

振動分光分析による飲料水中の マイクロプラスチックの世界的な規制への 対応

8700 LDIR を用いたマイクロプラスチックの
正確で信頼性の高い特性解析



著者

Wesam Alwan
Agilent Technologies, Inc.

はじめに

清潔で安全な飲料水を利用できることは、基本的人権であり、公衆衛生上の重要な優先事項です。環境汚染に対する懸念が高まる中、マイクロプラスチックのような新しい汚染物質に、世界中の規制機関が大いに注目しています。産業廃棄物、梱包材、日々の一般消費財などに由来するマイクロプラスチック粒子は、さまざまな水源で検出されており、潜在的な健康リスクと環境への影響の両方について懸念が高まっています。

マイクロプラスチックの正確で信頼性の高い特性解析は、材料のサイズ、形状、組成の多様性から、分析上の大きな課題となっています。粒子は、20 µm 未満から目に見える断片にまで及んでおり、球状、繊維状、不規則な形状などさまざまな形態で存在しています。マイクロプラスチックは、一般的にさまざまな種類のポリマーで構成されており、それぞれに明確な物理的および化学的特性と独自の分解履歴があります。マイクロプラスチックはこのように複雑であるため、その分析には高度な分析技法が必要となります。

このような課題に対処するため、規制機関や標準化団体は、飲料水中のマイクロプラスチック汚染をモニタリングおよび管理するためのガイドラインや試験方法を積極的に開発しています。マイクロプラスチックの特性解析に使用される分析技法は、この新しいタイプの汚染物質の影響を研究する際に、正確で信頼性の高い結果を得るために重要です。マイクロプラスチックの分析に使用される主な技法は、次の 2 つのカテゴリに分類されます。

- － **熱分析メソッド**：例えば、熱抽出脱着ガスクロマトグラフィー質量分析 (TED-GC/MS) や熱分解 GC/MS は、ポリマーの種類と質量に関する情報を提供します¹
- － **振動分光分析メソッド**：例えば、フーリエ変換赤外 (FTIR) 分光分析やラマン分光分析は、ポリマーの種類、粒子数、サイズに関する情報を提供します

振動分光分析を用いたマイクロプラスチック分析メソッドの標準化については、数年前から取り組みが続けられています。これらの標準メソッドは、異なるラボや規制環境において、一貫性があり、正確で再現性の高いマイクロプラスチック分析を保証するのに役に立つ、構造化されたアプローチを提供します。

このような規制の枠組みは、以下の 3 つの機関により確立されています。

- － **委員会委任決定 (EU) 2024/1441**：欧州議会および理事会指令 (EU) 2020/2184 を補足し、人間が消費する水中のマイクロプラスチックの測定方法を規定しています²。
- － **カリフォルニア水委員会**：飲料水中のマイクロプラスチックの試験とレポートの標準メソッドを確立するポリシーハンドブック (2022 年 8 月 9 日)³。このポリシーハンドブックは、マイクロプラスチックのモニタリングを義務付けるカリフォルニア州法 (SB1422) に対応して作成されました。序文に記載されているように、このメソッドは「飲料水中のマイクロプラスチックのモニタリングとレポートを実施するための要件を規定する」ことを目的としています。この文書 (SWB-MP1-rev1) の添付資料 C は、IR 技術に関連するメソッドを記述した標準操作手順書です⁴。
- － **ISO/DIS 16094-2: Water Quality — Analysis of Microplastic in Water, Part 2: Vibrational spectroscopy methods for waters with low content of suspended solids including drinking water** (策定中)⁵。

ASTM WK87463 (New Test Method for Spectroscopic Identification and Quantification of Microplastic Particles in Water Using Infrared (IR) Spectroscopy) も策定中です。このメソッドはまだ発表されていないため、このホワイトペーパーでは考慮していません⁶。

表 1 は、マイクロプラスチック分析のための 3 つの標準化メソッドの概要であり、サンプルの種類、ターゲットポリマー、サイズ分類、認可された分析技法に関する仕様の詳細を示しています。

表 1. 振動分光分析を用いた 3 つの規制の枠組みにおけるマイクロプラスチック分析の要件のまとめ

メソッド	EU 2024/1441	カリフォルニア水委員会	ISO/DIS 16094-2
サンプルの種類	人間が消費する水	処理済み飲料水	－ 超純水 － 人間が消費する水 － 未処理の地下水
対象のポリマー	－ ポリエチレン － ポリプロピレン (PP) － ポリエチレンテレフタレート (PET) － ポリスチレン (PS) － ポリ塩化ビニル (PVC) － ポリアミド (PA) － ポリウレタン (PU) － ポリメチルメタクリレート (PMMA) － ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) － ポリカーボネート (PC)	任意の厚さの連続ポリマー表面コーティングを有する 任意の組成の粒子 または ポリマーの含有量が ≥ 1 % 質量の任意の組成の粒子	－ ポリエチレン － ポリプロピレン (PP) － ポリエチレンテレフタレート (PET) － ポリカーボネート (PC) － ポリスチレン (PS) － ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) － ポリ塩化ビニル (PVC) － ポリアミド (PA) － ポリメチルメタクリレート (PMMA) － ポリウレタン (PU)
結果	－ 粒子の数 － 各粒子のポリマー ID － 粒子サイズ － 粒子形状	－ 粒子の数 － 各粒子のポリマー ID － 粒子サイズ － 粒子形態 － 粒子の色	－ 粒子の数 － 各粒子のポリマー ID － 粒子サイズ
測定可能な最小粒子サイズ	20 µm (粒子および繊維)	－ 20 µm (ラマン) － 50 µm (IR)	－ 1 ～ 10 µm (ラマン) － 15 ～ 20 µm (IR)
測定可能な最大粒子サイズ	－ 5 mm (粒子) － 15 mm (繊維)	5 mm	5 mm
分析技法	µ-FTIR、µ-ラマンなどの振動分光分析メソッド、 または量子カスケードレーザー赤外顕微分光 (QCL-IR) などの同等のバリエーション。	－ IR 分光分析には、FTIR、Laser Direct Infrared (LDIR) イメージング、光-光熱 IR (O-PTIR)、お よび 50 µm という小さいプラスチック粒子を測定 できるその他の技術が含まれますが、これらに限定 されません。 － ラマン分光分析	－ FTIR や QCL-IR 顕微分光などの顕微鏡を 組み合わせた IR 装置 (参考付録 F) － 顕微鏡と組み合わせたラマン

