ISSN 1342-7709

研　究　報　告

第 42号

平成22年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.42

2010

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

は じ め に

近年、日本の中小企業を取り巻く経営環境は、平成 20 年秋のリーマンショックに端を発した世界規模での金融市場の混乱の影響によって、厳しい状況が続いています。一部の中小製造業では持ち直しの傾向がみられますが、多くの中小企業は欧米などを中心とした経済情勢の先行きが不透明で、しかも円高のダブルパンチを受けて振り回されているのが実情です。

播州織業界では、一昨年(平成 21 年)の生産量はリーマンショックの影響を受けて、対前年比で23%減少しました。大幅な生産量の減少は、播州織業界始まって以来のことであり、危機感を募らせた一年でした。しかしながら、昨年(平成 22 年)は、猛威を振るったリーマンショックなどの影響は少し弱まり、春頃からは落ち込んでいた生産量が増加に転じました。5 月以降は、対前年比で 10～20%を上回るという状況が続いています。昨年の播州織業界は、一昨年の生産量を上回る水準に回復することができました。しかし、リーマンショック前の水準には回復しておらず、先行きは不透明で予断を許さない状況が続くと予想しています。

繊維工業技術支援センターでは、播州織業界と連携を密にしながら、新商品や創作織物を製作しながら、従来の受身型産地から提案型・情報発信型産地へ急速に転換を図るよう技術支援に取り組んでいます。同時に、アジア諸国からの激しい追い上げに対抗するため、国などの競争的資金を活用して、以下の産学官連携による研究プロジェクトなどにも積極的に取り組んでいます。

①多品種・小ロット・短納期対応型整経システムの開発
②刺繍織による無縫製織物ドレスの開発
③繊維系廃棄物(余剰糸、糸屑、端布等)からエタノールを製造する研究開発

特に、①については研究成果が認められ、平成 22 年度日本繊維機械学会賞をはじめ、(財) 機械振興協会から機械振興協会長賞などを受賞しました。上記の研究課題以外に、播州織の新規用途開発を目指して、エレクトロスピニング法による極細繊維の研究開発、炭素繊維と熱硬化性樹脂を組み合わせた強化複合材料の開発、多品種小ロット用顔料染織技術の開発などにも取り組んでいます。

これらの研究開発は、繊維工業技術支援センター独自の研究以外に、播州織産地企業のニーズに基づいた技術的課題や問題を解決するため、産地企業との共同研究や産学官連携の下で実施しています。これらの研究開発と合わせて、依頼試験、技術相談等を通じて県下の繊維関連産業を活性化するための技術支援を行っています。

繊維工業技術支援センターの研究成果については、「兵繊技ニュース」(年３回発行) をはじめ、「兵庫県立工業技術センター研究報告」、「繊維工業技術支援センター研究報告」、「製品化事例集」等の刊行物、またインターネットによる繊維工業技術支援センターのホームページ (http://www.hyogo-kg.go.jp/seni/)、研究成果発表会、技術講演会などを通じて紹介・普及を図っています。

このたび、平成 21 年度に実施しました研究の成果について取りまとめましたので、ご高覧頂きますようお願い申し上げます。詳細な内容、技術移転等につきましては当支援センターまでお問い合わせください。本小冊子が、皆様方の日々の技術開発等のご参考になれば幸いです。

平成２３年２月

兵庫県立工業技術センター
繊維工業技術支援センター
所 長　有年 雅敏

目　次

1．播州固有の変織技法による世界初の無縫製織物ドレスの研究開発
（地域イノベーション創出研究開発事業）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・古谷　稔，藤田浩行，東山幸央，中野恵之
瀬川芳孝，有年雅敏・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

2．温度差制御気化浸透法によるバイオエタノール濃縮工程の高効率化
（エコイノベーション推進事業，経常研究）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

「地域イノベーション創出研究開発事業（地域資源活用型）」

播州固有の変織技法による世界初の無縫製織物ドレスの研究開発

古谷　稔，藤田浩行，東山幸央，中野恵之，瀬川芳孝，有年雅敏
（片山象三※1、小紫和彦※1、大江周平※2、谷田忠司※3、山口寿一※4）

要旨　消費者の個性化・多様化が進み、多数の織物試作が必要となる中、現場では、本生産と同じ方法で織物試作を行っており、短納期化が求められている。そこで、次の４テーマについて研究を実施した。①従来のスワイベル織における新しいスワイベル装置を開発する。②開発した新規スワイベル装置とジャガード織機を連結し、二重織ができる織機を開発する。③上記②で開発する織機を使い、スワイベル装置がドレスのシルエットに沿って移動し縫合することにより無縫製ドレスを製造する技術を開発する。④播州織独自技術（クラッシュ加工やアレンジワインダー技術）を併用したスワイベル織複合織物を開発する。その結果、播州固有の変織技法による世界初の無縫製織物ドレスを開発することができた。

１　目　　的

播州織固有の技法の一つに“スワイベル織”がある。この技法は、織りながら刺繍模様の柄を織っていく伝統的な変織技術であるが、現在では正常に稼働する織機や関連技術があまり残されていない。スワイベル織の特徴である二重織の技法を応用して、新規の無縫製ドレスや高付加価値織物の開発が期待できるため、業界からスワイベル織の復活を望む声が高い[1)]。

本事業では、スワイベル織の製造技術を開発することを目的とする。この目的を達成するために、スワイベル装置の自動制御技術並びに同装置の制御用ソフトウェアを開発し、ジャガード織機と複合・融合化することによる高機能なスワイベル織用織機並びに新規織物の開発を行う。

（※１　株式会社片山商店）
（※２　桑村繊維株式会社）
（※３　播州織工業協同組合）
（※４　財団法人新産業創造研究機構）

２　スワイベル織用織機の開発手順

本事業では、従来のスワイベル織よりも高能率で高付加価値の織物を制作するため、以下の開発を行った。

従来のスワイベル織における機械制御からサーボ制御に切り替えて新しいスワイベル装置を開発。

① 開発した新規スワイベル装置と、ジャガード織機を連結して二重織ができる織機を開発。
② 開発した織機で制作した織物のドレス・デザインの端面に沿って移動し、織組織で縫合する技術を開発し、無縫製ドレスを製造する技術を開発。
③ 播州織独自技術（クラッシュ加工やアレンジワインダー技術）を併用したスワイベル織複合織物を開発。

３　装置開発

３.１　スワイベル織機構に関する技術調査

現存する技術資料などを調査した結果、廃棄処分されたスワイベル織機やリボン織機などから、

スワイベル織を復活させる上で、有益な機構や関連技術を見出すことができた。

３.２　エアージェット織機との連動技術の開発

従来のスワイベル織は、低速のシャットル織機(毎分 50 回転)で織られていた。これは、別途横糸挿入装置（スワイベル織用の開発する装置）が作動する時に、織機のシャットルを停止させる必要があったためである。

本研究開発では、エアージェット織機を用いて、毎分 300 回転と別途横糸挿入装置稼動時毎分 50 回転とが、交互に稼動できる織機の開発と製織条件を見出し、スワイベル織の生産性を向上させることを目標とした。

このため、当初の目標(生産性が従来の６倍)とする製織条件の設定は、「通常 300 回転(毎分)×５回＋空打ち１回＋スワイベル 50 回転×１回＋空打ち１回」となり、後述するスワイベル別途横糸挿入装置の第一次試作では上記条件で行った。第二次試作は「通常織 370 回転×５回＋空打ち２回＋スワイベル 90 回転×１回＋空打ち２回」に相当するため、これを数値目標にしてエアージェット織機とジャガード装置とを連動させた。

具体的には、通常のエアージェット織機の低速運転に対応した改造を行い、改造した織機(図１)にジャガード装置(図２)を連結して評価を行い、設計および条件設定の適性について検討した。また、評価した装置の試運転を行い、装置間連動の性能評価を行った。



図１　改造したエアージェット織機



図２　ジャガード装置

３.３　スワイベル織別途横糸挿入装置の開発

従来の別途横糸挿入装置は、カムとチェーンによる機械制御で駆動されるため、重量が 50kg とかなり重い。平成 20 年度に第一次試作の装置開発(図３)を行い、６倍の速度で縫製する機能を持たせるため、別途横糸挿入装置の軽量化と左右の移動制御の分解能（１mm 以下）の開発を目標とした。その結果、軽量化(１kg)と移動制御の分解能を 0.68mm にまで高精度化することができた。



図３　第一次試作装置



図４　第二次試作装置

平成 21 年度の第二次試作(図４)では、開発した織機の回転数が 90 回転であるため、別途横糸挿入装置の回転数(50 回転)に対応させながらスワイベル織が実現するよう別途横糸挿入装置を改造するとともに、スワベルヘッドを２個から４個に増やす改良を行った。

また、装置開発の前段階において、織物を手作業で試作した(図５)結果、別の経糸送出し装置に装着する糸の張力を安定させる必要があることが判明し、機能を追加設計した。

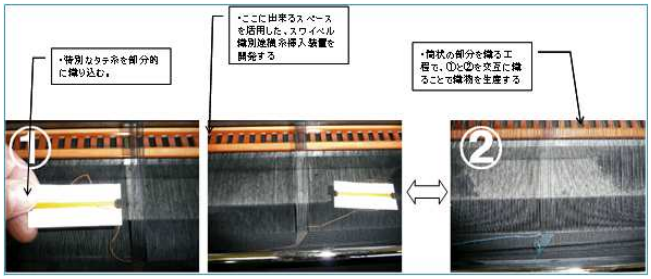


図５　装置開発の前段階で行った開発実験

スワイベル装置の移動範囲(織物の幅)を拡大するためジャカードの開口量を大きくした。その結果、製織中に顎打ち(織物が裂ける現象：図６)が発生した。そこで、バーテンプル用ガイドバーの追加及びテンプルを上置き型に改造し、顎打ち現象を防止する改善を図った。



図６　顎打ち現象の事例



図７筬との衝突事故例

一方、スワイベル装置と織機の筬が衝突する現象(図７)が発生したため、高速ビデオカメラによる発生原因の究明(図８)と、ソフトウェアによる作動タイミングの調整(図９)に取り組み、解決策を考案した。



図８　ビデオカメラによる原因究明実験



図９　事故発生時の作動タイミング例

次に、スワイベル装置を運転するためのデータ作成と織機、ジャカード装置及びスワイベル装置の運転と連動を適正に制御するためのデータを作製するソフトウェアを開発（図 10）した。開発したソフトウェアを用いて作動実験とその改良を逐次行いながら、実用に耐え得るソフトウェア開発に取り組んだ。

