

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—

松島由佳、畠山貴紀、山本裕一、山本大樹、米谷健司（横浜市環境科学研究所）、
蝦名紗衣（横浜市環境創造局）

Microplastics survey in Yokohama City (Part7) - Examination of microplastic monitoring methods in the rivers-

Yuka Matsushima, Takanori Hatakeyama, Yuichi Yamamoto, Hiroki Yamamoto, Kenji Yoneya
(Yokohama Environmental Science Research Institute), Sae Ebina (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：マイクロプラスチック、河川、海洋環境、横断方向、プランクトンネット

要 旨

横浜市環境科学研究所では、2017年からマイクロプラスチック（MP）の実態調査を行い、市内沿岸及び市内河川においてMPの存在を確認している。本報では、河川におけるMP調査方法への影響因子の確認のため検討を行い、プランクトンネットの改良とともに、河川横断方向でのMPの個数密度や組成等の変動について、川幅の異なる市内3河川3地点で調査した結果を報告する。改良した角形プランクトンネットは市販の丸形プランクトンネットと同等以上の濾過効率があることが確認した。また、MPの形状や組成は、いずれの河川においても横断方向で大きな違いはみられなかったが、個数密度については鶴見川亀甲橋において、右岸及び流央（河川横断方向の中央部分）と比べて左岸で高い傾向がみられた。この違いが生じた一因として、調査地点上流の河川環境や採取位置での横断方向の断面形状及び流速の影響があるものと推測された。

1. はじめに

近年、プラスチックごみやマイクロプラスチック（一般的に5 mm以下の微細なプラスチック¹⁾、以下MPと略す)による海洋汚染が国際的な問題となっている²⁾。2019年6月に開催されたG20大阪サミットでは、2050年までに海洋プラスチックごみの追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルーオーシャンビジョン」が共有され、海洋プラスチックごみに関する国際的な取組みが進んでいる³⁾。

横浜市環境科学研究所では2017年から市内環境中のMP調査を行っている^{4)~6)}。このうち、市内沿岸の6か所の調査では、全ての海岸においてMPが観察された。このため、海域へのMPの流入経路の一つと考えられる市内河川中のMP調査を行うこととした。この結果、調査した全ての河川でMPが確認された。今後、市内河川中のMPの実態を長期的に把握するためには、調査方法の確立が必要である。河川中のMP調査方法における調査結果のばらつきへの影響因子と考えられる試料採取及び分析について検証する必要がある。

今回、河川中のMP調査方法の検討として、試料採取に着目し、試料採取時に安定してMPを採取できるように採取道具であるプランクトンネットの改良を行った。更にこれを用いて、採取位置について検討するため、河川横断方向でのMPの個数密度や組成等の変動について川幅の異なる市内3河川3地点で調査した結果を報告する。



図1 調査地点

2. 調査方法

2-1 調査地点と採取日

採取は川幅の異なる 3 つの河川（鶴見川：延長約 43 km・流域面積約 235 km²の一級河川、帷子川：延長約 17 km・流域面積約 57 km²の二級河川、大岡川：延長約 14 km・流域面積約 35 km²の二級河川）の各 1 地点で行った（図 1、表 1）。なお、採取は 2020 年 9～12 月に各地点 2 日ずつ行った。

2-2 プランクトンネットの改良と濾過効率測定

試料採取は、既往の研究⁷⁾を参考に作製した図 2(a)に示すプランクトンネット（開口部一辺 30 cm、側面の長さ 120 cm）を用いて行った。開口部の形状は図 3(a)に示すように、河川水中の MP が多く分布していると思われる最表層を安定して捕集するために、市販の丸形ではなく角形とした。また、プランクトンネットの目開きは、MP 調査の主流サイズであることや採取した MP が目視で観察できる大きさであることを考慮して 300 μm とした⁸⁾。なお、プランクトンネットの内部には濾水計（GENERAL OCEANIC 社製、GO-2030R 低速用ローター付）をセットし、プランクトンネットの内部を通過した水量を算出した。

また、作製した角形プランクトンネットについて、市販品と同等の濾過性能があるのかを確認するため、目詰まりによる濾過効率（濾過効率＝実際に網目を通過した水量／ネットの口輪を通過した水柱量⁹⁾）の低下の有無について両者を比較することとした。調査は 2019 年の調査で使用した市販の丸形プランクトンネット（図 2(b)）と今回作製した角形プランクトンネットを用いて、2021 年 10 月に帷子川横浜新道下で行った。

濾過効率は、図 3 (b) に示すように濾水計のみと各プランクトンネットを同時に河川水中に浸漬させ、1 分毎の両濾水計のカウント数を計測し、算出した。なお、計測は MP 調査時の採水量目安としている 20 m³を十分上回る採水量での濾過効率を確認するため 35 分間とした¹⁰⁾。

2-3 試料採取方法

試料採取は河川中に立ち入り、プランクトンネット開口部の最上端が水面際になるように手で固定して行った。

採取位置は図 4 に示すように、各地点の右岸（川の上流から下流に向かって右側）、流央（河川横断方向の中央部分）、左岸（川の上流から下流に向かって左側）の横断方向 3 点にて行い、それぞれの位置で各 3 回、合計 9 回試料を採取した。

2-4 試料前処理

採取した試料の分析フローを図 5 に示す。

プランクトンネットの捕集物は藻や落葉などの有機物を除去するために、フェントン処理¹¹⁾を行った。フェントン処理は水 130 mL に対して 30 %過酸化水素 20 mL と硫酸鉄 0.07 g を添加し、5 日以上静置して行った。フェントン処理後の試料は 40 °C で乾燥後、人工物と思われるものをピックアップし、分析対象とした。

