

公益財団法人 水産無脊椎動物研究所

うみうし通信

2020.12
No.
109



イボヤギウミウシ

奄美大島 2019.10 撮影／今本 淳

タニシ類の殻高と殻幅の比と生態の関係——福田 珠花

ウミシダに付着するコマチクモヒトデ——富永 英之・幸塚 久典

湿地に生息する水棲動物にみられる吸虫類の多様性——佐々木 瑞希

謎多き薄っぺらな海産無脊椎動物 平板動物——塙 宗継

財団からのお知らせ

タニシ類の殻高と殻幅の比と生態の関係

京都府立洛北高等学校サイエンス部生物班3年 福田 珠花 (Fukuda, Juka)

はじめに

日本の淡水棲巻貝類は約50種が知られ、その多くは大陸と共通な近似種である。琵琶湖やその水系には特産種がみられる。最近、スクミリンゴガイのような外来種の侵入が話題になっている。本研究では、タニシ類の殻高と殻幅の比と生態の関係について、主にリンゴガイ科のスクミリンゴガイ (*Pomacea canaliculate*)、タニシ科のヒメタニシ (*Bellamya quadrata historic*)、マルタニシ (*Bellamya chinensis laeta*)、カワニナ科のクロカワニナ (*Semisulcospira fuscata*)、クロダカワニナ (*Semisulcospira kurodai*) を用いて調べた。これらの巻貝類の殻の形と生息場所の関係に着目し、水の流れが非常に緩やかか

若しくは無い場所に生息する巻貝類は丸い形の殻をもち、水の流れがある場所に生息する巻貝類は縦長の形の殻をもつと仮説を立てた。スクミリンゴガイ・ヒメタニシ・マルタニシ・クロカワニナ・クロダカワニナの殻長、殻幅、殻口長、殻口幅、および蓋殻口幅を計測した。

材料・研究法

研究材料

タニシ類は、京都府京都市西京区洛西自然農園のスクミリンゴガイ、ヒメタニシ、マルタニシを用いた(表1)。

カワニナ類は、京都府京都市中京区白川疎水のカワニナ (*Semisulcospira libertina*)、クロカワニナ、クロダカワニナ、

表1 材料の採集地

種類	採集地	個体数
スクミリンゴガイ (<i>P. canaliculate</i>)	京都府京都市西京区洛西自然農園	34
ヒメタニシ (<i>B. quadrata historic</i>)		139
マルタニシ (<i>B. chinensis laeta</i>)		11
カワニナ (<i>S. libertina</i>)	京都府京都市中京区白川疎水	1
クロカワニナ (<i>S. fuscata</i>)		25
クロダカワニナ (<i>S. kurodai</i>)		20
シライシカワニナ (<i>S. shiraishiensis</i>)		1
タテジワカワニナ (<i>S. rugosa</i>)		1
ナンゴウカワニナ (<i>S. fluvialis</i>)		4
フトマキカワニナ (<i>S. dilatate</i>)		12



図1 材料の採集場所(地理院地図より)

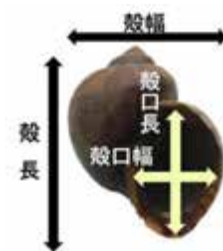


図2 計測部位1



図3 計測部位2

シライシカワニナ (*S. shiraishiensis*), タテジワカワニナ (*S. rugosa*), ナンゴウカワニナ (*S. fluvialis*), フトマキカワニナ (*S. dilatate*) を用いた。なおクロカワニナおよびクロダカワニナ以外は十分な個体数が採集できなかったため、比較には使用しなかった (表1)。

方法

巻貝類の殻の計測項目として、殻長、殻幅、殻口長、殻口幅、および蓋殻口幅 (図2, 3) を選び、項目全てについて、ノギスを用いて計測した。蓋殻口幅を測定する際は、蓋が最も深部に位置する際に計測した。

計測データをもとに以下の計算を行った。

①殻丸型度

殻幅 / 殻長 * 100 で求められる。各種の中央値の中央値である74.8を基準とする。値がより大きい殻を丸型、値が小さい殻を楕円型と考えた。

②殻口丸型度

殻口幅 / 殻口長 * 100 で求められる。各種の中央値の中央値である74.8を基準とする。値が大きい殻口を丸型であると考え、値が小さい殻口を楕円型と考えた。

③殻口狭小度

蓋殻口幅 / 殻口幅 * 100 で求められる。各種の中央値の中央値である99.7を基準とする。値が大きい殻口を狭小型、値が小さい殻口を開放型とした。

④殻口丸型度の順位相関係数

Spearman の順位相関係数

$$1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n (Xi - Yi)^2$$

で求められる。

この場合、 n = 個体数、 Xi = 殻長、 Yi = 殻口丸型度とする。

結果

ヒメタニシの殻丸型度の中央値は74.8となり、マルタニシは88.3、スクミリンゴガイは78.7となるため、殻は丸型であるといえる。また、クロカワニナの殻丸型度の中央値は50.0となり、クロダカワニナは48.1となるため、殻は縦長型であるといえる (表2)。

殻長と殻幅に対する順位相関係数は、すべての種で殻長と殻幅に対する順位相関係数は $p < 0.01$ となり、強い相関関係がみられた (表3)。

考察

本研究から、生息環境の異なるそれぞれの貝類において、殻長と殻幅との間に強い相関がみられた。タニシ類とスクミリンゴガイは水の流れが非常に緩やかな水田に生息するが、本試料を採取した場所は、稲が栽培されているため、水流が更に遅くなっている。また、水田への流入は起こるが、流出は稀であるため、一層水田への水流が生じにくくなっている。このことから、丸型の殻をもつ巻貝類が水流の弱い場所を好んで生息しているといえる。一方、水の流れのある疎水に生息するカワニナ類では、殻長と殻幅との間に強い相関がみられ、流れが強い場所に生息する巻貝類は縦長型の殻をもつことが示された。疎水路はコンクリート等で護岸補正されており、それが水流を強くしている。なお、タニシ科のなかで、例外的に唯一の疎水域に生息するナガタニシが知られているが、この種の殻は丸型の殻ではなく縦長型であり、本研究結果を支持する。

