

# 研究の動向

## 混合溶媒法による繊維の高付加価値化

東京家政学院大学 花田 朋美

### 1. はじめに

我国の繊維産業は、高度経済成長を支え、基幹産業として発展を遂げた成熟した産業である。日本の繊維業界のサプライチェーンは、紡糸・紡績など繊維から糸をつくる「川上」、製織・製編・染色などを行う「川中」、最終製品を扱う「川下」に分かれているのが特徴的であった。高度経済成長期やバブル経済期の高価格の衣料品が売れていた時代は、サプライチェーン全体が恩恵を受けていたが、バブル崩壊後の構造変化、中国や東南アジア諸国の成長による新しいグローバル展開のコスト競争の中で産業の空洞化が加速し、収益の悪化をもたらした。更に、大手繊維メーカー以外の繊維産業の大半は、従来からの中小・零細企業から成る産業構造であり、従事者の高齢化、後継者不足等の問題の顕在化により、大変厳しい状況に曝されている<sup>1)~3)</sup>。

我々が本研究に取り掛かった当時の経済産業省の「繊維ビジョン」には今後の日本繊維産業のあるべき方向の一つとして、コスト競争からの脱却のため、世界トップレベルの技術と感性を活用した高付加価値化、及び消費者の環境問題や安心・安全問題に対する意識の高まりに対応するための安心安全の付加価値化、更に、低炭素社会実現への貢献が明言されていた<sup>2)</sup>。コロナ禍を経た2022年に15年ぶりに改訂した「繊維ビジョン」では、2030年に向けた繊維産業の展望として、社会構造の変化に対応したデジタル化の加速や持続可能な社会（サステナビリティ）への推進が新たに謳われ、日本の高い技術力を背景とした分野を横断した取り組みや新たなビジネスモデルの創造、市場創出が求められている<sup>4)~6)</sup>。そのような状況の下、一部のテキスタイル産地や業界団体では、産地横断的な技術協力や自社商品の開発を行う等、再生を

賭けた新たな取り組みを行っており、革新的なもの造り技術の創出が切望されている。

そのような背景の中、我々は汎用合成繊維および生分解性合成繊維を用いて、テキスタイルに特殊な立体模様を導入する『混合溶媒法』を提案し、新たな付加価値を付与する加工技術として繊維収縮の研究に取り組んできた。本報では、その基礎研究とそれを応用した作品制作の一例を紹介する。

### 2. 混合溶媒法とは

特異な立体模様をテキスタイルに与える試みは古くから行われ、熱処理等の物理的方法と薬品処理等の化学的方法が用いられてきた。なかでもセルロース繊維を強アルカリ溶液で処理するリップル加工は広く知られており、学術的にもそのメカニズム、加工技術、物性評価に関する多くの研究が行われている。一方、合成繊維への化学的方法による立体模様付与に関する加工技術は確立されておらず、収縮効果に関する学術的研究も多くはなされていないのが現状である。我々が提案する『混合溶媒法』とは、繊維の良溶媒と貧溶媒の混合溶液を用いて、配向した分子鎖配列を変化させ繊維を収縮させる化学的方法により、布帛に特殊な立体模様を恒常的に付与する方法である。良溶媒の中に繊維を浸漬すると溶解し、貧溶媒の中では変化が起こらず、相溶する良/貧溶媒混合溶液の中に繊維を浸漬すると収縮が生じる。処理液となる混合溶液の濃度、温度、処理時間の変化により収縮率が変化し、収縮率をコントロールすることが可能となる加工法である。立体模様導入には、日本の伝統的染色加工技術を応用し、日本独特の伝統技術を基盤としたメイド・イン・ジャパンのものづくり技術を新たに開拓することに資するものと考え研究に取り組んできた。

### 3. 汎用合成繊維の収縮加工

合成繊維は多様な繊維形態に加工することが可能であり、耐久性に優れ、天然にはない多くの優れた特性や機能性を有することから、テキスタイル生産に広く受け入

Tomomi HANADA

東京家政学院大学 現代生活学部/同大学院 人間生活学研究科 准教授  
〔著者紹介〕(略歴)東京家政学院大学家政学部卒、大塚テキスタイルデザイン専門学校Ⅱ部卒、文化女子大学大学院生活環境学研究科被服環境学専攻単位取得満期退学、博士(被服環境学)、相模原看護学院、郡山女子大学、日本女子大学非常勤講師  
〔専門分野〕繊維学、被服材料学、染色学、テキスタイル加工

れられてきた。1990年代以降、世界の合成繊維の生産量の増加は著しく、特に我国では、高性能・高機能化のための改質技術が進展し、“新合繊”として高度な紡糸技術が開発されている。そこで我々は、汎用の合成繊維であるポリエステル、ナイロン、アクリル繊維を取り上げ、混合溶媒法による繊維収縮について研究を進めてきた。ここでは、アクリル繊維とナイロン繊維を取り上げ、既報の一部を抜粋し、混合溶媒法の基礎研究と作品制作の一例を紹介する。詳細は既報を参照されたい<sup>7)8)</sup>。

