

静岡市を流域とする巴川におけるマイクロプラスチック調査

Investigation of Microplastic Contamination in the Tomoe River of Shizuoka City

山田建太、小林佳菜、定方八晴、鈴木智也、

西村浩輝、宮野川楓花、小川浩

YAMADA Kenta, KOBAYASHI Kana, SADAKATA Hassei, SUZUKI Tomoya,
NISHIMURA Koki, MIYANOGAWA Fuka, OGAWA Hiroshi

1. 背景

プラスチックは、軽量で耐久性も高く、安価に大量生産が可能であることから、身の回りの様々な製品に利用されており、現代の便利な生活に欠かすことができない素材といえる。一方、大量に消費されたプラスチック製品に由来する廃棄物もまた大量に生じている。その一部は回収・リサイクルされているが、多くが焼却処分または埋め立て処分されている¹⁾。また、全てのプラスチック廃棄物が適正に回収・処分されていないことが指摘されている。世界で年間約3億トンのプラスチックが生産・消費されており、そのうち約800万トンのプラスチックが海洋に流出していると推定されている²⁾。海洋の表層に浮いているプラスチック廃棄物は、約7,000~35,000トンと推定されており³⁾、海洋プラスチックごみ問題として、近年注目されている。

プラスチックごみによる海洋汚染は1970年代に報告されており⁴⁾、海洋生物によるプラスチックの誤飲・摂食についても1960年代から調査・報告されていたが⁵⁾、近年になり急激にその注目が高まった。これは、プラスチック製のストローが鼻の穴に刺さったウミガメを保護する様子を撮影した動画が、2015年にソーシャルメディアで広く拡散され、世界的な関心事になったことが一つの契機になったと考えられる⁶⁾。その後、海洋に流出・漂流するプラスチックごみの量を推定する研究が続々と報告された。そして、2018年に開催されたG7サミットで「海洋プラスチック憲章」が採択されたことをきっかけとし、現在では気候変動と並ぶ地球環境問題として注視されている⁷⁾。

日本では、2019年6月に大阪で開催されたG20サミットで、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにするまで削減することを目指した「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が採択されたことや⁸⁾、2022年4月からプラスチック資源循環促進法が施行されるなど、プラスチック利用による問題への対策が進められている⁹⁾。

近年、海洋プラスチックごみそのものだけでなく、マイクロプラスチック（MP）と呼ばれる粒子径

が5.0 mm以下のプラスチックによる海洋汚染も注視されている。MPは、洗顔料や化粧品等に使用される5.0 mm以下の粒子状に製造された一次MPと、環境中に放出されたプラスチック製品が紫外線や熱、風波などの物理的な力で粉碎・細片化されて生じる二次MPに分類される^{10,11)}。

MPの生態系への影響についてはまだ不明な点が多いが、粒子径が小さいため、プランクトンなどの低次栄養段階の生物が容易に摂取できることから、食物連鎖を介して海洋生態系に広がる可能性が指摘されている¹²⁻¹⁴⁾。まだ知見が不足しており十分な評価がされていないが、MPのヒトへのばく露経路やリスクについても懸念されている¹⁵⁾。近年、ヒトの血液や胎盤からもMPが検出されたことが報告されている^{16,17)}。缶詰のイワシや¹⁸⁾、ペットボトルのミネラルウォーター¹⁹⁾、食塩²⁰⁾等の食品や飲料水からもMPが検出されており、経口摂取等によってヒトがMPを体内に取り込んでいる可能性が指摘されている。

プラスチックは、製造過程で可塑剤や難燃剤、紫外線吸収剤などが添加されているだけでなく、環境中に極微量に存在するPCB等の難分解性有機汚染物質を吸着することが知られている²¹⁾。MPを取り込むことで、それら化学物質が生物の体内に移行することが指摘されており²²⁾、微量な有害物質の濃縮に寄与する可能性がある。

MPによる海洋汚染の調査が進められており、北太平洋における平均集積量は10.5万個/km²と、南太平洋、大西洋、インド洋、地中海の6.3万個/km²より多いことが報告されている²³⁾。また、日本近海では、172万個/km²であり全世界の海洋におけるホットスポットであることが指摘されている²⁴⁾。

海洋や海岸に存在するMPの主要な発生源の一つとして、河川を経由した陸域からの流入が指摘されている^{25,26)}。海岸に堆積するMPの特徴は調査地点毎に大きく異なっており、その特徴は河川流域からのMP流出状況が寄与していることが指摘されている²⁷⁾。また、国内の29河川36地点でMPを調査した結果、31地点からMPが検出されたこと、河川水中のMP数密度及び質量濃度が、河川のBOD、T-N、T-Pなどの水質指標と相関することが報告されており、MPの発生源と流入経路が水質汚濁物質と似ているためと推測されている²⁸⁾。