水流が緩やかな環境であればヒメタニシ、マルタニシ、およ

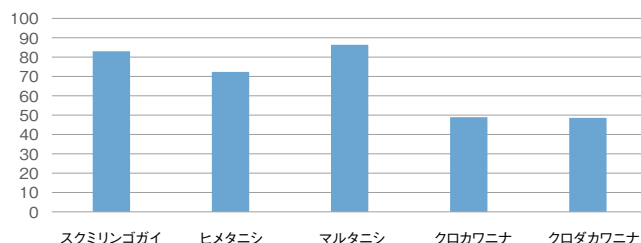


表2 殻丸型度の種別平均値

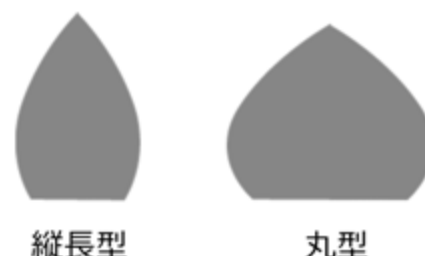


図4 殻形態の2タイプ

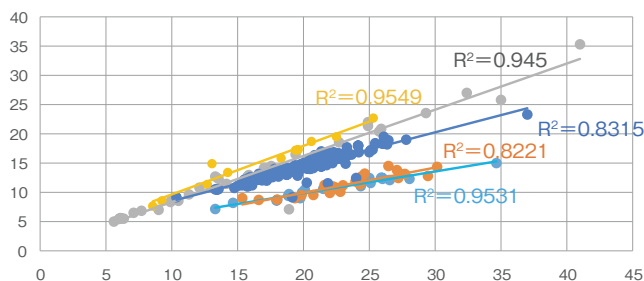


表3 殻長と殻幅

びスクミリンゴガイ等の主に丸型の殻をもつ巻貝類が生息し、水流が激しい環境であれば、カワニナ類等の縦長型の殻をもつ巻貝類が生息する傾向が示された。よって、淡水の巻貝類が生息する場所の水の流れの有無が、巻貝類の殻の形に関係していると考えられる。それぞれの環境で、どのような長所があって殻の形が選択されたのか考えてみた。球形に近い丸い殻は物理的に強度が高いと考えられ、天敵からの攻撃に対して長所がある。その反面、流れに対しては、一旦流されると、ころころと転がり止まらないという短所がある。一方、一定の水の流れがある環境では、縦長型の殻をもつ巻貝類は水流に対して、ある方向に向くと、水流による水圧から逃れることができるため、容易には流されないなどの長所が考えられる。想像の域を出ないが、殻の形と生息環境の間には関係があるのではないかとと思われる。

おわりに

本研究で調べた巻貝類は生息場所の水の流れの有無に適応し、殻の形を丸型和縦長型のどちらかに進化させたと考えられる。

今後の課題としては、大陸や東南アジア諸国にも、多くのタニシが生息していることが分かっているため、東南アジアに生息している種についても、水流と殻の形の関係について調査したい。

謝辞

本研究にあたり直接のご指導を頂いた大阪大学理学研究科古屋秀隆先生に深謝する。

ウミシダに付着するコマチクモヒトデ

元福井県立藤島高等学校 富永 英之 (Tominaga, Hideyuki)

東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所 幸塚 久典 (Kohtsuka, Hisanori)

はじめに

皆さんは棘皮動物のウミシダに付着するクモヒトデをご存じだろうか？ ウミシダには多くの腕を使って海中をフワフワと泳ぐ種や、流れの早い場所では細い巻枝や腕を使って岩を掴んで体を支持し、深海では長い巻枝を泥に刺してアンカーの役割をさせる種もいる。また、美しい色彩を持つ種も多く、発生様式も特異である。この魅力的なウミシダに付着するクモヒトデはコマチクモヒトデ *Ophiomaza cacaotica* で、和名の「コマチ」とは元来、ウミシダの学名に由来すると考えられている。本種に関しては、これまで藤田・幸塚 (2003) や幸塚 (2005) の形態や生態に関する報告がある。また、発生に関しては Mortensen (1937) の報告があるのみで、生殖巣の発達過程や本種の宿主であるウミシダへの付着行動に関しては不明である。本稿ではコマチクモヒトデの生活史を明らかにするため、(1) 宿主の種類や付着場所、付着個体数、外部形態や体色等の基礎的観察、(2) コマチクモヒトデの生殖巣の発達過程に関する組織学的観察および発生観察、(3) 水槽内における宿主への付着行動観察を行ったので報告する。

材料のコマチクモヒトデは、2008年2月に長崎県西海市 ($n = 9$; 水深 6–18m)、2015年6月から2020年4月にかけて神奈川県三浦市小網代湾 ($n = 41$; 水深 5–13m) で第二著者の幸塚によるスキューバ潜水により、主としてニッポンウミシダに付着した状態で採集した。

生態および外部形態

コマチクモヒトデの宿主は、クシウミシダ科のアシボソオオバンウミシダ *Anneissia intermedius*、ニッポンウミシダ *A. japonica*、フトアシウミシダ *A. pinguis*、ウテナウミシダ *A.*

solaster、コアシウミシダ *Comanthus parvicirrus*、ハナウミシダ *Comaster nobilis*、カセウミシダ科のアカシマコブウミシダ *Catoptometra rubroflava*、オオウミシダ科のオオウミシダ *Tropiometra macrodiscus* などである。付着場所は宿主の口盤上 (腹側; 口側) もしくは中背板上 (背側; 反口側) 付近で覆いかぶさった状態で付着する。付着個体数はほとんどの場合、1個体の宿主に1個体の本種が付着していた。コマチクモヒトデの盤の直径 (盤径) は雌16–23mm ($n = 22$)、雄11–20mm ($n = 28$) の亜成体から成体で、それらより小さい5mm程度の幼体は数例しか確認されなかった。本種は雌雄異体であるが、外部形態から雌雄は判別できない (図1A, B)。本種の腕先端部両側には雌雄ともにやや発達程度の鈍い鉤爪が先端を口側に向けて複数形成されている (図2)。これらの鉤爪は、宿主上での移動や宿主に自らの体を固定するアンカーとして機能することが考えられる。

コマチクモヒトデの体色は赤紫色や黒色の単色、もしくは盤や腕に縞模様が入るが (Irimura, 1982)、本観察に用いた個体はほとんど濃紫色の単色であった。ゆえに、宿主の体色に対して完全な保護色にはならないが、宿主の多数の腕に遮蔽された付着状態になる。コマチクモヒトデが宿主を隠蔽目的で利用することにより、天敵から逃れることは可能であろう。

生殖巣の発達と発生

実体顕微鏡下で盤口側の間輻部の骨板を切開すると生殖巣が確認できる。雌では2月から4月にかけて卵巣内では、卵巣上皮に数珠状に配列した卵母細胞が見られるのみで未成熟の状態である (図3A, B, C)。6月から10月にかけて卵巣は大きく発達し、その内部は多数の成熟した卵母細胞 (長径110 μm) で満たされる (図3D)。雄では2月の精巣はやや発達の程度

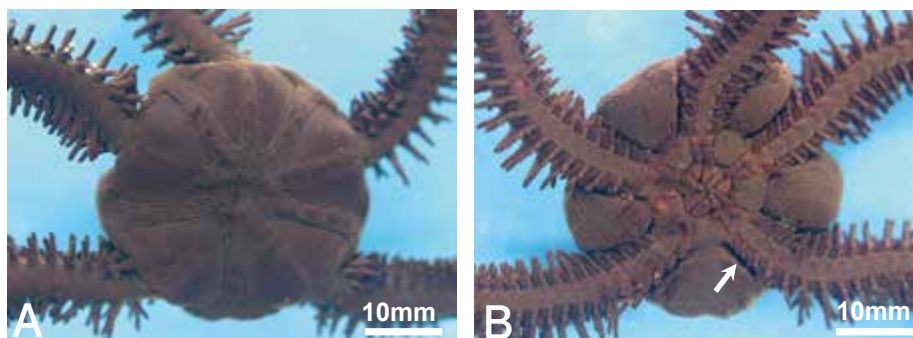


図1 コマチクモヒトデ成体。A, 反口側。B, 口側 (矢印は配偶子が放出される生殖裂口)

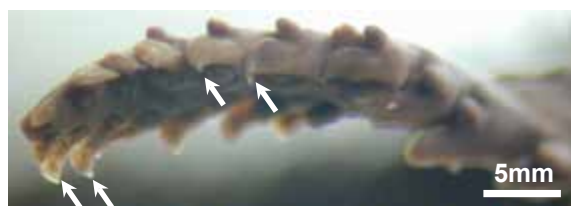


図2 コマチクモヒトデの腕先端部の鉤爪 (矢印)

