

被服材料の保温性の研究

その1 保温性測定のための方法について

若山 初子 寺岡 宏

被服の保温性はその構成繊維の物理的性質ならびに、その織り方によつて決定されるものであり、被服の最も基本的な特性の一つである。そしてこれは日常生活における被服の使用目的の重要な要素をなすものである。かかる観点から近年被服材料の保温性について、その科学的解明がなされつつあり、恒温法および冷却法による保温率が、保温性を示す一つの係数として広く用いられている。⁽¹⁾ その外、最近熱力学的観点から熱貫流係数などが、保温性を表わすのに⁽²⁾⁽³⁾ 妥当なものであることが報告されている。

これらの保温性測定の為の実験条件の設定には種々の可能性があるため、より客観性を持った実験方法を確立することが、この分野の研究において望まれている現状である。これらの実験条件を設定していく上に必要なことの一つは、保温性についての概念を正確に把握することであるといえる。被服の保温性は物理的には複雑な要因を含んだものであり、見かけは熱伝導係数の逆数としての性質を示すものであるが、しかしこれは厳密な意味での熱伝導ではなく、この外に熱の対流および輻射の総合された形態のものである。被服繊維の織り方およびその着用

の仕方などによつて、これらの諸要因の相互作用がいちじるしく影響されてくる。即ち日常生活において、同一繊維の被服を着用する場合にも空気含量の大小などが、保温性を大きく変えることはしばしば経験することである。

本論文においては、以上のような点を考慮した上で個々の繊維および、布の保温性を測定する方法について、いくつかの実験を試みた。即ち電子温度計の感温部を直接および間接に材料でつつみ、冷却法の原理を用いて保温性を比較した。また繊維自体の保温性を比較するための実験を行なつた。この実験においては、温度変化を記録装置によつて記録させた。そしてこの温度変化曲線を積分計算に用いて熱貫流係数を求め、実験条件の相違にもとづく熱貫流係数について、いくつかの考察を試みた。これらの考察を通して保温性を構成する、各物理的要因の相互関係を明らかにしていくことを目的とした。

材料と方法

材料；表1に示されている未加工白生地セット11種を実験1および実験2に用いた。

表1. 未加工白生地セット

品 種	品 質	品 名	糸 使 い	生産社名
木 綿	100%	カネボウ40/1 ブロード	タテ ヨコ 40/1	鐘淵紡績 KK
ウール	ク	カネボウウールモスリン	タテ 2/48 ヨコ 1/52	ク
絹	ク	カネボウ富士絹<5000>	タテ絹紡糸140/2 ヨコ絹紡糸66/1	ク
ポリノジック	ク	ハイボランローン	タテ ヨコ 40/1	三菱レイヨンKK
アセテート	ク	ミナロンアセテート<1200>タフタ	タテ ヨコ 120デニール	新日本窒素KK
ビニロン	ク	倉敷ビニロン<8030>金巾	タテ ヨコ 30/1	倉敷レイヨンKK
ナイロン	ク	ニチレナイロン<507>タフタ	タテ ヨコ 70デニール	日本レイヨンKK
エステル	ク	テイジンテトロン<1110>タフタ	タテ ヨコ セミダル 75デニール	帝人 KK
テピロン	ク	テイジンテピロンタフタ	タテ ヨコ 75デニール	ク
ポリプロ	ク	三菱パイレックス	タテ ヨコ 50デニール	三菱レイヨンKK
アクリル	ク	ボンネル<1110>	タテ ヨコ 68/1	ク

表2に示されている繊維12種を実験3実験4および実験5に用いた。

表2. 実験3実験4および実験5に用いた繊維

種	類	品	質	生産社名
木	綿	メキシコ綿	100% 平均 2,28D×26%	鐘淵紡績 KK
羊	毛	細羊毛(梳毛)	100% 平均 64番	大同毛織 KK
	絹	家蚕生糸	100% 平均 21D	鐘淵蚕糸 KK
ポリノジック		ハイポロン	100% 2D×51%	三菱レイヨン KK
ビスコースレイヨン		レーヨン	100% 1.4D×35%	倉敷レイヨン KK
アセテート		アセテート	100% 3D×51%	大日本セルロイド KK
ビニロン		ビニロン	100% 2D×51%	倉敷レイヨン KK
ナイロン		ナイロン	100% 3D×76%	日本レイヨン KK
エステル		テトロ	100% 8.8D×50%	帝国人造絹糸 KK
テビロン		テビロン	100% 3D×75%	ク
ポリプロ		ポリプロピレン	100% 7D×51%	新日本窒素 KK
アクリル		ボンネル	100% 3D×76%	三菱ボンネル KK

繊維はその重さを測定した後、乾燥剤を入れたデシケーター中に貯蔵しておいたものを実験の都度用いた。

実験1 電子温度計の感温部に布を密着させる方法

温度計P型感温部に試験布を密着させ、白絹小町糸で感温部と布の間に隙間のないように、0.1cm程度の大きさに揃えた針目で感温部をつつみ込む。感温部をつつむ布の長さは3cmとした。縫ったあとでその縫代を0.2cmに平等に切り揃えた。布と感温部を密着させるために縫代は外側につけた。

