

アクリル繊維布の収縮加工

(2009年2月19日受付；2009年7月13日受理)

東京家政学院大学・文化女子大学大学院生活環境学研究科 花田 朋美
東京家政学院大学 岩崎 光恵
東京家政学院大学 安藤 穰
文化女子大学 森川 陽

Shrinkage Finish of Acrylic Fiber Fabrics

Tomomi HANADA ^{*,**} Mitsue IWASAKI^{*} Yutaka ANDO^{*} and Akira MORIKAWA ^{***}

^{*}*Tokyo Kasei-Gakuin University, Tokyo, Japan*

^{**}*Graduate School of Fashion and Living Environment, Bunka Women's University, Tokyo, Japan*

^{***}*Bunka Women's University, Tokyo, Japan*

Abstract

The method of shrinking the acrylic fibers with the mixture of dimethylformamide (DMF) and water has been proposed. The degree of the shrinkage (contractibility) increased up to 55%, with increasing the DMF volume content. The degree remarkably increased at the temperatures higher than the glass transition temperature of the acrylic fiber, indicating that the shrinkage was dependent on the infiltration of DMF solution to the fabric. The textile having both the pleated pattern made by the shrinking method and the unevenness of dyed stripes was tentatively produced.

(Received February 19, 2009 ; Accepted July 13, 2009)

Key words : *acrylic fibers, contractibility, good and poor solvents, shrinkage finish, textile, unevenness*

(Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Vol.50, pp. 1009–1015, 2009)

要 旨

アクリル繊維の良溶媒であるジメチルホルムアミド (DMF) と貧溶媒である水との混合溶液を用いて、アクリル繊維布を収縮させる方法を提案した。混合溶液中の DMF の体積分率、処理温度、処理時間を変えて収縮性を検討した結果、収縮率は DMF の体積分率の増加に伴い増大し、最大で約 55% の収縮率が得られること、収縮は処理時間 30 分でほぼ飽和に達することがわかった。また、収縮率はアクリル繊維のガラス転移温度以上で急激に増大する。この結果は、収縮がアクリル繊維に対する DMF 水溶液の溶媒和・膨潤に基づく分子鎖配列の乱れによることを示している。この収縮加工を応用して、アクリル繊維布に収縮部分と未収縮部分を混在させ、布表面にプリーツ状の凹凸と色調の変化を付与した新しい風合いのテキスタイルを制作した。

キーワード：アクリル繊維、収縮性、良溶媒／貧溶媒、収縮加工、テキスタイル、凹凸

1. 緒 言

デザイン性、機能性ともに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方法を見出すことは重要な課題の一つである。

著者らはその試みとして、繊維の収縮性を利用した加工法について研究を進めている^{1)~6)}。天然繊維の収縮性については、古くから研究がなされ⁷⁾、それらを応用した加工法として、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等がよく知られている。しかしながら、合成繊維への試みは少なく、加工法として未だ確立されていないのが現状である。

本報では、アクリル繊維の良溶媒であるジメチルホルムアミド (DMF) と貧溶媒である水との混合溶液を用いて、繊維の収縮に及ぼす諸条件の影響について検討した。更に、その結果を基に、防染法を用いて、一枚の布に収縮部分と未収縮部分を混在させることにより、布表面に凹凸感を付与し、かつ色合いの異なる柄を出現させる新しいテキスタイル制作手法についても併せて報告する。

2. 実 験

2-1 試 料

Table1 に本研究で用いた 3 種類のアクリル繊維布の諸元を示した。

収縮実験用試料は、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。

Table1. Specification of sample materials.

