

[25]全国共同利用研究成果報告

<https://doi.org/10.15017/4843908>

出版情報：全国共同利用研究成果報告. 25, 2022-03. Research Institute for Applied Mechanics,
Kyushu University

バージョン：

権利関係：



特定研究1【国際】

海洋マイクロプラスチック研究に関わる国際連携体制の構築

Establishment of International Corroboration Regime Regarding Ocean Microplastics

統括責任者：磯辺 篤彦（地球環境力学分野）

マイクロプラスチックの海洋動態に関する研究について、欧米や東アジア、あるいは東南アジアの研究者との密な国際連携体制を構築します。研究者の招聘や研究集会の開催のみならず、現地調査等の支援を応用力学研究所が主導することで、世界の海洋プラスチック汚染研究をリードする研究機関として地位を築きます。

2021 S1-1 ドローンと機械学習を用いた海岸漂着ごみ定量化手法の構築

研究代表者： Voranop VIYAKARN (タイ王国/チュラロンコーン大学)

協力者：加古真一郎(鹿児島大学大学院理工学研究科)・日高 弥子臨時研究補助員(国立研究開発法人海洋研究開発機構)・松岡 大祐副主任研究員((国立研究開発法人海洋研究開発機構)

研究の背景

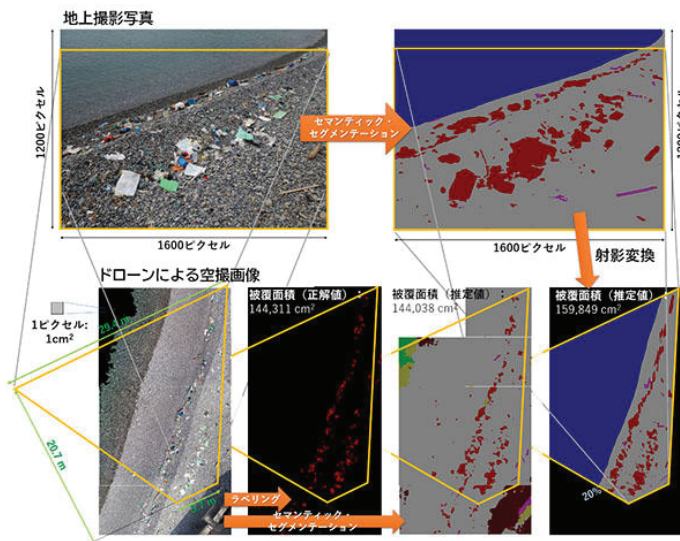
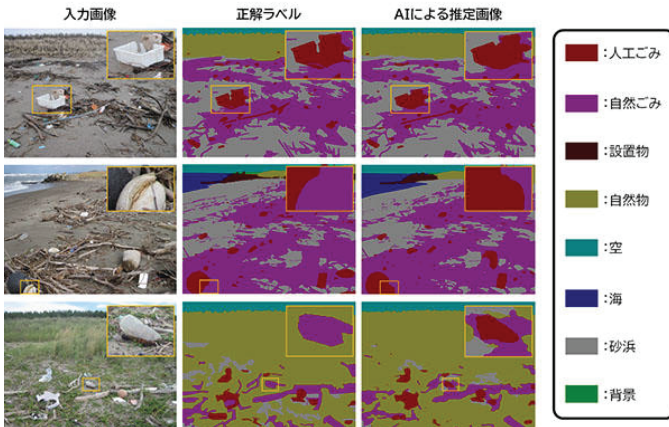
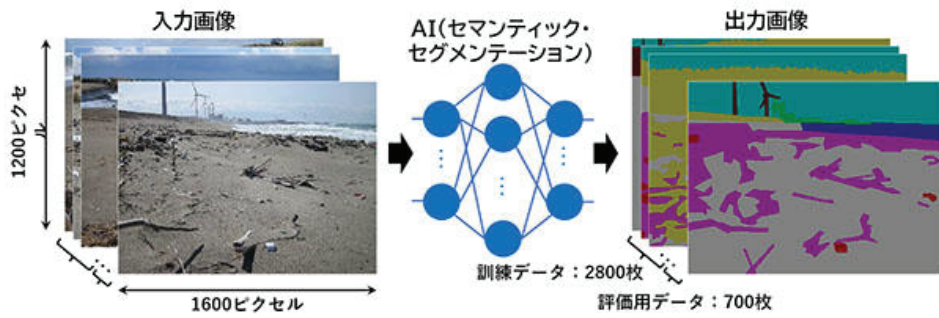
近年、国内または周辺国から大量のごみが海岸に漂着し、大きな社会問題となっています。特に海岸漂着ごみの7割を占めるプラスチックごみは、波や紫外線等の影響を受けて細かく砕け、マイクロプラスチックとして海洋に流出し、海洋生態系を脅かす一因となっています。また、各自治体においても、海岸機能や景観の維持を目的として、漂着ごみの回収や処理等、様々な対策を行っています。これまでは、海岸における漂着ごみの実態を把握し、海洋環境に与える影響を評価するため、研究者や自治体、NPO等によって人手による海岸漂着ごみの現存量調査が行われてきました。しかし、人手に頼った調査は、経済的な負荷や人的または時間的な制約により、範囲や頻度における制限が大きく、また、精度の面でも限界がありました。近年では、ドローンや人工衛星を用いた客観的な現存量調査の例が報告されていますが、求められる技術レベルやモニタリングにかかるコスト、適用可能な範囲等において課題があり、より汎用的かつ実用的な技術の確立が求められていました。