恒温水槽(A)には水を入れ25°Cにセットし、常にモーターで攪拌して水温を一定にしておいた。恒温水槽(B)は電子恒温循環装置を使用し15°Cにセットした。

ガラス器の底に鉛を敷き、またシリカゲルを

ガーゼにつつんで入れて水槽(B)に入れておきガラス器の中を15°Cの水と同温度になるようにし、かつシリカゲルにより湿気を防いだ。使用しないときはボール紙およびガラス板で蓋をしておいた。(図1)

温度計感温部をつつんだ試験布をさらにビニール布でつつんだ。その場合布とビニールの間に空気層を作らないように、またビニールの重なりがなるべく少ないように注意した。

これを恒温水槽(A)の中に入れ、温度計が水温と平衡になるまでおき、同時に記録計も平衡になるまで一定時間放置した。

感温部が25°Cになったらビニール布をはずし、水槽(B)の中のガラス器中に入れ電子温度計の目盛りが23.5°Cから16.5°Cに低下するまでの所要時間を測定した。

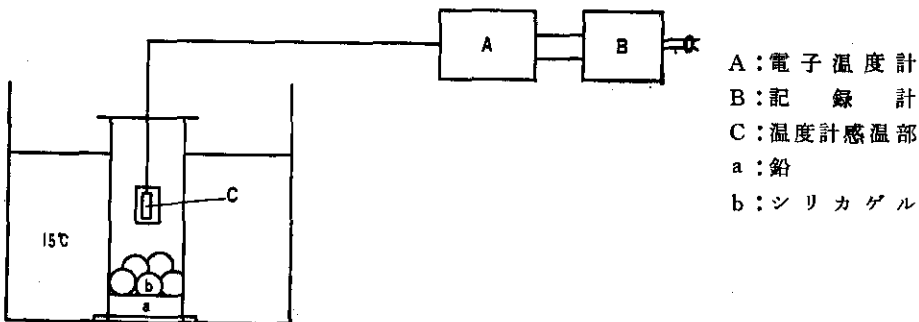


図1 ガラス器と水槽(B)

- A: 電子温度計
- B: 記録計
- C: 温度計感温部
- a: 鉛
- b: シリカゲル

実験2 感温部をガラス管の中に入れガラス管に布を被せる方法

図2のような直径約2cmのガラス管の中に電子温度計の感温部を入れ、中に防湿のために感温部に触れないようにシリカゲルを少々入れた。上部はコルク栓で密封し、かつ電子温度計とコルク栓の接触部はロウで密着した。

上記のガラス管にコルク栓が隠れるまでの布を密着させた。そのため縫代は4ヶ所となり実験1と同じく針目は0.1cm程度の大きさに揃えて縫い、縫代を0.2cmに切り揃えた。なお布とガラス管を密着させるために縫代は外側にした。これにビニール布を被せた。

これを実験1と同様25°Cで平衡化させた後、15°Cの水槽に移し、24°Cから19°Cに温度が変化するに要した時間を測定した。

この実験の細則は実験1と同様である。

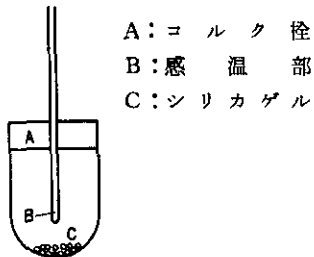


図2 電子温度計感温部の構造

実験3 繊維の種類についての実験方法

図3のように下部に空気流通のための小さな穴を開けた細いガラス管の中に感温部を入れ、感温部がその中間できちんと止まっているようにビニールテープで止めておき、その細いガラス管を別の大きなガラス管の中に入れ、図3のように固定させた。細いガラス管とコルク栓の接触部はロウで密封した。

繊維で中のガラス管をすつかりおおうような状態で、かつ外側のガラス管の中に同じような密度になるようにして入れ、ガラス管とコルク栓の接触部は水の浸入を防ぐために、ビニールテープを2巻して止めておいた。

ガラス器中を25°Cに平衡化した後、これを15°Cの水槽に移し、25°Cから20°Cに温度が変化する

るに要した時間を測定した。

なおこの実験に関しては次の諸点について特に注意をはらった。即ち容器内に水が浸入するのを防ぐため、ビニールテープの下の辺を水面にすれすれまでに入れ、テープが水にぬれないようにレスタンドで止めておいた。

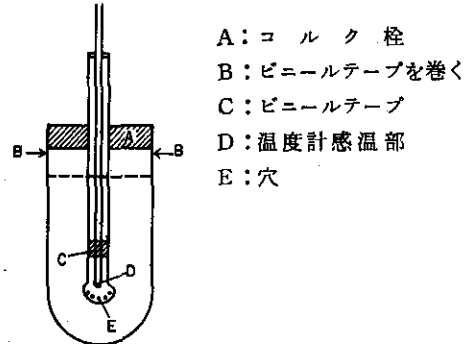


図3 電子温度計感温部の構造

実験4 繊維の重量を変化させた場合の実験方法

使用器具は実験3のものと同じである。但し温度計の感温部はV型に変更したため、感温部が中でぐらつかないように尖端より1cm位奥を巾0.5cm位のビニールテープを巻いて、細いガラス管の内部中央できちんと止めるようにした。尖端は実験3の時と同じ位の位置に落ち着くようにした。

