

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510296

研究課題名(和文) サンゴを被覆する藍藻共生動物の分散・生殖と分布の現況

研究課題名(英文) Photosymbiotic animals encrusting corals: dispersal, reproduction, and current status of their distribution

研究代表者

広瀬 裕一 (Hirose, Euichi)

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：30241772

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円、(間接経費) 1,290,000円

研究成果の概要(和文)：琉球列島、台湾、パナマと北太平洋の海洋島(南大東島、小笠原、ハワイ)における藍藻共生性群体ホヤの分布調査などから、広域分布種であり分散力が高いと考えら得る2種(*Diplosoma simile*、*Trididemnum cyclops*)が特定された。特に*D. simile*はカリブ海でも確認されており既に広域に広がっている。これら2種は今後の海水温上昇に伴い高緯度地域に分布を広げる可能性が高い。

サンゴを被覆する藍藻共生海綿 *Terpios hoshinota* が幼生を放出することを直接観察と組織・微細構造学的観察により実証した。

群体性ヒドロ虫 *Zanclaea sango* を新種記載した。

研究成果の概要(英文)： *Diplosoma simile* and *Trididemnum cyclops* are considered to be wide-spreading species based on the faunal surveys in the Ryukyus, Taiwan, Panama, and some oceanic islands in North Pacific (i.e., Minami Daito-jima, Bonin Islands, Hawai'i). Especially, *D. simile* has already spread in not only Indo-Pacific but also in Caribbean Panama. In the monthly monitoring of drifting seaweeds, colonies of *T. cyclops* were found on the Sargassum leaves, indicating that these species have a long-dispersal ability using drifting materials. These two species are the most possible candidates that expand the distribution range toward higher latitude following the increase of seawater temperature.

Larval spawning was confirmed by direct observation and histological and electron-microscopic studies in a cyanobacteriosponge *Terpios hoshinota* that encrusts scleractinian corals.

A new species of a colonial hydroid *Zanclaea sango* was described. This species spread the colonies on a scleractinian coral colony.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：サンゴ礁 光共生 ホヤ 海綿 垂直伝播 外来種

## 1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁は地球規模の環境変化をはじめ、埋立て、富栄養化、水質の汚染など様々な要因でその存続を脅かされている。本来ならば、それぞれの生物の作用がバランスを取り合って安定した生態系を構成しているが、このような不安定な状況下では特定の生物の大発生が生じることにより、サンゴ礁の通常の生物も造礁サンゴの脅威の一因となり得る。造礁サンゴの天敵としてオニヒトデやレイシガイダマシなどサンゴを食害する動物のケースが広く知られているが、最近は大発生した海綿や群体ホヤなどが造礁サンゴを被覆し死滅させている事例が報告されている (Liao et al., 2007; Vargas et al., 2009; Sommer et al., 2010)。しかし、これらの生物学的知見は究めて乏しく、分類や分布はもとより、生殖や分散様式などがわかっていないものが多い。従って、大発生の仕組みや影響の推定を行うための基礎的な情報がほとんど存在しない。

一方で、地球温暖化が現実のものとなりつつある昨今、日本の周辺海域においても海水温の上昇が観測されている。同時に、沖縄県沿岸など亜熱帯域に生息する生物が、日本列島沿岸に分布域を広げつつあり、しばしば在来の生物を排除し、景観を変容しつつある事例も知られている。サンゴ礁の分布北上そのものが既に問題となっている。サンゴや死サンゴを基質とする被覆性の底性動物には藍藻などの藻類と共生し養分をサンゴに依存しないと考えられる種も多く知られている。このような動物が現在の温帯海域に侵入した場合、造礁サンゴに留まらず、他の大型ベントスや岩礁などを被覆して在来の底生生物を排除してしまう可能性がある。しかし、生殖や分散の仕組みなどがわかっていないため、分布拡大の可能性やその影響を推定することが難しい。また、被覆性の動物は種同定も容易ではなく、侵入そのものが見逃されやすい。従って、サンゴに被覆する底生動物、特に藻類と共生する種について琉球列島以南での分布状況を調査し、その生殖・分散様式を明らかにすることは急務である。また、種同定を容易にするため、DNA-barcode を含む分類情報を整備することも必要である。

