

現場生産性向上を図る高機能プラスチック製品の開発（第4報）

—リサイクルプラスチックの物性向上技術の開発（1）—

足立 隆浩*

Development of advanced feature plastics to improve productivity (IV)

-Development of technology for improving properties of recycled plastics (I) -

ADACHI Takahiro*

主に使用済容器包装プラスチックより再生されるリサイクルプラスチック製品の用途拡大のため、リサイクル材の各種物性の改善・向上を目的とした。リサイクル材の主成分であるポリエチレン、ポリプロピレンの新材とリサイクル材の物性評価を行い、リサイクル材は新材に比べて力学的伸びや流動性が低下していることを確認した。

1. はじめに

近年、プラスチックを削減・再生・再利用する動きはますます盛んになっている。この中で、プラスチック業界では使用済みのシャンプーボトルなどを同種の製品に再生する取り組みが既になされている。また、一般家庭から出る使用済容器包装プラスチックについては、マテリアルリサイクルが可能なものについてはリサイクル材としてペレット化（再生ペレット）され、再生プラスチック製品へと加工されている。しかし、このリサイクル材については、新材と比較してその流動性等の物性が安定せず、一部の用途への利用に限られているのが現状である。

そこで、現場生産性の向上とリサイクル材の用途展開の拡大を目指し、各種物性の向上を目的に研究を行った。使用済容器包装プラスチックから再生されるリサイクル材は、主成分がポリプロピレン(PP)、ポリエチレン(PE)となっている。そのため、初年度はこれらの新材との物性を比較し、現状把握と改善点の洗い出しを行った。

2. 実験

2.1 材料

実験に使用する新材として、PPはPM900A（サンアロマー（株）製）、高密度ポリエチレン(HD)はノバテック HJ580、直鎖状低密度ポリエチレン(LL)はノバテック UJ580、低密度ポリエチレン(LD)はノバテック LJ803（以上日本ポリエチレン（株）製）を用いた。また、リサイクル材として、株式会社岐阜リサイクルセンターより提供いただいた再生ペレットを使用した。

2.2 引張特性の測定

2.2.1 試験片の作製

各材料の引張特性を求めるため、薄片のダンベル型試験片を作製した。

まず、2.1の各材料を熔融混練し、熱プレス用試料を作製した。ここではバッチ式混練機（Brabender 社製、

PL2000）を使用し、200℃、30 rpmにおいて30分間混練した。

次に、得られた混練試料を厚さ300 μmのスペーサを使用して加熱・加圧し薄板とした。加工は、熱プレス装置（アズワン（株）製、AH-2003C）を使用した。試料約6gを、加圧をせずに200℃で5分間余熱し、次に10MPa（装置の指針値）にて5分間加圧を行い、最後に40MPa（同）で5分間加圧したのち、水冷により十分に冷却してから薄板試料を取り出した。なお、加圧もすべて200℃で行った。

最後に、薄板試料からダンベル型試験片を打ち抜いた。打ち抜きは、手動式試験片打抜機（（株）島津製作所製）を用い、JIS K 6251 準拠のダンベル状2号形試験片型を使用し試験片を作製した。

2.2.2 引張試験

2.2.1で作製した薄型試験片を使用し、各種材料の引張特性を測定した。

引張試験は、万能材料試験機（Instron 社製、5985型）を使用し、つかみ具はエアーチャックを使用した。つかみ具間距離73.4 mm、引張速度5 mm/minとして測定を行った。測定は各材料の試験片について5回行い、その平均値を算出した。

2.3 熔融粘度の測定

各材料の流動性を調べるため、熔融粘度を測定した。リサイクル材について、80℃で一晩乾燥したものと無乾燥のものを試料とし、熔融粘度測定を行った。試験は、キャピラリーレオメータ（（株）東洋精機製作所製、PMD-C）を使用し、200℃にて押し出し速度10 mm/minとして実施した。測定は、試料を熔融筒に詰め始めてから7分後に1点目の粘度測定を行い、その後10 mm/minのまま1分ごとに粘度を測定し、計5点の測定を実施した。測定は各試料について3回行い、その平均値を算出した。

また、各種新材の測定も同様に行い、リサイクル材との比較を行った。

* 化学部

3. 結果及び考察

3.1 引張特性

図1に、各材料の最大荷重時の引張応力および伸びを示す。なお「Re」はリサイクル材の結果を示す。

この結果から、PPや各種PEの新材の引張強度と比べて、リサイクル材はLLとHDの中間程度の引張応力を持つことが確認された。一方、各種新材のいずれと比べても、リサイクル材は伸びが低いことが確認された。

