

## 日仏科学講座

# 「変わりゆく海に臨む社会変革」 -海洋マイクロプラスチック問題を巡って-

第18回日仏海洋学シンポジウム

2021年10月23日(土) 15時00分~18時40分  
東京(オンライン開催)

### 主 催

公益財団法人日仏会館  
日仏海洋学会

### 共 催

日仏工業技術会

### 後 援

仏日海洋学会、文部科学省、フランス大使館科学技術部  
(国研) 海洋研究開発機構、日本海洋学会  
(公社) 日本水産学会、(一社) 水産海洋学会、  
『国連海洋科学の10年』日本国内委員会

## 趣 旨

世界の海洋には、プラスチック廃棄物が毎年 8 百万トン流入しています。それらは、分解されず碎片化してマイクロプラスチック (MP) となり、海水中に溶存する有害な有機化学物質を吸着します。これらの化学成分は、MP を摂食した生物の体内に吸収され (MPs そのものは排出されても、吸着していた化学成分が吸収されて体内に蓄積します)、さらに食物連鎖を通じて魚介類に濃縮、蓄積され、それを食べた人体にも取り込まれると考えられ、海洋生態系だけでなく人間の健康への悪影響も危惧されています。そこで、海洋における MPs 問題を手がかりとして、その歴史、現状の比較、日仏での市民による対策や活動、どのように社会を変えなければならないかを、シンポジウム参加者の方々とともに議論したいと考えています。

小松輝久会長 (日仏海洋学会) による趣旨説明の後、この問題に関する世界的第一人者で、ユネスコの GESAMP (海洋環境保護の科学的側面に関する専門家グループ) 作業グループ 40 議長のフランソワ・ガルガニ博士 (フランス) による基調講演「プラスチックの海」が行われます。続いて、世界一周ヨットレース「ヴァンデ・グロブ」に参加した日本人ヨットマンが採取したサンプルを分析した藤倉克則氏 (JAMSTEC) が海に流れ込んだプラスチックの行方不明になったプラスチックを調べる研究に挑戦しています。同氏は、その研究の成果を紹介します。また、Tara Ocean Foundation と協力して日本沿岸で海洋マイクロプラスチックの調査を行っているシルヴァン・アゴスティーニ博士 (筑波大学下田海洋実験センター) は、海洋における MP の分布の現状と啓発活動について発表します。海洋中のマイクロプラスチックを削減するための対策に関するセッションでは、マクロプラスチックの流出を削減し、海岸からのマクロプラスチックを回収し、啓発活動を行っているフランスと日本の組織の活動について紹介します。これらは、クリスティーナ・バロー女史 (フランスの Surfrider Europe) と井上貴司教諭および学生 2 名 (山陽学園中学・高等学校 地歴部) によって紹介されます。また、海では生分解性プラスチックの開発が問題解決の鍵となります。これについては、岩田忠久先生 (日仏工業技術会会長) が発表します。最後に、プラスチック問題を解決し、持続可能な世界を構築するために、社会をどのように変革していくかについて、山崎 満教授 (日仏会館) の司会のもと、参加者全員で議論します。

この日仏科学講座は、日仏会館と、2021 年 10 月 18 日から 10 月 23 日に開催される第 18 回日仏海洋学シンポジウムの成果を市民に向けて発信・共有したいという日仏海洋学会とが協力し、日仏会館科学講座として両者の主催で開かれます。したがって、第 18 回日仏海洋学シンポジウムの一環としての市民向けのシンポジウムとしても位置づけられます。この第 18 回日仏海洋学シンポジウムの開催にあたっては、日仏海洋学会、日仏会館、フランス国立日

本研究所、フランス大使館科学技術部、文部科学省、海洋研究開発機構、笹川日仏財団、日本海洋学会、日本水産学会、水産海洋学会、日仏工業技術会、国連海洋科学の10年日本国内委員会、そのほかの多くの機関、学会、これらに属する方々のご支援をいただきました。ご支援をいただきました皆様に心より御礼申し上げます。

## プログラム

司会:山崎 満(日仏会館)

講演時間	講演タイトル	所属・講演者
15:00 ~15:05	挨拶および講演者紹介	日仏会館 山崎 満
	趣旨説明	日仏海洋学会 小松輝久
15:05 ~15:35	プラスチックの海	フランス国立海洋開発研究所 フランソワ・ガルガニ
15:35 ~16:05	行方不明のプラスチックを追う	海洋研究開発機構 藤倉克則
16:05 ~16:35	Tara Jambio マイクロプラスチック共同調査: 科学、教育、アートと共有	筑波大学下田臨海実験センター シルヴァン・アゴスティーニ
16:35 ~17:05	海洋マイクロプラスチック汚染に対する戦い:市 民活動から基準設定まで	Surfrider Foundation Europe クリスティーナ・バロー
17:05 ~17:35	瀬戸内海の海洋ごみ問題の解決に向けての取 り組み~問題の「自分事」化に向けての実践~	山陽学園中学校・高等学校地歴部 井上貴司・学生2名
17:35 ~18:05	海洋で分解するプラスチックの開発と将来展望	日仏工業技術会 岩田忠久
18:05 ~18:35	総合討論	進行:日仏会館 山崎 満
18:35 ~18:40	閉会の辞	日仏海洋学会 小松輝久

