

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 7 月 1 日現在

機関番号：86404

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14791

研究課題名(和文)箱虫綱の1種ハブクラゲの生活史観察に基づく生態学的研究

研究課題名(英文) Ecological study based on observation of life cycle in *Chironex yamaguchii* (Cubozoa)

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：箱虫綱の一種ハブクラゲの生態学および分類学的知見を得るために、野外採集調査および飼育観察により、本種の生活史の解明を試みた。本研究では、1)沖縄本島におけるハブクラゲの季節的消長と出現動態、2)プラナラの付着基質選択性、初期ポリプの生理生態、形態変化、3)メデューサの形態的变化、4)東南アジアに生息する箱虫綱の多様性について調査を進めた。その結果、ハブクラゲの生活史は他の箱虫綱と同様にポリプとクラゲが世代交代し、ポリプがクラゲへ完全変態すること、東南アジアにはハブクラゲ属の未記載種が複数、生息することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沖縄に生息する箱虫綱の一種ハブクラゲは致命的な刺傷被害をもたらすため、公衆衛生上の大問題となっている。そのため、本種の刺傷被害対策が急務とされている。また、箱虫綱の生活史はほとんど知られていないため、底生世代であるポリプと浮遊世代であるクラゲが互いに別種とされるような混乱が起こっている。本研究では、ハブクラゲの生態学および分類学的研究を進め、本種の季節的消長や出現動態、生活史、東南アジアにおけるハブクラゲ属の多様性を明らかにした。本研究により得られた成果は、ハブクラゲの防除や箱虫綱の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 detailed observations of the morphology and development of Cubozoa, *Chironex yamaguchii*. This study revealed: 1) seasonal occurrence of *C. yamaguchii* in Okinawa, 2) settlement selectivity of planulae, 3) morphological changes of medusae with growth, 4) cubozoan diversity in Southeast Asia. *Chironex yamaguchii* has sexual, planktonic medusae and asexual, benthic polyps in their life cycle. Complete metamorphosis of a whole polyp into a single medusa occurred. Undescribed species of *Chironex* inhabit in Southeast Asia.

研究分野：クラゲ類の分類および生態学的研究

キーワード：ハブクラゲ ポリプ プラナラ 生活史 刺傷被害 箱虫綱 生態 飼育観察

1. 研究開始当初の背景

ハブクラゲ *Chironex yamaguchii* は箱型の傘をもつ箱虫綱の仲間である。国内では琉球列島の浅海域に生息し、夏季にビーチや港内に出現する。沖縄県では本種による刺傷被害が年間 100 ~ 200 件報告されており、これまでに 3 例の死亡事故が起こるなど公衆衛生上の大問題となっている。そのため、沖縄県内のビーチでは海水浴シーズンになるとハブクラゲ侵入防止ネットを設置するなどの対策がなされている。刺傷被害対策の基礎的研究としてこれまでにハブクラゲの追跡調査や駆除装置の開発、刺胞毒の単離や性状の解明がなされてきた。しかしながら、ハブクラゲがどこでどのように生まれ、成長成熟しクラゲになるのか全く知られていない。一般的なクラゲ類は浮遊生活し有性生殖するクラゲと底生生活し無性生殖するポリプを世代交代する生活史をもつ。ポリプは分裂や出芽を行い、クローン個体を爆発的に増加させる。そして、時期が来るとポリプは環境変化によりクラゲへ変態する。つまり、**ポリプはクラゲの発生源であるため、ポリプの生態を理解することはクラゲの発生を予測する上で非常に重要である。**

また、箱虫綱はかつて鉢虫綱の 1 目として扱われてきたが、鉢虫綱とはポリプの内部構造やポリプからクラゲへの変態様式が異なることを根拠に別のグループとして分類されるようになった。現在、箱虫綱は世界で約 50 種知られているが、生活史が解明されているのはわずか 10 種ほどであり、ほとんどの種に関してポリプが全く知られていない。そのため、ポリプや未成熟のクラゲでは種同定が困難であり、ポリプとクラゲが互いに別種として分類されるような混乱が起こっている。**箱虫綱の分類学的整理を行うためには生活史の観察により、ポリプからクラゲを遊離させ、両世代の関係を解明することが必要である。**

近年、分子系統解析により箱虫綱と鉢虫綱は互いに最も近縁な関係であることが支持されている。また、箱虫綱は鉢虫綱やヒドロ虫綱とは異なり、1 つのポリプがそのまま 1 個体のクラゲへ完全変態することが知られている。しかしながら、申請者は箱虫綱の 1 種であるヒクラゲの生活史を観察し、ポリプは鉢虫綱にみられる横分裂を行い、クラゲを遊離したあとにポリプの一部である残体を残すことを明らかにした。すなわち、ヒクラゲは箱虫綱と鉢虫綱の中間に位置する種であり、両綱は互いに近縁であることを示唆するものであった。このように、**生活史を観察することにより、形態学的手法や分子生物学的手法で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

