

頭索動物ナメクジウオ類の生態と食性

技術センター 理学部等部門
研究実験技術班 山口 信雄

YAMAGUCHI Nobuo : Biology of *Branchiostoma belcheri* and analysis of their feeding,
Marine Biological Laboratory, Graduate School of Science, Hiroshima University

1. ナメクジウオとは

ナメクジウオ類(図1)は海産の動物であり、分類学的には脊索動物門の頭索動物亜門に分類される(図2)。脊索動物門は、我々ヒトを含む脊椎動物や、ホヤ類等からなる尾索動物、そして今回紹介する頭索動物より構成され、頭索動物は我々脊椎動物に最も解剖学的特徴が似ている動物である。そのため、我々ヒトを含めた脊椎動物の起源を考える上で重要な位置にある動物として注目されている¹⁾。しかし一般にはなじみの薄い動物であり、その和名から誤解を招く事もある。



図1 ヒガシナメクジウオ成体
上: 生殖期の雄 下: 生殖期の雌



図2 動物の系統樹とナメクジウオの位置

ナメクジウオ類の学術的な記載は、ドイツの博物学者 P. S. Pallas によって 1774 年に行われた。そ

のときに彼はその標本を *Limax lanceolatus* と命名し、ナメクジの一種と記した。パラスは標本を軟体動物のナメクジに分類したものの、ウナギの稚魚に類似していると指摘していたとも言われている²⁾。現在ではナメクジウオ類は脊索動物門の頭索動物亜門に分類される。*Amphioxus* はラテン語で「両端が尖った」を意味し、*lanceolatus* は西洋人が馬上で使用する槍であるランス (lance) に由来する。ナメクジウオ研究の盛んな中国でも銀槍魚と呼ばれることもある(文昌魚という呼び名が主流)。これらの語句はいずれもナメクジウオ類の形態的特徴を良く示しており、英名の *amphioxus* や *lancelet* はこれらの学名に由来している。現在では属名となっている *Branchiostoma* は「鰓口」を意味し、これは口の周りにある被蓋突起と呼ばれる髭状の構造を鰓と考えたためにこのような名称となった。しかし実際には被蓋突起は鰓ではない。

ナメクジウオ類の成体は海底に住み、海中に泳ぎ出る事はほとんどない。日本のヒガシナメクジウオの場合は水深 10~30 m の海底からよく採集される。住処である海底の底質についてはかなり選択性があり、一部の例外を除いて貝やその他の破片が混じった 0.3~0.8 mm 程度の砂を好む³⁾。これより小さい直径の堆積物、例えば泥が多くなるとナメクジウオ類は窒息するとされている。ナメクジウオ類は生息に適した砂があつて流れが早く、起伏に富んだ海底の駆け上がり部位に多く生息すると言われる。

光に対しては負の走性を示す。つまり光から逃げるようにして行動するため、砂があると完全に体を隠すようになる。図鑑等で頭を出している写真が紹介されるが、日常的にはあのような行動を見ることがない。

また、泳ぎ方は体を左右にくねらせて、前後同

じように進む。そのために砂に潜るときも前後どちらからでも潜ることができる。

2. ヒガシナメクジウオと広島に関わり

ヒガシナメクジウオと広島は、実に深い関わりを持っている。日本でナメクジウオ類が（学術的に）発見されたのは1881年広島県鞆での浮遊幼生の採集と、ドレッジ（海底の砂を集める道具）による成体の採集が初めてとされる。その後広島県三原沖の有竜島（有龍島、宇竜島、図3A）と呼ばれる無人の小島に続く砂洲から多数のナメクジウオが採集され、1928年にこの地域のナメクジウオが天然記念物に指定された。その地域は能地堆と呼ばれ、当時の干潮時には有竜島の西方から6 kmに渡って広大な砂洲が現れた（図3B）。



図3 A: 有竜島全景を北側から撮影したもの、B: 現在の有竜島西側に干潮時に現れる能地堆の一部

この地域の調査は広島大学の水岡繁登名誉教授によって行われており⁴⁾、1900年代前半には多くのナメクジウオが生息していたとされるが、採集記録によると1960年代以降は激減している。この時期は能地堆におけるコンクリート骨材のための海砂の採取の時期と重なる。1963年発行の海図によると水深5 m前後の能地堆（図4A）が、天然記念物指定された周辺を除いて跡形も無くなり、1986年以降の海図では水深30 m（図4B）と記載されている。ナメクジウオは住処であった砂を失い、採取を免れた個体も砂を採る際に舞上がった泥が鰓に詰まって窒息したのではないかと考えられ

