

うみうし通信

2019.12 No.105



大阪湾の干潟域にすむウミウシ類
ヤドカリの貝殻を介した共生関係(2)
浮遊性ヤムシ類飼育の試み
通常とは異なる生活史を持つミズクラゲについて

柏尾 翔
吉川 晟弘
高橋 一生
吉川 美月

交接中のキイロウミコチョウ 体長約6mm 今本 淳 奄美大島 水深3m 2018.04

大阪湾の干潟域にすむウミウシ類： 希少種とその保全について

きしわだ自然資料館 柏尾 翔 (Kashio, Sho)

はじめに

干潟をはじめとした内湾の浅海域は、埋め立てや汚染等の人為的な環境変化の影響を受けやすく、そこにすむ海岸生物の多くが危機的な状況に瀕していると言われている(和田ら, 1996; 逸見ら, 2014 など)。そのような背景から、かつては陸産と淡水産の生物だけを対象としてきた国や地方自治体のレッドリストやレッドデータブック(以下 RL, RDB)に、近年は海岸生物も含めるようになり、保全の必要性が認識されるようになってきた。しかし、現状として干潟に生息する海岸生物の状況を網羅的に把握できていくわけではなく、生態学的、分類学的な基礎情報が不足している分類群については、正確に評価されておらず、掲載種に大きな偏りが生じている。

海岸生物の中でも軟体動物門は、保全に関する調査、研究が詳細に行われている分類群であり、2014年に環境省が刊行したRDBでは、内湾の干潟域に生息する貝類として370種(そのうち絶滅のおそれのある種は170種)が新たに掲載されている(環境省, 2014)。また、地方自治体でも陸産、淡水産貝類だけでなく、汽水域や干潟に生息する種を評価の対象としている地域は増加傾向にある。では、同じ軟体動物門の一群であるウミウ

シ類^{*1}は、現在公表されているRL・RDBにおいて、どのように評価されているのだろうか。

^{*1}: ここで言うウミウシ類とは、奥谷(2017)の示す裸鰓目、真後鰓目、汎有肺目囊舌亜目(フタマイマイ上科、トウガタガイ上科を除く)、スナウミウシ亜目を指す。

ウミウシ類評価の現状

環境省および海岸生物を評価対象としている地方自治体のRL・RDBで、「絶滅のおそれのある種^{*2}」として掲載されているウミウシ類は計13種であり、一見するとある程度評価されているようにも思える(表1)。しかし、その内訳は、無殻種であるヒミツナメクジを除いて、残り12種は全て有殻種なのである。

無殻のウミウシ類が掲載されていない理由としては、過去の分布状況に関する基礎データの不足がまず挙げられる。先行研究が限られているのはもちろんのこと、液浸標本として保管が必要なウミウシ類は標本化のハードルが高く、仮に残されていたとしても、重要な分類形質の一つである色彩情報が失われているため、再同定は容易ではない。さらに、過去だけでなく現在の分布状況についても全く調べられていない。干潟域に生息するウミウシ類については、ごく一部の有

殻種を除いて、評価に足る情報がほとんど得られていないのである。

^{*2}: 環境省RDBが定める絶滅危惧I類およびII類の評価基準に該当する種

大阪府沿岸域におけるウミウシ類研究

大阪府の沿岸域には、かつて良好な自然海岸が広がっていたとされている(図1)。しかし、1960年頃から経済の発展に伴い、沿岸域の大部分は埋め立てられ、現存する自然海岸は府域全体の1%、半自然海岸も5%を残すのみとなっている(城ら, 2002)。そのような事情から、2014年に大阪府が公表したRLでは、新たに海岸生物も評価対象となっており、その中にはウミウシ類も掲載されている(大阪府, 2014)。しかも、表1に示したようにマツシマコメツブ *Decorifer matusimanus*、ゼニガタフシエラガイ *Pleurobranchus forskalii*、ニュウトウタテジマウミウシ *Armina papillata* の3種は「絶滅種」に指定されているのである。無殻のウミウシ類が絶滅種として評価されているのは、国内でも大阪府に限られる。

実は、大阪湾南東部の沿岸域は、1950年代におけるウミウシ類の分布状況が詳しく調べられている日本でも数少ない海域なのである。濱谷・入江(1984)は、その当時の海岸生物相を網羅的に報告して

表1. 環境省および地方自治体のRL・RDBにおいて、絶滅種、絶滅のおそれのある種として掲載されているウミウシ類。

	評価				掲載種	参考資料
	絶滅	IA類	IB類	II類		
環境省	0種	0種		5種	II類: エゾキセウタ <i>Melanochlamys ezoensis</i> , ヤミヨキセウタ <i>Melanochlamys fukudai</i> , コメツブツララ <i>Acteocina decoratoides</i> , カミスジカイコガイダマシ <i>Cylichnatys angustus</i> , ヒミツナメクジ <i>Aiteng mysticus</i>	環境省レッドリスト 2019
千葉県	1種	5種	2種	0種	絶滅: ウツセミガイ <i>Akera soluta</i>	千葉県レッドリスト 2019
					IA類: ツマベニカイコガイダマシ <i>Cylichna bicipitata</i> , カミスジカイコガイダマシ <i>Cylichnatys angustus</i> , ツララガイ <i>Acteocina soluta</i> , トウキョウシリブトカイコガイ <i>Pyranculus tokyoensis</i> , ヒメコメツブ <i>Retusa minima</i>	
					IB類: コヤスツララ <i>Acteocina koyasensis</i> , マツシマコメツブ <i>Decorifer matusimanus</i>	
愛知県	0種	1種	0種	0種	IA類: ウツセミガイ <i>Akera soluta</i>	レッドリストあいち 2015
大阪府	3種	0種	0種	0種	絶滅: マツシマコメツブ <i>Decorifer matusimanus</i> , ゼニガタフシエラガイ <i>Pleurobranchus forskalii</i> , ニュウトウタテジマウミウシ <i>Armina papillata</i>	大阪府レッドリスト 2014
兵庫県	0種	0種	0種	2種	II類: コヤスツララ <i>Acteocina koyasensis</i> , マツシマコメツブ <i>Decorifer matusimanus</i>	兵庫県版レッドデータブック 2014
福岡県	0種	0種	0種	1種	II類: カミスジカイコガイダマシ <i>Cylichnatys angustus</i>	福岡県レッドデータブック 2014
長崎県	0種	0種	0種	1種	II類: コメツブツララ <i>Acteocina decoratoides</i>	長崎県レッドリスト 2011
熊本県	0種	0種	0種	1種	II類: タテジワミドリガイ <i>Smaragdinella sieboldi</i>	レッドデータブックくまもと 2009
宮崎県	0種	0種	0種	1種	II類: コヤスツララ <i>Acteocina koyasensis</i>	宮崎県レッドリスト 2015
沖縄県	0種	0種	0種	1種	II類: ヒミツナメクジ <i>Aiteng mysticus</i>	レッドデータブックおきなわ 2017

