

横浜市内のマイクロプラスチック調査（第6報）

—野島海岸のマイクロプラスチック漂着量のモニタリング—

蝦名紗衣、小倉智代、北代哲也、浦垣直子（横浜市環境科学研究所）
井上徹教、小室隆（港湾空港技術研究所）

Microplastic survey in Yokohama City (Part6) —Monitoring of microplastics washed ashore on the Nojima coast—

Sae Ebina, Tomoyo Ogura, Tetsuya Kitashiro, Naoko Uragaki
(Yokohama Environmental Science Research Institute)
Tetsunori Inoue, Takashi Komuro (Port and Airport Research Institute)

キーワード：マイクロプラスチック、東京湾、横浜、海洋環境、粒子追跡シミュレーション

要 旨

近年マイクロプラスチック（MP）による海洋汚染が国内外で注目を浴びており、汚染の実態把握が進められている。横浜市環境科学研究所では、2017年からMPに関する調査を行っており、2018年3月～2020年1月は野島海岸で、海岸を12区画に区切り、2か月ごとにMPの分布量のモニタリングを行った。調査の結果、MPの形状は破片状が70%以上を占めており、材質はポリエチレン・ポリプロピレン・ポリスチレンが95%以上であった。ただし海岸内での空間変動が大きく、漂着量を精度良く評価するためにはサンプリング数を増やすなどの課題があることが分かった。また東京湾での粒子追跡シミュレーションを行ったところ、横浜市外の河川から野島海岸へのMP漂着、また鶴見川から横浜市外へのMP漂着が示唆された。横浜で海洋のMPの発生抑制をする場合、東京湾での包括的な調査・対策が有効であると考えられる。

1. はじめに

近年、マイクロプラスチック（MP）及びプラスチックごみによる海洋汚染が国際的な問題となっている。2015年に採択された国連の持続可能な開発のための2030アジェンダ（SDGs）ではあらゆる種類の海洋汚染の防止が目標に掲げられており¹⁾、2019年に開催されたG20大阪サミットでは海洋プラスチックごみ対策実施枠組が支持された²⁾。また国内では2019年に環境省がプラスチック資源循環戦略を策定し、横浜市はプラスチック資源循環アクションプログラムを策定し、MPを含めたプラスチックごみに対する取組みを掲げている^{3)、4)}。

海洋に存在するプラスチックは、海を漂流しているもの、海底に沈降しているもの、海岸に漂着しているものなどが考えられるが、海岸に存在するプラスチックは海岸からの熱や紫外線の影響により劣化が進みやすく、細片化しやすい。そのため海岸がMPの生成の場の1つとなっている可能性がある⁵⁾。

横浜市環境科学研究所では、横浜市内の環境中に存在するMPの実態を詳細に把握するために、2017年度から調査を開始した。2017年に市内の沿岸6地点に漂着しているMPの量を調査したところ、他地点と比較して野島海岸において多くのMPが漂着していることが分かった。4月と12月の調査では、観察された個数に差があったが、調査日による差異なのか地点内の偏りなのか、その原因については前回の調査だけでは判断ができなかった⁶⁾。この結果を踏まえ、2018年から野島海岸で地点内の偏り

や季節変動を含めてMPの漂着量の調査を2か月ごとに行った。第4報で2018年3月～2019年3月の結果を報告しているが⁷⁾、本報では第4報の結果を併せて2018年3月～2020年1月の野島海岸の調査結果について報告する。また、東京湾から野島海岸へのMP漂流影響が示唆されたため、東京湾での粒子追跡シミュレーションを行い、東京湾内から野島海岸へのMPの漂着について考察した。

2. 調査方法

2-1 野島海岸調査概要

MPは5mm以下のプラスチックを指すことが多く⁵⁾、本調査でも概ね5mm以下でかつ目視で確認できるサイズ（数百μm以上）のMPを対象とした。また水より軽いプラスチックが雨に流されて海を漂流すると考えられるため、これまでと同様に水より軽いものを対象とした。

調査地点の野島海岸は横浜唯一の自然海岸で、東京湾に面している。野島海岸の地図を図1に、遠景を図2に示す。野島海岸は沿岸方向に約50mの海岸である。

また今回の調査概要を図3に示す。調査は2か月ごとに行い、1回の調査で海岸を12区画に分けて各区画で表層の砂を採取し目開き5mmのふるいで選り分けた。その後、比重分離によって水より軽いものを選別し、目視による分離と赤外分光光度計（FT-IR）による材質判定によりMPを特定した。最終的に各区画の砂に含まれるMPの個数及び材質・形状（破片・粒子・繊維・ペレット）別の組成を求めた。

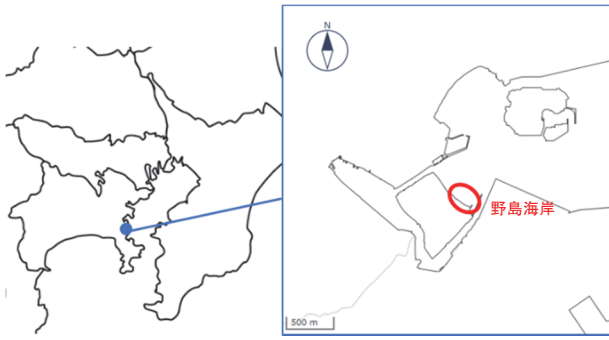


図1 野島海岸の地図
※地図は地理院地図⁸⁾をもとに作成



図2 野島海岸の遠景

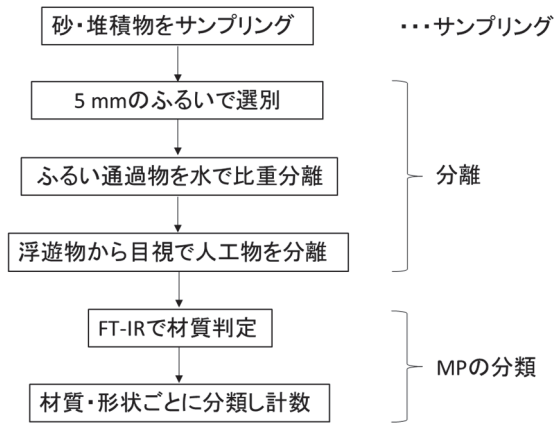


図3 調査概要

2-2 サンプリング

2018年3月～2020年1月の間2か月ごとに横浜市金沢区の野島海岸でサンプリングを行った。さらに平常時にはない高潮の影響を見るために、2019年10月12日に関東地方に上陸した台風第19号⁹⁾の後に調査を実施した。台風上陸の翌日(2019年10月13日)に野島海岸の様子を視察、さらに上陸の4日後(2019年10月16日)にMP調査を行った。調査日時について表1に示す。