## プラスチックの海

フランソワ・ガルガニ（フランス国立海洋開発研究所）

年間800万トン以上のプラスチックが海に流れ込み、1秒間に約15トンものプラスチックが海に流れ込んでいます。これは残念ながら、都市部からの大量の投入、河川や沿岸の利用、下水処理場からの排出、観光業、船舶の航行や漁業活動による海上の発生源、無秩序な投棄などが原因となっています。自然現象による大量の流入も重要であり（ハリケーン、津波など）、世界のいくつかの地域では考慮する必要があります。プラスチック廃棄物は、長距離を輸送することができます。重要なのは、プラスチック汚染の95%以上が海底で発見されているということです。量、分布、劣化、影響などの点で、我々の現在の知識はまだ限られています。海水の循環は、海でのプラスチックの運命を左右する最も重要な要因です。プラスチック大陸と呼ばれることもある海洋の収束域での蓄積が報告されているほか、最近では海底、特に峡谷でのプラスチック廃棄物の大量堆積に関する報告が数多く見られます。

近年、多くの国で実施されているプラスチック汚染レベルの定期的なモニタリングにより、この汚染の進行についての理解が深まっています。ほとんどの場合、発生源に近い地域では経年変化は見られませんが、より遠い地域（極地、海洋島）に移ると、近年、著しい増加が見られます。プラスチックの断片化に起因するマイクロプラスチックの海洋堆積物としての蓄積は、深海域の重要性を裏付けているようです。

プラスチック汚染の影響は多岐にわたりますが、主な問題は、放置された漁具の中で多くの種が窒息すること、ほぼすべての種が破片やマイクロプラスチックを摂取すること、汚染物質や添加物が放出されること、破片に付着した種が長距離輸送されることなどです。また、漁業や観光への経済的影響も非常に大きいです。最後に、デブリ\*による船舶の航行上の問題（デブリへのプロペラの絡みつき、浮遊するコンテナ）や、健康への影響のリスク（マイクロプラスチックの摂取、海岸での怪我）について、管理者は深刻な問題と考えています。

(\*通常は海底に堆積した物を意味しますが、この言葉の後に、問題の具体例として浮遊するコンテナを含んでいるため、ここでは、プラスチックの大型のゴミという意味と解釈されます)

今回の発表では、プラスチック汚染の科学的な問題だけでなく、海上での汚染のモニタリングに関する作業や、国際的な機関やイニシアチブによるさまざまな削減戦略（予防、教育、回収・リサイクル、洗浄、水処理など）についても議論します。この問題は地球規模の越境的な問題であるため、様々な関係者（経営者、政治家、科学者、NGO、産業界、一般市民）の関与が必要となっています。

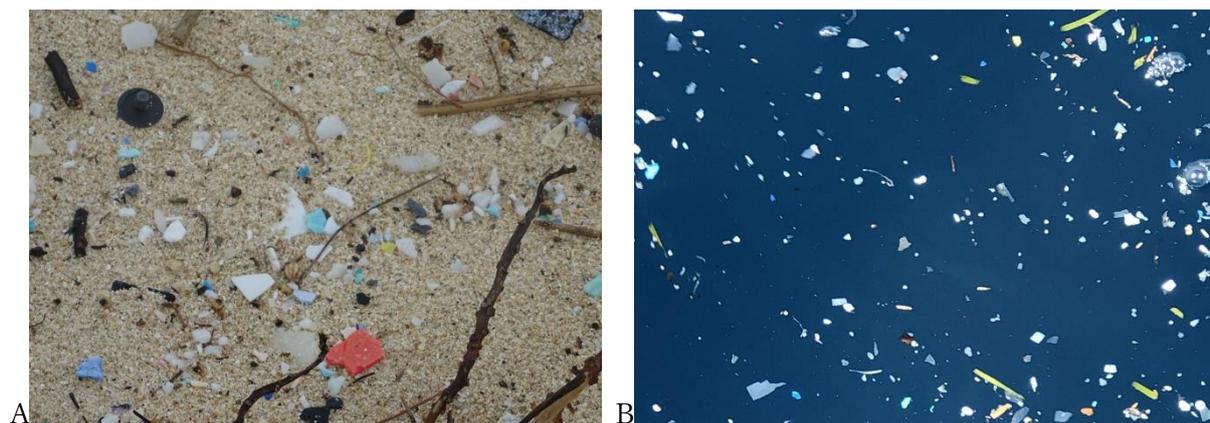


図1：砂浜 (A)、浮遊物 (B)、海底のいずれにおいても、プラスチックごみの断片化によって生じるマイクロプラスチックは、海洋におけるプラスチック汚染の重要な部分を占めています。世界の一部の地域では1km<sup>2</sup>あたり6400万個以上の粒子密度に達しており、この問題は海洋汚染の大きな課題の一つとなっているようです。

#### 文献

- Canals, M., Pham, C., Bergmann, M., Gutow, L., Hanke, G., Van Sebille, E., Angiolillo, M., Buhl-Mortensen, L., Cau, A., Ioakeimidis, C., Kammann, U., Lundsten, L., Papatheodorou, G., Purser, A., Sanchez-Vidal, A., Schulz, M., Vinci, M., Chiba, S., Galgani, F., Langenkämper, D., Möller, T., Nattkemper, T., Ruiz, M., Suikkanen, S., Woodall, L., Fakiris, E., Molina Jack, M., Giorgett, A. (2021). The quest for seafloor macrolitter: a critical review of background knowledge, current methods and future prospects. *Environmental Research Letters*, 16(2), 023001 (30p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc6d4>
- Galgani, F., Bruzaud, S., Duflos, G., Fabre, P., Casdaldi, E., Ghiglione, J., Grimaud, R., George, M., Huvet, A., Lagarde, F., Paul-Pont, I., Ter Halle, A. (2020). Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques / Pollution of oceans by plastics and microplastics. *Techniques de l'Ingénieur*, BIO9300 (17p.). Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00663/77471/>
- Galgani, F., Brien, A., Weis, J., Ioakeimidis, C., Schuyler, Q., Makarenko, I., Griffiths, H., Bondareff, J., Vethaak, D., Deidun, A., Sobral, P., Topouzelis, K., Vlahos, P., Lana, F., Hasselov, M., Gerigny, O., Arsonina, B., Ambulkar, A., Azzaro, M., Bebianno, M. (2021). Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean? *Microplastics and Nanoplastics*, 1(1), 2 (4p.), <https://doi.org/10.1186/s43591-020-00002-8>
- Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J., Montero, E., Arroyo Gonzalo, M., Hanke, G., Salvo, V., Basurko, O., Mallos, N., Lebreton, L., Echevarría, F., Van Emmerik, T., Duarte Carlos, M., Gálvez, J., Van Sebille, E., Galgani, F., García, C., Ross, P., Bartual, A., Ioakeimidis, C., Markalain, G., Isobe, A., Cózar, A. (2021). An inshore-offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nature Sustainability*, 4(6), 484-493, <https://doi.org/10.1038/s41893-021->