2-5 MP の同定

ピックアップした人工物について、実体顕微鏡（オリンパス社製 SZH10）で大きさを計測後、FT-IR（Thermo Fisher Scientific 社製 Nicolet iS5）を用いて材質を分類した。なお、FT-IR は ATR 法（プリズムに試料を密着させ、試料表面から数 μm もぐりこんで反射する全反射光を測定する方法）を用いた。

表 1 調査地点詳細

地点番号	地点名	水系	調査日	川幅(m)
①	亀甲橋	鶴見川	2020/11/24, 2020/12/23	約 23
②	横浜新道下	帷子川	2020/9/14, 2020/10/22	約 10
③	青木橋	大岡川	2020/11/10, 2020/12/18※	約 3

※一部で濾水計が回らなかったため欠測

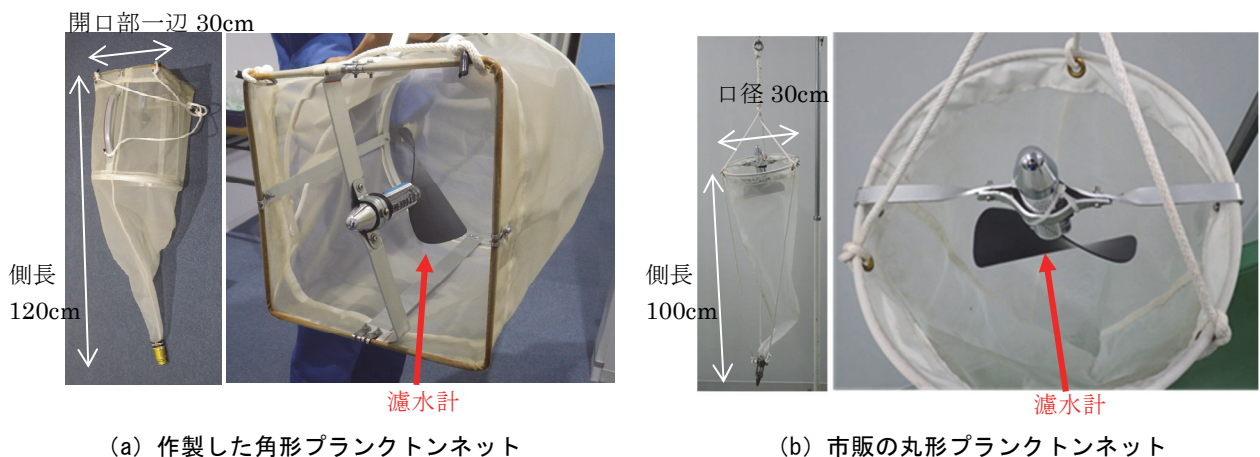


図 2 各プランクトンネット外観

2-6 河川環境の調査

調査した3河川の違いを考察するため、調査地点における周辺の環境を調査するとともに試料採取位置での河川の断面形状及び流速を測定した。調査は2021年6月に行った。

断面の形状を調べるため、横断方向30~50cm毎に各点の水深を測定した(図6)。なお、鶴見川亀甲橋では左

岸から21~23mは水深が深く実測が困難であったため、定規の沈込み等の状況から推測した。また、流速は横断方向30~50cm毎に電磁流速計(ケネック社製VE10)を用いて5秒平均流速を5回測定した。

なお、いずれも徒歩観測法(川を歩いて渡りながら測定する方法)で行った¹²⁾。

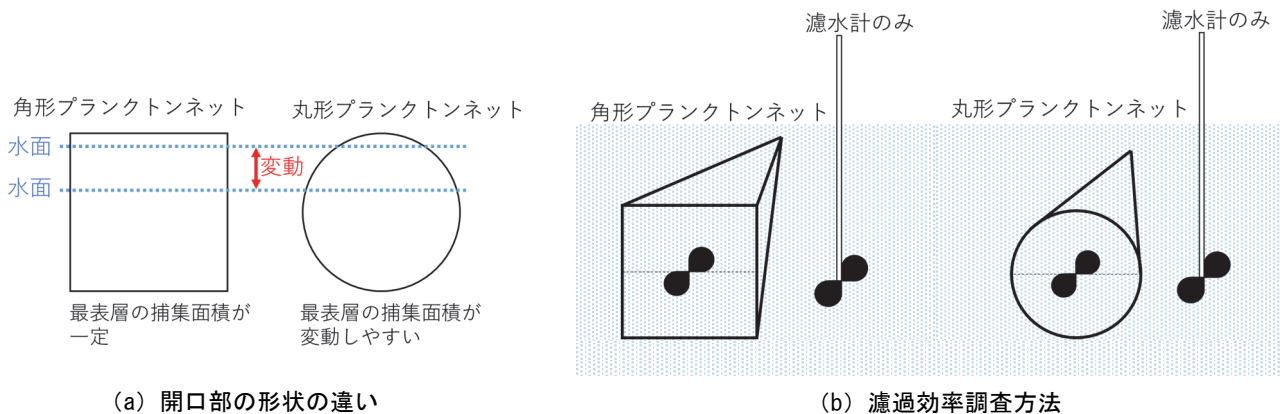


図3 プランクトンネット開口部の形状の違いと濾過効率調査方法



図4 各河川の横断方向調査位置

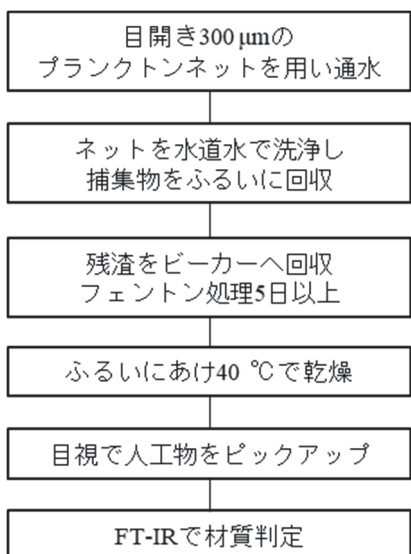


図5 分析フロー



図6 横断方向の水深及び流速測定

3. 結果と考察

3-1 プランクトンネットの形状による濾過効率

各プランクトンネットの濾過効率の変化を図7に示す。この結果、丸形プランクトンネットは採水直後から86%まで濾過効率が低下し、その後も83~96%の間で推移していた。一方、角形のプランクトンネットは、採水直後に94%まで低下するものの、その後採水量が58m³まで増えても86~108%間を推移していた。これより、角形のプランクトンネットは丸形と比べて概ね高い濾過効率を維持していることが確認できた。