## (1) アクリル繊維の収縮加工

### 1) 収縮実験

三菱レイヨン社製のアクリル繊維布（アクリル A）を試料とし、長さ（経方向）130 mm×幅（緯方向）5 mmの短冊形に整え、長さ方向 100 mm 間に糸印を施して測定用試料とした。良溶媒としてジメチルホルムアミド（DMF）、貧溶媒として蒸留水を使用し、所定の体積分率に調整した DMF 水溶液に試料を浸漬し、一定時間経過後に取り出して、糸印間の長さ変化を測定し収縮率を算出した。また、処理温度は40℃～90℃の範囲で所定の温度に設定した。DMF と水の20℃での密度を用いて、混合溶液における良溶媒 DMF のモル分率（以下、 $\phi$  と記す）を求めた。

### 2) 収縮実験の結果

図1に処理時間30分でのアクリル A の収縮率の DMF モル分率 ( $\phi$ ) 依存性と温度効果を示した。

処理温度65℃以下（■, △印）では、DMF 水溶液の  $\phi$  を増大させても収縮は全くみられず、 $\phi=48.3\%$ を超えると試料の溶解が起きるのみであった。一方、処理温度80℃（●印）では、 $\phi$  が0%でも数%の収縮を示し、この収縮率は10%付近まではほぼ一定であった。 $\phi=20\%$ を越えると収縮率は緩やかに上昇し、 $\phi$  が30.3%以上では急激に増大して、48.3%で収縮率55%の最大値に達した。更に  $\phi$  が高

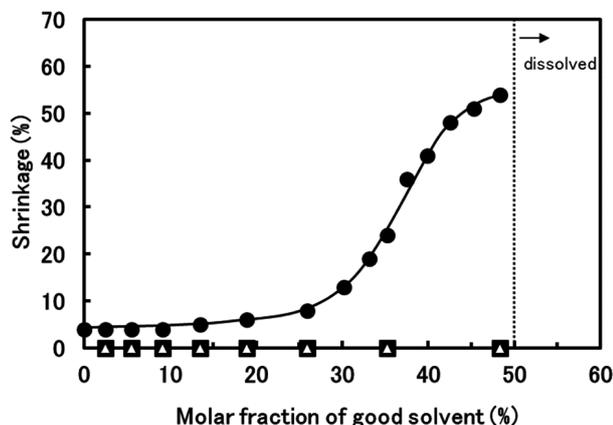


図1 収縮率の DMF モル分率依存性と温度効果  
（●80℃，■65℃，△40℃，30分，アクリル A）

い領域では、他の処理温度と同様に試料は溶解した。

### 3) 収縮率と染着量の変化

一般的なアクリル繊維の染色法に基づき、温度を40℃～100℃にわたって、10℃毎に設定して染色した試料について、染色原液と染色後の残液の吸光度の差を求め、収縮加工布への染着率を算出した。

図2に  $\phi=39.9\%$ 、処理時間30分、処理温度を40℃～90℃に変化させた時のアクリル A の収縮率の処理温度依存性（●印）を示した。また、同じ温度域における未収縮（▲印）、及び  $\phi=39.9\%$ 、処理時間30分、温度80℃で処理した収縮試料（□印）の染着率の温度依存性も同時に示した。試料の収縮率（●印）は、70℃を過ぎると急激に増大する。一方、染着率は、未収縮試料、収縮試料、共に約70℃付近から増大し始めている。一般に、アクリル繊維は分子凝集力が強く、内部構造が緻密なため、その染色においては、ガラス転移温度以下では染まりにくく、水共存下で80℃付近に存在するガラス転移温度以上で、染着が増大することが知られ、我々の結果である染着が顕著になる温度もこれと一致している。アクリル繊維布の収縮率の増大が、その染着率の増大と同じ温度域で生じることは、観測される収縮が、布を構成するポリアクリロニトリルのガラス転移点以上の温度で起こる分子運動に起因していることを表している。従って収縮率の急激な増大は、分子運動によって自由度が増したポリアクリロニトリル分子鎖中への DMF 水溶液の更なる浸透・膨潤作用とそれに伴うポリアクリロニトリル分子鎖の配列の乱れが生じた結果と考えられる。

### 4) テキスタイル制作

実験結果を基にアクリル繊維の収縮性を利用し、布表面に凹凸を付与したテキスタイルの制作を行った。収縮部分と未収縮部分を混在させるため、ここでは嵐絞りの技法を応用した。図3にテキスタイルの制作工

