

収集から分析まで：マイクロプラスチックの サンプル前処理とプロセスに関する実践ガイド

マイクロプラスチック分析のための基本的なラボセットアップ、
サンプル前処理手順、分析メソッド



著者

Subharthe Samandra and
Bradley Clarke
Australian Laboratory for
Emerging Contaminants,
School of Chemistry,
Faculty of Science,
The University of Melbourne,
Victoria, Australia

Wesam Alwan
Agilent Technologies, Inc.

はじめに

マイクロプラスチックは、1 ~ 5,000 μm のあらゆるポリマーとして定義されます。さらに、小さい (1 ~ 1,000 μm) マイクロプラスチックと大きい (1 ~ 5 mm) マイクロプラスチックに分類できます。また、1 次マイクロプラスチックと 2 次マイクロプラスチックとして区別することもできます。1 次マイクロプラスチックとは、マイクロビーズなどのパーソナルケア製品用やペレットなどの工業用途向けに、意図的に製造されたプラスチック粒子のことです。2 次マイクロプラスチックは、大きなプラスチック製品が風化や分解を経ることによって生成される小さなプラスチック粒子です。これまでの研究で、2 次マイクロプラスチックが 1 次マイクロプラスチックよりも支配的であることが示されています。¹

さまざまなマトリックスからマイクロプラスチックを抽出する分析プロセスには、通常、サンプル収集、サンプル前処理、機器分析があります。² これらの各ステップでは、マイクロプラスチックが混入したり失われたりする可能性があります。したがって、堅牢なサンプル前処理法、品質保証、品質管理 (QA/QC) 対策の重要性が強調されます。QA/QC を行うことにより、研究者はデータの信頼性を評価できます。²⁻⁴

マイクロプラスチック粒子の分光分析が成功するかどうかは、サンプル前処理手順が効果的かどうかによって決まります。前処理が不十分または不適切であると、分析に誤差が生じ、データの信頼性が失われるおそれがあります。赤外線（IR）顕微分光を使用する場合でも、ラマン顕微分光を使用する場合でも、マイクロプラスチック粒子を分離し、分析のために基板上に個別に分散させることが重要です。マトリックスが複雑であればあるほど、より徹底した前処理が必要となります。異なる研究の結果を比較できるようにするためには、サンプル前処理法の標準化が極めて重要です。

このガイドでは、Agilent 8700 レーザーダイレクト赤外（LDIR）ケミカルイメージングシステムに関連して、マイクロプラスチックの正確で標準化された特性解析を保證するサンプル前処理の重要な側面について説明します。このガイドは、主に次の3つの領域に焦点を当てています。

- マイクロプラスチックラボを準備するための必須ツールと考慮事項
- サンプル前処理プロセス
- ボトル入り飲料水、環境水、砂や堆積物、乳児用調合乳などのさまざまなマトリックスにおける、LDIR を使用したマイクロプラスチック分析メソッド

