

複合素材の染色に関する研究

—羊毛/綿混紡品の染色技術に関する研究—

齊藤秀夫、片岡千乃

要旨

天然繊維の組合せである羊毛/綿素材の染色法について検討した。その結果、前処理の方法としては、綿を酵素精練し、酵素の失活を過酸化水素で漂白をかねて行う方法が、精練効果と白度の向上が同時に得られ、羊毛の損傷が少ない優れた方法であることが分った。また、染色方法としては、反応染料でまず綿を染色し、pHを調整し羊毛を染色する方式を検討した。その結果、ほぼ同色に染色され、染料の有効利用が図られるとともに、時間短縮も可能であることが分った。また、染色後の防縮加工（羊毛用樹脂による加工）は、染色堅牢度を向上させる点で良いことが分った。

1. はじめに

複合素材に対する消費者ニーズは最近高まりを見せている。その中で、天然繊維の組合せである羊毛/綿素材は注目を集めている。この素材は、表1に示す特徴を持ち、カジュアル化が進む中で大いに期待されている素材の一つである。ところが、羊毛と綿は化学的性質が異なる（綿はアルカリに強いが酸には弱い、羊毛はその逆）ため、その混紡品は染色が最も困難な複合素材の一つと言われている。特に、綿サイドの前処理、未防縮（防縮）羊毛/綿に対する同色染色加工技術等は未だ

完全に確立されていない。前処理については、綿繊維の精練（漂白）が必要であり、表2に含まれる不純物が表面に存在するため、染料がその部分に表面染着し、湿潤、摩擦等の堅牢度が低下することはよく知られている。それを防ぐには、綿繊維の精練処理（アルカリ領域で行う）が不可欠である。しかし、この条件では、アルカリによる羊毛へのダメージが問題である。現在実用化されている羊毛/綿素材は、繊維長の長い羊毛繊維を切断し、あらかじめ原綿の状態での精練、漂白した綿を

表1 羊毛、綿繊維の特性

特 性	羊毛(W)	綿(C)
肌触りが良い	○(20μ以下)	○
保温力が良い	○	×
吸湿性が良い	○	○
耐洗濯性が良い	×	○
吸汗性が良い	○	○
防シワ性が良い	○	×
防縮性が良い	×	○

表2 綿繊維に含まれる不純物

不純物名	性 質	含有量(%)
ベクチン質	水に不溶、苛性ソーダ煮沸に溶解	0.6~1.1
ロウ質	アルカリ煮沸で溶解、界面活性剤で乳化分散	0.4~0.9
蛋白質	苛性ソーダ煮沸に溶解	1.0~1.8
灰分	酸処理で溶解	0.6~1.5
色素	酸化分解	微量
夾雑物	葉、果皮の破片、種殻、切断された種子他 精練等の前処理で除去	微量

表3 各種染色方法

染法	染料	染料名	特徴・問題点
一浴	反応/酸性 反応/含金	カヤセロン リアクト/酸性 カヤセロン リアクト/含金 (2.5時間)	染色の合理化(工程・時間短縮、コストの低減) 淡～中色で、堅牢度・色相(鮮明さ)がいい 中性染色→pH調整必要、羊毛の風合いを損なわない 芒硝の分割添加→酸性染料の塩析
	直接/酸性	スマライト/スミノール (3.0時間)	高堅牢度の高級直接染料、綿汚染の少ない酸性染料 羊毛用汚染防止剤の選択
	直接/含金	カヤセロン C/酸性・含金 カヤラス/酸性・含金 (2.0時間)	pH調整(pH6～7)→直接染料の羊毛汚染防止 羊毛汚染防止剤の添加必要(サンレジストNR-100L) 綿汚染の少ない酸性染料の選択
	反応のみ	レバフィックス リアラン (2.0時間)	アルカリ選択 アルカリ処理→羊毛の湿潤堅牢度の向上 綿サイドを濃く染色するブルーの染料の選択
二浴	反応/酸性	レバフィックス/酸性 (2.0時間)	酸浴で、安定な反応染料の選択 アルカリ染色温度は40～50℃
	反応/含金	スミフィックス スプラ/スミノール (5.0時間)	鮮やかな色相の染色物が可能 均染性、再現性が良好 綿が濃く染まる染料、綿汚染をしない染料の選択
	反応のみ (綿、毛用)	スミフィックス スプラ (6.0時間)	堅牢度が優れる 均染性がよく、色合せが容易

混紡して糸を作るなどの方法が行われているようであるが、これでは手間がかかりコストアップになってしまう。後工程で精練(漂白)する方法が望まれている。また、染色も表3に示すとおり、どの染色方法も一長一短があることが分かる。もっと、簡単で、堅牢度のよい染色方法が求められている。

そこで、本研究では、綿にとっても羊毛にとっても損傷の少ない前処理方法について検討し、新規開発反応染料等を適用し、省資源で染色時間も短かく(一浴)、同色性、堅牢度に優れた羊毛/綿混紡品の染色技術の確立を図るのを目的として試験を行った。

2. 実験方法

2.1 試料

次のような糸及びそれを使用し製織した布を用いて実験を行った。

糸…4種類

- 綿糸 20/1 (コマ糸)
- 羊毛糸 2/60 (未防縮羊毛=未処理羊毛)

羊毛糸 2/60 (防縮羊毛=クロイハーコ糸)

綿/羊毛混紡糸

30/1 (混紡率=55%/45%
(綿/未防縮羊毛))

交織布(上記の糸を使用して以下の3種類を製織、混用率は、No.1,2については、綿/羊毛=50%/50%、No.3については、双糸とし、もとの糸と同じ混用率とした。)

No.1

- 経 未防縮羊毛糸 2/60
- 緯 綿コマ糸 20/1

No.2

- 経 防縮羊毛糸(クロイハーコ糸) 2/60
- 緯 綿コマ糸 20/1

No.3

- 経 綿/羊毛混紡糸(綿/未防縮羊毛=55/45) 30/2
- 緯 綿/羊毛混紡糸(綿/未防縮羊毛=55/45) 30/2

2. 2 前処理の検討

まず、綿単独で前処理（精練・漂白）を行い、この結果をもとに羊毛糸／綿糸の前処理を行った。綿単独の前処理＝精練については、アルカリ精練、酵素精練の2つについて実験を行った。また、鮮明な染色を行う場合漂白が必要なので、過酸化水素を使用した漂白試験も行った。試験のフローを図1-1, 2, 3に、昇温プログラムを図2に示す。使用機械は、ミニカラー（テクサム技研製）を用いた。前処理の評価については、2. 5に示した白度（綿かす除去）、黄変度（YI）、強度で評価した。

使用薬剤

- ・アルカリ…NaOH、Na₂CO₃、NaHCO₃
- ・バッファ…カヤク バッファ P-7
(日本化薬(株)製)
- ・pHスライド剤…サンドアシッドVSリキッド (サンド(株)製)
- ・酵素…ペクチナーゼ TL (ペクチン分解酵素、天野製薬(株)製)
- ・漂白剤…過酸化水素 (35%)
- ・過酸化水素安定剤…Na₂SiO₃、ネオレート PLC 7000 (ポリ- α -ヒドロキシアクリル酸、日華化学(株)製)
- ・浸透剤…非イオン界面活性剤 (センカノールDM、日本染化(株)製)
- ・金属封鎖剤…Na₃P₃O₁₀ (トリポリ)

