

# 新型防火衣の開発について

—Development of Turnouts—

酒 匂 幸 夫\*

小 林 幹 男\*

川 崎 修 治\*

## 概 要

防火衣の開発については、これまで素材に関する性能試験を行うとともに、平成4年度には、試作した防火衣を用いて、着装使用調査を実施した。この程、これまでの各種試験結果及び着装調査結果を検討し、安全性及び活動性の向上を図った新型防火衣を開発し、熱防護性能試験を実施したのでその概要及び結果について報告する。

主な結果は、次のとおりである。

新型防火衣の形状は、上下式防火衣としたことなどから現用防火衣に比べ、襟や股間部で熱の流入を抑え、熱防護性能が高くなっている。

新型防火衣における服地の多層構造については、火炎を前にしての状況においても効果的であることが確認できた。

新型防火衣については、多少ゆとりのあるものを着用することが、熱防護性上有効である。

To improve the safety and the easiness to work of the fire coat, turnouts were developed to replace it. The turnouts were tested with respect to heat protection last year. The findings were as follows.

1. The turnouts consist of a turnout coat and turnout pants. New turnout coat stopped heatflow around the neck and new turnout pants protected the crotch from the heatflow.
2. Inner wears for turnout coat were effective in heat protection.
3. Loose turnouts were more effective in heat protection than tight ones.

## 1 はじめに

平成4年度に実施したポンプ隊員を対象とした着装使用調査の結果、防火衣の形状については、B型（現用アルミックス防火衣に近いハーフコート式）が「動きやすい」「携行品が装備し易い」「作業し易い」「デザインが良い」等でA型（ショートジャケット式）を上回る評価であった。

このようなことから、新型防火衣の形状についてはB型を基本とし、現地着装使用調査結果に基づく改良を加え、熱防護性能試験を実施した。

## 2 現地着装使用調査結果に基づく改良について

現地着装使用調査結果に基づく改良箇所については、次のとおり。

### (1) 防火衣に関する改良箇所

ア しころについては、下を向いた時に防火衣の襟と

しころの間に隙間が生じ、援護注水等の水が入り易いことから、丈を3cm長くするとともに、しころ外周部を短くし襟との合いを良くした。(写真1参照)

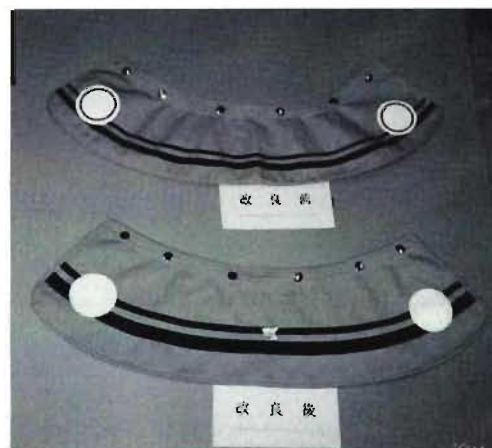


写真1 しころの状況

### イ ポケット

胸のポケットは現用よりも大きくし、現場手帳を入れやすくし、収納性を向上させた。

\*第一研究室

#### ウ ファスナー

上衣及びズボンのファスナーについては、無理な閉じ方を行った結果、ファスナーに傷を生じたため閉じづらくなったものがあることから、樹脂性コイルファスナーから金属性普通ファスナーにした。

しかしながら、上衣のファスナーについては、壊れた場合の修繕や現用防火衣のようなマジックファスナーと比較し着装に時間を要することから、再度検討したい。

#### エ サスペンダー

サスペンダーについては、「常に肩が引っ張られ、肩が痛くなる。」「サスペンダーのゴムがゆるくなりズボンが下がり、足の上げ下げに支障がある。」等の意見があったことから、サスペンダーを幅広にし、肩への接触面積を広くし荷重の分散を図るとともに、ゴムの強度を増した。(写真2 参照)

