

# 被服材料の保温性の研究

## その14 アクリルジャージの温度変化曲線の理論的考察

寺 岡            宏    若 山   初 子

本論文のシリーズにおいては被服材料の保温性を種々の方法によって測定し、その理論的考察を行ってきた。以上の結果、布の保温性には熱貫流の阻害効果的要因と、布自体の熱容量的な要因との二つの要素が作用し、その相互作用の結果として保温性が規定されることを明らかにした。

これらの要因を更に詳細に解明することを目的として、前報<sup>(1)</sup>12において新らしく実験系を設定し、この実験系の示す温度変化曲線について理論的考察を行ってきた。すなわち前報<sup>(2)</sup>13においては、実験系に被服材料を設置しない場合（コントロール系）を対象とし、実験系自体のもつ物理的特性としての熱貫流係数や、吸熱効果に関する係数を決定した。

本論文においては前報12と同様の実験系を用い、これに被服材料としてアクリルジャージをとりつけた場合の温度変化曲線を理論的に解析し、アクリルジャージの熱貫流係数を求めた。

### 材 料 と 方 法

#### 材 料

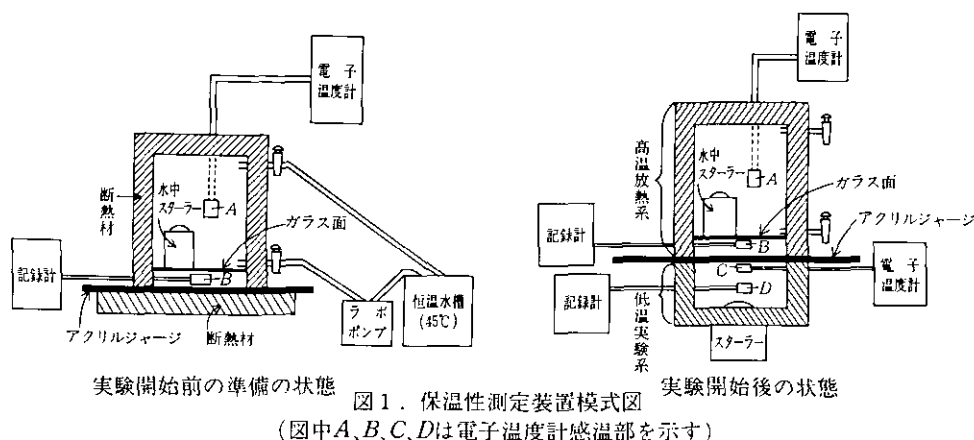
実験に用いた布地を表1に示す。実験に用いたガラス容器に合うように、直径15cmの円板状にこれをカットし、実験開始前から所定の位置にセットしておき、布自体の持つ吸熱効果の影響を受けないようにした。

表1 実験に用いた布地

織 維 名	ア            ク            リ            ル
生 地 名	ジ            ャ            ー            ジ
組            織	た            て            メ            リ            ヤ            ス
厚    さ (mm)	1.14            ~            1.21

#### 方 法

実験に用いた設備は前報12と同様である。すなわち高温放熱系から、低温系への熱移動の経路としての薄層空間に被服材料を設置し、この空間における温度変化を観察するものである（実験のモデル図を下記に示す）。



断熱材の上に試料を載せ(薄層空間(B)下部に相等), その上に, 水中スターラーをセットした高温放熱系ガラス容器を載せ, 恒温水槽より45℃の水を循環させた。薄層空間にセットした電子温度計感温部温度(B)が平衡状態に達した時水の循環を停止し, 別に室温条件で用意しておいた低温実験系(中にスターラーを置き空気を攪拌する)の上に, 試料と共に高温放熱系を密着させ, 次の4種の温度の測定を開始した。

1. 高温放熱系感温部温度(A)……温度変化0.1℃毎にストップウォッチで読み記録した。
2. 薄層空間感温部温度(B)……温度変化をフルスケール4℃の記録計で20mm/minの速度で記録させた。
3. 低温実験系感温部温度(C)……温度変化0.5℃上昇毎にストップウォッチで読み記録した。
4. 低温実験系感温部温度(D)……温度変化をフルスケール4℃の記録計で20mm/minの速度で記録させた。

電子温度計感温部温度(B)が最初の平衡温度に到達した時点より, 120秒経過後に実験を終了させ, この感温部の示す記録カーブをもとに, 20秒毎の温度を求め, これを理論式による数値計算に用いた。

