ISSN　1342-7709

研　　究　　報　　告

第49号
平成29年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.49
2017

兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター
〒677-0054　　兵庫県西脇市野村町1790-496
TEL(0795)22-2041　　FAX(0795)22-3671

Hyogo Prefectural Institute of Technology,
Technical Support Center for Textiles Industries
1790-496,Nomura,Nishiwaki,Hyogo,Japan 〒677-0054

目　　次

１．意匠性を付与した炭素繊維複合糸織物の開発
「技術改善研究」
藤田浩行，古谷　稔，佐伯　靖，東山幸央，
中野恵之，礒野禎三、近藤みはる …… 1

２．炭素繊維複合糸織物を用いた立体成形品開発に関する研究
～接合および切断技術の開発～
「重点領域研究開発事業」
藤田浩行，古谷　稔，佐伯　靖，東山幸央 …… 6

３．特殊素材を織り込む技術を含む織物開発とその用途開発に関する研究
「経常研究」
古谷　稔……１２

４．綿繊維廃棄物からエタノール製造における連続処理技術開発
「経常研究」
中野恵之……１５

５．単繊維の呈色反応による繊維鑑別の検討
「経常研究」
佐伯　靖……１８

６．ESP法ナノファイバーの衣料用途への適用検討
「経常研究」
東山幸央……２２

７．　天然植物繊維の産業利用に関する研究
―綿紡績糸のクリープ特性の改善に関する研究（その２）―
「経常研究」
礒野禎三……２５

「技術改善研究」

意匠性を付与した炭素繊維複合糸織物の開発

藤田浩行，古谷稔，佐伯靖，東山幸央，中野恵之，礒野禎三，近藤みはる

要旨　炭素繊維複合糸を構成する巻縫い糸に先染糸を用いることで、色彩ある複合糸を作製した。成形は構成する糸の融点差を考慮することで、ポリエステル糸の色彩保持とナイロン糸の溶融を実現し、意匠性ある熱可塑性CFRPの積層板を作製することができた。織組織を変化させることで、色彩の強調も図ることができたが、成形条件により、積層板表面の表面粗さやマトリックス樹脂の変色が、先染糸の発色性に影響を与えることがわかった。

1　緒　　言

炭素繊維強化複合材料は、軽量で優れた機械的特性を有することから、車椅子用のスロープ[1)]や杖等の介護福祉分野およびテーブル等家具類に利用されるなど用途は拡がり続けている。それらに加え、従来からのスポーツ・レジャー分野への利用は機能性だけでなく、外観性も重視した用途が多く、意匠性を付与した材料開発のニーズが高まっている。

しかし、炭素繊維からなる織物および成形材料は黒一色のため、炭素繊維の高い光沢性を活かして織組織を表面に浮き立たせた意匠性付与がほとんどであり、色彩付与には、予め意匠性付与したフィルムを成形品表面へ加飾することで行っている[2,3)]。

そこで、本研究は、熱可塑性炭素繊維強化複合材料（熱可塑性CFRP）の意匠性付与として、シーズ技術である、炭素繊維複合糸およびそれらから構成される織物に関して、複合糸の構成および糸づかい等織物規格を新たに企画設計および試作することで、従来にない意匠性を付与した炭素繊維複合糸織物と成形材料を開発することを目的とした。

2　炭素繊維複合糸織物の多色化

2．1　炭素繊維複合糸の色彩付与と織物試作

メローミシンで作製する炭素繊維複合糸を構成する３本の巻縫い糸は炭素繊維の周りにある。そこで先染糸を巻縫い糸とすることで、色彩豊かな炭素繊維複合糸となるよう試作した。試作した複合糸２種類の構成を表１および表２に示す。巻縫い糸は、それぞれポリエステル糸および綿糸としたが、高い平滑性と強度を持つ、双糸および三子糸を使用した。なお、引揃え糸であるナイロン６糸およびポリエチレン糸は、成形時に溶融固化して、熱可塑性CFRPのマトリックス樹脂となる糸である。

表１　試作糸－＃１

	素材	太さ	本数	巻縫ピッチ
強化繊維	炭素繊維	3K	1本	
巻縫い糸	ポリエステル	30/2^{s}	3本	5本/ｲﾝﾁ
引揃え糸	ナイロン6	315D	3本	

表２　試作糸－＃２

	素材	太さ	本数	巻縫ピッチ
強化繊維	炭素繊維	3K	1本	
巻縫い糸	綿	60/3^{s}	3本	5本/ｲﾝﾁ
引揃え糸	ポリエチレン	280D	3本	

ポリエステル糸については、原糸をソフトワインダーでソフト巻きし、チーズ染色機にて染色、乾燥して用いた。図１に試作糸＃１の外観を示す。３本の巻縫い糸の色は、赤色、水色、黄色とした。図２は試作糸＃２（巻縫い糸：赤色、薄緑色、水色）を異なる角度で観察した画像であるが、見る角度により、同一の糸であっても色彩が変化するのも複合糸の特徴である。

以上のとおり、色彩豊かな複合糸を試作することができた。なお、複合糸に占める炭素繊維

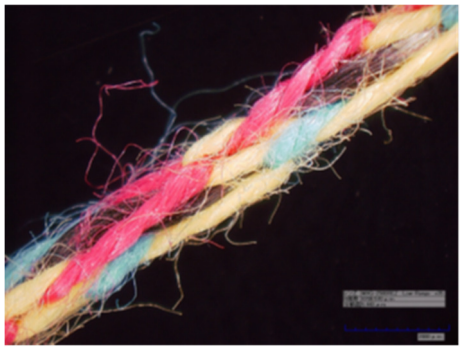


図１　試作糸－＃１

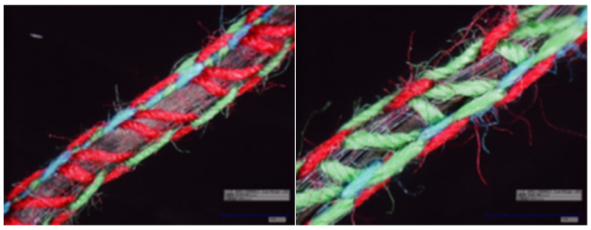
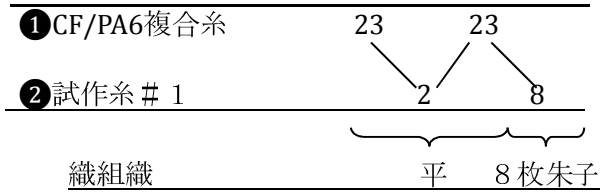


図２　試作糸－＃２

含有率は、試作糸＃１が37.0(wt%)、＃２で42.5(wt%)となった。

たて糸は全て、試作糸＃１の巻縫い糸を、引揃え糸と同じナイロン６糸とした❶CF/PA6複合糸を、よこ糸は、❶CF/PA6複合糸と、意匠性付与した❷試作糸＃１を用いて織物を試作した。試作は、試織用織機（TNY-101A-20型；(株) トヨシマビジネスシステム製）を用い、織密度12本/インチ（たて・よこ共）となるよう、２種類製織した。試作した織物のよこ糸の縞割りを図３に示す。また、織物の外観を、よこ糸方向が画像のたて方向として図４に示した。規格Aは、試作糸＃１が表面に多く浮き出るよう、組織の一部を８枚朱子とすることで色彩を目立たせた。

試作糸＃２をよこ糸に、たて糸には綿糸の替わりに引揃え糸と同じポリエチレン糸で作製した複合糸から試作した織物の外観を図５に示す。なお、織密度10本/インチ（たて・よこ共)、織組織は５／１の裏斜紋とした。その結果、色彩付与した複合糸がよこ糸として表面に多く現れ、色彩を強調した織物とすることができた。また、図２で見られたように、複合糸の色彩変化が織物の柄にも現れた。



(a) 規格A



(b) 規格B

図３　試作織物のよこ糸の縞割り

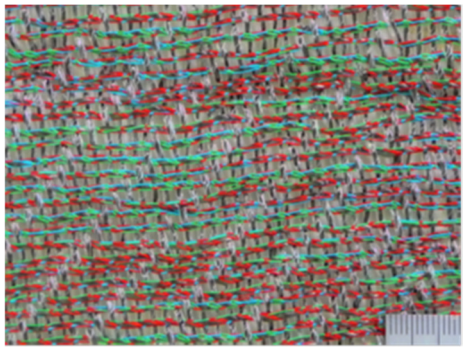


(a) 規格A



(b) 規格B

図４　試作織物（試作糸＃１）の外観

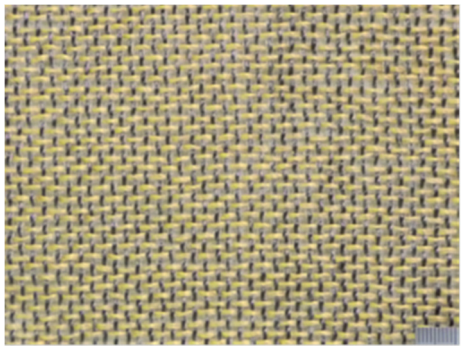


(a) 表面

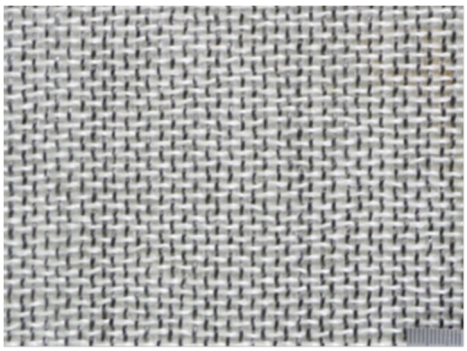


(b) 裏面

図５ 試作織物（試作糸＃２；規格C）の外観



(a) アラミド繊維の使用(よこ糸Ⅰ；規格D)



(b) ガラス繊維の使用(よこ糸Ⅱ；規格E)

図６ 素材色を活用した試作織物

２．２ 強化繊維の素材色を活かした織物試作

炭素繊維以外の高強度高弾性率繊維の代表に、アラミド繊維やガラス繊維が挙げられる。アラミド繊維の染色は困難であるが、黄金色の素材色を持ち、耐熱性を有する。また、ガラス繊維は顔料等で着色した繊維があり、耐熱性も高い。

そこで、表３で示すとおり、たて糸は、炭素繊維とポリエステル糸から構成された複合糸を、よこ糸は強化繊維にアラミド繊維およびガラス繊維のフィラメント糸を用いた複合糸を使用することで黒一色ではなく、強化繊維の素材色を活かした織物とすることできる。図６に試作した織物の外観を示す。強化繊維の素材色を表現することができた。

表３ 強化繊維の素材色を活かした織物規格

	強化繊維	縫合糸	引揃え糸	密度
たて糸	炭素繊維 3K	ポリエステル 320D	ポリエステル 320D	8 本/ｲﾝﾁ
よこ糸 Ⅰ	アラミド 1000D			10 本/ｲﾝﾁ
よこ糸 Ⅱ	ガラス 380D			

３ 意匠性付与した熱可塑性CFRPの成形

色彩付与した織物を用いて、熱可塑性CFRPの積層板を作製した。積層構成は６層構造で、上から図４の規格Aの織物、２～５層目は、規格Aのよこ糸全てを❶CF/PA6複合糸とした織物、６層目は織組織を強く表現するため、炭素繊維3K織物とナイロン６からなる市販のプリプレグ（PA6-3KP－1PLY(厚み0.23㎜)；市村産業（株）製）を用いた。

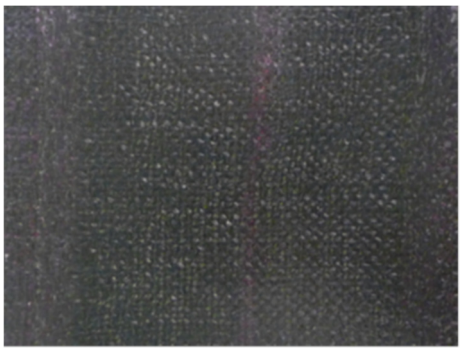
ナイロン６糸は融点226℃、ポリエステル糸は265℃である。この融点差を利用し、染色されたポリエステル糸を溶融しないよう、意匠性を残した状態となるよう成形を試みた。

