

## 現用防火服の性状について

武 居 貢\*  
市 川 治 臣\*  
池 辺 昇 一\*

### 1. はじめに

消防隊員が火災現場で着用する防火服は、地味な存在ではあるが消防行動上に不可欠の貴重な装備である。その良否は、直接に消防隊員の身体に作用して、防ぎよへの影響はきわめて大きなものがある。

ところで、防火服の理想とする要件は、

- 防火服の使命である防護性を有効に備えること。(耐熱、防熱、緩衝、耐薬品等の効果が大きいこと。)
- 生体への負担が少なく、機能的で作業用として適すこと。(軽い、通気がよい、防水される等運動、生理作用に支障が少ないこと。)

等であるが、現実には、この両者を満身に兼ね備えることは困難である。そこでこのたび現在、当庁において一般火災用として採用しているいわゆるアルミックス防火服(以下単に「アルミックス」という。)とネオプレン防火服(以下単に「ネオプレン」という。)について改良の目的をもって、服地の工学的性状と、防火服の被服性について実験、測定し検討を加えた(一部の項目については、特殊火災用の耐熱服についても行った)のでその結果を報告する。

### 2. 防火服地の工学的性状

#### (1) 組 成

##### ア、アルミックス

ビニロン、#20、平織、オックスフォード基布の表面に高純度のアルミニウム粉末を混入したハイパロン(クロルスルホン化ポリエチレン系合成ゴム)を接着したもの。

##### イ、ネオプレン

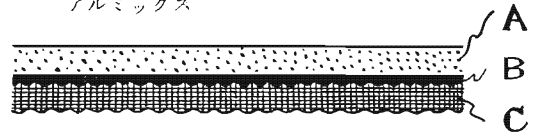
綿、太アヤ、9A、濃紺色の基布の裏面に黒色ネオプレン(クロロプレン系合成ゴム)を接着したもの。

#### (2) 乾、湿状態における熱的効果

乾、湿状態における服地の性状をことさらとらえた

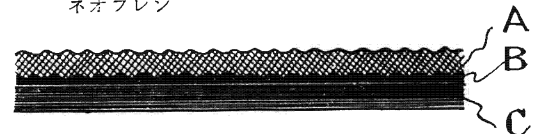
第1図 服地の組成

アルミックス



A: ハイパロン+アルミ粉(表面)  
B: 接着セメント層 C: ビニロン布(裏面)

ネオプレン



A: 綿布(表面)  
B: 接着セメント層 C: ネオプレン(裏面)

のは、防火服には、消火による注水がかかることしばしばであり、この水分の服地に及ぼす影響をみる必要によるものである。

なお、供試服地は、次のものとした。

- 乾燥服地……平常時の状態のもの。
- 湿潤服地……表面にスプレーで散水したもの。

#### ア 測定項目および方法

##### (ア) 服地の重量 ( $g/m^2$ )

20cm×20cmの服地の重量を量り1 $m^2$ 当りに換算。

##### (イ) 服地の耐熱時間

服地をシュバンプバーナーの放射熱0.3cal/cm<sup>2</sup>・secを垂直に受ける位置においたときの焼損する(一定の圧力を加えて破損する)までの時間。

##### (ウ) 受熱による裏面温度

服地を500W赤外線電球の放射熱0.05cal/cm<sup>2</sup>・secを垂直に受ける位置においたときの、服地裏面の温度。

#### イ 測定結果

##### (ア) 服地の重量

アルミックスは、表面に合成ゴムを接着させてあるため散水しても全く吸水されず、若干水滴が附着する程度である、もちろん重量増加もわずかである。ネオプレンは、表面が綿布のため散水により吸水し重量増加率は125%と大きい。乾燥服地では、アルミックス

\* 第一研究室

が重い、湿潤服地では、ネオプレンが逆に重くなる。

(イ) 服地の耐熱時間

乾燥服地では、両服地とも全く同じであり湿潤服地では、若干ネオプレンが耐熱時間が長いが大差はなく同じ傾向とみる。水の作用による耐熱時間延長率は113%程度であってネオプレンについては重量増加率125%と対比するとき耐熱効果は意外に少ない、これは0.3cal/cm<sup>2</sup>・sec と強烈な放射熱をあてたために乾湿服地の効果の差がそれほど顕著にならなかったものと考えられる。

(ウ) 受熱による裏面温度

表 1

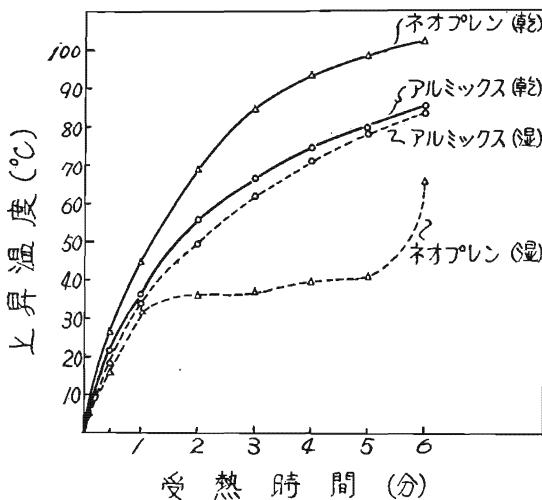
乾, 湿 状 態 の 性 能

服地の状態	服地の種別	服地の重量 (g/m <sup>2</sup> )	服地の耐熱時間 (秒)	服地裏面上昇温度 (°C)						
				受熱30秒後	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後	6分後
乾燥	アルミックス	673	310	21.7	36.9	56.1	67.5	75.4	80.3	86.4
	ネオプレン	578	310	27.2	44.9	69.3	84.7	94.0	99.0	102.6
湿潤	アルミックス	694	350	17.8	33.7	49.2	61.9	71.4	78.7	83.8
	ネオプレン	726	358	17.3	32.5	36.2	37.4	40.0	41.4	66.4

受熱放射熱の測定：東京精工KK放射計

温度の測定：CC熱電対，日立製作所mV計

第2図 服地裏面上昇温度



ウ 考 察

乾燥服地に比べ湿潤服地は、耐熱時間が長く、また裏面上昇温度が低い。またアルミックスに比べネオプレンは、吸水量が多く耐熱、防熱効果が大きい。ただしネオプレンは重量の増加が著しく水の作用が必ずしも効果的とはいえない。