またコルク栓のところでも感温部の位置を正しく保つために、ぐらつかないようにしつかりセメダインで止め、かつ細いガラス管と、コルク栓の境もセメダインで固定させた。

使用した繊維は絹、テトロンでこれを0.25g、0.5g、0.75g、1.0g、1.25g、1.5g、2.0g、2.5g、3.0g、および3.5gを用いた。

以下は実験3の方法と同じである。

実験5 温度差を変化させた場合の実験方法

使用材料を充填させる方法は前記実験3と同様にした。

恒温水槽(A)は30°Cにセットし、恒温水槽(B)は20°C、15°C、10°C、5°Cの4通りに調節した。

30°Cに平衡化させた容器を恒温水槽(B)に移

し、30°Cから25°Cに温度が変化するに要する時間を、上の4通りの温度差の場合について測定した。

この実験においては絹繊維およびテトロン繊維をそれぞれ1g用いた。

なおこの実験の細則は前記実験1、実験3、実験4と同様である。

結 果

実験1の方法にしたがつて11種の布および温度計の感温部を布でつつまなかつた場合（これを以下 no cover と略す）についての23.5°Cから16.5°Cまで温度が変化するときの所要時間を測定した。以上の実験の結果を表3に示す。なお測定値の平均値(\bar{X})、および標準偏差(S)を計算し表3に記載した。

表3. 実験1の測定値、平均値(\bar{x})およびその標準偏差(S)

布	実験回数	測 定 値 (秒)				\bar{x} 秒	S 秒	S/ \bar{x} ×100
		1	2	3	4			
木	綿	47.5	45.0	-	-	46.3	1.77	3.8
ウ	ー	53.2	59.3	64.9	66.0	60.9	5.88	9.7
	絹	34.6	34.1	-	-	34.4	0.36	1.0
ポリノジック		24.0	25.4	-	-	24.7	0.99	4.0
アセテート		25.4	26.4	-	-	25.9	0.71	2.7
ビニロン		26.6	31.4	35.1	36.1	32.3	4.30	13.3
ナイロン		44.0	44.6	-	-	44.3	0.42	0.9
エステル		59.9	68.5	67.5	-	65.3	4.70	7.2
テピロン		76.8	78.1	-	-	77.5	0.92	1.2
ポリプロ		80.2	82.3	-	-	81.3	1.49	1.8
アクリル		91.4	99.0	94.2	-	94.9	3.84	4.0
	no cover	65.0	64.0	65.9	-	65.0	0.95	1.5

実験2の方法にしたがつて、11種の布および no cover についての24°Cから19°Cまで温度が変化するときの、所要時間を測定した実験の結

果を表4に示す。なお測定値の平均値および標準偏差を計算し表4に記載した。

表4. 実験2の測定値、平均値(\bar{x})およびその標準偏差(S)

布	実験回数	測 定 値 (秒)			\bar{x} 秒	S 秒	S/ \bar{x} ×100
		1	2	3			
木	綿	111.4	119.2	113.9	114.8	3.95	3.4
ウ	ー	132.7	129.1	125.7	129.2	3.50	2.7
	絹	124.1	124.7	127.0	125.3	2.78	2.2
ポリノジック		105.8	107.7	106.2	106.6	1.00	0.9
アセテート		121.0	122.2	130.4	124.5	4.03	3.2
ビニロン		122.5	117.6	129.6	123.2	5.96	4.9
ナイロン		135.4	129.8	132.7	132.6	2.80	2.1
エステル		147.1	155.4	146.6	149.7	4.93	3.3
テピロン		150.8	150.6	151.7	151.0	0.59	0.4
ポリプロ		151.1	152.9	159.7	154.6	4.54	2.9
アクリル		134.8	134.6	129.4	132.9	3.06	2.3
	no cover	147.4	145.7	147.5	146.9	0.90	0.6

実験3の方法にしたがつて、12種の繊維および繊維を含まないもの（これをコントロールと

する）についての25°Cから20°Cまで温度が変化するときの、所要時間を測定した実験の結果を

被服材料の保温性の研究

表5に示す。なお測定値の平均値および標準偏差を計算し表5に記載した。

表5. 実験3の測定値, 平均値(\bar{x})およびその標準偏差(S)

繊維	実験回数	測定値(秒)			\bar{x} 秒	S秒	S/ \bar{x} ×100
		1	2	3			
木綿	綿	247.4	245.0	236.7	243.0	5.62	2.3
羊毛	毛	255.7	256.5	259.5	257.2	2.03	0.8
	絹	235.0	240.4	241.8	239.1	3.59	1.5
ポリノジック		252.7	248.5	247.5	249.6	2.76	1.1
ビスコースレーヨン		243.1	245.9	246.0	245.0	1.65	0.7
アセテート		259.0	258.1	253.2	256.8	3.12	1.2
ビニロン		252.4	255.5	254.5	254.1	1.68	0.7
ナイロン		259.5	256.2	256.2	257.3	1.91	0.7
エステル		388.8	389.5	389.8	389.4	0.51	0.1
テピロン		344.4	345.5	346.0	345.3	0.82	0.2
ポリプロ		261.2	260.4	260.5	260.7	0.44	0.2
アクリル		268.8	169.1	271.1	269.7	1.25	0.5
コントロール		184.9	182.9	185.0	184.3	1.19	0.6

