

川崎市内沿岸部における漂着マイクロプラスチック実態調査

The Characteristics of the Micro Plastics in the Coastal Area of Kawasaki

豊田 恵子	TOYODA Keiko	高居 千織	TAKAI Chiori
沖田 朋久	OKITA Tomohisa	江原 均	EHARA Hitoshi
岩渕 美香	IWABUCHI Mika	喜内 博子	KINAI Hiroko
小林 幸雄	KOBAYASHI Yukio		

要旨

川崎市沿岸部のマイクロプラスチック漂着状況の調査を行った。その結果、多摩川河口干潟と東扇島東公園の人工海浜とでは漂着量、大きさ共に異なる特徴があることがわかった。

漂着マイクロプラスチックの個数密度(個/㎡)は、東扇島人工海浜の方が多摩川河口干潟よりも4.4倍高く、平均長軸長さは多摩川河口干潟と比べると東扇島人工海浜が約1mm長かった。材質の組成の内訳は、何れの地点においてもポリエチレンが最も多く、続いてポリスチレン、ポリプロピレン、その他の順であった。ポリエチレンの長軸長さ別個数密度は、東扇島人工海浜では3~4mmが多く、多摩川河口干潟は2mm未満の小さいものが多かった。

両地点において多数漂着が確認された発泡ポリスチレン球は、クッションの封入材が環境中に漏出したものが要因の一つと推定された。また、ポリエチレンやポリプロピレンで作られた人工芝由来と推定されるマイクロプラスチックは、東扇島人工海浜よりも多摩川河口干潟の方が量は少ないものの、採取されたマイクロプラスチック全体に対し高い割合で漂着していた。

キーワード: マイクロプラスチック、水環境、沿岸部、漂着プラスチック

Key words: Micro plastics, Water environment, Coastal Area, drifted Plastics

1 はじめに

マイクロプラスチック(以下、MPとする)は、海洋ごみ対策などの観点から国際的に注目が高まっており、国内においても令和元年5月にプラスチックの資源循環を総合的に推進するための戦略「プラスチック資源循環戦略」¹⁾が策定されたところである。

MPに係る実態調査は主に海水を対象に実施されていた²⁾が、河川水や沿岸部においてもその存在が確認されている^{3) 4) 5)}。本市の沿岸部における海洋ごみ対策等、今後の広域的な取組・対策に向けて近隣自治体と情報共有等取組を進めていくため、市内沿岸部2か所においてMPの実態調査を行ったので報告する。

MPの定義は研究者によっても異なるが、5mm以下のプラスチックを総称することが多く、本調査においてもそのように定義する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図1に示す。試料採取地点は市内でMPが捕集される可能性の高い、多摩川河口干潟(以下、多摩川とする)及び東扇島東公園人工海浜(以下、東扇島とする)の2地点で実施した。

採取点は神奈川県環境科学研究センターによる調査方法⁴⁾を参考に、漂着状況を目視で確認し、満潮線以上にMPが多く集積している場所を2点ずつ選択した。

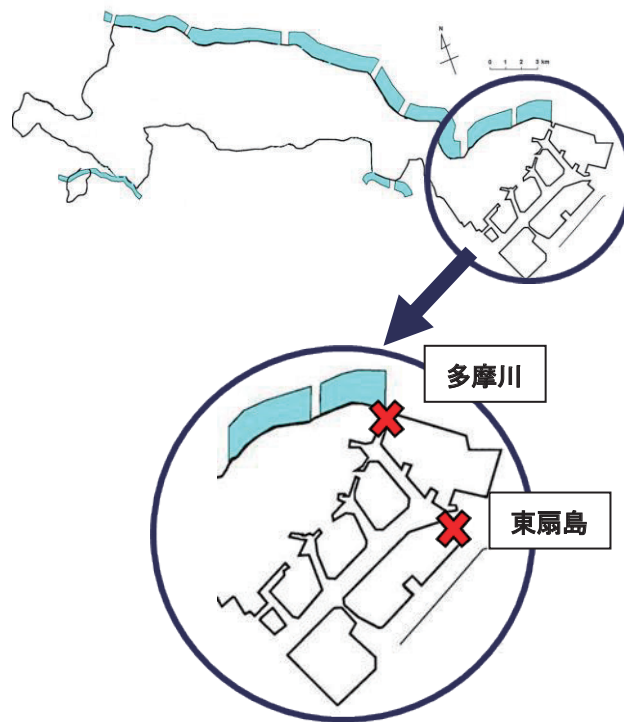


図1 調査地点

2.2 調査地点の概況

2.2.1 多摩川

多摩川の河口域に干出する干潟地域である。国土交通省により設置された多摩川河口水位観測所(川崎市川崎区殿町)付近に位置し、多摩川の右岸、河口より

0.1km 地点である。

MP は図 2 の①及び②から採取した。



図 2 多摩川採取地点

2.2.2 東扇島

東扇島東公園は JR 川崎駅東口からバスで約 30 分の港湾地域に位置する。敷地内に国土交通省首都圏臨海防災センターが設置され、首都圏での災害発生時には内閣府所管の基幹的広域防災拠点として救援物資等の物流基地、支援部隊のベースキャンプ場となるべく整備されている。

