

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24710273

研究課題名(和文)人為的攪乱を受けやすい礁池のサンゴ類の持続可能な移植事業モデルの開発

研究課題名(英文) Development of sustainable model for coral transplantation model in the lagoon susceptible to anthropogenic disturbance.

研究代表者

広瀬 慎美子 (Hirose, Mamiko)

お茶の水女子大学・湾岸生物教育研究センター・特任講師

研究者番号：10398307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：埋め立てなどの公共工事の際に移植リストに掲載されることがある礁池のサンゴ2属3種について、沖縄島集団の繁殖様式や遺伝的多様性を調べた。ヤッコアミメサンゴは7-9月、トガリシコロサンゴは7-10月、シコロサンゴは11-12月に産卵が見られた。また種子島から西表島までの各地域では、集団により遺伝的多様度は非常に異なっていた。サンゴの移植の際には遺伝的攪乱を起こすことがないように配慮し、また移植の実施時期もそれぞれの種の繁殖期を避けて行うことが望ましい。

研究成果の概要(英文)：The timing and mode of sexual reproduction were investigated in two species of *Pavona* and *Psammocora contigua* in Okinawa, Japan. *P. contigua* was observed to shed gametes following the full moon in July to September. Spawning of *Pavona divaricata* was observed for following full moon in July to October. Spawning of *Pavona decussata* was also observed for following full moon in the November and December.

The genetic variation of population of the *P. divaricata*, *P. decussata* and *P. contigua* were examined in ten sites at Ryukyu Archipelago, using DNA sequence of ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer (ITS) region. The level of differentiation among populations were variants. During an ecological study of scleractinian corals, we found the new species of *Zanclaea* hydroids associated with several scleractinian corals.

研究分野：サンゴ礁生物学

キーワード：サンゴ 礁池 有性生殖 遺伝的多様度 移植 スズフリクラゲ

1. 研究開始当初の背景

現在、サンゴ礁は局所的あるいは世界的規模で衰退の危機にさらされている。世界的規模では、海水表面温度の上昇や海洋酸性化などの地球規模の環境変動の影響を受けている。局所的脅威としては沿岸域の開発や、埋め立て、藻場の減少、陸域からの栄養塩の流入などの人為的攪乱により、サンゴ礁域が減少している。

日本では屋久島以南にサンゴ礁が発達するが、地形は裾礁が大部分で一般に水深が浅く、干潮時にサンゴ礁の縁まで歩いて行くことができる場所が少なくない(図1)。裾礁では礁原自体が丈夫な基礎の役割を果たし、サンゴ礁海岸の改変は公共事業として導入されやすい。1972年に沖縄県が本土復帰して以来、治水・防災あるいは港湾整備や沿岸地域開発が多く行われており、沖縄県の面積の増加のほとんどは公有水面埋め立てによるものである。

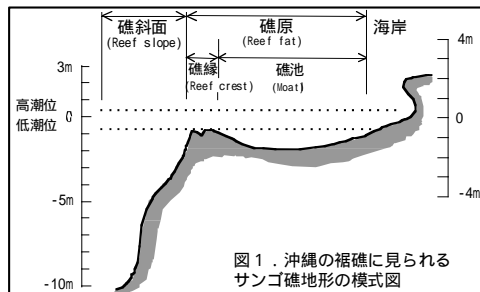


図1. 沖縄の裾礁に見られるサンゴ礁地形の模式図

近年は埋め立て予定地のサンゴを他所へ移植することでサンゴとサンゴ礁の減少を防ぐ試みがされている。また、環境問題への関心の高まりから、サンゴ礁の保全・保護・再生を目的にダイビングショップのツアーや事業としての「サンゴの移植」が行なわれている。しかし、サンゴの移植は技術的にはまだ確立しておらず、移植サンゴ片の生残率が低いことや、元となるサンゴへの負担、また移植に因るサンゴ礁の遺伝的攪乱等、様々な問題を抱えている。日本サンゴ礁学会や沖縄県ではサンゴの移植に関するガイドラインや移植マニュアルを作製し、安易な移植による生態系の攪乱を警鐘しているが、科学的なデータが不足している。大規模な埋め立て事業の際には「サンゴを救うために」一部のサンゴ群体が移植されることがあるが、科学的根拠に基づいた移植モデルに準拠しているとはいえない。スクーバ潜水を基本とした水深5m以下の「礁斜面」のサンゴに関しては移植に関するいくつかの研究があるが、公共工事を含めた人為的攪乱を受け易く、かつ広範囲に影響が及ぶ浅海域の「礁池」のサンゴに関する研究はほとんどない。

例えばサンゴ礁の遺伝的な多様性を維持するためには有性生殖による繁殖が重要である。サンゴの負担を避けるためにも、移植は産卵時期やその直前は避けるべきである。しかし、日本近海に生息するサンゴ約400種