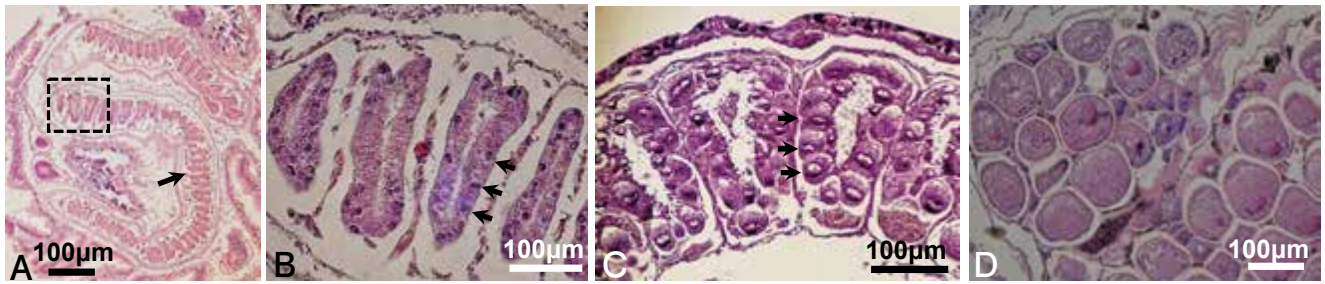


図3 コマチクモヒトデ雌の生殖巣。A, 未熟な卵母細胞を有する卵巣（矢印）[2月]。B, A 粹線部の拡大（矢印は未熟な卵母細胞）。C, 数珠状に配列した未熟な卵母細胞（矢印）[4月]。D, 成熟した卵母細胞 [9月]

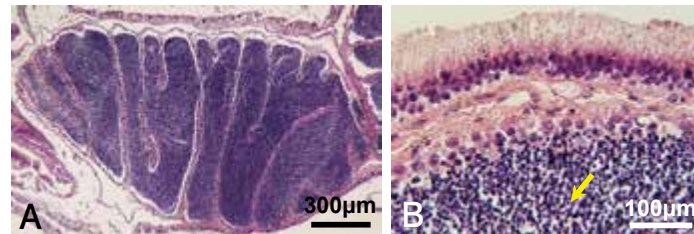


図4 コマチクモヒトデ雄の生殖巣。A, 精巣 [4月]。B, 精巣 [6月]（矢印は精子）



図5 放卵中のコマチクモヒトデ雌。矢印は生殖裂口から放出される卵（幸塚久典氏撮影）



図6 コマチクモヒトデの初期8腕オフィオブルテウス幼生（田近敦史氏撮影）

が弱い、4月から10月にかけて大きく発達し（図4A）、その内部は多数の精子で満たされている（図4B）。2015年9月27日および10月6日に小網代湾でニッポンウミシダに付着した状態で採集した本種8個体を用い、10月7日に光と温度変化による放卵放精の誘導を試みたが配偶子の放出は見られなかった。しかしながら、同時に実験室内で飼育していた宿主のニッポンウミシダ雌が10月6日の16時に放卵し、翌10月7日の17時に雄が放精した。また、2016年10月25日から26日にかけて、実験室の水槽内で飼育していたコマチクモヒトデの自然放卵が見られた（図5）。その後、10月28日までにさらに2回の自然放卵放精が見られ、これらの卵はいずれも受精していた。受精卵は初期8腕オフィオブルテウス幼生まで発生が進んだが（図6）、変態までは観察できなかった。

コマチクモヒトデの生殖巣（卵巣や精巣）の成熟時期は組織学的観察より秋季（10月）と考えられ、実験室内での飼育環境下では自然放卵放精により秋季に体外受精がおり、オフィオブルテウス幼生が確認された。クモヒトデの発生様式は多様性に富むが、コマチクモヒトデは8腕オフィオブルテウス幼生を経て変態する典型的な間接発生型の種である（Mortensen, 1937）。コマチクモヒトデの生殖期である秋季は、宿主であるニッポンウミシダの生殖期（相模湾では9月下旬から11月上旬）と重なる。生息地でのコマチクモヒトデは1個体のニッポンウミシダに1個体しか付着していないことが多い。幸塚は2015年6月に小網代湾（水深7-10m）で、ニッポンウミシダ40個体にコマチクモヒトデ6個体が付着しているのを確認して

おり、コマチクモヒトデの個体群密度は小さい。しかしながら、宿主であるニッポンウミシダが生殖期に集合して群棲状態になれば、コマチクモヒトデにとっても受精効率を上げることが可能になるので生殖戦略上有利となる。それゆえ、コマチクモヒトデは自らの生殖期を宿主であるニッポンウミシダの生殖期に一致させたのかもしれない。コマチクモヒトデの発生については、前述したMortensen（1937）によるオフィオブルテウス幼生や変態直前の幼生の断片的な観察例があるにすぎない。ゆえに、受精卵から変態完了までの詳細な全発生過程の解明が望まれる。

宿主への付着行動

自然状態でニッポンウミシダに付着するコマチクモヒトデを図7A, Bに示す。宿主への付着行動観察は2015年10月6日に行った。2015年9月から10月にかけて採集したニッポンウミシダに付着していたコマチクモヒトデを宿主から取り外した。その直後、円形水槽内にニッポンウミシダ1個体とコマチクモヒトデ1個体を約10cmの距離をおいて投入し、その後のコマチクモヒトデの行動を観察した（試行①）。また、ニッポンウミシダに付着していたコマチクモヒトデを取り外し、あらかじめ採集しておいたコアシウミシダへの付着行動の有無を観察した（試行②）。さらに試行②でコアシウミシダに付着したコマチクモヒトデを取り外し、再度コアシウミシダへの付着行動の有無を観察した（試行③）。また、1個体のニッポンウミシダに複数のコマチクモヒトデ（5個体）すべてを用い、ニッポンウミ

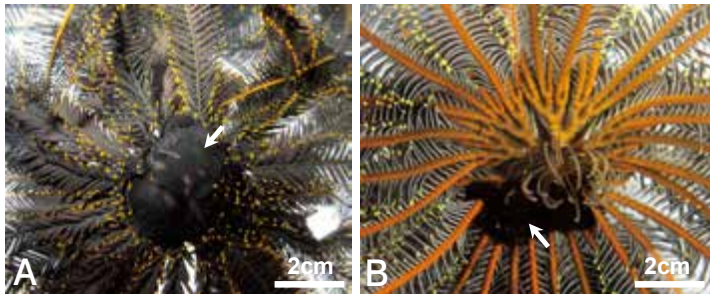


図7 ニッポンウミシダに付着するコマチクモヒトデ（矢印：A, 口盤上. B, 中背板上）

表1 コマチクモヒトデのウミシダへの付着行動

試行	試行数	旧宿主	新宿主	観察に用いたコマチクモヒトデ数	試行結果
①	4	ニッポンウミシダ	ニッポンウミシダ	1	付着
②	1	ニッポンウミシダ	コアシウミシダ	1	付着
③	2	コアシウミシダ	コアシウミシダ	1	付着
④	1	ニッポンウミシダ	ニッポンウミシダ	5	付着



