

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06199

研究課題名（和文）サンゴ礁魚類の摂餌行動の多様性：サンゴ礁生態系の健全性との関連

研究課題名（英文）Diversity of foraging behavior of coral reef fishes: relevance to coral reef ecosystem soundness

研究代表者

名波 敦 (Atsushi, Nanami)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産技術研究所(長崎)・主任研究員

研究者番号：90372060

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：サンゴ魚類の摂餌行動と栄養状態に及ぼすサンゴ劣化の影響を検証した。また、サンゴの生存率と藻食魚類の関係を野外実験により検証した。サンゴ食魚類（チョウチョウウオ科）、藻食魚類（ブダイ科とアイゴ科）、デトリタス食魚類（ニザダイ科）を対象とし、食性別にサンゴ劣化の影響を検討した。サンゴを着生させた基盤を用いたケージ実験により、藻食魚類の摂餌行動とサンゴの生存率の関係を検証した。サンゴ群集の劣化に対する、魚類の摂餌行動へ及ぼす正、負、中立など種レベルの多様な応答を明らかにしたとともに、藻食魚類のもつサンゴ回復の影響を示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サンゴ群集の劣化に伴う魚類の応答は？この問いに対して、魚類の摂餌行動と栄養状態から解明を試みた。餌をとる場所、摂餌場所を探索する時間、魚体の栄養状態を魚種ごとに明らかにし、サンゴ群集の劣化に伴う魚類の応答について正しい理解を得ることの社会的な意義は大きい。サンゴ群集が劣化した後に、サンゴの回復の度合いが海域によって異なるのはなぜか？この問いに対して、「藻食魚類の摂餌行動によって海藻が除去されると、空き地にサンゴが加入しやすくなる」という仮説を検証した。サンゴ礁生態系の健全性維持に関わる藻食魚類の役割を検討することで、保全すべき魚種の選定に貢献することができる。

研究成果の概要（英文）：The present study examined the effects of coral community degradation on foraging behavior and body condition of coral reef fishes. The relationship between survival rate of coral and foraging behavior of herbivore fishes were also examined. The study targets were butterflyfishes (coral polyp feeder), parrotfishes (herbivore), rabbitfishes (herbivore) and surgeonfishes (herbivore and detritus feeder). Caging experiment using plates with coral juveniles was also conducted. The present study revealed diverse responses to foraging behavior and body condition of coral reef fishes by coral community degradation as well as the possibility that foraging behavior of herbivore fishes have positive effects on survival rates of corals.

研究分野：魚類生態学

キーワード：サンゴ礁魚類 造礁サンゴ サンゴポリプ食魚類 藻類食魚類 デトリタス食魚類 摂餌行動 生理特性

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁は生物の種多様性が著しく高い海域であり「生き物の楽園」と称される。この楽園を支えているのは造礁サンゴ(以下サンゴ)である。サンゴ群集が成育すると、そこに物理的に複雑な立体構造ができあがり、多種多様な生き物が生息できるようになる。

一方で、魚の摂餌生態も多様性に富んでおり、サンゴポリプ食魚類、藻食性魚類、デトリタス食魚類など様々である。また魚類の摂餌行動はサンゴ礁生態系の回復に貢献するという仮説がある。藻食魚類はサンゴ群集が劣化した場所に繁茂する海藻を食べるため、空き地にサンゴが加入しやすくなるという仮説である。

以上から、サンゴ群集の劣化と生物の摂餌行動を関連づけ、その影響を正しく評価・理解する必要がある。すなわち、サンゴ群集の劣化に対して、魚類の摂餌行動として正・負・中立など種レベルで多様な応答があると考えられる。また、藻食魚類の摂餌行動がサンゴ礁の生態系の回復に寄与している可能性を検証することも必要である。本研究では、魚類の摂餌行動の詳細を調べることで、サンゴ礁生態系のさらなる理解が促進されると考えられる。

