

公益信託 エスペック地球環境研究・技術基金

2021年度 助成金研究報告書

都市閉鎖性海域におけるマイクロ
プラスチックごみの実態把握

2022年10月

神戸市立工業高等専門学校

都市工学科

宇野 宏司

1. はじめに

近年、海洋プラスチックごみ問題は地球環境問題のひとつとして重要な課題となっている。従来のプラスチックの多くは、自然界において分解されない物質であるため、自然界に流出したプラスチックは、紫外線や熱によって細分されながら海岸・海洋そして海底に溜まり続ける(写真-1)。それらは水質や底



写真-1 砂浜に漂着したプラスチックごみ(図中○印)

質の汚染、生態系を含めた環境に影響を及ぼす可能性が高いと考えられており¹⁾、SDGsの目標14「海の豊かさを守ろう」の実現においても無視することのできない重要な課題である。

特に、直径5mm以下のプラスチックはマイクロプラスチックと称され、回収が難しく自然界における実態把握が難しいとされている。これらの現状については、国の研究機関等が主体となって広域的に行われている²⁾が、断片的な情報収集に留まりがちである。

世界で初めてのマイクロプラスチックについての研究報告がなされたのは1972年 Science 誌³⁾においてである。2000年代以降はマイクロプラスチックによる生物への影響についての研究も精力的になされ、市場で購入された魚介類からの検出事例⁴⁾なども報告されているが、生物影響の全体像は未解明な点が多い。

本研究で対象とする兵庫県南部沿岸は、瀬戸内海国立公園東部に位置し、百人一首にも詠まれていた風光明媚な須磨海岸や、瀬戸内海航路の要衝やタコ漁で知られる明石海峡、「魚庭(なにわ)の海」「茅渚(ちぬ)の海」と称される大阪湾等があり、水産や観光、景観、沿岸生態系の重要な自然空間となっている。

著者らは、かつて、淡路島南東部に位置する成ヶ島において浮遊ごみの実態把握調査を行い⁵⁾、国内のみならず海外からのごみの漂着を確認するとともに、数値シミュレーションによって瀬戸内海を漂流する浮遊ごみの挙動について調べている⁶⁾が、当時はまだ社会的にもマイクロプラスチック問題が顕在化していなかったため、これについて詳細に調べるには及んでいない。

マイクロプラスチック問題は、グローバルな課題である一方で、その発生源は身の回りのプラスチック製品に起因するものが多いため、身近な環境問題と

表-1 採取地点の位置情報

記号	地点名	北緯	東経
A-1	浦県民サンビーチ	34°32'14"	134°59'40"
A-2	大浜海水浴場	34°20'26"	134°54'20"
A-3	阿万海岸海水浴場	34°12'34"	134°43'37"
A-4	慶野松原海水浴場	34°20'20"	134°44'02"
A-5	新都志海水浴場	34°24'50"	134°46'32"
A-6	北淡室津ビーチ	34°30'58"	134°52'27"
B-1	御前浜	34°43'25"	135°19'52"
B-2	須磨海水浴場	34°38'29"	135°06'54"
B-3	望海浜	34°38'35"	134°58'32"
B-4	福泊マリーナベルト	34°46'06"	134°44'22"



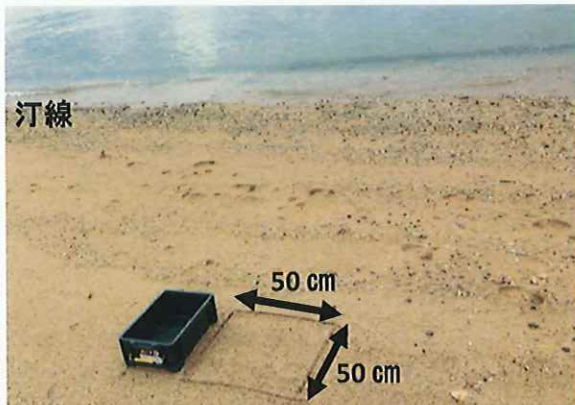
図-1 採取地点

しても捉えやすい。そのため、簡便かつ効率的に実施できる調査方法が確立できれば、小中学校や市民団体による環境学習への展開が可能となり、こうした取り組みを通じて沿岸域の環境問題への関心を高める効果も期待される。

