

課題番号 S II -2-3

研究課題名 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

体系的番号 J P M E E R F 1 8 S 2 0 2 3 0

研究代表機関名 国立大学法人 東京海洋大学

研究代表者名 東海 正

研究実施期間 平成30年度～令和2年度（令和3年7月）

研究分担機関名 国立大学法人 東京海洋大学  
国立研究開発法人 海洋研究開発機構  
国立大学法人 鹿児島大学

# 1.はじめに（研究背景）

- 海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにすることを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」の実現のため、海洋中のプラスチックごみ・マイクロプラスチックの分布を正確に把握する必要がある。
- これまでに、海表面に漂流するマイクロプラスチック（以下、MPs）については、350 $\mu$ mの目合のニューストーンネット（あるいはマンタネット）による採取が標準的に用いられて、持ち帰った採取物から目視による標本の拾い出しとFTIRによる材質確認を一粒ごとに行うという手間を要する作業を通じて分布調査が行われている。
- しかし、MPsについては、海中や海底における分布に関する情報はほとんどなく、かつ350 $\mu$ mの目合を抜けるサイズの微細なマイクロプラスチック（以下、SMPs）の分布動態は明らかでない。また、海岸に漂着したプラスチックごみについては、各地の海岸の漂着ごみ量を系統的に推計する手法が確立されておらず、全国的な漂着ごみ量の現存量の把握ができていない。
- このように、現行の漂流・海岸漂着ごみの調査、MPsの曳網調査や堆積物調査及びそこからのMPsの採取・分析方法等では、観測の効率を上げて調査密度を高めることやさらにはデータ精度の向上に限界があることが認識されている。

# 2. 研究開発目的

## テーマ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

**サブテーマ(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**

海面  
0m  
10m  
25m  
50m  
海中  
100m

ニューストーンネット  
網目350µm

MOCNESSによる  
層別採集のイメージ

層別採集具  
網目65µm

細かな網目を持つ採集具で、  
深度別にマイクロプラス  
チックを採集

・海面・海中を漂流するプラスチックごみをモニタリング・計測する標準的な手法を提示する。  
・海洋中に存在する数百～数十マイクロサイズのマイクロプラスチックの検出および計測のための基礎技術を確立する。

**サブテーマ(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**

海底堆積物

試料採取

前処理工程

分析・計測工程  
画像処理によるMP検出  
データベース化

・海底堆積物中に存在するプラスチックの検出および計測技術を提示し、自動化に向けた基礎技術を確立する。

**サブテーマ(3)：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化**

海岸

漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

ドローンによる空撮

人が入れない急峻な崖下

画像処理によるプラスチックごみの検出

海岸形状など様々な条件下における漂着ごみ量の推定

・海岸に漂着しているプラスチックごみの現存量推定のための計測手法を提示する。

- サブテーマ(1) 多段式ネットを用いて深度別に海表面から海中面に漂流するMPsを採取する手法を確立、より微細な（350µm以下）のSMPsの採取、研究室での光学技術などを用いた検出技術の基礎を確立
- サブテーマ(2) 海底におけるMPs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
- サブテーマ(3) 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。

# 3. 研究目標

全体目標：

- これまで行われてきたMPsのネット採集や堆積物からの採取、海岸漂着ごみ調査等では困難であった微細な粒子の収集と検出、効率的な堆積物中の粒子計測および漂着プラスチックごみデータ収集を実現する、新たなモニタリングや計測の手法を開発する。
- これらのモニタリングや計測手法の高度化を通して、海洋中や海底に現存するMPs密度の情報を二次元/三次元マップに基づく物理モデル研究および生物に及ぼす影響の研究に供するとともに、海岸漂着ごみ量の全国マップ作成に手法を提供することで、環境政策への情報提供ならびに世界での手法の標準化に貢献することを旨とする。

## 3. 研究目標 サブテーマ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

- 多段式ネット(目合65 $\mu$ m) やポンプによる採集法を用いて、海表面から海中に漂流する微細なMPsを水深別に採取する手法を確立する。
- これまで標準的に用いられてきた目合330  $\mu$ mのニューズトンネットでは採集できなかったより微細なMPsの検出法について、採集された標本の前処理工程および顕微FTIRの効率的な使用法を確立する。
- また光学技術(蛍光および偏光)などを用いた検出技術の基礎を構築する。

### 3. 研究目標 サブテーマ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

- 海底堆積物中のマイクロプラスチック（MP）の分析を、イメージングフローサイトメーターなどを用いて、正確かつ効率的に実施するための方法を確立する。
- 前処理工程では堆積物を含む混入物を除去するために、溶液の比重調整による密度分離や化学処理による有機物・無機物除去及び篩による選別等を行い、検出工程では流体の最適流速、画像撮影の最適感度あるいは照度などを試行して最適化を図る。
- 蛍光染色したMPを画像データから判別し、個数や形状、大きさを自動的に計測するシステムを開発する。

### 3. 研究目標 サブテーマ3

#### 漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

- 機動性の高い自律式マルチコプターによる海岸の航空測量と、ディープラーニングを基盤とした画像解析を組み合わせることで、場所やごみの種類に依存することなく適用可能な、海岸漂着プラスチックごみ定量化手法を構築する。
- 本研究の最終目標は、研究者だけでなく、地方自治体等が参画できる全国海岸漂着ごみ自動計量システムを提案することにあるため、地方自治体と協働し（例：南さつま市）、上記で提案した手法の実証実験及び精度検証を行う。

## 4. 研究開発内容

- サブテーマ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) 深度別マイクロプラスチック採取手法
  - (2) 夾雑物処理・顕微FTIR分析法の検討
  - (3) 光学技術を用いた微細MPs検出技術
- サブテーマ2：海洋堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化
  - (1) 海底堆積物中のMPs採取と検出方法の整備
  - (2) 海底におけるMPsの採取調査の実施
  - (3) 調査の継続と海底における分布の解明、結果のとりまとめ
- サブテーマ3：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化
  - (1) ドローンによる海岸の航空測量および海岸の3次元立体モデルの構築
  - (2) 深層学習による漂着プラごみの検出と体積推定
  - (3) 様々な形状の海岸における漂着プラごみの定量化