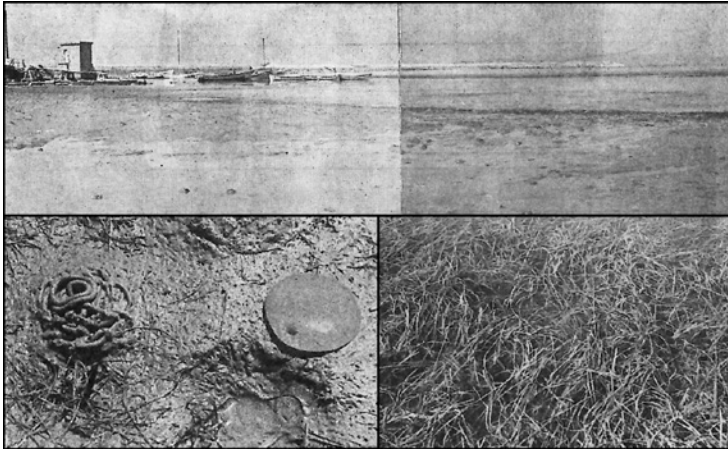


図 1. 1950 年代に大阪湾南東部で見られた干潟。濱谷・入江 (1984) を改変して引用。

おり、干潟に生息するウミウシ類についても明記している。さらに特筆すべきは、採集したウミウシ類のスケッチが残されているため、標本では判断ができない形態や色彩の情報を拾い出すことができるのである (図 2)。

過去の状況がある程度推定できるのであれば、現状を詳細に調べることで、過去との比較検討が可能となる。これは、希少種選定の精度をより高めることにつながる。

干潟に生息するウミウシ類の採集方法

干潟域での調査や採集は大潮の最干潮時に行うのが一般的であるが、ウミウシ類の場合は最干潮時よりも少し潮が高い

方が効率的に採集することができる。筆者が普段実施している手法は以下のとおりである。

①目視

干出した干潟にできるわずかな潮溜まりを見つけ、目視にてウミウシ類および卵塊を探す (図 3A)。砂泥底に生息する種の卵塊は海底の表面に立ち上がるように産み付けられていることが多く、干潮時でも比較的目にとまりやすい。さらに、種類により卵塊の形状が異なるため、ある程度慣れてくると出現種の推定が可能となる。また、干潟に産する緑藻類には囊舌類が付着していることがあるため、海水を張ったシャーレやバット内に取り分け、詳細に観察を行う。アマモの葉上も念入りに調べる必要がある。

②篩、たも網

干潟に生息するウミウシ類

には、砂泥底中に潜る種も多くいる。そこで、スコップなどで干潟表面の砂をすくい取り、篩 (目合い 1mm) を用いて、ふるい分ける。また、D 型フレームのたも網で海底面を曳き (図 3B)、細かい砂泥をふるい落とした後に、残渣をバット内で観察する手法もある。

③腐敗法 (図 3C, D)

干潟で採集した砂泥を持ち帰り、海水を張ったバットに入れておく。半日から 1 日程度放置しておくと、ウミウシ類を始めとした多くの底生生物が水面近くに逃避してくるので、それらをスポイトで採集し、実体顕微鏡下で観察する。腐敗法は、主に間隙生物を採集する際に用いられている手法であり、通常硫化水素が発生するまで数日間放置するが (伊藤, 1985), ウミウシ類を採集する場合は腐敗するまで放置をしない。

干潟に見られるウミウシ類

筆者は上記の手法を用いて 2013 年より継続的に大阪湾の干潟域で調査を行っている。現在干潟で確認されているウミウシ類の一部を基礎生態および産出状況とあわせて紹介する。

コブモウミウシ *Calliopaea pusilla* (図 4)

本種は、大阪府を模式産地とする、大きさ 1-2mm の小型囊舌類である。1957 年と 1959 年に大阪府南部の干潟で採集されているが (Baba, 1959), その後の記録がないことから大阪府 RL では情報不足に位置付けられている (大阪府, 2014)。本種は囊舌類の中でも特殊な食性を示し、頭楯類の一種であるマツシマコメツブの卵塊を捕食するとされている (濱谷・



図 2. 1959 年に大阪湾南東部の干潟で採集されたニュウトウタゲジマウミウシのスケッチ画

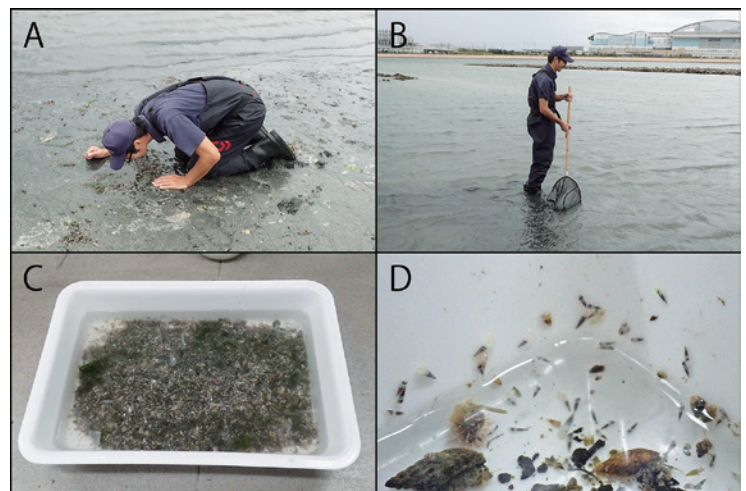


図 3. ウミウシ類の採集方法 A: 目視による観察, B: たも網による採集, C: 腐敗法, D: 腐敗法により水面付近に逃避してきた貝類。



図4. コツブモウミウシ *Calliopaea pusilla* (2mm)



図5. マツモウミウシ *Alderopsis nigra* (2.5mm)



図6. オオアリモウミウシ属の一種 *Costasiella* sp. (4mm)



図7. ニュウトウタテジマウミウシ *Armina papillata* (23mm)

入江, 1984). マツシマコメツブは、大阪府では絶滅種、兵庫県でも絶滅危惧Ⅱ類に指定されている(兵庫県, 2014; 大阪府, 2014)。2017年に模式産地付近の潮下帯において約60年ぶりに本種の生息を再確認したが(柏尾, 未発表), 依然として危機的な状況にある可能性が高い。

マツモウミウシ *Alderopsis nigra* (図5)

大きさ2mm程度の小型嚢舌類で、アマモの葉上から見つかる。大阪湾南東部に位置する大阪府泉南郡岬町淡輪には本種が生息する良好なアマモ場が残されていたが、その後埋め立てにより生息地が消滅し、本種も絶滅したと言われている(濱谷, 1974)。現状として、大阪湾沿岸域でアマモ場が現存する地域では分布が確認されている。

オオアリモウミウシ属の一種 *Costasiella* sp. (図6)

大阪湾では大阪府阪南市、兵庫県洲本市で分布が確認されている。生息環境はいずれも前浜干潟のアマモ帯、コアマモ帯で、泥質から砂泥質の環境から見出されることが多い。香港の干潟に生息する *C. pallida* に最も近似するが、若干の形態的相違もあることから、現時点では未定種として扱う。本種は2005年に徳島県沖洲海岸でも確認されているが(和田太一氏, 私信), 同地点は高速道路建設のため埋め立てられ、現在は失われている。

ニュウトウタテジマウミウシ *Armina papillata* (図7)

