

硫酸水溶液によるナイロン繊維布の収縮性の検討 及び捺染技法によるテキスタイル制作の試み

花田 朋美¹ 吉岡 希望²

硫酸水溶液を用いて混合溶媒法によるナイロン繊維布の収縮性について検討した。ナイロン繊維の良溶媒である硫酸と貧溶媒である水の比率を変化させた時の収縮率を測定した結果、硫酸のモル分率が4.5%以下では収縮が殆ど起こらないことがわかった。6%から7.12%の間では、モル分率と収縮率はほぼ比例し、モル分率7.12%の時に収縮率は53%に達した。平衡収縮速度を算出した結果、硫酸のモル分率が高くなるほど平衡収縮に達する時間は短くなり、これはナイロン繊維の分子鎖配列の乱れが原因であると推察された。処理温度との関係では、温度が高くなるほど平衡収縮率が大きくなり、温度依存性を示した。本原理を応用し、硫酸水溶液を用いた収縮捺染糊を利用して、捺染技法により収縮加工テキスタイルを試作したところ、テクスチャーに特徴ある凹凸と色の濃淡を有するテキスタイルを制作することができ、本研究の有用性が示された。

キーワード：ナイロン繊維 混合溶媒法 繊維収縮 捺染技法 収縮加工テキスタイル

1. 緒論

特徴ある機能やデザイン効果を付与した付加価値の高い被服材料が求められている現今、既存の繊維材料の新たな加工法を見出すことは重要な課題の一つである。そこで我々は、汎用合成繊維の新規加工法の一つとして、各繊維の良溶媒と貧溶媒の混合溶液を用いて布帛を収縮させ、特殊な立体模様を導入する『混合溶媒法』を提案し、研究を進めている^{1)~5)}。ナイロン繊維については、既に良溶媒として有機溶媒のギ酸と貧溶媒として水を用いたギ酸水溶液での収縮性を検討し、テキスタイル制作を試みた結果について報告している²⁾。

本報では、同様のナイロン布帛を使用し、良溶媒として無機溶媒である硫酸、貧溶媒に水を用いた硫酸水溶液での収縮性について検討した結果、及びその結果を応用して、捺染技法を用いてテキスタイル制作を試みた方法について報告する。

2. 実験

2-1 試料

表1に本研究で用いたナイロン布の諸元を示した。試料の布帛は、ナイロン6からなるモノフィラメントを使用したオーガンジーである。

2-2 収縮実験

長さ（経糸方向）130 mm × 幅（緯糸方向）5 mmの短冊形に整え、長さ方向100 mm間に糸印を施した収縮実験用試料を、所定の体積分率に調整した硫酸水溶液に浸漬し一定時間経過後に取り

表1 ナイロンオーガンジー布の諸元

組 織		Plain
織密度 (cm ⁻¹)	経	40
	緯	40
織度・撚り	経	34 dtex f1 Z 200
	緯	34 dtex f1 Z 200

1 東京家政学院大学現代生活学部生活デザイン学科

2 東京家政学院大学家政学部家政学科卒業生

出して、糸印間の長さ変化を測定した。更に、処理温度を 20 °C ~ 55 °C と変化させ同様の実験を行った。また、硫酸と水の 25 °C での密度から、混合溶液の総モル数に対する硫酸のモル数の割合を混合溶液における良溶媒モル分率（以下、モル分率という）として求めた。収縮率は (1) 式に基づき算出した。

$$\sigma = (L_0 - L) / L_0 \times 100 \quad (1)$$

σ ; 収縮率 (%) L_0 ; 処理前の試料長 (mm)
 L ; 処理後の試料長 (mm)

3. 結果及び考察

3-1 硫酸水溶液による収縮実験

図 1 にナイロン布の硫酸水溶液による平衡収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。試料は硫酸のモル分率が低い領域では収縮せず、モル分率 6% 以上で急激に収縮が大きくなり、モル分率 7.12% の時に最大収縮率 53% の値を示した。更にモル分率が高い領域では、試料が溶解した。

