

## 被服材料の保温性の研究

## その16 アクリルジャージを用いた実験系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、一定の実験系を用いて得られた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>13)</sup>においては実験系に実験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。また前報<sup>14)</sup>においては、被服材料としてアクリルジャージを用いた場合の温度変化曲線の解析を行なった。これら13報および14報においては高温放熱系の温度変化に関する係数( $\alpha$ 値とする)や、低温系の吸熱に関する係数( $C$ 値・ $r$ 値とする)については、理論式が実験値に最も近い近似を示すように計算上仮定された値が用いられた。前報<sup>15)</sup>においては理論式の構成因子である三つの係数、すなわち $\alpha$ 値、 $C$ 値、 $r$ 値のうち、 $\alpha$ および $C$ 値について実験的解明を試み、なお一部分の仮定値は組込まれてはいるがその値を明らかにすることができた。

本報においては上記の係数を用いて理論式を構成し、アクリルジャージを実験系に設定した場合、および設定しない場合についての温度変化曲線の解析を行なった。

## 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の円板上にこれをカットし、実験開始前から所定の位置にセットしておき、布自体のも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<sup>15)</sup>と同様である。被服材料を設置した場合の保温性測定装置の模式図を図1に示す。

高温放熱系から低温系への熱移動の径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。

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°Cの水を循環させ、薄層空間にセットした電子温度

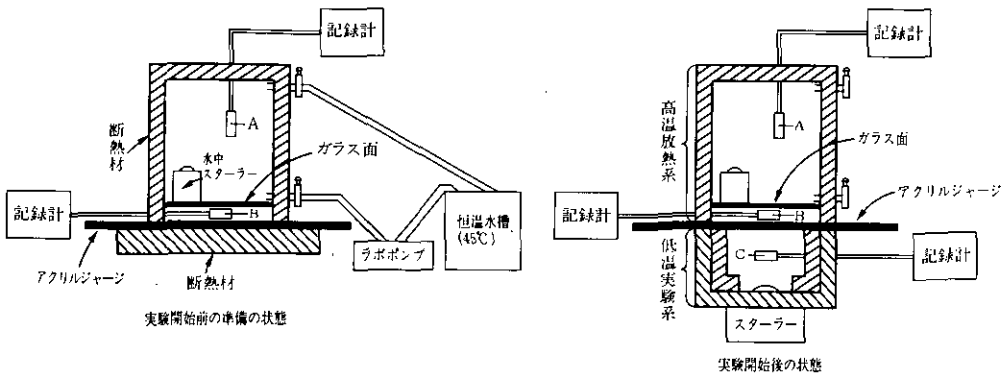


図1 保温性測定装置模式図  
(図中 A, B, C は電子温度計感温部を示す)

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3点の温度を記録した。

1. 高温放熱系感温部温度(A)
  2. 薄層空間感温部温度(B)
  3. 低温実験系感温部温度(C)
- } 共に温度変化をフルスケール 4°C の記録計で 20mm/min の速度で記録させた。

高温放熱系の温度変化を解析するために240分の継続測定を行ない、この感温部の示す記録カーブのもとに高温放熱系温度低下に関する係数を求め、さらにB感温部における温度変化をコントロール系、アクリルジャージ系共に、20秒毎に平衡点温度経過後240秒位までの値を求め、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: 44.5°C	$k_\beta$	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: 18.5°C	$T_\beta$	低温実験系の感温部 $t=0$ における温度: 26.0°C
$\alpha$	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: 12.0°C
$y_0$	感温部 (B) の $t=0$ における温度: 38.0°C	$C$	実験系の吸熱効果による最大低下温度: 4.7°C
$y$	感温部温度	$r$	実験系の吸熱効果に関する係数
$h$	時間の経過に従い $(y_0 - y)$ に比例して低下する温度の比例定数		

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

条件系	室温 (°C)	感温部 (B) 実験開始温度 (°C)	感温部 (B) 平衡点温度 (°C)	温度平衡までの所要時間 (sec)	高温放熱系実験開始温度 (°C)	低温系実験開始温度 (°C)	実験終了までの所要時間 (min)
アクリルジャージ	26.0	38.0	34.65	460	44.5	26.0	240
コントロール	26.0	38.0	35.3	240	44.5	26.0	240

