一般報文

(平成 5 年 7 月 8 日受理)

織布の透湿性および通気性に及ぼす糸間隙の孔の影響

東京家政大学家政学部 金網 久明・柏原 洋子・川村 綾

Effects of the Inter-Yarn Pores on the Moisture and Air Permeability of Textile Fabrics

Hisaaki Kanetsuna, Yoko Kashiwabara, and Aya Kawamura

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

Abstract: The effects of the inter-yarn pores on the moisture and air permeation through textile fabrics were investigated by the water method and KES method for three kinds of fabric groups, spun yarn fabrics and filament yarn ones as well as stainless steel meshes. Their moisture permeability measured under various environmental humidity conditions at 20 °C were discussed in relation to the pore size of the sample. The bi-logarithmic plot of the mean area per pore and the moisture permeability per unit pore area showed a linear relationship with a negative gradient, the line of which shifted in parallel toward a region of higher permeability as the environmental humidity was decreased. Comparing the moisture permeation behavior of the sample fabrics under the same condition revealed that the permeability was larger in the order of the steel mesh group, the spun yarn fabric group, and the filament yarn fabric one. Similar relation of order was found also in the slope of the linear dependency above. The relations between the pore size and air permeability of the fabrics were also studied together.

(Received July 8, 1993)

1. 緒 言

前報[1]で、ウォーター法を用いた織布の透湿では、布両面の水蒸気濃度差の影響が非常に大きく、等温系における実験では、織布の透湿における糸に及ぼす測定温度の影響の殆どは、糸の測定温度を変えることによる布両面の水蒸気濃度差の変化によることを報告した。織布の透湿に関しては数多くの研究がなされており、従来、糸間隙、繊維間隙での水蒸気の拡散および繊維中への水分の吸湿、拡散、脱湿による水分の移動が考えられている。しかし、糸間隙の孔（たて糸とよこ糸で囲まれた孔）を通しての水蒸気の拡散と、糸中の繊維と繊維の間隙を通しての水蒸気の拡散の区別が必ずしも明確になっていない。そこで、織布の透湿機構を解明するため、まず、糸間隙の孔の透湿に及ぼす影響を検討することにした。

このような場合のモデル実験として、水蒸気を通さない真鍮板を用い、板の厚さ、円形の孔の直径、板面積当りの孔の数を変え、これらが、孔を通しての透湿に及ぼす影響を研究した M. E. Whelanら[2]の研究がある。この研究の透湿試験法はウォーター法であり、透湿面積に対応する円板中の孔の数 N 、孔の直径 d 、板の厚さを T として、3つの変数のうち、2つを一定にして残りの

1つを変えた場合（3通り）の透湿抵抗 R [3]を求め、 R と上記3通りの場合についての N 、 d 、 T との関係を求めている。さらに、 T を一定にして、 Nd^2 が一定になるように N と d を変化させた場合、 $R = a_3 d + b_3$ （ a_3 および b_3 は一定の値）の関係をj得ている。 Nd^2 は孔の総面積に相当し、5通り（透湿面積に対して、0.1、1.0、5.0、10.0、40.0の各%）の場合について上記関係が得られている。このことは、厚さが一定で、透湿面積に対する孔の総面積の比率が同じならば、 R は d に比例する。すなわち、孔が大きくて、数が少ない方が、孔が小さくて、数が多い場合より R が大きい、換言すれば透湿しにくいことを示した。

一方、丹羽ら[4]は、アルミ箔に1個の孔をあけ、その直径を変えて、ウォーター法のカップの透湿面積に対する孔の比率（気孔率）を1-100%のものをつくり、実験し、その透湿量および透湿率は、無風時、有風時のいずれの場合も、気孔率の増加とともに直線的に増加することを示した。また、金網の孔のたて、よこの寸法から求めた孔1個の面積と1 in²当りの孔の個数から計算した気孔率が43.9-99%のものについて、透湿量および透湿率を求めた。その値は、無風のときも有風のときも、気孔率90%付近まで有意差が認められない、さらに、綿

およびアクリル織物についても気孔率が90%ぐらいまでは、無風時、有風時とも気孔率の変化による差異が認められず、金網、織物とも気孔率90%以上で急激に透湿量が増加するという結果を得ている。また、各気孔率において、金網の方が織物より透湿量が低くなることを報告している。

