

<報文>

相模湾沿岸における一般参加によるマイクロプラスチック分布調査*

難波あゆみ**・三島聡子**・五十嵐恵美子**・小松明弘**・坂本広美**

キーワード ①マイクロプラスチック ②相模湾 ③樹脂ペレット ④被覆肥料 ⑤人工芝

要 旨

相模湾のマイクロプラスチック汚染の実態把握を目的として、2019年7月から8月にかけてクラウドファンディングにより資金を調達し、2019年10月から2020年1月に神奈川県沿岸27地点についてマイクロプラスチック分布調査を行った。海岸に漂着するマイクロプラスチック数を調査したところ、ヘッドランド(茅ヶ崎市)が調査地点の中で最も多かった。また、海岸でしばしば発見される特徴的なマイクロプラスチックである樹脂ペレット、樹脂系被覆肥料の被膜殻と推定される中空球状マイクロプラスチック及び人工芝の破片と推定される緑色へら状マイクロプラスチックの漂着数を調査したところ、樹脂ペレットが59%、緑色へら状マイクロプラスチックが48%及び中空球状マイクロプラスチックが41%の地点から検出された。

1. はじめに

近年、5mm以下¹⁾のプラスチックであるマイクロプラスチック(MP)の海洋中の総量はおよそ5兆個²⁾、日本近海の漂流量は世界平均の27倍³⁾であると推定されている。このMPは、もともと5mm以下に成形され、その形状が損なわれていない一次MPと、プラスチック製品やその廃棄物が環境中で劣化・微細化し破片となった二次MPに大別される。このMPは、親油性のため、海水中の希薄なPCB等の残留性有機汚染物質を高濃度に吸着し、遠隔地に輸送する性質を持つと言われている^{4,5)}。更には海洋生物によるMPの摂食も確認されている^{6,7,8)}。このようなことから、2015年に開催されたエルマウサミット以降、世界的にその対策が議論されている。

日本では環境省がMP調査を行っているが、日本近海の漂流MPが対象であり、ローカルな汚染実態については、地元自治体が主体的に調査を行う必要がある。

そこで、相模湾に面している神奈川県ではMP汚染の実態把握を目的として2017年から相模湾沿岸のMP調査⁹⁾を行った。この調査では相模湾側に位置する逗子(逗子市)、鶴沼(藤沢市)、高浜台(平塚市)及び山王網一色(小田原市)と、比較対象として東京湾側に位置する久里浜(横須賀市)を加えた計5地点について、材質構成と漂着量を調査したところ、地域ごとに異なる結果が得られた。この

ことから、相模湾沿岸に漂着するMPは内陸から河川を經由して海域に流出しているものと考えられ、そのMPの内訳は内陸の発生源(供給源)の種類や地域分布により影響を受けるものと推測される。その実態を解明するためには、まず沿岸に漂着したMPの実態を詳細に把握する必要がある。しかし、多地点におけるMPの実態把握を進めるためには、調査費用とマンパワーが課題であった。そこで、2019年7月から8月にかけて調査資金をクラウドファンディングで募り、得られた資金を活用して調査を行うことを目的として、2019年9月に調査参加者を公募し、この問題に関心を寄せる27団体の一般県民の皆様の協力を得て、2019年10月から2020年1月にMP分布調査を行うことができた。

2. 方法

2.1 調査地点

図1に調査地点図を、表1に調査地点一覧を示す。調査地点は神奈川県内に位置し、相模湾に注ぐ一級又は二級河川近傍21地点及びそれ以外の4地点(⑨-1~3及び⑰)並びに比較対象として東京湾に注ぐ二級河川近傍1地点(⑱)及びそれ以外の1地点(⑱)の合計27地点とした。

*Survey on Microplastic Distribution on the Beach of Sagami Bay, Assisted by Citizen's Participation

**Ayumi NAMBA, Satoko MISHIMA, Emiko IGARASHI, Hiroaki KOMATSU, Hiromi SAKAMOTO (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

