

複合化された容器包装用廃プラスチックの組成分析について

小泉裕靖・辰市祐久

【要 約】本研究は、ラマン分光法による複層断面分析及び近赤外線分光法によるアロイ材の分析を行い、多くの容器包装プラスチックが、複合化されていることを示した。その結果としては、1) ラマン分光法による断面分析では、加工食品など、常温や冷蔵で比較的長く保存するものについては、4層以上となっていることから保存性や耐久性について高い機能が求められていることが分かった。2) 近赤外線分析では、アロイ材の分析が可能であり、ラマン分光法では、PS単層と判別されたヨーグルト容器でも、BRが5%程度含まれていると判別できることが分かった。

【キーワード】複合化プラスチック、ラマン分光法、近赤外線分光法

【目的】

世界のプラごみ発生量は3億t/年を超え、環境中への流出や焼却による温室効果ガス発生などの環境負荷増大が懸念されている。日本では、廃プラ総排出量900万t（2018）のうち、容器包装関連が400万tを占めていることから、その対策は急務となっており、国はプラスチック資源循環戦略¹⁾の中で、2030年までにone-wayプラを累積25%減などの目標を示している。2022年4月からは使い捨てプラスチック製品の削減が義務化され、社会的課題として注目されている。このような状況下、様々な商品の容器包装に用いられているプラスチック製包材は、軽量性、保存性、加工性などの機能を満たすため、多様な素材により複層化されている。これらは、異なる種類のプラスチック等を重ね合わせているため、廃棄後のリサイクルプロセスにおいて分離が困難であり、今後、進められていくマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルを難しくしている面がある。本研究は、容器包装に多用されている複層プラスチックに着目し、その断面組成をラマン分光法により分析し、実態を把握することにより、容器包装のリサイクルや適性処理に向けた基礎データとすることを目的としている。

【ラマン分光法による複層断面分析】

ラマン分光法は、レーザーによる散乱光に特異なエネルギーシフト（ラマン散乱）を利用したイメージングによる断面解析方法である。ラマン散乱は、試料と励起光の相互作用によるもので、フォトンによる化学結合の振動により、散乱が現れる現象を利用して分析を行う。ラマン分光法は、試料の化学組成の定性・定量的な情報を得ることができる、試料を非破壊、非侵襲で測定できる、試料の前処理に手間がかからない、液中試料の測定もできる、イメージングにより断面組成が分かりやすく表現ができる、などの特徴がある。

本研究では、ラマン分光法により容器包装の断面構成を明らかにした。それぞれの使用用途と断面構成について、表1にまとめた。

表-1 容器包装の使用用途と断面構成

使用用途	層数	層厚(μm)	断面構成※
ヨーグルト容器	単	767	PS
冷凍食品（鶏チーズ焼き）外袋	2	73	PP25、PE48
冷凍食品（さば煮）外袋	2	48	PET9、PE39
乾麺（ひやむぎ）外袋	3	65	PP37、酸化チタン+PU3、PP25
加工食品（ウインナー）外袋	4	68	PP7、PP16、PVDC2、PE43
加工食品（焼き豚）天面フィルム	5	81	PET25、EVOH9、PA13、PP33、PE1
加工食品（焼き豚）容器	6	164	PET128、PE7、PA3、EVOH2、PA2、PE22
紅茶（茶葉）外袋	6	80	色素3、PP29、色素3、色素+酸化チタン4、PE22、PP19
浴室用洗剤容器	6	186	PET14、酸化チタン3、PVC+PDAPと類似3、PA16、PVC+PDAPと類似2、PE148
ラミネート容器（ゼリー）	8	101	PET12、酸化チタン2、エステル結合3、アルミ4、エステル結合3、PA16、エステル結合3、PE58

※左から表面側→内側（内容物側）の順に表記している。数値は各層の厚さ（μm）

（略号）EVOH：エチレンビニルアルコール共重合体 PA：ナイロン PDAP：ジアリルフタレート PE：ポリエチレン PET：ポリエチレンテレフタレート PP：ポリプロピレン PS：ポリスチレン PU：ポリウレタン PVC：ポリ塩化ビニル PVDC：ポリ塩化ビニリデン

