

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06076

研究課題名(和文) 卵の大型化がコオイムシの卵保護と配偶者選択に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the effect of large-sized eggs on paternal care and mate choice in the giant water bug

研究代表者

大庭 伸也 (Ohba, Shin-ya)

長崎大学・教育学部・准教授

研究者番号：20638481

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、コオイムシの卵サイズ変異が繁殖戦略に与える影響を調査した。1. 酸欠の度合いを調査するため様々な水深にそれぞれの卵を設置したところ、卵サイズの大きい北海道、兵庫、鹿児島順に酸欠になりやすいことが確かめられた。オスの保護行動については個体群間で変異はあるものの、地理的な傾向は認められなかった。2. 2オス1メスのトリオでメスの配偶者選択を観察し、北海道から鹿児島島の7個体群間で調査したところ、卵サイズの大きい(繁殖期の短い)北の個体群ほどメスは多く求愛した(中後脚で屈伸運動を行い、波をたくさん起こす)オスを選択する一方、南の個体群ではその傾向は観察されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動物界で稀な父親単独による卵の保護がどのように進化したのか?この問いに答えるために本研究では、コオイムシの体サイズのクラインを用いて自然淘汰と性淘汰の両面から、オスによる卵保護を検討した。体サイズが大きくなると卵保護が重労働化すると予想されるが、そのことを卵の酸欠度合いから定量的に示した。次に卵サイズの大きい個体群ほど、より求愛ができるオスを配偶者として選択する傾向があることを明らかにした。体サイズの大型化は卵サイズの大型化をもたらし、オスの子育てへの関わり方にもかわる。そして、それはメスによる配偶者選択にも波及することを実証できた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the effects of egg size variation on the reproductive strategy of the giant water bug, *Appasus japonicus*. The eggs were placed at various depths to investigate the degree of oxygen shortage, and it was confirmed that Hokkaido, Hyogo, and Kagoshima, which have the largest egg sizes, were most prone to oxygen shortage, in that order. Although there was variation among populations in the egg-care behavior of males, no geographic trends were observed. In a study of female mate choice in a trio of 2 males and 1 female among 7 populations from Hokkaido to Kagoshima, we found that females in northern populations with larger egg size (shorter breeding season) selected more courting males (i. e., made many waves by flexing their middle and hind legs), while this tendency was not observed in southern populations. This was not the case in the southern population.

研究分野：昆虫生態学

キーワード：親による子の保護 性選択 Paternal care

1. 研究開始当初の背景

一般に、昆虫の卵サイズの増加は孵化後の幼虫の生存率を向上させるが、卵サイズが大型になるほどガス交換の効率は低下する。特に、陸上よりも酸素が少ない水中に生息する水生昆虫の場合、卵が大型化すると胚は酸素欠乏になりやすい。たとえば、卵の長さが2倍になると、表面積は4倍、体積は8倍となり、体積当たりの表面積は0.5倍にしかならない。つまり、卵の体積表面積比の違いから、卵サイズが大型化すると体積当たりの表面積が小さくなる。このような物理的制約は水生カメムシ類の産卵場所選択にも大きく影響している。相対的に小さな卵を産むアメンボやマツモムシといった小型種は、水中の溶存酸素だけでも卵の胚発生が可能のため、水中の基質に産卵する。一方、相対的に体が大きく、大きな卵を産むコオイムシ科昆虫では、水中の溶存酸素だけでは窒息しやすいため、水中には産卵しない。コオイムシ科のコオイムシ亜科では卵を背負ったオスが水中と陸上を往復すること、それよりも卵が大きなタガメ亜科では空気中に産卵した卵塊をオスが給水をすることで、水分と酸素供給のバランスをとっている(自然淘汰説; Smith 1997)。このように卵サイズの大型化は繁殖行動や卵保護の仕方を大きく変えるような進化的なイベントであった。しかし、Smith (1997)の仮説だけでは、“なぜオスが卵保護を行うのか”という理由を説明できなかった。その後、節足動物のオスの卵保護の進化起源を総説した Tallamy (2001)は、オスの卵保護自体がメスに対するシグナルとしてメスの配偶者選択に影響する可能性を指摘した(性淘汰説)。この可能性について、Ohba et al. (2016, 2018)は、コオイムシ科昆虫で初めて、メスは卵を保護していないオスよりも卵保護中のオスを好むことを明らかにした。つまり、一旦、オスの卵保護が進化すると、メスの配偶者選択によってオスの卵保護行動は、維持・洗練化されていくと予想される。

以上のように、コオイムシ科昆虫では、卵サイズの大型化(自然淘汰)と性淘汰がオスの卵保護の進化のキーとなっている。しかし、卵サイズの大型化がオスの保護行動へどのように影響し、ひいてはメスの配偶者選択にどのような影響を及ぼすのかという詳細は、国内外を含め、これまでに調べられていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、コオイムシ科昆虫において、卵サイズの増加がオスの卵保護行動やメスの配偶者選択にも影響するかどうかを明らかにすることである。上述の通り、自然淘汰と性淘汰の双方が繁殖行動に与える影響を明らかにするための実証研究を行う。国内に広域的に分布するコオイムシは、これまでの調査から、個体群ごとの体サイズに地理的変異が存在することが分かっている。また、体サイズが大きな個体群では、卵も大きいため、オスによる卵への酸素供給がより重要(雄にとっては重労働)になると予想される。加えて、自身の卵を託すメスの視点から考えると、大きな卵を産むメスは、より慎重に配偶相手を選ぶように進化するだろう。つまり、(1)体(卵)サイズの大型化の結果として、物理的にその卵を保護するオスの行動が重労働化、それに伴い、(2)メスの配偶者選択にも波及すると予測されるが、これを実証した研究は世界的にも皆無である。