(この文章の翻訳の全責任は日仏海洋学会にあります)

## 行方不明のプラスチックを追う (Approaching for the Missing Plastics)

藤倉克則 (海洋研究開発機構)

プラスチックは、安い、軽い、丈夫、さまざまな形にできる、硬軟自在といったすぐれた特性を持っていて、今や生活に欠かせない材料です。しかし、この便利なプラスチックが、適切に処理されなかったために海に大量に流れ込み、このまま何もしなければ深刻な海洋汚染を引き起こすことが心配されています。プラスチックは太陽光の紫外線や波で細かくはなりますが、生物に影響がないくらいまで化学的に分解されるには、どれくらい膨大な時間がかかるのかわかりません。

海のプラスチックが引き起こす問題としては、海洋生物が餌と間違えて食べてしまうこと、漁具などに絡みついてしまうことなどはよく耳にします。他にも人の生活環境汚染、船の航行障害、観光業への影響など数え上げたら枚挙にいとまがありません。なかでも、最も懸念されることの一つが、海洋生物への化学汚染です。5 mm 以下の小さなプラスチックはマイクロプラスチックと呼ばれますが、小さなプラスチックほど海洋生物に大きな影響を及ぼすこともわかりつつあります。海洋生物のなかには、水中の粒子を吸い込んで餌としているものもたくさんいますから、小さなプラスチックほど生物に取り込まれやすくなります。プラスチックは海を漂う間に有害な物質を吸着する性質があり、また、プラスチック自身も製品化する時にさまざまな化学物質が使われます。これらは海洋生態系の食物連鎖のなかで生物濃縮により濃度が高くなり、それを食べる人間への影響も心配されています。

海洋プラスチック問題を完全に解決するには、①プラスチックを流出させないこと、②生物へ影響を与えずに海からプラスチックを取り除くこと、③環境中に流出したとしても生物へ影響を与えないレベルにまで短時間に分解される材料を使うことが理想です。この理想に向けさまざまな取り組みが現在進行中ですが、いずれもまだまだ時間がかかりそうです。それどころか、私たちは現在、海のどこにどれだけプラスチックがあるのか、海洋生物や人間にどのような影響を及ぼすのかも正確には把握できておらず、科学的な情報集めが世界中で進められています。

毎年 1,000 万トンのプラスチックが海に流入し、これまでに流入した分を合わせると、外洋の表層に約 4500 万トンのプラスチックが浮いています。しかし、これまでの調査結果から科学的に説明できるのは、そのうちの数十万トン分のみで、残りはどこに行ったのかわかりません。これは The missing plastics (行方不明のプラスチック) と呼ばれ、海のどこにどれだけプラスチックがあるのかを把握するには解明しなくてはならない課題です。おそらく、①深海底に沈む (Figure 1)、②未調査海域に大量にある、③水中に漂っている、④小さくなりすぎて見つからない、といった可能性がありそうですが、私たちは①と②に注目して研究を進めています。

プラスチックの材質はポリエチレン PE やポリプロピレン PP といったように何十種類もあります。材質によって浮くものもあれば沈むものもありますし、また添加されている化学物質が異なります。そのため、プラスチックの分布や生物への影響を知るためには、プラスチックの材質を判別して、大きさ、量、形などを計測する必要があります。この分析はとても手間がかかり、特にマイクロプラスチックでは大変な作業になります。そこで、私たちはマイクロプラスチック

を素早く正確に計測する技術開発にも取り組んでいます。The missing plastics の知見は、簡便なマイクロプラスチックの分析技術で加速して集積されると思います。

海は広大で研究機関が調査できる範囲はわずかです。一方、海には莫大な数の船舶が走っています。これらの船舶で海洋プラスチックに関するデータを集めることができれば、海洋プラスチックの分布実態は飛躍的に理解が進むことは間違いありません。また、SDGs の動きも踏まえ、さまざまなセクターによる環境問題解決に向けた貢献への意識が高まってきています。そこで、私たちはまず、ヨットを使った海洋プラスチックの採集をヨットレースに参加する方々と協同で行いました。具体的には、日本とパラオ間のヨットレースと、世界一過酷なヨットレースと言われるヴァンデ・グローブ (Vendée Globe) で試験的にマイクロプラスチックの採集と分析を行いました。このような動きは未調査海域における海洋プラスチックの分布情報を提供することになるでしょう。

この講演会では、私たち海洋研究開発機構が取り組んでいる The missing plastics(行方不明のプラスチック)研究と、それを支える取り組みについて紹介します。



Figure 1. 1999年、相模湾の水深1344mで見られる大量のレジ袋

## Tara-Jambio マイクロプラスチック ミッション:科学、教育、芸術、共有

シルヴァン・アゴステイーニ (筑波大学下田臨海研究センター・Tara Océan Japan)

