ISSN　1342-7709

研　　究　　報　　告

第48号
平成28年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.48
2016

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．張力差制御整経技術の実用化に向けた研究
「技術改善研究」
東山幸央，古谷　稔，藤田浩行，佐伯　靖，中野恵之，礒野禎三 …… １

２．炭素繊維複合糸織物の補強材としての活用に関する研究
「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．綿繊維からのエタノール製造における連続処理技術開発
「重点領域研究開発事業」
中野恵之，東山幸央，古谷　稔 ……１１

４．携帯型高感度ELISA分析機用マイクロフィルターの開発
「兵庫県COEプログラム推進事業　応用ステージ研究」
東山幸央，才木常正，瀧澤由佳子 ……１４

５．柄の繰り返しがない“やたら縞”の試作研究
「経常研究」
古谷　稔……１９

６．織物の遮熱性評価と遮熱性織物の開発
「経常研究」
藤田浩行……２３

７．顔料染色糸の柔軟性の改善
「経常研究」
佐伯　靖……２８

８．温度差制御気化浸透法における２段分離膜による効率化
「経常研究」
中野恵之 ……３１

９．製品異物・不具合解析データベースの最適化に向けた研究
「経常研究」
東山幸央……３３

１０．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―
「経常研究」
礒野禎三……３５

「技術改善研究」

張力差制御整経技術の実用化に向けた研究

東山幸央，古谷　稔，藤田浩行，佐伯　靖，中野恵之，礒野禎三，近藤みはる

要旨　異なる素材や番手の経糸を用いる場合は二重ビーム織機が必要である。本研究では、綿・ナイロン・ポリエステルの３つの異なる素材を一つのビームにまとめて整経することで、汎用（一重ビーム）織機での製織の可能性を検討した。

１　緒　　言

播州織をはじめとする県内繊維産地の課題として、製品の高付加価値化・産地競争力の向上などがあげられる。

その一環として、従来特殊な二重ビーム織機（図１）が必要であった表面変化の大きな織物（図２）の製織に関して、汎用織機での製織の可能性を検討した。

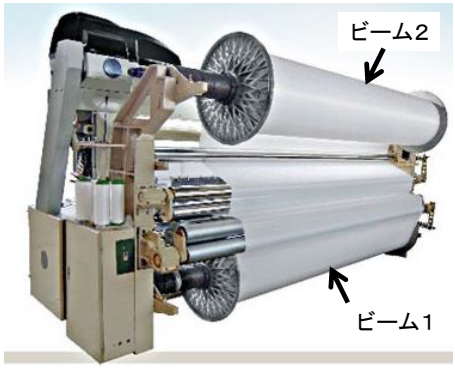


図１　二重ビーム織機

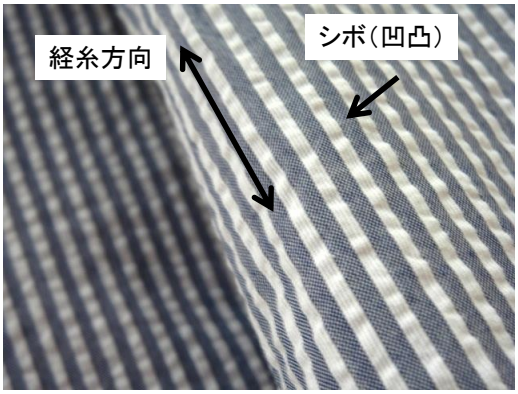


図２　表面変化の大きい織物
（例：シアサッカー柄）

図２のシアサッカー柄は、白色部分のシボ（ひだ状の凹凸）が特徴であるが、シボを形成する分だけシボの無い灰色部分よりも経糸を長く必要とする。よって製織時に白色の経糸を灰色の経糸よりも多く送り出さねばならず、白色の経糸と灰色の経糸を別々のビームに分けて整経する必要がある。これは二重ビーム織機が必要となるだけでなく、小割・糊付・機上げなど製織準備工程の工数増加を意味し、コスト高の原因となる。

ビームが１本の汎用織機では、２種類の経糸を別々に送り出し速度を変えることができないため、従来図２の様な織物は製織できなかった。

本研究では異なる種類の経糸、例えば伸びやすい経糸と伸びにくい経糸を１本のビームにまとめて整経して汎用織機で製織し、伸びやすい経糸が製織後に縮むことで、図２の織物のようなシボの表現を狙った。

また、経糸の素材や太さが異なると、整経工程でビームに巻き付けられた経糸の糸層表面が凹凸になり、整経・製織不可になる恐れがある。本研究では、本来均一であるべき経糸の張力を、あえて差を付けることで糸層表面の凹凸を打ち消すことを目的とした整経・製織の実証実験を行った。

２　実験方法

経糸には、綿糸・ナイロン紡績糸・ポリエステル紡績糸の40番単糸を用いた。経糸の配列パターンを表１に示す。

綿糸30本、ナイロン24本、ポリエステル24本

のパターンで、綿とナイロン、およびナイロンとポリエステルの境目に、識別用の綿30番単糸（赤色）を1本ずつ配した。経糸総本数は960本とした。

表１　綴割表（経糸の配列パターン）

		1綴本数	合計
綿40/1（ピンク）	15 ... 15	30	360
綿30/1（赤）	1 1	2	24
ナイロン40/1（白）	24	24	288
ポリエステル40/1（白）	24	24	288
	x12	80	960

２．１　準備工程（糊付）

糊付は、一本糊付機（梶製作所製KS-5N）を用いた。糊剤はGF-TN（蛭田理研製）、オイリング剤はエレロールNA（蛭田理研製）を用いた。糊槽温度50℃、乾燥温度70℃、糊付速度100m/minにて行った。

２．２　準備工程（整経）

全自動部分整経機（スズキワーパー製SW-K7A）を用いた。クリールは80錘で、80錘全てにストレージテンサー（張力調整装置）を装着し、個別に張力を調整して整経試験を行った。整経長は480m、送り量は0.54mm、バンド幅は37.9mm、バンド数は12バンド、整経速度は50m/minとした。

２．３　準備工程（経通）

リーチングマシン（向建工業製）を用いた。綜絖枠枚数は4枚で、順通しとした。筬は35羽／インチを用い、2本通しとした。

２．４　製織工程

YF型片4丁ドビー付見本用織機（岩間織機製）を用いた。緯糸は経糸に用いた綿・ナイロン・ポリエステルの40番単糸の他に、綿のエアーかおるSZ425（浅野撚糸製）の16番単糸と、汎用の30番双糸を用いた。管巻は、全自動ボーキマスカンプ高速度緯管巻機（紡機製）を用いた。緯糸密度は34本／インチとした。

２．５　糊抜工程

糊抜は100℃の湯中で30分処理した後、充分に水洗しマングルロールにて脱水した。続いて、ピンテンター型高熱処理装置（辻井染機工業製PT-1A）にて炉内温度100℃および180℃、滞留時間2分で乾燥を行った。

３　結果と考察

３．１　準備工程（糊付）

経糸の着糊量はチーズにより異なるが、おおむね10～12%程度であった。整経および経通時の糸さばき性が少し硬すぎたことから、着糊量はもう少し低くても良いと考えられる。

３．２　準備工程（整経）

クリールのテンサーを作動させずに整経した2バンド目の、整経長120mおよび480m時点での整経ドラム上の経糸の様子を図３に示す。識別用の赤色綿糸を挟んで、ポリエステルとナイロンの境目の凹みが確認できる。この凹みは、整経長が増えると増大する。原因は、ナイロンが綿およびポリエステルに対して、非常に伸びやすいためと思われる。図４に経糸素材別の強伸度曲線を示す。ナイロンは、綿およびポリエステルに対して2倍以上伸びやすいことが分かる。

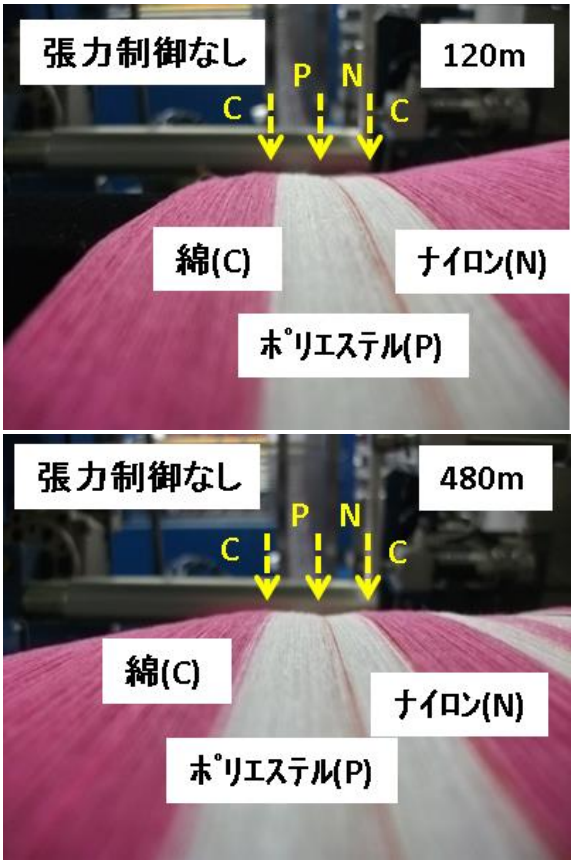


図３　整経ドラム上の経糸の様子
（張力制御無し）

整経時の経糸別の張力を、クリール近辺にて測定したところ、ポリエステルの張力がナイロンに比べて低いことが分かった（表２）。糊付後

の小割時の張力管理不良で、チーズ巻取時の張力がばらつき、チーズからの解舒（かいじょ）張力が異なることが原因と考えられる。

そこで、ポリエステルの経糸のみテンサーを作動させると、整経ドラム上でのナイロンとポリエステルの境目の凹みが軽減された（表２および図５）。

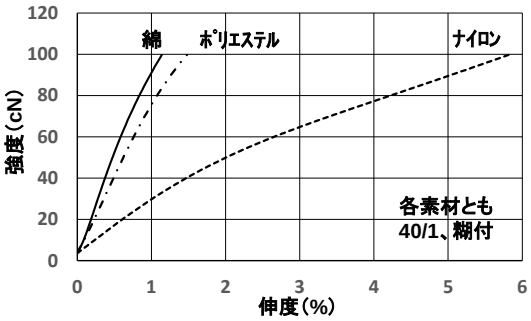


図４　経糸素材別の強伸度曲線
（100cNまで）

表２　整経時の経糸張力（素材別）

		綿	ナイロン	ポリエステル
張力制御なし	テンサ目盛	0	0	0
	張力(g)	5～6	6～7	2～3
張力制御あり	テンサ目盛	0	0	2
	張力(g)	5～6	6～7	6～7

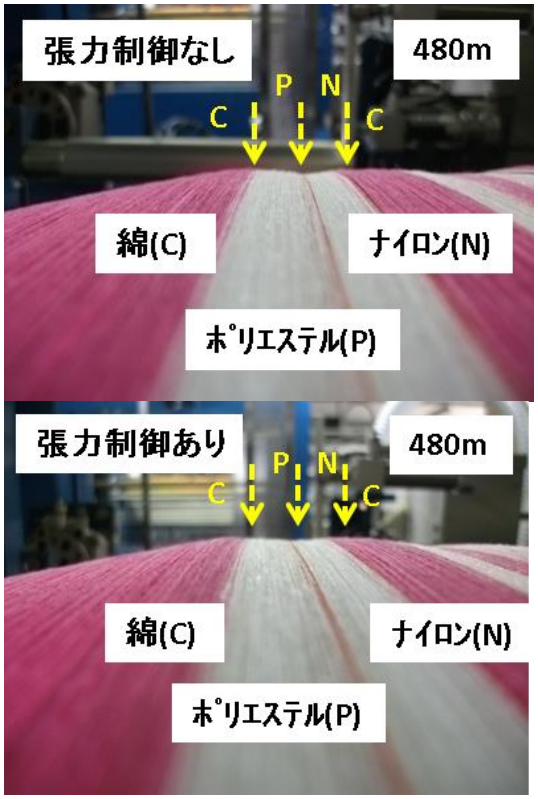


図５　張力制御の有無と経糸表面の様子

整経ドラムからビームへの巻返時の様子を図６に示す。経糸表面に凹凸を発生させることなく巻き取ることができた。

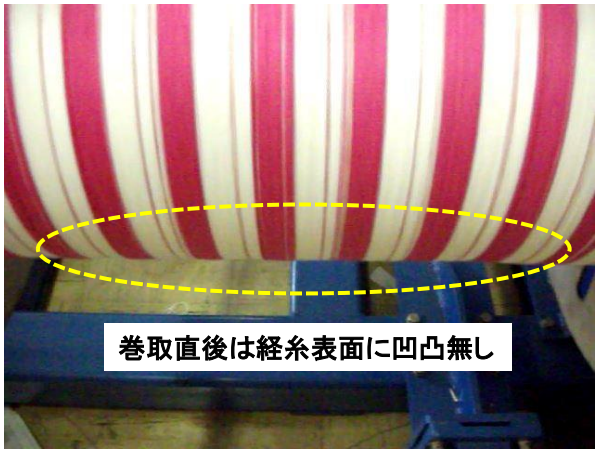


図６　巻返し直後の経糸表面の様子

３．３　準備工程（経通）

３．１で述べたが糸さばき性が少し硬い以外は、特に不具合無く行えた。但し、整経・巻返し直後は凹凸無く平坦だったビームの経糸表面に、日数の経過と共に凹凸が発生した。綿とナイロンの境目部分が最も凹凸が顕著であった。図７に巻返しから1ヶ月後の経糸表面の様子を示す。

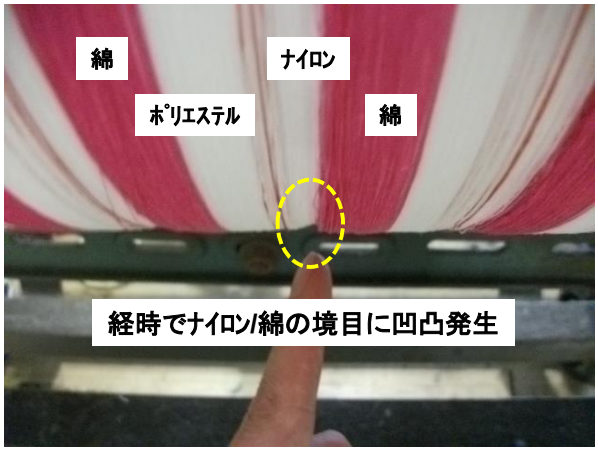


図７　巻返しから１ヶ月後の経糸表面の様子

整経ドラムからビームへの巻返し時、張力管理ロールに掛かる力を12.2kgfで制御した。よって巻返時に経糸1本に掛かる張力は平均で12.5cNである。この張力での各素材別の伸度は、図４より綿が0.11%、ナイロンが0.33%、ポリエステルが0.13%であり、この伸度差を解消するためにナイロンが多く縮むが、大部分の経糸は糸

層に押さえられているため、巻返し直後は凹凸が発生せず、経時変化に伴う張力の緩和により、後日凹凸が発生したと考えられる。ナイロンとポリエステルの境目にも、綿とナイロンの境目ほどではないが凹凸が発生した。

３．４　製織工程

製織試験中のビーム表面の経糸の様子を図８に示す。綿およびポリエステルの何本かの経糸に蛇行が見られ、図７に示すような凹凸も発生したが、100mほど製織した時点で、経糸が引出不可能になるような問題は発生していない。

