

Laser Direct Infrared による炭酸飲料およびリンゴジュース中のマイクロプラスチックの特性解析

Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを用いた
高速で自動化されたアプローチ



著者

Wesam Alwan
Agilent Technologies, Inc.

概要

マイクロプラスチックは、食品や飲料において望ましくない成分と認識されるようになっており、プラスチック材料がどのように汚染の一因となっているのかについて懸念が高まっています。本研究では、[Agilent 8700 Laser Direct Infrared \(LDIR\)](#) ケミカルイメージングシステムを用いて、炭酸飲料およびリンゴジュース中のマイクロプラスチックを検出して特性解析するための、高速で自動化されたアプローチを示します。プラスチック、ガラス、アルミ缶、多層紙パックなど、さまざまな材料内に充填されたサンプルを、アルミニウムコーティングフィルタ上で直接分析しましたが、このプロセスでは、サンプル調製を最小限に抑える必要がありました。[Agilent Clarity ソフトウェア](#)内の粒子分析メソッドおよび組み込みのマイクロプラスチックスペクトルライブラリを使用することにより、すべての種類の飲料中のマイクロプラスチックを検出しました。ポリ塩化ビニル (PVC) とポリエチレンテレフタレート (PET) を、最も一般的なポリマーとして同定しました。堅牢な品質管理やダイレクトオンフィルタ分析を含むワークフローは、食品および飲料アプリケーションにおけるマイクロプラスチックのモニタリングに対して、8700 LDIR が適していることを明確に示しています。

はじめに

食品や飲料の製造、包装、流通においてプラスチック材料が広く使用されていることから、マイクロプラスチック汚染に対する懸念が高まっています。プラスチック含有容器内に充填された一般的な飲料は、食事を通してマイクロプラスチックに曝露される原因となる可能性があるとの認識がますます強まっています。研究によると、市販のミネラルウォーターやソフトドリンク中にはマイクロプラスチック粒子が存在しており、その多くは充填工程、キャップの摩耗、またはプラスチック容器や多層包装材からの移動により混入していることが報告されています。^{1~4}

炭酸飲料やリンゴジュースは、一般的に、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリエチレン (PE)、アルミ缶、ガラスボトル、多層紙パックなど、さまざまな種類の容器内に充填されます。マイクロプラスチックは、包装材から製品中に流れ込んだり、調製や充填の段階で生成されたりする場合があります。高速充填、炭酸圧力、保管条件などの要因により、液体マトリックスへのマイクロプラスチックの放出がさらに加速される可能性があります。^{2,5}

組成が複雑な飲料中のマイクロプラスチックを検出することは、主にこれらの製品に含まれる有機物やミネラル成分の存在により、分析上の大きな課題となっています。マイクロフーリエ変換赤外分光分析 (μ FTIR) や μ Raman 分光分析といった従来の手法では、マトリックスに関連する干渉を回避するために、通常、分解および密度分離を実施した後、飲料中のマイクロプラスチックを効果的に同定して特性解析することができます。また、いずれの手法においても、多くの場合、メソッド開発やサンプル分析には手間がかかり、スループットも低いいため、所定の時間枠内に処理できるサンプル数が制限されます。

このような制限に対処するために、高度に自動化された Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) ケミカルイメージングシステム (図 1) は、サンプルスループットを大幅に向上させ、直接ろ過後に複雑なマトリックス中のマイクロプラスチックを高速で正確に検出することを可能にします。システムでは、中赤外 (MIR) 指紋領域 ($1,800 \sim 975 \text{ cm}^{-1}$) を高速で精密にスキャンできる量子カスケードレーザー (QCL) を採用しており、高品質のスペクトルデータを提供します。また、Agilent Clarity ソフトウェアにより完全に制御されている 2 台の高品質の可視カメラを使用して、高品質の画像データも提供します。このソフトウェアには、分析を簡略化するための粒子分析などのプリセットメソッドに加え、解釈や意思決定を支援するデータレポート作成ツールも備えられています。



図 1. Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムは、マイクロプラスチックのルーチン分析を高速で実施することができ、存在する粒子の数、サイズ分布、化学組成などのデータを提供します。

このアプリケーションノートでは、さまざまな種類の容器内に充填された市販の炭酸飲料およびリンゴジュースから抽出されたマイクロプラスチックの特性解析に、8700 LDIR を使用する方法を示します。粒子は、アルミニウムコーティングフィルタ上で直接分析しました。

