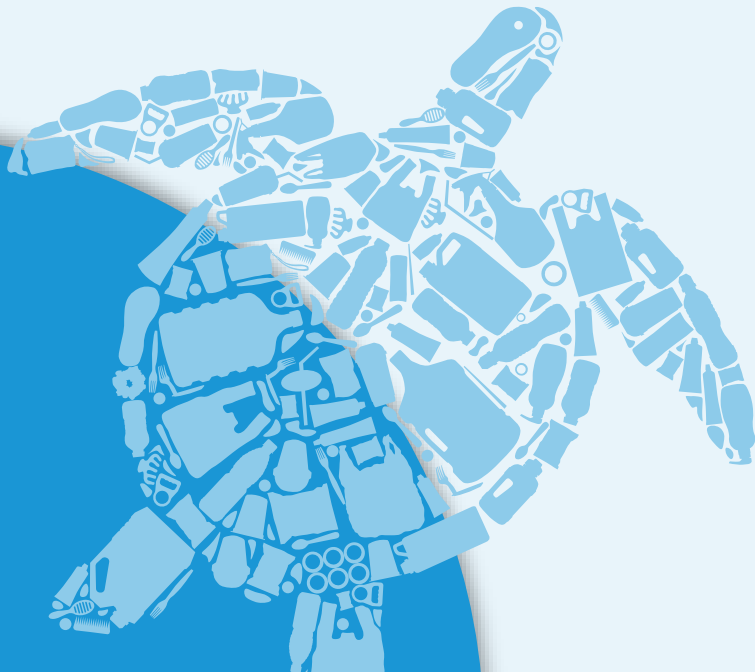
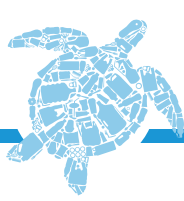


海洋流出マイクロプラスチックの 汚染実態と生物影響

これまではプラに含まれる化学物質の研究
に取り組んできましたが、現在はプラの管
理に関する研究を鋭意実施中

鈴木 剛



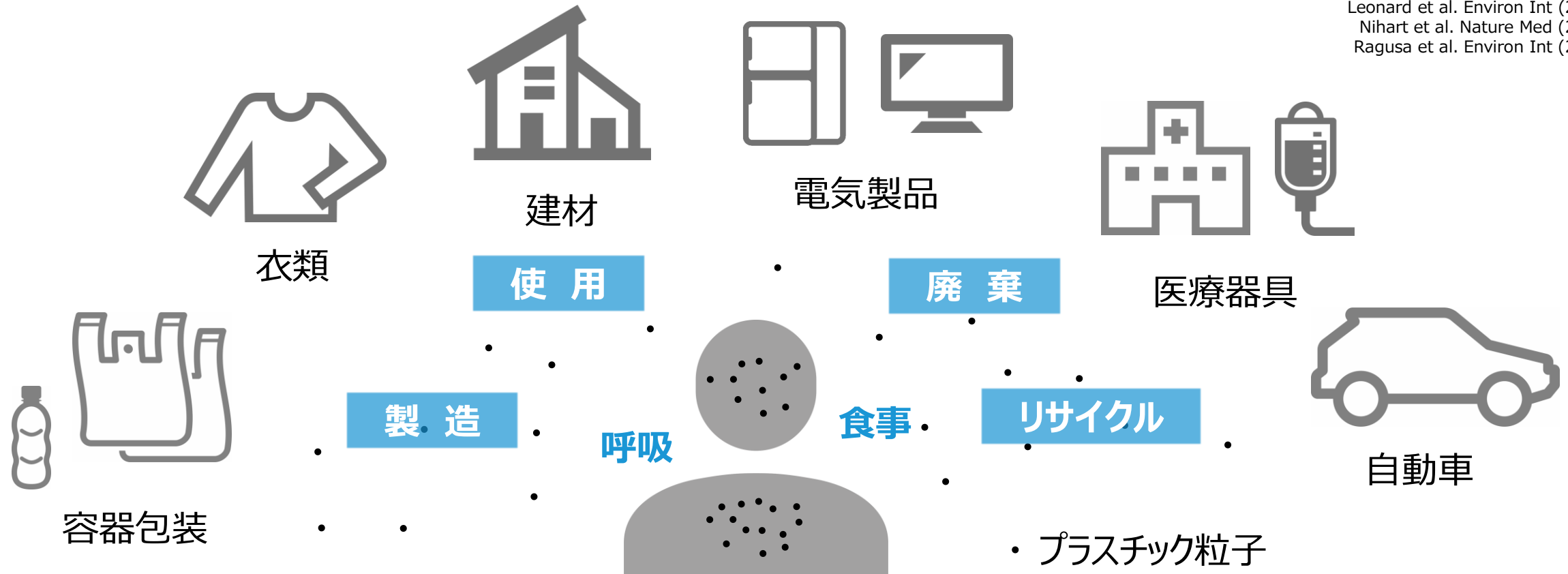


暮らしを支えるプラスチックの有用性と懸念

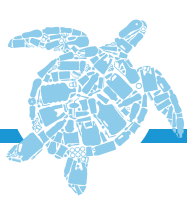
Leonard et al. Environ Int (2024)

Nihart et al. Nature Med (2025)

Ragusa et al. Environ Int (2021)

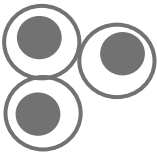


- **プラスチック**は、軽くて丈夫、加工しやすく、断熱性があり、**さまざまな製品に使用**。
- 一方で、製品ライフサイクルを通じた**プラスチックの環境流出**が国際的な社会問題。
- プラスチック粒子が**人体（血液、胎盤、脳等）からも検出**され、健康影響が懸念。

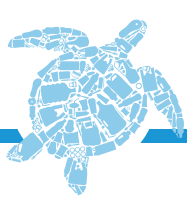


マイクロプラスチックについて

GESAMP (2019). Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors) (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.

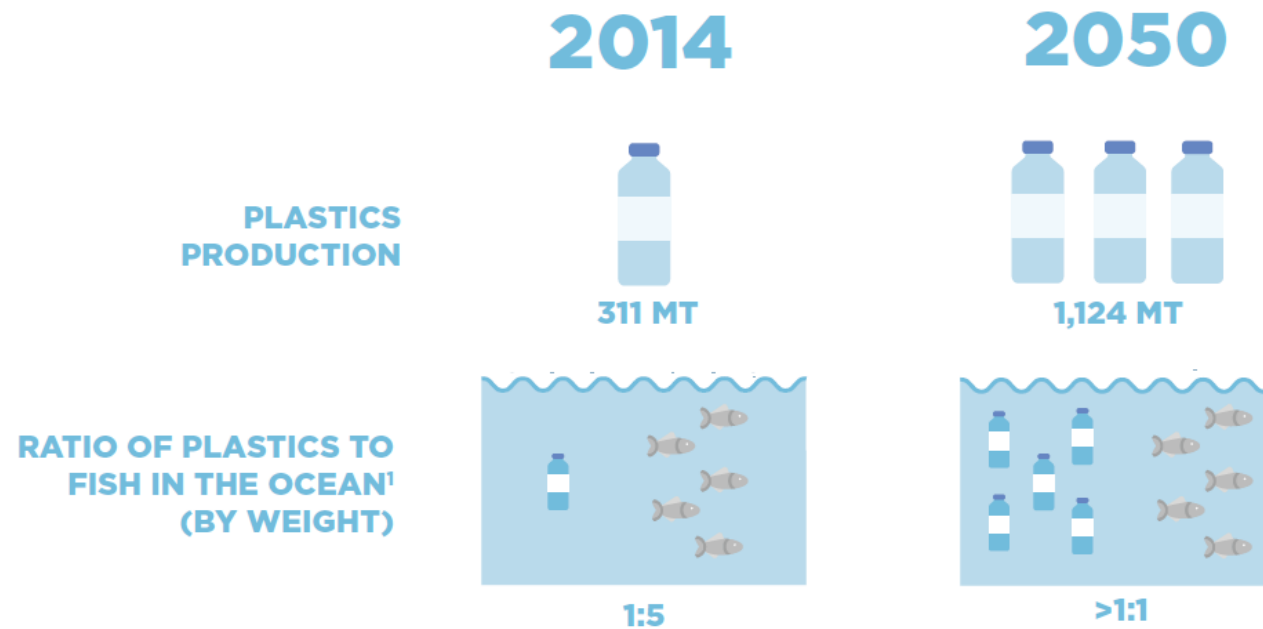
ミリメートル (mm)		マイクロメートル (μm)			ナノメートル (nm)	
10 mm	~1 mm	~100 μm	~10 μm	~1 μm	~100 nm	~10 nm
マクロプラスチック >25 mm	メソプラスチック ~5 mm	マイクロプラスチック ~1 μm			ナノプラスチック ~1 nm	
						
