

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07568

研究課題名(和文) サンゴ群集の大規模白化からの再生になわばり性藻食スズメダイが果たす役割

研究課題名(英文) Effects of herbivorous damselfish on recovery of the coral community disturbed by a mass bleaching event

研究代表者

畑 啓生 (Hata, Hiroki)

愛媛大学・理工学研究科(理学系)・准教授

研究者番号：00510512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：なわばりを持つ藻食性スズメダイ類は、サンゴ礁生態系において、底質の11～70%を占め、キーストーン種としての役割を持つ。地球温暖化による海水温の上昇で、世界中のサンゴ礁では大規模サンゴ白化が頻発している。サンゴの被度が減少し、変わって藻類が増加する中で、なわばりを持つ藻食性スズメダイ類は、なわばり内にサンゴと競合する藻類を繁茂させ、サンゴ礁の回復を妨げることが危惧される。本研究では、沖縄のサンゴ礁域で、スズメダイのなわばりを調査し、スズメダイがサンゴをついばんで、ハマサンゴ上になわばりを拡張する一方、頻繁になわばりを放棄し、なわばり内に着底したサンゴが模攪乱後の種集団となりうることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化による海水温の上昇で、世界中のサンゴ礁は頻発する大規模攪乱下にある。本研究は、大規模白化からのサンゴ群集の初期再生の過程にスズメダイのなわばりが果たす役割を明らかにすることを目的としている。本研究により、スズメダイのなわばり内が白化の影響を受けやすいサンゴ種の回復のための場所として機能している可能性が示唆された。一方で、2020年4月には、世界最大のサンゴ礁グレートバリアリーフにおいて、はじめて全域でサンゴ白化が確認され、日本のサンゴ礁でも夏季の白化が強く危惧される。今後、さらに度重なる攪乱と、そこからの回復の過程について追跡調査を行い、検証を進める必要性が示された。

研究成果の概要(英文)：Territorial damselfish, which occupy 11-70% of the coral reef substrate, serve as a keystone species. Due to the rise in seawater temperatures caused by global warming, mass coral bleaching event is frequently occurring on coral reefs around the world. As the coral cover is decreasing and algae are increasing, territorial damselfish grow turf algae that compete with corals and thereby may prevent coral reefs from recovering. In this study, we investigated territorial damselfish in Okinawa, Japan, and showed that damselfish bite corals and extended their territories on live corals, but frequently abandoned their territories. Territorial damselfish defend their territories so intensively that they provide a suitable substrate for coral recruits that serves as a seed population after large-scale disturbance.

研究分野：生態学

キーワード：サンゴ礁 地球温暖化 サンゴの大規模白化 種間競争 回復力

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景

2016年現在、第三次世界的サンゴ大規模白化の直中にあり、日本のサンゴ礁においても大規模白化が進行している(NOAA 2015, 図1)。サンゴの白化とは、高水温や水質悪化などのストレス



図1. 2016年9月、沖縄県でみられたサンゴの白化。(XL Catlin Seaview Survey)

によってサンゴが細胞内の共生藻類を放出することで、共生藻を失ったサンゴの組織が透明化して炭酸カルシウムの骨格が白く透けて見える。この状態が2~4週間続くとサンゴは死に至る。サンゴ礁はこの地球上で熱帯雨林と双壁をなす生物多様性が最も高い生態系で、世界中で毎年300億ドルを超える価値を生み、およそ5億の人々がその生産物に依存している。サンゴ類はその骨格によって他の生物の生息場所を作り出し、共生藻から受け渡された光合成産物の多くを粘液として水中に放出して多量の養分を供給している。そのためサンゴ類の死滅はサンゴ礁生態系の存立基盤を脅かす。世界の海洋