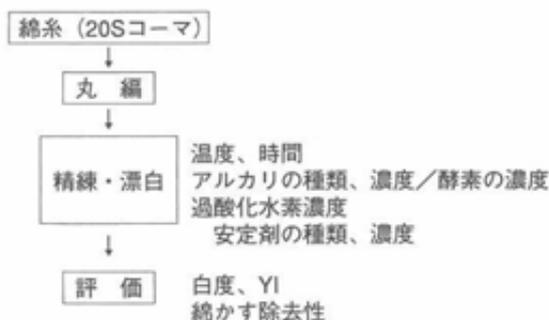


図1-1 綿サイドの精練（漂白）条件の検討フロー

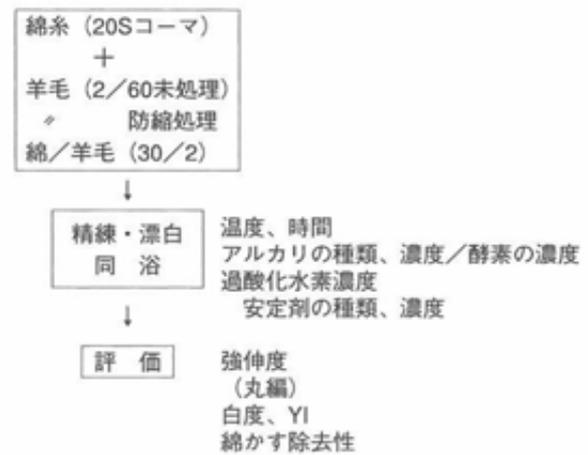


図1-2 綿／羊毛の精練（漂白）条件の検討フロー

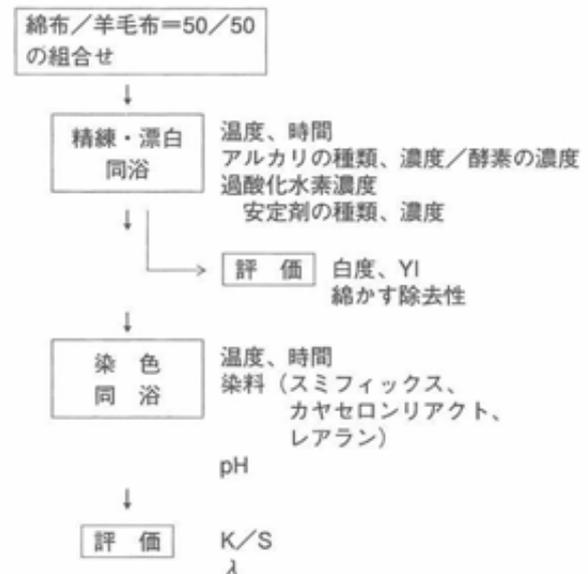
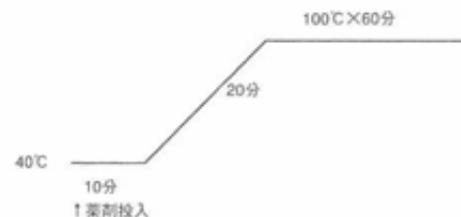


図1-3 綿／羊毛の精練（漂白）条件の染色性への影響の検討フロー

・綿の精練漂白（標準処方）



・酵素精練一失活（漂白）

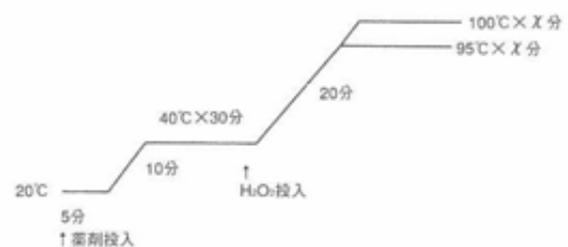


図2 前処理の昇温プログラム

2.3 染色性の検討（前処理との関係）

糸の前処理結果で、綿の白度等が優れ、羊毛の損傷が少ない条件を調べた。それをもとに、交織布（混紡布）の前処理を行い、染色性への影響を検討した。

使用反応染料は、スキッター（チラツキ）染色になりやすいことが指摘されているが、湿潤堅牢度、色相の鮮明さ等の観点から、以下の3種類の反応染料の3原色を中心に選択し、単独あるいは配合して染色した。使用機械は、ミニカラー（テクサム技研製）を用いた。染色工程を図3-1, 2に示す。浴比は1:20、芒硝50g/lと一定とし、アルカリ使用量は変化させ、60分間染色を行った。染色後は、湯洗いを十分行なった後、非イオン活性剤2g/lで95℃×15分ソーピング、水洗を行い染色試料を作成した。pHスライド方式については、酢酸（濃度50%）でpHを調整後、所定の時間染色し、同様の操作を行い染色試料を得た。始めはアルカリ性を示し、加熱することによって酸性に変化するpHスライド剤についても染色試験を行った。

綿用反応染料

カヤセロンリアクト（日本化薬(株)製）

異種二官能基（トリアジン系）

Yellow CN-ML, CM-603

Red CN-3B, CN-603

Blue CN-MG

Newro-react CN-W（関染料製）

スミフィックススプラ（住友化学(株)製）

異種二官能基

Yellow 3RF 150% gran.

Brill. Red 3BF 150% gran.

Blue BRF 150% gran.

Navy Blue BF

羊毛用反応染料

レアラン（ダイスター(株)製）

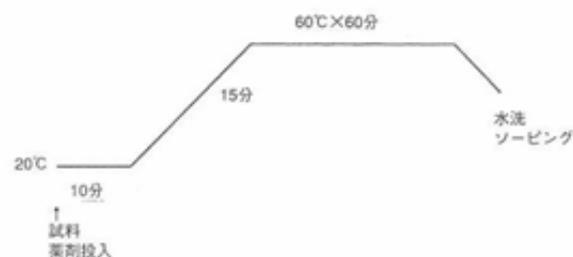
異種二官能基（フルオロクロロピリミジン系）

G. Yellow RC GRAN.

Red RC GRAN.

Blue RC GRAN.

・スミフィックス スプラ 塗料



・カヤセロンリアクト、レアラン塗料

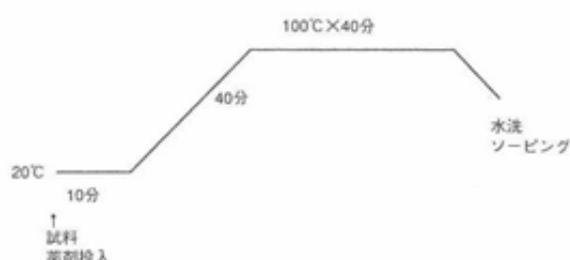


図3-1 染色工程の昇温プログラム

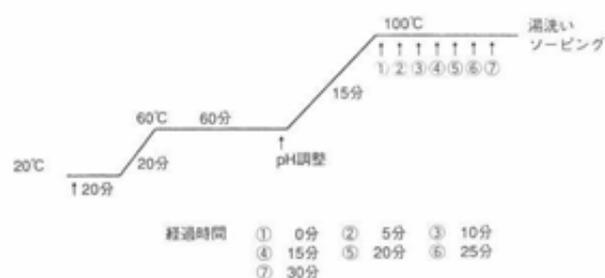


図3-2 pHスライド染色工程

2.4 樹脂加工工程

染色後の試験布について、羊毛の防縮樹脂加工と同様の樹脂加工を行った。

・樹脂液組成

シンプレット BAP(50%)¹⁾ 55 g/l

ペイレットDLV(40%)²⁾ 55 g/l

エルカントール AS-T³⁾ 1 g/l

炭酸水素ナトリウム 3 g/l

水 886 g

合計 1000 g

1), 2) : ウレタン樹脂 (Bayer社製)