一方で近年のAI技術の発展は目覚ましく、特にカメラ等で撮影された写真や映像の理解や解析において、大きな威力を発揮しています。例えば、自動運転や医療診断、工場生産の自動化等において実用化されている他、気象学や海洋学、生物学等、自然科学分野の研究においても活用が進んでいます。そこで本研究チームは、AIを用いた画像解析を、デジタルカメラ等で簡易的に撮影された海岸の写真に適用することにより、汎用性と実用性に優れた海岸漂着ごみの定量化を実現しようと、研究に着手しました。

【成果】

本研究では、セマンティック・セグメンテーションと呼ばれるディープラーニング手法を用い、海岸の写真からピクセル単位で漂着ごみを検出する技術を開発しました。セマンティック・セグメンテーションでは、入力された写真に対して、各ピクセルが表すクラス(人工ごみ、自然ごみ、砂浜、海、空等)を出力します。ここで各クラスに特有のパターン(色や模様、形状等)を学習するためには、海岸の写真と、ピクセル単位でクラス毎に塗り分けられた正解ラベルのセットが必要となります。本研究では、山形県庄内総合支庁から提供を受けた海岸清潔度モニタリング写真3500枚に対して正解ラベルを作成し、訓練および評価用データとしました。(※下記3枚の画像に使用している写真も山形県よりご提供いただいたものです。)入力画像、正解ラベルおよびAIによる推定画像の例プラスチック製品や瓶・缶、漁具等の人工ごみと、流木や灌木等の自然ごみをそれぞれ検出することも可能です。セマンティック・セグメンテーションと射影変換による人工ごみの被覆面積推定結果海岸漂着ごみ検出後の画像を真上から撮影した構図に射影変換することにより、海岸全体のごみの被覆面積が推定可能であることを示しました。この手法の精度は、ドローンによる空撮から得られた正解値との比較によって検証されています。

今後、さらに海岸漂着ごみの体積の推定や、プラスチックごみの個数のカウント等にも発展させる予定です。



セマンティック・セグメンテーションを用いた、海岸の写真からの海ごみ検出のイメージ図

【今後の展望】

本研究によって開発された技術は汎用性が高く、訓練データとして用いた山形県の海岸以外の海岸に対してもある程度適用可能であることがわかりました。研究の過程で作成した学習用データセットを公開することで、誰もが自分の目的に合ったAIを開発することに活用できるようになります。現在、本論文の出版および学習用データセットの公開に合わせて、データの詳細を記述したデータ論文の出版に向けて準備を進めているところです。

一方でAIには、学習に用いていない特徴をもつパターンの検出精度は低下するという問題もあります。本手法が、より汎用性の高い手法として全世界で活用されるようになるためには、世界中のさまざまな特徴の海岸またはごみの写真を撮影し、そこからAI用の学習データを作成し、チューニングを施

す必要があります。

ここでキーワードとなるのが市民科学です。市民科学は、科学研究のプロセスにおいてアマチュア科学者が部分的または全面的に関与したものを指します。さまざまな地域に住む小中学生や自治体、または NPO の方々が、モニタリング調査や SNS 等を通じたデータ収集、学習用データの作成、または AI の活用方法の検討等、さまざまな形で研究活動に参加することで、今後、各地域に特化した AI 技術に進化していくことが期待できます。

掲載誌 Marine Pollution Bulletin **【DOI】** 10.1016/j.marpolbul.2022.113371

タイにおけるプラスチックマテリアルフロー分析

中央大学経済学部 佐々木創

背景および目的

タイにおいては、2019年4月にタイの内閣は「プラスチック廃棄物管理ロードマップ」を承認した。このロードマップの目的は、2027年まで海洋プラスチック 50%削減とし、それを達成する数値目標として品目ごとの削減目標率と廃プラのリサイクル目標率が設定されている。この中で、2022年までにレジ袋の使用禁止が記載されていた。しかし大手流通事業者は、2020年年始からレジ袋の無料配布を停止することを天然資源環境省と合意し、2020年始から実際に75の大手流通事業者が配布を取りやめた。

順調なスタートを切った大手流通事業者によるレジ袋の無料配布であるが、タイにおいてもCovid-19の感染を防止するため、2020年3月26日に非常事態宣言の発令により、いわゆるロックダウンの措置が実施され生活様式が一変する。特に、タイは外食・中食文化であるがレストランや屋台では食事が出来なくなったためフードデリバリーが急増している。この急増するプラスチックの代替素材としてバイオプラスチックが注目され、それを促進するための政策であるバイオ・サーキュラー・グリーン (BCG) 経済を国家戦略モデルに据えるとプラユット首相は2021年1月に表明している。

本研究では、タイにおけるプラスチックマテリアルフローに影響を与えるバイオマスプラスチックの生産動向や関連政策動向についてタイ語の1次文献を収集し、バイオマスプラスチック関連する各種報道や関連データなど整理・分析することを主目的とした。

研究の方法

まず、共同研究の実績がある Sujitra 講師や、SATREPS でカウンターパートとなる Manit 准教授の協力でタイ語文献の1次資料を収集した上で、リサイクル関連の専門翻訳において定評のある T.K. Wise Group 社に関連情報を補完し調査を委託した。本研究で翻訳した文献は以下の通りである。

