SHIMADZU
Excellence in Science

Application News

赤外顕微鏡
赤外ラマン顕微鏡

リサイクルプラスチック中に埋没した微小異物の分析

丹下 祥之

ユーザーベネフィット

- ◆ リサイクルプラスチックフィルムに埋没した微小異物を簡便に分析できます。
- ◆ リサイクルプラスチックに混入している異物の種類や個数、形状の測定結果をわかりやすくまとめることができます。
- ◆ 熱プレスによるフィルム化、透過法による高速マッピング、粒子解析によって、短時間で結果取得が可能です。

■はじめに

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、回収されたプラスチックの再利用は重要な課題です。製品によってはリサイクルプラスチックの使用比率に目標値が設定されており、従来の製品性能を実現するためには、リサイクル材料の品質管理も重要な課題です。例えば、不十分な分別や輸送・加工のプロセスによってリサイクルプラスチック中に異物が混入してしまう場合があります。用途によっては重大な性能低下を引き起こす可能性もあるため、どのような異物がどの程度含まれるか確認することが重要です。

赤外顕微鏡の高速マッピングを用いると、サンプル内に離散した異物の探索と同定を短時間で行うことができます。また、粒子解析プログラムによって異物の形状や検出された個数の評価を簡単に行うことができます。

今回、フィルム化したリサイクルプラスチック内の異物について測定を実施しましたので、その事例をご紹介します。

■高速マッピング

高速マッピング機能の概要

図1に高速マッピングのフロー図とイメージ図を示します。高速マッピングでは、各点の1回目の積算でピーク検出を実施し、ピークが検出された場合は設定した積算回数まで測定を行います。1回目の積算でピークが検出されなかった場合は、1回積算のスペクトルを保存し、次の測定点へ移動します。ピーク検出に関するパラメータは高速マッピング条件の中で設定できます。ノイズレベルとしきい値、除外範囲の設定が可能で、最大10個まで高速マッピング条件を保存できます。

この高速マッピングは、広い範囲に測定対象が点在している場合に有効な機能です。例えば、原材料内の異物分析や、フィルタ上に捕集されたマイクロプラスチックの分析では、(1)広い範囲を短時間で測定すること、(2)定性可能な赤外スペクトルを取得すること、の2点を両立することが求められます。

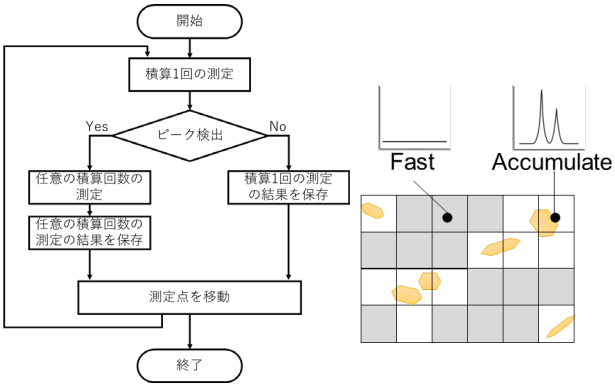

図1　高速マッピング機能のフロー図（左）とイメージ図（右）

リサイクルプラスチックの高速マッピング測定

単純な赤外スペクトルを持つプラスチックであれば、高速マッピング条件で、母材のピーク波数近傍を除外領域に指定することで、埋没異物を掘り出すことなく測定できる場合があります。今回は、PEとPPを母材とするリサイクルペレットを厚さ約100 μmに熱プレスして測定しました。通常のPEやPPに含まれない水酸基とカルボニル基に注目した波数帯のピークを検出する条件で高速マッピングを実施しました。詳細な分析条件は表1に示します。バックグラウンドは、異物のないフィルム上の任意の点で取得しました。

表1　測定条件

装置	: IRTracer™-100, AIMsight™
ソフトウェア	: AMsolution、高速マッピングプログラム、粒子解析ソフト
光学系	: 透過
分解	: 8 cm^{-1}
積算回数	: 50
アポダイズ関数	: SqrTriangle
ミラー速度	: 30 mm/sec
アパーチャサイズ	: 30 μm×30 μm
ステップ幅	: 30 μm
マッピング範囲	: 2,370 μm×1,470 μm
検出器	: T2SL
高速マッピング条件	
ノイズレベル	: 0.01
しきい値	: 0.15
除外範囲	: 3,200-2,000 cm^{-1}, 1,700-700 cm^{-1}

■測定結果

異物の赤外スペクトル

高速マッピング測定によって得られた複数の赤外スペクトルを図2に示します。“SKIP”と記載された黒線の赤外スペクトルは、ピークが検出されず積算1回で測定終了した測定点の結果です。バックグラウンド測定位置とほぼ同等の赤外吸収を持つため、有意なピークは確認されませんでした。規定の積算回数まで測定された測定点を確認すると、2種類の赤外スペクトルが確認できました。代表例を図2の緑色の赤外スペクトルと青色の赤外スペクトルに示します。母材（PEとPP）の赤外吸収の影響が強く表れている3,200~2,700 cm^{-1}を除いた範囲でスペクトル検索を行うと、緑線はセルロース、青線はポリブチルメタクリレート（PBMA）と同定できました。

