

酵素によるセルロース系繊維の繊維加工への応用

佐藤嘉洋^{*1} 齊藤秀夫^{*1} 丹羽隆治^{*2}

Application of Textile Processing for Cellulosic Fiber with Enzymes

Yoshihiro SATO, Hideo SAITO and Takaharu NIWA

Mikawa Textile Research Center, AITEC^{*1*2}

成長速度が著しく速く、炭酸ガス吸収効果が高いケナフに着目した。製織したケナフ布に対し、セルロース加水分解酵素であるセルラーゼ及びヘミセルラーゼを作用させた。前処理として精練、漂白、アルカリ処理を行なった結果、特にアルカリ処理が減量率や強度、染色性などの諸物性に最も影響を与えた。アルカリ処理により繊維内部の非晶領域が増加した結果、酵素が働きやすくなったためと考えられる。酵素の相違による物性の影響はエンド型セルラーゼ>ヘミセルラーゼ>エキソ型セルラーゼの傾向であった。酵素処理は韌皮繊維のため剛直なケナフの柔軟化に有効であることが分かった。

1. はじめに

成長速度が著しく速く、炭酸ガス吸収効果が高いことで注目されているケナフに着目した¹⁻²⁾。しかし、ケナフは韌皮繊維のため、硬質である。そこで、環境に優しい繊維加工である酵素処理により、その諸物性等の繊維特性の改質を試みた。

2. 実験方法

前処理として精練、漂白、アルカリ処理(NaOH30%, 30 × 5min, 無緊張)したケナフ布に対し、酵素処理を下記条件にて行なった。酵素には、セルロースに作用するセルラーゼA(エンド型)とセルラーゼT(エンド+エキソ型)³⁾、及びセルロースとリグニン質との接着剂的な役割を果たしていると考えられるヘミセルロースに作用するヘミセルラーゼを使用した。

2.1 試料

ケナフ系 麻番手7番(綿番手2番相当)
トスコ(株)社

ケナフ布 組織 平織り(当センターにて製織)
(密度 経10本/inch、緯18本/inch)

2.2 酵素処理条件

使用酵素 セルラーゼA(*Aspergillus niger* 起源)
セルラーゼT(*Trichoderma viride* 起源)
ヘミセルラーゼ(*Aspergillus niger* 起源)

(全てアマノエンザイム(株)製)

処理条件 酵素濃度; 10% o.w.f
助剤; 非イオン界面活性剤 1 g/l
温度; 50 × 2 h、浴比; 1:10
pH 4.8(酢酸緩衝液)

2.3 減量率測定

酵素処理前後の乾燥重量より求めた。

2.4 剛軟性測定

JIS L1096 8.19.1 A法(45°カンチレバー法)