織物の透湿ということを考えるとき、当然のことであるが、通常、透湿面積として、透湿カップの試料取り付け場所の面積を用い、透湿度、透湿抵抗の計算を行っている。M. E. Whelan ら、丹羽らもこれに準じている。しかし、織物の透湿機構として、糸間隙の孔の透湿に及ぼす影響を考えると、特に、水蒸気を通さない材料を糸の替わりとしたモデル試料を用いるときは、糸間隙の孔の水蒸気の通過速度、すなわち、孔の単位面積当りの透湿度を求める方が合理的である。このような観点から、本研究では、光学顕微鏡で糸間隙の孔が認められ、その大きさが異なる種々の織布および線（針金）中に水蒸気を通さないメッシュの異なるステンレスメッシュを用い、糸（線）間隙の孔の単位面積当りの透湿度を求め孔の大きさとの関係を調べ、さらに、糸で構成される織布とステンレス線からなるステンレスメッシュの違いを比較検討し、糸と線の違いを調べた。合わせて、通気性についても、糸（線）間隙の孔の単位面積当りの通気度を求め、孔の大きさとの関係を調べ、さらに、織布とステンレスメッシュを比較検討し、糸と線の違いを調べた。

このような研究を行う場合、糸（線）間隙の孔の深さ、換言すれば織布、ステンレスメッシュの厚さがすでに述べているように問題になる。本研究に用いた試料の厚さは、後述する表1、2、3に示してある通り、織布の場合は0.12-0.32 mm、ステンレスメッシュの場合は、線

が重なったところで、0.30 mm を超えるものは2種である。前述の M. E. Whelan らの研究によれば、厚さ0.12-0.32 mm での R の変化は極く僅かである。また、坪内[5]の孔あきプラスチックプレートを用いた透湿実験において、カップ上における透湿水蒸気の水蒸気圧分布の測定結果をみると、カップの端の方を除いて、水蒸気はプレートの近くではプレートに対して直角方向に拡散しているようである。本研究で用いる試料の厚さの程度で、かつ、糸（線）間隙の孔の空気中の水蒸気の拡散を考える場合、厚さの影響はあまり考えなくてもよいものと考えた。

2. 供試料

実験に用いた試料は表1に示した紡績糸から成る織布7種、表2に示したフィラメント糸から成る織布8種および表3に示したステンレスメッシュ5種である。

3. 実験方法

3.1 織布またはステンレスメッシュの糸（線）間隙の孔の大きさと面積比率

実験に用いた織布またはステンレスメッシュには、たて、よこ、の糸または線（ステンレス針金）で囲まれた孔が存在する。この孔を糸（線）間隙の孔と呼ぶことにし、織布またはステンレスメッシュの面と平行な面に垂直投影される孔の形および大きさ（上から見た場合と同様）を孔の形および大きさとする。ステンレスメッシュの線間隙の孔はほぼ正方形であり、ガーゼの糸間隙の孔は正方形に近い形をしている。実験に用いた他の平織の織布の糸間隙の孔は、たて、よこ、の長さが異なるため矩形か、これがくずれた形になっている。

Table 1 Details of Spun-Yarn Fabric Samples

Sample fabrics	Mass per unit area (g/m ²)	Thickness (mm)	Density (Number /2.54 cm)	Crimp percentage (%)	Yarn number count (tex)	Twist number (T/m)
Cotton broad 40	111.4	0.25	Warp	132.1	9.6	15.2
			Weft	63.5	8.4	15.4
Cotton shirting	108.6	0.27	Warp	89.9	1.8	19.2
			Weft	66.0	26.6	16.2
Rayon staple fiber muslin	122.4	0.24	Warp	93.5	5.3	20.2
			Weft	61.5	5.4	20.4
Polyester muslin	131.1	0.32	Warp	55.9	3.6	31.9
			Weft	52.8	9.1	31.3
Gauze	33.3	0.25	Warp	32.0	1.5	15.1
			Weft	28.4	10.2	15.0

