

河辺のヒモムシの海を介した分散

Oceanic dispersal of upper brackish nemertean

海洋研究開発機構地球環境部門 海洋生物環境影響研究センター 波々伯部 夏美 (Hookabe, Natsumi)

はじめに

動物の進化史において、淡水や陸上など異なる環境への進出は形態や生態の多様化をもたらした重要なイベントの一つである。ヒモムシ（紐形動物門, phylum Nemertea）は、現在世界中から約1,350種が報告されており、近年も多数の未記載種や隠蔽種が発見されている分類群である (e.g., Maslakova et al. 2022)。国内からは約130種の既知種が報告されているが、さらに80種余の未同定/未記載種の存在が示唆されている (Kajihara 2017)。

多くの種は肉食性であり、体の前端から吻と呼ばれる捕食器官を突出して多毛類や甲殻類、貝類等の餌動物に巻き付けて捕らえる (波々伯部 2022)。吻の表皮には毒を分泌する細胞があるため、餌動物は吻に捕らえられると身動きが取れなくなる (Göransson et al. 2019)。ヒモムシの多くは海産種であり、潮上帯の岩の隙間から砂・泥中～超深海まで広く生息している (Chernyshev and Polyakova 2019)。そのほとんどが底生性だが、終生浮遊性の種が少数知られている (波々伯部

2022)。また、河川や湖沼、陸域にもヒモムシは生息している (Kajihara 2017)。

ヒモムシの祖先は海起源であり、派生的なグループにおいて汽水・淡水域に進出したと考えられている (e.g., Andrade et al. 2012)。本稿では、公益財団法人水産無脊椎動物研究所 2019年度育成研究助成課題の遂行によって明らかにした、河辺に生息する汽水性のヒモムシ *Potamostoma shizunaiense* Kajihara, Gibson, & Mawatari, 2003の繁殖行動と生態的適応について紹介する。

まずはヒモムシ探し、そして標本づくり (図1)

ヒモムシは例外を除いて個体群密度が比較的高くない動物である (波々伯部 2022)。したがって採集に必勝法を望めないことが多いが、勝率をある程度上げることができる。河辺のヒモムシの場合、止水の転石やプラスチックごみ、木片を数時間めぐり続けると見つけれることが多い。ところが、*Potamostoma shizunaiense* はある程度川の流れがある場所を好む傾向にあり、従来のヒモムシ採集方法だと歯がたたないため、

ヒモムシの標本作成

1

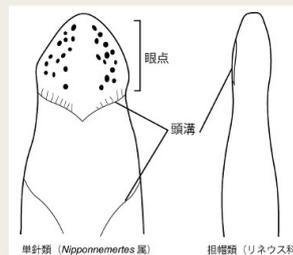
麻酔をかける前に生体の全体（背/腹側）と頭部拡大（背/腹側）を撮影

ヒモムシも頭が命。眼点の数・位置、頭溝の形態 (図) にピントが合うように撮影する。麻酔前に頭部を撮影するのがベストだが、動き回っていて困難であれば麻酔後に撮影する

2

(35% MgCl₂水溶液) : (海水) = 1:1に混合した麻酔液で麻酔する

麻酔は市販の液体にがり (例: 天日にがり (天塩)) でも代用可。様子を見つつ、シャーレひと回し程度が適量。多くの場合、麻酔は数分~数十分で十分



3

複数個体採集できた場合、DNA用に99%エタノール標本x1、残りの個体はブアン液もしくは10%ホルマリン海水。

1個体だけの場合、体後端5 mm程度をメスや解剖バサミで切断しDNA用標本を採取する。残りはブアン液もしくは10%ホルマリン海水。

1個体かつ小型個体の場合、外部形態を撮影したらDNA用標本を優先

組織切片用標本はブアン液が望ましい。1個体かつ小型個体の場合、可能であれば麻酔後にスライド/カバーガラスで挟んで光顕で体全体及び頭部形態を撮影後に丸ごと99%エタノール保存がベスト

図1 ヒモムシの標本作成方法。

ひと工夫が必要である。そのひと工夫こそが、九州大学の長野光氏が考案した「従来とは一線を画すヒモムシのとり方」である。詳しくは2024年に発表した論文 (Hookabe et al. 2024; 長野2024) を参照されたいが、手短かにまとめると、流れの下手でハンドネットを構えて、川の中の石をひたすらに蹴ったりひっくり返したりして流れてきたヒモムシをトラップするという方法である。北海道大学に在籍していた当時、2～3月の夜潮に静内川河口でトポタイプ (タイプ産地と同じ場所から採集された標本) を全く見つけられず、極寒にただ打ちひしがれているだけの筆者にとってこの方法は目から鱗であった (おかげで後日トポタイプを見つけることができた)。