1. OIE Share: Issue no, 109, April 2021 (Bioplastics, an innovation for environment and its industry in Thailand)
2. Plastics Institute of Thailand
3. BOI-Bioplastics Article 2017
4. PR News from the Ministry of Industry's website (25/08/21)

また、2の文献を発行している Plastics Institute of Thailand が会員向けに提供しているバージョン・プラスチック原料の生産や価格などの市場動向のデータベースのアクセス権も得た。

結果および考察

タイは米、キャッサバ、サトウキビ、油やしなど多くの農産品の主要な生産国であり、豊富なバイオマス資源の4,000万トンが未使用であり利用可能であることに優位性がある。タイ石油研究所では図1の右上に分類されるPLA (ポリ乳酸) とPBS (ポリブチレンサクシネート) を合算して9.5万トンを生産するポテンシャルがあると推計している¹。

タイ・プラスチック研究所と産業経済局 (OIE) によって運営されているデータベースによると、

¹ https://image.mfa.go.th/mfa/0/YLjhuT4Hho/03_-_BOI.pdf

2020年にはタイにバイオプラスチックのメーカーは20社となっている。一般的なプラスチック製品メーカーの数は2,000社を超えており、まだ市場は萌芽段階といえる²。

また、製品需要も国内市場では低く、その製造コストが一般的なプラスチック生産よりも3~5倍高いため製品の大半は輸出され、タイは2020年に世界第3位のバイオプラスチック樹脂の輸出国になっている。バイオプラスチック樹脂の輸出量は、2018年から急拡大しており、2020年で4.2万トン、2021年10月時点で6.3万トン（輸出総額40億バーツ）である（図1）。

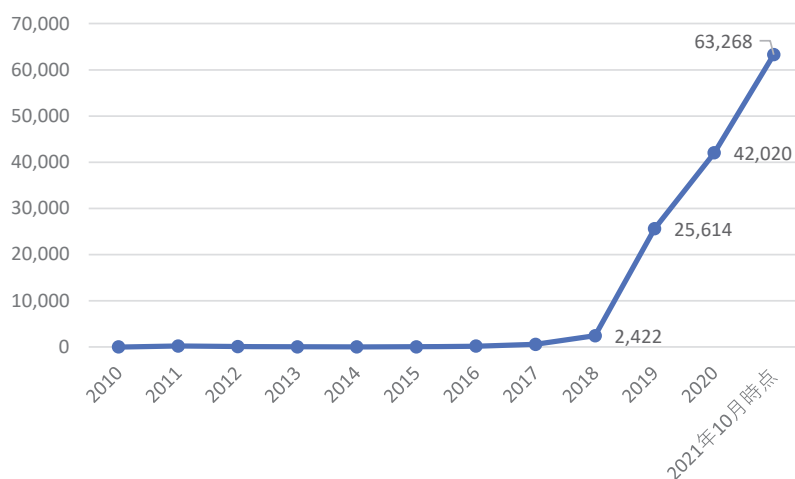


図1 バイオプラスチック樹脂の輸出量(単位:トン)

タイのプラスチック樹脂の利用量のうち容器包装の実需は2020年で230万トンであった³。他方で、タイ国内でのバイオプラスチック樹脂の生産統計は多く見積もっても20万トン程度であり、容器包装の実需の最大でも1割程度しかバイオプラスチックに代替できない。したがって、タイにおいてバイオプラスチックの生産が増えているにせよ、プラスチック容器包装の代替素材としてバイオプラスチックに置き換わることは、当面の間はあり得ない。もし、そのような状況になる場合は未利用のバイオマス資源だけでは賄えないため、食用の資源と競合するシナリオを検討せざるを得ないであろう。

研究組織

佐々木創 中央大学
 Manit Nithitanakul チュラロンコン大学
 Sujitra Vassanadumrongdee チュラロンコン大学
 Voranop VIYAKARN チュラロンコン大学
 Suchana Apple Chavanich チュラロンコン大学

委託先

T.K. Wise Group Company Limited

² <http://bioinnovationlinkage.oie.go.th/>データの閲覧には会員登録が必要。

³ ภาพรวมตลาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกและแนวโน้มความต้องการใช้พลาสติกชีวภาพ, พลาสติกชีวภาพ กับบทบาทใหม่ที่ทำลายในบรรจุภัณฑ์อาหาร วันที่9 พฤศจิกายน 2564

2019 年度国際特定研究「東南アジア海域における海洋マイクロプラスチック汚染研究の拠点形成」
に係る、タイ湾における漂流プラスチックごみの現存量推定の日・タイ共同海洋調査

東京海洋大学 海洋環境科学部門 荒川久幸

目的：

応用力学研究所が主幹機関を務める、SATREPS「東南アジア海域における海洋プラスチック汚染研究の拠点形成」の研究を東京海洋大学は分担する。東京海洋大学の担当する研究題目は、「漂流プラスチックごみの現存量推定」である。このことから、タイ湾における分布調査をタイ研究者と共同で行うことを目的に、微細なマイクロプラスチックの採取方法、分析方法をタイ側研究者と打ち合わせを行った。

