

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

(2012年1月16日受付; 2012年7月2日受理)

花田 朋美*, 安藤 穰*, 團野 哲也**, 森川 陽***

*東京家政学院大学, **高知県立大学, ***文化学園大学

Influences of Fiber Fineness and of Choice of Good Solvents on the Shrinkage of Poly (Lactic Acid) Fabrics

Tomomi HANADA*, Yutaka ANDO*, Tetsuya DANNO**, and Akira MORIKAWA***

**Tokyo Kasei-Gakuin University, Tokyo, Japan*

** *University of Kochi, Kochi, Japan*

****Bunka Gakuen University, Tokyo, Japan*

Abstract

The shrinkage of poly(lactic acid)(PLA) fiber fabrics with the monofilament (PLA-mono) yarn of low fineness or multifilament (PLA-multi) yarn of high fineness has been examined using mixtures of good and poor solvents. The good solvent --- chloroform, dichloromethane or 1, 2-dichloroethane --- was used with a poor solvent, ethanol. The degree of shrinkage for both fabrics increased with increasing the good solvent molar fraction. Higher molar fraction of the good solvent was necessary for the PLA-multi than the PLA-mono to establish the same degree of shrinkage. By using dichloromethane as a good solvent, the time required establishing the shrinkage was shorter, and the reduction of the strength of the shrunken fabrics was smaller than those of other good solvents. From the dependence of the estimated solvation equilibrium constants of the three good solvents on the temperature, the solvation enthalpy for the PLA-multi was estimated about 25% larger than that for the PLA-mono, consistent with the higher molecular orientation in the filament of PLA-multi compared with the PLA-mono, obtained from the polarized FT-IR absorption spectra. Such textile, consisting of the shrunken and the unshrunken portions, was produced that exhibited the unevenness, the irregularity of the transparency, and the color contrast after dyeing.

(Received January 16, 2012 ; Accepted July 2, 2012)

Key words : *Poly(lactic acid)(PLA), shrinkage, good solvents, poor solvents, fineness, textile, unevenness*

(Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Vol.53, pp.826-834, 2012)

要 旨

繊維径の太いモノフィラメント系(PLA-mono)と繊維径の細いマルチフィラメント系(PLA-multi)から成る2種類のポリ乳酸繊維布について、クロロホルム、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン3種の良溶媒と貧溶媒エタノールとの各混合溶液を用いて、布帛の収縮性について検討した。収縮率は良溶媒モル分率が大きくなるに従い大きくなるが、PLA-multiではPLA-monoと同じ収縮率を得るためには、より高い良溶媒モル分率を必要とした。PLA-mono, PLA-multiともに、平衡収縮率に達する時間は、ジクロロメタンが最も短く、かつ得られた布帛の強度の低下が最も小さかった。また、平衡収縮率から算出した溶媒と平衡定数の温度依存性は、PLA-mono, PLA-multiともに、3良溶媒種間ではほぼ一致し、それらより見積もった標準溶媒とエンタルピー変化は、PLA-monoよりPLA-multiの方が約25%大きい値となった。偏光顕微鏡FT-IR測定から、PLA-multiの分子配向性がPLA-monoより高いことが示され、より大きな溶媒とエンタルピーを持つことと矛盾しない結果となった。これらの収縮性を応用して、ポリ乳酸繊維布に収縮部分と未収縮部分を混在させ、凹凸と透け感、及び色調の変化を持つテキスタイルを制作した。

キーワード：ポリ乳酸繊維，溶媒和収縮，良・貧溶媒，繊維径，テキスタイル制作

1. 結 言

既存の繊維材料に新たな付加価値を与える加工法の開発を目的として、繊維の良・貧溶媒混合溶液を用いて繊維を収縮させ、布帛に特殊な立体模様を付与する研究を著者らは進め^{1)~10)}、アクリル布を用いた系では、ジメチルホルムアミド-水の混合溶媒で十分な収縮が起こり、これは非晶相の分子運動と密接に関係していること、良・貧溶媒の適度な混合により、アクリル繊維と収縮液との相互作用を制御し、55%程度までの収縮率を任意に作り出すことが可能であること等を既に報告している¹⁾。

近年、環境低負荷材料として、ポリ乳酸繊維が注目され、次世代プラスチック、あるいは合成繊維として活用領域が広がり、需要や期待が高まっている^{11)~12)}。

そこで本研究では、ポリ乳酸繊維の新たな用途展開を提案することを目的として、良・貧溶媒混合合法によるポリ乳酸繊維布の収縮性について検討する。用いる良溶媒は3種、クロロホルム、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタンであり、貧溶媒はエタノール1種とし、良溶媒の違いによる収縮性の相違について検討する。また、繊維径の太いモノフィラメント系、繊維径の細いマルチフィラメント系から成る2種類のポリ乳酸繊維布を用いて、繊維径の相違が収縮に及ぼす影響についても検討する。更に、これらの結果を基に、板縮めの技法を応用し、一枚の布に収縮部分と未収縮部分を混在させ、凹凸と部分的透け感、及び色調の変化を付与した新たな表面テクスチャを持つ収縮加工テキスタイルを制作する手法について報告する。