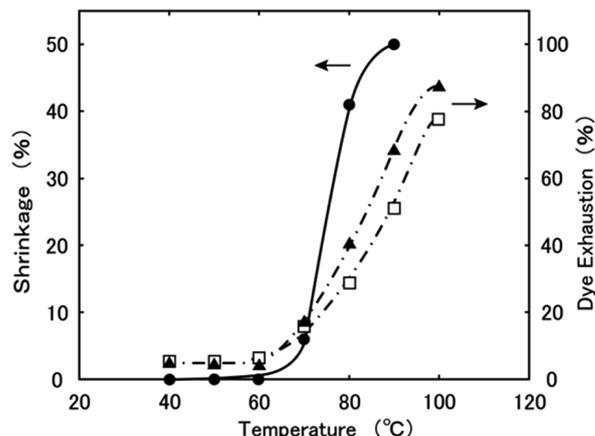


図2 収縮率の処理温度依存性

（●、 $\phi=39.9\%$ 、30分。）および未収縮（▲）収縮試料（□、 $\phi=39.9\%$ 、30分、80℃）の染着率の温度依存性（アクリル A）

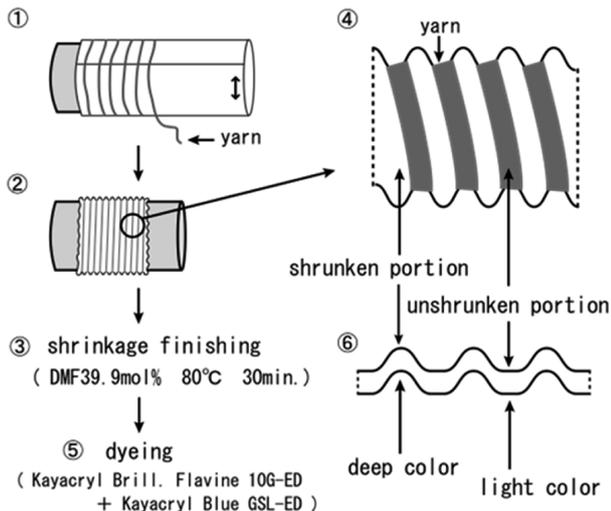


図3 収縮加工テキスタイルの制作工程

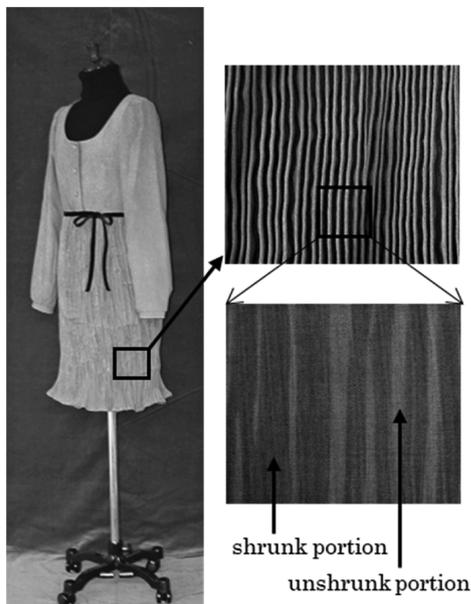


図4 制作したテキスタイルとそのテキスタイルを使用したワンピース作品の一例

程を示した。

一般的な嵐紋りでは、着色部分と未着色部分による色柄の効果しか得られないが、今回の収縮加工においては、色の濃淡に加えてプリーツ状の凹凸が保持される新たな効果が得られた。これは、収縮により繊維中の分子鎖配列が変化し、残留応力が緩和して防染形状を反映した歪が残留したためと考えられる。図4に制作したテキスタイルとそのテキスタイルを使用したワンピース作品の一例を示した。凹凸と同時に濃色部と淡色部が隣接することにより、より立体感のあるプリーツに仕上がっている。

## (2) ナイロン繊維の収縮加工

### 1) 収縮実験

試料は、ナイロン6のモノフィラメントからなるナイ

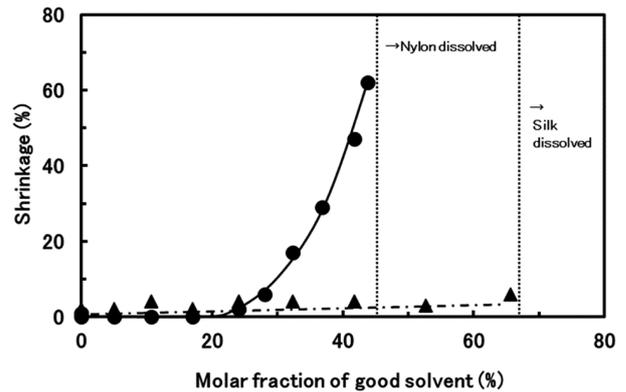


図5 ナイロン繊維およびシルク繊維の収縮率のギ酸モル分率依存性

(●ナイロン布, ▲シルク布, 25°C, 5分)

