

次世代ウールの開発に関する研究

高通気性毛織物の開発

河村博司、古田正明、安田篤司

要 旨

従来、毛織物は春夏用衣料素材として、綿、麻等の織物に比して、需要は少ない。しかし、高湿度の環境でのウールの水分率は、綿、麻より高い。そこで、この性質を生かした「高吸湿・高放湿糸の開発」の研究に引き続き、その成果を元に、普通の毛織物より通気性、透湿性に優れた快適な春夏用毛織物の開発をめざし、その実用化を図った。

その結果、透湿性と通気性に寄与する要因として、織密度、撚数の他に素材、糸構造との関係を解析し、通気性（通気抵抗度）へは、素材、糸構造、撚数、織密度が有効に働き、透湿性（透湿率）へは、織密度が有効に働き、撚数、糸構造の働きは僅かであった。この解析結果などを元に、織物試作試験を進めた結果、素材はウール（一部レーヨン）、撚数は多く、糸構造はカベ状とし、更に、カベ状構造（芯と揃）で糸の直径比で芯:揃=1:2にするようにした。その評価試験の結果、標準とした梳毛トロピカルに比べ、ウール100%カベ状糸使用織物では、通気抵抗度が46%減少、透湿率が僅かに増加（14.5%→15%）した。また、ウール/レーヨンカベ状糸使用織物では、通気抵抗度が72%減少、透湿率が増加（14.5%→17%）した。

1. はじめに

従来、毛織物は春夏用衣料素材として、綿、麻等の繊維系繊維織物に比して、需要は少ない。しかし、高湿度の環境でのウールの水分率は、綿、麻より高い。そこで、この性質を生かした「高吸湿・高放湿糸の開発」¹⁾の成果を元に、普通の毛織物より通気性、透湿性に優れた快適な春夏用毛織物の開発をめざし、その実用化を図る。

実用化への課題として、糸の吸湿・放湿性を高めるほかに、衣服の着用時に、空気や水分が衣服の内側から表面への移動、即ち織物での通気性、透湿性が重要である。そこで、これらの課題を克服するため、織物での素材、糸構造、撚数、織密度等の要因を解析し、通気性及び透湿性に優れた「高通気性毛織物の開発」を行った。

2. 織物の通気性等の評価方法

各種関連試験法について、検討した結果、通気性については通気度で、透湿性については、透湿度または透湿率で評価することとした。

2-1 通気性

通気性については、フラジール型通気性試験機が良く使われているが、薄手織物の通気性評価には適さないため、カトーテック製通気度試験機を使った。²⁾

この試験機は、エアシリンダ内の空気を布表面に押し出し、再び布を通して空気を吸い込み、この間の空気流通の抵抗度合いを測るものである。単位は、単位速度当たりの圧力損失 (kPa・s/m) で、数値が小さいほど通気性が良いことを示す。

2-2 透湿性

透湿性の評価試験には、透湿度試験 (JIS L 1099 A-2 法) に準拠させ³⁾、環境試験室 (タバイ社製: ヒルトインチャンバ TBR-3 W 4 DPLM、相対湿度30%、温度 30℃の雰囲気

気に調整) 内で、図1に示すように、ターンテーブル上に布試料で覆ったカップを6ケと覆っていないカップ1ケとを置き、一時間毎のそれぞれのカップの重量変化から、換算評価した。

