

ニハイチュウにおける自然史研究



研究ノート

古屋 秀 隆*

Natural History of Dicyemids

Key Words : Integrative zoology, Morphological adaptation, Taxonomy

はじめに

生物を対象とする学問には、二つの大きな流れがある。その一つは、17世紀にスウェーデンの博物学者カール・リンネによって体系化された「ナチュラル・ヒストリー (Natural History)」である。これは、自然界に存在するあらゆる事物を観察・記述・分類し、それらの相互関係や背後にある法則性を明らかにしようとする学問領域である。「博物学」とも訳されるが、英語における“History”という語には、「史 (history)」と「誌 (record)」, つまり記録と記述の両方の意味が含まれ、「自然史 (natural history)」とは単に出来事の年代記ではなく、観察にもとづく自然の記述 (自然誌) でもある。この Natural History とは生物における多様性を対象とする生物学で、その形態、生態、分布、および系統に関する膨大な情報を体系的に収集・整理することである。ラマルクやダーウィンはこの流れを汲んで進化の思想をはぐくんだといえる。

もう1つの流れは「人体を対象とする生物学」で、人体の機能の異常とその克服、すなわち医学である。その出発点は、17世紀ハーヴェイの「血液循環の原理」にあり、理論的に法則性を追求した方法論は物理学や化学のそれに対比することができる。その後のデカルトの生命機械論は近代生物学への道を基礎づけ、これは多様性ではなく普遍性に目を向けさ

せるもので、ワトソンとクリックによる DNA 構造の解明はこの本流にある。

欧米では「Biology of ~」と題された、生物群ごとの総合的な生物学書を目にする。それらは、特定の生物について分子、細胞、器官、個体、個体群といった階層にわたり、分類学や形態学、生理学、生態学など多様な分野の専門家によって記述されている。その構成は、個別の知見を統合し、その生物群の全体像を捉えるように意図されている。このような書物には、生物に見られる普遍性と多様性の接点が表示されている。筆者は、極めて特異な生態を有すニハイチュウを対象に、まさにこの接点を拠り所とし、現代的な知見と手法を取り入れながら、総合的な生物科学—新たな Natural History を目指してきた。

ニハイチュウの生物学

ニハイチュウは底棲性の頭足類 (タコ類やコウイカ類) の腎囊内部、すなわち尿中を生活の場としている。この動物は、多細胞動物の中でも最少の細胞数から構成され、消化管、筋組織、神経系などの器官構造を一切欠いた、極めて単純な体制を有する (図1)。ベルギーの動物学者ベネデン (Beneden) は、その著しく単純な形態的特徴に着目し、ニハイチュウを多細胞動物の起源的形態と見なし、単細胞動物 (原生動物) と多細胞動物 (後生動物) の中間に位置づけるものとして、中生動物門 (Mesozoa) を新設した。⁽¹⁾ しかしその後、寄生虫学の分野においては、ニハイチュウを寄生生活への適応によって極端に単純化された後生動物、特に扁形動物に近縁な系統であるとする見解が有力となり、ニハイチュウの系統的位置に関しては、最近まで統一的な見解が確立されていなかった。⁽²⁾

ニハイチュウは古くからその名は知られていたものの、長らく謎の多い生物であり、これを専門的に



* Hidetaka FURUYA

1963年8月生まれ
大阪大学大学院 理学研究科 博士後期
課程 生理学専攻 (1991年)
現在、大阪大学大学院 理学研究科
生物科学専攻 教授 博士 (理学)
TEL : 06-6850-5817
E-mail : hfuruya@bio.sci.osaka-u.ac.jp

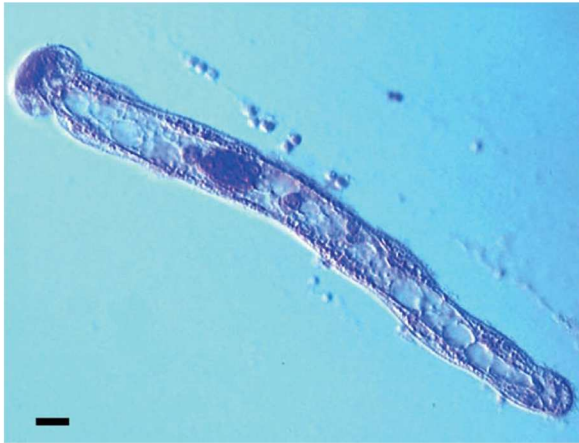


図1 ヤマトニハイチュウ 左上が前頭部，体内部の細胞の集団は生殖腺。バーは20 μ mを示す。

研究する研究者はほとんど存在しなかった。通常、生物学における研究では、ある生物の特定の側面、たとえば形態、発生、生理、または分子機構などに焦点を当てて解析が行われる。しかしながら、私の恩師である越田豊先生は、常々「一つの動物門を一人の研究者が多角的に探究することで、個々に得られた知識や経験は有機的に結びつき、結果として対象の生物に対する深い理解に至る」と語っておられた。その言葉を指針とし、私自身は、分類、発生、生態、進化、ゲノムといった多角的な視点から統合的に理解を深めようと考えた。