ロンオーガンジー布, 更に作品制作を目的としてシルクオーガンジー布についても同条件での収縮実験を行った。測定用試料は、アクリル繊維布と同様の大きさの短冊形とした。ナイロン繊維の良溶媒であるギ酸と貧溶媒の蒸留水を所定の体積分率に調整したギ酸水溶液に試料を浸漬し、一定時間経過後に取り出して糸印間の長さ変化を測定した。また、処理温度を25°C, 40°C, 60°Cと変化させ、同様の実験を行った。ギ酸と水の20°Cでの密度を用いて、混合溶液における良溶媒ギ酸のモル分率(以下、 $\phi$ と記す)を求めた。

### 2) 収縮実験の結果

図5に処理温度25°Cにおけるナイロン繊維布およびシルク繊維布の収縮率のギ酸モル分率( $\phi$ )依存性を示した。

ナイロン繊維布(●印)では、 $\phi$ が17.0%以下の低い領域では試料の収縮は全くみられず、 $\phi$ が24.1%で数%収縮する。24.1%を超えると急激に収縮率が大きくなり、 $\phi=32.3\%$ で約20%、 $\phi=36.8\%$ では約30%の収縮率を示し、 $\phi=43.8\%$ では最大収縮率約60%となる。これ以上の $\phi$ ではナイロン繊維は完全に溶解した。一方、シルク繊維布(▲印)をギ酸水溶液に浸漬すると2~4%の収縮がみられるものの、 $\phi$ の増大に伴う収縮率の変化は殆ど観測されず、 $\phi=65.6\%$ 以上で溶解する。以上のように、ギ酸のモル分率24.1%以上では、40~50°Cといわれるナイロン6のガラス転移以下である25°Cにおいても収縮が観測されることから、収縮の要因はギ酸の浸透に伴ってナイロン繊維の分子鎖配列が乱れ、分子鎖が直線状から糸まり状になることであると示唆された。

### 3) テキスタイル制作

実験結果を基にナイロン繊維布とシルク繊維布の収縮性の差を利用して、シルクオーガンジーにリップルを付与したテキスタイル制作を行った。シルクオーガンジーについては、部分的にセリシンを除去することにより、セリシンの有無による模様も付与した。図6にテキスタ

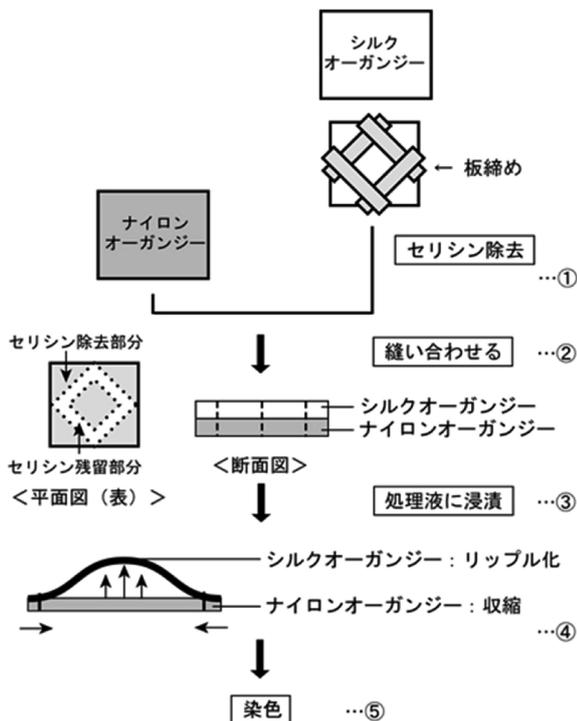


図6 収縮加工テキスタイルの制作工程

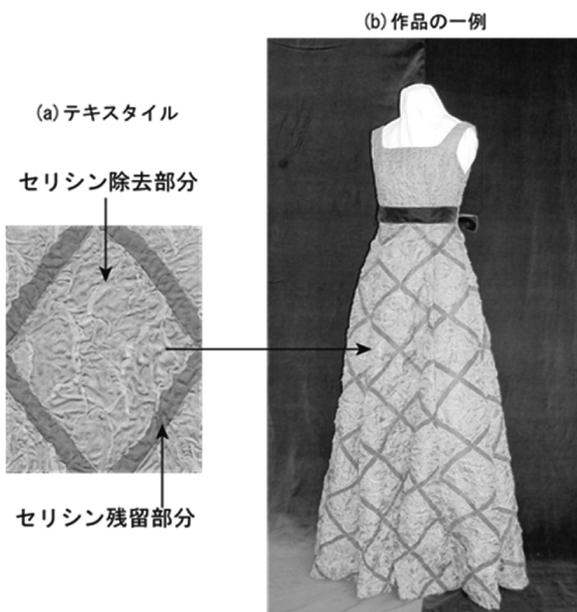


図7 制作したテキスタイルとそのテキスタイルを使用したドレス作品の一例

イル制作工程，図7に制作したテキスタイルとそのテキスタイルを使用したドレス作品の一例を示した。シルクオーガンジーにセリシン除去部を導入後，染色することにより，セリシン残留部分は濃色に染色される一方，セリシン除去部分は淡色で，シルク本来の穏やかな光沢を有している。加えて，透け感の強いオーガンジーであるため，裏地に用いている濃色に染色されたナイロン布の色相が適度に透け，全体として淡い色調となっている。また写真から

