課題番号：１－２２０４

National Institute for Environmental Studies, Japan

研究課題名：

海洋流出マイクロプラスチック（MP）の物理・化学的特性に基づく汚染実態把握と生物影響評価

研究代表者名：

鈴木　剛（国立環境研究所）

体系的番号：
JPMEERF20221001

重点課題：
主【重点課題⑥】グローバルな課題の解決に貢献する研究・技術開発
（海洋プラスチックごみ問題への対応）
副【重点課題⑮】化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究

行政ニーズ：
（１－１）生物への曝露量予測のための微細なマイクロプラスチックの実態把握と将来予測
（１－２）マイクロプラスチックの物理化学的特性の違いを考慮した生物影響の研究

研究実施期間：
令和４年度～令和６年度

研究体制

【サブテーマ１】

国立環境研究所資源循環領域(国環研)

鈴木　剛　主幹研究員
田中厚資　研究員

産業技術総合研究所地質調査総合センター(産総研)

板木拓也　研究グループ長
天野敦子　主任研究員

【サブテーマ２】

愛媛大学沿岸環境科学研究センター(愛媛大)

仲山　慶　講師
国末達也　教授

鹿児島大学農水産獣医学域水産学系(鹿児島大)

宇野誠一　教授

1．研究背景

- **海洋流出MP**による**海洋汚染**は、回収が困難であることや**生物・生態系**への**悪影響**が懸念されることから、**国際社会**で対処すべき**喫緊の課題**である。
- 海洋流出MPは、**陸域発生源**から**流出**するもの、海洋や沿岸で**劣化微細化**したもの、**海流**で**輸送**されるものがある。
- 従って、流出元や環境中の**履歴**で、サイズや形状といった形態、劣化程度、含まれる化学物質の量、生物への影響強度といった「**物理・化学的特性**」のような**質が大きく異なる**と考えられる。

1．研究開発目的・全体目標

- サブテーマ１「海洋流出MPによる汚染実態把握に関する研究」では、**陸域・沿岸域・海洋の５μm以上５mm未満のMP**を対象として、**存在実態**と**物理・化学的特性**を評価して**汚染実態**を明らかにする。
- サブテーマ２「高懸念MPの生物影響評価に関する研究」では、流出インベントリや海洋検出事例に基づいて選定した**５μm以上300μm未満の高懸念MP**を対象として、**モデル生物**による**生物影響評価**を実施する。
- これにより、**汚染実態**を考慮した**生態リスク評価**を実施して、優先的に**流出抑制対策を講じるべきMP**を**特定**する。

ポリオレフィン系粒子状MP

タイヤMP

繊維状MP

サブテーマ１：
海洋流出MPによる汚染実態把握に関する研究

【サブテーマ１の研究目標】

地方環境研究機関と連携して、**９つの気候区分**で**河川水**、**河口堆積物**、**海岸・湖岸砂**、**海洋水**を採取する。**５μm以上５mm未満**の**海洋流出MP**を対象とした**採取・測定方法**を開発し、AIシステムによる形態の数値化とサイズ別の分類、ポリマー同定、劣化度評価、添加剤評価、影響指標評価を実施して、**物理・化学的特性**を明らかにする。取得結果に基づいて、MPの類型化を行って地点毎のMPの**存在実態**や**特徴**を把握する。サブ２の生態リスク評価に基づき、**汚染実態(存在実態、特徴、影響要因)**を考慮して、**優先的に対策すべきMP**を特定する。

【令和４年度研究計画】

試料採取・前処理・測定法を確立して、試料採取や汚染実態把握に着手する。

【令和５年度研究計画】

試料採取や汚染実態把握を継続して、MPの存在実態や特徴を把握。

【令和６年度研究計画】

試料採取や汚染実態把握を継続して、MPの存在実態や特徴を把握。サブ２の生態リスク評価に基づいて、優先的に流出対策すべきMPを特定。

【自己評価】計画通り進展している。

2．研究目標の進捗状況

サブテーマ1：
(2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠
目標達成の見通し

National Institute for Environmental Studies, Japan

【具体的な理由・根拠】

海洋流出MPの**試料採取**と**前処理・測定**は、**300 μm以上5 mm未満**、**100 μm以上300 μm未満**、**10 μm以上100 μm未満**、**10 μm未満**の**4つのグループ**に分けて、実験室やフィールドでの検討を通じて**フローを確立**。先行して採取した**沖縄県の採取試料**への適用を通じて**最適化**と**物理・化学的特性データ取得**を実施。**10 μm以上5 mm未満の海洋流出MP**の**粒子サイズ分布**は実測で明示可能な状況へ（図1）。**10 μm未満のMP**は、同位体ラベルしたナノプラスチック（NP）の開発に成功、申請計画を超えて**内標準法による定量分析**を実施できる可能性あり。**試料採取**は、概ね**計画通り進行中**、2022年度採取予定の試料採取を終え、2023年度採取予定の試料採取を実施中。