タラ・オーシャン・ファウンデーション(Tara Ocean Foundation)は、海のための組織です。著名な研究機関との連携により、オープンで高度な科学研究を展開しています。この科学的専門知識を用いて、一般市民、特に若い世代の意識を高めるとともに、政治的意思決定者をも動員しています。世界各地で行われている科学的探検により、すでに国際的な活動を行っているこの財団は、その活動を拡大しており、2017年には「タラ オセアン ジャパン (Tara Océan Japan)」が設立されました。タラ オセアン ジャパンは、Jambio (マリンバイオ共同推進機構) ネットワークと協力して、日本の沿岸海域におけるプラスチック汚染を調査する初の科学プロジェクトを実施します。Jambio ネットワークは、日本の国立大学が所有する 23 の臨海実験所をつなげています。日本の海岸線のさまざまな生態系や、研究に必要なインフラに、科学者たちが直接アクセスできるようになっています (図 1)。

プラスチックを大量に消費する日本は、マイクロプラスチック汚染のホットスポットと認識されている海域に位置しています (Isobe et al, 2015)。日本の海で観測された高濃度のマイクロプラスチックは、亜熱帯域から日本沿岸を流れる黒潮が運んできたマイクロプラスチックと局所的に流入したマイクロプラスチックが主な原因であると考えられています。しかし、沿岸地域のプラスチック汚染に関するデータはまだ十分ではありません。さらに、これらの地域の堆積物のプラスチック汚染に関するデータはほとんどないため、海岸からのマイクロプラスチックの鉛直方向の流出流入に関するモデルの開発には限界があります。そして、プラスチックやマイクロプラスチックは寿命が長いため、生物を長距離に運ぶことができます。このプラスチックの漂流筏の効果は、生態系や養殖、私たちの健康にも影響を与えます。そのため、海岸で発見されたプラスチックにどのような種類のマクロ・ミクロの生物が存在するかを調査することが重要です。Tara-Jambio プロジェクトは、日本の沿岸水域および堆積物におけるマイクロプラスチック汚染、プラスチックによって運ばれる微生物種の構成、この汚染が沿岸生態系に与える潜在的な影響を調査し、プラスチック汚染および海洋生物多様性を脅かす気候変動などの環境問題に対する一般の人々の認識を高めることを目的としています。

「タラ・ジャンビオ・マイクロプラスチック・ミッション (Tara Jambio Microplastic Mission)」プロジェクトは 2019 年に開始され、その間、タラ・オーシャンが実施した様々なミッションで使用された国際基準やプロトコルに基づいて研究プロトコルが開発されました。これにより、プロジ



図 1. 「Tara-Jambio マイクロプラスチック ミッション」計画の下で本研究で使用した Jambio ネットワークに参加する大学附属臨海実験所 (赤丸)

エクトで得られたデータを文献で入手可能なデータと比較することができます。プロジェクトで得られたすべてのデータは、科学界の利益のために誰もがアクセスできるようになります。2020年と2021年の2回の採集調査を実施し、岡山大学、広島大学、島根大学、九州大学、名古屋大学、筑波大学、東北大学、北海道大学の臨海実験所の協力を得て、九州から北海道まで10カ所以上を調べました。それぞれの場所で、臨海実験所付近の河口、湾、湾外、海岸の海水や堆積物中のマイクロプラスチックを採取し、臨海実験所ごとに100以上のマイクロプラスチックのサンプルを取得するとともに、地域の生物多様性（底生生物とプランクトン）や環境条件（CTD、TEP濃度など）を調査しました。筑波大学下田マリンステーションでは、2020年7月から毎月、同じサンプリング方法でモニタリングを行っています。現在、サンプルの分析を行っていますが、観測結果は、海洋表層の海水や海底の堆積物にかかわらず、すべてのサンプルに粒子、繊維、フィルムなどさまざまな種類のマイクロプラスチックが存在していることを示しています。

サンプリングキャンペーンは、啓蒙活動の機会にもなりました。ビーチクリーンアップ、ビーチや調査船上でのサンプリング、シンポジウムなど、あらゆる年齢層の一般の方々を対象としたイベントが開催されています。タラの精神に基づき、科学者はアーティストと協力し、海の重要性を認識させることができる作品を制作することを目的としてサンプリングに参加しています。東京芸術大学の日比野教授が企画したこのサイエンスとアートのコラボレーションでは、東京芸術大学の学生が現場調査で下田沖の海洋生物多様性とマイクロプラスチック汚染を調べました。

#### 文献

Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T., & Iwasaki, S. (2015). East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 101(2), 618–623. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.042>

(この文章の翻訳の全責任は日仏海洋学会にあります)

## 海洋におけるマイクロプラスチック汚染への対策： 市民活動から基準設定まで

クリスティナ・バロー (Surfrider Foundation Europe)

数年前から、科学界は、マイクロプラスチックの汚染が河川や海洋環境のどこにでもあると警告しています。調査によると、マイクロプラスチックは海のあらゆる場所に侵入しています。海面に浮かんでいるもの、堆積物の中にあるもの、氷の中にあるもの、海底にあるものなどがあります。北極海のように文明から遠く離れた地域でも、この汚染と無縁ではありません。

海洋環境への残留性に加え、生態系への影響も問題となっています。マイクロプラスチックの大きさが小さいため、摂取する可能性のある種や海洋生物が非常に多く、食物網全体の汚染につながります。マイクロプラスチックは、環境中にすでに存在する残留性有機汚染物質 (POPs) を吸着・濃縮するとともに、病原体や有害な生物の輸送手段としても機能します。マイクロプラスチックは、特定の生物種の成長と繁殖を妨げ、生態系の不可逆的な汚染を引き起こします。