また、スタート時点でのカップ内の水の容量は150cc一定とした。

透湿率は、次式より求めた。

透湿率 = (布カバーカップの重量変化) / (布なしカップの重量変化) × 100

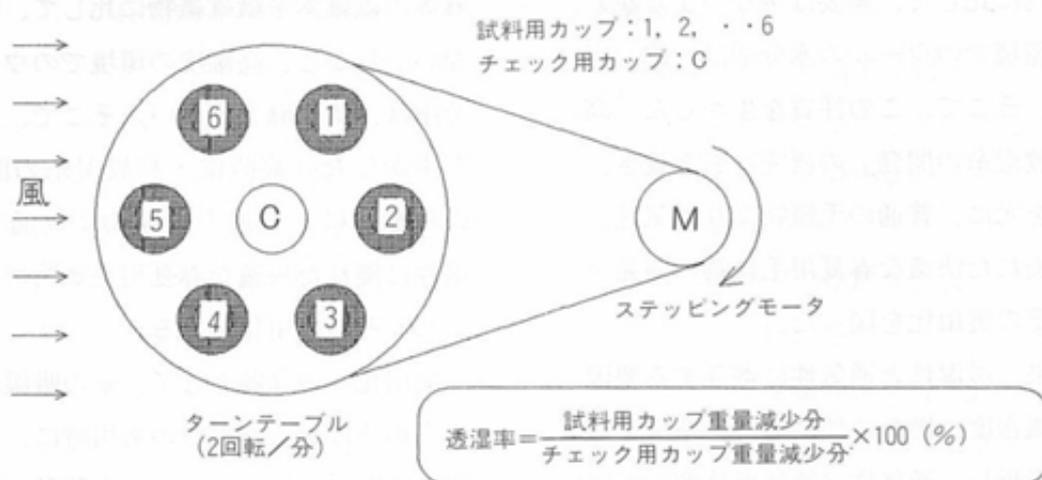


図1 ウォータ法による透湿性測定概念図 (JIS L 1099 A-2法)

透湿度は³⁾、1時間後の重量変化A (mg) と更にその後1時間後の重量変化B (mg) から、次式で求めるが、環境試験室内雰囲気の変化を補正するため、ほとんど透湿率で評価した。

透湿度 (g/m²・h) = 10 × (A - B) / S (ただし、S (m²): カップ直径 (7 cm) より求めた透湿面積)

3. 織物の構造要因の効果

通気性などへの織物の構造要因を解析するため、次の織物を試作した。

{共通条件}

机上経密度: 50本/2.54cm (プリアリ設定密

度 × 0.9)

使用経糸: ポリエステル紡績双糸 (以降PE 双糸とする) 30/2 (1/25.4相当)

緯密度: (標準) 50.8本/2.54 cm

織組織: 平織

整理加工: 洗絨 (タンブラ) → 幅出乾燥 → 蒸絨

{変更条件 (緯)}

使用糸: ポリエステル単糸 (20/1 (1/33.9 相当))、梳毛単糸 (1/35.4)

撚数: 撚係数 k = 0 ~ 180 (5段階) で、標準の撚係数 k = 90

双糸の下撚係数 k = 100、上撚係数 k = 90 (下撚の 0.9)

糸構造比較用糸：梳毛単糸(1/35.4)、梳毛
 双糸(2/70.8、2/72)、
 カベ状糸(1/36相当の
 ウール100%糸とウー
 ル/レーヨン複合糸)

緯密度：38.1~57.2本/2.54cm(ブリアリ
 設定密度×0.6~0.9の4段階)

3-1 織物密度の効果

3-1-1 織物密度と通気抵抗度

織物密度の影響を知るため、ポリエステル
 単糸と梳毛単糸を使用し、それぞれ緯糸密度
 をブリアリ設定密度の0.9~0.6の4段階の
 範囲で検討した。

織物密度と通気抵抗度との関係を、図2に
 示す。

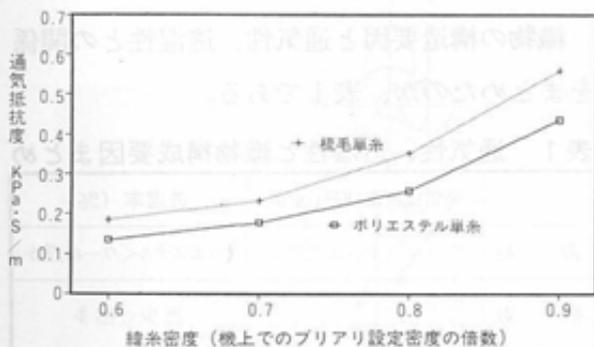


図2 緯糸密度と通気抵抗度

(経：PE双糸、緯：PE糸(1/33.9)又は
 梳毛糸(1/35.4)、撚係数k=90)

