

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25650133

研究課題名(和文)ディウロドリルスは新動物門となるか？

研究課題名(英文) Does Diurodrilus form a new phylum?

研究代表者

柁原 宏 (KAJIHARA, Hiroshi)

北海道大学・理学(系)研究科(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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：砂浜の砂粒のすき間の微小環境に生息する「間隙動物」には20以上の動物門が知られる。ゴカイ・ミミス・ヒルを含む環形動物門にも間隙性の種が多数知られており、日本からは本研究開始時点で8属11種の間隙性環形動物が報告されていた。ディウロドリルス属の間隙性環形動物はそれまで日本からは報告されていなかったが、北海道石狩浜には未記載の種が産する。本研究は、当時疑問視されていたディウロドリルス属・トリロポドリルス属などの間隙性種の環形動物門への所属を検証する目的で遂行されたが、結果的にどちらの属も「新動物門」とはならず、環形動物であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：More than 20 animal phyla are known from minute environment between sand particles in beaches. A number of interstitial species are known in the phylum Annelida, a group that is mainly comprised of lugworms, earthworms, and leaches. At the onset of this study, 11 species in eight genera of interstitial annelids had been reported from Japanese waters. No representative of the genus Diurodrilus had been known in Japan, but there is an undescribed form in Ishikari Beach, Hokkaido. This study aimed to test the phylum affiliation of such interstitial annelids as Diurodrilus and Trilobodrilus, which was doubted by previous studies. The conclusion, however, was that both groups actually belong to the phylum Annelida.

研究分野：動物系統分類学

キーワード：海産無脊椎動物 間隙動物 環形動物 系統分類学

1. 研究開始当初の背景

砂浜は一見生きものがない不毛な場所に見えるが、その砂粒のすき間には微小な生物たちが数多く生息している。これらのうちの多細胞動物は「間隙動物」と呼ばれ、これまでに20以上の動物門がこのような微小環境に適応していることが知られている。1ミリのメッシュを通過し、45ミクロンのメッシュに保持される底生動物をメイオベントスと呼ぶこともある。ゴカイ・ミミズ・ヒルを含む環形動物門にもメイオベントス、あるいは間隙性の種が多数知られており、日本からは本研究開始時点で8属11種の間隙性環形動物が報告されていた。これらの間隙性環形動物は、その他の環形動物にみられる特徴(体制性・いぼ足・剛毛)が退化的な傾向を示すため、かつては環形動物全体の祖先的なグループと見做され、「原始環虫類」という名で呼びならわされたこともある。しかしその後の研究により「原始環虫類」は、進化的に1つの共通祖先とそこから生じた全ての子孫からなるグループ(そのようなグループを「単系統群」と呼ぶ)ではないことが明らかになり、この名称は1970~80年代には廃止されるようになった。そのような「原始環虫類」として、北海道沿岸からはトリロボドリルス・ニッポニクスが1943年に厚岸から記載されている。また、ディウロドリルス属の間隙性環形動物はそれまで日本からは報告されていなかったが、北海道石狩浜には未報告の種が産することが分かっていた。

2008年に『形態学雑誌 (Journal of Morphology)』誌に掲載された論文「ディウロドリルスは環形動物か? (原題: *Is Diurodrilus an annelid?*)」においてコペンハーゲン大学のウォルサアエと米国スクリプス海洋学研究所のルースらはディウロドリルスのクチクラ・筋肉系・神経系を光学顕微鏡、共焦点レーザー走査顕微鏡、透過型電子顕微鏡を用いて観察した他、予備的な分子系統解析を行った結果、ディウロドリルスは微顎動物に似た特徴を持っており、環形動物に近縁かもしれないが、更なるデータが得られるまでは前口動物の中における「所属不明」分類群とみなされるべきである、と結論づけた。

2. 研究の目的

環形動物門への所属に疑義が持たれているディウロドリルスの系統的位置を明らかにすることが本研究の目的である。いぼ足・剛毛・体節構造は環形動物に広くみられる特徴であるが、ディウロドリルスにおいてはこれらの特徴を欠いており、これらの点はこの分類群が環形動物門に含まれるかどうか疑われる一因でもあった。同様に、トリロボドリルスにおいても体節構造が極めて不明瞭であり、いぼ足や剛毛も存在しない。分子系統解析による一部の先行研究には、トリロ

ボドリルスが含まれるディノフィルス科全体が、環形動物の系統樹の基部に位置するか、もしくはそれに含まれない可能性のあることを示唆しているものがある。このため本研究ではトリロボドリルスの系統的位置を探ることも目的とした。

3. 研究の方法

北海道の石狩浜と厚岸湾で採集を行い、ディウロドリルスとトリロボドリルスのサンプルを得た。石狩浜では波打ち際から5メートルと10メートルの内陸部で直径10センチメートル程度の穴を地下水水面まで掘り、浸出した水と共に砂を採取し、実験室に持ち帰って淡水を加えて浸透圧ショックを与え、バケツの中で攪拌してから上澄みをメッシュでろ過した後、実体顕微鏡下でディウロドリルスを単離した。トリロボドリルスは波打ち際の砂から同様に抽出・単離した。単離したサンプルから抽出したDNAを用い、次世代シーケンシングによって新たにアセンブルを行い、核のrDNA配列全長のほか、ミトコンドリアゲノムのおよそ60%を決定した。得られた配列に基づき、環形動物とその他の主要な前口動物の相同配列を用いて系統解析を行った。

採集されたサンプルの一部について光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いた形態観察を行った。