マイクロプラスチック汚染は海だけの問題ではありません。私たちが吸う空気、飲む水、食べるものの中にもマイクロプラスチックの存在が確認されていますが、一般の人々にはまだ知られていないのです。

海洋環境と海洋環境の利用者の保護を目的とした団体である Surfrider Foundation Europe は、一次マイクロプラスチック<sup>(1)</sup>および二次マイクロプラスチック<sup>(2)</sup>を発生源で削減するためのマルチセクタープログラムを開発しました。サーフライダーは、この目に見えない汚染に対する市民の意識を高め、他のステークホルダー (関係者) との対話を促進することで、市民を行動計画の中心に据えています。環境中のマイクロプラスチックに関するデータや、特定の製品の組成に関するデータの取得には、参加型科学とデジタルツールを用いて市民が参加しています。市民を動員することで、国と欧州の両方のレベルで公的な意思決定者に異議を唱え、長期的に汚染を防ぐための拘束力のある対策を採用するよう促すことが可能になります。それと同じように、イメージを大切にす経済界は、消費者の要求にも敏感です。

このプレゼンテーションでは、見えないものを見えるようにして、水生環境におけるマイクロプラスチックの生産と普及に関わるすべての関係者の意識を高めるために、協会が利用できるさまざまな意識向上の手段と呼びかけの方法について紹介します。意思決定者や民間企業だけでなく、現場での市民活動が中心的な役割を果たしていることを示します。

### 文献

- Barrett J, Chase Z, Zhang J, Holl MMB, Willis K, Williams A, Hardesty BD and Wilcox C (2020) Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*. 7:576170. doi: 10.3389/fmars.2020.576170
- Bergmann, M., Wirzberger, V., Krumpfen, T., Lorenz, C., Primpke, S., Tekman, M. B., et al. (2017). High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the Hausgarten observatory. *Environment Science Technology*. 51, 11000–11010. doi: 10.1021/acs.est.7b03331
- Brahney, Janice & Mahowald, Natalie & Prank, Marje & Cornwell, Gavin & Klimont, Zbigniew & Matsui, Hitoshi & Prather, Kim. (2021). Constraining the atmospheric limb of the plastic cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 118. e2020719118. 10.1073/pnas.2020719118.

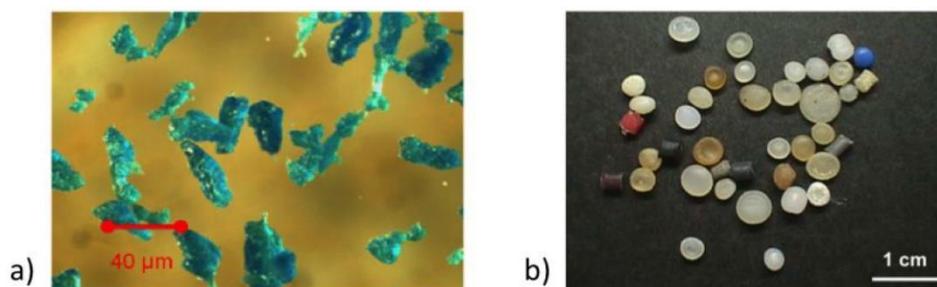
Cormier B, Le Bihanic F, Cabar M, Crebassa JC, Blanc M, Larsson M, Dubocq F, Yeung L, Clérandeau C, Keiter SH, Cachot J, Bégout ML, Cousin X. (2021) Chronic feeding exposure to virgin and spiked microplastics disrupts essential biological functions in teleost fish. *Journal of Hazardous Material* Aug 5;415:125626. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.125626. Epub 2021 Mar 11. PMID: 33740727.

Isobe, A., Azuma, T., Cordova, M.R. et al. (2021) A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean and the Laurentian Great Lakes. *Micropastics.&Nanoplastics*. 1, 16 <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00013-z>

Kelly, Anna & Lannuzel, Delphine & Rodemann, Thomas & Meiners, K.M. & Auman, Heidi. (2020). Microplastic contamination in east Antarctic sea ice. *Marine Pollution Bulletin*. 154. 111130. 10.1016/j.marpolbul.2020.111130.

(この文章の翻訳の全責任は日仏海洋学会にあります)

- (1) 一次マイクロプラスチックとは、製品や製品原料として使用する目的のため、微小なサイズで製造されたプラスチックを指します。



写真左側の a) は歯磨き粉です。歯磨き粉には、汚れを擦り取るための研磨剤（マイクロビーズ）が含まれている場合があります。（すべての製品が含まれているわけではありません）。

写真右側の b) はレジンペレットです。レジンペレットはプラスチック製品の原料で、これを溶かし、成型するとプラスチック製品となります。これらもサイズによっては、マイクロプラスチックに該当します。

- (2) 二次プラスチック

二次マイクロプラスチックとは、プラスチック製品が自然環境中で劣化し、粉々になることで生じたマイクロプラスチックを指します。つまり「元々大きかったのに摩擦等で小さくなった破片」のことです。海洋に流出したプラスチック製のボトルやビニール袋などのプラスチック製品が、波や紫外線に晒され、劣化することで発生する場合がありますと考えられています。



写真は、英国プリマス付近の海岸線で採取されたマイクロプラスチック。

(Source: courtesy of M. Browne & R. Thompson, Plymouth Univ.)