(3) 服地の引張り強さと耐久性

乾燥服地では、両服地とも受熱時間の経過とともに裏面温度は、単調増加の傾向を示すがネオプレンの方が上昇度が大きい。すなわち、30秒後ではアルミックスが21.7°C（当庁の仕様基準：25°C未満）でネオプレンが27.2°Cとすでに5.5°C、4分後では、18.6°Cと大差となっている。湿潤服地では、アルミックスは、単調増加の傾向を示すが、ネオプレンは1分以内は比較的急上昇しその後5分位は上昇が停滞気味で、その後また上昇する。両服地とも水の作用による防熱効果は大きい、特にネオプレンでは数分間は温度上昇は乾燥服地の半分以下に留っている。

防火服は、激しい作業に耐えるとともに、長もちすることが必要である。この性能を判定するため、引張り強さと老化運転を行ないその後の変化をみた。

ア 測定項目および方法

(ア) 引張強さ (kg)

生服地と老化服地について、タテとヨコの強さを測定。

(イ) 老化試験

生服地をウエザーメーター100時間（大気曝露半年間に相当する）の運転にかけて、引張強さと性状をみた。

イ 測定結果

(ア) 引張強さ

生服地では、アルミックスはネオプレンのタテ、ヨコとも2.9倍ほどの強さがある。また両服地ともタテは、ヨコの1.4倍ほどの強さがある。老化服地では、アルミックスはネオプレンのタテは2.2倍ほど、ヨコは2.8倍ほど強いまた強力変化率はネオプレンのタテが最高で14.4%である。

(イ) 老化運転後の性状

○アルミックス……硬化する、やや表面に曲る、光沢が減じる。

○ネオプレン……やや表面に曲る、やや退色、比較

的变化が少ない。

ウ 考 察

- (ア) アルミックスは、ネオプレンの約3倍の引張強さがあるので、破損しやすく耐久性に富むものと思う。
- (イ) 薄く、織目がつみ、合成ゴムを接着させた両服地とも、鋭利のものに対しては切損しやすく、引張強さの差はそのままあらわれない。
- (ウ) 両服地とも引張強さの変化率では大差はないが、ネオブレンは老化運転によって具備すべき最低限の強さを保っているにすぎない
- (エ) アルミックスの老化運転後の硬化、光沢の減退は防熱効果や被服性に影響する問題である。

表 2 引 張 強 さ (単位: kg)

服 地 の 種 別		生 服 地	老化運転後の服地
アルミックス	タ テ	99	89
	ヨ コ	72	65
ネオブレン	タ テ	34	29
	ヨ コ	25	23

引張試験

ショッパー引張試験機

試料巾: 3cm, ツカミ間隔: 15cm

引張速度: 20cm/min,

室内温度: 30.7℃, 室内湿度: 80%

老化運転

全自動万能老化試験機

試料温度: 63±3℃

表 3 強 力 変 化 率 (単位: %)

服 地 の 種 別		60 硫 酸 % 液	35 塩 酸 % 液	60 硝 酸 % 液	水 酢 酸 液	30 水 酸 化 ナトリウム液
アルミックス	タ テ	97	98	64	5	4
	ヨ コ	97	98	99	3	⊕ 2
ネオブレン	タ テ	95	99	77	3	⊕ 4
	ヨ コ	95	97	68	2	2

⊕は強さが増したものの。

$$\text{強力変化率(\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100$$

ここに X<sub>1</sub>: 処理前の引張強さ (kg)

X<sub>2</sub>: 処理後の引張強さ (kg)

(5) 服地の放射性同位体の汚染に対する防護性

現用の防火服地が、R I の汚染に対していかなる影

機内湿度: 52±2%

スプレイ: 12分/60分

カーボンアーク: 2灯

(4) 服地の耐薬品性

防火服は火熱の他に薬品に対しても耐え強いことである。各種の薬品について試験し比較検討した。

ア 試験項目および方法

(ア) 耐酸性および耐アルカリ性試験

酸液、アルカリ液に服地を浸漬したのち水洗し、乾燥させ、処理前後の引張強さを測り強力変化率を算出して性状をみた。

○ 酸液:

60%硫酸液, 35%塩酸液, 60%硝酸液, 水酢酸液

○ アルカリ液:

30%水酸化ナトリウム液

○ 浸漬時間: 24時間

○ 気温: 最高16.9℃, 最低12.5℃

イ 試験結果

(ア) 両服地とも、アルカリには強いが酸には浸されやすい。

(イ) 両服地とも、繊維面は浸されやすいが合成ゴム面は比較的つよい。

ウ 考 察

浸漬試験の結果からは、ややネオブレンがすぐれているが、防火服の着用時における外部からの薬品に対する安全性または服地の安定性について考察するとき、服地の構成上から、合成ゴムを表面にしてあるアルミックスが綿布を表面にしてあるネオブレンよりも有効と思われる。

響と効果があるかを検討する。

ア 測定項目および方法

(ア) 汚染指数および除染指数

服地を、ストロンチウム89で汚染して、洗浄前後の

放射能の強さを測定し、J I S—Z 4507により放射性汚染指数および除染指数を算出し、汚染に対するよごれにくさと、除染しやすさをみる。

(イ) 放射線のしゃへい性

コバルト 60 (r 線測定用) とウラン 238 (β 線測定用) の二つの標準試料を用いて、各核種と測定台の中間に服地を定置し、放射能の強さの計数率を測定し、減衰率を算出、しゃへい性をみる。

イ 測定結果

(ア) 汚染指数は、服地の汚染によるよごれにくさを意味するもので、アルミックスが最もよごれにくく、ネオブレン、耐熱服地の順となる。

(イ) 除染指数は、汚染された服地の洗浄による落ちやすさを意味するもので、アルミックスが最も落ちやすく、ネオブレン、耐熱服地の順となる。アルミックスとネオブレンは水で、また耐熱服地は中性洗剤で除染した方が効果的である。

(ウ) β 線および r 線のしゃへい性は、耐熱服地が最もよく、ネオブレンとアルミックスはほぼ同程度である。

ウ 考 察

アルミックス、ネオブレンおよび耐熱服地の供試材から考察すると、

(ア) 万一 R I に接近して防ぎよをした場合は、耐熱服を着用していた場合が最も安全といえる。ただしその後の除染は最も困難で、特殊洗剤が必要となる。

(イ) R I に接近しないときは、アルミックスの着用が効果的といえる。

表 4 放射性汚染および除染指数

服地の種別	汚染指数	除 染 指 数 ※	
		水で洗ったとき	中性洗剤で洗ったとき
アルミックス	0.93~0.96	0.81~0.87	0.67~0.69
ネオブレン	0.49~0.51	0.62~0.74	0.54~0.55
耐熱服地 (表地のみ)	0.13	0.08~0.09	0.43