3-2 河川横断方向におけるMP 個数密度

各地点での横断方向3か所におけるMP 個数密度を図8~図10に示す。

この結果、鶴見川亀甲橋（以下、亀甲橋）での個数密度は、左岸で1.4~11個/m³、流央で2.0~3.8個/m³、右岸で2.7~5.7個/m³となっていた。なお、各位置における個数密度の平均値は左岸で8.3個/m³、流央で2.7個/m³、右岸で4.0個/m³となっており、左岸では流央や右岸に比べて2倍以上高かった。

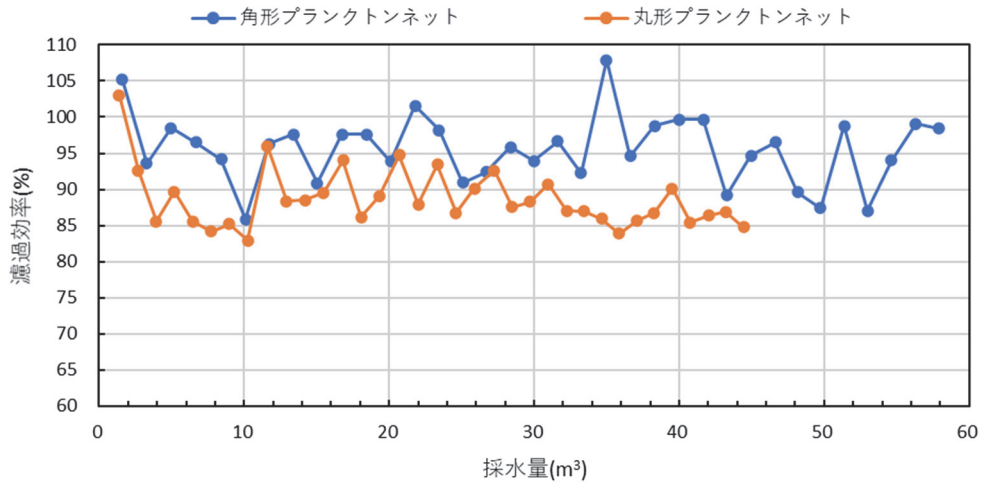


図7 採水量による濾過効率の変化

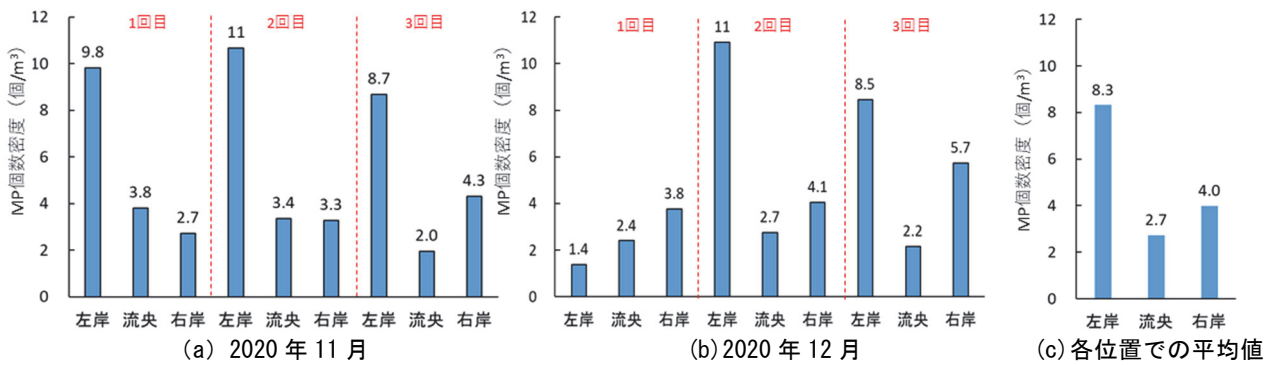


図8 MP 個数密度 (鶴見川亀甲橋)

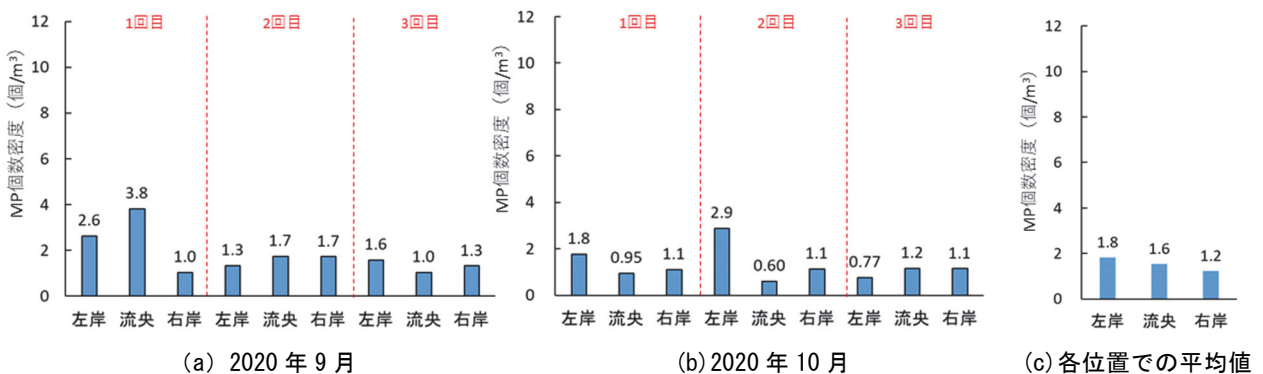


図9 MP 個数密度 (帷子川横浜新道下)

