

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 1 日現在

機関番号：16401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23870024

研究課題名（和文） 水圏生物の社会性研究—新たなモデルシステムの構築を目指して

研究課題名（英文） Development of a new model system for studying the sociality in aquatic organisms

研究代表者

三浦 収 (MIURA OSAMU)

高知大学・教育研究部総合科学系・特任助教

研究者番号：60610962

研究成果の概要（和文）：集団生活をする生物には、しばしば高度な役割分担がみられることがある。このような「社会性」は水圏生態系ではあまり報告されていない。しかし、最近の研究でアメリカの潮間帯に生息する二生吸虫が社会性を持つことが報告された。本研究では、さらに日本沿岸域に生息する二生吸虫においてもアメリカのものと類似した社会性が見られることを確認した。これらの結果は、二生吸虫の社会性が地理的に広い範囲で見られることを示している。

研究成果の概要（英文）：There are many examples of reproductive division of labor in terrestrial animal societies, but only a few have been reported in aquatic systems. A recent study discovered social organization of a trematode parasite in a marine system in the US. In this study, I found similar social organizations in trematodes in Japan. This finding suggests that sociality in trematodes is geographically widespread.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：二生吸虫、社会性、水圏生態系

1. 研究開始当初の背景

集団生活をする生物には、しばしば高度な役割分担がみられることがある。このような「社会性」は、アリ・ハチ・アブラムシなどの社会性昆虫を始めとする多様な陸上生物で確認されている。陸上における社会性生物は、地理的に広く分布し、さらに非常に大きな生物量を誇っている。それに対して水圏生態系では、一部の甲殻類やイソギンチャク等での社会性の報告はあるものの、多様性・分布共に非常に限られている。このような状況の中、潮間帯の巻貝に寄生する二生吸

虫が社会性を持っているという驚くべき研究結果がアメリカから報告された (Hechinger et al. 2011)。

二生吸虫は巻貝を第一中間宿主として、魚類や鳥類などを終宿主とする寄生虫である。巻貝に感染した二生吸虫は貝の体内で単為生殖を行い、レジアというクローン幼生を大量に生み出す。社会性を持つ二生吸虫では、レジア幼生はセルカリア幼生を生産する繁殖レジアと、生産には関わらずに外敵の排除に特化した兵隊レジアの二つのタイプに分化する。兵隊レジアは繁殖

レジアよりも小型であるが活動的であり、巻貝への侵入者を排除する役割を果たしている。これに対して、繁殖レジアは攻撃行動をほとんど行わない。このような役割分担をして、二生吸虫はより効果的に子孫を残す戦略をとっている。

二生吸虫は、水圏生態系の中で比較的大きなバイオマスを持ち、さらに地理的に広く分布する生物である。上記のような二生吸虫の社会性が他の二生吸虫種でも広く見つかれば、水圏生物の社会性を研究する上で優れたモデルシステムを構築できる可能性がある。

2. 研究の目的

上記の様に、二生吸虫は水圏の社会性研究の代表的なモデル生物となる可能性を持っている。しかしながら、二生吸虫の社会性は最近発見されたばかりであり、社会性がどの程度の地理的・分類学的範囲で見られる現象なのか、その全容は未だ明らかにはなっていない。そこで本研究では、二生吸虫の社会性の全容解明のための第一歩として、日本沿岸に生息するホソウミナに寄生する二生吸虫が、アメリカで発見された社会性と同様または類似した社会性を持っているかを検討した。

3. 研究の方法

(1) 二生吸虫の宿主であるホソウミナを、宮城県の干潟で採集した。得られたホソウミナを研究室に持ち帰り、実体顕微鏡下で解剖して二生吸虫の感染の有無を調べた。さらに、生物顕微鏡を用いて二生吸虫の種判別を行った。ホソウミナの体内から見出された *Philophthalmid* sp. I, *Philophthalmid* sp. II, *Acanthoparyphium* sp. I の3種の二生吸虫について以下のような形態測定及び行動実験を行い、社会性の有無を検討した。

(2) 上記3種の二生吸虫のレジア幼生を乱数表と番号を振ったグリッドを用いて任意に選び、合計1677個体について長さ及び幅の測定を行った。顕微鏡下のレジア幼生を専用のデジタルカメラで撮影し、その画像を基に画像解析ソフトを用いて測定した。レジア幼生の形態は円柱状であるため、上記の測定結果を基に円柱の体積を求め、レジアの体積を算出した。さらに、それぞれのレジア幼生の口吻を顕微鏡で拡大し、その長さ及び幅を測ることで、同様に体積の算出を行った。

