

今後の防火服について

Turnout-coat of the future.

國 本 由 人*
小 林 秀 俊*
高 梶 勇*

Turnout-coat is an important equipment for firemen And it need to be 1) Easy to move and functional. 2) Safety from the fire and the emissionheat. 3) Light weight.

Considering from the results which we have experimented, we studied turnout-coat to be in the future.

1. はじめに

災害現状で活動する消防隊員の身体を保護するために、ヘルメット、空気呼吸器等と同様に防火服は重要な装備品の一つである。

過去の研究・報告等では、防火服の要件として「防護性があること」あるいは「保護に役立つこと」と漠然（抽象的）といわれているが、熱に対する要件以外は必ずしも明確ではないのが現実であり、どのような危険に対してどの程度の効果があるか、その対象とする危険、性能等が明確であることが必要である。

そこで、一般的に災害現場においてどのような危険が存在するか、防火服の具備する要件を具体的に述べ今後の防火服について考察する。

2. 現在の消防と防火服

昭和39年(1964年)、東京オリンピックが開催され、これに伴い首都東京は、競技場、首都高速道路、東海道新幹線をはじめ多くの公共施設が建設され、街は近代的な建築物で溢れるようになった。

消防に関しても、これを契機に従来の防火服(刺子)に代わり、難燃繊維の表面にアルミニウム粉末入りゴムをコーティングした、これまでにないまったく新しい防火服(通称:アルミックス)が採用され、それは当時、消防のイメージをかえる画期的なものであった。

その後、基布を芳香族ポリアミドにかえたものの、依然としてコーティングタイプが主流といえ

る。

しかし、体力の消耗、疲労度といった人間の生理的条件の軽減について、見直す時期にきているといってもよい。

そこで、過去の研究成果をもとにして、今後の防火服について述べる。

3. 防火服の役割

防火服は、火災現場等に出場する時に着用するものであり、人体に対して危害が加わった場合でも、身体を保護し、これらの影響を緩和できることが必要であり、あくまで火災現場等での活動に適したものでなければならない。

すなわち、

- (1) 防護性の面からは、熱に対して耐熱性、遮熱性等があり、衝撃に対して厚み、弾力性が必要であり、鋭利な物体に対して強靱性が、化学物質に対して皮膚への付着を阻止できるものである等が十分であること。
- (2) 外界の寒暑、風雨等の環境変化に対して、人体の生理機能を補足し、十分な活動機能を保持していること。
- (3) 作業能率、安全管理等から作業動作における抵抗を少なくするために、服に余裕をもたせたり伸縮性の優れた素材を用いる等、被服材料や形状、構造等が人間工学的に十分検討されたものであること。
- (4) 階級、職務等を表示して、安全管理上、部隊統制上等に有効でなければならない。

さらに、防火服にはこれらの機能をうまく調和させることが理想的である。

*第一研究室

しかし、防火服のみで、すべての危険に対応させることは不可能であり、どのような性能を保持させるかは、災害の態様とその任務や着用する季節、着用者に与える労働負荷等を考慮して設計、製作化されたものでなければならない。

4. 防火服を取り巻く現状

(1) 災害の態様

昭和50年ころからの火災の動向をみると図1〔火災件数の推移〕に掲げたとおりで、ほぼ横ばいの減少傾向を示しており、建物火災件数も、同様の横ばいの減少傾向を示している。

次に、4階以上・地階を有する建物の火災状況をみると、この10年で、4階以上を有する建物の火災は、図2〔4階以上を有する建物の火災件数〕に示すとおりで、倍増の1,013件であり、地階を有する建物の火災件数は図3〔地階を有する建物の火災件数〕に示すとおり409件と増加の傾向にある。