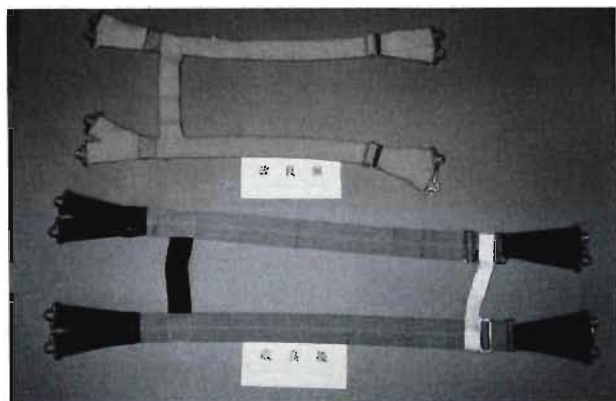


写真2 サスペンダーの状況

#### オ ズボン腰部の調整バンド

ズボンの荷重はサスペンダーのみでなく、腰の部分にもかかるように、調整幅を広くした。

#### カ 反射材

反射材については、赤色にするとともに、方向、取付け位置について検討を行った。

#### (2) 靴

##### ア 丈の長さ

「水が入る」「丈が短い」という意見が多かったことから、丈を4cm長くした。

##### イ 側面の締め付けバンド

締め付けバンドが自然に閉まってしまい、履きづらくなることから、自然に閉まることを防止するための固定用マジックファスナーを取り付けた。(写真3 参照)



写真3 靴の状況

### 3 新型防火衣の概要について

前述の改良を加えて、試作した新型防火衣の特徴及び諸元については次のとおり。

#### (1) 新型防火衣の特徴について

ア 上下セパレート式（ハーフコート）にした。これに伴い、防火ズボンを採用したことで、これまで未保護部分であった大腿部上部や股間部が保護され、活動面での安全性を向上させた。

イ 外衣服地は芳香族ポリアミド（現用防火衣の基布）にケブラーを約10%混紡して、耐切削性の向上を図り安全性を高めた。

ウ 外衣1層、內衣2層の3層構造とし、層と層の間に空気層を設け、その断熱効果により火炎等による熱防護性を向上させた。

エ 內衣の一層に透湿防水効果性能を有する服地を使用したことにより、消防活動時の防火衣内の蒸れの解消を図った。

オ 新型防火衣は現用よりも、総重量で若干重いものの、身体になじみ、服の荷重が身体全体に分散されるため、現地着装調査では「軽く感じる」という結果であった。

カ 顔面等の保護は、大きくした襟を立てて行うことから、しころの丈を短くすることが可能となり視野の拡大、音の聞こえが良くなり安全性の向上が図られた。

キ 反射テープは赤色に変更するとともに、前面の取付位置をこれまでの縦方向から横方向にし、上腕部にも取付けて視認性の向上を図った。

ク 新型の消防靴は半長靴タイプにしたことから、現用銀長靴に比べ膝カバー部分がなくなり、膝、大腿部、腰部の負担が軽減され、活動性の向上が図られた。

ケ 新型の消防靴は、鋼製の先しんを入れることにより、つま先の安全性が図られた。

表1 新型防火衣の諸元について

	現 用 防 火 衣	新 型 防 火 衣	開 発 効 果
形 状	コート式・銀長靴 (丈：67cm)	上下セパレート式 (ハーフコート 丈：50cm) 消防靴 (半長靴タイプ)	防火ズボンの採用により、大腿部上部や股間部の保護の向上
素 材 及 び 服 地 構 成	芳香族ポリアミドの一層 (生地厚さ0.4mm)	外衣 (生地厚さ0.5mm) 芳香族ポリアミドにケブラーを約10%混紡 內衣 (生地厚さ1.3mm) ゴアテックス層 (0.3mm) ジャージ層 (1.0mm)	① 耐切削性の向上 ② 熱防護性の向上 ③ 防火衣内の蒸れの解消
襟 及 び し ころ	襟：幅 12cm 長さ57cm しころ：丈 29cm	襟：幅 13cm 長さ62cm しころ：丈 19cm	視野の拡大、音の聞こえの向上
靴	形状：長靴 材質：配合ゴム	形状：半長靴 (丈27cm) 材質：配合ゴム	① 膝、大腿部、腰部の負担が軽減 ② 鋼製の先しんを入れたことによるつま先の安全性の向上
重 量	上 衣 2020g し ころ 360g 靴 2100g 計 4480g	上 衣 1780g ズボン 1410g し ころ 140g 靴 1760g 計 5090g	身体になじみ、服の荷重が身体全体に分散されるため、「軽く感じる」



写真4-1 新型防火衣 (正面)



写真4-2 新型防火衣 (側面)

(2) 新型防火衣の諸元について

新型防火衣の諸元については表1のとおりである。  
(写真4参照)

