

名古屋港における海域及び藤前干潟における漂着物中の マイクロプラスチックの調査

平生進吾, 山守英朋, 長谷川瞳, 長谷川絵理

Investigation of Microplastics in Seawaters at Port of Nagoya and Flotsams at Fujimae Tidal Flat

Shingo Hirao, Hidetomo Yamamori, Hitomi Hasegawa, Eri Hasegawa

名古屋港における海域及び藤前干潟の漂着物中について目視が可能なマイクロプラスチックの調査を行った。その結果、名古屋港における海域中からマイクロプラスチックが見つかった。また、藤前干潟の漂着物から大量のマイクロプラスチックが見つかった。このうち、雑多のプラスチック片や徐放性肥料の殻が多く見つかった。これらのマイクロプラスチックは、伊勢湾などの外洋から漂着したものではなく、陸地側から排出されたものであると推定できた。また、これらのマイクロプラスチックの材質は、そのほとんどがポリエチレン、ポリプロピレン及びポリスチレンであった。

はじめに

マイクロプラスチックとは、大きさが5 mm未満の微細なプラスチックのことを指している。このマイクロプラスチックについては、近年、海洋における生態系への悪影響が強く懸念されてきている¹⁾。その悪影響として、ベクター効果やプラスチック添加剤による環境の汚染、ゴミの問題などがある。ベクター効果とは、海洋中に微量に存在している有害な化学物質がマイクロプラスチックの表面上に吸着し、キャリアとして生態系で有害な影響を及ぼすことであり、現在継続的に調査研究が行われているところである^{2),3)}。また、プラスチック添加剤による環境の汚染とは、プラスチック製品に含まれている紫外線吸収剤や酸化防止剤などの添加剤が水環境中に流出することである。その中でも、紫外線吸収剤の一つであるUV-328 (2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ペンチルフェノール) は、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約) において廃絶対象物質に追加された。このUV-328は、大気中や河川底質中から検出されたことが報告されている⁴⁾。一方、ゴミの問題としては、海洋や河川を漂流しているプラスチック⁵⁾

や海岸に漂着したプラスチック^{7),8)}が多数見つかったことが報告され、プラスチックによる環境の汚染が広範囲に広がっていることが明らかとなった。

こうした中で、名古屋市における河川や海域におけるマイクロプラスチックの流出状況も明らかとなってきた⁹⁾。具体的には、2019年の調査では、荒子川や堀川などの河川、ガーデンふ頭や金城ふ頭などの名古屋港海域で調査が行われ、いずれの調査地点でもマイクロプラスチックが数十個程度確認された。これらの確認されたプラスチックは、目視が困難な0.30 mm程度のものから粗大な10 mm程度のものまでであった。しかしながら、名古屋港海域の調査地点は海岸付近のみであり、より伊勢湾に近い高潮防波堤付近のデータが不足している。

一方、名古屋港に面した藤前干潟においては、以前より直接の不法投棄や海側から漂着したゴミ等により、プラスチックのごみが非常に多いことが知られていた。特に、目視ができる程度の大きさである1 mmから5 mmまでのマイクロプラスチックが多く見つかった。しかしながら、確認されているマイクロプラスチックの定量的な評価は、あまり行われていない。

そこで、本研究では、名古屋港の海域で浮遊してい

るマイクロプラスチックや藤前干潟に漂着したマイクロプラスチックのうち、目視が可能なマイクロプラスチックに限定して調査を行うことにした。加えて、微小なマイクロプラスチックを実体顕微鏡や位相差分散顕微鏡などで観察して石などを取り除き、赤外分光光度計や熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計でマイクロプラスチックの材質の成分解析も行った。

