

バージンPETとリサイクルPETの熱特性評価

長西 敦子

ユーザーベネフィット

- ◆ DSC-60 Plusにより材料の融解温度および結晶化温度を評価することができます。
- ◆ DTG-60により熱安定性を評価することができます。
- ◆ 熱特性を把握することにより材料の最適な成形条件を検討することができます。

はじめに

リサイクルPET（ポリエチレンテレフタレート）は、持続可能な未来を目指す上で重要な材料です。SDGsの達成に向けて、再生可能資源の利用が求められています。リサイクルPETは環境負荷が低く、プラスチックごみの削減に貢献します。特に海洋プラスチック問題の解決に向けた重要な一歩となります。また、バージンPETの製造には化石燃料が必要ですが、リサイクルPETの利用でその消費を減らすことができます。これにより、温室効果ガスの排出削減にもつながります。リサイクルPETの利用は、廃棄物を資源として再利用するサーキュラーエコノミーの実現に貢献し、持続可能な社会の構築を進めます。

本稿では、示差走査熱量計DSC-60 Plusと示差熱・熱重量同時測定装置DTG-60を用いて、バージンPET繊維とリサイクルPET繊維の熱特性を評価しました。

リサイクルPET繊維を製造する方法には、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルがありますが、今回測定したリサイクルPET繊維は前者の方法で製造されました。

バージンPET繊維の昇降温データを図3に、リサイクルPET繊維の昇降温データを図4に示します。昇温1、降温1、昇温2のピークトップ温度を表2にまとめました。バージンPET繊維とリサイクルPET繊維の昇温1において、融解ピーク形状および融解温度に違いが見られました。降温時の結晶化温度および昇温2の融解温度にも違いが見られ、バージンPET繊維とリサイクルPET繊維の熱挙動が異なることが確認されました。通常、PETはエチレングリコールとテレフタル酸を縮重合して得られる線状高分子ですが、PETボトルでは、結晶化をコントロールするために、テレフタル酸の一部をイソフタル酸に置換しています。今回のリサイクルPET繊維はPETボトル由来であるため、昇温1の融解温度低下は、イソフタル酸の影響であると考えられます。また、昇温2において吸熱ピークが2つ見られるのは、熱履歴や加熱中の再結晶化が影響している可能性があります。成形加工において熱特性を把握しておくことは重要です。



図1 DTG-60 (左)とDSC-60 Plus (右)の装置外観

試料



図2 バージンPET繊維 (左)とリサイクルPET繊維 (右)の試料

DSCによる融解挙動の評価

バージンPET繊維とリサイクルPET繊維の融解挙動を調べるためDSC-60 Plus (図1 右)と電気冷却装置TAC-60iを用いて0°Cから300°Cまで10°C/minで加熱(昇温1)後、0°Cまで-10°C/minで冷却(降温1)し、再度300°Cまで加熱(昇温2)しました。分析条件を表1に示します。