2. 実 験

2-1 試 料

Table 1に本研究で用いた2種類のポリ乳酸繊維布の諸元を示した。両試料共にユニチカファイバー株式会社製「テラマック」原糸を使用しており、PLA-mono(商品名：ソイロン、山中産業株式会社)はモノフィラメント系、PLA-multi(商品名：ポンジー、宇野株式会社)はマルチフィラメント系により布帛が構成されている。

収縮実験用試料は、長さ(経糸方向)130mm×幅(緯糸方向)5mmの短冊形に整え、長さ方向100mm間に糸印を施して測定用試料とした。

Table1. Specification of sample materials.

Sample	PLA-mono	PLA-multi
Name	Soylon ¹⁾	Ponzy ²⁾
Weave	Plain	Plain
Density (cm ⁻³)	Warp	40
	Weft	40
Yarn Fineness and Twist	Warp	26 dtex f1 t0
	Weft	26 dtex f1 t0
Fiber Diameter (μm)	50	10
Crystallinity (%)	59	64

1)YAMANAKA IND. CO.,LTD. 2)UNO CO., LTD.

2-2 収縮実験

所定の体積分率に調整したクロロホルム/エタノール、ジクロロメタン/エタノール、1,2-ジクロロエタン/エタノールの各混合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。

用いた各溶媒の 25°Cでの密度から各々の混合溶液における良溶媒モル分率（以下、モル分率という）を求めた。

収縮率は（1）式に基づき算出した。また、処理温度を 25°C, 40°C, 50°Cと変化させ同様の実験を行った。

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

σ ; 収縮率 (%) L_0 ; 処理前の試料長 (mm)

L ; 処理後の試料長 (mm)

2-3 熱分析

島津製作所製示差走査熱分析 DSC-50 を使用して、未収縮試料の融解熱を測定した。

2-4 赤外吸収分析

日本分光製 FT-IR4100 に顕微アタッチメント (Micro20) を使用し、透過法により、偏光顕微 FT-IR 測定を行った。未収縮、及び収縮試料の糸から採取した 1 本の繊維を用い、測定範囲は、幅 $10 \mu\text{m} \cdot 50 \mu\text{m} \times$ 長さ $300 \mu\text{m}$ である。

2-5 引張り強伸度測定

島津製作所製オートグラフ S-100-D を使用し、JIS L-1096 一般織物試験方法（ストリップ法）に準拠し、試料布の引張り強伸度を測定した。

2-6 測 色

ミノルタ製分光測色計 CM-2600d を使用し、光源 D65, 視野角 10° , 台紙は黒（日本色研配色体系）の条件により、制作したテキスタイルの分光反射率を測定した。

3. 結果及び考察

3-1 収縮実験

Fig. 1 に PLA-mono に対して 3 種の良溶媒を用いたときの収縮率の良溶媒モル分率依存性を示した。良溶媒の種類を変えても、挙動に大きな差異は見られない。モル分率が低い領域では試料の収縮はみられず、モル分率 10% 以上で収縮を示した。モル分率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。更にモル分率が高い領域では、試料は溶解した。以上のように、PLA-mono の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。

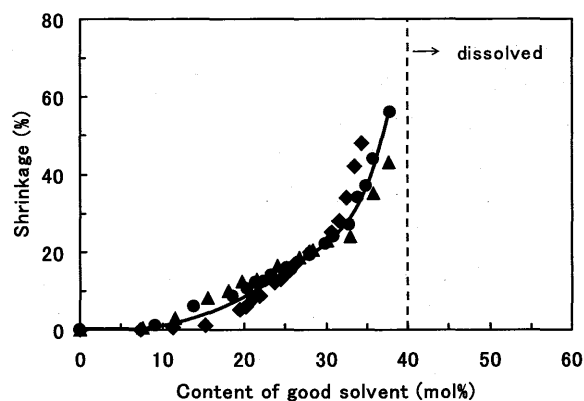


Fig.1 The dependence of the PLA-mono shrinkage on the good solvent molar fraction. (◆ chloroform/ethanol, ● dichloromethane/ethanol, ▲ 1,2-dichloroethane/ethanol, 25°C)