量子カスケードレーザー赤外顕微分光

量子カスケードレーザー赤外顕微分光 (QCL-IR) は、マイクロプラスチック分析に広く使用されている確立された技術です。このホワイトペーパーでは、QCL と高速スキャン光学系を使用した Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステム (図 1) が、マイクロプラスチックの標準化メソッドの要件にどのようにして適合するのかを示します。



図 1. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムは、飲料水中のマイクロプラスチックのルーチン分析を高速で実行することができ、サンプルに含まれる粒子の数、サイズ、化学組成などのデータを提供します。

規制メソッドの要件

サンプル量

水中のマイクロプラスチックのレベルを評価するために、さまざまな規制メソッドにより、異なるサンプル量と収集手順が規定されています。

EU 2024/1441 メソッドでは、最低 1,000 L のサンプル量が必要であるのに対して、カリフォルニア水委員会のメソッドでは、ASTM が承認した手順に従い、最大 1,500 L のサンプル量を収集することが推奨されています。ただし、州の水委員会では、サンプル収集中の汚染の可能性とサンプルブランクの必要性を排除するために、代替サンプリング方法の適合性を評価しています³。EU メソッドでは、中間収集容器や保管容器からの汚染を最小限に抑えるために、サンプリング場所水を直接フィルタに通過させるろ過を使用して、水を収集する必要があると規定しています²。ASTM の手順では、ラボ内でサンプルに対してさらにふるい分けろ過を行い、通常最大 20 L の比較的少量で処理できることを想定して、水のインラインふるい分けを義務付けています。これには、インラインふるい分けにより容器に収集されたサンプルも含まれており、その後さらに処理を行うことができます⁴。

ISO/DIS 16094-2 では、デフォルトでサンプル全量の試験を義務付けています。ただし、粒子の数が多くと予想される場合は、フィルタを分析する能力を維持しながら、代表的な結果を確実に得るために、ろ過量を調整する必要があります⁵。

ろ過された大量の河川や湖の水から抽出されたマイクロプラスチックは、LDIR を使用して分析することに成功しており、サンプルが粒子で過剰に濃縮されていない限り、正確な結果が得られています⁷。

ろ過

前のセクションで述べたように、大量のサンプルは、フィルタを通過させるろ過を使用して収集する必要があります。収集フィルタ上で直接サンプル分析が実施できない場合は、粒子状物質を液体に再懸濁して、その後の分析のために別の支持体に移すことができます。

通常、代表的なサンプルまたは粒子のサブサンプルは、フィルタ表面上またはスライドガラス上で調製する必要があります。

マイクロプラスチックを直接分析するために、LDIR は以下の 2 種類の基材上でサンプルを分析することができます。

- **金またはアルミニウムコーティングフィルタ：**マイクロプラスチック（約 1,000 粒子）を含むサンプルは、真空ろ過装置（図 3 に示す）を用いて、直径 25 mm の金またはアルミニウムコーティングフィルタ（図 2A および 2B）でろ過することができます。このアプローチでは、粒子をスライドに移す場合と比較して、より多くのサンプルが得られ、サンプル調製が容易で、汚染が少なく、2 種類のフィルタを連続して分析することができます。Agilent Clarity ソフトウェアでは、分析用にフィルタ全体を選択できます（約 16 mm）。ただし、サブサンプリングが必要な場合は、ソフトウェアにより、ユーザーが定義した領域の分析が可能です。領域選択ツールにより、分析領域を円形または長方形に定義することができます。
- **低放射率（low-e）IR 反射スライド：**LDIR で多数の粒子（約 5,000 粒子）を分析する場合は、面積の大きい低放射率（low-e）IR 反射スライド上で分析用のサンプルを調製できます。25 × 75 mm のスライド（MirrIR、Kevley Technologies）を図 2C に示します。



図 2. ホルダ上の (A) 金および (B) アルミニウムコーティングフィルタ、(C) low-e IR 反射スライド。サンプルはいずれの基材上でも調製することができ、Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを用いた直接分析が可能です。



図 3. アルミニウムコーティングフィルタ上でマイクロプラスチックサンプルを調製するためのサンプルろ過装置と手順の概要。Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムによる分析が可能です。

手順ブランク

正確で信頼性の高い分析結果を保証するためには、装置、試薬、環境からの汚染を評価するためのブランクの使用を含め、厳格な品質管理 (QC) 対策を実施する必要があります。例えば、EU 2024/1441 は、マイクロプラスチック汚染のバックグラウンドレベル (平均 (μ) と標準偏差 (σ)) を確立するために、フィルタの種類ごとに少なくとも 10 の手順ブランクを要求しています。また、この方法では、手順ブランクの定期的なモニタリングも義務付けており、汚染が平均バックグラウンドコンタミネーション (μ) の標準偏差の 3 倍を超える場合には調査が必要となります。

カリフォルニア水委員会のプロトコルでは、ラボは分析を実施する前に、50 mm を上回る粒子をスパイクした、少なくとも 7 種類のラボ強化ブランク (LFB) を分析することを要求しています。目視顕微鏡検査による粒子 ($> 212 \mu\text{m}$) の平均回収効率は 50 %、精度は 40 % RSD にする必要があります。ラボ試薬ブランクサンプル (LRB) も分析して、その結果が最小報告レベル (MRL) 未満である必要があります。

ISO/DIS 16094-2 では、各サンプルシーケンスで分析コントロールブランクを課すことにより、テストサンプルと同一の条件 (オペレータ、装置、環境、時間枠) を保証しています。また、ラボは、最低 10 のラボブランクを分析することにより、主張する粒子サイズの報告レベル (RL) を決定する必要があります。

