ISSN 1342-7709

# 研　究　報　告

第 41号

平成21年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.41

2009

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

「播州織」は主として綿素材を先染した織物で、兵庫県西脇市を中心とした地域の約３００社で生産されています。播州織を生産する企業の大半は、半径 15km の範囲に集積しており、これほどの規模の企業数が集積しているのは現在の日本では珍しく、先染織物産地としては世界一とも言われています。ワイシャツ等の男性服用生地を中心に生産している播州織は、以前は欧米諸国を中心に世界中に輸出され、昭和５９年のピーク時には約１,０００億円の生産額を誇っていました。しかしその後は、アジア諸国の激しい追い上げにより輸出が伸び悩み、最近では生産額でピーク時の４０％台、生産量では２０％台にまで落ち込んでいます。ここ数年、生産量の減少に歯止めがかからず、毎年生産額においても対前年比で約１０％減という大変厳しい状況が続いています。

播州織の多くが、織物生地としてアパレルメーカ等に出荷されるため、残念ながら一般消費者は「播州織」という名前をほとんど知らないのが実情です。このため、「播州織」の知名度の向上並びにブランド化を目指した取り組みをした結果、平成 20 年には「播州織」は「地域ブランド」に認定されました。

ここ数年、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て、「地場産業の技術力とブランド力の向上」を目標に掲げております。すなわち、これまでの男性用ワイシャツ生地などの生産から脱却し、受身型産地から新規提案型・情報発信型産地への転換を図るため、ヨコ糸が曲がった織物や斜め織り織物などの新しい製織技術と、クラッシュ加工技術を組み合わせた高級婦人服向けの新商品・創作織物の研究開発を行い、各種展示会・ファッションショーを通じて情報発信に力を入れております。また、最近の消費者ニーズの個性化、多様化に対応した多品種小ロット生産技術の開発やオンリーワン商品の開発にも取り組んでいます。さらに、新素材の開発をはじめ、織物と樹脂等の素材を組み合わせた新しいインテリア商品の開発や、地球環境に配慮した酵素による糊分解技術などの地道な研究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による独自の研究だけでなく、各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の企業との共同研究などを通じて実施しております。特に、国等の産官学連携事業による研究プロジェクトについては、播州織業界と一体となり、播州織の勝ち残りをかけて取り組んでおります。これらの研究開発事業と合わせて、依頼試験、技術相談等を通じて県下の繊維関連産業を振興するための技術支援を積極的に行っております。

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書」、「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２０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２１年１２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．低コスト・短納期・高品質で環境配慮にも対応した織物試作システムの開発
（戦略的基盤技術高度化支援事業）
……古谷　稔, 瀬川芳孝, 佐伯　靖, 藤田浩行
近藤みはる、上月秀徳…… 1

2．ナノ顔料捺染法による織物表面加工技術の高付加価値化に関する研究
（兵庫県 COE プログラム推進事業）
……古谷　稔, 瀬川芳孝, 佐伯　靖…… 9

3．マイクロ波による染色加工分野への応用技術開発に関する研究
（経常研究）
……藤田浩行, 古谷　稔…… 13

4．平織織物の織物規格による高度化研究
（重点領域研究）
……古谷　稔, 瀬川芳孝, 佐伯　靖, 藤田浩行
近藤みはる, 上月秀徳……16

5．仕上加工技術を活用した織物の開発研究
（経常研究）
……瀬川芳孝, 古谷　稔, 近藤みはる……20

6．アレンジワインダー用データ作成システムの高度化に関する研究
（経常研究）
……藤田浩行, 古谷　稔, 上月秀徳……23

7．エレクトロスピニング法による糸製造と物性評価
（技術改善研究）
……中野恵之, 佐伯　靖, 原田知左子, 瀬川芳孝……26

8．マイクロ波照射による織物を表面加飾した多孔質フェノール複合材料の開発
（重点領域研究）
……藤田浩行, 瀬川芳孝, 古谷　稔, 上月秀徳……29

「戦略的基盤技術高度化支援事業」

# 低コスト･短納期･高品質で環境配慮にも対応した織物試作システムの開発

古谷　稔、瀬川芳孝、佐伯　靖、藤田浩行、近藤みはる、上月秀徳、
（井上真里※1、片山象三※2、小紫和彦※2、大江周平※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であるが、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３テーマについて研究を実施した。①糸ロス､染色排水を最小限した染色技術、②ＩＣタグを利用した故繊維の再利用技術開発、③複数の柄毎に必要な整経を１回行う技術開発。この３テーマを総合して、“織物試作システム”の研究開発を行った。その結果、低コスト・短納期対応の織物試作システムを開発することができた。

## １　目　　的

衣料・生活資材において、消費者の個性化、嗜好の多様化が進み、これに対応した高感性化商品をつくるために多数の織物試作が必要になっている。しかし、生産現場では、本生産と同じ手法で織物試作を行っており、高コスト・長納期に悩まされている。また、多品種小ロット化が進んでいる繊維業界では、川上の製造業者からの要望で織物試作毎に膨大な数の糸染色を１ｋｇ単位で行っており、端数の故繊維の増加に繋がっている。

そこで、これらの問題を解決するために、次の３テーマに分けて研究を実施した。①糸ロス、染色排水を最小限とした低コスト短納期の染色技術。②ＩＣタグを利用した故繊維（製造現場で発生する色糸残糸）をリサイクルする技術開発。③複数以上の違った色柄毎に必要だった整経を１回の作業で可能にする技術開発。この３テーマを総合して、環境に配慮しつつ国際競争力を持つ織物試作システムの開発を行った。

## ２　実験方法

### ２．１　環境配慮にも対応した新たな糸染色

#### ２．１．１　染色装置（ワインダー）の開発

糸巻機（糸を巻きながら染剤を付着させる装置）を開発した。この装置を用いて、均一染色の向上と染色時間の短縮および染色排水量を低減する実験を行った。開発した染色装置の性能確認のため、染色加工速度及び絞り率と染色濃度等の関係について実験を行い、研究時に設定した目標に十分満足する染色装置を開発することができた。開発した染色装置を図１および図２に示す。

（※１　神戸大学大学院人間発達環境学研究科）
（※２　株式会社片山商店）
（※３　桑村繊維株式会社）
（※４　新産業創造研究機構）



図１　開発した染色装置の全体

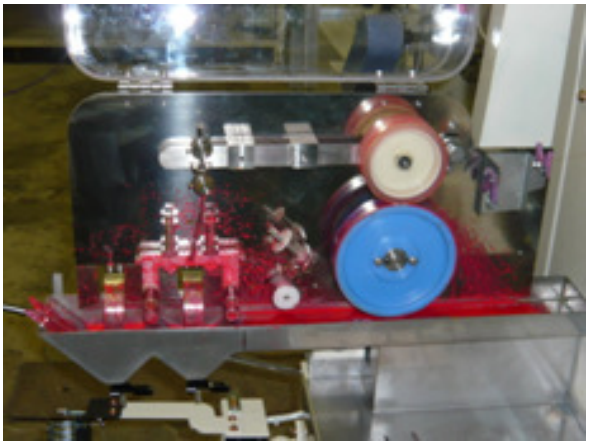


図２　染色装置の浸染部(左)と絞り(右)部分

２．１．２　染剤＋バインダー、マイクロ波発生装置による染色技術の開発

染色装置(ワインダー)で使用する染剤の色合せ技術確立のため、目的の色糸を的確に染め、さらに染剤調合等の染色に要する時間の短縮化について検討した。

表１は糸の太さ(番手)と染色の速度および染色液の絞り率を、表２は色合せ実験時の顔料配合割合を、図３は色合せ実験による染色糸を示す。

表１　番手と染色速度と絞り率の関係

| 速度 (m/min) / 番手 | 絞り率(%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 150 | 200 |
| 綿糸 10/1S | 172 | 150 | 23 | 7 |
| 綿糸 20/1S | 270 | 261 | 258 | 238 |
| 綿糸 80/2S | 188 | 185 | 185 | 133 |

表2　色合せ実験時の顔料配合割合 (wt%)

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 青 | 4.95 | 4.75 | 4.50 | 3.75 | 2.50 | 1.25 | 0.75 | 0.25 | 0.05 | 0.00 |
| 赤 | 0.05 | 0.25 | 0.50 | 1.25 | 2.50 | 3.75 | 4.25 | 4.75 | 4.95 | 5.00 |



図３　色合せ実験による染色糸の一部

２．１．３　マイクロ波発生装置による染色技術の開発

染色装置において染色された糸の乾燥およびベーキング処理を短時間で行うことを目的に、マイクロ波加熱装置に温度制御機能を附加した装置(図４)を導入し、安定的な乾燥を実現するための実験を行った。なお、表３に示すように、マイクロ波照射による変色はない。表４は、マイクロ波照射した染色糸について、ベーキング効果を明らかにするために、ソーピング液を測色した結果である。また、照射時間と糸重量および内部温度の関係についても検討した。

その結果、マイクロ波照射が、綿糸の乾燥およびベーキング処理に必要な加熱方法として有効な手法であることを明らかにした。

表３　顔料染色した綿糸の測色

| 光源 $D_{65}$ | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| マイクロ波照射なし | 42.91 | -15.46 | -40.63 |
| マイクロ波照射あり | 43.02 | -16.04 | -39.76 |

表４　ソーピング後の排水の測色と色差

| | L* | a* | b* | ΔE* |
|---|---|---|---|---|
| 排水（照射なし） | 90.10 | -7.70 | -2.27 | 11.30 |
| 排水（照射あり） | 95.09 | -1.30 | -2.61 | 2.03 |
| ソーピング液 | 95.29 | 0.06 | 4.10 | |

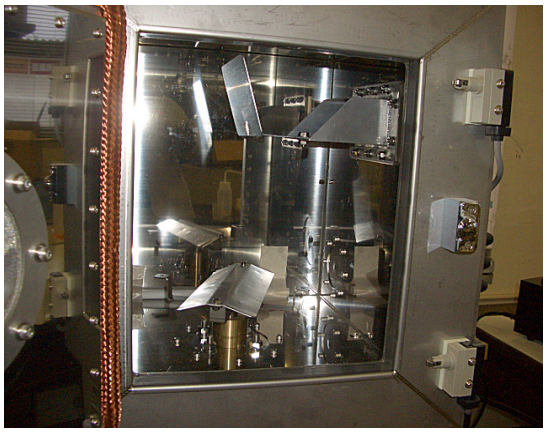


図４　均一加熱のためのマイクロ波加熱装置

２．１．４　風合いの評価

開発装置で染色した糸について、従来の染料を用いた染め糸と比較のため風合いの評価を行い、評価基準の策定を行った。その結果、新しい染剤により作製した糸と従来の染色法で染色した糸の風合いの差は小さいことがわかった。この策定した評価基準を活用し、小ロット対応システムの全体実験の中で活用した。図５、６、図７は、新染色法で染色条件を変えて染色した糸と従来技術の染色法で染色した糸の風合いを比較したチャートである。

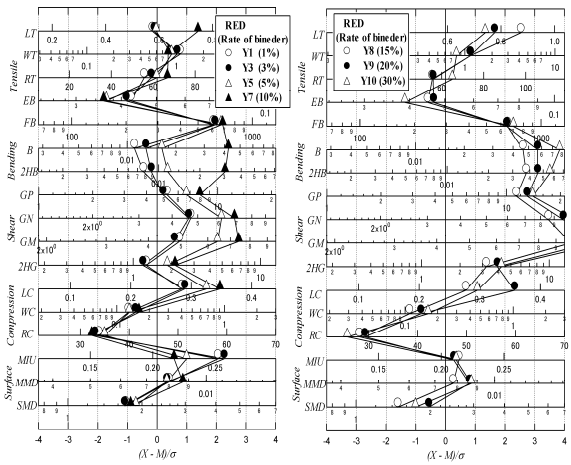



図５　バインダーの割合を変化させた試料の糸特性の比較

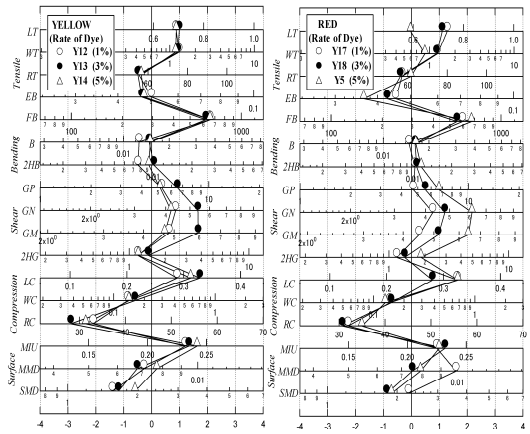



図６　顔料の割合を変化させた試料の糸特性の比較

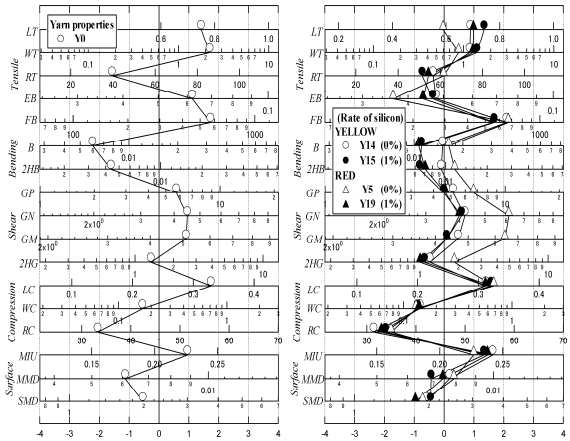



図７　原糸およびシリコン柔軟剤挿入試料の糸特性のチャート

図８は紳士ドレスシャツ地の母集団の平均値と標準偏差を用いて作成したチャートに、新染色法で染色した糸を用いた布のデータをプロットしたものである。

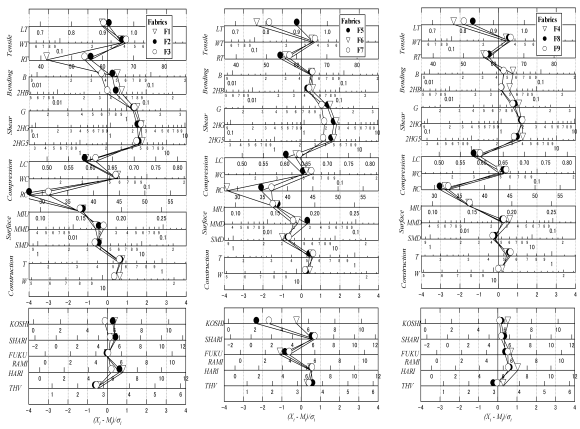
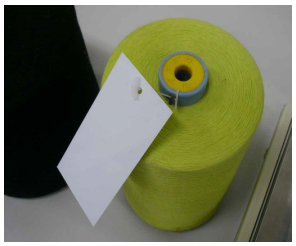



