

県内のマイクロプラスチックの実態調査 —途中経過報告—

横田 哲朗, 船越 章裕, 椿 隆幸, 川野 みどり, 前田 卓磨, 堤 清香

Survey on Microplastics in Nagasaki Prefecture —Progress report—

Tetsurou YOKOTA, Akihiro FUNAGOSHI, Takayuki TSUBAKI,
Midori KAWANO, Takuma MAEDA, Kiyoka TSUTSUMI

キーワード: マイクロプラスチック、海岸堆積物、海底土

Key words: microplastics, coastal sediments, submarine soil

はじめに

プラスチックは、その利便性から現代生活のあらゆる場面で利用されており、1950年以降に世界で生産されたプラスチックは83億トンを超え、63億トンが廃棄されたといわれている¹⁾。廃棄されたプラスチックの中には海洋に流出するものも少なからずあり、2030年までに年間最大5,300万トンが海洋流出すると予測する研究もある²⁾。中でも5 mm未満のプラスチック粒子として定義されるマイクロプラスチック(MPs)は、一度環境中へ流出した場合に回収困難であるうえ、可塑剤等の添加物や環境中で吸着する有害物質、または粒子そのものの物理的毒性により、生物の誤食を始めとする生物・生態系への影響が懸念されている。また、人体組織中からもMPsが検出されており、人体への影響についても研究が進められているところである³⁾。

国内では年間最大3.1万トンのプラスチックが海洋に流出し、その内2.4万トン(約77%)をマイクロプラスチックが占めていると推計されている⁴⁾。我が国から海洋に流出するプラスチックの多くがマイクロプラスチックとされており、新たな環境問題として対策は急務ある。

行政施策の立案においては、問題解決のために基礎的な実態把握が必須となるため、本研究では、県内の海岸を主としたMPsの分布実態を明らかにすることを主目的として、県内10地点の海岸に漂着したMPsと、大村湾の海底堆積物中のMPsの個数、重量、サイズ及びプラスチック種の分析を2023年から3か年計画で実施しているところである。

今回は、その途中経過について報告する。

材料及び方法

1 調査地点

(1) 海岸堆積物中MPs調査

海岸堆積物中MPsの調査地点について図1に示す。このうち、崎戸は海浜公園、琴ノ海は旧)琴ノ海海水浴場であり、残りの8地点は海水浴場として利用されている地点である。離島地区の4地点(井口浜、里浜、蛤浜、高浜)及び本土地区の3地点(根獅子、崎戸、白浜)は概ね北から西向きの海岸で統一した。大崎、琴ノ海は県内影響を注視する地点として大村湾内で選定しており、長浜は有明海に面する地点として選定した。なお、後述する前処理の工程で作業効率に大きく影響するため、できるだけ砂の粒度が細かい地点を選定している。

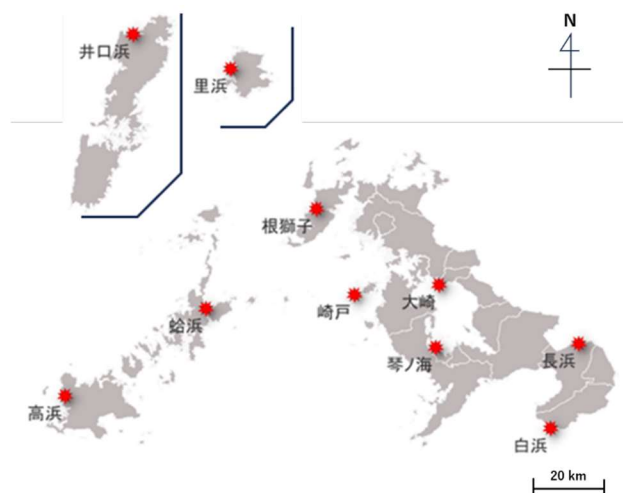


図1 海岸堆積物中MPsの調査地点

(2) 海底堆積物中MPs調査

海底堆積物中MPsの調査を図2に示す。大村湾内の2地点と対照地点として外海近海で試料を採取した。



図2 海底堆積物中MPsの調査地点

2 試料採取時期

研究計画では、海岸堆積物中MPs調査に関する試料採取は、各地点四半期に1回とし、2022年の夏季から2025年春季までの2年間とした。なお、本資料の執筆時点(2025年7月)で全ての試料採取を完了した。また海底堆積物中MPs調査に関しては、2023年度、2025年度に各1回としており、同じく本資料執筆時点において、2023年度は予定どおり実施し、2025年度も秋季に実施することを計画している。

