

## コンポスト対応型農業用資材の開発

西村美郎<sup>\*1</sup>、加藤和美<sup>\*2</sup>、小林久行<sup>\*1</sup>

## Development of compost able fiber and application in agricultural material

Yoshiro NISHIMURA, Kazuyoshi KATO and Hisayuki KOBAYASHI

Mikawa Textile Research Center, AITEC<sup>\*1\*2</sup>

ポリ乳酸とポリブチレンサクシネートブレンドテープヤーンを用いて、強度と柔軟性に優れた生分解性農業資材を開発した。ブレンドテープヤーンは、一般的なモノフィラメント製造装置に、厚さ 0.2mm 以下のフラットノズルを装着することにより、高強度の繊維が安定して製造できるため、実用性が高い。生分解性農業資材は、コンポスト(堆肥)中において短期間(1ヶ月以内)で生分解することが確かめられた。また、土中において土壌をアルカリ性になると分解が促進されることがわかった。

## 1. はじめに

農業分野では、各種の合繊ネットや紐が多く使用されており、そのほとんどは、ポリエチレン・ポリプロピレンなどの原料からできているため、土中では容易に腐敗しない。したがって使用済みの農業資材は、従来から茎や葉といっしょに焼却処分されていた。しかし近年、廃棄物処理法の改定により野焼きが禁止となり、使用済みの農業用資材の処分が困難となってきた。

一方、土中やコンポスト(堆肥)中の微生物の働きにより炭酸ガスと水に分解される生分解性プラスチックが開発されており、各分野で実用化の段階に入っている。生分解性プラスチックの中でもポリ乳酸は、農作物を原料とし、耐熱性、強度の点で優れている樹脂であるが、硬く加工性が悪いという欠点がある。またポリ乳酸樹脂は、土中での分解速度が非常に遅く、分解の促進が要求されている。分解促進の一つの方法として、コンポストによる方法が考えられる。

そこで、本研究では、生分解性樹脂を使用し、柔軟性がありかつ速やかに分解可能な農業用資材を開発するため、ポリ乳酸と他の軟質な生分解性プラスチックをブレンドしたテープ状の繊維の紡糸試験を行い、強度、柔軟性などを検討した。そしてブレンドテープヤーンを撚りあわせ、編織することによって、ハウス栽培用誘引紐や長芋ネットなどの生分解性農業用資材を試作し、フィールド試験を行い、実用性について検討した。また、分解の促進方法として、コンポスト(堆肥)化、土壌のアルカリ化(消石灰を用いた方法)について検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 生分解性樹脂

表1に、使用した生分解性樹脂を示す。

表1 生分解性樹脂

生分解性樹脂 略称	製造メーカー	商品名
ポリ乳酸 PLA	三井化学(株)	レイシア H100J
ポリブチレンサクシネート PBS	昭和高分子(株)	ビオノレ 1001
ポリ乳酸コラクトン PCL	ダイセル化学(株)	セルガリン PH7

## 2.2 モノフィラメントの製造

熔融紡糸装置 TN35(35mm 単軸押出機 中部化学機械製作所(株)製)を使用して、約 500 デニールの糸を紡糸した。PLA ペレットと PBS ペレットをブレンドし、押出機に投入し 200~210 で熔融させ、直径は 1.0mm のノズルから 30~40 の水槽に紡出し未延伸糸を得た。その後、温度 85 で 5.0 倍延伸し、さらに 100 で 1.4 倍延伸した。

## 2.3 テープヤーンの製造

テープヤーンの製造は、従来のインフレーション式の方法とモノフィラメント製造装置にフラットノズルを装着した方法の2種類を行った。インフレーション式は、延伸テープ製造装置(スクリュー径 40mm 単軸押出機 中部化学機械製作所(株)製)を使用して、PLA ペレットと PBS ペレットをブレンドし、直径 100mm スリット厚み 0.8mm の同心円状ノズルから押出し、室温で冷却した後、200mm の原反を得た。その後、剃刀を使用して原反を幅 11mm にスリットし、70 の熱板上で 3 倍延伸してテープヤーン

