

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 7 月 1 日現在

機関番号：86404

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15158

研究課題名（和文）日本産冠クラゲ目の生活史観察に基づく分類学的再検討

研究課題名（英文）Taxonomic revision of Japanese Coronatae based on investigations on life cycle

研究代表者

戸篠 祥（Toshino, Sho）

公益財団法人黒潮生物研究所・研究部局・主任研究員

研究者番号：30814397

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：日本沿岸（駿河湾、瀬戸内海、四国沖、奄美大島、琉球列島）で得られた標本をもとに形態学的観察、分子系統解析、生活史の観察を行い、日本産冠クラゲ目（鉢クラゲ綱）の分類学的精査を行った。その結果、冠クラゲ目のポリプおよびクラゲの標本を複数種、採集することができた。また、分子系統解析に用いる16SrDNAや18SrDNA、COXIについて配列データを得て、分子系統解析を作成し、種間および系統関係を推察した。イラモおよびエフィラクラゲについては生活史の観察を進め、ポリプとクラゲの種関係を明らかにすることができた。その結果、エフィラクラゲ属には日本初記録種や未記載種が複数種含まれることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本近海でみられる代表的な冠クラゲ目としてイラモが挙げられる。イラモは強烈な刺胞毒をもち深刻な刺傷をもたらすため公衆衛生上の問題種とみなされている。また、冠クラゲ目はクラゲとポリプで全く異なる形態をもつため、互いに別種とされるような分類学的混乱が起こっている。さらに冠クラゲ目は化石種で構成されるConulataelに近縁であるとされている。本研究では日本産冠クラゲ目全種を対象に生活史の観察を行った上で分類学的精査を進め日本沿岸に生息する冠クラゲ目の多様性や生態、系統進化に関する新しい知見を得ることができた。本知見は冠クラゲ目による刺傷対策の基礎になるとともに、分類学的整理の基盤となるものである。

研究成果の概要（英文）：The author made detail observations of the morphology, molecular and development of Coronatae based on collected from Japanese waters (Suruga Bay, Seto Inland Sea, off Shikoku, Amami Island, Ryukyu Islands). Some specimens of Coronatae medusae and polyps were collected. Molecular phylogenetic trees were made on 16SrDNA, 18SrDNA and COXI. Development of Stephanoscyphistoma and Nautithoe spp were observed. Givin the result of this study, unrecorded and undescribed species of Nautithoe are inhibit in Japanese waters.

研究分野：系統分類学

キーワード：鉢クラゲ綱 冠クラゲ目 系統分類学 生活史 生活環 ポリプ イラモ エフィラクラゲ

1. 研究開始当初の背景

鉢クラゲ綱冠クラゲ目 Coronatae は、冠状の傘をもつクラゲの仲間である(図1)。冠クラゲ目は他のクラゲと同じく、浮遊生活するクラゲと底生生活するポリプ(図2)を世代交代する生活史をもつ(図3)。他の鉢クラゲと異なる点は、ポリプがキチン質の鞘で包まれ、その中でクラゲの形成(横分裂)が行われることである。日本近海で見られる代表的な冠クラゲ目として、イラモ *Nausithoe racemosa* が挙げられる(図2)。イラモは磯だまりや潮下帯など浅海域に生息する塊状のポリプで、体内に強烈な刺胞毒をもつ。うっかり触れると強烈な痛みとともに水膨れになり、火傷状の傷跡が残るなど深刻な刺傷をもたらすため、公衆衛生上の問題種とみなされている。

冠クラゲ目のクラゲとポリプは、互いに全く異なる形態や生態をもつ。そのため、互いに別種として分類されるような混乱が起きている。例えば、イラモから遊離したクラゲはエフィラクラゲ *Nausithoe punctata* (図1)と呼ばれ、同種にも関わらずクラゲとポリプで別の学名および和名が使われている。このような分類学的混乱を解決するには、種同定がなされているクラゲから卵を得てポリプまで育て、そこからクラゲを遊離させることにより、ポリプとクラゲの種の関係を明らかにする必要がある。すなわち、生活史を解明した上で、種同定および分類学的な整理を行うことが必須である。