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, およびコントロール実験系のB点における温度変化曲線を示す。

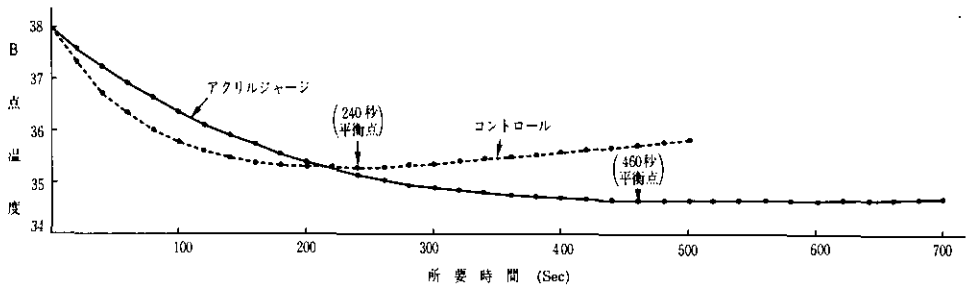


図2 アクリルジャージおよびコントロールの温度変化曲線

これらのカーブの特徴は, アクリルジャージの場合は460秒で平衡点に達し, またコントロールの場合は240秒で平衡点に達し, 以後温度上昇を示すことである。なお温度測定精度は 0.1°C 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説明するため, 高温放熱系の温度変化曲線を求めた (図3)。

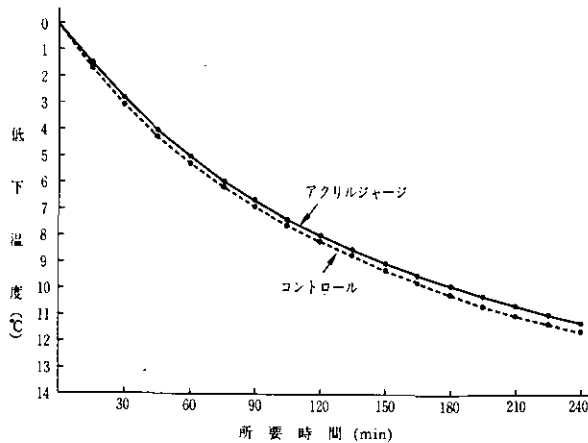


図3 高温放熱系の温度変化曲線

高温放熱系の温度は  $t \rightarrow \infty$  で  $\beta$  °C 低下し、室温と等温になるものと考えられ、その温度変化曲線は前報と同様に  $(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}})$  に従うものとした。

### 2-1 アクリルジャージ系の $\alpha$ 値について

$\alpha$  値について実験上の近似値を求めるために、前報14と同様の方法を用いた。すなわち  $\alpha=0.00007$  から  $\alpha=0.000095$  までの値を用い、 $(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}})$  による温度変化を計算し実験値と計算値との差を求めた。その主な値を図4に示す。

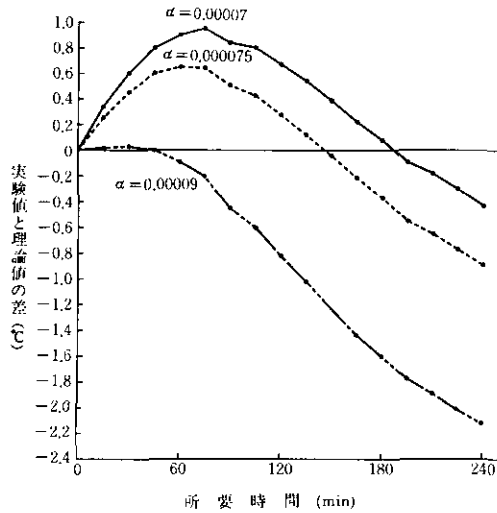


図4 アクリル系A点温度の実験値と理論値の差

図4に見られるように、いずれの場合も実験初期には温度低下が少なく、以後は温度低下が大であり、 $\alpha$  値が大きい場合は実験初期においては実験値と近似の値を示すが、時間の経過に伴い理論値の温度低下が大となる。