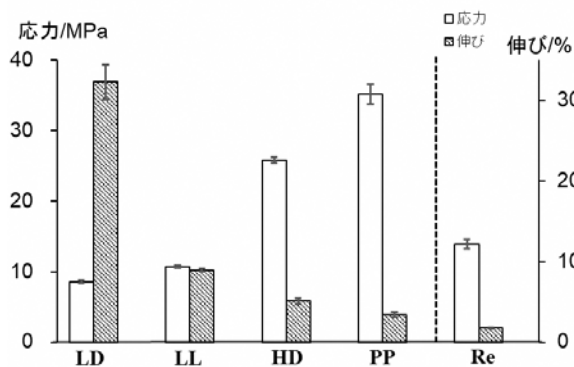


図1 リサイクル材と新材の薄物物性比較

リサイクル材の製造工程では、比重選別等によりPPおよびPEとこれら以外のものを分別している。PPとPEについてはともに比重が1未満であり分離が難しく、これらが混合された状態でリサイクル材として再生される。このため、引張応力については新材のPPと各種PEの中間程度の値を示しているものと考えられる。

また、リサイクル材の比重選別工程において、ポリエチレンテレフタレートや発泡ポリスチレンは、比重がPP等と同程度で分別が難しいため、リサイクル材はこれらが少量混入した状態となっている。また、リサイクル工程において、インク等の顔料成分を分離することも困難である。新材と比べて引張伸びが著しく小さいのは、これらの不純物や、PP/PE界面が破断の起点となりやすいためだと推測される。

以上のことから、リサイクル材の物性向上のためには、PP/PEの相溶性を高めるとともに、製造工程でやむを得ず混入する不純物の除去手法や、これらの影響を小さくする手法を検討する必要があると考える。

3.2 熔融粘度

図2に、乾燥したリサイクル材と無乾燥のものをそれぞれ10 mm/minで押し出した時の加熱時間に対する粘度の変化を示す。

各点においてばらつきは比較的大きいものの、概ね無乾燥の試料は加熱時間が短いと粘度が高くなる傾向が確認できた。

熔融粘度測定の際に無乾燥のリサイクル材を加熱筒に詰めていると、一部の試料では発泡がみられた。通常オレフィン系樹脂では成形の際の乾燥が必要ないことが多いが、リサイクル材は過去の熱履歴等により分子構造が

変化して、吸湿性が高まったと推測される。このため、発泡などの影響により粘度が高くなり、成形性が悪くなる場合があるものと考えられる。

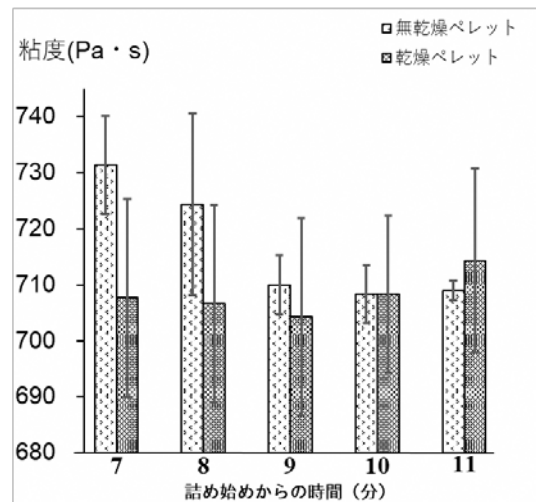


図2 乾燥による熔融粘度への影響

また、同様にリサイクル材と新材の粘度比較も行い、リサイクル材は乾燥、無乾燥にかかわらず新材のPP/PEより粘度が高く、流動性が悪いことを確認した。

4. まとめ

今年度は、リサイクル材の物性向上に必要な方策を検討するために、新材と現状のリサイクル材の物性比較を実施した。引張応力は新材と比較し中程度の値ではあったものの、伸びが小さいことを確認した。そのため、リサイクル材中に存在する不純物等の除去手法や、これらの影響を小さくする手法を検討する必要があると推測された。また熔融粘度について、リサイクル材は新材と比べ高かったことから、分子構造の変化等の影響もあり、流動性が悪くなった可能性があると考えられた。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、リサイクル材料を提供いただきました株式会社岐阜リサイクルセンター様に心より御礼申し上げます。

【参考文献】

- ユニリーバ・ジャパン、花王、
<https://www.unilever.co.jp/news/press-releases/2021/unilever-japan-cao-minna-de-bottle-recycle-project/>, 2021