で記録されていることがわかった。セアカは分布上日本に飛来する可能性は低く、もし日本で記録されるとしても北日本で記録されると考えられるため、交雑個体がセアカと同じ渡りをしているとは考えにくい。また、アカモズにおいては、セアカと交雑する亜種カラアカモズは日本でも少ないながら春と秋に定期的に記録され、日本海、東シナ海側での記録が多く、越冬記録もある。これらのことから、

交雑個体の渡りは亜種カラアカの習性に近いものと考えられる。これは（i）で考察した、繁殖地（セアカとアカモズの交配域）ではアカモズの個体数が多いことが関係していると思われる。交雑個体は渡りをする際に個体数の少ないセアカではなく、個体数の多いアカモズの渡りの影響を受けて渡りを行っている可能性が高い。ただし、亜種カラアカは日本で春にも飛来し、日本での越冬記録は交雑個体よりも少ない。そのため直接的に影響を受けている可能性は低く、結果的に交雑個体は独自の渡りを行っていると考えられる。日本における交雑個体の越冬記録は温暖な地域での記録が多いことから、ユーラシア大陸東南部や東シナ海・南シナ海上の離島を主な越冬域としている可能性がある。実際、台湾やマレーシアでは冬季に交雑個体の記録があり、やはり交雑個体はそれらの地域で越冬していると考えられる。

参考文献

- Young Guns（2014）Young Gunsの野鳥ラボ#12 アカモズとその近縁種. BIRDER誌. 文一総合出版
- Young Guns（2014）Young Gunsの野鳥ラボ#13 厄介なモズ類の検討. BIRDER誌. 文一総合出版
- 長谷川理（2012）鳥類における種間交雑と遺伝子浸透. 日本鳥学会誌 61(2):238－255
- 堀本徹・渡部良樹（2014）神奈川県相模川におけるセアカモズ *Lanius Collurio* の記録. 日本鳥学会誌 63(2):329－336
- PETER PYLE, ROBERT J. KEIFFER, JON L. DUNN, NIAL MOORES（2015）The Mendocino Shrike : Red-backed Shrike x Turkestan Shrike hybrid
- Tim Worfolk（2000）Identification of red-backed, isabelline and brown shrikes. DUTCH BIRDING
- KILLIAN MULRONEY, LARS SVENSSON, DAN ZETTERSTROM, PETER J. GRANT（1999）BIRD GUIDE. Collins
- MARK BRAZIL（2009）BIRDS OF EAST ASIA. PRINCETON
- 真木広造, 大西敏一, 五百澤日丸（2014）日本の野鳥 650. 平凡社
- 五百澤日丸, 山形則男, 吉野俊幸（2014）日本の野鳥 550. 文一総合出版

生6

平成 30 年度

鹿児島県高等学校生徒理科学研究発表（要旨）
志學館高等部 科学同好会

オカヤドカリの研究 I

交替性転向反応・走性について

目 的

オカヤドカリ (*Coenobita cavipes*) は、熱帯域に広く分布するヤドカリの仲間である。その名のとおり成体が海岸付近の陸上（オカ）で生活するヤドカリである。

これまでの研究や観察により、壁に沿って廻り観察したり（接触走性）、湿った砂に潜ったりする（湿走性）などいくつかの行動の特性を確認した。

これは動物が生まれながらに持っている原始的な習性（生得的行動）であり、ある刺激によって反応する単純な行動である「走性」によるものであると考えられる。また、生得的行動には「交替性転向反応」という習性がある。これは、生物が連続する分岐点において曲がるとき、その次の分岐点では前とは逆の方向に高確率で曲がる習性で、ダンゴムシなどの事例が知られている。

今回は、オカヤドカリの生得的行動の研究として交替性転向反応および走性について、明らかにすることを目的とする。

材 料

＊共通する材料

オカヤドカリ（ペットショップ購入）、タイマー

【交替性転向反応】

（T 字の角を 5 回曲がる迷路）

工作画用紙、カッター、
定規、木工用ボンド



写真1 迷路

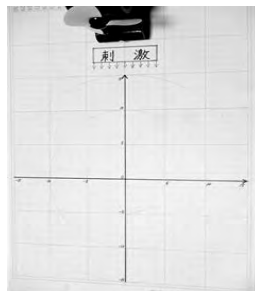


写真2 走性実験

【走性実験 A 正(+)の光走性 B 風走性 C 色走性】

工作用紙（中心に起点をとり、縦・横 60cm の軸を記入）、ペンライト、ミニ扇風機、カラーセロファン（赤、青、黄）

【走性実験 D 接触走性】 一辺が 30cm の箱

【走性実験 E 湿走性】

10cm×30cm の容器、湿らせたティッシュ

【走性実験 F 負(−)の光走性】

10cm×30cm の箱（箱の片側 10cm に屋根を作成）

方 法

【交替性転向反応実験】

- (1) T 字の角を 5 回通るように迷路を作る。
- (2) スタート地点にオカヤドカリを置いて、角を右に曲がるか左に曲がるかを記録する。

【走性実験 A 光走性 B 風走性 C 色走性】

- (1) 工作用紙の起点 0 にオカヤドカリを置く。
- (2) 起点から縦軸（Y 軸）の正の方向へ 40cm の位置より、ライトやミニ扇風機、カラーセロファンで刺激を与える。
- (3) 5 秒後のオカヤドカリの位置と、刺激の方向に向かう正（+）の反応、または刺激から遠ざかる負（−）の反応を記録する。
- (4) カラーセロファンは赤、青、黄色の 3 色を使用し、ライトの色を変えた。

