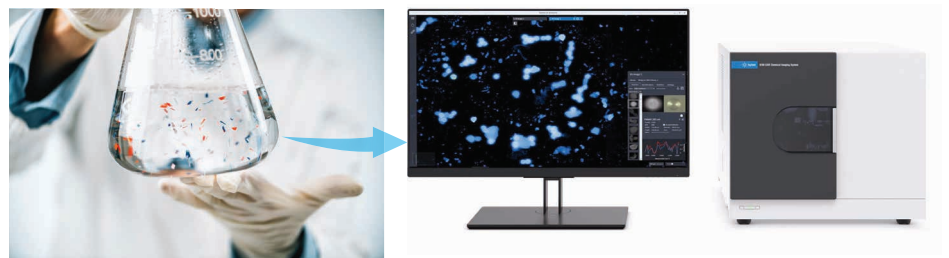


# Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステムの性能特性

マイクロプラスチックの特性解析に



## はじめに

マイクロプラスチックによる水域、土壌、空気、飲料水の汚染は、環境を脅かす一因として指摘されたことを背景に、大きな関心を集めるようになってきました。そのため、マイクロプラスチック微粒子の化学的同一性、サイズ、形状、総質量の特性解析に最適な分析ソリューションの標準化に向けた取り組みが進められています。

信頼性が高く高速なマイクロプラスチックの特性解析は、現在の技術では部分的にしか実現されていません。例えば、ポイントマッピング方式のフーリエ変換赤外 (FTIR) 顕微鏡では、この分析を行う場合、絞りを小さくする必要があります。これにより S/N 比が低下し、マイクロプラスチック粒子あたりの分析時間は 1 分以上にもなります。アレイ方式の FTIR 顕微鏡やラマン顕微鏡でも、この種の分析には時間がかかります。レーザー直接赤外 (LDIR) は、従来の振動分光分析の速度とワークフローの制約の問題を解決します。空きスペースでデータを収集する必要がないなど、FTIR システムの主な制約の一部を克服できます。これは完全に自動化できるため、分析時間が大幅に短縮されます。

Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムは、非常に高度で新しい手法によりケミカルイメージングと赤外スペクトル分析を実現します。8700 LDIR は、量子カスケードレーザー (QCL) 技術を使用し、専門家をはじめ専門家でない人も同じように使用できるように設計されており、シンプルで高度に自動化された操作が実現できます。このシステムは、環境サンプル（水など）中のマイクロプラスチック粒子の解析に理想的です。8700 LDIR なら、より多くのサンプルをより詳細に、しかもわずかな数分で解析できます。ソフトウェア内の自動化されたワークフローにより、ミスの可能性やコストが削減され、マイクロプラスチックの特性解析プロセスの簡素化につながり、高速で信頼性の高いソリューションが実現されます。

この技術概要では、マイクロプラスチックの特性解析を対象として、8700 LDIR の簡単に使える自動化ワークフローについて説明します。また、8700 LDIR の性能について、粒子サイズの正確度と精度、およびサイズ範囲の精度と粒子カウントの再現性を評価します。

## 粒子解析の自動化ワークフロー

Agilent Clarity ソフトウェアは、マイクロプラスチックを簡単に解析できる直感的なソフトウェアです。自動化されたワークフローは、粒子の同定と解析に適しています。粒子解析のワークフローを作成して実行する手順は、調製したサンプルを 8700 LDIR に導入し、サンプルに赤外線 (IR) レーザーの焦点を合わせることから始まります。自動化されたワークフローを実行するには、図 1 に示すように、Particle Analysis メソッドを選択し、対象とするライブラリを選択します。自動化されたワークフローにより、ユーザーは顧客のニーズに応じた設定で、次のような特定のパラメータを定義できます：

- **自動スキャン**：有効にすると、ソフトウェアがワークフロー全体を自動的に処理します。または、ユーザーは検出された粒子をプレビューして、それに応じて設定を調整できます。

- **可視画像の収集**：有効にすると、ソフトウェアが各粒子の可視画像を自動的に収集します。
- **粒子感度**：粒子の検出感度を調整します。感度を上げると、画像内のより淡く小さい粒子が検出されるようになります。
- **分類範囲**：ユーザーが、同定の質に基づいて粒子を分類する範囲を選択できます。
- **粒子径**：検出する最小粒子径と最大粒子径を設定します。
- **サイズ分類範囲**：これにより、ユーザーはバケットに分類される最大粒子サイズを設定できます。

