

## 布の通気性に関する研究— 1. 布の通気抵抗について

横山 順子・小林 春男\*

### Studies on the Air Permeability of Fabrics — 1 : Air Permeation of Fabrics.

Junko Yokoyama, and Haruo Kobayashi

In this paper, in order to investigate air permeability of fabrics, air permeation resistance was measured in 28 kinds of fabrics. Significant differences were observed between fabrics in the air permeation resistance. Moreover, significant correlations were obtained between the air permeation resistance and pore dimension that was measured by optical microscope, and clearance of woven or knitted fabrics. It is suggested that size of pore dimension may be one of the factor in the control of air permeability of fabrics.

#### 1. 緒 言

被服材料の通気性は布の気孔の空気通過性を称し、着装時の被服内に蓄積する炭酸ガスの排出とともに、水分、熱の交換性に影響し、生理衛生的性能として重要な要因である。

通気性は布の構造、とくに糸密度、糸の太さ、糸の撚り数および厚さが影響する<sup>1)</sup>。カバーファクターをほぼ同じにし、撚り糸密度と番手を変えた布では気孔面積が広く、糸数の少ない布の方が気孔面積が狭く、糸数の多い布よりも通気度が大きくなる<sup>2)</sup>。Roberson<sup>3)</sup>は撚り糸の多いものほど通気性が大きくなるとして撚り係数が通気性に関与すると述べている。また、茂木<sup>4)</sup>は通過湿度、繊維の吸湿性の通気性に及ぼす影響について、空気の湿度が少なく繊維の吸湿性が小さい布では、直通気孔面積が大きいほど通気性は大きくなるとし、さらに、通気性は布の含気性とも密接に関係し、含気率と単純に比例せず、むしろ直通気孔などの含気形態に関係することを指摘している<sup>5)</sup>。

通気性に関する試験は、一定面積布について一定時間に一定の圧力下で通過する空気量で表示されるフラジール型通気性試験機による報告が多い。

本研究では呼吸抵抗計を用いて通気抵抗を測定し通気性を比較検討した。さらに、通気性の変動を左右する要因についても検討し興味ある知見が得られたので報告する。

---

\*1 山口大学医学部公衆衛生学教室

2. 材料および実験方法

2・1 試験布

試験布は実験用試料白生地として市販（関西衣生活研究会）されている28種類を使用し、その種類、品質および糸使いは表1の通りである。No.21及びNo.25からNo.28までは混合紡績繊維である。糸使い表示のうちD（デニール）表示はフィラメント糸で、その他は紡績糸である。

2・2 実験方法

2・2・1 通気抵抗の測定：測定は呼吸抵抗計（日本光電製、MZR-4000）（図1）を使用した。この装置は1秒間に1ℓの空気を押し出した時に発生する布の抵抗が水柱の高さcm H<sub>2</sub>Oで表される。抵抗が大きい場合は通気性が不良であることを示し、逆に抵抗が小さ

表1. 試験用の白生地とその品質

試料No	品 種	品 質	糸 使 い
1.	綿	100%	タテヨコ 40/1
2.	麻	100%	タテヨコ 80/1
3.	毛	100%	タテヨコ 1/49
4.	絹	100%	タテ絹紡糸140/2 ヨコ絹紡糸 66/1
5.	レーヨン	100%	タテ 75D、ヨコ 120D
6.	ポリノジック	100%	タテヨコ 40/1
7.	キュブラ	100%	タテヨコ 40/1
8.	アセテート	100%	タテ 75D、ヨコ 100D
9.	トリアセテート	100%	タテ 120D、ヨコ30/1
10.	プロミックス	100%	タテ 1/50、ヨコ 1/70
11.	ナイロン6	100%	タテヨコ 70D
12.	ナイロン66	100%	タテヨコ 70D
13.	ポリエステル	100%	タテ 50D、ヨコ 75D
14.	アクリル	100%	タテヨコ 1/64
15.	アクリル系	100%	タテヨコ 2/30
16.	ポリプロピレン	100%	タテヨコ 24/1
17.	ビニロン	100%	タテヨコ 30/1
18.	ポリ塩化ビニル	100%	タテヨコ 75D
19.	ポリクラー	100%	タテヨコ 1/48
20.	ビニリデン	100%	タテヨコ 900D
21.	ポリウレタン	ポリウレタン 6% ポリエステル61% 綿 33%	タテ1/ヨコ45 (P/C) ヨコ1/40 (P/C+ポリウレタン)
22.	ベンソエート	100%	タテ 1/40、ヨコ 1/50
23.	ポリエチレン	100%	タテヨコ 100D
24.	ガラス繊維	100%	タテ 2/26、ヨコ 1/26
25.	綿・ポリエステル混	綿35% ポリエステル65%	タテヨコ 40/1
26.	綿・麻混	綿50% 麻50%	タテ綿 80/1 ヨコ麻 180/1
27.	毛・ポリエステル混	毛40% ポリエステル60%	タテヨコ 2/30
28.	毛・アクリル混	毛30% アクリル70%	タテヨコ 1/15