8700 LDIR 用に特別に設計されたフィルタホルダは、(i) と (ii) の 2 つのポジションを備えており、ブランクとサンプルのシーケンス測定が可能です (図 4)。これにより、各フィルタの自動特性解析が可能になり、マイクロプラスチック分析の QC が効率化されます。



図 4. Agilent 8700 LDIR フィルタホルダは、ブランクとサンプルのシーケンス測定のためにポジションを 2 つ備えており、マイクロプラスチック分析の堅牢な QC が可能になります。

最小および最大粒子サイズ

マイクロプラスチックの分析に使用される分析メソッドにより生成された、粒子サイズ測定データの精度を確認する必要があります。表 1 にまとめた 3 つの規制の枠組みでは、IR 分光分析を用いて検出可能な最小粒子サイズを 10 ~ 20 μm と規定しています。

8700 LDIR の性能を実証するために、10、20、50 μm の NIST トレース可能ポリスチレンラテックスビーズを、low-e スライド上で測定しました。図 5 に示すように、Clarity ソフトウェア内の自動粒子分析ワークフローを使用して粒子を検出しました。このメソッドでは粒子の種類も正しく同定されており、ヒットクオリティインデックス (HQI) は 0.95 を上回り、10 μm という小さい粒子に対する LDIR の特性解析能力が実証されました。金およびアルミニウムコーティングフィルタを使用した粒子サイズ測定の詳細については、他の文献をご覧ください^{8,9}。

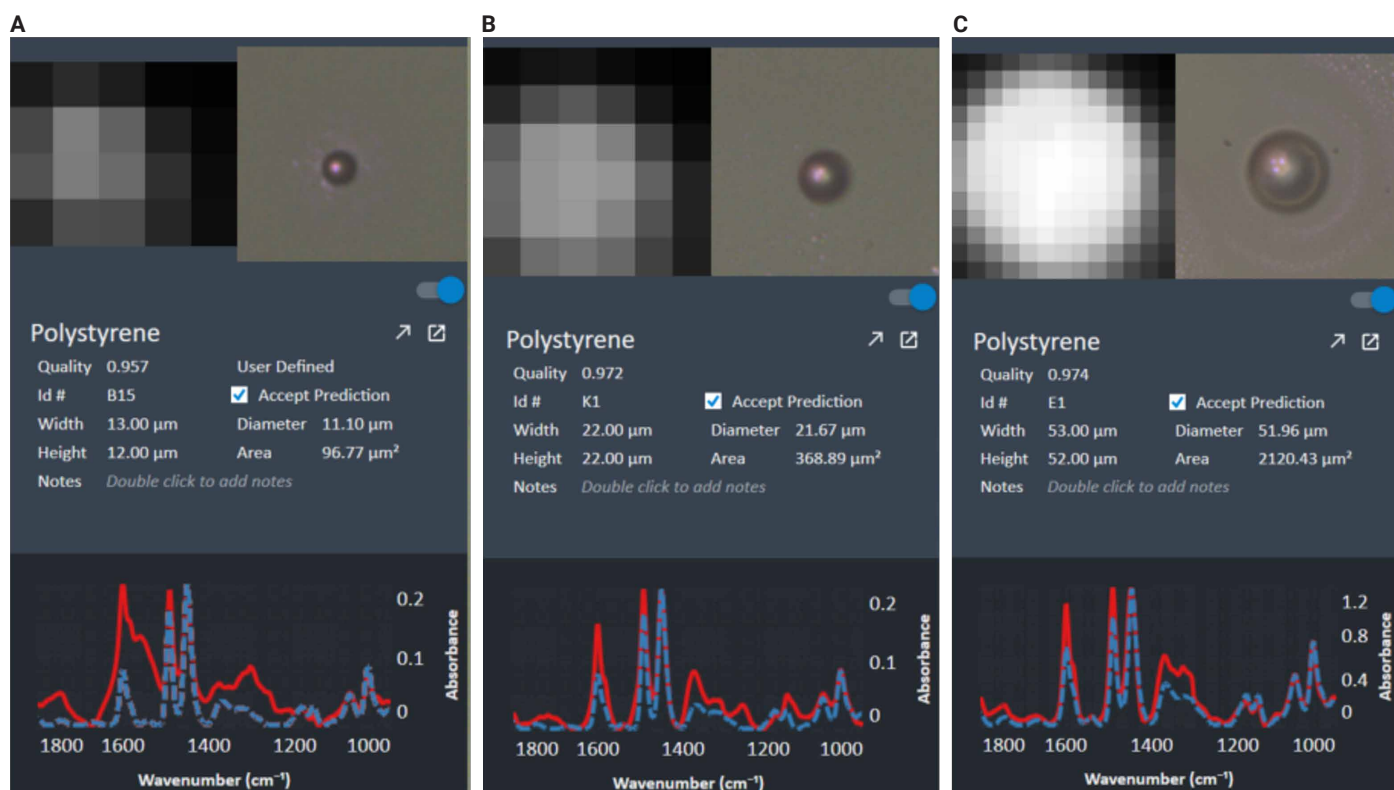


図 5. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムで自動粒子分析ワークフローを使用して測定した、10、20、50 μm のポリスチレンビーズ (NIST トレース可能) の例

表 1 に記載されているように、EU 2024/1441 に従って、3 つの規制の枠組みで課されている最大測定サイズは、粒子で 5 mm、繊維で 15 mm です。LDIR では最大 500 μm の粒子を分析できますが、より大きな粒子は、ダイヤモンド減衰全反射 (ATR) モジュールを取り付けた Agilent Cary 630 FTIR 分光光度計を使用して視覚的に検出し、測定することができます (図 6)。このサイズ範囲のプラスチック断片を同定するための高速で簡単なメソッドは、別の文献で報告されています¹⁰。