【走性実験 D 接触走性】

- (1) 箱の真ん中にオカヤドカリを置く。
- (2) まず壁に沿って進むかを記録する。
- (3) 右回り、左回りを記録する。

【走性実験 E 湿走性】

- (1) 容器の片側に湿らせたティッシュをセットして、反対側にオカヤドカリを置く。
- (2) 5 分後に濡れたティッシュにいるかを記録する

【走性実験 F 負(−)の光走性】

- (1) 箱の片側 10cm に作成した屋根により影を作り、影のない反対側にオカヤドカリを置く。
- (2) 5 分後にオカヤドカリが陰のある暗所にいるかを記録する。

結 果

【交替性転向反応】

- ・ 20 回のうち半数の 10 回が交互に異なる方向へ曲がった。
- ・ 方向を変えずにすべて同じ方向（右 5 連続、左 5 連続）へ進むことはなかった。
- ・ 初めの分岐点では 90% が左方向に曲がった。

表1 曲がった方向の推移

	角1	角2	角3	角4	角5	回	数
パターン1	←	→	←	→	←	10	50%
パターン3	←	→	←	←	→	2	10%
パターン6	←	→	→	←	→	1	5%
パターン10	←	←	→	→	→	1	5%
パターン11	←	←	→	←	→	4	20%
パターン24	→	←	→	→	←	2	10%

※その他のパターンは 0 回

【走性実験 A 光走性 B 風走性 C 色走性】

- ・風や光に関係なく、初めに置かれた向きで貝殻から出てきてそのままの方向に直進した。T字の角を5回曲がる迷路・ライトや扇風機刺激による規則的な行動は無く、ライトの色を変えても行動はランダムで正(+)の光走性と風走性、色による走性は認められなかった(図1、2)。

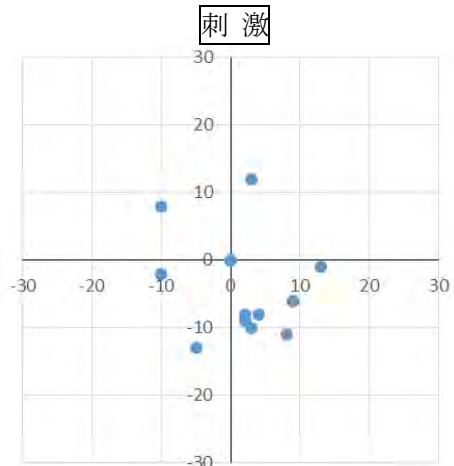


図1 風による行動の変化

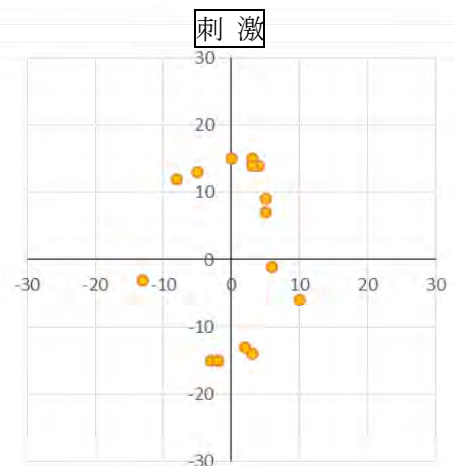


図2 光による行動の変化

【走性実験 D 接触走性】

- ・すべてのオカヤドカリが、まず左側の壁に沿って進んだ。
- ・90%のオカヤドカリは、右回り(時計回り)で左側の壁に沿って進んだ(表2)。

表2 壁への接触による行動の変化

壁への接触	回数	%	進行方向	回数	%
接触	20	100%	右	2	10%
			左	18	90%
接触しない	0	0%	-	-	-

【走性実験 E 湿走性】

- ・5分後に濡れたティッシュにいたオカヤドカリは15%にとどまり、湿走性は認められなかった(表3)。

表3 湿度による行動の変化

湿らせたティッシュ	回数	比率
いる	3	15%
いない	17	85%

【走性実験 F 負(一)の光走性】

- ・5分後、すべてのオカヤドカリが暗所にいた(表4)。

表4 負(一)の光による行動の変化

暗所	回数	比率
いる	20	100%
いない	0	0%

考 察

今回、オカヤドカリの生得的行動として、交替性転向反応および走性について調査した結果、オカヤドカリに交替性転向反応があることが示唆された。

また、走性実験D、Fにより接触走性と負(一)の光走性があることが明らかになった。この壁に沿って歩く行動(接触走性)は、壁に接した方向からは敵に攻撃されず安全だという、身を守るための生まれながらの行動だと考えられる。暗所や狭所を好む負(一)の光走性も同じく敵から身を守るために生まれながらの持っている行動だと考えられる。

さらに、交替性転向反応実験では、最初に左方向に曲がることや、接触走性実験では、左側の壁を右回り(時計回り)に廻り続けることも確認された。この理由として、①左の缺が大きいこと、②利き手が存在することなどが考えられる。

今後の課題

今回の実験でオカヤドカリの新たな反応が明らかになるとともに、右回り(時計回り)に廻る習性の要因解明など様々な課題が出てきた。また、実験中に脱走した個体は、次の脱走では前よりも脱走時間が短くなり、箱と箱の隙間を利用して脱出する個体もみられた。

今後は、オカヤドカリの生得的行動だけでなく、「学習」や「意思決定」について、他の生物も含めて、より精緻化された実験により、生物の行動解明についての研究を深めていきたい。

生7 タイリクバラタナゴ (*Rhodes ocellatus ocellatus*) の攻撃行動について

鹿児島県立錦江湾高等学校

喜山直紀 松元友希 勝木夏央 北田美月 重山望歩 副田知瑚 羽田佳園

1.目的

魚の攻撃行動はアユについて広く知られている。アユは個体群密度が高いと群れアユとなり攻撃行動をとらないが、低いと縄張りアユとなり接近する他のアユに対して攻撃行動をとる。この行動様式の変化は餌が要因であることが報告されている。

