

消防用防火被服の接炎実験について

赤 荻 勇*
大 山 繁 之*

1. はじめに

防火服や救助服等に使用されている繊維の物理的性能についてはすでに明らかにされているが、これらの繊維が直接炎に触れた場合における性状について不明な点が多い。過去においても爆燃によって、直接炎におぶられた経緯もあることから、その実態を把握し、安全管理上の一資料とすることを目的として本実験を行なったもので次にその結果を報告する。

2. 実験場所および実施月日

実験場所 消防科学研究所, 個人装備実験室
実施月日 昭和52年5月25日から
昭和52年5月27日まで

3. 実験項目

- 1) 接炎後の裏面温度の変化
- 2) 炎温度の差による焼き開始時間の変化

4. 実験供試布

項目 種類	供試布	主 原 料	厚さ(mm)
1	防火服地	ビ ニ ロ ン	0.62
2	執務服地	ポリエステル65% レーヨン35%	0.44
3	救助服地	芳香族ポリアミド	0.38

5. 実験方法

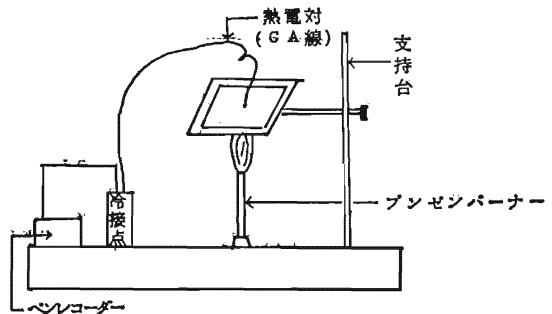
図一1のように10cm×10cmに切り抜いたアスベスト板にはさんだ供試布にブンゼンバーナーで下方から下

記の温度の炎を垂直にあてて行った。

1) 爆燃による防火衣等の被曝例をもとに、裏面温度の経時変化をみるために800℃の炎を5秒間接炎した。

2) 爆燃時建物の内装材その他直近の器材等が受けた推定曝露温度をもとし、焼き開始時間のちがいをみるために接炎温度を600℃, 800℃及び1,000℃の三段階とした。

図一1 実験装置



6. 測定方法

- 1) 裏面温度の測定に、熱電対を用い、加熱による繊維の変化を見るために顕微鏡写真を用いた。
- 2) 表面が焦げ始めた時点をもって焼き開始時間とし、目視により観測した。

7. 実験結果

1) 裏面温度の変化

800℃の炎を5秒間あてた場合の裏面温度の変化は表一1及び図一2のとおりである。3種類の服地とも時間の経過による温度上昇は直線的で、防火服地の場合は、1秒後では32.5℃であったものが5秒後には50℃と17.5℃しかあがっていないが執務服地では40℃で

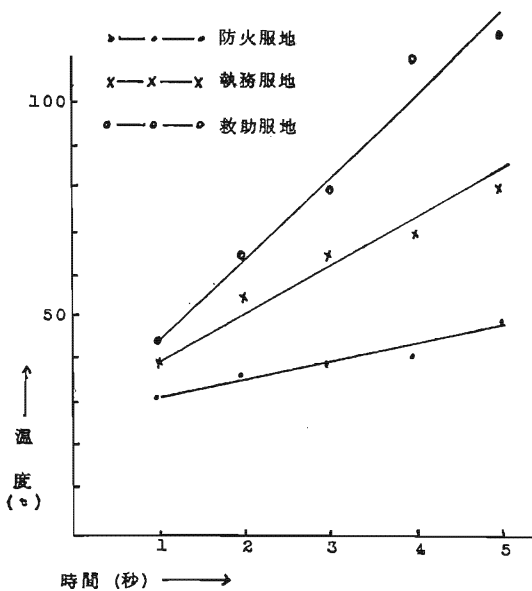
* 第一研究室

あったものが5秒後には80℃と2倍になっており、救助服地については45℃であったものが115.1℃と2.5倍も上昇している。接炎5秒後における各服地の表面の変化を比較すると、防火服地は表面のアルミコーティングゴムが溶融した状態であり、救助服地は硬化の状態であったが、執務服地については、さらに炭化の状態にまで進んでいた。接炎前と接炎後の変化を顕微鏡写真で見たものが写真1～6である。防火服地の場合には、表面のゴムとアルミのコーティングは溶融しており、執務服地地はレーヨン部分が焼きしはじめている。また救助服地の場合には目付部分が溶融し、繊維がこわれた状態になっている。

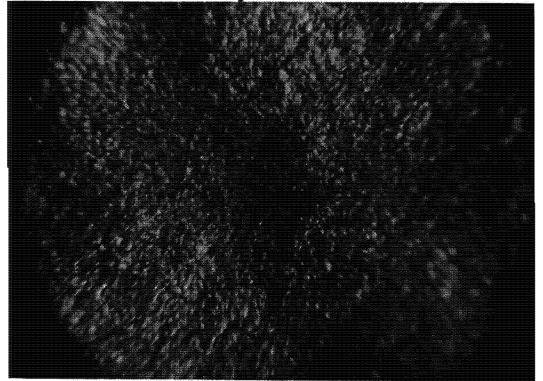
表一 1 (800℃の炎を5秒間あてた場合の裏面温度)
単位 (℃)

