

衣服快適化技術に関する研究

快適なアパレル素材の積層技術

藤田浩文、藤田和孝

1. はじめに

衣服の着心地で、むれる～むれない、じめじめした～からっとした、暑くるしい～さわやかな、じっとりした～さらっとしたなどで表現される湿潤感と、暖かい～寒いなどで表現される温冷感は、衣服内気候と関係が深い。この衣服内気候は、衣服と皮膚との間の微少な空間の温湿度条件に大きく依存することがよく知られ、快適と感じるのは温度が $32 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度が $50 \pm 10\% \text{RH}$ の範囲であると言われている¹⁾。要するに衣服内の湿度が急に高くなるとむれ感を感じ、温湿度がともに高くなると暑熱感が大きく、温度が低下すると冷え感を感じるのである。そして衣服内気候は、発熱、発汗体である人体の条件と、衣服の熱透過性、吸湿性、透湿性、通気性などのバランスによって決まるものであり、この研究にはまず各衣服素材の熱伝導性や吸湿性、透湿性などの基本的な性質を十分把握することが必要である。また夏用衣服の快適化を図るためには、発汗等により衣服内の温度や湿度が急に高くなりむれ感を感じたときに速やかに熱や水分を移動させる必要がある。そこで昨年度研究した布の水分移動評価技術より以下のことがわかった。

- (1) 定常状態の透湿性及び従来困難とされていた過渡状態の布の透湿性が短時間で精度良く測定できる水分移動特性試験機を開発

した。(図1参照)

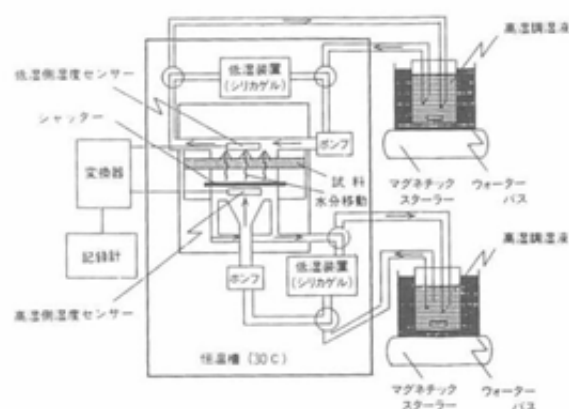


図1 水分移動特性試験機の概略図

- (2) 繊維の吸湿性の違いが過渡状態の透湿性に大きく影響することがわかった。
- (3) 定常状態および過渡状態の透湿性は、貫通空隙率に大きく影響を受け、この貫通空隙率が大きくなる程透湿性が良くなる。また通気度は貫通空隙率と関係があるため透湿性との相関が高い。含気率は、透湿性に及ぼす影響が少ないことが明かになった。
- (4) 加工条件と透湿性との関係については、同一試料でクリヤ仕上をすることにより、ミルド仕上げと比べ布の定常状態および過渡状態の透湿性が良くなることがわかった。

以上の結果を踏まえ本年度は熱や水分移動が最適になる表地への芯地、裏地の積層方法について明らかにし、快適な衣服の設計に役立てる。

この分野に関しては、婦人服地の着用感に及ぼす素材物性の研究として表地と裏地

を重ね合わせて快適性を測定した結果レーヨンやキュプラ等の親水性繊維の方が heat loss が大きく、高湿度で水分率が高くなると qmax も大きくなるため涼しく感じ夏用裏地として快適であると報告している。²⁾また衣服内気候と衣服材料として、重ね着の場合熱移動と水分移動には相互作用があり、下に着る服が水分を吸収し移送する能力を持ち外衣は吸湿し発散する能力を持った方が快適である。³⁾また異なった布を重ねたときの透湿抵抗値の加減性について研究されている。⁴⁾