3 試料採取方法

(1) 海岸堆積物中MPs

試料(砂)の採取には、縦30×横15×深さ5 cmのステンレス製型枠とステンレス製スコップを使用した。ステンレス製型枠の長辺が満潮線に概ね垂直となるように置き、枠内の砂をスコップで削りとり採取することとし、約10 m間隔の5地点で採取した砂を混合し一つの試料とした。また、1回の採取で上層(0 - 2.5 cm)、下層(2.5 - 5 cm)の2試料を採取した。採取した砂はポリエチレン製ビニール袋に入れて持ち帰った。

採取場所の選定については神奈川県環境科学センターの試料採取法を参照し、目視による最大ベース調査とした⁵⁾。

なお、採取日は、前回の大潮の時に海岸堆積に残留しているMPsの影響を強く受けることが懸念されたため小潮の日を含む前後2日間とした。

砂試料の採取器具及び採取状況を 図3に示す。



図3 海岸堆積物中MPsの試料採取の様子

(2) 海底堆積物中MPs

海底堆積物中MPsの試料採取にあたっては、スミスマッキンタイヤ採泥器を用いて採泥した。採泥した泥はステンレス製容器に入れて持ち帰った。

採泥器及び採泥した試料の様子を図4に示す。



図4 スミスマッキンタイヤ採泥器(左)と採泥試料(右)

4 分析方法

(1) 前処理

砂試料については、採取した全量を60℃の恒温器で乾燥させ、目合い4.75 mmの篩に掛け、通過したものを目合い800 μmの篩に掛けた。800 μmの篩に残ったものを、水道水で洗浄し60℃の恒温槽で乾燥させたのち、5.3M-ヨウ化ナトリウム水溶液(比重1.5)を用いて比重分離を行った。なお、砂中のMPsを効率的に分離するため、図5に示す特注のガラス器具を使用した。比重分離後の処理については、河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン(環境省)⁶⁾を参照し、過酸化水素による有機物分解処理後、目視によるピッキングを行い、MPsを分離した。なお、貝殻などの炭酸カルシウム系の不純物が多い場合は必要に応じピッキング前に2M-塩酸水溶液を用いて溶解・除去した。

泥試料については、脱水や乾燥を行うと篩掛けが非常に困難となることや含まれるMPsにダメージを与える可能性があることから、湿式篩掛けを行った。まず、ステンレス容器内の泥試料を良く攪拌し均質化したものを湿重量で約5 kg分取した。これを目合い214 μmの篩を用いて湿式で篩掛けを行った。篩に残ったものについて、砂試料と同様に処理を行った。

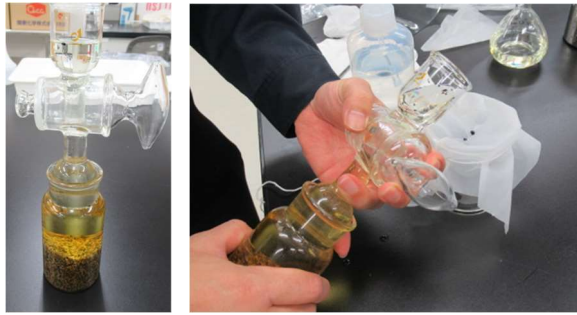


図5 比重分離用のガラス器具

(2) MPsサイズ等測定

分離したMPsは、タブレット付き実態顕微鏡を用いて観察し、形状、色、画像データ(JPGファイル)を記録した。画像データから、投影面積、長径、短径を測定した。投影面積等の測定にはNIHが開発した画像解析ソフトであるImageJ¹⁾を利用した。また、ここでいう長径及び短径とは、ImageJ上のフェレート径である。

MPs調査に関しては、河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン(環境省)を参考としているが、本ガイドラインは2023年3月に改訂されており、改定前後で繊維状MPsの長径の測定法が大きく変更されている。改定前の2021年3月版ガイドラインは環境省HPから削除されたため閲覧できないが、端的に説明すると、改定前のガイドラインでは繊維状MPsの測定に関して明確に指定は無かったが、改定後のガイドラインでは繊維状MPsの長径は「繊維の長さ」、短径は「繊維の幅」と指定されている。このため、MPsの判断基準である長径5 mm未満のラインについて、ガイドライン改定前に測定した2022年夏季の試料とそれ以降では繊維状MPsの測定法が異なる。なお、海底堆積物中MPsに関しては、改定後のガイドラインに基づいて測定した。