Sample	Weave	Density (inch ⁻¹)		Fineness and Twist	
		Warp	Weft	Warp	Weft
acrylic A ¹⁾	Plain	58	44	19 tex Z 800	19 tex Z 1000
acrylic B ²⁾		64	52	21 tex Z 1200	20 tex Z 1000
acrylic C ¹⁾		82	70	16 tex Z 800	16 tex Z 1000

1)MITSUBISHI RAYON CO., LTD. 2)ASAHI KASEI FIBER CORPORATION

2-2 収縮実験

所定の体積分率に調整した DMF 水溶液に試料を浸漬し、一定浸漬時間経過後に取り出して、糸印間の長さ変化を測定した。収縮率は (1) 式に基づき算出した。また、処理温度は 40℃～90℃の範囲で変化させた。

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

S; 収縮率 (%) L_0 ; 処理前の試料の長さ (mm)

L; 処理後の試料の長さ (mm)

2-3 染着率の算出

2-3-1 アクリル繊維布の染色

下記の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℃毎に変化させて染色を行った。島津製作所製分光光度計 UV-210A を用いて、染色原液と残液の吸光度の差を求め、染布への染着率を算出した。

染料 ; 1.5%owf

(Kayacryl Light Blue 4GSL-ED)

浴比 ; 1:100
 30%酢酸 ; 5%owf
 酢酸ナトリウム ; 2%owf
 モノゲン ; 3%owf
 染色時間 ; 45 分

2-4 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)に基づき、引張強さ及び伸び率を測定した。

2-5 顕微鏡による表面観察

試料の表面観察は、オリンパス光学顕微鏡とオリンパス顕微鏡用デジタルカメラ U-PMTVC を用いて行った。

2-6 測色

ミノルタ株式会社製分光測色計 CM-2600d を使用し、下記の条件により、制作したテキスタイルの分光反射率を測定した。

光源 ; D65
 視野角 ; 10°
 台紙 ; 黒 (日本色研配色体系)

3. 結果及び考察

3-1 収縮実験

Fig. 1 に処理時間 30 分でのアクリル A の収縮率の DMF 体積分率 (ϕ_v) 依存性とその温度効果を示した。処理温度 65°C 以下 (■, △印) では、DMF 水溶液の ϕ_v を増大させても収縮は全くみられず、 $\phi_v = 80\%$ 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°C (●印) では、 ϕ_v が 0% でも数%の収縮を示し、この収縮率は、40% 付近まではほぼ一定であった。 $\phi_v = 50\%$ 付近から収縮率は緩やかに上昇し、 ϕ_v が 65% 以上では急激に増大して、80% で収縮率 55% の最大値に達した。更に ϕ_v が高い領域では、他の処理温度と同様に試料は溶解した。

Fig. 2 に収縮率の処理時間による変化を示した。用いた ϕ_v は 65%~76% の 6 種、処理温度は 80°C である。 ϕ_v が高くなるに従い、収縮率の急激な増大は、より短い処理時間側へと移行し、得られる収縮率も高くなっている。また、いず

れの ϕ_v においても、処理時間 30 分程度で、収縮率はほぼ飽和値となることがわかる。収縮率が飽和収縮率の 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とみることができる。これを見掛けの収縮速度と考え、その ϕ_v 依存性を Fig. 3 に示した。

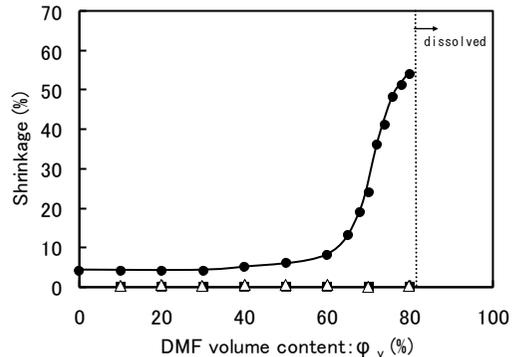


Fig. 1 The dependence of the shrinkage on the DMF volume content and the effect of processing temperature (●80°C, ■65°C, △40°C), at 30 min. treatment for the sample of acrylic A.