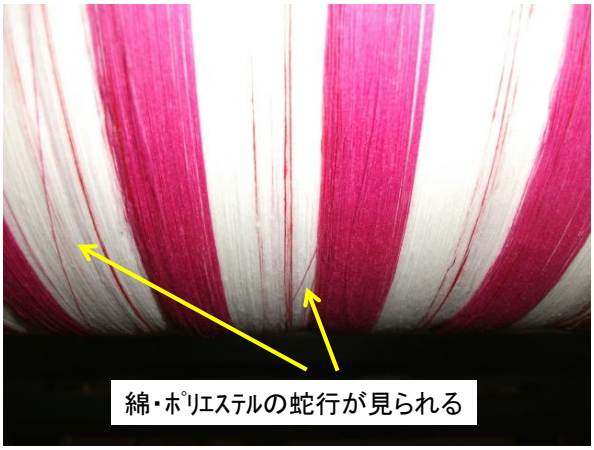


図８　製織時の経糸の様子

図８の原因は、綿とポリエステルに対してナイロンの縮みが大きく、綿とポリエステルの経糸の長さが余るためと思われる。図９は、開口不良時の様子であるが、ナイロンの経糸のみ張っていて、綿とポリエステルの経糸が緩んでいる様子が確認できる。



図９　開口不良時の経糸の様子

ただし、この開口不良は経糸送出量調整など、織機側の調整で解消することが可能なうえ、織始めと100m製織後で、ビーム表面の経糸の様子や、素材別の張力のバラツキがほぼ変わらず織機側の調整で解消可能なことから、今回の480m程度の整経長では製織に関する致命的な不具合が発生する可能性は低いと考えられる。

３．５　糊抜工程

乾燥後の生地の様子を図10に示す。綿およびポリエステルの経糸部分にシボが現れた。シボを大きく出すためにナイロンおよびポリエステルの収縮を狙い180℃で乾燥させたが、逆に100℃で乾燥させたものよりもシボが小さくなった。原因は、ナイロンおよびポリエステルの融点に近い高温で乾燥させると、高分子鎖の緩和が大きく進み、シボを吸収したのではと考えている。



図10　乾燥後の生地のシボの様子

本研究では、異なる素材を１つのビームにまとめて整経しているが、糊付は一本糊付機を用いており、素材毎の糊付乾燥時の糸の収縮に対応可能である。しかし本技術は、播州織をはじ

めとする繊維産地への適用を目指しており、産地の糊付方法であるビーム糊付（一斉サイジング）に対応する必要がある。

従来、一つのビームに巻かれた経糸は素材・番手・張力が同じであるため糊付乾燥時の糸の収縮挙動も同じである。しかし本研究のように異素材を併用する場合や、番手・張力が異なる場合は収縮挙動が異なることが考えられ、サイジング工程にて不具合が発生する可能性がある。

そこで、糊付乾燥時の糸の収縮挙動を模擬的に再現し、引張試験機にて評価を行った。整経に用いた綿・ナイロン・ポリエステルの40番単糸（無糊）を水で濡らした後、引張試験機にチャック間距離30cmでチャッキングし、1gfの荷重をかけて10分間応力緩和試験を行った結果を図11に示す。チャッキングされた糸サンプルは、経時変化により乾燥していくが、それに伴う収縮が荷重の増加という形で観測される。図11より、ナイロンは綿・ポリエステルに対して荷重の増加が大きく、乾燥時の収縮が大きいことが明らかとなった。

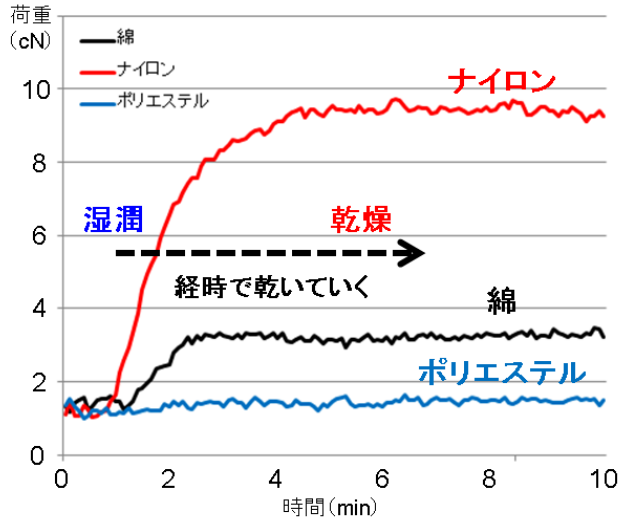


図11　乾燥時の収縮挙動（無糊）
引張試験機 ： 応力緩和試験　1cN　10min
乾燥条件　 ： 20℃/65%RH　（恒温恒湿室）

4　結　　言

経糸に3種類の異なる素材（綿・ナイロン・ポリエステル）を用いて整経長480mの整経試験を行った。これを1本のビームに巻取り、汎用織機にて100mの製織試験を行った。糊抜後、100℃および180℃にて乾燥処理し、経方向にシボのある織物作製に成功した。シボは、180℃よりも100℃での乾燥処理で顕著に表れた。また整経試験および製織試験にて、整経不良・製織不良になるような不具合は発生しなかった。

「重点領域研究開発事業」

炭素繊維複合糸織物の補強材としての活用に関する研究

藤田浩行，古谷稔，佐伯靖，東山幸央

要旨　シーズ技術である炭素繊維複合糸織物と木材からなる積層板を試作した。ホットプレス機により炭素繊維複合糸を構成するポリエチレン繊維の溶融接着で積層板の作製を試みた。炭素繊維が木材へ食い込み、そこへ樹脂が入り込むことで強固に接着することができた。その結果、接着剤のみで積層した材料より、約1.6倍の曲げ強度とエネルギー吸収の高い積層板が得られた。本手法は、接着剤を使用せずに熱圧縮のみで優れた材料の作製が可能であることがわかった。

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の製造技術を活用し、複合糸からの織物および複合材料の開発を進めてきた。ミシンの巻縫い技術で作製した複合糸は、炭素繊維の製織性や熱可塑性樹脂の含浸性および得られた織物の成形性など多くの利点が得られる[1)]。

一方、炭素繊維を老朽化した橋梁やトンネルなど社会インフラの補修・補強および学校、官庁、病院等の公共建築物の耐震化工事への適用など、土木建築分野への応用も大いに期待されている。例えば、炭素繊維のプリプレグシートと木材を接着剤で積層することで、木材の剛性改善や変形等を抑制した材料を開発し、建築物への適用の試みがある[2)]。

本研究は炭素繊維複合糸織物の適用拡大を目的に、木材との積層板の作製を試みた。従来、炭素繊維を補強材とした積層板は、相手材と接着剤で一体化しているが、ここでは、複合糸織物の特徴を活かしてホットプレス機で溶着を試み、機械的特性を評価することで、適用の可能性を検討した。

2　炭素繊維／木材積層板の開発

2．1　炭素繊維複合糸織物の作製

作製した炭素繊維複合糸織物は、炭素繊維とポリエチレン繊維からなる複合糸で構成されている。表１にミシンで作製した複合糸の構成を示す。巻縫いに使用した糸および引揃え糸の構成は、たて糸とよこ糸で異なる。織密度は、たて・よこ共10本/インチで、織物全体に占める炭素繊維含有率は、約52.2wt%であった。図１にたて糸として用いた複合糸を、図２に試作した織物の外観を示す。

表１　炭素繊維/ポリエチレン複合糸の規格

	素材	太さ	本数	ピッチ
強化繊維	炭素繊維	3K	1本	
巻縫い糸	ポリエチレン	タテ280D ヨコ130D	各3本	5本 /インチ
引揃え糸	ポリエチレン	280D	タテ3本 ヨコ0本	

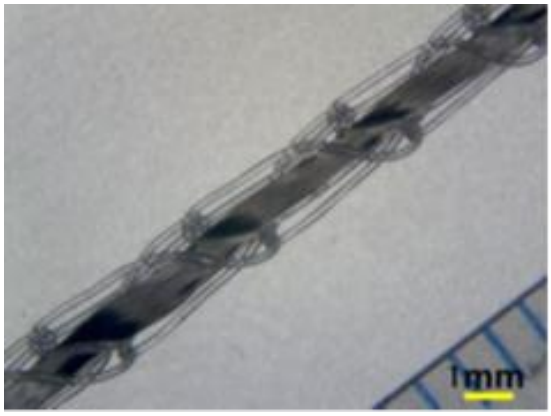


図１　炭素繊維/ポリエチレン複合糸の外観

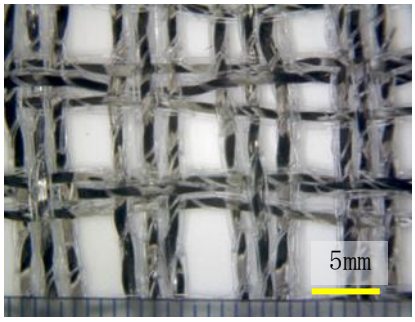


図２　試作した炭素繊維複合糸織物

２．２　積層板の作製

試作する積層板の構造は、図３のとおりである。外層と中間層の木材の間に強化層として、前述の織物を配置した。用いた木材の種類および厚みは、表２のとおりである。各木材は、木目方向が長手方向となるよう、幅130mm、長さ270mmに切断した。

積層板を作製するには、各層を接着することが必要となるが、①接着剤使用による接着、②ホットプレス機の熱圧縮によるポリエチレン樹脂の溶融接着を試みた。比較に「接着剤のみ」および「市販の炭素繊維織物使用」の場合も検討した。市販炭素繊維織物は、接着剤を用いて積層する。接着剤使用時の条件を表３に、強化層（接着層）の種類を表４にまとめる。

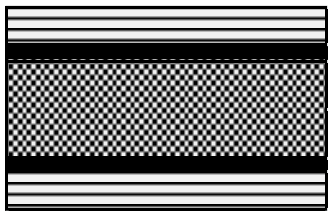


図３ 炭素繊維／木材積層板の構造

表２　用いた木材の種類と厚み

外 層	ラワン合板材	厚み2.5mm
中間層	杉材	厚み9.2mm

表３　接着剤の使用条件

接着剤と塗布量	酢酸ビニル樹脂系エマルジョン形接着剤（CH18　（コニシ（株）製））、200g/m^2
接着工程	常温、圧力1MPaで12時間圧締

表４　強化層の構成

A	接着剤のみ
B	市販炭素繊維織物（パイロフィルTR3110M (3K平織,織密度12.5本/ｲﾝﾁ)三菱レイヨン(株)製)
C	炭素繊維複合糸織物

表５　ホットプレス機による成形条件

条件	プレス温度	実質圧力	成形時間
Ⅰ	170℃	0.42MPa	10min
Ⅱ	170℃	1.57MPa	30min

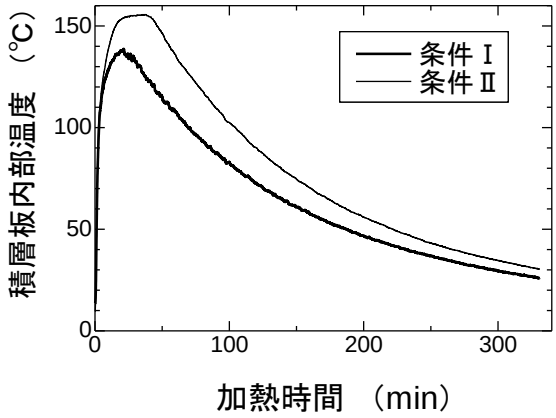


図４　ホットプレス機による積層板内部温度

ホットプレス機を用いた成形条件は、表５のとおりである。成形時間は材料内部にセットした熱電対から得られた温度が、ポリエチレン樹脂繊維の融点である130℃に到達してからの時間である。その後、加熱を止め、プレス機内で冷却した。なお、条件Ⅱは条件Ⅰと比較して、圧力約3.7倍、成形時間は3倍とした。図４に成形時の材料内部の温度変化を示す。また、炭素繊維複合糸織物を積層する場合、①そのまま木材の間に挟んで積層する方法と②予めホットプレスし、ポリエチレン樹脂繊維を溶融させて成形したシート材を挟んで積層する２つの方法で作製した。

２．３　積層板の三点曲げ試験

各条件で試作した積層板は、中央付近木目方向に幅30mm、長さ250～260mmの短冊状に３本切り出し、JIS Z2101-2009（木材の試験方法）15 曲げ試験 に準拠して３点曲げ試験を実施した。なお、支点間距離200mm、たわみ速度は、5mm/min

である。

3　実験結果と考察

3．1　接着剤使用の積層板の曲げ特性

表６に、接着剤を使用した積層板の曲げ強度、曲げ弾性率、破壊エネルギー、厚みおよび比重を示す。なお、破壊エネルギーは、曲げ荷重が500N以下に至るまでの仕事量として、荷重とたわみ量から算出したものである。その結果、曲げ強度および曲げ弾性率とも炭素繊維の積層による補強効果は見られず、複合糸織物の場合、接着剤のみより大幅に弱くなった。

接着剤による接着力は、被着材への界面接着力と接着成分の凝集力に影響されるとされる。炭素繊維の表面は一般的にエポキシ樹脂との接着を想定しているため、エポキシ樹脂系のサイジング剤で処理されており、酢酸ビニル樹脂との界面接着力は弱いと考えられる。また、ポリエチレン繊維は特に接着性に乏しい素材であるため、ほとんど接着剤による接着力は得られていないと思われる。

ただし、破壊エネルギーは、炭素繊維の織物を積層することで大きくなっている。図５に各積層板の曲げ応力-ひずみ曲線、図６に曲げ試験後の試料の外観を示す。

接着剤のみの試料は、中央の荷重負荷付近の材料下面から亀裂が入って一気に内部へ進行して破壊したと考えられ、最大応力を示した後曲げ応力は大幅に低下した。積層界面での破壊は見られなかった。一方、炭素繊維を用いた積層板は、炭素繊維と木材との界面強度が弱いため荷重の材料内部への伝達が小さく、そのため母材破壊もわずかで、界面での剥離進展による破壊が主のため応力低下は徐々に進んだと考えられる。

表６　接着剤使用積層板の曲げ特性

強化層の構成	曲げ強度 (MPa)	曲げ弾性率 (GPa)	破壊ｴﾈﾙｷﾞｰ (Nm)	厚み (mm)	比重
接着剤のみ	45.8	5.40	3.52	13.87	0.452
市販CF織物	47.1	5.73	13.63	14.33	0.466
CF複合糸織物	31.2	4.49	16.89	15.77	0.509

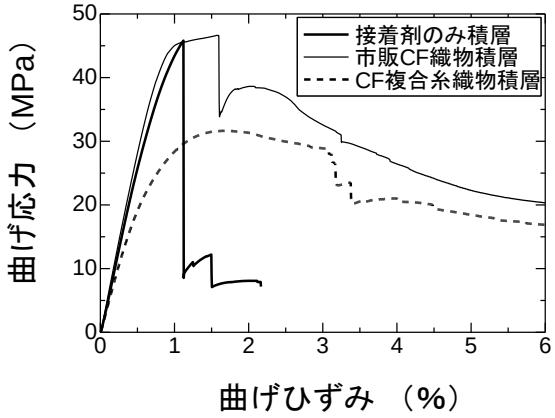


図５　接着剤使用積層板の曲げ応力ーひずみ曲線



(a) 接着剤のみ



(b) CF複合糸織物積層

図６　接着剤使用積層板の曲げ試験後試料

3．2　ホットプレス機による積層板の曲げ特性

図７に、表５に示す、条件Ｉで成形した積層板の断面を示す。織物のまま積層した材料は、シートを積層した材料よりも炭素繊維のクリンプが大きい。織物の初期形状は、ポリエチレン繊維が溶融していないため凹凸が大きくなっており、強く木材へ圧縮されることで表面に食い込んで、炭素繊維のクリンプが大きな状態で成形されたと考えられる。曲げ試験後の剥離面（杉材側）を図８に示すが、明らかに織物のまま積層した材料の表面には、繊維の凹凸の跡が残っ