2. 研究の目的

サンゴ群集の劣化に伴う魚類の応答は?この問いに対して、魚類の摂餌行動と栄養状態から解明を試みた。サンゴポリプ食魚類、藻食性魚類、デトリタス食魚類について、餌をとる場所・摂餌場所を探索する時間・魚体の栄養状態等を明らかにし、サンゴ群集の劣化に伴う魚類の応答について考察する。

サンゴ群集が劣化した後に、サンゴの回復の度合いが海域によって異なるのはなぜか?この問いに対して、「藻食魚類の摂餌行動によって海藻が除去されると、サンゴの成長や加入が促進される」という仮説をたて、野外実験および水槽実験により検証し、サンゴ礁生態系の健全性維持に関わる藻食魚類の役割を考察する。

3. 研究の方法

(1) 八重山諸島近海において、サンゴの生育が良好な海域と貧弱な海域を複数選び、調査地点とした。調査の対象魚種として、チョウチョウウオ科魚類(ミスジチョウチョウウオ、ミカドチョウチョウウオ)、ブダイ科魚類(ハゲブダイ)、アイゴ科魚類(ヒフキアイゴ、ヒメアイゴ)およびニザダイ科魚類(サザナミハギ、ゴマハギ)を選定した。調査対象種の個体をSCUBA潜水で探索し、見つけた際に5分間の目視観察あるいは防水カメラで動画撮影した。

撮影した動画について、5分あたりのついで回数および摂餌の時間間隔(ある場所をついで後に移動した後、別の場所をついでみを開始するまでの秒数)を計測した。また、ついで基質についても記録し、種および海域別に比較した。

ミスジチョウチョウウオ、ハゲブダイ、ヒフキアイゴ、ヒメアイゴ、ゴマハギ、サザナミハギについて、水中銃でサンプリングした後に研究室に持ち帰り、全長、体重、肝臓重量、胃内容物重量を測定した後、肥満度(体重÷全長³×10³)、肝重量指数(肝臓重量÷体重×100)、胃内容物重量指数(胃内容物重量÷体重×100:胃内容がみられた個体のみ)を算出し、サンゴの生育が良好な海域と貧弱な海域で比較した。

(2)「藻食魚類が海藻を除去した基質では、サンゴ群体の生育が促進される」という仮説を検証するため、野外実験を行なった。格子状の人工基盤を用いた予備実験(2019年に実施)の結果、「藻食魚類が海藻を除去する」行動に支障をきたす可能性があったことから、平坦な人工基盤を用いた野外実験を行なった。実験は2回(2020年と2021年)行なった。

2020年の実験:10cm×10cmの正方形の人工基盤18枚を用いた。人工基盤1枚あたり、枝状ミドリイシ科サンゴのサンゴ片を4本接着した。18枚の人工基盤は6枚ずつ3通りの実験区に振り分けた: ケージ群:人工基盤にケージ(1辺が42cmの立方体状:メッシュサイズ2cm×2cm)を掛け、人工基盤への魚類の接近を阻害させた。半ケージ群:人工基盤に、魚類の侵入が可能な入り口を設けたケージ(半ケージ)を掛けた。コントロール群:ケージおよび半ケージを設けない実験区とした。実験は2020年6月に開始し、同年の12月に終了した。開始時および終了時に人工基盤上のサンゴ片の長さを計測し、成長率を比較した。なお、台風によって破損した人工基盤は解析から除外した。また、終了時に死亡あるいは消失していたサンゴ片も解析から除外した。

2021年の実験:10cm×10cmの正方形の人工基盤30枚を用いた。実験デザインは2020年と同様で、ケージ群、半ケージ群、コントロール群として人工基盤を10枚ずつ割り当てた。実験は2021年6月に開始し、2022年2月に終了した。開始時および終了時に人工基盤上のサンゴ片の長さを計測し、成長率を比較した。台風による破損はなかったが、終了時に死亡あるいは消失していたサンゴ片は解析から除外した。