4 防火衣の着装時における熱防護性能試験

防火服地に関する熱防護性能試験については、国際標準化機構（ISO）で現在策定中の試験（D P 9151）に準じて行なったことを前号で報告した。

今回は、新型防火衣と現用防火衣について着装時における熱防護性の違いについて試験を行った。

(1) 試験内容

試験は、防火衣を着装した金属製黒体マネキン（以下「マネキン」という）を熱源の前に立たせ、熱源からの熱量が、マネキンの衣服を通過する量をマネキン上に取り付けた熱流センサーにより計測し、パソコンで記録処理した。

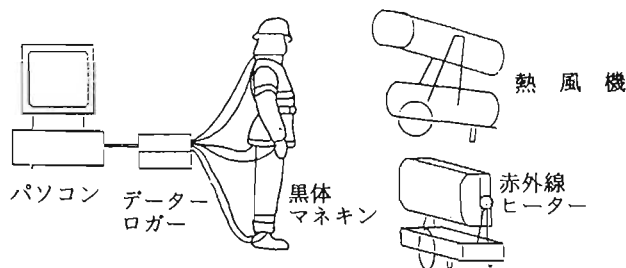


図1 測定概要図



写真5 試験状況

(2) 試験装置の概要

全体の試験装置の概要は、図1及び写真5のとおりである。

ア マネキンについて

マネキンには、下着（木綿の半袖Tシャツ、パンツ及びズボン下）と当庁で使用している執務服、その上に防火衣を着用させた。

防火衣については、現用防火衣と新型防火衣の2種類を用いた。(写真6参照)



写真6 マネキンの状況

なお、マネキンの後頭部には、転倒防止用の張り出しにより新型防火衣のしころが、実際よりまくれ上るため、やむを得ずしころの前部分を左右1箇所ずつ縫い止めた。

イ 計測箇所について

計測箇所は、6箇所、センサーはマネキン上に取り付けた。(図2参照)

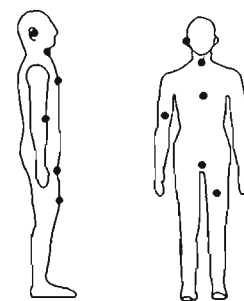


図2 熱流センサー測定位置図

ウ 熱源について

熱源は、赤外線ヒーター及び熱風装置を各2台使用した。

赤外線ヒーター：オリオン社製HR-330S

熱風装置：静岡製機社製ホットガンマクスデー

赤外線ヒーター及び熱風装置の性能を図3及び図4に示す。

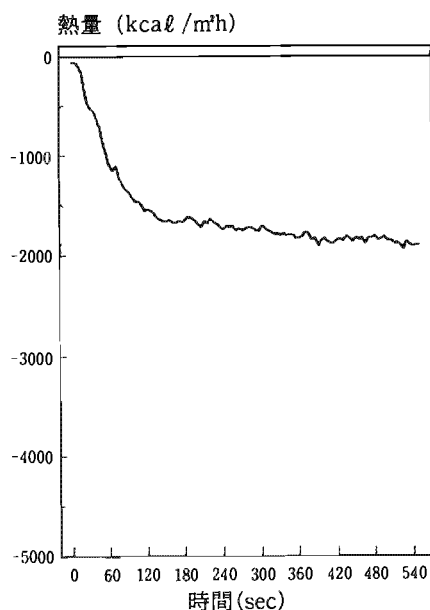


図3 赤外線ヒーターの性能  
(1 mの位置)

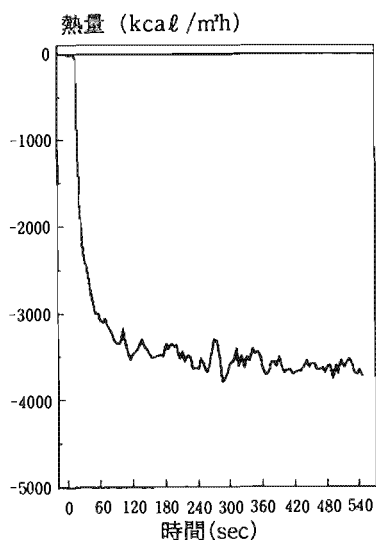


図4 熱風装置の性能  
(1 mの位置)