判るようにシルク布全体に導入されたリップルはナイロン裏地の色の見え方で，より凹凸感を引き立たせ，表面テクスチャーの複雑さと色調・光沢の複雑さを併せ持つ，独特なテキスタイルとなっている。

#### 4. 生分解性合成繊維の収縮加工

汎用合成繊維の使用については，近年，化石資源を原料とし，製造から廃棄までの二酸化炭素排出量が多いことによる地球温暖化やマイクロプラスチックの問題など環境負荷がクローズアップされている。そこで，環境保護に貢献する素材として，自然界において微生物が関与して低分子化合物に分解される生分解性合成繊維が注目されている。特にその中心に挙げられるポリ乳酸繊維(PLA)は植物由来(バイオベースポリマー)であり，生産から廃棄まで炭酸ガスを増加させないカーボンニュートラルな特性を持ち，地球温暖化防止と脱石油原料に貢献できる環境低負荷材料である。そのため，持続可能な素材として様々な研究・開発が進行中である。更に近年では，洗濯により衣服から微細な繊維が抜け落ち，合繊繊維のマイクロファイバーが洗濯排水と共に放出され，マイクロプラスチックによる海洋汚染の一因であると指摘されている<sup>9)10)</sup>。我々はポリ乳酸繊維の衣服への活用を促進することにより，環境負荷低減に貢献できるのではないかと考え，ポリ乳酸繊維の高付加価値化を目的として，汎用合成繊維と同様に，混合溶媒法による繊維収縮の研究を進めている。更にポリ乳酸繊維を多くの方々に認知していただくための地域連携活動や作品展示にも取り組んでいる。紙面の都合上，加えて現在進行中の研究内容を含み論文執筆中であることから，混合溶媒法の基礎研究と作品制作の他，生分解性や染色性の変化については一部の紹介に留める。詳細は既報<sup>11)12)</sup>の参照と今後の投稿論文をお待ちいただきたい。

##### (1) ポリ乳酸繊維の収縮加工

###### 1) 収縮実験

ユニチカファイバー株式会社製「テラマック」糸を使用した繊維径の異なるモノフィラメント及びマルチフィラメントから成る数種の布帛を試料として使用した。測定用試料は，前述の汎用合成繊維布と同様の形状とした。ポリ乳酸繊維の貧溶媒エタノールに対して相溶する良溶媒を複数取り上げ，各々の良／貧溶媒混合溶液に浸漬し，一定時間経過後に取り出して長さ変化を測定し収縮率を算出した。複数の繊維径の異なる布帛や良溶媒種を用いることにより，収縮に及ぼす影響を詳細に検証し，収縮のメカニズムの解明につなげたいと考えている。

###### 2) 収縮実験の結果

図8(a)に繊維径の太いモノフィラメントから成る布

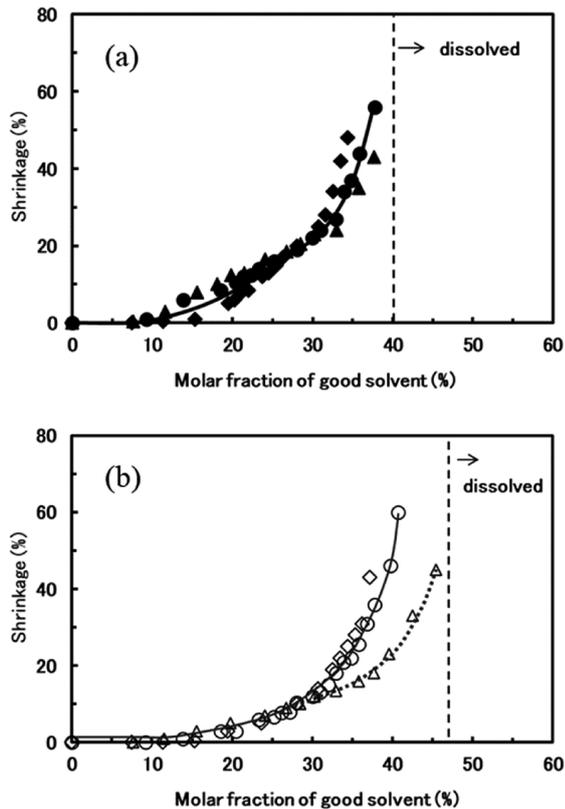


図8 収縮率の良溶媒モル分率依存

(a) モノフィラメント布帛, (b) マルチフィラメント布帛, ●○良溶媒 A, ▲△良溶媒 B, ◆◇良溶媒 C, 25°C)