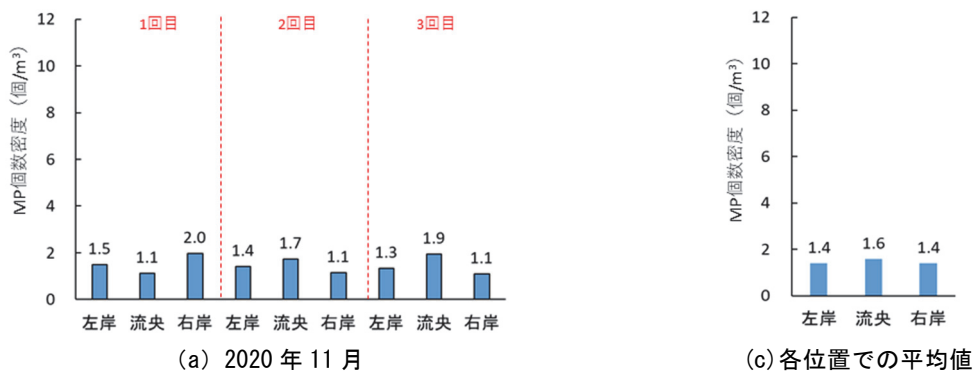


図10 MP 個数密度 (大岡川青木橋)

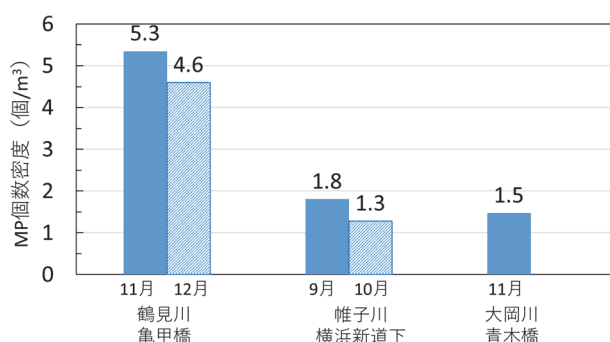


図11 各地点のMP 個数密度平均値

また、帷子川横浜新道下（以下、横浜新道下）での個数密度は、左岸で 0.77~2.9 個/m³、流央で 0.60~3.8 個/m³、右岸で 1.0~1.7 個/m³であった。なお、各位置における個数密度の平均値は左岸で 1.8 個/m³、流央で 1.6 個/m³、右岸で 1.2 個/m³となっており、位置による個数密度の違いは 0.6 個/m³程度であった。

大岡川青木橋（以下、青木橋）の個数密度は、左岸で 1.3~1.5 個/m³、流央で 1.1~1.9 個/m³、右岸で 1.1~2.0 個/m³であった。なお、各位置における個数密度の平均値は、左岸で 1.4 個/m³、流央で 1.6 個/m³、右岸で 1.4 個/m³となっており、位置による違いは 0.2 個/m³程度であった。これより、亀甲橋においてのみ採取位置によるMP 個数密度の違いが大きく、左岸で高い傾向であることを確認した。

また、3 河川の個数密度について調査日ごとの平均値を図 11 に示した。この結果、個数密度の平均値は亀甲橋では 4.6~5.3 個/m³、横浜新道下では 1.3~1.8 個/m³、青木橋では 1.5 個/m³であり、亀甲橋の個数密度が他の 2 河川に比べて 2 倍以上高かった。これより、亀甲橋では他の 2 河川とは異なり、上流において MP が何らかの要因で河川に流入している可能性が考えられる。

3-3 MP の形状

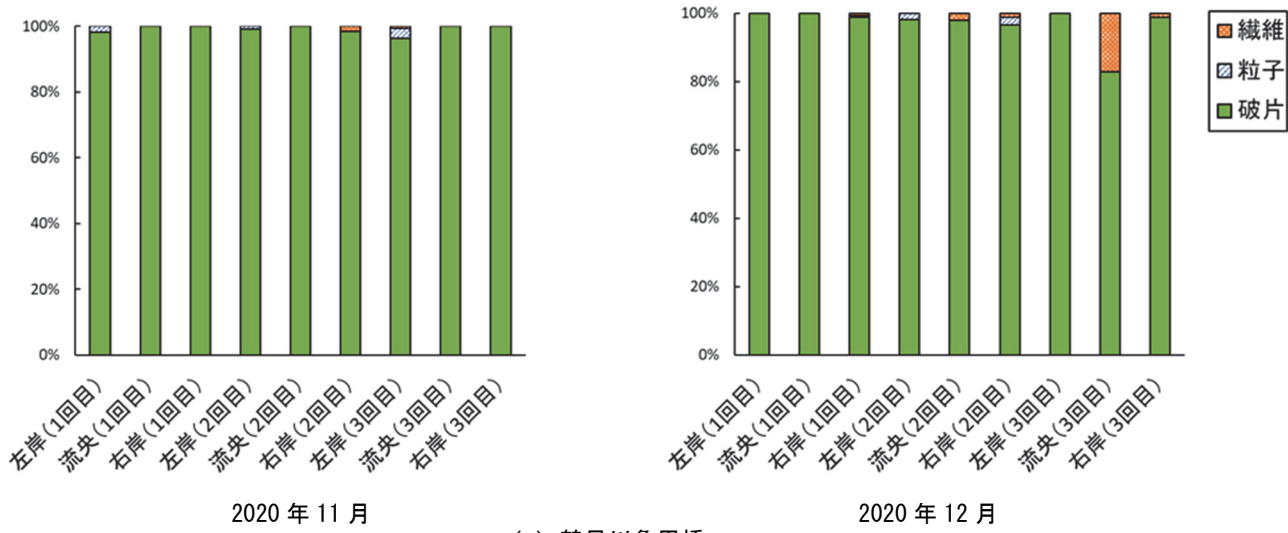
各地点での MP の形状を図 12 に示す。この結果、亀甲橋では、12 月の流央 3 回目では繊維が 17 % 観察された