エ 熱流センサー及び計測機

熱流センサー (高温用)：京都電子工業社製  
E500B-20

熱流センサー (低温用)：京都電子工業社製  
EM1-L

データロガー：京都電子工業社製HFM115

パソコン：NEC PC9801RA

5 結果及び考察

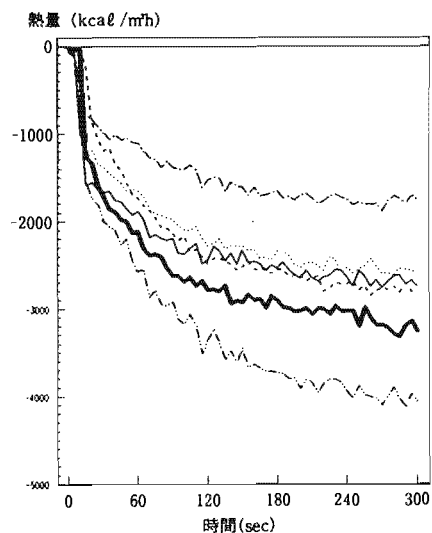
各センサー取付位置における受熱量の結果については次のとおりである。

なお、測定値については、人体からの放射熱量をプラスとし、逆に、受熱量をマイナスとした。

(1) マネキン各部における受熱量

マネキンが、防火衣等の衣類を着用しないときの受

熱量を、図4-1に示す。



耳 首 胸 腕 股間 足

図4-1 マネキン各部における受熱量

測定開始5分後におけるマネキン各部での受熱量は、首部が、一番多くて-4000Kcal/m²h、次に足部の-3300Kcal/m²hで、胸部、股間部、腕部は、同程度の-2600Kcal/m²h付近となっており、耳部が、一番少ない-1800Kcal/m²hとなっている。

耳部は、熱流センサーを耳の上に取り付けているため、熱流センサーの面が熱源と垂直となり、実際の値より低い値となっている。

また、熱量と人体への影響については、次のように記されている。

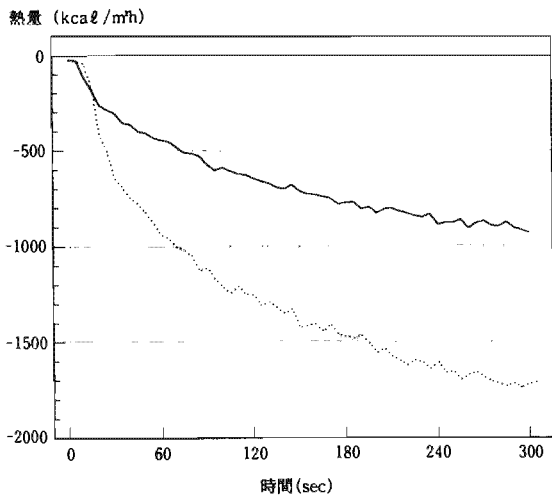
表2 人間が皮膚に感じる苦痛と幅射熱

人体の状態	幅射熱 (Kcal/m²h)
長時間の露出に耐えられる最大放射熱	1080
苦痛を感じ始める	1260
1分後苦痛	1800
10~20秒後苦痛	3600

(資料：火災便覧)

(2) 耳部

耳部における熱量の測定結果については、図4-2のとおりである。



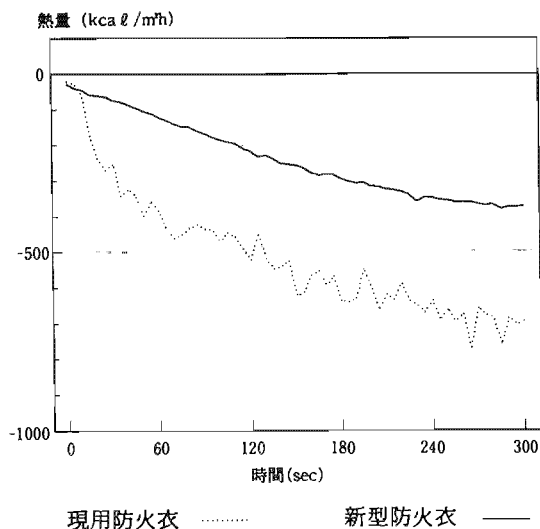
現用防火衣 ..... 新型防火衣 ——  
 図4-2 各防火衣における耳部での受熱量

防火衣のしころ内の耳の部分については、現用防火衣の場合、測定を開始して約60秒で $-1000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、試験終了時では、 $-1700\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量であった。これに対して、新型防火衣は、60秒で $-400\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、試験終了時では、 $-900\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ であった。