この写真から、何かのプラスチック製品の破片であることが判ります。

Sources pour (1) et (2) : <http://www.dowa-ecoj.jp/naruhodo/2018/20180801.html>

Photos : UNEP(2016) [https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/Marine\\_plastic\\_debris\\_and\\_microplastic\\_technical\\_report\\_advance\\_copy.pdf](https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/Marine_plastic_debris_and_microplastic_technical_report_advance_copy.pdf)

## 瀬戸内海の海洋ごみ問題の解決に向けた「自分事」化の実践への挑戦

井上貴司（山陽学園中学校・高等学校地歴部顧問・教諭）、地歴部学生 2 名

### はじめに

瀬戸内海は日本初の国立公園であり、風光明媚な多島美が広がり、多種の魚介類に恵まれる。しかし、大量の海洋ごみによる漁獲量の減少や景観美を損ねるなど深刻な影響が及んでいる。これら瀬戸内海の海洋ごみ問題の解決に向けて、2008 年より山陽学園中・高の地歴部の生徒が、海底ごみや島嶼部の海岸漂着ごみの回収活動と、発生抑制のための啓発活動に取り組んだ。啓発活動をする際に感じた課題を解決することで、より効果的な啓発効果を得られる実践に挑戦した。

### 啓発活動の問題点

海洋ごみを取り巻く課題には、回収量を大きく上回る発生量があり、その原因が日常生活にある。地歴部の啓発活動は、メディアからの情報発信、学会等の学術活動、体験学習会・展示会・出張講座の開催など多岐にわたる。多くの啓発活動は事前の申込制である。参加者は高齢者が多く、問題に対する意識が高く、行動に移している人が多いことがアンケート調査から明確となった。啓発活動の効果があることは確かであるが、効果の広がり疑問を感じた。啓発イベントへ参加できない人や問題に対する意識が低い人など、問題を他人事としている人への啓蒙・啓発が本来必要ではないだろうか。そこで、問題を「自分事」として捉え、解決に向けて意識と行動の変化を促せる啓発活動の実践に挑戦した。

### 「日常生活」・「地域」から訴え掛ける実践

海洋ごみ問題の「自分事」化のキーワードは「日常生活」と「地域（足元）」である。申込者の参加が多い啓発活動をより効果的なものにするためには、日常生活の中で不特定多数が多く利用する商業施設で訴え掛けである。スーパー等の商業施設では大量にプラスチック製品が販売され、ビニールに包装されている。また、リサイクルポストが設置され、ペットボトル等の再資源化が活発である。つまり、経済活動と環境保全の交差点ではないだろうか。喉か乾いて購入したペットボトルの飲料水は大切に扱うが、飲み干した後はごみとなり、正しい廃棄への意識は高いとは言えない。商業施設では買い物客に対して、訴え掛けを行うだけでなく、回収した海洋ごみの展示を商品棚の傍に構え、購入品と海洋ごみとの繋がり理解を促した。

地域では啓発活動をする際に、その地域の用水路調査を実施した。地域の足元の様子の理解は意外と進んでいない。海洋ごみ問題は決して沿岸域だけの問題にしてはいけない。用水路の調査結果は地図にして「見える化」することで、地域の足元のごみの実態と、用水路から海へと繋がることの理解を促した。用水路マップはその後も地域の清掃活動に活用されるなど、一過性の取り組みではなく継続的・発展的な実践となった。

## 海洋で分解する生分解性プラスチックの開発と将来展望

岩田忠久（東京大学大学院農学生命科学研究科・日仏工業技術会）

### はじめに

現在、海洋マイクロプラスチック問題に代表されるように、非生分解性プラスチックの廃棄物による環境汚染が地球規模の解決すべき重要な課題となっています。その解決策の一つとして、環境中の微生物によって水と二酸化炭素にまで完全に分解される「生分解性プラスチック」の開発が望まれています。

本講演では、生分解性プラスチックの定義と期待される用途、当研究室における海洋分解性繊維やマイクロビーズなどの開発状況と海洋分解性、さらには今後の展望について紹介します。

### 生分解性プラスチックとは

生分解性プラスチックとは、「使用中は通常のプラスチックと同じように使用でき、使用後は自然界において微生物が関与して低分子化合物、最終的に水と二酸化炭素にまで完全に分解されるプラスチック」と定義されています（Figure 1）。したがって、生分解性プラスチックは、環境保全に貢献するという観点で環境にやさしいプラスチックであり、生分解するという機能に大きな意味があることから、原料が石油であるのか、再生産可能な植物バイオマスであるのかは関係ありません。

環境にやさしいプラスチックとして多くの方が誤解していることですが、植物成分からつくられる「バイオマスプラスチック」は、プラスチックの原料を石油から植物成分に替えているだけなので、全てのバイオマスプラスチックが「生分解性」という機能を持っているわけではありません。生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックは同じように思われていますが、生分解性プラスチックは「生分解」という機能を持ったプラスチックで、バイオマスプラスチックは「バイオマス」からつくられるプラスチックのことであり、全く違うコンセプトのプラスチックです。

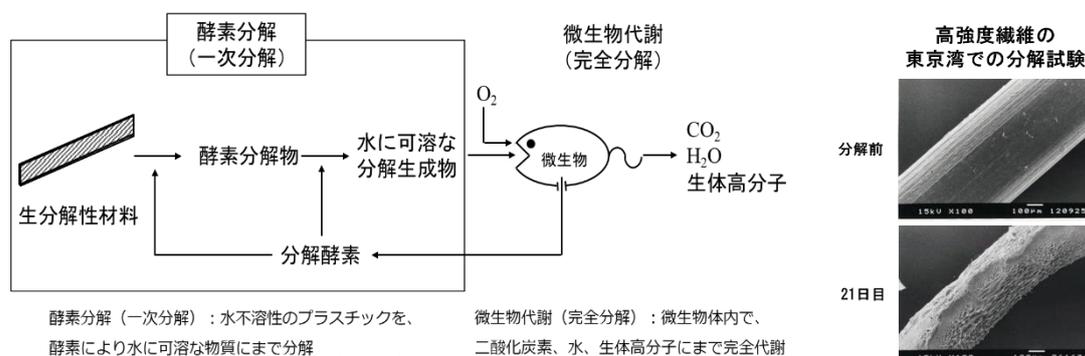


Figure 1. 生分解性プラスチックの分解機構（酵素分解と微生物代謝）と一例

### 生分解性プラスチックに期待される用途

生分解性プラスチックは「生分解」することに意義があります。よって、生分解性プラスチックの利用用途としては、農林水産用資材、野外レジャー用品など環境中で使用され、全てを回収することが困難な自然環境中で利用される分野と、食品包装用資材や日用品・雑貨類などの分別回収は難しいが、きちんと回収してコンポスト分解させることが望ましい分野の2つが考えられます (Table 1)。