同時に、製品化を目指す上で必要となる縫製部分の強度（JIS―L1096Ｂ法；縫目滑脱抵抗力：図 11）を３mm 以下にするための実験を行った。

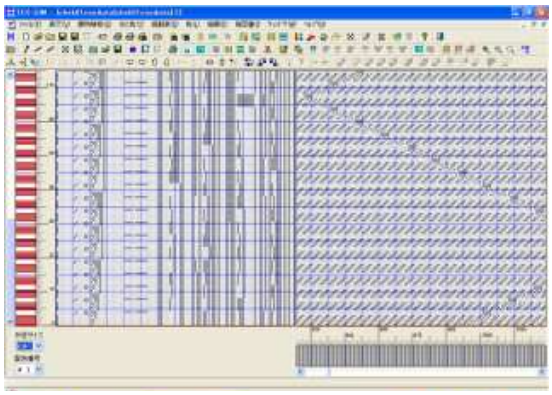
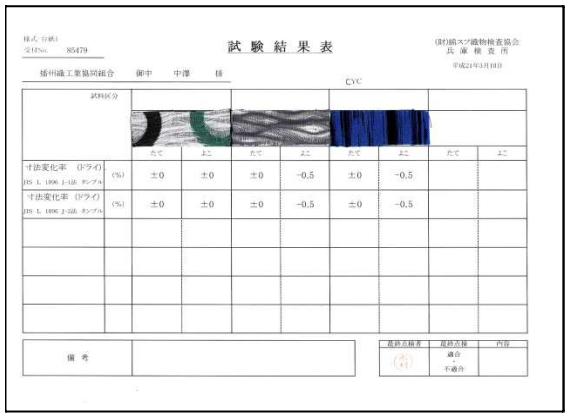


図 10　開発した装置の連動を制御するソフトウェア



試 験 結 果 表

図１１　試作ドレスの強度試験結果例

４　無縫製ドレスおよび複合織物の開発

４.１　スワイベル織による無縫製織物ドレスの開発

３.２および３.３で開発した織機の連動技術と別途横糸挿入機構を用いて無縫製織物ドレスの製造技術を開発した。本装置を用いて無縫製織物ドレスの作成を行うソフトウェア(図 １２)を開発した。本ソフトウェアを用い、無縫製織物ドレスの設計と試作用のデータ作成(図 １３)した上で、織物の試作実験(織物仕上げ加工含む)を行った。作成した試作品(図 １４)を展示会に出品し、展示会での反響を基に、さらに高品質の無縫製織物ドレスの開発を目指して、第二次試作、第三次試作を繰り返しながら、完成度を高める試作を繰り返し行った。

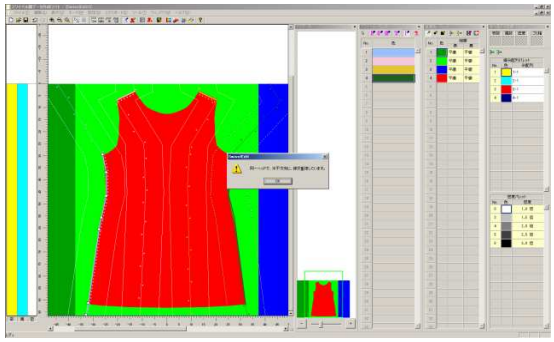


図 12　ドレス製図用ソフトウェア



図１３　試作用データ作製図



図１４無縫製ドレス

４.２　斬新な“スワイベル織”複合織物開発

“スワイベル織”にクラッシュ加工及びアレンジワインダーを使用し、斬新な織物を作成するためのデザイン等の諸条件等について検討を加えた。試作したスワイベル織物を図 15 に示す。

試作した複合織物の評価を得るため、無縫製ドレスとともに展示会に出品した。展示会で得られた専門家らによる反響を基にして、改良を加えながら高付加価値織物の開発に取り組んだ。

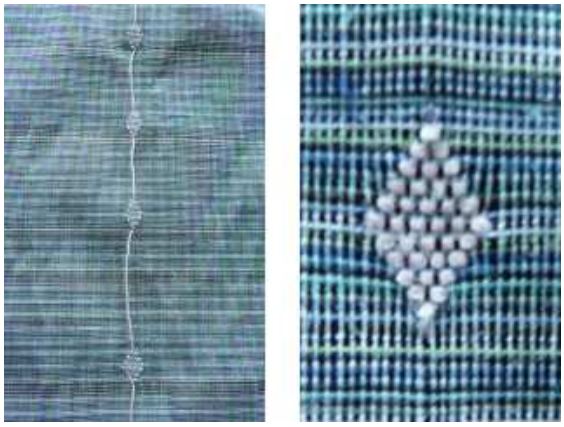


図 15 試作した織物（右側：表地、左側：裏地）

5　性能評価

5.1　スワイベル織機構に関する評価

5.1.1　エアージェット織機との連動技術の開発

製織実験の結果、スワイベル・ヘッドを高速で動作させるため、織機の開口を大きくしたり、織物組織を急激に変化させることが原因となって、織段や顎打ちが発生しやすく商品価値を大きく損ねることが判明した。そこで、当該部分の再設計を行い、大幅な改造を行った。

その結果、織段や顎打ちの現象をほぼ解消することができた。改造した織機に、ジャガード装置を連結して性能試験を行うことによって、エアージェット織機と安定して駆動する連動技術を開発することができた。

5.1.2　スワイベル織用別途横糸挿入装置の開発

第一次試作で揺動型であったスワイベル装置のヘッド部分を、さらに安定動作させるために固定型ヘッドにする大幅な改造を行った(第二次試作で実施)。その結果、実験過程において発生した前述の衝突事故や諸トラブル現象についても解決を図ることができた。その後は、さらに高速でかつ安定に動作させることに成功した。

5.2　スワイベル織による無縫製織物ドレスの評価

無縫製ドレスは曲線部分が多いため、制作する場合に重要な因子は、織物加工後に生じる加工縮みを正確に推定しておかなければならない。そこで、加工縮みを予測できるソフトウェアを開発し、加工縮みを精度良く予測できるデータを得ることができた。また、縫製部分の強度（JIS―L1096 B法；縫目滑脱抵抗力）を３mm 以下に減少させることができた。

5.3　斬新な“スワイベル織”複合織物の評価

平成 21 年度(第三次試作)に改造した装置では、スワイベル開口量が 40mm(第一次試作では 20mm)となり同時にスワイベル・ヘッドを第一次試作のベッド２個から４個に増やしたため、第二次試作に比べて、種々のデザインに対応できる可能性が拡大した。しかし、スワイベル・ヘッドが大きくなり、ヘッド同士が干渉する範囲が存在するため、サイズの大きな織物デザインに対しては制約が生じることが明らかになった。また、急激な移動によるスワイベル・ヘッドの口開け位置にたて糸が収納できない場合が発生することが分かり、一定の範囲を越える移動量に対して、制約を受けることも明らかになった。

6　結　　論

本事業は、播州織固有の変織技法で、幻の“スワイベル織”を復活させるため、スワイベル織用機構部を開発し、エアージェット織機と連動させることによってスワイベル織織機の開発に成功した。さらに、本織機を用いることによって、従来では制作困難であった無縫製ドレスの開発をはじめ、スワイベル織複合織物（クラッシュ加工とアレンジワインダー技術を併用した高付加価値織物）を開発することができた。

参 考 文 献

1) 平成 20～21 年度地域イノベーション創出研究開発事業（地域資源活用型）成果報告書；古谷、藤田ら

「エコイノベーション推進事業（NEDO)」「経常研究」

温度差制御気化浸透法によるバイオエタノール濃縮工程の高効率化

中野恵之，東山幸央

要旨　最近、木材や農作物からエタノールを製造する技術の開発が盛んに進められている。生成したアルコール溶液から高濃度のエタノールを取り出すには一般的に蒸留法が用いられるが、多大な熱量を必要とするため生産コス上昇の原因となる。そこで近年、低温で水とアルコールとの分離が可能で、原料となる液体に未反応の夾雑物が含まれていても分離可能で実用的な温度差制御気化浸透法が注目されている。しかし、分離能力は使用する分離膜の性能が大きく影響する。本研究では、直径がナノレベルの繊維が容易に作製可能なエレクトロスピニング法を用いて分離膜を試作し性能評価を行った。

1　目　　的

近年、木材や農作物からエタノールを生成する技術の開発が盛んに進められているが、生成したアルコール溶液から高濃度のエタノールを抽出することは難しい。一般的な蒸留法による分離では、多大な熱エネルギーを必要とするため、コスト上昇の原因となる。そこで、低温で水とアルコールとの分離が可能で、原料となる液体に不溶な不純物が含まれていても分離できる温度差制御気化浸透法が注目されている。しかし、その分離能力は使用する分離膜の性能に大きく影響される。本研究では、エレクトロスピニング法を用いて分離膜を試作し、水とアルコールとの性能評価を行った[1)]。

2　温度差制御気化浸透法

図１に、温度差制御気化浸透法[2)]の原理を示す。水とエタノールを分離する原理は、エタノール溶液を４０℃に加熱し、かつ減圧することによりエタノールを気化させる。この時、水分子も気化される。分離膜周辺を０℃の低温側として、この膜を通過する時に、水分子は会合するため、分離膜を通過できず、エタノール分子のみが分離膜を通過することによって分離することができる。本浸透法は、分離時に混合液を気化させることから分離膜の汚染による劣化が少ないという特徴がある。

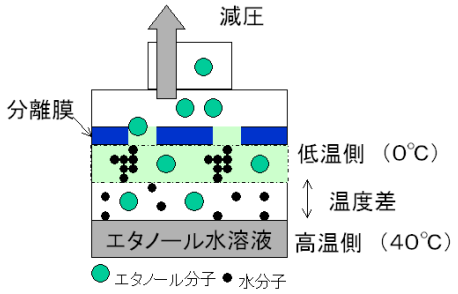


図１　温度差制御気化浸透法の概略

3　実験方法

3.1　エレクトロスピニング法による分離膜の試作

エレクトロスピニング法は、高分子を溶剤に高電位を印加したキャピラリー中を移動させ、電圧印加させることにより、微小サイズの繊維を作製する技術である（図２）。本浸透法を用いてポリエチレンテレフタレート

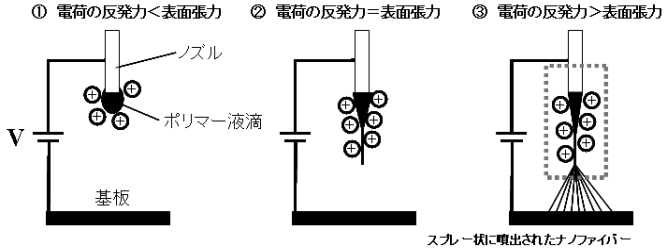


図２　エレクトロスピニング法の原理

（PET）の粒体集積シートを作製した。印加電圧は 25ｋV、溶剤はヘキサフルオロイソプロパノール（HFIP:和光純薬工業㈱）を用いて、溶液濃度 10vol％及び５vol％で製膜した。PET は、再生ペレット（㈱エコログ・リサイクリング・ジャパン社製アクスター）を用いた。支持体に 400 メッシュのステンレス網を用い、10vol％溶液で全体を覆ってから５vol％溶液でさらに細かな粒体を堆積させた。また、カトーテック㈱製のエレクトロスピニング装置*1)を用い 10vol％溶液を印加電圧 10kV にてシート状の分離膜を作製し冷却効果を目的に 635 メッシュのステンレス網を用いて挟んだ分離膜も試作した。

３.２　温度差制御気化浸透試験

エタノール溶液を 40℃に加熱し、分離膜周辺を０℃に冷却して実験を行った。供給液のエタノール濃度は 10wt%で行った。

４　結果と考察

４.１　試作した分離膜の電子顕微鏡観察

図３に溶液濃度 5vol%の試作した分離膜の電子顕微鏡写真を示す。400 メッシュのステンレス網上にポリエチレンテレフタレートの数μm 程度の粒体を堆積させた膜であることが確認できた。この試作膜は、ミクロンサイズの粒体を堆積させた膜で、粒体の隙間の空間が広がったり狭まったりを繰り返すことにより、水分子の冷却効果を向上させることを目的とした試作膜である。図４に試作した溶液濃度 10vol%分離膜の電子顕微鏡写真を示す。直径１μｍ 以下の繊維が網目状に構成されていることがわかる。通常のエレクトロスピニング法による膜は網状に繊維が集合した状態になっている。一般的に、空隙率が高く、空気清浄用のフィルターとして用いた場合には圧力損失が少ない特徴がある。