一般にホテル、デパート等の大規模耐火造建物及び地下街、洞道といった地下施設の火災が起きると長時間の消防活動を要することが多い。

また、工場、倉庫等の火災は長時間の消防活動に加え、爆燃、フラッシュオーバー現象等の発生危険もある。

(2) 災害現場における危険

災害現場において、生じるであろう飛来、落下、有害物、熱、感電等による影響について考えてみる。

ア 火災、放射熱等

火災現場における消火・救助活動等を任務とする我々には、常に火災、放射熱等の危険がまちかまえている。人間は高温環境、火災、放射熱等で過度の熱を受けると代謝が促進されて血液の循環が激しくなり、呼吸が早くなる。また、発汗量が多くなり、熱による痛みや火傷を生ずる。

放射熱による皮膚の耐容時間と放射熱の強さは実験的に図4〔放射熱と許容時間〕のように求められている。

イ 墜落、衝突、飛来等

一般に、人体が衝撃に耐えられるかどうかは、次の点に関係する。

(ア) 衝突時の速度が大きければ、被害が大き

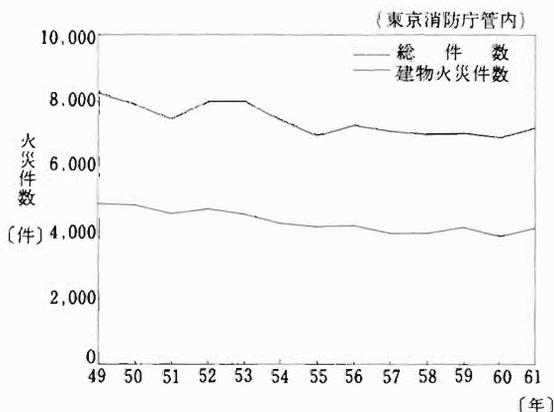


図1 火災件数の推移

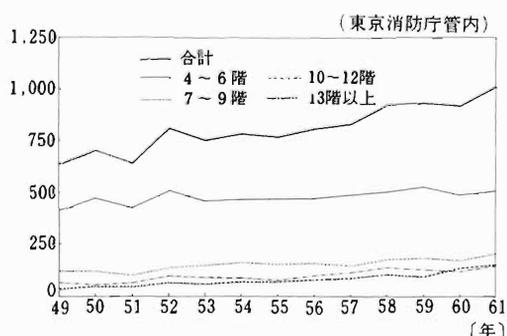


図2 4階以上を有する建物の火災件数

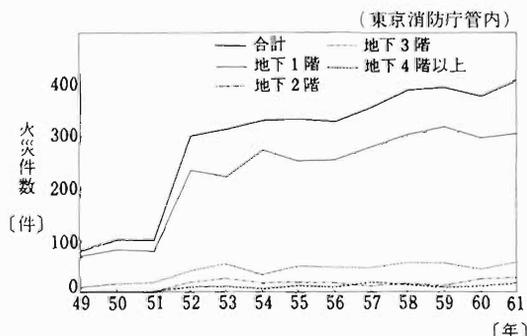


図3 地階を有する建物の火災件数

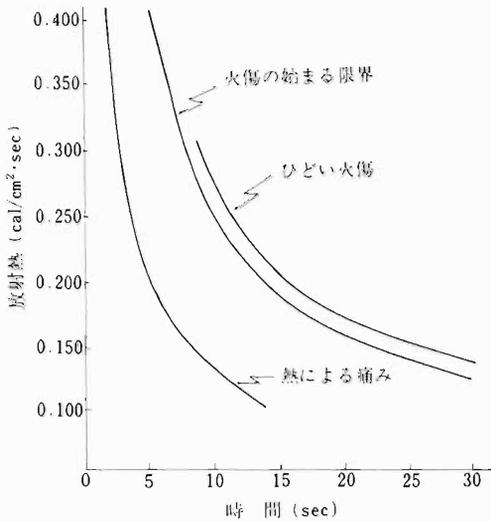


図4 放射熱と許容時間

くなる。

- (イ) 衝突する物体の質量が大きければ、被害が大きい。
- (ウ) 衝突する物体の形状が尖鋭であれば、特に危険は大きい。
- (エ) 衝突時の加速度が大きいくほど、損傷が大きい。
- (オ) 衝撃の作用する部位により、被害が大きく異なる。

