

測定条件による布地の透湿性

矢中 睦美* 成瀬 信子**

Moisture-Transfer Property of Fabrics by a Measuring Condition

Mutsumi Yanaka and Nobuko Naruse

要 旨 布地の透湿性の測定として着用時に近い測定法として、新たにJIS法の水温を体温に近づけるように変化させた装置を提案し、透湿評価を行なった。この測定装置は着用時の重ね着に対応させて、無風時の密閉された容器内での測定である。試験布は綿ブロード60番、綿ローン、綿ジャージ、両面パイルの4種で、原布と精練処理布を用いた。測定はカップ内水温をサーモスタットの目盛り指示に従い、25、30、35、40℃の4段階に変化させた時の密閉器内の一定時間内の水蒸気密度の変化として、その布地の透湿評価をした。

結果として、無風時の密閉された容器中でのカップ法による布を透しての水蒸気蒸散は、試験布の熱移動と大きく関連して、温度上昇が大きい布程透湿性が大きく、布地の蒸発表面積より、温度による拡散の影響が大であることがわかった。従って綿ブロードのように比較的密な織物と両面パイルのように厚く保温性の大きい織物では、温度上昇の大きい綿ブロードの方が気孔の大きいパイル織物より透湿性が大きいことが示された。

1. はじめに

JIS法による布地の透湿性の測定は20℃、65%時の標準状態で行なわれるが、実際には身体約36℃の発熱体に被服は着用され、しかも多くは重ね着をするので一定に密閉された状態での布地の透湿と考えられる。そこで、カップ法の水温を変化させた時の布地の透湿性について検討した。透湿性は表面の空気の拡散によって、かなり大きく影響するが、今回は装置の構造上、無風時の密閉された容器内での測定である。

布地の透湿性に関する研究は幾つか行なわれており、平板ヒータ法によって湿潤布の乾燥過程としてとらえたり¹⁾、周囲の湿度環境を変化させた時のトランスポート特性²⁾または繊維層の透気・透湿性評価³⁾として行なわれている。著者らが今回行なったカップ内の水の温度を変

化させ、その水面上の飽和水蒸気状態から布地を透かして水分蒸発が行なわれる方法としては行なわれていない。

今回は測定条件をカップ内の水温を4段階変化させて、綿布の原布と精練処理布についての透湿評価を行なったもので、あくまでも一定測定条件下における相対的透湿評価として検討したものである。

2. 実 験

2.1 測定装置

透湿性を測定する装置は図1に示す通りである。内径が24.0 cm (JIS R 3503 上口デシケータ24.0 mm) のデシケータを用い、その中に黒い合成樹脂の円筒形容器(内径8.2 cm 約600 ml) を置き、その底にサーモスタット付きヒータを取り付け容器内の水温を一定にしなが温度変化ができるようにした。この容器口に図に示すように試験片を取り付ける。デシケータ内の温度、湿度測定には試験布直上の中央部5.5 cm

* 本学助手 被服材料学

** 本学教授 被服材料学

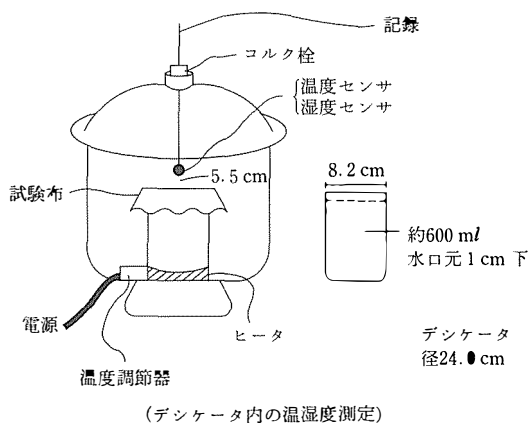


図1 透湿性測定装置

の位置に、白金測温抵抗体温度センサとバイサラ社 HUMICAP. HMP 23U 湿度センサを取り付けた。装置全体を 20°C、65% の恒温恒湿中に置き、試料取り付け後のデシケーター内温湿度変化よりデシケーター内の水蒸気密度を求め試料の透湿評価を行なう。