3) 湿潤浸透剤 (Bayer社製)

・加工工程

樹脂付与 → 予備乾燥 → キュアリング
絞り率 70% 100℃×3分 150℃×1分
→ 洗 浄 → 乾 燥
70℃×5分×2回 100℃×3分

2. 5 評価試験方法

測色は、COLOR-7 (倉敷紡績(株)製) を使用し、下記の値を求めた。

白度	JIS L 1015 7.13 (3) C 法 (ハンターの方式)
黄色度 (YI)	JIS L 1081 5.14 D法 (黄 変指数法)
Lab	JIS Z 8729
色差	JIS Z 8730
染色濃度(K/S)	Kubelka-Munkの式より 計算 $K/S = (1-R)^2 / 2R$ R: 最大吸収波長での 反射率

強伸度は、ウースター強伸度試験機 (ツェルベガーウースター社製) を用いた。

JIS L 1095

染色堅牢度、次の方法で行った。

耐光	JIS L 0842 第三露光法 カーボン アーク 20時間
洗濯	JIS L 0844 B1法
汗	JIS L 0848 酸性、アル カリ性
摩擦	JIS L 08498 II形、乾、湿

3. 結果と考察

3. 1綿サイドの精練 (漂白) 条件の検討

(1) 綿サイドの前処理 (表4~7)

羊毛/綿混紡品の染色にあたっては、綿の染色堅牢度や薬剤浸透性の面から、綿繊維の精練 (必要に応じて漂白) が必要である。ペクチン等の不純物は染色堅牢度 (特に湿潤堅牢度) を低下させることはよく知られている。また、鮮明な色相を得るには、漂白によって白度を向上させるとともに葉かすや実かす、いわゆる綿かすの除去が必要である。

そこで、まず綿糸のみで、アルカリの種類とその濃度、過酸化水素、安定剤等が白度、黄変度 (YI)、綿かす除去性等に与える影響について試験を行った。その結果を、表4~7に示す。アルカリ単独では、白度、綿かす除去性はあまり向上しないが、過酸化水素の添加によって向上する。過酸化水素漂白の際に、天然色素の酸化を促進し、アルカリ液中でのセルロース繊維の解重合を減少するため過酸化水素の安定剤が使用される。今回は、ケイ酸ナトリウムと非ケイ酸ナトリウムの二種類の安定剤を試験した。ケイ酸ナトリウムが白度、YI、綿かす除去性の点からは、優れているという結果が得られた。ケイ酸ナトリウムは、シリカスケールの沈着、風合いの硬化等が指摘されているが、ここでは検討しなかったが、注意が必要であろう。過酸化水素濃度依存性は10cc/l を越えてもそれ以上白度は向上しない。また、強度について、後で述べる綿糸と羊毛糸を同浴で処理した試験結果より、各種条件 (アルカリ濃度及び種類、過酸化水素濃度) にはあまり影響を受けないことがわかる。

実験の結果から、薬剤の組合せとしては、強アルカリ (NaOH > Na₂CO₃ > NaHCO₃) + 過酸化水素 + ケイ酸ナトリウムの処方が一番優れている。また、温度は、高い程よい結果が得られるが、時間は、温度ほど与える影響

表4 標準処理及び過酸化水素、安定剤の影響（綿）

		標準処理とH ₂ O ₂ 依存性		100℃×60min			
試料NO.		0	1	2	3	4	5
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	7	7	15	20	25	0
	NaOH (g/ℓ)	1	1	1	1	1	1
	Na ₂ SiO ₃ (g/ℓ)	なし	1	1	1	1	1
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1	1	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
初期pH		10.6	11.1	10.8	10.6	10.4	10.4
最終pH		10.9	10.8	10.4	10.3	10.2	10.1
白度		91.0	91.9	92.2	92.4	92.5	92.2
YI		8.9	6.2	6.9	6.1	6.0	6.1
綿かす量 (個)		1	1	0	0	0	0
							原 布
							77.8
							44.1
							113

		安定剤依存性		100℃×40min	
試料NO.		1	2	3	4
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10
	Na ₂ SiO ₃ (g/ℓ)	0.1	0.5	1	2
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0.2
初期pH		9.5	10.0	10.2	10.5
最終pH		6.9	7.9	8.8	9.9
白度		89.2	89.5	90.4	90.9
YI		15.3	13.6	12.8	11.0
綿かす量 (個)		34	20	11	2

表5 処理温度による影響（綿）

		温度依存性		80℃	
試料NO.		1	2	3	4
処理時間 (分)		20	40	60	80
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10
	Na ₂ SiO ₃ (g/ℓ)	0.5	0.5	0.5	0.5
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0.2
初期pH		9.6	9.6	9.6	9.6
最終pH		8.4	8.4	8.2	8.0
白度		87.0	87.6	88.2	88.5
YI		21.7	20.2	19.1	17.5
綿かす量 (個)		30	31	28	25

		温度依存性		60℃		
試料NO.		1	2	3	4	5
処理時間 (分)		20	40	60	80	100
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10	10
	Na ₂ SiO ₃ (g/ℓ)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
初期pH		9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
最終pH		8.7	8.7	8.4	8.5	8.5
白度		85.0	85.6	86.1	86.4	87.0
YI		26.6	25.8	23.8	23.7	21.3
綿かす量 (個)		75	67	62	55	36

表6 過酸化水素による影響（ネオレート）（綿）

		H ₂ O ₂ 依存性		100℃×60分		
試料NO.		1	2	3	4	5
薬	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	7	15	20	25	30
	ネオレート (G/ℓ)	2	2	2	2	2
剤	NaHCO ₃ (g/ℓ)	1	1	1	1	1
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1	1
初期pH		8.5	8.6	8.4	8.3	8.3
最終pH		7.7	7.3	7.5	7.2	7.2
白度		89.1	89.7	90.4	91.1	91.2
YI		16.7	14.6	12.3	10.0	9.4
綿かす量 (個)		28	28	13	5	3

		温度依存性		80℃		
試料NO.		1	2	3	4	5
処理時間 (分)		20	40	60	80	100
薬	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10	10
	ネオレート (g/ℓ)	2	2	2	2	2
剤	NaHCO ₃ (g/ℓ)	1	1	1	1	1
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1	1
初期pH		8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
最終pH		7.9	7.8	7.7	7.6	7.6
白度		85.3	86.3	86.8	87.7	87.4
YI		26.5	24.5	23.3	20.8	21.9
綿かす量 (個)		80	48	46	32	38

表7 酵素濃度の影響（綿）

		酵素依存性→		失活 95℃×15分			
試料NO.		1	2	3	4	5	6
薬	酵素 (o.w.f.)	0.1	0.2	0.5	1	1.5	2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
剤	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	1	1	1	1	1	1
	センカノール (g/ℓ)	10	10	10	10	10	10
初期pH		8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
白度		86.8	86.8	86.6	86.7	86.7	86.5
YI		20.4	22.0	22.2	22.3	21.7	22.0
綿かす量 (個)		25	20	19	15	16	16

は小さいことが分かった。

アルカリの他に酵素（ペクチナーゼ）による精練も行った。綿に含まれる不純物で、不純物が主として存在する一次壁の接着剂的な役割を果たしているペクチンは多糖類で、水溶性でなく、NaOHや酸によって分解され水溶性となる。酵素（ペクチナーゼ）でペクチ