海洋に拡散したMPの回収は困難であることから、河川や陸域でのMPの発生や混入量を低減するための対策が必要であり、そのために各河川のMPの存在量を把握することは重要といえる。国内70河川90地点でMP汚染状況を調査した先行研究では、MP数密度は0.03~63.89個/m³、平均値は4.34個/m³であったことが報告されている。また、河川のMP数密度と、その流域特性との関係が評価されており、人口密度が高い流域や、市街地率が高い流域では河川MPの数密度が高いことが指摘されている²⁹⁾。

本研究で対象とした巴川は、静岡県 の県庁所在地である静岡市の市街地を流れる二級河川である。巴川は静岡市の中心街の北方に位置する文殊岳を起点とし、葵区と清水区の市街地を通り、折戸湾及び清水港に流れ込んでいる。その幹川流路延長は17.98 kmであり、巴川流域面積は104.8 km²、流域人口は約35万人、平成29年における市街化率は約50%と報告されている^{30,31)}。その文献の値から、流域人口密度は約3339人/m²と算出され、比較的人口密度が高い流域と言える。

巴川の環境基準における項目類型はC類型と位置づけられ、2003年度の水質データではBOD 0.7~4.3 mg/L、COD 2.3~7.5 mg/Lであり、河川水の環境基準BOD 5 mg/L以下を満たしている³²⁾。静岡市の下水道普及率は84%と高い状況にあるが、流域内の10,000戸で浄化槽が使用されており、そのうちの73%が単独処理浄化槽である³³⁾。そのため、未処理の生活雑排水が多く巴川に流入しており、生活排水由来の

MPも多いと予想される。

巴川は上流から下流まで市街地を流れていること、流域人口密度が比較的高いこと、さらに生活排水の流入が多いことから、MPが検出されると推測される。しかし、巴川を対象河川としたMP調査に関する報告はまだ無い。そこで、本研究では、巴川におけるMP汚染の実態を明らかにするために、MPを採取・分析し、数密度、粒子径、形状や色を評価することを目的とした。

2. 実験方法

2-1. 採取方法

MPの採取、前処理、分析等の操作は、環境省のガイドラインを参考に実施した³⁴⁾。MPの採取には円錐型の簡易プランクトンネット（目合0.1 mm，口径30 cm，側長70 cm，離合社）を使用し、約7～10分間河川水を通水した。ろ水量は、簡易型プロペラ式流速計（VR-201，ケネック）を用いて測定した河川の流速、プランクトンネットの開口部面積、ろ水時間から算出した。本研究では、巴川の河口から約8.4km上流に架設されている巴川橋付近で、2021年10月18日と12月13日、2022年7月4日にMPを採取し、ろ水量はそれぞれ、8.4、6.4、4.8 m³であった。調査対象流域の地図と試料採取地点を図1に示す。

河川水を通水した後、プランクトンネット内を河川水で洗い流し、ネット内の試料をコッドエンドに集めた。コッドエンドや底管に集まった試料は、少量の河川水を流して、試料保存容器に移した。この操作で得た約200 mLの試料水を、実験室に持ち帰った。



図1 調査対象流域の地図と試料採取地点

2-2. 前処理方法

河川から採取したMPを含む試料水約200 mLをナイロンメッシュシート（目開き0.1 mm）でろ過し、残渣を約100 mLの精製水でピーカーに流し込み、55°Cに設定した乾燥機内に静置して水分を除去した。乾固させない程度に水分を除去した後、30%過酸化水素水溶液100 mLを加えて55°Cの水浴で72時間、酸化処理を行った。酸化処理した試料をナイロンメッシュ（シート目開き0.1 mm）でろ過し、精製水で洗浄した。その後、5.3 mol/Lのヨウ化ナトリウム溶液による比重分離を行い、浮遊画分をろ過し、得られた粒子から顕微鏡観察によって、0.3~5.0 mmのMP候補粒子を選別した。このとき、粒子の色（透明、白、赤、橙、黄、緑、青、紫、黒、茶、複合、その他）、形状（破片、膜、球、発泡、円柱、繊維、その他）、粒子径を記録した。

2-3. 分析方法

MP候補粒子のポリマー種を同定するために、フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）のATR法によって赤外スペクトルを測定した。2021年10月18日と12月13日に採取したMPは、日本分光株式会社のFT-IR（FT/IR-6100）で赤外スペクトルを測定した。測定範囲は400~4000 cm^{-1} 、分解能は1 cm^{-1} 、スキャン回数は4回とした。2022年7月4日に採取したMPは、PerkinElmer, Inc.のFT-IR（Frontier-Spotlight 400MIR/NIR）で赤外スペクトルを測定した。測定範囲は650~4000 cm^{-1} 、分解能は4 cm^{-1} 、スキャン回数は4回とした。