このように、物がぶつかったり、落下した場合などにより、衝撃を受けると切り傷、骨折や死亡といった重大なことまで引き起こす結果となる。

ウ 感 電

感電の人体に及ぼす作用は、電源の種類、電流の通路等により異なり、一般に、通過電流が1.2mA 前後では無感覚であり、それより大きいと筋肉の痙攣が起り、さらに大きくなると呼吸困難となり、四肢の損傷、死亡といった重大な結果を引き起こす。

エ 有 害 物 質

有害物質（塩素ガス、フッ化水素ガス等）の作用として、皮膚あるいは粘膜等に附着して局所的な傷害をまねく場合と、体内に吸入若しくは吸収されて、全身的な傷害を起こす場合とがあり、その程度は附着または吸入、吸収の経路、物質の種類とその濃度、暴露時

間等によって、それぞれ異なった結果を招く。

産業現場で扱われている有害物質は非常に多く、障害の症状により区別すると、皮膚障害性、粘膜刺激性、肺障害性(じん肺性)、窒息性、麻酔性、中毒性、アレルギー性、発がん性等である。

オ 放射線物質

今日、医療用、工業用等で数多くの放射性物質が使用されているが、このような場所が災害を起こすと、消防活動を行う隊員がおもわぬ被ばくをする危険が大きいといえる。

5. 東京消防庁の防火服研究の経過

東京消防庁消防科学研究所において、長年にわたり防火服に関する研究が続けられているが、昭和58年ころまでは、化学繊維（難燃性のビニロン、レーヨン、芳香族ポリアミド等）や天然繊維（綿、ウール等）の燃焼性試験、機械的強度を把握するための引張り試験および破裂試験等が繰り返されていた。この結果、ウールと芳香族ポリアミドを混紡した生地が目されることとなった。

近年では、運動負荷に対する防火服の実験や放射熱に対する防火服の実験（所報22、23号）等を実施して、その性能を把握した。

(1) 現用（アルミックス）防火服と試作防火服との比較実験

アルミックス防火服は防水性に優れているものの、服地自体に通気性および透湿性がない。

そこで、これらを考慮して試作した防火服とアルミックス防火服との性能の違いを把握するために、実験を実施した。

ア 防火服の着装実験

(ア) 運動負荷に対する防火服の実験

アルミックス防火服、ウール系の試作防火服を着用して、同様の運動量の運動をした時、着用した被験者に対して、運動前・後の体重、防火服、執務服、下着の重量、血圧、体温、防火服内側の温度・湿度等について測定した。

その結果、①発汗量（図5）と②防火服内側の温度・湿度（図6）に差異があった。

(イ) 放射熱に対する防火服の実態

アルミックス防火服、ウール系の試作防火服を着用して、放射熱（防火力試験炉前

アルミックス 防火衣服		72.7
60年試作 防火服	24.1	
改良試作防火服 (裏地付)	20.1	

図5 発汗量(装備品の汗の付着量)

方において、2300kcal/m²・Hの熱量)を人体の背面から受熱した時の、防火服内側の温度・湿度について測定した。

その結果、図7〔放射熱受熱時の防火服内側の温度・湿度〕のように、アルミックス防火服は、受熱されると急速に温度・湿度が上昇するが、試作防火服は、服地が含気性のため、上昇が遅れていることがわかった。

この遅れ時間を過ぎると通気性がよいため、防火服内側の温度が上昇する傾向にある。

イ 試作防火服の現地着装調査(試験使用)

試作防火服を現地所属(渋谷消防署)において、昭和62年3月11日～5月11日の2か月間、訓練、災害等で使用し、機能性、通気性、防水性等について問題点を調査実施した。