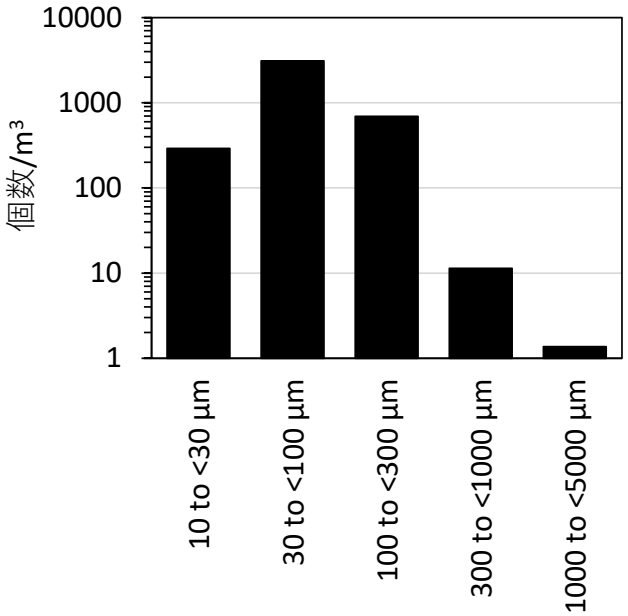

図1　沖縄県で採取した10 μm以上5 mm未満の国場川表層水MPの粒子サイズ分布

【目標達成の見通し】

環境試料の種類や採取場所によって夾雑成分が異なること、海洋流出MPの絶対量が少ないこと等あるが、これら違いに応じた方法を確立しながら、概ね**計画通り**に進行しており、**海洋流出MP**の**物理・化学的特性に基づく汚染実態**に関して取得成果をまとめられる見込み。具体的には、気候区分や媒体別に、**10 μm以上5 mm未満のMP**の**粒子サイズ分布**、主要な海洋流出MPの**添加剤濃度**や**影響指標強度**が**明らかになる**見通し。

サブテーマ２：
高懸念MPの生物影響評価に関する研究

【サブテーマ２の研究目標】

環境流出量或いは海洋での検出事例に基づいて**高懸念MP**を選定して、**模擬試料**を入手。**5 μm以上300 μm未満**の**MP**を対象として、AIシステムで**粒子サイズ・形状別**の分取を実施、**劣化・添加剤の水溶解度**に着目した前処理で**投与用試料**を調製する。投与用試料の**物理・化学的特性**を把握する。高懸念MPの**生物影響濃度**、**生物移行性**や**体内残留性**と共に、その**影響要因**を明らかにする。サブ１の結果と**予測無影響濃度(PNEC)**を用いて、高懸念MPの**生態リスク評価**を実施する。

【令和４年度研究計画】

高懸念MPの選定。投与用試料の調製と物理化学的特性評価を実施。タイヤMPを用いて、コイやヨコエビによる生物影響試験法を確立。

【令和５年度研究計画】

投与用試料の調製と物理化学的特性評価を継続。タイヤMPの生物影響評価とPNEC算出。

【令和６年度研究計画】

ポリオレフィン系粒子状MPと繊維状MPの生物影響評価とPNEC算出。サブ１の結果とPNECを用いて、高懸念MPの生態リスク評価を実施。

【自己評価】計画通り進展している。

2．研究目標の進捗状況

サブテーマ２:
(2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠
目標達成の見通し

National Institute for Environmental Studies, Japan

【具体的な理由・根拠】

タイヤ凍結粉砕試料（CMTT）は米国タイヤ製造協会から入手済み。**ポリオレフィン系粒子状MP**は、選定と並行して調製法を検討、計画より早く外部委託で調製済み。**繊維状MP**は、日本化学繊維協会からの情報提供を受け、調製法を検討中。**UV照射による劣化MP**の調製は、CMTTを対象に実施中。**水収容画分**の調製法は、96時間のCMTT溶出試験を検討中。**コイのMP経口投与試験法**は確立済み、CMTTのNOECを評価中。**ヨコエビのタイヤMP懸濁液**及び**水収容画分**の**曝露試験法**は確立済み（図２）、**フサゲモクズ**のCMTTとタイヤ摩耗じんの曝露試験が完了。同様の試験を、**淡水産ヨコエビ*Hyalella azteca***で実施予定。ポリオレフィン系粒子状MPの曝露は、粒子が沈降しないことから、飼料投与法の検討開始。