実験方法：

微細なマイクロプラスチックの採取方法として、海表面では 2 重のニューストンネットを作製した。2 重ニューストンネットは、内側にメッシュサイズ 350 μm のネット（長さ 2 m）、外側にメッシュサイズ 50 μm のネット（長さ 3 m）で構成した。東京海洋大学練習船神鷹丸で 2 重ニューストンネットを日本沿岸の数か所で曳航し、海中の微細な粒子を採取した。採取した粒子は研究室に持ち帰り、酸化処理および密度分離を行って、プラスチック候補粒子を PTFE フィルタへ捕集した。PTFE フィルタ上の候補粒子は顕微 FTIR によってプラスチックの種類を決定した。PTFE フィルタ上での顕微 FTIR 計測に適切な粒子量を数値実験から求めた。

さらに、海水中の微細なマイクロプラスチックの採取方法として、水中ポンプの利用が適していると考え、機器整備を進めた。

実験結果：

2 重ニューストンネットを東京湾、静岡沖および三重沖で曳航し、微細なマイクロプラスチック採取を行った。大きな（350 μm 以上）マイクロプラスチックの濃度は東京湾では 2.47-20.5 pieces/ m^3 であり、静岡沖-三重沖では、0.04-0.17 pieces/ m^3 であった。これに対し、微細なマイクロプラスチックの濃度は東京湾では 3060-3220 pieces/ m^3 であり、静岡沖-三重沖では 1030-5900 pieces/ m^3 であった。また顕微 FTIR の分析から、大きなマイクロプラスチックはポリエチレンおよびポリプロピレンが主に存在する。一方、微細なマイクロプラスチックではペンキ由来のものが主成分であることが分かった。

2021 年度はコロナ感染症の影響により、日本からタイ王国へ行って共同の調査はできなかったが、微細なマイクロプラスチックの採取ネット（2 重ニューストンネット）をチュラロンコン大学 Prof. Voranop および SEAFDEC Dr. Sukchai へ送付し観測の準備を進めた。

次に顕微 FTIR 分析においてフィルタ上の適切な粒子量を数値実験で求めたところ、粒子の重なりが 1% 以下となるフィルタ上の粒径 50 μm , 100 μm および 150 μm の粒子量は、それぞれ 150 個、41 個、および 25 個となった。

考察：

2 重ニューストンネットの構築により、5 mm-50 μm の範囲のマイクロプラスチックの濃度把握が可

能となった。このネットがタイ王国チュラロンコン大学と SEAFDEC に配置できたことにより、2022年度のマイクロプラスチック調査の準備が整った。また 2022 年度の調査計画についてタイ研究者側と調査の調整を行った。

顕微 FTIR 分析におけるフィルタ上の適切な粒子量が把握できたことにより、微細なマイクロプラスチックの誤計測を軽減できることとなった。

さらに、タイ王国から日本にかけての海域のマイクロプラスチック関連の文献調査を進めた。この結果をもとに東南アジア海域におけるマイクロプラスチックの分布について検討できた。

研究成果報告：

1. Nakano H., Arakawa H., Oceanic microplastic in Japan: A brief review on research protocol and present pollution, *Reginal studies in marine science*. In print.
2. Wang Y., Nakano H., Xu D., Arakawa H., Microplastics distribution on sea bottom sediment in Tokyo Bay, *Estuarine, Coastal and Shelf science*, 261, 107552. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107552>
3. Nakano H., Uchida K., Aikawa T., Hayashi T., Arakawa H., Reevaluation of microplastics identification based on Neuston nets survey data. *Marine pollution bulletin*, 2021, 171, 112799. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112799>
4. Nakano H., Arakawa H., Tokai T., Microplastics on the sea surface of the semi-closed Tokyo Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 2021, 162, 111887. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111887>

研究組織：荒川久幸（東京海洋大学）、内田圭一（東京海洋大学）、東海正（東京海洋大学）
Sukchai Arnupapboon, Ph. D (SEAFDEC), Voranop Viyakarn, Ph.D. (Chulalongkorn Univ.),
Suchana Apple Chavanich, Ph.D. (Chulalongkorn Univ.)

2021 S1-4 タイとミャンマーにおけるマイクロプラスチックの発生源検証

研究代表者： Suchana Apple Chavanich

Surveys regarding plastic pollution around Samae San and adjacent areas (1)

Corals and microplastic surveys

Introduction

Thailand is considered a hotspot for debris accumulation due to rapid economic growth, increased coastal population, poor awareness, and weak/limited management (Jang et al., 2014). The widespread occurrence of plastics in the marine environment has led to a surge of research on the potential impact that the smaller pieces of plastics termed microplastics (<5mm) (Webb et al., 2013), may have on wildlife. Microplastic particles have a similar size range with that of food and other suspended type particles (Wright et al., 2013).

Coral are passive suspension feeders that feed on plankton passing over their tentacles. Small debris, such as microplastics, can inadvertently be captured by the tentacles and ingested by the coral (Riechert et al., 2018). This debris can also be egested by the coral in many cases (Reichert et al., 2018). Hall et al., (2015) demonstrated that corals ingest microplastic and did so at rates similar to plankton uptake, which was supported in subsequent studies (Allen et al., 2017; Reichert et al., 2018). Ingested microplastics by corals could potentially reduce the energetic demands needed for calcification process by inhibiting digestion of exogenous food sources, especially in times of stress. Microplastic particles have also shown to affect fertilization and settling, although not in any significant way (Berry et al., 2019). The effects of coral fertilization by natural particles is due to interactions with sperm that results in sperm sinking, sperm limitation at the surface near the buoyant eggs and ultimately reduced fertilization rates (Ricardo et al., 2016). The sizes and types of particle also have a strong effect on sperm limitation, with smaller particles, high in organic carbon having a far more pronounced effect than larger, carbonate particles which only affect fertilization at very high concentrations (Ricardo et al., 2018). Since little is known about microplastics in the Gulf of Thailand and no previous studies have been conducted on microplastics in corals, this study will help to understand the effects of microplastics on corals.