実験方法

品質管理

検出されたマイクロプラスチックが、飲料サンプルにのみ由来するものであることを確認するために、分析に使用したすべての試薬に対して品質管理（QC）手順を適用しました。ガラス容器、装置、工具はすべて、ろ過済みの超純水（マイクロプラスチックを含まない）で徹底的に洗浄し、環境汚染を防止するために、使用前にアルミホイルで覆いました。

各サンプルについて、手順ブランク（45 mL のマイクロプラスチックを含まない水）を調製し、テストサンプルと同一の条件下（同じオペレータ、装置、環境、タイミング）で分析を実施しました（図 2）。この容量は、「サンプル調製」セクションで詳述されているように、サンプル調製時に使用される洗浄液量に合わせて選択しました。

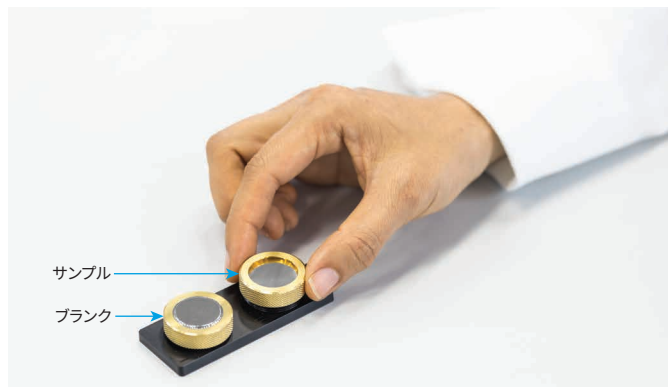


図 2. Agilent 8700 LDIR フィルタホルダは、ブランクとサンプルのシーケンス測定のためにポジションを 2 つ備えており、マイクロプラスチック分析の堅牢な QC が可能になります。ブランクと飲料は、アルミニウムコーティングポリエステルメンブレンを通して真空ろ過してから、LDIR フィルタホルダに取り付けました。

サンプル調製

炭酸飲料：種類は同じだが異なる各容器（アルミ缶、ガラスボトル、リサイクル PET ボトル（rPET））内に充填された、市販の 3 種類の炭酸飲料を、オーストラリアのメルボルンにあるスーパーマーケットから購入しました。溶解した二酸化炭素を除去し、ろ過中の気泡形成を防止するために、容器を開封して、緩く再密封した後、室温で 8 時間放置することにより、飲料を脱気しました。この時間により、空気中の汚染によるリスクを最小限に抑えながら、ガスを徐々に放出することができました。

脱気後、各飲料の全量（詳細については、表 2 を参照）を、アルミニウムコーティングポリエステルメンブレン（直径 25 mm、コーティング 100/0 nm、ポアサイズ 0.8 μm 、部品番号 M7300-68011）を通して、真空ろ過しました。マイクロプラスチック粒子を完全に回収するために、容器およびろ過ファネルの内面を、45 mL のマイクロプラスチックを含まない水で洗浄してから、その水を同じメンブレンを通してろ過しました。

ろ過後、各メンブレンを、清潔なピンセットを用いて慎重に取り出し、LDIR フィルタホルダに取り付けました。図 2 に示すように、フィルタを固定して、最適なイメージング用に平坦で均一な表面を確保するために、金のリングを軽く締めました。

リンゴジュース：いずれも濃縮果汁から再構成され、異なる容器（プラスチックボトルと多層紙パック）内に充填された 2 種類のリンゴジュース製品も、スーパーマーケットで購入しました。ただし、アルミニウムコーティングポリエステルメンブレン（ポアサイズ 0.8 μm ）を通して、ジュースサンプルを直接ろ過したところ、製品中に肉眼では見えない粒子が存在していたため、約 100 mL をろ過した後、即座に詰まりが発生しました。

この制限を克服するために、2 ステップのろ過プロトコルを実施しました。最初に、各リンゴジュースサンプルの全量を、ポアサイズ 5 μm の 47 mm ポリカーボネートメンブレンを用いて事前ろ過し、フィルタを詰まらせることなく効率的に処理しました。乾燥後、清潔なピンセットで慎重に取り扱ったポリカーボネートフィルタを、45 mL のマイクロプラスチックを含まない水で洗浄し、保持された粒子を移しました。

