文 献

- 1) 長野正満, 結城康夫, 後藤共子, 井出隆一: “織学誌”, **29**, T-461(1973)
- 2) 後藤共子, 長野正満, 結城康夫, 小田 隆, 高井博和: “織学誌”, **30**, T-381(1974)
- 3) 後藤共子, 久和純一, 結城康夫, 長野正満: “織学誌”, **30**, T-530(1974)
- 4) 後藤共子, 長野正満, 田中敬造: “織学誌”, **31**, T-121(1975)
- 5) 後藤共子, 長野正満, 結城康夫, 小田 隆, 高井博和: “織学誌”, **31**, T-104(1975)
- 6) 日本金属学会編: “金属便覧”, 丸善株式会社, (1971)p. 1666
- 7) 日本材料科学会編: “X線応力測定法”, 養賢堂(1966)
- 8) 林紘三郎: “材料”, **21**, 486, 612(1972)
- 9) 有間淳一, 細川智生, 本田和男: “材料”, **18**, 1060(1969)
- 10) 平 修二, 林紘三郎: “材料”, **19**, 647(1970)
- 11) 平 修二, 林紘三郎: “材料”, **18**, 1047(1969)
- 12) 平 修二, 林紘三郎, 浦川信夫: “金属学会誌”, **35**, 189(1971)
- 13) 平 修二, 吉岡靖夫: “日本機械学会論文集”, **30**, 1142(1964)
- 14) C. S. Barrett: “Structure of Metals”, McGraw-Hill, (1952), 534
- 15) 日本金属学会強度委員会編: “金属材料の強度と破壊”, p. 560, 丸善(株), (1964)
- 16) 岩本 貢, 菊池初太郎, 井出 寛, 鏡 嘉明: “材料”, **16**, 962(1966)

(昭和50年1月27日受理)

電気湿度計を用いたダイナミック法による 布地の透湿性*

神奈川県工業試験所 尾 崎 晶 子

ESTIMATION OF FABRIC MOISTURE-PERMEABILITY BY THE DYNAMIC METHOD OF NON-STATIONARY STATE

By Akiko Ozaki

(Industrial Research Institute of Kanagawa Prefecture,
Kanazawa-ku, Yokohama, Japan)

For the purpose of studying the factors involved in evaluating fabric comfort in wear, moisture permeation at non-stationary state in the closed vessel was measured by the dynamic method using an electric hygrometer, and the practical application to the measuring of fabric moisture-permeability was discussed in the light of the obtained results.

1) The diffusion layer of water vapour reaches up to 10 mm. high above the water surface at 20 °C in a closed system (82 mm. ϕ , 165 cc. volume). The diffusion layer is not disturbed even when a fabric was placed at the diffusion layer fringe.

2) Accordingly, an electric hygrometer was set up within the diffusion layer for satisfactory measurement of moisture-permeability.

3) The measurements on the polyester-ramie fabrics show that the observed decrease in the diffusion rate of water vapour due to the presence of a fabric is linearly related with moisture absorption rate, volume fraction of fiber and air-permeability of fabrics.

4) The dynamic method as applied in the present study turned out to be a rapid and convenient method for determining the fabric moisture-permeability and some important factors related to comfort in wear.

(Received January 27, 1975)

* この報文を「布の着用快適性に関する研究(第1報),
Study of Estimating Fabric Comfort in Wear
(Part I)」とする。

1. 結 言

布地の透湿性を測定する最も一般的な方法は、透湿カップ法であり、多くの研究¹⁾がなされている。これは、布も含めて定常的な系での測定で、この方法からは、広義の透湿現象が観察される。広義の透湿は、繊維空隙を伝わってくる水蒸気の透過と繊維自身を伝わってくる吸湿と放湿に分類され、織物組織と繊維素材とが重要な要因を占めている。Whelan^{1-a)}らは、透湿に影響する因子として、布の厚さと繊維体積率をあげている。Fourt^{1-b)}らは、繊維を平行に樹脂中に埋めた場合の、繊維自身の透湿性について検討し、吸湿性の高い繊維ほどみかけの拡散係数が大きくなることを見出ししている。これらのことから、布地の透湿性には、吸湿性、厚さ、繊維体積率の複合された効果が含まれることになるが、これらを同時測定する方法は未だ確立されていない。電気湿度計を用いたダイナミック法²⁾は、いわゆる非定常状態での測定であるので³⁾、着用快適性を評価する上で重要な因子となる透湿性と吸湿性を同時に測定できるはずである。ダイナミック法は、2つの湿度勾配の間に試料を置き、一方の部屋の湿度変化を電気湿度計でとらえるものであり、斉藤⁴⁾らは、フィルム、紙などにこの方法を適用し、透湿カップ法とのデータ間の比較をしている。

