

次世代ウールの開発に関する研究

高品位性毛織物・編物の開発

北野道雄、山本周治、藤田浩文

要 旨

天然繊維の改質加工にバイオテクノロジーを応用する試みが、各方面で多様に展開している。このうち、羊毛に対する加工では、酵素の利用例が多くみられ、現在では内外の報告も年を追って増えつつある。しかし、比較的新しい技術であるため、今だ不明な点も多い。そこで、当センターにおいて長年研究を続けてきた羊毛の酵素処理技術と、平成3～4年度に研究¹⁾²⁾した天然高分子を利用した羊毛の改質加工技術を併用して、高品位な羊毛を得る方法について研究を行った。この結果、酵素処理を施してソフトでしなやかにした羊毛に、天然高分子を付与加工することにより、各種機能を備えた柔軟で高光沢な形状記憶ウール製品（高品位性毛織物・編物）を開発した。

1. はじめに

羊毛の改質に酵素を応用する技術は、ここ数年、急速に各方面で研究が進められている。これは、公害の防止や地球環境保護の観点から、バイオテクノロジーの応用がさげばれていることもその一因と思われる。当センターにおいても昭和63年度から酵素を羊毛の改質加工に利用する技術について研究を続けてきた。そして、処理条件や改質羊毛の各種物性と風合い特性に関する基礎データを得ている。

一方、羊毛の改質加工に天然高分子を応用する方法についても、平成3年度の研究¹⁾で明らかにしている。ここでは、今までの研究成果を応用して、酵素処理と天然高分子付与加工技術を併用するこのにより、ソフトでしなやかにしなやかに、光沢のある織物や編物の開発に成功したので報告する。

2. 実験方法

2-1 試 料

羊毛トップ 平均繊度19.7 μ mのメリノウールトップ

梳毛糸 2/48、2/60、2/72（市販品）

毛織物 ギャバジン(2/60 \times 2/60)（市販品）

2-2 天然高分子、酵素及び薬剤等

天然高分子

JIS L0803染色堅ろう度試験用添付白布毛及び絹（14目付相当）

上記2種の試料布を出発原料として、これらを溶解して、羊毛ケラチン及び絹フィブロインを得た。

コラーゲン加水分解物 PA-10L（(株)ニッピ）、羊毛ケラチン加水分解物WK-H（(株)成和化成）

酵 素

天然高分子の加水分解及び羊毛改質は、下記の市販酵素により行った。

プロテアーゼN、プロテアーゼNL

プロテアーゼS、プロテアーゼP3

(以上全て天野製薬㈱)

薬剤等

チオグリコール酸アンモニウム (50%in water)、過酸化水素水(35%)、D. C. C. A. (ハイライト60G=ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム (日産化学工業㈱)、亜硫酸水素ナトリウム、2-メルカプトエタノール、尿素、塩化カルシウム、塩化ナトリウム、シリコン系柔軟剤 (シルコートEX-G(松本油脂製薬㈱)、過硫酸アンモニウム、MVL (β -メチル- δ -バレロラクトン (クラレ㈱))、グルタルアルデヒド、(試薬は全て特級)

キトサン (キトファイン：㈱トスコ)、絹フィブロイン加水分解物 (シルクゲンGソルブルKE：一丸ファルコス㈱)

セルロース透析膜

スペクトラポア3,500(分画分子量：3,500) (Spectrum社)

2-3 試験装置と試験条件

2-3-1 試験条件

恒温振とう培養装置(Bio-Shaker)

BR-30L型 (大洋工業㈱) を用いて、酵素処理及び天然高分子付与加工、天然高分子加水分解処理等を行った。

チーズ染色機

DYEPET SUPER ILUP-FW型 (㈱ニッセン)

HUHT250/1,300型 (㈱日阪製作所)

変角光沢計

デジタル変角光沢計UGV-5D型 (スガ試験機㈱)

測色機

カラーセブン分光光度計 (倉敷紡績㈱)

顕微鏡TV画像撮影装置

微細構造解析装置 (明伸工業㈱)

走査電子顕微鏡 (SEM)

T330型 (日本電子㈱)

遠心脱水機

SYK-5000-15A型 (㈱三陽理化学器械製作所)

風合い計測装置

KES-FB1 (引張り・せん断試験機)

KES-FB2 (純曲げ試験機)

KES-FB3 (圧縮試験機)

KES-FB4 (表面試験機)

(全てカトーテック㈱)

引張試験機 (1)

オートグラフAG-500A型 (㈱島津製作所)

引張試験機 (2)

全自動糸強力試験機 (ST-2000型) (敷島紡績㈱)

全自動真空熱処理機

AV型 (㈱芦田製作所)

試験筒編機

FAK試験用丸編機 (Lawson-Hemphill社)

織機

力織機 HES型 (㈱平岩鉄工所)

レピア織機 コンピューター制御レピア織機HUS 160型 (㈱平岩鉄工所)

織度試験機

FDA200自動織度測定機 (バイヤー社)

繊維長測定機

アルメーター (tex LAB AL101) (バイヤー社)

抱合力試験機

蛙田式抱合力試験機 (蛙田理研㈱)

編成性試験機

編成性試験機KS-2 (杉原計器㈱)

毛羽数試験機

F-Index Tester (敷島紡績㈱)

放射温度計

放射温度計IT-330 (㈱堀場製作所)

水分移動特性試験機

尾張繊維技術センター開発特注試験機（株
岩本製作所）

接触冷温感及び熱伝導度測定機

精密迅速熱物性測定装置（KES-F7）

（カトーテック株）

2-3-2 試験条件 (1)

2-3-2-1 試験条件①（羊毛トップに 対する天然高分子付与加工 条件）

先の研究¹⁾²⁾では、糸または織物に対して天然高分子を付与加工し、その処理効果を多方面から評価してきた。ここでは、紡績工程

への技術応用の可能性について調べるため、羊毛トップに天然高分子（羊毛ケラチン加水分解物）を付与加工した後、通常の梳毛紡績工程により梳毛糸（2/72）とした。そして、出来上がった糸の各種物性を未加工の羊毛トップを原料にして同じ工程で紡績した糸と比較した。羊毛トップに対する処理はチーズ染色機を利用して、ステンレス製カゴに詰込んだ状態で行った。処理条件は、浴比1:20、所定の温度、時間処理した。なお、処理液はin-out 4分、out-in 2分で循環させた。加工後の熱処理はスチームによる湿熱で行った。（加工工程フロー：図1）

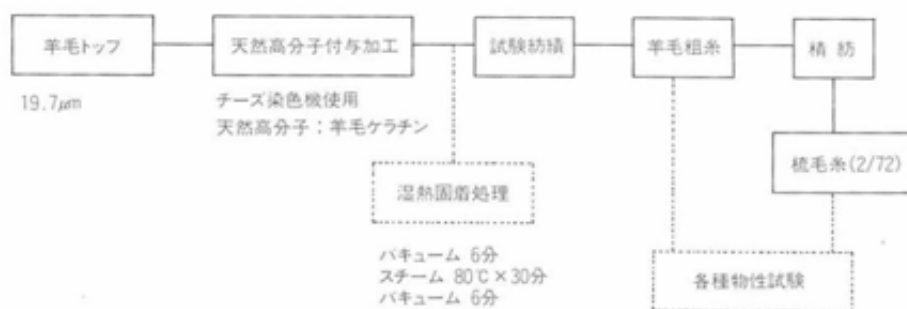


図1 羊毛トップの天然高分子付与加工試験工程

2-3-2-2 試験条件②（天然高分子の 分離精製及び加水分解条件）

羊毛トップや羊毛糸に付与加工した天然高分子については、平成3年度の研究結果に検討を加え、既法¹⁾の方法で溶解並びに加水分解を行った羊毛ケラチン加水分解物（略記号：Wool K.）と絹フィブロイン加水分解物（略記号：Silk F.）を用いた。また、コラーゲン加水分解物については市販品のPA-10L（株ニッピ）をそのまま付与加工に供した（略記号：Colla.）。

2-3-2-3 試験条件③（酵素活性測定 条件）

酵素処理時に添加した薬剤の酵素に及ぼす影響を調べるため、酵素活性を測定した。測定法は平成4年度の研究²⁾と同じCasein-

Folin法によった。

2-3-2-4 試験条件④（酵素処理条件）

酵素処理は、昭和63年度³⁾⁴⁾⁵⁾～平成4年度²⁾の研究を参考に起源の異なる2種の中性プロテアーゼを用いた。酵素名と処理条件を表1に示した。酵素処理については、一部を除いてチーズ染色機により試験条件①の条件でチーズ状で行った。織物に対する処理につ

表1 羊毛酵素処理条件

| 酵素名称 | 起 源 | 処 理 温 度 (℃) | pH | 処 理 時 間 (時間) |
|--------------|------------------------|-------------------|-----|--------------------|
| プロテアーゼ NL | Bacillus Subtilis | 50 | 7.0 | 2 |
| プロテアーゼ P3 | Aspergillus melleus | 50 | 7.0 | 2 |

いては、振とう培養機を利用して三角フラスコ中で行った。

2-3-2-5 試験条件⑤（試料羊毛糸及び毛織物の前処理または後処理条件）

酵素処理や天然高分子付与加工処理に前後して、あるいは同浴処理として、薬剤を用いた加工を併用した。これは、羊毛糸や織物に光沢や柔軟性を付与する目的で行うもので、処理条件については、平成4年度の研究成果¹⁾を参考にした改良法とした。これらの処

表2 羊毛酵素処理前・後処理条件

| 処理法 | 処理処方 |
|----------------------------------|---|
| 還元剤前処理 又は還元剤・ 酵素処理同浴 処理 | チオグリコール酸アンモニウム (50% in water) 2% o.w.f. 30℃×30分処理(還元剤前処理の場合) 50℃×90分処理 (還元剤・酵素処理同浴処理の場合) 浴比 1:20 |
| 酸化剤後処理 | 過酸化水素水(35%) 20g/l ヒロリン酸ナトリウム 2g/l アンモニア水 1g/l 60℃×30分処理 浴比 1:20 |

理条件を表2に示した。(図2a,b:加工工程図)

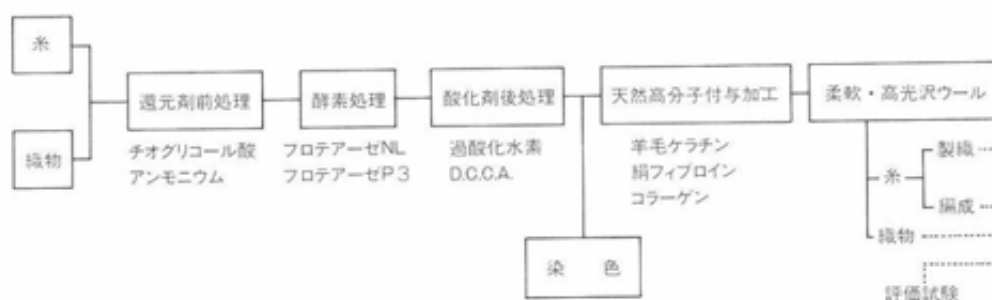


図2-a 柔軟・高光沢加工工程

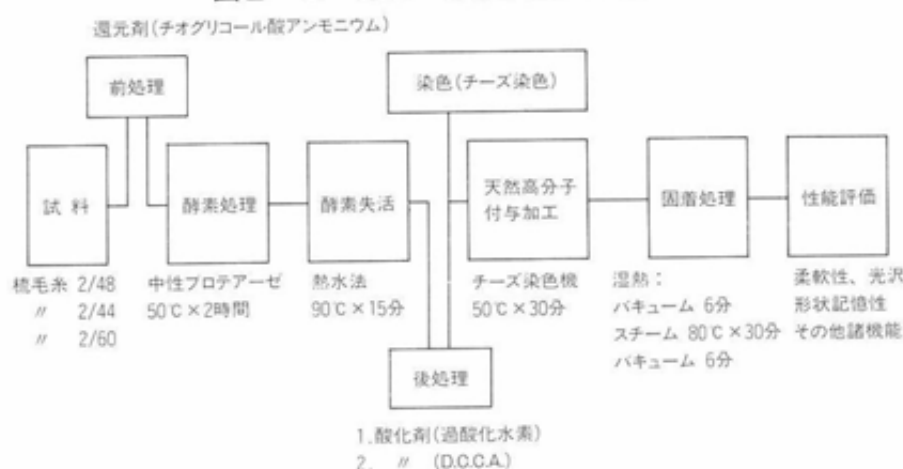


図2-b 高品位性毛織物・編物用糸加工工程

2-3-2-6 試験条件⑥（試料羊毛糸及び毛織物の天然高分子付与加工条件）

酵素処理の完了した羊毛糸や織物に対して、柔軟性や光沢度の向上と形状記憶性付与を目的に、天然高分子の付与加工を行った。一部の少量の試料加工には振とう培養機を利用して三角フラスコ中で行ったが、他は全て酵素処理と同様、チーズ染色機を利用してチーズ