では、不可逆的に進行する地球温暖化により海水温が上昇を続けており、今後サンゴの大規模白化の頻発が危惧されるため(図2)、まずはサンゴ群集の再生メカニズムを知り、各地のサンゴ群集の復元力(レジリエンス)をより正確に評価する必要がある。普通サンゴの死滅後には藻類が繁茂するため、それを食べサンゴ着底の新たな基盤を拓く藻食魚の密度が復元力を向上させる(Hughes et al. 2003)。しかし藻食魚の中にはグレイザー(嚙り取り食者)のブダイ類やブラウザー(摘み取り食者)のニザダイ類等、様々な機能群が含まれ、それぞれサンゴ群集の回復に異なる役割を果たすことが明らかになってきた(Graham et al. 2015)。例えばグレイザーはサンゴと競争関係にある藻類を除去する一方、稚サンゴを食害しサンゴの新規加入を制限する。他方、なわばり性藻食者であるスズメダイ類は、各個体が一つ、摂餌の場となるなわばりを維持し、他の藻食者を追い払い、なわばり内に自らの餌となる糸状藻類を繁茂させる(Hata et al. 2002; Hata & Ceccarelli 2016)。これらのスズメダイのなわばりは、サンゴ礁の礁原において時に底質の70%を占めるほど優占し、さらにサンゴの大規模死滅直後に密度を増加させる(Sano 2004)。しかし、それらのサンゴ群集の再生や復元力に対する効果はほとんど研究されていない。申請者はこれまでの研究により、なわばり性スズメダイは、種によって粗放的から集約的に至る様々ななわばり管理戦略を持つことを示した(Hata & Kato 2004, 図3)。集約的なスズメダイは、

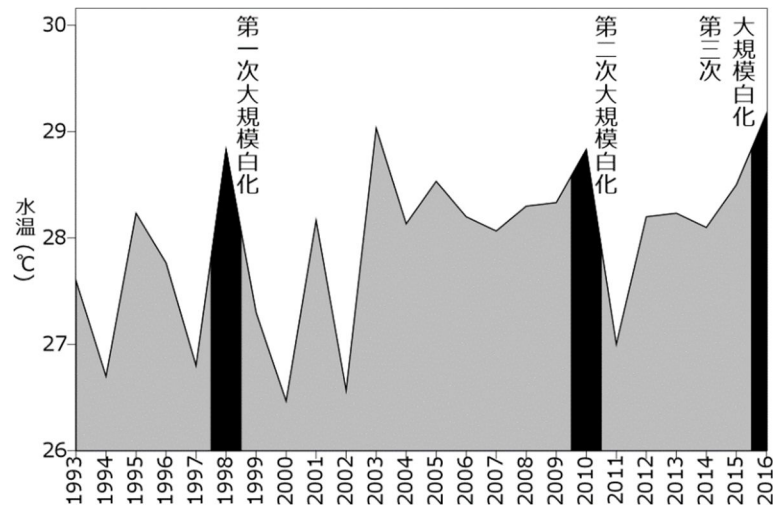


図2. 沖縄県本部半島の水深20mにおける夏期(7-9月)水温の年変動。上昇傾向にあり、特に水温が高い年にサンゴの大規模白化が生じている。

除藻を行い、サンゴとの競争関係において優位な大型藻類をなわばりから排除し、自らが消化できる微細な糸状藻類の単作藻園を維持する(Hata & Kato 2002; 2003; 2006; Hata et al. 2010)。