ヒキガエルの卵 3 mm	ミカツキモ 10~500 μm	赤血球 10 μm			大腸菌 1~2 μm	インフルエンザウイルス 80~100 nm
						ダイオキシン 2 nm

- マイクロプラスチック： **1 μm以上5 mm未満**のプラスチック
- 一次マイクロプラスチック： **工業的に生産された**もの（ビーズやスクラブ等）
- 二次マイクロプラスチック： 大きいプラスチックが**環境中でもろくなって細かくなった**もの

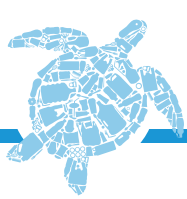


プラスチック汚染をめぐる国際動向

World Economic Forum. The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics (2016)



- 2016年のダボス会議で、世界の海を漂うプラスチックが今後も増え続け、2050年までに魚の量を上回るという衝撃的な予測が報告書で発表。
- 2019年のG20大阪サミットで、2050年までにプラスチックの追加的な汚染をゼロにする目標が合意。2023年のG7広島サミットで、この目標を10年前倒し。
- 2025年末までにプラスチック汚染条約の目的を定めるための議論が実施中。



海洋流出プラスチックの問題とは？

JEAN. <https://www.jean.jp/m-litter/>
Worm et al. Ann Rev Environ Res (2017)

● 経済的な影響について

- ✓ 景観悪化による観光業等への悪影響。
- ✓ 回収処理するための費用負担。
- ✓ 漁業や水産物への悪影響（風評被害等含む）。

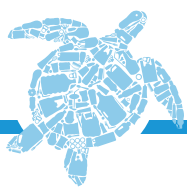


国立環境研究所 広報室 成田正司氏 撮影
鳥取県北条砂丘 2021年12月

● 人や生態系への影響について

- ✓ 生物に絡みつくことや誤飲食による消化管閉塞や穿孔。
- ✓ 細胞膜を通過して物理・化学的特性により有害な影響を示す。
- ✓ 個体群の減少や生態系のバランスを崩す。

➔ 経済的な影響の評価や対策、人や生態系への影響の評価や軽減には、マイクロプラスチックを含む海洋流出プラスチックの発生源や流出量、汚染状況の実態を把握することが重要。



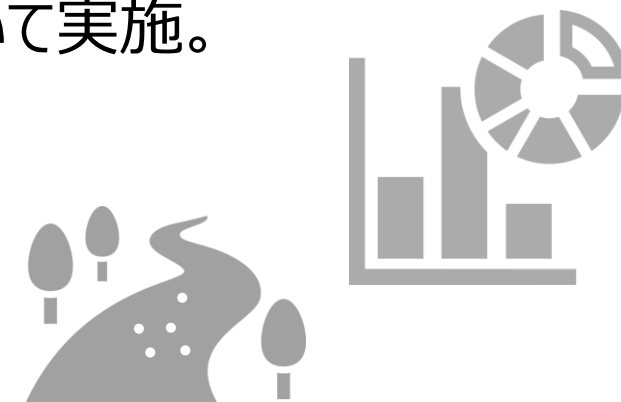
● プラスチックごみの環境／海洋流出量の推計（あたりをつける）

- ✓ 発生源や品目別に流出量を推計。
- ✓ 基本的には活動量（生産量、使用量、処分量）と排出量を用いて実施。
- ✓ 発生源からの流出経路を考慮するケースも。

● プラスチックごみの汚染状況の実測（答え合わせをする）

- ✓ 海洋、海底、海岸、河川、湖沼等のフィールド調査。
- ✓ プラスチックのサイズに応じて、国際調和された調査方法を用いて実施。
- ✓ 流出量の観点に加えて、生物や人への有害な影響の観点も重要。

➔ 流出量の推計と汚染状況の実測を並行して実施することにより、推計すべき発生源や品目の追加や実測すべきフィールドの把握へ。





環境省による海洋流出量の推計

環境省、令和6年度検討結果 日本の海洋プラスチックの流出量の推計（2024）

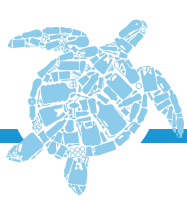
自動車タイヤ摩耗じん 最大 9,400トン	建築塗料 最大 2,306トン
道路標示材 最大 4,300トン	農業資材 最大 2,064トン
人工芝 最大 2,940トン	レジンペレット 最大 860トン
	船舶塗料 最大 790トン



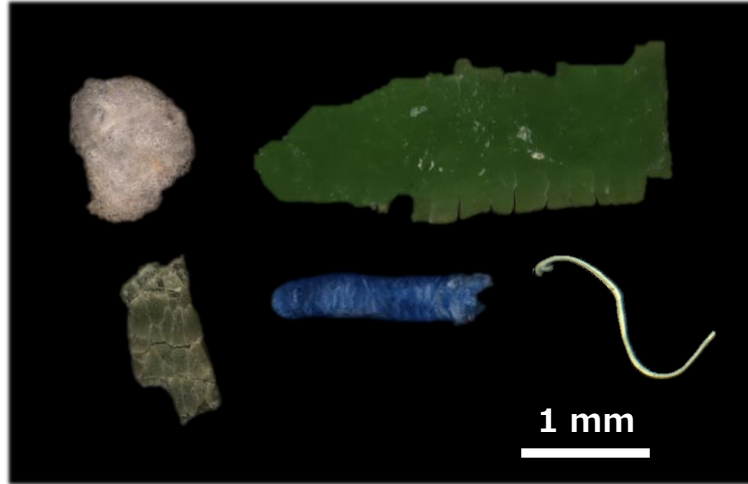
品目	汚水	雨水	廃棄物	土壌	大気	直接水域
タイヤ摩耗粉じん		100			品目による	
道路標示材		100			品目による	
人工芝（パイル、充填剤）	5	70	5	20		
建築塗料		100				
農業資材				100		
レジンペレット		100				
船舶塗料						100
パーソナルケア製品	10~95		5~91			
繊維	100					
自動車ブレーキ粉じん		100			品目による	
洗剤	100					
海洋への流出率	11	24	0.01	0.01~28		100

- 発生源・品目、活動量、排出係数、経路別の除去率を設定して推計。
- 日本のプラスチックの海洋流出量は最大**3.1万トン**であり、**23%**は**マクロプラスチック**として、**77%**は**マイクロプラスチック**として、それぞれ推計されている。