Methods

Fragments of several genus such as *Pocillopora*, *Goniastrea*, *Acropora*, *Astreopora*, *Porites*, *Galaxea*, *Pavona*, *Turbinaria*, *Echinopora*, *Diploastr*, and *Favia* were collected at Maa Jor Pier near Samaesarn Island, Chonburi Province. These samples were stored in 10% Ethanol and taken back to Chulalongkorn University. Random polyps are measured for basal and mouth diameters for each genus.

Once in the laboratory, the coral samples are decalcified in a decaying concentration of formic acid starting at 50%. This concentration is reduced to 10% over a 3 day period. This is done as the amount of time taken for decalcification varies depending on genus, and tissue can be damaged or break off before analysis. Once decalcification is complete, The remaining tissue material is taken and the number of polyps present are counted under a microscope. The coral tissue was then placed in a 10% Potassium Iodide solution and left to digest overnight. It is then placed in a sonicator for 15 minutes

to digest any remaining undigested bits. After digestion is complete, saturated potassium hydroxide solution was added to enable the flotation of microplastics. This solution was then mixed thoroughly and centrifuged. After completion of centrifugation, the solution was filtered using a vacuum filtration unit using a GF/C cellulose filter with a pore size of 1.2 micron. This filter paper was then dried using a dessicator. This filter paper was then stored in glass containers. Individual pieces of microplastic were identified using a stereo microscope. These identified particles were taken and then photographed under under a Perkin Elmer Spotlight 200i and the absorbance spectra was obtained using the Perkin Elmer Spectrum IR. This absorbance spectra was matched against the library and identified.

Results

All species of corals examined contained a number of microplastics. Most plastic particles were found to be filamentous or fibrous in shape. Initial studies conducted on *Platygyra sp.* showed that 45% of the plastic particles were found in the digestive tract while around 30% of plastic particles were found in the tentacles and the remaining 25% found in the mouth area.

It can be seen that the number of plastics per polyp is highest in those with a comparatively high mouth size and polyp diameter, while those with smaller mouth size and polyp diameter has a much lower number of microplastics per polyp.