3. 結果と考察

3-1. MPの赤外吸収スペクトル解析

巴川から採取した代表的なMPの顕微鏡写真と、そのMPの赤外吸収スペクトルを図2に示す。図2(a)に、2021年12月13日に採取した繊維状で透明、粒子径0.86 mmのMPの顕微鏡写真を示す。このMPの赤外吸収スペクトルでは、2947、2914、2864、2835 cm^{-1} に強いC—H伸縮の吸収が認められ、1456、1375 cm^{-1} にCH₃基による変角振動の吸収が認められた。この吸収の特徴から、主鎖にCH₂基とCH基、側鎖にCH₃基を有するポリプロピレン（PP）と同定した。

図2(b)に、2021年10月18日に採取した破片状で青色、粒子径が0.87 mmのMPの顕微鏡写真を示す。このMPの赤外吸収スペクトルでは、2913と2846 cm^{-1} にCH₂基に由来するC—H伸縮振動の吸収が認められ、1470にCHはさみ振動、720 cm^{-1} にCH横ゆれ振動の吸収が認められた。この吸収の特徴から、CH₂基の繰返しのみで構成される分子構造式を有する由来する、ポリエチレン（PE）と同定した。また、(a)と(b)の赤外吸収スペクトルで、3400~4000 cm^{-1} に認められた吸収はH₂O、2200~2400 cm^{-1} に認められた吸収はCO₂と推測された。

図2(c)に、2022年7月4日に採取した発泡状で白色、粒子径が0.84 mmのMPの顕微鏡写真を示す。このMPの赤外吸収スペクトルでは、3107~3000 cm^{-1} 、に芳香環C—H伸縮振動に由来する吸収、2921、2848 cm^{-1} にCH₂基とCH基のC—H伸縮に由来する吸収が認められた。また、1601と1500 cm^{-1} 、に芳香環C=C伸縮振動に由来する吸収が認められ、748と695 cm^{-1} に一置換ベンゼン環に特徴的なC—H変角

振動に由来する吸収が認められた。これは、スチレン系樹脂に特徴的な吸収であることから、ポリスチレン（PS）と同定した。

図2(d)に、2022年7月4日に採取した繊維状で白色、粒子径が0.97 mmのMPの顕微鏡写真を示す。このMPのスペクトルでは、アミド基のN—H伸縮振動に由来する 3292 cm^{-1} 、C=O伸縮に由来する 1630 cm^{-1} 、C—N—H伸縮に由来する 1539 cm^{-1} 、C—N伸縮に由来する 1263 cm^{-1} 、N—H変角に由来する 682 cm^{-1} に吸収が認められた。また、 CH_2 基に由来する 2936 、 2866 cm^{-1} に吸収が認められたことから、ナイロン（NY）と同定した。