図８　顔料によって染色した糸で織られた布特性チャート

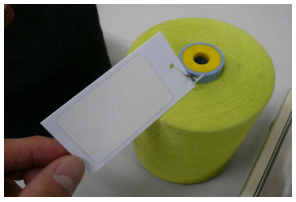
２．２　故繊維リサイクル技術の開発

２．２．１測色管理技術の開発

故繊維の色相分類技術（測色方法、基準値等）の研究を行い、検索条件の絞り込みにより、見本の色に対応した色糸を探し出す技術を研究した。また、検索時間の短縮方法について実験を行った。図９に測色管理システムを示す。



(1)測色された物にプラ板を取り付ける。



(2)プラ板にＩＣタグを貼り付ける。



(3)電子秤で重量を計量記録する。



(4)保管登録 印字ラベルを発行する。



(5)出来上がり 保管庫へ。

図９　測色管理システム

糸検索システムについては、該当品の情報をリーダーライタ(図 11)に読込ませ、保管庫内（図 10）を移動し、大きく探して、だんだん小さなエリアに絞り込み、対象となる 1 個の染色残糸を探索する。



図 10　測色管理した糸群からリーダーライタ(図 11)を用いた探索



図 11　探索に用いるリーダーライタ

２．２．２　ＩＣタグ形状、装着技術の開発

異なる形状をした故繊維(図 12)の全ての巻取り形状に対応したＩＣタグ形状について調査、試作を行った。この結果、返しのついたピンタイプ形状(図 13)の装置を開発した。また、ＩＣタグが電波感知できる距離の一番長い UHF 帯ＩＣタグシステムへの変更および改良を行った。これにより糸を保管・管理するボックスや台車の外側でも感知が可能となった。さらに、再利用が可能なＩＣタグ印字システムの開発を実施した。図 14 に糸検索システムの概念を示す。



図 12　異なる形状をした故繊維の例



図 13　開発したＩＣタグ装着装置

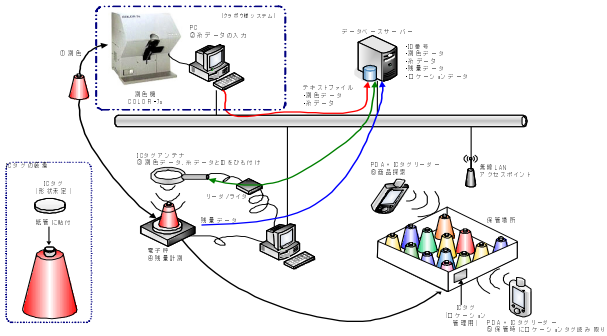


図 14　糸検索システムの概念図

２．３　新たな整経方法の開発

２．３．１　糸選択+糸繋ぎ装置の開発

糸選択＋糸繋ぎ装置を 80 個を装着した糸繋ぎ装置(ニューアレンジワインダー)の開発を行った。これは、指定した位置に、640 個(8 選択×80 装置)の巻糸を配置する必要があり、オペレーターが定位置に配置できる指図書のソフトウェアを開発した。また整経する前に必要な糸長だけ糸を分割するが、糸の大きさもグラフィック化した。また、繋ぎ装置でたて糸を準備できない場合、アレンジワインダーで巻いた糸を利用して、たて糸を準備するソフトウエアも合わせて開発した。

２．３．２　整経データ作製ソフトウェアの開発

図 15 に開発したソフトウェア糸使用時のシステムの流れを示す。これを用いた実証試験を行った。

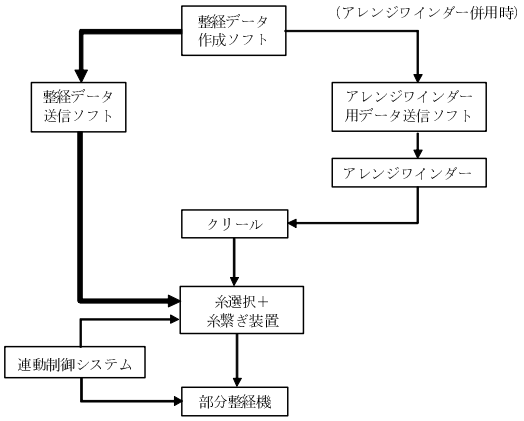



図 15　アレンジワインダー糸使用時のシステムの流れ

２．３．３　全自動部分整経機との連動制御の開発

従来型部分整経機に改良を加えて全自動整経機に応用できる技術開発を行い、目視、手動で複数柄の整経を可能にした。これを全自動化するための装置を新たに開発し、合わせて判明した「糸選択+糸繋ぎ装置」と従来型部分整経機の双方の不具合点を改良して、作業時間を 6 時間も短縮することができた。図 16、17 に選択レバーと糸番号の関係、色情報および併用時の表示例を示す。

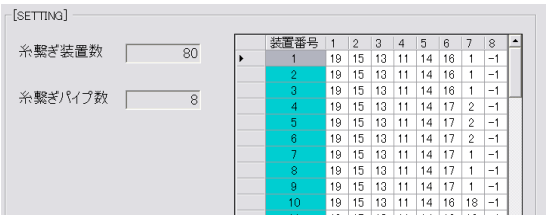



図 16　各装置の選択レバーと糸番号の関係(一例)

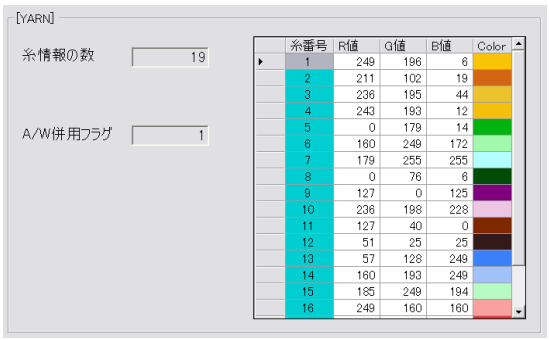



図 17　糸番号の色情報とアレンジワインダー併用のフラグ表示

また、糸をクリールに正確に配置する必要があり、そのための確認システムについても開発を行った。図 18 は、アレンジワインダーへの糸配置図、図 19 は、クリールへの糸の配置の指図書、図 20 は、配置をグラフィック化した図である。また、配置した糸を糸繋ぎ装置の前方に引き組む必要があり、これについても、図 20 に示すように、糸の引き込み指図書によるグラフィック化を行った。

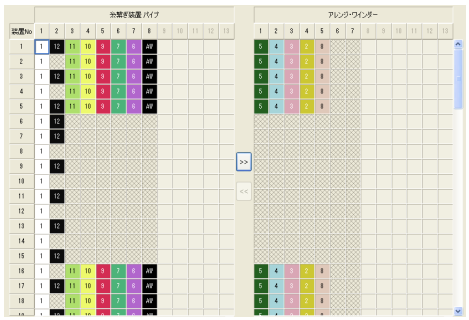


図 18　糸配置図

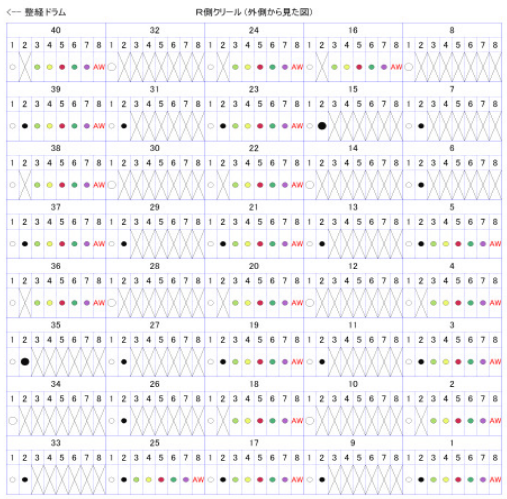


図 19　クリール立てのグラフィック化

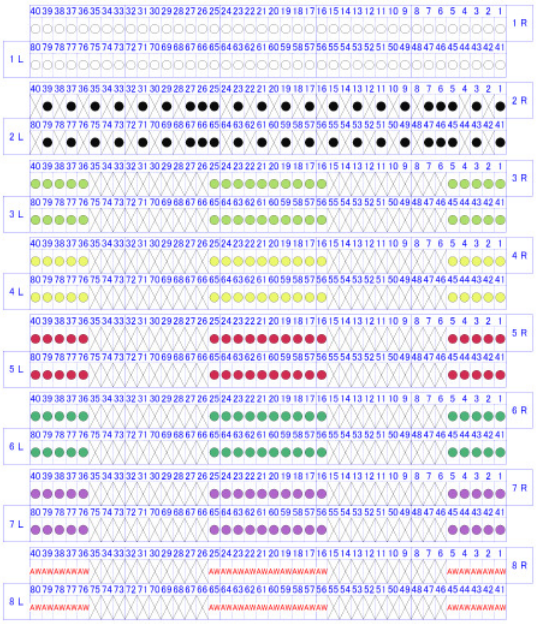


図 20　糸引込みのグラフィック化

## 3　結果と考察

環境に配慮しつつ従来比「コスト 1/3・納期 1/6・本生産と同じ高品質」の国際競争力を持つ織物試作システムを開発することを目的として、「低コスト・短納期・高品質で環境配慮にも対応した織物試作システムの開発」をテーマに下記の研究成果を得た。

### 3．1　糸ロス、染色排水を最小限にした低コスト短納期の染色技術の確立

開発した糸巻き機を用いた新しい染色技術の開発を行った。その結果、均一染色の向上、染色排水量を低減、使用する染剤とバインダーの最適な配合と最適温度の決定、カラーマッチングの確立の技術確認ができた。また、マイクロ波発生装置の導入と改造を行い、完全乾燥および顔料の固着の向上を目指した実験を行い、ベーキング効果を明確にし、実用化に向けた良好な結果を得た。これらの実験を踏まえた糸の風合い評価の標準化に関する基礎的な研究を行った。その結果、本プロジェクトの試作システムによる織物の風合いは従来の方法と同等のものが得られることを明らかにし、また当初の目的である“風合いの差異をデータ化”することができた。

３．２　色糸残糸の再利用技術の確立

ＩＣタグを利用した故繊維をリサイクルする技術について研究開発を行った。測色管理技術の開発では、故繊維の色を測定し、管理する技術を開発するために、測色機を導入し、染色糸のデータの構造を決め、データを収集、保管場所を含めたトータルな研究・実験を行い測色技術は完成した。

ＩＣタグ関連装置一式と測色管理ソフトウェアによる基本的な入出庫作業を複数の実験を行った結果、ＵＨＦ帯に決定し、管理ソフトの開発を行った。糸検索システムは、13 種類（色情報、番手等）の情報を持つストック糸を測色管理技術として、測色・目標色への色変換技術と入出庫・在庫管理・糸検索、にＩＣタグと連動したシステムと連結し、余剰残糸を活用する運用実験を行った。試染見本提出要求にも即対応でき、今後織物試作以外にも応用範囲は広い技術を確立した。形状の異なる糸巻きコーンに対応したＩＣタグ形状の開発研究では、故繊維の複数ある巻取り形状全てに対応するＩＣタグ形状の開発と故繊維の一括管理に必要なＩＣタグの電波が届くＩＣタグの形状や装着方法の技術について検証実験を行い、離れた距離からのピッキングに対応するためにＵＨＦ帯を採用した。この結果、離れた距離からのピッキングが可能であることが分かった。すでに、ＩＣタグ装着装置については特許出願を行った。

３．３　新たな整経技術の確立

開発した装置と、連携ソフトウェアの開発と部分整経機との連携、および総合的な運転についても研究を行った。その結果、自動化に対応した装置の開発と、整経試験を繰り返すことにより詳細に検討して実用可能な技術として確立し、所定の成果を得ることができた。

また、オペレーターの作業ミスをなくす指示書を作成するソフトウェアの開発や、柄の色数制限を越えるものについてアレンジワインダーで巻いた糸を装着する為のソフトウェア開発を行った。部分整経機に仕掛けて実証実験を行い実用化に向けた成果が得られた。

また、どのような柄の組合せでも対応が可能なソフトウェアの開発と、機能の付与や通信データと実際の作業の問題点について逐一改良を行った。また、全自動部分整経機との連動制御の開発研究で開発したシステムを全自動部分整経機と連動させる技術開発について、制御装置及び制御ソフトウェアの改良を行い、総合的なシステムの連動について研究を行った。この結果、研究計画段階で想定される織物ロスの範囲に収まる良好な実験結果を得るとともにスムーズな運転を実現した。開発した糸繋ぎ装置を図 21、実証実験の時の色柄が変わった部分を図 22 に示す。