これは  $\alpha$  値を一定に設定することに起因するもので、より近い近似を追求するためには  $\alpha$  値を時間と共に変化させる必要がある。このため前報15と同様に  $\alpha t$  に代って  $(\alpha + (k-t)\alpha)t$  の式を用い、温度低下を計算した。その結果、結論として  $\alpha=0.000075$ ,  $k=8880$ ,  $\alpha k=0.00002/8880 = 2.25 \times 10^{-9}$  の値を用いた場合が、実験値との高い近似を示すことを見出した。その結果を図5に示す。

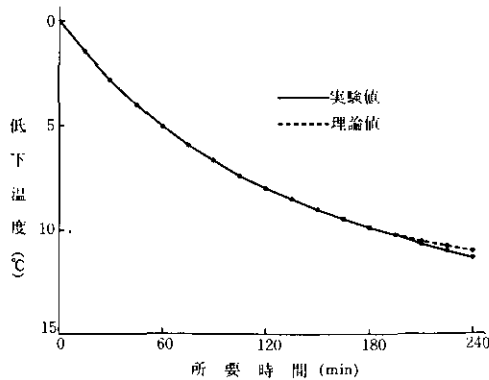


図5 アクリル系高温放熱系温度変化曲線 (実験値と理論値)

すなわちアクリルジャージの高温放熱系における温度変化曲線は  $\left(18.5 - \frac{18.5}{e^{(9.48 - 0.000225t) \cdot 10^{-5}t}}\right)$  を用いることが妥当であることが結論された。

2-2 コントロール系の  $\alpha$  値について

コントロール系の場合もアクリルジャージ系と同様に、 $\alpha=0.00008$  から  $\alpha=0.00009$  に至るまでの  $\alpha$  値を用い  $\left(\beta - \frac{\beta}{e^{\alpha t}}\right)$  による温度変化を計算した。その主な値の実験値と理論値の差を図6に示す。

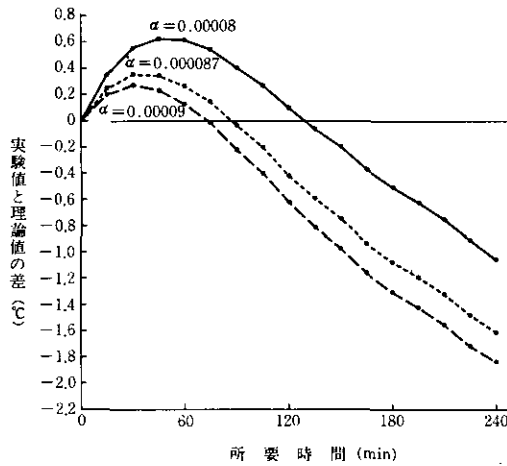


図6 コントロール系A点温度の実験値と理論値の差

コントロール系もアクリル系と同様に  $\alpha$  値を検討した結果、 $\alpha=0.000087$ ,  $k=5300$ ,  $\alpha\alpha=0.0000198/5300=3.74 \times 10^{-9}$  を用いた計算式が高い近似を示すことを確認した。この時の温度変化曲線を図7に示す。

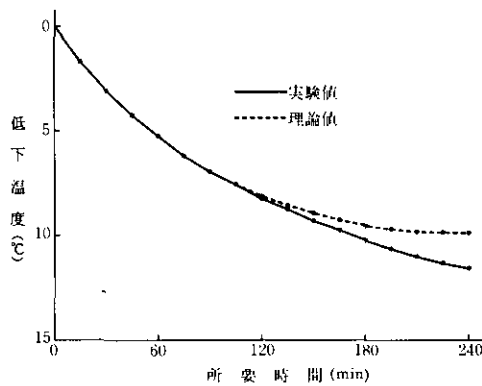


図7 コントロール系の高温放熱系温度変化曲線 (実験値と理論値)

以上の結果から高温放熱系における温度変化曲線は  $\left(18.5 - \frac{18.5}{e^{(10.6822 - 0.000374t) \cdot 10^{-5}t}}\right)$  を用いること

が妥当であることが結論された。

なおこれらの式を用いた場合、アクリルジャージ系においては  $t$  の値が 11700 秒以上、またコントロール系では  $t$  の値が 7200 秒以上に大きくなると温度低下が少なくなるが、本論文の B 点温度解明には約 700 秒までの温度変化を対象とするため、この程度の近似で妥当であろうと判断した。