本研究ではハブクラゲの生活史を解明することにより、(1) クラゲの発生源であるポリプの生態学的知見を得る、(2) 箱虫綱の分類学的整理および系統類縁関係を推定するための証拠を得ることを目的とした。

本研究の学術的独自性としては、申請者が新しく開発した給餌手法を駆使して、生活史の知見が特に乏しいハブクラゲ目のハブクラゲに着目する点が挙げられる。箱虫綱は 10 種の生活史解明がなされているが、そのうちアンドンクラゲ目では 9 種、ハブクラゲ目では 1 種と研究が非常に遅れている。また、箱虫綱ではクラゲの研究例は数多くみられるが、本研究のようにポリプに着目した例は少なく、ハブクラゲでは初めての試みとなる。申請者が開発した給餌手法をハブクラゲにも用いることにより、これまでに飼育困難とされてきた本種のポリプを育成し、生活史を明らかにできると考えている。

また、箱虫綱のポリプは出芽などの無性生殖により自分のクローン個体を増加させることができるため、実験試料として扱いやすい利点がある。本研究によりハブクラゲのポリプの飼育技術が確立されれば、本種のポリプを用いた分類や生態、防除に関する研究に大きく貢献すると考えている。

3. 研究の方法

本研究ではハブクラゲの生態、および形態学的特徴を明らかにするために以下の研究を実施した。

1. プラヌラと初期ポリプの定着に関わる環境要因の解明

プラヌラが好む付着基質選択性の観察

プラヌラは固着基質に定着するが、種によっては基質選択性があることが報告されている。本実験では様々な付着基質を用いてハブクラゲのプラヌラの着生実験を行い、基質選択性があるのかどうか調べた。

初期ポリプが定着する環境要因の解明

ハブクラゲの初期ポリプは可塑性があり、芋虫状で動き回る匍匐型と壺状でほとんど動かない定着型の 2 つのタイプをもつ。しかしながら、どのような条件下で定着型になり、あるいは匍匐型になるのかわかっていない。本実験では、初期ポリプ(匍匐型)を様々な水温と塩分で維持し、どのような条件下で定着が促進、または抑制されるのか調べた。

2. 初期ポリブの育成

初期ポリブの給餌方法の確立

初期ポリブ(匍匐型)は定着すると口を形成し摂餌を行う。しかしながら、定着型の口はとて小小さく、餌であるアルテミア幼生をそのままの状態では食べることができない。申請者は予備実験によりハブクラゲの初期ポリブへの給餌を成功させている。本実験では得られた定着型のポリブにアルテミア幼生の中腸線を細かく刻んで、実体顕微鏡下で直接給餌を行った。

3. 成熟ポリブと稚クラゲの形態変化の観察、および増殖・成長速度の測定

成熟ポリブの増殖速度の測定

成熟ポリブは出芽や分裂を行い、自分のクローン個体を無性的に増殖させることが可能である。本実験では成熟ポリブがどのような方法で無性生殖を行うのかを明らかにする。また、成熟ポリブがどのくらいの速度で個体数を増加させるのか調べた。

成熟ポリブの変態過程および変態条件の解明

箱虫綱では水温の上昇が引き金となり、1つのポリブがそのまま1個体のクラゲへ完全変態することが知られている。本実験では成熟ポリブを様々な水温や塩分で飼育し、どのような条件下でどのような過程を経てクラゲへ変態するのかを明らかにした。

稚クラゲの成長過程の観察、および刺胞サイズと成長速度の測定

稚クラゲは5月頃に現れ、7月から8月にかけて成熟すると推定されている。本実験では定期採集を行い、稚クラゲがどのくらいの速度でどのような形態変化を経て成熟するのか調べた。また、成長に伴う刺胞サイズの変化を明らかにした。

4. 研究成果

初年度は沖縄本島全域(北部、中部、南部)にて目視およびプランクトンネットを用いて定期的にサンプリングを実施した。その結果、沖縄本島におけるハブクラゲの詳細な季節的消長、出現動態を明らかにすることができた。捕獲したハブクラゲはホルマリン固定して標本とし、過去に集めたものと合わせて形態的観察を行い、成長に伴うハブクラゲの形態的变化(傘のサイズ、傘径、葉状体、触手、感覚器凹、擬縁膜など)を記録した。

また、ハブクラゲの触手の一部はエタノール保存し、DNA分析に供した。その結果、沖縄産ハブクラゲとフィリピン産 *Chironex* はそれぞれ別種である可能性が高く、フィリピン産 *Chironex* は未記載種である可能性があると考えられた。また、タイ産立方クラゲ類とも比較を行い、タイ初記録種2種 *Alatina morandinii* と *Tripedalia binata* を新たに報告した。

