

Technical Report

自動前処理装置を用いた環境表層水中 100 μmマイクロプラスチックの回収

池澤 由雄¹、祖父江 和樹¹

Abstract:

環境中に存在するマイクロプラスチックを調査するには、試料採取、前処理、分析、解析などの作業工程が必要になります。特に採取した環境試料の前処理は後の分析工程のために重要な作業であるものの、属人性が高いのが現状です。前処理作業の標準化および再現性向上を目的に開発したマイクロプラスチック自動前処理装置MAP-100は、従来300 μmまでの粒子のみ対象でした。そこでより微少なサイズへの関心の高まりに対応するため、MAP-100の原理はそのままに部品改良を行い100 μmまでの粒子を回収できる前処理技術を開発しました。

Keywords: マイクロプラスチック、自動前処理、微小粒子、プラスチック粒子、環境汚染

1. 背景

マイクロプラスチックによる環境汚染について、世界の多くの地域で調査および結果報告がなされています。調査対象は飲料水や環境水など水資源から始まり、大気や土壌といった分野にも広がりを見せています。調査に必要なマイクロプラスチックの定性・定量分析に関しては主要な技術の国際標準化が進んでいます。一方、環境試料中のマイクロプラスチックの分析には前処理が必須となりますが、分析技術よりその標準化が遅れているのが現状です。そこで、前処理作業の標準化および再現性向上を目的に、マイクロプラスチック自動前処理装置MAP-100は開発されました。

MAP-100の製品仕様は、海外研究者も参画して開発された環境省発行の調査ガイドラインに記載された手法を自動化すべく設計されました。この調査ガイドラインでは試料採取用に孔径333 μmのサンプリングネットが使われており、分析対象も300 μmまでとなっています。そのため、MAP-100の回収対象は300 μm以上のマイクロプラスチックというのが標準仕様でした。ただし昨今、マイクロプラスチックの環境影響から人体影響の視点に研究対象が広がると共に、調査対象の粒子が微小化しています。環境調査の研究においてもより微小なマイクロプラスチックを対象にする事例が多くなっています。そこで、自動前処理技術の実用性を高めるために、MAP-100を用いて100 μmサイズのマイクロプラスチックまで回収できる技術を開発しました。

2. 装置概要と100 μmサイズ対応

マイクロプラスチック自動前処理装置は大きく分けて、試薬供給部、反応処理部、回収部、排液処理部の構成となっています。(Figure 1)

これらの中で、回収対象とするマイクロプラスチックのサイズに関係してくる主要な部位として、反応処理部と回収部が挙げられます。従来装置の反応処理部に使用するSUS製のストレーナと回収部の仕組みを変更することで、100 μmの粒子を回収する装置

構成が可能となりました。MAP-100の処理フローは、分解処理→分離処理→オーバフロー処理→粒子回収となりますが、この100 μm仕様の場合、オーバフロー処理で排出される分離溶液をガラス容器で直接受ける方式を採用しました。回収した溶液は手作業で過処理を行い、分析対象の粒子のみ抽出する必要があります。100 μm仕様のMAP-100を用いて環境水試料に適用した事例をご紹介します。



Figure 1: 装置の主要構成部

3. 海水試料への適用事例1

3-1. 試料の準備

沖縄の浅海域から、ポンプで海水を1000 L汲み上げてプランクトンネットに通水させ、底管に溜まったものを試料としました。固形物試料をそのままMAP-100 (100 μm仕様)の反応容器内のSUS製のストレーナに投入します。(Figure 2)



Figure 2: 海水試料とストレーナ投入写真

3-2. 前処理

MAP-100による自動前処理では、分解処理、分離処理およびオーバーフロー処理の条件を設定することができます。本試験ではTable 1に示した前処理条件で実施しました。この試料は台風が去った後の海で採取したため、多くの有機物が含まれていましたが、過酸化水素水によりゆっくりと分解されていく様子が確認できます。(Figure 3) 分解処理の後はヨウ化ナトリウム水溶液が反応容器下部から注入されマイクロプラスチックやその他の軽い残留夾雑物を比重分離します。最後にその上澄み液をオーバーフロー処理することで反応容器から排出し、排出液をガラス容器で直接受け取ります。(Figure 4)

