

マイクロプラスチックの高速かつ簡易な分析

赤外ケミカルイメージングシステムを用いた
高速自動化ワークフロー



著者

Darren Robey,
Agilent Technologies, Inc.

概要

環境中に存在するマイクロプラスチックが生態系や食物連鎖内に侵入していることが指摘されています。そのため、マイクロプラスチックは急速に注目を集めています。さまざまな研究機関が、マイクロプラスチックの化学的特性、サイズ、形状、総質量の解析に適した分析ソリューションの開発に取り組んでいます。

量子カスケードレーザー（QCL）技術を用いる赤外ケミカルイメージングという新しいアプローチでは、高速自動化ワークフローによりマイクロプラスチックの分析が大幅に簡素化されます。効率的な測定が可能のため、従来の分析手法と比較して非常に短い時間で、簡単にマイクロプラスチックの解析を実行できます。

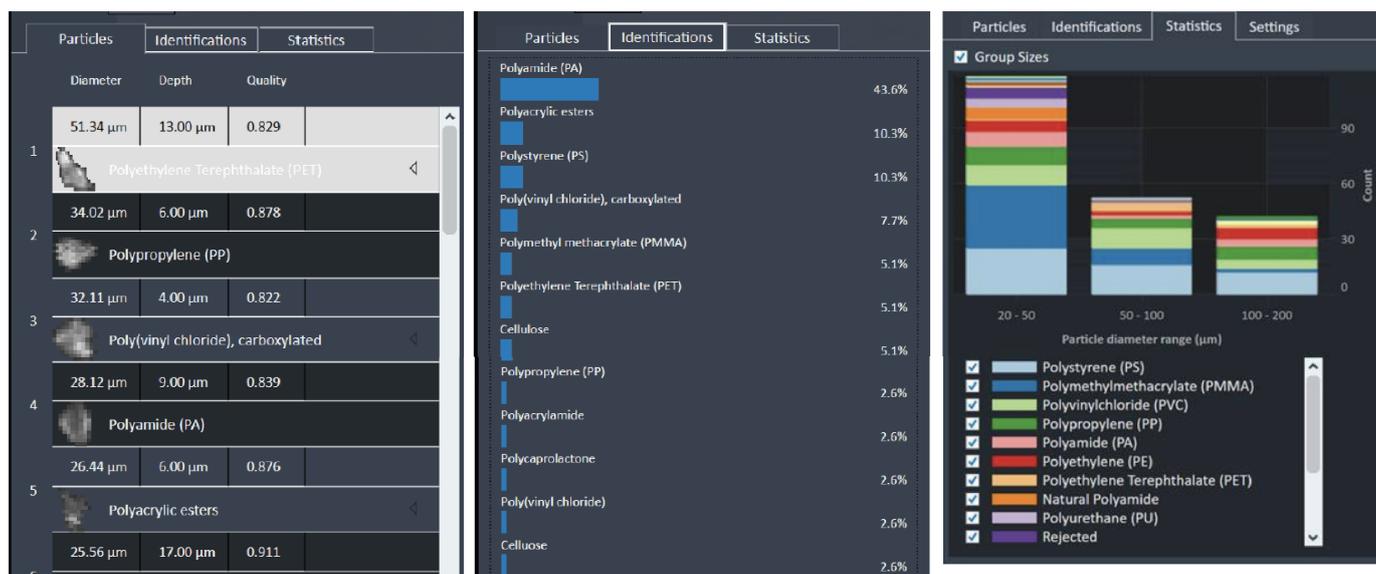
マイクロプラスチックの分析手法

分析対象のマイクロプラスチックのサイズは 10 μm 未満～最大 300 μm の範囲であり、粒子が小さいほど危険性が高くなると考えられています。マイクロプラスチック粒子の調査には顕微鏡による目視検査が有効ですが、環境中に存在する膨大な種類のプラスチックをすべて同定することはできません。一方、分光分析手法では、プラスチックの化学的特性を明らかにできます。赤外分光分析法 (IR) では、粒子に赤外光を照射して吸収される波長を確認します。フーリエ変換赤外分光光度計 (FTIR) は、プラスチック分析に従来から用いられてきた手段です。小さな測定対象物を評価する際には、通常、顕微 FTIR を使用します。ただし、非干渉性の大型光源の光を特定の微粒子に照射することは困難な場合が多く、吸収されるのは光のごく一部分であるため、生成される信号は非常に弱くなります。したがって、十分な信号を取り込むためには、比較的長い時間にわたってデータを取り込む必要があります。ラマン分光法は、光を特定の粒子に照射することが可能なレーザーベースの代替手法です。ただし、応答は非常に弱く、データ取り込みは非常に低速です。

Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステムは、赤外レーザーベースの技術を使用しています。この機器には、独自の量子カスケードレーザー (QCL) 技術を採用した高輝度の赤外レーザー光源が搭載されています。これにより、レーザー出力のすべてを特定の粒子に照射することができるため、強力な赤外信号をわずか 1 秒で取り込むことができます。レーザーは中赤外領域全体で簡単にチューニングすることができるため、特定の波長に注目したデータを収集することも可能です。

Laser Direct Infrared イメージングシステム

Agilent 8700 LDIR のワークフローは非常にシンプルです。サンプル前処理メソッドは従来の IR 実験の場合とほぼ同じです。前処理したサンプルを IR 反射型スライドに定着させ、これを機器に挿入します。LDIR は選択した分析領域に対して高速な IR スキャンを実行して (代表的な領域に対して、早ければ 1 分)、選択したサンプル領域内のすべての粒子を特定し、そのサイズを測定します。次に、個々の粒子のスペクトルを自動的に取り込み、ソフトウェアに組み込まれた標準の赤外ライブラリとリアルタイムで照合します。そして、領域内のすべてのマイクロプラスチック粒子の種類、サイズ、および統計情報が記載されたレポートを作成します。



3 mm × 3 mm、39 個の粒子、5 分

図 1. 測定結果 - 粒子の内訳と統計的分析結果

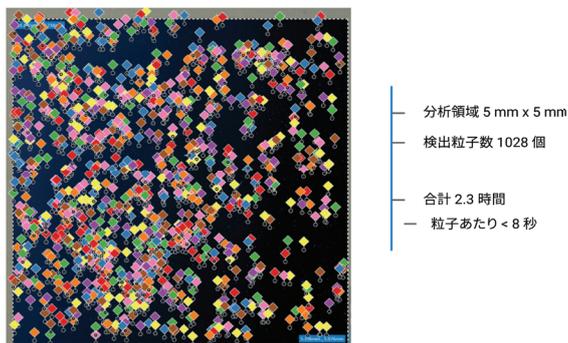


図 2. 排水サンプルの LDIR 分析結果

図 1 は、3 mm x 3 mm の領域で検出および同定された 39 個の粒子に関するレポートを示しています。データをリアルタイムで分析した結果、実験全体に要した時間はわずか 5 分で、これは 1 粒子あたりの分析時間が 8 秒未満であることを示しています。

図 2 は、肥料として用いられていた下水汚泥サンプルの分析結果を示しています。汚泥はマイクロプラスチックが人間の口に入る可能性のある経路です。前処理してスライド上に定着させて分析しました。8700 LDIR は、5 mm x 5 mm の領域において粒子あたり約 8 秒のレートで 1028 個の微粒子を検出しました。ソフトウェアによって自動的に生成された粒子のマップを図 2 に示します。プラスチックの種類別に色分けされています。ソフトウェアでは、この粒子マップと図 1 に示したタイプのレポートの他に、図 3 に示した情報のような個々の粒子に関するデータを提示します。実線のスペクトルは測定データを示しており、点線はライブラリからの参照データを示しています。必要に応じて個々の粒子を「拡大表示」し、赤外分光分析法による詳細な調査結果を表示できます。

8700 LDIR は、個々の波長イメージを用いて特定の種類のプラスチックを検出する高速スクリーニングにも使用できます。また、レーザーをそれぞれのプラスチック固有の波長にチューニングにすることにより、分析を大幅に高速化できます。例えば、ポリスチレン (PS) には、1490 ~ 1508 cm^{-1} においてコントラストの高い強力なバンドが存在します。PS に適した波長でスクリーニングを実行してイメージを収集できます。5 mm x 5 mm の領域をわずか 2 分でスクリーニングすることができ、測定速度が劇的に改善されます。これは、8700 LDIR システムでチューニング可能なレーザーを使用することの大きなメリットです。このターゲットメソッドでは、データ収集速度の向上に加えて、サンプル前処理の簡略化が可能になります。