これは、現用防火衣のしころは、裾が広がっているため、下方からの熱流入が考えられるが、新型防火衣のしころは、気密性の向上が図られたことから約2倍の熱防護性が確保されたものと思われる。

(3) 首部

首部における熱量の測定結果については、図4-3のとおりである。



現用防火衣 ..... 新型防火衣 ——  
 図4-3 各防火衣における首部での受熱量

首部については、測定開始後、2分で現用防火衣は、 $-500\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ であり、これに対して新型防火衣が $-200\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量であった。更に試験終了時では、現用防火衣は、 $-700\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ で、これに対して新型防火衣が $-350\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量となった。

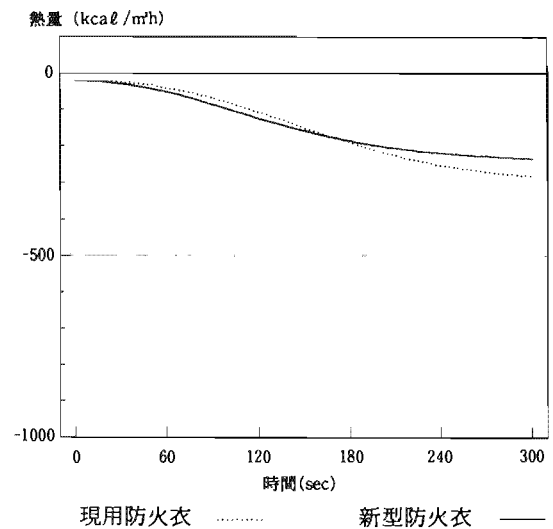
また、グラフ上での曲線の変化は、新型防火衣が滑

らかな降下を示していることに対して現用防火衣は上下に大きく変化しながら降下している。

このことから、現用防火衣は、新型防火衣に比べ風の影響をかなり受けていることがわかり、現用防火衣は、首部においてもしころ下部からの熱流入が影響していると考えられる。

(4) 胸部

胸部における熱量の測定結果については、図4-4のとおりである。



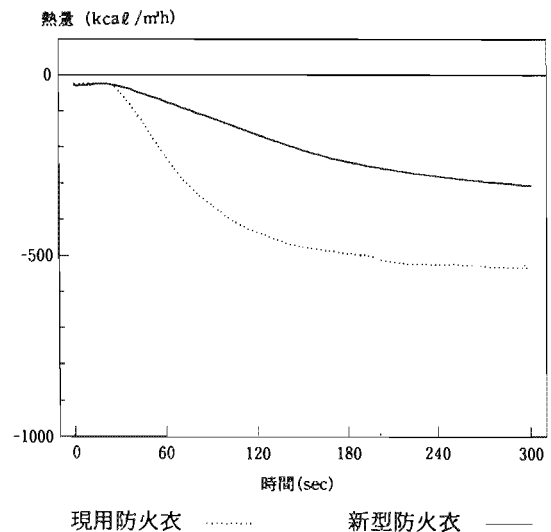
現用防火衣 ..... 新型防火衣 ——  
 図4-4 各防火衣における胸部での受熱量

防火衣の違いによる差は、あまり生じておらず、測定開始後、2分後で $-100\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、試験終了時は、 $-200\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量であった。

現用防火衣と新型防火衣がほぼ同じ状況を示しているのは、熱流センサーが、防火衣の前身合わせ(マジックファスナーの重なり部分で、服地が二重になった部分)と多少重なっていたためと考えられる。

(5) 腕部

腕部における熱量の測定結果については、図4-5のとおりである。



現用防火衣 ..... 新型防火衣 ——  
 図4-5 各防火衣における腕部での受熱量

腕部については、測定開始後、3分で現用防火衣が、 $-500\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、新型防火衣は $-200\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量であり、測定終了時で、現用防火衣が $-550\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、新型防火衣は $-300\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量であった。

このことについては、現用防火衣が、アルミックスの鏡面により放射熱のみを反射し、対流熱については、一層の服地のみで防護していることに対して新型防火衣は、服地が三層構造になっており、服地間に形成される空気層及び三層のうちの一層が空気を貯えるジャージ層になっていることから、熱の通過を数段階により防護している。この両者の違いが結果として表れたものと考えられる。