今回の調査では地点内の偏りを考慮し、始点から野島海岸を10m四方ごとに分画し、12区画の各中心部でそれぞれサンプリングを行った。サンプリング箇所を概略を図4に示す。海側の⑧～⑫の区画の中に満潮線が存在していた。

野島海岸の満潮線上は堆積物が多く、満潮線上及び満潮線付近で砂が隠れている場合、サンプリングに適さない⁷⁾。⑧～⑫の区画の中心部が堆積物で覆われている場合、区画内で位置をずらして砂が露出している部分でサンプリングを行った。

サンプリング地点で、図5のような円柱の採土器(φ5cm、高さ5cm)を用いて表層の砂を採取した。この採土器は通常土壌を採取するとき使用するもので、コドラートをを用いた方法⁶⁾に比べ、より正確に同じ体積の砂を採取することができる。

表1 2018年3月～2020年1月の調査日時

調査日時	天候	潮位 [cm]
2018年 3月22日 12:30～13:30	晴	50
2018年 5月24日 9:25～10:15	晴	100
2018年 7月20日 10:10～11:20	晴	140
2018年 9月28日 13:10～14:30	晴	75
2018年11月19日 10:30～11:20	曇	110
2019年 1月28日 12:40～13:50	晴	115
2019年 3月20日 9:00～ 9:45	晴	85
2019年 5月27日 11:25～12:20	晴	120
2019年 7月30日 9:30～10:10	晴	24
2019年 9月26日 11:10～12:00	晴	70
2019年10月16日 16:00～16:40	晴	165
2019年11月26日 9:30～10:13	曇時々雨	100
2020年 1月24日 10:25～12:02	雨	103



図4 サンプリング箇所の概略図

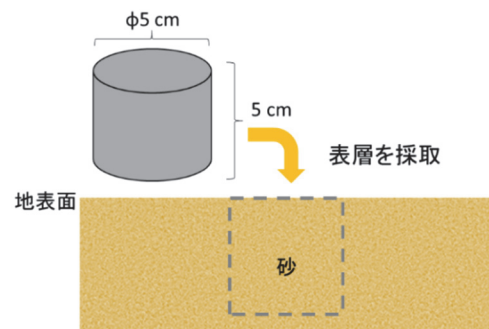


図5 採土器の概略図

2-3 分離

サンプリングした砂・堆積物を、目開き約 5 mm のふるいでふるった。

その後比重分離をするため、ふるい通過物を水道水で攪拌し、10 分ほど静置した後、浮遊物を目開きが 50～200 μm のふるい（目視で確認できるサイズが対象のため）で濾しとった。この工程では水より軽いものと、水より重い砂などを分離することができる。浮遊物がなくなるまで（2～5 回）、この作業を繰り返した。

分離した浮遊物を乾燥させ、目視で人工物のみピンセットで分取した。

2-4 MP の分類

分離した浮遊物を FT-IR にかけて、材質判定を行った。FT-IR は、Thermo Fisher Scientific 製の Nicolet 380 及び Nicolet iN5 を使用し、ATR 法（プリズムに試料を密着させ、試料表面から数 μm もぐり込んで反射する全反射光を測定する方法）で分析した。調査日・区画ごとの MP の個数、並びに材質及び形状（破片・粒子・繊維・ペレット）ごとの組成を求めた。

また、元となった製品が推定できる特徴的な MP については、その割合を算出した。

2-5 粒子追跡シミュレーション

陸域から海への MP の流入経路の 1 つに河川がある。3-3 で後述するが、野島海岸で一定の割合で観察されたペレットが横浜市の河川では観察されなかったこと¹⁰⁾、MP 以外の漂着物の内容を見ると横浜市外から漂着したと思われるものがあつたことから、野島海岸に漂着している MP は横浜市の河川以外からの流入もあると考えた。また稲垣らの野島海岸付近の表層流の測定結果（1996 年 7 月 2 日）によると、下げ潮時に東京湾の海水が金沢湾に入り込み、八景島の周りに還流を形成することが分かつて

いる（図 6）¹¹⁾。そのため、野島海岸の漂着物は東京湾の潮流の影響を受けている可能性がある。

今回野島海岸に漂着する MP について、東京湾内からの影響を、粒子追跡シミュレーションを行い検証した。東京湾を漂流する MP の流入経路の 1 つに河川があるが、降水時に河川から流入する MP の量が多いという報告がある¹²⁾。そのため、東京湾に流入する河川を仮想発生源として、MP の漂着量が多いと思われる降水時に粒子を放出し、粒子が潮流に対して受動的に流れるという条件で東京湾内を漂流する様子を計算した。仮想発生源については、東京湾に流入する主要な河川の河口及び、湾外からの粒子の流入を観察するために地点を表 2・図 7 のとおり選択した。また該当河川の流域面積¹³⁾・該当河川の 2018 年の年平均流量（水文水質データ¹⁴⁾ から算出）を表 2 に示す。なお年平均流量の計算は感潮域や背水区間ではない範囲で最下流の流量観測点（江戸川：野田、荒川：大芦、多摩川：石原、鶴見川：亀の子橋）¹⁵⁾ における水文水質データ¹⁴⁾ を用いた。