ンを除去すれば不純物が除去できると言われており、「バイオ精練」と呼ばれている。この方法を採用すれば、アルカリ精練よりも前処理時のpHを下げるができるため、羊毛へのダメージを少なくできると予想されるので、各種の条件について検討した。

実験結果より酵素単独では、使用量を増し

でも、白度（黄変度）の向上、綿かす除去はできなかった。酵素の失活は、90℃以上で15分以上加熱することによって行うので、この時過酸化水素を添加することによって白度も向上することが予想される。そこで、失活温度を95、100℃、処理時間と過酸化水素濃度を2水準、過酸化水素安定剤について3つの場合変化させ実験を行った。その実験結果の1つを表7に示す。これより、白度は原糸より向上していることが分かる。しかし、失活温度100℃では、過酸化水素の濃度を増しても、それほど白度は向上せず、羊毛に適用すれば、温度による黄変の方が大きくなることが予想される。まとめると、標準処方と比較して、白度が綿サイド90→86に低下、綿かす除去性

が若干劣るが、実用レベルではきれいになっており、問題ないものと考えられる。過酸化水素の安定剤については、ケイ酸ナトリウムが優れていることが分かった。

(2) 羊毛サイドの綿の前処理条件による影響

綿サイドの前処理結果をもとに、綿糸と羊毛糸を種々の条件で同浴で処理し、羊毛のアルカリによる強度低下、黄変を最小限にするための条件を検討した。その結果を、表8～12に示す。これより、アルカリ濃度、温度が高くなるに従って、綿サイドはほとんど変化はないものの、羊毛サイドは強力の低下、黄変がひどくなり、これらの条件は不適當であることが分かった（表8, 9）。

表8 アルカリによる影響（羊毛）

アルカリ濃度依存性 100℃×40分

試料NO.	1	2	3	4	5	
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	7	7	7	0	0
	NaOH (g/ℓ)	0	0	0	0	0
	Na ₂ CO ₃ (g/ℓ)	0	0.1	0.2	0	0
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	0	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0	0
初期pH	8.5	11.0	11.2	8.2	8.2	
最終pH	5.6	6.4	6.6	7.2	7.2	原糸
白度	76.8	75.7	71.3	72.1	72.8	76.2
YI	44.1	49.6	60.0	49.6	49.3	47.2
強度 (g)	224	234	189	232	225	280
伸度 (%)	22.6	24.8	14.8	18.4	16.1	25.4

表9 安定剤の影響（羊毛）

安定剤依存性 (ケイ酸依存性) 100℃×40分

試料NO.	1	2	3	4	
薬 劑	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10
	Na ₂ SiO ₃ (g/ℓ)	0.1	0.5	1	2
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1
	トリポリ (g/ℓ)	0.2	0.2	0.2	0.2
最終pH	5.9	6.2	6.7	7.5	
白度	75.0	74.9	75.1	75.9	
YI	47.1	49.3	49.0	48.5	
強度 (g)	276	271	277	275	
伸度 (%)	24.0	23.8	23.0	24.5	

次に、綿サイドの精練処理は酵素により、酵素の失活は過酸化水素によって行う方法を羊毛／綿が適用できないか検討した。この方法では、酵素の失活時に添加される過酸化水素により、綿サイド、羊毛サイドの白度を向上し、羊毛に与える損傷（強度低下）が少ないことが分かった。これは、過酸化水素が弱酸として作用し、溶液のpHを酸性サイドに移動させるため、pHがアルカリ性から酸性へ羊毛にとって有利に働くことと高温にさらされる時間が短いことによるものと考えられ、脆化が進まないものと考えられる（表10、11、12）。

以後の染色については、前処理として「酵素精練+過酸化水素による失活」を行い、以下の条件を標準にして実験を行った。

- 羊毛をあまり損傷させないような処理条件
- 綿のペクチンを分解する酵素で処理し、過酸化水素で酵素を失活させると同時に綿及び羊毛を漂白する。
- 酵素処理 2% o.w.f. × 40℃、30分
(pH=8-9に炭酸水素ナトリウムで調整)
- 失活処理 過酸化水素 10cc/ℓ、95℃×15分

表10 酵素濃度の影響（羊毛）

酵素依存性→ 失活 95℃×15分

試料NO.	1	2	3	4	5	6	
薬 劑	酵素 (o.w.f.)	0.1	0.2	0.5	1	1.5	2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	センカノール (o.w.f.)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
初期pH	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	
最終pH	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	
白度	74.1	73.7	74.1	74.1	73.7	73.3	
YI	43.8	44.5	44.9	44.5	42.7	44.6	
強度 (g)	248	277	273	261	253	257	
伸度 (%)	14.8	18.0	19.5	15.4	13.3	19.3	

表11 素材別処理結果（混紡糸、クロイ処理糸）

失活 95℃×15分
混紡糸 混紡糸 混紡糸 クロイ+ クロイ+ クロイ+

試料NO.	1	2	3	4	5	6			
薬 劑	酵素 (o.w.f.)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
	センカノール (g/ℓ)	1	1	1	1	1	1		
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10	10	10	10		
	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃ 1g/ℓ	ネオレート 2g/ℓ	なし	Na ₂ SiO ₃ 1g/ℓ	ネオレート 2g/ℓ		
初期pH	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	原糸		
最終pH	6.2	7.4	6.6	8.4	7.7	6.7	混紡糸	クロイ	
白度	70.8	73.9	70.4	78.2	78.4	78.8	65.1	76.8	
YI	56.6	53.3	56.2	43.2	43.6	41.9	62.4	41.6	
強度 (g)	249	261	266	287	283	284	252	286	
伸度 (%)	24.6	28.6	28.6	35.7	34.4	34.6	26.4	34.1	

表12 処理条件による影響 (羊毛)

羊毛、綿糸と同浴
酵素処理+失活処理

失活 100℃×15分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	20	20	20
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.5	8.5	8.5	
最終pH	5.8	7.1	6.0	
白度	77.3	78.9	78.6	
YI	43.9	42.4	41.9	
強度(g)	255	258	260	
伸度(%)	26.6	27.7	25.8	

失活 95℃×15分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	20	20	20
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.5	8.5	8.5	
最終pH	5.9	7.3	6.2	
白度	77.6	79.6	79.2	
YI	39.0	38.5	39.3	
強度(g)	266	274	262	
伸度(%)	29.8	29.2	27.2	

失活 100℃×15分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.5	8.5	8.4	
最終pH	6.1	6.8	7.0	
白度	76.8	77.6	75.7	
YI	46.8	46.1	45.1	
強度(g)	262	259	226	
伸度(%)	28.2	28.5	17.8	

失活 100℃×30分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.3	8.4	8.4	
最終pH	5.4	6.3	5.6	
白度	74.6	76.0	76.7	
YI	51.6	50.5	47.4	
強度(g)	236	246	247	
伸度(%)	25.6	26.8	25.8	

失活 95℃×15分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.3	8.4	8.4	
最終pH	6.3	6.6	8.3	
白度	77.8	78.3	78.4	
YI	41.9	41.2	43.0	
強度(g)	249	261	266	
伸度(%)	24.6	28.8	28.6	

失活 95℃×30分

試料NO.	1	2	3	
薬	酵素(o.w.f.)	0.2	0.2	0.2
	NaHCO ₃ (o.w.f.)	0.3	0.3	0.3
	センカノール(g/ℓ)	1	1	1
	H ₂ O ₂ (cc/ℓ)	10	10	10
剤	安定剤	なし	Na ₂ SiO ₃	ネオレート
			1g/ℓ	2g/ℓ
初期pH	8.3	8.4	8.4	
最終pH	5.9	7.4	6.1	
白度	77.7	78.2	78.3	
YI	43.9	43.7	42.2	
強度(g)	245	257	261	
伸度(%)	26.2	26.6	26.3	