(3)「藻食魚類が海藻を除去した基質では、サンゴ幼生の着底が促進される」という仮説を

検証するため、水槽実験を行なった。10cm × 10 cm の人工基盤 14 枚のうち、7 枚にはあらかじめ野外で海藻を繁茂させ（海藻繁茂群）、残りの 7 枚には繁茂させなかった（コントロール群）。これを水槽に設置し、水槽内にウスエダミドリイシの幼生約 8000 個体を放流した。幼生投入後の 48 時間は海水を止水した。その後、人工基盤に着生したサンゴ幼生数を顕微鏡下で計測した。

4. 研究成果

(1) チョウチョウウオ科 2 種（ミスジチョウチョウウオとミカドチョウチョウウオ：いずれもサンゴポリプ食）の摂餌回数は、サンゴ良好海域で多く、摂餌の間隔時間は短かった。サンゴの成育が良好な海域では、摂餌に適するサンゴが多く、頻繁についばむことができるためと考えられた。サンゴ良好海域では、4 タイプのサンゴ（コリンボース状ミドリイシ、枝状サンゴ、被覆状サンゴ、塊状サンゴ）のポリプが主に摂餌されていたが、サンゴ貧弱海域では 2 タイプのサンゴ（被覆状サンゴ、塊状サンゴ）のポリプが主に摂餌されていた。サンゴの成育が良好な海域ほどサンゴの種多様性が高く、これに伴ってチョウチョウウオ科魚類のサンゴへの選択性が向上すると考えられた。魚体の肥満度および肝臓重量指数はサンゴ良好海域で高い傾向がみられたことから、サンゴ良好海域では十分な餌を確保できるため魚体のコンディションが向上していると考えられた。以上のことから、チョウチョウウオ科魚類にとっては、サンゴの成育が良好な海域であるほど、より多くの餌を獲得でき、生理活性も高まることから、サンゴ群集の劣化は負の影響を及ぼすと考えられた。

ブダイ科 1 種（ハゲブダイ、オス：藻食）の摂餌回数はサンゴ貧弱海域で多く、摂餌の間隔時間はサンゴ良好海域で長かった。一方で、ハゲブダイ（メス）の摂餌回数はサンゴ良好海域で多く、摂餌の間隔時間はサンゴ貧弱海域で長かった。ついでみ場所としては、岩を主についでみしており、死滅サンゴやサンゴ礫をついでみ行動もみられたが、生きたサンゴをついでみ行動はほとんどみられなかった。ハゲブダイ（オス）の魚体の肥満度、肝臓重量指数、胃内容物重量指数は、サンゴ貧弱海域で高い傾向がみられた。以上から、サンゴの成育が貧弱な海域であるほど、より多くの餌を獲得でき、魚体の生理活性が高まる可能性がある。しかし、オスとメスの違いについては、今後の詳細な検討が必要である。

アイゴ科 1 種（ヒフキアイゴ：藻食）の摂餌回数はサンゴ良好海域で多く、摂餌の間隔時間もサンゴ良好海域で長かった。ついでみ場所としては、サンゴ良好海域では死滅サンゴや生きたサンゴ（サンゴそのものではなくサンゴがつくる窪みに成育している海藻を摂餌していると思われる）がついでみ場所として利用された上、岩も摂餌場所として選ばれていた。一方で、2 種（ヒフキアイゴとヒメアイゴ）の肥満度、肝重量指数、胃内容物重量指数は、サンゴ良好海域と貧弱海域で明確な違いはみられなかった。以上のことから、アイゴ科魚類はサンゴの成育の良し悪しの影響をあまり強く受けることはなく、あらゆる環境で海藻を摂餌できることで生息数を保持できると考えられた。