核種：ストロンチウム 89 (<sup>89</sup>SrCl<sub>2</sub>)

※洗浄時間は10分間とした。

$$\text{汚染指数} = \log_{10} \frac{D_0}{D_1}$$

$$\text{除染指数} = \log_{10} \frac{D_0}{D_2}$$

ここに D<sub>0</sub>: 水洗前又は除染前の汚染試験面の放射能の強さ(c p m)

D<sub>1</sub>: 水洗後に試験面に残存する放射能の強さ(c p m)

D<sub>2</sub>: 除染し水洗したのちの試験面の放射能の強さ(c p m)

表 5 服地でしゃへいしたときの放射能の強さの減衰率 (単位: %)

服地の種別	コバルト60 ( <sup>60</sup> CoCl <sub>2</sub> ) (r 線)	ウラン 238 ( <sup>238</sup> U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) (β 線)
アルミックス	3.6~3.8	31.4~31.7
ネオブレン	5.9	32.4~36.1
耐熱服地 (表地のみ)	91.4~91.7	62.1~62.7

$$\text{減衰率(\%)} = \frac{D_s - D_N}{D_s} \times 100$$

ここに D<sub>s</sub>: 標準試料の計数率(c p m)

D<sub>N</sub>: 標準試料を服地でしゃへいした場合の計数率(c p m)

3. 防火服の生体への影響

防火服は、従来から防熱、防水等の観点からは工学的に考慮が払われてきた。しかし作業用被服として被服衛生の立場からは、十分に考慮されていないので特にその点についても検討することにした。

防火服を被服衛生の立場から考察するという事になると、これはつねに着用時における生体への負担として取扱う必要がある。すなわち、静的な場合の、防火服を着用することによって生体に与える生理的反応を、皮膚温、呼吸、心臓の機能、発汗、および疲労等の項目について測定し、通常の被服と比較検討を行なう必要がある。さらに運動負荷を与えた場合の生理的反応を同時に測定し、生体への負担の大きさが適当であるか、生理的限界を超えるかという点について検討が必要である。また人間工学の面から疲労が少なく、しかも安全であるという防火服は、いかにあったらよいかという改良の問題にもふれてみた。

これら一連の研究は、検討すべき項目が多く測定者側にも人員の制約があり、その他の理由によって全体としての結論を早急に下すことは困難であるが、個々の測定から得た範囲について報告する。

(1) 静止時における防火服の生体への影響

防火服を着用し静止している場合の負担についての実験を行ったもので、防火服が普通の意味での被服としてどうであるかということの検討になる。すなわち、防火服を着用しただけですでにどの程度の生体負担となるかということの評価についての実験である。被服としての防火服は、実は、通常の衣服と同程度のもの(生体への負担の度合いに関して)であれば好ましいわけであるが、特殊な目的をもっているためにそれは不可能なことである。そこで着用しただけ、す

でに大きな負担になるのであれば被服として改めて考え直す必要がある。そのような意味で次の実験を行った。

ア 実験方法

被験者10人に防火服を肌着の上に着用させた（これは一般の衣服の着方に従った。通常防火服は、上衣の上に着用する筈であるが被服としての性質をみるためにこのような手段を用いた。）30分間椅子に静座させ、その間の呼吸数、脈博数、皮膚温の変化を求めた。30分間としたのは、被験者の精神的な負担ともうひとつは大体20分程度で皮膚温の上昇が一定の限界にとどまり、それ以上変化しないからであった。呼吸数は、サーミスター呼吸数測定装置により、脈博数は、心電図から換算し、皮膚温は、サーミスター温度記録計を用いた。なお被服の着脱を行うため室温を25℃として実験した。

皮膚温は次の5点を測定した。

- A 前額（中央）
- B 前胸部（胸骨剣上突起直上）
- C 背部（第1胸椎稜）
- D 上腕伸側（中央）
- E 大腿伸側（中央）

被服は次の4種類を用いた。

- 作業服
- アルミックス…………… 2,680 g
- ネオプレン…………… 2,750 g
- 耐熱服……………上衣 4,030 g  
ズボン 3,080 g } 9,300 g  
靴 2,190 g

イ 実験成績

防火服30分間の着用で特に暑かったと訴えた者はいなかった。

(7) 呼吸数

実験の初期に平均14回/分であったものが、30分経過後も矢張り平均14回/分であった。個人により1~2回/分の増減のあるものもあったが、平均的にみるならば±0となりほとんど変化がないとみなしうる。

(4) 脈博数

実験の初期に平均64回/分であったものが、30分経過後も平均64回/分であった。個人により2~3回/分の増減のあるものもあったが、平均±0となり呼吸数と同様にほとんど変化がないとみなしうる。

(7) 皮膚温

測定部位によって異なる、前額部では初期33.8~35.0℃であったものが0~0.5℃の上昇をみる。前胸部では、初期33.4~34.6℃であったものが1.0~1.5℃の上昇をみる。背部では、初期33.2~34.5℃であったもの

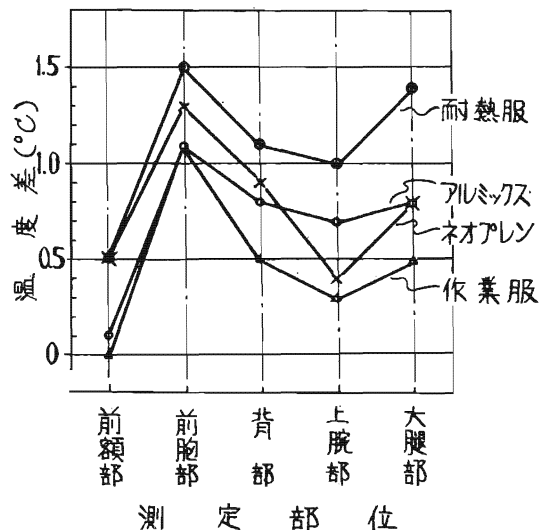
が0.5~1.1℃の上昇をみる。大腿部では、33.2~34.2℃であったものが0.5~1.4℃の上昇をみる。

作業服の上昇度を基準にとり、防火服の上昇をみれば、いずれも作業服に比して上昇度は大きくなっていく。全般的にみると、耐熱服が最も上昇の巾が大きく、アルミックスとネオプレンでは一定の傾向を示さない。