ヒモムシを見つけたら次は標本作成である。生時の形態を観察して大まかな同定が済んだ後に海水と等張の塩化マグネシウム水溶液 (7.5 g の $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ を 100 mL の割合で水道水や蒸留水に溶解) もしくは市販のにがりで麻醉処理をする。正確な種同定のためには DNA と形態両方の情報が必須である。したがって、得られた標本が1個体の場合は体後端や体側の2-3 mm を99%エタノールなどで固定してDNA抽出に用い、残りの体前端～体中部は組織観察用に固定・保存する。複数個体得られた場合は、少なくとも1個体は必ず99%エタノールに保存する。ヒモムシで広く用いられているマロリー三重染色による組織切片観察を行う場合は、ブアン液 (飽和ピクリン酸:ホルマリン原液:氷酢酸=15:5:1で混合、もしくは混合液を購入可) で固定する (図1)。

汽水性ヒモムシ *Potamostoma shizunaiense* (図2)

Potamostoma shizunaiense は、北海道 静内川の河口から記載された汽水性のヒモムシである (Kajihara et al. 2003)。成熟した成体は夜間の低潮時に石の下から這い出していて、メスは翡翠色の卵巣を持ち、オスは乳白色の精巣を発達させているため、外部形態によって容易に雌雄を識別することができる (図2)。本助成課題の遂行および全国の共同研究者や自然愛

好家の協力を得て、静内川以外に関東・近畿・四国・九州の日本海・太平洋両側に広範に分布することが明らかになっている。以下の研究で使用した標本は、静岡県大井川産個体を静内川産トポタイプと形態情報及びミトコンドリアチトクロムcオキシダーゼサブユニットI (COI) 遺伝子配列の比較によって種同定を行った上で使用した。

飼育実験から探る汽水性ヒモムシの繁殖生態 (図3)

研究課題を進める中で本種が日本沿岸に広範に分布することが明らかになったことから、海洋を介した分散が予想された。その一方で、本種の成熟個体は汽水域の中でも比較的上流のほぼ淡水域 (塩濃度 0-1 psu 程度) で頻繁に見つかることが多かった。以上のことから、本種はアユや一部の無脊椎動物で見られるような両側回遊あるいはウナギ等に代表される降河回遊型の生活環をもっていることが示唆される。本研究では、メス個体が自然放卵した卵母細胞が異なる浸透圧条件でどのように振る舞うかを観察することによって汽水性ヒモムシの繁殖生態の解明を試みた。

メス個体が自然放卵した卵母細胞を①採集地の水 (0-1 psu)、②現地の水とろ過海水 (Filtered Seawater: FSW) を 2:1 で混合したもの (23 psu)、③ FSW (35 psu) に入れ、その後の挙動を実体顕微鏡下で観察した。その結果、23-35 psu の条件では卵母細胞が成熟し、浮力を持ち、卵核胞崩壊 (Germinal Vesicle Break Down: GVBD) を経て受精の準備が整った状態を観察できたが、0-1 psu の条件では成熟が進まず、卵黄が著しく収縮した。実験室内で人工受精を行うと、GVBD が起こった卵母細胞でのみ正常発生を観察できた。水温が5℃の場合、第一極体の形成は受精後約30-60分後に、第二極体の形成は60-90分後に行われた。受精後30分で2細胞期に達し、その後30分から1時間ごとに卵割が進行し、受精後6時間以内に32細胞期の胚が形成された。桑実胚を経て、受精後72時間で眼点が形成された (図3) (Hookabe et al. 2024)。