図8 コマチクモヒトデのニッポンウミシダへの付着行動. A-D: 矢印はコマチクモヒトデの移動方向を示す

シダへの付着行動の有無を観察した（試行④）。なお、試行②～④は試行①と同様な方法で観察した。これらの観察結果を表1に示す。

コマチクモヒトデは水槽内に投入された後、宿主の方向に向かってただちに移動を開始し（図8A）、宿主の腕下部に潜り込む（図8B, C, D）。この時、宿主は多くの腕を一瞬動かすが逃避行動はとらない。宿主の腕内部に移動したコマチクモヒトデは自らの口側を宿主側に向け、宿主の口盤上もしくは中背板上に付着した（表1、試行①）。また、行動観察中に宿主の口盤と中背板の間を移動する個体も見られた。ニッポンウミシダに付着していたコマチクモヒトデは、異なる宿主のコアシウミシダにも付着した（表1、試行②、試行③）。また、1個体のニッポンウミシダに複数個体のコマチクモヒトデがすべて付着した（表1、試行④）。

コマチクモヒトデの宿主への付着場所は、口盤から中背板上にかけての様々な位置である。今回用いたコマチクモヒトデの宿主はクシウミシダ科のニッポンウミシダとコアシウミシダで、両種とも口盤中央に肛門があり、その周辺部に口がある（小郷・藤田, 2014）。ウミシダは羽枝から腕を経由して口に至る食溝を持ち、餌である海中のプランクトンや有機物は食溝中を移動して口に運ばれる仕組みになっている。クシウミシダ科の食溝は骨板に覆われることなく構造上外部に露出しているため、ウミシダに付着する動物にとって、食溝中を移動する餌を搾取することは容易であると考えられる。本観察では、ウミシダの食溝上に限って付着していたコマチクモヒトデは見られなかった。コマチクモヒトデが採餌目的でウミシダの食溝付近に付着するかについてはまだ実験的に確かめられていない。

コマチクモヒトデの発生様式は、浮遊幼生であるオフィオブルテウス幼生を生じる間接発生型であるので、幼生は変態の過程でオフィオブルテウス腕を失って海底に着底し、その後、稚クモヒトデとして成長する。実験室内での付着行動の観察結果より、コマチクモヒトデは成長後に岩礁で宿主に取りつく「待ち伏せ型」の付着様式を持つと考えられる。また、宿主に関しては多くの種に付着が見られることにより、宿主の種特異性は

ない。実験的には1個体の宿主に複数のコマチクモヒトデの付着が見られたので、自然状態でも受精効率を高めるため、1個体の宿主に複数の雌雄のコマチクモヒトデが付着する可能性がある。

おわりに

クモヒトデには同じ棘皮動物のウニ類に付着する種や、刺胞動物のヤギ類に絡む種が見られる。クモヒトデとこれらの宿主との関係は片利共生と考えられる。ウミシダにとってコマチクモヒトデに付着されることは、はなはだ迷惑なことであろうが、もしかして何らかのメリットがあるのかもしれない。なぜコマチクモヒトデはウミシダのみを宿主とするのだろうか、興味は尽きない。両者間での共生関係や採餌目的としてのコマチクモヒトデのウミシダへの付着について、今後のさらなる実験観察を行う必要がある。

謝辞

本報告は2015年度マリンバイオ共同推進機構（JAMBIO）の研究助成により行いました。また、コマチクモヒトデの発生観察は田近敦史氏に、付着行動の観察は、東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所のスタッフ一同にご協力頂きました。ここに記して、厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 藤田敏彦, 幸塚久典 (2003) 能登島およびその周辺海域のクモヒトデ類. のと海洋ふれあいセンター研究報告. 9: 25-38.
- Irimura, S (1982) The brittle-stars of Sagami Bay, pp 41-42. 生物学御研究所編.
- 小郷一三, 藤田敏彦 (2014) 相模湾産ウミシダ類. pp 162. 東海大学出版会.
- 幸塚久典 (2005) 隠岐の島沿岸で得られたコマチクモヒトデ. 南紀生物. 47(1): 74-76.
- Mortensen, T (1937) Contribution to the study of the development and larval forms of echinoderms Ⅲ, K. Dansk. Vidensk. Selsk. 7(1): 1-65.

湿地に生息する水棲動物にみられる 吸虫類の多様性

旭川医科大学寄生虫学講座 佐々木 瑞希 (Sasaki, Mizuki)

はじめに

線形動物、扁形動物、鉤頭動物、節足動物など多くの動物群において、寄生生活を営むものが存在する。吸虫類は扁形動物門に属する寄生虫で、見た目は吸盤をもつプラナリアのような形をしているが、複数の宿主動物を利用する複雑な生活史を営む。吸虫類の多くは貝類を第1中間宿主、魚類や節足動物など様々な生物を第2中間宿主として利用する。最終的に終宿主（主に脊椎動物）の体内で成虫となり、生活環が完成する（図1）。一般的に、中間宿主は移動能力が低いが、終宿主は体内に成虫を宿したまま移動し、その移動先で新しい生活環を開始する。水棲の巻貝やその他の動物を中間宿主とする吸虫は多いため、河川や湖は吸虫類が次の世代を残すのに重要である。さらに、鳥類や哺乳類などの終宿主に寄生することが新天地への移動手段となる。とくに、鳥類の渡りは吸虫類の移動拡散に重要な役割を果たしていると考えられるが、これに伴う吸虫類の追跡調査は行われてこなかった。鳥類の内部寄生虫を採集するためには捕獲・屠殺が必要となるが、法的・倫理的・公衆衛生学

的制約が多く大規模な調査を行うことが難しいためである。

北海道における中間宿主調査

鳥類からの寄生虫の採集は困難だが、幸いなことに、前述の通り吸虫類は水棲生物を中間宿主として利用することが多い。とくにカモ類を中心とする水鳥は渡りの中継地となる河川や湖沼で排泄するため、そこに生息する水棲生物により吸虫類が維持されていると考えられる。すなわち、中間宿主となる貝類や魚類などを調べることで、終宿主となる鳥類を捕獲することなくその吸虫相を知ることが可能となる。

そこでまず、北海道の渡り鳥飛来地（旭川市牛朱別川、忠別川、美瑛市宮島沼、網走市能取湖など）において、巻貝類（オカモノアラガイ、カワニナなど）および魚類（ウグイ、フナ、ドジョウなど）を採集し、吸虫類の幼虫を検出した（図2）。回収した寄生虫は形態観察ののち、DNAバーコーディングを行った。すなわち、種同定とともに核28SrDNAおよびミトコンドリア cytochrome *c* oxidase I (*cox1*) 配列の一部を決定した。*cox1*配列を用いて最尤法により系統解析を行った結