## 2. 研究の目的

・藍藻共生性群体ホヤ及び海綿について、琉球列島及び台湾における分布の現状を、特に緯度に沿った種構成の変化に注目して記録する。最近まで分布状況の記録がほとんどなく、これまで分布の拡大を検証でき

なかった。現状の分布を記録することは、近未来の分布拡大を知る上で不可欠である。また、大陸島と海洋島の種構成の比較から分散力の大きい種を推定することが可能である。

・一般に群体ホヤの種同定には専門的な知識を要し容易ではない。琉球～台湾の藻類共生性ホヤについて分類形質や分子情報を整理し、種同定の手引きの作成を行う。

・群体ホヤの幼生は一般に浮遊期間が短く、長距離分散には適さない。一方、幼生は付着変態後短期のうち有性生殖を開始する可能性があるため、流れ藻などの浮遊物に付着して分散する可能性がある。定期的に流れ藻を採集し、藻上のホヤ群体の種同定と配偶子や胚の有無を調べる。

・定点のコドラート調査により、藻類共生ホヤの被覆度の変化から成長速度を明らかにし、分布域拡大に伴う既存の生態系へのインパクトを推定する。

・サンゴを被覆する藍藻共生海綿 *Terpios hoshinota* など有性生殖時期がわかっていない種について、定期サンプリングを元に生殖時期の特定を行い、生殖様式を記載するとともに共生藻の次世代への伝播機構を明らかにする。これは幼生の分散力を推定するための基礎情報とする。

## 3. 研究の方法

### ・藻類共生性群体ホヤの分布調査

各種の分布現況について、琉球列島～台湾ではすでに調査を進めており、かなりの情報が蓄積されている。分散力の高い種を特定するため、海洋島（大東島、小笠原、ハワイ）を主なターゲットとし、未調査島嶼についても調査を進める。

### ・藻類共生性群体ホヤの分類形質の検証

既知種について、分類形質の整備（特に鰓孔数に注目する）と DNA-barcode の整備を行う

### ・流れ藻を利用した分散の検討

沖縄島西海岸で流れ藻を毎月採集し、藻類共生性群体ホヤの付着の有無と種同定を行う。出現種と海洋島や高緯度の島嶼に分布する種を比較し分散に流れ藻を利用している可能性がある種を検討する。

### ・群体生長速度の検証

大度海岸（沖縄島南部）にコドラートを設置し、*Lissoclinum timorense* の月ごとの被度を計測するとともに、生殖腺の有無を記録する。

・海綿 *Terpios hoshinota* の有性生殖

幼生放出が直接観察された台湾緑島の *T. hoshinota* について、幼生放出時に海綿個体・放出直後の幼生を採取し、組織学的・微細構造学的観察を行い、共生藍藻の有無や放出様式について明らかにする。

#### 4. 研究成果

##### 藻類共生性群体ホヤの分布調査

緑島（台湾）、渡名喜島、南大東島、小笠原諸島（父島、母島）、ハワイ、ボカス（カリブ海側のパナマ）などで採集を行い、従来の分布情報を大きく更新することができた。形態に基づく種同定を行い、可能な範囲でCOI 遺伝子の部分配列を決定することで、DNA-barcode の整備もあわせて進めた。

特に海洋島の藻類共生性ホヤの分布から、*Diplosoma simile* と *Trididemnum cyclops* は特に分散力が高く、海水温の上昇に伴って分布域を高緯度に拡大する可能性が高い種として注目すべきことが明らかとなった。両種を指標として注目することで、海水温上昇に伴う分布域の拡大をモニタリングできると考えられる。特に *D. simile* はカリブ海でも確認されており、イスラエルより同定依頼を受けた紅海の試料も本種と判断されたため、すでに世界中の熱帯・亜熱帯域に分布を拡大していると考えられる。今後、グローバルな分布状況の把握と、集団遺伝学的な解析が必要である。



Caribbean Panama の *D. simile*

緑島（台湾）からは、これまで久米島のシンリ浜でのみ記録されている *Lissoclinum*

*midui* を発見した。形態およびCOIの部分配列による分子系統解析の両方から種同定を行なった。模式産地標本では個虫がそれぞれ出水口を持つのに対し、緑島の標本では複数の個虫が共同出水口を共有しており、群体構造の可塑性についても知見が得られた。