その後、この洗浄液を、アルミニウムコーティングポリエステルメンブレン（直径 25 mm、コーティング 100/0 nm、ポアサイズ 0.8 μm ）を通してろ過しました。最終的なメンブレンを室温で約 2 分間乾燥させ、フィルタホルダに取り付けて、分析の準備を完了しました。

使用機器

本研究では、8700 LDIR システムの全自動粒子分析ワークフローを使用しました。各サンプルのマイクロプラスチック粒子が載ったアルミニウムコーティングフィルタ、およびブランクを、LDIR と Clarity ソフトウェアの全自動粒子分析メソッドを用いて分析しました。データ取り込みに使用したメソッドの設定パラメータを表 1 に示します。機器およびメソッドのパラメータは、機器のデフォルト値に設定し、分析を簡略化しました。

表 1.さまざまな飲料中のマイクロプラスチックの自動分析に使用した、Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムの動作パラメータ

パラメータ	設定値
メソッド	粒子解析
使用ライブラリ	Microplastics Starter 2.1 ^{6,7}
自動スキャン	オン
可視画像の収集	可能
粒子感度	自動
ヒットクオリティインデックス範囲	ヒットクオリティは、サンプルのスペクトルが参照ライブラリのスペクトルとどの程度一致しているかを表すものです。この実験では、分類範囲（スペクトル照合品質の高、中、低による特徴付け）を次のように設定しました。 – 低信頼度 (0.65 ~ 0.75) – 中信頼度 (0.75 ~ 0.85) – 高信頼度 (0.85 ~ 0.99) この範囲外（つまり < 0.65）の粒子は「未定義」として分類しました。
サイズ分類範囲 (µm)	20 ~ 50 50 ~ 100 100 ~ 500 > 500

結果と考察

レポート作成

マイクロプラスチックデータについて報告するために、マイクロプラスチック以外のすべての粒子（例えば、天然ポリアミド、ステアリン酸塩、セルロース物質、炭酸塩など）を除外しました。その他の主な種類のマイクロプラスチックについてはすべて、選択したヒットクオリティインデックス (HQI) 基準の > 0.85 に基づいて報告しました。含まれていたマイクロプラスチックは、アクリロニトリルブタジエンスチレン (ABS)、ポリアミド (PA)、ポリカーボネート (PC)、ポリエチレン (PE)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリオキシメチレン (POM)、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリウレタン (PU)、ポリ塩化ビニル (PVC) です。

品質管理

マイクロプラスチック分析の信頼性を確保するために、確立された手法（例えば、ISO/DIS 16094-2、EU 規則 2024/1441、カリフォルニア水委員会のプロトコルなど）において、手順ブランクを組み込み、装置、試薬、ラボ環境からの潜在的な汚染をモニタリングすることを推奨します。本研究では、5 つの手順ブランクを分析した結果、45 mL あたり 2 個のマイクロプラスチック粒子 ($\mu = 2$)、標準偏差 1.4 個の粒子 ($\sigma = 1.4$) という平均バックグラウンドレベルが得られており、サンプルの結果を解釈するためのベースラインを提供しました。

炭酸飲料

粒子の位置を特定して、その境界を定義するために、8700 LDIR 自動粒子分析ワークフローでは、固定波数 ($1,442\text{ cm}^{-1}$) を用いて、選択した領域（フィルタあたり直径約 16 mm）において、最初的高速スキャンを実施しました。検出後、システムはスペクトル範囲全体にわたり、各粒子の全赤外スペクトルを自動的に取り込みました。その後、これらのスペクトルを、Microplastics Starter 2.1 スペクトルライブラリとリアルタイムで照合して同定しました。

炭酸飲料のろ過後、アルミニウムコーティングフィルタ上に残留層が観察されましたが、これは LDIR の粒子検出能力や同定能力を損なうことはありませんでした（図 3）。表 2 に示すように、3 種類の飲料サンプルすべてにおいて、マイクロプラスチックが同定されており、サンプル 1、2、3 の粒子数は、それぞれ 50、39、384 個でした (HQI > 0.85)。