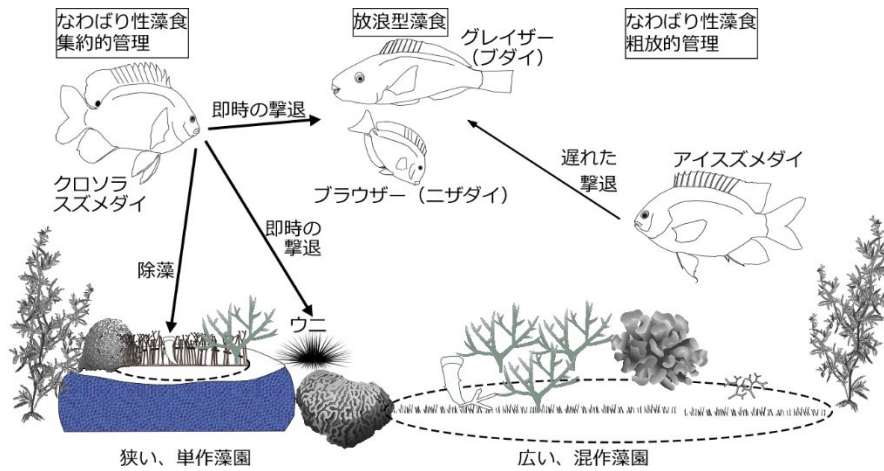


図3. スズメダイのなわばり内外のサンゴ群集と藻類群集。サンゴと藻類は競合関係にあり、藻食者は藻類を摂食し間接的にサンゴを利する。藻食スズメダイはなわばり管理様式が集約的か粗放的かで、そのなわばりを様々に条件付け、サンゴに多様な生息場所を提供する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、なわばり性スズメダイが、サンゴ群集の大規模白化からの再生の初期段階に果たす役割を明らかにすることである。なわばり性スズメダイの役割として以下4つが仮説として挙げられる。1) スズメダイは、なわばりを防衛することで大型藻類の繁茂を妨げ、またサンゴへの捕食圧を弱め、稚サンゴに着底や生育の場所を与えうる。2) スズメダイは種ごとに異なるなわばり管理を行うため、それらのなわばりは様々に条件付けられ、多様なサンゴ種の着底や生育の場となりうる。3) 大規模白化後に、特に強く影響を受けるサンゴ種に着底場所、生育場所を提供しうる。4) スズメダイのなわばりは、サンゴ礁におけるサンゴのソースとなりうる。本申請研究はこれらの仮説の検証を行った。

3. 研究の方法

沖縄のサンゴ礁域において、高密度で生息するなわばり性スズメダイ6種のなわばり内外のサンゴ群集を3年間追跡し、白化前のデータと比較して、大規模サンゴ白化の影響とそこからのサンゴ群集の再生を追跡した。またなわばり性スズメダイの密度の変化や、なわばりとする基質の選好性の変化、なわばり内外の藻類群集の変化を追跡する。スズメダイの行動を水中ビデオカメラで記録し、なわばり内や周縁のサンゴへの干渉、なわばりに侵入しようとするサンゴ食者、藻食者への応答を記録した。これらにより、スズメダイ6種のサンゴ大規模白化前後の動態を明らかにし、スズメダイ各種のなわばり内外におけるサンゴ群集の再生の過程がどのようなメカニズムで、どのように異なるのかを明らかにした。

4. 研究成果

申請者らが2015年4月より進めている沖縄での調査の結果、スズメダイ種ごとになわばり内に特異なサンゴ群集が成立していた(図4)。集約的なクロソラスズメダイでは、サンゴとの競争関係において優位な大型藻類が除藻され、特に大規模白化の際死亡率の高いミドリイシやハナヤサイサンゴ属がなわばり内に多かった。一方、粗放的なアイスズメダイでは、サンゴ被度がなわばり外より高くなり、なわばり外よりも種多様性の高いサンゴ群集が成立した。これらにより、スズメダイがなわばり内を多様に条件づけ、特に集約的な藻園管理をおこなうスズメダイは、サンゴ食者やグレイザーを追い払うことから、なわばり内はサンゴ幼生の着底や稚サンゴの生育の場として機能することがわかった。さらに、クロソラスズメダイのなわばりは、3年間の観察中に50%が放棄された。これにより、スズメダイのなわばり内に着底していた稚サンゴ群集は、多くが被食に耐えるサイズに成長しているため、スズメダイによる抑制が外れて、成長することが期待される。すなわち、スズメダイのなわばりは、大規模白化の後にサンゴの被度を回復させ、復元力にも寄与することが示唆された。