なお本論文に用いた記号を表2に示す。

表2 本考察において用いた記号

記号	説明	記号	説明
$T_a$	高温放熱系の $t=0$ における温度: 45℃	$k\beta$	薄層空間から低温部への熱移動の比例定数
$\beta$	$t=\infty$ における高温放熱系の温度低下量	$T_\beta$	低温実験系の感温部 $t=0$ における温度: 28.6℃
$\alpha$	高温放熱系の温度低下に関する係数	$T_m$	熱移動平衡点における $y_0-y$
$k\alpha$	高温放熱系から薄層空間への熱移動の比例定数	$T$	$t=0$ における感温部(B)-室温: 9.4℃
$y_0$	感温部(B)の $t=0$ における温度: 38℃	$C$	実験系の吸熱効果による最大低下温度
$y$	感温部温度	$\gamma$	実験系の吸熱効果に関する定数

また表3に本実験における実験条件を示す。

表3 本実験における条件

系	室温 (℃)	感温部(B) 実験開始温度 (℃)	感温部(B) 平衡点温度 (℃)	温度平衡まで の所要時間 (sec)	実験終了まで の所要時間 (sec)	高温放熱系 実験開始温度 (℃)	低温系 実験開始温度 (℃)
アクリルジャージ	28.6	38.0	36.36	540.0	660.0	45.0	28.6

モデルにもとづく理論式の数値計算、およびその結果と実験値との比較等は、北海道大学大型計算機センターの計算機を用いた。

なお計算の過程において用いられた各種の係数の単位は計算式の簡略化のためにすべて省略した。

## 結果と考察

### 1. 温度変化曲線について

図2にアクリルジャージ実験系のB点における温度変化曲線を示す。

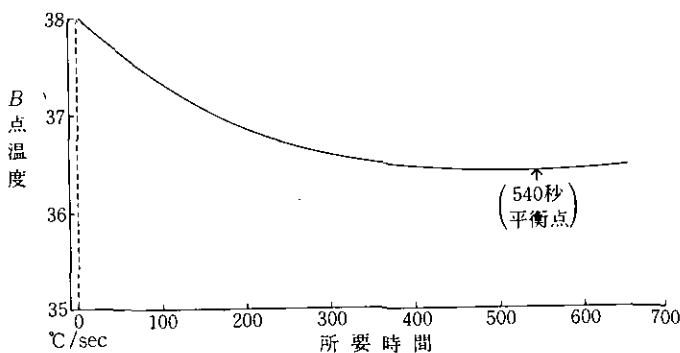


図2. アクリルジャージの温度変化曲線

このカーブの特徴は、実験開始点において直ちに温度低下を示さず、約10秒間の一定温度の後に温度低下がみられることである。これはコントロール系の場合と異なった現象であり、系に入る熱量と系から放出される熱量との間に平衡関係が成り立っている。すなわち実験開始当初においては、熱移動の媒体となる空気移動速度が、被服材料の影響によって低下するため、系の温度低下に時間的なずれを生ずるものとみなされる。また540秒において平衡点 ( $\frac{dy}{dt} = 0$ ) に達し、以後温度上昇を示すことであり、この現象はコントロール系の場合と類似である。なお温度測定精度は0.1℃である。