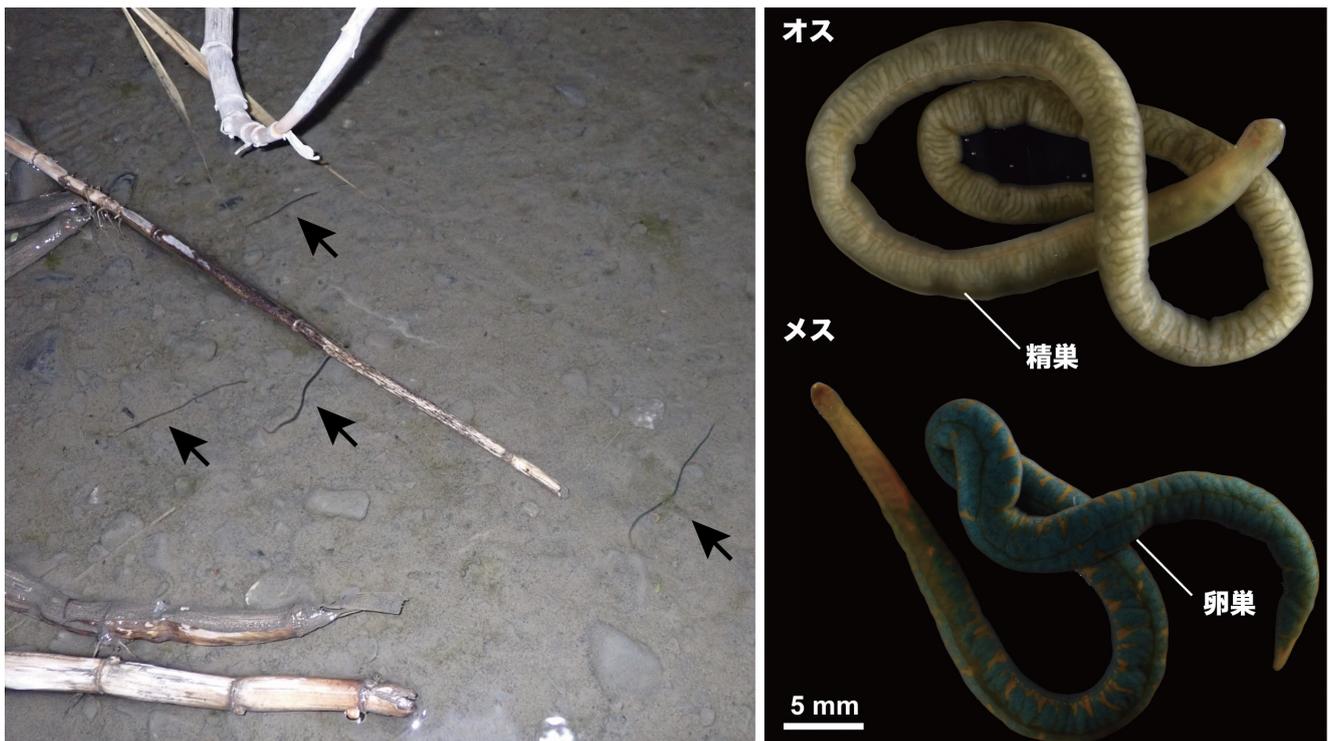


図2 *Potamostoma shizunaiense* Kajihara, Gibson, & Mawatari, 2003 (矢印)。

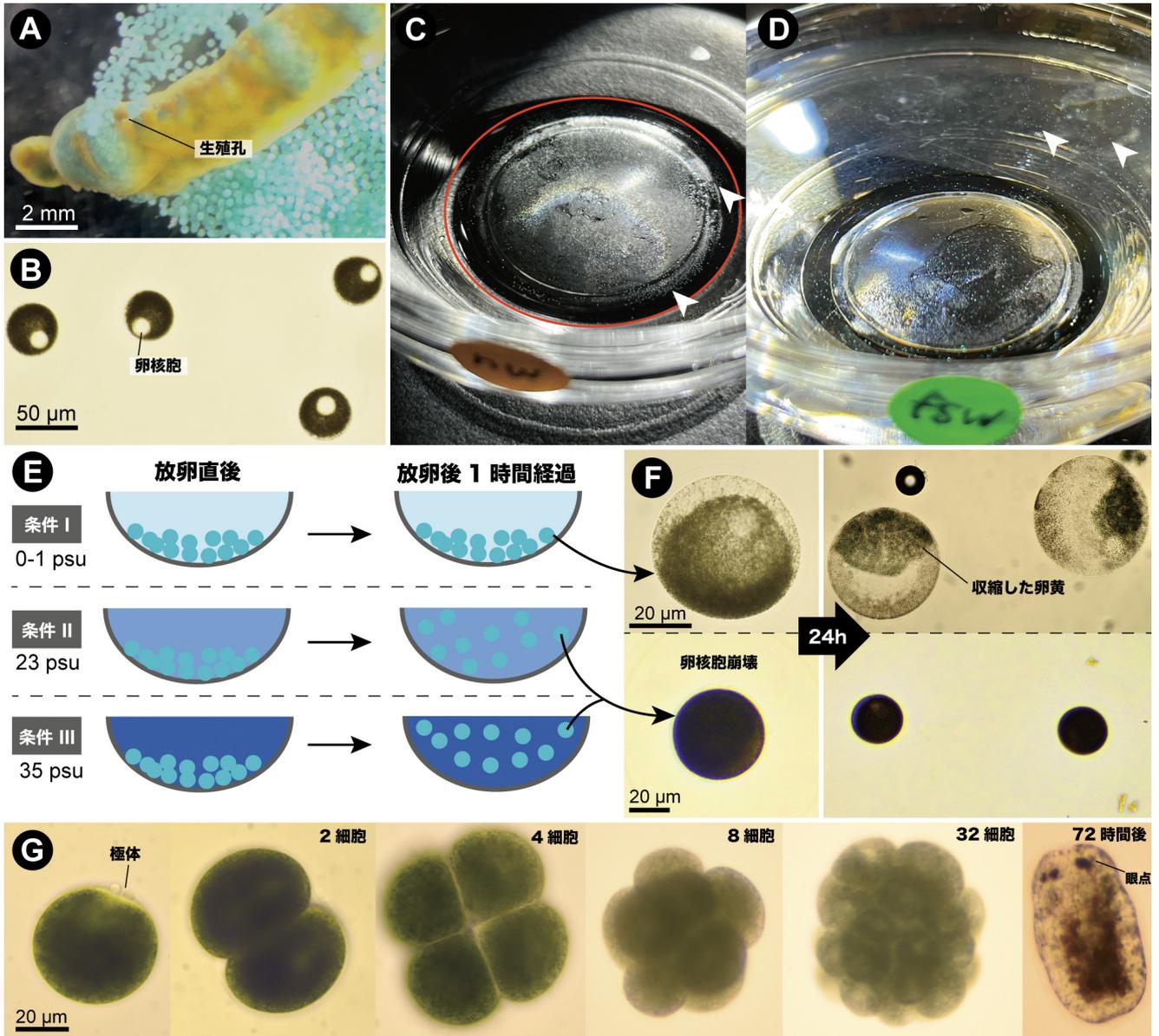


図3 汽水性ヒモムシ飼育実験の方法と結果。(A) 放卵中のメス個体, (B) 未受精卵, (C) 未受精卵を成体が生息する場所で得た水 (0-1 psu) に入れた場合 (矢頭), (D) 未受精卵を海水 (35 psu) に入れた場合 (矢頭), (E) 飼育実験の各条件, (F) 各条件で1時間静置した後の未受精卵, (G) 初期発生の各ステージ。

