

日本周辺海域における動吻動物の分類と系統

山崎, 博史
Museum für Naturkunde, Leibniz Institute für Evolution and Biodiversity

<https://hdl.handle.net/2324/4795204>

出版情報 : Taxa, Proceedings of the Japanese Society of Systematic Zoology. 41, pp.11-22, 2016-08-30. 日本動物分類学会
バージョン :
権利関係 : 2016 The Japanese Society of Systematic Zoology



原著論文

日本周辺海域における動吻動物の分類と系統

Taxonomy and phylogeny of Kinorhyncha in Japanese waters

[第13回日本動物分類学会 奨励賞受賞記念論文]

山崎博史

Hiroshi Yamasaki

ABSTRACT

Recent studies of Japanese kinorhynchs are reviewed. Kinorhynchs (Phylum Kinorhyncha) are ecdysozoan animals with a body composed of head consisted of mouth cone and ever-visible introvert, neck, and 11 trunk segments. To date, about 230 species have been recorded worldwide, and all of them are exclusively marine meiobenthic species. In Japanese waters, 20 species have been known so far: of these, 9 species were described as new to science or reported as new to Japanese waters within this decade, and 4 species will be described/reported soon. Studies with the molecular phylogenetic and the total evidence analyses detected the phylogenetic relationships within the phylum, and suggested the new classification system. Phylogeographic study of two *Echinoderes* species detected the geographic population structures of the species, and suggested several historical events had affected to the population structures and distribution patterns of the two species.

Key Words: meiobenthos, meiofauna, Scalidophora, Kinorhyncha, species, systematics

動吻動物とは

動吻動物 (Kinorhyncha) は海産無脊椎動物の一動物門である。全種がメイオベントス (小型底生動物) で、最も大きな種でも体長1 mm程度にしかない。からだは多くの棘状構造 (冠棘) を備えた頭部、複数のプレート (頸部クチクラ板) が環状に並ぶ頸部、そして11体節の胴部からなる (図1)。頭部 (かつては吻部と呼ばれていた) を胴部内に

引っ込めたり、出したりしながら動くため、この名がついた。胴部各体節に棘や管を備える種も多い。肉眼では認識できないほど小さく、普段は砂や泥の中に潜んで暮らしているため、動吻動物を目にする機会は少ない。生物学者の中ですら認知度は低く、「それって何の仲間なの?」と聞かれることも多い。系統的には脱皮動物に属し、中でも鰓曳動物や胴甲動物に近縁とされ (例えば Dunn et al., 2014), この3動物門をまとめて「有棘動物」と呼ぶこともある。しかし鰓曳動物、胴甲動物、有棘動物、いずれもマイナーなため、どの名前を出しても質問者を余計に混乱させてしまう。しょうがないので「節足動物や線形動物を含む、大きなグループの一員です」と答えることが多い。余談だが、動吻動物の英名は Mud dragon である。硬い板で覆われた細長い体 (胴部) と、刺々しい頭部、またいくつかの種では胴部にも長い棘を持つことがあるため、この名がついたのであろう。Dragon の名に釣られてか、この名を出すだけで、動吻動物を知らない方にも興味を持ってもらえることがある。

普段目にする機会の少ない動吻動物だが、実は世界中のさまざまな海域に生息している。1851年にフランスで初めて発見されて以降 (Dujardin, 1851), 極域から熱帯域まで、また潮間帯から深海底まで、ありとあらゆる海域から報告されてきた (Neuhaus, 2013; Adrianov and Maiorova, 2015)。現在では動吻動物門内に約230種が知られているが、このうち約70種はここ10年以内に記載、命名された種であり、今後も多くの新種発見が予想される。

Museum für Naturkunde, Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity
D-10115, Berlin, Germany
E-mail: h.yamasaki@meiobenthos.com

