

計装制御システムを応用した繊維加工法の高度化に関する研究

羊毛強撚チーズ糸の均染化技術

堀田好幸

要 旨

染色中に発生する強撚糸の不均染に影響を及ぼす要因を解析し、チーズ染色での均染化方法について研究した。

(1) 糸収縮とチーズ染色での不均染の発生

染色中の糸収縮状態を測定した結果から、収縮率が大きいほど不均染となることが分かった。均染を得るため、糸の収縮を防止する熱水前処理をチーズ染色に適用した。熱水前処理温度は、助剤の種類で変わるが、染料吸収率が80～90%以上となり染色性にあまり影響を与えなくなる温度が必要である。染料溶解性のある非イオン活性剤で70℃、両性イオン活性剤では95℃が必要であった。

(2) チーズ染色で均染が得られる限界撚係数

染料溶解性のある非イオン活性剤では撚係数194以下、両性イオン活性剤では撚係数221以下の強撚糸で均染性が得られた。それ以上の撚数の糸では、熱水前処理を行っても、チーズ外層が淡くなる不均染の状態となった。

1. はじめに

近年、クールでシャリ感のある先染春夏物製品に各種の羊毛強撚糸が多く使用されるようになった。それに伴って、羊毛強撚糸の染色も多品種・小ロット向きのチーズ染色で行われるようになってきた。しかし、多種多様化した強撚糸は、同時に染ムラに関するクレ

ームを多発させている。羊毛強撚チーズ糸の染ムラは、チーズの外層部が常に淡色となる。特に1:2型含金属染料を用いた中淡色の染色では、この現象が多発し、この対応策を考えなければならない状況となってきた。そのため、これらの染ムラ発生原因の解析に、計装制御システムを適用し、染色中の挙動を明らかにするとともに均染化対策を求めることにした。

この研究では、撚数と染ムラ発生との関連解析及びその改善方法をチーズ染色法で行った。

2. 内 容

まず、通常の方法で強撚糸をチーズ染色した結果から、染ムラ発生原因を解析し、その対策を検討することとした。

2-1 実験に使用した計装制御装置の概要

2-1-1 レーザー光計測自動染色機

染色制御方法：染液濃度制御、温度制御

染 色 槽：チーズ染（1kg染）

染液流量制御：インバータ制御（0～100 Hz）

染液流量計測：電磁流量計測方式（0～100 L/分）

染液濃度計測：レーザー光染液透過方式

Rレーザー（632.8nm）

Gレーザー（512.4nm）

Bレーザー (488.1nm)

染色機制御: MICREX-F50、FC 9801X

薬剤注入: 自動計量ドージング方式
(注入制御オムロンC200H)

注入量 (0~100ml/分)

pH計測: ガラス電極方式 (新設)
(pH 1~14)

ホストコンピュータ: PC98-RL

データ通信: RS232C (9600bps)

LAN (4 Mbps: Pinet III)

2-1-2 pH自動計測装置の設計製作

レーザー光計測自動染色機で染色中のpHを連続計測できる装置を設計製作した。目的は、羊毛の染色速度に大きな影響を及ぼすpHを染色最高温度まで染色機のFAコンピュータで自動計測できるようにすることである。

染液をセンサー部と染色槽との間で常に循環させ、110℃までpH値を連続計測できるようにした。写真1の中央部に示すように、pHガラス電極を含むセンサー部では、100℃以上の高温状態となった場合にも正確にpHを計測できるようにするため、電極内の内部液が外部に漏れたり、電極が破損しないような装置にした。

〔仕様・性能〕

本体: 堀場製作所製 TD312型

センサー部: SUS316、測定液最高温度110℃ (pHガラス電極測定方式)

データ出力方式: 温度補正後にpH1~14が出力DC 4~20mAに対応

安全装置: 110℃以上で測定液自動遮断及び電極部間接冷却

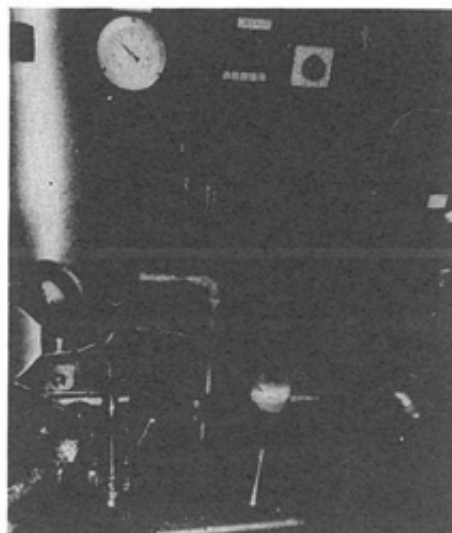


写真1 pH自動計測装置

検出部: 測定液最高温度110℃
(pHガラス電極測定方式)

安全装置: 110℃以上で測定液自動遮断検出部間接冷却

2-2 実験方法

2-2-1 強燃糸の追燃条件

原糸: 梳毛糸1/40 (撚係数=88 Z撚
557回/m)

撚糸機: リング撚糸機

撚止セット温度: 90℃×20分

追燃方法: 下表に示す所定の撚係数になるように原糸を追燃した (Z撚)。

表1 実験に使用した強燃糸の撚係数

試料No.	ORG	1	2	3	4	5	6	7
撚係数	88	115	141	168	194	221	247	274
撚数	557	727	892	1063	1227	1398	1562	1733

(撚数(回/m)=撚係数・ $\sqrt{N}$, N=共通式番手)