表1 バージンPET繊維とリサイクルPET繊維の分析条件

装置	: DSC-60 Plus+TAC-60i
加熱冷却速度	: 10°C/min
温度範囲	: 0°C~300°C
試料量	: 4 mg
雰囲気	: 窒素

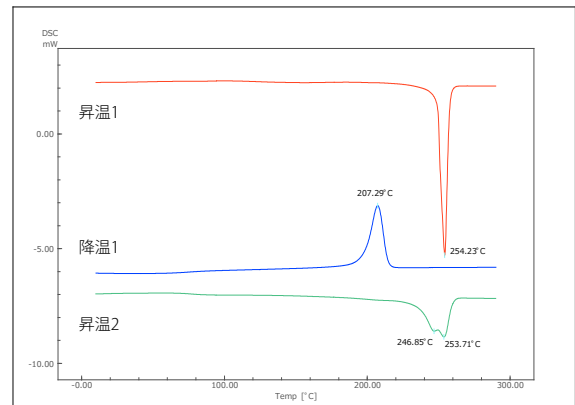


図3 バージンPET繊維のDSC曲線

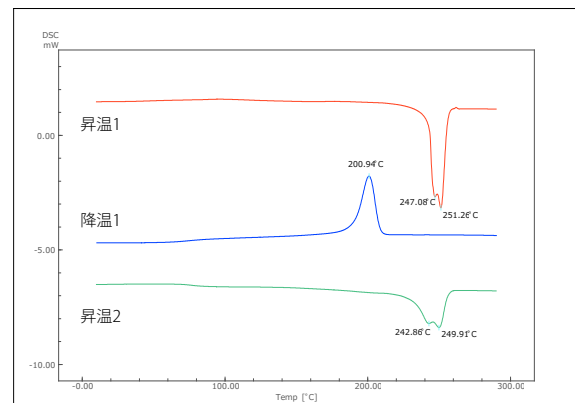


図4 リサイクルPET繊維のDSC曲線

表2 バージンPET繊維とリサイクルPET繊維のピーク温度

試料名	昇温1 (融解温度)	降温1 (結晶化温度)	昇温2 (融解温度)
バージンPET繊維	254.2℃	207.3℃	246.9℃ 253.7℃
リサイクルPET繊維	247.1℃ 251.3℃	200.9℃	242.9℃ 249.9℃

次に、バージンPET繊維の昇降温を6回繰り返し測定を行いました。表3に分析条件を示します。図5に昇温1から昇温6までのDSC曲線を示します。昇温1は熱履歴の影響を受けているため、昇温2から昇温6に見られた2つの吸熱ピークのうち、低温側の吸熱ピーク温度を比較しました。結果を図6に示します。昇温回数が増えるにつれ、直線的に融解温度の低下が見られ、結晶性が低下していることがわかりました。これにより、PET繊維は繰り返し昇温すると物性が変化する可能性があることが示唆されました。

表3 バージンPET繊維の昇降温繰り返し測定の分析条件

装置	: DSC-60 Plus+TAC-60i
加熱冷却速度	: 10℃/min
温度範囲	: 0℃~300℃
試料量	: 4 mg
雰囲気	: 窒素

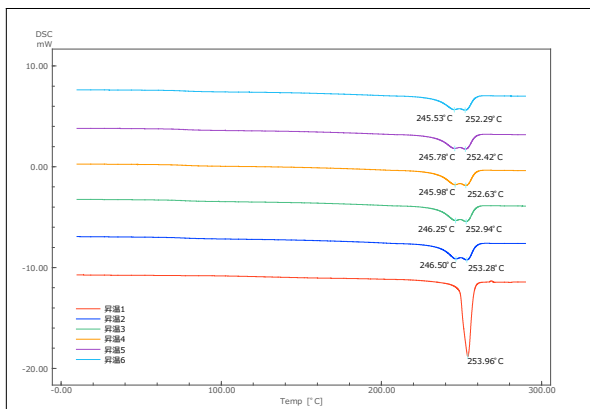


図5 バージンPET繊維繰り返し昇温のDSC曲線

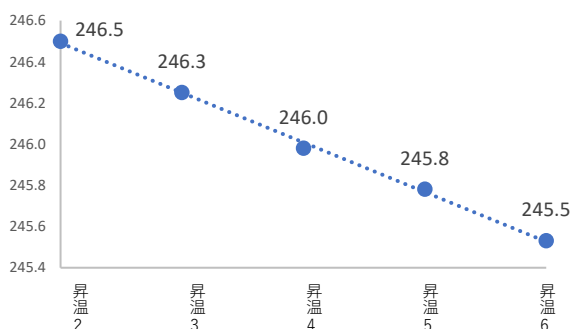


図6 バージンPET繊維繰り返し昇降温測定の低温側融解温度

■ TG-DTAによる分解挙動の評価

最後に、バージンPET繊維とリサイクルPET繊維をDTG-60で窒素中(図7)と空气中(図8)で加熱しました。

分析条件を表4に示します。窒素中では、両者とも400℃付近から重量減少が生じており、耐熱性に違いは見られませんでした。しかし、30℃から550℃までの減量率では、約5.7%の差が確認され残渣に違いが見られました。空气中では、残渣に差は見られませんでした。2段階目の減量挙動が異なりました。

