

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06797

研究課題名(和文) 鹿児島県馬毛島沖の深所性紅藻生態系の多様性と生理生態特性の解明

研究課題名(英文) Diversity, physiological and ecological characteristics of deep-water red algal ecosystem at offshore of Mageshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan

研究代表者

鈴木 雅大 (Suzuki, Masahiro)

神戸大学・内海域環境教育研究センター・特命助教

研究者番号：30637088

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)：鹿児島県馬毛島沖の水深30-40 mで確認された深所性紅藻生態系の多様性を明らかにするため、ドレッジ調査によって採集された紅藻159サンプルについて、*rbcl*遺伝子と*cox1*遺伝子の塩基配列を決定した。形態観察と遺伝子解析に基づき、143種を確認した。143種の内、既知の種類に同定できたものは70種、既知の日本産種に一致するものがなく、未記載・未報告種と考えられるものは58種であった。同定できた70種の内、水深30 m以深の深所からのみ報告のあるものは9種のみで、多くは他地域において低潮線付近から水深20 mまでの潮下帯に生育する種であ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

本研究は、日本近海で水深30 m以深に生育する深所性紅藻を網羅的な遺伝子解析に基づいて調査した初めての研究である。本研究の結果、鹿児島県馬毛島沖には143種の紅藻が確認された。その内の50種以上が、既知の日本産種に一致しない未記載・未報告種であり、深所には未知の種が多く存在することが示唆された。また、馬毛島沖で確認できた種の多くが、通常は浅いところに生育する種であり、他地域では水深20 m辺りまでしか生育できない種が、馬毛島沖では30 m以深でも生育出来ていることが示唆された。馬毛島沖の深所性紅藻生態系は、これまで報告された深所性海藻生態系とは異なる特徴を持っていると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the diversity of deep-water red algal ecosystem at a depth of 30-40 m offshore of Mageshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan, the *rbcl* and *cox1* sequences of 159 specimens were determined. According to morpho-anatomical observations and molecular analyses, a total of 148 species were reported. Seventy species were identified as named species, while 58 species were not corresponded to the species listed in Japan. Among the identified species, nine species were grown at more than 30 m depth, while the others were same species grown at low-tide line to 20 m depth in various area of Japan.

研究分野：藻類分類学

キーワード：深所性紅藻 馬毛島沖 DNAバーコーディング 海藻 藻類 分類学

1. 研究開始当初の背景

海藻類は、潮間帯から潮下帯の水深 20 m 位までの間に生育している種類が多いが、海藻類の中には、水深 30 m ~ 100 m を超える深所にも生育する種が知られている。深所性海藻を対象とした調査は、相模湾東部、千葉県太東岬沖、伊豆諸島周辺海域、大隅諸島・奄美諸島周辺、小笠原諸島父島沖などで実施報告があり、海外ではメキシコ湾沖、ガラパゴス諸島沖、バミューダ諸島沖、ハワイ諸島沖などで報告がある。多くの調査は散発的に行われたもので、日本において深所性海藻フロアを網羅的に調べた研究はなかった。

大隅諸島馬毛島南方海域は、水深 30-60 m の平坦な海底が広がっている(図 1)。この海域では 1960 年代にドレッジ調査が行われ、約 40 種の海藻が報告されている。申請者は、2017 年以降、寺田竜太博士(鹿児島大学農水産獣医学域水産学系連合農学研究科教授)の協力の下、ドレッジ調査によって採集された海藻の分類学的研究を開始し、本研究を開始する時点で 101 種の海藻が確認された。採集した海藻の約 90% にあたる 91 種が紅藻類であり、馬毛島沖には深所性紅藻生態系と呼ぶべき独特の生態系があると考えられている。

日本において、このような海域は他に例がないため、深所性紅藻生態系が馬毛島沖だけのものなのか、他地域の調査が及んでいないのか判断がつかないものの、馬毛島沖の深所性紅藻フロアを正確に把握し、種多様性を明らかにすることや、深所性紅藻の光合成特性に基づく生理生態特性を調べ、深所性紅藻生態系の特徴を明らかにすることが急務であった。