なお、新型防火衣の着装については、空気層の形成を阻害しないよう、ある程度のゆとりが、必要と考えられる。

#### (6) 股間部

股間部における熱量の測定結果については、図4-6のとおりである。

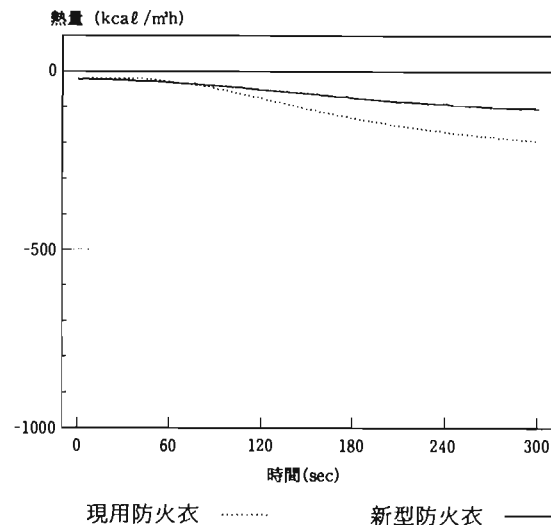


図4-6 各防火衣における股間部での受熱量

股間部については、測定を開始して、1分までは、現用防火衣及び新型防火衣とも、わずかな変化であったが、2分後から次第に差が開き、測定終了時では、現用防火衣 $-200\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、新型防火衣は、 $-100\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ となった。

測定開始段階で、差が生じなかったのは、マネキンには、パンツとズボン下の二重の下着となっていることや、執務服のファスナー部分で服地が二重になっていることなどから、測定位置における熱防護性が向上していると思われる。

しかし、その後、次第に、差が広がったのは、現用防火衣は、コートの裾の長さで、熱を防護しているのに対して、新型防火衣は、ズボン式になっており、気密性の差が生じたものと考えられる。

#### (7) 足部

足部における熱量の測定結果については、図4-7のとおりである。

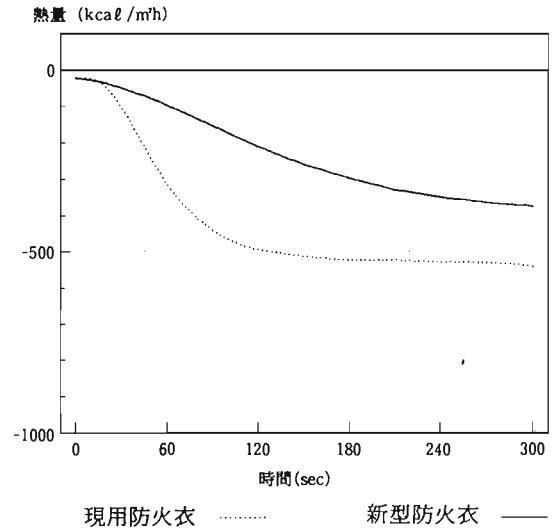


図4-7 各防火衣における足部での受熱量

足部については、防火ズボンと銀長靴との比較となり、測定を開始後2分で、銀長靴は、 $-500\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、防火ズボンは、 $-200\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、測定終了時では、銀長靴は、 $-550\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 、防火ズボンは、 $-350\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の受熱量となっている。

これは、腕部と同じ様な傾向を示していることから、防火ズボンと銀長靴との生地構成の違いと考えられる。

## 6 まとめ

今回の結果から、服地の3層構造による上下式新型防火衣は、現用防火衣に比べ、熱防護性で、良い結果となっており、特に襟から下部における熱防護性は、向上したと言える。また、襟より上部については、しころのみとなることから、外気に対する気密性の向上が熱防護性に大きく影響する。

なお、新型防火衣では、服地間における空気層の形成が、熱防護性に大きく影響してくるから、着用する防火衣については、ある程度のゆとりが必要であると言えるとともに、常に、膝や肘など、空気層の形成が疎外されるような場所においては、服地を二重に使用するなどの措置が必要と考えられる。

## 7 おわりに

新型防火衣では、これまで現用防火衣の弱点であった股間部や大腿部上部などの未保護の解消、また、服地の多層化による熱防護性の向上など多くの点について解消を図ることができた。

しかし、消防活動時における防火衣内の蒸れの解消な

どについては、新型防火衣に採用している透湿防水性素材でも、限界を超えており、完全な解消は、現在の技術では、不可能な状況にある。

今後は、新たに開発される素材や技術などの防火衣への応用性について研究を重ね、現時点では、不可能な問題の解消を図っていきたい。