2. 測定内容

(1) 各アパレル素材（表地、芯地、裏地）の規格の測定

素材、組織、目付け、密度、糸の番手などを測定した。

(2) 熱・水分移動に影響する物性の測定

1) 厚み

KES-FBシステム圧縮試験機により、 0.5 g/cm^2 の荷重下での厚みを測定した。

測定条件：圧縮面積 2 cm^2 円形断面

圧縮速度 0.2 mm/秒

2) 通気性

フラジール型試験機（風速 15 m/秒 ）及び KES-F8-通気性試験機により測定した。

(3) 熱・水分移動特性の測定

1) 熱移動特性

KES-FB-7サーモラボにより 20°C 、 $65\%\text{ RH}$ の環境下で保温性および接触冷温感を測定した。（熱源板の温度 32°C ）

2) 水分移動特性

昨年開発した水分移動特性試験機により布上下に湿度差を与え、その湿度変化により布の過渡状態及び定常状態の透湿性を測定した。

(4) 裏地に求められる性能の測定

裏地は摩擦に強く滑りが良いので KES-FBシステム表面試験機により測定した。

表1 表地の規格と物性値

	素 材	組 織	番 手		密度(本/10cm)		目付け (g/m^2)	厚み ¹⁾ (mm)	通気度 ($\text{m}^2/\text{cm}^2/\text{S}$)	T. H. V (紳士夏用)
			経	緯	経	緯				
A	ウール100%	平織	1/70	1/40	290	250	162	0.46	18	3.03
B	ウール100%	平織(ボイル)	2/60	2/60	200	180	128	0.48	274	—

1) 0.5 g/cm^2 の荷重下で測定

3. 結果と考察

(1) 同じ布を多層にした時の熱・水分移動特性

表1のAの標準的なサマースーツ地を用い同じ布を積層した時の熱・水分移動特性を測定した。この結果図2及び図3より厚み及び通気度と透湿性の相関が高く、厚みが薄く通気度が高くなるほど透湿性が良くなる。また図4及び図5より厚みが薄くなるほど qmax が大きくなり、保温性が悪くなる。図6より

透湿性と保温率とは負の相関があり、保温率が低くなるほど透湿性が良くなることが明らかになった。

(2) 積層布の透湿性への影響

実際の衣服は多層構造のため表地だけの評価では十分ではない。そこで夏用衣服に用いられる表地に芯地及び裏地を積層して透湿性への影響を検討した。表地には表1に示したように夏用衣服として標準的な表地AとAに対して目付けが小さく通気性が大きいガサガ

