

【SⅡ-2-3】海洋プラスチックごみのモニタリング・計測手法等の高度化（2018～2020）

研究代表者 東海 正（東京海洋大学）

1. 研究開発目的

現行の目視・人力による漂流・海岸漂着ゴミ調査、マイクロプラスチックの曳網調査や堆積物調査等で認識されている、データ容量や観測効率、さらにはデータ精度の限界について、それらのブレークスルーとなる新手法の開発に取り組む。モニタリングや計測手法の高度化を通して、海岸ゴミ量の二次元マップや、海洋や海底に現存するマイクロプラスチック密度の二次元/三次元マップの作成に資すること、また、その手法が世界の中で標準化・統一化される普遍性を持つことを目的とする。

本研究課題では、サブテーマ(1)として、多段式ネットを用いて深度別に海表面から海中に漂流するマイクロプラスチックを採取する手法を確立する。また、このときに目合の細かなネットを用いて、これまでより微細な(350 μ m以下)のマイクロプラスチックの採取を行う。また研究室内で光学技術などを用いた検出技術の基礎を確立する。サブテーマ(2)として、海底におけるマイクロプラスチックについて、その採取の実施とともに検出の自動化について手法を確立する。さらに、サブテーマ(3)として、海岸に漂着しているプラスチックごみについて、自律式マルチコプター等からの観測によって現存量を推定する方法を確立する。なお、本研究で開発する新たな手法・技術の確立に当っては、それらの手法等が一定の普遍性をもって国際的に標準化・統一化されることも視野に入れつつ研究を進めることとする。

2. 研究の進捗状況

(1) 各種技術等を活用した漂流ごみ等(マイクロプラスチックを含む)のモニタリング・計測手法の高度化

1) MOCNESS を用いて 1000m に及ぶ大深度から目合 64 μ m という細かいネットで比較的大量(数十トン)の水を濾過し、特に目詰まりすることもなく、細かなサイズの浮遊粒子を捕集できた。ポンプを用いた採集では、正確な深度から正確な量の試水を採取できた。ホース取り回しの制限から今年度は深度 50m までしか垂下しなかったが、今後、甲板作業を洗練・熟練させれば、100m 深程度まで垂下できる見通しがついた。

2) MOCNESS とポンプで捕集された各層の浮遊粒子サンプルは、一部について顕微鏡観測を行い、個々のサンプルについて手作業ではあるが処理を行い、海面から離れた深さ 40、50m においても繊維状の物体や固形のプラスチック片と見られる物体を観察することができた。目合 64 μ m の網で捕集した試水に MP 調査で普通に用いられてきた目合 330 μ m の網では捕集できない小型粒子が含まれていたことから、今後も目の細かな網を用いた粒子の捕集を継続する必要性を示すことができた。顕微鏡による目視観察のほか、FTIR 等の光学的計測により、サイズと形状、粒子の素性の解析を進めて、深度別に、粒子の素性別にサイズ組成と現存量を明らかにすることに取り組む。

3) (a)MP 粒子および SMP 粒子の光学的な性質（消散係数、蛍光、偏光）による把握：後方散乱の偏光特性：ポリスチレン粒子のサイズおよび濃度で偏光特性が変化することが理解された。この手法の確立に向けては他のプラスチック粒子およびサイズについてデータベースの作成が必要である。(b)MP 粒子以外の生物粒子などの夾雑物の除去方法の検討：ニューストーンネット採集試料の良好な処理手順を確立することができた。この方法を用いることで、顕微鏡下での目視のみによる抽出よりも、回収の時間短縮、精度の向上が期待され、今後、検出工程での効率化を検討する。(c)顕微 FTIR を使用した MP 粒子の検出手法の検討：ポンプを利用した多段のフィルターシステムを構築できた。また顕微 FTIR による計測条件を検討した。今後、海域に応じた濾過量の設定を検討する。

以上、3)で整えつつある光学的な手法や顕微 FTIR を用いた手法を、MOCNESS とポンプ採集によるサンプルに対して駆使するまでには至っていないものの、概ね当初の計画通りに集めることができていく。