2.2 測定方法

円筒容器には試料から 1 cm 下に水面が来るように約 600 ml の水を入れ、ヒータにより一定水温にする。今回はサーモスタット目盛りにより、25、30、35、40°C の 4 段階につき測定を行なった。水温を定常にした容器に 15 cm × 15 cm の試料を取り付け、直ちにデシケーターの蓋をし 10 秒ごとに温度、湿度変化をスクイラルメータ・ロガーにより一定時間記録した。この装置によると、測定時はデシケーターの蓋をする為、水蒸気密度の上昇が布地の透湿を示すことになる。この条件での測定は無風時で、しかも一定箇所の温度、湿度測定なので各試料に対しては相対的な比較評価となる。湿度センサの記録が相対湿度なので各々温度と対応させながら絶対湿度に換算し時間の経過による湿度変化を示して検討した。

2.3 相対透湿抵抗の算出

Fourt らは繊維塊中の拡散による水蒸気透湿抵抗を次式のように示している⁴⁾。

$$Q = \frac{D}{R} (\Delta C) A \tau$$

- Q : 通過水蒸気量 (g)
 - D : 水蒸気の拡散定数 (cm^2/sec)
 - R : 等価抵抗を持つ静止空気層 (cm)
 - (ΔC) : 水蒸気濃度の差 (g/cm^3)
 - A : 面積 (cm^2)
 - τ : 時間 (sec)
- ただし $D = 0.220 + 0.00147 t$

(t : 0 ~ 50°C 範囲)

これを基にして著者らは、相対透湿抵抗 R' を次のようにして求めた。

$$Q' = \frac{D}{R'} (\Delta C') A \tau$$

- Q' : 相対通過水蒸気量 $P_t - P_0$ (mmHg)
- $\left\{ \begin{array}{l} P_0 \quad \tau = 0 \text{ min の水蒸気圧 (mmHg)} \\ P_t \quad \tau = 10 \text{ min の水蒸気圧 (mmHg)} \end{array} \right.$
- D : 水蒸気の拡散定数 (cm^2/sec)
- R' : 相対透湿抵抗 (cm^2/sec)
- $(\Delta C')$: 水蒸気圧の差 (mmHg)
- $A \times \tau = \text{面積} \times \text{時間} = 1$

Q' は測定開始時と測定 10 分後のデシケーター中の水蒸気圧差、 $\Delta C'$ は測定 10 分後の試料表裏の水蒸気圧差を、試料上 5.5 cm の所の水蒸気圧と裏面はサーモスタット水温に対する飽和水蒸気圧との差として求めた。 D は一応、温度差による水蒸気の拡散定数としてそのまま用い、蒸発面積と透過時間は全ての試料に対し一定なので 1 と置き、ここではあくまでも測定条件による相対値として相対透湿抵抗 R' を求め比較した。

2.4 試験布

(1) 諸元 試験布としては表 1 に示す布構成の異なる綿布、綿ブロード 60 番、綿ローン、綿ジャージ、両面パイルの 4 種類を用いた。原布と精練処理によって糊を落した場合の 2 段階の試験布を用いて測定をした。その処理方法としては、精練条件は浴比 1 : 30 とし、10% o.w.f. の無水炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) を用い、90°C 以上で 1 時間煮沸し、その後流水ですすぎ、ろ紙上で自然乾燥した。全体に処理をすると、綿織物なので収縮の為、厚さと平面重がわずかに大きくなっている。

測定条件による布地の透湿性

布名	原 布	(μm)	処理布 (μm)
a. 綿60 ブロード	たて方向	6.43	7.48
	よこ方向	2.19	3.25
b. 綿 ローン	たて方向	3.57	4.87
	よこ方向	3.60	4.95
c. 綿 ジャージ	たて方向	8.94	9.05
	よこ方向	8.90	9.10
d. 両面 パイル	たて方向	18.04	20.02
	よこ方向	17.92	18.40

KES-F₄

図2 試験布の表面粗さ

(2) 性能 試験布の特性を見る為に、構成と性能を図2、図3に示した。図中に示す各条件で測定した結果で、実線は原布で点線は精練処理布である。

3. 結 果

3.1 測定結果

図4に綿ブロード60番の原布の水温40°Cの場合を示した。上から相対湿度RH.に次に温度Tを示しているが、これらの2点を対応して

絶対湿度AHに換算して図示した。絶対湿度では経過時間60分近くは10分近辺との大差がなく、10分程度の経過時間ではほとんど容器内水蒸気圧が定常になっていると考えられる。しかし飽和になるまではかなり時間がかかるので、測定としては5分から10分まで、10秒ごとの測定データの平均値を試験布の透湿後の温度、水蒸気密度とした。