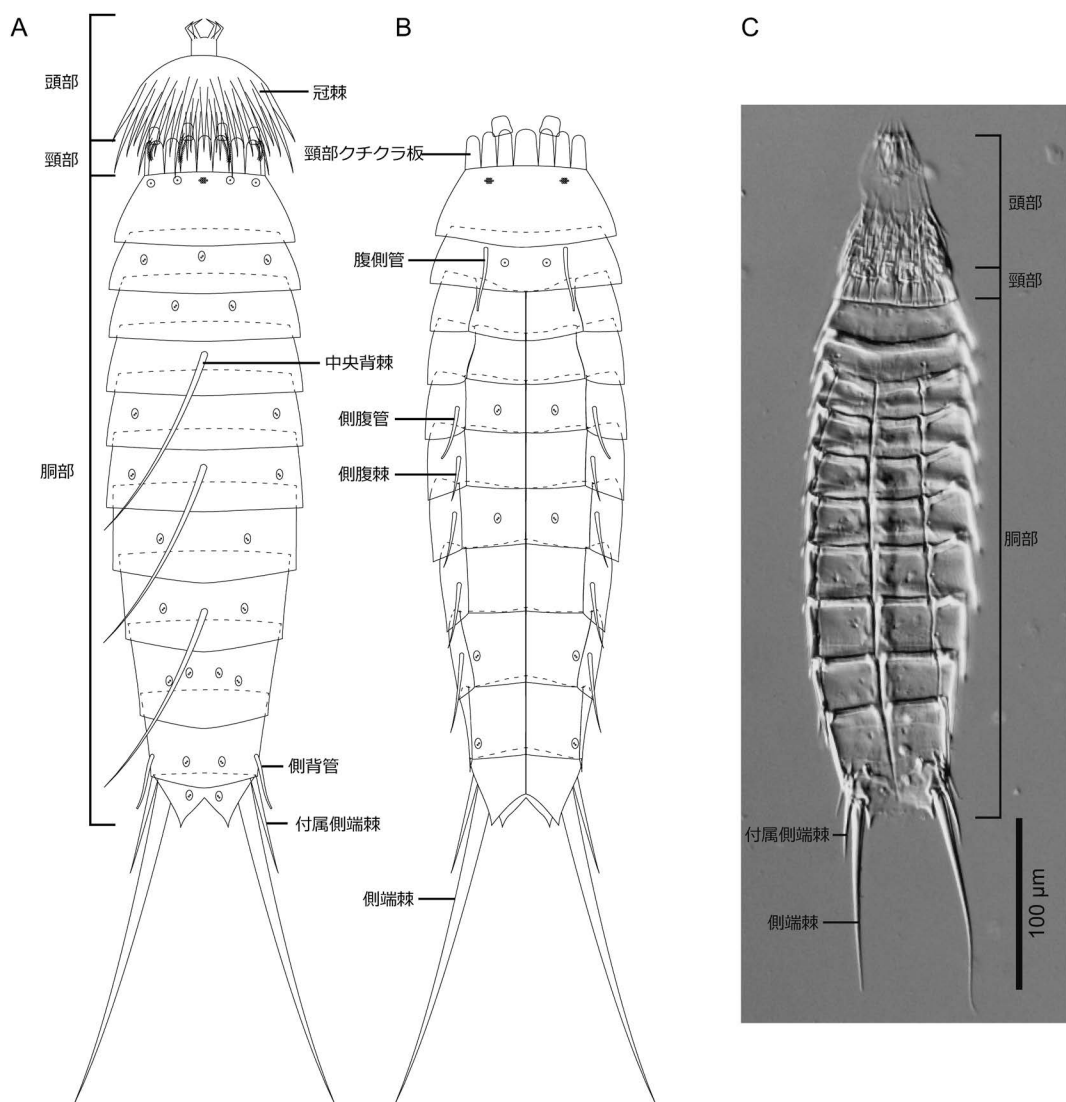


図1. 動吻動物 *Echinoderes* 属の模式図 (A, B), *Echinoderes seisibilis* Adrianov et al., 2002 の光学顕微鏡写真 (C) と各部位の名称。A, 背側から見た図; B, 腹側から見た図; C, 腹側写真。

動吻動物の研究をはじめ

私がこんな“マイナー”な動吻動物の研究を始めたきっかけは単純で、「先生に薦められた」からだった。私が北海道大学の多様性生物学講座（旧：系統進化講座）に所属してまもなく、同講座恒例の「研究対象動物選び」が行われた。臨海実習で見たことのない動物を見ることが楽しかった、動物系統分類学の講義が楽しかった、という理由で研究室を選んだ私は、「この動物の研究をしたい！」という

こだわりを持っていなかった。講座内で学生の指導をしてくださっていた柁原 宏助教（当時）に相談すると、「(柁) 固い生き物がいいか、柔らかい生き物がいいか？」「(私) 固い生き物がいいです」, 「(柁) 自ら道を切り開くのがいいか、先人の道を整えていくのがいいか？」「(私) 自ら切り開きたいです」, という簡単なやりとりのあとで、「動吻動物なんてどうだろう？」と薦められた。まったく見たことのない生き物であったが、いくつかの論文や「砂のすきまの生き物たち」(伊藤1985)を読むうちに、

動吻動物やメイオベントスに興味を持ち始めた。また「自ら道を切り開く」というフレーズどおり、これまで日本の動吻動物の研究例がほとんどなかったことも、やってみたいと思う理由の一つだった。まさかこんな簡単に決めた研究対象を、その後もずっと研究し続けるとは、当時思っていなかった。

はじめての動吻動物は、思いのほか簡単に採集することができた。研究を開始したその月に、柁原先生とともに北海道大学付属忍路臨海実験所に赴いた。技官の柴崎さんに船を出していただき、忍路湾中央でスミスマッキンタイア式採泥器を使用して、水深約10 mの海底から砂泥を採集した。おそらく20 kg以上あるであろう採泥器を海に投入し、手で引き上げる作業を数回繰り返し、バケツ2杯分ほどの砂泥をもって実験所に戻った。私は屋外であわ立て法（砂泥からメイオベントス、特に動吻動物を抽出する方法）（Higgins, 1988; Sørensen and Pardos, 2008）を、柁原先生は実験所内で抽出したメイオベントスのソーティングを行った。あわ立て法を繰り返していると突然、所内から「うおー!」という叫びが何度も聞こえた。何かと思って所内に入ると、サンプルから動吻動物を見つけた柁原先生が、嬉々として雄たけびを上げているところだった。私も急いで顕微鏡を覗き、数匹の動吻動物を見つけた。頭部を出し入れしながら体をくねらせる仕草を見て感動したことは、柁原先生の喜びの雄たけびとともに、強く印象に残っている。

その後、大学院修士、博士課程ともに同講座で過ごし、学位取得後は琉球大学にて3年間研究を行った。現在はドイツのフンボルト博物館にて研究生生活を送っている。幸いなことに、動吻動物というマイナーな生き物を対象としているにもかかわらず、約10年にわたって研究を続けることができている。本論文ではこれまでの研究過程やその成果を概観していきたいと思う。苦労話も多くなってしまったが、日本の動吻動物研究の現状をお伝えできれば幸いである。

日本周辺海域の動吻動物の種多様性：記載・分類

筆者の研究開始当時（2007年）、日本周辺海域の

動吻動物相に関する知見は非常に乏しかった。日本産動吻動物は5属7種しか知られておらず（Sudzuki, 1976; Higgins and Shirayama, 1990; Adrianov and Malakhov, 1999; Murakami et al., 2001; Adrianov et al., 2002a, b, c; 村上, 2005）、しかもそのうち4種は、ロシアのAdrianov 博士や京都大学（当時）の白山教授、村上博士によって、2001–2002年に和歌山県白浜より記載・報告されたばかりであった。残りの3種も瀬戸内海や三重県英虞湾など、ごくごく一部の海域からの記録があるにすぎず、未同定種を含めても、たったの9箇所からしか動吻動物は報告されていなかったのである（図2）。多様な環境を有する日本周辺海域の大半は、動吻動物研究にとって「未開の海域」であった。日本の動吻動物相を明らかにしようと意気込んだ筆者は、学生時代からひたすら採集に出かけていた。北は北海道から南は沖縄まで、潮間帯調査から潜水調査、船舶による深海調査まで、機会を見つけては野外調査を繰り返した。

サンプリングは主に、小型甲殻類を専門とされる諸先生、諸先輩方のやり方を模倣し、藻類の洗い出しや、採泥器やドレッジ、内ネットを装着したビームトロールを用いて海底底質を採集した（例えば秋山ら, 2008 など）。他の研究者の方が、300 μm ~ 1 mm 目合いのふるい・プランクトンネットで洗い出し法（伊藤, 1985）を行っている横で、メッシュから抜け出た“おこぼれ”をいただいて、63 μm プランクトンネットで濾し直すことも多かった。これまで数百地点で調査を行ったが、動吻動物が見つからない調査のほうが稀であった。筆者の研究開始以前、日本からの動吻動物の報告が極めて少なかったのは、調査数の少なさを反映していただけであり、「動吻動物は日本中にいる」ことは明らかであった（図2）。

採集した動吻動物は、順次、形態観察および同定を行ってきた。ここで最も苦労したことは、形態形質を正確に認識することだった。動吻動物の属階級群以上の高次分類群の同定には、頸部クチクラ板の枚数や胴部各体節を構成するプレート枚数、後端の棘の有無など、比較的容易に観察できる形質が用いられる。一方で種分類には、棘などの比較の見えやすい形質はもちろん、感覚器や分泌口といった微細な形態形質の有無や位置を用いることがある。研究