図1 一般的な吸虫類の生活史

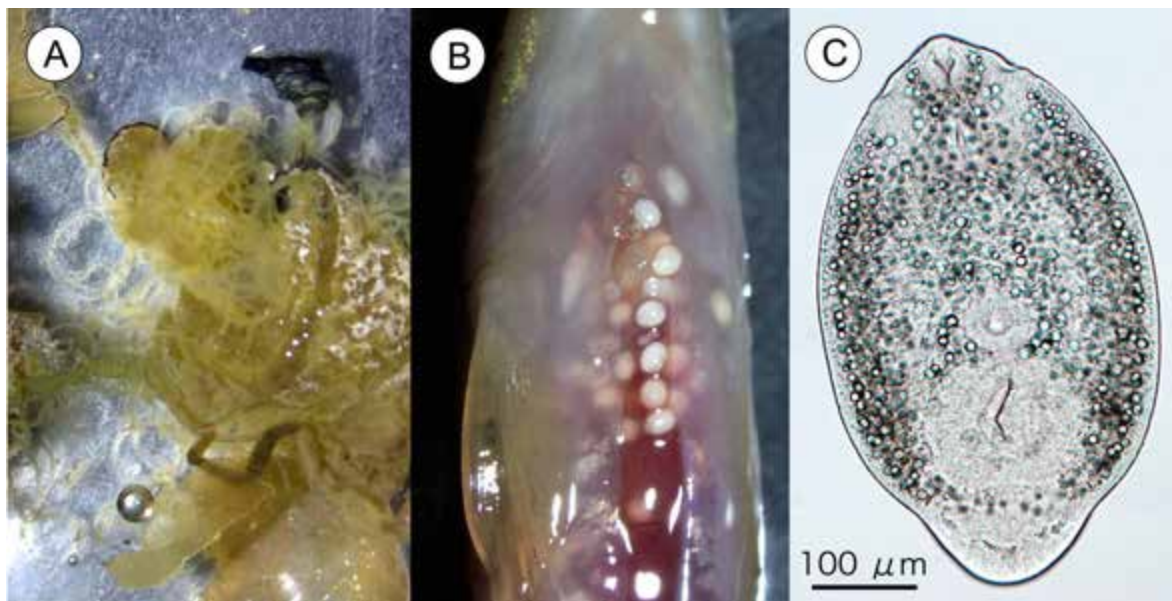


図2 ささまざまな水棲生物から検出された吸虫類の幼虫。A, モノアラガイを割ると現れる紐状のスポロシスト。B, フクドジョウ体腔にぎっしりと詰まっている白い粒状のメタセルカリア。C, ウグイの眼球内に浮遊するメタセルカリア

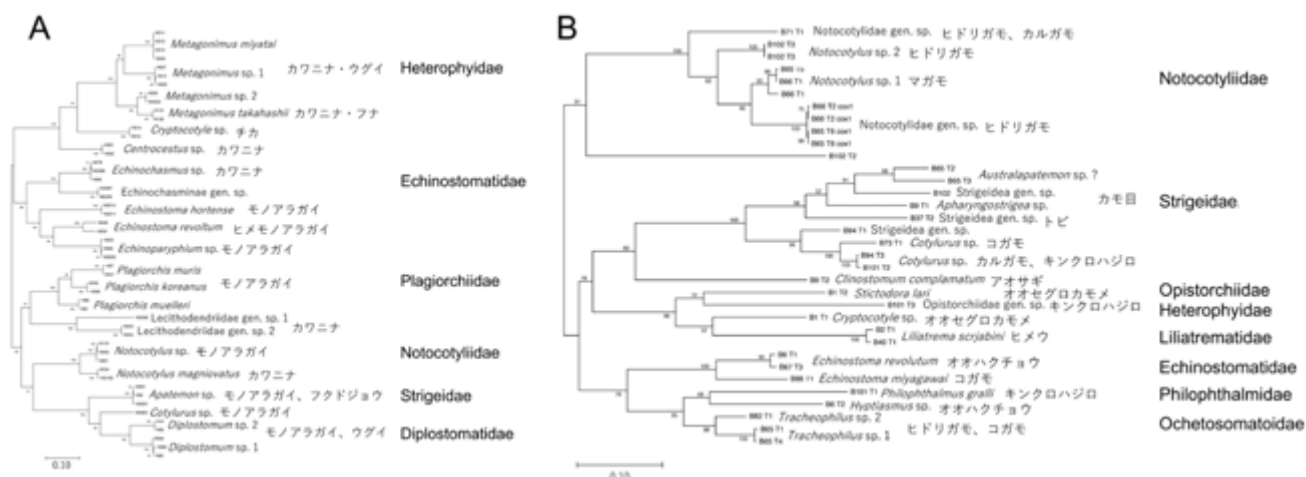


図3 ミトコンドリア *cox1* 配列をもとに最尤法で作成した系統樹。A, 北海道の巻貝および魚類から得られた吸虫類の幼虫（6科23種）。B, 北海道の鳥類から得られた吸虫類の成虫（8科23種）

果（図3 A），水棲生物より検出された吸虫類は未記載種も含めて6科23種にのぼった。これらを近縁種と比較することにより，Heterophyidae および Echinostomatidae に属するものは哺乳類あるいは鳥類，Plagiorchiidae のものはおもにコウモリ，Notocotylidae，Strigeidae，Diplostomatidae に属するものはカモ科鳥類をそれぞれ終宿主として利用していると推定された。カモ類を始めとする鳥類が終宿主であると推定されたものは18種と多様であった。中でも，カモ類の渡りの中継地として知られる旭川市の人工河川永山新川ではこれらのうちほとんどが検出されており，渡りの中継地は吸虫類の多様性維持のための重要な場所と考えられた。

鳥類からの成虫の検出

寄生虫の種同定は成虫の形態観察が必須である。残念なことに，貝類や魚類など中間宿主から得られた吸虫類は幼虫であるため，多くは種同定ができない。しかしながら，成虫の姿を見たい，種レベルまで同定したい，というのが寄生虫学者の性である。そこで，成虫を得るため鳥類の調査を行った。道内で得られた事故死体や有害鳥獣として駆除された個体43種77羽

について検査を行い，17羽から吸虫が得られた。これについても形態学的同定および塩基配列の決定を行った。こちらも中間宿主から検出された幼虫と同様に，*cox1* 配列を用いて最尤法により系統解析を行った（図3 B）。鳥類からは合わせて8科23種の吸虫類が検出された。

ここからが楽しみにしていた答え合わせの時間である。水棲生物から得られた6科23種と鳥類から得られた8科23種をワクワクしながら照合してみる。一体何種の吸虫についてその発育史（中間宿主および終宿主）が解明されることだろう。

結果，幼虫と成虫の *cox1* 配列が一致したのは，期待したよりはるかに少ないたったの4種のみであった（図4）。このことから，吸虫類の多様性が想像以上であることが示された。見たことのない吸虫が北海道だけでもまだまだ存在するということになる。ただし，データベースに登録されている吸虫類のDNA情報は明らかに不足しているため，我々が特定した *cox1* 配列のほとんどは新規配列であった。つまり，本研究で検出された吸虫類のうち，*Notocotylus* sp., *Cotylurus* sp. を含む複数のものが未記載種であると考えられた。現在，これらの新種記載に向け準備を行っている。

