

魚住海岸における微小プラスチック量の調査

渡部 守義* 北野 陽資** 西村 祐希**

Survey of micro and milli Plastics on the UOZUMI coast

Moriyoshi WATANABE, Yousuke KITANO, Yuuki NISHIMURA

ABSTRACT

In recent years, there have been concerns about the impact on the marine ecosystem of waste plastics flowing into the ocean, especially microplastics (plastics of 5 mm or less). The government and research institutes conducted surveys on the number of microplastics in seawater. However, there are few studies about the distribution of microplastics on the coast. Therefore it is necessary to develop a simple method that allows the citizens to survey the effects of microplastics on the coast. This study proposes a method to measure the amount of microplastics of about 1 mm to 20 mm, which are easy to measure, and survey the micro and milli plastics on the Uozumi coast in Akashi City Hyogo Prefecture. The survey method proposed here uses relatively inexpensive and easily obtainable tools and simplifies the measurement items to only plastics. A survey of the Uozumi coast revealed that the number of plastics varies greatly depending on the site, the high tide coastline, and plant zone. In addition, according to the references date, the amount of plastic in the high tide coastline measured using this method was the same amount of microplastics found in seawater.

KEY WORD: micro and milli plastics, coast, high tide coastline

1. はじめに

近年、海洋に流出する廃プラスチック類による海洋汚染が地球規模で広がっている。環境省の令和 2 年度環境・循環型社会・生物多様性白書によれば、海洋ごみは、生態系を含めた海洋環境の悪化や海岸機能の低下、環境への悪影響などを引き起こし、特にマイクロプラスチック（一般に 5 mm 以下の微細なプラスチック類）による海洋生態系への影響が懸念されている。また、世界におけるプラスチックの生産量は激増を続けており、年間約 800 万トンものプラスチックごみが海洋に流出しているという試算もある¹⁾。一方、我が国の海岸には国内由来でない外国から漂着するごみも高い割合

で占められており、周辺国を含む世界的な課題として対処する必要がある。

世界中の問題として、豊かな海を守ることはSDGsの目標 14 でも取り上げられている。EU では「使い捨てプラスチック製品の流通を 2021 年までに禁止する法」案が 2019 年に採択され、加盟国は国内法の整備を進めている。2019 年の G20 大阪サミットでは、海洋プラスチック問題については、共通の世界ビジョンとして、2050 年までに追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が首脳間で共有された。また、有害廃棄物の定義や輸出入を規定する国際条約であるバーゼル条約では、廃プラスチックを規制対象に加える改正がなされ 2021 年 1 月 1 日施行されている。

*都市システム工学科、**明石高専卒業生

日本列島周辺海域のマイクロプラスチックの分布については主に環境省を主体とした年1回全国10地点程度のモニタリング調査が行われている他、大学等の研究機関でも海水中のマイクロプラスチック量や魚介類体内のマイクロプラスチック量に関する調査研究が進められている。海水中のマイクロプラスチックの世界共通の調査分析方法として Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods Ver1.1 June 2020²⁾などが推進されているが、一般的な市民では扱い扱うことが難しいものとなっている。

我が国でも海岸漂着物処理推進法(2009年施行、2018年改正)、プラスチック製買物袋有料化(2007年7月)が義務付けられ、プラスチックごみの廃棄問題への国民の意識も高まりつつあり市民レベルでも海岸清掃を通じたプラスチックごみの調査等が実施されている。しかし海岸におけるプラスチックごみの定量法はさまざまであり、全国各地を比較する定量的なデータとしては不備がある。

そこで本研究では、比較的容易に測定できる1mmから20mm程度のプラスチック(以降、微小プラスチックと記す)を対象とした測定方法を提案し、魚住海岸におけるプラスチック量を測定することを目的とする。本研究で、簡易な測定方法が確立できれば、日本各地の海岸においてデータを収集し、比較検討することが可能となる。