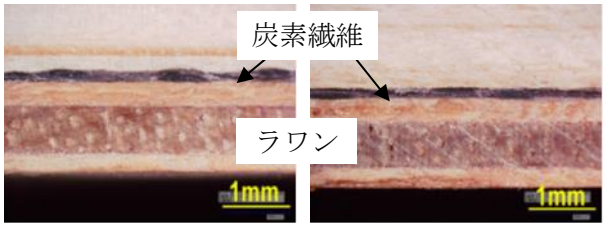


図７　積層板の断面(条件Ｉ;左:織物､右:シート)

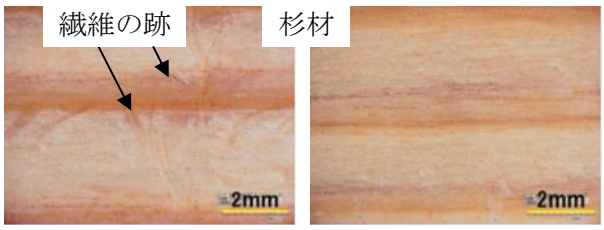


図８　剥離面(条件Ⅱ；左：織物、右：シート)

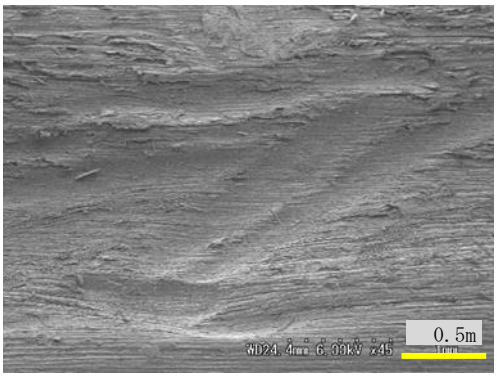


図９　剥離面（図８左）の電子顕微鏡写真

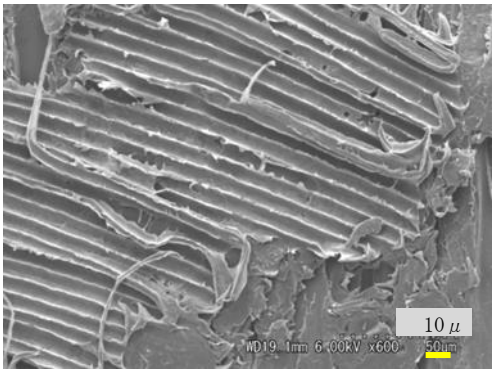


図10　木材表面のポリエチレン樹脂の付着

表７　ホットプレス機による積層板の曲げ特性

CF形態	成形条件	曲げ強度(MPa)	曲げ弾性率(GPa)	破壊ｴﾈﾙｷﾞｰ(Nm)	厚み(mm)	比重
織物	Ⅰ	74.2	7.73	20.39	14.00	0.556
	Ⅱ	78.5	8.23	10.14	9.34	0.767
シート	Ⅰ	66.1	8.07	10.57	13.94	0.550
	Ⅱ	71.0	9.14	7.67	9.48	0.749

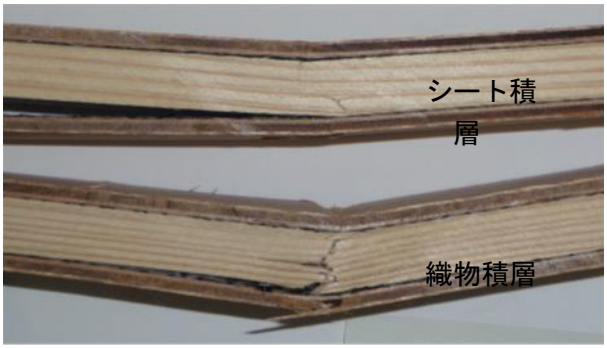
ている。電子顕微鏡写真（図９）で観察すると、はっきりと表面のへこみが確認できる。さらにへこんだ箇所を拡大すると、図10のように木材表面にポリエチレン樹脂が付着した箇所が多数見られた。また、樹脂表面には筋状の模様が見られるが、その幅は炭素繊維の直径（７μm）とほぼ同じであることから、曲げ試験によりポリエチレン樹脂から剥離された炭素繊維の跡であると予想される。

表７にホットプレス機で成形した積層板の曲げ試験結果を示す。なお、成形条件Ⅰ、Ⅱは、表５の条件である。織物をそのまま積層した材料は、条件Ⅰ、Ⅱともシートの積層板より曲げ弾性率は低くなっているが、曲げ強度は約10%大きい。曲げ弾性率の低下は、前述のとおり、クリンプが大きくなったため、荷重伝達が小さくなったためである。曲げ強度は、炭素繊維の木材への食い込みと溶融したポリエチレン樹脂が木材の微小な凹凸に入り込むアンカー効果等による界面強度向上が曲げ強度を高めたと考えられる。図11に、成形条件Ⅰで作製した曲げ試験後の試料を示す。織物の積層材料は、積層界面の剥離も見られるが、シートの積層材料と比べ界面強度が高いため、母材内部への荷重伝達が大きく、材料下面に明確な亀裂と厚み方向への亀裂進行による破壊が見られる。一方、シートの積層材料は明らかに界面剥離に伴う破壊で、両者の破壊形態は大きく異なった。

図12に曲げ試験による応力-ひずみ曲線を示すが、織物を積層した材料は、最大応力を示した後の応力低下も緩やかであり、界面強度の大きさが、曲げ応力-ひずみ曲線にも大きく影響していることがわかる。この違いは、破壊エネルギーの差にも表れており、条件Ⅰで約２倍程度織物を積層した材料の方が、破壊に伴うエネルギー吸収が大きい。



(a) 裏面



(b) 側面

図11　ホットプレス積層板の曲げ試験後試料

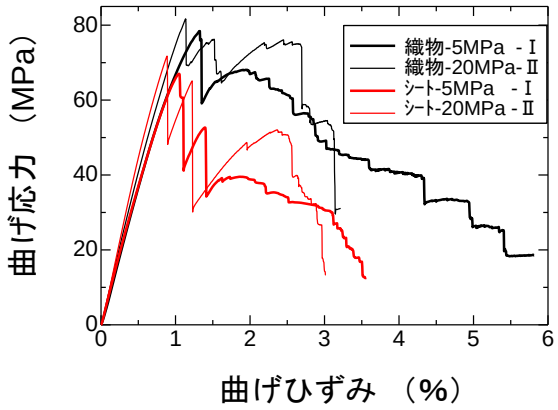


図12　ホットプレス積層板の曲げ応力ーひずみ曲線

成形条件で比較すると、表７のとおり条件Ⅱの試料の方が、曲げ強度および曲げ弾性率とも大きくなった。しかし、圧縮変形に伴い厚みは薄くなり、比重は1.36～1.38倍大きく木材本来の軽量感が損なわれた。そのため単位重量当たりで比較すれば、条件Ⅰの方が曲げ強度および曲げ弾性率とも20～30%大きかった。また、荷重低下も条件Ⅱの方が早く起こり、破壊エネルギーも小さくなった。さらに、図13のとおり、加熱による木材表面の褐色への変色も条件Ⅱは顕著に見られた。

以上の結果から、織物形態で積層し、条件Ⅰで成形した材料は、軽量で優れた曲げ特性と高い破壊エネルギーを有したエネルギー吸収の高い材料の作製が可能であることがわかった。

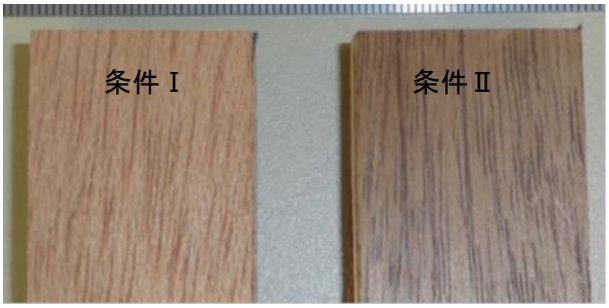


図13　成形条件と木材表面の変色（織物積層）

4　結　　言

シーズ技術である炭素繊維複合糸織物と木材からなる積層板を試作した。ホットプレス機により炭素繊維複合糸を構成するポリエチレン繊維の溶融接着で積層板の作製を試みた。炭素繊維が木材へ食い込み、そこへ樹脂が入り込むことで強固に接着することができた。その結果、接着剤のみで積層した材料より、約1.6倍の曲げ強度とエネルギー吸収の高い積層板が得られた。本手法は、接着剤を使用せずに熱圧縮のみで優れた材料の作製が可能で、今後さらなる特性改善を進める予定である。

参 考 文 献

1) 藤田浩行：熱可塑性CFRP技術集　ー材料・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) http://www.teijin.co.jp/news/2015/jbd150204_43.html

「重点領域研究開発事業」

綿繊維からのエタノール製造における連続処理技術開発

中野恵之，東山幸央，古谷　稔

要旨　兵庫県西脇市を中心とした播州織産地は企業の大半が半径15kmの範囲に集積しており、生産工程で余剰色糸・糸屑・端布が発生（約100ｔ/月）し、業界からリサイクルしてほしいとの要望が高い。これらの糸屑は、有償で産業廃棄物として処理されるため、企業の処理コスト負担も製品の競争力を大きく低下させている。そのため、余剰色糸・糸屑・端布などの廃棄物からバイオエタノールを製造し、エタノールを産地や当該地域で再利用していくなどの早急な対応が必要不可欠となっている。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と濃縮工程がある。糖化と発酵を同時に行い温度差制御気化浸透法によるエタノール濃縮技術と組み合わせて、連続でエタノール製造の最適な条件やエタノールと水の分離技術および工程管理を検討した。

１　目　　的

播州織産地は、生産工程で、余剰色糸・糸屑・端布が大量に発生しており、リサイクルしてほしいとの要望が高い。播州織物産地において綿繊維廃棄物からバイオエタノールを製造し地産地消を実施することにより、他の綿製品産地への技術普及も可能と考える。平成27年度の研究開発において、綿繊維からの糖化・発酵工程を１浴で同時処理が可能なことを確認した[1)]。高濃度のエタノール液を得るためには蒸留等の濃縮工程が必要となるが、蒸留法では大きな熱エネルギーを要する。そこで、本研究では、反応タンクに温度差制御気化浸透法（図１参照）を組み合わせて、エタノール製造装置を一体化することを検討した[2)]。温度差制御気化浸透法は、減圧下で気化させたエタノールと水を分離する技術である。この分離濃縮装置を糖化・発酵工程を行っている反応タンクに設置することから、反応中の生成エタノールを抜き出すことが可能となる。この試みから、綿繊維からエタノールを連続的に製造しながら分離濃縮するシステムを構築し、製造工程の簡略化とコスト削減を目指した。

２　実験方法

２．１　反応濃縮一体システムの構築

図２に反応濃縮一体システムの構成を示し、図３にシステム全体写真を示す。反応タンクに温度差制御気化浸透装置を連結し、減圧は耐溶剤のダイヤフラム型真空ポンプを用いる。ダイヤフラム型真空ポンプは、テフロン製ダイヤフラムの往復運動と逆止弁を組み合わせて駆動するため、エタノールに他の物質が混入しない。また、温度差制御気化浸透装置で分離膜を通過し濃縮されたエタノールは、高真空に減圧されている状態では捕集に液体窒素等を用いて冷却する必要がありコスト高になる。そこでダイヤフラム型真空ポンプ通過後の大気圧にて、温度差制御気化浸透濃縮に用いる0℃程度の冷却水を活用してエタノールを捕集するシステムを構築した。

構築した反応濃縮一体システムを用いてエタノール溶液による濃縮試験を行った。試験条件は、真空度400Pa、分離膜は中空分離ユニットを使用し、３時間濃縮運転を行った。反応タンクの温調は40℃で行った。

２．２　綿繊維くずからのエタノール製造試験

構築した反応濃縮一体システムを用いて、播州織産地で排出された綿繊維廃棄物の耳糸屑からのエタノール製造試験を行った。

エタノール製造には、酵素はファルマ㈱のメイラーゼを用い、酵母はオリエンタル酵母（saf-instant）を用いた。処理溶液は10L、繊維試料500g、酵素3g/L、酵母3g/L、酢酸と酢酸ナトリウムにてpH4.4に調整した。処理日数７日、温度40℃、繊維耳糸は20cm程度に切断して投入した。攪拌はスターラーを用いて行った。

２．３　エタノール濃度分析

エタノール濃度は、ガスクロマトグラフ（島津製作所製GC-14A型）にて、分析カラムは、ガラスカラム(THERMON-1000 5% SUNPOK-A 50-80)を用いて行った。

３　結果と考察

３．１　反応濃縮一体システムによる濃縮試験

反応タンクに500mlの6.1%エタノール液を準備した。終了時には373mlが残り、濃度は4,1%に低下していた。蒸気となったものの分離膜を通過していない溶液は分離膜下に貯まり、その回収量は95mlで濃度は11.5%であった。濃縮された試料は、11.8mlで56.5%であった。

これらの結果から、構築した反応濃縮一体システムは反応層内の反応液からエタノールを抜き取ることが可能であることが確認できた。

３．２　繊維層からのエタノール製造試験

構築した反応濃縮一体システムを用いて、播州織産地で排出される綿繊維廃棄物の耳糸屑からのエタノール製造試験を行った。図４に、繊維屑からのエタノール製造試験時の反応槽の写真を示す。開始時に槽内に確認された繊維形状は処理時間とともに分解され、７日後にはほぼ繊維形態が確認できない状況まで反応が進んだ。７日後に温度差制御気化浸透装置にて分離濃縮試験を行った結果、分離膜を通過して濃縮され回収したエタノールは、14.5ml、78.0%であった。また、減圧によって蒸気となったが分離膜を通過しなかった試料は、910ml、6.2%であった。この試験によって構築した反応濃縮一体システムにより綿耳糸屑からエタノールを製造し濃縮回収を同時に進行させることが可能なことが確認できた。