ンを得た。新しい製造方法は次のように行った。熔融紡糸装置 TN35(35mm 単軸押出機 中部化学機械製作所(株)製)を使用して、PLA と PBS をブレンドし、厚さ 0.2mm、幅 15mm のフラットノズルから樹脂を 45 の水槽に押し出し固化させた後、85 の温水槽と 100 の熱風槽で 7 倍延伸して 1500D のテープヤーンを得た。

## 2.4 繊維物性の測定

テープヤーンおよびモノフィラメントの強伸度は、JIS L 1013 に従い測定した。糸の柔軟性は、純曲げ試験機 (KES-2) を用いて曲げ剛性値を求め、評価した。

## 2.5 農業用製品の試作とフィールドテスト

### 2.5.1 ハウス栽培用誘引紐

各種 PLA/PBS ブレンド比のテープヤーン 1500D を 6 本撚りし、紐を試作した。撚糸は、共立機械(株)製、ファンシーテスター FT-20 を用い、2 本を合わせて S200 回/m、さらにその糸を 3 本合わせて Z100 回/m で撚りした。紐のクリープ性は、安田精機(株)製クリープテスター 145 を用いて、5kg 荷重、50 における伸びと時間を記録した。耐候性は、屋外に暴露した後、強伸度を測定して評価した。製品は、愛知県農業試験場豊橋農業技術センターでトマトのハウス栽培に用いた。

### 2.5.2 長芋ネット

PLA/PBS=70/30 ブレンドテープヤーン 500D を 12 本撚りしトワインとして、440mm 目合いの結節網を試作した。製品は、北海道十勝地方で長芋の栽培に使用した。

## 2.6 生分解性試験

試料は、以下の条件で分解させた後、強伸度、表面観察 (走査型電子顕微鏡 JSM5200 日本電子(株)製)、分子量 (高速 GPC 装置(株)東ソー製 HLC8020) を測定し、生分解性を評価した。

- (1)大型コンポスト施設( JA 渥美堆肥センター、7 日間、14 日間)
- (2)家庭用生ごみ処理機 (三洋電機(株)製 SNS-MD17、3 週間)
- (3)屋外コンポスト (北海道立十勝農業試験場、牛糞を散布して 4 週間)
- (4)アルカリ土中 (市販の消石灰を土に散布し、攪拌。PH は 9.5。3 ヶ月、6 ヶ月埋設)

## 3 . 実験結果及び考察

### 3.1 原糸の特性

図 1 に PLA に PBS、PLA に PCL をブレンドしたモノフィラメントのブレンド率と強度の関係を示す。PCL ブレンドでは、ブレンド率の増加とともに強度の低下が見られた。PBS ブレンドは、強度の低下はなかった。この結果から、PLA と PBS のブレンドについて実験を進めた。

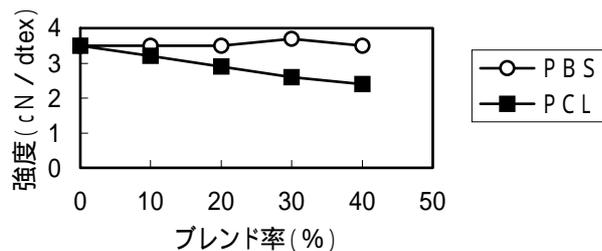


図 1 ブレンド率と強度の関係

図 2 に PLA/PBS ブレンドモノフィラメントおよびテープヤーンの曲げ剛性を示している。500D のモノフィラメントの直径は約 0.2mm、1500D のテープヤーンは、幅 2.8mm、厚さ 65  $\mu$ m である。PBS をブレンドすることにより、曲げ剛性値が低下し、柔軟になることがわかった。また、モノフィラメントよりもテープヤーンは、曲げ剛性値が

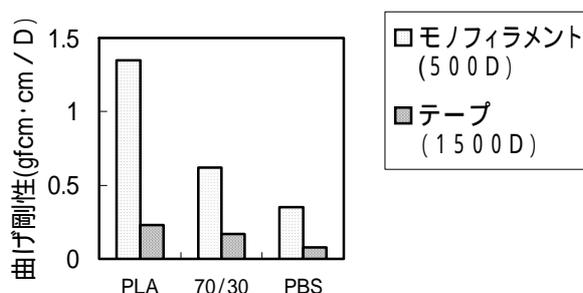


図 2 PLA/PBS 系繊維の曲げ硬さ

### 3.2 テープヤーン製造方法の違い

図 3 に製造方法の違いにおける PBS のブレンド率と強度の関係を示す。フラットノズル式は、通常のインフレーション式に比べ、約 2.5 倍の強度となった。フラットノズル式は、スリット工程がないため、スリット面の亀裂がなく、高い延伸倍率をかけても糸切れすることがなかった。その結果、高強度のテープヤーンを得ることができた。