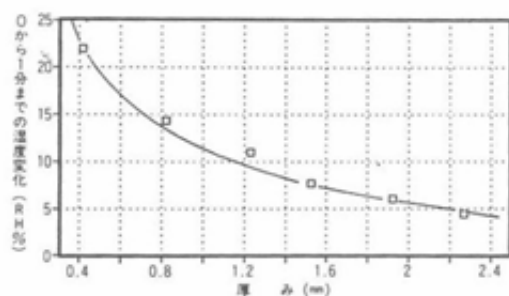


図2 同じ布を多層にした時の厚みと透湿性との関係

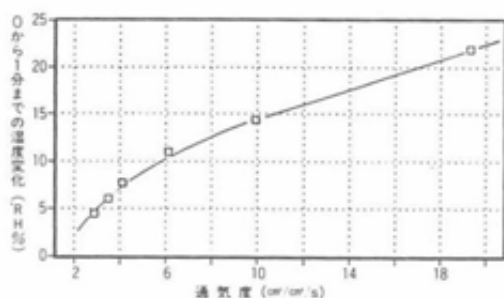


図3 同じ布を多層にした時の通気度と透湿性との関係

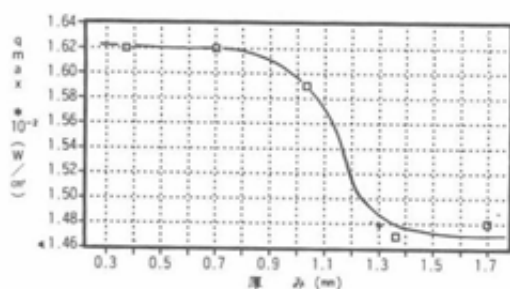


図4 同じ布を多層にした時の厚みと q_{max} との関係

さな表地（ボイル）を用いた。そしてこの2つの表地に対し表2及び表3に示した一般的な裏地と芯地を各々積層し積層布の透湿性への影響を検討した。その結果を表4に示す。

この結果より表地を変えても積層による過渡状態の透湿性の低下率は同じである。つまり積層布の透湿性は裏地と芯地の組合せでその善し悪しが決まる。そして透湿度は積層す

表2 裏地の規格と物性値

素 材	組織	番 手		密度(本/10cm)		厚み ¹⁾ (mm)	通気度 ($m^2/cm^2/S$)
		経	緯	経	緯		
キュブラ100%	平織	50d	60d	622	386	0.197	94.0

1) 0.5g/cm²の荷重下で測定

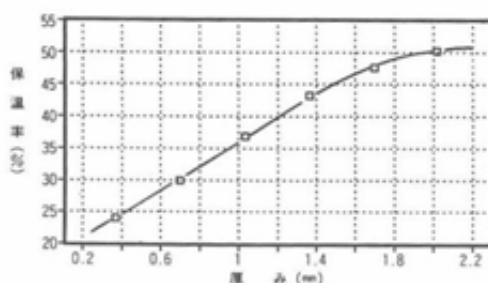


図5 同じ布を多層にした時の厚みと保温率との関係

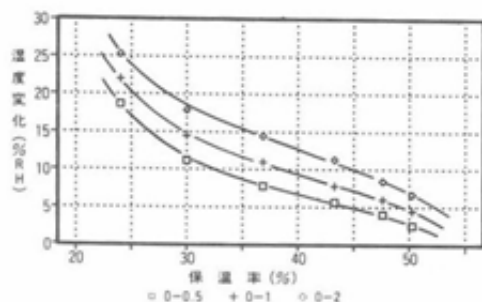


図6 同じ布を多層にした時の保温率と透湿性との関係

ることで5～10%低下し、多層布の組合せにより透湿初期の透湿性のほうがより大きく影響を及ぼすことがわかった。また芯地は裏地に比べ厚みは相当厚いが通気度が非常に大きいため積層布の透湿性の低下率は裏地の低下率の1/6と小さくあまり影響しないことが明らかになった。そこでまず裏地の物性と熱・水分移動特性との関係を明らかにする。

(3) 裏地の物性と熱・水分移動特性

1) 裏地の素材の選定

現在の裏地の素材中最も多く使われているのがキュブラ（商品名：ペンベルグ）であり、最近合織の中で使われているのがポリエステルである。組織では平織が圧倒的に多く、その中でもタフタ、デシンが多い。そこで表5により組織が同じで厚みと通気度もほぼ同じ

表3 芯地の規格と物性値

素 材	厚み ¹⁾ (mm)	通気度 ($m^2/cm^2/S$)
ポリエステル100%	0.774	168

1) 0.5g/cm²の荷重下で測定

表4 積層布と透湿性

積層方法	厚み ¹⁾ (mm)	過渡状態における湿度変化(%RH)		定常状態の 湿度変化 (%RH)	透湿度 (g/h・m ²)
		0→1分まで	低下率(%)		
表地Aのみ	0.336	23.9	—	30.8	235
表地A+芯地	1.130	23.0	3.9	28.0	214
表地A+裏地	0.471	17.9	25.1	28.4	217
表地A+芯地+裏地	1.258	18.0	24.7	28.4	217
表地Bのみ	0.364	26.0	—	31.4	240
表地B+芯地	1.170	25.0	3.9	30.0	229
表地B+裏地	0.513	19.4	25.3	30.0	229
表地B+芯地+裏地	1.309	19.2	26.2	29.1	222

1) 0.5g/cmの荷重下で測定

表5 裏地の規格と物性値

	素 材	組 織	番 手		密度(本/10cm)		厚み ¹⁾ (mm)	通気度 (m ³ /cm ² /S)
			経	緯	経	緯		
A	キューブラ100%	平織	75d	75d	492	339	0.138	29.0
B	ポリエステル100%	平織	50d	75d	413	307	0.133	34.0