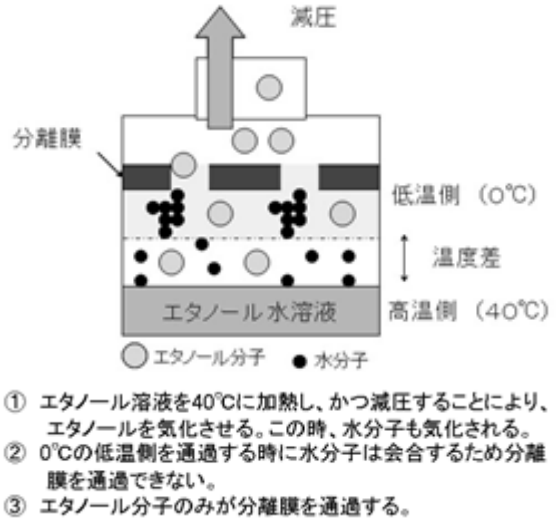


図１　温度差制御気化浸透法の概要

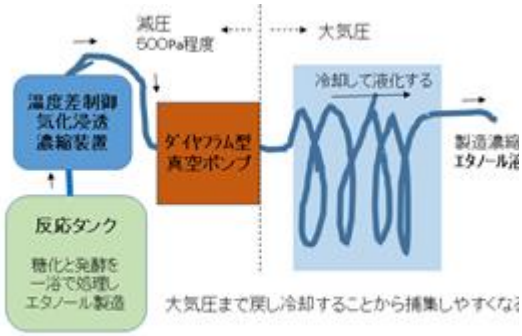


図２　反応濃縮一体システムの概要

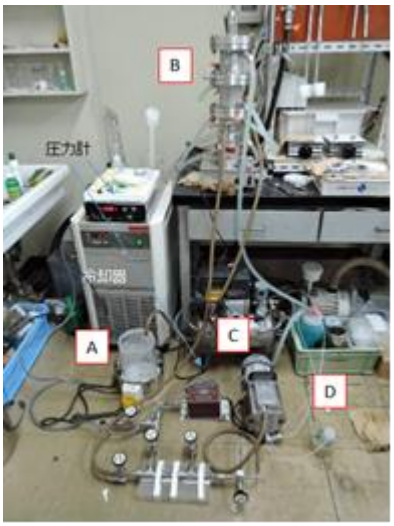


図３　反応濃縮一体システム写真

A:反応タンク設置部、B:温度差制御気化浸透装置

C:ダイヤフラム型真空ポンプ、D:エタノール回収部

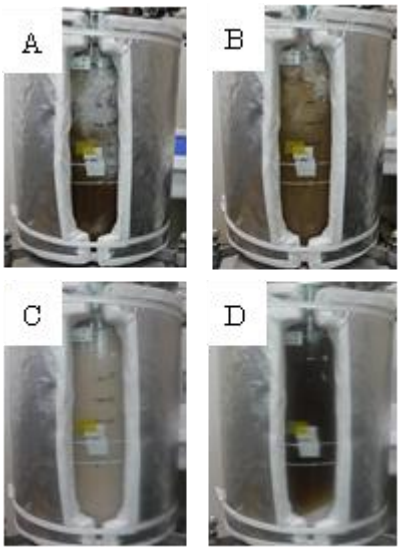


図４　エタノール製造試験時の反応槽
A：実験開始時、B：３日後、
C：７日後、D：７日後攪拌停止時

ま　と　め

繊維廃棄物（綿耳糸屑）を原料とし、糖化工程と発酵工程を同時に一浴で反応させ、エタノールを製造に関し、温度差制御気化浸透法により反応層から反応を止めることなく分離濃縮することを目的に実験を行った。得られた結果は以下のとおりである。

１）反応濃縮一体システムによりエタノール製造および分離濃縮は可能である。
２）分離膜を通過しなかった気化エタノールおよび水は水滴として膜下に貯まる。

以上のように構築したエタノール製造システムにて綿耳糸屑の処理が可能であることが確認できた。

参 考 文 献

１）中野恵之他、平成27年度繊維学会第秋季研究発表予稿集70巻2号、p119（2015）
２）中野恵之他、「発酵濃縮装置および発酵濃縮方法」特願2012-157906

謝　　辞

本研究は関西大学、㈱エコログ･リサイクリング･ジャパンと共同研究にて実施しました。
関係各位に深く感謝します。

「兵庫県COE（成長産業育成支援枠「応用ステージ研究」）」

携帯型高感度ELISA分析機用マイクロフィルターの開発

東山幸央，才木常正，瀧澤由佳子

要旨　エレクトロスピニング法にて作製したナノファイバー膜を、携帯型高感度分析機用のマイクロフィルターへの適用について検討を行った。

1　緒　　言

内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）は、環境汚染物質として重要な測定対象となっている。ノニルフェノール（以下NP）は、これまで大量に使用されてきた工業用洗浄剤などの微生物分解産物として環境中に存在しており、NPの魚類に対する予測無影響濃度（液中）は、環境省によると0.608μg/kg[1)]である。

現在、NPによる環境汚染の分析にはGC/MS法が使われているが、GC/MS分析装置では現地でのその場分析が非常に困難である上、前処理が複雑で検体当たりの分析時間が30-60分掛かるため、膨大な検体数となる環境試料分析に用いるには課題が多い。

一方、NPの多検体分析法としてイムノアッセイ（免疫測定）法が知られているが、この分析法での定量限界は5μg/kgであり[2)]、魚類に対する予測無影響濃度およびそれ以下を高感度に測定することができない。

兵庫県立大学では、マイクロリアクターとELISA（酵素免疫測定）法とを組み合わせたNP分析法を開発した[3)]。高感度化のために多段化すると問題になる装置の大型化については、マイクロリアクターを積層型とすることで解決した（図１）。酵素免疫反応場となるマイクロフィルターは、Spring-8の放射光微細加工技術により、PMMA樹脂より作製した（図２）。

このマイクロフィルターは、数mmサイズのリアクターの内部に、高アスペクト比の微細貫通孔が2000個以上集積されており、この微細空間を化学反応場に利用することで、高速かつ高選択性の反応が可能となる。また、システム全体の流路長が短く、低圧で送液制御が可能であることから、装置全体を小型化しやすいメリットがある。

しかし、放射光微細加工は設備面・コスト面では不利となるため、本研究では簡便な設備・低コストでのフィルター作製法としてエレクトロスピニング法（以下ESP法）を用いたマイクロフィルターの作製を試みた。

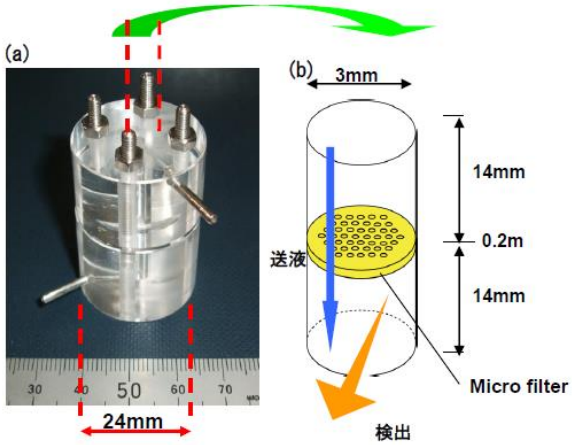


図１　積層型マイクロリアクターの外観（a）およびマイクロフィルターと反応槽の模式図（b）

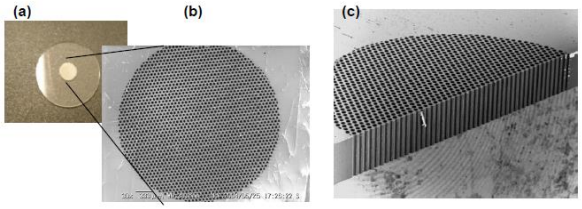


図２　マイクロフィルターの外観写真（a）SEM写真（b）および断面図（c）

以下、内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）として知られるノニルフェノール（以下NP）の微量高感度測定用フィルターの作製について検討した。

ELISA法は、抗原と抗体が1：1の関係で特異的に反応する抗原抗体反応を利用する分析法であり、競合法と非競合法がある。低分子であるNP（分子量220.36）の分析には、固相表面に固定化された一定量の抗体に対して、測定対象物質である抗原と、酵素を予め結合させた抗原（酵素標識抗原）とを競合的に反応させる競合法が一般的に用いられる（図３）。

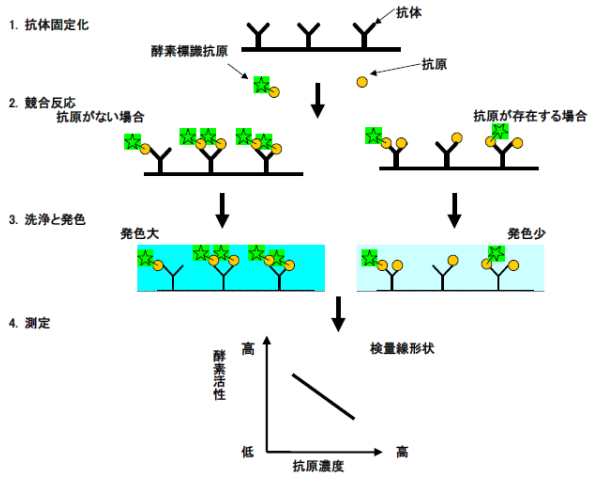


図３　ELISA（競合法）測定原理

試料中のNPの含有量が多いほど、抗体と反応する酵素標識されたNPの量が減少するため、抗原濃度と酵素活性との関係は、図３のような負の傾きを持ったグラフとなる。

ここで、ELISA法の技術的課題として、固相への抗体固定化法として物理吸着法[4)]が用いられるため、固相に固定化される抗体量を均一にすることができず、測定誤差や再現性低下の原因となっていた。

この課題の解決のために、新規ELISA法（図４）を提案した。図３とは逆に、抗原を固相表面に固定化した樹脂を作製し、酵素標識抗原の代わりに酵素標識抗体を用いて図３と同様の反応を行う。試料中の抗原（NP）の含有量が多いほど、酵素標識抗体の抗原固定化相への反応を阻害するため、NPの含有量と酵素活性は、図３と同様の負の傾きを持ったグラフとなる。抗原固定化樹脂の単位重量あたりの抗原量は、重合処方を調整することで変更することができ、従来の物理吸着法よりも、バラツキを低減することができると考えられる。

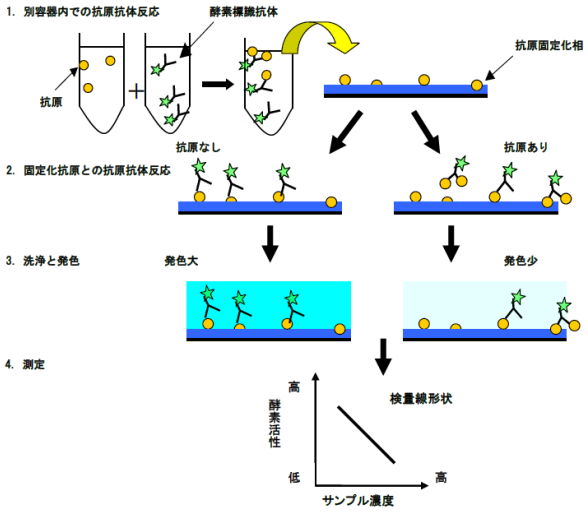


図４　新規ELISA法の測定原理

この新規ELISA法を適用するために、必要な構造を図５に示す。固定化相は、図２の積層型マイクロリアクターがPMMA製であることからPMMAとし、抗原は測定対象物質であるNPからノニルフェニル基とした。

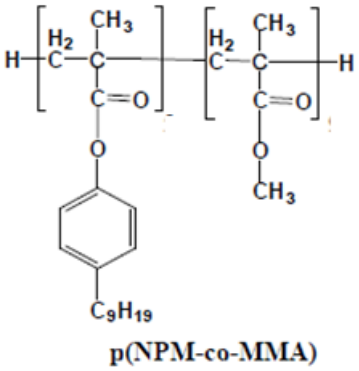


図５　マイクロフィルターに必要な分子構造

２　実験方法

２．１　ESP法によるNP分析用フィルターの作製

２．１．１．　ポリメタクリル酸メチル（PMMA）へのNPの直接添加とESP法による膜の作製

PMMA（Mw=350,000）の10wt%DMF溶液を印加電

圧10kV、ノズルーターゲット距離10cmにてESP噴射した。また、PMMAに対して50wt%および10wt%のNPを添加し、同様にESP噴射した。PMMA単独ではナノファイバー膜が得られたが、NPを混合するとマイクロファイバー膜が形成されなかった。

２．１．２．　NP含有樹脂（コポリマー）の合成とESP法による膜の作製

メタクリル酸メチル（MMA）のメトキシ部がNPと置換したノニルフェニルメタクリレート（以下NPM）とMMAを共重合させてNP含有樹脂（コポリマーp(NPM-co-MMA)）の合成を試みた。

まず前駆体として、NPMの合成を検討した。ピリジン9.79gとNP22.72g、クロロホルム50mlを混合し、メタクリル酸クロライド12.5mlを滴下し、室温で一晩攪拌した。反応溶液を分液ロートに移し、クロロホルム100ml、1N-塩酸100mlと飽和食塩水を加えて、反応液を下層の有機相（白濁）と上層の水相（透明）に分離した。有機相に無水硫酸ナトリウムを加え、室温で一晩攪拌した。濾過・濃縮後、シリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：クロロホルム）にてNPMを精製した（図６）。

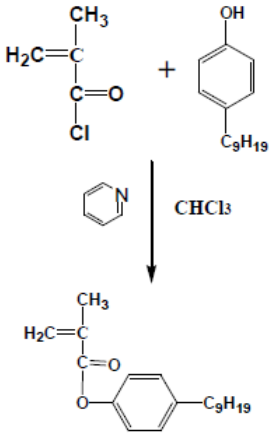


図６　NPMの合成スキーム

NPM7.0gとMMA2.5g、ベンゼン50mlを混合し、アゾビスイソブチロニトリル（AIBN）0.164gを加えて窒素置換しながら65℃で一晩攪拌した。メタノール中に展開して再沈殿させ、濾過洗浄後、NP含有樹脂（コポリマーp（NPM-co-MMA））を得た（図７）。

NP含有樹脂の20wt%DMF溶液を印加電圧10～15kVでESP噴射を行ったが、マイクロファイバー膜が形成されなかった。そこでNP含有樹脂とPMMA（Mw=350,000）との1/1混合物の10wt%DMF溶液を調製し、印加電圧10kVでESP噴射を行い、マイクロファイバー膜を得た。

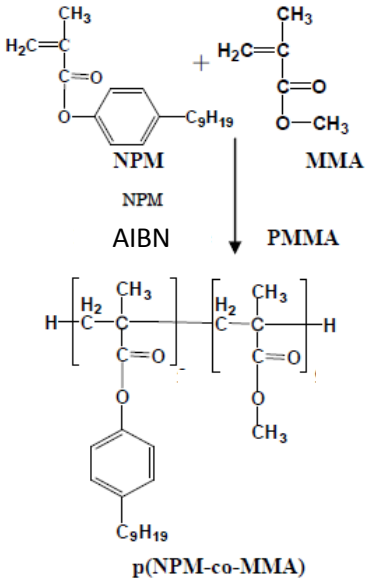


図７　NP含有樹脂の合成スキーム

３　結果と考察

３．１　ESP法によるNP分析用フィルターの作製

３．１．１　ポリメタクリル酸メチル（PMMA）へのNPの直接添加とESP法による膜の作製

最もシンプルなNP含有膜の作製方法として、NPをPMMAへ単に混合する方法がある。既に放射光微細加工では、この方法でフィルターの作製に成功している[2)]。しかし、今回のESP法による検討では、NPの添加量が増える毎にマイクロファイバー膜の形成状況が悪化した（図８）。

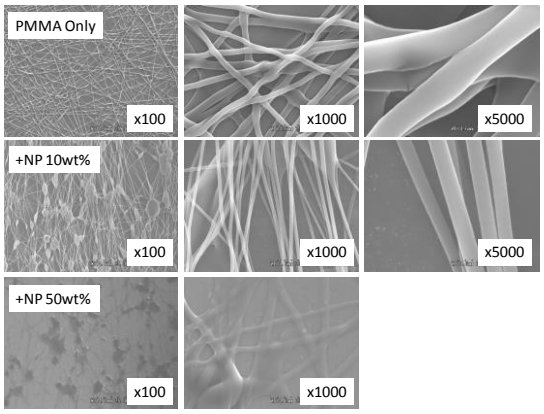


図８　ESPによるマイクロファイバー膜形成

また赤外分析より、NP10wt%添加サンプルに芳香環の吸収（Ph-H：1512cm-1）が見られないことから、マイクロファイバー膜にNPが含有されていないことが分かった（図９）。これよりNPはESP噴射の際に溶媒分として挙動し、マイクロファイバー膜（固形分）形成には加わらなかったと考えられる。よってNPをPMMAへ単に混合するだけでは、ESP法では目的のマイクロファイバー膜が得られなかった。