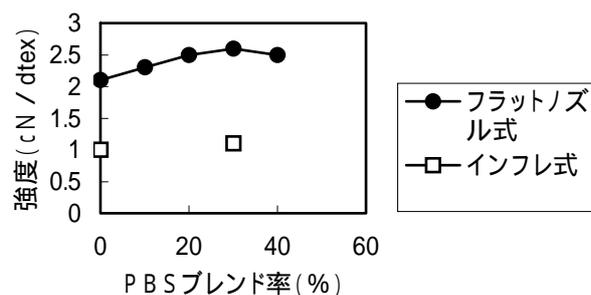


図 3 製造方法の違い (テープヤーン)

表2 誘引紐の特性

試料	デニール (d)	製品物性				屋外暴露 3ヵ月後 保持率(%) 強度	屋外暴露 6ヵ月後 保持率(%) 強度
		引張 強さ (N)	引張 伸度 (%)	結節 強さ (N)	引張 強度 (g/d)		
PLA100	9538	188.6	28.2	115.0	2.1	76.1	75.6
PLA90/PBS10	9466	209.8	26.9	116.9	2.2	80.4	76.2
PLA80/PBS20	10194	222.4	28.0	141.0	2.2	81.5	76.9
PLA70/PBS30	10329	265.3	34.2	151.1	2.6	77.9	74.5

### 3.3 誘引紐の特性とフィールドテスト

表2に誘引紐の特性を示す。トマトのハウス栽培で紐にかかる荷重は約50(N)であることから、この生分解性誘引紐は、十分使用できる強度を有していた。また、誘引紐の屋外での試用期間は4~5ヶ月であることから屋外暴露試験を行った。紐は、光劣化などにより暴露期間の増加とともに強度が低下するが、6ヶ月後に強度保持率が75%程度あった。

PLA70/PBS30の誘引紐を豊橋農業技術センターでハウスのトマト栽培で使用したが、トマトの生育状況など特に問題はなく良好であった。実際のトマトのハウス栽培で誘引紐にかかる荷重とハウス内の雰囲気温度を想定して、生分解性紐のクリープテストを行った。図4は、紐に温度50℃、荷重5kgをかけ放置したときの時間と伸びの関係を示している。PLA100%の紐は、8時間で切断したが、PBSをブレンドした紐は500時間まで切断しなかった。またPBSブレンド率の増加とともに、伸びは少なくなった。

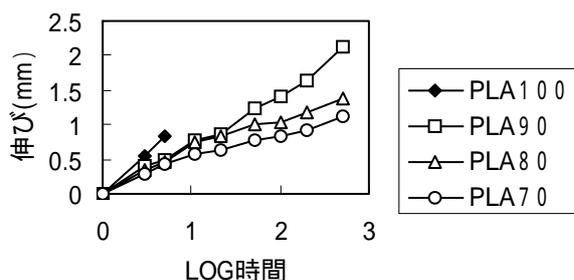


図4 誘引紐のクリープ性 (5kg x 50℃)

### 3.4 分解試験

#### 3.4.1 大型コンポスト施設での試験

図5に、モノフィラメントをコンポストに投入し、1週間後の強度保持率と数平均分子量保持率を示す。すべての試料で、強度と分子量の低下が認められた。特にPLAはコンポスト中で非常に高速に分解した。図6にモノフィラメント表面の電子顕微鏡を示す。PLA100%では、繊維軸に垂直に亀裂が観察される。一方PLA70PBS30ブレンド繊維は、繊維軸に平行に亀裂が観察され、分解の様式が異なっていることがわかった。

