

研究論文

海中での生分解性に優れた繊維の開発

宮本晃吉*1、佐藤嘉洋*1、深谷憲男*1、山下 修*2、木下稔久*2
王 文暉*2、野呂正孝*3、嶋崎太郎*3

Development of the Improved Biodegradable Fiber under the Sea

Kokichi MIYAMOTO*1, Yoshihiro SATO*1, Norio FUKAYA*1, Osamu YAMASHITA*2,
Toshihisa KINOSHITA*2, Wang WENHUI*2, Masataka NORO*3 and Taro SHIMASAKI*3

Mikawa Textile Research Center*1 TBR CO.,Ltd.*2 KIRASHIKOU CO.,Ltd.*3

本研究では海中での生分解性に優れた繊維の開発を目的とした。PBS（ポリブチレンサクシネート）製テープヤーンおよび組紐をアルカリ処理することで海中での生分解性向上を検討した。アルカリ処理することにより、PBS組紐の初期強度の低下を確認した。

また、PBSA（ポリブチレンサクシネートアジペート）に分解促進物質としてデンプンを添加することで海中での生分解性の向上を検討した。分解促進物質の添加により紡糸困難になるが、海中での分解性を向上させることができた。

1. はじめに

藻場は、魚類の産卵場や稚魚の生育場等として、生態学的・水産学的に重要な役割を担っている。しかし、近年では環境の変化等により藻場は急速に減少しており、その対策が急がれている。

本研究では、藻場の再生方法として、生分解性繊維を使用した方法に着目した。具体的には、繊維に海藻の胞子体を塗布したものを海域に設置された杭に固定し、杭から海藻を成長させる方法である。このとき海藻が仮根を張った後に繊維が分解するような材質が求められている。

これは、海域では波浪により、設置した繊維が切れたり、緩んだりして流れてしまうこともあり、流れた繊維が漂流物になるのを防ぐためである。また、設置した環境により、うまく胞子体が生長せず枯れてしまうケースがある。その場合、ホヤ類等が付着し、塊状になってしまうため、杭への再固定が困難になるからである。しかし、現在流通している繊維は分解速度が遅く、分解すべき期間内に分解せず杭に残留してしまう問題があった。そこで本研究では、生分解性繊維にアルカリ処理を行うことや、分解促進物質としてデンプンを添加することで、海中での生分解性向上を検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

本研究では、生分解性繊維をアルカリ処理する方法と

生分解性繊維にデンプンを添加する方法を検討した。生分解性繊維はそれぞれ次の物を選び検討した（表1）。

表1 検討試料一覧

素材	形態	詳細
ポリブチレンサクシネート系	組紐	ティビーアール株、吉良紙工株製造 以下PBS組紐
ポリブチレンサクシネート アジペート系	モノフィラメント	ピオノーレ3001MD 昭和電工株 三河繊維技術センターにて紡糸 以下PBSA
		ピオノーレ5A40 昭和電工株 PBSAにデンプン40%配合したMB 三河繊維技術センターにて紡糸 以下PBSA40
		PBSAとPBSA40をドライブレンド (重量比50:50) 三河繊維技術センターにて紡糸 以下PBSA20

2.2 アルカリ処理評価

PBS組紐のアルカリ処理による生分解性向上評価のためミニカラー染色機（株）テクサム技研社製）を用いてアルカリ処理を行った（図1）。本研究で検討したアルカリ処理条件は以下のとおり。

- ・溶質 水酸化ナトリウム（以下 NaOH）
- ・温度 60℃
- ・処理時間 1時間
- ・濃度 0規定、1規定、2規定（以下 0、1、2N）



図1 アルカリ処理 使用装置

*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室 *2 ティビーアール株式会社 *3 株式会社吉良紙工

2.3 紡糸条件の検討

PBSA、PBSA20、PBSA40 の紡糸性を評価した。

本研究で検討した紡糸条件は以下のとおりである。

PBSA20 および PBSA40 に添加されているデンプンが分解しないよう紡糸温度を設定した。

- ・ノズル 6H-φ1.0 L/D=2
- ・紡糸温度
 - PBSA 170°C-170°C-170°C-170°C-170°C-170°C-170°C
 - PBSA20、PBSA40 140°C-140°C-140°C-140°C-140°C-140°C-140°C
- ・冷却水槽 50°C
- ・エアギャップ 25mm
- ・使用機器 モノフィラメント溶融紡糸装置 TN35 (中部化学機械㈱社製)