サイズ分類

マイクロプラスチックをサイズに基づいて分類することは、その分布と潜在的な環境への影響を理解するうえできわめて重要です。規制の枠組みごとに、マイクロプラスチック分析を標準化するために、特定のサイズ分類メソッドが確立されています。

- EU 2024/1441 によると、粒子は次の 5 つの面積相当直径範囲に分類されます。その範囲は、20 ~ 50 μm 、50 ~ 100 μm 、100 ~ 300 μm 、300 ~ 1,000 μm 、1,000 ~ 5,000 μm です。
- カリフォルニア水委員会のメソッドでは、IR 分光分析により、50 μm 未満、50 ~ 212 μm 、212 ~ 500 μm 、500 μm 超のサイズ分画を定義しています。
- ISO/DIS 16094-2 メソッドでは、マイクロプラスチックをサイズだけではなく、PE、PP、PU などの材料組成によっても分類しています。そのサイズ分類範囲には、1 ~ 5 μm 、5 ~ 10 μm 、10 ~ 20 μm 、20 ~ 50 μm 、50 ~ 100 μm 、100 ~ 500 μm 、500 ~ 5,000 μm が含まれます。

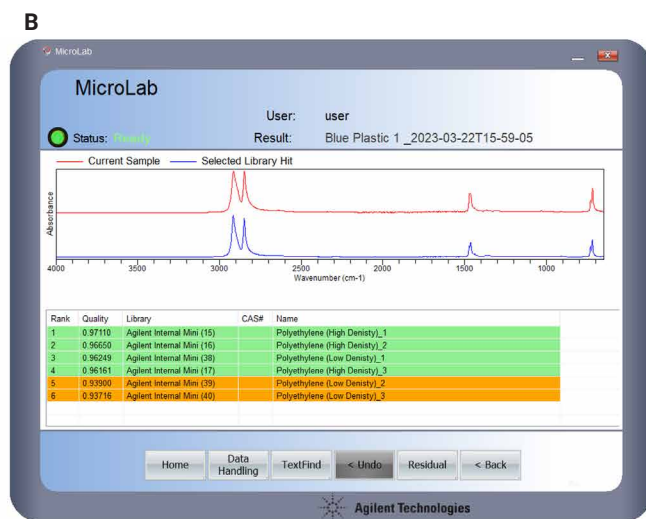


図 6. (A) ダイヤモンド ATR モジュールを装着した Agilent Cary 630 FTIR 分光光度計。(B) プラスチック断片 (赤のトレース) とライブラリヒット (青のトレース) の Cary 630 FTIR 定性分析スペクトルデータの例。この表は、各サンプルのヒットクオリティ、使用ライブラリ、ヒット名を示しています。HQI スコアに基づいて結果を色分けすることにより、信頼レベルを定義することができます。これにより、ユーザーは結果を解釈しやすくなり、エラーにつながる可能性のある見落としを減らすことができます。

8700 LDIR 機器の自動粒子分析ワークフローでは、分析前に分類範囲を調整することにより、柔軟なサイズ分類が可能です。これらの設定は、事前に定義することも、特定のラボニーズや規制ガイドラインに合わせてカスタマイズすることもできます。分析全体を通して、各サイズカテゴリ内の粒子数は継続的に更新されており、最終的な分類結果は、図 7 に示すように、分析終了時に確認することができ、マイクロプラスチックのサイズ分布を包括的に理解することができます。

同定 - ライブラリと対象のポリマー

振動分光分析では、分子内の振動モードにより生成される吸収バンドを使用して、スペクトルを参照ライブラリと比較することにより、有機物質と鉱物物質を区別します。表 1 で説明したように、規制の枠組みでは、タンパク質、鉱物、セルロース物質などの天然物質と確実に区別しながら、主要なポリマーの種類を正確に同定することが要求されています。