状で付与加工を施した。また、付与加工後の熱処理はスチームによる湿熱で行った。(加工工程フロー: 図1~2)

2-3-2-7 試験条件⑦（特殊架橋剤の利用効果）

これまでの研究¹⁾²⁾から、酵素処理のような改質羊毛では防しわ性の低下が大きく、従来の天然高分子付与加工のみによる形状記憶加工羊毛と比較して向上効果が十分に得られ

なかった。このため、効果をさらに上げるため蛋白質を架橋する薬剤として酵素の固定化等に使用されているグルタルアルデヒド (OHCCH₂CH₂CH₂CHO) の利用を試みた。処理方法は、天然高分子を付与加工した後、同浴でグルタルアルデヒドを添加 (天然高分子濃度から 1~40mg/10g wool) することにより、羊毛と天然高分子の結合力強化と架橋結合増加を図るものである。(加工条件の詳細は表13参照)

2-3-2-8 試験条件⑧ (高度脱スケール加工条件)

前述の酵素処理と後処理を併用する加工に対して、より高い光沢や柔軟性付与を目的とした高度な脱スケール加工を試みた。方法は、チオグリコール酸アンモニウムによる還元剤前処理に続いて酵素処理を行った後、過酸化水素やD. C. C. A. 等を用いて酸化処理を施すもので、加工条件を表3に示した。

表3 高度脱スケール酸化処理法レサイブ

| 酸化剤及び処理 | | 処 理 | |
|-----------------------------------|-------|--|---|
| D. C. C. A. (ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム) | 酸化処理 | D. C. C. A. (ハイライト60G) 塩化ナトリウム 非イオン活性剤 (センカノールSK) pH 5.0 酢酸ナトリウム 酢酸 浴比 50°C×30分処理 | 3% o. w. f. 20% o. w. f. 0.1g/l 0.5g/l 0.2g/l 1:20 |
| | 脱塩素処理 | 重亜硫酸ナトリウム (NaHSO ₃) 浴比 50°C×10分処理 | 3% o. w. f. 1:20 |
| | 黄変漂白 | 過酸化水素 (35%) 浴比 50°C×30分処理 | 50g/l 1:20 |

2-3-2-9 試験条件⑨ (柔軟剤付与加工条件)

天然高分子を付与加工した後、試作品用の一部の羊毛糸や織物に対して、風合改良の目的でアミノ変性タイプのシリコン系柔軟剤を付与加工した。加工条件は、柔軟剤濃度を 4% o. w. f.、浴比 1:20、40°C で 20分処理し

て吸尽させる方法とした。

2-3-2-10 試験条件⑩ (処理工程の短縮とコスト低減化)

昨年度研究開発した加工法¹⁾では、前処理に30分、酵素処理に2時間15分、後処理30分とさらに天然高分子付与加工時間が30分加わり、単純計算でも合計3時間45分を必

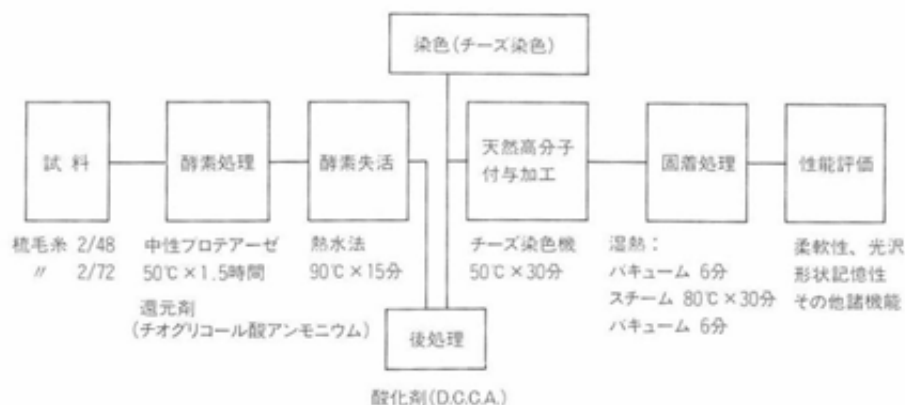


図3 高品位性毛織物・編物用糸加工工程(改良法)

表4 毛織物後加工従来法と改良法のレサイブ比較(1)

| pH調整法及び薬剤等 | 従来法 | 改良法 (MVL+DCCA) |
|---------------------------------------|---|--|
| pH調整 出発pH 酸化剤 羊毛内部保護剤 浸透剤 | pH調整=酢酸/酢酸ナトリウム pH=5.0 (緩衝液) DCCA (1~3%o. w. f.) 塩化ナトリウム (20%o. w. f.) 非イオン活性剤 (0.1g/ℓ) | pH調整=MVL (pHスライド作用利用) pH=7.1~5.1 (4g/ℓ~0.5g/ℓ) DCCA (1~3%o. w. f.) MVL (内部保護作用利用) MVL (浸透作用利用) |

表5 毛織物後加工従来法と改良法のレサイブ比較(2)

| pH調整法及び薬剤等 | 従来法 | 改良法 (金属塩触媒法) |
|---|---|---|
| pH調整 出発pH 酸化剤 羊毛内部保護剤 浸透剤 触媒 | pH調整=酢酸/酢酸ナトリウム pH=5.0 (緩衝液) DCCA (1~3%o. w. f.) 塩化ナトリウム (20%o. w. f.) 非イオン活性剤 (0.1g/ℓ) 使用せず | pH調整=なし pH=7 H ₂ O ₂ (40g/ℓ) 使用せず 使用せず 各種金属塩類 (1g/ℓ) |

表6 後加工による羊毛織物の高品位性加工試験レサイブ内訳表

| 試料 No. | ●MVL処理 (No5~13) ●前処理用 金属塩種類 (No.14~23) | 酵素処理 | 酸化剤処理 | | | 後処理 重亜硫酸ソーダ %o. w. f. | 備考 |
|-----------|--|-------|--|---------------------|--------------|-----------------------------|--------|
| | | | H ₂ O ₂ (g/ℓ) | DCCA (%o. w. f.) | MVL (g/ℓ) | | |
| 1 | Blank (1) | --- | — | — | — | — | |
| 2 | Blank (2) | --- | — | 5 | — | 10 | |
| 3 | Blank (3) | TA・NL | — | — | — | — | |
| 4 | Blank (4) | " | — | 3 | — | — | |
| 5 | MVL処理 (1) | " | — | 1 | 4 | 10 | |
| 6 | MVL処理 (2) | " | — | 2 | 4 | 10 | |
| 7 | MVL処理 (3) | " | — | 3 | 4 | 10 | |
| 8 | MVL処理 (4) | " | — | 4 | 4 | 10 | |
| 9 | MVL処理 (5) | " | — | 5 | 4 | 10 | |
| 10 | MVL処理 (6) | " | — | 3 | 1 | 10 | |
| 11 | MVL処理 (7) | " | — | 3 | 2 | 10 | |
| 12 | MVL処理 (8) | " | — | 3 | 3 | 10 | |
| 13 | MVL処理 (9) | " | — | 3 | 0.5 | 10 | |
| 14 | 硫酸ニッケル (6H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | |
| 15 | タングステン酸ナトリウム (2H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | 着色 ピンク |
| 16 | 硫酸コバルト (II) (7H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | |
| 17 | 塩化亜鉛 | " | 40 | — | — | — | |
| 18 | 塩化マグネシウム (6H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | |
| 19 | 硫酸アルミニウム | " | 40 | — | — | — | |
| 20 | 硫酸鉄 (7H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | |
| 21 | 硫酸マンガン (4~6H ₂ O) | " | 40 | — | — | — | 着色 グレー |
| 22 | 塩化鉄 | " | 40 | — | — | — | 着色 茶色 |
| 23 | スズ酸ナトリウム | " | 40 | — | — | — | |

(注1) TA=チオグリコール酸アンモニウム、NL=プロテアーゼNL

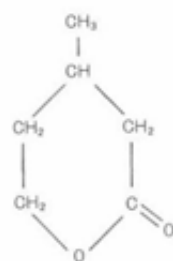
(注2) 金属塩処理 (金属塩1g/ℓ、50℃×10分)、酸化処理 (50℃×20分)、後処理 (50℃×10分)

要とする長い加工であった。また、酵素濃度についても液状品を37.5%o. w. f. 使用(粉末品の5%o. w. f. 分と活性をそろえるため。)と大きかった。そこで、前処理剤の酵素への影響や酵素処理効果等を再検討することにより、前処理と酵素処理の同浴化、酵素濃度の低減化(30%o. w. f.)と処理時間の短縮(90分)、後処理法の改善等を可能にした。そして一部の試作品の加工に採用した。(図3)

2-3-2-11 試験条件⑪(織物に対する後加工法の開発)

毛織物に対して、後加工で処理する方法を

開発するため、毛100%ギャバジン(2/60×2/60)を用いて各種処理条件で加工試験を行って加工効果を調べた。加工レサイブを表4~6に示した。またMVLについて図4に示した。



MVLの効果

1. 処理浴のpHスライド作用
2. 羊毛内部の保護作用
3. 羊毛内部への助剤浸透性向上作用

分子量 114.1
分子式 $C_6H_{10}O_2$
沸点 $230^{\circ}C/760mmHg$
融点 $-10^{\circ}C$
比重 1.05(20 $^{\circ}C$)
性状 無色液体

図4 MVL(β -methyl- δ -valerolactone)

表7 高品位性試作毛織物加工内訳

| 織物種類 | 加工内容 | | 天然高分子付与加工方法 |
|----------------------------|------|---|---|
| | 織物記号 | | |
| 1. ギャバジン 経・緯 2/48 | 1-A | 先加工・先染織物 (注) 糸に先加工(酵素処理、染色、天然高分子付与加工) | チーズ染色機を用いて、酵素処理、染色後に吸尽法で付与加工する。 |
| | 1-B | 先加工・先染織物 (注) 比較試験用織物で、糸に染色のみ | 天然高分子付与加工なし。 |
| | 1-C | 先加工・後染織物 反染-天然高分子付与-仕上げ加工 (注) 糸に先加工(酵素処理) | 染色終了後50 $^{\circ}C$ で30分天然高分子を5%o. w. f. 吸収させる。 |
| | 1-D | 先加工・後染織物 反染-仕上げ加工 (注) 比較試験用織物で、反染のみ | 天然高分子付与加工なし。 |
| 2. ギャバジン 経・緯 2/72 | 2-A | 先加工・先染織物 (注) 糸に先加工(酵素処理、染色、天然高分子付与加工) | チーズ染色機を用いて、酵素処理、染色後に吸尽法で付与する。 |
| | 2-B | 先加工・先染織物 (注) 比較試験用織物で、糸に染色のみ | 天然高分子付与加工なし。 |
| | 2-C | 先加工・後染織物 反染-天然高分子付与-仕上げ加工 (注) 糸に先加工(酵素処理) | 染色終了後50 $^{\circ}C$ で30分天然高分子を5%o. w. f. 吸収させる。 |
| | 2-D | 先加工・後染織物 反染-仕上げ加工 (注) 比較試験用織物で、反染のみ | 天然高分子付与加工なし。 |

(注) 織物種類1及び2は試作品一覧表(表8)中のNo.8~15

2-3-3 試験条件 (2)