(3) 染料、染色法の検討

異なった二つの官能基を持つ三種類の反応染料、レアラン（羊毛用）、スミフックススプラ、カヤセロンリアクト（何れも綿用）の3原色を選び染色試験を行った。

1) 前処理条件と染色性（表13～18）

三種類の反応染料について共通に言えることは以下の通りである。前処理条件と染色性については、綿がほとんど失活条件に影響されないのに対して、未防縮羊毛は失活条件が強いほど表面染着濃度 K/S は大きくなった（防縮羊毛の場合は、すでに防縮処理により易染になっているので前処理による染色性の差はほとんど認められなかった）。同様に、前処理したものを染色すると、 K/S 、最大吸収波長 λ とも、綿サイドはアルカリ濃度によって規定され、染色時のアルカリ濃度が同じならほぼ一定になった。しかし、羊毛サイドは、前処理条件、染色条件（染色時のアルカリ濃度、温度、時間）によって変化した。何れも、数値が大きくなるに従って、 K/S は大きくなった。これは、薬品、温度等により染料のシスチン結合及びポリペプチド結合の切断等の損傷反応が起こり、吸着が早くなり、染着座席が増加したため、濃く染色されるためであろう。

色相については、スミフックススプラ染料が、目視では他の2つの染料よりも、綿、羊毛の両繊維に対して優れていた。なかでも、酵素で前処理し、スミフックススプラで染色したものは、最大吸収波長 λ 及び反射率曲線がほぼ相似であることが分かった。しかし、前処理条件がきついと、羊毛はダメージを受けて、 K/S の大幅な増加、最大吸収波長 λ の移動が起きている。また、染色時のアルカリ量（pH値）が増すと、 K/S が、綿サイドで7倍、羊毛サイドで3倍

になり、綿サイドの影響が大きいことが分かった。このことは、この染料が綿用でアルカリ染色されることからすれば当然のことかもしれない。また、スミフックススプラは、綿用の染料であるが、酸性サイドで羊毛と反応すると言われている。羊毛用の反応染料であるレアランの染色条件（酸性）で羊毛／綿を染色した結果は、染料が羊毛の方へ多く配分されていることが分かった。これらのことより、染色時のpHによって染料の配分が変化することが分かる。このことは、他の2つの染料についても同様である。

一方、カヤセロンリアクトは、ブルー成分の羊毛染着（汚染）が未防縮羊毛の場合でも多く、同色を得るためには、防染剤の使用が必要であることが分かった（表15）。

また、レアランについても、3原色とも羊毛の方が綿より濃く染色された。同色を得るためには、羊毛の防染が必要である（表16）。

防縮処理羊毛の K/S も、何れの条件でも綿より大きくなり、同色にするためには、羊毛防染剤の使用等の工夫が必要であることが分かった（表17 試料2-1）。

以上は、3原色の単独の試験結果についての場合であるが、3原色を配合した場合は綿サイドと羊毛サイドの色相が異なってしまった（表18）。吸着の競合が生じ、単独の場合と異なった染着割合となったため色相が異なったためと考えられる。同色を得るには、不足する染料の追加（色合わせ）が必要となってくる。その考え方として、染料を吸着しやすい羊毛に防染処理をするよりも、今回は、防染処理工程を省くと同時に染料の有効利用を図ろうと考えた。そこで、未防縮羊毛／綿の組合せに絞り込んで、以

下のpHスライド方式で、羊毛の不足している染料を残浴にある染料を染着させること

によって、同色を得る方法について検討を行った。

表13 前処理の差による染色性（羊毛十綿）

スミフィックス Blue BRF 3%
pHスライド剤 なし、60℃×60分
Na₂SO₄ 50g/ℓ、Na₂CO₃ 10g/ℓ

試料	前処理(失活条件)			素材	L	a	b	K/S	ΔE
	H ₂ O ₂ cc/ℓ	温度 (℃)	時間 (分)						
1-1	10	95	15	C	35.0	0.6	-28.7	11.2	
				W	37.3	-0.4	-22.8	7.8	6.5
1-2	10	95	30	C	35.8	0.8	-29.2	10.5	
				W	33.3	0.5	-23.9	10.9	5.8
1-3	10	100	15	C	35.1	0.9	-29.0	11.3	
				W	37.3	-0.6	-23.3	8.0	6.3
1-4	10	100	30	C	35.8	0.9	-29.3	10.5	
				W	31.2	0.7	-23.9	12.3	7.1
1-5	20	95	15	C	34.2	1.0	-28.9	12.1	
				W	36.6	-0.4	-23.0	8.2	6.6
1-6	20	95	30	C	36.2	0.5	-29.3	10.7	
				W	28.9	1.3	-24.8	16.0	8.5
1-7	20	100	15	C	34.7	0.9	-28.7	11.5	
				W	34.6	0.1	-23.9	9.7	4.8
1-8	20	100	30	C	36.8	0.8	-29.0	10.1	
				W	27.8	0.1	-25.2	18.5	10.0

λ_{MAX}は、すべて640nm

表14 染色時のpH依存性（羊毛十綿）

スミフィックス ブルーBRF 3%
60℃×60分 Na₂SO₄ 50g/ℓ

アルカリ	pH	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
P-7 1g/ℓ	7	C	59.1	-3.0	-18.0	1.6		630
		W	53.6	-3.9	-18.1	2.5	5.6	630
NaHCO ₃ 2g/ℓ	8.5	C	48.7	1.5	-22.7	3.4		630
		W	50.4	-2.8	-18.4	2.9	4.8	620
Na ₂ CO ₃ 2g/ℓ	10.5	C	38.0	0.1	-28.3	8.8		620
		W	40.8	-0.7	-21.2	5.7	7.7	620
Na ₂ CO ₃ 5g/ℓ	10.7	C	35.8	0.6	-28.9	10.7		620
		W	39.9	-0.7	-22.0	6.2	8.1	630
Na ₂ CO ₃ 10g/ℓ	10.9	C	35.0	0.6	-28.7	11.3		630
		W	37.3	-0.4	-22.8	7.8	6.5	620
Na ₂ CO ₃ 20g/ℓ	11.2	C	35.1	0.8	-29.0	11.1		600
		W	38.3	-0.7	-23.2	7.3	6.8	630

表15 前処理の差による染色性の違い

カヤセロンリアクト ブルー CN-MG 3%
 pHスライド剤 なし、100℃×40分
 Na₂SO₄ 20g/ℓ、バッファー 2g/ℓ

試料	前処理(失活条件)			素材	L	a	b	K/S	ΔE
	H ₂ O ₂ cc/ℓ	温度 (℃)	時間 (分)						
1-1	10	95	15	C	40.1	-5.2	-21.1	7.4	
				W	31.3	-0.4	-24.9	15.2	10.7
1-2	10	95	30	C	40.0	-5.0	-21.1	7.4	
				W	29.4	0.2	-25.0	19.1	12.5
1-3	10	100	15	C	39.4	-4.9	-21.1	8.1	
				W	32.2	-0.5	-25.2	13.1	9.4
1-4	10	100	30	C	39.6	-5.0	-20.8	7.7	
				W	31.4	-0.3	-25.1	15.1	10.4
1-5	20	95	15	C	39.7	-5.1	-20.8	7.7	
				W	30.7	0.0	-25.4	16.6	11.4
1-6	20	95	30	C	40.6	-5.3	-20.8	7.2	
				W	29.9	0.0	-25.0	17.7	12.7
1-7	20	100	15	C	39.9	-5.0	-21.1	7.5	
				W	29.6	0.3	-25.3	18.8	12.3
1-8	20	100	30	C	40.4	-5.3	-20.7	7.2	
				W	30.1	-0.2	-24.8	16.2	12.2