2.5 破断強度測定

テンシロンにより、酵素処理前後の織物の経方向(経糸本数12本)を測定した。

2.6 電子顕微鏡観察

酵素処理前後の表面観察を行なった((株)日本電子製JSM5200)。

2.7 X線測定

X線解析装置XD-D1型(島津製作所(株)製)を使用した。

2.8 染色性

反応染料Remazol Brill.Blue.B、2% o.w.fで染色後、ソーピング。分光測色計(ミノルタ(株)製)で、表面染色濃度K/Sを測定した。

2.9 染色堅ろう度

2.8で染色した試料に対し、摩擦堅ろう度(JIS L0849型)及び耐光堅ろう度(JIS L0842第2露光法)を測定した。

*1 三河繊維技術センター開発技術室

*2 三河繊維技術センター加工技術室

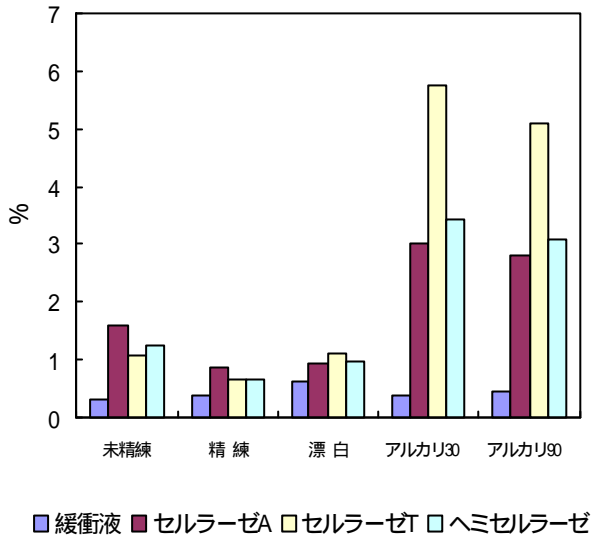


図1 減量率

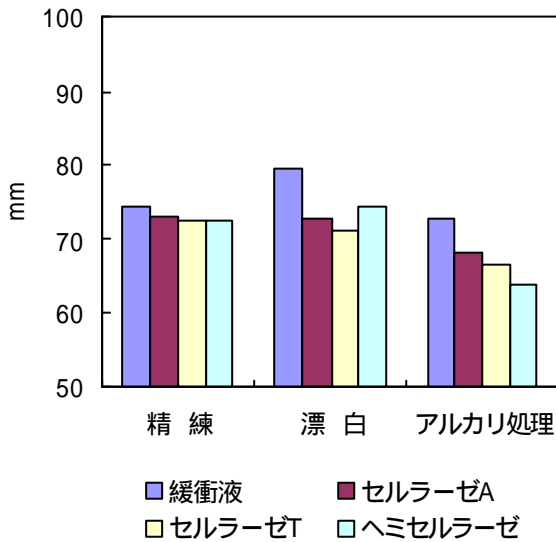


図2 剛軟度

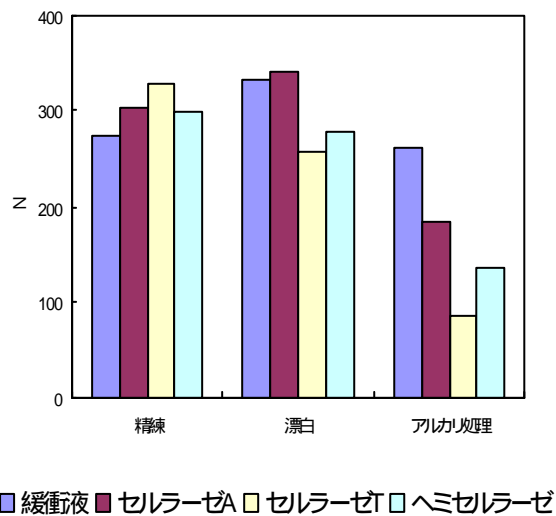


図3 破断強度測定

3. 結果及び考察

3.1 減量率測定

減量率に関しては、未精練試料、アルカリ90 処理に対しても行なった。全体的な傾向としてはアルカリ処理 未精練 > 漂白 = 精練試料の順であった。これはアルカリ処理により、非晶部が増え、酵素の加水分解作用が促進されたためと考えられる(図1)。

3.2 剛軟性

精練・漂白した試料に比べ、アルカリ処理布で酵素処理布の効果が見られた。特にアルカリ処理において、ヘミセルラーゼ処理が最も軟らかくなった。一方、減量率の最も高かったセルラーゼTは予想ほどではなかった。セルラーゼTで処理したケナフ布表面の触感がかさついた状態であることから、減量化が進みすぎたことによる、結晶化度の増加に起因すると考えられる(図2)。

3.3 破断強度測定

ブランクのみを比較すると精練 漂白 > アルカリ処理であった。酵素処理では、特にアルカリ処理で破断強度の低下が顕著であり、セルラーゼTでは、処理前と比較して、約1/3となった。(図3)

3.4 X線構造解析

アルカリ処理によりセルロース系繊維の非結晶領域の増大が期待できる⁴⁾。その結果、精練、漂白とアルカリ処理した試料では回折強度のピーク位置に差が見られた(図4)。これは結晶構造の変化に起因すると考えられる。しかし、前処理及び酵素処理前後による結晶化度の相違は見出せなかった。今後、試料の取り付け方法から検討しなおす必要がある。具体的には今回、布のまま測定したが、ケナフ糸を微粉碎(カット)して、ホルダーに固定するなど工夫が必要であると感じられた。

3.5 電子顕微鏡観察

精練、漂白した試料では、ケナフ繊維の表面はほとんど平滑であったのに対し、アルカリ処理では繊維の収縮によるためか、わずかではあるが、ひだ状の凹凸が観察された。さらに酵素処理を行なった結果、凹凸の程度が大きくなった。凹凸はセルラーゼTにより最も観察され、ヘミセルラーゼとセルラーゼAはほぼ同様であった。(図5)

