

令和元年6月24日現在

機関番号：32648

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12703

研究課題名(和文) 繊維の良/貧溶媒混合法による収縮性を応用した立体模様導入技術の確立

研究課題名(英文) Establish the Production of Textiles Technique with Unevenness Pattern in Applying the Shrinkage of Fiber Treated by Good-Poor Solvent Mixture

研究代表者

花田 朋美 (Hanada, Tomomi)

東京家政学院大学・現代生活学部・准教授

研究者番号：30408299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：ポリ乳酸繊維の良溶媒3種とエタノールを用いた良/貧溶媒混合溶液により収縮加工を施した試料において、収縮により初期生分解性が促進される結果が得られた。更に染色性においては、収縮率の増大に伴い染着量が増大することを定量的に評価することができた。また、ナイロン繊維の良溶媒ギ酸と3種の貧溶媒混合溶液により収縮実験を行った結果、繊維が小さい試料の収縮率が大きくなり、極細繊維への応用が可能であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

良/貧溶媒混合溶液を用いて繊維を収縮させる『混合溶媒法』は、繊維の高付加価値化に寄与し、特に収縮によるポリ乳酸繊維の初期生分解性の促進や濃色化は、衣料用材料としての展開はもとより、現在社会問題となっているプラスチックの使用や廃棄等環境問題においても代替材料としての可能性を拡大するものであり、社会的意義のある成果である。更に、収縮のメカニズムや物性変化を解明することは、高分子・繊維材料学分野においても学術的意義がある成果であると考えている。

研究成果の概要(英文)：The fabric of poly (lactic acid) (PLA) was shrunk by mixture of three kinds of good solvents (dichloromethane, 1, 2-dichloromethane, and chloroform) and ethanol as a poor solvent, the shrunk fabric was treated in a household bio-type garbage treatment machine. The biodegradability was evaluated by the changes of weight and the tensile strength of the fabric and the effect of good solvents on the biodegradability. As a result, has been suggested that the rate of the initial biodegradability of the shrunken fabrics were higher than unshrunk. In a similar shrunk fabric sample evaluated that dyeing quantity increased with the increase of the shrinkage rate quantitatively. Moreover the yarn of Nylon was shrunk by mixture of formic acid as a good solvent and three kinds of poor solvents (water, ethanol, and 1-propanol), a shrinkage rate of a thin yarn is larger than thick yarn. Therefore application to microfiber is possible.

研究分野：被服材料学

キーワード：ポリ乳酸繊維 生分解性 収縮加工 混合溶媒法 良/貧溶媒混合溶液 家庭用生ゴミ処理機 分散染料 染着量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国の繊維産業の空洞化が加速し、厳しい現状に曝されていた中、経済産業省が策定した『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・安全問題への意識の高まりに対応するための付加価値化、更に、低炭素社会実現への貢献が明記されていた。そのような社会的背景の中、申請者らは、汎用合成繊維、及び生分解性合成繊維の高付加価値化を目的とした繊維収縮による立体模様導入化技術について研究を進めていた。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った。申請者らは既に、ナイロン繊維、ポリエステル繊維、アクリル繊維、ポリ乳酸繊維を取り上げ、各々の良溶媒と貧溶媒との混合溶液を用いて、布帛を収縮させる『混合溶媒法』を提案し、繊維の収縮は配向した非晶鎖の溶媒和による分子鎖配列の乱れによって引き起こされ、収縮率は処理条件で制御可能であるとの知見を得ていた。

2. 研究の目的

汎用合成繊維、及び環境低負荷素材として注目されている生分解性合成繊維の良/貧溶媒混合溶液を用いて繊維を収縮させる『混合溶媒法』を実用性の高いものとするために、収縮に伴う布帛の物性変化の検討を行い、布帛に特殊な立体模様を恒常的に付与する加工法を確立することを目的とした。特にポリ乳酸繊維の収縮による生分解性及び染色性への影響について考察し、新たな用途展開の可能性を検討した。更に、極細繊維布帛に対する『混合溶媒法』の適用と立体模様導入の可能性を検討するため、ナイロン繊維の収縮加工における繊維径と貧溶媒種の影響について知見を得ることを目的とした。

