

公益財団法人 水産無脊椎動物研究所

# うみうし通信

2026.3  
No.  
130



シラナミドリガイ

奄美大島 2026.1 撮影/今本 淳

おいしいイダコのおもしろい摂餌生態——阿波 望

ホソコエビ属の営巣によるトゲナシヤギ（八放サンゴ綱）の成育阻害——星野 修ほか

深海熱水噴出域の生態学：幼生の海洋表層分散——矢萩 拓也

財団からのお知らせ

# おいしいイダコのおもしろい摂餌生態

水産研究・教育機構 水産資源研究所 阿波 望 (Awa, Nozomi)

## 1. 水産資源としてのイダコ

イダコ *Amphioctopus fangsiao* は朝鮮半島や東シナ海、北海道南部以南の沿岸域に分布する小型のタコである(奥谷, 2017)。日本人は約1800年前の弥生時代から貝殻やつぼ型の漁具を使ってイダコを漁獲し、“おいしい”水産資源として利用してきた。現在は、主に瀬戸内海で蛸つぼや小型底びき網により漁獲される(水産研究・教育機構ほか, 2025)。しかしながら、イダコの漁獲量は近年急激に減少している。香川県高松市の中央卸売市場における取扱量は、2002年頃をピークに減少の一途をたどり、現在はピーク時の100分の1以下となっている(香川県, 2025; 図1)。本種の資源保全が求められており、主要な生息域である瀬戸内海では貝殻に産卵したイダコの放流や完全養殖個体の飼育手法の開発が行われている(中山, 2022)。本種が近年急激に減少した原因を明らかにするためには、本種がどのような生活史をもち、海洋環境の変動とどのように関係しているのかを紐解いていく必要がある。しかし、本種がどのような環境で約1年の寿命を終えるのかを明らかにし

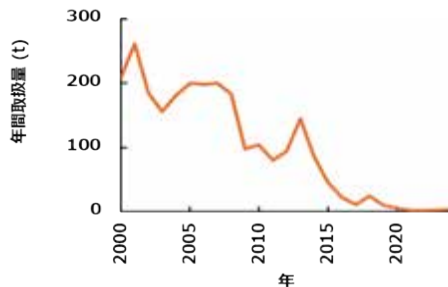


図1 香川県中央卸売市場におけるイダコの年間取扱量の推移 (2000~2024年)

た研究は少なく、卵からふ化直後の稚ダコの行動生態については不明な点が多い。そこで本研究では、自然環境下でイダコが生きていくために必要な餌の種類や大きさ、摂餌行動の特徴について調査し、本種の資源保全に資する知見を得ることを目的とした。

## 2. イダコの特徴

タコ類の繁殖特性は、産卵する卵の大きさと産卵数により“大卵少産型”と“小卵多産型”の2つに分けられる。イダコは大卵少産型であり、名前の由来である米粒状の直径7mmほどの卵(図2)を100個前後産卵する。一方、小卵多産型であるマダコは、直径2~3mmほどの卵を10~20万個産卵する(図3)。岩陰に房状の卵がいくつも連なる様子が藤の花のように見えることから、“海藤花”と呼ばれる。このような繁殖特性の違いにより、ふ化直後の稚ダコの姿や生態も大きく異なる。小卵多産型のマダコのふ化直後の稚ダコは、腕に数個の吸盤をもち、海中で浮遊幼生として1か月ほど過ごした後、着底する。一方、大卵少産型のイダコの稚ダコは腕に30個前後の吸盤をもち、浮遊期間を経ることなくふ化直後から海底での生活を始める。様々な捕食者がいる海底環境で生き残るために、稚ダコは様々な能力をある程度身につけてふ化すると考えられる。特に、稚ダコ期の生存のためには餌の獲得が欠かせない。自身の被食リスクを極力小さくし、餌を獲得し成長するためにはどのような生存戦略をもつのだろうか。そこで、ふ化直後のイダコの稚ダコがどのような餌生物を好み、捕食するのかを稚ダコを飼育しながら継続的な行動撮影実験を行うことで調査した。本稿では、研究から明らかになった稚ダコ期の摂餌生態から考えられる稚ダコの生存戦略について、飼育や行動撮影実験のおもしろさとともに紹介する。

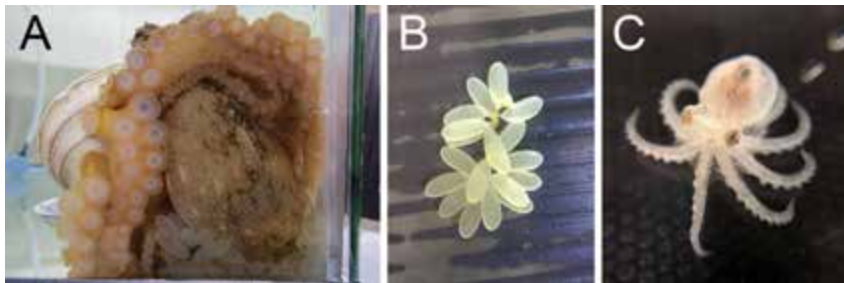


図2 イダコの成長過程。A: 卵を保護する雌ダコ B: 卵の一部 C: ふ化直後の稚ダコ

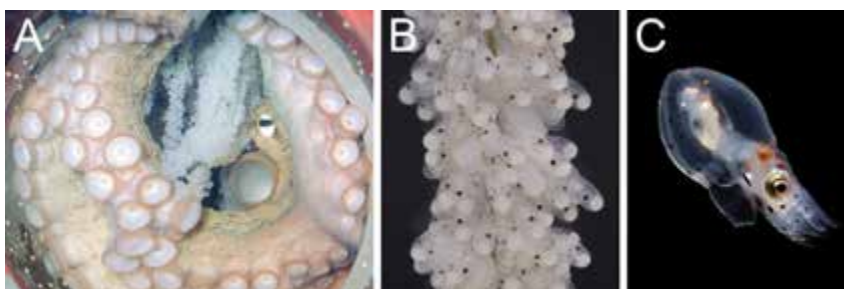


図3 マダコの成長過程。A: 卵を保護する雌ダコ B: 発生が進行した卵 C: ふ化直後の稚ダコ

### 3. 卵から始まる10か月の稚ダコ飼育

本研究は、稚ダコの飼育と行動撮影実験を並行して行った。2月に岡山県で漁獲された成熟した雌のイダコを研究室へ搬送し、水槽内で産卵した卵を使用した。卵はふ化までの約3か月の間、培養装置（図4A）を用いて維持した。培養装置内でふ化した稚ダコを網ですくい、番号を付けた容器へ入れて1個体ずつ収容して飼育を行った（図4B）。ふ化直後の稚ダコが装置内で逃げ回り、装置の外へ逃げた稚ダコが水流装置に巻き込まれて死亡する恐れがあるため、培養装置から稚ダコを取り出す瞬間は常に緊張感が伴う。培養装置から無事回収された稚ダコは、1個体ずつ容器にいれ、解凍した冷凍のアキアミや海岸で採集した巻貝やアサリの稚貝等を手渡しで与えて飼育を行った。余談であるが、毎年200個体近い稚ダコを同時に飼育する中で、個体の個性を実感することがある。例えば、ふ化から30日を過ぎた稚ダコは餌を与える人間の目をめがけて水を噴射する行動（図4C）や、瞳孔を開いて威嚇する行動（図4D）を示すようになる。ちなみに、著者らは瞳孔を開くイダコの行動がアカエイへの擬態にも用いられることを最近報告した（Nakayama et al., 2025）。このような行動はすべての個体で観察できるわけではなく、個体や成長の度合いにより千差万別である。このように、同時に多くの稚ダコを飼育する中で、様々な表情や行動の変化を実感できる点は、1年の寿命の中で急成長を遂げるイダコならではのおもしろさである。