日本産冠クラゲ目は現在、11種が知られている。これら既報告種に加え、近年では日本各地で本邦未記録種が報告されてきた。南日本で得られた標本については申請者により、日本初記録種の *Linuche draco* (新称: ユビヌキクラゲ) であることが明らかにされた (Toshino 2020)。しかしながら、日本産冠クラゲの種の検索表が機能していないため、多くの種が未同定の状態にある。このように、日本近海には実際に知られているより、多くの種が存在する可能性が高い。日本産冠クラゲ目の多様性を明らかにするためには、既報告種と未同定種を含めた分類学的再検討が急務である。

冠クラゲ目の系統類縁関係については古くから議論が行われてきた。冠クラゲ目は盤クラゲ亜綱(旗口クラゲ目および根口クラゲ目)と同様に、鉢クラゲ綱の独立した一目として扱われてきたが、最近では化石種で構成される Conulatae に近縁とされている。一方、冠クラゲ目は盤クラゲ亜綱と近縁で、Conulatae は十文字クラゲ綱と近縁という仮説もあり、議論に決着はついていない。また、冠クラゲ目の中にはクロカムリクラゲのように、プラヌラがポリプを経ず、直接クラゲへ変態する直達発生する事例や、イラモの一種のように、ポリプから成熟したクラゲが遊離し、速やかに放卵受精して死を迎える事例もある (Toshino in prep.)。すなわち、冠クラゲ目の中にはクロカムリクラゲやイラモの一種のように、底生世代(ポリプ)や浮遊世代(クラゲ)が退化的な種があり、刺胞動物門の系統進化や系統類縁関係を推察するうえで、重要な情報であると考えられる。このように、生活史を観察することにより、従来の形態学的手法や分子生物学的手法だけでは得られない刺胞動物門の系統類縁関係に関する全く新しい証拠が得られる。

2. 研究の目的

本研究では生活史の観察に基づいた、日本産冠クラゲ目の分類学的再検討を行うことを目的とした。

本研究の学術的独自性と創造性としては、飼育下で生活史の観察を行うことにより、ポリプとクラゲの関係を明らかにする点である。冠クラゲ目のポリプとクラゲは互いに全く異なる形態を示す。そのため、ポリプからクラゲを遊離させ、ポリプとクラゲの種の関係を明らかにすることが必須である。しかしながら、これまでの主な研究対象はポリプかクラゲのどちらか一方であった。冠クラゲ目では、飼育技術や手法が確立されておらず、長期飼育が困難とされている。申請者はクラゲ類の高い飼育技術を有しており、これまで他のクラゲ(立方クラゲ類やヒドロ虫類)で生活史を明らかにし、新種記載を行ってきた。冠クラゲ目においても、これまでに培った飼育技術を応用して生活史を観察することにより、ポリプとクラゲの関係解明につなげることができると考えている。また、本研究では種同定の有効なツールとなる検索表を生活史の各ステージ(ポリプ、エフィラ、クラゲ)で作成する予定である。冠クラゲ目において、このような試みはなされておらず、本研究が初となる。

ポリプは実験試料として非常に優れた特徴がある。すなわち、寿命が非常に長い(数十年以上)、体サイズが小さいため、小型のシャーレや水槽など比較的、省スペースで飼育できる。

自身のクローンを出芽などにより、増殖させることができるため株分けが容易である。増殖した個体は全てクローン個体であるため、実験系の一貫性を保つことができる。本研究により、冠クラゲ目のポリプを得ることができれば、ポリプを用いた研究に着手することが可能となり、分類や生態、環境学など様々な研究分野での波及効果が期待できる。

3. 研究の方法

本研究は3か年計画で実施した。1年目に生体サンプルを用いた飼育実験を行った。2年目以降は飼育実験を継続しつつ、野外採集調査で得られた標本を用いて形態観察、DNA分析を行う