(3) プラスチック種類の同定

プラスチック種類の同定には、フーリエ変換赤外分光光度計の全反射測定法(FT-IR ATR法)により実施した。機器はアジレントテクノロジー製Carry 630を使用し、プリズムの結晶はダイヤモンド結晶を使用した。測定条件は、保存波長領域が4,000 cm⁻¹から650 cm⁻¹とし、サンプルスキャン回数は8回とした。

得られたIRスペクトルは、基本的には解析ソフト(Know It All)を用いて、自作を含む表1のライブラリと照合し、既知のポリマー種スペクトルとの一致率を参照した。しかし、ライブラリに含まれる既知ポリマーのスペクトル(自作を除く)は、測定条件、例えばプリズムの結晶の種類、測定波長域などが異なり、また、サンプルのMPsは環境中や前処理における熱や酸化により劣化し、劣化由来のピークが存在する場合があるため、

一致率のみで判断することはせず、ポリマーの主骨格由来のピークや側鎖に由来するピークを考慮し、総合的に判断した。

基本的に全サンプルを測定することとしているが、試料数が膨大であり効率化を図る必要があったため、数サンプル(最低でも3サンプル)測定したもので、目視で同一と判断可能なサンプルについては、測定を省略した。測定を省略したものとしては、主に人工芝(ポリエチレン製、ナイロン製)や特徴的な文様があるプラスチックとした。また、FT-IRでは赤外線吸収が大きい黒色のサンプルはスペクトルの取得が困難であるため測定を省略した。その他、発泡スチロールに関しては、目視で判別可能であると判断し、FT-IRによる分析の対象から除外した。

表1 プラスチック種類判別に使用したライブラリ一覧

1	IR - Standards (Organic & Polymeric Compounds Subset) - Bio-Rad Sadtler
2	IR - Polymers, Hummel - Bio-Rad Sadtler
3	IR - Standards (Organic & Polymeric Compounds Subset) - Bio-Rad Sadtler
4	Multi-Technique Demo Database - Bio-Rad Sadtler
5	MPs-ATR(自作ライブラリ)

調査結果・考察

MPsは「5 mm未満のプラスチック粒子」と定義され、下限はない(ナノサイズはナノプラスチックと区別されることもあるが割愛)が、本調査では目視でMPs分離作業を行っていることから精度担保のため、河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン(環境省)を参照し、1 mm未満のサイズは報告の対象外としている。また、繊維状MPsに関しては、検体数が膨大になり研究に支障をきたすことが懸念されたため、海岸漂着物の調査では基本的に対象外としている。一方、海底堆積物の調査では想定より検体が少ないこともあり、可能な範囲で繊維状MPsを調査した。

1 海岸堆積物中MPs

(1) 添加回収試験結果

試料の砂は地点ごとに質(粒度、密度、貝殻の有無など)が様々であるが、それらが砂中のMPsの回収率に影響を与えないか評価することが必要である。今回、2022年秋季の全試料(10地点、上層・下層の計20試料)について添加回収試験を実施した。方法は、前処理の最初の工程である乾燥前にポリエチレン製粒子(コスフェリクス社製 グリーン蛍光ポリエチレン粒子

(粒子密度:1.00 g/cc) ϕ 850 – 1,000 μ m)を100個投入し、前処理を進めピッキングにより回収した個数を計測した。結果を表2に示す。回収率の平均は95%と良好な結果が得られた。実際のMPsは様々な色や形状を示しているため、この結果がほとんど全てのMPsに対して同様の結果となることを担保することは不可能であるが、少なくとも本報告の前処理法は、直径1 mm以上の粒子状MPsであれば9割程度の回収が可能であった。

表2 添加回収試験結果(上層・下層の平均)

地点名	添加回収率(%)
井口浜海水浴場	93.5
里浜海水浴	91.0
蛤浜海水浴場	92.5
高浜海水浴場	95.5
根獅子海水浴場	98.5
崎戸海浜公園	98.5
大崎海水浴場	91.5
旧)琴ノ海海水浴場	96.0
長浜海水浴場	97.5
白浜海水浴場	98.0

(2) MPs個数分布

MPs個数分布に関しては、2022年夏季から2022年冬季の結果について報告する。なお、冬季の結果はプラスチック種類未同定であるため、暫定値である点に注意が必要である。