これらのパラメータを定義した後、領域を選択します。再生ボタンを押すと、粒子解析ワークフローが開始されます（図 1）。

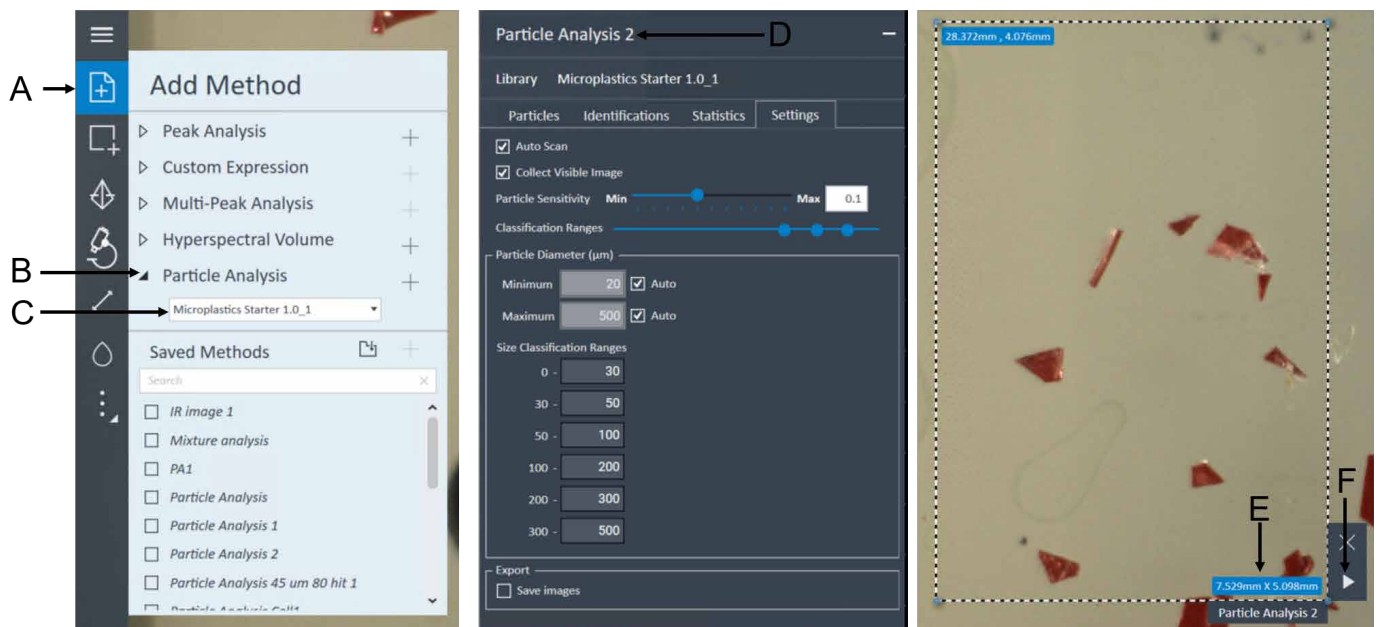


図 1. Agilent Clarity ソフトウェアの自動化粒子解析ワークフロー。(A) 新しいメソッドの追加。(B) Particle Analysis を選択。(C) 解析に使用するライブラリは、ドロップダウンメニューから選択可能。(D) 粒子解析ワークフローの設定。(E) 解析に選択された領域。(F) 解析を開始する再生ボタン。

## 性能特性

### 粒子サイズの正確度と精度

8700 LDIR の粒子サイズの正確度と精度は、自動化された粒子解析ワークフローを使って評価し、サードパーティの機器（デジタル顕微鏡 Leica DVM6）を使用して検証しました。10 mg の透明なポリエチレンマイクロスフェア（0.96 g/cc、38 ~ 45  $\mu\text{m}$ 、5 g）を 100  $\mu\text{L}$  のエタノールに懸濁し、得られた粒子/エタノール懸濁液（4  $\times$  10  $\mu\text{L}$ ）を 2 つの赤外線反射ガラス スライド（7.5  $\times$  2.5 cm、MirrIR、Kevley Technologies、オハイオ州、米国）にピペットで移しました。このステップは、空気による汚染を最小限に抑えるために、ラミナーフロー式ドラフト内で行いました。粒子解析ワークフローは、可視画像を収集することにより、同じ領域で 3 回実行されました（図 2）。