2. 研究の方法

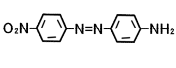
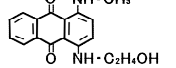
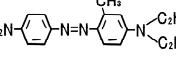
(1) ポリ乳酸繊維布の収縮による生分解への影響について

ユニチカ(株)製「テラマック」系により製織されたトロピカル布帛を試料とし、良溶媒ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、クロロホルムと貧溶媒エタノールを用いた各良/貧溶媒混合溶液により収縮加工を施した収縮率 10%、15%、20%の収縮加工布試料と未加工布試料を真空乾燥後、重量測定を行い、家庭用バイオ式生ゴミ処理機で処理し、1週間経過毎に取出して洗浄、真空乾燥後、重量測定及び強伸度測定を行い生分解性を評価した。

(2) ポリ乳酸繊維布の収縮による染色性への影響について

上記(1)と同様の布帛を試料とし、良溶媒ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタンと貧溶媒エタノールの各良/貧溶媒混合溶液により収縮率を 0%~30%に段階的に変化させた収縮加工布試料を表1に示した分子構造の異なる3種の分散染料で染色後、ソックスレー抽出法により抽出した脱着液の吸光度測定を行い、染着量を算出して収縮率と染着量の相関関係を考察した。

表1. 染料の分子構造と分子量

染料 (Orange)	染料 (Blue)	染料 (Red)
		
Mw: 242	Mw: 296	Mw: 344

(3) ポリ乳酸繊維布による収縮加工テキスタイルの制作

板締め染色技法を応用し、一枚の布帛に収縮部と未収縮部を混在させ恒常的な凹凸を付与し、(2)の実験結果を応用して染料と染料を用いた混色一浴染色による色相の変化を付与したテキスタイル制作を行った。

(4) ナイロンの収縮加工における繊維径及び貧溶媒種の影響

表2に試料の諸元を示した。繊維径の異なるナイロン6の糸を試料とし、良溶媒ギ酸と貧溶媒水、エタノール、1-プロパノールによる各良/貧溶媒混合溶液を用いて収縮実験を行い、繊維径及び貧溶媒種の影響を検討した。

表2. 試料の諸元

6-Nylon		
Sample Name	Yarn Fineness and Twist	Fiber Fineness
Organdy	34dtex f1 t0	34dtex
Regular	77dtex f17 t0	4.5dtex
TORAY 8	8dtex f5 t190	1.6dtex

3. 研究成果

(1) ポリ乳酸繊維布における収縮加工の生分解性への影響について

図1にクロロホルム/エタノールで処理した収縮加工布試料の相対強度及び重量の処理時間変化を示した。生ゴミ処理機で処理した試料の強度 F 及び重量 W を処理していない試料の強度 F_0 及び重量 W_0 で各々規格化し相対的な変化を示している。未加工布、収縮率 15%、収縮率 20% 全てにおいて、処理 7 日の試料で強度低下及び重量減少が観測され、処理時間の経過に伴い低下の割合が増大し、強度低下や重量減少は処理時間と収縮率に依存していることが明らかとなった。更に、他の良溶媒種においても同様の傾向が見られた。