2. 方法

2-1 対象とする微小プラスチックごみ

一般的に、マイクロプラスチックとは粒径5mm以下のプラスチック粒子³⁾のことをいう。このマイクロプラスチックは発生源の違いにより一次マイクロプラスチック(primary microplastics)と二次マイクロプラスチック(secondary microplastics)に分類される。一次マイクロプラスチックは、身の回りのプラスチック製品の原料として使われる樹脂ペレットや洗顔料、石鹸、シャンプーなどの化粧品に入っている微粒子状のスクラブ材(マイクロビーズ)、業用研磨剤、洗濯による合成繊維の衣類の脱落物などである。二次マイクロプラスチックは、環境中に投棄されたプラスチックごみが、紫外線や波力等の物理的作用の外的要因によって徐々に劣化・崩壊して5mm以下の小さな細片状になったもののことである。

海水中および海岸におけるマイクロプラスチックの採集、分離・選別フローを図1に示す。砂試料からのマイクロプラスチックの分離は、比重選別、ろ過、ふるい分け、目視選別の4種の手法のいずれかあるいはこれ

【海水表面調査】2) 抜粋

海況、使用船舶の機能と性能
約0.3mmの開口部を持つ網
曳航時間20~30分、曳航速度1~3ノット
1)左舷で20分間曳航、右舷で10分間曳航を2回
2)左舷で10分間曳航、右舷で5分間曳航を2回
網の浸漬深さ10cm~100cm

【海岸調査】3) 抜粋

対象海岸で主要な漂着帯(満潮付近)を選定し、その代表的な地点で1m四方の調査枠を設定する。表層部(深さ1~2cm)を集積し約2.5L(0.25m²)を、4.75mmふるいに通す。なお方形枠のサイズには明確な規定はない。



【分離・選別フロー】2) 抜粋

前処理
生物学的消化: 過酸化水素 H₂O₂ とに酸化鉄(Fe(II))
密度分離: 溶媒よりも比重の軽いプラスチックが表面に浮遊
サンプル分割: プラスチック片が多い場合(例えば1,000以上)、サンプルを分割する
計数とサイズ測定
1)直接計測、2)様々なメッシュサイズのふるいを通してから直接計測
材料の識別
1)スペクトル光学機器(ラマン分光装置など)
2)フーリエ変換赤外分光法 (FTIR)
重量測定: 乾燥重量を測定

図1 海水中、海岸におけるマイクロプラスチックの採集、分離・選別フロー²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

らを組み合わせて行われることが多い。比重選別は溶媒よりも比重の軽いプラスチックを表面に浮遊させ分離するもので、溶媒にはNaCl(比重1.2)、NaI溶液(比重1.6)などが用いられる⁴⁾⁵⁾が、本研究では市民がより容易に扱える水道水(比重1.0)を用いることとした。

マイクロプラスチックは5mm以下とされているが、本研究では二次マイクロプラスチックの前駆物質となる5mm以上で、海岸ごみ清掃でも採取が難しくなる20mm以下に着目し、市民が比較的容易に測定できる1mmから20mm程度の微小プラスチックを対象とする。なお、研究においては5mm以下とそれ以上を分けて結果を整理している。