図 21　完成したニューアレンジワインダー

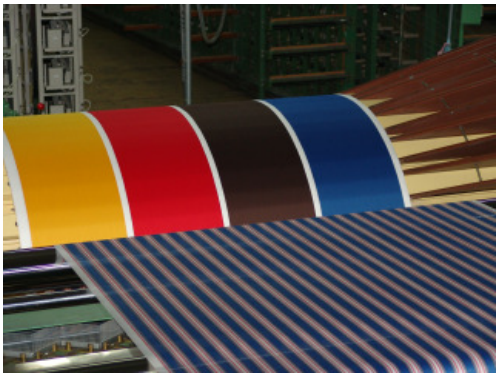


図 22　実証実験風景

## 4　結　　論

本研究プロジェクトは、３つのテーマに分けて研究を実施し、最終年度には全ての研究を終結した。「低コスト･短納期･高品質で環境配慮にも対応した織物試作システムの開発」を開発

し、当初の計画どおりの成果を得た。今後は、実用化に向けた研究が必要で、枠組みを広げた対応も視野に入れた研究体制の再構築が求められる。

技術開発の目的はほぼ達成することができたが、今後実用化を目指して補完研究により研究を継続する予定である。同時に、開発した技術を播州織産地で有効に活用する方法について、関係業界、地元行政機関と調整を取りながら実用化を目指す。

最後に、共同で研究を実施した研究スタッフ及び、装置やシステム開発に多大な知恵と労力を提供していただいた、村田機械㈱、㈱ワイズラボ、㈱ブレイン、㈱日健千歳、㈱オーナーばりほか、関係各位に謝意を表します

## 参 考 文 献

1) 平成 18～20 年度戦略的基盤技術高度化支援事業成果報告書　古谷、藤田、佐伯ら

「兵庫県 COE プログラム推進事業」

# ナノ顔料捺染法による織物表面加工技術の高付加価値化に関する研究

古谷　稔，瀬川芳孝，佐伯　靖，竹内康隆※1，谷田忠司※1，在田邦彦※1

要旨　播州織産地では、差別化商品や高級オリジナル織物の開発が求められている。そこで、播州織産地が持つ特許技術〈県と共同保有〉である“クラッシュ加工技術[1)]”を活用して、顔料プリントとの組合せによる、高付加価値織物の開発及び生産技術の確立を目的とした研究を行った。その結果、非常にユニークな柄を創出することに成功した。この技術は、播州織産地における製品の幅を拡げ、市場が求める消費者の多様なニーズや小ロットにも対応でき、新規性、優位性の確立が可能であると考えられる。

## 1　緒　　言

播州織産地では、高級オリジナル織物の開発が求められている。そこで、播州織産地の開発技術のクラッシュ加工織物をベースにした高付加価値織物を開発し、産地独自のオリジナル商品づくりについて技術支援する必要がある。

本研究では、特許技術であるクラッシュ加工の高付加価値化を目指して、顔料プリントとの組合せによる、高付加価値織物の生産技術の確立を目的とした研究を行った。



図１－１　導入した装置の調査

## 2　実　　験

### ２．１　装置の導入

まず、実験を行うために装置の導入等について調査を行った。条件としては、顔料の性能・開発力の有無、メンテナンスの容易さ、色調整機能の有無、実施用ソフト(デザインシステム)の操作性等について検討を行い、導入装置を決定した。



図１－２　導入した装置の予備実験

（※１　播州織工業協同組合）



図１－３　導入した装置

２．２　実験方法

２．２．１　技術の組合わせに関する検討

プリント技術とクラッシュ加工技術の組合せについて検討を行った。主に実験で使用した２種類の組合せについて図２（①製織⇒クラッシュ加工⇒プリント(図２-右)、②クラッシュ加工⇒製織⇒プリント(図２-左)）に示す。

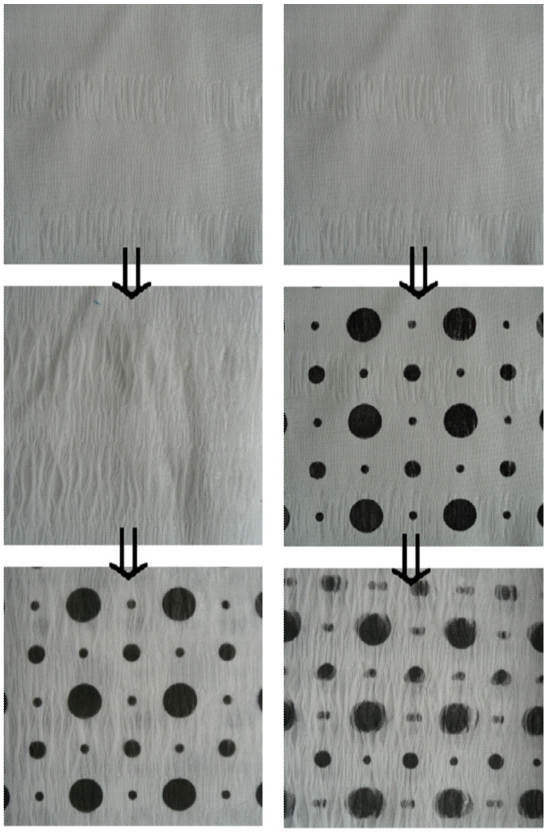


図２　実験に用いた組合せ例

２．２．２　下地処理の検討

次に、プリントする生地の表面の状態について、安定した状態でプリント顔料を付着させるための最適な下地処理を検討した。

２．２．３　デザインの高度化に関する検討

初年度の研究において、２．２．１で実験した織物を展示会等で求評した結果、“プリントした生地にクラッシュ加工する”方法の評価が高かった。この結果を受けて、製織⇒プリント⇒クラッシュ加工を中心に、図３に示すような生地の織柄とプリントの図柄との組合せについて検討を行った。

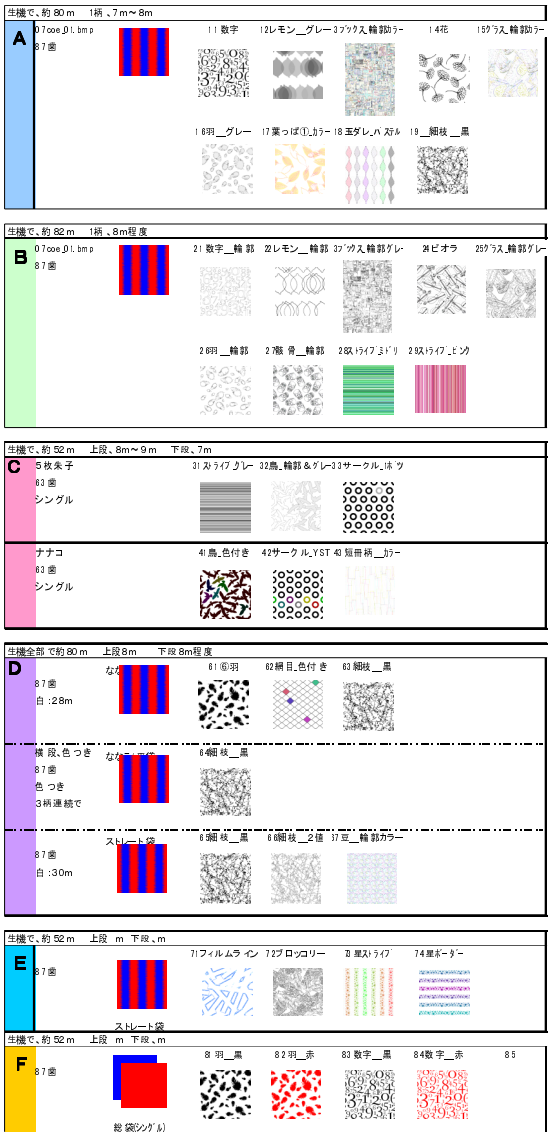


図３　実験に用いた生地と図柄の一覧

## 3　実験結果と考察

顔料の固着について、前処理と熱処理の適正条件により顔料固着が安定した。製織⇒プリント⇒クラッシュ加工の方がデザイン的に優位性がみられた。“全面柄”と“余白のある柄”に、デザイン上の差異がみられるが、この差異は、有効に用いることで多様な織物開発・商品開発が可能となるため、使い分ける技術として保持することが重要であると考えられる。

デザインは、最終ユーザーの嗜好性・流行が左右するため、複数の表現技術を保有することで、消費者の多様なニーズ・小ロットに対応できる。

プリント前の下地処理技術と顔料の固着技術の研究と実験を行い、保有する加工技術の流用と表面処理技術の改良により、安定した発色と良好な摩擦堅牢度、耐光堅牢度等のデータを収集した。

デザイン面からクラッシュ加工生地の製造とプリント柄の組合せ実験を行うことで、製造技術を確立し、消費者ニーズに応える小ロット対応可能な生産方法を確認した。

当初に計画した初年度の目標としていた技術的な課題については、概ね目標を達成した。また、耐光堅牢度：４級、洗濯堅牢度(汚染)：４級、(変退色：４級)、摩擦堅牢度（乾式：４級)、(湿式：2-3 級)、収縮率：3%以内の性能が確認できた。

初年度に、縫製・着用実験を神戸ファッション専門学校の協力を得て、縫製品の製作を行った。試作した生地に問題はなく、着用時にも問題はなかった(図４、図５)。第２年度には、豊田浩史(デザイナー)に依頼し縫製した。その作品を展示会等で発表(図６)した結果、好評であった。展示会では、研究中でサンプル提供は一部にとどめたが、引き合いは数多くあり、本商品に対して関心が高いことが判明した。

商品化については、他の多くの企業が本研究や試作品に興味を示したため、商品化へのめどが立った。



図４　縫製実験による展示および着用試験



図５　縫製実験による展示および着用試験



図６　縫製実験による展示

## 4　結　　論

クラッシュ加工は、ものづくり日本大賞、ひょうごものづくり技術大賞で高い評価を受けており、また、海外での技術、製品評価が高い。本技術をもとにして、さらにニーズに基づいたプリント技術を付加し、より高付加価値織物の開発を目指す。

播州織産地の開発技術であるクラッシュ加工

は、すでに市場では高い評価を受けているが、本技術をさらに高めることで、製品の幅を拡げ、市場が求める小ロットにも対応でき、新規性、優位性が確立でき、播州織産地に対するイメージアップ、技術力の高さを内外に示すことが可能であると考えられる。

## 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、古谷

「経常研究」

# マイクロ波による染色加工分野への応用技術開発に関する研究

藤田浩行、古谷　稔

要旨　顔料染色した綿糸にマイクロ波の照射実験を行い、染色堅ろう度向上の効果について明らかにした。チーズ状の綿糸に顔料染色、バインダー処理し、その後、熱風乾燥した試料について４分間マイクロ波を照射した。その結果、明らかにマイクロ波照射は、顔料の色落ち防止に有効な手法であり、バインダーが繊維へ固着するために必要な温度まで加熱されることにより、大幅に染色堅ろう度が向上することを明らかにした。

## 1　緒　　言

顔料染色は、省エネルギー型の染色方法として近年見直されている染色方法であるが、耐光性に優れる一方、摩擦の染色堅ろう度や柔軟性に劣るなどの課題がある。また、顔料を繊維へ強固に接着させるために、従来の染料による染色工程にはない熱処理工程も必要である。

昨年度、マイクロ波加熱装置を用いて綿糸へのマイクロ波照射実験を行い、照射時間と糸重量および内部温度の関係について検討した。その結果、マイクロ波照射は、綿糸の乾燥および熱処理に必要な加熱方法として有効な手法であることを明らかにした[1)]。

そこで今年度は、顔料染色した綿糸にマイクロ波の照射実験を行い、染色堅ろう度向上の効果について明らかにした。

## 2　実験方法

綿糸の顔料染色糸は、以下の方法により作製した。精練漂白した30$^{s}$の綿糸をソフトワインダー（(株) 神津製作所製）でチーズ状にソフト巻きし、90℃の熱水で10分間湿潤処理した。高温高圧染色機（日本染色機械（株）製）を用いて、図１に示す温度および所要時間により染色し、排水後、40℃で10分間、バインダー処理した。最後に80℃の熱風により乾燥した。なお、顔料（EMACOL CT BLUE 4817N：山陽色素（株）製）の添加は20%owf、バインダー処理に用いたバインダー（EMACOL CT BINDER ASC：山陽色素（株）製）は、15g/Lの濃度とした。顔料染色された乾燥後の綿糸は、カム式ワインダー((株) 神津製作所製）を用いプラスチック管（素材：ポリプロピレン）に約200g巻き取った（図２）。巻密度は約0.45g/cm$^{3}$である。そして、マイクロ波加熱装置を用いてマイクロ波照射した。なお、昨年度の実験結果を基に、槽内温度を55℃に調整し、出力500Wで４分間マイクロ波照射した。また、マイクロ波照射によるチーズ状綿糸の内部温度の計測も行った。