## 5. 研究成果（各サブテーマごとに）

5-1 研究成果の概要

5-2 環境政策等への貢献

・ サブテーマ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) 深度別マイクロプラスチック採取手法

① MOCNESSおよびポンプによる深度別採取

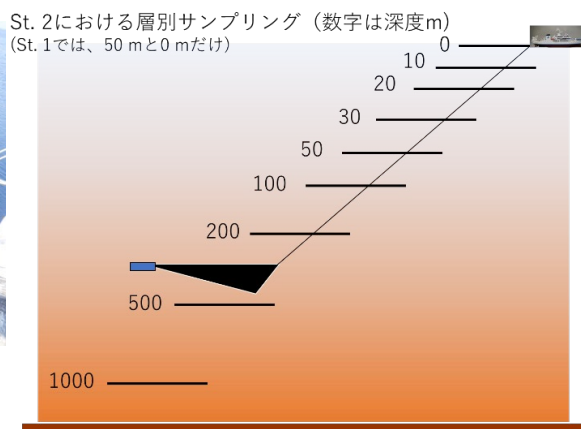


図1：MOCNESSによる採取イメージ

日本海西部において、MOCNESS(Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System、目開き65 $\mu$ m)を用いて、最大深度(1000m)まで降下した後、巻揚げながら深度帯ごとに採集を行い、表層での採集を120~180秒間行った後に回収した(図1)。

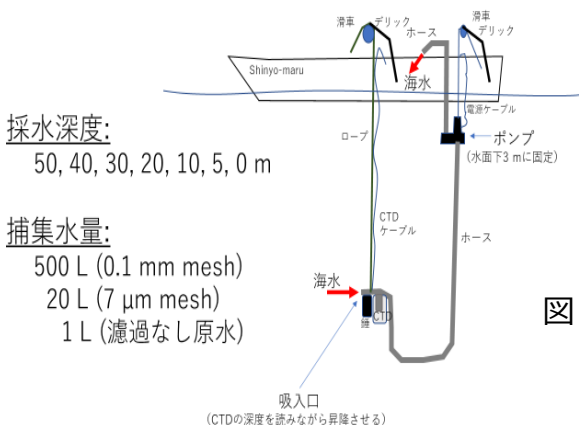


図2 ポンプ採水による採取イメージ

ポンプでは50m-表層にかけて10mもしくは5m間隔で静止し、船上へ揚水した海水から、0.7mmメッシュおよび7 $\mu$ mメッシュで濾してMPsを採取した(図2)。

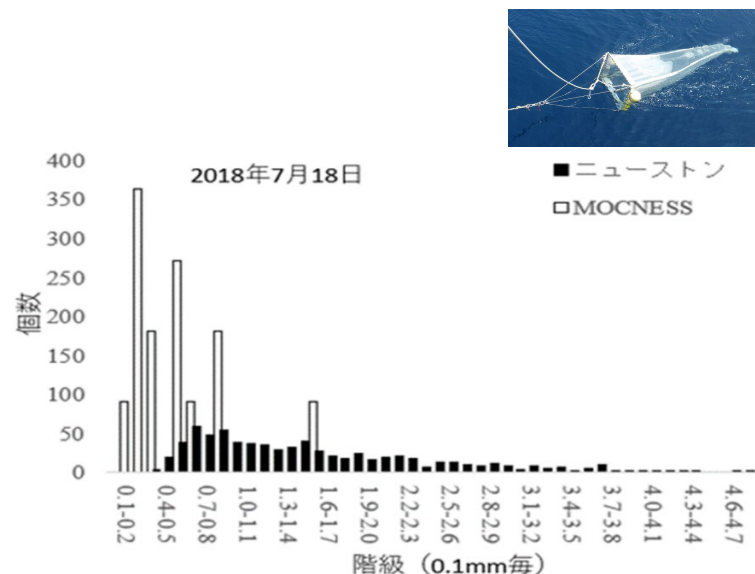


図3：MOCNESSとニューストンネットによって採取したMPs粒径組成の比較

いずれの手法でも多量の粒子を採取できた。MOCNESS (メッシュサイズ; 65 $\mu$ m) は、表層においてニューストンネット (350 $\mu$ m) より微細な粒子を採取できた(図3)。

0.333 mmのネットは、0.4-1.0 mmで約60%がメッシュを通過し、0.4 mm以下のMPsはあまり保持できないことが分かった(図4)。

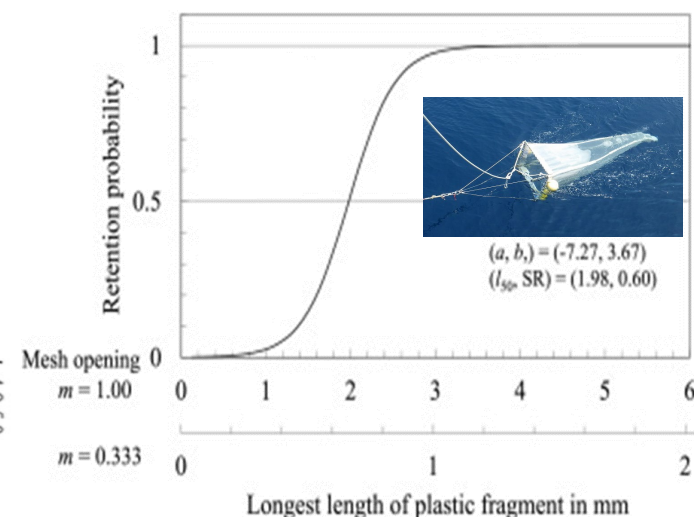


図4：標準目合333  $\mu$ mの網目選択性

5-2. 環境政策等への貢献

- ・ 国民へのプラスチック排出抑制対策の必要性の啓蒙
- ・ 環境省発行の「漂流マイクロプラスチックのモニタリング手法調和ガイドライン」の策定、改定に活用された。
- ・ 標準目合の網目から抜けている浮遊MPsの粒径分布推定が可能となり、より浮遊MPsに対する正しい認識下での政策立案につながる。
- ・ 表層のみならず海中での微細なMPsについて、MOCNESSやポンプによる採取方法の確立により汚染実態解明へ。