が、それ以外では粒子や繊維が一部観察されたものの、96 % 以上が破片であった。また、横浜新道下では、繊維が最大 14%、粒子が最大 4 % 観察されたが、86 % 以上が破片であった。青木橋においても繊維が最大 9 %、粒子が最大 5 % 観察されたが、91 % 以上は破片であった。

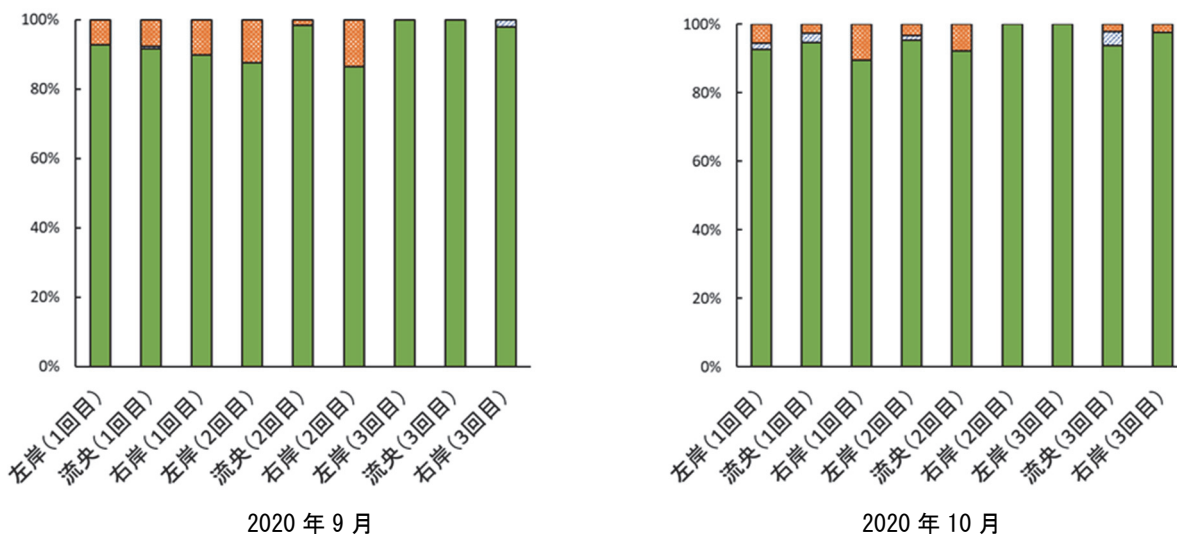
3-4 MP の材質

各地点の MP の材質を図 13 に示す。この結果、亀甲橋ではポリエチレン (PE) が 23~56 %、ポリプロピレン (PP) が 20~47 %、ポリスチレン (PS) が 0~12 %、その他プラスチックが 2~33 % であった。また、横浜新道下では、PE が 28~72 %、PP が 22~62 %、PS が 0~15 %、その他プラスチックが 0~15 % となった。青木橋では、PE が 19~57 %、PP が 28~56 %、PS が 4~25 %、その他プラスチックが 0~19 % であった。

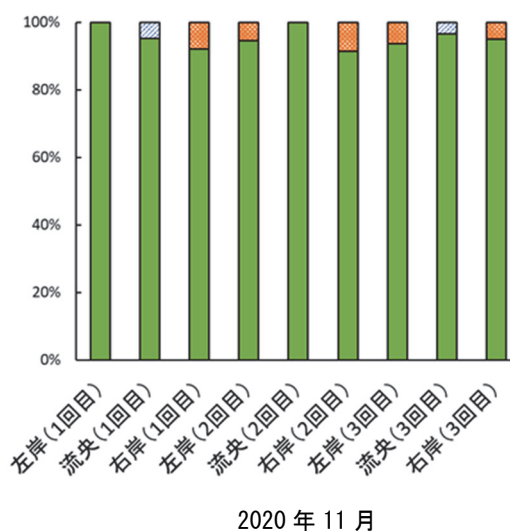
全地点を材質別にみると、PS については、大岡川青木橋では、10 % を超えるものが 9 試料中 5 試料で観察されており、青木橋の 11 月左岸 1 回目では 25 % であった。その他プラスチックについては、亀甲橋の 11 月流央 2 回目・右岸 3 回目及び 12 月右岸 1 回目では 29~33 % であったが、それ以外では 20 % を超えるものはなかった。一方、いずれの地点においても、PE と PP が多く観察され、横断方向の採取位置（左岸、流央、右岸）や調査日（9~12 月）、採取回数（1~3 回目）にかかわらず、PE と PP が全体の 60 % 以上であることを確認した。