実験方法

1. 器具及び装置（海域調査）

デジタルろ水計：General Oceanics 2030RC
 小型プランクトンネット：離合社 5513-A 網地
 NXX13：目合 0.1 mm

2. 器具及び装置（漂着物の調査）

ステンレス製スコップ、巻き尺
 重量天秤
 実体顕微鏡：ニコン SMZ1500
 位相差分散顕微鏡：オリンパス BX51N-DPH
 赤外分光光度計 (IR)：島津製作所 IRAFFinity-1
 熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計 (Py-GC-MS)
 熱分解装置：フロンティアラボ Py-3030S
 GC-MS：島津製作所 GCMS-QP2020
 分離カラム：HP-5MS (30 m×0.25 mm, i.d. 0.25 µm)
 スキャン範囲： m/z 50-600

3. 調査地点及び調査日

海域では、大江川河口部 (2022 年 6 月採取) と高潮防波堤北 (2022 年 9 月採取) でサンプリングを行った。

藤前干潟では、藤前干潟活動センター前の堤防に沿って波打ち際で採取した。サンプリング調査は、2021 年 11 月及び 2022 年 10 月に実施した。

4. 採取方法

4.1 海域調査

図 1 に示すようにデジタルろ水計を取付けた小型プランクトンネットを海面に浸し、図 2 に示すように微速で航行してサンプリングを行った。

4.2 漂着物調査

ペットボトルや葦などの植物片など、明らかに粗大なのは除去した。そして、図 3 に示すように縦×横が 15 cm×15 cm 四方で 1 cm の深さまでの漂着物を採取した。採取した漂着物を試験室まで持ち帰り、風乾した。風乾した漂着物は、5 mm 次いで 2 mm のふるいを使って粒径別に採取した。粒径別に分別したサンプルから、目視でプラスチックと思われる粒体を抽出した。抽出された粒体を実体顕微鏡で大きさや形状、破断面などを観察して、プラスチックと思われない物体を取り除いた。さらに、判断に迷う物体については、位相差分散顕微鏡を用いた元素測定により、炭素で構成されているマイクロプラスチックに対してアルミニウムやケイ素を含んである石などの鉱物を取り除いた。

確定されたマイクロプラスチックは、その構成する材質を特定するために、赤外分光光度計及び熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて、その材質を同定した。