2年目はハブクラゲのポリブを得るため、沖縄本島にてハブクラゲの成熟個体を採集した。捕獲したハブクラゲからは多数の受精卵が得られ、それらを用いて飼育実験を行った。卵は沈性卵で、立方クラゲ特有の眼点をもつプラヌラへ発達した。プラヌラの眼点の分布様式は種によって違いがみられることを確認した。また、プラヌラは芋虫状または壺状の初期ポリブへ発達した。初期ポリブは様々な水温や塩分条件下で飼育し、定着状況、形態変化、行動を記録した。また、初期ポリブには給餌を行い、成熟ポリブへ育成させるため飼育観察中である。

また、本年度は立方クラゲ綱のポリブとクラゲを再精査し、形態的特徴を整理した。これを基に、ポリブとクラゲの種の検索表を作成することができた。特に生活史に関する情報が乏しいハブクラゲ目には有効な種同定のツールになると考えられる。ハブクラゲの稚クラゲは、ハブクラゲ目の一種リュウセイクラゲに酷似しており、成長に伴う形態変化を把握したうえで種同定する必要があると考えられる。

ハブクラゲ属 *Chironex* は世界の亜熱帯や熱帯の浅海域に広く分布するが、東南アジア(フィリピンやタイ、ベトナム)ではそれぞれ種分化が進んでいる可能性が考えられる。本年度はタイ産 *Chironex* の標本を精査し、複数種の存在を確認した。主な違いは葉状体および触手数、葉状体管屈曲部の形状であるが、DNA分析とあわせてより確実に種同定する必要がある。

3年目は昨年度に引き続き、ハブクラゲのポリブを得るため、沖縄本島にてハブクラゲの成熟個体を採集した。新型コロナウイルス感染症拡大の影響や天候不良につき、十分な調査が実施できず捕獲できたハブクラゲは少数であったが、受精卵を得ることができた。卵を用いて胚発生の観察や初期ポリブの飼育実験を行った。卵は沈性卵で、立方クラゲ特有の眼点をもつプラヌラへ発達した。プラヌラの眼点は体全体に見られることを確認した。また、プラヌラは芋虫状または壺状の初期ポリブへ発達した。初期ポリブは様々な水温や塩分条件下で飼育し、定着状況、形態変化、行動を記録した。また、初期ポリブには給餌を行い、成熟ポリブへ育成させるため飼育観察中である。

また、これまで琉球列島で採集されたハブクラゲの標本を精査し、成長に伴う傘のサイズの増加や葉状体、触手、葉状体管屈曲部などの形態的特徴の変化を整理した。フィリピンやタイで採集されたハブクラゲ属の一種、日本沿岸で採集されたリュウセイクラゲについても精査を行い、ハブクラゲとの形態比較を行った。これらの形態観察と並行してDNA分析を実施し、ハブクラゲ目の種同定や分類に関する知見をまとめた。

ハブクラゲの近縁種、リュウセイクラゲ *Meteorona kishinouyei* についても受精卵および初期ポリブを得ることができた。卵とポリブについては経時観察と成長に伴う形態変化を記録した。初期ポリブは給餌を行い、成熟ポリブへ育成させるため飼育観察中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Yamamoto Gaku, Toshino Sho	4. 巻 16
2. 論文標題 <i>Tiaricodon orientalis</i> 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 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 Iida Akane, Lindsay Dhugal J., Ha Tran Manh, Thu Pham The, Hidaka Mitsuko, Toshino Sho, Kondo Yusuke, Ohtsuka Susumu, Nishikawa Jun	4. 巻 16
2. 論文標題 Morphological and molecular analyses of <i>Blackfordia</i> sp. (Hydrozoa: Leptothecata) newly discovered in Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 118 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.16.118	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 該当する