なお、成形条件は、表４のとおりである。成形温度は、上記の融点から、240℃および260℃とした。また、成形時間は、成形圧力により変化させた。

表４ 積層板の成形条件

	成形温度	時間	成形圧力	冷却
条件－1	260℃	6min	7.84MPa	急冷
条件－2	240℃			
条件－3		20min	0.95MPa	

その結果、図７のとおり、条件－１はポリエステル糸も溶融して完全に色彩は失われたが、条件－２は、ポリエステル糸の色彩を残した状態でナイロン６糸は溶融してマトリックスとした、積層板を作製することができた。図８は、試作糸＃１が存在する箇所の拡大図であるが、条件－２のポリエステルは糸の形態を残し、鮮やかな色彩が表現されている。



(a) 条件－１



(b) 条件－２

図７　積層板の外観



(a) 条件－１　　(b) 条件－２

図８　試作糸＃１の存在箇所

図９に、条件－２と条件－３の積層板の８枚朱子の箇所を示す。明らかに両者の発色の程度は異なり、条件－３は鮮やかさが大きく劣る。図10は、８枚朱子の拡大図であるが、条件－３は、ポリエステル糸の形態と色彩は保持していたが、その上に存在するナイロン６樹脂が白く変色していた。また、条件－２の表面は滑らかであったが、条件－３は、織物の凹凸感が残っていた。図11は、積層板の表面形状の計測結果である。２箇所測定した表面粗さの平均値は、条件－２が、2.36μm、条件－３が、5.41μmとなり、明らかに表面粗さに違いが見られた。

つまり、条件－３は、加圧が不十分なために平滑な金型と織物に隙間ができ、酸素のある状態で長い時間加熱されたことによる樹脂の劣化と表面粗さが、発色の違いを生んだと考えられる。

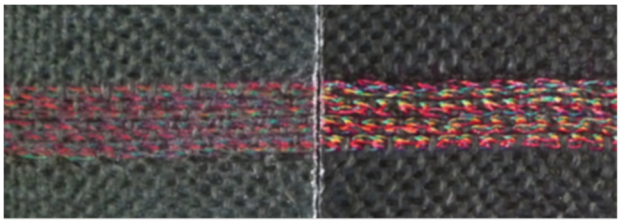


図９　発色の比較(条件－２:左、条件－３:右)



図10　８枚朱子の拡大図
(条件－２:左、条件－３:右)



(a) 条件－２



(b) 条件－３

図11　積層板の表面形状

4　結　　論

炭素繊維複合糸を構成する巻縫い糸に先染糸を用いることで、色彩ある複合糸を作製することができた。また、見る角度により色彩の変化が得られ、織物の意匠性にも影響を与えた。

巻縫い糸に染色したポリエステル糸を、引き揃え糸をナイロン糸とした複合糸の成形では、両者の融点差を考慮することで、ポリエステル糸の色彩保持とナイロン糸の溶融を実現し、意匠性ある熱可塑性CFRPの積層板を作製することができた。また、織組織を変化させることで、色彩の強調も図ることができた。ただし、成形条件により、積層板表面の表面粗さやマトリックス樹脂の変色が、先染糸の発色性に影響を与えることがわかった。

参 考 文 献

1)　http://www.toray.co.jp/csr/special/link1/lin_008.html.
2) 間宮篤他：特許第4051396号.
3) 成富正徳：特開2010-194863.

「重点領域研究」

複合糸織物を用いた立体成形品開発に関する研究
～ 接合および切断技術の開発 ～

藤田浩行，古谷稔，佐伯靖，東山幸央

要旨　炭素繊維とナイロン６繊維からなる複合糸の織物を積層して成形した熱可塑性CFRPの接合および切断に関して、超音波振動の活用を試みた。以下に得られた結果を示す。（１）超音波振動による溶着は短時間で高い接合強度が得られる。（２）接合面の温度は、ナイロン６の融点以上に発熱するが、振動子の加圧力により大きく影響を受ける。また、熱拡散も大きい。（３）超音波切断機による切断は、高い発熱によりマトリックス樹脂を溶融させて切断を容易にするとともに、切断面を樹脂で覆うことで毛羽立ちを押さえる効果もある。

１　緒　　言

これまで炭素繊維と熱可塑性樹脂繊維からなる複合糸を作製し、それから構成された織物や編物等のテキスタイルプリフォームで熱可塑性炭素繊維強化複合材料（熱可塑性CFRP）の開発を実施してきた[1)]。得られた成形材料は、部品形状となるよう、切断および接合等の二次加工を行うことが必要である。

CFRPの切断加工技術としては、エンドミル等の切削工具を用いた機械加工やウォータージェットおよびレーザー加工法などがある。機械加工は積層したプリプレグおよびプリフォームの層間剥離の発生や工具寿命が短い等の問題がある。ウォータージェット加工は形状の制約や初期投資等のコスト高、また、レーザー加工は良好な切断面が得られるが、切断面が炭化されるなどの課題がある[2)]。

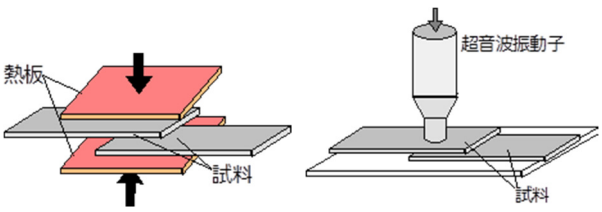
一方、接合技術は、ボルトやリベット等の機械的接合および接着剤を用いた接着接合等があるが、機械的接合は、重量増加や円孔部での応力集中等が課題である。また、接着接合は被着物が、熱可塑性CFRPの場合、接着性に乏しいため、母材樹脂を溶融させ、加熱・冷却することで部材同士を接合する溶着が一般的であり、熱融着、超音波融着、高周波誘導融着、自己抵抗融着および電気式融着接合などが提案されている[2)]。

本研究では、複合糸からの織物を成形した熱可塑性CFRPについて、設備等コスト的メリットのある超音波振動を活用した、溶着および切断を試みた。溶着による接合強度を評価するとともに、接合面や表面温度を計測することで、超音波融着接合および切断の特徴について検討したので報告する。

２　熱可塑性CFRPの接合強度の評価

２．１ 溶着による接合

溶着による接合として、図１の熱融着接合および超音波融着接合を試みる。熱融着は、試料上下の熱板で加圧することで行う。また、超音波融着は、試料の接合面上部から超音波振動子で押さえ、その振動による発熱を利用して行うものである。



(a) 熱融着　　(b) 超音波融着

図１　溶着による熱可塑性CFRPの接合

２．２　複合糸および織物の試作

表１に示す規格の炭素繊維とナイロン6糸から複合糸を作製し、試織用織機（TNY-101A-20型；(株) トヨシマビジネスシステム製）で、織

表１　炭素繊維/ナイロン複合糸の規格

	素材	太さ	本数	巻縫ピッチ
強化繊維	炭素繊維	3K	1本	
巻縫い糸	ナイロン6	315D	3本	5本/ｲﾝﾁ
引揃え糸	ナイロン6	315D	3本	

密度12本/インチ（たて・よこ共）の平織組織の織物を作製した。なお、全体に占める炭素繊維含有率は、約38.8(wt%)である。

２．３　接合強度の評価方法

接合形状は、図２に示すシングルラップとした。上下試料の接合部のせん断強度（τ）は、引張荷重（F）と接合面積（S）から、τ＝F／Sで評価できる。なお、シングルラップで接合する基本試料は、作製した織物１枚をシート状に成形したものを用いた。なお、270℃、５MPaで７分間熱圧縮しその後急冷して作製した。

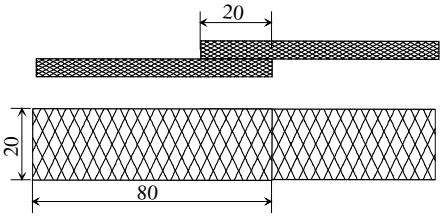


図２　シングルラップ形状

２．４　熱融着接合

加熱時間および圧力は、表２の条件とした（試料番号；#1～4）。加熱時間は、金型内の温度がナイロン６の融点226℃に到達してからの時間を基準とした。なお、常温から融点に達するまでの時間は、50sである。比較として、炭素繊維3K織物とナイロン６からなる市販のプリプレグ（PA6-3KP－1PLY（厚み0.23mm）；市村産業（株）製）の熱融着も試みた（#5）。成形条件は表２内のとおりである。また、２枚の織物をシングルラップ状に重ねた試料（#6）も作製した。成形条件はシートの成形条件と同じとした。

表２　熱融着の接合条件と試料番号

		加熱時間（s）		
		60	30	0
圧力（MPa）	5	#1	#2	#3
	1			#4，#5

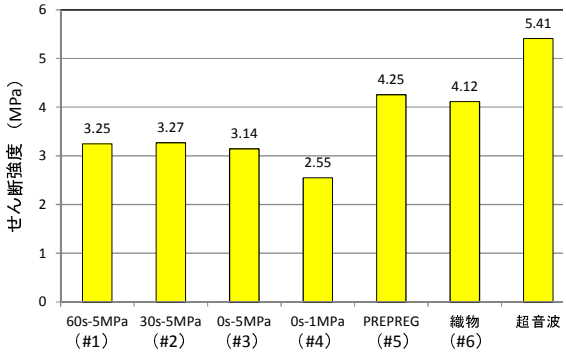


図３　せん断強度の比較

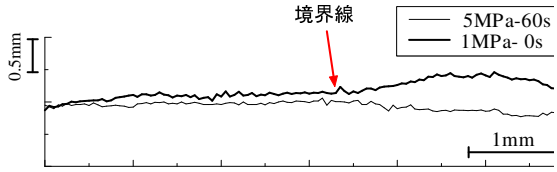


図４　重ね合わせ境界付近の段差

２．５　超音波融着接合

超音波融着接合は、超音波切断機（(株)ソノテック製SH-3510、最大出力500W、振動周波数は22KHz）の先端約8mm角（超音波振動子）を試料に押し当てることで実施した。なお、振動時間は5sとした。用いた試料は、上記のプリプレグである。

２．６　接合強度の試験結果

図２の試料を0.5mm/minの速度で破断まで引っ張った。３回試験し、その平均値を図３に示す。5MPaの加圧力では、加熱時間に関わらず、強度に大差はない。しかし、1MPaではそれらより小さくなった。破壊箇所を観察すると破壊は接合内部ではなく、重ね合わせの境界の段差部であった。加圧が小さかったため境界での段差が大きく（図４）、境界箇所で応力集中となって破壊に至ったと考えられる。織物を直接重ねて接合した試料（#6）は段差が小さくなったため、境界ではなく把持端部で破壊した。多くの試料は、把持端部での破壊で、接合内部での破壊はなかった。

つまり、全ての試料において真のせん断強度はさらに高いと予想される。大半が把持端部での破壊とはなったが、超音波融着が最大強度を示すこととなった。また、超音波の場合、時間も短く簡易に実施できることから、有効な接合方法であることが確認できた。

3　熱可塑性CFRPの超音波融着接合

前述のとおり、超音波融着は有効な接合方法であることが確認できた。しかし、接合試験のプリプレグは厚み0.23mmと薄い試料であり、一般的に使用される熱可塑塑CFRPの厚みは1～2mm程度あることから、同一条件での接合はできない。そこで、厚み2mmの試料を用いて、接合内部や表面温度の変化等を計測および評価することで、溶着条件に関して考察した。

3．1　実験試料

２．２の織物（A）と２．４のプリプレグ（B）を 約245mm角に切り出し、表３に示す積層構成で７枚重ね、金型で圧縮成形した。金型温度がナイロン６の融点226℃に到達する10分間は成形圧力0.83MPa、直後1.66MPaに上げ10分間さらに加熱した。その後、急冷した。厚みは、約2mmである。