図6に調査地点及び季節ごとのMPs個数分布(発泡スチロールは除く)を示す。10地点全てでMPsを確認しており、県内全域に分布していることが確認された。個数に関しては里浜海水浴場(壱岐市)が3季節のトータルで1,454個と特に多く、続いて蛤浜(新上五島町)の447個、琴ノ海(時津町)の305個であった。発泡スチロールの分析は現在実施中であるが、分析が済んでいる2022年夏季の井口浜(対馬市)では5,000個超、蛤浜では1,600個超の発泡スチロールを確認した。どちらの地点も前日又は数日前に比較的強い降雨イベントが発生しており、雨で陸域から流出したものが再漂着したものである可能性が高い。

現段階でMPsが少なかった地点としては、高浜(五島市)と白浜(南島原市)が挙げられる。MPsの多寡については、海流や風の影響等が考えられるが、現状では明確ではないため、今後のデータの積み重ねと気象条件等により解析を進めていく予定である。

(3) プラスチック種類

図7に2022年夏季(左図)と秋季(右図)の地点別及びプラスチック種類別割合の調査結果を示す(発泡スチロールを除く)。全体的な傾向として、ポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)の割合が多い結果となった。PEとPPはプラスチックの中で最もメジャーなポリマーであり、この2種で2023年の国内生産量の約5割を占めている⁸⁾。また、比重が0.9 – 1.0程度と比較的軽く、水に浮きやすいことから、海岸への漂着量が多くなったと考えられる。比重が1前後の主要なプラスチックとして、ポリスチレン(PS)、ポリウレタン(PU)、ポリアミド(ナイロン)(PA)があるが、PE及びPPと比較すると割合は少ない(PSに関しては発泡スチロールを除いている点に注意が必要である)。一方、特徴的な事例として、琴ノ海(時津町)と長浜(雲仙市)ではポリ塩化ビニル(PVC)の割合が他の調査地点と比較して突出しており、その多くがシート状であった。2022年夏季に琴ノ海で見つかったシート状MPs(PVC)の一例を図8に示す。PVCはPE、PPに次いで国内生産量が多い(2023年の生産割合は約17%)ポリマーであるが、比重は1.3程度と、理論上では海水には沈むため、PVC製のMPsが単体で海面付近を漂いながら輸送される可能性は低いと考えられ、排出源(発生源)は調査地点近傍であることが疑われるが、詳細は不明である。他にも、琴ノ海(時津町)の夏季及び秋季と根獅子(平戸市)の秋季では弾性があり、かつ、FT-IRで測定できない黒色のMPs粒子が見つかっている。

(4) 特徴的なMPs(ペレット、人工芝、肥料殻)

MPsは、そのサイズ故に排出源の推定が困難であることがほとんどである。しかし、中には形状(見た目)で排出源の推定が可能なMPsも存在しており、本報では特にペレット、人工芝、肥料殻について報告する。

ペレットの調査結果について、図9に示す。冬季はプラスチック種類が未同定であるため個数のみ表示している。ここでいうペレットとは、見た目の形状からプラスチック製品の原料ペレットであると推定したMPsを指す。3季節分の結果から、外海に面した調査地点で発見されており、ほとんどが離島の調査地点であった。プラスチックの種類としては、概ねPE、PPであり、PS、エチレン酢酸ビニル(EVA)も少量ながら存在を確認した。

続いて人工芝の調査結果を図10に示す。

人工芝に関しては外海、内海に関わらず発見された。プラスチックの種類はPEがほとんどだったが、琴ノ海(時津町)ではPA製(図10右側写真下段)のものを多く確認した。1回の発見量としては大崎(川棚町)と琴ノ海で比較的多くの人工芝を確認した。両地点には大

村湾内という共通点があるが、発見されている人工芝には明らかな違いがあり、琴ノ海については前述したとおりPA製が多いが、大崎では細長い人工芝を多く確認した(図10右側写真中段)。人工芝は用途により材質や形状が様々であるため、各地点で発見された人工芝の特徴から排出源(施設)を推定できる可能性がある。