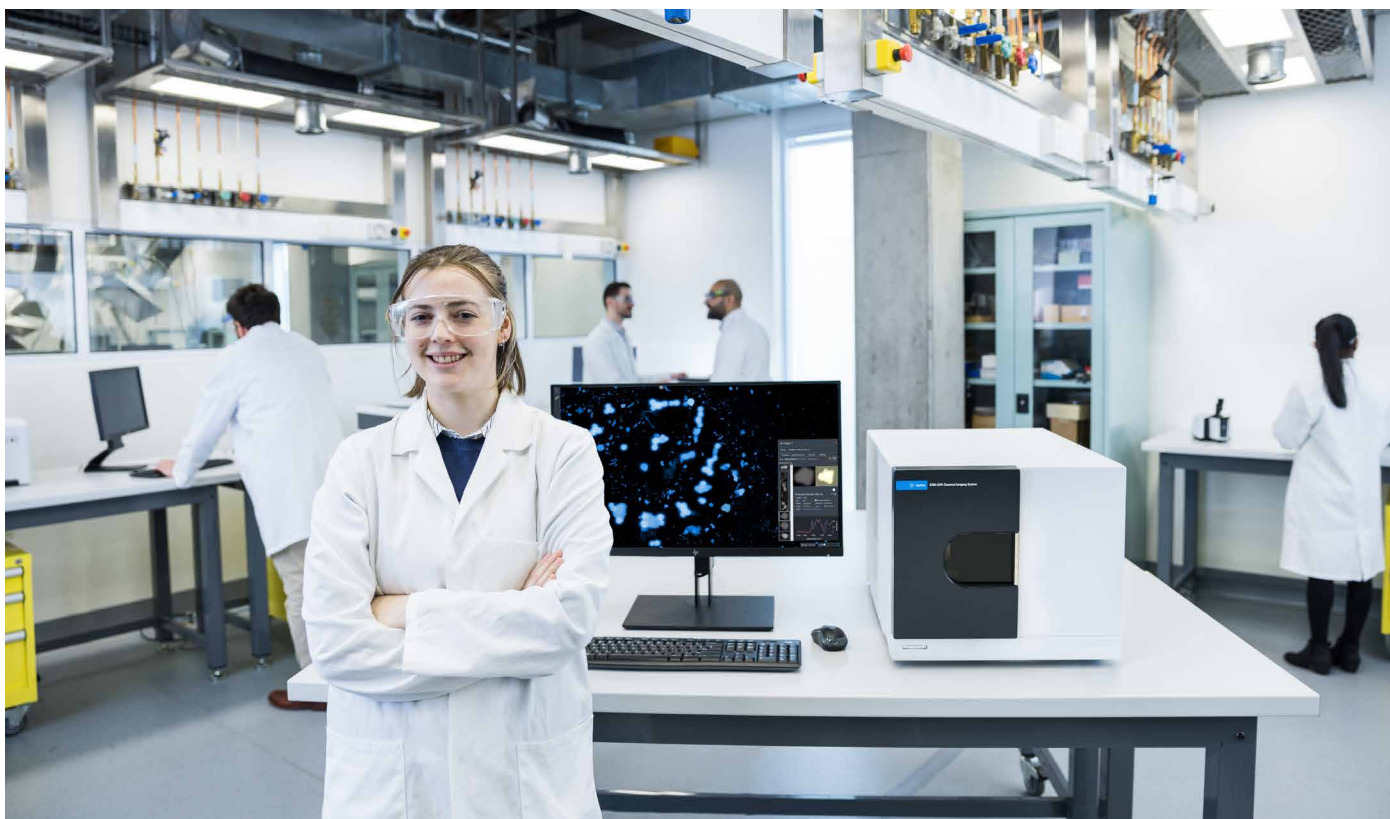


図 1. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムは、サンプルに含まれる粒子の数、粒子サイズ、粒子の化学組成など、マイクロプラスチックのルーチン分析を高速で実行できます。

マイクロプラスチックラボを準備するための 必須ツールと考慮事項

サンプル前処理はマイクロプラスチック分析における主要課題の1つであり、ラボのいくつかの側面を管理することにより、この課題の影響は最小限に抑えることができます。マイクロプラスチックは環境中のいたるところに存在しており、ラボ環境も例外ではありません。したがって、汚染を最小限に抑えるためには、予防措置をいくつか講じる必要があります。⁴

- マイクロプラスチック粒子はその大きさと重さにより、空気中に浮遊する可能性があります。そのため、空気の純度を最大限に高め、空気中の汚染物質レベルを最小限に抑えることが重要です。これは、サンプルを抽出するときにラミナーフローフードを使用することで可能です。
- マイクロプラスチックは嚴重にモニタリングされていないため、Milli-Q 水を含むすべての試薬にマイクロプラスチックが含まれます。したがって、すべての試薬は使用前にろ過して汚染がないか確認する必要があります。
- ガラス容器にも汚染のリスクがあるため、使用前に少なくとも Milli-Q ろ過水で洗浄する必要があります。可能であれば、すすぐ前にガラス器具を炉の中に入れることが推奨されます。
- もう1つの汚染源として考えられるのは、実験着などの個人用保護具です。したがって、綿100%の実験着を着用し、小さな繊維を取り除くに糸くずローラーを使用することが推奨されます。