た。これらにより、日本産冠クラゲ目の多様性を明らかにし、分類学的整理を行った。

1. 標本採集（令和3年度～5年度）

冠クラゲ目は日本沿岸の浅海から深海まで広く生息する。そのため、日本近海で広く採集調査を実施する。冠クラゲ目のポリプおよびクラゲは徒手やダイビング、プランクトンネットにより採捕する。採集場所はこれまでの報告や予備的な調査により、実績のある海域（紀伊半島、四国、九州、沖縄）を予定している。また、上記以外の海域やアクセス困難な深海で得られる標本については、外洋航海に参加して採集するとともに、協力関係にある大学や研究機関、水族館と密に連携をとり、標本提供を依頼する。以上により、日本産冠クラゲ目の標本を網羅的に収集する。

2. 日本産冠クラゲ目の分類学的精査（令和3年度～5年度）

生活史の観察（令和3年度～4年度）

冠クラゲ目の生活史に関する情報は断片的であり、いくつかの種については生活史が全くわかっていない。本研究では、生活史が解明されていない深海性のヒラタカムリクラゲ、ムラサキカムリクラゲ、ギリシャジュウジクラゲ、ベニマンジュウクラゲの4種、および分類が混乱している浅海性のイラモとエフィラクラゲを中心に生活史の観察を行う。具体的な方法としては、成熟したクラゲから卵を得て、プラヌラ、ポリプ、エフィラ、クラゲへと至る成長の過程を詳細に観察する（図3）。

形態学的観察（令和4年度～5年度）

冠クラゲ目のポリプはキチン質の鞘をもち、微小構造により種判別される。本研究では、電子顕微鏡下でポリプを観察、写真撮影し、ポリプの外部形態や微小構造を精査する。クラゲは実体顕微鏡下で観察し、種判別の決め手となる縁弁、触手、環状溝、水管などの構造を精査する。得られた形態形質、計測形質を基にポリプとエフィラ、クラゲの種の検索表を作成する。

分子系統解析（令和4年度～5年度）

DNA分析は種判別や系統関係を推定するための強力な手法である。しかしながら、GenBankなどのDNAデータベースに登録されている冠クラゲ目の配列データは非常に不足している。本研究では、種判別に有効な16S、18S、28S領域を対象にDNA分析を行い、日本産冠クラゲ目全種の塩基配列を解読する。また、得られた配列データを既存のデータと比較することにより種判別を行うとともに、分子系統樹を作成し、冠クラゲ目の系統関係を推察する。これらにより、生活史の観察や形態学的観察と合わせて、より確実に種同定や分類を行う。

4. 研究成果

日本沿岸（駿河湾、瀬戸内海、四国沖、奄美大島、琉球列島）にてプランクトンネットやシュノーケリング、SCUBAによる採集調査を行った。その結果、冠クラゲ目のクラゲとポリプを数種、採集することができた。また、研究協力者からクラゲの標本の提供を受けた。これらのクラゲとポリプは形態観察（傘、触手、感覚器、水管構造など）を行い、既知種との比較を行った。高知県沖で得られたサンプルについては日本初記録種、琉球列島で得られたサンプルは未記載種であると考えられた。日本各地で得られたエフィラクラゲ属についても、複数種が含まれる可能性が高いと考えられた。

分子系統解析については、全てのサンプルでDNA抽出を行った。16SrDNAや18SrDNA、COXIについてPCRを実施した。ほぼ全てのサンプルについては良好なDNA増幅が確認できたものの、目的領域の増幅が確認できなかったサンプルもあった。おそらく、PCRプライマーがあていないと思われるため、データベースの配列データを参考に、新規のPCRプライマー設計を進めている。得られた配列データから分子系統樹を作成し、系統関係や種同定を行った。16SrDNAやCOXI領域は種間比較に適していたが、18SrDNA領域では変異が少なく、種間比較には不向きであった。