2-3-3-1 試作高品位織・編物加工条件

高品位織・編物を試作するため、原糸に対して柔軟・高光沢加工（酵素処理や後加工酸化処理等）と染色を表7の条件で行った。

2-3-3-2 試作編物編成条件

原糸 メリヤス用梳毛糸 2/48
 編機 コンピュータ制御横編機(SFC-16'/FF(株)島精機)
 ゲージ 10G
 組織 目移しメッシュ編

2-3-3-3 試作織物製織条件

- (1) ブルーストライブ毛織物（平組織）
- (2) グリーンストライブ毛織物（朱子組織）
- (3) ブルー無地毛織物（2/1斜紋組織）
- (4) 白生地毛織物（2/1斜紋組織）
- (5) オレンジ無地毛織物（2/1斜紋組織）
- (6) 白生地毛織物（2/1斜紋組織）

以上6種類の試作高品位毛織物を作成し、光沢や柔軟性と機能特性等の性能評価に供した。織物(1)~(6)の詳細な糸使いや加工内訳については表8に示した。

表8 試作高品位織物内訳一覧

| No. | 名称 | 天然高分子種類 | 糸使い | 組織 | 加工法特徴等 |
|-----|-----------------|--------------------|------------------------|----------------|----------------------|
| 1 | ブルーストライブ織物 | 未加工 | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 平織 | 先加工・先染 (糸染のみ) |
| 2 | ブルーストライブ織物 | 羊毛ケラチン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 平織 | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 3 | ブルーストライブ織物 | 絹フィブロイン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 平織 | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 4 | ブルーストライブ織物 | コラーゲン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 平織 | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 5 | グリーン ストライブ織物 | 未加工 | 経梳毛糸 2/60 緯梳毛糸 2/60 | 朱子織 | 先加工・先染 (糸染のみ) |
| 6 | グリーン ストライブ織物 | 羊毛ケラチン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/60 緯梳毛糸 2/60 | 朱子織 | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 7 | グリーン ストライブ織物 | コラーゲン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/60 緯梳毛糸 2/60 | 朱子織 | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 8 | 無地織物 (グリーン) | 未加工 | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・先染 (糸染のみ) |
| 9 | 無地織物 (グリーン) | 羊毛ケラチン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 10 | 無地織物 (ブルー) | 未加工 | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・後染 (製織後反染のみ) |
| 11 | 無地織物 (ブルー) | 羊毛ケラチン (反染後付与) | 経梳毛糸 2/48 緯梳毛糸 2/48 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・後染 (糸加工製織後反染) |
| 12 | 無地織物 (レッド) | 未加工 | 経梳毛糸 2/72 緯梳毛糸 2/72 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 13 | 無地織物 (レッド) | 羊毛ケラチン (糸染後付与) | 経梳毛糸 2/72 緯梳毛糸 2/72 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・先染 (糸加工後糸染) |
| 14 | 無地織物 (イエロー) | 未加工 | 経梳毛糸 2/72 緯梳毛糸 2/72 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・後染 (製織後反染のみ) |
| 15 | 無地織物 (イエロー) | 羊毛ケラチン (反染後付与) | 経梳毛糸 2/72 緯梳毛糸 2/72 | 2/1斜紋 (ギヤバ) | 先加工・後染 (糸加工製織後反染) |

2-4 試料評価法

酵素処理や天然高分子付与加工を施した羊毛粗糸や羊毛糸、試作毛織物等に対して、光

沢や形状記憶性、風合い特性等を評価するため、つぎのような試験法と試験条件により処理効果を調べた。

2-4-1 光沢

光沢の測定は、数値化して比較するためデジタル変角光沢計を用いて、JIS Z 8741 5. (1983) に準じて行った。測定角度は45°、60°、75°とし、45°と60°については高感度モードでも測定した。

2-4-2 測色条件

試料の測色は分光光度計を用いて、400~700nmまで10nm毎に反射率を測定し、C光源下のX、Y、Zを求め、L*、a*、b*、色差 ΔE^*ab 、白色度、黄変指数を算出した。

白色度 (W_R 、 W_H) については次の2法により求めた。

白色度 (W_R) : JIS L 1015 D (特定吸収波長法) により、波長470nmの標準白板に対する反射率R (%) を測定し、このRの値で白さを表した。

白色度 (W_H) : JIS L 1013 7.20. C法 (ハンターの方法) により求めた。

黄変指数 (YI) : JIS L 1081 5.14 D 法により求めた。

2-4-3 重量減少率

JIS L 1081 5.1 (1992) の絶乾質量測定 (真空赤外線乾燥機) による重量法及び恒温恒湿 (20℃、65% R. H.) における水分平衡状態での重量法による。

2-4-4 形状記憶性等評価試験

形状記憶性や強伸度等について評価するため、羊毛糸やトップ (紡績後の粗糸や糸で評価) の持つ以下の物性値の大小を評価指標とした。

(1) 強伸度試験

JIS L 1095 7. 5. 1 (1990) 定速伸長型による。

(2) 繊維長試験

アルメーターにより、H (Hauteur) 及び、B (Barbe) の両計算方式で求めた。

(3) 織度試験

自動織度測定機により測定本数3,000本の平均で求めた。

(4) 粗糸の引き抜き荷重試験

引張り試験機を用いて、トップで天然高分子を付与加工した粗糸の引き抜き荷重を求めた。

(5) 抱合力試験

トップで天然高分子付与加工した後、試験紡績により双糸 (2/72) とした糸に対して、荷重100g、回転数60r. p. m. 、試験回数10回の条件で切断までの平均回数を求めた。

(6) 編成性試験

編成性試験機を用いて(5)の糸を初荷重9g、速度25m/minの条件で測定した。

(7) 毛羽数試験

F-Index Testerを用いて(5)の糸を試験長さ10m、2mm間隔と5mm間隔で各10回の測定値を平均して求めた。

(8) 伸長復元率

JIS L 1090 5. 7 A 法 (1992) 及び JIS L 1096 6. 14. 2 B-1 法 (1990) を準用して、一定荷重を加えた後の復元率 (回復率) を測定した。(測定概念図: 図5)

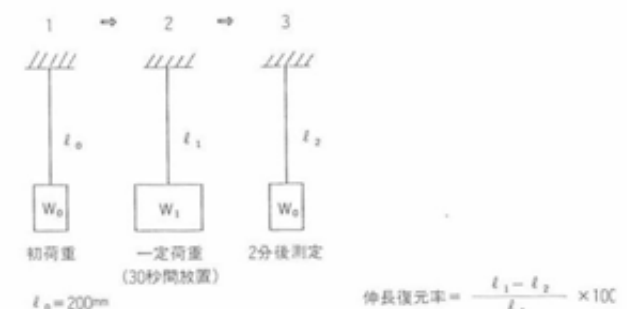


図5 伸長復元率試験概念図

(9) 伸長弾性率

JIS L 1095 7. 12. 1 A 法 (1990) により、一定伸び (5%) を糸に与えた後の回復性を測定した。(測定概念図: 図6)

(10) 伸長エネルギー

JIS L 1095 7.12.1 A法(1990)により、伸長弾性率を測定した時の応力-伸びの記録チャート上の面積を表し、伸長時と回復時のエネルギーの和から求めた。(測定概念図：図6)

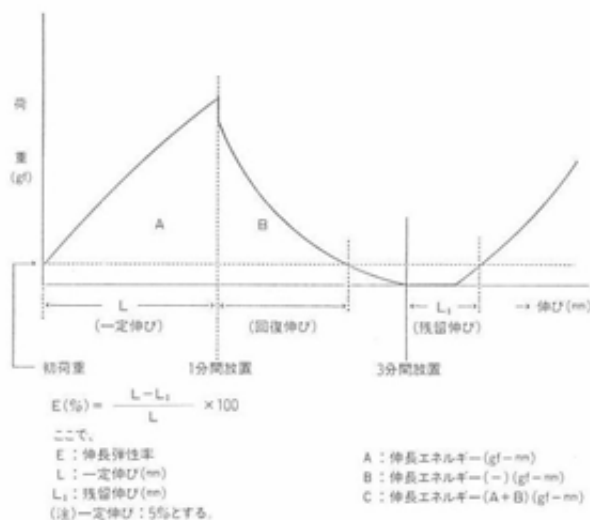


図6 伸長弾性率試験概念図

(11) 防しわ性試験

JIS L 1059 6.2 B法(モトサント法)(1992)により、防しわ率(%)を求め、この値で比較した。

2-4-5 柔軟性評価試験

加工した糸により製織した試作織物の柔軟性については、KES-FBシステム及びJIS L 1096 6.19.1A法(45°カンチレバー法)(1990)で風合い特性と剛軟性を調べて評価した。

2-4-6 洗濯堅ろう度試験

JIS L 0844 6.1 A-2法(1986)による。

2-4-7 ドライクリーニング堅ろう度試験

JIS L 0860(1974)による。

2-4-8 pH試験

JIS L 1081 5.9 A法、B法(1992)

2-4-9 吸放湿特性試験

環境試験室内の湿度変化に対する試料の重量変化により、吸放湿水分量(%)を求めた。(環境試験室：タバイスベック株)

2-4-10 吸湿速度測定試験

非接触方式の赤外線放射温度計を用いて、絶乾試料の恒温恒湿室(20℃、65%R.H.)内における吸湿速度を調べた。

2-4-11 水分移動特性試験

試料の湿度に対する水分移動特性については、湿度変化に対して試料を透過する際の湿度変化分を時間と共に測定した。(図7)

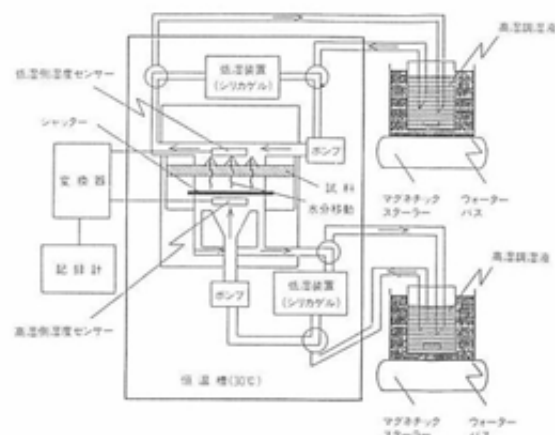


図7 水分移動特性試験機の概略図

2-4-12 接触冷温感試験

試料の接触冷温感試験については、KES-F7を使用して冷温感評価値(q max)を測定することにより数値化して比較した。

2-4-13 保温性試験

試料の保温性試験については、KES-F7を使用して、人間が服を着用したとき、体温(BT-BOX)と外温(20℃、65%R.H.)の温度差を保つために必要なW数(BT-BOXの熱損失)を求めて試料の保温率を比較した。

3. 試験結果

3-1 羊毛トップに対する天然高分子付与加工による羊毛粗糸及び糸の試験結果

天然高分子付与加工による原料特性の変化を詳しく調べるため、チーズ染色機により天然高分子付与加工を施した後、粗糸及び糸(2/72)の状態とし、未加工で同じ工程を通

した粗糸や糸と比較した。この結果を表9に示した。また、粗糸変化を側面比較写真(写真1~3)で示した。結果から、天然高分子を付与加工した羊毛繊維では、平均繊維長が短くなるとともに平均繊維度(繊維直径)は大きくなることが判明した。また、トップで加工した粗糸では引き抜き抵抗(荷重)が大きくなる他、外観観察の結果、加工を施した粗糸ではクリンプが大きく膨らんだ状態が確認できた。さらに、トップ加工した粗糸を試験紡績した糸の伸長復元率や伸長弾性率は未加工と比較して大きいことが分かった。(表9、

図8、写真1~3参照)

