

生分解性繊維の作製と分解性評価

繊維高分子材料科 大木結以 鈴木重好*
株式会社シラカワ 近藤 隆

Spinning and biodegradable characterization of PBS/PCL blend polymer-monofilaments

OKI Yui, SUZUKI Shigeyoshi and KONDO Takashi

Keywords: Biodegradable fiber, Polybutylene succinate, Poly (ϵ -caprolactone), Monofilament, Melt spinning

生態系へのダメージが小さい漁具の開発に向け、生分解性樹脂であるポリブチレンサクシネート（PBS）とポリカプロラクトン（PCL）のブレンド樹脂からなるモノフィラメント糸を作製し、機械的特性と生分解性を評価した。PBS と PCL を重量比 1 : 1 で混合した糸は、延伸倍率 8.5 倍の時に最大の引張破断強度を示し、漁具に必要な強度を達成した。また、海洋に生息する微生物が産出する酵素を用いた生分解性評価の結果から、PBS と PCL のブレンドや延伸条件による分解速度の制御が可能であることが示唆された。

キーワード：生分解性繊維、ポリブチレンサクシネート、ポリカプロラクトン、モノフィラメント、熔融紡糸

1 はじめに

自然界に流出した漁具が半永久的に海洋生物を捕獲し続けるゴーストフィッシング現象が、生態系に深刻なダメージを与えている¹⁾。漁具の環境負荷低減には海洋生分解性樹脂の活用が有効だが、既存の海洋生分解性樹脂は速やかに分解されるため、養殖といった数年単位で耐久すべき用途に適さない。

本研究では、環境低負荷かつ海水中で 1 年程度、形状や物性を維持する漁具の開発を目的とし、海水での分解が遅いポリブチレンサクシネート（PBS）と海洋生分解性に優れるポリカプロラクトン（PCL）のブレンド樹脂からなるモノフィラメント糸を作製し、機械的特性と生分解性の評価を行なった。

2 方法

2.1 実験条件

市販の PBS と PCL のペレットを重量比 1 : 1 で混合し、二軸押出機 ラボプラスミル ME（㈱東洋精機製作所製）を用いて 200 °C で混練した。得られたブレンド樹脂（以下、PBS/PCL）を試験用熔融紡糸装置（㈱中部マシン製）を用いて直径 250 μ m 程度のモノフィラメント糸に成形した。主な紡糸条件を表 1 に示す。

表 1 主な紡糸条件

成形条件	設定値
樹脂の押出温度	180 °C
樹脂の冷却温度	15 °C
第 1 延伸ロール速度	3.2 m/min
第 2 延伸ロール速度	20~24 m/min
第 3 延伸ロール速度	19~28 m/min
延伸倍率	6~8.5 倍

2.2 モノフィラメントの評価方法

(1) 機械的特性

漁具に必要な強度として 5.3 cN/dtex 以上の引張破断強度を示す糸の作製を目標とした。得られた糸について、オートグラフ AG-50kIS（㈱島津製作所製）を用いて JIS L1013:2021 を参考とする引張試験を行い、引張破断強度や結節強度、伸度を求めた。

(2) 酵素を用いた生分解性評価

樹脂フィルムの酵素分解試験²⁾を参考に、海洋に生息する微生物 *B. cepacia* が産出する分解酵素を用いて分解性を評価した。具体的な操作は、分解酵素をリン酸緩衝液（0.1 mol/L, pH 7.0）に 1.24 g/L の濃度で溶解させた試験溶液を調製し、1.5 g 程度に束ねた糸を浸漬して、35°C で最長 4 日間、振

* 現 公益財団法人静岡県産業振興財団

として反応させた。試験後、試料の重量変化を計測し、分解性の指標とした。

3 結果および考察

3.1 引張試験

PBS/PCL を延伸倍率 6.0~8.5 倍の 6 条件で成形した。延伸倍率 8.5 倍のとき最大の引張破断強度 5.46 cN/dtex を示し、漁具に必要な強度を達成した(図 1)。