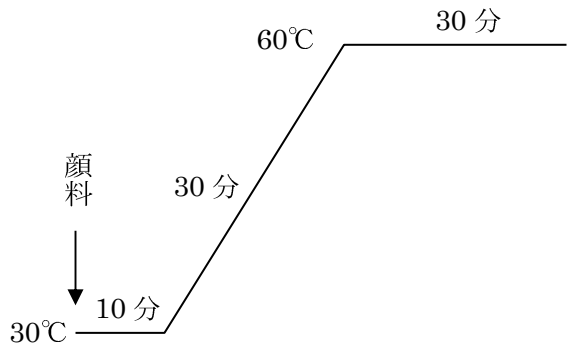



図１　顔料染色の処方



図２　顔料染色後の綿糸

## ３　実験結果と考察

マイクロ波照射した試料と照射しない試料についてソーピング処理を行い、その排水を測色することにより、染色堅ろう度向上効果を明らかにした。なお、顔料染色した綿糸は、測色装置（COLOR EYE：Macbeth 社製）により分光反射率曲線を求め、L*a*b*表色系の L*、a*、b*を算出した。光源は $D_{65}$ である。６カ所の平均値を表１に示す。加熱処理による変色はなかった。また、図３にマイクロ波照射した染色糸の分光反射率曲線の一例を示す。最大吸収波長は610nmである。

表１　顔料染色した綿糸の測色

| 光源 $D_{65}$ | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| マイクロ波照射なし | 42.91 | -15.46 | -40.63 |
| マイクロ波照射あり | 43.02 | -16.04 | -39.76 |

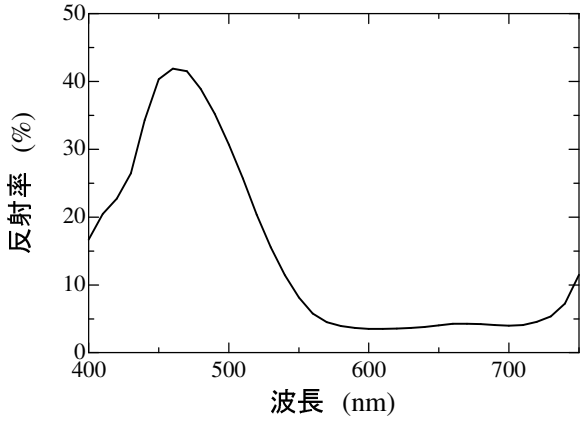



図3　顔料染色した綿糸の分光反射率曲線
（マイクロ波照射）

ソーピング処理は、無水炭酸ナトリウム2g/L、非イオン界面活性剤1g/Lによるソーピング液により処理した。約1.2gの糸をソーピング液50ccに入れ、15分間煮沸処理した。ソーピング後の排水は、排水色試験器（NDR-2000：日本電色工業（株）製）により測色した。測色は透過光により行う。なお、測色における標準合わせは蒸留水により行い、基準値は、L*=100、a*=0.0、b*＝0.0 である。ソーピング後の排水およびソーピング液の測色結果を表２に示す。また、ソーピング液を基準とした色差ΔE*も示す。

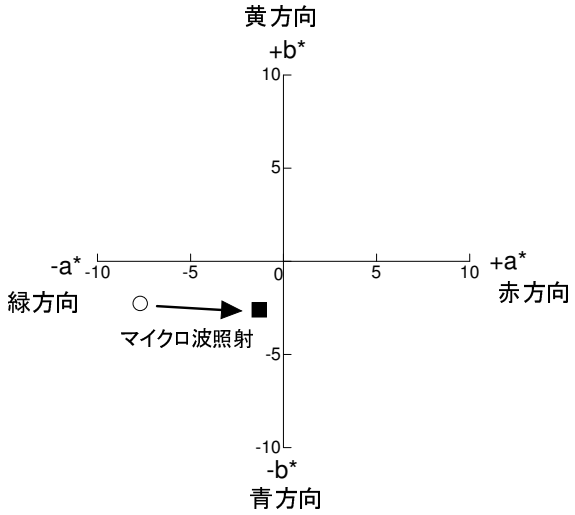



図４　マイクロ波照射によるソーピング液の色変化

表２　ソーピング後の排水の測色と色差

| | L* | a* | b* | ΔE* |
|---|---|---|---|---|
| 排水（照射なし） | 90.10 | -7.70 | -2.27 | 11.30 |
| 排水（照射あり） | 95.09 | -1.30 | -2.61 | 2.03 |
| ソーピング液 | 95.29 | 0.06 | 4.10 | |

マイクロ波の照射がない試料（○）は、色落ちによる濁りがL*を小さくし、青色へ着色したことによりa*はマイナス側へ大きくシフトした。

一方、マイクロ波を照射した試料（■）の場合、若干変化はしているが、ソーピング液との色差も小さく、明らかにマイクロ波照射は、顔料の色落ち防止に有効な手法であることがわかる。図５に４分間のマイクロ波照射による綿糸の内部温度の変化を示す。わずか２分間の照射で100℃まで温度上昇、４分間で166℃まで温度上昇している。顔料の染色堅ろう度は、含まれるバインダー樹脂が綿繊維に強固に固着されることにより向上する。その固着は一般的に高温での熱処理が必要とされる。つまりマイクロ波照射は、固着に必要な高温での熱処理効果を与え、染色堅ろう度を大幅に向上させたと考えられる。

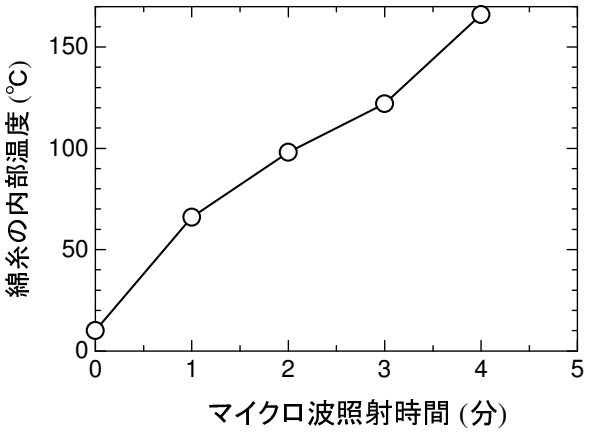



図５　マイクロ波照射による糸内部の温度変化

## ３　結　　言

顔料染色した綿糸にマイクロ波の照射実験を行い、染色堅ろう度向上の効果について明らかにした。その結果、明らかにマイクロ波照射は、顔料の色落ち防止に有効な手法であり、バインダーが繊維へ固着するために必要な温度まで加熱されることにより、大幅に染色堅ろう度が向上することが明らかになった。

## 参 考 文 献

1）藤田浩行，中野恵之，古谷 稔，兵庫県立工業技術センター研究報告書，17,73(2008)

「重点領域研究」

# 平織織物の織物規格による高度化研究

古谷　稔，瀬川芳孝，佐伯　靖，藤田浩行，近藤みはる，上月秀徳，
（前野陽子※1，井上真里※1）

要旨　急激な社会情勢の変化から、播州織産地では、低価格な商品の開発要求が増加している。そこで、織機台数の多い平織織物専用織機の高度活用を目的に、平織織物の織物規格の変化・変更や加工技術の組み合わせによる平織織物の差別化商品の開発研究を行った。その結果、織物の中で一番シンプルな構造の平織織物の場合でも、織物の密度の配列や仕上げ加工の方法により、多彩な織物を創作することが可能であることが分かった。

## 1　緒　　言

播州織産地では、受注型産地から提案型産地への転換促進、魅力ある産地の形成、休機織機の活用等が産地の課題である。また、急激な社会情勢の変化から、低価格な商品の開発要求が増加している。

そこで、織機台数の多い平織物と加工技術の組み合わせや織物規格の変化により、低コストでありながら、差別化商品として有効な製品開発に関する研究を行った。一般的に、平織織物とは、織物の中で一番シンプルな構造であり、生産量が多い。しかし、シンプルな構造のため、織構造の変化が付け難く、商品の差別化が難しいとされている。

## 2　実　　験

平織織物は、織物の中で一番シンプルな構造で、たて糸に対してよこ糸が交互に組織する織物である。その構造を図１に示す。

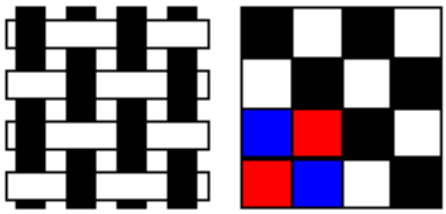


図１　平織織物の構造を示す図

### 2.1　実験用試料の作製

実験には、次の二つの方法により試料作製を行った。①平織織物の織物規格（密度や糸の太さ、種類、糸の配列方法）による織物の開発、②加工技術を組み合わせた織物の開発を行った。

#### 2.1.1　平織織物の規格変更による織物の開発

次の３種類の織物を開発した。

ア）たて糸の配列を変則にし、密度変化を織物にもたせることで変化を付けた織物を開発した（図２）。この織物には、強撚糸（通常の糸より撚り回数を増やした糸）を用いることで不規則な変化を付加した。

イ）低密度の平織織物にオリジナル技術のクラッシュ加工を施した変化型平織織物を図３に示す。

（※1　神戸大学大学院人間発達環境学研究科）

ウ）低密度の平織織物にアレンジワインダーを使って作製した糸を用いて柄の変化を付けた上で、クラッシュ加工を施した変化織物を図４に示す。



図２　ｱ）空羽と糸の撚りによる平織織物



図３　ｲ）低密度平織織物によるクラッシュ加工

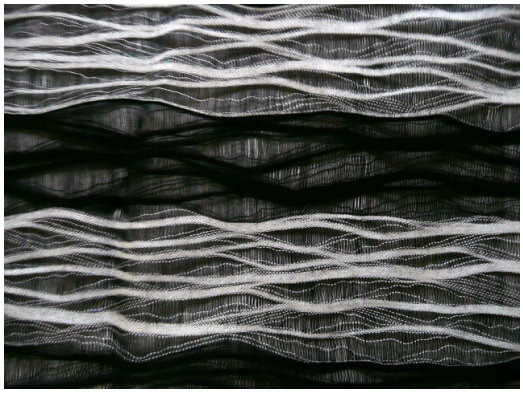


図４　ｳ）ｸﾗｯｼｭ加工とｱﾚﾝｼﾞﾜｲﾝﾀﾞｰの組合せ

２．２　加工技術による織物開発

同一規格（糸の番手、織り上げ密度）の平織織物を作製し、仕上げ加工の差異による表面変化、手触り感等について検討を行った。

２．２．１　実験に用いた織物仕上げ加工の種類

実施した仕上げ加工は次のとおりである。バイオ（手触りをやわらかくする：図５）、キャッチワッシャー（しわをつけて手触りを変える：図６）、ウレタンコーティング（撥水・防汚機能を付与する：図７）、オイルコーティング（撥水・防汚機能を付与する）、チンツ：熱カレンダー（艶を出す）、パウダー（起毛をつけて手触りを変える：図８）、シルケット（艶を出す）、糊抜き（糊を落とす）以上の８種類の加工を行った。それぞれの加工の特徴と加工目的を表１に示す。

表１　評価に用いた加工方法の主な目的[1)]

| 試料 | 加工内容 | 加工目的 |
|---|---|---|
| F1 | バイオ | 手触りをやわらかくする |
| F2 | キャッチワッシャー | しわをつけて手触りを変える |
| F3 | ウレタンコーティング | 撥水・防汚機能を付与する |
| F4 | オイルコーティング | 撥水・防汚機能を付与する |
| F5 | チンツ（熱カレンダー） | 艶を出す |
| F6 | パウダー | 起毛をつけて手触りを変える |
| F7 | シルケット | 艶を出す |
| F8 | 糊抜き | 糊を落とす |



図５　平織織物にＦ１／バイオ加工



図６　平織織物に F2/キャッチワッシャー加工



図７　平織織物に F3/ウレタンコーティング加工



図８　平織織物に F6/パウダー加工

## ３　結果と考察

平織織物の織物規格変更による織物の開発では、糸配列を工夫することで織物の表情に変化をもたらす効果があることが分かった。

また、同一規格の織物に対して異なる８種類の仕上げ加工を行った織物について、物性と風合い計測による検証を行った [1)]。この結果、表２に示すように、たて糸(warp)とよこ糸(weft)で加工後に密度が変化していることが分かった。

表２　加工の種類における織物密度の変化[1)]

| 試料 | 織密度(本/cm) | |
|---|---|---|
| | warp | weft |
| F1/バイオ | 40.5 | 30.3 |
| F2/キャッチワッシャー | 41.8 | 30.0 |
| F3/ウレタンコーティング | 43.7 | 27.7 |
| F4/オイルコーティング | 43.8 | 28.0 |
| F5/チンツ(熱カレンダー) | 42.5 | 28.5 |
| F6/パウダー | 41.5 | 30.7 |
| F7/シルケット | 42.8 | 29.3 |
| F8/糊抜き | 40.2 | 38.2 |

また、風合い計測を行い評価したデータを図９、図 10、図 11 に示す。この結果から、同一規格の織物が仕上げ加工の種類により物性や風合い面で大きく変化することがわかった。

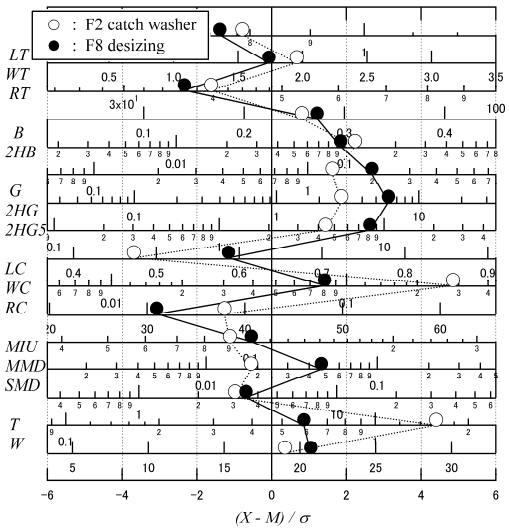



図９　計測した風合いデータ(F2、F8) [1)]

(厚さ・圧縮エネルギー増加)