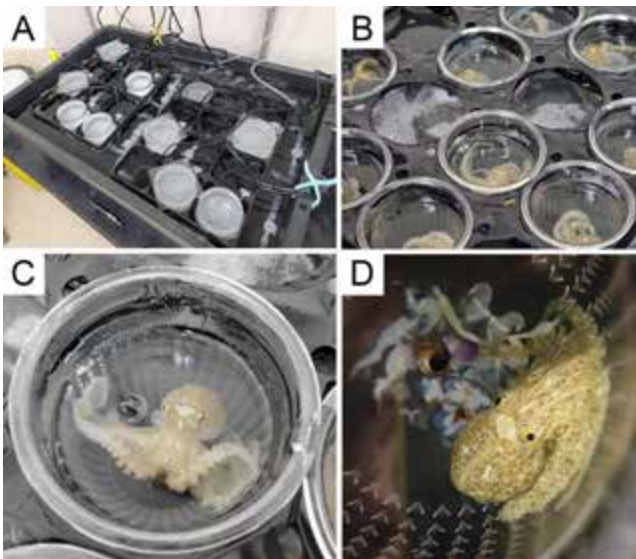


図4 卵培養と個別飼育に使用した装置と稚ダコの様子。A：水槽内で産卵した卵を維持するための卵培養装置 B：稚ダコを飼育するための個別飼育装置 C：漏斗から水を吹き出す稚ダコ D：瞳孔を開いて威嚇する稚ダコ

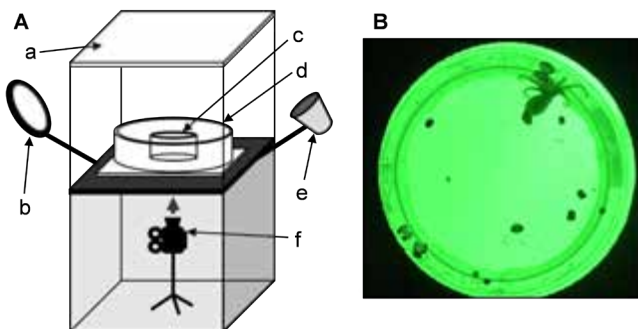


図5 撮影実験に用いた装置の概略図と撮影した動画の様子。A：2段のメタルラックの上段に水槽、下段にカメラを設置した撮影装置 B：アサリを捕食した稚ダコの様子（Awa et al. 2024より改変）

### 4. 稚ダコの行動撮影実験

次に、撮影方法についてである。稚ダコの飼育を行いながら、図のような装置（図5A）を用いて行動撮影を行った。円柱状のアクリル水槽（図5A-c）に稚ダコ1個体と3種類の餌生物を入れ、水槽の底から1回24時間の動画撮影を行った（図5A-f）。餌生物には小型の巻貝であるタマキビ、アサリの稚貝、およびイサザアミを7個体ずつ使用し、ランダムに配置となるように水槽に入れた。これらの餌生物に対する捕食行動を水槽の底面から撮影した。このような撮影を同じ4個体の稚ダコに対してふ化直後（0日齢）からふ化後50日（50日齢）まで行った。

実験で得た約1,000時間の動画データは、①稚ダコが選んだ餌生物の種類、②餌生物を食べ終わるまでの時間、および③稚ダコが餌生物を選んだ順番について記録しながら観察を行った。

### 5. 稚ダコの捕食行動

本種の稚ダコはふ化した当日からアサリ、タマキビ、およびイサザアミを捕食可能であり、生まれながら複数の餌生物を捕食する能力を有することが判明した。さらに、稚ダコが捕食した餌生物の種類は成長に伴って変わり、特に貝類に対する選好性の変化が顕著であった。ふ化直後から25日齢ごろまではタマキビやイサザアミが占める割合が高く、30日齢以降からアサリの割合が高くなり、二枚貝を好んで選ぶようになることがわかった。

次に、各餌生物に対する稚ダコの捕食行動の共通点は、“軟らかい部分のみを食べる”ということにある。実験で得た動画データから、アサリやタマキビの軟体部やイサザアミの筋肉部分のみを食べ、殻や外骨格などの硬い部分は捨てる様子が確認できた。実際に撮影実験後の水槽内には、貝類の殻やイサザアミの薄い外骨格が残っていた。

成体のタコにおいても巻貝、二枚貝、および甲殻類に対して同様の捕食行動が確認されている。タコ類の唾液には麻痺性の毒と消化液が含まれている。これを餌生物に注入し、ある程度軟らかくしたうえで食べることが知られている（浜田, 1974; Nande et al., 2017）。このような摂餌方法は外部消化とよばれ、本研究ではふ化直後の稚ダコでも外部消化を駆使した摂餌を行



図6 二枚貝の殻を腕で開き開ける稚ダコの様子

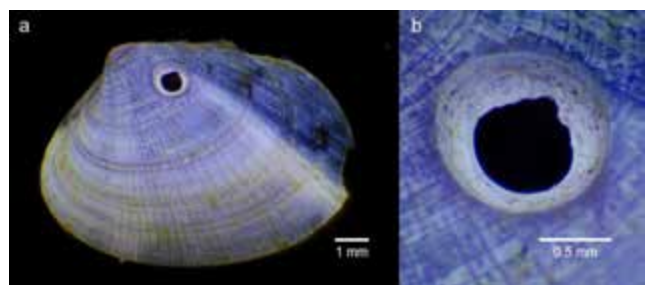


図7 50日齢の稚ダコが穴をあけて食べたアサリの殻の様子（Awa et al. 2024より抜粋）

うことが観察された。さらに、貝類に対する摂餌行動では、貝の大きさに応じて殻に穴をあける行動も報告されている。動画観察から確認した二枚貝に対する摂餌行動では、殻を左右に引き開けて食べる様子が観察できた(図6)。本実験では50日齢に達した1個体のみで穴あけ行動が確認された(図7)。そのため、本研究が対象としたふ化直後から50日齢ごろまでは小型の貝類や甲殻類を捕食し、成長に伴い、より高度な捕食行動(穴あけ等)を身につけていくと考えられる。