PVC は、rPET (37 粒子)、アルミ缶 (25 粒子)、そして予想外に最も多い粒子数 (227 粒子) を示したガラスなど、すべての種類の容器で検出されました。これは、キャップのライナ材料（多くの場合、酸素や水分の侵入を防止するために設計された多層シール）や、充填時に配管システムを通して発生する可能性のあるクロスコンタミネーションに起因する可能性があります。また、すべてのサンプルにおいて、PET マイクロプラスチックも同定されており、粒子サイズは 20 ~ 500 µm の範囲でした（表 2）。

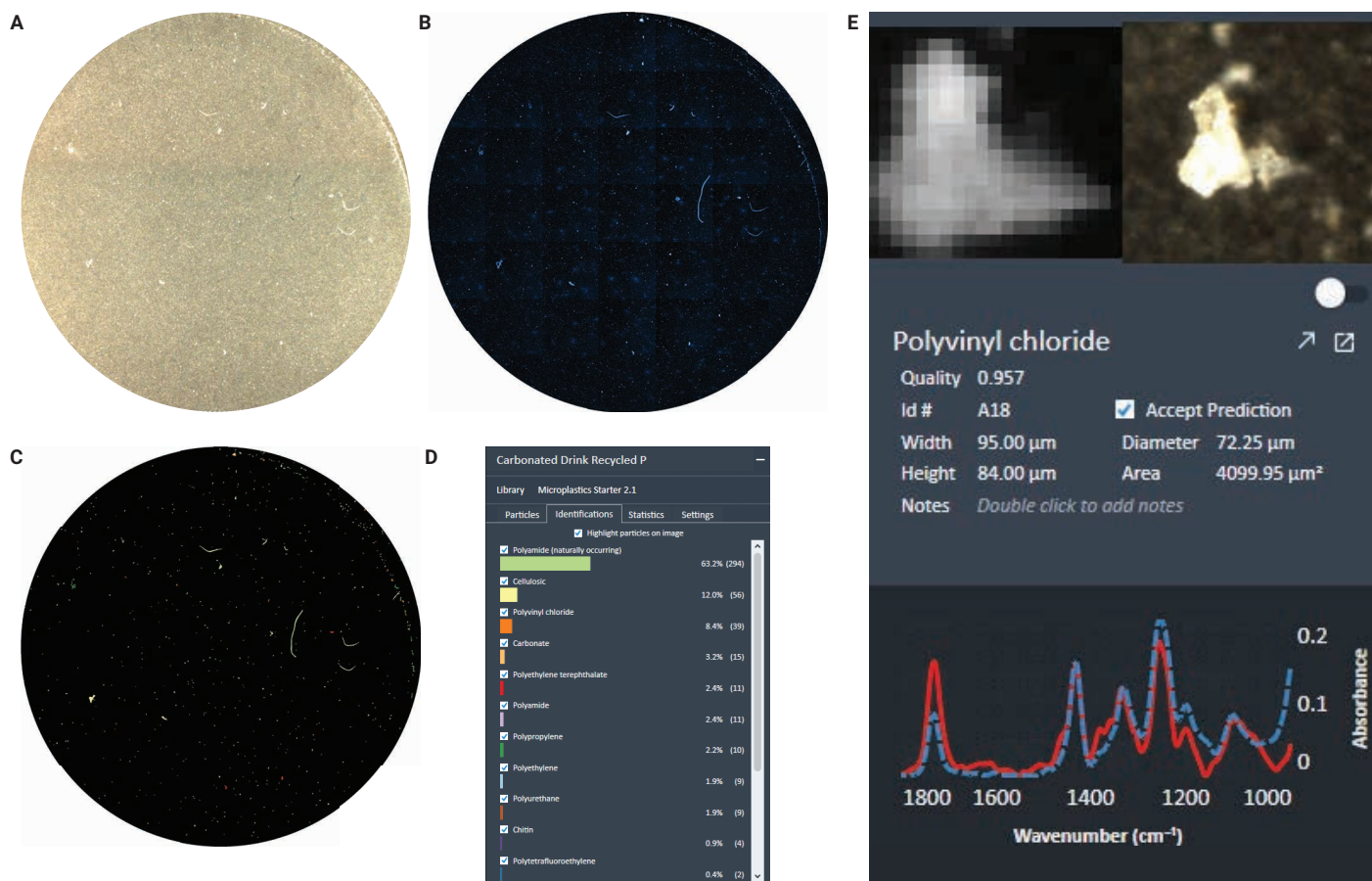


図 3. Agilent 8700 LDIR システムの自動粒子分析ワークフローを用いて、アルミニウムコーティングメンブレンフィルタ上で直接分析した、rPET ボトル入り炭酸飲料中のマイクロプラスチックの同定および分類データ。(A) フィルタの可視画像。(B) $1,442\text{ cm}^{-1}$ でスキャンした IR イメージ。(C) 検出された粒子の強調イメージ - 粒子の色は、フィルタ上のマイクロプラスチックの種類に関連付けられています。(D) サンプル中のマイクロプラスチックの同定に基づいて、自動的に生成された統計データ。(E) ライブラリスペクトル (青色の破線) との照合によりサンプル中で同定された、PVC マイクロプラスチックスペクトルの例 (赤色の実線)

リンゴジュース

8700 LDIR 粒子分析ワークフローを用いて、リンゴジュースサンプルについても分析を実施し、約 16 mm の領域をスキャンしました。サンプルは、5 μm のポリカーボネートフィルタで事前ろ過されていたため、最終的なアルミニウムコーティングフィルタ上には、肉眼で見えるジュースの残留物は観察されませんでした。検出された大部分の粒子は、天然に存在するポリアミドやセルロース物質など、未分解のジュース成分に起因するものでした。ただし、マイクロプラスチックも同定されました。

紙パック内に充填されたリンゴジュースでは、200 mL のサンプル中に 66 個のマイクロプラスチック粒子が検出されており、HQI は 0.85 を超えていました。同定された主なポリマーはポリエチレン（54 粒子）であり、これは、紙パックの多層包装構造の内側のポリエチレン層に由来するものであると考えられます。これに対して、PET プラスチック製ボトルに充填されたリンゴジュースでは、250 mL 中に 20 個のマイクロプラスチック粒子が含まれており、検出された主なポリマーは PET (9 粒子) でした。両方のサンプルのマイクロプラスチックの例を図 4 に示します。

