ノ ー ト

(平成4年7月30日受理)

綿及びポリエチレンテレフタレート布の透湿性に
及ぼす温度効果

東京家政大学家政部 金網 久明・根本 文子・村松 圭子

Effect of Temperature on Moisture Permeability of Cotton and
Poly(ethylene terephthalate) Fabrics

Hisaki Kanetsuna, Ayako Nemoto, and Keiko Muramatsu

Tokyo Kasei University, Kaga, Itabashiku, Tokyo, 173 Japan

Abstract: The moisture permeability of cotton and poly(ethylene terephthalate) (PET) fabrics in the isothermal system were investigated in the artificial climate room. The experiments were carried out in conformity of the JIS L 1099 A-2. The temperature of 20 °C and 35 °C, the relative humidity 20 - 80% and the windless condition were selected for the experimental conditions. The air permeability of fabric was measured at 20 °C and the relative humidity 20 - 80%.

The effect of temperature on the moisture permeability of fabrics could be replaced by the effect of the difference in moisture-vapour concentration (ΔC) on both sides of fabrics. As ΔC increased from the origin ($\Delta C = 0$), the moisture permeability of fabrics increased remarkably. The increase of the moisture permeability of fabrics by the ΔC increase at 35 °C was almost on the extension of the line of that at 20 °C. It can therefore be presumed that the increase of the moisture permeability by the temperature increase is caused by the ΔC increase for the temperature increase. Compared with the effect of ΔC to the moisture permeability of fabrics, the effects of materials and of the variation of the diffusion coefficient of moisture in air by temperature change were small.

The total resistance (R) of system to the passage of the moisture was small at low temperature and at small ΔC .

The air permeability of PET fabrics was larger than the cotton fabric, and the air permeability of fabrics changed slightly with the change of the environmental humidity.

(Received July 30, 1992)

1. 緒 言

被服の生理衛生的着心地に対する影響が大きいと考えられている布の透湿性については、1947年のL. Fourn, M. Harris [1]の研究以来、多くの研究がなされている。しかし、繊維集合体としての布の複雑さのためと思われるが、布の透湿現象の基本的考え方は、L. Fournら以来あまり変わっていない。

最近、いわゆるウォーター法の布両面の水蒸気圧分布が測定され [2-5]、その現象が明瞭になってきた。しかし、布の中での水蒸気の透湿機構は不明瞭なことが多い。この機構が解明されないかぎり、布を構成している

種々の因子との関係を求めることは困難である。布の中で起っている透湿現象を丹念に調べて行き、その透湿機構を解明して行くことは必要、不可欠なことであろう。

ここでは、その一環として、できる限り、測定系を単純化し、測定精度を高め、ウォーター法における布の透湿度を広い相対湿度範囲にわたって、温度を変えて測定し、その温度効果について検討したので、その結果を報告する。

2. 供 試 料

実験には、織物構造の近似した綿100%、ポリエチレンテレフタレート (PET) 100%のそれぞれの紡績糸の平

Table 1 Characteristic of Sample Fabrics

Sample fabrics		Thickness (mm)	Density number/2.54 cm	Mass per unit area (g/m ²)	Tex
Cotton 100%	Warp	0.32	121.9	119.5	13.7
Plain weave	Weft		73.7		14.3
PET 100%	Warp	0.27	99.8	111.4	15.7
Plain weave	Weft		82.0		15.2

織の布を、モノゲン 2 g/L、浴比 1:40、温度 60℃ で 40 分間油剤洗浄後、流水で 10 分間水洗し、脱水、乾燥、アイロンがけをし、試料に供した。織物構造を表 1 に示した。

3. 実験方法

3.1 透湿性の実験方法

透湿性の実験は、JIS L 1099 A-2 法ウォーター法に示された透湿カップ((株)ナガノ科学機械製作所製)、容量 500 g、精度 1 mg のプリントアウト式自動電子天秤((株)ワイエムシ製 JPN-2000W)を用い、人工気候室で行った。すなわち、JIS の方法に従って試料をとりつけた試験体を、一定の温湿度に調整した人工気候室内に設置した天秤上に置き、この天秤で測定される質量の信号を人工気候室外の測定室のプリンターで受け、一定時間(5 分)ごとの質量減少量をプリントアウトした。