表３　積層材（平板）の積層構成

積層数	積層構成	プレス温度
７層	B-A-A-A-A-A-B	270℃

3．2　接合面の温度計測

表３の積層板を幅20mmの短冊状に切断した試料二枚を重ね、その間に熱電対を挿入、その上部中央から超音波振動子で押さえて接合面の温度を計測した。また、下部試料直下に圧縮荷重検出のためロードセルを配置した（図５）。なお、振動子による圧縮荷重が、50N保持（条件①）、初期のみ50N負荷（条件②）の条件で振動を加えた。用いた振動子は、２．５で示したものである。

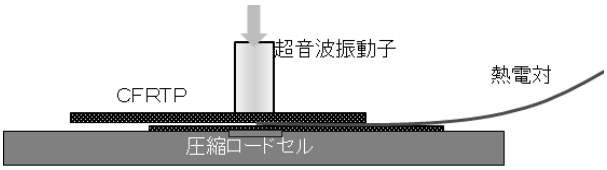
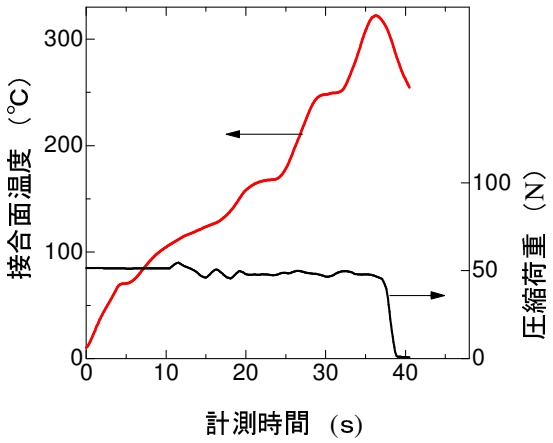


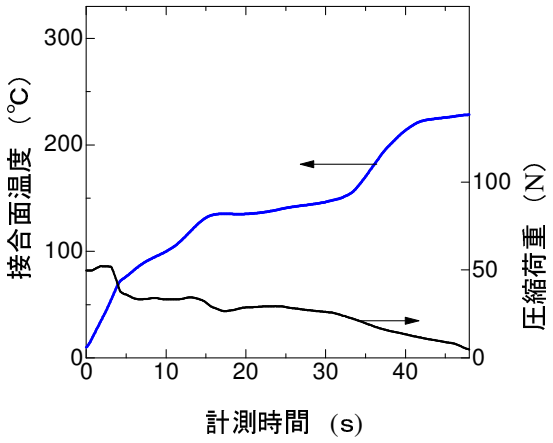
図５　接合面の温度計測

図６に、条件①、②で実施した接合面の温度と圧縮荷重の時間変化を示す。

15sまでは、両条件とも同様の温度上昇を示したが、条件②はその後の上昇は緩やかで、40数秒でナイロン６の融点には達したが、上下の試料は溶着しなかった。これは、温度上昇で接合



（a）圧縮荷重50N保持（条件①）



（b）圧縮荷重50N初期のみ（条件②）

図６　接合面温度および圧縮荷重の変化

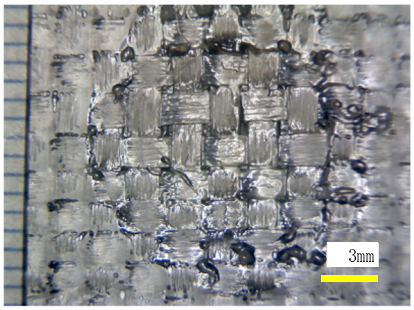
面は軟らかくなるが、初期のみの荷重負荷のため圧縮荷重が低下、荷重低下は、上部試料から下部試料への振動伝達を減少、発熱は、上下試料の界面での振動の減衰が摩擦エネルギーとなって発生するため、振動伝達の減少が温度上昇を抑え、溶着しなかったと考えられる。

一方、条件①は、約27sでナイロン６の融点まで上昇、その後も振動付与した32sまで同じ勾配で接合面温度は上昇し、上下試料は強固に溶着した。圧縮荷重を維持したため、界面へ振動が十分伝達および減衰することで大きく発熱したためである。

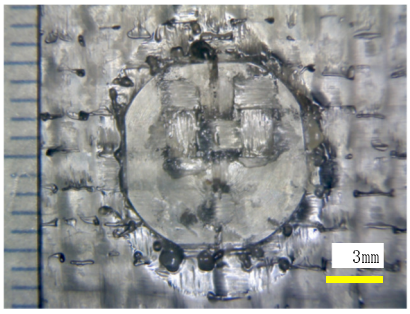
図７に実験試料の外観を示す。条件②の円形状の接触面は、溶融した樹脂が表面へ多く浮いた状態になった（図７(b)）。

一方、条件①は、跡形は大きくなったが樹脂は浮いた状態ではなく、周囲より樹脂は少なく

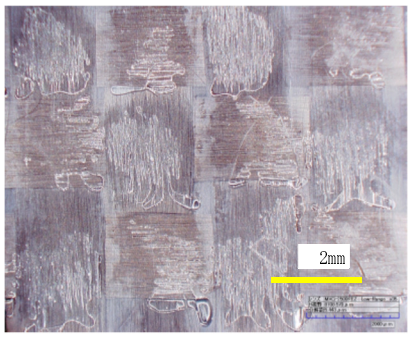
なった（図７(a)）。これは、溶融した樹脂が、内部へ含浸したためであると考えられる[3)]。また、溶着した下部試料の裏側への影響も見られなかった（図７(c)）。



(a) 振動子接触面（条件①）



(b) 振動子接触面（条件②）



(c) 下部試料裏面（条件①）

図７　接合試料の表面

３．３　表面温度の計測

３．２と同様の試料を二枚重ね、振動子周辺の試料表面の温度変化を熱画像カメラ（(株)チノー製、CPA-E60）で観測した。図８に最高温度の変化を示す。なお、圧縮荷重50N保持し、30s間振動を加えた。その結果、約5sで100℃まで達し、その後緩やかに上昇、30sで215℃まで上昇した。接合面温度（図６(a)）は、30sで248℃であったため、33℃低かったことになるが、これは主たる発熱が界面で発生しているためである。

つぎに、熱可塑性CFRPの超音波振動による発熱の特徴を評価するため、マトリックス樹脂であるナイロン６単体と比較した。熱可塑性CFRPは表３の試料を、ナイロン６は、同じ2mm厚のシートを、各々２枚重ね、同一条件で超音波振動を加え、熱画像カメラで観察した。図９に熱画像の時間的変化を示す。熱可塑性CFRPは、ナイロン６と比較して発熱温度が高く、周囲への熱拡散も大きい。また、10sの画像から見られるように熱拡散は繊物を構成する炭素繊維のたて糸

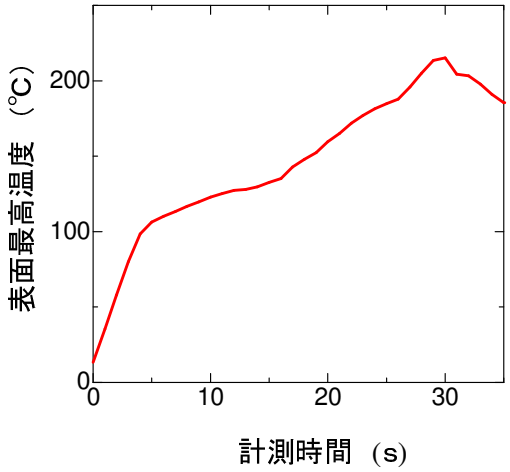


図８　表面温度の変化（条件①）

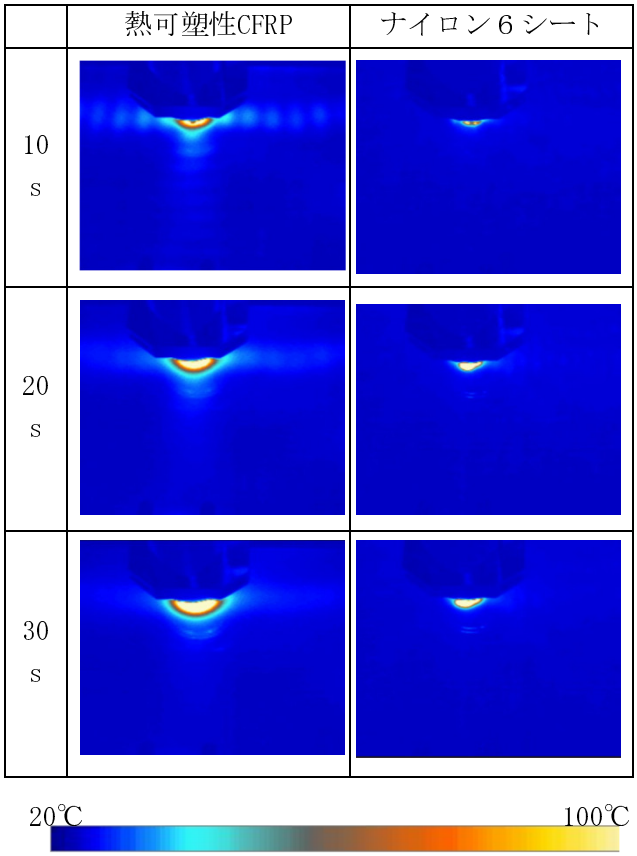


図９　熱可塑性CFRPとナイロンの発熱分布

およびよこ糸方向（画像の水平および垂直方向）へ強く拡散していることがわかる。

熱可塑性CFRPは剛性が高いため、振動が減衰されずに界面へ伝達することで大きな摩擦熱を発生させ、高く発熱したと考えられる。また、熱伝導性の高い炭素繊維の影響を受け、周囲へ大きく拡散する特徴がある。

4　超音波振動による熱可塑性CFRPの切断

4．1　積層板の切断

超音波切断機の先端に超硬刃（図10）を取り付け、表３の積層板をたて糸方向に沿って長さ245mmの切断を試みた。その結果、切断に要した時間は、約24sで、加工速度は、約10mm/sとなった。また、切断時の切断箇所の周囲について、熱画像カメラで試料表面の温度を計測した。図11に表面温度の変化を示す。切断開始直後、温度は350℃を超える温度まで急上昇し、その後280℃前後で推移した。先端の超硬刃の振動に伴う大きな摩擦による発熱が樹脂を溶かし、切断を容易にしていると思われる。



図10　使用した超硬刃

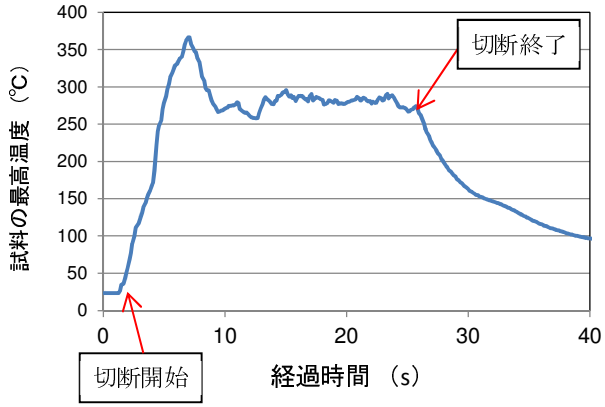
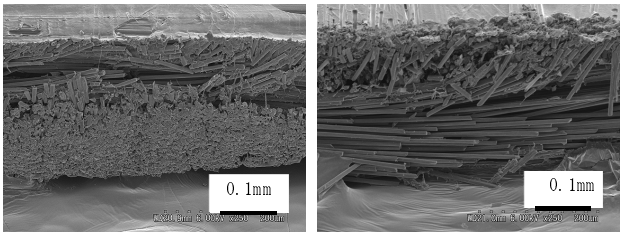