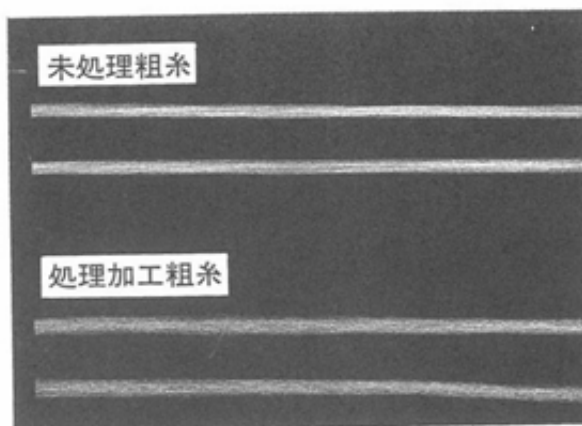


写真1 羊毛トップに対して天然高分子(羊毛ケラチン加水分解物:WK-H)を付与加工した粗糸

表9 ウールトップに対して天然高分子付与加工した粗糸及び糸の試験法と結果

| 試料 | 項目 | 試験法 | 試験結果 |
|---|---------------|---|--|
| ウールトップに天然高分子付与加工(天然高分子:羊毛ケラチン加水分解物)試験試料(粗糸) | 繊維長試験 | アルメーター (tex LAB AL 101) ハイヤー社(スイス) | 未処理 H=74.5mm B=89.0mm 処理 H=71.3mm B=84.8mm |
| | 繊維度試験 | 繊維度試験機 (FDA 200自動繊維度測定機)ハイヤー社(スイス) | 未処理 19.47μm 処理 19.53μm |
| | スライバー引き抜き荷重試験 | オートグラフAG-500A型 (株)島津製作所 | 結果:別紙グラフ |
| | pH試験 | JIS L 1081 5. 9 | A法 未処理 pH=8.54 処理 pH=7.05 B法 未処理 pH=9.00 処理 pH=7.33 |
| ウールトップに天然高分子付与加工(天然高分子:羊毛ケラチン加水分解物)試験試料(梳毛糸:2/72) | 強伸度試験 | JIS L 1095 7. 5. 1 (定速伸長型) 全自動糸強力試験機(ST-2000型(倉敷紡績(株))) | 未処理 207.8gf 26.4% 処理 206.2gf 24.8% |
| | 伸長復元率試験 | JIS L 1090 5. 7A法 JIS L 1096 6. 14. 2 B-1法 | 未処理 2.20% 処理 2.32% |
| | 伸長弾性率試験 | JIS L 1095 7. 12. 1A法 (5%) | 未処理 80.68% 処理 81.85% |
| | 伸長エネルギー | JIS L 1095 7. 12. 1A法 (5%)準用 | 未処理 0.6492kg/mm 処理 0.7022kg/mm |
| | 抱合力試験 | 蛙田式:蛙田理研(株) 荷重:100g 回転数:60r. p. m. 試験回数:10回 | 切断まで 未処理 101.8回 処理 97.8回 |
| | 編成性試験 | 編成性試験機KS-2 (杉原計器(株)) 初荷重:9g 速度:25m/min | 未処理 100g 処理 115g |
| | 毛羽数試験 | F-Index Tester (Shikibo) TEST=10m | 未処理 (2mm) 252.4 " (5mm) 14.2 処理 (2mm) 191.9 " (5mm) 8.3 |

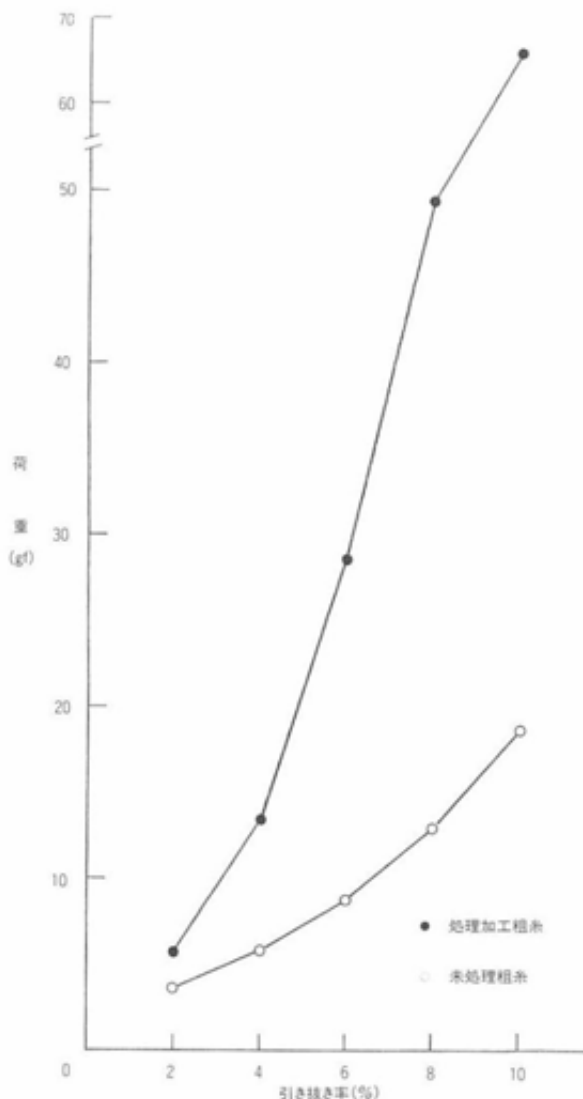


図8 粗糸引き抜き荷重グラフ

3-2 天然高分子付与加工に伴う糸収縮と番手変化

酵素処理や天然高分子付与に伴う番手変化を調べた結果を表10に示した。結果から改質した羊毛では、番手の変化が認められた。

3-3 チーズ染色機による酵素処理及び天然高分子付与加工羊毛の形状記憶性等特性評価

酵素処理や天然高分子付与加工の工場規模における実用化のため、チーズ染色機を利用した加工試験を行って形状記憶性等を評価した。結果を表11に示した。

3-4 特殊架橋剤の利用効果試験

特殊架橋剤を利用した場合の特性評価試験を行った結果を表12に示した。

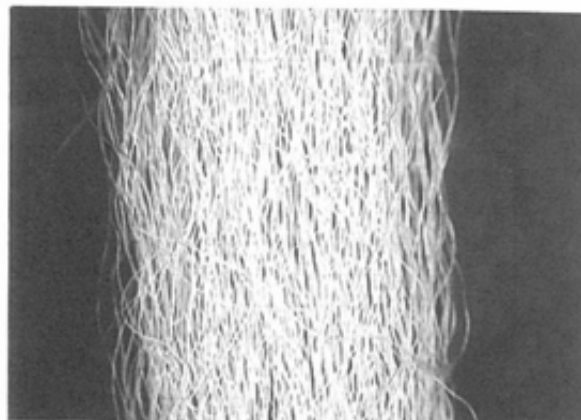


写真2 未処理粗糸

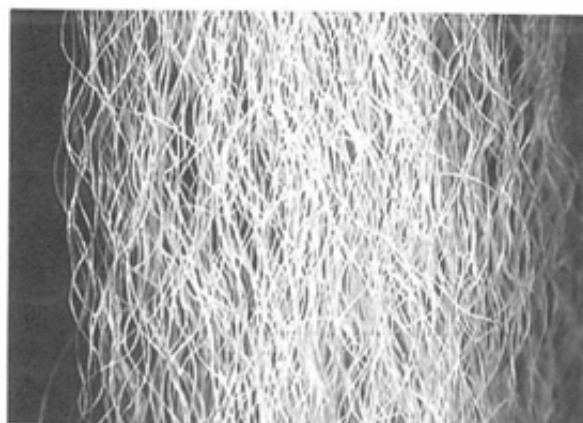


写真3 処理加工粗糸

3-5 還元剤前処理と酵素処理の同浴化

平成4年度の研究²⁾から、柔軟・高光沢な形状記憶ウールを得る方法として、チオグリコール酸アンモニウムによる前処理を施した後、酵素処理と天然高分子付与加工を行う方法が良いことが判明した。しかし、処理工程が長くなり、コストアップや羊毛損傷原因となることが予想される。このため、前処理と酵素処理を一浴で同時に行う方法について検討した。方法は、チオグリコール酸アンモニウムを酵素処理浴に添加して、未添加の場合と酵素活性を比較した。結果を表13に示した。結果から、チオグリコール酸アンモニウムはほとんど酵素活性には影響を与えず、一浴処理が可能ながことが判明した。このため、一部

表10 柔軟・高光沢加工羊毛糸の重量及び番手変化

| 試料 (略記号) | 天然高分子 種類 | スチーム処理 (80℃×30分) | 糸重量 (g/100mwool) | 番手(単糸相当) (N/M) | 番手 (N/M) |
|-------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------|
| 原糸 | — | — | 4.360 | 1/22.94 | 2/45.88 |
| 原糸 | — | ○ | 4.446 | 1/22.49 | 2/44.98 |
| T・N・D | — | — | 4.066 | 1/24.59 | 2/49.18 |
| T・N・D | — | ○ | 4.148 | 1/24.11 | 2/48.22 |
| T・N・D・H | — | — | 4.230 | 1/23.64 | 2/47.28 |
| T・N・D・H | — | ○ | 4.355 | 1/22.96 | 2/45.92 |
| T・N・D | Wool K. | ○ | 4.196 | 1/23.83 | 2/47.66 |
| T・N・D | Silk F. | ○ | 4.245 | 1/23.56 | 2/47.12 |
| T・N・D | Colla. | ○ | 4.243 | 1/23.57 | 2/47.14 |
| T・N・D・H | Wool K. | ○ | 4.215 | 1/23.73 | 2/47.46 |
| T・N・D・H | Silk F. | ○ | 4.316 | 1/23.17 | 2/46.34 |
| T・N・D・H | Colla. | ○ | 4.133 | 1/24.20 | 2/48.40 |

(注1) 試料略記号：T=チオグリコール酸アンモニウム、N=プロテアーゼNL処理、D=D. C. C. A. 処理
H=H₂O₂処理、Wool K.=羊毛ケラチン、Silk F.=シルクフィブロイン、
Colla.=コラーゲン

表11 チーズ染色機による酵素処理及び天然高分子付与加工羊毛の
形状記憶性等特性評価

| 前処理 | 酵素種類 | 天然高分子種類 | 伸長復元率 (%) | 伸長弾性率 (%) | 強力 (gf) | 伸度 (%) |
|----------------------------|------------------|---------|--------------|--------------|------------|-----------|
| チオグリ コール酸 アンモニ ウム | プロテ アーゼ NL | Blank | 2.91 | 76.17 | 287.4 | 21.7 |
| | | Wool K. | 4.08 | 82.47 | 280.9 | 18.1 |
| | | Silk F. | 4.07 | 83.30 | 284.3 | 20.9 |
| | | Colla. | 4.07 | 80.36 | 276.8 | 18.3 |
| | プロテ アーゼ P3 | Blank | 2.68 | 75.83 | 270.9 | 21.7 |
| | | Wool K. | 3.83 | 82.66 | 288.7 | 19.7 |
| | | Silk F. | 4.08 | 84.60 | 292.7 | 21.4 |
| | | Colla. | 3.85 | 81.24 | 279.8 | 18.1 |

(注1) 前処理：チオグリコール酸アンモニウム (50%in water) 2%o. w. f.、30℃×30分、浴比：1：20

(注2) 酵素使用量：プロテアーゼNL=37.5%o. w. f.

プロテアーゼP3=5%o. w. f.

(注3) 酵素処理：温度=50℃、時間=1時間、浴比：1：20

(注4) 天然高分子付与：温度=50℃、時間=30分、浴比：1：20、付与加工量=10%o. w. f.

表12 天然高分子付与加工酵素処理羊毛糸の形状記憶性等特性評価
(グルタルアルデヒド処理)

| 酵素種類 | 天然高分子種類 | 伸長復元率 (%) | 伸長弾性率 (%) | 強力 (gf) | 伸度 (%) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| プロテアーゼ NL | Blank (1) | 2.68 | 75.33 | 287.4 | 21.7 |
| | Wool K. | 4.08 | 82.06 | 277.2 | 23.9 |
| | Silk F. | 3.15 | 82.50 | 298.1 | 24.2 |
| | Colla. | 3.85 | 80.56 | 282.0 | 23.8 |
| プロテアーゼ P3 | Blank (1) | 2.68 | 77.13 | 270.9 | 21.7 |
| | Wool K. | 3.61 | 81.11 | 295.8 | 21.5 |
| | Silk F. | 2.91 | 83.67 | 291.4 | 22.2 |
| | Colla. | 3.85 | 80.83 | 297.5 | 21.7 |
| Blank (2) | — | 2.91 | 83.41 | 313.8 | 29.0 |

(注1) 試料酵素処理前処理：チオグリコール酸アンモニウム (50%in water) 2%o. w. f.