透湿カップ中の水の量は JIS に従って布の下面から 1 cm まで入れるようにした。布と水面との距離の問題については石川ら [3] の研究があり、また、水面が布下面から 1 cm という距離は坪内 [4] 及び羽賀ら [6] の研究からも妥当と思われる。また、カップの内径は JIS 通り 7 cm であるが、この径は坪内 [7] の研究結果から妥当と思われる。

実験中は、輻射熱の影響をさけるため、人工気候室内の照明は消すようにした。また、試料は、透湿カップにとりつける前に、乾燥状態から測定する温湿度条件下で 24 時間以上状態調節をした。実験に用いる透湿カップ及び蒸留水等も同温度のものをを用いた。

人工気候室の温湿度調整の精度は、記録計上の記録からは、温度変化は殆んど認められず、湿度は $\pm 0.5\%$ RH 程度であった。また、空調は天上の細穴から 25 cm/sec の速度で調整された空気が降り、壁の一部から帰るようになっている。このため、天秤を設置する位置は、帰りの空気の通りみちの影響が極めて少なく、かつ、壁の影響がないと思われる位置を選び、この位置は毎回同じにして、同一環境、無風状態での測定に近づけた。

Fig. 1 Amount of moisture vapour passing with time, at 20°C, and 35% RH. (○) cotton 100% plain weave, (△) PET 100% plain weave.

人工気候室の温湿度は、温度 20℃、35℃、相対湿度 20~80% とした。実験は 2 回ずつ行い、再現性を確認しながら進めた。

3.2 通気性の実験方法

通気性の実験は、JIS L 1096 6.27.1. の A 法に準じてフラジール型試験機を用いて人工気候室内で行った。実験に供する試料は、透湿性の実験の場合と同様に、測定する温湿度条件下で 24 時間以上状態調節を行った。

3.3 透湿度の算出方法

図 1 に時間経過に対する透湿量の変化の一例を示した。この図からわかるように、透湿量と経過時間の間に 0 点付近で時間軸と交差する直線関係が成立している。プロットした値にわずかながらばらつきがみられるが、このばらつきは試験体による荷重(約 410 g)がかかったときにおこる電子天秤自体の変動のためである。このことは、荷重 0 の場合は、時間経過による天秤の読みは 0 で変動は起らないが、試験体と同じ荷重を負荷し、天秤の指示を 0 にした場合の時間経過による天秤の読みは 0 を中心に正負にわずかに変動することから確かめられ

Fig. 2 Relation among moisture-vapour permeability of fabrics, environmental relative humidity and temperature. (○) cotton 100% plain weave, (△) PET 100% plain weave, (—) cotton 20°C, (---) PET 20°C, (—) cotton 35°C, (---) PET 35°C.

Fig. 3 Relation between air permeability of fabrics and environmental relative humidity (○) cotton 100% plain weave, (△) PET 100% plain weave.

た。

以上の事実から、透湿度を正確に求めるため、図1のように求まる時間一透湿量の直線関係の成立する部分の傾斜から次式により算出した。

$$P = \frac{Q}{At} \quad (1)$$

ここで、P：透湿度、Q：透湿時間tに対応する透湿量、A：透湿面積

Pの値は、JISに従いg/m²hで示した。

5. 実験結果

環境温度20°C及び35°Cそれぞれの場合について環境相対湿度を20%RHから80%RHまで変化させた場合の結果を相対湿度を横軸にして図2に示した。この図から、透湿度は、環境相対湿度の変化により非常に大きく影響され、環境温度が上ると透湿度は大きくなり、環境相対湿度の変化による影響が一層大きくなることがわかる。また、透湿度に及ぼす布の素材の影響は、環境温湿度の影響に較べると非常に小さい。強いていえば、20°C、35°Cのいずれの環境温度のときも、低湿度の環境条件下では、綿布の方がPET布より透湿度がわずかに大きいようであるが、50~60%RHで両者の関係が逆転している。

次に、人工気候室内で環境温度20°Cで、環境相対湿度を20~80%RHに変化させて、フラジール型試験機を用いて測定した各布の通気量の結果を相対湿度を横軸にして図3に示した。綿布よりPETの方が通気量が大きく、相対湿度の変化による通気量の変化はあまりみられず、相対湿度が大きくなるとわずかに通気量が小さくなる傾向がみられる程度である。