種類 \ 時間(秒)	1	2	3	4	5
防火服地	32.5	37.5	40	42.5	50.0
執務服地	40.0	55.0	65.0	70.0	80.0
救助服地	45.0	64.5	80.0	110.0	115.1

図一 2 (裏面温度の変化)



写真一 1 (接炎前の防火服地の顕微鏡写真) (×25倍)



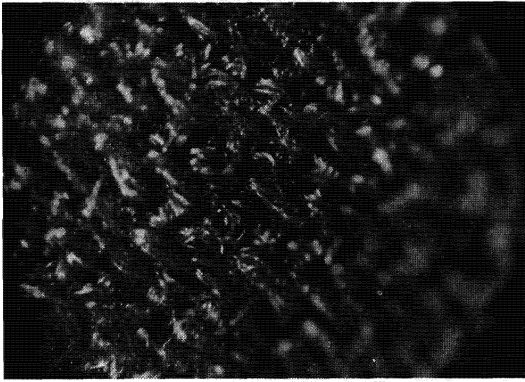
写真一 2 (800℃の炎を5秒間接炎後の防火服地の顕微鏡写真) (×25倍)



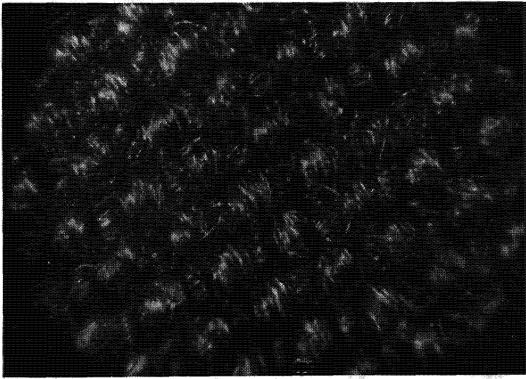
写真一 3 (接炎前の執務服地の顕微鏡写真) (×25倍)



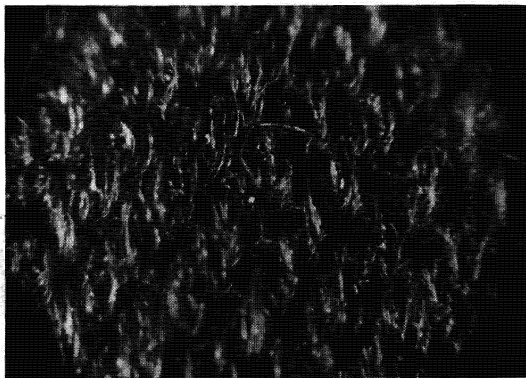
写真一4 (800°Cの炎を5秒間接炎後の執務服地の顕微鏡写真)(×25倍)



写真一5 (接炎前の救助服地の顕微鏡写真)(×25倍)



写真一6 (800°Cの炎を5秒間接炎後の救助服地の顕微鏡写真)(×25倍)



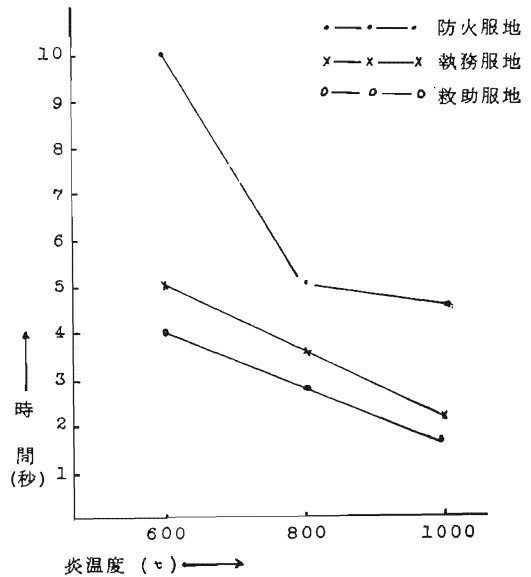
2) 接炎温度別の焼き開始時間

測定結果は表一2のとおりで。さらに、これもグラフに表わしたものが図一3である。接炎温度と焼き開始時間との関係を見ると、執務服地と救助服地では、炎温度に反比例した直線的な変化がみられたが防火服地の場合は、炎温度が800°Cから1,000°Cになっても焼き開始時間に余り差はなく0.5秒と小さくなっている。

表一2 (焼き開始時間) 単位(秒)

種類 \ 温度	600°C	800°C	1,000°C
防火服地	10	5	4.5
執務服地	5	3.5	2
救助服地	4	2.5	1.5

図一3



8. 考 察

供試布繊維の耐熱性能については、文献上は救助服地は若干の優位性が伺われるが、今回の実験における裏面温度の変化をみると、繊維が厚くなるにしたがって、温度が低くなるという傾向を示していることから、裏面温度は繊維の厚さが大きく作用するものと思われる。また焼き開始時間は執務服地及び救助服地とも炎の温度に反比例しているのに対し防火服地の場合は、炎の温度を600°Cから800°Cに上げたときの時間差は大きい、さらに800°Cから1,000°C上げるとその差は0.5秒しかなくなり殆んど、違いはみられなかった。これはアルミニウムの融点が660°Cなので、800°C以上の温度になると防火服の繊維表面にコーティングされているアルミが溶融して時間差が少なくなったものと思われる。