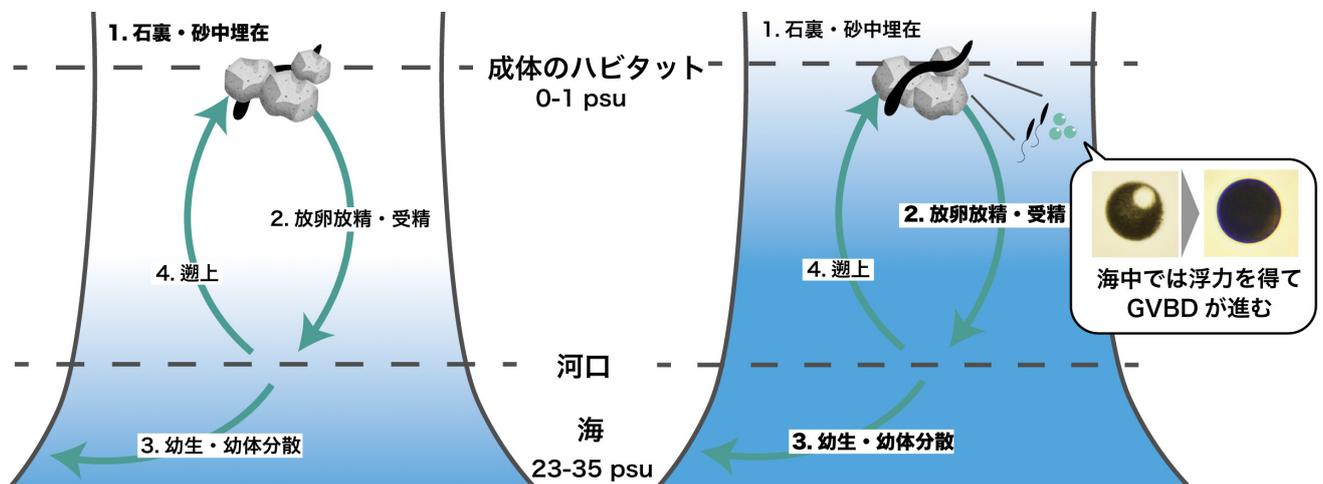


図4 本研究で明らかになった *P. shizunaiense* の生活環。

以上の結果から、本種の繁殖成功及び正常な胚発生には、配偶子の海水環境への移動が不可欠であることが示唆された。大潮満潮時に河辺の塩濃度が上昇すると、放卵された卵母細胞は浮力を持ち、潮の満ち引きによって海洋に分散されると考えられる(図4)。未だ生活環の全貌が明らかになったわけではないが、本種的生活環はカワゴカイ属多毛類の降河回遊型的生活環(Sato 1999, 2017; Kan et al. 2020)に類似している可能性が高い。

最後に

本種が生息する河口を含む汽水域は、護岸整備や工場・施設建設等人間活動による影響を受けやすい場所である。生息地の適切な保護・管理を講じるためには、本種をはじめとする汽水性の生き物の多様性・生態の理解が欠かせない。本研究の成果が汽水の生き物を守る一知見になることを期待したい。

謝辞

本稿の執筆にあたり生物調査・研究にご協力を頂いた藤野優馬氏(NPO 法人中池見ねっと)、長野光氏(九州大学)、自見直人氏(名古屋大学)、富川光氏(広島大学)、柁原宏氏(北海道大学)、上島励氏(東京大学)に深く御礼を申し上げます。また本研究は、公益財団法人無脊椎動物研究所2019年度個別研究助成及びJSPS 科研費(課題番号:21J14807)の助成を受けて遂行しました。本稿の執筆機会をご提供して頂いた公益財団法人水産無脊椎動物研究所の片山英里氏にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

Andrade, S. C., Strand, M., Schwartz, M. et al. (2012) Disentangling ribbon worm relationships: multi-locus analysis supports traditional classification of the phylum Nemertea. *Cladistics* 28: 141-159.

Chernyshev, A. V., and Polyakova, N. E. (2019) Nemertean from the deep-sea expedition KuramBio II with descriptions of three new hoplonemertean from the Kuril-Kamchatka Trench. *Prog. Oceanogr.* 178: 102148.

Göransson, U., Jacobsson, E., Strand, M., and Andersson, H. S. (2019) The toxins of nemertean worms. *Toxins* 11: 120.

Hookabe, N., Fujino, Y., and Nagano, H. (2024) Osmotic responses and oceanic dispersal of upper brackish nemertean: Ecophysiology from field to in vitro observation. *Ecology* 105: e4275.

Kajihara, H. (2017) Species diversity of Japanese ribbon worms (Nemertea). In "Species Diversity of Animals in Japan" Ed by M Motokawa, H Kajihara, Springer Japan, Tokyo, pp. 419-444.

Kajihara, H., Gibson, R., and Mawatari S. F. (2003) *Potamostoma shizunaiense* gen. et sp. nov. (Nemertea: Hoplonemertea: Monostilifera): a new brackish-water nemertean from Japan. *Zool. Sci.* 20: 491-500.

Kan, K., Y. Kuroki, M. Sato, and H. Tosuji. (2020) Larval recruitment process in the catadromous life history of *Hediste diadroma* (Nereididae, Annelida) in an estuary in Kagoshima Bay, Southern Japan. *Plankton and Benthos Res.* 15: 30-43.

Maslakova, S., Ellison, C. I., Hiebert, T. C. et al. (2022) Sampling multiple life stages significantly increases estimates of marine biodiversity. *Biol. Lett.* 18: 20210596.

Sato, M. (1999) Divergence of reproductive and developmental characteristics in *Hediste* (Polychaeta: Nereididae). *Hydrobiologia* 402: 129-143.

Sato, M. (2017) Nereididae (Annelida) in Japan, with special reference to life history differentiation among estuarine species. In "Species Diversity of Animals in Japan" Ed by M Motokawa, H Kajihara, Springer Japan, Tokyo, pp. 477-512.

長野光 (2024) まさか清流に? 謎のヒモムシ発見譚. *生き物文化雑誌: ぎよぶる* 11: 158-159.

波々部夏美 (2022) ヒモムシ学入門. *タクサ: 日本動物分類学会誌* 53: 19-30.