

令和 2 年 4 月 26 日現在

機関番号：32649

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07890

研究課題名（和文）マイクロプラスチックが褐虫藻と宿主の共生関係に与える影響

研究課題名（英文）The effect of micro plastic on symbiosis between corals and Symbiodinium

研究代表者

大久保 奈弥 (Okubo, Nami)

東京経済大学・全学共通教育センター・准教授

研究者番号：50401576

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：海洋生態系において重要な役割を担うサンゴと褐虫藻の共生関係がマイクロプラスチックにより阻害されることを、サンゴとそのモデル生物であるイソギンチャクを用いた実験により世界で初めて発見しました。多くのサンゴにとって、褐虫藻が体の中に共生することは生き残るための必須条件です。マイクロプラスチックが海洋生物の相互関係（共生）を阻害するという知見はこれまでになく、世界中で危機に瀕するサンゴへの被害や、また、海洋で共生関係を維持するその他の生物への影響も懸念されます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋生態系において重要な役割を担うサンゴと褐虫藻の共生関係がマイクロプラスチックにより阻害されることを、サンゴとそのモデル生物であるイソギンチャクを用いた実験により世界で初めて発見しました。多くのサンゴにとって、褐虫藻が体の中に共生することは生き残るための必須条件です。マイクロプラスチックが海洋生物の相互関係（共生）を阻害するという知見はこれまでになく、世界中で危機に瀕するサンゴへの被害や、また、海洋で共生関係を維持するその他の生物への影響も懸念されます。

研究成果の概要（英文）：We found in both the aposymbiotic sea-anemone *Aiptasia* sp. and the coral *Favites chinensis* that the infectivity of symbiotic algae into the host is severely suppressed by microspheres fed either directly or indirectly through microsphere-fed *Artemia* sp. Similar trends were seen when microplastics collected from commercial facewash were used instead of microspheres. Therefore, ongoing accumulation of microplastics in the ocean might disturb the healthy anthozoan-algae symbiotic relationships, which are cornerstones of the biologically enriched coral reef ecosystem.

研究分野：海洋生物学

キーワード：サンゴ イソギンチャク マイクロプラスチック

1. 研究開始当初の背景

近年、マイクロプラスチックが海に棲む生き物に与える影響について、海鳥や二枚貝、干潟の環形動物などで調査されている(高田らによる総説 2015)。海外では、プランクトンや貝類で蛍光ポリスチレンビーズを用いた曝露実験がいくつか行われており、一昨年ようやく、プランクトンの捕食者と非捕食者間で蛍光ビーズが移動したことが解った(Setälä et al. 2014)。しかし、いずれの実験でも、プラスチックが食道につまることによる栄養摂取障害や、プラスチックが毒性物質をまといベクターの役目をするといった、予想範囲内の結果である。また、生体内にプラスチックを取り込ませた後、すぐにホルマリン固定・観察してしまい、組織に粒子が溜まった後どう処理されるのか、長期に渡った観察はなぜか行われていない。

2. 研究の目的

そのような折、申請者がイソギンチャクと褐虫藻の共生関係を調べるために行った実験から、2つのことが明らかになった。まず1つ目は、蛍光マイクロビーズをイソギンチャクに摂取させると、隔膜(腸にあたる部位)に取り込み、触手を始め体内全体にプラスチックを行き渡らせ(図1)、数日後には、プラスチックを吐き出すということだ(大久保 未発表 研究費2,3)。このことは、海洋に漂うプラスチックが、例えば生物に取り込まれた後、生物濃縮されて海底に沈み、または、生物堆積により埋もれることがなく、永遠と海に漂い続けるということを意味する。海洋に漂うプラスチックは毒物を吸着することが知られているが(Endo et al. 2005)、体内に取り込んだプラスチックから毒物だけが生体内へ残留し、プラスチックだけが放出され、そして、再度プラスチックが毒物を吸着し、再度生物に取り込まれるという、プラスチック循環の負のサイクルが出来上がっているということが示唆されたのそして2つ目に、実験に用いたセイタカイソギンチャクが、褐虫藻という植物プランクトンを体内に共生させる生き物であることから偶然分かったことだが、共生藻の量が多いイソギンチャクにはプラスチックが取り込まれにくく、少ないものには取り込まれやすい可能性が示唆された。逆に言うと、体内にプラスチックが数多く入ってしまうと、共生藻が新たに体内へ入りづらく、共生関係に問題を引き起こす可能性があるということだ(大久保 未発表 研究費1)。これはおそらく、褐虫藻が入るべきスペースにマイクロプラスチックが入り込むことに起因するのだろうと考えている。

