

海洋に係る課題解決に資する直接的な提言

- プラスチックゴミ問題に対する提言 -

笹川平和財団 海洋政策研究所 研究員 朱夢瑤

(1) プラスチックゴミ観測の現状

① マクロプラスチック（視認が可能なサイズ（5 mm以上））

海洋流出したマクロプラスチックの分布観測は、主に、海岸、海面及び海底を対象に行われている。海岸におけるマクロプラスチックは人力での目視調査やドローンによって観測され、洋上では船での目視調査や人工衛星によって観測される[1-3]。そして海底では主に船の底曳き網によって調査される。さらに、深海研究調査により深海で撮影した映像を利用し、海底のマクロプラスチックの実態を把握している。例えば、国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）の「しんかい 6500」、「しんかい 2000」又は「フリーフォールカメラシステム」からの映像などである。現在、環境省や気象庁、JAMSTECなどの研究機関などがマクロプラスチックをモニタリングしている。

② マイクロプラスチック（視認が困難なサイズ（5 mm未満））

マイクロプラスチックの実態調査は、サンプル収集と実験室での定量化分析という二つの段階に分けられる（図1）。

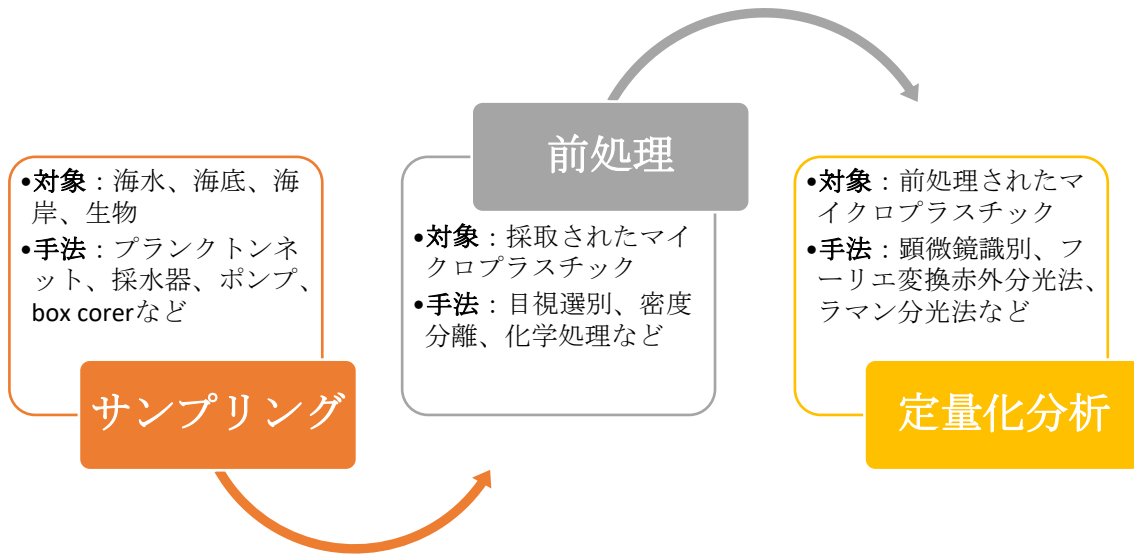


図1 海洋マイクロプラスチック調査手法の簡易手順

マイクロプラスチックを含む主な対象は海水、海底、海岸そして海洋生物であり、対象ごとに用いられる観測手法が異なっている。海表面ではマンタネット、海水中ではニューズトンネット、採水器やポンプなどによってマイクロプラスチックが採取されている。海底に沈んだマイクロプラスチックは、有人潜水艇(HOV: Human Occupied Vehicle)や遠隔操縦ロボット(ROV: Remotely Operated Vehicle)によって操作されるコアラーと呼ばれる採取装置(box corer、push corer 又は multiple corer)を用いて採取される[4, 5]。海岸では四角形の採取区画を設定し、表面の砂をすくい取ってふるいにかけてマイクロプラスチックを採取する[6]。これら採取されたマイクロプラスチックに前処理を施し、顕微鏡、フーリエ変換赤外分光法、ラマン分光法などでサイズや形の識別、材質判別といった定量的分析が行われる[4, 7]。現在、環境省をはじめ、大学機関、研究機関、地方研究所、自治体そして民間企業がマイクロプラスチックの収集や分析を実施している(表1)。しかし、現段階では主に海洋表層や河川表層においてメッシュサイズ300 μ m以上のネットを用いて収集を行っており、その結果、「行方不明プラスチック」の発生という問題が生じている。