## 6. 効率よく餌を食べる能力

次に、餌生物を食べる能力について紹介する。本研究では、稚ダコの“エネルギー摂取効率 (E/H)”を用いて、稚ダコの餌生物を食べる能力の変化を調査した。エネルギー摂取効率 (E/H) は、餌生物のエネルギー量 (E: ジュール) を餌の捕獲から食べ終わるまでに要した摂餌時間 (H: 秒) で除した値とした。この値が大きいほど短い時間で多くのエネルギー量を得た、エネルギー摂取効率の高い摂餌行動であることを指す。

撮影実験にて観測されたすべての摂餌行動について、エネルギー摂取効率を算出した結果、稚ダコのエネルギー摂取効率 (E/H) は成長に伴い増加し、エネルギー摂取効率が高くなっていくことが示された。その要因として、摂餌時間 (H) の短縮と、サイズの大きい餌生物を捕食可能になったことが挙げられる。特に、アサリを食べた際の摂餌行動のエネルギー摂取効率(図8A)は、他の餌生物に比べて顕著な増加傾向を示した。この要因としては、摂餌時間の短縮とより大きなアサリを捕食可能になったことが挙げられる。摂餌時間は、ふ化直後から25日齢までの時期は平均30分前後だったが、30~50日齢の稚ダコは8分前後であり、約4分の1以下と短くなった。また、アサリの被食サイズは0日齢(体重0.1g前後)の稚ダコは最大殻長5mm前後までのアサリしか捕食できなかったが、50日齢(体重5g前後)の稚ダコは最大12mmのアサリを捕食可能となった。さらに、稚ダコは成長に伴いアサリを選択する傾向にあることから、24時間の中で食べたすべての餌生物の総エネルギー

量と摂餌時間の合計から算出したエネルギー摂取効率(図8D)も成長に伴い増加したと考えられる。

イダコの腕には様々な大きさの吸盤があり、稚ダコが二枚貝の引き開けに用いる特定の吸盤の直径や成長速度が大きいことが確認されており、成長に伴い二枚貝の捕食に適した形態になると考えられる。そのため、成長に伴う吸盤や腕の力の発達により摂餌時間の短縮と餌生物サイズの拡大が可能となり、摂食能力が発達するものと考えられる。

## 7. エネルギー摂取効率を重視した餌生物の選択

タコ類は海底環境で様々な餌資源を利用する。成長に伴い餌生物を探す範囲や捕食能力が発達することにより、より多くの種類の餌生物が利用可能になると考えられる。そこで、稚ダコが食べた餌の順番に着目し、より短い時間で多くのエネルギーを獲得できる餌生物から優先的に捕食するのではないかと仮説の検証を試みた。

稚ダコが24時間の中で捕食した餌生物のうち、初めに選んだものから8番目までの餌生物の捕食行動についてエネルギー量 (E)、摂餌時間 (H)、およびエネルギー摂取効率 (E/H) を算出し、その値を比較した(図9)。その結果、稚ダコは30日齢(体重2.5g)を境に餌生物の選択基準を変更していることが示唆された。

30日齢ごろ(体重2.5g未満)までの時期は、4番目までにタマキビを多く選択する傾向があった(図9A)。タマキビは実験で使用した餌生物の中で1gあたりのエネルギー量 (E) が最も高い一方で、軟体部を取り出す等の時間を要することから摂餌時間 (H) が長くかかる傾向にある。そのため、この時期の稚ダコは時間を要してでもエネルギー量が多い餌生物を選択することが示された(図9E, G)。

30日齢以降の稚ダコでは、アサリやイサザアミを選択する割合が高い。また、1番目から3番目の摂餌行動の時間が短く、エネルギー摂取効率の高い摂餌行動になる傾向があった(図9H)。そのため、この時期の稚ダコは、摂餌に要する時間が比較的短く、多くのエネルギーが得られる餌生物を優先的に選択することが示された。

イダコの稚ダコは、ふ化直後から親の保護を受けることなく餌生物を探し、捕獲しなければならない。しかし、捕食者が多く生息する海底環境においては自身が被食されるリスクも伴う。つまり、稚ダコが生き残るためには、自身の飢餓と捕食者による被食という、トレードオフの関係にある2つのリスクをバランスしなければならない。本研究の結果は、被食リスクが高いふ化後間もない時期の稚

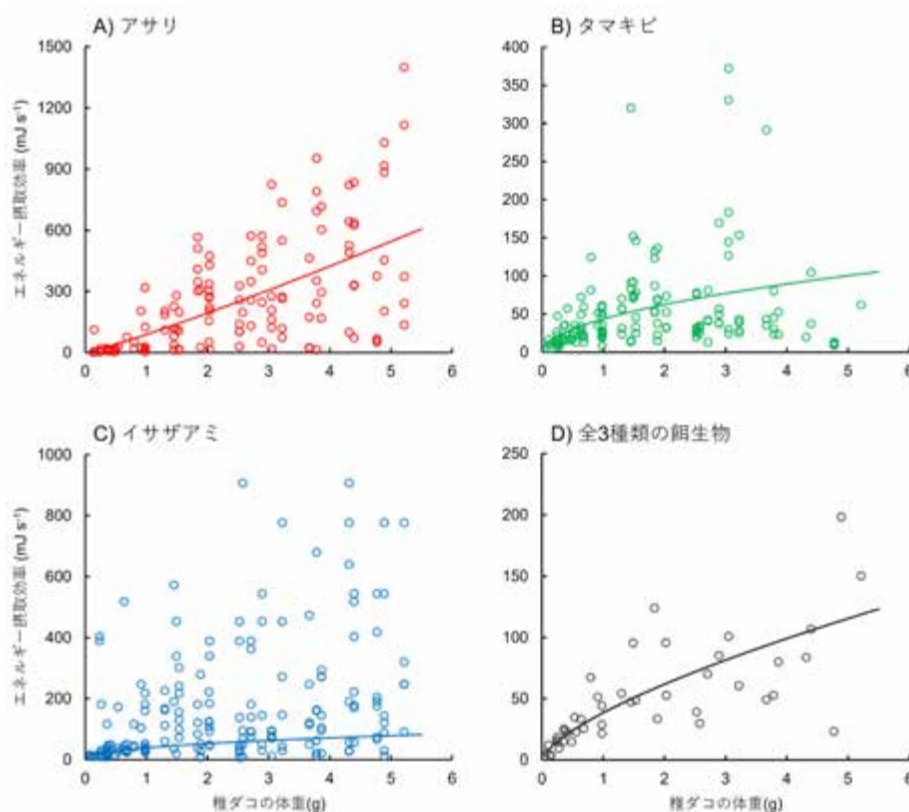


図8 稚ダコの成長に伴うエネルギー摂取効率の変化 (Awa et al. 2024より抜粋)。A: アサリを捕食した時のエネルギー摂取効率 B: タマキビを食べた時のエネルギー摂取効率 C: イサザアミを食べた時のエネルギー摂取効率 D: すべての種類の餌生物のエネルギー量と摂餌時間から算出したエネルギー摂取効率