2-2 微小プラスチックの測定方法

試料の採集は図1の海岸調査を参考にして、図2の手順に従い微小プラスチックの測定を行う。まず満潮時の汀線付近の漂着帯から、その代表的な地点で25cm

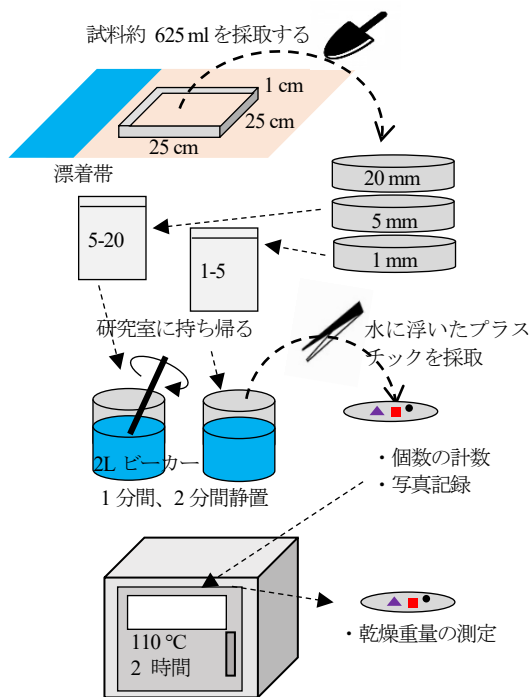


図2 海岸における微小プラスチックの採取、分離・選別フロー

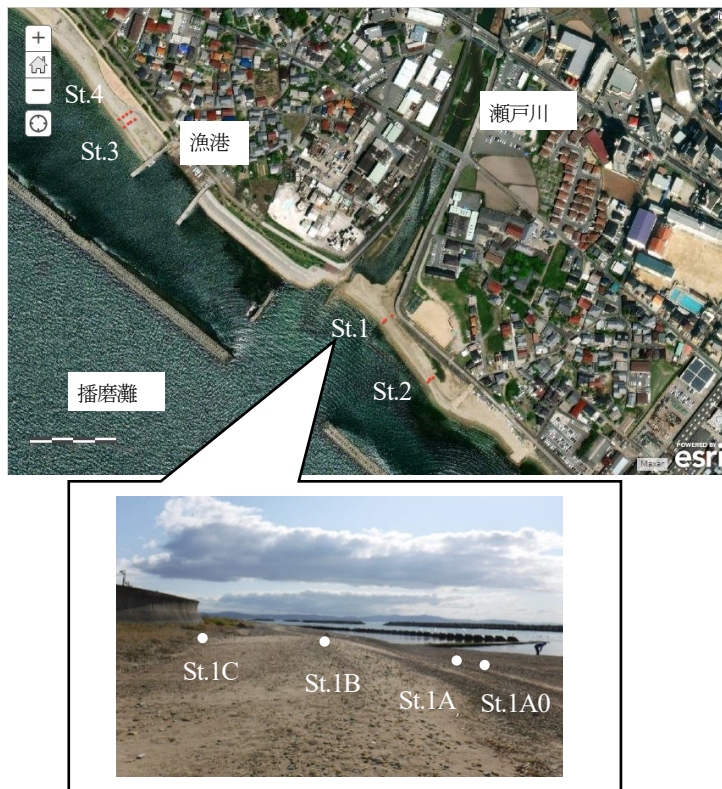


図3 魚住海岸における調査地点の概要

四方の調査枠を設定する。方形枠内深さの約1 cm の砂をスコップで約625 mL 採取し、20 mm ふり（目開き22.4 mm）、5 mm ふり（目開き4.75 mm）を通過し1 mm ふり（目開き1.00 mm）に留まるもの採集する。研究室に持ち帰り、水道水を1.2 L 程度入れた2L のガラスビーカーに試料を入れ、1 分間ガラス棒で攪拌後、2 分間静置し水面に漂うプラスチックを、ピンセットで採取する。時計皿に採取したプラスチックの個数を計数し、写真で記録する。ここで、収集したマイクロプラスチックは通常、プラスチック片、発泡スチロール片、レジンペレット、繊維くず、ビニール片などに分類することが望ましいが、1 mm 程度の破片は分類が困難であり、分類間違いを生じる可能性も高いことから測定から省いた。そして時計皿を110°Cの乾燥炉で2 時間乾燥させた後、微小プラスチックの乾燥重量を測定する。ふるいを通過する微小プラスチックの形状は様々であり向きによって、ふるいを通過するものと通過できないものがあるため、厳密なサイズは測定せず結果は5 mm～20 mm 程度、1 mm～5mm程度と表現する。また測定結果は1 m² 当たりの個数（個/m²）と質量（g/m²）で整理する。なおふるいはインターネット販売で数千円で入手可能なもので、スコップ、ビーカー等はホームセンターで入手できるものである。