表1 各マイクロプラスチック観測プラットフォーム（機構）の比較

実施機関	調査期間	調査対象	調査手法（センサー）	網目のサイズ（ μm ）
環境省	2014年～	日本周辺沖合 海域の海表面・ 河川	ニューストーン ネット	350
九州大学・東京 海洋大学	2016年	南北太平洋の 海表面	ニューストーン ネット	300
東京理科大学	2015 - 2017年	全国の23河川	簡易プランク トンネット	350
研究機構 (JAMSTEC)	2019年	小笠原諸島父 島から相模湾 の海表面・海底	ニューストーン ネット・採水 器・採泥器	300
	2019-2020年	西部北太平洋 の海表面	サンプラー・ ニューストーン ネット	300未満 (*30, 100, 300) 335
神奈川県環境 科学センター	2017-2018年	相模湾沿岸域 の海浜	ふるい	475
静岡県環境衛 生科学研究所	2018年	焼津市浜当目	ふるい	475
		海岸の海浜・海 表面	ポンプ	20
川崎市	2018年	川崎市内の河 川や港湾	アルバトロス	300
さいたま市	2019年	埼玉県内の河 川	プランクトン ネット	300
横浜市	2018年	横浜市の下水	ネット	300
		道処理場	ふるい	100 - 5000

(2) 海洋課題（プラスチックゴミ汚染問題）の解決に資する観測体制の提言

① マクロプラスチック（視認が可能なサイズ（5 mm以上））

マクロプラスチックは目視で観測しやすいため、様々な観測プラットフォーム（海底ケーブル、ブイ、無人機など）や新たな手法（バイオロギングなど）を利用できると期待される。例えば、海底ケーブルシステムにビデオカメラなどのセンサーを装着することで、今までの観測手法と比べると、より広範囲、リアルタイムで連続的に海底のマクロプラスチックを観測できることが期待される。

また、バイオロギングという手法では、選ばれた生物（例えば、ウミガメ）にビデオカメラなどのイメージセンサー、深度や位置を特定するための圧力センサーや GPS 装置などを装着することによって、その生物の生息域（海表面、海中、海底）におけるマクロプラスチックを連続的に観測可能であると考えられる。

② マイクロプラスチック（視認が困難なサイズ（5 mm未満））

マイクロプラスチックについては、各種の関連機関の協力により広範かつ深海域における観測調査を進めることが望ましい。そのためには、産学官民連携という体制をより一層促進することが期待される。一つの好例として、2020 年から日本郵船株式会社と学校法人千葉工業大学が連携し、日本郵船株式会社の約 750 隻の運航船ネットワークを活用して航海中にマイクロプラスチックを採取し、学校法人千葉工業大学においてサンプル分析を行い、マイクロプラスチックの地理情報・サイズ・分布濃度・経年等が分かる世界規模の詳細なプラゴミマップを作成する予定がある。

また、現在、マイクロプラスチックは主に調査や研究目的によって個別に、専門知識を持つ研究者等が特定の採集器具（ネットやポンプなど）を用いて採取しており、より簡便かつ自動的な収集方法の採用が期待される。例えば、2020 年 10 月にスズキ株式会社は、世界初となる船外機取り付け可能なマイクロプラスチック回収装置を開発した。この装置は簡単な作業での取り付けが可能であるとともに、エンジン冷却後の戻り水を活用することから船外機の走行性能には影響しないというメリットがある。