この研究への考え方は、私の研究姿勢に大きな影響を与えた。学位取得後、アメリカ・カリフォルニア州にあるサンタ・バーバラ自然史博物館のホックバーグ (F. G. Hochberg) 博士の研究室に招聘され、研究の機会を得た。ホックバーグ博士はタコ類の分類学者として有名な研究者であったが、かつてニハイチュウの研究を行っており、同館には各国の研究者が残した貴重な標本が数多く収蔵・管理されていた。私は博物館所蔵の全標本を詳細に観察し、その過程で頭足類との共進化やホストスイッチング、さらに種間の棲み分けなど、ニハイチュウの成り立ちを知る上で重要な現象を見出すことができた。⁽³⁾ もし日本産の限られた材料のみを対象としていたならば、これらの現象に気づくことは難しく、その後の研究の発展にもつながらなかったであろう。この経験は、ニハイチュウの全体像を捉える上で極めて重要な契機となった。

個体からゲノムへ

生命科学の研究はゲノム解析の時代へと突入し、ニハイチュウの研究を開始した当初には想像も及ばなかった解析が現実のものとなった。そうした流れの中で、各種動物門のゲノム解析を精力的に推進していた佐藤矩行先生との共同研究により、ニハイチュウの全ゲノム配列の決定に成功した。これは、同生物の分類学的位置づけを根本的に再検討する上で、極めて重要な成果となった。

ニハイチュウの系統的位置をめぐっては、約150年にわたり多くの議論が交わされてきた。発生過程の解析⁽⁴⁾によりある程度の見通しは得られていたものの、決定的な証拠には至っていなかった。しかしながら、ゲノムレベルでの網羅的な比較解析の結果、ニハイチュウは後生動物の系統内に位置し、極端な寄生生活に適応した二次的な形態の単純化を遂げた動物であることが明らかとなった。⁽⁵⁾ この知見は、ニハイチュウを原生動物と後生動物の中間に位置づける「中生動物 (Mesozoa)」という伝統的な概念、1876年にベネデンによって提唱された分類を否定するものであり、その命名の妥当性を再考する必要が生じた。過去にも形態学的研究から、原始的という含意をもつ「中生動物」という名称の使用に対しては異議が唱えられていた。^(6,7) もはや本群の進化的実体を適切に反映していないと判断され、新たな分類単位として Dicyemida (二胚動物門) という名称の使用を提案するに至った。

広く生物を俯瞰すると、進化は必ずしも複雑化のみを目指すわけではなく、器官やゲノムの単純化を伴う方向性も認められる。ニハイチュウは、その極度な単純化の典型例である。ニハイチュウが生息する腎嚢内は、天敵がみられず、外部刺激を感覚し逃避行動をとる必要がない上、摂食のための移動を伴わずとも体表面から直接栄養を吸収できるという、きわめて安定した生息環境を提供している。系統的に同等の進化段階にある他種と比較すると、ニハイチュウでは単なる器官欠失にとどまらず、イントロン数の大幅な減少や遺伝子の喪失・断片化といったゲノムレベルでの単純化も顕著であることが示されつつある。⁽⁸⁾

自然への尽きぬ探究心

ニハイチュウの研究史を振り返ると、19世紀に

ベネデンが本群を多細胞動物の祖先に近い存在と直感的に位置づけたことは、むしろ自然な帰結であったとも考えられる。実際、現存するすべてのニハイチュウに関する文献を年代順に整理すると、各時代の研究者がいかなる情報に基づいてニハイチュウを研究していたかが明らかになる。ベネデン自身が観察した種は、せいぜい5種程度にとどまっていたと考えられ、その中にはアメーバ様の形態を示し、外見上きわめて「原始的」に見える2種が含まれていたと推察される(図2)。このような限られた標本と情報に基づく観察から、ニハイチュウに「原始的」という印象を抱いたとしても、無理はなかったであろう。ベネデンが当時抱いていたニハイチュウ像は、現代の研究によって明らかになった形態的多様性、発生様式、生態的適応などをふまえたイメージとは、大きくかけ離れていたと考えられる。さらに、当時は多細胞動物の起源を、運動性をもつ単細胞生物、たとえばアメーバや繊毛虫に求める見解が主流であり、ベネデンは自身の観察したニハイチュウの外観と、これら原始的単細胞生物との間に類似性を見出したものと思われる。しかしながら今日では、ニハイチュウの形態的多様性は、系統による制約の他、棲み分けなどの種間相互作用によっても形成されることが明らかにされてきている。こうした知見に照らせば、アメーバ様の形態は、むしろ極度に特化した寄生環境への適応の結果と解釈され、原始性の証拠とはならない。