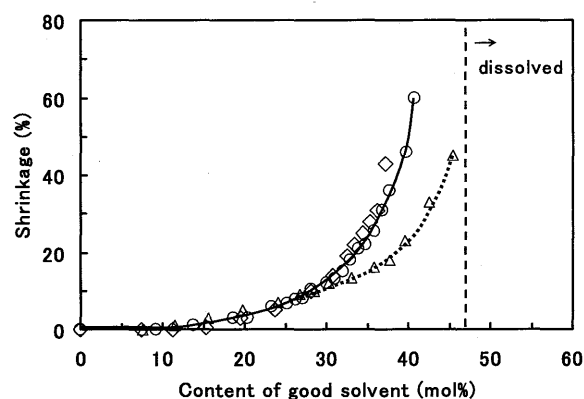


Fig.2 The dependence of the PLA-multi shrinkage on the good solvent molar fraction. (◇ chloroform/ethanol, ○ dichloromethane/ethanol, △ 1,2-dichloroethane/ethanol, 25°C)

Fig. 2 に PLA-multi を用いた場合の結果を示した。PLA-multi においてはモル分率 15% 以上で収縮を示し、PLA-mono 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、モル分率 30% 以上においては、1,2-ジクロロエタン/エタノール (Δ 印) では、クロロホルム/エタノール (\diamond 印) 及び、ジクロロメタン/エタノール (\circ 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。Fig. 1, 2 に示したように、繊維径の太いモノフィラメントから成る布帛と繊維径の細いマルチフィラメントから成る布帛では、その収縮挙動に差異がみられ、

この相違については、各々のフィラメントにおける結晶化度、分子配向度等の測定結果を基に後に考察する。

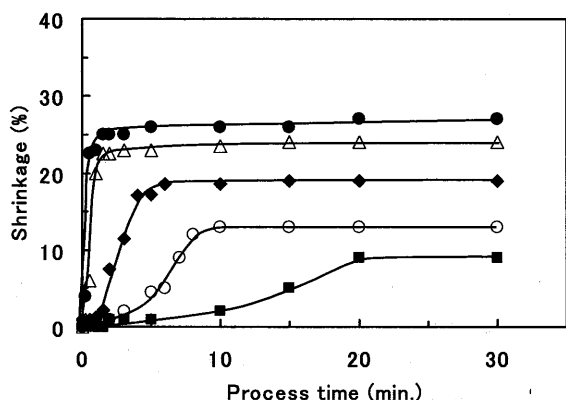


Fig.3 The dependence of the shrinkage of the PLA-mono on the process time for various dichloromethane molar fractions. (25°C)(molar fraction : ■18.6%, ○23.3%, ◆28.1%, △31.0%, ●32.9%,)

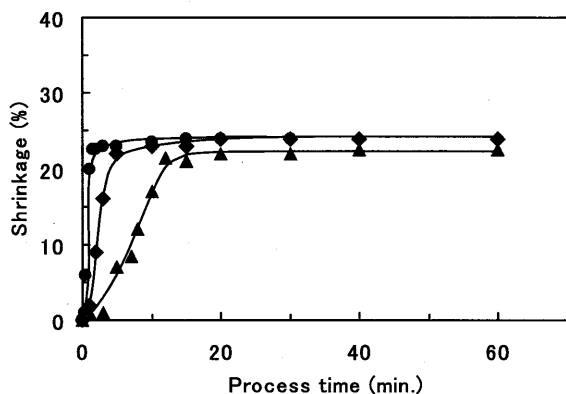


Fig.4 The dependence of the PLA-mono shrinkage on the process time at the molar fraction 30%. (◆chloroform/ethanol, ●dichloromethane/ethanol, ▲1,2-dichloroethane/ethanol, 25°C)

Fig. 3 にジクロロメタン/エタノール混合溶液 (処理温度 25°C) を用いた PLA-mono 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、得られる平衡収縮率が大きくなり、平衡に達する時間はより短い処理時間側へと移行している。このような収縮率の処理時間に対する変化は他の混合溶液、ならびに PLA-multi においても同様である。

Fig. 4 に PLA-mono における 3 種の混合溶液のモル分率 30% での処理時間依存性を示した。3 種の混合溶液での平衡収縮率はほぼ一致しているが、ジクロロメタン/エタノール (●印) では、約 2 分で収縮率は平衡に到達するのに対し、1,2-ジクロロエタン/エタノール (▲印) では約 20 分と著しく遅くなっている。この結果は、3 種の良溶媒間で平衡収縮率には相違がみられなくとも、平衡値に達する過程には良溶媒の種類が影響していることを示している。