糸使い表示のうち、D（デニール）表示は長繊維で、その他は紡績糸。組織はすべて平織。

い場合には通気性が良好であることを示す。

まず、図1のAの部分に基準調節用チューブを取り付け、メーターの指針を $3.3\text{cmH}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$ になるように調整した。次に基準調節用チューブを取りはずし、試験布を取り付けて抵抗値を測定した。

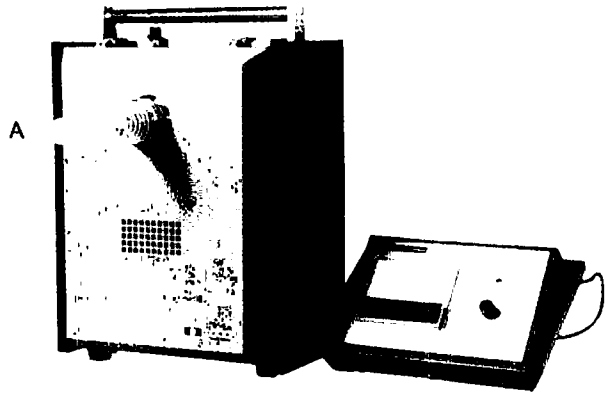


図1 呼吸抵抗計

A：基準調節用チューブ取り付け位置

試験布はそれぞれ5枚用意

し、一試験布について異なった部位5ヶ所の抵抗値を測定した。測定は室温 $27\sim 29^\circ\text{C}$ 、湿度 $60\sim 70\%$ で実施した。

2・2・2 気孔面積の測定：各試験布の組織構造を光学顕微鏡写真に撮り、最終倍率100倍に拡大し、一試験布について異なった10部位（10視野）を撮った。得られた写真について、織り糸間の気孔面積をプランメーターで、一試験布について異なった部位20ヶ所を測定した。気孔面積の測定が可能であった試験布は28種類中表2に示す16種類であった。

各試験布間の抵抗値を比較するためにt-検定を行い、有意性について検討をした。

表2. 被検試料の糸密度、気孔面積および通気抵抗

No	試 験 布	気孔面積 (mm <sup>2</sup> )	通 気 抵 抗 (cmH <sub>2</sub> O/ℓ/sec)	糸密度 (本/cm)	
				タテ	ヨコ
6.	ポリノジック	0.0325	1.91	24	34
24.	ガラス繊維	0.0260	3.07	21	23
17.	ビニロン	0.0256	4.25	25	29
7.	キュブラ	0.0192	2.86	30	34
16.	ポリプロピレン	0.0188	6.20	22	22
3.	毛	0.0170	3.21	24	27
26.	綿・麻混紡	0.0140	2.58	33	39
2.	麻	0.0137	3.45	28	28
20.	ビニリデン	0.0130	19.75	22	14
14.	アクリル	0.0109	5.45	30	32
5.	レーヨン	0.0102	4.29	27	38
8.	アセテート	0.0083	8.90	32	42
18.	ポリ塩化ビニル	0.0049	5.54	32	35
21.	ポリウレタン	0.0036	5.02	54	25
25.	綿・ポリエステル混紡	0.0029	16.90	29	56
12.	ナイロン66	0.0020	20.95	48	38

3. 実験結果および考察

3・1 各試験布の通気性の比較

図2に試験布の通気抵抗値を平均値、標準偏差で示す。

試験布のなかではポリエチレンが最小の通気抵抗値を示し、次いでポリノジックであった。これに対してトリアセテートはポリノジックの15倍以上の通気抵抗値を示した。一般に天然繊維である綿・麻および絹は比較的易通気性であるとされているが<sup>6)</sup>、実験の結果では、毛・麻