ニザダイ科 2 種（ゴマハギ：藻食とサザナミハギ：デトリタス食）の摂餌回数はサンゴ良好海域で多く、摂餌の間隔時間は短かった。ついでみ場所としては、岩を主についでみしており、死滅サンゴをついでみ行動もみられたが、生きたサンゴをついでみ行動はみられなかった。肥満度、肝重量指数、胃内容物重量指数は、2 種ともにサンゴ貧弱海域で高い傾向がみられた。以上のことから、ニザダイ科魚類にとっては、サンゴの成育が貧弱な海域であるほど、より多くの餌を獲得できることから、サンゴ群集の劣化は正の影響を及ぼす可能性がある。

(2) 2020 年の野外実験では、6 ヶ月後の成長率はケージ群 $1.34\text{cm} \pm 0.62\text{SD}$ 、半ケージ群 $1.85\text{cm} \pm 0.52\text{SD}$ 、コントロール群 $1.75\text{cm} \pm 0.41\text{SD}$ であったが、有意差はいずれの群間でもみられなかった（Games-Howell test, $p > 0.05$ ）。2021 年の野外実験では、8 ヶ月後の成長率は、ケージ群 $1.93\text{cm} \pm 0.61\text{SD}$ 、半ケージ群 $2.28\text{cm} \pm 0.58\text{SD}$ 、コントロール群 $2.83\text{cm} \pm 0.78\text{SD}$ であり、有意差はすべての群間でみられた（Games-Howell test, $p < 0.05$ ）。

以上の結果により、藻食魚類によって海藻が除去されると、サンゴの成長率が上昇する可能性が示唆された。

(3) 水槽実験の結果、幼生着整数は、海藻繁茂群 $7.7 \text{ 個体} \pm 5.2\text{SD}$ 、コントロール群 $26.7 \pm 24.4\text{SD}$ であった。以上の結果により藻食魚類によって海藻が除去されると、サンゴの着生率が上昇する可能性が示唆された。

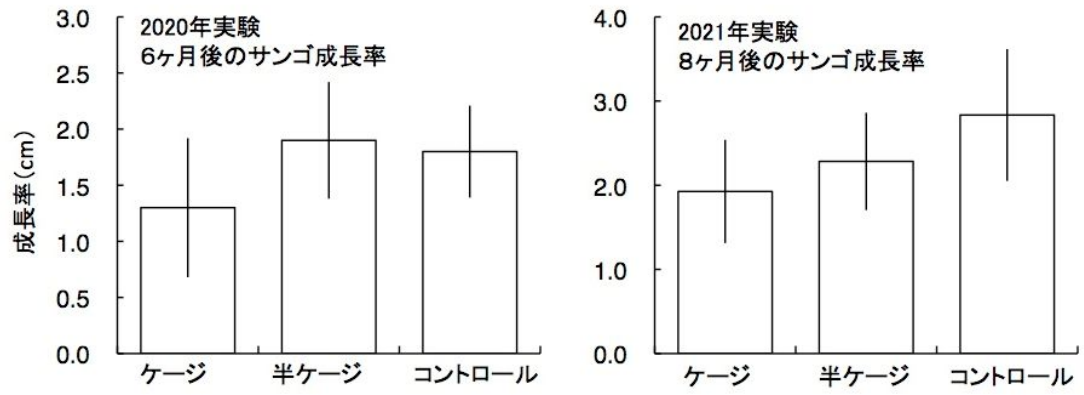


図1. 人工基盤を用いた野外実験で得られたサンゴ成長率と実験区の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Atsushi Nanami	4. 巻 e9666
2. 論文標題 Spatial distribution and feeding substrate of butterflyfishes (family Chaetodontidae) on an Okinawan coral reef 192 downloads	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 e9666
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7717/peerj.9666	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Atsushi Nanami
2. 発表標題 Foraging substrates of butterflyfishes (family Chaetodontidae): what types of corals are important?
3. 学会等名 SCESAP Biodiversity Symposium, Bogor, Indonesia（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

記事投げ込み：地球温暖化チョウチョウオオの食事情に打撃～好みのサンゴを特定することで判明～ https://www2.fra.go.jp/xq/seika/seika009/
--

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