表4 バージンPET繊維とリサイクルPET繊維のTG-DTA測定の分析条件

装置	: DTG-60
加熱冷却速度	: 20℃/min
温度範囲	: 30℃~600℃
試料量	: 4 mg
雰囲気	: 窒素または空気

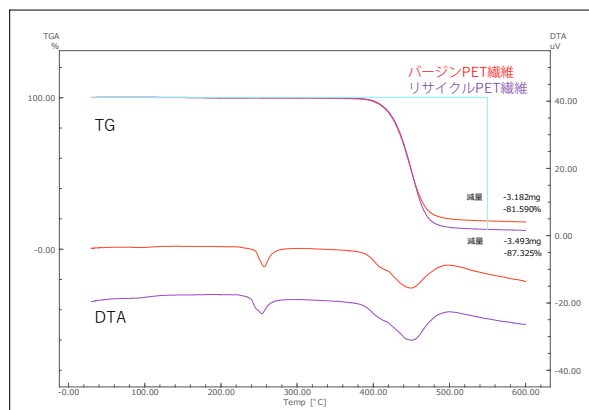


図7 窒素中におけるバージンPET繊維とリサイクルPET繊維のTG-DTA曲線

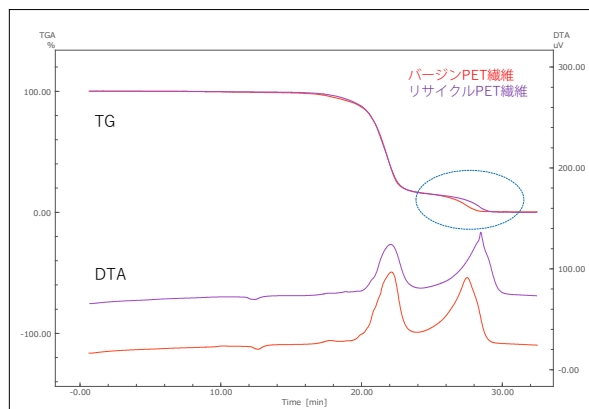


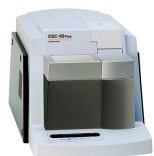
図8 空气中におけるバージンPET繊維とリサイクルPET繊維のTG-DTA曲線

■ まとめ

示差走査熱量計DSC-60 Plusおよび示差熱・熱量同時測定装置DTG-60を用いて、PET繊維の熱特性評価を行いました。バージンPET繊維とリサイクルPET繊維では融解温度に違いがあり、加熱を繰り返すことで結晶性が低下することが明らかになりました。また、両者の耐熱性は変わりませんが、600℃まで加熱すると残渣に違いが見られました。熱特性を把握することで、繊維の加工プロセスを最適化し、製品の品質を向上させることが可能です。また、リサイクルPET繊維の熱特性を理解することで、持続可能な素材の使用を促進し、環境負荷を低減する製品開発が可能になります。

＞ アンケート

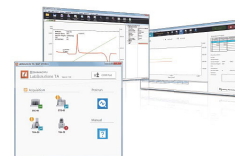
関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



＞ DSC-60 Plusシリーズ
示差走査熱量計



＞ TAC-60L/60i
DSC-60 Plusシリーズ用自動冷却アタッチメント



＞ LabSolutions™ TA
熱分析装置用ワークステーション

関連分野

＞ 石油化学

＞ プラスチック - 石油
化学

＞ 化学

＞ プラスチック-化学

＞ 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