

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07520

研究課題名(和文) 極めて細長くなる異紐虫類の進化的背景を幼生飼育によって探る

研究課題名(英文) Exploring the evolutionary background by rearing planktonic larvae of heteronemerteans that become extremely long

研究代表者

柁原 宏 (Kajihara, Hiroshi)

北海道大学・理学研究院・准教授

研究者番号：30360895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：紐形動物では一つの卵巣当たりの卵の数と体の長さとの間に比例関係があるらしいことが分かった。また、紐形動物門を構成する3つの分類群(古紐虫類・異紐虫類・針紐虫類)の間で体の長さを比較したところ、針紐虫類はその他2つの分類群と比べて短かったが、異紐虫類と古紐虫類ではそれほど違いが無かった。このことから、分類群間の体の作り(異紐虫類には真皮と呼ばれる構造があるが、古紐虫類には無い)の違いは、長くなれることとはそれほど関係はなさそうであるという事が分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

体サイズ規定要因の探求は生物学上興味深い課題の一つであり、多くの研究者が関心を寄せてきた。海産生物における浮遊幼生期や生活史形質の比較研究はこれまでおもに魚類で行われており、無脊椎動物の研究例は少ない。本研究成果は紐形動物における生活史形質の進化的研究における先鞭をつけたという意味で学術的意義が大きく、海洋幼生生態学と進化生態学を結ぶ未開拓の領域へと発展することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Positive relation between body size and the number of eggs per an ovary was detected among heteronemerteans. Comparisons of body lengths between three major nemertean subgroups (Palaeo-, Hetero-, and Hoplonemertea) suggested that the difference in body plan is not likely related to body length, as Hetero- and Palaeonemertea did not differ significantly, although Hoplonemertea differed significantly between Hetero- and Palaeonemertea.

研究分野：系統分類学

キーワード：紐形動物 生活史形質

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

紐形動物(ヒモムシの仲間)の中には体長が極めて長くなるものが知られている。例えばブーツレースワーム *Lineus longissimus* は体長 50 メートルに達した記録がある。日本国内における最長記録は和歌山県白浜で採れたサナダヒモムシ *Baseodiscus hemprichii* の 7 メートルである。これらの長くなるヒモムシたちはどれも異紐虫類というグループに属している。このグループは世界に 94 属 445 種、我が国からは 15 属 56 種が知られている。異紐虫類のヒモムシの種が全て何メートルにもなる訳ではなく、もちろんブーツレースワームやサナダヒモムシも全ての個体が長くなれる訳ではない。

世界に約 1300 種が知られている紐形動物は一般に海産であり、淡水性種と陸生種はそれぞれ 10 種程度ずつ知られている。動物門全体は古紐虫類(100 種)、担帽類(その大半は異紐虫類)

(500 種)、針紐虫類(700 種)に大別される。紐形動物はほとんどが自由生活性の底生動物であるが、深海の水柱を漂うものが 100 種、他の生物と共生するものが 40 種程度知られている。紐形動物の体は一般に細長く、前端に口、後端に肛門が開いている。消化管は食道・胃・腸から成る。現在知られている紐形動物のほとんどは雌雄異体である(同時的雌雄同体は 40 種で知られている)。また、分裂によって無性的に生殖することが知られている種は研究開始時点で 1~2 種程度だった。精巣や卵巣は単純な嚢状で、成熟した個々の生殖巣からは体外へ通じる管(輸精管・輸卵管)が伸びて配偶子が対外へ放出される。生殖巣は通常、腸管の左右に対を成して並び、その数は少ないものでは数対、多いものでは何百対にも達する。紐形動物の受精様式は体外受精と体内受精に分けられる。体外受精はさらに放精放卵と粘液内受精に分けられる。後者においては、オス(通常多数個体)とメスが放出した粘液の中に産卵と放精が行われる。体内受精する種においては矢張り分泌した粘液中でオスがメスに体を密着させて精子を相手の体内に送り込むものや、深海遊泳性の種では体の前方に精巣があり、それらから数対の陰茎のような構造が伸びているものも知られている。後者ではオスは腕のような把握器を発達させており、恐らくメスを捕まえて交尾するものと推測されている。