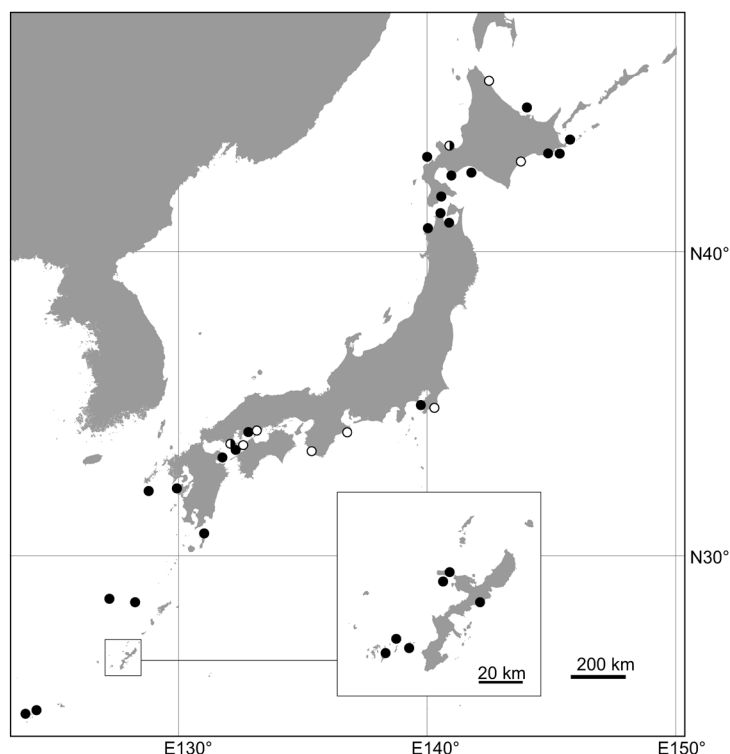


図2. 日本における動物動物の記録。白丸が筆者の研究開始前の記録，黒丸が研究開始後に追加された記録を示す。北海道から沖縄まで，日本中から動物動物が見つかったことがわかる。

を開始してから数年間は，微細な形態形質の認識や区別にとっても苦労した。これらの形質を認識するにはいくつかのコツがある。たとえば光学顕微鏡で標本を観察する場合，H-Sスライド（図3A）やCobb（図3B）スライドを用いることで，上下両面から観察が可能となり，1個体で背面・腹側両面の形態を見ることができる。ただし個体をスライドガラスにマウントする際，横向きに封入してしまうと，腹側のプレートが折りたたまれてしまい，観察が困難になる。もちろん横向きの標本で観察できる形質もあるが，最も望ましいのは個体の背腹が上下面になる（仰向けかうつ伏せ）状態の標本である（図3C,D）。このような標本作製するためには，個体を封入する際，カバーガラス上から柄付き針やピンセットで軽く力をかけ，封入剤内の個体を転がしてやる必要がある。また感覚器，毛穴，一部の分泌口は，一見ただけでは，その違いを区別しがたい（図3E）。光学顕微鏡で観察する際，焦点を少しずつずらしながら立体的に形質を捉えることで，ようやく微細形

質を認識／区別することができる。走査型電子顕微鏡（SEM）で観察すれば，容易に区別できる形質も多いが（図3F），（1）クチクラ内部にある構造など，SEMでは見えない／見えづらい形質もある，（2）採集個体数が少ない場合はSEM用標本を用意できない（SEM用標本は長期保存に向かないため，筆者はスライドガラス標本を優先して作製している），（3）試料台に面している部分は観察できない，（4）同一個体でSEM標本とスライドガラス標本両方を用意することはできない（2つの標本が形態のよく似た別種である可能性がある），というデメリットがある。可能であるならば，1種につき，光学顕微鏡標本，SEM標本それぞれ複数個体用意して観察することが，形質を正確に理解する上で望ましい。

当時の筆者には，動物動物や同サイズの生き物の分類・観察方法に詳しい知り合いがおらず，これらの観察技術や同定に必要な知識は，文献情報を頼りに自力で身につけなければならなかった。何個体も