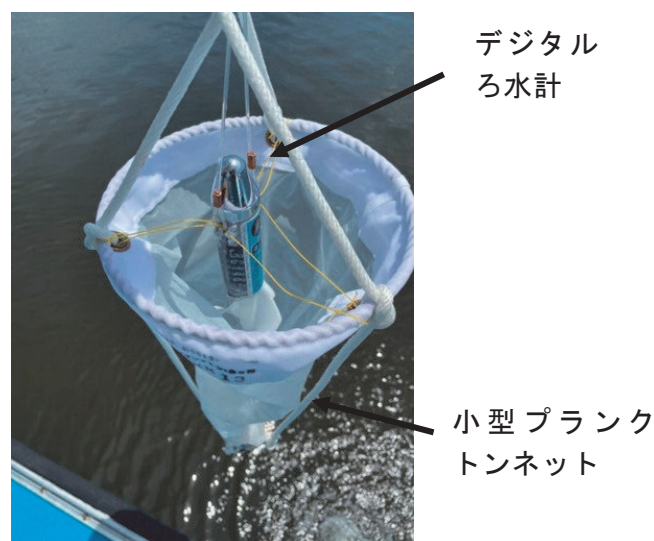


図 1 デジタルろ水計を取付けた小型プランクトンネット



図 2 海水の採取風景

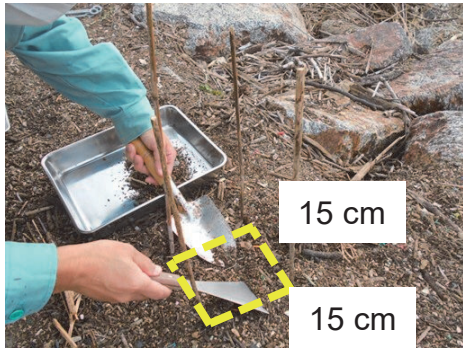


図3 漂着物の採取風景

結果と考察

1. 海域におけるマイクロプラスチック

表1に海域における試料の採水量と、そこに含まれていたマイクロプラスチックの計数結果を示す。沿岸に近い大江川河口部では、74個のマイクロプラスチックが確認された。この結果は、一般社団法人ピリカにおいて実施された結果⁹⁾とほぼ同様な結果となった。その一方で、伊勢湾に近く沿岸から離れている高潮防波堤北ではほとんど見つからなかった。これは、名古屋港におけるマイクロプラスチックの発生源は、伊勢湾をはじめとする外洋に起因しているのではなく、陸上に起因しているためと考えられる。また、いずれのマイクロプラスチックも発泡スチロール（ポリスチレン）であった。

表1 名古屋港海域におけるマイクロプラスチックの結果

調査地点	採水量 (L)	個数	材質
大江川河口部	6313	74	ポリスチレン
高潮防波堤北	5921	2	ポリスチレン

2. 藤前干潟漂着物中のマイクロプラスチック

2.1 漂着物中のプラスチックの重量比率

図4に2021年11月及び2022年10月調査時における藤前干潟漂着物の重量比率の結果をそれぞれ示す。いずれの採取年も採取した漂着物中におよそ20%程度のプラスチックごみが含まれていることがわかった。

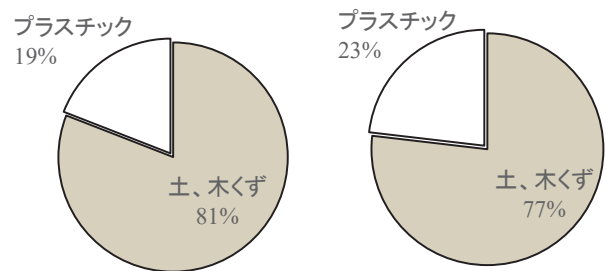


図4 重量比率の結果

左図：2021年11月採取

右図：2022年10月採取

2.2 確認されたプラスチックの個数の比較

表2に2021年11月及び2022年10月調査時における藤前干潟の漂着物中から得られたプラスチックの大きさ別個数の計数結果をそれぞれ示す。いずれの採取年においても、5mm以上のプラスチックが数十個であるのに対して、5mm以下のマイクロプラスチックは1,000個以上確認された。さらに、2022年10月に採取したサンプルにおいて、2-5mm及び2mm以下の2つに分別した結果、ほぼ同数のマイクロプラスチックが確認された。以上の結果、今回サンプリングした場所が比較的漂着物が溜まりやすい波打ち際の結果であることを考慮しても、藤前干潟の漂着物中には多数のマイクロプラスチックが含まれていることがわかった。

表2 プラスチックの個数の比較

項 目	個 数	
	2021年11月	2022年10月
5 mm超	30	44
5 mm以下		
(マイクロプラスチック)	1622	1161
(2 - 5 mm)	-	(546)
(2 mm以下)	-	(615)
合 計	1652	1205
プラスチック総重量 (g)	10.22	9.65

2.3 マイクロプラスチックの組成

確認されたマイクロプラスチックを、種類毎に分別して組成を求めた。その結果を表3に示す。また、そのマイクロプラスチックの種類の写真を図5に示す。なお、プラスチック片とは、プラスチック製品が破壊された破片やロープの糸などの雑多なプラスチックの

ことを指しており、いくつかの種類の総称とした。表3から、2021年11月に採取した試料では、徐放性肥料の殻が大多数を占めていた。その一方で、2022年10月の結果では、単一の種類では比較的多いものの、プラスチック片が大多数を占めていた。この結果の相違については、よくわかっておらず、継続的な経年変化や複数ポイントでのサンプリングが必要と思われる。それ以外にも、レジンペレットや発泡スチロールなども見つけることができた。確認できたマイクロプラスチックの組成で、それぞれの種類により、発生源が異なっていることが示唆された。例えば、徐放性肥料の殻は田畑で散布して使用されるものであるため、散布された田畑から流出して藤前干潟に流れ着いたと考えられる。特に、新川の中流域では、農地が広がっており、そこから流出してきたと思われる。このことは、新川の河川中の尿素系などの農薬の含有量が、農繁期は特に山崎川や堀川と比較して高いことから推定できている¹⁰⁾。加えて、新川の農薬の含有量と連動して藤前干潟の沖で採取した海水中の農薬の含有量は上下していること¹⁰⁾から、藤前干潟に打ち寄せる水が新川からの影響を強く受けていることも推察できた。