(a) 鶴見川亀甲橋

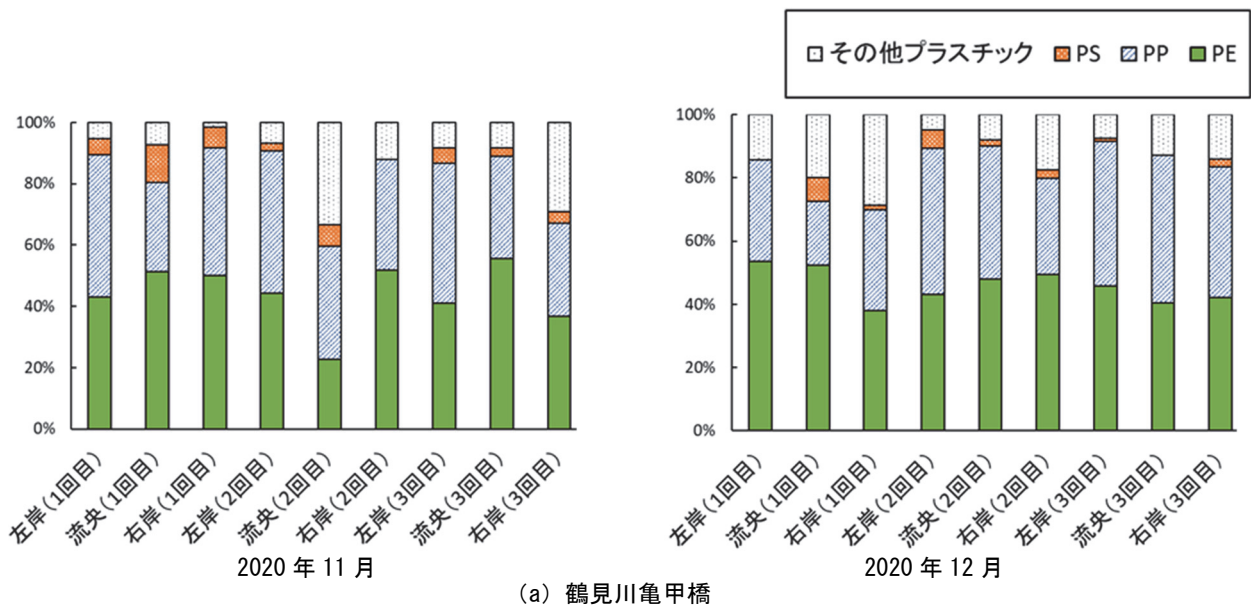


(b) 帷子川横浜新道下

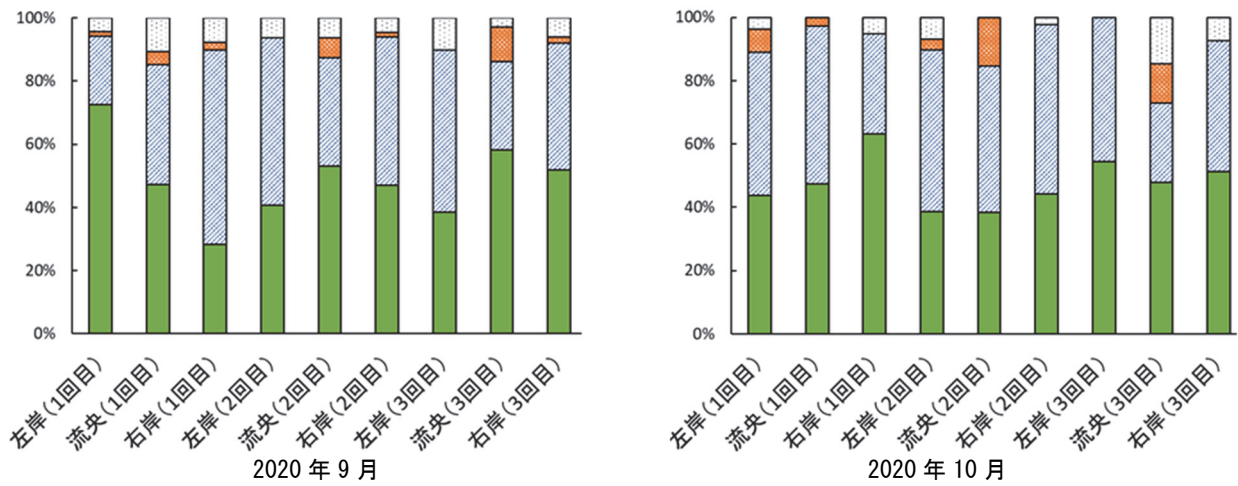


(c) 大岡川青木橋

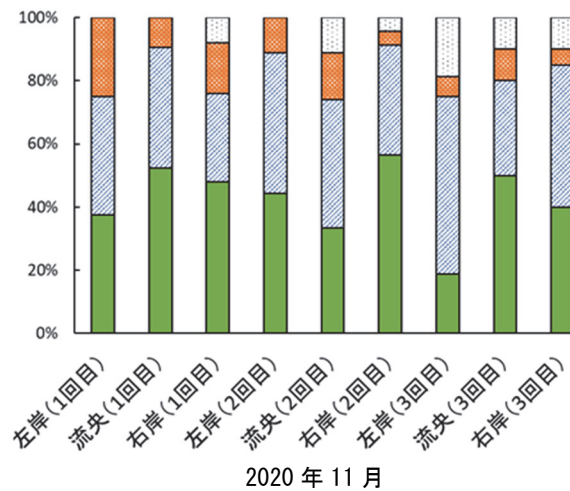
図12 各地点のMP形状



(a) 鶴見川亀甲橋



(b) 帷子川横浜新道下



(c) 大岡川青木橋

図 13 各地点の MP 材質

3-5 河川環境の影響

調査地点の周辺環境について図 14 に示す。亀甲橋では、採取位置の上流約 120 m 及び 30 m 部分に浅瀬があり、部分的に白波が立っていた。また、横浜新道下では、採取位置の上流約 9.6 m の部分で川が蛇行していた。一方、青木橋では、採取位置の上流約 26 m 部分で 50 cm 以上の岩が横断方向に並んでおり、同部では下流方向に約 0.3 m 低下する段差が存在し、川が滝のように白波を立てていた。なお、いずれの地点においても、採取位置上流 50 m 以内に支流の合流や排水口などの流入口は確認されなかった。