1) 0.5g/cmの荷重下で測定

で素材が異なる裏地（ポリエステルとキューブラ）を用いて熱・水分移動特性を測定した。熱移動特性については、温度は20℃で湿度を30%RH、65%RH、90%RHと変えq_{max}、熱伝導率、保温率を測定し、その結果を表6に示す。以前の研究でq_{max}は布構造

と布のふくらみ（厚み）に大きく影響を受け、相対湿度が高いほど大きくなると報告している。²⁾そこで図7に各相対湿度における裏地のq_{max}を示す。65%RHでは試料A、Bともほぼ同じだが、30%RH、90%RHでは試料Aの方が大きく、特に90%RHにおいて1

表6 素材の違う裏地の各湿度における熱特性

No.	素 材	厚み ¹⁾ (mm)	通気度 (m ³ /cm ² /S)	相対湿度 (%RH) at20℃	q _{max} * 10 ⁻² (W/cm ²)	熱伝導率 * 10 ⁻³ (W/cm・℃)	保 温 率 (%)
A	キューブラ100%	0.138	29.0	30	3.37	0.57	1.9
				65	3.08	0.57	10.2
				90	3.28	0.52	15.1
B	ポリエステル100%	0.133	34.0	30	3.28	0.47	8.8
				65	3.05	0.45	11.1
				90	3.06	0.42	21.5

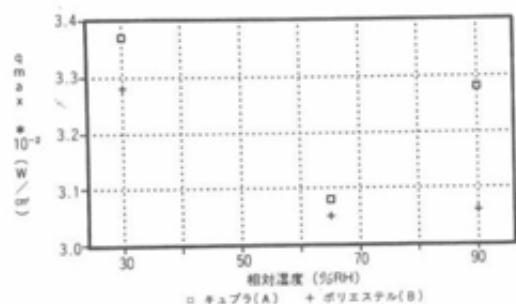


図7 裏地の各相対湿度におけるqmax

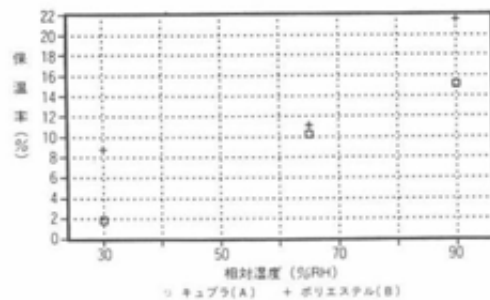


図9 裏地の各相対湿度における保温率

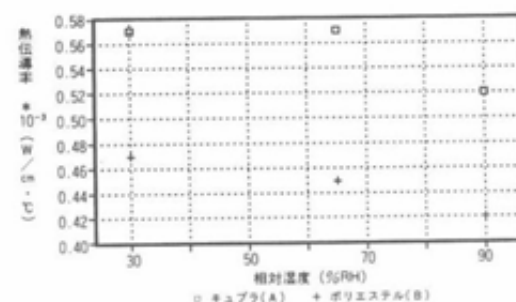


図8 裏地の各相対湿度における熱伝導率

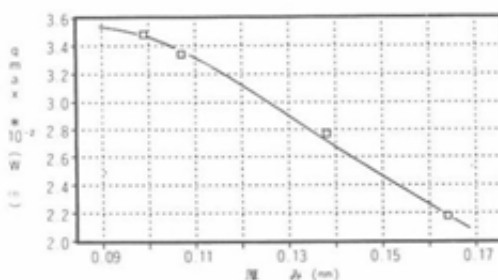


図10 各裏地の厚みとqmax

割程度接触冷温感が大きくなっている。

これはキュブラはポリエステルと比べ吸湿性があるためである。つぎに図8に各相対湿度における裏地の熱伝導率を示す。この結果より湿度が高くなるほど熱伝導率が低下することがわかる。また試料Aの方がどの湿度においても2割程度熱伝導率が大きく、冷感が大きい。図9に各相対湿度における裏地の保温性を示す。どちらの試料とも高湿度になればなるほど保温性が良くなっている。また試料Aの方が低湿及び高湿状態においてかなり保温率が小さく保温性が悪いことが明らかに

