

〈研究発表〉

給水栓を対象としたマイクロプラスチックの簡易分析法の開発

永井 勇 真¹⁾, 伊藤 尚 輝²⁾, 川 寄 悦 子¹⁾

中村 昌 文¹⁾, 鎌 田 素 之³⁾

¹⁾ 株式会社 分析検査部

(〒523-8555 滋賀県近江八幡市北之庄町908番地)

²⁾ 関東学院大学大学院 工学研究科物質生命科学専攻

(〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)

³⁾ 関東学院大学 理工学部理工学科応用化学コース

(〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1 E-mail:motoyuki@kanto-gakuin.ac.jp)

概要

水環境の様々な試料からマイクロプラスチック（以下MPs）が検出されているが、試料の採取、前処理、分析には煩雑な操作が必要であり、結果を得るまでに多大な時間を要する。また水道に関するMPsの知見は限られており、MPsの存在実態やその起源を把握するために簡便な分析方法が必要と考え、蛍光染色法による給水栓に特化した簡易分析方法を開発し、MPsの測定を実施した。

キーワード：マイクロプラスチック、蛍光染色、水道水

原稿受付 2024.8.27

EICA: 29(2・3) 132-135

1. 研究背景と目的

MPsは海をはじめとする水環境中から広く検出され、世界的にも関心が高く、存在実態の把握や対応策が検討されている。一方で、我々が利用する水道水については知見が限られている。国内における知見では、亀田ら¹⁾は水道水中に含まれる20 μ m以上のMPsを対象に比重分離と顕微FTIRを組み合わせることで、高い回収率と高い精度の分析方法を開発し、開発した方法を適用して地下水を水源とする水道水から78 \pm 10.4~2130 \pm 358個/m³のMPsを検出している。また、二瓶ら²⁾は水道水をフィルターで濾過し、直接、顕微FTIRで観察することで分析時間を短縮した方法を開発し、国内8カ所の水道水から1.9~225個/LのMPsを検出している。国外ではHuiyan Tong³⁾が、中国の異なる都市で38の水道水サンプルを採取し、1 μ m~5mmのMPsを440 \pm 275個/L検出しており、さらにこれ以外にもいくつかの知見が報告されている。

このように水道水からは1Lあたり数個~数百個のMPsが検出されているが、存在実態やMPsの起源については十分に明らかになっておらず、特に国内での知見は限られている。水道水中のMPsの分析には顕微FTIRや顕微ラマンのような光学的手法を用いてプラスチックの種類まで同定する分析方法が広く用いられている^{1,2)}が、装置が高価であること、分析に時間を要することなどが課題である。一方で、蛍光染色を行い蛍光顕微鏡によりカウントする手法³⁾はMPsの

種類を厳密に同定することは難しいが、顕微FTIRや顕微ラマンと比べると装置が安価であり、装置の汎用性も高いことから簡便な分析方法として注目を集めている。これらの背景を踏まえて、本研究では、水道水に適用可能な簡易なMPsの分析方法の開発を目的とした。

2. 実験方法

河川や湖沼、海などの水試料を対象としたMPsの分析は主にプランクトンネットを使用して試料を採取し、採取した試料を比重分離、有機物分解等の前処理を実施後、分析を行っている例が多く、煩雑な操作が必要であり、前処理を実施する環境によっては空気等からの汚染も懸念される。一方、水道水は、河川水等と比べて清澄であり、混在する有機物等も少なく、蛇口では一定の圧力を有することから、蛇口から直接採取することで簡便な試料の採取が可能と考えられる。分析方法については安価で迅速な分析が可能な蛍光染色と蛍光顕微鏡による計測を組み合わせた方法を採用した。加えて、使用する器具はプラスチック由来の汚染を避けるため、できる限りプラスチック製品は使用せず、コストを抑えるために市販品を活用する方法を検討した。

採水に使用した器具をFig.1に示す。採水ではFig.2に示すように市販のねじ変換アダプター（以下金属ソケット）（SANEI社製）の内部に、試料を採取



Fig. 1 Equipment used for water sampling

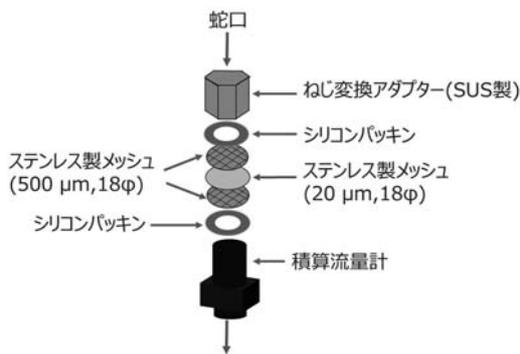


Fig. 2 Composition of equipment used for sample collection

するための直径 18 mm 目開き 20 μm のステンレス製メッシュ (東京スクリーン社製) を置き、その上下を直径 18 mm 目開きが 500 μm のステンレス製メッシュ (東京スクリーン社製) とシリコンパッキンで挟んで装着し、金属ソケットの下部に積算流量計 (クローネ社製) を接続した。分析には目開き 20 μm のステンレス製メッシュを使用した。採取の際には蛇口