表3 マイクロプラスチックの組成

項 目	2021年11月		2022年10月	
	個 数	重 量 (g)	個 数	重 量 (g)
徐放性肥料の殻	1,148	3.44	306	1.13
プラスチック片	262	1.05	707	2.44
レジンペレット	111	2.22	48	1.26
発泡スチロール片	101	0.10	100	0.12
合 計	1,622	6.81	1,161	4.95



図5 マイクロプラスチック写真

また、見つかったプラスチック片の多くは、プラスチック製品などの破片がほとんどを占めていることがわかった。このことから、これらのプラスチック片は、何らかの経緯で陸地側から遺棄されたプラスチック製品が環境中で破砕されたものと推察できた。発泡スチロール片についても同様であろうと考えられる。一方、レジンペレットについては、プラスチック製造の現場でしか使用されることの無いものであるため、おそらくはプラスチック製造現場もしくは現場への輸送途中で意図せずに流出したものと考えられる。以上の結果から、藤前干潟において観測された目視が可能なマイクロプラスチックは、伊勢湾や太平洋から流れ込んできたものは無く、その多くは陸地側から排出されたものであることがわかった。このことは、同じ太平洋側である神奈川県の結果と同様の傾向を示している⁸⁾。一方で、その組成は大きく異なっており、その発生源の寄与の度合いは全く異なっていると思われる。

2.4 マイクロプラスチックの同定及び材質

位相差分散顕微鏡を用いた元素測定により、目視により分別したマイクロプラスチックから、アルミニウムやケイ素を含んでいる石などの鉱物を取り除いた。例えば、マイクロプラスチックか不明な物体を対象として、炭素 (C)、アルミニウム (Al) 及びケイ素 (Si) の元素マッピング写真を撮った結果を図6に示す。炭素の元素マッピング写真では、周囲と比較して暗いため炭素をほとんど含んでいないと思われた。一方で、アルミニウム及びケイ素の元素マッピング写真では、周囲と比較して鮮明に明るくアルミニウムやケイ素を含んでいることがわかった。以上のことから、この物体は、マイクロプラスチックではなく石などの鉱物

であろうと判断することができた。確定されたマイクロプラスチックは、その構成する材質を特定するために、赤外分光光度計及び熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて、その材質を同定した。当名古屋市環境科学調査センターが保有する赤外分光光度計では、縦置きに KBr クリスタル IR カードに固体試料を設置することができないため、多くのマイクロプラスチックの IR 測定を行うことができない中で IR カードに薄く引き伸ばして付着することができる発泡スチロールのみ測定を行うことができた。その結果を見つかった発泡スチロールと思われるマイクロプラスチック及び緩衝材から切り出した発泡スチロールそれぞれ IR 測定して得られた IR スペクトルを図7に例示している。吸収帯などのスペクトルが両者ともほぼ一致していることからこのマイクロプラスチックは、発泡スチロールであることがわかった。一方、見つかったマイクロプラスチックを Py-GC-MS 測定して得られたクロマトグラムを図8に例示する。図8では、多くのピークが周期的に表れており、 m/z 14 ($-\text{CH}_2-$) の間隔で出現する炭化水素骨格を示すマススペクトルからエチレン骨格を複数持つ短鎖重合体であることがわかった。結果、このマイクロプラスチックの材質は、ポリエチレンであると推定することができた。