### 2. 高温放熱系の温度変化曲線について

図2のカーブを理論的に解明するため、コントロール系の場合と同様に、アクリルジャージ系における高温放熱系の温度変化曲線を求めた(図3)。

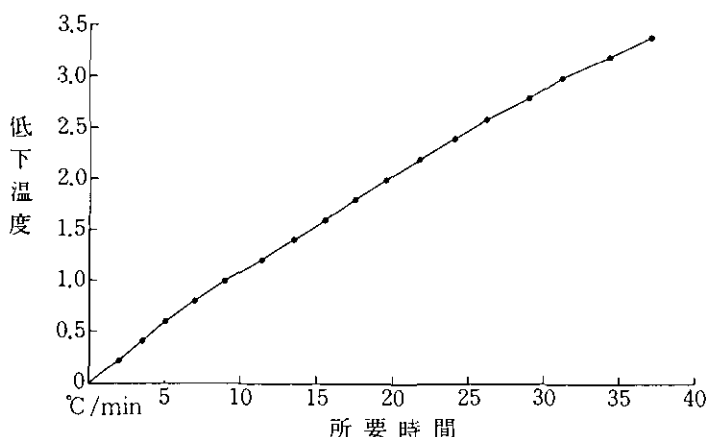


図3. 高温放熱系の温度変化曲線

高温放熱系の温度は  $t \rightarrow \infty$  で  $\beta^\circ\text{C}$  低下し、さらにその温度変化曲線は  $\left(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}}\right)$  に従うものと仮定し、温度変化曲線上の2点から方程式的に  $\alpha$  および  $\beta$  を求めた。そのため高温放熱系温度変化曲線上の900秒、および1800秒の2点を選び、その時点における低下温度  $1.55^\circ\text{C}$ 、 $2.9^\circ\text{C}$  を計算に用いた。これらを  $\left(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}}\right)$  の式に代入し、 $\alpha = 0.00015$ 、 $\beta = 12.0$  の値がえられた。

次に別法として  $t \rightarrow \infty$  において、高温放熱系の温度は室温にまで低下するものとし、 $\beta = \text{高温放熱系温度}(45^\circ\text{C}) - \text{室温}(28.6^\circ\text{C})$  から  $\beta = 16.4$  を求め、これを  $\left(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}}\right)$  の式に代入し、温度変化曲線上の6ヶ所の時間で  $\alpha$  値を計算した。これらの  $\alpha$  の計算値の平均値として  $\alpha = 0.00012$  を得た。

以上の二つの考え方による  $\alpha$ 、 $\beta$  の値を以下の温度変化曲線の解析に用いた。

図2にみられるアクリルジャージ実験系における、実験開始当初の温度一定の部分は理論的解析からのぞき、温度低下の始まる時点をも曲線のスタート時点とした。

### 3. B点における温度変化曲線の温度平衡点について

高温部から薄層空間へ入る熱量を  $\Delta y_\alpha$ 、薄層空間から低温部へ放出する熱量を  $\Delta y_\beta$  とする時、薄層空間の温度変化量  $= \Delta y$  は

$$\Delta y = \Delta y_\alpha - \Delta y_\beta \quad \dots\dots (1)$$

となる。

540秒の平衡点においては  $\Delta y = 0$  から

$$\Delta y_\alpha = \Delta y_\beta \quad \dots\dots (2)$$

の関係が成立する。

1式における  $\Delta y_\alpha$  は高温部と薄層空間の温度差に比例し、その比例定数を  $k_\alpha$  とする。高温放熱系の  $t$  秒後の温度は  $T_\alpha - \left(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}}\right)$  となり、 $\Delta y_\alpha$  を規定する関係として3式がえられる。

$$\Delta y_\alpha = k_\alpha \left[ T_\alpha - \left( \beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}} \right) - y \right] \Delta t \quad \dots\dots (3)$$

また $\Delta y_{\beta}$ は薄層空間と低温部の温度差に比例し、その比例定数を $k_{\beta}$ とする。2つの系の温度差は $t=0$ において $T=T_{\alpha}-T_{\beta}$ であり、 $T$ は時間の経過に従い $(y_0-y)$ に比例して低下する。この比例定数を $h$ とすると、 $\Delta y_{\beta}$ を規定する関係として4式がえられる。

$$\Delta y_{\beta}=k_{\beta}\{T-h(y_0-y)\}\Delta t \quad \cdots \cdots \cdots (4)$$

3, および4式を1式に代入して5式を導くことができる。

$$\Delta y=k_{\alpha}\left\{T_{\alpha}-\left(\beta-\frac{\beta}{e^{at}}\right)-y\right\}\Delta t-k_{\beta}\{T-h(y_0-y)\}\Delta t \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

540秒の平衡点においては

$k_{\alpha}\left\{T_{\alpha}-\left(\beta-\frac{\beta}{e^{at}}\right)-y\right\}=k_{\beta}\{T-h(y_0-y)\}$ となる。 $y_0-y=T_m$ とし、 $t=540$ を5式に代入すると、

$$k_{\alpha}\left\{T_{\alpha}-\left(\beta-\frac{\beta}{e^{540a}}\right)-y\right\}=k_{\beta}\{T-hT_m\} \quad \cdots \cdots \cdots (6)$$