マイクロプラスチックに関する調査として、最も簡便なのは目視のみによる判別⁷⁾である。しかし、この方法では、微細なマイクロプラスチックの回収に不確実性が生じてしまう可能性が高い。より高精度な判別手法としては、マイクロプラスチックをFTIR分析（フーリエ変換赤外線分光法）で判別する方法が提案されている⁸⁾。このプラスチックの組成まで明らかにすることが可能な一方、マイクロプラスチックを1粒ずつ分別する前処理が必要となり、非常に非効率である。また、分析装置自体が高価なため、簡便な方法であるとは言い難い。

一方、水による比重選別によってマイクロプラスチックを回収した調査⁹⁾が報告されている。比重

分離とは、砂よりもプラスチックの比重が軽いことを利用する方法である。プラスチックの原材料は個々の比重を有しており、例えば、PE（ポリエチレン）やPP（ポリプロピレン）は比重1未満であり、比重1の水に対して浮く。しかし、これでは、PE、PPに続いて生産量が多く、比重が1より大きいPVC（ポリ塩化ビニル）やスチレン系樹脂などは分離することができない。これらも回収するためには、水よりも重い比重の溶液が必要となる。これに対し、PVCやPET（ポリエチレンテレフタレート）も回収できる比重の溶液を用いた方法¹⁰⁾も提案されている。ただし、このような重い比重溶液によるマイクロプラスチック回収方法を用いた研究はまだ実施例が少ないのが現状のようであ



(上：表層砂，下：海水)

図-2 試料収集

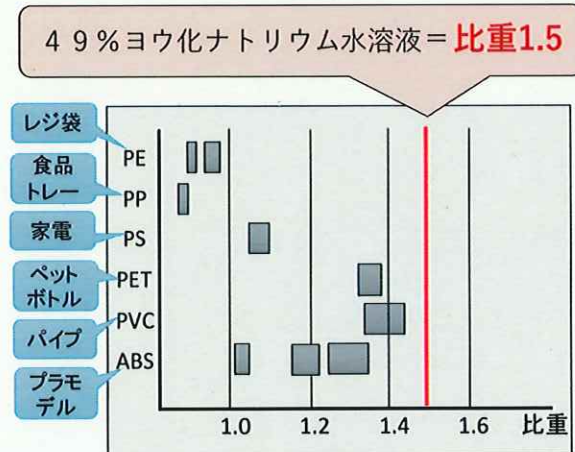


図-3 プラスチック種別の比重比較

約 1cm の堆積物をスコップではぎ取るようにして採取した。一方、汀線付近の海水については、図-2 下に示すとおり、10L ポリバケツで 10 回採取し、プランクトンネットに通して表層水中の浮遊物を回収した。

(2) マイクロプラスチックの分離方法

本研究では、分離溶液として、49%ヨウ化ナトリウム水溶液を用いた。比重

る。

このような社会背景を踏まえ、本研究では兵庫県南部沿岸を対象に比重分離法によるマイクロプラスチックの実態把握を試みた。

2. 研究方法

(1) 試料の採取

試料採取地点は表-1・図-1 に示す淡路島 6 地点(A-1~A-6)と阪神・東播地区の海岸 4 地点(B-1~B-4)の計 10 地点とした。調査は各地点で年 3 回実施したが、いずれも晴天であった。ただし、冬季は発達した風浪により汀線付近に近づくことが困難なため回収できなかった地点もある。本研究では、その地点に過去に堆積したマイクロプラスチックの累積量ではなく、採取時のマイクロプラスチックの含有状況を調べることを目的とした。そのため、歩留まりのよい高潮線付近ではなく、汀線近くの表層砂および海水（表層水）を採取した。

