

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月8日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04538

研究課題名(和文) 同時一斉産卵の同調性および受精効率を考慮した新しいサンゴ加入モデルの構築

研究課題名(英文) Novel model for coral recruitment involving synchrony and fertility of mass spawning

研究代表者

鈴木 豪 (Suzuki, Go)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・西海区水産研究所・主任研究員

研究者番号：30533319

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：サンゴ群集の維持・回復には、毎年の幼生加入が重要である。これまで、複数の定点で幼生加入量を長期的にモニタリングしたところ、10～100倍の年変動があることが分かった。本研究では、この年変動の要因として、一斉産卵の同調性に注目し、年によって同調性にずれが生じ、ずれが大きい場合に加入量が減少するという仮説を検証した。その結果、2016年に起きた大規模白化以降、同調性に関わらず加入量が激減するという傾向が明らかとなった。このことから、大規模攪乱が起きた場合には、幼生供給源となる親サンゴの減少および供給ネットワークの分断という、通常時とは異なる要因によって加入量が左右されることが示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、特殊な繁殖イベントとして注目されてきた『同時一斉産卵』現象を、生活史の観点から個体群変動を制御するプロセスとして捉え、『同時一斉加入(simultaneous mass recruitment)』という新たな概念を提唱した。産卵の同調性を定量化し、放卵放精、受精、幼生分散、および着生までの各段階における減衰を考慮した新しい「加入推定モデル」を構築することで、気候変動に伴う造礁サンゴの再生産の変化を予測することが可能になると期待される。

研究成果の概要(英文)：Annual larval recruitment is crucial for the recovery and retention of reef coral populations. So far, we revealed that annual fluctuation of coral recruitment is very large (more than 10 times higher in the peak year) from long-term monitoring in the several stations around Yaeyama Islands. We focused the synchrony of mass spawning as a critical factor of this fluctuation in this study, and tested a hypothesis that disparity of spawning synchrony influences on annual fluctuations of recruitment. As a result, the larval recruitment had dropped sharply after 2016 large-scale coral bleaching regardless of spawning synchrony. This suggested that some provisional factor such as decrease of adult corals and/or fragmentation of larval supply network impacted on the amount of larval recruitment during some years of immediately after large-scale disturbance.

研究分野：サンゴ生態学

キーワード：大規模攪乱 幼生供給 産卵予測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、地球規模での海水温上昇や海洋酸性化による海洋生物の分布域変動への影響が懸念されている。大規模な生物群集の変化は、生態系の変化をもたらす、水産業を初めとする海洋における人間活動への影響も深刻となる。温帯と亜熱帯の境界に位置する南日本海域では、サンゴ礁の北上 (Yamano et al. 2010)、あるいは白化による大量死滅 (Wilkinson 2008) 等が報告されており、温帯域では藻場の減少に伴う磯根資源 (アワビ・サザエ等) の減少、熱帯域ではサンゴ礁生態系の破壊に伴う水産および観光資源の枯渇といった実害が既に生じている。したがって、こうした生物変動を高精度に予測するための技術開発は喫緊の課題であるといえる。しかしながら、水温変化とサンゴ礁分布を対応させた簡単なモデルは報告されているものの、個体群生態を考慮した詳細なモデルが示された例は皆無である。

申請者は、亜熱帯に位置する沖縄で、幼生加入に関するデータを約 10 年に亘り蓄積してきた (Suzuki et al. 2008, 2012)。サンゴの幼生加入量は年によって大きく変動し、少ない年は 100 個体/m² 以下であるが、多い年には 10,000 個体/m² を超える。幼生の大量加入現象は数年に一度起こり、様々な地域で一般的にみられる。申請者らの予備調査によると、加入量が少ない年は満月の前後 2 週間に複数回の小規模な産卵がみられた一方で、加入量が多い年には 3~4 日以内に集中して産卵が起こった。また、幼生の分散範囲は様々な物理的要因により影響を受けるため空間的に変動しやすいという予想に反し、実際には「場所による偏り」よりも「年による変動」のほうが大きいという観測データが得られた (鈴木、未発表)。これらの結果に基づき、「産卵の同調性がサンゴ個体群全体の受精効率に影響し、幼生加入量を左右する可能性が高い」との作業仮説を得た。

2. 研究の目的

本研究ではまず「個体群レベルの同調性」を定量化することを目的とする。ほとんどのサンゴの産卵は夜間に起こるため、詳細な追跡観察が困難である。そこで、新しく「分子マーカーによる成熟度判定技術」および「一斉産卵感知システム」を開発し、一定エリア内の産卵タイミングを遺漏なく記録できるようにする。これらを利用した観測で得られた結果から、産卵の同調性-加入量の関係を数理モデルで検証し、産卵の同調性が幼生の大量加入の要因となり得るかどうかを科学的に検証する。

3. 研究の方法

本研究では、サンゴの同時一斉産卵において、個体群レベルの同調性を定量化するため、複数年に亘って特定の範囲のサンゴ群集の産卵タイミングを測定・追跡する。産卵の正確なタイミングを記録するため、主に 3 つの手法 (ポリプ内の卵色の直接観察、分子マーカーによる成熟度判定、産卵感知システム) を用いる。さらに、受精効率に関わる諸要因 (精子の拡散範囲、バンドル放出量と受精率・捕食率との関係、共生藻の関与 など) を室内実験でそれぞれ明らかにする。また、すでに継続的にデータを得ている幼生加入量についても継続調査を実施し、同調性と加入量の関係をモデル化するための材料とする。産卵同調性と加入量については、調査年間での比較に加え、水温変動の異なる地域間で比較を行い、最終年には、サンゴの挙動と環境変化を包含した精緻な加入予測モデルを構築する。

