

〈研究発表〉

給水栓から検出されるマイクロプラスチックの実態とその起源に関する基礎的検討

伊藤 尚輝¹⁾, 永井 勇真²⁾, 川崎 悦子²⁾

中村 昌文²⁾, 鎌田 素之³⁾

¹⁾ 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)

²⁾ ㈱日吉 分析検査部
(〒523-8555 滋賀県近江八幡市北之庄町908番地)

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、水道水に関する知見が限られている。本研究では給水栓に特化した蛍光染色法による簡易分析法を用いて、様々な蛇口水中のMPsの濃度を測定し、その起源について基礎的な検討を行った。その結果、蛇口水から検出されるMPsは水温に強く影響されることが確認された。

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) 136-138

1. 研究背景と目的

プラスチックは安価で耐久性があり、成形も容易であることから、我々の身の回りの様々な製品に利用されている。環境中に流出したプラスチックが光や熱に加え、摩耗等によって細分化されたMPsは、海洋だけでなく、様々な場所で検出され、環境や生態系への影響が懸念されている。

一方で、我々が身近に使用する製品からも高い濃度のMPsが検出されることが報告されている。Yunhong Shi¹⁾は市販の電気ケトルで湯を沸かした際に1Lあたり3億5000万個のMPsが検出されたことを、Laura M. Hernandez²⁾は市販のティーパックを用いて紅茶を抽出した際にカップ1杯あたり147億個のMPsが検出されたことを、Prakash Ranjan³⁾は使い捨て紙コップにお湯を入れて使用した際に100mLあたり2100万個のMPsが検出されたことを、それぞれ報告している。これらはいずれもプラスチックが高温の条件下で使用されることにより、大量のMPsが発生することを報告したものであるが、このような知見は限られており、材質、使用条件、使用頻度と発生するMPsとの関係は十分に明らかになっていない。現在、食品や水道等に使用されるプラスチック製品については、化学物質や金属等に関する溶出の基準は示されているが、MPsに関する基準等は示されておらず、水環境中に存在するMPsと比べて高い濃度のMPsが検出されていることから、実態の把握と対応が急が

れる。水道においては給配水管やパッキン、給水栓などの資機材にプラスチックが多く使用されている。また、多くの家庭に混合水栓が普及したことにより、特に浴室等で給水栓を用いて湯を使用するケースが増えている。水道水に含まれるMPsについて、国内外でいくつかの知見が報告されているが、必ずしも十分ではないことから、今回、新たに水道水に特化したMPsの簡便な分析方法を開発し、水道水から検出されるMPsの実態とその起源について検討を行うことを目的とした。

2. 実験方法

水道水中のMPsの分析は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、試料を採取するための直径18mm目開き20 μ m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18mm目開きが500 μ m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 μ mのステンレス製メッシュを使用した。

試料の採取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蛇口に接続し、一定量の水道水を通水し、同時に流速と積算流量を測定した。水道水の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、流量計も取り外し、水栓プラグで蓋をして、実験室に持ち帰った。その後、金属ソケットに30%過酸化水素を1mL滴下し、ホットプレート上で90℃で18時間加温することで有機物の分解を行った。加温終了後、超純水を20mL通水し、目開き20μmのステンレス製メッシュの洗浄を行った。その後、蛍光染色用のアセトンに溶解させた1mg/mL Nile Red 溶液を20μL滴下し、10分間静置し染色を行い、目開き20μm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。

試料は顕微鏡(CX33 OLYMPUS社製)に蛍光光源ユニット(BT-ExMi BioTools製)を装着し、COMSカメラ(E3cmos Sony製)を用いて撮影し、土木研究所の方法⁴⁾を参考にして蛍光を示す物質をMPsとしてカウントし、積算流量計で計測した通水量から濃度を算出した。また、一部の試料については撮影とカウントを自動化することを目的に、蛍光顕微鏡(BZ-X80 キーエンス社製)を使用した。試料は大学、公園、宿泊施設、集合住宅等の様々な場所に設置された給水栓から採取し、採水時の流量、給水栓の種類、混合水栓の温度、給湯器の設定温度などの条件を変更して採水を行った。

3. 結果と考察

結果の一例として、Table 1に集合住宅に設置された給水栓、大学の研究室に設置された給水栓、公園に設置された給水栓の結果を示した。集合住宅では流量を固定して、月に1回計6回試料を採取した場合(No.1-1~1-6)の結果を示した。大学の研究室では流量を変化させて試料を採取した場合(No.1-7~1-9)の結果と、場所を変化させた場合(No.1-10)の結果を示した。公園は大学と同じ給水エリア内にあり、流量を変化させて試料を採取した場合(No.1-11~1-12)の結果を示した。同じ給水栓で連続的に測定を行った場合、MPsの濃度には大きな変化がないことが確認された。また、流量を変化させた際にもMPsの濃度に大きな変化はなかったが、使用頻度が低い給水栓では錆が多く観察され、錆がMPsのカウントの際に影響を与えることが確認された。そのため採水前に十分に通水することが必要であり、使用頻度の高い給水栓や十分な通水を行った給水栓で採取した試料では、錆の影響は低いことが確認された。同じ給水エリア内に設置されている給水栓の結果を比べると一部の給水栓では高い値を示したことから、建物内の配管の設置時期や使用頻度がMPs濃度に影響する可能性が考えられた。