このように分別したマイクロプラスチックの IR 測定及び Py-GC-MS 測定を行い、確認されたマイクロプラスチックの材質の同定を行った。結果、一部で服のタグと思われるマイクロプラスチックがナイロンであろうと推定できた以外は、ほとんどがポリエチレンやポリプロピレン、ポリスチレンであった。粗大なプラスチックごみとして多く見つかるペットボトルの材質であるポリエチレンテレフタレート (PET) は、全く見つからなかった。この傾向は、これまでの各地の調査とほぼ同様であった。

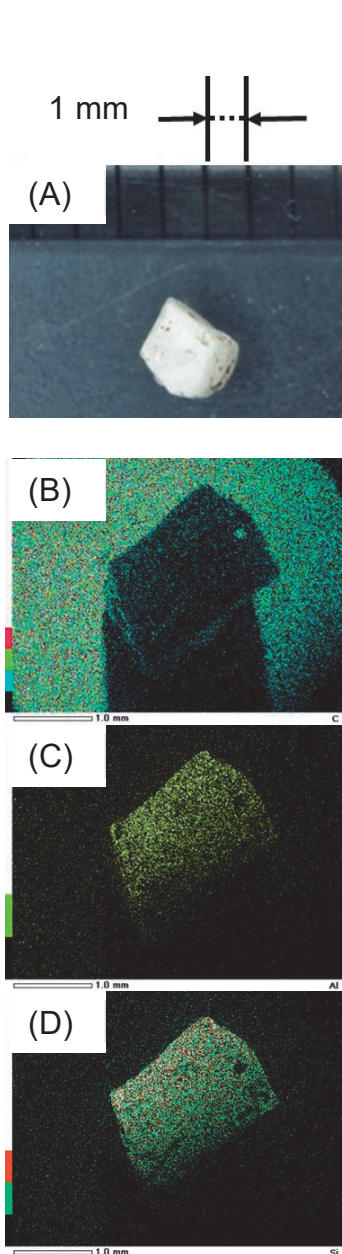


図 6 元素マッピング写真

(A) : サンプルの顕微鏡写真

(B) : 炭素 (C) の元素マッピング

(C) : アルミニウム (Al) の元素マッピング

(D) : ケイ素 (Si) の元素マッピング

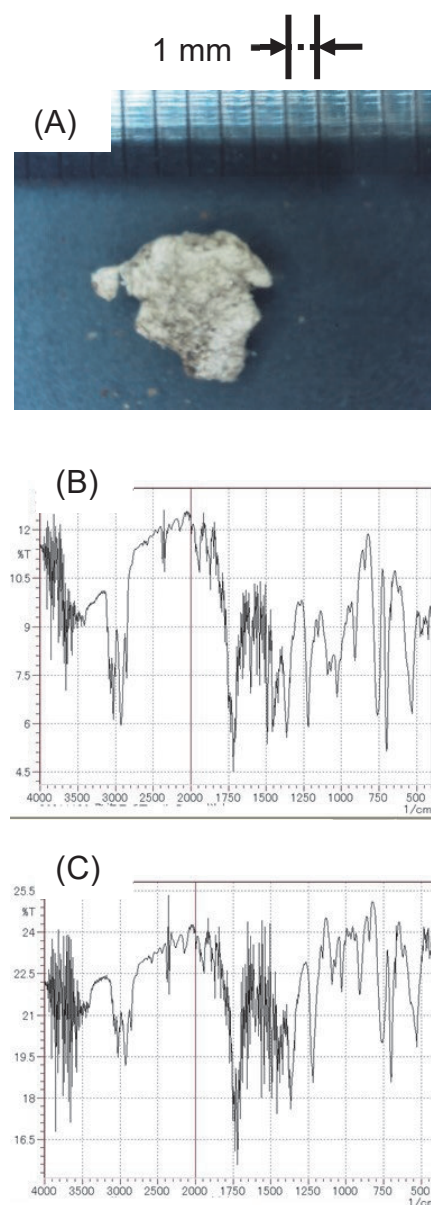


図 7 IR スペクトル

(A) : サンプルの顕微鏡写真

(B) : サンプルの IR スペクトル

(C) : 発泡スチロールの IR スペクトル

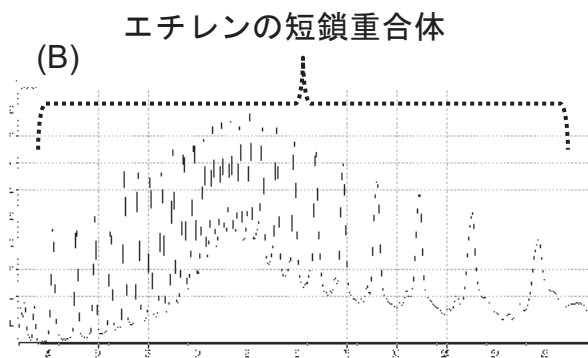
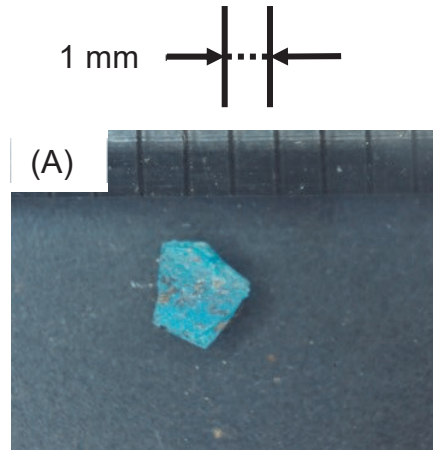


図8 クロマトグラム

(A) : サンプルの顕微鏡写真

(B) : クロマトグラム

ま と め

今回の調査で名古屋港及び藤前干潟のマイクロプラスチックの汚染状況にある程度明らかにすることができた。一方で、継続的な経年変化や複数ポイントでのサンプリングが必要と思われる。加えて、マイクロプラスチックの発生源などを明らかにしていく必要がある。

文 献

1) 大塚佳臣, 高田秀重, 二瓶泰雄, 亀田豊, 西川可穂子: 海洋プラスチック汚染: 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, 水環境学会誌, 44, 35-42 (2021)