実験4の方法にしたがつて、絹繊維およびテロン繊維の重量を0.25gから0.5g, 0.75g, 1g, 1.25g, 1.5g, 2.0g, 2.5g, 3.0gおよび3.5gに変化させたときの、25°Cから20°Cまで温度が変化するに要する時間を測定した。実験の結果を図4に示す。

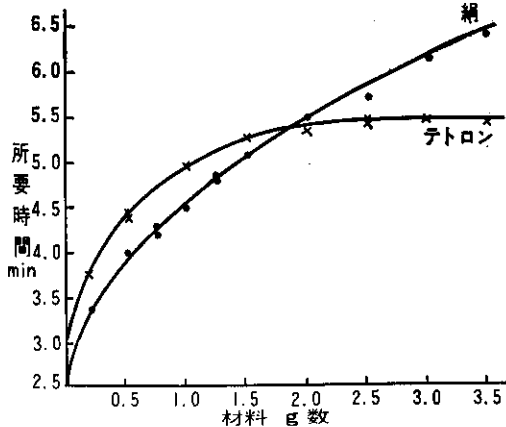


図4 絹繊維およびテロン繊維の重量を変化させた場合の5°Cの温度降下に要する時間

実験5の方法にしたがつて、絹繊維、テロン繊維および繊維を入れない場合(コントロールとする)の、30°Cから10°C差、15°C差、20°C差、25°C差の4通りの恒温水槽(B)に移したときの、30°Cから25°Cに温度が変化するに要する時間を測定した。実験の結果を図5に示す。

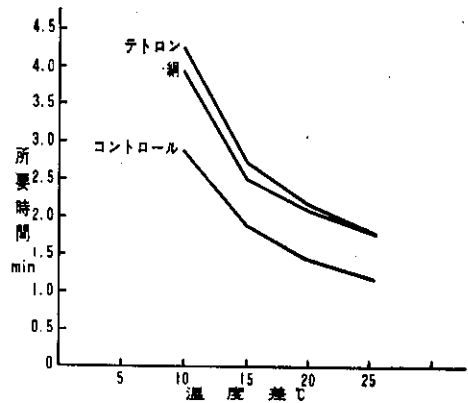


図5 絹繊維テロン繊維およびコントロールの温度差を変化させた場合の5°Cの温度降下に要する時間

考 察

1 保温性と放熱性について

本実験において用いられた材料の示す保温性に関しては、実験1および実験2の方法によつて測定された場合、保温性順位に相違のあることが認められた。表3、表4の結果を検討するとき、必ずしも全試料が保温効果を表わしているわけではなく、大部分の布が放熱効果を持っているということがみとめられる。即ち表3の結果に示されているように、実験1の場合はno cover と布の測定値を比較すると、エステル、

テビロン、ポリプロ、アクリルの4種の布を除いては全部放熱効果を示しており、このことは実験2においてもいえる。つまりエステル、ポリプロ、テビロンの3種の布は完全に保温効果を示しているが、あとは全部放熱効果を示している。

この二つの測定結果を比較して見て分ることは、保温効果と放熱効果を示す順位が同じでないということである。実験1の結果では最も保温効果を示しているアクリルが、実験2においては他の布の放熱よりは低いが、弱い放熱効果を示している。エステル、テビロン、ポリプロの保温効果の順位は実験1と実験2とは同じであるが、放熱効果の順位を比較すると実験1の場合は、ポリノジック>アセテート>ビニロン>絹>ナイロン>もめん>ウールの順であり、実験2の場合はポリノジック>もめん>ビニロン>アセテート>絹>ウール>ナイロンとなっており、放熱効果はその順位が実験1と実験2では同じでないことがわかる。特に顕著な相違としては、実験1において低い放熱効果を示している木綿が、実験2においては高い放熱効果を示したことが指摘される。またポリノジックは両実験とも最も高い放熱効果を示し、ウール、ナイロン、絹、ビニロン、アセテートはほぼ同様な順位関係を示している。

以上の事実から、感温部を直接または間接に包む違い、つまり空気の有無が放熱効果に差を生じさせているものと推察される。

実験1 実験2に比べると、実験3においては全繊維とも完全に保温効果を示している。その順位を系列して見ると、エステル>テビロン>アクリル>ポリプロ>ナイロン>羊毛>アセテート>ビニロン>ポリノジック>レーヨン>もめん>絹となり、実験1、実験2においては低い保温効果を示したエステルが、一番高い保温性を示し、実験1、実験2においてポリプロより低い保温効果を示したテビロンが、実験3ではポリプロより高い保温性を示している。一番放熱効果の大きかったポリノジックは絹、もめん、レーヨンよりは高い保温性を示し、又

絹については実験3の方法によるとき他の繊維と比較して、最も低い保温性を示したことが特徴的な事実である。

表6. 未加工白生地セット密度および厚さ測定値

品 種	密 度 本/cm		厚 さ(mm)
	タテ	ヨコ	
木 綿	60	30	0.18
ウ ー ル	28	27	0.20
絹	44	35	0.12
ポリノジック	35	31	0.19
アセテート	44	28	0.16
ビニロン	26	23	0.23
ナイロン	44	40	0.10
エステル	43	38	0.09
テビロン	43	36	0.09
ポリプロ	48	37	0.12
アクリル	30	27	0.22