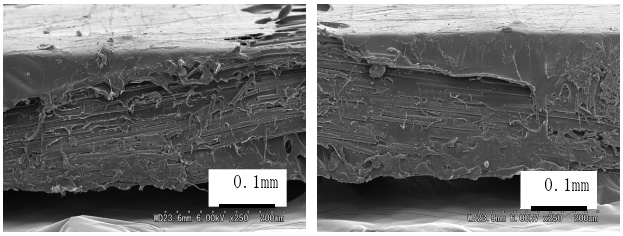
図11　超音波切断時の表面温度

4．2　切断面

接合強度の評価で使用した、炭素繊維3K織物とナイロン６からなる市販のプリプレグについて超音波切断機で切断し、電子顕微鏡で断面観察した。なお、比較として、カッターナイフの切断面も観察した。図12に、それぞれの断面写真を示す。プリプレグは、通常成形工程で樹脂の含浸性を高めるため。樹脂の含浸が不十分な箇所もあると考えられる。そのためにカッターナイフで切断した場合、炭素繊維が表面に多く現れる箇所も見られた。一方、超音波切断機の場合、切断面は樹脂で覆われ、表面には炭素繊維は見られなかった。これは、図11の表面温度で示したように、大きな発熱によりプリプレグ内のナイロン６樹脂を溶かし、連続的に切断することで樹脂が切断面を覆ったためであると考えられる。樹脂で覆われることで炭素繊維の毛羽立ちを防ぎ、ハンドリング性向上も期待できる。



(a) カッターナイフ



(b) 超音波切断機

図12　切断面の電子顕微鏡写真

5　結　　論

炭素繊維とナイロン６繊維からなる複合糸の織物を積層して成形した熱可塑性CFRPの接合および切断に関して、超音波振動の活用を試みた。以下に得られた結果を示す。

（１）超音波振動による溶着は短時間で高い接合強度が得られる。

（２）接合面の温度は、ナイロン６の融点以上に発熱するが、振動子の加圧力により大きく影響を受ける。また、熱拡散も大きい。

（３）超音波切断機による切断は、高い発熱によりマトリックス樹脂を溶融させて切断を容易にするとともに、切断面を樹脂で覆うことで毛羽立ちを押さえる効果もある。

参 考 文 献

1）藤田浩行：熱可塑性CFRP技術集 －材料・成形・加工・リサイクルー，サイエンス＆テクノロジー(株)，129-147(2015)．

2）“炭素繊維複合材料の加工技術に関する実態調査”，（株）三菱化学テクノリサーチ,(2013)．

3）中居誠也：特開2016-130011.

〔経常研究〕

特殊素材を織り込む技術を含む織物開発とその用途開発に関する研究

古谷 稔

要旨　テープ形状の特殊素材（扁平素材）をたて糸に織り込んで、ファッション及び様々な用途の織物の開発を試みた。扁平素材を織り込む製織技術に必要な、たて糸（扁平素材）の姿勢（水平、垂直）の制御と、よこ糸打ち込み時のたて糸（扁平糸）の制御について検討し、２段筬の設計時の扁平糸素材が筬を通過するときのイメージスケッチ及び、それを想定して作成したモデルを基に、扁平素材の姿勢制御が可能であることが確認できた。また、扁平素材を分割型のビームに巻くことで、地組織となる部分の糸との伸縮差を軽減し、特殊素材を平行に引き出すことで、よじれの発生を防止できることを確認できた。そして、開発した装置を用いて４種類の扁平素材を織り込んだ織物を試作した。

１　目　　的

テープ形状の特殊素材（扁平素材）を、たて糸に織り込んだ織物を開発するために、扁平素材を織り込むのに必要な、扁平素材の筬通過時とよこ糸打ち込み時の姿勢の制御について検討した。また、この織物の用途開発も行った。

２　実験方法

２．１　扁平素材の織技術の開発

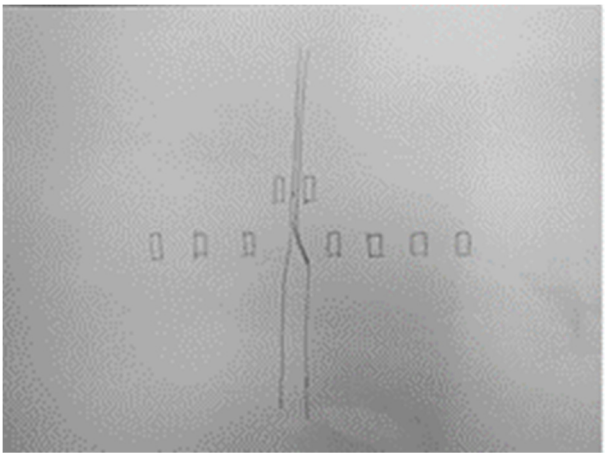
扁平素材を織り込む製織技術には、たて糸（扁平素材）の姿勢（水平、垂直）の制御と、よこ糸打ち込み時のたて糸（扁平糸）の制御の二つの課題がある。これらの課題を解決し、新規織技術の開発を試みた。

２．２　扁平素材の姿勢の制御

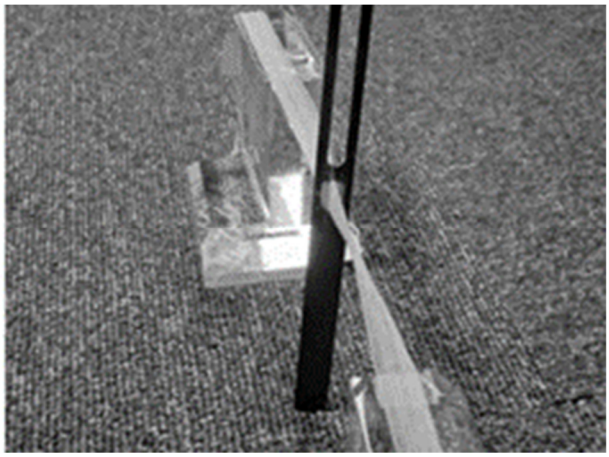
平素材の姿勢制御のため、２段筬の設計時の扁平糸素材が筬を通過するときのイメージスケッチ及び、それを想定して作成したモデルを図１に示す。図２に作成した長を通過する時の扁平素材の状態を示す。これらの結果から扁平素材の姿勢制御が可能であることが確認できた。

２．２　たて糸の張力制御

本研究で試作した装置の分割ビームを図２左写真に示し、これを織機に装着したものを図３右写真に示す。扁平素材を分割型のビームに巻くことで、地組織となる部分の糸との伸縮差を軽減し、特殊素材を平行に引き出すことで、よじれの発生を防止できることを確認した。

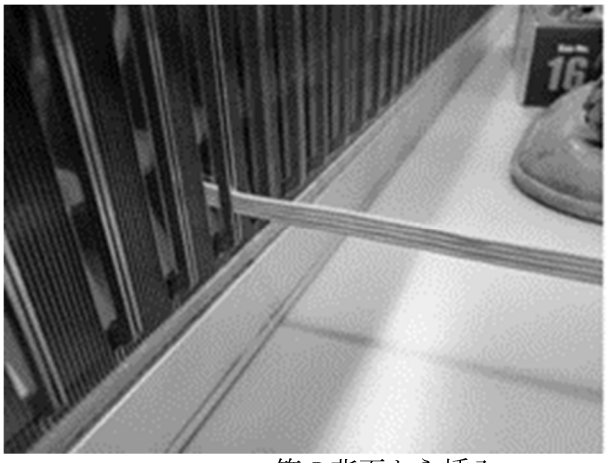


スケッチ

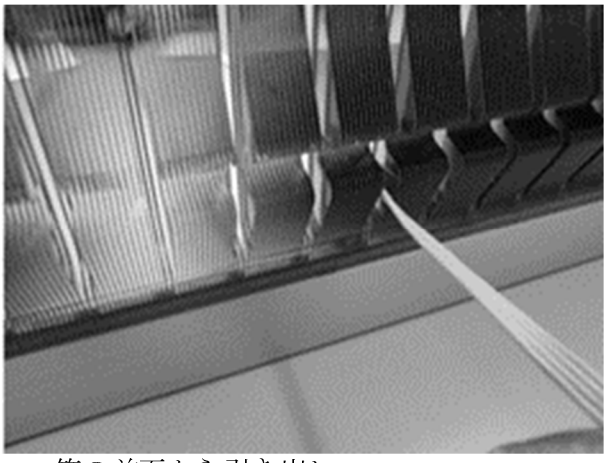


想定モデル

図１　扁平糸素材の筬を通過時状態

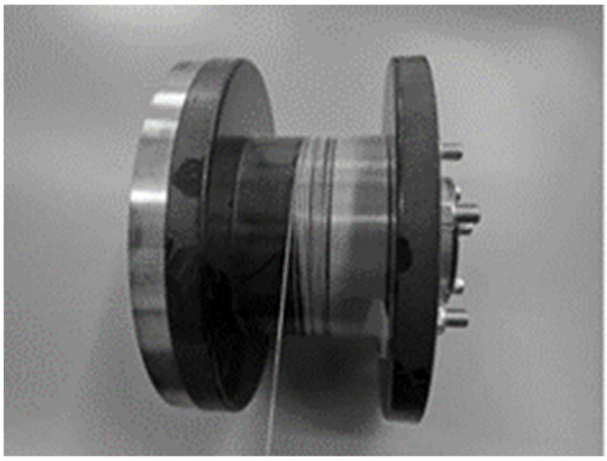


筬の背面から挿入



筬の前面から引き出し

図２　筬通過時の扁平素材の姿勢制御



分割ビーム



装着した織機

図３　たて糸制御用に開発した装置

３　結果と考察

開発した装置を用いて４種類の扁平素材を織り込んだ織物を試作した。図４に、試作した形状記憶樹脂（上左）、LANケーブル（上右）、中空チューブ（下左）、光ファイバー（下右）を示す。

４　結　　論

機能性異素材を含む扁平素材の製織を可能にする技術開発から織物の試作を行った。この技術の活用について神戸ファッション専門学校のスタージュ事業で検討した。

その他、学会等への発表から技術普及を行った。その結果、高い評価と注目を得られ、この技術を用いた製品化に道筋が得られた。現在、本技術を用いた織物の製品化が進んでおり、今後が期待される。