### 3. 温度変化を示す微分方程式

系の温度変化については前報と同様の微分方程式を求めた。すなわち温度変化を示す式として次の式が与えられる。

$$\frac{dy}{dt} = k_a \left( T_a - \beta + \frac{\beta}{e^{at}} - y \right) - k_\beta \{ T - h(y_0 - y) \} \quad \dots\dots\dots(1)$$

この微分方程式の一般解として 2 式がえられる。

$$y = \frac{C_0}{e^{(k_a + k_\beta h)t}} + \frac{k_a T_a - \beta k_a - k_\beta T + k_\beta h y_0}{k_a + k_\beta h} + \frac{\beta \cdot k_a}{k_a + k_\beta h - \alpha} \cdot \frac{1}{e^{at}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

2 式における第 2 項  $\frac{k_a T_a - \beta k_a - k_\beta T + k_\beta h y_0}{k_a + k_\beta h}$  は時間に規定されない項で、 $t = \infty$  における  $y$  の値を示す係数となる。ゆえに 3 式の値を示す。

$$\frac{k_a T_a - \beta k_a - k_\beta T + k_\beta h y_0}{k_a + k_\beta h} = -12 \quad \dots\dots\dots(3)$$

また  $C_0$  は初期値を決定する積分定数である。それゆえ 2 式から  $C_0 = 12 - \frac{\beta \cdot k_a}{k_a + k_\beta h - \alpha}$  がえられる。2 式に  $T_a = 44.5$ ,  $\beta = 18.5$ ,  $T = 12.0$ ,  $y_0 = 38.0$  の値を代入し、 $k_a$  および  $h$  の値を求め、この係数を 2 式に代入した。さらにこの式に  $t = 460$  の値を代入すると、2 式は温度変化曲線の平衡点温度を示すものとなる。しかし 2 式による計算値は実験系の平衡点である  $-3.35$  の値は示さない。このため温度低下要因を付加する必要性が前報と同様に認められる。

前報 15 と同様に系の吸熱効果を  $\left( C - \frac{C}{e^{rt}} \right)$  に従うものとし、 $C$  値については前報 15 において解析した  $C = 4.7$  の値を用いた。

吸熱効果を用いた温度変化を示す式として 4 式が導かれる。

$$\frac{dy}{dt} = k_a \left( T_a - \beta + \frac{\beta}{e^{at}} - y \right) - k_\beta \left\{ T - h(y_0 - y) + \left( C - \frac{C}{e^{rt}} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots(4)$$

この微分方程式の解として 5 式がえられる。

$$y = \frac{C_0}{e^{(k_a + k_\beta h)t}} + \frac{k_a T_a - \beta k_a - k_\beta T + k_\beta h y_0 - C k_\beta}{k_a + k_\beta h} + \frac{\beta \cdot k_a}{k_a + k_\beta h - \alpha} \cdot \frac{1}{e^{at}} + \frac{C k_\beta}{k_a + k_\beta h - r} \cdot \frac{1}{e^{rt}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

さらに 5 式に系からの吸熱効果による温度減少分  $\left( C - \frac{C}{e^{rt}} \right)$  の効果を加えた 6 式を導いた。

$$y = \frac{C_0}{e^{(k_\alpha + k_\beta h)t}} + \frac{k_\alpha T_a - \beta k_\alpha - k_\beta T + k_\beta h y_0 - C k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h} + \frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} \cdot \frac{1}{e^{\alpha t}} + \frac{C k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma} \cdot \frac{1}{e^{\gamma t}} - \left( C - \frac{C}{e^{\gamma t}} \right) \dots\dots\dots(6)$$

6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

$$\frac{k_\alpha T_a - \beta k_\alpha - k_\beta T + k_\beta h y_0 - C k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h} - C = -12.0$$

となる。

6式における  $C_0$  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  $C$  値を 4.7 に設定した場合には

$$C_0 = 7.3 - \frac{\beta k_\alpha}{k_\alpha + k_\beta h - \alpha} - \frac{C k_\beta}{k_\alpha + k_\beta h - \gamma}$$