2-2-2 糸収縮測定法

試験装置の概要を写真2に示す。装置は、液体クロマトグラフィーガラス管 (10

mmφ×800mm)、温度制御部、昇温用液循環ポンプから構成されている。間接加熱できる液体クロマトグラフィーガラス管の内部に染

色液を入れ、その中に糸（初期荷重：5本/1gf）をつるし、20～97℃（2℃/分）まで昇温しながら、途中の糸収縮状態を測定した。

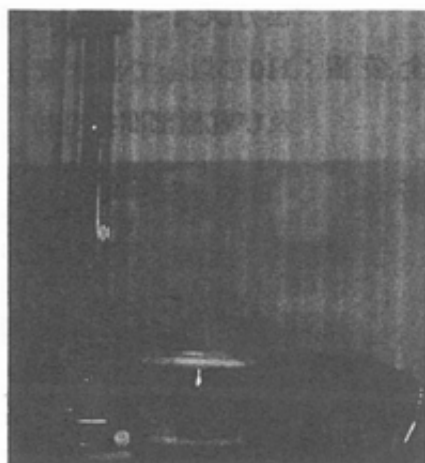


写真2 糸収縮測定装置

左：液体クロマトグラフィーガラス管
（糸収縮測定部）
左前：加熱液循環ポンプ
中：循環液加熱槽
右：プログラマブル温度制御装置

2-2-3 染色条件

染色制御方法：染液濃度制御法

①両性イオン活性剤使用の場合

最大染色速度 3.0%/分（染液濃度 50% 付近）の指数変速パターン

②非イオン活性剤使用の場合

染色速度一定 2.5%/分の直線パターン
流量の設定：染色開始時点で30L/分に設定

染液流の方向：in→out 3分 out→in 1.5分

試料調整：

①原糸チーズ 750g 巻きの芯、中及び外層部に、撚数を変えた糸8種類（撚係数 88～274）各 50m の連結糸をチーズワインディングしたものを染色に使用

②ORG、NO.4、NO.5 及び NO.6 のチーズ 750g 巻を染色に使用
熱水前処理：70℃ × 10分もしくは 95℃ × 10分のどちらか

染料：1：2型含金属染料の配合

Kayakalan Grey BL 167% 0.30%o.w.f.

Kayakalan Bordeaux BL 0.50%o.w.f.

Kayakalan Yellow GL 143% 0.35%o.w.f.

染色助剤：

芒硝 5.0%o.w.f.

pH調整 ①酢酸 0.3%o.w.f.

②酢酸 1.0%o.w.f.

③pHスライド（薬剤自動注入法）

（pH7.2→4.7）

（試験条件により①②③のいずれかで使用）

脱気浸透剤①非イオン系 0.5g/L

②アニオン系 0.5g/L

（試験条件により①②のどちらかを使用）

均染剤（いずれか一つを 1% o.w.f.使用）

①両性イオン活性剤 A （アルキルアミンポリグリコールエーテル硫酸）

②両性イオン活性剤 B （ウール酸性染料用特殊両性活性剤）

③両性イオン活性剤 C （ウール用配合特殊両性活性剤）

④非イオン活性剤 D （特殊非イオン活性剤）

⑤非イオン活性剤 E （特殊非イオン：エチレンオキサイド付加モル数8×2）

2-3 染色結果の解析

2-3-1 通常染色処法でのチーズ染試験結果

染色処方は、芒硝 5%owf、酢酸 0.3%owf、均染剤として①両性イオン活性剤 A（アルキルアミンポリグリコールエーテル硫酸）1.0%owf を用いた。染色は、残液中の染料濃度 50% 付近で染色速度が最大（3.0%/分）となる染液濃度制御染色法で染料吸収速度を自動制御しながら行った。その染色結果を表2に示す。一般に業界で用いられている強撚糸は、この実験試料の NO. 4 に相当する。染色結果から、染色速度を最大で 3.0%/分に制御しながら染色しても、強撚糸ほど芯部が

ら外層部方向への淡色化が大きいことが分かる。試験に使用した配合染料では、Lab の測色結果を見ると芯部から外層部にかけてグレイ成分が減り赤味と黄味が多くなる傾向がある。さらに、同じ染色濃度では、強撚糸になるほどL値が小さくなるので、色相が濃くなる結果が得られた。均染性を評価すると、通

常糸では芯部と外層部の色差が0.5以内で均染化されていたが、強撚糸は、いずれも外層部が淡色となり、その他の箇所と比較すると色差で1.5以上の不均染となった。

このときの染色中の流量は、50～100℃の間で30 L/分から33 L/分となり10%の増加が見られた。

表2 通常染色処方でのチーズ染試験結果

糸 種	測定箇所	L *	a *	b *	色 差
O R G 撚 係 数 (88)	芯 部	31.46	+9.65	+6.98	／
	中 層 部	31.48	+9.79	+7.12	0.20
	外 層 部	31.60	+9.68	+7.33	0.38
No. 4 撚 係 数 (194)	芯 部	28.73	+9.35	+6.22	／
	中 層 部	29.17	+9.67	+6.67	0.71
	外 層 部	30.48	+9.77	+6.97	1.95
No. 5 撚 係 数 (221)	芯 部	28.47	+9.21	+6.07	／
	中 層 部	28.81	+9.40	+6.52	0.60
	外 層 部	29.72	+9.76	+7.05	1.68
No. 6 撚 係 数 (247)	芯 部	27.25	+9.06	+5.76	／
	中 層 部	27.55	+9.45	+6.32	0.75
	外 層 部	29.37	+9.61	+7.12	2.58
助 剤	芒硝5.0% 酢酸0.3% 両性イオン活性剤A 1.0%				

2-3-2 不均染の解析

通常の染色処方で、表2の結果のように、なぜ強撚糸になるほど、チーズの外層部が淡色となる不均染状態が発生するか解析するため、染色条件の違い及び糸物性の変化と染色性との関連を調べた。

2-3-2-1 染色助剤及び熱水前処理による均染化

撚数を変えた連結糸を巻き込んだチーズ糸で各種の染色試験を行った結果を総括して表3及び表4に示す。染色試験の結果は、均染剤として両性イオン活性剤を用いた方が非イオン活性剤よりも良かった。しかし、いずれも酢酸の使用量が多い場合は、強撚糸になるほど染め面が悪く、縞・縞状態の染ムラも発生

した。両性イオン活性剤とアニオン系脱気浸透剤の併用で均染性が向上した。これに対して非イオン活性剤では、脱気浸透剤を併用しても、強撚糸の場合には効果が無かった。

均染性を向上させるには、均染剤の種類に関係なく染色の前処理として熱水処理が最も効果的であることが分かった。

図1は、70℃、10分間の熱水前処理をした後、各種染色助剤の組み合わせを変えて染色したときの糸の撚数と原糸との色差の関係を示したものである。なお、この図の色差値は、チーズの中層部の連結糸のものであるが、芯部及び外層部に巻き込んだ連結糸も同様の傾向を示した。熱水前処理は、非イオンと両性イオンの均染効果を比較するため70℃とし