Table 2は、場所の異なる宿泊施設の給水栓から採水した場合(No.2-1~2-4, 2-6)の結果と、一部に

Table 1 Concentration of MPs in different hydrants

No.	採取場所	給水栓の設置された建物	試料の種類	蛇口の種類	平均流速(L/min)	MPs濃度(個/L)
1-1	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.2
1-2	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.2
1-3	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.2
1-4	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.3
1-5	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.1
1-6	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	15	0.3
1-7	神奈川県横浜市	大学研究室(4階建て3階)	水	単水栓	16	0.1
1-8	神奈川県横浜市	大学研究室(4階建て3階)	水	単水栓	8	0.2
1-9	神奈川県横浜市	大学研究室(4階建て3階)	水	単水栓	5	0.1
1-10	神奈川県横浜市	大学研究室(4階建て1階)	水	サーモスタット	10	0.6
1-11	神奈川県横浜市	公園	水	単水栓	20	0.1
1-12	神奈川県横浜市	公園	水	単水栓	10	0.2

Table 2 Concentration of MPs in different hydrants hot and cold water in different regions

No.	採取場所	給水栓の設置された建物	試料の種類	蛇口の種類	平均流速(L/min)	MPs濃度(個/L)
2-1	福岡県福岡市	宿泊施設A	水	サーモスタット	10	0.0
2-2	静岡県静岡市	宿泊施設B	水	サーモスタット	12	0.1
2-3	神奈川県横浜市	宿泊施設C	水	サーモスタット	10	0.1
2-4	福岡県福岡市	宿泊施設D	水	サーモスタット	10	0.5
2-5	福岡県福岡市	宿泊施設D	湯(40℃)	サーモスタット	10	0.7
2-6	東京都昭島市	宿泊施設E	水	サーモスタット	10	0.1
2-7	東京都昭島市	宿泊施設E	湯(40℃)	サーモスタット	13	0.2
2-8	神奈川県横浜市	大学研究室(4階建て1階)	湯(40℃)	サーモスタット	10	3.8

Table 3 Concentration of MPs in different hydrants at different water temperatures

No.	採取場所	採取した蛇口の設置された建物	試料の種類	蛇口の種類	給湯器温度(°C)	MPs 濃度(個/L)
3-1	神奈川県横浜市	集合住宅	水	サーモスタット	75	3.2
3-2	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(40°C)	サーモスタット	40	3.2
3-3	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(40°C)	サーモスタット	50	2.3
3-4	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(40°C)	サーモスタット	60	1.6
3-5	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(40°C)	サーモスタット	75	0.7
3-6	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(設定上限, 約 75°C)	サーモスタット	75	10.5
3-7	神奈川県横浜市	集合住宅	水	シングルレバー	75	0.7
3-8	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(約 40°C)	シングルレバー	75	3.7
3-9	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(設定上限, 約 75°C)	シングルレバー	75	4.3
3-10	神奈川県横浜市	集合住宅	水	2ハンドル	75	0.7
3-11	神奈川県横浜市	集合住宅	湯(約 75°C)	2ハンドル	75	1.6

については湯を採水した場合 (No. 2-5, 2-7) の結果を示した。採水した場所によって MPs 濃度は異なるが、水については全て 0.5 個/L 以下であり、今回調査した試料では水源や浄水処理方式により大きな違いは認められなかった。湯を採水したケースではいずれも水と比べて高い値が検出され、特に大学の研究室の給水栓から試料を採取した場合 (No. 2-8) の結果は最も高い濃度で MPs が検出された。

水と比べて湯の方が高い濃度で MPs が検出されたことから、集合住宅に設置された給水栓の種類と給湯器の温度を変化させて採取した結果を Table 3 に示した。給水栓から出る湯の温度を一定にした場合 (No. 3-2~3-5), 給湯器の設定温度が高くなるほど検出される MPs の濃度は低くなる傾向が確認された。混合水栓では湯と水を一定の割合で混合しているが、より温度が高い湯が給湯器から供給されると混合水栓における水の割合が高くなることが要因として考えられる。給水栓から出る湯の温度と給湯器の設定温度を最大にした場合 (No. 3-6) には、最も高い濃度で MPs が検出された。この傾向は混合水栓の種類を変更して試料を採取した場合 (No. 3-7~3.11) でも同様の傾向が認められ、高い温度の湯を使用する場合には水と比べて高い濃度で MPs が検出されることが確認された。しかしながら、これまでに水道水から検出されている MPs 濃度⁵⁾ と比べて低い値であり、電気ケトル、ティーパック、使い捨てカップ等から検出された濃度と比べても極めて低い値であった。

今回の分析方法は蛍光染色による簡便な分析方法であるため検出された MPs の色や形状についての違いは判別できるが、その種類について正確に判別することは難しく、検出された MPs の起源については明らかにできていない。そのため今後は顕微 FTIR 等の分析機器と併用して、検出される MPs の種類を同定し、発生した MPs の起源について調査を進め、適切な対策について検討する予定である。

参考文献

- 1) The influence of drinking water constituents on the level of microplastic release from plastic kettles, Yunhong Shi, Dunzhu Li, Liwen Xiao, Emmet D. Sheerin, Daragh Mullarkey, Luming Yang, Xue Bai, Igor V. Shvets, John J. Boland, Jing Jing Wang, Journal of Hazardous Materials, Vol. 425, 127997 (2022)
- 2) Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. Laura M. Hernandez, Elvis Genbo Xu, Hans C. E. Larsson, Rui Tahara, Vimal B. Maisuria, and Nathalie Tufenkji, Environmental Science & Technology, Vol. 53 (21) pp. 12300-12310 (2019)
- 3) Microplastics and other harmful substances released from disposable paper cups into hot water. Prakash Ranjan a, Anuja Joseph b, Sudha Goel, Journal of Hazardous Materials, Vol. 404, 124118 (2021)
- 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)
- 5) Occurrence and identification of microplastics in tap water from China, Huiyan Tong, Qianyi Jiang, Xingshuai Hu, Xiaocong Zhong, Chemosphere, Vol. 252, 126493 (2020)