沖縄および高知で採集されたエフィラクラゲ科については受精卵が得られ、ポリプまで育成することができた。また、ポリプからエフィラを遊離させ、育成することができた。これらの成果は論文としてまとめているところである。イラモの飼育も進めており、今後はクラゲを遊離させ、分類学的精査を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Toshino S, Akiyama H, Okayama K, Nozoe Y, Yamaguchi H, Kawakubo A	4. 巻 24
2. 論文標題 New record of <i>Cunina simplex</i> (Hydrozoa, Trachylinae) from Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biogeography	6. 最初と最後の頁 64-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11358/biogeography.24.64	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 Toshino S, Yamamoto G, Saito S	4. 巻 12(13)
2. 論文標題 <i>Octorhopalona saltatrix</i> , a new genus and species (Hydrozoa, Anthoathecata) from Japanese Waters	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Animals	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ani12131600	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 戸篠祥、峯水亮、兼城涼香	4. 巻 67
2. 論文標題 ゴトウカタアシクラゲ (ヒドロ虫綱花クラゲ目) の琉球列島からの初記録	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Fauna Ryukyuna	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 安座間安仙、岡慎一郎、照屋盛実、戸篠祥、谷本都、花原望、久場由真仁、宮城綾乃、福地斉志	4. 巻 74
2. 論文標題 ハブクラゲの環境DNAを検出するためのリアルタイムPCRアッセイ	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 衛生動物	6. 最初と最後の頁 13-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7601/mez.74.13	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 戸篠祥、千原周、渡部舞	4. 巻 19
2. 論文標題 高知県室戸市で採集されたヒメアンドンクラゲの記録	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Kuroshio Biosphere	6. 最初と最後の頁 13-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 SHO TOSHINO, MINA IWA I	4. 巻 23
2. 論文標題 New record of Eucodonium crassonemalis (Hydrozoa, Anthoathecata) from Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biogeography	6. 最初と最後の頁 33 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11358/bioge0.23.33	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 SHO TOSHINO, TATSUKI KOIDO	4. 巻 23
2. 論文標題 New record of Coeloplana bannwarthi (Tentaculata, Platyctenida) from Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biogeography	6. 最初と最後の頁 40 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11358/bioge0.23.40	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 TOSHINO SHO, HAMATSU YOSHIMI, UCHIDA HIROAKI	4. 巻 5032
2. 論文標題 Caltacoryne setouchiensis (Hydrozoa, Anthoathecata) a new genus and species of hydrozoan jellyfish from Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 87 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/zootaxa.5032.1.4	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 YAMAMOTO GAKU, TOSHINO SHO	4. 巻 16
2. 論文標題 Tiaricodon orientalis sp. nov., a new species (Hydrozoa, Anthoathecata, Halimedusidae) from Sagami Bay, eastern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 129 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.16.129	査読の有無 無
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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 戸篠祥
2. 発表標題 立方クラゲ類の系統進化、生活史に関する研究
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 我が国におけるクラゲ研究の発展と課題：次世代に向けたアプローチ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸篠祥、古井戸樹、目崎拓真、北之坊誠也
2. 発表標題 日本初記録の底生性クシクラゲの一種 <i>Coeloplana punctata</i> (有触手綱, クシヒラムシ目)
3. 学会等名 2022年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸篠祥, 山本岳, 齋藤伸輔
2. 発表標題 相模湾で採集された花クラゲ目ウラシマクラゲ科の未記載種
3. 学会等名 2021年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所創立100周年記念出版編集委員会、朝倉 彰、下村 通誉、中野 智之、後藤 龍太郎、山守 瑠奈	4. 発行年 2022年
2. 出版社 京都大学学術出版会	5. 総ページ数 706
3. 書名 海産無脊椎動物多様性学	

1. 著者名 水口 博也、戸篠 祥	4. 発行年 2022年
2. 出版社 誠文堂新光社	5. 総ページ数 160
3. 書名 世界で一番美しいクラゲ図鑑	

〔産業財産権〕

〔その他〕

公益財団法人黒潮生物研究所ホームページ http://kuroshio.holy.jp/
--

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------