6式から $h$ を規定する7式がえられる。

$$h=\frac{k_{\alpha}\left\{T_{\alpha}-\left(\beta-\frac{\beta}{e^{540a}}\right)-y\right\}-k_{\beta}T}{-k_{\beta}T_m} \quad \cdots \cdots \cdots (7)$$

#### 4. 温度変化を示す微分方程式とその解

5式において $\Delta t$ は連続量であり、それゆえ8式がえられる。

$$\frac{dy}{dt}=k_{\alpha}\left(T_{\alpha}-\beta+\frac{\beta}{e^{at}}-y\right)-k_{\beta}\{T-h(y_0-y)\} \quad \cdots \cdots \cdots (8)$$

8式を展開して1階1次の微分方程式9式が導かれる。

$$\frac{dy}{dt}+(k_{\alpha}+k_{\beta}h)y=k_{\alpha}T_{\alpha}+\frac{\beta k_{\alpha}}{e^{at}}-\beta k_{\alpha}-k_{\beta}T+k_{\beta}h y_0 \quad \cdots \cdots \cdots (9)$$

9式の微分方程式の一般解として10式がえられる。

$$y=\frac{C_0}{e^{(k_{\alpha}+k_{\beta}h)t}}+\frac{k_{\alpha}T_{\alpha}-\beta k_{\alpha}-k_{\beta}T+k_{\beta}h y_0}{k_{\alpha}+k_{\beta}h}+\frac{\beta k_{\alpha}}{k_{\alpha}+k_{\beta}h-a} \cdot \frac{1}{e^{at}} \quad \cdots \cdots \cdots (10)$$

10式における第2項 $\frac{k_{\alpha}T_{\alpha}-\beta k_{\alpha}-k_{\beta}T+k_{\beta}h y_0}{k_{\alpha}+k_{\beta}h}$ は時間に規定されない項であり、それゆえ $t=\infty$

における $y$ の値を示す係数となる。高温放熱系からの計算値、 $\beta=12.0$ 、および $\beta=16.4$ をこの系に適用すると、B点温度は540秒で $1.64^{\circ}\text{C}$ 低下し、その後温度は一旦上昇し、さらに $t=\infty$ においては $\beta=12.0$ の場合は $33^{\circ}\text{C}$ において、また $\beta=16.4$ の時は $28.6^{\circ}\text{C}$ で平衡状態を示すことになる。ゆえに10式第2項は $\beta=12.0$ のとき $-5$ 、また $\beta=16.4$ のときは $-9.4$ の値を示すことになる。

以後の計算においては $\beta=12.0$ の時の値を用いることとする。

$$-5=\frac{k_{\alpha}T_{\alpha}-\beta k_{\alpha}-k_{\beta}T+k_{\beta}h y_0}{k_{\alpha}+k_{\beta}h} \quad \cdots \cdots \cdots (11)$$

11式に $T_{\alpha}=45$ 、 $\beta=12.0$ 、 $T=9.4$ 、 $y_0=38.0$ の値を代入すると、 $k_{\alpha}$ と $k_{\beta}$ の関係として12式がえられる。

$$k_{\alpha}=1.445k_{\beta} \quad \cdots \cdots \cdots (12)$$

この関係を7式に代入すると比例定数として、

$$h=-1.058 \quad \cdots \cdots \cdots (13)$$

の値がえられる。

次に10式における $C_0$ は初期値を決定する積分定数であり、 $t=0$ の時、 $y=0$ とする数値である。

それゆえ10式に $t=0$ を代入すると、 $0=C_0-5+\frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha+k_\beta h-\alpha}$  となり、この式から

$C_0=5-\frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha+k_\beta h-\alpha}$  がえられる。

以上の計算によってえられた $h$ 、 $C_0$ 、 $k_\alpha$ の値を10式に代入するとき、 $k_\beta$ と $t$ の関数として14式が

$$y=(5-\frac{17.34 k_\beta}{0.387 k_\beta-0.00015})\times\frac{1}{e^{0.387 k_\beta t}}+\frac{17.34 k_\beta}{0.387 k_\beta-0.00015}\times\frac{1}{e^{0.00015 t}}-5 \dots\dots\dots(14)$$

14式において $t=540$ の値を代入するとき、この式は $k_\beta$ を変数とする温度変化曲線の平衡温度を示すことになる。14式において $k_\beta$ の値によって $y$ は図4に示すような値を示す。