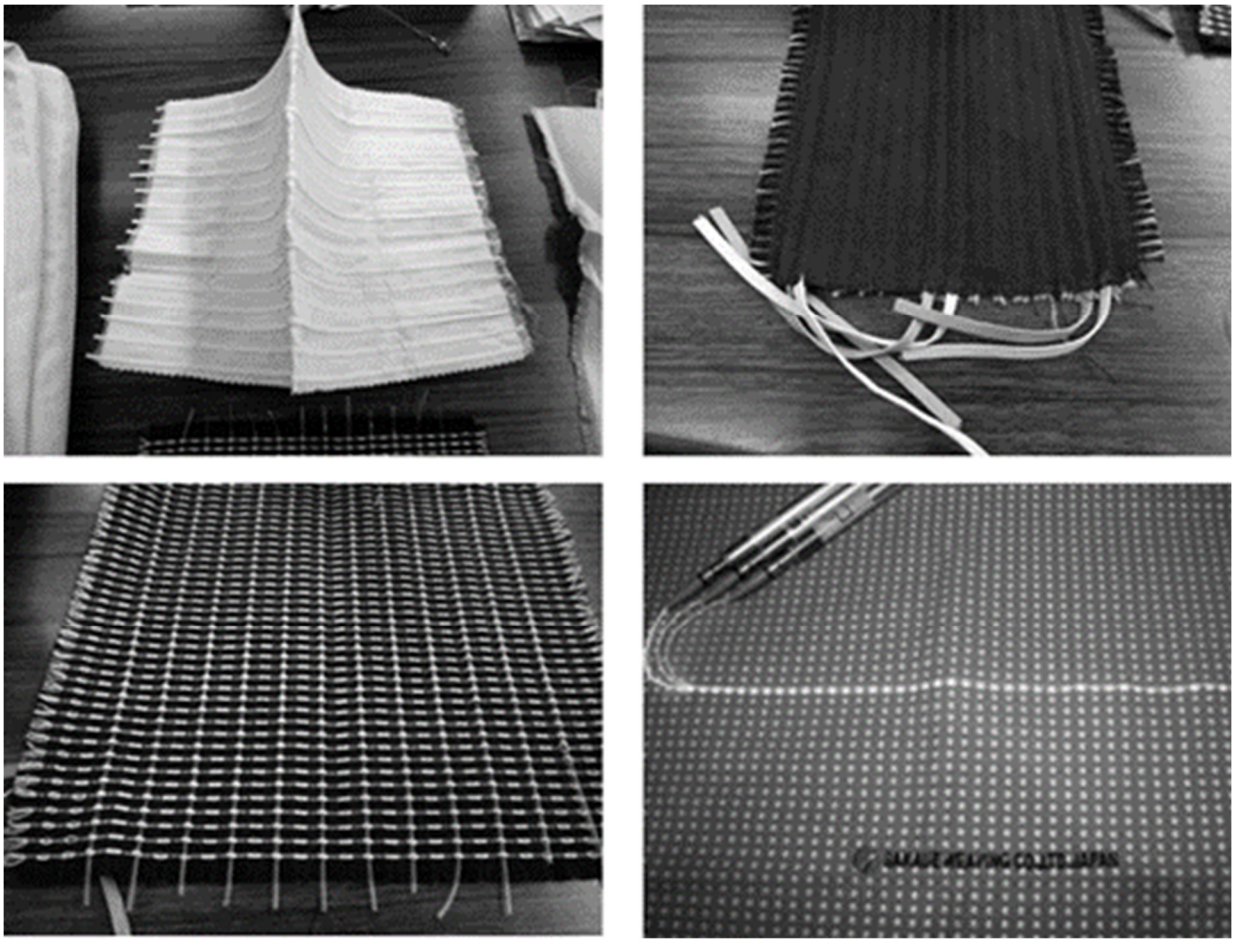


図４　試作した扁平素材を織り込んだ織物の例

「経常研究」

綿繊維廃棄物からエタノール製造における連続処理技術開発

中野恵之

要旨　繊維廃棄物からエタノールを製造する工程は、糖化工程と発酵工程がある。現状では糖化工程終了後に発酵工程に進むが、この糖化と発酵を同時に行うことを可能とすれば省エネルギーなバイオエタノール製造技術開発が構築できる。そこで、繊維廃棄物（耳糸屑）を原料として糖化工程と発酵工程を同時に一浴で行わせ、エタノールを製造することを目的に実験を行った。その結果、糖化発酵同時反応は可能で、糖の生成とほぼ同時に発酵反応が起こることがわかった。さらに効率の良い処理を目指して炭酸ガスによるpH低下を防ぐための減圧処理や酵素と酵母の活性バランス、浴比について検討した。

1　目　　的

兵庫県西脇市を中心とした播州織産地は、生産工程で、余剰色糸・糸屑・端布が大量に発生（推定100ﾄﾝ/月）しており、有償で産業廃棄物として焼却処分され、処理費が産地企業の収益を圧迫している。そこで、繊維廃棄物からエタノールを製造する技術の開発が望まれている。繊維廃棄物からエタノールを製造する工程は、糖化工程と発酵工程があり、現状では糖化工程終了後に発酵工程に進むが、この糖化と発酵を同時に行うことを可能とした省エネルギーなバイオエタノール製造技術開発[1)]を目的とした。

2　実験方法

2．1　反応タンクの減圧効果の検討

酵母反応はエタノール生成とともに二酸化炭素も発生する。この二酸化炭素が反応液のpHを低下させ、酵素と酵母反応を停滞させることを防ぐため、減圧による二酸化炭素排出の検討を行った。実験は、酵素；エンチロンSP（洛東化成工業㈱製）：酵母；ラクイースト（洛東化成工業㈱製）を用い、液量5L、酵素濃度1g/L、酵母濃度1g/L、pH4.4（pH緩衝剤濃度10mM）、温度40℃、繊維耳糸は200gを20cm程度に切断して投入した。反応中にタンクを常圧と8kPaに減圧した場合の実験を行った。

2．2　pH緩衝剤濃度の検討

pH緩衝剤濃度は薬品コスト削減や酵素や酵母に与える影響を考えると低いほうが良いが、pHを4.4付近に維持するためにはある程度の濃度が必要と思われる。これまで10mM濃度で調整してきたが、5mMでの反応を検討した。実験は、酵素；エンチロンSP：酵母；ラクイーストを用い、液量5L、酵素濃度1g/L、酵母濃度1g/L、pH4.4（pH緩衝剤濃度5mM）、温度40℃にて処理した。

2．3　酵素および酵母濃度の検討

酵素および酵母の濃度と繊維分解量やエタノール生成量から処理条件の探索を検討した。実験は、酵素；エンチロンSP：酵母；ラクイーストを用い、液量5L、酵素濃度1g/L、酵母濃度1g/L、pH4.4（pH緩衝剤濃度5mM）、温度40℃、処理日数は４日とした。

3　結果と考察

3．1　反応タンクの減圧効果の検討

減圧処理したものは処理日数も長く浴比を上げるなど反応の促進を考慮したが、酵素1g当たりの繊維分解量は常圧処理20.2g、減圧処理19.2gとなり結果に大きな差はなかった。表１に試験結果を示す。減圧すると二酸化炭素の排出が期待できるが、生成したエタノールも排出される懸念もあるため、減圧処理は反応に有効でないと判断した。

表１　反応タンクの減圧効果試験

	処理日数（日）	酵素1g当たりの繊維分解量 (g)	備考
減圧処理 (8KPa)	１５	１９．２	９日目（１L）および 12日目（２L）に水を計３L入れた。
常圧	７	２０．２	―――――――

表２　酵素および酵母濃度変化による試験結果

	酵素濃度 (g/L)	酵母濃度 (g/L)	酵素１g当たりの繊維分解量（g）	酵母１g当たりの繊維処理量（g）	エタノール生成量 *1（g/L）	繊維分解量（g/L）
試験１	１．０	０．４	１４．７	４１．７	８．２	１４．７
試験２	２．０	０．８	１１．３	２５．２	９．８	１７．４
試験３	３．０	０．８	７．１	２１．０	８．２	１８．７

＊１　エタノールの比重を0.8として算出した。

３．２　pH緩衝剤濃度の検討

反応タンクの減圧効果の検討における実験と同等の処理条件でpH緩衝剤濃度を低くしたが、酵素1g当たりの繊維分解量結果は18.2gとなり、これまでのpH緩衝剤濃度時と大きな変化は見られなかった。

３．３　酵素および酵母濃度の検討

酵素および酵母の濃度と繊維分解量やエタノール生成量から処理条件の探索を行なった。

表２に酵素および酵母濃度変化による試験結果を示す。酵素1g当たりの繊維分解量は酵素濃度が低いほど多い傾向が見られた。酵母1g当たりの繊維処理量は、酵母の濃度が低くても反応することが確認でき、40g以上を達成する試験結果も得られた。しかし、全体としては濃度が高いほうが繊維分解量は多くなるため、反応装置の大きさを考慮しながら処理条件を定める必要があると考えられる。

３．４　酸性電解水の検討

課題解決の方法として、まず酸性電解水の利用を検討した。酸性電解水は、薄い塩酸水の電気分解によってつくられ、pHも４～７の範囲で調整可能である。酸性電解水にてpH調整を行うとpH調整剤の酢酸や酢酸ナトリウムを使用せず処理できるためコストダウンに繋がると考えた。

実験は、酵素：ファルマ㈱のメイラーゼ：酵母：オリエンタル酵母（saf-instant）溶液　10L or　5L、セルラーゼ1g/L、イースト1g/L、pH4.4（酸性電解水にて調整）、温度40℃、繊維耳糸は20cm程度に切断して投入した。反応中はタンクを8kPaに減圧した。

表３に試験結果を示す。酸性電解水を用いた反応は、これまでのpH緩衝剤を用いた結果より劣ることがわかった。処理条件により３種類の実験を行なったが、最も良い結果で酵素および酵母の1gあたりの綿繊維廃棄物の処理量が13.9gしか得られなかった。また、エタノールの生成確認もできなかったため、酵母の反応において障害があることも推測された。

酸性電解水によるpH調整法は薬品コスト削減に期待されたが、これらの結果から酵素と酵母の同時処理には適さないpH調整法であることがわかった。

表３　酸性電解水を用いた試験結果

	実験条件	酵素1g当たりの繊維分解量(g)	備考
１回目	溶液量　10L 処理日数36日	13.9 (投入繊維量350g)	酵素・酵母の追加投入あり エタノール生成量　5.3ml
２回目	溶液量　　5L 処理日数26日	5.4 (投入繊維量170g)	エタノール生成確認できず
３回目	溶液量　　5L 処理日数51日	4.7 (投入繊維量190g)	エタノール生成確認できず

ま　と　め

繊維廃棄物からエタノールを製造する工程の効率化を目指し、炭酸ガスによるpH低下を防ぐための減圧処理や酵素と酵母の活性バランス、浴比など新たな課題について検討し、以下の結果を得た。

１）酵素および酵母の1gあたりの綿繊維廃棄物の処理量の目標を30g以上として検討した。酵母については目標を達成したが、酵素については最も良い結果で20g強しか得られなかった。

２）酵素反応時に発生する炭酸ガスによるpH低下を防ぐための反応タンクの減圧効果について常圧での試験結果と比べて優勢性は無かった。

３）酵素1g当たりの繊維分解量は酵素濃度が低いほど良い傾向が見られた。酵母1g当たりの繊維処理量は、酵母の濃度が低くても反応することが確認できた。

４）酸性電解水を用いてpH緩衝液試薬の節約や雑菌繁殖防止効果を検討したが、酵素および酵母の反応で良い結果は得られなかった。

参　考　文　献

１）中野恵之、繊維学会秋季研究発表会 Vol.70,No.2､p119 (2015)

「経常研究」

単繊維の呈色反応による繊維鑑別の検討

佐伯　靖

要旨　デジタルマイクロスコープ下での繊維の呈色状況を観察した結果、ポリノジック、ポリエステル、絹繊維の呈色では、生地ほどに色濃度が高くならないため、色が見分けにくかった。染色性の高いキュプラ、アクリル、ナイロンにおいては、単繊維においても、呈色が見られ、鑑別可能であった。

1　目　　的

繊維状異物の鑑別は、JIS L1030により光学顕微鏡による繊維形状や赤外分光スペクトルから鑑別可能であるが、化学繊維の場合、繊維形状では判断できない事等の問題が生じる事がある。生地や糸の場合には呈色反応による繊維鑑別の手法があり、この呈色反応を単繊維に応用し、光学顕微鏡下での呈色による繊維鑑別の可能性を検討した。

2　実験方法

2－1　各繊維の繊維鑑別用試薬による呈色

市販繊維鑑別用試薬 BokenstainⅡ(㈶ボーケン品質評価機構製)、カヤステインQ(日本化薬㈱製)を用い繊維の色を確認した。(希釈液はいずれも蒸留水を使用した。)呈色生地は、画像分光測色機(COLOR-7s、クラボウ製)を用い、色(L*a*b*)と色濃度(T K/S)を測定した。

2－2　BokenstainⅡによる単繊維の呈色

１㎜に細片した繊維をガラス板に置きBokenstainⅡの呈色試薬を１滴滴下後、カバーグラスで覆い、ガラス板の下側からドライヤーで１分間加熱後、カバーグラスの側面から蒸留水を滴下し、余分な染料をピペットで吸い出し、デジタルマイクロスコープ(KH-7700 ㈱ハイロックス製)による繊維の色を観察した。

3　結果と考察

3－1　各繊維の繊維鑑別用試薬による色

BokenstainⅡおよびカヤステインQによる各繊維の色を表１、表２に示した。図1、図２、図３に示すように、BokenstainⅡおよびカヤステインQいずれも各種繊維の色は明瞭であり、特に緑色のナイロン、赤色のアクリル、茶色の