3. 研究の方法

本研究では以下の項目について調べた。

(1) 個体群ごとの体サイズ、卵サイズに関する調査

日本各地(北海道~九州)からコオイムシを採集し、成虫の体サイズ、卵サイズを調査した。さらに、卵サイズが大きいほど胚が酸欠になりやすいという仮説を検証するため、北海道、兵庫、鹿児島個体群のメスが産卵した卵塊をオスの背中から取り外してさまざまな水深の水に浸し、水深ごとの孵化率を調査した。また、オスの上陸頻度を北海道、茨城、兵庫、長崎個体群で調査した。

(2) メスの配偶者選択の個体群間比較

コオイムシ科昆虫では、オスが中後脚で屈伸運動を行い、波を起こしてメスに対して求愛を行う。室内条件下でメスの配偶者選択を調査し、北海道、東北、関東、関西、九州の7個体群間で比較した。コオイムシとオオコオイムシの種間比較では、卵サイズの大きな後者の方が、メスは求愛頻度が高いオスを選びやすいことが分かっている(Ohba et al. in prep.)ため、体サイズが大きい個体群ほどメスの配偶者選択が厳しくなると予想される。

(3) オスが保護している卵塊の父性の個体群間比較

オスの卵保護を行う動物では、オスの保護行動が重労働化すると父性(オスが背負う自分の仔の割合)が高まることを予測されている(Requena & Alonzo 2017)。すなわち、今回注目するコオイムシでは体(卵)サイズが大きな個体群ほど、酸欠解消のためのオスの保護行動が重労働化すると予測されるので、オスの父性が高まると期待される。

4. 研究成果

(1) 個体群ごとの体サイズ、卵サイズに関する調査

北に行くほど体サイズが大きくなり、同様に卵サイズも相関して大きくなった。酸欠の度合いを調査するため様々な水深にそれぞれの卵を設置したところ、卵サイズの大きい北海道、兵庫、鹿児島順に酸欠になりやすいことが確かめられた。オスの保護行動については個体群間で変異はあるものの、地理的な傾向は認められなかった。

(2) メスの配偶者選択の個体群間比較

2オス1メスのトリオでメスの配偶者選択を観察したところ、卵サイズの大きい(繁殖期の短い)北の個体群ほどメスは多く求愛した(中後脚で屈伸運動を行い、波をたくさん起こす)オスを選択する一方、南の個体群ではその傾向は観察されなかった。卵サイズと繁殖期の長さのどちらが重要なのかは今後さらにサンプルを追加して調査する必要がある。

(3) オスが保護している卵塊の父性の個体群間比較

サンプル収集の途中であり、東北地方のサンプルは新型コロナウイルスの感染拡大による出張自粛と悪天候によりまだ取得できていない。また、収集したサンプルについて解析する予定であるが、予算不足のため実施できていない。今後も継続してサンプル収集と解析を実施する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ohba S, Matsuda I	4. 巻 (66)
2. 論文標題 Discovery of geographical variation of death-feigning in <i>Appasus japonicus</i> (Heteroptera: Belostomatidae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Rostria	6. 最初と最後の頁 22-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 田中慶治・大庭伸也
2. 発表標題 コオイムシの配偶システムに関する研究.
3. 学会等名 長崎県生物学会第51回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 依田剛明・大庭伸也・佐藤幸恵
2. 発表標題 筑波山麓に生息する準絶滅危惧種コオイムシの野外個体数と季節消長
3. 学会等名 第33回日本環境動物昆虫学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoda G, Ohba S, Sato Y
2. 発表標題 Paternal care is costly but not so large in the giant water bug <i>Appasus japonicus</i>
3. 学会等名 Ecology Across Borders 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木智也・谷野宏樹・大庭伸也・川野敬介・関根一希・Bae Yeon Jae・東城 幸治
2. 発表標題 ゲノムワイドな系統解析から明らかになったコオイムシの進化史
3. 学会等名 日本昆虫学会第81回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大庭伸也・松田彩葉・大浦ひなた・山田知帆乃・吉村愛菜
2. 発表標題 コオイムシにおける配偶者選択の個体群間比較
3. 学会等名 日本生態学会第68回（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大庭伸也・松本弥優・大浦ひなた・吉村愛菜
2. 発表標題 コオイムシの卵サイズと生活史に関する個体群間比較
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松川直輝・大庭伸也
2. 発表標題 コオイムシ類におけるオスの求愛 卵保護行動の関係性に関する種間比較
3. 学会等名 長崎県生物学会第50回大会（みなし開催）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大庭伸也
2. 発表標題 コオイムシ類のオスによる卵保護行動と配偶者選択
3. 学会等名 水生昆虫談話会 第465回例会（オンライン）（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	東城 幸治 (Tojo Koji) (30377618)	信州大学・学術研究院理学系・教授 (13601)	
研究分担者	鈴木 智也 (Suzuki Tomoya) (30739503)	京都大学・地球環境学堂・特定研究員 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------