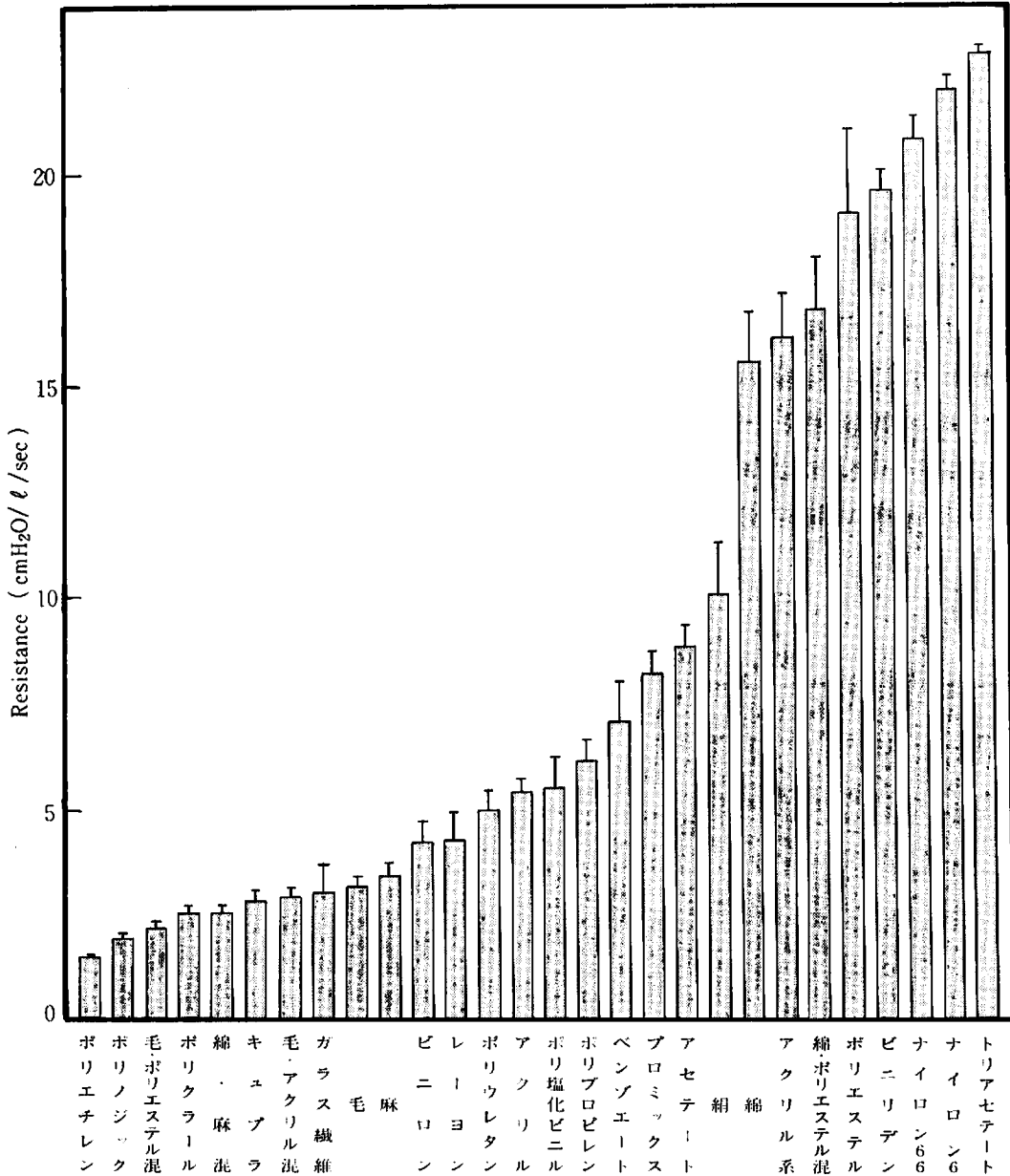


図2 試験布の通気性 (通気抵抗)

はほぼ同じ通気抵抗値を示し、絹はこれらの約4倍、綿では約5倍も高くなり通気性が悪くなっている。このように試験布の種類によって通気抵抗性の小さい布と通気抵抗性の大きい布が存在することが明らかとなった。

3・2 各試験布間の通気抵抗の比較

図2の通気抵抗値の有意性検定結果を表3に示す。28種類の試験布では378組の検定ができ、そのうちN・Sで示された10組(2.6%)は有意差が認められなかった。その他の368組(97%)は\*で示されるように有意差が認められた( $P < 0.01$ )。このことは試験布の種類によって通気抵抗に差があることを示すが、これらの差異は前述のように、繊維の構造、気孔形態および性質等が大きく関与していると考えられる。

