

令和 3 年 4 月 15 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06424

研究課題名(和文) 南西諸島域における造礁サンゴ群集の安定度・攪乱応答比較

研究課題名(英文) Stability and responses to disturbances of scleractinia communities among Nansei Islands

研究代表者

中村 崇 (NAKAMURA, Takashi)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号：40404553

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、琉球列島全体を対象とし、屋久島、奄美大島、与論島、沖縄島、慶良間諸島、久米島、多良間島、石西礁湖を含む100地点を超える海域での潜水調査によって得られた詳細なサンゴ群集データを取得・解析した。各海域におけるサンゴ群集の現状を定量的に把握し、特徴を解析したところ、南琉球のサンゴ群集は、過去の攪乱による衰退状態から回復していない一方で、中琉球の島嶼では一定レベルの回復が起こっており、サンゴ群集レベルの南北格差が明確化している事などが判明した。また、比重分離法を用いて定砂中のマイクロプラスチック定量化を行ったところ、八重山、多良間、沖縄、慶良間海域間での差違が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温暖化影響などによって衰退が危惧されているサンゴ群集についての広域野外調査を実施した結果、南北に広がる琉球列島の南側である八重山諸島や多良間島周辺海域では、2016年ごろに発生した大規模サンゴ白化によってサンゴ被度が著しく低下した後、5年が経過した時点で明確な回復傾向が見られない一方、沖縄島周辺の島嶼などでは、比較的サンゴ群集が維持され、増加傾向にあることなどが判明した。一連の研究により、今後温暖化傾向が続く中で、海水温度履歴が異なるサンゴ礁生物群集の維持や回復過程に今後南北間の格差が拡大する可能性が示唆された。これは国内のサンゴ礁生態系の保全を進めていくうえで重要な知見であるといえる。

研究成果の概要(英文)：Based on the dive surveys at more than 100 sites around the Islands of Yakushima, Amami, Yoron, Okinawa, Kerama, Kume, Tarama and Sekisei lagoon during the 3 years of research, coral communities at the Southern Ryukyu area are severely damaged by major disturbance of 2016 mass bleaching event. There is almost no recovery detected among these damaged reefs in the area. On the contrary, the coral communities at Middle Ryukyu to Northern Ryukyu area showed consistent stable or increasing pattern of coral cover with stable recruitments during the period. This may suggest that the increasing trend of variation in coral community structure among Southern, Middle and Northern Ryukyu area. In addition, there are significant differences in micro plastics contamination of sandy bottoms among Yaeyama, Tarama, Okinawa and Kerama area.

研究分野：サンゴ礁生物生理生態学

キーワード：サンゴ群集 白化 攪乱 琉球列島 モニタリング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

亜熱帯島嶼系である沖縄を代表する自然環境の一つであるサンゴ礁が、衰退と消失の危機に瀕している。1998年の世界的なサンゴの白化現象では62%のサンゴ礁が消失し、これ以降、ほぼ毎年のようにサンゴ群集での異常が見られている。Hughesらによる2003年の報告によると、このままのペースでいけば2050年頃までに現存しているサンゴ礁生態系の約60%が姿を消すであろうことが示唆されており(Hughes et al. 2003)。その保全・回復が強く求められている。実際に、2015年から2017年にかけて、異常高温による造礁サンゴ類(以降「サンゴ」とする)の環境負荷応答である「白化(サンゴ体内共生藻の質・量の著しい低下による)」が世界的に発生し、我が国最大のサンゴ礁域である石西礁湖でも単年で約90%のサンゴが白化し、半年間で70%が死に至るなど危機的な状況にあることが示された。