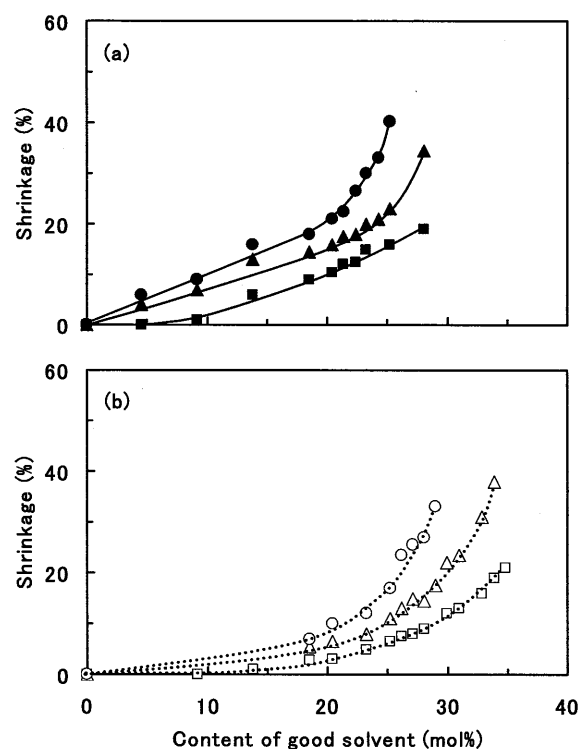


Fig.5 The dependence of the shrinkage on the process temperature.

(a)PLA-mono, (b)PLA-multi, (dichloromethane/ethanol, ■□25°C, ▲△40°C, ●○50°C)

Fig. 5(a)に PLA-mono, (b)に PLA-multi のジクロロメタン/エタノール混合溶液での収縮率の温度変化を示した。処理温度は、25°C (■□印), 40°C (▲△印), 50°C (●○印) である。PLA-mono, PLA-multi とともに、処理温度 25°C では収縮が観測できなかったモル分率の低い領域においても、40°C, 50°C では収縮が起り、処理温度が高くなるに従い収縮率が增大していることがわかる。このような収縮率の温度依存性は、他の混合溶液においても同様の傾向がみられた。

PLA-mono, PLA-multi の各試料と 3 種の混合溶液との相互作用について検討するため、溶媒和平衡定数 K の算出を試みた。溶媒和可能な繊維の活量を a_0 とし、溶媒和している繊維の活量を a とすると溶媒和平衡の平衡定数 K は (2) 式で与えられる。

$$K = a / (a_0 - a) \quad (2)$$

K ; 溶媒和平衡定数

a_0 ; 溶媒和可能な繊維の活量

a ; 溶媒和している繊維の活量

a/a_0 を溶媒和率 V とすれば (3) 式となる。

$$K = V / (1 - V) \quad (3)$$

ここで、長さ l_0 の分子が n_0 本直列に配列した繊維を考える。この繊維を良・貧溶媒混合溶液中に浸漬することにより、長さ l_∞ を持つ十分に溶媒和した分子が n 本生じたとすると、収縮率 σ は (4) 式となる。

$$\sigma = [(l_0 - l_\infty) / l_0] \cdot n / n_0 \quad (4)$$

σ ; 収縮率

溶媒和していない直線状の分子の長さ l_0 は、溶媒和した分子の長さ l_∞ に比べて充分大きいと仮定すると、

$$\sigma \cong n / n_0 \quad (5)$$

(5) 式となり、(3) 式の溶媒和率 V を n/n_0 で近似すると、溶媒和平衡定数 K は、実測の収縮率 σ を用いて、(6) 式により与えられる。

$$K = \sigma / (1 - \sigma) \quad (6)$$

Fig. 6 に Fig. 5 の温度変化のグラフより推定したモル分率 23% の収縮率を基に (6) 式より算出した各試料の溶媒和平衡定数 K の温度依存性を示した。PLA-mono, PLA-multi どちらの場合も、温度一定であれば、3 種の良溶媒で、いずれも平衡定数はほぼ一致し、かつ、絶対温度の逆数と直線関係が成立する結果が得られた。この直線の勾配から (7) 式を用いて算出した標準溶媒和エンタルピー ΔH° は、

$$K = K_0 e^{-\Delta H^\circ / RT} \quad (7)$$

K_0 ; 定数 ΔH° ; 標準溶媒和エンタルピー

R ; 気体定数 T ; 溶媒和温度

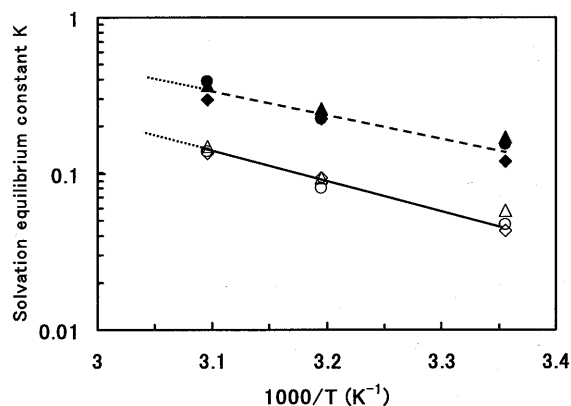


Fig. 6 The dependence of the solvation equilibrium constants on the temperature at the molar fraction of 23%. ($\blacklozenge \bullet \blacktriangle$: PLA-mono, $\diamond \circ \triangle$: PLA-multi, $\blacklozenge \diamond$: chloroform/ethanol, $\bullet \circ$: dichloromethane/ethanol, $\blacktriangle \triangle$: 1,2-dichloroethane/ethanol)