の内、有性生殖の様式がわかっているのは多く見積もっても3分の1であり、一般的によく知られている「初夏の満月の頃の夜に一斉産卵」が見られないサンゴについては、ほとんど情報がない。

2. 研究の目的

(1) 産卵様式の解明と、生息地の集団ごとの遺伝的多様性を明らかにし、近年頻繁に行なわれている礁池のサンゴの移植事業において、最適な移植の時期、また遺伝的攪乱を起こさないための移植モデルを提唱することを目的とする。

(2) 対象種は1) 埋め立て候補地などでよく見られ、2) しかし産卵などの繁殖様式が分かっていない、3) その一方、折れやすく破片化したサンゴ片から新しい群体が成長する(無性生殖)が、4) 集団内での遺伝的多様性が分かっていない、5) 移植サンゴリアストによく載るサンゴ2属3種(シコロサンゴ(*Pavona decussata*), トガリシコロサンゴ(*Pavona divaricata*), ヤッコアミメサンゴ(*Psammocora contigua*))を対象とした。

これらの種の近縁種は放卵放精型で有性生殖が行われることが知られている。

3. 研究の方法

(1) 繁殖様式の解明

産卵時期の推定

サンゴが何月ごろ産卵するのかを調べるために、1-2年に渡り毎月長さ4-5cmの小片を採集し、組織切片の観察から生殖巣の発達段階を確認し、産卵時期を推定した。沖縄島北部(備瀬岬)に同所的に生息するシコロサンゴとトガリシコロサンゴと、沖縄島中部(残波岬)に生息するヤッコアミメサンゴを対象とした。

産卵日・産卵時刻の解明

の調査結果より産卵時期が推定できたので、産卵が予想される時期に各種8-15群体のサンゴ片(長さ10-15cm)を採集し、琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所にて飼育・観察を行った。

最初の産卵が確認できるまで、満月と新月の頃の早朝と夕方に、サンゴを飼育している水槽の海水を止め、30分おきに産卵の有無を確認した。

放卵・放精を確認することができ、卵と精子が得られたので、人工授精させて初期発生過程を観察した。

サンゴの採集は沖縄県漁業調整規則による、特別採捕許可を得て行った。

(2) 遺伝的多様性の推定

対象としたサンゴは礁池と呼ばれる比較的浅く・狭い範囲に生息している。(1)の繁殖様式の解明から、3種とも幼生保育型ではなく放卵放精型であることがわかり、長距離の分散も考えられたので、沖縄県西表島(1ヶ所)、宮古島(2ヶ所)、沖縄島(6ヶ

所), 鹿児島県種子島(1ヶ所)の計10地点で調査・採集を行い, サンゴが生息していれば各種25群体ずつ採集した。

得られたサンゴからDNAを抽出し, サンゴ特異的なプライマーを用いて置換速度が比較的早い核リボソームDNA ITS(Internal transcribed Spacer)領域を増幅し, DNA塩基配列を決定した。

4. 研究成果

(1) シコロサンゴ類の繁殖様式

シコロサンゴ2種の産卵時期の推定

沖縄島北部備瀬崎に同所的に生息する2種のシコロサンゴ類(シコロサンゴ, トガリシコロサンゴ)の繁殖様式を明らかにした。組織学的観察から, トガリシコロサンゴは夏季に, シコロサンゴは初冬に最も生殖巣が発達することがわかった(図2)。

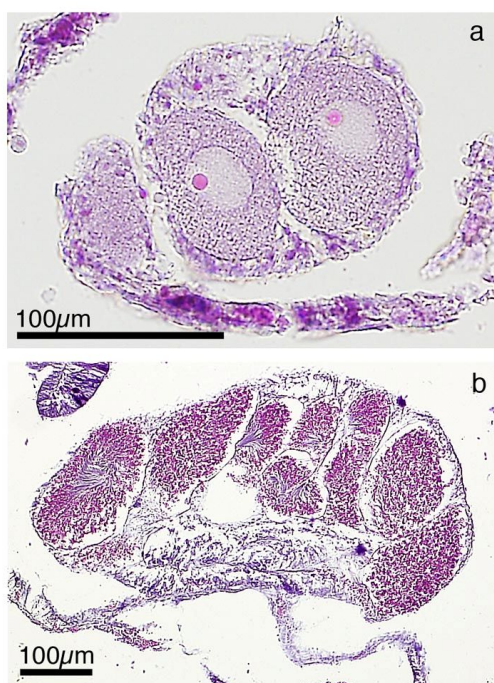


図2 トガリシコロサンゴの生殖巣の組織切片。a, 卵巣; b, 精巣

シコロサンゴ2種の産卵様式

トガリシコロサンゴは7月から10月の満月の5-10日後の早朝(午前3:30-5:00)に産卵が見られた。精子のみを放出するオス群体と, 卵のみを放出するメス群体が見られ, 雌雄異群体であった。同じ群体が1-2日続けて産卵した。卵は透明で直径は約120µmであった。沖縄島のサンゴで9月, 10月に卵や精子を放出する種はこれまで知られていない(図3)。