### 2. 研究の目的

本研究の究極的な目的は「ブーツレースワームやサナダヒモムシはなぜそんなに長くなるのか?」という疑問に答えることである。体長が数メートルに達する紐形動物の多くは異紐虫類というグループであることから、系統的な要因がそこにあるのかもしれない。他にも、体が長くなるように進化してきた要因には様々な生活史形質が関連しているはずである。それらの間の関係性を明らかにすることが本研究の目的であった。

### 3. 研究の方法

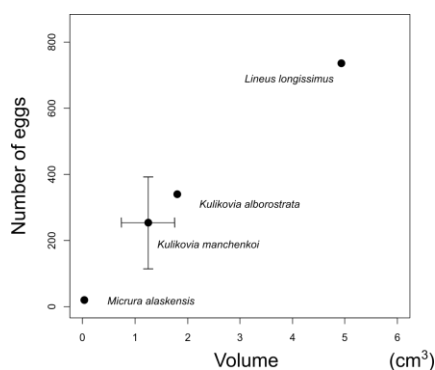
体長、卵巣の数、卵巣当たりの卵の数、卵サイズ、妊性、幼生死亡率、幼生期間、成長能力(異紐虫類特異的な体制、環境中の栄養、毒、成体死亡率、無限成長能)の間の関係性をモデル化し、そこから予測される次の 3 点について検証を試みた:(1) 卵巣一つ当たりの卵の数はその種の潜在的な最大体サイズと比例する;(2) 浮遊幼生期間はその種の潜在的な最大体サイズに比例する;(3) 担帽類は全体として古紐虫類や針紐虫類よりも体長が長い。

北海道厚岸湾に浮かぶ無人島である大黒島の潮間帯に頻出する異紐虫類カスリヒモムシ *Kulkokovia manchenkoi* を採集し、体長と卵巣当たりの卵数を調べた。また、成熟個体から採取した配偶子を受精させて、浮遊幼生を飼育することを試みた。また、神奈川県三崎産のイソヒモムシ *Baseodiscus delineatus* と、沖縄産サナダヒモムシ *Baseodiscus hemprichii* も飼育して、卵数などの生活史形質情報を得られるかどうかを試みた。