河川からの粒子の漂流計算は、2018 年に河川の流量の増加が顕著だった 9 月 30 日～10 月 9 日で行い、粒子放出のタイミングは 2018 年 9 月 30 日の河川流量が最大の時刻とした。また湾外から湾内への粒子の放出については、湾内に入りやすい条件（降水の影響がないと思われる 2018 年 8 月 16 日～8 月 23 日かつ干潮時）で計算を行った。各地点からの粒子放出の時刻は表 2 に示す。また、台風第 19 号が上陸した 2019 年 10 月 12 日についても同様に、2019 年 10 月 12 日もしくは 13 日で河川流量が最大であった時刻に各河川の河口から粒子を放出し計算を行った。

粒子追跡シミュレーションの計算に使用した各条件については表 3 に示す。

表 2 仮想発生源の設定条件

	位置	緯度経度	該当河川の流域面積 (km ²) ¹³⁾	該当河川の年平均流量 (m ³ /s) ¹⁴⁾	2018年9月29日～10月9日の粒子放出日時	台風時の粒子放出日時
a	小櫃川河口	N35.41489156, E139.890032	267	データなし	2018年9月30日 23:00	2019年10月12日 20:00
b	江戸川河口	N35.66681912, E139.9461679	200	69	2018年9月30日 20:00	2019年10月13日 2:00
c	中川河口	N35.63485887, E139.8472506	987	データなし	2018年9月30日 19:00	2019年10月13日 1:00
d	荒川河口	N35.64410194, E139.8419723	2,940	23	2018年9月30日 19:00	2019年10月12日 23:00
e	隅田川河口	N35.65272514, E139.7612095	298	データなし	2018年9月30日 16:00	2019年10月12日 21:00
f	多摩川河口	N35.54120913, E139.7492087	1,240	33	2018年9月30日 16:00	2019年10月12日 21:00
g	鶴見川河口	N35.48079454, E139.6942649	235	11	2018年9月30日 16:00	2019年10月12日 22:00
h	湾外	N35.20790039, E139.7606946	—	—	2018年8月16日 4:00	—

表3 各パラメータの計算条件

パラメータ	計算条件
河川の流量	アメダスのデータ ¹⁶⁾ をもとに、河川流域ごとに貯留関数法により1時間ごとの流量を求めた。水温は河口における気温との相関式から求めた。塩分濃度は0とした。
開境界	開境界は湾外の地点 N35.03041498, E139.402737 と N34.89551427, E139.8558343 を結んだ線(図7の実線)とし、これより内側を計算領域とした。開境界における水温・塩分は、千葉県水産総合研究センターの東京湾海況情報(東京湾水質調査結果) ¹⁷⁾ と、神奈川県水産技術センターの海況調査事業結果報告書 ¹⁸⁾ のデータから、2004年から2013年の観測値の各月平均値を用いた。また、図7の二重線よりも西側に開境界を作ると、渦を巻く不自然な流れが計算される恐れがあるため、二重線よりも西側を陸地と仮定した。
潮位	潮汐の振幅と位相については布良検潮所の調和定数 ¹⁶⁾ を用いた。
気象	海上風について、東京湾周辺の各アメダス地点における標高・風向 ¹³⁾ ごとの粗度を用いて、べき法則によって地表面摩擦の影響がないと思われる高度100mでの風速を一旦算出し、その後同じべき法則によって海面上10mに戻す手法を採用した。
粒子	計算結果に表示した粒子は、密度1g/cm ³ 、直径1.0×10 ⁻³ mmの球体を仮定した。

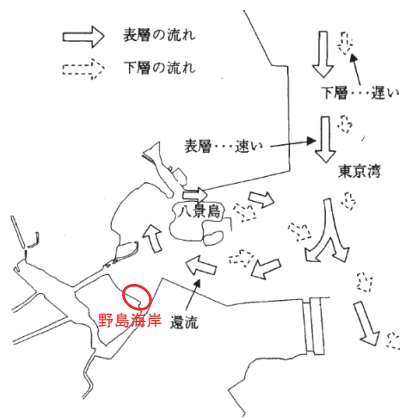


図6 金沢湾表層の還流の形成¹¹⁾

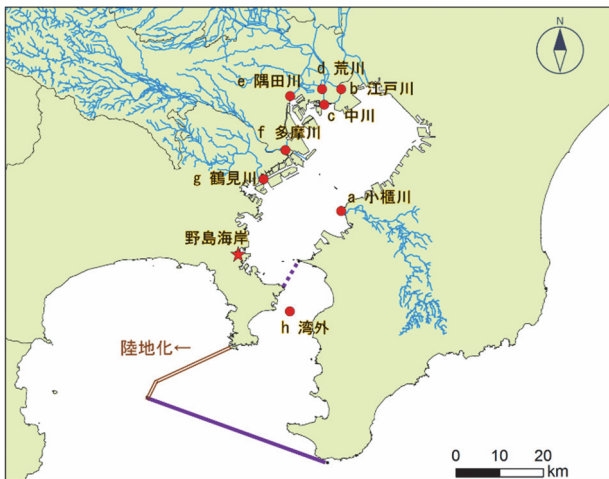


図7 仮想発生源の位置(丸:発生源、実線:開境界、破線:湾口)

3. 結果と考察

3-1 区画ごとのMPの個数

各調査日において、①~⑫の区画で採取した砂に含まれるMPの個数と、全調査日の平均を求めた結果を表4に示す。また、区画ごとの平均値を図8に示す。エラーバーはt分布の95%信頼区間を示す。前報の2019年3月20日までの結果と海岸内でのMPの分布の傾向は同じであ

った⁷⁾。通常、潮が入ってこない①~③は個数が比較的少なく、吹き溜まりになっている⑦は個数が多かった。地点ごとのMP個数について、一元配置分散分析を行ったところ、有意水準5%で有意な差が検出され(P<0.05)、区画によって分布量に差があることが分かった。