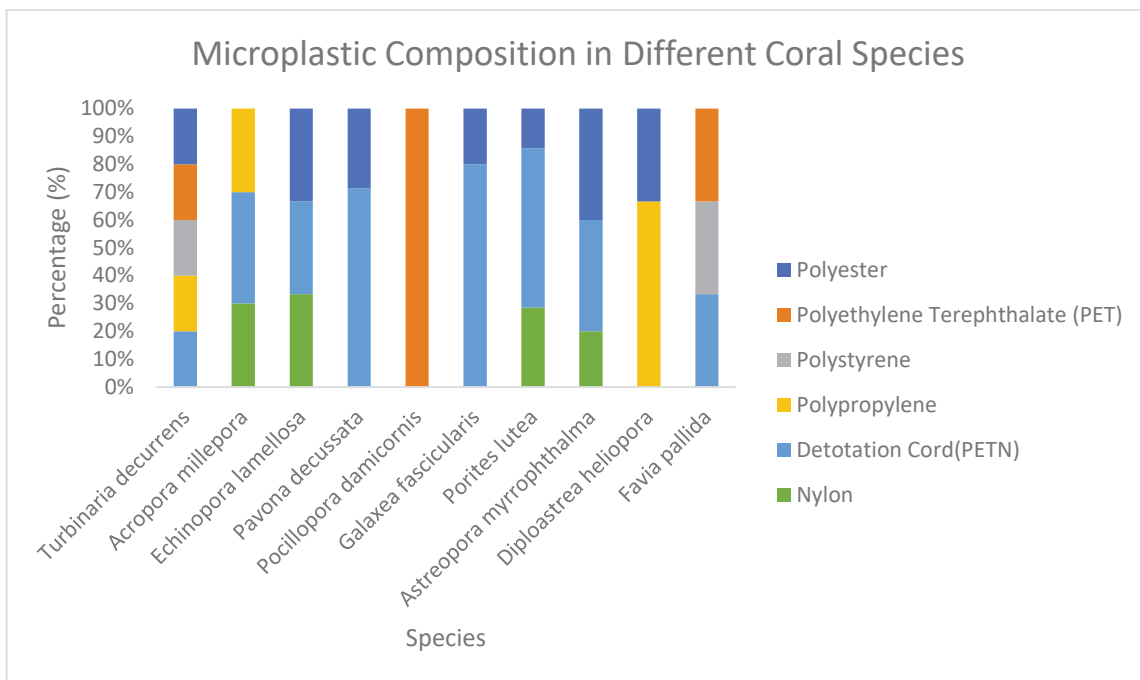


Figure 1 Microplastic compositions found in different coral species

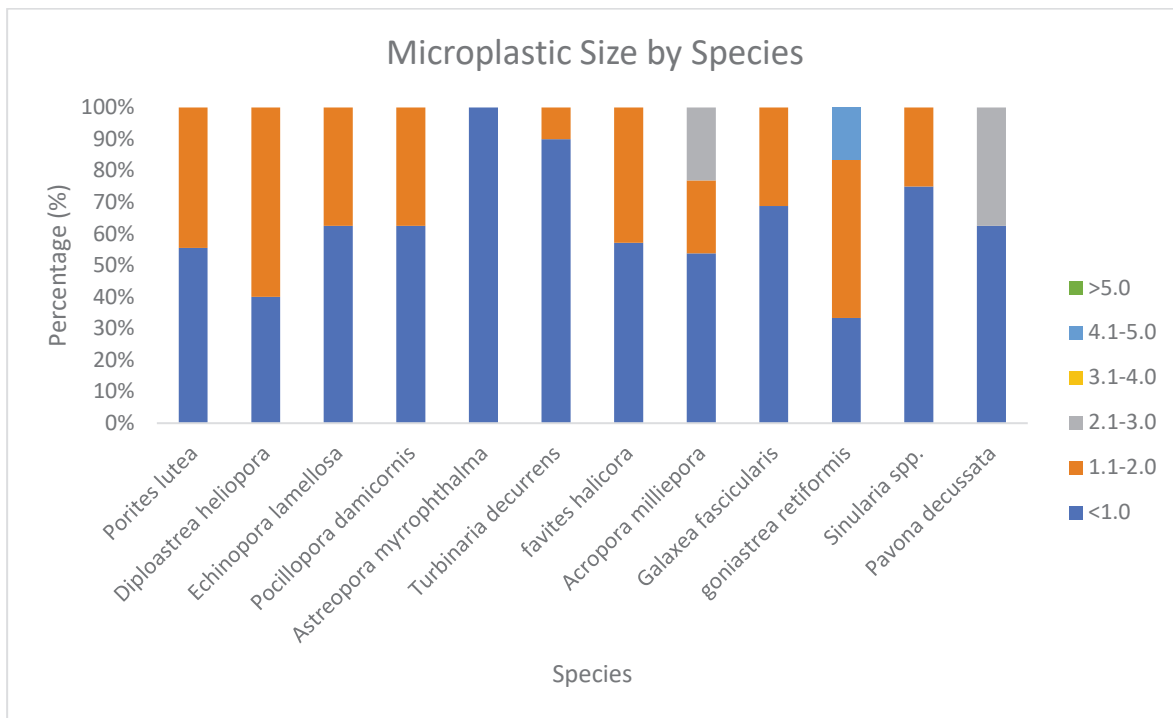


Figure 2 Sizes of microplastics found in different coral species

References

- Allen, A.S., Seymore, A., Rittschof, D. 2017. Chemoreception drives plastic consumption in hard coral. *Marine Pollution Bulletin*. 124:198 – 205.
- Berry, K. L. E., Epstein, H.E, Lewis, P. J., Hall, N. M., Negri, A. P., 2019. Microplastic contamination has limited effects on coral fertilisation and larvae. *Diversity*. 11(12) 228.
- Hall, N.M., Berry, K.L.E., Rintoul, L., Hoogenboom, M.O. 2015. Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Marine Biology*. 162, 725 – 732.
- Jang, Y.C., Hong, H., Lee, J., Lee, J.S., Hong, S.S., Shim, W.J., Thiel, M., Shigeru, F., Chang, T.-d., Kosavisutte, K., Ha, T.T. 2014. Results and lessons learned from joint beach debris surveys by Asian NGOs. PICES, Yeosu, Korea Retrieved from. <http://pices.int/publications/presentations/PICES-2014/2014-S8/S8-1045-SWHong.pdf>.
- Ricardo, G.F., Jones, R.J., Clode, P.L., Humanes, A., Gioffre, N., Negri, A.P. 2018. Sediment characteristics influence the fertilisation success of the corals *Acropora tenuis* and *Acropora millepora*. *Marine Pollution Bulletin*. 135:941 – 953.
- Riechert, J., Schellenberg, J., Schubert, P., Wilke, T. 2018. Responses of reef building corals to microplastic exposure. *Environmental Pollution*. 237:955 – 960.
- Webb, H.K., Arnott, J., Crawford, R.J., Ivanova, E.P. 2013. Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly (ethylene terephthalate). *Polymer* 5:1 – 18.

Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*. 23:1031 –1 033.

2021 S1-5 海洋マイクロプラスチック研究に関わるタイ南部の国際連携拠点の構築

-蛍光顕微鏡を用いたセイタカイソギンチャクによる 2.1 μm の蛍光ポリスチレン粒子の蓄積およびその排出過程の観察

研究代表者： 田中 周平(京都大学)

協力者：京都大院・地環 石丸 佑樹、いであ株式会社 吉里 尚子、京都大院・地環 雪岡 聖、東京農工大・農 高田 秀重

1. 背景および目的

近年、マイクロプラスチック(粒径 5 mm 未満のプラスチック片、以下 MPs と記す)による生物への健康被害が懸念されており、曝露実験が行われている。イソギンチャクを対象とした実験も行われており、MPs 曝露による影響も報告されている¹⁾。MPs の直接添加によるイソギンチャクの取り込みとその後の排出に関する報告はあるが、液中分散による実験とその際の取り込みに関する知見は少ない。本研究ではセイタカイソギンチャク(*Aiptasia* sp.、以下イソギンチャクと記す)に粒径 2.1 μm の蛍光ポリスチレン粒子を曝露し蛍光顕微鏡で触手中の粒子数を計数し、液中からの粒子の取り込みと排出を観察、その過程を検討することを主目的とした。