私たちはタイリクバラタナゴを水槽で飼育する中で、タイリクバラタナゴは個体群密度が高いと攻撃行動をとらないが、低いと攻撃行動をとることを観察した。そこで今回の研究では、個体群密度と攻撃行動の関係とこの攻撃行動の要因（配偶者 or 餌）は何かを調べることにした。

2.方法

材料 タイリクバラタナゴ (*Rhodes ocellatus ocellatus*)

平成30年1月27日

高尾野町東干拓地 で採取

オス・メスとも5~7cmの個体 幼魚は3~4cm

水槽 45×22×35 (cm)

水温 25~26℃

攻撃の強度について

非常に激しい（死につながることを予想される）◎

激しい（水槽のすみに隠れるなど強いストレスを感じていると予想される）○

穏やか（通常の生活様式は保っている）△ の3段階に区分

個体数、性別、成熟度合い、異種について条件を設定し、それぞれ条件で攻撃行動をとるか継続観察を行った。



Fig 1 婚姻色のでたタイリクバラタナゴ

【実験1】 個体数と攻撃行動の関係

オスのタイリクバラタナゴ 14 匹を入れ、採餌行動が観察されてから 1 週間攻撃行動が観察されない場合、水槽内の個体数を 2 匹ずつ減らし行動を観察する。

【実験2】 性別と攻撃行動の関係

オスとメスを 1 匹ずつ入れ行動を観察する。

【実験3】 性別と攻撃行動の関係

メスを 2 匹入れ行動を観察する。

【実験4】 成熟度合いと攻撃行動の関係

幼魚を 2 匹入れ行動を観察する。

【実験 5】 異種と攻撃行動の関係

同じ大きさのオスのタイリクバラタナゴとオイカワを一匹ずつ入れ行動を観察する。

3.結果

実験 1～5 の結果を下の表にまとめた。

実験	内 容	結 果
実験 1	1 4 匹から減らしていく	◎ 4 匹から継続的な攻撃行動を観察
実験 2	オス・メス 1 匹ずつ	○ 継続的ではないが攻撃行動
実験 3	メス 2 匹	◎ 継続的な攻撃行動
実験 4	幼魚 2 匹	△ 穏やかであるが攻撃行動
実験 5	オスとオイカワ 1 匹ずつ	○ 継続的な攻撃行動

◎ 非常に激しい攻撃行動

○ 激しい攻撃行動

△ 穏やかな攻撃行動

4.考察

- ① タイリクバラタナゴは 4 匹程度以下の小さな群れを形成するとき継続的な攻撃行動をとることがわかった。(実験 1 から)
- ② タイリクバラタナゴの攻撃行動は性別とは関係がないことがわかった。(実験 2・3 から) 攻撃行動は繁殖に関係したものと仮説をたて実験を開始したが、性別により攻撃の強さに差がみられるものの攻撃行動は繁殖に起因するものではないと考えられる。
- ③ タイリクバラタナゴの攻撃行動は成長につれて激しさを増すことがわかった。(実験 4 から)
- ④ タイリクバラタナゴの攻撃行動は同種間に限ったものではないことがわかった。(実験 5 から)
水面に近い場所で採餌するメダカとの実験では、攻撃行動は観察されなかったが、同じ場所で採集したメダカよりもニッチが近いオイカワとの実験では、タイリクバラタナゴからオイカワへの継続的な攻撃行動が観察された。ニッチが近い種へは攻撃行動をとると考えられる。
- ⑤ ②、④から攻撃行動は採餌に起因する行動ではないかと考えられる。

5.今後の課題

今回の実験からタイリクバラタナゴは 4～5 匹以下の個体群を形成するとき攻撃行動が観察されることから、攻撃行動は個体群のサイズに関係していると考えられる。今後の研究課題として水槽のサイズを変えて同様の実験を行い、攻撃行動が個体群密度に関するのかを調べたい。もし、個体群密度と関係したものであるならば、攻撃行動をとるボーダーライン（底面積／匹）を求めたい。

6.謝辞

今回の研究を行うにあたり、九州大学農学部大学院生物資源環境科学府アクアフィールド科学研究所の鬼倉徳雄准教授と研究室の学生方にご指導頂きましたことに感謝申し上げます。

生8

東名阪地域の港のアリ相 ー外来アリのモニタリングー

池田高等学校 SSH 課題研究生物班 Team ANT
柿元絹生・榎並ほのか・浅井嘉乃・荒場麻瑚

はじめに

2012 年から 2018 年に南日本における港の外来アリのモニタリングを目的に、主に大型フェリー発着のある港や遠洋漁業の基地となる港においてアリ相調査を行った。これまでに九州北部 10 港、九州本土南部 9 港、大隅諸島 5 港、トカラ列島 7 港、奄美群島 7 港、琉球諸島 17 港の合計 55 港での調査を終えた。これまでの調査を通じて、キイロハダカアリの日本本土初記録（2012 年、枕崎港）、ウスヒメキアリの南西諸島初記録（2015 年、那覇港）など、日本国内における外来アリの分布域の拡大が明らかとなった。また、九州北部から南下するほど各地域の港の平均の外来アリの割合が高くなることが明らかとなった。これは港における外来アリの割合が船の入港数に起因するのではなく、本来熱帯・亜熱帯産の外来アリのもつ生態的特性に起因することを示唆している。このことは外来アリの地理的分布を考察する上で極めて重要な知見となった。

また、昨年度は、これまで港での調査がまったく行われていなかった北海道の 4 港（苫小牧港・室蘭港・小樽港・函館港）においてアリ相の調査を行った。北海道の港から外来アリは 1 種も採集されなかった。