の値を示す。

4.  $\gamma$  値と温度変化の関係について

系の温度変化を大きく左右する因子は  $\gamma$  値と推察される。それゆえ  $\gamma$  値を変化させて温度変化曲線を求めることを試みた。

4-1. アクリルジャージ系について

6式における  $\gamma$  値としては前報14における値、すなわち  $\gamma = 0.003$  を用いた。さらに平衡点温度  $y = -3.35$  を用い、 $k_\alpha, h$ , および  $k_\beta$  の値を計算した。

なお高温放熱系の係数としては、前述の  $\alpha = 0.000075 + ((8880 - t) \cdot (0.00002/8880))$ ,  $\beta = 18.5$  を用いた。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

$k_\beta$	$k_\alpha$	$h$	460秒における吸熱効果(°C)
$1.554 \times 10^{-4}$	$2.1625 k_\beta$	- 2.221	3.5176

表4の値を6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。

$$y = \frac{-114.326}{e^{0.000146t}} + \frac{0.006216}{(0.000146 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.444}{e^{0.003t}} - 12 \dots\dots\dots(7)$$

$y = f(t)$  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  $T_p$  は次の式となる。

$$T_p = 26.0 + \frac{-114.326}{e^{0.000146t}} + \frac{0.006216}{(0.000146 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.444}{e^{0.003t}} \dots\dots\dots(8)$$

※ 7.8式中の  $\alpha = 0.000075 + ((8880 - t) \cdot (0.00002/8880))$

$T_p = f(t)$  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8に各時間における温度を示す。

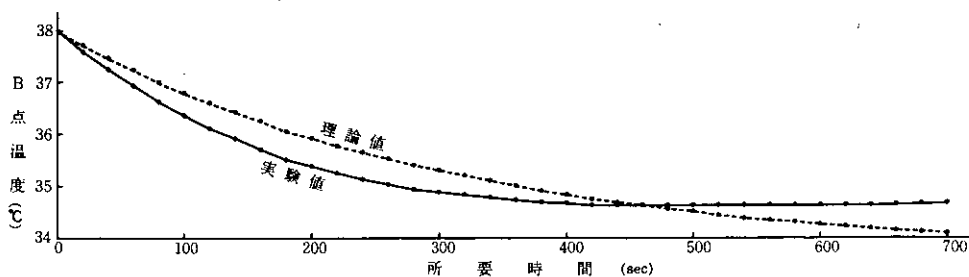


図8 アクリルジャージ系 B 感温部温度変化曲線 (実験値と理論値)

図8の結果から、460秒に至るまでは理論値の温度低下が小であり、最大で0.569°Cの差を生じており、460秒以後においては理論値の温度低下が大となる。このため系の温度低下速度を平衡点到達以前において増加させ、その後は減少させる操作が必要となる。そのためには $r$ 値を大きくするのが妥当と考えられ、 $r=0.004$ 、および0.005を用い、前述と同様に $k_a$ 、 $h$ および $k_\beta$ の値を計算した。その結果を表5に示す。

表5  $r=0.004, 0.005$  を用いた場合の  $k_\beta, k_a, h$  の値

$r$ 値	$k_\beta$	$k_a$	$h$	460秒における吸熱効果 (°C)
0.004	$1.587 \times 10^{-4}$	$2.2285 k_\beta$	-1.2695	3.9535
0.005	$1.615 \times 10^{-4}$	$2.2701 k_\beta$	-1.3001	4.2288

表5の値を用いた理論式は9, 10となる。

$r=0.004$  の場合

$$T_P = 26.0 + \frac{-106.402}{e^{0.0001525t}} + \frac{0.006549}{(0.0001525 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.506}{e^{0.004t}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$r=0.005$  の場合

$$T_P = 26.0 + \frac{-102.464}{e^{0.0001567t}} + \frac{0.006782}{(0.0001567 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.543}{e^{0.005t}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