以上のことを考慮し、新たなマイクロプラスチック調査システムの構築は以下の三つの方面から考慮することを提案する（図2）。

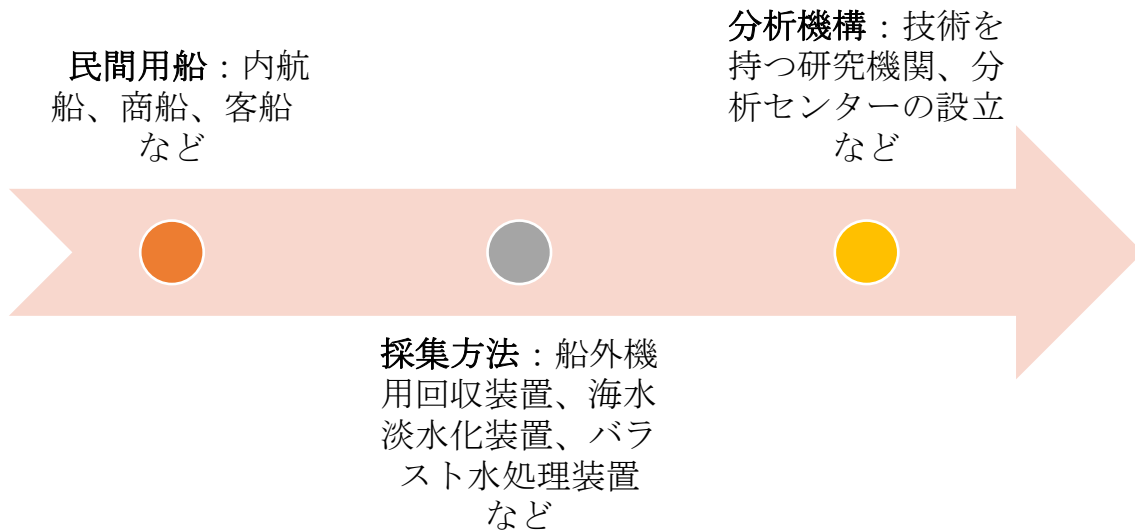


図2 マイクロプラスチック調査システム

調査のプラットフォームとなる船としては、今までの専門調査船の他に、内航船、商船、客船などの民間用船の活用に注目したい。この点については、航行中にマイクロプラスチックを採取する枠組みを構築することを提案する。並行して、すでに観測を実施している取組を活用し、調査状況を共有できるような仕組みの構築を促進すれば、広大な海洋におけるマイクロプラスチックの分布が少ない投資で明らかになると考えられる。

次に、採集方法については、民間用船は海上運航のみを前提としているため、ネットのえい航やポンプによる採水などの特別な器具や装置の使用を避け、これらの船にすでに装着されている装置を活かすことを考える。例えば、前述のエンジン冷却水装置の活

用はその一つである。その他、船に設置されている装置に付加装置を付けて採取する可能性を探求・開発する道がある。例えば、RO (Reverse Osmosis : 逆浸透) 海水淡水化装置やバラスト水処理装置、主機冷却清水の製造用海水、消火用海水、甲板清掃用海水などをマイクロプラスチック採取に活用する可能性はあると考えられる。

RO 海水淡水化装置は逆浸透膜という特殊なフィルターを使って、海水の塩分や細菌を除去する装置である。通常、RO 膜を安定に使用するためには、RO 膜へ供給する海水を適切に前処理する必要がある。この前処理段階で精密ろ過 (MF : Microfiltration) 膜や限外ろ過 (UF : Ultrafiltration) 膜などのフィルターを使用し、定期点検・交換の時にこれらのフィルターに付着したマイクロプラスチックを収集する方法が考えられる。

バラスト水は、大型船舶が空荷の時に船体を安定させるための「重し」として積み込む水 (主に海水) のことであり、通常は、外来種生物などによる海洋生態系の攪乱を防ぐためのバラスト水処理装置が取り付けられている。方式によっては大きな生物からプランクトンまでの小さな生物を取り除くための様々なフィルターが使用されており、これらのフィルターでマイクロプラスチックを濾し取れる可能性がある。バラスト水処理装置で集めるマイクロプラスチックを分析することにより、世界中の各港湾のマイクロプラスチックの実態の把握及び比較をすることができると考えられる。

最後は分析機構である。これは、サンプルの分析技術を持つ大学や研究機関で分析することとなる。例えば、JAMSTEC はハイパースペクトル画像診断 (Hyperspectral Imaging, HSI) 技術によりマイクロプラスチックの高速な検出分類手法を開発しており、サンプルの分析に適する研究機関であると考えられる。また、サンプル量は膨大になることが考慮されることから、日本国内でマイクロプラスチック問題に関心を持つ組織や研究機関を連携して、分析及びデータ管理を専門に扱うマイクロプラスチック分析センター (仮称) の設立を、今後検討する必要性が生じることも考えられる。

このようなマイクロプラスチック調査システムを構築するためには、調査プラットフォームと分析機構の連携や協力関係の構築を進めることが重要である。OPRI はこうし

た活動の架け橋のような役割を果たせると考えられる。

参考文献：

1. Derraik, J.G.B., The pollution of the marine environmental by plastic debris: A review. 2002, Marine Pollution Bulletin, 44, 842-852.
2. Kako, S. S. Morita, and T. Taneda, Estimation of plastic marine debris volumes on beaches using unmanned aerial vehicles and image processing based on deep learning. 2020, Marine Pollution Bulletin, Vol.155, 9p.
3. Martinez-Vicente V, Clark J, Corradi P, Aliani S, Arias M, et al., Measuring Marine Plastic Debris from Space: Initial Assessment of Observation Requirements. 2019, Remote Sens, 11(20), 2443.
4. 中嶋 亮太, 山下 麗, 海洋マイクロプラスチックの採取・前処理・定量方法, 2020, 海の研究(Oceanography in Japan), 29(5), 129-151.
5. Michida, U., Chavanich, S., Chiba, S., et al., Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods-Version 1.1. 2020, Ministry of the Environment, JAPAN
6. 中間報告書:相模湾漂着マイクロプラスチック(MP)の実態とその由来の推定, 2019, 神奈川県環境科学センター 調査研究部 マイクロプラスチック研究チーム
7. Kappler, A., Windrich, F., et al., Identification of microplastics by FTIR and Raman microscopy: a novel silicon filter substrate opens the important spectral range below 1300 cm^{-1} for FTIR transmission measurements. 2015, Anal. Bioanal. Chem., 407, 6791-6801.