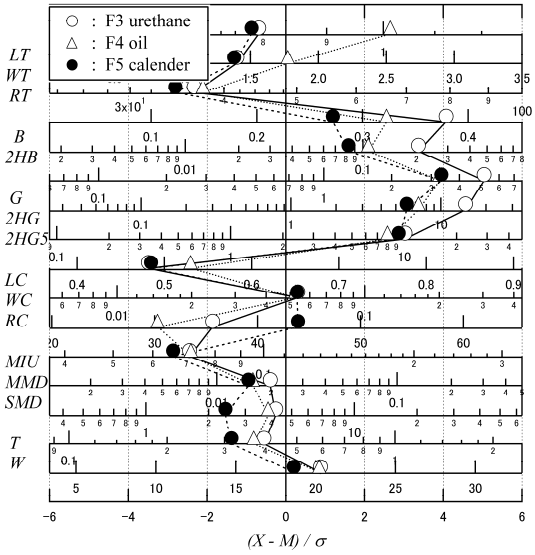



図 10　計測した風合いデータ例(F3, F4, F5) [1)]

（曲げ・せん断特性　増加・硬くなるチンツは表面特性小）

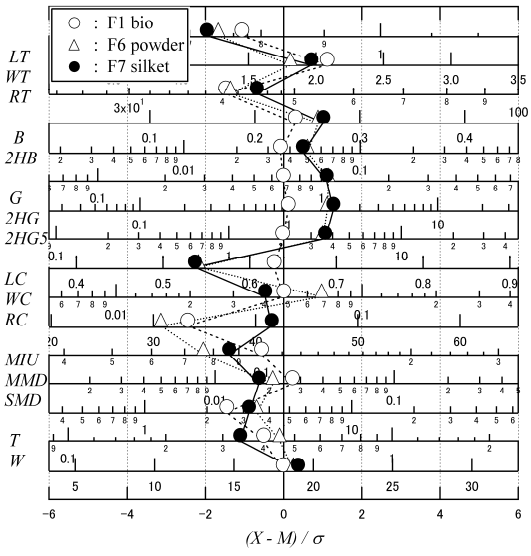



図 11　計測した風合いデータ例(F1, F6, F7) [1)]

（曲げ・せん断特性減少、やわらかい手触り）

## 4　結　　論

最もシンプルな平織織物の場合でも、密度の配列や仕上げ加工の方法により、変化のある織物を作り出すことが可能であることが分かった。研究成果をもとに織物創作を播州織産地の手法として役立つものと考えられる。

本研究は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科との共同研究の成果も含む。また、平織織物の仕上げ加工は、播州織工業協同組合からの多大な協力に謝意を表します。

## 参 考 文 献

1）(社) 日本繊維機械学会第 62 回年次大会研究発表論文集,　p178, 井上、前野、藤田、古谷

「経常研究」

# 仕上加工技術を活用した織物の開発研究

瀬川芳孝，古谷　稔，近藤みはる

要旨　織物の仕上加工技術の一つである泡加工法を用いて、従来の浸漬法では困難であった粒子を含んだ加工剤を織物に片面加工し、以下の新製品開発と製品の高付加価値化を図った。①熱処理によって体積が増大する発泡マイクロカプセルを用いた厚み感と深み感のある先染チェック柄の滑り止め織物。②ラベンダー等の香りを包み込んだ芳香マイクロカプセルを用いた芳香織物。また、泡加工法は、特殊加工が可能であるとともに地球環境に優しい省エネ型加工技術として普及に努めた。

## 1　緒　　言

近年、当繊維工業技術支援センターでは、数多くのオリジナル織物を開発している。これら織物開発のポイントは、素材の複合化技術、織物組織と交織技術、またこれらの技術と仕上加工技術の併用である。

この仕上加工技術には、要望される機能性によって種々の方法があり、その一つに泡加工法がある。当繊維工業技術支援センターでは、昭和60年に全国の公設試に先駆けて泡加工試験機（図１）を導入し、当時の革新加工技術として一連の泡加工技術を確立し、多くの技術を蓄積した。



図１　泡加工試験機

本研究では、近年開発したオリジナル織物や従来の画一的な織物に対して、従来の浸漬法では不向きであったマイクロカプセル粒子を含んだ加工剤を織物の片面に泡加工し、新製品開発と製品の高付加価値化を図った。

## 2　実験方法

### ２．１　泡加工とは

泡加工とは、樹脂や柔軟剤などの加工剤に少量の発泡剤を入れ、空気を送り込みつつ発泡機を高速攪拌して連続的に発泡させ、その泡を織物の片面または両面に薄く均一に塗布する加工法である。従来の浸漬法ではできない織物の表裏の機能が異なる撥水･吸水リバーシブル加工やカーシートのバッキング加工およびカーペットの撥水防汚加工など特殊加工が可能である。また、泡加工法は、使用水分が少ないため乾燥エネルギーが小さく、加工剤の余剰捨て分も無いため、省エネ、低コストなど地球環境に優しい加工法である。

### ２．２　加工剤

今回用いた加工剤は、①高温で処理するとマイクロカプセルが破れて体積が増大する発泡マ

イクロカプセル、②ラベンダーやジャスミンなどの香りを包み込んだ芳香マイクロカプセルである。また、マイクロカプセルを織物に固着させるためのバインダーにはアクリル樹脂を用いた。この他、発泡剤にはメイフォーマ F-201（明成化学工業(株)製）を使用した。

２．３　泡加工試験

泡加工試験機は、加工幅46cmのガストン･カウンティー社製(米国)を使用した。

泡加工は、加工剤の発泡マイクロカプセル濃度が20wt%、芳香マイクロカプセルが10wt%とし、それぞれアクリル樹脂30wt%、発泡剤0.5wt%で調合し、その調合加工剤の送液量を70ml/minとした。また、マイクロカプセルが壊れないように泡加工試験機の発泡機を高速攪拌して泡状とし、その泡をノズルから吐出させながら加工速度３m/minで織物の片面に泡加工した。なお試験した泡の発泡倍率は10倍である。

その後、ピンテンター型熱処理装置を用いて100℃×３minで乾燥後、発泡マイクロカプセルを170℃×３minで熱処理して発泡させ、また芳香マイクロカプセルは150℃×３minで熱処理して繊維に固着させた。

## ３　結果と考察

今回使用したマイクロカプセルの粒子は、発泡マイクロカプセルが約10～40μm、芳香マイクロカプセルが約0.5～３μmである。特に発泡マイクロカプセルは、繊維径に比べて大きく、また比重も大きいため、従来の浸漬法では沈降するなどして均一付着が困難であった。そこで泡加工は、加工剤を泡にして織物に薄く均一に塗布する加工方法であるため有効な加工法であることがわかった。

また、この加工織物は、衣料用として使用するため耐洗濯性に優れていなければならない。そこで、加工織物の性能試験よりマイクロカプセル濃度や樹脂濃度、熱処理温度･時間、及び泡加工の最適条件を確立した。

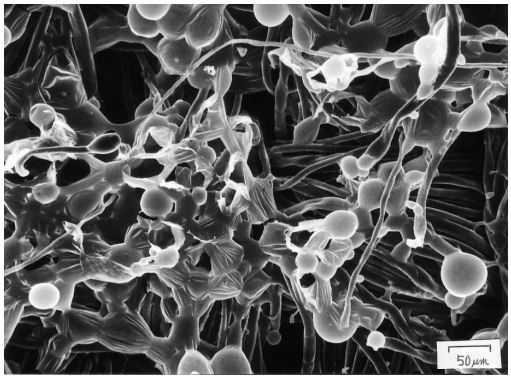



図２　発泡加工織物の発泡状態

図２に発泡マイクロカプセルによる加工織物の走査型電子顕微鏡写真を示す。

図２の発泡状態から、まだ発泡していないマイクロカプセルも見られるものの、織物表面に樹脂膜が形成され柔らかな手触りとなっていることが観察される。この形成された樹脂膜は、摩擦にも強く耐洗濯性にも優れていた。

発泡マイクロカプセル加工織物は、摩擦抵抗力が強くショルダーバッグの肩からの滑り止め織物、老人の椅子からの滑り転倒防止衣料などに応用できる。また、先染織物の表面を発泡樹脂膜が覆うことから、先染めの色相が遮られ深みのあるチェック柄やストライプ柄の織物となり、新しい感性を持った織物となった。

図３に芳香マイクロカプセルによる芳香加工織物の走査型電子顕微鏡写真を示す。

今回用いた芳香マイクロカプセルは、香り成分としてラベンダー、ジャスミン、ローズ、ラズベリーをマイクロカプセル化したものを用いた。図３のとおりマイクロカプセルが繊維の隙間に入り込み、樹脂で強固に固着されていることが分かる。その結果、この芳香加工織物は、耐洗濯性に優れ50回の洗濯においても、その芳香効果が十分に発揮された。

芳香加工織物は、着用時にマイクロカプセルが擦れて少しずつ壊れ、カプセル化されていた香り成分が滲み出し周囲に良い香りが漂い、雰囲気を和らげるものである。また、芳香加工織

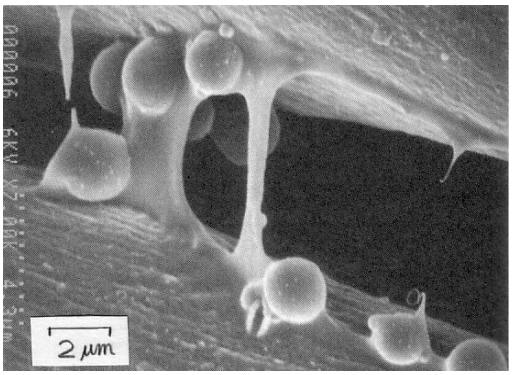



図３ 芳香マイクロカプセルの固着状態

物は、衣料用のみならず、鞄、傘、ハンカチなど日用小物品やカーテン、緞帳などにも利用される。

一般に泡加工は、コーティング加工のように粘度の高い加工剤をべっとりと塗布するものではなく、逆に加工剤を薄く均一に塗布することが特徴である。

したがって、播州織物のような薄地織物の表裏の機能が異なる表･撥水、裏･吸水のリバーシブル加工においては、厚さ約0.3mmの薄地織物の半分までを撥水剤が浸透し、反対からの半分は吸水剤が浸透するような極めて精度の高い加工が可能である。このように薄く塗布できるため、薄地織物のリバーシブル加工では、水分率が約10%と極めて低く、ほとんど乾燥工程が不要と言っても過言ではない。このことは、乾燥工程の省エネルギー化に役立つものである。

また泡加工は、加工する織物の量に応じて加工剤を泡にして塗布することから、飛散したり浸漬法のように加工後の余剰加工剤の捨て分がでない。

実用化事例としてカーペットの撥水防汚加工がある。従来は、30cm間隔に設置されたスプレーノズルから撥水剤が噴霧され、カーペット表面に吹き掛けている。この時に飛散する撥水剤の量が非常に多く、その費用は年間数千万円にも達する。また、周囲に飛び散り作業環境を悪くしていた。したがって、本加工法は、加工薬剤コストの大幅低減と作業環境を飛躍的に向上させた。

## 4 結　言

当繊維工業技術支援センターでは、昭和60年から泡加工技術の研究や技術支援により、全国の企業へ技術移転を図り、現在20社余りが実用化し、織物の高付加価値化や製品づくりで稼働している。

今回報告したマイクロカプセルによる特殊加工の他、上記に示した薄地織物の撥水吸水リバーシブル加工やカーペットの撥水防汚加工など省エネ、加工薬剤コストの低減、近年注目を浴びている地球環境に優しいエコ対策に繋がる新加工技術として業界への普及に努めたいと考える。

「経常研究」

# アレンジワインダー用データ作成システムの高度化に関する研究

藤田浩行、古谷　稔、上月秀徳

要旨　多品種小ロット織物生産システムであるアレンジワインダーは、同じ柄（色の繰り返しの周期性が同じ）の織物については、複数同時生産することはできるが、異なる柄（色の周期性が異なる）の織物は同時に生産できない。織物の柄は無数あるため、本システムの適用には制限が多く、汎用性に課題があった。本研究では、柄および配色が異なる複数の織物であっても一度の工程で生産できるデータ作成技術を示した。また、現場の整経作業や装置構成に対応したデータ作成方法についても提案することができた。

## 1　緒　　言

アレンジワインダーは、あらかじめ規格に応じた配色および長さの糸を作製し、整経することにより企画する複数の配色の織物を一度の工程で生産可能とした「多品種小ロット織物生産システム」である。図１に示すような配色のみが異なる織物（矢印のストライプ箇所が青、黄および赤色と変化）３種類を同時に生産する場合、あらかじめ図１右に示す糸をアレンジワインダーで作製し、整経することにより実現可能としたシステムである。しかし、現在のシステムは、同じ柄（色の繰り返しの周期性が同じ）の織物については、複数同時生産することはできるが、異なる柄（色の周期性が異なる）の織物は同時に生産できない。織物の柄は無数あるため、本システムの適用には制限が多く、汎用性に課題があった。しかし、柄および配色が異なる複数の織物を一度の工程で生産するには、複雑なデータ作成技術と作製される多数の糸の管理が求められる。