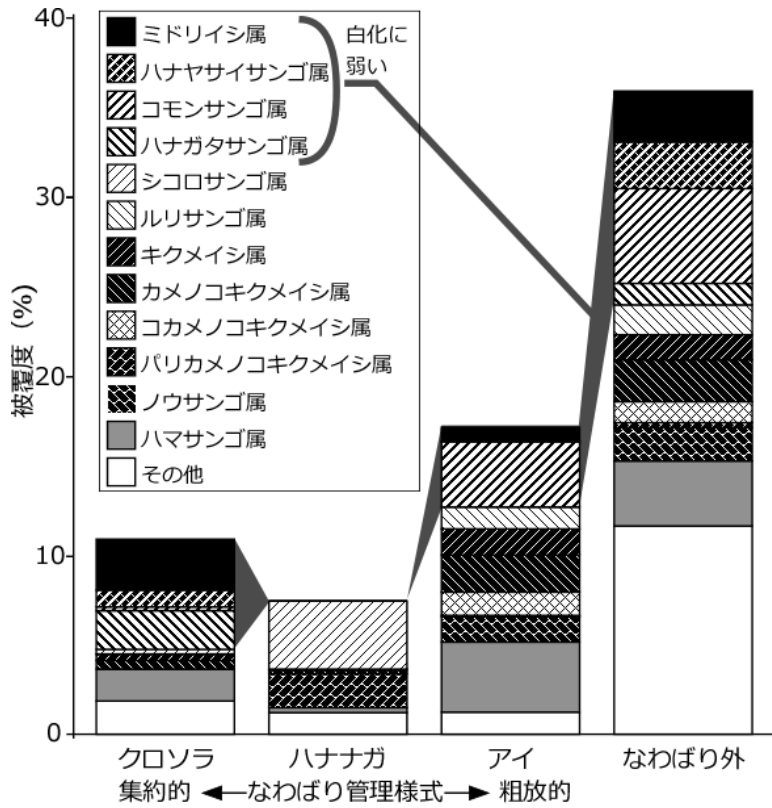


図4. 沖縄本島周辺のスズメダイのなわばり内となわばり外のサンゴ群集。被度はなわばり外で高いが、大規模白化の際死亡率の高いミドリイシ属やハナヤサイサンゴ属、コモンサンゴ属、ハナガタサンゴ属のサンゴがなわばり内に多い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Igawa Momoko, Hata Hiroki, Kato Makoto	4. 巻 12
2. 論文標題 Reciprocal Symbiont Sharing in the Lodging Mutualism between Walking Corals and Sipunculans	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0169825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0169825	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 桑原 明大、松葉 成生、井上 幹生、畑 啓生	4. 巻 22
2. 論文標題 愛媛県松山平野におけるイシガイ科貝類個体群の衰退	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 91 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/hozen.22.1_91	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 Kawanishi R., Kohya N., Sogabe A., Hata H.	4. 巻 72
2. 論文標題 A comparison of body condition of the yellowstriped butterflyfish <i>Labracoglossa argenteiventris</i> in relation to parasitism by the cymothoid isopod <i>Ceratothoa arimae</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Parasitology International	6. 最初と最後の頁 101932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.parint.2019.101932	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 HATA H, UEMURA Y, OUCHI K, MATSUBA H	4. 巻 14
2. 論文標題 Hybridization between an endangered freshwater fish and an introduced congeneric species and consequent genetic introgression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0212452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0212452	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 Takeuchi Y , Hata H , Maruyama A , Yamada T , Nishikawa T , Fukui M , Zatha R , Rusuwa B , Oda Y	4. 巻 222
2. 論文標題 Specialized movement and laterality of fin-biting behaviour in <i>Genyochromis mento</i> in Lake Malawi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of experimental biology	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.191676	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 Kawanishi R , Kohya N , Sogabe A , Hata H.	4. 巻 72
2. 論文標題 A comparison of body condition of the yellowstriped butterflyfish <i>Labracoglossa argenteiventris</i> in relation to parasitism by the cymothoid isopod <i>Ceratothoa arimae</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Parasitology International	6. 最初と最後の頁 101932 ~ 101932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.parint.2019.101932	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 Takeuchi Yuichi, Hata Hiroki, Maruyama Atsushi, Yamada Takuto, Nishikawa Takuma, Fukui Makiko, Zatha Richard, Rusuwa Bosco, Oda Yoichi	4. 巻 222
2. 論文標題 Specialized movement and laterality of fin-biting behaviour in <i>Genyochromis mento</i> in Lake Malawi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb191676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.191676	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 Hata Hiroki, Uemura Yohsuke, Ouchi Kaito, Matsuba Hideki	4. 巻 14
2. 論文標題 Hybridization between an endangered freshwater fish and an introduced congeneric species and consequent genetic introgression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0212452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0212452	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 Uemura Yohsuke, Yoshimi Shotaro, Hata Hiroki	4. 巻 13
2. 論文標題 Hybridization between two bitterling fish species in their sympatric range and a river where one species is native and the other is introduced	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0203423
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0203423	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 平林 勲、畑啓生	4. 巻 60