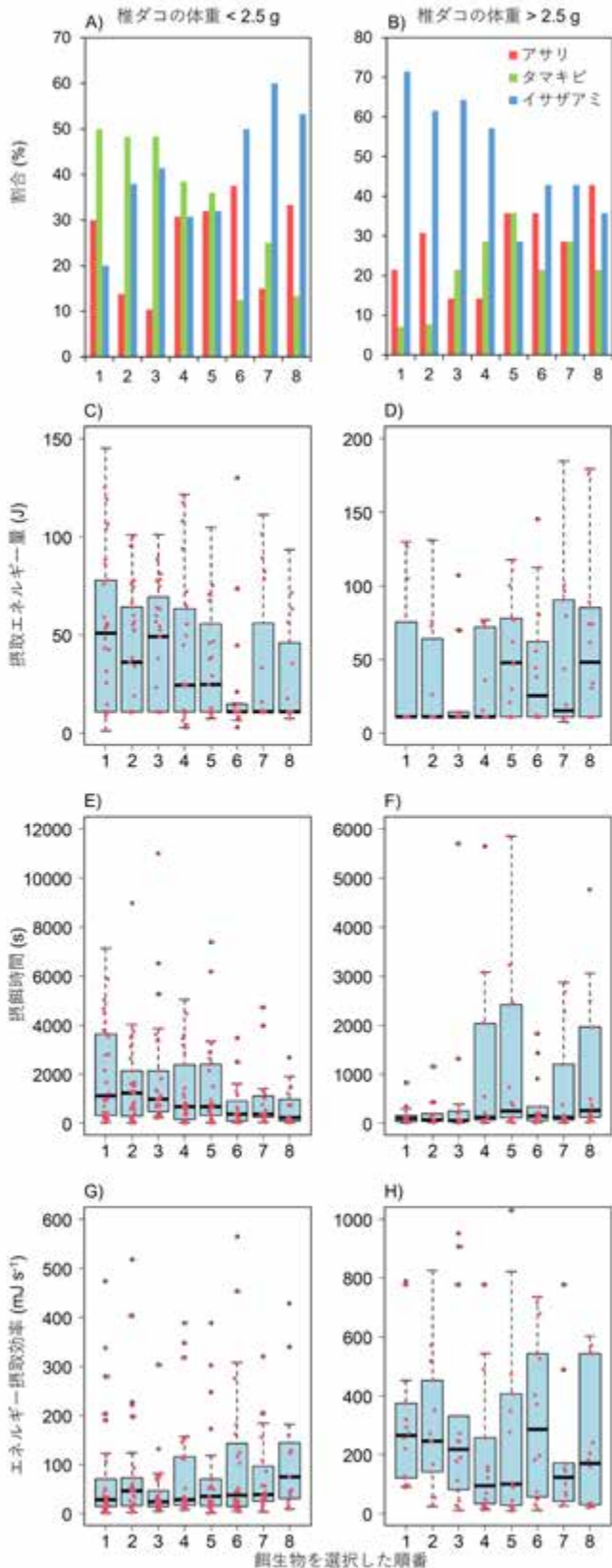


図9 稚ダコ各餌生物に対するエネルギー摂取効率と餌を食べた順番の関係 (Awa et al. 2024より改変)

ダコは、確実に高エネルギーを得られる餌生物を選ぶことで危険な時期を短縮する戦略を持っていることを示唆している。そして、逃避やカモフラージュ能力等を発達させたのちに、エネルギー摂取効率の高い餌生物を優先的に選択するようになるように戦略を切り替えているものと考えられる。

## 8. 最後に—イイダコの資源と行動生態

本稿ではイイダコの稚ダコ期の摂餌生態を中心に本種の生存戦略について紹介した。本種の稚ダコには、カモフラージュ行動や威嚇行動などの本種ならではの興味深い行動生態があり、その解明に向けた研究が日進月歩で進んでいる。また、稚ダコの生存を支える行動生態から、イイダコという生物のおもしろさや近年急減している資源の現状について少しでも関心を持って頂ければ幸いである。

地球温暖化の進行に伴い様々な海洋生物の分布や資源量の変化が著しい昨今、イイダコも少なからずその影響を受け、漁獲量の減少につながっているのではないかと推察する。稚ダコが海底環境や生態系の変化に対してどのように適応し、イイダコの資源がどのように維持されているのかという点は、本種の資源変動要因における核心的な問いであるとともに執筆者自身も関心の高いテーマである。今後は、海洋環境や生態系の変化がイイダコをはじめとするタコ類やイカ類の資源の増減にどのような影響を与えているのかという視点から研究を進め、イイダコの資源減少の原因究明にも貢献できればと考えている。

### 謝辞

本稿の研究課題を実施するにあたり、第一田之浦吹上漁業協同組合の皆様、海洋建設株式会社の皆様にはイイダコの提供にご協力いただきました。東京海洋大学の團重樹教授、浜崎活幸教授には研究課題の推進および論文公開にご助力いただきました。最後に、この度執筆の機会をご提供いただいた水産無脊椎動物研究所の片山英里様、上記関係者の皆様へこの場を借りて感謝申し上げます。

### 引用文献

- Awa N., Dan S., Nagatsuka K., Sekiguchi Y., Shimba A., Anaguchi Y., Kamei Y. and Hamasaki K. (2024) Ontogeny of predatory capacity and prey choice during early life of the holobenthic octopus *Amphioctopus fangsiao* (d'Orbigny, 1841): switching prey-choice strategy. *Mar Biol* 171, 206. <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04527-x>
- 浜田サツ子 (1974) マダコ *Octopus vulgaris* CUVIER の貝類捕食習性. 貝類学雑誌, 33(3), 138-143.
- 香川県 (2025) 香川県中央卸売市場の年報 (月別取扱量). <https://www.city.takamatsu.kagawa.jp/smph/kurashi/kurashi/shisetsu/chuoichiba/tokei/suisan.html> (2025年12月12日参照)
- 中山博志 (2022) イイダコの完全養殖について. 香川県農政水産部増養殖研究課. [https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/19778/iidako\\_yousyoku.pdf](https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/19778/iidako_yousyoku.pdf) (2025年12月12日参照)
- Nakayama H., Dan S., Hara S., Nakanishi A., Orui K., Watanabe G., Soma M., Yamada Z., Awa N., Spreitzenbarth S. and Hamasaki K. (2025) Putative stingray mimicry in the small ocellate octopus (*Amphioctopus fangsiao*) using false and true eyes. *Behaviour*, 162(10-11), 745-759. <https://doi.org/10.1163/1568539X-bja10325>
- Nande M., Presa P., Roura Á., Andrews P.L.R. and Pérez M. (2017) Prey capture, ingestion, and digestion dynamics of *Octopus vulgaris* paralarvae fed live zooplankton. *Front Physiol* 8, 573. doi: 10.3389/fphys.2017.00573.
- 奥谷喬司 (2017) 日本近海産貝類図鑑. 東海大学出版, 平塚.
- 水産研究・教育機構水産資源研究所水産資源研究センター・大阪府立環境農林水産総合研究所・兵庫県立農林水産技術総合センター・岡山県農林水産総合センター・香川県水産試験場・福岡県水産海洋技術センター (2025) イイダコ瀬戸内海. 令和6 (2024) 年度資源評価調査報告書 (拡大種). 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 6pp. [https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/trends\\_2024\\_205.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/trends_2024_205.pdf)

# ホソヨコエビ属の営巣による トゲナシヤギ (八放サンゴ綱) の成育阻害

Damage of an octocoral *Acanthogorgia inermis* by the nesting of an amphipod *Erichthonius* sp.