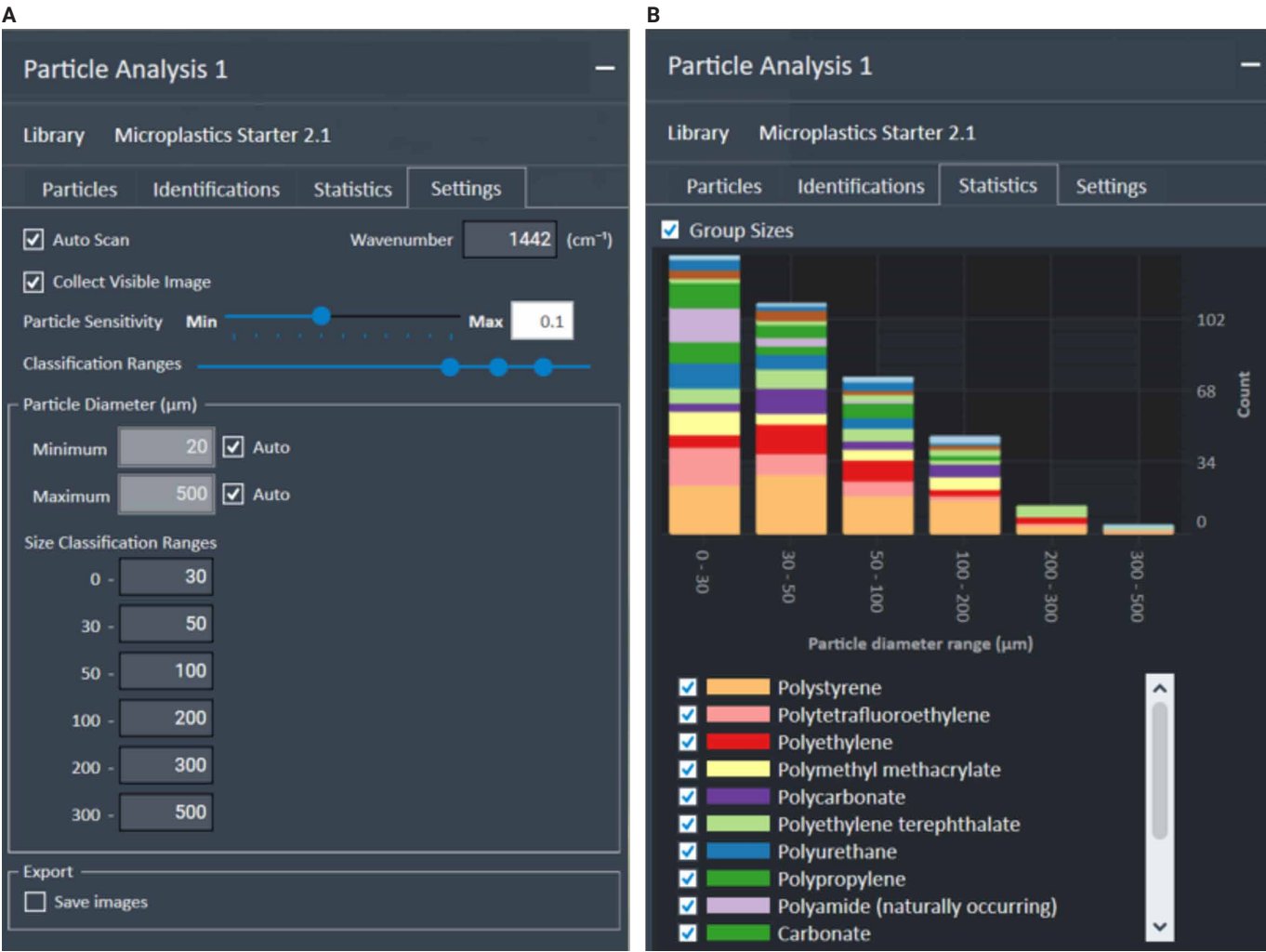


図 7. (A) サイズ分類範囲は、メソッド要件に従って粒子分析ソフトウェアで調整できます。(B) 選択したサイズ分類範囲に基づく粒子直径範囲 (μm) とカウントの関係は、分析後に自動的に生成されます。

Clarity ソフトウェアには、対象となる主要なポリマーと天然物質の両方を含む、高品質のマイクロプラスチックスペクトルライブラリ (Microplastics Starter 2.1 ライブラリ) が含まれています^{11, 12}。図 8 に示すように、LDIR は規制メソッドで指定されたすべてのポリマーを正

確に同定しており、HQI スコア 0.913 ~ 0.991 を達成しています (HQI スコア 0.85 ~ 0.99 は信頼性が高いことを示し、1 が最高の品質一致を表します)。

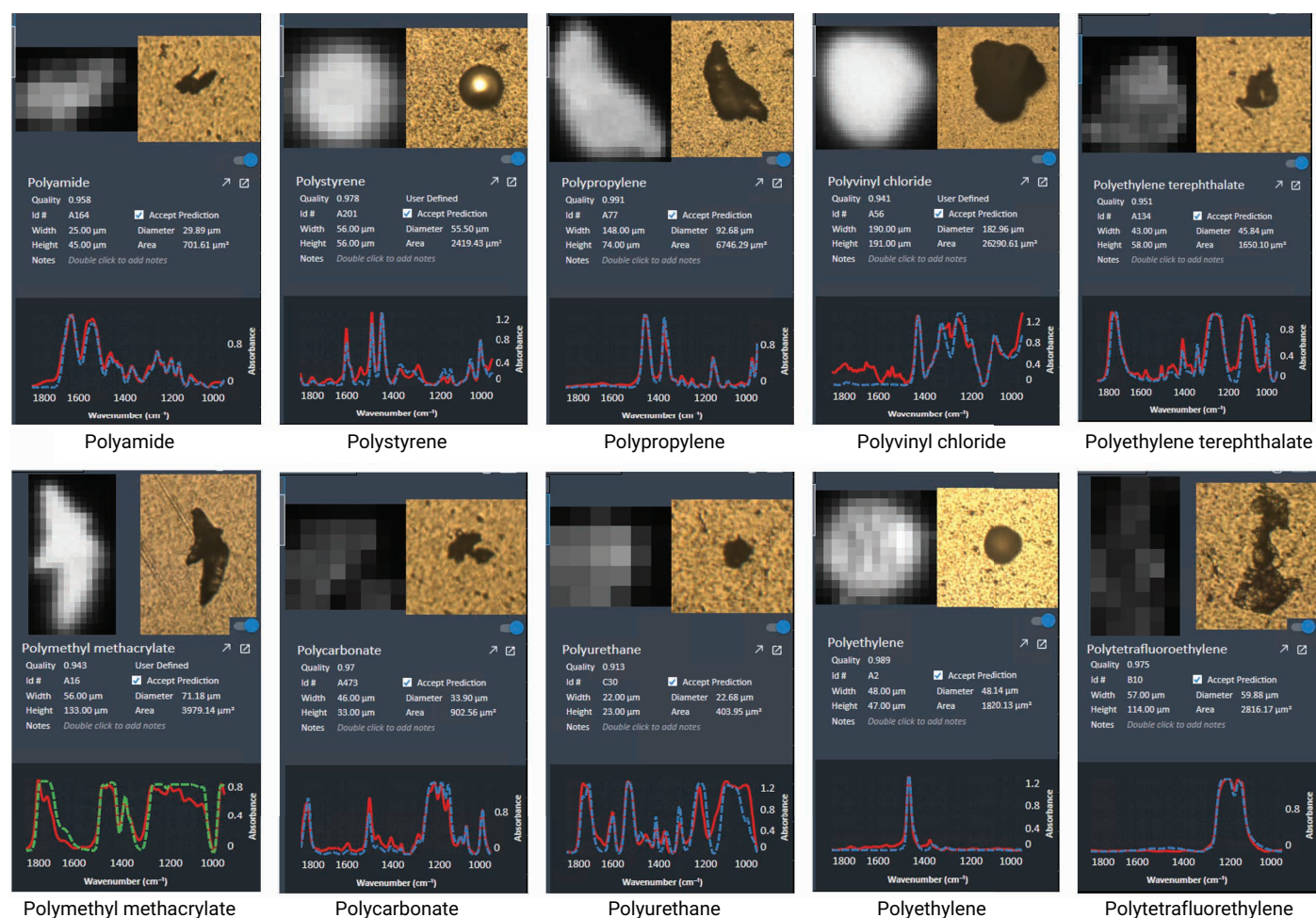


図 8. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムで自動粒子分析ワークフローを使用して、金コーティングフィルタ上で分析した主要な種類のマイクロプラスチックポリマーの例