この結果、普通に考えられるとおりの密度が
 大きくなるに従って、通気抵抗度は増大する。
 また、梳毛糸とポリエステル糸の素材による
 差があり、見かけの体積、即ち嵩高性で勝る
 ウールが抵抗度を大きくするように思われる。

3-1-2 織物密度と透湿率

前項と同じ織物で、透湿率との関係を示し
 たのが図3である。

この結果、密度が大きくなるに従って徐々
 に透湿率が減少する。また、素材による差は
 ほとんどなく、前項のようにウールの織物の

方が通気抵抗度で大きいことから、ウールの
 織物の方が水分の透過は大きいと思われる。

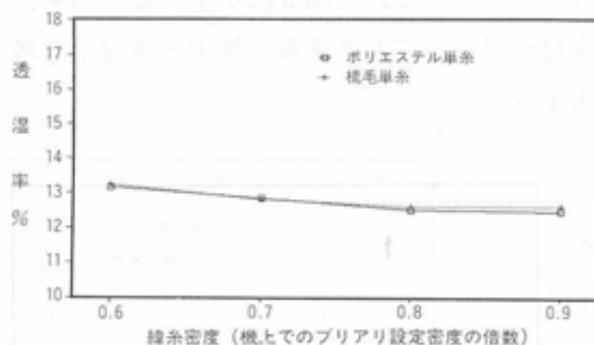


図3 緯糸密度と透湿率

(経：PE双糸、緯：PE糸(1/33.9)or
 梳毛糸(1/35.4)、撚係数k=90)

3-2 撚係数の効果

3-2-1 撚係数と通気抵抗度

緯糸に、撚係数k=0(無撚、PVA(水溶性
 糸、ポリビニールアルコール)を逆方向に加撚
 した糸を使用し、洗絨工程でPVAのみを溶解
)~180までの5段階に変えたポリエステル
 単糸と梳毛単糸を用いた。これより撚係数
 と通気抵抗度との関係を求めたのが図4であ
 る。

この結果、撚係数k=0~45(無撚~甘撚)
 まではあまり変化はない。さらに、撚係数が
 増大すると通気抵抗度は減少する。これは、
 撚数が増すにつれて糸が細くなり、ある限界
 に到達するとそれ以上細くできないため、通
 気抵抗度も変わらなくなると思われる。

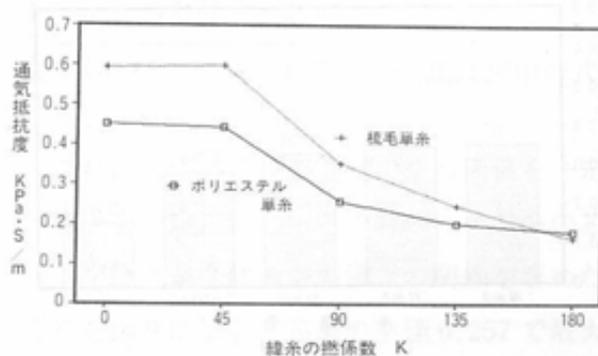


図4 撚係数と通気抵抗度

(経：PE双糸、緯：PE糸(1/33.9)又は
 梳毛糸(1/35.4)、撚係数k=90)

3-2-2 撚係数と透湿率

前項と同じ織物で、撚係数と透湿率との関係を求めた。それを図5に示す。その結果、素材が異なっても撚係数が増すと透湿率も増大する。

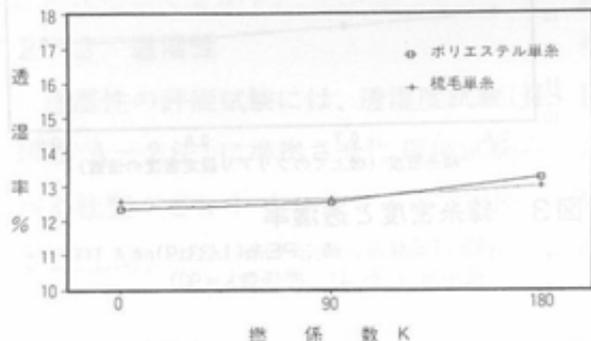


図5 撚係数と透湿率

(経：PE双糸、緯：PE糸(1/33.9)、梳毛糸(1/35.4))