マイクロプラスチックラボを設置するのに必須で、マイクロプラスチックの分析が容易になるツールと材料を表1に示します。

表 1. マイクロプラスチック分析に必須のツールと試薬

	物品明細
ろ過	真空ろ過装置. ろ過装置は抽出されたマイクロプラスチックをろ過するために使用されます。ネックの直径は 27 mm で、25 mm の金またはアルミニウムコートのフィルタを装着できます。
	ポリエステル (PETG) 金コートメンブレンフィルタ、0.8 μm、25 mm (部品番号 M7300-68009)
	ポリエステル (PETG) アルミニウムコートメンブレンフィルタ、0.8 μm、25 mm (部品番号 M7300-68011)
	手動真空レギュレータ付きの真空ポンプ - 自由エア置換式、80 L/min - モーター速度：1,440 rpm - オイル容量：380 mL
	MS マルチ真空ろ過ユニット
	クランプ サイズ範囲をもとに粒子をグループ化するためのふるいスタック
空気の純度	ラミナーフローフード
	HEPA フィルタ
	空気清浄機
	掃除機 綿の実験着
サンプル前処理 および分析	試薬調製の超純水源
	バランス
	ホットプレート
	ガラス容器
	保管箱
	IR 反射スライド (部品番号 M7300-68010)
	ピンセット
	マイクロスフェア (粒子サイズの検証に必須) ポリマーサンプルキット、ライブラリーの検証と作成に使用。
マイクロプラスチックの検出と同定用 Agilent 8700 LDIR (20 ~ 500 μm) マイクロプラスチック同定用 Agilent Cary 630 FTIR (> 500 μm)	

サンプル前処理プロセス

マイクロプラスチックの分析には、サンプル収集、分解、分離、機器分析といういくつかの主要ステップがあります（図 2）。このセクションでは、サンプルの分解、マイクロプラスチックの分離、ろ過の実際的な側面、特に汚れたマトリックス（環境サンプルやタンパク質を多く含むサンプルなど）からマイクロプラスチックを効果的に分離する方法に焦点を当てます。有機物を効果的に除去することで、可能性のある夾雑物を排除し、正確なマイクロプラスチック分析を確実にこなすようになります。

サンプルの分解（有機物の除去）

自然界から収集されたサンプルには、高濃度の有機物（動物の組織、植物の残骸、その他の微生物など）が含まれています。これらの物質はマイクロプラスチックの分析に悪影響を与え、すべての分光技術（IR、ラマン、または LDIR）で正確な同定と定量化を妨げるおそれがあります。したがって、マトリックス効果を低減し、クリーンなサンプルを得るためには、効果的なサンプル分解を行うことが求められます。表 2 は、サンプル分解に使用される一般的な化学物質（アルカリ性溶液、酸性溶液、酵素など）とその使用理由をまとめたものです。

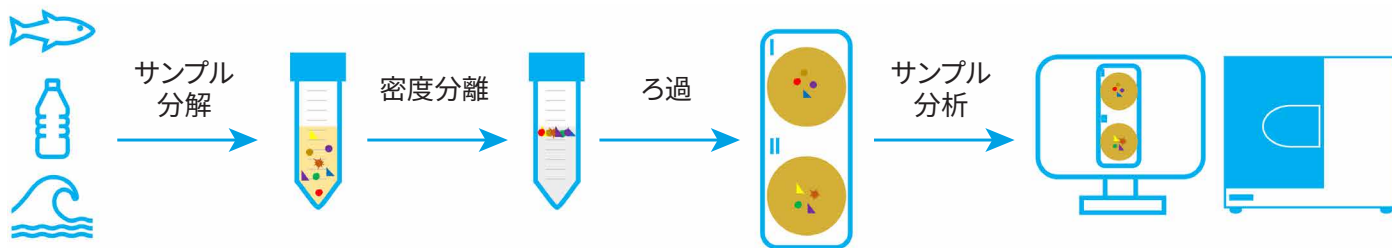


図 2. マイクロプラスチックのサンプル前処理と分析手順

表 2. 一般的なサンプル分解試薬とその用途

タイプ	例	用途
アルカリ	過酸化水素 (H_2O_2)	有機物除去効率が高く、マイクロプラスチックへのダメージが少ないため広く使用されます ^{5,7}
	フェントン試薬 ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe (II)}$)	水と堆積物のサンプルに有効。温度に依存し、制御なしではポリマーに影響を及ぼす可能性があります ^{8,9}
	<ul style="list-style-type: none"> - 水酸化ナトリウム (NaOH) - 水酸化カリウム (KOH) - 次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) 	動物組織の浸軟に好適。大きな炭水化物（セルロースなど）はアルカリ加水分解に耐性があります ^{10,11}
酸	<ul style="list-style-type: none"> - 硝酸 (HNO_3) - 塩酸 (HCl) - 過塩素酸 (HClO_4) - 硫酸 (H_2SO_4) 	有機物の除去に効果的ですが、マイクロプラスチックを分解する可能性があります。アルカリ分解と組み合わせるとよく使用されます ¹²
酵素	<ul style="list-style-type: none"> - セルラーゼ - リパーゼ - プロテアーゼ 	マイクロプラスチックに影響を与えずに特定の有機化合物をターゲットとする穏やかな分解方法。多くの場合、その後酸化処理を行って有機化合物を完全に除去します ¹³