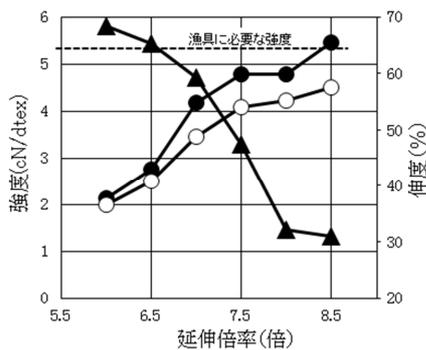


図1 PBS/PCL 系の引張試験結果

●:引張破断強度(cN/dtex)、
○:結節強度(cN/dtex)、▲:伸度(%)

3.2 生分解性試験

PBS 系、PCL 系、PBS/PCL 系を試験溶液に最長 4 日間浸漬させたときの重量変化を図 2、3 に示す。PBS 系では重量減少が生じず、PCL 系は 4 日間で約 17% の重量減少が確認された。他方、PBS/PCL 系は、重量比で 50% の PCL が含まれているにも関わらず、4 日間の重量減少は約 2% であった(図 2)。

異なる延伸倍率の PBS/PCL 系を比較すると、延伸倍率 6.0 倍の糸の重量減少は約 4%、延伸倍率 8.5 倍の糸の重量減少は約 2% であり(図 3)、延伸倍率が高いほど重量減少が小さくなる傾向を示した。PCL 系では延伸倍率が高いほど結晶化度が高く、生分解速度が小さくなるという報告³⁾があることから、PBS/PCL 系でも同様に、延伸倍率が高いほど PBS 成分や PCL 成分の結晶性が高くなり、生分解が抑制されたと考えられる。

4 まとめ

PBS と PCL のブレンド樹脂を調製し、漁具に必要なとされる引張破断強度を示すモノフィラメントの成形に成功した。海洋に生息する微生物が産出する

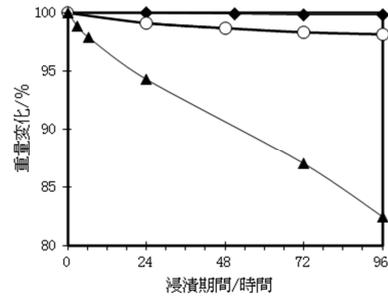


図2 生分解性試験結果

◆:延伸倍率 5.5 倍の PBS 系、○:延伸倍率 8.5 倍の PBS/PCL 系、▲:延伸倍率 8 倍の PCL

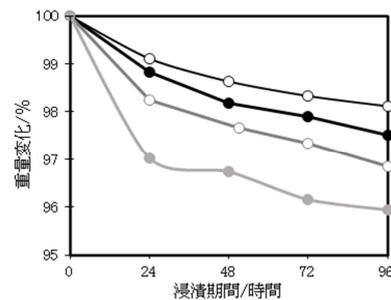


図3 異なる延伸倍率の PBS/PCL 系の生分解

延伸倍率が○:8.5 倍の糸、●:7.0 倍の糸、
○:6.5 倍の糸、●:6.0 倍の糸

分解酵素を用いた試験の結果から、生分解性樹脂同士のブレンドや延伸倍率により、分解速度が制御可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) J. A. Anderson J. A. *et al.*: Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*. 79, 261-267(2014). Bilkovic D. M. *et al.*: Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna *Marine Pollution Bulletin*. 80, 114-123(2014) .
- 2) Jeepery I. F. *et al.*: Miscibility and enzymatic degradability of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate)-based polyester blends by PHB depolymerase and lipase. *Polymer Degradation and Stability*, 192, 109692(2021).
- 3) 望月政嗣: 脂肪族ポリエステル構造と生分解性. *繊維学会誌*, 52, 200-208(1996).