平時管理者の本市は、公園の整備に際しワークショップを通じて市民からの要望に応え、2008 年に公園の地先に市内で約 50 年ぶりとなる人工海浜「かわさきの浜」を整備した。開園当時から自然定着したアサリの生息が確認された、現在市内唯一の海の親水施設である。

MP は図 3 及び図 4 の①及び②から採取した。

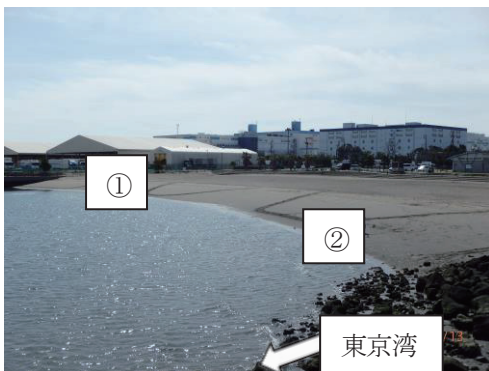


図 3 東扇島採取地点

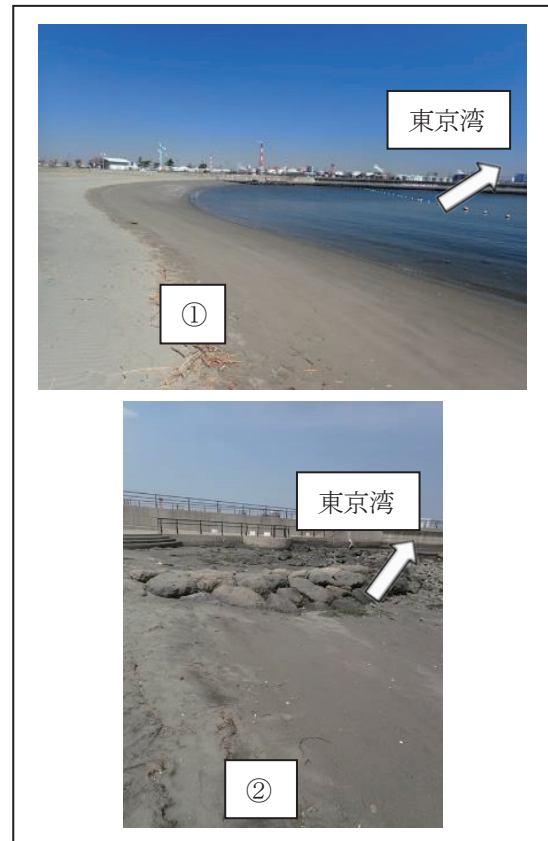


図 4 東扇島採取地点

2.3 調査日

多摩川：地点①及び②共に 2019 年 4 月 25 日（木）に実施した。

東扇島：地点①は 2019 年 4 月 4 日（木）、地点②は 2019 年 4 月 23 日（火）に実施した。

2.4 調査方法

2.4.1 試料採取

MP は、海面近くに浮遊するものが潮汐や波の作用で海浜に打ち上げられ、さらにそれが暴風等の作用で吹き飛ばされるので、通常は砂の表面に存在する。そこで、採取点に方形区画を設定（図 5）し、40 cm×40 cm のコドラート区画内の砂を表面から深さ約 3 cm 削りとり、MP 分離用の砂試料とした。また、試料採取に関しても神奈川県の手法⁴⁾を参考とした。

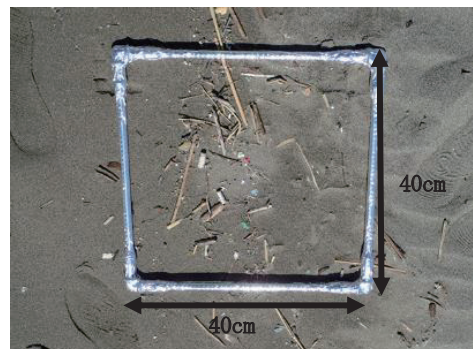


図 5 コドラート設置図

削り取った砂試料は現地にて 4.75mm 目合のふるいにて選別し、ふるいを通した砂をステンレス製容器に入れて持ち帰った。(図6)