Table 1: 自動前処理条件

分解処理 (30 %過酸化水素水)
処理時間 : 3 days
攪拌速度 : 200 rpm
分解温度 : 60 °C
比重分離 (比重1.6 ヨウ化ナトリウム水溶液)
静置時間 : 3 hours
攪拌速度 : 500 rpm
オーバーフロー回数: 3 回



Figure 3: 試料が分解していく様子 (約3日間)



Figure 4: ヨウ化ナトリウム水溶液が回収される様子

ガラス容器に排出されたヨウ化ナトリウム水溶液中に測定対象となるマイクロプラスチックが含まれるため、対象物質だけ抽出する追加の作業が必要になります。本試験では赤外顕微鏡 (IRXross+AIMsight™) で分析を行うために、90 μm目開きのSUS製篩で濾過を行い、篩上に集まった固形物を純水で回収し、外径25 mmφ のPTFE フィルタ (pore 径5 μm) で濾過して、これを定性分析サンプルとしました。なお、篩で濾過することは、余分な残留微小物質を取り除き、フィルタの目詰まりを防止できるので有効です。



Figure 5: 回収溶液を濾過処理したサンプル

4. 海水試料への適用事例2

適用事例1とは異なる試料での適用事例を紹介します。沖縄の漁港で、海水1000 Lをプランクトンネットに通水し、底管に捕集した試料を対象に、100 μm仕様のMAP-100で自動前処理にかけました。Figure 6はサンプリングポイントの景観とサンプリングの様子です。MAP-100の前処理条件をTable 2に示します。



Figure 6: サンプリングポイントの景観と様子

Table 2: 自動前処理条件

分解処理 (30 %過酸化水素水)
処理時間 : 20 hours
攪拌速度 : 200 rpm
分解温度 : 60 °C
比重分離 (比重1.6 ヨウ化ナトリウム水溶液)
静置時間 : 1 hours
攪拌速度 : 500 rpm
オーバーフロー回数: 3 回

今回採取した試料は前項 (適用事例1) で示した試験試料よりも有機物が少なかったため、分解処理時間が短く済みました。必要となる分解処理時間は、対象試料に含まれる有機物の量やその分解の進行状態により異なり、適宜調整することが望ましいです。ただし分解処理後の有機物の残留量が多いと、後段の分析作業で誤差が生じやすい、分析時間が増える等の原因になることに注意する必要があります。今回の前処理で回収された物質をFTIR/顕微ラマンで分析した結果、長辺が約240 μm、短辺が約120 μm程度のサイズのマイクロプラスチックが確認され、組成としてPPやPEが検出されました。(Figure 7)

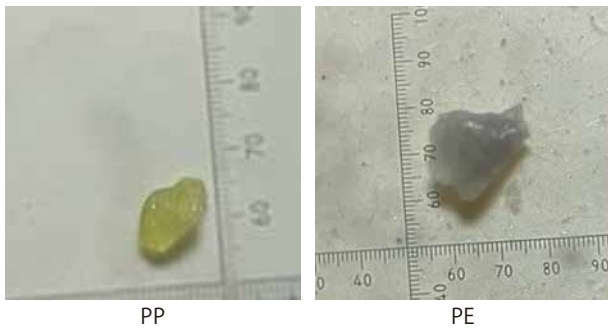


Figure 7: 検出されたマイクロプラスチック

MAP-100の標準仕様では300 μm 以上のマイクロプラスチックまでしか回収できませんでしたが、100 μm 仕様のMAP-100を使用することで300 μm 以下(～100 μm まで)のマイクロプラスチックを回収できることが確認できました。

5. まとめ

MAP-100の構成部材を変更することで、回収可能な下限サイズを従来の300 μm 以上から100 μm 以上に改良することができました。

6. 謝辞

本稿の執筆にあたり、海水試料の提供および装置評価をいただいた琉球大学 藤村弘行教授に感謝申し上げます。