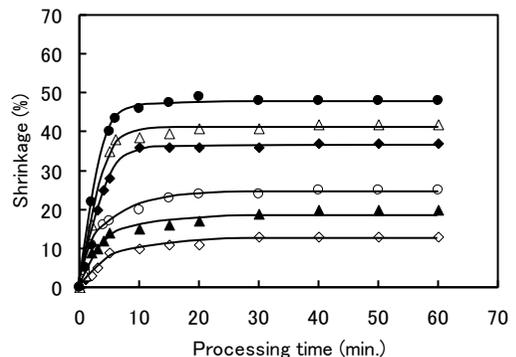


Fig. 2 The change in the shrinkage for various processing times for various DMF volume contents (acrylic A, 80°C). (ϕ_v : ●76%, △74%, ◆72%, ○70%, ▲68%, ◇65%).

見掛け収縮速度は、 ϕ_v と直線関係にあり、見掛け収縮速度の横軸との切片は46%となる。46%以下では収縮速度が負値となり、伸長することを意味しているが、Fig.1によれば、伸長することは観測されていない。従って、収縮が生じるためには、良溶媒の体積分率が46%以上必要であることを示している。このことはFig.1に示した $\phi_v=50\%$ 付近から、アクリル繊維布の収縮が生じ始めることと良く対応している。 ϕ_v が高いほど見掛けの収縮速度が速く、得られる収縮率も高い傾向を示すことから、アクリル繊維布における収縮は、双極子相互作用に基づくDMF分子の浸透と、これに伴うアクリル分子間隙の拡大による膨潤過程に伴う分子鎖配列の乱れによることが示唆される。上記の観測値46%は、それ以下ではDMF分子の浸透が起こらないか、または、無視できる程小さいことを示すものと考えられる。

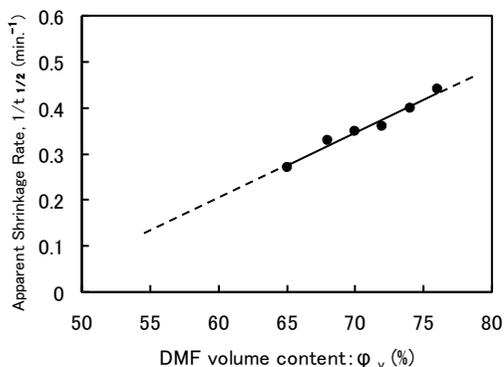


Fig. 3 The dependence of the apparent shrinkage rate, $1/t_{1/2}$, on the DMF volume content (acrylicA, 80°C).

Fig. 4 に $\phi_v=74\%$ 、処理時間 30 分、処理温度を 40°C~90°C 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 $\phi_v=74\%$ 、処理時間 30 分、温度 80°C 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てある。試料の収縮率 (●印) は、70°C 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°C 付近から増

大し始める。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°C 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^{8)~10)}、我々の結果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、布を構成するアクリル繊維のガラス転移に基づく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、繊維中への DMF 水溶液の浸透・膨潤作用とそれに伴うアクリル分子鎖の配列の乱れが生じた結果と考えられる。

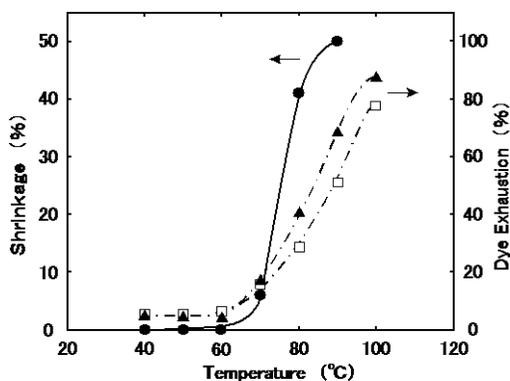


Fig. 4 The dependence of the shrinkage on the processing temperature (acrylicA, $\phi_v=74\%$, 30min.) (●), and of the dye exhaustion on the dyeing temperature of the unshrunken (▲) and the shrunken ($\phi_v=74\%$, 30min. 80°C) (□) samples.