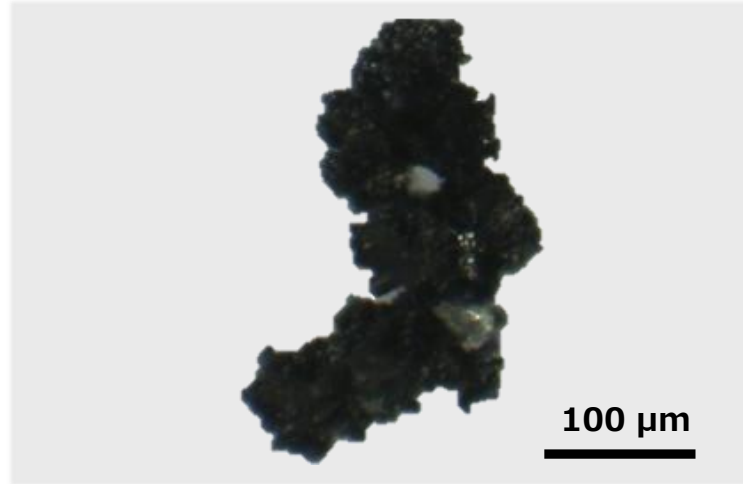
➔ 回収の難しいマイクロプラスチックの海洋流出をどう捉えるか？



物理・化学的特性に着目したアプローチ



破片状・繊維状マイクロプラスチック



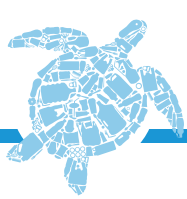
タイヤ由来マイクロプラスチック



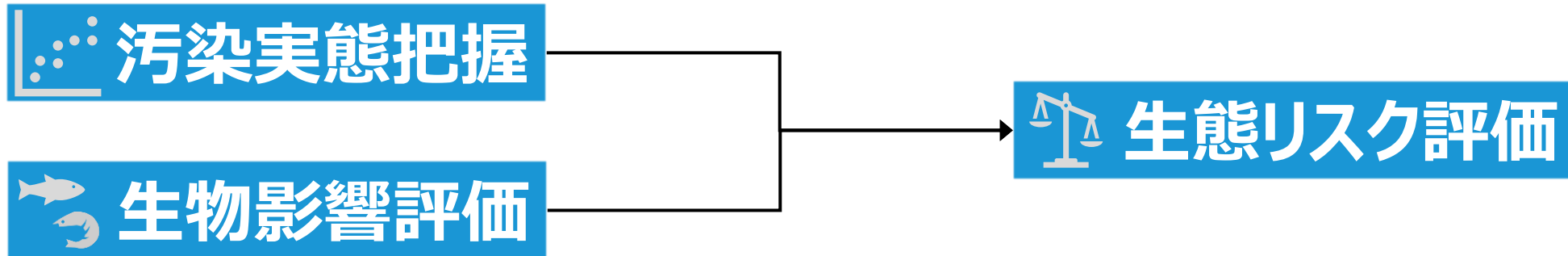
形態（粒子サイズ、形状）
劣化度
添加剤
影響強度

物理・化学的特性

- 海洋流出マイクロプラスチックは、**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、**海流で長距離輸送**されるものがある。
- 河川や河口、海洋や海岸といった**各種環境**において、**流出元**や**流出経路**で、**物理・化学的特性が大きく異なる**と考えられる。
- しかし、各種環境での**存在実態**や**物理・化学的特性を一体的に把握**する**研究は実施されておらず**、**毒性試験や生態リスク評価**も実施されていない。

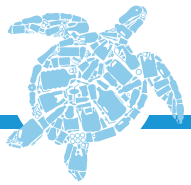


私たちが実施した研究の目的

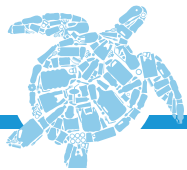


マイクロプラスチック流出抑制対策の優先順位をつける

- 人間の活動によって生じたマイクロプラスチックによる生態系の健全性や生物多様性が損なわれるリスク、すなわち**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**マイクロプラスチックを特定**することを目的として、
- 「汚染実態の把握」では、**陸域・沿岸域・海洋**の**マイクロプラスチック**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**を把握すると共に、
- 「生物影響の評価」では、**流出量**が多く、環境での**検出事例**が多い**マイクロプラスチック**を対象として、モデル生物を用いて**生物影響**を評価した。

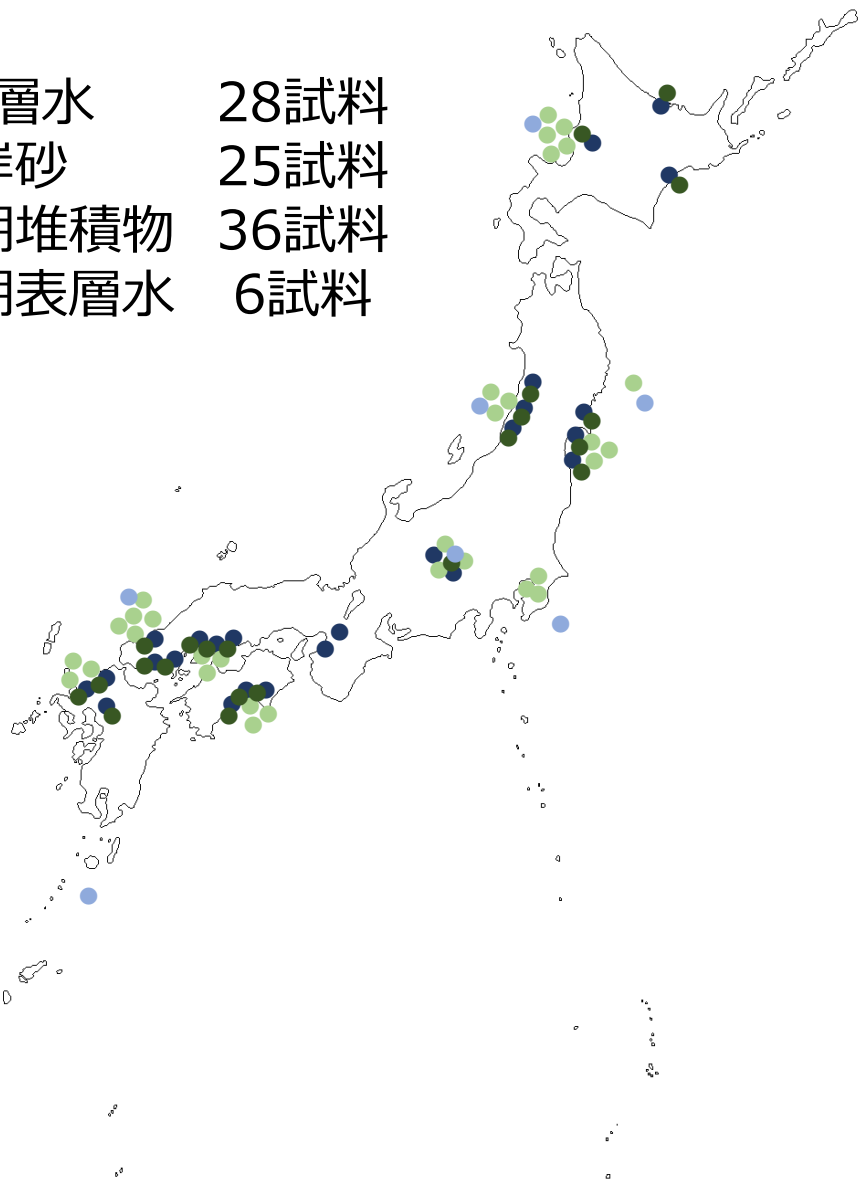


污染実態把握



試料採取について

● 河川表層水	28試料
● 海・湖岸砂	25試料
● 河口・湖堆積物	36試料
● 海洋・湖表層水	6試料



- **2022～2024年度**にかけて、試料採取、前処理、各種分析を実施。
- 試料採取では、気候区分や土地利用形態等を考慮して、**河川表層水、海・湖岸砂、河口・湖堆積物、海洋・湖表層水**のマイクロプラスチックを含む環境試料を**採取**。
- 前処理と各種分析では、**5 mm未満のマイクロプラスチック**を抽出して、材質、粒子サイズ、形状、添加剤等化学物質、細胞応答といった**物理・化学的特性を評価**。

河川表層水 自然通水法

ろ水量：10～15 m³



◀ 目合い 0.3 mm



流れてくるマイクロプラスチック
をプランクトンネットで採取する

国立環境研究所 広報室 成田正司氏 撮影
広島県芦田川 2024年5月

河川表層水 ポンプ法

ろ水量 : 1 m³



採取場所
28地点

© GeoNames



◀ 目合い 0.3 mm

◀ 目合い 0.1 mm

◀ 目合い 0.01 mm

より小さいマイクロプラスチックは
夾雑物を取り除きつつ採取する

国立環境研究所 広報室 成田正司氏 撮影
北海道十勝川 2023年7月

実施機関：国立環境研究所、産業技術総合研究所

海岸・湖岸砂 スクレーパープレート

採取量：25 kg (表層5 cm)