3.6 染色性

各種繊維(レーヨン、麻(シルケット)、綿、ケナフのアルカリ処理)の染色性の相違を図6に示す。染色は、同浴で行なった。ケナフはアルカリ処理なしでもK/Sは約7程度であるため、よく染まることが分った。

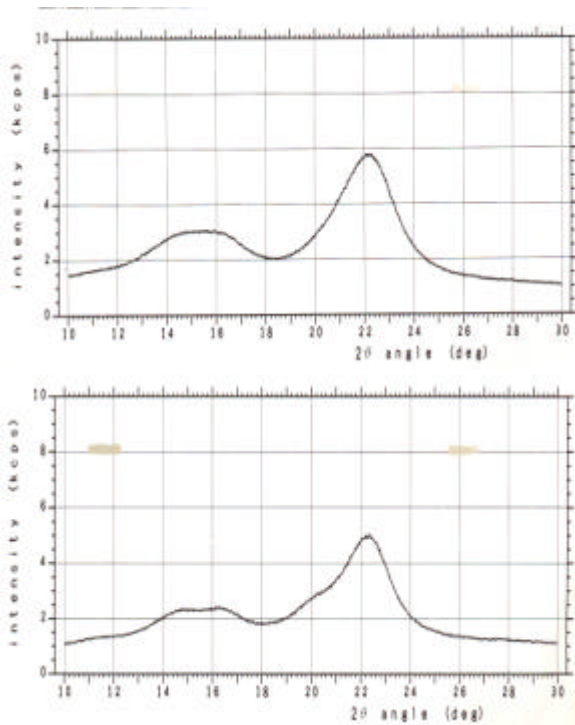


図4 X線回
 上段：漂白
 下段：アルカリ処

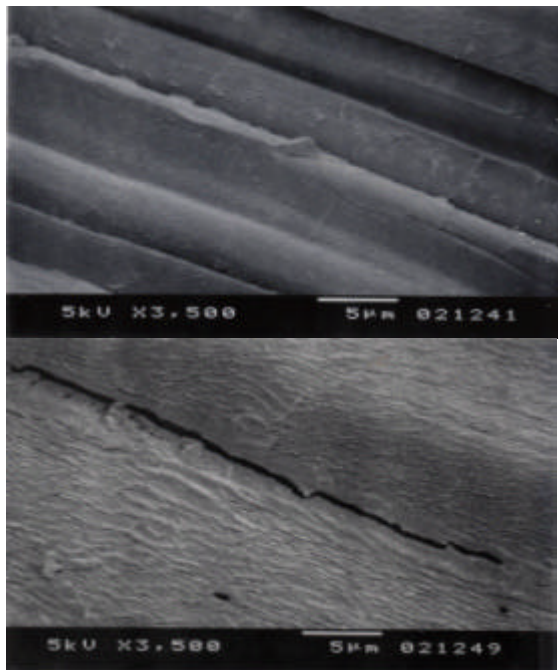


図5 電子顕微鏡写真
 上段：アルカリ処理
 下段：アルカリ処理＋
 ヘミセルラーゼ処理

ケナフ布に対し、各種酵素処理を行なった後、染色した結果を示す(図7)。まず、プランクを比較すると、アルカリ処理布のK/Sが精練、漂白と比較して約2倍の値をとったが、酵素処理により、K/Sの減少が観察された。この減少の傾向は減量率とほぼ一致しており、アルカリ処理により増加した非晶領域、すなわち染色座席が、酵素加水分解により減少したためと考えられる。

3.7 染色堅ろう度

摩擦堅ろう度において精練・漂白・アルカリ処理した試料を比較すると、多くの試料で、乾と比較して湿での低下が見られた(表1)。参考に同浴で染色した綿、麻(シルケット)、レーヨンの摩擦堅ろう度を表2に示す。ケナフ布において特に精練試料の摩擦乾では3-4~4-5級であり、比較的良好的な結果が得られたが、逆に湿では2-5~3級となった。また、アルカリ処理では、特に酵素処理した試料の低下が見られた。減量率が高い方が堅ろう度の低下傾向が見られたことから、酵素による表面劣化の影響が示唆される。

耐光堅ろう度は非常に悪く、すべての試料で4級以下となった。同浴で染色した綿・麻は4级以上であり、染料の影響ではないことを確認した(表2)。そこで、染色前の精練・漂白・アルカリ試料に対して同様の試験を行なったところ、いずれの試料も光の当たった部分が黄変した(図8)。これは、ケナフ繊維に含まれる不純物、特にリグニンに起因するものと考えられる⁵⁾。