た。この図から、燃係数 194 (試料 NO. 4) までは、色差 0.5 以内で均染するが、それ以上の強燃では不均染となることが分かる。燃係数 221 以上の強燃糸では非イオン活性剤が良い均染結果を示した。これは、後述するように非イオン活性剤 (図 11 及び図 12) が、染色

初期の低温域から染料吸収を促進するためである。また、両性イオン活性剤では、染色温度 70℃ 以下で染液中に残存する染料が多いので (図 9 及び図 10)、表 2 の結果と同様に色差が大きくなる。

表 3 強燃糸の染色特性 (両性イオン活性剤：燃係数221までの評価)

両性イオン活性剤（3種類）の評価：強燃ほど染色結果は悪くなる						
芒硝 5%	酢酸 0.3% 1.0%	脱気浸透剤 非イオン アニオン		前処理10分 70℃ 95℃		染色結果（ちらつき） 均染性 縞・紺斑
○						良 無
○	○					可 無
○		○				不可 僅か
○	○		○			可(強燃ほど黄味) 無
○	○			○		良 無
○			○			不可 僅か
○	○	○		○		可(強燃ほど黄味) 無
○	○		○		○	優 無

原糸は、いずれの助剤の組み合わせでも均染性は優である (○=使用助剤)

表 4 強燃糸の染色特性 (非イオン活性剤：燃係数221までの評価)

非イオン活性剤（２種類）の評価：強燃ほど染色結果は悪くなる								
芒硝 5%	酢酸 0.3% 1.0%		脱気浸透剤 非イオン アニオン		前処理10分 70℃ 90℃		染色結果（ちらつき） 均染性 縞・紺斑	
○							不可	有
○	○						不可	有
○		○					不可	有
○	○		○				不可	有
○	○			○			不可	有
○		○	○				不可	有
○	○		○		○		優～良	無
○	○		○			○	優～良	無
○	○			○		○	優～良	無

原糸は、いずれの助剤の組み合わせでも均染性は優である (○=使用助剤)

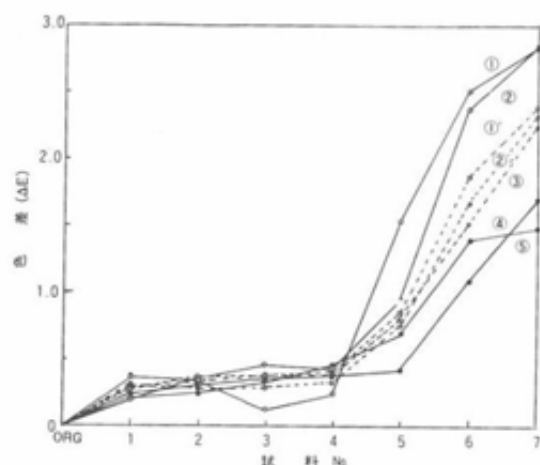


図1 均染剤の違いと均染性との関係

熱水前処理：70℃×10分

試料：梳毛糸 1/40

試料No.	ORG	1	2	3	4	5	6	7
燃係数	88	115	141	168	194	221	247	274

- ①両性イオン活性剤A（アルキルアミンポリグリコールエーテル硫酸）
+ 非イオン脱気浸透剤
- ②両性イオン活性剤B（ウール酸性染料用特殊両性活性剤）
+ 非イオン脱気浸透剤
- ①' 両性イオン活性剤A（アルキルアミンポリグリコールエーテル硫酸）
+ アニオン脱気浸透剤
- ②' 両性イオン活性剤B（ウール酸性染料用特殊両性活性剤）
+ アニオン脱気浸透剤
- ③両性イオン活性剤C（ウール用配合特殊両性活性剤）
+ アニオン脱気浸透剤
- ④非イオン活性剤D（特殊非イオン活性剤）
+ 非イオン脱気浸透剤
- ⑤非イオン活性剤E（特殊非イオン：エチレンオキサイド付加モル数8×2）
+ 非イオン脱気浸透剤

2-3-2-2 均染が得られる限界燃係数について

熱水前処理及び染色条件を変えて、染色したときの燃数と芯部、中層部及び外層部の色差の関係を、図2～5に示した。図2と図3は、熱水前処理及びアニオン系脱気浸透剤の有無で、均染性が改善される効果を強燃糸の燃数変化で示したものである。熱水前処理をしないと強燃になるに従って色差が大きくなることが分かる。これを改善するには、両性イオン活性剤の場合には、95℃の処理が必要である。95℃は、後述するように糸収縮があるときの染料吸収がチーズ染色の不均染の原

因となることを見いだしたので、糸収縮を抑制し、染色への影響が少なくなる染料残液濃度にするための温度である（90%以上の染料吸尽率状態）。今回使用したタイプの両性イオン活性剤Cでは、色差1.0以内にするには、熱水前処理を行っても試料NO. 5（燃係数221）以内の燃数の糸でなければならないことが分かる。

染料溶解性のある非イオン活性剤Dを用いた図4と図5を比べると、両性イオン活性剤の場合（図2と図3）と同様に、熱水前処理及び非イオン系脱気浸透剤で均染性が改善される。このタイプの非イオン活性剤は、後の染色速度計測データで示すように、染色初期の低温域から染料吸収を促進するので、70℃を越える温度ではすでに80%以上の染料吸尽率となる。これは、染色初期から、糸の吸収されやすい部分で染料吸収が著しく進むので、その結果として縞・縞状態の染斑が発生することになる。しかし、このタイプの非イオン活性剤でも、糸収縮を抑制し、染料吸尽率が80%程度となる70℃の熱水前処理を行うと均染化が向上し、試料NO. 4（燃係数194）以内の燃数の糸で色差が1.0以内となり、均染が得られた。