LDIR は、図 9 に示すように、天然由来のポリアミドやセルロース物質といった非優先物質の同定においても優れた性能を発揮します。

ワークフロー内での照合は、スペクトルが取り込まれるとすぐにリアルタイムで行われるため、分析時間が大幅に短縮され、分析後の処理が不要になります。このソフトウェアでは、ポリマーの同定をさらに強化するために、特定の分析ニーズに合わせたカスタムスペクトライブラリを簡単に作成することができます。

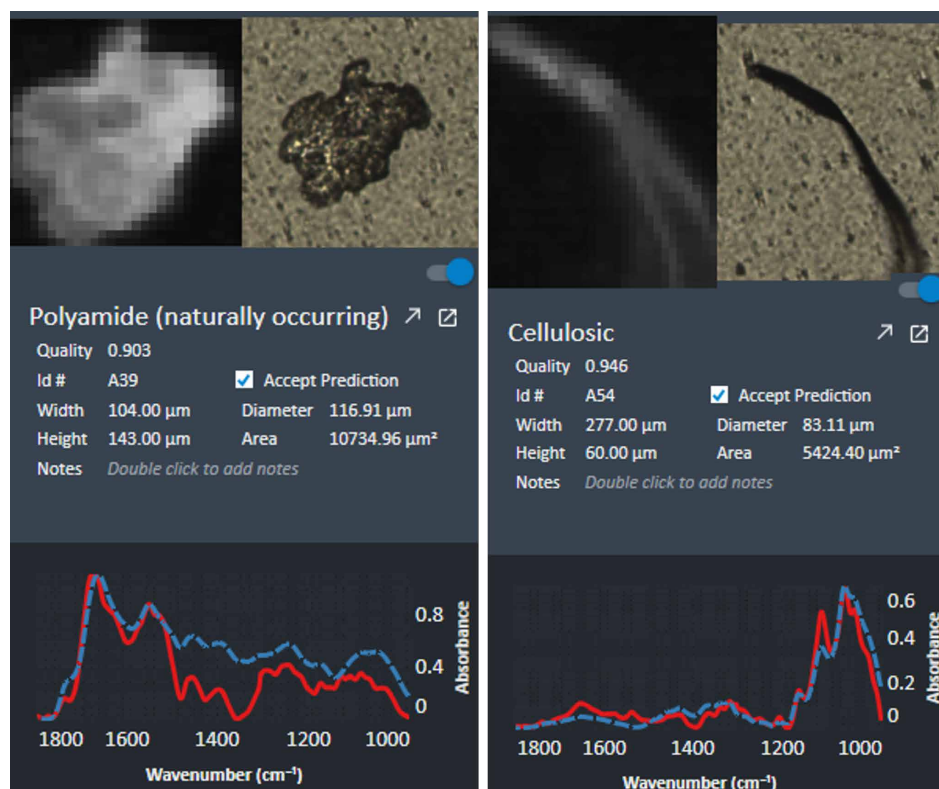


図 9. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを用いて検出され、高いヒットクオリティインデックス結果で同定された、非マイクロプラスチック粒子の例

粒子形状分類

マイクロプラスチックの粒子形状の分類は、規制メソッドごとに異なります。EU 2024/1441 によると、粒子形状は寸法に基づいて定義されており、粒子の最大寸法は 5 mm、アスペクト比（長さとの比）は 3 以下です。これに対して繊維は、長さが最大 15 mm、アスペクト比 3 超として分類されます。

一方、カリフォルニア水委員会のメソッドでは、発泡体、フィルム、断片、ペレットは「断片」のカテゴリに分類され、繊維と繊維束は「繊維」に分類されます。第 3 のグループは「球体」と「ゴム状断片」であり、多くの場合外見は黒です。このグループは、「ゴム状断片」として別に分類され

ます。ただし、ISO/DIS 16094-2 メソッドは、マイクロプラスチックの幾何学的形状を決定する手順を規定していません。

LDIR は、各粒子のアスペクト比を自動的に計算して、EU 2024/1441 に説明されている粒子と断片の区別を支援します。また、LDIR 機器の高倍率可視光カメラは、個々の粒子画像を取り込むことにより、形状分類の視覚的確認をサポートします。これらの画像は、分析終了時にエクスポートすることができ、粒子形態の包括的な記録を提供します。