表1 採取地点一覧

No.	採取地点	市町村名	河川名	湾名
①	門川	湯河原町	千歳川	相模湾
②	吉浜	湯河原町	新崎川	
③	山王川河口	小田原市	山王川	
④	酒匂川河口	小田原市	酒匂川	
⑤	中村川河口	二宮町	中村川	
⑥	葛川河口	大磯町	葛川	
⑦-1	大磯海水浴場	大磯町	金目川	
⑦-2	金目川河口	平塚市	金目川	
⑦-3	虹ヶ浜	平塚市	金目川	
⑧	サザンビーチ	茅ヶ崎市	相模川	
⑨-1	ヘッドランド	茅ヶ崎市	-	
⑨-2	浜須賀	茅ヶ崎市	-	
⑨-3	汐見台	茅ヶ崎市	-	
⑩-1	辻堂西海岸	藤沢市	引地川	
⑩-2	辻堂海水浴場	藤沢市	引地川	
⑩-3	鶴沼海水浴場	藤沢市	引地川	
⑪-1	片瀬海岸西浜	藤沢市	境川	
⑪-2	片瀬東浜海水浴場	藤沢市	境川	
⑫-1	由比ガ浜海水浴場	鎌倉市	滑川	
⑫-2	材木座海水浴場	鎌倉市	滑川	
⑬	逗子海岸	逗子市	田越川	
⑭	森戸海岸	葉山町	森戸川	
⑮	下山川河口	葉山町	下山川	
⑯	富浦の浜	横須賀市	松越川	
⑰	和田長浜海水浴場	三浦市	-	
⑱	三浦海岸	三浦市	-	東京湾
⑲	久里浜海岸	横須賀市	平作川	

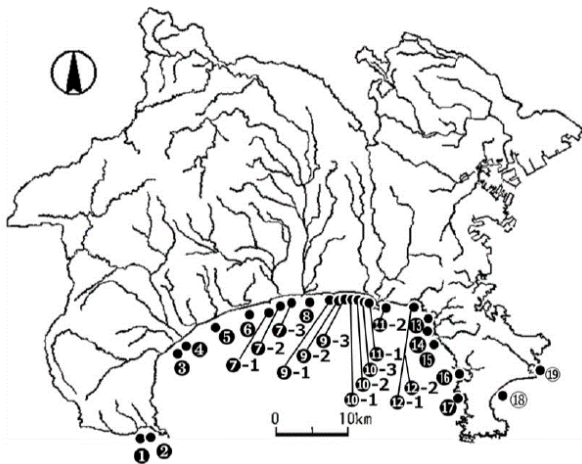


図1 調査地点

視にて確認し、その場所に40cm四方の採取区画ひもを張り、採取場所を決定した¹⁰⁾。

なお、採取区画の数は、色のついたMPが目視で合計100個程度カウントできた区画で終了とするか、もしくは最大10区画のいずれか区画が少ない方とした。

続いて上層約3cm程度の深さまでスコップで砂をすくい、上段が4.75mm、下段が2.00mmの二段式篩で篩分けを行い、下段上に残った残留物からピンセットを用いてマイクロプラスチックを採取した。

次に、OLYMPUS製実体顕微鏡SZ61により、粒径として長軸長さ(最も長い辺の長さを指す)を計測した。あわせて、特徴的なMP(樹脂ペレット、中空球状MP及び緑色へら状MP)の分類目的で形状と色も計測した。

なお、形状は、「ペレット」、「球」、「棒」、「板」、「不定形」、「その他」の6種に区分した。特徴的なMPについては、樹脂ペレットと推定されるものは「ペレット」、中空球状MPは「球」、緑色へら状MPは「棒」、「板」及び「不定形」に分類した。

サイズを測定したMPは、日本分光製赤外分光光度計FT/IR-4600 (TGS検出器)を用いたATR法により赤外線吸収スペクトルを測定し、図3に示した「PE(ポリエチレン)」、「PP(ポリプロピレン)」、「PS(ポリスチレン)」及び「その他」の4区分で材質判定を行った。材質判定を行ったMPは採取地点別の個数を計測した。あわせて図4に示した特徴的なMPの個数も計測した。

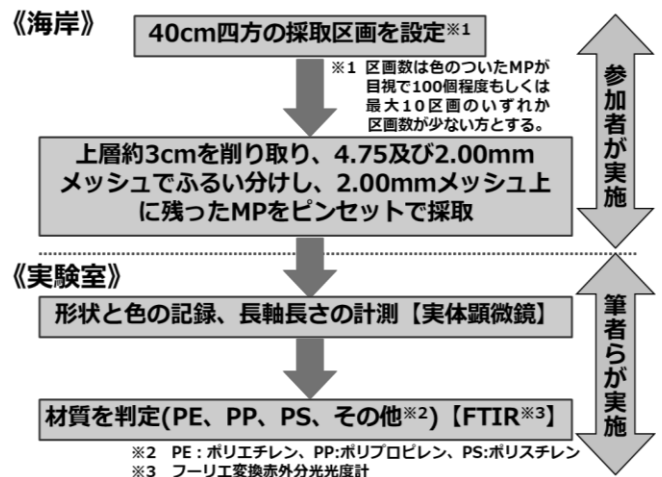


図2 調査方法

2.2 調査方法

試料の採取及び分離の手順を図2に示す。本調査では得られた27試料について、漂着数、材質比率及び特徴的なMPの有無を調べた。漂着数については、異なる採取地点間の比較を行い、相模湾沿岸に漂着したMPの特性を調べた。具体的な調査方法を以下に示す。