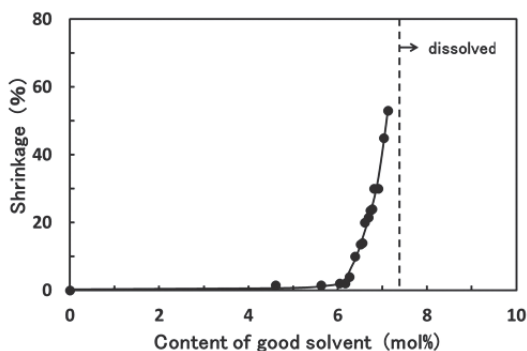


図 1 収縮率の良溶媒モル分率依存性 (25 °C, 90 分)

図 2 に処理温度 25 °C のモル分率 6.04% ~ 7.12% におけるナイロン布の収縮率の処理時間依存性を示した。モル分率が高くなるに従い平衡収縮率は大きくなり、平衡に達する時間はより短時間側へと移行している。収縮率が平衡収縮率の 1/2 となる時間を半収縮時間 $t_{1/2}$ とすると、この逆数は収縮速度の目安、見掛けの収縮速度とみなすことが

できる。

図 3 に見掛け収縮速度の良溶媒モル分率依存性を示した。モル分率 6.9% 以上の試料では見掛け収縮速度は急激に大きくなることが明らかとなった。

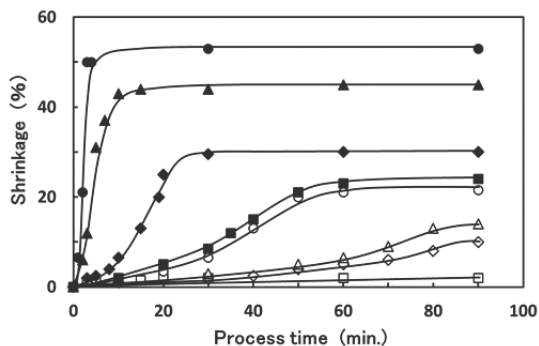


図 2 収縮率の処理時間依存性 (25 °C, □ 6.04%, ◇ 6.38%, △ 6.55%, ○ 6.68%, ■ 6.77%, ◆ 6.90%, ▲ 7.03%, ● 7.12%)

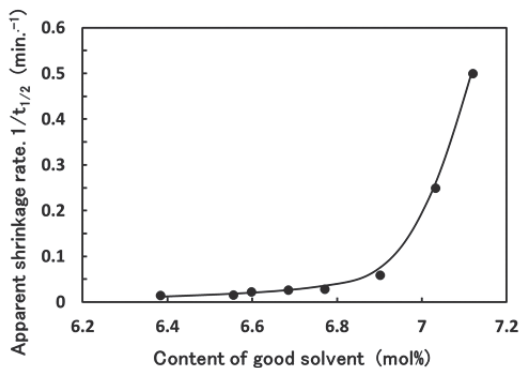


図 3 見掛け収縮速度の良溶媒モル分率依存性 (25 °C)

図 4 にモル分率 6.68% で処理したナイロン布の収縮率の処理時間変化を示した。27 °C (■印)、31 °C (◆印)、35 °C (▲印)、50 °C (●印) で測定した結果を示している。平衡収縮率は、27 °C で 21%、31 °C で 30.5%、35 °C で 38%、50 °C で 62% の値を示し、処理温度が高くなるに従い大きくなっている。また、平衡収縮までに要する時間は、処理温度が高くなると共に短時間側へ移行している。