今回、私たちは昨年ヒアリの侵入が確認された東名阪地域の 6 港において、各港におけるアリの種数、優占種、種構成などを明らかにし、これまでの調査で明らかとなった南日本や北海道の港のアリ相との比較を目的に調査を行った。

調査地と調査方法

調査地

調査地は神戸港ポートアイランド中埠頭、尼崎港東海岸沖地区、大阪港南港、名古屋港鍋田埠頭、横浜港本牧埠頭、東京湾大井埠頭の 6 港である（図 1）。



図 1 調査を行った港

調査は 2018 年の 5 月から 9 月にかけて、各港で毎月 1 回ずつ実施した。調査日は、神戸港・尼崎港が 5 月 19 日、大阪港が 5 月 20 日、名古屋港が 9 月 22 日、横浜港が 7 月 14 日、東京湾が 8 月 18 日である。

調査方法

各港において代表的な環境タイプを 3 か所選び、それぞれ 1 つの調査区を設けてアリ相を調査した。各調査

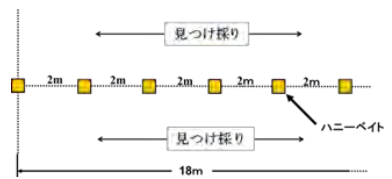


図 2 ライトランセクトの概略図

区に 1 本ずつライトランセクトを設置し、誘引するためのベイト（餌）として蜂蜜希釈液（約 30%）をしみ込ませたカット綿（約 6.5 × 5.0 cm）を、約 2 m おきに 10 個ずつ設置した（3 トランセクトで合計 30 個）（図 2）。また、ベイトの近くに採集したアリを液浸するための 80% エタノールが入ったチューブを置いた。全ベイトを設置後、60 分間、トランセクトを往復しながら集まってきたアリを種類ごとに数個体ずつピンセットを使って採集した。また、採集漏れを軽減するためにベイトでの採集と同じ時間帯（60 分間）で港の敷地内のあらゆる環境において見つけ採りを実施した。



図 3 各港の環境

結 果

東名阪地域の港のアリ

今回の調査によって、東名阪地域の 6 つの港から 4 亜科 17 属 22 種のアリが採集された。横浜港からは 18 種と最も多くのアリが採集された（図 4）。一方、神戸港からは 3 種しか採集されなかった。

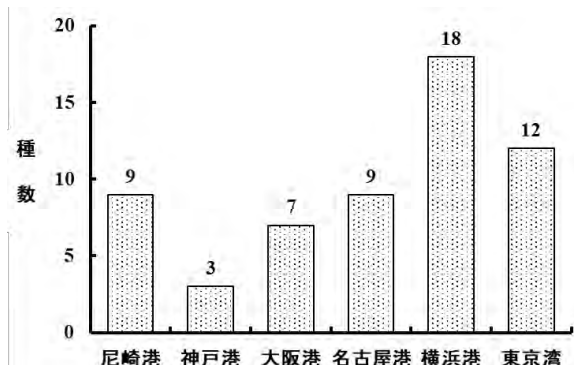


図 4 東名阪地域の 6 港で採集されたアリ

優占種

全ハニーベイト（180 個）への出現頻度によって推定した最優占種はトビイロシワアリ（0.43）で、クロヒメアリ（0.27）、ニシクロヤマアリ（0.26）ハリナガムネボソアリ（0.25）が続いた（表 1）。

表 1 ハニーベイトへの出現頻度によって推定した優占種

種 名	尼崎港 (30)	神戸港 (30)	大阪港 (30)	名古屋港 (30)	横浜港 (30)	東京湾 (30)	合 計 (180)
アルゼンチンアリ		29					29 (0.16)
ルリアリ				10			10 (0.06)
クロオアリ					1		1 (0.01)
ウメマツオアリ				1			1 (0.01)
ヒガシクロヤマアリ					22	11	33 (0.18)
ニシクロヤマアリ	11		12	24			47 (0.26)
トビイロシワアリ					1		1 (0.01)
ケブカアメイロアリ	1		6				7 (0.04)
アメイロアリ						1	1 (0.01)
サクラアリ	5	4	1		3	16	29 (0.16)
オオハリアリ						21	21 (0.12)
ハリプロシリアゲアリ				1	6		7 (0.04)
クロヒメアリ	6	16	3		16	8	49 (0.27)
アミメアリ	25				2		27 (0.15)
ムネボソアリ				1	4		5 (0.03)
ヒラセムネボソアリ						1	1 (0.01)
ハリナガムネボソアリ	7		5	18	11	4	45 (0.25)
トビイロシワアリ	14		27	18	17	2	78 (0.43)

6 港間の種構成の類似度

野村・シンプソン指数（NSC）によって求めた 6 港間の種構成の類似度は、尼崎港と大阪港間が 1.00 と最も高かった（図 5）。一方、神戸港と名古屋港間で共通種は 1 種もみられなかった。

尼崎港					
0.67	神戸港				
1.00	0.67	大阪港			
0.67	0.00	0.57	名古屋港		
0.89	0.67	0.86	0.78	横浜港	
0.67	0.67	0.57	0.67	0.83	東京湾

図 5 6 港間の種構成の類似度（NSC）

考 察

今回調査を行った 3 地域とこれまでに調査を行った 7 地域についてアリ相の関係をみると、関東地域～トカラ列島と奄美群島・琉球諸島間（0.64）、北海道南部と関東地域～琉球諸島間（0.55）に明瞭