2.4 特性評価

2.4.1 重量変化

アルカリ処理の効果および海中での分解性を評価するために各試料の重量の測定を行った。

2.4.2 物理特性

引張強度の測定は、テンシロン RTG-1310 (㈱エー・アンド・デイ) を用いた。測定条件は以下のとおり。

- ・チャック間距離 100mm
- ・引張速度 100mm/min
- ・温湿度 20°C 65%RH

2.4.3 電子顕微鏡による表面形状観察

各試料の分解性評価のため、電子顕微鏡 JSM-5310LV (日本電子㈱社製) を用いて表面形状の観察を行った。

2.5 各試料の物性評価

(㈱吉良紙工・ティピーアール㈱)にて製造された PBS 組紐をアルカリ処理した試料および、当センターにて紡糸を行った PBSA、PBSA20、PBSA40 について重量・強伸度・電子顕微鏡による表面形状の観察により、各試料の物性評価を行った。

2.6 海水浸漬試験評価

海水中での分解性を評価するために愛知県水産試験場 漁業生産研究所の屋内水槽にて海水浸漬試験を実施した (図2)。水槽にろ過海水を常時流しながら試験を行った。図3にろ過海水の流れと試料配置の模式図を示す。



図2 海水浸漬試験サンプル (PBS 組紐)

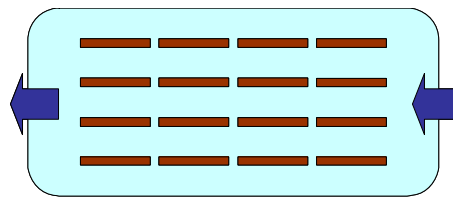


図3 海水浸漬試験 模式図

海水浸漬期間は1ヶ月～6ヶ月とし、月に1度試験サンプルを採取した。採取したサンプルの各物性を測定し、海中での分解性の評価を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 アルカリ処理による生分解性向上効果の検討

3.1.1 アルカリ処理による物性変化

PBS 組紐をアルカリ処理した試料を作成し、各試料の物性の評価を行った。アルカリ処理時の NaOH 濃度が高くなるにつれて強度が低下し、濃度が 2N を越えると組紐としての形状を留めなかった。そこで NaOH 濃度を 0N、1N、2N とし、以後の試験を行った。重量減少率と強度の関係を図4に示す。アルカリ処理によって、初期強度を低下させることができた。

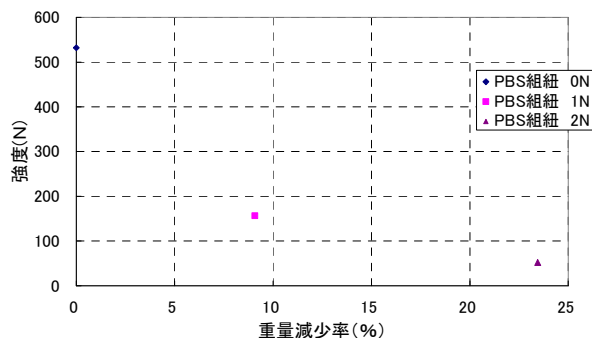


図4 重量減少率と強度の関係

図5にアルカリ処理後の試料表面形状を示す。アルカリ処理濃度が高くなるにつれ、試料表面のクラックが大きくなっている。

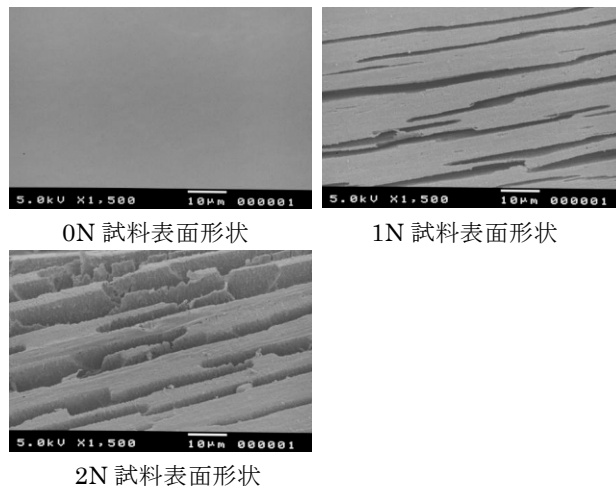
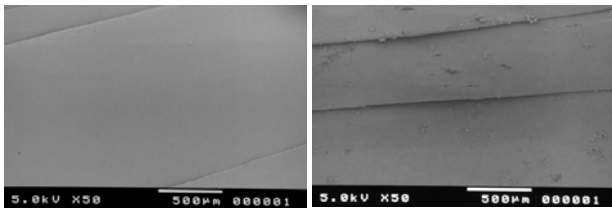