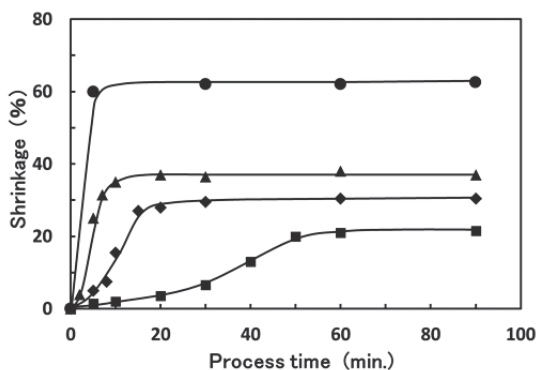


図4 硫酸モル分率 6.68%における収縮率の処理時間依存性の温度効果
(■ 27°C, ◆ 31°C, ▲ 35°C, ● 50°C)

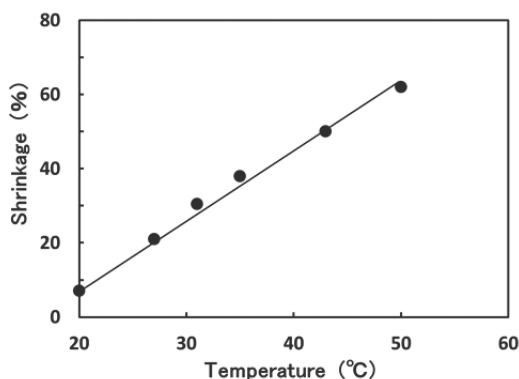


図5 硫酸モル分率 6.68%における平衡収縮率の温度依存性 (90分)

図5に硫酸モル分率 6.68%における平衡収縮率の温度依存性を示した。モル分率 6.68%で処理した試料の平衡収縮率は、20°Cで7%を示し、処理温度が高くなるに従い直線的に増大している。その勾配は1.83となり、平衡収縮率は温度依存性を示す結果が得られた。

3-2 硫酸水溶液とギ酸水溶液の収縮性の相違

前述の良溶媒として硫酸を用いた結果と良溶媒に有機溶媒であるギ酸を用いた結果²⁾について比較検討した。

図6にギ酸水溶液と図1に示した硫酸水溶液の収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。ギ酸水

溶液では、モル分率約20%で収縮が観測され、約45%までの広範囲にわたり緩やかに増大し、更にモル分率の高い領域では繊維が溶解した。それに対し、硫酸水溶液ではモル分率約4.5%以上で収縮が観測され、6%以上で急激に増大し7.3%以上では繊維が溶解する結果となった。良溶媒モル分率に対する収縮率の変化は、ギ酸水溶液に比して硫酸水溶液の方が狭い領域で生じることが明らかとなった。

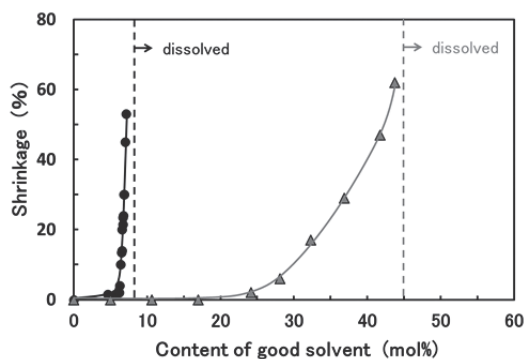


図6 収縮率の良溶媒モル分率依存性
(●硫酸水溶液, ▲ギ酸水溶液, 25°C, 90分)

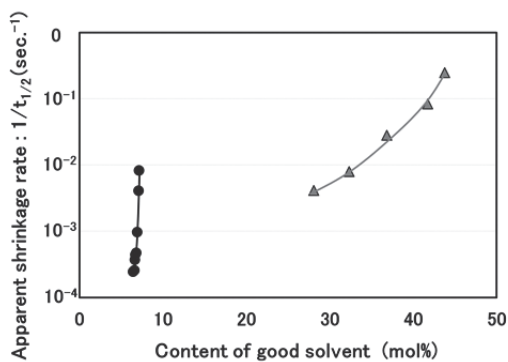


図7 見掛け収縮速度の良溶媒モル分率依存性
(●硫酸水溶液, ▲ギ酸水溶液, 25°C)