(2) 海底堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化

本年度は、1)複数海域の堆積物を対象にしたマイクロプラスチック (MP) の確認、2)処理工程と分析工程ごとの Imaging Flow Cytometer (IFC) の最適手法の検討、及び3)従来法と比較した本法の有効性と課題の抽出、の3課題に取り組み、結果的に1)については調査した3海域すべてでMPを確認し、2)においては夾雑物の除去方法の確立と適正な分離機(JAMSS)の製作、並びにIFCの最適条件を明らかにし、3)においては新たにフローセルを用いたシステムを構築する必要も生じたものの、従来法との比較の中で2)で確立した手法の有効性を確認することができ、いずれについても概ね予定どおりに課題を解決している。

(3) 漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

1)ドローンによる操作・機能性を確認した結果、自動飛行・撮影機能が充実しているため、海岸観測に要する時間は従来の方法と比べて半分程度であることがわかった。また、地上画素寸法を5mmと設定すれば、上空(17m)からペットボトルサイズ程度の漂着プラスチックごみでも、十分認識可能であることを確認した。

2)色情報に加えて、高さ情報も判定基準に用いることで、画像識別プログラムの客観性・汎用性を向上させた。前景領域抽出アルゴリズムであるGrabcutをGUIとして実装し、画像解析の客観性を高めた。

3)現地測量の結果とドローンのGPS情報を元に海岸の三次元点群、デジタルサーフェスモデル、オルソ画像を作成し、それを元にした漂着ごみの体積推定とその精度評価を行った。その結果、本研究で開発した手法は従来の方法よりも高精度であることが示された。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

海洋プラスチックごみ、特にマイクロプラスチック (MP) による汚染とその生態系への影響の削減は、国際社会の大きな関心事であり、その課題を解決するための政策が強く求められている。しかしながら、政策を立てるにしても、いまだMP分布実態はネット採集による海表面での分布の情報が得られているだけで、海中や海底での存在やネットの網目をすり抜けるより微細なMPについては明らかでない現状がある。そこでサブテーマ(1)では海表面から海中に浮遊するMPについて、またサブテーマ(2)では海底堆積物中のMPの分布を明らかにするための手法の確立を目指している。さらに、微細なMPを検出する技術と合わせることによって海洋中のMP全体像を明らかにすることで、海洋プラスチック汚染の進行抑制の必要性とプラスチック廃棄物に対する環境政策の重要性について国民の理解を促すことが可能となる。

サブテーマ(1)でのよりMPの光学的な検出技術とより微細なMPを顕微FTIRを用いて効率的に検出する技術、およびサブテーマ(2)における海底堆積物からのMP検出自動化は、より多くの研究機関や環境アセスメント企業のこの分野への参入を促し、MPの環境影響評価の進展につながることを期待される。特に、光学を用いるMP検出技術は、海水や海産物からのMPの排除技術に直結すると考えられ、生活環境や食品の安全・安心を支える基盤となることを期待される。

サブテーマ(3)におけるドローンによる海岸漂着プラスチックごみのモニタリングは、ドローンの自動飛行・撮影機能が充実しているため、地方自治体等でも容易に実施することができる。したがって、地方自治体等と共同して、ドローン観測を全国各地の海岸で実施し、そのデータを鹿児島大学のサーバに集約するシステムを構築することができれば(画像解析は鹿児島大学で実施)、今までできなかった全国的な海岸漂着ごみの現存量を推定可能になることはもちろん、自治体などが精度良く海ごみ漂着量をモニターできる体制整備が可能となる。本手法は、このようなプラスチック堆積量の正確かつ迅速な推定に加えて、効率的かつ経済的なプラスチックごみ回収事業の策定や重点的なプラスチックごみ回収海岸の決定にも寄与する。回収が困難とされる海洋プラスチックごみの循環利用にも貢献が期待される。

本研究課題で開発されるモニタリング手法は、いずれも国際的に汎用性を持って用いることが可能

であり、MP をモニタリングする国際標準的な手法となることが期待される。この点で、我が国が目指す、海洋プラスチックごみ問題で国際的なイニシアティブを取ることも大いに貢献できるものと考えられる。

4. 委員の指摘及び提言概要

実用性の高い計測手法の開発が計画通り順調に進んでいると判断できる。本テーマの主題は手法開発であるが、他テーマとの連携のためには、各手法（検出定量する方法、 10μ サイズまでのサンプルの前処理・計数、採水サンプルを提供する海水サンプルの大量処理等）について早めに見通しが示される必要がある。また、次のステップとして、全国的な観測としての実測定・モニタリングに進み、各所の MP の分布と影響評価との関連を明らかにする道筋のアイデアを示して欲しい。

5. 評点

総合評点：A