λ_{MAX}は、すべて590nm

表16 レアラン染料の染色結果
 (アルカリ量の影響)

試料1-1
 pHスライド剤 なし、Na₂SO₄ 50g/ℓ、Na₂CO₃ 10g/ℓ、60℃×60分

染料	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
G.Yellow RC GRAN.	C	68.9	22.0	77.4	16.7		400
	W	61.9	13.1	49.7	7.0	29.9	420
Red RC GRAN.	C	40.5	56.6	4.4	17.3		530
	W	39.4	45.8	-1.9	11.6	12.6	530
Blue RC GRAN.	C	44.7	-6.0	-33.6	6.8		610
	W	38.3	-3.8	-30.3	9.3	7.6	610

(染料濃度はすべて3%)

試料1-1
 pHスライド剤 なし、Na₂SO₄ 50g/ℓ、Na₂CO₃ 10g/ℓ、60℃×60分

染料	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
G.Yellow RC GRAN.	C	68.5	23.5	79.5	18.9		430
	W	63.9	18.4	59.9	9.6	20.8	430
Red RC GRAN.	C	40.5	56.6	2.2	17.5		520
	W	39.2	47.8	-0.6	12.6	9.2	560
Blue RC GRAN.	C	44.9	-5.7	-33.6	6.6		610
	W	37.0	-3.0	-31.1	10.6	8.7	600

(染料濃度はすべて3%)

表17 カヤセロンリアクト染料の染色結果

試料1-1
pHスライド剤 なし、Na₂SO₄ 20g/ℓ、バッファー 2g/ℓ、100℃×60分

染料	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
Yellow CN-ML	C	75.8	5.9	63.3	5.7		410
	W	69.5	2.2	40.2	3.3	24.1	410
Red CN-3B	C	49.2	53.5	0.9	7.8		550
	W	51.2	38.5	-3.1	4.1	15.6	550
Yellow CN-603	C	72.6	15.0	58.1	4.6		440
	W	66.1	9.1	45.4	4.5	15.4	420
Red CN-603	C	49.2	52.5	9.5	7.9		520
	W	48.8	41.2	10.7	6.1	11.4	520
Newro-react CN-W	C	38.8	-5.7	-20.3	8.0		600
	W	42.2	-3.8	-20.5	5.7	3.9	630

(染料濃度はすべて3%)

試料2-1
染色条件は同じ

染料	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
Yellow CN-ML	C	75.9	5.8	62.6	5.4		410
	W	61.4	9.8	48.6	8.1	20.6	420
Red CN-3B	C	49.8	53.1	0.0	7.5		550
	W	39.4	48.9	2.5	15.2	11.5	550
Yellow CN-603	C	73.2	14.0	56.5	4.1		430
	W	58.4	15.8	50.0	9.4	16.2	420
Red CN-603	C	49.9	51.7	8.2	7.4		520
	W	39.4	49.6	15.0	19.2	12.8	520
Newro-react CN-W	C	39.2	-5.8	-20.0	7.7		600
	W	29.1	-1.6	-22.3	16.2	11.2	600

(染料濃度はすべて3%)

表18 前処理の差による染色性の違い

スミフィックス 三原色配合 各1%
pHスライド剤 なし、60℃×60分
Na₂SO₄ 50g/ℓ、Na₂CO₃ 10g/ℓ

試料	前処理(失活条件)			素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
	H ₂ O ₂ cc/ℓ	温度 (℃)	時間 (分)							
1-1	10	95	15	C	33.7	10.4	0.7	7.4		550
				W	39.5	4.9	0.1	4.2	8.04	560
1-2	10	95	30	C	35.8	11.1	0.8	6.4		550
				W	31.6	6.2	-0.01	7.5	6.5	550
1-3	10	100	15	C	33.3	11.0	-0.2	7.7		550
				W	36.5	5.1	-0.1	5.2	6.7	550
1-4	10	100	30	C	35.8	11.6	0.6	6.6		550
				W	33.2	7.1	-0.5	7.1	5.2	380
1-5	20	95	15	C	33.8	11.2	0.1	7.4		550
				W	35.4	5.3	0.3	5.7	6.1	560
1-6	20	95	30	C	37.0	12.2	1.3	6.0		550
				W	25.8	8.5	0.2	12.9	11.9	550
1-7	20	100	15	C	34.5	11.2	0.5	7.2		550
				W	33.7	6.2	-0.1	6.5	5.1	560
1-8	20	100	30	C	37.8	12.1	1.5	5.6		550
				W	23.8	8.1	0.5	14.7	14.6	550

2) pHスライド方式の検討 (表19~24)

前に述べたように今回用いたスミフィックススプラのように異なった2個の官能基を持つ反応性染料はpHによって綿と反応した

り、羊毛と反応したりする。また、水溶性にするためスルホン基を持っている。この性質を利用して、一浴二段で染色する方法について検討した。

表19 スミフィックスのpHスライド (1-1の試料)

Yellow 3%

Na₂SO₄ 50g/ℓ Na₂CO₃ 10g/ℓ CH₃COOH 2cc/ℓ

	素材	60℃×60分	0分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
L	C	67.8	67.3	67.4	67.3	67.0	66.6	67.0	67.0
	W	63.9	61.1	61.3	61.8	61.5	60.6	60.2	60.7
a	C	24.5	25.5	25.3	24.6	24.6	25.2	25.5	25.1
	W	19.6	21.9	22.7	21.9	23.1	24.9	23.7	24.2
b	C	73.1	74.0	73.6	73.1	72.5	73.5	73.2	73.4
	W	50.8	56.9	58.4	57.4	60.4	62.5	60.8	61.1
K/S	C	12.3	12.9	12.9	12.8	12.7	13.7	13.0	13.1
	W	6.0	6.4	9.9	9.0	10.8	12.8	12.1	12.1
ΔE	C								
	W	23.2	18.7	16.6	16.8	13.9	12.6	13.7	14.4

Red 3%

助剤の条件は上と同じ

	素材	60℃×60分	0分	5分	10分	15分	20分
L	C	40.6	40.1	39.6	39.7	38.9	39.7
	W	41.6	40.7	39.3	37.3	37.1	36.0
a	C	56.5	56.8	56.8	56.6	57.1	57.6
	W	43.4	45.0	44.9	46.2	46.7	47.5
b	C	-1.6	-1.0	-0.6	-1.0	-0.8	-1.1
	W	-4.1	-4.2	-4.1	-3.1	-2.7	-1.8
K/S	C	17.2	19.0	19.6	19.2	22.1	19.9
	W	9.0	10.2	11.4	14.4	14.7	17.0
ΔE	C						
	W	13.3	12.3	12.4	10.9	10.7	10.8