(注2) 酵素使用量：プロテアーゼNL=37.5%o. w. f.

プロテアーゼP3=5%o. w. f.

(注3) グルタルアルデヒド処理：Blank (1)= 0 mg/10gwool

(使用量) Blank (2)=40mg/10gwool

Wool K. = 1 mg/10gwool

Silk F. = 10mg/10gwool

Colla. = 40mg/10gwool

処理法：50℃×10分後遠心脱水 (1,000r. p. m.×1分)

(注4) 浴比：1：20 (酵素処理、グルタルアルデヒド処理)

の試作品 (毛織物3)~(6)用の糸加工にはこの方法を応用した。また、織物に対して後加工で処理する方法について試験した際にも本方法を試みた。

表13 プロテアーゼのチオグリコール酸アンモニウムに対する安定性比較

| 処理内容 | 酵素種類 | |
|--------------|--------------|--------------|
| | プロテアーゼN | プロテアーゼNL |
| 無処理(0時間) | 491.5 (100%) | 210.0 (100%) |
| 酵素処理(T・A無添加) | 245.0 (49.8) | 107.4 (51.1) |
| 酵素処理(T・A添加) | 245.8 (50.0) | 99.8 (47.5) |

(注1) 酵素処理条件

酵素添加量：プロテアーゼ N=5%o. w. f.、
プロテアーゼ NL=30%o. w. f.

処理時間：プロテアーゼ N=2時間、
プロテアーゼ NL=1.5時間

処理温度：50℃

処理 pH：7

T・A：チオグリコール酸アンモニウム
(50%in water) 添加量=2%o. w. f.

(注2) 数値は、処理液1ml当りの活性を、カッコ内は無処理との相対値を示す。

3-6 試作品の各種特性試験結果

3-6-1 試作品の光沢

試作品の光沢度を光沢計で測定した結果を表14~15に示した。

3-6-2 試作品の防しわ性

試作品の防しわ率を測定した結果を表16、17に示した。また、トップに加工した糸を緯糸に用いた織物の防しわ率についても表18に示した。

3-6-3 試作品の剛軟度

試作品の柔軟性について剛軟度を測定して比較した結果を表19に示した。

3-6-4 試作品の風合い特性

試作品の風合い特性については、KES-1FBシステムにより各特性を計測した。この結果を表20に示した。

表14 試作織物の光沢度測定結果

| 試料 | 糸使い | 組織 | 天然高分子 | 光沢度 (Gs) (高感度) | |
|------------------|------------------|------|---------|----------------|---------|
| | | | | 45° | 60° |
| ブルー ストライプ毛織物 | 経 2/48 緯 2/48 | 平組織 | 未加工 | 0.3 0.3 | 0.4 0.4 |
| | | | 羊毛ケラチン | 0.3 0.4 | 0.5 0.5 |
| | | | 絹フィブロイン | 0.3 0.3 | 0.5 0.5 |
| | | | コラーゲン | 0.3 0.3 | 0.5 0.5 |
| グリーン ストライプ毛織物 | 経 2/60 緯 2/60 | 朱子組織 | 未加工 | 1.5 1.8 | 1.6 1.6 |
| | | | 羊毛ケラチン | 1.6 1.9 | 1.6 1.6 |
| | | | コラーゲン | 1.7 2.0 | 1.6 1.6 |

(注1) 入射光方向：経糸方向(左)、緯糸方向(右)

(注2) 糸加工法：チーズ染色機(チオグリコール酸アンモニウム処理-酵素処理-酸化処理-染色-天然高分子付与)-スチーム加熱処理

表15 高品位性毛織物の光沢度

| 試料 | 毛織物 | 光沢度 (高感度) | |
|--|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Gs ($\theta=45^\circ$) | Gs ($\theta=60^\circ$) |
| 1. ギャバジン 緯・経 2/48 組織：2/1 斜紋組織 | 1-A 先加工・先染 | 2.1 | 1.9 |
| | 1-B 先加工・先染(未加工) | 2.0 | 1.8 |
| | 1-C 先加工・後染 | 3.4 | 2.7 |
| | 1-D 先加工・後染(未加工) | 3.2 | 2.4 |
| 2. ギャバジン 緯・経 2/72 組織：2/1 斜紋組織 | 2-A 先加工・先染 | 1.5 | 1.4 |
| | 2-B 先加工・先染(未加工) | 1.4 | 1.3 |
| | 2-C 先加工・後染 | 3.5 | 2.7 |
| | 2-D 先加工・後染(未加工) | 3.5 | 2.5 |

表16 試作毛織物のしわ回復性試験結果

| 試料 | 糸使い | 組織 | 天然高分子 | 防しわ率 (%) | | |
|------------------|------------------|------|---------|----------|------|-------|
| | | | | たて | よこ | たて+よこ |
| ブルー ストライプ毛織物 | 経 2/48 緯 2/48 | 平組織 | 未加工 | 88.8 | 87.8 | 176.6 |
| | | | 酵素処理 | 86.9 | 87.4 | 174.3 |
| | | | 羊毛ケラチン | 95.6 | 96.6 | 192.2 |
| | | | 絹フィブロイン | 92.2 | 89.4 | 181.6 |
| | | | コラーゲン | 91.1 | 95.0 | 186.1 |
| グリーン ストライプ毛織物 | 経 2/60 緯 2/60 | 朱子組織 | 未加工 | 91.9 | 91.8 | 183.7 |
| | | | 酵素処理 | 90.6 | 88.7 | 179.3 |
| | | | 羊毛ケラチン | 93.9 | 96.8 | 190.7 |
| | | | コラーゲン | 94.3 | 94.1 | 188.4 |

(注1) 試験方法：JIS L 1059 6, 2B法

(注2) 酵素処理：未加工織物に加工

(注3) 糸加工法：チーズ染色機(チオグリコール酸アンモニウム処理-酵素処理-酸化処理-染色-天然高分子付与)-スチーム加熱処理

表17 高品位性毛織物の耐久性能

| 試料 | 試験種類 | 防しわ率 (%) | | |
|---|---------------------------|----------|------|-------|
| | | たて | よこ | たて+よこ |
| ブルー ストライプ 毛織物 経・緯 2/48 組織：平織 | 未処理 | 88.8 | 87.8 | 176.6 |
| | 酵素処理 | 86.9 | 87.4 | 174.3 |
| | 羊毛ケラチン付与 | 95.6 | 96.6 | 192.2 |
| | 羊毛ケラチン付与 (洗濯試験後) | 92.5 | 93.3 | 185.8 |
| | 羊毛ケラチン付与 (ドライクリーニング試験) | 92.8 | 93.9 | 186.7 |

(注1) 試験方法：洗濯=JIS L 0217 103(1976)準用、
ドライクリーニング=JIS L 0860(1974)

(注2) 洗濯、ドライクリーニングとも、試験回数5回後の試料を防しわ性試験に供した。

表18 トップで加工した梳毛糸を用いた毛織物の防しわ性

| 試料 | 防しわ性 (よこ) | |
|-----------|-----------|----------|
| | 開角度 (°) | 防しわ率 (%) |
| 未加工 | 163 | 90.6 |
| 天然高分子付与加工 | 169 | 93.9 |

(注1) 羊毛トップ加工条件：羊毛ケラチン加水分解物
5% o. w. f.,
50°C×30分処理後湿熱加熱 (80°C×30分)

(注2) 織物規格：経：T/W (70/30) 梳毛糸2/60、
緯：梳毛糸2/72 (トップで天然高分子付与加工)
組織：平織

表19 試作品の剛軟度

| 試料 (試作毛織物) | 付与加工天然高分子 | 剛軟度 (mm) | | |
|---|-----------|----------|------|-------|
| | | たて方向 | よこ方向 | たて+よこ |
| ブルー ストライプ 毛織物 経・緯：2/48 組織：平組織 | 未処理 | 4.3 | 3.5 | 7.8 |
| | 羊毛ケラチン | 3.6 | 3.2 | 6.8 |
| | 絹フィブロイン | 3.4 | 3.4 | 6.8 |
| | コラーゲン | 3.8 | 3.3 | 7.1 |
| グリーン ストライプ 毛織物 経・緯：2/60 組織：朱子組織 | 未処理 | 3.8 | 3.7 | 7.5 |
| | 羊毛ケラチン | 3.7 | 3.2 | 6.9 |
| | コラーゲン | 3.7 | 3.4 | 7.1 |

(注1) 試験方法：JIS L 1096 6. 19 1A法 (45°カンチレバー法) (1990)

表20 試作毛織物の風合い値

| 風合い項目 | 未処理 | 羊毛ケラチン 付与加工 (1) | 羊毛ケラチン 付与加工 (2) |
|-------|--------|--------------------|--------------------|
| こし | 2.0637 | 2.1213 | 2.2348 |
| ぬめり | 5.5763 | 5.6291 | 6.1854 |
| ふくらみ | 5.6366 | 5.8569 | 5.9656 |
| ソフトさ | 6.1105 | 6.1437 | 6.5815 |
| T・H・V | 2.6877 | 2.7463 | 3.0675 |

(注1) 試料：ブルー
ストライプ織物
(組織：平織、経・緯：2/48)

(注2) 羊毛ケラチン付与加工(1)
：チーズに吸尽法で付与加工
羊毛ケラチン付与加工(2)
：布にパディング法で付与加工

(注3) T・H・V：婦人外衣用中厚地としての値

3-6-5 試作品用糸の吸放湿性

試作品に用いた糸の吸湿性や放湿性について、環境試験室内における高湿度、低湿度に対する糸や布の重量変化分を求めて評価した。

この結果、酵素処理及び天然高分子付与加工を施した糸や布では吸湿性、放湿性共に速度、吸放湿水分量が大となることが判明した。これらを表21~24及び図9~10に示した。

3-6-6 試作品の吸湿温度変化

試作品の吸湿速度は、絶乾状態 (布の水分率0%、温度20°C) から恒温恒湿状態 (65% R. H.、20°C) に環境が変化した場合の布の温度変化を放射温度計で計測した。この結果を表25に示した。

3-6-7 水分移動特性試験結果

試作品の湿度環境変化に対する特性について、試料透過水分を測定して比較した。この結果を表26に示した。

表21 柔軟高光沢加工羊毛糸の吸放湿特性

| 吸放湿度 (%R.H.) | 放置時間 (分) | 吸放湿水分量 (g/100gwool) | | | |
|--------------------|----------|---------------------|---------|---------|--------|
| | | 天然高分子種類 | | | |
| | | 未処理 | WOOL K. | SILK F. | COLLA. |
| 吸 65 ↓ 90 | 10 | 0.96 | 1.24 | 1.19 | 1.14 |
| | 20 | 1.29 | 1.67 | 1.56 | 1.51 |
| | 30 | 1.73 | 2.13 | 2.05 | 2.01 |
| | 60 | 2.29 | 2.78 | 2.66 | 2.59 |
| | 120 | 3.00 | 3.49 | 3.36 | 3.23 |
| 放 90 ↓ 65 | 10 | 0.81 | 1.10 | 1.11 | 1.03 |
| | 20 | 1.31 | 1.75 | 1.62 | 2.04 |
| | 30 | 1.79 | 2.23 | 1.96 | 1.68 |
| | 60 | 2.63 | 3.14 | 2.90 | 2.82 |
| | 120 | 3.20 | 3.83 | 3.57 | 3.44 |

(注1) 酸化処理：過酸化水素水

表22 柔軟高光沢加工羊毛糸の吸放湿特性

| 吸放湿度 (%R.H.) | 放置時間 (分) | 吸放湿水分量 (g/100gwool) | | | |
|--------------------|----------|---------------------|---------|---------|--------|
| | | 天然高分子種類 | | | |
| | | 未処理 | WOOL K. | SILK F. | COLLA. |
| 吸 65 ↓ 90 | 30 | 1.53 | 1.75 | 1.91 | 1.88 |
| | 60 | 1.89 | 2.45 | 2.60 | 2.53 |
| | 120 | 2.39 | 3.51 | 3.55 | 3.56 |
| 放 90 ↓ 65 | 30 | 1.41 | 1.62 | 1.85 | 1.93 |
| | 60 | 2.04 | 2.56 | 2.45 | 2.64 |
| | 120 | 2.74 | 3.48 | 3.07 | 3.27 |

(注1) 酸化処理：D. C. C. A.