沿岸で生成・漂着している
マイクロプラスチックを採取する

国立環境研究所 広報室 成田正司氏 撮影
山形県十里塚海岸 2023年11月

実施機関：国立環境研究所 産業技術総合研究所

海洋・湖表層水 曳網法・ポンプ法

ろ水量：200 m³

ろ水量：1 m³



◀ 目合い 約0.3 mm

◀ 目合い 0.3 mm

◀ 目合い 0.01 mm

漂っているマイクロプラスチックを
ニューストンネット等で採取する

国立環境研究所 広報室 成田正司氏 撮影
沖縄県国場川河口付近 2022年10月

海洋・湖堆積物 エクマンバージ・スミスマッキンタイヤー

採取量：20 kg (表層10 cm)



表層から水底に沈降・堆積する
マイクロプラスチックを採取する



ネットによるろ過



有機物分解



比重分離



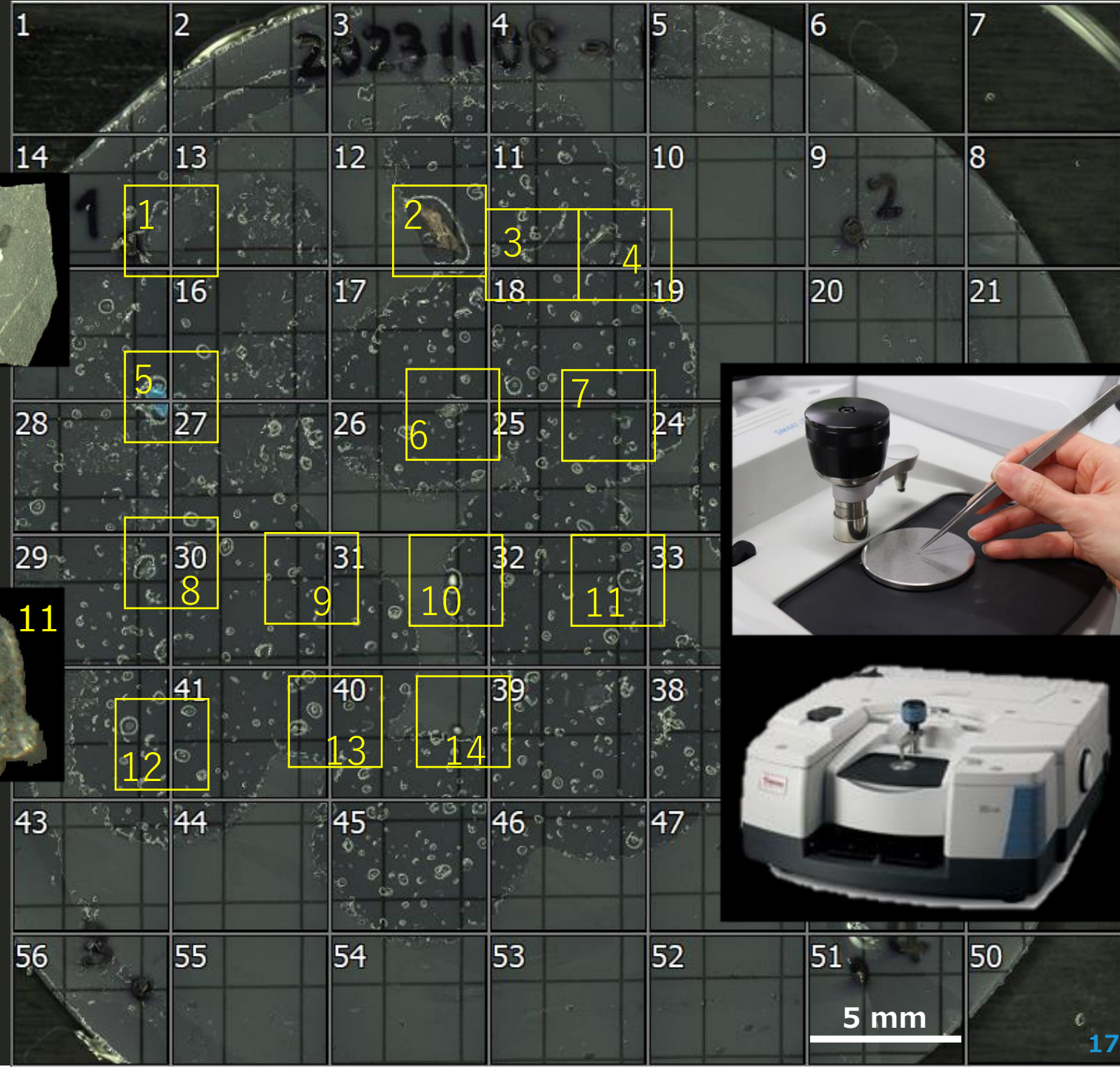
マイクロプラスチック候補粒子

FT-IR (ATR)による材質分析

対象サイズ：0.3-5 mm

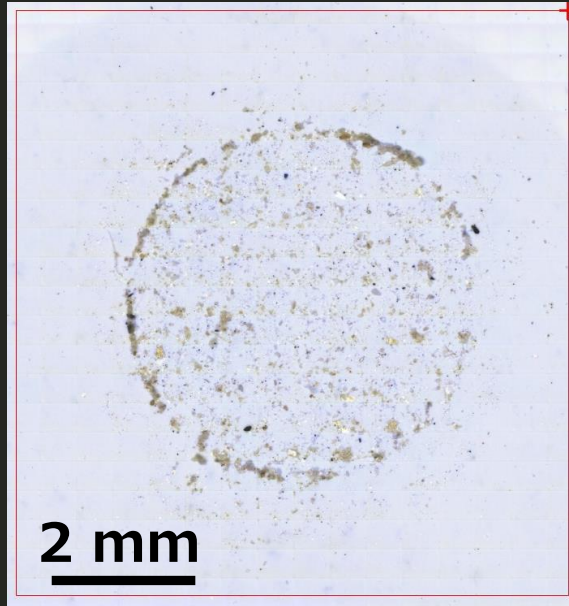


マイクロプラスチック候補粒子

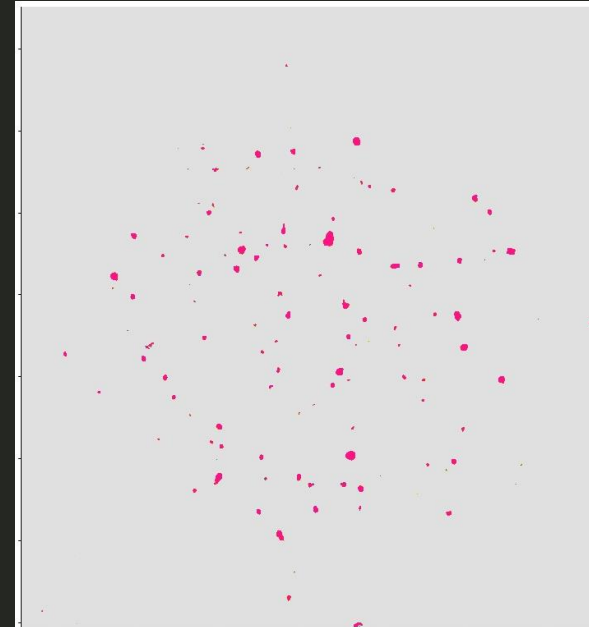


イメージング顕微FT-IRによる材質分析

対象サイズ：0.02-0.3 mm



フィルター上試料

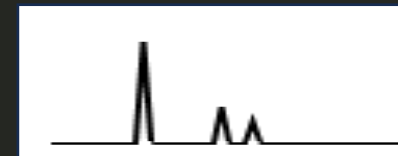


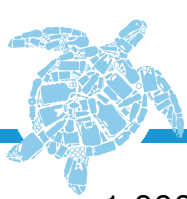
ポリエチレン (PE)