前報に記載したとおり、MPの分布の傾向は海岸の形状や方位によっても異なってくると推察される⁷⁾。海岸内でMPの分布の偏りがあることから1地点でのサンプリングで海岸の代表値を評価することは困難であり、海岸の中でも複数地点をサンプリングし、合計値ないし平均値で評価することで真値に近づくものと考えられる。

Mara *et al.*は、海岸に漂着しているペレットの個数密度を見積もるのに必要なサンプル数を検討している。海岸上にペレットが不均一に存在しているため、例えば平均値の5%以内の精度で密度を算出するためには、彼らが調査した海岸(約7km)で沿岸方向に9,589区画のサンプリングが必要と算出している。このようなサンプリングは実現が難しく、層別サンプリングをするなどの工夫が必要であると報告している²⁰⁾。

また海岸のみならず、海に漂流しているMPも均一には存在おらず、空間変動が大きいことが報告されている²¹⁾。サンプル数を増やせばその分定量の精度は上がるが、調査の手間が増えるため、適切なサンプル数を決定するためには詳細な調査が必要である。

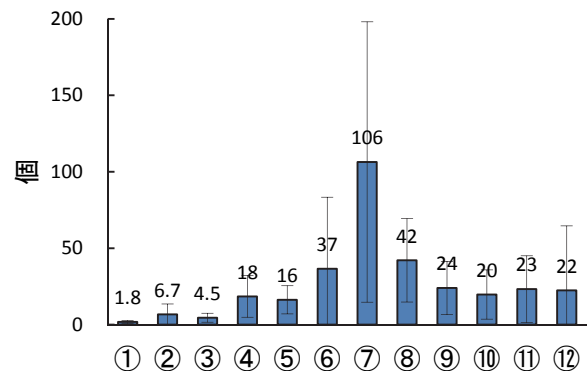


図8 区画ごとのMP個数平均値

(2018年3月~2020年1月)

※エラーバー: t分布の95%信頼区間

表4 区画ごとの砂に含まれるMPの個数と平均値(2018年3月~2020年1月)

調査日	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	合計
2018年3月22日	2	5	1	4	27	5	18	8	24	13	7	4	118
2018年5月24日	3	3	4	2	26	19	387	1	1	5	31	7	489
2018年7月20日	1	0	2	74	34	291	82	6	1	2	0	0	493
2018年9月28日	2	2	8	7	16	5	108	12	21	0	2	1	184
2018年11月19日	0	42	4	20	1	24	3	58	31	11	34	3	231
2019年1月28日	0	15	7	19	2	20	31	41	19	6	119	1	280
2019年3月20日	1	4	3	26	7	31	16	82	24	29	3	0	226
2019年5月27日	3	3	0	48	36	16	47	112	110	0	13	0	388
2019年7月30日	3	4	7	35	23	18	159	32	40	9	77	233	640
2019年9月26日	0	0	4	0	39	5	474	19	12	63	12	9	637
2019年10月16日	1	0	0	0	0	0	1	4	1	12	4	欠測	23
2019年11月26日	2	5	1	0	0	41	18	28	26	17	0	4	142
2020年1月24日	5	4	18	5	0	1	39	144	2	89	0	7	314
平均	1.8	6.7	4.5	18	16	37	106	42	24	20	23	22	320

3-2 12区画の合計個数

調査日ごとの①~⑫のMPの平均値を図9に示す。またエラーバーはt分布の95%信頼区間を示す。

調査日によって平均値に差があり、前報では夏季に漂着量が多いという季節変動の可能性を述べた⁷⁾。しかし今回詳細に調査したところ、空間的なばらつきが大きい。そのため、季節変動を精度良く評価するためには、サンプリングに工夫が必要であることが分かった。

また台風上陸4日後の2019年10月16日では調査地点において、顕著にMPの個数が小さかった。台風の影響については3-5で述べる。

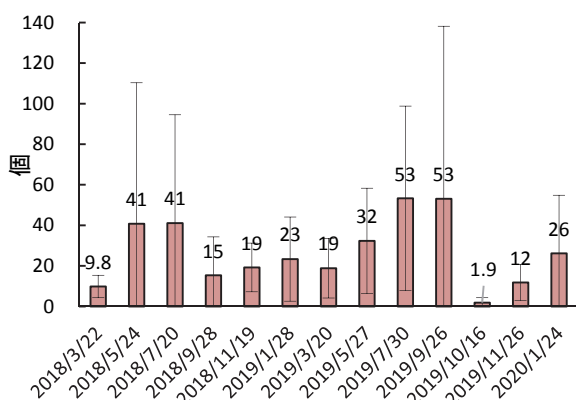


図9 調査日ごとのMP個数平均値

(2018年3月~2020年1月)

※エラーバー：t分布の95%信頼区間

3-3 MPの種類の内訳

各調査日の12区画の合計について、観察されたMPの形状(破片・粒子・ペレット・繊維)別の割合・材質別の割合をグラフにしたものを図10・11に示す。どの調査日でも破片状のものが70%以上を占めていた。2017年度の調査結果⁶⁾と比較しても同様の結果が得られた。また、材質別の組成では、ポリエチレン(PE)・ポリプロピレン

(PP)・ポリスチレン(PS)が95%以上を占めていた。

また特徴的に多く観察されたMPについて、緑色のPEの人工芝由来の破片(図12)、発泡スチロール由来の破片(図13)、1mm程度のPS粒子(図14)、ペレット(図15)があった。それぞれが占める割合を算出した結果を図16に示す。これらは2017年度の横浜市内沿岸の調査¹⁾でも観察されている。緑色の人工芝破片や、発泡スチロール破片は神奈川県調査²²⁾や、国外の海岸のMP調査でも多く観察されており²³⁻²⁵⁾、使用用途や形状から細片化しやすいものであるため、MPとして環境中に流出しやすいと推察される。PS粒子は神奈川県の海岸調査でも多く観察され、発泡ポリスチレン製品製造用の予備発泡ビーズやクッション等に使用されている充填剤である可能性が指摘されている²²⁾。白いペレットは環境中に長期間曝されると黄変する性質があるが²⁵⁾、野島海岸では黄変度が異なるペレットが観察され、環境中に出て日が浅いものや長期間経っているものが混在していると考えられる。ただし、横浜市の河川調査ではペレットが観察されておらず¹⁰⁾、横浜の河川以外から流入している可能性がある。