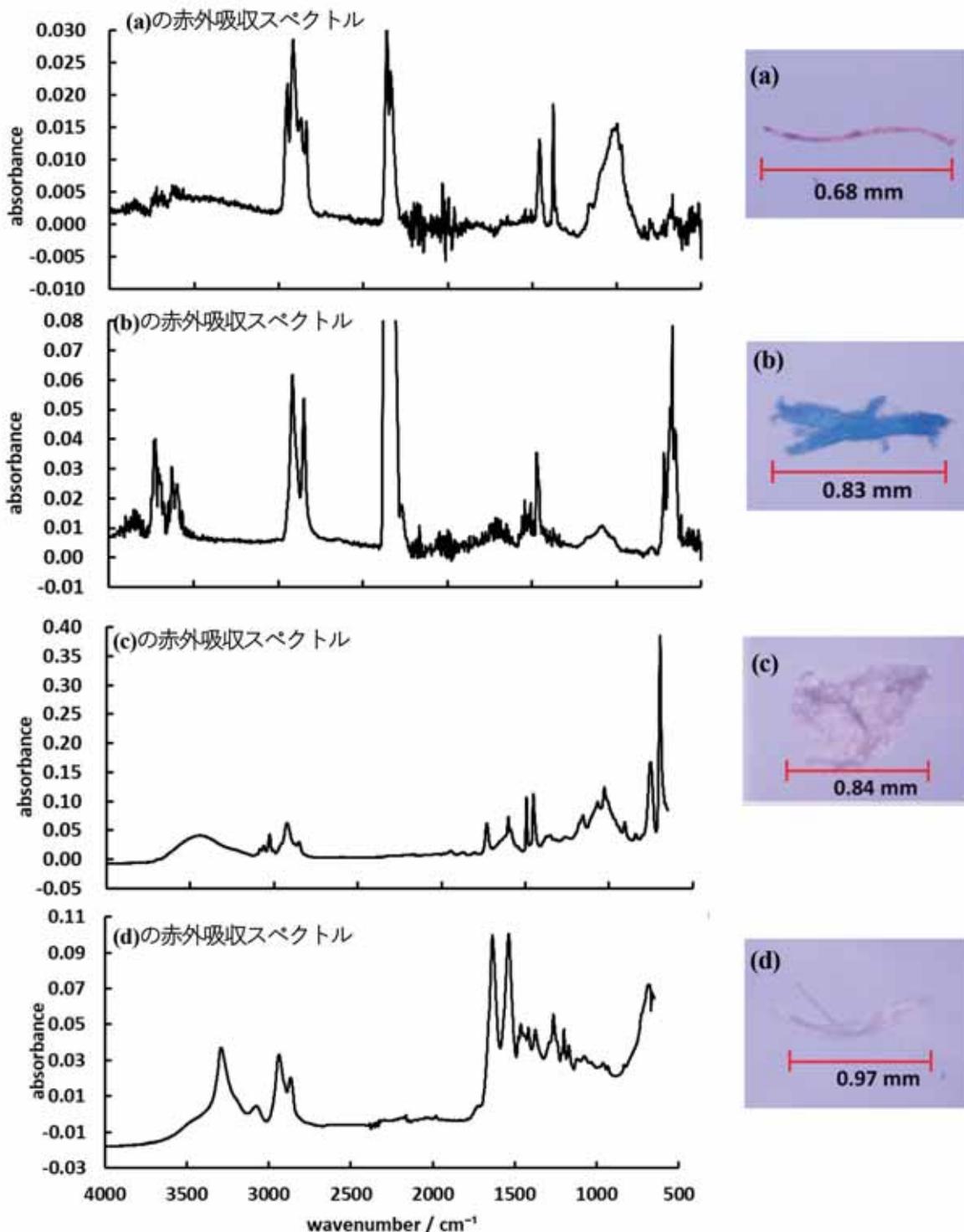


図2 巴川から検出されたMPの顕微鏡写真と赤外吸収スペクトル

3-2. MPの数密度と粒子径

巴川から採取した試料を前処理し、顕微鏡観察によってMP候補粒子を選別した結果、2021年10月18日の試料では30個、12月13日の試料では36個、2022年7月4日の試料では74個の候補粒子が得られた。FT-IRによってMP候補粒子の赤外スペクトルを測定・解析した結果、2021年10月18日の試料では15個、12月13日の試料では23個、2022年7月4日の試料では32個について、プラスチックと同定された。FT-IRスペクトル解析の結果、セルロースやタンパク質と推定される候補粒子や、明確な吸収が認められなかった候補粒子は除外した。

巴川から検出されたMPの個数及び数密度、粒子径データを表1に示す。2021年10月18日、12月13日、2022年7月4日の試料から検出されたMPの数密度は、それぞれ1.79、3.59、6.67個/m³であり、3回の測定の前平均値は4.02±2.47個/m³であった。国内の70河川90地点でMPを調査した先行研究では、検出されたMPの前平均数密度は、4.34個/m³と報告されており²⁹⁾、近い数値であった。

表1 巴川から検出されたMPの数密度と粒子径

採取日	2021.10.18			2021.12.13			2022.7.4		
	個数 [個]	数密度 [個/m ³]	%	個数 [個]	数密度 [個/m ³]	%	個数 [個]	数密度 [個/m ³]	%
PE	8	0.95	53	18	2.81	78	22	4.58	69
PP	7	0.83	47	5	0.78	22	7	1.46	22
PS	0	0.00	0	0	0.00	0	2	0.42	6
NY	0	0.00	0	0	0.00	0	1	0.21	3
合計	15	1.79	100	23	3.59	100	32	6.67	100
	粒子径[mm]			粒子径[mm]			粒子径[mm]		
average	0.95			0.97			0.95		
sd	0.63			0.56			0.47		
median	0.77			0.80			0.78		
max	2.25			2.73			1.90		
min	0.32			0.40			0.37		

検出されたMPの粒子径を計測した結果、前平均値は0.95～0.97 mmであり、3回の採取・測定の前平均値はほぼ同じであった。巴川から検出されたMPの粒子径分布を図3に示す。本研究では、環境省のガイドライン³⁴⁾を参考にして、0.3～5.0 mmの粒子をMP候補粒子として選別したが、3.0 mm以上のMPは認められなかった。3回の測定全てにおいて、粒子径が0.3～1.0 mmのMPが最も多かった。粒子径が2.0 mm以上のMPは、2021年10月18日の試料では2個、12月13日の試料では1個検出され、2022年7月4日の試料では検出されなかった。

関東を中心に全国18河川でMPを調査した先行研究では、検出されたMPの粒子径分布は、1.0 mm以下が約5割、2.0 mm以下と合わせて全体の約8割であったことが報告されており、河川から検出されるMPは微細化を繰り返していることが指摘されている³⁵⁾。