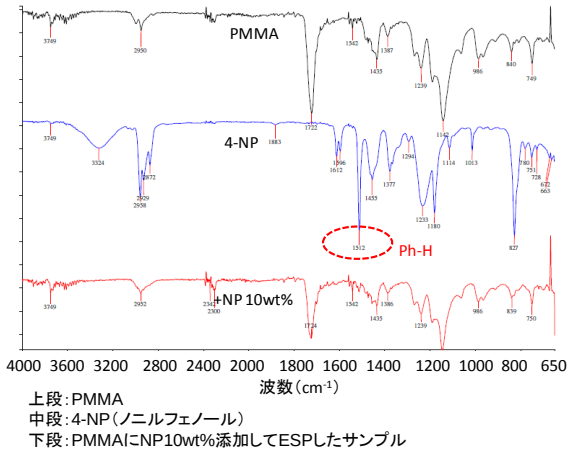


図９　赤外スペクトル

３．１．２　NP含有樹脂（コポリマー）の合成とESP法による膜の作製

３．１．１よりESP法では、NPを高分子鎖に直接化学結合させる必要があるため、まず前駆体のNPMを合成し、MMAと共重合させることでNP含有樹脂（コポリマーp（NPM-co-MMA））を作製した。NP含有樹脂の20wt%DMF溶液をESP噴射したが、マイクロファイバー膜の形成は見られなかった（図10）。

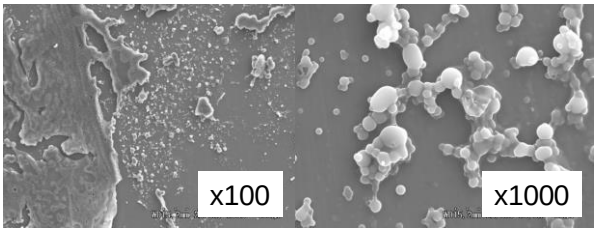


図10　NP含有樹脂単独でのESPサンプル

NP含有樹脂の20wt%DMF溶液の粘度は、PMMA（Mw=350,000）の10wt%DMF溶液よりもかなり低かった。これは、NP含有樹脂の分子量（重合度）がかなり低いことを意味する。NPMとMMAの重合は、開始剤であるAIBNの10時間半減期温度である65℃で行ったが、重合度を上げるために、より低温での重合を検討する必要があると考えられる。

次の手段として、NP含有樹脂をマイクロファイバー膜形成可能なPMMAと重量比１／１で混合し、DMFに溶解させてESP噴射を試みたところ、膜形成状態は良好ではないがマイクロファイバー膜が得られた（図11）。ESP噴射時のシリンジノズル先端を観察すると、マイクロファイバーの飛翔と共に液滴の発生も見られた。液滴はマイクロファイバーより重いため落下しながら飛翔し、そのままターゲットに衝突してダマが発生したと考えられる。

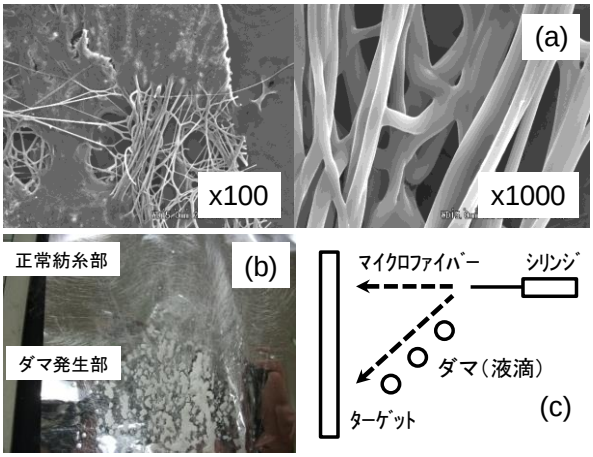


図11　NPとPMMA混合サンプルのESP噴射
（a）SEM写真、（b）膜の状態、（c）概念図

このサンプルの正常紡糸部、ダマ発生部およびNP含有樹脂の赤外スペクトルを図12に示す。正常紡糸部、ダマ発生部共に1500cm-1近辺に芳香環の吸収が確認できた。よって、紡糸状態に

よるノニルフェニル基の偏在は見られなかった。

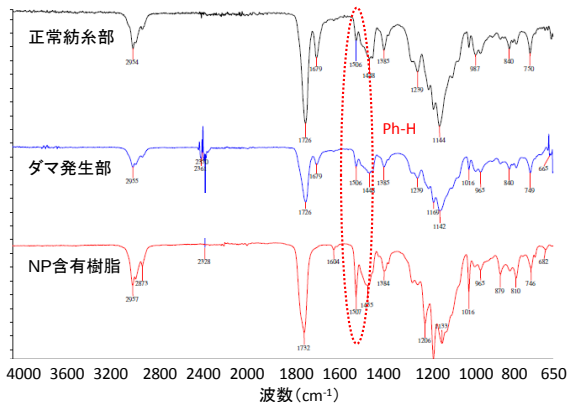


図12　赤外スペクトル

紡糸状態改善の試みとして、溶液の加温を試みた。室温で紡糸していたESP溶液を、60℃に加温することで溶液粘度を下げたところ、紡糸状態がやや安定し、厚み200～400μmのノニルフェニル基含有PMMAマイクロファイバー膜を得ることができた（図13）。

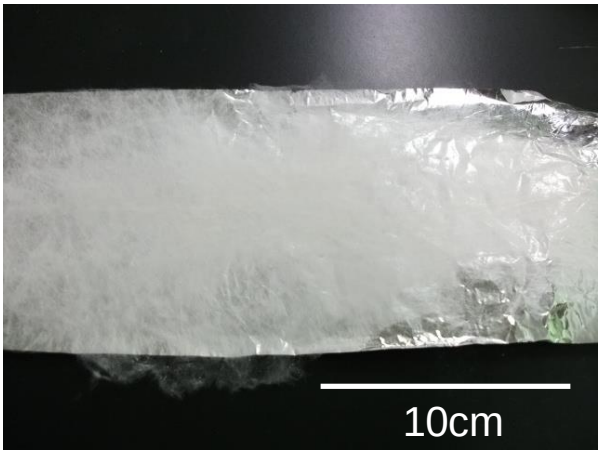


図13　作製したノニルフェニル基含有PMMAマイクロファイバー膜

このノニルフェニル基含有PMMAマイクロファイバー膜を用いてマイクロフィルターを作製し、兵庫県立大学にてマイクロリアクターとしての試験を行ったところ、このサンプルおよびノニルフェニル基を含有しないPMMA単独のマイクロファイバー膜においても、放射光微細加工フィルターでは見られなかった非特異的吸着（放射光微細加工では酵素標識抗体が吸着しなかった部分にまで酵素標識抗体が吸着してしまい、酵素活性が上がってしまうことで、実濃度よりも測定値が低く計測されてしまう現象）が起こることが明らかとなった[5)]。

この原因として、マイクロファイバー膜は放射光微細加工によるフィルターよりも比表面積が圧倒的に高く、PMMA素材の吸着能力が向上したためと考えられる。現在、非特異的吸着を防ぐために、親水性処理剤によるブロッキング処理法を検討中である。

4　結　　言

積層型マイクロリアクター用のマイクロフィルターの作製において、コストのかかる放射光微細加工に代わり、エレクトロスピニング法での作製を検討した。ノニルフェノール微量分析用のノニルフェニル基含有PMMAマイクロフィルターの作製に成功した。マイクロリアクター用フィルターとして試験した結果、非特異的吸着が起こり、フィルターとして使用するにはブロッキング処理が必要であることが分かった。

謝　　辞

本研究は、兵庫県立大学大学院工学研究科武尾研究室との共同研究および平成26・27年度兵庫県COEプログラム推進事業の一環として実施しました。関係各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

1) 環境省総合環境政策局環境保険部，ノニルフェノールが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告（平成13年）
2) 河路功夫，積層型マイクロリアクターを用いた免疫的検出系の構築(修士論文)，10-11，兵庫県立大学（平成21年）
3) T.Asano, Y.Ukita, Y.Utsumi, K.Matsui, M.Takeo, S.Negoro, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 3, 190-194 (2005)
4) Y.Ito, T.Yamaushi, Biomaterials, 27, 2502-2506 (2006)
5) 平成27年度兵庫県COEプログラム推進事業補助事業遂行状況報告書

「経常研究」

柄の繰り返しがない“やたら縞”の試作研究

古谷　稔

要旨　やたら縞の製造方法を見直し、産地の新技術と組合わせた“柄の繰返しが無いやたら縞”の提案を行い産地活性化の一助とする。

１目　　的

昨今のファッション産業は、個性的で独創的なものが好まれる傾向にある。そこで、やたら縞（別称：工場縞、出鱈目縞等）と呼ばれる播州織に着目した。余った糸をでたらめに並べて作る織物で、糸が貴重な時代に、自家用織物として製造され家人が着用した。再現性が低く個性的な和柄として近年人気が高まっている。

２　織物試作実験

２．１　糸設計と糸の試作

糸設計は、白糸と黒糸を基調とした糸を作成することとし、色糸がランダムに出現するようにアレンジワインダー（図1）用のデータ作成ソフトウェア（繊維工業技術支援センター著作物）を用いてデータを作成した。

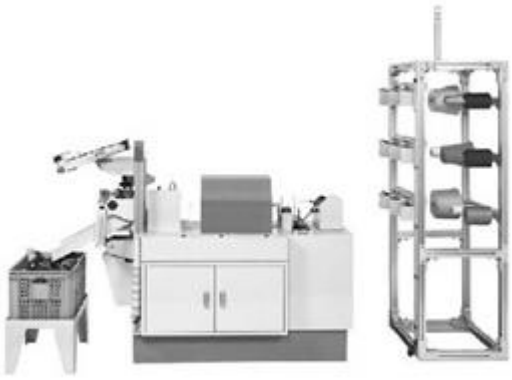


図1　糸作成に用いたアレンジワインー

糸作製は、糸設計で作成したデータを用い、アレンジワインダーにより作成した。ベースの白糸および黒糸と15種類以上の色糸を交互に繋いだ糸を２種類（図2）作成した。

アレンジワインダーは糸と糸を繋ぐ装置で、当所と㈱片山商店が共同開発したものである。

２．２　たて糸の糸準備

作成した糸をたて糸として整経に用いることで、色糸の出現に規則性がなく、繰り返しの無いたて糸を作製した。織機に仕掛けたものを図３、４に示す。



図2　アレンジワインダーで作成した糸
左：白ベース　　右：黒ベース

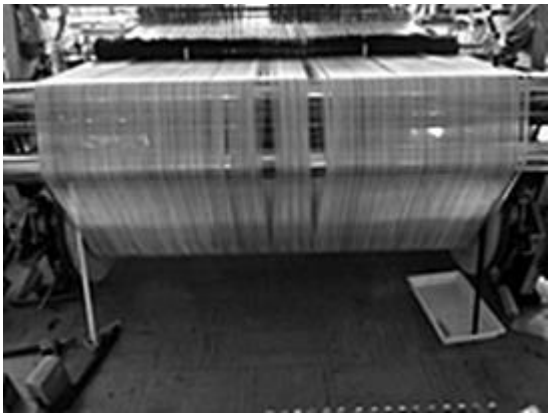


図3　白ベースの糸を整経して織機に仕掛けた織機

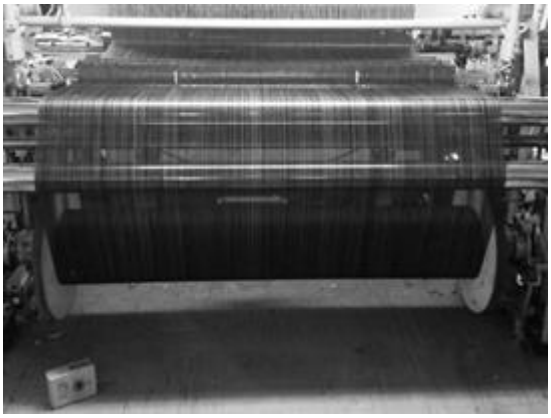


図4　黒ベースの糸を整経して織機に仕掛けた織機

２．２　織物の試作

織機に仕掛けたたて糸（図3、4）によこ糸を挿入し、織物の試作を行った。

白糸ベースのたて糸で試作した織物が図５で、黒糸ベースのたて糸で試作した織物が図６である。



図5　白糸ベースのたて糸で試作した織物

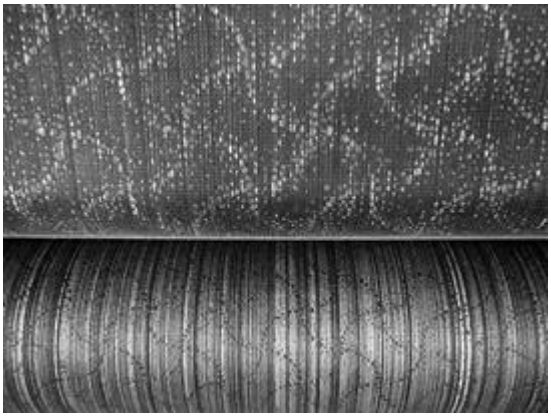


図6　黒糸ベースのたて糸で試作した織物

２．３　試作織物を使った試み

２．３．１　服にする試み

白ベースの糸については、神戸ファッション専門学校と共同研究を実施した。学生のコンペ形式（図7）によるアイデアから織物を試作（図8、9）し、試作した織物を自作自演のファッションショー（図10、11）で発表した。

今回の制作にコンペで選んだテーマは、“喜怒哀楽”で、若い学生の感性を、顔文字を使って表現したものを採用した。繰り返しのないやたら縞に、顔文字という現在の日本文化を取り込んだ斬新なアイデアである。

なお、ファッションショーは、2016年1月30日に神戸朝日文化会館で開催された。



図7　学生のアイデアコンペの風景



図8　製織中の織物



図9　完成した織物



図10　ファッションショーンワンシーン



図11　ファッションショーンラストシーン

２．３．２　柄の繰り返しがないやたら縞の試み

柄の繰り返しがないやたら縞の有効な表現方法を検討した。袋織でやたら柄の表情の変化や風合いの多様性を検討するジャカード織試織（図12)、同織物とクラッシュ加工を併用し、糸移動による大胆な柄変化で、たて糸の色の変容を追求した加工試作（図13）である。



図12　袋織を活用した試作織物

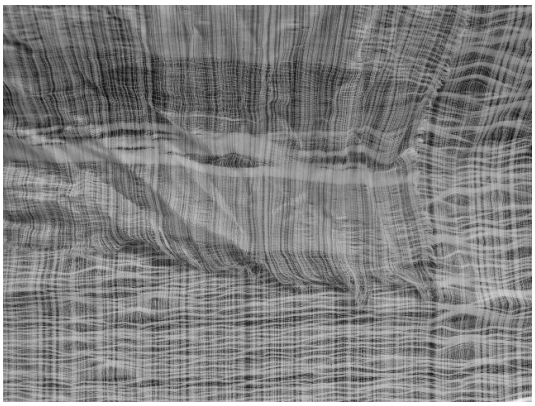


図13　クラッシュ加工を併用した試作織物

２．３．３　実用化への試み

企業との受託研究で、アレンジワインダーで作成した糸によるストールの試作を行った。図15が提供した糸で試作したストールで、つなぎ目で糸の色が替わる部分を拡大したものを図16に示す。糸の繋ぎ長さにもよるが、今回の試作では、1メートルの織物長に、約20個の繋ぎ目があり、順次色糸が入れ替わるため、同じ柄のストールが出来ない“やたら縞ストール”が試作できた。