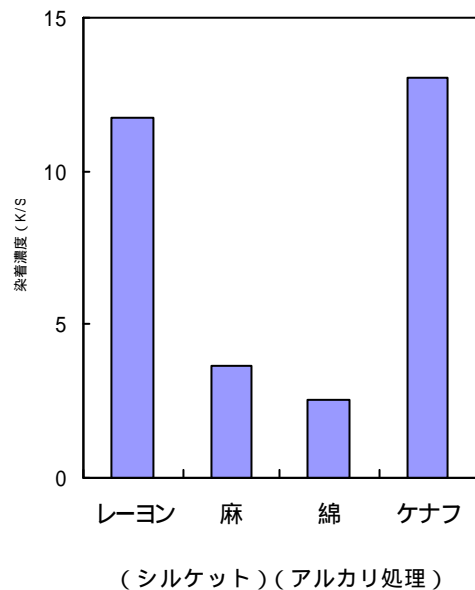


図6 各種繊維の表面染色濃度の相違

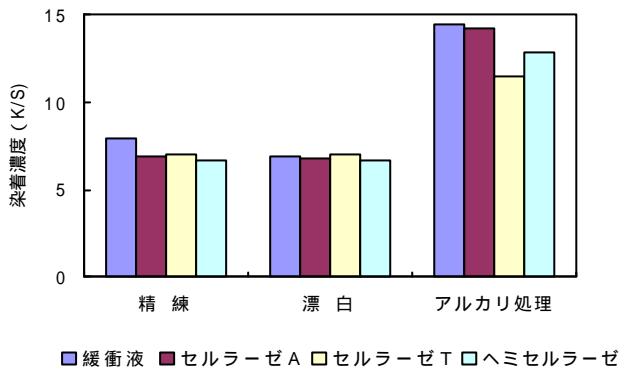


図7 酵素処理後の表面染着濃度の

表1 ケナフ布の摩擦堅ろう度

試料名	摩擦堅ろう度	精練	漂白	アルカリ処理
緩衝液	乾	3-4	3-4	3-4
	湿	2-5	3	3-4
セルラーゼA	乾	4-5	3-4	3-4
	湿	3	3-5	3
セルラーゼT	乾	4-5	3-4	2-3
	湿	2-5	3-5	2 (級)
ヘミセルラーゼ	乾	4-5	3-4	3-4
	湿	3	3-5	3

4. まとめ

成長速度が著しく速く、炭酸ガス吸収効果が高いことで最近注目されているケナフ布に対し、前処理が及ぼす酵素処理の影響を評価した。その諸物性を検討し、次の結果を得た。

- (1) ケナフ布の酵素処理の前処理として精練、漂白、アルカリ処理を行なった結果、アルカリ処理が最も効果があった。
- (2) ケナフ布は酵素処理により、減量され、軟らかくなり、破断強度も低下する。また、染色性も低下することから、これらは主に酵素加水分解による非晶領域の減少に起因する繊維内部の構造変化によるものと考えられる。しかし、X線での結晶化度測定による裏付けを取ることはできなかった。
- (3) 染色堅ろう度は、耐光堅ろう度の悪さが特徴的であった。これは、ケナフ繊維中に含まれる不純物、特にリグニンの影響が大きいと考えられる。

表2 素材別の摩擦堅ろう度

(級)

試料名	綿	麻	レーヨン
乾	4-5	4-5	5
湿	4	4	4



図8 耐光試験

左より精練、漂白、アルカリ処理

- (4) ヘミセルラーゼ処理による緒物性はセルラーゼTとAの中間的な値をとったが、剛軟性に関しては一番良い結果を示した。しかし、他の緒物性面においてセルラーゼとヘミセルラーゼ処理の顕著な差を見出すことはできなかった。酵素の作用部位に関する検討が今後の課題である。

最後に本研究を行うにあたり、試料を提供いただいた各社の皆様に厚くお礼申し上げます。

文献

- 1) 稲垣 寛、繊維製品消費科学、41, 730 (2000)
- 2) 稲垣 寛、繊維製品消費科学、41, 822 (2000)
- 3) 佐藤、丹羽、三河繊維研究資料、7 (2001)
- 4) 橋本 勇、染色、19, 7 (1987)
- 5) B.Bandyopadhyay、染色工業、47, 122 (1999)