図 3. ソフトウェアにより、個々の粒子に関するデータが示されます。

FTIR と LDIR の比較

最先端の FTIR イメージングでは、アレイ検出器を備えた白熱光源を使用します。粒子が存在しないピクセルを含む、選択した領域のすべての部分を測定します。分析対象の領域をモザイク状に分割してから各セグメントをスキャンし、すべてのデータを電子的に結合させて完全なイメージを作成します。図 4は、フィルタでろ過した溜池の堆積物を FTIR を用いて分析した例です。10 mm x 10 mm の領域を 16 x 16 のモザイクに分割し、5.5 μm ごとにスペクトルを収集しました。データ収集には 3 時間を要し、871 個の粒子に対して 420 万のスペクトルを生成しました。33 GB のデータファイルを処理するのに 8 時間を要したため、この研究全体では合計 11 時間を要しました。

同様の実験を LDIR で行った場合、要した時間はデータ分析を含めて約 2 時間です。LDIR によるデータ収集手法と QCL レーザーの強力な信号を使用したことで、大幅に時間が短縮されました。粒子が存在する領域のデータのみを収集し、粒子あたり 1 つのスペクトルを迅速に生成しています。このように、LDIR では FTIR と同じように信頼性の高いスペクトルを生成しつつ、より効率的にデータを処理できます。

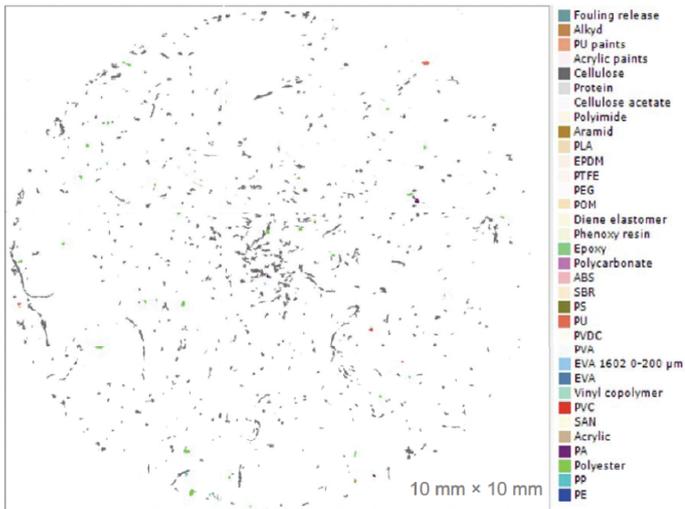


図 4. FTIR の分析結果

結論

化学的特性、サイズ、形状の観点から、マイクロプラスチック粒子を正確に同定して定量することへの関心はますます高まっています。Agilent 8700 LDIR は 1 粒子あたりわずか数秒でリアルタイムの結果を提供できる能力を備えているため、高速かつ効率よくマイクロプラスチックを分析できます。複雑なメソッドを開発せずにサンプル成分の相対的な定量が可能です。統計的データを自動的に生成して高速な組成評価を行うことができます。サンプルをセットするだけで簡単に使用できるため、経験が浅いユーザーでも簡単に操作することが可能です。ターゲット分析手法により、他の手法と比較して広いサンプル領域のイメージングがより高速化されます。8700 LDIR システムがもたらす技術革新により、マイクロプラスチック分析の負担が解消され、ワークフローが大幅に効率化されます。

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンター

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いません。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。

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2019

Printed in Japan, December 18, 2019

5994-1584JAJP

DE7419675926

FTIR イメージングはアレイ検出器で同時に多数のスペクトルを取り込む

デンマークの溜池堆積物の分析例¹:

- 128 x 128 ピクセルアレイを用いた 16 x 16 モザイク
- 10 x 10 mm² の領域内の 5.5 μm ごとのスペクトル
- データ収集 3 時間 + データ処理 8 時間 (カスタムソフトウェア)
- 33 GB のデータサイズ
- 420 万のスペクトル
- ... 対象は 871 個の粒子のみ

詳細

8700 LDIR の詳細については、ホームページをご覧ください。

www.agilent.com/chem/jp