# ・ サブテーマ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) 深度別マイクロプラスチック採取手法

### ② 表面採取

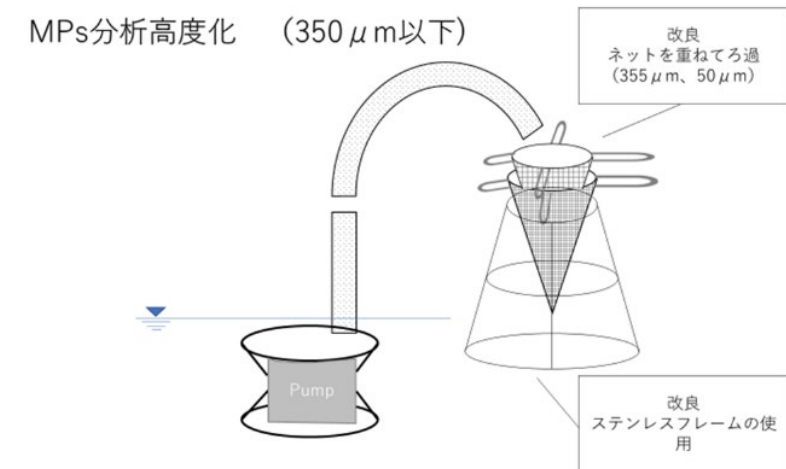


図5 ポンプ採取の概念図

表層のSMPsの採取方法の確立を目的として、ポンプ（マキタ社製）による採取を行った。ポンプで海面付近の海水を揚水し、350μm、50μmのネットで分画し、それぞれ研究室に持ち帰った。さらに表面水のみを集める装置を試作した。ポンプおよび表面水採取装置の試験は東京湾奥で行った。

このほかに、目合の異なる2枚のニューストーンネット（2重ネット、350μm、50μm）によって従来取れていなかった350μm以下のMPs採取を行った。MPsの採取は2020年9月に日本の太平洋沿岸3点（図1-6）で行った。

深度別、表面で採取されたMPsについては、微細MPsを含むため、後述する分析方法を適用した。

2重ネットによる微細なMPs採取：2重ネットは50μm以上のMPsを採取でき、50μm以上の粒径分布を作成できた。

2重ネットの350μm以上の粒子数は従来のニューストーンネットと有意な差(P<0.05)はなかった。50-350μmの微細MPsの濃度は350μm以上濃度の約20000倍であった。微細MPsは粒径が小さいほど多かった。また、350μm以上ではPSなどが多く検出されたが、50-350μmでは、350μm以上のMPsに見られなかった種類が多かった。これらは塗料などに含まれるものと考えられた。

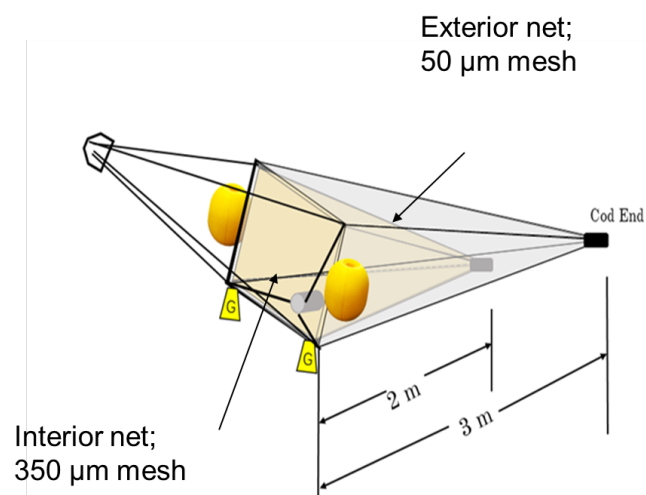


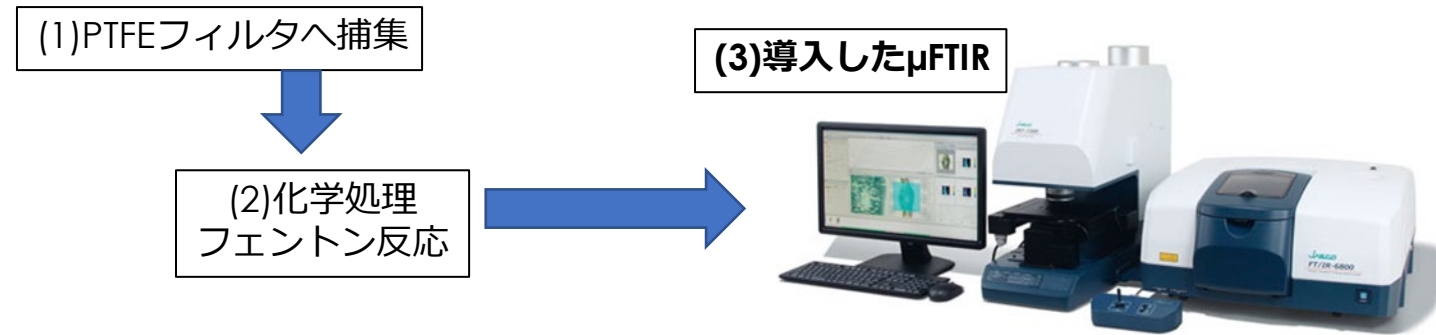
図6 2重ネットによる微細MPsの採取

### 5-2. 環境政策等への貢献

- ・ 環境省が行う海洋ごみ実態把握調査（海洋ごみの実態把握及び生物影響把握等に関する総合検討業務、沿岸海域におけるマイクロプラスチックを含む漂流ごみ実態把握調査業務、沖合海域における漂流・海底ごみの分布調査検討業務など）の検討会において、研究成果の情報提供を通じて、調査方法の検討に活用された。
- ・ 令和3年度の環境省の「海洋ごみ実態把握調査」のうち「沖合海域における漂流・海底ごみの分布調査検討業務」に、本研究で開発した手法の一部（2重ネットによる採取および微細MPs分析手法）が採用される予定。