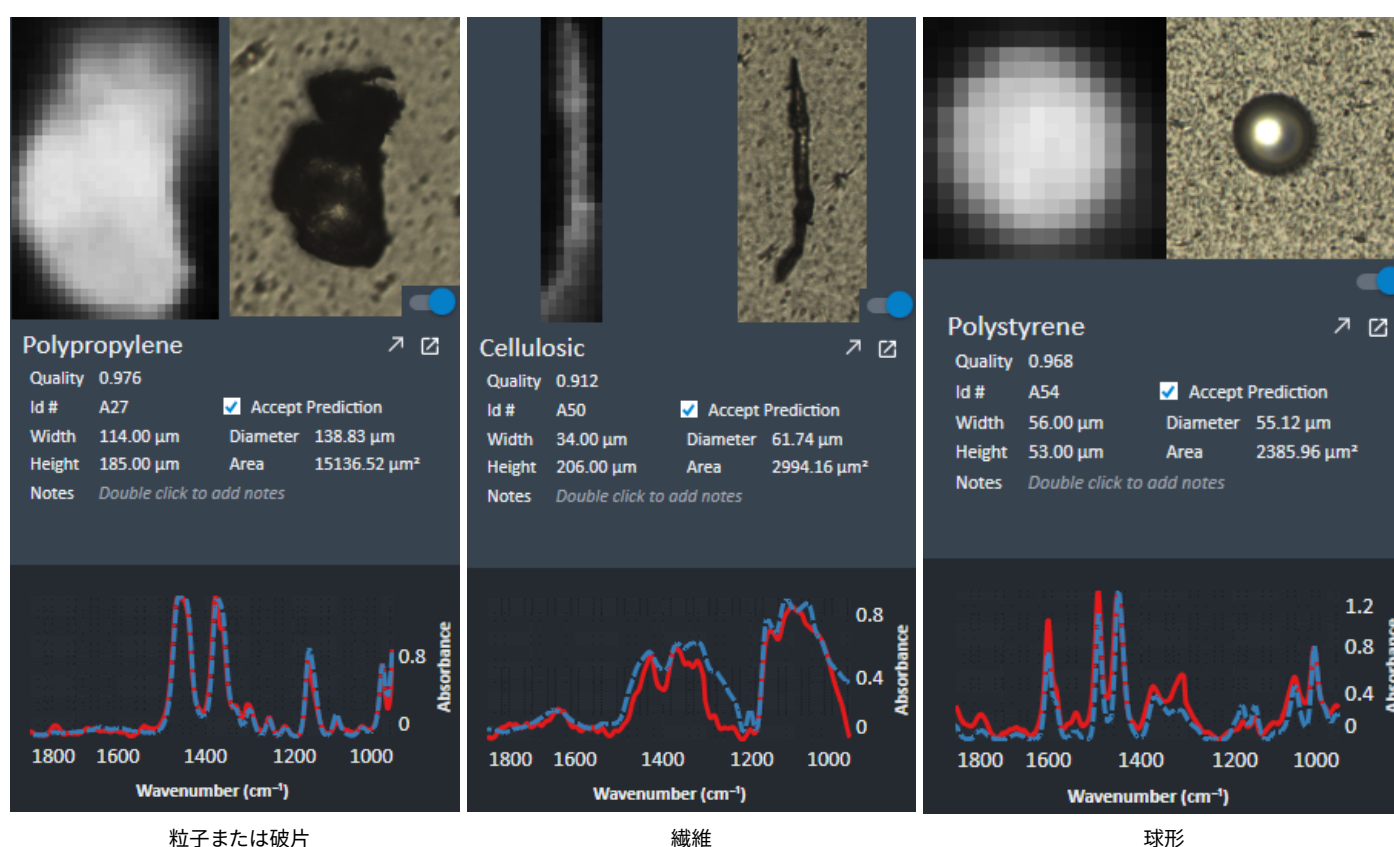


図 10. Agilent Clarity ソフトウェア内の自動粒子解析ワークフローを使用して取り込み、同定したさまざまな粒子形状。高さとの測定値は、粒子と繊維を区別する指標として使用されるアスペクト比の計算に使用されます。

データレポート

すべての標準化メソッドでは、分析終了時に、サンプルマトリックス、由来、受取日、処理水量、ふるい分け分画などの詳細を含む、包括的なデータレポートを要求しています。さらに詳細なレポートには、検出された粒子の数、サイズ、形状、色、組成が含まれています。

8700 LDIR システムでは、Clarity ソフトウェアが、以下の統計データを分析者に対して自動的に提供します。

- 検出された粒子の総数
- 各サイズ分画内の総粒子数

- 同定された各粒子のポリマーの種類
- 各粒子の同定に基づいて色分けされ、同定された粒子の統計的概要
- サイズ範囲
- 検出された各粒子の赤外および高倍率可視画像

このソフトウェアは、関連するすべての情報を含む Excel シートを生成し、メソッド要件と分析目的に基づいて、さらなる統計分析とレポートを可能にします（図 11）。