密度分離

サンプルを分解した後、密度分離を用いてマイクロプラスチック粒子を効率的に抽出することができます。⁹ 理論的には、マイクロプラスチックを含むマトリックス溶液を飽和した高密度の塩溶液に懸濁させると、マイクロプラスチック粒子は上部に浮き、より重い無機物は底に沈みます (図 3)。適切な密度分離試薬は、コスト、環境影響、および環境中で最も一般的に観察されるプラスチックポリマーの密度 (0.85 ~ 1.45 g/cm³) に基づいて選択できます (図 4 および表 3)。^{14,15}

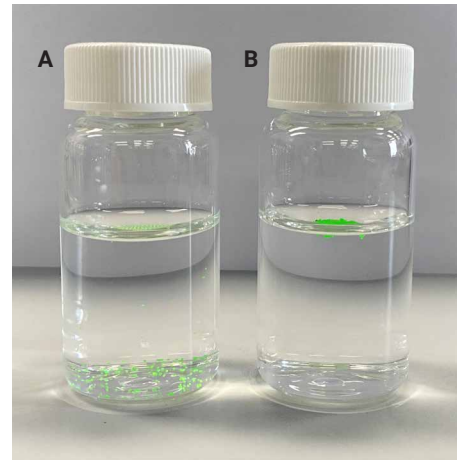


図 3. (A) 蒸留水と (B) 塩化カルシウム (CaCl₂) 溶液に懸濁された緑色のポリエチレンマイクロスフェア (直径: 250 ~ 300 μm)。密度の高い塩溶液を使用すると、粒子は明らかに上部に浮きます。