これらの結果は、熱水前処理と脱気浸透剤を併用して、1:2型含金属染料を用いチーズ染色するとき、均染剤として両性イオン活性剤を使用する場合は、燃係数221付近、染料溶解性のある非イオン活性剤を使用する場合は、燃係数194付近に強燃糸の限界燃係数があることを示している。それ以上の燃数の強燃糸では、均染が困難と考えられる。それは、次に示す染色中の糸収縮に起因し、それがチーズ形状での染色性に影響を及ぼすものと考えられるからである。

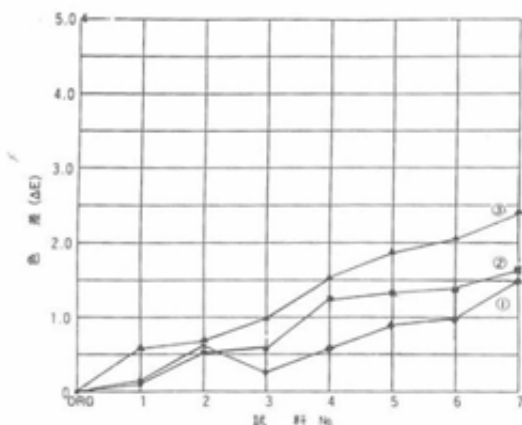


図2 両性イオン活性剤と強撚糸の染色結果

熱水前処理：無し

染色助剤：芒硝5%、酢酸0.3%

両性イオン活性剤C1%

測定部：①芯部 ②中層部 ③外層部
(ORGと各試料との比較結果)

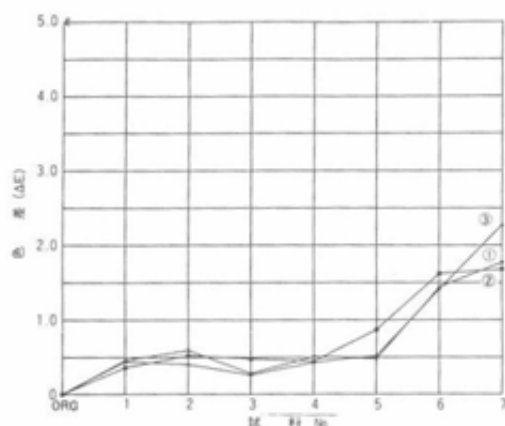


図3 両性イオン活性剤と強撚糸の染色結果

熱水前処理：95℃×10分

染色助剤：芒硝5%、酢酸0.3%

両性イオン活性剤C1%

アニオン系脱気浸透剤0.5g/L

測定部：①芯部 ②中層部 ③外層部
(ORGと各試料との比較結果)

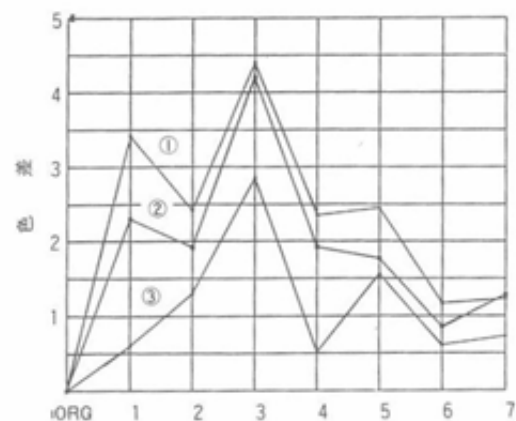


図4 非イオン活性剤と強撚糸の染色結果

熱水前処理：無し

染色助剤：芒硝5%、酢酸0.3%

非イオン活性剤D1%

測定部：①芯部 ②中層部 ③外層部
(ORGと各試料との比較結果)

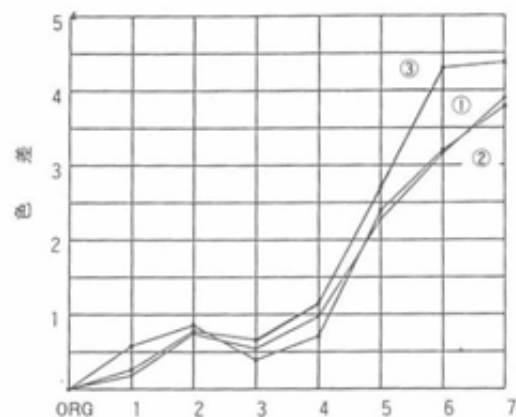


図5 非イオン活性剤と強撚糸の染色結果

熱水前処理：70℃×10分

染色助剤：芒硝5%、酢酸0.3%

非イオン活性剤D1%

非イオン系脱気浸透剤0.5g/L

測定部：①芯部 ②中層部 ③外層部
(ORGと各試料との比較結果)

2-3-2-3 強撚糸の収縮率と不均染色

(1) 湿潤状態での荷重と伸度との関係

糸を湿潤状態にし、荷重と伸度変化との関係を求めた結果を図6に示す。糸一本当たりの荷重20gfまでは、原糸の方が強撚糸より伸び易い。撚係数141(試料NO. 2)を最少に、荷重が増加すると、逆に強撚になるに従って伸度が増加する。初荷重50gfでは、撚係数194(試料NO. 4)の糸までは、原糸よりも伸度が少ないが、それ以上の強撚糸では、極

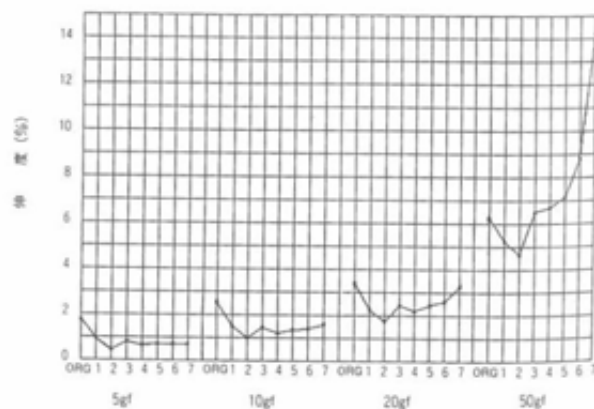


図6 湿潤状態での荷重と伸度との関係

試料：梳毛糸

試料No. ORG 1 2 3 4 5 6 7
撚係数 88 115 141 168 194 221 247 247

端に伸び易くなる。

荷重と伸度変化との関係を図6で見ると、チーズの芯部と最外層部との水圧差が糸伸度に影響を及ぼし、それが強撚になるほど、僅かな変化でも染料浸透性での変化に大きな影響を及ぼすことが推定できる。染色結果では、強撚になるほど外層部が淡くなるので外層部になるに従って染料浸透性が低下することになる。