表層砂については、図-2 上に示すとおり、汀線近くに設けた 50cm 四方のコドラート内の厚さ

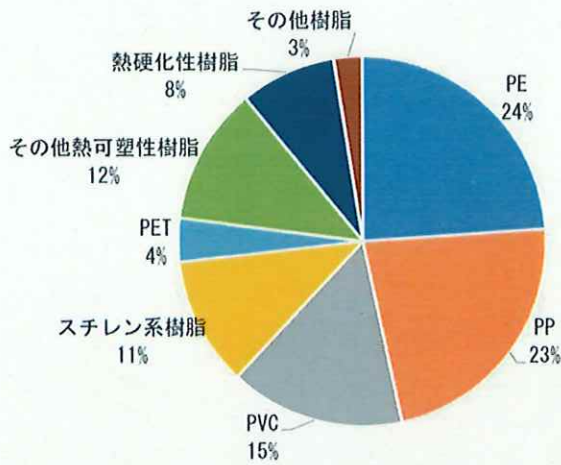


図-4 プラスチック種別の比重比較¹⁾

1.5 のこの水溶液は、図-3 に示す
とおり、既述の PE, PP, PVC,
PET ほか、PS (ポリスチレン) や
ABS (A(アクリロニトリル)・B
(ブタジエン)・S(スチレン) の 3
種類の成分を組み合わせた樹脂)
を含む 6 種類のマイクロプラスチ
ックを浮上分離させることが可能
である。これにより回収できるの
は、プラスチック種別の約 8 割に
相当する (図-4)。



(上：表層砂，下：海水)

図-5 マイクロプラスチックの分離手順

図-5 にマイクロプラスチックの
分離方法の手順を示す。

採取した表層砂については、ま
ず、現地で収集した試料を十分に
乾燥させたのち、4.75mm のふる
いにかき、マイクロプラスチック
に該当しないプラスチック類を除
去した。その後、49%ヨウ化ナト
リウム水溶液に十分に浸潤させ、
攪拌静置後にオーバーフローによ
り上澄みを回収し、ろ過した (図-
5 上)。なお、回収量は地点ごと
に差異があるため、分離対象は回
収したうちの 500cm³ で統一し
た。一方、海水については、ま
ず、ろ過によって海水とプランク
トンネットの回収物を分離した。
この時、多量の水を加えながらろ
過することで、残留分の表面に海
水が残り、乾燥時に結晶化してし
まうことを軽減させた。その後、
回収物を十分に乾燥し、49%ヨウ
化ナトリウム水溶液に十分に浸潤
させ、攪拌静置を経て、上澄みを
ピンセット等で回収した (図-5

表-2 回収結果
(上: 表層砂・下: 海水)

地点	回収されたMPの個数 (個)		
	7月・9月	10月	12月
A-1	0	0	0
A-2	3	18	0
A-3	0	0	0
A-4	0	1	0
A-5	0	16	11
A-6	0	53	5
B-1	2	1	16
B-2	0	0	1
B-3	0	0	0
B-4	0	0	0

地点	回収されたMPの個数 (個)		
	7月・9月	10月	12月
A-1	0	0	0
A-2	0	1	0
A-3	0	0	0
A-4	5	0 採水せず	
A-5	0	0	24
A-6	0	0 採水せず	
B-1	12	0 採水せず	
B-2	0	0	0
B-3	0	3	0
B-4	7	1	2

下).

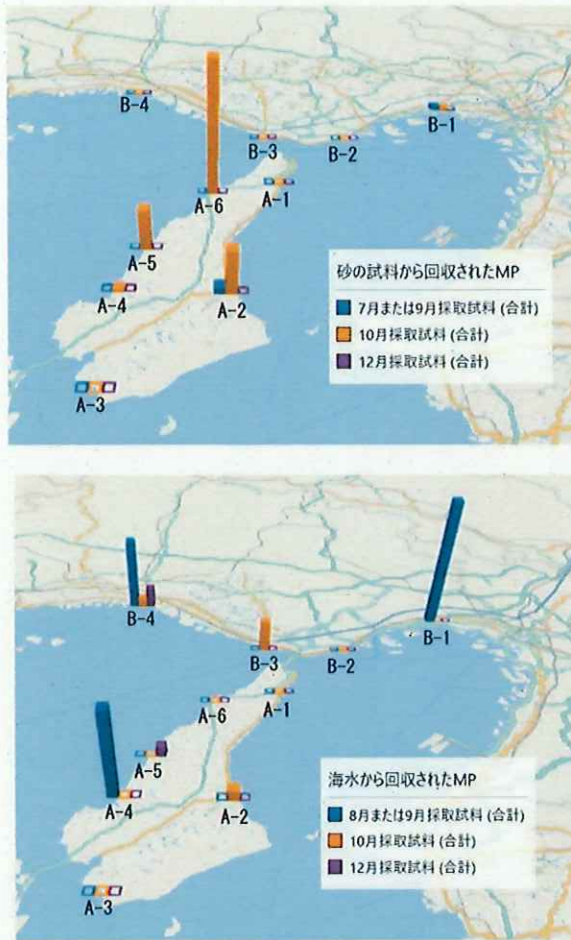
分離・回収されたマイクロプラスチックについては、電子天秤 (BP210-r, sartorius 社) を用いて 1 粒ずつ計測し合計値を求めた。マイクロプラスチック以外は同天秤にてまとめて計測した。