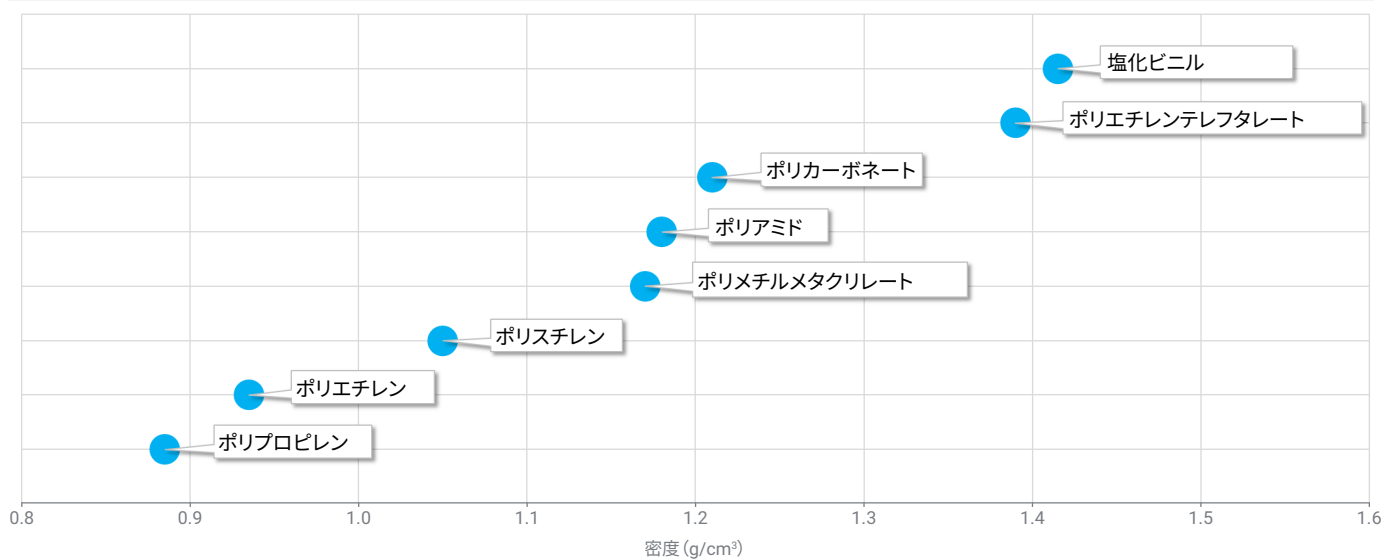


図 4. 一般的なポリマーの平均密度

表 3. 一般的な密度分離試薬とその用途

化学名	溶液密度 (g/cm ³)	用途と制限
塩化ナトリウム (NaCl)	1.15 ~ 1.30	- 低コスト、無害性のため広く使用されており、多くの一般的なプラスチックに効果的です - 高密度ポリマー (PET や PVC など) には効果がありません
塩化カルシウム (CaCl ₂)	1.30 ~ 1.35	- 低コスト - 残留 CaCl ₂ が最終サンプルに残り、マイクロプラスチックの検出を妨げる可能性があります
ヨウ化ナトリウム (NaI)	1.55 ~ 1.80	- あらゆる種類のマイクロプラスチックに好適 - 比較的高価
塩化亜鉛 (ZnCl ₂)	1.50 ~ 1.80	- 密度が非常に高く、あらゆるプラスチックに効果的 - 非常に高価で環境に有害

ろ過

サンプルには分解や密度分離などの処理がなされますがその複雑さにかかわらず、すべてのサンプルは最終的に、懸濁されたマイクロプラスチックを捕捉するろ過が必要になります。ろ過はサンプル前処理のなかで行うことも、分析のためにフィルタ上で直接行うこともあります。考慮事項を以下に示します。

サンプル前処理中の一般的なる過

- ガラス繊維メンブレンは繊維が抜け落ちる傾向があるため、IR 分光分析には推奨されません。
- セルロースまたはポリカーボネートのフィルタは、マイクロプラスチックを効果的に捕捉できる場合に限り使用できます。ポリカーボネートフィルタからのマイクロプラスチックの剥離に注意してください。
- ろ過する前に、フィルタと試薬の化学的適合性を試験します。

フィルタ上での直接分析

- マイクロプラスチックを含む懸濁液は、孔径 0.8 μm 、直径 25 mm の金またはアルミニウムコートフィルタを真空ろ過システムに取り付け、直接ろ過することができます (図 5)。その後、フィルタを 2 ポジションフィルタホルダに移し、8700 LDIR に挿入してマイクロプラスチックの特性解析を直接行うことができます。
- あるいは、マイクロプラスチック懸濁液をIR 反射スライド上に載せ、溶媒を蒸発させてから LDIR に移して分析することもできます。



図 5. アルミニウムコートフィルタ上にマイクロプラスチックサンプルをろ過する装置と手順。Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムによる分析の準備を整えるために使用

さまざまなマトリックス中のマイクロプラスチックの LDIR を用いた分析メソッド

世界中の研究グループが、地下水、ボトル入り飲料水、大気沈着サンプル、魚の腸など、さまざまなマトリックス中のマイクロプラスチックの分析と特性解析に不可欠なツールとして LDIR を使用しています。¹⁶⁻¹⁹

このセクションでは、一般的なマトリックスからマイクロプラスチックを分離し、LDIR を使用して分析するために使用されるいくつかのサンプル前処理法についてまとめます。



ボトル入り飲料水

ボトル入りの水はクリーンなマトリックスであると考えられるため、サンプル前処理は最小限で済みます。このマトリックスでは、サンプルの分解と密度分離は必要ありません。必要になるのは直接ろ過のみです。ボトル全体の水（600～1,000 mL）を、ポリエステル（PETG）の金またはアルミニウムコートメンブレン（0.8 μm、25 mm）でろ過できます。

1. ろ過フラスコをセットし、ろ紙をガラスフリットの上に置き、その上にファネルを取り付けます。
2. フリットとファネルをしっかりと固定します。ろ紙を通してゆっくりと水を注ぎます。
3. 水をろ過した後、ファネルの内側を3回洗浄し、側面に付着したマイクロプラスチックがろ紙に確実に収集されるようにします。
4. 最後に、フィルタを1段高くなったプラットフォームに置き、真鍮のリングで締めて表面が平らになるようにします。これにより、サンプルのラインプロファイリングに影響が及ぶことはありません。これで LDIR を使用したフィルタ上のサンプル直接分析を行えます。アプリケーションノートの全文を読むには、こちらをクリックしてください。²⁰