# ・ サブテーマ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

## (2) 夾雑物処理・顕微FTIR分析法の検討



### ① サンプルの前処理の検討：

海水サンプルの酸化処理では、フェントン反応を使ったNOAAの手法で、有機物等の夾雑物を除去できた。また密度分離はNaI溶液による手法が適していた。

② 微細MPsの分析法の検討：350 $\mu$ m以上のMPsは、酸化処理、密度分離後、洗浄、自然乾燥し、FTIR（ATR）でプラスチックの種類を決定した。

350 $\mu$ mより小さな微細MPsの分析では、微細な粒子の吸収を測定するため透過法を用いた。100ml程度に濃縮されれば粒子を含む試水は、酸化処理と密度分離処理した後、上澄み中の粒子をフィルターで捕集した。そのフィルターを顕微FTIRで計測した。

### フィルター材質の検討：

フィルターはセルロース、ポリカーボネート、PTFE製のフィルターの赤外線吸収スペクトルを比較し、その透過特性からPTFE（ポリテトラフルオロエチレン、所謂テフロン）フィルターが適すると判断した。

### フィルター上への粒子数の検討：

フィルターで捕集する粒子数が多いほど、粒径が大きいほど、粒子が重なって、種類の決定やサイズに影響が出る。

直径10mmのフィルター上で重なる粒子が1%以下とするためには、粒径50 $\mu$ mで200個以下、粒径200 $\mu$ mで20個以下とするべきであることがわかった。

その結果、ポリマータイプ、粒径が顕微FTIRによって効率よく測定できることを確認。

- ・ PTFEフィルターに捕集した試料の赤外線吸収スペクトルをリニアアレイ式の検出器で測定したデータから、粒子サイズおよびそのポリマータイプの同定方法を確立。
- ・ 二値化した水平マップ画像に対し、画像解析ソフトImageJの楕円フィッティングを用いることで粒子サイズを求める方法を整備。
- ・ 検出素子による最小分解能は12.5 $\mu$ mであるから、素子分解能の2倍に当たる25 $\mu$ mを長さの検出限界であると仮定した。
- ・ 4mm $\times$ 4mmの領域において8個の測定を用いた場合160分（2時間40分）を要することが分かった。

## 5-2. 環境政策等への貢献

・ 顕微FTIRを用いた微細MPsの同定、計測方法を確立したことで、今後の標準的な分析方法への貢献が期待される。

・ 50-350 $\mu$ mの微細MPsの濃度は、標準的な網目で採取される350 $\mu$ m以上濃度の約20000倍と高濃度であることを明らかにし、MPsが及ぼす生物影響を調べる際に想定される濃度が起きうることを示唆できた。これらによって、生物や生態系への影響が懸念される極微細なMPsの採取及び検出を通じた実態解明等が期待される。

- サブテーマ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

### (3) 光学技術を用いた微細MPs検出技術

- ① 蛍光手法による分析：蛍光指標としてクマリン6を使用することとした。蛍光の検出には分光計JAZ（Ocean optics, Florida, USA）を使用した（図7）。励起光の波長は365 nmであり、測定波長は400-750nmである。

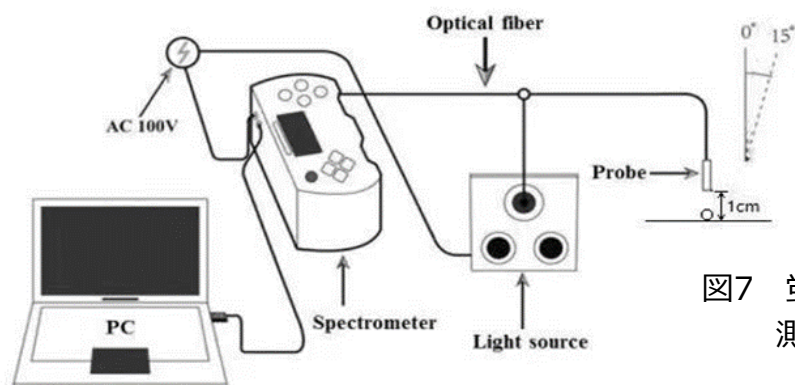
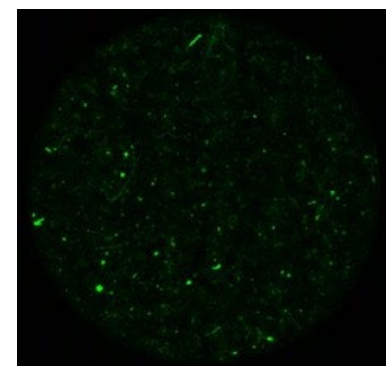


図7 蛍光スペクトルの測定システム



12.5 mm

蛍光染色による検出法の検討：クマリンにより10種類のポリマー（HDPE, LDPE, PP, PVC, PS, PC, PMMA, Forming PS, PA, PET）への染色法を決定した。

さらに最適な溶媒、濃度、染色時間を検討し、短時間で効率的に染色できることを確認した。このクマリン溶液で、海水、底泥、および海岸砂浜のプラスチックを染色し、蛍光顕微鏡で濃度およびサイズの計測ができることを確認した。