1950年代に大阪府南部の干潟で採集されているが、その後の記録がないことから大阪府RLでは絶滅種に指定されている(大阪府, 2014)。潮間帯から潮下帯

の砂泥底に生息しており、大阪湾を除く瀬戸内海海域では現在も複数地点で分布が確認されている。近縁種のヒメニュウトウタテジマウミウシ *A. comta* とはサイズ、頭部の乳頭状突起数および側板数で区別されるが、両種の関係性については今後再検討が必要である。

保全に向けた課題

今回紹介したウミウシ類は、干潟域あるいはそれに隣接した浅海域が主な生息環境であり、人為的な環境変化の影響を受けている可能性が高いと考えられる。他にも大阪湾からは干潟域や河口域に特異的に見られる種が複数確認されているが、その多くは国内未記録あるいは未記載種である。そのため、まず取り組むべき課題としては、分類学的問題の解決(未記載種の記載、隠蔽種の整理)が優先される。また合わせて生態学的な知見の集積、潮下帯における生息状況の把握など基礎データの収集を継続的に行っていく必要がある。干潟域に生息する海洋生物およびそれらが生息する環境を適切に保全していくためにも、ウミウシ類の生息状況等の把握は急務である。本報告を契機に、一人でも多くの方々が干潟にすむウミウシ類に関心を持つようになれば幸いである。

謝辞

和田太一氏にはウミウシ類の分布状況に関する情報を提供いただいた。また、岩崎敬二氏には本稿の内容について適切なお助言をいただいた。ここに記して御礼申し上げる。本調査の一部は、スマシ自然環境保全助成を受けて実施した。

引用文献

- Baba, K. 1959. The family Stiligeridae from Japan (Opisthobranchia-Sacoglossa). Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 7 (3): 327-334, pls. 27-28.
- 濱谷 巖 1974. 大阪附近のウミウシ (5) - のう舌類 -. Nature Study, 20 (3): 11-12.
- 濱谷 巖・入江千栄子 1984. 1950年代の大阪湾南東部沿岸における潮間帯動物の生態と分類に関する研究. 自然史研究, 1 (17): 159-177.
- 逸見泰久・伊谷 行・岩崎敬二・西川輝昭・佐藤正典・佐藤慎一・多留聖典・藤田喜久・福田 宏・久保弘文・木村妙子・木村昭一・前之園唯史・松原 史・長井 隆・成瀬 貫・西柴二郎・大澤正幸・鈴木孝男・和田恵次・渡部哲也・山西良平・山下博由・柳 研介 2014. 日本の干潟における絶滅の危機にある動物ベントスの現状と課題. 日本ベントス学会誌, 69: 1-17.
- 兵庫県 2014. 兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック 2014 (貝類・その他無脊椎動物). 128 pp. 公益財団法人ひょうご環境創造協会, 兵庫.
- 伊藤立則 1985. 砂のすきまの生きものたち 間隙生物学入門. 241 pp. 海鳴社, 東京.
- 城 久・星加 章・中辻啓二・辻野耕實・矢持 進・長田凱夫 2002. 大阪湾の海域環境と生物生産. 226 pp. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 環境省 2014. レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 6 貝類. 455 pp. ぎょうせい, 東京.
- 奥谷喬司 (編) 2017. 日本近海産貝類図鑑 第二版. 1382 pp. 東海大学出版部, 神奈川.
- 大阪府 2014. 大阪府レッドリスト 2014. 48 pp. 大阪府環境農林水産部みどり・都市環境室みどり推進課, 大阪. <http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/21490/00148206/zentai.pdf> (2019年10月20日閲覧)
- 和田恵次・西平守孝・風呂田利夫・野島 哲・山西良平・西川輝昭・五嶋聖治・鈴木孝男・加藤 真・島村賢正・福田 宏 1996. 日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状. WWF Japan サイエンスレポート, 3: 1-181.

ヤドカリの貝殻を介した共生関係 (2) ～ヤドカリの“宿”を借りるヒラフネガイ～

京都大学大学院理学研究科 吉川 晟弘 (Yoshikawa, Akihiro)

生態系の中のヤドカリ

ヤドカリ類は巻貝の貝殻を宿として暮らしている海産無脊椎動物である。ヤドカリが使う貝殻の表面および内部は、たくさんの動物が生活場として利用しており、これまでに少なくとも16の動物門に属する550種の無脊椎動物がヤドカリの巻貝から見つかっている (Williams and McDermott, 2004)。通常、死んだ巻貝の貝殻は海底に埋もれてしまい、他の生物に使われることは無い。しかし、ヤドカリがこれを利用することで、他の様々な生物もこれを住処として使うことが出来る。つまり、ヤドカリは生態系における環境の創設者 (ecosystem engineer) としての機能を果たしている。

ヤドカリの“宿”を借りる生物

ヤドカリの貝殻で暮らす生物のメリットとしては、安定的な食料の供給 (ヤドカリの食事のおこぼれや排泄物にありつけ)、捕食回避、繁殖機会の増加などが挙げられる (Taylor, 1994; Williams and McDermott, 2004)。ヤドカリの貝殻で暮らす生物の中には、うみうし通信104号で紹介したイソギンチャクのような、同棲することでお互いにメリットがある「相利共生関係」 (mutualism) を構築しているものもあれば (Antoniadou et al., 2013)、同棲者のみに利益があると思われる「片利共生関係」 (commensalism) であるものも知られており (Goto et al., 2007) その関係性は様々である。

貝殻の中に住む巻貝の適応

軟体動物は、ヤドカリの貝殻から最も多く見つかる動物門である。これまで合計62種の軟体動物 (多板綱から1種、腹足綱から36種、二枚貝綱から25種) が知られており、なかでも腹足綱、つまり巻貝の仲間がその多くを占めている。これまでヤドカリの貝殻から見つかった腹足綱のうち、2種が必ず共生関係を必要とする種 (obligate associates)、25種が条件的に共生している種 (facultative associates)、9種が偶発的に同棲していた種 (incidental associates)、と言われている。

生物進化を考える上で、ユニークな環境で暮らす生物の、“生きざま”を知ることはとても重要である。硬い貝殻をもつ腹足綱の仲間が、ヤドカリが利用する巻貝の外部・内部という特殊な環境にどのように適応しているのだろうか？そこで私は、1つの事例研究として、ヤドカリの貝殻内部で暮らす巻貝の仲間、ヒラフネガイの狭隘空間への適応様式と、宿主 (貝殻や宿主ヤドカリ) との関わりについて調べてみた。

ヒラフネガイとは？

ヒラフネガイとは、カリバガサガイ科の巻貝である。彼らはヤドカリが使っている貝殻の内部壁面に、ベタッと貼り付いている (図1A, B)。一見すると二枚貝の片割れのようにも見えるが (図1C)、れっきとした巻貝の仲間である。じっくり観察してみると、殻頂が巻いていることがわかる (図1D)。また、科名に“カサガイ”という名前が入っているが、い

わゆる真のカサガイ (Patellogastropoda) とは異なるグループである。平らな笠型の貝殻を持つという点では共通しているが、カリバガサガイ科は殻口内部に隔板 (shelly septum) を持つため (図1E)、容易に見分けることができる。また、これがあたかもスリッパのように見えるということから、英語では slipper limpet と呼ばれている。さらにヒラフネガイは、雄性先熟の性転換を行うことが知られており、貝殻の入り口付近に見える大きな個体がメス、そしてメスの貝殻の上、もしくは貝殻奥にいる小さな個体がオスである (Yipp, 1980)。