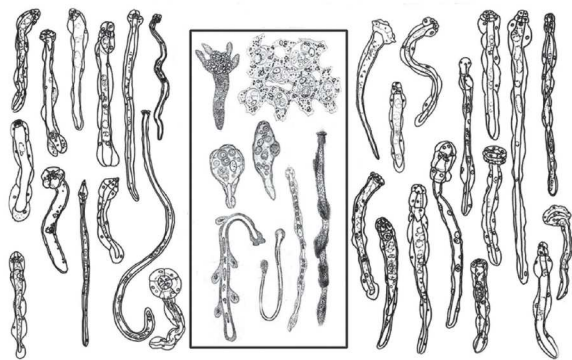


図2 ニハイチュウの外形の多様性 四角で囲まれた種はベネデンの時代に記載された種。それ以後に記載された種をみると、長虫状の種が典型的とわかる。

ベネデンによる「中生動物」という概念は、情報の乏しかった時代において、限られた種の観察に基

づく認識、不十分な発生的知見、そして比較解析手法の限界の中で形成された、いわば時代の制約に根ざした仮説であったといえる。その意味で、それは当時の学術的状况において十分に陥りうる認識の罫であったとも言えよう。

私の研究の途上で幾度となく思い出すのは、恩師・常木和日子先生の言葉である。「分類学というものは100種記載したら終わりではない。101種目にこそ重要な発見があるかもしれない」。この言葉には、分類学における真の探究精神と、自然への尽きぬ関心が込められている。これまでに私が新種として発見・記載したニハイチュウ類は70数種にとどまり、常木先生が示した「100種」にもまだ届いてはいない。しかしながら、この数的な指標の背後にある本質、すなわち、未知の自然への不断のまなざしこそが、分類学をはじめとする自然史という営みを根底で支えているのだと感じる。

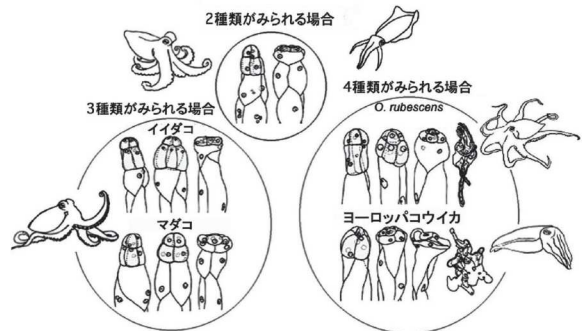


図3 同時に発見されるニハイチュウの前頭部の形態的多様性とパターン 同じ宿主内では、前頭部の形態には明確な違いがみられる。一方で、異なる宿主間では形態が非常によく似ている。これは、それぞれのホストの腎囊内における異なる生息場所に適応した結果として、前頭部の形態が収斂したためである。

おわりに

自然史研究には明確な終着点は存在しない。自然は、人間の予測や想像の範囲を遥かに超えた広がりや深さを備えており、その全貌に近づくことすら容易ではない。だからこそ、我々研究者は一つひとつの観察と記載を大切に、たとえそれが些細な違いに見えたとしても、その先にある本質的な多様性の解明を信じて歩み続けなければならない。

参考文献

- 1) Beneden, É. van., Recherches sur les Dicyémides, survivants actuels d'un embranchement des Mésozoaires. Bulletins de l'Académie Royale de Belgique **42**: 3-111 (1876).
- 2) Nouvel, H., Les Dicyémides. 2^e partie: infusoriforme, tératologie, spécificité du parasitisme, affinités. Archives de Biologie, Paris **59**: 147-223 (1948).
- 3) Furuya, H. and K. Tsuneki, Biology of dicyemid mesozoan. Zoological Science **20**: 519-532 (2003).
- 4) Furuya, H., Tsuneki, K. and Y. Koshida, Development of the infusoriform embryo of *Dicyema japonicum* (Mesozoa: Dicyemidae). Biological Bulletin **183**: 248-257 (1992).
- 5) Lu T., M. Kanda, N. Satoh, H. Furuya, The phylogenetic position of dicyemid mesozoans offers insights into spiralian evolution. Zoological Letters **3**: 6 (2017).
- 6) Hochberg, F. G. Diseases caused by protistans and mesozoans. In "Diseases of Marine Animals Vol. III" Ed by O Kinne, Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, Pp 47-202 (1990).
- 7) Kozloff, E. N. Phyla Placozoa, Dicyemida, and Orthonectida. In E. N. Kozloff (Ed.), "Invertebrates" Saunders College Publisher, Pp. 210-220 (1990).
- 8) Ogino, K., Tsuneki, K., and H. Furuya, Unique genome of dicyemid mesozoan: highly shortened spliceosomal introns in conservative exon/intron structure. Gene **449**: 70-76 (2010).