なった。以上の結果より夏用衣服における裏地としては冷感が好まれるので、接触冷感が大きく、熱伝導率が高く、保温性が悪い方が適している。そのため夏用裏地の素材にはポリエステルよりキュブラが適していることが明らかになった。

2) 裏地の熱・水分移動特性の最適化

つぎに表7に示したようにほぼ同じ通気度で各々厚みが違うキュブラの裏地について厚みと熱・水分移動特性との関係を検討した。図10に厚みとqmaxとの関係を示す。相関係数が0.998と非常に相関が高く、厚みが薄

表7 裏地の規格と物性値

	素 材	組 織	番 手		密度(本/10cm)		厚み ¹⁾ (mm)	通気度 (m ³ /cm ² /S)
			経	緯	経	緯		
A	キュブラ100%	平織	50d	75d	524	335	0.099	44.7
B	キュブラ100%	平織	50d	75d	516	339	0.107	40.6
C	キュブラ100%	平織	60d	75d	567	378	0.138	40.6
D	キュブラ100%	平織	60d	60d	559	262	0.164	37.1

1) 6 g/cm²の荷重下で測定

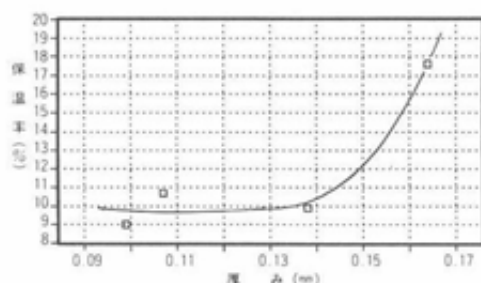


図11 各裏地の厚みと保温率

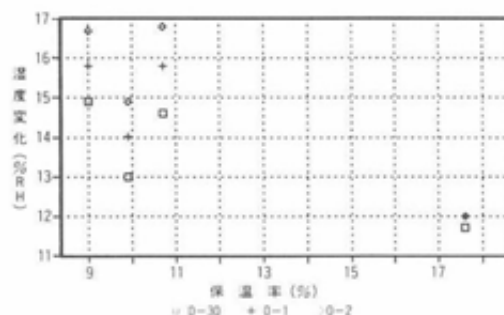


図14 各裏地の保温率と透湿性

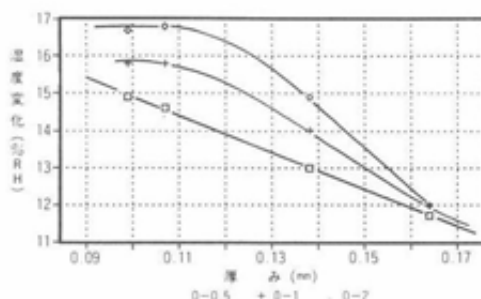


図12 各裏地の厚みと透湿性

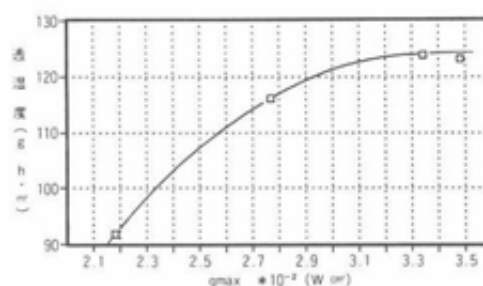


図15 各裏地のqmaxと透湿度

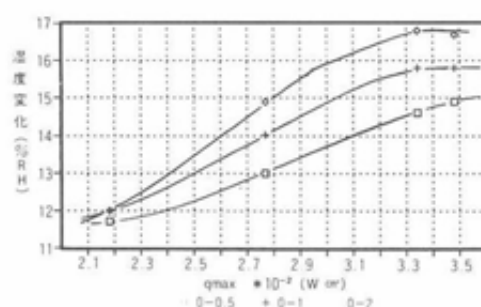


図13 各裏地のqmaxと透湿性

くなるほど q_{max} が大きくなる。つまり薄いほど接触冷感が大きい。図 11 に厚みと保温性の関係を示す。厚みが 0.15 mm 以下になると急激に保温性が低下し厚みが薄くなるほど保温性が悪くなる。図 12 に厚みと初期の透湿性の関係を示す。これにより水分移動についても厚みが薄くなればなるほど透湿性が良くなっ