結果の図示としては、図4から初期の勾配と定常に達している経過時間10分までの曲線が各試料の特性を示すと見られるので、この点について各条件による検討を行なった。

水温が40°Cの時の原布と処理布の透湿曲線を図5に示した。精練処理後、原布との水分特性の差が大きい綿ブロード60番と綿ジャージ(図3)は、透湿においても原布と処理布に差が見られる。特に綿ジャージの湿度勾配が処理後は大きくなっている。

図6は水温を4段階変えた時の原布の透湿曲線を示している。各水温に対する絶対湿度は綿ブロード60番の差が最も大きく、経過時間5分後の水温25°Cと40°Cの絶対湿度差は10.97 mmHgにも達している。両面パイルは水温が40°Cの高い所で経過時間5分後では、綿ブロード60番より絶対湿度量は約2.13 mmHg小さくなっており、気孔が大なのに透湿量が下がっている。

そこで、水温40°Cと25°Cの場合の試料4種を同時に比較したのが図7である。ここでは水温が低い時は両面パイルが最も透湿が大きく、水温が40°Cになると綿ブロード60番が最も大きい。今回は密閉した容器内の為、厚手の両面パイルの保温率が高いので(図3)、両面パイルによる容器内の温度変化は小さく、両面パイル内の水蒸気保持も加わって水蒸気蒸散が低い傾向になったものと思われる。

図8測定開始後5分から10分までの5分間のデシケータ内の平均絶対湿度と平均温度を示している。横軸には試料取り付け円筒内水温設定温度を取った。両面パイルは水温40°Cの時は試験布上の温度が低くなっている。これは両面パ