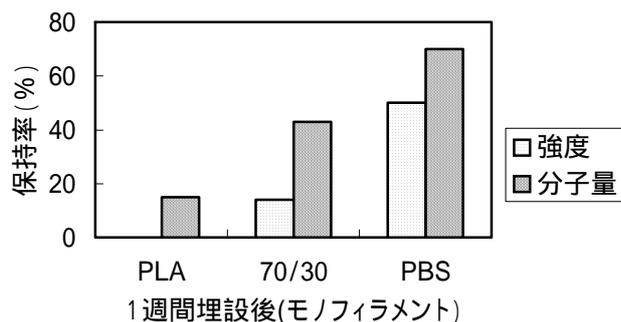


図5 コンポスト施設における分解試験



図6 電子顕微鏡写真

### 3.4.2 家庭用生ごみ処理機による試験

図7に生分解性紐を3週間、生ごみ処理機で分解させた後の強度保持率、数平均分子量保持率を示す。強度は30~40%低下したが、分子量は、ほとんど低下しなかった。生ごみ処理機は、30分ごとに2分間、内容物を攪拌するため、紐が損傷し、生分解というよりも機械的な劣化が大きいと考えられる。生ごみ処理機内の分解促進剤、水分などを検討していく必要がある。

### 3.4.3 長芋ネットの屋外コンポスト試験

長芋の栽培で使用したのち、ネットと茎・葉をそのままロールに巻き、牛糞を散布して4週間放置し、コンポスト分解テストを行った。表3にネットの分解前後の強度、伸度、数平均分子量を示す。コンポスト中で分解し、強度、伸度、分子量とも低下した。

表3 長芋ネットのコンポスト分解性

	強度 (N)	伸度 (%)	数平均分子量
分解前	174	47.7	148,600
4週間後	6.36	1.12	2,450

### 3.4.4 土中試験(pHの違い)

図8は、土壌のpHの異なる土中に試料を埋設した後の、強度保持率を示している。pHが5.1の土に市販の消石灰を3.3m<sup>2</sup>あたり1200グラム散布しよく耕し、pHは9.5とした。pHが5.1では、6ヶ月埋設しても強度の低下はほとんど見られなかったが、pHが9.5では、3ヶ月で強度は半分程度になった。ポリ乳酸の割合が多いほど強度の低下が大きかった。生分解性の製品を農業用資材として実用化していくためには、その場で分解処理可能なことが望まれている。この消石灰による方法は、その点から有効であると考えられる。

## 4. 結び

ポリ乳酸とポリブチレンサクシネートのブレンドテープヤーンを用いて、強度と柔軟性のある誘引紐、長芋ネットなどの生分解性農業資材を開発した。

ブレンドテープヤーンは、通常モノフィラメント製造ラインに、厚さ0.2mm以下のフラットノズルを装着するだけで安定して高強度の繊維を製造することができるため、非常に実用性が高い。

これらの農業用資材は、大型のコンポストにより速やかに1ヶ月以内に分解することが確かめられた。また、消石灰により土壌をアルカリ性にするにより分解が促進されることがわかった。

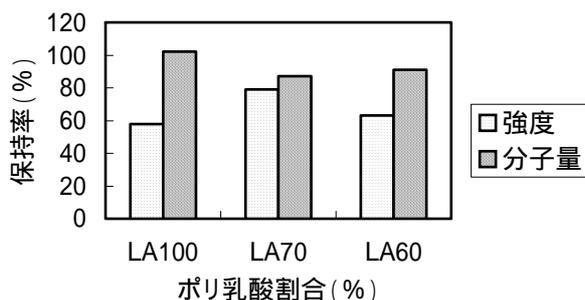


図7 生ごみ処理機投入3週間後の農業用紐

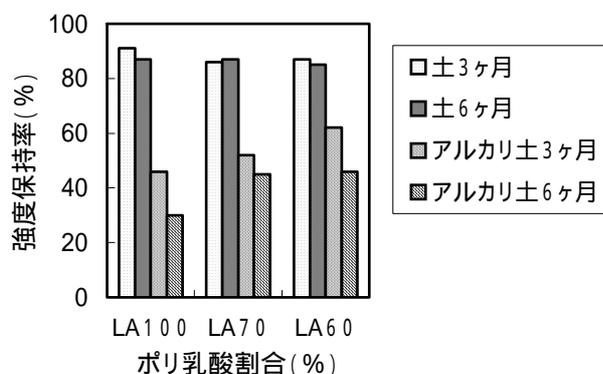


図8 pHの違いによる土中分解性