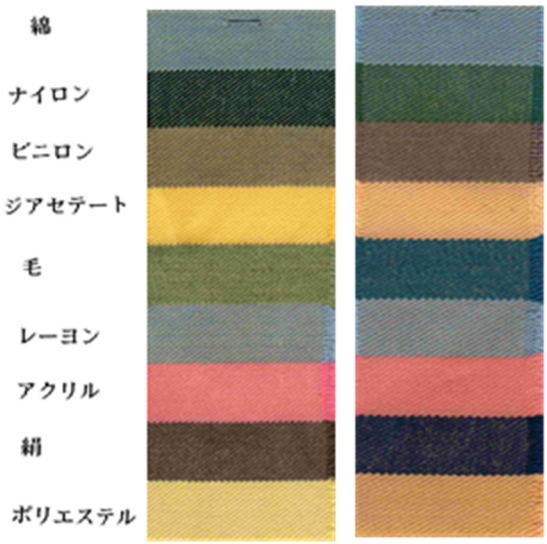
表１　繊維鑑別用試薬による各繊維の色

繊維名	BokenstainⅡ	カヤステインQ
綿	青緑色	青緑色
ナイロン	緑色	緑色
ビニロン	茶色	茶色
ジアセテート	黄赤色	黄赤色
毛	黄緑	緑色
レーヨン	水色	水色
アクリル	赤色	赤色
絹	焦茶色	紺色
ポリエステル	黄色	黄土色

表２　繊維鑑別用試薬によるセルロース系繊維の色

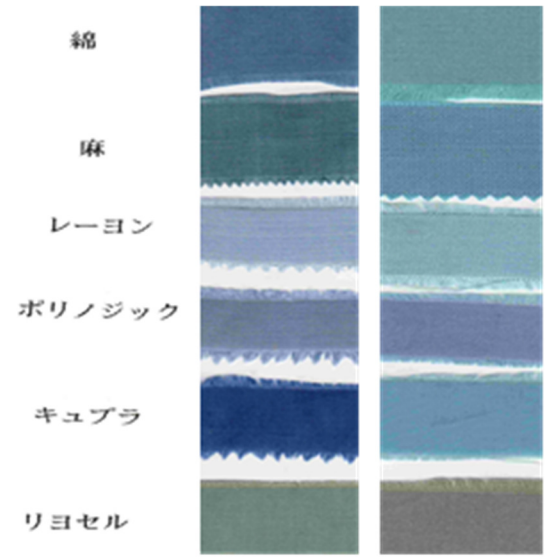
繊維名	BokenstainⅡ	カヤステインQ
綿	青緑色	淡緑色
麻	淡緑色	青緑色
レーヨン	水色	淡緑色
ポリノジック	青紫色	青紫色
キュプラ	紺色	淡緑色
リヨセル	黄緑色	淡緑色
ジアセテート	黄赤色	黄赤色
トリアセテート	黄色	黄色

絹の呈色が高かった。またセルロース系繊維ではBokenstainⅡによる紺色のキュプラの呈色が高かった。



BokenstainⅡ　カヤステインQ

図1　繊維鑑別用試薬による各種生地の色



BokenstainⅡ　カヤステインQ

図２　繊維鑑別用試薬によるセルロース系生地の色



BokenstainⅡ　カヤステインQ

図３　繊維鑑別用試薬によるアセテート系生地の色

表３、４にBokenstainⅡによる各繊維の色と色濃度(T K/S)を示した。表５、表６にカヤステインQによる各系繊維の色と色濃度(T K/S)を示した。

BokenstainⅡの場合、各繊維の色濃度(T K/S)は表３、表４に示すようにナイロン、ジアセテート、絹が高かった。またセルロース系繊維では麻、キュプラが比較的高い色濃度(T K/S)を示した。

表３　BokenstainⅡによる各繊維の測色結果

繊維名	L*	a*	b*	T K/S
綿	61.1	-6.6	-6.1	53.5
ナイロン	30.2	-12.3	5.1	526.4
ビニロン	56.8	6.1	24.0	132.9
ジアセテート	75.0	16.6	65.3	244.3
毛	56.0	-9.2	23.7	141.5
レーヨン	69.4	-4.2	-9.0	25.8
アクリル	58.5	61.3	0.6	82.6
絹	42.3	0.8	13.0	270.1
ポリエステル	78.3	-3.8	42.9	52.9

表４　BokenstainⅡによるセルロース系繊維の測色結果

繊維名	L*	a*	b*	T K/S
綿	51.8	-6.0	-11.2	97.3
麻	49.2	-10.2	-5.4	128.6
レーヨン	69.6	-6.2	-7.5	26.6
ポリノジック	57.3	-1.8	-5.7	65.9
キュプラ	45.8	-2.6	-19.2	133.4
リヨセル	57.9	-9.0	3.8	77.1
ジアセテート	66.2	39.6	50.2	220.9
トリアセテート	86.5	-10.3	62.5	102.1

カヤステインQの場合、表５、表６に示すようにナイロン、毛、絹の呈色濃度(T K/S)が高かった。またセルロース系繊維では麻、リヨセルが比較的高い呈色濃度(T K/S)を示した。カヤステインQは、BokenstainⅡと比べると加熱処理の時間が長く、BokenstainⅡでのキュプラの様な高い呈色を示さなかった。これらの事か

表5 カヤステインQによる各系繊維の測色結果

繊維名	L*	a*	b*	T K/S
綿	58.2	-6.0	-6.5	74.5
ナイロン	34.7	-29.5	2.4	513.6
ビニロン	44.6	14.1	14.0	197.8
ジアセテート	74.0	31.3	47.3	81.0
毛	35.0	-23.9	-9.1	486.9
レーヨン	70.1	-6.4	-6.3	29.9
アクリル	51.6	73.6	13.5	213.2
絹	26.6	-4.1	-15.2	595.6
ポリエステル	65.2	9.6	35.1	80.9

ら、形状観察で判別困難なナイロンやキュプラの単繊維における呈色は、BokenstainⅡが望ましいと思われる。

表６ カヤステインQによるセルロース系繊維の測色結果

繊維名	L*	a*	b*	T K/S
綿	57.6	-17.8	-3.7	97.8
麻	51.7	-14.6	-10.2	137.5
レーヨン	68.5	-8.3	-7.2	36.5
ポリノジック	55.9	4.3	-13.5	74.1
キュプラ	63.2	-12.0	-11.9	53.7
リヨセル	49.6	1.2	0.9	125.5
ジアセテート	61.3	57.8	47.6	194.2
トリアセテート	81.0	-0.7	51.6	61.5

３－２ BokenstainⅡによる単繊維の色

マイクロスコープ観察による単繊維の呈色を図４～図10に示した。ナイロン、アクリル、キュプラでは生地と同様に色が確認された。アクリルは呈色濃度(T K/S)がそれ程高くなかったが、a*値の赤色の傾向が強いため、目立つ色として確認された。絹の場合、生地での呈色濃度(T K/S)は高かったが、単繊維では、茶色が目立たなかった。BokenstainⅡによる単繊維の呈色においてナイロン、アクリル、キュプラの判別が可能であった。

４ 結 論

デジタルマイクロスコープ下での単繊維の呈色は、ナイロン、アクリル、キュプラの判別が可能であった。処理として、呈色液の水洗が煩雑であり、水洗中に繊維片を消失する可能性もあるため、操作がやや困難であった。また染色された繊維には利用できない等の制約があるため、今後新し観点での鑑別法を検討する必要がある。



図４ BokenstainⅡによるナイロンの色(緑)

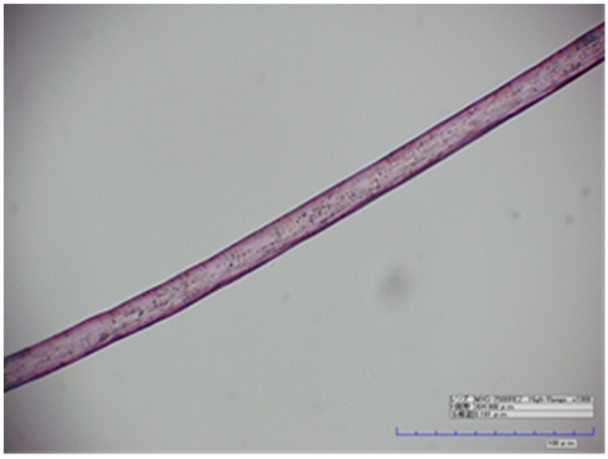


図５ BokenstainⅡによるアクリルの色(赤)

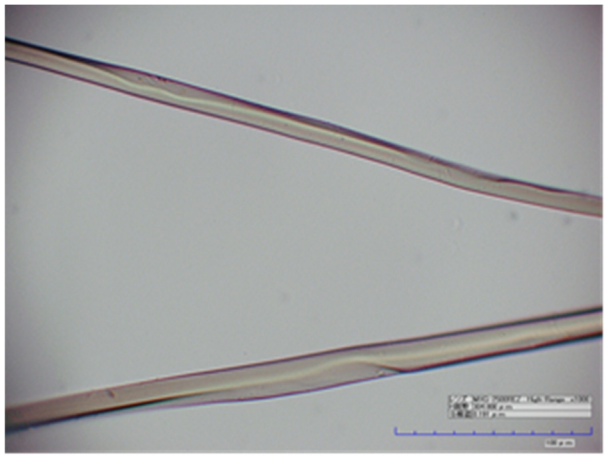


図６　BokenstainⅡによる絹の色(淡茶)

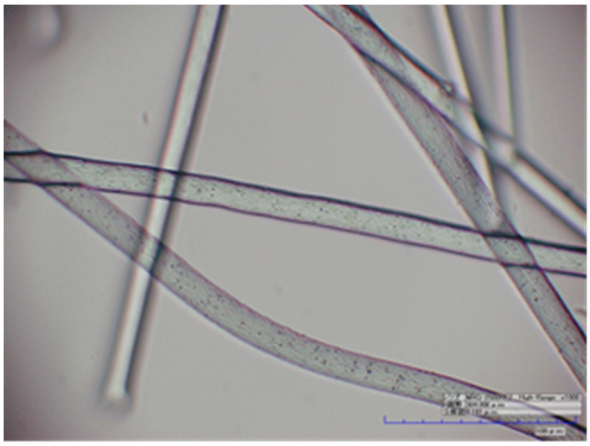


図９　BokenstainⅡによるポリノジックの色(無色)

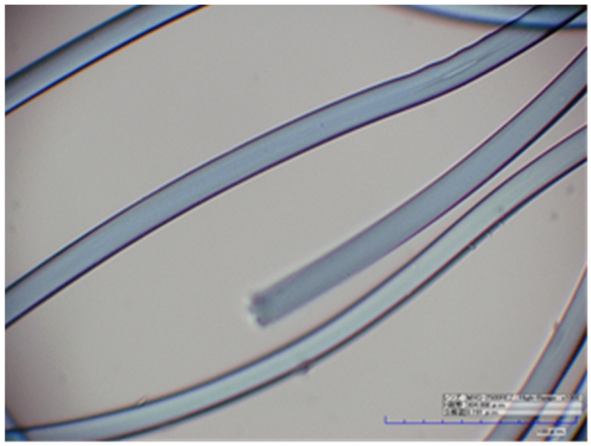


図７　BokenstainⅡによるキュプラの色(青)

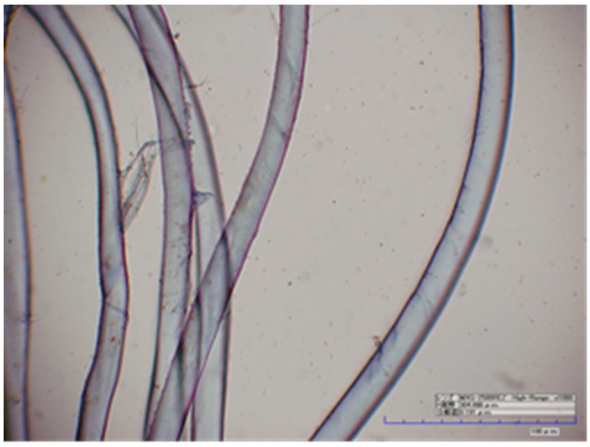


図10　BokenstainⅡによるリヨセルの呈色(無色)