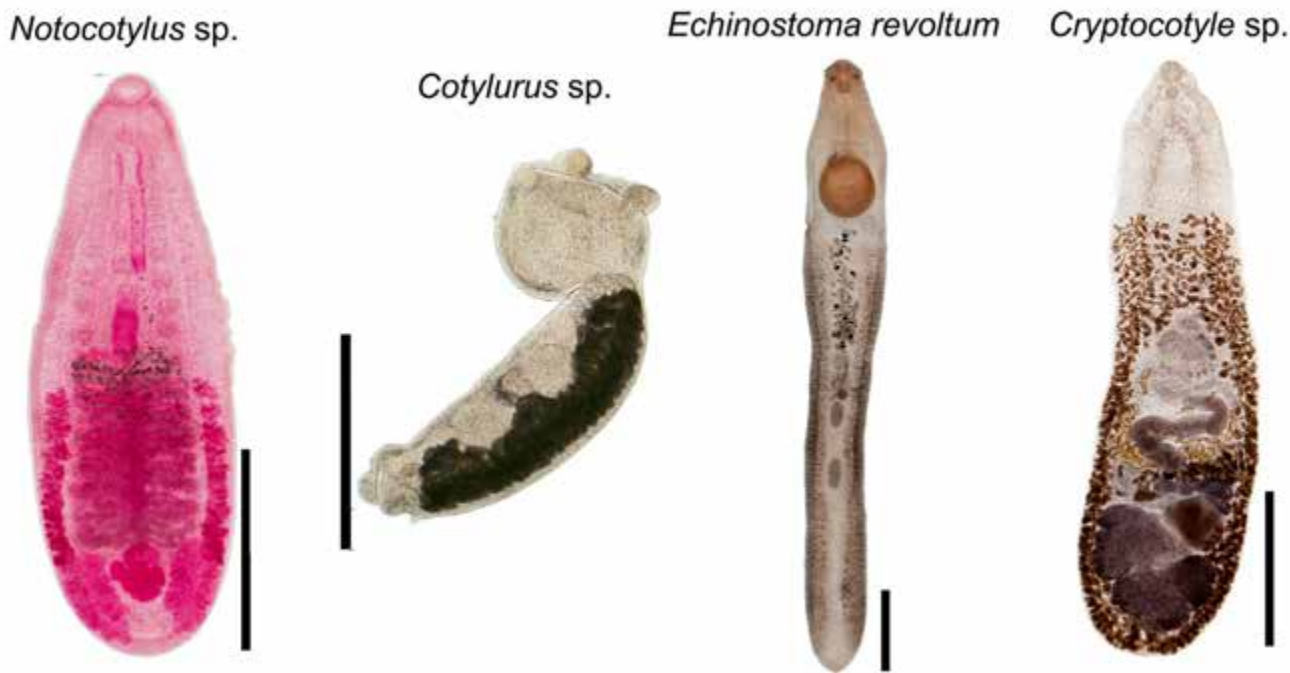


図4 巻貝由来の幼虫と鳥類由来の成虫を比較して、DNA バーコードの一致が見られた4種（成虫を示した）

「新種の動物」というと秘境にでも行かない限りめったに見つからないもの、と思いがちだが、その辺りの川にいる小さな巻貝や目に留める者も少ない地味な小魚の中に多様な吸虫の世界が広がっているのである。それらの一部は渡り鳥を終の棲家とし、ユーラシア大陸まで運ばれるものもあれば、オーストラリアまで旅するものもあり、運良く中間宿主の生息する河川や湖沼に虫卵を落とすことができれば再び新しい生活史を開始するのである。

遠く離れた場所にいる吸虫が同一の種なのか、あるいは、異なる宿主で見られる各发育ステージの虫体が同一種なのか、形態学的観察のみでは判定が不可能な場合がある。吸虫類の形態には鑑別に有用な特徴が少なく、隠蔽種の存在が疑われるためである。そのような場合に、本研究で用いた DNA バーコーディングは威力を発揮する。DNA 配列を比較することで、ヨーロッパの巻貝で検出された幼虫が北海道に飛来したカモ類の消化管に寄生する成虫と同一のものであった、というように宿主による移動拡散を捉えることも可能である。

データベースの作成

DNA バーコーディングを有効活用するためにはデータベースを作成し、素早く簡単に照合できるシステムが必要である。そこで、我々が同定、シーケンスを行ったサンプルの1500を超える配列を使って Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) 検索のための独自のデータベースを作成した。このデータを用いて Local BLAST 検索を行うことで、未記載種であっても、また異なる宿主から得られた検体や遠く離れた場所の検体であっても、同種あるいは近縁種であることが容易に分かる。さらに、各发育ステージの配列を登録しているため、いずれかのステージの配列を入力して検索するとその中間宿主や終宿主が発見できる場合がある。

本研究では、本州におけるサンプリングも複数箇所で行うとともに、協力者から提供していただいたサンプルについてデータ解析に用いた。こうして得られた本州産吸虫類についても *cox1* 配列を決定し、作成したデータベースをもとに相同性

検索を行った。その結果、東北地方において *Notocotylus* sp. や *Cotylurus* sp. など複数種が北海道のものと同通であることが分かった。また、西日本でも *Notocotylus magniovatus* など北海道と同通種が存在した。これらはいずれも鳥類を終宿主とする。今後さらにデータベースを充実させていく必要があるが、それには寄生虫学研究者同士がデータを出し合い、お互いに利用可能なシステムを構築する必要がある。データが蓄積されることで、日本国内、ひいては世界中での吸虫類の移動拡散を把握することが可能になる。

謝辞

サンプルの収集にご協力いただきました東京農業大学小林万里先生、酪農学園大学浅川満彦先生、帯広畜産大学福本晋也先生、北里大学柿野亘先生、筏井宏実先生、滋賀県立大学浦部美佐子先生、岡山理科大学林慶先生に御礼を申し上げます。本研究は公益財団法人水産無脊椎動物研究所の個別研究助成（2019年度）を受け行いました。ありがとうございました。

謎多き薄っぺらな海産無脊椎動物 平板動物

山梨大学大学院総合研究部 塙 宗継 (Bam, Munetsugu)

アメーバ？ 動物？ 薄っぺらな平板動物

平板動物は無色透明の小さな海産無脊椎動物であり、一見しただけでは原生生物のアメーバのようである。実際、磯の転石などから平板動物の採集作業を行っていると平板動物にそっくりなアメーバに出くわして「見つけた！」とぬか喜びしてしまうこともある(図1 A)。このようにアメーバと見間違えるくらいシンプルな見た目であるが細胞の核と繊毛の染色を行ってみると、その体が繊毛で覆われるとともに多くの細胞から構成されていることがわかる(図1 B)。したがって、平板動物は姿形こそアメーバのようであるが歴とした多細胞動物である。

その名の通り平板動物は平らな動物である。厚さは体の周縁部と中心部で少し異なるがおよそ30~40 μm の範囲におさまる(図1 C)。髪の毛の太さが70 μm 程度であるため、それよりもさらに薄い。なぜこんなにも薄いのかといえは、平板動物の体がそれぞれ単層の背側上皮と腹側上皮から成り、それら上皮との間にほとんど隙間がないためである。したがって、ほぼ細胞2つ分の厚さしかないためにここまで薄い体となっている。そのような単純な形態のためどの個体も同じような姿をしているが、ミトコンドリア DNA の配列に基づき20種類のハプロタイプ(H 0~19)に分類される。ただし、これらハプロタイプが種や属を反映しているのか、あるいはただの個体差によるものなのか等、未だに不明な点も多く、平板動物の多様性を解明するためにも様々なハプロタイプの飼育系を確立し研究を進めていく必要がある。現在までに筆者は2種類のハプロタイプの飼育系を確立しているほか、性成熟する個体(後述)についても飼育系を確立することができている。本稿ではそれら飼育個体を通して平板動物の謎や魅力について少し紹介していきたい。

餌を食べる姿はまるでロボット掃除機？！

平板動物の体はわずか6種類の細胞から構成され、消化管のような器官も持たない(Smith et al., 2014)。消化管を持たないのにどのように食物を食べるのだろうか？ 平板動物は腹側上