1. 著者名 Toshino Sho, Kotsuka Hisanori	4. 巻 75
2. 論文標題 New record of <i>Alatina moseri</i> (Cubozoa, Carybdeida) from Sagami Bay, eastern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Biogeographical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 123 ~ 125
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 Toshino Sho, Ikeda Syuhei, Kanno Hibiki	4. 巻 75
2. 論文標題 New record of <i>Sanderia malayensis</i> Goette, 1886 (Scyphozoa, Semaestomeae) from Akita and Yamagata prefectures, eastern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Biogeographical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 131 ~ 133
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 Toshino Sho, Mezaki Takuma	4. 巻 18
2. 論文標題 New record of benthic ctenophore <i>Coeloplana willeyi</i> (Tentaculata; Platyctenida) from Shikoku	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Kuroshio Biosphere	6. 最初と最後の頁 1~7
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 Toshino Sho, Iwai Mina	4. 巻 4
2. 論文標題 Fauna and Seasonal Distribution of Jellyfish Around the Coast of Central and Southern Oita	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bungoensis	6. 最初と最後の頁 1~11
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 Toshino Sho	4. 巻 17
2. 論文標題 New records of juvenile medusae of <i>Alatina moseri</i> (Cubozoa, Carybdeida) from Kochi and Okinawa prefectures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Kuroshio Biosphere	6. 最初と最後の頁 28~34
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 Toshino Sho, Sato Chika, Ikeda Syuhei, Kanno Hibiki, Okuizumi Kazuya	4. 巻 75
2. 論文標題 Second Japanese record of <i>Eucodonium brownei</i> (Hydrozoa, Anthoathecata) from Yamagata Prefecture, eastern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Biogeographical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 97~100
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 Toshino Sho	4. 巻 15
2. 論文標題 New record of <i>Linuche draco</i> (Scyphozoa, Coronatae, Linuchidae) from Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 327 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.15.327	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, Tanimoto Miyako, Minemizu Ryo	4. 巻 900
2. 論文標題 Olindias deigo sp. nov., a new species (Hydrozoa, Trachylinae, Limnomedusae) from the Ryukyu Archipelago, southern Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ZooKeys	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/zookeys.900.38850	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, Miyake Hiroshi, Shibata Haruka	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of Carybdea brevipedalia Kishinouye, 1891 (Cnidaria: Cubozoa: Carybdeida: Carybdeidae) collected from northern Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 116-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.13.116	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 ACEVEDO MELISSA J., STRAEHLER-POHL ILKA, MORANDINI ANDR? C., STAMPAR SERGIO N., BENTLAGE BASTIAN, MATSUMOTO GEORGE I., YANAGIHARA ANGEL, TOSHINO SHO, BORDEHORE C?SAR, FUENTES VER?NICA L.	4. 巻 4543
2. 論文標題 Revision of the genus Carybdea (Cnidaria: Cubozoa: Carybdeidae): clarifying the identity of its type species Carybdea marsupialis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 515-515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/zootaxa.4543.4.3	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 該当する

1. 著者名 Khalturin Konstantin, Shinzato Chuya, Khalturina Maria, Hamada Mayuko, Fujie Manabu, Koyanagi Ryo, Kanda Miyuki, Goto Hiroki, Anton-Erxleben Friederike, Toyokawa Masaya, Toshino Sho, Satoh Noriyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Medusozoan genomes inform the evolution of the jellyfish body plan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Ecology & Evolution	6. 最初と最後の頁 811-822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41559-019-0853-y	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 該当する

1. 著者名 Sho Toshino, Jun Nishikawa, Khwanruan Srinui, Supattra Taleb, Hiroshi Miyake	4. 巻 14
2. 論文標題 New records of two species of Cubozoa from Thailand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 143-149
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 該当する

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 飯田茜
2. 発表標題 ベトナムで新たに発見されたヒドロ虫類Blackfordia sp.について
3. 学会等名 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 2020年

1. 発表者名 Toshino Sho
2. 発表標題 Taxonomy and development of Japanese Limnomedusae
3. 学会等名 The 9th Hydrozoan Society Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Federica Manca
2. 発表標題 A DNA - barcoding Catalogue of the Hydrozoan fauna of Okinawa, Japan
3. 学会等名 The 9th Hydrozoan Society Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wada Saika
2. 発表標題 The first record of <i>Vallicula</i> (Ctenophore, Platyctenida, Coeloplanidae) in Japan
3. 学会等名 The 9th Hydrozoan Society Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸篠祥
2. 発表標題 琉球列島で採集されたハナガサクラゲ属の1種 (ヒドロ虫綱: 淡水クラゲ目)
3. 学会等名 2019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 2019年

1. 発表者名 和田彩花
2. 発表標題 耳状の腕部を持つ底生性有櫛動物クラゲムシ類の分類学的再検討
3. 学会等名 2019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 2019年

1. 発表者名 戸篠祥、三宅裕志
2. 発表標題 最近の分類再編に伴う箱虫綱の新しい検索表
3. 学会等名 日本プランクトン学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸篠祥
2. 発表標題 立方クラゲ類の完全？不完全？な生活史
3. 学会等名 日本付着生物学会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sho Toshino, Miyako Tanimoto, Ryo Minemizu, Mina Iwai
2. 発表標題 TAXONOMY AND DEVELOPMENT OF JAPANESE LIMNOMEDUSAE
3. 学会等名 THE 9th WORKSHOP OF THE HYDROZOAN SOCIETY (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

黒潮生物研究所ホームページ
<https://kuroshio.or.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			
タイ	ブラバ大学			
ベトナム	IMER			