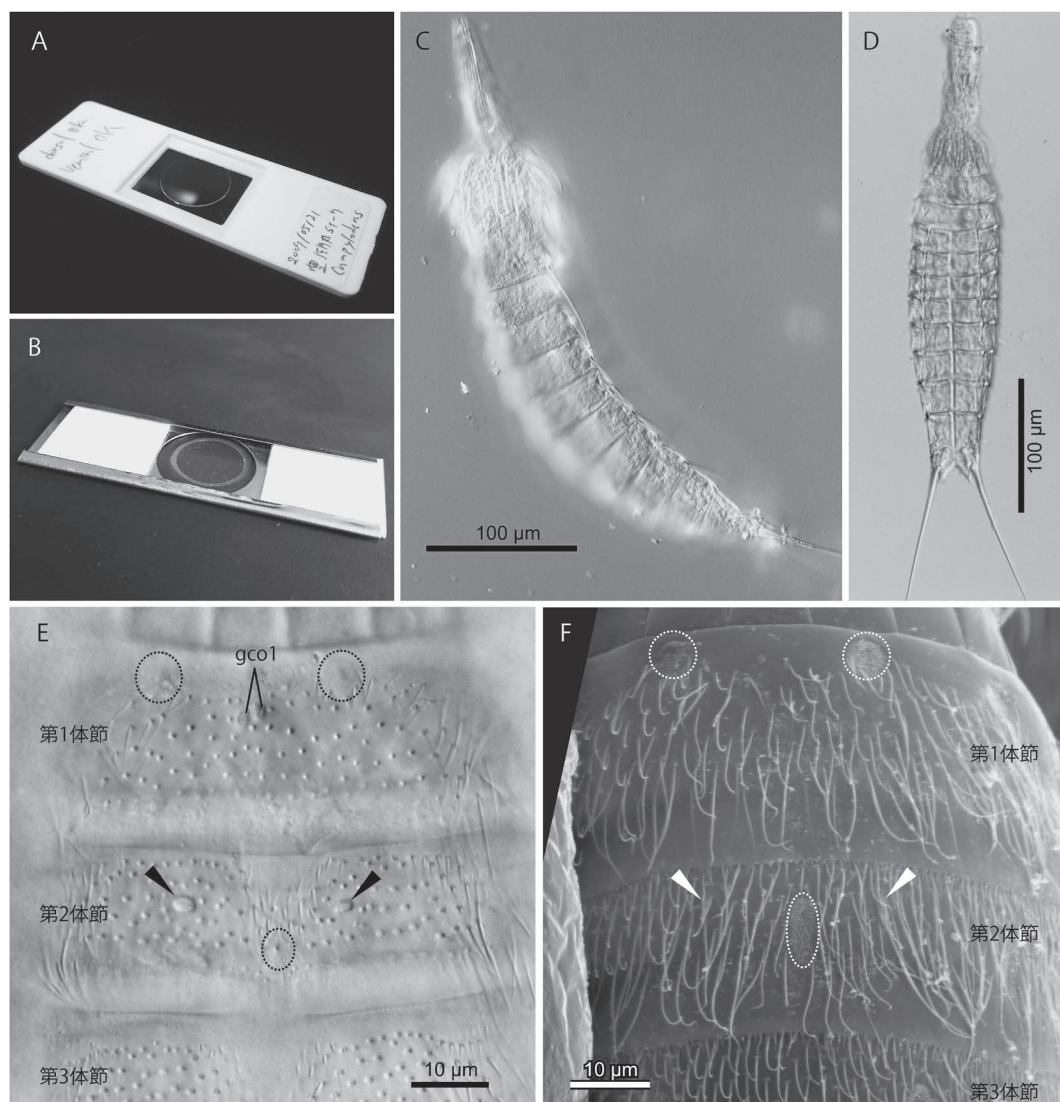


図3. 動吻動物観察時に使用するスライド (A, B) と標本写真 (C-F). A, H-Sスライド; B, Cobb スライド; C, 横向きに封入された標本 (*Campyloderes* cf. *vanfoeffeni* Zelinka, 1913), 光学顕微鏡写真; D, 最も望ましい体勢で封入された標本 (*Echinoderes* sp.), 光学顕微鏡写真; E-F, *Echinoderes ohtsukai* Yamasaki and Kajihara, 2012 背側第1-3体節, 光学顕微鏡写真 (E) およびSEM写真 (F). E, Fはほぼ同位置を撮影している。破線円は感覚器, 矢尻はタイプ2分泌口, gco1はタイプ1分泌口を示す。E内に多数確認できる感覚器や分泌口以外の孔状構造は, クチクラ毛の毛穴である。

入念に観察を行い, スケッチを描き, また同種と思しき標本について光学顕微鏡とSEMの観察結果を見比べる作業を繰り返して, ようやく分類形質すべてを区別できるようになった。わかってしまえば, 「何だ, こんなに特徴的な形質じゃないか」と思うが, それまでの道のりはとても長かった。初めて動

吻動物の記載論文を公表できたのは2012年であり, 必要な観察技術や知識を身につけるのに5年もかかってしまったことになる (これは筆者が野外採集ばかりに時間を費やしていた所為でもあるのだが)。筆者の学生・大学院生時代は, 野外採集や後述の分子実験・分子系統解析過程を除けば, ほぼ観察や同

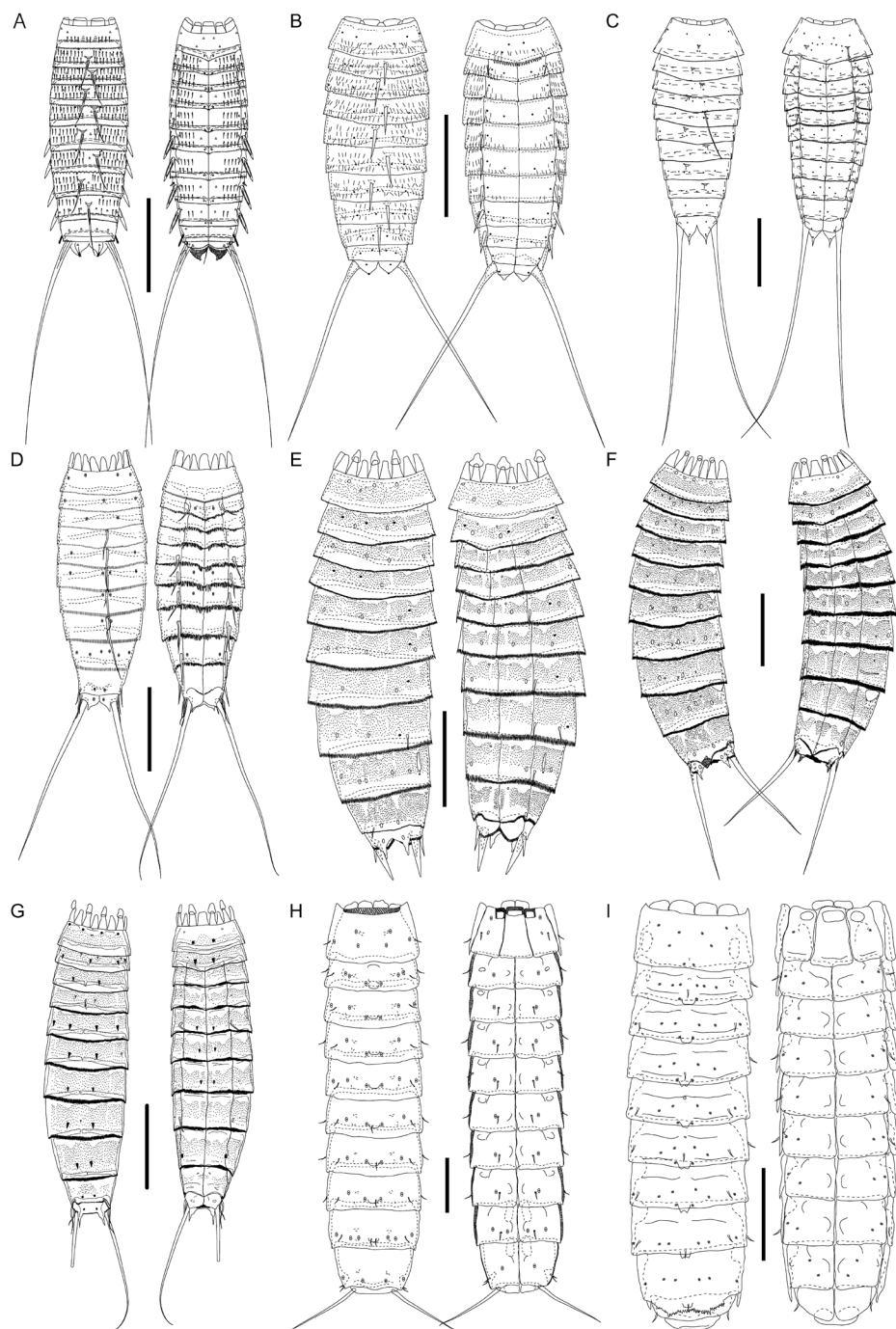


図4. これまでに新種記載・再記載した日本産動物動物。すべて背側を左、腹側を右に示した。スケールはいずれも100 μ m。A, *Dracoderes abei* Higgins and Shirayama, 1990; B, *Dracoderes snufkini* Yamasaki, 2015; C, *Dracoderes toyoshioae* Yamasaki, 2015; D, *Cephalorhyncha asiatica* (Adrianov, 1989); E, *Echinoderes hwiizaa* Yamasaki and Fujimoto, 2014; F, *Echinoderes komatsui* Yamasaki and Fujimoto, 2014; G, *Echinoderes ohtsukai* Yamasaki and Kajihara, 2012; H, *Pycnophyes oshoroensis* Yamasaki et al, 2012; I, *Cristaphyes yushini* (Adrianov, 1989). それぞれ Sørensen et al. 2012 (A), Yamasaki and Kajihara 2012 (G), Yamasaki et al. 2012 (D, H, I), Yamasaki and Fujimoto 2014 (E, F), Yamasaki 2015 (B, C)より改変。