2. 実験の方法

イソギンチャクは実験室の恒温器内で半年以上飼育し、実験には 4 個体のクローンをそれぞれ用いた。曝露には粒径 2.1 μm の青色蛍光ポリスチレン粒子(Thermo scientific, 1.05 g/cm³)を使用し、血球計算盤を用いて海水中の個数密度を調整した。実験は 2021 年 7 月および 8 月に 3 回、それぞれ約 1 週間行った。蛍光粒子の個数密度はそれぞれ 1.0 \times 10⁶ 個/mL、5.0 \times 10⁶ 個/mL、1.0 \times 10⁷ 個/mL とした。実験対象の個体は実験の 24 時間以上前に 100 mL ビーカーにそれぞれ一個体ずつ移し、静置した。懸濁液は実験前に 5 分以上超音波洗浄器内に静置し、転倒混和を十分に行って懸濁を維持させた。実験開始とともに海水を懸濁液に置換し、24 時間静置して蛍光粒子を取り込ませた。飼育時のイソギンチャクの様子および蛍光粒子を取り込んだ様子を図 1 に示す。観察には落射型蛍光顕微鏡を使用し、ビーカー内のイソギンチャクを下から観察して触手中の蛍光粒子数を計数し取り込み量の指標とした。大きさに個体差があったため、計数した触手中の蛍光粒子を触手体積で除して触手体積当たりの蛍光粒子個数を算出しデータを比較した。触手の体積は、イソギンチャクの触手を円錐と仮定し、実体顕微鏡で撮影したイソギンチャクの写真から触手の底辺と長さを計測して算出した。それぞれの個体の口径の長径と短径の平均値と触手体積を表 1 に示す。曝露中は 8 時間毎に観察を行い、適宜ピペティングにより懸濁を維持させた。曝露時の観察は一時的にイソギンチャクを海水で満たしたカップに移動させて行った。曝露終了時に蛍光粒子懸濁液を海水に置換し、その後は 24 時間ごとに水替えを行った。曝露終了後始めの 24 時間は 8 時間ごとに観察を行い、その後は 24 時間ごとの水替えの直前に観察を行った。

3. 結果および考察

3 回の実験における曝露 24 時間後のイソギンチャクの触手体積当たりの蛍光粒子の個数を図 2 に示す。曝露 24 時間後、個数密度 1.0 \times 10⁶ 個/mL 曝露時は平均 69 個/mm³、最大 120 個/mm³ となった。5.0 \times 10⁶ 個/mL 曝露時は平均 390 個/mm³、最大 720 個/mm³ となった。1.0 \times 10⁷ 個/mL 曝露時は平均 380 個/mm³、最大 600 個/mm³ となった。5.0 \times 10⁶ 個/mL 曝露時のイソギンチャク触手内の粒子濃度は 1.0 \times 10⁶ 個/mL 曝露時よりも高くなったが、1.0 \times 10⁷ 個/mL 曝露時における触手内の粒子濃度とはあまり変わらなかった。

個数密度 1.0 \times 10⁷ 個/mL 曝露時のイソギンチャクの触手体積当たりの蛍光粒子個数の経時変化を図 3 に示す。実験開始後 120 時間で平均 83 個/mm³、144 時間後には平均 26 個/mm³ となり、曝露終了後 5 日で平均 90%以上の粒子が排出された。時間と共に徐々に粒子は排出された。曝露終了後に触手中の粒子が増加している個体があるが、体内に取り込んだ粒子が触手に分散した可能性が考えられる。

共生藻とともに排出された粒子が見られた。共生藻と共に排出された粒子の蛍光顕微鏡下の様子を図 4 に示す。図の矢印に示すような粒が蛍光粒子であり、周囲に共生藻が見られた。粒

子排出時に共生藻をも排出している可能性が考えられ、粒子がイソギンチャクと共生藻の共生を阻害する可能性が示唆された。

4. まとめと今後の課題

本実験では、イソギンチャクが液中分散した蛍光ポリスチレン粒子を触手中に取り込んだ様子を観察することができた。クローン個体を蛍光顕微鏡で観察し触手中の蛍光粒子数の経時変化を計測することができた。曝露 24 時間後における触手中の蛍光粒子個数は 5.0×10^6 個/mL 曝露時は 1.0×10^6 個/mL 曝露時 よりも高かったが、 1.0×10^7 個/mL 曝露時とはあまり変わらなかった。その後イソギンチャクは取り込んだ粒子を徐々に排出し、曝露後 5 日目には平均約 90% の粒子を排出した。

今後は長期間の曝露実験や異なる粒径の粒子を用いた実験、化学物質の吸着した粒子を用いた実験を行うことで、実環境中でイソギンチャクがどのように MPs を摂食、蓄積、排出していくのかについて検討を進める予定である。

参考文献: 1) Nami *et al.*, 2018, Microplastics disturb the anthozoan–algae symbiotic relationship