表23 高品位性試作織物の吸湿特性

| 試料 ブルー ストライプ織物 | 湿度変化(65%R.H.→90%R.H.)に伴う吸湿水分(%) | | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 放置時間(分) | | | | |
| | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 |
| 未加工 | 1.426 | 1.666 | 1.747 | 2.131 | 2.612 |
| 加工(WOOL K.) | 1.502 | 1.647 | 1.647 | 2.180 | 2.987 |
| 加工(SILK F.) | 1.507 | 1.669 | 1.701 | 2.203 | 2.673 |
| 加工(COLLA.) | 1.871 | 2.047 | 2.063 | 2.574 | 3.214 |

表24 高品位性試作織物の放湿特性

| 試料 ブルー ストライプ織物 | 湿度変化(90%R.H.→65%R.H.)に伴う放湿水分(%) | | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 放置時間(分) | | | | |
| | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 |
| 未加工 | 1.765 | 1.249 | 0.671 | 0.578 | 0.265 |
| 加工(WOOL K.) | 1.803 | 1.286 | 0.917 | 0.549 | 0.267 |
| 加工(SILK F.) | 1.973 | 1.357 | 0.978 | 0.631 | 0.442 |
| 加工(COLLA.) | 2.045 | 1.503 | 1.177 | 0.775 | 0.465 |

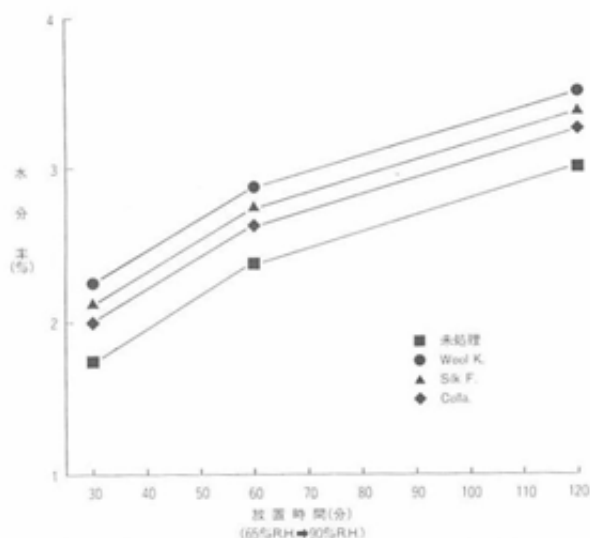


図9 柔軟・高光沢加工羊毛糸の吸湿特性 (酸化処理：過酸化水素)

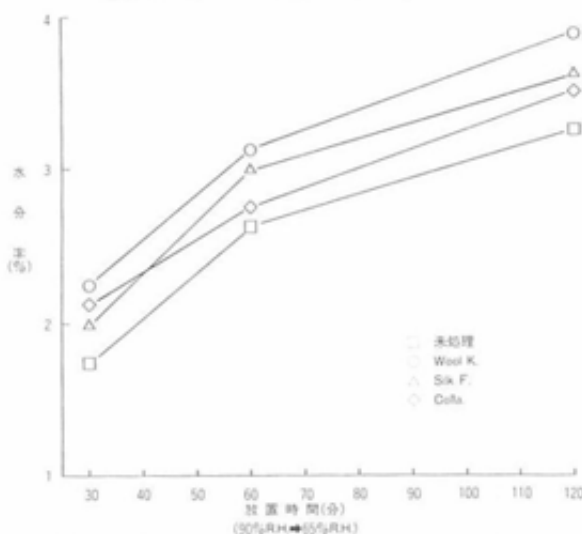


図10 柔軟・高光沢加工羊毛糸の放湿特性 (酸化処理：過酸化水素)

表25 試作毛織物の環境変化に対する温度変化測定結果

| 試作品種類 | 天然高分子種類 | 放置時間(分) | | | | | | |
|----------------|---------|---------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 |
| 2/1斜紋組織 毛織物 | 未処理 | 22.0 | 21.3 | 21.4 | 21.2 | 20.8 | 20.6 | 20.5 |
| | 羊毛ケラチン | 22.4 | 21.7 | 22.0 | 21.9 | 20.9 | 20.6 | 20.5 |
| 経・緯=2/60 | 絹フィブロイン | 23.4 | 21.5 | 21.6 | 21.4 | 20.5 | 20.3 | 20.3 |
| | コラーゲン | 23.6 | 21.4 | 22.1 | 21.7 | 21.1 | 20.5 | 20.5 |

(注1) 恒温恒湿室内温湿度(20℃、65%R.H.)

表26 高品位性織物の透湿性
(一定時間の湿度変化%R. H.)

| 試料 | 湿度変化分 (%R. H.) | | | | |
|----|----------------|------|------|-------|------|
| | 接触時間(秒) | | | | |
| No | 天然高分子種類 | 0→30 | 0→60 | 0→120 | ΔC |
| 1 | 未処理 | 17.0 | 18.6 | 20.2 | 18.8 |
| 2 | 羊毛ケラチン | 13.4 | 14.8 | 15.8 | 18.0 |
| 3 | 絹フィブロイン | 8.9 | 9.0 | 9.4 | 10.4 |
| 4 | コラーゲン | 12.5 | 13.6 | 14.6 | 16.8 |
| 5 | 未処理 | 13.8 | 15.8 | 18.0 | 21.2 |
| 6 | 羊毛ケラチン | 12.2 | 14.2 | 16.1 | 19.4 |
| 7 | コラーゲン | 13.5 | 15.2 | 17.1 | 19.6 |

- (注1) 試料No1~4: ブルーストライフ毛織物、
試料No5~7: グリーンストライフ毛織物
(注2) ΔC: 定常状態の透湿性
(注3) 高湿度側: 84%R. H.

3-6-8 接触冷温感試験結果

接触冷温感 (qmax) は、試料に触れた時の温かさや冷たさを表わし、数字が大きいほど冷たい。測定結果を表27に示した。

3-6-9 保温性測定結果

試料によって熱放散速度(熱を保つ能力)が異なり、W数が大きいほど保温性が悪い。W及び保温率(%)を表27に示した。

3-6-10 高品位性毛織物の電子顕微鏡による観察像

高品位性毛織物の繊維表面を走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した結果を写真4~写真8に示した。

表27 試作毛織物の接触冷温感及び保温性測定結果

| 試作品種類 | 天然高分子種類 | 接触冷温感Qmax (W/cm²) | 保温性(保温率α(%)) |
|------------------------|----------|-------------------|--------------|
| 平織組織毛織物 経・緯=2/48 | 未処理 | 0.144 | 13.36 |
| | 羊毛ケラチン | 0.155 | 11.83 |
| | 絹フィブロイン | 0.160 | 12.21 |
| | コラーゲン | 0.153 | 11.64 |
| 2/1斜紋組織毛織物 経・緯=2/72 | 1.未処理 | 0.128 | 8.02 |
| | 2.羊毛ケラチン | 0.135 | 7.25 |
| | 3.未処理 | 0.148 | 10.76 |
| | 4.羊毛ケラチン | 0.157 | 6.11 |

(注1) 保温率α(%) = $\frac{W_0 - W}{W_0} \times 100$

W₀: 試料の無いときのW数 W: 一定温度を保つために必要なワット数

- (注2) 2/1斜紋組織織物のうち、1.未処理、2.羊毛ケラチンと3.未処理、4.羊毛ケラチンでは、加工法が異なる。1.及び2.は、糸で酵素処理後に製織、反染して、天然高分子を付与加工した織物で、3.及び4.は糸で酵素処理後、染色を行い、続いて天然高分子を付与加工した糸で製織した織物。

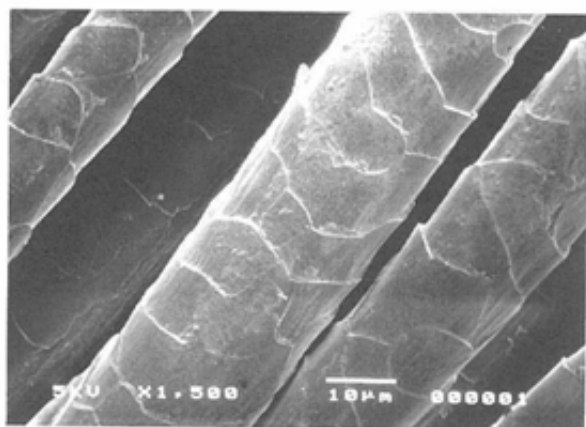


写真4 未加工ウール

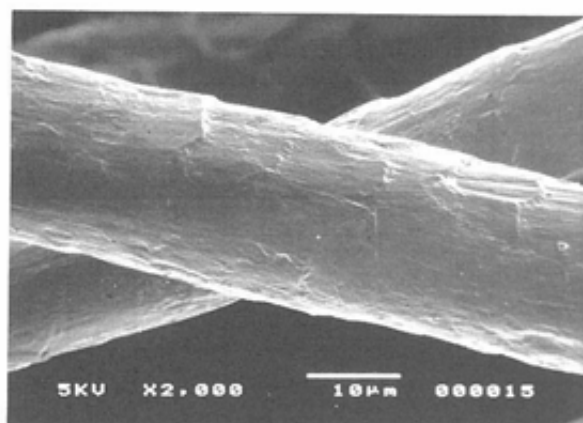


写真5 高品位性ウール〔先加工・先染織物〕

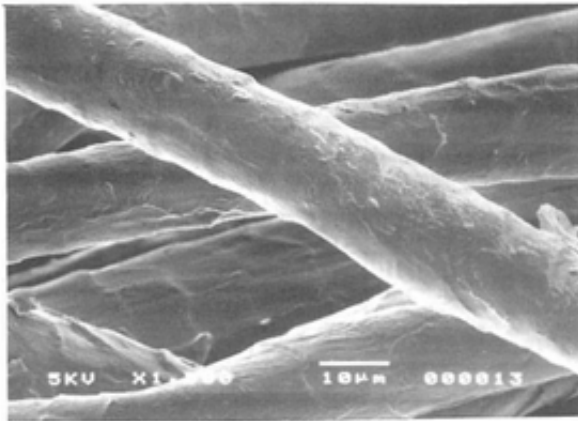


写真6 高品位性ウール〔先加工・先染織物〕

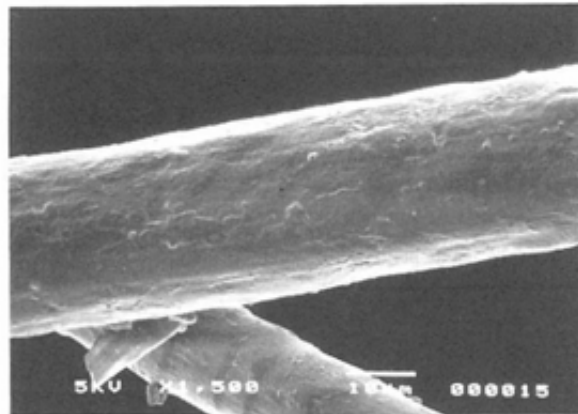


写真7 高品位性ウール〔先加工・後染織物〕

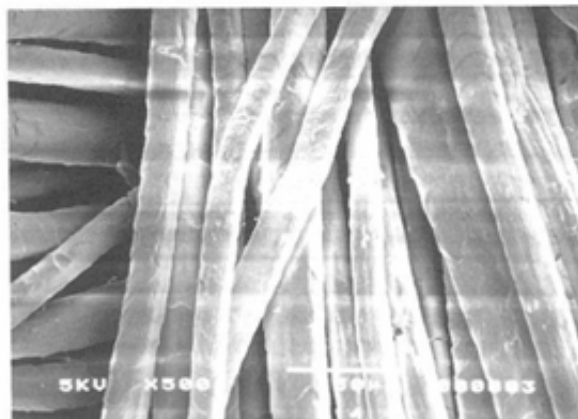


写真8 高品位性ウール〔後加工・後染織物〕

表28 試作織物の洗濯堅ろう度

| 試料 | 天然高分子種類 | 洗濯堅ろう度(級) | | | |
|----|---------|-----------|----|---|---|
| | | 変退色 | 汚染 | | 絹 |
| | | | 毛 | 絹 | |
| 1 | 未加工 | 5 | 5 | 5 | |
| 2 | ブルー | ストライプ織物 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 羊毛ケラチン | | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 絹フィブロイン | | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 未加工 | グリーン | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 羊毛ケラチン | | 5 | 5 | 5 |
| 7 | コラーゲン | | 5 | 5 | 5 |