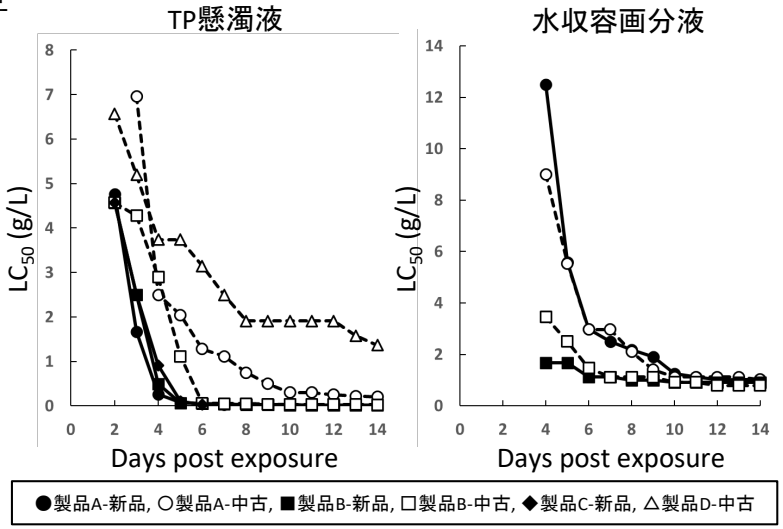

図２　各タイヤ製品のタイヤ摩耗じん懸濁液及び水収容画分のフサゲモクズに対するLC_{50}の経時的変化

【目標達成の見通し】

タイヤMPを用いた**生物影響試験法の確立**及び**添加剤**の**機器分析**や**細胞アッセイ**を併用した評価の実施等、概ね申請時の**計画通り**に進行中。ポリオレフィン系粒子状MPの曝露試験は、試料調製が予定より早く完了、前倒しで実施予定。タイヤMPはCMTTとタイヤ摩耗じんの比較、ポリオレフィン系MPはサイズごとの評価の実施、ヨコエビは淡水産と海産の２種を対象にして評価等、**申請内容を超えた成果**も得られる見込み。

3．研究成果のアウトカム｜環境政策等への貢献

【行政等が活用することが見込まれる成果】

環境省の海洋プラごみによる生物・生態系影響リスク評価検討委員会**ばく露等評価分科会**（鈴木と田中が委員として参画）は、調和法による結果取得が進んでいる**目合い300 μm程度以上で採取した海洋漂流MP**の個数密度を**基準**として、**換算係数**を用いて、**より粒子サイズの小さいMP**の**個数密度の算出**を検討中。サブテーマ１では、**10 μm以上５mm未満の海洋流出MP**の**一体的な評価法**を確立して、このサイズ範囲のMPの粒子サイズ分布を実測で明示予定。これは、検討委員会で検討している**換算係数の妥当性の検証**に資するものとなり、適切な環境リスク評価の推進に貢献。これに加えて、前出の検討委員会では、MPの環境リスク要因を検討し、粒子毒性と化学物質毒性に大別。本研究では、**海洋流出MP**の**添加剤**や**毒性影響**、**両者の関連性**等を明示して、**MPの環境リスク要因の整理**に資する知見を提供予定。

サブテーマ２の有害性評価は、前出の検討委員会**有害性評価分科会**（仲山と宇野が委員として参画）における**有害性評価に係る文献レビュー**やその**とりまとめ方針**、**課題**を考慮して実施。MPの**曝露評価では体積あたりの個数**を、**有害性評価では体積あたりの重量**を主に用いており、両者で単位が異なることが**リスク評価の障壁**となっており、主要な課題。本研究では、**個数と重量の換算**を可能とし、**両者のギャップを埋める成果**を取得見込み。これにより、当該課題の解決に貢献する可能性あり。

【行政等が既に活用した成果】

環境省のプラごみの海洋への流出実態把握検討会（鈴木が委員として参画）において、本研究で得られた成果のうち、【サブテーマ１】の成果を共有し、プラごみの海洋への流出実態把握の検討に貢献予定（７月31日（月）に検討会開催予定。）。