2. 論文標題 高緯度サンゴ群集域におけるコジリサンゴガニ属2種の記録	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 南紀生物	6. 最初と最後の頁 42-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 吉見 翔太郎、井上 幹生、畑 啓生	4. 巻 23
2. 論文標題 愛媛県松山平野における湧水性水域へのマツカサガイの試験的導入	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 99-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/hozen.23.1_99	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 Hata Hiroki, Sogabe Atsushi, Tada Shinya, Nishimoto Ryohei, Nakano Reina, Kohya Nobuhiko, Takeshima Hirohiko, Kawanishi Ryota	4. 巻 164
2. 論文標題 Molecular phylogeny of obligate fish parasites of the family Cymothoidae (Isopoda, Crustacea): evolution of the attachment mode to host fish and the habitat shift from saline water to freshwater	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-017-3138-5	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 Hori Michio, Nakajima Mifuyu, Hata Hiroki, Yasugi Masaki, Takahashi Satoshi, Nakae Masanori, Yamaoka Kosaku, Kohda Masanori, Kitamura Jyun-ichi, Maehata Masayoshi, Tanaka Hirokazu, Okada Norihiro, Takeuchi Yuichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Laterality is Universal Among Fishes but Increasingly Cryptic Among Derived Groups	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 267-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2108/zs160196	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 吉見翔太郎、井上幹生、畑啓生	4. 巻 23
2. 論文標題 愛媛県松山平野における湧水性水域へのマツカサガイの試験的導入	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 99-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/hozen.23.1_99	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 Ochi Haruki, Awata Satoshi, Hata Hiroki, Kohda Masanori	4. 巻 791
2. 論文標題 A Tanganyikan cichlid <i>Neolamprologus mustax</i> selectively exploits territories of another cichlid <i>Variabilichromis moorii</i> due to its inter-individual variation in aggression	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Hydrobiologia	6. 最初と最後の頁 103-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10750-016-2822-7	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 Tada Shinya, Hori Michio, Yamaoka Kosaku, Hata Hiroki	4. 巻 791
2. 論文標題 Diversification of functional morphology in herbivorous cichlids (Perciformes: Cichlidae) of the tribe Tropheini in Lake Tanganyika	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Hydrobiologia	6. 最初と最後の頁 83-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10750-016-2761-3	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 畑 啓生
2. 発表標題 タンガニイカ湖における藻食魚類の機能形態にみられる多様化と局所適応
3. 学会等名 日本生態学会 第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植村 洋亮, 大内 魁人, 松葉 成生, 畑 啓生
2. 発表標題 コイ目タナゴ亜科における希少在来種と人為移入種との交雑と引き起こされた遺伝子浸透
3. 学会等名 日本生態学会 第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 貫太, 三町 壮大, 植村 洋亮, 井上 幹生, 畑 啓生
2. 発表標題 四国西部・瀬戸内海沿岸河川におけるニホンウナギの分布
3. 学会等名 日本生態学会 第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植村洋亮, 畑啓生
2. 発表標題 自然共存域と人為移入由来地域におけるタナゴ亜科2種の交雑
3. 学会等名 日本魚類学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西川巧馬, 丸山敦, 畑啓生, Richard Zatha, Bosco Rusuwa, 小田洋一, 竹内勇一
2. 発表標題 魚食・鱗食・ヒレ食のシクリッド3種における口部形態の左右差の比較
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内勇一, 畑啓生, 丸山敦, 山田拓人, 西川巧馬, Zatha Richard, Rusuwa Bosco, 小田洋一
2. 発表標題 マラウィ湖産ヒレ食シクリッドの捕食行動の左右性
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Hata, Atsushi Sogabe, Ryota Kawanishi, Hirohiko Takeshima
2. 発表標題 Molecular phylogeny of obligate fish parasites of the family Cymothoidae(Isopoda, Crustacea)
3. 学会等名 10th Indo-Pacific Fish Conference
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高野 翔太, 畑 啓生
2. 発表標題 沖縄県におけるなわばり性藻食スズメダイがサンゴと藻類群落との競争に与える影響
3. 学会等名 中国四国地区生物系三学会合同大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 一般社団法人日本魚類学会	4. 発行年 2018年
2. 出版社 丸善出	5. 総ページ数 704
3. 書名 魚類学の百科事典	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----