また、本研究ではサンプリングに目合0.1 mmのネットを使用したことから、0.3 mm以下の粒子も顕微鏡観察による選別の段階で確認されたが、それらは調査の対象としなかった。本研究で参考とした環

環境省のガイドライン法は、顕微鏡でMP候補粒子を観察し、一つ一つピンセットで拾い上げ、FT-IRの試料台に設置して分析することから、0.3 mm程度までが操作の限界であること、またこれまでに河川や海洋のMPを調査した先行研究では、0.3 mm～5.0 mmの粒子を対象としたものが多く、過去のデータと比較するために、本研究では環境省のガイドライン法を選択した。

既報では、20 μm以上のMPを自動で分析する手法を開発・使用して多摩川河川水中のMPを調査した結果、検出されたMPのミディアン径は40 μm程度であることが報告されており、0.3 mm以下の微細なMPも含めた調査の重要性が指摘されている³⁶⁾。本研究で対象河川とした巴川からも、粒子径が0.1 mm程度のMP候補粒子が認められており、より微細なMPも存在する可能性がある。

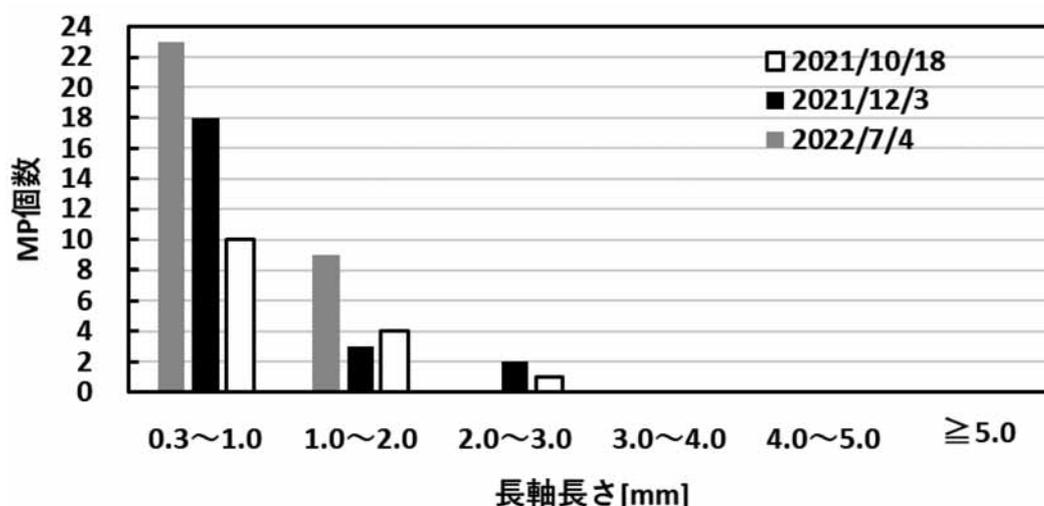


図3 巴川から検出されたMPの粒子径分布

3-3. 検出されたMPの材質の特徴

本研究で同定されたMPの材質の比率を図4に示す。MPの材質はPE、PP、PS、NYの4種であった。PEが53～78%と最も多く、PPが22～47%、PSが0～6%、NYが0～3%であった。河川から検出されるMPのポリマー種はPEとPPが最も多く、この2種で約70～90%を占めることが報告されており³⁷⁾、本研究でも同様の傾向が認められた。

静岡県内11地点の海岸で採取した砂に含まれるMPの調査が行われており、本研究で対象とした巴川が流れ込む清水港に面する三保内では、全調査地点で最も多い275個のMPが検出されたことが

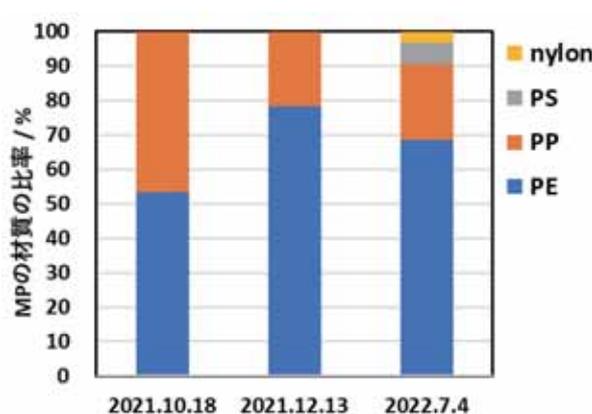


図4 巴川から検出されたMPの材質の比率

報告されている³⁸⁾。また、調査地点から約3 km以内に河口のある海岸について、河川流域の人口密度と、海岸の砂から検出されたMPの個数との間に比例関係が認められることを指摘している。三保内の海岸の砂から検出されたMPの材質は、PEが45%で最も多く、PPが27%、PSが24%であり、本研究で巴