(2) 未処理糸の糸収縮性

a. 糸形状での収縮性

糸収縮測定装置を用いて染色昇温中の収縮状態を測定した結果を図7に示す。

撹係数 168 までは、95℃ に昇温しても 2% 以内のわずかな収縮率しか示さなかったが、撹係数 194 以上では、昇温とともにかなり大きな糸収縮率を示した。

図2及び図4と図7を対比させると、染ムラと糸収縮との間には関連があることが分かる。強撚になるほど糸収縮が大きくなり、これがチーズ形状ではさらに芯部と外層部での染液流量の違いから糸内部への染料浸透に差を生じさせ、染ムラ発生の原因になると思われる。芯部と外層部での水圧差の関係からでも染色性に差が生じるので、強撚糸では両方の影響で染ムラはさらに助長されるものと考えられる。

b. チーズ形状での収縮性

表5は、チーズ糸の染色前後の巻密度変化を求めたものである。同じワインディング条件で巻いても、糸がクリヤーで細いため、強撚糸になるほど染色前の巻密度が高くなることが分かる。また、表5と図7を比較すると、強撚で糸収縮が大きくなる糸ほど、チーズ染色後の巻密度も増加した。染色前のチーズ糸の巻密度は水に湿潤させない状態で求めたものであるが、湿潤の瞬間に収縮する量（原糸

の14.7%に相当：緩和収縮）を除いても、染色中に原糸よりも4.8%～15.2%の収縮があったことが分かる。これが、表2の通常染色法の不均染結果の原因となったことが分かった。

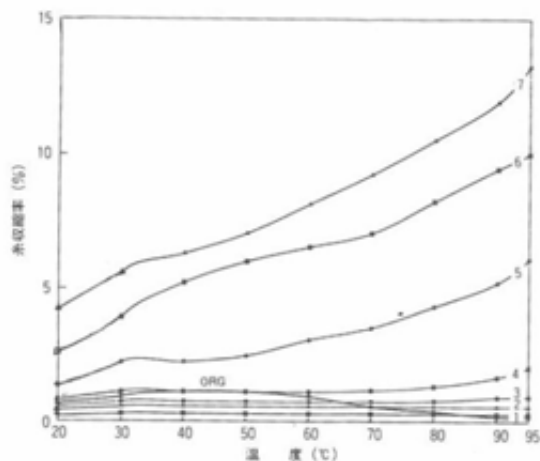


図7 昇温染色溶液中の糸収縮率測定結果

熱水前処理：無し

試料：梳毛糸

試料No. ORG 1 2 3 4 5 6 7

撹係数 88 115 141 168 194 221 247 274

表5 チーズ糸染色前後の巻密度変化

(測定条件：熱水前処理無し、通常染色法)

糸種	染色前巻密度	染色後巻密度	染色後密度差	染色後変化率	ORGとの差
ORG 撹係数 (88)	0.279	0.320	0.041	14.7%	／
No. 4 撹係数 (194)	0.293	0.350	0.057	19.5%	4.8%
No. 5 撹係数 (221)	0.317	0.402	0.085	26.8%	12.1%
No. 6 撹係数 (247)	0.321	0.417	0.096	29.9%	15.2%

(3) 熱水処理後の糸収縮性

熱水処理は、羊毛の緩和収縮を取り除く効果があるので、図8に示すように、熱水処理後の糸収縮は極端に少なくなる。種々撹係数の連結糸（試料 NO. 7 まで）を巻き込んで、チーズ形状にし、95℃ の熱水処理を行って収縮率を測定すると、原糸（撹係数 88）から試料 NO. 3（撹係数 168）までは、収縮しない

が、試料 NO. 5 (撚係数 221) 以上の強撚糸では、やはり昇温とともに収縮した。しかし、収縮率は、熱処理しない場合の 1/4 程度になった。

熱水による前処理を行った後で染色すると、ある撚数範囲内では図 3、図 5 に示したように均染性が良くなる。これは、染色中の糸の寸法安定性が均染性に大きな影響を及ぼすことを示している。すなわち、熱水処理を行っても、染色時の昇温中に糸収縮が僅かでも発生すれば、チーズ形状 (芯部と外層部で円筒側面の面積が著しく異なる) との相乗作用で染ムラが発生することが分かる。

2-4 羊毛強撚糸のチーズ染色法

染色中の糸収縮と染ムラとの関連について解析したこれまでの結果を、実際のチーズ染色に適用し、その染色特性の確認と染色糸の均染性評価を行った。

温度、染液濃度変化、流量、pH 等の染色過程を計測することによって、均染剤の種類と pH を変えたときの通常糸から強撚糸までの染色中の挙動を解析した。染色は、いずれも

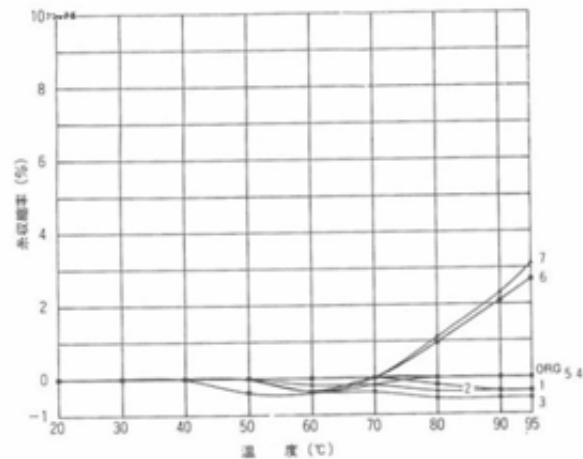


図8 昇温染色溶液中の糸収縮率測定結果

熱水前処理：95℃×10分
試料：梳毛糸 1/40
試料No. ORG 1 2 3 4 5 6 7
撚係数 88 115 141 168 194 221 247 274