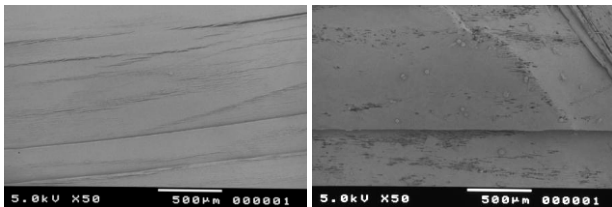
図5 アルカリ処理後の試料表面形状

3.1.2 海水浸漬試験評価

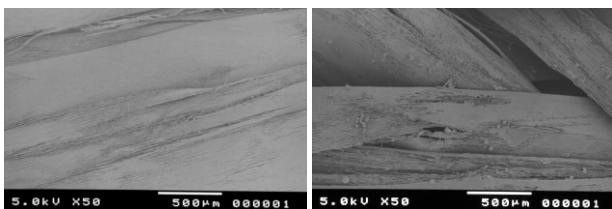
アルカリ処理した PBS 組紐について海水浸漬試験を行い、採取したサンプルについて各物性を測定した。図 6、図 7、図 8 に海水浸漬試験前後の試料表面形状を示す。0N の試料は、海水浸漬試験前には試料表面にクラックはなかったが、4 ヶ月の海水浸漬により、試料表面にクラックが生じたことがわかる。1N、2N の試料は、4 ヶ月の海水浸漬により、クラックの度合いが多くなっていることがわかる。



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 6 海水浸漬後の試料表面形状 (0N)



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 7 海水浸漬後の試料表面形状 (1N)



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 8 海水浸漬後の試料表面形状 (2N)

海水浸漬による強度変化を図 9 に示す。いずれも海水浸漬期間が長くなるにつれ強度が低下している。これは、海水浸漬によって試料表面のクラックの度合いが多くなっていることと相関がみられる。

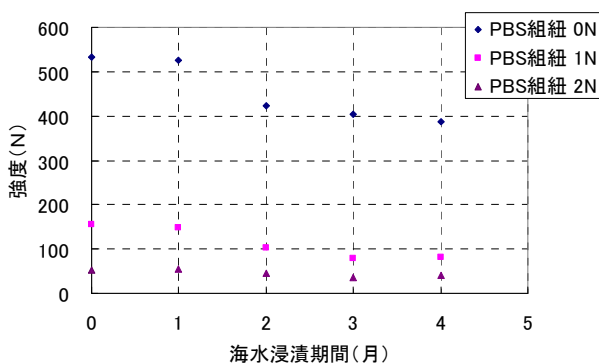


図 9 海水浸漬による強度変化

3.2 分解促進物質添加による生分解性向上効果の検討

3.2.1 各試料の延伸性および物性評価

延伸工程での糸切れが多発し、繊維の紡糸が困難であった。そこで、未延伸糸を採取した後、低速での多段延伸を行った。低速多段延伸での延伸性を表 2 に示す。

表 2 各樹脂の延伸性

試料名	延伸倍率						
	x2	x3	x4	x6	x8	x10	x11
PBSA	○	○	△	×	×	×	×
PBSA20	○	○	○	○	○	×	×
PBSA40	○	○	○	○	△	△	×

延伸性 ○:安定 △:糸切れあり ×:紡糸不可

各樹脂の延伸性は PBSA40>PBSA20>PBSA となり、デンプン割合の影響により延伸性が向上した。

また、各繊維のデニールあたりの強度 (以下 gf/D) の測定を行った。各繊維の延伸倍率と gf/D の関係を図 10 に示す。分解促進物質の添加割合の増加により gf/D は低下する。また、PBSA と PBSA40 を重量比 50:50 にてブレンドする際に、プリブレンドとドライブレンドのブレンド方法の違いによる延伸性および gf/D の比較を行ったが、ブレンド方法の違いによる差はみられなかった。そこで、PBSA、PBSA20、PBSA40 について、各繊維で安定して紡糸ができる延伸倍率 3 倍にて試料を採取し、以後の試験を行った。