(ア) 被験者数19名で調査実施回数は49回であった。

(イ) 調査項目は表1に示すとおり。

回答内容を要約すると、次のとおりであった。

(長所)

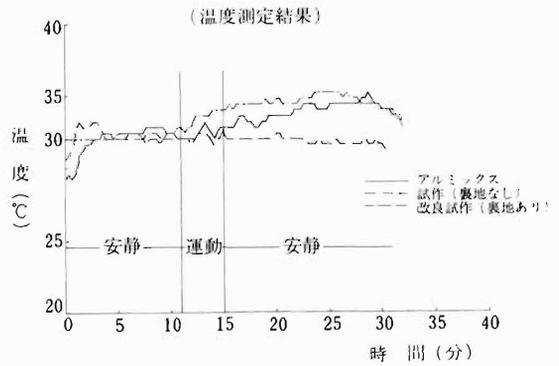
- ・「軽くて、動きやすい」
- ・「上下式なので動きやすい」
- ・「むれにくい」
- ・「視認性が良い(試作防火服はオレンジ色である。)」

(短所)

- ・「防火服の着用に時間がかかる」
- ・「身体が水に濡れる」
- ・「防火服が汚れやすい」

ここで、「防火服の着用に時間がかかる」のは、災害出場時にズボンと防火服を着用したため、当然のことであると思われる。

(温度)



(湿度)

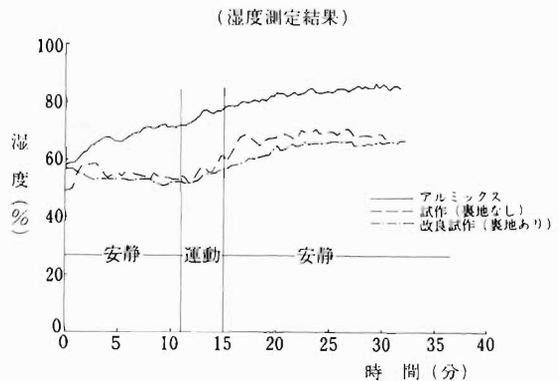


図6 運動時の防火服内側の温度・湿度

表1 調査項目

アルミックス防火服に対する試作防火服は？	
	+2 +1 0 -1 -2
軽い	重い
着用しやすい	着用しにくい
動きやすい	動きにくい
あつくない	あつい
むれない	むれる
動いてもあつくない	動くともあつい
動いてもむれない	動くともむれる
脱ぎやすい	脱ぎにくい
着装に時間がかからない	着装に時間がかかる
汚れやすい	汚れやすい
上・下式がよい	上・下式は良くない
体になじみやすい	体になじみにくい
落下物に対して安心	落下物に対して不安
体が水にぬれない	体が水にぬれる
耐熱性があると思う	耐熱性がないと思う
安全な色である	安全な色でない
安心できる色である	安心できる色でない

(2) 防火帽のしころ（昭和57年製）の視野試験

防火帽のしころが、視野をどのくらい狭くしているかを把握するために、投影法による視野試験を実施した。

ア 実験項目

- (ア) 標準人頭のみでの視野
- (イ) 防火帽（帽体のみ）の視野
- (ウ) 防火帽しころ付き（しころを折り曲げた状態）を装着した状態の視野
- (エ) 防火帽しころ付き（しころを前で合わせた状態）を装着した状態の視野
- (オ) 東消5型空気呼吸器の面体を装着した状態の視野

イ 実験方法

日本工業規格（以下「JIS」という。）T8152の視野試験に準じた図8に示す方法で、半球状投影面に投影し上下、左右の視野（角度）を測定した。

この結果、一番条件の厳しい、防火帽のしころを前合わせの状態、空気呼吸器の面体を装着した時を想定すると、何も付けていない場合（標準人頭のみでの視野）の上下約75度、左右では90度に比べ上下約20度、左右では約70度と、視野が狭まっている。（図9〔視野測定結果〕にこれを示す。）