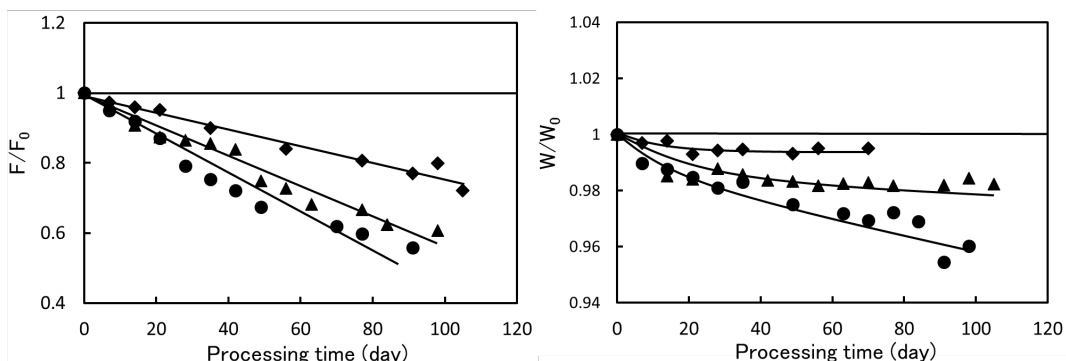


図1. クロロホルム/エタノールで処理した収縮加工布試料の相対強度 (F/F_0) 及び重量 (W/W_0) の処理時間変化 (未収縮布, 収縮率 15%, 収縮率 20%)

図2に各良溶媒種の 20%収縮加工布試料の相対強度と重量の処理時間変化を示した。生ゴミ処理機で処理した試料の強度 F 及び重量 W を処理していない試料の強度 F_0 及び重量 W_0 で各々規格化し相対的な変化を示している。強度、重量共に低下の割合はジクロロメタン/エタノールが最も大きく、次いで 1,2-ジクロロメタン/エタノール、クロロホルム/エタノールとなり、同じ収縮率でも良溶媒種により初期生分解性が異なる結果となった。

各混合溶液の分子容を概算した結果、ジクロロメタン/エタノールは他の良/貧溶媒混合溶液に比べ、混合溶液の分子容が約 10% 小さい値となった。従って、ジクロロメタン/エタノールはより配向性の高い非晶領域にまで浸透することができ分子鎖配列を乱した結果、初期生分解性がより促進されると考えられる。

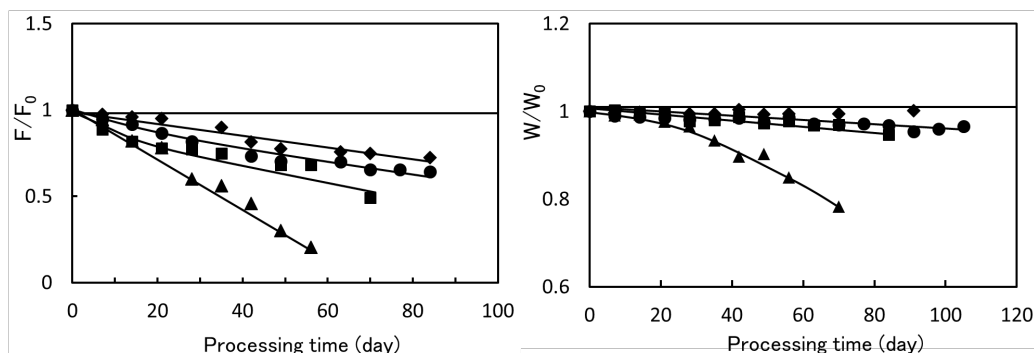


図2. 20%収縮加工布試料の相対強度 (F/F_0) 及び重量 (W/W_0) の処理時間変化 (未収縮布, クロロホルム/エタノール, 1,2-ジクロロメタン/エタノール, ジクロロメタン/エタノール)

(2) ポリ乳酸繊維布の収縮による染色性への影響について

図3にジクロロメタン/エタノール, 1,2-ジクロロエタン/エタノールで収縮した試料の染着量の収縮率依存性を示した。収縮率 0% では、染料の染着量が最も大きく、染料の染着量が最も小さくなっている。いずれの良溶媒種による収縮加工布試料においても、収縮率の増大に伴い、染着量が増加する結果となった。しかし、1,2-ジクロロメタン/エタノールにおいては、染着量が収縮率 15% 以上で急激に増加し特徴的な変化を示した。このような良溶媒種による染色性の相違は、良溶媒種により分子鎖配列の乱れる領域に相違が生じていることに起因すると考えられる。良/貧溶媒混合溶液の分子容を概算すると 1,2-ジクロロメタン/エタノールに比べ、ジクロロメタン/エタノールの分子容が約 10% 小さく、その結果、同じ収縮率でもより配向性の高い非晶領域の分子鎖配列を乱しているものと示唆される。更に、染料の分子構造により染着に適した分子間空隙が異なり、分子