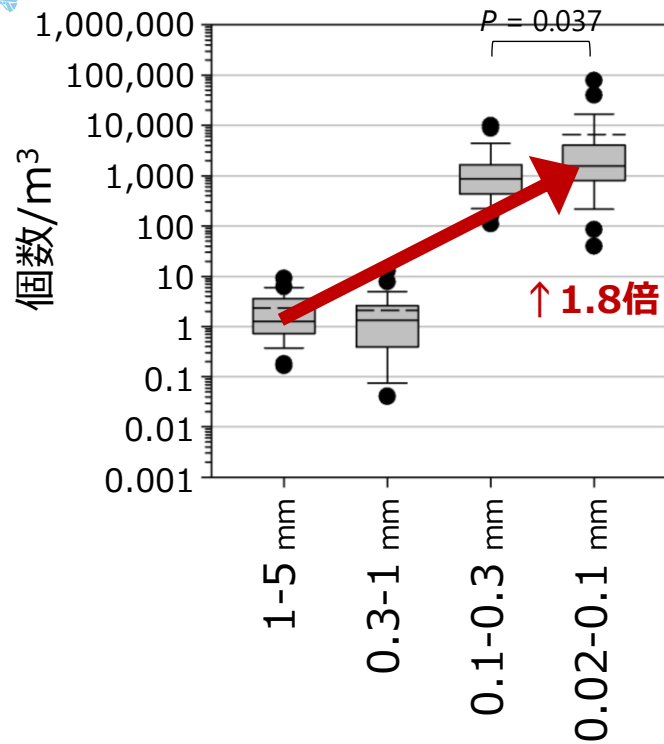
熱分解GC-MSによるタイヤ路面摩耗粉じん分析

対象サイズ：サイズ分画なし

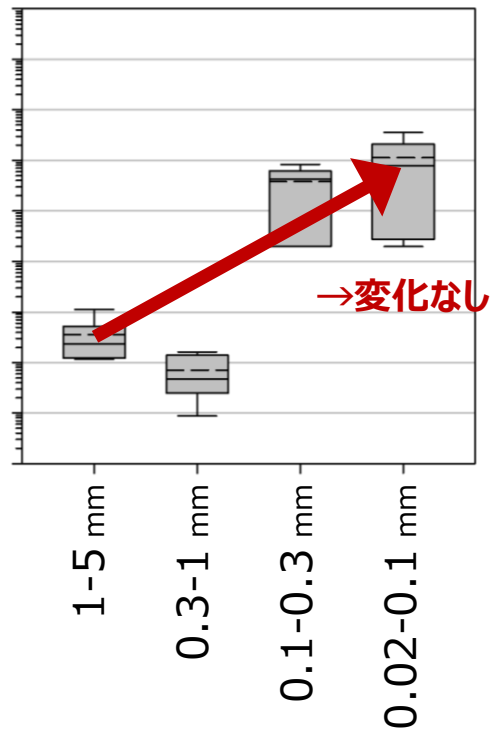




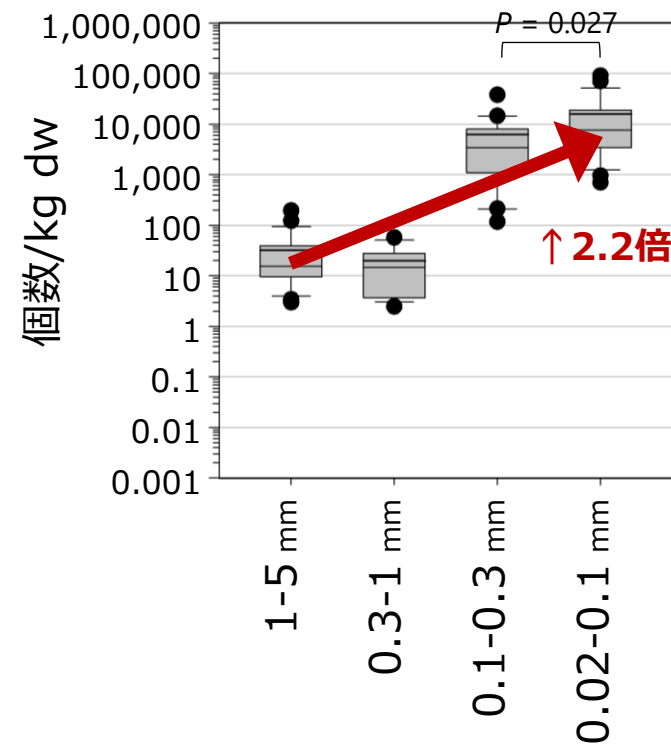
マイクロプラスチック 個数濃度



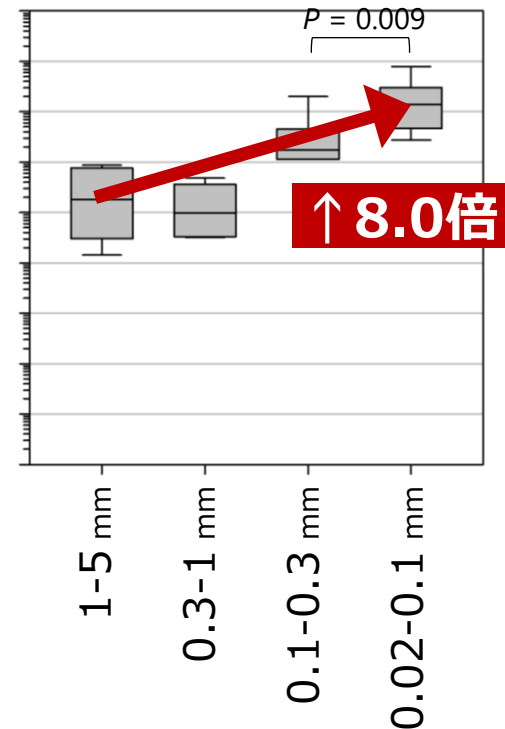
河川表層水



海洋表層水

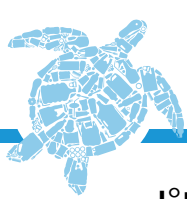


海・湖岸砂



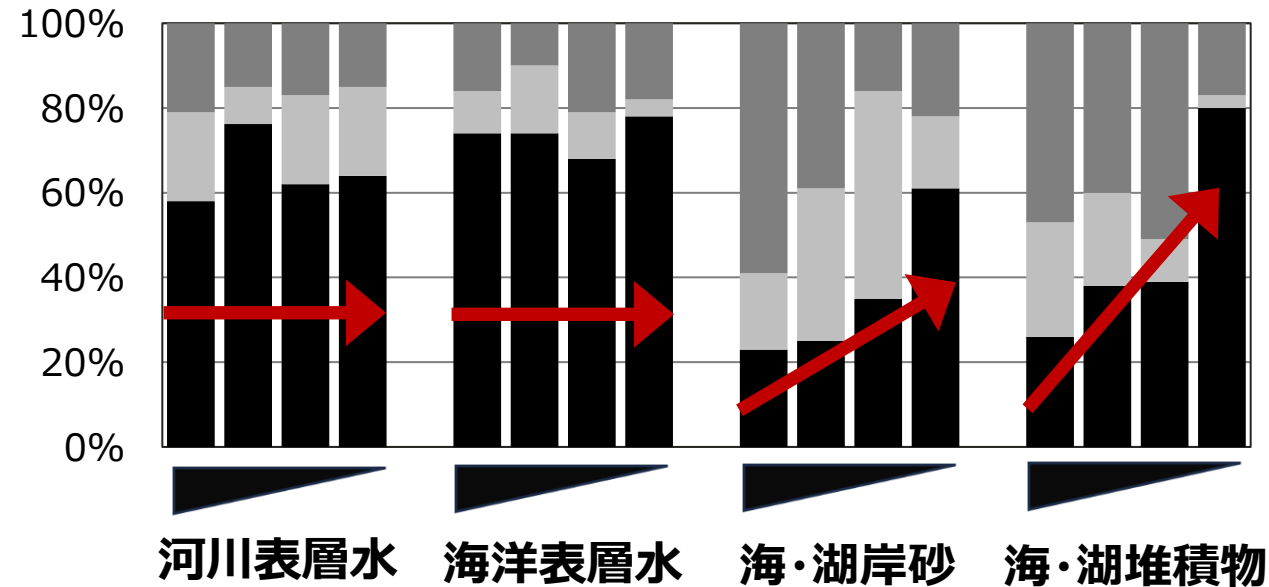
海・湖堆積物

- 個数濃度は、サイズが小さいほど多く、1 mm以上より0.1 mm以下が100倍以上多い。
- 堆積物では、その他の試料と比較して、0.1 mm以下が顕著に高い。