表 6 皮膚温測定値  
Name S. A. age. 31

被服	測定点	裸 時	前	後	気温・湿度
作 業 服	A	33.6	33.6	32.4	23.5℃ 72%
	B	32.3	33.6	34.5	
	C	33.3	33.5	34.0	
	D	32.6	32.9	33.4	
	E	33.2	33.2	33.8	
アル ミ ク ス	A	32.2	32.0	32.2	25.2℃ 74%
	B	32.3	33.5	34.9	
	C	33.5	33.7	34.5	
	D	32.5	32.7	33.6	
	E	33.4	33.2	33.9	
ネ オ プ レ ン	A	34.5	34.8	35.0	25.2℃ 74%
	B	33.8	34.8	35.8	
	C	34.4	34.5	35.2	
	D	33.2	33.6	34.6	
	E	33.4	34.8	35.6	
耐 熱 服	A	35.0	35.0	35.5	25.5℃ 75%
	B	34.2	34.2	36.2	
	C	34.2	34.5	37.6	
	D	33.9	34.0	35.0	
	E	35.0	34.6	36.9	

第3図 皮膚温の前後差（平均）



## ウ 考 察

静止時における防火服の着用では、呼吸数、脈博数に影響を及ぼす程度の負担を生体には与えていないが、皮膚温の点からみると作業服に比較して、いずれの場合も皮膚温の上昇度が大きくなっていることから、生理学的には軽度の負担となっていることは間違いないと考えられる。

### (2) 労働負荷に対する防火服の生体への影響(その1)

#### ア、実験方法

普通の作業服を着用し、その上に各防火服を着用のうえ、速歩として Plesto 4 歩/秒、徒歩として Moderate 2 歩/秒をメトロノームに合わせて駆ける。運動時間は、速歩の場合は 3 分 30 秒、徒歩の場合は 5 分とした。被験者は 6 名とし、作業服、アルミックス、ネオプレンは全員について、耐熱服は 2 名についてこれを 2 日に分けて 1 日 3 名の被験者について測定を行った。全員に対して、安静時と運動終了時の脈博数の測定およびエネルギー代謝率測定のための呼気の採取を行った。脈博数は触診法により(一部心電図による)呼吸数はサーミスター法により測定した。エネルギー代謝率は、ダグラスバッグ法により安静時と運動時の呼気量の測定および呼気中の  $O_2$ 、 $CO_2$  の分析をジョランダーガス分析器により行った。

$$\text{エネルギー代謝率} = \frac{\text{労働時の代謝量} - \text{安静時の代謝量}}{\text{基礎代謝量}}$$

によって一般に求められるが、酸素消費量から求める方法に従った。採気は疲労を考慮して速歩では開始 2 分後の 1 分 30 秒、徒歩では開始 3 分後の 2 分とした。なお各人の体位の決定のため、身長、体重、血圧、肺活量等の測定を行なった。

#### イ 測定成績

##### (ア) 脈博数

速歩(重作業)の場合、安静時 65 回/分前後であるものが、運動終了時には、作業服で 140~150 回/分、アルミックスで 150~160 回/分、ネオプレンで 145~160 回/分となり、安静時に対する増加率は、作業服で 210~240%、アルミックスで 240~250%、ネオプレンで 220~250% となった。各人についてみるとこの増加率は、少ない方から作業服、ネオプレン、アルミックスの順序となる。徒歩(軽作業)の場合、安静時 62~66 回/分が作業服で 74~77 回/分、アルミックスで 88~102 回/分、ネオプレンで 86~98 回/分となり、増加率は作業服で 110~120%、アルミックスで 140~160%、ネオプレンで 140~150% となり各人についてみると増加率は少ない方から作業服、ネオプレン、ア

ルミックスの順序となる。軽作業と重作業では、負荷が大体 2 倍であるので脈博数についても重作業の方が 2 倍程度の増加を示している。もちろん負荷が 3 倍、4 倍と増加するに従って、脈博数も 3 倍、4 倍になるとは限らない、そのような増加は生理的に不可能となる。防火服の重量からみると、アルミックスの方がネオプレンよりやや軽いのであるが、しかし脈博数の増加は逆の結果が得られているので脈博数の増加からみるとアルミックスよりネオプレンの方が生体負担は小さいものと思われる。すなわちアルミックスは、重量としての負荷以上の何物かをもっているということになる。

##### (イ) 呼気量 (B. T. P. S)

重作業の場合、安静時 10,000cc/min であるものが作業服で 58,000~68,000cc/min、5.9 倍、アルミックスで 70,000~80,000cc/min、7 倍、ネオプレンで 63,000~78,000cc/min、6.5~6.7 倍となり、耐熱服では 84,000cc/min、8.5 倍を示す。脈博数と同様、呼気量の増加は作業服、ネオプレン、アルミックスの順序に大きくなる。軽作業の場合、安静時 7,000~9,000cc/min であるものが、作業服で 20,000cc/min 程度、2.5 倍、アルミックスで 22,000~26,000cc/min、2.8 倍、ネオプレンで 20,000~25,000cc/min、2.7 倍となり、耐熱服では 32,000cc/min、4.2 倍を示している。この場合も呼気量の増加倍数からみて、作業服、ネオプレン、アルミックスの順序に高くなる。呼気量は脈博数と異って運動量が 2 倍であるのに 2 倍以上を示している。

##### (ウ) エネルギー代謝率

4 歩/秒という運動負荷は、軽くないようで、作業服で 8.3~9.7、アルミックスで 8.9~10.4、ネオプレンで 8.4~9.8、耐熱服で 12.3 を示している。これは労働区分からいえば、いずれも激労(エネルギー代謝率 7.0 以上)にあたる。各人については、いずれも、作業服、ネオプレン、アルミックスの順序にエネルギー代謝率が上昇している。

2 歩/秒という運動負荷は軽く、労働区分からいえば中等労働(エネルギー代謝率 2.0~4.0)であるが作業服で 3.0~4.0、アルミックスで 4.0 近く、ネオプレンで 3.0~4.0 を示して耐熱服では 10.3 と異常に高い。このことから考えると耐熱服では、歩くことすら非常に大きな労働負担になっていることがわかる。各人についてみると重作業と同様に作業服、ネオプレン、アルミックスの順序にエネルギー代謝率の増加が認められる。

## ウ 考 察

(ア) 脈博数の増加からみて、速歩すら防火服を着て行

表 7

## 被 験 者 の 体 位

被 験 者	年 令	身 長 (cm)	体 重 (kg)	血 圧 (mmHg)		肺 活 量 (cc)	T. V. C	
				最 高	最 底		一 秒 量 / 急 速 呼 気 量 (cc)	一 秒 率 (%)
篠 田	33	176.0	60.0	120	78	3300	3700/4100	90.2
市 川	29	170.0	55.0	102	62	3250	3000/3200	93.8
一 倉	36	176.2	67.6	122	68	3250	3700/4200	88.1
及 川	26	179.7	65.0	140	78	3480	3400/3550	95.8
池 辺	31	163.8	55.0	122	68	3100	2350/2900	81.0
山 本	32	166.0	70.0	110	70	3150	3200/3500	91.4