Table 1. 生分解性プラスチックに期待される用途

分 野	用 途	
自然環境中で利用される分野	農林水産用資材	多目的フィルム、農薬・肥料用の徐放性被覆材、移植用苗ポット、釣り糸、漁網、ノリ網など
	土木・建設用資材	荒地・砂漠の緑化用保水素材、工事用の保水シート、土のう袋、植生ネットなど
	野外レジャー用品 水処理用資材	ゴルフ、釣り、マリンスポーツなどの使い捨て製品 沈殿剤、分散剤、洗剤
有機廃棄物のコンポスト化に有用な分野	食品容器包装資材	生鮮食品用のトレー、ファーストフードの容器、弁当箱など
	衛生用品	紙おむつ、生理用品など
	日用品、雑貨類	ごみ袋、使い捨てのコップなど

### 高強度・高伸縮性を兼ね備えた海洋分解繊維の開発

現在問題となっているマイクロプラスチックは、数ミリ角のプラスチックです。今後さらに問題となるのは、衣料の洗濯により排出されるミクロンオーダーの繊維くず、化粧品や歯磨き粉などに入っているナノ粒子（スクラブ、研磨剤）など、目に見えない本当の意味でのマイクロプラスチックやナノプラスチックです。

我々は最近、強いだけでなく、2~3倍に伸び縮みする、高強度・高伸縮性の生分解性繊維の開発に成功しました (Figure 2)。この繊維は大人の力でも切れない十分な強さを有しています。この繊維は海洋分解性のみならず、生体吸収性も有するため、釣り糸や漁網などにはもちろん、手術用縫合糸などの医療材料への展開も期待されています。

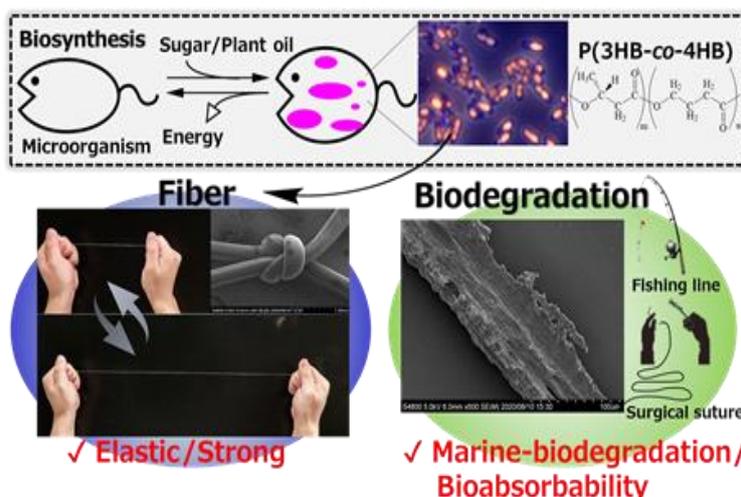


Figure 2. 微生物産生ポリエステル伸縮性繊維と海洋分解性

最近演者らは、微生物産生ポリエステルから海水で分解する微粒子の開発にも成功しました (Figure 3)。

当日は、様々な研究開発の状況と今後の展望についてもご紹介したいと思います。

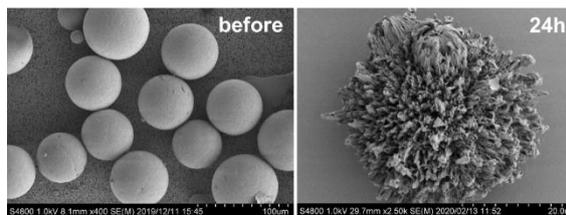


Figure 3. マイクロビーズと生分解性

## 付録

### マイクロプラスチック

5mm 未満のプラスチック粒子。プラスチック汚染が原因で環境中に大量に存在する。化粧品、合成繊維、ビニール袋、ペットボトルなどさまざまな製品から環境中に放出される。一次マイクロプラスチックと二次マイクロプラスチックに分けられ、一次マイクロプラスチックには化粧品や歯磨き剤といったパーソナルケア用品に含まれるマイクロビーズ、工業製品の製造に使用されるペレット（別名ナードル）、衣類に使用されるナイロンなどの合成樹脂繊維がある。これらは家庭から下水への流出、製造または輸送の過程での漏出、衣類の洗濯による脱落といった経路により、直接環境中に放出される。二次マイクロプラスチックは、大きなプラスチックが分解されて形成されたものをさす。