2. 研究の目的

2016年前後の大規模白化が起こった一方で、同海域でも被害が少ないサンゴ種群や、一部で白化を免れた海域が同時に存在していることが分かっており、琉球列島北側の海域では白化被害が比較的軽微であったことが報告されている。ただし、これらの調査は定性的なモニタリングプログラムによるもので、サンゴ種群の組成変化や被害の詳細については不明のままである。そこで本課題では、サンゴ礁島嶼系における地域的な環境特性の違いや、各種サンゴ群集の特徴に着目しながら、奄美諸島から八重山諸島までを対象とした野外モニタリング調査を実施し、安定的なサンゴ群集の特徴や、大規模攪乱によるサンゴ群集組成の変化、底生生物群集の変遷・回復過程に関する解析とともに、特定の指標サンゴ種群を対象とした室内外での飼育実験系を組み合わせることで、各海域でのサンゴ群集の安定度および攪乱に対する衰退危険度の推定を進め、サンゴ群集の維持・保全を考えるうえで重要な好適環境条件の推定・検証を目的とした研究を実施することとした。特に、多種のサンゴ個体群の集まりとして存在する「サンゴ群集」を対象に、環境変化に対するサンゴ被度・多様度変化を基にした「安定度」推定をおこないながら、各島々の周囲に成立している環境で、どのようなサンゴ群集が被害を受け、今後どのように維持・繁栄していくのかという疑問について、海域ごとに実地で比較検討し、サンゴ群集がもつ環境負荷緩衝能や、今後予測される環境変化に対する衰退危険度などを示すことを目指した。

3. 研究の方法

本課題では、野外潜水調査と飼育実験系を組み合わせながら、琉球列島のサンゴ礁域で起きているサンゴ群集の主要構成種変化等に基づく、白化影響等による衰退度を数値化し、サンゴ群集への環境負荷影響評価と、大規模攪乱に対する群集レベルでの応答・存続可能性を明らかにしつつ、広範囲にみられるサンゴ種を対象とした環境負荷応答実験を実施し、主要サンゴ種における「環境許容範囲」の比較をおこなった。

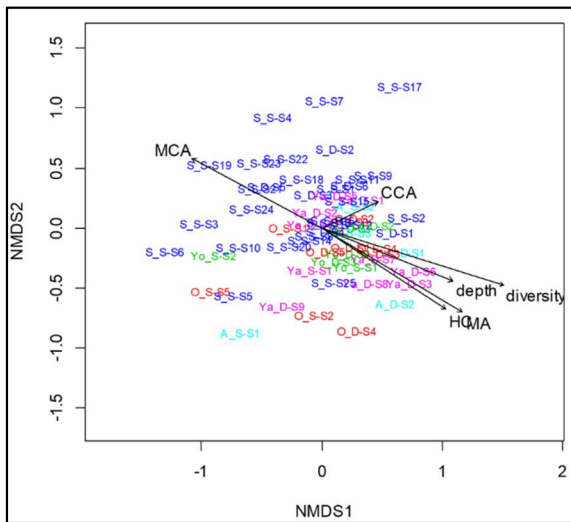
潜水調査では、各海域におけるサンゴ群集の現状をライントランセクト調査法によって定量的に(サンゴ被度・属レベル組成・多様度と併せて、底質組成や稚サンゴ密度など)把握し、サンゴ群集の特徴比較をおこなった。まず、琉球列島の南北でのより詳細な量的ベースラインデータとして、中琉球の島々の周辺海域に見られるサンゴ群集でのデータを取得し、さらに北琉球(主に屋久島・種子島近辺)と、南琉球(主に八重山・多良間島など)での潜水調査を実施した。調査地点延べ100地点以上での属レベルでの解析を実施した。加えて、台風波浪による壊滅的な被害(物理的被害により多くのサンゴが破損・消失)詳細を明らかにするための調査を与論島などで実施し、白化被害とは別の攪乱影響についての検討を行った。データを統合して解析を行うことで、各海域での造礁サンゴ群集の安定度を示し、近年の攪乱による影響を強く受けていると考えられる南琉球と、比較的攪乱影響が少ないと考えられる北琉球での比較を進め、安定度の目安となるサンゴ種群の被度と組成パターンの抽出を行った。

野外調査から抽出された、サンゴ種であるココビミドリイシを対象とした水槽飼育実験を実施し、段階的な高温負荷影響について、呼吸量計測・光合成速度計測などをおこない、代謝バランス変化を数値化することで最適温度および負荷となる温度域についての客観的評価を行った。さらに、一部海域(15地点)での底砂の採取を実施し、粒子についてのデータ化とともに、人工物(プラスチックなど)の含有有無を調べ、解析を行った。