表 8

## 作 業 終 了 時 の 脈 博 数 及 び 安 静 時 に 対 す る 増 加 率

作 業 区 分	被 験 者	安 静 時	作 業 服	ア ル ミ ッ ク ス	ネ オ プ レ ン
重 作 業	及 川	63	150 (237)	158 (251)	158 (251)
	一 倉	66	140 (212)	158 (240)	146 (221)
	池 辺	64	140 (219)	150 (235)	146 (228)
軽 作 業	篠 田	62	77 (124)	102 (164)	98 (158)
	市 川	66	74 (112)	88 (133)	86 (130)

表 9

## 作 業 終 了 時 の 呼 吸 数 及 び 安 静 時 に 対 す る 増 加 率

安 静 時	作 業 服	ア ル ミ ッ ク ス	ネ オ プ レ ン
20	38 (190)	36 (180)	38 (190)

表 10

## 呼 気 量 B. T. P. S. (cc/min)

作 業 区 分	被 験 者	安 静 時	作 業 服	ア ル ミ ッ ク ス	ネ オ プ レ ン	耐 熱 服
重 作 業	及 川	9,844	58,080 (5.9)	68,908 (7.1)	63,986 (6.5)	83,674 (8.5)
	一 倉	11,638	68,664 (5.9)	81,466 (7.0)	78,096 (6.7)	
	池 辺	10,066	59,389 (5.9)	70,462 (7.0)	65,429 (6.5)	
軽 作 業	山 本	7,697	19,243 (2.5)	21,552 (2.8)	20,782 (2.7)	32,336(4.2) 重作業 65,425
	篠 田	9,477	23,693 (2.5)	26,536 (2.8)	25,588 (2.7)	
	市 川	8,323	20,808 (2.5)	23,304 (2.8)	22,472 (2.7)	

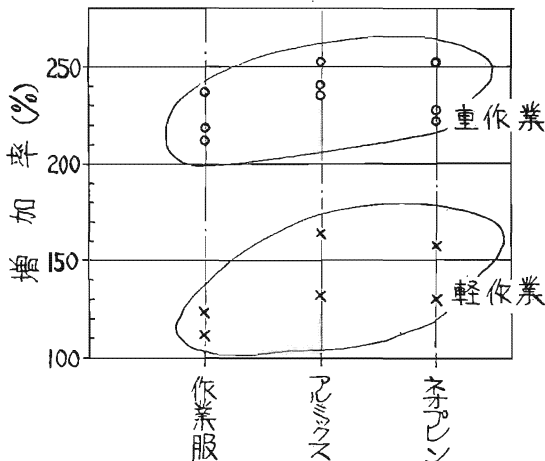
表11 被服によるエネルギー代謝率の相違

作業区分	被験者	作業服	アルミックス	ネオプレン	耐熱服
重作業	及川	9.7	10.0	9.8	12.3
	一倉	9.5	10.4	9.8	
	池辺	8.3	8.9	8.4	
軽作業	山本	3.8	4.2	4.0	10.3
	篠田	2.8	3.5	3.2	
	市川	3.0	3.7	3.3	

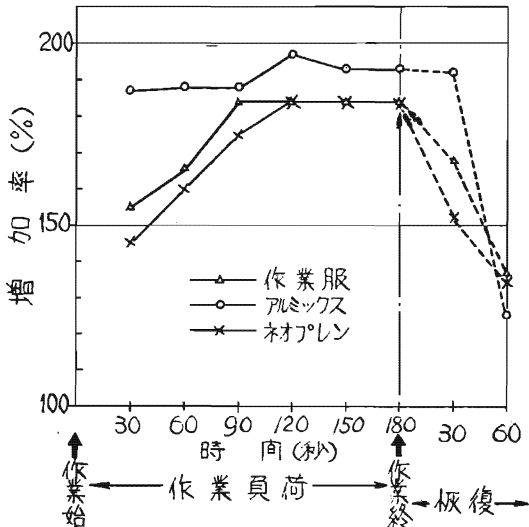
表12 平均エネルギー代謝率

作業区分	作業服	アルミックス	ネオプレン	耐熱服
重作業	9.1	9.8	9.3	(12.3)
軽作業	3.2	3.8	3.5	(10.3)

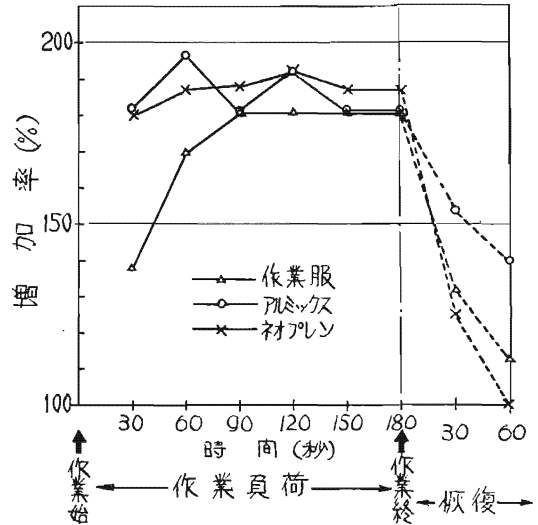
第4図 作業終了後の脈博増加率



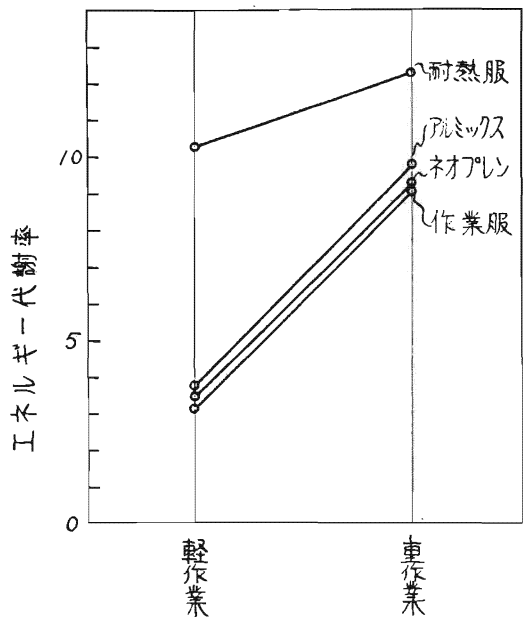
第5図 脈博数の時間的変化 (安静時を100%とする)