3. 結果と考察

表-2 に各調査で回収されたマイクロプラスチックの個数を示す。また、図-6 にその空間分布について示す。

海水と表層砂のマイクロプラスチックの回収状況を比較すると、海水からは夏季に多く回収され、表層砂からは秋季に多く回収されることが確認された。表層砂の 10 月採取試料からのマイクロプラスチックの回収量は、A-2、A-5、A-6 地点でそれぞれ 18 個、16 個、53 個であり、他地点

および他採取日に比べて多くなっていた。調査期間内で最も多く採取された A-6 地点での 53 個は 1m² あたりに換算すると 約 10,000 個に相当する。一方で、この時の海水からはマイクロプラスチックは回収されなかった。一方、3 回の調査とも表層砂からのマイクロプラスチックが検出されなかった B-4 地点では、その付近の海水からはマイクロプラスチックが回収された。これらのことから、海岸へのマイクロプラスチックの漂着量とその付近の海水中のマイクロプラスチック含有量は必ずしも同期的ではないといえる。その理由の一つとしては、砂媒体と水媒体の捕捉性の違いがあげられる。また、表層砂に関しては、周期的に汀線が変動するため、回収されるマイクロプラスチックの中には、その地点が高潮線付近にあったときに打ち上げられた以前の漂着物が含まれている可能性も考えられる。特に、比較的軽い砂利が多く含まれる B-4 地点では、波による攪乱作用によって汀線付近の底質が移動し、砂中に保持されにくくなっている可能性が考えられる。なお、比重分離によって回収できたの



(上：表層砂，下：海水)

図-6 回収されたマイクロプラスチック個数の空間分布

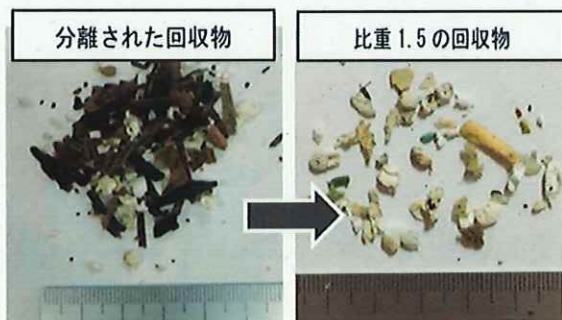


図-7 回収物の例(10月 A-6)

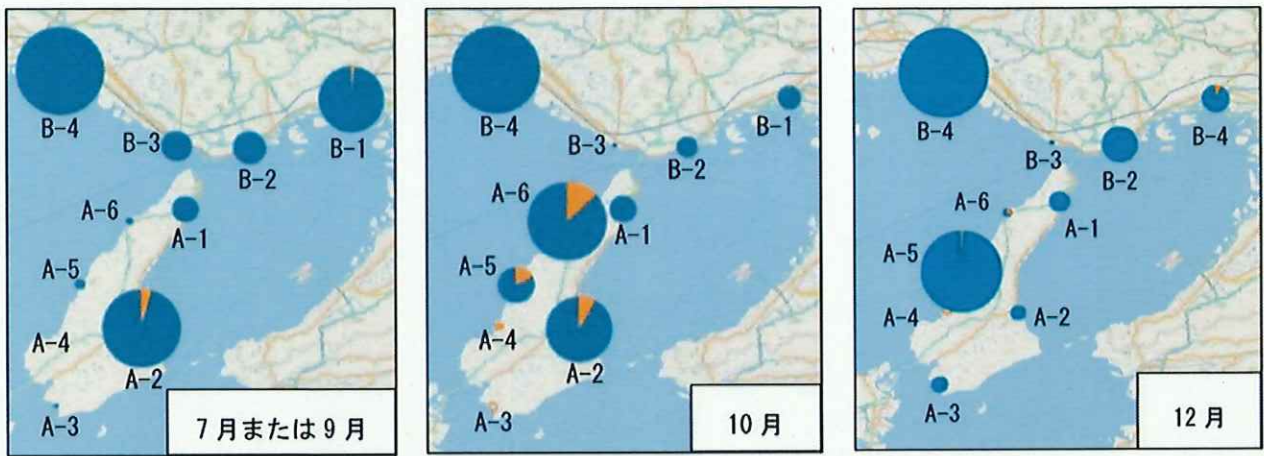
は、図-7に示すように木片や貝殻などがほとんどであり、いずれの地点においてもその傾向が確認された。

