

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：32648

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560029

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への試み

研究課題名(英文) Experiment of 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・助教

研究者番号：30408299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：生分解性ポリ乳酸繊維の良/貧溶媒混合溶液を用いた混合溶媒法による繊維収縮において、布帛の織構造が収縮率に影響を与える因子の一つであることを実験的に明らかにした。更に、収縮した布帛は生分解の初期速度が速くなる知見を得ることができた。新規加工法として、混合溶媒法と染色技術を併用した方法を用いることにより、布帛への立体模様導入と生分解性の向上の新たな付加価値を付与することが可能となり、ポリ乳酸繊維布の衣料品分野への用途展開を拡大する技術の一例として提案する。

研究成果の概要(英文)：It has been clarified that the shrinkage of fabrics were affected by their texture and yarn structure with shrinkage of biodegradable poly(lactic acid)(PLA) fiber fabrics using mixtures of good and poor solvents. Furthermore, has been suggested that the rate of the initial biological decomposition of the shrunken fabrics were higher than unshrunk. It has been able to give added value of an unevenness pattern and improving biodegradability by using new technique of textile production that used the good-poor solvents mixtures method together with traditional dyeing technique. Therefore, has been proposed that as a new usefulness of clothing for PLA fabrics.

研究分野：被服材料

キーワード：収縮加工 溶媒混合法 立体模様 繊維径(配向性) 織構造 ポリ乳酸繊維 生分解性 自然循環型 衣料品

1. 研究開始当初の背景

(1)社会的背景

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。そのような中、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、革新的なものづくり技術の創出が切望されていた。更に、経済産業省より策定された『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。そこで申請者らは、汎用合成繊維、及び生分解性合成繊維を用い、テキスタイルに特殊な立体模様を施す、新たな付加価値を付与する技法の基礎となる繊維収縮について研究を進めていた。

(2)研究的背景

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

本研究は、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に立体模様を導入するための方法を新たに開発することを目的としている。既にいくつかの知見が得られている試料に加え、他の試料や他溶媒を用いての収縮実験を行い、布帛の収縮性に影響を与える因子を抽出し、収縮のメカニズムについて詳細に検討する。また、収縮に伴う布帛の物性変化、特にポリ乳酸繊維においては、収縮による生分解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する。更に、立体模様導入法として、日本の伝統的染色加工技術の応用を試みるものであり、日本独自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を目指している。

3. 研究の方法

繊維の収縮性を評価する基本的な方法として、良/貧溶媒混合溶液の濃度、温度、処理時間を変化させ、収縮率の濃度依存性、温度依存性、処理時間依存性を検証し、収縮性を制御する条件を検討した。布帛の収縮性に影響を与える因子として、織構造に注目し、

布帛と糸での収縮性の相違について考察し、収縮のメカニズムについて詳細な検証を行った。また、物性評価として、未処理布、収縮処理布の引張り強伸度測定を行い、収縮に伴う力学的性質の変化を検討した。更に、ポリ乳酸繊維においては、収縮処理による生分解性への影響について、家庭用生ゴミ処理機を用いて検討した。以上のような材料学的実験とテキスタイル制作への適用性の検討は、同時並行的に進行させた。

4. 研究成果

(1)布帛の収縮性に影響を与える因子の抽出

表1に示したポリ乳酸繊維の糸と3種の布帛を試料として、良溶媒であるジクロロメタンと貧溶媒エタノールとの混合溶液を用いて収縮実験を行った。3種の布帛は、繊維径と織密度が異なり、繊維径は AF-mono < BF-multi < CF-multi の順に細くなり、織密度は BF-multi が最も高い試料である。また、AF-mono は糸試料と同糸で製織されている。(試料には、全てユニチカファイバー(株)製「テラマック」原糸を使用されている。)

表1. 試料の諸元

Sample	TERRAMAC			
	Yarn	Fabric	Fabric	Fabric
Sample Name	AY	AF-mono	BF-multi	CF-multi
Product Name	TERRAMAC <sup>(1)</sup>	Serica <sup>(2)</sup>	Tropical <sup>(3)</sup>	Pearl <sup>(4)</sup>
Weave	—	Plain	Plain	Plain
Density (cm <sup>2</sup> )	—	40	82	36
Yarn	—	40	65	30
Fineness and Twist	—	26 dtex ft 40	26 dtex ft 40	84 dtex ft 36 40
Fiber Diameter (μm)	—	50	50	15
	—	50	15	10

① UNITIKA LTD. ② KAMAMURA IND. CO. LTD. ③ UEMATSU CO. LTD. ④ UNOCO, LTD.