第6図 呼吸数の時間的変化 (安静時を100%とする)



第7図 被服別の同一運動負担に対するエネルギー代謝率の相違



なうことは大きな労働負担となる。脈博数は150回/分以上にならないようにすることが生理学的には望ましいが、アルミックスもネオプレンもその限界を超えることが起りうる。徒歩程度の中等作業が許される範囲ではないかと思われる。

(イ) エネルギー代謝率からみても、10を超えるような運動は好ましくないであろうし、長続きはしないであろう。その点からみて防火服改良に特段の配慮が望まれる。耐熱服では歩くことすら激労働に属するので、この着用については種々の条件をつける必要が



ある。(例えば被服内へ冷却空気の送入等)

(ウ) この労働区分に対する生体への負担についてはネオブレンがアルミックスに比べ被服としてはすぐれているようである。

### (3) 労働負担に対する防火服の生体への影響(その2)

#### ア、実験方法

上衣を脱いだ状態(ワイシャツ着用)と、その上に防火服を着た場合について、自転車エルゴメーターによって適当の負担をあたえた場合に防火服の着用がどの程度の負担増加になるかについて検討を行なった。

運動は、R. M. R 3.9程度とし運動時間は10分間でその間の心拍数を心電計による心電図から求めた。呼吸数は、サーミスター温度計を鼻部につけその温度変化の回数から求めた。皮膚温は、サーミスター皮膚温度計を用いて求めた。安静時および運動終了時の呼気採取をしてショランダー呼気分析器によって分析を行ないエネルギー代謝率を求めた。さらに各人の体位を測定するため、身長、体重、血圧、肺活量等の基礎的計測を行なった。被験者には、数日間の練習を行なわせ運動に馴らせてから測定を実施した。

着用防火服の重量は靴を含めて次のとおりである。

- アルミックス..... 3,900g
- ネオブレン..... 4,300g

#### イ、実験成績

##### (ア) 心拍数(脈搏数)

被験者Yでは、安静時に71回/分であったものが10分間の労作業後シャツ着用で120回/分、アルミックスで130回/分、ネオブレンで139回/分と変化した。被験者Oでは、安静時に75回/分であったものがシャツ着用で127回/分、アルミックスで136回/分、ネオブレンで130回/分となった。いずれの場合も防火服の着用によって心拍数の増加は認められるが、アルミックスとネオブレンではその差が明瞭ではない。

##### (イ) エネルギー代謝率

シャツ着用では3.9程度のものであったものが、アルミックスでYが4.1、Oが4.5となり、ネオブレンではYが4.4、Oが5.1となり、YもOもともにネオブレンの方がR. M. Rは高くなっていった。すなわちネオブレンの着用はアルミックスに比較して生体への負担は大きかった、しかしこれは重量がネオブレンの方が大きいからそのことに由来するものと考えてよい。

##### (ウ) 呼吸数

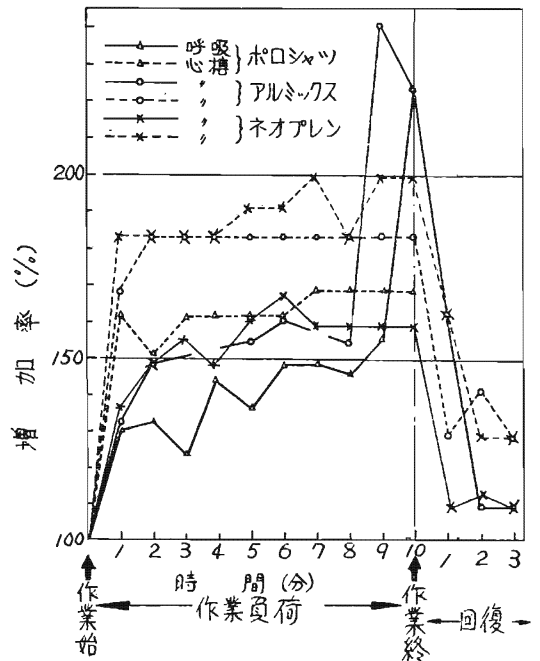
安静時において、Yは18.4であるものが10分間の労作業後、シャツ着用で32回/分、アルミックスで28回/分、ネオブレンで29回/分となり防火服着用の影響

は全く認められなかった。Oでは、安静時24回/分であるものが10分間の労作業後、シャツ着用で38回/分、アルミックスで41回/分、ネオブレンで41回/分となり、防火服の着用の影響は幾分か認められる程度にすぎなかった。しかし全般的にみてアルミックスもネオブレンも呼吸数に大きな影響をあたえる程度のものではない。

##### (エ) 皮膚温

各測定点、各人ともそれほど時間の経過によって上昇しているというものではない。いずれにおいてもシャツ着用よりは、防火服着用の方が上昇度は大であることは認められるが、アルミックスとネオブレンとの差は部分的な大小であって断定はしえない。

第8図 呼吸数、心博数の時間的变化(安静時を100%とする)(Y氏)



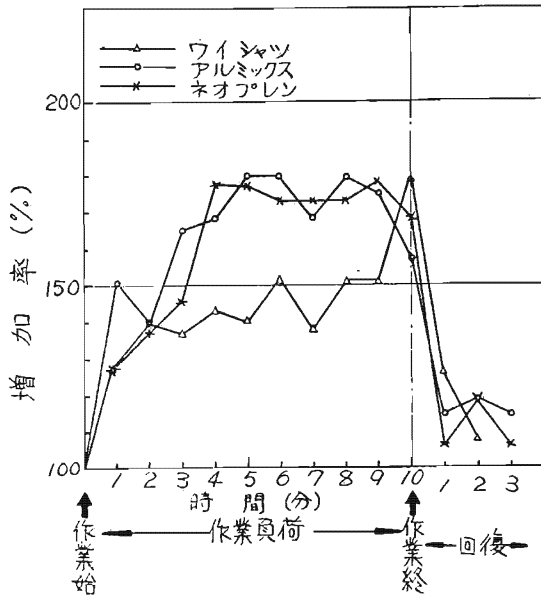
#### ウ、考察

防火服の着用によるR. M. R 3.9程度の作業を10分程度負荷した実験においては、特別に大きな生体への負担によるような現象は認められなかった。アルミックスとネオブレンとでは、大きな差は認められず、わずかにアルミックスの方が生体への負担は小さいようにみえるが、防火服の重量を考慮した場合には当然のことで機能上の差はほとんどないとみてさしつかえない。