表6に示すように実験1の測定値に影響をおよぼす1つの要因として、使用した布のタテヨコ糸の本数と、布の厚さが考えられるがその関係を明らかにするために、密度と実験1の測定値間の相関係数を計算した。計算の結果は $r=0.0871$ となり、保温性と密度の間には相関性がないことが分つた。また実験1の測定値と厚さとの相関係数を計算した。計算の結果は $r=-0.158$ となり、これも両者の間に相関性のないことが分つた。

後述のように実験1と実験2との間には明らかに相関性が認められるため、実験2の方法に関しても密度および厚さは、有意な相関係数の位を期待することができない。即ち本実験で用いた布の密度および厚さは、保温効果を規定する主要な要因とは考えられない。

2 実験の精度について

実験の精度を示す一つの指数として、表3、表4、表5中の $S/\bar{X} \times 100$ の値を比較することができる。最も測定値の誤差の大きいのは実験1の方法であり、10%前後の値を示すものもみられた。実験2の場合は全試料とも上記の値が5%以下となり、実験1に比較して、実験2は方法としてより高い精度の測定値が得られるものと思われる。また実験3は1%以下のものが

多い。この3つは目的が同一でないで、同じように比較することはできないが、実験3の方法が3つの方法のうちでは、最も安定した測定方法としての性質を持つことが分つた。

3 母集団平均値の推定

実験1, 実験2, 実験3の測定値の平均値および標準偏差を基礎にして, 母集団平均値を次の式により推定した。

$$m = \bar{x} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} t$$

m : 母集団平均値
 \bar{x} : 標本平均値
 S : 標準偏差
 n : 測定回数-1
 t : "student"の t の値
 自由度1のとき $t=12.71$
 自由度2のとき $t=4.303$
 自由度3のとき $t=3.182$
 なお t は5%の危険率である

計算の結果を表7に示す。

4 平均値の差の有意性の検定について

表7の結果を比較するとき, 同一の実験方法

表8. 実験2 実験3の平均値の差の有意性の検定

実験No.	要因	平方和	自由度	分散	分散比	差の有意性
2	級間変動	6922.17	10	692.22	48.61	1%以下の危険率において有意である
	級内変動	313.24	22	14.24		
3	級間変動	69985.62	11	6380.51	990.72	1%以下の危険率において有意である
	級内変動	154.66	24	6.44		

上記の計算の結果から, 本論文の実験方法によつて測定された保温性に関しては, 各繊維の種類間で非常に有意な差が認められることが結論できた。

5 実験1 実験2 および実験3の測定値間の相関係数について

表7の母集団平均値の結果を, 同一種類の材料について各実験方法毎に比較するとき, その間に相関性があることが見られるが, 更にこの点を明確にするため相関係数を計算した。相関性の組み合わせとして実験1と実験2の方法による測定値間の相関係数および, 実験2と実験3の方法による測定値間の相関係数をえらんだ。計算の結果を表9に示す。

表7. 実験1 実験2 実験3における母集団平均値の推定 (5%危険率)

実験方法		実験1 秒	実験2 秒	実験3 秒
布または繊維の種類	木綿	24~69	103~127	226~260
	羊毛	50~72	119~140	251~263
	絹	30~39	117~134	228~250
	ポリノジック	12~37	104~110	241~258
	アセテート	17~35	112~137	247~266
	ビニロン	24~40	105~141	249~259
	ナイロン	39~50	124~141	251~263
	エステル	51~80	135~165	388~391
	テピロン	66~89	149~153	343~348
	ポリプロ	62~100	141~168	259~262
	アクリル	83~107	124~142	266~274
	ビスコースレーヨン			240~250

を用いたときは材料の種類によつて, 測定値の間に可成りの相違がみられるが, この相違が統計的に有意なものかどうかについて, 特に実験2および実験3の測定値について F -検定をおこなつた。計算の結果を表8に示す。

表9. 実験方法の相違にもとづく測定値間の相関係数

	実験1と実験2	実験2と実験3
相関係数	0.735	0.668

上記の表の結果から各測定値間に有意な相関性のあることがみとめられた。

6 温度変化曲線について

実験2の方法による電子温度計感温部の温度の変化を記録用紙に描いた結果, 温度変化は時間の経過に比例して直線的に降下して行くのではなく, 最初に数秒間の温度変化の無い状態が経過した後, 温度降下が始まるが温度の降下の様式には, 二通りの型があることが分つた。こ

これは図6に模式的に示されているように、凸型曲線と凹型曲線を描くものがある。この場合5℃降下に要する時間がたとえ同一であつたとしても、保温効果は凸型曲線を描くものの方が大きいことは明らかである。