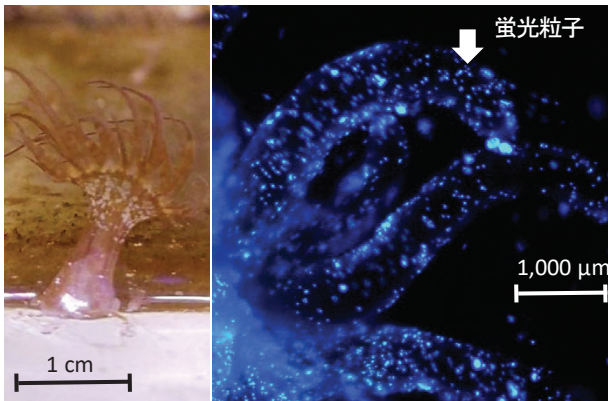
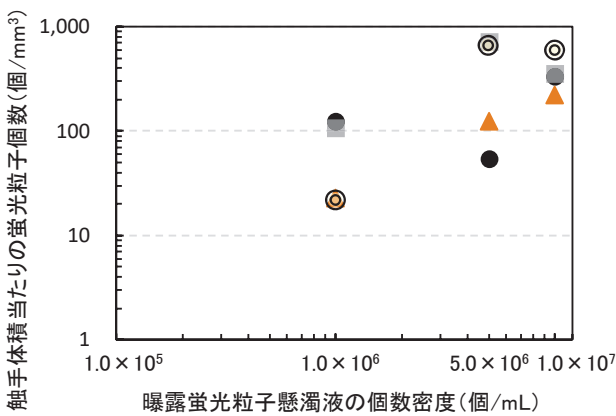


図1 飼育時のイソギンチャクの様子(左図) および 蛍光粒子を取り込んだイソギンチャクの様子(右図)

表1 実験個体の口径と触手体積

曝露濃度(個/mL)	クローン元	口径(μm)	触手体積(mm ³)
1.0×10^6	①	1,016	0.35
	②	1,841	1.6
	③	1,518	0.40
	④	913	0.44
5.0×10^6	①	1,115	0.21
	②	1,462	2.8
	③	841	0.23
	④	1,072	0.50
1.0×10^7	①	904	0.37
	②	1,902	2.3
	③	913	0.28
	④	1,009	0.32



●①クローン ▲②クローン ■③クローン ○④クローン

図2 曝露24時間後の触手体積当たりの蛍光粒子個数

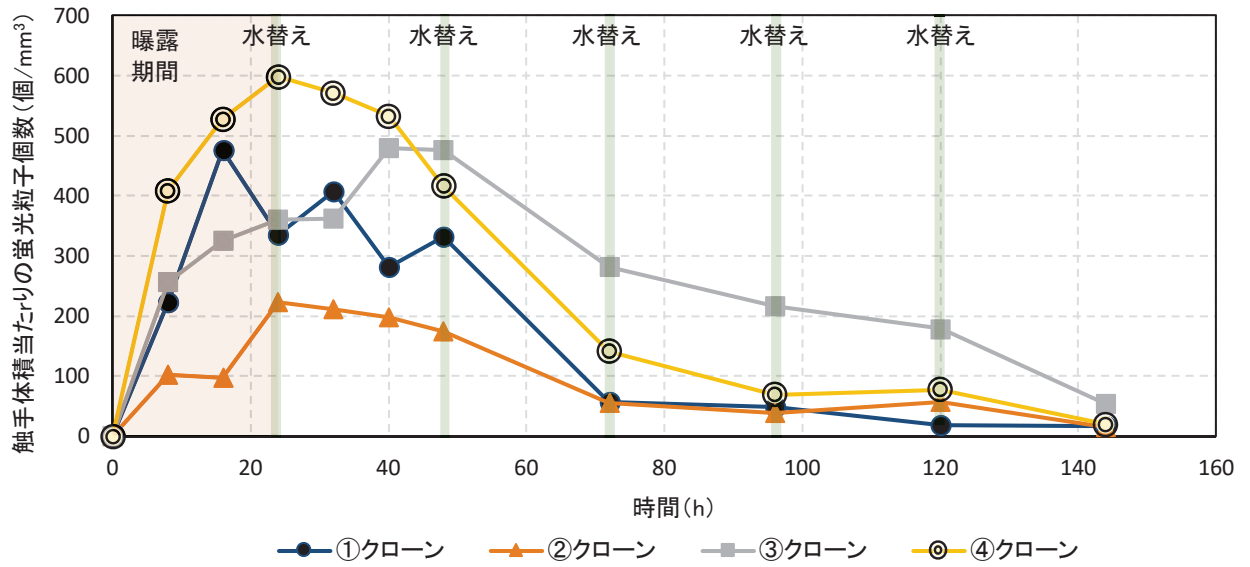


図3 1.0×10^7 個/mLで曝露した際のイソギンチャク触手体積当たりの蛍光粒子個数の経時変化

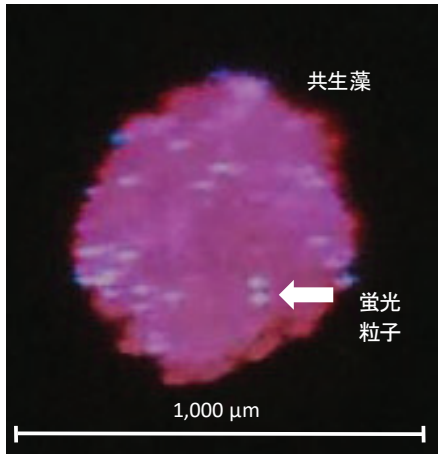


図4 共生藻とともに排出された蛍光粒子