緑島の *L. midui* 群体

##### 藻類共生性群体ホヤの分類形質の検証

*Diplosoma* 属ではしばしば分類形質とれている鰓嚢の鰓孔数パターンに注目し、たのジデム二科数種についてその安定性について検討した。鰓孔列あたりの鰓孔数が6個以下の場合鰓孔数はほとんど変異しないことがわかった。鰓孔数が少数で変異の範囲が把握できていれば、分類形質として有効であると考えられる。

##### 流れ藻を利用した分散の検討

2012年度10月から1年間、沖縄島東岸の漁港で流れ藻の毎月採集を行い、付着する藻類共生性ホヤの有無を調査したところ

*Trididemnum cyclops* が確認された。本種は南大東や小笠原でも記録されており、分散力が高いと考えられており、漂流物による長距離分散の可能性が支持された。出現次期は本種の有性生殖期とほぼ一致しているが、流れ藻上の群体で精巣や卵巣を保持するものは得られなかった。



流れ藻葉上の *T. cyclops*

### 群体生長速度の検証

沖縄島南部の大度海岸礁池における *Lissoclinum timorense* の群体の成長 / 退縮について、定点定量調査を大度海岸の礁池で毎月実施した。夏期の急速な成長と、秋～冬期の退縮が確認されており、本種は死滅個体群であっても一次的に基質上を排他的に占拠する可能性があるため、分布拡大によって既存の生態系に大きな影響を及ぼす可能性が考えられる。

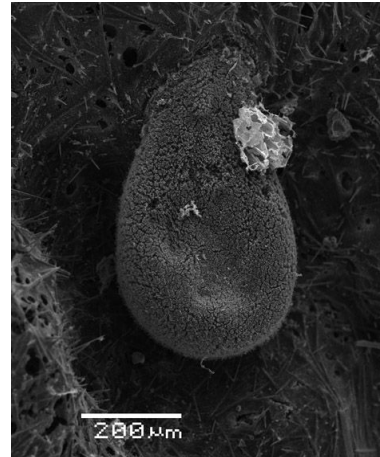
### 海綿 *Terpios hoshinota* の有性生殖

台湾の研究グループと共同で研究を進め、緑島（台湾）の *Terpios hoshinota* より放出された中実幼生の形態観察を担当した。幼生表皮は繊毛を密生し運動性を示すが、幼生は沈降性で1日以内に変態するため、長距離分散には寄与しないと想像される。また、組織学的・微細構造学的観察から、幼生は親個体内ですでに共生藍藻を獲得していること、幼生は出水孔から放出されるのではなく、表皮を破るかたちで直接表面から放出されることがわかった。藍藻は中実な胚内部に分布し、海綿の細胞とは構造的なつながりを持っていない。胚発生における藍藻獲得機構については今後の研究が必要である。

幼生による分散が実証されたことで、幼生分散も本種のアウトブレイクに大きな役割を果たしている可能性が示されたことになる。



海綿から放出される幼生



孵化中の幼生 (SEM)

### その他

・被囊内に藍藻を共生する *Trididemnum* 属2種について、藍藻が親群体から胚に伝播される過程を組織学的・微細構造学的に明らかにした。

・造礁サンゴ上に広がる群体性ヒドロ虫 *Zancea* 属（スズフリクラゲ）の1種について未記載種を発見し、サンゴ組織との関わりを組織学的に明らかにするとともに、新種記載を行った。



造礁サンゴ上の *Zancea sango*

### 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10件)

Hirose E, Nozawa Y., Hirose M: First record of a photosymbiotic ascidian *Lissoclinum midui* (Ascidiacea: Didemnidae) from Lyudao

(Green Island), Taiwan. 査読有. Marine Biodiversity Records, 7: e42, 2014

Hirose E: Photosymbiotic ascidians (Asciacea: Didemnidae) from Minami-Daitojima Island. 査読有 The Biological Magazine Okinawa, 52: 31–38, 2014.