ている。我々も有竜島を表敬訪問して付近の調査を試みたものの、場所によっては砂地だった海底が、岩が露出しているような感触を得るポイントもあり、ヒガシナメクジウオはほとんど採集できなかった。また現在の海図通り、以前水深の浅い砂地であった所が水深の深い場所に変わっていることも魚群探知機による海底のモニタリングで確認した。今後はこの地域を我々の手で詳しく調べる予定であり、海砂の採取されていない海域に多くのナメクジウオが生息していることを期待している。

このような歴史のある土地の近くに位置する向島臨海実験所に、ナメクジウオ類の専門家である安井金也教授が赴任した。これを機に広島大学が世界的なナメクジウオ研究の拠点の一つとなるよう、先人の業績を踏まえながら、努力をするつもりである。

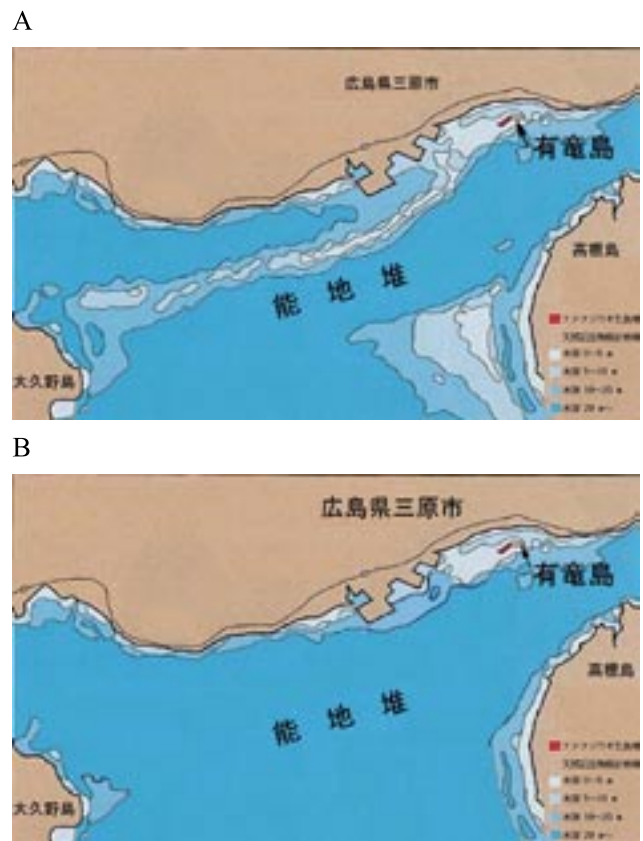


図4 広島県三原市沖能地堆の変遷（参考文献4より改変・転載）A: 1963年海図より作製、B: 1999年海図より作製

3. ヒガシナメクジウオの食性

生物が生きて行く上で必要不可欠なものに栄養

の摂取がある。生物を知る場合において、食性を調べる事は非常に基礎的で重要な仕事となる。食性がわかれば飼育も容易になり、今後のナメクジウオ研究にも大きく貢献する。しかしながら、ナメクジウオ類はそのライフスタイルがひたすら地味な生物であるためか、発生や解剖に較べて食性に関する研究はさほど多くない。

ナメクジウオ類の摂食は濾過食であり、咽頭に餌を含む海水を流して餌を漉しとり、餌は内柱より分泌される粘液で絡めとる。粘液は繊毛の働きによって集められ、紐状になって食道へと送られる。食道の先には腸結腸環と呼ばれる部位があり、肝憩室から送られてきた消化酵素と混じり合うことで消化され、肝憩室や後腸で吸収されると言われる(図5)。

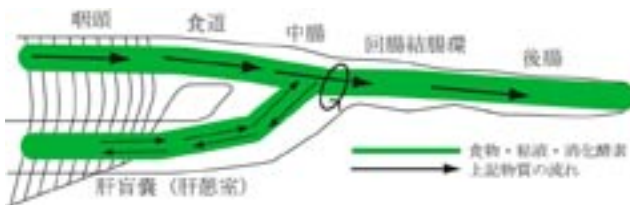


図5 ナメクジウオ類における食物等の流れ

4. ヒガシナメクジウオ食性へのアプローチ

ヒガシナメクジウオの姿に迫るための一つの手段として食性を調べたいという要望から、現在は以下のような取り組みを行っている。結果については論文に未投稿のため、詳細の公表は差し控えて頂く。