環境水

環境水には通常、高レベルの有機物が含まれているため、最初に分解手順が必要になります。

1. まずサンプルを、対象となる粒子サイズに適した孔径（通常は 5～20 μm）のメンブレンを通してろ過します。
2. その後、メンブレンを 30 % H₂O₂ 溶液に移してすべての有機物を除去します。H₂O₂ は通常、55 °C まで加熱して 12～24 時間振とうし、ほとんどの（またはすべての）有機物を確実に除去します。
3. 溶液を再びろ過し、ろ過した Milli-Q 水でガラスバイアルを3回洗浄します。
4. すべての有機物が除去されたら、フィルタを CaCl₂ または ZnCl₂ 溶液に移し、密度分離によってマイクロプラスチックを分離します。
5. 分離されたマイクロプラスチックを含む最上層を、IR 反射スライドに移し、8700 LDIR を使用して分析します。¹⁶



1. サンプル処理の前に、サンプルを空気乾燥、凍結乾燥、またはオープン乾燥し、研究全体で一貫した重量を得ます。
2. 次に、均質性を保ち、大きな粒子を除去し、目的のサイズ範囲の粒子を得るために、サンプルをふるいにかける必要があります。²¹
3. 次に、サンプルを 30 % H₂O₂ 溶液またはフェントン試薬に 55 °C で浸して、有機物を除去します。有機物を効果的に除去するには、酵素処理を使用することが重要です。
4. その後、NaCl、CaCl₂、ZnCl₂ を含む密度分離プロセスを実行し、マイクロプラスチックを分離します。
5. 環境水の場合と同様の手順で、マイクロプラスチックを含む層を、IR 反射スライドに移すか、金またはアルミニウムコートしたフィルタでろ過して、8700 LDIR を使用して分析します。¹⁹

土壌と堆積物

土壌や堆積物からマイクロプラスチックを分離する方法は複数ありますが、その大部分は図 6 に示すように、標準的なサンプル前処理アプローチ（サンプルの分解と密度分離）に従います。



1 乾燥した土壌サンプルの重さを量ります。



2 サンプルの分解を行います。



3 サンプルを一定時間置くことで有機物が確実に除去されるようにします。



4 密度分離を行います。



5 サンプルをろ過します。



6 フィルタホルダにフィルタを置きます。

図 6. 土壌のサンプル前処理手順



乳児用調合乳

食品は環境サンプルと同様に分析困難なサンプルですが、その理由は異なります。食品にはさまざまな量の脂肪、炭水化物、ビタミン、タンパク質が含まれており、マイクロプラスチックの分析を行うにはこれらすべてを除去する必要があります。マイクロプラスチックのサンプル前処理法が最適化されていないと、検出される粒子数が影響を受け、マイクロプラスチックの誤検出につながる可能性があります。私たちの知る限り、乳児用調合乳の分析に LDIR を使用した研究は 2 件のみです。

最初の研究では、次のような手順が取られています。

1. 乳児用調合乳 (5 g) を濃硝酸 (68 %) の入った 100 mL ビーカーに入れ、分子量の大きい物質を分解する。その後 48 時間放置する。
2. この後、溶液を 95 °C で少なくとも 3 時間加熱し、すべてのタンパク質を完全に分解する。
3. 3 時間後、溶液を 13 μm のろ紙でろ過し、すべての粒子を再懸濁する。次にビーカーにエタノールを注ぎ、30 分間超音波処理を行う。
4. この溶液をろ過した後、懸濁粒子を 200 μL に濃縮し、IR 反射スライドに移して LDIR で分析する。²²

マイクロプラスチックを抽出するもう 1 つの方法は、脂肪層と液体層を分離する方法です。

1. これは、塩化ナトリウム (NaCl) を使用して、3,000 rpm で 30 分間遠心分離することで実現可能。
2. ここから、液体層を 47 mm、14 μm のポリカーボネートフィルタを通してろ過する。乾燥したら、粒子をエタノールでチューブに洗い入れる。
3. 脂肪層には分解ステップが必要であり、0.1 M 水酸化ナトリウム (NaOH) を 50 ~ 60 °C の温度で 20 分間加熱する。
4. 分解したサンプルを 47 mm、14 μm のポリカーボネートの紙を通してろ過する。
5. ここからは、下位層と同じプロセスを実行する。その後、両方の層を金コートされたフィルタでろ過し、LDIR を使用して直接分析を行う。アプリケーションノートの全文を読むには、[こちらをクリックしてください](#)。²³