3-3 糸構造の効果

糸構造の効果について、ほぼ同じ番手のA番手(1/35.4相当)とB番手(1/36相当)の糸について、それぞれ単糸、双糸及びカベ状糸(1/36相当のウール100%糸とウール/レーヨンとの複合糸)を緯糸に用いた織物で、試験を行った。

3-3-1 糸構造と通気抵抗度

図6は糸構造と通気抵抗度との関係を示す。この結果、糸構造では単糸より双糸が僅かに通気性が良く、さらに、双糸よりカベ状糸が良好である。

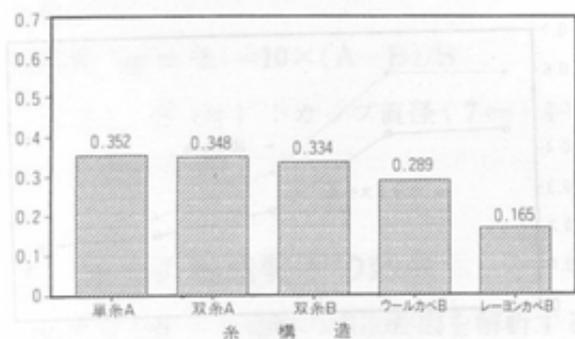


図6 糸構造と通気抵抗度

(経：PE双糸30/2、緯：各種糸、撚係数k=90、A：1/35.4相当、B：1/36相当)
(緯糸密度：プリアリ設定密度の0.8)

3-3-2 糸構造と透湿率

図7は糸構造と透湿率の試験結果である。前項と同じく、わずかだがそれぞれ同様な結果になっている。

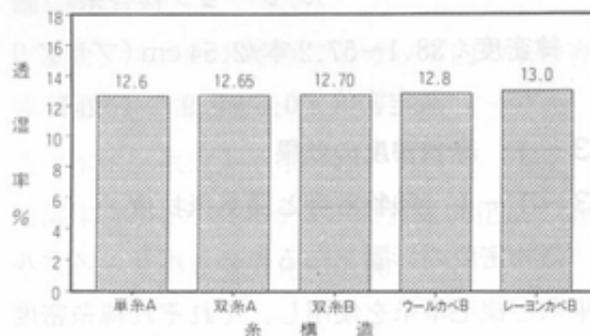


図7 糸構造と透湿率

(経：PE双糸30/2、緯：各種糸、撚係数k=90、A：1/35.4相当、B：1/36相当)
(緯密度：プリアリ設定密度の0.8)

4. 織物の構造要因と通気性、透湿性との関係解析

織物の構造要因と通気性、透湿性との関係をまとめたのが、表1である。

表1 通気性、透湿性と織物構成要因まとめ

	通気抵抗度(KPa·s/m)	透湿率(%)
素材	ウール>ポリエステル	ポリエステル<ウール(僅か)
撚数	撚少>撚多 撚極多：ウール=ポリ	撚少<撚多
糸構造	単糸>双糸>カベ糸	双糸<カベ状糸
織物密度	密>粗	密<粗

更に、通気抵抗度や透湿率と織物構造要因の素材、撚数、糸構造及び織物密度との重回帰分析を行った。その結果が、表2である。通気抵抗度は、回帰係数 $r = 0.94$ と高い相関がある。それぞれの構造要因と表中の係数から、通気抵抗度が次式で表される。ただし、「素材の違い」を「素材の公定水分率」で、「撚数」を「撚係数」で、「糸構造」を「糸の表面積」¹⁾(単糸=1、双糸=1.45、カベ状糸=1.48)で求めた。