この工程では、短軸長さ 4.75mm 未満かつ長軸長さがそれ以上のプラスチック片も砂試料に含まれることになるが、本調査においてはそれらも MP に含めることとした。



図6 現地での試料採取

2.4.2 前処理

持ち帰った砂試料をステンレスバットの上で異物が入らないように注意して風乾した。乾燥後、砂試料を秤量し、0.84mm のふるいで選別した。(図7)

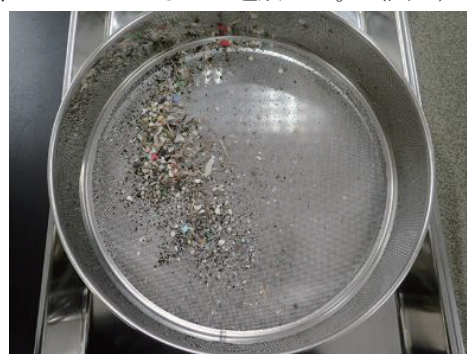


図7 ふるいでの選別

ふるい上の残渣及び篩過された砂試料に、それぞれ 3~4 倍量の水道水を入れ、スパーテルで泡立てない様に攪拌した。

浮遊した MP をピンセットで採取した。本操作を浮遊物が無くなるまで繰り返した。

このように、分離の判断が最終的に目視によることになるため、およそ 100 μ m 以下の MP は本調査では採取することはできない。

取り出した MP はデシケーター内で室温保管した。

2.4.3 計測・分類

分離した MP は、OLYMPUS 製実体顕微鏡 SZX16 を使用し、1 個ずつ検鏡して形状[ペレット、繊維、球状、破片の4種]と色を分類し、粒径として長軸長さを計測して写真撮影した。

その後、Thermo Fisher Scientific 製 FT-IR 分光光度計 NICOLET iS 5 (図8) を用いて赤外吸収スペクトルを測定して、その材質[ポリエチレン (以下、PE)、

ポリプロピレン (以下、PP)、ポリスチレン (以下、PS) 及びその他の4種]を判別した。

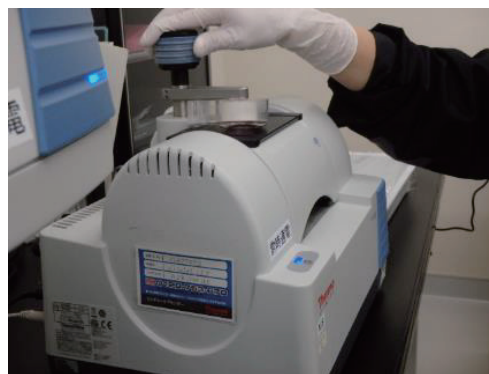


図8 FT-IR 分光光度計

2.4.4 算定

前項 2.4.3 の計測により得られた結果から、MP 個数密度 (個/m²) を算定した。

3 結果及び考察

3.1 個数密度及び平均長軸長さ

調査地点ごとの MP 個数密度及び平均長軸長さの測定結果を表1に、材質別の MP 個数密度を図9に示した。MP 個数密度は 1 m² 当たりの数であり、平均長軸長さは「平均値±標準偏差」の形式で表示した。

池貝らの報告⁴⁾によると、2 地点以上の採取点を設定しその平均を求めることにより、各地点の粒径別 MP 数を算出が可能であるということから、本報告においても多摩川、東扇島それぞれ2地点(図2、図3及び図4の①及び②)で採取したものを平均して、各地点の測定結果としている。

表1 MP 個数密度及び平均長軸長さ

	MP 個数密度(個/m ²)					平均長軸長さ ±標準偏差 (mm)
	PE	PP	PS	その他	合計	
多摩川	273	108	150	40	571	1.8±1.6
東扇島	875	537	784	306	2,502	2.7±2.2