最後に肥料殻の調査結果を図11に示す。

肥料殻に関しても人工芝と同じく、外海、内海に係らず発見された。プラスチックの種類はPE、PU、EVAであり、これらは被覆肥料でよくみられるプラスチックである。被覆肥料は全国的にも環境流出が問題となっており、代表的なのは稲作(水田)で使用された被覆肥料由来の肥料殻である⁹⁾。水田から肥料殻が流出するタイミングで最も多いのが代掻き時期であり、その後は降雨のタイミングで水田外に流出するため、県内では5月から6月頃の代掻きから始まり、梅雨及び台風シーズン(秋季)にかけて主要な流出時期と推察される。図11でも夏季の発見地点数、個数共に多い。なお、図には示していないが冬季は少なかった。前述の推察を検討するには更なるデータの積み上げが必要である。

2 海底堆積物中MPs

図12に海底堆積物中MPsの地点別個数及びプラスチック種類を示す。図12に関してはピックアップした全てのMPs候補粒子を集計した。また、ピックアップしたMPs候補粒子のうち、MPsであることが確定したものに関し、図13に海底土の単位重量あたりのMPs個数を示す。

プラスチックの種類としては、PP、PEの割合が多くPA、PS、PUなども見られた。一方、海水より比重が大きく海底に堆積することを予想していたPVCやポリエチレンテレフタレート(PET)などは発見されなかった。なお、図12の「測定不能」又は「ロスト」の検体は全て繊維状であった。これらは短径(繊維幅)が概ね20 µm程度と細く、その形状のため当センターのFT-IRでは良好なスペクトルが得られなかった。

海底土の単位重量当たりでみると、大村湾奥部が最も多い結果となった。大村湾奥部は他の地点と比べても陸地に近く、また県内でも人口が集中している地

域に近いことが影響している可能性がある。このため、2025年度の調査では、陸地に近い地点での採取を計画している。

ま と め

今回は、2022年度から3か年計画で実施している県内のMPs分布実態調査の途中経過について報告した。調査を行った海岸、海底の全ての地点でMPsを確認し、MPsは全域的に分布していると考えられる。

海岸に漂着するMPsは季節変動が大きいものの、漂着量や一部のプラスチックに関する地点別傾向が出つつあるため、今後のデータ蓄積が重要となる。

海底に堆積するMPsについては、人の生活圏に近い地点でMPsが多くなることが示唆されたため、2025年度調査では、より陸地に近い地点での試料採取を行う予定である。

参 考 文 献 ・ 脚 注

- 1) Geyer, Jambeck, Law, Production, use, and fate of all plastics ever made, *Sci. Adv.* 2017; 3:e1700782
- 2) Borrelle et al., Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution, *Science* **369**, 1515–1518 (2020)
- 3) R. Marfella et al., Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events, *N Engl J Med.* **390**, 900-910 (2024)
- 4) 環境省, 2023 年度検討結果 日本の海洋プラスチックごみ流出量の推計, <https://www.env.go.jp/content/000320690.pdf>(最終アクセス:2025 年 8 月 5 日)
- 5) 池貝隆弘, 長谷部勇太, 三島聡子, 小林幸文, 海岸漂着量の評価のためのマイクロプラスチック採取方法, *全国環境研会誌*, **42**, No.4 (2017)
- 6) 環境省, 河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン(2023 年 3 月版)
- 7) ImageJ, <https://imagej.net/ij/index.html> (最終アクセス:2025 年 8 月 5 日)
- 8) 塩ビ工業・環境協会 HP, https://www.vec.gr.jp/statistics/statistics_4.html (最終アクセス:2025 年 8 月 5 日)
- 9) 農林水産省, プラスチック被覆肥料の被膜殻の流出防止について, https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/hihuku_hiryo_taisaku.html (最終アクセス:2025 年 8 月 5 日)