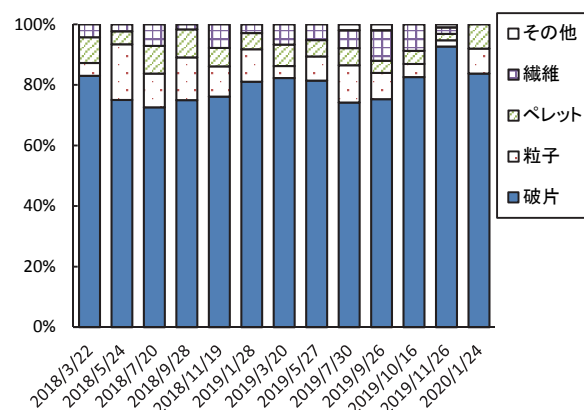


図10 形状別の割合

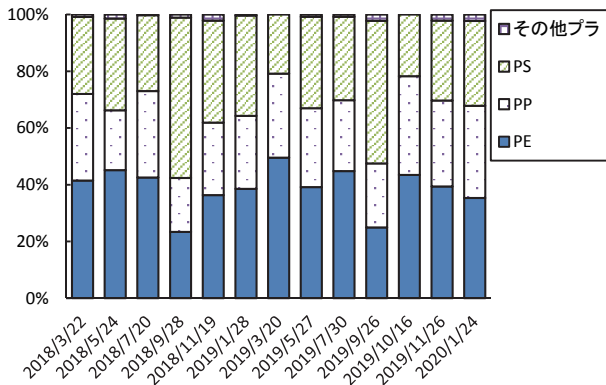


図 11 材質別の割合



図 15 ペレット

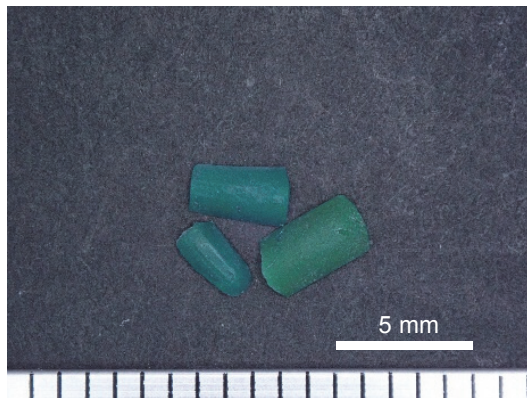


図 12 人工芝破片

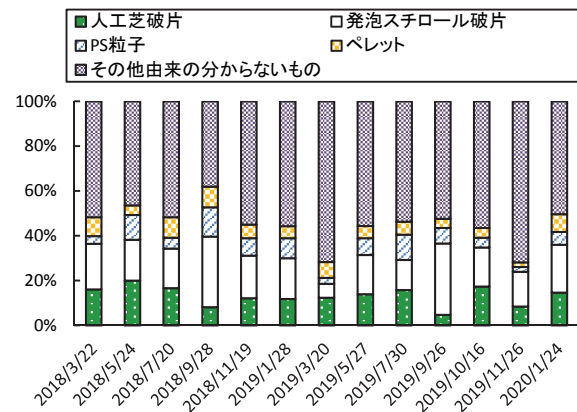


図 16 特徴的に多く観察された MP の割合



図 13 発泡スチロール破片

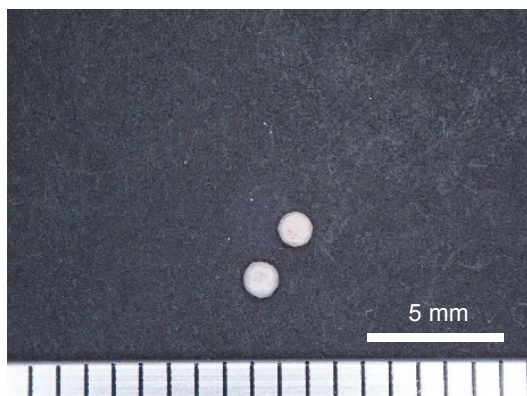


図 14 PS 粒子

3-4 粒子追跡シミュレーションの結果

各河川の河口及び湾口から粒子を放出し計算したところ、河川から放出した粒子は、各河川によって漂流の仕方に違いがあったが、どの河川においても粒子が東京湾内に拡散しながら、湾口（図 7 の破線：横須賀市観音崎と富津市富津岬を結ぶ線）に到達するような流れであった。最初に粒子が湾口に到達するまでに要する時間は河川によって異なっていたが、2～6 日の範囲であった。また今回の計算条件では、荒川・隅田川・多摩川・鶴見川から放出した粒子は 2～5 日後に野島海岸の位置へ最初の粒子が到達していた（鶴見川の例を図 17・18 に示す）。小櫃川・江戸川・中川については野島海岸の位置までは粒子が到達していなかったが、小櫃川・中川は野島海岸よりも約 2 km 東の地点まで接近していた（小櫃川の例を図 19 に示す）。シミュレーションの結果より横浜市外からの野島海岸への MP の漂着が示唆された。また鶴見川に着目すると、鶴見川から放出された粒子が東京湾内に拡散し（図 20）、横浜市外へ漂着していた。

湾外からの粒子の放出を計算したところ、粒子放出（図 21）から 8 月 23 日（図 22）までにほとんど東京湾内への流入は確認されなかった。そのため、野島海岸への MP 漂着は東京湾内の漂流 MP の影響を強く受けていることが分かった。