まず海岸の満潮線上において漂着物が多いところを目



図3 一般的な海岸漂着MPの例

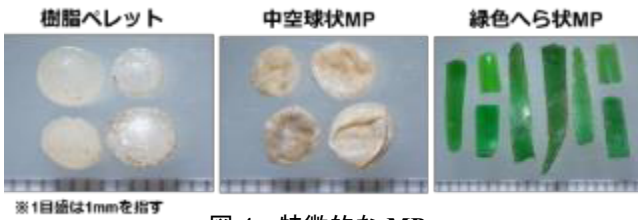


図4 特徴的なMP

3. 結果と考察

3.1 全漂着数

図5に全漂着数の分布状況を示した。近隣の地域を比較すると、地域によって漂着数が異なり、特に近傍に河川がない⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が多かった。⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)は、図6に示したように茅ヶ崎海岸を侵食から防ぐために作られたT字型の突堤であり、潮の流れが反時計回りに回る¹⁰⁾相模湾においては、海中に漂うMPが多量に漂着しやすい環境と考えられる。したがって、今回の結果よりMPの漂着量には、河川由来のほかに、地形が影響している可能性があると考えられた。

また東京湾と比較すると、相模湾の方が漂着数が多かった。

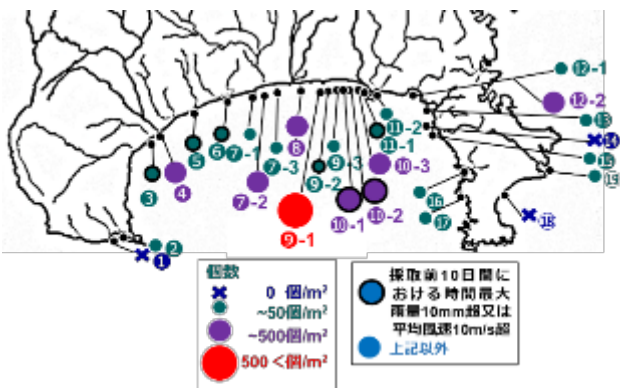


図5 全漂着数



図6 ヘッドランド(神奈川県茅ヶ崎市)

3.2 材質構成

図7にMPの材質構成を示した。地域毎の分布型はPE, PP, PS混合型, PEメイン型, PPメイン型, PSメイン型, その他及びMPなしの6種類に分けられた。一部異なる地域はあるが、近隣の地点は似た傾向を示した。一方でPSメイン型とその他型は局所的であった。

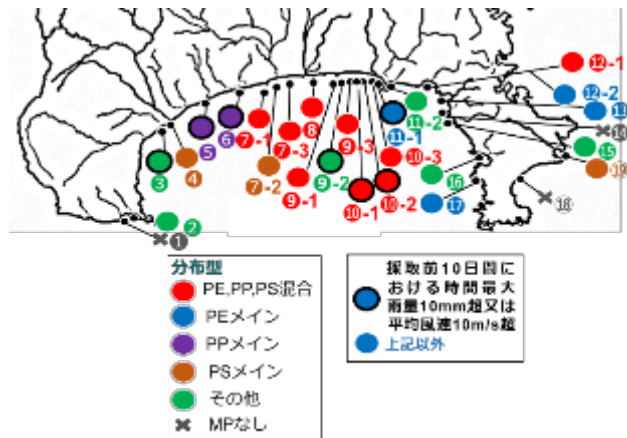


図7 材質構成

3.3 特徴的なMPの有無

3.3.1 樹脂ペレット

図8に樹脂ペレットの漂着数を示した。樹脂ペレットは⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が突出して多かった。

検出率は59%(16/27試料)であった。地点毎の全体に占める樹脂ペレットの割合は、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)のみ50%を超えた。県西部(①~④)と逗子市・葉山町(⑬~⑮)は低い傾向であった。東京湾側(⑱及び⑲)と比較すると、相模湾の方が多量漂着がみられた。

樹脂ペレットはプラスチック製品の原料であり、ほぼ工業的な用途に限定されるため、漂着数が多かった原因は、輸送過程での積み替え等に伴う漏出やプラスチック成型事業所からの漏出が可能性として考えられる。この場合、内陸から河川を伝って相模湾へ運ばれると推定されるが、樹脂ペレットの材質に多いPEやPPは比重が海水よりも小さいため、波によって運ばれ、河口のみならず、地形的に堆積しやすい場所に集まると推定される。そのため、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)で多量漂着があったと考えられた。