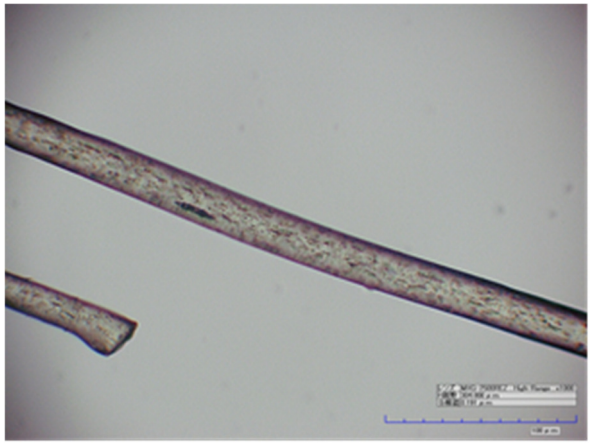


図８　BokenstainⅡによるポリエステルの色(無色)

「経常研究」

ESP法ナノファイバーの衣料用途への適用検討

東山幸央

要旨　フィルター等、産業資材用途として用いられることの多いESP（エレクトロスピニング）法で作製したナノファイバーの、衣料用途への適用を検討した。

1　緒　　言

エレクトロスピニング（以下ESP）法は、非常に簡便にナノファイバーを作製できる方法である。しかし得られるナノファイバーが不織布状であるため、これまでフィルター等の産業資材用途に用いられることがほとんどで、衣料用途への適用は困難であった。理由は、不織布状のナノファイバーでは延伸することができず、糸として製織に耐える強度を付与することが困難なためである。

ナノファイバーの特性は、その細い繊維径による大きな比表面積に由来する吸着・徐放性能や、スリップフロー効果による低圧力損失特性などがあり、それらは織物の内部に在っても発現する。

問題となる製織に必要な強度は、綿糸等を芯にしてESP噴射を行うことで確保できると考えられる。

付着させたナノファイバーの剥離については、２本の綿糸にESP噴射を行い、そのまま撚りをかけてナノファイバーを撚り込むことで防止できると考え、本検討では綿糸等の汎用糸とナノファイバーとの複合糸の製造装置の開発を行った。

2　実験方法

複合糸の製造装置の製作にあたり、ESP法によるナノファイバーの、ターゲットへの付着の仕方に注目した。ESP法は溶液に高電圧を印加して紡糸を行うため、生成した不織布状のナノファイバーは静電引力により、導電性のターゲットに引き寄せられる。

このとき、導電性のターゲットに凹凸部があると、凸部分の間に橋渡しのように付着する特性がある。この特性を用いて、配向ナノファイバー用のターゲットも開発されている（図１）。



図１　配向ナノファイバー用ターゲット
（カトーテック（株）製）

この特性を利用して、綿糸等の汎用糸２本に導電性を付与して適切な間隔に配置し、これをターゲットとしてESP噴射を行えば、２本の汎用糸の間にナノファイバーが架橋状に付着すると考えられる。

これを撚糸（複数の糸をねじり合わせて１本の糸にする工程）することで、付着したナノファイバーが汎用糸にねじり込まれることで固定され、複合糸になると考えられる（図２）。

汎用糸へのナノファイバーの固定は、バインダーを用いることもできるが、ナノファイバーがバインダーに埋もれてしまう。すると、大きな比表面積や低圧力損失などの特性は大きく損

なわれてしまうと考えられるため、図２のようにバインダーを用いずにねじり込んで固定する方が望ましい。

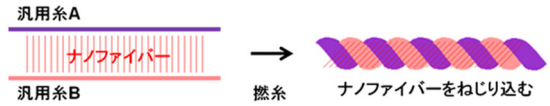


図２　汎用糸とナノファイバーの
複合糸作成概念図

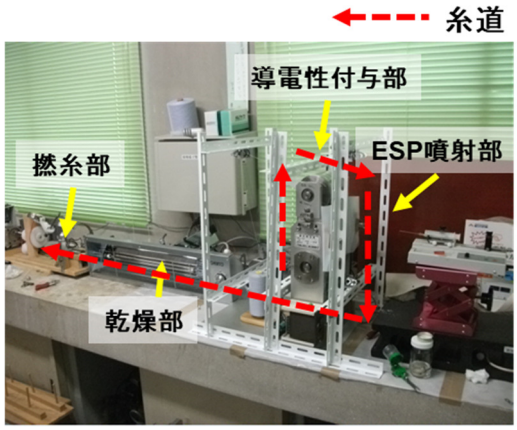


図３　複合糸製造装置

作成した複合糸製造装置を図３に示す。点線の矢印が汎用糸の糸道である。２本の汎用糸を導電性付与部にて電解水で濡らすことで導電性を付与する。その後、ESP噴射部でナノファイバーを付着させ、乾燥部で乾燥させた後撚糸部で撚りをかけて複合糸を作製する。

この装置を用いて作製した複合糸を緯糸に用いて製織試験を行った。なお、綿糸は３０番双糸を、ナノファイバー紡糸溶液はポリエチレンテレフタレートのヘキサフルオロイソプロパノール溶液を用いた。

３　結果と考察

ESP噴射の様子を図４に示す。導電性を付与した綿糸Ａと綿糸Ｂが図４の上から下へ送られており、図４の中央を狙いESP噴射を行った。２本の綿糸の間にナノファイバーが付着しつつ下に送られており、連続加工が可能であった。

作製した複合糸のＳＥＭ写真を図５，６に示す。図５では綿糸にねじり込まれたナノファイバーが、図６では綿の単繊維とナノファイバーが、それぞれ確認できる。

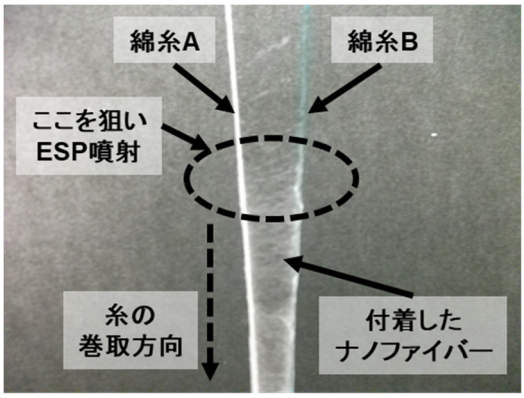


図４　ESP噴射の様子

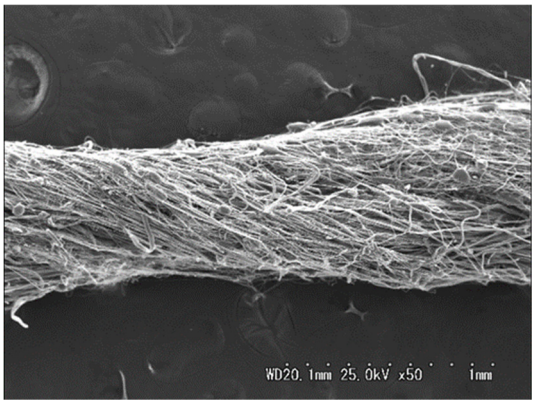


図５　複合糸のＳＥＭ写真

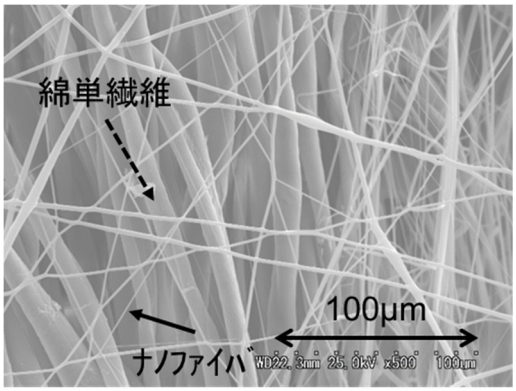


図６　綿の単繊維とナノファイバー

作製した複合糸を緯糸に用い、小幅シャットル織機にて製織試験を行った。

複合糸を木管に管巻きした写真を図７に示す。撚糸のみの未加工糸に対して、複合糸はナノファイバーが表面に被覆している分、全体的に白くなっている。

製織試験の様子を図８に示す。作製した複合糸は、未加工糸に対して手触りが硬く、かなり剛直であったが、シャットルからの糸の引き出し不良も起こることなく、通常通り製織するこ

とができた。

なお、木管への管巻や製織時のナノファイバーの脱離は確認されず、ねじり込みによる綿糸への固定効果は充分にあると思われる。

風合い評価が未了であるが、複合糸が剛直なことから、かなり硬い風合いになると考えられる。

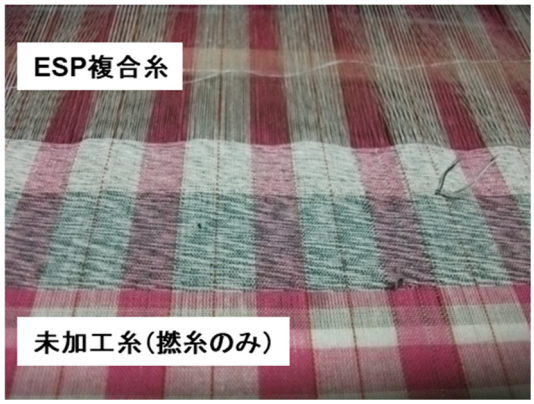


図７　木管に管巻きした複合糸



図８　製織試験の様子

４　結　　言

これまで衣料用途に用いられることがほとんど無かったESP法によるナノファイバーを、綿糸との複合糸とすることで製織することができた。

綿糸への固定は、撚りによるねじり込みのみであるが、固定効果は充分であると考えられ、バインダーを用いていないため、ナノファイバーの特性である大きな比表面積や低圧力損失特性は充分に発現すると期待できる。

〔経常研究〕

天然植物繊維の産業利用に関する研究
―綿紡績糸のクリープ特性の改善に関する研究（その２）―

礒野禎三

要旨　現在ではCO_2の排出量を削減するため、再生可能な天然植物資源の使用が求められている。そこで、ゴム製品の補強材として再生可能な天然植物資源であり、初期のタイヤに使用されていた綿糸の使用について検討を行ってきた。産業用途で必要なクリープ特性を評価した結果、ばらつきが大きく、品質を安定させる必要があることが明らかとなったので、繊維製品に要求される太さや風合いの調整のために行われている撚糸技術によるクリープ特性のばらつきの改善を試みた。単糸を2本撚り併せた双糸と３本撚り併せた三子について、一般的なZ/S方向だけでなくZ/Z方向の糸の製作も行った。その結果、Z/Z方向の撚糸は、ばらつきの改善に効果があることが明らかになった。

１　目　　的

兵庫県の主要な産業であるゴム産業においては、「エコタイヤ」等の環境にやさしい製品の開発が行われおり、タイヤでは素材としての石油などの化石資源の使用を極力減らし、ライフサイクルから発生するCO_2の排出量を削減するために努力が行われている。

タイヤはゴムの他、補強材としてタイヤコードが用いられている。初期には綿糸が用いられていたが、高性能な石油系の合成繊維の開発により綿糸は用いられなくなった。しかしながら、綿糸は再生可能な天然植物資源であることから、再度タイヤコードとして使用の可能性について検討するためにクリープ特性を評価した。その結果、農産物である綿を紡績して生産される綿糸は品質のばらつきが非常に大きく、工業用途に使用するには品質を安定させる必要があることが明らかとなった。そこで綿糸の品質を安定させるために、繊維製品に要求される太さや風合いのために行われている撚糸技術によるクリープ特性のばらつきの改善について検討を行った。