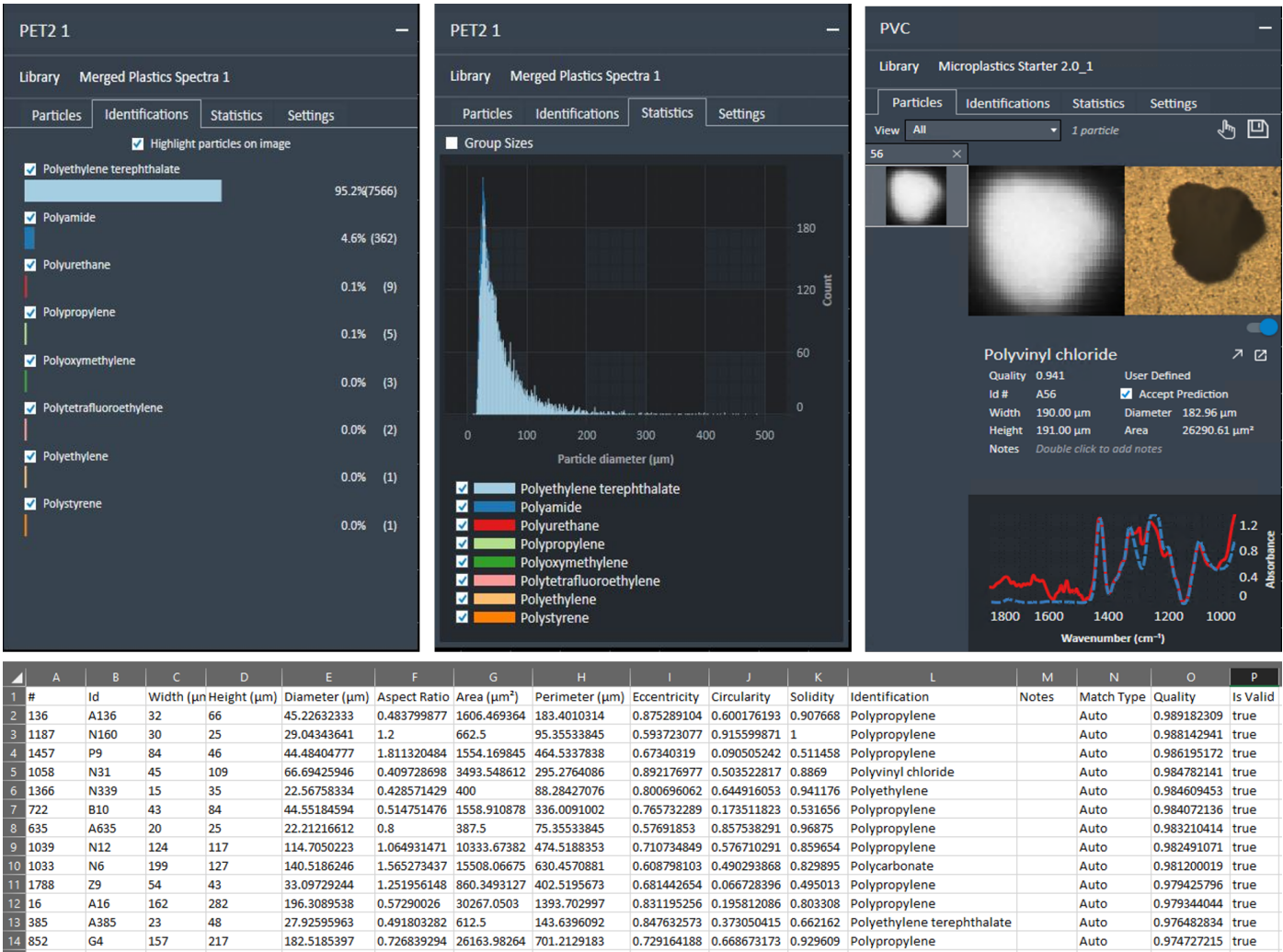


図 11. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムの粒子分析ワークフローの最後に生成される統計データと Excel シートのスクリーンショット

結論

マイクロプラスチックは環境中に広く存在し、サイズ、形状、色、組成に大きなばらつきがあるため、分析が複雑になっています。このような課題に対処するため、現在の規制の枠組みや新しい分析メソッドは、必要な分析基準に適合するという条件で、サンプリング装置、機器、データ分析技法に柔軟性を持たせています。標準化メソッドの目的は、マイクロプラスチック評価の精度と比較可能性を向上させることです。

熱分析メソッドや μ -FTIR、 μ -ラマンなどの振動分光分析技術に加えて、量子カスケードレーザーベースの IR 技術は、マイクロプラスチック分析に適した技術であることが証明されています。

このホワイトペーパーでは、Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムと Agilent Clarity ソフトウェアを組み合わせることにより、3 つの世界的な規制の枠組みの要件に適合して、マイクロプラスチックの正確な特性解析が可能になることを実証しました。レーザーベースのシステムは、マイクロプラスチックのフィルタベースの直接分析に対して完全に自動化されたワークフローを提供しており、従来の振動分光分析技術と比較して、大幅な時間短縮とサンプルスループットの向上を実現しています。

参考文献

1. ISO/DIS 16094-3. Water Quality — Analysis of Microplastic in Water. Part 3: Thermo-Analytical Methods for Waters with Low Content of Suspended Solids Including Drinking Water. (accessed March 2025).
2. Commission Delegated Decision (EU) 2024/1441: Supplementing Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council by laying down a methodology to measure microplastics in water intended for human consumption. http://data.europa.eu/eli/dec_del/2024/1441/oj (accessed March 2025).
3. California Water Boards. Policy Handbook Establishing a Standard Method of Testing and Reporting of Microplastics in Drinking Water. https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/docs/2022/mp-hndbk.pdf (accessed March 2025).
4. SWB-MP1-rev1 Standard Operating Procedures for Extraction and Measurement by Infrared Spectroscopy of Microplastic Particles in Drinking Water https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/documents/microplastics/swb-mp1-rev1.pdf (accessed March 2025).
5. ISO/DIS 16094-2: Water Quality - Analysis of Microplastic in Water, Part 2: Vibrational Spectroscopy Methods for Waters with Low Content of Suspended Solids Including Drinking Water (under development). <https://www.iso.org/standard/84460.html#lifecycle> (accessed March 2025).
6. ASTM WK87463: New Test Method for Spectroscopic Identification and Quantification of Microplastic Particles in Water Using Infrared (IR) Spectroscopy - The title and scope are in draft form and are under development within this ASTM Committee. <https://www.astm.org/workitem-wk87463> (accessed March 2025).
7. Bäuerlein, P. S.; Hofman-Caris, R. C. H. M.; Pieke, E. N.; Ter Laak, T. L. Fate of Microplastics in the Drinking Water Production. *Water Res.* **2022** Aug 1, 221, 118790. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118790. Epub 2022 Jun 24. PMID: 35780766.
8. Achieving Accurate Microplastics Characterization. The Agilent 8700 LDIR Chemical Imaging System. *Agilent Technologies ebook*, publication number 5994-5614EN, **2023**.

9. Kumanayaka, T.; Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステムによるアルミニウムコーティングフィルタ上のマイクロプラスチック分析, *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-6844JAJP, **2023**.
10. Alwan, W.; Zieschang, F. FTIR 分光分析法を用いたプラスチック片の高速かつ簡単な物質同定. *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-5986JAJP, **2023**.
11. Primpke, S. et al. Reference Database Design for the Automated Analysis of Microplastic Samples Based on Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Anal. Bioanal. Chem.* **2018**, 410, 5131–5141. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1156-x>.
12. De Frond, H.; Rubinovitz, R.; Rochman, C. M. μ ATR FTIR Spectral Libraries of Plastic Particles (FLOPP and FLOPPE) for the Analysis of Microplastics. *Anal. Chem.* **2021**, 93(48), 15878–15885. DOI: 10.1021/acs.analchem.1c02549.

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

カスタムコンタクトセンタ

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。

DE-004819

アジレント・テクノロジー株式会社
© Agilent Technologies, Inc. 2025
Printed in Japan, March 11, 2025
5994-8166JAJP