そしてヒラフネガイは、ヤドカリと条件的な共生関係にある。条件的な共生とは、必ずしも全ての個体が共生している訳では無く、一部は共生せずとも単独で生活しているということである。本種の場合は、ヤドカリの貝殻内だけでは無く、二枚貝の死殻上で見つかった例が報告されている (Yipp, 1980)。ただし、この場

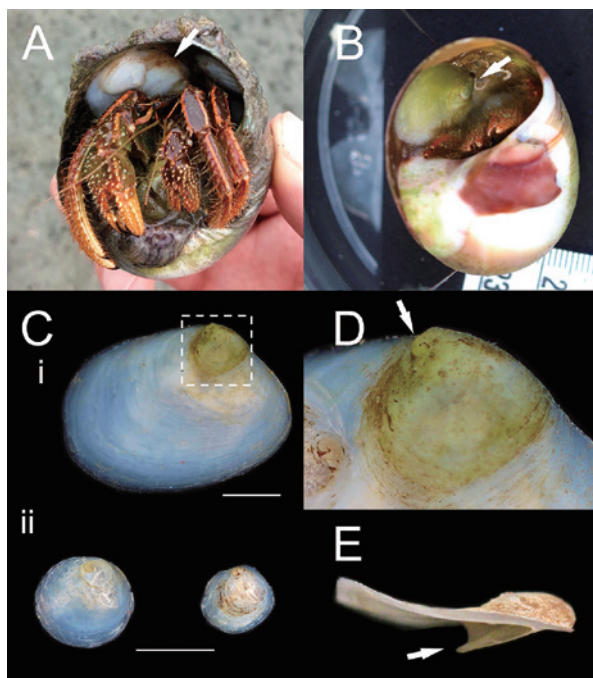


図1. ヒラフネガイの写真。A, 和歌浦干潟で採集、ツメタガイを利用しているコブヨコバサミと共生。B, 三重県鳥羽市菅島にて採集、同じくツメタガイを利用しているケバカヒメヨコバサミと共生 (矢印は付着部分を示す)。C-i, ii, ヒラフネガイの俯瞰図 (スケール = 5 mm)。D, C-i の白点線部分の拡大図。矢印は殻頂を示している。E, ヒラフネガイの隔板 (白矢印)。

合は捕食されやすく、かつ繁殖への参加が制限されることが観察されているため、ヒラフネガイの生存と繁殖の成功には、宿主のヤドカリの存在が重要であるように思える。

ヒラフネガイを集める

今回生物の採集に選んだ場所は、三重県鳥羽市の菅島と(図2A)、和歌山県和歌山市の和歌浦干潟(図2B, C)の2カ所である。菅島での調査地点の環境は、岩礁に隣接する砂泥環境であり、和歌浦干潟の環境は河口近くの砂泥環境であった。特に、この和歌浦干潟は近畿地方最大の干潟であり、希少な海洋生物がたくさん生息していることで有名である。私の出身は和歌山県であり、賢沢にも昔からよく和歌浦干潟で遊んでいた。そのため今回、故郷の干潟を調査地の1つにできたことを、大変嬉しく思っている。

ところが、野外でヒラフネガイを見つけるのは意外と難しかった。というのも、奥の方に隠れていたり、ひとつの貝殻の中に複数の個体が入っていたりするため、全てを見つけるのはなかなか厳しいためである。そこで私は、採集したヤドカリを一度研究室に持ち帰り、じっくりと探すことにした。用いた方法としては、貝殻を万力で片っ端から割りヒラフネガイを探すという手段だ(図2D)。ヤドカリには申し訳ないが(すでに標本になっていたが)、正直に言うとヒラフネガイが出てこないかと期待しながら貝殻を壊すのはとても楽しかった。

狭い空間にどのように適応しているか？

貝殻内部でヤドカリと共に暮らすには、その狭い空間での生活に適応しなければならない。特に硬い殻をもつ貝類においては、その殻形態に適応への秘密が隠されているのではないだろうかと考えた。そこで注目したのが、彼らの貝殻の形成様式である。ヒラフネガイとその近縁種(ヤドカリの貝殻内部で暮らさない種)でこれを比較すれば、何か違いがあるかもしれないと思い、これを調べることにした。

方法としては、今回採集された標本や、博物館に保管されている本種および近縁種の標本を用いて、殻高と基質への接地面積を測定し(図3)、同じ科内の種間で比較を行なった。結果、本科のほとんどの種では殻高と接地面積がいずれも継続的に成長していることがわかる(図4)。しかし、ヒラフネガイでは基質への接地面積は継続的に成長しているものの、殻

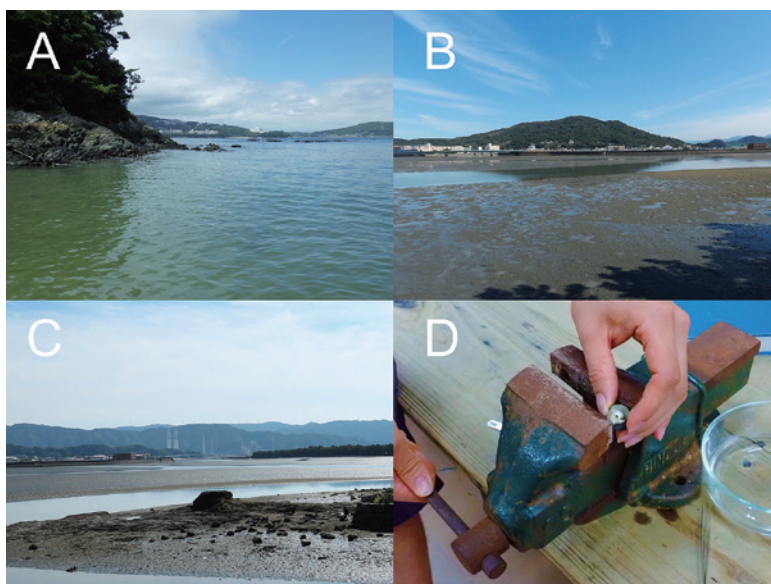


図2. A, 三重県鳥羽市菅島の海岸から安楽島町方面を望んだ風景. B, 和歌浦干潟の概観, 片男波公園入り口付近から草山を望んだ風景. C, 和歌浦干潟に建てられた観海閣に隣接している亀石. D, 研究室にてヤドカリの貝殻を万力で割る様子.

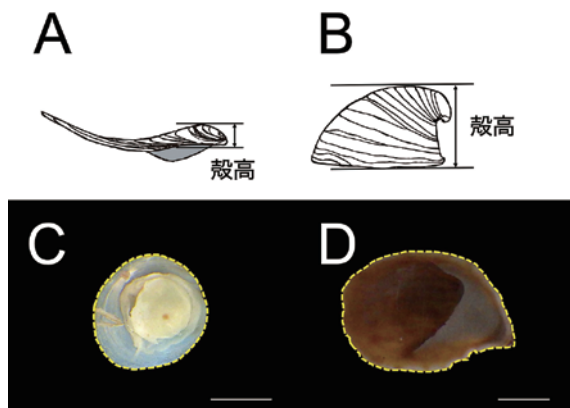


図3. 今回の研究で測定したカリバガサガイ科の部位. A-B: 殻高(A, ヒラフネガイ; B, シマメノウフネガイ), C-D: 貝殻の基質への接地面積(黄色の点線部分; C, ヒラフネガイ; D, シマメノウフネガイ. スケール=).