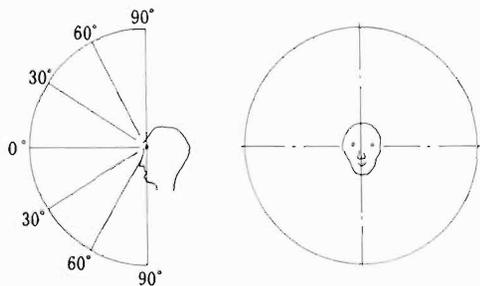


図8 視野試験方法

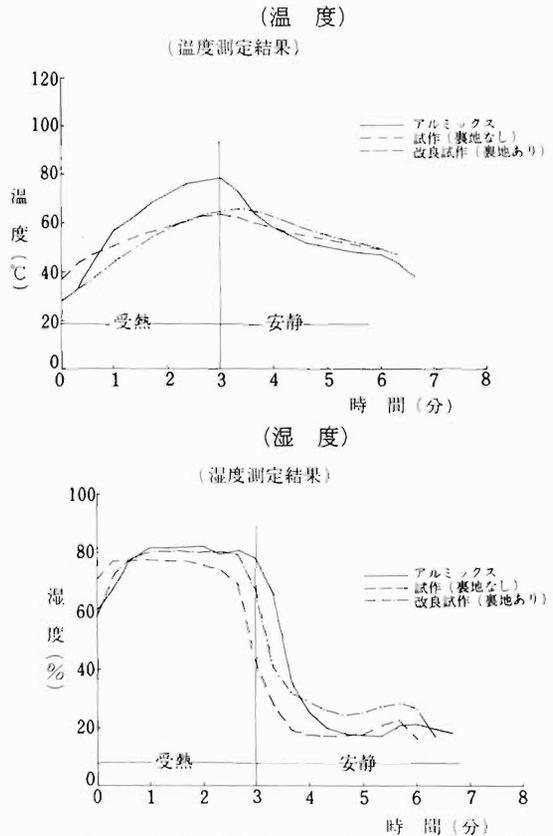


図7 放射熱受熱時の防火服内側の温度・湿度

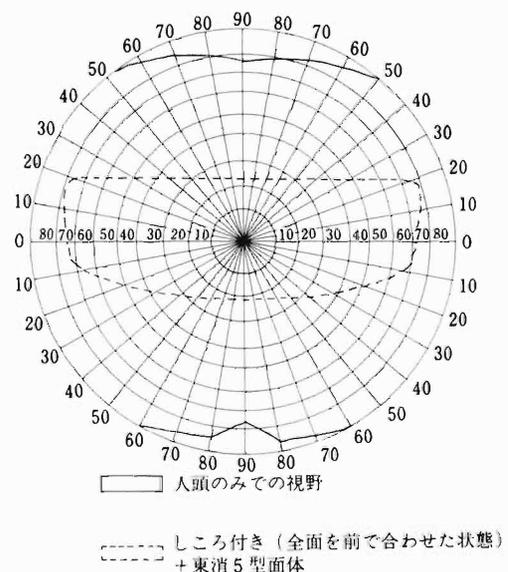


図9 視野測定結果

6. 今後の防火服について

(1) 今後の防火服の要件

一般的に防火服が具備すべき要件としては次のことがあげられる。

- 耐熱性がよいこと。
- 機械的強力が、ある程度必要である。
- 防水性がよいこと。
- 通気性があること。
- 軽量で、作業性がよいこと。
- 着用者を、ある程度の外力から保護できること。
- 耐用年数のある程度保持し、経済的であること。
- 汚れにくく、洗濯性もよいこと。
- 色彩については、視認性がよいこと。