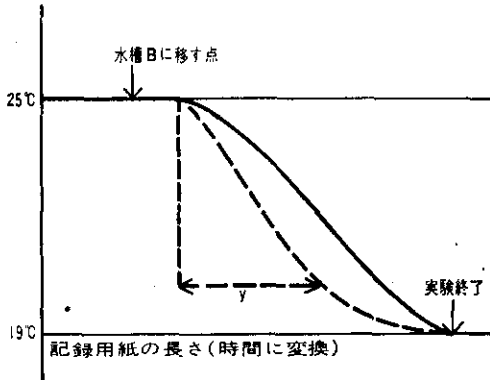


図8 温度変化曲線

以上の点を各繊維について比較するため、図6に示されているように温度が降下し始めたのち、記録用紙の4行幅を降下するに要した横軸の長さ(これをyとする)を測定し、前記表4中の平均値xの値との割合を比較した。計算の結果を表10に示す。

表10 温度降下曲線の比較

布の種類	表4中のxの値秒	4行下りに要したyの値	y/x
木綿	114.8	33.7	0.293
ウール	129.2	38.1	0.296
絹	125.3	37.7	0.302
ポリノジック	106.6	35.5	0.333
アセテート	124.5	37.0	0.296
ビニロン	123.2	36.5	0.296
ナイロン	132.6	44.0	0.331
エステル	149.7	45.0	0.300
テビロン	151.0	50.0	0.333
ポリプロ	154.6	49.5	0.319
アクリル	132.9	43.0	0.324

上記の表から、本実験に使用した材料の示すy/xの値は、ほぼ大別して2種類に分けられることが明らかにされた。即ちy/x≒0.30のもの(木綿、ウール、絹、アセテート、ビニロン、エステル)と、y/x≒0.32~0.33の値を取るも

の(ポリノジック、ナイロン、テビロン、ポリプロ、アクリル)に分けられる。そしてy/xの値は、温度変化曲線の形を示す指数ではあるが、これが保温性と直接的な関連を持つものには無いことが表10の結果から推察される。このようなy/xの値の相違がどのような要因によるかについては今後の研究課題である。

なお実験3の方法によつて得られた温度変化曲線については、実験2におけるような関係は認められなかつた。即ち実験3の温度変化曲線から

$$\int_0^t (Qt-20) dt \dots \dots (1)$$

Qt: B槽に入れたのちt秒後の温度

k: 25℃から20℃まで温度が下降するに要した時間(秒)

の値を求め、実験3の方法による保温性測定値との比を計算した。その結果は殆んどすべての繊維について同一の値を示し、繊維間に有意な差は認められなかつた。

7 熱貫流係数について

実験3において測定した保温効果を更に詳細に調べるために、実験4および実験5において絹とテトロンを特に選び、実験条件として使用繊維の重量を0.25gから3.5gまで変化させたとき、および温度差を10℃から25℃まで変化させたときの温度変化曲線を求めた。その結果は前記図4に示されているように、絹とテトロンの保温効果に顕著な差がみられる。即ち繊維の重量の少ない場合はテトロンの方が保温効果が大きく、繊維重量が多くなるにしたがつて絹の保温効果が大きくなる。この点で両繊維の性質の違いを認めることができる。

また図5に示されるように温度差が少ないときは、絹とテトロンに保温性の差がみられるが、温度差が大きくなるにしたがつて差が少なくなり、温度差25℃の場合は殆んど同じ保温効果を示すようになる。

上記のような絹とテトロンの、繊維としての

被服材料の保温性の研究

性質の相違を解析するために、温度変化曲線を用いて熱貫流係数を計算した。

熱貫流係数は、熱の伝達過程において関係する熱伝導率、およびその他の諸要因を総括した数値であり、上記のような性格から見て被服の保温性を解明する上に、一つの有効な指数となるものと思われる。

熱貫流係数を計算する上でまず移動熱量が問題になるが、本実験における移動熱量の要因となるものとして、ガラス容器、空気および繊維の質量と比熱などを考慮すると、移動熱量は(2)式のように定義づけられる。

$$q = -\Delta t (gm\rho + am\rho + fm\rho) \dots\dots(2)$$

- q: 移動熱量
- Δt : 降下温度: 5°C
- gm: ガラス質量: 本実験では14.67gとなった
- ρ : ガラス比熱: 0.18cal/g°Cを計算に用いた
- am: 空気質量: 実験4 実験5で使用した値を表11に示す。この値を求めるために、テトロン⁽⁴⁾の比重1.38および絹⁽⁵⁾の比重1.39を用いた
- a ρ : 空気比熱: 0.2399cal/g°Cを計算に用いた
- fm: 繊維質量: 実験4では0.25g, 0.50g, 0.75g, 1.0g, 1.25g, 1.5g, 2.0g, 2.5g, 3.0g, および3.5g
実験5では1.0gを使用した
- f ρ : 繊維比熱: 0.36cal/g°Cを用いた

表11. 実験4および実験5における空気質量

	繊維重量g	
	絹をふくむ系 g	テトロンをふくむ系 g
実験4	0.25	0.0347
	0.5	0.0345
	0.75	0.0343
	1.0	0.0342
	1.25	0.0339
	1.5	0.0337
	2.0	0.0332
	2.5	0.0328
	3.0	0.0324
3.5	0.0319	
実験5	1.0	0.0335

移動熱量を(2)式によつて示すとき熱貫流係数は(3)式によつて示される。

$$(gm\rho + am\rho + fm\rho)\Delta t = U \cdot A \cdot \int_0^k (Q_t - Q_0) dt \dots\dots(3)$$

