

Point

繊維状マイクロプラスチックの蛍光染色による簡易検出法と、情報取得自動化ツールを開発しました。従来法とは異なる迅速かつ効率的なアプローチにより、マイクロプラスチック調査・研究に貢献します。

# 繊維状マイクロプラスチックの簡易検出法および粒子情報取得ツールの開発

環境創造研究所 環境生態部 吉里 尚子、吉成 暁、堀江 啓史、環境創造研究所 管理部 古澤 昭人

## はじめに

マイクロプラスチック(以下、MPs)とは、環境中に存在する微細なプラスチックのことで、一般的には5.0mm未満のものを指します。分解されにくく回収も困難であるため、環境・生態系への影響が懸念されています。MPsの発生源は数多くありますが、その一つが「洗濯」であり、1回の洗濯で数百万本もの繊維状MPsが放出されているという報告<sup>1)</sup>もあります(図1)。

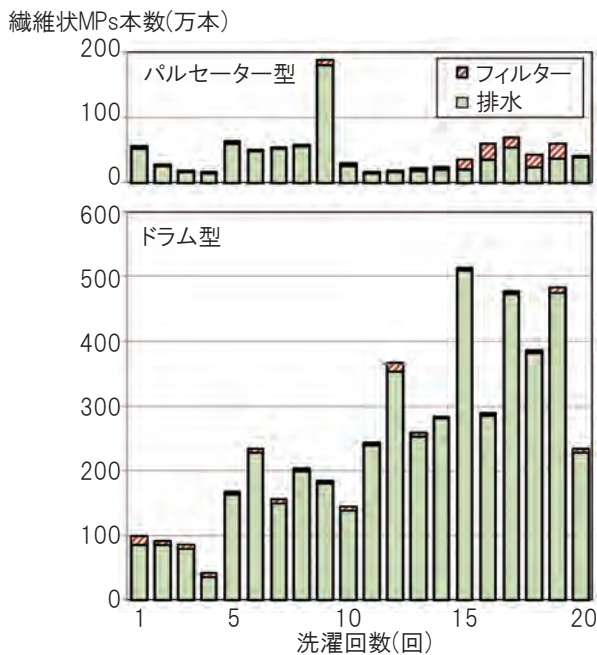


図1 洗濯による繊維状MPs排出本数  
参考文献1)掲載図「一人1日あたりの繊維状MPs排出本数とその長さ分布」の一部を加工

従来法によるMPs分析作業手順を図2に示します。MPs分析用の試料は目開き0.3mm程度のネットで採集します。採集した試料は前処理後、MPs候補粒子を一粒ずつ手作業で拾い出し、それらについてフーリエ変換赤外分光光度計(以下、FT-IR)を用いて材質を判別し、画像解析ソフト等でサイズ等の計測を行います。MPsの拾い出しは熟練した技術が必要であり、多くの作業時間を要します。さらに繊維状MPsは、既存の画像解析ソフトでは正確なサイズ計測が困難なうえ、FT-IRでの材質判定ができない場合もあります。

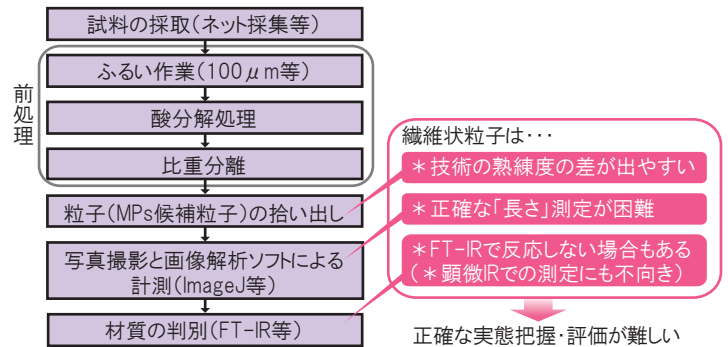


図2 従来法によるMPsの分析作業手順と問題点

これまでの調査・研究により、MPsの環境中での存在実態や生態系へのリスクの可能性が認識されつつありますが、一方でまだ科学的知見は十分とはいえません。それは、これまでのMPs分析に多くの時間と労力が必要であったことが関係しています。従来法では、より詳細なデータを得ることを重視していますが、膨大な数の試料を効率よく(迅速かつ安価に)分析したい、例えばMPsホットスポットの面的・時間的絞り込み等、そのようなニーズも多く潜在すると想定されます。