人間が高熱を受ける場合、呼吸や血液の循環の促進と併行して発汗作用がなされるなど代謝の亢進を伴いさらに受熱を継続することにより痛みや火傷を生ずる

ものであるが、火災現場における高熱は対流、放射、伝導等の形で人体に影響し各伝熱様式によって様々な危険性を包含するものである。

高熱による障害を人体の皮膚組織についてみると、皮膚の色は組織の温度と共に変化し組織温度が45℃になると痛みが生じ皮膚は薄赤色となり、組織温度がさらに高くなると痛みはさらに強くなり皮膚は輝色の赤に変化し、組織温度が72℃以上になると感覚が失われ皮膚は白色となり組織は回復不可能な状態になるといわれている。800℃の炎を接炎したときの供試布の5秒後の裏面温度は防火服の場合には50℃に上昇したが、執務服と救助服地については、それぞれ80℃と115.1℃まで上昇することがわかった。実際には下着をつけその他体の発汗作用に伴う冷却効果等によって皮膚が上述の温度を直接受けるわけではないが、接炎時間が長ければ、それだけ火傷の危険性も高くなるので現場活動時の安全を図る意味からも下着等はなるべく厚手のものを用いるなど配慮する必要がある。

9. おわりに

今回は消防隊員が着装している上着について実験を行なったが、今後下着等を含めた重ね着状態における特性及び自己消火性繊維の性能等について検討を重ねていきたい。なお今回実験に使用した繊維の物理的性能について書き添えたので、参考にされたい。

防火服の主繊維はビニロンである

		ビニロン	
		ステーブル	強力ステーブル
引張強度 (g/d)	乾時	4.2~6.0	6.7~8.0
	湿時	3.2~4.8	5.6~6.4
引掛強度(g/d)		3.0~5.2	5.3~5.6
結節強度(g/d)		2.5~4.0	4.7~5.1
伸 度 (%)	乾時	17~26	13~16
	湿時	19~30	14~17
伸び回復率(%)		75~80(3%伸張)	78~82(3%伸張)
ヤング率 (kg/mm ²)		530~820	900~1,000
比 重		1.26~1.30	1.26~1.30
水分率 (%)		5.0 (公定)	
吸水率 (%)		1.3~1.8 (20% RH) 10~20 (95% RH)	
耐 熱 性		200℃以上で収縮開始軟化点220~230℃ 軟化収縮しながら徐々に燃焼する	

執務服は主繊維はポリエステル65%、レーヨン35%である

		ポ リ エ ス テ ル		レ ヲ ン	
		ス テ ー プ ル	フ ィ ラ メ ン ト	ス テ ー プ ル	フ ィ ラ メ ン ト
引張強度 (g/d)	乾時	4.0~5.3	4.2~6.6	2.7~3.8	1.8~2.3
	湿時	4.0~5.3	4.2~6.6	1.6~2.8	0.9~1.2
引掛強度 (g/d)		6.8~10.0	7.0~11.0	1.2~2.2	3.0~4.1
結節強度 (g/d)		3.7~4.8	3.4~5.3	1.2~2.2	1.4~2.0
伸 度 (%)	乾時	40~50	8~32	17~24	18~24
	湿時	40~55	8~32	21~27	24~35
伸びの回復率 (%)		95~100 (3%伸張)	95~100 (3%伸張)	30~74 (4%伸張)	30~74 (4%伸張)
ヤング率 (kg/mm ²)		400~800	1,000~2,000	500~1,000	700~1,200
比 重		1.38		1.50	
水分率 (%)		0.4		11.0 (公定)	
吸水率 (%)		0.6~0.7 (95% RH)		5.7 (20% RH) 67.1 (80% RH) 27.0 (95% RH)	
耐 熱 性		軟化点 238℃~240℃ 融点 260℃ 溶解しながら徐々に燃焼する		150℃ で強力低下し始め、180~200℃ で分解、熔融せず燃焼する	

救助服の主繊維は芳香族ポリアミドである。

		芳香族ポリアミド
		ステーブル
引張強度 (g/d)	乾時	45~55
	湿時	3.6~4.7
引掛強度(g/d)		4.0~4.4
結節強度(g/d)		3.8~4.3
伸 度 (%)	乾時	35~50
	湿時	40~55
伸びの回復率 (%)		100 (1%) 71.5 (3%)
ヤング率 kg/mm ²		700~1,000
比 重		1.37~1.38
水分率 (%)		48 (公定)
吸水率 (%)		4.5 (50%) 6 (75%)
耐 熱 性		370°Cで分解開始

参 考 文 献

消防輯報第26号 山下邦博
合成繊維ハンドブック