理論式による温度変化曲線の値を図9に示す。

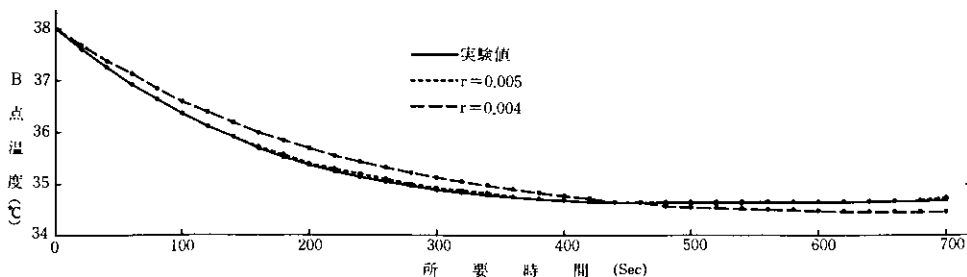


図9  $r=0.004, 0.005$  を用いた B 感温部温度変化曲線



また表6に700秒までの上記二通りの式の実験値との差を示す。

表6 感温部温度の実験値と理論値の差

t (sec)	実験値 (°C)	実験値と理論値の差	
		r=0.004	r=0.005
100.0	36.38	-0.225	0.008
200.0	35.40	-0.303	-0.048
300.0	34.91	-0.222	-0.040
400.0	34.70	-0.083	-0.011
500.0	34.65	0.066	0.021
600.0	34.66	0.175	0.018
700.0	34.69	0.236	-0.022

図9の結果から r=0.005 を用いた場合の理論式が実験値に最も近似な値を示すことが認められる。また表6に示される実験値と理論値の差について、0.1°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、その差は実質的に無視されるものと考えられる。

以上の結果から  $\alpha = (9.48 - 0.000225t)10^{-5}$  deg/sec·deg,  $k_{\beta} = 1.615 \times 10^{-4}$  deg/sec·deg,  $r = 0.005$  deg/sec·deg, の係数を用いた理論式

$$y = \frac{-102.464}{e^{0.0001567t}} + \frac{0.006782}{(0.0001567 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.543}{e^{0.005t}} - 12 \dots\dots\dots(11)$$

によって、アクリルジャージ系 B 点温度は、測定精度 0.1°C 以内の精度において示されることが見出された。以上11式がアクリルジャージ系における結論である。

4-2. コントロール系について

6式における r の値としては 0.007~0.01 に至る値を使用し、さらに平衡点温度  $y = -2.7$  を用い  $k_{\alpha}$ ,  $h$ , および  $k_{\beta}$  の値を計算した。なお高温放熱系の係数として前述の

$$\alpha = 0.000087 + ((5300 - t) \cdot (0.0000198/5300)), \beta = 18.5$$

を用いた。その結果を表7に示す。

表7 r=0.007, 0.008, 0.0095, 0.01 を用いた場合の  $k_{\beta}$ ,  $k_{\alpha}$ ,  $h$  の値

r 値	$k_{\beta}$	$k_{\alpha}$	$h$	240秒における吸熱効果 (°C)
0.007	$2.213 \times 10^{-4}$	$2.1965 k_{\beta}$	-1.246	3.824
0.008	$2.308 \times 10^{-4}$	$2.2242 k_{\beta}$	-1.2663	4.011
0.0095	$2.432 \times 10^{-4}$	$2.2551 k_{\beta}$	-1.289	4.219
0.01	$2.467 \times 10^{-4}$	$2.2631 k_{\beta}$	-1.295	4.274

またこの4通りの値を用いた理論式は、12, 13, 14, 15となる。

r = 0.007 の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-79.35}{e^{0.0002104t}} + \frac{0.009}{(0.0002104 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.5468}{e^{0.007t}} \dots\dots\dots(12)$$

$r = 0.008$  の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-75.713}{e^{0.000221t}} + \frac{0.009496}{(0.000221 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.5606}{e^{0.008t}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

$r = 0.0095$  の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-71.714}{e^{0.000235t}} + \frac{0.01015}{(0.000235 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.5766}{e^{0.0095t}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$r = 0.01$  の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-70.768}{e^{0.0002389t}} + \frac{0.01033}{(0.0002389 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.5812}{e^{0.01t}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