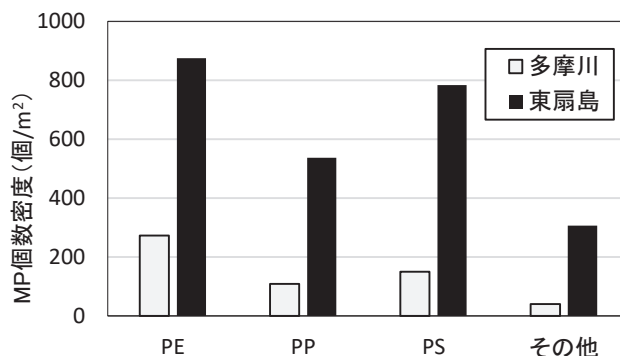


図9 材質別 MP 個数密度

MPの個数密度は、東扇島の2502個/m²に対して、多摩川が571個/m²であり、多摩川よりも東扇島の方が4.4倍高かった。また、採取されたMPの平均長軸長さに関しても1mm程度、東扇島の方が長かった。本市と同様に神奈川県調査手法を参考に実施された、横浜市の平成29年4～6月の調査⁵⁾によると、河口干潟である、鶴見川河口の干潟で163個/m²、人工海浜である海の公園で244個/m²と、人工海浜の方が多くなっているが本市のような大きな差は認められなかった。しかし一方で、海の公園人工海浜の南に数キロメートルに位置する野島公園(海岸)では6250個/m²と非常に多くなっていることから、河口や海浜という種別ではなく、採取地点の状況によってそれぞれ漂着状況が異なると考えられた。

それぞれの地点の長軸長さ別MP個数密度を表2及び図10、図11に示す。また図12、図13にはそれぞれの割合を示した。

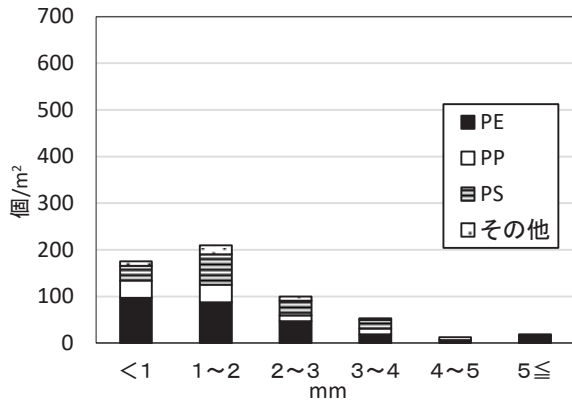


図10 多摩川 長軸長さ別MP個数密度

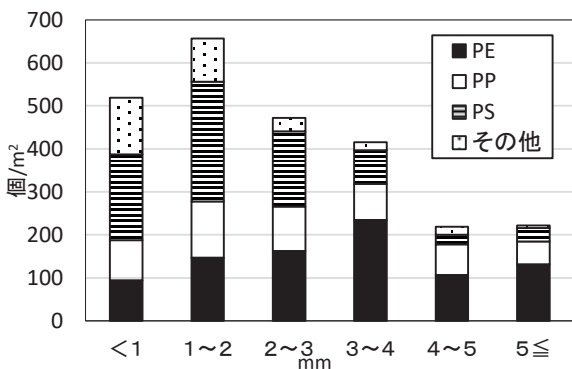


図11 東扇島 長軸長さ別MP個数密度

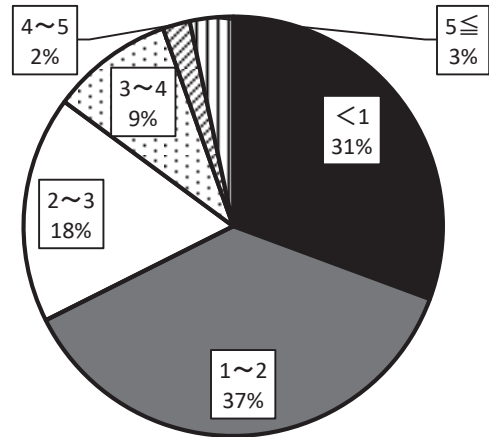


図12 多摩川 長軸長さ別MP個数割合(長さ分類の単位はmm)

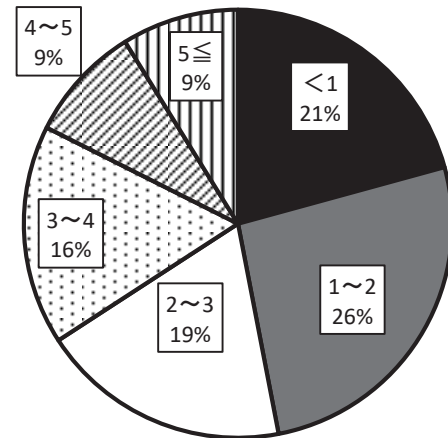


図13 東扇島 長軸長さ別MP個数割合(長さ分類の単位はmm)

材質を分けずに、漂着MPの総個数でみると、何れの地点も1～2mmの長軸長さのものが最も多く、次に1mm未満のものが多かった。

東扇島が4mm未満までそれぞれ20%前後とほぼ一定の個数割合を示しているのに対し、多摩川は2mm未満が占める割合が67.6%と半分以上を占めている。(図12・図13)

表2 地点別 長軸長さ別 MP 個数密度 (個/m²)