【近赤外線分光法によるアロイ材の組成分析】

複合化されたプラスチックには前述のように複層プラスチックの他に、アロイ材（層ではなく、複数の樹脂や添加物が練り混ぜられたもの）もある。これらは、ラマン分光法では判別できないことから、本研究では近赤外線分光法による判別を行った。これは、素材の種類ごとに異なる分子振動を検出し、特有の吸収スペクトルから材料を判別する手法であり、非破壊で迅速な分析が可能のため、リサイクルや品質管理に有効であり、樹脂などの識別にも広く利用されている。本研究では、ラマン分光法でPS単層と判別されているヨーグルト容器（図1、白色部分）について、近赤外線分光法により分析した結果を図2に示す。



図-1 ヨーグルト容器

これによると、赤ラインの実測スペクトルに対し、①PS（白シート）とBR（ポリブタジエン）を95：5で合成、②PS（白ボード）とBRを95：5で合成、③PS（白シートのみ）の3種類の合成スペクトルをリファレンスとして比較したところ、類似率は①が0.849、②が0.757、③が0.547と判別された。以上の結果から、ラマン分光法ではPS単層と判別されたプラスチックであっても、近赤外線分析では、白いシート形状のPSにBRが5%含まれているという判別結果が得られることが分かった。なお、当該サンプルについては、熱分解GCMSにより組成分析したところ、BRの配合割合は3.8%であることが分かっている。

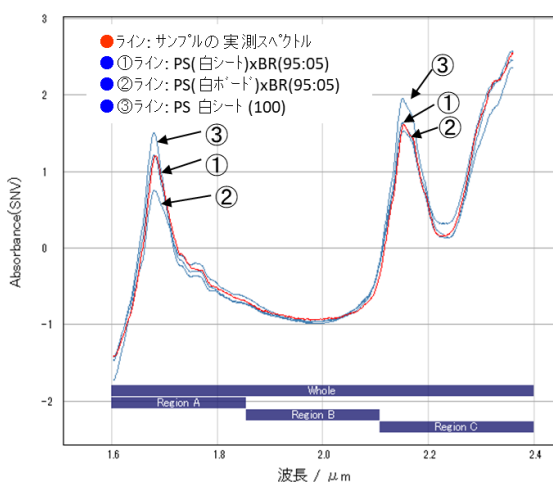


図-2 PS と BR のアロイ材の判別結果

【まとめ】

本研究は、ラマン分光法による複層断面分析及び近赤外線分光法によるアロイ材の分析を行い、多くの容器包装プラスチックが、複合化されていることを示した。その結果を以下にまとめる。

- 1) ラマン分光法による断面分析では、加工食品など、常温や冷蔵で比較的長く保存するものについては、ベース基材、バリア材、シーラント材が配置され、4層以上となっていることから保存性や耐久性について高い機能が求められていることが分かった。
- 2) 一方で、日配品（生鮮食品など、毎日店舗に配送される食品。冷蔵が必要で日持ちのしない食品）であるヨーグルト容器や冷凍で保存することを前提としている冷凍食品については、3層以下となっていることが分かった。これらの容器包装は、保存性や耐久性などの機能がそれほど求められていないため、比較的、単純な構造となっていると考ええる。
- 3) 近赤外線分析では、アロイ材の分析が可能であり、ラマン分光法では、PS単層と判別されたヨーグルト容器でも、BRが5%程度含まれていると判別できることが分かった。

複合化されたプラスチックは、食品、洗剤などの日用品、化粧品などでも多く使われていること、今後はバイオマスプラスチックなど新たな樹脂の導入が見込まれることから、更に調査を進め、これからのマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルをはじめとした容器包装のリサイクルや適性処理に向けた基礎データとして活用していきたい。

【謝辞】 本研究はJSPS科研費23K25055の助成を受けた。

【参考文献】 1) 環境省：プラスチック資源循環戦略(2019.6)