2・3 調査対象海岸

瀬戸内海に位置する兵庫県明石市魚住町の海岸を対象とする。対象海岸の衛星画像を図3に示す。

St.1 は瀬戸川河口の海岸で、調査箇所は瀬戸川右岸護岸の延長線上に設定した。付近に消波ブロック等が存在するが、海岸と沖合の間に波を遮るものはない。また河口域であることから河川流量や冬季の波浪により海岸の形状が大きく変化する地点である。St.2 はSt.1 から東方向におよそ70 m 離れたところである。海岸と沖合の間には消波ブロックが存在し、沖合から直接大きな波が打ち寄せることはない場所である。St.1 とSt.2 は陸と海岸の間には高低差があり、消波ブロックが設置されている。この消波ブロック付近には様々なゴミが散乱している。なお瀬戸川は、本川河川延長4,110 m の二級河川で神戸市、稲美町、明石市を流れ、流域面積は約20.9 km² である。St.3 とSt.4 は西岡海浜公園として整備されている砂浜である。両地点は漁港施設、消波ブロックに囲まれた海岸である。また備考欄に示すように海岸はSt.1 とSt.2 は砂まじりの砂利が多く、St.3 とSt.4 は砂であった。

海岸の砂は、台風や強い季節風による波浪により、海岸の砂が大きく移動する。このような海岸に不規則に分布する微小プラスチックを定量的に測定するのは難しいため、各地点において、波打ち際に対して垂

表1 調査地点の概要と1～5 mm程度、5～20 mm程度の微小プラスチック量の分布

調査地点の概要				微小プラスチック量				
測定日	調査地点	岸構造物からの距離(m)	地面の状態	1-5 mm (個/m ²)	5-20 mm (個/m ²)	1-5 mm (g/m ²)	5-20 mm (g/m ²)	
2020/11/11 11:00～12:00 若潮 満潮06:21 潮位84 cm 干潮12:20 潮位44 cm	St.1	A0	18.3	満潮時水没	0	0	0	0
		A	14.5	湿った砂	0	0	0	0
		B	13.1	乾いた砂	0	0	0	0
	St.2	C	5.0	植生帯付近	688	96	1.84	6.22
		A	10.3	砂と砂利	16	0	0.06	0
		B	7.5	乾いた砂	16	0	0.03	0
2020/12/9 10:50～11:50 長潮 満潮04:45 潮位80 cm 干潮10:39 潮位49 cm	St.3	C	4.1	植生帯付近	368	0	1.34	0
		A0	24.0	満潮時水没	0	0	0	0
		A	18.0	乾いた砂	208	0	0.05	0
	St.4	B	13.0	乾いた砂	0	0	0	0
		C	8.0	植生帯付近	48	32	0.04	0.31
		A0	19.0	満潮時水没	0	0	0	0
		A	13.0	乾いた砂	16	0	0	0
		B	7.0	乾いた砂	16	0	0	0
		C	3.0	植生帯付近	80	0	0.45	0



図4 時計皿に分けとった微小プラスチック片 (St. 1C)

直な方向を設定し、波打ち際から近い順にA、B、Cと配置した。Aは満潮時の汀線付近の漂着帯、Cは植生帯付近、BはAとCの間である。なおSt.1、St.3、St.4では満潮時は水没している海側の箇所を測定し、地点名称ローマ字の横に0を添えている。以上、本研究では魚住海岸の4地点、合計15か所における調査を実施した。調査は2020年11月と12月に実施し、いずれも干潮の時間帯を選び、満潮時の汀線付近を確認できる状態で実施した。