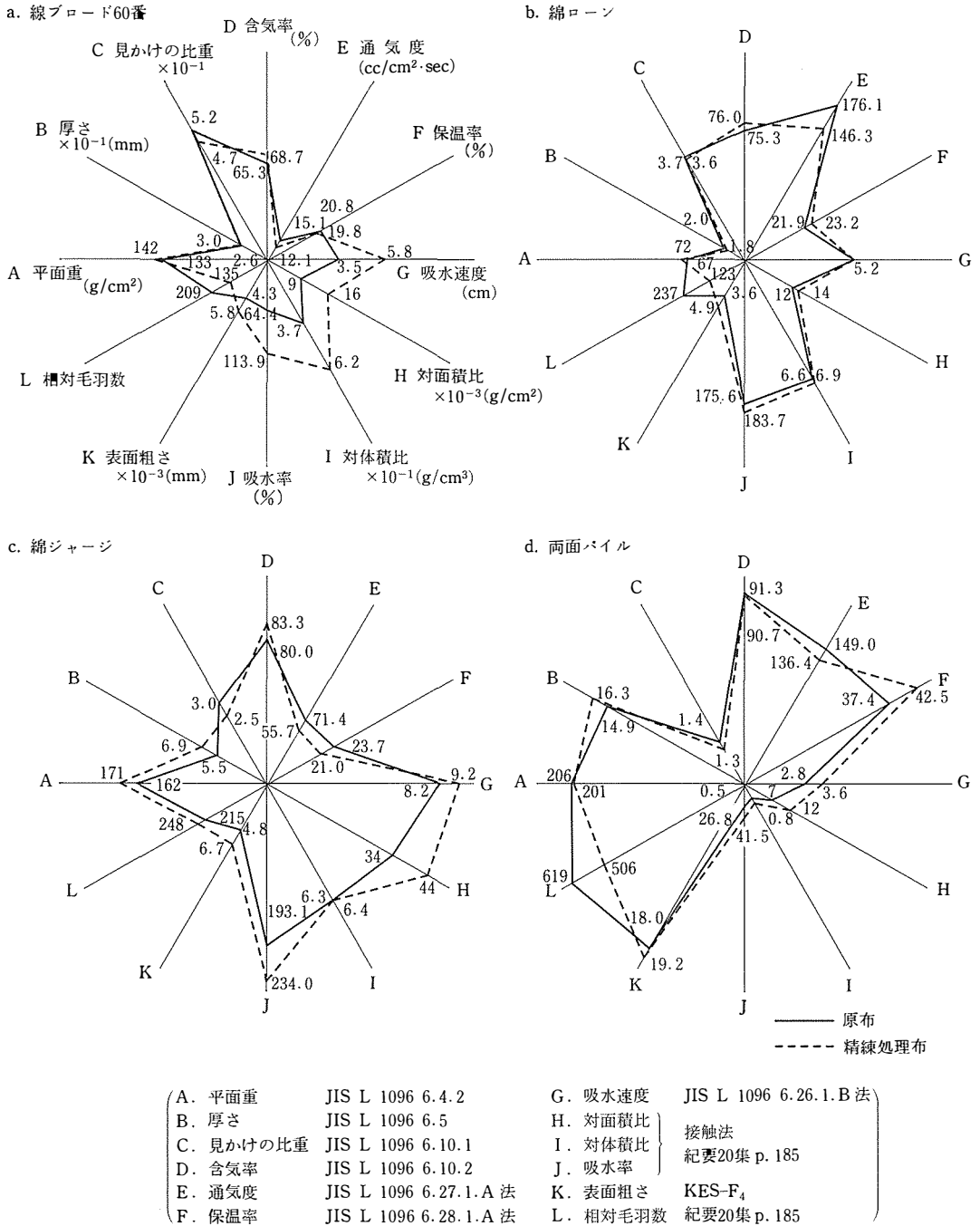


図3 試験布の構成と性能

測定条件による布地の透湿性

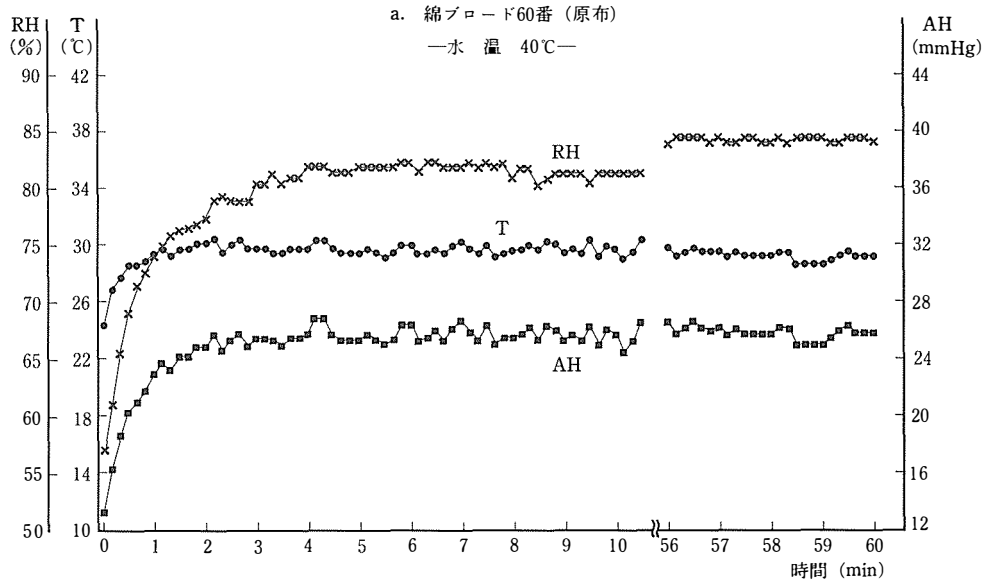


図4 透湿曲線 (RH, AH)