図7に見掛け収縮速度の良溶媒モル分率依存性を示した。図3に示した硫酸水溶液と併せ、ギ酸水溶液の結果を示している。硫酸水溶液における収縮速度は、ギ酸水溶液に比して小さな数値となり、平衡収縮に要する時間が長いことを示してい

る。また、良溶媒モル分率の変化に伴う収縮速度の変化は、硫酸水溶液の方が急激な変化を示す結果となった。

以上のような、収縮率及び収縮速度の良溶媒モル分率依存性の結果から、硫酸水溶液では、ギ酸水溶液に比して、良溶媒モル分率が低い領域で収縮が生じ、同じ収縮率を得るためには、良溶媒の使用量を抑えることができる利点を確認できた。しかし、収縮率が良溶媒モル分率の狭い領域で急激に変化するため、濃度の誤差が収縮率に与える影響が大きく、収縮を制御することが難しいと考えられる。

4. テキスタイル制作

以上の硫酸水溶液による実験結果を基に、ナイロンオーガンジー布を用いて、捺染技法を応用したテキスタイル制作を行った。捺染技法とは、版もしくは型と捺染糊を用いて布帛に模様を直接摺り込む技法である。糊を置いた箇所を収縮させるために硫酸水溶液を含む収縮捺染糊の調整と耐硫酸性のある型の準備が必要であった。

4-1 硫酸水溶液を用いた収縮捺染糊の調整

水溶液を糊化させる物質として、一般的なテキスタイル捺染に使用する「ブリティッシュガム」、高吸水性高分子の「サンウェット」、食品添加物として使用される「メチルセルロース」、更に身近な食材である「ゼラチン」「寒天」「片栗粉」を取り上げ、硫酸モル分率 6.68% の硫酸水溶液と混合し、加熱、冷却、混合量等の検討を行い、最も適した収縮捺染糊を作製した。

今回使用した収縮捺染糊は、硫酸モル分率 6.68% の硫酸水溶液 50 ml に片栗粉を 15 g の割合で混合して加熱し、加熱の途中で得られた粘度を持つ物質である。粘性があるこの物質は、でんぷんの加水分解により、でんぷんがデキストリン、マルトースを経てグルコースまで分解される過程のデキストリンの状態であると考えられる。

4-2 テキスタイルの制作

図 8 にテキスタイル制作に使用した大型簡易デシケータの模式図を示した。

また、耐硫酸性の捺染用の型として、0.8 mm 厚のポリ塩化ビニルシートを求めるデザインに切抜きをして使用した。

型を使用してナイロンオーガンジー布に作製した収縮捺染糊を塗布し、糊の急激な乾燥による硫酸濃度の変化を防ぐため、硫酸モル分率 6.68% 雰囲気調整した大型簡易デシケータ内で 90 分収縮加工処理を施した。収縮加工後、水洗い、自然乾燥の後、分散染料 Kayalon Polyester Yellow Brown YLW と Orange R-SF200 を用いて、浴比 1:200、染料 0.05wt%、分散剤 15 %owf、染色温度 100℃、染色時間 45 分の条件で染色した。染色後、モノゲンと炭酸ナトリウムを用いてソーピングを行った。