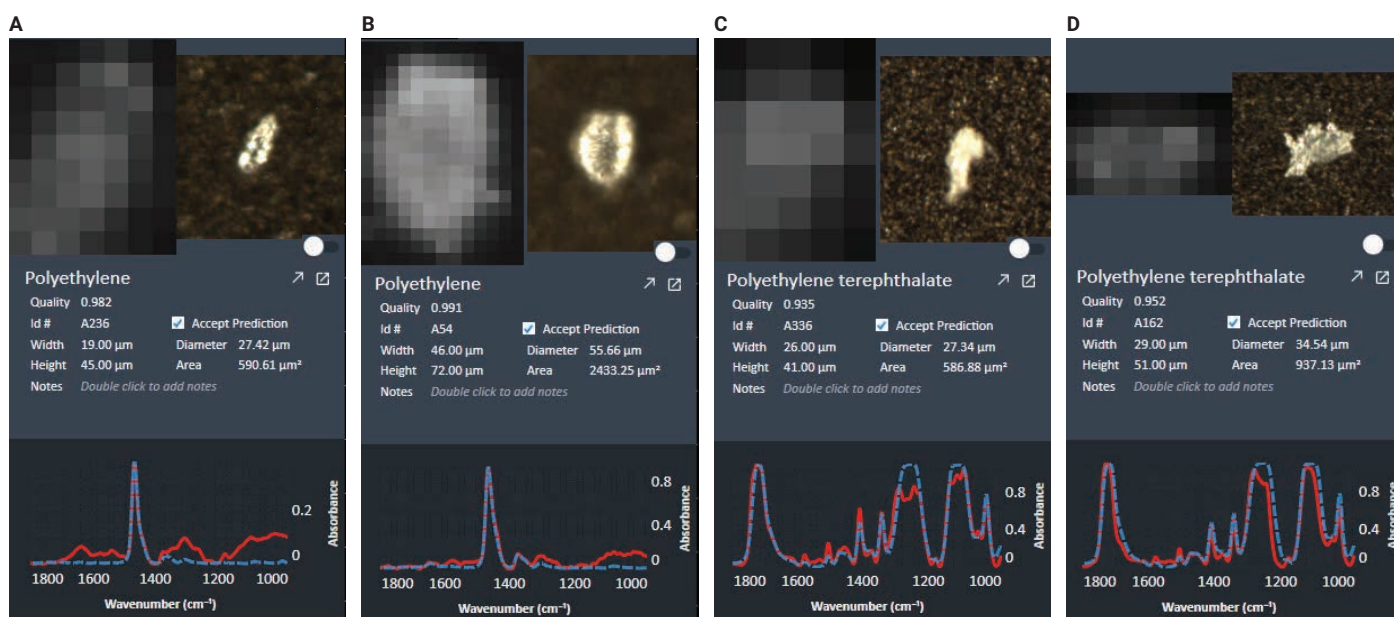
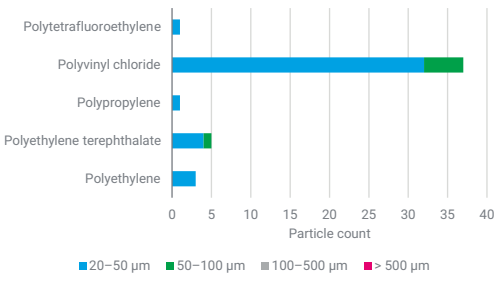
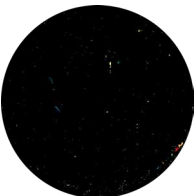
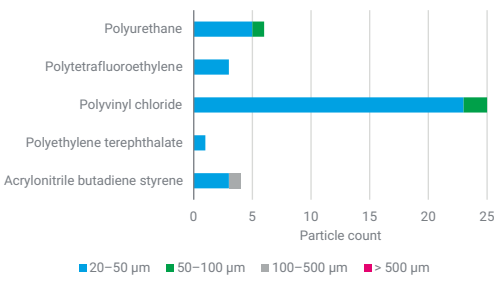
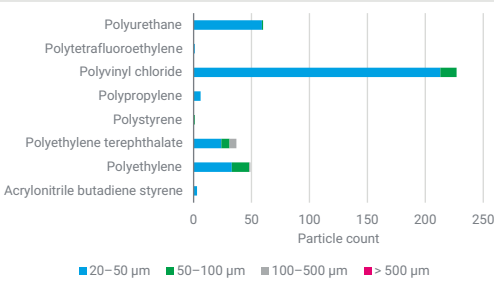
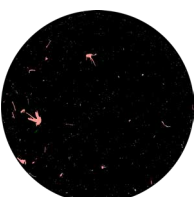
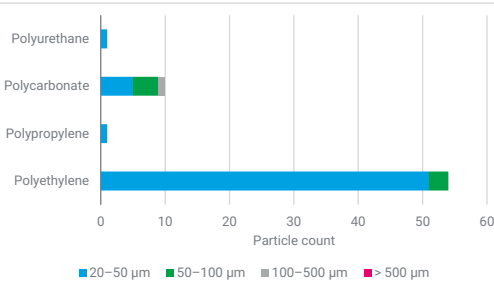
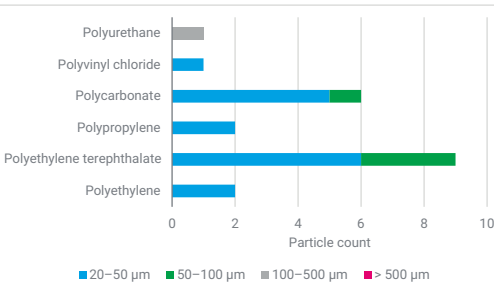


図 4. リンゴジュースサンプル中で同定されたマイクロプラスチックの例：多層紙パック包装由来の PE (A および B) と、プラスチックボトル包装由来の PET (C および D)