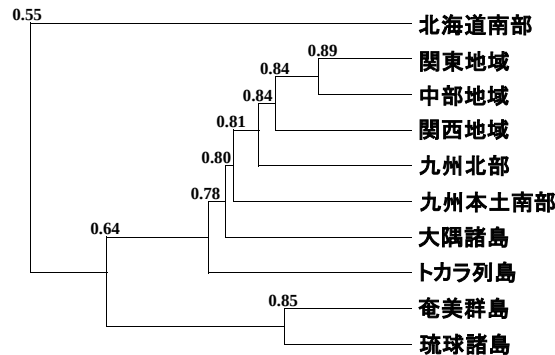


図 6 10 地域間の港のアリ相の関係

な違いがみられた（図 6）。トカラ列島と奄美群島間には、特に両生類、は虫類の生物分布境界線として有効とされる有名な渡瀬線がある。熱帯原産で侵略的外来アリに指定されているツヤオオズアリ、ナンヨウテンコクオオズアリなどは奄美群島以南の港でのみみられ、渡瀬線がアリ類の分布境界線としてもある程度有効であることが示唆される。また、北海道では、関東以南の港で採集されなかった北方系のアリが採集されたために他地域との間に大きな違いがみられた。

トビイロシワアリ、クロヒメアリ、ハリナガムネボソアリ、サクラアリの 4 種は、港及びハニーベイトへの出現頻度がともに高く、今回調査を行った東名阪地域の港を代表するアリであると考えられる（表 1）。特にトビイロシワアリは、北海道から南九州本土の港で出現頻度が高く、日本本土全域の港を代表するアリであると考えられる。

これまで調査を行った 10 地域において外来アリの割合をみると、南方ほど高くなる傾向がみられた（図 7）。また、北海道からはまったく外来アリは採集されなかった。北海道には、函館港、室蘭港など日本有数の入港数を誇る外国航路を有する大規模な港があり、頻繁に外来アリの侵入が予想される。しかしながら、熱帯・亜熱帯、温帯性の外来アリにとって北海道の冬は極めて厳しく、港の自然環境の中で定着することは不可能と思われる。なお、今回の調査で中部地域においても外来アリは採集されなかったが、これは調査を行った港が名古屋港 1 港のみであったことが要因で、今後複数の港で調査を実施することによって中部地域から数種の外来アリが採集される可能性は高いものと考えられる。

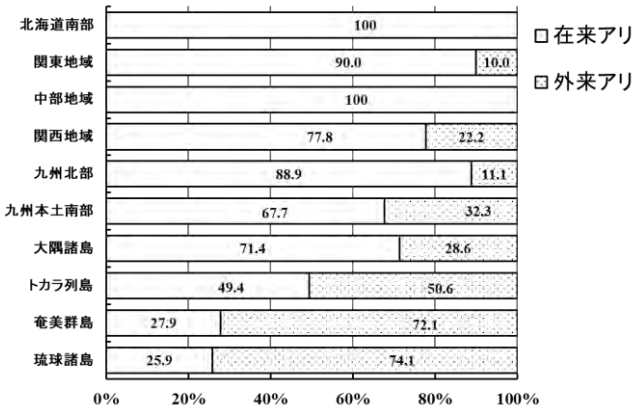


図 7 10 地域の外来アリの割合

今後の課題

これまで調査が実施されていない四国の特に瀬戸内海側の港で調査を実施することによって、四国地方における外来アリの拡散状況を把握する。

生9 万之瀬川におけるカワゴケソウの再探索

～南さつま市のカワゴケソウは存在しているのか。～

鹿児島県立 加世田高等学校 科学同好会

1年 松原 朝陽 鮫島 海里

1 研究の背景と目的

カワゴケソウ科植物は、熱帯や亜熱帯の河川に生息する種子植物であるが、根や葉が溪流の岩盤に密着しやすいような形に変化し、コケ植物のような形状することで知られている。日本では鹿児島県と宮崎県の溪流河川にのみ分布し、これまでに2属6種が報告されている。

南さつま市万之瀬川におけるカワゴケソウは、当初はマノセカワゴケソウと呼ばれ、カワゴケソウと別種とされいた。近年、加藤らの研究により、鹿児島県川内川を中心に分布するカワゴケソウや中国福建省の*H.C.Chao*と同種とされ、枕崎馬渡川のトキワカワゴケソウとも同じ種であることが確認されており、生物地理学上の関心が高まりつつある。

しかしながら、その現存量は他地区のカワゴケソウと同様に減らしており、野呂らの論文（1993年）では「1㎡の群落が残っただけ」とあり、その現存が危ぶまれている。現存確認については、南さつま市の調査で5年前に確認できている（現存量不明）。この報告が最後であり、その後現存しているのかもわかっておらず現状が不明であった。

そこで、本研究は、万之瀬川流域に分布するであろうカワゴケソウの現存確認とその分布の現状を把握することを第一の目的とした。また、水質などの生育環境の把握を第二の目的とした。さらに、未解明な部分があるカワゴケソウの生態を明らかにすることを3つめの目的とした。

2 カワゴケソウの現存確認と分布の現状

①カワゴケソウの現存確認

2019年4月から9月にかけて、新の報告（1954）や野呂らの報告（1993）にもある九州電力万之瀬川発電所付近（南さつま市加世田川畑）において探索を行った。すると、図1にあるよう