等、数多くの要件があり、これらの中には、「防水性と通気性」あるいは「防護性と軽量化」等相反する要素がある。

そこで、防火服として、基本的要件と、必要な要件ではあるが使用状況により付加する要件にわけて述べることとする。

ア 基本的要件

(ア) 耐熱性能

石綿、ガラス繊維および炭素繊維等の無機物質を除いた有機物質の繊維は、高温環境下で燃焼する。

繊維の種類により接炎すると、容易に着火して燃え続けるものと、一端着火しても燃焼を継続せずに自然に消火するものがあり、その挙動により可燃性、難燃性に区分(定義)されている。

この区分は、JIS L1091等の試験方法によって、炭化長、炭化面積や燃焼持続時間を測定して、その結果により区分する方法と、JIS K7201により酸素指数を測定する方法がある。

通常前者による燃焼区分「3」および後者の酸素指数25以上を難燃性としている。

防火服の材料としては、この難燃性の生地を用いる必要がある。

なお、石綿、ガラス繊維および炭素繊維等の無機物質は、この性能に優れてい

るものの、染色加工および被服性能に欠けるため、一部の防火服および耐熱服等に使用されている。

(イ) 繊維製品の機械的強力

織物や編み物その他の生地の強さを表す方法は引張り強さに代表されるが、その他に、破裂強さ、摩耗強さ等があり、その試験方法は、JIS L1096(一般織物試験方法)に規定されている。

a 引張り強さ

引張り試験は、主としてその生地が織物の場合に適用され、編み物には、破裂試験が適用されることが一般的である。

引張り試験方法には、標準時における方法と湿潤時における方法とがある。

また、標準時、湿潤時いずれの場合においても、A法(ストリップ法)とB法(グラブ法)の2種類がある。

防火服では、縦、横ともに8kg/cm(現行)以上の強さが必要であろう。

b 破裂強さ

一般に生地が破損する場合、引張り強さのように、一方向からの力だけでなく、縦、横、斜め方向から同時に外力を受けることが多い。

このような外力に対する抵抗力を測定するには、この破裂強さを用いると便利である。

この破裂強さの測定方法は、JIS L1096(一般織物試験方法)によれば、A法(ミューレン法)とB法(定速伸張法)がある。

c 摩耗強さ

生地が摩擦された時の摩滅程度を表すもので、繊維試料の耐久性を評価する特性の一つである。

この摩耗強さの測定方法は、JIS L1096(一般織物試験方法)に大別して5種類が規定されており、その多くは、研磨紙により試験布を摩擦する方法である。

d ドレープ性(剛軟性)

ドレープ性とは、布が自重により垂

れ下がる性質をいい、これを評価する方法は、JIS L 1096（一般織物試験方法）に規定されている。

一般に、布が曲げられる時は、その布を構成する糸や個々の繊維もなんらかの変形を受けるもので、糸の撚りがあまく、密度の粗い布は繊維が動きやすく、このドレープ性が小さい。

逆に、糸の撚りが強く、密度の高い布、さらに、樹脂によりコーティングされている布は、糸や繊維が互いに強く拘束されており、ドレープ性が大きくなる。

e 縫い目強さ

縫い目の強さは、JIS L 1093(織物製品の縫い目強さ試験方法) グラブ法と破裂法が規定されているが、原則として、グラブ法は織物に、破裂法は編み物に、適用するよう決められている。

また、JIS L 1096（一般織物試験方法）にも、グラブ法を用いることが明記されている。

イ 使用状況により付加する要件

主たる要件ではないが、防火服製作時に十分に検討する必要があると思われる項目について述べる。

(ア) 防水性能

防水性試験方法は、JIS L 1092に規定されており、防水性とは、繊維製品の水の通過、浸透、湿潤に対する抵抗性をいい、その抵抗度を耐水度、漏水度、撥水度で表している。