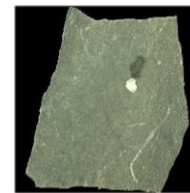


マイクロプラスチック 材質・形状・色

■ ポリオレフィン (水に浮く) ■ PET ■ その他 (水に沈む)



材質 (0.02-5 mm)



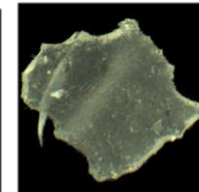
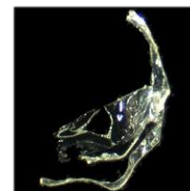
破片状
(主にポリオレフィン)



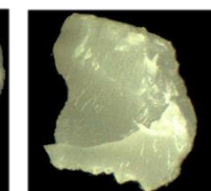
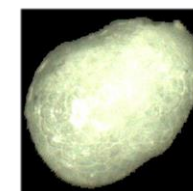
繊維状
(主にPET、PAN、PA)

90%以上を占める

形状 (0.3-5 mm)



透明

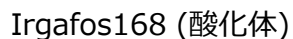


白

60%程度を占める

色 (0.3-5 mm)

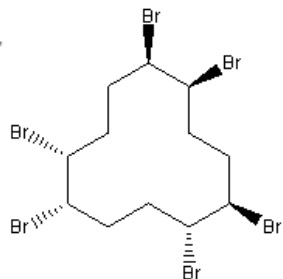
- 材質は、表層水でポリオレフィンが高く、砂・堆積物でPET・その他が高い。一方で、砂・堆積物で、0.1 mm以下のポリオレフィンが顕著に高い。個数濃度の増加と関連？
- 形状は、破片状と繊維状がほとんど。特定の地点で発泡体。ビーズやペレットは稀。
- 色は、透明と白が多い。この他、地点によって、黒、青、緑も多い。



酸化防止剤

ポリオレフィンで高頻度に検出。

酸化体が圧倒。

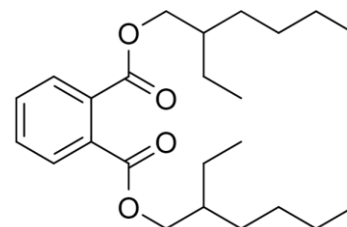


HBCD

臭素系難燃剤

残留性有機汚染物質 (POPs)

発泡PSで検出。溶出？国外由来？



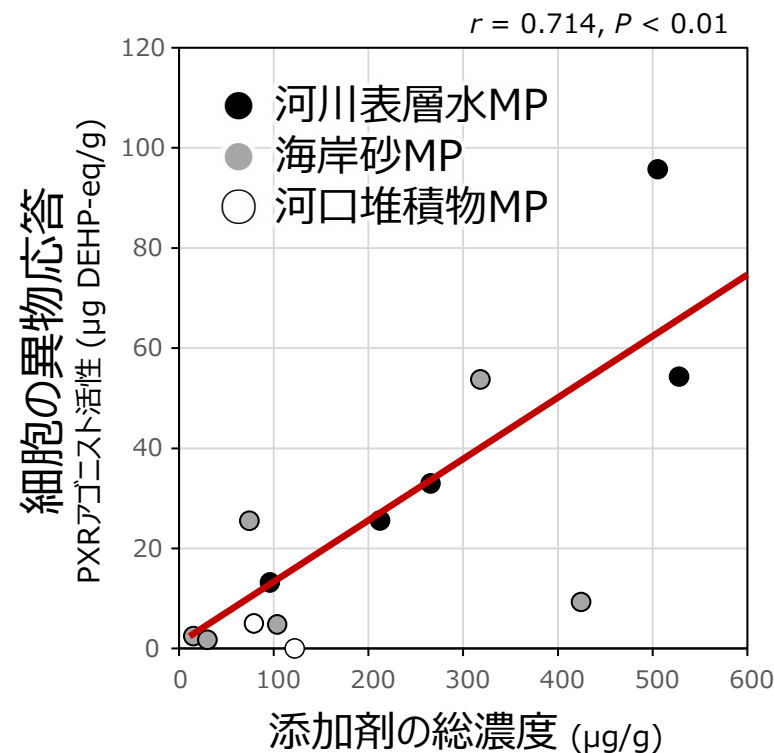
DEHP

可塑剤フタル酸エステル

化審法監視・優先

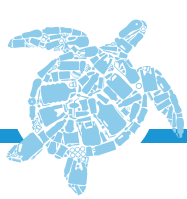
ポリオレフィンで高頻度高濃度で検出。

溶出？



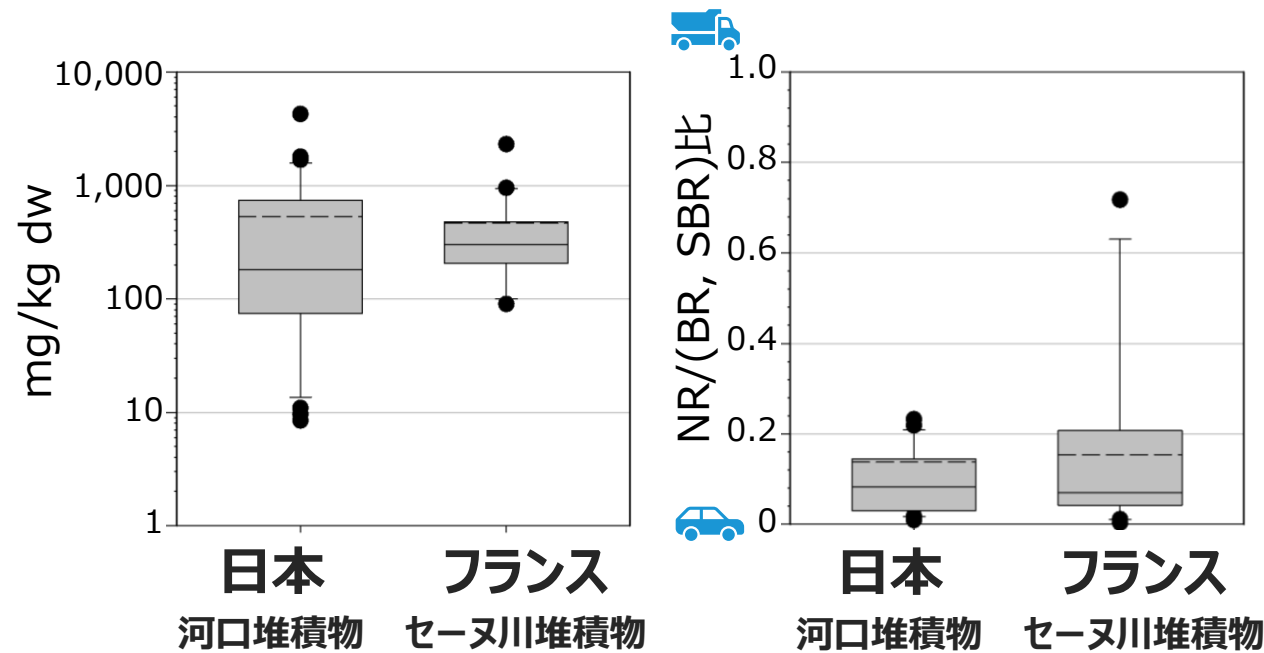
細胞の異物応答

- **ポリオレフィンと発泡PS**では**規制物質を含む添加剤**が**高濃度で検出**される事例がある。
- 残留性有機汚染物質 (POPs)の**HBCD含有発泡PS**は国外から運ばれ**海岸に漂着**？
- **添加剤濃度と細胞応答強度**に**正の相関**。プラから溶出すれば、化学物質影響を示す？