そこで当社では、繊維状MPsの簡易検出法と、計測が困難な繊維状MPsを含めたMPsの計測情報を迅速かつ効率的に取得できる自動化ツールを開発しました。

## 蛍光染色による繊維状MPsの簡易検出法

本開発に際し、「容易な手順かつ迅速なMPs検出」と「特殊な装置を使わない材質判定」を基本方針としました。

ナイルレッド(以下、NR)は細胞観察等に使用されてきた蛍光染色色素ですが、プラスチックも染色識別できることが知られるようになり、近年NRを用いたMPs測定の報告が増えていきます<sup>2)</sup>。一方、NRはMPs試料に混在する生物粒子(特に微細藻類の細胞内の油脂)も染色してしまうこと、FT-IRのようにプラスチックの材質を判別することができないことが難点でした。

### (1)実験方法

NRで蛍光染色した材質の異なる繊維状MPsに、波長の異なる励起光を照射し、材質と発色との組み合わせに

ついて検証しました。供試材料としてポリエチレンテレフタレート(PET)、ナイロン(PA)、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)のプラスチック4種類と、対照材料として綿繊維を用いました。これらをNRで染色し、染色した供試材料を蛍光顕微鏡下で観察しました。観察時の励起光は紫(UV)、青紫(BVW)、青(BW)、緑(GW)の4波長としました。

## (2)実験結果

各励起光における繊維状粒子の蛍光顕微鏡写真を図3に示します。青(BW)で観察すると綿は蛍光せず、PETとPAは赤色に、PEとPPは黄色に蛍光しました(①)。したがって、綿とプラスチックの判別は可能と考えられました。青(BW)で黄色に蛍光したPEとPPは、青紫(BVW)でそれぞれ青色と黄色に蛍光し、識別することができました(②)。一方、今回試した励起光ではPETとPAの判別はできませんでした(③)。以上のことから、波長の異なる励起光によって発せられる蛍光の違いより、一部のプラスチックについては材質を推定できることがわかりました。

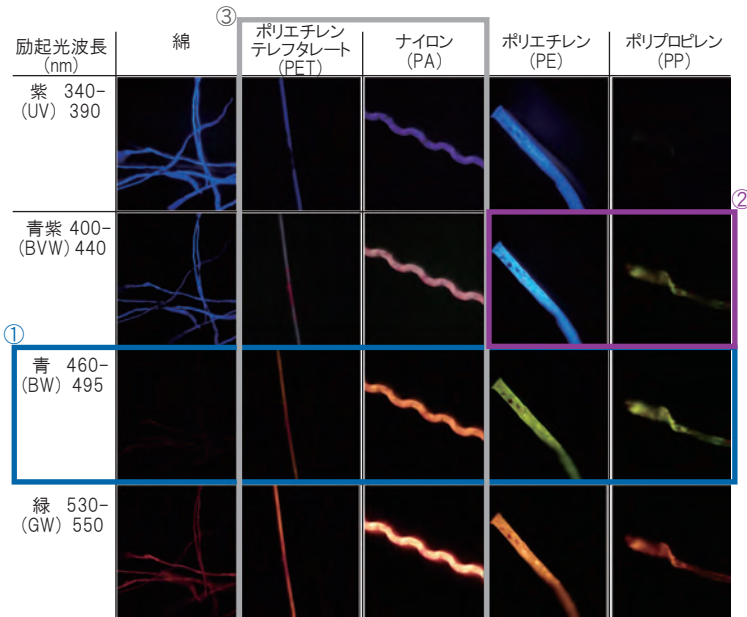


図3 各励起光によるMPs検出と材質判別

## 粒子情報取得ツールによる計測の自動化・省力化

本開発に際しては、「計測の自動化による迅速化・効率化・省力化」を基本方針とし、デジタル画像から自動でMPs計測情報を取得できるツール開発を進めました。

プログラミング言語はPythonを用い、開発環境とデータ処理環境は、通常業務で用いているノートPCとしました。取得する情報は、長軸径(長さ)、短軸径(幅)、面積、粒子の形状(破片・球・繊維)、色とし、複数の粒子かつ複数の画像について一括処理できるようにしました。