Table 2 Details of Filament-Yarn Fabric Samples

Sample fabrics	Mass per unit area (g/m ²)	Thickness (mm)	Density (Number /2.54 cm)	Crimp percentage (%)	Yarn number count (tex)	Twist number (T/m)
Silk plain gauze	96.6	0.31	Warp	59.9	4.6	19.7
			Weft	74.2	5.1	20.5
SILOOK* plain gauze	89.7	0.27	Warp	55.9	1.3	15.9
			Weft	59.4	7.5	16.8
Silk 5 yarn leno	123.5	0.29	Warp	86.4	13.2	19.0
			Weft	50.8	6.9	18.7
SILOOK* 5 yarn leno	108.9	0.24	Warp	91.4	9.5	22.9
			Weft	50.8	3.4	17.0
Silk 3 yarn leno	122.9	0.28	Warp	86.4	20.4	21.4
			Weft	53.3	7.2	19.3
Silk 6 monme habutae	24.1	0.08	Warp	153.1	3.0	3.4
			Weft	96.5	1.0	5.2
Silk 14 monme habutae	59.0	0.12	Warp	136.1	7.2	6.5
			Weft	103.1	4.2	8.6
TEVILON*	124.1	0.23	Warp	56.4	2.4	33.5
			Weft	42.7	2.1	34.5

*SILOOK and TEVILON show trademarks

Table 3 Details of Steel Mesh Samples

Sample no.	Mesh	Nominal space between wires (mm)	Nominal diameter (mm)
1	22	0.710	0.450
2	30	0.500	0.350
3	70	0.212	0.151
4	140	0.106	0.075
5	280	0.053	0.037

図1のaは1つの糸(線)間隙の孔を示している。白い部分が糸または線、斜線をした部分が孔である。糸(線)の中心線に点線を書いているが、孔の形が正方形か矩形で大きさが同じ場合は点線で囲まれた部分のくりかえしで織布またはステンレスメッシュが形成される。このくりかえし単位は図1のbの点線で囲まれた部分とすることもできる。糸(線)間隙の孔の大きさは斜線部分の面積($l_1 \times l_2$)で表すことができ、織布またはステンレスメッシュ中の孔の面積比率は点線で囲まれた部分に対する斜線部分の面積の比率

$$\frac{l_1 \times l_2}{(l_1 + d_1)(l_2 + d_2)}$$

Fig. 1 Illustration of the pores in a fabric (or mesh).

で表すことができる。この考え方をもとに、実際の糸(線)間隙の孔1個の平均の面積($\bar{S}_1$)で孔の大きさを表し、また、上式に相当するもので孔の面積比率を表した。具体的には次のようにした。

(1) ステンレスメッシュおよびガーゼの場合

前述のようにステンレスメッシュの線間隙の孔はほぼ正方形で表3に示したように公称目開き(Nominal space between wires)、公称線径(Nominal diameter)も、たて、よこ、の区別がされていない。ガーゼもほぼ正方形に近い。そこでこの場合は、 $l_1 \doteq l_2 = l_0$ 、 $d_1 \doteq d_2 = d_0$ とおける。 l_0 および d_0 をたて、よこ(区別はつかない)それぞれ、10か所ずつ読取顕微鏡で測定し、その平均値 l_0 、 d_0 を求めた。

糸(線)間隙の孔1個の平均的大きさをその面積 S_1 で表し、孔の面積比を S_r とすると、 S_1 および S_r は次のように表せる。

$$S_1(\text{mm}^2) = \bar{l}_0^2 \quad (1)$$

$$S_r = \frac{\bar{l}_0^2}{(\bar{l}_0 + \bar{d}_0)^2} \quad (2)$$

(2)(1)以外の織布の場合

すでに述べたように平織の場合は、 $l_1 \neq l_2$, $d_1 \neq d_2$ であり糸間隙の孔の形も矩形か矩形が崩れた形になっている。そこで、このような場合は、視野に糸間隙の孔が適当な個数(原則として十数個)入るような倍率で織布を顕微鏡写真撮影し、同倍率でスケールの顕微鏡写真撮影をした。