帛試料, (b) に繊維径の細いマルチフィラメントから成る布帛試料の収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した. モノフィラメント布帛の試料では, 良溶媒の種類を変えても, 挙動に大きな差異は観測されない. モル分率が低い領域では試料の収縮は観測されず,  $\phi=10\%$  以上で収縮を示した.  $\phi$  が高くなるに従って収縮率は増大し, 最大収縮率約50~60%に達した. 更に  $\phi$  が高い領域では, 試料は溶解した. 以上のように, 収縮率は良溶媒のモル分率だけに依存していることがわかる. 一方, マルチフィラメント布帛の試料では,  $\phi=15\%$  以上で収縮を示し, モノフィラメント布帛試料と同じ収縮率を得るためには, より高いモル分率を必要とすることがわかる. 更に,  $\phi=30\%$  以上においては, 良溶媒 B ( $\triangle$ 印) では, 良溶媒 A ( $\circ$ 印) や良溶媒 C ( $\diamond$ 印) とは異なり, 収縮率の増大がより高いモル分率側へと移動している. このように, 布帛を構成する糸の繊維径により, その収縮挙動に差異がみられる結果となった. この差異については, 熱分析および偏向顕微 FT-IR 測定の結果から, 結晶化度や配向性の相違を反映したものであることが明らかとなっている.

### 3) 収縮加工の生分解性への影響

ポリ乳酸繊維の生分解は, 第一段階では加水分解が進行して強度が低下し, 第二段階では微生物分解が進行し

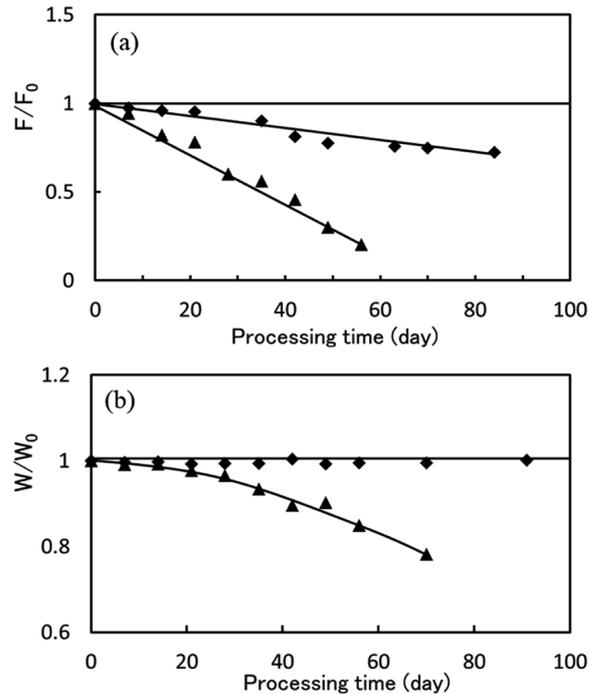


図9 家庭用生ごみ処理機で処理した試料の (a) 相対強度と (b) 重量の処理時間変化

(◆未収縮試料, ▲良溶媒 A で20%収縮加工した試料)

て重量減少が生じるといわれている. 我々は, 収縮加工を施した試料を家庭用生ごみ処理機で処理し, 1週間経過ごとに取り出して, 強度と重量の測定を行った.

図9に家庭用生ごみ処理機で処理した未収縮試料と良溶媒 A で20%収縮した試料の相対強度と重量の処理時間変化の結果を示した. 収縮加工を施した試料は未収縮試料に比べて, 強度低下, 重量減少ともに顕著な変化を示し, 混合溶媒法による収縮加工により初期生分解性が促進されることが示唆された.

### 4) 収縮加工の染色性への影響

混合溶媒法により収縮加工したポリ乳酸繊維布を分子構造の異なる3種の分散染料で染色し, 染着量の定量的評価を行い, 染着量と収縮率の相関関係について検討した. 図10に良溶媒 B で収縮加工した試料の染着量の収縮率依存性を示した. 染料 I においては, 未収縮試料においても染着量が大きく, 収縮率の増大に伴い染着量が増加している. 一方, 染料 II では, 未収縮試料では染着量は小さく, 収縮率15%以上で急激な染着量の増大が観られ, 染料の分子構造の違いにより染着量の収縮率依存性が異なる結果が得られている. 以上のように収縮率の増大に伴い, 染着量が増加することは, 収縮加工を施すことにより, 染料使用量を削減することができ, 染色工程での環境負荷低減にもつながることが期待できる.