通気抵抗度 = $-0.178 + 0.0071 * (\text{素材の公定水分率}) - 0.189 * (\text{糸の表面積})$

$-0.0021 * (\text{撚係数}) + 0.0155 * (\text{織物緯密度 (本/2.54 cm)})$

透湿率について、同様な分析をした結果、撚係数と織密度の影響は大きく、糸構造の効

果は少して、素材の影響は出ていない。しかし、透湿度については、素材でも、僅かではあるが効果が有る結果が出ている。

表2 重回帰分析結果

	定数	素材	糸構造	撚係数	織密度
		(水分率) 0.4-15	(比表面積) 1-1.48	0-180	40-64
通気抵抗度 $r=0.94$	-0.178	0.0071	-0.189	-0.0021	0.0155
		◎	◎	◎	◎
透湿率 $r=72$	14.06	—	0.573	0.00333	-0.0316
	◎		○	○	◎

(注) ◎：有効(有意水準1%)、○：わずかに有効(有意水準5%)

5. カベ状糸構造のモデル

糸構造における糸の側面積を理論的に求めるにあたり、カベ状糸をモデル的に表現する

と、大きく芯と撚の2本の糸で表される。これを図8に示す。

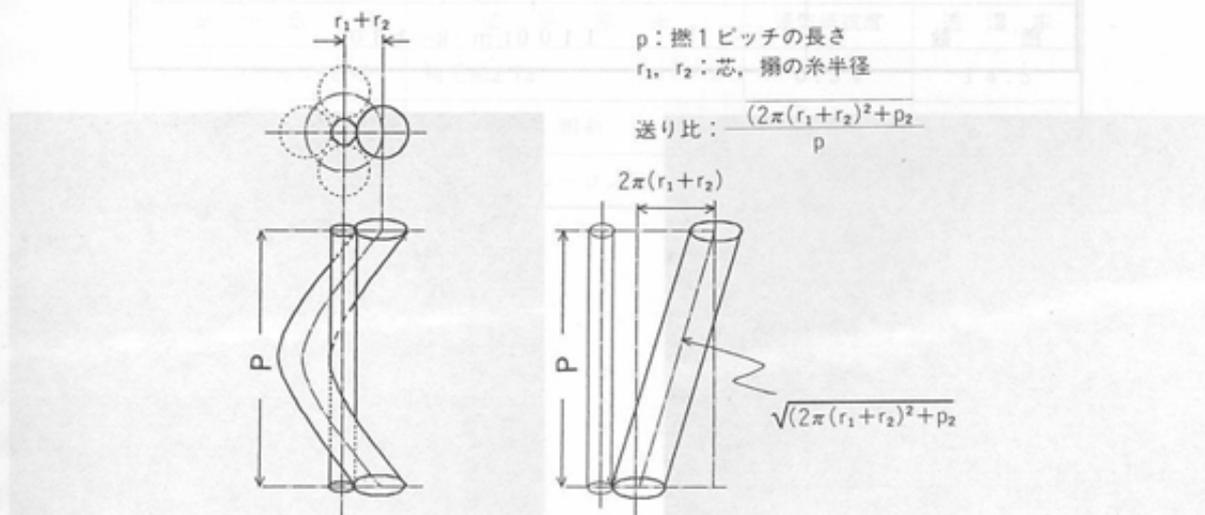


図8 カベ状糸の芯、撚の送り比モデル

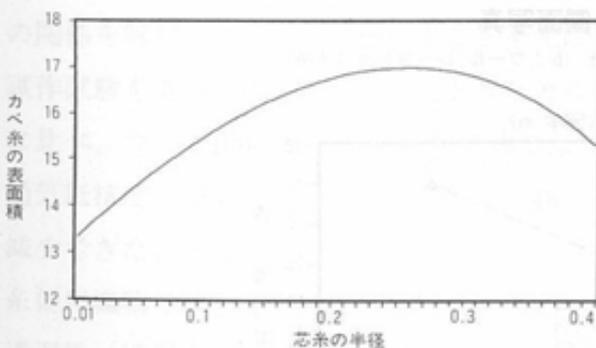


図9 芯糸の半径とカベ糸の表面積
(芯糸と撚糸の断面積の和が一定)