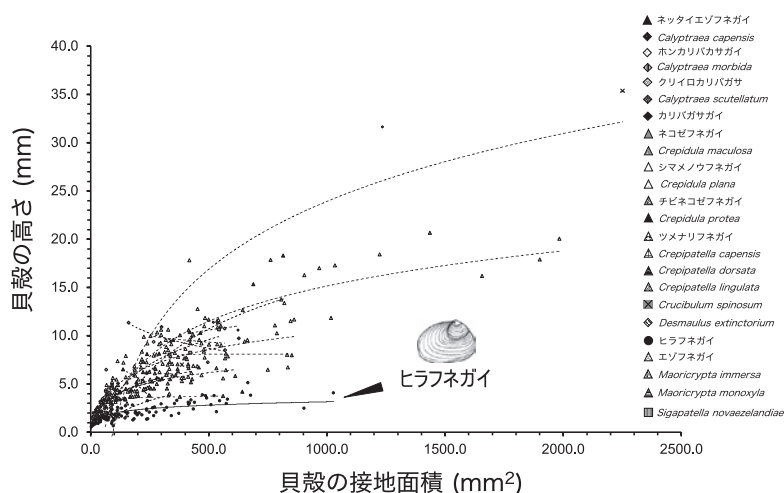


図4. カリバガサガイ科の貝殻形成パターン. 横軸が貝殻の基質への接地面積, 縦軸が殻高を示している. 実線はヒラフネガイ, 点線は他のカリバガサガイ科の貝殻形成パターンを対数近似曲線で表している.

浮遊性ヤムシ類飼育の試み

東京大学大学院農学生命科学研究科 高橋 一生 (Takahashi, Kazutaka)

はじめに

ヤムシ (矢虫: arrow worm) とは、毛顎動物門に属する動物群の一般名称である。多くの種の体長は4~40mm程度であり、体は細長く、胴部に左右に広がる鰭をもち、その形態と矢のように直進する遊泳行動からこの名がついた (図1)。全て海産であり、これまでに記載された約130種のうちおよそ90種が全生活環を水柱内で過ごす終生プランクトンである。頭部に左右にはキチン質のかぎ形の特徴的なとげ (顎毛) をもち、この器官を用いてカイアシ類等、他の動物プランクトンを捕獲し摂食する典型的な肉食性者である。これら浮遊性ヤムシ類は、極域から熱帯・亜熱帯、表層から深海帯まですべての海域に生息し、数量的にも動物プランクトン群集中最も優占するとされるカイアシ類に次いで多く出現する。このため、食物連鎖の重要な構成要素として、また水塊の指標種として重要視され、古くからカイアシ類に次いで研究されてきた動物プランクトン群である。しかしながら、これまでの研究の多くは固定試料解析に基づく分布、生活史、食性等に関する報告が主であり、代謝、摂餌、卵生産や行動に関する知見は非常に限られている。これは、主に浮遊性ヤムシ類がカイアシ類等に比べ脆弱で、飼育が困難であることが原因であると考えられる。筆者らの研究グループは、固定試料からは得ることの出来ない本動物群の生物学

的特性を明らかにすることを目的として、数年前より浮遊性ヤムシ類の飼育に取り組み、本動物群の代謝や行動に関する研究を進めている。本稿ではその一端について紹介したい。

浮遊性ヤムシは飼えるのか？

ヤムシ類のうち底生性であるイソヤムシ類は比較的飼育が容易であることが知られている。三重大大学の後藤太郎先生の研究室では累代飼育されたカエデイソヤムシ *Paraspadella gotoi* を用いて、発生、生理、行動等について多くの研究が行われている (<http://www.cc.mie-u.ac.jp/~sagitta/lab.html>)。一方、浮遊性種については長期間飼育することが難しく、長らく実験室環境下での研究は採集直後の個体を用いて摂餌や遊泳の様子等が観察されるに留まってきた。チャールズ・ダーウィンは、記録に残る限りプランクトンネットを使用した歴史上2番目の人物として知られるが、彼も自作のネットで海表面 (水面下4フィート) により採集したヤムシの遊泳の様子や顎毛の動き、体液の流れなどについて報告している (Darwin 1844)。以降、多くの研究者が浮遊性ヤムシ類の長期飼育に挑戦してきた (飼育の試みに関する経緯は Feigenbaum and Maris 1984 に詳述されている)。このような中、Reeve (1964) は、マイアミ沿岸から採集した *Ferosagitta hispida* にアルテミアノープリウス幼生を

摂餌させ日間摂餌量を求めることに成功した。その後、彼はこの *F. hispida* の飼育方法を確立し、実験室で全生活史を完結させることに成功し (Reeve 1970)、さらに飼育環境下における本種の成長や成熟、行動、代謝等について詳細な知見を得た。またこれよりやや早い時期に村上彰男博士 (当時内海区水産研究所) が、*Aidanosagitta crassa* の長期飼育に成功し (村上 1959)、飼育条件の検討に加えて、成長に伴う形態変化等を明らかにしている。*A. crassa* については、その後、永澤祥子博士 (当時東京大学海洋研究所) が、最長49日間の飼育に成功し摂餌、成長、成熟、産卵等について詳細な研究を行っている (Nagasawa 1984)。以上、プランクトン研究の歴史において、これまでのところ2週間以上の長期飼育に成功し、摂餌や成長、産卵など定量的なデータを取得することが出来たのは、この2種 (*F. hispida* と *A. crassa*) のみ、卵から育てて成熟、産卵させることに成功しているのは *F. hispida* のみということになる。浮遊性ヤムシ類の飼育は不可能ではないが非常に困難であるといえる。

エンガンヤムシの飼育

このような現状を打破するため上記2種以外の浮遊性ヤムシ類の室内長期飼育を試みた。日本沿岸には様々なヤムシ類が分布しているが (図2)、飼育対象種としてエンガンヤムシ *Zonosagitta nagae*

を選定した。本種は本邦太平洋側の沿岸域に豊富に出現し、土佐湾、駿河湾、相模湾等では春から初夏に優占種となることが知られているが、その生活史には不明な点が多く残されている。この不明点を補うために、永澤は飼育を試みているが、その記録は最長5日間に留まっている (Nagasawa and Marumo 1976)。

飼育に供した個体は相模湾真鶴半島沖観測点 (水深約120m) において50m以浅より採集した。

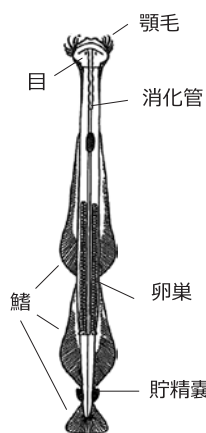


図1. 浮遊性ヤムシ (*Zonosagitta nagae*) の形態。 (元田茂 1967 日本海洋プランクトン図鑑・蒼洋社)