構造の大きな染料では、収縮率が小さい場合には、染着可能な分子間空隙が少ないため染着量が小さく、収縮率 15%以上ではより分子鎖が乱れ、染着可能な空隙が増大し、染着量が急激に増加したと考察した。以上のことから、収縮による分子鎖配列の変化が繊維と分散染料との親和力に影響を与えていると考えられる。

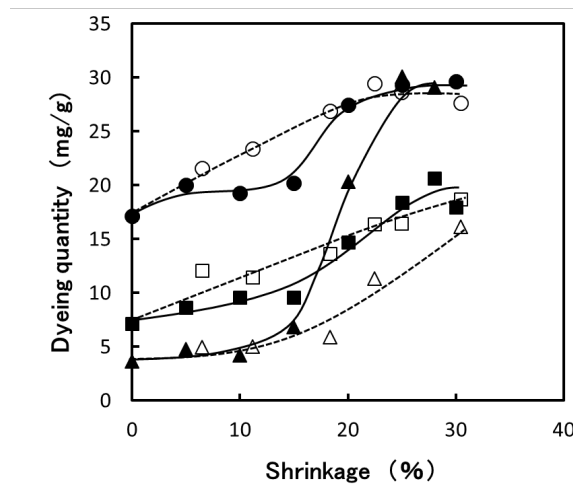


図3．染着量の収縮率依存性 (--- ジクロロメタン/エタノール, — 1,2-ジクロロメタン/エタノール, ○ 染料, ● 染料, ■ 染料, △ 染料)

(3) ポリ乳酸繊維布による収縮加工テキスタイルの制作

図4にポリ乳酸繊維布を用いて制作した収縮加工テキスタイルを示した。板締め染色技法を応用し、一枚の布帛に収縮部と未収縮部を混在させ恒常的な凹凸を付与し、(2)の実験結果を応用して染料と染料を用いた混色一浴染色による色相の変化を付与したテキスタイル制作を行った。収縮率の増大に伴い、染料と染料の染着量が変化するため、一浴染色にもかかわらず、色の濃淡だけでなく色相の変化もみられる。ポリ乳酸繊維の衣料用への進展の一例として提案する。



図4．ポリ乳酸繊維の収縮加工テキスタイル (染料, 染料による混色一浴法染色)

(4) ナイロンの収縮加工における繊維度及び溶媒種の影響

図5に繊維度の異なるナイロン系のギ酸水溶液による収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。いずれの試料においても良溶媒モル分率が高くなるに従い収縮率が増大し、42モル以上では繊維が溶解した。同じモル分率においては、最も細い試料の収縮率が大きく、最も太い試料が小さくなっている。従って、繊維度が細い繊維の方が収縮率が大きくなり、非晶領域の配向性が密接に関係していることが示唆され、極細繊維への応用が可能であると考えられる。

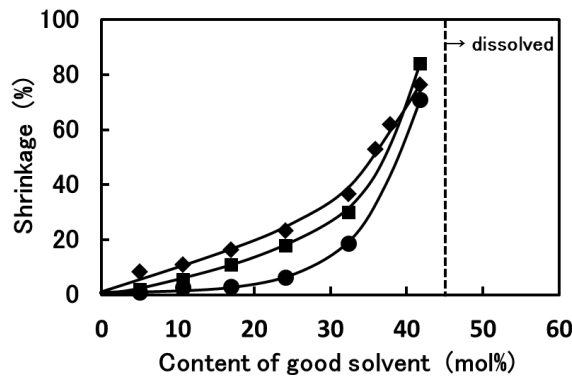


図5 .ギ酸水溶液による収縮率の良溶媒モル分率依存性(Organdy Yarn , Regular Yarn , TORAY8 Yarn)