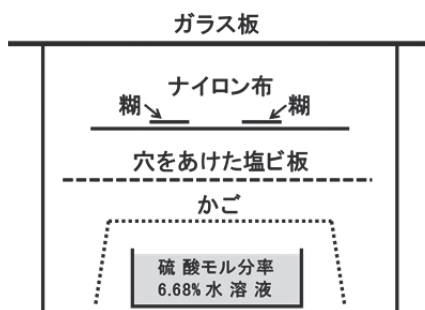


図 8 テキスタイル制作用大型簡易デシケータ

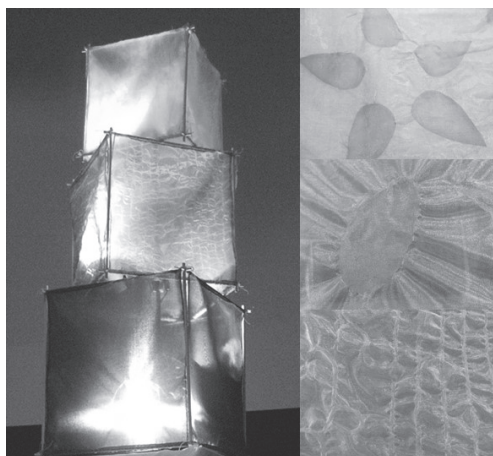


写真 1 収縮加工テキスタイルと活用作品

写真1に制作したテキスタイルと収縮テキスタイルをランプシェードとして活用した作品の一例を示した。糊が塗布された部分ではナイロン繊維が収縮し、糊が塗布されていない部分では収縮が起こらないため、凹凸が発生している。更に、収縮部は濃色に未収縮部は淡色に染色されるため色の濃淡も付与された。凹凸と色の濃淡による表面テクスチャーの複雑さによる陰影を活かした一例として、ランプシェード用のテキスタイルとして使用した。

5. 結論

本報では、ナイロンオーガンジー布を試料として、ナイロン繊維の良溶媒である硫酸と貧溶媒である水との混合溶液、即ち硫酸水溶液を使用して混合溶媒法によるナイロン繊維布の収縮性について検討した。硫酸水溶液では、硫酸のモル分率が4.5%以上で収縮が起こり、6%以上で急激に増大して、7.12%で最大収縮率53%に達する結果となり、硫酸濃度が狭い領域で収縮率が大きく変化することが明らかとなった。更に、硫酸のモル分率が高くなるに従い平衡収縮に達する時間は速くなり、硫酸の浸透に伴い、ナイロン繊維を構成している分子鎖配列が乱れた結果、収縮が生じる良溶媒効果を確認することができた。また、処理温度が高くなるに従い平衡収縮率は大きくなり、温度依存性を示した。温度効果については、ナイロン6のガラス転移温度の影響について検討する必要がある、今後の課題として残されている。

また、先に報告しているギ酸水溶液での収縮性²⁾と比較した結果、硫酸水溶液においては、良溶媒モル分率の変化が狭い領域で急激な収縮率変化を生じることから、濃度の誤差が収縮率に与える影響が大きく、ギ酸水溶液に比して、収縮を制御することが難しいと考えられる。しかしながら、良溶媒モル分率が低い領域で収縮が生じるため、溶

媒の使用量を抑えることができる利点を確認することができた。このように、有機溶媒、無機溶媒の良溶媒種の相違により繊維の収縮性が異なる結果が得られたことは、溶媒選択の指針を示すものであると考えられる。

混合溶媒法による繊維材料の付加価値化の一例として、硫酸水溶液によるナイロン布帛の収縮性を応用して、捺染技法によるテキスタイル制作を行った。でんぶんの希硫酸溶液による加水分解の変化の過程を捉え、硫酸水溶液を用いて収縮捺染糊を作製できたことが、捺染技法を活用できる要となった。一枚の布帛に収縮部と未収縮部を混在させることによる凹凸と色の濃淡を有する表面テクスチャーとなり、陰影を活かした作品制作を行った。

参考文献

- 1) 花田朋美, 岩崎光恵, 安藤稜, 森川陽: アクリル繊維の収縮加工. 繊維製品消費科学 50: 1009-1015 (2009)
- 2) 花田朋美, 野澤麻里, 岡香織, 安藤稜: ナイロン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 52: 39-44 (2012)
- 3) 花田朋美, 安藤稜, 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. 繊維製品消費科学 53: 826-834 (2012)
- 4) 花田朋美: 良・貧溶媒混合溶液処理による繊維収縮の基礎的研究とテキスタイル制作への応用. 文化学園大学博士論文. (2013)
- 5) 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 57: 45-50 (2017)

(受付 2018.3.28 受理 2018.7.6)