Fig. 5 に処理時間 30 分、温度 80°C で処理したアクリル B、及び C の収縮率の ϕ_v 依存性をアクリル A の結果と共に示した。アクリル B (▲印) では、 $\phi_v=74\%$ 以上で収縮率は急激に増大し、 $\phi_v=80\%$ で 43% の収縮率を示すが、アクリル C (◆印) においては、収縮率の増大は $\phi_v=80\%$ 以上で観測される。また、最大収縮率は A, B, C それぞれで異なっている。これらの相違は、

各アクリル繊維を構成する共重合モノマーの種類や組成の影響、紡糸法、延伸などの条件の相違が反映されているものと考えられる。しかし、DMFの体積分率が60%~80%という比較的狭い領域で、同じ態様の収縮率変化を示すことは、収縮が同様の機構(上述)によって起こっていることを示唆している。

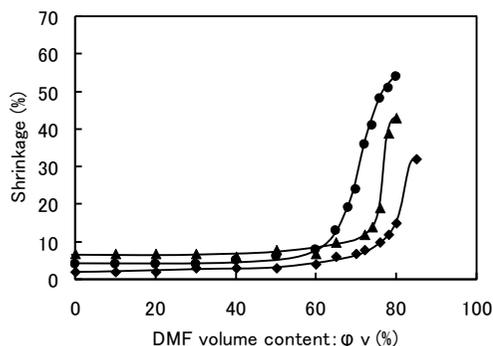


Fig. 5 The dependence of shrinkage on the DMF at higher volume content (80°C, 30min. ● acrylicA, ▲ acrylicB, ◆ acrylicC).

3-2 引張り強伸度測定

収縮処理を施したアクリル繊維布 A, B, C, 各々の引張り強伸度測定結果を Fig. 6 に示した。

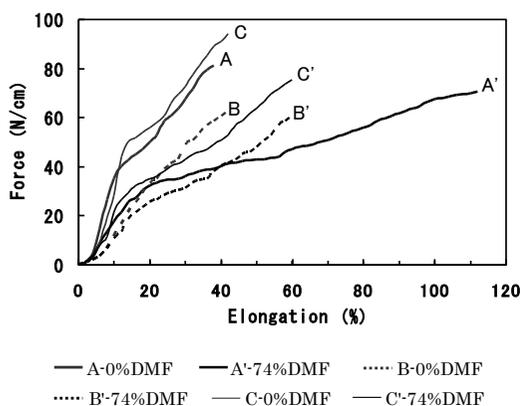


Fig. 6 The load-elongation curve.

試料は $\phi_v=0\%$ (A, B, C) 及び $\phi_v=74\%$ (A',

B', C') のそれぞれについて、処理時間 30 分、温度 80°C で処理した。アクリル繊維布 A, B, C 間には力学的特性に差があることがわかる。各試料共に、収縮処理により破断強度はやや低下するものの、その変化量は小さく、伸度の増大が顕著である。この結果は、処理布が未処理布より粘り強い布へと変化したことを示し、着用を目的とした加工布としては、使用に耐え得るものであることを示している。このような、収縮による力学的性質の変化の原因には、繊維内部の構造変化と織構造の変化が考えられる。前者であるとするれば、溶媒和によって引き起こされた繊維の膨潤に伴い分子鎖配列の乱れが生じた結果、強度の低下と伸度の増大をもたらしたものと考えられる。後者、すなわち織構造が力学的性質に変化を与える可能性を検討するため、収縮処理によるアクリル繊維布の織構造の変化を次項で観察することにした。

3-3 顕微鏡による表面観察

光学顕微鏡を用いてアクリル繊維布 A, B, C の表面観察を行った。 ϕ_v が 0%, 74%, 80% それぞれで処理した試料の顕微鏡写真を Fig. 7 に示した。