熱水前処理を行った後、レーザー光で RGB の染液濃度を計測した結果から染料吸収速度を自動制御する方法で行った。その結果の要約を表 6 に、計測結果を図 9～14 に示した。また、染色糸のチーズ内外層部の色差から、均染性を評価した結果を表 7～9 に示した。予め熱水前処理を行ったために、流量の増加は、染色中の糸収縮が小さいので、いずれの糸種でも 6 % 前後となり、未処理糸よりも少なかった。

表6 染色過程の計測結果

均染剤の種類	両性イオン C	非イオン D	両性イオン C
酸 助 剤	酢 酸 0.3%	酢 酸 0.3%	pH スライド
pH 変 化	5.81→6.25	5.78→6.25	7.2→4.7
染 色 制 御 PTN	指数PTN	直線PTN	指数PTN
最終染料吸尽率	R = 91.2% G = 89.3% B = 90.2%	R = 89.6% G = 86.1% B = 87.2%	R = 96.8% G = 95.1% B = 95.2%
染料濃度 50 % の 温 度 *) 速度最大値	R = 76.5℃*) G = 79.4℃*) B = 76.7℃*)	R = 61.8℃ G = 60.2℃ B = 61.3℃	R = 63.6℃*) G = 66.5℃*) B = 63.8℃*)
最高温度で吸尽率 が平衡となる時間	R = 7 分後 G = 32 分後 B = 31 分後		R = 10 分後 G = 16 分後 B = 16 分後
流 量 増 加 (%)	2 L/分 (6 %)	2 L/分 (6 %)	2 L/分 (6 %)

2-4-1-1 両性イオン活性剤を使用した染色結果

(1) 染色過程の計測結果

両性イオン活性剤 C 1%、酢酸 0.3%を用いた染色過程の計測結果を図 9 と図 10 に示す。図 9 は試料 ORG の通常糸、図 10 は試料 NO. 6 の強撚糸の結果であるが、両図の染液濃度曲線、温度曲線、流量曲線、pH 曲線がほぼ一致していることが分かる。なお、試料 NO. 4 及び試料 NO. 5 の染色特性も図 9、図 10 と同じ結果を示した。均染剤の特性と染液

が弱酸性 (pH 6 前後) であることを考慮して、染色速度の自動制御に指数変速パターンを適用した。50℃ から 100℃ までの昇温時間は 45 分を要し、染色速度が最大である 3.0%/分となる温度は 76~80℃ の範囲にあることが分かる。表 6 に示したように、100℃ (最高温度) で平衡吸尽率に達する時間は、グレーが 7 分後、ボルドーとイエローが 31~32 分後であることが分かった。流量は、昇温とともに増加したが、糸種に関係なく染色時間内に 2 L/分の増加を示した。

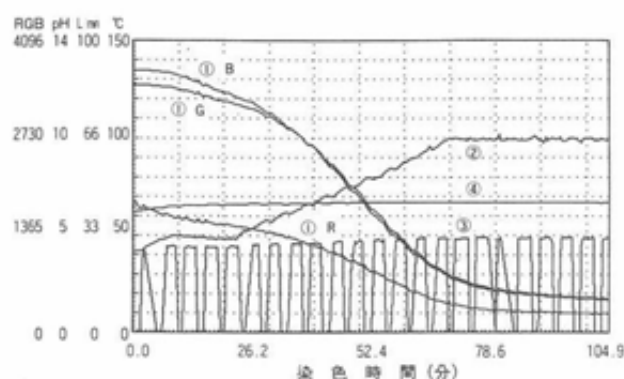


図 9 両性イオン活性剤 C 使用の染色過程計測結果 (原糸)

原 糸：梳毛糸 1/40 (ORG 撚係数 88)
 染色速度制御：指数変速の染液濃度制御パターン
 レーザー計測波長：R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
 計測項目：①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

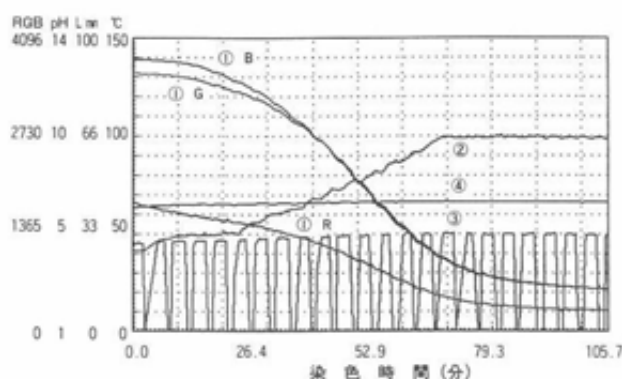


図 10 両性イオン活性剤 C 使用の染色過程計測結果 (強撚糸)

強 撚 糸：梳毛糸 1/40 (No6 撚係数 247)
 染色速度制御：指数変速の染液濃度制御パターン
 レーザー計測波長：R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
 計測項目：①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

表 7 両性イオン活性剤 C でのチーズ染色結果

糸 種	測定箇所	L*	a*	b*	色 差
O R G 撚 係 数 (88)	芯 部	30.81	+9.41	+7.21	／
	中 層 部	30.86	+9.36	+7.07	0.16
	外 層 部	30.80	+9.49	+7.27	0.10
No. 4 撚 係 数 (194)	芯 部	28.15	+9.31	+6.50	／
	中 層 部	28.33	+9.34	+6.52	0.18
	外 層 部	29.53	+9.42	+6.53	0.40
No. 5 撚 係 数 (221)	芯 部	28.32	+9.45	+6.35	／
	中 層 部	28.25	+9.39	+6.29	0.11
	外 層 部	28.70	+9.46	+6.68	0.50
No. 6 撚 係 数 (247)	芯 部	27.80	+9.18	+6.44	／
	中 層 部	27.94	+9.25	+6.57	0.20
	外 層 部	28.69	+9.49	+6.92	1.06
助 剤	芒硝 5.0% 酢酸 0.3% 両性イオン活性剤 C 1.0% アニオン系脱気浸透剤 0.5g/L				
処 理	熱水処理 95℃×10分				