表3. 通気性に関する試料布地間の相関

被検試料布地	綿	麻	毛	絹	レーヨン	ポリノジック	キューブラ	アセテート	トリアセテート	プロミックス	ナイロン6	ナイロン66	ポリエステル	アクリル	アクリル系	ポリプロピレン	ビニロン	ポリ塩化ビニル	ポリクラール	ビニリデン	ポリウレタン	ベンゾエート	ポリエチレン	ガラス繊維	綿・ポリエステル混	綿・麻混	毛・ポリエステル混	毛・アクリル混	
綿	*																												
麻	*	*																											
毛	*	*	*																										
絹	*	*	*	*																									
レーヨン	*	*	*	*	*																								
ポリノジック	*	*	*	*	*	*																							
キューブラ	*	*	*	*	*	*	*																						
アセテート	*	*	*	*	*	*	*	*																					
トリアセテート	*	*	*	*	*	*	*	*	*																				
プロミックス	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
ナイロン6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																		
ナイロン66	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																	
ポリエステル	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																
アクリル	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*															
アクリル系	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*														
ポリプロピレン	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*													
ビニロン	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
ポリ塩化ビニル	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	*	*											
ポリクラール	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ビニリデン	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ポリウレタン	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ベンゾエート	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ポリエチレン	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ガラス繊維	*	NS	NS	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
綿・ポリエステル混	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*
綿・麻混	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*
毛・ポリエステル混	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
毛・アクリル混	*	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\*：有意相関が認められる ( $P < 0.01$ )  
 N.S. (non significant)：有意相関が認められない ( $P > 0.05$ )

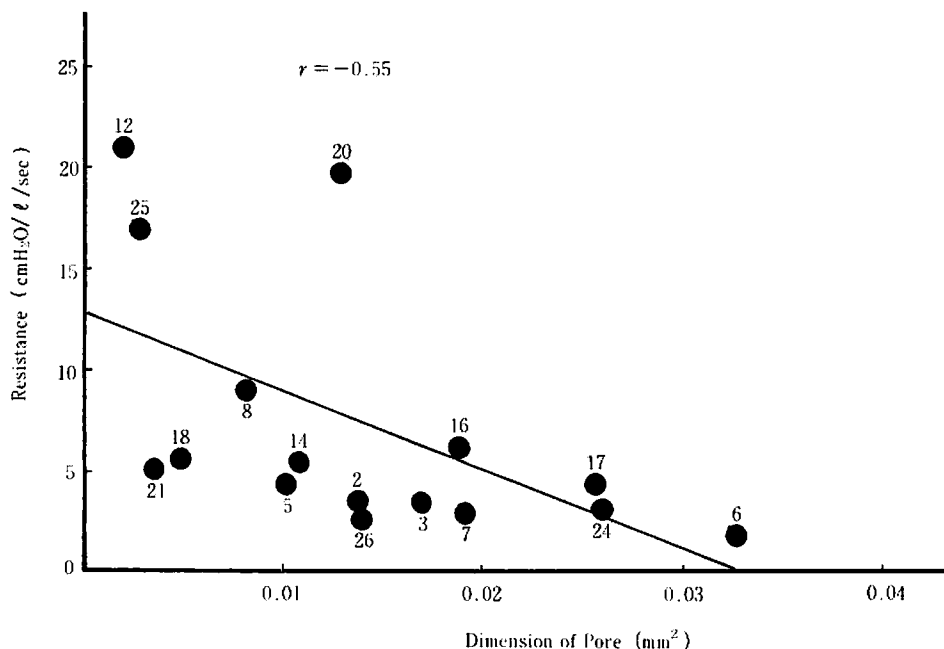


図3 通気抵抗と気孔面積の関係

被検試料布地：

- |             |           |                |           |
|-------------|-----------|----------------|-----------|
| 2. 麻        | 3. 毛      | 5. レーヨン        | 6. ポリノジック |
| 7. キュプラ     | 8. アセテート  | 12. ナイロン66     | 14. アクリル  |
| 16. ポリプロピレン | 17. ビニロン  | 18. ポリ塩化ビニル    | 20. ビニリデン |
| 21. ポリウレタン  | 24. ガラス繊維 | 25. 綿・ポリエステル混紡 | 26. 綿・麻混紡 |