これらの結果より今後横浜の海洋の MP について対策等を検討する場合、横浜に限らず東京湾での包括的な調査や対策が有効であると考えられる。

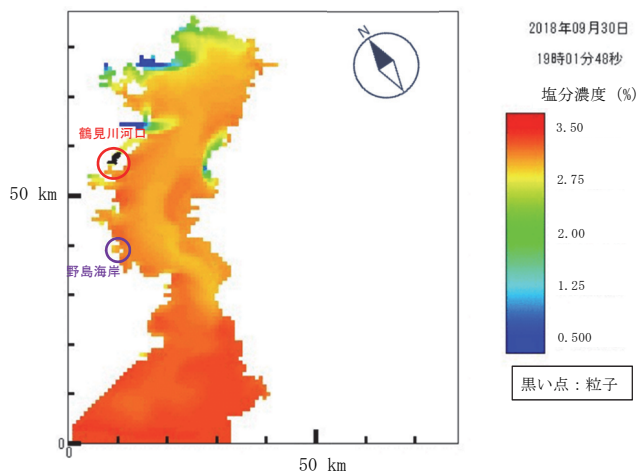


図 17 鶴見川から粒子を放出した直後の様子
(2018年9月30日19:01)

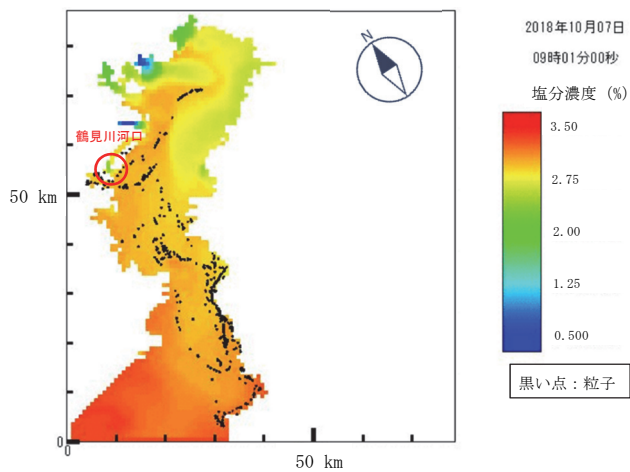


図 20 鶴見川の粒子が東京湾内で拡散し、市外に漂着した様子 (2018年10月7日9:01)

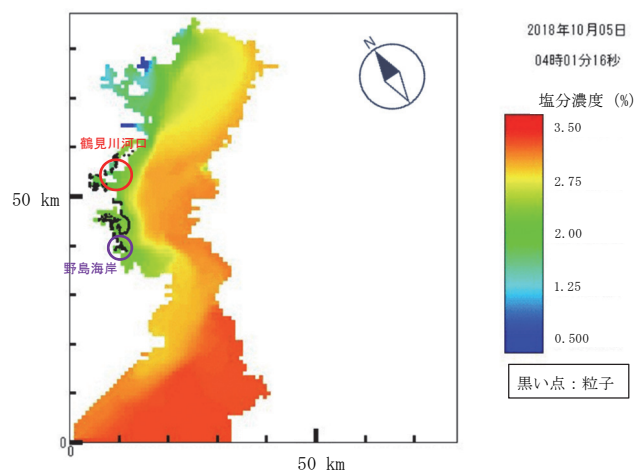


図 18 鶴見川の粒子が野島海岸に到達した様子
(2018年10月5日4:01)

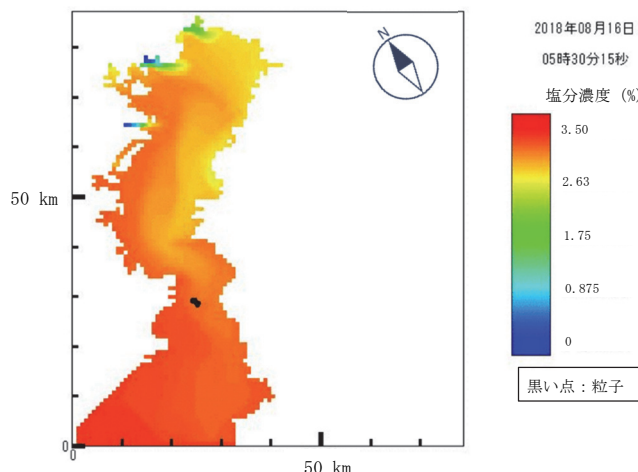


図 21 湾外から粒子を放出した直後の様子
(2018年8月16日5:30)

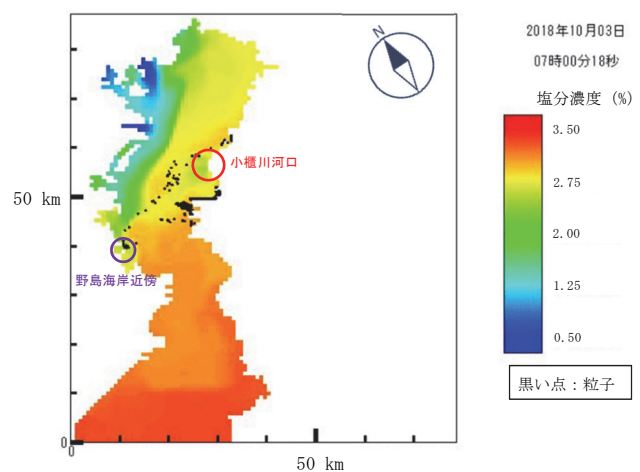


図 19 小櫃川の粒子が野島海岸近傍に到達した様子 (2018年10月3日7:00)