皮に外分泌細胞を持っており、その細胞から消化酵素を放出して食物を消化し、腹側上皮から栄養を吸収しているのである(Smith et al., 2015)。その結果、平板動物が餌(藍藻)の上を通過した後は食痕が残るのであるが、その様子はロボット掃除機がホコリを集めていく光景を彷彿とさせる(図2 A)。個体が餌を消化している状態で化学固定して走査型電子顕微鏡で観察してみると餌である藍藻が消化を受け、その一部は原型をとどめないほどに形がくずれている様子がみられる(図2 B, C)。どうやら平板動物は藍藻をドロドロに溶かしてしまう強力な消化酵素を持っているようであるが、具体的にどのような消化酵素を使用しているのか？ 実は平板動物は腹側上皮から消化酵素を出すと言われているものの、その消化酵素自体についての研究報告はないため、全くの謎となっている。

分裂するだけじゃない、平板動物の生殖の不思議

飼育下の個体は餌が存在する限り分裂によって増殖する(図3 A)。分裂の際には個体の体が徐々にくびれてきて最後は綱引きをするようにして2個体にわかれる(この綱引き状態が数時間続くことも多い)。直径1 mm ほどまで大きくなってから分裂する個体もいれば、直径100 μm ほどで分裂する個体もあるため、必ずしも細胞数が増えて大きくなったら分裂するわけではないようである。餌が十分にある環境では平板動物は1~2日に一度の頻度で分裂するが、フィールドから採集したばかりの個体は飼育から1週間経過しても分裂しないこともあるため、採集した個体のDNAを直ちに解析したい場合には注射針のような先端が鋭利なもので体の一部を切断してDNA解析に供することができる(図3 B)。平板動物は低浸透圧や上皮がめくれ上がるような傷には弱く、そのような条件に暴露されると瞬く間に死亡するが、鋭利な刃物でつくられた傷は直ちに修復されるため安定したサンプリングが可能である。侵襲を受けた個体と同様、引き裂いた個体の断片をサンプリングせずに放置しておけば傷が修復されて新たな個体として復帰する。

最後に平板動物の性成熟について簡単に紹介したい。個体の

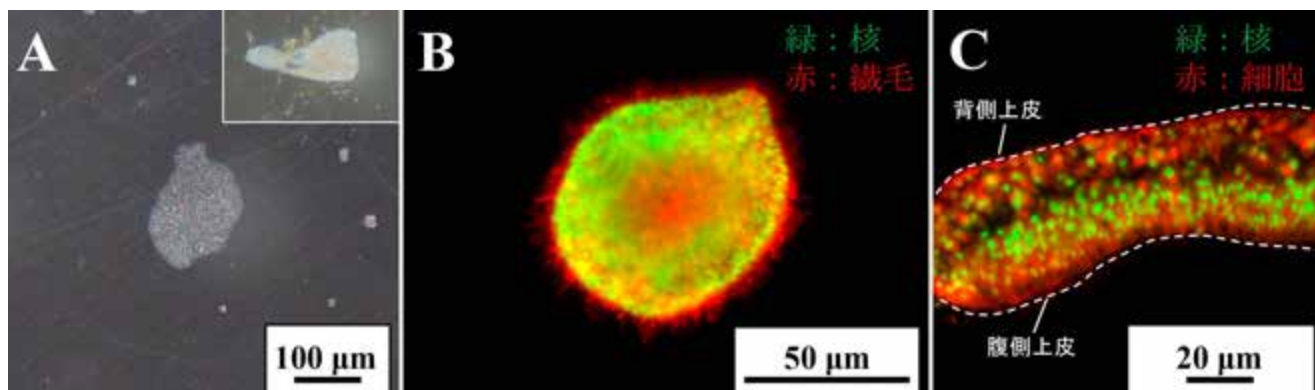


図1 シンプルな姿の平板動物。A, 実体顕微鏡下で観察した姿と平板動物にそっくりなアメーバ(右上)。B, 平板動物の蛍光観察(蛍光免疫染色)。核は緑色、繊毛は赤色で示した。腹側からの観察であり、体の中心部が凹んでいる。C, 平板動物の切片の蛍光観察(蛍光免疫染色)。核は緑色、細胞は赤色で示した

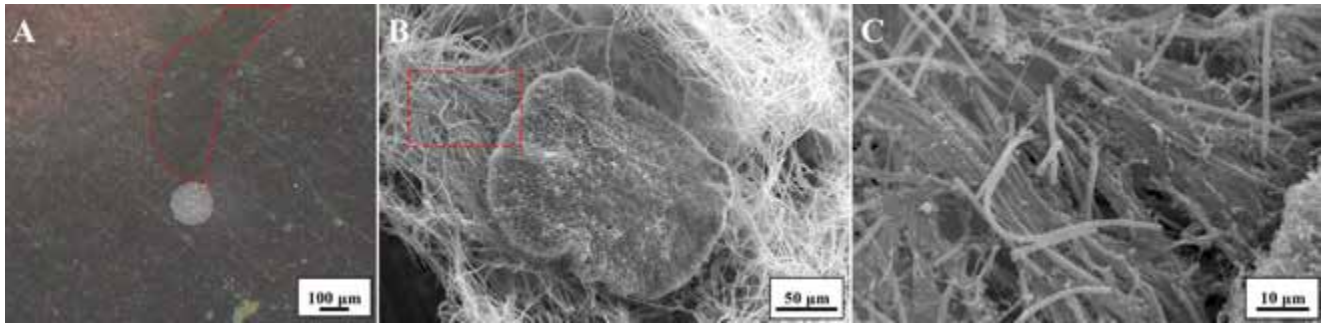


図2 餌を消化する平板動物。A, 藍藻を消化しながら移動する個体。食痕を赤枠で示した。B, 藍藻を消化して進む個体の走査型電子顕微鏡写真。C, Bの拡大図。藍藻が消化を受けて溶解した様子が観察できる

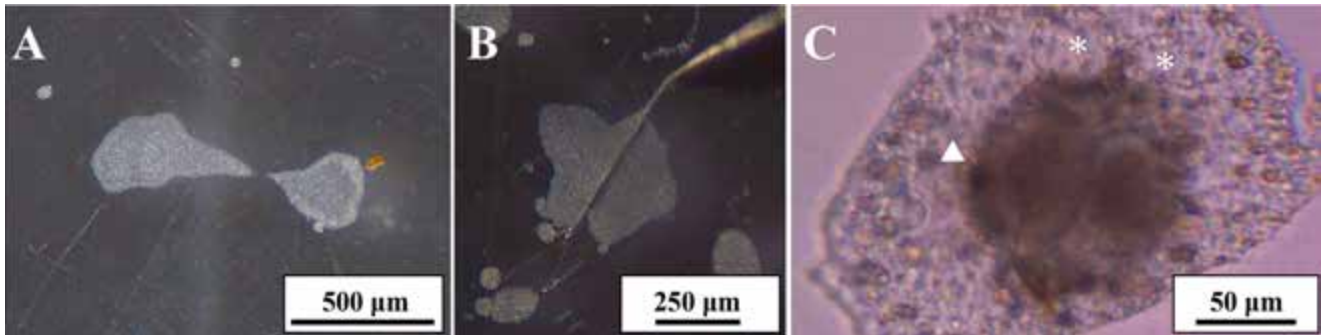


図3 平板動物の生殖。A, 研究室飼育下における個体は分裂によって増殖する。B, 鋭利な刃物で個体を切断する様子。C, 卵（矢印）や卵黄（*）を生じる個体も存在するが個体発生には至らない

