

再利用プラスチックの添加剤と物性の研究（第1報）

磯 智昭* 望月 政夫* 磯山 亮* 石渡 恭之* 望月 秀憲* 酒井 直子*

1. はじめに

一般的なプラスチック射出成形は、加熱溶融させたプラスチックを金型内に射出注入し、冷却し固化させて成形品を作る。そのため、製品の他に図1に示すようなスプルーやランナーができる。材料の有効利用のためスプルーやランナーを粉砕し、これを原料ペレットに加えて再利用することがある。製品の品質保証のためには、再生材を加えた場合の強度（引張強さ、曲げ強さ等）、材料の流動性、耐久性、添加物がある場合はその影響等を定量的に把握しておく必要があるが、実際に行っている企業は意外に少ないのが現状である。再生材を使った場合の製品の強度、外観、成形性についての報告¹⁾があり貴重な知見を得られるが、成形条件の影響を合わせて検証すれば、企業にとってさらに有効な情報を提供できると考えられる。



図1 射出成形機で作成した製品
(ダンベル型試験片)

2. 目的

再生材を使う場合バージン材と混合して使うことが多いので、材料メーカーの技術解説²⁾等を参考に再生材使用割合を30%とし、自動車及び家電品に使われ

る材料のポリプロピレン(PP)、ポリカーボネート(PC)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)について、再生材を混合する場合の適切な成形条件設定及び成形品の物性について検討した。

3. 研究内容

再生材は射出成形工程で溶融及びせん断を受けるため、プラスチックの基本単位である高分子鎖が切断されて劣化している可能性がある。劣化した場合、成形品強度の低下、平均分子量の低下、流動性の上昇等が起こる。そのため再生材使用割合が大きくなると引張強さ、曲げ強さ、流動性及び平均分子量等が変化すると考えられ、バージン材の成形品と比較する必要がある。なお劣化は主に加熱によると考えられ、射出成形では成形温度が重要である。

今回は、成形温度の異なる各条件で射出成形を行い、得られた成形品の引張試験、曲げ試験、流動性評価を行った。なお分子量測定は、当所の設備ではPPについて測定できないため、PCとPBTについてのみ行った。

3.1 材料

各メーカーの材料を調査のうえ、フィラー等を含まない、流動性の良いグレードを選定した(表1)。最近企業では成形時間短縮のため、高流動性グレード材の需要が高いことを考慮した。

表1 使用した材料

材料	メーカーとグレード
PP	日本ポリプロ(株)製ノバテック MA1B
PC	三菱エンジニアリングプラスチック(株)製ユーピロン S-2000R
PBT	東レ(株)製トレコン 1401-X06

表2 各材料の成形条件

成形条件	PP			PC			PBT		
シリンダー温度(°C) (ノズル, 前部, 中部, 後部全て同一温度)	180	200	230	280	300	320	230	250	270
金型温度(°C)	40			80			60		
射出速度(%)	20			25			25	20	
保圧(%)	15			30			30		
スクリュー回転数(%)	40			30			30		
背圧(%)	15			30			20		
保圧時間(s)	40			15			20		
冷却時間(s)	10			15			20		
サイクル時間(s)	60			40			50		
計量位置(mm)	25			25	24		26	27	
V-P切替位置(mm)	6			3.5			4	4.5	

*素材開発部門

3.2 試験片の成形

試験片の成形は日精樹脂工業(株)製 FE80S12ASE (型縮力 80 トン, 射出容量 127cm³/shot) で行った。試験片の形状は, JIS K 7113 の 1 号ダンベル型試験片である。

成形条件を表 2 に示す。各材料の対応 JIS 及び標準的な成形条件を参考に, 平均射出速度を各材料の各温度条件においておおよそ一定にすることを基本に設定した。今回は, 成形品への影響が大きい成形温度を 3 通り設定し, これを試験に供した。