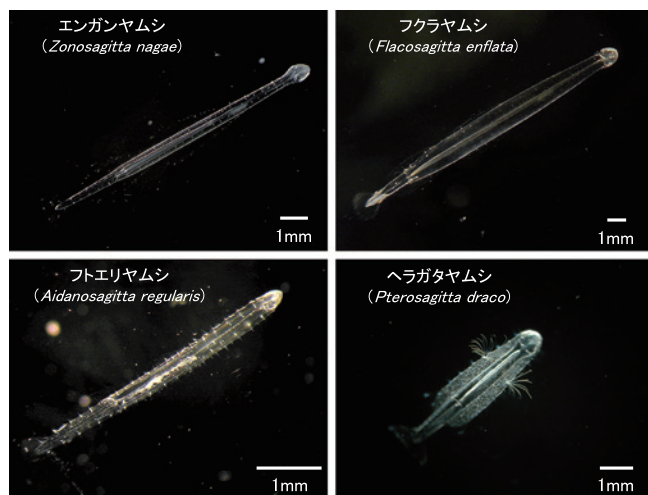


図2. 相模湾に出現する様々な浮遊性ヤムシ類。

飼育実験を成功させるためには、まず健康な個体を数多く得ることが不可欠である。我々は、Reeve らの使用したネットに倣い (Feigenbaum and Maris 1984)、大型 (3 リットル) のバケツ型コッドエンド (試料採集部分) を装着した口径 70cm のプランクトンネットを作成し、採集時のワイヤー巻上速度を毎秒 0.2m でゆっくりと曳網するし、比較的状态の良い個体を多く採集することに成功した。実験に用いる個体は出来るだけ速やかに試料中から選別し、現場濾過海水 (<0.2 μ m) を満たした 250ml 容器に収容した。ひとつの容器につき 3~4 個体のエンガンヤムシを収容し、同じく現場から採集したカイアシ類 (*Acartia* spp. または *Oithona* spp.) を、100 個体 /L 以上の密度で加え、3 日間飼育した後に生残していた個体を本実験に供した。この予備培養中には共食い等も観察されたが、この点も含め健康でより強い個体を選抜するという意味において有効な手順であると考えられる。

浮遊性ヤムシ類の飼育において問題となるのは容器のサイズである。脆弱な浮遊性ヤムシ類を飼育するには外壁との接触を最低限に抑えることのできる大型容器の使用が望ましい。*F. hispida* の飼育では、卵から孵化した約 3000 個体の幼体を 30L 容器に収容し、継続的に飼育することで、成熟個体まで成長させることに成功している。しかしながらこの方法は水質や餌条件の維持において十分な設備設計が必要であり、また個体毎の厳密な摂餌量や成長速度を知ることは困難である。代謝などの生理特性に関するデータを得るには一個体ずつ個別に飼育する必要がある、この場合必然的により小型の容器を使用することとなる。本研究では、上述の手法で得たエンガンヤムシを 1 個

体ずつ 125mL の濾過海水を満たした容器に入れ、現場表層水温 (20~22 $^{\circ}$ C) で飼育した。実験は 2016 年 7 月、10 月、2017 年 6 月、8 月に実施した。餌として小型カイアシ類を十分量 (160 個体 /L) と与えた。これは現場のカイアシ類密度の約 80 倍に相当する密度である。毎日同じ時間に排泄された糞粒の有無を確認・計数し、これと餌カイアシ類の平均乾燥重量からヤムシの摂餌量を求めた。餌カイアシ類は毎日、新しい個体に入れ替え、飼育海水の半分を新たなものと交換した。さらに、週に 1 回程度の体長測定から、成長速度を求めた。それぞれの月の生残率と飼育日数の関係を図 3a に示した。最長飼育期間は季節毎に変化した。7 月、10 月の個体群ではそれぞれ最長 43 日、45 日と過去の研究と比較しても遜色のない期間飼育することに成功した。一方、これまでの記録を更新したものの 6 月の個体群では生残率が比較的悪く最長で 15 日しか飼育出来なかった。半数個体生残日数は飼育個体の体長に関係しており、平均体長が 6mm を超える大型個体群では極端に生残日数が低下する (図 3b)。このことから、個体サイズに対して容器サイズが小さすぎたことが死亡の原因であると考えられる。今後個体サイズに合わせて容器の大きさを見直すことで、エンガンヤムシ長期飼育の可能性はより高まるであろう。

これまでに得られている結果については、現在投稿論文として取りまとめ公表の準備をすすめているが、非常に興味深い結果が得られている。例えば、摂餌した餌料のうち成長に充てられる割合を示す純成長効率は、およそ 49% と見積もられているが、これはこれまで報告されている *F. hispida* (35%) や *A. crassa* (28%) に比べてかなり高い。このような差は、

おそらく、海草藻場周辺など、ごく沿岸域を主な生息域とする *F. hispida* や *A. crassa* と、それより沖側の水柱内を生息域としているエンガンヤムシが適応している餌環境 (密度) の違いに起因していると考えている。おそらく餌密度が希薄な沖合に住んでいるエンガンヤムシは、摂餌した餌料を十分に同化し効率よく成長する必要があり、一方、餌を十分に得ることのできる沿岸性種は、より多くの餌を求めて探索にかかるエネルギーが相対的に高くなるのではないだろうか。この推論をより確かなものとするには、今後、飼育環境下で行動や代謝などについてデータを蓄積していく必要がある。本研究で示されたように浮遊性ヤムシ類は生息環境や種によってその生理特性は大きく異なる可能性があり、その生態を正しく理解するためには飼育による研究が不可欠である。我々の試みで示されたように、浮遊性ヤムシ類の飼育は決して不可能ではなく、採集や環境の維持に一定の注意を払うことである程度の期間飼育することができる。今後、同様の試みが多く為されることにより、浮遊性ヤムシ類についてこれまで知られていない多くの事実が明らかにされることを期待している。

謝辞

本研究は、公財) 水産無脊椎動物研究所より賜りました個別研究助成により行われました。ご支援に心から御礼申し上げます。

引用文献

- Darwin, C. (1844). Observations on the structure and propagation of the genus *Sagitta*. Ann. Mag. nat. Hist. 81: 1-5.
- Feigenbaum, D. L. and Maris, R. C. (1984). Feeding in the chaetognaths. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 22: 343-392.
- Reeve, M. R. (1964). Feeding of zooplankton, with special reference to some experiments with *Sagitta*. Nature. 201: 211-213.
- Reeve, M. R. (1970). Complete cycle of development of a pelagic chaetognath in culture. Nature. 227: 1970, 381.
- 村上彰男 (1959) 瀬戸内海浮遊性毛顎類に関する海洋生物学的研究。内海区水産研究所研究報告。12: 1-186.
- Nagasawa, S. (1984) Laboratory feeding and egg production in the chaetognath *Sagitta crassa* Tokioka. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 76, 51-65.
- Nagasawa, S. and Marumo, R. (1976) Further studies on the feeding habits of *Sagitta nagae* Alvarino in Suruga Bay, central Japan. J. Oceanogr. Soc. Jpn. 32: 209-218.