にステンレス製メッシュ等をセットし積算流量計を接続した金属ソケットを接続し、水道水を通水し、流速と積算流量を測定した。水道水を通水後は、金属ソケットとデジタル流量計を蛇口から取り外し、金属ソケットの上部に金属製の水栓プラグで蓋をして、その後、流量計を取り外し、水栓プラグで蓋をして、実験室に持ち帰った (Fig. 3)。

前処理は、比重分離は行わず、過酸化水素を用いた有機物の分解のみを実施した。金属ソケットの片方の水栓プラグを外し、30% 過酸化水素を 1 mL 滴下し、再び、金属製の水栓プラグで蓋をし、ホットプレート上で 90 $^{\circ}\text{C}$ で一定時間加温することで有機物の分解を行った。加温終了後、片方の水栓プラグを取り外し、フレキパイプ用ニップルでステンレス製メッシュが落ちないように固定した後、もう一方の水栓プラグを取り外し、水道水を通水した際と同じ方向で超純水を 20 mL 流し、ステンレス製メッシュの洗浄を行った。その後、金属ソケットの片方を水栓プラグで蓋をした

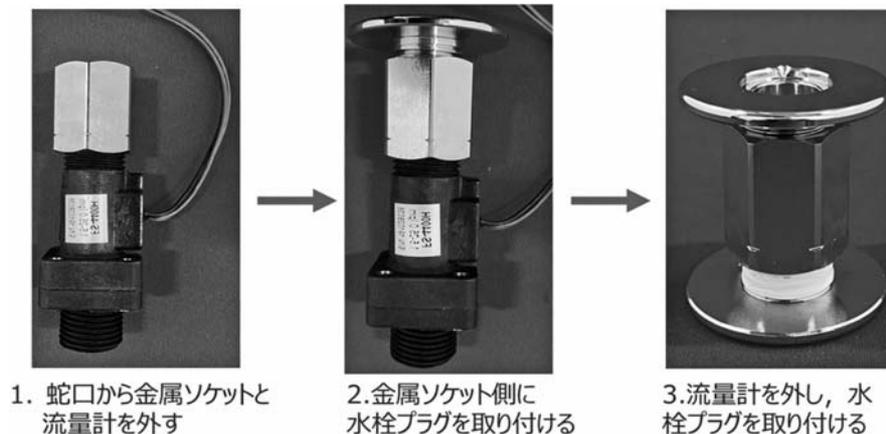


Fig. 3 Operation after sampling

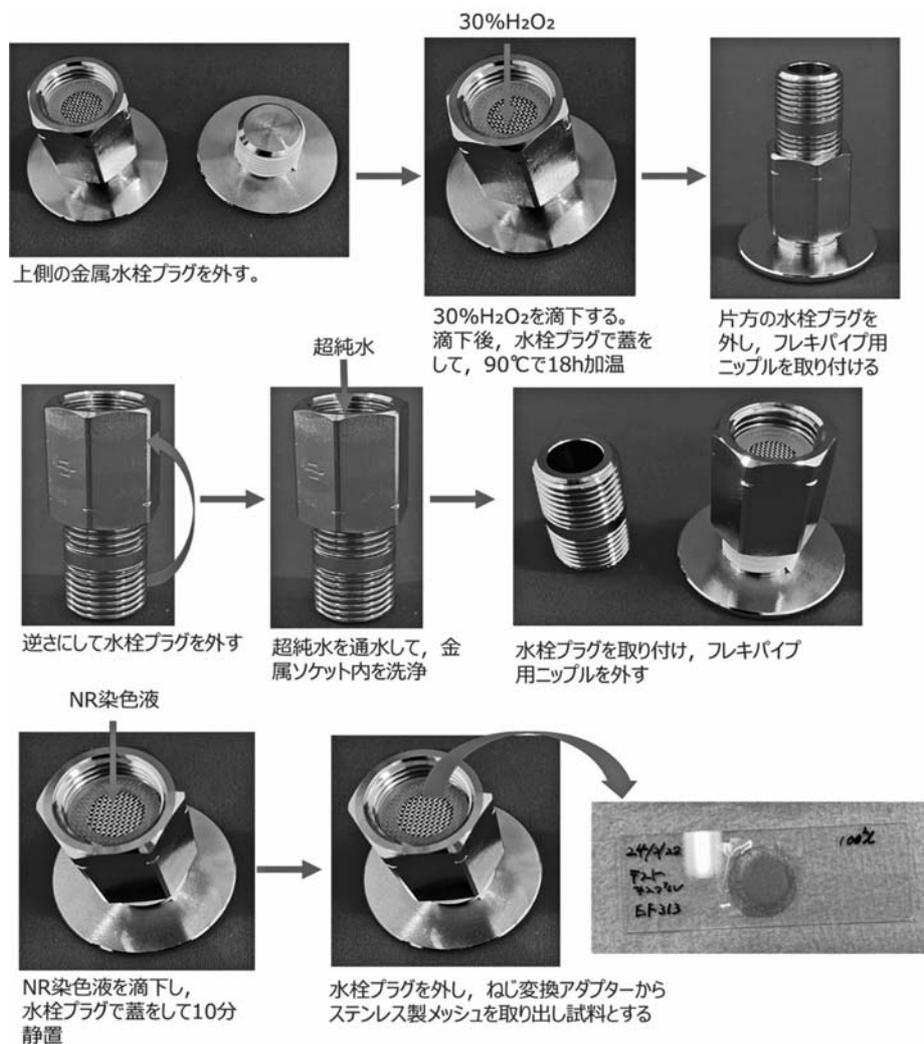


Fig. 4 Pretreatment operations after sampling

後、フレキパイプ用ニップルを取り外し、水栓プラグで再び蓋をし、蛍光染色用のアセトンに溶解させた1 mg/mL Nile Red 溶液を20 μ L 滴下後、10分間静置し、目開き20 μ m のステンレス製メッシュを金属ソケットから取り出し、スライドガラスにテープで固定し、試料とした (Fig. 4)。

試料は顕微鏡 (CX33 OLYMPUS 社製) に蛍光源ユニット (BT-ExMi BioTools 製) を装着し、COMSカメラ (E3cmos Sony 製) を用いて撮影し、土木研究所⁴⁾の方法を参考にしてステンレス製メッシュの写真を撮影後、画像を連結し、ステンレス製メッシュ上の一定の範囲で蛍光を示す物質をカウントし、通水量等から濃度を算出した。加えて、蛍光顕微鏡 (BZ-X80 キーエンス社製) を用いて、ステンレス製メッシュ上の全ての蛍光を示す物質を自動計測する方法についても検討を行った。

3. 結果と考察

複数の試料を採水して、過酸化水素による有機物の分解を実施せずに分析を行ったところ、蛍光を呈する無数の糸状の物質が確認されたことから、過酸化水素を加えてホットプレート上で90℃で最大48時間まで加温を行った。その結果、蛍光を呈する糸状の物質の多くが減少したが、18時間以降は大きな変化が認められなかったことから過酸化水素による分解時間は18時間とした。