(2) 均染性の評価

表7にチーズ糸の内外層を測色して求めた色差を示す。表2に示した熱水前処理をしない条件の染色結果と比べると、この染色法では、試料 NO. 5 (燃係数 221) まだが、色差を0.5にし、強燃糸に対する均染性が向上した。Lab 値で比較すると、強燃糸ほど、L 値が小さく濃色となる。各チーズの内外層の色差を比べると、いずれのチーズでも外層部になるに従って淡色化 (L 値が大きい) の傾向があるが、試料 NO. 6 (燃係数 247) では、その傾向がさらに強い。原糸 (試料 ORG) では、チーズ糸であっても、優れた均染性が得られていた。

2-4-1-2 染料溶解性のある非イオン活性剤を使用した染色結果

(1) 染色過程の計測結果

図11と図12は、非イオン活性剤Dを用い、弱酸性 (pH 6 前後) で染色した過程の計測結果である。両性イオン活性剤C (図9、図10) と比較すると、これは、弱酸性でも低温域から染料吸収が相当速いことが分かる。このタイプの非イオン活性剤は、染料溶解力があ

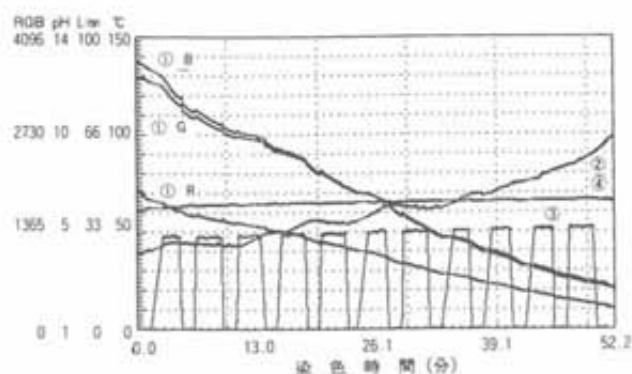


図11 非イオン活性剤D使用の染色過程計測結果 (原糸)

原 糸: 梳毛糸 1/40 (ORG 燃係数 88)
染色速度制御: 速度一定の染液濃度制御パターン
レーザー計測波長: R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
計測項目: ①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

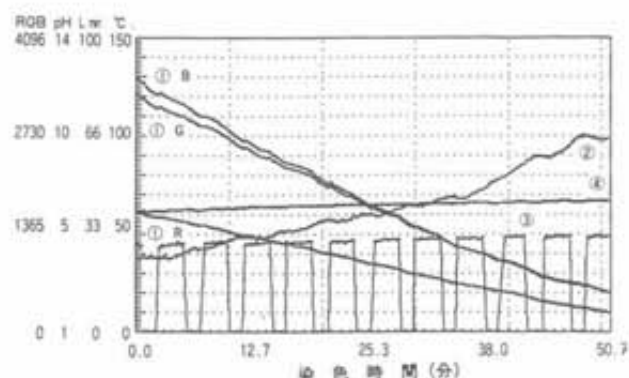


図12 非イオン活性剤D使用の染色過程計測結果 (強燃糸)

強 燃 糸: 梳毛糸 1/40 (No.6 燃係数 247)
染色速度制御: 速度一定の染液濃度制御パターン
レーザー計測波長: R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
計測項目: ①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

表8 非イオン活性剤Dでのチーズ染色結果

糸 種	測定箇所	L*	a*	b*	色 差
O R G 燃 係 数 (88)	芯 部	31.37	+10.59	+7.31	/
	中 層 部	31.88	+10.58	+7.38	0.51
	外 層 部	31.84	+10.41	+7.04	0.57
No. 4 燃 係 数 (194)	芯 部	27.89	+10.25	+6.25	/
	中 層 部	28.07	+10.33	+6.48	0.30
	外 層 部	28.43	+10.52	+6.42	0.63
No. 5 燃 係 数 (221)	芯 部	28.08	+10.24	+6.31	/
	中 層 部	27.89	+10.23	+6.33	0.19
	外 層 部	28.88	+10.60	+6.97	1.10
No. 6 燃 係 数 (247)	芯 部	27.12	+10.07	+6.28	/
	中 層 部	27.24	+10.27	+6.32	0.24
	外 層 部	28.42	+10.59	+7.01	1.58
助 剤	芒硝 5.0% 酢酸 0.3% 非イオン活性剤D 1.0% 非イオン系脱気浸透剤 0.5g/L				
処 理	熱水前処理 70℃×10分				

るので、染色中一定の速度(2.0~2.5%/分)で染料が吸収するように染色速度制御を行った。40℃から100℃まで昇温時間は、40分であった。61℃前後で染料の50%が吸収され、70℃で80%以上の染料が吸収された。染色特性は、強撚糸の撚係数が違っても、ほぼ同じであった。流量は、糸種に関係なく染色時間内に2L/分の増加を示した。

(2) 均染性の評価

表8に示すように、チーズの内外層の色差を見ると、試料NO. 4(撚係数194)までは、ほぼ均染している。このタイプの均染剤も、熱水前処理温度を95℃にすると、もう少し強撚まで均染が得られる。

このタイプの非イオン活性剤は、40℃の低温から染料吸収速度を速くするので、両性イオン活性剤より均染性が悪く、原糸のチーズの内外層色差で0.57である。Lab値をみると、いずれも外層部が淡色となっている。

2-4-1-3 pHスライド法の染色結果

(1) 染色過程の計測結果

以前の研究で、pHスライド法が羊毛染色の均染化に有効であることを見いだしている

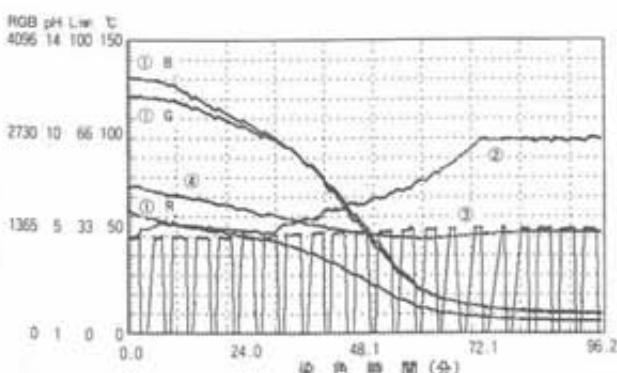


図13 pHスライド+両性イオン活性剤C使用の染色過程計測結果(原糸)