星野 修 (Hoshino, Osamu)<sup>1</sup>・有山 啓之 (Ariyama, Hiroyuki)<sup>2</sup>・今原 幸光 (Imahara, Yukimitsu)<sup>3</sup>

1: 〒100-0102 東京都大島町岡田新開118-2 ダイビングサービス チャップ

2: 〒546-0034 大阪市東住吉区長居公園1-23 大阪市立自然史博物館

3: 〒640-0351 和歌山市吉礼300-11 八放サンゴ研究室

## はじめに

ヨコエビ類は端脚目に含まれる小型甲殻類で、転石下、砂泥中、海藻上など、様々な場所に生息する (有山, 2022)。このうちホソヨコエビ属 *Erichthonius* を含むドロクダムシ上科は円筒形の棲管を造り、巢中または巢の入口で懸濁物を摂餌する (Dixon and Moore, 1997)。本報の観察地の伊豆大島では以前よりホソヨコエビ属の1種が確認され、ウスバミルなどの緑藻 (図1)、スタレガヤ・ハネガヤ類、六放サンゴ類や八放サンゴ類などの刺胞動物、ハネハリカイメンなどの海綿動物、イジマコケムシなどの苔虫動物への棲管付着が見られている (星野ほか, 2016および星野, 未発表)。これまでは付着基盤の生物にとって場所を提供しているだけで利害関係はなかったように見えたが、今回、八放サンゴの1種であるトゲナシヤギ *Acanthogorgia inermis* Hedlund, 1890において、本種の営巣による成育阻害が観察されたので報告する。なお、ホソヨコエビ属の1種の形態はソコホソヨコエビ *Erichthonius convexus* Ariyama, 2009に類似するが、色彩や生態が異なることから別種の可能性が高く、現在種名の検討が進められている。その棲管は最大長1 cm 程の円筒状で、単体から複数個体で利用しており、両端から頭部を出して摂餌する様子が観察できる。

## 材料と方法

著者の一人、星野は2020年1月31日から2025年9月30日の間、

東京都伊豆大島の秋の浜地先 (34° 47'14" N, 139° 24'44" E) で、スキューバダイビングによりトゲナシヤギを継続観察するとともに、デジタルカメラ (Nikon D80/D810, AF NIKKOR 10.5 mm/MICRONIKKOR 105 mm) で写真撮影を行った。観察したトゲナシヤギは水深23 mの砂混じりの海底から立ち上がるように団扇状に骨軸を形成しており、サイズは横970 mm、高さ630 mmであった。なお、トゲナシヤギにはセンナリスナギンチャク *Parazoanthus gracilis* (Lwowsky, 1913) が共生しており、これについても観察を行った。

## 結果と考察

2020年1月31日から2025年2月28日の間、トゲナシヤギにはセンナリスナギンチャクが共生していたが (図2A)、ホソヨコエビ属は見られなかった。その後、2025年6月11日にホソヨコエビ属の棲管が確認された (図2B)。トゲナシヤギの面積比で約4割を占めており、この時の個体数は観察期間中最大であった。ホソヨコエビ属はトゲナシヤギの海底に近い部分から、骨軸に沿って数千と思われる個体が棲管を作り (図2C・D)、棲管は海底から放射状に広がるように、また骨軸の成長方向に沿うように作られていた (図2E)。小型の棲管や若齢個体も多く含まれ、骨軸上で繁殖が行われていることが推察された (図2F)。棲管の殆どは骨軸に沿って連続して広がっていたが、それと連続しない中央部にも見ることができた (図2G)。トゲナシヤギの一部を採集し営巣部分とそれ以外の部分を実体顕



図1 ウスバミルの表面に棲管をつくるホソヨコエビ属の1種 (2014年7月15日撮影)

微鏡下で比較したところ、管巢部分ではポリプや共肉は消失して骨軸がむき出しになっていたことから、管巢により成育が阻害されたと考えられる。その後も観察を続けたが、2025年7月以降はホソヨコエビ属の個体数は減少し（図2H）、10月28日には棲管も確認することができなくなっていた。さらにそれまで棲管のあった部分はヒドロ虫やコケムシ・エボシガイなどの新たな生物の付着が見られ、既に壊死していたものと思われる。

今後の課題としては、トゲナシヤギ上のホソヨコエビ属の生息数や密度、阻害域の拡大速度について、また繁殖行動についても引き続き観察が必要である。さらに、トゲナシヤギの阻害を受けた部分が再生できるのかについても観察を継続したい。

## 引用文献

- Ariyama, H. (2009) Species of the genus *Erichthonius* (Crustacea: Amphipoda: Ischyroceridae) from western Japan with description of a new species. *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. A (Zool.)*, Suppl. 3: 15-36.
- 有山啓之 (2022) ヨコエビガイドブック. 160 pp. 海文堂, 東京.
- Dixon, I. M. T. and Moore, P. G. (1997) A comparative study on the tubes and feeding behaviour of eight species of corophioid Amphipoda and their bearing on phylogenetic relationships within the Corophioidea. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 352: 93-112.
- 星野 修・齋藤暢宏・長澤和也 (2016) 海の寄生・共生生物図鑑：海を支える小さなモンスター. 107 pp. 築地書館, 東京.