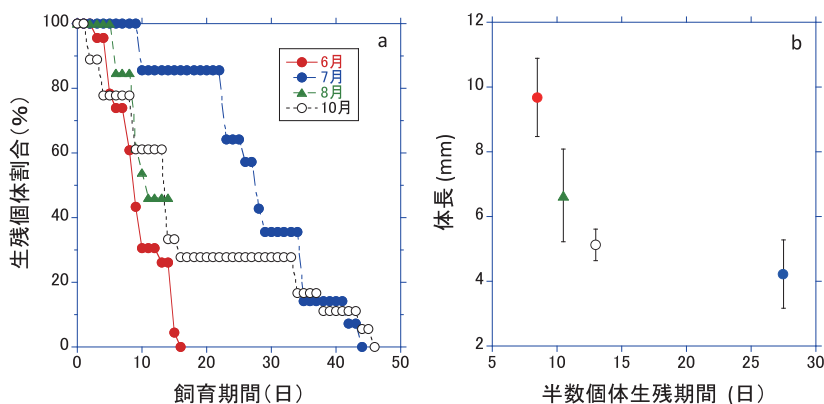


図 3. 飼育条件下におけるエンガンヤムシ *Zonosagitta nagae* の、a) 生残率の変化、および b) 半数生残日数と平均体長との関係。8 月は機器の故障により実験が中止になるまでのデータのみを示す。

通常とは異なる生活史を持つ ミズクラゲについて

北里大学海洋生命科学研究科 * 吉川 美月 (Yoshikawa, Mizuki)

* 旧所属

はじめに

近年、クラゲ類はその優美な見た目から水族館や写真作品等での人気が高まっている。しかしながらその魅力は外見のみに留まらず、不可思議で謎の多い生態も人々を惹きつけるのではないだろうか。クラゲ類と呼ばれる生物には狭義では刺胞動物門と有櫛動物門の生物が含まれる。刺胞動物門のクラゲは多くが長い触手を持ち、「刺す」クラゲである。有櫛動物門のクラゲはクシクラゲとも呼ばれる仲間、櫛板を波打たせて遊泳し、プリズムによる虹色の光の乱反射を起こす。さらに刺胞動物の中では鉢虫綱、箱虫綱、ヒドロ虫綱の一部、十文字クラゲ綱の4綱がクラゲ世代を持つ(図1)。ここでは多くの水族館で見られ、また日本の全域に生息するポピュラーな種である、刺胞動物門鉢虫綱旗クラゲ属に属するミズクラゲ *Aurelia coerulea* (図2) についてお話したい。

一般的なミズクラゲの生活史

ミズクラゲ、と聞いて多くの方が思い浮かべるのは丸くてゆったりと拍動しながら浮遊するメデューサ世代の形かと思われる。しかし、ミズクラゲを含むクラゲ類には大きく分けて無性生殖を行う付着世代と有性生殖を行う浮遊世代の二つの世代が存在する。その生活史はクラゲによってさまざまであるが、ミズクラゲの一般的な生活史は次のようになっている(図3)。

春季に有性生殖によって生み出された受精卵は母親の保育囊の中で繊毛をもつプラヌラ幼生となる。保育囊とは成熟したメスの口腕の付け根に存在するフリル状の器官で、フリルの縁の部分に楕円形の粒状のプラヌラを蓄える。プラヌラは十分に成長すると保育囊を出て泳ぎ出す。その後岸壁や漂流物などに着底してポリプへ変態する。ポリプは摂餌をして1~2mmに成長し、水温の高い夏季に無性生殖を繰り返して分裂しクローンを生み出す。その後冬季が近づき水温が低下すると、横方向に多数のくびれを生じた初期ストロビラとなる(Kakinuma, 1975)。



図1. クラゲ類の分類とその代表的な種類。



図2. ミズクラゲ *Aurelia coerulea*。

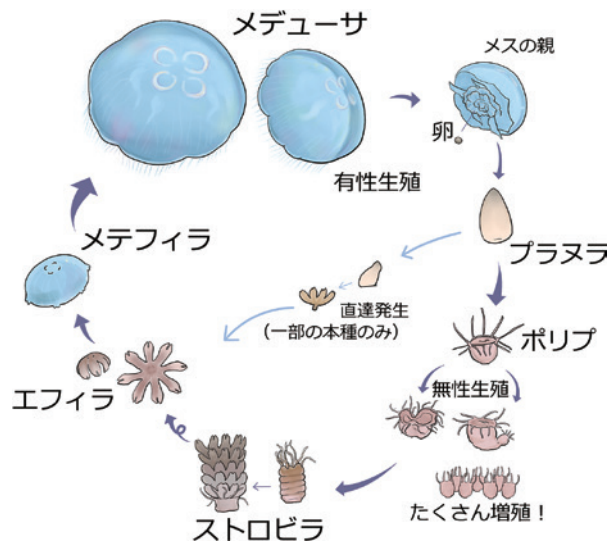


図3. ミズクラゲの生活史。

ポリプがくびれを作ってストロビラへ変態することをストロビレーションと呼ぶ。さらにそのくびれが1枚ずつ花型のディスク状に形を変えて後期ストロビラとなり、そのディスクが1枚ずつ後期ストロビラから剥がれて遊離すると浮遊世代のエフィラ幼生となる。ゼラチン質のエフィラ幼生は摂餌によって、メテフィラ、メデューサと成長する。メデューサは最大で傘径が約30cmにもなり、ミズクラゲはクラゲ類のなかでは比較的大型の種である。これが本種の一般的な生活史であるが、これとは異なる変化をするミズクラゲも存在する。

直達発生

ミズクラゲにはプランナが着底後ポリプにならずにそのままエフィラへ変態する、「直達発生」を行うものが存在する(図4)。この直達発生はドイツの一部や石川県能登島や福井県敦賀湾、青森県浅虫など一部の地域の本種しか行わないとされている(Berril, 1949; Heackel, 1881; Hirai, 1958; Kakinuma, 1975; Yasuda, 1975)。直達発生を行うプランナの大きさは約500~800 μ mと、通常の200~300 μ mと比較してかなり大型であることが知られている。

発達した直達発生型のプランナは進行方向と反対の端(ここではこちらを後ろとする)が茶色く色づく(図5)。発達した茶色のプランナは直達発生を行うが、未発達な白色のプランナは直達発生を行わない。ここで直達発生のようなすを考えると、前から着底したプランナは茶色い部分がある後ろ側がエフィラへ形を変え、エフィラが遊離した残りの基部である前側はポリプへ変態する。白色のプランナが着底後直達発生をせずポリプになることも加えて考えると、茶色くなっている部分に何か直達発生に関わる鍵があるのではないだろうか。この部分についてポリプからエフィラへの変態であるストロビレーションの際に発現量が増加するRNAの発現を調べたところ、ポリプ期と同じものが着底後の茶色のプランナの後端に存在していた(吉川ら、未発表)。つまり、直達発生型のプランナ期において、通常のミズクラゲのポリプ世代と同様の変化がすでに始まっているのである。

直達発生型のプランナは、大型で通常よりも数が少ない大卵少産型の戦略をとっている。これは子に多くの栄養を与えることで個々の生存率を上げるといふ戦略である。またストロビレーションは、