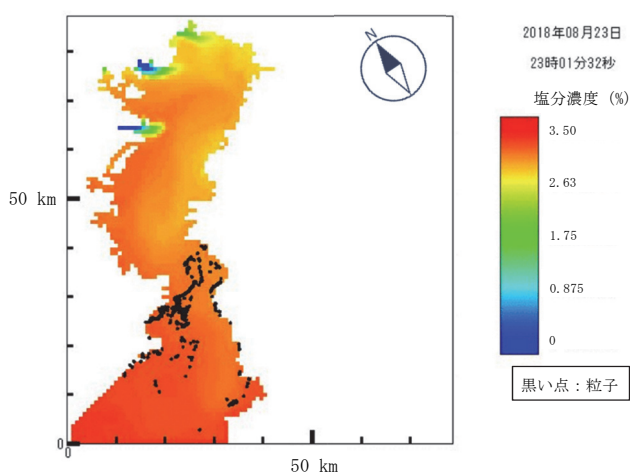


図 22 湾外で放出された粒子が拡散する様子
(2018年8月23日23:01)

3-5 台風第19号の影響

2019年10月12日に台風第19号が関東に上陸し、横浜市でも各地で浸水などの被害を受けた²⁵⁾。台風上陸の翌日(2019年10月13日の14時頃)に野島海岸を観察したところ、海岸の内陸側(図4の①の区画)まで潮が入ってきた形跡があり、①のところまで漂着物があった(図23)。また平常時は野島海岸全体(①~⑫)にMPが蓄積しているが、目視でそれら少なくなっていることが分かった。さらに通常、満潮線が存在している地点には、平常時よりも堆積している漂着物が少なかった(図24)。恐らく高潮の影響で海岸内に蓄積していたMPや漂着物が流されたものと推察される。

台風上陸の4日後(2019年10月16日16時頃)にMPの漂着量調査を行った。95%信頼区間を比較すると、この調査日のみ、図8のようにMPの平均個数がいくつかの調査日と比較して有意に少なかった。これは海岸で蓄積していたMPが高潮で流されたためだと考えられる。またその後の2019年11月26日と2020年1月24日の調査では漂着量が増加しており、10月に一度高潮で流されたあと、また海岸内に蓄積していったものと考えられる。台風上陸4日後の満潮線付近を観察すると、平常時よりも多くの堆積物があり(図25)、堆積物の高さを測定したところ約50cmであった。台風上陸の翌日にはほとんど堆積物がなかったことから、各河川から出水後に1日~4日ほどの時間をかけて東京湾を漂流し、野島海岸に漂着したものと推察される。

また台風上陸時の粒子追跡シミュレーションを行った結果を図26~28に示す。各河川からの粒子を色分けし、同時に表示している。粒子放出から約12時間後(2019年10月13日10時頃)には野島海岸に最初の粒子が到達していた(図26)。その後、粒子放出から約18時間後(2019年10月13日16時頃)には、最初の粒子が湾口に到達した(図27)。野島海岸の様子を観察した2019年10月13日14時以降も、粒子が野島海岸に流れていく様子が観察された(図28)。

これらの結果から、台風上陸時に高潮の影響で海岸に蓄積していたMPや漂着物が流され、その後数日かけて河川から流出した漂流物が野島海岸に流れついたと推察される。また漂着物の量は平常時よりも多くあり、台風など降雨量が増加したタイミングで顕著に多くなる可能性がある。



図23 台風上陸翌日(2019年10月13日)における野島海岸の内陸側への漂着物



図24 台風上陸翌日(2019年10月13日)の野島海岸の様子



図25 台風上陸4日後(2019年10月16日)の野島海岸の様子

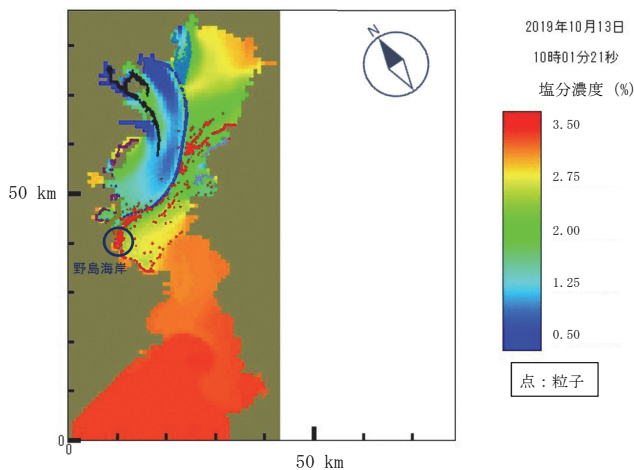


図 26 最初の粒子が野島海岸に到達した様子
(2019年10月13日10:01)

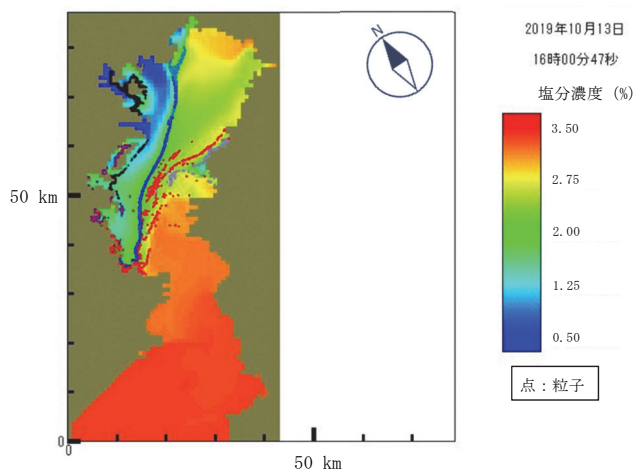


図 27 最初の粒子が湾口に到達した様子
(2019年10月13日16:00)

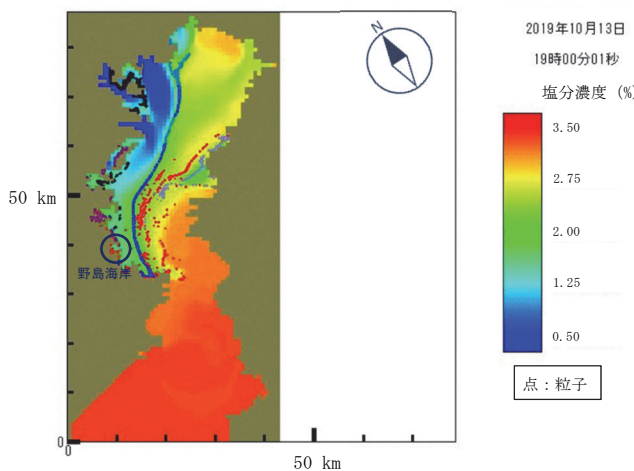


図 28 野島海岸を観察した時刻以降も粒子が漂着し続ける様子 (2019年10月13日19:00)