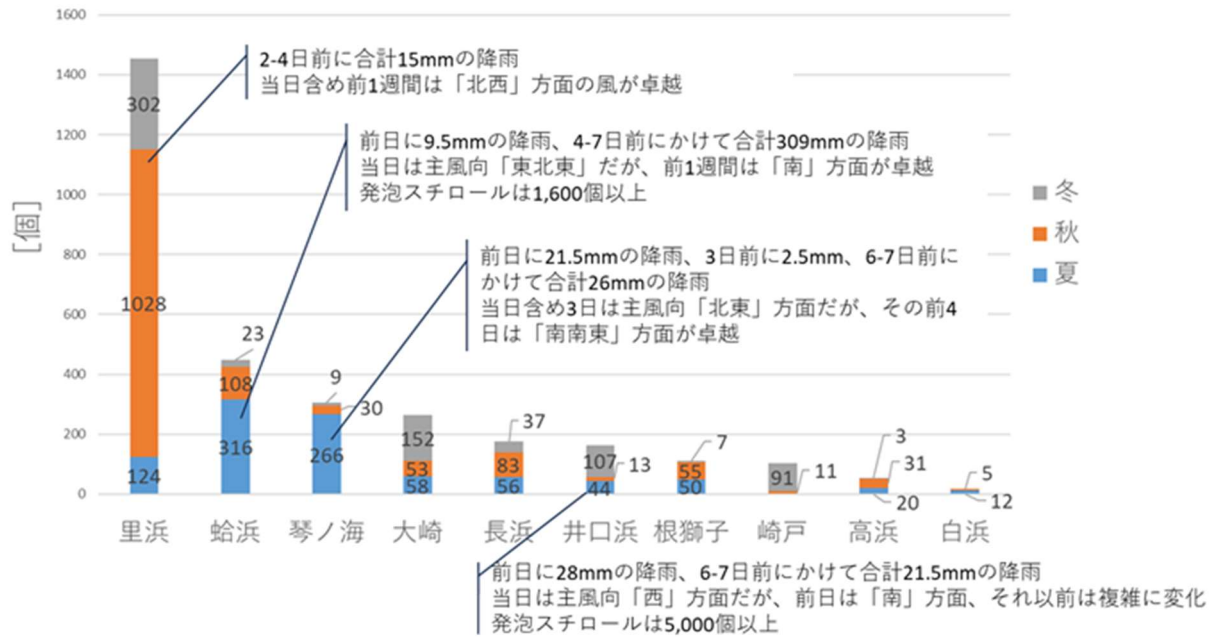


図6 MPs個数分布(発泡スチロールを除く)

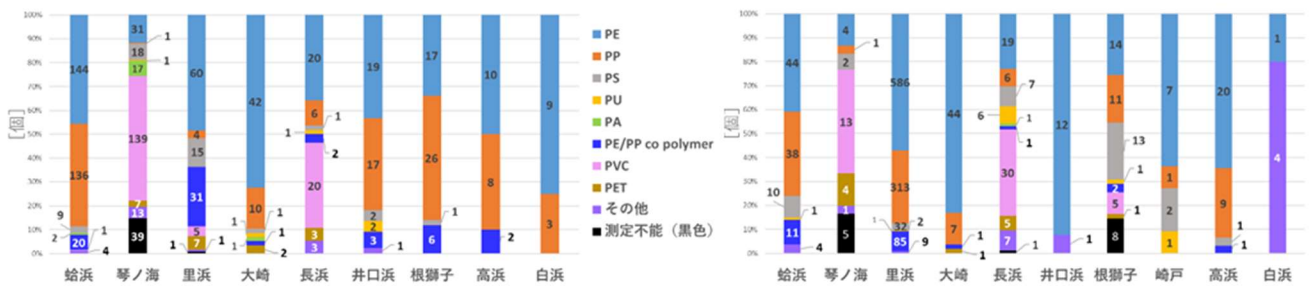


図7 各地点のプラスチック種類別割合(左図:2022年夏季、右図:2022年秋季)

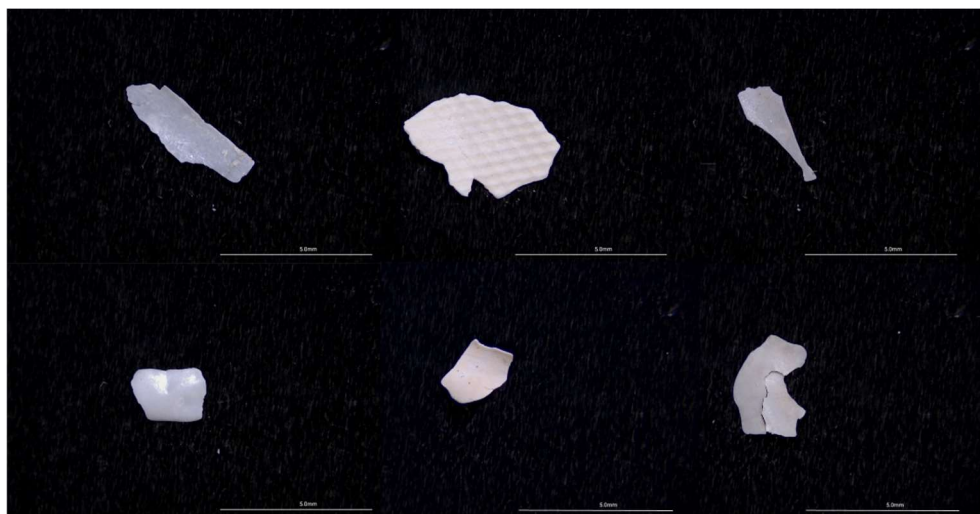


図8 シート状のPVC製MPs粒子の一例(2022年夏季_琴ノ海から発見したものを抜粋)