原糸: 梳毛糸 1/40 (ORG 撚係数 88)
染色速度制御: 指数変速の染液濃度制御パターン
レーザー計測波長: R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
計測項目: ①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

した。図13は原糸、図14は試料NO. 6の強撚糸の染色過程の計測結果である。酢酸の連続注入によって、pHが7.2から徐々に低下して行くので染液温度50℃前後でも染料吸収が進み、染色開始から約25分間は、この温度のままである。その後、pH6前後から昇温が始まり、100℃まで50分要している。pHの影響で、染色速度が最大となる温度は、グレーとイエローが63℃、ボルドーが66℃を越える時点となった。pHが最終的に4.7となるので、最高温度での染料吸尽率が良く、いずれの染料も95%以上あり、吸尽平衡時間もグレーで10分後、その他の染料で16分後となった。流量は、糸種に関係なく染色時間内に2L/分の増加を示した。

(2) 均染性の評価

強撚糸のチーズ染色で均染性の良い両性イオン活性剤Cを用いて、染色初期の染め足を抑えかつ最終吸尽率を高くするpHスライド法を適用した。試験結果から、原糸では均染したが、強撚糸になるほど外層部が淡くなり、すでに試料NO. 4(撚係数194)でも不均染の傾向が見られた。

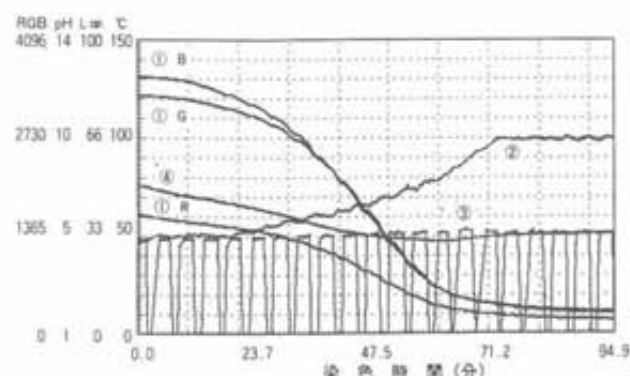


図14 pHスライド+両性イオン活性剤C使用の染色過程計測結果(強撚糸)

強撚糸: 梳毛糸 1/40 (No6 撚係数 247)
染色速度制御: 指数変速の染液濃度制御パターン
レーザー計測波長: R(632.8nm) G(512.4nm) B(488.1nm)
計測項目: ①染液濃度RGB ②温度 ③流量 ④pH

表2の通常染色法とこの結果とを比較すると、通常法では芯から外層部にかけて徐々に淡くなるが、このpHスライド法では、特に外層部のみが一段と淡くなった。通常糸と強撚糸を比較した場合、pHが一定でかつ弱酸性の処方では均染性が得られるので、不均染の原因はpHスライドが昇温中の強撚糸の収縮を助長し、さらに内外層での糸収縮の僅かな差が染料吸収の差の原因になったものと考え

られる。

これらの計測結果で重要なことは、染色温度と流量変化の関係である。羊毛に限ってではあるが、流量変化は糸の撚数には関係ないことである。むしろ、流量は、熱水前処理の有無での変化のほうが大きく影響し、未処理では染色中に10%の変化があったのに対して、処理後には6%の変化があったことである。

表9 pHスライド法でのチーズ染色結果

糸 種	測定箇所	L*	a*	b*	色 差
O R G 撚 係 数 (88)	芯 部	30.42	+9.89	+6.91	／
	中 層 部	30.58	+10.00	+6.75	0.25
	外 層 部	30.84	+10.01	+6.73	0.47
No. 4 撚 係 数 (194)	芯 部	27.67	+9.74	+6.27	／
	中 層 部	27.86	+9.81	+6.25	0.20
	外 層 部	28.60	+9.51	+6.40	0.94
No. 5 撚 係 数 (221)	芯 部	26.73	+9.42	+6.05	／
	中 層 部	27.11	+9.46	+6.12	0.39
	外 層 部	28.28	+9.83	+6.41	1.64
No. 6 撚 係 数 (247)	芯 部	26.20	+9.42	+5.84	／
	中 層 部	26.31	+9.53	+5.93	0.18
	外 層 部	28.02	+10.05	+6.43	2.01
助 剤	芒硝 5.0% pHスライド (pH7.2→4.7)				
処 理	両性イオン活性剤C 1.0%				
	アニオン系脱気浸透剤 0.5g/L				
	熱水前処理 95℃×10分				

3. おわりに

この研究は、尾州地域のチーズ染色工場の抱える諸問題の中で、染ムラ原因が明確にされず残されていた解決課題の一つである。今回の研究で、羊毛強撚チーズ糸の均染化について、まだ十分ではないがある程度のキーポイントはつかむことはできたと思われる。

羊毛強撚糸は、染色中にpH等の助剤条件の違いで膨潤性と伸縮性が変化し、さらにこの変化の様相は撚数が影響して複雑になり、それが染料の吸収性に大きな影響を与えることが分かった。染色機の性能あるいは染色処方の違いによって均染可能な限界撚係数は多

少異なるものと思われるが、基本的には染液の昇温中に糸収縮が発生してチーズの内外層で染料浸透が阻害されないようにすることで均染が得られる。それには、1:2型含金属染料では、チーズ形状の糸の緩和収縮の除去とセットによって収縮の不均一性を解消する熱水前処理を行い、ついで染料を糸内部まで浸透させる助剤の使用と低pHを避け、さらに染色終了時点での酸や染料の追加をしない染色法が望ましいと考えられる。

最後に、この研究に当たり、助言いただきました染工場並びに助剤メーカーに感謝します。

参考文献

- 1) 堀田,森:テキスタイル&ファッション,4(1987)404
- 2) 堀田,森:テキスタイル&ファッション,5(1988)252
- 3) 堀田,森:テキスタイル&ファッション,6(1989)373
- 4) 堀田,森ほか:平成元年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「繊維製品の高機能化に関する研究」(1990)
- 5) 堀田ほか:テキスタイル&ファッション,7(1991)509
- 6) 堀田:テキスタイル&ファッション,8(1992)391
- 7) 堀田:テキスタイル&ファッション,9(1993)542