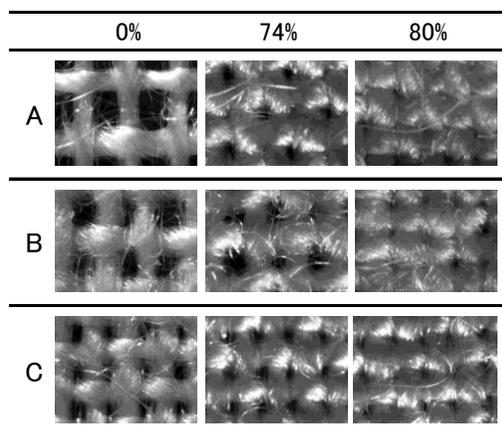


Fig. 7 The structure of the fabric samples ($\times 300$).

$\phi_v=0\%$ の試料では、織密度の違いを反映して (Table1), アクリル A は、アクリル B, C に

比べ、糸間の空隙が大きくなっている。 $\phi_v=74\%$ で処理した試料では、最も高い収縮率を示すアクリル A においては、B, C に比べ、際立って糸間の空隙が小さくなっている。更に、 $\phi_v=80\%$ 処理の試料においては、A, B, C 共に糸間の空隙が殆ど見られなくなっている。従って、 ϕ_v が高くなるに従い、 $\phi_v=0\%$ での織密度が小さい試料ほど、織密度の変化の割合が大きくなっていることが示された。この観察結果は、Fig. 5 に示されている、アクリル A, B, C の収縮率の大小とよく対応している。以上のことから、繊維の膨潤に伴い糸の太さの増加と長さの収縮が起こり、布全体の収縮が起こったものと考えられる。

一般に織物の引張り挙動は、引張り方向に対して、垂直方向の糸密度が大きくなると強度は増大する。しかし、本研究では、Fig. 6 に示したように、収縮による織密度の変化から予想される力学的性質とは反対に、破断強度の低下を示している。従って、収縮処理による力学的変化は、織構造の変化よりも、繊維内部の構造変化が強く反映された結果と考えられる。

3-4 テキスタイル制作

以上の実験結果を基に、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。処理条件は、DMF 体積分率 74%、処理温度 80°C、処理時間 30 分とし、中程度の収縮率を示すアクリル B を用いて制作した。その制作工程を Fig. 8 に示した。

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。ステンレスの円筒にアクリル繊維布を巻き、糸でしっかり巻き上げた (①) 後、布を手繰り寄せる (②)。次にそれを調整した処理液中に浸漬し、収縮加工を施す (③)。この工程で④に示したように、糸が巻かれている部分には処理液が浸透しないため、未収縮部分となり、処理液が浸透した部分では収縮が起きる。巻き糸を取除き染色を施す (⑤) ことにより、⑥に示したように、収縮部分は濃色に、未収縮部分は淡色に染色することができる。

一般的な嵐絞りで、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。

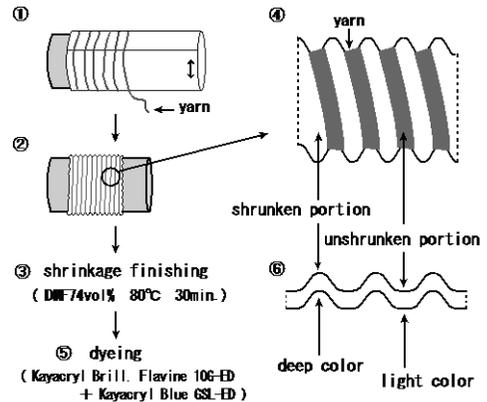


Fig. 8 The shrunken fabric production process.