図中、 P : 撚1ピッチ長さ、 r_1, r_2 : 芯糸、撚糸の半径とすると、糸間の距離は (r_1+r_2)

で、撚糸が芯糸を一周しているので、撚糸の1ピッチ当たりの糸長は、

$\sqrt{[2\pi(r_1+r_2)]^2 + p^2}$ で、送り比は図中の式で表される。

これに基づいて、芯と撚の全断面積を一定(番手を一定)にし、その時のカベ状糸の芯の糸半径と糸全体の側面積との関係を求めた。それを図9に示し、芯糸の半径0.257で最大になる(この時の撚糸の半径は0.50)。すなわち、芯糸の半径と撚糸の半径の比が、約1:2の場合(撚糸が芯糸の4倍の太さ)である。

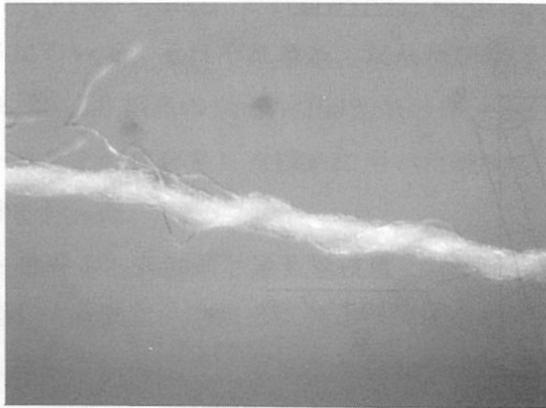
6. 実用化試験

以上の解析結果を元に、表3のような実用化試験を行った。

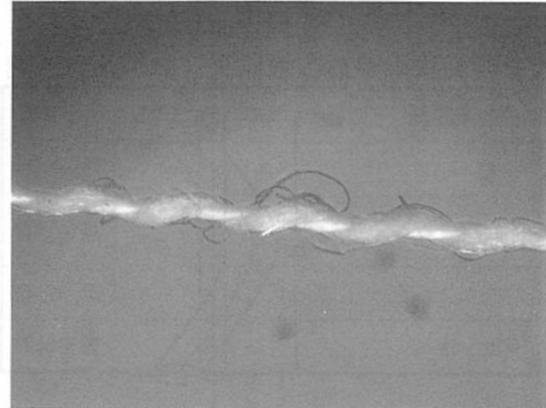
図10はウール100%カベ状糸とウール/レーヨンカベ状糸の側面顕微鏡写真である。

表3 実用化のための糸設計

		ウール100%カベ状糸	ウール/レーヨンカベ状糸
出来上り	芯 撚 番手比 芯：撚	梳毛糸1/82 梳毛糸1/82+ドラフト粗糸 1：1.27（半径比1：1.3）	レーヨンフィラメント糸50d 梳毛糸1/72+ドラフト粗糸 1：4（半径比1：2）
使用糸加工		1/82：72原料粗糸を紡績 k=130	梳毛糸1/72追撚 k=130
機械条件（精紡撚糸機使用）			
糸配置			
中空スピンドル		梳毛糸1/82	レーヨン糸50d
ドラフトゾーン		毛粗糸（ドラフト比56）	毛粗糸（ドラフト比29）
フロントローラ		梳毛糸1/82	梳毛糸1/72
巻取比		0.93	
撚数		1100t/m（k=130）	



(a)



(b)