本研究は、アレンジワインダーの高度化を目的に、繰返しの異なる柄を同時に織物生産可能なアレンジワインダー用データ作成技術を明らかにする。

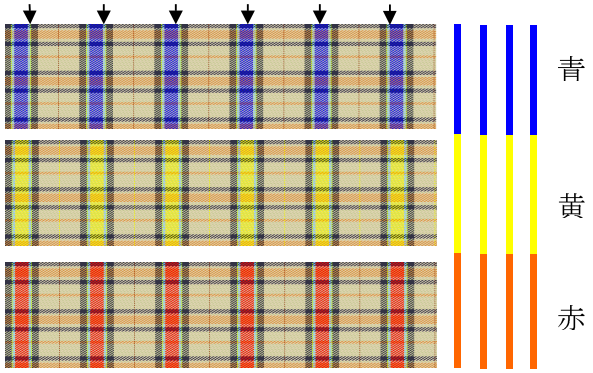



図１　同柄の配色違いの織物と作製するたて糸

## ２．糸つなぎデータ作成方法の概念

たて糸を並べる工程は、数千本のたて糸を一度に巻き取って並べるのではなく、500本程度並んだたて糸（１バンドという）を十数回繰り返して準備する部分整経が多く利用されている。アレンジワインダーは、つなぐ糸の番号（色に相当）と順序および長さに関するデータ（以降、糸つなぎデータという）に基づいて糸の選択、測長および糸つなぎを行い、巻取パッケージを作製する。パッケージは、指定のクリール位置に配置後、部分整経する。したがって部分整経の１バンドすべての糸をアレンジワインダーで作製することにより汎用性の向上が期待できる。

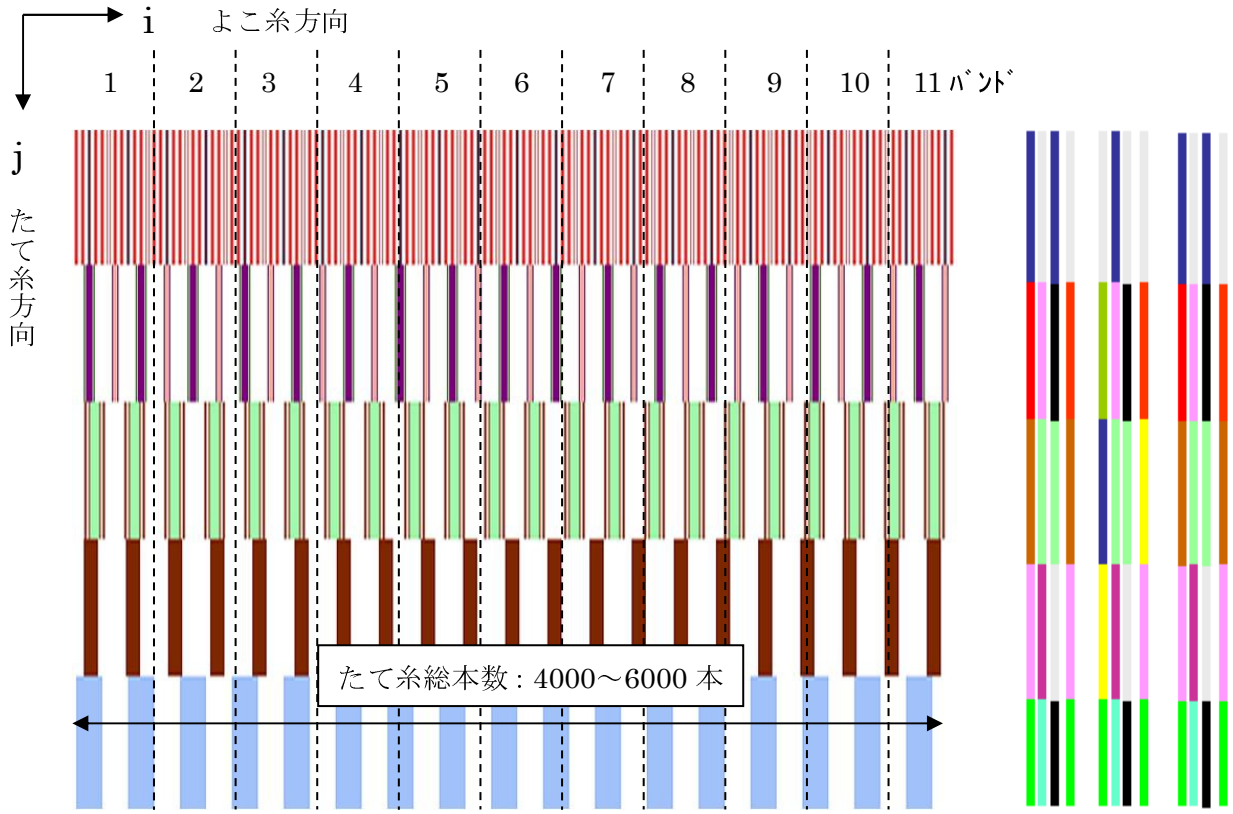



図２　周期性の異なる柄をたて糸方向に連結したイメージ

図２は、よこ糸方向へのパターンの周期性が異なる柄をたて糸方向に連結させた一例である。従来は同じデザインの糸を複数作製すればよかったが、柄の周期性が異なるために、図２右に示されるような色々なデザインの糸を作製する必要がある。

以下に、アレンジワインダーにより染色糸のつなぎ糸を作製し、かつ部分整経により異なった柄の織物を作製するためのデータ作成方法の概念を示す。図２のパターンを点線で示すようにバンド幅(=N本)毎に分割し、たて糸１本における各色をj方向に連結したパターンとして表現する。図３は、すべてのたて糸について表現したものである。ここで、iバンド目のm本目の柄方向パターンを$C_{im}$とすると、各バンドのm本目の糸($C_{1m}$, $C_{2m}$,・・・・$C_{Mm}$)は何バンド目かに関わらず、クリール位置は変化しない。したがって、図４に示すように同じクリール位置のパターンを連結し、部分整経すれば柄を再現することができる。例えば２本目（図４のクリール位置が２）の糸の場合、$C_{12}$, $C_{22}$, $C_{32}$,・・・$C_{M2}$の各パターンの糸をアレンジワインダーにより作製すれば良い。なお、作製する糸は、バンド幅N個の糸作製が必要である。なお、実際の整経は、バンド間のつなぎ糸（白抜きの矢印位置）を挿入

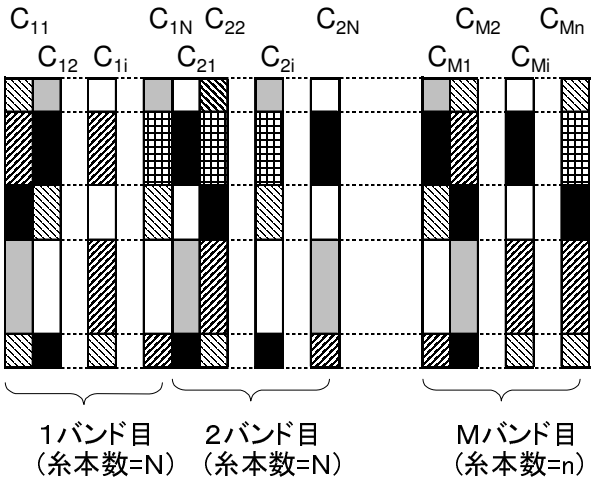



図３　　たて糸の柄のモデル化

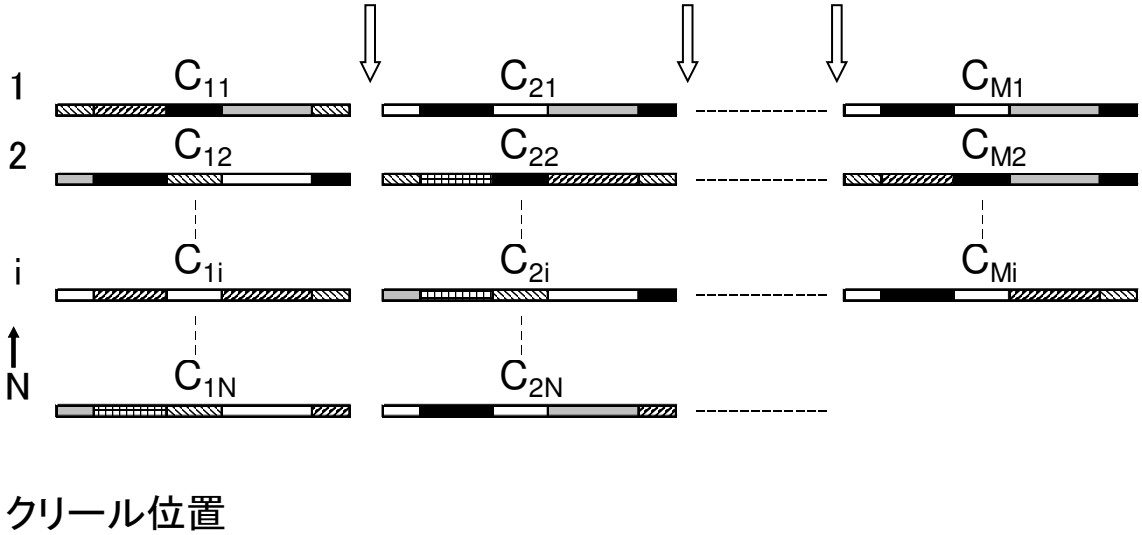



図４　アレンジワインダーで作製する糸モデル

するなど整経工程に応じた糸作製が必要である。

## ３　装置構成と準備工程に対応したデータ作成

アレンジワインダーで作製したパッケージを用いて部分整経する場合、従来にない工程が必要となる。そのため正確かつ迅速に作業が行えるように工程に応じた糸つなぎデータの作成が必要である。以下に、考慮すべき項目を示す。

①部分整経の場合、ビームツウビームサイジングとなるため、次回の整経およびサイジングのために、残り糸（捨糸）をつなぐ必要がある。

②クリールにセットした糸を整経ドラムへ導くための糸（導き糸）が必要である。

③各バンドの先頭位置を合わせるために、バンド間に挿入する糸(マーカー糸)が必要となる。

④アレンジワインダーが複数台あれば、分割してデータを作製するとともに、工程時間の均等化により効率化を図る。

⑤装置本体の選択レバー数（９本および 18 本）により給糸パッケージ数が変わるため、使用できる糸の総数が変化する。

⑥アレンジワインダー本体へ一度に格納できるデータ数に上限がある。

## ４　結　　言

多品種小ロット織物生産システムであるアレンジワインダーは、同じ柄（色の繰り返しの周期性が同じ）の織物については、複数同時生産することはできるが、異なる柄（色の周期性が異なる）の織物は同時に生産できない。織物の柄は無数あるため、本システムの適用には制限が多く、汎用性に課題があった。

本研究では、柄および配色が異なる複数の織物であっても一度の工程で生産できるデータ作成技術を示した。また、現場の整経作業や装置構成に対応したデータ作成方法についても提案することができた。

「技術改善研究」

# エレクトロスピニング法による糸製造と物性評価

中野恵之，佐伯　靖，原田知左子，瀬川芳孝

要旨　電界紡糸法によって生成するナノ繊維を一方向に引き揃えて集積・延伸し、強度に優れた紡績糸（マルチフィラメント）を連続的に製造できる装置を試作開発した。この方法は、繊維束に撚りをかけて延伸を行うことが可能となり、それによって生じる分子配向により優れた強度向上も期待できる。このナノ繊維からなる高強度紡績糸は、皮膚刺激の少ない衣料用インナー材料や産業用途等、広い用途への利用が期待できる。

## 1　目　　的

通常の電界紡糸法では、対電極上に微細繊維がランダムに集積するためフェルト状の構造物になり、用途が限定される。そこで、用途拡大を図るため、電界紡糸法によって生成する微細繊維を一方向に引き揃えて集積・延伸し、強度に優れた紡績糸（マルチフィラメント）を連続的に製造できる装置を試作開発した[1-4]。この方法は、従来技術では困難なタンパク質のような材料においても微小繊維が容易に製造できる電界紡糸の特徴を生かした機能性繊物開発に利用が可能である。本研究では、糸の生産性向上を目的として、まず装置の改良を行った。この紡績糸は、皮膚刺激の少ない衣料用インナー材料や産業用途等、多用途に利用可能である。

## 2　実　　験

図１および３は、電界紡糸装置に改良を加えた糸製造装置全体の概略図である。これまで、繊維に撚りをかけるための集積回転部の外側から内側へ微細繊維を供給する方式であったが、本研究では内側から外側へ供給する方式に改良した。これにより、生産効率の向上、装置内を余剰繊維によって汚れることを改善するために改良した。また、噴出される微細繊維の飛散を防止し、効率良く紡績できるようにリング状のアルミ製の壁を設け、ノズルと同一の高電圧を印加した。実験に供した溶液はポリ乳酸（㈱島津製作所製：ラクティ）をジクロロメタンに溶解し、濃度を 0.15mg/ml に調整した。調整した高分子溶液を内径 0.3mm のノズルから 0.05MPa の圧力で押出した。ノズル及びリング状支持台