図-8に表層砂から回収されたマイクロプラスチックとそれ以外の質量比の空間分布を示す。円グラフの大きさは相対的な重量を示している。いずれの季節とも分離溶液に浮いた回収物中にマイクロプラスチックが含まれていなかった地点が複数確認された。また、マイクロプラスチックが回収された地点でも回収物の8割以上がマイクロプラスチック以外のものであった。表層砂の場合は3mm前後の比較的大きめのマイクロプラスチックが多く回収された。それらは緑色等の粒状のものや、白く柔軟性があるものが多くみられた。一方、海水から回収されたマイクロプラスチックは、1mm程度のものや薄片状のものが多く、表層砂での回収物に比べると比重がやや小さいものが多くみられた。沿岸で回収されるマイクロプラスチックは、プラスチック製品が外的要因で劣化した、いわゆる二次マイクロプラスチックが多いと予想される。長期的な曝露によってはさらに形質や質量が変化する可能性があり、個々の回収物の漂着特性を将来にわたって決定づけること

は困難であると考えられる。

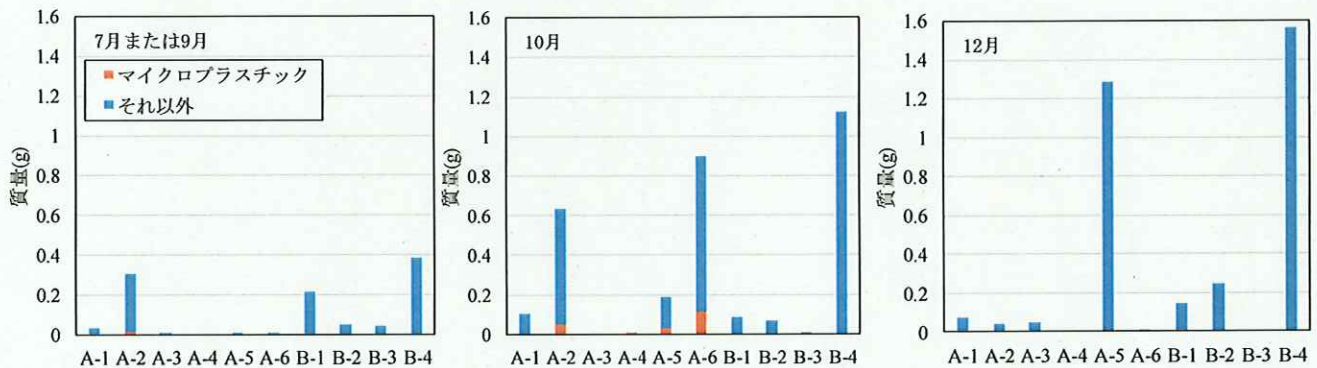
図-9に分離・回収物の質量を示す。分離・回収量は夏季から冬季にかけて増える傾向がみられたが、マイクロプラスチックの占める割合は小さくなってい

■マイクロプラスチック ■その他の回収物



(左：夏季，中：秋季，右：冬季)

図-8 マイクロプラスチック含有割合の空間分布



(左：夏季，中：秋季，右：冬季)