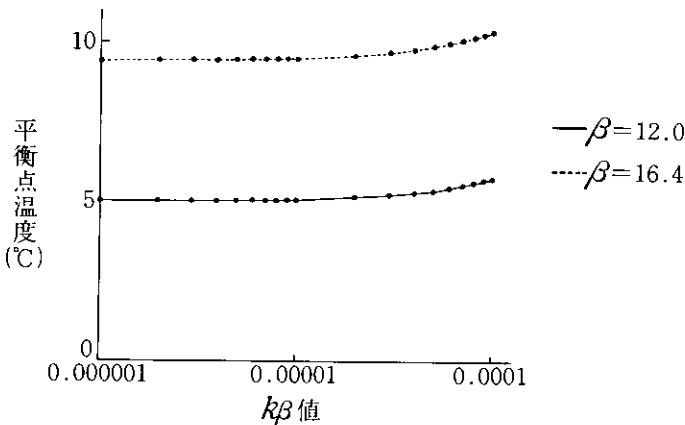


図4.  $k_\beta$  値と平衡点温度

上記14式では、実験系の平衡点である $-1.64^\circ\text{C}$ の値はえられない。そのため10式を導いた熱移動モデルにさらに温度低下要因を付加した。

## 5. 吸熱効果を加えた温度変化を示す微分方程式とその解

前報<sup>(2)</sup>と同様の理由から、実験系を通して熱が外部に放出される効果(吸熱効果)を加えた。系の吸熱効果を $(c-\frac{c}{e^{\gamma t}})$ に従うものとし、 $t=\infty$ において $c^\circ\text{C}$ の温度低下をもたらすものとした。この効果を5式に代入すると、

$$\Delta y=k_\alpha\{T_\alpha-(\beta-\frac{\beta}{e^{\alpha t}})\}-y\}\Delta t-k_\beta\{T-h(y_0-y)+(c-\frac{c}{e^{\gamma t}})\}\Delta t \dots\dots\dots(15)$$

15式において、540秒に平衡点を形成するための条件として、比例定数 $h$ は16式の値となる。

$$h=\frac{k_\alpha[T_\alpha-(\beta-\frac{\beta}{e^{540\alpha}})-y]-k_\beta T-k_\beta(c-\frac{c}{e^{540\gamma}})}{-k_\beta T_m} \dots\dots\dots(16)$$

15式を微分方程式に変換して17式がえられる。

$$\frac{dy}{dt}=k_\alpha(T_\alpha-\beta+\frac{\beta}{e^{\alpha t}}-y)-k_\beta\{T-h(y_0-y)+(c-\frac{c}{e^{\gamma t}})\} \dots\dots\dots(17)$$

17式の変形として1階1次の微分方程式18式がえられる。

$$\frac{dy}{dt}+(k_\alpha+k_\beta h)y=k_\alpha(T_\alpha-\beta)-k_\beta(T-hy_0+c)+\frac{\beta k_\alpha}{e^{\alpha t}}+\frac{c k_\beta}{e^{\gamma t}} \dots\dots\dots(18)$$

この微分方程式の解として19式がえられる。

$$y = \frac{Co}{e^{(k_\alpha + k_\beta h)t}} + \frac{k_\alpha T_\alpha - \beta k_\alpha - k_\beta T + k_\beta h y_0 - c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h} + \frac{\beta \cdot k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} \cdot \frac{1}{e^{\alpha t}} + \frac{c \cdot k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma} \cdot \frac{1}{e^{\gamma t}} \quad \dots(19)$$

19式第2項は  $t = \infty$  における平衡点温度を示すものであり、それゆえ  $\beta = 12.0$  の値を用いるときは  $\frac{k_\alpha T_\alpha - \beta k_\alpha - k_\beta T + k_\beta h y_0 - c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h} = -5$  の値となる。

$Co$  は初期条件設定のための積分定数であり、 $t = 0$ ,  $y = 0$  の関係から

$$Co = 5 - \frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} - \frac{c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma} \text{ の値を示す。}$$