	多摩川					東扇島				
	PE	PP	PS	その他	計	PE	PP	PS	その他	計
<1	97	38	31	9	175	94	94	200	131	519
1~2	88	38	66	19	211	147	131	278	100	656
2~3	47	13	31	9	100	163	103	175	31	472
3~4	19	13	19	3	54	234	84	78	19	415
4~5	6	6	0	0	12	106	72	22	19	219
5≤	16	0	3	0	19	131	53	31	6	221
計	273	108	150	40	571	875	537	784	306	2502

また採取された MP の材質は何れの地点においても個数が多い順に「PE>PS>PP>その他」であることが確認できる。

更に長軸長さに注目すると、PE は2地点で長軸長さ別の割合に差がみられた。

図14・図15にPEのみを抜き出した、長軸長さ別PE個数密度を示す。

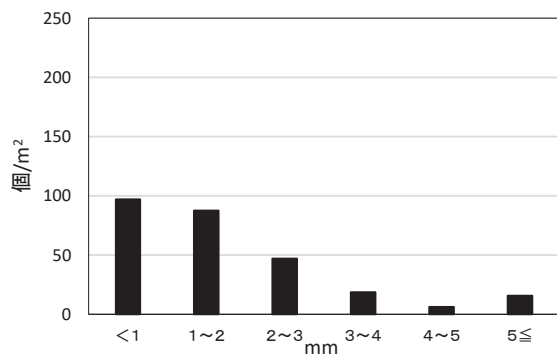


図14 多摩川 長軸長さ別 PE 個数密度

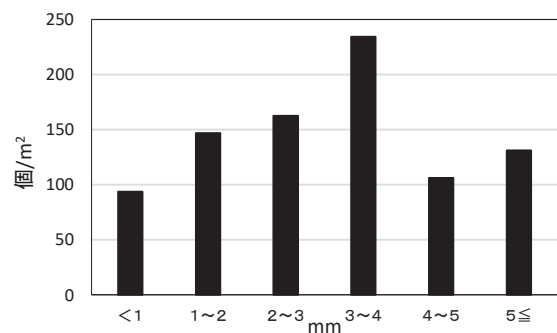


図15 東扇島 長軸長さ別 PE 個数密度

PEに関しては、東扇島は3~4mmが最も多く、それ以上の長さのものも多くみられた一方で、多摩川は1mm未満のものが最も多く1~2mmが次に多いというように、小さなものが多かった。

3.2 組成

内訳の詳細を確認するため、形状ごとの材質の組成の割合を図16及び図17に示した。

形状はペレット、球状、破片、繊維の4種に分類したが、明らかに人工芝由来とわかる破片の数量は別に計測も併せて行った。人工芝に関しては図18及び図19に記載した。

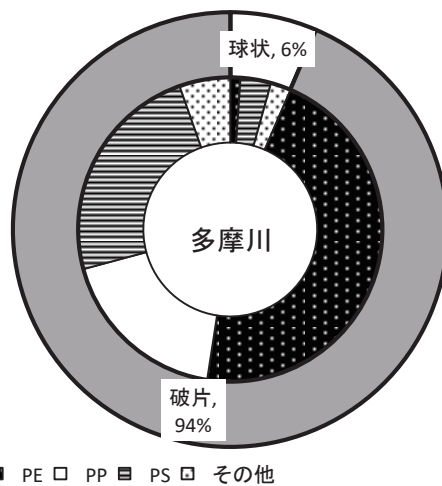


図16 多摩川 形状別材質構成

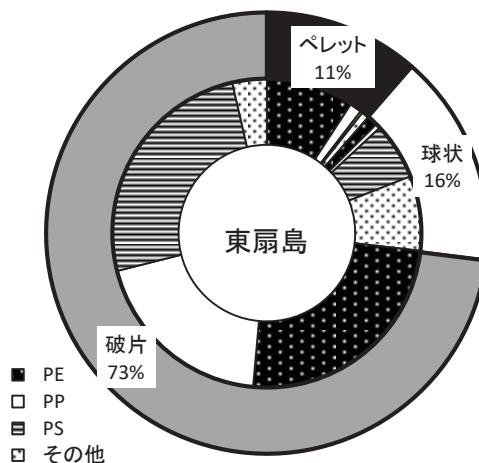


図17 東扇島 形状別材質構成

東扇島のMPにおいて3～4mmのPEが多い理由として考えられるのは、多摩川のPEがほぼ破片の形状で見つかったものであるのに対して、東扇島のMPにはペレットが多く含まれており、その大きさが2～6mm程度の比較的大きいものが多かったことから由来するものと考えられる。