採取位置における横断方向の断面形状及び流速測定結果を図 15-1~15-2 に示す。亀甲橋では、流央付近に水深が 0.3 m と浅い部分がみられ、右岸では水深が 1.1 m 以上と深くなっており、横断方向での断面形状に違いがあることがわかった。

また、横断方向の流速については、流央付近で 15 cm/s まで低下するものの、左岸から 2.5~15.5 m 付近までは 20~40 cm/s であり、左岸から 16~20.5 m については、44~73 cm/s と速くなっていた。横浜新道下では、流央で水深が 0.7 m と最も深くなっており、断面形状は左岸から流央に向けて一度凸状となり、流央で最も深くなった後、右岸に行くに従い浅くなる形状を呈していた。流速は左岸から 6.5 m までは 22~34 cm/s となっているが、左岸から 7 m 以降は右岸側に行くに従い流速は遅くなり、左岸から 9 m 付近では 8 cm/s まで低下した。一方、青木橋では、水深は流央に向けて凹状となっており、0.2~0.4 m であった。また、流速は 22~44 cm/s となっており、左岸・右岸と比べて流央で速かった。

以上から、調査地点によってそれぞれ上流に浅瀬や蛇行があること、及び横断方向の断面形状や流速に違いがあること、また、3 地点の中でも最も川幅の大きな亀甲橋では、横断方向の水深や流速の変化が他の 2 地点と比べて大きいことがわかった。これらが亀甲橋での MP 個数密度の横断方向での違いの一因となった可能性が推測される。

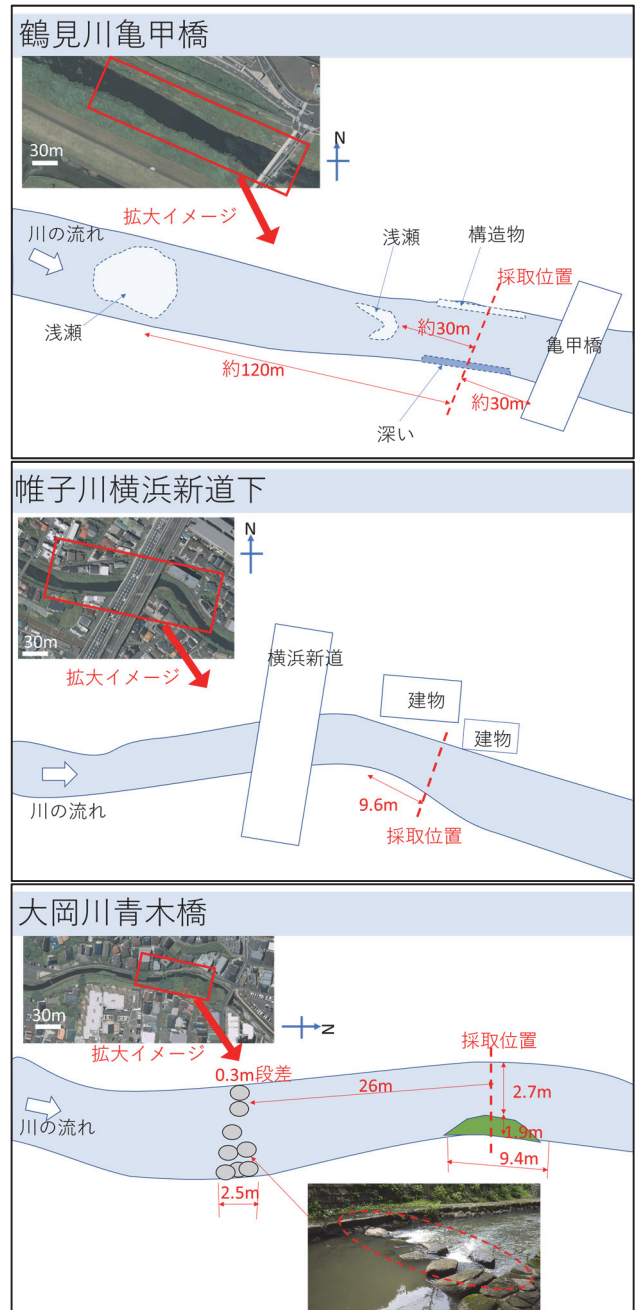


図 14 調査地点の周辺環境調査
(国土地理院の地図¹³⁾を編集・加工)