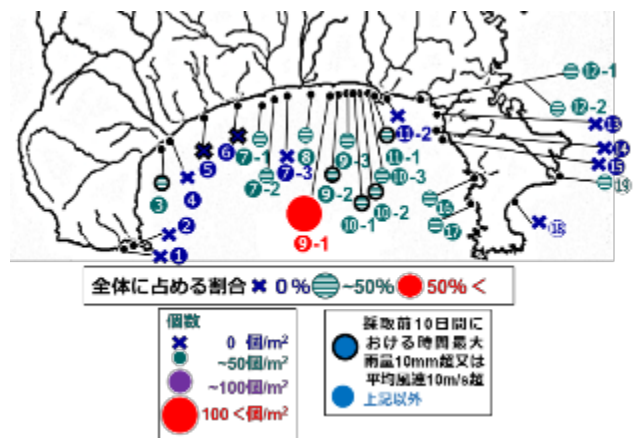


図8 樹脂ペレット漂着量

3.3.2 中空球状MP

図9に中空球状MPの漂着状況を示した。中空球状MPは全地点において50個/m²以下であった。

検出率は41% (11/27試料)であった。地域別では、③山王川(小田原市)、④酒匂川(小田原市)、⑦-1、2金目川(大磯町および平塚市)、⑧相模川(茅ヶ崎市)、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)、⑩-1、2引地川(藤沢市)、⑬田越川(逗子市)、⑯松越川(横須賀市)及び⑰和田長浜海水浴場(三浦市)において検出されているが、東京湾側(⑱及び⑲)を含む上記以外の16地域では未検出であった。

地点毎の全体に占める中空球状MPの割合は、③山王川(小田原市)のみ50%を超えたが、それ以外の地点においては50%以下であった。

中空球状MPは緩効性の樹脂系被覆肥料の被膜殻と推定されており、野菜栽培にも使われるが、神奈川県内では水稲栽培での使用が大部分とされている⁹⁾。これらの樹脂系被覆肥料は過去に圃場に施肥されたものが、河川を通じて流出したものと考えられた。また中空球状MPは用途が限られており、このように検出される地域に偏りが生じた要因は、特定の地域で樹脂系被覆肥料が施肥されていることが要因と考えられた。

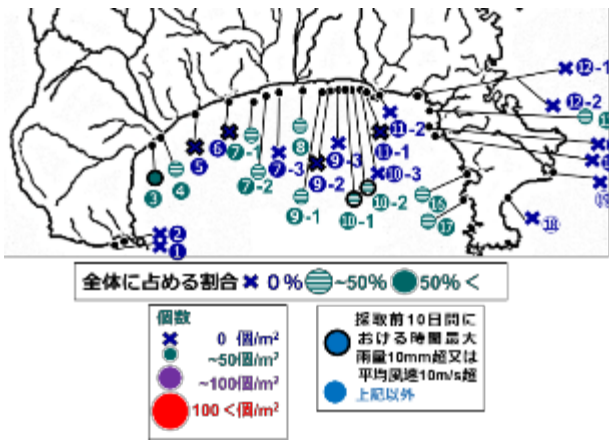


図9 中空球状MP漂着量

3.3.3 緑色へら状MP

図10に緑色へら状MPの漂着状況を示した。緑色へら状MPは全地点において50個/m²以下であった。

検出率は48% (13/27試料)であった。地点毎の全体に占める緑色へら状MPの割合が50%を超えた地点はなく、県西部と逗子・葉山町は低い傾向であった。東京湾側(⑱及び⑲)と比較しても目立つ特徴は見られなかった。