川から検出されたMPの材質の比率と類似していたことから、当該河川から海域に流出したMPの一部が周辺の海岸に漂着・堆積している可能性がある。

3-4. 検出されたMPの形状と色の特徴

巴川から検出されたMPの形状の比率を図5に示す。これより、破片状の比率が63～74%であり最も多かった。次に多かった繊維状の比率が13～19%、発泡状が0～16%、膜状が3～9%であった。河川から検出されるMPの形状としては、破片状が最も多く、次いで繊維状、膜状が多いことが報告されており、既報と同様の傾向が認められた^{39,41)}。

図6にMPの色の比率を示す。様々な色のMPが検出され、透明、白、黒、青、茶などの割合が高い傾向が認められた。本研究では同一地点でMPを採取したが、採取日によって検出されない色もあった。群馬県による利根川や渡良瀬川など8地点における河川MP調査の結果では、検出されたMPの色の特徴は、白色の割合が最も多く19～48%、次いで透明が5～35%であり、地点によっては黒(3～31%)、緑(5～39%)、青(2～24%)も検出されたことを報告している⁴²⁾。

検出されたMPの色や形状の特徴のみから発生源を推定することは困難であるが、材質や流域等の情報もあわせて総合的に評価することで、限定的であるが発生源の推定が期待される。例えば、粒子径が3～5mmの円盤状または円柱状のPEやPPはプラスチック成型事業所等から漏出した樹脂ペレットに由来すること、中空球状のエチレン酢酸ビニルやウレタンは樹脂系被膜肥料に由来すること、緑色で破片・へら状のPEは人工芝に由来すること、白色で発泡状のPSは発泡スチロールに由来することが指摘されている^{41,43)}。

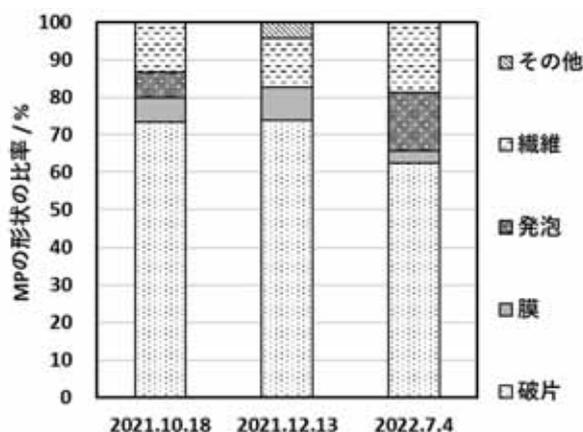


図5 巴川から検出されたMPの形状の比率

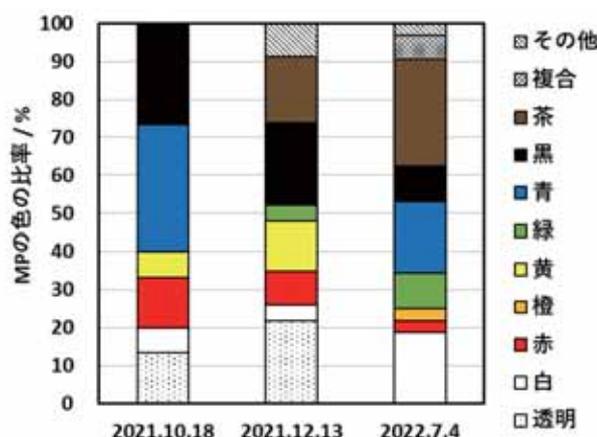


図6 巴川から検出されたMPの色の比率

4. まとめ

本研究では、静岡市を流域とする二級河川である巴川を対象河川とし、MPによる汚染実態を把握することを目的に、調査を行った。巴川中流域の同一地点で3回採取した結果、MPが検出され、その個数密度の平均値は4.02±2.47個/m³であった。MPの材質としてはPEが最も多く、PPと合わせて90%以上の検出比率であった。また、MPの形状は破片状の検出比率が63～74%と最も多く、その他に繊維状、

発泡状、膜状のMPが検出された。MPの色を確認したところ、透明、白、黒、青、茶など様々な色のMPが認められた。

本研究で対象とした巴川は、一級河川と比較して流域面積が小さい二級河川であるが、既に調査が進められている全国の河川におけるMP数密度の平均値と同程度のMPが検出された。これは、巴川水系の流域人口密度と市街地率が比較的高いことや、本川だけでなく支川も市街地を流れていることから、市街地で使用・廃棄されたプラスチックに由来するMPが河川に混入しているためと考えられる。また、巴川には下水処理場の処理水が放流されているだけでなく、流域内で単独処理浄化槽が多く使用されており、未処理の生活雑排水が流入していることから、生活排水由来のMPも多く存在していると予測される。