褐虫藻と共生する海洋生物は数多く、私が長年に渡って専門とするサンゴ(業績1-21)もそのひとつである。ヒトが生息しないオーストラリアの奥地では、温暖化や酸性化といったストレスがかかってもサンゴが健康に生息しやすいことから、人間による様々な海洋汚染がサンゴの弱体化を招いている可能性は高い。もし、上記のイソギンチャクの結果がサンゴにも当てはまれば、サンゴと褐虫藻の共生関係を妨げる原因の1つを明らかにすることが出来る。

3. 研究の方法

褐虫藻と海洋生物の共生関係にマイクロプラスチックがどのような影響を与えるのか、サンゴの初期ポリプとイソギンチャクを採取して、①マイクロプラスチックが生体内のどの組織に移動するのか、②プラスチックの大きさによる褐虫藻の共生密度に違いがあるのか、③実際の商品から取り出したマイクロプラスチックでも影響が見られるのか、④食物網の中で高次栄養段階へと移動するのか、以上の4点について明らかにした。

4. 研究成果

材料 ・サンゴとそのモデル生物であるイソギンチャク
・商品から取り出したマイクロプラスチックとそれに類似した蛍光マイクロビーズ

結果

◆ マイクロビーズは食物連鎖を通して生物から生物へと移動する

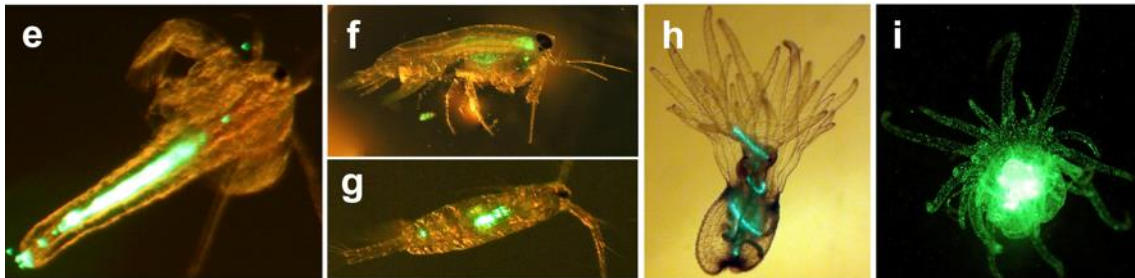


Fig. 1. Okubo et al. 2018, Marine Pollution Bulletin

マイクロビーズ（蛍光緑）を食べた動物プランクトン（e-f）をイソギンチャクが捕食すると（h）、イソギンチャクの体中に拡散し、細胞内に入り込む（i）

- ◆ 小さなサイズのマイクロビーズほど細胞内に入り込みやすく、かつ一旦細胞内に入ると 排出されにくい

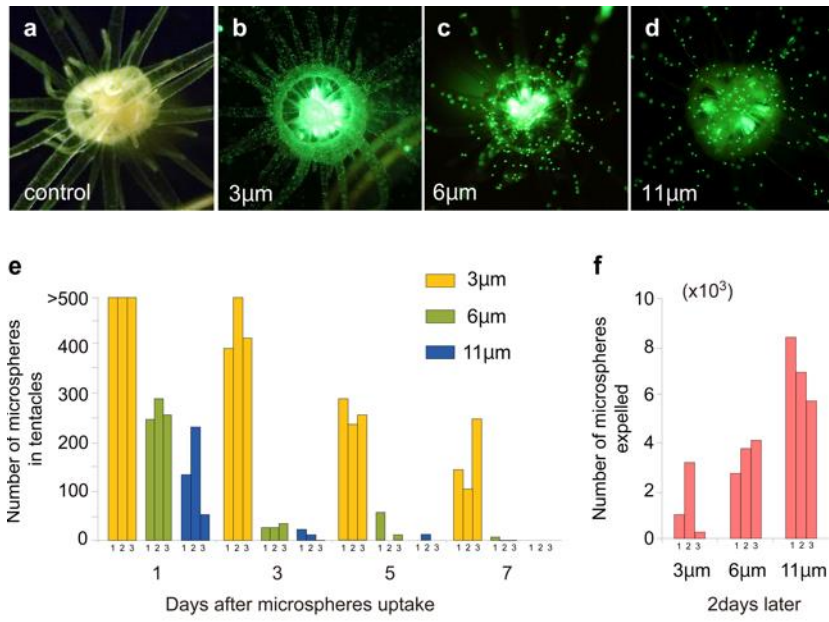


Fig. 2. Okubo et al. 2018, Marine Pollution Bulletin

3, 6, 11 μmの蛍光マイクロビーズをイソギンチャクに食べさせると (b-d)、小さなサイズのマイクロビーズほど細胞内に入りやすく (e)、また、細胞内から排出されにくかった (f)