図５に市販のポリエチレン分離膜（分離孔径 0.02μm）の電子顕微鏡写真を示す。フィルムに細孔を設けている様子が認められる。

４.２　試作分離膜による水・エタノール分離試験

エレクトロスピニング法で作製した試作膜を用いて温度差制御気化浸透法のエタノール水溶液に対する透過分離特性評価を行った。供給液温度 40℃、分離膜周辺温度０℃の条件でのエタノール水溶液に対する透過分離試験

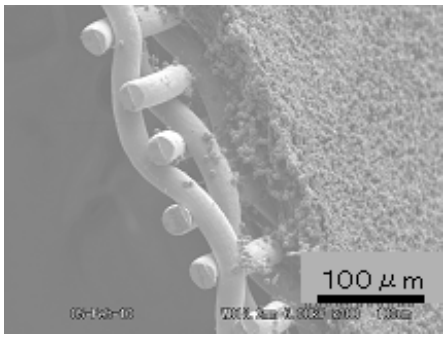


図３　溶液濃度 5Vol%の試作膜(粒形状)の電子顕微鏡写真

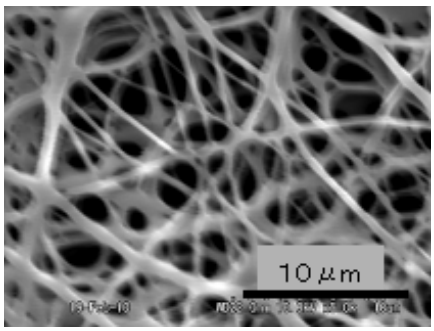


図４　溶液濃度 10vol%分離膜(繊維形状)の電子顕微鏡写真

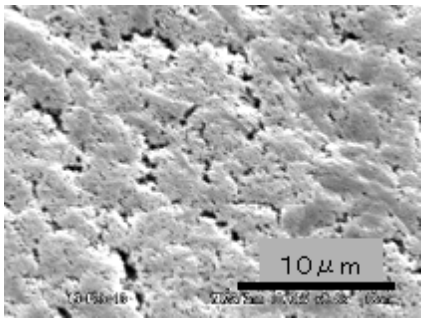


図５　市販のポリエチレン分離膜の電子顕微鏡写真

表１　透過分離試験の結果

	透過速度(kg/m²h)	透過液濃度(%)
粒形状	０．７３	３５
繊維形状	０．６０	４２
繊維形状(ｽﾃﾝﾚｽﾒｯｼｭ使用)	０．６８	４７
市販分離膜	０．３４	４９

を行った。表１に透過分離試験の結果を示す。粒状のシートでは、供給液(10wt%)が 35wt%に濃縮され、透過速度は 0.73kg/m²h であった。供給液(10wt%)がポリエチレン膜は透過速度：0.34kg/m²hr，透過液濃度：49 wt%であったのに対して、試作したポリエステル分離膜は透過速度：0.60kg/m²hr，透過液濃度：41.9 wt%であった。

さらに、冷却効果を調べるため、分離膜の上下に 635 メッシュのステンレス網を置いた場合には、透過速度：0.68kg/m²hr，透過液濃度：47.2 wt%の結果が得られた。エタノール濃縮については、市販ポリエチレン膜とステンレスメッシュを用いた試作繊維膜はほぼ同等であったが、濃縮速度は試作繊維膜が２倍速くなった。これは、繊維集合体の分離膜は空隙率が大きいため気体が通過する際の圧力損失が小さいためと考えられる。今後、エレクトロスピニング法における分離膜の開発において、材料の選択や繊維径およびそれらの組み合わせなどを最適化することによって、高性能な分離膜の開発の可能性が確認できた。

５　結　　論

温度差制御気化浸透法で使用する分離膜をエレクトロスピニング法を用いて試作し、水とアルコールとの浸透分離試験による性能評価を行った。その結果、エタノール濃縮については市販ポリエチレン膜とステンレスメッシュを用いた試作繊維膜は同程度であったが、濃縮速度は試作繊維膜が２倍速くなることが明らかになった。さらに、エレクトロスピニング法における分離膜開発において、材料の選択や繊維径の最適化の検討を進めることから高性能な分離膜の開発が可能になると考えられる。

参 考 文 献

1) 中野恵之、東山幸央、浦上　忠、“ｴﾚｸﾄﾛｽﾋﾟﾆﾝｸﾞ法により作製したﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ繊維ｼｰﾄを用いたｴﾀﾉｰﾙ濃縮技術”、日本繊維機械学会第 63 回年次大会、（2010）

2) T. Uragami, Structural Design of Polymer Membranes for Concentration of Bio-ethanol, *Polym. J.*, **40**, 485-494 (2008).

謝　　辞

分離膜の試作において、滋賀県東北部工業技術センターのエレクトロスピニング装置*1)を使用させていただきました。ここに深く感謝いたします。

「技術改善研究」

衣料用織物に適した顔料染色技術の開発

藤田浩行，東山幸央，瀬川芳孝，中野恵之，古谷 稔，近藤みはる

要旨　近年、消費者ニーズの多様化により、個性的な柄･規格等の高感性な織物の開発や多品種小ロット化および短納期化、また地球環境に優しい生産工程等が求められている。そこで、顔料染色技術を確立して、従来の染色法ではできなかった中白糸、剥げ感糸、かすり糸等の差別化素材を作製するとともに、多品種小ロット化に対応、短時間での染色実証、用水･薬剤の節減化を図った。

顔料染色では、①ポリウレタン系バインダーの使用により、良好な摩擦堅牢度かつ柔軟な風合いを持つ顔料染色を可能とした。②顔料３原色に染料には無い白を混合することにより、多くの色相を作り出すことができた。③顔料染色糸を用いて先染織物を試作した結果、製織性は良好で仕上加工における変色等のトラブルもなく、柔軟で高堅牢度の織物となった。

１　目　　的

現在の播州織物は、長年にわたり受け継がれた先染織物であることと、受注から生産までに長時間を要することが販路開拓の大きな障害となっている。近年、消費者ニーズの多様化により、繊維業界においても衣料品生産の多品種小ロット化が進み、個性的な感性で着る高付加価値織物の開発と短納期化が求められている。

織物製造工程の一つである染色工程は、均一染色や高堅牢度の染色技術は確立されているものの、染色するのに長時間を要し、また多量の用水や熱エネルギーを必要としているため地球環境に配慮した染色工程にはなっていないのが現状である。

そこで、染色システムにおいて新しい染色糸の開発、低コストで短期間に染色可能、多品種小ロット生産に適応、用水･薬助剤の軽減化等、従来の課題を改善する顔料染色技術の開発を目的とした。

２　実験方法

２．１　顔料及びバインダー

顔料は、三菱鉛筆㈱製の赤、青、黄の３色と山陽色素㈱製の赤、青、黄、白、黒の５色を使用した。

バインダーは、スタール･ジャパン㈱製のウレタン系、アクリル系、シリコン系樹脂の計16種類を使用した。また樹脂の架橋剤には、溶剤タイプと水性タイプを用いた。

２．２　染色方法

図１に示した㈱梶製作所製の一本染色機を用いて、顔料とバインダーと架橋剤の混合割合を



染色部

図１　一本染色機

変化させた顔料調整液に綿糸80/2^{S}を80m/minで走らせながら、浸漬-絞り-浸漬-絞り-乾燥（２dip-２nip）して顔料染色糸を試作した。なお乾燥は80℃、３分である。

顔料調整液は、試作糸の摩擦堅牢度や柔軟性等の評価をするために顔料濃度、バインダーの種類･濃度、架橋剤の種類･濃度等、各種配合割合に調整した。

２．３　熱処理（ベーキング）

染色糸の一部をかせ状に採取し、熱処理機を用い、160℃で３分処理した。

２．４　性能評価試験

摩擦堅牢度は、染色糸を約500本束ねてJIS L 1096 にて試験した。摩擦回数は100回である。

洗濯堅牢度は、炭酸ナトリウム2g/L、界面活性剤1g/Lで煮沸し、色の脱落で評価した。

柔軟性は、手触りによる官能検査で行った。

２．５　試織試験

試織は、たて糸およびよこ糸に顔料染色糸を用い、レピア織機 ER-145型(津田駒工業㈱製)で製織した。

３　結果と考察

３．１　摩擦･洗濯堅牢度と柔軟性

衣料用織物は、柔軟性に加え摩擦、洗濯、日光に対して高い堅牢度を必要とする。しかし、顔料染色は、一般に日光堅牢度は良いが風合いが硬い、摩擦堅牢度が悪い、色合わせが困難等の課題がある。これらの課題を改善し、衣料用として満足する最適な染色条件を見出すためにバインダーの種類･濃度、架橋剤の種類･濃度、熱処理の有無等を検討し顔料染色技術の確立を図った。

バインダーは、ウレタン系、アクリル系、シリコン系の16種類において、バインダー濃度を１、２、３、４、５、10wt%、架橋剤濃度を10 wt%（対バインダー)、顔料濃度(三菱鉛筆㈱製の赤)を５、10wt%の調整液について顔料染色した。次に各種染色条件で染色した糸の摩擦堅牢度や洗濯堅牢度及び官能検査による柔軟性、熱処理の有効性を測定した。

表１にバインダー濃度５wt%、顔料濃度５wt%架橋剤濃度10wt%(対バインダー)で染色した試料のうち、代表的なバインダーの試験結果を示す。

摩擦堅牢度は、ＪＩＳ規格により１～５までの９段階で評価し、数値の大きい方が良好である。また、洗濯堅牢度は、ソーピングによる顔料の泣き出し状況で評価した。

ウレタン系のバインダーは、比較的柔軟であるが、その内部構造によってやや硬いものもある。しかし、相対的に柔らかく、しかも摩擦･洗濯堅牢度に強い。ウレタン－Ａは、バインダー濃度が３wt%でも５wt%でも摩擦堅牢度４－５となり､柔軟で摩擦･洗濯堅牢度とも播州織物品質基準に適合する値が得られた。

シリコン系のバインダーは、非常に柔軟で洗濯堅牢度は良いものの摩擦堅牢度が弱かった。また、アクリル系バインダーの柔軟性と摩擦堅牢度は、ウレタン系とシリコン系の場合のほぼ中間であった。

一般的に、硬い被膜を作るバインダーは、摩擦堅牢度、洗濯堅牢度ともに良好で、逆に柔軟なバインダーは、摩擦堅牢度に弱いことがわか

表１　バインダーの種類と染色糸の性能

タイプ	摩擦堅牢度	耐洗濯性	風合い
ウレタン-Ａ	４－５	良	柔軟
ウレタン-Ｂ	４	良	柔軟
ウレタン-Ｃ	４	良	やや硬い
ウレタン-Ｄ	２－３	良	非常に柔軟
アクリル-Ａ	４	良	やや硬い
アクリル-Ｂ	３－４	良	柔軟
シリコン-Ａ	２	良	非常に柔軟