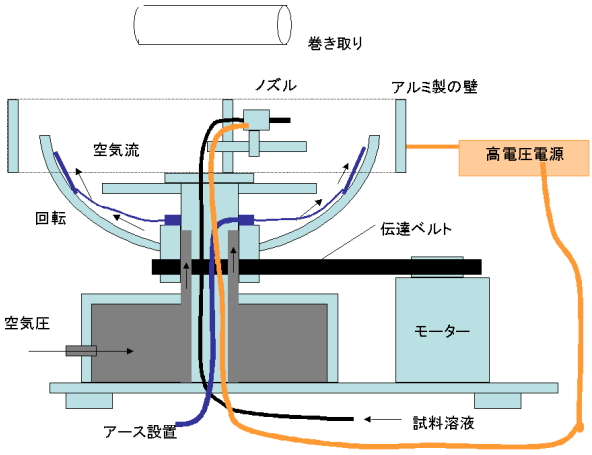



図１　改良した糸製造装置全体の概略図

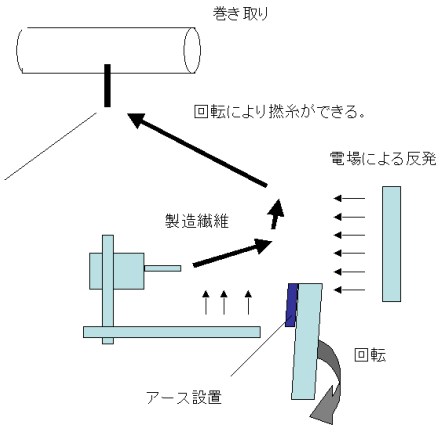



図２　繊維が撚られて糸が作成される原理の模式図



図３　改良した糸製造装置

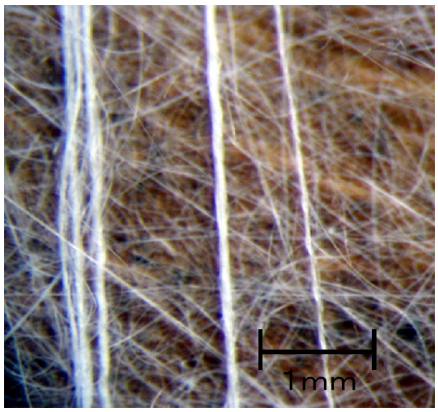



図４　巻き取り装置に回収された撚糸試料

に電圧 20ｋV を印加し、ロート形状の集積部に向けて繊維を吐出した。吐出された繊維に撚りをかけるため、繊維集積部を回転させながら繊維束を巻き取った。ロート状繊維集積部上側の直径は 30cm とし、回転数 450rpm を与えた。また、集積回転部の内側から空気を送風した。送風時の圧力は、0.4MPa に設定した。

## 3　結果と考察

図１に示すように、集積回転体の中央からエレクトロスピニングによって繊維が吐出されるため、回転部の中央から試験溶液、集積部のためのアース線、高電圧線を配置した。また、回転体内部の乾燥を促進するために、回転部周辺から空気を流した。また、ノズルと同じ高電圧を印加したリング状の壁（高さ 5cm）を設置したことにより、噴出した微細繊維が装置外部に飛散するのを防いだ。これは、ノズルと同じ高電圧がリング状支持体に印可されているため、噴出した微細繊維が支持体からの電気的反発を受けるためである。図２に、繊維が撚られて糸が作成される原理を示す。ノズルからアースに向かって吐出された微細繊維は、ノズル下部の帯電しているステンレス部材によって上方に押し上げられる。また、アースを超えて飛散しようとする微細繊維は、回転体外部の同様に帯電されたアルミ製のリング状壁によって押し戻される。この効果により、アース部の微細繊維による汚染を防ぎながら、回転体の作用により上方に撚り糸が生成され巻き取られる（図４参照）。さらに乾燥を促進するための空気流も上方に向かう効果を示すと思われる。

本装置を用いて行った試作実験では、糸の製造速度は 168mm/min であった。これは外から吐出する装置[3)]の２本ノズル使用による試作と比較して、約 1.6 倍早い生産速度を得ることができた。

糸製造装置で得られた紡績糸と、８倍延伸を行った糸の繊維の広角Ｘ線回折パターン（図５参照）を撮影した結果、未延伸繊維は非晶質状態であったが、延伸後は結晶化し配向していることが確認できた。この延伸効果により繊維強度は約 10 倍向上した。

図６に試作した紡績糸の走査型電子顕微鏡写真を示す。この紡績時の撚り状態は、外から吐出した場合に比べて少なかった。これは、集積

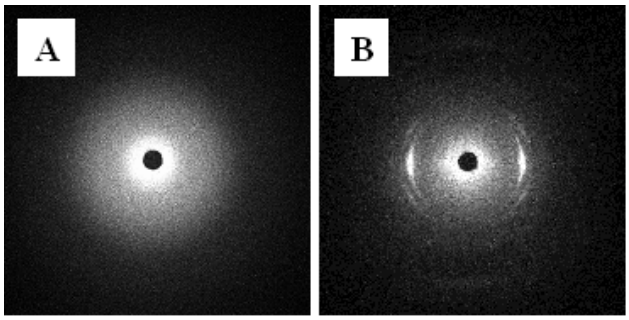



図５　広角Ｘ線回折パターン
（A:未延伸繊維　B:８倍に延伸した繊維）

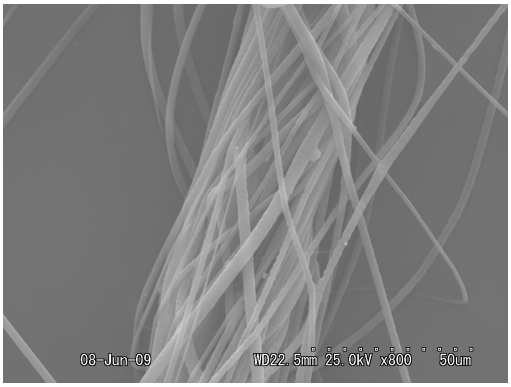



図６　試作した紡績糸の走査型電子顕微鏡写真

表１　試作した紡績糸の生産速度と撚りの状態

| 外側から微細繊維を吐出させた場合 | | | |
|---|---|---|---|
| ノズル本数 | 生産速度 | 撚数 | 糸物性 |
| 1本 | 63mm/分 | やや多い | やや硬い |
| 2本 | 107mm/分 | 多い | 硬い |
| **内側から微細繊維を吐出させた場合** | | | |
| ノズル本数 | 生産速度 | 撚数 | 糸物性 |
| 1本 | 168mm/分 | 少ない | 柔らかい |

回転体のアース部分に直接、繊維が触れないために、撚る効果が小さくなったためと考えられる。表１に製造速度と撚りの状態を示す。外側から吐出した場合では、撚り数が多くなり、硬い糸となったため延伸処理による撚り状態の調整が必要であっが、今回は回転体の回転速度が２倍以上高速になったにもかかわらず適切な撚り程度であった。配向性を持たせたくない繊維製造と紡績糸を製造するには内側から吐出する方法が適していることがわかった。

## 4　まとめ

電界紡糸法によって生成する微細繊維を集積しながら一方向に引き揃えると同時に撚りをかけ、紡績糸を製造できる装置の生産性向上を目的として、装置改良を中心に検討した。本研究では、集積回転体の内側から微細繊維を吐出する装置を開発して、以下の結果を得た。

①　回転集積部の外側から微細繊維を吐出する場合では、１本のノズルの装置では、糸の製造速度は63mm/minであったが、２本のノズル使用で約1.7倍にあたる107mm/minの製造速度が得られた。今回の内側から吐出させた場合では、１本ノズルの使用でも168mm/minの製造速度が得られた。

②　改良した装置では、回転集積部のアース部分の汚れを少なくすることができた。また装置外部に帯電させたアルミ壁リングにノズルと同一の高電圧を印加することにより、噴出した微小繊維を中央に集中することができ効率良く集積できた。

以上の結果から、実用化に向けての様々な知見を得ることができた。特に、アース部分の汚染を少なくすることは安定した紡績糸生産の可能性が見出せた。今後、さらに本法においてノズル本数を増設や装置構造の改良を検討していく予定である。

## 参 考 文 献

1) 中野恵之,アマリナ･M･Afifi,山根秀樹,木村良晴, 繊維学会予稿集 2007（秋季研究発表会）,62,3,P123(2007)

2) Shigeyuki Nakano, Amalina M･Afifi,Hideki Yamane,Yoshiharu Kimura, Asia and Africa Science Platform Program, Seminar Series 2,p92(2007)

3) 中野恵之,佐伯　靖,藤田浩行,原田知左子,瀬川芳孝,古谷　稔,上月秀徳,兵庫県立工業技術センター研究報告書,17,68(2008)

4) 中野恵之,原田知左子,瀬川芳孝,兵庫県立工業技術センター研究報告書,17,70(2008)

「重点領域研究」

# マイクロ波照射による織物を表面加飾した多孔質フェノール複合材料の開発

藤田浩行、瀬川芳孝、古谷　稔、上月秀徳

要旨　織物とホットメルト樹脂フィルムを積層してマイクロ波照射することにより、接着工程を別途実施することなく、樹脂の発泡・硬化および成形と同時にシート材を表面へ一体接着した多孔質フェノール複合材料を開発した。本研究は、開発した成形方法の特徴を明らかにするため、マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱と発泡挙動を解析した。その結果、発泡は起こらず温度上昇のみ進行する段階、硬化反応に伴う反応熱が主体的となって急激な温度上昇と発泡が進む段階、発泡がほぼ完了し、温度上昇も緩やかで硬化を完了する段階と３つの段階を経て進行することを明らかにした。また、マイクロ波の照射出力やフェノール樹脂へ配合する発泡剤および整泡剤が、発泡や発熱挙動に大きな影響を与えることを明確にした。

## １　緒　　言

マイクロ波をフェノール樹脂へ照射すると、樹脂の急激な発熱と発泡により成形型内部は高い内部圧力が発生し、短時間で多孔質材料を成形することができる。この手法を利用し、成形材料のデザイン性や触感の優れた製品開発を目的に織物や皮革材料などのシート材料とホットメルト型の樹脂フィルムを積層して成形することにより、これらの加飾材料を成形材料の表面へ一体接着できる技術を一昨年、開発した。ホットメルト型の樹脂フィルムは、フェノール樹脂の発泡に伴う内部圧力と加熱により、織物へ強く押しつけられ一部溶融することで、織物が成形材料に一体接着された材料の成形を可能とする。また曲面形状に対しても滑らかにかつ強固に接着できる材料の成形も可能である(図１)。しかし、それらの成形性はフェノール樹脂の発泡と加熱挙動に大きな影響を受けるため、安定した表面加飾・多孔質材料を成形する場合、フェノール樹脂の発泡と発熱挙動を解明することが非常に重要である。そこで、本研究はマイクロ波照射によるフェノール樹脂の発泡と発熱挙動について、照射時間や照射出力などの影響について解析を試みた。



図１　織物を表面加飾した曲面形状の多孔質材料

## ２　マイクロ波による材料の加熱実験

### ２．１　加熱原理

マイクロ波の電界中に誘電体である樹脂などを置くと、マイクロ波により分子が分極状態となる。周波数に応じた電界の交番（周波数2.45GHz の場合、24 億 5 千万回／秒）は分子を激しく振動させ、電界変化に追随できなくなることによる分子内摩擦が、マイクロ波による加熱原理である。分極の大きさは誘電率 $\varepsilon$ と呼ばれ材料固有の値を持ち、真空の誘電率 $\varepsilon_0$ との比 $\varepsilon_r$（$= \varepsilon / \varepsilon_0$）は比誘電率という。また、電界

に対する分極の変位の遅れ角δも材料固有の値を持ち、tanδを誘電損失角という。両者の積 $\varepsilon_r \tan\delta$ は損失係数と呼ばれ、材料固有の値を持つが、温度や周波数によって変化する。なお、誘電体内で熱となって消費される電力Pは、式(1)で表すことができる[1)]。

$$P = 0.556\,10^{-10} f E^2 \varepsilon_r \tan\delta \quad (\mathrm{W/m^2}) \cdots (1)$$

$E$ ： 電界の強さ（V/m²）
$f$ ： 周波数（Hz）
$\varepsilon_r$ ： 比誘電率
$\tan\delta$ ： 誘電損失角

式(1)より、電気的条件であるEおよび$f$が一定であれば、損失係数（$=\varepsilon_r \tan\delta$）が大きい材料ほど、発生する熱量が大きくなる。

## ２．２　マイクロ波による各材料の加熱挙動

図2はフェノール樹脂単体および水をポリビーカーに100g入れ、マイクロ波照射(出力200W)したときの温度変化である。加熱されやすいといわれる水よりもフェノール樹脂は高い加熱効果を示しており、100℃までの加熱時間はフェノール樹脂で約2.5分、水は約6分であった。これは、フェノール樹脂固有の損失係数が水よりも大きく、マイクロ波を吸収しやすい化学構造を持つことに起因している。

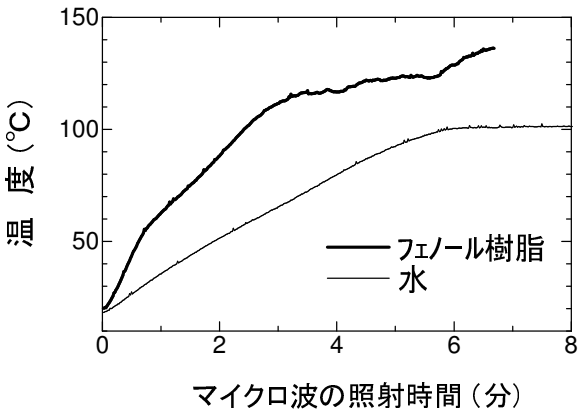



図２　マイクロ波照射したフェノール樹脂および水の温度変化

一般的にフェノール樹脂には、成形材料の耐熱性や強度向上を目的に充填材等を配合する[2),3)]。そこで、充填材として用いられる材料の一部について上記と同様の条件でマイクロ波を5分間照射し、その直後の温度を表1に示した。なお、どの材料も加熱前温度は約 20℃である。材料の種類により加熱温度は大きく異なり、マイクロ波の選択加熱の特徴が見られる。

表１　200W-5分間照射直後の各材料の温度(℃)

| フェノール樹脂 | 水 | 竹粉 | ﾌﾗｲｱｯｼｭ | ﾊﾟｰﾗｲﾄ | 籾殻 |
|---|---|---|---|---|---|
| 123.0 | 92.4 | 100.3 | 72.4 | 36.6 | 111.1 |