いっぽう, シコロサンゴは夏季には産卵が観察されず, 11月, 12月の午前3:00-3:30頃に産卵が見られた。沖縄島を含む琉球列島で初冬に産卵が観察された初めての例である。7群体中6群体は11月と12月の2度産卵が見られた。精子のみを放出する群体と, 卵のみを放出する群体が見られ

たが, 中には11月と12月では放出する配偶子が異なる群体もあった。つまり, 11月には精子の放出が見られたが, 12月には卵の放出が見られた群体と, その逆の11月に卵, 12月に精子を放出する群体があった。サンゴの性転換の例は知られているが, あまり多くはない。卵は透明で直径は約140µmであった。



図3 バケツの中で精子を放出するトガリシコロサンゴ。矢印の先の白いものが精子。

(2) ヤッコアミメサンゴの繁殖様式

ヤッコアミメサンゴは6月から9月の満月の3-8日後の早朝(午前3:30-5:00)に産卵が見られた。産卵期間が4-6日と長いのが特徴である。また, 9月に産卵するサンゴは上記のトガリシコロサンゴ同様, 沖縄島ではこれまで報告がなかった。

雌雄異体で卵のみを放出する群体と, 精子のみを放出する群体が見られたが, シコロサンゴのような「性転換」は見られなかった。卵は乳白色で直径は約130µmであった。

(3) 礁池のサンゴの遺伝的多様性

核リボソームDNA ITSの塩基配列を決定したところ, シコロサンゴ6産地153群体から40対立遺伝子(alleleアレル)が得られ, そのうち23遺伝子は1群体からしか得られなかった(ユニークアレル)。その23のユニークアレルのうち, 約半分の10アレルは種子島で見られた。図4の対立遺伝子の分布図からも, 種子島は琉球列島とは大きく異なる集団であることがわかった。また, 西表島も沖縄島とは遺伝子組成が大きく異なっていた。

トガリシコロサンゴは6産地151群体から34対立遺伝子が得られた。沖縄島備瀬や宮古島イムギャーなど遺伝的多様性の低い集団もあるが, 西表島住吉や沖縄島真栄田など遺伝的多様性の高い集団も見られた。

ヤッコアミメサンゴ5産地126群体から37対立遺伝子が得られた。宮古島大浦は沖縄島とは遺伝子組成は大きく異なっていた。

(4) 礁池のサンゴの移植について

これまでサンゴの移植方法の検討が行われてきたのは作業の都合上, 主にスキューバ

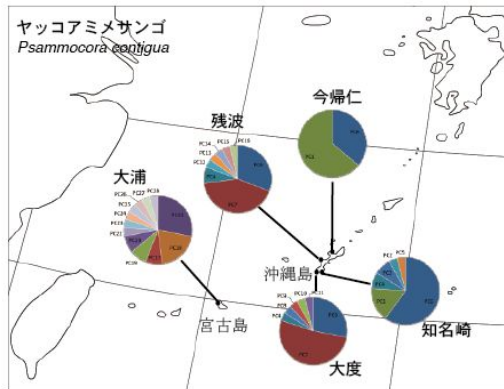
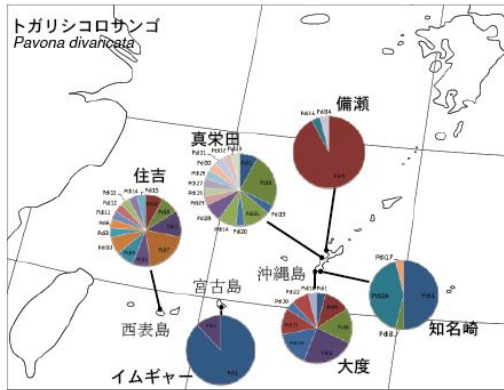
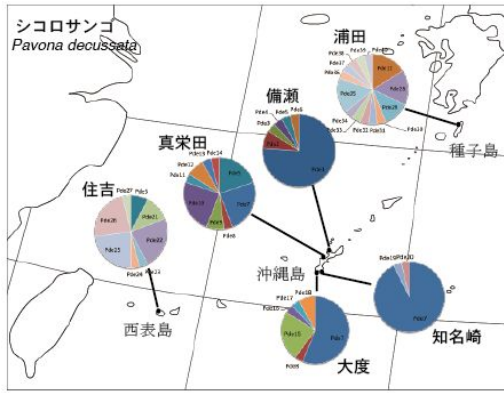