表 2. 炭酸飲料およびリンゴジュースサンプル中のマイクロプラスチックの特性解析結果の概要

サンプル	容器の種類と容量	検出された粒子の強調イメージ	粒子の総数	HQI > 0.85 のマイクロプラスチック数	マイクロプラスチックのサイズ分布と同定																																													
炭酸飲料 1	rPET (300 mL)		660	50	 <table><thead><tr><th>ポリマー</th><th>20-50 μm</th><th>50-100 μm</th><th>100-500 μm</th><th>> 500 μm</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polytetrafluoroethylene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyvinyl chloride</td><td>32</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polypropylene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene terephthalate</td><td>4</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>	ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm	Polytetrafluoroethylene	1	0	0	0	Polyvinyl chloride	32	3	0	0	Polypropylene	1	0	0	0	Polyethylene terephthalate	4	1	0	0	Polyethylene	3	0	0	0															
ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm																																														
Polytetrafluoroethylene	1	0	0	0																																														
Polyvinyl chloride	32	3	0	0																																														
Polypropylene	1	0	0	0																																														
Polyethylene terephthalate	4	1	0	0																																														
Polyethylene	3	0	0	0																																														
炭酸飲料 2	アルミ缶 (250 mL)		475	39	 <table><thead><tr><th>ポリマー</th><th>20-50 μm</th><th>50-100 μm</th><th>100-500 μm</th><th>> 500 μm</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polyurethane</td><td>5</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polytetrafluoroethylene</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyvinyl chloride</td><td>23</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene terephthalate</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Acrylonitrile butadiene styrene</td><td>3</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></tbody></table>	ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm	Polyurethane	5	1	0	0	Polytetrafluoroethylene	3	0	0	0	Polyvinyl chloride	23	1	0	0	Polyethylene terephthalate	1	0	0	0	Acrylonitrile butadiene styrene	3	0	1	0															
ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm																																														
Polyurethane	5	1	0	0																																														
Polytetrafluoroethylene	3	0	0	0																																														
Polyvinyl chloride	23	1	0	0																																														
Polyethylene terephthalate	1	0	0	0																																														
Acrylonitrile butadiene styrene	3	0	1	0																																														
炭酸飲料 3	ガラス (330 mL)		2284	384	 <table><thead><tr><th>ポリマー</th><th>20-50 μm</th><th>50-100 μm</th><th>100-500 μm</th><th>> 500 μm</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polyurethane</td><td>60</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polytetrafluoroethylene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyvinyl chloride</td><td>220</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polypropylene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polystyrene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene terephthalate</td><td>10</td><td>10</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene</td><td>20</td><td>10</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Acrylonitrile butadiene styrene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>	ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm	Polyurethane	60	0	0	0	Polytetrafluoroethylene	1	0	0	0	Polyvinyl chloride	220	3	0	0	Polypropylene	1	0	0	0	Polystyrene	1	0	0	0	Polyethylene terephthalate	10	10	0	0	Polyethylene	20	10	0	0	Acrylonitrile butadiene styrene	1	0	0	0
ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm																																														
Polyurethane	60	0	0	0																																														
Polytetrafluoroethylene	1	0	0	0																																														
Polyvinyl chloride	220	3	0	0																																														
Polypropylene	1	0	0	0																																														
Polystyrene	1	0	0	0																																														
Polyethylene terephthalate	10	10	0	0																																														
Polyethylene	20	10	0	0																																														
Acrylonitrile butadiene styrene	1	0	0	0																																														
リンゴジュース 1	紙パック (200 mL)		885	66	 <table><thead><tr><th>ポリマー</th><th>20-50 μm</th><th>50-100 μm</th><th>100-500 μm</th><th>> 500 μm</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polyurethane</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polycarbonate</td><td>5</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polypropylene</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene</td><td>50</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>	ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm	Polyurethane	1	0	0	0	Polycarbonate	5	5	0	0	Polypropylene	1	0	0	0	Polyethylene	50	5	0	0																				
ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm																																														
Polyurethane	1	0	0	0																																														
Polycarbonate	5	5	0	0																																														
Polypropylene	1	0	0	0																																														
Polyethylene	50	5	0	0																																														
リンゴジュース 2	PET (250 mL)		590	21	 <table><thead><tr><th>ポリマー</th><th>20-50 μm</th><th>50-100 μm</th><th>100-500 μm</th><th>> 500 μm</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polyurethane</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyvinyl chloride</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polycarbonate</td><td>5</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polypropylene</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene terephthalate</td><td>6</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Polyethylene</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>	ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm	Polyurethane	0	0	1	0	Polyvinyl chloride	1	0	0	0	Polycarbonate	5	1	0	0	Polypropylene	2	0	0	0	Polyethylene terephthalate	6	3	0	0	Polyethylene	2	0	0	0										
ポリマー	20-50 μm	50-100 μm	100-500 μm	> 500 μm																																														
Polyurethane	0	0	1	0																																														
Polyvinyl chloride	1	0	0	0																																														
Polycarbonate	5	1	0	0																																														
Polypropylene	2	0	0	0																																														
Polyethylene terephthalate	6	3	0	0																																														
Polyethylene	2	0	0	0																																														