出典

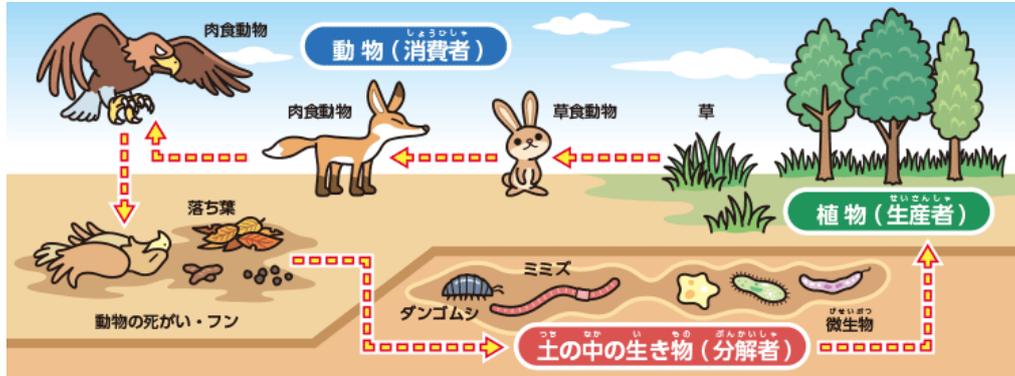
(<https://kotobank.jp/word/%E3%83%9E%E3%82%A4%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%83%97%E3%83%A9%E3%82%B9%E3%83%81%E3%83%83%E3%82%AF-1693346>)

### ナノプラスチック

ナノプラスチックの大きさは、0.001~0.1  $\mu\text{m}$  (即ち、1~100 ナノメートル)と定義されている。

出典 (<https://www.fsc.go.jp/fscis/foodSafetyMaterial/show/syu04510020305>)

### 食物連鎖



生態系の中には、「食物連鎖」と呼ばれる、「食べる」「食べられる」のつながりがあります。たとえば、ウサギのような草食動物は森の草や木の実を食べますが、そのウサギを食べるキツネのような肉食動物がいます。また、そのキツネも、より大きな肉食動物に食べられてしまうことがあります。また森には、動物のフンや死がい、落ち葉があり、それらは微生物やダンゴムシ、ミミズなどによって分解され、土の中で養分となります。その養分を吸収して、植物が育ち、その植物を草食動物が食べるわけです。

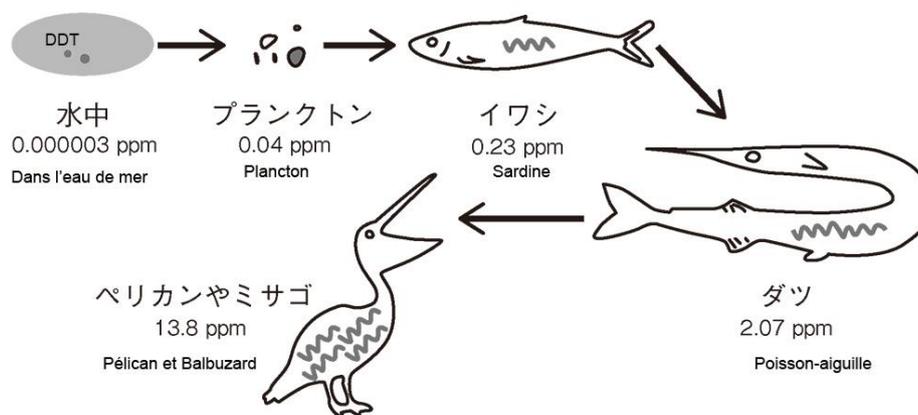
出典 (<https://www.hitachi.co.jp/kids/kinopon/kinopontown/environment/03/>)

## 生物濃縮

生物が、外界から取り込んだ物質を環境中におけるよりも高い濃度に生体内に蓄積する現象を生物濃縮といいます。生体内蓄積とも言われます。特に生物が生活にそれほど必要でない元素・物質の濃縮は生態学的にみて異常であり環境問題となります。

動物には餌にするものと餌にされるものがありこれを食物連鎖といいます。蓄積性のある物質が食物連鎖により生物濃縮を起こします。例えば、海産の藻類では臭素、ヨウ素、クロムなどを濃縮することが知られているほか、DDT、PCB、ダイオキシンなどの化学物質も高濃度の濃縮が起きます。食物連鎖を通じて蓄積性の化学物質の生物濃縮が進む場合には、食物連鎖の高次に位置する生物でより高濃度（自然状態の数千倍から数万倍）に濃縮され、その生物に影響を及ぼします。水産資源生物などの摂取により生体に悪影響を与え、公害病の原因となることがあります。具体例として有機水銀による水俣病などがあります。

出典 (<https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=1492>)



生物濃縮される物質の性質として、①分解されにくい、②排出されにくい、という2つの性質があります。つまり一旦取り込まれると排出も分解もされないで、体内に蓄積され続けるということになりますね。生物濃縮される物質の例としては DDT などがあります。

ある汚染物質が生物濃縮されている様子を模式的に表したのが、次の図です。ここでは、仮に DDT という汚染物質があるとして、この汚染物質の濃度は、水中では 0.000003ppm だったとします。ppm というのは物質の濃度をあらわす単位のことです。水中での濃度は、非常に低かったということがわかると思います。水中に存在する汚染物質はまずプランクトンに取り込まれます。プランクトンに取り込まれた汚染物質はプランクトンの体内で蓄積されます。プランクトン体内での濃度は 0.04ppm に上昇しました。これにより、プランクトンを食べるイワシは、高濃度の汚染物質を取り込んでしまうこととなります。プランクトンと同様、汚染物質は体内に蓄積していきます。したがって、イワシの体内の汚染物質濃度はさらに上昇します。同じことがイワシを食べるダツ、ダツを食べるペリカンやミサゴなどで起こり、汚染物質の濃度は捕食されるごとに上昇していきます。ペリカン・ミサゴでの汚染物質の濃度と最初の水中の濃度を比べると、最初の濃度と比べて非常に高濃度になっていることがわかると思います。つまり生物濃縮は、汚染物質が食物連鎖を通して各栄養段階を移動し、濃縮されていく現象ということになります。

出典 (<https://www.try-it.jp/chapters-10823/sections-10868/lessons-10890/point-2/>)