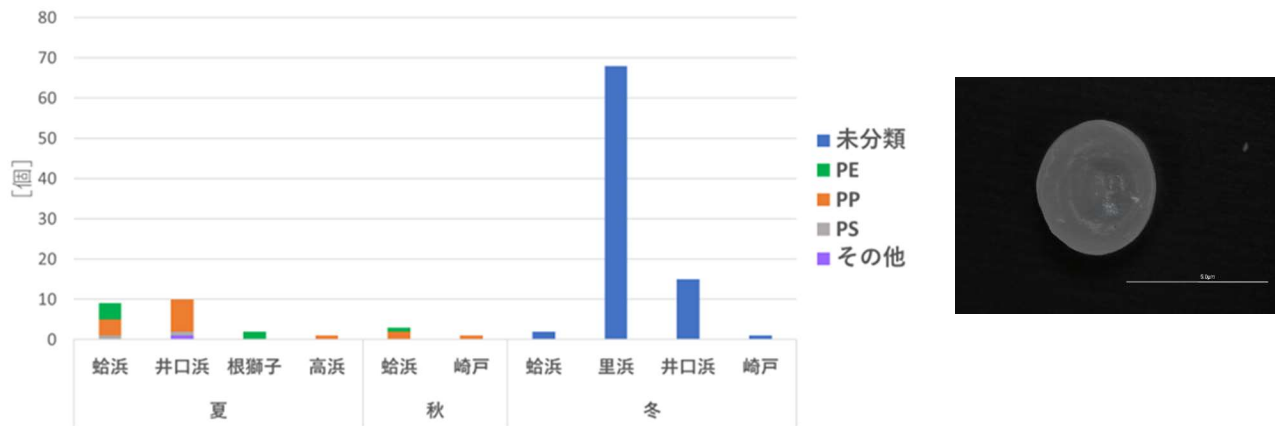


図9 ペレット状MPs個数とプラスチック種類(左図)とペレット状MPs写真(右図)

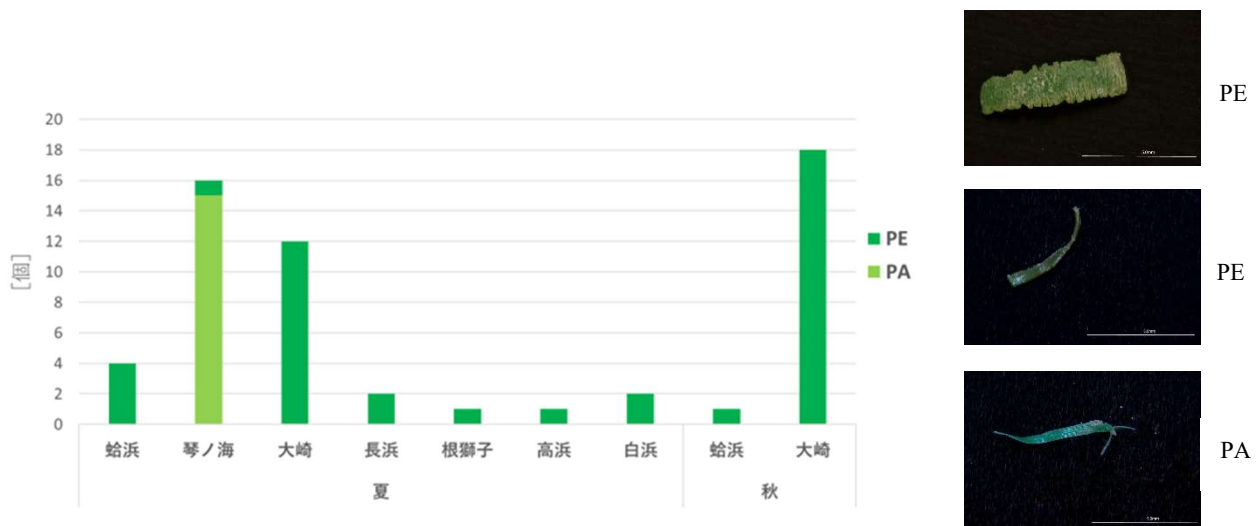


図10 人工芝疑いのMPs個数とプラスチック種類(左図)と人工芝疑いMPsの写真(右図)