2) 山下麗, 田中厚資, 高田秀重: 海洋プラスチック汚染: 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, 日本生態学会誌, 66, 51-68 (2016)

3) 大嶋雄治: 生物によるマイクロプラスチックの細粒化とその体内動態: 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, 環境技術, 49, 301-305 (2020)

4) 吉識亮介, 羽賀雄紀, 山崎富夫, 中越章博, 山本 勝也, 松村千里, 藤森一男: 兵庫県内の河川および大気中のベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の汚染実態について, 環境化学, 31, 30-39 (2021)

5) 松崎裕司, 佐藤佳奈子: 日本の海洋ごみ対策の現状と今後の課題, 廃棄物資源循環学会誌, 29, 278-285 (2018)

6) 松島由佳, 畠山貴紀, 山本裕一, 山本大樹, 米谷健司, 蝦名紗衣: 横浜市内のマイクロプラスチック調査(第7報)―河川マイクロプラスチック調査方法の検討―, 横浜市環境科学研究所報, 46, 31-39 (2022)

7) 楠部孝誠, 馬場保徳, 北野峻, 谷内貴幸, 高月紘: 石川県沿岸におけるマイクロプラスチック調査, 石川県立大学研究紀要, 2, 27-35 (2019)

8) 池貝隆宏, 菊池宏海, 三島聡子: 海洋マイクロプラスチックの海岸漂着特性～太平洋沿岸と日本海沿岸の比較～, 全国環境研会誌, 44, 29-34 (2019)

9) 一般社団法人ピリカ マイクロプラスチック流出状況データベース <https://corp.pirika.org/public-survey-results/> (2023.8.4 アクセス)

10) 平生進吾, 長谷川瞳, 鈴木茂: 名古屋市内河川及び海水中残留農薬の月間変動に関する多変量解析, 環境化学, 28, 141-150 (2018)