図8 蛍光検出の様子

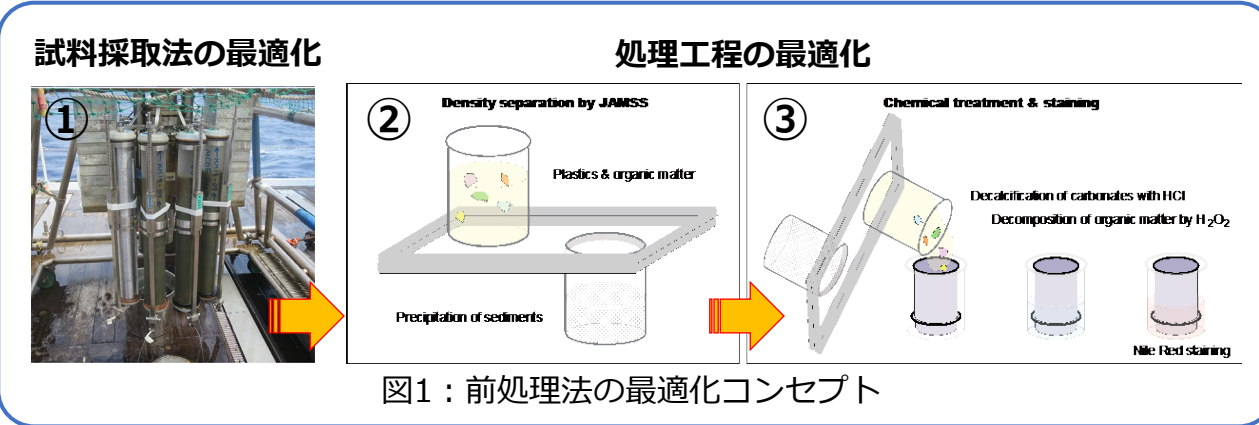
### ② 偏光によるMPsの検出：

#### 5-2. 環境政策等への貢献（前処理工程）

- プラスチックの検出に効果的に活用できる蛍光染色方法を確立したことで、海表面や海水中のみならず、底泥や海岸砂浜のプラスチック、MPs、微細MPsの効果的な検出への活用が大いに期待できる。実際に、サブテーマ2にも応用され、標準的な検出方法への展開が期待される。
- 偏光によるMPsの検出方法の基盤となる技術が明らかとなったことから、水中にある状態でのMPs検出への応用が期待される。

# サブテーマ2：海洋堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化

## (1) 海底堆積物中のMPs採取と検出方法の整備



### ① アルミ製コアチューブの製作と実海域試料採取

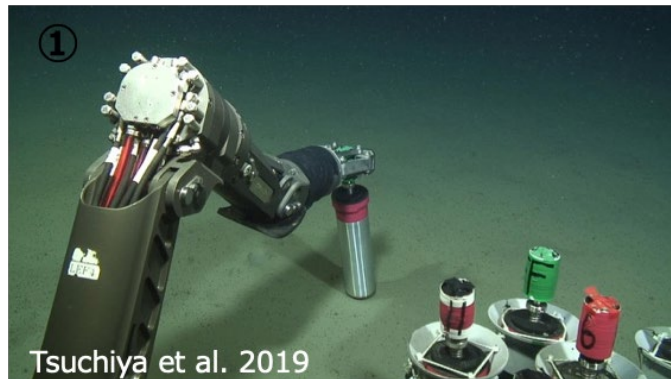


図2：アルミコアチューブを用いた実海域での試料採取

堆積物中のMPsを採取する際に用いるコアチューブはプラスチック製であるため、分析試料中へのMPsの汚染が生じる。MPs汚染のないアルミ製コアチューブを作成し、実海域試験の観測手法と合わせて論文として報告した。

### ② 密度分離器（JAMSS）の製作と前処理工程（密度分離）の簡素化。

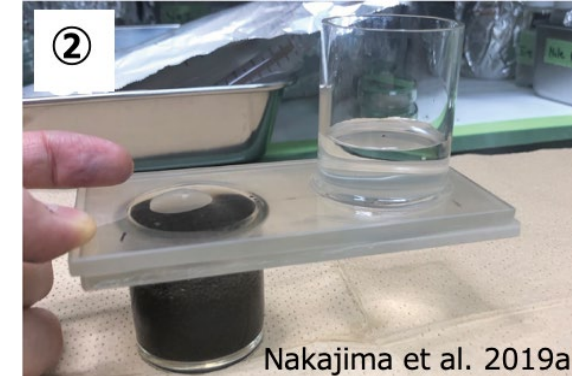


図3：密度分離器（JAMSS）による沈殿物と上清の分離  
採取した堆積物からMPsを分取するために、操作が容易で安価であり、堆積物の再懸濁が生じないガラス製の密度分離器を開発し、密度分離したMP粒子の回収時に堆積物の混入を減少させることが可能となった。

### ③ 濃縮器の製作と前処理工程（化学処理）の簡素化。



図4：濃縮器の外観（左）と200 mlビーカーへの設置例（右）

堆積物の前処理工程では、化学処理を行う際に複数の工程を行うため、汚染のリスクやMPsを紛失するリスクが増加する。ビーカーにフィットする大きさの金属製メッシュ（篩）を開発し、前処理で必要となる複数の工程を、一つのメッシュ上で実施できるようにし、複雑な作業中のMPの紛失・汚染防止を達成できる。

## ・サブテーマ2：海洋堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化

### (1) 海底堆積物中のMPs採取と検出方法の整備（続き）

#### ④ MP自動検出手法の開発

海底堆積物中に存在するプラスチックの検出および計測技術を提示し、自動化に向けた基礎技術を確立した。

#### 5-2. 環境政策等への貢献（前処理工程①、②、③）

- ・前処理法や自動分析手法は、効率的に一次情報を集積できるため、海洋MPsの実態把握や深海底におけるMPsの供給源の理解が進み、SDGs14.1などの目標達成を促す政策決定のための情報収集の加速が期待される。
- ・海洋表面のMPs採取・分析手法については、海底堆積物中のMPsの採取・分析手法については、現在のところ国際的に標準的な手法が整備されていない。堆積物試料中のMPs分析手法の国際的な標準化に大きく貢献することが期待される。

#### 5-2. 環境政策等への貢献（自動検出工程④）

- ・本MPs自動分析は、比較的安価で迅速に数や形、大きさを分析することができる手法である。高額機械の利用が難しいNPO、教育現場、各研究機関等が用いることで、MPsの材質の分析はできないものの、MPsの分布把握を迅速かつ広域にデータ集積できることが期待される。

- サブテーマ2：海洋堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化

(2) 海底におけるMPsの採取調査の実施、(3) 継続、海底における分布の解明

#### 5-2. 環境政策等への貢献（調査の実施と分布の解明）

- 海表面で採取されるMPsとは異なる比重の大きいプラスチック素材・材料について、海底での分布実態を明らかにすることで、プラスチックごみの排出抑制と循環利用の重要性および必要性を、国民に広く示すことでそうした取り組み、活動を促すことが期待される。

- サブテーマ3：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化
- (1) ドローンによる海岸の航空測量および海岸の3次元立体モデルの構築