図-9 分離・回収物の質量

た。この理由の一つとして、非出水期における陸域起源のマイクロプラスチックの流入減少が考えられる。

4. まとめ

本研究では、兵庫県南部沿岸におけるマイクロプラスチックの実態把握を目的に、阪神・東播地区の海岸4地点、淡路島沿岸の6地点を対象に3季にわたり表層砂と汀線付近の海水を回収し、マイクロプラスチックの含有状況について調べた。その際、マイクロプラスチックの分離・検出は、比重1.5のヨウ化ナトリウムを用いた比重分離法によった。本手法は、プラスチック生産の多くを占めるPEやPP、PVC、PSなどプラスチック製品の成因の約8割を分離することができる。

調査の結果、表層砂、海水ともに一定の回収物が得られ、マイクロプラスチックの存在が確認された。淡路島西岸（A5・A6地点）の表層砂からは、波浪が高くなる夏季よりも秋季により多くのマイクロプラスチックが回収される傾向が示された。一方で、海水には含まれるが同時期の表層砂には回収されない、あるいはその逆のパターンを示す地点も見られた。期間にわたりマイクロプラスチックが全く確認されなかった地点もあった。

比重分離法は、目視判別よりも、プラスチックと同定できる確実性を高めることができ、比重1.5のヨウ化ナトリウムは、比重1の水を使うよりも、回収できるマイクロプラスチックの幅が広がる点で、回収方法としてはより有効といえる。

一方で、比重による分離のみでは、木片や貝殻等の比重の小さい物質とマイクロプラスチックとを分別することはできない。木片などの有機物は、漂白剤等で使用されている過酸化水素を用いれば分解が可能であるとされるが、吸引すると人体に有害なため、市民レベルでの環境調査等では取り扱いが難しいという課題が残る。そのため、マイクロプラスチック以外の回収物を安全かつ容易に取り除く方法の検討が必要である。また、採取した量を全て実験するために実験の効率化を図ることや、偏ったMP分布結果が得られる可能性があるため、各地点1ヶ所のみでなく同じ線上の複数箇所を試料採取を行うことなどが、今後の環境調査における改善点として挙げられる。

参考文献

- 1)環境省：海洋プラスチック問題について、中央環境審議会循環型社会部会（第28回）配付資料，8p.，2018.
- 2)日本エヌ・ユー・エス株式会社：令和2年度 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 報告書，124p.，2021.
- 3)Carpenter, E.J., Smith Jr., K.L. : *Plastics on the Sargasso Sea surface*, Science, Vol. 175, pp.1240~1241, 1972.
- 4)Rochman, C.M., Tahir, A., Williams, S.L., Baxa, D.V., Lam, R., Miller, J.T., Teh, F.C., Werorilangi, S., Teh, S.J. : *Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption*, Scientific Reports, Vol.5, Article number:14340, 2015.
- 5)宇野宏司，近藤文音，辻本剛三，柿木哲哉：淡路島・成ヶ島に漂着する浮遊ごみの実態把握調査，海洋開発論文集，Vol.25，pp.117-122，2009.
- 6)宇野宏司，倉井春菜，辻本剛三，柿木哲哉：瀬戸内海を漂流する浮遊ごみの年挙動，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.66，No.1，pp.1326-1330，2010.

- 7) 鈴木崇之, 宮崎 黎, 比嘉紘士, 中村由行: 藤沢海岸片瀬西浜地区におけるマイクロプラスチックの分布特性とその回収方法の基礎的実験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.76, No.2, pp.I 1171-I 1176, 2020.
- 8) 片岡智哉, 二瓶泰雄: FTIR-ATR 法を用いた水環境におけるマイクロプラスチックのモニタリング, FTIR TALK LETTER, Vol.33, pp.2-5, 2019.
- 9) 池貝隆宏, 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, Vol.42, No.4, pp.197-202, 2017.
- 10) 鈴木光彰, 神谷貴文, 小郷沙矢香, 岡智也, 長島由佳, 平松裕志: 海岸域におけるマイクロプラスチックの調査手法の確立,
<http://www.pref.shizuoka.jp/kousei/ko-510/documents/412slide.pdf>, 参照 2022-3-1.
- 11) 塩ビ工業・環境協会: プラスチックの種類別生産量,
https://www.vec.gr.jp/statistics/statistics_4.html, 参照 2022-3-1.