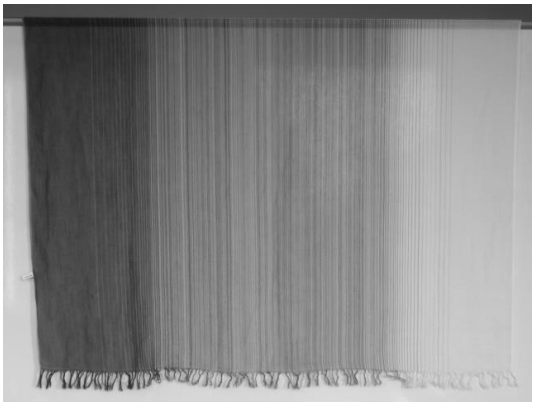


図15　提供した糸で作成したストール

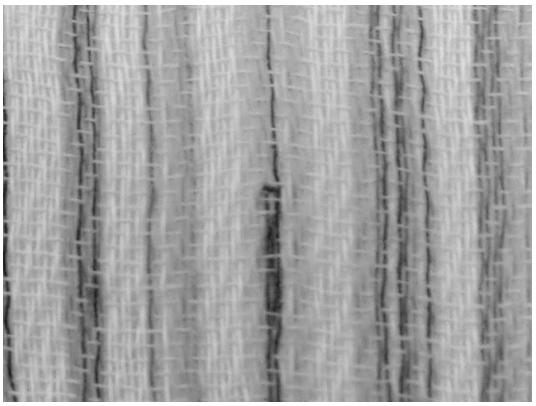


図16　糸のつなぎ目で色糸が入れ替わる部分

4　結　　論

柄の繰り返しが無いやたら縞を製造する方法として、アレンジワインダーの活用し、白および黒を基調とした糸による試織とその展開について検討した。この結果、繰り返しが無く、繋いだ糸の色が順次入れ替わるため、同じ柄が無い織物の製造が可能である。

本研究の実証面では、神戸ファッション専門学校と共同研究した“やたら縞のファッションショー”は高評価であった。また、産地企業が高級ストールの“マルチカラーやたら縞ストール（図15)”の販売に着手している。さらに、アレンジワインダーを用いることで繰り返しの無いやたら縞の作製技術の確立は、同装置の新しい活路として期待できる。

研究にご協力いただいた神戸ファッション専門学校、阿江ハンカチーフ㈱に感謝します。

「経常研究」

織物の遮熱性評価と遮熱性織物の開発

藤田浩行

要旨　前年度、開発した織物等シート状材料の遮熱性を簡易かつ短時間で評価できる装置および温度勾配を基に提案した評価式で、様々な規格の綿織物の遮熱率を定量化し、織物規格等との関係を明らかにした。その結果、遮熱性は、織物の目付や厚みとの相関はないが、クロスカバーファクターの大きい空隙の小さい織物ほど、遮熱性を向上させることがわかった。また、１枚の織物よりも重ねた方が、通気度を維持しつつ、遮熱性を向上させることが明らかになった。

１　緒　　言

地球温暖化に伴う気候変動の現象の１つである猛暑への対策として、遮熱性衣料や遮熱素材の開発ニーズがある。昨年度、生地の遮熱性を定量評価するため、簡易な装置と評価式を開発し、その有効性を確認した[1)]。

そこで、本研究では同一装置および評価式を用いて、様々な綿織物について遮熱性を定量評価し、織物規格と遮熱率との関係について明らかにした。また、素材としての快適性を保持し、高い遮熱率を有する素材開発の設計支援を図るため、生地の通気度と遮熱率の関係や生地の重ね合わせによる遮熱率への影響なども評価した。

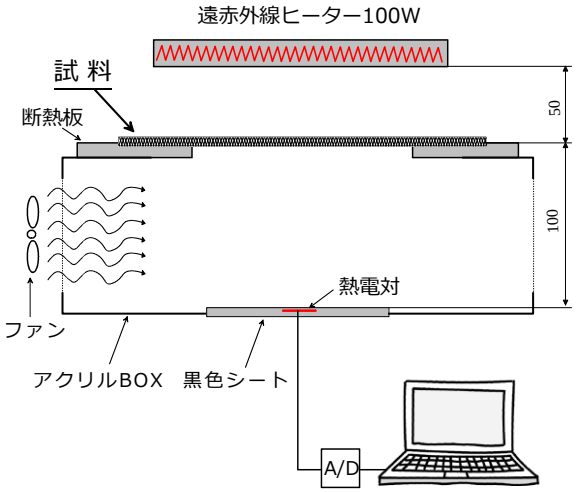


図１　遮熱性評価装置

２　実験方法

図１に示す、遮熱性評価装置を用いて、番手および密度の異なる12種類の綿織物について遮熱実験を実施した。各試料の規格は表１に示すとおりである。

なお、遮熱率は、式(1)に基づき算出したが、図２の黒色シートの温度勾配の一例のように、加熱後５分から10分後に温度変化の特徴が表れるため、式(1)における温度勾配は、この５分間における変化から算出した。

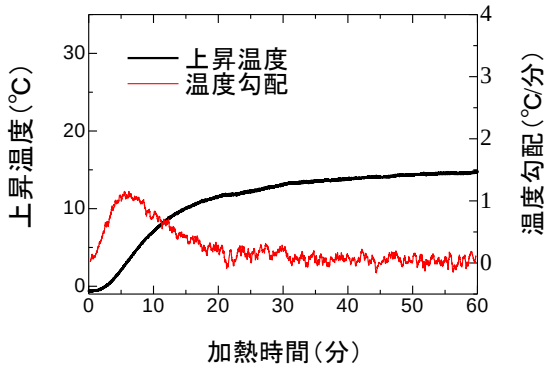


図２　黒色シートの上昇温度と温度勾配の変化例

$$遮熱率(\%) = \frac{ブランク温度勾配(℃/分) - 実験温度勾配(℃/分)}{ブランク温度勾配(℃/分)} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

表１　実験試料の織物規格と特性

		綿番手 (Ne)	密度 (本/ｲﾝﾁ)	目付 (g/m²)	クロスカバーファクターKc	厚み (mm)	通気度 (cc/cm s)
＃１	たて	5.6	28	242.0	17.93	1.101	46.30
	よこ	5.6	25				
＃２	たて	41.4	52	50.7	12.58	0.855	707.55
	よこ	41	40.5				
＃３	たて	60	80	106.7	14.08	0.595	914.63
	よこ	60	46				
＃４	たて	53.5	129.5	97.0	21.85	0.356	62.09
	よこ	52.2	81.5				
＃５	たて	38.3	47	135.6	16.92	0.708	203.80
	よこ	16.2	51.5				
＃６	たて	40	130	122.5	23.50	0.393	8.46
	よこ	40	70				
＃７	たて	9.1	50	223.9	21.19	0.657	6.56
	よこ	10.7	37				
＃８	たて	80	90	33.3	15.79	0.284	726.74
	よこ	80	80				
＃９	たて	30	90	84.1	21.71	1.27	468.75
	よこ	30	70				
＃10	たて	44	121	74.6	22.24	0.431	30.71
	よこ	40.5	73				
＃11	たて	40.9	123	78.8	22.90	0.4	22.99
	よこ	42.1	76				
＃12	たて	40.2	132	68.4	23.18	0.323	9.54
	よこ	91.7	88				

また、単位面積当たりの重量（目付)、厚みおよび通気度も計測した。なお、厚みは、圧力49Pa負荷したときの値である。

織物の空隙の指標となるクロスカバーファクターKcは、式(2)で算出できる。値が大きくなるほど、織物の隙間は小さくなる。

$$K_1 = \frac{d_1}{\sqrt{S_1}} \qquad K_2 = \frac{d_2}{\sqrt{S_2}}$$

$$K_C = K_1 + K_2 - \frac{1}{28} K_1 K_2 \qquad \text{-----(2)}$$

S_1, S_2 ：たて糸、よこ糸の綿番手

d_1, d_2 ：たて糸、よこ糸の織密度（本/ｲﾝﾁ)

3　実験結果と考察

図３および図４に織物の目付および厚みと遮熱率の関係を示す。図内の数値は、両者の相関係数である。その結果、両者とも遮熱率との相関は見られない。重く厚い織物であっても、遮熱性向上とは直接関係ないことがわかる。

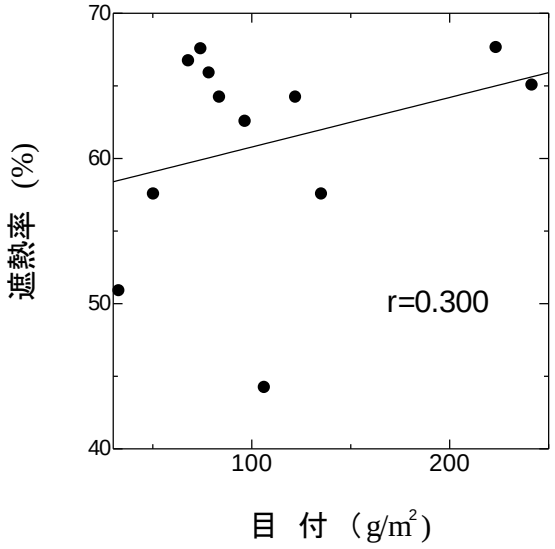


図３　目付と遮熱率の関係

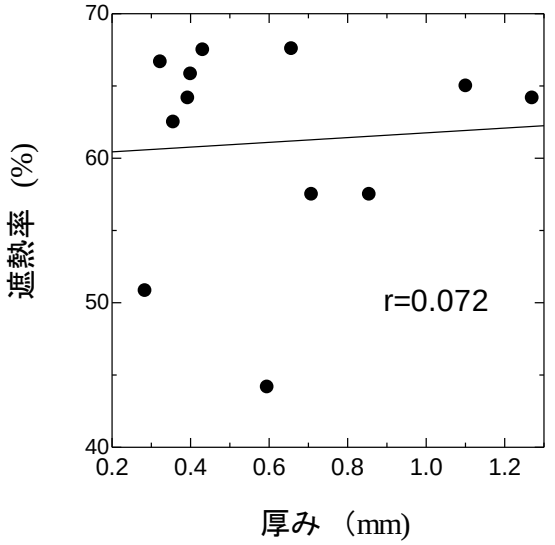


図４　厚みと遮熱率の関係

図５および図６にクロスカバーファクターおよび通気度と遮熱率の関係を示す。その結果、両者とも遮熱率との相関は高い。隙間が少なく、通気性が小さければ、遮熱性が向上することがわかる。しかし、遮熱性の向上は期待できるが、衣料品としての通気性は損なわれることになる。そこで、非常に軽く通気性の良い表１内の＃８の織物を複数積層した場合の遮熱性を評価し、通気性との関係について検討した。

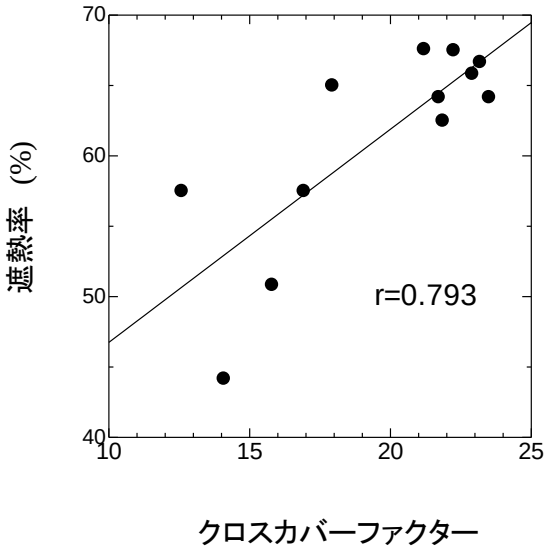


図５　クロスカバーファクターと遮熱率の関係

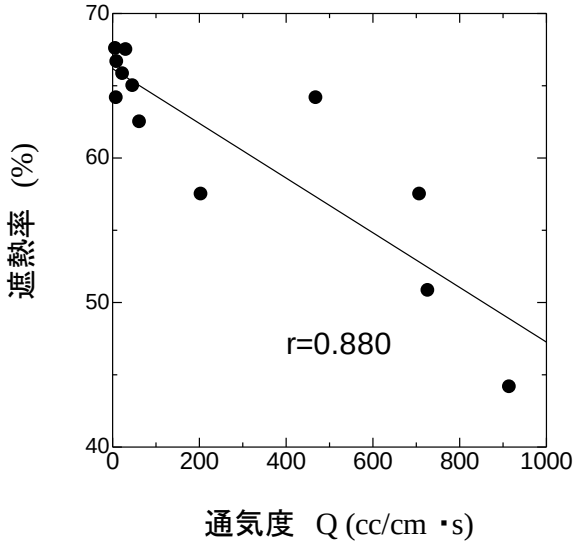


図６　通気度と遮熱率の関係

図７に＃８織物の積層枚数毎の温度上昇の変化を示す。また、図８に温度上昇の勾配を示す。当然であるが、積層枚数が多いほど温度上昇は抑えられ、その温度勾配の最大値も小さくなっている。図９に積層枚数と遮熱率の関係を示す。積層枚数の増加に伴い、遮熱率は向上しており、

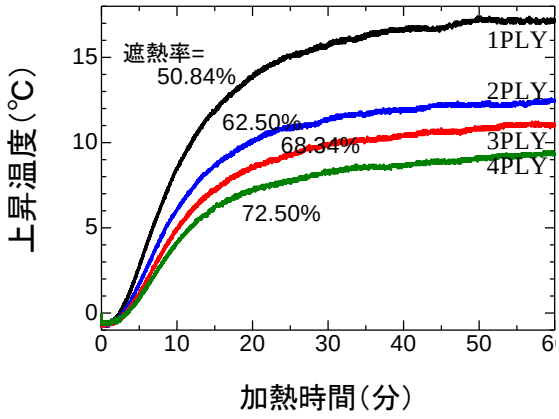


図７　＃８織物の積層枚数と温度上昇

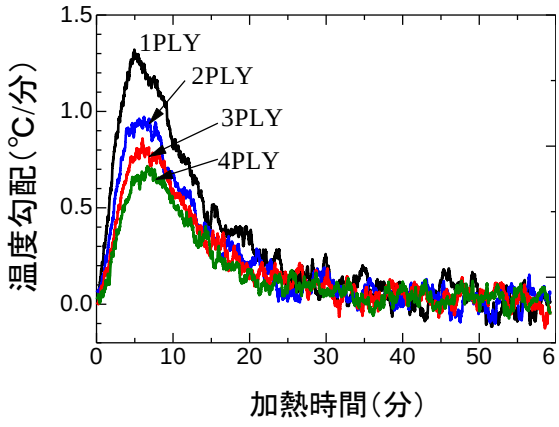


図８　＃８織物の積層枚数と温度勾配

１枚の生地の上に１枚重ね着するだけで、遮熱率は50.8%→62.5%と大幅に遮熱効果が向上することがわかる。

図６のグラフ内に、＃８織物を複数積層した試料の結果をプロット（□）して表示したのが図10である。積層枚数の増加に伴い、通気度は低下する一方、遮熱率は増加しており、両者は、高い相関関係にある。織物１枚の遮熱率と通気度の関係（実線―）と重ねた場合の関係（破線…）の傾きを比較すると、明らかに重ねた場合の方が、傾きは大きくなっている。これは、１枚の織物で遮熱性を向上させるよりも、薄い織物を重ねた方が、通気性の低下を抑えつつ、遮熱性を向上する効果があることを示している。これは、織物を重ねた状態でも空気の流れは、厚み方向に各織物の空隙に沿って流れるが、熱は、空気の流れのような移動は起こりにくいた