このように、同倍率で顕微鏡写真撮影した試料とスケールの写真を並べて乾式静電複写機で同一用紙の中心に写し取る。写し取った用紙から図1のcのように、同図bの繰り返しに相当するものになるように囲った図1cの点線に沿って用紙を切り取る(質量M)。次に、糸間隙の孔に相当する部分(図1cの斜線部分)を切り取り(1個ずつそれぞれの質量を m_i , 個数n), 糸に相当する部分と切り分ける。さらに、スケールの1mm²に相当する部分を切り取る(質量 $M_{1\text{mm}^2}$)。切り取ったそれぞれの部分の用紙を標準状態(20℃, 65%RH)で状態調節をし、その量に応じて、精度1/10mgの直立天秤または精度1/1000mgの電子天秤を用いてそれぞれの質量を測定し、 M , $\sum_{i=1}^n m_i$, $M_{1\text{mm}^2}$ を求め、次の式により、糸間隙の孔1個の平均面積 $\bar{S}_1$ および孔の面積比率 S_r を算出した。

$$\bar{S}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n \cdot M_{1\text{mm}^2}} \quad (3)$$

$$S_r = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{M} \quad (4)$$

式1では正方形の一辺の長さの平均値を求め、その平均値の2乗により糸(線)間隙の孔1個の平均の面積を求めており、式3では個々の孔の面積の平均値を求めていることになる。従って式1で求めた S_1 と式3から求めた $\bar{S}_1$ では同じ平均でも意味が違って来る。ステンレスメッシュは織布にくらべ孔の大ききの精度が高くてできるので S_1 を $\bar{S}_1$ と同じように扱ってもさしつかえないと考え、両者とも $\bar{S}_1$ で表し、 $\bar{S}_1$ と透湿度や通気度の関係を図上に示して行くことにし、ガーゼについても同

様に扱うことにした。

3.2 透湿性

JIS-L-1099 A-2法に準じて透湿カップに試料を取り付け(試験体)、これを容量500g, 精度1mgの自動電子天秤にセットし、所望の温湿度に調整した人工気候室内に置き、試験体の質量変化を室外の測定室で5分ごとにプリントアウトし、時間-質量変化の直線部分の傾斜より透湿度P(g/m²h)を算出した。測定方法・条件の詳細は前報[1]に述べた通りである。

なお、ステンレスメッシュを所定の大きさの円形に切って、透湿カップに取り付ける場合は、円形の周辺に養歯安定剤をつけ一層の機密を図った。

3.3 通気性

通気性試験機 KES-F8-APIを用いて透湿性の実験と同様に人工気候室内で測定した。

4. 実験結果と考察

4.1 布両面の水蒸気濃度差と透湿度Pとの関係

人工気候室の温度20℃, 相対湿度35%RH, 65%RH, 80%RH, で行った各織布の透湿度の実験結果を、織布の下の方の透湿カップの水面上の空間を100%RHと仮定し、その水蒸気濃度と実験した各環境相対湿度の絶対湿度と

Fig. 2 Relationship between the difference, ΔC , in moisture concentration on both sides of the sample fabric and the moisture permeability P measured at 20℃, for the cases of spun yarn fabrics; cotton broad 40 (●), cotton shirting (□), rayon staple fiber muslin (■), polyester muslin (△), and gauze (×).

Fig. 3 Relationship between the difference, ΔC , in moisture concentration on both sides of the sample fabric and the moisture permeability P measured at 20 °C, for the cases of filament yarn fabrics; silk plain gauze (○), SILOOK plain gauze (●), silk 5 yarn leno (□), SILOOK 5 yarn leno (■), silk 3 yarn leno (△), silk 6 monme habutae (▲), silk 14 monme habutae (×), and TEVILON (▣).

の差, すなわち, 布両面の水蒸気濃度差 ΔC (10^{-6} g/cm³) を横軸として, 紡績糸から成る織布の場合を図2に, フィラメント糸から成る織布の場合を図3に示した。

図2, 図3のいずれの場合も, ΔC の増加とともに透湿度が大きくなり, また, 試料間の透湿度の差が広がっていることがわかる。

4.2 織布の糸(線)間隙の孔1つの面積 $\bar{S}_1$ と孔単位面積当りの透湿度 P_u の関係

各織布の糸(線)間隙の孔1つの面積 $\bar{S}_1$ と透湿度 P との関係の有無を検討したが, 必ずしも一定の関係が見出されなかった。そこで, 糸(線)間隙の孔1つの面積 $\bar{S}_1$ と孔の単位面積当りの透湿度 P_u の関係を検討した。すなわち, 求めた透湿度 P と, 前述した糸(線)間隙の孔の面積比率 S_r の値から, 孔単位面積当りの透湿度 P_u を求め, $\bar{S}_1$ との関係を両対数グラフで示し, 紡績糸から成る織布の場合を図4に, フィラメント糸から成る織布の場合を図5に示した。

図4からわかるように, $\bar{S}_1$ と P_u の両対数の間にほぼ

Fig. 4 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the moisture permeability, P_u , per unit pore area measured at 20 °C, for spun yarn fabrics. Symbols are defined in the same as in Fig. 2.