3. 結果と考察

3・1 地点間の微小プラスチック量の比較

表1の右側に魚住海岸の4地点計15か所で測定した微小プラスチック量を示す。なお、St.4AとBはプラスチックが確認されているにも関わらず、質量0 g/m²となっている。これは採集したプラスチックが1個で、その質量を電子天秤で測定できなかったためである。図4はSt.1Cで採取され1～5 mm程度のプラスチックであるが、形状、色が異なっていることがわかる。図5に表1の結果を地点ごとにグラフ化したものを示す。微小プラスチックは、満潮時水面下の地点では測定されず、漂着帯では1～5 mm程度のものが全地点で測定され、中間帯ではほとんど測定されず、植生帯ではサイズに関わらず比較的多く微小プラスチックが採取された。

主要なプラスチック類は、水よりも比重の小さいものが多く、海水面に存在するマイクロプラスチックは、海流に流されるか、風により飛ばされる。こ

のため他の物質に付着し水底に堆積する以外では、通常、満潮時水面下の砂からはマイクロプラスチックは測定されにくいと考えられる。漂着帯付近のSt.3Aにおいて208 個/m²をはじめ3地点で1～5 mm程度の微小プラスチックが測定された。St.1Aは、瀬戸川河口部に位置するため漂着帯の設定が難しく、地面の状態が湿っていたことから満潮時水面下であった可能性が考えられる。植生帯付近では、風により運ばれてきた漂着帯のプラスチック片や海岸ごみとその場に留まり、植物体を作る日陰が紫外線の低減することなどにより、物理的な風化作用が小さくなり、比較的大きなサイズのプラスチックとして残存したものと考えられる。

瀬戸川河口付近のSt.1、St.2の植生帯付近は最も微小プラスチック量が多かった。一般的に海岸のプラスチックは海を起源とするものであるが、調査地点では海起源のものに加え河川起源のもの、あるいは消波ブロック付近に散乱する海岸ごみの一部が加わっている可能性がある。またSt.3、St.4は図3のように消波ブロック群や港湾施設に囲まれ、さらに砂浜に流入する河川がないことからSt.1、St.2と比べると相対的に微小プラスチックの量が少なかったと考えられる。

魚住海岸における微小プラスチック量の現地調査の結果では、地点間により微小プラスチック量に差があることが分かった。漂着帯付近に限ってもばらつきがあることから、海岸における代表地点の選定には1箇所だけでなく複数の地点を調査することが望ましいと言え