(注1) 試験方法：JIS L 0844 6. 1 A-2法 (1986)

表29 試作織物のドライクリーニング堅ろう度

| 試料 | 天然高分子種類 | ドライクリーニング堅ろう度(級) | | | |
|----|---------|------------------|----|---|---|
| | | 変退色 | 汚染 | | |
| | | | 毛 | 絹 | |
| 1 | 未加工 | 5 | 5 | 5 | |
| 2 | ブルー | ストライプ織物 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 羊毛ケラチン | | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 絹フィブロイン | | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 未加工 | グリーン | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 羊毛ケラチン | | 5 | 5 | 5 |
| 7 | コラーゲン | | 5 | 5 | 5 |

(注1) 試験方法：JIS L 0860 (1974)

表30 高品位性毛織物の染色堅ろう度

| 試料毛織物 | 加工内容 | 染色堅ろう度(級) | | | |
|---|------------------------|-----------|----|-----------|----|
| | | 洗濯 | | ドライクリーニング | |
| | | 変退色 | 汚染 | 変退色 | 汚染 |
| 1. ギャバジン 緯・経 2/48 組織：2/1 斜紋組織 | 1-A 先加工・先染 | 5 | 5 | 4-5 | 5 |
| | 1-B 先加工・先染 (未加工) | 5 | 5 | 4-5 | 5 |
| | 1-C 先加工・後染 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 1-D 先加工・後染 (未加工) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2. ギャバジン 緯・経 2/72 組織：2/1 斜紋組織 | 2-A 先加工・先染 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 2-B 先加工・先染 (未加工) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 2-C 先加工・後染 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 2-D 先加工・後染 (未加工) | 5 | 5 | 5 | 5 |

(注1) 試験方法：洗濯 JIS L 0844 (1986) C1S号、
ドライクリーニング JIS L 0860 (1974)

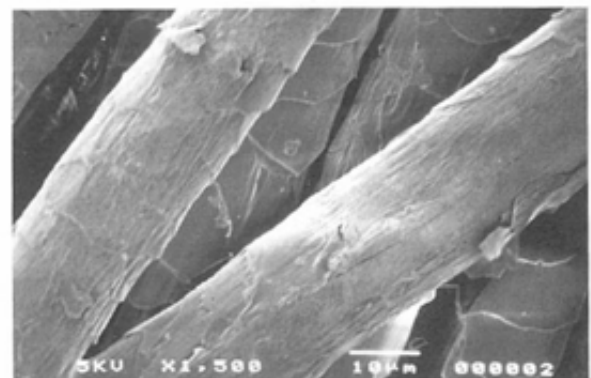


写真9 後加工織物
(酸化剤：H₂O₂、触媒：塩化マグネシウム)

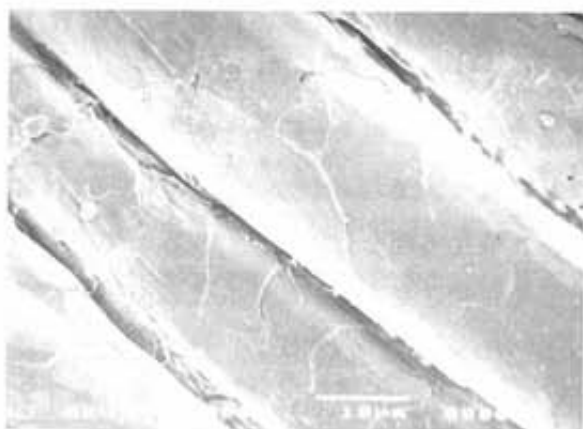


写真10 後加工織物
(酸化剤: H_2O_2 、触媒: 硫酸アルミニウム)

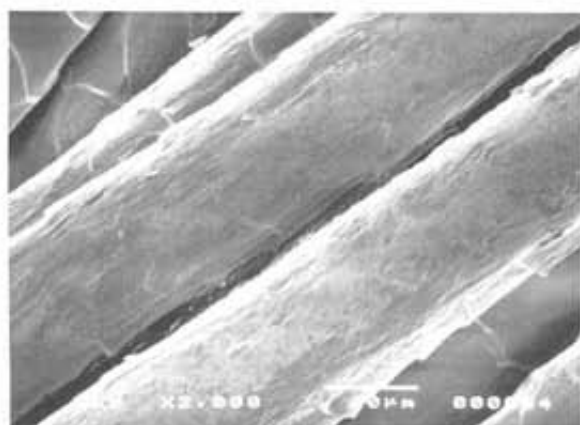


写真11 後加工織物
(酸化剤: D. C. C. A. 3%o. w. f.)
(助 剤: MVL 0.5g/ℓ)

表31 後加工高品位毛織物の光学特性値

| 試料No | 光沢度(Gs) ($\theta=60^\circ$) | L* | W _H | YI |
|------|----------------------------------|-------|----------------|-------|
| 1 | 2.3 | 85.07 | 77.80 | 39.00 |
| 2 | 2.6 | 86.27 | 79.76 | 32.42 |
| 3 | 2.6 | 85.08 | 78.09 | 36.60 |
| 4 | 2.5 | 84.73 | 75.99 | 45.05 |
| 5 | 2.5 | 85.31 | 78.12 | 36.52 |
| 6 | 2.5 | 84.88 | 77.77 | 37.66 |
| 7 | 2.5 | 84.68 | 77.12 | 40.03 |
| 8 | 2.5 | 84.99 | 78.49 | 33.38 |
| 9 | 2.6 | 85.02 | 75.76 | 46.43 |
| 10 | 2.6 | 85.25 | 76.83 | 42.81 |
| 11 | 2.5 | 84.96 | 76.54 | 43.01 |
| 12 | 2.6 | 85.06 | 76.84 | 41.96 |
| 13 | 2.7 | 85.92 | 78.77 | 36.92 |
| 14 | 2.5 | 85.21 | 78.57 | 31.56 |
| 15 | 2.5 | 81.93 | 74.84 | 44.13 |
| 16 | 2.1 | 74.50 | 65.96 | 74.93 |
| 17 | 2.6 | 86.57 | 80.48 | 29.89 |
| 18 | 2.6 | 86.07 | 80.20 | 28.58 |
| 19 | 2.5 | 86.94 | 80.99 | 28.44 |
| 20 | 2.0 | 71.93 | 65.16 | 36.09 |
| 21 | 2.4 | 85.99 | 79.88 | 30.52 |
| 22 | 2.0 | 67.29 | 57.37 | 81.24 |
| 23 | 2.6 | 86.38 | 80.76 | 27.35 |

(注1) 試料毛織物: 2/60×2/60キャバジン

(注2) 光沢度測定条件: 入射光=経糸方向

表32 麻ライク加工レサイブ例

| 加工工程 | 処 理 条 件 |
|-----------|---|
| 酵素処理 | 中性プロテアーゼ(例: プロテアーゼ NL) チオグリコール酸アンモニウム (50%in water) 50℃×60分 失活: 90℃×15分 浴比: 1:20 10%o. w. f. 2%o. w. f. |
| 酸化処理 | 過酸化水素水 (35%) ピロリン酸ソーダ アンモニア水 60℃×30分 浴比: 1:20 50g/ℓ 2g/ℓ 1g/ℓ |
| 天然高分子付与加工 | 羊毛ケラチン加水分解物(例: WK-H) または、コラーゲン加水分解物(例: PA-10L) 50℃×30分(吸尽法) 浴比: 1:20 10%o. w. f. 10%o. w. f. |
| 風合い調節 | キトサン液パッド 絞り率: 80% 乾燥: 120℃×3分 キトサン溶液調製法 キトサン(例: キトファイン)と酢酸を同量含むX%溶液を作成した後、濃度調節する。 1~15%溶液 |

(注) 染色工程が必要な場合は、酸化処理後に施す。

3-6-11 試作品の洗色堅ろう度試験結果

試作品の染色堅ろう度試験結果を表28~30に示した。

3-7 織物に対する後加工試験結果

後加工で高品位な織物を得る試験を行った結果を表31に示した(試料Noは表7のレサイブ内訳表Noに対応)。また、織物表面のSEM像について写真9~11に示した。

3-8 天然高分子による風合いコントロール加工への応用展開

これまでに開発した技術を応用して、ウールの風合いを変えると共に、光沢を調節して

麻ライクやシルクライクの目的風合いに仕上げる加工試験を行った。方法は、毛織物を酵素処理により、脱スケールと内部の一部を溶解した後(後処理の反応性を増す目的も含む)、酸化処理を行ってウール表面や内部の硬さを変化させる。この後、光沢や風合いのコントロールと先に開発した形状記憶機能(しわ回復性や折り目保持性等)を付与するため、このウールに天然高分子(羊毛ケラチンや絹の加水分解物並びにキトサン)を付与加工した。これらの加工については、実施例を表32と表33に示した。

表33 シルクライク加工レサイブ例

| 加工工程 | 処 理 条 件 |
|-----------|--|
| 酵素処理 | 中性プロテアーゼ(例:プロテアーゼ NL) 37.5%o. w. f. 50℃×120分 失活:90℃×15分 浴比:1:20 |
| 天然高分子付与加工 | 絹フィブロイン加水分解物 10%o. w. f. (例:シルクゲンGソルブルKE) 50℃×30分(吸尽法) 浴比:1:20 |
| 風合い調節 | アミノ変性タイプシリコーン系柔軟剤(シルコートEX-G) 2%o. w. f. 40℃×15分 浴比:1:20 |

(注) 染色工程が必要な場合は、酵素処理の前または後に施す。

4. 結果の考察

以上、酵素や天然高分子を用いて、柔軟で高光沢、かつ形状記憶機能を合わせ持った高品位性ウールの開発とその評価結果を述べた。そこで、得られた結果を順に考察すると、次のように考えられる。

4-1 原料特性に及ぼす天然高分子付与加工の影響

羊毛トップに対して天然高分子を付与加工した結果、得られた繊維、スライバー、糸ではどれも未加工とは異った特性が確認できた。繊維については、加工したものでは平均繊度が大きくなり、膨らみが出るとともに平均繊

維長はやや短くなるようである。また、スライバーの外観変化から判断して、クリンプ数の増加が認められた。さらに、スライバーの引き抜き抵抗も未加工より相当に大きくなっていることから増加が推定できる。つぎに、トップで加工して紡績した糸について諸物性を調べた結果から、伸長弾性率等の回復性に優れた糸が得られる他、毛羽の少ない抱合性の良い糸となることが分かった。

つぎに、天然高分子付与加工を施した糸の変化については、糸の収縮と重量の変化をもとに番手の違いで調べたところ、未加工の糸に比較して、膨らみのある糸が得られること

が判明した。しかし、未加工と比較して糸の収縮率については大きくなるものの、ブランク加工に較べて天然高分子付与加工した試料では、収縮が制限されている試料もあった。このことから、天然高分子付与加工によって生じる糸の番手変化は、加工条件により異なることが明らかになった。

4-2 実用化試験の効果

チーズ染色機を利用して実用化に向けての加工試験を行って、その効果を調べた結果から判断して、光沢、形状記憶性(しわ回復性)風合い等、平成3年度の基礎試験結果¹⁾に近い数値が得られたため、工場規模でも柔軟で高光沢な糸が十分に加工可能と考えられる。