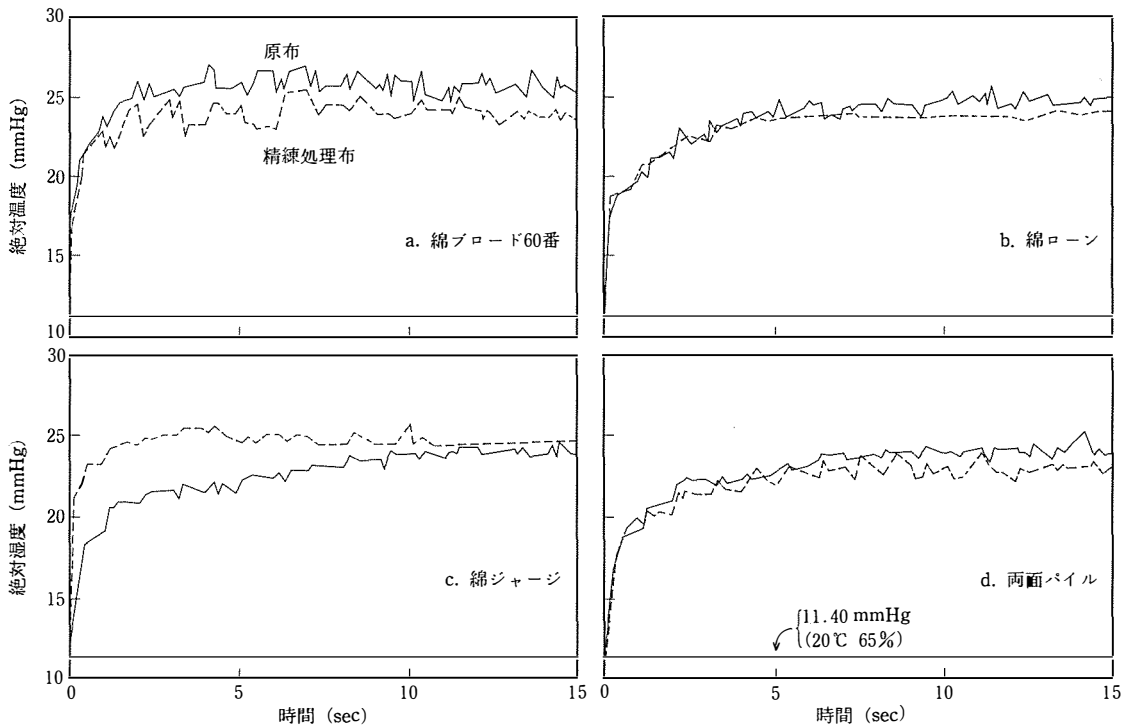


図5 透湿曲線 (原布と処理布・水温40°C)

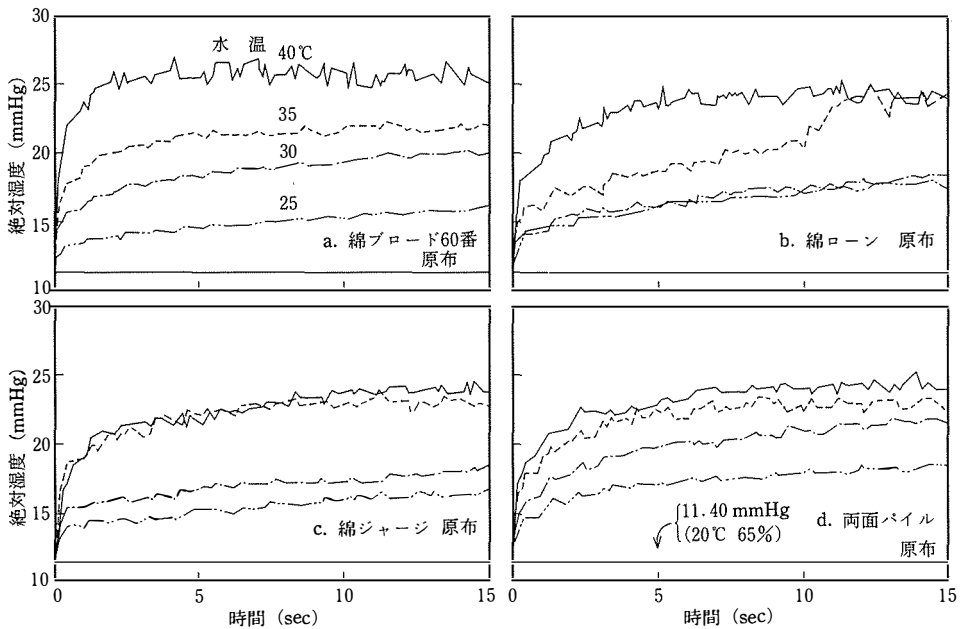


図6 透湿曲線 (水温25, 30, 35, 40°C)