3.3 材料の再利用方法

未使用材で試験片を作成し, 同時に作られたスプルーとランナーを粉砕機で粉砕したものを再生材とした。今回は, 再生材を重量割合が 30%になるよう未使用材と混合した。

3.4 引張試験

(株)島津製作所製オートグラフ AG-I で行った。試験条件は JIS K 7162 を参考に, 各試料について 5 本の試験片で引張強さを測定した。引張速度は, 全て 5 mm/min である。

3.5 曲げ試験

(株)島津製作所製オートグラフ AG-I で行った。試験条件は JIS K 7171 を参考に, 各試料について

5 本の試験片で曲げ強さ及び曲げ弾性率を測定した。支点間距離は 48mm, 試験速度は 2 mm/min である。なお, 測定はダンベル試験片をそのまま試験に供した。

3.6 流動性評価

(株)東洋精機製作所製メルトインデкса P-01 で行った。試験条件は JIS K 7210 を参考に表 3 のように設定した。

表 3 流動性評価の試験条件

試験条件	PP	PC	PBT
温度 (°C)	230	300	250
荷重 (kg)	2.16	1.20	2.16

3.8 分子量測定

PC 及び PBT について, ゲル浸透クロマトグラフ (GPC) 法により分子量測定を行った。装置は東ソー(株)製 GPC 装置である。測定に供した試料は, 射出成形したダンベルを粉砕したものである。

PC の分子量測定では, PC 試料をテトラヒドロフランに溶かして約 0.1wt% の溶液を作り, テトラヒドロフランを溶離液として流速 1 ml/min で測定した。

PBT の分子量測定では, 大武の方法³⁾を参考に, PBT 試料のヘキサフルオロイソプロパノール溶液をクロロホルムで希釈して約 0.01wt% の溶液を作り, クロロホルムを溶離液として流速 1 ml/min で測定した。

なお平均分子量には数平均分子量, 重量平均分子量などがあるが, 今回は材料物性と相関がある重量平均分子量を比較した。

4. 研究結果と考察

4.1 PP

引張試験の結果を図 2 に示す。各成形温度で, 再生材 0%材と 30%材では引張強さはほぼ同じであった。曲げ試験の結果を図 3 に示す。各成形温度で, 再生材 0%材と 30%材では曲げ強さはほぼ同じであるが, 成形温度が高くなると曲げ強さが小さくなる傾向が見られた。これは, 成形温度の上昇により曲げ弾性率及び曲げ強さが大きいスキン層の厚みが減少する⁴⁾ ことによると考えられる。試験片の流動性評価の結果 (図 4), 成形温度 180°C と 200°C のメルトフローレイト (MFR) はほぼ同じであるが, 230°C では 180°C, 200°C よりもやや大きくなった。