PLA-mono では $\Delta H^\circ = 28 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, PLA-multi では $\Delta H^\circ = 35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ の値が得られた。一般に水素結合の結合エネルギーは $4 \sim 33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ であることから¹⁴⁾, PLA 繊維分子の間には、水素結合を対象の一つとし得る相互作用エネルギーが存在していると考えられる。一方、PLA-multi と PLA-mono とを比較すると、PLA-multi の方が PLA-mono の約 25%, $7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 大きい値を示している。このことは Fig. 1, 2 に示した PLA-multi が PLA-mono と同じ収縮率を示すためには、より高い良溶媒モル分率を必要とする結果ともよく対応している。更に、繊維径の細いマルチフィラメントの方が、フィラメントを形成している分子の配向性がモノフィラメントより平均的に高く、溶媒和するためにより大きなエネルギーが必要であることを示唆しているものと考えられる。

3-2 熱分析

未収縮試料の融解熱測定より、PLA 結晶融解熱 $81.4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ の値¹³⁾ を用いて、結晶化度を算出し、値を Table 1 に示した。PLA-mono に比して、PLA-multi の結晶化度が 5% 程高くなっている。

3-3 偏光顕微 FT-IR 測定

マルチフィラメント繊維の分子配向性は、モノフィラメント繊維に比べて高いことが推測されたため、偏光顕微 FT-IR 測定により、繊維の分子配向性の評価を試みた。ATR 法での測定は、

PLA-multi の細い繊維径のため難しく、 2000cm^{-1} 以上では飽和していないスペクトルが得られる透過法により、両試料の測定を行った。Zhang 等の PLA フィルムの IR 測定によれば非晶相における CH_3 の逆対称、対称伸縮振動が各々 2995cm^{-1} 、 2945cm^{-1} に観測されることが報告されている¹⁵⁾。

Fig. 7 (a) に未処理の PLA-multi 繊維 1 本、(b) に未処理の PLA-mono 繊維 1 本より得られた 3000cm^{-1} 付近の CH_3 逆対称伸縮振動に起因する偏光吸収スペクトルを示した。

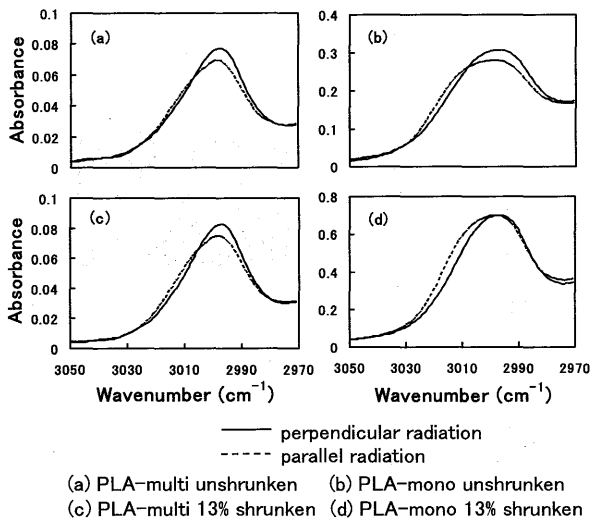


Fig. 7 The polarized FT-IR absorption spectra of the unshrunk and shrunken fibers by the dichloromethane / ethanol solution, for the PLA-multi and the PLA-mono filaments. ($3050\text{cm}^{-1} \sim 2970\text{cm}^{-1}$)

吸収は繊維軸と平行方向、及び垂直方向の偏光について、大きくはないが垂直二色性を示しており、これは Zhang 等の実験結果とよく一致している。(a) (b) の未処理試料では、やや PLA-multi 繊維の方が垂直二色性が大きく、Fig. 7 (c) (d) に示した 13% 収縮試料においては、その傾向はより顕著となり、(c) の PLA-multi 繊維では二色性を示すが、(d) の PLA-mono 繊維では殆ど二色性を示していないことがわかる。これらの結果は、 2945cm^{-1} の CH_3 対称伸縮振動についても全く同様に観測されている。

Table 2 に 2995cm^{-1} 、 2945cm^{-1} の非晶相バンドの吸収を用いて、(8) 式の定義による二色比を示した。

$$R = D_{\perp} / D_{\parallel} \quad (8)$$

R ; 二色比 D_{\perp} ; 繊維軸に垂直入射の吸光度
 D_{\parallel} ; 繊維軸に平行入射の吸光度

Table 2. The dichroic ratio, $D_{\perp} / D_{\parallel}$.