紐形動物の記載論文の中で述べられている体長の情報を抽出し、担帽類・古紐虫類・針紐虫類の間に差があるかどうかを調べた。

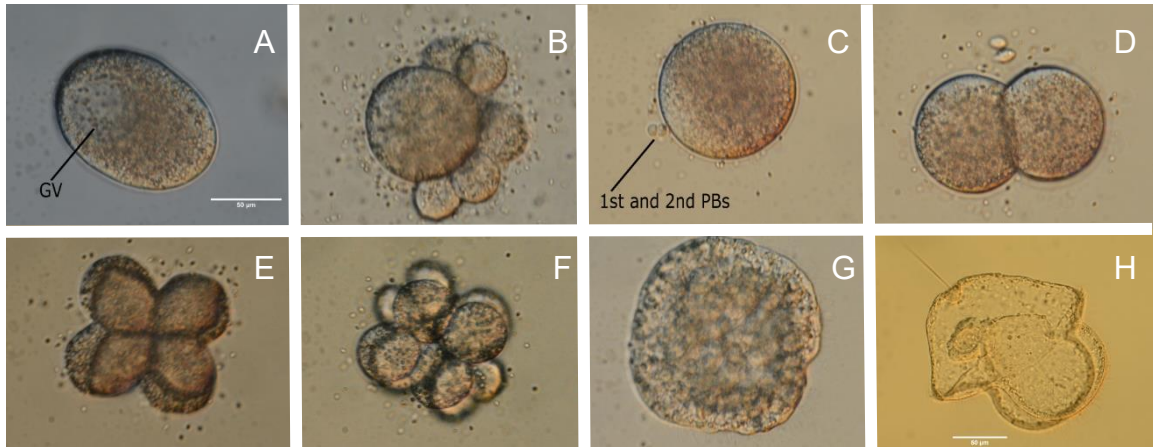
### 4. 研究成果

カスリヒモムシの計測データと、文献上のデータの散布図を描いてみると、体サイズと、1つの卵巣当たりの卵の数の間には正の相関関係がありそうであった。



カスリヒモムシ (*Kulkokovia manchenkoi*) とその他 3 種の異紐虫類における、1つの卵巣当たりに入っている卵の数と体サイズとの関係 (Kajihara & Hookabe 2018 より)

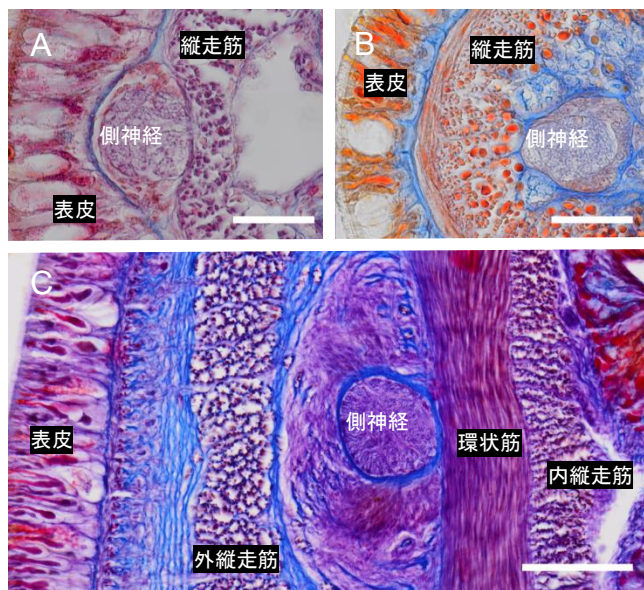
カスリヒモムシの幼生は受精後 3 週間飼育することが出来た。



カスリヒモムシの初期発生：A 卵母細胞（GV は卵核胞）；B 多精受精してしまったところ；C 極体（PBs）を放出したところ；D 二細胞期；E 八細胞期；F 16 細胞期；G 囊胚期；H 担形幼生（Kajihara & Hookabe 2018 より）

しかし、様々に条件を変えて試行錯誤を繰り返したが、変態まで飼育することは出来ず、文献上知られている他の種との間で、浮遊幼生期間の長さの比較はできなかった。

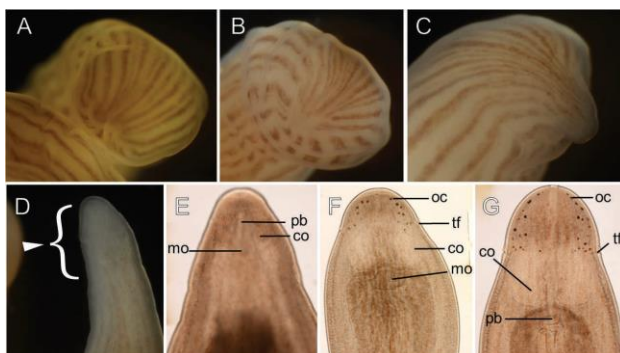
記載論文から体長情報を抽出して分類群ごとに比較した結果、古紐虫類と担帽類は有意に針紐虫類より長かったが、古紐虫類と担帽類との間には差は見られなかった。担帽類の 9 割程度の種が異紐虫類であり、それらは体壁に真皮と呼ばれる分泌腺と結合組織に富んだ層を持つ。