定に必要な技術と知識を得ることに費やされたように思う。

採集した動吻動物のうち、これまで6種を新種として、3種を日本初記録種として公表し、3種を再記載した(図4)(Sørensen et al., 2012; Yamasaki and Kajihara, 2012; Yamasaki et al., 2012, 2013; Yamasaki and Fujimoto, 2014; Yamasaki, 2015)。なお筆者に動吻動物発見の感動を教え、柁原先生に喜びの雄たけびをあげさせた忍路産動吻動物も、後に未記載種であることが明らかとなり、*Pycnophyes oshoroensis* として新種記載することができた(Yamasaki et al., 2012)。属レベルでは既知属5属に加えて9属が日本周辺海域に生息していることが明らかとなった(Yamasaki et al., 2013; Sørensen et al., 2015; Yamasaki, accepted)。またこれに近々、1種が新属新種として、2種が新種として、1種が日本初記録種として加わる予定である(Sánchez, in press; Yamasaki, accepted; Yamasaki, in press)。合計すると、近日中に日本産動吻動物の数は15属20種になる。研究開始時の記録(5属7種)と比較すると知見は大幅に増加したように見えるが、これは筆者が採集した全動吻動物のほんの一部にすぎない。日本周辺海域には、まだまだたくさんの動吻動物が生息しており、多様性解明のためには、「さらに精進して研究を進めなければいけない」と自分自身を叱咤激励している。

動吻動物の分子系統解析

大学院博士課程からは、動吻動物の分子系統解析にも取り組み始めた。動吻動物のような小型生物を用いて分子実験を行う際、実験に用いた標本の同定をいかに行うかが問題になってくる。動吻動物を分子実験に用いる際は、体サイズが小さい(DNA量が少ない、取り扱いが容易ではない)ことを考慮して、1個体すべてを分子実験に用いた方がよい。つまり分子実験の成功率を上げる意味でも、標本取り扱いの技術的にも、「分類形質を残して、体の一部のみを分子実験に用いる」という方法は望ましくない。一方で動吻動物の種同定には微細な形質の観察が必要、つまりスライドグラスに封入して顕微鏡で観察するか、SEMを用いて観察しなくてはならな

い。一度スライドグラスに封入して形態観察(同定)を行った後、スライドグラスから取り出して分子実験に用いることもできるが、作業途中での標本ロストの可能性や、分子実験後の形態再観察が不可能になるというデメリットがある。このような技術的な問題と、動吻動物専門家の少なさを反映して、筆者が分子実験をはじめた当時、公表されている動吻動物の分子データは非常に少なかった。当然、動吻動物門内の系統関係は形態のみに基づいて議論されており、分子系統解析は行われていなかった。

分子実験に用いる標本の同定問題は、昆虫類で用いられていた「DNA抽出過程で外骨格を単離する」方法で解決することができた(Cruickshank et al., 2001)。多くの動吻動物は比較的厚い外骨格を持っている。動吻動物個体をDNA抽出時に使用するタンパク質分解酵素にさらすと、内部組織は溶液中に溶け出してしまうが、外骨格はほとんど影響を受けず、分類形質を保持したままの形で残る事が多い。内部組織の溶け出た溶液はDNA抽出および分子実験に、外骨格は形態証拠標本としてスライドグラスに封入し、形態観察に用いることで、1個体から分子情報も形態情報も入手する方法を確立することができた。

また系統解析では、どの程度タクソンを網羅できるかも重要である。積極的に標本収集に出かけていたおかげで、当時の分類体系で2目9科21属中2目8科11属+1未記載属は、日本周辺海域から得ることができていた。GenBank上の配列とあわせると、2目8科13属すなわち、全目、ほぼ全科、半数以上の属を分子実験ならびに系統解析に用いることができたのである。

はじめて公表した分子系統解析論文では、13属30種の18S rDNA配列(以下18S)ほぼ全長、および12属23種の28S rDNA配列(以下28S)ほぼ全長を用いた系統解析を行った(図5)(Yamasaki et al., 2013)。解析結果からは、これまでの分類体系を支持しない系統関係がいくつも示唆されていた。たとえば円蓋目(Cyclorhagida)に含まれていたタツトゲカワ科(Dracoderidae)は、平蓋目(Homalorhagida)に含まれる科とともにクレードを形成した。円蓋目内では(1)トゲカワムシ科からなるクレード、(2)*Campyloderes*属を除くミツオトゲカワ科(Cen-

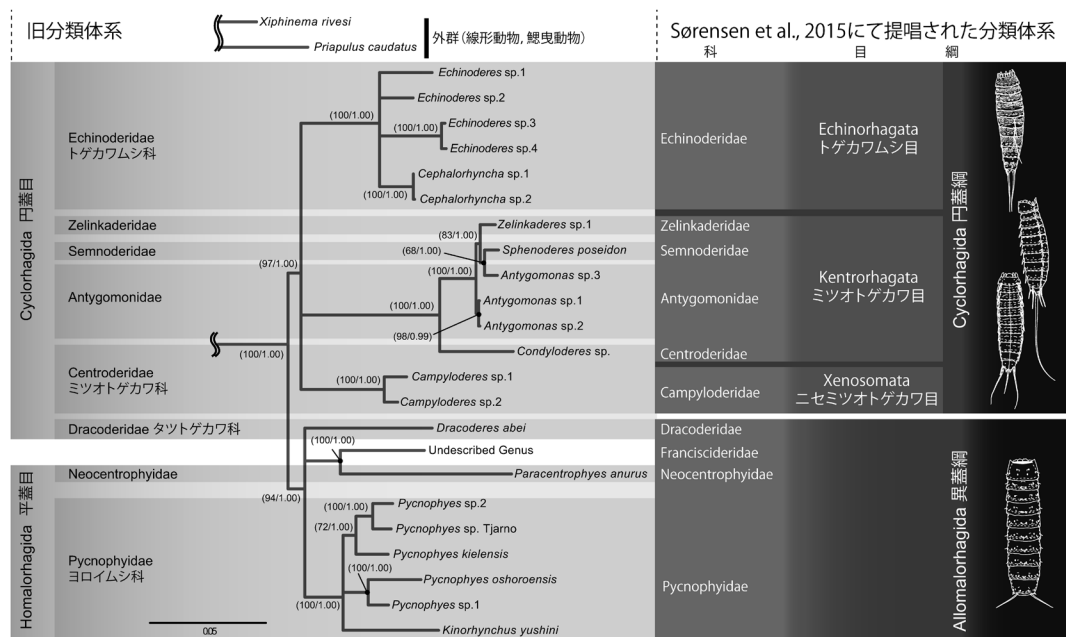


図5. 旧分類体系、分子系統解析によって得られた系統樹、および Sørensen et al. 2015 にて提唱された分類体系を示す。系統樹は18Sおよび28S配列(4427 bp)に基づく(Yamasaki et al. 2013より改変)。系統樹上の括弧内の数値は、各クレードの最尤法ブートストラップ値(左)およびベイズ法事後確立を示す。分子系統解析に含まれないCateriidae(旧 円蓋目 所属)は、旧分類体系の所属を維持し、円蓋綱所属としている。