※ 12, 13, 14, 15 式中の  $\alpha = 0.000087 + ((5300 - t) \cdot (0.0000198/5300))$

理論式による温度変化曲線の主なものを図10に示す。

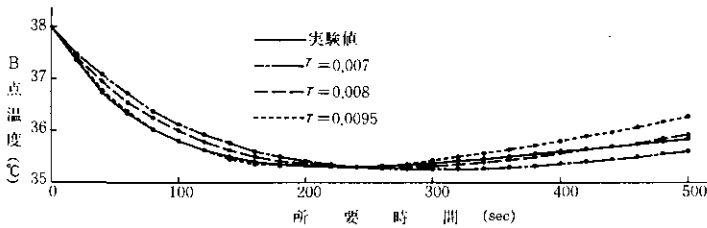


図10  $r = 0.007, 0.008, 0.0095$  を用いたコントロール B 感温部温度変化曲線

図10の結果から、実験初期においては  $r = 0.0095$  を用いた理論式が実験値に最も近似な値を示し、平衡点温度以後は理論値の温度低下が少なくなる。また  $r = 0.007$  を用いた理論式は実験初期においては理論値の温度低下が少なく、平衡点温度以後は理論値の温度低下が大である。 $r = 0.008$  を用いた場合には平衡点温度以降は実験値と近似の値を示す。これは  $r$  値が時間と共に、すなわち系の温度変化にともなって変化しているためと推察される。それゆえ前報15と同様に  $r$  値を変数とする考えを導入した。

$r = 0.0095 - k \cdot t$  とし、 $k$  の値を図10の結果から  $0.0015/440 = 3.4 \times 10^{-6}$  と設定し、 $r$  値を変数とした場合の  $k_a, h$  の値を計算した。その結果を表8に示す。

表8  $r = 0.0095 - k \cdot t$  を用いた場合の  $k_a, h$  の値

$k_a$	$h$	240秒における吸熱効果 (°C)
$2.2396 k_\beta$	-1.2777	4.115

表8の数値、および表7の  $k_\beta = 2.213 \times 10^{-4}$ 、および  $k_\beta = 2.308 \times 10^{-4}$  を用いて温度変化曲線を求めた。その理論式は 16, 17 となる。

$k_p=0.0002213$  の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-79.003}{e^{0.0002129t}} + \frac{0.0091686}{(0.0002129 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{0.0010401}{(0.0002129 - \gamma)e^{\gamma t}} + \frac{4.7}{e^{\gamma t}} \dots\dots\dots(16)$$

$k_p=0.0002308$  の場合

$$T_p = 26.0 + \frac{-75.592}{e^{0.000222t}} + \frac{0.0095626}{(0.000222 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{0.0010847}{(0.000222 - \gamma)e^{\gamma t}} + \frac{4.7}{e^{\gamma t}} \dots\dots\dots(17)$$

16, 17式による温度変化曲線を図11に示す。

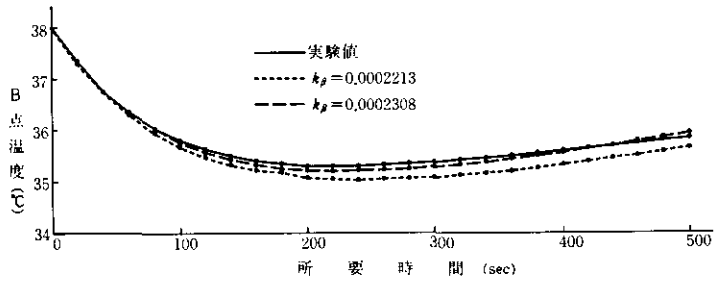


図11  $\gamma$  値を時間的に変化させた場合のコントロール B 感温部温度変化曲線

また表9に100~500秒までの実験値と16, 17式の差を示す。

表9 コントロール B 感温部温度の実験値と理論値の差

t (sec)	実験値 (°C)	実験値と理論値の差	
		16式	17式
100.0	35.80	0.100	0.031
200.0	35.32	0.227	0.093
300.0	35.39	0.289	0.095
400.0	35.60	0.260	0.008
500.0	35.85	0.181	-0.125