図4 シコロサンゴ、トガリシコロサンゴ、ヤッコアミメサンゴのリボソーム DNA ITS 領域塩基配列に基づく対立遺伝子の分布

ダイビングを用いた水深 5M 以下の環境であった。今回、水深 0.5-2M 程度の非常に浅い、人為的攪乱の影響を受けやすい礁池のサンゴについて基礎的な情報が得られた。

移植時期について

サンゴ礁としては比較的高緯度に位置する沖縄ではサンゴの産卵の時期は限られている。遺伝的多様性に富んだ次世代を残すためには有性生殖を行う時期は移植などのストレスを与えないことが望ましい。今回シコロサンゴが初冬に産卵することが初めて明らかになり、これまで沖縄島周辺域で知られていたサンゴの産卵時期とは大きく異なっていた。移植対象とするサンゴの産卵時期と、今回は明らかにできなかったが、有性生殖を始める最小サイズを調査した上で、最もストレスのない時期に移植することが望ましい。

遺伝的多様性について

礁池は礁縁によって波が弱まり、比較的穏やかな環境である。今回対象としたサンゴ3種は破片化したサンゴ小片が成長して再び固着した群体を作る様子が野外でも見られる。このように無性的な増殖によりサンゴが増えると集団内の遺伝的多様度は低くなる。今回の調査値では沖縄島知名崎のシコロサンゴや宮古島イムギヤのトガリシコロサンゴなどは遺伝的多様度が低く、他所から移植されると遺伝的攪乱が起こることが予想される。

一方、沖縄島真栄田のように礁池ではあるが遺伝的多様度の高い集団も見られた。サンゴ集団の立地や近辺の海流の様子、また同所的に生息するサンゴ種など様々要因で集団は形成されるので、事前に遺伝的多様度を明らかにすることが望ましい。

(5) サンゴに棲むヒドロ虫の発見

(1)の産卵時期の特定のための組織観察中に、トガリシコロサンゴの組織中に棲む群体性のヒドロ虫を見出した。触手の数、保持している刺胞のタイプ、また遊離直後のクラゲ体の大きさや形など、形態学的な特徴を調べてみると、これまで報告がない未記載種であることが分かったので、新種サンゴスズブリクラゲ (*Zanclaea sango*) として記載した(図5)。

サンゴ礁を利用する生物はサンゴが作り出す空間だけでなく、サンゴそのものに住み込む生物も多い。しかし、その多くはサイズが小さく見落とされているものが多いと考えられる。サンゴを移植するという事は、サンゴに住み込む生物も共に移動させることになり、様々な人為的攪乱を引き起こすことになる。地道ではあるが、詳細な調査が必要である。

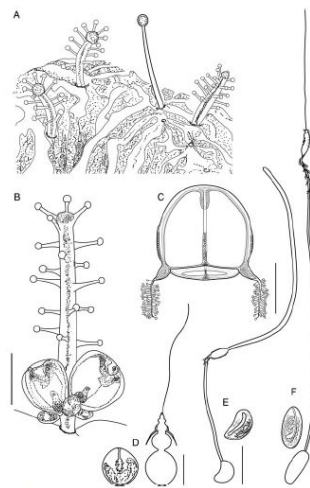


Fig. 1. *Zanclaea sango* sp. nov. (A) Gastrozooids and disphylozooids emerging from the substrate coral *Pavona divaricata*; (B) gastrozooids; (C) newly formed medusae; (D) undischarged and discharged large medusae from hydrozooids; (E) undischarged and discharged apical medusae; (F) medusae from zooids; (G) undischarged and discharged apical medusae; (H) medusae from hydrozooids. Scale bars: (D & G) 0.5 mm; (E, F & H) 10 μm.

図5 サンゴスズブリクラゲ (*Zanclaea sango*) のスケッチ Hirose & Hirose (2012) より

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

Hirose M, Hirose E (2012) (査読あり)
A new species of *Zanclaea* (Cnidaria: Hydrozoa) associated with scleractinian corals from Okinawa, Japan. *Journal of The Marine Biological Association of the United Kingdom* 92:877-884 doi:10.1017/S0025315411001238

〔学会発表〕(計 1件)

広瀬慎美子 同所的に生息する沖縄産シコロサンゴ属サンゴ2種の有性生殖様式. 日本動物学会第83回大会. 大阪大学(大阪府・大阪市), 2012年9月15日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

広瀬 慎美子 (Hirose Mamiko)

お茶の水女子大学・湾岸生物教育研究センター・特任講師

研究者番号: 10398307