troderidae) および Antygomonidae 科, Semnoderidae 科, Zelinkaderidae 科からなるクレード, (3) *Campyloderes* 属のみからなるクレードの、大きく3つのクレードが確認された。また平蓋目の単系統性は支持されなかった。後に Natural History Museum of Denmark の Sørensen 博士らとともに行った、タクソン数を増やした分子系統解析および total evidence による解析でも、ほぼ同様の傾向が見られたことから、新たに2綱3目11科からなる分類体系を提唱した(図5)(Sørensen et al., 2015)。一方で、最も多くの種数を有するトゲカワムシ科内はほぼ多分岐になってしまうなど、科階級群以下の関係性については明らかにできていない。今後、さらに遺伝子数を増やすなどし、さらに正確な系統関係の解明、ならびに動吻動物の進化学的研究についても着手していきたいと考えている。

動吻動物の分類学、系統学的研究から派生して

動吻動物が発見されてから約160年、動吻動物研

究者の数は依然として少ない。分類学や系統学に限らず、動吻動物に関して我々が知っていることは極めて少ない(山崎, 2015)。またこれは、他のメイオベントス分類群にも同様である。筆者は数少ない動吻動物研究者、メイオベントス研究者として、分類学や系統学だけではなく、ほかにも動吻動物やメイオベントスに関する知見を深められないか、面白い研究を行えないものかと思念してきた。これまでに分類学や系統学ではない動吻動物の研究、あるいは動吻動物以外のメイオベントス研究にも手を広げてきたので、ここでいくつか紹介したい。

例えば Yamasaki et al. (2014) では、潮間帯に生息する動吻動物2種 *Echinoderes sensibilis* Adrianov et al., 2002 ならびに未記載種 *Echinoderes* sp. A を対象に、北海道および本州北部における集団遺伝構造を解明した。大学院博士課程時に、指導教官である Dick 教授(当時)の科研費申請が通り、「津軽海峡が海産生物の分散に与える影響を明らかにする」プロジェクトが開始、対象生物の一つとして動吻動物を扱うこととなったのである。北海道沿岸および本

州北部、合計10地点で動物動物を採集し、計285個体のミトコンドリアCOI遺伝子塩基配列を決定した。この結果、本州以南では*E. sensibilis*が、北海道では*Echinoderes* sp. Aが優占する、という分布様式が明らかになった。また集団遺伝解析によって、(1) 両種とも比較的最近、集団サイズを拡大させたこと、(2) *E. sensibilis*は高いハプロタイプ多様度を示し、歴史的に広域に分布していたこと、(3) *Echinoderes* sp. Aは低いハプロタイプ多様度を示し、近年、2度にわたって北海道に移入してきたことが明らかになった。また両種の現在の分布パターンを説明する仮説として、(I) 好暖性種である*E. sensibilis*は、間氷期中に日本に広く分布していたが、最終氷期に集団サイズを減少・分布の北限も南下した。最終氷期後、集団サイズを拡大させつつある。(II) 好冷性種である*Echinoderes* sp. Aは最終氷期に、海水面低下に伴って形成された陸橋伝いに、ごくわずかな集団が北海道に移入した。現在、その集団サイズを拡大しつつある。(III) 結果として現在、*E. sensibilis*は主に津軽海峡以南で、*Echinoderes* sp. Aは津軽海峡以北で優占し、津軽海峡が両種の分布の境界になっている、という可能性が示唆された(Yamasaki et al., 2014)。

琉球大学に異動した後は、同大学の広瀬教授らとともに、透過型電子顕微鏡を用いた動物動物の内部形態観察(Hirose and Yamasaki, 2015)や、動物動物の持つ形態の機能的意義の解明、沖縄マングローブ干潟に豊富に生息する*Echinoderes komatsui* Yamasaki and Fujimoto, 2014の個体群動態解明に向けた研究に取り組んでいる。いくつか面白い知見が得られているが、それらは現在準備中の論文で紹介したいと思う。

また動物動物採集時に、“副産物”として採集した分類群、特に動物動物と近縁とされる胴甲動物門や鰓曳動物門の研究も進めている。どちらの動物門も、動物動物以上に専門家が少なく、その種多様性や系統関係がほとんどわかっていない分類群である。日本近海からは胴甲動物動物1種1報告、鰓曳動物2種3報告しか記録がない(Okuda, 1934; Satô, 1934; Murina and Starobogatov, 1961; Kristensen and Shirayama, 1988)。しかし筆者のこれまでの動物動物調査において、両分類群ともしばしば採集されて

おり、既知の報告よりはるかに多くの種が日本近海に生息しているようである。たとえば胴甲動物では、日本初記録属となる*Rugiloricus* sp.が熊野灘から得られており、共同研究者である藤本心太助教(東北大学)とともに、本種の分類学的検討をすすめている。なお本種を用いた胴甲動物の分子系統解析では、胴甲動物は動物動物・鰓曳動物より他の脱皮動物グループと近縁であることが示唆されており(Yamasaki et al., 2015)、有棘動物や脱皮動物の進化プロセスも見直す必要があるだろう。鰓曳動物についても、沖縄や相模湾などから、これまで日本から記録のないメイオベントス性鰓曳動物が複数種得られおり(山崎 未発表)、記載の準備をすすめているところである。