しかし、布のように透湿が非常に大きい場合には、布を通して水蒸気の移動が起り、高湿度側の湿度が一定になりにくく、布も経時変化を受けるので、布の初期状態での測定には適しないであろう。そこで、水面上に常時存在している水蒸気の拡散層を利用すれば、高湿度側の調湿にこだわることなく、すぐに透湿性の測定が可能である。布の着用快適性の評価には、布の初期現象が必要であり、上法を採用することにより、初期現象の測定が可能となる。ここでは、管径8.2cmの密閉容器を用いた場合に拡散層の厚さがどの位になるかを、上田⁵⁾の方法により求め、また実際に布をセットした場合の影響の有無について検討した。

それらの得られた結果を基にして、ラミー、ポリエステル混紡率を種々に変えた平織布を試料として実際に透湿実験を行ない、ダイナミック法による透湿測定条件を確立するとともに、一般的な定常的測定法に対する特徴を論議した。

2. 実験方法

2.1 試料

表1に本実験に使用された布試料の明細を示す。布試料は20℃65%RHの温湿度条件中に1ヶ月以上放置したものを使用した。

厚さはthickness testerにより最低10回測定した。通気度はフラジール型通気度試験機で測定した。

繊維体積率Vf%はJIS L 1079(5,10,2)にもとづいて(1)式により算出した。

$$Vf(\%) = \rho' / \rho \times 100 \quad (1)$$

ただし、 ρ' は布のみかけの比重、 ρ は繊維の比重を示す。

2.2 容器内の水蒸気の濃度勾配

ダイナミック法による透湿測定の容器は、図1に示してある市販のセバラブルフラスコ⁶⁾を用いた。電気湿度計はエース製鋭感湿度計AH-2P型(20.0×12.5×0.5mm)を用いた。これに自記記録計をセットして、最大20分まで測定を続けた。高湿度側は純水を用いたため100%RH、低湿度側は測定室の温湿度を用いたため20±1℃、65±2%RH、水温は室温と同じく20±1℃とした。電気温度計は水面近くから移動させ、移動量はカセットメーターで読みとった。

2.3 布地の透湿性

電気湿度計の位置は、2.2の検討の結果から、水面より10mm以内(ここでは10mmに厳守)とし、布試料はその0.5mm以下においた。布試料は水の入ったカップ部分に、周囲をビニールテープでとめ、側面からの水蒸気の漏れを防止した。測定の1回目は試料を取り付けた後直ちに、2回目以降はセンサーの付いた低湿度側部分を取り外し、65%雰囲気中に、センサーと布試料の片

Table 1 Characteristics of plain weave fabrics

No.	Blending ratio		Fabric density ends/in picks/in		Count (Cotton system) warp weft		Weight ($\times 10^{-2}$ g/cm ²)	Thickness ($\times 10^{-2}$ cm)	Volume fraction of fiber (%)	Air permeability (cc/cm ² /sec)
	Polyester (%)	Ramie (%)								
1	0	100	79.6	68.6	29.2s	30.0s	1.259	2.03	41.3	77.5
2	50	50	84.6	76.8	33.2	31.8	1.269	2.35	37.5	109.0
3	55	45	84.2	77.3	33.1	32.6	1.245	2.31	37.6	98.4
4	60	40	84.8	76.7	35.4	32.4	1.172	2.34	35.1	128.5
5	65	35	83.9	77.4	32.3	33.3	1.235	2.33	37.3	114.1
6	70	30	84.0	78.1	32.8	31.7	1.251	2.35	37.6	115.0
7	75	25	84.0	77.9	33.0	30.5	1.238	2.35	37.4	118.0
8	100	0	79.2	69.2	40.3	40.6	0.921	2.16	30.9	167.0

Fig. 1 Apparatus for moisture-permeability measurement.