樹脂製品原料であるペレットは、その起源がプラスチック製造に係る事業所及びこれら事業所への輸送過程等で環境中に漏出したものであることが知られている。東扇島は市内臨海部の工場地帯の中に存在し、近隣に発生源となる可能性がある事業所も複数ある。

図16及び図17においては、明らかに一次プラスチックであるペレットと球状のプラスチック以外は二次プラスチックとし、これらは破片として合算している。ここでは一次プラスチックとはプラスチック製品を製造するための原材料を示し、何らかのプラスチック製品が外的要因で劣化することで発生したと思われるものを二次プラスチックとする。

球状のMPは「その他」が多かったが、「その他」の構成はEVA (Ethylene-Vinyl Acetate copolymer)、PMMA (Poly Methyl Methacrylate)が目立ち、「その他」に分類された中で球状のものはほぼ全てがPMMAであった。

PMMA組成の球状の物質は、採取されたほぼすべてが同様に透明の球体でありサイズは1mm程度であった。東扇島では採取されたが、多摩川では殆ど採取されなかった。PMMA製の球状の物質は、いずれも1mm大の透明であり、球体同士がくっついているものもあった。図22の通り、表面に凹凸が殆ど見られない、きれいな球体であった。

PMMAはガラスより光線透過率が良く、透明性にすぐれており、硬度が高く、表面光沢があり、耐候性が良く、成形性も良好など使用しやすいという性質がある。そのため用途として照明、光学、自動車、電気、日用品、医学、建材など幅広く使用されている。

今回見つかった1mm大の球体の具体的な発生源は不明だが、多摩川では殆ど見られなかったこと及び、横浜市野島海岸での調査においても、同様のPMMA球が見つかった⁵⁾ことから、海沿いに存在する工業地帯に発生源があり、ペレット同様、製造に係る事業所及びこれら事業所への輸送過程等で環境中に漏出した可能性が考えられる。

東扇島と多摩川では、MP個数密度も大きく異なったが、一次プラスチックと推定されるMPの比率も異なり、東扇島ではペレットや球状のものの割合で併せて3割程度を占めていたが、多摩川ではそのようなものは少なく、ほぼ破片のみ(94%)で占められていた。

多摩川のPEに関しては破片が多く、形状は一定ではなかった。多摩川はその6割以上が下水処理場からの放流水で占められているといわれているため、下水処

理場からの放流水の中のMP調査結果を確認し、参考にした上で再度考察する必要があると思われる。

採取されたMPの代表例を図21～図25に示す。PEの破片の中には緑の人工芝の破片と思われるものも多く含まれていた(図25)。

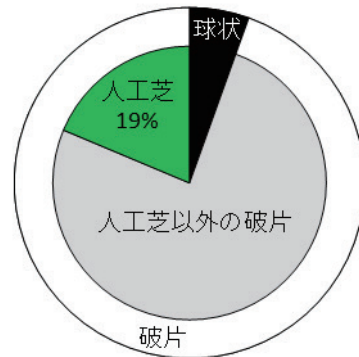


図18 多摩川 人工芝の割合

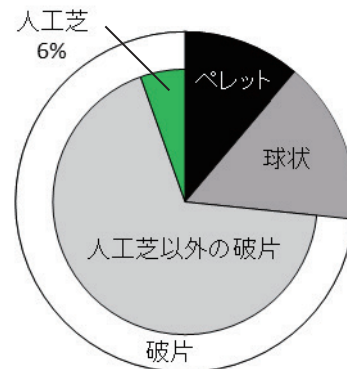


図19 東扇島 人工芝の割合

図18、図19にそれぞれの箇所の人工芝の割合を示した。東扇島に対し、多摩川での人工芝の割合は高く、全体の2割弱となっていた。

人工芝の組成はPEが最も多く見られた。両地点あわせた人工芝の材質の組成割合を図20に示す。

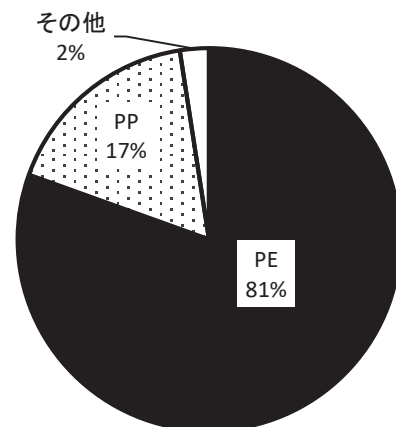


図20 人工芝の材質組成割合

人工芝の80%以上はPEであった。残りの2割弱はPPであった。

PPはPEに比べて紫外線の影響を受けやすく、耐候性に劣るため、屋外で使用する人工芝には一般的にPEが使われていることが多いと想定される。

しかしながら、PPは昔から人工芝に利用され、一般的にイニシャルコストも低いことから屋内施設では多数利用されている。

どちらも市販品として流通しており、屋外利用が多く想定されるPEがPPよりも、多数採取されたことも矛盾しない。

人工芝は破片の中の一つとしてまとめているが、色や形状から人工芝を判別することが容易であるため、このように表すことができた。その一方で、その他の破片に関しては本来の製品などの分類は難しい。