ている。つまり薄いほど接触冷感が大きく保温性が悪くなり透湿性が良くなるので、夏用裏地としては薄いほど良いことが明らかになった。熱と水分移動特性との関係は図 13 より q_{max} と透湿初期の湿度変化は相関が高く q_{max} が大きくなるほど透湿性が良くなる。また図 14 より保温性と透湿初期の湿度変化については、保温性が悪くなるほど透湿性が良くなる。図 15 より q_{max} と定常状態の透湿性（透湿度）との関係は q_{max} が大きくなるほど透湿度は大きくなり透湿性が良くなる。つまりこの表 7 の試料の内、裏地 A が夏用衣服において最も適していることが明らかになった。

表 8 芯地の規格と物性値

No.	素 材	厚み ¹⁾ (mm)	通気度 ($m^3/cm^2/S$)	q_{max} $\times 10^{-2}$ (W/cm^2)	熱伝導率 $\times 10^{-3}$ ($W/cm \cdot ^\circ C$)	保温率 (%)	過渡状態における湿度変化 (%RH)			定常状態の 湿度変化 (%RH)	透湿度 ($g/h \cdot m^2$)
							①0→0.5分	②0→1分	③1→2分		
A	ナイロン90% /エステル10%	0.410	284	1.06	1.49	22.1	17.7	16.9	16.5	15.2	116.1
B	エステル100%	0.391	305	1.09	1.40	28.8	18.0	17.0	15.8	14.6	111.5

1) 0.5g/cm の荷重下で測定

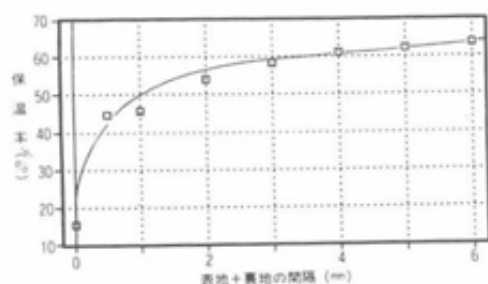


図16 積層布（表地+裏地）の間隔と保温率

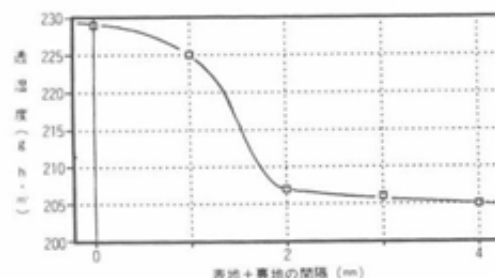


図18 積層布（表地+裏地）の間隔と透湿度

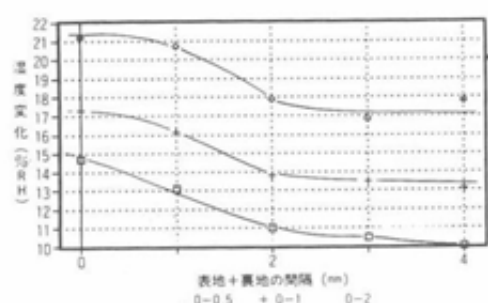


図17 積層布（表地+裏地）の間隔と透湿性

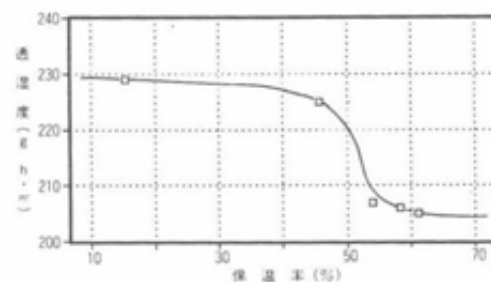


図19 積層布（表地+裏地）の各間隔における保温率と透湿度

(4) 芯地の物性と熱・水分移動特性

不織布の芯地においては、ポリエステルが合繊中では最も多く使用されており、その他ではナイロン等が用いられている。そこで芯地の素材の選定として表8のように通気度と厚みがほぼ同じでポリエステル100%とナイロン90%/ポリエステル10%の試料を用い熱・水分移動特性を測定した。これにより透湿性についてはほぼ同じだがポリエステル100%の方が熱伝導率が大きく保温性が小さ