### 5) 作品制作

ポリ乳酸繊維布の収縮性を利用し, 板締め技法を応用

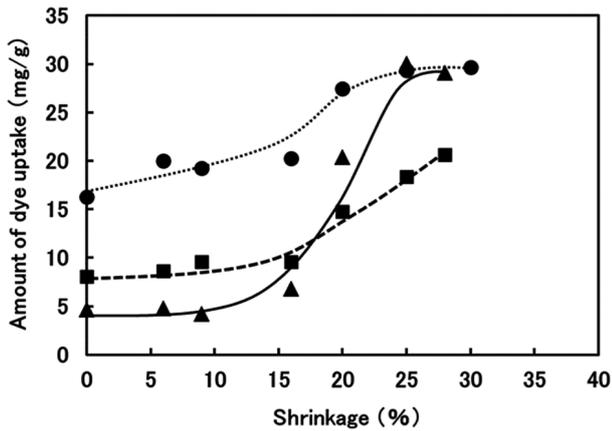
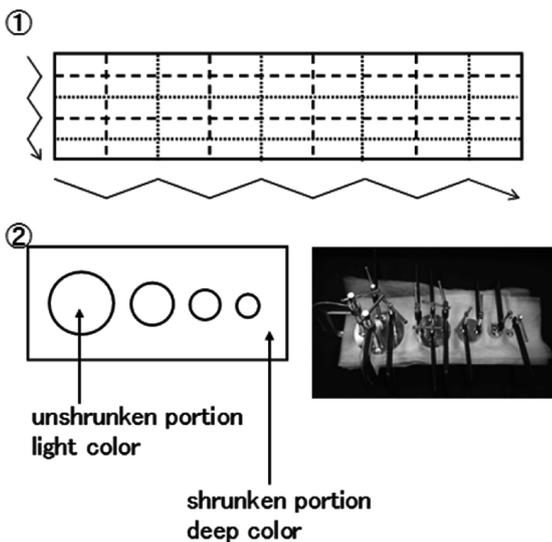


図10 染着量の収縮率依存性  
(●染料Ⅰ, ▲染料Ⅱ, ■染料Ⅲ, 良溶媒B)



③ shrinkage finishing

dichloromethan/ethanol of the molar fraction of 33.4mol%, 25°C.10min.

④ dyeing

Kayalon Polyester Navy Blue 2GN-SF 200

図11 収縮加工テキスタイルの制作工程

して一枚の布帛に凹凸と部分的透け感、及び色調の変化を付与したワンピースドレス用のテキスタイル制作を行った。図11に制作工程、図12に制作したテキスタイルの写真(ジャパンクリエイション大賞入選作品)、図13に板締め技法とグラデーション技法により収縮した後、図10に示した染着量の収縮率依存性の実験結果を応用して染色した作品を示した。赤色の染料Ⅱと青色の染料Ⅲを混合し、収縮率の異なる布帛を一浴で染色した結果、収縮率が低い部分は青みの紫に、収縮率が高い部分は赤みの紫に染色することができ、一浴染色にもかかわらず色相の異なる複数のテキスタイルを制作した一例である。

以上のように、基礎研究と並行して、実験結果を応用

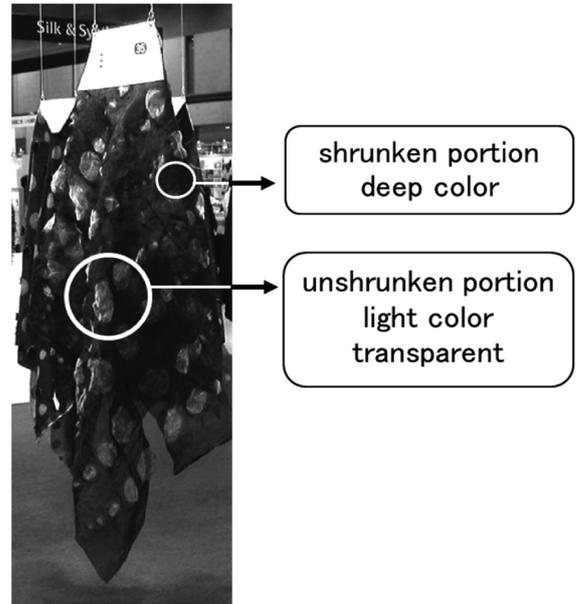


図12 板締め技法により制作したテキスタイル

したテキスタイルや衣服、アート作品の制作などを行い、『混合溶媒法』の可能性を目に見える形で表現している。更にポリ乳酸繊維布を使用したものづくり体験教室の開催や農作業着のファッションショー等の地域連携活動を通して、衣料用としてのポリ乳酸繊維の活用を提言している<sup>13)~16)</sup>。

5. おわりに

汎用合成繊維、生分解性合成繊維の高付加価値化技術への一提案を試みるものとして『混合溶媒法』による繊維収縮について述べてきた。いずれもその収縮現象とそれを応用した作品制作のエッセンスの記載に留まるものであったが、繊維の基本的な物性の指標となる引張り強伸度測定の結果からも、収縮加工後の試料は実用に耐え得る繊維であるとの知見が得られている。著者は、本研究の今後の課題は混合溶媒法による繊維収縮のメカニズムを明らかにすることであると考えている。様々な実験結果から、混合溶媒法による繊維の収縮現象は、配向非晶領域を形成している分子鎖への溶媒和により、分子運動の増大に伴う配向の乱れが引き起こされた結果であると考察している。現在、その考察に基づき、収縮による結晶配向性の変化についてX線回折測定による検討を進め、収縮のメカニズムを明らかにすべく取り組んでいるところである。溶媒を使用するという観点から環境配慮にどのように対応するかについても更なる検討課題であるが、このような地道な研究の積み重ねが持続可能な衣生活のための一助になることを願い研究を進めていきたいと考えている。