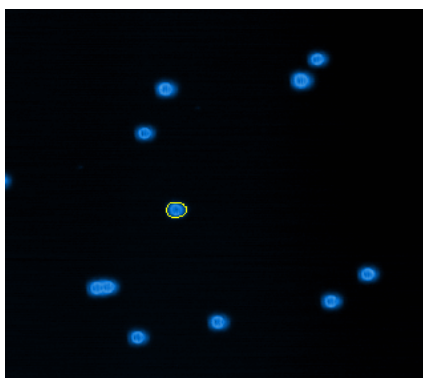


図 2. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムで撮影された透明ポリエチレンマイクロスフェアの画像。

8700 LDIR における A3 ~ A9 の粒子サイズの正確度は、認定値の範囲内（粒子の 90% 以上が 38 ~ 45  $\mu\text{m}$  の範囲内となる必要があること）であることがわかりました（表 1）。

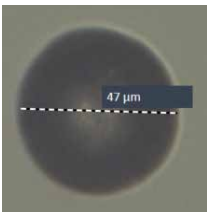

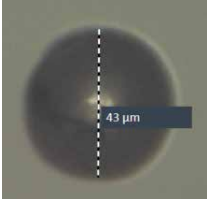

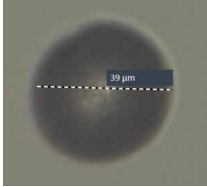

この結果は、表 2 に示すようにデジタル顕微鏡データと一致しました。A2 の粒子サイズは、LDIR とデジタル顕微鏡の両方で指定された

範囲外であることがわかりました（表 2）。粒子サイズの精度は、3 回のスキャンから得られた直径の標準偏差に基づいて決定し、LDIR システムでは 0.03 ~ 0.10  $\mu\text{m}$  の優れた再現性と精度が達成されました（表 1）。

表 1. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを使用して測定された透明なポリエチレンマイクロスフェア。

粒子 ID	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
繰り返し 1	47.03	43.18	42.08	41.61	40.96	41.15	40.10	38.98	38.93
繰り返し 2	46.99	43.07	42.05	41.55	40.90	40.44	40.06	39.01	39.25
繰り返し 3	47.11	43.21	42.08	41.65	40.45	40.37	40.17	38.97	39.29
平均	47.05	43.15	42.07	41.60	40.42	41.01	40.11	0.03	39.25
標準偏差	0.05	0.06	0.01	0.04	0.04	0.11	0.05	39.20	0.04

表 2. サードパーティの機器を使用して検証された、Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムで計測した粒子サイズ。破線は、ユーザーが粒子の直径を手動で計測できるようにする Clarity ソフトウェアの機能です。

粒子	Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステム	サイズ ( $\mu\text{m}$ )	デジタル顕微鏡 Leica DVM6	サイズ ( $\mu\text{m}$ )
A2		47.0		46.0
A3		43.2		42.5
A9		39.0		39.5

### サイズ範囲の精度と粒子カウントの再現性

マイクロプラスチック混合サンプルを使用して、8700 LDIR のサイズ範囲精度と粒子カウントの再現性を評価しました。サンプルには、2つの赤外線反射ガラススライド (7.5 × 2.5 cm; MirriR、Kevley Technologies、オハイオ州、米国) に分注されたさまざまな種類およびサイズ、形状のマイクロプラスチックが含まれていました。この解析を実行するために、可視画像の取り込みを使用した自動化ワークフローを用いて、9 × 9 mm の領域を 6 回スキャンしました (図 3)。

スキャンされた領域には、サイズが 20 ~ 2,000 μm の範囲の粒子が含まれていました。6 回のスキャンの標準偏差に基づく、8700 LDIR は、バケット 0 ~ 30、30 ~ 50、50 ~ 100、および 100 ~ 200 μm について、それぞれ 10、7、3、および 2 粒子という優れたサイズ範囲精度を示しました。より大きな粒子サイズのバケット (200 ~ 300、300 ~ 500、および 500 ~ 5,000 μm) は、6 回のスキャン

にわたって優れた再現性を示し、偏差は 0% でした (表 3)。8700 LDIR は、6 回のスキャンで 2.1% という極めて優れた粒子カウントの再現性を示しました。この数字は、6 回のスキャンの平均粒子数と標準偏差に基づいて計算されたもので、それぞれ 871 粒子と 18 粒子でした (表 3)。