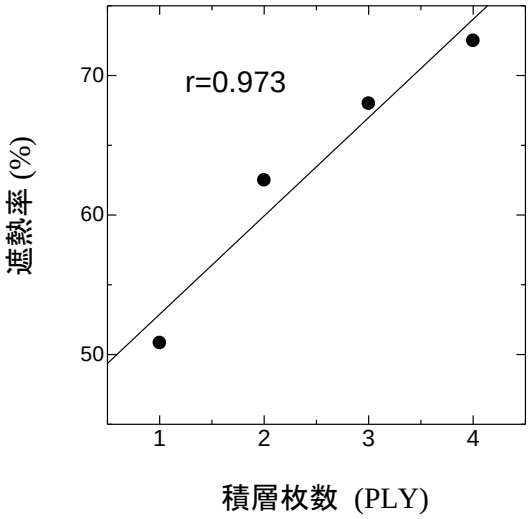


図９　＃８織物の積層枚数と温度上昇

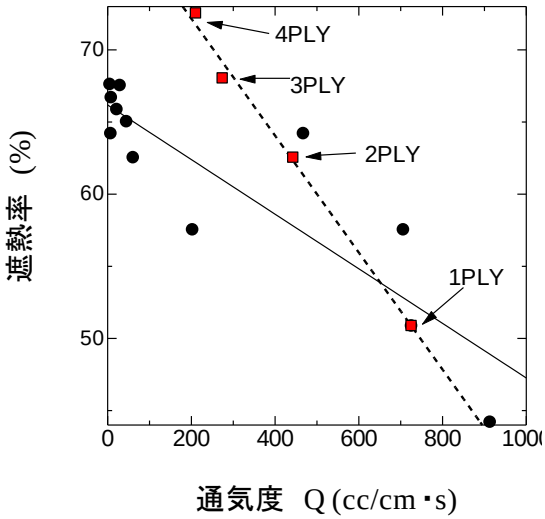


図10　＃８織物の積層枚数と温度勾配

めであると考えられる。

これらの結果から、例えば、同一密度、同一番手の織物を規格する場合、平織組織よりも二重織など多重織組織の方が、遮熱性に優れた織物となることを意味している。

４　結　　言

前年度、開発した織物等シート状材料の遮熱性を簡易かつ短時間で評価できる装置および温度勾配を基に提案した評価式で、様々な規格の綿織物の遮熱率を定量化し、織物規格等との関係を明らかにした。得られた成果を以下に示す。

(1) 織物の目付や厚みは、遮熱性への影響は

小さい。

(2) クロスカバーファクターの大きい空隙の小さい織物ほど、遮熱性は向上する。

(3) 通気度と遮熱率は、負の相関関係にある。

(4) １枚の織物よりも重ねた方が、通気度を維持しながら、遮熱性を向上させることが期待できる。

参考文献

1) 藤田浩行，繊維工業技術支援センター研究報告，No.47，p.10-12（2015）.

〔経常研究〕

顔料染色糸の柔軟性および機能性の改善

佐伯　靖

要旨　顔料染色においては、糸に顔料をバインダーで固着させ、熱処理を行うことから、糸が堅くなる傾向がある。本研究では、顔料染色の柔軟性および機能性の付与を検討した。５～10%の柔軟剤による仕上げ加工により、顔料染色糸ニットは、精錬漂白糸ニットの圧縮剛性（LC)0.32に近づき、柔軟性の改善が可能であることが明らかになった。また５～10%のはっ水剤で、４級以上のはっ水性等の機能性付与が可能であり、洗濯１回処理におけるはっ水度は３級以上であった。

１　目　　的

顔料染色では顔料の定着に、バインダーを使用し、摩擦堅牢性向上のため熱処理を必要とすることから、糸が堅くなる傾向がある。播州織物の柔軟性を付与するためには、仕上げ加工での柔軟性や機能性(はっ水性等)付与が必要である。本研究では、顔料染色の柔軟性を付与する仕上げ加工方法を検討し、顔料染色ニットでの柔軟性の評価およびはっ水の付与を検討した。

２　実験方法

市販の各顔料(赤色、青色、黄色、黒色)液５ｇを水70mlに溶解し、水酸化ナトリウム液でアルカリ性にした後、ウレタン系バインダー10ｇを混合し、水を加えて100ml容量とした。この顔料液を㈱梶製作所製KS-7 UNISIZER型顔料染色機を用いて、精錬漂白した綿80番双糸に乾燥温度80℃、巻取速度約80m～120m/minで染色試験を行った。顔料染色糸は、筒編み機による編成（ニット）を行い、５、10、20％のシリコーン系柔軟剤(ハイソフターKZ-3M：明成化学工業㈱製)溶液にそれぞれ浸せき後、100℃×20min乾燥し、170℃×３min熱処理を行った。柔軟性試験はカトーテック㈱製KES-FB3型風合い計測試験機（KES）による圧縮特性で評価した。

次に、顔料染色糸ニットの機能性付与として、５、10％のフッ素系はっ水剤(アサヒガードLS-317：明成化学工業㈱製）溶液にそれぞれ浸せき後、100℃×20min乾燥し、170℃×３min熱処理を行った。はっ水度試験(スプレー試験)は、JIS L10927.2に準じて行った。また洗濯処理(JISL1092：2009 6.2.1 C法(家庭用電気洗濯機を用いる方法) JIS L0217の付表1［103］に規定する方法)１回後のはっ水度試験を行った。

３　結果と考察

表１から、顔料染色糸ニットの柔軟性評価である圧縮剛性（LC）値が、0.38～0.46であり、精錬漂白糸の0.32より高いことから、いずれの顔料色も精錬漂白糸より堅いことが明らかとなった。特に黄色顔料染色糸ニットが堅たかった。また図１のグラフからも示されるように、50cN荷重下における各顔料染色糸ニットの変位は、精錬漂白糸より小さく、潰れにくいことが分かった。

表１　顔料染色糸ニットの圧縮剛性（LC）

柔軟剤濃度(%)	0	5	10	20
精錬漂白糸	**0.32**	－	－	－
赤	0.42	0.38	**0.33**	0.34
青	0.41	**0.37**	0.42	0.39
黄	0.46	0.38	**0.36**	0.39
黒	0.38	0.37	**0.35**	0.40

LC：値が 1 に近い程、かたい

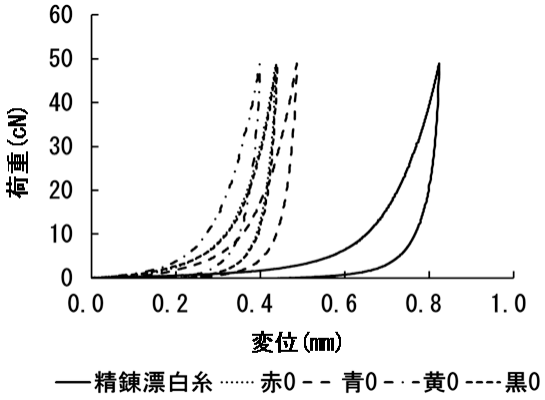


図１　顔料染色ニットの圧縮荷重と変位

各顔料染色糸ニットに柔軟加工を行った結果、表１に示すように、赤色のLC値は柔軟剤濃度10％で0.33、青色のLC値は柔軟剤濃度５％で0.37、黄色のLC値は柔軟剤濃度10％で0.36、黒色のLC値は柔軟剤濃度10％で0.35であり、柔軟未加工よりも低下し精錬漂白糸の0.32に近づくことから柔軟性が改善された。しかし柔軟剤濃度20％では、柔軟剤濃度５～10％のLC値より高くなったため、堅くなる傾向が見られた。

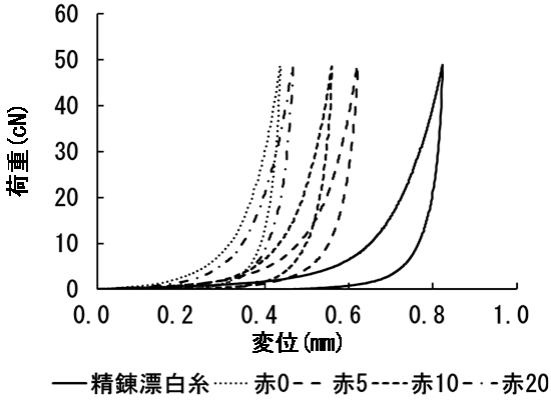


図２　赤顔料染色ニットの圧縮荷重と変位

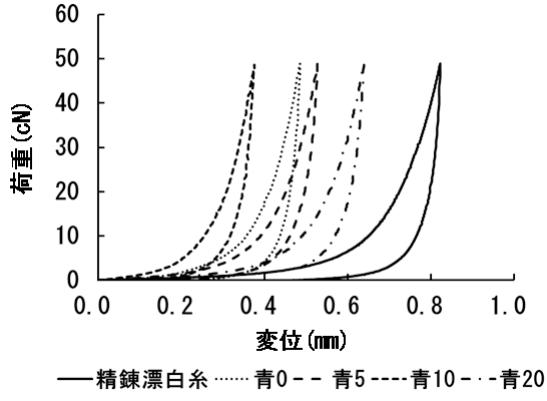


図３　青顔料染色ニットの圧縮荷重と変位

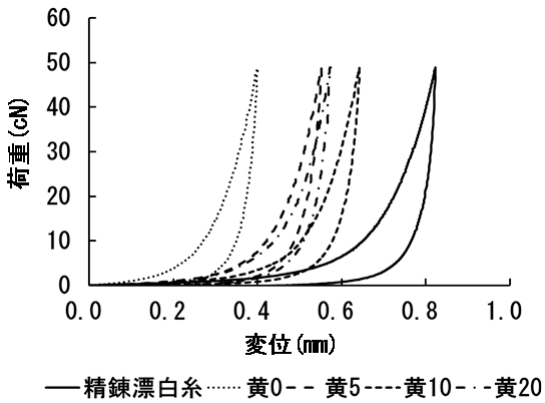


図４　黄顔料染色ニットの圧縮荷重と変位

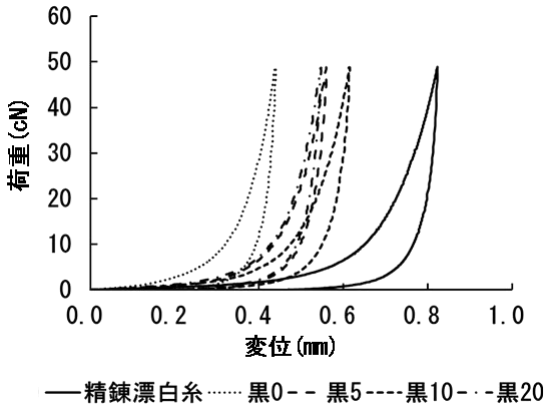


図５　黒顔料染色ニットの圧縮荷重と変位

図２～図５に示すように各顔料染色ニットの柔軟加工における50cN荷重下の変位は、赤色の場合、柔軟剤濃度20％で柔軟未加工に近づいて潰れにくくなった。青色では柔軟剤濃度10％で柔軟未加工より潰れにくくなった。黄色および黒色では柔軟剤濃度による変位の差は小さいが、20％で柔軟未加工に近づいた。顔料染色ニットの50cN荷重下の変位からも柔軟剤濃度の増加による剛性の影響が見られた。

表２　顔料染色糸ニットの圧縮仕事量g・cm/cm^2(WC)

柔軟剤濃度(%)	0	5	10	20
精錬漂白糸	**0.42**	－	－	－
赤	0.42	0.43	0.42	0.37
青	0.43	0.41	0.42	0.49
黄	0.41	0.43	0.44	0.45
黒	0.42	0.40	0.40	0.37

WC：大きいほど圧縮しやすい

表２に示すように、顔料染色糸ニットの圧縮仕事量（WC）による柔軟性の評価では、精錬漂白糸と顔料染色糸ニットの差は見られなかった。ニットは編み地のため、糸間の隙間が多いことから単位面積当たりの圧縮仕事量が十分評価できなかったためと考えられる。

表３　顔料染色糸ニットの圧縮抵抗％（RC）

柔軟剤濃度(%)	0	5	10	20
精錬漂白糸	**43.9**	－	－	－
赤	39.0	52.9	51.5	53.7
青	38.7	51.5	54.3	50.6
黄	40.2	50.3	54.8	51.6
黒	39.5	52.4	52.6	54.6

RC:大きいほど厚さ方向の回復がよい

表３に示すように、圧縮抵抗％（RC）の評価では、顔料染色糸ニットに柔軟剤が無い場合、圧縮からの回復が悪く潰れた状態であったが、柔軟加工を行うことにより圧縮からの回復性が良く、反発性を有することがわかった。

表４　顔料染色糸ニットのはっ水性

顔料	はっ水剤(%)	はっ水度(級)	
		洗濯なし	洗濯１回
精錬漂白糸	－	1	－
赤	0	1	－
	5	4	3
	10	5	4
青	0	1	－
	5	4	3
	10	5	4
黄	0	1	－
	5	5	4
	10	5	5
黒	0	1	－
	5	4	3
	10	5	4

顔料染色ニットの機能性付与としてはっ水加工を行った結果、表４に示すように、未加工の顔料染色糸ニットには、はっ水性は見られなかったが、はっ水剤濃度５％ではっ水度は４級、はっ水剤濃度10％で５級を示した。洗濯処理後のはっ水性を評価した結果、洗濯１回処理におけるはっ水度は３級以上であった。顔料染色糸においてはっ水等の機能性付与が可能であった。

４　結　　論

顔料染色糸のニットにおいては、柔軟剤濃度５～10％で柔軟加工が可能であった。機能性付与としてはっ水剤濃度５％以上で、４級以上のはっ水性等の付与が可能であった。顔料染色糸の織物についても同様に加工が可能であると考えられる。さらに今後、加工に対する耐久性(洗濯回数10回処理後のはっ水性等)の検討が必要である。

「経常研究」

温度差制御気化浸透法における２段分離膜による効率化

中野恵之

要旨　繊維廃棄物からエタノールを製造する際には発酵液からエタノールを抽出する工程がある。一般的に発酵液から蒸留法にてエタノールを抽出して濃縮しているが、コスト面から少量生産には不向きである。我々は、この課題を解決するために温度差制御気化浸透法に着目して分離膜開発等を行ってきた[1)]。本研究では、温度差制御気化浸透法での分離膜の設置箇所を２段にすることから効率的なエタノールの抽出と濃縮を試みた。これまで１段の分離膜を使用したために、冷却された膜部が結露状態になり気化した水とエタノールの分離効率が低下することが推測された。この課題を解決するために１段目に冷却と結露状態による水分離を目的とした分離膜もしくは金属メッシュを配置し、２段目に高度濃縮に適した分離膜を配置することを検討した。