図13 染着量の収縮率依存性を応用したテキスタイルの制作作品例

## 付 記

本稿掲載の研究成果は、JSPS 科研費25560029, JSPS 科研費16K1270, および学術系クラウドファンディング academist 『ポリ乳酸繊維の活用で衣服の環境負荷低減へ!』の助成を受け実施した研究の一部であり、ここに謝意を表します。

## 文 献

- 1) 恵美和昭. ファッション産業と繊維産業. 繊維誌 (繊維と工業). 2004, Vol. 60, No. 6, 355-358.
- 2) 経済産業省製造産業局繊維課. “今後の繊維・ファッション産業のあり方に関する研究会報告書”. 2010. 国立国会図書館. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1368617/www.meti.go.jp/committee/summary/0004638/report.html> (閲覧 2024.3.31).
- 3) みずほコーポレート銀行産業調査部. “アパレル企業の現状と展望—アパレル企業に求められる成長戦略とは—”. Mizuho Industry Focus. 2010, Vol. 90. [https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8218637/www.mizuhocbk.co.jp/fin\\_info/industry/sangyou/pdf/mif\\_90.pdf](https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8218637/www.mizuhocbk.co.jp/fin_info/industry/sangyou/pdf/mif_90.pdf) (閲覧 2024.3.31).
- 4) 産業構造審議会製造産業分科会繊維産業小委員会. “2030年に向けた繊維産業の展望—繊維ビジョン—”. 2022. 経済産業省. [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo\\_sangyo/textile\\_industry/pdf/20220518\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/textile_industry/pdf/20220518_1.pdf) (閲覧 2024.3.31).
- 5) 産業構造審議会製造産業分科会繊維産業小委員会. “2030年に向けた繊維産業の展望—繊維ビジョン—概要資料”. 2022. 経済産業省. [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo\\_sangyo/textile\\_industry/pdf/20220518\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/textile_industry/pdf/20220518_2.pdf) (閲覧 2024.3.31).
- 6) 経済産業省製造産業局生活製品課. “繊維技術ロードマップ”. 2022. 経済産業省. [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/textile\\_technology/pdf/20220518\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/textile_technology/pdf/20220518_1.pdf) (閲覧 2024.3.31).
- 7) 花田朋美, 岩崎光恵, 安藤穰, 森川陽. アクリル繊維布の収縮加工. 繊維誌. 2009, Vol. 50, 1009-1015.
- 8) 花田朋美, 野澤麻里, 岡香織, 安藤穰. ナイロン繊維布のギ酸水溶液による収縮性を応用したテキスタイル制作—シルク布のリップル化—. 東京家政学院大学紀要. 2012, Vol. 52, 39-44.
- 9) Rebelein, A.; Int-Veen, I.; Kammann, U.; Scharsack, J. P. Microplastic fibers – Underestimated threat to aquatic organisms?. *Sci Total Environ.* 2021, Vol. 777, 146045.
- 10) 秋田陽子, 後藤純子, 東海正. 洗濯機附属糸くずフィルターがマイクロプラスチックファイバーの流出を削減する効果. 繊維誌. 2023, Vol. 64, No. 3, 197-206.
- 11) 花田朋美, 安藤穰, 團野哲也, 森川陽. ポリ乳酸繊維布の収縮加工における繊維径及び良溶媒種の影響. 繊維誌. 2012, Vol. 53, 826-83.
- 12) 花田朋美, 木崎鮎紗, 小山万葉. ジクロロメタン/エタノール混合溶媒法を用いて収縮したポリ乳酸繊維布の生分解性の検討及び衣料用テキスタイル制作の試み. 東京家政学院大学紀要. 2017, Vol. 57, 45-50.
- 13) 花田朋美. Ban Do! のの (野の) コレクションへの取り組みと学生の学習効果—土に還る農作業着のデザイナー—. 東京家政学院大学紀要. 2014, Vol. 54, 111-120.
- 14) 学術系クラウドファンディング. “ポリ乳酸繊維の活用で、衣服の環境負荷低減へ!”. (株) academist. <https://academist-cf.com/projects/240> (閲覧 2024.3.31).
- 15) 花田朋美. Shining flower. 日本藝術の創跡. 2021, Vol. 26, 232.
- 16) 東京家政学院大学地域連携・研究センター. 令和5年度地域連携活動報告書. 2024, 8-9.