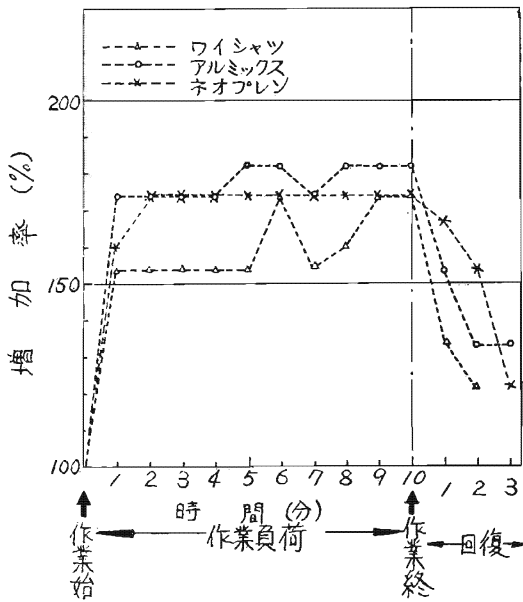
#### (4) 最大作業時における防火服の生体への影響

消防作業では、短時間ではあるが体力の限界程度の

第9図 呼吸数の時間的变化（安静時を100%とする）（O氏）



第10図 心搏数の時間的变化（安静時を100%とする）（O氏）

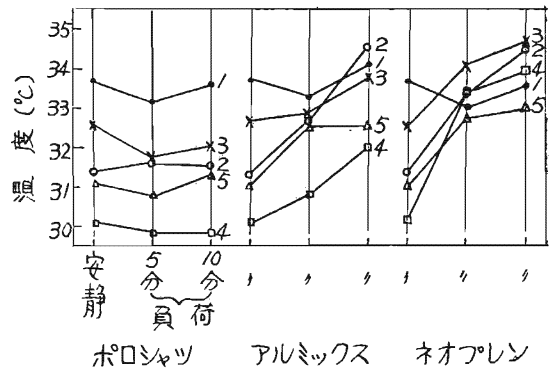


激しい労働を行なう場合があると考えられるがその場合通常の作業服を用いたときと防火服を着用した場合では、当然労働の負担も異なり生体への影響も異なってくるはずである。そこで自転車エルゴメーターによって、最大の労働をして衣服の負担による生体反応の差異を明らかにするための実験を行なった。

ア 実験方法

エネルギー代謝率12程度の作業は、5分程度は一般

第11図 皮膚温の変化（Y氏）



に耐えられるものであるので、作業としてはそれを用いた。すなわち自転車エルゴメーターに最大の負荷をあたえて、全力でペダルを踏むこととした。5分を目安としたが、被験者の生体反応からみて、4分で中止することが健康の維持上必要とみなしたのでそれに従った。これは20分程度の休息で完全に回復し、決して疲労が蓄積状態で残るものではないということを予め学生の被験者によって確かめておいた。

作業服、アルミックス、ネオプレンの三種について、最大作業4分間における呼吸数、呼吸量、酸素消費量、炭酸ガス排出量、皮膚温、被服内温・湿度の測定を行ない、それに基づいてエネルギー代謝率、RQを算出した。

イ 実験成績

(ア) 呼吸数および呼吸量

体力の子備試験のため、普通の作業服を着用して中程度(200kg-m/min)の運動を行なった場合の呼吸数は、安静時16回/分のもが3分後で20回/分、4分後で17回/分であり運動中にも大きな変化は認められない。要するに中程度の運動は、被験者に全く影響がないことが明らかになり、従って被験者は健康で十分に最大作業に堪えられることを確かめた。

最大作業の負担の場合、呼吸数は急激に上昇し安静時の2倍程度となり、運動後期では3倍近くになる。ネオプレンは初期33回/分でアルミックスの25回/分より大きく、負担としては大きいことがわかる。後期は、アルミックス46回/分でネオプレンの42回/分と逆にアルミックスが大きくなっているが、負担としては大き過ぎる場合は、数の大小は必ずしも負担に比例しなくなる。

換気量(呼吸量)をみると、安静時7ℓ/minであるものが最大作業で作業服の場合52ℓ/min、アルミックスで75ℓ/min、ネオプレンの99ℓ/minとなっている。負荷が大きくなれば換気量は増大するから、この場

合、ネオブレンが最も負担が大きいといえる。それに比して、作業服は半分程度となっているから、防火服の着用がいかにかに生体への負担になるかはこのことから明らかであろう。

(イ) ガス代謝

酸素摂取量については、安静時0.15ℓ/minであるものが作業服で1.9ℓ/minアルミックスで1.95ℓ/min、ネオブレンで2.19ℓ/minとなっている。作業服とアルミックスとでは大きな差はないがネオブレンは2倍程度になっている。炭酸ガス排出量は、安静時0.17ℓ/minであるものが作業服で1.52ℓ/min、アルミックスで1.75ℓ/minネオブレンで1.96ℓ/minとなりここではネオブレンが最大、アルミックスがそれに続き、作業服は最小となっている。

呼吸数(CO<sub>2</sub>排出量/O<sub>2</sub>摂取量)については安静時1.12、作業服で0.80、アルミックスで0.90、ネオブレンで0.90となっている。換気の動態からみればアルミックスとネオブレンとは同等となる。しかしO<sub>2</sub>摂取量、CO<sub>2</sub>排出量が大きである方が当然に負担としては大きいはずであるから、ネオブレンの方がアルミックスよりも全体的には大きな負担となると判断して差支えない。

(ウ) 皮膚温、被服内温・湿度

労作時の皮膚温を額、前胸部、背部について測定した結果は、作業服、アルミックス、ネオブレンいずれも安静時に比して作業時は上昇しているが、特にどれが高温を示すということはない。被服内温・湿度についても同様な傾向がみられ、運動の初期に一定の最大まで上昇し、その後は変化がみられない。被服による差もほとんどみられない。これは当然でもっと負荷を大きくすれば(作業時間を長くする)変化が得られるはずであるが、そうすると熱中症を起こす危険性があるので、人体実験ではそこまで行なうべきではない。

(エ) エネルギー代謝率

最大作業を行なっているので、R.M.Rは変化しないはずであるが、着衣の重量や通気性などの相違によって作業の上に負担が重なってくる。作業服でR.M.Rは13.5、アルミックスで13.8、ネオブレンで15.7となっている。13.5よりの増加分は被服自体による負荷と考えられる。アルミックスが2.65kg、ネオブレンが2.75kgと余り違いはないが、作業服とアルミックスとではR.M.Rに大きな差がないのに、ネオブレンについては大きな差がある、従ってこれはアルミックスの被服性がよくないと判断して差支えないと思われる。