4. 研究成果

一部の先行研究の予測に反し、ディウロドリルス、トリロボドリルスともに環形動物門に所属することは間違いなさしい。ウォルサアエとルースの予備的な分子系統解析によってこれらが環形動物に含まれないことが示唆されていたが、これは進化速度の速い分類群同士が解析の際に系統樹上で互いに「引かれ合う」、いわゆる長枝誘引効果によるアーティファクトが原因と考えられる。

環形動物門内におけるディウロドリルスとトリロボドリルスの系統的位置については今回の系統解析の結果からは確かなことは言えない。但し、トリロボドリルスがディノフィルス科の構成員であることは間違いがなく、解析の方法によってはディウロドリルスがディノフィルス科の姉妹群となる可能性も示唆された。ディノフィルス科はノリコイソメ科の共通祖先から幼形先熟によって生じた、とする仮説が1970年代に提唱されていたため、今回の系統解析にはノリコイソメ科の配列も多く含めて行ったが、今回の結果はこの仮説を積極的に支持するものとはならなかった。

石狩浜に産するディウロドリルス(図1)は頭部腹面における繊毛域の形態パターンや、尾部の粘着腺分泌管近傍の形態が既知種6種のいずれとも異なるため、未記載種と判断された。



図1 北海道石狩浜で得られたディウロドリ
ルスの未記載種

トリロボドリルスは石狩浜（図2）と厚岸湾（図3）のいずれから得られたが、厚岸湾のものが既知種であるトリロボドリルス・ニッポニクスと同定されるのに対し、石狩浜のものは頭部の繊毛環の形状と表皮中の微細構造の形態が異なり、決定したDNA塩基配列も種内変異と見做すには大きく違っていたことから未記載種と判断し、新種記載論文を準備した。



図2 北海道石狩浜で得られたトリロボドリ
ルスの未記載種

トリロボドリルス・ニッポニクスも原記載論文公表以降採集記録がなく、不完全にしか知られていなかったため同論文中で再記載した。

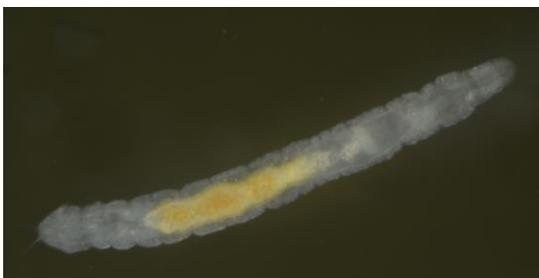


図3 北海道厚岸湾で得られたトリロボドリ
ルス・ニッポニクス

トリロボドリルス属は研究開始時点で世界から5種が知られていた。それらは頭部の繊毛環の形状や、表皮中に含まれる球状の微小な集合体（大きさはおよそ15ミクロン程度）の形状によって分類されてきたが、トリロボドリルス・ニッポニクスにおいてはこの

構造が詳細に知られていなかった（図4）。



図4 トリロボドリルス・ニッポニクスの表
皮中の微小構造物の形態

本研究では過去の文献情報から、他の5種におけるこの微小構造物の長さ・幅の比を調べ、本研究で得られたトリロボドリルス・ニッポニクスと石狩浜産未記載種のもの（図5）とを比較した。



図5 石狩浜産トリロボドリルス未記載種
における表皮中構造物

その結果、これまで知られているトリロボドリルスは表皮中微小構造物の長さ・幅の比によって3つのグループに分けられることが分かり、トリロボドリルス・ニッポニクスの構造物はインドから記載されたトリロボドリルス・インディクスに似た比率を持つことが明らかになった（図6）。

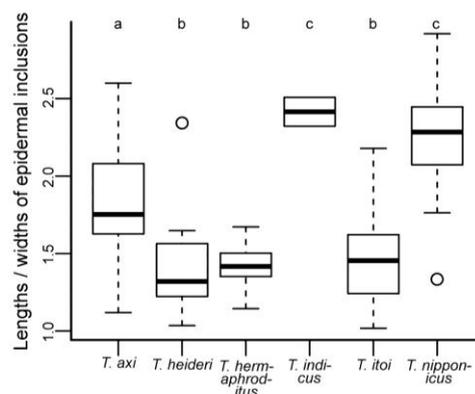


図6 トリロボドリルス6種における表皮
中微小構造物の長さ・幅の比。グラフ上部の

アルファベットの小文字 (a, b, c) は有意な違いがみられたものを表している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

- ① Kajihara, H., Ikoma, M., Yamasaki, H., Hiruta, S.F. *Trilobodrilus itoi* sp. nov., with a redescription of *T. nipponicus* (Annelida: Dinophilidae) and a molecular phylogeny of the genus. *Zoological Science*, 査読有, 32 卷, 2015 年, 印刷中
- ② Kajihara, H., Nishi, E., Kawabata, M., Kohtsuka, H., Uyeno, D. Records of the poorly known ribbon worm *Nipponnemertes ogumai* (Nemertea: Monostilifera) and its phylogenetic position. *Marine Biodiversity*, 査読有, 印刷中
DOI:10.1007/s12526-014-0252-1

[学会発表] (計 1件)

- ① 生駒真帆・柁原 宏、北海道産 *Diurodrilus* 属 (動物門不明) の 1 未記載種について、日本動物分類学会第 49 回大会、2013 年 6 月 8 日、宮城教育大学 (仙台市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柁原 宏 (KAJIHARA, Hiroshi)
北海道大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号：30360895

(2) 研究分担者

島野 智之 (SHIMANO, Satoshi)
法政大学・国際文化学部・教授
研究者番号：70355337

木村 敦 (KIMURA, Atsushi)
北海道大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号：90422005