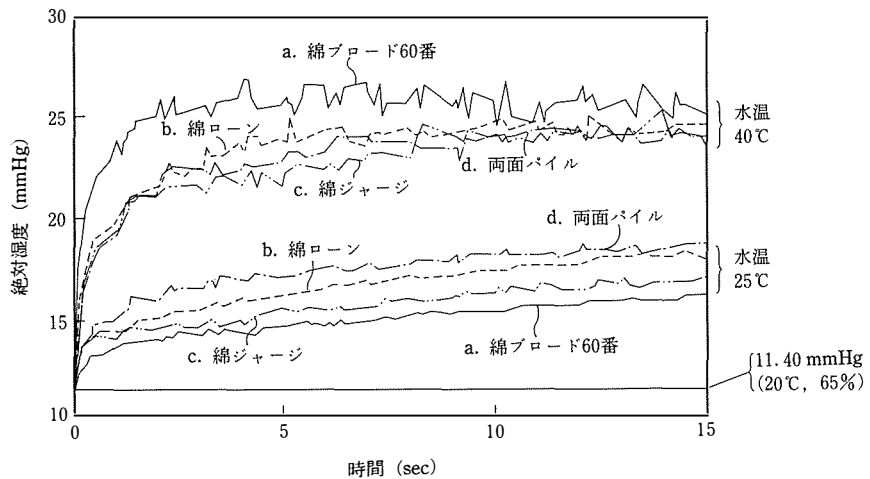


図7 透湿曲線 (試験布4種)

イルの方が綿ブロード60番より熱移動が小さいので、親水性で気孔が粗な素材に対しては温度が高い方が拡散係数が高いという理論と対応している⁴⁾。精練処理をするとやや収縮して気孔が小さくなる傾向で(表1)、原布と処理布の温度差は両面パイルにおいて水温30°C、35°Cの

時が最も大きい傾向で、従ってそれに対応する絶対湿度量の差も大きいことが示されている。

3.2 相対透湿抵抗

2.3示した相対透湿抵抗の算出の為、各試料についてデシケータ内温度に対する相対通過水蒸気量 Q を図9に示した。綿ブロード60番原

測定条件による布地の透湿性

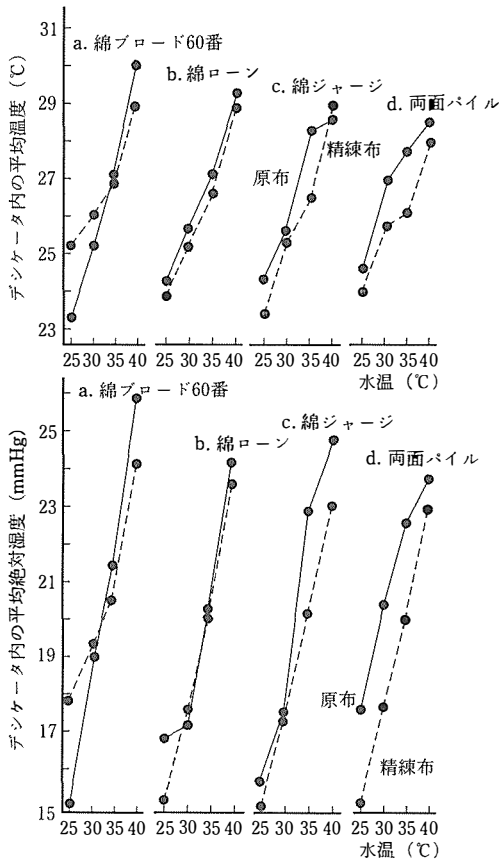


図8 平均絶対湿度と平均温度（5分から10分）

布は25, 30, 35, 40°Cの4段階の温度分布が大きく、両面パイルは同じ温度設定をしたのにもかかわらず温度分布が小さく、25°Cに対しては通過水蒸気量が大きく、40°Cは他の試験布と比較して温度が上昇しないので水蒸気量が小さくなっている。綿ジャージは、処理布の方が原布より各段階で通過水蒸気量が増している。表1に見られるように、処理布の厚さが増し逆に見かけの比重が顕著に下がっている為、その変化が大きかったと思われる。算出した相対透湿抵抗を表2に示したが、綿ブロードの原布はカップの水温が25°Cから40°Cと高くなると相対透湿抵抗は下がる傾向で、その他は綿ジャージの処理布を除いてはいずれも水温が高くなると相対透湿抵抗が高くなる傾向で、特に両面パイルの原布は25°Cの時0.26 cm²/sec、40°Cの時は0.66 cm²/secとなりその上昇は顕著である。これらについては、織物の構成の違いによる織物両面の水蒸気密度差と、織物全体の吸湿量の違いによるものなので、更に検討を加えたいと考えている。