右図上段は比較的の厚みのあるPE製で、発見場所の偏りは見られない。右図中段は細長い形状が特徴的なPE製であり、大崎海水浴場でよく見られる。右図下段は細長く厚みもないタイプのPA製で、本報執筆時点では琴ノ海からのみ見つかった。

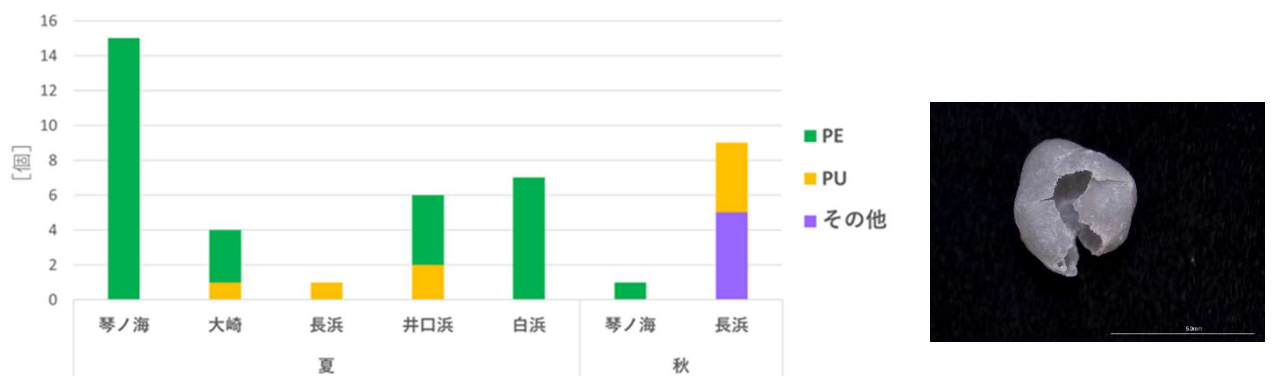


図11 肥料殻疑いのMPs個数とプラスチック種類(左図)と肥料殻疑いMPsの写真(右図)

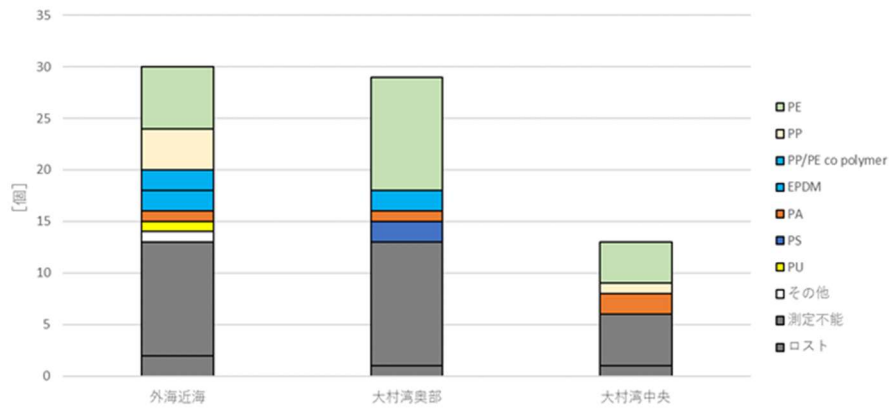


図12 海底土中MPs個数とプラスチック種類

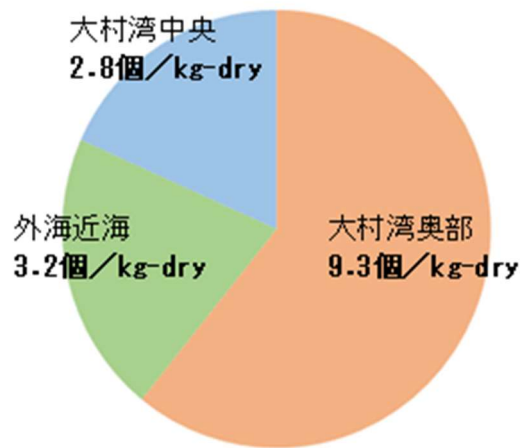


図13 海底土中MPsの個数(乾燥土単位重量あたり)