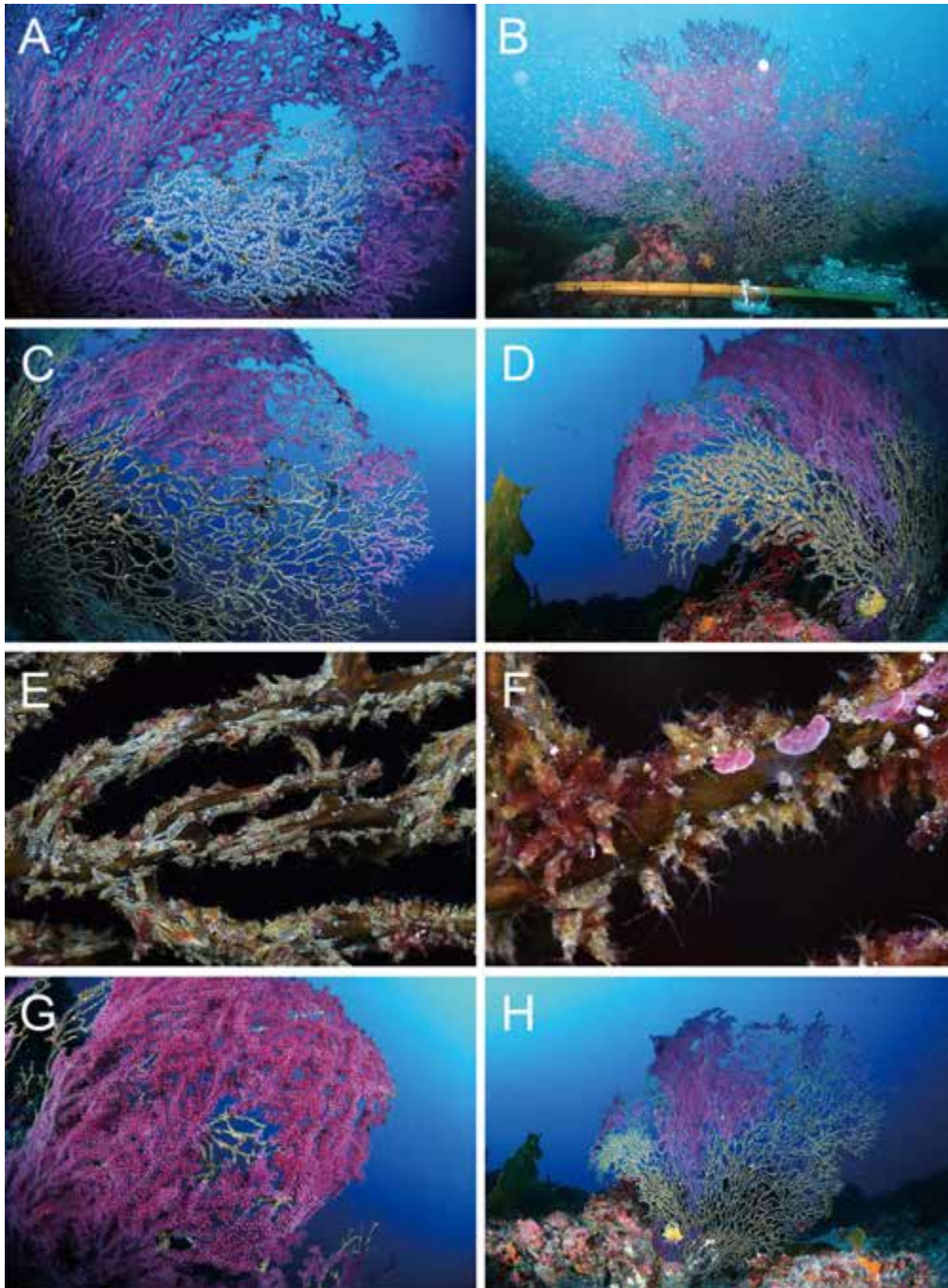


図2 トゲナシヤギの成育を阻害するホソヨコエビ属の1種。

A: 成育阻害前、赤紫部分はトゲナシヤギ本来のポリプの色、中央薄ピンク色部分は共生しているセンナリスナギンチャク (2025年2月28日撮影)； B: トゲナシヤギ全体の面積の約4割に棲管（茶色部分）が付着している (2025年6月14日撮影)； C・D: 海底から骨軸に沿って棲管が作られていく様子 (2025年7月21日撮影)； E: 幾つもの棲管が骨軸に沿って作られている (2025年6月13日撮影)； F: 多くの小さな棲管と若齢個体が確認できる (2025年6月16日撮影)； G: トゲナシヤギ群中央部の棲管 (2025年7月21日撮影)； H: ホソヨコエビ属の棲管が減少し新たな生物の付着が見られた (2025年7月21日撮影)。

# 深海熱水噴出域の生態学：幼生の海洋表層分散

## Ecology of deep-sea hydrothermal vents — Larval dispersal in surface waters

東京大学大気海洋研究所 矢萩 拓也 (Yahagi, Takuya)

### はじめに

熱水噴出域は、1977年に東太平洋のガラバゴス諸島沖、水深約2,500 mで発見されました。その後、海底の拡大によって形成される海嶺や、プレートの沈み込みに伴って生じる背弧海盆や火山帯において、500か所以上の熱水噴出域が見つかっています。これまでの記録で最も深い熱水噴出域は、カリブ海の4,960 mに位置しています。

これらの熱水噴出域には、巻貝や二枚貝、エビ・カニなどの甲殻類、チューブワームやウロコムシといったゴカイ類など、多様な無脊椎動物が高密度で生息しています(図1)。太陽光が届かない熱水噴出域の生物は、化学エネルギーを利用して有機物を合成する細菌を基盤とした化学合成生態系を築いており、これまでに640種以上の固有動物が報告されています。浅海に一般的な分類群に属する種も僅かながら知られており、例えば、ウミウシ類では、裸鰓目スギノハウミウシ属の一種が大西洋の熱水噴出域(1,645 m)から報告されています(Valdés & Bouchet, 1998)。

熱水噴出域は海底に点在しており、熱水活動の規模や持続性も様々で不安定な環境といえます。しかし、大西洋、北西太平洋、南太平洋、東太平洋、インド洋といった各海域内では驚くほど類似した生物群集が形成されています。これは、多くの無脊椎動物が成体になると海底で生活する一方、卵や幼生の段階では海中を浮遊し、熱水噴出域間を移動するためです。このような幼生の地理的分散が、熱水噴出域動物の分布を広げ、その進化史を形作ってきました。しかし、多くの分類群で体長が1 mm以下の微小な幼生が、いつ、どこで、どのように浮遊分散しているのかは、未解明な点が多く残されています。

### 幼生の栄養生態と分散水深

熱水噴出域動物の幼生は、その栄養獲得様式に基づき、卵黄に蓄えられた栄養のみで成長する「卵黄栄養発生」と、海中のプランクトンを摂食して成長する「プランクトン食発生」に大別することができます。これらの栄養獲得様式は、幼生が分散する水深と密接に関連している可能性があります。例えば、卵黄栄養発生を示すゴカイ類では、発生や成長に深海特有の高い



図1 沖縄トラフ南奄西海丘(水深700 m)の熱水噴出域生物群集。ゴエモンコシオリエビ *Shinkaia crosnieri* やミジラオハラエビ *Alvinocaris dissimilis* などの節足動物や、シンカイヒバリガイ属 *Bathymodiolus* やキノミフネカサガイ属 *Lepetodrilus* の軟体動物が生息。海洋調査船「なつしま」NT11-20次航海、無人探査機「ハイバードルフィン」潜航にて撮影(2011年9月30日; HPD#1327)。