図6 にナイロンオーガンジー系の収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。ギ酸水溶液に比べ、ギ酸/エタノールの方がより高いモル分率で収縮現象を示している結果が得られた。各溶媒の分子容から、表面積を概算し、良/貧溶媒混合溶液における良溶媒表面積分率で整理した結果を図7 に示した。収縮率が大きい領域では、繊維の溶解の可能性も含み、不安定要素含んでいるものの収縮率 20%程度までの領域ではギ酸水溶液とギ酸/エタノールの収縮率の良溶媒表面積分率依存性は重なることが結果となった。良/貧溶媒混合溶液において、良溶媒の効果は同程度であり、エタノールの貧溶媒の分子容が大きいことが収縮を阻害する要因であることが明らかとなり、溶媒の組合せを工夫することで収縮効果を制御することができると考えられる。

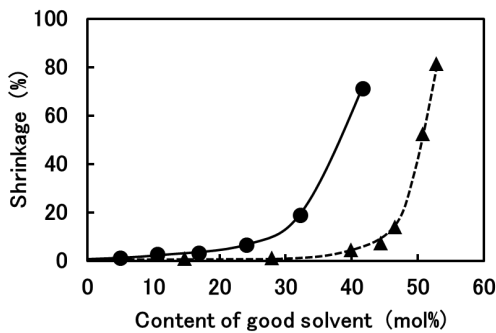


図6 . 収縮率の良溶媒モル分率依存性
(ナイロンオーガンジー , ギ酸水溶液 , ギ酸/エタノール)

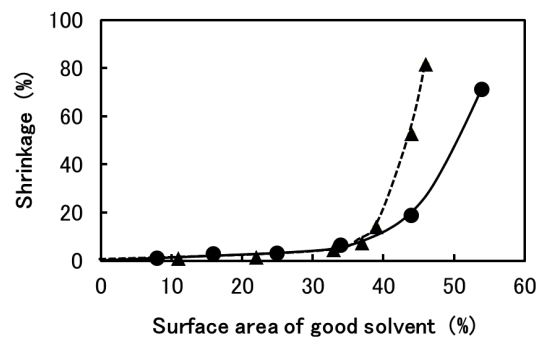


図7 . 収縮率の良溶媒表面積分率依存性
(ナイロンオーガンジー , ギ酸水溶液 , ギ酸/エタノール)

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 7 件)

- (1) Tomomi Hanada, Ayusa Kizaki, Kana Natsume, Miku Suzuki, Shiori Ando, Erika Akiyama, Yoko Nodayama, ; 「 Effect of Good Solvents on the Biodegradability of Poly(lactic acid) Fiber Fabrics Shrink-processed by Mixture of Good and Poor Solvents」 60th anniversary commemorative project by the Japanese Reserch Association for Textile End-Uses, Comfort and Smart Textile International Symposium 2019 (2019)
- (2) 花田朋美, 近藤星羅, 鈴木里奈, 小林伸子; 「良 / 貧溶媒混合溶液により収縮加工したポリ乳酸繊維布の染着量の変化」 繊維学会 年次大会 (2019)
- (3) 花田朋美, 小林伸子, 鈴木里奈; 「ポリ乳酸繊維布の収縮過加工による染着量の変化及びテキスタイル制作」 日本家政学会 第71回大会 (2019)
- (4) 花田朋美, 木崎鮎紗, 夏目佳奈, 鈴木美久, 安藤栞, 秋山恵里佳; 「良 / 貧溶媒混合溶液で収縮加工したポリ乳酸繊維布の生分解性に及ぼす良溶媒種の影響」 繊維学会 年次大会

(2018)

- (5)花田朋美，佐久間杏子；「ナイロン糸の収縮加工における繊維径及び貧溶媒種の影響」日本家政学会 第70回大会 (2018)
- (6)花田朋美，鈴木美久；「1.2 ジクロロエタン/エタノール混合溶媒法による収縮加工を施したポリ乳酸繊維布の生分解性の検討」日本繊維製品消費科学会年次大会 (2017)
- (7)花田朋美，鈴木里奈，山川優子；「混合溶媒法により収縮したポリ乳酸繊維布の染着量の変化～ジクロロメタン/エタノール混合溶媒法～」繊維学会 年次大会 (2017)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織 なし

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。