(3) 上記の計測とは別にレジア幼生を用意し、それを小型容器と培養液を用いて飼育した。その際に、兵隊型と思われる小型個体と、繁殖型と考えられる大型個体とを同じ容器で飼育して、兵隊型個体の攻撃反応を観察した。兵隊がどの程度の範囲を敵と認識するのかを調べるために、

同じコロニーから得られた個体同士や、異なるコロニーから得られた個体同士、そして別種の個体同士の組み合わせを作り、どの組み合わせの時に兵隊の攻撃反応がどの程度生じるかを測定した。

(4) 宿主体内における小型個体と大型個体の比率を求めるために両者をカウントした。また、両者の分布パターンを明らかにするために、宿主を頭部・胴体部・生殖巣の3つの部分に切断し、それぞれの部位を顕微鏡下で詳しく観察した。それぞれの部位について小型個体と大型個体の頻度をカウントした。

4. 研究成果

(1) 形態計測の結果、調査した3種の二生吸虫のレジア幼生には明らかに形態が異なる2つのタイプがあることが明らかとなった。一つは大型で盛んに幼生生産をして、体内に多くの幼生を保有しているタイプ、そしてもう一方は、小型で体内に幼生が全く見られないタイプである(図1)。さらに、興味深いことに小型個体は大型個体に比べて体サイズで標準化した口吻の大きさが有意に大きいことが明らかとなった。口吻は外敵と戦う際の主要な武器である。したがって、体のサイズが小さいにもかかわらず大きな口吻を持つ小型個体は外敵との戦いに適したタイプだと考えられる。また、小型個体は、体内に幼生を持たないため、不妊のカーストであることが考えられる(この後の説明では小型個体を兵隊レジア、大型個体を繁殖レジアと呼ぶ)。

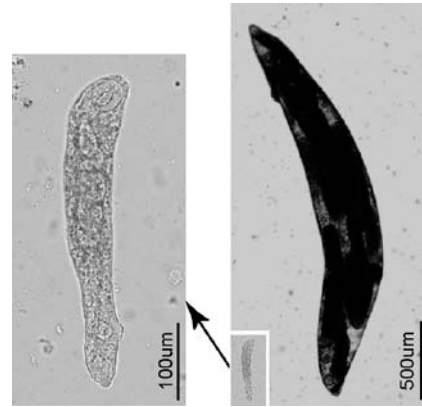


図1. *Philophthalmid* sp. Iの兵隊レジア(左)と繁殖レジア(右)。繁殖レジアの写真の左下には兵隊レジアを同じスケールで示した。

Philophthalmid sp. IIと*Acanthoparyphium* sp. Iにおいても同様の兵隊レジアと繁殖レジアが見つかった。

(2) 様々な組み合わせでレジア幼生を飼育したところ、兵隊レジアの攻撃反応に興味深い法則性が見えてきた。どの種の兵隊レジアも同じコロニーから得た繁殖レジアを攻撃することはなかつ

た。それとは対照的に、兵隊レジアを他種の繁殖レジアと一緒に飼育した場合には、多くの場合に兵隊レジアに攻撃反応が観察された。この攻撃反応は、他種のレジアの侵入から自身のコロニーを守るための行動であると考えられる。それに対し、兵隊レジアは同種の異なるコロニーから採集された繁殖レジアに対しては攻撃行動を見せなかった。これらのことは、兵隊レジアが他種の二生吸虫のみを敵として見分けていることを示している。冒頭で紹介した Hechinger et al. (2011)の研究では、アメリカの二生吸虫は同種異コロニーの個体を識別して攻撃することが報告されている。日本で確認された3種の二生吸虫は、アメリカの二生吸虫とこの部分で性質が異なっていることが分かった。また、兵隊レジアは組み合わせによっては強い攻撃反応を示したものの、繁殖レジアはどのような組み合わせにおいても殆ど攻撃反応を示さなかった。このことは、繁殖レジアがコロニーの防衛にあまり寄与していないことを示している(図2)。

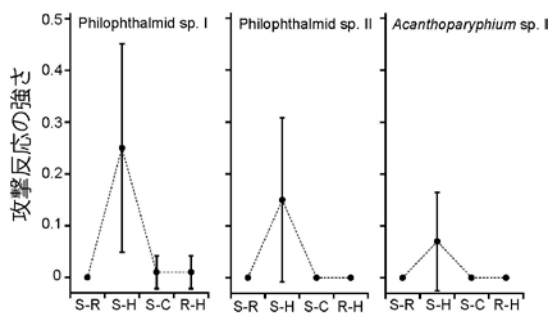


図2. 各種レジアの攻撃反応の強さ。S-Rは同コロニーの兵隊と繁殖レジア、S-Hは兵隊と他種の繁殖レジア、S-Cは兵隊と同種異コロニーの繁殖レジア、そしてR-Hは他種の繁殖レジア同士を一緒にの容器で飼育した際に観察された攻撃反応を示す。どの種においても、兵隊と他種の繁殖レジアとを飼育した際に強い攻撃反応が観察された。