本研究で検出されたMPが、巴川を経由して折戸湾や駿河湾に流れ込み、日本近海の海洋MP汚染の増加に寄与している可能性がある。このように、関東や関西の大都市圏の河川だけでなく、地方都市の二級河川も海洋MPの発生源となる可能性がある。従って、国内の陸域から、海洋に流入するMPをより正確に把握することや、対策を検討するためには、地方都市の河川も対象としたMP汚染状況に関する情報の蓄積が必要といえる。

河川水のMP汚染状況は、その流域の特性に大きく影響を受けることが指摘されていることから、巴川におけるMPの発生源や流出経路を推定するために、今後、さらに詳細な流域特性の調査や、河川周辺のプラスチックゴミの散乱状況を調査することを計画している。

引用文献

- 1) Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017) . Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3 (7) , e1700782
- 2) Jambeck, JR., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, TR., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, KL. (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 347, pp.768-771
- 3) Cózar A, Echevarría F, González-Gordillo JI, Irigoien X, Ubeda B, Hernández-León S, Palma AT, Navarro S, García-de-Lomas J, Ruiz A, Fernández-de-Puelles ML, Duarte CM. (2014) Plastic debris in the open ocean. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 111 (28) , pp.10239-44
- 4) Carpenter EJ and Smith KL Jr. (1972) Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*, 175 (4027), 1240-1241
- 5) 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, 2016, 1, pp.51-68
- 6) Robinson N. and Figgenger C. (2015) . Plastic Straw Found Inside the Nostril of an Olive Ridley Sea Turtle, *Marine Turtle Newsletter.*, 147, pp.5-6
- 7) 外務省 (2018) , G7 シャルルボワ・サミット, https://www.mofa.go.jp/mofaj/ecm/ec/page25_001321.html (2022年9月28日アクセス)
- 8) 外務省 (2019) , G20大阪サミット, G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組, https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/g20/osaka19/pdf/documents/jp/annex_14.pdf (2022年9月28日アクセス)
- 9) 環境省 (2021) , プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律, <https://www.env.go.jp/content/000050379.pdf> (2022年9月28日アクセス)

- 10) Andrady AL. (2011) , Microplastics in the marine environment, *Mar Pollut Bull.*, **62** (8) , pp.1596-605
- 11) Kershaw, P.J. and Rochman C.M. (2016) Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment : part 2 of a global assessment, *Rep.Stud.*, **93**, p.221, https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf (2022年9月28日アクセス)
- 12) Boerger CM, Lattin GL, Moore SL, Moore CJ. (2010) Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre, *Mar Pollut Bull.*, **60** (12) , pp.2275-8.
- 13) Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. (2011) Microplastics as contaminants in the marine environment : a review. *Mar Pollut Bull.*, **62** (12) , pp.2588-2597
- 14) Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway TS. (2013) Microplastic ingestion by zooplankton, *Environ Sci Technol.*, **47** (12) , pp.6646-55
- 15) Mercogliano R, Avio CG, Regoli F, Anastasio A, Colavita G, Santonicola S. (2020) Occurrence of Microplastics in Commercial Seafood under the Perspective of the Human Food Chain. A Review., *J Agric Food Chem.*, **68** (19) , pp.5296-5301
- 16) Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, Catalano P, Notarstefano V, Carnevali O, Papa F, Rongioletti MCA, Baiocco F, Draghi S, D'Amore E, Rinaldo D, Matta M, Giorgini E. Plasticenta (2021) First evidence of microplastics in human placenta, *Environ Int.*, **146**, 106274
- 17) Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. (2022) Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, *Environ Int.*, **163**, 107199
- 18) Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Larat V, Karbalaeei S, Salamatinia B. (2018) Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats, *Sci.Total Environ.*, **612** (15) , pp.1380-1386
- 19) Schymanski D, Goldbeck C, Humpf HU, Fürst P. (2018) Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy : Release of plastic particles from different packaging into mineral water., *Water Res.*, **129**, pp.154-162
- 20) Yang D, Shi H, Li L, Li J, Jabeen K, Kolandhasamy P. (2015) Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ.Sci.Technol.*, **49** (22) , pp.13622-13627
- 21) Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Ohtake C, Kaminuma T. (2001) Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment, *Environ Sci Technol.*, **35** (2) , pp.318-24
- 22) Yamashita, R., Hiki, N., Kashiwada, F., Takada, H., Mizukawa, K., Hardesty, B.D., Roman, L., Hyrenbach, D., Ryan, P.G., Dilley, B.J., Muñoz-Pérez, J.P., Valle, C.A., Pham, C.K., Frias, J. (2021) Plastic additives and legacy persistent organic pollutants in the preen gland oil of seabirds sampled across the globe, *Environmental Monitoring and Contaminants Research*, **1**, pp.97-112
- 23) Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borrorro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G. and Reisser, J. (2014) Plastic pollution in the world's oceans : More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea, *PLOS ONE*, 0111913