った。硬いバインダーは、染色糸自体も硬くなり衣料繊物としては、あまり好ましくない。

実験の結果、バインダーには脂肪族系ポリウレタンが有効で、バインダー濃度３wt%でも高い堅牢度を有した。しかし、高濃度の顔料染色を考慮すれば、バインダー濃度は５wt%が最適な濃度であると思われる。

架橋剤は、バインダー濃度に起因し、溶剤タイプ、水性タイプに関係なく、バインダー量に対して10wt%が良好であった。また、熱処理の効果も調べた結果、熱処理の有無に関係なく一本染色機で染色－乾燥するだけで高い摩擦堅牢度および洗濯堅牢度を有することがわかった。

図２に各種バインダー別による染色糸の摩擦堅牢度試験結果を示す。左から、①ウレタン－A、②ウレタン－B、③ウレタン－C、④アクリル－B、⑤シリコン－A、⑥アクリル－A、⑦ウレタン－Dによる染色で、上段が摩擦試験後の染色糸500本束、下段が添付白布である。この白布で、①ウレタン－Aは、殆ど色落ちしていないが、⑤シリコン－Aは、最も色落ちが激しく摩擦に弱いことがわかる。

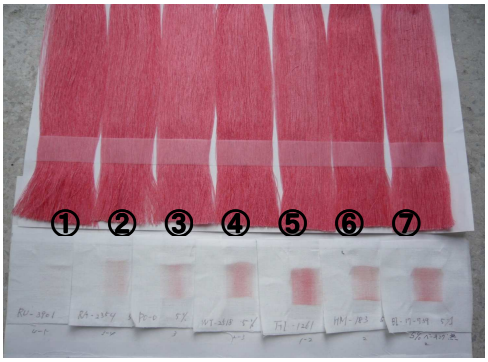


図２　各種バインダーによる摩擦堅牢度

３．２　カラーマッチング

種々の顔料を混合して色出しを行い、カラーマッチングの可能性を調べた。本研究では、主に使用した顔料は、三菱鉛筆㈱製でｐＨがアルカリ性であり、スタール･ジャパン㈱製のバインダーと相溶性があった。しかし、山陽色素㈱製の顔料は、酸性でバインダーとコンプレックスを形成した。したがって、顔料をアルカリ側に調整することにより良好な顔料染色を可能にした。

図３に青と黄の混合による緑のグラデーション染色糸を示す。この配合の他に、青と赤、赤と黄、及び白、黒も加えてカラーマッチングを行い基本色を作製した。この混合濃度は、いずれも５wt%であるが、今後、低濃度から高濃度まで(１～10wt%)の混合濃度について基本色を作製することにより、播州織の染色システムへ対応可能なことが明らかになった。



(wt%)

青	0.05	0.25	0.5	1.25	2.5	3.75	4.5	4.75	4.95	5.0
黄	4.95	4.75	4.5	3.75	2.5	1.25	0.5	0.25	0.05	0.0

図３　青と黄の混合によるカラーマッチング例

３．３　製織性と仕上加工

製織性や仕上加工による変退色の影響を検討するため、顔料染色糸をたて糸およびよこ糸双方に用いて製織し、その織物を毛焼き－糊抜き－シルケット－サンフォライズと一連の仕上加工を行った。その結果、製織性も良好で仕上加工による変退色はなかった。特に、アルカリ性の強いシルケット工程においても変色や脆化は認められなかった。

３．４　顔料染色の利点と確立

図４に染料染色と顔料染色の工程比較図を示した。従来の染料染色は、染色、水洗、ソーピング、水洗、フィックス処理、乾燥と工程数が多く、特に水洗は染色後やソーピング後に数回繰り返さなければならない。また、これらの工

程以外に、染色機への給水や昇温、冷却、排水等に時間を費やすため、染色完了までに約８時間かかる。この他、水以外にも染料や薬助剤、熱エネルギーを多く使用し、最後に余剰廃液は捨てられる。一方、顔料染色は、バインダーで顔料を接着するだけで薬助剤は不要で排水もなく、また多品種小ロットの染色にも短時間に対応できる利点がある。

本研究で使用した一本染色機による最適な顔料染色条件は、バインダーが脂肪族系ポリウレタンで濃度５wt%、架橋剤濃度10wt%（対バインダー）、顔料濃度５～10wt%、浸漬-絞り-浸漬-絞り-乾燥の２dip-２nip方式、乾燥温度・時間80℃×３min、染色糸速度80m／minである。

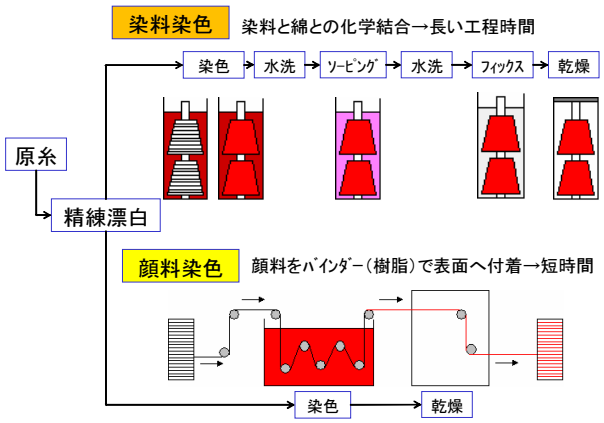


図４　染料染色と顔料染色の工程比較

４　結　　論

柔軟な風合で、かつ摩擦・洗濯堅牢度が良好な顔料染色条件を確立することにより、近年要望の高い中白糸、剥げ感糸、かすり糸のような従来の染色法では得られなかった差別化染色糸の染色が可能となる。

また、多品種小ロット化への対応や短時間での染色（８時間→１時間）および用水・薬剤の節減化にも対応できる地球環境に優しい染色である。

「重点領域研究」

縫合技術を利用した炭素繊維織物強化複合材料の開発

藤田浩行，東山幸央，中野恵之，古谷　稔

要旨　強化繊維である炭素繊維と熱可塑性樹脂繊維からなる複合糸の作製に、縫合技術を用いた新たな方法を開発した。開発した複合糸は、糸の作製段階で樹脂量などの規格を容易に設計できるとともに、熱可塑性樹脂による炭素繊維織物強化複合材料の製造において技術課題であった樹脂の含浸性や炭素繊維織物の生産性を大きく改善することができた。また、開発した方法により成形した複合材料は、優れた機械的性質を持つことが明らかになった。今後は、製品化に向けた取り組みを実施する予定である。

1　緒　　言

炭素繊維などの高強度・高弾性率繊維を強化材とする複合材料は、主としてエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂をマトリックス樹脂として用いられているが、近年、高靭性、リサイクル性および量産性等に優れた特長を生かして熱可塑性樹脂をマトリックスとした複合材料の研究開発および用途開発が活発に行われている。一方、使用される強化繊維の形態は、短繊維（数十mm以下）、フェルトおよび織物などがあるが、織物は繊維の連続性から強度的に最も優れている。高い剛性を持つ複合材料を開発するためには、粘度の高い熱可塑性樹脂を強化繊維および糸の隙間に十分溶融含浸させることが必要である。しかし、熱可塑性樹脂の含浸性を向上させるために様々な技術開発が行われているが、付着樹脂量の制御や製造コスト等の面で技術課題が残されている。

上記の技術課題を解決するにあたり、含浸性や樹脂量制御等の面で自由度を持つ材料開発する新しい方法として、強化繊維と熱可塑性樹脂繊維からなる複合糸を作製することによって、織物や組紐などの基材を用いた複合材料を成形する方法が考えられる。

本研究では、ミシンの縫合技術を活用して作製した複合糸から、織物強化複合材料を製造する技術を開発した。工業用ミシンを利用することにより低コストで複合糸が作製できるとともに、樹脂の高い含浸性により優れた機械的性質を持つ織物強化複合材料の成形が期待できる。ここでは、複合糸の作製技術を紹介するとともに、炭素繊維とポリエステル糸からなる複合糸から炭素繊維織物強化複合材料の作製を試みたので、その機械的性質についても述べる。

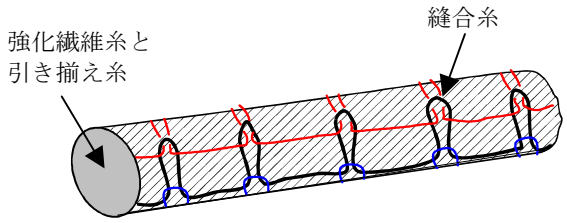
2　縫合複合糸の作製

2.1　複合糸の構造

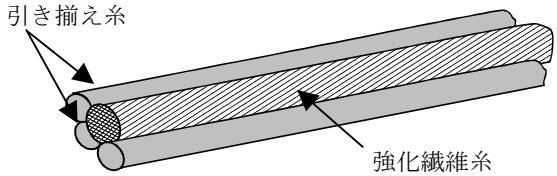
開発した複合糸は、強化繊維を芯とし、樹脂繊維により周りを巻くような形態をしている。また、強化繊維に樹脂繊維を複数本引き揃えた状態で、その周りを巻いた構造とすることも可能である。図１は、強化繊維である3Kの炭素繊維（ピッチ系）の周りを300Dのポリエステル（PET）のモノフィラメント糸により覆った複合糸である。周りの糸は、３本の糸により構成され、各々のループ形態の連続した編み構造により、強化繊維を覆っている。なお、複合糸の作製は、工業用ミシンの一つであるメローミシ

ンの縫合機構を用いて行うため、開発した複合糸を以降、縫合複合糸と呼ぶ。メローミシンは一般には、ハンカチの縁、ニットの裾処理などに利用されるミシンで布端を包み込むように縫うが、縫合複合糸は、この“巻縫い”という手法を用いて作製した。

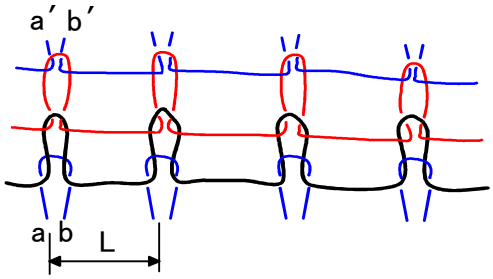
図２(a)に縫合複合糸の全体モデルを、図２(b)に強化繊維糸と引き揃え糸のモデルを示す。また、図２(c)に、図２(a)の縫合糸の平面への展開図を示す。なお、図２(c)のa-a′、b-b′の箇所の糸は連続している。縫合糸は編み目により３本の糸が連結され、糸の長さ方向に連続した構造をしている。また、編み目の間隔Lは、縫合糸の送り量を変化させることにより変化できる。



(a)　縫合複合糸の全体モデル



(b) 強化繊維糸と引き揃え糸



(c)　縫合糸の展開図

図２　縫合複合糸の構造

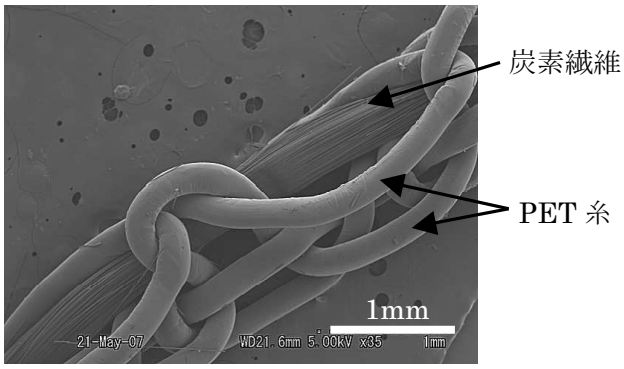
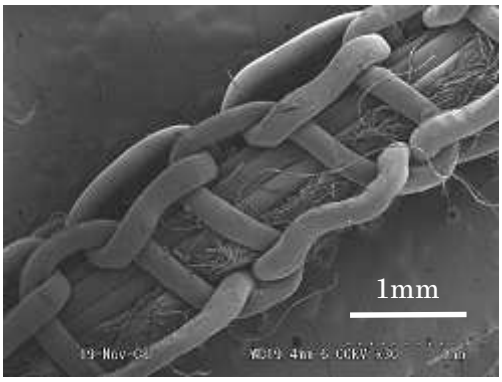