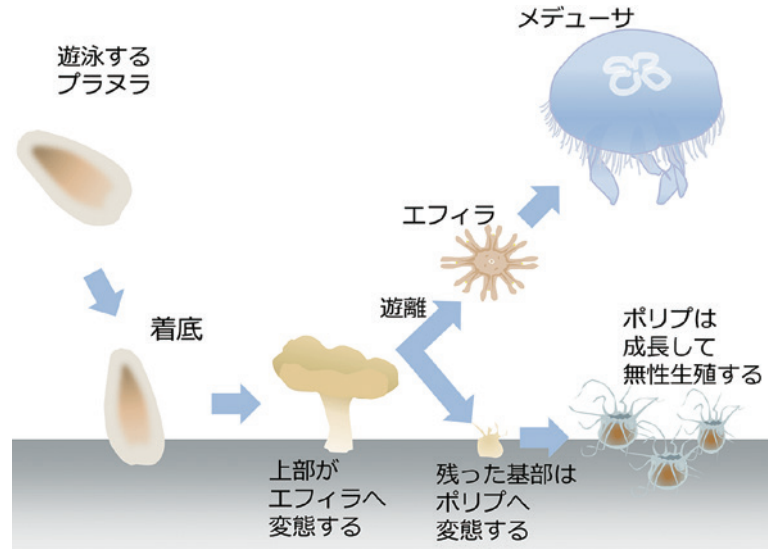


図4. 直達発生型ミズクラゲの生活史。

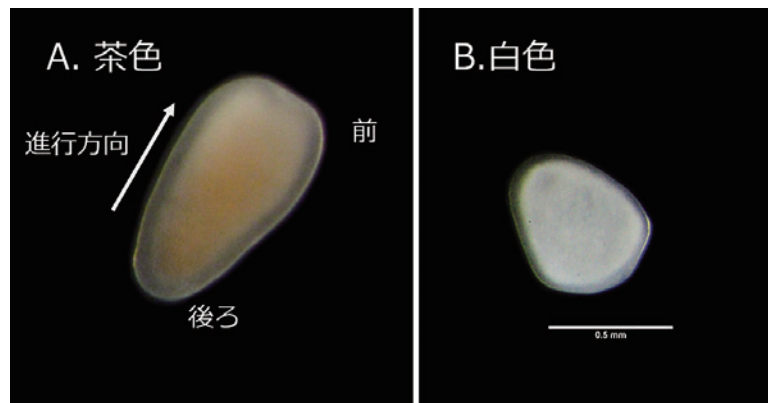


図5. 直達発生型のプランナ。A: 発達が進んでいる茶色のプランナ。進行方向に対して後ろ側に濃い茶色の部分が見られる。B: 発達が進んでいない白色のプランナ。茶色のプランナに比べて小さく、茶色の部分が見られない。

水温の低下や飢餓状態で起こることが知られている。このことから、直達発生は厳しい環境で生存しやすいような現象なのではないだろうか。しかしながらミズクラゲが、いつ、どのような環境で直達発生を始めたのかは謎に包まれている。

ミズクラゲの多様性

冒頭でミズクラゲは日本全域で見られると書いたが、ミズクラゲ属のクラゲは世界中に分布している。以前は *Aurelia aurita* の単一種は世界中に分布しているとされていたが、Dawson らの研究によってDNAによる系統解析および形態の違いから *A. aurita* はいくつかの種に分けられた(Dawson et al., 2001)。ミズクラゲは世界中の様々な環境に合わせてその性質を多様化させることで、広い地域

に生息が可能となり繁栄することが出来たのではないだろうか。国内でも、沖縄など南方では本州とは異なる種であるミズクラゲ属のクラゲが分布している。一方で変わった生活史を持つ直達発生型のミズクラゲについて先行研究と同様の遺伝子領域による系統解析により直達発生を行わない太平洋側のミズクラゲと比較したところ、別種となるほどの差は見られなかった。本種の性質は比較的短期間で変化することができるのだろうか。または環境により大きく性質を変えることが出来るのだろうか。近年はクラゲ類においても様々な分子生物学的分析が可能となったが、身近な種であるミズクラゲの謎は深まるばかりである。

おわりに

ミズクラゲは採集が容易で比較的飼育しやすい種であるが、未だに数多くの謎が残されている。自身の研究の中では全く明らかにされてこなかった直達発生が生体内での機構についてその一端を調べることが出来た。この研究を行うにあたり、のとりま水族館の池口新一郎旧副館長および飼育担当の皆様、新江ノ島水族館の魚類チームの皆様、金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設の鈴木信雄様および小木曾正造様、広島大学の大塚攻先生および近藤裕介様、豊潮丸の船長および乗組員の皆様にはサンプル採集において様々なご協力を頂いた。ま

た本研究は公益財団法人水産無脊椎動物研究所の2018年度個別研究助成によって実施した。この場を借りて感謝を申し上げる。

引用文献

- Berrill N J (1949) Development analysis of Scyphomedusae. Biological Reviews 24: 393-410
- Dawson M N, D K Jacobs (2001) Molecular evidence for cryptic species of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa). The Biological Bulletin 200: 92-96
- Heackel E (1881) Metagenesis und Hypogenesis von *Aurelia aurita*. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte und zur Teratologie der Medusen. Jena pp.7

Hirai E (1958) On the developmental cycles of *Aurelia aurita* and *Dactylometra pacifica*. Bulletin of the Marine Biological Station of Asamushi 9: 81

Kakinuma Y (1975) An experimental study of the life cycle and organ differentiation of *Aurelia aurita* Lamarck. Bulletin of the Marine Biological Station of Asamushi 15: 101-113

Yasuda T (1975) Ecological studies on the jellyfish, *Aurelia aurita* (Linne), in Urazoko bay, Fukui prefecture-XI. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory XXII: 75-80

表紙写真

「交配中のキイロウミコチョウ *Siphopteron flavum* (Tokita & Baba, 1964)」

今回は生態が垣間見えるキイロウミコチョウ(右図)の交配中の写真を使わせていただきました。後鰓類の多くは、同時にオスとメスの機能をもつ「雌雄同体」で、そうした場合に交配という互いに精子を渡す繁殖を行います。表紙写真では、上と下の2個体がそれぞれ頭部と尾部を逆方向に向けて繋がっています。撮影者の今本淳氏から、キイロウミコチョウは岩場の砂溜まりや、石や岩の上に積もった砂の上で見かけることが多いと教えていただきました。ウミコチョウ類を含む頭楯目は、砂の上にいることが多いそうで、また、砂の中から見つけれられるウミウシもいるそうです。

本号の「大阪湾の干潟域にすむウミウシ類」(P. 2~4)では、干潟のウミウシをご紹介いただきました。干潟や砂の中から、小さなウミウシを探すのもまた楽しみの一つになりそうです。皆さんも意外な場所でウミウシを探して見ませんか?



図. キイロウミコチョウ(1個体、左側が前)

前号の訂正とお詫び

前号104号に掲載しました「高岡生物研究会の自然観察会に参加しました」(12ページ)に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

5行目 (誤) 御前崎海岸 → (正) 越前海岸
7行目 (誤) 30名 → (正) 32名

11行目 (誤) 35種 → (正) 36種
14行目 (誤) シラユキウミウシ → (正) シラユキモドキ



うみうし通信 No.105

発行日 2019年12月30日

発行人 池田 友之

編集人 片山 英里

発行所 公益財団法人 水産無脊椎動物研究所

Research Institute of Marine Invertebrates (Tokyo)

〒104-0043 東京都中央区湊 1-3-14-801 Tel.03-3537-1791 Fax.03-3537-1792

e-mail maininfo@rimi.or.jp URL http://www.rimi.or.jp/

印刷 中西印刷(株) Tel.075-441-3155