また、本方法では両地点とも、繊維はほとんど採取できなかった。多摩川には下水道からの処理水が多く流れ込んでいることを考えると、衣類などから無数に排出される繊維状のプラスチックが、水中に存在していることが想定できたが、衣類に使用される化学繊維は概ね比重が1.0以上⁶⁾であり、それが打ち上げられ漂着し、採取できるまでには、今回の調査では至らなかったものと考えられる。

図24のPS球も多く見つかった。PS球に関しては神奈川県⁴⁾の調査報告でも取り上げられており、発泡ポリスチレン製品製造用の予備発泡ビーズの可能性が考えられるとされている。また、昨今広く流通している家庭用のビーズクッション等の充填材にもPS由来のビーズが多く使用されており、それらの廃棄時の漏出、もしくはペレットなど同様、製造に係る事業所及びこれら事業所への輸送過程等で環境中に漏出した可能性も考えられる。

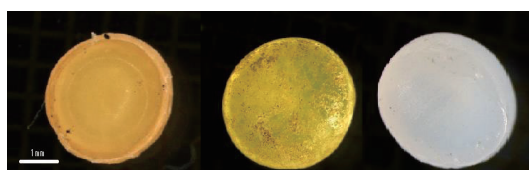


図21 ペレット

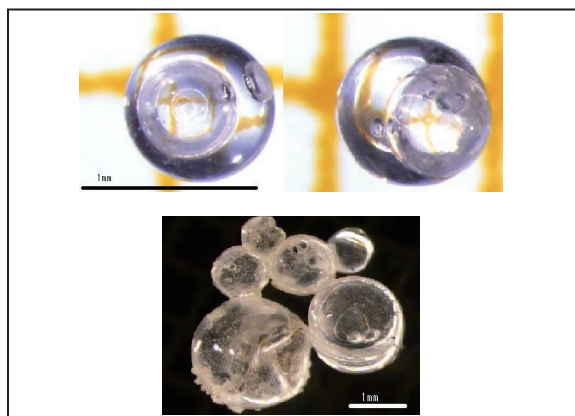


図22 PMMA球

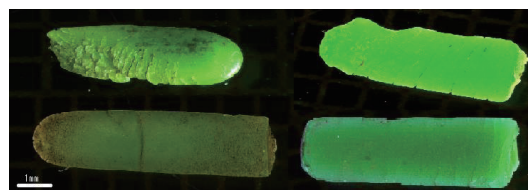


図23 人工芝



図24 PS球

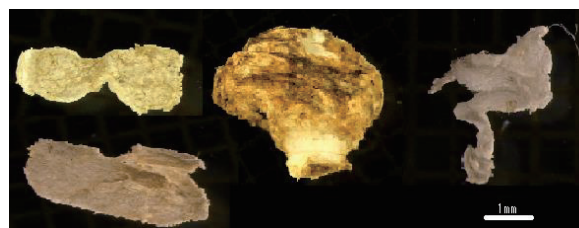


図25 PSフォーム

本調査では、水を利用した比重分離を行ったため、比重が1.0を超えるものは概ね沈降し、砂と混ざるため採取できなかった。そのため、実際に採取されるものとしてPPやPEが中心となることは想像に難くない。

PSは比重だけで考えると沈降する材質ではあるが、採取されるものは概ね発泡しているものであり、浮遊しているPS製のフォーム状のMP(図25)も多数採取できた。

透明なPMMA球も一般的な比重から考えると、沈降するはずだが、採取された1mm程度の透明球は、中が空洞であり、そのため浮遊し採取されたものと思われる。

多摩川では、マクロの廃棄物の堆積が目につくことも多く、中にはペットボトルの廃棄物も多数放置されている。一般的なペットボトルはキャップの部分はPP、ボトル本体はPET (Polyethylene terephthalate)、ラベルはPSであり、キャップやラベル部分は水に対して浮くが、本体は破壊された破片になれば沈む。そのため、仮にペットボトルが崩壊されて破片化し、MPとなっていたとしても水分離では採取できない。