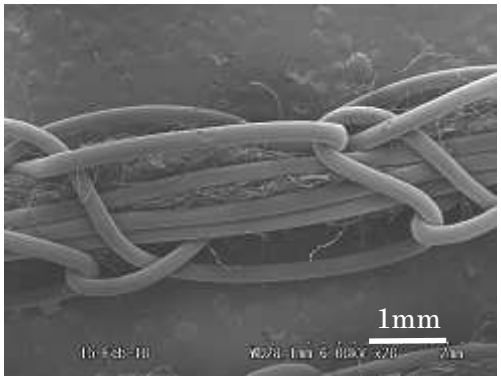
図１　炭素繊維とポリエステル糸の縫合複合糸

２.２　複合糸の企画設計

縫合複合糸は、強化繊維糸、縫合糸および引き揃え糸の３種類で構成され、各糸の素材や太さを選択できる。また、強化繊維糸および引き揃え糸の本数や縫合糸のピッチ等を任意に設定できる。したがって、縫合複合糸を用いた複合材料開発は、素材の選定や組み合わせおよび樹脂含有率制御などを糸の段階で容易に設計できることから、強度特性や衝撃特性など機能性を糸作製の段階で制御できる可能性がある。図３は、強化繊維に綿糸（10/4^{s}）、縫合糸および引き揃え糸に 300D のポリプロピレン（PP）のモノフィラメント糸を用いた縫合複合糸であり、縫合ピッチを変化させた一例である。縫合に伴うループの回数が、図３(a)は 13 回/インチ、図３(b)は、6.5 回/インチである。また、縫合ピッチ 6.5 回/インチの縫合複合糸について、引き揃え糸（PP）を 1～5 本と変化させた場合の繊維と樹脂の含有率変化の結果を表１に示す。引き揃え糸が多くなるにしたがい、ポリプロピレンの割合が増加している。また、縫合糸は、糸の曲げ剛性の影響を受けて編み目の形態や大きさが変化するとともに、縫合する強化繊維や引き揃え糸の見掛け直径の影響を受けて長さが変化すると考えられる。そこで、縫合糸の長さの変化を表１の結果を基に以下のとおり検討した。本研究で用いた綿糸およびポリプロピレン糸の単位長さ当たりの重量は、式(1)および式(2) で表すことができる。単位長さ当たりの重量の関



(a) 13 回/インチ



(b) 6.5 回/インチ

図３　綿糸とﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ糸からなる縫合複合糸

綿糸の単位長さ当たりの重量 Wc（gf/km）＝
453.6 / 2.5×1000 / (840×0.9144) = 236.2
・・・・・・・・・・ (1)

PP 糸の単位長さ当たりの重量 Wpp（gf/km）＝
300×1000 / 9000 = 33.3　　・・・・・・・・・・・(2)

係と表１の結果を基に、縫合糸１本当たりの長さを換算した結果をプロットし、図４に示す。その結果、綿/PP 縫合複合糸の糸長に対して、約2.0～2.4倍の長さの縫合糸により覆われていることがわかる。また、引き揃え本数が多くなれば、縫合する糸の長さが増加している。これは引き揃え本数の増加により、中心部の糸の円周長さが大きくなったためである。つまり、縫合糸の糸長 L と引き揃え本数ｎは、式(3)の関係となると考えられることから、最小二乗法により近似式を計算した。その結果を式(4)に示し、図４に内挿する。式(4)は、糸の準備や樹脂含有

表１　綿/PP 縫合複合糸の綿と PP の重量割合

引揃糸(本)	1	2	3	4	5
綿(wt%)	50.0	45.8	41.9	39.0	36. 9
PP(wt%)	50.0	54.2	58.1	61.0	63.1

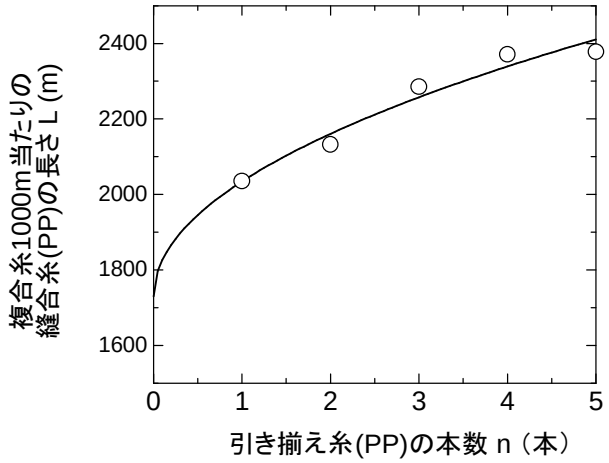


図４　引揃糸の本数と綿/PP縫合複合糸1000m当たりの縫合糸の長さ(計算値)の関係

率などの設計において重要であるとともに、定数は縫合糸の形態などの特長を定量評価する指標に有効であると考えられる。

$$L \propto \sqrt{n} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

$$L(n) = 305\sqrt{n} + 1730 \qquad \cdots\cdots\cdots (4)$$

3　炭素繊維織物強化複合材料の作製

図１に示した炭素繊維と PET 糸からなる縫合複合糸を作製し、得られた複合糸から複合織物を製織した。表２に複合糸の規格を、表３に作製した３種類の織物規格を示す。また、図５に規格−Ⓒの織物の外観を示す。なお、白っぽく見えるのは、PET 糸である。複合糸に占める炭素繊維の重量割合は、約 45wt%であった。

縫合複合糸の使用は、従来の綿用織機で炭素繊維織物が生産できるなど、炭素繊維の製織性を大幅に改善することができるだけでなく、加熱圧縮工程のみでマトリックス樹脂となる複合

表２　炭素繊維/PET縫合複合糸の規格

	素材	太さ	本数	ピッチ
強化繊維	炭素繊維	3K	1	
縫合糸	PET	300D	3	5 本/ｲﾝﾁ
引き揃え糸	PET	300D	6	

表３　炭素繊維/PET 複合織物の規格

		規格Ⓐ	規格Ⓑ	規格Ⓒ
織組織		平織	平織	平織
織密度（本/ｲﾝﾁ）	たて糸	24	21	11
	よこ糸	11	11	11

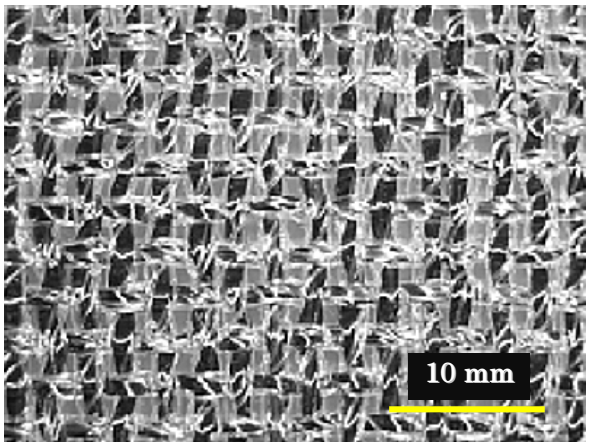


図５　炭素繊維/PET 複合織物（規格-Ⓒ）

織物のPET糸の溶融と織物間隙への高い樹脂含浸により高強度の複合材料の成形も期待できる。そこで、規格-Ⓐ、Ⓑ、Ⓒの織物を図６に示す積層構成により８枚重ね、ホットプレス機により加熱圧縮して炭素繊維織物強化複合材料を成形し、その曲げ特性を評価した。積層構成は曲げ弾性率が向上することを目的に、たて糸密度の多い織物が材料断面の外側とする構成にした。金型温度270℃、圧力3MPaで5分間加熱圧縮し、試料厚み1.5mmとなるようスペーサーで調整した。三点曲げ試験の結果、曲げ強度453MPa、曲げ弾性率63.4GPaが得られた。曲げ弾性率については、既に市販されているポリエーテルイミド(PEI)と炭素繊維の複合材料の曲げ弾性率をかなり上回る特性[1)]が得られた。

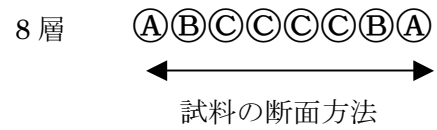


図６　複合織物の積層構成

４　結　　言

強化繊維である炭素繊維と熱可塑性樹脂繊維からなる複合糸の作製に、縫合技術を用いた新たな方法を開発した。開発した複合糸は、糸の作製段階で樹脂量などの規格を容易に設計できるとともに、熱可塑性樹脂による炭素繊維織物強化複合材料の製造において技術課題であった樹脂の含浸性や炭素繊維織物の生産性を大きく改善することができた。また、開発した方法により成形した複合材料は、優れた機械的性質を持つことが明らかになった。

今後は、製品化に向けた取り組みを実施する予定である。

参 考 文 献

1)“平成２０年度熱可塑性樹脂複合材料の航空機分野への適用に関する調査報告書”,（社）日本機械工業連合会,(財)次世代金属・複合材料研究開発協会, P32, (2008).

「重点領域研究」

低エネルギー型濃縮法による新エタノール製造技術に関する調査研究

中野恵之，東山幸央，藤田浩行，古谷　稔，有年雅敏

要旨　近年、天然資源からのエタノール製造技術に関する研究は脱石油エネルギー開発を推進する上で緊急課題となっている。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、蒸留法は大きな熱エネルギーを要する。そこで、低エネルギー型濃縮法を用いた新しいエタノール製造技術に関する研究会を立ち上げて上記課題に関する情報交換や実証実験を行った。また、繊維産地内で発生する余剰色糸を糖化した試料で発生する綿繊維屑を糖化した試料において効率の良い分離膜を開発する研究を行った。

1　目　　的

近年、天然資源からのエタノール製造技術に関する研究は脱石油エネルギー開発を推進する上で緊急課題となっている。現在、高濃度のエタノール液を製造す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し、またエタノール(沸点78.4℃)と水は共沸するため分離能力も低い。そのため、２段蒸留式や膜式分離の工程が必要となるなど、生産コスト上昇の原因となるため、実用化には至っていない。そこで、低温でアルコール分離可能な温度差制御気化浸透法[1、2]に着目した。この分離には疎水性高分子の多孔質膜を用い、蒸留法と異なり、０～３０℃程度の温度で分離できる。しかし、この方法はエタノール選択透過性を高くすると透過速度が遅くなるため、さらに、分離膜の性能向上が必要である。本浸透法は、蒸気状態でエタノールと水蒸気の混合状態から両者を分離する技術であり、分離膜の圧力損失も小さい必要がある。

本浸透法は、高濃度のエタノールを製造できる新しい技術であるため、これまでにない利用方法が期待される。本研究では、低エネルギー型濃縮法を用いた新しいエタノール製造技術に関する研究会を立ち上げて上記課題に関する技術情報の交換や調査研究を行った。