既存の画像処理ソフトでは、屈曲した繊維の正確な長

さを求めることができませんが、当社で開発したツールでは、繊維状と判断した粒子については屈曲に沿った長さを測定できるように設計しました(図4)。

粒子の色情報は、対象となる粒子画像が持つ平均的なRGB\*値と、設定した基準色のRGB値との対比から求めました。また、AIで色を識別するオプションも作成しました。

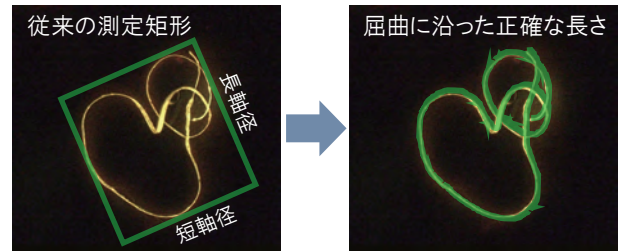


図4 繊維の測定

\*RGB値:赤(R)緑(G)青(B)の強度で色彩を表現する値

## おわりに

本技術開発において、NR染色と波長の異なる励起波長を組み合わせることで、従来法では困難であった繊維状MPsの材質を推定し、一部については材質別に分析が可能となる技術を確認しました。本手法はナノサイズ等、より微小サイズのMPs分析にも有効と考えられます。また、開発したツールにより、繊維状MPsのより正確で迅速・効率的な計測が可能となりました<sup>3)</sup>。今後はMPsに当てる励起波長や撮影条件を最適化し、MPs材質判別の精度を高めるとともに、AI活用的高度化を含め、MPsの材質推定から計測まで一貫して自動化することを目指します(図5)。

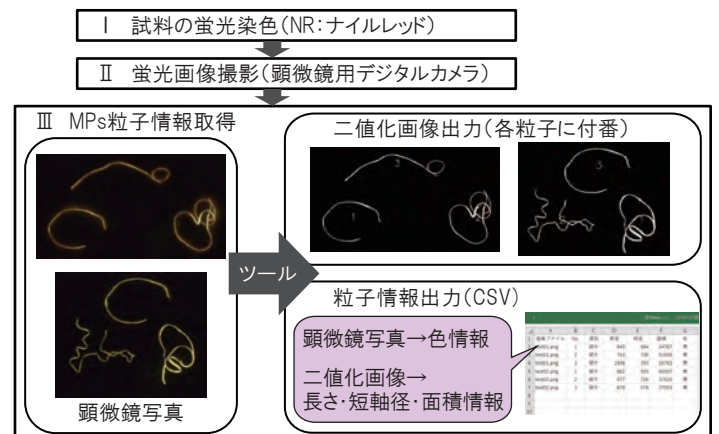


図5 本技術開発で目指す前処理後MPsの分析手順

当社は、MPsの調査研究を通じて、今後も社会が求めるニーズを的確に捉えた技術を開発し、持続可能な社会の実現に貢献していきたいと考えています。

### 【参考文献】

- 1) 田中周平ら(2021), パルセーター型洗濯機およびドラム型洗濯機による家庭用衣類からの繊維状マイクロプラスチックの排出量実験, 第55回日本水環境学会年会講演集2021, 300
- 2) Thomas et al.(2017), A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red, Science Reports, 7, 44501
- 3) 吉里ら(2021), 繊維状マイクロプラスチックの簡易検出法および粒子情報取得ツールの開発, 第55回日本水環境学会年会講演集2021,302