一方でペットボトル本体が破碎された状態で、もしくは割れている状態で放置されているものは、採取地点では殆ど確認できなかった。ペットボトルはその使用目的でもあるように、軽くて割れず破壊されにくい、もしくは細かく分解されにくいものであると考えられ、それが本手法において採取されない理由の一つとも考えられる。

また、昨今多く流通している500mLペットボトルが国内で大規模に普及したのは、全国清涼飲料工業会が実施していた、小型ペットボトル使用自主規制が解禁された1996年以降のこと⁷⁾⁸⁾であり、まだ二十数年し

か経過していない。そのため、今後の変化にも注目していく必要があると考えられる。

まとめ

- (1)MP の個数密度は、東扇島の 2502 個/m² に対して、多摩川が 571 個/m² であり、多摩川よりも東扇島の方が 4.4 倍高かった。
- (2)MP の平均長軸長さは、東扇島が 2.7mm、多摩川が 1.8mm であり、約 1mm 東扇島の方が長かった。
- (3)長軸長さ別割合に関しては、東扇島は 4mm 未満まで、ほぼ一定の個数割合を示しているのに対し、多摩川は 2mm 未満までのもので半分以上を占められていた。
- (4)材質の組成の内訳は、何れの地点においても PE が最も多く、続いて PS、PP、その他の順であった。
- (5)長軸長さ別 PE 個数密度は、東扇島人工海浜では 3～4mm が多く、多摩川河口干潟は 2mm 未満の小さいものが多かった。東扇島に長軸長さの長い PE が多いのは、2～6mm 程度のペレットが多く含まれていることに由来すると考えられた。
- (6)球状の MP は PE、PP、PS いずれにも当てはまらない「その他」が多かったが、「その他」の内訳としては EVA、PMMA が目立ち、更に球状のものはほぼ全てが PMMA であった。また PMMA 球は東扇島にて多く採取され、多摩川では殆ど採取されなかった。
- (7)一次プラスチックと推定される MP の比率は、東扇島では 30%程度を占めていたが、多摩川はほぼ破片であり殆どすべてが二次プラスチックであった。
- (8)破片の中には人工芝由来のものも多く見つかった。東扇島で採取された MP の全体の 6%が人工芝由来であったことに対し、多摩川は非常に高く全体の 2割弱となっていた。人工芝由来と思われる MP の材質の組成は 80%以上が PE であり、残りの 2割弱は PP であった。
- (9)多摩川に下水道からの処理水が多く流れ込んでいることを考えると、衣類などから無数に排出される繊維状のプラスチックが、水中に多数存在していることが想定できたが、本方法では両地点ともにおいて採取できるまでには至らなかった。
- (10)多摩川、東扇島両地点にて見つかった PS 球に関しては、発泡ポリスチレン製品製造用の予備発泡ビーズ、もしくは家庭用のビーズクッション等の充填材などである可能性が考えられ、それらの廃棄時の漏出や、製造に係る事業所及びこれら事業所への輸送過程等で環境中に漏出した可能性が考えられた。

謝辞

今回の調査を実施するにあたり必要不可欠な、FT-IR (フーリエ変換赤外分光光度計) を川崎市健康福祉局健康安全研究所及び公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所より借用しました。

また、沿岸での分布量調査を行うにあたり、神奈川県環境科学センター及び横浜市環境科学研究所に調査方法等をご教授いただきました。

この場を借りてご協力いただいた皆様のご厚情に深謝申し上げます。

文献

- 1) プラスチック資源循環戦略 令和元年5月31日
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111747.pdf>
- 2) 環境省 海洋ごみとマイクロプラスチックに関する環境省の取組 (2016)
- 3) 工藤功貴、片岡智哉、二瓶泰雄、日向博文、島崎穂波、馬場大樹：日本国内における河川水中のマイクロプラスチック汚染の実態とその調査手法の基礎的研究、土木学会論文集 B1 (水工学)、Vol. 73 No. 4、I_1225-I_1230 (2017)
- 4) 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、54-59 (2017)
- 5) 蝦名紗衣、加藤美一、堀美智子：横浜市内の海洋におけるマイクロプラスチック汚染 (2018)
- 6) 繊維に関するデータ集、JCFA 日本化学繊維協会
https://www.jcfa.gr.jp/img/about_kasen/knowledge/data/index/fiber_data.pdf
- 7) 中村真悟：日本における PET ボトルのリサイクルシステムの成立と変容、人間と環境、44 巻 1 号、13-35 (2018)
- 8) PET ボトルとリサイクルの歴史 (PET ボトルリサイクル推進協議会)
<http://www.petbottle-rec.gr.jp/more/history.html>