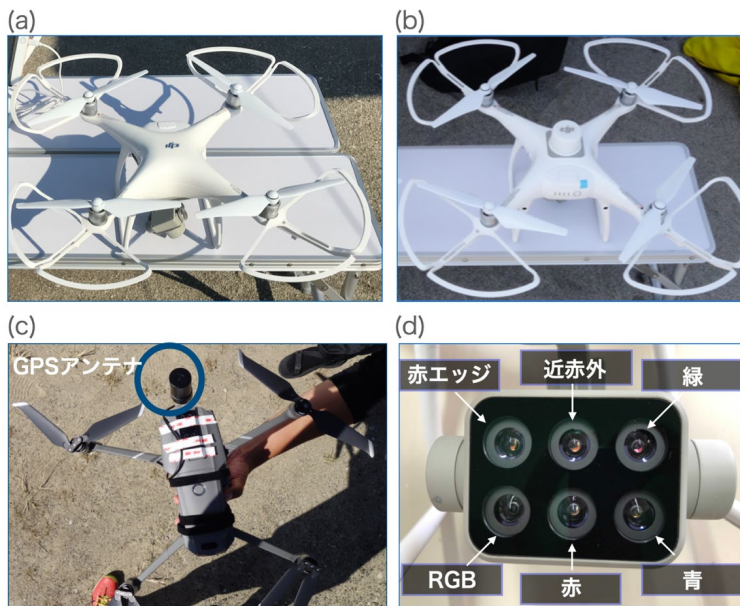


図3.2 観測に使用したドローン (a) Phantom4 Pro, (b) Phantom4 Real Time Kinematic, (c) Mavic2 Pro, (d) P4 Multispectralに搭載のマルチスペクトルカメラ

ドローンによる海岸測量は、DJI社製のPhantom 4 Pro, Phantom 4 Real Time Kinematic, P4 Multispectral (P4M)などを用いて行った。吹上浜でのテスト観測により、ドローンの操作・機能性、観測に要する時間、最適な撮影高度、ドローンに搭載されたGPSの精度等を明らかにした

飛行速度は1 m/s、飛行高度は17 m、地上画素寸法は5 mm/pixel、画像のオーバーラップ率は海岸線の直行方向に90%、同並行方向に60%で設定。DJI社製のiPad用アプリケーションによる自動飛行・撮影機能を用いれば、ドローンの特別な操縦スキルなしに実現可能である。

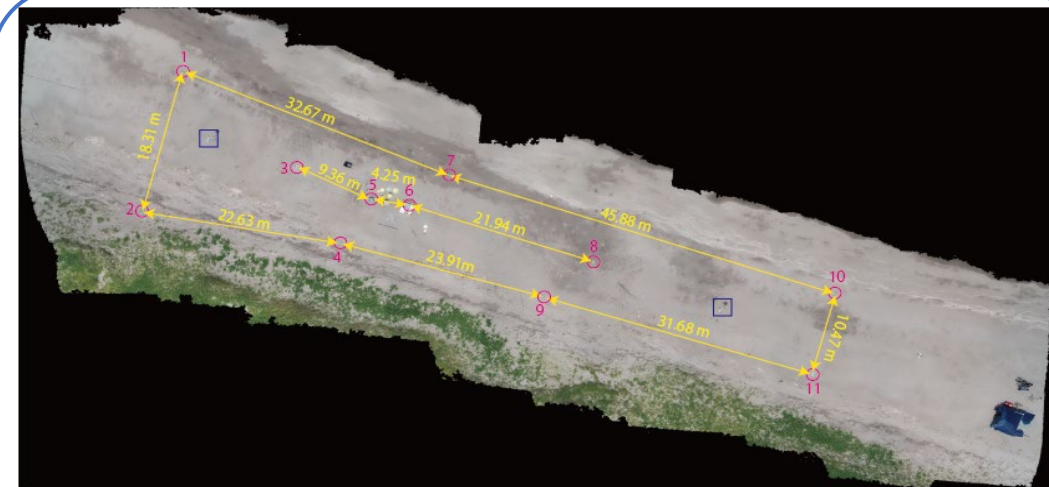


図3.7 吹上浜におけるオルソ画像の例。海岸に設置された対空標識は桃色の円で、立体対空標識は青色の四角で囲まれている。トータルステーション(TS)によって測定された対空標識間の距離は、黄色で示されている。対空標識番号9が、TSを設置した基準点である。

Global Positioning System (GPS)から得られた位置情報の補正後のデータをStructure from Motion (幾何補正や空中三角測量などにより、全てのピクセルの緯度・経度・高さ情報を推定する方法)に適用し、合成することで、高精度な海岸の立体的モデル (Digital Surface Model: DSM) を構築する方法も確立した。

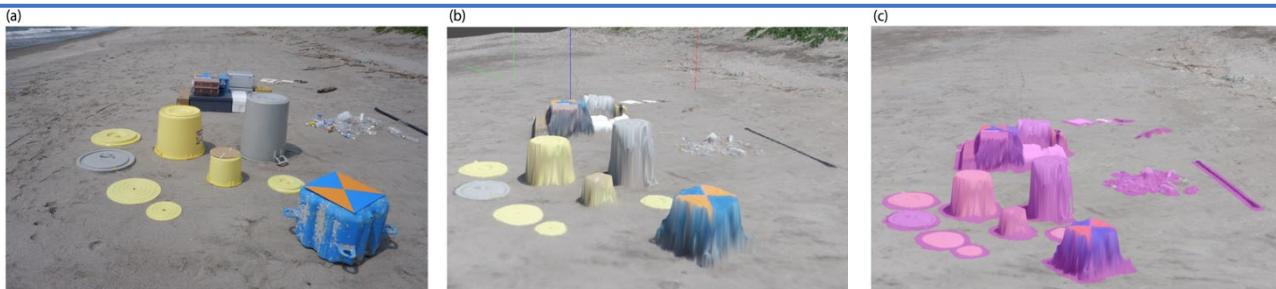


図3.6 海岸で撮影された疑似プラごみ (a) カメラで撮影したもの (b) DSMで再現したもの (c) DSMで再現した海岸上の疑似プラごみを深層学習モデルの結果をもとに赤く色付けたもの。

上記の設定であれば、ドローンに搭載されたカメラの性能・解像度を活用して、航空測量による海岸の立体的な再現が、高精度で可能である。海岸に設置した体積既知の疑似プラごみも再現可能。ペットボトル程度の漂着プラごみも認識可能。