いので夏用衣服においてはポリエステル素材の方が適していることが明らかになった。

(5) 積層布の間隔と熱・水分移動特性

試料には表1のAの表地と表2の裏地を用い積層布の間隔（ゆとり量）を各々0～6 mmまで1 mm間隔で変え熱・水分移動特性を測定した。図16に表地と裏地の間隔と保温性との関係を示す。これにより間隔が少しでもあると保温性が良くなってしまったことがわかった。つぎに積層布の間隔と透湿性との関係を表9

表9 積層布(表地と裏地)の間隔と透湿性

積層布 の間隔 (mm)	過渡状態における湿度変化 (%RH)			定常状態の 湿度変化 (%RH)	透湿度 (g/h・m²)
	①0→0.5分	②0→1分	③1→2分		
0	14.7	17.3	3.9	30.0	229
1	13.1	16.1	4.6	29.5	225
2	11.0	13.8	4.1	27.1	207
3	10.5	13.5	3.3	27.0	206
4	10.0	13.1	4.7	26.9	205

及び図 17、18 に示す。図 17 より透湿初期の湿度変化は積層布の間隔が大きくなるにつれ小さくなり透湿性が悪くなる。特に 1～2 mm の間に変曲点があり 4 mm では 0 mm の 50 % 程度の低下になる。図 18 より定常状態の透湿度についても積層布の間隔が大きくなるにつれ小さくなり透湿性が悪くなる。特に 1～2 mm の間に変曲点があり 2 mm 以上では 0 mm の 10 % 以上の低下になる。また熱と水分移動特性との関係については、図 19 より保温性が良くなるにつれて透湿性が悪くなっていき、保温率が 50 % 以上になると急激に透湿性が悪くなる。

以上の結果より夏用衣服において表地と裏地のゆとり量はできる限り少なくする方がよいことが明らかになった。

(6) 多層布の熱・水分移動特性の最適化

積層布の最適化を図るために表 1 の A の表地と表 8 の芯地と表 7 の A と D を色々組み合

わせて熱・水分移動特性を測定した。その結果を図 20 に示す。これにより A+A+A と A+B+A 及び A+A+D と A+B+D を比較するといずれも A の芯地の方が保温率が低い。また A+A+A と A+A+D 及び A+B+A と A+B+D を比較するといずれも A の裏地の方が保温率が低い。透湿性についても表 10 より同様な結果になり、多層布の組合せとしては A の芯地と A の裏地を重ねると熱・水分移動特性が最適になることが明らかになった。そこでこの市販の裏地で一番優れている A の裏地の緯密度を表 11 のように色々変え、積層布の状態で測定した。その結果図 21 より表面の滑りやすさについて問題が無いことが明らかになった。そこで表 12 より密度の粗いものほど保温性が悪く、図 22 より密度が粗いほど透湿性が良くなり、夏用衣服として熱・水分移動が最適であることが明らかになった。

表10 積層布（表地と芯地と裏地）の透湿性

表地	芯地	裏地	過渡状態における湿度変化 (%RH)			定常状態の湿度変化 (%RH)	透湿度 (g/h・m ²)
			①0→0.5分	②0→1分	③1→2分		
A	A	A	12.2	14.2	16.9	20.4	155.9
A	A	D	9.3	10.8	12.3	15.1	115.4
A	B	A	9.8	11.2	13.4	16.1	123.0
A	B	D	10.2	11.4	13.2	15.8	120.7