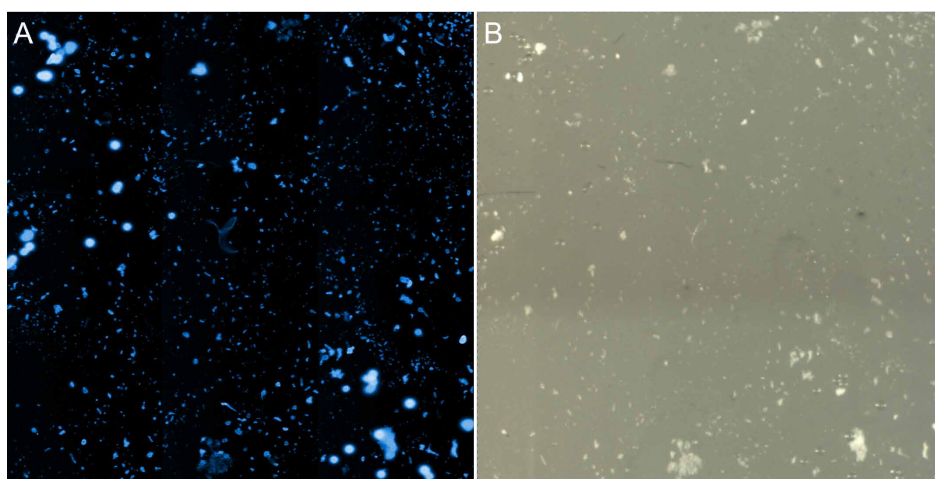


図 3. サイズ範囲の精度と粒子カウントの再現性の検証のためにスキャンされた領域。(A) 1,800 cm<sup>-1</sup> での IR イメージ。(B) Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムで取得した可視画像。

表 3. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを使用した、サイズ範囲の精度と粒子カウントの再現性。

サイズ範囲 (μm)	自動化ワークフロー R1	自動化ワークフロー R2	自動化ワークフロー R3	自動化ワークフロー R4	自動化ワークフロー R5	自動化ワークフロー R6	平均	標準偏差
0 ~ 30	112	118	112	119	106	88	109	10
30 ~ 50	393	406	402	404	401	386	399	7
50 ~ 100	291	290	284	284	286	286	287	3
100 ~ 200	64	65	68	68	68	62	66	2
200 ~ 300	7	7	7	6	7	7	7	0
300 ~ 500	3	3	3	3	3	3	3	0
500 ~ 5,000	1	1	1	1	1	1	1	0
合計	871	890	877	885	872	833	871	18

## Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムの主な機能とアプリケーション

- 専門の分光分析学者や訓練を受けた技術者でなくても、サンプルを迅速かつ正確に分析および特性解析が行えます
- 医薬品錠剤中の成分の表面分布の特性解析を行う高度に自動化されたワークフロー
- 環境サンプルと飲料水中のマイクロプラスチックの自動ケミカルイメージングワークフロー
- 広いサンプル領域を調べてイメージング測定した後、光学部品を変更せずに微小対象領域をさらに詳細に調べることが可能
- Agilent Clarity ソフトウェアを使用した完全な制御
- 視野をミクロンからセンチメートルまで、ピクセルサイズを 1  $\mu\text{m}$  ~ 40  $\mu\text{m}$  に変更が可能
- 市販ライブラリまたはカスタムライブラリを使用して、ATR 機能で未知化合物を迅速に同定
- 複雑なメソッド開発なしで、サンプル成分の相対的な定量情報を取得
- シンプルなロードアンドゴー方式により機器の操作が最小限で済み、さらに設置面積が小さいためラボのスペースを節約できます

## 結論

Agilent 8700 LDIR は、マイクロプラスチック微粒子の同定、サイズ測定、半定量、レポート作成までを自動的に実行する高速ソリューションです。8700 LDIR は、粒子サイズの正確度と精度、およびサイズ範囲の精度と粒子カウントの再現性に関して優れた性能を発揮することが示されました。したがって、環境サンプル中のマイクロプラスチックを迅速かつ正確に特性解析を行うことができる最高のソリューションだと言えます。

ホームページ

[www.agilent.com/chem/jp](http://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。

DE11286259

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2022

Printed in Japan, May 16, 2022

5994-4619JAJP