このことから、緑色へら状MPは突出した多量漂着はないが、比較的広範囲で検出されていることがわかった。

緑色へら状MPは人工芝から発生すると考えられ、家庭用人工芝や玄関マット等の身近な生活用品から排出され

る可能性があるため、人工芝の普及率の違いや人口密度等が影響すると考えられた。

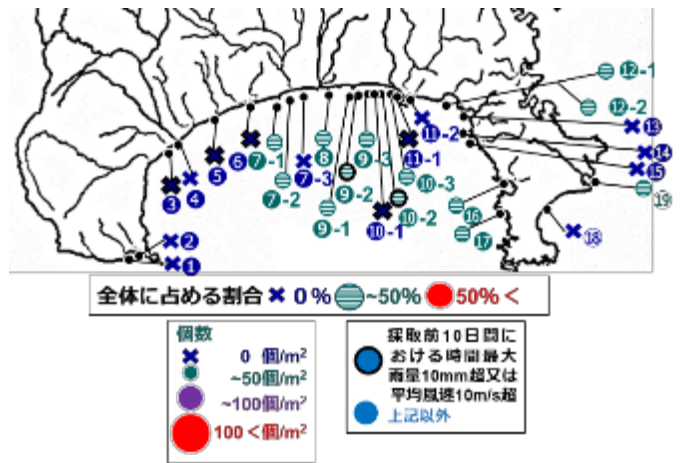


図10 緑色へら状MP漂着量

4. まとめ

今回の調査から、明らかになったことを(1)~(7)に示した。

- (1) 相模湾沿岸では⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が最もMP漂着量が多かった。また漂着量には地形が影響する可能性があることが示唆された。
- (2) 材質比率は近隣の地域は似た傾向を示したが、一方でPSメイン型とその他型は局所的であった。
- (3) 樹脂ペレットの検出率は59%であり、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が最も漂着量が多く、全体に占める割合も50%を超えた。一方で県西部や逗子市・葉山町の地域については低い傾向であった。
- (4) 中空球状MPの検出率は41%であり、樹脂ペレットや緑色へら状MPと比較して、検出地域が限定的であった。検出された地域の中では、④山王川(小田原市)が全体に占める割合が高かった。
- (5) 緑色へら状MPの検出率は48%であった。全体に占める割合が50%を超えた地点はなく、県西部と逗子市・葉山町の地域については低い傾向であった。
- (6) 特徴的なMPの中では樹脂ペレット、緑色へら状MP、中空球状MPの順で検出率が高かった。
- (7) 東京湾と相模湾を比較すると、相模湾の方が全漂着数及び特徴的なMPの漂着数が多い傾向であった。特に、中空球状MPの漂着状況に差が見られた。

今後は、こうした結果や、現在取り組んでいる河川中のMPの実態調査などの結果をもとに、内陸部の発生源となる可能性のあるエリアを絞り込むとともに、MPの発生の機会となる事象をとらえることによって、海域へのMPの流入を減らすための具体的な対策につなげていきたい。

5. 謝辞

本研究実施のため、クラウドファンディングによる研究資金の募集に際し、5万円以上ご支援いただいた方を、次のとおりご紹介させていただきます。

味澤 将宏様

株式会社コア・エレクトロニックシステム様

山志田 俊二様

株式会社陽報様

(順不同)

(お名前掲載について、ご承諾が得られた方のみ記載しています。)

この他にも本研究を行うにあたり、クラウドファンディング及び調査への協力等、大変多くの方からご支援をいただきました。この場をお借りして、全ての皆様に厚く御礼申し上げます。

6. 引用文献

- 1) GESAMP : Reports and Studies 90 "Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment", pp.14-29, International Marine Organization, London, 2015
- 2) Eriksen M., Lebreton L. C. M., Carson H. S., Thiel M., Moore C. J., Borrorro J. C., Galgani F., Ryan P. G. : Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighting over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9, e111913, 2014
- 3) Isobe A., Uchida K., Tokai T. and Iwasaki S. : East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull.*, 101, 618-623, 2015
- 4) Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanehiro H., Ohtake C., Kaminuma T. : Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environ. Sci. Technol.*, 35, 318-324, 2001
- 5) Endo S., Takizawa R., Okuda K., Takada H., Chiba K., Kanehiro H., Ogi H., Yamashita R., Date T. : Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. *Mar. Pollut. Bull.*, 50, 1103-1114, 2005
- 6) Carpenter E. J., Anderson S. J., Harvey G. R., Miklas H. P., Peck B. B. : Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, 178, 749-750, 1972
- 7) Tanaka K., Takada H. : Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Sci. Rep.*, 6, 34351, 2016
- 8) 牛島大志, 田中周平, 鈴木裕識, 雪岡聖, 王夢澤, 鍋谷佳希, 藤井滋穂, 高田秀重: 日本内湾および琵琶湖における摂食方法別にみた魚類消化管中のマイクロプラスチックの存在実態, 水環境学会誌, 41, 107-113, 2018
- 9) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海, 難波あゆみ, 小林幸文: 相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性. 神奈川県環境科学センター研究報告, 41, 1-10, 2018
- 10) 池貝隆宏, 三島聡子, 長谷部勇太, 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, 197-202, 2017
- 11) 松山優治, 岩田静夫, 細田昌広: 相模湾における流れの観測, 沿岸海洋研究ノート, 18(1), 9-17, 1980