さらに19式に糸からの吸熱効果による温度減少分、 $\left(c - \frac{c}{e^{\gamma t}}\right)$  の効果を加え20式を導いた。

$$y = \left(5 - \frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} - \frac{c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma}\right) / e^{(k_\alpha + k_\beta h)t} + \frac{k_\alpha T_\alpha - \beta k_\alpha - k_\beta T + k_\beta h y_0 - c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h} + \frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} \cdot \frac{1}{e^{\alpha t}} + \frac{c k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma} \cdot \frac{1}{e^{\gamma t}} - \left(c - \frac{c}{e^{\gamma t}}\right) \quad \dots\dots\dots(20)$$

## 6. $C$ および $\gamma$ 値と温度変化について

20式における  $c$ ,  $\gamma$  の値としては前報13における値、すなわち  $c = 4.0$ ,  $\gamma = 0.0055$  を用いた。さらに  $\beta = 12.0$ , および  $16.4$  のときの平衡点温度  $y = -1.64$  を用い、 $k_\alpha$ ,  $k_\beta$ , および  $h$  の値を計算した。その結果を表4に示す。

表4 吸熱効果を用いた場合の  $k_\beta$ ,  $k_\alpha$ ,  $h$  の値

	$k_\beta$	$k_\alpha$	$h$	540秒における 吸熱効果 (°C)
$\beta = 12.0$ $\alpha = 0.00015$	0.000188	$2.027 k_\beta$	-1.480	3.795
$\beta = 16.4$ $\alpha = 0.00012$	0.000152	$2.022 k_\beta$	-1.339	3.795

表4の値を20式に代入し、時間の関数としての温度変化式  $y = f(t)$  を導いた。(表5)

表5 高温放熱系温度変化に対応する感温部の温度式

高温放熱系 温度変化	$y = f(t)$	$Tp = f(t)$
$\beta = 12.0$ $\alpha = 0.00015$	$y = \frac{102.44}{e^{0.000103 t}} - \frac{97.30}{e^{0.00015 t}} + \frac{3.86}{e^{0.0055 t}} - 9.0$	$Tp = 29.0 + \frac{102.44}{e^{0.000103 t}} - \frac{97.30}{e^{0.00015 t}} + \frac{3.86}{e^{0.0055 t}}$
$\beta = 16.4$ $\alpha = 0.00012$	$y = \frac{324.59}{e^{0.000104 t}} - \frac{315.08}{e^{0.00012 t}} + \frac{3.89}{e^{0.0055 t}} - 13.4$	$Tp = 24.6 + \frac{324.59}{e^{0.000104 t}} - \frac{315.08}{e^{0.00012 t}} + \frac{3.89}{e^{0.0055 t}}$

表5中の  $y = f(t)$  は実験系B点における温度変化量を示す。ゆえにB点温度  $Tp$  は21式によって示される。

$$Tp = y_0 + y \quad \dots\dots\dots(21)$$

21式に $y_0=38$ 、および表5中の $y$ の式を代入し、B点における温度を示す式を導いた。 $Tp=f(t)$ の式に $t$ の値を20秒毎に代入し温度の計算を行ない、同一時間内における実験値と理論値の比較を行なった。図5に各時間における(実験値-理論値)の値を示す。

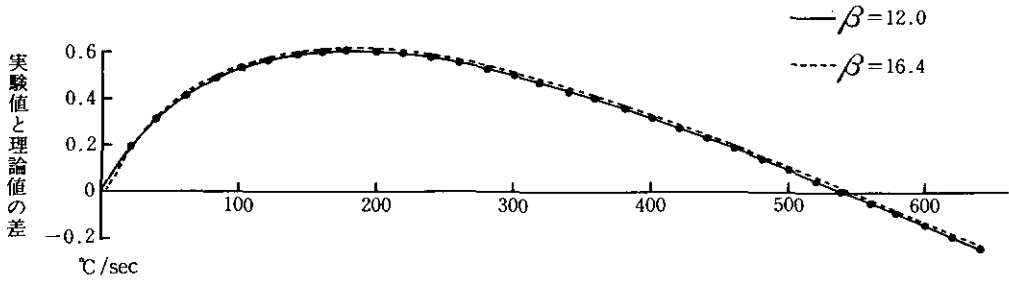


図5. B点温度の実験値と理論値の差

図5の結果から $\gamma=0.0055$ を用いた場合、 $\beta=12.0$ 、および $\beta=16.4$ の場合とも、540秒に至るまでは、いずれの時間においても理論値の温度低下が大であり、140秒~240秒では $0.6^{\circ}\text{C}$ の差を生じている。また平衡点以後は反対の現象を示す。