4-3 前処理及び後処理の効果

酵素処理前に行う前処理については、昨年度の成果²⁾からチオグリコール酸アンモニウムに絞って試験を行った。この結果、風合いや光沢、しわ回復性等を低下させることなく酵素処理が施せたものと考えている。また、脱スケールを進めて、光沢の向上を目的とした後処理の酸化条件については、昨年度の研究成果²⁾を参考に、過酸化水素とD. C. C. A. を用いる方法を主に採用した。この結果、過酸化水素処理に比べてD. C. C. A. 等の強い薬剤によれば、酵素処理後のスケール除去についてはかなり均一で強力な脱スケールが可能ことが判明した。過酸化水素による方法についても、酵素処理後に用いた場合、酵素によるスケール部分の分解に加えて、酵素処理後に残留している金属類が触媒的に働いて、脱スケールが進むものと思われる。これらは、いろいろな加工条件で処理した糸の光沢を測定した結果でも同様の傾向が推定できる。

4-4 加工試験糸の吸放湿特性

前処理と酵素処理及び後処理を行った試料

糸の吸湿性や放湿性については、いずれも未処理試料より吸収水分率、放出水分率が大きい結果であった。放置時間の違いに対する傾向もほとんど同じで、天然高分子種類については、吸湿、放湿とも高いものからWool K、Silk F.、Colla. の順であった。この理由については、付与加工量(いずれも5%o. w. f.)の純分が異なるため、さらに試験を行って明らかにする必要がある。いずれにしても、この加工を施した糸では吸放湿性が高くなることが明らかとなり、試作品についての水分移動特性による評価(後述)でも同様の傾向が認められた。

4-5 試作品の加工効果評価

チーズ染色機を利用して、前処理、酵素処理、後処理、染色、天然高分子付与加工とほとんどの加工をチーズで加工する方法で糸を先加工し、織物と編地の試作品を作成した。本加工法が工場規模で可能かどうか試験する意味も含んでいたが、糸の強伸度低下や損傷もほとんど認められず、未加工糸と同様に製織、編成が可能であった。次に、評価試験結果について順に考察してみる。

試作品の光沢については、光沢度そのものが繊維では数値が小さく、染色が施されている試料の比較は差が小さくなって比較が困難であった。しかし、光沢度で比較した場合、光沢の向上が大きなものは、後加工に強力な酸化剤(D. C. C. A. 等)を用いた場合で、チーズで加工した糸では最大10% ($\theta=45^\circ$) または16% ($\theta=60^\circ$) 高い結果であった。これは、均一な脱スケールが進んだ結果、ウール繊維表面の反射光束がそろった光線となるためと考えられる。また、強い光沢を得るためには、均一な脱スケール加工が必要となることを示している。

試作品の柔軟性や風合いについては、評価

基準が未加工品との比較となるため、差が小さな特性もあって処理効果を調べるのに時間を費した。しかし、全体に処理によって柔軟性が増し、ソフトな糸や織物へ変化することが判明した。しかし、天然高分子を付与することによって、弾力性や回復性も増すようで、柔軟でソフトなウールへ改質されるだけではなさそうな結果であった。この点については、もう少し別の角度からも調べる必要があるようで、評価法を変えて別の機会に解析してみたい。

試作品の形状記憶性については、昨年度まで¹⁾²⁾の評価法と同様、防しわ性で評価してみた。この結果、酵素処理等を施した段階では未加工品に比べて防しわ度の低下が認められるものの、天然高分子付与加工により、これが大きく引き上げられる事実が明らかになった。このことから、天然高分子付与加工はしわ回復性の低下する処理加工や、もともとしわ回復性の悪いような糸使いや規格の織物に対して採用すれば大きな効果を発揮するものと考えられる。また、さらに加工効果を上げるため、特殊な架橋剤を利用してみた。今まで酵素の固定化等に用いられている蛋白質分子間の架橋剤であるグルタルアルデヒドの作用に注目した。一般に酵素の固定化では、酵素の立体構造の安定化も期待される場合が多い。ここでも、天然高分子の持つアミノ酸残基を利用して、グルタルアルデヒドを用いた処理を行い、架橋結合と天然高分子の立体構造の安定や共有結合に似た、羊毛繊維と天然高分子との強い結合を目的とした。このグルタルアルデヒドは、蛋白質のリシン残基の ϵ -アミノ基と主に反応するほか、 α -アミノ基やSH基とも反応するとされている。

この結果、グルタルアルデヒド処理により、伸びや強力が改善されるようで、伸びについ

ては、ブランクに対してプロテアーゼNLのWool K.で10.14%、Silk F.で11.52%の増加が認められた。また、プロテアーゼP3では、Silk F.で2.30%増加した。強力についてみると、プロテアーゼNLのSilk F.で3.72%増加し、プロテアーゼP3では、Colla.で9.82%、Wool K.で9.19%増加した。このことから、グルタルアルデヒドを架橋剤として利用すれば、天然高分子と羊毛構造中の羊毛分子との結合をより強固なものにすると考えられる。さらに、伸長復元率についてみると、プロテアーゼNLのWool K.で52.24%増加が認められ、プロテアーゼP3についてもColla.で43.66%、Wool K.で34.70%増加した。さらに、伸長弾性率についても、プロテアーゼNLのWool K.で8.93%、Silk F.で9.52%増加した。プロテアーゼP3では、Silk F.で8.48%、Wool K.で5.16%増加した。以上は羊毛糸に対しての試験結果であるが、グルタルアルデヒド処理した織物についてもある程度の効果が明らかになった。同様な架橋剤による防しわ性向上法に関する報告は、Needlesらの試験例⁶⁾があり、そこでは羊毛のジスルフィド結合を還元剤 (THPS) で切断した後、1,6-ジアミノヘキサン (DAH) や気相ホルムアルデヒドによって架橋処理する方法をとっている。

グルタルアルデヒドの使用上の注意点としては、わずかに羊毛に対して着色(淡茶褐色)が認められることで、光沢測定結果からも分かるように、ブランクより低下する場合もある。以上のことから、今後の展開として、たとえば羊毛に吸着されやすい低分子量の天然高分子を比較的高濃度にして羊毛内部へ十分に吸着させた後、架橋剤を用いて繊維内部で分子量の大きなものとして固着させる加工法等も実用化可能な技術と考えられる。

最後に、試作品の今までにない機能を調べた結果について考えてみる。

ここでは、試作品の持つ機能のうち水分の移動特性に関する試験結果に注目したい。この特性は、当センターにより開発した独自の試験機を用いた測定によるものである。これは、布の持つ透湿性を測定するもので、透湿が定常状態に至るまでの過渡状態の透湿性を精度よく短時間に測定できる試験機である。⁷⁾

この試験機により測定した結果から、天然高分子を付与加工した試料では、透湿性に明らかな違いが認められ、特に透湿初期の水蒸気透過性に対して天然高分子付与加工の影響が大きいことが伴明した。なかでも、羊毛ケラチンの湿度変化が最大で、むれ感のない快適な布を得るのに役立つものと思われる。しかし、定常状態における透湿性は大きな差が認められず、この理由として布構造が天然高分子付与加工によって（正確には水蒸気によって、糸がふくらみ、糸の構造変化に起因する＝先加工品の場合）変化したため、水蒸気の通過量が少なくなると考えられそうである。しかし、本研究の中では明らかにできなかったため、さらに検討する必要がある。

4-6 織物に対する後加工効果の評価

最後に、後加工で高品位な織物を得る方法について可能性を調べ、明らかになった点を述べる。布に対して酵素処理や天然高分子を付与加工するに当たり、チーズで加工した場合とほぼ区じ方法で加工した。結果は布に対する加工の制約からか、糸に加工した場合と比較して光沢、柔軟性ともやや効果が不足気味であった。このため、糸に対する方法とは少し異なった処方でも試験を試みた。その一つが酵素処理後の酸化処理の効果を上げる方法である。これは、酵素処理によりある程度改質されたスケール部分を酸化する場合、より

急激な反応とするために金属触媒を利用するものである。試験した結果から、光沢、柔軟性とも優れた織物が得られた金属触媒は、塩化亜鉛、塩化マグネシウム、硫酸アルミニウム、スズ酸ナトリウム等であった。さらに、電子顕微鏡による繊維表面の観察像から、脱スケールが均一と認められたものは、塩化マグネシウムと硫酸アルミニウムであった。

この他、加工法や薬剤の組み合わせを工夫することによって、風合いを自由にコントロールすることも可能となり、今後の応用展開に道が開けた。

次に、MVLの持つ特殊な効果を利用して従来法を改良した塩素酸化法による加工法について述べる。通常、D. C. C. A. を用いる加工では、酸性サイドで処理を施せば、羊毛の光沢、柔軟性等の風合い、脱スケール状態とも中性処理より優れた効果が期待できる。しかし、処理ムラも大きくなり、布への加工はほとんど行われていない現状である。このため、pHスライド効果のあるMVLを助剤に用いて、D. C. C. A. による酸化処理試験を行った。この結果、処理条件として、D. C. C. A. 3% o. w. f.、MVL0.5g/lで最も良い結果が得られた。このことから、D. C. C. A. による酸化処理は、処理スタート時の弱酸性からMVLのpHスライド効果により徐々にpHが下降するため、処理ムラ対策としても有効な方法と考えられる。これは特に織物に対する後加工時に応用できそうな技術である。

最後に、天然高分子による風合いコントロール加工への応用についてであるが、次世代ウールの開発研究による加工法を組み合わせることにより、麻ライクからシルクライクまで自由に可能となった。この方法の特徴は、主たる加工剤に天然物を使用していることであり、現在、注目されている「肌にやさしい

加工」として今後、広く受け入れられる加工法と考えられる。

5. まとめ

以上、酵素処理と天然高分子付与加工を併用した、柔軟で高光沢な形状記憶ウールによる高品位織・編物の評価について述べた。実用化を目ざして開発したウールに対して、多方面から性能と機能について評価を加えることができた。結果については、柔軟性、光沢度等の大きな向上が確認できた反面、形状記憶性についての向上率が不足した。この形状記憶性に関しては、今だ明確な定義も出されていない現状で、再検討とより高性能な加工法の出現が期待される。また、その他の機能については、吸放湿性等の向上が確認できた。

平成3年度からスタートした「次世代ウールの開発」に関する研究については、今回の報告で終了するものの、今後とも天然高分子や酵素等のバイオ応用加工を採用する動きは広がるものと考えられる。このため、これらの研究開発の重要性や必要性はさらに高まるものと思われる。本研究の成果が少しでも関連企業の開発研究と発展に役立つよう願っている。

謝 辞 (1)

本研究を進めるに当たり、終始貴重な意見とご指導を賜った次世代ウール開発推進委員の福井大学工学部教授中村良治氏、岐阜大学工学部教授近田富士雄氏、物質工学工業技術研究所高分子材料設計研究室長渋谷惇夫氏、IWS国際羊毛事務局開発センター所長神谷源

一氏、尾西毛織工業協同組合副理事長小川清氏、津島毛織工業協同組合副理事長片岡忠明氏に深く感謝申し上げます。

謝 辞 (2)

本研究の遂行にあたって、羊毛トップの試験紡績に協力を賜った鐘紡株式会社繊維技術室次長前田秀夫氏ならびに羊毛商品開発部長改森道信氏のご好意に深く感謝の意を表します。

謝 辞 (3)

本研究の遂行にあたって、酵素活性の測定法と結果の解析についてご指導を賜った天野製薬(株)の平野賢一氏(中央研究所)ならびに宇田川雅義氏のご好意に深く感謝します。

参考文献

- 1) 北野ら：テキスタイル&ファッション，Vol. 9, No. 6, 254~284(1992)
- 2) 北野ら：テキスタイル&ファッション，Vol. 10, No.11, 578~609(1994)
- 3) 北野ら：テキスタイル&ファッション，Vol. 6, No. 1, 13~34(1989)
- 4) 北野ら：テキスタイル&ファッション，Vol. 7, No. 2, 58~92(1990)
- 5) 北野ら：テキスタイル&ファッション，Vol. 8, No. 2, 70~108(1991)
- 6) H. L. Needles, et al : Text. Res. J. 58, No. 7, 427(1988)
- 7) 藤田：テキスタイル&ファッション，Vol. 9, No. 8, 385~402(1992)