4. 研究成果

2016年の大規模白化時に、沖縄島や、奄美大島周辺でも一定のサンゴ白化率が報告されていたが、その後のサンゴ群集の回復状況や、それよりも以前の大規模白化現象での被害頻度・程度が低かったことが考えられる北琉球の島々でのサンゴ群集の現状把握、多大な被害を受けている南琉球での島ごとのサンゴ群集の特徴の比較をおこなった。中琉球の調査海域(沖縄島、久米島、与論島、奄美大島)での、各調査地点における多種のサンゴ個体群の集まりとして存在する「サンゴ群集」の特徴について、サンゴ被度・属レベル組成・多様度と併せて、底質組成や稚サンゴ密度などのデータを得た。初年度調査結果から、中琉球の対象海域において、深場(6~10m)でのサンゴ属組成では高い類似性が確認できた一方で、浅場(1~5m)においては、島ごとに著

しく異なるサンゴ属組成が存在していることが明らかとなった。特に、奄美大島周辺では高被度かつ大規模なミドリシ属の群落が記録されており、良好なサンゴ群集が浅場にも残されていることが確認できたが、沖縄島などでは浅場におけるサンゴ被度が相対的に低い状態にあることが示された。さらに、与論島では過去（2016年）のデータと比較した場合、微細・芝状藻類被度の有意な上昇が記録され、沖縄島、与論島を中心としたサンゴ群集の衰退傾向を示唆する結果が得られた。



図：各地点のサンゴ群集組成の比較、底質、深度、多様度指数との関連；HCはサンゴ被度、MAは微細・芝状藻類被度、MCAは大型藻類被度、CCAはサンゴモ被度、depthは深度、diversityは多様度指数を示す。大規模白化被害の影響が大きかった海域は図の左上側に位置している。

加えて、2018年に大型台風（24号・25号）が琉球列島を通過した与論島北西側の主要サンゴ群集での波浪による壊滅的な被害（物理的被害により多くのサンゴが破損・消失）を明らかにするための調査を実施し、サンゴ被度が約75%から10%以下に低下したこと、サンゴ2属での被害が特に顕著だったことなどを明らかにした。また、該当調査海域でのライントランセクト法による潜水調査により、琉球列島における広域レベルでの優占サンゴ種群や、特定の島や調査地点でのみ見つかるような希少性の高いサンゴ種のリスト化を行った。

一連の調査結果をまとめて解析したところ、南琉球でのサンゴ群集の衰退状態からの回復が2017年以降でほとんど進んでいない一方、中琉球の島嶼では過去の攪乱からの回復が顕著に起こっている事、などが判明した。また、これまでの属レベルでの組成分析に加え、最終年度の調査では、該当海域でのライントランセクト法による潜水調査で、サンゴ種レベルまでの判別を行ったことにより、琉球列島における広域でのサンゴ種分布傾向の再検討の必要性や、希少性の高いサンゴ種が抽出された。

実験系では、屋外水槽での飼育実験を実施し、多段階の水温設定をおこなった飼育実験系を用いて、呼吸量計測をおこない、代謝変化の数値化を進めたことで、水温上昇による環境負荷影響について、負荷が大きくなる温度域が種によって異なることを示唆するデータを得た。