Fig. 9 に制作したテキスタイルの収縮部分と未収縮部分の分光反射率曲線を示した。

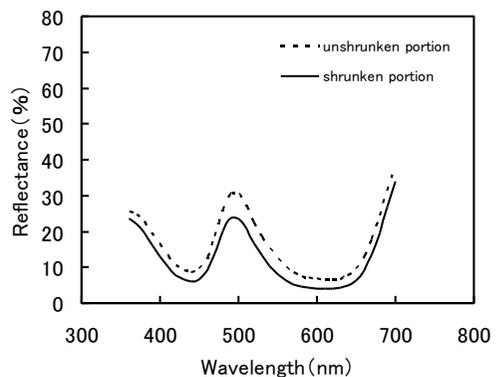


Fig. 9 The spectral reflectance of the shrunken and unshrunken portion.

収縮部分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~700nm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下記の Kubelka-Munk の式に基づき、最大吸収波長である 620nm の反射率の値を用いて K/S 値を算出した。

$$K/S = (1 - R_{\lambda})^2 / 2R_{\lambda} \quad (2)$$

K; 吸収係数 S; 散乱係数

R_{λ} ; 最大吸収波長における反射率 ($0 < R_{\lambda} \leq 1$)

K/S 値は、未収縮部分 6.7、収縮部分 11.4 の値が得られ、収縮部分の K/S 値は未収縮部分のその 1.7 倍大きくなっていることがわかった。前述したとおり (Fig. 4)、アクリル繊維布の収縮に伴う染色率の変化はむしろ減少気味であることから、このアクリル繊維布の収縮に伴う濃色化は、収縮による織密度の増大に起因するものと考えられる。

Fig. 11 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。

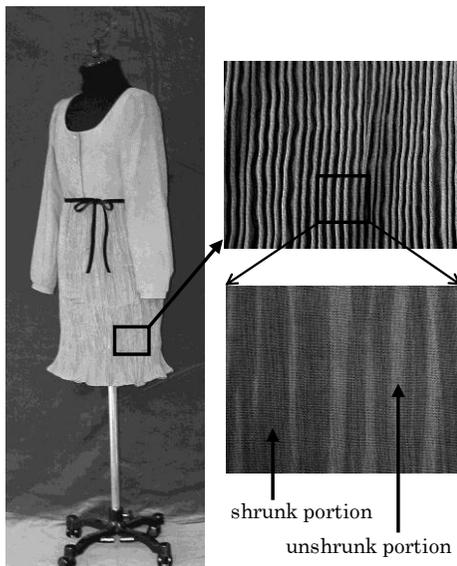


Fig. 10 The work of the shrunk fabric with colored stripes.

4. 結 言

アクリル繊維の収縮性を利用した新しいテキスタイル制作の可能性について検討し、その収縮現象について以下の結果を得た。

- 1) 良溶媒であるジメチルホルムアミド (DMF) と貧溶媒の水との混合溶液を用いて、アクリル繊維布を最大で約 55% 収縮させることが可能である。
- 2) 処理時間 30 分程度で収縮率は飽和となり、DMF の体積分率が高くなるに従い、収縮率の増大とともに収縮速度が速くなる。
- 3) アクリル繊維布の収縮性は、布を構成しているアクリル繊維のガラス転移に基づく分子運動と、それに伴う分子鎖配列の乱れによって引き起こされると考えられる。
- 4) 実験結果を基にアクリル繊維の収縮性と染色性を応用し、布表面に凹凸と色の濃淡の変化を持つテキスタイルを制作することができた。

引用文献

- 1) 花田朋美, 安藤穰; 東京家政学院大学紀要 **43**, 55 (2003)
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 5) 花田朋美, 菊地亜貴加, 安藤穰; 日本家政学会第 59 回年年次大会研究発表要旨集 206 (2007)
- 6) 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)
- 7) J. T. Marsh; Mercerizing, Chapman & Hall Ltd., London (1951)
- 8) S. Rosenbaum; J. Polym. Sci., Part A **3**, 1949 (1965)
- 9) Z. Gur-Arieh and W. C. Ingamells; J. Soc. Dyers Color., **90**, 8 (1974)
- 10) C. L. Bird and W. S. Boston; The Theory of Coloration of Textile, p.154, Dyers Company Publications Trust (1975)