- ◆ マイクロビーズがサンゴやイソギンチャクの細胞内に入り込むと褐虫藻が共生しにくい

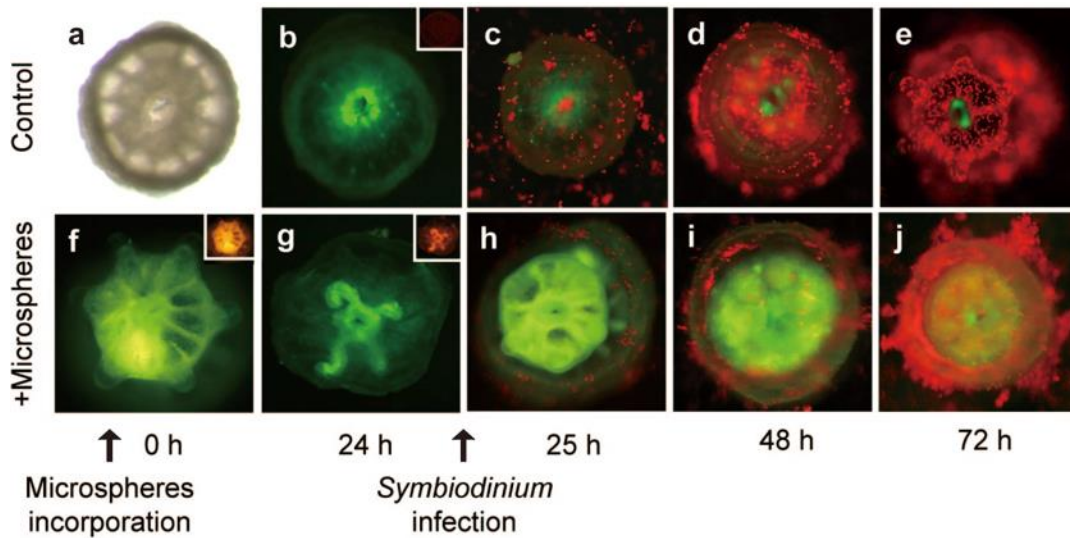


Fig. 4. Okubo et al. 2018, Marine Pollution Bulletin

マイクロビーズを取り込んだサンゴ (+Microspheres, f-j) は取り込んでいないサンゴ (Control, a-e) に比べて褐虫藻 (蛍光赤) が共生しにくい