- A : Water surface
- B : Receptor of electric hygrometer
- C : Fabric sample
- D : Stopper
- E : Electric hygrometer

面を5分間暴露してから行なった。

3. 結果と考察

3.1 容器内の水蒸気の濃度勾配

まず湿度計の位置を変化させて容器内の湿度分布を調べた。湿度勾配をわかり易くするために各測定位置に対して湿度を測定時間別にプロットしたのが図2である。水面近くには拡散層を示す濃度勾配がほぼ10mm付近まで観察でき、それ以上では対流層と思われるほぼ均一な層が存在している。図3は水面をずっと低くした場合の結果であるが、対流域が直線状で、しかも拡散層におけるよりも、ずっとゆるやかな勾配が存在している。

測定を開始する以前には、水蒸気は大気中に定常的に拡散している。その蒸気の濃度勾配をとらえるに際して電気湿度計の応答は早いけれども、わずかに遅れがある。湿度変化の小さい場合は、遅れは問題にならないが、変化の大きい場合はこれを考慮に入れる必要がある。水面近くに存在している拡散層は、高湿度側では常に100% RHを起点としていなければならないのに水面付近でのプロットはやや遅れがちとなる。そこで、実際の水蒸気の濃度勾配から、上田⁶⁾の方法により水のみかけの拡散係数を計算すると、 $t=6$ 分でほぼ $0.25 \text{ cm}^2/\text{sec}$ を示すことから、湿度計の遅れが $t=6$ 分ではなくってお

Fig. 2 Distribution of water vapour in the apparatus. (Distance between A and C is 12.5 mm.)

Fig. 3 Distribution of water vapour in the apparatus. (Distance between A and C is 27.0 mm.)

り、布地の透湿性の絶対的な議論ができていていることを意味している。故に、後で述べる布地の透湿性の解析には $t=6$ 分を用いている。

以上の結果から、 $\phi=8.2 \text{ cm}$ 容器の場合、水蒸気の拡散層の厚さは、水面から約10mmまでとみなすことができる。しかし布地は透湿の大きなものであるから、拡散層の有効厚さ⁶⁾よりわずかに上に布地を置いた場合拡散層の厚さに変化が起こることが考えられる。それ故、湿度計から水面までの距離を変化させて、布地を置いた系で透湿実験を行ない、乾室側の湿度変化を時間でプロットしたのが図4であり、更に水面からの距離で湿度変化をプロットしたのが図5である。布地を置かなかった系に比べ、対流域での勾配がやや大きくはなっているが、拡散層のそれとは、多少異なっている。また、その変曲点は10~14mmの間に観察される。それ故、水面から

Fig. 4 Effect of fabric in the apparatus on diffusion rate of water vapour (100% ramie fabric). Numbers in the figure show the distance between A and C.

Fig. 5 Effect of varying distances between A and B on fabric moisture-permeation (See Fig. 4).

Fig. 6 Distribution of water vapour below fabric sample which was placed at a distance of 13 mm above water surface.

13mmの位置に布地をはり、水面から布までの水蒸気の濃度勾配をとらえた。この結果図6に示す。それによると、水蒸気の拡散層は布が存在した場合でもやはり10mm以内と不変であり、10mm以上から布までの間には、わずかではあるが対流層が存在しているのが認められる。

3.2 布地の透湿性

前項の検討の結果から、水面から10mmまでの位置に湿度計を置き、その間に布地をセットすれば、透湿測定が迅速、簡便にできるものと期待され、この点について検討を加えた。試料No. 1~8までの同一試料について、3回透湿実験を繰り返した結果を時間に対する乾室側の湿度変化としてプロットしたのが図7に示してある。いずれの試料も測定回数2、3回目のものは比較的再現性が高い。2回目以降のデータに再現性が認められるのはマイラーフィルムを用いた齊藤ら⁹の結果と同様である。No. 1で2、3回目のものが一致しないのは、布試料が2つの湿度勾配に依存した水分平衡に至っていないことを意味する。

また、布地の透湿実験の1回目と2回目以降の測定値を同一グラフ上に比較した結果を図8に示した。いずれの場合でもポリエステル混紡率の高なるほど透湿は早く

Fig. 7 Moisture-permeation curves of various blend fabrics. Numbers in the figure show the first, second and third measurements.

Fig. 8 Effect of blending ratio on moisture-permeability (See Fig. 7).