なかには卵や卵黄を体内に形成するものがある。筆者の飼育系統のなかにも性成熟する個体が存在し、産卵後あるいはそのまま体内で胚発生が進行する（図3 C）。しかし、最大でも64細胞期で発生が停止してしまうため個体発生には未だ至っていない。これまでに海外のグループからも飼育個体の胚発生の報告があるが、やはり個体発生には至っていないのが現状である（Eitel et al., 2011）。このように研究室飼育系では胚発生が途中で停止してしまうのであるが、自然界では正常に胚発生が進行して個体発生するのだろうか？あるいはそのような有性生殖を行っている系統が存在するのだろうか？これは平板動物における大きな謎の一つであり、さらにフィールド調査と飼育系を充実させて明らかにしていきたい。

謝辞

平板動物の研究をはじめにあたり筑波大学下田臨海実験センターの中野裕昭博士並びに技術職員の皆様に数々のご指導ご鞭撻を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。また、平板動物の採集と調査及び飼育系統の確立に関しては公益財団法人水産無脊椎動物研究所の個別研究助成（2018年度）を受けて行われたものです。深く感謝申し上げます。

引用文献

- Smith, C. L., Varoqueaux, F., Kittelmann, M., et al. (2014) Novel Cell Types, Neurosecretory Cells, and Body Plan of the Early-Diverging Metazoan *Trichoplax adhaerens*. *Curr. Biol.* 24: 1565–1572.
- Smith, C. L., Pivovarov, N. & Reese, T. S. (2015) Coordinated Feeding Behavior in *Trichoplax*, an Animal without Synapses *PLoS One* 10: e0136098.
- Eitel, M., Guidi, L., Hadrys, H., et al. (2011) New insights into placozoan sexual reproduction and development *PLoS One* 6: e19639.

平板動物門 Phylum Placozoa

1883年に初めてオーストリアの水族館で発見された。1971年にこれまでに知られていたどの動物群にも属さないことから、トリコブラックス *Trichoplax adhaerens* をもとに平板動物門が設立された。以降、長く1種のみで構成されてきた。2020年現在では、3種が含まれる。

形態 薄く平たい板状で、アメーバのような形。二胚葉性の多細胞生物。体は背側上皮と腹側上皮からなり、表面は繊毛でおおわれる。細胞外基質を欠く。背腹の区別はあるが、前後の区別はない。体のサイズは0.1～3 mm程度。

系統 神経系をもたない単純な形態から、すべての後生動物のうち最も初期に派生したグループ、あるいは海綿動物と刺胞動物との中間に位置するとされてきた。しかし、近年の分子系統解析からも様々な仮説があり、まだ決着がついていない。

分布・生息域 熱帯から亜熱帯の海域に生息。

生態 磯の転石などに付着して生活する。微小藻類などを腺細胞から分泌した酵素で消化し、体表から養分を吸収する。

参考文献

- 埴 宗継. 2020. 顕微鏡で観察する平板動物の世界。生物の科学 遺伝。株式会社エヌ・ディー・エス。
- 藤田敏彦. 2010. 新・生命科学シリーズ 動物の系統分類と進化。裳華房。
- 白山義久 編. 2000. バイオディバーシティ・シリーズ5 無脊椎動物の多様性と系統（節足動物を除く）。裳華房。

財団からのお知らせ

寄付募集・賛助会員募集ページを新設いたしました

このたび、財団への応援団としてご支援いただける賛助会員制度を整備し、当財団ホームページ内に、寄付募集および賛助会員募集ページを開設いたしました。当財団の運営は、その財源のほとんどを寄付金とうみうしくらぶの会費でまかなっておりますが、昨今の経済・金融状況からすると、現状資金だけでは長く継続していくことが難しくなりつつあります。今後も水棲の無脊椎動物研究への支援を継続して行なっていくために、改めてご支援をお願いするに至りました。ホームページからお申し込みいただけます（用紙による申し込みも可能です）。年間3,000円以上の寄付をいただいた方および賛助会員の方へは、「うみうし通信」を進呈させていただきます。水棲の無脊椎動物研究へのご支援をお考えの方はぜひ当財団への寄付をご検討いただけますと幸いです。詳しくはホームページをご覧ください（<https://www.rimi.or.jp/support/>）。

また、上記ページを開設するにあたり、長年ご利用いただきました「質問コーナー」を終了させていただきました。当コーナーでは、みなさまからの無脊椎動物に関するご質問にお答えしてまいりましたが、近年、インターネットの発達や図鑑ブームの力もあり、マイナーな水棲の無脊椎動物の情報も以前より得やすくなりました。みなさまの知識の向上により、より専門的な回答が必要となり、情報提供に限界を感じていたことから、このコーナーは役割を終えたと判断しました。ご利用いただいた皆様にお礼申し上げます。



図1 ご支援のお願いページ（矢印、財団ホームページ内）

海洋生物多様性情報データベースへ情報の提供を開始しました

当財団で保管している生物情報（観察データ）について、「うみうし通信」No.101で紹介された国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海洋生物多様性情報データベース BISMAL（ビスマル, Biological Information System for Marine Life）および OBIS（国際プロジェクト Ocean Biodiversity Information System）へ情報提供を開始しました。

当財団では、磯の生物勉強会等の観察会で、専門の先生方にご指導をいただき、生物の採集や観察を行なってきました。また、観察の際に撮影した画像記録も保管しています。これらの記録は生物の分布情報や生物多様性の基礎的なデータとして活用が可能なものもあります。そこで、まずは2017年に沖縄県本部町瀬底島の琉球大学瀬底研究施設で行った磯の生物勉強会での観察情報を、上記データベースへ提供いたしました（https://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/j/dataset/RIMI_24th_iso-kansatsu）。

みなさんと一緒に観察した情報が、こうした外部のデータベースへ提供され、活用されます。生物多様性情報として利用するためには、正確な同定や観察場所の詳細な記録が必要で、画像や標本の保管なども重要となります。今後、この取り組みを通じて、保管されている生物情報をさまざまな形で活用していく予定です。



図2 BISMAL 内のデータセットのページ

編集後記

このたび、うみうし通信へ2名から投稿をいただきました。巻頭は高校生の著者による研究の紹介です。うみうし通信では、学会などで中高生発表をした方にご執筆をお願いすることもあります。こうした若い学生さんたちに活用していただける機会となれたことを嬉しく思います。また、生物や研究の情報を提供したい、論文出版したけど、その内容を一般向けに紹介したいなどのご希望がありましたら、投稿を歓迎いたしますので、ぜひ事務局までお知らせください（編集担当で検討後、掲載の可否を決定）。

今号の表紙は、温かみのある色のイボヤギウミウシです。このウミウシはイボヤギという刺胞動物を食べて生活をしているため、イボヤギの近くで見つかるそうです。今回は少し離れた場所において、最初は気づかなかったと撮影者の今本氏からエピソードを教えてくださいました。ウミウシは食性が決まっていることが多いので、餌となる生き物の周辺を探すと見つけやすいそうです。ウミウシに食べられてしまったイボヤギは白い骨格が見えるほどになってしまうので、その近くを探すとイボヤギウミウシが見つかるかもしれません。