図10(写真) カベ状糸の側面写真

(a)：ウール100%カベ状糸 (b)：ウール/レーヨンカベ状糸

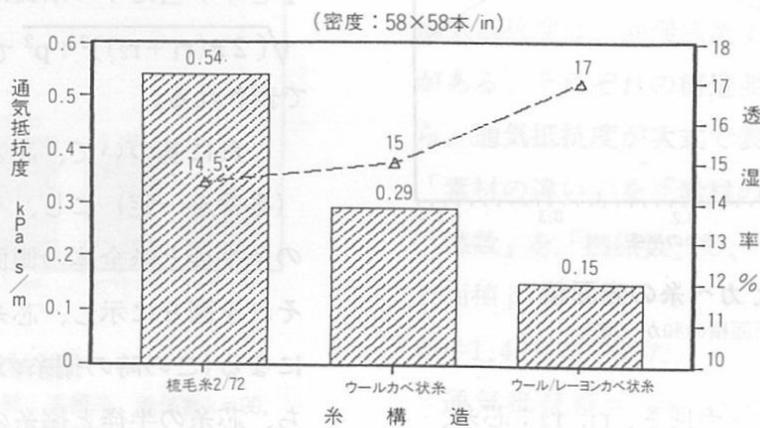


図11 カベ状糸の評価試験結果

各々の糸を、経緯両方に使用して、つぎのような規格の織物を作り、評価試験を行った結果が、図 11 である。図中、棒グラフが通気抵抗度で、破線が透湿率である。

[経緯密度] 54×54 本/2.54 cm

[織組織] 平織

[整理加工] 洗絨→煮絨→染色→幅出乾燥→蒸絨

7. 結果と考察

(1) 透湿性と通気性に寄与する要因として、織密度、撚数の他に素材、糸構造との関係を、重回帰分析をした。その結果、通気性（通気抵抗度）へは、素材、糸構造、撚数、織密度が有効に働き、透湿性（透湿率）へ

は、織密度が有効で、撚数、糸構造が少し有効に働いていることが分かった。

(2) 実用化試験結果

素材はウール(一部レーヨン)、撚数は多く、糸構造はカベ状とし、更に、カベ状構造(芯と揃)で糸の直径比で芯:揃=1:2にするようにした。次の表は、その評価試験結果である。標準とした梳毛トロピカルに比べ、ウール100%カベ状糸使用織物では、通気抵抗度が46%減少、透湿率が僅かに増加(14.5%→15%)した。また、ウール/レーヨンカベ状糸使用織物では、通気抵抗度が72%減少、透湿率が増加(14.5%→17%)した。

試作品名	使用原糸	通気抵抗度	透湿率
梳毛トロピカル(標準)	梳毛糸2/72	0.54	14.5
ウール100% カベ状糸使用織物	梳毛糸1/82、粗糸	0.29	15.0
ウール/レーヨン カベ状糸使用織物	梳毛1/72、レーヨン50d、粗糸	0.15	17.0

(注) 通気抵抗度：kPa·s/m 透湿率：%

8. まとめ

普通の毛織物より通気性、透湿性に優れた快適な春夏用毛織物の開発をめざし、その実用化を検討した。そして、透湿性及び通気性への要因（織密度、撚数、素材、糸構造）との関係を解析した。この解析結果などを元に、試作試験を進め、標準とした梳毛トロピカルに比べ、ウール100%カベ状糸使用織物では、通気抵抗度（空気流通の抵抗度合い）が46%減少できた。また、ウール/レーヨンカベ状糸使用織物では、通気抵抗度が72%減少させ、透湿性（透湿率）の向上（14.5%→17%）が図れた。

9. おわりに

この研究を進めていく中で、次世代ウール開発推進委員として岐阜大学近田教授、福井

大学中村教授、工業技術院物質工学研究所渋谷室長、IWS神谷所長、小吉製絨小川社長、片岡毛織(株)片岡社長の方々に助言を得ました。ここに、深く謝意を表します。

【参考文献】

1. 河村ほか：テキスタイル&ファッション誌, 10, 4, p 7~17('93)
2. 川端：織機誌, 40, 6, T 59('81)
3. 通商産業検査所高岡支所：織消誌, 27, 6, p 240('86)
4. IWS発行：技術ダイジェスト「羊毛繊維の吸湿性と発熱性」, Oct. ('82)
5. 原田、土田：織消誌「繊維素材と快適性」, 25, 12, p616('84)
6. 山田ほか：織学誌「様々な布素材の減率乾燥期の特徴について」, 46, 3, p 93('90)