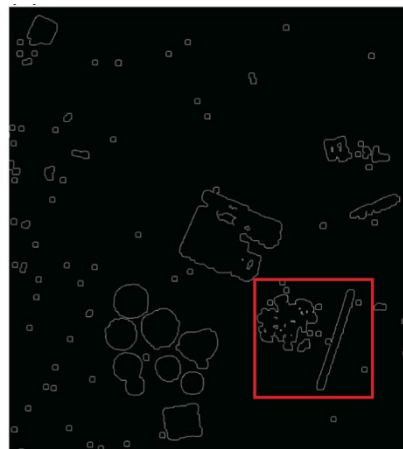
# サブテーマ3：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

## (2) 深層学習による漂着プラごみの検出と体積推定

(a) オリジナル画像



(b) 深層学習による検出結果



海岸における対象物の様々な色情報を学習データとし、画像中から漂着プラごみを自動検出する深層学習モデルを構築した。続いて海岸における対象物の様々な色情報を学習データとし、画像中から漂着プラごみを自動検出する深層学習モデルを構築した。この際、学習データとして必要な色情報は、海岸のオルソ画像から得た。

深層学習による画像解析に加えて、主観的に作成した色基準、海岸と漂着プラごみを区別する閾値を、目視による主観で決定)を元に、海岸と疑似プラごみを分離した(図4)。

図5は、図4に比べて、そのエッジを精度良く検出している。水平・鉛直方向の位置情報を持たせることで、エッジで囲まれた部分の高さおよび底辺の面積が算出でき、対象物(=漂着プラごみ)の体積を求めることが可能となる。

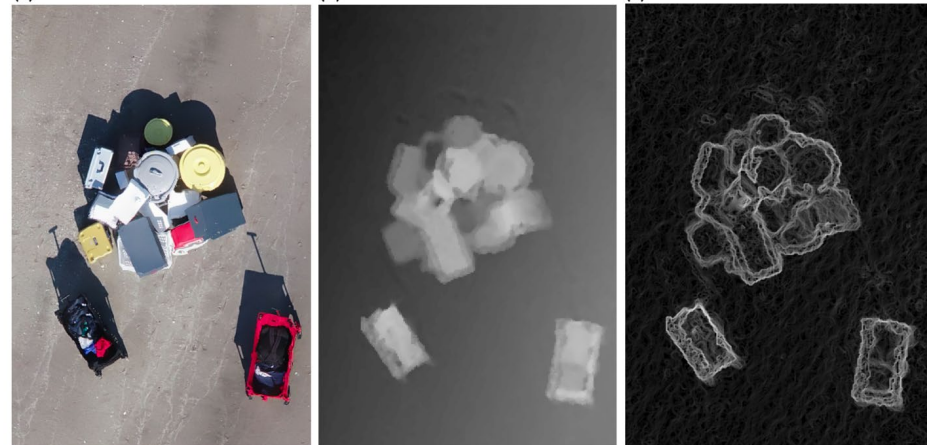
図4 海岸のオルソ画像の一部(左)と、それに深層学習による画像解析を適用し、疑似プラごみを検出した結果(右)。疑似プラごみ以外を黒で塗り潰している。

図5 Canny法を用いて検出した疑似プラごみのエッジ

(a)

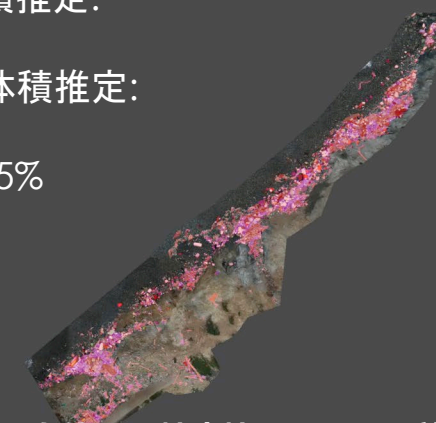
(b)

(c)



ドローン観測から得られた海岸の高さ情報を用いて海岸勾配を計算し、それを判定基準に取り入れた(図6)。  
この情報を用いれば、高さ情報がないピクセルを「海岸」と判断することが可能となり、色の類似に起因したプラごみの誤検出を防ぐことが可能となる。  
さらに、影や照り返しの影響も画像中から除去できる

- AIによる体積推定:  
15.65 m<sup>3</sup>
- 主観による体積推定:  
17.69 m<sup>3</sup>
- 誤差は約11.5%



体積既知の疑似ごみを使った精度検証でも、誤差は10%程度であることを確認。



## サブテーマ3：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

### (3) 様々な形状の海岸における漂着プラごみの定量化

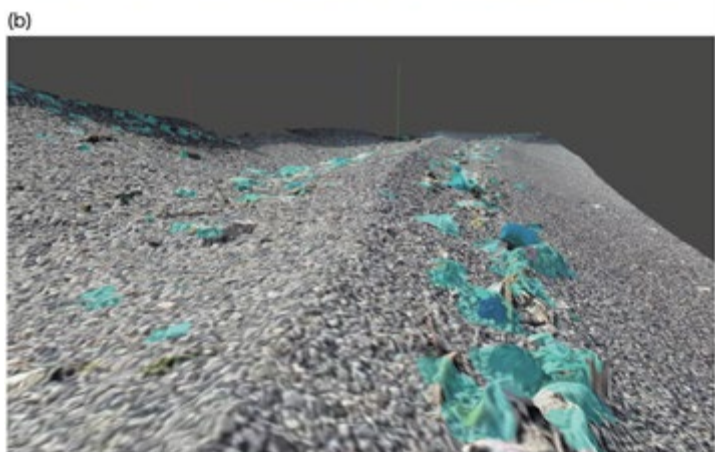
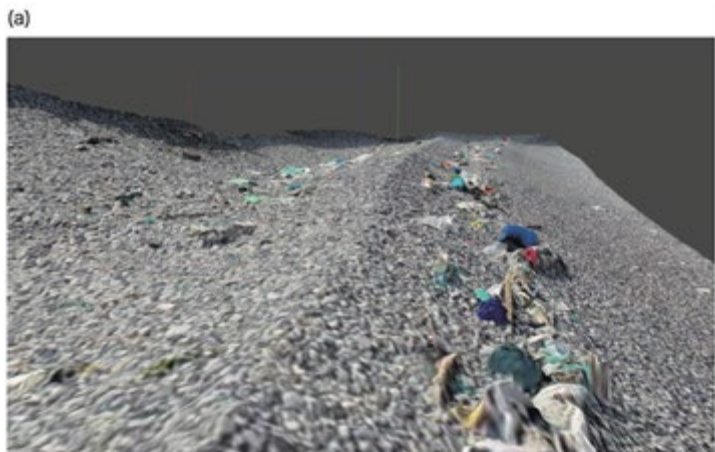