このため系の放熱効果を、平衡点到達以前の時間において減少させる操作が必要である。その方法としては $\gamma$ 値を変化させることを試みた。

### 7. B点の温度変化を示す理論式

上記理論式における $c$ 値はそのまま $4.0$ の値を用い、 $\gamma=0.001, 0.002, 0.003$ の3通りのケースにおいて $k_{\alpha}, k_{\beta}, h$ の値を計算(表6)し、これを20式に代入し $Tp=f(t)$ の温度式を導いた。表7にこの温度式を示す。

表6  $\gamma=0.001, 0.002, 0.003$ を用いた場合の $k_{\alpha}, k_{\beta}, h$  値

$\beta$	$\gamma$	$k_{\alpha}$	$h$	540 秒における 吸熱効果	$k_{\beta}$
12.0	0.001	$1.688k_{\beta}$	-1.180	1.67	0.000003
	0.002	$1.843k_{\beta}$	-1.317	2.64	0.000089
	0.003	$1.934k_{\beta}$	-1.397	3.21	0.000138
16.4	0.001	$1.685k_{\beta}$	-1.068	1.67	0.000002
	0.002	$1.839k_{\beta}$	-1.192	2.64	0.000074
	0.003	$1.930k_{\beta}$	-1.264	3.21	0.000113



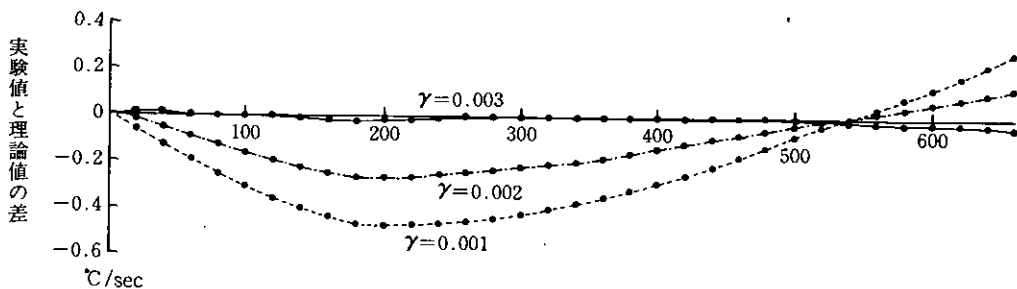
表7  $\gamma=0.001, 0.002, 0.003$ を用いた場合の温度式

$\beta$	$\gamma$	$Tp=f(t)$
12.0	0.001	$29 + \frac{5.416}{e^{0.0000015t}} - \frac{0.404}{e^{0.00015t}} + \frac{3.988}{e^{0.001t}}$
	0.002	$29 + \frac{24.25}{e^{0.0000468t}} - \frac{19.07}{e^{0.00015t}} + \frac{3.82}{e^{0.002t}}$
	0.003	$29 + \frac{47.371}{e^{0.000074t}} - \frac{42.182}{e^{0.00015t}} + \frac{3.811}{e^{0.003t}}$
16.4	0.001	$24.6 + \frac{9.863}{e^{0.0000012t}} - \frac{0.455}{e^{0.00012t}} + \frac{3.992}{e^{0.001t}}$
	0.002	$24.6 + \frac{40.11}{e^{0.0000475t}} - \frac{30.56}{e^{0.00012t}} + \frac{3.85}{e^{0.002t}}$
	0.003	$24.6 + \frac{89.358}{e^{0.0000752t}} - \frac{79.804}{e^{0.00012t}} + \frac{3.846}{e^{0.003t}}$

前記と同様の方法で同一時間における観察温度と、理論式から導びかれた値との比較を行なった。主な結果を表8、および図6、図7に示す。

表8 感温部温度の実験値と理論値の差

$t$ (sec)	実験値 (℃)	実験値と理論値の差					
		$\beta=12.0$			$\beta=16.4$		
		$\gamma=0.001$	$\gamma=0.002$	$\gamma=0.003$	$\gamma=0.001$	$\gamma=0.002$	$\gamma=0.003$
100.0	37.31	-0.316	-0.168	0.019	-0.314	-0.167	0.024
200.0	36.81	-0.477	-0.268	-0.020	-0.475	-0.266	-0.013
300.0	36.56	-0.422	-0.218	0.007	-0.418	-0.216	0.014
400.0	36.42	-0.285	-0.137	0.010	-0.280	-0.137	0.015
500.0	36.37	-0.086	-0.032	0.006	-0.080	-0.035	0.008
600.0	36.37	0.139	0.070	-0.020	0.147	0.064	-0.021