4. 研究成果

2015~2018 年にかけて、琉球列島周辺において、サンゴの成熟をモニタリングしたところ、研究 2 年目にあたる 2016 年に列島全域で大規模白化現象が起きた。本研究の対象としていたミドリイシ属サンゴの被害は特に大きく、石西礁湖では 70%以上が死滅したと報告された。この 2016 年以降、成熟の同調性に関わらず幼生加入量が激減するという傾向が明らかとなった。このことから、大規模攪乱が起きた場合には、幼生供給源となる親サンゴの減少および供給ネットワークの分断という、通常時とは異なる要因によって加入量が左右されることが示唆される。一方、温帯域にあたる長崎沿岸では、冬季の低水温によって直後の夏季に成熟が阻害されることが明らかとなった。分子マーカーによる成熟度判定については、産卵前後のトランスクリプトーム解析により、成熟、産卵に関わる遺伝子を複数特定することができた。今後、いかに実用的に産卵日予測に活用できるかが課題として残された。夜間の産卵記録は、LED ライト付の水中メモリーカメラ (JFE アドバンテック社製) を用いて、2~3 分インターバルに設定すると約 2~4 週間にわたり産卵状況が記録できることが明らかとなった。これまで蓄積してきた幼生加入量データおよび本研究で得られた産卵記録等に基づいて数理モデルを構築し、加入を制御する要因について検討したところ、環境要因では風向きと積算風量、積算日射量が加入量の変動に影響することが示唆された。また、1 年のうちに産卵が複数回あるときは後半の産卵時に、また産卵期間が短い時の方が加入量は多くなる傾向が見られた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

Go Suzuki, Sayaka Kai, Yuji Fujikura, Hiroshi Yamashita (2018) Post-settlement survivorship of artificially supplied *Acropora* coral larvae in the Sekisei Lagoon, Marine Ecology Progress Series, 603:105-115, 査読有

Go Suzuki, Wataru Okada, Youko Yasutake, Sayaka Kai, Yuji Fujikura, Iwao Tanita, Hiroshi Yamashita, Takeshi Hayashibara, Wataru Ando, Koichi Nogami, Masayuki Fudo (2018) Interspecific differences in the post-settlement survival of *Acropora* corals under a common garden experiment. *Fisheries Science*, 84:849-856, 査読有

Yuna Zayasu, Go Suzuki (2018) Comparisons of population density and genetic diversity in artificial and wild populations of an arborescent coral, *Acropora yongei*: implications for the efficacy of “artificial spawning hotspots”. *Restoration Ecology*, 査読有

Chuya Shinzato, Yuna Zayasu, Miyuki Kanda, Mayumi Kawamitsu, Noriyuki Satoh, Hiroshi Yamashita, Go Suzuki (2018) Using Seawater to Document Coral-Zoothanthella Diversity: A New Approach to Coral Reef Monitoring Using Environmental DNA. *Frontier in Marine Science*, 5(28):1-8, 査読有

Yuna Zayasu, Yuichi Nakajima, Kazuhiko Sakai, Go Suzuki, Noriyuki Satoh, Chuya Shinzato (2016) Unexpectedly complex gradation of coral population structure in the Nansei Islands, Japan. *Ecology and Evolution*, 6: 5491–5505, 査読有

Go Suzuki, Shashank Keshavmurthy, Takeshi Hayashibara, Carden C. Wallace, Yoshihisa Shirayama, Chaolun Allen Chen, Hironobu Fukami (2016) Genetic evidence of peripheral isolation and low diversity in marginal populations of the *Acropora hyacinthus* complex. *Coral Reefs*, 35:1419–1432, 査読有

〔学会発表〕(計 2 件)

鈴木 豪、門田 立、八谷 光介、清本 節夫、吉村 拓、ミドリイシ属サンゴの縁辺個体群の産卵と冬季水温の関係について、日本サンゴ礁学会第 21 回大会、2018

鈴木 豪、藤倉 佑治、甲斐 清香、谷田 巖、山下 洋、林原 毅、八重山周辺海域における 2016 年大規模白化後のミドリイシ属サンゴの幼生加入の激減について、日本サンゴ礁学会第 20 回大会、2017

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山下 洋

ローマ字氏名：YAMASHITA, hiroshi

所属研究機関名：国立研究開発法人水産研究・教育機構

部局名：西海区水産研究所

職名：研究員

研究者番号 (8 桁): 00583147

研究分担者氏名：竹垣 草世香

ローマ字氏名：TAKEGAKI, soyoka

所属研究機関名：長崎大学

部局名：水産・環境科学総合研究科 (水産)

職名：客員研究員

研究者番号 (8 桁): 30546106

研究分担者氏名：酒井 一彦

ローマ字氏名：SAKAI, kazuhiko

所属研究機関名：琉球大学

部局名：熱帯生物圏研究センター

職名：教授

研究者番号 (8 桁): 50153838

研究分担者氏名：座安 佑奈

ローマ字氏名：ZAYASU, yuna

所属研究機関名：沖縄科学技術大学院大学
部局名：マリンゲノミクスユニット
職名：研究員
研究者番号（8桁）：50746691

研究分担者氏名：新里 宙也
ローマ字氏名：SHINZATO, chuya
所属研究機関名：東京大学
部局名：大気海洋研究所
職名：准教授
研究者番号（8桁）：70524726

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。