図7 里海岸における(a) Digital Surface Modelと (b)DSMに深層学習モデルが検出したプラごみ情報を入力した結果。深層学習モデルが検出したプラごみを青色でします。

実際に海岸に漂着したプラごみの体積推定を、3つの海岸（礫浜の里海岸、砂浜の越路海岸、礫浜の大串海岸）において行った（図7）。

自動抽出した漂着プラごみ体積の推定精度は、主観解析（画像中に映ったプラごみを、全て目視で抽出する）による漂着プラごみの抽出結果との比較を通して検証した。

各海岸における本手法による体積推定は、	1.22m <sup>3</sup> 、8.81 m <sup>3</sup> 、15.65 m <sup>3</sup> であった。
オルソ画像から目視で抽出した結果は、	1.72 m <sup>3</sup> 、7.95 m <sup>3</sup> 、18.00 m <sup>3</sup> であった。
これを誤差で表すと、	-29.07%、+10.82%、-13.05%となる。

実海岸に漂着したプラごみの体積を高精度に推定する方法を、ドローンによる航空測量を用いた海岸の立体化と、深層学習を基盤とした画像解析による対象物（プラごみ）の自動抽出によって確立した。

主観解析で4k画像を100枚以上組み合わせた画像からプラごみのみを目視で抽出する作業は、想像以上に困難であり、1日では完了せず、全ての処理を終えるのに各海岸で数日間を要した。

一方、深層学習による解析に要する時間は、GPU(Graphical Computing Unit)計算を用いれば、数分程度である。この計算処理時間の速さも、本手法の有利な点である。

これらの成果は、国際学術論文誌であるMarin Pollution Bulletinに、Kako et al.(2020)として、発表済みである。

#### 5-2. 環境政策等への貢献

- ・開発されたドローンによる漂着ごみモニタリング手法により、人が近づけない海岸や広い砂浜性の海岸での漂着ごみの量を、少人数の自治体職員によって把握することができるものと期待される。

- ・ドローンを用いた海岸観測による漂着ごみ量の一括把握を標準的な方法として実施することで、我が国の沿岸漂着ごみの正確な算出に大きく貢献することが期待される。

- ・海岸漂着ごみの撤去費用の算出や重点的なごみ回収海岸の選定などを始め、効果的かつ、費用対効果の高い海岸漂着ごみ回収事業の策定への活用が見込まれる。

- ・海洋プラスチックごみの陸域から海への排出が多いとされる東南アジア諸国でも、海洋プラスチックごみ問題への対策のひとつとして、海岸漂着ごみの回収に向けて海岸漂着ごみ量の算出が必要となり、特にドローンを活用した漂着ごみ量の推定は国際的にも注目されているところであることから、本研究成果はこうした国際貢献が期待される。

## 6. 研究成果の発表状況

- 6-1. 査読付き論文 15件 (10件、終了報告書提出後5件追加分を次に表記)
- H. Tanoiri, H. Nakano, H. Arakawa, R. S. Hattori, M. Yokota, Marine Pollution Bulletin, 2021, 171, 112749. (IF: 5.553) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112749> Inclusion of shape parameters increases the accuracy of 3D models for microplastics mass quantification.
- H. Nakano, K. Uchida, T. Aikawa, T. Hayashi, H. Arakawa, Marine pollution bulletin, 2021, 171, 112799. (IF: 5.553) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112799> Reevaluation of microplastics identification based on Neuston nets survey data.
- D. Sugiyama, M. Hidaka, D. Matsuoka, K. Murakami, S. Kako. Data in Brief, 42, 108072 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108072> The beach litter dataset for image segmentation of beach litter.
- M. Hidaka, D. Matsuoka, D. Sugiyama, K. Murakami, S. Kako. Marine Pollution Bulletin, 175, 113371 (2022). (IF: 5.553) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113371> Pixel-level image classification for detecting beach litter using a deep learning approach.
- K. Uchida, M. Kuroda, T. Tokai. Fisheries Engineering, 59, in press (2022) Comparison of Microplastic Sampling Performance between a Neuston Net and a Manta Net.

(参考 このうち、Kako et al. (2020) Marine Pollution Bulletin掲載の論文は、Scopusでの引用数23件でTop4%以内の注目論文。)

### 6-2. 知的財産権

- 荒川久幸、中野知香、程一鵬、東京海洋大学、【発明の名称】染色液、プラスチック検出方法、処理装置及びプログラム、2021年5月13日出願、特許・特願2021-081883、国内

## 6-3. その他発表件数 (括弧内は各サブテーマ件数)

- (1) その他誌上発表 (査読なし) 10件 (8+0+2件)
- (2) 口頭発表 (学会等) 45件 (23+14+8件)
- (3) 「国民との科学・技術対話」の実施 49件 (21+25+3件)
- (4) マスコミ等への公表・報道等 11件 (5+1+5件)

Newton (2019年10月) 「海を汚染するマイクロプラスチック」、  
日経新聞 (2020年4月11日、「今を読み解く-海洋プラごみが問う未来~市民の意識変革が必要に」)

日本電気株式会社プレスリリース (2020年7月7日、「海洋研究開発機構とともに、AIを活用した海洋マイクロプラスチック計測システムを開発」)

ドローンで漂着ごみ調査(南日本新聞, 2020年10月14日付, NHK (全国放送) 「にっぽんぐるり」, 2019年10月24日付, 環境新聞, 2019年4月24日付 など)

など

- (5) 本研究費の研究成果による受賞 2件

内田圭一 日中韓環境協力功労者表彰, 環境省, 2019年11月24日,

M. KURODA, K. UCHIDA, T. KITAKADO, Y. YASUHARA, T. TOKAI, Y. MIYAMOTO, Best poster award, International Conference on Fisheries Engineering 2019