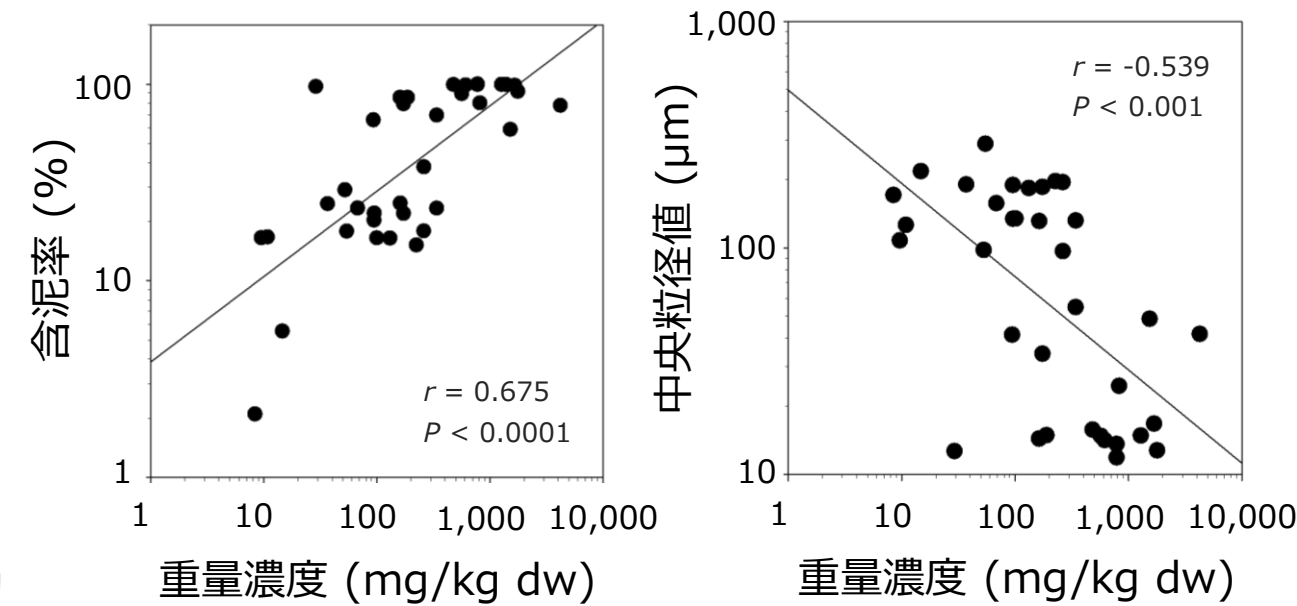


タイヤ路面摩耗粉じん 重量濃度・起源

Barber et al. Sci Total Environ (2024)



重量濃度と起源



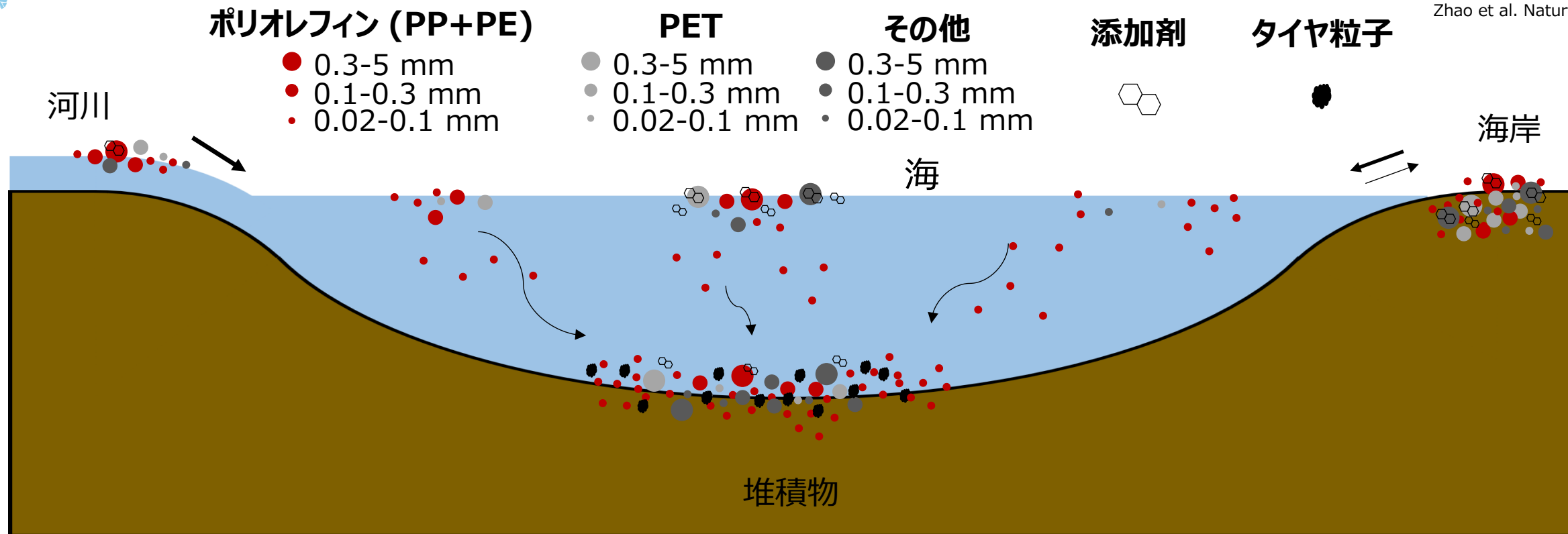
堆積物指標との関連性

- 河口・湖堆積物で検出され、路面から海洋や湖に流出することを明示。フランス・セーヌ川の既報値と同程度。乗用車由来が多い？
- 含泥率と中央粒径値と関連性あり。泥 (63 μm以下) と挙動を共にする。

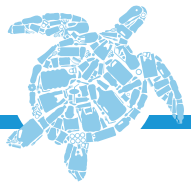


マイクロプラスチック 動態のイメージ

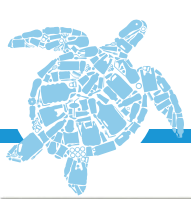
Miyazono et al. Environ Sci Technol (2025)
Zhao et al. Nature (2025)



- 海洋流出したマイクロプラスチックは、漂流過程で沿岸域の水底に沈降。0.1 mm以下のポリオレフィンでその傾向が顕著。バイオフィームの影響を受けやすいことを示唆？
 - タイヤ路面摩耗粉じんは、道路で生成したものが流出し、速やかに水底に沈降。
- ➔ 材質や粒子サイズで動態が異なる。沿岸域の水底に濃度が高いホットスポットが存在。



生物影響評估



生物影響試験について



魚類コイ



甲殻類ヨコエビ

- **タイヤ粒子、破片状ポリオレフィン (PP)、繊維状PET**を調製・入手。
- 環境中での太陽光による劣化を想定して、**紫外線処理**をしたマイクロプラスチックも評価。
- タイヤ粒子と破片状ポリオレフィンに**添加剤等化学物質**が含まれていることを把握。
- **魚類コイ**と**甲殻類ヨコエビ**に**マイクロプラスチックを含む餌飼料**を与えて**生物影響**を評価。



観察された毒性影響と予測無影響濃度 (PNEC)

溶出した物質

PNEC

1000 mg/kg dw

タイヤ粒子は、コイに血液毒性、ヨコエビに急性毒性を示す。紫外線処理で溶出する添加剤等関連物質濃度が減少すると共に毒性が減弱。タイヤから溶け出した**添加剤等関連物質が毒性の主因**。

プラ粒子

PNEC

100 mg/kg dw

7.5 mg/m³

破片状ポリオレフィン^①は、コイとヨコエビ共に**成長抑制**を示す。添加剤有無問わず、サイズが小さいと毒性が強い。紫外線処理で毒性が減弱。プラ表面性状が毒性作用に関連と推定。**プラ粒子が毒性の主因**。

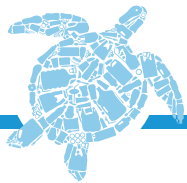
分解生成物

PNEC

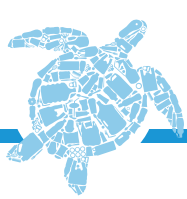
2500 mg/kg dw

繊維状PETは、紫外線処理なしでコイとヨコエビ共に影響なし。**紫外線処理でコイに成長抑制**を示す。**PETの紫外線分解生成物 (テレフタル酸) が毒性の主因**と推定。