2　背　　景

２．１　播州繊産地における繊維廃棄物の現状

西脇市を中心とした播州繊産地は、生産工程で、余剰色糸・糸屑・端布の繊維廃棄物が大量に発生（約 100 トン/月）しており、有効にリサイクルしてほしいという要望が高い。有償で産業廃棄物として焼却処分されるが、その焼却処理費が産地企業の収益を圧迫している。このような問題を解決する方法として、繊維廃棄物を糖に分解して、その糖から酵母を利用することによってエタノールを製造する技術の開発が有望である。将来的に、エタノールは、産地内で多く使用されるボイラー燃料として活用できる。

２．２　バイオエタノール研究会の発足

本研究会は、㈱エコログ・リサイクリング・ジャパン、㈱片山商店、大関㈱、関西大学、兵庫県立工業技術センター、（財）ひょうご環境創造協会、（財）新産業創造研究機構の７機関の参加で発足した。委員長は関西大学の浦上忠教授、事務局は兵庫県立工業技

術センター繊維工業技術支援センターが担当した。研究会は４回開催し、研究発表はじめ、種々の調査研究並びに意見交換を行った。

３　調査結果

３．１　繊維廃棄物の現状

日本で廃棄される繊維製品は年間約２００万トンで、そのうちウエス等へのリサイクル率は　５～１０％前後にすぎないと言われている。また、繊維廃棄物の約 60%が綿繊維で占められている。

３．２　綿の糖化

綿のセルロース含有量は、水分を除くと94%あり、木材に含まれるリグニン等の不純物が非常に少ないのが特徴である。このため綿は、バイオエタノールの原料としてきわめて有望である。また、綿セルロースはグルコースがβ-1,4結合のみで連続しているため、セルラーゼ酵素の選択が容易である。さらに、処理前にアルカリ処理することによって、糖化速度が大幅に向上し、かつアルカリ液で煮沸することによって消毒効果が得られ、雑菌による糖の消費を防ぐことが可能である。

３．３　現在の技術課題

糖化工程のコストが高い（処理時間（３日）セルラーゼ）ため、処理時間の短時間化と効率化が必要である。また、製造したエタノールの濃縮にも蒸留法が用いられ、エネルギーを多く使用する。市販のドライ酵母を使用した固定化酵母技術を活用し、低コスト化を図る必要性がわかった[3，4)]。 濃縮技術についても本浸透法の期待は高く、高性能な濃縮分離のためにエレクトロスピニング法による分離膜の開発[5)] も重要な技術課題となっている。

３．４　バイオエタノールの利用方法

製造したエタノールの利用方法としては、80wt%のエタノール液を燃料としたボイラーを導入して利用するとバイオエタノールの搬送コストがかからず有効とした。エタノール利用のボイラーはすでに市販製品としてメーカーにより開発済みである。

３．５　播州織産地の現状

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、国内綿織物の約16％（生地生産量約7000万ｍ）を生産している。その生産工程で発生する大量の繊維廃棄物を再資源化して有効利用したいという要望が高い。余剰色糸は、目方や色目が雑多で、再利用できない糸屑は50ﾄﾝ/月程度発生している。これは、ごみの削減を打ち出している地元行政では深刻な問題となっている。

４　実証実験

４．１　綿の糖化試験

セルラーゼを用いて綿を分解し生成物の分析を行った。酵素処理は、2g の生地に対してセルラーゼを１ｇ/L 含むｐＨ５に調整された 300ml の液に漬けて 45℃にて処理した。高速液体クロマトグラフを用いて、燐酸－フェニルヒドラジン法を用いて糖分析を行った。図１に高速液体クロマトグラフを用いた糖分析結果を示す。保持時間６min 付近にセロビオースのピークがあり、28min 付近にグルコースのピークがあることがわかる。その他の糖は検出されておらず、セルラーゼによる綿繊維の分解はセルロースとグルコースを生成することがわかった。さらに長時間の酵素処理により、セロビオースは最終的にグルコースに分解されることが確認できた。綿を分解されて得られる糖はグルコースのみである。これは C6 糖といわれ、酵母による発酵工程

において、木材のように C5 糖を含んでいないため効率的にエタノールを製造できると推測される。

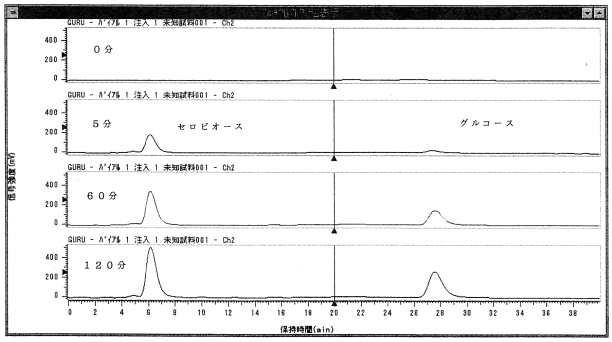


図１　高速液体ｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌを用いた糖分析結果

４．２　各セルロース系繊維の糖化

セルラーゼを用いて糖を生成することが可能なセルロース系繊維は、綿の他に天然繊維の麻や再生繊維のレーヨンがある。これらの糖化の挙動について検討した。

綿とレーヨンの添付白布（（財）日本規格協会）および、麻（トスコ㈱）について４．１と同様の方法で、15 日間処理した。グルコースが生地全体の何パーセント生成したかを測定した結果、綿が 53%、麻が 26%、レーヨンが 99%であった。同条件で糖化処理を行っても素材によってグルコースの生成速度に差があることが把握できた。

４．３　温度差制御気化浸透法の分離膜試作

エレクトロスピニング法による温度差制御気化浸透法の分離膜を試作し評価試験を行った結果から、温度差制御気化浸透法は気化した水・エタノール混合液を濃縮分離可能であることを確認した。

５　結　　論

本調査結果から、播州織産地においては、セルロース系繊維からバイオエタノールを製造して、現地で使用されている重油ボイラー等の代替燃料として利用し、低炭素社会の実現を目指しながらゼロエミッション産地を構築することは十分達成できることが認められた。高効率、低コストのバイオエタノール製造を行うための技術開発としては、糖化工程や発酵工程の効率化と濃縮工程の低エネルギー化という課題を、温度差制御気化浸透濃縮法によるアルコール濃縮装置と連続発酵装置を連続化すること、またアルカリ水を用いた酵素処理による糖化工程技術で解決し、地産地消型資源エネルギーのリサイクル化の可能性を見出した。また、濃縮工程で用いる分離膜については、エレクトロスピニング法を用いた多孔質膜を用い、分離性の向上も確認することができた。

参 考 文 献

1) T. Uragami: Concentration of Aqueous Ethanol Solutions by Porous Poly(dimethylsiloxane) Membranes during Temperature-Difference Controlling Evapomeation, *Desalination*, **193**, 335-343 (2006)
2) T. Uragami: Concentration Performance of Aqueous Bio-ethanol Solutions by Porous Polymer Membranes during Temperature - Difference Controlled Evapomeation, 42nd IUPAC CONGRESS Chemistry Solutions, Glasgow, UK, August, 2009
3) 田邉和男,和田顕男,迫 勝善,峯 武士,滝波弘一,八木修身：“ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ･綿混紡ﾕﾆﾎｰﾑのﾊﾞｲｵﾃｸﾘｻｲｸﾙ:ｸﾞﾙｺｰｽ生成とﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ素材の分離再利用”、日本繊維機械学会第 63 回年次大会, 大阪、(2010)
4) 迫 勝善, 和田顕男,田邉和男,和田顕男,峯 武士,滝波弘一：“廃棄綿繊維製品よりｾﾙﾗｰｾﾞによるｸﾞﾙｺｰｽ生成とﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ素材の分離再利用“、日本繊維機械学会第 63 回年次大会、大阪、(2010)
5) 中野恵之、東山幸央、浦上 忠：“ｴﾚｸﾄﾛｽﾋﾟﾆﾝｸﾞ法により作製したﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ繊維ｼｰﾄを用いたｴﾀﾉｰﾙ濃縮技術”、日本繊維機械学会第 63 回年次大会、大阪、(2010)

「経常研究」

アレンジワインダー糸を使用した織物企画設計支援システムの開発に関する研究

藤田浩行，古谷　稔

要旨　アレンジワインダーは、つなぐ糸の長さや色および順序などを予めコンピュータで企画設計することで意図したイメージの糸の作製が可能である。しかし、アレンジワインダーで作製した複雑なデザインを持つ糸から製織イメージを予測することは困難である。本研究では、織物の高付加価値化やオリジナル織物開発の設計支援のため、糸つなぎデータから織物の織り上がりを予測ができるシステムの開発を行った。開発システムは、織密度や組織などの規格を変更して織物イメージの予測が可能であり、アレンジワインダー糸からの新規織物開発の設計支援に役立つと期待できる。

1　緒　　言

アレンジワインダーは、多品種小ロット織物生産システムとして各繊維産地で活用されている。また、複数の染色糸を任意の長さおよび順序につないだデザイン性ある糸づくりによるオリジナル織物開発用として利用する企業も多い。これまでオリジナル織物の開発支援のために、アレンジワインダー用データ作成プログラム（AwDMake: Arrange Winder Data Making Program）を開発し、国内外の企業に多く普及した。しかし、現在のシステムは、作成データ（糸つなぎデータ）から織り上がりの予測が得られないため､糸のデザイン設計が困難である。

本研究では、オリジナル織物の企画設計支援のため、糸つなぎデータから織り上がりを予測するシステムの開発を目的とする。

2　開発システムの概要

これまでに開発した多品種小ロット織物生産システムは、アレンジワインダーで作製した糸をたて糸として用いる。しかし、オリジナル織物開発の場合は、よこ糸として使用されることが多い。そこで、開発システムは、糸つなぎデータより作製される糸をよこ糸として製織した場合の織物イメージを予測できるシステムの開発を試みた。ただし、以下に示す２つの制約条件を設けた。

①１つの糸つなぎデータから予測（織機のよこ糸選択が単丁と同義）

②革新織機と同様によこ糸は端部で切断される（シャットル織機のように折り返さない）

織物イメージをシミュレートする場合、織物規格に関する設定情報が必要である。開発システムは､表１に示す設定情報を基に予測できる。また、糸つなぎデータから作成される織物デザインは、必ずしも周期性が存在しないため、織物端部からの距離を変更して表示できるようにした。その他、よこ糸による織物イメージがわかりやすいようにたて糸の非表示による予測やたて糸の色変更なども可能とした。

表１　織物イメージの設定項目

1	たて糸密度、よこ糸密度（本/インチ）
2	織組織（三原組織；平、綾、朱子織）
3	織幅（インチ）
4	織縮み（%）

3　実験結果と考察

開発システムによる織物イメージの予測結果について、２つの例を以下に示す。

３．１　糸長の変化

各糸長すべて10mのデータA、平均糸長10mであるが、糸長にばらつきを与えたデータBの２つの糸つなぎデータを用いてイメージ予測を行った。これらの糸長変化を図１に示す。なお、つなぐ糸の色は、データA、Bとも 黄→白→青の順に同じ回数繰り返すデータとした。図２に、織物イメージの予測結果を示す。イメージに与える糸長変化の影響を明確にするため、たて糸は表示していない。なお、よこ糸密度：100本/インチ、織幅：46インチ、織縮み率：12%として予測した。その結果、データAのデザインは等間隔の縞模様で単調なデザインとなったが、データBは縞模様の間隔が大きく変化しており、図１の糸長に対応して縞の間隔が変化した。明らかに糸長のばらつきが、織物イメージに変化を与えている。織物イメージを得ることで、作製する糸の企画設計に役立てることができる。