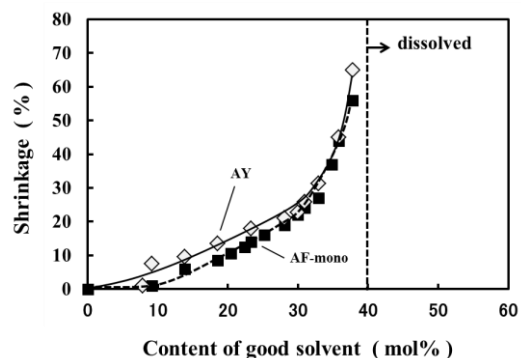


図1. 糸(AY)と布帛(AF-mono)の収縮率の良溶媒モル分率依存性

図1に糸(AF)と同糸で製織された布帛(AF-mono)の収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。糸、布帛共に、モル分率が高くなるに従い収縮率が大きくなっている。38モル%で最大収縮率を示し、糸では収縮率65%、布帛では収縮率56%の値を示している。更にモル分率が高い領域では、繊維が溶解した。同じモル分率においては、糸に比べ布帛の収

縮率が小さくなり、布帛の収縮は織構造の影響を受けていることが示唆された。更に、原糸を用いて布帛を製織し、織密度 20/cm, 40/cm, 80/cm の平織布について同様の収縮実験を行った結果、織密度の増大に伴い、収縮率が減少することが明らかとなった。以上のことから、経糸と緯糸で構成されている空隙の存在と相互の糸の拘束状態が収縮に影響を与える因子の一つであるとの知見を得ることができた。

図 2 に 3 種類の布帛の収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。3 種の布帛共にモル分率が高くなるに従い収縮率が增大している。20~30 モル%においては、同じモル分率では繊維径が最も太い AF-mono が他の 2 種の布帛に比べ収縮率が大きくなった。この結果は、収縮現象が非晶相への溶媒の浸透・溶媒和によって分子鎖の配向の乱れを伴い引き起こされていることを示し、我々が既に考察している収縮のメカニズムを更に裏付ける知見となった。

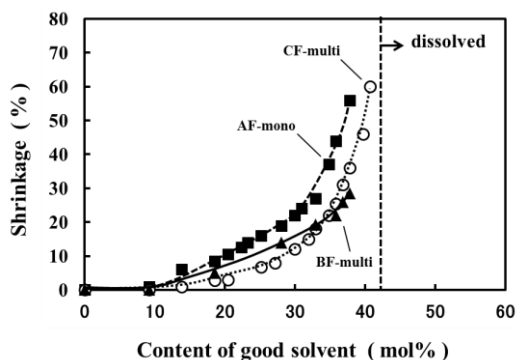


図 2. 3 種の布帛の収縮率の良溶媒モル分率依存性 (AF-mono, BF-multi, CF-multi)

## (2) 収縮加工の生分解性への影響

試料には、上記(1)で BF-multi に相当する布帛を使用した。ジクロロメタン/エタノール混合溶液を使用し、良溶媒モル分率 33% の濃度に調整した処理液を用いて収縮加工を施した収縮率約 20% の布帛を実験用試料とした。生分解性の評価は、家庭用生ゴミ処理機「ニューサム TBK-210」を用いて行った。収縮加工布試料と未加工布試料を処理機内に投入し、1 週間経過毎に取り出して強度変化、重量変化を観測した。更に、取出した試料の分子量変化を測定した。

図 3 に生ゴミ処理機内に投入した試料の強度の経過時間変化を示した。生ゴミ処理機内に投入した収縮加工布試料 (■印)、未加工布試料 (●印) の強度  $F$  を各々投入していない試料の強度  $F_0$  で規格化した。収縮加工布試料、未加工布試料共に、投入 7 日後に取り出した試料において、強度の低下を観測することができた。両試料共に投入日数が経過するに伴い強度低下の割合が大きくなり、投入 49 日後の試料においては、未投入試料に比べ、

未加工布試料で約 23%、収縮加工布試料では約 70% の強度低下を示す結果が得られた。以上のように、収縮加工布試料の強度低下は著しく、生分解の第一段階である加水分解がより速く進行していると考えられる。

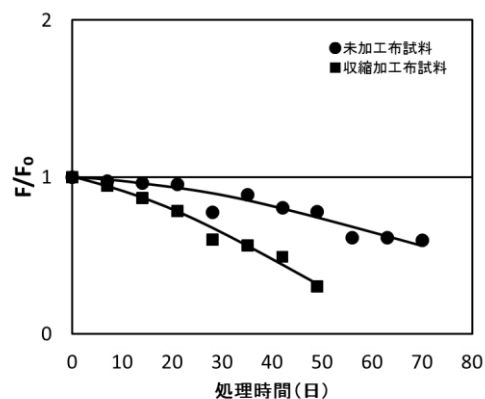


図 3. 生ゴミ処理機内に投入した試料の強度の経過時間変化 (■印収縮加工布試料, ●印未加工布試料)