### 3・3 試験布の気孔面積と通気抵抗の関係

図2および表2に示すように、試験布の種類によって通気抵抗に差異があることが明らかになったので、通気抵抗に影響を及ぼす要因について検討した。

試験布28種類の織り糸間を測定したが、測定可能であった試験布は表2に示す16種類であった。この試験布の直通気孔面積(x)と通気抵抗(y)との相関関係は、 $y = -384.7x + 12.5$



図4 ポリノジック (100倍)



図5 アセテート (100倍)

で示され、また、その相関係数は $r = -0.55$ 、 $(0.02 < P < 0.05)$ であった。以上の結果、直通気孔面積と通気抵抗との間に有意の逆相関のあることが認められた(図3)。すなわち、直通気孔面積が大きいかほど通気抵抗が低く、通気性が良好であることを示し、直通気孔面積が小さい場合には通気抵抗が高くなり、通気性が不良であることを示す。このことは名倉の報告と一致する<sup>5)</sup>。したがって、織り糸



図6 綿・ポリエステル混紡 (100倍)

間の直通気孔面積の大小が通気性に影響を及ぼす因子のひとつであると考えられる<sup>7)</sup>。次に織り糸間の直通気孔面積を顕微鏡写真から比較検討すると図4のポリノジックは織り糸が細く糸密度が小さいため、直通気孔面積が大きく通気性が良く、図5のアセテートはポリノジックに比べ織り糸がやや太く、糸の撚りが甘いために直通気孔面積が小さくなり、通気性が悪くなっている。一方、図6の綿・ポリエステル混紡はポリノジックやアセテートに比べ織り糸が細く糸密度も大きく、また糸の撚りも強く、直通気孔面積がさらに小さくなり、通気性が悪くなっている状態が推察できる。茂木によれば直通気孔面積の大小は、織り糸の太さと糸密度の大小が要因であると報告しており<sup>4)</sup>、本実験で得られた結果とよく一致している。また、豊田らは糸中の繊維間隙の割合は、糸の太さと撚りの甘さによることを指摘している<sup>8)</sup>。すなわち、太い糸で撚りが甘いと糸中の繊維密度が小さくなり、間隙は多くなるために直通気孔面積は次第



図7 ポリ塩化ビニル (100倍)



図8 綿 (100倍)

に狭くなる。これは図7のポリ塩化ビニルでみられる所見と一致する。測定しなかった図8の綿などは直通気孔が殆ど閉塞されているため、このような布についての通気性は微小気孔との関係を調査する必要がある。布の通気性に関しては糸の太さ、撚り数、密度、厚さおよび気孔形態など多くの要因が複雑に関係していることが推察されるため、通気性とこれらの要因と

の関連性については今後さらに検討する必要がある。

#### 4. 要 約

28種類の実験用白生地を通気性を呼吸抵抗計を用いて通気抵抗値で比較し、さらに織り組織を光学顕微鏡写真から直通気孔面積を測定し、通気性との関係を検討した。

1) 通気抵抗値が最も高いトリアセテートはポリノジックの15倍以上の抵抗を示した。また、各試験布間で通気抵抗値を $t$ -検定で比較すると378組のうち368組(97%)に有意な差があり、布の種類によって通気性に差が認められた。

2) 直通気孔面積が可能であった16種類について、通気抵抗値と気孔面積との間には有意な逆相関関係が成立した。この結果から直通気孔面積が通気抵抗値、すなわち通気性を左右する要因のひとつであることが考えられる。

本研究にあたって御協力をいただいた本学、中野薫二教授、中原政枝教授および特に実験について親切な御指導をいただいた一柳和正教授に深甚なる謝意を表します。

#### 【文 献】

- 1) 中島利誠：被服材料学、光生館（1986）
- 2) F. H. Clagton : *J. Text. Inst.*, 26 T, 171 (1935)
- 3) A. F. Roberson : *Text. Res. J.*, 20, 838 (1950)
- 4) 茂木明子：家政学会誌、6 (4), 125 (1955)
- 5) 名倉光雄：家政学会誌、10 (5), 255 (1959)
- 6) 庄司 光：被服の衛生学、光生館（1985）
- 7) 風間 健・豊田 錦：織消誌、3 (4), 197 (1962)
- 8) 豊田 錦・風間 健：織消誌、4 (6), 337 (1963)