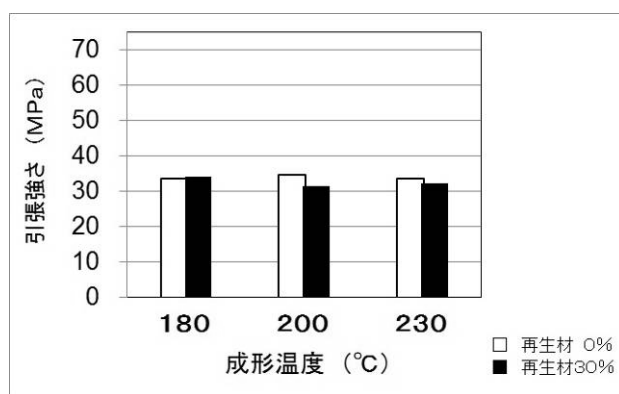


図 2 PP の引張試験結果

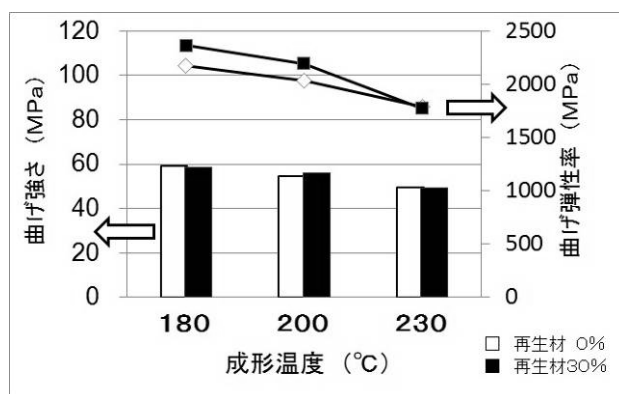


図 3 PP の曲げ試験結果

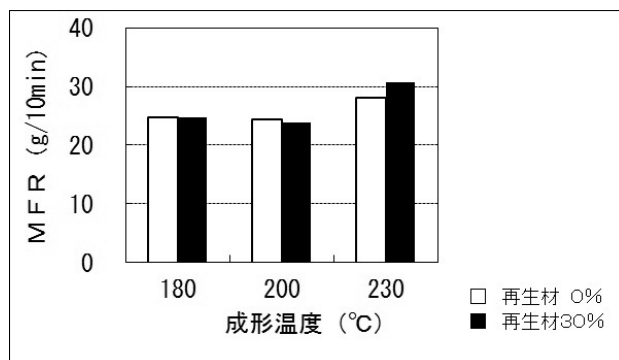


図 4 PP の流動性評価結果

以上の結果から、設定した成形条件では 230℃の成形品で流動性がやや高かったものの、引張強さ及び曲げ強さは再生材を 30%加えてもあまり変わらないことがわかった。

4.2 PC

図6に引張試験の結果を、図7に曲げ試験の結果及び図8に流動性評価の結果を示す。PPの場合と異なり、いずれの成形温度でも再生材0%材と30%材の測定値はほぼ同じであった。重量平均分子量(Mw)は再生材0%材が30%材よりも低めであったが、成形温度が高くなってもMwはほぼ同じで、今回の成形温度であれば加熱によるPCの劣化は非常に少ないと考えられる。