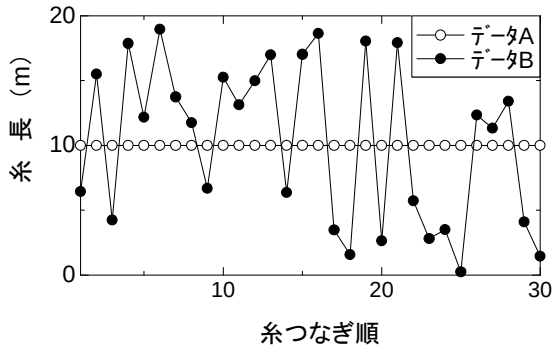
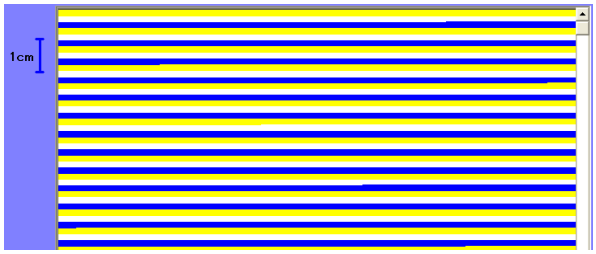
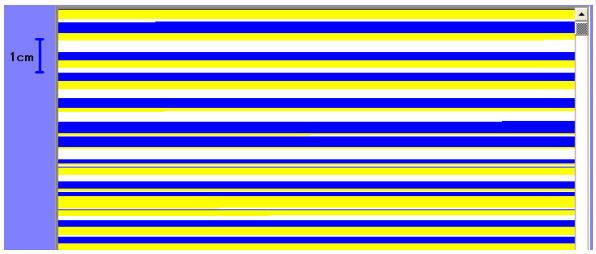


図１　ばらつきの異なる糸長データ



(a) データA（糸長一定）



(b) データB（糸長変動あり）

図２　糸長のばらつきが異なる織物イメージ

３．２　織組織の変化

開発システムの全体画面を図４に示す。織組織は、平織、綾織、朱子織の三原組織を選択して予測することができる。綾織については、綾線方向や１完全組織の枚数の変更を可能とした。なお、織物イメージの予測に用いた糸つなぎデータは、図３のように0.1mの赤い糸と約20mの灰色の糸を交互につなぐデータとした。

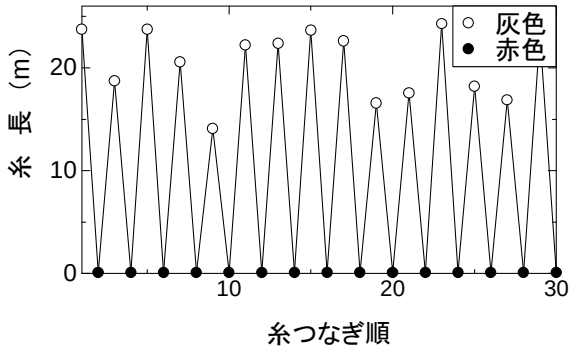


図３　糸つなぎデータの糸長の変化

平織と綾織の織物イメージの予測結果を、同一箇所を拡大して図５に示す。なお、綾織は、2/2の組織であり、綾線方向は右肩上がりとした。また、図６に５枚朱子の組織について、たて糸の色を灰糸および赤色に変化させた場合についての予測結果を示す。同じ規格の糸であっても組織や色が変化すれば、織物のイメージは大きく変化することがわかる。

以上のとおり、糸つなぎデータを用いて織物イメージの予測ができた。新規織物のデザイン設計の支援に役立つと期待できる。

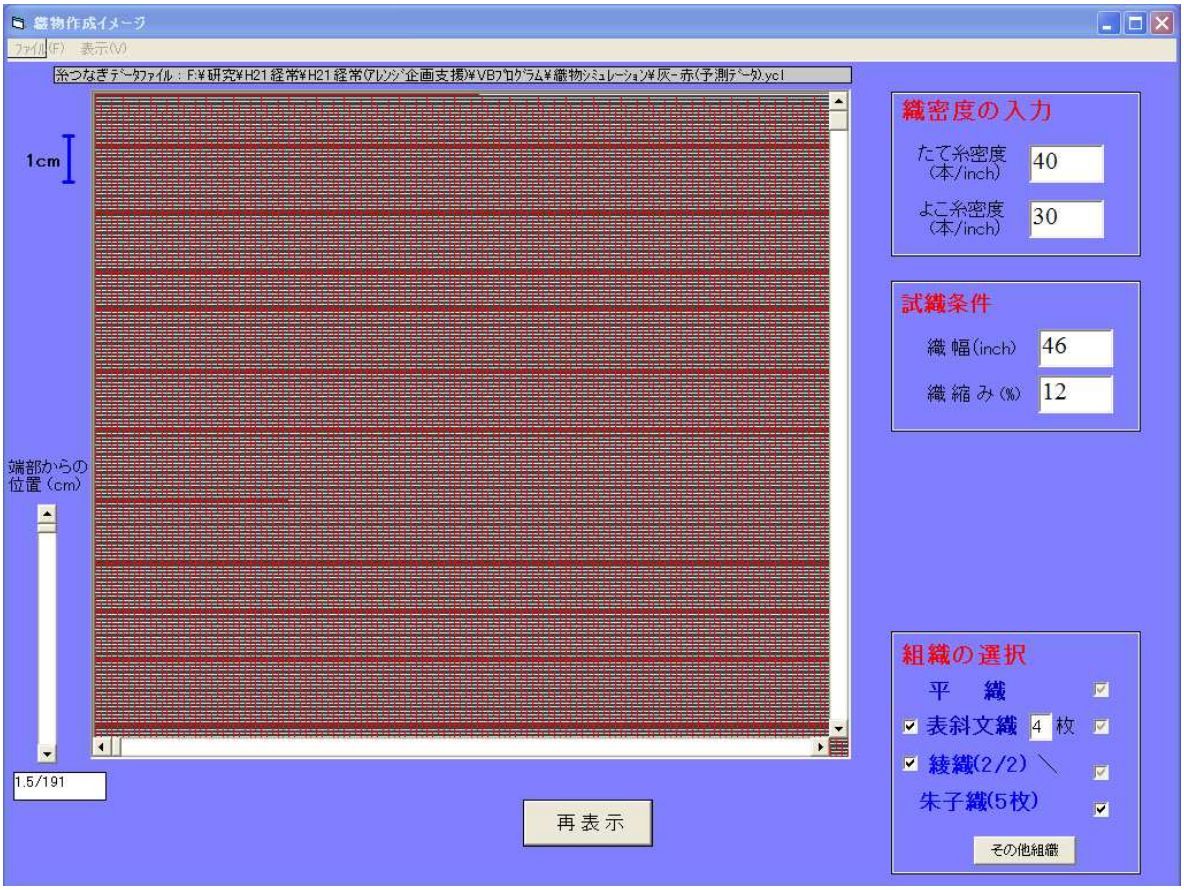
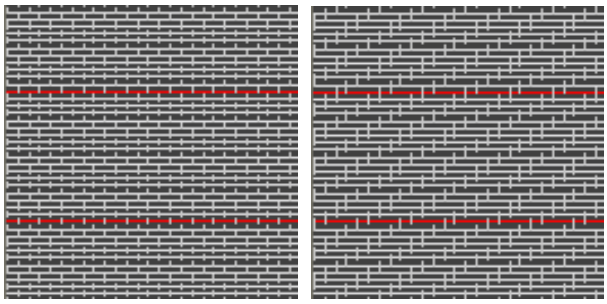
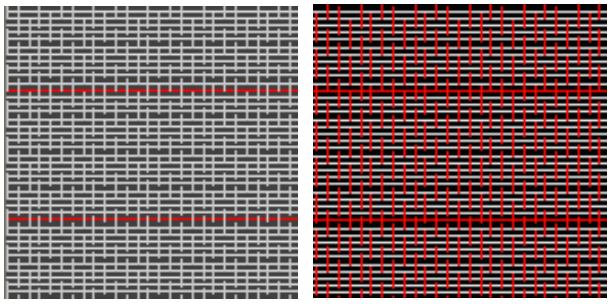


図４　開発システムの全体画面



(a) 平織　　(b) 2/2綾織／

図５　異なる組織による予測



(a) 灰色　　(b) 赤色

図６　たて糸の色が異なる予測（５枚朱子）

4　結　　言

アレンジワインダーは、つなぐ糸の長さや色および順序などを予めコンピュータで企画設計することにより意図したイメージの糸の作製が可能である。しかし、作製した複雑なデザイン性を持つ糸から、製織した織物イメージの予測は困難である。本研究では、織物の高付加価値化やオリジナル織物開発の設計支援のため、糸つなぎデータから織物の織り上がり予測ができるシステムの開発を行った。開発システムは、織密度や組織などの規格を変更して織物イメージの取得を可能とした。

今後は、システムの汎用性向上のための改良を行う予定である。

「経常研究」

極少量生産に対応した先染め織物製造技術に関する研究

古谷　稔，藤田浩行，瀬川芳孝

要旨　市場における小物・雑貨ブームの中で、短納期で織物素材を提供する方法の確立が求められている。また近年、産元商社や織布業では、新規販路開拓をめざして、マフラー・鞄・ハンカチ・帽子等小物雑貨の製造・販売を目指す機運が高まっている。

そこで、当センターが保有する小ロット対応の生産技術を用いて、小物・雑貨向けの織物素材提供に活用できる先染め織物製造技術について研究を行った。

1　目　　的

小物・雑貨を製造・販売する機運が高まる中で、小物・雑貨に適した織物素材の開発や極少量生産向けに素材を提供する方法について検討するとともに、播州織産地における小ロット対応生産対応の一部として活用することを目的とする。