１　目　　的

繊維廃棄物からエタノールを製造する際に発酵液からエタノールを取り出す工程では、蒸留を用いて行うのが一般的であるが、蒸留法ではバッチ式の工程になり効率が悪くなる。本研究では、糖化発酵工程を行いながらエタノールを分離濃縮可能で糖化発酵および分離濃縮工程を連続可能とする温度差制御気化浸透法の分離膜の設置箇所を２段にすることで、より効率的なエタノールの濃縮分離を検討した。（図１参照）

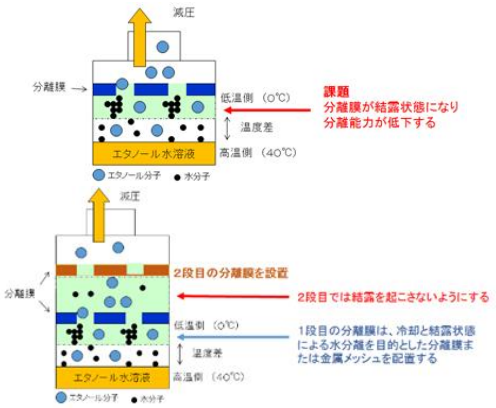


図１　温度差制御気化浸透法における分離膜の設置箇所（上：１段膜使用、下：２段膜使用）

２　実験方法

１段目に冷却と結露状態による水分離を目的とした分離膜もしくは金属メッシュを配置し、２段目に高度濃縮に適した中空糸分離膜を配置して分離効率を向上させることを検討した。

図２に実験システムの概要を示す。分離膜を通過したエタノール溶液を高濃度試料、未通過の溶液を低濃度試料とした。初期の溶液は10%エタノール溶液500mlで４時間の濃縮試験を行った。表１に、細孔20nmのポリエチレン分離膜、電界紡糸で作成した繊維径450nmのポリフッ化ビニリデン（PVDF）膜および金属メッシュを配置した時の試験結果を示す。圧力の差による濃縮度の違いは確認できなかった。また、１段目の各分離膜を使用した際の結果から、100メッシュの金属メッシュを配置すると高濃度濃縮量が向上したが、同時にエタノール分離濃縮の総量は減少した。多孔質膜の配置は性能向上に繋がらなかった。

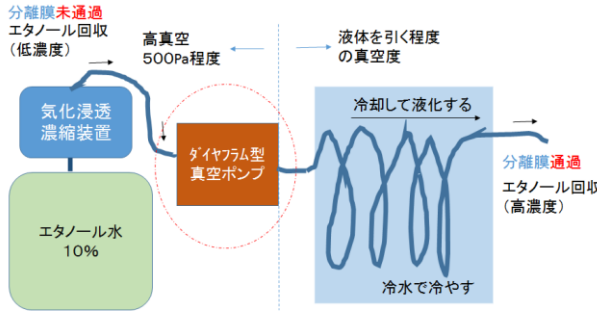


図２　実験システムの概要

さらに分離濃縮時の分離膜の状態が湿潤している可能性が考えられたため、簡易的な観察装置をアクリル材で作成し、実験中の装置内部の観察を行った。

3　結果と考察

表１に試験結果を示す。１段目の分離膜の選択（多孔質膜または金属メッシュ）100メッシュの金属メッシュを配置すると高濃度濃縮量が向上した。しかし、同時にエタノール分離濃縮の総量は減少した。また、多孔質膜の配置は性能向上に繋がらなかった。

１段目膜無しの場合では、真空度が高いほうが濃縮量は増加した。100メッシュの金属メッシュを配置した場合は低圧の800Paの結果が、高濃度濃縮濃度について良い結果となった。

図３に膜周辺の装置内部の状況と膜部の写真を示す。周辺が液状になっているが、膜部に液体の付着は見られなかった。装置内部の中心部付近は温度低下による気体の液化は起きていないことがわかった。

これらの結果から、真空度の調整で、一定の範囲で目的とする濃縮濃度や濃縮量を得られると推測できた。また、理論的に未回収の不足となる気化した液量については、高濃度のエタノール水として放出されていることが推測できた。ダイヤフラムポンプ通過後の回収装置の改善が必要であることがわかった。

ま　と　め

温度差制御気化浸透法の分離膜を２段にすることで、より効率的なエタノールの濃縮分離を検討した結果、以下のことがわかった。

１）多孔質膜の配置は性能向上に繋がらなかったが、真空度の調整で、一定の範囲で目的とする濃縮濃度や濃縮量を得られると推測できた。

２）１段目膜無しの場合では、真空度が高いほうが濃縮量は増加した。しかし、金属メッシュを配置すると低圧の結果が、高濃度濃縮濃度について良い結果となる場合が確認できた。

これらの結果から、エタノール濃縮条件によって回収濃度や速度をある程度制御できることが確認できた。

表１　２段分離膜による１段目分離膜の違いによる試験結果

１段目分離膜	圧力(Pa)	高濃度(%)	高濃度(ml)	低濃度(%)	低濃度(ml)
無し	500	85.6	11.0	13.6	112
無し	800	85.4	7.3	15.6	111
20nm膜	500	72.7	8.2	16.3	101
PVDF	500	46.0	2.4	28.8	28
795ﾒｯｼｭ	500	74.3	9.4	13.9	108
635ﾒｯｼｭ	500	75.1	8.8	14.9	116
100ﾒｯｼｭ	500	72.8	15.2	14.4	99
100ﾒｯｼｭ	800	84.7	12.7	24.6	58



図３　実験装置の分離膜周辺の状態
（左：膜周辺装置部、右：膜部）

参 考 文 献

１．中野恵之他、平成27年度繊維学会第秋季研究発表予稿集70巻2号、p119（2015）

「経常研究」

製品異物・不具合解析データベースの最適化に向けた研究

東山幸央

要旨　製品異物・不具合解析について、過去の分析事例を迅速に検索可能にすることで、製品クレーム分析対応の効率化を目指した。

1　緒　　言

企業より持ち込まれる異物分析・不具合解析は緊急性が高いことがほとんどである。また、この種の分析は機器分析の結果と、発生時の状況の聞き取り結果の両方を考えながら推論を立てていく必要があるため、どうしても経験に頼る部分が大きく、系統立てて分析技術を習得していくことが困難である。本研究では、過去の分析事例を迅速に検索可能にすることで、製品クレーム分析対応の効率化を目指した。

2　実験方法

製品クレーム分析では、EDX（エネルギー分散X線分光分析）による元素分析とFT-IR（フーリエ変換赤外分光分析）による赤外分析の２つを主に用いる。FT-IRには、ユーザーライブラリ機能があり、過去の分析事例を蓄積・検索することができるが、EDXにはユーザーライブラリ機能が無く、この２つの分析法による異物分析結果を連動させることができなかった。

本研究で作成した独自のデータベース（Microsoft Access）では、EDXとFT-IRの２つの分析結果を関連づけて登録でき、更に色・形情報、発生状況などのコメント入力も可能にした（図１）。

EDXの元素分析結果は、含有元素別に３段階（Strong：50%以上・Middle：10%以上・Weak：2%以上）とし、該当する元素記号を入力する方式とした。FT-IRは４つの主要ピーク（-OH・-CH・-C=O・CONH）の有無と、その他のピークをコメント入力する方式とした。



図１　データベース入力画面

3　結果と考察

迅速な分析事例の検索として、分析結果の要素毎のフィルタリングが有効である。

分析例として、「Ａ社、黒色異物、鉄が20wt%程度含有、油付着」という条件で過去の分析事例を検索する。まず「企業名」のタブの▼ボタンをクリックし、「テキストフィルター」から「指定の値を含む」を選択し、Ａ社と入力して企業名でフィルタリングする。検索例ではこの時点で24件がヒットする（図２）。

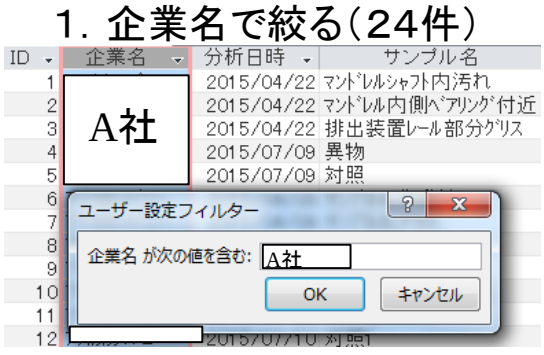


図２　企業名でフィルタリング

続いて、EDXの「Middle」(49～10wt%) のタブの▼ボタンをクリックし、先程と同様に「テキストフィルター」から「指定の値を含む」を選択し、「Fe (鉄)」と入力して元素名でフィルタリングする。検索例ではこの時点で24件から７件に絞り込まれる (図３)。この絞り込みは、例えば「Fe　Cr」と入力することで鉄とクロムをそれぞれ49～10wt%の範囲で含有する分析事例を検索することも可能であるし、また「Strong」(100～50wt%)、「Weak」(10～2wt%) と併せた絞り込みも可能である。例えば、「鉄がメインだがほんの少しクロムも含有する事例」を検索したければ、「Strong」に「Fe」を、「Weak」に「Cr」を入力すればよい。

続いて「色」のタブで「黒」でフィルタリングすることで、７件から３件に絞り込まれる (図４)。

この３件の分析事例について、赤外分析結果を見てみると、油の痕跡と思われる炭化水素の赤外吸収を持つものは１つだけとなる (図５)。

図５の「他IR」のタブは、４つの主要ピーク (-OH・-CH・-C=O・CONH) 以外を略称として入力した。本研究で使用した略称は、「CB」(カーボンブラック含有のため、ベースラインが低い)、「C-F」(テフロンなどの吸収)、「Non」(二酸化ケイ素や炭酸カルシウムなど無機物の吸収)、「ester」(エステル結合のC-Oの吸収)、「cel」(綿・レーヨンなどセルロースの吸収)、「C-N」(アクリルなどシアノ基の吸収) とした。

今回の分析例では、EDX分析結果から絞り込みを始めたが、赤外分析結果から絞り込みを始めることももちろん可能である。

４　結　　言

これまで、異物の元素分析結果と赤外分析結果が連動しておらず、分析者の過去の経験に依るところが大きかった製品クレーム分析において、本データベースを活用し、色・含有元素・主要赤外ピークなどの要素毎にフィルタリングすることで、過去の分析事例からの迅速な絞り込みが可能となり、製品クレーム分析対応の効率化が期待できる。



図３　含有元素名でフィルタリング

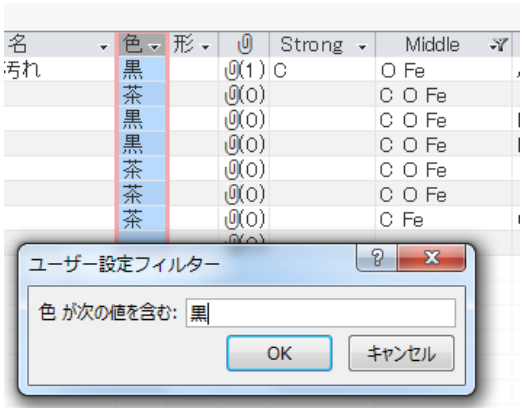


図４　色でフィルタリング



図５　赤外吸収によるフィルタリング

〔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―

礒野禎三

要旨　現在では、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る綿糸の使用について検討を行っている。本研究では、綿糸の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。撚糸により糸物性のばらつきは小さくなったが、クリープ試験ではばらつきはあまり変わらず今回の実験範囲では撚糸の効果は明らかでなかった。

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。引張試験は、Mesdan社製Autodyn 300型自動引張試験機を用いておこなった。

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図１に示す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。



図１　静荷重クリープ試験機

3　結果と考察

統計では、通常N数が増えるとばらつきは $1/\sqrt{N}$ に小さくなることが知られている。本研究では、ばらつきは双糸の場合は $1/\sqrt{2}$ に、三子は $1/\sqrt{3}$ に小さくなることが期待できる。

そこで、合糸機を用いて2本と3本の引きそろえを行い、意匠撚糸機を用いてZ/Sの双糸と三子

の糸の作成し、物性評価およびクリープ試験を行った。

糸物性を表1に示すが、引張強さは単糸を引きそろえる合糸よりも撚り合わせた方が強かった。しかし伸び率は、双糸では合糸の方が、三子では撚糸のほうが大きな値を示した。引張強さのばらつきは、合糸することにより小さくなったが、２本と３本の差はあまり見られなかった。撚糸では、双糸、三子となるにつれてばらつきは小さくなった。

表１　糸物性(Z/S)

		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	260.31	6.35	5.25	6.19	25.8	40.3
		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	518.25	4.67	5.08	4.88	16.8	20.3
		546.18	4.58	5.07	4.78	16.9	20.2
40/3	撚糸	882.35	3.69	6.10	3.68	14.1	13.2
		873.51	3.98	6.00	3.93	13.6	13.4

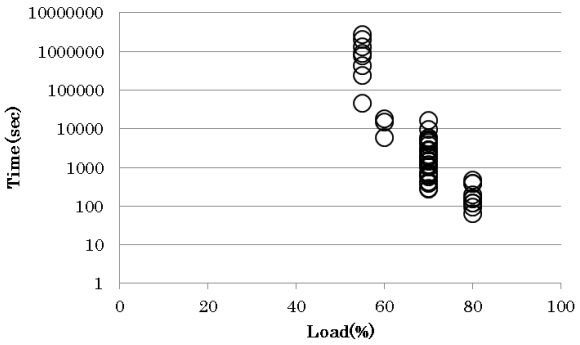


図２　荷重と破断時間の関係（原糸）

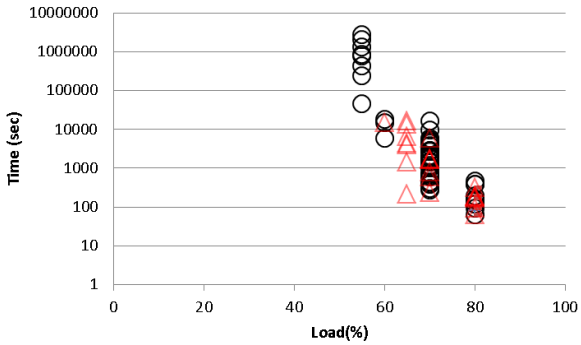


図３　荷重と破断時間の関係
（原糸:○＋双糸:△）

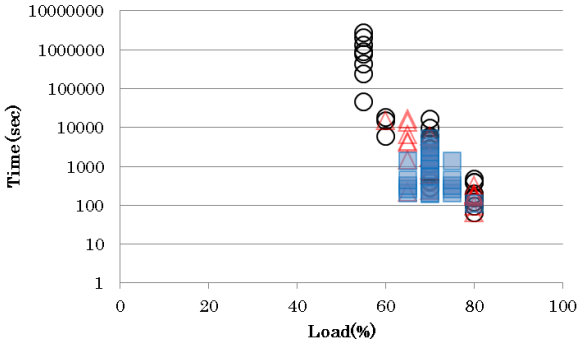


図４　荷重と破断時間の関係
（原糸:○＋双糸:△＋三子:■）

クリープ試験結果を図２～４に示す。試験機の都合で負荷を同一にできていないが、原糸、双糸のばらつきはあまり変わらなかったが、三子では少し小さくなっている。しかしながら、今回の実験範囲では、撚糸の効果は明確でなかった。

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、糸物性のばらつきは小さくなったが、クリープ試験では撚糸の効果は明確でなかった。

今後、撚り方向や撚り回数について検討する予定である。

研究報告既刊一覧

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

研究報告(第48号)

平成２９年２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

28産Ⓣ1-007A4