- ただし U: 熱貫流係数(平均値)
- A: ガラス容器表面積: 本実験では54cm²の値をとった
- Q_t: 水槽(B)に入れた後t秒後の感温部の温度
- Q₀: 水槽(B)の温度: 実験4では15°C, 実験5では20°C, 15°C, 10°C, 5°C
- k: 5°Cの温度降下に要する時間(秒)

$\int_0^k (Q_t - Q_0) dt$ の値の計算には電子温度計の感温部の変化を記録させた。温度変化曲線を用いてその面積を計算し、これを [°C min] の単位になるように換算した。

実験4, および実験5における熱貫流係数の計算値を表12, および表13に示す。

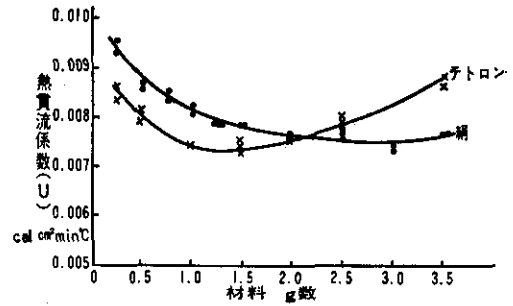


図7 表12による熱貫流係数値

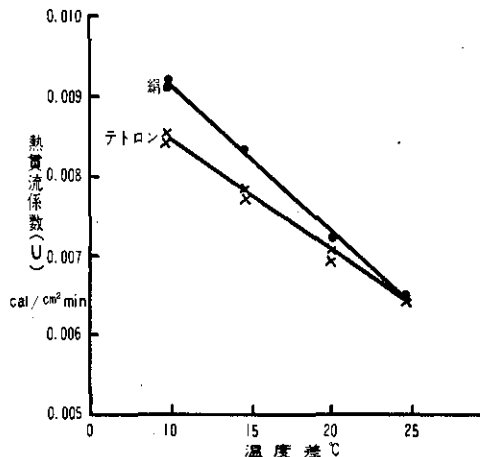


図8 表13による熱貫流係数値

表 12. 実験4の結果にもとづく熱貫流係数の計算値

材料 g数	絹				テトロン			
	k 秒	移動熱量 cal	$\int_0^k (Q_t - Q_0) dt$ °C · min	U cal/cm ² min °C	k 秒	移動熱量 cal	$\int_0^k (Q_t - Q_0) dt$ °C · min	U cal/cm ² min °C
0.25	212.8	-13.69	26.76	-0.0094	236.1	-13.69	29.13	-0.0087
	213.0		27.13	-0.0093	236.4		30.11	-0.0084
	212.5		26.61	-0.0095				
0.5	239.0	-14.14	30.38	-0.0086	263.0	-14.51	32.76	-0.0082
	238.8		30.52	-0.0085	268.9		33.29	-0.0080
0.75	254.1	-14.59	32.34	-0.0083				
	249.8		31.55	-0.0085				
	251.5		32.01	-0.0084				
1.0	269.4	-15.04	34.48	-0.0080	299.1	-15.04	37.04	-0.0075
	269.3		34.00	-0.0081				
	270.0		33.87	-0.0082				
1.25	285.1	-15.49	36.35	-0.0078				
	288.4		36.67	-0.0078				
	287.1		36.56	-0.0078				
1.5	303.4	-15.94	37.81	-0.0078	316.9	-15.94	39.58	-0.0074
	301.9		37.41	-0.0078	315.6		38.95	-0.0075
	301.8		37.40	-0.0078	310.0		38.81	-0.0076
2.0	326.1	-16.84	41.66	-0.0076	319.4	-16.84	40.06	-0.0077
	327.0		40.91	-0.0076	319.4		40.22	-0.0077
2.5	339.0	-17.74	42.55	-0.0076	324.2	-18.09	40.90	-0.0081
	341.4		43.48	-0.0075	326.4		41.38	-0.0080
	342.0		42.50	-0.0077				
3.0	369.4	-18.64	46.82	-0.0073				
	367.5		45.96	-0.0075				
	369.7		46.11	-0.0074				
3.5	383.2	-19.78	48.06	-0.0076	324.0	-19.54	40.42	-0.0089
	382.5		47.90	-0.0076	326.0		41.40	-0.0087

表 13. 実験5の結果にもとづく熱貫流係数の計算値

温度差 °C	絹				テトロン			
	k 秒	移動熱量 cal	$\int_0^k (Q_t - Q_0) dt$ °C · min	U cal/cm ² min °C	k 秒	移動熱量 cal	$\int_0^k (Q_t - Q_0) dt$ °C · min	U cal/cm ² min °C
10	234.8	-15.0	29.78	-0.0093	252.0	-15.0	31.94	-0.0086
	239.0		30.10	-0.0092	252.7		32.38	-0.0085
	236.5		30.15	-0.0092	253.6		32.40	-0.0085
15	151.8	-15.0	32.73	-0.0084	164.0	-15.0	35.06	-0.0079
	150.0		32.86	-0.0084	163.1		35.49	-0.0078
					162.1		34.96	-0.0079
20	125.9	-15.0	38.73	-0.0071	129.2	-15.0	39.21	-0.0070
	125.2		38.37	-0.0072	129.2		39.37	-0.0070
25	105.9	-15.0	43.25	-0.0064	109.8	-15.0	42.89	-0.0064
	106.2		41.86	-0.0066	107.6		42.58	-0.0065
					107.6		42.79	-0.0064