目開き20 μ m のステンレス製メッシュの上部と下部に目開き500 μ m のステンレス製メッシュを設置したが、これは上部に500 μ m ステンレス製メッシュを設置せずに試料を採取したところ大きな粒子が補足された際に、蛍光顕微鏡における観察において焦点が合わない事例が発生したことから、大きな粒子を取り除く目的で設置した。また、下部に目開き500 μ m ステンレス製メッシュを設置しない条件で試料を採取した際に、水圧により測定に用いる目開き20 μ m のステンレス製メッシュが変形し、蛍光顕微鏡における観察

において焦点が合わない事例が発生したことから、測定に用いるステンレス製メッシュの変形を防ぐ目的で設置した。

検討した前処理方法と分析方法を用いて、横浜市内の集合住宅において継続的に水道水の採取を行い、分析を行ったところ0.1~0.3個/LのMPsが検出された。また、大学内の複数の蛇口から水道水の採取を行い、分析を行ったところ0.1~3.8個/LのMPsが検出された。以上の結果から、設置されている建物や採水する条件等によって検出されるMPs濃度に違いが認められることが明らかとなり、簡便に水道水中のMPsの存在実態を把握できる可能性が示された。

さらに蛍光顕微鏡(BZ-X800 キーエンス社製)を用いることで、自動でステンレス製メッシュ上の全ての蛍光を示す物質を計測することが可能となり、測定

時間を大幅に短縮できることを確認できた。

参考文献

- 1) 水道水中の20 μ m以上のマイクロプラスチックの採取分析方法の開発, 亀田豊, 藤田恵美子, 平井一帆, 水環境学会誌, Vol. 46, No. 5, pp. 131-139 (2023)
- 2) Rapid analytical method for characterization and quantification of microplastics in tapwater using a Fourier-transforminfrared microscope. Arata Mukotaka, Tomoya Kataoka, Yasuo Nihei, Sci Total Environ., 790, 148231 (2021)
- 3) Occurrence and identification of microplastics in tap water from China, Huiyan Tong, Qianyi Jiang, Xingshuai Hu, Xiacong Zhong, Chemosphere, Vol. 252, 126493 (2020)
- 4) 下水中の繊維状マイクロプラスチックの分析マニュアル, 国立研究開発法人土木研究所, pp. 23-44 (2022)