

# 廃 PET ボトルのマテリアルリサイクル における物性低下の検討

(日大院・理工) ○ (学) 岩崎晋久、(日大・理工) (正) 角田雄亮、  
(正) 菅野元行、(正) 平野勝巳\*、(正) 真下清

## 1. 緒言

廃 PET ボトルは主にマテリアルリサイクルされているが、再生製品に発色や曇り、強度低下等の問題が発生し、用途が限定されることから、近年分別回収された廃 PET ボトルの海外流出が増加している<sup>1)</sup>。

当研究では、再生PET樹脂の熔融・成形時に、残留した糖類や油脂等が酸化発色し、土砂等の無機物が曇りを発生することを明らかにし、化学洗浄、研磨、比重分離によるこれらの効率的な除去方法を提案した<sup>2)</sup>。ただし、強度低下の要因は明らかとなっておらず、強度低下した再生製品の再利用（マルチリサイクル）は行われていない。そこで再生工程の再現実験を行い、残留不純物および低分子化PETが強度に与える影響について検討した。

## 2. 操作

### 2.1 熔融成形

日本ユニペット社製バージンペレット（V-PET）を 110℃で 180min.減圧乾燥後、モデル不純物としてグルコースまたはケイ砂を所定量添加した。また、V-PET を 250℃のホットプレス中で 4min.または 180min.加熱して分子量を調整し、これらを任意の割合で混合後、110℃で 180min.減圧乾燥した。

各試料 1.41g を 260℃のホットプレス中で 3.5min.熔融後、背圧 10MPa で脱気後 20MPa で 1min.保持し、厚さ 0.3mm のプレートを作成した。プレートから幅 5mm、長さ 50mm の試験片を切り出し、引張試験により強度を測定した。また、Pohl の方法<sup>3)</sup>に準拠し、各試料の末端 CX 基量を算出し、数平均分子量(Mn)を算出した。

## 4. 結果および考察

### 4.1 破断伸び率

Fig.1 に不純物添加プレートの破断伸び率を示す。これより、いずれも添加量の増加に伴い破断伸び率は低下するが、ケイ砂の場合は微量の添加で大幅に低下し、この傾向は粒径が大きい方が顕著になることがわかる。結晶性高分子は延伸時、強度の弱い部分や欠損が存在すると、応力が加わることによりボイドを発生し、ボイドと配向組織から形成された塑性変形（クレイズ）を起点としてクラックが発生して破断する<sup>4)</sup>。ケイ砂は融点が 1410℃であり、成形時に熔融せず PET 樹脂中に固体状態で偏在すると考えられる。このため、延伸時に PET 樹脂との境界面でボイドを形成し、微量の混入で破断伸び率を低下させ、その影響は粒径が大きいほど大きいと考えられる。一方、グルコースの融点は 146℃であり、成形時に熔融して PET 樹脂中に均一に分散するが、脆性で延伸時にボイドが発生しやすく、添加量に応じて破断を生じさせると考えられる。

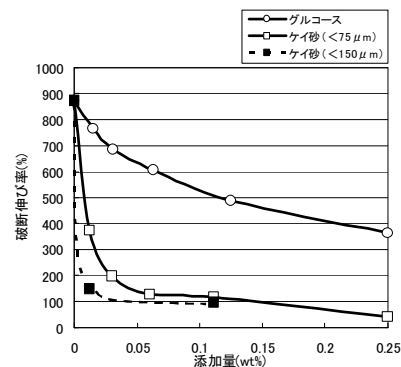


Fig.1 モデル不純物添加による破断伸び率の変化

Fig.2 に分子量を調整した混合熔融プレートの破断伸び率と数平均分子量 Mn を示す。

これより、少量の低分子化 PET 混合により破断伸び率は大幅に低下することがわかる。PET は負荷が加わると分子の移動により変形するが、その際分子鎖の絡み合いがほどけてポイドを生じ破断することが知られている<sup>5)</sup>。低分子化 PET は絡み合いがほどけて移動しやすいものと考えられる。

以上より、有機物の脆弱部、無機物との境界面、分子の絡み合いの欠損部がポイドを形成して引き裂きの起点となり、破断伸び率を低下させることが明らかとなった。延伸性低下を抑制して繊維にリサイクルするためには、より高度な不純物除去や樹脂の分解を引き起こさない再生操作が必要と考えられる。

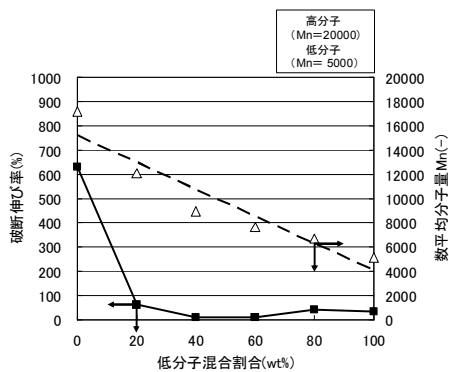


Fig.2 低分子化PET混合による破断伸び率の変化

#### 4.2 降伏応力

Fig.3 に低分子混合プレートの降伏応力を示す。これより、降伏応力は低分子化 PET の混合割合が 60wt%まで低下せず、60wt% 以上では混合割合に応じて低下することがわかる。降伏応力は、延伸時に断面が弾性変形から塑性変形に切り替わる際の応力を示し、最も脆弱な断面の強度に依存すると考えられる。本実験範囲では、低分子化 PET の混合割合が 60wt%以下の場合には高分子 PET が骨格として全断面を支えるため、高分子 PET の分子量に依存した降伏応力を示すと考えられる。一方、60wt%以上の場合には低分子化 PET のみによる脆弱な断面が存在する

ため、降伏応力は低下すると考えられる。

以上より、欠陥部が起点となる破断に対して降伏は脆弱な断面に依存するため、破断伸び率と降伏応力の挙動は一致しないことが明らかとなった。

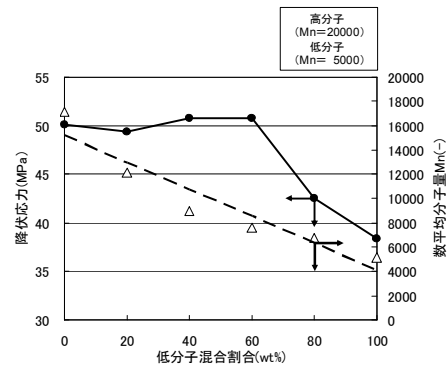


Fig.3 低分子化PET混合による降伏応力の変化

#### 5. 結言

廃 PET ボトルのリサイクルにおける残留不純物および低分子化 PET が強度低下に及ぼす影響を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 樹脂内の脆弱部分や欠陥部分が引き裂きの起点となって破断伸び率は低下するため、再生製品の延伸性保持には高度な不純物除去を必要とする。
- ② 降伏応力は最も脆弱な断面の強度に依存するため、高分子が骨格として作用すると保持される。

#### 参考文献

- 1) PET ボトルリサイクル年次報告書(2007)
- 2) 平野勝巳ら、第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、206-208(2005)
- 3) H.A.Pohl, Anal.Polym.Chem., 26,1614(1954)
- 4) 高分子物性の基礎  
高分子学会編 (1993)
- 5) 高分子と複合材料の力学的性質、  
Lawrence E.Nielsen (1980)