表1 試験布の諸元

試験布	a. 綿ブロード60番		b. 綿ローン		c. 綿ジャージ		d. 両面パイル	
材質(%)	綿100		綿100		綿100		綿100	
組織	平織		平織		二重ゴム編		たてパイル編 (uncut)	
たて・よこ織糸	60/2S		66S		30S (編糸)		地糸 } 20S パイル糸 }	
処理	原布	精練	原布	精練	原布	精練	原布	精練
糸密度	46×23 (本/cm)	47×24 (本/cm)	40×34 (本/cm)	41×35 (本/cm)	ウェール 43/3 cm コース 44/3 cm	ウェール 44/3 cm コース 45/3 cm	ウェール 30/3 cm コース 16/3 cm	ウェール 35/3 cm コース 19/3 cm
厚さ(mm)	0.26	0.30	0.18	0.20	0.55	0.69	1.49	1.63
平面重(g/m ²)	133	142	67	72	162	171	201	206
見かけの比重	0.52	0.47	0.37	0.36	0.30	0.25	0.14	0.13
充填率(%)	34.7	31.3	24.7	24.0	20.0	16.7	9.3	8.7

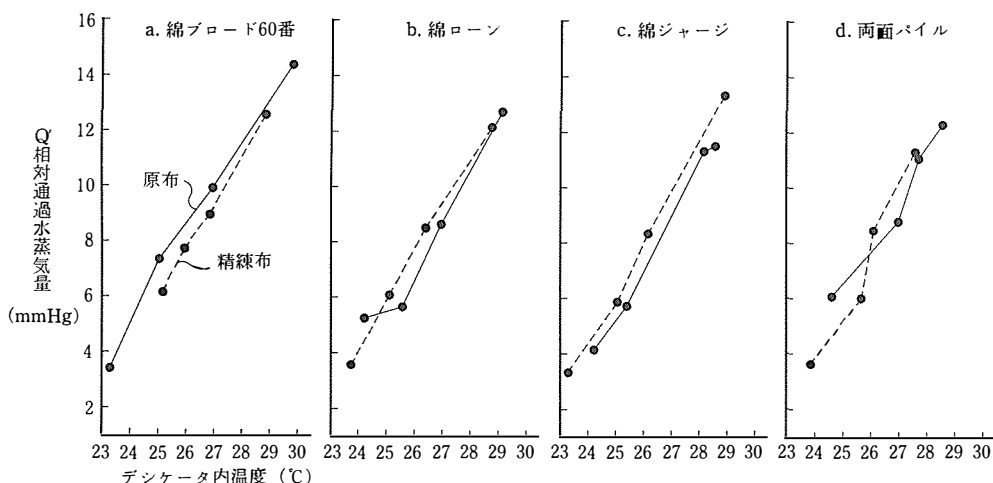


図9 カップの水温に対するデシケータ内の温度と透湿量の関係

表2 R' 相対透湿抵抗

(単位: cm^2/sec)

処 理	カップの水温 ($^{\circ}\text{C}$)	a. 綿ブロード60番	b. 綿ローン	c. 綿ジャージ	d. 両面パイル
原 布	25	0.65	0.34	0.50	0.26
	30	0.44	0.66	0.64	0.33
	35	0.54	0.66	0.45	0.45
	40	0.53	0.65	0.75	0.66
精練処理布	25	0.25	0.61	0.68	0.61
	30	0.42	0.62	0.62	0.60
	35	0.63	0.66	0.67	0.67
	40	0.66	0.70	0.61	0.75

4. ま と め

着用時の重ね着状態を想定して、JIS法のカップ内水温を変化させた密閉環境による透湿評価を行なった結果、次のことがわかった。

(1) カップ内水温を高めると綿布の透湿は増加するが、透湿勾配とその透湿量の増加傾向は布構成によってかなり異なる。

(2) ブロードのように比較的密度の高い織物と粗な両面パイル織物とは透湿傾向がかなり異なり、保温性が高いと織物をはさむ両面内の温度差が小さいので、相対透湿抵抗の変化傾向が大きい。

これらの布地を透しての水蒸気蒸散は、試験布の熱移動と大きく関連して、温度上昇が大きい布程透湿性が大きく、布地の蒸発表面積より温度による布地内の拡散の影響が大であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 栗野美千子, 小林信子, 石川欣造, 織学誌 Vol. 43 T431 (1987)
- 2) 内藤道子, 中島利誠, 織消費 Vol. 20 T222 (1979)
- 3) 錦織禎徳, 正印美那子, 家政誌 Vol. 23 T223 (1972)
- 4) Fourt, M. Harris; Text. Res. J., 17, 256 (1947); 27, 362 (1957)