Hirose E: Didemnid ascidians harboring cyanobacteria from Kumejima Island and Tonakijima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. 査読有 The Biological Magazine Okinawa, 51: 41–49, 2013.

Hirose M, Hirose E: Photosymbiotic ascidians from oceanic islands in the tropical Pacific as candidates of long-dispersal species: morphological and genetic identification of the species. 査読有 Aquatic Invasions, 8(3): 271–280, 2013

Nagaya K, Hirose E: Pattern of stigma numbers as a taxonomic character in some didemnid ascidians (Aplousobranchia: Didemnidae). Zootaxa, 3608(1): 87–93, 2013

Wang J-T, Hirose E, Hsu G, Chen Y-Y, Meng P-J, Chen CA: Coral-killing sponge, *Terpios hoshinota*, releases larvae harboring cyanobacterial symbionts: an implication of dispersal. 査読有 Zoological Studies, 51(3): 314–320, 2012

Hirose M, Hirose E: A new species of *Zancllea* (Cnidaria: Hydrozoa) associated with scleractinian corals from Okinawa, Japan. 査読有 Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 92(5), 877-884, 2012

Hirose E, Turon X, López-Legentil S, Erwin PM, Hirose M: First records of didemnid ascidians harboring *Prochloron* from Caribbean Panama: Genetic relationships between Caribbean and Pacific photosymbionts and host ascidians. 査読有 Systematics and Biodiversity, 10(4): 435–445, 2012

Kojima A, Hirose E: Transmission of cyanobacterial symbionts during embryogenesis in the coral reef ascidians *Trididemnum nubilum* and *T. clinides* (Didemnidae, Asciacea, Chordata). 査読有 Biological Bulletin, 222: 63-73, 2012

Hirose E, Su S-W: A new record of a photosymbiotic ascidian from Kenting, Taiwan with key to the photosymbiotic species of the genus *Diplosoma* recorded in the western Pacific. 査読有 Collection and Research, 24: 83-86, 2011

〔学会発表〕(計 9 件)

Vandepas LE, Rocha RM, Hirose E, Oliveira LM, Lee SCS, Swalla BJ: *Phallusia nigra* is not as widespread as reported – Tunicates in black disguises. The 7th International Tunicate Meeting, Napoli, July 2013.

Hirose E. Morphological approach to the life of the black sponge encrusting corals. International Lecture on Current Marine Biological Studies, Bogor, November 2013.

広瀬裕一・Turon X・Lópes-Legentil S・Erwin PM・広瀬慎美子: カリブのプロクロロンと宿主ホヤ. 日本動物学会第 83 回大会. 大阪, 2012 年 9 月

Hirose E, Hirose M, Yoshida R: Tiny, marine invertebrates newly described from the Ryukyus in 2011. Okinawa Workshop 2011: Advances in Subtropical Island Studies, Nishihara. December, 2011.

広瀬裕一、王志騰、許嘉閔: サンゴを被覆する藍藻共生性海綿 *Terpios hoshinota* の有性生殖. 日本動物学会第 82 回大会. 旭川, 2011 年 9 月

広瀬慎美子、広瀬裕一: 沖縄のイシサンゴに棲むスズフリクラゲ属 (ヒドロ虫綱) の 1 未記載種について. 日本動物学会第 82 回大会. 旭川, 2011 年 9 月

長屋和彦、広瀬裕一: 藻類共生性ジデムニ科ホヤにおける鰓孔数の安定性について. 日本動物学会第 82 回大会. 旭川, 2011 年 9 月

Hirose E: Biogeography of photosymbiotic ascidians in subtropical Japan and Taiwan: potential indicator for global warming and potential invasive species in higher latitude. The 6th International Tunicate Meeting, Montreal. July 2011.

広瀬裕一: 「かたち」を提供すれば役に立ちますか? ~ 海産無脊椎動物の形態学から ~. 第 14 回バイオミメティクス研究会, つくば, 2012 年 3 月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等  
なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

広瀬裕一 (HIROSE, Euichi)  
琉球大学・理学部・教授

研究者番号：30241772

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

広瀬慎美子 (HIROSE, Mamiko)  
お茶の水女子大学・理学部・特任講師

研究者番号：10398307