4．研究成果の発表状況

【誌上発表（査読あり）：２件】

K. Tanaka, Y. Takahashi, T. Kajiwara, H. Matsukami, H. Kuramochi, M. Osako, G. Suzuki: Marine Pollution Bulletin, 186, 114438 (2023) Identification and quantification of additive-derived chemicals in beached micro-mesoplastics and macroplastics.（IF：7.0）

鈴木剛, 田中厚資, 高橋勇介, 倉持秀敏, 大迫政浩: 廃棄物資源循環学会誌別冊, 33 (5), 340-356 (2022) 海洋プラスチックごみの流出抑制に資する劣化・微細化研究の取り組みと今後の展開.

【誌上発表（査読なし）：２件】

鈴木剛, 田中 厚資, 高橋勇介, 倉持秀敏, 大迫政浩: マテリアルライフ学会誌, 34 (3), 42-50 (2022) プラスチックごみの循環・廃棄過程からのプラスチック微小粒子の排出実態把握と流出抑制.

児玉信介, 天野敦子, 宮川歩夢, 板木拓也: 令和3年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター速報, 83, 33-39 (2022) 紀伊水道沿岸海域における海洋プラスチックの近赤外スペクトル.

【口頭発表（学会等）：13件】

鈴木剛, 宇智田奈津代, 田中厚資, 比嘉元紀, 天野敦子, 板木拓也, 高橋勇介, 倉持秀敏, 大迫政浩, 環境化学物質３学会合同大会 (2023) 河川・海岸砂マイクロプラスチックの物理・化学的評価に基づく汚染実態把握(1)

仲山慶, 和田梨奈, 山﨑雅俊, 宇野誠一, 国末達也, 天野敦子, 板木拓也, 倉田修, 和田新平, 鈴木剛, 環境化学物質３学会合同大会 (2023) 水生生物に対するタイヤ粒子の有害性評価

【国民との科学・技術対話：４件】

鈴木剛, 環境保全茨城県民会議「もっと知りたい プラスチックごみによる海洋環境汚染」オンライン講演会 (2022) マイクロプラスチックの測り方：意義と課題. (参加者：茨城県民160名程度)

鈴木剛 茨城県立並木中等教育学校 令和４年度 SDGsセミナー (2022) マイクロプラスチックが引き起こす環境問題. (参加者：中学２年生160名、教師10名)

鈴木剛, 国立環境研究所公開シンポジウム2023「モニタリングから読みとく環境～次世代につなげるために～」 (2023) 海洋マイクロプラスチックの“素性”を調べる. (参加者：オンライン参加者75名程度。

5．研究の効率性

【国際共同研究等への参画】

本研究で取得した研究成果を効率的に社会実装していくため、次の通り、国際共同活動や国際共同研究に積極的に参画。これにより、当該分野における日本のプレゼンス強化に貢献する。

活動名：Global Partnership on Plastic Pollution and Marine Litter（GPML）への参画

事務局：United Nations Environment Programme (UNEP)

活動概要：プラ汚染データの一元化にむけた活動のうち、Ocean and CoatsグループのCo-leadsを担当

日本側参加研究者：Alfonso Maria Belen（九州大学・准教授）, 鈴木剛（国立環境研究所・主幹研究員）

参加連携状況：環境省海洋環境課海洋プラスチック汚染対策室の依頼により、2023年 5 月に参加表明

国際的な位置づけ等：UNEPが主導するプラスチック汚染に係る国際的なデータ調和化の取り組みに貢献

活動名：Optimizing Nuclear Techniques to Assess Microplastic Pollution in Coastal Areasへの参画

事務局：International Atomic Energy Agency (IAEA)

日本側提案研究課題名：Establishment of standard methods for evaluation of microplastics in coastal to deep-sea sediments around Japan

日本側参加研究者：天野敦子（産業技術総合研究所・主任研究員・代表）, 板木拓也（産業技術総合研究所・グループリーダー）, 土屋正史（海洋研究開発機構・グループリーダー代理）, 鈴木剛（国立環境研究所・主幹研究員）, 田中厚資（国立環境研究所・研究員）

参加連携状況：環境省海洋環境課海洋プラスチック汚染対策室の仲介により、2023年6月に国際共同研究プロポーサルを提出して、IAEAに受理されたところ

国際的な位置づけ等：IAEAが主導する堆積物MPを対象とした国際コンソーシアムであり、堆積物マイクロプラスチックのモニタリング手法の調和等に貢献