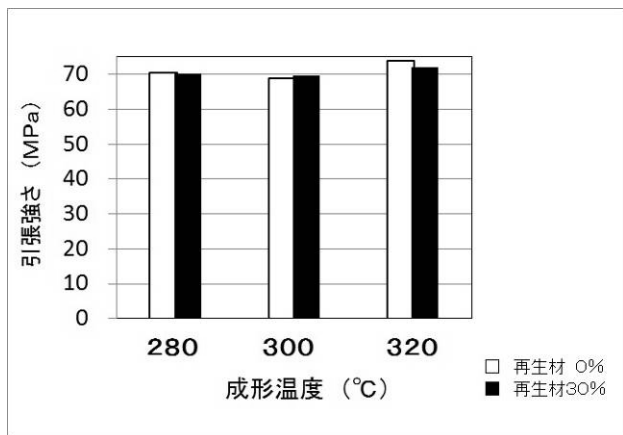


図6 PCの引張試験結果

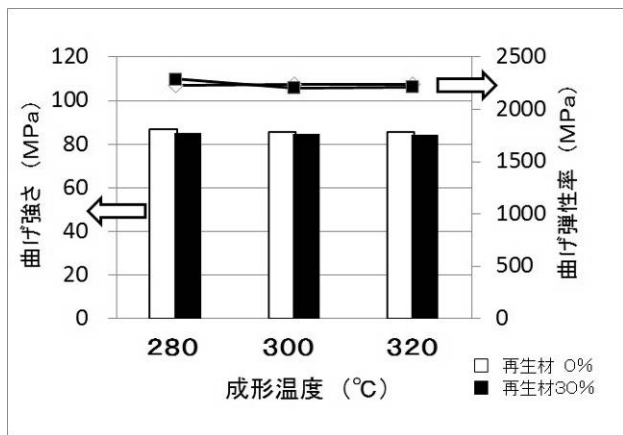


図7 PCの曲げ試験結果

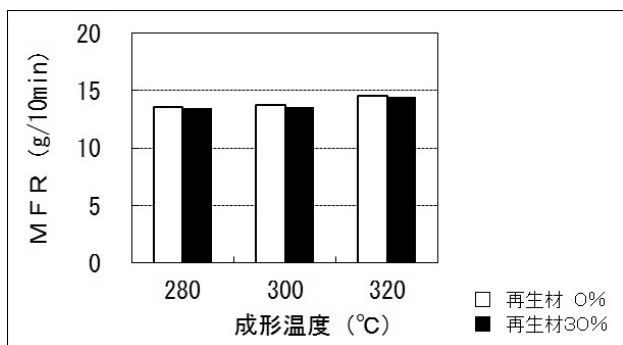


図8 PCの流動性評価結果

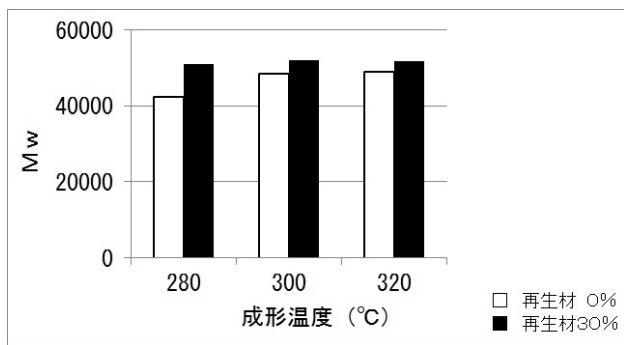


図9 PCの分子量測定結果

4.3 PBT

図10に引張試験の結果を、図11に曲げ試験の結果を示す。PCの場合と同じく、各成形温度で再生材0%材と30%材の測定値はほぼ同じであった。

図12に流動性評価の結果を示す。成形温度が高いものほどMFRが大きく、270℃では再生材30%材が0%材よりも大きい。重量平均分子量(Mw)の結果を図13に示す。成形温度が高いものほどMwは小さく、270℃では、再生材30%材が64,000、0%材が69,000であった。