4. まとめ

野島海岸でMP漂着量のモニタリングを2018年3月～2020年1月の間2か月ごとに行った結果、調査日によって分布量に差があった。形状では破片状のMPが70%以上を占めており、材質はPE・PP・PSが95%以上であつ

た。人工芝破片、発泡スチロール破片、PS粒子、ペレットなど特徴的なMPが定期的に観察された。しかし海岸内での空間変動が大きく、漂着量を精度良く評価するためにはサンプリング数を増やすなどの課題があることが分かった。

また粒子追跡シミュレーションを行い、東京湾内から野島海岸へのMPの漂着について検証したところ、横浜市外の河川から野島海岸へのMP漂着、また鶴見川から横浜市外へのMP漂着の可能性が示唆された。これらの結果より横浜で海洋のMPの発生抑制をする場合、東京湾での包括的な調査・対策が有効であると考えられる。

文 献

- 1) 国連開発計画：持続可能な開発目標、<https://www.jp.undp.org/content/tokyo/ja/home/sustainable-development-goals.html> (2020年4月時点)
- 2) 環境省：G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組(仮訳)、<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111827.pdf> (2019年7月時点)
- 3) 環境省：プラスチック資源循環戦略、<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111747.pdf> (2020年4月時点)
- 4) 横浜市：よこはま資源循環アクションプログラム、<https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/yokohamashi/org/shigen/sonota/hoshin/plastic-program.files/action-program.pdf> (2020年4月時点)
- 5) Andrady, A.L. : Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596-1605 (2011)
- 6) 蝦名紗衣、加藤美一、堀美智子：横浜市内のマイクロプラスチック調査(第1報)ー沿岸のマイクロプラスチックの漂着状況ー、横浜市環境科学研究所報、**43**、26-30 (2019)
- 7) 蝦名紗衣、加藤美一、北代哲也、小倉智代：横浜市内のマイクロプラスチック調査(第4報)ー野島海岸のマイクロプラスチック漂着量の季節変動ー、横浜市環境科学研究所報、**44**、52-58 (2020)
- 8) 国土地理院地図(電子国土web)、<https://maps.gsi.go.jp/> (2021年2月時点)
- 9) 気象庁：台風第19号による大雨、暴風等、<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/20191012.html> (2020年4月時点)
- 10) 松島由佳、小倉智代、蝦名紗衣：横浜市内のマイクロプラスチック調査(第5報)ー市内河川のマイクロプラスチック調査ー、横浜市環境科学研究所報、**45**、13-20 (2021)
- 11) 稲垣聡、田中昌宏、秋山真吾、棚瀬信夫、林文慶：閉鎖性海域の流動・密度構造に関する現地観測ー神奈川県金沢八景海域を対象としてー、海岸工学論文集、**44**、376-380 (1997)
- 12) 工藤功貴、片岡智哉、二瓶泰雄、北浦郁弥：平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価、土木学会論文集 B1(水工学)、**74(4)**、I529-I534 (2018)

- 13) 国土交通省：東京湾及びその流域の概要、https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000621812.pdf (2020年4月時点)
- 14) 国土交通省：水文水質データ、<http://www1.river.go.jp/contents.html> (2020年4月時点)
- 15) 二瓶泰雄、高村智之、渡邊敬之：東京湾主要流入河川における流量モニタリングの現状と課題、*海岸工学論文集*、**54**、1221-1225 (2007)
- 16) 気象庁：アメダス、<https://www.jma.go.jp/jp/amedas/> (2020年12月時点)
- 17) 千葉県水産総合研究センター：東京湾海況情報 東京湾水質調査結果 (平成16年度～平成25年度)
- 18) 神奈川県水産技術センター：海況調査事業結果報告書 (平成16年度版～平成25年度版)
- 19) 気象庁：潮位表掲載地点一覧表 (2021年)、<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/station.php> (2020年12月時点)
- 20) Mara F., Alessandra P. M., Danilo B. S., Daniel G., Alexander T. : Quantifying microplastic pollution on sandy beaches: the conundrum of large sample variability and spatial heterogeneity, *Environ Sci Pollut Res*, **24**, 13732-13740 (2017)
- 21) Miriam C. Goldstein, Andrew J. Titmus, Michael Ford : Scales of Spatial Heterogeneity of Plastic Marine Debris in the Northeast Pacific Ocean, *PLoS ONE*, **8**(11), 1-11 (2013)
- 22) 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*、**42**(4)、54-59 (2017)
- 23) Pui K. C., Lewis T. O. C., Lincoln F. : Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in the estuary of a subtropical macro-scale drainage basin in South China, *Science of the Total Environment*, **562**, 658-665 (2016)
- 24) Andrea S., Stefan F., Gunnar G., Hendrik S. : Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast, *Marine Pollution Bulletin*, **99**, 216-229 (2015)
- 25) In-Sung K., Doo-Hyeon C., Seung-Kyu K., SooBong C., Seung-Bum W. : Factors Influencing the Spatial Variation of Microplastics in High-Tidal Coastal Beaches in Korea, *Arch Environ Contam Toxicol*, **69**, 299-309 (2015)
- 26) Chelsea M. R., Eunha H., Brian T. H., Shawn K. : Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris, *Environ. Sci. Technol.*, **47**(3), 1646-1654 (2013)
- 27) 横浜市：台風第19号の対応について (最終版)、https://www.city.yokohama.lg.jp/city-nfo/koho-kochi/press/somu/2019/1015_typhoon19-.files/20191015_typhoon19-5.pdf (2020年4月時点)