おわりに

先生に薦められるがままに始めた動物動物研究だったが、見事に動物動物の魅力にとりつかれ、その興味はメイオベントス全般へと広がりつつある。動物動物をはじめ、メイオベントスの研究を行っている、「何だこれ!?’と驚いてしまうような生き物に出会うことができる。小型ながらも非常に複雑な棘や突起を持つ動物動物もいれば、「何の仲間なのか、まったくわからない」というメイオベントスも見つかる。文字通り、“今まで見たことのない動物”を見つける楽しさを味わうことができるのだ。また、肉眼で認識できないほどの小さな世界に、非常に多様な生き物がうごめく様子を見てみると、「なぜ、どのようにそれらの生き物が進化してきたのか」、「どんな風に暮らしているのか」と興味や疑問が絶えることはない。泥や砂の中から小さな生き物を見つけ、その形態を観察することは、とても骨の折れる作業ではあるが、微小ながら複雑な形態形質を美しく観察できたときの喜びも格別である。未知の種、未知の現象を解明し、研究成果を論文として公表する“自ら道を切り開いていく達成感”はこれまでに何度も味わってきたし、今後も味わい続けるだろう。私にとって動物動物、そしてメイオベントスは、非常に研究しがいがあり、とても魅力的な動物たちである。

しかし残念ながら、日本では動物動物やメイオベ

ントスの知名度は低く、盛んに研究されているとは言えない。ベントス調査では目合い1 mm、あるいはそれ以上のふるいが用いられ、抜け出た砂や泥は捨てられることが多い。実はこの捨てられる砂や泥にこそ、動吻動物を含む、多様なメイオベントスが含まれているのである。中には甲殻類や多毛類など“メジャーな”分類群も多数含まれ、また日本では専門家のいないような分類群が見つかることもある。筆者は何度か、採集したメイオベントス分類群をそれぞれの専門家に提供したことがあるが、「未記載種だった」という話は珍しくなく（たとえば Kakui and Yamasaki, 2013 など）、「（専門家ですら）こんなの見たことがない」という話を聞くこともある。分類学者にとってメイオベントスは、ほぼ手付かずの宝の山なのだ。砂や泥を海に投げ捨てる前に、ぜひ一度顕微鏡下で観察してみてほしい。

筆者は動吻動物分類学者として、動吻動物研究者として、またメイオベントス研究者として、これまで研究に励んできたつもりである。研究すればするほど、「動吻動物（あるいはメイオベントス）には、未だ知られていない魅力がたくさんある」ということを感じる。今後も動吻動物、メイオベントスの魅力をさらに発掘できるよう、研究に励みたいと思う。また読者の皆様にとって、本論文が動吻動物やメイオベントスに興味をもつきっかけとなり、また動吻動物学あるいはメイオベントス学の振興につながれば幸いである。

謝辞

北海道大学の柁原宏准教授には、動吻動物という魅力的な生物を紹介していただいたとともに、学部、大学院在籍時に熱心にご指導いただき、研究や発見の楽しさを教えていただいた。またこの度は奨励賞に推薦していただいた。北海道大学の馬渡峻輔名誉教授と Matthew H. Dick 教授（当時）には、卒業研究、大学院時代に指導教官として熱心にご指導いただいた。琉球大学の広瀬裕一教授には、沖縄の地で研究を行う機会を与えていただいた。Museum für Naturkunde の Birger Neuhaus 博士ならびに Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung の Kai George 博士にはドイツでの研究機会を与え

ていただいた。National History Museum of Denmark の Martin V. Sørensen 博士、Complutense University of Madrid の Fernando Pardos 博士および Nuria Sánchez 博士、University of British Columbia の María Herranz 博士には、動吻動物研究に関する助言をいただくとともに、ともに動吻動物を研究する友人として、様々な刺激をいただいた。広島大学の太塚攻教授と豊潮丸の皆様、中央水産研究所の藤本賢博士、森田貴己博士、梶山秀樹博士ならびに蒼鷹丸の皆様、長崎大学の橋本淳教授（当時）と長崎丸の皆様、三重大学の木村妙子准教授と勢水丸の皆様、北海道大学厚岸臨海実験所ならびに忍路臨海実験所、東京大学三崎臨海実験所、京都大学瀬戸臨海実験所、広島大学竹原ステーション、黒潮生物研究所、九州大学天草臨海実験所、琉球大学瀬底研究施設ならびに西表研究施設の皆様には、標本収集に際して多大なるご助力をいただいた。北海道大学多様性生物学講座の皆様、琉球大学広瀬研究室の皆様には、標本収集へのご協力や研究遂行の助言をいただいた。特に北海道大学の角井敬知講師には採集方法や研究手法を、蛭田眞平博士（現：国立科学博物館）には分子実験および解析方法について、手取り足取り教えていただいた。うみさわ会（若手海洋生物研究者フィールドワークショップ）参加者の皆様には、標本収集に協力いただいただけではなく、分類学をはじめとする学問への議論に乗ってくださった。これまでの研究は、ミキモト海洋生態研究助成基金研究助成、利尻島調査研究事業、公益財団法人水産無脊椎動物研究所、マリンバイオ共同推進機構 JAMBIO、公益財団法人藤原ナチュラリスト振興財団、日本学術振興会 科学研究費助成事業によるご援助をいただいた。このほかすべての方のお名前を挙げることはできませんが、多くの方々に標本収集や研究へのご助言などお世話になった。また最後に、家族や妻のサポートが無ければ、これまで研究生活を継続していくことはできなかった。これらの方々はこの場を借りて深く感謝いたします。

文献

Adrianov, A. V. and Maiorova, A. S. 2015. *Pycnophyes abyssorum* sp. n. (Kinorhyncha: Homalorhagida), the