(3) 二生吸虫のカースト比率は、種ごとに大きく異なっていた。兵隊の比率は、Philophthalmid sp. IIで最も高く、全レジアの約80%が兵隊であった。それに対して、Acanthoparyphium sp. Iでは兵隊の比率は低く、全レジアの約20%程度であった。Philophthalmid sp. Iではこれらの中間の値をとり、約50%が兵隊であった(図3)。カースト比率は、社会性の構造を決定するとても重要な要因の一つである。二生吸虫はおそらく、兵隊の比率を変えることで防衛と生産のバランスをとっていると考えられる。今後この部分をさらに深く掘り下げることでカースト比率の決定要因を明らかにしていきたい。

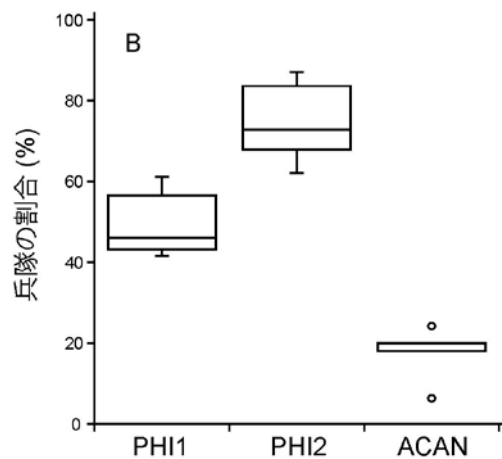


図3. 各二生吸虫における兵隊の比率。PHI1はPhilophthalmid sp. I、PHI2はPhilophthalmid sp. II、そしてACANはAcanthoparyphium sp. Iを示す。

(4) 兵隊レジア・繁殖レジアの宿主体内での分布を調べたところ、繁殖レジアと兵隊レジアの分布には大きな違いがあることが分かった。繁殖レジアは、豊富な栄養分があり、また、敵の侵入部位からも最も離れた場所である宿主の生殖巣で多く観察された。それに対して、兵隊レジアは宿主の頭部や胴体部で多く発見された。頭部は外敵である他種の二生吸虫の侵入に晒されている場所である。兵隊レジアは自身のコロニーを守るために、防衛の最前線に配置されていると考えられる。

(5) これらの結果から、日本の潮間帯の巻貝に寄生する二生吸虫においても、役割の大きく異なる「兵隊」と「繁殖」個体がいることが確認できた。本研究も含めて現在までに、二生吸虫の社会性は日本・アメリカ・オセアニアで報告されている。これらのことから、この社会性は世界の広い範囲で見られる現象であると考えられる。また、今回日本で見つかった二生吸虫は同種内でのコロニー認識をしないところが、アメリカの二生吸虫の社会性とは異なっていた。このことは、二生吸虫の社会形態にはある程度の多様性があることを示している。今回の研究で用いられた二生吸虫は分類学的にはアメリカの二生吸虫と類縁関係にある。したがって、分類学的な広がりを検討するためには、今後さらに広い分類群を用いた研究が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- (1) Miura, O., Köhler, F., Lee, T., Li, J., O'Foighil (2013) Rare, divergent Korean *Semisulcospira* spp. mitochondrial haplotypes have Japanese sister lineages. *Journal of Molluscan Studies* 79, 86-89. 査読有, doi: 10.1093/mollus/ey036
- (2) Miura, O., Sasaki, Y., Chiba, S. (2012) Destruction of populations of *Batillaria atramentaria* (Caenogastropoda: Batillariidae) by tsunami waves of the 2011 Tohoku Earthquake. *Journal of Molluscan Studies* 78, 377-380. 査読有, doi: 10.1093/mollus/ey025
- (3) Miura, O. (2012) Social organization and caste formation in three more parasitic flatworm species. *Marine Ecology Progress Series* 465, 119-127. 査読有, doi: 10.3354/meps09886

[学会発表] (計 6 件)

- (1) 三浦 収 「大津波は海岸生物にどのような影響を与えたのか: 仙台湾沿岸のウミナメの生息状況の変化」第 60 回日本生態学会大会、2013 年 3 月 7 日、グランシップ(静岡県)
- (2) 三浦 収 「巻貝の中に広がる寄生虫の世界」第 59 回日本生態学会大会、2012 年 3 月 20 日、龍谷大学(滋賀県)

[その他]

研究代表者ホームページ

<http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~miurao/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

三浦 収 (MIURA OSAMU)

高知大学・教育研究部総合科学系・特任助教
研究者番号: 60610962