結論

マイクロプラスチックを分離するのは複雑なプロセスです。これには、サンプル前処理法が多面的であること、マイクロプラスチックがどこにもあること、汚染物質が混入するリスクがあること、サンプル内のマイクロプラスチックが不均一であることなど、いくつかの理由があります。その結果、マイクロプラスチックの分析は困難で時間がかかります。これは、特性解析に使用する技術 (LDIR、FTIR、ラマン、またはその他の技術) が何であれ当てはまります。

マイクロプラスチックが健康と環境に与える影響を理解することは極めて重要です。この理解を進めるために、分析プロセスの簡素化に世界が集中して取り組んでいます。これらの取り組みには、マイクロプラスチックを分離する標準化された方法論の開発、参照物質の作成、包括的なポリマーライブラリの生成などがあります。

Agilent 8700 LDIR マイクロプラスチック分析ワークフローは、このグローバルな環境課題において重要な役割を果たします。このシステムは、効率的なマイクロプラスチック分析を実現し、時間を大幅に節約します。ダイレクトフィルタ LDIR メソッドでは、サンプルを取り扱う機会が少なく、サンプル汚染の可能性が低減するため、優れた精度とより高いサンプルスループットが得られます。8700 LDIR の自動ワークフローは、サンプル数が多く、かつ高速なサンプルスループットが要求されるような、さまざまなマトリックス中のマイクロプラスチックの正確な特性解析に役立ちます。

参考文献

1. Ziani, K.; Ioniță-Mândrican, C. B.; Mititelu, M.; Neacșu, S. M.; Negrei, C.; Moroșan, E.; Drăgănescu, D.; Preda, O. T. Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review. *Nutrients* **2023**, *15*(3), 617. DOI: [10.3390/nu15030617](https://doi.org/10.3390/nu15030617)
2. Wang, W.; Wang, J. Investigation of Microplastics in Aquatic Environments: an Overview of The Methods Used, from Field Sampling to Laboratory Analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **2018**, *108*, 195–202. DOI:[10.1016/j.trac.2018.08.026](https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.026)
3. Brander, S. M.; Renick, V. C.; Foley, M. M.; Steele, C.; Woo, M.; Lusher, A.; Carr, S.; Helm, P.; Box, C.; Cherniak, S.; *et al.* Sampling and Quality Assurance and Quality Control: A Guide for Scientists Investigating the Occurrence of Microplastics Across Matrices. *Applied Spectroscopy* **2020**, *74*, 1099–1125. DOI: [10.1177/0003702820945713](https://doi.org/10.1177/0003702820945713)
4. Schymanski, D.; Oßmann, B. E.; Benismail, N.; Boukerma, K.; Dallmann, G.; von der Esch, E.; Fischer, D.; Fischer, F.; Gilliland, D.; Glas, K. *et al.* Analysis of Microplastics in Drinking Water and Other Clean Water Samples With Micro-Raman and Micro-Infrared Spectroscopy: Minimum Requirements and Best Practice Guidelines. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **2021**, *413*, 5969–5994. DOI: [10.1007/s00216-021-03498-y](https://doi.org/10.1007/s00216-021-03498-y)
5. Masura, J.; Baker, J. E.; Foster, G. D.; Arthur, C.; Herring, C. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*, **2015**.
6. Mason, S. A.; Kammin, L.; Eriksen, M.; Aleid, G.; Wilson, S.; Box, C.; Williamson, N.; Riley, A. Pelagic Plastic Pollution Within the Surface Waters of Lake Michigan, USA. *Journal of Great Lakes Research* **2016**, *42*, 753–759. DOI:[10.1016/j.jglr.2016.05.009](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2016.05.009)
7. Munno, K.; Helm, P. A.; Jackson, D. A.; Rochman, C.; Sims, A. Impacts of Temperature and Selected Chemical Digestion Methods on Microplastic Particles. *Environmental Toxicology and Chemistry* **2018**, *37*, 91–98. DOI: [10.1002/etc.3935](https://doi.org/10.1002/etc.3935)
8. Tagg, A.; Harrison, J. P.; Ju-Nam, Y.; Sapp, M.; Bradley, E. L.; Sinclair, C. J.; Ojeda, J. J. Fenton's Reagent for the Rapid and Efficient Isolation of Microplastics from Wastewater. *Chemical Communications* **2017**, *53*, 372–375. DOI:[10.1039/C6CC08798A](https://doi.org/10.1039/C6CC08798A)
9. Hurley, R. R.; Lusher, A. L.; Olsen, M.; Nizzetto, L. Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices. *Environmental Science & Technology* **2018**, *52*, 7409–7417. DOI: [10.1021/acs.est.8b01517](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01517)
10. Schrank, I. Möller, J. N.; Imhof, H. K.; Hauenstein, O.; Zielke, F.; Agarwal, S.; Löder, M. G. J.; Greiner, A.; Laforsch, C. Microplastic Sample Purification Methods – Assessing Detrimental Effects of Purification Procedures on Specific Plastic Types. *Sci. Total Environ.* **2022**, *833*, 154824. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2022.154824](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154824)
11. Leon Thacker, H. Chapter 6: Alkaline hydrolysis. *In* Carcass Disposal: A Comprehensive Review, **2004**.
12. Liu, M.; Lu, S.; Chen, Y.; Cao, C.; Bigalke, M.; He, D. Analytical Methods for Microplastics in Environments: Current Advances and Challenges. Springer Berlin Heidelberg Berlin, Heidelberg, 1–22.
13. Mbachu, O.; Jenkins, G.; Pratt, C.; Kaparaju, P. Enzymatic Purification of Microplastics in Soil. *MethodsX* **2021**, *8*, 101254. DOI:[10.1016/j.mex.2021.101254](https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101254)
14. Brignac, K. C.; Jung, M. R.; King, C.; Royer, S. J.; Blickley, L.; Lamson, M. R.; Potemra, J. T.; Lynch, J. M. Marine Debris Polymers on Main Hawaiian Island Beaches, Sea Surface, and Seafloor. *Environ. Sci. Technol.* **2019**, *53*(21), 12218–2226. DOI: [10.1021/acs.est.9b03561](https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03561)
15. Cutroneo, L.; Reboa, A.; Geneselli, I.; Capello, M. Considerations on Salts Used for Density Separation in the Extraction of Microplastics From Sediments. *Mar. Pollut. Bull.* **2021**, *166*, 112216. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2021.112216](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112216)
16. Samandra, S.; Johnston, J. M.; Jaeger, J. E.; *et al.* Microplastic Contamination of an Unconfined Groundwater Aquifer in Victoria, Australia. *Sci. Total Environ.* **2022**, *802*, 149727. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.149727](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149727)
17. Nizamali, J.; Mintenig, S. M.; Koelmans, A. K. Assessing Microplastic Characteristics in Bottled Drinking Water and Air Deposition Samples Using Laser Direct Infrared Imaging. *J. Hazardous Mat.* **2023**, *441*, 129942. DOI:[10.1016/j.jhazmat.2022.129942](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129942)
18. López-Rosales, A.; Andrade, J.; Fernández-González, V.; López-Mahía, P.; Muniategui-Lorenzo, S. A Reliable Method for the Isolation and Characterization of Microplastics in Fish Gastrointestinal Tracts Using an Infrared Tunable Quantum Cascade Laser System. *Marine Poll. Bull.* **2022**, *178*, 113591. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2022.113591](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113591)