Wavenumber(cm^{-1})	Shrinkage (%)	0	13	24
2995	PLA-multi	1.13	1.11	1.00
	PLA-mono	1.11	1.00	—
2945	PLA-multi	1.11	1.08	1.00
	PLA-mono	1.10	1.00	—

収縮に伴い 2995cm^{-1} 、 2945cm^{-1} 共に二色比は小さくなり、PLA-mono 繊維では、13% 収縮試料で二色比が 1 になる。これに対し、PLA-multi 繊維では、13% 収縮試料で未収縮の PLA-mono 繊維と同程度の値、 2995cm^{-1} では 1.11、 2945cm^{-1} では 1.08 を示し、収縮量がほぼ倍となる 24% 収縮試料で 1 となる変化が得られた。この結果は、マルチフィラメント繊維の方がモノフィラメント繊維に比べて、大きい収縮量を有する試料においても、なお非晶鎖の分子配向を保持していることとなり、従って分子配向性が高いことを示している。このことは Fig. 2 に示した PLA-multi における収縮率の立ち上がりや収縮率の増大が、Fig. 1 に示した PLA-mono の場合に比べて高いモル分率側へ移動すること、ならびに PLA-multi の収縮過程のエンタルピー変化 ΔH° が PLA-mono に比べて約 $7\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 大きいこと、即ち、PLA-multi は PLA-mono に比して、溶媒和し難い傾向であることと矛盾せず、マルチフィラメント繊維の結晶化度がモノフィラメント繊維より 5% 大きいことに加えて、分子配向の高さがモノフィラメント繊維布とマルチフィラメント繊維布の収縮挙動の差異の要因と考えられる。更に 2995cm^{-1} 及び、 2945cm^{-1} の非晶相バンドにおける二色性が、収縮率の増大に伴って観測されなくなることから、繊維の収縮のメカニズムは、溶媒和に伴い、配向した非晶相の分子鎖が乱れることにより引き起こされることであるといえる。

3-4 引張り強伸度測定

3種の混合溶液で収縮処理を施した PLA-multi 布の引張り強伸度測定結果を Fig. 8 に示した。強度 (F)、伸度 (L) を各々未処理の値 (F_0 、 L_0) で規格化し、相対的な強伸度の変化を表している。

3種の混合溶液ともに、収縮率が 10% 未満の領域では強度の低下は殆どみられず、伸度が大きく

なる。収縮率の増大に伴い、緩やかな強度の低下と伸度の増大を示し、収縮率 15%以上では強度、伸度に 3 良溶媒種間の差異が顕著となる。特に、実線で示したジクロロメタン/エタノール混合溶液においては、伸度の増大が著しい結果が得られた。良溶媒にクロロホルムとジクロロメタンを用いた系では、Fig. 2 に示したように、同じモル分率、例えばモル分率 34%では両試料共に平衡収縮率は約 20%で一致しているものの、これら試料間の強度、伸度は異なっている。PLA-mono 布においても同様の傾向がみられた。このように良溶媒の種類により、収縮率は同程度でも繊維内部に引き起こされた物理的、構造的変化に起因する機械的性質が異なることは、良溶媒種の探索の指針となると考えられ興味深い。

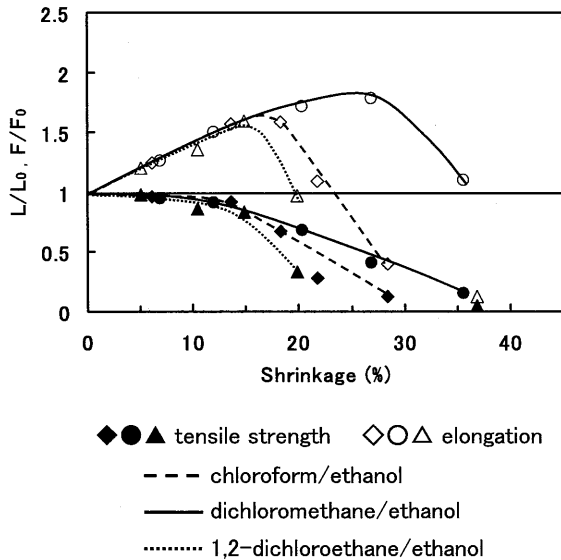


Fig.8 The dependence of the tensile strength and the elongation percentage on the shrinkage. (PLA-multi, 25°C)

3-5 テキスタイル制作

以上の結果を基に、ポリ乳酸繊維布の収縮性を利用し、布表面に凹凸と部分的透け感、及び色調の変化を付与したテキスタイルの制作を PLA-mono 布を用いて行った。

処理条件はジクロロメタン/エタノール混合溶液、モル分率は 33.4%，処理温度は室温、処理時間は 10 分とし、その製作工程を Fig. 9 に示した。収縮部分と未収縮部分を混在させることを目論み、ここでは板締め技法を応用した。布を蛇腹に折り (①)、ステンレス円板で挟みクランプで締める (②)。それを調整した処理液中に浸漬し、収縮加