に万之瀬川水力発電所の直下（St.1～3）と支流である長谷川の本流との合流点直上（St.4）でカワゴケソウを確認することができた。

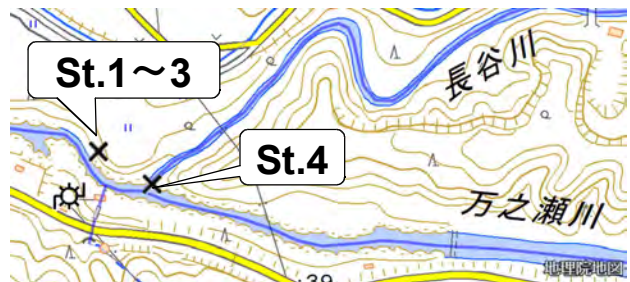


図1：カワゴケソウの分布が確認できたところ

下流よりSt.1と名付けた。

St.3とSt.4の距離は100m離れている。



図2：分布域の写真

上：St.1～3は、万之瀬川の中流域に位置。河川の幅がやや狭くなった場所に位置している。St.1～St.2は9m、St.2～St.3は2m離れている。

下：St.4の写真。ST3より約100m上流。支流の長谷川の本流との合流点直上。万之瀬川の水面よりやや上がった場所にあり、最高点で約3mほど上昇した場所になる。。

②詳細な分布、分布面積の調査

St.1～4について、カワゴケソウの詳細な分布、現存量の確認をおこなった。まず、ドローンを使

って、各点の写真を撮影し、続いて箱めがねで分布域を確認しながら、その写真上に分布位置を記録した。(図3-1～4) 分布面積は、10cm間隔に区切った50cmの方形枠(25の細分枠を持つ)をカワゴケソウが広がる領域に押し当て、カワゴケソウがある部分の細分枠(10cm方形枠)の個数を数えることで、分布域の面積を測定した。(図4) 結果は以下の通りになった。



図3-1 St.1(写真上が上流)… 8ポイント存在。

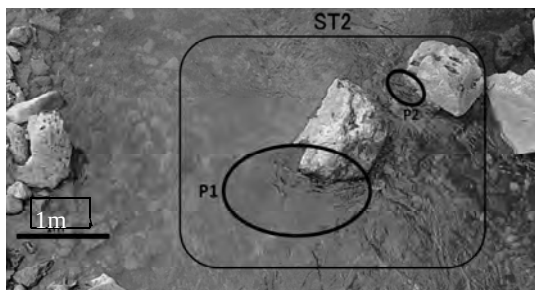


図3-2 St.2(写真上が上流)… 2ポイント存在。

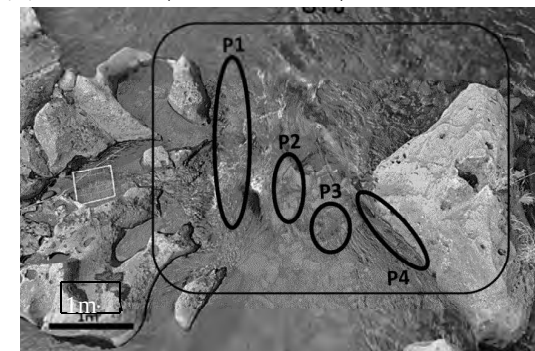


図3-3 St.3(写真上が上流)… 4ポイント存在。

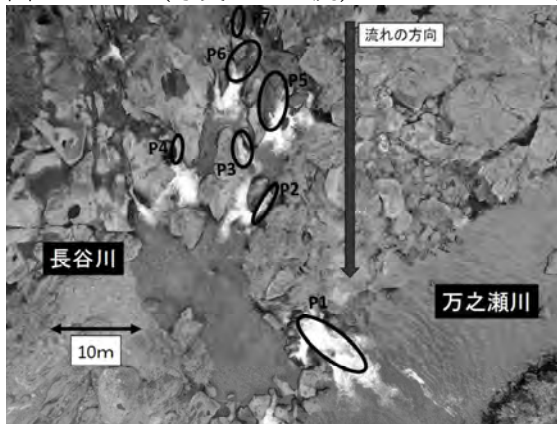


図3-4 St.4(写真上が上流)… 7ポイント存在。

St.1 方形枠数は10cm方形枠の数

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
方形枠数	4	23	7	36	0.25	8	53	42	173

St.2

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
方形枠数	103	22							123

St.3

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
方形枠数	54.5	40	0.5	36					141

St.4

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
方形枠数	173	108	36	6	205	150	26		704

図4：分布域の面積

合計で16.1m²になった。

3 分布域の生育環境

①水質調査

長谷川合流点より上流50m(図2の写真奥;カワゴケソウが見られない、地点Aとした)、St.4、St.3において、パックテスト(株式会社共立理化学研究所)により、水質検査を行った。

(10月13日 16:00 水温19℃)

		地点A	St.4	St.3
COD	(mg/L)	2	2	4
アンモニウム態窒素	(mg/L)	0.2	0.2	0.2
亜硝酸態窒素	(mg/L)	0.1	0.02	0.02
硝酸態窒素	(mg/L)	1	2	1
リン酸態リン	(mg/L)	0.2	0.1	0.05

②流速調査

ボールを浮かべ、5mもしくは2.5m移動する時間を計り、流速を調査した。St.4の各ポイントでの計測の結果、0.6～1.25m/秒の流速があった。

4 考察

今回の調査の結果、ごく狭い範囲であるが生息とその生息域の拡大が確認できた。現在の生息域は、瀬(St.1～3)や滝(St.4)でありいずれも流速が大きいこと、亜硝酸態窒素量から水中の溶存酸素量が大きいと予想されるので、カワゴケソウの生育に好条件が揃った場であり、その保全にとっては大事な場であると考えられる。