図 4 に生ゴミ処理機内に投入した試料の重量の経過時間変化を示した。生ゴミ処理機内に投入した収縮加工布試料 (■印)、未加工布試料 (●印) の重量  $W$  を各々投入していない試料の重量  $W_0$  で規格化した。未加工布試料においては、投入期間 70 日が経過しても重量に変化が見られなかった。一方、収縮加工布試料においては、40 日以後の試料において重量減少が観測され、日数の経過に伴い、生分解の第二段階が進行していると考えられる。

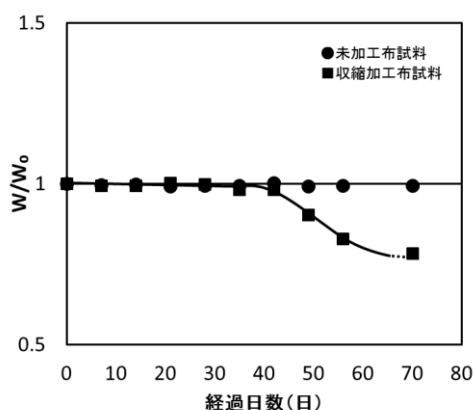


図 4. 生ゴミ処理機内に投入した試料の重量の経過時間変化 (■印収縮加工布試料, ●印未加工布試料)

図 5 に生ゴミ処理機内に投入した試料の数平均分子量の経過時間変化を示した。生ゴミ処理機内に投入した収縮加工布試料 (■

印), 未加工布試料 (●印) の数平均分子量の値  $M_n$  を各々投入していない試料の数平均分子量の値  $M_{n0}$  で規格化した. 収縮加工布試料, 未加工布試料共に, 処理時間の経過に伴い分子量が小さくなり, 生ゴミ処理機内で生分解の第一段階である加水分解が進行していることが明らかである. 更に, 分子量低下の割合は未加工布試料の方が大きい結果となり, この結果は図3に示した強度変化の結果とよく対応している.

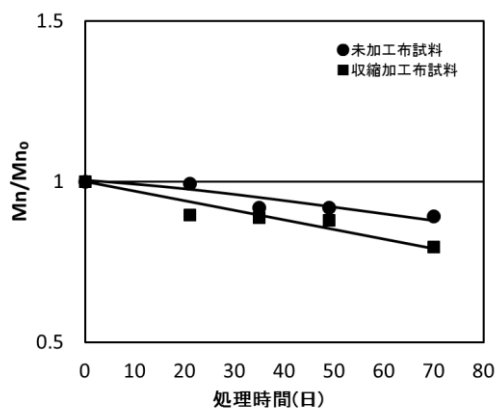


図5. 生ゴミ処理機内に投入した試料の数平均分子量の経過時間変化 (■印収縮加工布試料, ●印未加工布試料)

以上のような, 強度変化, 重量変化, 数平均分子量の変化の結果から, 収縮加工を施すことにより, 生分解の初期速度が速くなることが明らかとなった.

### (3) 立体模様導入の試み

ポリ乳酸繊維布での収縮実験の結果に基づき, 農作業着の制作を行った. 写真1に制作した農作業着を示した.



写真1. 制作した農作業着

良溶媒モル分率 33%の処理液を用いて, 毛细管現象の浸透状態の変化を応用し, 収縮部分から未収縮部分への収縮率のグラデーションによる凹凸と染色による色の濃淡を付与したデザインとなっている. K/S 値は, 収縮部分 21.3, 未収縮部分 8.5 の値が得られ, 収縮部分は未収縮部分の 2.5 倍濃色化する結果となった.

以上のように, 新規加工法として, 混合溶媒法と染色技術を併用した方法を用いることにより, 布帛への立体模様導入と生分解性の向上という新たな付加価値を付与することが可能となり, ポリ乳酸繊維布の衣料品分野への用途展開を拡大する技術の一例として提案する.

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 3 件)

- ① 花田朋美, 木崎鮎紗『家庭用生ゴミ処理機を用いたポリ乳酸繊維布の生分解性の検討』(一社)繊維学会 2015年10月22~23日 京都工芸繊維大学(京都府)
- ② 花田朋美, 木崎鮎紗『良/貧溶媒混合法による収縮加工を応用したポリ乳酸繊維衣料品の制作』(一社)日本繊維製品消費科学会 2015年6月27~28日 信州大学繊維学部(長野県)
- ③ 花田朋美, 小山万葉, 梶野彩『Influence of fiber fineness on the shrinkage of Poly(lactic acid) (PLA) fiber yarn and fabrics.』(一社)繊維学会 (International Symposium on Fiber Science and Technology 2014) 2014年9月28日~10月1日 東京ファッションタウンビル(東京都)

## 6. 研究組織

### (1) 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・助教  
研究者番号: 30408299

### (2) 研究分担者

安藤 穰 (ANDO, Yutaka)  
東京家政学院大学・現代生活学部・教授  
研究者番号: 50107158