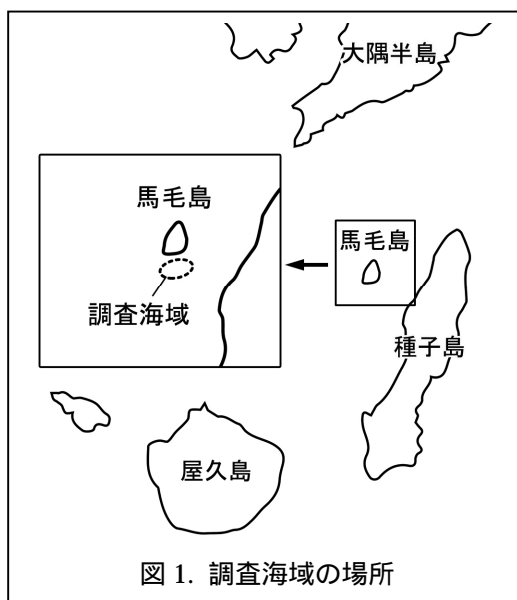


図 1. 調査海域の場所

2. 研究の目的

馬毛島沖でドレッジ調査を実施し、採集した紅藻について網羅的に遺伝子解析を行い、DNA バーコーディングを行う。DNA バーコーディングと分類学的研究により、馬毛島沖の深所性紅藻フロアをまとめ、深所性紅藻生態系の多様性を明らかにする。また、深所性紅藻生態系を構成する種の光合成活性及び光合成に至適な温度・光環境を調べることで、温度や低光に対する適応を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 馬毛島沖でのドレッジ調査

鹿児島大学水産学部附属練習船「南星丸」を利用してドレッジ調査を実施した。2020 年は新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、中止となったが、2021 年 5、6、10 月、2022 年 5、6、9 月に調査が実施された。当初の計画では、申請者も「南星丸」に乗船し、ドレッジ調査に参加する計画であったが、新型コロナウイルス感染症の流行を受け、参加を自粛し、研究協力者である寺田竜太博士からサンプルを送って頂いた。

(2) サンプルの DNA バーコーディング、新種記載と日本新産種の報告

蒐集したサンプルについて、形態観察を行うとともに色素体にコードされる *rbcL* 遺伝子と、ミトコンドリアにコードされる *cox1* 遺伝子の塩基配列を決定した。両遺伝子は、紅藻類の DNA バーコーディングとして一般的に用いられている分子マーカーである。また、既知種との比較のため、日本沿岸と台湾で採集したサンプルについても *rbcL* 遺伝子と *cox1* 遺伝子の塩基配列を決定した。決定した塩基配列について、National Center for Biotechnology Information (NCBI) の Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) を用いて相同性の高い配列及び近似する配列を検索した。BLAST の結果を元に、国際塩基配列データベース (INSD) から、近縁な種、属の塩基配列を蒐集し、科または属ごとに系統樹を作成した。形態観察、BLAST の結果、構築した系統樹をもとに、サンプルを同定し、同定したサンプルは、腊葉標本として国立科学博物館植物研究部標本庫 (TNS) に収めた。決定した遺伝子配列は、DDBJ (DNA Data Bank of Japan) に登録し、論文出版時に公開される予定である。

DNA バーコーディングの結果、未記載・未報告と認められた種について、詳細な形態観察と遺伝子解析に基づき、新種として記載、または日本新産種として報告した。

(3) パルス変調クロロフィル蛍光測定法 (PAM 法) による光合成速度の測定

生きている状態で採集したユカリ (*Plocamium luculentum*) について、PAM 法と酸素電極を用いて各種の光化学系 II における最大量子収率 (F_v/F_m) と酸素発生速度に基づく光合成速度の測定を試みた。当初、馬毛島沖に生育するユカリは 1 種のみと考えられていたが、後の遺伝子解析の結果、ユカリと形態的に酷似する 2 種 (*P. brasiliense*, *Plocamium* sp.) が混在しているこ

とが明らかとなり、実験に用いるサンプルが別種あるいは複数種を混同している可能性が考えられた。このため、実験前もしくは後に、全ての個体について遺伝子解析を行い、正しい同定に基づき、改めて実験を行う予定である。

4. 研究成果

(1) 馬毛島沖でのドレッジ採集

2021年、2022年に実施されたドレッジで採集されたサンプルと、2017年から2019年までに採集されたサンプルを加え、延べ約600サンプルを蒐集した。600サンプルの内、586サンプルは腊葉標本として、TNSに収めた。

(2) サンプルのDNAバーコーディング、新種記載と日本新産種の報告

馬毛島沖で採集された159サンプルと、日本及び台湾で採集した107サンプルについて、*rbcL* 遺伝子と *cox1* 遺伝子の塩基配列を決定した。BLASTによる相同性検索の結果、99%以上近似したサンプルは、48サンプルのみであった。サンプルに近縁と考えられる塩基配列を INSD から蒐集し、科あるいは属ごとに系統樹を作成し、遺伝子解析と形態観察の結果に基づき、143種を確認した。143種の内、既知の種類に同定できたものは70種、近似する遺伝子配列や生殖器官などの形態的特徴がないため同定できなかったものは15種、既知の日本産種に一致するものがなく、未記載・未報告種と考えられるものは58種であった。同定できた70種の内、既知の日本産種として確実に同定できたものは26種、これまで日本で報告のなかった日本新産種は10種、形態的には既知種に相当するが、遺伝子解析の結果、別種あるいは複数種を混同していることが示唆されたものは34種であった。既知の日本産種の内、1965年に記載されて以降、報告のなかったシンカイヒメダルス (*Rhodymenia prostrata*) を約50年ぶりに確認した(図2)。遺伝子解析の結果、既知の属とは異なることが示唆されたことから、シンカイヒメダルスを *Rhodymenia* 属から *Halopeltis* 属に移した (Suzuki & Terada 2021. *Phycologia* 60: 582-588.)。未記載・未報告と考えられた58種の内、*Gracilariopsis* 属の1種を新種 *G. mageshimensis* として記載し、「マゲカバノリ」と名付けた (Suzuki & Terada 2021. *Phycologia* 60: 158-163; 図3)。残る57種の内、既知種に一致するものがないと確認された種から随時新種記載を行う予定である。また、台湾、韓国、フィリピンなど、海外で記載された種に近似しているものについて、比較・検討を行う予定である。