ウ、考 察

以上の結果から、防火服は矢張りある程度の負荷を作業に対してあたえているので、重量という問題もそ

表13 呼吸数の変化

(予備試験：作業服)

安 静 時	作 業 時			
	1 分	2 分	3 分	4 分
16	13	15	20	17

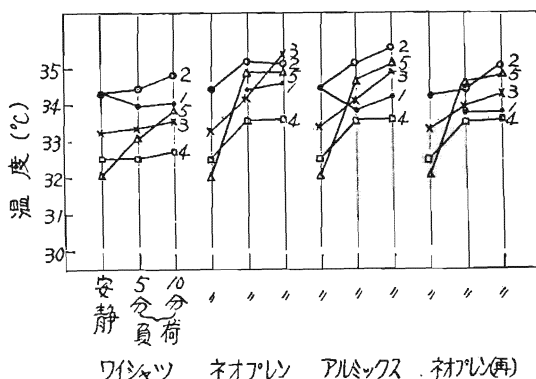
(運 動)

防 火 服	運動初期	運動後期
アルミックス	33	42
ネオブレン	25	46

表14 作業(最大)時における換気能

状 態	換気量 (ℓ/min)	O <sub>2</sub> 摂取量 (ℓ/min)	CO <sub>2</sub> 排出量 (ℓ/min)	呼吸商
安 静 時	6.78	0.15	0.17	1.12
作 業 服	52.3	1.90	1.52	0.80
アルミックス	72.7 78.1	1.94 1.71	1.72 2.08	0.89 1.22
ネオブレン	99.0	2.19	1.96	0.90

第12図 皮膚温の変化(〇氏)

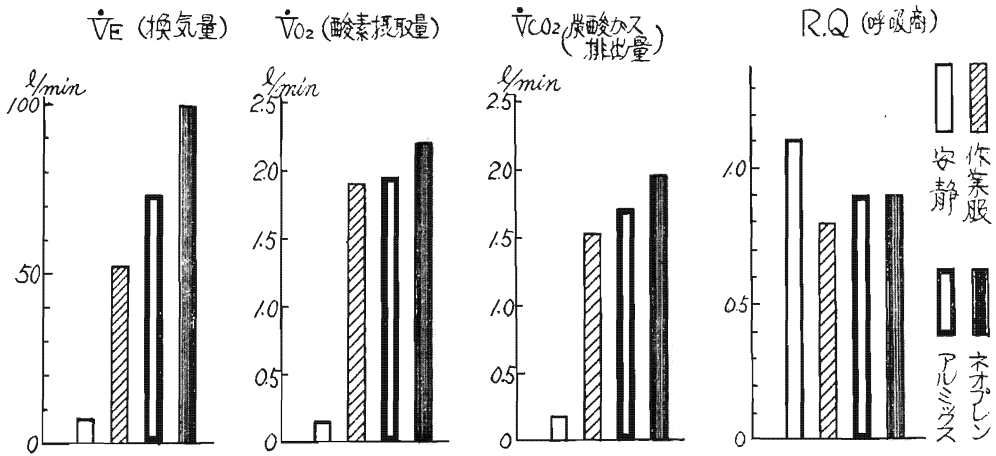


うであるが、被服性という点についてもさらに考慮を払うことが望ましい。

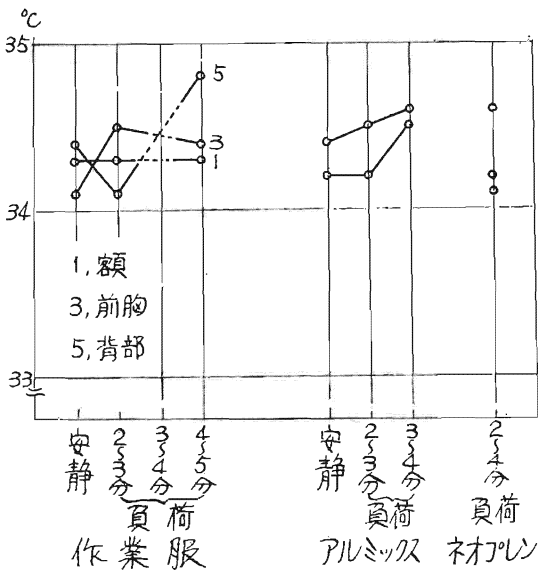
4. む す び

防火服は、安全性と機能性、この相反する二面を同時に融合兼ね備えるところに製作上の困難性がある。この隘路を打開するためには、安全性は現用の程度を確保するに留めるとして、機能性すなわち生体への負担の軽減について、処置すべきであろう。この手段として、生地を選定と形状の改良によるが、通気と軽量化の促進が主眼と考える。なお現用の防火服では、アルミックスがわずかにすぐれているようであるが、さらに性能持続のための補修と、普通の適正な維持管理

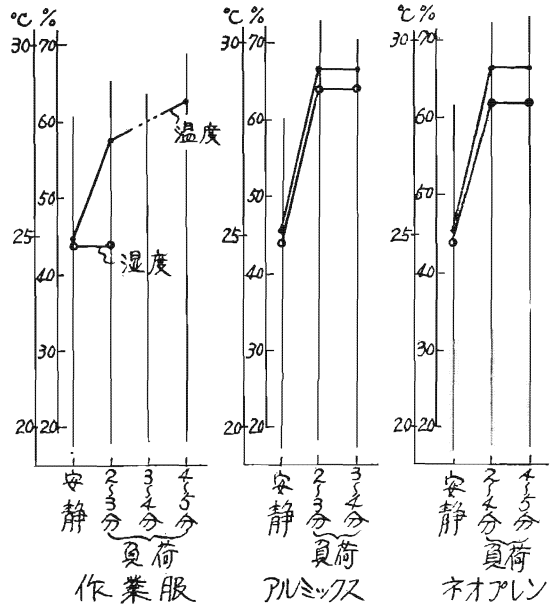
第13図 最工労作時の換気能の相違



第14図 最大労作時の皮膚温の変化



第15図 最大労作時の被服内温湿度の変化



が必要と認められる。

本報告は、理想的な防火服の製作を目指す途上における基礎研究であり、断片的な結果ではあるが参考にされればさいわいである。

終りに、防火服の生体への影響について、長期にわ

たり積極的にご研究をいただいた、東京医科歯科大学医学部公衆衛生学教室、前田先生他諸先生、服地の測定にご協力をいただいた、航空自衛隊航空医学実験隊放射線測定班の方々、桜護模KK技術部の方々に対して深甚な謝意を表します。