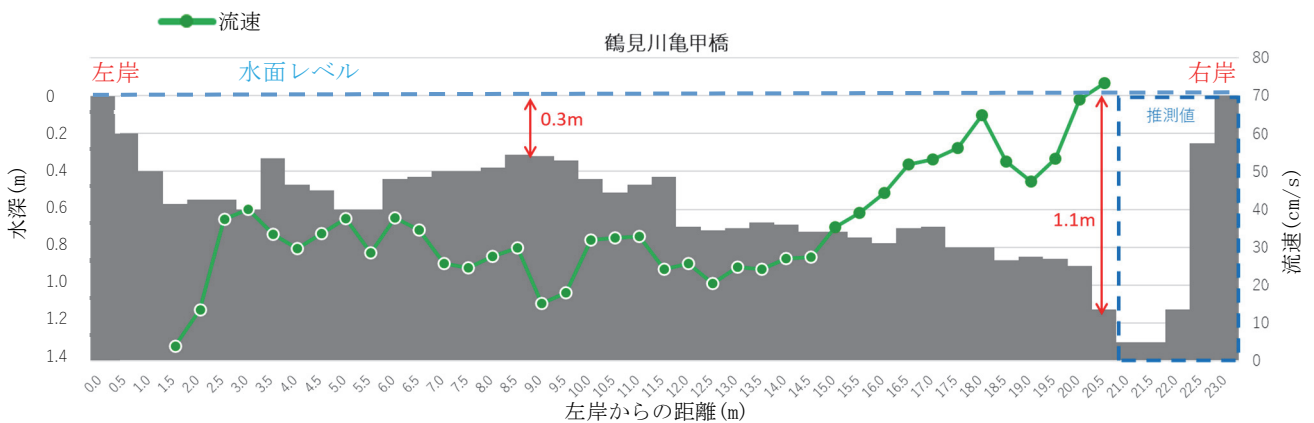


図 15-1 調査地点の断面形状及び流速測定結果（鶴見川亀甲橋）

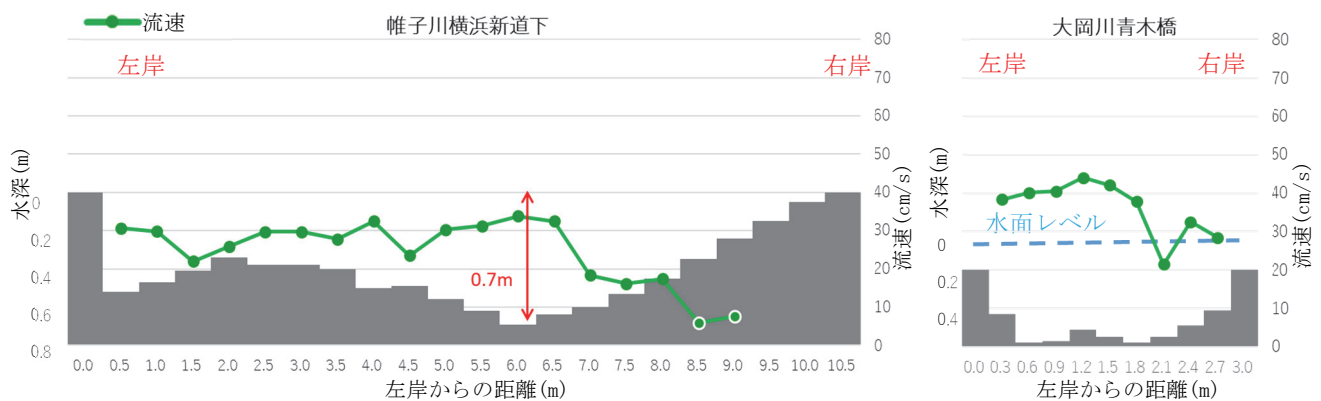


図 15-2 調査地点の断面形状及び流速測定結果（帷子川横浜新道下及び大岡川青木橋）

4. まとめ

河川中の MP 調査方法の検討として、プランクトンネットの改良を行い、これを用いて河川横断方向での MP の個数密度や組成等の変動について川幅の異なる市内 3 河川 3 地点で調査した。

プランクトンネットについて、河川水中の MP が多く分布していると思われる最表層を安定して捕集するために、開口部の形状を丸形から角形へと改良した。目詰まりによる濾過効率の低下の有無について調査したところ、作製した角形プランクトンネットは市販の丸形プランクトンネットと同等以上の濾過効率があることが確認された。

河川横断方向の MP 調査の結果、MP 個数密度については、横浜新道下及び青木橋では、横断方向（左岸、流央、右岸）での違いはみられなかったが、亀甲橋では、左岸の MP 個数密度が高い傾向がみられた。また、3 地点の MP 個数密度の平均値を比較すると、亀甲橋が 2 倍以上高く、亀甲橋では他の 2 河川とは異なり、上流において MP が何らかの要因で河川に流入している可能性が考えられる。

一方、MP の形状や組成については、3 地点とも横断方向での違いは確認されなかった。

また、調査した 3 地点の周辺環境の観察や採取位置での横断方向の断面形状及び流速を測定した結果、調査地点によってそれぞれ上流に浅瀬や蛇行があること、及び横断方向の断面形状や流速に違いがあることがわかった。また、3 地点の中でも最も川幅の大きな亀甲橋では、横断方向の深さや流速の変化が他の 2 地点と比べて大きいことがわかった。以上から、亀甲橋で MP 個数密度の横断方向での違いが生じた一因として、採取位置上流の河川環境や採取位置の横断方向の断面形状及び流速の影響があるものと推測された。

※本稿は松島由佳他：横浜市内の河川マイクロプラスチック横断方向調査、全国環境研究会誌、vol. 46 No. 3、123-128 (2021) に新しくデータを追加した上で、加筆・修正したものである。

文献

- 1) Andrady A. L. : Microplastics in the marine Environment, *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596-1605 (2011)
- 2) 環境省：環境白書 令和二年版、25-36(2020)
- 3) 外務省：G20 大阪首脳宣言、https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/g20/osaka19/jp/documents/final_g20_osaka_leaders_declaration.html (2021 年 11 月時点)
- 4) 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）-沿岸のマイクロプラスチックの漂着状況-、横浜市環境科学研究所報、**43**、26-30(2019)
- 5) 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）-野島海岸のマイクロプラスチック漂着量の季節変動-、横浜市環境科学研究所報、**44**、52-58(2020)
- 6) 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）-市内河川のマイクロプラスチック調査-、横浜市環境科学研究所報、**45**、13-20(2021)
- 7) T. Kataoka, Y. Nihei, K. Kudou, H. Hinata: Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan, *Environmental Pollution*, **244**, 958-965(2019)
- 8) Ministry of the Environment Japan: Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods, Ministry of the Environment Japan, 18-22(2019)
- 9) 小笹悦二、木元克則：プランクトンネットの開口比が濾過効率と採集量に及ぼす影響、西海区水産研究所研究報告、**66**、13-19 (1988)
- 10) 環境省：河川マイクロプラスチック調査ガイドライン、9-11(2021)
- 11) Rachel R. Hurley, Amy L. Lusher, Marianne Olsen, Luca Nizzetto: Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices, *Environmental Science and Technology*, **52**, 7409-7417(2018)
- 12) 土木研究所：平成 14 年度版水文観測、99-101(2002)
- 13) 国土地理院：地理院地図、<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1> (2021 年 11 月時点)