以上の結果から  $\alpha = (10.6822 - 0.000374 t) 10^{-5}$  deg/sec · deg,  $k_p = 2.308 \times 10^{-4}$  deg/sec · deg,  $\gamma = (9.5 - 0.0034 t) 10^{-3}$  deg/sec · deg の係数を用いた理論式

$$y = \frac{-75.592}{e^{0.000222t}} + \frac{0.0095626}{(0.000222 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{0.0010847}{(0.000222 - \gamma)e^{\gamma t}} + \frac{4.7}{e^{\gamma t}} - 12 \dots\dots\dots(18)$$

によって、B 点温度は測定精度 0.1°C の精度において示されることが見出された。

以上18式がコントロール系における結論である。

5. コントロール系およびアクリルジャージ系の温度変化量について

表10に熱移動にかかわる係数の値を示す。

表10 コントロール系、アクリルジャージ系の  $\alpha$ ,  $\tau$ ,  $k_p$  値

	$\alpha$	$\tau$	$k_p$
コントロール系	$(10.6822 - 0.000374t)10^{-5}$	$(9.5 - 0.0034t)10^{-3}$	$2.308 \times 10^{-4}$
アクリルジャージ系	$(9.48 - 0.000225t)10^{-5}$	0.005	$1.615 \times 10^{-4}$

表10の結果から、熱移動速度はアクリルジャージを用いた系において、より低下することが認められる。

特に  $k_p$  は熱貫流係数としての意味を持つ係数であり、コントロール  $k_p$ /アクリルジャージ  $k_p$  がアクリルジャージの保温効果と考えられ約 1.5 倍の値を示す。

理論式を構成する場合、実験系の示す吸熱効果として作用する  $\tau$  値は、アクリルジャージ系においては定数として作用させた場合に実験値に近似な値を示し、コントロール系の場合は時間と共に減少させた場合に実験値に近似な値を示す結果を得た。すなわちコントロール系においては温度差の大きい場合に  $\tau$  が大きく作用していることを意味し、温度差が少なくなるに従いその値が減少していくものと考えられる。これに比してアクリルジャージ系においては、アクリルジャージが熱移動における緩衝作用を果している結果、理論式上の  $\tau$  値は一定と推察される。

次に B 感温部温度変化曲線は一定の時間の経過後に最初の平衡点に到達し、それ以後曲線の向きは反転し、更に最終的な平衡状態に向かって変化することが前報までの実験により確認されている。本報における二つの系の B 感温部温度変化曲線(図2)は、実験初期においては明らかにアクリルジャージ系の温度低下が少なく、コントロール系は急速な温度低下を示し、アクリルジャージの保温効果は明らかである。また平衡点に到達する時間もコントロール系はアクリルジャージ系の 1/2 である。しかし両者の温度変化曲線を比較すると、平衡点温度はアクリルジャージ系が低く、薄層空間の温度低下が大であることを示している。これは薄層空間のみについてみると、アクリルジャージが高温放熱系から低温系への熱量の移動をコントロール系以上に促進していることを示すものである。被服材料の保温性という観点からはこの事実は相反するもののように考えられる。しかしこの点については今後実験系の C 点の温度や、低温系下部のスターラーの回転による効果などを検討することによって解明すべき問題であると考えられる。

## ま と め

前報までに用いられてきた保温性測定のための実験系を用い、室温 26°C、高温放熱系 44.5°C、感温部実験開始温度 38°C に設定した場合、コントロールの温度変化曲線として

$$y = \frac{-75.592}{e^{0.000222t}} + \frac{0.0095626}{(0.000222 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{0.0010847}{(0.000222 - \tau)e^{\tau t}} + \frac{4.7}{e^{\tau t}} - 12$$

またアクリルジャージを材料に用いた場合の温度変化曲線として

$$y = \frac{-102.464}{e^{0.0001567t}} + \frac{0.006782}{(0.0001567 - \alpha)e^{\alpha t}} + \frac{4.543}{e^{0.005t}} - 12$$

が得られた。

この式において布の持つ熱貫流係数を意味する値として  $k_p = 1.615 \times 10^{-4}$  が得られ、これはコントロールの値  $k_p = 2.308 \times 10^{-4}$  に比較して約 70%の大きさのものであることが見出された。

引用文献

- 1) 寺岡・若山；北星短大紀要，20，43（1978）.
- 2) 寺岡・若山；北星短大紀要，21，43（1981）.
- 3) 寺岡・若山；北星短大紀要，22，21（1983）.