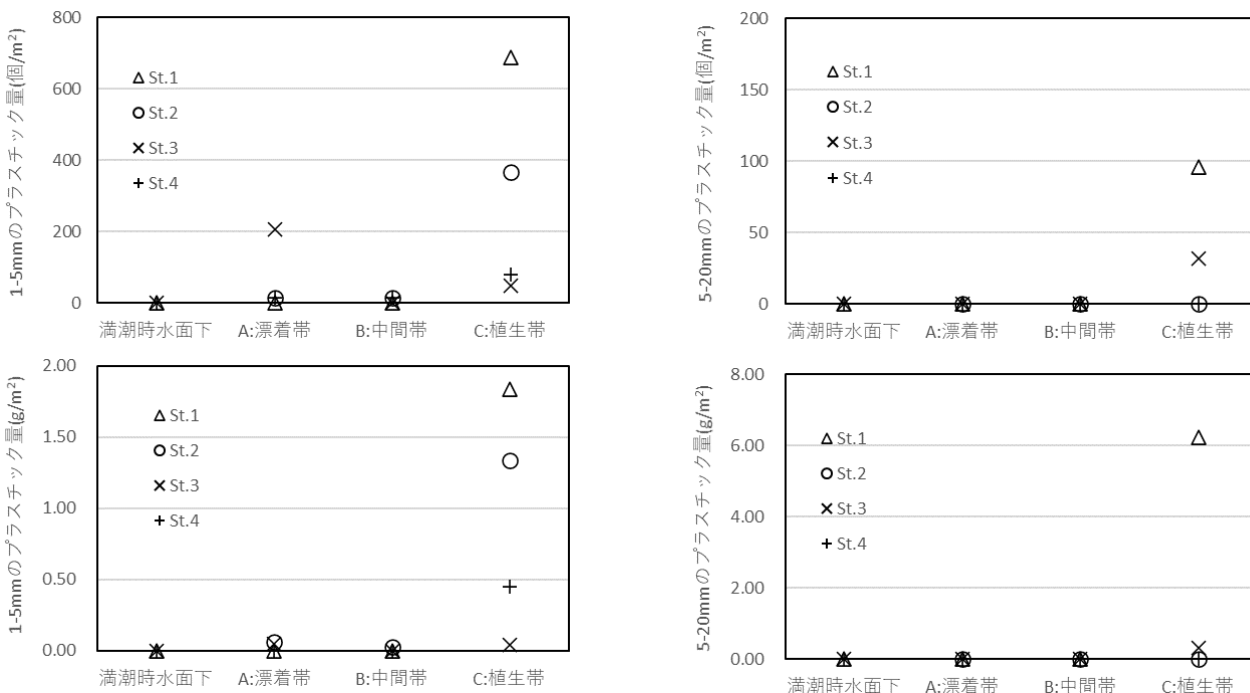


図5 調査地点毎の微小プラスチック量の比較 (上段 : 個/m²、下段 : g/m²、左側 : 1-5 mm、右側 5-20 mm)

る。

3-2 既往の調査結果との比較

表2は本研究による瀬戸内海播磨灘の兵庫県魚住海岸の測定結果と、山口晴幸⁶⁾らの日本沿岸各地の海岸及び周辺海域におけるマイクロプラスチックの分布調査の報告、東京海洋大学⁷⁾による日本列島海域のマイクロプラスチック調査報告をまとめたものである。山口らによる海岸におけるマクロプラスチックの量を見ると、南方の沖縄島嶼が2,041 個/m²と最も多く、相模湾沿岸 367 個/m²、南房総沿岸 129 個/m²と北東に進むに従い減少していることがわかる。ここで海中のデータに着目すると東アジア海域の海中のマイクロプラスチックの量は3.7 個/m³、日本列島沖合は 2.7 個/m³と沿岸海岸のマイクロプラスチックの量と同様に減少が見られる。このことから、東南アジアで発生したマイクロプラスチックが黒潮によって運ばれ、北東に進むに従い減少していることが推察される。この現象は海岸漂着ごみの調査^{8,9,10,11)}でも同様の考察がなされている。瀬戸内海は日本列島沖合海域に比べて、黒潮の影響が少ないのでその影響が少ないと考えられる。

東京湾沿岸は、相模湾沿岸と南房総沿岸よりもマイクロプラスチックの量は多くなっている。これは黒潮により供給されたマイクロプラスチックの蓄積、

表2 日本各地の海岸及び周辺海域におけるマイクロプラスチックの分布

報告者	海岸/海中	調査地点	マイクロプラスチック	備考
本研究	海岸	播磨灘St.1A	0 個/m ²	本研究では1~5 mm程度を対象
		播磨灘St.2A	16 個/m ²	
		播磨灘St.3A	208 個/m ²	
		播磨灘St.4A	16 個/m ²	
山口晴幸	海岸	東京湾沿岸	783 個/m ²	
		相模湾沿岸	367 個/m ²	
		南房総沿岸	129 個/m ²	
		沖縄島嶼	2,041 個/m ²	
東京海洋大学	海中	日本列島沖合	2.5 個/m ³	
山口晴幸		瀬戸内海	0.4 個/m ³	
		東アジア海域	3.7 個/m ³	

あるいは内陸から川を通じて供給されてきたものであると考えられる。

一方、本研究による瀬戸内海播磨灘の兵庫県魚住海岸の調査結果は1 mm 以下を含んではいないが、プラスチックの量は平均 60 個/m²となっており、相模湾沿岸、南房総沿岸の平均値 248 個/m²の約 4 分の 1 程度となっている。瀬戸内海の 0.4 個/m³は日本列島沖合の 2.5 個/m³の約 6 分の 1 であり、大雑把な