I : The first measurement

II : The second measurement

なっている。

また、1回目と2回目以降の測定で $t = 6$ 分での透湿性を布地を置かなかった場合からの透湿の遅れとし、相対湿度に対してポリエステル混紡率をプロットしたのが図9である。1回目は2回目に比較してより初期現象と言えるので、透湿の遅れが大きくなるのは当然である。1回目、2回目とも透湿の初期過程は繊維素材と、すなわち吸湿性と密接な関係があることがわかる。

ここで、ダイナミック法による布地の測定をモデル的に扱ってみると図10の示すような透湿過程が考えられる。1回目の測定ではAの過程を、2回目以降の測定ではBの過程を考えることができるだろう。

また、1回目と2回目以降のデータからは、次の因子が推察される。布体積を v とすると、

Aの過程で布に吸湿される水分量 (w_A) は

$$w_A = v * (C_1 - C_2)$$

Fig. 9 Effect of ramie content on decrease in permeation rate (See Figs. 7 and 8).

Fig. 10 Schemes of moisture distribution in the repeated measurements.

C_1 , C_2 and C_2' represent densities of water vapour in individual compartments.

Bの過程で布に吸湿される水分量 (w_B) は

$$w_B = v/2 * (C_1 - C_2)$$

ここで、 C_1 , C_2 は各部屋における水蒸気濃度 (g/cm^3) とする。すると、各測定回数間の差からは

$$w_A - w_B = v/2 * (C_1 - C_2)$$

すなわち、水分の吸収は布体積の半量に対して起こることが理解される。

1回目と2回目以降のデータ間の差、すなわち、吸湿性を秤量法によって求めた結果を図11に示す。ラミー混紡率の高くなるほど、データ間の差が大きくなっているのがわかる。つまり、この方法からは、布の絶対的な吸湿量ではなく、単位面積当りの厚さ、織り方など、布

Fig. 11 Relationship between ramie content and moisture absorption (See Fig. 9).

の着用快適性に強く結びついた系での吸湿性が評価できると考えられ、これについては後報で述べる。

また、水蒸気の移動は、布の固体部分からだけでなく繊維空隙を通して起こっているのも、ダイナミック法は広義の透湿現象をも測定しうるはずである。Whelan^{1a)}らの解析に従って、繊維体積率と厚さに対し、透湿の遅れをプロットして、この点について検討を加えた。図12に示した結果から明かなように、繊維体積率については直線関係が認められる。厚さに関しては、試料間の差異が比較的小さいために、明瞭な直線関係が認められなかった。

また、通気度との関係をプロットしたのが図13である。通気度の小さいものほどblankからの遅れが大きくなっており、この関係についても、直線関係が明らかに認められる。

したがって、本研究で確立された布地の初期現象を測

Fig. 12 Relationship between volume fraction of fiber and decrease in permeation rate of water vapour.

Fig. 13 Relationship between air-permeability and decrease in permeation rate of water vapour.

定するダイナミック法は、吸湿性に加えて、広義の透湿現象をも同時に測定できることが明らかである。

4. 総 括

布地の着用快適性に関連するいくつかの物理的因子を簡便、迅速に同時測定することを目的として、密閉系の非定常状態における透湿測定として、電気湿度計を用いたダイナミック法の測定条件を検討し、また、布地に適用した場合の本法の特長を、透湿カップ法など既存の方法に対して論議した。

(1) 管径8.2mmの円筒容器内において、水蒸気の拡散層は、水面上約10mmにわたって存在していることを認めた。従って、この拡散層の範囲内に電気湿度計を設定することが、透湿の迅速測定の必要不可欠な条件となる。

(2) この容器に、実際に布地を拡散層に接した外面にセットして、水面から布までの水蒸気の濃度勾配を求めた結果、拡散層の厚さの変化は起らず、上の条件で、実際の透湿測定が満足に行なうことができる。

(3) 混紡率を8段階に変えたポリエステル/ラミー布について、実際に透湿実験を行なった結果、予期したように布のないblankからの透湿の遅れは、吸湿性、繊維体積率、通気度と直線関係をもつことがわかった。

以上の結果から、(1)の条件を満たした上での、ダイナミック法による布地の透湿測定によって、広義の透湿現象に加え、着心地に関連するいくつかの重要な物理的因子を同時に測定できることが明らかとなった。

付記：本研究をまとめるに当り、貴重なご意見を賜りました群馬大学上田政文教授、織高研大平通泰性能設計室長をはじめ研究室の方々、お茶大松川哲哉教授に厚く御礼申し上げます。また、本研究の遂行に当り、ご尽力いただきました当所志村敏男繊維部長、塩崎英樹主研に心よりの感謝を申し上げます。