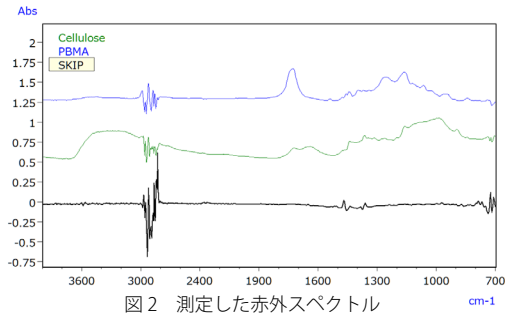

図2　測定した赤外スペクトル

異物の粒子解析

当社赤外顕微鏡を制御するAMsolutionソフトウェアのオプションソフトウェアである粒子解析プログラムを用いることで、測定範囲における異物の個数・サイズ・形状を簡単にまとめることができます。今回は、測定面内のセルロースとPBMAの赤外スペクトルを解析成分に登録しました。類似度600以上の点を分析対象とし、粒子サイズを100～10,000 μm²の範囲に限定して解析を実施しました。

図3に測定面内の異物の分布画像を示します。広い範囲にさまざまなサイズ・形状で点在していることが確認できました。

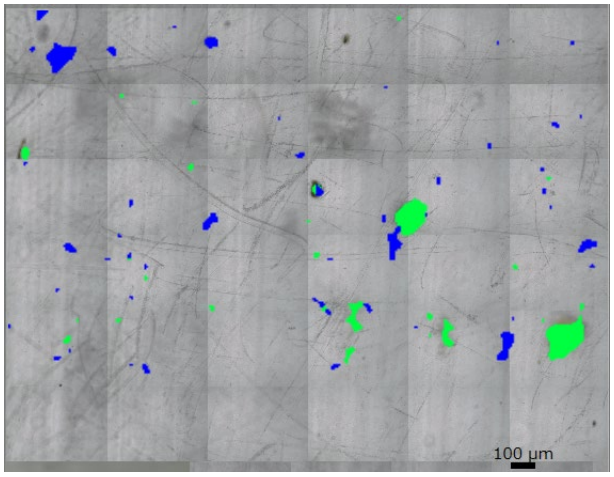

図 3　リサイクルプラスチックフィルム中の異物の分布画像
（緑色：セルロース、青色：PBMA）

解析成分から抽出された個数の横棒グラフを図4に示します。2,370 μm×1,470 μmの測定面積内において異物は74個検出されており、セルロースに対してPBMAは2倍程度含有していることが分かりました。

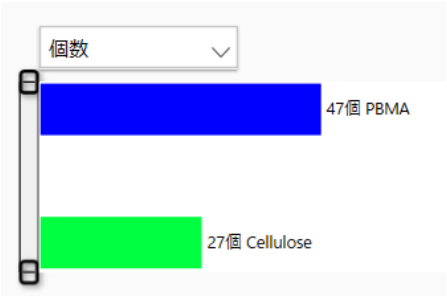

図 4　リサイクルプラスチックフィルム中の異物個数

短径（μm）と長径（μm）のヒストグラムをそれぞれ図5、図6に示します。短径についてはおよそ全体の個数の比率通りに分布しているのに対し、長径は20~30 μmの範囲でセルロースとPBMAが同程度存在することが確認できました。このことから、細かいサイズのセルロース異物は繊維のような状態で存在していると推測できます。

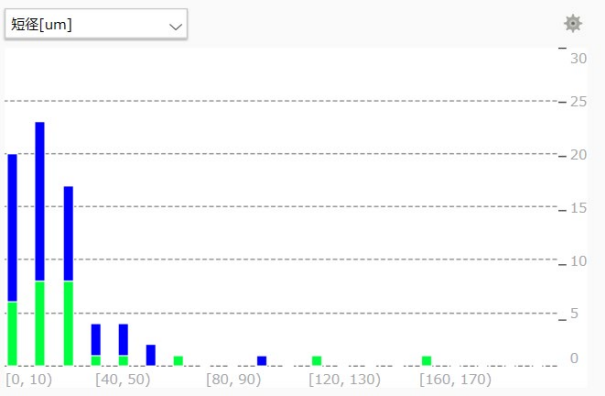

図 5　異物の短径（μm）のヒストグラム

図 6　異物の長径（μm）のヒストグラム

■まとめ

リサイクルプラスチックフィルム中の異物を迅速かつ簡便に測定・解析する方法として、赤外顕微鏡の高速マッピングと粒子解析プログラムの応用事例を紹介しました。異物の無い場所は積算1回で測定し、異物のある場所は任意の積算回数で測定することで、広い範囲を短時間で測定することと、ノイズの少ない赤外スペクトルを取得することの両立が可能になりました。今回の測定の場合では、全てのポイントを所定の積算回数(50回)で測定した場合に比べて、約15分の1に測定時間が短縮できました。また、リサイクルプラスチックのペレットを熱プレスし、そのまま透過測定することでペレットに含まれる多量の異物を効率よく同定し、異物の個数を計測することもできました。

＜関連アプリケーション＞

1. フィルター上に捕集したマイクロプラスチック（100 μm未満）の高速測定と解析の効率化　－高速マッピングプログラムと粒子解析プログラムの活用－　Application News No.01-00994-JP

IRTracer、AIMsightは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所　分析計測事業部
https://www.an.shimadzu.co.jp/　01-01001-JP　初版発行：2025年 8月

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
本文中に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。
本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

© Shimadzu Corporation, 2025

アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。

AIMsight™
赤外顕微鏡

関連分野

- 自動車
- クリーンエネルギー
- 工業材料・マテリアル

- 価格お問い合わせ
- 製品お問い合わせ
- 技術お問い合わせ
- その他お問い合わせ