6. 考 察

以上の結果から、透湿度は、以下にも述べるように、布両面の水蒸気濃度差による水蒸気の輸送現象であり、通気量は、布両面の圧力差による空気の流れであるため、両者の性質の環境温湿度に対する変化は非常に異なっている。次に、透湿度について、L. Fourtらの考え方に従って解析する。

L. Fourtら[1]は布を通して水蒸気を通るときの透湿抵抗Rを静止空気層の厚さに置きかえ次式で示した。

$$R = \frac{1}{Q} \cdot D(\Delta C) At \quad (2)$$

ここで、 ΔC ：布両面の水蒸気濃度差、D：静止空気中での水分の拡散係数、Q、A、tは式1と同様である。

Dの値は温度 θ に対して0~50°Cの間で式3の関係が示されている。

$$D = 0.220 + 0.00147 \theta \quad (3)$$

式1、2より次の関係が求まる。

$$P = \frac{1}{R} \cdot D(\Delta C) \quad (4)$$

ここで、透湿カップに取付けた布の水面側は測定温度の飽和水蒸気になっているとし、その水蒸気濃度(絶対湿度)を求め、一方、実験している環境の相対湿度の水蒸気濃度を湿り空気表から求め、それから求まる布両面

Fig. 4 Relation among P (moisture-vapour permeability of fabrics), ΔC (difference in moisture-vapour concentration on both sides of fabrics) and environmental temperature. Relation among R (total resistance), ΔC and environmental temperature. Symbols are identical to that of Fig. 2.

の水蒸気濃度差 ΔC の値を横軸にして、図2に示した環境相対湿度と布の透湿度 P の関係をプロットしなおすと図4のようになった。図4にはさらに式2で求めた透湿抵抗 R の値をプロットした。また、20°C及び35°Cそれぞれの測定温度の場合の20%RH、80%RHに対応する ΔC の位置を図中に示してある。

図4に示す通り、測定温度20°Cにおける綿布及びPET布の ΔC による透湿度の変化は、綿布について実線、PET布については点線で示したようになった。一方、測定温度35°Cの場合の ΔC による透湿度の変化は、綿布について一点鎖線、PET布については二点鎖線で示すようになった。この図をみてわかる通り、測定

温度35°Cの結果が測定温度20°Cの結果のあたかも延長線上にあるかのようにになっている。このことは、温度が高い方が布の透湿度が大きくなる因子として、布両面の水蒸気濃度差が大きくなることによる影響が大きく、静止空気中での水分の拡散係数の変化による影響は非常に小さいことを物語っている。また、 $\Delta C = 0$ のときは透湿度が0になるようであり式4にそった結果である。 ΔC の増大とともに布の透湿度は著しく増大する。

これらの結果に対応して、布の透湿抵抗の結果は図の上側に示すようになった。測定温度が低く、布両面の水蒸気濃度差 ΔC の小さい方が、その値が小さくなる傾向がみられる。

図4からわかる通り、 R の値は ΔC が大きくなるに従って大きくなる傾向がある。また、系の温度が上がると大きくなっている。 ΔC が大きくなり系の温度が高くなると透湿度、透湿抵抗の双方が大きくなることは一見矛盾しているように思われる。しかし、温度が高くなり、 ΔC が大きくなって透湿の速度が速くなれば、布上面の静止空気層の水蒸気の拡散層が増加すると考えれば、計算値として求まる R が大きくなることはありうる。

本研究を行うに当たり、実験に使用した布の油剤洗浄にご協力戴いた神奈川県工業試験所繊維部に深謝致します。

なお、このノートは第12回繊維連合研究発表会(1990年10月、上田市、信州大学繊維学部)にその概要を発表した。

文 献

1. L. Fourt and M. Harris, *Text. Res. J.*, **17**, 256 (1947).
2. 鈴木 淳, 大平通泰, *織学誌*, **26**, 109 (1970).
3. 粟野美千子, 石川欣造, *織学誌*, **43**, 148 (1987).
4. K. Tsubouchi, *Tex. Res. J.*, **58**, 86 (1988).
5. 坪内紘三, *繊維学会シンポジウム予稿集 B-138* (1989), B-78 (1990).
6. 羽賀敏雄, 佐々木靖恵, *繊維学会シンポジウム予稿集, C-255* (1991).
7. 坪内紘三, *織学誌*, **45**, 238 (1989).