➔ **毒性作用機序**は材質等により**多様**。最小影響濃度とアセスメント係数から**PNECを算出**。

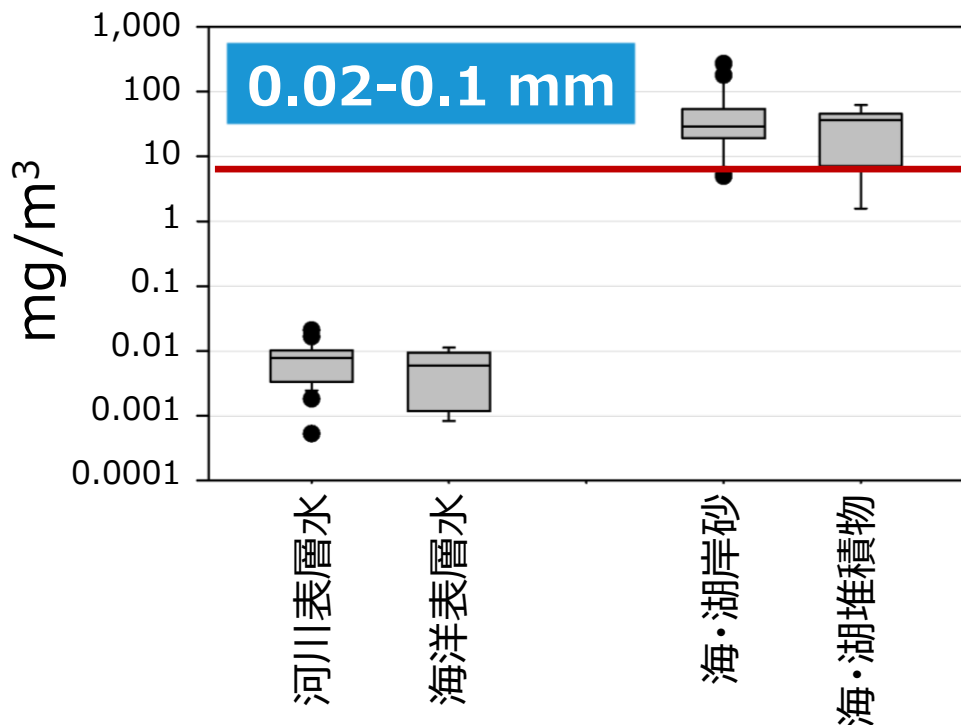


生態リスク評価と 優先評価マイクロプラスチックの提示



マイクロプラスチックの生態リスク評価

環境省、令和5年度 海洋プラスチックごみによる生物・生態系影響把握等業務検討結果 (2024)

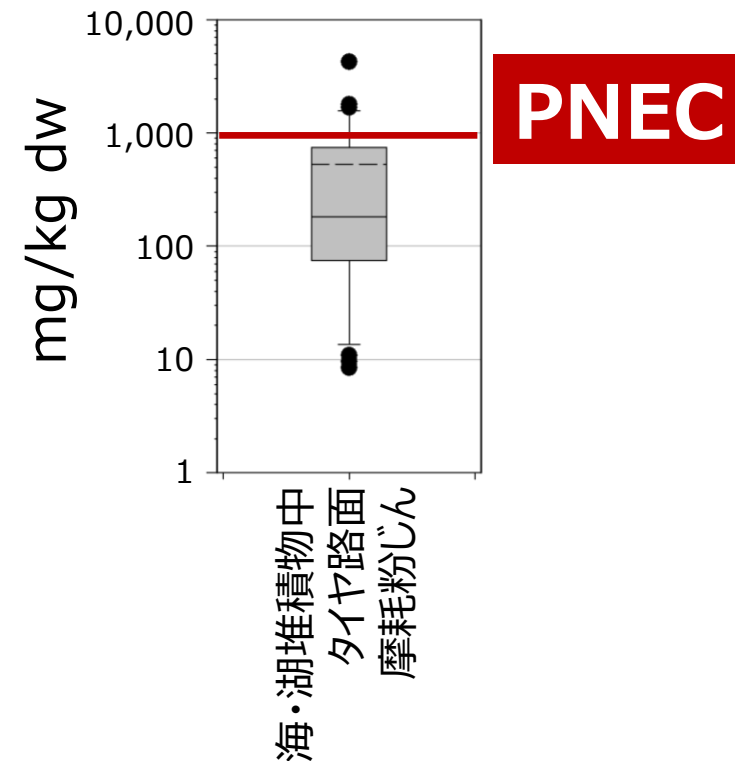


PNEC

環境省事業
二枚貝*
無影響濃度: 10 mg/m³



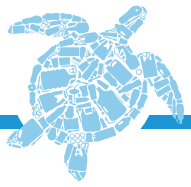
*0.01-0.1 mm、水曝露、粒子毒性



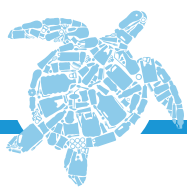
PNEC

- 堆積物・砂の表層で曝露が生じるワーストシナリオでの**堆積物・砂のマイクロプラスチック**について**重量濃度がPNECを超過**する地点あり。
- **堆積物のタイヤ路面摩耗粉じん**について**重量濃度がPNECを超過**する地点あり。

➔ 使用実態や環境中挙動から、**破片状ポリオレフィン**と**タイヤ粒子**を優先評価すべき。



わかったことと伝えたいこと



わかったことと伝えたいこと

- 汚染実態把握では、**海洋流出マイクロプラスチックによる汚染実態**を調査し、**材質・粒子サイズで動態が異なり**、特定の媒体や環境において濃度が高くなる**ホットスポットを生じることがわかった**。
- 生物影響評価では、**マイクロプラスチックを摂取した生物の毒性影響**を調査し、材質・添加剤・劣化により**多様な毒性作用を示すことがわかった**。
- 生態リスク評価では、マイクロプラスチックのうち、**破片状ポリオレフィンと自動車タイヤ路面摩耗粉じん**が、一部地域の**水底堆積物で生物・生態系に悪影響**を与えている可能性があることがわかった。
- **プラスチック**は、日常生活に欠かせないけれど、**付き合い方を考えなおすタイミング**に来ており、代わるものの開発、使い方や処分の工夫などが必要。
- **製品開発**から**社会システムの変換**等、国外でも通用する新しいアイデアを是非。



研究体制



国立環境研究所資源循環領域

鈴木 剛 室長【研究代表兼 汚染実態把握 リーダー】

田中厚資 研究員

高橋勇介 特別研究員（研究協力者）（現 産総研 研究員）

宇智田奈津代 高度技能専門員（研究協力者）

道中智恵子 高度技能専門員（研究協力者）



産業技術総合研究所地質調査総合センター

板木拓也 研究グループ長

天野敦子 主任研究員（現 研究グループ長）



愛媛大学沿岸環境科学研究センター

仲山 慶 講師【生物影響評価 リーダー】

国末達也 教授



鹿児島大学水産学部

宇野誠一 教授

國師恵美子 助教（研究協力者）

山崎雅俊 助教（研究協力者）





謝辞（敬称略）

● 協力者

国立環境研究所
産業技術総合研究所

愛媛大学
鹿児島大学
日本獣医生命科学大学
北海道立総合研究機構
山形県環境科学研究センター
長野県環境保全研究所
大阪府立環境農林水産総合研究所
広島県立総合技術研究所
広島市衛生研究所
山口県環境保健センター
高知県衛生環境研究所
福岡県保健環境研究所
沖縄県衛生環境研究所
ドーコン株式会社
米国タイヤ製造協会

渡邊ひさの、増田亮一、成田正司、米岡恭子、神戸一美、富田弘美、柴沼尚子
鈴木苑子、森田佳実、鈴木克明、有元純、羽田裕貴、古川祐光、島隆之、田村
亨、飯塚睦、斎藤直樹、小森康太郎
田上瑠美、後藤哲智、高橋真樹子、池内五十鈴
森田裕子、島田彩乃
倉田修、和田新平
朝倉賢
笠原翔悟
北原清志、小口文子
相子伸之、近藤美麻
中廣賢太
小川秋奈
梶原丈裕
谷脇龍
古賀智子
比嘉元紀
谷崎美由記、村上弘樹、堀田優斗
Neil Kotras、Sarah Amick、Jamie McNutt

● 環境研究総合推進費

環境問題対応型研究（2022～2024年度）
海洋流出マイクロプラスチックの物理・化学的特性に基づく汚染実態把握と生物影響評価
代表者：鈴木 剛、課題番号：1-2204、体系的番号：JPMEERF20221004