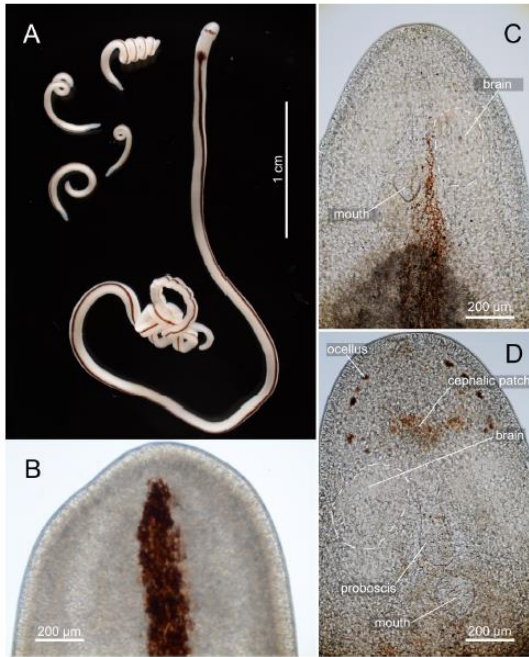
紐形動物門を構成する三つの主要高次分類群における体壁の構造：A 古紐虫類；B 針紐虫類；C 担帽類（異紐虫類）。スケールバーは 30 ミクロン。（Kajihara 未発表データ）

本研究における文献調査の結果、異紐虫類と古紐虫類とのボディープランの違い（＝真皮の有無）は、体長とはそれほど関係がないのかもしれないことが分かった。

研究期間中にはこのほか、サナダヒモムシとイソヒモムシが分裂によって無性生殖できる能力を持っていることを明らかにした。



三崎産イソヒモムシが無性生殖する際に前方再生する様子：A 自切後 1 日；B 自切後 4 日；C 自切後 8 日；D 自切後 15 日（矢頭は再生中の箇所）；E 自切後 15 日；F 自切後 36 日；G 自切後 50 日。略語：co 頭感器；mo 口；oc 眼点；pb 吻；tf 頭横溝。スケールバーは 100 ミクロン。（Ikenaga et al. 2019 より）



沖縄産サナダヒモムシが無性生殖する際に前方再生する様子:A 完全個体と自切後10日の断片; B 自切後1~2日; C 自切後10日; D 自切後20日 (Kajihara & Hookabe 2019 より)

無性生殖の能力の有無と体長が極めて長くなることの間に進化的な関係はあるのかどうか、あるとしてどのような関係なのかは今後のさらなる研究が必要である。

#### 引用文献

- Ikenaga J, Hookabe N, Kohtsuka H, Yoshida M, Kajihara H. 2019. A population without female: males of *Baseodiscus delineatus* (Nemertea: Heteronemertea) reproduce asexually by fragmentation. *Zoological Science* 36: 348-353.
- Kajihara, H. & Hookabe, H. 2018. Why do certain species of heteronemerteans get so long? 9th International Conference on Nemertean Biology in List auf Sylt.
- Kajihara H, Hookabe N. 2019. Anterior regeneration in *Baseodiscus hemprichii* (Nemertea: Heteronemertea). *Tropical Natural History* 19: 39-42.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kajihara H, Hookabe N	4. 巻 19
2. 論文標題 Anterior regeneration in Baseodiscus Hemprichii (Nemertea: Heteronemertea)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tropical Natural History	6. 最初と最後の頁 39-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://www.tci-thaijo.org/index.php/tnh/article/view/181201">https://www.tci-thaijo.org/index.php/tnh/article/view/181201</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ikenaga J, Hookabe N, Kohtsuka H, Yoshida M, Kajihara H.	4. 巻 36
2. 論文標題 A population without female: males of Baseodiscus delineatus (Nemertea: Heteronemertea) reproduce asexually by fragmentation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 348-353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2108/zs180203">https://doi.org/10.2108/zs180203</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 池永潤平, 波々伯部夏美, 幸塚久典, 吉田 学, 柁原 宏
2. 発表標題 三崎産イソヒモムシ個体群にはオスしかいない? ( 紐形動物門異紐虫類 )
3. 学会等名 日本動物分類学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kajihara, H. and Hookabe, N.
2. 発表標題 Why do certain species of heteronemerteans get so long?
3. 学会等名 第9回紐形動物学国際会議 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----