- ◆ 市販の洗顔料からマイクロプラスチックを取り出し、イソギンチャクに食べさせたところ、マイクロビーズと同様に褐虫藻との共生が阻害される

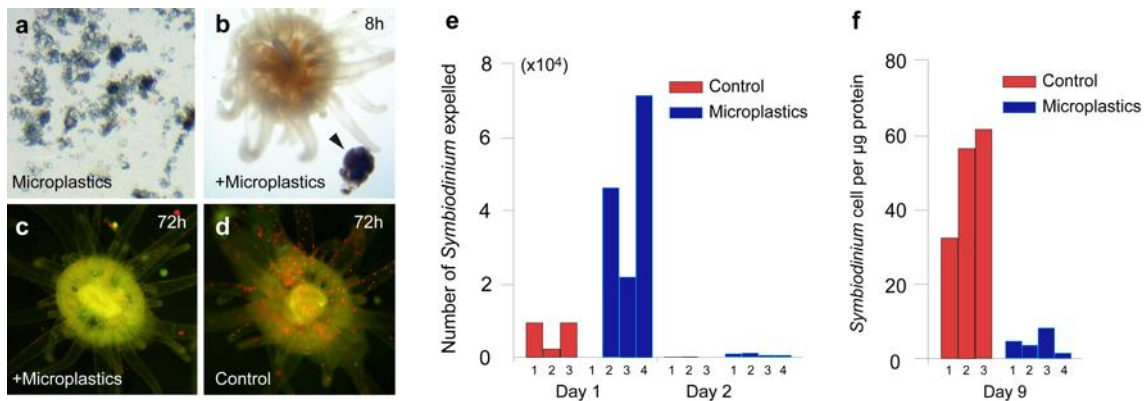


Fig. 5. Okubo et al. 2018, Marine Pollution Bulletin

結論

- ◆ マイクロプラスチックはサンゴやイソギンチャクと褐虫藻の共生関係を阻害する

考察

自然界において、サンゴが卵から育って幼体になり褐虫藻を取り込む際、また、高水温でサンゴが白化した後に再度褐虫藻を取り込む際に、マイクロプラスチックが褐虫藻の代わりに細胞内へ入り込むと、褐虫藻が取り込みづらくなる可能性がある。そして、褐虫藻からの栄養に多くを依存しているサンゴの生存や成長に害を及ぼす恐れも考えられます。

日本は世界の中で最も海洋生態系を破壊している国のひとつです。日本におけるサンゴとサンゴ礁生態系の減少は温暖化だけが原因ではなく、埋め立てや水質汚染などの人為的な攪乱が大きな影響を及ぼしています。サンゴ礁生態系はサンゴの再生事業によって復元することは難しく、我々人間を含めた様々な生き物の生活を守るためには、今あるサンゴ礁生態系を大切に保護する必要があります。今後、サンゴに悪影響があると思われる根本的な原因を解決し、日本が有する貴重なサンゴ礁生態系がこれ以上破壊されないよう、政府・地方自治体・各企業の皆様方には、プラスチックの使用制限などの対策をより早く進めて頂きたいと思います。また、本研究は、サンゴと褐虫藻の共生関係という基礎生物学的研究を行っていた際に偶然発見したもので、科学における基礎研究の重要性を示した一例です。基礎研究が軽視される昨今ですが、基礎研究がなければ科学の発展はありません。様々な生き物の生活史や生体内機能の解明といった基礎生物学的研究へのさらなるご支援を宜しくお願い申し上げます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Okubo Nami、Takahashi Shunichi、Nakano Yoshikatsu	4. 巻 135
2. 論文標題 Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 83～89
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.016	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 Biquand Elise、Okubo Nami、Aihara Yusuke、Rolland Vivien、Hayward David C、Hatta Masayuki、Minagawa Jun、Maruyama Tadashi、Takahashi Shunichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Acceptable symbiont cell size differs among cnidarian species and may limit symbiont diversity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The ISME Journal	6. 最初と最後の頁 1702～1712
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/ismej.2017.17	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 新正裕尚*、榎基宏、大久保奈弥、阿部弘樹	4. 巻 21
2. 論文標題 サイエンスカフェ・サイエンスツアーを組み合わせた社会科学系学部生への正課外自然科学教育実践	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 科学技術コミュニケーション	6. 最初と最後の頁 79-87
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大久保 奈弥、田所 悟、松永 敬、柳 研介	4. 巻 2019
2. 論文標題 神奈川県逗子市小坪大崎で確認された最北限の サンゴイソギンチャク個体群	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 神奈川自然誌資料	6. 最初と最後の頁 25～28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.32225/nkpmnh.2019.40_25	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 OKUBO Nami、ONO Hirotake、KURAIISHI Ritsu	4. 巻 28
2. 論文標題 Environmental Education for Conservation of Corals and Coral Reefs Using Roll Playing Style Lab Reports	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Environmental Education	6. 最初と最後の頁 3_77 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5647/jsoee.28.3_77	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3件(うち招待講演 2件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 大久保奈弥・高橋俊一・中野義勝
2. 発表標題 マイクロプラスチックはサンゴと褐虫藻の共生関係を阻害する
3. 学会等名 ベントス学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大久保奈弥
2. 発表標題 マイクロプラスチックはサンゴと褐虫藻の共生関係を阻害する
3. 学会等名 付着生物学会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nami Okubo
2. 発表標題 Restructuring the Traditional Suborders in the Order Scleractinia Based on Embryogenetic Morphological Characteristics
3. 学会等名 ICIM4(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 M. Omori, A. Onuma*, N. Okubo	4. 発行年 2017年
2. 出版社 UNEP and Edward Elgar Publishing House, UK	5. 総ページ数 624
3. 書名 Handbook on the Economics and Management of Sustainable Oceans	

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