圧力が必要であり、幼生は卵黄の栄養に支えられながら海底近くを移動すると考えられています。一方、プランクトン食発生を示すエビ類やカニ類の幼生については、海底から中深層にかけて鉛直遊泳し、摂餌しながら広い範囲に分散する種が報告されています(矢萩ら, 2019)。

しかし、中深層よりさらに浅部の太陽光が届く表層域における幼生の採集例はなく、熱水噴出域由来の幼生が、植物プランクトンなど餌の豊富な有光層(0-200 m)で成長し、流れの速い表層流によって熱水噴出域間を移動しているかについては未解明のままです。そこで私は、海洋表層における熱水噴出域動物幼生の分散の有無、ならびに光合成生態系と化学合成生態系の繋がりを明らかにすることを目的として、貝類や甲殻類を材料に研究を進めてきました。

## 調査航海での生物採集

熱水噴出域動物の研究は、学術調査船を用いた現場観測から始まります(図2)。調査航海では、多くの場合、1週間から1か月程度を洋上で過ごします。私はこれまでに、北西太平洋、インド洋、カリブ海における熱水噴出域調査を含む、計22度の航海に参加し、環境測定や生物採集を行ってきました。

深海平原や海溝における網羅的な生物調査では底引き網が用いられることが多い一方、熱水噴出域では、限られた範囲での精密な観測と採集が必要となるため、無人探査機や有人潜水調査船が用いられます。無人探査機の海中調査が始まると、搭載されたカメラの映像を船上でリアルタイムに確認することができ、研究者間で相談しながら観測を進めていきます。



図2 海洋調査船「なつしま」(1981年竣工, 2016年退役)。有人潜水調査船「しんかい2000」や無人探査機「ハイパードルフィン」の母船として活躍。撮影: 矢萩拓也



図3 熱水噴出域生物の採集: 無人探査機のスラップガン(左上)を用いてエンセイオハラエビ *Rimicaris leurokolos* を吸引。海洋調査船「なつしま」NT13-22次航海, 無人探査機「ハイパードルフィン」潜航にて撮影(2013年11月14日; HPD#1593)。

生物採集には、主にスラップガンと呼ばれる吸引式の装置が用いられます(図3)、映像を頼りに遠隔操作で目的の生物を採取する作業は容易ではありませんが、調査は船員および探査機運航チームの高い技術によって支えられています。

### 熱水噴出域動物幼生の表層分散

晴れて生物を採集した後は、飼育や遺伝子解析などの室内実験へと研究を進めます。深海動物は、採集後に急激な水温や水圧の変化を受けることで死亡してしまい、飼育研究が困難とされています。しかし、浅海と同程度の水温に生息する熱水噴出域の一部の種では、急激な圧力変化を避けて慎重に船上へ揚収することで、生存個体を得られる場合があります。また、岩石や堆積物、体表に付着する卵も併せて採集できることがあります。

伊豆・小笠原および沖縄海域の熱水噴出域(442-1,227 m)に生息する腹足類ミョウジンシカイクネアマガイでは、大気圧条件下においても卵の発生が進行し、採集後40-56日で孵化幼生を得ることができ、180日間にわたる幼生飼育に成功しました(図4)。複数の卵カプセルから孵化した90個体の幼生について、水温5°-30°Cの異なる条件下で植物プランクトンを給餌し、成長と生残に対する水温と餌利用の影響を評価しました。微生物培養プレートを用いて幼生を1個体ずつ独立に飼育し、海水交換、給餌、行動記録を1日おきに行った結果、プランクトン食幼生の表層分散を示唆する多くの知見が得られました。

- 1) 幼生は、約16.6-44.2 mm/min の速度で継続的な鉛直遊泳を行い、生息水深から表層まで約4-43日で到達し得ること
- 2) 遊泳において、正の光走性は示さず、負の重力走性が働いている可能性が高いこと
- 3) 有光層で優占する植物プランクトン(珪藻)を摂食して成長すること
- 4) 表層水温にあたる25°Cかつ給餌条件下で、最も高い成長率と生残率を示すこと
- 5) 孵化時の殻長140-160 μm から、半年間で280 μm 程度まで成長し、遊泳器官(面盤)と眼点が発達していくこと(図4B)
- 6) 本種の着底変態サイズ(720 μm)に達するまでの浮遊期間は1年以上と推定されること

- 7) 成体の生息水温(5°-15°C)では、給餌の有無に関わらず成長が乏しく、死亡率が高いこと
- 8) 無給餌条件であっても、低水温(5°-10°C)では110日以上生残し、植物プランクトンが乏しい深海から、餌が豊富な表層へ移動するまでの飢餓に耐えうること

さらに、広い地理的分布域における遺伝的交流の程度を明らかにするため、ミトコンドリアDNAを用いた成体の集団解析を行いました。その結果、約1,300 km離れた熱水噴出域間においても遺伝的交流が認められ、本種が表層海流によって伊豆・小笠原海域と沖縄海域の間を移動している可能性が示されました。本研究は、熱水噴出域動物において表層分散を実証的に示した初めての例であり、光合成生態系と化学合成生態系を繋ぐ物質循環の理解に新たな視点を提供するものとなります(Yahagi et al., 2017)。

その後、南太平洋および大西洋に分布するシカイクネアマガイ類2種、および北西太平洋のオハラエビ類3種についても同様の集団解析を行い、いずれの熱水噴出域固有種においても広範な分布域内で遺伝的交流が認められました(Yahagi et al., 2015; 2019; 2020)。これらの種はいずれもプランクトン食発生を示すため、幼生による表層への鉛直移動と広域分散が関連している可能性があります。

一方で、北極域および南極域の熱水噴出域に生息する生物群集は、主に卵黄栄養発生種によって構成されています。極域では表層水温が低く、プランクトン食幼生が表層へ鉛直移動して成長するには不適な環境である可能性が高く、こうした環境条件が極域への分布拡大を制限していることが示唆されます。これらの結果は、表層水温が熱水噴出域の動物相形成に重要な役割を果たしている可能性を示しています。

### これからの研究課題

熱水噴出域動物において、プランクトン食幼生の鉛直移動および表層分散が、どの程度一般的な現象であるのかについては依然として未解明です。そこで現在、既に熱水噴出域へ着底した貝類が、幼生期にどのような水塊環境を経験してきたのかを、付加成長する貝殻を用いて復元する手法の開発に取り組んでいます。また、プランクトンネットで採集した幼生を遺伝子配列に基づいて網羅的に解析するDNAメタバーコーディング手法を用い、海洋表層における熱水噴出域由来幼生の探索も進めています。