以上の表に表わされた熱貫流係数を図7, 図8に示す。

図7にみられるように, 絹においては使用繊維の重量が増すにつれて, 実験系の熱貫流係数

は小さくなり, 2g位からほぼ一定の値を示すようになる。これに比べてテトロンを使用したときは絹の場合と異なり, 繊維重量1~1.5gにおいて系の熱貫流係数は最も低くなる。そし

て繊維重量が増加するにしたがつて、熱貫流係数は再び高い値を示すようになる。このことより絹とテトロンにおいては、本実験系の保温効果におよぼす作用に相違があるものと推察される。

このような相違をもたらす要因の一つとして熱の伝導様式の相違が考えられる。たとえば被服の場合は、保温効果として繊維の持つ熱伝導の外に、空気対流、および輻射熱の問題が考えられるが、本実験系においても繊維の重量が少ない場合にみられる保温効果は、主として空気対流を防止しその結果、熱の消失を減少させているものと考えられる。この効果が繊維重量1.5g位までの間でみられ、熱貫流係数低下の主要因と考えられる。また容器内に繊維が密に充填された場合は、繊維そのものの熱伝導が作用してくるものと考えられる。即ちテトロンの場合次第に系の熱伝導係数が増加してくることは、テトロン自身の熱伝導が作用しているものと考えられる。そして絹では熱伝導係数がほぼ一定した値を示すことは、テトロンと比較して繊維の熱伝導性の低いことに由来するものと推察される。

次いで図8に示されてあるように、温度差が小さい場合はテトロンを含む系の方が熱伝導係数が低く、温度差が大きくなるにしたがつて絹とテトロンの差は少なくなる。温度差が25°Cの場合は、絹およびテトロンを含む系の熱伝導係数は殆んど同じ値を示すようになる。この事実から系の示す熱貫流係数は、温度差によつて異なる値を示し、温度差の少ないときの方が差が顕著に表われることがわかった。

同様な結論は繊維重量を変えた実験の場合にも認められ、実験条件の相違が、熱貫流係数におよぼす影響が大きいことがわかった。本実験系の熱貫流係数は、繊維の保温性を示す一つの係数として考えられるので、繊維の保温性自体がそのおかれた条件によつて、可成りの変化を持つものであることが推察される。それ故、保温性測定のための使用材料の重量、および冷却法の場合の温度差を設定するには、原則として

温度差が少ないこと、および使用繊維の熱伝導率が主要因として、系に作用する程度の材料の充填性が必要であることがわかった。

このような熱貫流係数の変化から推察して、本実験系において測定された保温性は、熱の対流および繊維の熱伝導率の綜括された形態のものであることがわかる。そして実際の被服の保温性にもこれらの要因が作用し合うことを考えれば、使用材料の重量を1.5~2.0g以下にした場合の方が、被服の保温性の条件に、より類似した系であることも推察される。

結 論

電子温度計の感温部を直接または間接に布でおおい、冷却法の原理にしたがつて布の保温性を測定した（この方法による実験を以下実験1および実験2と略す）また電子温度計の感温部を間接的に繊維でおおい、上記と同様の方法によつてその保温性を測定した（この方法による実験を以下実験3と略す）その測定値を更に統計的に処理することにより、次のことがらを明らかにした。

1. 実験1および実験2の方法では、布には保温性を示すものと、放熱性を示すものがあり、この間の関係について比較検討した。しかし実験3の方法においては、すべての繊維が保温性を示した。

2. 布の密度および厚さが、本論文の実験1の方法による測定値に対して、有意な相関性を持たないことが計算された。

3. 各方法の実験値の精度を比較し、実験1の方法よりは実験2の方法の方が、測定の誤差が少ないことが認められた。また本論文の繊維の保温性を測定する実験系では高い精度の実験結果を得られることがわかった。

4. 各方法による測定値を用いて、保温性についての繊維の母集団平均値の推定を行なつた。

5. 使つた布11種および、繊維12種の各方法による測定値の間で、有意な差があることが認められた。

6. 実験1と実験2、および実験2と実験3

の測定値の間で、統計的に有意な相関性があることが認められた。

7. 実験2および実験3において、温度変化曲線を比較し保温性を検討した、その結果実験2および実験3とも、温度変化曲線の形が保温性に直接関連を持つものでないことがわかった。

8. 特に絹およびテトロンを用いて、使用繊維の重量および実験系の温度差を変化させ、そのときの保温性を、熱貫流係数の計算によつて考察した。

引用文献

1. 日本規格協会；日本工業規格 JIS-L
2. 高屋正子外；消費科学 6, 4, 18 (1965)
3. 高屋正子外；消費科学 6, 4, 24 (1965)
4. 成田時治；繊維製品の基礎知識 東京繊維標本出版社 P62
5. 成田時治；繊維製品の基礎知識 東京繊維標本出版社 P54
6. 山田都一；衣服繊維・材料学 コロナ社 P34