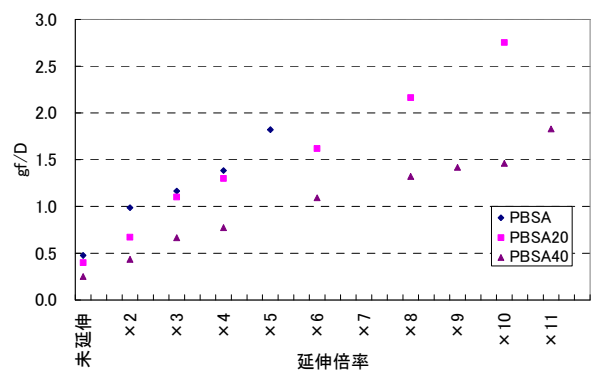


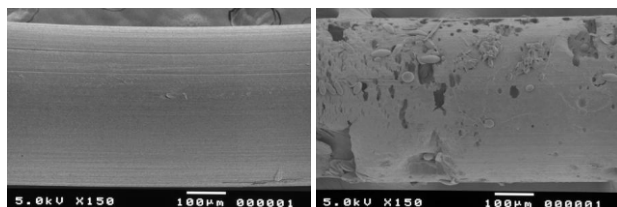
図 10 延伸倍率と gf/D の関係

3.2.2 海水浸漬試験評価

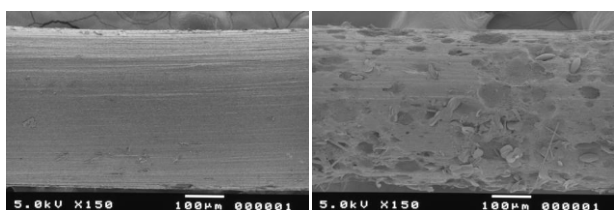
PBSA、PBSA20、PBSA40 について海水浸漬試験を行い、採取したサンプルについて各物性を測定した。図 11、図 12、図 13 に海水浸漬試験前後の試料表面形状を示す。各試料ともに海水浸漬試験前には試料表面にクラックはなかったが、4 ヶ月の海水浸漬により、試料表面にクラックが生じたことがわかる。また、デンプンの割合が増えるにつれて、試料表面のクラックが大きくなっている。このことからデンプンの割合増加により、海中での分解性が向上していることがわかる。

また、海水浸漬による強度変化を図 14 に示す。いず

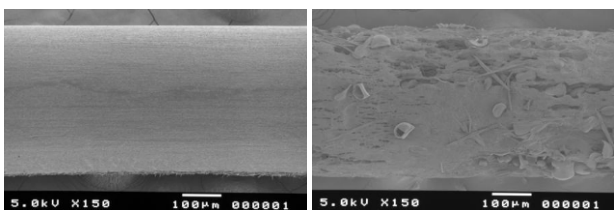
れも海水浸漬期間が長くなるにつれ強度が低下している。また、強度が60%低下するまでの期間は、PBSAでは4ヶ月に対し、PBSA40では2ヶ月と半減しており、海中での分解性が2倍以上促進できた。このことから、海中での分解性向上にはデンプンが30%~40%程度必要であるといえる。



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 11 海水浸漬後の試料表面形状 (PBSA)



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 12 海水浸漬後の試料表面形状 (PBSA20)



海水浸漬 0 ヶ月 海水浸漬 4 ヶ月
図 13 海水浸漬後の試料表面形状 (PBSA40)

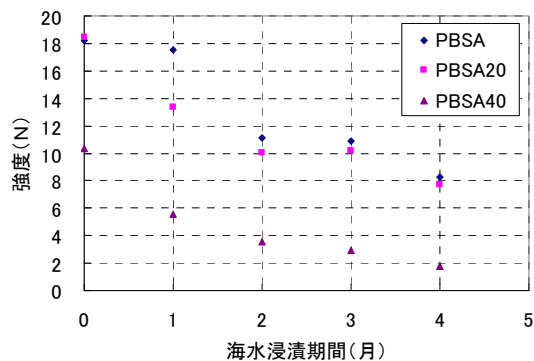


図 14 海水浸漬による強度変化

4. 結び

海中での生分解性向上を目的として、PBS 組紐をアルカリ処理することおよび分解促進物質を PBSA に添加することを検討した。PBS 組紐をアルカリ処理することにより初期強度を低下させることができることが明らかになった。

また、PBSA に分解促進物質を添加することにより、海中での分解性を 2 倍以上促進できることを確認した。しかし、繊維の紡糸が困難であり、現時点での実用化は難しい。今後の実用化のためには、分解速度の向上と可紡性の両立が必要である。

謝辞

本研究において、海水浸漬試験に協力して頂いた愛知県水産試験場漁業生産研究所に深く感謝申し上げます。