計算であるが海中のマイクロプラスチックの量と海岸のマイクロプラスチックの量には相関関係が見られた。

4. おわりに

研究では、比較的容易に測定できる 1 mm から 20 mm 程度の微小プラスチックを対象とした測定方法を提案し、魚住海岸におけるプラスチックの量を測定した。

4・1 微小プラスチックの測定方法

本研究では、既往の調査法に準じ、市民による微小プラスチック量の測定及び環境教育の場でも活用を念頭に置き、調査者による差がなるべく出にくい簡易な手法で実施した。海岸において 25 cm の方形枠の中の 1 mm から 20 mm 程度の微小プラスチックを採取し、水道水を溶媒とした比重選別によりプラスチック類を表面に浮遊させ分離させ、その数を計数するというシンプルな方法である。

研究の中では個数と質量を測定したが、個数と質量には相関関係があることから、分類と重量測定は省く方がより簡易に調査ができると考えられる。海岸におけるマイクロプラスチックの分布状況のデータが少ない現状を鑑みると、専門知識を必要とし高い精度で調査を実施するよりも、広くデータを収集できる環境を整えることが重要であると考えられる。

4・2 魚住海岸における微小プラスチックの分布

魚住海岸にて微小プラスチック量の調査を実施した。微小プラスチックは地点間により量に差があること、そして微小プラスチックは主に漂着帯と植生帯に分布しており、満潮時水面下と漂着帯と植生帯の間の地点には存在していなかった。このため海岸の漂着帯、植生帯などの採取地点の併記は必須となる。今回は魚住海岸の限られた地点の調査であり、今後はより多くの海岸で調査を実施し、海岸の地形や海岸漂着物の量との関係を必要がある。また、マイクロプラスチック量の既往データと比較すると、漂着帯のマイクロプラスチック量は海中のマイクロプラスチック量と相関関係があることが推察された。

本研究で提案するような簡易な測定方法で、日本各地の海岸における微小プラスチック量のデータを蓄積すれば、広域的な対策のための貴重なデータとなりえる。

参考文献

- 1) 環境省：令和 2 年度版環境・循環型社会・生物多様性白書(PDF 版)、第 6 節海洋環境の保全、pp.261-262 (2020)
- 2) Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods Ver1 (2020)
- 3) 三原伊文：マイクロプラスチック、ミリプラスチック、日本マリンエンジニアリング学会誌、Vol. 52、No.5、pp.8-10 (2017)
- 4) 池貝隆宏ら：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、Vol.42、No.4、pp.55-59 (2017)
- 5) 浅井雄大、張徳偉、千葉賢：四日市市楠町吉崎海岸のマイクロプラスチック分布の現地調査、The Journal of Yokkaichi University、Vol.31、No.1、pp.125-135 (2018)
- 6) 山口晴幸：海洋マイクロプラスチック汚染の現状、日本大学生産工学部第 52 回学術講演会講演概要、OS-1、pp.622-625 (2019)
- 7) 東京海洋大学：平成 30 年度漂流マイクロプラスチック含む漂流・改定ごみ分布調査及び指標等検討業務報告書(概要版)
- 8) 山口晴幸：漂着ゴミによる日本列島の海岸汚染、環境技術、Vol.29、No.8、pp.596-604 (2000)
- 9) 山口晴幸、横山芳春：外国からのゴミ日本沿岸に大量漂着、地球環境シンポジウム講演論文集、6 巻、pp. 269-278 (1998)
- 10) Thunyawit PONGPO、山口晴幸：黒潮・対馬海流沿い離島の漂着ゴミ実態、地球環境シンポジウム講演論文集、9 巻、pp. 263-272 (2001)
- 11) 原田禎夫：冠島(京都府)における海洋ごみの現状について —漂着ペットボトルの製造国別割合を中心に、水資源・環境研究、Vol.30、No.1、pp.1-7 (2017)