図6.  $\beta=12.0$ のときのB点温度の実験値と理論値の差

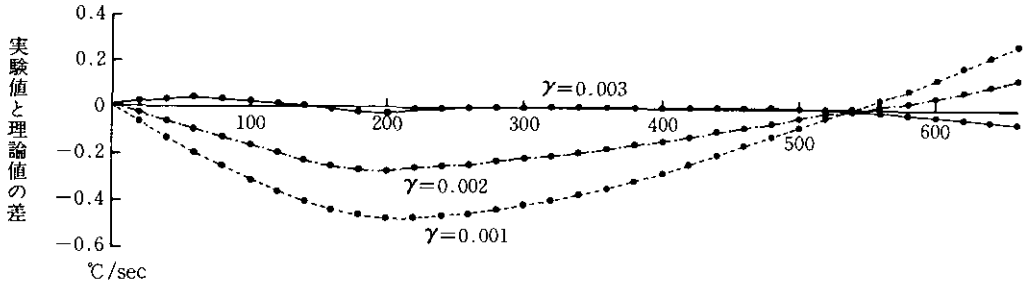


図7.  $\beta=16.4$ のときのB点温度の実験値と理論値の差

表8にみられる理論値と実験値の差について $0.1^{\circ}\text{C}$ 以下のものは、この実験系における温度測定精度以下のものであり、その差は実質的には無視されるものである。

$\beta=12.0^{\circ}\text{C}$ ,  $\alpha=0.00015\text{deg/sec}\cdot\text{deg}$ ,  $k_{\beta}=0.000138\text{deg/sec}\cdot\text{deg}$ ,  $\gamma=0.003\text{deg/sec}\cdot\text{deg}$ の係数を用いた理論式

$$y = \frac{47.371}{e^{0.000074t}} - \frac{42.182}{e^{0.00015t}} + \frac{3.811}{e^{0.003t}} - 9.0$$

によって、B点温度は測定精度 $0.1^{\circ}\text{C}$ 以内の精度において示されることが見出された。

以上の結果が本論文における結論である。

### ま と め

本報においては前報<sup>(2)</sup>と同様の実験条件下で、被服材料としてアクリルジャージを用いた場合の、熱移動の要因の解析を行なった。その結果、かなり高い近似値度において薄層空間における温度変化を解明することができた。これは理論式に従って熱移動が行われていることを示すものであり、導き出された熱貫流係数( $k_{\beta}$ )の信頼度が高いことを意味すると考えられる。

前報コントロールと、本報アクリルジャージにおける熱移動に関する数値を比較すると、

表9 コントロールとアクリルジャージ系の $\alpha$ ,  $k_{\beta}$ ,  $\gamma$  値

系 \ 係数	$\alpha$	$k_{\beta}$	$\gamma$
コントロール	0.00038	0.000266	0.0055
アクリルジャージ	0.00015	0.000138	0.003

上記表9の値となり、アクリルジャージはコントロールの場合の約 $\frac{1}{2}$ の数値を示している。すなわち熱移動速度が $\frac{1}{2}$ に低下していることを示す。特に中心的な意味をもつ $k_{\beta}$ は熱貫流にかかわる係数であり、コントロール $k_{\beta}$ /アクリルジャージ $k_{\beta}$ が、アクリルジャージの保温効果と考えられ、約2倍の値を示す。

また本実験のように高温放熱系と、低温系の温度差を大きくした場合、系の吸熱効果の影響は六である。このため $c$ 値、および $\gamma$ 値は、理論式が最も高い近似値を示す条件に合せて設定されている。これらの値を実験系のもつ物理的特性として、理論的に導くことは今後の課題として残されている。

本実験系における実験開始当初、温度が一定に保たれる現象は、アクリルジャージ以外の素材においても起こりうることであり、素材の持つ熱貫流の阻害効果を検討する上での一要因となることが推測される。

#### 引用文献

- 1) 寺岡・若山：北星短大紀要、19、19（1977）
- 2) 寺岡・若山：北星短大紀要、20、43（1978）