文献： 野呂忠秀ら 1993、日本産カワゴケソウ科の分布、植物研究雑誌 68: 253-260。

生10

カマキリの体内に潜む寄生虫について IV ～受動的立場にあるハリガネムシが生き残るには？～ 鹿児島県立曾於高等学校

科学部 生物班

2年 宮田 千穂 藤 康樹

中吉 銀次朗 北川 翔麻

1年 末廣 愛恵 與倉 実優 和田 真里奈

1 Introduction

カマキリの体内にはハリガネムシという寄生虫が寄生していることがある。体長数cm～最大1.0mにもなり、伸縮性はなく、表面はクチクラ(キチン質という多糖類が主成分)で覆われ、乾燥すると針金のように固くなる。ハリガネムシに寄生されたカマキリは生殖能力を失うともいわれている。カマキリ(体長10cm, 腹部直径1.0cm)とハリガネムシ(体長30cm, 太さ1.0mm)の大小の関係を、ヒト(身長170cm, 腹部直径24cm)と架空の寄生虫の関係に当てはめると、その大きさは体長5.1m, 太さ2.4cmという換算結果が得られた。このことから、ハリガネムシの寄生がカマキリの個体サイズ・体内環境・行動等に影響を及ぼすのではないかと考え、2015年に研究を開始した。これまでの研究で分かっていることは以下の通りである。

- ① ハリガネムシの寄生率が高い地域(ホットスポット)が存在している(2015～2017年, 表1)。

表1 採集地点ごとのハリガネムシ寄生率

採集場所	カマキリ			寄生率	
	採集 個体数 (①)	ハリガネムシ		ハリガネムシ 寄生率 (%) (②÷①×100)	ハリガネムシ 複数個体 寄生率 (%) (③÷①×100)
		寄生 個体数 (②)	複数 個体 寄生数 (③)		
今町	25	17	10	68.0	40.0
都城市	甲斐元町	9	0	0.0	0.0
	下長飯町	1	1	100.0	0.0
	姫城町	1	0	0.0	0.0
	曾於高校	21	3	14.3	0.0
曾於市	栄楽公園	10	1	10.0	10.0
	向江公園	4	0	0.0	0.0
	深川	1	0	0.0	0.0
	志布志町	1	1	100.0	0.0
合計	73	23	11	31.5	15.1

- ② ハリガネムシの寄生の有無に関わらずカマキリの個体サイズに変化はない(2015～2017年, 図1)

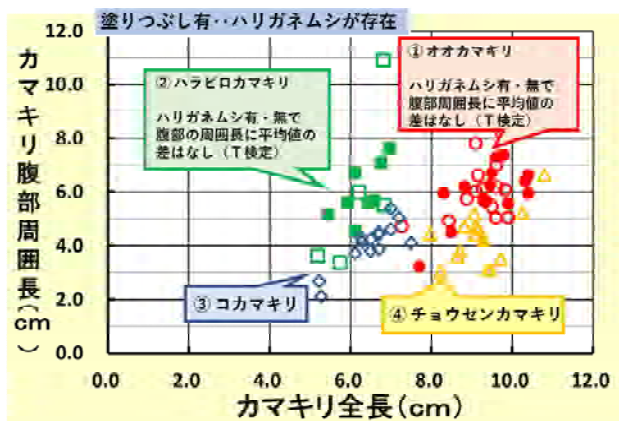


図1 カマキリの腹部の長さと同周囲長

(○…オオカマキリ, □…ハラビロカマキリ)
(△…チョウセンカマキリ, ◇…コカマキリ)

- ③ ハリガネムシはカマキリ腹部の背側で内臓に巻き付いて生息していた(2017年, 図2)。ハリガネムシ寄生個体のうちの1個体のみに卵と卵嚢が形成されていた(2016年, 図3)。



図2 ハリガネムシの姿 図3 ハリガネムシとカマキリの卵嚢

- ④ ハリガネムシがカマキリの体内で大きくなった後、クチクラが次第に形成される。形成完了に伴い、カマキリの内臓への圧迫が強くなると考えられる(図4)。



図4 ハリガネムシのクチクラ形成過程

- ⑤ ハリガネムシがカマキリの腹部末端から出て直接水を感じてカマキリから脱出した個体を1個体確認した(2017年, 図5)。



以上、過去4年間の研究は「カマキリは苦しくないのか？」というカマキリ側の視点に立って研究を進めてきた。しかし、ハリガネムシの視点に立ってみると、カマキリの種や雌雄を選ぶことはできず、成体に至るまでの全てにおいて受動的な立場に置かれている。今回は、受動的な立場にあるハリガネムシが生き残るための道筋を明らかにすることにより、過去3年間の研究結果と併せて、カマキリとハリガネムシの寄生関係に迫ることを目的とした。

2 Methods

平成30年7月から10月にかけて、曾於市、都城市を中心にカマキリの採集を行った。種同定、雌雄判別を行い、10分間ビデオカメラで行動を記録した。デジタルノギスで、全長、腹部の長さ・幅・厚さ、重量を計測した。体内のハリガネムシの有無を予想した後、カマキリを解剖してハリガネムシの有無・カマキリの内臓や卵の状態を確認し、全個体の内臓を撮影した。ハリガネムシの寄生が確認された場合には、全長、太さ、重量を計測し、クチクラの形成状況(色や柄の有無)も記載した。

3 Results & Discussion

- (1) 寄生率はカマキリの種によって違いがあるのか？

7月から10月までに採集したカマキリは104個体でオオカマキリ60個体(オス15, メス45), コカマキリ9個体

(オス4, メス5), ハラビロカマキリ 13 個体(オス5, メス8), チョウセンカマキリ 22 個体(オス19, メス3)だった。これらの解剖により採取したハリガネムシは40 個体で全種による寄生率は38.5%だった(表2)。

表2 ハリガネムシ寄生率と複数個体寄生率(単位は%)

	個体数	寄生 個体数	複数個体 寄生数	寄生率	複数個体 寄生率
オオカマキリ	60	29	5	48.3	8.3
コカマキリ	9	0	0	0.0	0.0
チョウセンカマキリ	22	4	3	18.2	13.6
ハラビロカマキリ	13	7	4	53.8	30.8
総計	104	40	12	38.5	11.5

(2) ハリガネムシの個体サイズはカマキリの種によって違いがあるのか?