工を施す (③)。板締めした部分は未収縮となり、板で挟まなかった部分には処理液が浸透して収縮する。次に板を取り外し、染色を施す (④) ことにより、織密度の高くなった収縮部分は濃色に、未収縮部分は透け感のある淡色になり、凹凸と透け感と色の濃淡を併せ持つテキスタイルとなる。使用した染料は、Kayalon Polyester Navy Blue 2GN-SF 20 である。

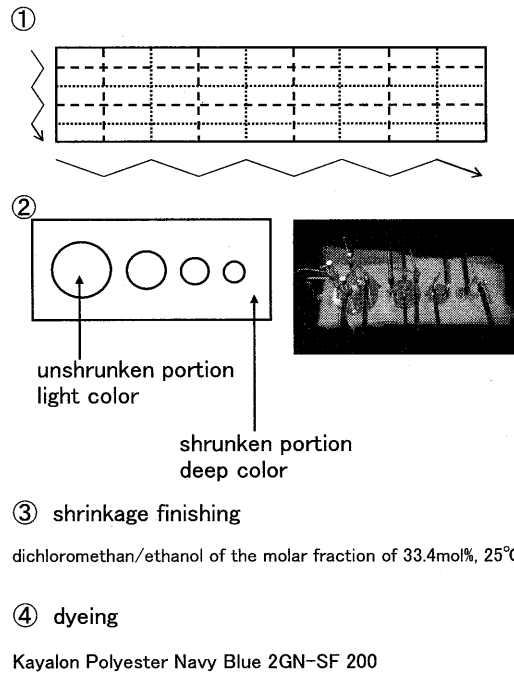


Fig.9 The shrunken fabric production process.

Fig. 10 に制作したテキスタイルの収縮部と未収縮部の分光反射率曲線を示した。収縮部の反射率の波長依存性は未収縮部分のそれと一致し、従って色相の変化はみられず 350nm~750nm の全域にわたって反射率が低くなっている。この分光反射率曲線から、(9) 式の Kubelka-Munk の式に基づき、最大吸収波長である 590nm の反射率の値を用いて K/S 値を算出した。

$$K/S = (1 - \rho_\lambda)^2 / 2\rho_\lambda \quad (9)$$

K; 吸収係数 S; 散乱係数
 ρ_λ ; 最大吸収波長における反射率

K/S 値は、未収縮部 12.0, 収縮部 38.7 の値が得られ、収縮部の K/S 値は未収縮部の 3.2 倍濃色化していることがわかった。

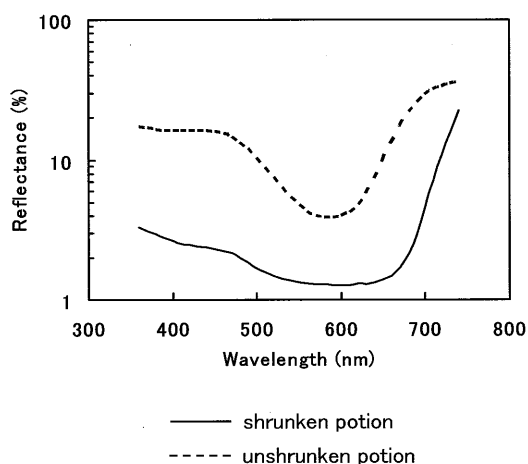


Fig.10 The spectral reflectance of the shrunken and unshrunken portion.

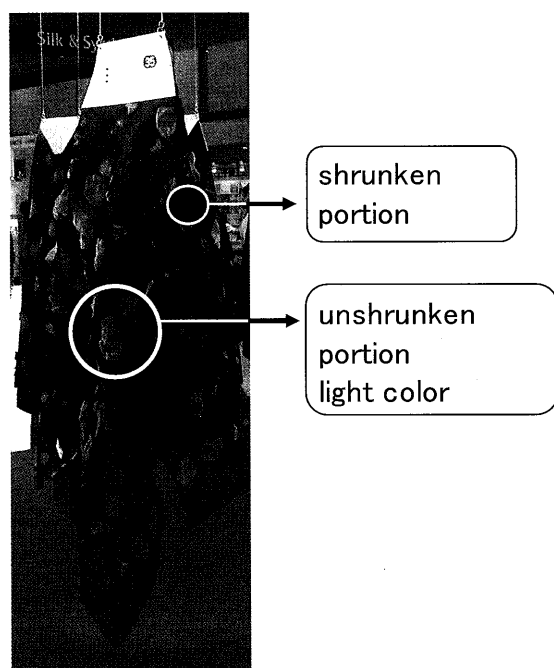


Fig.11 The work of the shrunken fabric.