図4 ミョウジンシカイクネアマガイ *Shinkailepas myojinensis* の成体(A)と給餌幼生(25°C, 112日齢)(B)。成体は熱水噴出域の貧酸素環境に適応的な赤血球をもつ。矢じり: 同種別個体の卵カプセル(10個体前後の胚を含む)。撮影: 矢萩拓也

さらに、幼生が表層で成長した後、どのようにして深海の熱水噴出域へ戻るのかという点も極めて興味深い研究課題です。着底を誘導する要因として、熱水噴出域由来の化学成分、水温勾配、振動、微生物群集、あるいは同種成体から放出される着底誘因物質など、複数の可能性が考えられます。加えて、幼生の感覚器官や走性といった生理学的側面も着底機構を理解する上で手がかりになるかもしれません。

近年、熱水噴出域に生息する二枚貝や甲殻類において、潮汐と関連した体内時計の存在が示されつつあります。私の共同研究では、エンセイオハラエビの成体(図3)について採集後72時間にわたる遺伝子発現リズムを解析した結果、その周期が約12時間であることが明らかとなりました(Zhang et al., 2025)。これは月の引力に伴う水圧変化が、深海熱水噴出域動物の体内時計に影響を与えている可能性を示唆する興味深い結果です。また、同解析では陸上生物における概日リズム関連遺伝子と相同な遺伝子も認められました。これら相同遺伝子は周期的な発現を示さなかったものの、同種のプランクトン食幼生が海洋表層で分散するのであれば機能的な役割を果たしている可能性があります。

今後は、深海熱水噴出域と共に、海溝や深海平原に生息する無脊椎動物についても、幼生期における鉛直移動の有無を比較評価することで、深海と海洋表層を結ぶ生物学的過程をより包括的に理解することを目指しています。学術調査船を用いた長期的かつ横断的な研究を通じて、海洋表層水温や海流、さらには潮汐・水圧といった物理環境要因が、深海動物の分布や進化にどのような影響を及ぼしてきたのかについて、新たな知見が得られることを期待し、その解明に取り組んでいます。

## 謝辞

本研究はJSPS科研費15J08646, 18J01945, 19K15893および22K14934の助成を受けたものです。調査航海乗組員および共同研究者の皆様、ならびに本稿執筆の機会を与えてくださった公益財団法人水産無脊椎動物研究所の片山英里氏に感謝申し上げます。また、調査画像の利用について国立研究開発法人海洋研究開発機構広報課のご協力をいただきました。

## 引用文献

- Valdés Á. and Bouchet P. (1998) Naked in toxic fluids: A nudibranch mollusc from hydrothermal vents. *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* 45: 319-327.
- Yahagi T., Watanabe H., Ishibashi J. and Kojima S. (2015) Genetic population structure of four hydrothermal vent shrimp species (Alvinocarididae) in the Okinawa Trough, Northwest Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 529: 159-169.
- Yahagi T., Kayama-Watanabe H., Kojima S. and Kano Y. (2017) Do larvae from deep-sea hydrothermal vents disperse in surface waters? *Ecology* 98: 1524-1534.
- Yahagi T., Fukumori H., Warén A. and Kano Y. (2019) Population connectivity of hydrothermal-vent limpets along the northern Mid-Atlantic Ridge (Gastropoda: Neritimorpha: Phenacolepadidae). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 99: 179-185.
- Yahagi T., Thaler A.D., Van Dover C.L. and Kano Y. (2020) Population connectivity of the hydrothermal-vent limpet *Shinkailepas tollmanni* in the Southwest Pacific (Gastropoda: Neritimorpha: Phenacolepadidae). *PLoS ONE* 15: e0239784.
- Zang H., Yahagi T., Miyamoto N., Chen C., Jiang Q., Qian P.-Y. and Sun J. (2025) Circatidal control of gene expression in the deep-sea hot vent shrimp *Rimicaris leurokolos*. *Proc. R. Soc. B.* 292: 20242970.
- 矢萩拓也, CHEN Chong, 川口慎介 (2019) 深海の化学合成生態系動物群集の幼生分散過程. *海の研究*, 28: 97-125.

## 財団からのお知らせ

## 新刊紹介

## 光と闇の生き物図鑑

—ブラックライトで光る美しい生命たち—

眼遊 (著) / B5変形判, 2026.02 / KADOKAWA / 本体3,000円+税

ブラックライトによって照らし出される、生き物たちの驚くべき姿の蛍光生物を収録した写真集。ブラックライトが当たることで、普段は見られない蛍光する姿が、元の姿の写真とともに紹介されている。大人から子供まで楽しむことができ、生物の不思議で新しい一面を見ることができる。

本書は水棲の無脊椎動物（イソギンチャクやウミウシ類、ゴカイやケヤリムシのような環形動物の仲間、ワレカラなどの甲殻類など）を含む動物から植物まで生物の蛍光の写真が掲載されていて、新しい視点を与えてくれる興味深い一冊となっている。



## イベント案内

## 親子で楽しむ海の生き物わくわくウォッチング2026

観音崎自然博物館にて毎年行っている観察会です。大人から子供まで海の生物を楽しめるイベントで、グループから大人お一人でも参加いただけます。ウミウシやアメフラシをはじめとするその他の貝類、イソギンチャク、などさまざまな生物が観察できます。フィールドに出て生き物に触れてみませんか？皆さまからのご参加お待ちしております。

【場所】 観音崎自然博物館（神奈川県横須賀市鴨居4-1120）

【日時】 2026年5月30日（土） 9:30（9:15受付開始）～14:00頃

※予定は変更になる場合があります

【内容】 磯で生物観察、レクチャーなど

【対象】 4歳以上

【参加費（保険料込）】 小人（中学生以下）500円、大人（高校生以上）1000円

※同伴の3歳以下のお子様は保険料のみ100円

【定員】 40名（先着順、定員に達し次第締め切ります）

【申込締切】 5月8日（金） ※要申込

【申込・問合せ方法】 Web サイト、メール、お電話など

※詳細は Web サイト（<https://rimi.or.jp/event/>）をご確認ください

昨年の観察会の様子

## 編集後記

今号の表紙写真はシラナミミドリガイ *Thuridilla undula* Gosliner, 1995です。この個体は2cm程度のもので、奄美では久々にみられたそうです。体はより細長く、体色は赤い地色に淡い水色の波打つような模様が入っていて、そのきれいさとインパクトに惹かれました。ミドリガイ類は地味に見えても、細かい模様をもつ種など、生き物の不思議さを感じるような体色を示すものもいて、たいへん興味深いなと思います。

2025年度最後の号になりました。今回は2本の研究紹介の

ほかに、投稿や新刊の情報提供をいただきました。本誌で紹介したい内容などがございましたら、事務局までお知らせいただけますと幸いです。

暖かい日も増え、これから磯での観察会なども増える時期になります。昨年のわくわくウォッチングは雨の中での開催になりましたが、盛況で、参加者の皆さんからは雨でも実施をしてもらえて良かったとお声もいただきました。今年も楽しんでいただけたらと計画をしています。