寄生していたカマキリの種類ごとにハリガネムシの全長・重量・太さを比較したところ、オオカマキリとハラビロカマキリの体内に寄生しているハリガネムシの重量には有意な差がみられなかった。しかし、オオカマキリに寄生したハリガネムシは長く・細く成長し、ハラビロカマキリに寄生したハリガネムシは短く・太く成長する傾向があることが分かった(表3, 図6)。

表3 ハリガネムシの全長・重量・太さの比較

(単位は cm または g, 平均±標準偏差で表記)

	全長	重量	太さ
オオカマキリ	25.87±5.26	0.31±0.16	0.13±0.03
チョウセンカマキリ	15.75±4.96	0.17±0.05	0.10±0.03
ハラビロカマキリ	20.95±3.15	0.28±0.21	0.15±0.05
全種	23.24±6.06	0.29±0.17	0.13±0.04

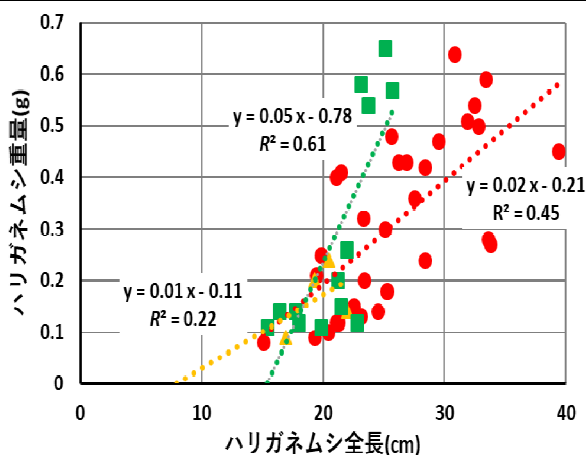


図6 ハリガネムシの全長と重量の関係

●…オオカマキリ ■…ハラビロカマキリ
▲…チョウセンカマキリ

(3) ハリガネムシの個体サイズはカマキリの雌雄や大きさにより違いがあるのか?

ハリガネムシの平均重量を算出したところ、オオカマキリ・ハラビロカマキリでは、雌雄によってハリガネムシの重量に差はみられなかった(表4)。また、カマキリの個体サイズによって体内のハリガネムシの合計重量が変化するかを分析した結果、オオカマキリではカマキリの個体サイズに依存しないが、ハラビロカマキリでは個体サイズが大きくなるほどハリガネムシの重量が大きくなる傾向があった(図7)。

しかし、ハラビロカマキリについてはサンプル数が少なく、今後さらなる分析が必要と考えている。

表4 カマキリと体内のハリガネムシの重量、ハリガネムシのみの重量(単位は g, 平均±標準偏差で表記)

	カマキリと体内のハリガネムシ		ハリガネムシのみ	
	カマキリ オス	カマキリ メス	カマキリ オス	カマキリ メス
オオカマキリ	1.72±0.30	2.99±0.57	0.32±0.12	0.39±0.17
コカマキリ	-	-	-	-
チョウセンカマキリ	1.59±0.22	1.59±0.00	0.22±0.08	0.44±0.00
ハラビロカマキリ	1.23±0.33	2.60±0.62	0.32±0.16	0.69±0.30

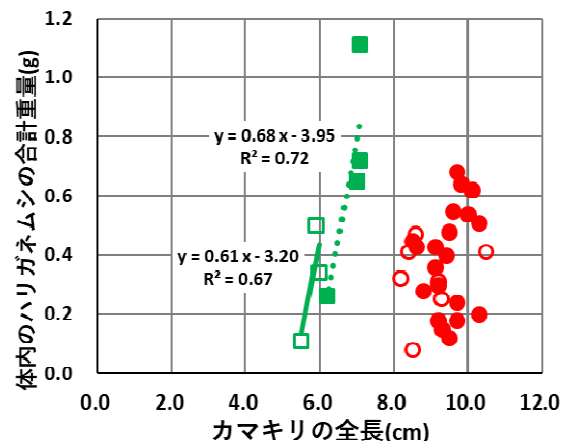


図7 カマキリの全長とハリガネムシの合計重量の関係

○…オオカマキリ □…ハラビロカマキリ
塗りつぶし なし…オス, あり…メス

(4) 1 個体のカマキリに複数個体寄生することはハリガネムシの個体サイズを変化させるのか?

オオカマキリ, ハラビロカマキリでは寄生個体数が増加しても全長と重量に大きな変化はみられなかったが、チョウセンカマキリでは寄生個体数の増加とともに全長と重量が減少する傾向がみられた(表5)。

表5 寄生個体数ごとのハリガネムシの個体サイズ

(単位は cm または g, 平均±標準偏差で表記)

寄生 個体数		オオカマキリ	チョウセン カマキリ	ハラビロ カマキリ
1個体寄生	全長	25.97±5.09	22.00±0	20.80±4.04
	重量	0.34±0.15	0.14±0	0.34±0.23
	太さ	0.14±0.03	0.10±0	0.17±0.06
2個体寄生	全長	25.64±5.65	18.33±1.63	21.3±3.30
	重量	0.26±0.17	0.18±0.06	0.36±0.20
	太さ	0.11±0.04	0.12±0.02	0.16±0.05
3個体寄生	全長	—	10.23±3.14	—
	重量	—	0.07±0.00	—
	太さ	—	0.07±0.01	—
4個体寄生	全長	—	—	20.53±1.80
	重量	—	—	0.13±0.02
	太さ	—	—	0.12±0.01

以上の結果から、ハリガネムシはオオカマキリやハラビロカマキリに寄生できた場合に生存する可能性が高く、さらにはこれらの種の雌雄や個体サイズに成長が依存しないことが明らかになった。