Fig. 11 に平成 21 年度繊維総合見本市 JFW JAPAN CREATION 2010 AUTUMN/WINTER BEST of TA・KU・MI ジャパンクリエーション大賞で入賞したテキスタイル作品『秋露』を示した。女性用ワンピースドレス、装飾雑貨等をイメージしたテキスタイルである。

4. 結 言

本研究では、クロロホルム、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタンの 3 種の良溶媒と貧溶媒エタノールとの各混合溶液を用いて、モノフィラメント糸とマルチフィラメント糸から成る 2 種類のポ

リ乳酸繊維布の収縮性の検討、及び、得られた結果を応用してテキスタイル制作を行った。

モノフィラメント布では良溶媒のモル分率が 10% 以上で収縮がみられたが、マルチフィラメント布ではモル分率 15% 以上で収縮し、モノフィラメント布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した。また、収縮率の温度変化から見積もった標準溶媒和エンタルピーは、マルチフィラメント布の方がモノフィラメント布に比べて、約 25% 大きい結果となった。更に、偏光顕微 FT-IR による二色性測定の結果、配向した非晶鎖は収縮に伴い緩和し、モノフィラメント繊維では、マルチフィラメント繊維より収縮率の小さい試料で二色比が 1 となり、マルチフィラメント繊維の非晶鎖の分子配向性が高いことが示された。従って、マルチフィラメント繊維の結晶化度が 5% 程高いことに加えて、この分子配向性が高いことが、モノフィラメント布と同じ収縮率を得るためには、より高い良溶媒モル分率を必要とすること、標準溶媒和エンタルピーがモノフィラメント布より大きな値となることの要因と考えられた。加えて、非晶相の二色比が収縮率の増大に伴って小さくなることから、繊維の収縮は、配向した非晶相の溶媒和による分子鎖乱れにより引き起こされていることが実験的に明らかにされた。

また、3 種の良溶媒間では収縮率の処理時間依存性が異なり、ジクロロメタンを用いると、最も短時間処理で同じ平衡収縮率に達し、得られた布帛は、クロロホルム、1,2-ジクロロエタンの場合に比べて、伸度は大きくなるものの強度の低下は最も小さいことが示された。このことは、平衡収縮率は同じでも、その収縮過程や収縮の結果得られる布帛の機械的性質は、良溶媒に依存することを表し、今後の収縮加工における最適な良溶媒探索の指針となることが明らかにされた。

今回の実験結果に基づき、ポリ乳酸繊維布の収縮性と染色性を応用し、布表面に凹凸と部分的透け感、及び色調の変化を持つテキスタイルを制作し、ポリ乳酸繊維の新たな加工法や用途展開の一例を提案した。

引用文献

- 1) 花田朋美, 岩崎光恵, 安藤穰, 森川陽, 繊維消誌, **50**, 1009 (2009)
- 2) 花田朋美, 安藤穰; 東京家政学院大学紀要, 自然科学・工学系, **43**, 55, (2003)

- 3) 花田朋美, 安藤穰; 日本繊維製品消費科学会 2004 年年次大会研究発表要旨, 127 (2004)
- 4) 花田朋美, 安藤穰, 岡本亜紀子, 野澤麻里; 日本繊維製品消費科学会 2005 年年次大会研究発表要旨, 31 (2005)
- 5) 花田朋美, 岩崎光恵, 安藤穰; 日本繊維製品消費科学会 2006 年年次大会研究発表要旨, 95 (2006)
- 6) 花田朋美, 菊地亜貴加, 安藤穰; 日本家政学会第 59 回年次大会研究発表要旨集, 206 (2007)
- 7) 花田朋美, 須田友子, 安藤穰; 日本繊維製品消費科学会 2007 年年次大会研究発表要旨, 85 (2007)
- 8) Tomomi Hanada, Yutaka Ando; XXI. World Congress International Federation for Home Economics Abstract Book, 126 (2008)
- 9) 花田朋美, 安藤穰; 日本繊維製品消費科学会 2009 年年次大会研究発表要旨, 45 (2009)
- 10) 花田朋美, 安藤穰, 森川陽; 日本繊維製品消費科学会 2010 年年次大会研究発表要旨, 78 (2010)
- 11) ポリ乳酸グリーンプラスチックの開発と応用—植物系樹脂の実用化—, 金井康矩ら著, フロンティア出版 (2005)
- 12) ポリ乳酸—植物由来プラスチックの基礎と応用—, 辻秀人著, 米田出版 (2008)
- 13) J. E. Mark; Physical Properties of Polymers Handbook, American Institute of Physics
- 14) 化学大辞典, 共立出版 (1984)
- 15) J. Zhang, Y. Duan, H. Sato, H. Tsuji, I. Noda, S. Yan, Y. Ozaki, *Macromolecules*, **38**, 8012 (2005)