Blue 3%

助剤の条件は上と同じ

	素材	60℃×60分	0分	5分	10分	15分	20分	25分
L	C	33.7	33.7	35.0	34.9	34.3	35.0	33.5
	W	39.5	35.5	30.6	29.1	26.8	28.8	27.9
a	C	0.9	0.7	0.9	0.9	1.0	0.9	1.1
	W	-1.2	-0.6	1.0	1.1	2.5	1.7	1.9
b	C	-29.1	-28.6	-28.9	-28.6	-28.9	-29.2	-29.3
	W	-21.3	-23.6	-25.0	-25.7	-26.1	-25.9	-26.1
K/S	C	12.7	12.6	10.9	11.1	11.9	11.2	12.5
	W	6.3	9.0	13.8	17.4	19.5	17.0	18.0
ΔE	C							
	W	9.8	5.4	5.9	6.4	8.1	7.1	6.5

反応染料による綿の染色は一般的にはアルカリサイドで、羊毛は酸性サイドで行われるため、綿／羊毛素材を一浴で染色する場合、pHの移動が必要である。今回採用した方法は、綿サイドをアルカリ染色し、次いで、pHを酸性サイドに移動させて、加水分解された染料（スルホン基を持つためアニオンに帯電）を含めて羊毛（カチオンに帯電）と染着するように100℃まで昇温して同色を得る方法について検討した。

pHの移動は、酢酸とpHスライド剤による

二つの場合について行った。酢酸の場合は、中和時にCO₂の発生による発泡が生じるが、消泡剤を使用すれば、実験の範囲内では染色性への影響はほとんどなく、トラブルの発生は防止できると考えられるものの、合成アルカリの使用がよいのかもしれない。一方、酢酸添加量については、前述した前処理条件を行った試料の羊毛と綿のK/Sの差を考慮して、ほぼ染液が中和できる量を中心にして試験を行った。

表20 スミフィックス配合 pHスライド (1-1の試料)

三原色配合 各1%

Na₂SO₄ 50g/l Na₂CO₃ 10g/l CH₃COOH 2cc/l

	素材	60℃×60分	0分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
L	C	33.7	32.7	31.8	31.6	31.6	31.6	31.7	31.8
	W	39.5	36.8	31.9	31.4	29.7	30.9	28.8	28.1
a	C	10.4	10.4	10.6	10.3	10.1	10.2	9.8	9.9
	W	4.9	5.7	5.9	6.4	6.3	6.2	6.5	6.3
b	C	0.7	0.2	0.5	0.4	0.7	0.3	0.5	0.4
	W	0.1	-1.3	-2.0	-2.8	-2.8	-3.2	-3.2	-2.8
K/S	C	6.6	8.2	7.8	8.4	8.5	8.5	8.3	8.3
	W	4.2	5.2	7.6	8.1	9.4	8.1	10.1	10.8
ΔE	C								
	W	8.0	6.9	5.4	5.1	5.6	5.4	5.7	6.1

表21 レアラン配合 pHスライド (1-1の試料)

三原色配合 各1%

Na₂SO₄ 50g/l Na₂CO₃ 10g/l CH₃COOH 2cc/l

	素材	60℃×60分	0分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
L	C	34.8	34.5	34.5	35.2	34.7	35.3	35.9	34.1
	W	36.9	29.3	27.9	28.0	26.6	27.6	28.3	27.4
a	C	15.6	16.5	16.3	15.8	16.2	16.5	16.6	16.3
	W	6.3	9.8	9.9	9.6	10.3	9.8	9.1	9.1
b	C	6.3	5.8	5.8	6.0	6.6	6.3	6.1	6.4
	W	-10.0	-8.6	-6.8	-5.9	-5.9	-5.2	-4.8	-4.7
K/S	C	10.7	13.6	14.2	12.8	18.2	15.0	17.6	18.3
	W	5.9	11.6	12.7	12.6	14.6	13.5	13.4	15.0
ΔE	C								
	W	18.9	16.6	15.6	15.2	16.1	15.4	14.4	14.8

表22 中和の程度による色のずれ (羊毛十綿)

スミフィックス Red、Yellow、Blue=1:1:1 (%)
 Na_2SO_4 50g/l Na_2CO_3 2g/l

酢酸 (cc/l)	pHスライド 温度・時間	素材	L	a	b	K/S	ΔE
0.25	あり 100℃、0分	C	31.8	10.1	0.9	8.3	
		W	28.6	5.9	1.2	9.6	5.3
	あり 100℃、5分	C	31.5	10.0	1.0	8.7	
		W	26.2	6.1	0.7	11.8	6.6
	あり 100℃、10分	C	31.6	10.0	0.9	8.6	
		W	24.9	6.5	0.3	13.0	7.5
0.5	あり 100℃、0分	C	32.2	9.9	1.2	8.1	
		W	25.7	6.9	0.2	12.7	7.2
	あり 100℃、5分	C	31.9	10.1	1.0	8.4	
		W	24.3	7.4	-0.5	14.2	8.2
1	なし 60℃、60分	C	32.4	10.3	1.5	7.8	
		W	34.6	9.6	1.9	5.7	6.1
	あり 100℃、0分	C	32.2	10.1	1.0	7.9	
		W	25.9	8.0	-0.2	12.0	6.7
	あり 100℃、5分	C	32.0	10.0	1.2	7.9	
		W	22.2	8.5	-0.9	16.3	10.1
	あり 100℃、10分	C	32.1	9.9	1.2	7.9	
		W	21.1	8.7	-1.3	18.2	11.3

表23 中和の程度による色のずれ (羊毛十綿)

スミフィックス Red、Yellow、Blue=1:1:0.5 (%)
 レアラン Blue=0.5 (%)
 Na_2SO_4 50g/l Na_2CO_3 2g/l

酢酸 (cc/l)	pHスライド 温度・時間	素材	L	a	b	K/S	ΔE
0.25	あり 100℃、0分	C	29.9	6.9	-0.1	9.4	
		W	28.7	6.2	0.3	10.0	1.4
	あり 100℃、5分	C	30.1	6.9	0.2	9.2	
		W	26.5	7.5	0.7	12.0	3.6
	あり 100℃、10分	C	30.2	6.9	0.4	9.2	
		W	26.1	8.0	0.6	12.7	4.3
0.5	あり 100℃、0分	C	30.4	7.2	0.1	9.0	
		W	26.4	7.7	-0.7	12.3	4.1
1	なし 60℃、60分	C	30.9	6.3	0.3	8.5	
		W	33.1	3.3	-0.3	6.6	4.3
	あり 100℃、0分	C	30.4	6.6	0.3	8.6	
		W	25.2	8.5	-0.8	13.6	5.7
	あり 100℃、5分	C	30.7	6.5	0.7	8.3	
		W	22.9	9.8	-0.1	16.3	8.4
	あり 100℃、10分	C	30.5	6.6	0.4	8.4	
		W	21.3	10.6	-0.9	19.5	10.1

表24 pHスライド剤による染色
(三原色配合) (羊毛+綿)

1-1の試料を染色

pHスライド剤: サンドアシッド 1g/ℓ + Na₂CO₃ 0.5g/ℓ
 スミフィックス Red、Yellow、Navy Blue=1:1:0.5(%)
 レアラン Blue=0.5(%)
 Na₂SO₄ 50g/ℓ

	素材	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
①	C	67.9	1.0	-6.2	0.6		560
	W	47.8	-1.9	-14.1	2.8	21.8	580
②	C	55.4	4.7	-2.6	1.5		560
	W	22.6	2.5	-1.0	15.6	32.8	560
③	C	55.2	5.0	-2.2	1.6		560
	W	21.6	3.9	-0.4	17.1	33.7	560

(染色フロー)