結論

本研究では、さまざまな種類の包装内に充填された炭酸飲料およびリンゴジュース中のマイクロプラスチックを特性解析する際の、Agilent 8700 LDIR ケミカルイメージングシステムを使用する利点について明確に示しました。これらの飲料を摂取すると、マイクロプラスチックへの曝露源となる可能性があります。

8700 LDIR により、ダイレクトオンフィルタ分析手法が可能になり、分解や密度分離といった従来の調製手順が不要になったことにより、ワークフローが大幅に簡略化され、分析が高速化されました。オンフィルタメソッドで、製品全量をろ過できるようになったことにより、サンプル汚染の可能性が低減されると同時に、回収率とサンプルの妥当性が向上しました。

2 ポジションのフィルタホルダにより、手順ブランクとサンプルの両方を同一の条件下で自動かつ順次分析することが容易になり、正確な品質管理プロセスをサポートできるようになりました。

Agilent Clarity ソフトウェアの自動粒子分析メソッドを用いて、2 枚のフィルタ上に保持されたマイクロプラスチックを検出し、データを処理しました。このソフトウェアは、マイクロプラスチックの IR スペクトルライブラリを自動的に検索して、各粒子のポリマータイプを同定し、各結果に対して「ヒットクオリティインデックス」という信頼性評価を提供しました。この高速で自動化されたワークフローを使用することにより、8700 LDIR は、オペレータによる入力を最小限に抑えながら、飲料中のマイクロプラスチックの内容を特性解析しました。

8700 LDIR により各粒子に対して生成された詳細な化学的および物理的情報から、特に食品や飲料中のマイクロプラスチック汚染について、貴重な知見が得られます。このデータは、潜在的な汚染源の同定をサポートすると同時に、マイクロプラスチックが環境や人間の健康に与える広範な影響の評価を容易にします。

参考文献

1. Samandra, S.; Mescall, O. J.; Plaisted, K.; Symons, B.; Xie, S.; Ellis, A. V.; Clarke, B. O. Assessing Exposure of the Australian population to Microplastics through Bottled Water Consumption. *Sci.Total Environ.* **2022** Sep 1, 837, 155329. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.155329. Epub 2022 May 2. PMID: 35513155

2. Gambino, I.; Bagordo, F.; Grassi, T.; Panico, A.; De Donno, A. Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **2022** Apr 26, 19(9), 5283. doi: 10.3390/ijerph19095283. PMID: 35564678; PMCID: PMC9103198
3. Schymanski, D.; Goldbeck, C.; Humpf, H. U.; Fürst, P. Analysis of Microplastics in Water by Micro-Raman Spectroscopy: Release of Plastic Particles from Different Packaging into Mineral Water. *Water Res.* **2018** Feb 1, 129, 54–162. doi: 10.1016/j.watres.2017.11.011. Epub 2017 Nov 6. PMID: 29145085
4. Wang, Y.; Wang, Y. Assessing Microplastic Contamination in Soda Beverages: A Multi-City, Multi-Container Laser Direct Infrared Spectroscopy Study. *Heliyon*. **2024** Jun 10, 10(12), e32805. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32805. PMID: 39183882; PMCID: PMC11341343
5. Chen, Y.; Xu, H.; Luo, Y.; Ding, Y.; Huang, J.; Wu, H.; Han, J.; Du, L.; Kang, A.; Jia, M.; Xiong, W.; Yang, Z. Plastic Bottles for Chilled Carbonated Beverages as a Source of Microplastics and Nanoplastics. *Water Res.* **2023** Aug 15, 242, 120243. doi: 10.1016/j.watres.2023.120243. Epub 2023 Jun 17. PMID: 3735483
6. 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. DOI: 10.1007/s00216-018-1156-x
7. De Frond, H.; Rubinovitz, R.; Rochman, C. M. μ ATR-FTIR Spectral Libraries of Plastic Particles (FLOPP and FLOPP-e) 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
- 乳児用調製粉乳中のマイクロプラスチックの正確な特性解析

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。

DE-009407

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2025

Printed in Japan, September 16, 2025

5994-8654JAJP