Fig. 5 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the moisture permeability, P_u , per unit pore area measured at 20 °C for filament yarn fabrics; silk or SILOOK leno (—), silk or SILOOK plain gauze (---), and plain weave fabric (·····). The other symbols correspond to each similarly as in Fig. 3.

直線関係が成立しており, $\log \bar{S}_1$ が小さくなるほど $\log P_u$ は大きくなり, 環境湿度が小さくなると, すなわち ΔC が大きくなると $\log P_u$ が大きくなるように直線がほぼ平行移動している。

次に, フィラメント糸から成る織布の場合は図5のように, 紗, 組, および平織のそれぞれの場合について異なった傾斜の直線関係が $\bar{S}_1$ と P_u の両対数の間にはほぼ成立しており, 図4の場合と同様に環境湿度が小さくなると $\log P_u$ が大きくなるように直線がほぼ平行移動している。

今, 組の場合を除いて, 紡績糸から成る織布と, フィラメント糸から成る織布について, 同じ環境湿度の場合

Fig. 6 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the moisture permeability, P_u , per unit pore area for spun and filament yarn fabrics under the environmental condition of 20 °C with 35% RH, for spun yarn fabrics (---), filament yarn fabrics (.....), and silk or SILOOK plain gauze ($\uparrow$). The other symbols are defined similarly as in Fig. 2 and 3.

Fig. 7 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the moisture permeability, P_u , per unit pore area for spun and filament yarn fabrics under the environmental condition of 20 °C with 80% RH. Symbols correspond to each in the same as in Fig. 6.

を同じ図上で比較し、図6-8に示した。図6は20 °C, 35% RHの場合で、フィラメント糸から成る織布の結果が紡績糸から成る織布より $\log P_u$ の値が大きい位置にあり、その傾斜がやや大きくなっていることがわかる。また、ここで興味あることは、図中に矢印を付しある絹およびシルクの紗が紡績糸の直線上にあることである。

図7は20 °C, 80% RHの場合で、図5の場合より $\log P_u$ の値が小さい位置に両直線が移るが、図5の結果と同様の傾向になっていることがわかる。

図8は20 °C, 65% RHの場合で、紡績糸およびフィラメント糸から成る両布についての直線の位置が35%

Fig. 8 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the moisture permeability, P_u , per unit pore area measured in the environment of 20 °C with 65% RH, for spun and filament yarn fabrics as well as stainless steel mesh; steel mesh (—) ($\bullet$) and the case with no sample (.....). The other symbols are defined in the same as in Fig. 6.

RH の場合と80%RH の場合の中間の位置にあるが、両布の相互の関係および絹およびシルクの紗が紡績糸から成る織布の直線上にあることは前二者の場合と同様である。この図にはステンレスメッシュの測定結果も示してある。また、図中の一番下の点線はカップに試料をとりつけない場合、すなわち、透湿カップの径そのものを孔の直径とし、この孔の単位面積当りの透湿度 P_u を計算した場合の値の位置を示している。

さきに述べた M. E. Whelan ら[2]の研究では、真鍮板について、最小孔径約0.6 mm までの孔径の大きさ、板面積当りの孔の数、板の厚さを変え、孔を通しての透湿の実験を行い、厚さと空隙率が一定の場合、孔が小さくて数が大きい方が、孔が大きくて数が少ない場合より、透湿抵抗が小さいことを示している。本実験では、ステンレスメッシュについて、孔の一辺が0.1 mm より小さいところまで調べているが、 $\bar{S}_1$ と P_u の両対数の間に、その傾斜は小さいが、ほぼ直線関係が成立しており、 $\log \bar{S}_1$ が小さくなるほど $\log P_u$ が大きくなっていることがわかる。このことは[2]と同じ結果と言える。

