

下水道におけるマイクロプラスチックの 調査手法の検討について

一般財団法人 東海技術センター ○原田 祥行
公益財団法人 愛知水と緑の公社 安藤 昇

1. はじめに

昨今、海洋における5mm以下の微小なプラスチックごみであるマイクロプラスチックによる地球規模の海洋汚染が問題となっている。この問題に対し、世界各国で海洋汚染の実態把握を目的とした調査・研究が活発に行われており、日本でも環境省が実態把握のための調査を推進すると共に、関係機関による調査・研究が進められている。

環境中のマイクロプラスチックの評価法には、環境省から公表されている「漂流マイクロプラスチックのモニタリング手法調和ガイドライン」、「河川マイクロプラスチック調査ガイドライン」等があり、採取、前処理、分析手法について記載されている。一方、下水処理施設は環境中に放出されるマイクロプラスチックの主要な発生源の一つと考えられているが、調査方法が明確に規定されておらず、調査に課題がある。

本発表では、「公益財団法人 愛知水と緑の公社」と共同で実施した下水道におけるマイクロプラスチックの調査手法の検討結果及び浄化センターの実態調査結果を報告する。

2. 調査・検討方法

浄化センターの流入下水、最初沈殿池越流水、放流水を対象とし試料採取方法、前処理方法、分析方法について検討を行った。試料は懸濁物が多く目詰まりする可能性があるため、マイクロプラスチックの検出に必要な最低限の通水量の検討を行った。

2-1. 試料採取方法の検討

試料採取の検討内容の一覧を表2-1に示す。試料はいずれも採水した液を5mmの篩で濾過しそのろ液について下表の条件で検討を実施した。

表2-1 試料採取の検討内容一覧

試料媒体	採水器具	濾過方法		通水量
流入下水	ステンレスバケツ	5mm篩	100 μ mナイロンメッシュ	1L,3L,5L
最初沈殿池越流水			100 μ mナイロンメッシュ、 100 μ mプランクトンネット	5L,10L,50L
放流水	機械式ポンプ		100 μ mプランクトンネット	1000L (1 m^3)

2-2. 前処理方法の検討

有機物が多いことが予想されたため、前処理にはフェントン処理を加えた分析フローとし、主にろ過材について検討した。採取した試料を孔径5 μ mのセルロースフィルターで吸引濾過し、ろ過後、1M水酸化ナト

リウム水溶液を 25mL 加えてセルロースフィルターを溶解した。その後、1M 塩酸を 25mL 加えて中和し、30% 過酸化水素水 50mL と硫酸鉄（Ⅱ）を加え 80°C で加熱しフェントン処理を行った。処理後 5.3M ヨウ化ナトリウム水溶液（密度 1.6g/cm³）を加えて比重分離し、上澄み液を目合い 100 μm の SUS 製フィルターまたは孔径 0.1 μm の PTFE 製メンブランフィルターでろ過し比較検討した。

2-3. 分析方法の検討

フーリエ変換赤外分光光度計（Thermo Fisher Scientific 製 Nicolet iS5 : 以下、FT-IR）、顕微フーリエ変換赤外分光光度計（Thermo Fisher Scientific 製 Nicolet iN10MX : 以下、顕微 FT-IR）、レーザーラマン分光光度計（日本分光製 NRS-5500）を用いてそれぞれの分析の精度や作業性について検討を行った。分析方法は、フィルター上の粒子についてピックアップ可能なものは FT-IR の ATR（Attenuated Total Reflection）法、顕微 FT-IR の反射法、レーザーラマン分光光度法で測定した。フィルター上のピックアップ不可の粒子については、顕微 FT-IR のマッピング分析にて評価検討した。

3. 結果と考察

3-1. 流入下水の検討結果

1L、3L、5L とで通水量を検討した結果、1L の通水量でピックアップ可能なマイクロプラスチックが 2 個以上検出された。3L 以上の通水では目詰まりがあり現地のろ過作業が煩雑であった。マイクロプラスチックが検出可能であり、かつろ過作業が簡便なことから試料の代表性と作業性を考慮して通水量は 1L が最適と考えられた。

3-2. 最初沈殿池越流水の検討結果

5L、10L、50L とで通水量を検討した結果、5L 以上の通水量でピックアップ可能なマイクロプラスチックが 10 個以上検出された。50L では目詰まりが起こるなど現地のろ過作業が煩雑であった。マイクロプラスチックが検出可能であり、かつろ過作業が簡便なことから試料の代表性と作業性を考慮して通水量は 10L が最適と考えられた。