- deepest kinorhynch species so far. *Deep-Sea Research II*, 111: 49–59.
- Adrianov, A. V. and Malakhov, V. V. 1999. Kinorhyncha. In Adrianov, A. V. and Malakhov, V. V. (eds.), *Cephalorhyncha of the World Ocean*. pp. 82–305, KMK Scientific Press, Moscow.
- Adrianov, A. V., Murakami, C. and Shirayama, Y. 2002a. Taxonomic study of the Kinorhyncha in Japan. 2. *Cyndyloeres setoensis*, a new species (Kinorhyncha: Cyclorhagida) from Tanabe Bay (Honshu)—first representative of the genus in the Pacific Ocean. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 115: 205–216.
- Adrianov, A. V., Murakami, C. and Shirayama, Y. 2002b. Taxonomic study of the Kinorhyncha in Japan. 3. *Echinoderes sensibils* n. sp. (Kinorhyncha: Cyclorhagida) from Tanabe Bay. *Zoological Science*, 19: 463–473.
- Adrianov, A. V., Murakami, C. and Shirayama, Y. 2002c. *Echinoderes aureus* n. sp. (Kinorhyncha: Cyclorhagida) from Tanabe Bay (Honsyu Island), Japan, with a key to the genus *Echinoderes*. *Species Diversity*, 7: 47–66.
- 秋山 貞・下村通誉・中村光一郎 2008. 深海性小型節足動物の採集—機器, 用具および船上でのサンプル処理—, タクサ 日本動物分類学会誌, 24: 27–32.
- Cruckshank, R. H., Johnson, K. P., Smith, V. S., Adams, R. J., Clayton, D. H. and Page, R. D. M. 2001. Phylogenetic analysis of partial sequences of elongation factor 1 α identifies major groups of lice (Insecta: Phthiraptera). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 19: 202–215.
- Dujardin, F. 1851. Sur un petit animal marin, l'Echinodère, formant un type intermédiaire entre les Crustacés et les Vers. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Série 3*, 15: 158–160.
- Dunn, C. W., Giribet, G., Edgecombe, G. D. and Hejnol, A. 2014. Animal phylogeny and its evolutionary implications. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45: 371–395.
- Higgins, R. P. 1988. Kinorhyncha. In Higgins, R. P. and Thiel, H. (eds.), *Introduction to the Study of Meiofauna*, pp. 328–331, Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Higgins, R. P. and Shirayama, Y. 1990. Dracoderidae, a new family of the cyclorhagid Kinorhyncha from the Inland Sea of Japan. *Zoological Science*, 7: 939–946.
- Hirose, E. and Yamasaki, H. 2015. Fine structure of the integumentary cuticles and alimentary tissues of pycnophyid kinorhynchs *Pycnophyes oshoroensis* and *Kinorhynchus yushini* (Kinorhyncha, Homalorhagida). *Zoological Science*, 32: 389–395.
- 伊藤立則 1985. 砂のすきまの生き物たち. 間隙生物学入門. 241 pp. 海鳴社, 東京.
- Kakui, K. and Yamasaki, H. 2013. Nototanaids (Crustacea: Tanaidacea) from Japan, with the description of a new species of *Nototanoides*. *Species Diversity*, 18: 245–254.
- Kristensen, R. M. and Shirayama, Y. 1988. *Pliciloricus hadalis* (Pliciloricidae), a new loriciferan species collected from the Izu-Ogasawara trench, Western Pacific. *Zoological Science*, 5: 875–881.
- Murakami, C., Adrianov, A. V. and Shirayama, Y. 2001. Taxonomic study of Kinorhyncha in Japan 1. *Pycnophyes tubuliferus* Adrianov, 1989 (Kinorhyncha: Homalorhagida) from Japan. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 39: 113–127.
- 村上知里 2005. 日本近海産動物とその和名について, タクサ 日本動物分類学会誌, 19: 34–41.
- Murina, V. V. and Starobogatov, J. I. 1961. Classification and zoogeography of Priapulioidea. *Trudy Instituta Okeanologii*, 46: 179–200. [in Russian]
- Neuhaus, B. 2013. 5. Kinorhyncha (= Echinodera). In Schmidt-Rhaesa, A. (ed.), *Handbook of Zoology: Gastrotricha. Cycloneuralia and Gnathifera. Vol. 1. Nematomorpha. Priapulida. Kinorhyncha. Loricifera*. pp. 177–348, Walter de Gruyter, Berlin.
- Okuda, S. 1934. Occurrence of *Priapulus caudatus* in Northern Japan. *Proceedings of the Imperial Academy*, 10: 115–116.
- Sánchez, N. Two new Pycnophyidae species (Kinorhyncha: Allomalorhagida) from Japan lacking ventral tubes in males. *Zoologischer Anzeiger*, in press.
- Satô, H. 1934. Report on the Sipunculoidea, Echiuroidea and Priapulioidea collected by the Sôyô-maru expedition of 1922–1930. *Science Reports of the Tohoku Imperial University*, 10: 1–32.
- Sørensen, M. V., Dal Zotto, M., Rho, H. S., Herranz, M., Sánchez, N., Pardos, F. and Yamasaki, H. 2015. Phylogeny of Kinorhyncha based on morphology and two molecular loci. *PLoS ONE*, 10: e0133440.
- Sørensen, M. V., Herranz, M., Rho, H. S., Min, W. G., Yamasaki, H., Sánchez, N. and Pardos, F. 2012. On the genus *Dracoderes* Higgins & Shirayama, 1990 (Kinorhyncha: Cyclorhagida) with a redescription of its type species, *D. abei*, and a description of a new species from Spain. *Marine Biology Research*, 8: 210–232.
- Sørensen, M. V. and Pardos, F. 2008. Kinorhynch systematics and biology—an introduction to the study of kinorhynchs, inclusive identification keys to the genera. *Meiofauna Marina*, 16: 21–73.
- Sudzuki, M. 1976. Microscopical marine animals scarcely known from Japan, 1: micro- & meio-faunae around Kasado Island in the Seto Inland Sea of Japan. *Proceedings of the Japanese Society of Systematic Zoology*, 12: 5–12.
- Yamasaki, H. 2015. Two new species of *Dracoderes* (Kinorhyncha: Dracoderidae) from the Ryukyu Islands, Japan, with a molecular phylogeny of the genus. *Zoo-taxa*, 3980: 359–378.
- Yamasaki, H. Diversity of Kinorhyncha in Japan and phylogenetic relationships of the phylum. In Motokawa, M. and Kajihara, H. (eds.), *Species Diversity of Animals in Japan*. Springer Verlag. Berlin, accepted.

- Yamasaki, H. *Ryuguderis iejimaensis*, a new genus and species of Campyloderidae (Xenosomata: Cyclorhagida: Kinorhyncha) from a submarine cave in the Ryukyu Islands, Japan. *Zoologischer Anzeiger*, in press.
- 山崎博史 2015. 日本の動物動物. うみうし通信, 89: 1–2.
- Yamasaki, H. and Fujimoto, S. 2014. Two new species in the *Echinoderes coulli* group (Echinoderidae, Cyclorhagida, Kinorhyncha) from the Ryukyu Islands, Japan. *Zookeys*, 382: 27–52.
- Yamasaki, H., Fujimoto, S. and Miyazaki, K. 2015. Phylogenetic position of Loricifera inferred from nearly complete 18S and 28S rRNA gene sequences. *Zoological Letters*, 1: 18.
- Yamasaki, H., Hiruta, S. F. and Kajihara, H. 2013. Molecular phylogeny of kinorhynch. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 67: 303–310.
- Yamasaki, H., Hiruta, S. F., Kajihara, H., Dick, M. H. 2014. Two kinorhynch species (Cyclorhagida, Echinoderidae, *Echinoderes*) show different distribution patterns across Tsugaru Strait, Northern Japan. *Zoological Science*, 31: 421–429.
- Yamasaki, H. and Kajihara, H. 2012. A new brackish-water species of *Echinoderes* (Kinorhyncha: Cyclorhagida) from the Seto Inland Sea, Japan. *Species Diversity*, 17: 109–118.
- Yamasaki, H., Kajihara, H. and Mawatari, S. F. 2012. First report of kinorhynch from Hokkaido, Japan, including a new species of *Pycnophyes* (Pycnophyidae: Homalorhagida). *Zootaxa*, 3425: 23–41.

(受理: 2016年6月16日)