## ３ フェノール樹脂の発熱および発泡挙動の計測

本成形方法の特性を把握するためには、マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱および発泡挙動の基本的特性を把握することは非常に重要である。

そこで、マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱や発泡挙動を計測し、照射時間やマイクロ波出力および添加剤（発泡剤、整泡剤）の影響について検討した。

### ３．１　照射時間の影響

本研究で用いたレゾール型フェノール樹脂は、昭和高分子（株）製のBRL-191である。充填材にフライアッシュ（(株)関電パワーテック製Ⅰ種（JISA6201-1999））、パーライト（三井金属鉱業（株）製）および竹粉（国産孟宗竹から製造）を配合し、混合攪拌した。硬化剤には、第一工業製薬（株）製のレジノールPS-63を用いた。また、整泡剤および発泡剤も配合し、混合フェ

表２　混合フェノール樹脂の配合率（wt%）

| | |
|---|---|
| フェノール樹脂 | 100 |
| フライアッシュ | 20 |
| パーライト | 3 |
| 竹粉 | 2 |
| 硬化剤 | 8 |
| 整泡剤 | 2 |
| 発泡剤 | 3 |

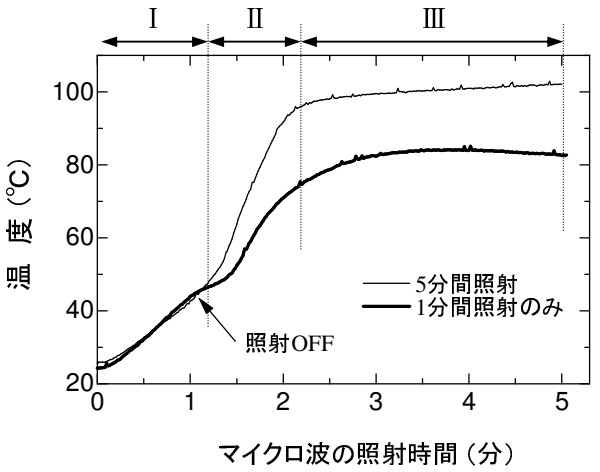
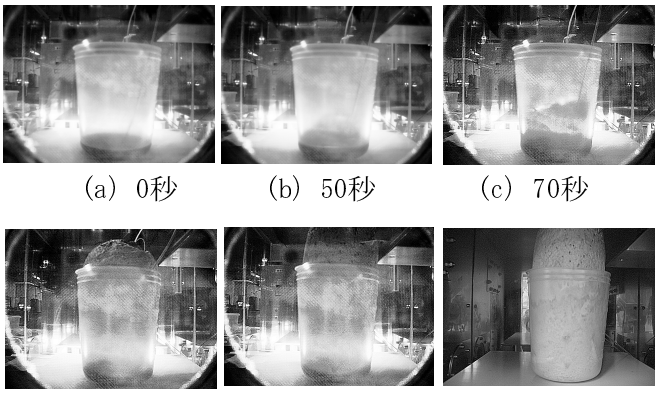



図３　マイクロ波によるフェノール樹脂の温度変化（出力200W）



(a) 0秒　(b) 50秒　(c) 70秒

(d) 100秒　(e) 130秒　(f) 300秒

図４ フェノール樹脂の発泡挙動（出力200W）

ノール樹脂を調整した。表２にそれらの配合率を示す。混合フェノール樹脂に、マイクロ波を５分間照射した場合と１分間照射後マイクロ波照射OFFした場合の温度変化を図３に示す。５分間照射した場合は、樹脂の発泡形態の観察も行った(図４)。なお、容量1000mlのポリビーカーに混合樹脂100g入れて出力200Wのマイクロ波を照射した。照射50秒までは発泡は見られず、比較的緩やかな温度上昇が見られる。70～130秒において急激に温度上昇するとともに一気に発泡している。その後、温度上昇はゆるやかであり、５分間照射直後、約103℃であった。１分間照射した樹脂も照射OFFにも関わらず45℃付近から大きく温度上昇し、約80℃以降はゆるやかな温度上昇に推移しており、同様の傾向を示した。図には示していないが、急激な温度上昇の領域で発泡した。

これらから、マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱と発泡挙動はつぎの三段階で進行すると考えられる。①第一段階（45℃以下）は、発泡は起こらず、マイクロ波吸収による温度上昇が進む段階（Ⅰ）、②第二段階（45～95℃）は、硬化反応に伴う反応熱が主体的となり急激に温度上昇することで、急激な発泡と硬化が進む段階（Ⅱ）、③第三段階（95℃以上）は、発泡はほぼ完了し、温度上昇も緩やかで硬化を完了する段階（Ⅲ）である。

### ３．２　照射出力の影響

マイクロ波の照射出力の影響を検討するため、照射出力を 100、200、500 および 600W と変化させた。フェノール樹脂は、３．２と同様に調整した混合フェノール樹脂を用い、照射時間と温度の関係を計測した。その結果を図５に示す。また、図６に出力 500W の発泡形態の変化を示す。照射出力に関わらず、約 45℃までは、緩やかに温度上昇し、その後約 95℃まで急激な温度上昇を示している。これらの変化は、図３に示した段階ⅠおよびⅡに相当する。表３に 40℃から 90℃までの温度上昇に要した時間を示す。照射出力が大きいほど発熱を促進させ、短時間で温度上昇している。約 95℃以降の段階Ⅲは、100W および 200W とも、温度上昇は非常に緩やかとなり、樹脂温度はほぼ収束している。一方、500W および 600W の場合も 95℃以降緩やかな上昇に変化するが、その後温度上昇の勾配は大きくなり、4 分間照射直後の温度は、500W で 123℃、600W は 146℃と大きく上昇している。

これらの挙動の違いについて、つぎのとおり考察する。今回用いたレゾール型フェノール樹脂の揮発分は約 20 数%であり、その内約 15%が水分を含む樹脂であること。また、レゾール型フェノール樹脂の硬化反応時は縮合水が生成され、これらの水分は温度上昇に伴い主に水蒸気となって揮発する。しかし、100W および 200W

の場合は、未反応なレゾールが多く残存したことにより、樹脂内は多くの水分を含んだ状態であるため、水の沸点である 100℃程度までしか温度上昇しなかったと考えられる。500W および600W の場合は、硬化反応が十分進んだため未反応なレゾールは少なく、樹脂内の水分も少ない。100℃以降温度上昇の勾配が大きくなっているのは、水分量の低下が進んだためと考えられる。ただし、発泡は、図６に見られるように 200W の場合（図４）と同様、段階Ⅱにおいて一気に進行し、ほぼ完了する挙動を示した。

表３　照射出力と 40～90℃の所要時間

| 照射出力（W） | 100 | 200 | 500 | 600 |
|---|---|---|---|---|
| 所要時間（秒） | 82 | 64 | 32 | 28 |

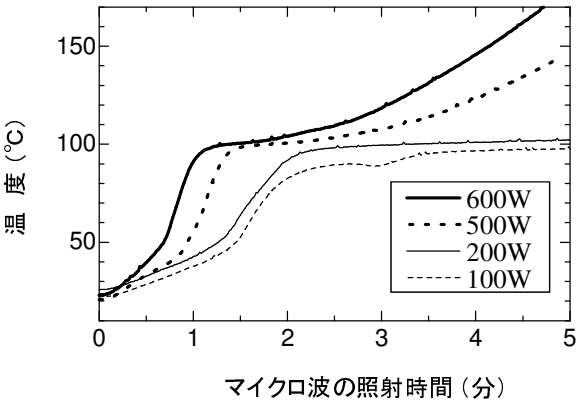



図５　照射出力とフェノール樹脂の温度変化

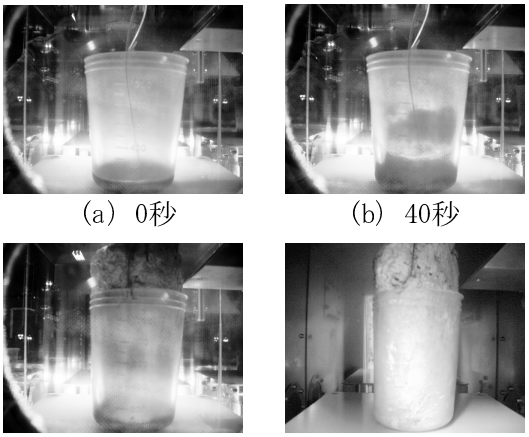



図６　フェノール樹脂の発泡挙動（出力500W）

３．３　発泡剤および整泡剤の影響

フェノール樹脂発泡体の製造においては、一般的に発泡剤及び整泡剤を配合する。発泡剤はブタンやペンタンなどの炭化水素やイソプロピルエーテル等のエーテル類および炭酸ガスなど様々ある[4]。また、安定した気泡生成等のため整泡剤を配合する。整泡剤は一般的に界面活性剤が使用され[5]、発泡剤と併用される。

本研究では、マイクロ波照射によるそれらの配合効果を明らかにするため、充填剤を含まないフェノール樹脂に対して、①発泡剤のみ、②整泡剤のみ、③発泡剤＋整泡剤を配合した３種類のフェノール樹脂を100g調整し、出力200Wのマイクロ波を照射した。なお、発泡剤および整泡剤のフェノール樹脂に対する配合率は、表２のとおりである。硬化剤も同様である。図９に温度変化の結果を、図10に発泡後の樹脂を示す。また、表４に40℃から90℃までの温度上昇に要した時間と発泡倍率を示す。発泡が進行する40℃から90℃までに要した時間は、整泡剤のみの樹脂が最小であった。発泡剤を含む材料は、発泡剤の気化により熱が奪われるため、温度上昇を妨げたと考えられる。発泡倍率は、発泡剤のみの配合で4.5倍であり、整泡剤のみの樹脂よりも若干小さくなった。しかし、両者を配合すると25倍と大きく発泡し、相乗効果が見られた。これは、発泡時の気泡生成の圧力にセルの壁が壊されず、微細な気泡が安定して生成されたためであると考えられる。なお、上昇温度が低いのは、気泡生成に起因する放熱効果の影響である。

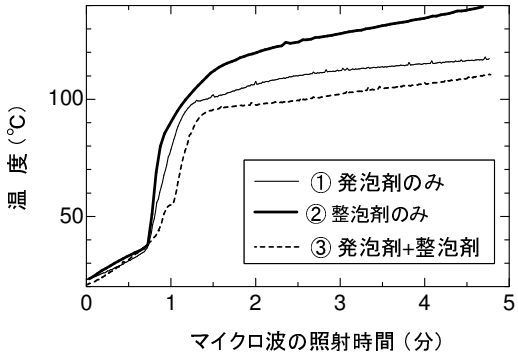
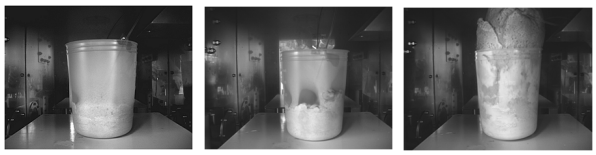



図７　照射出力とフェノール樹脂の温度変化

表４　40～90℃の所要時間と発泡倍率

| | ①発泡剤のみ | ②整泡剤のみ | ③発泡剤＋整泡剤 |
|---|---|---|---|
| 所要時間(秒) | 22 | 16 | 29 |
| 発泡倍率 | 4.5 | 5.0 | 25.0 |



(a)発泡剤のみ　(b)整泡剤のみ　(c)発泡剤＋整泡剤

図８　マイクロ波照射後の発泡フェノール樹脂

## 4　結　　言

フェノール樹脂にマイクロ波を照射した発泡フェノール複合材料の成形方法を開発した。開発した成形方法の特徴を明らかにするため、マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱と発泡挙動を観察し、以下に示す知見を得た。

（１）フェノール樹脂は、マイクロ波により加熱されやすい材料である。

（２）マイクロ波照射によるフェノール樹脂の発熱と発泡挙動はつぎの３段階で進行する。①第一段階は、発泡は起こらず温度上昇のみ進行する段階、②硬化反応に伴う反応熱が主体的となって急激な温度上昇と発泡が進む第二段階、③発泡がほぼ完了し、温度上昇も緩やかで硬化を完了する第三段階。

（３）マイクロ波の照射出力が大きくなるとフェノール樹脂の発熱を促進させる。また、硬化反応時の縮合水や樹脂に含まれる水分も、発熱挙動に影響していると考えられる。

（４）発泡剤は気化時に熱を奪い、樹脂の温度上昇を妨げる。また、発泡剤の単独使用の発泡効果は低いが、整泡剤と併用することにより相乗効果を生み出し、フェノール樹脂を大きく発泡させる。

## 参 考 文 献


1) 越島哲夫[ほか]編、” マイクロ波加熱技術集成”、P68 (1994) エヌ・ティー・エス。

2) 住友ベークライト (株)、“フェノール樹脂成形材料”、特開平 10-95894(1998)。

3) 大日本インキ化学工業 (株)、“成形用樹脂組成物、これを含有する成形材料”、特開 2005-206741(2005)。

4) 旭有機材工業 (株)、“発泡性レゾール型フェノール樹脂成形材料およびフェノール樹脂発泡体”、特開 2007-70507(2007)。

5) 旭有機材工業 (株)、“フェノール樹脂発泡体の製造方法”、特開 2007-131801(2007)。


## 謝　　辞


本研究を実施するにあたり、(株) エフタックルの関係者にご協力いただきましたことを深く感謝いたします。

研究報告既刊一覧

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

# 研究報告(第41号)

平成21年12月25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

２１産㊦1－００７Ａ４