2　適切な先染め織物製造技術への提案

小ロット対応の生産技術を再検討することにより、生地の見込み生産（在庫対応）を活用し、小物・雑貨に適応した生産手法について検討と実験を行った。

2．1　生地在庫による対応

播州織の特化した技術であるクラッシュ加工[1)]用に織り組織を工夫した生地在庫について検討した。

2．2　プリント技術の併用

上記の生地在庫に対してプリント技術を併用する方法について検討を行った。特に対象とする小物・雑貨に向くデザインについて検討を行った。

クラッシュ加工用の織物は、生地表面を粗く作る必要がある。また、後工程のプリントに配慮した生地（白地）を中心に検討を行った。

2．3　クラッシュ加工との組合せ

クラッシュ加工用の生地在庫では織り方が限定されるため、要求されるデザインに迅速に対応する方法について検討を行った。

実験の様子を図１、図２に示す。実験では、２ｍから３ｍ毎に図柄を変えてプリントした織物にクラッシュ加工を行った。



図１　生地にプリントしクラッシュ加工する実験：加工前（播州織工業協同組合[1)]）

この実験では、平成 19、20 年度に兵庫県ＣＯＥプログラムの研究で導入したインクジェットプリンタと従来法による顔料プリント（樹脂含有）の実験を行った。



図２　生地にプリントしクラッシュ加工する実験：加工後（播州織工業協同組合[1)]）

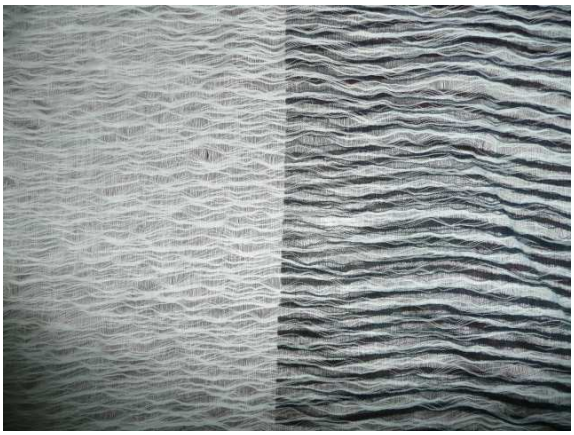


図４　従来法と無印画部分の糸の移動状態
左：無印画部分　　右：従来法の印画部分

３　結果と考察

小物・雑貨の生産に対応した、先染め織物生産技術・手法について検討を行った。

新しい発見として、兵庫県ＣＯＥプログラムで実施した研究では、印画部分（インクが生地上に印刷された部分）もクラッシュ加工と同時に織物表面の糸が移動したが、今回初めて実験を行った従来法の顔料プリントでは、印画部分が膠着し、クラッシュ加工による糸の移動が見られなかった（図３、図４）。これは、クラッシュ加工とプリントの併用による新しい発見である。

生地在庫を活用した小物・雑貨用の素材提供では、バイヤーの要求に対応できる範囲での広い生地の在庫をいかに迅速に達成できるかが鍵になる。また、生地の在庫については、播州織産地が注力する戦略として確立されようとしている。これに現有するプリント技術やクラッシュ加工技術を組み合わせることで、小ロット生産に適した織物素材開発に対応した製造技術の確立することが可能であることが分かった。

今後、商談を得るためにはクイックタイムでサンプルを提示する必要性があり、どのように対応するかが課題となっている。



図３　従来法の印画部分が移動しない状態



図５　提供した素材によるハンカチ



図６　提供した素材による傘



図８　開発試作品のディテール

図５、図６に、素材提供して試作されたハンカチと傘を示す。これらの商品は、既に数多く市販され好評を得ている。

今後、播州織産地企業では、生地の見込み生産方式に注力していく可能性が高いため、本研究成果が活かされるものと期待する。

４　結　　論

試作したオリジナル織物について、播州織見本市（東京）やオリジナル織物の展示会（西脇）で発表を行った。出品した織物のうち、プリント併用技術によるクラッシュ加工織物は、大手ブランドと共同開発（地元企業を含む：図７、図８）にも取り組んでいる。



図９　試作織物の展示会風景



図７　開発試作品の海外展示

参 考 文 献

1）表面加工方法及び表面加工織物　特許第4304236 号　竹内康隆、古谷稔

「経常研究」

光応答機能性繊維の開発

―天然繊維のフォトクロミック加工に関する研究―

東山幸央，平瀬龍二[1)]，藤田浩行

要旨　光によって可逆的に色が変化するフォトクロミック化合物を繊維に導入することにより､様々な機能性を付与することが可能になる。これまでのフォトクロミック加工は、合成繊維へのものであり、天然繊維への適用はほとんどみられなかった。本研究では、綿をはじめとする天然繊維への効果的なフォトクロミック加工法適用の可能性について検討した。結果、変色性能および耐洗濯性能の良好なフォトクロミック加工綿糸を得ることができた。

1　緒　　言

紫外線の有無により可逆的に色が変化するフォトクロミック化合物を繊維に導入することにより、例えば屋内と屋外で色が変化したり、紫外線の有無を色で判別できる等、様々な機能性を付与することが可能になる。しかし繊維分野においては、紡糸溶液にフォトクロミック化合物を分散させる方式が主流で、合成繊維にしか適用できない問題点がある。本研究では、関連業界からの要望が多い、綿をはじめとする天然繊維への効果的なフォトクロミック加工方法について基礎的な検討を行った。

2　実験方法

サニーカラー染料（青、記録素材総合研究所製）1.0gを各種有機溶媒（トルエン、テトラヒドロフラン、アセトン）20mlに室温で溶解させ、綿糸0.25gを浸漬させた後、５分超音波処理して２時間室温で放置した。続いて染料を溶解させた有機溶媒で２回洗浄し室温で一晩乾燥させてサンプルを得た。

紫外線照射は紫外線ランプ(波長365nm)を用い、照射時間は３分とした。

耐洗濯性の評価として、家庭用洗剤による繰り返し洗浄を行った｡サンプルを 50ml のサンプル瓶に入れ、アタック（花王製）の 0.07wt%水溶液 30ml を加えて 100 回振とうした後、５分間の超音波処理を行い、10 分放置した｡その後水道水によりすすぎを行い､55℃の熱風循環式オーブンにて 30 分乾燥させた。これらを１サイクルとし、合計５サイクル行った。

3　結果と考察

フォトクロミック加工前と加工後のサンプルの電子顕微鏡写真を図１に示す。加工前後で、繊維表面に染料の分散不良などの異常は認められず、均一な加工状態であると考えられる。サニーカラー染料は、水に不溶であったため、本研究ではアセトンをはじめとする有機溶媒を用いた。有機溶媒

---

1) 環境・バイオ部

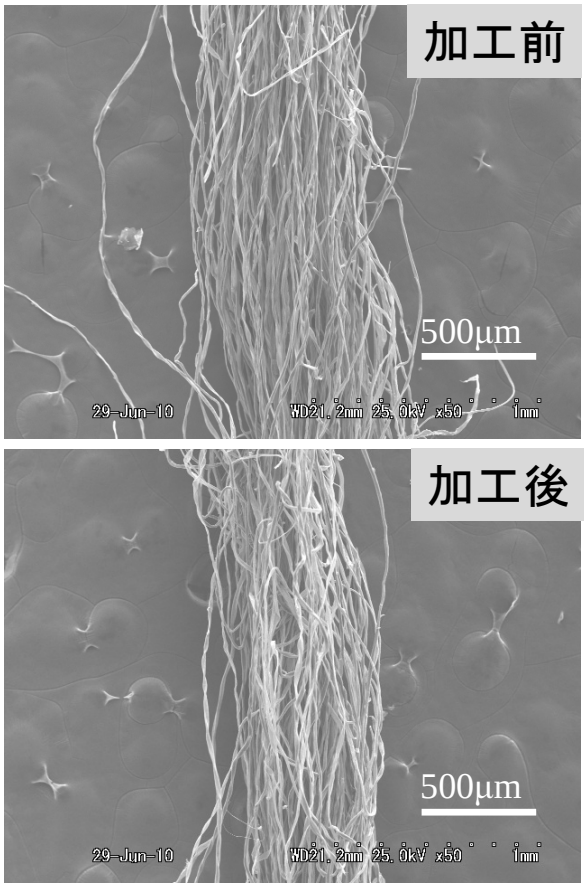


図１　フォトクロミック加工前後での電子顕微鏡写真

のうち、トルエン、テトラヒドロフラン、アセトンには良好な溶解性を示した。しかし、メタノールにはほとんど溶解せず、ヘキサンへの溶解性も低かったことから、サニーカラー染料溶解に適した溶媒の極性範囲が存在するものと考えられる。

フォトクロミック加工後のサンプルへの紫外線照射試験を行った結果を図２に示す。

紫外線照射前は白色の綿糸が照射後青色に変化したが、照射 10 分後には元の白色に戻ることが確認できた。評価結果を定量化するため色差測定を試みたが、色が紫外線の照射によって１分単位で変化するため、高精度でかつ再現性のあるデータを得るためには色差測定は不適であることが明らかとなった。



図２　紫外線照射試験後の経時変化

そこで、図２の画像のサンプル部分におけるＣＭＹＫ色データから、青色成分のＣ（シアン）値を抽出解析した。その結果を表１に示す。Ｃ値も紫外線照射により増加し、10 分後にはほぼ照射前の値に戻っていることから、色の変化の可逆性が確認できた。

表１　抽出解析したＣ（シアン）値

	照射前	照射直後	10 分後
トルエン	36	68	40
ﾃﾄﾗﾋﾄﾞﾛﾌﾗﾝ	35	69	41
アセトン	34	69	46

フォトクロミック加工サンプルの耐洗濯性試験結果を図３に示す。試料は、それぞれ、洗濯前、洗濯１回、洗濯５回の各サンプルの紫外線照射直後の変色状況である。表１と同様に、画像データからＣ値を抽出解析した結果を表２に示す。

洗濯前→洗濯１回でＣ値が少し下がり、洗濯１回と洗濯５回でＣ値がほぼ同じことから、1回目の洗濯がソーピングに相当し、有機溶媒洗浄で除去しきれなかった過剰の染料が除去されたと思われる。２回目以降の洗濯では、染料の除去はほとんど起こっ

ていないものと考えられ、耐洗濯性は良好であると思われる。



図３　耐洗濯性試験後の変色状況

表２　洗濯が変色性能に与える影響(C 値)

	洗濯前	洗濯１回	洗濯５回
トルエン	68	61	59
ﾃﾄﾗﾋﾄﾞﾛﾌﾗﾝ	69	59	58
アセトン	69	60	59

染料の溶解に３種の有機溶媒を用いたが、各有機溶媒間で、変色性能、耐洗濯性に大きな差はなく、サニーカラー染料を溶解できるものであれば、フォトクロミック加工に利用できることが明らかとなった。

４　結　　言

綿糸のフォトクロミック加工において、紫外線による光応答性能では、紫外線照射による白色から青色への変色と、照射中止後に青色から白色へ戻る変色可逆性が確認できた。耐洗濯性においては、５回選択後も充分な変色性能を維持していることが確認できた。光応答性能、耐洗濯性共に良好な結果が得られた。

本研究の発展として、本加工糸を用いた製布が可能になれば、更なる高付加価値化と、新規性、優位性の確立および播州織産地のアピールにつながると期待できる。

研究報告既刊一覧

No. 1	(1965年　8月)
No. 2	(1966年　5月)
No. 3	(1967年　6月)
No. 4	(1968年　8月)
No. 5	(1969年　8月)
No. 6	(1970年　8月)
No. 7	(1971年　6月)
No. 8	(1972年　　)
No. 9	(1973年　　)
No.10	(1974年　　)
No.11	(1975年　　)
No.12	(1976年　　)
No.13	(1977年　　)
No.14	(1978年10月)
No.15	(1979年10月)
No.16	(1980年10月)
No.17	(1981年10月)
No.18	(1982年10月)
No.19	(1983年10月)
No.20	(1984年10月)
No.21	(1985年10月)
No.22	(1986年10月)
No.23	(1987年10月)
No.24	(1988年10月)
No.25	(1989年10月)
No.26	(1990年10月)
No.27	(1995年10月)
No.28	(1996年10月)
No.29	(1997年10月)
No.30	(1998年11月)
No.31	(2000年 1月)
No.32	(2001年 1月)
No.33	(2002年 2月)
No.34	(2003年 3月)
No.35	(2004年 3月)
No.36	(2004年11月)
No.37	(2005年11月)
No.38	(2006年11月)
No.39	(2007年11月)
No.40	(2008年11月)
No.41	(2009年12月)
No.42	(2011年 3月)

研究報告(第42号)

平成23年2月8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

２２産Ⓘ１－００９Ａ４