- 24) Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T. and Iwasaki, S. (2015) East Asian seas : A hot spot of pelagic microplastics, *Marine Pollution Bulletin*, **101** (2) , pp.618-623
- 25) Yonkos LT, Friedel EA, Perez-Reyes AC, Ghosal S, Arthur CD. (2014) Microplastics in four estuarine rivers in the Chesapeake Bay, U.S.A., *Environ Sci Technol.*, **48** (24) , pp.14195-202
- 26) Sugiura, M., Takada, H., Takada, N., Mizukawa, K., Tsuyuki, S., Furumai, H. (2021) Microplastics in urban wastewater and estuarine water : Importance of street runoff., *Environmental Monitoring and Contaminants Research*, **1**, pp.54-65
- 27) 坂本広美, 三島聡子, 長谷部勇太, 菊池宏海, 難波あゆみ, 池貝隆宏 (2019) 相模湾沿岸に漂着したマイクロプラスチックの実態調査, *環境と測定技術*, **46** (10) , pp. 3 - 9
- 28) Kataoka T, Nihei Y, Kudou K, Hinata H (2019) Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan, *Environ Pollut.*, **244**, pp.958-965
- 29) Nihei Y, Yoshida T, Kataoka T, Ogata R. (2020) High-Resolution Mapping of Japanese Microplastic and Macroplastic Emissions from the Land into the Sea., *Water.*, **12** (4) , 951
- 30) 静岡県・静岡市 (2021) 巴川流域水害対策計画, 平成22年3月 (令和3年7月 変更) , <https://www.city.shizuoka.lg.jp/000913760.pdf> (2022年9月28日アクセス)
- 31) 静岡県・静岡市 (2021) 巴川流域総合治水対策協議会, 令和3年度 巴川流域水害対策計画によるモニタリング (継続監視) の公表, 令和4年7月, <https://www.city.shizuoka.lg.jp/000901955.pdf> (2022年9月28日アクセス)
- 32) 静岡市 (2021) 静岡市の環境, 令和3年度年次報告書, 第3章, pp.29-37, <https://www.city.shizuoka.lg.jp/000908225.pdf> (2022年10月27日アクセス)
- 33) 静岡県・静岡市 (2021) 巴川水系河川整備計画, pp.47-48, http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-320/documents/tomoe_keikaku3.pdf (2022年10月27日アクセス)
- 34) 環境省水・大気環境局水環境課 (2020) 河川マイクロプラスチック調査ガイドライン, <https://www.env.go.jp/content/900543325.pdf> (2022年9月28日アクセス)
- 35) 工藤功貴, 片岡智哉, 二瓶泰雄, 日向博文, 島崎穂波, 馬場大樹 (2017) 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検討, *土木学会論文集B1 (水工学)*, **73** (4) , pp.1225-1230
- 36) Kameda Y, Yamada N, Fujita E. (2021) Source- and polymer-specific size distributions of fine microplastics in surface water in an urban river., *Environ Pollut.*, **284** (1) , 117516.
- 37) 三島聡子, 小澤憲司, 中山駿一, 菊池宏海, 難波あゆみ, 片岡智哉, 二瓶 泰雄 (2022) 流域～河川～海岸におけるプラスチック片堆積状況の比較解析の試み～神奈川県引地川流域を例に～, *水環境学会誌*, **45** (1) , pp.111-19
- 38) 伊藤彰, 瀧井美樹, 金子智英, 山本愛菜 (2020) 海岸域におけるマイクロプラスチック等の実態調査に関する研究, *静岡県環境衛生科学研究所報告*, **63**, pp. 1 - 7
- 39) 松島由佳, 畠山貴紀, 山本裕一, 山本 大樹, 米谷健司, 蝦名紗衣 (2021) 横浜市内の河川マイクロプラスチック横断方向調査, *季刊全国環境研会誌*, **46** (3) , pp.123-128
- 40) 二瓶泰雄 (2021) 多摩川におけるマイクロプラスチック汚染状況と魚類への影響, *公益財団法人東急財団*, **50** (362) , <https://foundation.tokyu.co.jp/environment/wp-content/uploads/2021/>

- 04/A362.pdf (2022年11月2日アクセス)
- 41) 山梨県 (2022) 令和3年度山梨県河川マイクロプラスチック調査等業務報告書, https://www.pref.yamanashi.jp/kankyo-sb/documents/r3_tyousa_kannzennbann.pdf (2022年11月2日アクセス)
 - 42) 群馬県 (2021) 群馬県海岸漂着物対策地域計画検討会議第2回資料, <https://www.pref.gunma.jp/contents/100232970.pdf> (2022年11月2日アクセス)
 - 43) 神奈川県環境科学センター (2020) 一般参加によるマイクロプラスチック分布調査報告書, <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/3464/mpcrowdrep.pdf> (2022年11月2日アクセス)