本研究の時点において、サンプルの約78%にあたる111サンプルが INSD に近似する塩基配列がなく、紅藻類のDNAバーコーディングを行うに当たり、参照できる日本産種の塩基配列が未だ十分とは言えない状況であることが示唆された。また、形態的に既知種に一致するものの遺伝子解析の結果、別種あるいは複数種を混同していることが示唆された種や、未だ既知の日本産種に一致するものがない種についての分類学的検討が必要と考えられ、日本産紅藻のDNAバーコーディングにおいて、多くの分類学的問題が残されていることも示唆された。

(3) 馬毛島沖の深所性紅藻生態系の特徴について

本研究において、馬毛島沖の水深30m以深の海底に143種もの紅藻が生育していることが明らかとなった。同定できた73種の内、水深30m以深の深所に生育するものは9種のみで、多くは低潮線付近から水深20mまでの潮下帯に生育する種であることが明らかとなった。これは、他地域では水深20m辺りまでしか生育できない種が、馬毛島沖では30m以深でも生育出来ていることを示唆していると考えられ、馬毛島沖の透明度の高さや海底の温度特性などに起因していることが予想された。今後、より多くの種を用いた光環境・温度環境への適応を調べ、馬毛島沖の深所性紅藻生態系の特徴を明らかにしていく必要がある。

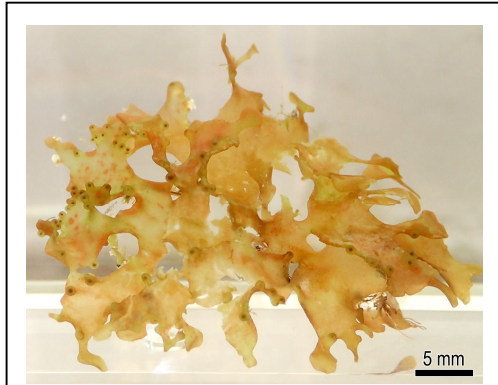


図2. 約50年ぶりに確認された紅藻シンカイヒメダルス

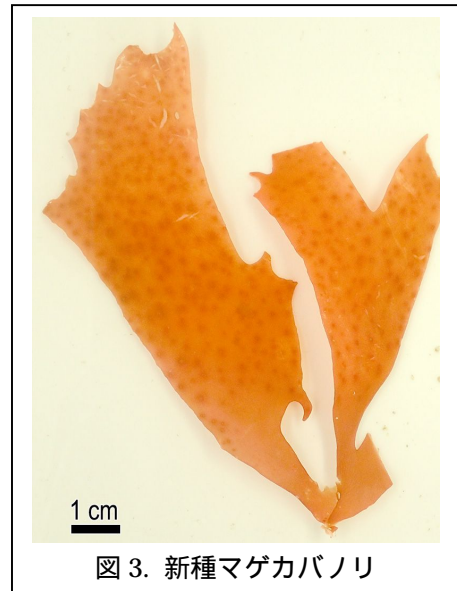


図3. 新種マゲカバノリ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzuki Masahiro, Terada Ryuta	4. 巻 60
2. 論文標題 Morpho-anatomical and molecular reassessments of <i>Rhodymenia prostrata</i> (Rhodymeniaceae, Rhodophyta) from Japan support the recognition of <i>Halopeltis tanakae</i> nom. nov.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 582 ~ 588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2021.1959743	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 Suzuki Masahiro, Kitayama Taiju	4. 巻 60
2. 論文標題 <i>Fredericqia</i> (Phylloporaceae, Rhodophyta) in the northwestern Pacific, with the description of <i>Fredericqia chiharae</i> sp. nov.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 210 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2021.1892399	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 Shirae-Kurabayashi Maki, Edzuka Tomoya, Suzuki Masahiro, Goshima Gohta	4. 巻 17
2. 論文標題 Cell tip growth underlies injury response of marine macroalgae	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0264827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0264827	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 Suzuki Masahiro, Terada Ryuta	4. 巻 60
2. 論文標題 A new flattened species of <i>Gracilariopsis</i> (Gracilariiales, Rhodophyta) from Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 158 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2021.1880755	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0件

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	寺田 竜太 (Terada Ryuta) (70336329)	鹿児島大学・大学院連合農学研究科・教授 (17701)	

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