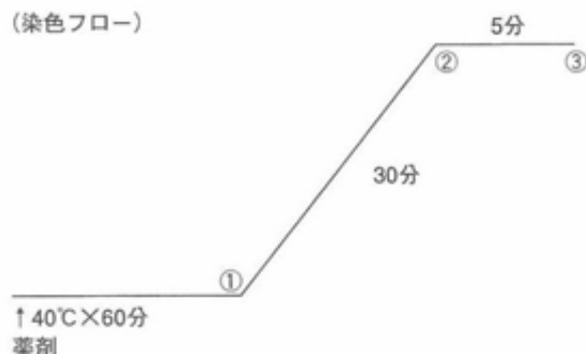


図3-1に示すように、pH調整後、100℃まで昇温し、一定時間後の染色布を測定した結果が表19である。綿サイドのK/Sは時間の経過に従ってもほとんど変化がないことが分かる。羊毛サイドは時間の経過に従って大きくなり、濃色になっていくことがわかる。色

相を表すa、bに極端な差はなくほぼ似たような色相であることが分かる。ところが、3原色を配合すると色相を表すa、bに差が生じ、色相に差がでることが分かる。aが大きくなると赤、小さくなり負の値になると緑、一方、bが大きくなると黄、小さくなり負の値になると青を表すことはよく知られている。中でもa値の差が大きく、綿サイドの赤みが強すぎるということが分かる。これは、青色が原因(不足)であることが分かったので他の染料の組合せとpHスライドの程度でもってずれを解消し色あわせを行いほぼ同色になった。染色堅牢度試験はこの試料を用いて行った。

また、今回三原色の配合時に使用したpHスライド剤は、アルカリを保つ時間が少なく、綿サイドの濃度が十分上がらず、羊毛と色相も異なる結果となった(表24)。アルカリ保持時間がより長いpHスライド剤を使うべきであった。この場合も、酸性が強くなると羊毛サイドのK/Sは大きくなった。

以上は、交織試料の試験結果であったが、混紡織物の染色結果を表25に示す。色差も少なく、pHスライドをしなくても、ほぼ同色が得られことが予想される。

表25 混紡品の染色結果

スミフィックス スプラ Blue BRF 150% 3%
 pHスライド剤 なし
 Na₂SO₄ 50g/ℓ、Na₂CO₃ 10g/ℓ
 60℃×60分

試料	前処理条件	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
3-1	10cc/ℓ、95℃×15分	33.3	-0.8	-25.0	11.5		610
3-2	10cc/ℓ、95℃×30分	32.8	-0.8	-25.3	12.2	0.5	610
3-4	10cc/ℓ、100℃×30分	32.7	-0.7	-25.3	12.4	0.7	610

カヤセロンリアクト Blue CN-MG 3%
 pHスライド剤 なし
 Na₂SO₄ 20g/ℓ、バッファー 2g/ℓ
 100℃×40分

試料	前処理条件	L	a	b	K/S	ΔE	λ _{MAX}
3-1	10cc/ℓ、95℃×15分	34.2	-3.8	-21.6	10.8		610
3-2	10cc/ℓ、95℃×30分	33.1	-3.6	-21.9	12.1	1.1	610
3-4	10cc/ℓ、100℃×30分	34.7	-4.1	-21.3	10.5	0.6	610

3) 染色堅牢度の検討 (表26)

今回の用途としては、水洗いのできるカジュアル商品を想定しているため、耐光、摩擦、洗濯、汗の堅牢度について、未加工、樹脂加工について試験を行った。その結果、摩擦堅牢度の湿摩擦で、未加工が2-3級とやや問題があったが、樹脂加工をすることによって3-4級と改善された。しかし、今回行ったBAPによる樹脂加工は、繊維間同士が接着して柔軟性に欠けるため、風合いが硬くなる欠点があるので、樹脂の組合せ（選択）の検討、毛の防縮に焦点を当てるのか綿の防縮に焦点を当てるのかと言った樹脂加工方法の検討も、今後必要であろう。

他の堅牢度については今回の試験条件では問題がなかった。

摩擦堅牢度の悪いのが、どちらの素材に原因があるのか検討した。素材別に行った結果を表26に示す。羊毛サイドの堅牢度が良くないことが分かる。これは、pHスライド後、100℃保持時間がなく、染料が表面付近に染着しているために摩擦堅牢度が良くないものと考えられる。染料が繊維の内部まで浸透するための時間が必要と考えられるが、この場合は、染色温度を下げ、時間をかけて染色を行えば、同色が得られるであろう。

表26 染色堅牢度結果

1-1の試料を染色したもの（染色条件：表23中の酢酸0.25cc、100℃、0分）

	耐光	洗 濯			アルカリ汗			酸 性 汗			摩 擦	
		変退色	羊毛	綿	変退色	羊毛	綿	変退色	羊毛	綿	湿	乾
未加工	>4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2-3	4
樹脂加工	>4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3-4	4-5

3-1の試料を上と同一条件で染色したもの

	耐光	洗 濯			アルカリ汗			酸 性 汗			摩 擦	
		変退色	羊毛	綿	変退色	羊毛	綿	変退色	羊毛	綿	湿	乾
未加工	>4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2-3	4-5
樹脂加工	>4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3-4	5

綿と羊毛を同浴で、上と同一条件で染色した時の摩擦堅牢度

	乾	湿
綿	5	4
羊毛	4-5	2-3

4. おわりに

羊毛（未防縮）／綿混紡品の前処理、染色方法について検討した結果、次のことが分かった。

- (1) 前処理による綿の染色性はほとんど変化しないが、未防縮羊毛は易染性になる。色合わせには注意が必要である。
- ・精練（漂白）方法としては、綿を酵素精

練し、酵素の失活に過酸化水素を用いる方法が綿の白度の向上、羊毛保護の点から良かった。

- ・染色性は、綿サイドは、染色時のアルカリ濃度、温度、時間によって決まる。羊毛サイドは、前処理条件（アルカリ濃度、過酸化水素濃度、温

度、時間)、染色時のpH、
温度、時間

によって決まる。値が大きくなるに従って濃色となる。

- (2) 染色方法としては、pHスライド方式を検討したが、染料の有効利用、時間短縮等の点から良い方法と考えられる。

・染色性は

綿サイドは、染色時のアルカリ濃度、温度、時間によって決まる。

羊毛サイドは、前処理条件（アルカリ濃度、過酸化水素濃度、温度、時間）、染色時のpH、温度、時間

によって決まる。

- ・試験した反応染料の中で、単色の場合は、濃淡はあるものの色相は類似している。しかし、配合すると青成分に色割れするものがあり、同色にするには染料の組合せに注意が必要である。防縮羊毛／綿の組合せで同色を得るには、羊毛防染剤の使用が不可欠である。
- ・綿、羊毛を同じ色に染色するには前処理条件、染色条件の管理が大切である。

- (3) 防縮方法としては、後工程で綿サイドを含めて樹脂加工を行う方法が染色堅牢度を向上させる点で良いと考えられる。

・摩擦堅牢度の改善には羊毛の防縮加工が有効である。しかし、風合いの点でもう少し、柔軟な樹脂の検討、羊毛の防縮に焦点を当てるのか綿の防縮に焦点を当てるのかと言った樹脂加工方法の検討も必要であろう。

最後に、この研究を行うために、ご協力いただきました関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 「違った角度から見る反応染料の染色」：染織経済新聞社（1995）
- (2) 「スミフックススプラ染料による防縮羊毛／綿混紡品の同色染め」：住化染料テック資料
- (3) 改森：染色工業 Vol.40 No.6 285～293
- (4) 「ペクチナーゼTL」：天野製薬資料
- (5) 「ネオレートPLC-7000」：日華化学資料