19. Cheng, Y-L.; Zhang, R.; Tisinger, L.; et al. Characterization of Microplastics in Sediment Using Stereomicroscopy and Laser Direct Infrared (LDIR) Spectroscopy. *Gondwana Research* **2022**, *108*, 22–30. DOI:10.1016/j.gr.2021.10.002
20. Samandra, S.; Clarke, B.; Alwan, W. Accurate Microplastic Analysis of Bottled Drinking Water. *Agilent Technologies application note*, 5994-5616EN, **2023**.
21. Lee, H.; Kim, S.; Sin, A.; Kim, G.; Khan, S.; Nadagouda, M. N.; Sahle-Demessie, E.; Han, C. Pretreatment Methods for Monitoring Microplastics in Soil and Freshwater Sediment Samples: A Comprehensive Review. *Sci. Total Environ.* **2023**, *871*, 161718. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.161718
22. Liu, S. et al. Detection of Various Microplastics in Placentas, Meconium, Infant Feces, Breastmilk and Infant Formula: A Pilot Prospective Study. *Sci. Total Environ.* **2022**, *13(854)*, 158699. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158699
23. Samandra, S.; Clarke, B.; Alwan, W. Accurate Microplastic Characterization in Infant Formula. *Agilent Technologies application note*, 5994-5928EN, **2023**.

詳細情報

- Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステム
- Agilent Clarity ソフトウェア
- マイクロプラスチック技術の FAQ
- 水中のマイクロプラスチック分析

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタマコンタクトセンタ

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE29938198

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2024

Printed in Japan, August 20, 2024

5994-7587JAJP