3-3. 放流水の検討結果

1000L（1 m³）の計量には 200L のタンクを設置し、ろ液の体積を計量した。通水量を検討した結果、1000L（1 m³）の通水量でピックアップ可能なマイクロプラスチックが 6 個以上検出された。3 時間弱の作業量ではあるが、現地で 1000L（1 m³）の採水が可能であり、マイクロプラスチックが検出されたことから、通水量としては 1000L（1 m³）が最適と考えられた。

3-4. 前処理方法の検討結果

比重分離後に使用するろ過材の検討として PTFE メンブランフィルターと SUS 製フィルターを比較した結果、PTFE メンブランフィルターでは孔径が小さいことからろ過作業が煩雑であり、ろ過後フィルターが伸縮し表面が凸凹になるためピックアップの作業性が落ちること、またその表面の凸凹により FT-IR での反射測定に支障が出る結果となった。一方、SUS 製フィルターでは、目合い 100 μm のためろ過作業が簡便であり、またろ過後もフィルター表面に影響がなく、その後の FT-IR での反射測定も問題なく検出することが可能であった。そのためろ過材は SUS 製フィルターが最適と考えられた。

3-5. 分析方法の検討結果

検討結果のまとめを表 3-1 に示す。分析方法を検討した結果、粒子のピックアップには実体顕微鏡、計測には精密に計測が可能なデジタルマイクロスコープ、定性評価には顕微 FT-IR（反射法）を使用してマイクロプラスチックの評価検討を実施するのが最適な条件と考えられた。

表 3-1 検討結果のまとめ

分析手法	利点	欠点	評価
FT-IR (ATR法)	1mm以上の試料では最も高精度で分析が可能。	手作業で分析に非常に時間がかかる。試料が損傷、紛失するリスクが高い。	△
顕微FT-IR (反射法)	高精度で分析が可能。試料が損傷しない。	手作業で分析に時間がかかる。	○
顕微FT-IR (マッピング分析法)	最大15mm×15mmの範囲内の粒子を半自動で評価が可能。	測定条件を詳細に検討しないと精度が悪い。統一された試験法の整備が必要。	○
レーザーラマン分光光度計	1μm～の微小なMPの検出が可能。	蛍光が出る粒子に対して分析が困難。1μm以上を対象とした前処理の条件検討が必要。	△

3-6. 実態調査の結果

浄化センターの流入下水からは、15～20 個/L、最初沈殿池越流水からは、1.4～1.8 個/L、放流水からは 0.021～0.030 個/L のマイクロプラスチックが検出された。平均検出数は流入下水中で 18 個/L、放流水中で 0.026 個/L であり、平均検出数から算出すると浄化センターにおける除去率は 99.9%であった。

4. 結論

- 下水道におけるマイクロプラスチックの調査手法の検討および実態調査を行った結果、以下の結論を得た。
- ・ 流入下水は目合い 100μm のネットを使用して 1L、最初沈殿池越流水は 10L、放流水は 1000L (1 m³) の通水が最適な条件と考えられた。
 - ・ 前処理の最終ろ過には SUS 製フィルターを用いて、粒子のピックアップは実体顕微鏡、計測はデジタルマイクロスコープ、定性評価は顕微 FT-IR (反射法) でマイクロプラスチックの評価検討を実施するのが最適な条件と考えられた。
 - ・ 実態調査の結果、浄化センターのマイクロプラスチックの除去率は 99.9%であった。

参考文献

- ・ 環境省：漂流マイクロプラスチックのモニタリング手法調和ガイドライン, 2020. 6
- ・ 環境省：河川マイクロプラスチック調査ガイドライン, 2021. 6
- ・ (公社) 日本下水道協会：第 56 回下水道研究発表会講演集, 2019
- ・ (公社) 日本下水道協会：第 57 回下水道研究発表会講演集, 2020
- ・ (公社) 日本下水道新技術機構：第 26 回下水道新技術研究発表会, 2020
- ・ (公社) 日本下水道協会：第 58 回下水道研究発表会講演集, 2021

問い合わせ先：(一財) 東海技術センター 〒465-0021 愛知県名古屋市長区猪子石 2 丁目 7 1 0 番地
原田 祥行 TEL:052-771-5161 E-mail: y.harada@zttc.or.jp