八重山、多良間、沖縄、慶良間の15地点で底砂採取を実施し、比重分離法を用いて分離することで、定砂中のマイクロプラスチックなどの含有量について、沖縄島周辺で顕著に高い状態であることを示唆するデータを得た。一連の成果については、一般向け還元として、自然再生協議会などでの講演や、シンポジウムでの後援、国内学会での発表をおこなった。また、フィリピンで開催されたアジア太平洋サンゴ礁学会に参加し、インド・太平洋域におけるサンゴ礁モニタリングネットワークに関する会合に参加した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kavousi Javid, Denis Vianney, Sharp Victoria, Reimer James Davis, Nakamura Takashi, Parkinson John Everett	4. 巻 167
2. 論文標題 Unique combinations of coral host and algal symbiont genotypes reflect intraspecific variation in heat stress responses among colonies of the reef-building coral, <i>Montipora digitata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00227-019-3632-z	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 該当する
1. 著者名 Iijima Mariko, Yasumoto Jun, Iguchi Akira, Koiso Kiyomi, Ushigome Sayaka, Nakajima Natsuki, Kunieda Yuko, Nakamura Takashi, Sakai Kazuhiko, Yasumoto-Hirose Mina, Mori-Yasumoto Kanami, Mizusawa Nanami, Amano Haruna, Suzuki Atsushi, Jimbo Mitsuru, Watabe Shugo, Yasumoto Ko	4. 巻 8
2. 論文標題 Phosphate bound to calcareous sediments hampers skeletal development of juvenile coral	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 201214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rsos.201214	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 Iijima M, Yasumoto K, Yasumoto J, Yasumoto-Hirose M, Kuniya N, Takeuchi R, Nozaki M, Nanba N, Nakamura T, Jimbo M, Watabe S.	4. 巻 21
2. 論文標題 Phosphate Enrichment Hampers Development of Juvenile <i>Acropora digitifera</i> Coral by Inhibiting Skeleton Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mar Biotechnol	6. 最初と最後の頁 291-300
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10126-019-09880-3	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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shinji Nakaya, Sho Nagata, Masashi Toyota, Jun Yasumoto, Tetsuya Shintani, Takashi Nakamura
2. 発表標題 Impact of terrestrial nutrients in groundwater on coral reefs via submarine groundwater discharge around Yoron Island of the Southwest Islands, Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU2020 ジョイントシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 崇, 上野光弘, Mariyam Shidha Afzal, 小島(池田) 香奈, 塚本陸, 徳田侑大
2. 発表標題 ミドリイシ属サンゴにおける大規模白化の影響とその後の回復傾向
3. 学会等名 プランクトン学会・ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 崇, 塚本 陸, 徳田 侑大, 石田 潤一郎, 池田 香菜, Mariam Shidha Afzal, 井口 亮
2. 発表標題 琉球列島海域での造礁サンゴ群集比較
3. 学会等名 第23回日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 崇, Mariyam Shidha Afzal, 小島(池田) 香奈
2. 発表標題 八重山海域での異常高水温攪乱とサンゴ群集の変化
3. 学会等名 2020年度海洋学会・水産海洋学会・海洋気象学会 九州沖縄地区合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi Nakamura
2. 発表標題 Mass coral bleaching impacts and recovery in the Anthropocene Epoch
3. 学会等名 Tohoku Forum for Creativity Emerging Perspectives Program OIST-TOHOKU Joint Workshop on Marine Science
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Nakamura, Kana Kojima Mariyam Shidha Afzal, Mizuki Ishimochi, Yujin Kodama, Yudai Tokuda
2. 発表標題 Post-Mass bleaching impacts on potential reproductive recovery in Sekisei Lagoon, Okinawa
3. 学会等名 East Asia Coral Reef Monitoring Network meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 児玉 悠仁、中村 崇
2. 発表標題 チリメンハナヤサイサンゴ (<i>Pocillopora meandrina</i>) における色彩型間の生態的差異
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 崇, 塚本 陸, 徳田 侑大, 石田 潤一郎, 池田 香菜, Mariam Shidha Afzal
2. 発表標題 南西諸島域における造礁サンゴ群集の南北比較
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mariyam Shidha Afzal, Akira Iguchi, Takashi Nakamura
2. 発表標題 Correlation between pigmentation intensity and mortality rates in larvae of <i>Acropora digitifera</i>
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 崇, 小島香菜, Mariyam Shidha Afzal, 石持みずき, 児玉 悠仁, 徳田侑大、
2. 発表標題 石西礁湖でのミドリイシ属における大規模白化の影響
3. 学会等名 第21回日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Nakamura
2. 発表標題 What can we do to conserve Coral Reefs under the threats of global/local stresses?
3. 学会等名 Environmental Scientists Network for Asia-Pacific Islands. Annual meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石持 みずき, 中村 崇
2. 発表標題 ココビミドリイシにおける産卵への光量影響について
3. 学会等名 第21回日本サンゴ礁学会、
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中村 崇・山城秀之 編著	4. 発行年 2020年
2. 出版社 成山堂書店	5. 総ページ数 178
3. 書名 サンゴの白化－砂漠化する海と、そのメカニズム－	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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