２　実験方法

綿糸としては、(株)ドーコーボウ製のインド長綿を用いたコンパクトヤーン　アルティマ40番手単糸を用いた。撚糸機としては、図1に示すセット用ヒーターユニットを装備する（株）石川製作所製DDW型ダブルツイスターを用いた。

引張試験は、Mesdan社製Autodyn 300型自動引張試験機を用いて行った。

高荷重時のクリープ試験は、(株)エー・アンド・デイ製RTF-1325型万能材料試験機を用いて10Nロードセルで行った。低荷重時のクリープ試験は、当センターで開発した試験機を用いて行った。本機は、試料糸の撚りが変化しない状態で、分銅で荷重し長さの変化を差動トランスで測定できる。

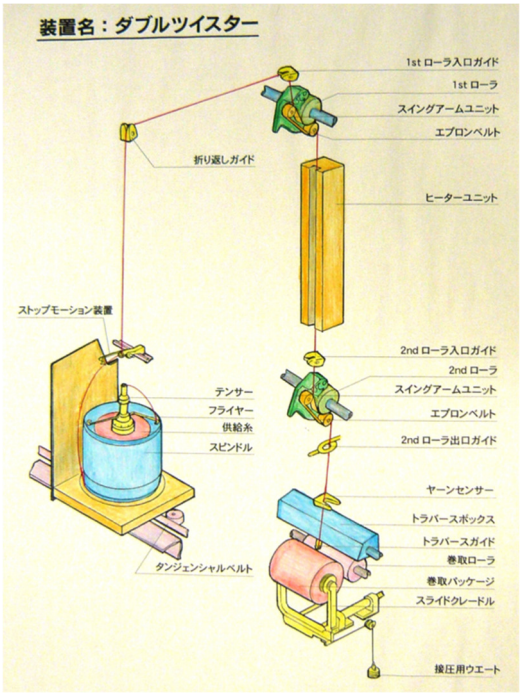


Fig.1　ダブルツイスター

表１　糸物性

	より方向	引張強さ (cN)	引張強さ CV%	伸び率 (%)	伸び率 CV%	より数 (tw/inch)	番手
40/1　原糸	Z	260.31	6.35	5.25	6.19	25.8	40.3
	Z	261.42	6.49	5.43	6.58	26.2	39.4
40//2　合糸		504.71	5.74	5.74	5.62		
		498.91	5.75	5.75	4.87		
40//3　合糸		711.38	5.75	5.09	4.87		
40/2　撚糸	Z/S	518.25	4.67	5.08	4.88	16.8	20.3
	Z/S	546.18	4.58	5.07	4.78	16.9	20.2
40/3　撚糸	Z/S	882.35	3.69	6.10	3.68	14.1	13.2
	Z/S	873.51	3.98	6.00	3.93	13.6	13.4
40/2　撚糸	Z/Z	574.16	5.52	11.01	4.54	18.6	17.6
40/3　撚糸	Z/Z	906.90	4.01	11.31	3.64	15.3	11.9

3　結果と考察

撚り方向の影響も検討するために、一般的なZ/S方向ではなくZ/Z方向の糸の製作も行った。撚糸はZ/S方向では、下撚りと上撚りの方向が異なり回転トルクが相殺され糸が安定するが、Z/Z方向では回転トルクが加重され糸が非常に不安定になる。

そこで、セット用ヒーターユニットを装備するダブルツイスターを用いて撚糸とヒートセットを行ったが、糸が非常に不安定で試験を行うことができなかった。

このため、撚糸後真空熱処理機で115℃×30minのヒートセットを行ったところ、試験可能な安定した糸を作成することができた。

糸物性を表1に示す。Z/Zの双糸、三子とも伸び率が大きく番手は計算値（双糸：20.0、三子：13.3）より小さくなり、大きく縮んでいることがわかる。

引張強さは双糸、三子とも合糸＜Z/S撚糸＜Z/Z撚糸の順に強くなっている。引張強さの変動率は双糸、三子とも合糸＞Z/Z撚糸＞Z/S撚糸の順に小さくなった。Z/Z方向の撚糸は、引張強さは強くなるが、ばらつきはZ/S方向の撚糸より少し大きくなることが分かった。

60%負荷時の糸の構成とクリープ破断時間の

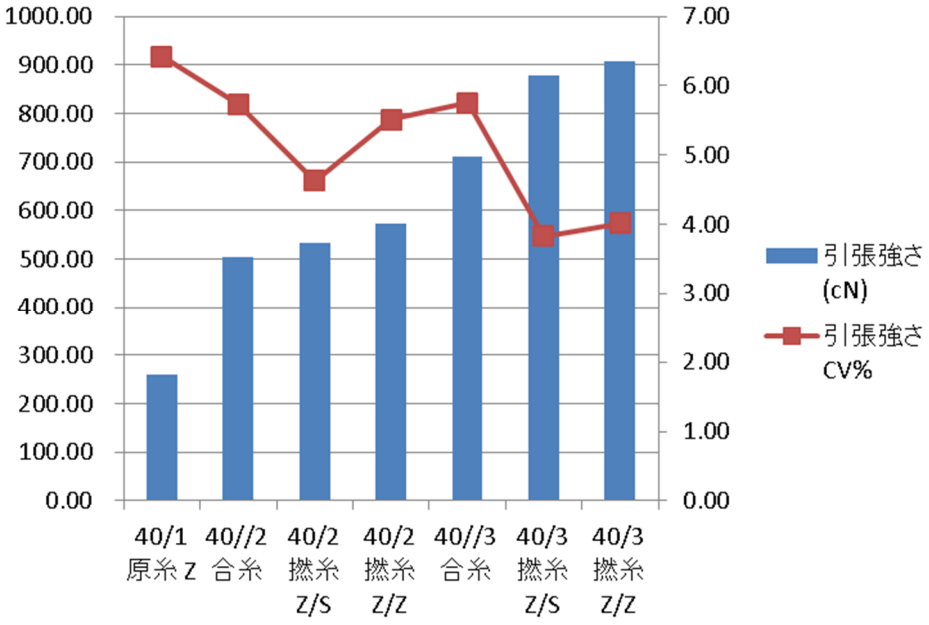


Fig.2　糸の構成と引張強さ・変動率

関係を図3に示す。糸の構成によりばらつきは異なるが、明らかな傾向はみられない。そこで、寿命の比較に使用される、破断時間と累積破断率の関係を図4に示す。この図では、傾きが小さいほどばらつきが大きいことを示す。ばらつきは、原糸＞Z/Sの三子≒Z/Sの双糸＞Z/Zの三子≒Z/Zの双糸となり、Z/Z方向の撚糸は、ばらつきの改善に効果があることが分かった。

4　結　　論

再生可能な天然植物資源である綿糸の補強材料としての利用を目的として撚糸技術による品質のばらつきの改善について検討を行った結果、Z/Z方向の撚糸は、

1. 引張強さは、ばらつきは少し大きくなるが、強くなった。
2. クリープ特性のばらつきは改善できた。

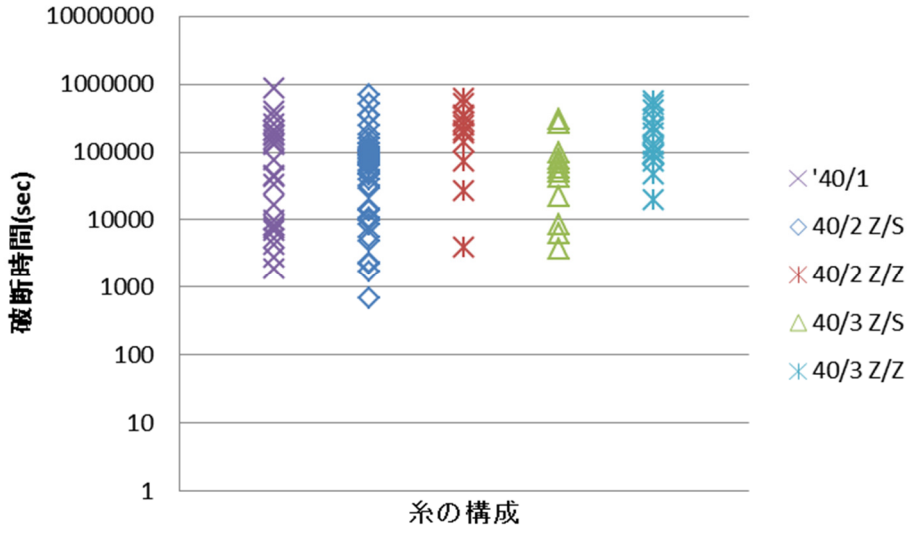


Fig.3　糸の構成とクリープ破断時間の関係

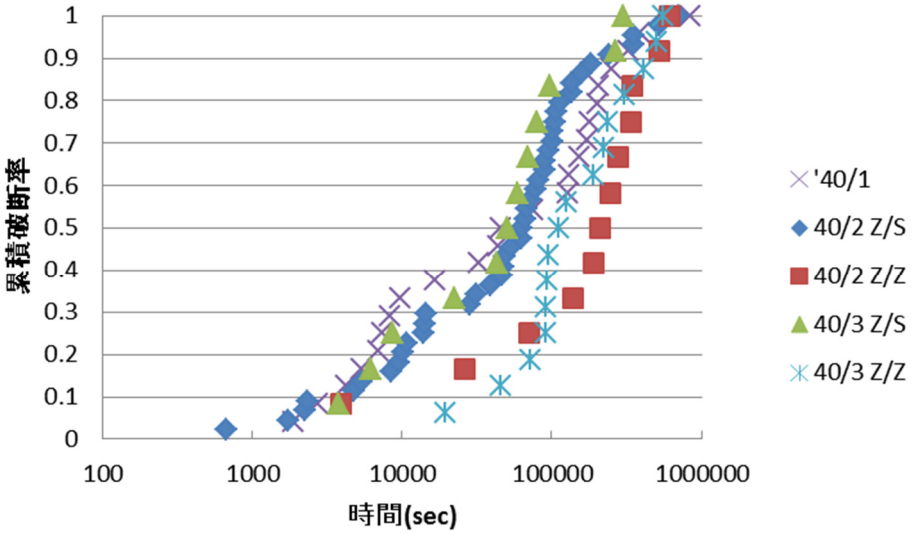


Fig.4　破断時間と累積破断率の関係

研究報告既刊一覧

No. 1	(1965年 8月)	No.26	(1990年10月)
No. 2	(1966年 5月)	No.27	(1995年10月)
No. 3	(1997年 6月)	No.28	(1996年10月)
No. 4	(1968年 8月)	No.29	(1997年10月)
No. 5	(1969年 8月)	No.30	(1998年11月)
No. 6	(1970年 8月)	No.31	(2000年 1月)
No. 7	(1971年 6月)	No.32	(2001年 1月)
No. 8	(1972年)	No.33	(2002年 2月)
No. 9	(1973年)	No.34	(2003年 3月)
No.10	(1974年)	No.35	(2004年 3月)
No.11	(1975年)	No.36	(2004年11月)
No.12	(1976年)	No.37	(2005年11月)
No.13	(1977年)	No.38	(2006年11月)
No.14	(1978年10月)	No.39	(2007年11月)
No.15	(1979年10月)	No.40	(2008年11月)
No.16	(1980年10月)	No.41	(2009年12月)
No.17	(1981年10月)	No.42	(2011年 3月)
No.18	(1982年10月)	N0.43	(2012年 3月)
No.19	(1983年10月)	No.44	(2013年 2月)
No.20	(1984年10月)	No.45	(2014年 3月)
No.21	(1985年10月)	No.46	(2014年12月)
No.22	(1986年10月)	No.47	(2015年12月)
No.23	(1987年10月)	No.48	(2017年 2月)
No.24	(1988年10月)	No.49	(2018年 3月)
No.25	(1989年10月)		

研究報告(第49号)

平成３０年３月２８日発行

編集　　兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター
発行　　〒677-0054　兵庫県西脇市野村町1790-496
TEL　(0795)22-2041　　FAX　(0795)22-3671

29産Ⓣ1-006A4