表11 裏地の規格と物性値

	素 材	組織	番 手		密度(本/10cm)		厚み ¹⁾ (mm)	通気度 (KPa・s/m)	M I U	M M D	S M D
			経	緯	経	緯					
1	キュブラ100%	平織	50d	75d	524	335	0.115	0.153	0.137	0.0063	3.26
2	キュブラ100%	平織	50d	75d	524	325	0.123	0.126	0.145	0.0069	3.32
3	キュブラ100%	平織	50d	75d	524	315	0.119	0.126	0.150	0.0069	3.84
4	キュブラ100%	平織	50d	75d	524	305	0.123	0.102	0.145	0.0077	3.83

1) 0.5g /cm²の荷重下で測定

表地	芯地	裏地	過渡状態における湿度変化 (%RH)			定常状態の湿度変化 (%RH)	透湿度 (g/h・m ²)	保温率 (%)
			①0→0.5分	②0→1分	③1→2分			
A	A	1	7.4	8.6	10.2	11.6	88.6	30.1
A	A	2	8.6	10.2	11.7	13.7	104.7	30.6
A	A	3	10.2	11.4	13.5	16.6	126.8	29.0
A	A	4	10.7	12.3	14.2	17.7	135.2	28.5

表12 積層布（表地と芯地と裏地）の透湿性

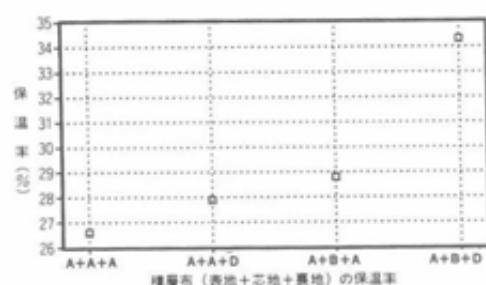


図20 積層布（表地＋芯地＋裏地）の保温率

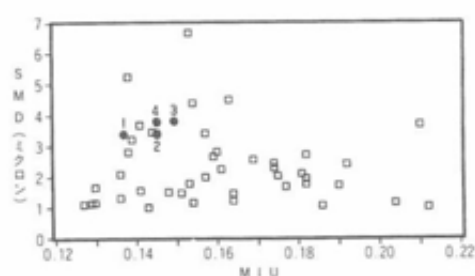


図21 裏地の表面特性(MIUとSMDとの関係)

4. 成 果

- ア. 表地を変えても積層による過渡状態の透湿性の低下率は同じである。また芯地は裏地に比べ厚みは相当厚いが通気度が非常に大きいので積層布の透湿性の低下にはあまり影響しないことが明らかになった。
- イ. 夏用衣服における裏地としては冷感が好まれるので、素材にはポリエステルよりキュプラが適し、できる限り薄い方がよいことが明らかになった。また芯地についてはポリエステル100%素材の方が適している。

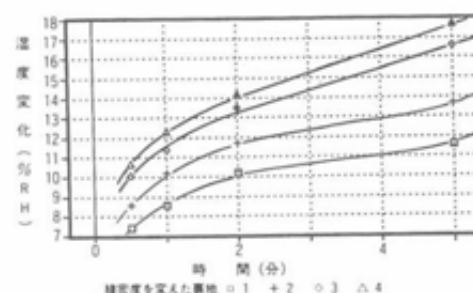


図22 裏地の緯密度を色々変えた積層布の時間と透湿性

- ウ. 表地と裏地のゆとり量はできる限り少なくする方がよい。
- エ. 同じ布を積層にした場合、厚みが薄く通気度が高く、保温率が低くなるほど透湿性が良くなる。また厚みが薄くなるほどqmaxが大きくなる。
- オ. 市販の裏地及び芯地で積層布として熱・水分移動特性が最適な組合せが明らかになった。また市販裏地で一番優れている裏地の緯密度を変えることにより、消費性能が損なわれず熱・水分移動特性が最適となる積層方法が解明でき、夏用衣服の快適化を図ることができた。

参考文献

- 1) 日本人間工学衣服部会「衣服と人体」；31 (1973)
- 2) 坂口ほか；織消誌、26,035 (1985)
- 3) 原田ほか；織機誌、35,350 (1982)
- 4) 内藤ほか；織消誌、21,183 (1980)