一般に、天然繊維は親水性であり、疎水性の化学繊維類も防水性には不十分であるので、これら繊維に防水性を与えるためには、防水加工が不可欠である。

この防水加工には、不透气性防水加工と透气性防水加工とがある。

a 不透气性防水加工

水の通路となる布内部の間隙をなくすために、天然ゴム、タール類、熱可塑性樹脂（ポリ塩化ビニル、ポリウレタン等）、ラテックス類で、布内部の間隙を充填したり、表面をコーティング

する方法である。

この加工を施した布類は、耐水性をもつが空気、水蒸気の流通がまったく無くなってしまう。

代表的なものに、防水作業服、帆布シート類がある。

b 透气性防水加工（撥水・透湿防水加工）

一般に繊維業界で撥水加工と呼ばれているもので、布の表面を疎水化し、布面に当たる水滴をハジクように、パラフィン、ワックス、テフロンフィルム類等で加工するもので、布の間隙は残るので空気、水蒸気の流通がたもたれる。

こういった意味で、レインコート、ジャンパー等の外衣類に、多く用いられている。

(イ) 汚れにくく、洗濯性のあること

防火服の汚れは、主として、火災現場における煤、汗および油脂類による場合が多い。

この汚れが付着しにくく、また、付いた汚れが落ちやすいものがよい。

さらに、洗濯時（水洗い）に布地の収縮が大きいものは、特に、防火服には不適當である。

(ウ) 色彩について

一般に、色の感覚は、色彩の識別性、寒暖、軽重、汚染による目立ち等であるが、防火服については、特に、夜間、濃煙内での作業が多く、視認性が必要であると思われる。

(エ) 形状について

国内主要都市ではそれぞれ、外とう式および上衣とズボンのセパレート式を採用している。

外とう式防火服は、安価であり、従来からの平面的活動には適しているものの高所での作業性および腰部の保護性にかける面がある。

一方、セパレート式防火服は、高価であるものの、高所での作業性および腰部の保護性に優れている。

(オ) その他

上記以外の要件として、特異な使用環境下（RI・毒劇物等）および爆発等については、それらに適した防護性を考慮する必要がある。

(2) 都市構造・災害態様の変化

今後の首都圏を中心とした都市構造、特に東京は、都市化の急激な進展により建築物の高層・深層・大規模化がすすむとともに、高度情報化社会の発展や目覚ましい技術革新に伴い社会環境も著しい変貌を遂げており災害の発生要因も一段と複雑多様化の傾向を示している。

このような状況下にあつて、消防用個人装備品の研究に携わるものとして、防火服を考えると、

ア 従来からの木造、防火造のいわゆる一般住宅火災に対応する防火服。

イ 熱、煙を中心とした耐火造建物火災に対応する防火服。

ウ 特別救助隊に代表される活動性中心の防火服。

エ 毒・劇物等の各種災害に対応する防護服。

オ 上記以外にも、夏、冬等の季節に対応した防火服。

いずれにしても、あらゆる要件を満たしたオールマイティーの防火服を製作することは極めて困難である。

したがって、現場活動の中で不可欠な要件を最優先させ、ある要件については、多少犠牲にせざるを得ない。

将来、これらの諸条件を考慮した、災害の態様にあつた、災害別防火服が必要となってくると思われる。

なお、末尾になりましたが、防火服の現地着装試験の実施に対して、ご協力いただいた渋谷消防署員の皆様に深く感謝いたします。

7. 文 献

- (1) 東京の消防百年のあゆみ；東京消防庁
- (2) 東京消防庁事務年鑑；東京消防庁
- (3) 東京消防庁統計書；東京消防庁
- (4) 第二次東京都長期計画；東京都
- (5) 消防科学研究所報(1～24号)；東京消防庁消防科学研究所
- (6) 応用被服材料学；小川安朗著「光生館」
- (7) 安全工学講座5「人身災害」；安全工学協会編「共立出版」
- (8) 繊維製品試験マニュアル；日本規格協会編