ガーゼ（紡績糸から成る織布中のX印）が通常の織布で一番糸間隙の孔が大きいと考え、これより糸間隙の孔が小さい範囲について、ステンレスメッシュの $\log \bar{S}_1$ と $\log P_u$ の直線関係が図の縦軸の一番低い位置に、次に紡績糸から成る織布の $\log \bar{S}_1$ - $\log P_u$ の関係を示す直線が縦軸のより高い位置にある。そして、糸のより数の少ないフィラメント糸から成る織布の $\log \bar{S}_1$ - $\log P_u$ の関係を示す直線が縦軸の一番高い位置にある。同じフィラメント糸から成る織布でも、糸のより数が多い紗の場合は、紡績糸から成る織布と同一の直線上にあるこ

Fig. 9 Relationship between the inter-yarn pore area $\bar{S}_1$ and the air permeability, AP_u per unit pore area measured in the room of 20 °C with 65% RH, for spun and filament yarn fabrics as well as stainless steel mesh; spun yarn fabrics (—○—), and filament yarn fabrics as well as steel mesh (---×---). The other symbols correspond to each in the same as in Figs. 8, 2, and 3.

とがわかった。

丹羽らは、気孔率を変えた木綿織物と金網の透湿量の実験[4]、木綿、アクリル織物と金網の過渡状態の透湿実験[6]で金網の方が織物より透湿量または透湿速度定数が小さくなることを報告しており、本研究はこれと一致するところがある。

ステンレスメッシュの場合は線中に全く水蒸気を通さず、紡績糸から成る織布、紗の場合は糸のよりがかなりかかっており、糸のより数の少ないフィラメント糸から成る織布より糸中の繊維間隙を水蒸気が通りにくいと考えられる。

なお、行った以上の実験結果からは、各図の例えば、図6、7、8の図中の一点鎖線中には、綿、レーヨン、ポリエチレンテレフタレート繊維が同一直線上にあることからわかるように、繊維素材の透湿への影響は殆ど認

められなかった。このことは、通常の透湿性の実験の場合について、丹羽[7]により指摘されていることと一致する。

4.3 織布の糸(線)間隙の孔1つの面積 $\bar{S}_1$ と孔単位面積当たりの通気度 AP_u の関係

測定した通気度を、透湿度の場合と同様に、糸(線)間隙の孔単位面積当たりの通気度 AP_u に換算し、その対数と糸(線)間隙の孔1つの面積 $\bar{S}_1$ の対数の関係を図9に示した。図からわかるように、フィラメント糸から成る織布とステンレスメッシュが同じ直線で示され、紡績糸から成る織布についての直線より高い位置にある。また、 P_u の場合とは逆に、 $\log \bar{S}_1$ が大きくなるほど、 $\log AP_u$ が大きくなっていることがわかる。このことは、透湿が布両面の水蒸気濃度差にもとづく拡散現象であり、通気は布両面の圧力差による強制的空気の流れであり、両者の現象が本質的に異なっていることをしめしている。また、紡績糸から成る織布では、糸から糸(線)間隙の孔中に出ている毛羽が通気に影響しているのに対して、フィラメント糸から成る織布およびステンレスメッシュではこの影響がないため、通気がよいものと推定される。

本論文は第6回感覚と計測に関するシンポジウム(主催 繊維学会 協賛 日本化学会他)(1992年6月、東京、国立教育会館)において、その概要を発表した。

文 献

1. 金網久明, 根本文子, 村松圭子, 繊維誌, **49**, 432 (1993).
2. H. E. Whelan, L. E. MacHattie, A. G. Goodings, and L. H. Turl, *Tex. Res. J.*, **25**, 205 (1955).
3. L. Fourn and M. Harris, *Tex. Res. J.*, **17**, 256 (1947).
4. 丹羽雅子, 今井律子, 高力紀子, 家政学研究, **12**, No.1, 16 (1965).
5. 坪内紘三, 繊維学会シンポジウム予稿集, B-78 (1990).
6. 丹羽雅子, 家政学研究, **11**, No.12, 43 (1964).
7. 丹羽雅子, 家政学研究, **10**, No.1, 10 (1963).