本研究の概要は、日本家政学会第26回総会(1974年10月3日東京)で発表した。

文 献

- 1a) M. E. Whelan, L. E. Machattie, A. C. Goodings, L. H. Turl; *Text. Res. J.*, **25**, 197 (1955)
- 1b) L. Fourt, M. Harris; *Text. Res. J.*, **17**, 256 (1947)
- 1c) 安井康二, 亀井博子, 織消誌, **3**, 3 (1962)
- 1d) 丹羽雅子, 高田範子, 戸梶伸子; 織消誌, **6**, 185 (1965)
- 2) 高分子学会編; 材料と水分ハンドブック (共立出版) 201 (1968)
- 日本化学会編; 実験化学講座, **8**, (下巻), (丸善) 165 (1957)

- 3) 丹羽雅子; 織物誌, **9**, 56(1968) その他, 上田政文, 芝 亀吉; 応用物理, **33**, 269(1964)
 4) 齊藤幸男, 芹沢竜之介, 松下和昭; 材料試験, **5**, 上田政文; 計量管理, **7**, 29(1958)
 423(1956) 鈴木 淳, 大平通泰; 織物誌, **26**, 107(1970)
 5) 上田政文; 応用物理, **25**, 144(1956) 6) 西村綾子, 松川哲哉; お茶大卒業論文(1969)

(昭和50年1月17日受理)

N, N'-ジメチロール樹脂加工剤の重縮合物

東京工業大学工学部有機材料工学科 顔 明 雄・砺波 宏 明

POLYCONDENSATION PRODUCTS OF N, N'-DIMETHYLOL RESIN FINISHING AGENTS

By Meng Shung Yen and Hiroaki Tonami

(Department of Textile and Polymeric Materials, Faculty of Engineering,
Tokyo Institute of Technology, Ookayama, Meguro-Ku, Tokyo)

Chemical constitutions, i.e. $\text{N-CH}_2\text{OH}$, $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$, and $\text{N-CH}_2\text{-N}$, of the polycondensation products of dimethylol ethylene urea (DMEU) and dimethylol propylene urea (DMPU) prepared under the various curing conditions were studied. $\text{N-CH}_2\text{OH}$ and free CH_2O in the reaction products were determined separately by the application of the KCN method. Contents of $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$ and $\text{N-CH}_2\text{-N}$ were determined separately from the difference of their hydrolysis rates to acetic acid, and confirmed by the NMR method. The kinetics in these hydrolyses were also studied.

Chemical constitutions of the polycondensation products were affected remarkably by their curing time and temperature. With changing the curing time at 120°C , $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$ was formed rapidly at first, and then decreased with time, while contents of $\text{N-CH}_2\text{-N}$ and free CH_2O increased at about the same rate with time. It was suggested that the $\text{N-CH}_2\text{OH}$ in DMPU or DMEU was rapidly consumed for the formation of $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$, which decomposed gradually into $\text{N-CH}_2\text{-N}$ and free CH_2O in the polycondensation. The similar tendencies for the formation of $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$, $\text{N-CH}_2\text{-N}$ and free CH_2O were also found with changing the curing temperature for 30 min. Degrees of polycondensation of DMPU and DMEU oligomers, in both cases, reached 9–10 in maximum. It was also found that $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ showed excellent catalytic action leading to the formation of $\text{N-CH}_2\text{-N}$ in considerable amounts, but MgCl_2 only affected the formation of $\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$, and $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ had almost no catalytic action under a curing condition, 120°C , 30 min.

(Received January 17, 1975)

1. 緒 言

セルロース織物の樹脂加工は、樹脂加工剤として一般に尿素または尿素誘導体の N, N'-ジメチロール化合物が用いられ、パッド-キュア方式によって加工され、セル

ロース分子間の橋かけの生成によって防しわ効果が得られている。このとき起る反応は、メチロール基とセルロース水酸基の間では $\text{Cell-OCH}_2\text{-N}$ (N は尿素または尿素誘導体残基の N) を、メチロール基同士の間ではメチレンエーテル結合 ($\text{N-CH}_2\text{OCH}_2\text{-N}$) とメチレン結合 ($\text{N-CH}_2\text{-N}$) を 2 段階に生成¹⁾、その結果尿素残基 1 ないし数個からなる橋かけが生成されるものとされている^{2,3)}。

* この報文を「セルロース織物の樹脂加工に関する研究 (第 1 報), Studies on the Finishing of Cellulose Fabrics (Part 1)」とする。