(1) サンプル採集

ヒガシナメクジウオは熊本大学合津マリンステーションのご協力のもと、有明海からドレッジと呼ばれる海底の砂をとる道具で砂ごと採集する。そして船上で、もしくはすぐに引き返してヒガシナメクジウオを砂からわけ、 $0.45\mu\text{m}$ のフィルターで濾過した海水中に入れる。その後、消化管を切開して内容物を取り出す。もしくは、切開せずに消化管をピンセットで押さえて肛門より内容物を強制的に排出させ、これを採集する。これらの作業は必ず現地で行わなければならない。

(2) サンプルの調整

得られた消化管内容物は3通りの処理に分ける。

1つはDNA抽出buffer(10 mM Tris-HCl pH8.0, 10 mM EDTA, 0.5% SDS, $20\mu\text{g/ml}$ RNase)に懸濁してゲノムDNAを抽出する処理を行い、2つめは海水をベースにしたカルノフスキー固定液(2% パラホルムアルデヒド, 2.5% グルタルアルデヒド)で固定する。3つめはフィルター濾過海水に内容物を懸濁し、バクテリアの培養に用いるためのサンプルとする。

(3) ゲノムDNAの解析

これまでの消化管内容物の研究は顕微鏡での観察がほとんどであり、形が崩れてしまったものに関しては分類が非常に難しく、特に細菌では困難を極める。そこで消化管内容物からゲノムDNAを抽出し、16S rRNA(主に細菌が持つ遺伝子)もしくは18S rRNA(真核生物が持つ遺伝子)遺伝子をPCR法で増幅して解析する事で、消化管に含まれる生物がどのような生物であるかを探ろうとしている。現在までにバクテリアの解析はある程度の結果を得ている。真核生物の18S rRNA解析ではヒガシナメクジウオ自身の配列ばかりが増幅されてしまい、極めて解析効率が悪い。現在手法を見直している段階である。

(4) 走査型電子顕微鏡と蛍光顕微鏡による解析

従来のナメクジウオ類食性研究と比較するため、同様の手法である走査型電子顕微鏡による観察も行っている。この手法では主に真核生物(主に動物・植物プランクトン)を観察する。それらが浮遊性か沈殿性かを調べることで、彼らが自然の条件化で砂に入ってくる生物を食べているのか、それとも図鑑に載っている写真のように口を海中に出して浮遊性の生物を主に漉しとっているかについて考察し、ナメクジウオ類の自然条件下での姿に迫りたいと考えている。

また、消化管内容物の植物プランクトンを蛍光顕微鏡で観察すると、肛門付近から採取したサンプルでもクロロフィルの蛍光がはっきりと見られ、消化が充分ではないことが示唆された。従って消化管内に存在したとしても、栄養源として消化・吸収されているわけではないことを考慮する必要がある。

(5) 消化管内バクテリアの培養

消化管内容物の解析は単に何を食べているかを調べるだけでなく、人工飼育用の餌を選定する目

的もある。その目的のために消化管内に存在するバクテリアを培養し、簡易に増やすことができるかも試している。バクテリアに関しては外部からのエサと腸内の共生細菌を識別をすることが難しく、周囲の海水サンプルと比較しながら研究を進めなければならないと考えている。

謝辞

この研究は附属臨海実験所長である安井金也教授のご指導の元で行われた事を銘記し、この場を借りて厚く御礼を申し上げます。採集活動に関して、熊本大学合津マリンステーションの島崎英行技術員には大変なご尽力を頂いております。感謝

の気持ちをここに表したいと思います。

参考文献

- 1) 安井金也, 窪川かおる (2005) 『ナメクジウオ頭索動物の生物学』 東京大学出版
- 2) 西村三郎 (1987) 『未知の生物を求めて』 平凡社
- 3) 石川優, 川村和夫, 種田保穂, 中内光昭, 西川輝昭, 向井秀夫, 渡辺浩 (1986) 『動物系統分類学 8 (下)』 中山書店
- 4) 水岡繁登(1994) 『EMECS Newsletter 第5号』 pp. 10~11. 兵庫県保健環境部環境局水質課