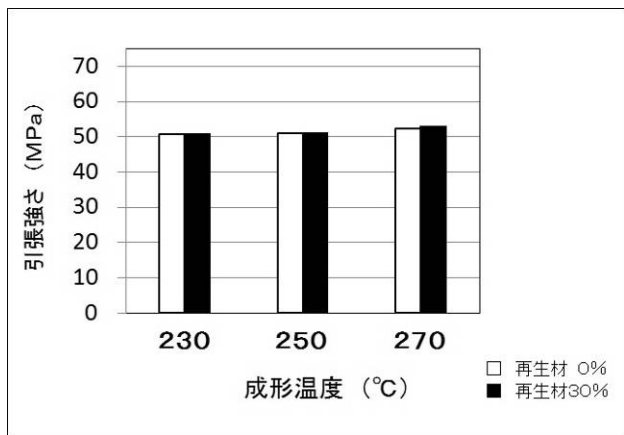


図10 PBTの引張試験結果

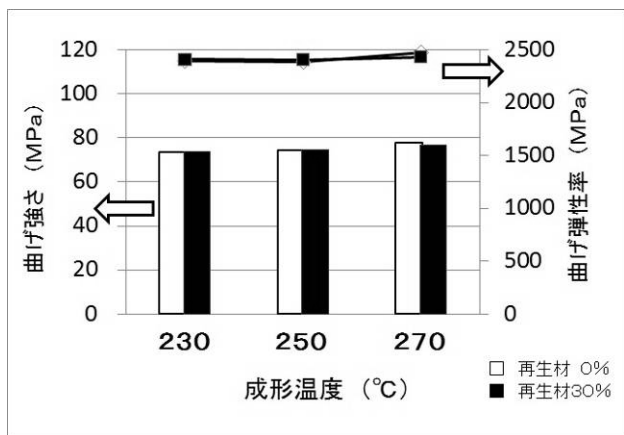


図11 PBTの曲げ試験結果

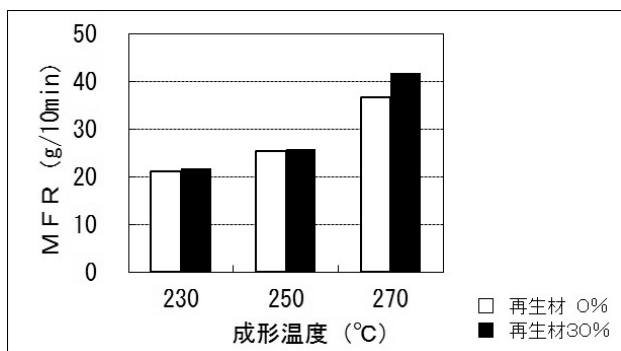


図 12 PBT の流動性評価結果

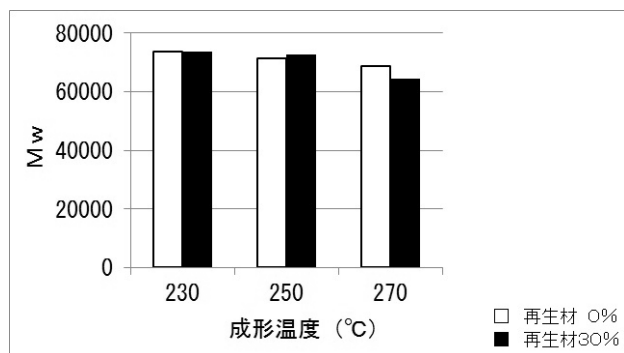


図 13 PBT の分子量測定結果

以上の結果から、設定した成形条件では、引張強さと曲げ強さは再生材を 30%加えてもあまり変わらないことがわかったが、成形温度が高い場合ほど MFR が大きく、Mw が小さいことから、加熱による高分子鎖の切断が起こったと考えられる。

なお、実験に供した PBT の成形温度についてはメーカーが 230~260°Cを推奨している。270°Cはその範囲を超える高温であるが、強度と物性の評価のため実施した。

5. まとめ

技術情報や成形現場での実情を参考に、再生材 30%材について検討した。

実験に供した PP, PC, PBT について、設定した成形条件で成形した試験片は、再生材を全体の 30%になるよう加えても引張強さ、曲げ強さはバージン材とほぼ同じであることがわかった。

なお、バージン材であっても成形温度が高くなると、成形後の材料の流動性が高くなり、重量平均分子量が小さくなることがある。PBT の場合のような重量平均分子量の低下は材料の劣化を示すものであり、その防止のためにはメーカーの指定する温度範囲での使用、成形温度等成形条件の管理が必要である。

6. 今後の課題

本報告の結果から成形品の静的試験の強度は検証できたので、次は耐久性の検証が必要であり、次年度に疲労試験を行う。

また耐候性向上のため添加剤を加えたグレードが普及しているので、添加剤の効果を検証するため、耐候

試験を行う。

材料の種類、グレード、成形条件等については県内プラスチック関連企業の意見を取り入れて再検討する計画である。

追記

本研究は平成23年度プラスチック材料技術研究支援事業で行ったものである。

参考文献

- 1) 社団法人西日本プラスチック製品工業協会他, 平成20年度環境事業CO₂排出量削減に関する共同研究成果報告書
- 2) ポリプラスチック(株)ホームページ
<http://www.polyplastics.com/jp/support/mold/outline/index.html> 等
- 3) 大武. CERINEWS, No. 45, May (2004) p6
- 4) 藤山, 木村. 高分子論文集, Vol. 32, No. 10(1975)p581~590